

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

內政部建築研究所自行研究成果報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

研究主持人： 蔡銘儒

研究 期程： 中華民國 109 年 3 月至 109 年 12 月

內政部建築研究所自行研究成果報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Exploratory research on fire safety requirements of
building energy storage system

By
Ming Ju Tsai

DEC, 2020

目次

目次.....	I
圖次.....	III
表次.....	V
摘要.....	VI
Abstract.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與目的.....	1
第二節 研究方法與步驟.....	2
第二章 儲能系統.....	5
第一節 儲能系統定義.....	5
第二節 儲能系統火災案例.....	7
第三節 韓國儲能系統火災原因.....	8
第四節 儲能系統火災危害機理.....	18
第五節 儲能系統防火.....	30
第三章 規範與標準.....	54
第一節 KFS 412 鋰離子電池儲能系統防火安全指引.....	54
第二節 美國法規、規範與標準.....	55
第四章 結論與建議.....	79
第一節 結論.....	79
第二節 建議.....	79
附錄一 韓國標準 KFS 412-2018.....	80
附錄二 INTERNATIONAL BUILDING CODE-2018 摘錄.....	89
附錄三 International Fire Code-2018 摘錄.....	91
附錄四 International Residential Code-2018 摘錄.....	114
附錄五 NFPA 1 Fire Code-2018 摘錄.....	117
附錄六 NFPA 70 National Electrical Code-2020 摘錄.....	128

附錄七 NFPA 855 Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems-2020.....	139
附錄八 UL 9540 ANSI/CAN/UL Standard for Energy Storage Systems and Equipment-2020.....	228
附錄九 UL 9540A ANSI/CAN/UL Standard for Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems-2020	288
附錄十 研究業務協調會議紀錄.....	329
附錄十一 期中審查會議紀錄.....	330
附錄十二 期末審查會議紀錄.....	333
參考書目.....	337

圖次

圖 1-1 研究計畫流程圖.....	3
圖 2-1 電力事業內的電力能源儲存.....	6
圖 2-2 儲能在電力系統中所扮演的角色.....	6
圖 2-3 收集與事故現場電池所屬廠家、生產批次相同的電池進行解體分析.....	10
圖 2-4 電池保護裝置內零件損壞.....	11
圖 2-5 水分、粉塵試驗.....	12
圖 2-6 容量與間隔距離概要.....	16
圖 2-7 戶外安裝時需要考慮的事項.....	17
圖 2-8 熱失控循環與對策.....	19
圖 2-9 熱失控判斷流程.....	21
圖 2-10 熱失控擴散模型.....	24
圖 2-11 ESS 大尺度火災試驗配置.....	31
圖 2-12 外部燃燒-開始加熱.....	32
圖 2-13 起火.....	32
圖 2-14 典型燃燒狀況.....	33
圖 2-15 壓縮機破裂.....	33
圖 2-16 高峰反應狀況.....	33
圖 2-17 結束試驗狀況.....	34
圖 2-18 內部燃燒-開始加熱.....	35
圖 2-19 典型反應狀況.....	35
圖 2-20 高峰反應狀況.....	36
圖 2-21 結束試驗狀況.....	36
圖 2-22 LFP (左) 和 NMC (右) 電池對濫用情況的響應示例.....	40
圖 2-23 NMC 模組的側向火蔓延側視圖.....	40
圖 2-24 LFP (左) 和 NMC (右) 在接近峰值熱釋放率時的照片.....	41
圖 2-25 使用鎳鈷酸錳 (NMC) 電池進行了六模組耐火測試.....	41

圖 2-26 中尺度的自由燃燒測試中 LFP 著火的照片	42
圖 2-27 中尺度自由燃燒測試期間 NMC 火勢發展的照片	43
圖 2-28 NMC 模組的全面自由燃燒測試設置示例	44
圖 2-29 大尺度自由燃燒試驗中 LFP 火災發展的照片	45
圖 2-30 大尺度自由燃燒試驗期間 NMC 火災發展的照片	46
圖 2-31 火災發生期間 LFP 灑水測試的照片	47
圖 2-32 主機架與目標機架 NMC 撒水測試的照片	48
圖 2-33 NMC 的測試後照片顯示了主機架和目標機架的完全耗盡	49
圖 2-34 LFP 和 NMC 鋰離子電池類型進行的自由燃燒和撒水測試期間的熱釋放率	49
圖 2-35 多個機架存儲在同一區域三種主要配置	50
圖 3-1 試驗順序示意圖.....	75
圖 3-1 試驗順序示意圖(續).....	76

表次

表 1-1 研究進度及預期完成之工作項目表	4
表 2-1 韓國儲能系統火災統計	9
表 2-2 ESS 相關的標準的主要內容比較	14
表 2-3 熱失控現象的產生原因	23
表 2-4 反應性層次及描述	29
表 2-5 估算的電池能量達到 NO、CO、HCl、SO ₂ 和 HF 有毒氣體的 IET 和 FLET 值（暴露時間為 60 分鐘，在 50 m ³ 的房間內發生火災）	29
表 2-6：ESS 與不燃和可燃物體之間的最小間隔距離建議值，前提是根據有灑水保護裝置.....	39
表 2-7：在沒有防火措施的情況下，ESS 與不可燃和可燃物體之間的最小間距建議.....	39
表 3-1 允許的最大電池數量.....	61
表 3-2 電池要求.....	64
表 3-3 儲能系統閾值數量.....	66
表 3-4 NFPA 1 儲能系統最大限值.....	67
表 3-5 閾值.....	71
表 3-6 NFPA 855 儲能系統最大限值.....	72
表 3-7 UL 1973 試驗.....	73
表 3-8 住宅使用 ESS.....	73
表 3-9 非住宅使用 ESS.....	74

摘要

關鍵字：電池、儲能系統、防火

一、研究緣起

綠能科技產業創新推動方案(2017) 能源轉型政策方針，透過太陽光電與風力大量建置達成，再生能源在 2016 年至 2025 年間從 5%上升至 20%;核能從 12%下降至 0%;燃煤從 45.4%下降至 30%;燃氣從 32.4%上升至 50%，「家庭用儲能系統標準檢測驗證技術」(2018) 設定目標於 2025 年太陽光電及風力發電分別達到 20GW 及 5.5 GW 的總發電量，但再生能源間歇性特性，容易受到天候及時間的限制與影響，為了降低對電網的衝擊與提升電網穩定度，「儲能系統」為解決方法之一。

由於全球儲能系統近年快速發展，相關防火安全的要求，目前只有國際消防協會 International Fire Code (IFC)、美國 National Fire Protection Association (NFPA)、日本及中國有較完整之規定。即便近年在儲能市場發展迅速的德國及澳洲，其防火標準也仍在研擬當中。而儲能裝置的容量密度及容量不斷增加，防火問題逐漸成為隱憂，再加上韓國、美國及中國大陸發生多起火災事故，突顯目前國際對於儲能系統的防火安全要求仍未完善，本研究將以美國建築儲能系統之防火安全相關法規、規範及檢測標準規定之整理與探討，以作為國內建築儲能系統防火安全規定參考。

二、研究方法

整個研究架構大致分為數個階段，首先進行蒐集儲能系統火災案例及分析，以瞭解儲能系統防火安全需求，並蒐集美國儲能系統防火安全國際相關規定發展，以及防火安全測試方法與要求，進行實驗中心進行儲能系統防火試驗法可行性評估與儲能系統防火安全建議。

三、重要發現

1. 儲能系統之電池設計生產製造者，應提高電池內部、外部誘發熱失控與熱失控擴散防範與措施。
2. 儲能系統機架/組容量應依電池類型限制最大容量，以及最大額定容量，若通過大尺度耐火試驗得依測試放寬其容量。
3. 儲能系統機架與機架之間、機架與牆壁之間距離至少 0.9 m 以上，儲能系統獨立區劃並距離公共區域 15 m 以上。
4. 儲能系統獨立區劃並依建築用途應至少有防火時效 1 小時以上，並設有偵煙及氣體探測器、經認可之撒水系統，若通過大尺度滅火試驗得依測試放寬其條件。
5. 戶外設置應距離公共道路、建築、可燃物或危險物品 3 m 以上，集裝箱之間間隔 6 m 以上或 1 小時以上防火牆區隔。
6. 應有緊急應變計畫及訓練，並建立正確操作與維護。
7. 當發生火災於滅火後，應立即將該機架/組或電池移除，以避免發生復燃。

四、主要建議事項

建議一：

立即可行建議：建築儲能系統安裝與要求規範

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關與機構：內政部營建署

內政部消防署

儲能系統安裝因電池類別不同，其防火區劃及消防等要求亦有所不同，未達到再生能源在2016年至2025年間從5%上升至20%，除電網儲能系統外，建築之儲能系統亦不可缺，但裝置於建築物內其防火、防爆及通風等安全性

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

必須配合進行規範，因此急待建立安裝及要求規範。

建議二：

立即可行建議：儲能系統試驗標準

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關與機構：經濟部標準檢驗局

儲能系統由電池組合，以鋰電池在防火安全上之需求為例，受熱失控的能力，然後評估已證明具有經受熱失控能力的那些電池儲能系統的火災和爆炸危險特性等試驗法標準及試驗設施設備，亦為刻不容緩。

Abstract

Keywords: battery, ESS, fire

1. Research origin

Green Energy Technology Industry Innovation Promotion Plan (2017) the policy guidelines for energy transformation are achieved through the massive installation of solar photovoltaic's and wind power. Renewable energy will increase from 5% to 20% between 2016 and 2025; nuclear energy will drop from 12% to 0%; Coal combustion decreased from 45.4% to 30%; gas increased from 32.4% to 50%. The "Household Energy Storage System Standard Testing and Verification Technology" (2018) set targets to reach 20GW and 5.5 GW for solar photovoltaic and wind power generation by 2025 However, the intermittent nature of renewable energy is easily affected by weather and time constraints. In order to reduce the impact on the grid and improve the stability of the grid, "energy storage system" is one of the solutions.

Due to the rapid development of global energy storage systems in recent years, related fire safety requirements, currently only the International Fire Code (IFC), the US National Fire Protection Association (NFPA), Japan and China have relatively complete regulations. Even in Germany and Australia, which have developed rapidly in the energy storage market in recent years, their fire protection standards are still being developed. As the capacity density and capacity of energy storage devices continue to increase, fire prevention has gradually become a hidden concern. Coupled with multiple fire accidents in South Korea, the United States and mainland China, it highlights that the current international fire safety requirements for energy storage systems are still not perfect. This study the compilation and discussion of the fire safety related regulations, specifications and testing standards of the US building energy storage system will be used as a reference for the domestic building energy storage system fire safety regulations.

2. Research methods

The entire research framework is roughly divided into several stages. First, collect energy storage system fire cases and analysis to understand the fire safety

requirements of energy storage systems, and collect the development of relevant international regulations on fire safety of energy storage systems in the United States, as well as fire safety test methods and requirements. Conduct the experiment center to evaluate the feasibility of the energy storage system fire test method and make recommendations on the fire safety of the energy storage system.

3. Important findings

1. The battery designer and manufacturer of the energy storage system shall improve the prevention and measures against the internal and external induced thermal runaway and thermal runaway diffusion.
2. The capacity of the rack/group of the energy storage system should be limited to the maximum capacity and maximum rated capacity according to the battery type. If the large-scale fire resistance test is passed, the capacity should be relaxed according to the test.
3. The distance between the rack and the rack of the energy storage system, and the distance between the rack and the wall should be at least 0.9 m, and the energy storage system should be separated separately and be more than 15 m away from the public area.
4. The energy storage system shall be divided independently and shall have a fire protection aging period of at least 1 hour according to the construction purpose, and shall be equipped with smoke detection and gas detectors, and an approved sprinkler system.
5. Outdoor installations should be at least 3 m away from public roads, buildings, combustibles or dangerous goods, and containers should be separated by at least 6 m or more than 1 hour by firewall.
6. Should have emergency response plans and training, and establish correct operation and maintenance.
7. When a fire is extinguished, the rack/group or battery should be removed immediately to avoid re-ignition.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

綠能科技產業創新推動方案(2017) 能源轉型政策方針，透過太陽光電與風力大量建置達成，再生能源在 2016 年至 2025 年間從 5%上升至 20%;核能從 12%下降至 0%;燃煤從 45.4%下降至 30%;燃氣從 32.4%上升至 50%，「家庭用儲能系統標準檢測驗證技術」(2018) 設定目標於 2025 年太陽光電及風力發電分別達到 20GW 及 5.5 GW 的總發電量，但再生能源間歇性特性，容易受到天候及時間的限制與影響，為了降低對電網的衝擊與提升電網穩定度，「儲能系統」為解決方法之一。

樂艷飛(2019) 在 2018 年韓國共發生 16 起儲能系統的起火案例，2019 年 1 月份又發生 4 起起火案例。韓國是儲能電池的製造強國，都能發生這麼多的儲能系統的起火案例，說明儲能電池的安全性還是比較嚴重的，需要專家們去努力提高它的安全性，也需要標準部門制定更安全和更完備的標準。因為儲能系統它一旦起火之後，它的火勢蔓延非常迅速，而且很難被撲滅，會造成很大的經濟損失和人員傷害，另外對消防的救援也帶來非常巨大的挑戰。

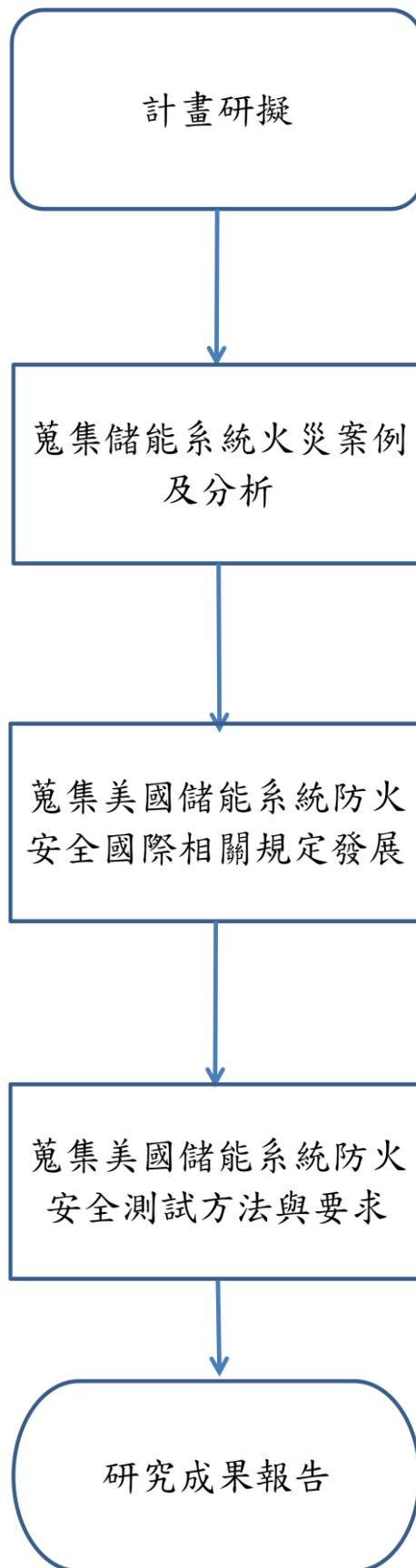
王鈺鎔等(2019) 對於儲能系統的安全標準，對於產品標準、操作規定、管理規則、防護措施等大部分國家都沒有明確的規範。從韓國推動儲能系統的經驗裡可知，儘速訂定儲能系統規範不僅保障使用安全，也讓廠商生產時有所規範，有助於產品與國際接軌。

張崇學(2019)針對儲能系統在國際間主要的消防法規要求，目前由於國際消防規範 IFC 及美國 NFPA 標準具備國際影響力及國際規範通用性，國內在發展儲能系統時，可考量優先參考其規範做為消防安全系統或建置時的要求依據。而近年儲能系統發展迅速，現有消防標準對於大型電網儲能系統的適用性略顯不足，國際消防協會及美國消防會 NFPA 為解決此問題，也正在研擬更完善的標準，新的版本預計會在 2020 年及 2021 年發佈，也可做為未來借鑒之參考。

由於全球儲能系統近年快速發展，相關防火安全的要求，目前只有國際消防協會 International Fire Code (IFC)、美國 National Fire Protection Association (NFPA)、日本及中國有較完整之規定。即便近年在儲能市場發展迅速的德國及澳洲，其防火標準也仍在研擬當中。而儲能裝置的容量密度及容量不斷增加，防火問題逐漸成為隱憂，再加上韓國、美國及中國大陸發生多起火災事故，突顯目前國際對於儲能系統的防火安全要求仍未完善，本研究將以美國建築儲能系統之防火安全相關法規、規範及檢測標準規定之整理與探討，以作為國內建築儲能系統防火安全規定參考。

第二節 研究方法與步驟

整個研究架構大致分為數個階段，首先進行蒐集儲能系統火災案例及分析，以瞭解儲能系統防火安全需求，並蒐集美國儲能系統防火安全國際相關規定發展，以及防火安全測試方法與要求，進行實驗中心進行儲能系統防火試驗法可行性評估與儲能系統防火安全建議，本研究流程如圖 1-1。



(資料來源：本研究整理)

圖 1-1 研究計畫流程圖

本研究執行進度及預期完成之工作項目如下：

表 1-1 研究進度及預期完成之工作項目表

月次 工作項目	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	備註
蒐集儲能系統火災 案例及分析	■	■									
蒐集美國儲能系統 防火安全國際相關 規定發展			■	■	■	■	■				
蒐集美國儲能系統 防火安全測試方法 與要求				■	■	■	■	■			
儲能系統防火安全 建議								■	■		
結案報告整理									■	■	
預定進度(累積數) %	5	10	15	25	35	50	65	80	95	100	

資料來源：本研究整理

第二章 儲能系統

綠能科技產業創新推動方案(2017)能源轉型政策方針，透過太陽光電與風力大量建置達成，再生能源在 2016 年至 2025 年間從 5%上升至 20%;核能從 12%下降至 0%;燃煤從 45.4%下降至 30%;燃氣從 32.4%上升至 50%。設定目標於 2025 年達到再生能源發電量佔全國總發電量的 20%，其中太陽光電及風力發電分別達到 20GW 及 5.5 GW 的總發電量。

在大規模的再生能源發電系統建置環節中，對於儲能系統的需求及相對應的技術正在被積極的評估，其中主要包含 2 個重要考量因素，一是基於再生能源的發電不穩定特性，若透過儲能系統可調節用電高峰及發電高峰時段不匹配情形，使得再生能源發電的利用率有效提高，並可避免棄電情形或降低傳統高峰負載，二是考量再生能源發電併入現有電網時對電網的衝擊，可透過儲能系統的建置配合再生能源發電系統，作為再生能源發電併入現有電力輸配系統網路之前作為緩衝，避免再生能源的發電特性對現有輸配電網造成衝擊而危害電網。

第一節 儲能系統定義

本研究主要以為建築物或設施提供電力的儲能系統，這些系統用於提供備用電源或緊急電源、不斷電系統、減負載、負載分配或類似功能。因此，依美國住宅法規(International Residential Code)及美國防火法規 (International Fire Code) 電池系統，固定儲存 (BATTERY SYSTEM, STATIONARY STORAGE) 定義：一種可充電的儲能系統，由電化學蓄電池、電池充電器，控制器和相關的電氣設備組成，旨在為建築物提供電能。該系統通常用於提供備用或緊急電源、不斷電源系統、減負載，負載分配或類似功能，如圖 2-1 電力事業內的電力能源儲存。

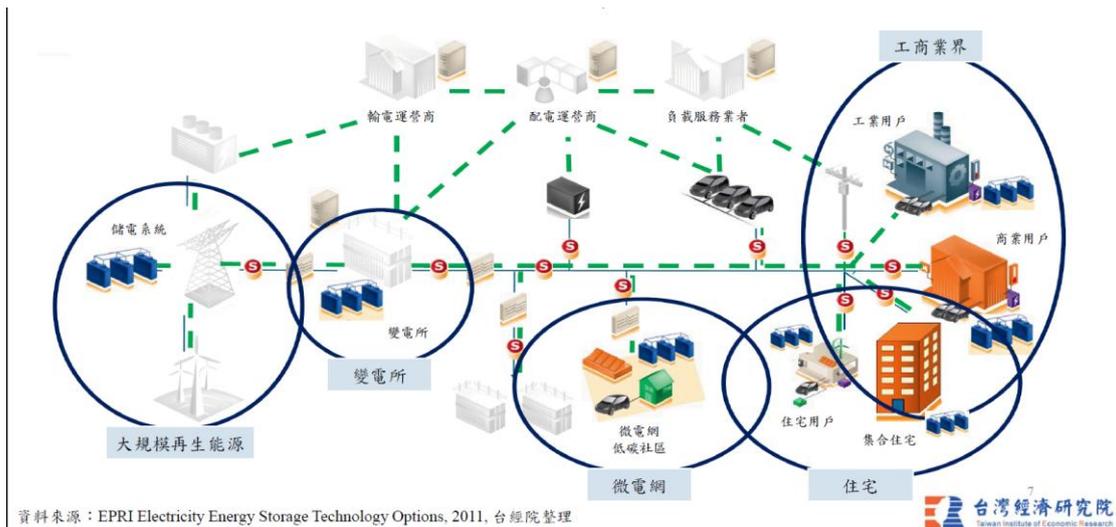


圖 2-1 電力事業內的電力能源儲存

陳世芳（2018），電化學儲能俗稱電池，存在於我們日常生活周遭，已經是一個生活必需品。它雖然小到不起眼，但是卻無所不在，新一代的智慧電力系統當中，電力級儲能也是無所不在，圖 2-2 發電端使用儲能系統可以讓再生能源的輸出平滑化；調整電網頻率；提供功率（容量）補償能力。輸供配電端使用儲能系統，好處是提供備轉容量；穩定頻率與電壓；強韌電網；故障備援；電力輔助服務（Ancillary Service）等。在台電的圖片裡，原來的輸配電路上，都可以加掛能源儲存系統(Energy Storage System, ESS)，這樣的設計，巧妙地把儲能融合在電網系統裡面，分散式使用儲能系統，有助於建構一個強韌的電網系統。



圖 2-2 儲能在電力系統中所扮演的角色

第二節 儲能系統火災案例

Andrew(2017), Kahuku, Hawaii: August 2011, 12,000 鉛酸電池。火燒了幾天，嘗試用乾粉滅火，但效果有限，為不按危險等級設計的建築物。Franklin, Wisconsin: August, 2016, 裝運貨櫃中正在建造的電池儲能系統發生火災，因為鋰設施工作人員建議不要使用水，20 多個部門做出回應，火災僅限於貨櫃。

Hearne(2014), 2012 年卡胡庫風能儲存場電池室火災，卡胡庫風場一年發生兩次火災，設施受到重大損壞，2013 年華盛頓安吉利斯港 Landing 廣場儲藏電池火災，現場應急人員不知道滅火的最佳方法，被認為熄滅 1 週後再被點燃。

Adam Barowy (2019), 三菱綜合材料株式會社 (日本, 2011 年) - 2 MW 鈉硫系統，熱失控；卡胡庫風電場 (美國, 2012 年) - 15 MW, 高級鉛酸電池；The Landing Mall (美國, 2013 年) - 一個購物中心的 50 kW 鋰離子 ESS 系統，熱失控；波音 787 Dreamliner (美國, 2013 年) - 鋰離子電池，熱失控；Engie Electrabel (比利時, 2017 年) - 20 MW 鋰離子設備，熱失控。

每日頭條(2019), 自 2017 年起韓國已陸續發生儲能系統著火事件超 25 起，尤其是在與太陽能、風力等再生能源聯繫的儲能系統火災共發生了 18 起。2018 年 7 月 2 日，韓國全羅南道靈岩郡金井面火城山靈岩風力發電園區內 ESS 儲能設備發生重大火災事故，造成 706 m²規模電池建築和 3500 塊以上鋰電池全部燒毀。該儲能設備規模為電池容量 12 MWh、PCS(儲能變流器)4MW，由大名 GEC 招標，某公司以總承包方式承接工程，於 2015 年安裝。電池使用該公司的鋰電池。

在本次火災發生的前一個月，慶山變電站也發生過被推斷為電池過熱爆炸造成火災，燒毀 100 多個頻率調整用(FR)電池和 16 m²大小的貨櫃內部。該變電站 ESS 儲能設備所使用的電池與靈岩 ESS 儲能設備所使用的電池都由同一企業生產。

2019 年 9 月 24 日上午 11 點 29 分左右，韓國江原平昌郡美炭面平安里風力發電站的儲能系統發生未知原因的火災，時隔 2 小時 30 分鐘後熄滅，據悉容量

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

為 40MW/21MWh 的儲能系統位於 414.3 m²的室內，2700 個鋰離子電池及一個 PCS 被燒毀，但沒有人員受傷。

陳明德(2019)，2019年4月，美國亞利桑那州發生首起鋰電池儲能廠爆炸，導致兩人重傷、四名消防人員受傷，該廠隸屬 APS 公司，採用 LG 化學 2MW 鋰三元電池。至今雖未證實事故原因，但仍讓鋰電池安全性備受關注。韓國從 2017 年 8 月第一次儲能系統火災發生至 2010 年 1 月 0，已發生多達 27 起 ESS 火災事故，其中有 17 起採用 LG 化學生產的鋰電池，9 起則是採用三星 SDI 的，而這兩家皆使用鋰三元電池。

韓國是儲能電池的製造強國，都能發生這麼多的儲能系統的起火案例，說明儲能電池的安全性需要去努力提高，也需要制定更安全和更完備的法規與標準。因為儲能系統一旦起火之後，其火勢蔓延非常迅速，而且很難被撲滅，會造成很大的經濟損失和人員傷害，另外對消防的救援也帶來非常巨大的挑戰。FM Global 的高級首席研究工程師 Benjamin Ditch 說：“這些系統在清潔能源方面具有廣闊的前景，同時也帶來了新的保護挑戰”。

第三節 韓國儲能系統火災原因

胡不斐(2019)，23 個起火電站中，電池製造商 LG 化學供應了 12 個，三星 SDI 有 8 個，另外 3 個由其它電池製造商供應。報告認為：部分電池中發現有缺陷，但通過模擬試驗，沒有發現電池自身引起火災的電池內部短路現象。不過，當製造存在缺陷的情況下，電池充放電幅度變大，充滿後仍然持續充電時，由於電池內部短路火災發生可能性會變高。

如表 2-1，按照用途分為：太陽能連接、風能並網電站 17 起，峰值控制電站 4 起，頻率調整電站 2 起。充電完成後放電待機時間（充滿後休止時間）中發生火災 14 起，充放電中 6 起，安裝、施工中 3 起。設置位置（山地 14 起，海岸 4 起，其他工廠等 5 起）；建築形態（組裝式面板 15 起，集裝箱 4 起，混凝土 4 起）；運營時間（1 年以下 16 起，1-2 年 3 起，2 年以上 4 起）。

表 2-1 韓國儲能系統火災統計

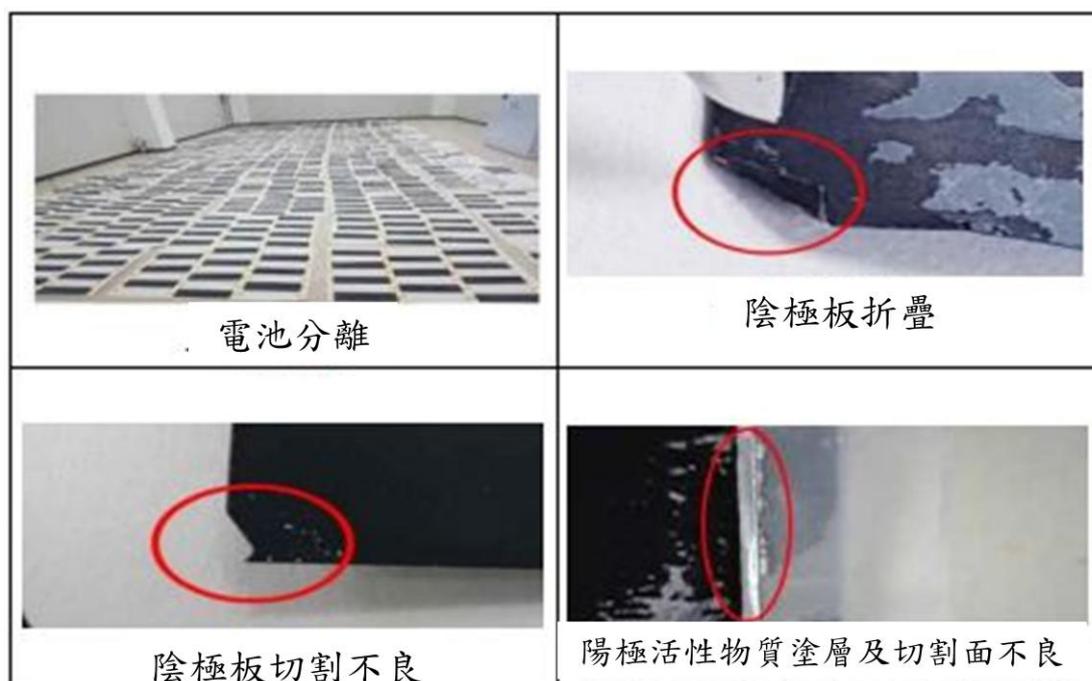
序號	地區	容量 (MWh)	用途	安裝地形	建築型態	事故日期	使用時間	事故類型
1	全北高昌	1.46	風能	海邊	集裝箱	2017.08.02	-	安裝中(保管)
2	慶北慶山	8.6	頻率調整	山地	集裝箱	2018.05.02	1年10個月	修理檢查中
3	全南靈巖	14	風能	山地	組建式面板	2018.06.02	2年5個月	修理檢查中
4	全北群山	18.965	太陽能連接	海邊	組建式面板	2018.06.15	6個月	充電後休止中
5	全南海南	2.99	太陽能連接	海邊	組建式面板	2018.07.12	7個月	充電後休止中
6	慶南居昌	9.7	風能	山地	組建式面板	2018.07.21	1年7個月	充電後休止中
7	世宗	18	峰值控制	廠區	組建式面板	2018.07.28	-	安裝中(施工)
8	江原道洞	5.989	太陽能連接	山地	組建式面板	2018.09.01	8個月	充電後休止中
9	忠南泰安	6	太陽能連接	海邊	組建式面板	2018.09.07	-	安裝中(施工)
10	濟州	0.18	太陽能連接	商業區	混凝土	2018.09.14	4年	充電中
11	京畿龍仁	17.7	頻率調整	廠區	集裝箱	2018.10.18	2年7個月	修理檢查中
12	慶北永洲	3.66	太陽能連接	山地	組建式面板	2018.11.12	9個月	充電後休止中
13	忠南天安	1.22	太陽能連接	山地	組建式面板	2018.11.12	11個月	充電後休止中
14	慶北聞慶	4.16	太陽能連接	山地	組建式面板	2018.11.22	11個月	充電後休止中
15	慶南居昌	1.331	太陽能連接	山地	組裝式	2018.11.22	7個月	充電後休止中
16	忠北濟川	9.316	峰值控制	山地	組建式面板	2018.12.17	1年	充電後休止中
17	江源三陟	2.662	太陽能連接	山地	地下混凝土	2018.12.22	1年	充電後休止中
18	慶南梁山	3.289	峰值控制	廠區	混凝土	2019.01.14	10個月	充電後休止中
19	全羅南道	5.22	太陽能連接	山地	組建式面板	2019.01.14	1年2個月	充電中
20	全北江秀	2.496	太陽能連接	山地	集裝箱	2019.01.15	9個月	充電後休止中
21	蔚山	46.757	峰值控制	廠區	混凝土	2019.01.21	7個月	充電後休止中
22	慶北漆谷	3.66	太陽能連接	山地	組建式面板	2019.05.04	2年3個月	充電後休止中
23	全北江秀	1.027	太陽能連接	山地	組建式面板	2019.05.26	1年	充電後休止中

資料來源：「韓國儲能：暴沖與妥協」及「국내 ESS 화재 현황 및 안전관리 기준」

由於大部分火災現場全部燒毀，查明原因有其困難之處，調查委通過資料分析、企業面談、現場走訪等獲取證據，並以此為基礎將 23 起火災進行分類，與外界專家展開深度探討，對相關資訊進行了分析整理和整合。並且探討了電池、PCS 製造、儲能電站設計、安裝、施工上的問題點，所有的應用和電子環境因素，以及所有直接或間接的火災可能性。總結起來，有四種因素被推測為火災原因：

(1) 電池系統缺陷

多數的事故可以確定為是由於使用了同一工廠相似時期內生產的電池。因此，為確認電池生產過程中的缺陷，對電池進行了解體分析。結果表明，一家公司的一部分電池中存在極片折疊、切割不良、活性材料塗層不良等製造缺陷。



資料來源：「韓國儲能：暴沖與妥協」

圖 2-3 收集與事故現場電池所屬廠家、生產批次相同的電池進行解體分析

因此，模擬製作了極片折疊和切割不良的電池並進行了 180 次以上的充放電測試，但並未發生能夠導致起火的電池內部短路(斷裂：由於電池兩端接觸(短路等)，電流過大的現象)問題。

外部短路：為確定電池安全性進行了電池系統短路試驗。結果表明，在機架式短路試驗中，2 家公司的電池保護裝置的直流接觸器發生爆炸和熔接。

物性分析等：電池構成物質分析，確定控制電池之間的電壓和溫度偏差的 BMS(Battery Management System:控制電池的性能和安全的 S/W 和 H/W 的統稱)是否正常動作，在試驗中沒有發現電池完全充電後繼續充電會引起火災。

(2) 針對電衝擊的保護體系不周；

直流側斷裂：由於外部電衝擊，電池保護裝置內多個零件損壞，類比這種短

路現象的結果表明，電池機架保護裝置內的直流接觸器（DC Contactor）爆炸。

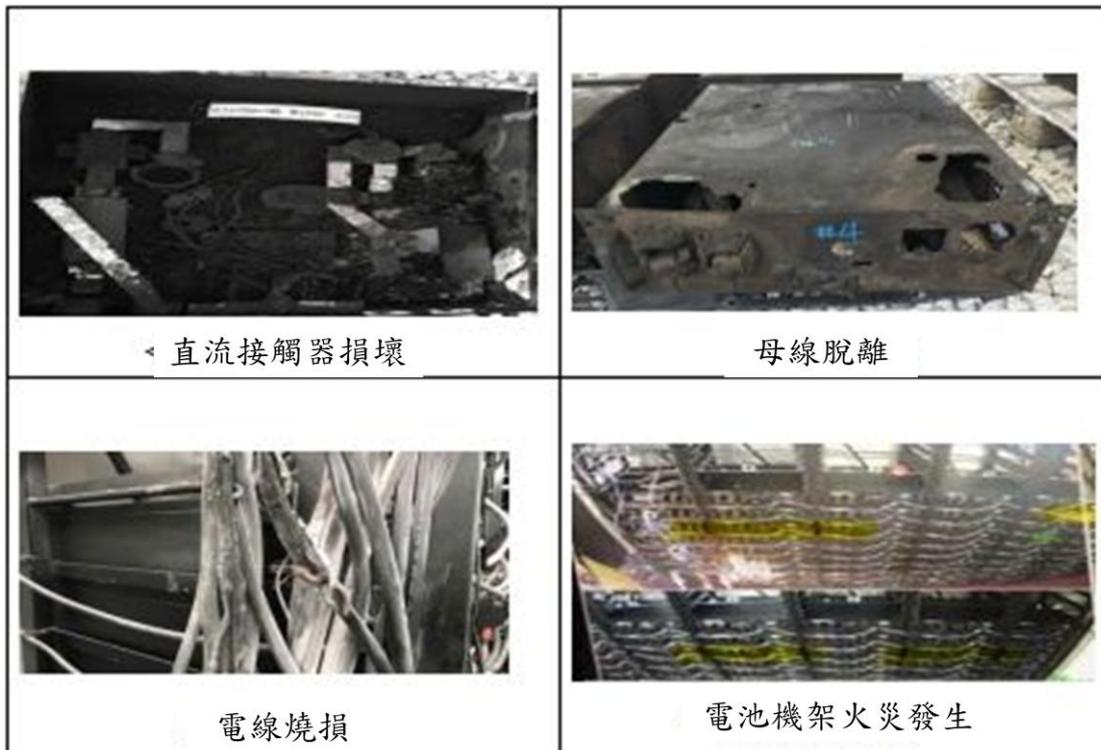
母線損壞後，導致電池機架保護裝置附件的二次短路事故發生，多處同時出現火災。

PCS 交流側接地：變流器（PCS）內部的交流電流篩檢程式（reactor）碳化，模擬接地事故的試驗，結果電池側發生電衝擊。

反復實施同一試驗，結果表明，當電池機架保護裝置內的直流接觸器絕緣性能降低時，可能發生火災。

PCS 附件斷裂：假設 PCS 內部的轉換元件被燒毀，PCS 內部的直流交流側兩端斷裂發生故障。實證結果表明，由 PCS 流入系統和電池側的對電流現象雖得以確定，但 PCS 的阻斷器作用後並不會導致火災。

電磁抗擾性：為驗證 PCS 的電磁波釋放是否會導致電池系統的不正常運轉進行了試驗，結果表明多數產品都超過了國際基準，3 家公司的電池都具備充分的抗擾性。



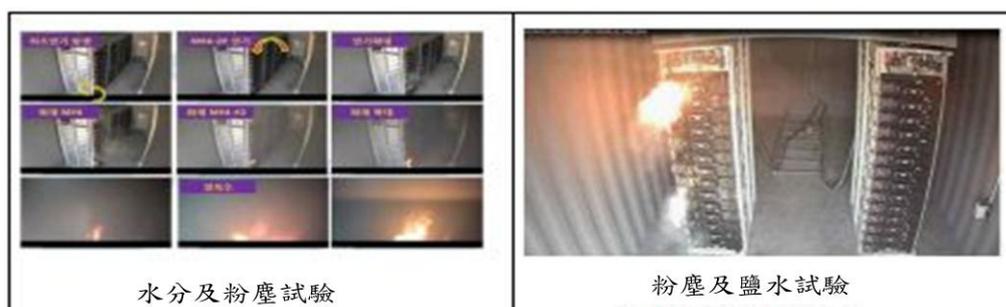
資料來源：「韓國儲能：暴沖與妥協」

圖 2-4 電池保護裝置內零件損壞

(3) 運營環境管理不周

水分、粉塵試驗：以在空調機周邊發現的熔融痕跡為證據，在電池系統中類比了水分、粉塵、鹽水的環境，試驗絕緣性能是否可能降低。結果表明，特定公司的電池內模組絕緣性能下降並發生火災。

溫度偏差試驗等：對牆面、通道的溫度偏差導致電池模組內溫度偏差的事例（溫度偏差試驗），以及周邊區域的閃電通過岩層地面進入電池室影響電池保護裝置的事例進行探討後，認為不會導致火災。



資料來源：「韓國儲能：暴沖與妥協」

圖 2-5 水分、粉塵試驗

(4) 綜合管理體系欠缺

在事故現場調查、企業面談調查以及試驗實證過程中，發現儲能電站的設計和運營未能將電池和 PCS 等部件統合為一，從系統的層面上進行管理和保護。

BMS、PMS、EMS 間資訊共用體系不完備，PCS 和電池間的保護體系作用順序欠妥，PCS 故障修理後不確認電池有無異常即再次啟動系統，交流和直流側接地感知裝置間衝突等問題可證明各現場多數的綜合管理體系欠缺。

儲能系統火災事故原因調查結論：

(1) 電池保護系統欠缺

電的危害因素中，由於接地或短路導致的電衝擊（過電壓/過電流）流入電池系統時，作為電池保護體系的機架保險絲未能快速阻斷短路電流，因此，絕緣性能降低的直流接觸器爆炸，電池保護裝置內的母線和電池保護裝置外殼中發生二次短路事故，電池內可能發生火災。

(2) 運營環境管理欠缺

安裝在山地或海邊的儲能裝置，由於日夜溫差太大，結露嚴重並且容易暴露在大量灰塵中。在這種惡劣環境下，運營電池模組內露水反復生成又乾燥，灰塵被大量吸附。因此，電池和模組外殼間的接地部分絕緣損壞，會引起火災。一方面，一部分公司的電池模組使用了冷卻風扇，但冷卻風扇可能成為水分和灰塵的移動途徑。

(3) 安裝不注意

電池保管不良，錯誤接線等儲能系統安裝疏忽會引起火災。

(4) 綜合保護管理體系欠缺

製造主體未能與其他電能管理系統（Energy Management System, EMS）、電力管理系統(Power Management System, PMS)、電池管理系統（Battery Management System, BMS）和系統集成企業有機聯合運營等。針對事故預防、火情擴散防止、事故原因調查，儲能電站缺乏綜合的系統進行設計和保護是問題的原因。

(5) 部分電池中發現有缺陷，為此進行了模擬試驗，但沒有發現電池自身引起火災的電池內部短路現象。但是，當製造存在缺陷的情況下，電池充放電幅度很大，充滿後仍然持續充電時，因電池內部短路火災發生可能性會變高。

최명영(2019)，儲能系統的主要安全管理國際標準包括 FM 制定 FMS 0533、美國 ICC 以及 NFPA 制定 NFPA 855。在韓國 2018 KFS 412「鋰離子電池儲能系統（ESS）防火安全指引」完成了頒布，並完成了修訂步驟，包括防止電力儲能設備火災擴散的內容在電氣設備技術標準的判斷標準中，並準備制定與國家理工學院的電能存儲（ESS）系統相關的 KS 標準。

火災保險協會制定的 KFS 標準主要參考 NFPA 855 和 FMS 0533，電氣設備科技標準主要參照 IFC 2018 制定。其中 KFS 和 NFPA 855，FMS 0533 和 IFC 2018 所包含的主要內容以 KFS 412 為基準進行了比較。各標準的特徵不同，特別是 FMS 0533 中，部分細節內容是根據製造公司手冊進行的，很難明確的比較，以 KFS 412 主要內容為主進行比較，要注意這一比較並不是標準之間的優劣。

表 2-2 ESS 相關的標準的主要內容比較
(評估標準與 KFS 相似：沒有相應的內容)

主要內容	KFS 412	NFPA 855 ⁽¹⁾	FMDS 0533	IFC 2018
防火區劃	1hr	○	○	○
鋰離子 標準適用對象	20 kWh ↑	○	-	○
機架/組 容量限制	250 kWh ↓	○	-	50 kWh ↓
最大額定容量限制	600 kWh ↓	○	-	○
放寬容量限制	實大尺度耐火試驗 ⁽²⁾ ， 滿足時	實大尺度耐火試驗及降 低風險的分析 ⁽³⁾ ，滿足 時	-	實大尺度耐火試驗及降 低風險分析，滿足時
機架和牆距離	0.9m 以上	○	-	○
位置	方便消防隊進入	○	-	○
通風設備	為了不超過燃燒下限的 25%，以地板面積為基準 5.1L/sec/m ²	○	-	○
撤水密度	12.2 LPM/m ² (通過實大規模火災試驗 進行驗證時變更)	○	○	依照 NFPA 13 安裝
撤水頭防護面積	-	230 m ² ↓	230 m ² ↓	依照 NFPA 13 安裝
氣體系統/滅火設備	在證明其有效性時得到 認可(通過大尺度的防火 試驗進行驗證)	○	-	無法使用撤水頭的情況 下，請查看替代方案
防撞保護	車輛防撞措施	○	-	○
分離	距公共道路，危險物品等 3m 或更多	○	-	距離公共道路，危險物 品等 1.5m 以上
空間材料	不可燃金屬和防水功能	-	○	-
空間間距	1 小時防火牆或相距超過 6m	-	○	-

資料來源：「국내 ESS 화재 현황 및 안전관리 기준」

註：

- (1) NFPA 855 第二份報告草案 (2019 年 2 月 18 日)
- (2) UL 9540A 的大尺度火災測試
- (3) Harzadous 減輕分析

機架之間的 0.9m 以上要求間隔，韓國製造業中如造紙行業或水泥行業等，

為了減少電費，往往需要在現有場地上建立鋰離子電池 ESS。在這種情況下，很難滿足海外標準所要求的間隔條件。在這種情況下，如果根據 UL9540A 進行大尺度火災試驗等驗證安全性的情況下，可以放寬容量限制。但是，在韓國，通過實際大尺度火災試驗，需要對容量限制以及灑水器等滅火設備的有效性等進行驗證，但這並不容易。根據 2018 年 12 月制定的“電氣設備技術標準 (ESS) 火災擴散預防”的判斷標準修訂 (部分) 說明資料，韓國沒有可執行的試驗機構。

韓國防火安全標準 (KOREA FIRE SAFETY STANDARDS, KFS)，制定與 ESS 安全相關的 KFS 412 (鋰離子電池儲能系統 (ESS) 防火安全指引) 中，ESS 的安裝、維護及檢查時應注意把事項整理如下

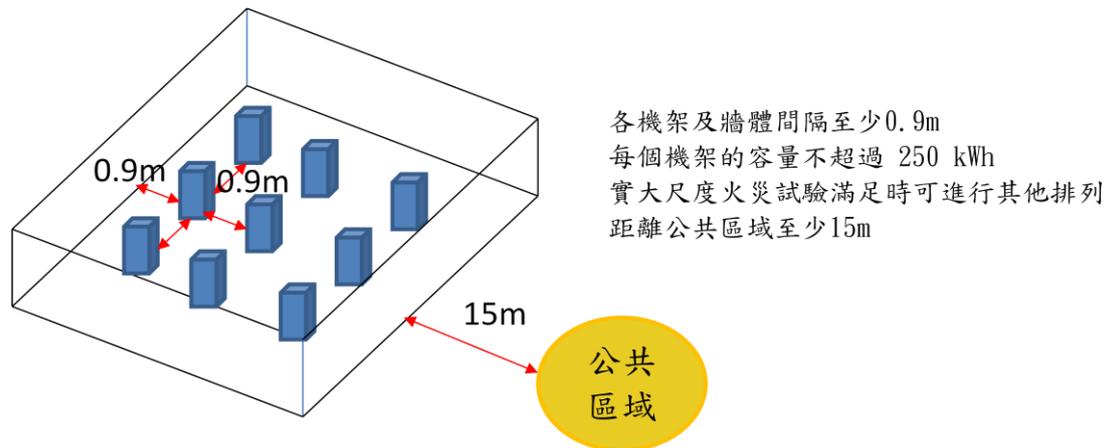
1. 防火區劃

- 安裝 ESS 的空間的樓板、天花板、牆壁等應具有至少 1 小時的防火時效
- 如有貫穿 ESS 空間的設備，則開口應採用與防火區劃結構相當於或高 1 小時防火時效。

2. 容量和距離

- 每個機架配置最大容量應不超過 250 kWh
- 每個 ESS 機架之間和牆壁間隔應大於 0.9 m
- ESS 與公共區域間隔至少 15 m 以上

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探



資料來源：「국내 ESS 화재 현황 및 안전관리 기준」

圖 2-6 容量與間隔距離概要

3. 通風裝置

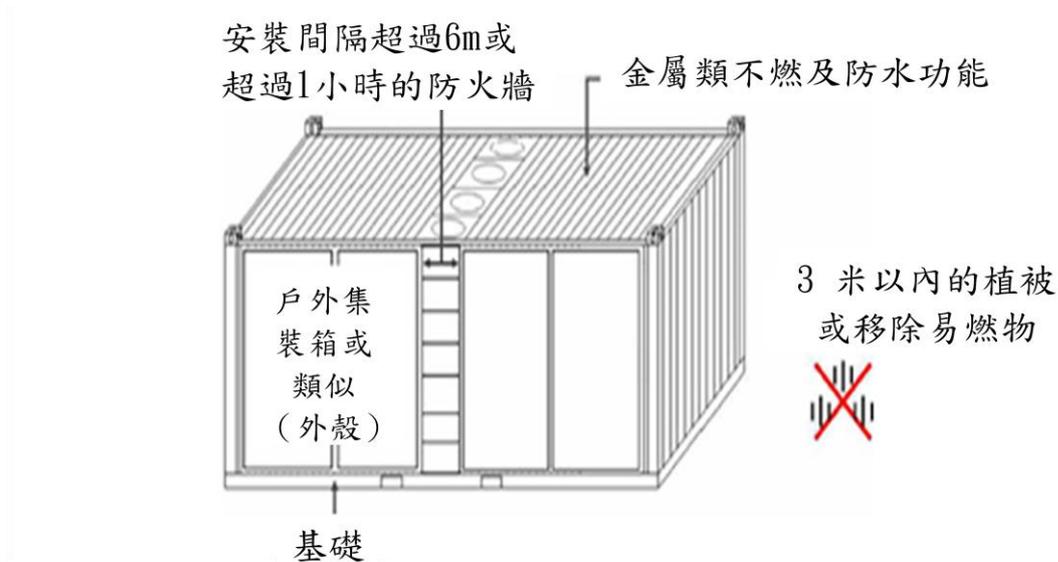
- 機械通風設施以空間建築面積為基準，應大於 $5.1\text{L}/\text{sec}/\text{m}^2$
- 通風系統必須連續運作由氣體探測器啟動，並由接收器監控
- 氣體感測設施偵測空間中的燃燒氣體濃度超過燃燒限值(LFL)的 25%時，啟動機械通風設備。
- 氣體感測設施應確保超過兩小時的備用電源

4. 水系滅火設備

- 安裝撒水器滅火設備的情況下，最低放射性密度應大於 $12.2\text{LPM}/\text{m}^2$ ($12.2\text{m}/\text{min}$)(雖然安裝了氣體系統滅火設備，但是滅火失敗的事例被確認，復燃時很難應對，所以建議儘量安裝水系滅火設備)

5. 室外安裝的其他注意事項

- 如果將 ESS 安裝在室外集裝箱等內部，則應與生產設施、公共道路、建築物、可燃物、危險品及其他類似用途間隔 3m 以上。
- 如果將 ESS 安裝在室外集裝箱等內部，則其尺寸不應超過 16.2m×2.4m×2.9m(高度)。
- ESS 安裝在大量集裝箱或類似容器內，其間隔距離應大於 6m，如果間隔在 6m 以內，應以 1 小時以上的防火牆分隔。
- ESS 安裝在室外應管理以防止 3m 內的植被或可燃物延燒
- 如果安裝在室外集裝箱內或類似的東西，室外集裝箱或類似容器的材料必須是不燃的鐵或金屬，以便易於釋放熱量到外部，並具防水性。



資料來源：「국내 ESS 화재 현황 및 안전관리 기준」

圖 2-7 戶外安裝時需要考慮的事項

6. 緊急計畫的製定及訓練

- ESS 所有人或指定的代表將製定和培訓 ESS 設備負責人員和緊急應對工作人員，在現場有效應對可能發生的危險的緊急計畫，以應對可能發生的危險。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

- 緊急行動計劃安全停止程序，應包括斷電程序、設備和設備的停機程序，以減少在緊急情況下起火和電擊的風險，以及在緊急情況終止後的安全啟動程序。

7. 操作與維護

- ESS 必須按照製造商的說明或操作和維護文件進行操作和維護。
- 請勿在安裝 ESS 的空間中存放任何與 ESS 無關的可燃材料，並且應與 ESS 相關的可燃材料應距離 0.9 m 以上。
- ESS 設施應按照製造商的說明進行維護。

第四節 儲能系統火災危害機理

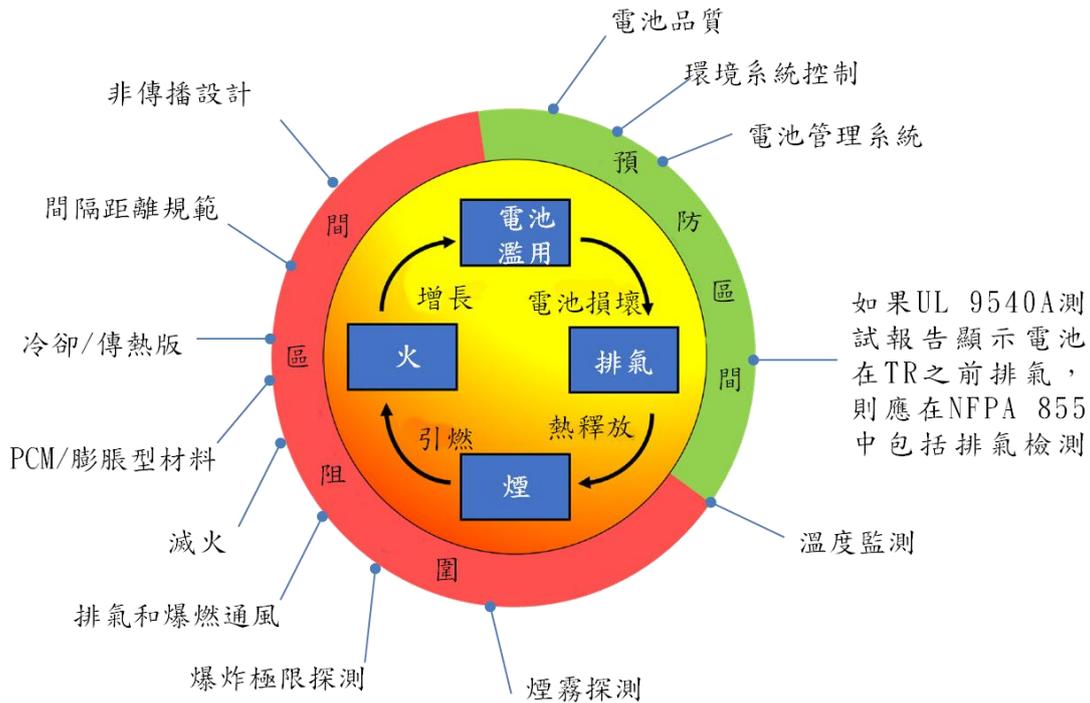
Energy Storage Association(2019)，所有儲能應用必須考慮一系列潛在的風險，特別是：

- 操作危險
- 火災和熱事件(產生和反應)
- 極端天氣和天然災害，如地震、風暴和野火
- 網路安全風險

牛棟華等（2019），導致儲能電站起火的原因很多，包括電池、電氣設備本身的質量問題，也包括系統保護措施設計的不完備，儲能變流器(PCS)、電池管理系統(BMS)以及能源管理系統(EMS)等系統之間的控制及保護功能協調性差等，施工過程中出現的品質問題、運作和維護管理不當等均也是儲能電站起火的原因。

AFT（2019），利用鋰離子（Li-ion）電池的儲能系統（ESS）是風力發電場，太陽能場和削峰設施的主要基礎設施，鋰離子電池的使用可能會產生潛在的火災危害，即熱失控。熱失控，B型火災（燃燒汽油、油、油漆、天然氣、丙烷以及其他可燃燒液體、氣體和油脂的火），不同於電氣火災或C型火災。這種火

災危害是熱流熱傳問題，因為與電源的斷開連接允許更大的電流，因此不能消除發生火災的風險。由於熱失控，損壞的電池可能會在數小時或數天後重燃。由於B型火災的濃度水平不同於C型火災，僅化學抑製作用不會阻止熱失控。抑制將撲滅ESS容器或建築物內的C型火災，並阻止電解液放出電池而產生的電解液失火，但不會阻止熱失控。



資料來源：Off-gas Detection for Lithium-ion Battery Systems

圖 2-8 熱失控循環與對策

熱失控過程與對策

1. 電池濫用

- 熱、電或物理濫用
- 導致電池損壞
- 預防區域:BMS是防止電池濫用的主要防禦手段

2. 排氣

- 由於電池內部壓力上升而導致電池盒排氣的事件
- 如果不加以控制，熱釋放將繼續朝著熱失控方向發展

- 預防區域：檢測電池中的廢氣可提供足夠的時間防止熱失控

3. 煙

- 災難性故障即將發生
- 可能很快導致點火
- 安全殼區域：電池已進入熱失控狀態，必須控制故障。

4. 火

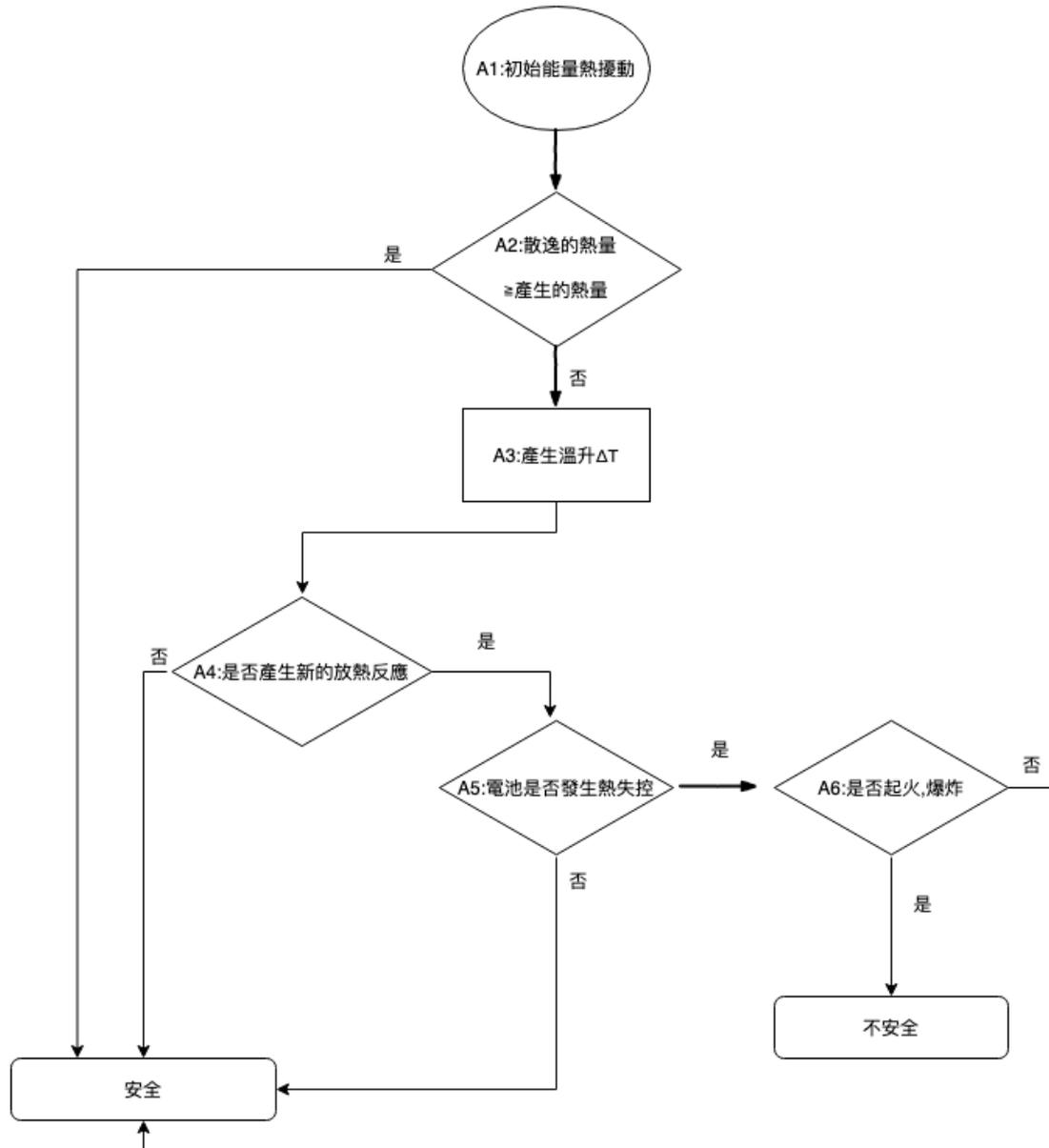
- 熱失控得到充分發展
- 故障的可能性急劇增長
- 圍阻區域：電池進入熱失控狀態，必須控制故障。

R. Thomas 等(2016)，鋰離子電池捲入完全燃燒的火焰所需的時間約為 5 分鐘。牛棟華等 (2019)，整理熱失控現象、原因及防範措施。

一、何為熱失控及熱失控擴散

1、熱失控

電化學電池以不可控制的方式通過自加熱升高其溫度的事故即為熱失控。熱失控的產生源於電芯內部熱量階段性變化，其與電芯安全關係如圖 2-9 所示



資料來源：「儲能電池熱失控和熱失控擴散發生機理」

圖 2-9 熱失控判斷流程

A1 階段：電芯在使用過程中首先會產生初始能量熱擾動，引起熱擾動的能量來源包括電芯內部正常的鋰離子充放電化學反應、內部非正常化學反應（如不符合額定電壓、電流、溫度或有熱傳導的濫用造成的內部劇烈反應，外部和內部機械結構損傷最終造成的內部劇烈反應等），從而導致電芯產生熱量。與此同時，電芯會向外進行熱量散逸，同時部分化學反應會伴隨吸熱；

A2 階段：當電芯散逸的熱量+反應消耗的熱量 \geq 電芯獲得的熱量時，電芯是安全的；

A3 階段：當電芯散逸的熱量+反應消耗的熱量 $<$ 電芯獲得的熱量時，電芯產生溫升 ΔT 。如果 ΔT 沒有帶來電芯內部新的放熱反應，則電芯是安全的；

A4 階段：如有新的放熱反應（如 SEI 膜的分解放熱、電解液的分解放熱、氟化物粘結劑的分解放熱、電解液分解放熱、正極活性材料分解放熱、過充電時沉積出的金屬鋰與電解液發生反應放熱、金屬鋰與粘結劑的反應放熱、可燃物質的燃燒等），當這些反應放熱所帶來的電芯內部反應速度不可控時，電芯溫度上升將不可控，便會引起 A5 階段中我們常規所定義的熱失控，如圖 2-9 各儲能相關標準中規定的電芯內部放熱反應引起不可控溫升的現象。

電芯在使用後的狀態描述可分為未失效和失效兩種狀態。未失效即為電芯還可以在滿足使用條件下繼續使用，而失效狀態則表明電芯不再適於繼續使用。失效的狀態描述又可分為安全狀態和非安全狀態兩種：安全狀態僅表現為電芯的容量衰減異常、內阻變化異常等；而非安全狀態一般指電芯對外將產生不可控的能量釋放。

當電芯發生熱失控時，其能量釋放、有毒有害物質釋放的不可控即被定義為起火、爆炸，此時即可判定電芯發生了安全事故。

2、熱失控擴散

熱失控電池產生的熱量高於它可以消散的熱量時，熱量進一步積累，可能導致火災，爆炸和氣體釋放。如果電池系統中，由於一個電芯產生熱失控而引發其他電芯熱失控，即為熱失控擴散。

二、熱失控及熱失控擴散產生的原因

1、熱失控的引發原因

在電芯的實際使用過程中，其材料可逆容量、SEI 阻抗、電解液組分、結構件物理指標等是一個動態變化過程，直接影響電芯充放電曲線、內阻等動態變化。如果電芯的實際使用條件（如溫度限值、電壓限值、電流值等）沒有動態調整與之匹配，從而造成電芯內部結構加速損傷以及引發部分關鍵原材料加速失效的情況，稱之為電芯濫用。濫用經常會最終導致電芯安全失效，即熱失控。

熱失控現象的產生原因可以分為兩類：內因和外因。內因主要指在電池設計及製造過程中產生的原因；外因主要指在電池運輸、安裝及運行維護過程中由於人員、外部條件等導致的原因。分類概括如下

表 2-3 熱失控現象的產生原因

內部因素	外部因素
老化、內部能量劇烈釋放	意外事故引發機械結構損傷
<ul style="list-style-type: none"> ● 即化等導致內阻增大 ● 鋰金屬沉積刺穿隔膜 ● 內部雜質刺穿隔膜 ● 隔膜缺陷破壞等 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運輸過程中的交通事故 ● 異物衝擊等
	濫用使用條件
	<ul style="list-style-type: none"> ● 浸水、熱衝擊、振動、高溫環境及灼燒 ● 過充過放、過壓欠壓、外短路等

資料來源：「儲能電池熱失控和熱失控擴散發生機理」

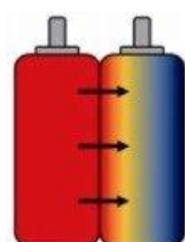
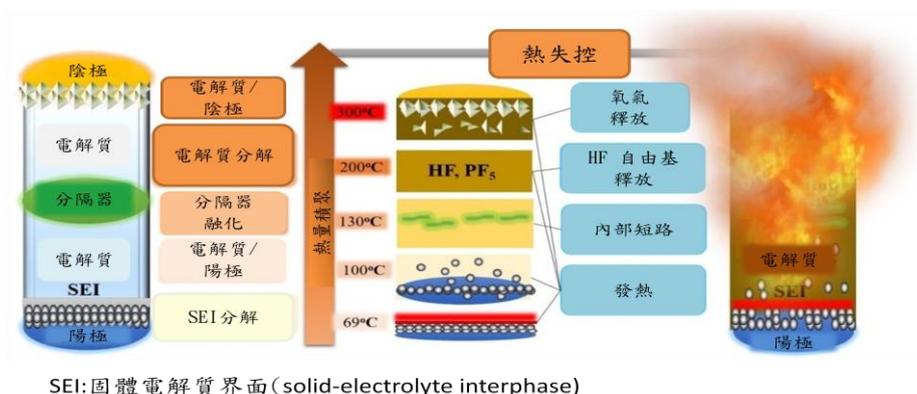
2、熱失控擴散的引發原因

電池系統發生熱失控擴散最直接的誘因，包括發生熱失控的電芯對其周圍其他電芯的能量傳導（包括熱能、電能、機械能等）以及噴出物起火等。

(1) 能量傳導

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

熱能傳導：當電池發生熱失控時，通過電池正面接觸而產生的側向加熱非常劇烈，導致被加熱電池內部在厚度方向上溫度梯度變大，由於電池前端面溫度達到熱失控觸發溫度進而產生熱失控擴散。



資料來源：「SUN Jinhua First Published a Review of Lithium Ion Batteries」

「儲能電池熱失控和熱失控擴散發生機理」

圖 2-10 熱失控擴散模型

電能傳導：某一電芯單體熱失控與隔膜大面積收縮造成內部短路，這兩者可互為因果關係，最終都會造成發生熱失控的電芯能量迅速下降。在電池模組並聯單元中，其他電芯會向發生熱失控的電芯放電，導致發生熱失控的電芯溫度升高更多，同時，靠近已發生熱失控單體的電芯將比遠端電芯以更大功率放電，導致其溫度迅速升高，從而促進熱失控的擴散。

機械能傳導：某一電芯單體發生熱失控，可能會對模組機械結構造成影響，或者其發生爆炸造成瞬間大量能量釋放，對其周邊的電芯也會造成一定程度的機械損傷，而這些機械損傷將增加其周邊電芯發生失效的風險，嚴重時可直接導致其周邊電芯發生熱失控。

(2) 噴出物起火

電池發生熱失控時會噴出高溫氣體和顆粒混合物，這些氣體具有可燃性，極易發生火災，這些高溫噴出物以及噴出物燃燒產生的火焰會加熱周圍電池，從而加速熱失控擴散的進程。

在電池系統發生熱失控擴散過程中，上述多種誘因通常會同時發生作用。

三、熱失控及熱失控擴散的防範措施

1、熱失控的防範措施

根據鋰離子電池主要原材料不同，在發生熱失控時會有不同的起始溫度以及不同的能量釋放速度。引起熱失控的因素無非內部因素和外部因素的交互作用，濫用、機械損傷等外部因素最終也是通過誘發電芯內部材料劇烈反應而導致熱失控。

因此，有關熱失控的防範措施，需從誘發熱失控的原因著手，通過分析上述內部、外部誘發因素，可以從推遲鋰離子電芯失效速度以及降低熱失控破壞力方面進行考慮，並從電芯獲取能量來源、原材料、結構設計等方面著手。例如

- (1) 提升電能給予準確度（如動態並且準確適宜的充放電方案和電壓、電流、溫度監控方案）、以及提高材料穩定性等，可以通過活性材料體相摻雜研究、組分及燒結工藝研究、殼核結構研究等；
- (2) 降低副反應發生程度，可通過降低活性材料比表面積等，增加陶瓷塗層提高隔膜熱穩定性，在正負極多孔電極配比內增加溫度影響內阻材料（如 PTC 或 NTC 材料），改變電解液組分以提高穩定性及可靠性（如開發固態電解質、增加功能添加劑等）；

(3)另外，當熱失控發生時，還可以通過增加類似圓柱 18650 電池 CID、VENT 以及方型鋁殼電池防爆閥等，以及 OSD 阻斷設計來控制電芯能量釋放方向性和及時性，進而降低破壞力。

熱失控是非常嚴重的電芯失效模式之一，將可能直接對人身安全及財產安全造成損害。很多科研機構及電池企業都致力於通過技術手段規避電芯發生熱失控的誘因，並且通過開發穩定可靠的觸發方法來檢測發生熱失控時造成的危害程度。

2、熱失控擴散的防範措施

針對熱失控擴散的防範措施，主要有

- (1)設計合理並且可靠的熱交換策略，主要有液冷技術、風冷技術、吸熱相變材料技術等，在電芯發生熱失控時，及時將該電芯散發出來的熱量導出模組或系統。這些技術的選擇要考慮到電池系統有一定機械形變以及電氣損傷後的可靠性；
- (2)根據電芯熱擴散係數，設計合理的電池間距，避免觸發熱失控電芯相鄰電芯溫度的升高，降低因熱傳導導致的觸發熱失控的風險；
- (3)電路中增加電流限制功能元件，當部分迴路電流、電壓、溫度出現異常時可快速、準確的切斷迴路電流，可有效避免電能傳導；
- (4)開發具有阻燃、降溫、滅火以及隔氧等功能的新材料；
- (5)設計可靠的能量以及有害物質（包括氣體、液體、固體等）定向及定量釋放策略，並配合可承受一定機械應力的結構，避免高溫噴出物以及噴出物燃燒產生的火焰對周圍電芯模組等產生影響。

David(2015)，鋰離子電池在大多數情況下是惰性的和無害的，但具有以下特性，可能發展出危險的狀況：電壓、電弧閃光/爆炸電位、火災潛勢、排出氣

體的可燃性潛勢和排出氣體的毒性。

1. 電壓

電網儲能中每串電池的電池單元數量可能比移動應用中的電池單元數量更多，從而導致更高的直流電壓並需要採取其他預防措施。在 100-1000 V DC 的電壓範圍內，美國消防協會（NFPA）關於工作場所電氣安全的標準 NFPA 70E，建立對不符合電工資格的工作者，被限制接近邊界在 1.0 m。

此邊界是為了防止那些無法避免危險的人進入裸露的導體的觸手可及之處。為那些意識到危險的人員建立了額外的界限，以限制他們可以執行的任務。

NFPA 70E 將合格人員的接近限制邊界設定為 100 到 300 V DC 之間的裸露導體“避免接觸”的距離，以及 300 到 1000 V DC 之間的裸露導體更精確的 0.3 m。此邊界是為了防止甚至符合電工資格的工作者在帶電電壓的帶電電路上或其周圍工作。如果電路可以斷電，則需要執行“斷電上鎖/掛籤”（LOTO）程序以除去危險電壓，施加上鎖以防止電壓恢復，並在工作前確認無電壓。為了使 LOTO 能夠在電池系統中使用，設計必須包括絕緣點，這些絕緣點使工作人員可以將電池串分成每段小於 100 V DC 的段而不會暴露在危險電壓下。對於無法斷電的系統，存在 LOTO 要求的例外情況，但這要求合格的工作者除具有足夠的個人防護具（Personnel Protective Equipment, PPE）和絕緣工具外，還必須具有較高的工作許可。

2. 電弧閃光/爆炸

高串電壓會同時影響衝擊和電弧閃光/爆炸的潛勢。電弧爆炸是由電弧的爆炸性成分（例如，汽化的銅）引起的，並且在很大程度上取決於電弧中涉及的設備和環境。防止電弧閃光的常用控制措施包括增加正極和負極之間的距離，定期維護以防止設備故障以及為電氣工作者提供電弧防護的個人防護具。

3. 火災

熱失控是一種化學過程，其中電池的自熱超過冷卻速率，從而導致內部溫度升高，熔化，釋放氣體/排氣，在某些情況下還可能引起燃燒或爆炸。熱失控的原因包括機械、電氣和熱濫用。由於製造缺陷造成的內部短路；以及隨著時間

的推移形成內部短路的金屬樹枝狀晶體的發展。“反應性層次”的測量範圍為 0 至 7，如表 2-4 所示。熱失控中的反應性層次可能會根據化學、濃度、添加物、電池設計、電池條件（例如其充電狀態（SOC）或健康狀況（SOH））和環境條件而有非常大的變化。在很高的反應性層次下，電池可以迅速產生熱量，足以著火，破裂或爆炸。

鋰離子電池火災的控制可分為三類：濫用試驗、電池管理設計和緊急系統。濫用試驗使有代表性的電池樣品暴露在最壞的環境條件下，期望在使用和可預見的誤用過程中均會看到這種情況；從而建立安全操作的限制。存在許多濫用試驗標準，每個標準都有不同的預期環境和使用條件。然後，設計人員通常通過應用電池管理系統（BMS）對產品施加這些限制。

在 BMS 設計中，偵測和反應對違反環境或使用限制存在許多挑戰。當發生火災時，緊急系統會使用警告、警報、滅火或其他反應機制來減少火災造成的損害範圍。火警探測和制火系統用於許多固定系統，但當前有關其設計和安裝的生命安全規定並不適用於鋰離子電池。電池組中電池間距的增加，使用不同的電氣配置，有效的外部冷卻以及在某些塑料內的容納也已被證明可以防止熱失控的傳播，從而減輕對緊急系統的需求。

4. 排出氣體可燃性

氣體可以較低的反應性層次從電池中以熱失控方式排出。這些氣體包括二氧化碳、一氧化碳、氫氣和甲烷，如果允許它們在封閉空間內達到臨界濃度，則火花會引起爆炸。

5. 排出氣體毒性

熱失控過程中排出的氣體在高濃度時可能有毒。Ribiere 等根據鋰錳氧化物電池的燃燒試驗評估毒性程度。表 2-5 顯示了達到 50 m³ 房間中的濃度所需的估計電池能量(Wh)，該能量在 60 分鐘後可能導致暴露超過不可逆低限效應(IET)和第一致死低限效應(FLET)。列出的氣體為氟化氫(HF)、一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO)、二氧化硫(SO₂)和氯化氫(HCl)。除了通過濫用試驗和 BMS 的使用來防止熱失控之外，還可以通過充分的通風，出入控制和使用正壓通氣設備

來控制這種危害。

表 2-4 反應性層次及描述

反應性層次	描述	分級基準
0	沒有影響	沒有影響，功能性沒有損失
1	被動防護啟動	無缺陷；無洩漏；沒有排氣、著火或火焰；沒有破裂；沒有爆炸；沒有放熱反應或熱失控。電池可逆損壞。需要修理保護裝置。
2	缺陷/損壞	無洩漏；沒有排氣、著火或火焰；沒有破裂；沒有爆炸；沒有放熱反應或熱失控。電池不可逆損壞。需要維修。
3	洩漏量小於 50%	沒有排氣、著火或火焰；沒有破裂；沒有爆炸。重量損失小於電解質重量的 50%(電解質=溶劑+鹽類)
4	排氣量大於 50%	沒有著火或火焰；沒有破裂；沒有爆炸。重量損失大於電解質重量的 50%(電解質=溶劑+鹽類)
5	著火或火焰	沒有破裂；沒有爆炸(即部件飛射)。
6	破裂	沒有爆炸，但活性物質的部件飛射。
7	爆炸	爆炸(即電池崩解)。

資料來源：Analyzing system safety in lithium-ion grid energy storage

表 2-5 估算的電池能量達到 NO、CO、HCl、SO₂ 和 HF 有毒氣體的 IET 和 FLET 值 (暴露時間為 60 分鐘，在 50 m³ 的房間內發生火災)

(Wh)	HF	CO	NO	SO ₂	HCl
IET	60	290	280	530	1320
FLET	110	1140	2080	4710	7880

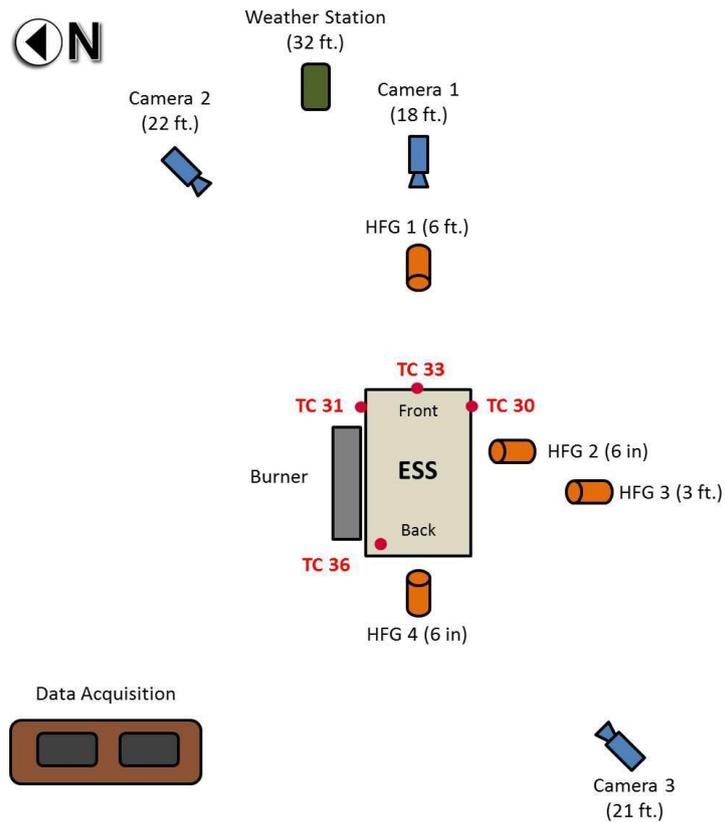
1. 資料來源：Analyzing system safety in lithium-ion grid energy storage

6. 危害組合

除了可能單獨導致的危害外，這五個屬性還可能相互影響並使單獨設計的控件不太有效甚至適得其反。美國聯邦航空總署（FAA）進行的實驗證明了一個示例，其中對一批鋰離子電池的熱失控火勢進行了抑制，使排出的氣體在測試室內積聚並爆炸。也許最引人注目的緊急事故例子是 2013 年一架波音 787 輔助動力系統（APU）發生的火災。根據 NTSB 報告，已經在標準溫度和壓力下進行了實驗，以證明單個電池的熱失控事件不會傳播到 APU 中的相鄰電池。事故發生後，在接近工作範圍上限的溫度下重複了該實驗，這證明了傳播的可能性。當將這兩種條件同時應用於 APU 時，無論是單純的機械濫用還是單純的高溫都沒有引起火災的危險蔓延。設計、製造、測試、裝運、安裝、監督、法規、操作和環境等因素的綜合考慮，可能導致所有類型的儲能系統發生實際事故。由於在這些領域中每個領域所需要的控制的複雜性，鋰離子電池系統的安全性是一個複雜的問題。

第五節 儲能系統防火

Andrew(2017) ，ESS 防火試驗設置兩個 ESS(Tesla PowerPack)，專為商業安裝設計的 100 kWh 機組，模組化可以擴充為包括多個 100 kWh 單元以增加容量，室外安裝通常放置在混凝土襯墊上，可以遠離建築物或鄰接，電池電量為 100% 充電狀態（SOC），測試 2 次，1 次外部點火試驗另 1 次內部點火試驗，數據收集：ESS 櫃體壓力、選擇燃燒產物的氣體採樣、機櫃內部和外部溫度、自由燃燒無滅火。



資料來源：Fire Testing a Lithium Ion Battery Energy Storage System

圖 2-11 ESS 大尺度火災試驗配置

外部點火試驗

- 開啟儀器
- 點燃~400kW 丙烷燃燒器
- 監測直到確認可聽到大約 20 個熱失控信號
- 關閉燃燒器；允許 ESS 自由燃燒
- 監視直到火勢燃燒自行耗盡或自行熄滅
- 400 kW 燃燒器直接衝擊 ESS 機櫃外部能引起內部電池的熱失控
- 35min 發煙
- 45min 到達第一次可聽到的熱失控信號
- 47min 到達第一次火焰
- 在大約 1 h，確認可聽到 20 個熱失控信號，燃燒器關閉
- 在排氣口和 ESS 前門外觀測到火焰
- 火勢在整個機櫃中緩慢蔓延，直到大約 3 h 45 min 自行燃燒耗盡

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

- 內部溫度高：大於 2000°F
 - 燃燒器另一側的外表面溫度非常低：150°F
 - 前門的外表面溫度：460°F
 - 測到 HF(超過 100ppm)及 CO(50)
- 在試驗期間，偵測到 HF 在 30min 達到最大值，並保持在 100ppm 以上
- 未測到 CH₄
 - 未觀察到劇烈的電池拋射體、爆炸或爆裂
 - 試驗後期：所有電池消耗完及內部電子設備損壞，無殘留電力



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-12 外部燃燒-開始加熱



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-13 起火



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-14 典型燃燒狀況



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-15 壓縮機破裂



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-16 高峰反應狀況



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-17 結束試驗狀況

內部點火試驗

- 開啟儀器
- 電力開啟加熱器燃料元件
- 六（6）個 1/8 英寸直徑 25 W 燃料元件加熱器
- 安裝在電池組電池內
- 監測直到確認可聽到大約 20 個熱失控信號
- 關閉加熱器；允許 ESS 自由進展
- 監測直到事件結束
- 6 個加熱燃料元件同時加熱多個電池會導致熱失控
- 熱失控沒有蔓延引爆器容器外
- 13min 第一次可聽到的熱失控信號
- 15min 發煙
- 大約 40min，確認可聽到 20 個熱失控信號，關閉加熱器
- 煙霧狀況在大約 40-45min 達到峰值，然後緩慢逸散，直到所有燃燒跡像在大約 1h15min 處停止
- 加熱器附近的溫度較高：大於 2000°F
- 引爆器上方及下方的溫度較低：80-180°F
- 外表面溫度低得多：60-70°F

- 測到 HF(峰值 26ppm)、CO(超過 2000ppm)及 CH₄
 - 在觀測到煙霧產生高峰期間，HF 在約 45min 達到峰值
 - CO 在約 15 min 達到峰值
- 沒有發現火焰、劇烈的電池拋射體、爆炸或爆裂
- 試驗後期：引爆器損壞，剩餘電池功能正常



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-18 內部燃燒-開始加熱



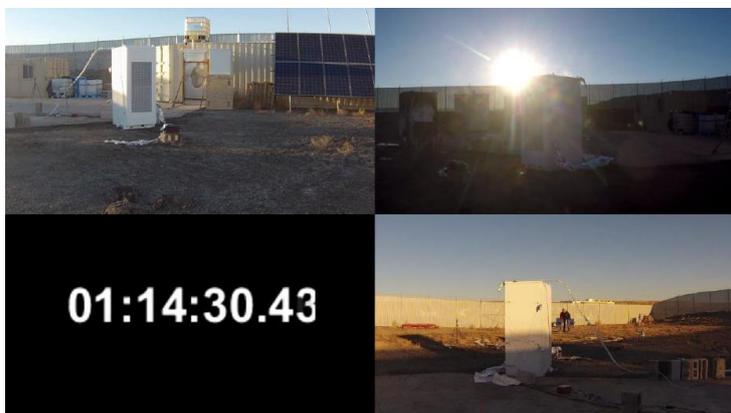
資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-19 典型反應狀況



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-20 高峰反應狀況



資料來源：Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING

圖 2-21 結束試驗狀況

基於此項目中兩次測試的結果

- 顯著的（400 kW）外部火災需要長時間（60 min）曝火才能達到自持續的熱失控
- 相鄰電池上的多個（6）內部加熱元件未再引發劑器盒外部引起熱失控
- 從排氣口和前門觀察到的火焰 - 應評估與可燃物的距離
- 檢測到高位準的 HF
- 檢測到大量的 CO，HF 和 CH4 導致內部熱失控 - 評估室內安裝的通風

Benjamin(2019)，從單個電池模組到整個 ESS 機架（每個模組包含 16 個模組）的所有測試規模，由磷酸鐵(LFP)電池組成的 ESS 系統的總體危害都較小。在撒布測試中最明顯地觀察到了這一點，在該測試中，單個撒水頭操作足以控制起火原因，而相鄰機架中的模組沒有明顯參與。在相同條件下，在涉及由鎳錳鈷氧化物(NMC)電池組成的系統的測試中，火勢確實蔓延到了相鄰的機架，並且撒水頭操作的次數代表需求面積大於 230 m^2 ($2,500 \text{ ft}^2$)。

雖然機架的設計有效地防止了灑水噴水，但在測試條件下，撒水頭延遲或完全阻止了火災蔓延到相鄰機架。加上與附近可燃物的足夠空間，再加上機架之間的隔熱層，可以進一步降低危害。但是，可能缺少一種能夠在早期抑制火災的防護系統、延長的火災持續時間、高用水量以及對周圍環境的破壞。因此，建議將保護指南，撒水系統設計和 ESS 安裝指南（例如，間隔距離）控制在可接受的程度內。

下面總結了基於當前知識的最佳防護建議，使用 K 係數為 $81 \text{ L} / \text{min} / \text{bar}^{\frac{1}{2}}$ ($5.6 \text{ gpm} / \text{psi}^{\frac{1}{2}}$) 或更高，標稱溫度為 74°C 的撒水頭時，撒水頭系統提供的最小排放密度為 $12 \text{ mm} / \text{min}$ ($0.3 \text{ gpm} / \text{ft}^2$) (165°F) 溫度額定值和 RTI 為 $27.6 \text{ m}^{\frac{1}{2}} \text{ s}^{\frac{1}{2}}$ ($50 \text{ ft}^{\frac{1}{2}} \text{ s}^{\frac{1}{2}}$)。對於在 3.0 m (10 ft) 到 7.6 m (25 ft) 範圍內的天花板高度，天花板結構的防火等級應至少為 1 小時。應根據《FM 全球財產損失預防數據表 2-0》(DS 2-0)《自動撒水裝置安裝指南》(2014 年 1 月)安裝所有天花板撒水裝置。防護建議如下：

1. 對於經過測試的LFP系統：

- (1)如果沒有防火措施，則與ESS的任何部分之間的最小空間間隔應為：與不可燃物體之間的距離為 1.2 m (4 ft)，與包括相鄰ESS機架在內的可燃物體之間的距離為 1.8 m (6 ft)。
- (2)使用灑水裝置保護時，與ESS的任何部分之間的最小間隔是，與不可燃物體的距離為 0.9 m (3 ft)，與可燃物體的距離為 1.5 m (5 ft)。灑水系統的

供水應設計成最小需求面積 230m^2 ($2,500\text{ft}^2$)，持續時間至少90分鐘。

(3)這些分隔距離基於具有83.6 kWh電容量的LFP系統，有關低電容量系統的指南，請參閱表2-6。

2. 對於經過測試的NMC系統：

(1)如果沒有防火保護，則與ESS的任何部分之間的最小空間間隔應為：與不可燃物體之間的距離為2.4 m (8ft)，與包括相鄰ESS機架在內的可燃物體之間的距離為4.0 m (13ft)。

(2)使用灑水裝置保護時，與ESS的任何部分之間的最小空間是與不可燃物體之間間隔為1.8 m (6 ft)，與可燃物體之間間隔為2.7 m (9 ft)。灑水系統的供水應針對ESS所在的整個房間設計，並且供水量應計算為45分鐘乘以相鄰機架的數量（即，安裝的機架數量，使得水平間距較小）超過建議的可燃物體的空間間隔）。

(3)這些距離基於具有125 kWh電容量的NMC系統，有關低電容量系統的指南，請參閱表2-6。

3. 對於由多個機架組成的ESS，如果未提供灑水裝置保護，則應按照表2-7將每個LFP或NMC機架作為可燃物分開。

4. 其他保護指南可在報告主體的“建議”部分中找到，包括因測試具有較低能量容量的LFP和NMC系統而導致的間隔距離。

建議在不提供灑水保護的情況下，進行大尺度的自由燃燒測試，以確定足夠的空間分隔距離，以防止火勢蔓延到附近的可燃物或對非可燃物造成破壞。建議進行大型撤水試驗，以確定足夠的空間分隔距離，以防止火勢蔓延到附近的可燃物（不包括相鄰的ESS架子）或對非可燃物的損壞，以及灑水保護設計（包括排放密度）/區域和供水時間。

實際上，在發生火災後，宜防火監視直到呈現所有可能損壞的含鋰離子電池的ESS設備從該區域移走。眾所周知，涉及鋰離子電池的火災會在初始事件發生後的幾分鐘到幾天內重燃。為了防止重燃，必須對電池進行充分的冷卻。最後，

該項目沒有解決在ESS火災或獨立事件或消防戰術中可能發生的爆炸危險或任何緩解措施。

表 2-6：ESS 與不燃和可燃物體之間的最小間隔距離建議值，前提是根據有灑水保護裝置

ESS容量等級		不燃的	可燃的
LFP	31kW	-	-
	83kW	0.9m(3ft)	1.5m(5ft)
NMC	47kW	-	-
	125kW	1.8m(6ft)	2.7m(9ft)
-31 kWh LFP或47 kWh NMC系統未進行撒水測試			

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

表 2-7：在沒有防火措施的情況下，ESS 與不可燃和可燃物體之間的最小間距建議

ESS容量等級		不燃的	可燃的
LFP	31kW	<0.9m(<3ft)	1.2m(4ft)
	83kW	1.2m(4ft)	1.8m(6ft)
NMC	47kW	1.2m(4ft)	1.8m(6ft)
	125kW	2.4m(8ft)	4.0m(13ft)

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

一、小尺度試驗



資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-22 LFP（左）和 NMC（右）電池對濫用情況的響應示例

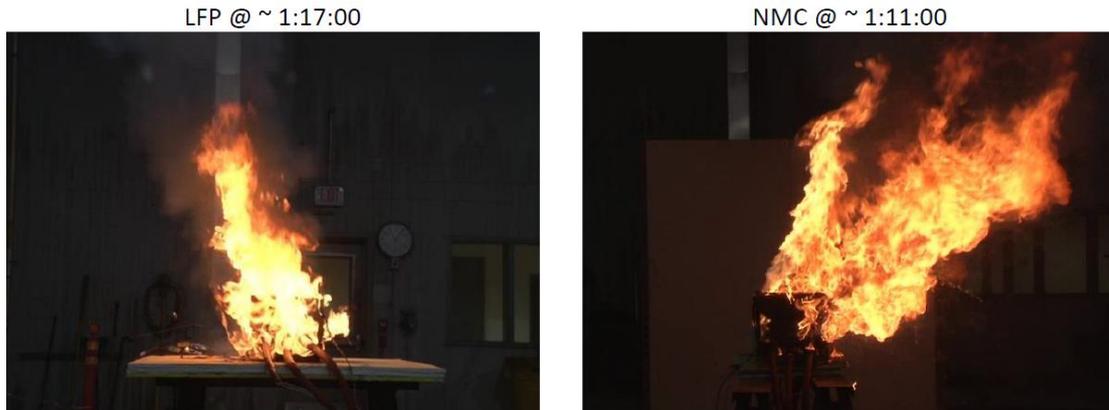
LFP電池散發出濃濃的白煙，有時需要外部引燃器點燃，而NMC電池產生的火花會持續點燃排放氣體



資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-23 NMC 模組的側向火蔓延側視圖

在此視圖中，點火加熱器位於模組的右半部分（前部），著火從右向左進行。



資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-24 LFP（左）和 NMC（右）在接近峰值熱釋放率時的照片

火焰的角度取決於排出電池的排出氣體的動量。

二、中尺度火災試驗

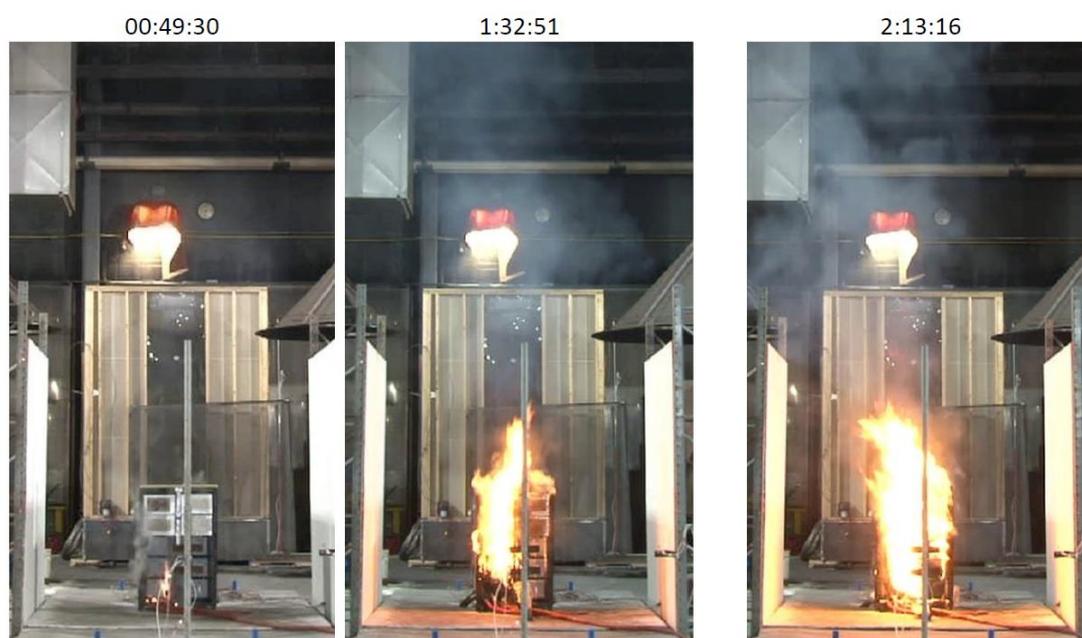
使用NMC模組進行六模組防火測試。



資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-25 使用鎳鈷酸錳（NMC）電池進行了六模組耐火測試

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探



接近點火時間（左），接近預期的撒水操作時間（中），峰值放熱率（右）。



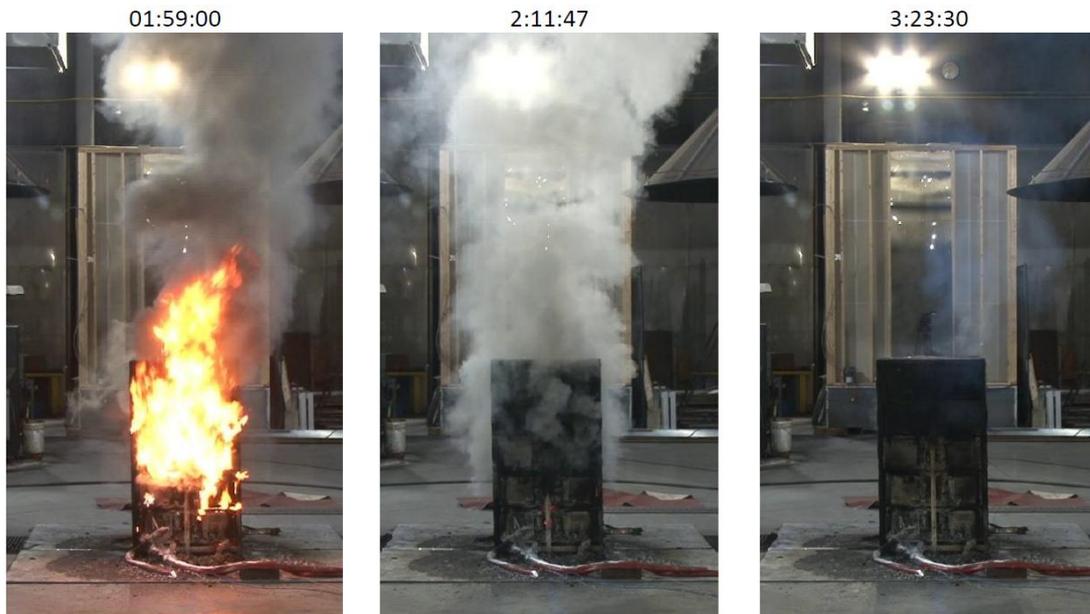
在手動滅火之前(左)和測試後(右)

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-26 中尺度的自由燃燒測試中 LFP 著火的照片



接近點火時間（左），接近預期的撒水操作時間（中），熱釋放率峰值（右）

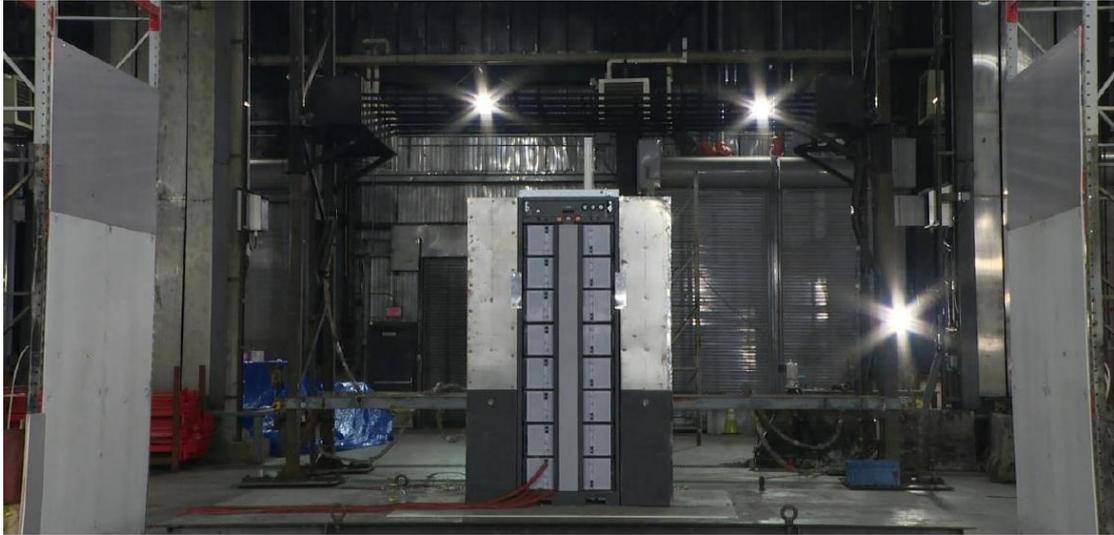


NMC火災衰減階段（左），所有模組的燒盡（中間）和後期測試（右）的照片

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-27 中尺度自由燃燒測試期間 NMC 火勢發展的照片

三、大尺度火災試驗



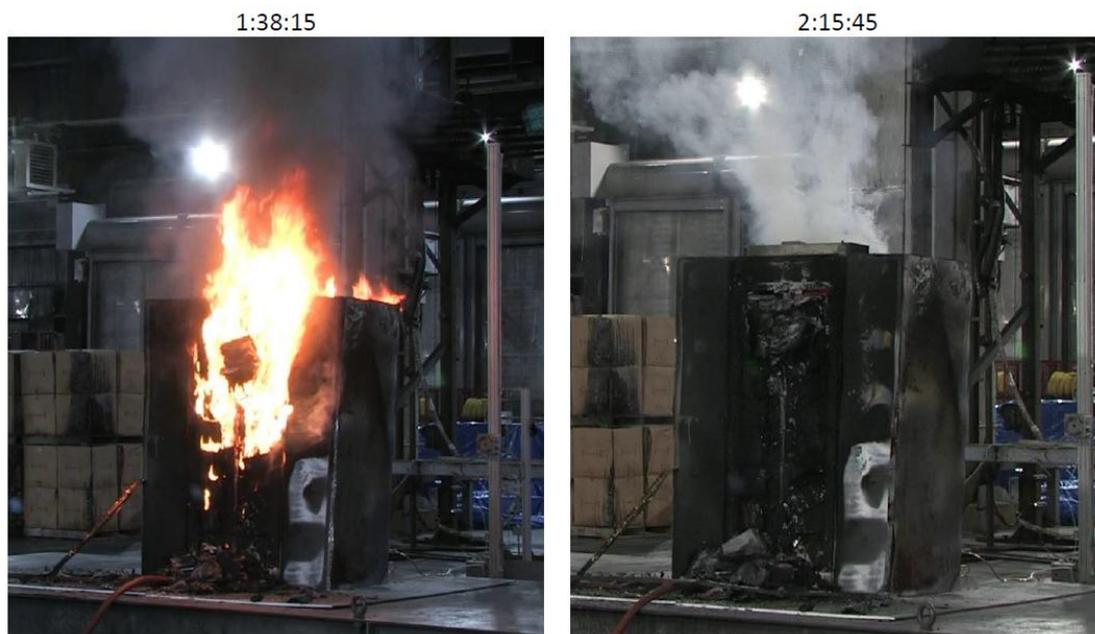
資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-28 NMC 模組的全面自由燃燒測試設置示例

模擬架位於ESS架的兩側，以測量對相鄰設備的暴露危險，代表性結構牆位於2.7m (9ft) 的間隔內，以測量對周圍物體的暴露。



接近點火時間（左），接近預期的撒水操作時間（中），熱釋放率峰值（右）

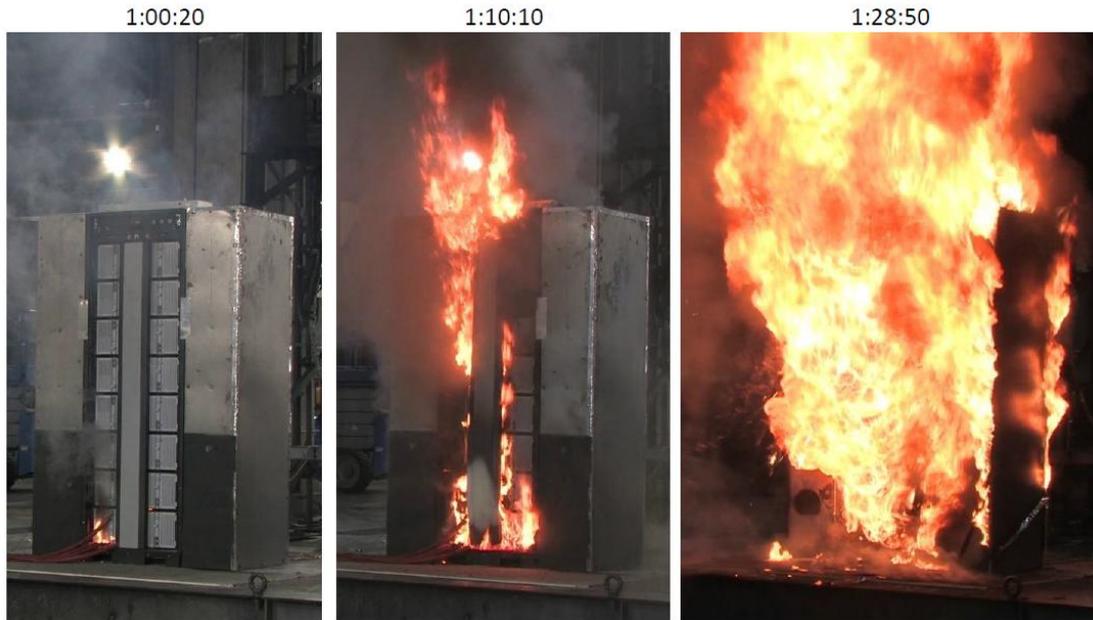


LFP 在衰變階段(左)和自熄時的照片(右)

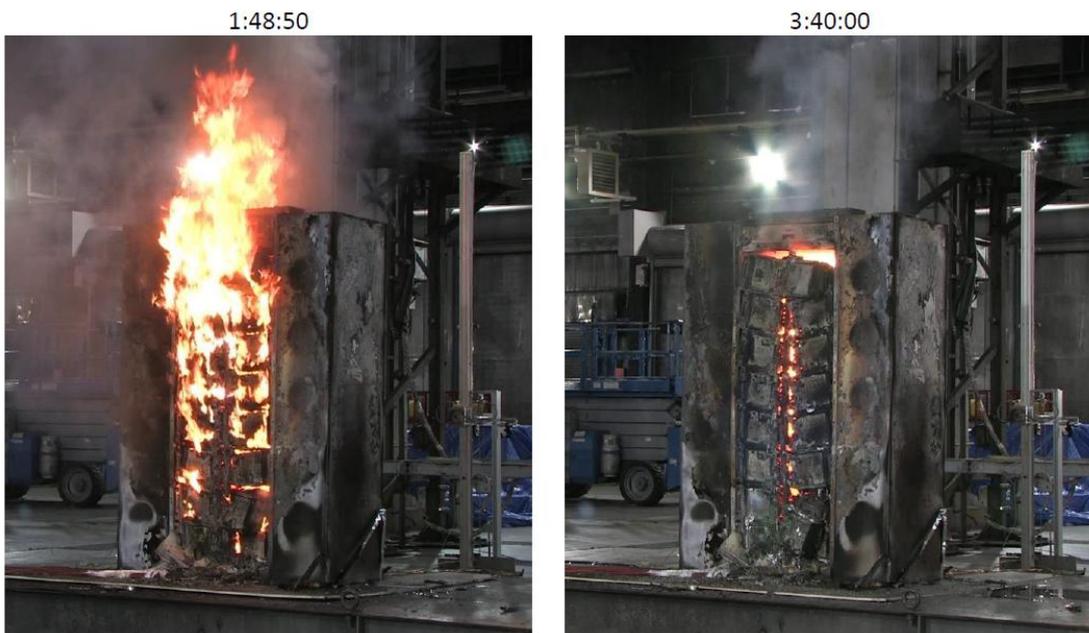
資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-29 大尺度自由燃燒試驗中 LFP 火災發展的照片

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探



接近點火時間（左），接近預期的撒水操作時間（中），熱釋放率峰值（右）



在消防員干預之前NMC火災衰變階段的照片(火災沒有自滅)

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

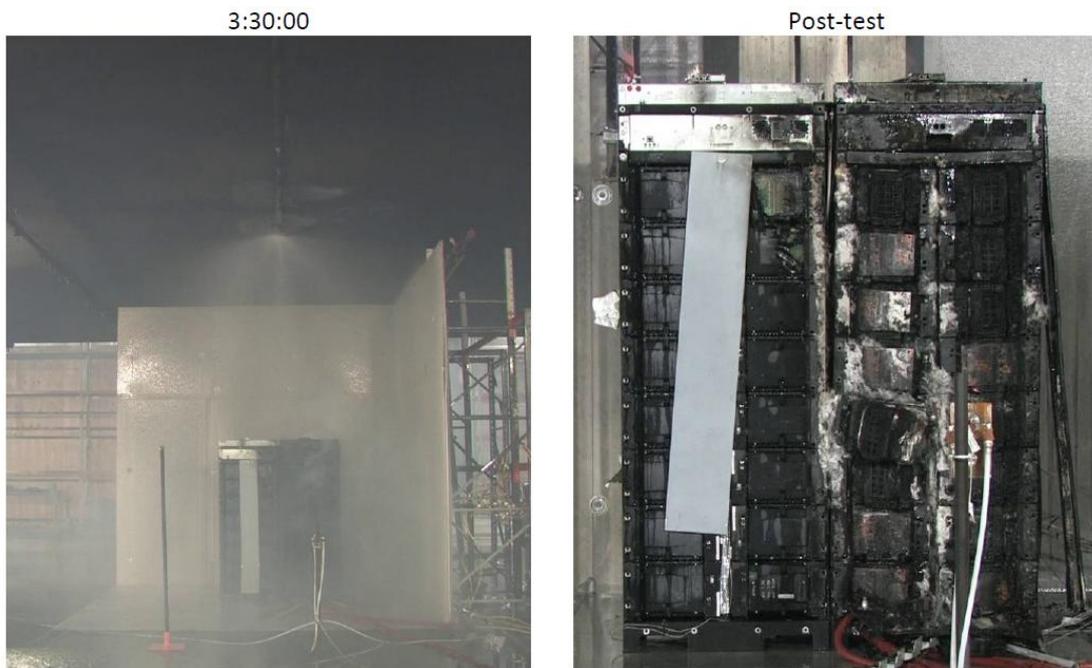
圖 2-30 大尺度自由燃燒試驗期間 NMC 火災發展的照片

請注意, 當燃燒過渡到機架內時, 爐子類型燃燒明顯。

四、撒水火災試驗



第一次灑水操作（左）和峰值熱釋放率（右）

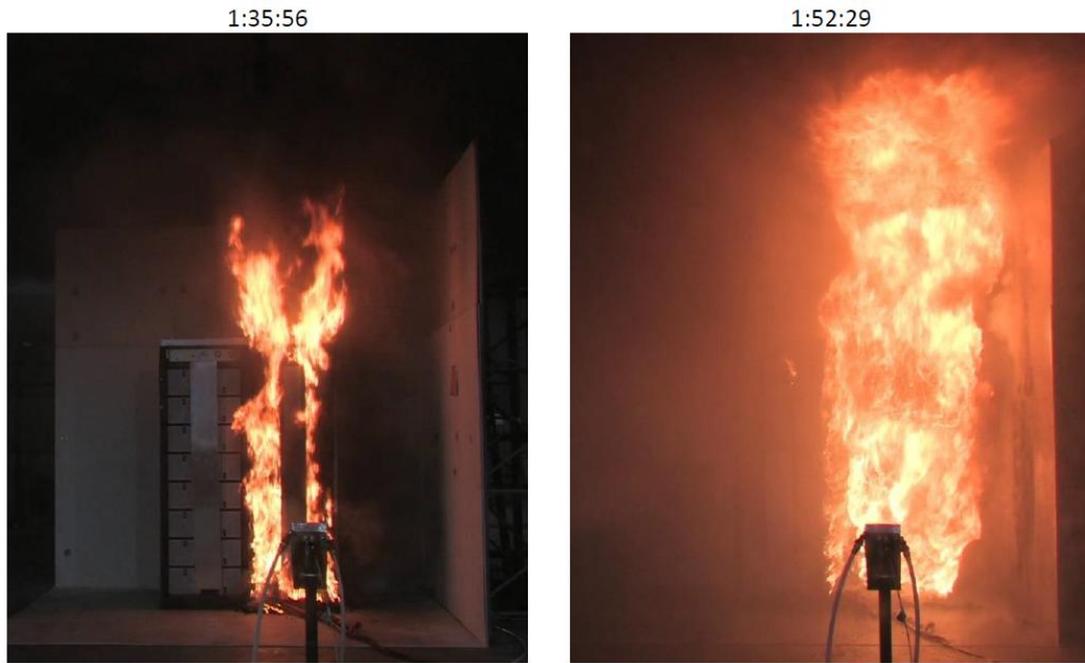


LFP在火災衰變階段(左)和燃盡時(右)撒水測試的照片

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-31 火災發生期間 LFP 灑水測試的照片

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探



第一次撒水操作（左）和峰值熱釋放率（右）



關閉撒水器後機架的視圖（左）和重新開啟撒水器時目標機架火災尺寸（右）

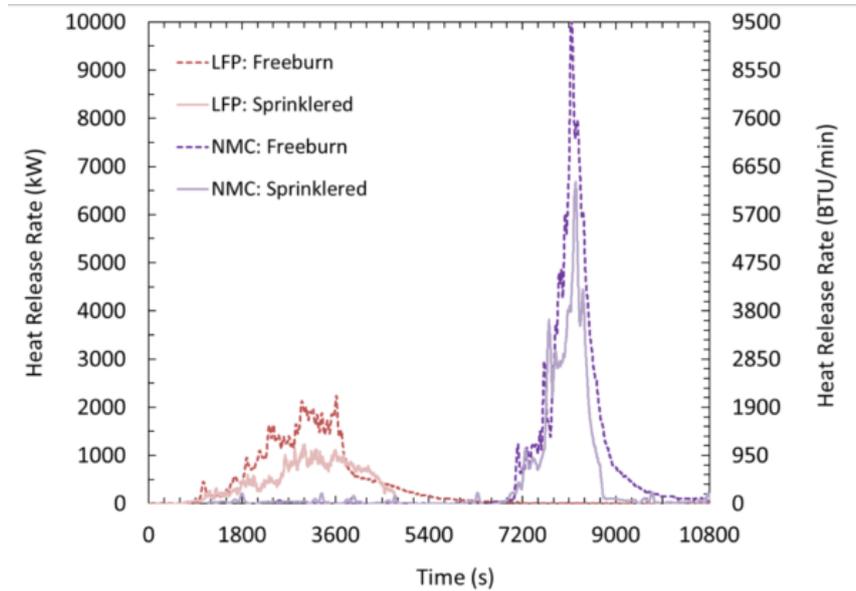
資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-32 主機架與目標機架 NMC 撒水測試的照片



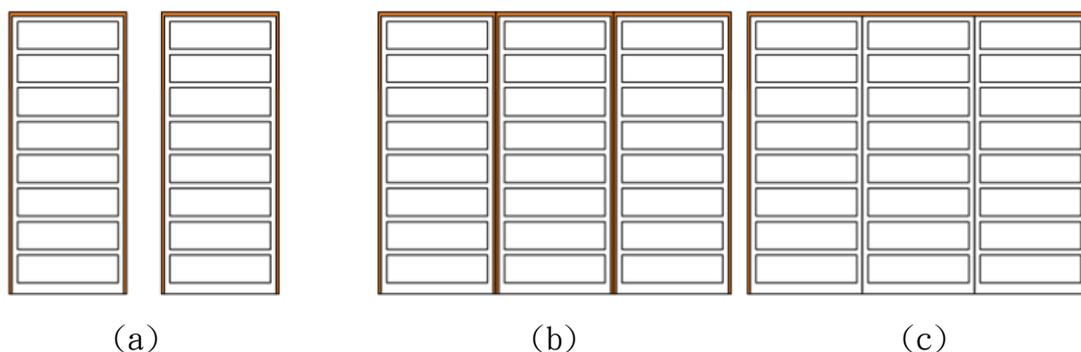
資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-33 NMC 的測試後照片顯示了主機架和目標機架的完全耗盡



資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-34 LFP 和 NMC 鋰離子電池類型進行的自由燃燒和撒水測試期間的熱釋放率



(a)單獨的機架在單獨的不燃機櫃中

(b)多個機架，每個機架都包含在單獨的不燃機櫃中（即，機架由機櫃壁隔開）

(c)共用享的不燃機櫃中包含多個機架（即機架之間沒有分隔）

資料來源：Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems

圖 2-35 多個機架存儲在同一區域三種主要配置

Natalie(2019)，FM Global 報告的導言解釋說：“鋰離子電池與其他化學物質（例如鉛酸）之間的主要區別是發生熱失控反應的可能性。”這樣的反應會導致可燃氣體洩漏並隨後燃燒。

與獨立的非營利組織財產保險研究小組（PIRG）和美國消防研究基金會合作進行的火災風險減輕的第一階段研究，對 ESS 進行了火災危害評估，並開發了安全的鋰離子電池儲能系統的安裝實務、防火指引和緊急應變。

在此最新階段中，測試集中在由磷酸鐵（LFP）或鎳錳鈷氧化物（NMC）電池組成的 ESS 上，並假設這些電池在所謂的“濫用”條件下工作，即通常減少火災危險的專有電池管理系統未啟動。

測試範圍從單個電池模組到完整的 ESS 機架，每個機架包含 16 個模組。總體而言，發現 LFP 電池的危險性較低，並且灑水噴頭輸送的水被確定為在這兩種技術上測試的最有效的滅火劑。

測試的關鍵發現包括「針對商業應用(如製造、辦公建築發電和公用事業使用)的 ESS 進行小尺度到大尺度火災試驗」,其結論是:

1. 撒水可有效延遲或防止火勢蔓延到相鄰機架。
2. ESS 與其他可燃物之間的分隔對於有效的防火至關重要。
3. 如果 ESS 發生火災,應保持火警監視,直到從該區域移走所有可能損壞的含鋰離子電池的 ESS 設備為止。

“已知在初次事件發生後的數分鐘至數天之間的任何時間都會復燃”,並且“必須對電池進行充分冷卻以防止復燃。”

R. Thomas(2019),所有測試都顯示,單個模組的引燃足以產生熱失控,並允許火災蔓延到單個機架中的所有模組。在所有測試中,NMC 模組的火災危險程度都高於 LFP 模組。由於電池化學成分不同,對其他因素如何影響 ESS 的火災危害瞭解有限,因此這些測試的結果不能應用於由具有不同電池化學成分的模組組成的 ESS。

大尺度測試顯示撒水頭可以控制火勢蔓延並減少 ESS 火災的危險。在進行的測試中,通過降低火勢,可能破壞周圍環境以及將火抑制在原始機架中,來評估商業居住中 ESS 火的總體危害。從上述測試中可以看出,HRR 是測量未受保護的火災的危險的合適方法。通過使用遠場熱通量計值,可以比較大尺度自由燃燒和撒水試驗的結果。如圖 2-34 所示,撒水裝置對 LFP 和 NMC 模組的 HRR 產生了影響。在圖 2-34 中,時間偏移以對齊數據以進行比較。在噴水測試期間,LFP 模組的峰值 HRR 降低了 45%,而 NMC 模組的峰值 HRR 降低了 34%。

根據這些數據,天花板撒水保護裝置可以控制 ESS 火災,但僅靠這一點還不足以完全撲滅 ESS 火。幫助撒水頭進行 ESS 保護的一種方法是使用物理熱屏障或淨空間。將模組機架彼此分開,並與可燃和不可燃材料分開,可以減少甚至防止火勢蔓延。查看來自自由燃燒和撒水頭式大尺度試驗的熱通量數據,確定了可燃

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

和不可燃材料的距離閾值。總體上，NMC 模組需要更大的分隔距離，但是很明顯，噴頭會改變所需的距離。

借助撒水裝置保護，LFP 模組的位置距離不可燃材料 0.9 m (3 ft)，距離可燃材料 1.5 m (5 ft)。NMC 模組必須與非可燃材料相距 1.8 m (6 ft)，與可燃物相距 2.7 m (9 ft)，才能被安全隔離。

測試期間考慮的另一個因素是天花板高度的影響。如果機架頂部和天花板之間沒有足夠的距離，則可能會導致火焰撞擊或天花板上聚集熱氣。DS 1-20 和 NFPA 5000《建築施工和安全規範》建議，3 m (10 ft) 至 7.6 m (25 ft) 範圍內的天花板宜具有 1 小時的防火等級。天花板上的防火等級可以幫助減少和防止損壞，就像隔熱層（例如噴塗泡沫）和防火等級可以減少潛在的損壞一樣。

除了結構因素和周圍材料外，模組機架的配置還會極大地影響著火勢蔓延和危害。配置可能會有很大不同，但是當多個機架存儲在同一區域時，會使用三種主要配置（請參見圖 2-35）。這些配置包括：a) 單獨的不燃機櫃；b) 多個機架在一起，但被不燃機櫃隔開；或者 c) 容納多個機架的共用不燃機櫃。

特定ESS的最佳配置取決於所使用的電池。LFP模組可以使用配置“a”和“b”，而忽略建議的分隔距離，因為在撒水測試中，火沒有從原始機架蔓延開來。NMC模組也可以使用配置“a”和“b”，但需要遵守間隔距離要求，以避免火勢從一個機架蔓延到另一個機架。對於LFP和NMC而言，配置“c”中所述的多次機架安裝不在本項目的範圍之內。

如果設計正確，撒水系統可以幫助減少ESS的火災隱患。設計撒水頭系統時，關鍵因素包括用水量，預期運作的撒水頭數量和火災持續時間。需水量通常根據在大尺度火災中提供足夠防護所需的灑水器數量加上50%的安全係數來計算。進行的大尺度測試使用的通用標準是3 m × 3 m (10 ft × 10 ft) 的面積，且少於16個撒水頭正在運作。在LFP模組測試中，只有一個撒水頭運作，並且控制了溫度和火勢蔓延，這意味著防護是可以接受的。NMC模組測試啟用了多個撒水頭，

需求面積超過 230m^2 ($2,500\text{ft}^2$)。較大的需求區域和觀察到的並排機架之間的火勢蔓延，認為將撤水頭需求區域建立在整個受保護房間的基礎上合理的。對於沒有蔓延到其他機架（例如LFP模組）的火災，火災時間加上安全係數可以用作水持續時間的基礎。對於NMC模組，觀察到的火勢蔓延使得有必要將第一個機架的著火持續時間乘以整個配置中相鄰機架的數量。

在為ESS開發防火系統時，上述設計注意事項和要求可能會有所幫助，但是要考慮的電池類型非常重要。為該研究測試的電池具有相似的構造，但化學成分不同，從而產生了不同的結果和危害。除了經過測試之外，機架設計，建築材料以及電池特定功能和化學作用的影響還不清楚。不同的機架設計可以減少或增加兩種電池類型的危害。由於缺乏已知信息，因此無法將LFP和NMC電池測試的結果應用於其他不同的電池或系統。當對設計變更對系統危害的影響存有疑問時，有必要進行大尺度測試。

第三章 規範與標準

本研究主要以蒐集美國儲能系統防火安全國際相關規定作為初步探討，由於韓國在儲能系統在短期間發生多起火災，在蒐集資料過程獲得韓國 2018 年制定之標準 KFS 412 鋰離子電池儲能系統防火安全指引，本章將納入擇要探討。

第一節 KFS 412 鋰離子電池儲能系統防火安全指引

此標準僅適用於室內及戶外安裝的各種類型的電池儲能系統，且僅在總容量超過 20kWh(72MJ)鋰離子電池儲能系統時適用。安裝電池儲能系統的處所的地板、天花板、牆壁等防火區劃構件必須具有至少 1 小時的耐火性能，如果有設施貫穿安裝電池儲能系統的空間，則在貫穿部填充防火時效大於或等於 1 小時建築物防火構件的阻火材。

電池儲能系統每個機架的配置最大能量容量應不超過 250 kWh，每個機架之間和牆壁間距至少 0.9 m，最大額定能量不得超過 600 kWh。但是，如果 ESS 和其他能源設施僅在安裝用於儲能、發電和電網操作的建築物中，安裝 ESS 的地方運行、維護、測試和維修等，則不適用，上述規定如果通過大尺度的防火測試證明安全性，則不受限制，電池儲能系統的空間距離公共區域至少 15 m。

電池儲能系統必須安裝在地面上方，並且只能通過梯子安裝在消防隊可以接近的位置，安裝電池儲能系統的空間，在正常充電、放電和使用中不得洩漏超過允許暴露極限濃度 (PEL) 的毒性氣體，應安裝在區域內的所有電池充電最壞的情況下，使區域內的可燃氣體濃度不超過以體積維基準的燃燒下限濃度的 25% 之通風系統，機械通風應至少為該空間的樓地板面積 $5.1 \text{ L} / \text{sec} / \text{m}^2$ 以上，通風系統應連續運行或通過氣體探測器啟動，並應能由接收器進行監測，當處所中的可燃氣體濃度超過燃燒下限(LFL)的 25% 時操作機械通風系統，並持續運行，直到該區域中的可燃氣體濃度降至燃燒下限 (LFL) 的 25% 以下，氣體探測設備

必須具有 2 小時或更長時間的備用電源，異常發生時應將訊號發送到中央監控室或常駐人員所在的地方。

位於易燃液體蒸氣或易燃氣體的爆炸場所，可能被引燃的電池儲能系統應安裝在建築物或防護設施中。這些建築物或防護設施應安裝正壓設備，以室內壓高於外部大氣壓的狀態維持保護機制，可以抑制外部氣體流入，如果電池儲能系統安裝在建築物或結構物內，則必須依據相關的標準安裝火災探測器，應裝設水系統滅火設備或氣體系統滅火設備，如果電池儲能系統液體電解質的總容量超過 3785L，應有防溢措施，當使用流動電解質的電池儲能系統洩漏時，應有中和的措施，如果將電池儲能系統安裝在容易發生碰撞的位置，則必須採取防撞保護措施。

如果電池儲能系統安裝在戶外集裝箱或類似容器內部，其尺寸不得超過 16.2m×2.4m×2.9m（高度），並應與生產設施、公共道路、建築物、可燃物、危險品及其他類似用途相距 3m 以上，如果安裝在戶外的大量集裝箱或類似容器中，則兩者之間的距離應在 6m 以上，如果在 6m 之內，則應間隔耐火時效 1 小時以上的牆體，在 3m 以內應防止因植被或可燃物等引起火災擴散。

第二節 美國法規、規範與標準

安全標準是由美國國家標準協會（ANSI），美國國家消防協會（NFPA）和國際法規理事會（ICC）等非營利組織和行業協會合作制定的。這些組織制定標準和規範，這些標準和規範由州和地方政府機構（例如城市建築部門）採用和執行。該系統為地方政策制定者提供了一種實用、經濟高效的方式，以確保基本的安全要求符合當地條件，並針對所有允許的建築或改善項目（例如在住宅或商業建築中安裝 ESS）一致執行。

國際法規委員會（ICC）制定並發布了大多數州或地方建築當局採用的幾種標準法規。其中包括國際建築法規（IBC），國際住宅法規（IRC）和國際消防法規（IFC）。

一、國際建築規範(IBC)

國際建築規範對於電池儲能系統，在其 307.1.1 H 類高危險群組以外的用途，按照國際消防規範安裝的固定式蓄電池系統、固定式燃料電池動力系統及電容器儲能系統，不歸類於 H 類組，歸類於與之最相似的建築使用，但基本上必須符合國際消防法規，由其表 509 對於能量大於閾值的固定式蓄電池系統(國際消防規範表 1206.2 中規定的數量)，其隔離及或防護在 B、F、M、S 及 U 建築使用類組為 1 小時，A、E、I 及 R 類組為 2 小時，在 907.2.22 在裝有蓄電池系統的電池室，依據國際消防規範 1206.2 要求應安裝自動偵煙探測器，907.2.23 在裝有電容器儲能系統的區域，依據國際消防規範 1206.3 要求應安裝自動偵煙探測器。

(IBC 建築使用分類，A：集會、B：商業、E：教育、F：工廠及工業、H：高危險、I：公共機構、M：商場、R：住宅、S：儲存、U：公用設施及其他)

二、國際消防規範(IFC)

增加第 12 章，以解決國際消防規範中現有的能源系統。引入了廣泛的系統，這些系統可以在建築物和設施中，建築物之上和附近產生和儲存能量。此類能源系統的擴展與應對當今的能源、環境和經濟挑戰有關。確保適當的標準以解決建築物和防火法規中此類系統的安全問題，是保護廣大公眾、建築物佔用者和緊急應變者的重要組成部分。更具體地說，本章介紹備用電源、緊急電源、光伏系統、燃料電池能源系統、電池儲存系統和電容器儲能系統。

(一)固定式蓄電池系統

依電池技術容量超過容量閾值(液流電池(包括鈇、鋅-溴、多硫化物-溴化物和和其他流動性電解質類型) 20kWh、鉛酸，所有型式 70kWh、鋰，所有型式 20kWh、鎳鎘 (Ni-Cd) 70kWh、鈉，所有型式 20kWh(鈉離子技術為 70kWh)、其他電池技術 10kWh)，須符合下列規定。

1. 應經過許可。許可申請應提供以下資訊：

- (1)要安裝固定式蓄電池系統的房間的位置和配置圖。
 - (2)提供每時耐火等級組件的細節。
 - (3)蓄電池和電池系統的數量和類型。
 - (4)製造商的規格、額定值以及蓄電池和電池系統的清單。
 - (5)能源管理系統的細節。
 - (6)標牌的位置和內容。
 - (7)有關滅火、煙霧探測和通風系統的細節。
 - (8)機架存儲配置，包括地震的支撐準則。
2. 非前述的電池技術、在房間或室內區域中提供了不止一種固定式蓄電池技術，這些技術之間可能存在不利的相互作用或在允許的基礎上增加最大允許量，應有防災分析。防災分析應評估以下失效模式以及防火法規官員認為必要的其他失效模式。
- (1)單電池儲存架、模組或陣列中的熱失控情況。
 - (2)任何能源管理系統出現失效。
 - (3)任何必需的通風系統出現失效。
 - (4)主電源上的電壓突波。
 - (5)固定式蓄電池儲存系統的負載側短路。
 - (6)煙霧探測、滅火或氣體探測系統失效。
 - (7)未提供溢出中和或二次圍阻系統失效。

防火法規官員有權認可**防災分析**，但前提是防災分析必須證明：

- (1)起火或爆炸將包含在無人使用的電池儲藏室中，應按照國際建築規範表 509.1規定的耐火等級牆的最短持續時間。
- (2)將及時被探測建築使用的工作中心內電池櫃中的火災和爆炸，以使房間內的人員安全疏散。
- (3)在火災和其他失效條件下釋放的有毒和劇毒氣體，在被認為必須從該區域撤離的時間內，其濃度不得超過建築物或鄰近出口通道中對立即危害人體生命與健康（IDLH）層級。
- (4)電池在充電、放電和正常運行期間釋放的可燃氣體不得超過其可燃性下限（LFL）的25%。
- (5)在火災、過度充電和其他異常情況下，電池釋放出的易燃氣體不得造成爆炸危險，不會傷害居民或應急人員。

3. 附加保護措施

4. **耐震設計**，應符合《國際建築規範》第16章中的耐震設計要求，並且不得超過建築物的樓板荷載限制。
5. **車輛碰撞保護**，如果會受到包括堆高機在內的機動車輛的撞擊，則應按照規定提供車輛撞擊保護。
6. **可燃儲存**，與固定式蓄電池系統無關的可燃材料不得儲存在蓄電池室、機櫃或封閉空間中。如果位於建築使用的工作中心的可燃材料的存放距離電池櫃不得少於3ft（915mm）。

蓄電池以及相關的設備和系統應按照製造商的說明進行測試和維護。用於替換現有設備的任何蓄電池或系統組件應與電池充電器、能量管理系統、其他蓄電池和其他安全系統兼容。在固定式蓄電池系統中引入其他類型的蓄電池，在液流電池系統中引入其他類型的電解質，應視為新設備，並且在將替代產品投入使用

之前，需要獲得防火規範官員的認可。

固定式蓄電池系統不得在樓板位於消防部門車輛出入口最低平面之上75ft (22 860 mm)，或樓板平面在出口卸料最低平面的完工樓板30ft (9144 mm) 以下的區域(例外情況：鉛酸和鎳鎘固定式蓄電池系統，防火法規官員認可，安裝在高度超過75ft(22 860mm)建築物的不燃屋頂上，不妨礙消防部門的屋頂操作)，並與建築物的其他區域間隔。蓄電池、預包裝的固定式蓄電池系統和預先設計的固定式蓄電池系統應分別分成不超過50 kWh (180MJ) 的固定式蓄電池組合。每個固定電池組合與其他固定電池組以及儲藏室或區域內的牆壁之間的距離應不少於3ft (914mm)。鉛酸和鎳鎘蓄電池組合，每個不應超過250 kWh (900MJ)，如果提供了經認可測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試，提供顯示火災涉及一個組合將不會蔓延到相鄰組合，並且將被包含在房間中的持續時間等於《國際建築規範》表509中指定的房間間隔的耐火等級，則防火法規官員被授權認可使用具有更大容量或更小電池組合間距的列出的、預先設計和預包裝的電池組合。

如果固定電池安裝在只能由授權人員進入的單獨機房中，則應允許將其安裝在開放式機架上，以方便維護，如位於建築使用的工作中心，則應將其放在不可燃的櫃子或其他外殼中，以防止未經授權的人員進入，機櫃的外殼應位於其所支撐的設備10ft (3048mm) 內。應在門上或固定式蓄電池系統房間入口附近的位置上提供認可的標誌。

室外安裝，除了上述所有適用要求外，位於戶外的固定式蓄電池系統應與以下物品至少間隔5ft (1524mm)：

1. 基地線。
2. 公共通道。
3. 建築物。

4. 儲存可燃物。
5. 有害物質。
6. 高堆庫存。
7. 其他曝露危害。

例外：如果提供了由認可的測試實驗室進行的見證或報告的大尺度火災和故障情況測試，顯示該系統的火災不會對相鄰建築物的建築使用出口，或相鄰的存儲材料或結構造成不利影響，則防火法規官員被授權認可更小的間隔距離。

應與防火法規官員所要求的任何出口設備隔開，以確保在火災條件下安全地逃生，但不得少於10ft (3048mm)。

例外：如果提供了由認可的測試實驗室進行的見證或報告的大尺度火災和故障情況測試，顯示該系統不會對建築使用的出口產生不利影響，則防火法規官員被授權認可較小的間隔距離。

應加以保護，以防止未經授權的進入並以認可的方式進行保護。如果固定式蓄電池系統包括外殼，該單元應只能進入檢查、維護和電池和電子的修理，不得占用以作其他用途。

可以用於維修、測試、維護和其他功能的室外外殼或容器中的裝置應視為電池儲藏室。(例外：不可燃容器中的固定電池組合與容器壁的距離應不必要為3ft (914mm))

包含固定式蓄電池系統的建築物內的火災區域超過表3-1中的最大允許數量時，應遵守《國際消防規範》和《國際建築規範》中所有適用的H組建築使用要求。

例外：經防火法規官員認可，包含固定式蓄電池的區域超過表3-1的區域應被視為偶然使用區域，而不是根據國際消防規範1206.2.3和由認可的測試實驗室

進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試。

表 3-1 允許的最大電池數量

電池技術	允許的最大數量 ^a	H組建築使用
液流電池 ^b	600kWh	H-2 組
鉛酸，各種類型	無限的	不適用
鋰，各種類型	600kWh	H-2 組
鎳鎘 (Ni-Cd)	無限的	不適用
鈉，各種類型	600kWh	H-2 組
其他電池技術	200kWh	H-2 組 ^c

SI : 1kWh= 3.6MJ。

- a. 對於額定安培小時數的電池，千瓦時 (kWh) 應等於額定電池電壓乘以額定安培小時數除以1,000。
- b. 應包括鈇、鋅-溴、多硫化物-溴和其他流動性電解質類型的技術。
- c. 如果防火法規官員確定涉及電池技術的火災或熱失控不構成嚴重的火災隱患，則應為H-4組建築使用。

資料來源：International Fire Code 2018

當建築物內的區域採用不同類型的蓄電池技術時，應根據每種蓄電池類型數量的百分比之和除以每種蓄電池類型的最大允許數量，確定蓄電池的總量。如果百分比之和超過100%，則根據表3-1將該區域視為H組建築使用。

蓄電池及相關設備，除鉛酸和鎳鎘以外，還應為電池技術提供經過認可的能源管理系統，以監控和平衡製造商規定範圍內的電池電壓、電流和溫度。如果檢測到潛在的危險溫度或其他條件，例如短路、過電壓或欠壓，則系統應將警報信號發送到認可的位置，電池充電器應與電池化學成分以及製造商的電氣額定值和充電規範兼容，應當按照UL 1741列出和標記逆變器，通風的電池應配備阻火安全帽，應為蓄電池提供列出的設備或其他認可的方法，以防止、檢測和控制熱失控，在充電、放電和正常使用條件下可能釋放有毒和劇毒氣體，應符合國際消防規範第60章的規定，應配備根據國際消防規範903.3.1.1節安裝的**自動撒水系統**。蓄電池特定技術的商品分類應符合NFPA 13的第5章的規定。如果NFPA 13的第5章未提及蓄電池的類型，則授權防火法規官員認可以由認可實驗室進行或見證並報告全尺度火災和故障狀況測試為基礎的滅火系統，使用具有水反應性材料的電池系統，應按照904節的規定，使用認可的替代自動滅火系統進行保護。應列出該系統，以保護室內蓄電池的類型、佈置和數量。應當允許防火法規官員根據經認可的實驗室進行或見證和報告的全尺度火災和故障情況測試，認可替代滅火系統，應在裝有固定式蓄電池系統的房間內安裝經過認可的自動煙霧探測系統，應根據《國際機械規範》和以下其中一項提供包含固定蓄電池系統的房間的**通風**。

1. 通風系統的設計應將可燃氣體的最大濃度限制為可燃性下限的25%，對於氫氣，應限制為房間總容積的1.0%。
2. 連續通風的速率應不小於樓地板面積 $1 \text{ cfm/ft}^2 [0.00508 \text{ m}^3 / (\text{s} \cdot \text{m}^2)]$ ，但不小於 $150 \text{ cfm} (4 \text{ m}^3 / \text{min})$ 。

排氣系統的設計應能使蒸氣密度大於空氣的氣體在地板的所有部分上流動，而蒸氣密度小於空氣的氣體則在拱頂天花板的所有部分上流動。

如果位於居住空間內的櫥櫃裝有國際消防規範第1206.2.3或1206.2.12條要求提供通風的蓄電池，則應根據1206.2.1.3節為機櫃提供通風。裝有蓄電池的房

間和機櫃所需的機械通風系統，應由經認可的中心站、專有或遠程站服務進行監督，或應在經認可的經常有人看管的現場發出聲音和視覺信號。

應由符合國際消防規範916節的氣體偵測系統保護。該氣體偵測系統應設計成在可燃氣體位準超過易燃性下限(LFL)25%，或有毒或劇毒氣體水平超過IDLH的一半時啟動。

在特定電池類型要求的情況下，應提供經認可的方法和材料，用於**控制和中**和包含固定式蓄電池的區域中電解液或其他有害物質的溢出。具有不止一種類型蓄電池的固定式蓄電池系統應符合適用於每種蓄電池類型的**要求**，國際消防規範1206.2.12.1鉛酸蓄電池、1206.2.12.2鎳鎘(Ni-Cd)蓄電池、1206.2.12.4鈉-β蓄電池、1206.2.12.5液流蓄電池及1206.2.12.6其他電池技術。

(二) 電容器儲能系統

容量超過3 kWh (10.8MJ) 的電容器儲能系統應符合國際消防規範1206.3至1206.3.2.6.1節的規定。

三、國際住宅規範(IRC)

國際住宅規範第三章建築規劃第 R327 節 固定蓄電池系統，應按照 UL 9540 列出並標記為住宅用，例外情況：1. 經認可，由電動車改變用途未列出電池系統，允許安裝在戶外或獨立棚，在距離外牆、地界線和公共道路不少於 5ft(1524mm) 的位置。2. 如果安裝符合 NFPA 70 的 625.48 節，則允許將電池系統作為電動汽車的組成部分。3. 小於 1 kWh (3.6MJ) 的電池系統。

應按照 NFPA 70 的規定進行安裝。逆變器應按照 UL 1741 進行列出和標記，或作為 UL 9540 列出的一部分提供。連接到公用電網的系統應使用列出的逆變器進行公用設施交互。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

在充電過程中產生氫氣或其他易燃氣體的電池在內的固定式蓄電池系統的室內裝置，應按照 M1307.4 節的規定進行通風。安裝在易受車輛損壞的位置的固定式蓄電池系統應由認可的障壁保護。

四、NFPA 1

儲能系統應遵守 NFPA 1 第 52 章規定。

用於設施備用電源，緊急電源或不斷電供應系統的浸沒式鉛酸、鎳鎘和閥控式鉛酸電池(VRLA)固定式電池系統，電解液容量在撒水頭滅火建築物中大於 100 gal (378.5 L)，在非撒水頭滅火建築物中大於 50 gal (189.3 L)，應符合 NFPA 1 第 52.2 和表 3-2 的規定。

表 3-2 電池要求

要求	非重組電池		重組電池
	浸沒式鉛酸	浸沒式鎳鎘 (Ni-Cd)	閥控式鉛酸 (VRLA)
安全蓋	通風蓋	通風蓋	自密封性阻火焰蓋
熱失控管理	不要求	不要求	要求
溢出控制	要求	要求	不要求
中和	要求	要求	要求
通風	要求	要求	要求
標記	要求	要求	要求
地震控制	要求	要求	要求
火警探測	要求	要求	要求

資料來源：NFPA 1

排氣式鉛酸和鎳鎘應配備安全通風蓋，閥控式鉛酸電池(VRLA)應配備自密封性阻火焰安全通風口，VRLA 系統應配備列出的裝置或其他認可方法，排除、偵測和控制熱失控，除集會、教育、拘留和懲戒設施；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所之外，電池系統應位於與建築物其他部分隔開至少 1 小時的防火屏壁的房間內，在集會、教育、拘留和懲教設施中；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所，電池系統應位於與建築物其他部分隔開至少 2 個小時的防火屏壁的房間內。

裝有自由流動液體電解液，容量大於 55 gal (208 L) 的單個容器或總容量超過 1000 gal (3785 L) 的多個容器之房間、建築物或區域，應配備溢流控制，以防止液體流到相鄰區域，應提供經認可的控制電解液溢流的方法和材料，該方法和材料應能夠控制最大單個容器的溢出，應提供中和溢流電解液的認可方法，對於 VRLA 電池，該方法應能夠將最大電池的溢流物中和至 pH 值為 7.0 至 9.0。

對於浸沒式鉛酸，浸沒式鎳鎘和 VRLA 電池，應按照機械規範和 NFPA 1 第 52.2.2.6 節為房間和機櫃提供通風，應對電池環境進行控制或分析，以使溫度保持在所用特定電池技術的安全操作範圍內，電池系統應按照建築規範進行抗震支撐，應在裝有 NFPA 72 的固定電池存儲系統的房間內安裝經過認可的自動煙霧探測系統。

容量大於表 3-3 所列容量的儲能系統應符合 NFPA 1 第 52.3 節的規定，並且在用作法律要求的緊急或備用電源系統時，還應符合 NFPA 1 第 11.7.3 節的規定。

固定式蓄電池系統應裝在不可燃，上鎖的櫃子或其他圍蔽中，以防止未經授權的人員進入，除非位於單獨的機房內，只有授權人員才能進入，不得位於地板高於消防部門車輛通道最低高度 75 ft (22860 mm) 的區域，或最低出口層允許離開的完工地板 30 ft (9144 mm) 以下的區域，經 AHJ 認可時，允許安裝在高

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

度超過 75 ft(22,860 mm)的建築物的不燃屋頂上安裝不妨礙消防部門屋頂作業的裝置。

表 3-3 儲能系統閾值數量

型式	容量 ^a
鋰電池, 所有型式	20 KWh(18.0 MJ)
鈉電池, 所有型式	20 KWh (18.0 MJ) ^c
液流電池 ^b	20 KWh (18.0 MJ)
其他電池技術	10 KWh (10.8 MJ)
電容器	70 KWh (25.2 MJ)

註：

a 對於以安培小時為單位的電池和電容器，KWh 應等於額定電壓乘以安培小時額定值除以 1000。

b 包括鈇、溴化鋅、溴化多硫化物和其他流動性電解質類型的技術。

c 或用於鈉離子技術的 70KWh (25.2 MJ)。

資料來源：NFPA 1

包含固定式蓄電池系統的房間應位於高危險區域，除集會、教育、拘留和懲戒設施；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所之外，固定存儲電池系統應位於與建築物其他部分分隔至少 1 小時的防火屏壁的房間內。集會、教育、拘留和懲教設施中；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所，固定儲存電池系統應位於與建築其他部分分隔，至少 2 個小時的防火屏壁的房間內。

不燃容器中的電池陣列不要求與容器壁間隔 3 ft(914 mm)，位於戶外的固定式蓄電池系統應與以下物體至少隔開 5ft (1524mm)：

1. 基地線
2. 公共通道
3. 建築物
4. 儲存的可燃材料
5. 有害物質

6. 高堆積物

7. 其他暴露危險

如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障狀況測試，表明涉及建築物的火災或對相鄰存儲材料或結構不利影響，則 AHJ 應允許縮短間隔距離。

位於戶外的固定式蓄電池系統應與 AHJ 要求的任何出口設施分開，以確保在著火條件下安全出口，但在任何情況下均不得少於 10ft (3048mm)，如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障狀況測試，表明涉及該系統的火災不會對居民逃生產生不利影響，則 AHJ 應允許縮短間隔距離。

包含固定式蓄電池系統的建築物內的火災區域超出表 3-4 中的最大允許數量時，應遵守 NFPA 101 6.2.2 和建築法規規定的所有適用的普通危險和高危險要求。

表 3-4 NFPA 1 儲能系統最大限值

	最大允許數量 ^a	危險型式分類
鋰電池, 所有型式	600 kWh	高危險 ^c
鈉電池, 所有型式	600 kWh	高危險 ^c
液流電池 ^b	600 kWh	高危險 ^c
其他電池技術	200 kWh	高危險 ^c

註：

- a 對於以安培小時額定的電池, kWh 應等於額定電壓乘數安培小時額定值除以 1000。
- b 包括鈎、鋅-溴、多硫化物-溴和其他流動的電解質類型技術。
- c 如果 AHJ 根據 (1) 根據 52.3.2.4 進行的危害減輕分析和 (2) 根據經認可的測試實驗室進行或見證和報告的大尺度火災和故障狀況測試和報告，表明涉及固定存儲電池系統的火災包含在房間內，持續時間等於 NFPA 1 第 52.3.2.1.3.1 節或 52.3.2.1.3.2 節 中要求的房間分離的耐火等級，可以允許為普通危險分類，如適用。

資料來源：NFPA 1

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

經 AHJ 認可，包含固定式蓄電池系統的區域超過表 3-4 的區域，根據 NFPA 1 第 52.3.2.4 節的防災分析以及由認可的測試實驗室進行或見證和報告的大尺度火災和故障情況測試，允許視為普通危險而不是基於危險的高危險分類。如果建築物內的區域包含能源系統技術的組合，則應根據每種類型的百分比之和除以每一種類型的最大允許數量以確定總集合量。如果百分比之和超過 100%，則應根據表 3-4 將區域視為高危險分類。

預包裝的固定式蓄電池系統和預先設計的固定式蓄電池系統應分別分隔成不超過 50 KWh (180MJ) 的陣列，每個陣列應與其他陣列以及儲藏室或區域內的牆壁至少間隔 3ft (914mm)。儲存安排應符合 NFPA 101 中的出口規定，列出的預先設計的固定式蓄電池系統和預包裝的固定式蓄電池系統每個不應超過 250 KWh (900MJ)。如果提供了經認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試，則允許 AHJ 認可列出的較大容量或較小電池組間距的預先設計和預包裝電池組涉及一個陣列的火將不會傳播到相鄰陣列，並且在室內的持續時間等於 NFPA 1 第 52.3.2.1.3 節要求的房間間隔的耐火等級。

提供未在表 3-3 中明確標識的電池技術、在房間內或室內區域中提供不止一種固定式蓄電池技術，這些技術之間可能存在不利的相互作用，或當作為增加表 3-4 中規定的最大允許量的基礎時，應向 AHJ 提供故障模式和影響分析 (FMEA) 或其他已認可的防災分析。

應為電池技術提供經過認可的電池管理系統，以監控和平衡製造商規定範圍內的電池電壓、電流和溫度。電池充電器應與電池製造商的電功率額定值和充電規範兼容。在固定式蓄電池系統容易受到機動車撞擊的地方，應提供機動車撞擊保護。

與固定式蓄電池系統無關的可燃材料不得儲存在電池室、機櫃或封閉空間中，建築使用工作中心內的可燃材料應符合 NFPA 1 第 10.18 節的規定，並且不得存放在電池櫃 3ft (915mm) 的範圍內。

電池系統應按照建築規範進行耐震加固，通風的電池應配備阻火焰安全蓋，如果不同類型的電池之間可能存在不安全的相互作用，則不得在同一房間或機櫃中安裝不同類型的電池。

安裝自動煙霧探測系統及自動撒水系統保護，裝有蓄電池的房間和機櫃所要求的機械通風系統，應由經認可的中央、專有或遠程站點服務進行監督，或應在經認可的經常有人值守的現場發出聲音和視覺信號，應由認可的連續氣體探測系統防護，使用鋰電池、鈉電池及液流電池，應提供認可的方法和材料，用於控制和中和包含固定蓄電池的房間中電解液或其他有害物質的溢出，提供列出的設備或其他認可的方法來防止、探測和控制熱失控。

其他電池類型在充放電，正常使用過程中可能存在易燃、有毒或劇毒氣體的地方，應進行通風，電池中含有可能從電池中釋放出來的電解質應溢出控制和中和，提供熱失控保護。

五、NFPA 70

適用於所有容量大於 3.6MJ(1 kWh)的儲能系統，應列出監控器、控制裝置、開關、保險絲、斷路器，電源轉換系統、逆變器和變壓器、儲能組件以及儲能系統中除鉛酸電池以外的其他組件。另外，獨立的 ESS 應列為完整的儲能系統。應制定適用於儲能技術的規定，以使來自儲存設備的任何可能的氣體（如果存在）充分擴散和通風，以防止爆炸性混合物的積聚。允許預製或自包含的 ESS 根據製造商的建議和系統清單提供通風。

NFPA 70，通常被稱為國家電氣規範（NEC），長期以來一直用於幫助電氣承包商，太陽能電池安裝人員，相關商人和檢查員，以確保電氣工作將電擊的可能性降至最低或起火。NFPA 70 長達近一千頁，規定了一些基礎實踐的安全方法，例如電氣系統的正确接地以及諸如 PV 陣列或電池的安裝之類的特定活動。由數百名技術和安全專家組成的多元化小組，連同各利益相關方組織的意見，每三年

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

更新一次 NEC。最新更新是 2020 年，與 NFPA 855 協調一致，大大擴展了儲能系統的覆蓋範圍。

六、NFPA 855

國家消防協會 (NFPA) 855，《固定式儲能系統的安裝標準》於 2019 年底發布，此前儲能協會 (ESA) - 電池製造商和安裝商組織 - 與 NFPA 進行了富有成效的合作。

NFPA 855 建立了安全電池安裝的通用語言和要求，以納入過去幾十年來製定的綜合建築和消防法規。該標準有助於確保適用於項目的各種法規的一致性，並為需要特定指導的檢查人員提供更多信息。NFPA 855 解決了各種電池設計和安裝注意事項，包括電池組之間間距，灑水噴頭的尺寸，通風，相關的防火系統以及整個場地清理要求。

NFPA 855 和其他相關標準會根據研究這些技術的主題專家的意見進行定期審查和更新，從新的和正在進行的產品安全測試中學習，並從發生的任何事故的分析中學習。在一個示例中，亞利桑那州公共服務 (APS) 設施發生的 2019 年電池大火 的發現正在通知有關電池單元和模塊之間的熱障的安全標準語言有所改進。根據 UL 9540A 標準進行的最新和正在進行的測試將有助於指定哪種限制最有效。

NFPA 855 對於儲能系統之閾值規定如表 3-5，儲能限制如表 3-6，大尺度火災試驗應依據 UL 9540A 或等效試驗標準。

表 3-5 閾值

儲能系統技術	總功率 ^a	
	kWh	MJ
電池儲能系統		
鉛酸，所有型式	70	252
鎳包括 Ni-Cad, Ni-MH, 及 Ni-Zn ^b	70	252
鋰離子，所有型式	20	72
鈉氯化鎳	20	72
液流電池 ^c	20	72
其他電池技術	10	36
在一戶和兩戶住宅和連棟式住宅中的電池		
電容器儲能系統		
電化學雙層電容器	3	10.8
其他儲能系統		
所有其他儲能系統	70	252

a 對於以安培小時為單位的**儲能系統**裝置，kWh 等於最大額定電壓乘以安培額定值再除以 1000。

b 鎳電池技術包括鎳鎘 (Ni-Cad)，鎳金屬氫化物 (Ni-MH) 和鎳鋅 (Ni-Zn)。

c 包括鈮、溴化鋅、多硫化物溴化物和和其他流動性電解質類型的技術。

d 用於功率因數校正、濾波和反應性的功率流的電容器是例示。

資料來源：NFPA 855

表 3-6 NFPA 855 儲能系統最大限值

儲能系統 型式	最大儲能 ^a (kWh)
鉛酸電池，所有型式	無限制
鎳電池 ^b	無限制
鋰離子電池，所有型式	600
氯化鈉鎳電池	600
液流電池 ^c	600
其他電池技術	200
儲存電容器	20

a 對於以安培-小時為單位的額定功率，千瓦時應等於最大額定電壓乘以安培-小時額定值除以 1000。

b 鎳電池技術包括鎳鎘 (Ni-Cad)、鎳金屬氫化物 (NMH) 和鎳鋅 (Ni-Zn)。

c 包括鈳、鋅溴多硫化物、溴化物和其他流動性電解質類型的技術。

資料來源：NFPA 855

七、UL 9540

安全，儲能系統和設備的 ANSI / CAN / UL 9540 標準(通常稱為“UL 9540”)是為 ESS 產品明確開發的測試標準，並且在建築和電氣法規中得到越來越多的引用。UL 9540 最近一次更新是在 2020 年 2 月，著眼於 ESS 作為一個完整的系統，並包括電池和電力電子設備之間相互作用的測試。要獲得 UL 9540 的認證，電池必須滿足 UL 1973 的要求（對於鉛酸電池必須滿足 UL 1989 的要求），並且逆變器和充電控制器必須滿足 UL 1741 的要求。

表 3-7 UL 1973 試驗

UL 1973 試驗	閥門調節或排氣鉛酸或鎳鎘電池的替代試驗
電氣試驗：	
過充試驗	符合 D3.2.1 的 UL 1973 試驗
短路試驗	在單體電池上進行 D2.3 或 D2.4 試驗，並在 ESS 或 UL 1973 試驗中的 SC 保護進行比較
過度放電防護試驗	UL 1973 試驗
充電不平衡試驗	UL 1973 試驗
溫度和工作極限檢查測試	第 27 節系統的正常運轉試驗
不適用	第 29 節系統的脈衝試驗（如果適用）
不適用	第 31 節系統的絕緣電阻試驗
介電耐壓試驗	第 28 節系統的介電耐壓試驗
連續性試驗	第 30 節系統的設備接地和連接試驗
冷卻/熱穩定性系統失效	UL 1973 測試（如果適用）
機械測試	本標準中系統機櫃的要求
環境試驗	第 37 節環境試驗（如果適用）

資料來源：UL 9540

表 3-8 住宅使用 ESS

安裝位置	能量容量，kWh		與暴露距離 ^a	
	ESS	總計	距離，cm(ft)	暴露
戶外	20	80	91.4(3)	門和窗
				其他 ESS
戶外，壁掛	20	40	91.4(3)	門和窗
				其他 ESS
室內（在雜物間、附屬車庫或雜物間和儲存空間內）	20	40	91.4(3)	門和窗
				其他 ESS
室內（獨立的車庫和儲物棚）	20	80	91.4(3)	門和窗
				其他 ESS

a 基於大尺度火災試驗，可以減少距離。

b 根據 UL 9540A 電池試驗方法進行試驗時，不表現出熱失控或可燃氣體傾向的電池可以安裝在住宅的居住或居住空間中。

資料來源：UL 9540

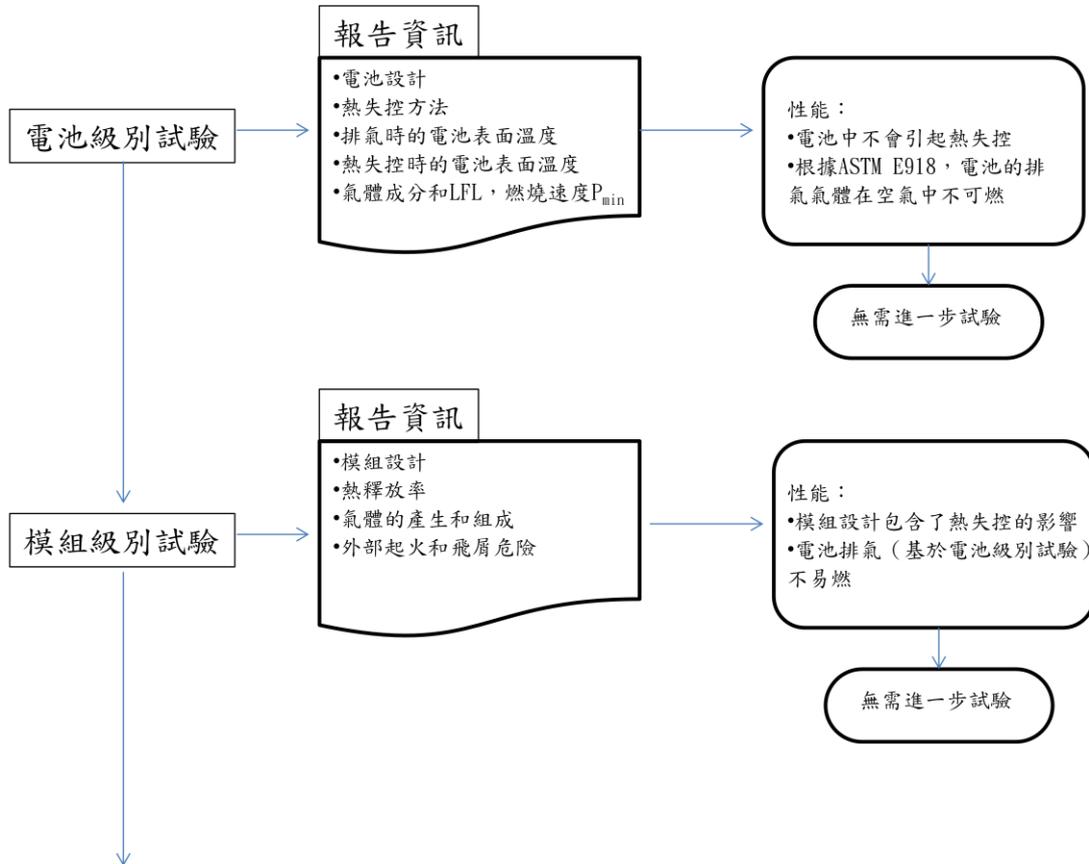
表 3-9 非住宅使用 ESS

安裝位置	能量容量，kWh ^d		與暴露距離 ^{a,d}	
	ESS	總計 ^c	距離，cm(ft)	暴露
戶外接近暴露	50 ^b	600 或 200	91.4(3)	其他 ESS
戶外接近暴露	50 ^b	600 或 200	304.8(10)	
戶外，壁掛	20	600 或 200	91.4(3)	其他 ESS
室內，非專用	50 ^b	600 或 200	91.4(3)/152.4(5)	
<p>a 可以根據 23.2 的大尺度火災試驗進行減少。</p> <p>b 可以根據 23.2 的大尺度火災試驗進行增加。</p> <p>c 600 kWh 適用於鋰離子、氯化鈉鎳和液流電池，200 kWh 適用於其他技術，包括電容器。鉛酸和鎳電池（鎳鎘，鎳金屬氫化物鎳鋅）沒有最大總量限制。</p> <p>d 電池，包括屬於以下類別的電池，在根據 UL 9540A 進行測試時沒有顯示出熱失控的傾向，沒有最大的總電量限制或單獨的 ESS kWh 限制或分離要求。</p>				

資料來源：UL 9540

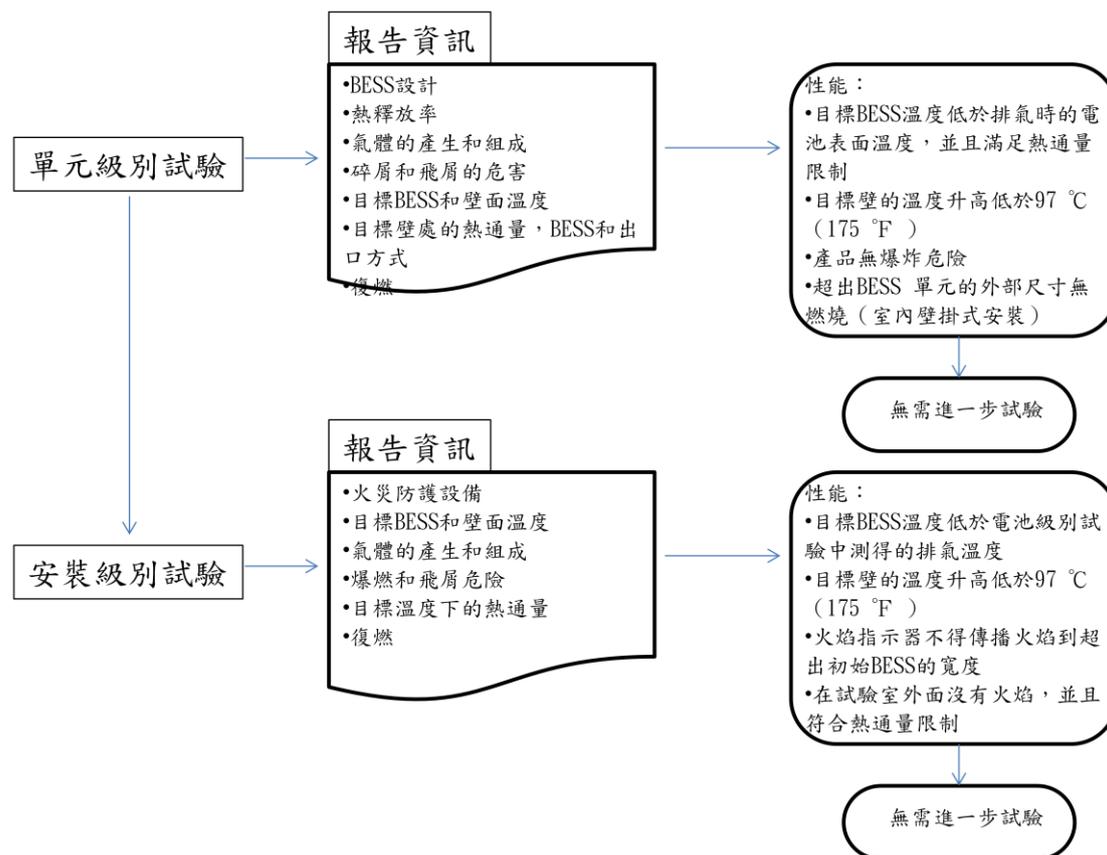
八、9540A

標準中的試驗方法確定電池技術經受熱失控的能力，然後評估已證明具有經受熱失控能力的那些電池儲能系統的火災和爆炸危險特性。有關試驗順序的示意圖，參照圖 3-1。



資料來源：UL 9540A

圖 3-1 試驗順序示意圖



資料來源：UL 9540A

圖 3-1 試驗順序示意圖(續)

ANSI / CAN / UL 9540A 安全標準，評估電池儲能系統中熱失控火蔓延的測試方法 - UL 9540A - 專門針對熱失控的閾值和一旦發生熱失控事件時電池組件的行為。任何鋰離子電池，包括磷酸鐵化學物質，都可能遭受熱失控（電池單元過熱並隨後燃燒）。UL 9540A 中規定的測試確定了需要採取哪些保護措施，以確保熱失控事件不會導致災難性火災。

通過確保所安裝的產品具有適當的清單並根據最新的法規和標準進行安裝，安裝人員和檢查人員可以以與成功降低更多電池組風險和危險的方式相同的方式，將與電池系統相關的風險和危害降至最低。隨著時間的流逝，改進的儲能系統產品安全標準及其增加的使用量將使屋主和企業主能夠接受這些儲能系統。

這些規範和標準有一個共同點：都要求電化學儲能系統符合 UL 9540（《儲能系統和設備安全標準》）的要求，該標準於 2016 年 11 月首次引入。

隨著安裝規範要求的更新以反映新的行業發展，研究和測試，UL 9540 也不斷發展，以更好地滿足行業和法規界的安全需求。儲能系統尺寸和分離要求特別在第二版 UL 9540 中得到了解決。

儲能系統安裝規範包含尺寸和間隔要求，旨在防止一個儲能系統單元中發生的火災傳播到相鄰的儲能系統單元或相鄰的電池室牆壁和暴露物。尺寸要求將非住宅單個儲能系統單元的最大儲電容量限制為 50 kWh，而間距要求則定義了相鄰儲能系統單元和相鄰牆壁之間的最小間隔至少為 3 ft。規範中的例外規定使規範機構可以根據 UL 9540A（電池儲能系統中評估熱失控火災傳播的測試方法）進行的大規模火災測試，批准具有較大能量容量和較小分隔距離的安裝。

為了批准增加安裝尺寸或減小間距，規範授權機構將需要評估數據密集型 UL 9540A 防火測試報告，該報告應描述電池儲能系統的著火和爆炸特性。最近對 UL 9540 進行的更改將有助於簡化設計人員和司法管轄區的流程，但是對 UL 9540A 報告的規範授權審查仍然是安裝驗收的重要組成部分。

UL 9540 的第二版具有新的要求，除非它們符合 UL 9540A 防火測試性能標準，否則將單個非住宅電化學儲能系統的最大能量容量限制為 50 kWh。同樣，對於非居民用電化學儲能系統也有新的要求，旨在用於間距小於 3 ft 的室內安裝，以符合 UL 9540A 防火測試標準。UL 9540A 防火測試確定的與相鄰設備和牆壁的最小分隔距離將反映在安裝說明中。

新的 UL 9540 要求的意義如下：在進行更改之前，UL 9540 的第一版中沒有要求限制儲能系統單元的最大能量容量的要求。例如，可以在沒有 UL 9540A 防火測試的情況下認證（列出）200 kWh 的設備。要批准這種較大的儲能系統裝置的室內安裝或間距小於 3 ft 的安裝，法規官員必須要求提供 UL 9540A 測試報告，查看詳細調查結果，然後確定建議的儲能系統尺寸和間距是否應為已批准。對於許多規範授權者來說，這可能是一個非常複雜的過程。

有了新的 UL 9540 要求，過程得以簡化。如果不符合適當的 UL 9540A 防火測試性能要求，則大於 50 KWh 或間距小於 3 ft 的儲能系統不能列入 UL 9540 的第二版。為了確定是否符合特定安裝的尺寸和間隔要求，規範管理機構僅需確認儲能系統已通過（列出）第二版 UL 9540 認證，並根據列表和製造商的安裝說明進行了安裝，包括最低要求。分隔距離。系統設計者和規範頒發機構仍然需要查看 UL 9540A 報告，以評估可燃氣體釋放數據。

RB154 提案是建築法規和標準中最重要的儲能技術之一，該提案於 2019 年底被批准用於 2021 年國際住宅法規。RB154 為安裝電池系統的屋主建立了電池儲能系統大小和選址位置限制。該法規可能最早於 2021 年 7 月在加利福尼亞州生效，其他州可能會在 2021 年底之前開始實施。加利福尼亞州已經採用了 2018 年 IRC 作為其當前州住宅建築法規的一部分，並隨之要求將放置在房屋中的所有 ESS 列入 UL9540。RB154 在此基礎上針對建築商，安裝人員和檢查人員提供了具體指導。

第四章 結論與建議

第一節 結論

8. 儲能系統之電池設計生產製造者，應提高電池內部、外部誘發熱失控與熱失控擴散防範與措施。
9. 儲能系統機架/組容量應依電池類型限制最大容量，以及最大額定容量，若通過大尺度耐火試驗得依測試放寬其容量。
10. 儲能系統機架與機架之間、機架與牆壁之間距離至少 0.9 m 以上，儲能系統獨立區劃並距離公共區域 15 m 以上。
11. 儲能系統獨立區劃並依建築用途應至少有防火時效 1 小時以上，並設有偵煙及氣體探測器、經認可之撒水系統，若通過大尺度滅火試驗得依測試放寬其條件。
12. 戶外設置應距離公共道路、建築、可燃物或危險物品 3 m 以上，集裝箱之間間隔 6 m 以上或 1 小時以上防火牆區隔。
13. 應有緊急應變計畫及訓練，並建立正確操作與維護。
14. 當發生火災於滅火後，應立即將該機架/組或電池移除，以避免發生復燃。

第二節 建議

1. 儲能系統規範建議參考 NFPA 855 研訂。
2. 儲能系統安全性參考 UL 9540A 研訂及建立試驗設施設備。

附錄一 韓國標準 KFS 412-2018

KFS 412 鋰離子電池儲能系統防火安全指引

第1章 總則

1.1 目的

本指引的目的是提供使 ESS（能源存儲系統，ESS）風險最小化的最低要求。

1.2 適用範圍

本指引適用於室內或戶外安裝的各種類型的 ESS，並且僅在鋰離子電池 ESS 的總容量超過 20 kWh（72 MJ）時適用。適用於 ESS 的設計、施工、安裝、操作、維護和拆卸。

第2章 用語定義

2.1 機架(Rack)

機架由許多模組和開關組件（斷路器，絕緣體和接觸器）組成，用於在發生事故時隔離機架。⁽¹⁾



圖 1 鋰離子電池的電池、模組、機架

2.2 模組 (Module)

模組是串聯或並聯的單元組合，可以控制 BMS 內部的電池，並使用更小版本的 BMS 來與系統 BMS 通訊。⁽¹⁾

2.3 防火區劃(Fire area)

與建築物中的其他區域隔離，具有一小時以上的耐火性能，並且開口（如電纜貫穿）也得到適當防護，這意味著具有至少 1 小時的耐火性能的適當區域。⁽²⁾

2.4 保護氣體(Protective gas)

指在為變電室供電或為變電室提供正壓之前吹驅內部的空氣。⁽⁵⁾

2.5 電池(Cell)

能夠儲存能量的最小電化學元件。⁽¹⁾

2.6 大尺度防火試驗(Large-scale Fire Test)

該試驗評估 ESS 是否會引起火勢蔓延到鄰近的 ESS 和周圍的設備或鄰近的防火牆。⁽²⁾

2.7 單元(Unit)

指由單元、模組、BMS、通風設備和其他輔助設備的部件組成的框架、機架或類似裝置等。⁽⁴⁾

2.8 調試(Commissioning)

調試是確保高效系統性能的最重要因素，從設計階段到施工完成，所有系統規

劃、設計、施工和性能測試均會進行檢查並最終確定，以符合業主的需求。這是驗證和記錄運行性能維護的過程，以便可以將其提供給維護管理人員，以滿足進駐後業主的需求。

2.9 電池管理系統 (Battery management system, BMS)

BMS 是控制電池狀態的設備，監視電池的電壓和充電狀態，並調整模組中單元電池之間的充電和放電程度等保護功能。通過保護電路和電流及短路時切斷外部開關的功能及與 EMS 通訊起作用的裝置。⁽⁶⁾

2.10 能源管理系統 (Energy Management System, EMS)

EMS 是一個用於監視和控制電池和 PCS 狀態，並將 ESS 監視和控制整合到控制室中的操作系統。⁽⁶⁾

2.11 儲能系統 (Energy Storage System, ESS)

ESS 是一種將產生的電能保存在“電網儲能(Grid Energy Storage)”中的系統，並在最需要電能以提高能效的時候提供電能。由電池、BMS、PCS 和 EMS 組成。

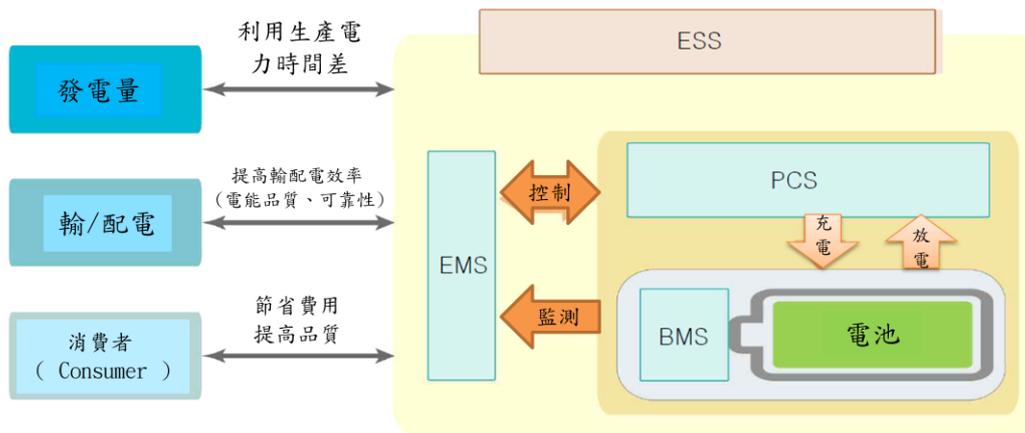


圖 2 ESS 的組成與使用⁽⁶⁾

2.12 電力轉換系統/電力調整系統 (Power Conversion System / Power Conditioning System, PCS)

PCS 是一種通過電能充電或釋放電網儲存的能量，轉換電的特性(AC / DC、電壓、頻率)的裝置。

第3章 總則

3.1 ESS 相關文件

3.1.1 ESS 所有者或員工必須維護 ESS 的詳細規範以及有關規劃和設計、更換、驗收和使用的文件。

- (1) 將要安裝 ESS 的位置和佈局。
- (2) 與 ESS 相關的測試報告。
- (3) ESS 製造商的規格、等級和清單。
- (4) ESS 操作手冊。
- (5) ESS 指示板的位置和內容。

- (6) 滅火設備、火警探測裝置、熱管理裝置、通風、排氣裝置等的詳細資訊(如果已安裝)。
 - (7) 地震相關設備(如果必要時)。
- 3.1.2 ESS 操作手冊應包括以下內容。
- (1) 說明 ESS 尺寸和各部件功能的資料。
 - (2) 維護手冊, 指定製造商的操作手冊以及整個 ESS 和每個組件特定和定期維護活動。
 - (3) 承包公司的地址和名稱
 - (4) 描述建議設置以及如何操作 ESS 及其組件和控制裝置的資料。
 - (5) 服務記錄表, 列出操作所需的所有服務和維護活動時程表。
- 3.2 緊急計劃和培訓
- ESS 所有者或指定的代表應制定和培訓緊急計劃, 以確保 ESS 設備和緊急應變人員對現場可預測的風險做出有效反應。
- 3.2.1 緊急行動計劃應在事先獲得批准的地方提供, 以便設施工作人員可以立即使用。
- 3.2.2 緊急行動計劃應包括:
- (1) 安全停止程序、斷電程序、減少在緊急情況下火災和電擊的風險的裝置和設備停機程序, 以及在緊急情況終止後的安全啟動程序。
 - (2) 相關警報、聯鎖和控制裝置的檢查和測試程序。
 - (3) 當 EMS 通知設備故障或警告等潛在的危險情況時的對策。
 - (4) 火災、爆炸、蒸氣或液體溢出、致命部件的損壞或緊急情況下的其他緊急程序, 包括警報、消防部門通知、疏散、斷電和滅火方法。
- 3.3 員工培訓
- 3.3.1 ESS 工作人員應接受有關緊急計劃制訂和培訓相關的培訓, 以及 ESS 的操作、使用、維護、修理和應變的培訓。
- 3.3.2 保守培訓應至少每年進行一次, 並保存培訓記錄。
- 3.4 預防措施
- 3.4.1 如果 ESS 發生火災或損壞, 可能會火災或復發, 因此必須立即通知負責人員, 負責人員必須採取措施以減少火災危險或將損壞的設備移至安全的地方。
- 3.4.2 在該處所內必須至少有一位經過培訓的人員在 ESS 發生火災或損壞時做出反應。
- 3.4.3 消防滅火工作結束, 即使在消防隊離開後, 負責人員仍應持續進行包括以下項目在內的監視工作, 直到損壞的 ESS 被清除。
- (1) 保持對火災、避難障礙和其他危害的監控。
 - (2) 如果需要幫助或降低風險, 立即聯繫消防部門。
 - (3) 發生火災時應立即處理即進行滅火。
 - (4) 協助人員立即從建築物疏散。

第 4 章 設計和調試

4.1 防火區劃

4.1.1 安裝 ESS 的處所的地板、天花板、牆壁等必須具有至少 1 小時的耐火性能。

4.1.2 如果有設施貫穿安裝 ESS 的空間，則在貫穿部填充防火時效大於或等於 1 小時建築物防火構件的阻火材。

4.2 容量和間隔距離

4.2.1 ESS 每個機架的配置最大能量容量應不超過 250 kWh。

4.2.2 ESS 每個機架之間和牆壁間距至少 0.9 m。

4.2.3 最大額定能量不得超過 600 kWh。但是，如果 ESS 和其他能源設施僅在安裝用於儲能、發電和電網操作的建築物中，安裝 ESS 的地方運行、維護、測試和維修等，則不適用。

4.2.4 如果通過大尺度的防火測試證明安全性，則不受 4.2.1 至 4.2.3 的限制。

4.2.5 ESS 距離公共區域至少 15 m。

4.2.6 在戶外安裝 ESS 時，應考慮 4.15。

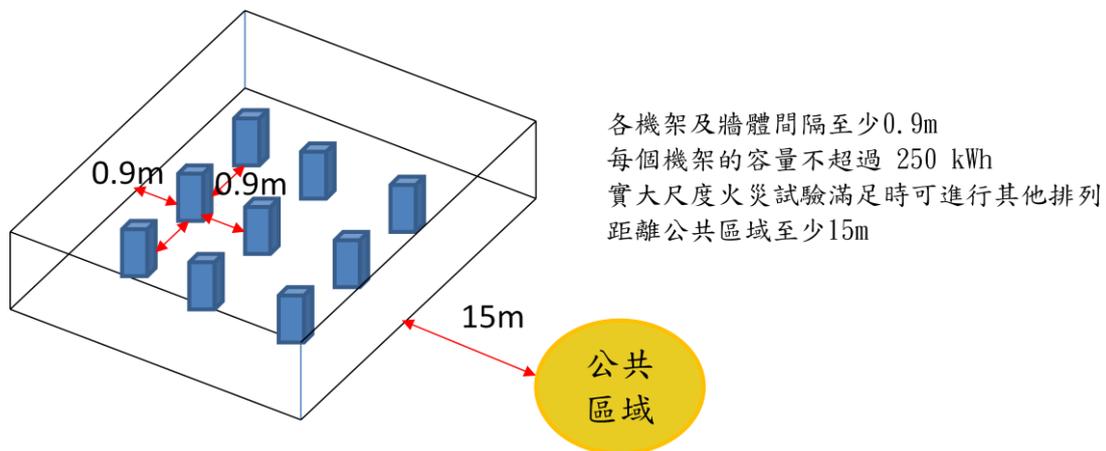


圖 3 ESS 容量和間隔距離

4.3 位置

ESS 必須安裝在地面上方，並且只能通過梯子安裝在消防隊可以接近的位置。

4.4 毒性氣體

在安裝 ESS 的空間中，正常充電、放電和使用中不得洩漏超過允許暴露極限濃度 (PEL) 的毒性氣體。

4.5 通風設備

在安裝 ESS 的空間中應安裝滿足以下條件的通風設備。

4.5.1 通風系統的設計應在區域內的所有電池充電最壞的情況下，使區域內的可燃氣體濃度不超過以體積維基準的燃燒下限濃度的 25%。

4.5.2 機械通風應至少為該空間的樓地板面積 $5.1 \text{ L} / \text{sec} / \text{m}^2$ 以上。

4.5.3 通風系統應連續運行或按照 4.5.4 的要求通過氣體探測器啟動，並應能由接收器進行監測。

4.5.4 安裝 ESS 的空間中安裝氣體探測器，應滿足以下條件。

- (1) 氣體探測系統應設計成當處所中的可燃氣體濃度超過燃燒下限(LFL)的25%時操作機械通風系統。
- (2) 通風系統應持續運行，直到該區域中的可燃氣體濃度降至燃燒下限(LFL)的25%以下。
- (3) 氣體探測設備必須具有2小時或更長時間的備用電源。
- (4) 在燃氣設施發生故障時，應將異常訊號發送到中央監控室或常駐人員所在的地方。

4.6 爆炸危險場所

ESS位於易燃液體蒸氣或易燃氣體的爆炸場所，可能被引燃的ESS應安裝在建築物或防護設施中。這些建築物或防護設施應安裝正壓設備，以室內壓高於外部大氣壓的狀態維持保護機制，可以抑制外部氣體流入。

4.6.1 正壓設備必須滿足下列條件之一。

- (1) 關閉隔間中的所有開口後，房間所有部分的壓力均保持在25 Pa(0.25 mbar)以上。
- (2) 所有可打開的開口均打開情況下，開口側的風速為0.305 m / s。

4.6.2 如果無法保持正壓，則應採取以下措施。

- (1) 安裝適當的警報裝置(視覺或聽覺)，以在無法維持正壓的情況下進行通知。
- (2) 如果在規定的時間內沒有恢復正壓，或者氣體等的積聚上升到危險程度，則切斷電源。

4.6.3 安裝ESS和正壓設備的建築物需要以下標識。

- (1) 在裝有正壓設備的空間內的所有門上均標有“警告-正壓室-關閉門”的標記。
- (2) 室內的最小正壓或保護氣體的最小流量顯示在易於查看的位置。

4.7 偵煙和火災探測

如果ESS安裝在建築物或結構內，則必須依據相關的KFS標準安裝探測器。

4.8 水系統滅火設備

- 4.8.1 在安裝撒水滅火系統時，最小放射密度大於12.2 LPM / m²(12.2 mm / min)，但可以依據實際火災測試進行變更。
- 4.8.2 在安裝滅火設備時，應使發泡劑的溫度低於引起ESS熱失控和可燃物自燃溫度的溫度。

4.9 氣體系統滅火設備

- 4.9.1 在設計整體釋放式氣體滅火系統時，應考慮到撲滅易燃物所需的濃度以及ESS的佈置。
- 4.9.2 整體釋放式氣體滅火系統應充分的時間內維持設計濃度，以撲滅火災，如果溫度和可燃物導致ESS熱失控，應設計降低可燃物的自燃著火溫度。
- 4.9.3 操作裝置應安裝在允許的位置，以便必要時可以立即釋放。
- 4.9.4 局部釋放氣體滅火系統應有充分的運行時間內維持，以撲滅火災，如果溫度和可燃物導致ESS熱失控，應設計降低可燃物的自燃著火溫度。

4.10 實際大尺度火災試驗

- 4.10.1 如果需要進行大尺度的防火試驗，則必須依照 UL 9540A 進行。
- 4.10.2 應由經認可的測試機構以具有代表性的 ESS 進行大尺度燃燒試驗，試驗結果不得由 ESS 起火燃燒的電池單元蔓延到相鄰的電池單元。
- 4.10.3 ESS 設定的建築物中，則試驗中的火災僅應發生在 ESS 設定的空間或區域內。

4.11 防溢措施

如果 ESS 液體電解質的總容量超過 3,785 L，則應防止 ESS 從安裝的空間溢流到鄰近區域，如果安裝水系統滅火設施，則必須能夠容納 10 分鐘的放射量。

4.12 中和

當使用流動電解質的 ESS 洩漏時，應提供通過驗證或批准的程序進行中和的措施。

4.13 防撞保護

如果將 ESS 安裝在容易發生碰撞的位置，則必須採取保護措施，例如安裝保護柱。

4.14 標誌

4.14.1 標誌應置於裝有 ESS 的隔間的門上或室外容器或類似裝置的出入門上。

4.14.2 標誌應標示以下內容：

- (1) “儲能系統”標籤和三角形內的閃電標記。
- (2) 特別注意事項。
- (3) 緊急聯繫方式。
- (4) 已安裝的滅火設備類型。

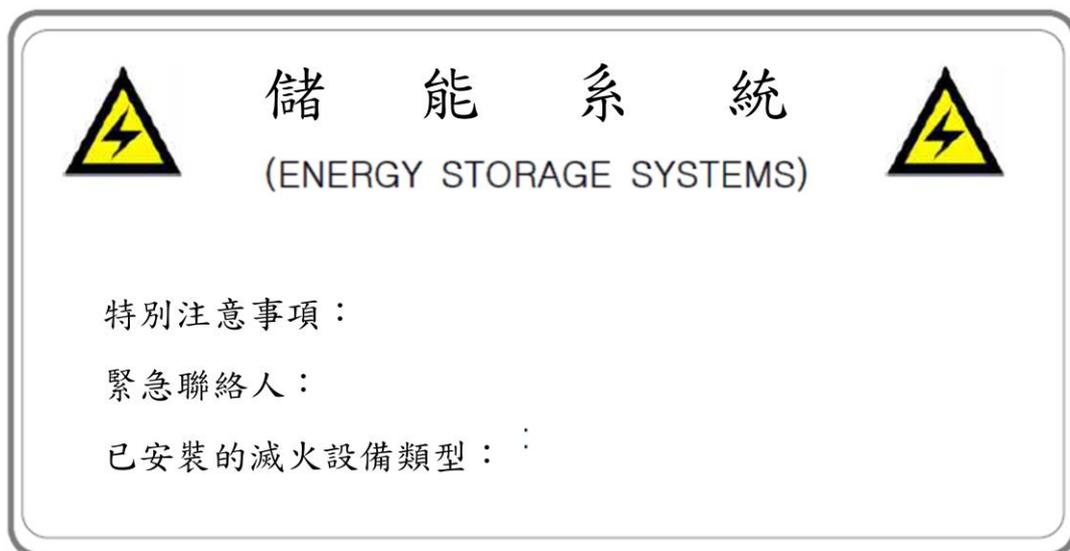


圖 4 ESS 標誌示例

4.15 戶外安裝的其他注意事項

4.15.1 如果 ESS 安裝在戶外集裝箱或類似容器內部，則應與生產設施、公共道

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

路、建築物、可燃物、危險品及其他類似用途相距 3m 以上。

- 4.15.2 如果 ESS 安裝在戶外集裝箱或類似容器內部，其尺寸不得超過 16.2m×2.4m×2.9m（高度）。
- 4.15.3 如果 ESS 安裝在戶外的大量集裝箱或類似容器中，則兩者之間的距離應在 6m 以上，如果在 6m 之內，則應間隔耐火時效 1 小時以上的牆體。
- 4.15.4 當 ESS 安裝在戶外的集裝箱或類似容器中，必須僅以 ESS 及附屬設備的檢查、維護和維護的目的出入，不得用於任何其他目的。
- 4.15.5 如果 ESS 安裝在戶外，在 3m 以內應防止因植被或可燃物等引起火災擴散。
- 4.15.6 當 ESS 安裝在戶外集裝箱或類似容器中，戶外容器等為便於將熱量散發到外部，材質應為鐵或金屬類不燃性材料且具防水功能。

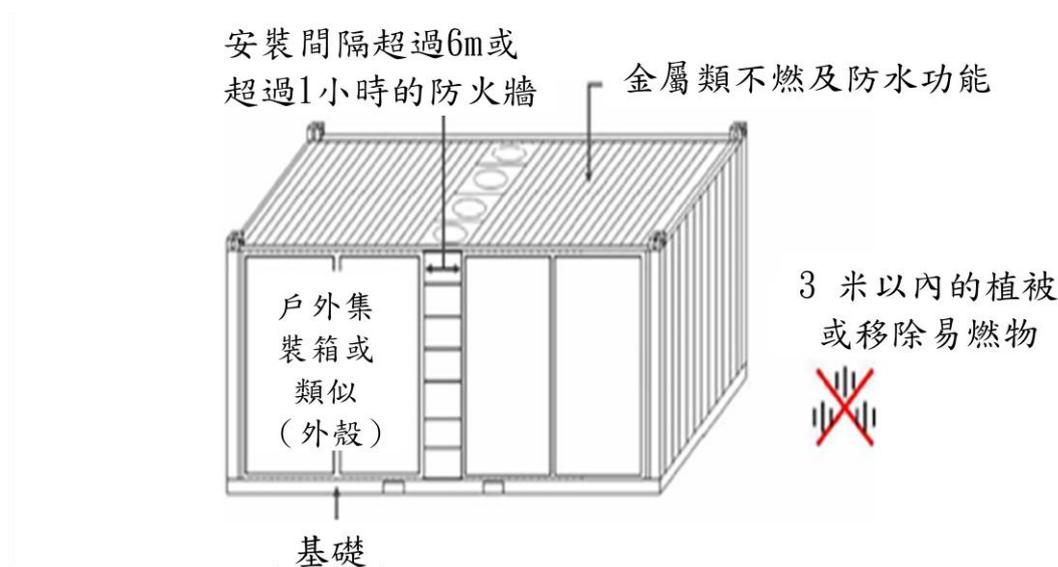


圖 5 戶外安裝注意事項

4.16 安裝前的注意事項

ESS 應在所有消防設備正常運作的狀態下導入及安裝。但是，在安裝過程中 ESS 火災緊急計劃以制定可以有效控制火災的情況除外。

4.17 調試

4.17.1 調試應包括：

- (1) 具體的獲取程序和要執行的操作的概述。
- (2) 參與設施的規劃、設計、組裝、安裝或運營的人員的角色和責任。
- (3) 瞭解 ESS 相關控制設備和安全設備的安裝和操作的規格和圖紙。
- (4) 在調試過程中每個階段都有各自作用的詳細資料。
- (5) ESS 的正確安裝和操作、相關控制裝置和安全設施的必要程序。
- (6) 火警探測或消防設備及熱管理裝置、通風排氣設備的檢測方法。
- (7) 設施運行維護所需人員的培訓手段和方法。
- (8) 識別對設施的運行和事故做出響應的員工。
- (9) ESS 的拆卸和處置程序。

- 4.17.2 應根據上述調試計劃，向設施承包商評估 ESS，以確保其正常運行。
- 4.17.3 所有者應保留調試報告。
- 4.17.4 調試報告應由安裝承包商準備，並應包括調試程序以及設施和相關控制及安全設備的操作。

第 5 章 操作與維護

5.1 操作與維護

5.1.1 ESS 應按照製造商的說明或操作和維護文件進行操作和維護。

5.1.2 操作和維護文件應包括：

- (1) ESS 及相關設備的安全啟動程序
- (2) 相關警報、聯鎖和控制單元測試程序
- (3) 以下操作和維護程序
 - EMS
 - 滅火設備
 - 防止溢漏和中和
 - 排氣和通風設備
 - 氣體探測設備
 - 其他必要的安全裝置
- (4) 安全數據表 (SDS)，無 SDS 時的類似安全性和滅火注意事項
- (5) 變更時需要重新確認的事項
- (6) 因技術文件更新導致必要設備變更的通知

5.1.3 維護文件應註明維護活動、日期和人員。

5.1.4 維護文件應位於可立即進入的區域或標記在設施附近的位置。

5.2 可燃物儲存

在安裝 ESS 的空間中，不應儲存與 ESS 不相關的可燃材料，並且與 ESS 相關的可燃材料應與 ESS 至少相距 0.9m。

5.3 設備維護

5.3.1 ESS 設備必須根據製造商的說明進行維護。

5.3.2 維護文件應規定維護週期和相關設備的必要措施，並應由合格人員進行維護。

5.3.3 維護文件應進行修訂，以包括與維修、修改和維護有關的資訊。

5.3.4 應就此對設施運行和維護的所有人員進行培訓。

5.3.5 設備的所有者或指定的公司應提供操作和維護培訓。

5.3.6 培訓記錄應保存在易於到達的位置，包括受訓者的姓名、日期和內容。

第 6 章 參考資料

- (1) FMDS 5-33, Electrical Energy Storage Systems, 2017.
- (2) NFPA 855, Standard for installation of Stationary Energy Storage Systems, 1st draft report, 2018.
- (3) FMDS 5-4, Transformers, 2017.

- (4) UL 9540A, Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems, 2018.
- (5) KOSHA GUIDE E-98-2011, 변전실 등의 양압유지에 관한 기술지침, 2011.
- (6) ESS의 수요관리 효과분석 및 시장조성방안 연구, 에너지경제연구원, 2014.
- (7) ESS 산업 생태계 강화 지원정책 및 전략 개발, (주)INI R&C, 2017.
- (8) 국내 ESS 시장의 성장성과 시사점, 우리금융경영연구소 경제연구실, 2018.
- (9) LG 화학 ESS 전지 브로슈어, LG 화학 홈페이지(www.lgchem.com).

附錄二 INTERNATIONAL BUILDING CODE-2018 摘錄

202 定義

電容器儲能系統(CAPACITOR ENERGY STORAGE SYSTEM)

固定的可充電儲能系統，由電容器、充電器、控制機構和相關電力設備組成，旨在為建築物或設施提供電源。該系統通常用於提供備用或緊急電源、不斷電系統、減負載、負載分配或類似功能。

預先設計電容器儲能系統 (Preengineered capacitor energy storage system)

電容器儲能系統由電容器、能源管理系統、組件和模組組成，在工廠生產，設計當組裝並裝運到作業現場進行裝配構成系統。

預先整裝電容器儲能系統 (Prepackaged capacitor energy storage system)

電容器儲能系統由電容器、能源管理系統、組件和模組組成，該系統已在工廠組裝後裝運整套設備至作業現場安裝。

燃料電池動力系統 (FUEL CELL POWER SYSTEM, STATIONARY)，固定的。固定式發電系統，可通過電化學過程將燃料和氧化劑的化學能轉換為電能（直流或交流電）。

現場製造的燃料電池電源系統。在現場組裝的固定式燃料電池電源系統，不是預先設計或預先包裝的工廠組裝的燃料電池電源系統。

預先設計的燃料電池電源系統。固定式燃料電池動力系統，由工廠生產並運輸到工作現場進行組裝的組件和模組組成。

預先整裝的燃料電池電源系統。固定式燃料電池電源系統，已在工廠組裝成整套設備，裝運至作業現場安裝。

307.1 H類高危害群組

住所包括（其中包括）使用建築物或構築物或其一部分，涉及製造，加工，生產或儲存構成物理或健康危害的材料的數量超過允許的數量 根據表 307.1 (1) 和 307.1 (2) 中列出的控制區域的最大允許數量限制，在符合 414 節的控制區域中進行控制。危險佔用分為 H-1，H-2，H-3，H-4 和 H-5 組，應符合本節，第 415 節的要求和《國際防火規範》的規定。儲存或在屋頂或簷篷頂部使用的有害物質，應分類為室外儲存或使用，並應符合國際防火規範。

307.1.1 除 H 組外使用

儲存，使用或處理以下一項或多項內容所述的危險物質的佔用，不應歸類為 H 組，而應歸類為與之最相似的佔用。

9. 按照國際防火規範安裝的固定式蓄電池系統。

15. 按照國際防火規範安裝的固定式燃料電池動力系統。

16. 符合國際防火規範的電容器儲能系統。

表 509 附帶用途

房間或區域	隔離及/或防護
固定式蓄電池系統，其能量容量大於《國際防火規範》表 1206.2 中指定的閾值量	B 組、F 組、M 組、S 組和 U 組 1 小時； A 組、E 組、I 組和 R 組 2 小時。

907.2.22 電池室

根據國際防火規範 1206.2 的要求，應在裝有固定式蓄電池系統的區域安裝自動煙霧探測系統。

907.2.23 電容器儲能系統

根據第 1206.3 節的要求，應在包含電容器儲能系統的區域中安裝自動煙霧探測系統。

附錄三 International Fire Code-2018 摘錄

第 12 章能源系統

增加第 12 章，以解決國際防火規範中現有的能源系統。引入了廣泛的系統，這些系統可以在建築物和設施中，建築物之上和附近產生和儲存能量。此類能源系統的擴展與應對當今的能源、環境和經濟挑戰有關。確保適當的標準以解決建築物和防火法規中此類系統的安全問題，是保護廣大公眾、建築物佔用者和緊急應變者的重要組成部分。以前，對能源系統的需求（例如備用電源系統，光伏系統和固定電池系統）分散在第 6 章中的各個位置，涉及建築服務和系統。但是，隨著將燃料電池和電容器儲能系統增加到國際防火規範中，需要建立專門針對此類相關問題的章節。本章為增加將來的能源系統提供了合適的位置。

105.7.2 電池系統

安裝第 1206.2 節規定的固定式蓄電池系統需要獲得施工許可證。

105.7.3 電容器儲能系統

安裝第 1206.3 節規定的電容器儲能系統需要獲得施工許可。

202 一般定義

電池系統，固定儲存 (**BATTERY SYSTEM, STATIONARY STORAGE**)。一種可充電的儲能系統，由電化學蓄電池、電池充電器，控制器和相關的電氣設備組成，旨在為建築物提供電能。該系統通常用於提供備用或緊急電源、不斷電源系統、減負載，負載分配或類似功能。

電池型式 (**BATTERY TYPES**)

液流電池 (**Flow battery**)

一種蓄電池形式，包括溶解在兩種不同液體中的化學成分。提供電流流動的離子交換通過膜發生，而兩種液體在各自的空間內迴圈。

鉛酸蓄電池 (**Lead-acid battery**)

由鉛電極浸在硫酸電解液中構成的蓄電池。

鋰離子電池 (**Lithium-ion battery**)

具有鋰離子的蓄電池，用作電池的電荷載體。電解質是碳酸鹽與無機鹽的聚合物混合物，並且可以是液體或膠凝的聚合物形式。鋰金屬氧化物通常是陰極，而碳或石墨的形式通常形成陽極。

鎳鎘 (Ni-Cd) 電池 (**Nickel-cadmium (Ni-Cd) battery**)

一種鹼性蓄電池，其中正極活性材料是氧化鎳，負極包含鎘，電解質是氫氧化鉀。

預先設計的固定式蓄電池系統 (**Preengineered stationary storage battery system**)

能量存儲系統，由電池、電池管理系統、工廠生產的組件和模組組成，旨在在現場組裝時構成該系統。

預先整套的固定式蓄電池系統 (**Prepackaged stationary storage battery system**)

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

能量存儲系統，由電池、電池管理系統、組件和模組組成，這些組件在出廠時已組裝為整套裝運在現場安裝。

β -鈉蓄電池 (Sodium-beta storage battery)

蓄電池，也稱為 Na- β 電池或 NBB，使用固態 β -氧化鋁電解質膜，該膜選擇性地允許鈉離子在正電極（例如金屬鹵化物）和負鈉電極之間傳輸。

固定式蓄電池 (Stationary storage battery)

一組電化學電池相互連接，可將直流電源的標稱電壓提供給適當連接的電力負載，這些負載設計用於在固定位置使用。

電容器陣列 (CAPACITOR ARRAY)

相互靠近的單個電容器模組的佈置，安裝在儲物架或機櫃或其他外殼中。

電容器能量存儲系統 (CAPACITOR ENERGY STORAGE SYSTEM)

固定的可充電儲能系統，由電容器、充電器，控制設備和相關電氣設備組成，旨在為建築物或設施提供電源。該系統通常用於提供備用或緊急電源、不斷電系統、減負載，負載分配或類似功能。

預先設計的電容器儲能系統 (Preengineered capacitor energy storage system)

一種電容器儲能系統，由電容器、能源管理系統、工廠生產的組件和模組組成，旨在現場組裝時構成該系統。

預先整套的電容器儲能系統 (Prepackaged capacitor energy storage system)

電容器儲能系統，由電容器、能量管理系統、組件和模組組成，這些系統在出廠時已組裝為整套裝運至現場安裝。

高危險 H 組：

高危險 H 組的使用包括建築物或構築物或其一部分的使用，其中涉及到構成、危害或危害健康的材料的製造，加工、生產或儲存。基於表 5003.1.1 (1) 和 5003.1.1 (2) 中列出的控制區域的最大允許數量限制，超出符合 5003.8.3 節的控制區域允許的數量。危險佔用分為 H-1, H-2, H-3, H-4 和 H-5 組，並且應符合本規範和《國際建築規範》第 415 節的要求。在屋頂或簷篷頂部存儲或使用的有害物質應分類為戶外存儲或使用，並應遵守本法規。

除 H 組以外的用途：

以下一項或多項中所述的危險材料的存儲，使用或處理，不應使該佔用歸為 H 組，但應歸類為最接近的佔用：

15. 按照該法規安裝的固定式燃料電池動力系統。

16. 符合本規範的電容器儲能系統。

907.2.22 電池室

根據第 1206.2 節的要求，應在裝有固定式蓄電池系統的區域安裝自動煙霧探測系統。

907.2.23 電容器儲能系統

根據第 1206.3 節的要求，應在包含電容器儲能系統的區域中安裝自動煙霧探測系統。

12 能源系統

1201 一般

1201.1 範圍

本章的規定應適用於用於產生或儲存能量的能源系統的安裝、操作和維護。它不適用於與電力設施或依法指定的機構獨家控制的與能源裝置的產生、控制、轉換、傳輸或分配相關的設備。

1201.2 電線和設備

與能源系統相關的電線和設備應按照第 12 章和 NFPA 70 的規定進行安裝和維護。

1201.3 混合系統安裝

經認可，在防火區域的 kWh 能源不得超過本章中任何能源系統規定的最大數量。在防火法規官員要求的情況下，應根據 104.7.2 的規定提供防災分析，以評估各種能源系統和技術之間的任何潛在不利相互作用。

1202 定義

1202.1 定義

在第二章中定義了以下術語：

BATTERY SYSTEM, STATIONARY STORAGE.

BATTERY TYPES.

Lead-acid battery.

CAPACITOR ARRAY.

CAPACITOR ENERGY STORAGE SYSTEM.

CRITICAL CIRCUIT.

EMERGENCY POWER SYSTEM.

ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS.

FUEL CELL POWER SYSTEM, STATIONARY.

STANDBY POWER SYSTEM.

STATIONARY BATTERY ARRAY.

1203 緊急和備用電源系統

1203.1 一般

本規範或《國際建築規範》要求的緊急電源系統和備用電源系統應符合1203.1.1至1203.1.9的規定。

1203.1.1 固定式發電機

本規範要求的固定式緊急和備用發電機應按照UL 2200列出。

1203.1.2 燃油管線管道保護

為高層建築內的發電機組供電的燃料管線應與建築物以外的區域分開，但發電機所在房間應採用經認可的方法，或耐火等級不少於2小時的組件。如果建築物按照903.3.1.1節的要求安裝了自動撤水裝置以保護整個建築物，則所需的耐火等級應可降低到1小時。

1203.1.3 安裝

緊急電源系統和備用電源系統應按照國際建築法規、NFPA 70、NFPA 110和NFPA 111進行安裝。

1203.1.4 負載轉移

除非本規範另有規定，否則緊急電源系統應在主電源斷開後的10秒鐘內自動提供輔助電源。除非本規範另有規定，否則備用電源系統應在主電源斷開後60秒鐘內自動提供輔助電源。

1203.1.5 加載持續時間

緊急動力系統和備用動力系統的設計應能在至少2小時的時間內提供所需的動力，而無需加油或充電，除非本規範另有規定。

1203.1.6 不斷電系統

如果製造商的說明、清單、本規範或適用的參考標準有要求，則應為設備提供不斷電系統。

1203.1.7 互換性

對於需要備用電源系統的安裝，緊急電源系統應是可接受的替代方案。

1203.1.8 I-2組的建築使用

在I-2組建築使用中，如果必要的電力系統位於《國際建築規範》1612.3節規定的洪災危險區域中，並且安裝了新的或替代的必要的電力系統發電機，則系統應按照ASCE 24的規定位置安裝。

1203.1.9 維護

現有設備應按照原始認可和1203.4節的規定進行維護。

1203.2 在需要的地方

在1203.2.1至1203.2.18要求的地方，應提供緊急和備用電源系統。

1203.2.1 行動照護設施

門診醫療設施的必要電力系統應符合《國際建築規範》422.6節的規定。

1203.2.2 升降機和平台升降機

應按照606.2、1009.4.1和1009.5節的要求為升降機和平台升降機提供備用電源。

1203.2.3 緊急應變者無線電覆蓋系統

應按510.4.2.3節的要求為應急應變者無線電覆蓋系統提供備用電源。備用電源應能夠在不小於24小時的時間內操作緊急應變者無線電覆蓋系統。

1203.2.4 緊急語音/警報通信系統

應按照907.5.2.2.5節的要求為緊急語音/警報通信系統提供緊急電源。根據NFPA 72的要求，系統應能夠為所需的負載供電不少於24小時。

1203.2.5 出口標誌

應按照1013.6.3節的要求為出口標誌提供緊急電源。該系統應能夠為所需負載供電不少於90分鐘。

1203.2.6 氣體檢測系統

在1203.2.9和1203.2.16節要求的情況下，應為氣體檢測系統提供緊急電源。在1203.2.16節要求的情況下，應為氣體檢測系統提供備用電源。

1203.2.7 I-2組的建築使用

I-2組佔用的必要電力系統應符合《國際建築規範》407.11節的規定。

1203.2.8 I-3組的建築使用

I-3組中的電動橫拉門或用於平開門的電動鎖應通過門上的手動釋放裝置進行操作。門和鎖應提供緊急電源。

例外情況：

1. 在不需要根據《國際建築規範》規定在“建築使用條件4”下對居住房間進行遠程鎖定和解鎖的設施的情況下，不需要緊急電源。
2. 如果提供了遠程機械操作釋放裝置，則無需緊急電源。

1203.2.9 有害物質

緊急電源和備用電源應按以下章節的要求提供危險材料：

1. 危險材料的5004.7和5005.1.5節。
2. 關於劇毒和有毒氣體的6004.2.2.8和6004.3.4.2節。
3. 關於有機過氧化物的6204.1.11節。

1203.2.10 高層建築

應根據《國際建築規範》403節的規定，為高層建築提供備用電源和緊急電源，並應符合1203的規定。

1203.2.11 專用水平橫拉門

應按1010.1.4.3節的要求為水平橫拉門提供備用電源。備用電源應具有不少於50個門關閉循環的操作能力。

1203.2.12 氫氣燃氣室

應根據5808.7節的要求為氫燃料氣室提供備用電源。

1203.2.13 實驗室套件

如果實驗室套件位於高空平面以上第六層或位於低空平面以下層中，則應根據5004.7節提供備用電源或應急電源。

1203.2.14 出口照明裝置

應根據1008.3和1104.5.1節的規定，為出口照明裝置提供緊急電源。

1203.2.15 膜結構

應根據《國際建築規範》2702節，為永久膜結構中的輔助充氣系統提供備用電源。輔助充氣系統應根據3103.10.4節的規定，在臨時的空氣支撐和充氣膜結構中提供。

1203.2.16 半導體製造設施

應按照2703.15的要求為半導體製造設施提供緊急電源。

1203.2.17 煙霧控制系統

應按909.11節的要求為煙霧控制系統提供備用電源。

1203.2.18 地下建築

緊急和備用電源應按照《國際建築規範》405節的規定在地下建築物中提供，並應符合1203節的規定。

1203.3 關鍵電路

必需的關鍵電路應使用以下方法之一進行保護：

1. 為確保關鍵電路的使用壽命而使用的電纜，應按照UL 2196列出，並具有不小於1小時的耐火等級。
2. 電路保護系統的耐火等級應不少於1小時。電路保護系統應按照其列出的要求進行安裝。
3. 耐火等級不少於1小時的構造。

1203.4 維護

緊急和備用電源系統應按照NFPA 110和NFPA 111進行維護，以使系統能夠在規定的類型和持續時間規定的時間內提供服務。

1203.4.1 I-2組

在I-2組中，應根據NFPA 99維護緊急和備用電源系統。

1203.4.2 時間表

緊急和備用電源系統的檢查、測試和維護應符合系統安裝完成和認可後製定的認可時間表。

1203.4.3 記錄

緊急和備用電源系統的檢查、測試和維護記錄，應包括服務日期、維修技術人員的姓名、所指出條件的摘要以及對任何需要糾正的條件的詳細說明以及已採取的糾正措施。此類記錄應予以保留。

1203.4.4 交換機維護

緊急和備用電源系統轉換開關應包括在1203.4.2節要求的檢查、測試和維護時間表中。轉換開關應避免積聚的灰塵和污垢。檢查應包括檢查轉換開關觸點是否損壞。當發現觸點變壞的跡象時，應按照轉換開關製造商的說明更換觸點。

1203.5 操作檢查與測試

緊急電源系統，包括所有附屬組件，應根據NFPA 110和NFPA 111在負載下進行檢查和測試。

例外：如果將緊急電源系統用於備用電源或尖峰負載削峰，則應記錄這種使用情況，並且在保持適當記錄的情況下，應允許這種使用替代發電機組的定期測試。

1203.5.1 I-2組

在I-2組中，應根據NFPA 99在負載下檢查和測試緊急和備用電源系統。

1203.5.2 轉換開關測試

轉換開關的測試應包括將轉換開關從正常位置電氣操作到備用位置，然後返回正常位置。

1203.6 維護與測試監督

例行維護、檢查和操作測試應由受過適當指導的人員進行監督。

1204 太陽光伏能系統

1204.1 一般

太陽能光伏系統應根據1204.2至1204.5節以及《國際建築規範》或《國際住宅規範》進行安裝。太陽能光伏系統的電氣部分應按照NFPA 70的要求進行安裝。

1204.2 出入口和通道

應當按照1204.2.1至1204.3.3節的規定提供屋頂出入口、通道和間距要求。通道應位於能夠支撐消防員進入屋頂的區域上方。通道應位於障礙物最小的區域，例如通風管、導管或機械設備。

例外情況：

1. 獨立的，不可居住的U組結構，包括但不限於為R-3組建築物、停車遮陽板結構、車棚、太陽能格柵和類似結構服務的獨立車庫。
2. 如果防火規範官員確定不採用屋頂作業，則無需提供屋頂出入口、通道和間距要求。

1204.2.1 R-3組建築物的太陽能光伏系統

R-3組建築物的太陽能光伏系統應符合1204.2.1.1至1204.2.1.3節的規定。

例外情況：

1. 這些要求不適用於根據《國際住宅法》設計和建造的結構。
2. 這些要求不適用於坡度為垂直2個單位，水平不超過12個單位的屋頂。

1204.2.1.1 通往屋脊的途徑

從最低的屋頂邊緣到屋脊，應在所有建築物上提供不少於兩條在單獨的屋頂平面上的36in寬(914mm)的通道。屋頂的街道或車道一側應設置不少於一條的通道。對於具有光伏陣列的每個屋頂平面，應在與光伏陣列相同的屋頂平面上，相鄰的屋頂平面上或跨越該屋頂平面的地方，從最低的屋頂邊緣到山脊，提供不少於一條36in寬(914mm)的路徑。相同和相鄰的屋頂平面。

1204.2.1.2 屋脊退縮帶

對於僅占平面總屋頂面積33%或更少的光伏陣列，水平屋脊的兩邊都必須有不少於18in(457mm)寬的縮進。對於佔屋頂總平面面積超過33%的光伏陣列，要求水平脊兩側的縮進寬度不少於36in(457mm)。

1204.2.1.3 屋脊的替代退縮帶

如果按照903.3.1.3節的規定在住宅內安裝了自動灑水裝置，則屋脊的退縮帶必須符合以下條件之一：

1. 對於僅占平面總屋頂面積66%或更少的光伏陣列，水平屋脊的兩邊都必須有不少於18in(457mm)寬的縮進。
2. 如果光伏陣列佔據的屋頂面積超過平面圖總面積的66%，則水平屋脊的兩邊都必須有不少於36in(914mm)寬的縮進。

1204.2.2 緊急逃生和救援出口

安裝在R-3組建築物上的面板和模組不得放置在緊急逃生和救援出口下方的屋頂部分。緊急逃生和救援出口應設有不少於36in(914mm)寬的通道。

1204.3 除R-3組建築物外

根據1204.3.1至第1204.3.3節的規定，必須提供對建築物系統的出入口，但不能包含R-3組的系統。

例外：如果防火法規官員確定屋頂配置與R-3組居住的相似，則1204.2.1.1至1204.2.1.3節中的住宅出入和通風要求是合適的替代選擇。

1204.3.1 周邊通道

屋頂邊緣周圍至少應有6ft (1829mm) 寬的淨周長。

例外：如果建築物的任一軸為250ft (76 200mm) 或更短，則應允許將屋頂邊緣周圍的淨周長減小到最小4ft (1219mm)。

1204.3.2 內部通道

陣列部分之間應提供內部通道，以滿足以下要求：

1. 在車頂的整個長度和寬度上，應以不大於150ft (45720mm) 的間隔提供通道。
2. 通往屋頂立管或通風口的通道的直線寬度不得小於4ft (1219mm)。
3. 在屋頂檢修口周圍至少有4ft (1219mm) 寬的通道，且通往欄杆或屋頂邊緣的通道不少於一個。

1204.3.3 煙氣通風

太陽能裝置的設計應滿足以下要求：

1. 在發生非重力操作的煙氣和熱氣出口的情況下，應在四周各設置一條寬度不小於4ft (1219mm) 的通道。
2. 陣列部分之間的煙氣通風選項應為以下之一：
 - 2.1 路徑寬度不得小於8ft (2438mm)。
 - 2.2 在重力作用下產生煙霧和散熱孔的地方，通道的一側應不少於4ft(1219mm) 寬。
 - 2.3 通道的寬度應不少於4ft(1219mm)，在通道的交替兩側每20英尺(6096毫米) 以4ft×8ft (1219mm×2438mm) 為邊界的通風孔。

1204.4 地面光伏面板系統

地面安裝的光伏面板系統應符合1204.1節和本節的規定。退縮帶要求不適用於地面安裝的獨立式光伏陣列。地面安裝的光伏陣列應要求有10ft (3048mm) 的無刷淨空間。

1204.5 快速關閉的建築物

具有快速關閉太陽能光伏系統的建築物，應根據1204.5.1至1204.5.3節具有永久性標籤。

1204.5.1 快速關機類型

快速關閉的太陽能光伏系統的類型應標記以下之一：

1. 對於關閉陣列和離開陣列的導體的太陽能光伏系統，應提供標籤。標籤的前兩行應為大寫字母，最小高度為3/8in (10mm)，黑色在黃色背景上。其餘字符應為大寫，最小高度為3/16in (5mm)，黑色在白色背景上。標籤應符合圖1204.5.1 (1) 的規定，並註明以下內容：

配備快速關機的太陽能光伏系統。將快速關機開關轉到“OFF”位置，以關閉

光伏系統並減少陣列中的電擊危險。

2. 對於僅關閉離開陣列的導體的光伏系統，應提供標籤。

標籤的前兩行應為大寫字母，最小高度為3/8in (10mm)，白色在紅色背景上，其餘字符應大寫，最小高度為3/16in (5mm)。黑色在白色背景上。標籤應符合圖1204.5.1 (2) 的規定，並註明以下內容：

該太陽能光伏系統配備了快速關機功能。將快速關機開關轉到“OFF”位置，以將陣列外的關機導體關閉。陣列內的導體在陽光下仍能通電。

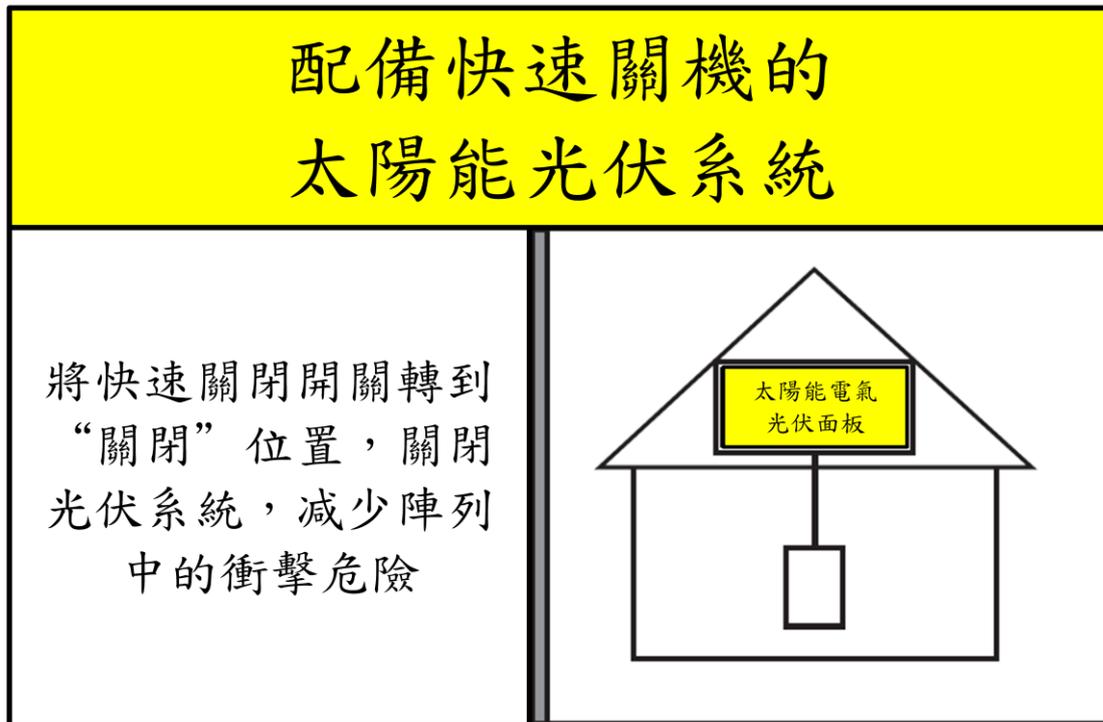


圖1204.5.1(1) 減少陣列內衝擊危險和關閉離開陣列的導體的太陽能光伏系統標籤

1204.5.1.1圖

1204.5.1節中的標籤應包括帶有屋頂的建築物的示意圖。紅色的圖表部分表示快速關閉開關關閉時尚未關閉的太陽能光伏系統部分。

1204.5.1.2位置

1204.5.1節中的快速關閉標籤應位於距離光伏系統所連接的服務斷開裝置不超過3ft (914mm) 的位置，並且應標明所有已標識的快速關閉開關的位置（如果不同）位置。

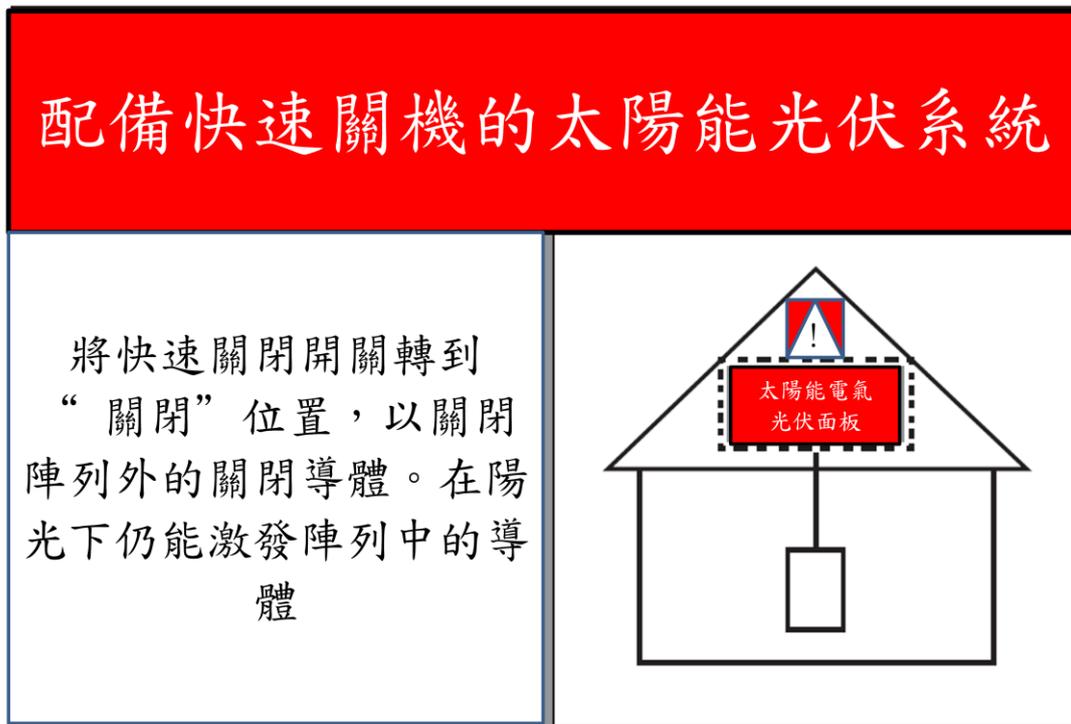
1204.5.2具有多個快速關閉類型的建築物

根據1204.5.1節第1和第2項包含快速關閉功能的太陽能光伏系統，或建築物中僅部分系統包含快速關閉功能的太陽能光伏系統，應提供屋頂的詳細平面圖，其中應顯示每個不同的光伏系統，以及在快速關閉開關操作後仍然通電的區域周圍的虛線。

1204.5.3快速關機開關

快速關閉開關的標籤應位於距離開關不超過3ft (914mm) 的位置，並標明以下內容：

太陽能光伏系統快速關閉開關



將快速關閉開關轉到
“關閉”位置，以關閉
陣列外的關閉導體。在陽
光下仍能激發陣列中的導
體

圖 1204. 5. 1(2)僅關閉導體即可離開陣列的太陽能光伏系統標籤

1205 固定式燃料電池發電系統

1205.1 一般

新的和現有的固定式燃料電池動力系統應符合本節的規定。

1205.2 許可

必須按照105. 7. 10節的規定獲得固定式燃料電池動力系統的許可。

1205.3 設備

固定式燃料電池動力系統應符合以下規定：

1. 預先整裝的燃料電池電源系統應按照CSA FC 1列出並標記。
2. 預先設計燃料電池動力系統中的模組和組件應按照CSA FC 1列出並標記，並按照製造商的說明以及模組和組件清單進行互連，以完成系統的組裝。
3. 現場組合的燃料電池動力系統應根據104. 7. 2節提供的技術報告的審查獲得認可。該報告應由註冊設計專業人員製作並蓋章，並應包括：
 - 3.1 火災風險評估。
 - 3.2 評估表明燃料電池電源系統中的模組和組件符合CSA FC 1中的適用要求。
 - 3.3 燃料電池電源系統符合適用的NFPA 2和NFPA 853構造要求的文件。

1205.4 安裝

固定式燃料電池電源系統應按照NFPA 70和NFPA 853、製造商的安裝說明以及清單進行安裝和維護。以氫為燃料的固定式燃料電池動力系統應按照NFPA 2和

NFPA 70、製造商的安裝說明以及清單進行安裝和維護。

1205.5住宅用途

固定燃料電池電源系統不得安裝在R-3和R-4組建築物或與R-2組建築物相關的住宅單元中，除非它們專門列出用於住宅用途。

1205.6室內安裝

安裝在室內位置的固定式燃料電池動力系統應符合1205.6至1205.6.2節的規定。在本節中，室內位置包括屋頂和50%或更高的圍牆。

1205.6.1列出

室內安裝的固定式燃料電池動力系統應特別列出並標明供室內使用。

1205.6.2分離

包含固定式燃料電池動力系統的房間，應按國際建築規範建造的防火障壁或水平組件，或兩者兼而有之。

1. B, F, M, S和U組的建築使用為1小時耐火等級構造。
2. A, E, I和R組的建築使用為2小時耐火等級構造。

例外：總額定值小於50 kW的固定式燃料電池動力系統，除非系統符合NFPA 853的9.3節，否則不得與其他用途分開。

1205.7車輛碰撞保護

如果固定式燃料電池動力系統會受到機動車的撞擊，則應按照第312條的規定提供車輛撞擊保護。

1205.8室外安裝

位於戶外的固定式燃料電池動力系統應與以下物體相距不小於5ft (1524mm)：

1. 基地線。
2. 公眾道路。
3. 建築物。
4. 儲存可燃物。
5. 有害物質。
6. 高堆存料。
7. 指定出口系統的任何部分。
8. 其他接觸危害。

1205.9燃料供應

固定式燃料電池發電系統的燃料供應裝置的設計、位置和安裝，應根據向系統供應的特定燃料，遵守第53章，第58章和《國際燃料氣體規範》。

1205.10手動關閉

燃料管路應在接近為燃料電池供電的任何儲油罐6ft (1829mm) 之內和動力系統6ft (1829mm) 之內的位置提供手動截止閥。如果燃油箱和固定式燃料電池動力系統的間距小於12ft (3658mm)，則應允許使用一個截止閥。如果固定式燃料電池動力系統位於室內，則截止閥應位於安裝該系統的房間的外部，除非得到防火法規官員的另外認可。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

1205.11通風和排氣

固定燃料電池動力系統的通風和排氣應按照NFPA 853的規定進行。

1205.12滅火

固定式燃料電池動力系統裝置的滅火應符合NFPA 853的規定。

1205.13氣體探測系統

固定式燃料電池動力系統應配備氣體探測系統。應在燃料電池動力系統外殼，排氣系統或包圍燃料電池動力系統的房間內的認可位置進行探測。該系統應設計為在可燃氣體濃度不超過可燃氣體下限(LFL)的25%時啟動。

1205.13.1系統啟動

氣體探測系統的啟動應自動：

1. 關閉供氣和燃料電池電源系統之間的閥門。
2. 關閉燃料電池電源系統。
3. 在認可的位置啟動本地聲音和可見警報。

1206 電能儲存系統

1206.1範圍

本節中的規定適用於旨在為建築物或設施提供電力的儲能系統。這些系統用於提供備用電源或緊急電源、不斷電系統、減負載、負載分配或類似功能。

1206.2固定式蓄電池系統

容量超過表1206.2中所示值的固定式蓄電池系統應符合1206.2.1至1206.2.12.6節的規定。

1206.2.1許可

必須根據105.7.2節獲得安裝和操作固定式蓄電池系統的許可。

1206.2.2施工文件

許可申請應提供以下資訊：

1. 要安裝固定式蓄電池系統的房間的位置和配置圖。
2. 提供每時耐火等級組件的細節。
3. 蓄電池和電池系統的數量和類型。
4. 製造商的規格、額定值以及蓄電池和電池系統的清單。
5. 能源管理系統的細節。
6. 標牌的位置和內容。
7. 有關滅火、煙霧探測和通風系統的細節。
8. 機架存儲配置，包括地震的支撐準則。

表1206.2 電池儲存系統定閾限數量

電池技術	容量 ^a
液流電池 ^b	20kWh
鉛酸，所有型式	70kWh
鋰，所有型式	20kWh
鎳鎘 (Ni-Cd)	70kWh
鈉，所有型式	20kWh ^c
其他電池技術	10kWh

SI：1kWh=3.6MJ

- a. 對於額定安培小時數的電池，kWh應等於額定電壓乘以額定安培小時數除以1000。
- b. 應包括鈇、鋅-溴、多硫化物-溴化物和其流動性電解質類型的技術。
- c. 鈉離子技術為70kWh。

1206.2.3 防災分析

在以下任何情況下，應根據104.7.2節提供失效模式及效應分析 (FMEA) 或其他經認可的防災分析：

1. 提供未在表1206.2中明確標識的電池技術。
2. 在房間或室內區域中提供了不止一種固定式蓄電池技術，這些技術之間可能存在不利的相互作用。
3. 根據1206.2.9節，在允許的基礎上增加最大允許量。

1206.2.3.1 故障條件

防災分析應評估以下失效模式以及防火法規官員認為必要的其他失效模式。僅考慮單一失效模式。

1. 單電池儲存架、模組或陣列中的熱失控情況。
2. 任何能源管理系統出現失效。
3. 任何必需的通風系統出現失效。
4. 主電源上的電壓突波。
5. 固定式蓄電池儲存系統的負載側短路。
6. 煙霧探測、滅火或氣體探測系統失效。
7. 未提供溢出中和或二次圍阻系統失效。

1206.2.3.2 分析認可

防火法規官員有權認可防災分析，但前提是防災分析必須證明以下所有內容：

1. 起火或爆炸將包含在無人使用的電池儲藏室中，應按照國際建築規範表509.1規定的耐火等級牆的最短持續時間。
2. 將及時被探測建築使用的工作中心內電池櫃中的火災和爆炸，以使房間內的人員安全疏散。
3. 在火災和其他失效條件下釋放的有毒和劇毒氣體，在被認為必須從該區域撤離的時間內，其濃度不得超過建築物或鄰近出口通道中對立即危害人體生命與

健康 (IDLH) 層級。

4. 電池在充電、放電和正常運行期間釋放的可燃氣體不得超過其可燃性下限(LFL)的25%。
5. 在火災、過度充電和其他異常情況下，電池釋放出的易燃氣體不得造成爆炸危險，不會傷害居民或應急人員。

1206.2.3.3 附加保護措施

固定式蓄電池系統符合防災分析所需的構造、設備和系統，包括但不限於1206.2節中具體描述的結構、設備和系統，應根據國家認可的標準和指定的設計進行安裝、維護和測試參數。

1206.2.4 耐震設計

固定式蓄電池系統應符合《國際建築規範》第16章中的耐震設計要求，並且不得超過建築物的樓板荷載限制。

1206.2.5 車輛碰撞保護

如果固定式蓄電池系統會受到包括堆高機在內的機動車輛的撞擊，則應按照第312條的規定提供車輛撞擊保護。

1206.2.6 可燃儲存

與固定式蓄電池系統無關的可燃材料不得儲存在蓄電池室、機櫃或封閉空間中。

1206.2.8.5節涵蓋的建築使用工作中心中的可燃材料的存放距離電池櫃不得少於3ft (915mm)。

1206.2.7 測試、維護和修理

蓄電池以及相關的設備和系統應按照製造商的說明進行測試和維護。用於替換現有設備的任何蓄電池或系統組件應與電池充電器、能量管理系統、其他蓄電池和其他安全系統兼容。在固定式蓄電池系統中引入其他類型的蓄電池，在液流電池系統中引入其他類型的電解質，應視為新設備，並且在將替代產品投入使用之前，需要獲得防火規範官員的認可。

1206.2.8 位置和構造

包含固定式蓄電池系統的房間和區域應按照1206.2.8.1至1206.2.8.7.4的規定進行設計、定位和建造。

1206.2.8.1 位置

固定式蓄電池系統不得在樓板位於消防部門車輛出入口最低平面之上75ft (22860 mm)，或樓板平面在出口卸料最低平面的完工樓板30ft (9144 mm) 以下的區域。

例外情況：

1. 鉛酸和鎳鎘固定式蓄電池系統。
2. 防火法規官員認可，安裝在高度超過75ft (22860mm) 建築物的不燃屋頂上，不妨礙消防部門的屋頂操作。

1206.2.8.2 間隔

包含固定式蓄電池系統的房間應按照《國際建築規範》509.1節與建築物的其他

區域間隔。電池系統應與其支撐的設備位於同一房間。

1206.2.8.3 固定電池組合

蓄電池、預包裝的固定式蓄電池系統和預先設計的固定式蓄電池系統應分別分成不超過50 kWh (180MJ) 的固定式蓄電池組合。每個固定電池組合與其他固定電池組以及儲藏室或區域內的牆壁之間的距離應不少於3ft (914mm)。儲存安排應符合第10章的規定。

例外情況：

1. 鉛酸和鎳鎘蓄電池組合。
2. 列出的預先設計的固定式蓄電池系統和預包裝的固定式蓄電池系統每個不應超過250 kWh (900MJ)。
3. 如果提供了經認可測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試，提供顯示火災涉及一個組合將不會蔓延到相鄰組合，並且將被包含在房間中的持續時間等於《國際建築規範》表509中指定的房間間隔的耐火等級，則防火法規官員被授權認可使用具有更大容量或更小電池組合間距的列出的、預先設計和預包裝的電池組合。

1206.2.8.4 獨立房間

如果固定電池安裝在只能由授權人員進入的單獨機房中，則應允許將其安裝在開放式機架上，以方便維護。

1206.2.8.5 建築使用工作中心

如果固定式蓄電池位於建築使用的工作中心，則應將其放在不可燃的櫃子或其他外殼中，以防止未經授權的人員進入。

1206.2.8.5.1 機櫃

在建築使用的工作中心的機櫃中裝有固定電池，機櫃的外殼應位於其所支撐的設備10ft (3048mm) 內。

1206.2.8.6 標牌

應當在門上或固定式蓄電池系統房間入口附近的位置上提供認可的標誌，並且應包括以下或等效內容：

1. 房間內裝有已充電的電池系統。
2. 房間內裝有帶電電路。
3. 第1206.2.12節要求的有關房間內蓄電池類型的附加標記。

例外：應允許現有的固定式蓄電池系統包括安裝時所需的標牌。

1206.2.8.6.1 電氣斷接

如果固定式蓄電池系統隔離裝置不在主要服務隔離裝置的視線範圍內，則應在主要服務隔離裝置的位置安裝標語牌或目錄，以指示符合NFPA 70的固定式蓄電池系統隔離裝置的位置。

1206.2.8.6.2 機櫃標牌

根據第1206.2.8.5節在建築使用的工作中心提供的電池儲藏櫃，應具有外部標籤，以標識系統的製造商和型號，以及所包含電池系統的電氣額定值(電壓和電流)。

根據第1206.2.12節的要求，機櫃內應有指示相關電氣和化學危險的標誌。

1206.2.8.7 室外安裝

除了第1206.2節的所有適用要求外，位於戶外的固定式蓄電池系統還應符合第1206.2.8.7節至第1206.2.8.7.4節的要求。可以用於維修、測試、維護和其他功能的室外外殼或容器中的裝置應視為電池儲藏室。

例外：不可燃容器中的固定電池組合與容器壁的距離應不必要為3ft (914mm)。

1206.2.8.7.1 間隔

位於戶外的固定式蓄電池系統應與以下物品至少間隔5ft (1524mm)：

1. 基地線。
2. 公共通道。
3. 建築物。
4. 儲存可燃物。
5. 有害物質。
6. 高堆庫存。
7. 其他曝露危害。

例外：如果提供了由認可的測試實驗室進行的見證或報告的大尺度火災和故障情況測試，顯示該系統的火災不會對相鄰建築物的建築使用出口，或相鄰的存儲材料或結構造成不利影響，則防火法規官員被授權認可更小的間隔距離。

1206.2.8.7.2 出口方式

位於室外的固定式蓄電池系統應與防火法規官員所要求的任何出口設備隔開，以確保在火災條件下安全地逃生，但不得少於10ft (3048mm)。

例外：如果提供了由認可的測試實驗室進行的見證或報告的大尺度火災和故障情況測試，顯示該系統不會對建築使用的出口產生不利影響，則防火法規官員被授權認可較小的間隔距離。

1206.2.8.7.3 戶外區域的安全性

固定式蓄電池系統所在的戶外區域應加以保護，以防止未經授權的進入並以認可的方式進行保護。

1206.2.8.7.4 臨時進入單元

如果固定式蓄電池系統包括外殼，該單元應只能進入檢查、維護和電池和電子的修理，不得占用以作其他用途。

1206.2.9 最大允許數量

包含固定式蓄電池系統的建築物內的火災區域超過表1206.2.9中的最大允許數量時，應遵守本規範和《國際建築規範》中所有適用的H組建築使用要求。

例外：經防火法規官員認可，包含固定式蓄電池的區域超過表1206.2.9的區域應被視為偶然使用區域，而不是根據1206.2.3和由認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試。

1206.2.9.1 混合電池系統

當建築物內的區域採用不同類型的蓄電池技術時，應根據每種蓄電池類型數量的百分比之和除以每種蓄電池類型的最大允許數量，確定蓄電池的總量。如果百分比之和超過100%，則根據表1206.2.9將該區域視為H組建築使用。

1206.2.10蓄電池和設備

蓄電池及相關設備的設計和安裝應符合1206.2.10.1至1206.2.10.8的規定。

1206.2.10.1清單

蓄電池和蓄電池系統應符合以下規定：

1. 應按照UL 1973列出蓄電池。
2. 應按照UL 9540列出預先包裝和預先設計的固定式蓄電池系統。

例外：鉛酸電池不被要求列出。

1206.2.10.2預包裝和預設計系統

預包裝和預先設計的固定式蓄電池系統應按照其清單和製造商的說明進行安裝。

表 1206.2.9 允許的最大電池數量

電池技術	允許的最大數量 ^a	H組建築使用
液流電池 ^b	600kWh	H-2 組
鉛酸，各種類型	無限的	不適用
鋰，各種類型	600kWh	H-2 組
鎳鎘 (Ni-Cd)	無限的	不適用
鈉，各種類型	600kWh	H-2 組
其他電池技術	200kWh	H-2 組 ^c

SI：1kWh= 3.6MJ。

- a. 對於額定安培小時數的電池，千瓦時 (kWh) 應等於額定電池電壓乘以額定安培小時數除以1,000。
- b. 應包括鈇、鋅-溴、多硫化物-溴和其他流動性電解質類型的技術。
- c. 如果防火法規官員確定涉及電池技術的火災或熱失控不構成嚴重的火災隱患，則應為H-4組建築使用。

1206.2.10.3能源管理系統

除鉛酸和鎳鎘以外，還應為電池技術提供經過認可的能源管理系統，以監控和平衡製造商規定範圍內的電池電壓、電流和溫度。如果檢測到潛在的危險溫度或其他條件，例如短路、過電壓或欠壓，則系統應將警報信號發送到認可的位置。

1206.2.10.4電池充電器

電池充電器應與電池化學成分以及製造商的電氣額定值和充電規範兼容。電池充電器應按照UL 1564列出並標記，或作為列出的預先設計或預包裝的固定式蓄電池系統的一部分提供。

1206.2.10.5逆變器

應當按照UL 1741列出和標記逆變器。僅允許列出和標記供公用事業交互式系統使用並標識為交互式的逆變器與公用電力系統並聯運行，以便為常見負載供電。

1206.2.10.6 安全帽

通風的電池應配備阻火安全帽。

1206.2.10.7 熱失控

在1206.2.12節要求的情況下，應為蓄電池提供列出的設備或其他認可的方法，以防止、檢測和控制熱失控。

1206.2.10.8 有毒和劇毒氣體

固定式蓄電池系統在充電、放電和正常使用條件下可能釋放有毒和劇毒氣體，應符合第60章的規定。

1206.2.11 滅火和探測系統。

滅火和探測系統應按照1206.2.11.1至1206.2.11.5的規定提供。

1206.2.11.1 滅火系統

包含固定蓄電池系統的房間應配備根據903.3.1.1節安裝的自動撒水系統。蓄電池特定技術的商品分類應符合NFPA 13的第5章的規定。如果NFPA 13的第5章未提及蓄電池的類型，則授權防火法規官員認可以由認可實驗室進行或見證並報告全尺度火災和故障狀況測試為基礎的滅火系統。

例外：符合903.2節規定的，專門用於電信設備的包含固定式蓄電池系統的空間或區域。

1206.2.11.1.1 替代滅火系統。

使用具有水反應性材料的電池系統，應按照904節的規定，使用認可的替代自動滅火系統進行保護。應列出該系統，以保護室內蓄電池的類型、佈置和數量。應當允許防火法規官員根據經認可的實驗室進行或見證和報告的全尺度火災和故障情況測試，認可替代滅火系統。

1206.2.11.2 煙霧探測系統

根據第907.2節，應在裝有固定式蓄電池系統的房間內安裝經過認可的自動煙霧探測系統。

1206.2.11.3 通風

在第1206.2.3或1206.2.12條要求的情況下，應根據《國際機械規範》和以下其中一項提供包含固定蓄電池系統的房間的通風：

1. 通風系統的設計應將可燃氣體的最大濃度限制為可燃性下限的25%，對於氫氣，應限制為房間總容積的1.0%。
2. 連續通風的速率應不小於樓地板面積 $1 \text{ cfm/ft}^2 [0.00508 \text{ m}^3 / (\text{s} \cdot \text{m}^2)]$ ，但不小於 $150 \text{ cfm} (4 \text{ m}^3 / \text{min})$ 。

排氣系統的設計應能使蒸氣密度大於空氣的氣體在地板的所有部分上流動，而蒸氣密度小於空氣的氣體則在拱頂天花板的所有部分上流動。

1206.2.11.3.1 機櫃通風

如果位於居住空間內的櫥櫃裝有第1206.2.3或1206.2.12條要求提供通風的蓄電池，則應根據1206.2.1.3節為機櫃提供通風。

1206.2.11.3.2 監督

裝有蓄電池的房間和機櫃所需的機械通風系統，應由經認可的中心站、專有或遠程站服務進行監督，或應在經認可的經常有人看管的現場發出聲音和視覺信號。

1206.2.11.4 氣體偵測系統

在第1206.2.3或1206.2.12節要求的地方，裝有固定式蓄電池系統的房間應由符合916節的氣體偵測系統保護。該氣體偵測系統應設計成在可燃氣體位準超過易燃性下限（LFL）25%，或有毒或劇毒氣體水平超過IDLH的一半時啟動。

1206.2.11.4.1 系統啟動

氣體偵測系統的啟動將導致以下所有事情：

1. 在電池存放室中發出明顯的聲音和視覺警報。
2. 將警報傳輸到認可的位置。
3. 斷開電池充電器的電源。
4. 啟動機械通風系統，該系統與氣體檢測系統互鎖。

例外：鉛酸和鎳鎘固定式蓄電池系統不需要符合項目1、2和3。

1206.2.11.5 溢出控制和中和

在第1206.2.12節要求的情況下，應提供經認可的方法和材料，用於控制和中和包含固定式蓄電池的區域中電解液或其他有害物質的溢出：

1. 對於帶有自由流動電解液的電池，該方法和材料應能夠從最大電池或電池塊溢出的總容量中和到pH值在5.0和9.0之間。
2. 對於帶有固定電解質的電池，該方法和材料應能夠將房間中最大電池或電池塊容量的3.0%的溢出物中和到pH值介於5.0和9.0之間。

1206.2.12 特定電池類型要求

本節包括適用於特定類型蓄電池的要求。具有不止一種類型蓄電池的固定式蓄電池系統應符合適用於每種蓄電池類型的的要求。

1206.2.12.1 鉛酸蓄電池

使用鉛酸蓄電池的固定式蓄電池系統應符合以下規定：

1. 應根據第1206.2.1.3節提供通風。
2. 溢出控制和中和應符合1206.2.11.5的規定。
3. 應根據第1206.2.10.7節的規定，為閥控式鉛酸（VRLA）蓄電池提供熱失控保護。
4. 第1206.2.8.6節中的標牌應指示房間內裝有鉛酸電池。

1206.2.12.2 鎳鎘（Ni-Cd）蓄電池。

使用鎳鎘（Ni-Cd）蓄電池的固定式蓄電池系統應符合以下要求：

1. 應根據第1206.2.1.3節提供通風。
2. 溢出控制和中和應符合1206.2.11.5的規定。
3. 應根據第1206.2.10.7節的規定，為閥控式密封鎳鎘蓄電池提供熱失控保護。
4. 第1206.2.8.6節中的標牌應指示房間內裝有鎳鎘電池。

1206.2.12.3 鋰離子蓄電池

第1206.2.8.6節中的標牌應標明房間內所含鋰電池的類型。

1206.2.12.4 鈉-β 蓄電池

使用鈉-β 蓄電池的固定式蓄電池系統應符合以下規定：

1. 應根據第1206.2.1.3節提供通風。
2. 第1206.2.8.6節中的標牌應指明房間中鈉電池的類型，並包括“禁止用水”指示。

1206.2.12.5 液流蓄電池

使用液流蓄電池的固定式蓄電池系統應符合以下規定：

1. 應根據第1206.2.1.3節提供通風。
2. 洩漏控制和中和應符合1206.2.11.5的規定。
3. 第1206.2.8.6節要求的標牌應標明房間內液流電池的類型。

1206.2.12.6 其他電池技術

使用第1206.2.12.1節至第1206.2.12.5節中所述之外的電池技術的固定式蓄電池系統應符合以下規定：

1. 應按照第1206.2.11.4節提供符合第916節的氣體探測系統，其中電池在充電、放電和系統正常運行過程中在儲藏室或機櫃中可能產生有毒或高毒氣體的潛力超過允許的暴露極限(PEL)。
2. 應按照1206.2.11.3的規定提供機械通風。
3. 溢出控制和中和應符合1206.2.11.5的規定。
4. 除了第1206.2.8.6節要求的標誌外，標記還應標識存在的電池類型、描述與電池類型相關的潛在危險，並指示房間內裝有通電電路。

1206.3 電容器儲能系統

容量超過3 kWh (10.8MJ) 的電容器儲能系統應符合1206.3至1206.3.2.6.1節的規定。

例外：不受NFPA 70第460章管制的電容器以及作為所列的其他電氣設備的組成部分包括的電容器無需遵守本節。

1206.3.1 許可

必須根據第105.7.3節獲得安裝電容器儲能系統的許可。

1206.3.2 位置和構造

包含電容器儲能系統的房間和區域應根據1206.3.2至1206.3.2.5節進行設計、定位和建造。

1206.3.2.1 位置

電容器儲能系統不得在樓板位於消防部門車輛出入口最低平面之上75ft (22 860 mm)，或樓板平面在出口卸料最低平面的完工樓板30ft (9144 mm) 以下的區域。

1206.3.2.2 分離

裝有電容器儲能系統的房間應通過按照國際建築規範建造的防火牆或水平組件或兩者隔開，由下列建築使用。

1. B, F, M, S和U組的建築使用為1小時耐火等級構造。
2. A, E, I和R組建築使用為2小時耐火等級構造。

1206.3.2.3 電容器陣列

電容器儲能系統應分成不超過50 kWh (180MJ) 的電容器組。每組與其他組以及儲藏室或區域內的牆壁之間的距離應不少於3ft (914mm)。儲存安排應符合第10章的規定。

例外：位於室外的不可燃容器中的電容器儲能系統，得不要求與容器壁間隔3ft (914mm)。

1206.3.2.4 標牌

應當在門上或電容器儲能系統機房入口附近的位置提供認可的標誌，並應包括以下或相當的語言和信息：

1. “電容器能量儲存室。”
2. “此房間包含通電的電路。”
3. 確定存在的電容器類型以及與電容器類型相關的潛在危險。

1206.3.2.5 電氣斷接

如果電容器儲能系統隔離裝置不在主要服務隔離裝置的視線範圍內，則應在主要服務隔離裝置的位置安裝標語牌或指南，以根據NFPA 70確定電容器儲能系統隔離裝置的位置。

1206.3.2.6 戶外安裝

除了第1206.3節的所有適用要求外，位於戶外的電容器能源系統還應符合第1206.3.2.6至1206.3.2.6.4節的要求。可以用於維修、測試、維護和其他功能的戶外外殼或容器中的裝置應視為電容器儲藏室。

例外：不可燃容器中的電容器組與容器壁的距離不得為3ft (914mm)。

1206.3.2.6.1 隔離

位於戶外的電容器能量系統應與以下設備相距不小於5ft (1524mm)：

1. 基地線。
2. 公眾通道。
3. 建築物。
4. 儲存可燃材料。
5. 有害物質。
6. 高堆存貨。
7. 其他接觸危害。

例外：如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證和報告的大尺度火災和故障情況測試，顯示該系統的火災不會對相鄰建築物的建築使用造成不利影響，則防火法規官員有權認可較小的間隔距離，或對相鄰的儲存材料或結構產生不利影響。

1206.3.2.6.2 逃生方式

位於戶外的電容器儲能系統應與防火法規官員所要求的任何逃生方式分開，以確保在火災條件下安全逃生，但不得少於10ft (3048mm)。

例外：如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證和報告的大尺度火災和故障情

況測試，顯示該系統不會對建築使用的逃生產生不利影響，則防火法規官員有權認可較小的間隔距離。

1206.3.2.6.3 戶外區域的安全

電容器儲能系統所在的戶外區域應加以保護，以防止未經授權的進入，並以認可的方式加以保護。

1206.3.2.6.4 直接進入單元

如果電容器儲能系統包括外殼，只能進入該單元以進行電池和電子設備的檢查、維護和修理，則不得將其用於其他目的。

1206.3.3 最大允許數量

包含容量超過600 kWh的電容器儲能系統的建築物內的防火區域應符合本規範和《國際建築規範》中所有適用的H組建築使用要求。

1206.3.4 電容器及設備

電容器儲能系統和相關設備的設計和安裝應符合1206.3.4.1至1206.3.4.5的規定。

1206.3.4.1 清單

電容器和電容器儲能系統應符合以下要求：

1. 電容器應按照UL 1973列出。
2. 應按照UL 9540列出預先包裝和預先設計的固定式電容器儲能系統。

1206.3.4.2 預包裝和預設計的系統

除了本規範的其他適用要求外，還應根據清單和製造商的說明安裝預先包裝和預先設計的電容器儲能系統。

1206.3.4.3 能源管理系統

應提供經認可的能量管理系統，以監控和平衡製造商指定範圍內的電容器電壓、電流和溫度。如果檢測到潛在的危險溫度或其他條件，例如短路、過電壓或欠壓，則系統應將警報信號發送到認可的位置。

1206.3.4.4 電容器充電器

電容器充電器應與電容器製造商的電氣額定值和充電規範兼容。電容器充電器應按照UL 1564列出並標記，或者作為列出的預先設計或預包裝的電容器儲能系統的一部分提供。

1206.3.4.5 有毒和高毒氣體

可能在充電、放電和正常使用條件下釋放有毒和高毒材料的電容器能量存儲系統應符合第60章的規定。

1206.3.5 滅火和探測系統

應根據第1206.3.5.1節至第1206.3.5.2節的規定，在電容器儲能系統的房間內提供滅火和煙霧探測系統。

1206.3.5.1 滅火系統

裝有電容器儲能系統的房間應配備根據903.3.1.1節安裝的自動撒水系統。特定電容器技術的商品分類應符合NFPA 13的第5章的規定。如果NFPA 13的第5章未提

及電容器的類型，則防火法規官員有權根據由認可實驗室進行的全尺寸火災和故障狀態測試，認可自動撒水系統。

1206.3.5.1.1 替代滅火系統

使用具有水反應性材料的電容器儲能系統，應按照904節的規定，由認可的替代自動滅火系統保護。該系統應列出以保護室內電容器的類型、佈置和數量。防火法規官員應被允許根據由認可實驗室進行的全尺度火災和故障條件測試來認可系統。

1206.3.5.2 煙霧探測系統

根據907.2節，應在裝有電容器儲能系統的房間內安裝經過認可的自動煙霧探測系統。

1206.3.5.3 通風

如果電容器在正常工作條件下釋放出易燃氣體，則應根據《國際機械規範》和以下其中一項規定對裝有電容器儲能系統的房間進行通風：

1. 通風系統的設計應將可燃氣體的最大濃度限制為可燃性下限的25%。
2. 連續通風的速率應不小於樓地板面積 $1\text{ft}^3/(\text{min}\cdot\text{ft}^2)[0.00508\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)]$ ，但不小於150 cfm (4 m³ / min) 。

排氣系統的設計應能使蒸氣密度大於空氣的氣體在樓地板的所有部分上流動，而蒸氣密度小於空氣的氣體在天花板的所有部分上移動。

1206.3.5.3.1 監督

包含電容器儲能系統的房間所需的機械通風系統，應由經認可的中心站、專有或遠程站服務進行監督，或應在經認可的經常有人看管的現場發出聲音和視覺信號。

1206.3.5.4 溢出控制和中和

如果電容器中包含液體電解質，則應提供認可的方法和材料，以控制和中和在包含電容器的區域中電解質或其他有害物質的溢出：

1. 對於帶有自由流動電解質的電容器，該方法和材料應能夠從最大電池或電池塊溢出的總容量中和到pH值在5.0和9.0之間。
2. 對於帶有固定電解質的電容器，該方法和材料應能夠將房間中最大電池或電池塊容量的3.0%的溢出物中和到pH值介於5.0和9.0之間。

1206.3.6 測試、維護和修理

電容器及相關設備和系統應按照製造商的說明進行測試和維護。用於替換現有設備的任何電容器或系統組件應與電容器充電器、能量管理系統、其他電容器和其他安全系統兼容。在電容器儲能系統中引入不同的電容器技術應視為新安裝，並且在將替代產品投入使用之前，需要獲得防火規範官員的認可。

附錄四 International Residential Code-2018 摘錄

系統，固定存儲：

一種可充電的儲能系統，由電化學蓄電池、電池充電器、控制器和相關的電氣設備組成，旨在為建築物提供電能。該系統通常用於提供備用或緊急電源，不斷電源、減負載、負載分配或類似功能。

第 R324 節 太陽能系統

R324.1 一般

太陽能系統應符合本節的規定。

R324.2 太陽熱能系統

太陽熱能系統應根據第 23 章和國際防火法規進行設計和安裝。

R324.3 光伏系統

光伏系統應根據 R324.3.1 至 R324.7.1、NFPA 70 和製造商的安裝說明進行設計和安裝。

R324.3.1 設備清單

光伏面板和模組應按照 UL 1703 列出和標記。逆變器應按照 UL 1741 列出和標記。連接到公用電網的系統應使用列出的逆變器進行公用設施交互。

R324.4 屋頂光伏系統

安裝在屋頂上的光伏面板系統安裝在屋頂覆蓋板上或之上，應根據本節進行設計和安裝。

R324.4.1 結構要求

安裝在屋頂的光伏面板系統的設計應根據第 3 章的要求在結構上支撐系統並承受相應的重力載荷。安裝和安裝這些系統的屋頂應按照第 8 章的規定設計和構造以支撐此類系統施加的載荷。

R324.4.1.1 屋頂載荷

未被光伏板系統覆蓋的屋頂結構部分應按照 R301.4 和 R301.6 的規定設計為承受自重和屋頂載荷。光伏面板系統覆蓋的屋頂結構部分應設計用於以下載荷工況：

1. 根據表 R301.2 (1) 的自重（包括光伏面板重量）加上雪荷載。
2. 根據 R301.6 節的規定，靜載（不包括光伏板重量）加上屋頂的活載或雪載，以較大者為準。

R324.4.1.2 風荷載

屋頂安裝的光伏面板或模塊系統及其支架的設計和安裝應能夠抵抗表 R301.2 (2) 中指定的組件和覆層載荷，並根據表 R301.2 (3) 對其高度和暴露進行調整。

R324.4.2 火災分類

屋頂安裝的光伏面板系統應具有與 R902 節要求的屋頂組件相同的防火等級。

R324.4.3 屋頂貫穿

屋頂貫穿層應按照第 9 章的要求進行防水處理和密封。

R324.5 建築一體光伏系統

用作屋頂覆蓋物的建築一體光伏系統應根據 R905 節進行設計和安裝。

R324.5.1 光伏屋頂蓋板

光伏屋頂蓋板應符合 R905.16 的規定。

R324.5.2 火災分類

建築一體的光伏系統應具有符合 R902.3 的防火等級。

R324.6 屋頂出入口和通道

應根據 R324.6.1 至 R324.6.2.1 提供屋頂出入口、通道和退縮帶要求。必須有出入口和最小間隔，以提供通往屋頂的緊急出入口，提供通往屋頂特定區域的通道，提供煙霧通風機會區域，並提供從屋頂的緊急逃生。

例外情況：

1. 分離的，不可居住的結構，包括但不限於獨立的車庫、停車棚、車棚、太陽能格架和類似結構，應不要求屋頂出入口。
2. 在規範官員已確定將不採用屋頂作業的情況下，無需提供屋頂出入口、通道和退縮帶。
3. 這些要求不適用於坡度為兩個單位垂直且水平方向為 12 個單位(坡度為 17%)或更少的屋頂。

R324.6.1 通道

在所有建築物上，應在從最低屋頂邊緣到屋脊的單獨屋頂平面上設置不少於兩條通道，且寬度不得小於 36in (914mm)。屋頂的街道或車道一側應設置不少於一條的通道。對於具有光伏陣列的每個屋頂平面，應提供一條至少 36in (914mm) 寬的通道，該通道應從最低的屋頂邊緣到與光伏陣列相同的屋頂平面上的屋脊，相鄰的屋頂平面或跨越相同和相鄰的屋頂平面。通道應位於能夠支撐消防員進入屋頂的區域上方。通道應位於障礙物最少的區域，例如排氣管、導管或機械設備。

R324.6.2 屋脊退縮帶

對於佔屋頂總面積不超過平面圖總面積 33% 的光伏陣列，水平屋脊的兩邊都需要不小於 18in (457mm) 的淨空退縮帶。對於佔屋頂總面積超過平面圖總面積 33% 的光伏陣列，水平屋脊的兩邊都必須有不小於 36in (914mm) 的淨空退縮帶。

R324.6.2.1 屋脊的其他退縮帶

如果按照 NFPA 13D 或 P2904 節的規定在住宅內安裝了自動撒水系統，則屋脊上的退縮帶應符合以下條件之一：

1. 對於佔據不超過平面圖總屋頂面積 66% 的光伏陣列，水平屋脊的兩邊都必須有不小於 18in (457mm) 的淨空退縮帶。
2. 對於佔屋頂總平面面積超過 66% 的光伏陣列，水平屋脊的兩邊都必須有不小於 36in (914mm) 的淨空退縮帶。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

R324.6.2.2 緊急逃生和救援口

不得將安裝在房屋上的面板和模組放置在緊急逃生和救援口下方的屋頂部分。
緊急逃生和救援口應設有不小於 36in (914mm) 寬的通道。

R324.7 地面光伏系統

地面安裝的光伏系統應根據 R301 節進行設計和安裝。

R324.7.1 火災間隔距離

地面安裝的光伏系統應遵守當地司法管轄區確定的火災間隔距離要求。

第 R327 節 固定蓄電池系統

R327.1 一般

固定式蓄電池系統應符合本節的規定。

R327.2 設備清單

固定式蓄電池系統應按照 UL 9540 列出並標記為住宅用。

例外情況：

1. 經認可，由電動車改變用途未列出電池系統，允許安裝在戶外或獨立棚，在距離外牆、地界線和公共道路不少於 5ft (1524mm) 的位置。
2. 如果安裝符合 NFPA 70 的 625.48 節，則允許將電池系統作為電動汽車的組成部分。
3. 小於 1 kWh (3.6MJ) 的電池系統。

R327.3 安裝

固定式蓄電池系統應按照製造商的說明及其清單（如果適用）進行安裝，並且不得安裝在居住單元的適居空間內。

R327.4 電氣安裝

固定式蓄電池系統應按照 NFPA 70 的規定進行安裝。逆變器應按照 UL 1741 進行列出和標記，或作為 UL 9540 列出的一部分提供。連接到公用電網的系統應使用列出的逆變器進行公用設施交互。

R327.5 通風

包括在充電過程中產生氫氣或其他易燃氣體的電池在內的固定式蓄電池系統的室內裝置，應按照 M1307.4 節的規定進行通風。

R327.6 防撞擊

安裝在易受車輛損壞的位置的固定式蓄電池系統應由認可的障壁保護。

附錄五 NFPA 1 Fire Code-2018 摘錄

52 章 儲能系統

52.1 一般

52.1.1 儲能系統應遵守 52 章規定。

52.1.2 許可

52.1.2.1 許可在需要時應符合 1.12 節的規定。

52.1.2.2 在安裝之前，計畫應由 AHJ 提交並認可。

52.2*鉛酸和鎳鎘電池

52.2.1 一般

用於設施備用電源，緊急電源或不斷電供應系統的浸沒式鉛酸、鎳鎘和閥控式鉛酸電池(VRLA)固定式電池系統，電解液容量在撒水頭滅火建築物中大於 100 gal (378.5 L)，在非撒水頭滅火建築物中大於 50 gal (189.3 L)，應符合 52.2 和表 52.2.1 的規定。

52.2.2 安全特徵

52.2.2.1 安全通風

電池應按 52.2.2.1.1 和 52.2.2.1.2 提供安全通風蓋。

52.2.2.1.1 非重組電池

排氣式鉛酸和鎳鎘應配備安全通風蓋。

52.2.2.1.2 重組電池

閥控式鉛酸電池(VRLA)應配備自密封性阻火焰安全通風口。

52.2.2.2 熱失控

VRLA 系統應配備列出的裝置或其他認可方法，排除、偵測和控制熱失控。

52.2.2.3 位置和人員分離

52.2.2.3.1 電池系統應允許與其支承的設備位於同房間。

52.2.2.3.2 除集會、教育、拘留和懲戒設施；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所之外，電池系統應位於與建築物其他部分隔開至少 1 小時的防火屏壁的房間內。

52.2.2.3.4 在集會、教育、拘留和懲教設施中；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所，電池系統應位於與建築物其他部分隔開至少 2 個小時的防火屏壁的房間內。

表 52.2.1 電池要求

要求	非重組電池		重組電池
	浸沒式鉛酸	浸沒式鎳鎘 (Ni-Cd)	閥控式鉛酸 (VRLA)
安全蓋	通風蓋	通風蓋	自密封性阻火焰蓋
熱失控管理	不要求	不要求	要求
溢出控制	要求	要求	不要求
中和	要求	要求	要求
通風	要求	要求	要求
標記	要求	要求	要求
地震控制	要求	要求	要求
火警探測	要求	要求	要求

52.2.2.4 溢流控制

52.2.2.4.1 裝有自由流動液體電解液，容量大於 55 gal (208 L) 的單個容器或總容量超過 1000 gal (3785 L) 的多個容器之房間、建築物或區域，應配備溢流控制，以防止液體流到相鄰區域。

52.2.2.4.2 *應提供經認可的控制電解液溢流的方法和材料，該方法和材料應能夠控制最大單個容器的溢出。

52.2.2.4.3 具有固定電解質的 VRLA 電池不應要求進行溢流控制。

52.2.2.5 中和

52.2.2.5.1 *應提供中和溢流電解液的認可方法。

52.2.2.5.2 對於 VRLA 電池，該方法應能夠將最大電池的溢流物中和至 pH 值為 7.0 至 9.0。

52.2.2.6°通風。對於浸沒式鉛酸，浸沒式鎳鎘和 VRLA 電池，應按照機械規範和以下其中一項為房間和機櫃提供通風：

- (1) 根據國家認可的標準，在最壞的情況下，同時對所有電池進行“增壓”充電時，通風系統的設計應將氫氣的最高濃度限制為房間總體積的 1.0%。
- (2) 連續通風的速率不小於房間或機櫃樓地板面積的 $1 \text{ ft}^3 / \text{min} / \text{ft}^2$ ($5.1 \text{ L} / \text{sec} / \text{m}^2$)。

52.2.2.7 環境。應對電池環境進行控制或分析，以使溫度保持在所用特定電池技術的安全操作範圍內。

52.2.2.8 標誌。

52.2.2.8.1 通往下列各項的門或通道應設有認可的標誌：

- (1) 蓄電池庫房

- (2) 裝有固定式蓄電池系統的房間
- (3) 包含固定式蓄電池系統的其他區域

52.2.2.8.2 對於裝有 VRLA 電池的房間，由 52.2.2.8.1 要求的標誌應註明以下內容：

這個房間包含：

- (1) 固定式蓄電池系統
- (2) 通電電路

52.2.2.8.3 對於鉛酸蓄電池或鎳鎘蓄電池充斥的房間，由 52.2.2.8.1 要求的標誌應規定以下內容：

這個房間包含：

- (1) 固定式蓄電池系統
- (2) 通電電路
- (3) 腐蝕性電池電解液

52.2.2.8.4 電池櫃應提供外部標籤，以標識系統的製造商和型號以及所包含電池系統的電氣額定值（即電壓和電流）。

52.2.2.8.5 電池櫃內應設有標誌，以指示相關的電氣，化學和火災危害。

52.2.2.9 地震防護。電池系統應按照建築規範進行抗震支撐。

52.2.2.10 煙霧探測。應在裝有 NFPA 72 的固定電池存儲系統的房間內安裝經過認可的自動煙霧探測系統。

52.2.2.10.1 所需的自動煙霧探測系統應經由中央認可，專屬有或遠程站或區域警報進行監督，該警報將在經常有人值守的位置發出聲音訊號。

52.2.2.10.2 通常無人居住，總樓地板面積小於 1,500ft²(140 m²)的獨立電信結構，應不要求按照 52.2.2.10 所示進行檢測。

52.3 *其他電池技術。

52.3.1 概述。容量大於表 52.3.1 所列容量的儲能系統應符合 52.3 的規定，並且在用作法律要求的緊急或備用電源系統時，還應符合 11.7.3 的規定。

52.3.2 *固定式蓄電池系統。

52.3.2.1 位置和人員隔離。固定式蓄電池系統應根據本節進行放置和構造。

52.3.2.1.1 固定式蓄電池系統應裝在不可燃，上鎖的櫃子或其他圍蔽中，以防止未經授權的人員進入，除非位於單獨的機房內，只有授權人員才能進入。

52.3.2.1.2 位置。

52.3.2.1.2.1 除非 52.3.2.1.2 另有許可，否則固定式蓄電池系統不得位於地板高於消防部門車輛通道最低高度 75 ft (22860 mm) 的區域，或最低出口層允許離開的完工地板 30 ft (9144 mm) 以下的區域。

52.3.2.1.2.2 經 AHJ 認可時，應允許安裝在高度超過 75 ft(22,860 mm)的建築物的不燃屋頂上安裝不妨礙消防部門屋頂作業的裝置。

表 52.3.1 儲能系統閾值數量

型式	容量 ^a
鋰電池, 所有型式	20 KWh(18.0 MJ)
鈉電池, 所有型式	20 KWh (18.0 MJ) ^c
液流電池 ^b	20 KWh (18.0 MJ)
其他電池技術	10 KWh (10.8 MJ)
電容器	70 KWh (25.2 MJ)

註：

a 對於以安培小時為單位的電池和電容器，KWh 應等於額定電壓乘以安培小時額定值除以 1000。

b 包括釩、溴化鋅、溴化多硫化物和其他流動性電解質類型的技術。

c 或用於鈉離子技術的 70KWh (25.2 MJ)。

52.3.2.1.3 分離。包含固定式蓄電池系統的房間應位於高危險區域，或應與 52.3.2.1.3.1 和 52.3.2.1.3.2 中所述的建築物的其他區域隔開。固定式蓄電池系統應允許與其支撐的設備位於同一房間。

52.3.2.1.3.1 除集會、教育、拘留和懲戒設施；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所之外，固定存儲電池系統應位於與建築物其他部分分隔至少 1 小時的防火屏壁的房間內。

52.3.2.1.3.2 集會、教育、拘留和懲教設施中；健康照護、有行動能力的健康照護和日間照護中心；以及住宅食宿、護理和居住場所，固定儲存電池系統應位於與建築其他部分分隔，至少 2 個小時的防火屏壁的房間內。

52.3.2.1.4 室外安裝。室外固定蓄電池系統除符合第 52.3 節的所有適用要求外，還應遵守本款。

52.3.2.1.4.1 室外外殼或容器中用於維修、測試、維護和其他功能的容器中的安裝應視為固定存儲電池系統室。

52.3.2.1.4.2 不燃容器中的電池陣列不要求與容器壁間隔 3 ft(914 mm)。

52.3.2.1.4.3 位於戶外的固定式蓄電池系統應與以下物體至少隔開 5ft (1524mm)：

- (1) 基地線
- (2) 公共通道
- (3) 建築物
- (4) 儲存的可燃材料
- (5) 有害物質

(6) 高堆積物

(7) 其他暴露危險

52.3.2.1.4.4 如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障狀況測試，表明涉及建築物的火災或對相鄰存儲材料或結構不利影響，則 AHJ 應允許縮短間隔距離。

52.3.2.1.4.5 出口方式。

52.3.2.1.4.5.1 位於戶外的固定式蓄電池系統應與 AHJ 要求的任何出口設施分開，以確保在著火條件下安全出口，但在任何情況下均不得少於 10ft (3048mm)。

52.3.2.1.4.5.2 如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障狀況測試，表明涉及該系統的火災不會對居民逃生產生不利影響，則 AHJ 應允許縮短間隔距離。

52.3.2.1.4.6 區域安全。固定式蓄電池系統所在的室外區域應經過保護，以防止未經許可的進入。

表 52.3.2.2.1

	最大允許數量 ^a	危險型式分類
鋰電池, 所有型式	600 kWh	高危險 ^c
鈉電池, 所有型式	600 kWh	高危險 ^c
液流電池 ^b	600 kWh	高危險 ^c
其他電池技術	200 kWh	高危險 ^c

註：

a 對於以安培小時額定的電池, kWh 應等於額定電壓乘數安培小時額定值除以 1000。

b 包括鈎、鋅-溴、多硫化物-溴和其他流動的電解質類型技術。

c 如果 AHJ 根據 (1) 根據 52.3.2.4 進行的危害減輕分析和 (2) 根據經認可的測試實驗室進行或見證和報告的大尺度火災和故障狀況測試和報告，表明涉及固定存儲電池系統的火災包含在房間內，持續時間等於 52.3.2.1.3.1 或 52.3.2.1.3.2 中要求的房間分離的耐火等級，可以允許為普通危險分類，如適用。

52.3.2.2 最大允許數量。

52.3.2.2.1 包含固定式蓄電池系統的建築物內的火災區域超出表 52.3.2.2.1 中的最大允許數量時，應遵守 NFPA 101 6.2.2 和建築法規規定的所有適用的普通危險和高危險要求。

52.3.2.2.2 經 AHJ 認可，包含固定式蓄電池系統的區域超過表 52.3.2.2.1 的區域，根據 52.3.2.4 的緩解分析以及由認可的測試實驗室進行或見證和報告的大尺度火災和故障情況測試，應允許視為普通危險而不是基於危險的高危險分類。

52.3.2.2.3 如果建築物內的區域包含能源系統技術的組合，則應根據每種類型的百分比之和除以每一種類型的最大允許數量以確定總集合量。如果百分比之和超過 100%，則應根據表 52.3.2.2.1 將區域視為高危分類。

52.3.2.3 *電池陣列。

52.3.2.3.1 電池陣列應符合 52.3.2.3.2 和 52.3.2.3.3，除非 52.3.2.3.4 或 52.3.2.3.5 另有允許。

52.3.2.3.2 蓄電池，預包裝的固定式蓄電池系統和預先設計的固定式蓄電池系統應分別分隔成不超過 50 KWh (180MJ) 的陣列。

52.3.2.3.3 每個陣列應與其他陣列以及儲藏室或區域內的牆壁至少間隔 3ft (914mm)。儲存安排應符合 NFPA 101 中的出口規定。

52.3.2.3.4 列出的預先設計的固定式蓄電池系統和預包裝的固定式蓄電池系統每個不應超過 250 KWh (900MJ)。

52.3.2.3.5 如果提供了經認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試，則允許 AHJ 認列出的較大容量或較小電池組間距的預先設計和預包裝電池組涉及一個陣列的火將不會傳播到相鄰陣列，並且在室內的持續時間等於 52.3.2.1.3 要求的房間間隔的耐火等級。

52.3.2.4 防災分析。當存在以下任何一種情況時，應向 AHJ 提供故障模式和影響分析 (FMEA) 或其他已認可的防災分析：

- (1) 提供未在表 52.3.1 中明確標識的電池技術。
- (2) 在房間內或室內區域中提供不止一種固定式蓄電池技術，這些技術之間可能存在不利的相互作用。
- (3) 當作為增加表 52.3.2.2.1 中規定的最大允許量的基礎時。

52.3.2.4.1 分析應評估以下故障模式以及 AHJ 認為其他必要的的後果。每種模式僅應考慮單一故障模式：

- (1) 單個模組或陣列中的熱失控情況
- (2) 電池管理系統故障
- (3) 所需的通風系統故障
- (4) 主要電源上的電壓突波
- (5) 固定式蓄電池存儲系統的負載側短路
- (6) 偵煙探測器、滅火或氣體探測系統故障

52.3.2.4.2 如果 FMEA 的後果證明以下內容，則應允許 AHJ 認可防災分析：

- (1) 火災或爆炸將控制在無人居住的固定儲存電池系統房間內，其額定最低耐火持續時間規定在 52.3.2.1.3.1 或 52.3.2.1.3.2，如適用。
- (2) 在居住的工作中心內，固定式蓄電池系統機櫃發生火災和爆炸，容許居民安全逃生。
- (3) 在充電，放電和正常操作期間釋放的有毒和劇毒氣體不得超過允許暴露極

限 (PEL)。

- (4) 在火災和其他故障情況下釋放的有毒和劇毒氣體，在被認為必須從該區域撤離的時間內，不得達到建築物或鄰近出口通道中立即危害人體生命或健康 (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH) 等級的濃度。
 - (5) 在充電，放電和正常操作過程中，電池釋放的可燃氣體不得超過著火範圍下限 (LFL) 的 25%。
- 52.3.2.4.3 固定式蓄電池系統符合防災分析所需的構造、設備和系統，應根據國家認可的標準和規定的設計參數進行安裝，維護和測試。
- 52.3.2.5 列表。應按照 UL 1973，《輕型電動軌道 (LER) 應用和固定式應用的電池標準》列出蓄電池。預包裝和預先設計的固定式蓄電池系統應按照 UL 9540《儲能系統和設備標準》列出。
- 52.3.2.5.1 *預先包裝和預先設計的系統。預包裝和預先設計的固定式蓄電池系統應根據其列表和製造商的說明進行安裝。
- 52.3.2.5.2 環境。應控制蓄電池的環境，以使溫度和條件保持在蓄電池製造商的規定範圍內。
- 52.3.2.6 安裝
- 52.3.2.6.1 電池管理系統。應為電池技術提供經過認可的電池管理系統，以監控和平衡製造商規定範圍內的電池電壓、電流和溫度。如果檢測到潛在危險溫度或其他條件，包括短路、過電壓 (即，過量充電) 或低電壓 (即，過量放電)，則系統應將警報信號發送到認可的位置。
- 52.3.2.6.2 電池充電器。電池充電器應與電池製造商的電功率額定值和充電規範兼容。電池充電器應按照 UL 1564 工業應用的電池充電器標準列出，或作為列出的預先設計或預包裝的固定式蓄電池系統的一部分提供。
- 52.3.2.6.3 車輛碰撞保護。在固定式蓄電池系統容易受到機動車撞擊的地方，應提供機動車撞擊保護。
- 52.3.2.6.4 可燃存儲。
- 52.3.2.6.4.1 與固定式蓄電池系統無關的可燃材料不得儲存在電池室、機櫃或封閉空間中。
- 52.3.2.6.4.2 佔用工作中心內的可燃材料應符合 10.18 節的規定，並且不得存放在電池櫃 3ft (915mm) 的範圍內。
- 52.3.2.6.5 標牌。
- 52.3.2.6.5.1 應當在門上或固定電池存儲系統房間入口附近的許可位置提供認可的標誌。
- 52.3.2.6.5.2 新的標牌安裝應要求以下項目：
- (1) 符合 NFPA 704 的危險識別標記。
 - (2) “該房間內裝有充滿電的電池系統” 或類似的東西。
 - (3) 識別存在的電池類型

(4) 僅授權人員

(5) 特定於技術的標記，如果在 52.3.2.11 中有要求

52.3.2.6.5.3 如果電池存儲系統隔離裝置不在主要服務隔離裝置的視線範圍內，則應在主要服務隔離裝置的位置安裝標語牌或目錄，以表明符合 NFPA70 的所有電池存儲隔離裝置的位置。

52.3.2.6.5.4 應允許現有的固定式蓄電池系統包括安裝時所需的標牌。

52.3.2.6.5.5 電池櫃應提供外部標籤，以標識系統的製造商和型號以及所包含電池系統的電功率額定值（即電壓和電流）。

52.3.2.6.5.6 電池櫃內應設有標誌，以指示相關的電氣、化學和火災危害。

52.3.2.6.5.7 裝有固定式蓄電池系統的建築物中的消防指揮中心應包括標牌或易於獲取的文件，描述固定式蓄電池系統的位置，存在的蓄電池類型，工作電壓以及斷電位置。

52.3.2.6.6 地震防護。電池系統應按照建築規範進行耐震加固。

52.3.2.6.7 安全蓋。通風的電池應配備阻火焰安全蓋。

52.3.2.6.8 混合電池系統。根據 AHJ 的規定，如果不同類型的電池之間可能在不安全的相互作用，則不得在同一房間或機櫃中安裝不同類型的電池。

52.3.2.7 抑制和探測。

52.3.2.7.1 滅火。裝有固定式蓄電池系統的房間應由按照第 13.3 節安裝的自動撤水系統保護。52.3.2.7.1.1 蓄電池特定技術的商品分類應符合 NFPA 13 第 5 章的規定。

52.3.2.7.1.2 如果 NFPA 13 的第 5 章中未特別說明蓄電池類型，則應允許 AHJ 根據經認可的實驗室進行或見證並報告的全尺度火災和故障條件測試，認可滅火系統。

52.3.2.7.2 煙霧探測。認可的自動煙霧探測系統應安裝在裝有符合 NFPA 72 的固定電池儲存系統的房間中，並且所需的自動煙霧探測系統應由認可的中央，專有或遠程站點服務或當地警報器進行監督。在經常有人看管的位置發出聲音信號。

52.3.2.8 *通風。在 52.3.2.11 要求的地方，應按照機械規範和下列其中一項為房間和櫥櫃提供通風：

(1) 通風系統的設計應按照國家認可的標準，在最壞情況下同時「增壓」充電所有電池時，將可燃氣體的最大濃度限制在房間總體積的 25% 以下。

(2) 機械通風的速率應不小於房間或櫥櫃建築面積的 $1 \text{ ft}^3 / \text{min} / \text{ft}^2$ ($5.1 \text{ L} / \text{sec} / \text{m}^2$)。通風可以是連續的，也可以由符合 52.3.2.8.2 的氣體檢測系統啟動。

52.3.2.8.1 裝有蓄電池的房間和機櫃所要求的機械通風系統，應由經認可的中央、專有或遠程站點服務進行監督，或應在經認可的經常有人值守的現場發出聲音和視覺信號。

- 52.3.2.8.2 在 52.3.2.8 (2) 要求的地方，裝有固定式蓄電池系統的房間應由認可的連續氣體探測系統防護。
- 52.3.2.8.2.1 氣體探測系統應設計成在可燃氣體含量超過可燃氣體下限 (LFL) 的 25% 時啟動
- 52.3.2.8.2.2 氣體探測系統的啟動應導致機械通風系統的啟動，該系統應一直保持開啟狀態，直到探測到的可燃氣體小於 LFL 的 25%。
- 52.3.2.8.2.3 氣體探測系統應包括至少兩個小時的備用電源。
- 52.3.2.8.2.4 氣體探測系統發生故障時，應在認可的中央、專有或遠程站點服務處或在認可的經常有人值班的現場發出故障信號。
- 52.3.2.9 * 溢出控制和中和。在 52.3.2.11 要求的地方，應提供認可的方法和材料，用於控制和中和包含固定蓄電池的房間中電解液或其他有害物質的溢出，具體如下：
- (1) 對於帶有自由流動電解液的電池，該方法和材料應能夠抵消從最大電池或電池塊到 pH 值在 5.0 至 9.0 之間的總容量溢出。
 - (2) 對於帶有固定電解質的電池，該方法和材料應能夠將房間中最大電池或電池塊容量的 3.0% 的溢出中和到 pH 值介於 5.0 至 9.0 之間。
- 52.3.2.10 熱失控。在 52.3.2.11 要求的地方，應提供列出的設備或其他認可的方法來防止、探測和控制熱失控。
- 52.3.2.11 電池專用保護固定式蓄電池系統應符合 52.3.2 至 52.3.2.10 和本節的規定，如適用。
- 52.3.2.11.1 鋰電池。使用鋰電池的固定式蓄電池系統應配備符合 52.3.2.10 的熱失控保護。
- 52.3.2.11.2 鈉電池。使用鈉電池的固定式蓄電池系統應符合以下規定：
- (1) 應按照 52.3.2.8 進行通風。
 - (2) 溢出控制和中和應符合 52.3.2.9 的規定。
 - (3) 應按照 52.3.2.10 規定提供熱失控保護。
 - (4) 對於使用鈉硫電池的系統或在高於環境溫度的條件下工作的其他硫型電池系統，應提供防災分析。
 - (5) 在 52.3.2.6.5 中要求的標誌應包括 (如適用) “水反應性危險-禁止用水”。
- 52.3.2.11.3 液流電池。使用液流電池的固定式蓄電池系統應符合以下規定：
- (1) 應按照 52.3.2.8 進行通風。
 - (2) 溢出控制和中和應符合 52.3.2.9 的規定。
- 52.3.2.11.4 其他電池類型。使用 52.3.2.11.1 至 52.3.2.11.1 所述以外的電池技術的固定式蓄電池系統應符合以下規定：
- (1) 在充放電，正常使用過程中可能存在易燃、有毒或劇毒氣體的地方，應按照 52.3.2.8 的規定進行通風。
 - (2) 溢出控制和中和應符合 52.3.2.9 的規定，其中電池中含有可能從電池中釋

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

放出來的電解質。

(3) 應按照 52.3.2.10 規定提供熱失控保護。

(4) 52.3.2.6.5 要求的標牌還應標明與電池有關的任何潛在危險。

52.3.2.12 測試、維護和修理。

52.3.2.12.1 固定式蓄電池，相關的設備和系統應按照製造商的說明進行測試和維護。

52.3.2.12.2 用於替換現有設備的任何蓄電池或系統組件應與電池充電器、蓄電池管理系統、其他蓄電池和其他安全系統兼容。

52.3.3 電容器儲能系統。

52.3.3.1 容量。容量大於表 52.3.1 中所述容量的固定式電容器儲能系統應符合 52.3.3 的規定。

52.3.3.2 位置和人員隔離。固定式電容器儲能系統的位置和構造應按照 52.3.2.1 至 52.3.2.1.4.3 固定式蓄電池系統的要求進行。

52.3.3.3 最大允許數量。包含電容器儲能系統的建築物內超過 600 kWh(2160 ml) 的防火區域應符合 NFPA 101 的 6.2.2 和建築規範中規定的所有適用的普通危險和高危險要求。

52.3.3.4 電容器陣列。

52.3.3.4.1 電容器，預包裝的固定電容器儲能系統和預先設計的電容器儲能系統應分別隔離成不超過 50 KWh (180 兆焦耳) 的陣列。

52.3.3.4.2 每個陣列與其他陣列以及儲藏室或區域內的牆壁之間至少應間隔 3ft (914mm)。儲存安排應符合 NFPA 101 中的出口規定。

52.3.3.5 列表。電容器應按照 UL 1973,《輕型電動軌道 (LER) 應用和固定式應用的電池標準》列出。預包裝和預先設計的電容器能源系統應按照 UL 9540《儲能系統和設備標準》列出。

52.3.3.5.1 *預先包裝和預先設計的系統。預先包裝和預先設計的電容器儲能系統應按照其清單和製造商的說明進行安裝。

52.3.3.5.2 環境。應控制電容器周圍的環境，以使溫度和條件保持在製造商的規定範圍內。

52.3.3.6 充電器。電容器充電器應與電容器製造商的電氣額定值和充電規範兼容，並應按照 UL 1564《工業電池充電器標準》列出，或作為列出的預先設計或預包裝的電容器儲能系統提供。

52.3.3.7 車輛碰撞保護。在電容器儲能系統容易受到機動車撞擊的地方，應提供機動車撞擊保護。

52.3.3.8 可燃存儲。

52.3.3.8.1 與電容器能量存儲系統無關的可燃材料不得儲存在電容器室、機櫃或外殼中。

52.3.3.8.2 佔用工作中心內的可燃材料應符合 10.18 節的規定，並且不得儲存在電容器櫃的 3ft (915mm) 內。

52.3.3.9 標牌。 應當在門上或電容器儲能系統入口附近的許可位置提供認可的標誌，並應包括以下內容：

- (1) 符合 NFPA 704 的危險識別標記。
- (2) “該房間內裝有通電的電容器系統”，或等效的
- (3) 確定存在的電容器類型
- (4) 僅授權人員

52.3.3.9.1 如果電容器儲能系統隔離裝置不在主要服務隔離裝置的視線範圍內，則應在主要服務隔離裝置的位置安裝標語牌或目錄，以指明所有電容器儲能系統隔離裝置的位置，以符合 NFPA 70。

52.3.3.9.2 電容器櫃應提供外部標籤，以標識系統的製造商和型號以及所包含電池系統的電功率額定值（即電壓和電流）。

52.3.3.9.3 電容器櫃內應設有標誌，以指示相關的電氣、化學和火災危害。

52.3.3.9.4 裝有電容器儲能系統的建築物中的消防指揮中心應包括標牌或易於獲取的文件、描述系統的位置、存在的電容器的類型、工作電壓以及電氣斷路的位置。

52.3.3.10 地震防護。 電容器儲能系統應按照建築規範進行抗耐震加固。

52.3.3.11 測試、維護和修理。

52.3.3.11.1 電容器儲能系統及相關設備和系統應按照製造商的說明進行測試和維護。

52.3.3.11.2 用於替換現有單元的電容器或系統組件應與電容器充電器、其他電容器和其他安全系統兼容。

附錄六 NFPA 70 National Electrical Code-2020 摘錄

第 VIII 部分 儲能系統

690.71 一般。應根據第 706 條安裝連接到光伏(PV)系統的儲能系統。690.72 自調節光伏充電控制。如果滿足以下條件，則應認為光伏源電路符合 706.23 的要求：

- (1) 光伏源電路符合互連電池的額定電壓和充電電流要求，並且
- (2) 最大充電電流乘以 1 小時小於以安培小時為單位或電池製造商建議的額定電池容量的 3%。

條款 706 儲能系統

第 I 部 一般

706.1 範圍

本條款適用於所有容量大於 3.6Mj(1 kWh)的儲能系統，這些系統可以獨立或與其他電力生產來源交互的操作，這些系統主要用於在正常運行條件下儲存和提供能源。

備考 1：對於以安培小時為單位的電池組，kWh 等於標稱額定電壓乘以安培小時額定值除以 1000。

備考 2：電池組儲能和儲能系統之間可能會有系為區別。電池組儲能不一定是儲能系統，參照第 408 條。儲能系統可以由電池組儲能組成，參照第 706 條。

備考 3：儲能系統的安裝經常參考以下標準：

- (1) NFPA 111-2016, *Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Systems*
- (2) NECA 416-2016, *Recommended practice for Installing Energy Storage Systems(ESS)*
- (3) UL 810A, *Electrochemical Capacitors*
- (4) UL 1973, *Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications.*
- (5) UL 1989, *Standard for Standby Batteries*
- (6) UL 9540, *Safety of Energy Storage Systems and Equipment*
- (7) UL Subject 2436, *Spill Containment For Stationary Lead Acid Battery Systems*

706.2 定義

電池組(Battery)：

兩個或多個電池以串聯，並聯或兩者結合的方式電氣連接在一起，以提供所需的工作電壓和電流程度。

電池(Cell)：

基本的電化學單元，以陽極和陰極為特徵，用於接收，存儲和輸送電能。

集裝箱 (Container) :

一種將電池組中的一個或多個電池構成的單組極板、電解質和其他元件保持在容器中的容器。可以被稱為瓶或箱。

轉換負載控制器 (Diversion Charge Controller) :

通過將能量存儲中的功率轉移到直流或交流負載或互連的公用設施來調節 ESS 充電過程的設備。

電解質 (Electrolyte) :

提供離子在電池正負極之間傳輸機制的介質。

儲能系統 (Energy Storage System (ESS)) :

一個或多個組件組裝在一起，能夠存儲能量以備將來使用。ESS 可以包括但不限於電池組、電容器和動能設備（例如飛輪和壓縮空氣）。這些系統可以具有交流或直流輸出以供利用，並且可以包括用於將存儲的能量轉換為電能的逆變器和轉換器。

儲能系統，獨立的 (Energy Storage System, Self-Contained) :

儲能系統，將諸如電池組、電池或模組等組件以及任何必要的控制、通風、照明、滅火或警報系統組裝，安裝並包裝到單個儲能集裝箱或單元中。

備考：獨立系統通常由單個實體製造，測試並列出與該系統相關的安全標準，並易於在現場連接到電氣系統，並且在多個系統之間也可以相互連接。

儲能系統，預先設計匹配組件 (Energy Storage System, Pre-Engineered of Matched Components) :

儲能系統不是獨立的系統，而是使用由單個實體作為系統提供的單獨組件進行預先工程設計和現場組裝的，這些單個實體匹配並打算在系統安裝站點處組裝為儲能系統。

備考：現場裝配作為系統的匹配元件的預設計系統通常由單個實體設計，由單獨測試和列出的元件或作為裝配體組成。

儲能系統，其他 (Energy Storage System, Other) :

能量存儲系統不是配套組件的獨立系統或預先設計的系統，而是由組裝為系統的單個組件組成。

備考：其他系統通常將由在現場組合以建立 ESS 的不同組件組成。這些組件通常會經過測試，並按照與應用相關的安全標準列出。

液流電池 (Flow Battery) :

類似於燃料電池的能量儲存組件，其活性材料以兩種電解質的形式存儲在反應器界面的外部。使用時，電解質在反應器和儲存槽之間轉移。

備考：兩種市售的液流電池技術是溴-鋅和釩氧化還原，有時也稱為泵送電解質 ESS。

連接條 (Intercell Connector) :

用於連接相鄰電池的導電棒或電纜。

層間連接器 (Intertier Connector):

在電池系統中，一種導體用來連接同一機架不同層或同一機架不同排架上的兩個電池。

逆變器輸入電路 (Inverter Input Circuit):

獨立和多模逆變器系統中逆變器和 ESS 之間的導體。

逆變器輸出電路 (Inverter Output Circuit):

逆變器和其他電力生產源之間的導體，例如公用電力生產和配電網。

逆變器利用輸出電路 (Inverter Utilization Output Circuit):

多模或獨立逆變器與利用設備之間的導體。

額定電壓(電池組或電池) (Nominal Voltage (Battery or Cell)):

為了方便指配給定電壓等級的電池或電池組的指之指定目的。電池或電池組的工作電壓可能會高於或低於此值之間變化。

密封的電池或電池組 (Sealed Cell or Battery):

沒有規定對於常規水或電解質的添加或外部量測電解質比重的電池或電池組。

備考：一些在正常使用條件下被認為是密封的電池，例如閥控式鉛酸電池或某些鋰電池，都裝有洩壓閥。

端子 (Terminal):

電池、集裝箱或電池組中與之建立外部連接的部分（通常認定為接線柱，柱，極或端子柱）。

706.3 其他條款

本法其他條款和第 706 條的規定不一致的，應適用第 706 條的規定。如果 ESS 能夠與一次電源並聯運行，則應適用 705.6、705.12、705.14、705.16、705.32、705.40、705.100、705.143 和第 705 條第四部分的要求。

706.4 系統分類

ESS 應分類為下列描述型式之一：

(1) 儲能系統，獨立的

備考：可能會列出一些獨立的系統。

(2) 儲能系統，預先設計匹配組件

(3) 儲能系統，其他

706.5 設備

應列出監控器、控制裝置、開關、保險絲、斷路器，電源轉換系統、逆變器和變壓器、儲能組件以及儲能系統中除鉛酸電池以外的其他組件。另外，獨立的 ESS 應列為完整的儲能系統。

706.6 多系統

應允許在單個建築物或結構上安裝多個 ESS。

706.7 隔離設備

(A)ESS 隔離設備

應為從 ESS 引出的所有未接地導體提供隔離設備。隔離設備應易於接近並位於

ESS 的視線範圍內。

備考：有關導體過電流設備位置的資訊，參照 240.21 (H)。

(B)遠距致動

如果控制機構未位於系統的視線範圍內起動 ESS 的斷開裝置，隔離設備應能夠按照 110.25 的要求鎖定在斷路位置，並且控制機構的位置應在現場標示在隔離設備上。

(C)匯流排

如果安裝了直流匯流排系統，則應允許將隔離設備合併到匯流排中。

(D)通報

隔離設備應在現場清楚標記，標記應符合 110.21 (B) 的要求，並應包括以下內容：

- (1) 標稱 ESS 電壓
- (2) 源自 ESS 的最大可用短路電流
- (3) 基於來自 ESS 和相關過流保護裝置的可用短路電流的相關清除時間或電弧持續時間
- (4) 計算執行的日期

例外：如果按照可接受的行業實務應用電弧閃光標籤，則不需要 706.7 (D) (1) 至 (D) (4) 中的標籤。

備考 1：設備標籤的行業實務在 NFPA 70E-2015 《工作場所電氣安全標準》中進行了描述。該標準為開發設備的電弧閃光標籤提供了特定標準，這些標籤提供了標稱系統電壓、入射能量程度、電弧閃光邊界、個人防護設備的最低要求程度等。

備考 2：電池設備供應商可以提供有關任何特定電池型號上的短路電流的資訊。

(E) 間隔和距離

如果儲能系統輸入和輸出端子距連接設備的距離超過 1.5 m (5 ft)，或者這些端子的電路穿過牆壁或隔板，則安裝應符合以下要求：

- (1) 應在電路的儲能系統端提供隔離設備。應允許使用保險絲隔離設備或斷路器。
- (2) 如果 706.7 (E) (1) 要求的隔離設備不在連接設備的視線範圍內，則應在連接設備上安裝第二個隔離設備。

備考 1：有關資訊技術設備室中的遠程隔離控制，參照 645.10。

備考 2：電池的過電流保護，參照 240.21 (H)。

- (3) 如果使用帶保險絲的隔離設備，則隔離設備的線路端子應連接至儲能系統的端子。
- (4) 如果列為危險場所，應允許在可能存在爆炸性環境的儲能系統外殼中安裝隔離設備。
- (5) 如果 (1) 中的隔離設備不在 (2) 中的隔離設備的視線範圍內，則應在所有隔離設備的位置安裝標牌或指引，以指示所有其他隔離設備的位置。

706.8 與其他能源的連接。與其他能源的連接應符合 705.12 的要求。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

- (A) 負載隔離。具有多個電源的負載隔離開關在關閉位置時應隔離所有能源。
- (B) 已識別交互式設備。交互作用系統上只允許列出並標識為交互式的逆變器和交流模組。
- (C) 失去交互作用系統電源。一旦失去主電源，帶有公用設施交互式逆變器的ESS應符合705.40的要求。
- (D) 不平衡的互連。儲能系統和電力生產源之間的不平衡連接應符合705.100的規定。

(E) 連接點。儲能系統和電力生產源之間的連接點應符合705.12的規定。

706.10 儲能系統位置。電池組位置應符合706.10(A)、(B)和(C)。

(A) 通風。應制定適用於儲能技術的規定，以使來自儲存設備的任何可能的氣體(如果存在)充分擴散和通風，以防止爆炸性混合物的積聚。允許預製或自包含的ESS根據製造商的建議和系統清單提供通風。

備考1：有關特定電池組化學物質的通風注意事項，參照NFPA 1-2015防火規範的52章。

備考2：一些儲存技術不需要通風。

備考3：電池組系統通風設計來源是IEEE 1635-2012/ASHRAE 指引21-2012定置型應用電池組的通風和熱管理指南和UBC。

備考4：NFPA 1-2015防火規範中提及火災防護條件。

(B) 帶電部件的防護。帶電部件的防護應符合110.27的要求。

(C) 關於ESS組件的空間。ESS周圍的空間應符合110.26的要求。工作空間應從ESS模組、電池組箱、機架或拖架緣量測。對於電池組機架，電池集裝箱無需進出維護的一側與牆壁或結構之間的最小間隙應為25 mm (1 in.)。ESS模組、電池組箱、機架或拖架應允許接觸鄰近的牆壁或結構，前提是電池組層具有不小於其長度90%的自由氣隙。根據製造商的建議和系統清單，預製和獨立ESS應允許系統內各部件之間有工作空間。

備考：通常需要額外的空間來容納ESS設備的吊車裝備，托架的移除或溢出圍阻體。

(D) 出口。用於入口和逃生指定為ESS室的房間的人員門應朝出口方向打開，並應配備列出的應急硬體。

(E) 照明。應為與ESS及其設備和部件相關的工作空間提供照明。燈具不應僅通過自動方式進行控制。如果工作空間由相鄰光源照明，則不需要額外的燈具。燈具的位置不應執行下列任一操作：

(1) 在對系統空間內的燈具進行維護時，讓人員暴露在通電的系統組件中。

(2) 燈具發生故障會對系統或系統組件造成危害。

706.11 指引。ESS應以706.11(A)和(B)指示。標記或標籤應符合110.21(B)。

(A) 指引。應當在每個服務設備位置以及所有能夠互連的電力發電源的位置處安裝永久性板或指引，以表示場所上或場所內的所有電源。

備考：應允許將具有大量電力產生源的裝置分批指定。

(B) 具有獨立系統的設施。未連接公用設施源且為獨立系統的具有 ESS 的任何結構或建築物，應在建築物或結構的外部應安裝具有永久性的板或指引在可被有管轄權的主管機關接受易於可見地方。板或指引應指明系統隔離裝置的位置，並且該結構應包含獨立的電力系統。

第 II 部 電路需求

706.20 電路尺寸與電流

(A) 特定電路的最大額定電流。特定電路的最大電流應根據 706.20 (A) (1) 至 (A) (5) 計算。

- (1) 銘牌額定電路電流。銘牌額定電路電流應為 ESS 銘牌或系統清單上指示的額定電流，用於預設計或自成一體的匹配元件系統，用於作為系統進行現場組裝。
 - (2) 逆變器輸出電路電流。最大電流應為逆變器連續輸出電流額定值。
 - (3) 逆變器輸入電路電流。最大電流應為逆變器在最低輸入電壓下產生額定功率時的連續逆變器輸入電流額定值。
 - (4) 逆變器利用輸出電路電流。當逆變器以最低輸入電壓產生額定功率時，最大電流應為連續逆變器輸出電流額定值。
 - (5) 直流到直流轉換器輸出電流。最大電流應為直流至直流轉換器連續輸出電流額定值。
- (B) 導體載流量和過電流設備額定值。從 ESS 到服務系統負載的接線系統之饋電電路導體載流量應不小於(1)銘牌額定電路電流與根據 706.20(A)或(2) ESS 過電流保護裝置的額定值。
- (C) 接地或中性導體的載流量。如果將單相 2 線 ESS 輸出的輸出連接到 3 線系統或 3 相 4 線星形連接系統的接地或中性導體和單根不接地導體，最大不平衡中性負載電流加上 ESS 的輸出額定值不得超過接地或中性導體的載流量。

706.21 過流保護

- (A) 電路和設備。ESS 電路導體應按照第 240 條的要求進行保護。ESS 電路的保護裝置應符合 706.21 (B) 至 (F) 的要求。電路應在源頭進行過電流保護。
- (B) 過電流設備安培額定值。必要時，應根據第 240 條和在為 ESS 服務的系統上提供的額定值對過電流保護裝置進行額定，並且應不小於 706.20 (A) 中計算的最大電流的 125%。
- (C) 直流額定電流。應當列出在 ESS 的任何直流部分中使用的過電流保護裝置，無論是保險絲還是斷路器，對於直流來說，都應列出，並應具有適合應用的適當電壓，電流和中斷額定值。
- (D) 電流限制。對於每個直流輸出電路，應在 ESS 旁邊安裝一個列出並貼有標籤的限流過電流保護裝置。

備考：如果為列出的 ESS 的直流輸出電路提供了電流限制過電流保護，則將不需要附加的限流過電流設備。

- (E) 保險絲。當保險絲從兩個方向都通電並且除專業人員以外的其他人都可接近時，應提供斷開與 ESS 設備和組件相關的任何保險絲的裝置。應允許將適用於該應用的開關，拉出裝置或類似設備用作斷開保險絲與所有電源的連接的裝置。
- (F) 位置。如果 ESS 輸入和輸出端子與所連接設備的距離超過 1.5 m (5 英尺)，或者這些端子的電路穿過牆壁或隔牆，則 ESS 處應提供過電流保護。

706.23 電荷控制

- (A) 一般。應提供控制 ESS 充電過程的規定。控制充電過程的所有可調裝置只能由合格人員使用。

備考：某些類型的儲能設備，如閥控鉛酸或鎳鎘，在過充時會出現熱故障。

(B) 轉換電荷控制器

- (1) 唯一的調節充電方式。採用分流充電控制器作為唯一調節充電方式的 ESS，應配備第二個獨立裝置，以防止存儲設備過度充電。
 - (2) 帶分流電荷控制器和分流負載的電路。包含分流充電控制器和分流負載的電路應符合以下要求：
 - (1) 分流負載的電流額定值應小於或等於分流載荷控制器的額定值。分流負載的額定電壓應大於最大 ESS 電壓。分流負載的額定功率應至少為充電源額定功率的 150%。
 - (2) 該電路的導體載流量和過電流裝置的額定值應至少為分流充電控制器最大額定電流的 150%。
 - (3) 使用公用-交互逆變器的儲能系統。使用公用交互逆變器控制儲能狀態的系統，通過將多餘的電力分流到公用系統，應符合 706.23(B)(3)(a)和(B)(3)(b)規定。
 - (a) 這些系統不需要遵守 706.23(B)(2)。
 - (b) 這些系統應擁有第二種獨立的方法來控制 ESS 充電過程，以便當公用設施不存在或主充電控制器發生故障或禁用時使用。
 - (C) 充電控制器和直流-直流轉換器。如果安裝了充電控制器和其他直流-直流電源轉換器，這些相對於輸入電流或輸入電壓增加或減少了輸出電流或輸出電壓，則應滿足以下所有條件：
 - (1) 輸出電路中導體的載流量應基於所選輸出電壓範圍內電荷控制器或轉換器的最大額定連續輸出電流。
 - (2) 輸出電路的額定電壓應基於所選輸出電壓範圍內電荷控制器或轉換器的最大輸出電壓。
- 第 III 部 電化學儲能系統
- 本規範的第三部分適用於由密封和非密封電池或電池組或系統模組組成的 ESS，該系統模組由非上市產品組件的多個密封電池或組電池組成。
- 備考：集成到較大部分所列設備(如不間斷電源 (UPS))中的儲能元件(如電池)是所列產品中元件的示例。

706.30 電池組安裝

(A) 居住單元。居住單元的儲能系統在導體之間或與地面之間的電壓不得超過 100 伏特。

備考：如果在常規儲能系統維護期間無法接近帶電部件，則應是允許儲能系統電壓超過 100 伏特。

(B) 斷開串聯電池組電路。進行現場維修的電池組電路，在導體之間或與地面之間的標稱電壓超過 240 伏特時，應具有將串聯的線串斷開到標稱值不超過 240 伏特的電壓段中的規定，以便由專業人員進行維護。允許無負荷破壞的螺栓連接或插入式斷開。

(C) 存儲系統維護斷開裝置。導體之間或與地面之間的儲能系統電壓超過 100 伏特時，應有一個斷開裝置，只有合格人員才能使用，該裝置應斷開蓄電系統中未接地的電路導體以進行維護。該斷開裝置不得斷開任何其他電氣系統其餘部分的接地電路導體。允許使用無負荷斷路開關作為隔離裝置。

(D) 超過 100 伏特的儲能系統。如果導體之間或與地面之間的儲能系統電壓超過 100 伏特，則應允許電池組電路使用不接地的導體運行，前提是安裝了接地故障檢測器和指示器以監視儲能系統內的接地故障。

706.30 電池組和電池終端設備

(A) 防腐蝕。電池組或電池製造商建議時，應使用適合電池連接的抗氧化劑。

備考：電池製造商的安裝和說明手冊可用於指導可接受的材料。

(B) 小區間和層間導體和連接。現場組裝的單元間和層間連接器和導體的載流量應為橫截面積，以使在最大負載條件下和最高環境溫度下的溫升不得超過導體絕緣層或導體支撐材料的安全工作溫度。

備考：用於防止電壓降超過最大預期負載 3% 的導體，如果最大總電壓降到最遠的連接點不超過 5%，可能並不適合所有電池應用。IEEE 1375-2003, 《固定電池組系統保護指引》，為過流保護和相關電纜尺寸調整提供了指南。

(C) 電池組接線端子。電池組的電氣連接以及在不同高度或機架上的電池組之間的電纜不應在電池組接線端子上施加機械應力。在可行的情況下，應使用接線板。

706.32 電池組相互連接。第 400 條所指明的 2/0 AWG 尺寸和更大的柔性電纜，應允許在電池組外殼內從電池組接線端子到附近的接線盒，以便連接到經批准的接線方法。電池組外殼內的電池組和電池之間也允許靈活的電池組電纜。此類電纜應列出並標識為防潮電纜。柔性細絞線電纜只能與符合 110.14 端子、接線片、設備或連接器一起使用。

706.33 可近性。在設備設計要求的地方，所有電池或多電池單元的終端設備應易可接近性於讀數、檢查和清潔。透明電池組容器的一側應易可接近性於檢查內部組件。

706.34 電池組位置。電池組位置應符合 706.34 (A), (B) 和 (C)。

(A) 帶電部件。帶電部件的防護應符合 110.27 的規定。

- (B) 頂部終端設備電池組。如果頂部終端設備電池組安裝在分層機架或電池組櫃的架子上，則應在儲能系統組件的最高點與該點上方的列、架子或天花板之間提供符合存儲設備製造商指示的工作空間。

備考：IEEE 1187 為 VRLA 電池組的頂部間隙提供了指導，VRLA 電池組是機櫃中最常用的電池組。

- (C) 氣體管路。氣體管路不得使用在專用電池組室。

第 IV 部 液流電池組儲能系統

第 IV 部適用於由液流電池組組成或包含液流電池組的儲能系統。

706.40 一般。系統和系統組件之間的所有電氣連接均應符合第 692 條的適用規定。系統和系統組件還應符合本條第 I 和第 II 部的規定。除非本條另有規定，否則液流電池組儲能系統應遵守第 692 條的可適用規定。

706.41 電解質分類。可以在與儲能系統相關的電池組中使用的電解質應通過名稱和化學成分來標識。應在系統中可放入或取出電解液的每個位置附近易於辨認的標牌上提供這種識別。

706.42 電解液容納量。液流電池組系統應配備用於容納電解液的裝置，以防止電解液從系統中溢出。應提供一個警報系統，以發出電解液從系統洩漏的信號。電線和連接的佈置和佈線應能減輕暴露在電解液中的可能性。

706.43 流量控制。在電解質阻塞的情況下，應提供控制措施以安全地關閉系統。

706.44 泵和其他流體處理設備。泵和其他流體處理設備的額定/規格應適合暴露於電解質中。

第 V 部：其他儲能技術第五部的規定適用於使用其他旨在儲能技術的儲能系統，並且在需要使用儲能來產生所需功率的電力時。

706.50 一般。系統和系統組件之間的所有電氣連接均應符合本規範的適用規定。除非本條另有指示，否則其他儲能技術應符合第 705 條第 III 部的適用規定。

705.6 設備認可

所有設備的預期用途應被認可。應列出用於與系統交互設備互連的交互式逆變器，預期與電力系統並聯運行，包括但不限於交互式逆變器、發電機、儲能設備和風力機，及/或現場標誌互連服務預期用途。

705.12 連接點

互連電源的輸出應按照 705.12 (A) 或 (B) 的規定進行連接。

(A) 電源側

如 230.82 (6) 所允許，應允許將電力生產源連接到服務斷開裝置的電源側。連接到電源的所有過電流設備的額定值之和不得超過該服務的額定值。

(B) 負載側

在該處所內的任何配電設備上，均應允許將互連電源的輸出連接到其他電源的服務隔離裝置的負載側。配電設備包括開關設備、配電盤或配電板，

由一種主要電源和一個或多個其他電源同時供電，並且該配電設備能夠為多個分支電路或饋線供電，或兩者兼有，其他電源的互連規定應符合 705.12 (B) (1) 至 (B) (5)。

- (1) 專用過電流和斷接：安裝在一個系統中的一個或多個電源的每個電源互連都應在專用斷路器或熔絲隔離方法進行。
- (2) 母線或導體額定電流：電源輸出電路電流的百分之一百二十五應用於以下的載流量計算：

- (1) 饋線：如果電源輸出連接至一次電源過流裝置饋線另一端以外的饋線，則電源輸出連接負載側的饋線部分應受到以下之一保護：

- a、饋線載流容量不小於一次電源過流裝置和 125% 電源輸出回路電流之和。
- b、電源連接負載側的過電流設備的額定值應不大於饋線的載流量。

- (2) 分接頭：在通過饋線進行電源輸出連接的系統中，任何分接頭的尺寸應基於電源輸出電路電流的 125% 與 240.21 (B) 中計算的保護饋線導體的過電流設備額定值之和。

- (3) 母線：應使用以下方法之一來確定配電盤中母線的額定值。
 - (a) 電源輸出電路電流的 125% 與保護母線的過電流設備的額定值之和不得超過母線的載流量。

備考：此一般規則假設對母線或其位置施加的負載或電源的數量沒有限制。

- (b) 如果兩個電源，一個為主要電源，另一個為另一個電源，位於包含負載的母線的相對兩端，則電源輸出電路電流的 125% 與保護母線的過電流裝置不得超過母線載流量的 120%。母線的尺寸應根據第 220 條的規定進行連接。在與電源回授斷路器相鄰的配電設備上，應貼上永久警告標籤，並顯示以下或等同的用語：

警告：

電源輸出連接—

請勿重新安裝此過流設備。

警告標誌或標籤應符合 110.21 (B)。

- (c) 配電板上的所有過電流裝置（包括負載和供電裝置）的安培額定值之和，不包括保護母線的過電流裝置的額定值，不得超過母線的載流量。保護母線的過電流設備的額定值不得超過母線的額定值。永久警告標籤應貼在配電設備上，並顯示以下或等同的用語：

警告：

這種設備由多種來源供給。
除主電源過流裝置外，所有
過流裝置的總額定值不得超
過母線的載流量。

警告標誌或標籤應符合 110.21 (B)。

(d) 如果電源輸出電路電流的 125%與保護母線的過電流裝置的額定值之和不超過母線額定電流的 120%，則允許在住宅中的中心饋電配電盤的任一端（而不是兩端）進行連接。

(e) 在工程監督下設計的多載流母線上應允許連接，包括可用的故障電流和母線負載計算。

(3) 標記。在向多個電源供電的母線或導體供電的電路中，含有過電流裝置的設備應標記為顯示所有電源的存在。

(4) 適用於反饋。斷路器（如果反饋）應適用於此類操作。

備考：除非另有標記，否則熔絲斷接適用於反饋。

(5) 緊固。列出的插入式斷路器由電源供電，這些電源被列出並標識為交互式電源，應允許省略 408.36 (D) 通常為此類應用所需的附加緊固件。

附錄七 NFPA 855 Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems-2020

固定儲能系統安裝

第 1 章管理

1.1 範圍。（保留）

1.2 目的

本標準提供減輕 ESS 相關的危害的最低要求。

1.3 應用

本標準適用於超出表 1.3 中所列值的 ESS。

1.3.1 ESS 應符合本標準的適用要求。

1.3.2 安裝在一戶和兩戶住宅和連棟式住宅中的 ESS 應僅符合第 15 章的規定。

1.3.3 部署在電力變電站或發電設施中 90 天或以下的移動式 ESS，如果以下兩條件都適用，則不得在表 1.3 中增加為固定式 ESS 安裝的臨界值：

(1) 移動式 ESS 符合 4.5 節的規定。

(2) 移動式 ESS 僅在設施的固定式 ESS 進行測試、維修、修整或更換期間使用。

表 1.3 臨界量

ESS 技術	總功率 ^a	
	kWh	MJ
電池 ESS		
鉛酸，所有型式	70	252
鎳包括 Ni-Cad, Ni-MH, 及 Ni-Zn ^b	70	252
鋰離子，所有型式	20	72
鈉氯化鎳	20	72
液流電池 ^c	20	72
其他電池技術	10	36
在一戶和兩戶住宅和連棟式住宅中的電池		
電容器 ESS		
電化學雙層電容器	3	10.8
其他 ESS		
所有其他 ESS	70	252

a 對於以安培小時為單位的 ESS 裝置，kWh 等於最大額定電壓乘以安培額定值再除以 1000。

b 鎳電池技術包括鎳鎘 (Ni-Cad)，鎳金屬氫化物 (Ni-MH) 和鎳鋅 (Ni-Zn)。

c 包括鈮、溴化鋅、多硫化物溴化物和和其他流動性電解質類型的技術。

d 用於功率因數校正、濾波和反應性的功率流的電容器是例示。

1.4 追溯性

1.4.1 除非另有規定，本標準的規定不適用於在本標準生效日期之前 ESS 安裝已存在或被批准用於建築或安裝的。

1.4.2* 在那些具有管轄權的機構 (AHD) 確定存在的情況帶來不可接受的風險程度的情況下，應允許 AH 追溯應用本標準中認為適當的任何部分。

1.5 *等效

本標準中的任何內容均不得阻止使用與本標準中規定的質量、強度、耐火性、有效性、耐久性、可靠性和安全性同等或更高的系統、方法或設備。

1.6 單位和公式

本標準中的公制單位應符合國際單位制，該系統在所有語言中均正式縮寫為 SI。

第 2 章 參考出版物

2.1 一般

本標準中引用了本章中列出的文件或其部分，這些文件或其部分應視為本文件要求的一部分。

2.2 NFPA 出版物

National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471

NFPA 1. Pin Code 2018 edition. NFPA 2, Hydrogen Technologies Code 2016 edition.

NFPA 12. Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems, 2018 edition.

NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems, 2019 edition.

NFPA 15, Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection, 2017 edition.

NFPA 24, Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances, 2019 edition.

NFPA 30, Flammable and Combustible Liquids Code 2018 edition.

NFPA 52. Vehicular Exhaust Gas Purge Systems Code, 2019 edition.

NFPA 54. National Fuel Gas Code, 2018 edition. NFPA 58. Liquefied Petroleum Gas Code 2017 edition

NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2018 edition.

NFPA 69. Standard on Explosion Prevention Systems, 2019 edition.

NFPA 70, National Electrical Code, 2017 edition.

NFPA 72. National Fire Alarm and Signaling Code, 2019 edition.

NFPA 76, Standard for the Fire Protection of Telecommunications Facilities, 2016 edition.

NFPA 750, Standard on Water Mist Fire Protection Systems, 2019 edition.

NFPA 853, Standard for the Installation of Stationary Fuel Cell Power Systems 2015 edition.

NFPA 1142, Standard on Water Supplies for Suburban and Rural Firefighting, 2017 edition.

NFPA 2001, Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems, 2018 edition.

NFPA 2010, Standard for Fixed Aerosol Fire Extinguishing Systems, 2015 edition.

2.3 其他出版物

2.3.1 ANSI 出版物

American National Standards Institute, Inc., 25 West 43rd Street, 4th Floor, New York, NY 10036.

ANSI Z535.1. American National Standard for Safety Colors, 9011

ANSI Z535.2, American National Standard for Environmental and Facility Safety Signs 2011.

ANSI Z535.3, American National Standard for Criteria for Safety Symbols, 2011.

ANSI Z535.4, American National Standard for Product Safety Signs and Labels, 2011.

ANSI Z535.5, American National Standard for Safety Signs and Burricwie Tapes, 2011.

ANSI Z535.6, American National Standard for Product Safety Information in Product Manuals, Instructions and Other Collateral Materials, 2011.

2.3.2 ASTM 出版物

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959

ASTM E108, Standard Test Methods for Five Tests of Roof Coverings, 2017.

ASTM E119, Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, 2016. 2.3.3 TAPMO Publications. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. 4755 E. Philadelphia Street, Ontario, CA 91761.

Uniform Plumbing Code, 2015. 2.3.4 ICC Publications. International Code Council, 500 New Jersey Avenue, NW, 6th Floor, Washington, DC 20001.

International Plumbing Code. 2015.

2.3.5 IEEE 出版物

IEEE, 3 Park Avenue, 17th Floor. New York, NY 10016-5997.

IEEE C2, National Electrical Safety Code, 2017

2.3.6 NERC 出版物

North American Electric Reliability Corporation, 1325 G Street, NW, Suite 600, Washington, DC 2105

PRC-005, Protection System, Automatic Reclosing, and Sudden Pressure Relaxing Maintenance. 2016.

2.3.7 UL 出版物

Underwriters Laboratories Inc., 333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062-2096.

UL 263, Standard for Fire Tests of Brilling Construction and Materials, 2018

UL 790, Standard Post Methods for Pere Pests of Roof Cowrings. 2014.

UL 1564, Standard for Industrial Battery Chargers, 2013

UL 1741, Standard for Inverters, Converters, Goniwles and Inter connection System Equipment for Lise With Distributed Energy Resources, 2016.

UL 1778, Uninterruptible Power Systems 2014, revised 2017.

UL. 1973, Stanlani jor Batteries for U in Light Elenic Rail (LER) Applications and Stationary Applications, 2016.

UL 1974, Evaluation for Repurposing Batteries, 2018. UL 9540, Safdy of Energy Storage Systems and Equipment, 2016.

UT 9540A Ted Method for Freelanting Thermal Runouy me Propagation in Battery Energy Storage Systems, 2018

2.3.8 其他出版物

Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, 11th edition. MerriamWebster, Inc., Springfield, MA, 2003. 2.4 References for Extracts in Mandatory Sections.

NFPA 30. Mammable and Combustible Liquids Code 2018 edition.

NIPA 70°, National Plectrical Code 2017 edition.

NAPA 72 National B Alarm and Signaling Code, 2019 edition.

NFPA 101, Life Safety Coche 2018 edition.

第3章定義

3.1 一般

本章包含的定義應適用於本標準中使用的術語。如果在本章或標準內其他章中未定義的術語，則應在上下文中使用其通常接受的含義來定義。韋氏大詞典第11版應為通常接受的含義的出處。

3.2 NFPA 正式的定義。

3.2.1* 認可(Approved)

被具有管轄權的主管機關接受。

3.2.2* 具有管轄權的主管機關 (Authority Having Jurisdiction, AHJ)

負責執行法規或標準要求或認可設備、材料、安裝或程序的組織、辦公室或個人。

3.2.3 標籤(Labeled)

附有組織的標籤、符號或其他識別標記的設備或材料，該標籤或符號或組織的其他識別標記為具有管轄權並與產品評估有關的主管機關可接受，並定期檢查帶標籤的設備或材料的生產，並通過其標籤進行製造商以指定的方式表明符合適當的標準或性能。

3.2.4 列出(Listed)

組織發布的清單中包含的設備、材料或服務，該組織為具有管轄權並與產品或服務的評估有關的當局可接受，並定期檢查所列設備或材料的生產或對服務進行定期評估，並且清單顯示設備、材料或服務符合適當的指定標準，或者經過測試證明適合特定目的。

3.2.5 應(Shall)

表示強制性要求。

3.2.6 標準(Standard)

NFPA 標準，其主要文本僅包含使用“應”一詞表示要求的強制性規定，其形式通常適合於另一種標準或法規強制性引用或通過以法律形式使用。非強制性條款不應被視為標準要求的一部分，應位於附錄、附件、註腳、資訊性說明或 NFPA 樣式手冊允許的其他方式中。在一般意義上使用時，例如在短語“標準制定過程”或“標準制定活動”中，術語“標準”包括所有 NFPA 標準，包括規範、標準、推薦做法和指引。

3.3 一般定義

3.3.1* 公寓建築(Apartment Building)

包含三個或三個以上帶有獨立烹飪和浴室設施的小型住宅的建築物或其部分。(SAF-RES) [101, 2018]

3.3.2 電池(Battery)

單個電池或一組電池以串聯、並聯或兩者的方式電連接在一起。

3.3.2.1* 液流電池(Flow Battery)

一種蓄電池，包括溶解在液體中的化學成分，其中液體流過反應區，

並且所存儲的化學能轉換為電能。

3.3.3 電池管理系統 (Battery Management System, BMS)

一種監視、控制和優化儲能系統中單個或多個電池模組性能的系統，並且具有在異常情況下控制模組與系統斷開連接的能力。該系統可以完全獨立於 ESMS。

3.3.4 電池(Cell)

基本的電化學單元，具有陽極和陰極，用於接收、存儲和輸送電能。〔70:706.2〕

3.3.5 住宅單元(Dwelling Unit)

一間或多間客房，安排用於完全獨立的客房清潔目的，並設有進餐、居住和睡覺的空間；烹飪設施和衛生設施。（SAF-RES）〔101，2018〕

3.3.5.1* 一戶和兩戶住宅單元(One- and Two-Family Dwelling Unit)

包含不超過兩個帶有獨立烹飪和浴室設施的住宅單元的建築物。（SAF-RES）〔101，2018〕

3.3.5.2 單戶住宅(One-Family Dwelling Unit)

一棟僅由一個帶有獨立烹飪和浴室設施的住宅單元組成的建築物。（SAF-RES）〔101，2018〕

3.3.5.3 兩戶住宅單元(Two-Family Dwelling Unit)

一棟僅由兩個帶有獨立烹飪和浴室設施的住宅單元組成的建築物。（SAF-RES）〔101，2018〕

3.3.6 電業(Electric Utilities)

所有從事生產和/或分配公共用電的企業，包括通常由政府法律或公共服務/公用事業委員會指定或認可的企業，以及安裝，運營和維護電力供應如發電、輸電或分配系統。

3.3.7* 電化學雙層電容器(Electrochemical Double Layer Capacitor, EDLC)

具有液體電解質（例如乙腈）和具有高度多孔表面的電極的電容器，其表面增加了用於保持電荷的表面積，從而導致更大的電容和能量密度。

3.3.8* 儲能管理系統 (Energy Storage Management System, ESMS)

一種監視、控制和優化儲能系統性能的系統，並具有在異常情況下控制儲能系統斷開連接的能力。

3.3.9* 儲能系統 (Energy Storage Systems, ESS)

組裝在一起的一個或多個設備，能夠儲存能量，以便未來時間向區域性電力負載、公用電網或電網支援提供電能。

3.3.9.1 電容器儲能系統(Capacitor Energy Storage System)

一種使用電容器作為儲存介質的電能儲存系統。

3.3.9.1.1* 電化學儲能系統(Electrochemical Energy Storage System)

一種將化學能轉換並儲存為電能，反之亦然儲能系統。

3.3.9.1.2* 機械儲能系統(Mechanical Energy Storage System)

能量儲存系統，可將機械能轉換並儲存為電能，反之亦然。

3.3.9.2 儲能系統櫃(Energy Storage System Cabinet)

包含能量儲存系統組件的機櫃，該系統包含在 UL 9540 清單中，在該機櫃中，除了維修目的才能進入機櫃出入口以外，其他人員不能進入機櫃。

3.3.9.3 儲能系統專用建築物(Energy Storage System Dedicated-Use Building)

是指在現場建造的僅用於儲能、發電或與電網相關的操作的建築物。

3.3.9.4 儲能系統步入單元(Energy Storage System Walk-In Unit)

包含能量儲存系統的預製結構，其包括門，門為人員提供了進入維護、測試和維修設備的通道，通常用於室外和移動式儲能系統應用中。

3.3.9.5 移動儲能系統(Mobile Energy Storage System)

能夠移動並用做臨時動力源的儲能系統。

3.3.9.6 可攜式儲能系統(Portable Energy Storage System)

一種能量儲存系統，適合由一個人舉起和移動而無需機械輔助裝置，並且不會永久連接到電氣系統。

3.3.9.7 固定式儲能系統(Stationary Energy Storage System)

儲能永久安裝為固定設備的系統。

3.3.10 防火區域(Fire Area)

通過建築與建築物其餘部分隔開的建築區域，該建築物具有至少 1 小時的耐火性，並且所有連通孔均由耐火等級至少為 1 小時的組件適當保護。
[30, 2018]

3.3.11 火災指揮中心(Fire Command Center)

主要的有人值守或無人值守的房間或區域，在其中顯示探測、警報通信、控制系統和其他緊急系統的狀態，並可以從中手動控制這些系統。
(SIC-ECS) [72, 2019]

3.3.12 防災分析(Hazard Mitigation Analysis)

對潛在的儲能系統故障模式以及因故障引起與安全相關的後果進行評估。

3.3.13 大尺度防火試驗(Large-Scale Fire Testing)

對代表性的儲能系統的測試，該系統會在被測設備中引起嚴重的火災，並評估火災是否會擴散到相鄰的儲能系統單元、周圍的設備或者是通過相鄰的耐火等級的屏障。

3.3.14 生活區(Living Area)

居住區中任何正常可居住的空間，除了臥室或用於組合睡眠/起居室的房間、浴室、盥洗室、廚房、壁櫥、大廳、儲藏室或雜物間以及類似區域以外。(SAF-RES) [101, 2018]

3.3.15 最大儲能(Maximum Stored Energy)

在被認為是高危險度的區域之前，防火區劃中允許的能量儲存量。

3.3.16 釋放氣體(Off-Gasing)

電池盒由於電池內部壓力升高而排氣的事件。

3.3.17 不合格電池組或電池(Off-Specification Battery or Cell)

在製造質量控制過程中經過測試且發現不符合其預期用途的製造商設計基準的電池或電池組。

3.3.18 開放式停車場(Open Parking Garage)

具有兩個或多個側面開口的結構或結構的一部分，用於停車或機動車輛存放。

3.3.19 合格人員(Qualified Person)

一名具有與電氣設備和裝置的構造、操作和安裝有關的技能和知識，並已接受安全培訓以識別和避免所涉及的危險。(CMP-1) [70: 第 100 條]

3.3.20 熱失控(Thermal Runaway)

電化學電池以無法控制的方式通過自加熱來升高溫度的狀態，而當電池的發熱量高於其耗散的速度時，則會發生這種情況，從而可能導致釋放氣體、著火或爆炸。

3.3.21 並聯型逆變器(Utility Interactive)

一種旨在與公用電業並聯使用的能量儲存系統，以提供可以將電力輸送到電力公司的常見負載。

第 4 章 一般

4.1 *一般

ESS 和相關設備的設計、建造和安裝應符合第 4 章的要求，並應根據第 9 章至第 13 章的技術特定規定進行補充或修正的。

4.1.1 ESS 氣體釋放

在正常充電、放電和使用過程中，ESS 不得釋放超過其所允許的暴露極限 (PEL) 的有毒或劇毒氣體。

4.1.2 施工圖說

4.1.2.1 一般

4.1.2.1.1 與 ESS 有關的計劃和規格及其預期的安裝、更換或更新、調試和使用應提交 AHJ 批准，包括以下內容：

- (1) 要安裝 ESS 的房間或區域的位置和佈局圖
- (2) 提供或依賴於 ESS 的每小時耐火等級組件的詳細資訊
- (3) ESS 單元的數量和類型
- (4) 製造商的規格、等級和 ESS 清單
- (5) 儲能管理系統及其操作說明
- (6) 標牌的位置和內容
- (7) 有關滅火、煙霧或火警探測、氣體探測、熱管理、通風、排氣和爆燃通風系統（如果提供）
- (8) 與安裝相關的支撐裝置，包括任何必需的地震的支撐

4.1.2.1.2 根據北美電力可靠性公司的規定和其他適用的政府法律法規，與公用事業公司擁有並運營的，作為電網組成部分的能源儲存系統相關的計劃和規範被視為關鍵基礎設施文件，應根據適用的政府法律和法規的要求提供給 AHJ 進行查看。

4.1.2.1.3 除本標準其他地方要求的 4.1.2.1.1 中的計劃和規範外，還應提供以下測試數據、評估資訊和計算：

- (1) 符合 4.1.5 的大尺度火災測試數據
- (2) 符合 4.1.4 的防災分析
- (3) 根據 4.12 確定符合 NFPA 68 和 NFPA 69 的計算或模擬數據
- (4) 本標準另行要求的其他測試數據、評估資訊或計算

4.1.2.1.4 如果提供了模擬數據，則還應包括對模擬結果的驗證。

4.1.2.2 建築物所有者

在系統投入使用之前，應將本節所述的施工圖說提供給建築物的所有者或能源的授權代理商，

4.1.2.3 手冊

在系統投入運行之前，應向 ESS 所有者或其授權代理商和系統操作員提供一份操作和維護手冊，其中包括：

- (1) 提交數據說明 ESS 尺度和系統每個組件的選定選項
- (2) 整個 ESS 或系統中需要維護的每個組件的製造商操作手冊和維護手冊，應清楚地標識所需的常規維護措施
- (3) 訂約服務代理商或負責的內部人員的聯繫資訊
- (4) 說明 ESS 及其組件和控制的預期操作方式，包括推薦的操作設定點
- (5) 服務記錄日誌，其中列出了所有必需的服務和維護操作的時間表，並記錄了可以隨時間推移完成的操作的空間

4.1.2.3.1 操作和維護手冊應在 ESS 最終批准之前準備好，負責 ESS 的人員可以隨時使用。

4.1.2.3.2 應將操作和維護手冊的副本放在批准的位置，以便 AHJS 和緊

急響應人員可以使用。

4.1.2.4 調試計劃

應當將符合第 6 章規定的調試計劃提供給建築物所有者或其授權代理人 and AHJ。

4.1.3 緊急計劃與培訓，

4.1.3.1* 一般

ESS 所有者或其授權代表應提供緊急計劃和培訓，以便 ESS 設施的營運和維護人員以及應急人員可以有效應對與現場系統相關的可預見危害。

4.1.3.2 設施工作人員計劃和培訓

緊急服務計劃和相關培訓應由 ESS 設施的操作和維護人員制定，維護和執行。

4.1.3.2.1 緊急行動計劃

4.1.3.2.1.1 緊急操作計劃應隨時可供設施操作和維護人員使用。

4.1.3.2.1.2 對於通常有人居住的設施，應制定緊急計劃。

4.1.3.2.1.3 當影響反應考慮因素和程序的條件發生變化時，應對計劃進行更新。

4.1.3.2.1.4 緊急行動計劃應包括以下內容：

- (1) 在緊急情況下安全關閉、斷電或隔離設備和系統的程序，以減少火災、電擊和人身傷害的風險，並在緊急情況停止後安全啟動
- (2) 檢查和測試相關警報、聯鎖和控制的程序
- (3) *反應儲能管理系統 (ESMS) 提供的通知時應遵循的程序，該程序可能表示潛在的危險情況，包括關閉設備、召喚服務和維修人員以及提供商定的起火通知非正常的潛在危險情況的部門人員
- (4) *著火、爆炸、釋放液體或蒸氣、損壞關鍵運動部件或其他潛在危險情況時應遵循的緊急程序
- (5) 與安全數據表 (SDS) 類似的反應注意事項，當不需要 SDS 時將解決反應安全問題和滅火
- (6) 處理在火災或其他緊急事件中損壞的 ESS 設備的程序，包括有資格從設施中安全移除損壞的 ESS 設備的人員的聯繫資訊
- (7) AHJ 認為必要的其他程序，以確保居民和緊急反應人員的安全
- (8) 進行這些程序的演習程序和時間表

4.1.3.2.1.5 對於位於戶外或專用於此類設施的建築物內的公用電業完全控制的公用電業設施，無需制定 4.1.3.2.1 中的緊急操作計劃。

4.1.3.2.2 設施人員培訓

4.1.3.2.2.1 應對 ESS 的操作、維護、修理、服務和反應負責的人員應接受 4.1.3.2.1 緊急操作計劃中包括的程序的培訓。

4.1.3.2.2 應至少每年進行一次進修培訓，並應以批准的方式保留該培訓的記錄。

4.1.4 防災分析

4.1.4.1 *當存在以下任何一種情況時，應向 AH 提供防災分析，以供審核和批准：

- (1) 當提供表 1.3 中未提及的技術時。
- (2) 在房間或室內區域中提供了不止一種 ESS 技術，這些技術之間可能存在不利的相互作用。
- (3) 當作為增加 4.81 和 4.8.2 中規定的最大存儲能量的基礎時。

4.1.4.2 分析應評估以下故障模式和 AH 認為必要的其他模式的後果：

- (1) 單個模組、陣列或單元中的熱失控條件
- (2) 儲能管理系統故障
- (3) 所需的通風或排氣系統故障
- (4) 必需的煙霧探測、火警探測、滅火或氣體探測系統失敗

4.1.4.2.1 對於 4.1.4.2 中給出的每種模式，僅應考慮單一故障模式。

4.1.4.3 應允許 AHJ 認可防災分析，提供 ESS 安裝的安全性文件，前提是分析的結果證明以下內容：

- (1) 在 4.3.6 規定的耐火等級最短持續時間內，火災控制在無人居住的 ESS 房間內。
- (2) 必要時提供適當的爆燃防護。
- (3) 在佔用的工作中心內的 ESS 機櫃可讓居住者在火災情況下安全撤離。
- (4) 在正常充電、放電和操作過程中釋放的有毒和劇毒氣體不會超過 ESS 所在區域的 PEL。
- (5) 在火災和其他故障情況下釋放的有毒和劇毒氣體，在其認為必須撤離的時間內，其濃度不得超過建築物或鄰近出口通道中立即危及生命或健康 (IDLH) 的程度。
- (6) 在充電、放電和正常操作過程中釋放的可燃氣體不得超過 LFL 的 25 %。

4.1.4.4 防災分析應文件化，並提供給 AH 和授權設計和操作系統的人員。

4.1.4.5 * ESS 符合防災分析要求的結構、設備和系統應依據本標準和製造商的說明進行安裝、測試和維護。

4.1.5 大尺度火災試驗

4.1.5.1 * 在本標準中另有要求，應依據 UL 9540A 或等效試驗標準，在具有代表性的 ESS 上進行符合 4.1.5 的大尺度火災試驗。

4.1.5.2 測試應由經認可的測試實驗室進行或見證和報告，並證明涉及一個 ESS 單元的火災不會蔓延到相鄰的單元。

4.1.5.3 如果安裝在建築物內，則試驗期間的火災應包含在房間或封閉區域

內，持續時間應等於 4.3.6 中規定的房間間隔的耐火等級。

4.1.5.4 *測試報告應提供給 AHJ 進行審查和認可。

4.1.6 可燃物儲存

4.1.6.1 與 ESS 無關的可燃材料不得存放在裝有 ESS 設備的房間、機櫃或密閉空間中。

4.1.6.2 與 ESS 有關的可燃材料不得存放在距離 ESS 設備 3ft (914mm) 的範圍內。

4.1.6.3 佔用工作中心內的可燃材料不得存放在 ESS 設備的 3ft (914mm) 範圍內。

4.1.6.4 佔用工作中心的可燃材料應符合 NFPA 1 的 10.18 或其他適用的防火法規。

4.1.6.5 第 4.1.6 節不適用於住宅單元。

4.2 設備

4.2.1 *列表

除本標準其他部分的特別免除外，ESS 應依據 UL 9540 列出。

4.2.1.1 在電信設施中用於交流設備安裝的鉛酸和鎳鎘電池系統，其交流電壓低於 50 V 交流電，直流電壓低於 60 V，該設備由位於戶外或僅用於此類安裝的建築物內的通信公用事業公司獨家控制 無需按照 UL 9540 列出符合 NFPA 76 的標準。

4.2.1.2 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於控制變電站和在公用電業的專有控制下控制或安全關閉發電站的直流電源，並且位於戶外或專門用於此類安裝的建築空間內，不需要根據 UL 9540 列出。

4.2.1.3 根據 UL 1778 列出和標記用於備用電源的不間斷電源中的鉛酸蓄電池系統不需要按照 UL 9540 列出。

4.2.2 維修

4.2.2.1 ESS 的維修只能由合格人員進行，並記錄在 4.1.2.3 中要求的維護、測試和事件日誌中。

4.2.2.2 使用相同或同等設備組件以外進行的維修應視為更新並應符合 4.2.3 的規定。

4.2.3 更新

4.2.3.1 ESS 的更新應符合以下規定：

- (1) 電池系統和模組以及電容器系統和模組應按照 UL 1973 列出。
- (2) 電池管理系統和其他監控系統應按照製造商的說明進行連接和安裝。
- (3) 如果適用，整體安裝應繼續符合 UL 9540 列出的要求。
- (4) 更新應記錄在 4.1.2.3 要求的維護、測試和事件日誌中。

4.2.3.2 在電信設施中，對通信設備的專有控制下，將現有鉛酸或鎳鎘電池系統更換或更新為其他交流電，交流電壓小於 50 V，直流 60 V 的

鉛酸或鎳鎘電池系統如果系統尺寸或容量的增加不超過原始設計的 10%，則位於室外或僅用於符合 NFPA 76 的此類安裝的建築空間中的通訊公用應視為維修。

- 4.2.3.3 *用按照 IEEE C2 設計的其他鉛酸或鎳鎘電池系統更換或更新現有鉛酸或鎳鎘電池系統，用於控制變電站的直流電源，以及在公電業的專有控制下控制或安全關閉發電站，而位於戶外或專為該等裝設而使用的建築空間內，如系統的大小或容量較原設計並無新增超過 10%，則須視為修理。
- 4.2.3.4 根據 UL 1778 列出和標記的不斷電供應系統中的其他鉛酸電池系統更換或改造現有的鉛酸電池系統，並用於備用電源應用，如果系統尺寸或容量的新增不超過原系統的 10%，則應視為維修。
- 4.2.4 更換
 - 4.2.4.1 更換 ESS 應視為新的 ESS 安裝，並符合適用於新 ESS 的規定。
 - 4.2.4.2 被替換的 ESS 應根據第 8 章除役。
- 4.2.5 提高額定功率或最大儲能量。
 - 4.2.5.1 已添加到一個或多個系統的現有安裝中的完整的新 ESS，應視為一個新系統，並應滿足本標準的適用要求。
 - 4.2.5.2 將最大儲能或額定功率增加到現有的 ESS 須視為更新並符合 4.2.3。
- 4.2.6 環境

ESS 所在的溫度、濕度和其他環境條件應根據清單和製造商的規範進行維護
- 4.2.7 充電控制器
 - 4.2.7.1 充電控制器應與電池或 ESS 製造商的電氣額定值和充電規範相容。
 - 4.2.7.2 充電控制器應按照 UL 1741 列出並標記，或作為列出的 ESS 的一部分提供。
 - 4.2.7.3 用於為非並聯型逆變電池系統充電的電池充電器應被允許按照 UL 1564 列出和標記。
- 4.2.8 逆變器和轉換器。
 - 4.2.8.1 逆變器和轉換器應按照 UL 1741 列出並標記。
 - 4.2.8.2 僅允許列出和標記供並聯型逆變系統使用並標識為交互式的單元與電力系統並聯運行。
- 4.2.9*儲能管理系統 (ESMS)。
 - 4.2.9.1 如果按照 4.2.1 列出的設備清單或按照 4.1.4 進行的防災分析要求，則應提供經認可的 ESMS，以監控操作條件並保持電壓、電流和溫度在製造商的規範內。
 - 4.2.9.2 如果檢測到潛在危險溫度或其他危險條件，則 ESMS 應將 ESS 的組件電氣隔離或置於安全狀態。

- 4.2.9.3*當 AH 要求時，應在機櫃外部或認可的位置提供可見的提示，以表明存在與 ESS 相關的潛在危險情況。
- 4.2.9.4 通信設施中的鉛酸和鎳鎘電池系統小於 50 V ac、60 V dc，用於安裝在戶外通信設施的專用控制下的通信設備，或用於符合 NFPA 76 的此類安裝的建築空間中，無需符合 4.2.9.1 到 4.2.9.3。
- 4.2.9.5 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制下控制變電站和控制或安全關閉發電站的斷電，並且位於戶外或專門用於此類安裝的建築空間內，無需要符合 4.2.9.1 至 4.2.9.3。
- 4.2.10 重複使用並再利用的設備。
- 4.2.10.1 除非在 ESS 應用中重複使用該設備並經 UL 1974 電池再利用公司重新使用該設備且該系統符合 4.2.1 的規定，否則不允許使用先前在其他應用例如電動汽車推進中使用的蓄電池。
- 4.2.10.2 材料、設備和裝置不得重複使用或重新安裝，除非對這些元件進行了修復、測試並使其處於良好和適當的工作狀態並獲得認可。
- 4.3 安裝
- ESS 的安裝應遵循其清單、製造商的安裝說明和本標準。
- 4.3.1 電氣安裝
- 電氣安裝應根據 ESS 相對於電網的位置以及與電網的相互作用，依據 NAPA 70 或 IEEE C2 進行。
- 4.3.2 *工作空間
- ESS 設備至少應提供符合 NFPA 70 或適當的 IEEE C2，用於操作、檢查、故障排除、維護或更換。3
- 4.3.3 地震防護
- ESS 應按照當地建築法規進行地震支撐。
- 4.3.4 設計負載
- ESS 以及所有相關設備、組件和外殼元件的重量以及其對建築物或系統基礎的靜載重和活載重的影響，均應符合當地的建築物規範。
- 4.3.5*標牌
- 4.3.5.1 應在以下位置提供認可的標誌：
- (1) 在通往 ESS 的房間或區域的門前，或在 ESS 房間入口附近的認可位置
 - (2) 在戶外可使用的 ESS 集裝箱的門前
 - (3) 在戶外 ESS 上認可的位置，該位置未封閉在可使用的集裝箱中或以其他方式封閉
- 4.3.5.2 在 4.3.5.1 中要求的標誌應符合 ANSI 2535 的規定，並包括以下資訊，如圖 4.3.5.2 所示：
- (1) 在三角形中帶有閃電標誌的“儲能系統”
 - (2) 與 ESS 相關的技術類型

- (3) 與第 9 至 15 章所述相關的特殊危險品
 - (4) 在 ESS 區域安裝的抑制系統的類型
 - (5) 緊急聯繫方式
- 4.3.5.3 對於能夠互連的所有能源,應在每個服務設備位置和系統斷開位置安裝一個永久的標牌或目錄,表示所有電源斷開裝置在房地內或場所內的位置。
- 4.3.5.3.1 按照 NFPA 70 90.2 B (5) 的規定,位於公共事業專有控制,不受公共通道保護的物業上的儲能裝置不需要符合 4.3.5.3。
- 4.3.5.3.2 位於電信設施的專有控制,並且不受公共通道限制的專用建築物內的儲能設施,不需要符合 4.3.5.3 要求。
- 4.3.5.4 除經 4.3.5.5 修改外,應允許現有的 ESS 保留安裝時所需的標誌。
- 4.3.5.5 當對系統進行改造或需要更換現有標誌時,應更新現有 ESS 標誌以符合新 ESS 安裝的要求。

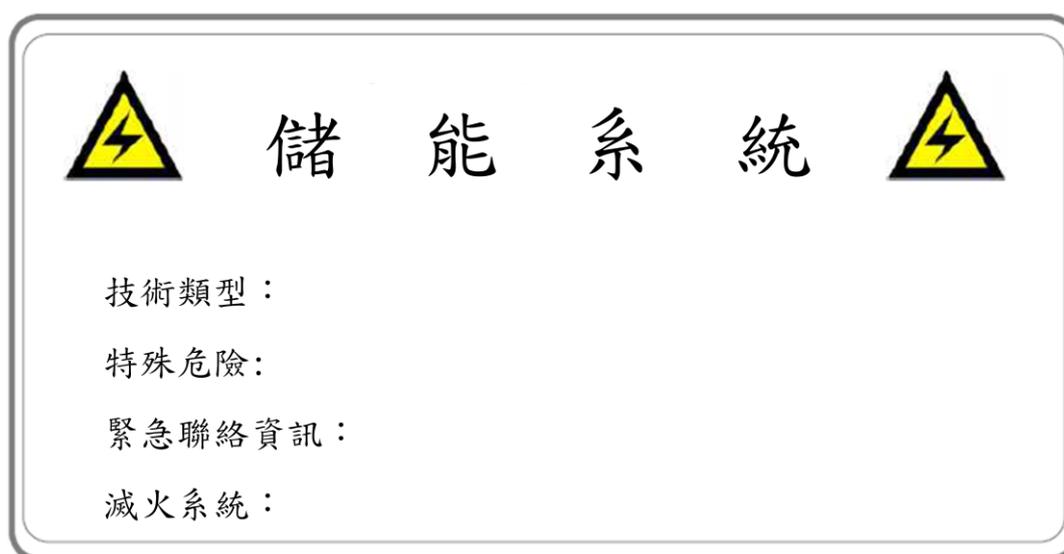


圖 4.3.5.2 ESS 標牌示例

- 4.3.5.6 在第 4.7 節所述的佔用工作中心中的電池和 ESS 機櫃應提供外部標誌,以標識系統的製造商和型號、所包含系統的電氣額定值(電壓和電流)以及任何相關的電氣、化學物質和火災危險。
- 4.3.6 分離
- 包含 ESS 的房間或空間應與建築物的其他區域分離,其防火屏蔽應至少達到 2 小時耐火等級,而水平組件應至少達到 2 小時耐火等級,並應根據當地建築法規進行建造。
- 4.3.7 衝擊防護
- 4.3.7.1 應對 ESS 進行定位或防護,以防止衝擊在識別出此類風險的情況下造成物理損壞。
- 4.3.7.2 如果 ESS 受機動車輛撞擊,則應提供由護柱或其他認可的裝置組成

的車輛撞擊保護裝置。

4.3.7.3 *安裝護欄時，其設計應如下：

- (1) 立柱應由直徑不少於 4 ft (100 mm) 的鋼製成。
- (2) 立柱應用混凝土填充。
- (3) 立柱的中心距離應不超過 4 ft (1.2 m)
- (4) 在直徑不小於 15 in (380 mm) 的混凝土基座中，立柱的深度應不小於 3 ft (0.9 m)。
- (5) 立柱的頂部應設置為離地面至少 3 ft (0.9 m)。
- (6) 立柱的位置應距離 ESS 不小於 3 ft (0.9 m)。

4.3.7.4 *對於住宅車庫，不得將 ESS 安裝在易受機動車撞擊損壞的地方。

4.3.8 安裝的安全性

4.3.8.1 ESS 應防止未經授權的進入，並以批准的方式加以保護。

4.3.8.2 安全柵欄、圍欄，環境美化和其他圍護設施，不應抑制要求的空氣流向 ESS 及其組件或從 ESS 及其組件中排出。

4.3.9 高度

除非 AHJ 認可更高的位置，否則 ESS 只能位於外部消防部門的爬梯可以進入的樓層。

4.3.9.1 地下安裝。

4.3.9.1.1 除非 AHJ 認可該位置，否則 ESS 安裝樓層不得低於出口最低完工樓層。

4.3.9.1.2 ESS 不得位於電氣室內。

4.3.9.1.3 緊急反應人員應可進入 ESS，而不必穿越電氣室。

4.3.9.1.4 經 AHJ 認可後，應允許將 ESS 安裝在根據 NFPA 70 第 450 條的第三部分建造的地下的儲藏室中。

4.3.9.2 經 AHJ 認可後，在不妨礙消防部門屋頂操作的建築物屋頂上安裝 ESS 應是允許。

4.3.9.3 在 4.3.9 中的要求不適用於以下情況：

- (1) 電信設施中通信設備專有控制下安裝在室外或專用於此類設施的建築物內的，用於通信設備安裝，低於交流 50 V、直流 60 V 的鉛酸和鎳鎘電池系統符合 NFPA 76。
- (2) *按照 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在變電站的控制下以及在電力公司的專有控制下控制或安全關閉發電站的直流電源，並且位於室外或專門用於此類安裝的建築空間。
- (3) 按照 UL 1778 列出和標記的不斷電電源中的鉛酸電池系統，用於備用電源應用，其空間不超過 ESS 所在樓地板的樓地板面積的 10%。

4.3.10 出口方式

4.3.10.1 包含 ESS 的所有區域均應根據當地建築法規提供其所在區域的出口。

4.3.10.2 應按當地建築法規的要求，為要求的出口門提供緊急照明。

4.3.11 開放式機架安裝

如果安裝在只有授權人員才能進入的房間內，應允許將 ESS 安裝在開放式機架上。

4.3.12 消防指揮中心

在裝有 ESS 且設有消防指揮中心的建築物中，指揮中心應包括標牌或易於獲得的文件，這些文件或標誌應描述 ESS 的位置和類型，工作電壓以及 NFPA 70 要求的斷電位置。

4.4 位置

4.4.1 安裝在室內、室外、屋頂和開放式停車庫中的 ESS 應符合本節的規定。

4.4.2 室內安裝

室內 ESS 裝置應符合本節的規定，如表 4.4.2。

4.4.2.1 專用建築物中所述

專用 ESS 建築應按照當地建築規範建造，並遵守以下所有規定：

- (1) 該建築物僅可用於儲能、發電和其他與電網有關的操作。
- (2) 包含 ESS 的房間和區域中的人員應限於操作、維護、保養、測試和維修 ESS 和其他能源系統。
- (3) 建築物內不得有其他居住類型。
- (4) 應允許行政和支援人員進入不包含 ESS 的建築物內的伴隨使用區域，條件是：
 - (a) 這些區域所佔面積不超過其所在樓層建築面積的 10%。
 - (b) 根據當地建築法規建造（視情況而定）由 2 小時的防火屏蔽和 2 小時的耐火等級水平組件，將這些區域與 ESS 以及其他包含 ESS 的房間和區域隔開。
 - (c) 提供從附帶使用區域到公共道路的出口方式，不需要居住者穿越包含 ESS 或其他能源系統的區域。

表 4.4.2 室內 ESS 安裝

必須遵守	專用建築 ^a	非專用建築 ^b	參考
行政管理	是	是	1-3 章
一般	是	是	4.1-4.3 節
尺寸和間距	是 ^c	是	4.6 節
最大儲能	否	是	4.8 節
高度	是	是	4.3.9
間隔	NA	是	4.3.6
煙和火警探測	是 ^d	是	4.10 節
火災控制和滅火	是 ^c	是	4.11 節
供水	是 ^c	是	4.13 節
標牌	是	是	4.3.5

居住工作中心	不允許	是	4.7 節
技術特定防護	是	是	9-13 章

NA：不適用

a：參照 4.4.2.1

b：參照 4.4.2.2

c：可以通過公共道路、儲存的可燃材料、危險材料、高堆積物以及與電網基礎設施無關的其他暴露危險為基礎，可以建立基地線，經 AHJ 認可，在距建築物 100 ft (30.5 m) 以上的專用建築物中，允許省略火災控制和滅火系統、尺寸和隔離要求以及供水。

d：當提供區域火災警報通知並且始終有經過培訓的人員在場下，經認可，則無需將警報信號發送到認可的位置。

4.4.2.2 非專用建築物。

非專用建築物應包括所有包含 ESS 且不符合 4.4.2.1 中專用建築物要求的建築物。

4.4.2.3 居住單元和寢室單元

4.4.2.3.1 除非在第 9 章至第 13 章中明確允許，否則不得在寢室或居住單元的起居區中安裝固定式 ESS。

4.4.2.3.2 可攜式 ESS 應被允許在寢室和居住單元的居住空間中使用，只要已被列出並按照其列出的條款使用。

4.4.3 戶外安裝

戶外 ESS 安裝應符合本節的規定，如表 4.4.3 所示。

4.4.3.1 分類

戶外 ESS 安裝的類別應如下：

(1) 偏遠地區

偏遠的戶外場所，通過公共道路、儲存的可燃材料、危險材料、高堆積物以及與電網基礎設施無關的其他暴露危險為基礎，可以建立基地線包括距離建築物 100 ft (30.5 m)。

(2) 暴露地點附近

接近暴露的地點包括不符合偏遠戶外地點要求的所有戶外 ESS 地點。

4.4.3.2 最大尺度

4.4.3.2.1 裝有 ESS 的戶外直接進入式集裝箱或外殼不得超過 53 ft × 8.5 ft × 9.5 ft (16.2 m × 2.6 m × 2.9 m)，不包括 HVAC 和其他設備。

表 4.4.3 戶外固定式 ESS 安裝

必須遵守	偏遠地區 ^a	接近暴露 ^b	參考
行政管理	是	是	第 1-3 章
一般	是	是	4.1-4.3

最大尺度	是	是	4.4.3.2
暴露隔距	NA	是	4.4.3.3
出口隔離方法	NA	是	4.4.3.4
直接進入式單元	是	是	4.4.3.5
植被控制	是	是	4.4.3.6
圍蔽	是	是	4.4.3.7
尺寸和間距	否	是	4.6
最大儲能	否	是	4.8
煙和火探測	是	是	4.10
火災控制和滅火	是 ^d	是	4.11
供水	是 ^d	是	4.13
標牌	是	是	4.3.5
居住工作中心	不允許	不允許	4.7
特定技術防護	是	是	第9-13章

NA：不適用

a：參照 4.4.3.1(1)

b：參照 4.4.3.1(2)

c：在戶外直接進入式單元中，ESS 和圍牆之間不需要間距。

d：如果與 ESS 所有者達成協議並經 AHJ 認可，則可以省略滅火系統和供水。

4.4.3.2.2 超出 4.4.3.2.1 尺寸的單元應視為室內裝置並符合 4.4.2 的要求。

4.4.3.3 清除接觸

位於戶外的 ESS 應與以下暴露環境至少相距 10 ft (3048 mm)：

- (1) 基地線
- (2) 公共道路
- (3) 建築物
- (4) 儲存的可燃物
- (5) 危險品
- (6) 高庫存
- (7) 與電網基礎設施無關的其他暴露危險

4.4.3.3.1 當適用於戶外使用提供 1 小時獨立防火屏蔽並延伸至 ESS 安裝的實體邊界以上 5 ft (1.5 m) 和超出 5 ft (1.5 m) 以保護暴露時，要求的分隔距離應被允許減小至 3 ft (914 mm)。

4.4.3.3.2 如果在與 ESS 相鄰的牆壁上設有無開口或可燃突出物的不燃外牆，並且外牆的耐火等級符合 4.3.6 中的防火要求，則允許將建築物的間距減小至 3 ft (914 mm)。

- 4.4.3.3.3 根據符合 4.1.5 的大尺度防火測試，建築物的淨空應被允許減小至 3 ft (914 mm)。
- 4.4.3.3.4 如果根據 4.1.5 進行的 ESS 的大尺度防火測試顯示 ESS 機櫃內發生火災，不會產生足以點燃儲存材料或威脅暴露的輻射熱通量，經認可則建築物外的暴露淨空間應被允許減小至 3 ft (914 mm)。
- 4.4.3.3.5 如果 ESS 的圍蔽根據 ASTM E119 或 UL 263 確立具有 2 小時耐火等級，則建築物和暴露場所的間隙應允許減小至 3 ft (914 mm)。
- 4.4.3.3.6 來自 ESS 的排氣口除通風以外，應位於距加熱、通風和空調 (HVAC) 進氣口、窗戶、門、卸貨平台、點火源，以及其他通往建築物和設施的開口至少 15 ft (4.572 m) 的位置。
- 4.4.3.3.7 ESS 的排氣口不得對准出口、人行道、行人或車輛的行進路徑。
- 4.4.3.4 出口隔離方式
 - 4.4.3.4.1 位於戶外的 ESS 應與 AHJ 要求的任何出口設施分開，以確保在火災條件下的安全出口，但在任何情況下均不得小於 10 ft (3048 mm)。
 - 4.4.3.4.2 如果根據 4.1.5 進行的大尺度火災測試顯示 ESS 內的火災不會對出口產生不利影響，經 AHI 認可，則出口通道的距離應被允許減小至 3 ft (914 mm)。
- 4.4.3.5 直接進入式單元
 - 4.4.3.5.1 如果 ESS 包括外部圍蔽體，則進入該裝置僅用於檢查、維護和修理儲能裝置和輔助設備，不得用於其他用途。
 - 4.4.3.5.2 *直接進入式單元應符合本標準和當地建築法規的要求。
- 4.4.3.6 植被控制。
 - 4.4.3.6.1 戶外 ESS 每側 10 ft (3 m) 範圍內的區域應清除可燃植被和其他可燃物。
 - 4.4.3.6.2 樹木、灌木或栽培地被植物，例如綠草、長春藤、多肉植物或類似植物，只要不構成迅速傳播火勢的方式，則應被允許免除提供。
- 4.4.3.7 圍蔽體
 - 4.4.3.7.1 ESS 電路應置於標有適合 NFPA 70 要求的暴露類型環境等級的防風雨圍蔽體內。
 - 4.4.3.7.2 圍蔽體應為不可燃構造。
- 4.4.3.8 出入道路
 - 應根據當地防火法規為戶外 ESS 設施提供防火部門出入道路。
- 4.4.3.9 危險環境

除非列出並認可用於特定安裝，否則 ESS 不得位於 NFPA 70 或 IEEE C2 所定義的分類區域中。

4.4.3.10 外牆安裝。

4.4.3.10.1 滿足以下所有條件時，應允許在戶外將 ESS 安裝在建築物的外牆上：

- (1) 單個 ESS 單元的最大儲存能量不得超過 20 kWh (72 MJ)。
- (2) ESS 應符合第 4 章中的適用要求。
- (3) ESS 應按照製造商的說明及其清單進行安裝。
- (4) 各個 ESS 裝置應彼此間隔至少 3 ft (914 mm)。
- (5) ESS 與門、窗、進入建築物的可操作開口或 HVAC 入口之間的距離至少應為 5 ft (1524 mm)。

4.4.3.10.2 經 AHJ 認可

應允許根據 4.1.5 的大尺度防火試驗，第 (4) 和 (5) 項中較小的間隔距離。

4.4.4 屋頂和開放式停車場設施

屋頂和開放式停車場 ESS 安裝應符合本節的規定，如表 4.4.4 所示。

4.4.4.1 ESS 裝置應分類如下：

- (1) 屋頂安裝：屋頂 ESS 安裝是指位於建築物屋頂上的安裝。
- (2) 開放式停車場設施：開放式停車場 ESS 安裝是位於 3.3.18 所定義的結構或結構的一部分中的設施。

表 4.4.4 屋頂和開放式停車場 ESS 安裝

必須遵守	屋頂*	開放式停車場 ⁺	參考
行政管理	是	是	第 1-3 章
一般	是	是	4.1-4.3
最大尺度	是	是	4.4.3.2
出口隔離方法	是	是	4.4.3.4
直接進入式單元	是	是	4.4.3.5
圍蔽體	是	是	4.4.3.7
曝露隔距	是	是	4.4.4.2
火災抑制和控制	是	是	4.11
屋頂安裝	是	否	4.4.4.4
開放式停車場	否	是	4.4.4.5
尺度與間隔	是	是	4.6
最大儲能	是	是	4.8
高度	是	是	4.3.9
煙和火探測	是	是	4.10
標牌	是	是	4.3.5
居住工作中心	不允許	不允許	4.7

開放式機架安裝	不允許	不允許	4.3.11
特定技術防護	是	是	第 9-13 章

NA：不適用

*參照 4.4.4.1(1)

+參照 4.4.4.1(2)

4.4.4.2 暴露間隔

4.4.4.2.1 位於屋頂和開放式停車場中的 ESS 應與以下曝露環境至少間隔 10 ft (3048 mm)：

- (1) 建築物，但安裝屋頂 ESS 的建築物部分除外
- (2) 基地線
- (3) 公共道路
- (4) 儲存的可燃物
- (5) 可停放機動車輛的位置
- (6) 危險材料
- (7) 其他曝露危害

4.4.4.2.2 在以下情況下，應允許將間距減小到 3 ft (914 mm)：

- (1) 當適用於戶外使用提供 1 小時獨立防火屏蔽並延伸至 ESS 安裝的實體邊界以上 5 ft (1.5 m) 和超出 5 ft (1.5 m) 以保護暴露時。
- (2) 如果防風雨的 ESS 圍蔽體由不燃材料製成，並且根據符合 4.1.5 的大尺度防火測試，已證明圍蔽體內的火災不會引燃圍蔽體外部的可燃材料。

4.4.4.3 火災抑制和控制

4.4.4.3.1 位於屋頂的直接進入式圍蔽體處或開放式停車場中的 ESS 應按照 4.11 的規定在 ESS 圍蔽體內配備自動火災控制和抑制系統。

4.4.4.3.2 在沒有向天空開放的開放式停車結構中，除了直接進入式單元外，還包含 ESS 的區域應配備符合 4.11 的自動火災抑制系統。

4.4.4.3.3 經 AHJ 認可後，應允許在無自動火災控制和抑制系統保護的情況下，將 ESS 安裝在開放式停車場中，根據 4.1.5 進行的大尺度火災測試顯示，ESS 火災不會對停放的車輛造成曝露危害或損害出口的方式。

4.4.4.4 屋頂安裝。

4.4.4.4.1 在不妨礙消防部門屋頂作業的建築物屋頂上，經認可應允許安裝

4.4.4.4.2 位於屋頂上且未由建築結構圍蔽的 ESS 和相關設備應符合以下規定：

- (1) 須通過建築物內部的隔壁或建築物外部的樓梯，提供緊急通道和防火部門人員通往屋頂的樓梯通道。
- (2) 從進入屋頂到系統的位置，應為維修和緊急人員提供至少 5 ft (1524 mm) 寬的維修通道。
- (3) ESS 和相關設備的位置應距屋頂邊緣至少等於系統、設備或組件的高度，但不少於 5 ft (1.5 m)。
- (4) 在 ESS 或相關設備下方和水平 5 ft (1524 mm) 之內的屋面材料應為不燃或根據 ASTM E108 或 UL 790 進行測試具有 A 級等級。
- (5) 應在建築物頂樓上的認可位置或最高層的樓梯隔壁上安裝 I 級豎管出口。
- (6) 經 AHJ 認可，應允許在高於地面 75 ft (23 m) 的屋頂上安裝。
- (7) 在當地建築和機械規範要求的地方，應提供通道、服務空間、防護裝置和扶手，
- (8) 應提供符合 4.10 的輻射能感測火災探測系統，以保護 ESS。
- (9) ESS 距屋頂消防通道至少 10 ft (3.48 m)。

4.4.4.5 開放式停車場

開放式停車場中的 ESS 和相關設備應符合以下所有條件：

- (1) ESS 不得位於建築物 HVAC 系統的進氣口 50 ft (15.3 m) 範圍內。如果監測輻射能感測探測器的自動火警警報系統，監測到火警時使連接到進氣口的通風系統斷電，當被認可則允許將該距離縮短到 25 ft (7.6 m)。
- (2) 當位於沒有向天空開放有頂蓋層的停車結構，ESS 不得位於從附屬建築物通往的出口 25 ft (7.6 m) 範圍內。根據 4.1.5 進行的大尺度火災和故障條件測試，當認可，間隔距離允許減小到 10 ft (3 m)。
- (3) 出口隔離的方式應符合 4.4.3.4 的規定。
- (4) 應提供符合 4.10 的輻射能傳感火災探測系統，以保護 ESS。
- (5) 應提供經認可具有上鎖閘門的圍籬，或其他經認可的阻隔，以使公眾與 ESS 的圍蔽至少相距 5 ft (1.5 m)。

4.5 可移動 ESS 設備和操作。

4.5.1 充電和儲存

就第 4.5 節目的，充電和儲存應涵蓋對可移動 ESS 進行充電和儲存操作，以便準備配置到另一個位置以及在配置後對其進行充電和儲存的動作。

- 4.5.1.1 可移動 ESS 用於臨時為根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統提供電源，用於直流電源以控制變電站以及在發電站的專有控制下控

製或安全關閉發電站電力設施，並且位於室外或專用於此類安裝的建築空間內，不要求符合 1.5.1。

4.5.2 配置

就第 4.5 節的目的，配置應涵蓋可移動 ESS 位於充電和儲存地點以外的地點並用於供電的操作。

4.5.2.1 可移動 ESS 用於臨時為根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統供電。用於直流電的變電站控制以及在電力公司的專有控制下控制或安全關閉發電站的直流電，並且位於室外或專用於此類設施的建築空間內，不要求符合 4.5.2。

4.5.3 構造文件

符合 4.1.2 的構造文件應隨可移動 ESS 充電和儲存地點的任何當地要求的構造許可證申請一起提供給 AHJ。

4.5.4 配置文件

以下資訊應隨可移動 ESS 配置的任何當地要求的操作許可申請一起提供給 AHJ：

- (1) 4.1.2 要求的構造文件中有關可移動 ESS 設備的有關資訊和保護措施
- (2) 配置可移動 ESS 的區域的位置和佈局圖，包括附近所有暴露區域的比例圖
- (3) 標牌的位置和內容
- (4) 將在 ESS 周圍設置圍籬的描述，包括閉鎖方法
- (5) 有關火災抑制、煙霧和自動火災探測、系統監控、熱管理、排氣通風和爆炸控制的詳細資訊，如果有提供
- (6) 對於配置，預期的操作持續時間，包括預期的連接和斷開時間和日期
- (7) 臨時佈線的說明，包括連接方法、導體類型和尺寸以及要提供的電路過電流保護
- (8) 如何提供火災抑制系統與供水或滅火劑的連接的說明
- (9) 負責維護和保養設備並應對緊急情況的人員的聯繫資訊

4.5.5 認可的位置

可移動 ESS 的充電、儲存和配置位置應僅限於 AHJ 認可的位置。

4.5.6 充電和儲存

對可移動 ESS 進行充電和儲存的安裝應視為永久性 ESS 安裝，並應符合以下各節的規定：

- (1) 室內充電和儲存應符合 4.4.2 的規定。
- (2) 戶外充電和儲存應符合 4.4.3 的規定。
- (3) 屋頂和開放式停車場的充電和儲存應符合 4.4.4 的規定。

4.5.6.1 應允許使用符合製造商的說明、UL 9540 清單和 NPA 70 的臨時佈線進行電氣連接。

4.5.6.2 AHJ 可接受火災抑制系統與供水系統的連接。

4.5.7 配置的可移動 ESS 要求

配置的可移動 ESS 設備和操作應符合本節和表 4.5.7 的規定。

表 4.5.7 可移動儲能系統(ESS)

必須遵守	配置 ^a	參考
行政管理	是	第 1-3 章
一般	是	4.1-4.3
尺度與間隔	是 ^b	4.6
最大儲能	是	4.8
煙和火探測	是 ^c	4.10
火災抑制和控制	是 ^{d,e}	4.11
最大尺度	是	4.4.3.2
植被控制	是	4.4.3.6
出口隔離方法	是	4.4.3.4
特定技術防護	是	第 9-13 章

a 參照 4.5.2

b 直接進入式單元，在 ESS 單元和圍蔽牆之間不需要間距

c 對於配置 30 天或更短時間的可移動 ESS，無需將警報信號傳輸到認可的位置

d 參照 4.5.7.2

e 僅直接進入式單元需要

4.5.7.1 在輪式車輛或拖車上進行的可移動操作不要求符合 4.3.3 的地震防護要求。

4.5.7.2 火災抑制系統與供水系統的連接應允許使用認可的臨時連接。

4.5.7.3 持續時間

4.5.7.3.1 供電時間持續超過 30 天的可移動 ESS 配置應符合 4.5.6。

4.5.7.3.2 對於緊急情況，超過 30 天的可移動 ESS 配置，在 AHJ 認可下，無需遵循 4.5.6 規定。

4.5.7.4 受限位置

配置的可移動式 ESS 操作不得位於室內、有頂棚的停車場、屋頂、地面以下或建築物外伸下。

4.5.7.5 暴露淨空

4.5.7.5.1 配置的可移動 ESS 應與以下暴露環境至少相距 10 ft(3 m)：

- (1) 公共道路
- (2) 建築物
- (3) 儲存的可燃物
- (4) 危險品
- (5) 高庫存
- (6) 與電網基礎設施無關的其他暴露危險

4.5.7.5.1.1 應允許按照 4.4.3.3.1 至 4.4.3.3.4 減小所需的間隔距

離。

4.5.7.5.2 配置的可移動式 ESS 應與公共座位區域以及與載人量為 30 人或更多的帳篷、頂篷和膜結構隔離至少 50ft (15.3 m)。

4.5.7.6 電氣連接

電氣連接應按照製造商的說明進行。

4.5.7.6.1 電源連接的臨時佈線應符合 NFPA 76 或等效規範。

4.5.7.6.2 不允許使用固定的電線。

4.5.7.7 從充電和儲存地點到配置地點再返回當地暫存，可移動 ESS 在運輸期間不得在佔用建築物的 100 ft (90.5 m) 內停放超過 1 小時，除非 AHJ 事先特別認可。

4.5.7.8 圍欄

4.5.7.8.1 應提供經認可具有上鎖門的圍欄或其他經認可的屏障，以使公眾與已配置可移動 ESS 的外部圍欄至少保持 5ft (1024mm) 的距離。

4.5.7.8.2 被閉鎖以防止未經授權的人員進入的可移動 ESS 應被視為符合 4.5.7.8。

4.6 *尺寸和間隔。

4.6.1 除非 4.6.4 或 4.6.5 另有許可，否則以下位置的 ESS 應符合 4.6.2 和 4.6.3 的規定。

(1) 按照 4.4.2 的規定在非專用建築中的室內 ESS 安裝。

(2) 如 4.4.3.1 (2) 所述戶外 ESS 安裝在暴露位置附近。

4.6.2 ESS 應由每組最大儲存能量為 50 kWh 構成。

4.6.3 每個組與其他組以及儲藏室或區域內的牆壁之間至少應保持 3 ft (914 mm) 的距離。

4.6.4 應允許 AHJ 根據符合 4.1.5 的大尺度防火測試，認可具有容量更大或間距較小的組。

4.6.5 第 4.6.2 和 4.6.3 節不適用於符合 NFPA 76 的電信設施中交流電壓低於 50 V，直流電壓低於 60 V 的鉛酸和鎳鎘電池系統。

4.6.6 *第 4.6.2 和 4.6.3 節不適用於按照 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，使用直流電源用於變電站控制和公用電業專用控制下控制或安全關閉發電廠。

4.6.7 第 4.6.2 和 4.6.3 節不適用於根據 UL 1778 列出和標記的不斷電源中的鉛酸電池系統，該電源用於備用電源，限制為不超過 ESS 位置樓地板面積的 10%。

4.7 *佔用的工作中心

佔用工作中心的 ESS 應符合本節的規定。

4.7.1 應允許 ESS 與其支撐的設備位於同一房間。

4.7.2 ESS 應放置在不可燃、上鎖的機櫃或其他圍蔽中，以防止未經授權的人

員進入，除非位於僅授權人員可進入的單獨機房中。

4.8 最大儲能

在以下位置的 ESS 應符合 4.8 的規定：

- (1) 除 4.8.1 允許的範圍外，在 4.4.2.2 中所述的包含 ESS 的非專用建築物內的火災區域不得超過表 4.8 中的最大儲能值。
- (2) 除 4.8.3 允許的範圍外，在 4.4.3.1 (2) 中所述暴露位置附近的戶外 ESS 安裝不得超過表 4.8 中的最大儲能值。
- (3) 除非 4.8.3 允許，否則 4.4.4.1 中所述的在露天停車場和建築物屋頂上的 ESS 安裝不得超過表 4.8 中的最大儲能值。
- (4) 除 4.8.3 允許的範圍外，第 4.5 節所述的可移動式 ESS 設備不得超過表 4.8 中的最大儲能值。

4.8.1 經 AHJ 認可，根據 4.1.4 的防災分析和符合 4.1.5 的大尺度防火測試，應允許非專用建築中含有 ESS 的非火區建築面積超過表 4.8 中的規定。

4.8.2 經 AHJ 認可，根據 4.1.4 的防災分析和符合 4.1.5 的大尺度防火測試，應允許戶外 ESS 安裝、露天停車場和建築物屋頂上的 ESS 安裝以及可移動式 ESS 設備超過表 4.8 中的允許量。

表 4.8 最大儲能

ESS 型式	最大儲能 ^a (kWh)
鉛酸電池，所有型式	無限制
鎳電池 ^b	無限制
鋰離子電池，所有型式	600
氯化鈉鎳電池	600
液流電池 ^c	600
其他電池技術	200
儲存電容器	20

a 對於以安培-小時為單位的額定功率，千瓦時應等於最大額定電壓乘以安培-小時額定值除以 1000。

b 鎳電池技術包括鎳鎘 (Ni-Cad)、鎳金屬氫化物 (NMH) 和鎳鋅 (Ni-Zn)。

c 包括鈮、鋅溴多硫化物、溴化物和和其他流動性電解質類型的技術。

4.8.3 在防火區域內有不止一種 ESS 技術的地方，防火系統的設計應能最大程度地保護危險。

4.8.4 如果建築物或步入式單元內的單個防災區域包含表 4.8 中涵蓋的能源系統的組合，則應根據每種類型的百分比之和除以每種類型的最大儲能值，確定每個防火區域的最大儲能。

4.8.5 除 4.8.1 或 4.8.3 允許外，在 4.8.4 中計算的百分比之和不得超過 100%。

4.9* 排氣通風。

4.9.1 一般

在表 9.2 或本標準其他部分有要求，應按照 4.9.2 或 4.9.3 的規定為房間、圍蔽、步入式單元和機櫃提供排氣通風。

4.9.2* 通過設計進行的排氣通風

通風系統的設計應將可燃氣體的最大濃度限制為房間、步入式單元、圍蔽、集裝箱的總體積的可燃下限 (LFL) 的 25%，或在最壞情況下同時對所有電池進行“增壓”充電的情況下按照國家公認的標準對機櫃進行充電。

4.9.3 機械排氣通風

4.9.3.1 提供的機械排氣通風的速率應不小於房間、步入式單元、外殼、集裝箱或機櫃的樓地板面積的 $1 \text{ ft}^3 / \text{min} / \text{ft}^2$ ($5.1 \text{ L} / \text{sec} / \text{m}^2$)。

4.9.3.1.1 機械排氣通風應是連續的，或由符合 4.9.3.2 的氣體探測系統啟動。

4.9.3.1.2 應按照製造商的安裝說明以及當地的建築、機械和防火規範安裝所需的機械排氣通風系統。

4.9.3.1.3 所需的機械排氣通風系統應由符合 NAPA 72 的經認可的中央站、專有或遠程站服務進行監督，或應在經認可的，經常有人值班的位置發出聽覺和視覺信號。

4.9.3.2 在 4.9.3.1.1 要求的情況下，裝有 ESS 的房間、步入式單元、圍蔽體、步入式集裝箱和機櫃應由經認可的連續氣體檢測系統保護，該系統應符合下列要求：

- (1) 氣體檢測系統的設計應能在房間、步入式單元、圍蔽體、集裝箱和機櫃中檢測到的可燃氣體的含量超過 LFL 的 25% 時，啟動機械排氣通風系統。
- (2) 機械排氣通風系統應保持開啟狀態，直到檢測到的可燃氣體小於 LFL 的 25%。
- (3) 氣體探測系統應至少備有 2 個小時的待機功率。
- (4) 氣體檢測系統發生故障時，應在符合 NFPA 72 的經認可的中心站、專有或遠程站服務處或經認可批准的、經常有人值班的位置發出故障信號。

4.10 煙霧和火警探測。

4.10.1 所有位於建築物或結構物中包含 ESS 系統的防火區域均應配備符合 NFPA 72 的煙霧探測系統。

4.10.2* 通常無人居住的遠端獨立電信結構，總建築面積小於 1500 ft^2 (139 m^2)，使用鉛酸或鎳鎘電池技術，不需要進行 4.10.1 要求的檢測。

4.10.3* 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，使用直流電控制變電站和控制或安全關閉由公用電業專有控制的發電站，以及位於戶外或專用於此類安裝的建築空間內，應允許使用程序控制系統監控 4.10.1 中要求

的煙霧探測器。

- 4.10.4 應允許安裝在開放式停車場和類似居住環境中對煙霧檢測技術的使用產生不利影響的煙霧檢測系統，替換為根據 NFPA 72 的輻射能傳感探測系統。
- 4.10.5 鉛酸和鎳鎘電池儲存的交流電壓低於 50 V、直流電壓為低於 60 V 的電信設施應按照 NFPA 76 的規定安裝火災探測裝置。
- 4.11 火災控制和抑制。
 - 4.11.1 在本標準其他部分有要求，應根據本節規定對建築物內的房間或區域，以及包含 ESS 的戶外步入式單元的房間或區域，進行火災控制和抑制。
 - 4.11.2 撒水系統

撒水系統應按照 NFPA 13 或等效標準安裝。

 - 4.11.2.1 撒水系統應以整個房間的面積以最小的密度為 $0.3 \text{ gpm} / \text{ft}^2$ ($12.2 \text{ mm} / \text{min}$) 或 2500 ft^2 (230 m^2) 設計面積設計，以較小者為準。
 - 4.11.2.1.1 *根據 4.1.5 的大尺度防火測試，應允許撒水系統使用替代密度。
 - 4.11.3 備用自動火災控制和抑制系統
 - 4.11.3.1 根據 4.1.5 進行的大尺度火災測試所發佈的報告，應允許使用其他自動火災控制和抑制系統。
 - 4.11.3.2 適當時，自動火災控制系統應符合下列標準或同等標準：
 - (1) NFPA 12
 - (2) NFPA 15
 - (3) NFPA 750
 - (4) NFPA 2001
 - (5) NFPA 2010
 - 4.11.4 小於交流電 50 V、交流電 60 V 鉛酸和鎳鎘電池系統，在公用事業專有控制下於電信機房內用於通電設備安裝，和位於戶外或專用於符合 NFPA 76 此類安裝的建築空間中，應不需要安裝火災抑制系統。
 - 4.11.5 根據 UL 1778 列出和標記的不斷電電源中的鉛酸電池系統，用於備用電源應用，其限制為不超過 ESS 所在樓層的樓地板面積的 10%，應不需要安裝火災抑制系統。
 - 4.11.6 *根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制下為變電站的控制和發電站的控制或安全關閉，和位於戶外或在專用於此類安裝的建築空間中，應不需要安裝火災抑制系統。
 - 4.11.7 經 AHJ 認可後，應允許在沒有自動滅火系統保護的情況下將 ESS 安裝在開放式停車場中，如果全尺度火災和故障條件試驗證明該系統根據製造商的說明和本標準進行安裝時，不會對停放的車輛造成暴露危險。
 - 4.11.8 根據第 4.1.5 進行的大尺度火災試驗證明 ESS 火災，不會危及逃

生方式，且不會對建築物、基地線、公用道路、儲存的可燃材料、危險材料、高堆積物以及與電網基礎設施無關的暴露危害，經 AHJ 認可後，應允許將 ESS 安裝在無自動火災控制和抑制系統防護的專用建築物中。

4.11.9 根據 4.1.5 進行的大尺度火災試驗證明 ESS 火災，不會危及根據 4.4.3.3 和 4.4.3.4 的逃生方式，也不會造成暴露危險，經 AHJ 認可後，應允許將 ESS 安裝在無自動火災控制和抑制系統防護的戶外步入式圍蔽體中。

4.12* 爆炸控制

在本標準其他部分有要求，應根據本節的規定提供防爆或爆燃通風。

4.12.1* 安裝在房間、建築物或步入式單元中的 ESS 應配備下列之一：

(1) 根據 NFPA 69 設計、安裝、操作、維護和測試的防爆系統

(2) 根據 NFPA 68 安裝和維護的爆燃通風

4.12.2 如果 AHJ 根據 4.1.5 進行大尺度火災測試，證明在房間、建築物或步入式單元容易積聚位置的可燃氣體濃度不超過 LFL 的 25%，則認可應不要求防爆和爆燃通風。

4.13 供水

4.13.1* 在本標準其他部分有要求，在裝備非機械 ESS 的場所應提供永久性的火災防護水源。

4.13.2 如果沒有用於消防目的的永久適當和可靠的供水，應適用 NFPA 1142 的要求。

4.13.3 對於有公共或私人供水的 ESS 安裝所在地，應提供無障礙消防栓。

4.13.4 安裝在私人消防主管上的消防栓，應根據 NFPA 24 的規定安裝。

4.13.5 通常無人居住的遠端獨立電信結構，其總樓地板面積小於 1500 ft² (139 m²)，與鉛酸電池和鎳鎘電池系統的交流電小於 50 V，直流電小於 60 V，用於公用通信業專有控制之下在電信機房安裝的通信設備，和位於戶外或專用於符合 NFPA 76 此類安裝的建築空間中，應不需要有消防水提供。

4.13.6* 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，使用直流電控制變電站和控制或安全關閉由公用電業專有控制的發電站，以及位於戶外或專用於此類安裝的建築空間內，應不需要有消防水提供。

4.14 溢出控制

4.14.1 在容量大於 55 gal (208 L) 的單個容器或總容量超過 1000 gal (3785 L) 的多個容器中，包含 ESS 和自由流動液態電解液的房間、建築物或區域，應設置有溢出控制以防止液體流到相鄰區域。

4.14.2* 應提供經認可的方法和材料，用於控制電解液或其他危險液體溢出的，這些方法和材料將有能力控制單個最大容器的溢出。

4.14.3 在水基火災防護系統防護的房間、建築物或區域中，溢流圍阻系統的

容量應容納火災防護系統在 10 分鐘期間排放的容量。

- 4.14.4 在 4.14.3 中容量的增加應不適用於從火災防護系統的排放中被屏蔽的總體溢流圍阻系統。
 - 4.14.5 密封閥控式鉛酸 (VRLA) 電池和其他具有固化電解質和固化危險液體的 ESS 設備，應不需要溢流控制。
 - 4.14.6 包含其他有害材料的房間、建築物或區域應包括 NFPA 1 要求的溢流控制。
- 4.15 中和
- 4.15.1 *應提供經認可的方法，用自由流動的電解質中和 ESS 的溢流。
 - 4.15.2 固化電解質的 ESS 應不需要中和
 - 4.15.3 該方法應能夠將最大的電池或容器的溢流中和至 pH 值為 5.0 至 9.0。
- 4.16 補救措施
- 4.16.1 授權服務人員

萬一發生火災或其他事件損壞了 ESS 並可能點燃或重新點燃 ESS，所有者、代理人或承租人應立即派遣授權服務人員以減輕危害或將損壞的設備從場所移至安全位置。
 - 4.16.2 防火人員
 - 4.16.2.1 當 AHJ 認定為對公共安全是必須的，受過訓練的人員應在現場應對受損 ESS 引燃或二次引燃時，所有人、代理商或承租人應根據需要和認可，自費提供一或多個防火人員。
 - 4.16.2.2 在消防部門離開場所後，這些人員應繼續值班，直到損壞的 ESS 從場所中移出或 AHJ 表示他們可以離開為止。
 - 4.16.2.3 值班防火人員應承擔以下職責：
 - (1) 密切注意火警、出口通道的阻塞和其他危險
 - (2) 如果需要消防部門協助以減輕任何危害，立即與消防部門聯繫
 - (3) 迅速採取措施補救危險並撲滅已發生的火災
 - (4) 迅速採取措施，協助公眾撤離建築物

第 5 章系統互連

5.1*一般

基於 ESS 相對於電網及其與電網的相互作用的位置，與 ESS 或 ESS 的組件之間的所有電氣連接和佈線均應符合 NIPA 70 或 IEEE 2。

- 5.1.1 鉛酸電池和鎳鎘電池系統的交流電小於 50 V，直流電小於 60 V，用於公用通信業專有控制之下在電信機房安裝的通信設備，和位於戶外或專用於符合 NFPA 76 此類安裝的建築空間中，應不需要符合 5.1 和 5.2。
 - 5.1.2 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制下為變電站的控制和發電站的控制或安全關閉，和位於戶外或在專用於此類安裝的建築空間中，應不需要符合 5.1 和 5.2。
- 5.2*隔離方法

根據 NFPA 70，應在 ESS 視線範圍內提供易於接近的 ESS 隔離方法。

5.3 非電力系統

5.3.1 天然氣

從供應者的管路出口到 ESS 系統的關斷閥出口的管路、閥門和配件應符合 NFPA 54。

5.3.2 壓縮天然氣 (CNG)

從供應者的輸出點出口到設備關斷閥入口的管路、閥門和配件的設計，位置和安裝，應符合 NFPA 52 的規定。

5.3.3 液化石油氣 (LP-Gas) 系統和儲存

液化石油氣 (LP-Gas) 儲存和管路系統的設計、位置和安裝應符合 NFPA 58。

5.3.4 氫燃料系統和儲存

氫氣和液態氫存儲和管路系統的設計、位置和安裝應符合 NFPA 2。

5.3.5 沼氣

儲罐及其相關設備、管路、閥門和調節器的設計和安裝應符合 NFPA 54 的要求。

5.3.6 液態燃料

液態燃料管路系統的設計以及液態燃料的位置和存儲應符合 NFPA 30 的規定。

5.3.7 水

如果 ESS 需要水運轉，則應根據 ICC IPC (國際管道規範)，IAPMO UPC (統一管道規範) 或當地法規通過連接到現址供水，或者通過獨立的水源。

5.4 通信系統

ESS 應在 ESS 組件和現場定位系統之間具有通信互連，以確保系統安全運轉需要並符合產品清單、製造商的安裝說明以及本標準。

5.5 支撐系統

所有與 ESS 或 ESS 的組件連接至所需管道、火警警報器、探測器或控制電路或通風系統之間的連接，應根據適用於這些系統的全國性認可標準、製造商的說明、清單和適用第 4 章和第 5 章的規定。

第六章 調試

6.1 系統調試

6.1.1 ESS 應由系統所有者或其指定代理人根據 6.1.2 和 6.1.3 預備的調試計劃進行評估並確認其是否正常運行。

6.1.1.1 鉛酸電池和鎳鎘電池系統的交流電小於 50 V，直流電小於 60 V，用於公用通信業專有控制之下在電信機房安裝的通信設備，和位於戶外或專用於符合 NFPA 76 此類安裝的建築空間或步入式單元中，應被允許制定符合公認的行業慣例調試計劃，以代替符合 6.1.2 和

6.1.3。

- 6.1.1.2* 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制下為變電站的控制和發電站的控制或安全關閉，和位於專用於此類安裝的建築空間或步入式單元中，應允許根據適用的政府法規和規則制定調試計劃，以代替根據 6.1.2 和 6.1.3 制定調試計劃。
- 6.1.2 系統調試應在安裝完成後但在最終檢查和認可之前，根據 6.1.2.1 和 6.1.2.2 進行。
- 6.1.2.1 應由系統安裝人員或調試代理人根據 6.1.1 制定的調試計劃和根據 6.1.6 記錄調試過程的調試報告對 ESS 的正常運行進行評估。
- 6.1.2.2 在最終檢驗和認可之前，系統安裝人員或調試代理人應根據 6.1.3 規定的調試結果提供給系統所有者和 AHJ。
- 6.1.3 應根據 6.1.3.1、6.1.3.2 和 6.1.3.3 的要求提供記錄調試過程和結果的調試報告。
- 6.1.3.1 系統安裝者或調試代理人應預備調試報告，並應總結系統的調試過程和系統的操作以及相關的運行控制和安全系統。
- 6.1.3.2 報告應包括最終調試計劃、調試過程的結果，以及與竣工系統設計和安裝相關的計劃和規範的副本。
- 6.1.3.3 報告應包括調試期間發現的任何問題以及為解決這些問題而採取的措施。
- 6.1.3.4 對於任何允許在調試後繼續進行的未解決或持續性問題，應制定 AHJ 可接受的矯正措施計劃。
- 6.1.4 系統安裝者或調試代理人應準備書面調試計劃，其中應描述必要的手段和方法，以記錄和驗證本標準要求的系統及其相關控制和安全系統是否正常運行狀態。
- 6.1.5 調試計劃應包括但不限於以下信息：
- (1) 專為要安裝的 ESS 開發的調試過程的概述，以及要進行的活動的敘述性描述
 - (2) 所有參與系統的設計、調試構造、安裝或操作的人員的角色和責任
 - (3) 在 ESS 項目實施期間提供調試計劃的方式和方法
 - (4) 瞭解 ESS 和所有相關操作控制和安全系統的安裝和操作所必需的計劃和規格
 - (5) 在調試過程中要進行的每個活動的詳細說明，將由誰執行每個活動以及在什麼時間進行該活動
 - (6) 用於記錄 ESS 和所有相關操作控制及安全系統正確操作的程序
 - (7) 測試與安裝和驗證安全控制裝置的正確操作相關的任何必要的火災探測或抑制、熱管理、通風或排氣系統
 - (8) 調試清單和相關操作測試表格的指南和格式以及必要的調試日誌和進度報告

- (9) 對設施的操作和維護人員進行系統培訓的方式和方法
- (10) 確定有資格服務和維護系統並應對涉及每個系統的事件的人員
- (11) 符合第 8.1 節規定的退役計劃，涉及將系統從服務中以及從其所在的設施中移除以及有關與每個 ESS 相關的材料處置的資訊

6.1.6 系統測試

- 6.1.6.1 在安裝完成但獲得最終認可之前，系統安裝人員應根據製造商的說明、調試計劃和本節的要求對 ESS 的正常運行進行評估。
- 6.1.6.2 調試系統的實體應編寫一份記錄調試過程和結果的報告，並在最終檢查和認可之前將其副本提供給 AHJ，並包括在 4.1.2.3 要求的手冊中。
- 6.1.6.3 系統測試應作為調試過程的一部分進行，並包括 ESS 的功能性能測試，以證明系統以及相關組件、控制和安全相關系統的安裝和運行符合認可的計劃和規格，並確認每個已調試 ESS 的操作，功能和維護可維修性。

6.2 問題和解決方案文件(保留)

6.3 操作和維護文件

- 6.3.1 操作和維護文件應提供給 ESS 所有者。
- 6.3.2 文件應包括與 ESS 相關的設計、建造、安裝、測試和調試資訊，並應在調試後初步認可。
- 6.3.3 文件的副本應放置在認可的位置，以供設施人員、防火法規官員和應急人員使用。

6.4*重新調試現有系統。

- 6.4.1 重新調試應符合 6.1 節的規定，包括整個系統，並發布新的調試報告，任何新問題和解決方案文件的標識以及對運行和維護文件的任何修訂的標識。
- 6.4.2* 如果需要對系統或其任何組件進行更改、增加、重新定位或翻新，則根據第 4 章應被允許，並由合格的個體執行，並根據 6.1 節重新啟用系統。
- 6.4.3 使用相同組件的系統的修理或更新應不需要重新調試。
- 6.4.4* 已在清單中現場安裝的選件之外進行了現場修改的列出的 ESS，應由列出該設備的組織調查並認為合適。

第七章操作與維護

7.1 系統操作

所有 ESS 均應按照製造商的說明書以及操作和維護文件進行操作。

7.1.1 受 NERC 管轄的公用電業

- 7.1.1.1 NERC 管轄下的公用電業應符合 NERC PRC-005 的要求。
- 7.1.1.2 應不要求 ERC 管轄範圍內的公用電業遵循製造商的說明書，對根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制

下為變電站的控制和發電站的控制或安全關閉,和位於專用於此類安裝的戶外或建築空間中。

7.1.2 操作和維護文件應包括以下內容：

- (1) ESS 系統及相關設備的安全啟動程序
- (2) 檢查和測試相關警報、聯鎖和控制的程序
- (3) 以下的維護和操作程序：
 - (a) 儲能管理系統 (ESMS)
 - (b) 火災防護設備和系統
 - (c) 溢出控制和中和系統
 - (d) 排氣和通風設備及系統
 - (e) 氣體探測系統
 - (f) 其他所需的安全設備和系統
- (4) 類似於安全數據表 (SDS) 的反應條件，將在 SDS 不要求時解決反應安全問題和滅火
- (5) 指出哪些變更需要重新許可
- (6) * 需要通過更新任何工程文件來記錄有關設備或系統對安裝進行更改的說明

7.1.3 危險材料安全數據表。

7.1.3.1 ESS 中包含的有害物質的 SDS 應張貼在任何 ESS 的隔離方式的視線範圍內或 AHJ 認可的位置。

7.1.3.2 對於位於戶外的 ESS，應提供一種保護 SDS 不受天氣影響的裝置。

7.1.4 如果操作和維護文件要求詳細的程序用於特定的計劃的操作檢查或評估，則操作記錄應包括與可配置系統設置相關的數據。系統啟動、系統關閉（包括緊急關閉）和長期關機（儲存模式）應由系統所有者或其指定代理維護，並應要求提供給 AHJ。

7.1.5 操作記錄應標明採取的維護措施、措施的日期、實施措施的人以及與措施有關的結果。

7.1.6 操作記錄應保存在易於取用的位置，或在系統附近張貼標明記錄所在位置的標誌。

7.1.6.1 對於通常有人居住的設施，其操作記錄應在現場。

7.1.6.2 應允許以電子方式提供操作記錄。

7.2 系統維護

ESS 應根據系統製造商的說明書進行維護。

7.2.1 維護文件應包括詳細的維護計劃，以保護所有受影響的設備和要執行的活動。

7.2.2 維護應由合格人員進行。

7.2.3 維護文件應標明已採取的維護措施、採取措施的日期、實施措施的人以及與該措施有關的結果，應按 6.3 節的要求進行維護。

7.2.4 維護文件應記錄對 ESS 進行的任何維修、更新或翻新的資訊。

7.2.5 訓練

應向所有負責系統操作和維護的人員提供訓練。

7.2.5.1 應由系統所有者或其指定代理人提供系統操作和維護方面的訓練。

7.2.5.2 調試系統後，應提供有關操作和維護文件的任何更改的訓練。

7.2.5.3 現場操作和維護人員的訓練記錄應予以保留，並應提供給 AHJ，並標明所接受的訓練、接受訓練的人員的姓名和訓練日期。

7.3 系統測試

7.3.1 當操作說明書或維護文件有要求時，應按照 ESS 製造商提供的測試程序進行系統測試。

7.3.2 應按照 6.3 節的要求保存所有測試的記錄。

第 8 章 除役

8.1 除役計劃

在除役之前，ESS 或其指定代理人的所有者應準備符合 8.1.3 的書面除役計劃，該計劃應提供必要的組織、文件要求以及方法和工具，以標明本安全管理體系的要求。標準和 ESS 及其組件將除役，並且從站點中移除 ESS。

8.1.1 鉛酸電池和鎳鎘電池系統的交流電小於 50 V，直流電小於 60 V，用於公用通信業專有控制之下在電信機房安裝的通信設備，和位於戶外或專用於符合 NFPA 76 此類安裝的建築空間或步入式單元中，應被允許制定符合公認行業慣例的除役計劃，以代替符合 8.1.3。

8.1.2* 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制下為變電站的控制和發電站的控制或安全關閉，和位於專用於此類安裝的建築空間或步入式單元中，應被允許按照適用的政府法規和規則制定除役計劃，以代替符合 8.1.3。

8.1.3* 除役計劃應包括以下資訊：

- (1) 專為將要除役的 ESS 制定的除役過程概述。
- (2) 所有參與 ESS 除役並將其從現場撤離的人員的角色和責任。
- (3) 將在與 ESS 停用決定相對應的時間點提供停用計劃的方式和方法。
- (4) 瞭解 ESS 和所有相關已建造、運行和維護的運行控制和安全系統所必需的計劃和規格。
- (5) 在除役過程中要進行的每個活動的詳細說明，以及將由誰執行該活動以及在什麼時間點進行。
- (6) 用於記錄 ESS 和已除役的所有相關運行控制和安全系統的程序。
- (7) 除役檢查清單的指引和格式以及相關的運行測試表格以及必要的除役日誌和進度報告。
- (8) 描述在除役期間如何保護周圍環境以及與 ESS 相鄰的其他系統的任何變化，例如但不限於結構元件、建築物貫穿、逃生方式以及所需的火

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

災探測和抑制系統，並在移除系統後確認為可接受。

8.2 除役過程。

8.2.1 在除役 ESS 之前應通知 AHJ。

8.2.2 ESS 的擁有人或其指定代理人應根據除役計劃將其除役。

8.3 除役報告

除役報告應由 ESS 所有人或其指定代理人準備，並概述系統的除役過程以及相關的運行控制和安全系統。

8.3.1 報告應包括最終的除役計劃和除役過程的結果。

8.3.2 報告應包括除役期間發現的任何問題以及為解決這些問題而採取的措施。

第 9 章電化學儲能系統

9.1 應用

9.1.1 本章的要求應適用於電化學 ESS 的安裝。

9.1.2 除非本章有修訂，否則第 4 章至第 8 章的要求也將適用。

9.2 一般電化學 ESS 應符合表 9.2 中第 4 章和第 9 章的適用部分。

9.3 熱失控保護

在表 9.2 要求的地方，應提供列出的設備或其他認可的方法，以排除、偵測和最小化熱失控的影響。

9.4 安全帽

在表 9.2 要求的地方，用於 ESS 的排氣式電池應配備阻火安全帽。

表 9.2 電化學 ESS 技術的特定要求

符合性要求	電池技術					其他電化學 ESS 和 電池技術 ^b	參考
	鉛酸	鎳 ^a	鋰離子	流動	氯化鎳鈉		
排氣通風	是	是 ^c	否	是	否	是	4.9
溢出控制	是 ^d	是 ^d	否	是	否	是	4.14
中和	是 ^d	是 ^d	否	是	否	是	4.15
安全帽	是	是	否	否	否	是	9.4
熱失控	是 ^e	是	是 ^f	否	是 ^f	是 ^f	9.3
爆炸控制	是 ^g	是 ^g	是	否	是	是	4.12
尺寸和間距	是	是	是	是	是	是	4.6

a 此欄中介紹的鎳電池技術包括鎳鎘 (Ni-Cad)、鎳金屬氫化物 (Ni-MH) 和鎳鋅 (Ni-Zn)。

b 如果 AHJ 可以接受的文件，包括符合 4.1.4 的防火分析，則根據所使用的技術提供不需要防護理由，則不需要此欄中的防護。

c 鎳金屬氫化物電池不需要排氣通風。

d 僅適用於通風型（例如浸沒型）鎳和鉛酸電池。

e 通風（例如浸沒型）的鉛酸電池不需要熱失控防護。

f 允許將熱失控防護作為電池管理系統的一部分，該系統已根據 UL 1973 或 UL

9540 進行評估。

g 以下情況不需要爆炸控制：

- (1) 鉛酸電池和鎳鎘電池系統的交流電小於 50 V，直流電小於 60 V，用於公用通信業專有控制之下在電信機房安裝的通信設備，和位於專用於符合 NFPA 76 此類安裝的建築空間或步入式單元中。
- (2) 根據 IEEE C2 設計的鉛酸和鎳鎘電池系統，用於在公用電業的專有控制下為變電站的控制和發電站的控制或安全關閉，和位於專用於此類安裝的建築空間步入式單元中。
- (3) 根據 UL 1778 列出和標記的不斷電電源中的鉛酸電池系統，用於備用電源應用，並安裝在建築物或步入式單元的單個防火區中的單個機櫃中。

第 10 章 電容器儲能系統

10.1 應用

10.1.1 本章的要求應適用於電容器 ESS 的安裝。

10.1.2 除非經本章修改，否則第 4 章至第 8 章的要求也應適用

10.1.3 本章不適用於根據 NFPA 70 第 460 條安裝的衝擊電容器。

10.1.4 *本章不適用於用於電力設備和工業設施的電容器和電容器設備，例如彈性交流輸電 (FACTS) 設備、濾波器電容器組、功率因數修正以及用於電壓修正和穩定的獨立電容器組

10.2 保護功能

電容器 ESS 安裝應符合表 10.2 中指定的第 4 章和第 10 章的適用部分。

表 10.2 電化學雙層電容器 (EDLC) ESS 技術的特定要求

符合要求	EDLC 儲能*	參考
排氣通風	是	4.9
溢出控制	是	4.14
中和	是	4.15
熱失控+	是	10.3
安全帽	是	10.4
爆炸控制	是	4.12

*如果 AHJ 可接受的文件則不需要。包括符合第 4.15 節的危害緩解分析。根據所使用的電容器技術，提供了不需要保護的理由。

+允許將熱失控保護作為 ESS 管理系統的一部分，該管理系統已通過電容器進行評估，並已通過 UL 1973 或 UL 9540 評估。

10.3 熱失控保護

在表 10.2 要求的地方，應提供列出的設備或其他認可的方法，以排除、探測和最小化熱失控的影響

10.4 安全帽

在表 10.2 要求的地方，用於 ESS 的通風電容器應配備阻火安全帽。

第 11 章 燃料電池儲能系統

11.1 安裝和維護。

11.1.1 固定式燃料電池 ESS 應符合第 4 章的以下要求：

- (1) 充電控制器 (參照 4.2.7)
- (2) 逆變器和轉換器 (參照 4.2.8)
- (3) 儲能管理系統 (ESMS) (參照 4.2.9)
- (4) 衝擊保護 (參照 4.3.7)
- (5) 煙霧和火災探測 (參照 4.10)
- (6) 火災控制和抑制 (參照 4.11)
- (7) 供水 (參照 4.13)
- (8) 標牌 (參照 4.3.5)
- (9) 可燃儲存 (參照 4.1.6)
- (10) 防災分析 (參照 4.1.4)
- (11) 應急計劃和訓練 (參照 4.1.3)
- (12) 構造文件(參照 4.1.2)

11.1.2 非氫燃料定置型燃料電池 ESS 應根據 NFPA 70、NFPA 853、製造商的說明和設備清單進行安裝和維護。

11.1.3 氫燃料定置型燃料電池 ESS 應根據 NFPA 2、NFPA 70、NFPA 853、製造商的說明和設備清單進行安裝和維護。

11.2 燃料電池動力車輛的使用。

11.2.1 在一個或兩個家庭的住宅或連棟住宅單元中，住宅單元所有者或居住者的燃料電池動力車輛，停放在附屬或分離的車庫或戶外，臨時為該住宅提供電力，僅應符合車輛製造商的說明和 NFPA 70。

11.2.2 在一個或兩個家庭的住宅或連棟住宅單元中，住宅單元所有者或居住者的燃料電池動力車輛，停放在附屬或分離的車庫或戶外，臨時為該住宅提供電力，應不超過 30 天。

第 12 章超導磁鐵儲能 (保留)

第 13 章飛輪 (保留)

第 14 章廢舊或不合規格電池組的存放

14.1 廢舊電池組或電池

廢舊或不合規格電池組或電池的收集或儲存有關的區域應符合本章的規定。

14.1.1 以下區域應不受本章要求的限制：

- (1) 設施內根據鋰離子電池組和電池負載狀況不超過 30% 的程序進行操作的區域。
- (2) 提供由認可的測試實驗室進行或見證和報告的火災和故障情況測試的區域，顯示與儲存的電池有關的火災將限於根據 NFPA 13 安裝的自動噴水滅火系統的設計區域，且不會對居住者從建築物中逃生產生不利影響，也不會對相鄰的儲存材料或建築物結構產生不利影響。

14.1.2 14.1.1 中規定的程序和測試報告應提供給 AHJ 進行審查和認可。

14.2 收集位置

所有位於室內的任何占用員工或公眾的廢舊電池的室內區域，均應配備敞開式不燃容器或經認可可進行電池收集活動的容器。

14.2.1 容器的大小不得超過 1 ft (0.03 m)。

14.2.2 容器與其他電池收集容器和可燃材料之間至少應有 3 ft (0.9 m) 的開放空間，並且距房間、空間或建築物出口的距離至少應為 5 ft (1.5 m)。

14.2.3 如果可燃材料位於收集容器之間的空間內，則容器之間的距離至少應為 10 ft (3 m)。

14.3 商業、車輛維修、飛機維修以及實驗室佔用電池的收集和存放位置。

14.3.1 一般

14.3.1.1 在商業、汽車維修、飛機維修或實驗室場所收集和存放的電池，應存放在符合 14.2.1 規定的收集容器中，但應根據以下 14.3.2.1 至 14.3.2.5 規定的一種或多種方法存放。

14.3.1.2 電池端子應通過電池設計方法或防護性包裝方法予以進一步防護，以防止電池短路。

14.3.2 儲存方法

14.3.2.1 不超過 200 ft² (18.58 m²) 的房間或空間

應允許將電池存放在總建築面積不超過 200 ft² (18.58 m²) 的房間或空間中。

14.3.2.1.1 房間或空間應與建築區域的其餘部分以 2 小時的耐火等級防火屏蔽，和 2 小時的耐火等級水平組件隔開，並應根據當地建築規範建造。

14.3.2.1.2 房間或空間應由按照 NFPA 72 安裝的放射能探測系統防護，並應由根據 NFPA 13 設計和安裝的自動灑水系統防護。

14.3.2.2 預製可攜式建築物或集裝箱不超過 200 ft² (18.58 m²)

電池應允許存放在總樓地板面積不超過 200 ft² (18.58 m²) 經認可的耐火等級 2 小時建造，且提供根據 NFPA 72 安裝放射能探測系統及根據 NFPA 13 安裝經過認可的自動制火系統的預製可攜式建築物或集裝箱中。

14.3.2.3 金屬桶

電池應被允許存放在金屬桶中，電池之間應通過蛭石或其他認可的材料彼此隔開，或經認可電池收集和存放活動的集裝箱。

14.3.2.3.1 裝有此類金屬桶或認可集裝箱的每個區域的面積均不得超過 200 ft² (18.58 m²)，並且應與其他電池存儲區分開至少 10 ft (3 m)。

14.3.2.3.2 收集和儲存區域應由根據 NFPA 72 安裝的放射能探測系統防護。

14.3.2.4 認可運輸的集裝箱

應允許將電池存放在已認可用於運輸的集裝箱中，以防止事件傳播超越集裝箱。

14.3.2.4.1 裝有認可的運輸集裝箱的每個區域的面積均不得超過 200 ft² (18.58 m²)，並且應與其他電池存儲區分開至少 10 ft (3 m)。

14.3.2.4.2 儲藏區應由根據 NFPA 72 安裝的放射能探測系統防護。

14.3.2.5 室內存儲區

應允許將電池存放在符合 14.4 規定的室內存放區域。

14.4 室內存放

14.4.1 一般

14.4.1.1 涉及用過的或不合規格的鋰離子或鋰金屬電池組或未滿足 14.2 或 13.4 限制的電池的室內存儲，應被歸類為工業高危險場所，並應符合 14.4 的規定。

14.4.1.2 電池組或電池儲存應放置在與其他區域隔開的房間或空間中，並應根據按照當地建築法規建造具有 3 小時耐火等級的防火屏蔽和 3 小時耐火等級的水平組件。

14.4.1.3 電池組和電池不得放置在距存放房間或空間的出口 10 ft (3 m) 內。

14.4.2 預防和減輕

應向 AHJ 提供防止火災事故的計劃，其中包括早期發現減輕措施，以供審核和認可。

14.4.3 火災探測

該房間或空間應由根據 NIPA 72 安裝的放射能探測系統防護。

14.4.4 火災抑制

14.4.4.1 電池存放所在的建築物應配備根據 NFPA 13 安裝的自動火災抑制系統。

14.4.4.2 電池組或電池儲藏室或空間應由根據 NFPA 15 安裝的噴水自動抑制系統防護。

14.4.5 防爆

應根據 NFPA 68 或 NFPA 69 安裝防爆裝置。

14.5 戶外存放位置。

14.5.1 戶外存放位置應符合以下規定：

- (1) 個別堆尺寸應限制為 200 ft² (18.58 m²) 的區域與其他堆之間相隔 10 ft (3 m)。
- (2) 位於戶外的堆與下列暴露物之間的距離至少應為 20 ft (6.1 m)：
 - (a) 基地線
 - (b) 公共道路

- (c) 建築物
- (d) 其他儲存
- (e) 危險材料
- (f) 其他暴露危險

14.5.2 當 3 個小時的獨立式防火屏蔽適合外部使用時，應允許將間隙減小至 3 ft (0.9 m)，並應在其上方延伸 15 ft (1.5 m)，並超出 15 ft (1.5 m)，提供堆的實體邊界以防護暴露。

第 15 章一戶和兩戶住宅和連棟住宅

15.1 一般

與一戶或兩戶住宅或連棟住宅相關的 ESS 裝置應符合本章的要求。

15.2 設備清單

15.2.1 應根據 UL 9540 列出並標記最大儲能為 1 kWh 或更大的 ESS。

15.2.2 列出並標記為僅用於公用或商業用途的 ESS 不得用於住宅應用。

15.3 安裝

ESS 應按照製造商的說明及其清單進行安裝。

15.4 調試

15.4.1 安裝在一、兩個家庭住宅和連棟住宅中的 ESS 的調試如下：

- (1) 確認系統已根據認可的計劃和製造商的說明安裝，並且運行正常。
- (2) 提供列出的系統隨附的製造商的安裝、操作和維護說明的副本。
- (3) 向系統所有者提供有關係統正確操作和維護的訓練。
- (4) 在已安裝的系統上提供一個標籤，其中包含合格的維護和服務提供商的聯繫資訊。

15.4.2 如果系統安裝在由建造者擁有但尚未出售的一戶或兩戶住宅或連棟住宅中，則應按 15.4 所述進行調試，然後建造者應將其轉讓、房屋出售時向房主提供第 15.4 節中的必填資訊。

15.5 ESS 間距

除非有 AHJ 基於符合 4.1.5 的大尺度防火測試認可的更小的間隔距離是足夠的，否則各個 ESS 裝置之間的最小間距應為 3 ft (914 mm)。

15.6 位置

15.6.1 ESS 只能安裝在以下位置：

- (1) 根據當地建築法規，在與住宅單元居住區和臥室單元隔開的附屬車庫中。
- (2) 在獨立的車庫和獨立的附屬結構中。
- (3) 在戶外牆壁或離門窗至少 3 ft (914 mm) 的地面上。
- (4) 在封閉的公用廁所和儲物間或公用空間中。

15.6.1.1 如果要安裝 ESS 的房間或空間尚未完工，則該房間或空間的牆壁和天花板應使用不少於 5/8 in 的 X 型石膏板加以防護。

15.6.2 除公用間、儲藏室或公用空間外，不得將 ESS 安裝在居住單元的居住

區域或臥室單元中。

15.7 能源額定值

單個 ESS 裝置的最大存儲能量為 20 kWh。

15.7.1 住宅、車庫或附屬結構內的總額定功率不得超過以下值：

- (1) 40 kWh，位於公用間、儲藏室或公用空間內。
- (2) 80 kWh，位於已連接或已分離的車庫以及已分離的附屬結構中。
- (3) 80 kWh，位於外牆。
- (4) 80 kWh 安裝在戶外。

15.7.2 總能量額定值超過 15.6.1 允許的 ESS 安裝，應符合第 4 章至第 9 章的規定。

15.7.3*停車時使用電動汽車為住宅供電應符合 15.13 的規定。

15.8 電氣的安裝

ESS 應按照 NFPA 70 進行安裝。

15.8.1 逆變器應根據按照 UL 1741 列出和標記，或作為 UL 9540 清單的一部分提供。

15.8.2 連接到公用電網的系統應使用列出的用於公用設施交互的逆變器。

15.9 火災探測

15.9.1 應當在整個住宅中安裝互連的煙霧警報器，包括在房間、附屬車庫以及根據當地建築法規安裝 ESS 的區域。

15.9.2 如果 ESS 安裝在附屬的車庫中或無法按照其清單安裝煙霧警報器的區域，則應安裝互連的所列熱警報器，並將其連接到當地建築法規要求的煙霧警報系統。

15.10 撞擊防護

安裝在易受車輛損壞的位置的固定式蓄電池系統應由認可的屏蔽防護。

15.11 排氣通風

ESS 的室內安裝包括在充電過程中產生氫氣或其他可燃氣體的電池，應滿足 4.9 中的排氣通風要求。

15.12 有毒和高毒氣體

在充電、放電和正常使用條件下可能釋放有毒或高毒氣體的 ESS 應安裝在戶外。

15.13 電動汽車使用。

15.13.1 住宅單元所有者或居住者的燃料電動車輛，停放在附屬或分離的車庫或戶外，臨時為該住宅提供電力，應符合車輛製造商的說明和 NFPA 70。

15.13.2 住宅單元所有者或居住者的電動車輛，停放在附屬或分離的車庫或戶外，臨時為該住宅提供電力，應不超過 30 天。

附件 A 說明材料

附件 A 並非本 NFPA 文件中所有內容的一部分，而是僅用於提供資訊。本附件包

含解釋性材料，其編號與適用的文本段落相對應。

A. 1. 3 這些可攜式設備通常是可以列為 UL 2743 或其他等效標準的消費類設備。

表 1.3 中的總容量宜為每個火災區域的總容量。

A. 1. 4. 2 為了幫助確定現有的 ESS 安裝是否存在不可接受的風險以及宜適用的追溯性，AHJ 可以要求所有者根據 4.1.4 提交防災分析。

基於防災分析，AHJ 可以追溯應用本標準中被認為適當的任何部分，以減輕風險評估中確定為不可接受的任何危害。

A. 1. 5 宜準備與本標準等效的文件的數據和分析，並提交給 AHJ。

A. 3. 2. 1 認可

美國國家消防協會不認可、檢查或認證任何裝置、程序、設備或材料，也不認可或評估測試實驗室。在確定安裝、程序、設備或材料的可接受性時，主管當局可以基於對 NFPA 或其他適當標準的接受來接受。在沒有此類標準的情況下，上述機構可能會要求提供正確安裝、程序或使用的證據。具有管轄權的機構也可以參考與產品評估有關的組織的清單或標籤慣例，從而可以確定是否符合當前所列物品的當前生產的適當標準。

A. 3. 2. 2 主管機關 (AHJ)

NFPA 文件中廣泛使用了“主管機關”一詞或其縮寫 AHJ，因為管轄權和認可機構以及職責有所不同。在公共安全至上的情況下，具有管轄權的機構可以是聯邦、州、地方或其他地區部門或個人，例如防火主管；防火糾察員；火災預防局主管；勞動部門或衛生部門；建管機關；電氣檢查員或其他具有法定權限的人員。出於保險目的，保險檢查部門、評級局或其他保險公司代表可以是具有管轄權的機構。在許多情況下，財產所有人或他或她的指定代理人承擔具有管轄權的當局的作用；在政府機構中，主管或部門官員可以是具有管轄權的機關。

A. 3. 2. 4 列出

對於每個與產品評估有關的組織，識別列出設備的方法可能會有所不同；除非有標籤，否則某些組織不會識別列出的設備。管轄當局應利用上市組織採用的系統來識別上市產品。

A. 3. 3. 1 公寓建築

NFPA 101 規定，建築物中無論有三個或三個以上居住單元的地方，該建築物均應視為公寓建築，並需要遵守 NFPA 101 第 30 章或第 31 章的規定。如果連棟住宅單元中有三個或更多單元，則將其視為公寓建築。為了將它們視為獨立的建築物，單元之間所需的牆的類型通常由具有管轄權的機構確定。如果這些單元之間被一堵具有足夠耐火性和結構完整性的牆隔開，可以視為獨立建築物，則 NFPA 101 第 24 章的規定適用於每個連棟住宅。公寓狀態是所有權的一種形式，而不是佔有狀態：例如，有分戶共管式公寓倉庫、分戶共管式公寓和分戶共管式公寓辦公室。 [101, 2018]

A. 3. 3. 2. 1 液流電池

通常，液流電池包括儲罐和泵。

A. 3. 3. 5. 1 一戶和二戶住宅單元

NFPA 101 的 24. 1. 1. 1 的應用聲明將每個住宅單元限制為一個家庭的成員，且該家庭的外人不得超過三個。” NFPA 101 並未定義“家庭”一詞。家庭的定義受聯邦、州的約束，以及當地法規，並且可能不限於一個人或一對夫婦：(兩個人)及其子女。以下示例有助於區分單戶住宅和寄宿房：

- (1) 宜根據 NFPA 第 24 章的規定，個人或夫婦(兩人)向房東租用房屋，然後再轉租最多可容納三個人的空間，宜視為一個家庭，最多可租三個外人，該房屋宜視為單一家庭住宅。
- (2) 宜根據 NFPA 第 26 章的規定，個人或夫婦(兩人)向房東租用的房屋，其中空間可分租給 4 個或更多但不超過 16 個的個人，並宜視為宿舍或寄宿房屋。
- (3) 宜根據 NFPA 第 26 章的規定，將一棟由 4 人或以上但不超過 16 個人佔用的住宅建築物租用，每個土地都是從領主那裡租借的，沒有單獨的烹飪設施，並宜將其視為宿舍或寄宿房屋。

[101, 2018]

A. 3. 3. 7 電化學雙層電容器 (EDLC)

這些電容器也可以稱為超級電容器、特級的電容器、雙層電容器、電化學電容器等。

A. 3. 3. 8 儲能管理系統 (ESMS)

該系統可以控制一個或多個單獨的管理系統，例如電池管理系統 (BMS)。

A. 3. 3. 9 儲能系統 (ESS)

ESS 包括但不限於以下類別：

- (1) 化學藥品：儲氫
- (2) 熱能：熱能儲存
- (3) 電化學：
 - (a) 電池
 - (b) 液流電池
- (4) 機械的：
 - (a) 飛輪
 - (b) 抽水蓄能
 - (c) 壓縮空氣儲能 (CAES)
- (5) 電氣：
 - (a) 電容器
 - (b) 超導(磁) 儲能裝置 (SMES)

這些系統可以具有交流或直流輸出以供利用，並且可以包括用於將儲存的能量轉換為電能的逆變器和轉換器。ESS 並不打算包括能源發電系統。

A. 3. 3. 9. 1. 1 電化學儲能系統

電化學能量與燃料電池、光電化學電池和電池等系統有關，

A. 3. 3. 9. 1. 2 機械儲能系統

機械能與飛輪、泵儲存、壓縮空氣系統以及諸如儲液罐、壓力容器或磁鐵之類的系統有關。

A. 4. 1 第 4 章的要求旨在適用於所有 ESS 技術。但是，已經認識到，第 9 章至第 15 章涵蓋的各種 ESS 技術之間的危害和防火要求有所不同。本節允許這些章中的要求補充或取代第 4 章的一般要求。

A. 4. 1. 1 安裝機械排氣系統作為系統的一部分，以吸收和排出釋放的污染物是滿足本節要求的可接受方法。本節的目的不是要解決在異常情況下（例如建築物中的火災）產生的有毒和劇毒氣體的存在。

A. 4. 1. 2. 3(3)人員一詞可以指負責 ESS 的操作和維護的呼叫中心、個人或部門。

A. 4. 1. 3. 1 NFPA 1620 提供了製定事前計劃的標準，供應對緊急情況的人員使用。可以是幫助制定事故前計劃的有用資源，以幫助人員有效地管理事件和事件，以保護人員、響應人員、財產和環境。

A. 4. 1. 3. 2. 1. 4 (3) 儲能管理系統 (ESMS) 監視和響應與 ESS 相關的各種正常和異常情況。這些條件中有許多與非緊急情況相關，例如能效和較小的電壓波動。熄滅正常情況也可能表示需要維護和保養，或者在某些情況下，請關閉 ESS，直到可以由經過訓練的人員評估情況為止。可能會有防火部門希望收到的某些 ESMS 通知，這些通知必須包含在設施應急操作計劃中。與通知相關的危險程度將使消防部門知道非正常情況下需要採取何種級別的響應（如果有）。

A. 4. 1. 3. 2. 1. 4 (4) 程序可包括發出警報、通知防火部門、疏散人員、關閉設備電源以及控制和滅火。

A. 4. 1. 4. 1 防災分析 (HMA) 的一種形式是故障模式和影響分析 (FMEA)，這是一種用於故障分析的系統技術，FMEA 通常是系統可靠性研究的第一步，涉及對以下方面進行審查：盡可能多的零部件、組件和子系統，以識別故障模式及其原因和結果。對於每個組件，都會記錄故障模式及其對系統其餘部分的影響。根據評估系統的複雜性和類型，也可以使用其他形式的分析方法進行分析。可以在以下標準中找到分析指南：

(1) IEC 60812，系統可靠性分析技術-故障模式和影響分析程序 (FMEA)

(2) IEC 61025，故障樹分析 (FTA)

(3) MIL-STD-1629A，執行故障模式、影響和臨界狀態的程序

A. 4. 1. 4. 5 為使 ESS 符合防災分析接受標準，除本標準中規定的內容外，還可能要求建築物所有者提供建築、設備和防護系統。本節闡明，必須根據國家認可的標準來安裝、測試和維護這些保護措施。

A. 4. 1. 5. 1 UL 9540A 測試或等效方法應評估遭受熱失控（例如由於故障、物理損壞或暴露危險而發生）的 ESS 的著火特性。大尺度火災測試生成的

數據旨在供製造商、系統設計人員和 AHJ 使用，以確定 ESS 安裝所需的防火和防爆防護。

A. 4. 1. 5. 4 測試報告將提供非專有資訊，其中包括描述被測單元的尺寸和能效等級、模組和 ESS 單元的型號，測試設施中 ESS 的方向以及與之接近的位置、待測的 ESS 單元到相鄰的 Ess、牆壁和監視傳感器。測試報告還包括一整套測試結果和量測結果。

A. 4. 2. 1 可以預見，所提供的設備將根據 UL 9540 列出。為根據 UL9540 列出的 ESS 宜進行記錄，並使用第 1.5 節中的等效要求驗證是否符合本標準的規定，其中所提供的技術文件顯示所建議的 ESS，其安全性不低於 UL 9540 構造和性能要求的系統安全性。則評估和文件宜由認可的第三方認證組織進行的現場評估的一部分提供。

在特定情況下，該標準不需要列出諸如鉛酸電池之類的設備。

A. 4. 2. 1. 2 本小節符合 NFPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，適用於鉛酸或鎳鎘電池。

A. 4. 2. 3. 3 本小節符合 NFPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，適用於鉛酸或鎳鎘電池。

A. 4. 2. 8. 2 公用事業交互式逆變器在逆變器的電源側和交流公用事業接口之間形成保護屏障。如果出現公差超限連接，逆變器將關閉交流輸出。根據 UL 1741 針對此應用進行調查和列出的逆變器帶有“實用交互式逆變器”標記。

A. 4. 2. 9 能量存儲管理系統的最常見形式是電池管理系統，其驗證所標識的系統參數是否保持在所涉及的 ESS 技術的銷售價值範圍內方面發揮著關鍵作用。除了關閉系統之外，ESMS 還可以將系統狀態條件傳輸給現場人員和非現場人員，以將異常狀態通知他們。

A. 4. 2. 9. 3 當 AHJ 要求時，本地可見警報旨在向現場應急響應者提供有關 ESS 潛在危險狀況的資訊，以便採取適當的部署策略。本部分的目的不是要求 ESMS 將警報信號傳輸到異地。ESS 製造商最有資格使用其設備識別危險狀況，而不僅僅是異常狀況。這些條件通常包括高溫，但也可能包括其他條件，例如過充電、短路等。AHJ 應諮詢負責系統的人員，以確認用於識別危險情況的條件是否被理解和接受，以及位置充分確定有故障的單元

可見訊號可以由 ESS 裝置、訊號器面板或其他認可的裝置上的彩色燈組成。

A. 4. 2. 9. 5 這符合 NFPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，並適用於鉛酸或鎳鎘電池。

A. 4. 3. 2 足夠的工作空間對於與電氣安全相關的工作規範至關重要。NFPA 70 的第 110 和 706 條規定了電氣設備的工作空間要求。NECA 416 是另一種安裝標準，提供了有關工作空間要求的準則。

A. 4. 3. 5 標牌為在裝有 ESS 的建築物或設施中發生火災或其他事件的消防員和應

急人員提供重要資訊。快速了解以下內容對於維護其安全至關重要：

- (1) 可用於斷電和隔離電氣系統部分的多個斷開開關的存在和位置
- (2) ESS 房間和區域的位置以及房間或區域內 ESS 的類型
- (3) 與 ESS 技術相關的重大危害

該標準的目的是允許靈活地使用所需標牌上的確切措辭，因此不會與其他規範和標準產生衝突。

一些管轄區可以選擇用 NFPA 704 危害識別系統標記或 NFPA 1 附件 E 中所述的消防員安全建築標記系統來補充這些必需的標記。但是，某些 ESS 技術的危害沒有在危害等級系統中明確分類或沒有危害。

- A. 4. 3. 5. 2 該標誌可分為多個部分。例如，製造商是否提供自己的有關火災抑制系統的單獨標牌。
- A. 4. 3. 7. 3 可能需要護欄間距，並且根據位置有更大的間距要求。
- A. 4. 3. 7. 4 不宜將安裝在住宅車庫中的 ESS 安裝在可能使停在車庫中的汽車與 ESS 接觸的地方，可以通過將 ESS 放置在 6 in 的位置來保護被認可的障礙物。通過將 ESS 組件放置在高於潛在撞擊高度的高度上，或通過將 ESS 凹進車庫門的寬度不是一側的整個空間的一側 (152.4 mm)，將其放置在車庫的側面車庫。
- A. 4. 3. 9. 3 (2) 符合 NFPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，並適用於鉛酸或鎳鎘電池，
- A. 4. 4. 3. 5. 2 步入式 ESS 是人員可以出於任何原因進入裝有系統或系統組件的機櫃或容器的單元。這包括封閉在類似於 ISO 運輸集裝箱的外殼內的 ESS。不包括 ESS 機櫃，人員可以在那裡部分進入圍蔽體中進行維修或維護。
- A. 4. 4. 3. 9 分類區域可能包含危險和易燃的氣氛，可能會損壞 ESS 安裝。除非正確列出，否則 ESS 裝置也可能為這些環境提供引燃源。有關更多資訊，參照 NFPA 70、IEEE C2、NFPA 497 或 NFPA 499。
- A. 4. 6 本節包括旨在防止源自單個儲能單元的火災容易擴散到相鄰的儲能單元或從安裝 ESS 的火災區域之外的要求。這是通過限制單個單元的總能量容量來限制單個儲能單元內的潛在火災規模來實現的。通過在各個儲能單元之間以及單元與牆壁之間需要一定的間距，還可以降低源自一個單元的著火可能性，因為其引燃了相鄰的單元，或者通過輻射熱傳遞而破壞了耐火牆。提供了一個選項，可以通過成功通過根據 4.1.5 的大尺度火災測試來增加單個單元的能量容量或減小間距。
- A. 4. 6. 6 這符合 NFPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，並適用於鉛酸或鎳鎘電池。
- A. 4. 7 有人居住的工作中心通常是在電子設備或計算機房中設有可佔用空間的固定電池系統的區域。這些地點的人員不負責維護或維修電池系統。提供本節中的要求是為了幫助確保他們的安全以及派遣到工作區域的應急人員的安全。
- A. 4. 9 本節介紹在正常充電、放電和使用條件下，與 ESS 釋放可燃氣體相關的危

險。多年以來，防火法規中一直有類似的要求，主要是解決固定通風式鉛酸蓄電池系統中的氫氣排放問題，但不限於該技術。

本部分無意於防止在異常充電或熱失控條件下釋放可燃氣體。這些條件在第 4.12 節中說明。此外，本節不管制有毒和高毒氣體的通風，這些通風按 4.1.1 的規定進行。

A. 4. 9. 2 參見 IEEE 1635 / ASHRAE 21，其中涵蓋了使用排氣（充滿）鉛酸、閥控式鉛酸（VRLA）的固定式電池系統的通風和鎳鎘（Ni-Cad）電池。

A. 4. 10. 2 此項要求旨在解決與其他重要建築物或建築物不相鄰的偏遠地區的小型、通常無人的建築物，例如中繼站。它不適用於城市或郊區的結構。AHJ 確定哪些結構被認為是遠程的。在這些小型、偏遠的結構中安裝和維護煙霧檢測器的困難，以及加熱和冷卻以將煙霧檢測器保持在所列規格範圍內，是造成這種排斥的原因。

A. 4. 10. 3 這符合 NFPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，並適用於鉛酸或鎳鎘電池。

A. 4. 11. 1 只有在標準的其他地方另有規定時，才需要火災控制和火災抑制來防護 ESS。例如表 4.4.2、表 4.4.3 和表 4.4.4。

本節中的火災控制系統要求旨在為 ESS 室和裝有 ESS 的室外步入式單位提供防護。該防護具有以下兩個目的：

(1) 防護建築物和附近的暴露區域免受 ESS 引發的火災。

(2) 防護 ESS 免受撞擊到 ESS 的外部暴露火。

分階段進行抑制的方法可以幫助減輕故障點並減少可能導致熱失控或其他更嚴重火災情況的火災影響

熱失控，儘管已證明非水滅火方法可以有效地抑制 ESS 圍蔽體中的 B 級和 C 級火災，但是水基和非水基電流抑制劑都可能無法阻止熱失控。除非另有說明，否則沒有發布的案例研究、測試報告或生成的數據。本標準中的當前防護概念（包括大小和間距，最大額定能量和高程）旨在防止熱失控事件從一個 ESS 單元傳播到另一個 ESS 單元，以防止室內或室外步入式火災單元，並且不允許其影響暴露。

A. 4. 11. 2. 1. 1 UL 9540A 安裝等級測試，方法 1 提供了確定是否可以更改自動灑水裝置設計密度所需的數據。4.1.5 允許的等效測試標準可以提供可比較的數據。

A. 4. 11. 3. 1 UL 9540A 安裝等級測試方法 2 提供確定其他固定式火力控制和抑制系統是否適合該應用所需的數據。4.1.5 允許的等效測試標準可以提供可比較的數據。

A. 4. 11. 3. 2 Gaseous 代理商。氣態滅火劑滅火系統可以通過以下兩種方式之一來保護 ESS 火災：

(1) 總浸水系統用於火災危害周圍有一個永久性的圍蔽體，足以使設計集中度得以建立並保持所需的時間，以確保所涉及的特定可燃材料的火災完全和永久地撲滅。對於總浸水系統，潛在的洩漏源宜包括在氣態試劑設計量中，

其中宜包括通過通風閘門洩漏。通常，通風閘門是由重力致動的（即，當氣態試劑排出時通風風扇自動關閉）或由壓力致動的（即，由配重和由氣態試劑致動的壓力鎖門關閉）。還宜考慮圍蔽體壁和基礎之間的界面洩漏。對於 ESS 圍蔽體，如果圍蔽體的正常溫度超過 200°F (93 °C) 或低於 0 °F (-18°C)，則宜根據適當的 NFPA 標準或製造商的說明手冊調整氣態試劑程度。

- (2) 局部應用系統用於撲滅未密閉的火災危害或密閉性不符合總浸水系統要求的可燃氣體、液體或固體的表面火災。對於局部應用系統，必須防護整個火災危害。危險區域宜包括所有可能發生溢出、洩漏、飛濺、冷凝等的區域，以及可能導致火災蔓延到防護區外或導致火災蔓延至防護區的可燃材料。這種類型的危險可能需要防護欄、排水溝或溝渠阻止任何可燃物質洩漏。當多個 ESS 設備的火災危害在他們要介入的區域中時，應採取措施以確保可以同時防護這些危害，這可能涉及將危險細分為多個部分，並為每個部分提供獨立的防護。

應根據以下因素設計總浸水系統和局部應用氣態介質系統，包括但不限於以下各項：

- (1) 涉及的特定可燃材料，包括建築系統和電池電解液，以較高者為準。
- (2) 通過適當的電池電解液的杯式燃燒器測試確定的電解液設計濃度。
- (3) 設備和圍蔽體的具體配置。
- (4) 設計在一段時間內保持圍蔽體內的設計集中度，以確保撲滅火災，並且 ESS 的圍蔽體溫度已冷卻至存在的可燃材料的自燃溫度以下，並低於可能引起緊急行動計劃中定義的熱失控的圍蔽體溫度。
- (5) 一旦熱失控開始，抑制系統就無法冷卻內部電池溫度。

為了減少潛在的停機時間，氣態滅火劑滅火系統通常宜設計成能夠提供兩次完全排放，以避免必須關閉 ESS 直到氣態滅火劑儲罐可以補充之前，特別是在小火或意外排放之後。兩次完全排放宜使用氣態劑儲層總容量的 90 % 作為最佳設計；但是，最高可以接受 95%。對於周圍溫度高於氣態儲氣庫正常運行條件的應用，宜使用帶有通風孔的遮蔽物或類似的替代物。如果環境溫度低於氣態儲氣罐的正常運行條件，則宜使用儲氣罐加熱器（例如浸入式加熱器）和儀表管線加熱器，或者在適用的情況下，可以用氮氣對儲氣罐進行超壓以維持在低溫環境中所需的流量和壓力。某些類型的氣態劑系統需要警告標誌和安全說明。用戶宜參考那些系統的相應 NFPA 標準以了解詳細要求。

在使用總淹沒氣體系統的地方，宜通過自動關閉風扇和自動關閉門，通風閘門和其他開口的方式，將 ESS 圍蔽體佈置為最小洩漏。在 ESS 運行期間，可能需要大量的冷卻和通風空氣。ESS 關閉後，該氣流將不會立即停止，宜在滅火系統設計中予以考慮。同樣，可以考慮根據 NFPA 2001 的 5.3.6 進行連續混合，因為有助於冷卻，改善混合併並且改善試劑在電池架中的

分散。

如果在發生火災時氣體水平繼續增加，則應在許可的位置使用操作設備，以使消防部門可以在認為有必要的保持時間到期之前開始排氣。

如果電池受損，抑制系統可以撲滅火災，但不會阻止熱失控或排氣，從而形成潛在的爆炸環境。與天然氣火災類似，如果允許天然氣積聚，則會形成更加危險的狀況。有時排氣比抑制更為關鍵。如果在抑制過程中氣體檢測系統繼續發現可燃氣體或有毒氣體的含量增加，則可能需要通過直接連接到氣體檢測系統或手動操作來進行排放。抑制系統可能尚未達到其保持時間，並且可能已排出滅火劑。即使已撲滅火災併已達到保持時間，也應在發生任何後續事件的情況下監視氣體檢測系統，稍後可能還需要排氣。水霧，水霧滅火系統需要專門設計用於受防護的特定 ESS 安裝或圍蔽體的尺寸和配置，目前還沒有公認的水霧系統通用設計方法。需要通過根據 4.1.5 的大尺度防火測試為每個製造商的系統確定系統特徵，例如噴嘴間距、流速、液滴尺寸分佈、錐角和其他特性，以獲得每個特定應用的清單，並且必須根據 NFPA 750 進行設計、安裝和測試。

放電持續時間，只要溫度高於自燃溫度的危險和可能發生熱失控的溫度，滅火系統的放電持續時間就宜保持。宜向製造商諮詢適用的 ESS 冷卻時間。在確定最短放電時間時，還宜考慮證明 ESS 滅火時間的防火測試資訊。建議最小放電時間不小於為所用抑制劑滅火所證明的時間。必須延長放電時間，以防止由於悶燒和熱浸而引起潛在的著火。在有效保持設計濃度的情況下，應提供替代系統。

A. 4.11.6 這符合 NIPA 70 的 90.2 (B) (5) 的範圍，並適用於鉛酸或鎳鎘電池。

A. 4.12 在諸如熱失控、火災和異常故障之類的故障情況下，某些 ESS，特別是電化學電池和電容器，開始釋放易燃氣體和有毒氣體，其中可能包括 CO、H₂、乙烯、甲烷、苯的混合物、HF、HCl 和 HCN。除其他事項外，這些氣體具有爆炸危險，需要減輕，提供爆炸控制以減輕這種危險。

第 4.9 節的排氣通風要求和第 4.12 節的爆炸控制要求均旨在減輕與電池室和步入式單元釋放可燃氣體相關的危害。不同之處在於，排氣通風旨在為電池系統正常充電和放電過程中釋放的可燃氣體提供防護，因為某些電化學 ESS 技術（例如通風的鉛酸電池）在充電時會釋放氫氣。

相比之下，第 4.12 節的規定旨在異常情況下（例如熱失控）為電化學 ESS 提供防護，這可以通過過度充電、短路和過熱技術（例如鋰離子電池）來避免，而偶然發生的則是這種情況不會釋放，在正常充電和放電期間可檢測到數量的可燃氣體，但是在熱事件中會釋放出大量的可燃氣體。

A. 4.12.1 此要求針對的是房間、建築物和步入式單元，而不是針對安裝在室內或戶外的機櫃中或開放式車庫中的 ESS。

NFPA 68 適用於設備、系統的設計、定位、安裝、維護和使用，這些設

備和系統可排放由於外殼內爆燃而產生的燃燒氣體和壓力，從而最大程度地減少結構和機械損壞，並為設計、安裝以及維護爆燃孔和相關部件。

NFPA 69 適用於系統的設計、安裝、操作、維護和測試，可通過以下方法來防止在含有易燃氣體、蒸氣、薄霧、粉塵或混合混合物的易燃濃度的外殼中發生爆炸：

- (1) 氧化劑濃度的控制
- (2) 可燃物濃度的控制
- (3) 爆燃前的引燃源探測與控制
- (4) 防爆
- (5) 主動隔離
- (6) 被動隔離
- (7) 爆燃壓力抑制
- (8) 被動爆炸抑制

有關易燃氣體成分和釋放速率的數據（例如 UL 9540A 大規模火災測試中包含的數據）提供設計有效爆炸控制系統所需的資訊。

A. 4. 13. 1 供水可以是以下各項之一或任意組合：

- (1) 與認可的公共或私人水廠系統的連接
- (2) 包括消防泵的連接
- (3) 連接到根據 NFPA 22 安裝並由認可的來源填充的級別或以下級別的儲水箱
- (4) 連接置壓力罐，並由經認可的來源填充
- (5) 連接重力水箱，並由經認可的來源填充
- (6) 壓力水管、水渠、河流、湖泊、池塘或蓄水庫
- (7) 水池
- (8) 循環水或再生水，其中建築工程師（或其代理商）分析了水的來源和水的處理過程（如果有），並確定了任何材料、化學物質或污染物在水中不會對與之接觸的組件造成危害。

A. 4. 13. 6 這符合 NFPA 70 的 90. 2 (B) (5) 的範圍，並適用於鉛酸或鎳鎘電池。

A. 4. 14. 2 實現此保護的方法可以包括但不限於以下方法：

- (1) 室內或戶外類似區域的不漏液體的傾斜或凹陷地板
- (2) 室內或戶外類似區域的不漏液體的地板上裝有液體輕度升高或降低的檻或堤
- (3) 集水和收集系統

A. 4. 15. 1 在 UL 2436 中提供了確定本小節中和要求的符合性方法，UL 2436 研究了液體緊密性、電解質吸收程度、pH 中和能力以及溢出圍阻體系統的耐火焰蔓延性。

A. 5. 1 在公用設施專有控制之下的通信設備安裝，位於室外或專用於此類安裝的

建築物中，不在 NFPA 70 的範圍之內，本節未涉及。

A. 5. 2 在公用設施專有控制之下的通信設備安裝，位於室外或專用於此類安裝的建築物中，不在 NFPA 70 的範圍之內。

A. 6. 1. 1. 2 北美電力可靠性公司 (NERC) 和聯邦能源管理委員會 (FERC) 是兩個實體的示例，已經或正在制定電力公用設施 ESS 安裝的要求，這些要求構成了政府法律和法規的基礎

A. 6. 4 ESS 調試和操作後，便成為現有系統。有時可能會更改、重新定位、添加、翻新或以某種方式修改現有系統或系統的受影響部分，而不僅僅是簡單的服務或實物零件和組件的更換。當在系統上進行任何這些活動時，沒有文件或驗證系統可以正常運行（例如，原始調試計劃和報告不一定支持該系統，因為這些活動已被一個或多個人以某種方式進行了修改）。這就需要再次調試生成的系統。儘管在這種情況下可以使用術語“重新調試”，但是該術語也可以用於描述（再次）在新系統上進行初始調試活動的行為，該初始調試過程失敗並被重做。對於現有系統或已進行某種方式修改的系統受影響部分，該標準的目的只是根據 6. 4 節中的調試要求重新調試該系統。

A. 6. 4. 2 列出的軟體更改宜視為系統更新，因為這是列出的更改，

A. 6. 4. 4 在現場修改列出的 ESS 時，可以更改其能力以符合用於列出產品的標準中的要求。對於 AHJ 和服務人員而言，很難或不可能驗證混合產品是否符合那些要求。認證組織具有評估修改的專業知識，並具有現場評估程序來調查修改後的產品並在產品上提供現場評估標籤。預計不需要現場評估來評估所列設備隨附的使用說明書中確定的修改，例如換出或添加所列模組。也沒有預料到需要進行現場評估，以進行不會損害產品整體安全性的類似維修。

A. 7. 1. 2(6) 工程文件的示例包括單線圖、鎖定/掛牌程序以及沖擊和閃光標籤。

A. 8. 1. 2 北美電力可靠性公司 (NERC) 和聯邦能源管理委員會 (FERC) 是實體的兩個示例，已經或正在制定電力公用設施 ESS 安裝的除役要求，這些要求構成了政府法律和法規的基礎。

A. 8. 1. 3 除役計劃宜包括的考慮因素包括但不限於以下幾點：

(1) 標識所有能源（電池、其他圍蔽體或結構中的連接電池）逆變器（也稱為電力轉換系統 (PCS)），直流匯流排預先電力供應，UPS，電池的支撐設備以及交流或直流輔助備電力設備和配電系統。

(2) 有關 PPE 的資訊以及根據需要使用的要求（視現場情況而定），注意每個電氣設備機櫃宜已具衝擊，並已按照 NFPA 70E 粘貼了閃光警告標籤。

(3) 通知宜將 ESS 放電到安全充電狀態 (SOC) 以進行運輸。

(4) 確保在除役過程中，關鍵支撐設備，例如但不限於火災探測和抑制設備、緊急照明、使除役容易做的電氣電路等在可能的範圍內保持運行。

(5) 警告，在隔離所有能量源並將其鎖定之前，請勿斷開任何 ESS 接地。

- (6) 斷開和關閉與系統或其組成部分相關的所有電池和支撐或輔助設備的通知。
 - (7) 隔離所有能源，從故障能量最高的那些源開始，方法是隔離互連的交流點，然後隔離列，然後隔離各個電池模組。
 - (8) 需要機械拆卸電池托盤並將其放入原裝或同等包裝材料中或保護端子。
 - (9) 確保在從現場移走材料之前，根據管理分類的法規對材料進行正確分類和包裝(例如，-要求在公共道路上運輸的貨物符合 DOT 法規，包括經 UN / DOT 38.3 測試的鋰包裝-離子電池和 UN2800 用於 VRLA 不溢出電池的包裝)。
 - (10) 作為除役的一部分並且在拆卸之前，需要從與系統相關的其他設備上拆卸電池。
- A. 9. 1. 1 附件 B 包括與 ESS 相關的一般危害的資訊。 B. 5 節說明商用電池技術及其相關的危害。
- A. 10. 1. 4 本章未包括的用於公用設施的電容器 ESS 是典型的技術，這些技術具有帶有聚合物膜(聚丙烯)和芳香烴流體電介質的金屬化膜電極，被稱為金屬化膜電容器或所有薄膜電容器。
- A. 15. 1 住宅。根據當地建築規範，具有獨立的建築物或連棟住宅結構的任何部分與連棟住宅結構的其餘部分分離，並具有耐火組件，其中包含不超過兩個擬使用，出租、租賃、出租的住宅單元或出租出去或為了居住目的。
(13D: 3. 3. 3)
- A. 15. 7. 3 電動車電池不應包含在 15. 6. 1 的總能量容量限制中。

附件 B 電池儲能系統的危害

本附件不是本 NFPA 文件要求的一部分，而是僅出於提供資訊的目的。

- B. 1 概述。電池儲能系統(ESS)具有足夠的安全保護設計，並且以維護系統安全的方式進行安裝、操作和維護，可以安全運行，而不會發生意外，這已由當前在現場安全運行的系統證明。安全控制和防災的方法需要考慮與這些系統相關的固有危害，具體取決於電池技術。
- B. 2 危害關係
- B. 2. 1 ESS 需要解決的危害是火災和爆炸危害、化學危害、電氣危害、絞合電能線或儲能危害以及身體危害。這些危害可能因技術而異，但與緊急情況和異常情況相比，在正常操作條件下也可能有所不同。
- B. 2. 2 可以通過控制起火三角的元素來評估潛在的火災危害。這些元素是燃燒的燃料、氧化劑和引燃火源的熱量。除非存在足夠濃度的燃料、氧化劑和足以引燃該濃度的熱源，否則不會發生火災。
- B. 2. 3 化學危險性根據涉及火災或其他緊急事故的 ESS 的 OSHA/NIOSH 危險材料限制(針對 ESS 的正常操作)和 NFPA 704 進行分類。
- B. 2. 4 對於從事 ESS 工作的人員，可能接觸大於 50 V 的通電部件並暴露於入射能量程度為 $1.2 \text{ cal} / \text{cm}^2$ ($5 \text{ J} / \text{cm}^2$) 的電能飛弧中(潛在導致皮膚上的二級燒傷)，如 NFPA 70E 所述電擊和閃光，需要解決 ESS 緊急響應人員因

暴露於火或其他緊急事件而造成的電氣危險，包括潛在的電弧故障和電擊危險。由於損壞的零件和水造成的短路。由於第一響應者不是受過訓練的電氣工人，並且可能沒有適當的 PPE 以直接接觸帶電部件或電弧閃光事故，因此需要從接受過訓練的具有適當 PPE 的工人所允許的電壓和可接受的能量中降低可接受的電壓和入射能量。

- B. 2.5 絞合電能或儲存能量一詞是指包含在 ESS 的全部或部分中未量化的危害程度的電能，包括已被損壞和/或被認為已放電並且對人體有害的危害，接觸不知道危害能量的系統。由於此危害表示潛在的未量化電氣危害，因此允許的級別將有所不同，具體取決於是否屬於正常條件，以供受過訓練的工人進行維修和更換，還是屬於處理仍可能包含危害能量的受損 ESS 的應急人員。
- B. 2.6 身體的危害是指接觸具有足夠動能的零件，具有可能導致燒傷的危害熱特性的零件，或含有處於危害壓力程度的流體，其結構完整性不足以安全地容納流體或安全釋放壓力的能力時，人員可能遭受的危害。對於電化學 ESS，如果未適當隔熱，則在正常操作和維修期間，接觸某些技術的工人可能存在燒灼傷危害。
- B. 2.7 在正常操作下，這些系統沒有已知的高壓危害，但在異常情況下，由於內容物過熱可能導致過壓，這可能導致身體危險。這可能會對處理受損的 ESS 的急救人員構成危害。除了可以適當保護的系統工廠組件中其餘部分（例如冷卻或通風風扇葉片）中的活動部件外，與市售電池 ESS 無關，也沒有動能危害。
- B. 3 正常運行條件下的危險注意事項。
- B. 3.1 火災和爆炸危險。在正常操作條件下，起火和爆炸危險可能是由於熱源（例如帶電部件等）引起的，在維修或保養過程中熱源可能與可燃材料接觸，或者引燃可燃物或易燃液體和固體，可能發生如 ESS 正常操作的一部分，例如從向大氣開放的含水電解質中排出氫氣。
- B. 3.2 化學危害。在正常操作條件下，與系統接觸以進行維護、維修和更換系統的工作人員可能會接觸到危險物質。OSHA 和 NIOSH 制定了有關有害物質暴露的準則，包括對在正常操作維護期間可能暴露的工人的限制等。

化學危害的示例如下：

- (1) 液體危害：
- (a) 腐蝕性電解液：pH 值小於 2 或 11.5 的電解液被認為具有腐蝕性（酸或腐蝕性）。對於帶有這些電解質的系統，這是一個問題，在維護或正常運行期間可能會出現洩漏或溢出的情況。宜採取措施控制溢出，並且工人疑擁有適當的安全工作程序和防護服，才能在使用這些腐蝕性液體的系統周圍工作。
- (b) 有毒液體：在某些系統的正常操作、維修和維護期間，有可能接觸有毒液體。在 OSHA 危險材料指南中可以找到有關工人接觸有毒液體的指南。接觸

這些系統的工人需要意識到潛在的危害，並具有適當的程序和設備/ PPE 以避免這些危害。

- (2) 氧化劑：在 ESS 中存在氧化劑的可能性。氧化劑會增加其他材料的可燃性。NFPA 400 中的附錄 G 提供了有關對氧化劑材料進行分類的測試的信息，並根據其分類識別已知的氧化劑。NFPA 400 中的附件 G 還提供了有關安全措施的指南，當存在大量暴露的已知氧化劑時，這些氧化劑可能在含有氧化劑的某些 ESS 科技的正常維護條件下發生。
- (3) 氣體-毒性氣體：在某些 ESS 系統的正常維護和服務條件下，存在暴露於毒性氣體的可能性，OSHA 和 NIOSH 提供了有關暴露的指導，包括允許的暴露極限 (PEL)。在一個 8 或 10 個小時的工作日內所建議的暴露極限 (REL)，上限，這是安全暴露的上限，和 IDLH，代表對生命和健康具有直接危險的濃度。
- (4) 固體：某些電池技術中可能包含的與水反應的有毒金屬通常在這些系統的日常維護和保養期間不會暴露，但在異常情況下會出現問題。包含這些危險材料的電池應標有 NFPA 704 鑽石危險標誌。

B.3.3 電氣危害。在正常運行條件下，某些電池系統可能存在電氣危害，需要在運行和維護過程中加以解決。在正常操作條件下可能發生的電氣危害如下：

- (1) 電擊：電壓超過 50 V (根據 NFPA 70E 的電擊極限) 的 ESS 可能會對受過訓練的工人造成危害，這些工人在系統的操作和維修過程中可能會接觸到帶電部件。維修這些系統時，工人必須使用適當的標籤、程序和防護設備。
- (2) 電弧閃光：入射能量程度大於 $1.2 \text{ cal} / \text{cm}^2$ ($5 \text{ J} / \text{cm}^2$) 的 ESS，應計算出電弧閃光邊界，並通過標記加以標識，並採取適當的程序和設備以防止工人在正常操作和維修過程中受電弧閃光傷害。
- (3) 絞合電能或儲能危害：可以累積並保留以備將來使用的能量 (通常以電的形式) 是絞合電能或儲能。絞合電能或儲能危害的一個示例是工人暴露於未充分放電的 ESS 或已損壞的 ESS，並且存在電擊和電弧閃光的潛在危害。在正常操作條件下，裝有商業和工業電池 ESS 的場所應保持現場指示，以隔離危險電壓和能量以進行維護，並釋放電池以安全更換和處置。住宅和小型商業系統宜提供資訊，並應提供經過訓練的技術人員來執行這些職責，以確保絞合電能和儲能在正常操作條件下不構成危害。

B.3.4 身體危害。身體危害可包括以下內容：

- (1) 燒傷危害：維護期間潛在接觸高溫表面，如果不佩戴 PPE 可能會導致燒傷。
- (2) 包含加壓流體 (包括壓縮氣體) 的零件。
- (3) 具有動能的零件：設備組件的 ESS 平衡部分，如果沒有適當的保護，可能包含可以造成傷害的移動部分。對於電池和飛輪的混合系統，這可能也是一個問題。

B.4 緊急/異常情況下的危險注意事項。

B.4.1 火災危害。火災危害可能包括以下內容：

(1) 在緊急異常情況下，可能會由於引火源附近的可燃氣體的過熱和排放而導致可燃/易燃濃度。如果存在熱零件的情況下排出的氣體（如氫氣）濃度足以產生可燃/易燃的濃度，則會著火，從而引起火災或爆炸。除了諸如 β 鈉之類的全密封電池外，所有電池都具有緩解過熱時內部壓力的方法，以防止電池單元爆炸引起的過高壓力。

(2) 在短路等異常情況下，電氣零件的過熱會引起火災。

B.4.2 化學危害。化學危害的示例如下：

(1) 液體危害如下：

(a) 腐蝕性溢出物：pH <2 或 11.5 的液體被認為具有腐蝕性，危害等級 3，根據表 B.1，健康危害等級表，與之直接接觸的人員可能造成嚴重或永久的眼部傷害，在 NFPA 704 中適用。某些系統含有腐蝕性液體。在緊急情況/異常情況下，可能會導致系統洩漏或溢出。含有腐蝕性液體的電池應在 NFPA 704 危險鑽石中標記為健康危險等級 3。

(b) 有毒液體蒸氣接觸：在緊急情況下，例如火災、危險洩漏和溢出，液體蒸氣有不同程度的毒性。NFPA 704 概述了一系列危害等級，如下所示：

i. 等級 4：在緊急情況下具有致命性。

如果 LC₅₀ 小於或等於 1000 ppm，則在 68°F (20 °C) 時飽和蒸汽濃度等於或大於 LC₅₀ 對急性吸入毒性的 10 倍的任何液體

ii. 等級 3：可能導致嚴重或永久性傷害。在 68°F (20°C) 時飽和蒸氣濃度等於或大於 LC₅₀ 的任何液體，如果其 LC₅₀ 小於或等於 3000 ppm，並且不符合危害程度基準，則具有急性吸入毒性危險等級 4

iii. 等級 2：在緊急情況下可能導致暫時的失能或殘留傷害。在 68°F (20°C) 時飽和蒸汽濃度等於或大於其 LC₅₀ 的五分之一的任何液體，如果其 LC₅₀ 小於或等於 5000 ppm，則具有急性吸入毒性，並且不滿足危險等級 3 或等級 4 的危害程度基準

iv. 等級 1：在緊急情況下會引起嚴重刺激。急性吸入毒性的 LC₅₀ 大於 10 mg / L 但小於或等於 200 mg / L 霧。

(2) 氧化劑：在 ESS 中存在氧化劑的可能性。氧化劑會增加其他物質的燃燒強度。NFPA 400 中的附錄 G 提供了有關對氧化劑材料進行分類的測試的資訊，並根據其分類識別已知的氧化劑。NFPA 400 中的附錄 G 還提供了有關安全措施的指南，當存在大量暴露的已知氧化劑時，使用該氧化劑，可能會在某些含氧化劑的特定 ESS 技術的異常情況下發生。含有氧化劑的電池應在 NFPA 704 危險鑽石的特殊危險部分中標記。

(3) 固體：某些電池技術包含與水反應的材料，當與濕氣包括空氣中的濕氣接觸時會劇烈反應。儘管在正常操作條件下不會暴露，但這些材料在異常條件下可能會暴露。含有水反應性物質的電池應在 NFPA 704 危險鑽石中標出。

(4) 氣體-有毒氣體：類似於從液體中散發出來的有毒蒸氣，有毒有害氣體的危

害程度從 4 級到 1 級：

- (a) 等級 4：在緊急情況下可能致命的氣體：對於急性吸入毒性， LC_{50} 小於或等於百萬分之 1000 (ppm) 的氣體
- (b) 等級 3：在緊急情況下可能導致嚴重或永久傷害的氣體，其急性吸入毒性的 LC_{50} 大於 1000 ppm 但小於或等於 3000 ppm 的氣體
- (c) 等級 2：在緊急情況下可能導致暫時失能或殘留傷害的氣體；急性吸入毒性 LC_{50} 大於 3000 ppm 但小於或等於 5000 ppm 的氣體
- (d) 等級 1：在緊急情況下會引起嚴重刺激的氣體；急性吸入毒性的 LC_{50} 大於 5000 ppm 但小於或等於 10,000 ppm 的氣體和蒸氣

注意：如 NFPA 704 LC_{50} 所述，對於吸入的急性毒性的濃度，當雄性和雌性年輕成年白化鼠連續吸入 1 小時後，半數受試動物可能在 14 天內死亡。蒸氣的吸入毒性標準是在 LC_{50} 的基礎上，即與 1 小時暴露有關的數據。

B.4.3 電氣危害。電氣危害示例如下：

- (1) 電擊：電壓高於 50 V 的電路有電擊危險，因為在緊急情況下的第一響應者將沒有在正常的維修和保養條件下所訓練的電工所擁有的訓練和保護設備。需要向維護人員和第一響應者提供有關如何解決電氣危害的資訊。另外，在緊急情況下，緊急響應者有可能暴露於接觸導電流體（例如水）的帶電部件中，並且由於異常情況而暴露於帶電部件中。電池能量系統的製造商/安裝者應為第一響應者定義隔離距離以及噴水的類型和角度。4.1.3.2.1.3 中概述的應急響應準則應解決危險電壓的隔離問題。
- (2) 電擊、電弧閃光和電弧爆炸危險：通常沒有為急救人員提供訓練和適當的防護，以防止電弧閃光、爆炸和包括衣服、手套等在內的電擊危害，因此潛在的能量充足存在將導致在緊急響應期間發生危害的電氣事件。製造商應提供有關如何減少電弧閃光和爆炸危險的應急指導。請參閱 4.1.3.2.1.3 中的應急響應指南。
- (3) 絞合電能或儲能危害：在緊急事件中受損的 ESS 可能會造成潛在的電擊、電弧閃光、電弧爆炸和著火危險。站點應該可以聯繫經過訓練的值班人員，以在緊急情況下提供幫助，以隔離潛在的危害能量，並在必要時進行隔離。消耗能量以防止某些技術在以後的時間重新點燃。對於商業和工業安裝，需要經過訓練的人員可用於現場應急響應。對於住宅和較小規模的商業系統，需要提供經過訓練的值班人員來協助急救人員並解決電池中儲存的能量釋放的問題。

注意：UL 對 PV 火災中噴水對消防員造成潛在電擊問題的研究顯示，由於使用水而引起的電擊危害取決於電壓、水傳導率、距離和噴撒方式。例如：

- (1) 從固體流向霧狀模式（錐角為 10 度）的輕微調整將測得的電流降低到感知以下
- (2) 帶電的設備不宜使用鹽水
- (3) 已確定 20 ft (6.1 m) 的距離可將潛在的電擊危害從 1000 V 直流電降低

到低於 2 mA 的程度，這被認為是安全的。

B. 4. 4 身體危害。 身體危害的示例如下：

- (1) 危害性的壓力可能是由於設備和設備的過熱而產生的，這些設備和設備沒有某些化學藥品的洩壓裝置，例如液流電池等。
- (2) 潛在的熱零件
- (3) 具有異常動能且足以對與之接觸的人造成人身傷害的裸露部件，例如在異常情況下暴露的風扇葉片等。

B. 5 市售電池技術

B. 5. 1 液流電池-一般。液流電池是類似於燃料電池的能量儲存組件，其活性材料以電解質形式儲存在反應器界面外部。使用時，電解質在反應器和儲槽之間轉移。兩種市售液流電池技術是溴化鋅和鈳氧化還原。溴化鋅液流電池在負電極處具有鋅，在正電極處具有溴化物，並且水溶液中含有含溴化鋅和其他化合物的水溶液。在充電過程中，能量以鋅金屬的形式存儲在電池內，而多溴化物則存儲在陰極池中。在放電過程中，鋅被氧化為氧化鋅，溴被還原為溴化物。鈳氧化還原液流電池在硫酸電解質中的各個氧化階段均含有鈳鹽，對電池進行充電和放電會改變電解質溶液中鈳的氧化態。

B. 5. 1. 1 鈳氧化還原液流電池。 在正常操作條件下，鈳氧化還原液流電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：不適用。
- (2) 化學性危害：含有腐蝕性液體，如果在維護過程中需要處理/補充電解質，在正常情況下可能存在安全關係。
- (3) 電氣危害：如果這些電池具有危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：不適用。
- (5) 身體危害：不適用。

緊急/異常情況下鈳氧化還原液流電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：腐蝕性液體會蒸發生成可燃性氣體（例如氫氣）。 工廠組件過熱的平衡也可能存在問題，並在異常情況下產生火災危害。
- (2) 化學危害：有大量腐蝕性。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危險電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：不適用。
- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及過熱零件、過熱系統且產生氣體時壓力釋放不足，或存在暴露，則在異常情況下可能存在身體危害。 用於移動可能缺少防護裝置的危險部件，例如風扇或暴露的泵部件。

B. 5. 1. 2 溴化鋅 (ZnBr) 液流電池。 在正常操作條件下，ZnBr 液流電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：不適用。

- (2) 化學危害：這些電池包含溴化鋅電解液，該電解液具有腐蝕性（酸）和有毒物質，根據 NFPA 704 的危險分類等級為 3。應將電解液可靠地密封在系統中，因此這僅是一個問題。如果需要在維護或安裝過程中添加電解液，請在正常操作條件下進行。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：不適用。
- (5) 身體危害：不適用。

在緊急/異常情況下，ZnBr 液流電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果由於異常情況導致系統過熱，則可能釋放出易燃氣體，如果靠近引燃源，可能會引起火災危害。工廠組件過熱的平衡也可能存在問題，並在異常情況下產生火災危害。
- (2) 化學危害：這些電池包含溴化鋅電解液，該電解液具有腐蝕性（酸性），有毒，其危險分類等級為 NFPA 704 的危險分類等級為 3。在異常情況下，應小心避免電解液濺出
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：不適用。
- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及過熱零件、過熱系統且產生氣體時壓力釋放不足，或存在暴露，則在異常情況下可能存在身體危害。移動可能缺少防護裝置的危害部件，例如風扇或暴露的泵部件。

B. 5.2 鉛酸電池-一般。鉛酸電池以稀硫酸溶液電解質為原料，以二氧化鉛為正極的活性材料，以金屬鉛為負極。在放電過程中，正電極和負電極都轉化為硫酸鉛。鉛酸電池的兩個基本類別如下：

- (1) 排氣式鉛酸電池，也稱為濕式電池或浸沒式鉛酸電池
- (2) 閥控式鉛酸（VRL）電池，有時也稱為星狀電解液或免維護電池

通風的鉛酸電池通常需要定期添加水，並且電池的內容物通過通風口/火焰捕捉器組件向大氣開放。VRLA 電池通常按大氣比例進行調節，並包含一個閥，當電池中壓力增加時該閥可以打開，然後再次關閉。通過使用凝膠電解質或通過將電解質吸收在多孔 AGM 隔板中來固定 VRLA 電池中的電解質。

B. 5.2.1 排氣鉛酸蓄電池。在正常工作條件下，排氣鉛酸電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果鉛酸蓄電池所在區域通風不良，則有可能產生氫氣濃度。但是，如果安裝符合規範，則應注意這一點。
- (2) 化學危害：可能與硫酸電解液接觸，但這僅在工人處理電解液時有危害。處理電解液的工人需要使用適當的 PPE。這些系統應根據規範提供溢出控制和中和功能。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關

的電氣危害。

- (4) 絞合電能或儲能危害：維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：僅在安裝、更換或拆卸過程中存在起重危害問題。

緊急/異常情況下鉛酸蓄電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池所在區域的通風不良，則由於異常情況導致的過熱，有可能導致通風的鉛酸電池中的氫氣濃度升高。在異常情況下可能引起問題的另一個領域是高電流電路可能短路。
- (2) 化學危害：在異常情況下，如果酸洩漏，則有可能與腐蝕性硫酸電解液接觸。在緊急情況下，第一響應者需要意識到可能發生的酸洩漏，並在這些電池周圍採取適當的小心措施。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池處於異常條件下，則可能存在儲存或絞合電能的能量危害。
- (5) 身體危害：存在過熱的可能性。

B. 5. 2. 2 閥控鉛酸蓄電池 (VRLA)。在正常工作條件下，VRLA 電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果按規定操作電池以防止過熱和熱失控，則在正常操作條件下不會產生可燃氣體。
- (2) 化學危害：這些電池是貧酯電解質類型，因此在正常操作條件下接觸腐蝕性電解質不會有問題。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：維護期間可能存在絞合電能或儲能危害，
- (5) 身體上的危險：由於電池的重量，存在起重危害，這僅在安裝、更換或拆卸過程中的一個問題。

在緊急/異常情況下，VRLA 電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：電池過熱時，在異常情況下可能會釋放出氫氣。由於可燃物濃度，可能會引起火災危害。如果電池未保持在適當的工作參數下，則有可能導致熱失控。另外，由於短路異常情況可能會引起火災。
- (2) 化學危害：儘管這些電池包含腐蝕性電解液，但沒有太多的游離電解液，這些電解液可能導致類似於排氣型的洩漏危險。如果電池盒破裂或洩漏，在異常情況下可能會出現電解液起泡或洩漏的可能性。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池處於異常條件下，則可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：存在過熱的可能性。

B.5.3 鋰離子 (Li-ion) 電池-概述。術語鋰離子電池是指其中負極 (陽極) 和正極 (陰極) 材料充當鋰離子 (Li⁺) 的主體的電池。鋰離子在放電過程中從陽極移動到陰極，並插入 (插入到陰極的晶體結構中的空隙中)。離子在充電過程中反轉，由於鋰離子在充電或放電過程中插入主體材料中，因此沒有鋰離子電池中的游離鋰金屬，因此，即使電池由於外部火焰撞擊或內部故障而著火，金屬滅火技術也不適合控制鋰離子火災。

在正常工作條件下，鋰離子電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池內部存在潛在的缺陷或防止熱失控的控制裝置存在設計問題，則可能存在火災危害。系統需要評估防止這些缺陷傳播的能力。
- (2) 化學危害：不適用。
- (3) 電氣危害：如果這些外部設備處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護或更換，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：不適用。

緊急/異常情況下鋰離子電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池由於異常情況而無法保持在適當的工作參數下，則有可能導致熱失控。另外，短路異常情況可能會引起火災。
- (2) 化學危害：在異常條件下，取決於電池的大小和故障程度，可能會釋放出有害蒸氣。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池暴露於異常條件下，則可能存在絞合電能的能量危害。如果不小心，損壞的電池可能包含儲存的能量，這在處置期間可能會造成危害。
- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及過熱部件或暴露於移動危險部件 (例如可能缺少防護罩的風扇) 中，則在異常條件下可能存在身體危害。

B.5.4 固態金屬鋰電池-一般。已經開發出使用液體電解質的鋰金屬電池用於商業用途，但是在該領域中存在安全性和性能問題。這些電池目前尚未開發用於固定電池儲能。用於 ESS 的市售鋰金屬電池不使用液體電解質。當前的鋰金屬技術是固體聚合物電解質，鋰金屬負極和諸如氧化鈮的金屬氧化物陰極與鋰鹽和聚合物結合以形成塑料複合物。必須將 SPE 型鋰金屬電池加熱到約 140°F 至 176°F (60°C 至 80°C) 才能被激活。

在正常工作條件下鋰金屬電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池內部存在潛在的缺陷或防止熱失控的控制裝置存在設計問題，則可能存在火災危害。系統需要評估防止這些缺陷傳播的能力。
- (2) 化學危害：不適用。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關

的電氣危害。

- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護或更換，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：不適用。

緊急/異常情況下鋰金屬電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池由於異常情況而無法保持在適當的工作參數下，並且由於潛在缺陷而無法評估其傳播能力，則有可能導致熱失控。此外，由於短路異常情況可能會引起火災。
- (2) 化學危害：具有水反應性鋰金屬的暴露潛能。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池暴露於異常狀態下仍可能含有危險的能級，則可能存在絞合電能或儲能危害。如果不小心，損壞的電池可能包含儲存的能量，這在處置期間可能會造成危險。
- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及過熱部件或暴露於移動危險部件（例如可能缺少防護罩的風扇）中，則在異常條件下可能存在身體危害。

B.5.5 鎳電池—一般。固定式鎳電池分為兩種主要技術：鎳鎘(Ni-Cad)和鎳金屬氫化物(Ni-MH)。第三類商品化的鎳鋅(Ni-Zn)與NiCad電池非常相似。鎳鎘電池具有用於正極的氫氧化鎳活性材料和用於負極的鎘，以及用於電解質的氫氧化鉀溶液。用於固定式應用的鎳鎘電池可以是帶氣孔的口袋板或帶氣孔的燒結板電池，是由單塊電池中的多個電池組成的，類似於帶氣孔的鉛酸電池。還具有用於維護電解質的通風孔。鎳鎘電池也可以是密封型的，例如纖維鎳鎘電池是密封的，並設有類似於VRLA電池的洩壓閥。鎳鋅電池類似於鎳鎘電池，不同之處在於負極是鋅。鎳金屬氫化物電池具有用於正極的氫氧化鎳活性材料，用於負極的金屬氫化物合金以及作為電解質的氫氧化鉀溶液。鎳氫電池採用單電池設計或帶有多個內部電池的整體式設計進行密封，並類似於VRLA電池設有可釋放壓力的可封閉閥。

B.5.5.1 鎳鎘(Ni-Cad)和鎳鋅(Ni-Zn)電池。在正常工作條件下，鎳鎘和鎳鋅電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果鎳鎘和鎳鋅電池所在的區域通風不良，則可能導致氫氣濃度升高。但是，如果安裝符合規範，則應注意這一點。
- (2) 化學危害：可能與腐蝕性/苛性氫氧化鉀電解液接觸，但這僅在工人處理電解液時存在危害。處理電解液的工人需要使用適當的PPE。這些系統應按照規範提供溢出控制和中和功能。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護或更換，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。

(5) 身體危害：由於電池的重量，存在起重危險，這僅是在更換或拆卸安裝過程中的問題。

緊急/異常情況下鎳鎘和鎳鋅電池的危害因素如下：

- (1) 火災危害：如果鎳鎘和鎳鋅電池所在區域的通風不良，則可能導致氫濃度升高。在異常情況下可能產生問題的另一個領域可能是大電流電路短路的可能性。
- (2) 化學危害：在異常情況下，如果電解液洩漏，則可能與腐蝕性/苛性氫氧化鉀電解液接觸。在緊急情況下，第一響應者需要意識到可能發生的腐蝕性洩漏，並在這些電池周圍格外小心，Ni-Cad 電池包含有毒的鎘和有害廢料。儘管在正常條件下沒有暴露，但在異常條件下，燃燒的電池蒸氣中的鎘的潛在含量可能會降低。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池暴露於異常狀態下仍可能含有危險的能級，則可能存在絞合電能或儲能危害。如果不小心，損壞的電池可能包含儲存的能量，這在處置期間可能會造成危險。
- (5) 身體危害：存在過熱的可能性。

B.5.5.2 鎳氫 (Ni-MH) 電池。在正常工作條件下，鎳氫電池的危害因素如下：

- (1) 火災危害：如果按規定操作電池以防止過熱和熱失控情況，則在正常操作條件下不應產生可燃氣體。
- (2) 化學危害：這些電池是貧酯的電解質類型，因此在正常操作條件下暴露於腐蝕性電解質中應該沒有問題。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危險的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護或更換，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：不適用。

緊急/異常情況下鎳氫電池的危害因素如下：

- (1) 火災危害：電池過熱時，在異常情況下可能會釋放出空氣。由於可燃物濃度，可能會引起火災危害。如果電池未保持在適當的工作參數下，則有可能導致熱失控。另外，短路異常情況可能會引起火災。
- (2) 化學危害：儘管這些電池包含固體雜質，但沒有太多的游離雜質，這些可能導致排氣型的洩漏危險。如果電池盒破裂或洩漏，在異常情況下燃燒的鎳氫電池會釋放有毒蒸氣，包括氧化鈷煙氣、氧化鎳煙氣等。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害的電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池暴露於異常狀態下仍可能充滿危險的能級，則可能存在絞合電能或儲能危害。如果不小心，損壞的電池可能包含儲存的

能量，這在處置期間可能會造成危險。

- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及過熱部件或暴露於移動危險部件（例如可能缺少防護罩的風扇）中，則在異常條件下可能存在身體危害。

B. 5. 6 含水鈉電池-一般。鈉水溶液電池，也稱為鈉離子電池或鹽水電池，由氧化錳正電極，碳鈦磷酸鹽複合陽極和鹽水電解質組成，並且鈉離子在註入過程中在正負電極之間嵌入充放電操作。這些鈉電池可在 23°F 至 104°F（-5°C 至 40°C）的最佳溫度範圍內工作。

在正常操作條件下，水性鈉電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果按規定操作電池以防止過熱和熱失控情況，則在正常操作條件下不應產生可燃氣體。
- (2) 化學危害：不適用。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害的電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：僅在安裝、更換或拆卸期間適用的因電池重量引起的起重危害。

在緊急/異常情況下鈉水電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：這些系統具有水性電解質，因此在異常情況下可能會放出氫氣。對於高功率系統，如果存在短路或其他異常情況，也可能存在火災危害。
- (2) 化學危害：不適用。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池暴露於異常狀態下仍可能含有危險的能級，則存在絞合電能或儲能危害的可能性。
- (5) 身體危害：存在過熱的可能性。

B. 5. 7 高溫鈉電池-一般。高溫鈉電池，有時也稱為鈉鈹電池或熔融鹽電池，是一種以金屬鈉為負極，以陶瓷 β -氧化鋁為電解質的密封電池。這些電池在 500°F 至 698°F（260°C 至 370°C）的高溫下工作，以使活性材料處於熔融狀態並確保離子電導率。有兩種類型的市售高溫鈉電池：鈉硫和氯化鈉鎳。鈉硫電池由鈉負電極， β 氧化鋁電解質和硫正電極組成，其工作溫度在 590°F 到 698°F（310°C 到 370°C）溫度範圍內，氯化鈉鎳電池由鈉負極，作為電解質的 β -氧化鋁和由鎳，氯化鎳或鈉構成的正極組成氯化物，工作溫度範圍為 500°F 至 662°F（260°C 至 350°C）。

B. 5. 7. 1 鈉硫 (NaS) 電池。在正常操作條件下，NaS 電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池內部存在潛在的缺陷或防止熱失控的控制裝置存在設計問題，則可能存在火災危害。系統需要評估防止這些缺陷傳播的能力。
- (2) 化學危害：不適用。電池包含與水反應的鈉，但是系統是密封的。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害電壓和能級，則存在與日常維護相關的

電氣危害。

- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：如果設計具有足夠的絕緣性以防止暴露於熱表面，則這些電池不應有任何危害，因為這些電池在正常工作條件下會在非常高溫下運行。

NaS 電池在緊急/異常情況下的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：由於電池和保護方案中的缺陷，這些系統可能會遭受熱失控。如果發生短路等異常情況，大型能源系統可能會引起火災。
- (2) 化學危害：如果密閉的水垢被破壞並且鈉暴露於大氣中，則有可能暴露於危險的與水反應的材料。需要 PPE 解決異常情況下的暴露。
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池處於異常條件下，可能仍然存在危險的能級，則存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及的過熱部件，則在異常情況下可能存在身體危害。

B.5.7.2 氯化鈉鎳電池。在正常操作條件下，鈉鎳氯化物電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：如果電池內部存在潛在的缺陷或防止熱失控的控制裝置存在設計問題，則可能存在火災危害。系統需要評估防止這些缺陷傳播的能力。
- (2) 化學危害：不適用。儘管鈉具有水反應性，但系統是密封的。
- (3) 電氣危害：如果這些電池處於危害電壓和能級，則存在與日常維護相關的電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果無法隔離電池進行維護，則在維護期間可能存在絞合電能或儲能危害。
- (5) 身體危害：如果設計具有足夠的絕緣性以防止暴露於高溫表面，則這些電池不應有任何危害，因為這些電池在正常工作條件下會在高溫下運行。

在緊急/異常情況下氯化鈉鎳氯化鈉電池的危害注意事項如下：

- (1) 火災危害：由於電池和保護方案中的缺陷，這些系統可能會遭受熱失控。如果發生短路等異常情況，大型能源系統可能會引起火災。
- (2) 化學危害：如果氣密密封件破裂且鈉暴露於大氣中，則有可能暴露於危險的水反應性材料中。需要 PPE 解決異常情況下的暴露，
- (3) 電氣危害：如果系統處於危害電壓和能級，則在異常情況下可能存在電氣危害。
- (4) 絞合電能或儲能危害：如果電池暴露於異常狀態下仍可能含有危險的能量水平，則存在絞合電能或儲能危害的可能性。
- (5) 身體危害：根據系統的設計，如果可觸及的過熱部件，則在異常情況下可能存在身體危害。

B.6 其他技術。(保留)

附件 C 消防注意事項(操作)

本附件不是本 NFPA 文件的一部分，僅作為參考之用。

C.1 一般。附件 C 提供了消防員和應急人員宜了解的資訊，以使他們能夠有效應對涉及儲能系統(ESS)的事件。

C.1.1 應急人員事前計劃。4.1.3 涵蓋了對設施人員和應急人員的應急計劃和訓練。防火部門應制定事前計劃以應對與 ESS 安裝相關的火災、爆炸和其他緊急情況，事前計劃應包括以下內容：

- (1) 了解所描述的設施運行和應急計劃中包括的程序。
- (2) 識別現有的 ESS 技術的類型，與系統相關的潛在危害以及對與特定 ESS 相關的火災和事件進行響應的方法。
- (3) 確定建築物中所有斷電的位置，並了解儲存在 ESS 設備中的電能不能總是被去除或隔離。
- (4) 了解關閉和斷電或隔離設備的程序，以減少火災、電擊和人身傷害的危害。
- (5) 了解火災後事故中損壞的 ESS 設備的處理程序，包括以下內容：
 - (a) 認識到著火後損壞的蓄電池和其他 ESS 中周圍電能，在初期滅火後很長一段時間內重新引燃。
 - (b) 聯繫有資格從設施中安全移除損壞的 ESS 設備的人員(此聯繫資訊包含在設施運行和應急計劃中)。

C.2 一般。基於電化學技術的電池 ESS 代表了大多數正在設計和安裝的 ESS。電化學 ESS 的銷售操作至關重要，尤其是當安裝在居住結構內時。使用此類安裝的防火服務的主要問題包括通過內部或外部熱源引起的過熱、熱失控、封閉空間中潛在的爆燃事件以及火災探測、抑制和排煙系統的有效運行。在評估消防人員對電化學 ESS 的反應時，還需要考慮其他問題。

宜為防火部門制定可能受損系統的移交程序，以確保合格的技術代表及時響應以管理安全問題。這些程序還將涵蓋諸如損壞設備的拆除或回收之類的問題。另一個程序組件是，損壞的 ESS 系統組件可能包含大量儲存或絞合電能的能量，而沒有用於安全消散的已知方法。可以將儲存或絞合電能的能量定義為系統關閉後保留在電池中的能量。

C.3 抑制系統。一些 ESS 設計驗證包括用於防火的預先設計的惰性或潔淨氣體滅火系統。這些系統的安裝通常未經國家認可的測試實驗室根據 4.1.5 進行大尺度防火測試驗證。需要基於證據的數據來確保 ESS 設計人員根據所涉及的材料和物理設計特徵來指定合適的火災防護系統，包括 NFPA 的防火研究基金會和第三方工程小組在內的多個組織的幾篇早期研究論文顯示，涉及鋰離子電池必須冷卻以終止熱失控過程，水是首選，但是系統機櫃的設計可能對水的有效使用構成重大障礙，同時允許火和燃燒氣體自由移動。

C.4 對 ESS 事件的應急響應。對 ESS 事件的響應宜考慮附件 B 中規定的可能狀況和相關危害的範圍。響應宜包括對危險性響應的公認慣例，包括將區域隔離

給所有人員、確認警報的位置和類型、執行空氣監測、管理通風/排氣和抑制火災。

更具挑戰性的事件類型之一是不會顯示過熱跡象並且無法通過集成顯示器獲得任何資訊的事件。這使響應的防火人員在極少的資訊下就很難確定什麼是安全的，這具有挑戰性。集成式能量管理系統（EMS）旨在監視和管理電池的關鍵安全參數，例如電池溫度、電壓和可用電流。雖然此數據可能對響應者最好地了解電池的當前狀態很有價值，但對於製造商而言，尚無標準提供用戶界面來訪問這些參數的狀態，也沒有提供與建築物內受監視警報系統接口的方法。除非有明顯的危險跡象，否則在關閉系統之前，響應者應嘗試收集任何可見的資訊。此外，如果已安裝的系統損壞，則應提供合格且受過訓練的 ESS 人員的響應。

C. 4.1 電池過熱。充電放電過程導致電池散熱。最佳的整體系統設計宜包括硬體和軟體防護層的串級連接，包括電池、模組或吊艙以及機架級。如果發生故障並且電池繼續過熱，則可能會造成損壞，從而導致膨脹、排氣、著火或爆炸。對電池過熱的正確響應宜包括以下步驟和步驟：

- (1) 隔離所有不必要的人員
- (2) 用可用數據查看建築物和 ESS 警報系統的狀態
- (3) 審查任何防火系統激活狀態
- (4) 對所有連通處進行空氣監測
- (5) 確定電池過熱的位置
- (6) 隔離受影響的電池。電池串或整個系統（根據打開電池斷開開關的損壞程度而定）
- (7) 負責系統運行和維護的聯繫人或公司
- (8) 繼續進行溫度監控以確保減輕過熱狀況

C. 4.2 火災。電化學 ESS 中的火災通常是稱為熱失控過程的結果。熱失控可以簡單地定義為電池產生熱量但無法散發熱量從而導致動態溫度升高的過程。熱失控的最初跡象可能包括電池的壓力升高程度、溫度升高和排氣。隨著該過程的繼續，其他跡象可能包括排放氣體著火、電池爆炸、拋射體釋放、熱傳播和火焰傳播。

隨著故障串級連接，響應人員也宜為釋放有毒和潛在爆炸性氣體做準備。儘管根據第 1.5 節進行的確定電池燃燒結果的大尺度測試（包括有毒氣體釋放計算）仍未完成，但響應者應將其視為高度危險，並在響應時使用全套 PPE 和呼吸器，對電化學 ESS 火災的正確響應宜包括以下程序和步驟：

- (1) 系統隔離與關機
- (2) 危害限制和暴露防護
- (3) 滅火
- (4) 通風

C. 5 抑制劑選擇注意事項。對電池故障和抑制劑特性的深入了解對於響應策略

至關重要。有軼事證據顯示，許多抑制劑可以起到抑制電池燃燒的作用。但是，有些表現要好於其他。電池化學物質在抑制劑的選擇中起著重要作用，因為某些抑制劑在單一化學物質中表現良好，而另一些抑制劑在一系列電池化學反應中發揮良好作用，此外，某些抑制劑可能不適用於某些電池化學物質，其釋放可能會產生更危險情況。

選擇抑制系統時，宜考慮以下因素：

- (1) 散熱效果
- (2) 可用性
- (3) 便攜性
- (4) 電導率
- (5) 可用的測試數據
- (6) 串級連接保護

C.5.1 鋰離子(Li-ion)電池。水被認為是抑制鋰離子電池著火的首選試劑。水具有優越的冷卻能力(在許多範圍)，並且易於運輸到火源。儘管水可能是首選的媒介，但模組/機櫃的配置可能會使水的滲透難以冷卻來源區域，但仍可能對遏制有效。噴水已被認為是用於高壓系統的安全劑。根據防火研究基金會報告《對涉及電動汽車電池危險的事件進行應急反應的最佳實踐：全尺度測試結果報告》中發布的測試數據，電流洩漏回噴嘴以及最終向消防員的可能性微不足道。結果滅火泡沫對這些化學物質無效，因為缺乏足夠的冷卻能力並且不能導電。還有一些證據顯示，泡沫實際上可以通過隔離燃燒的材料並加劇洩漏率而促進熱失控。

乾粉滅火劑能消除可見的火焰。但是，也沒有冷卻燃燒的電池組件的能力。通常，即使除去了可見的火焰，電池內部的熱失控仍會繼續導致著火。二氧化碳和惰性氣體抑制劑也將消除可見的火焰，但可能不會提供足夠的冷卻來中斷熱失控過程，安裝了潔淨氣體抑制系統的ESS配有通風系統與火災探測和控制面板相連，因此空調系統(HVAC)關閉並關閉閘門，以確保藥劑在適當的濃度程度下有足夠的保持時間，以成為有效的抑制劑。在某些滅火系統中，HVAC會循環且不會關閉，並提供了一種分散潔淨氣體的方法。響應者在進入電池室/容器之前必須確保有足夠的保持時間。製造商建議的時間應明確。這些試劑還可以通過抑制氧氣含量來降低可燃性，但是數據顯示，由於持續加熱，將繼續產生可燃氣體，並且當將氧氣重新引入系統時，可能會形成適合閃燃或回風環境。

C.5.2 鉛酸、鎳鎘和其他含水的電池技術。鉛酸、鎳鎘和其他含水的電池是消防員非常熟悉的化學物質。但是，儘管ESS中使用的化學方法與備用電池系統中的化學方法相似，但可以預期會在更大的陣列中找到。確定抑制劑的要求、策略和技巧時，電池系統的大小無疑是一個因素。過度充電會導致過熱和氫氣產生，外殼膨脹和電解液洩漏。大火可被視為危險材料事件。

對於涉及這些電池的小火，水、動力、惰性氣體和二氧化碳都被認為是可接受的抑製劑。但是，如果大火，水將是首選的滅火劑，因為它具有優越的可及性，便攜性和冷卻效果。

- C.5.3 液流電池。液流電池不會像更多的固態電池那樣具有可燃性風險，並且由於系統的大部分重量都是非易燃液體，因此火載荷相對較小。儘管構成系統平衡的塑料可能會引起火災危險，但通常來說，該系統大多數是不易燃的，並且除了通常單獨放置的電力電子設備外，不存在許多著火危險。在某些極端條件下，例如暴露於大量熱量下，系統會產生氫氣，該氫氣很可能被捕獲在大型儲罐中並以受控方式排放

該系統確實存在毒性風險，因為電解質通常由鹽酸、硫酸或兩者的某種組合組成。在每個集裝箱系統中，電解液的容量可以從數十加侖到數千加侖。洩漏防護是液流電池設計的固有部分。

對於溴化鋅 (Zn Br) 液流電池，溴或氫溴酸會構成健康風險。儘管不太可能，但鈳液流電池中的氧化鈳可能形成微量的鹽狀沉積物，也可能構成健康風險。處理涉及任何一種系統類型的故障時，建議全程佩戴 PPE，包括 SCBA。

- C.5.4 鈉硫 (NaS) 電池。鈉硫電池在正常運行期間會在很高的溫度下運行。儘管這些電池隨著時間的推移變得越來越安全，但在某些情況下會著火。NaS 火災的能量非常密集，根據製造商的建議，不能用水將其撲滅，這最終可能使火勢更加嚴重。在火災中會生成二氧化硫 (SO₂)，硫化氫 (H₂S) 和其他基於硫的氣體，並可能損害人體呼吸系統。在火災和火災後事件中，宜採用適當的監視設備和策略來量測可檢測氣體的程​​度。

部署 NaS 電池後，建議防火部門與所有者/運營商或系統所有者合作，制定適當的標準操作程序來處理 NaS 緊急情況。

- C.6 空氣監測，在任何 ESS 緊急情況期間和之後，應對人員宜優先進行空氣監測。儘管 ESS 可能包括空氣監測系統，但是建議響應的防火公司使用 4-meter 或其他氣體檢測設備來確定有毒氣體程度。許多防火部門都裝有單氣體一氧化碳流量計，可用於根據 ESS 環境的情況提供有限的數據。

在測試所涉及的區域時，響應者宜意識到氫會在一氧化碳量測儀上給出錯誤的讀數，因為與氫有交叉敏感性。火災和火災後宜始終使用完整的 PPE 和 SCBA。

電池室或建築物可能使用固定的惰性氣體或其他置換氧氣的滅火系統。當被啟動時，這些試劑將替代環境中的氧氣，以控制火焰。這種對氧氣含量的影響可能會影響爆炸下限 (LEL)。開始在受影響的 BESS 房外的區域量測，以建立基線讀數。這些區域應包括 BESS 上方和下方的地板、角落、低窪區域以及煙霧/氣體傳播路徑之外的區域，包括通風點附近。

- C.7 火災探測和抑制

- C.7.1 火災探測。電池管理系統主要用於監視電池和模組的溫度和電壓。可以將其設計為在超出參數條件的情況下關閉受影響的充電/放電電路，但可能

無法確定是否確實發生火災。宜在 ESS 安裝中設計火災檢測功能。

C.7.2 被動火災控。被動火災控制特點宜設計滿足管理電化學 ESS 火災的獨特挑戰。被動火災控功特點宜設計為限制火勢蔓延的連鎖效應。這可能包括電池到電池(內置到模組)，模組到模組(內置在機架/或供集箱中)，機架到機架(內置在 ESS 室或集裝箱中)，甚至保護系統之間的傳播。

C.7.3 抑制策略。如前所述，電池組件通常容納在機櫃或其他配置中，可用來保護組件並因此限制火流穿透能力。消防人員不宜使用穿刺噴嘴和長鐵桿。機械損壞的電池或刺穿未燃燒或未損壞的電池會導致這些電池立即著火。此外，機櫃內部內部短路可能會導致觸電危險。

如果活性材料或電池殘留在模組中，受損電池的移動可能會導致電弧放電或著火。未經合格人員的諮詢，不得移動模組。

抑制過程中的通風至關重要。研究顯示，鋰離子電池在滅火期間和滅火後可能繼續產生可燃氣體。此外，測試顯示，在抑制噴水滅火過程中，清除電池中的燃燒和易燃氣體可顯著提高抑制效果。

測試顯示，使用適當的水流並保持距離時，通過水流流回的電流不會造成電擊危險。如果系統被徹底破壞並且顯示出的電勢很小，則可以執行與水管的近距離接合以淹沒模組，以提供更直接的冷卻。

在火災後操作期間，受損的 ESS 附近的所有人員都宜繼續佩戴 SCBA，尤其是當系統處於狹窄或通風不良的地方或尚未充分冷卻時。在此期間，宜監控氣體，尤其是 CO，因為在火災後測試中已觀察到危險增大。如有可能，宜監測電池的剩餘熱量和溫度，因為在未充分冷卻的電池中可能會發生重燃。

應注意確保電池所在區域的安全，並確保已消除熱量，並且不存在電池短路或機械損壞的危險。這應該在合格的技術人員的指導下進行。此時，宜將火災現場移交給場地所有者指定的所有者、經營者或負責方。

儘管電池燃燒可能會微量的重金屬，例如鎳和鈷，但預計這些元素的存在量不會比任何其他類似的火災大或多。在大多數情況下，暴露於電池的水顯示出非常弱的酸度，大約 pH 為 6。在消防操作過程中可以監測徑流 pH，但不應構成比正常消防徑流更大的風險。

在發生火災的系統對周圍未受影響的設備或環境造成很少或沒有風險的特殊情況下，採取防禦姿態並讓系統自行燃燒可能是合理的。此方法的一些典型步驟如下：當地市政消防員對現場作出反應，以確保火焰不蔓延至物業範圍之外，讓 ESS 操作人員到達現場以查看情況和條件，然後允許火燒毀。僅當對環境沒有任何風險並且消防操作的風險很大或未知時，才宜考慮使用此選項。在緊急情況下，由現場所有者/運營商與消防部門進行通信，將重要的系統資訊中繼到防火部門。

C.8 洪水和地震影響。洪水可能會導致對 ESS 的電損壞，在水退後宜考慮在內。地震多發地區的電池系統宜經過抗震測試，並經過認證可防止此類濫用。如

果電池受到機械損壞或電力電子設備損壞且運行不正常，則地震中受損的系統可能會著火，從而導致電氣過充或其他可能導致火災的濫用情況。此外，如果長時間停電幾天，系統電源可能會用盡，通風風扇或自動抑制系統可能無法運行，從而導致更危險的火災情況。

附件 D 儲能系統技術概述

本附件不是本 NFPA 文件要求的一部分，而是僅用於提供資訊。

D.1 簡介。ESS 可以根據能量的形式進行分類，如圖 D.1 所示，主要類別為機械、電化學、化學、電氣和熱能。氫是可以與氧氣一起產生的次級能量載體。在燃料電池中，電力是通過燃料（例如氫）的氧化以及空氣中或備用氧源中氧氣的還原而產生的。由電解槽和燃料電池組成的系統是化學 ESS [1]。

本附件的目的是深入了解尚未包含在標準中的當前可用 ESS 的類型、功能和應用程序，以及其部署狀態。重點技術包括但不限於抽水蓄能 (PHS)、壓縮空氣儲能 (CAES)、飛輪儲能 (FES)、超導磁體 ESS (SMES) 和熱能 ESS。這些技術可以儲存和釋放電能，但不是需要燃料源起作用的發電系統。這些技術還將與其他技術進行比較，包括各種經過詳細評估且屬於標準管轄範圍內的電池和電容器。該標準認識到 ESS 技術的種類繁多，並且由於多種原因而被排除在外，包括網格儲存的不適用性、不成熟（估計商業化需要 5 年以上），尺寸或要求安裝和安全驗證需要專門的專業知識或條件，這些條件或條件無法像更常見的技術一樣有效地推廣。網格 ESS 技術的範圍從安裝的 100 GW 以上的抽水電廠到實驗性的金屬空氣電池和飛輪。每一種在能源消耗、使用壽命、適用性、技術成熟度和成本方面均具有獨特的優勢。缺點可能同樣多樣，從地理限制 (CAES) 到循環壽命問題 (電池)。此外，電網 ESS 必須處理來自特定解決方案的競爭，這些挑戰來自替代解決方案，例如增加的輸電和天然氣電廠。

抽水蓄能和 CAES 技術已經成熟，並有詳細記錄的用途，因此電池和飛輪目前是提高電網規模安全性的主要重點。對於這些系統以及可能的其他系統，尚未很好地描述電網規模的電力和能源需求的相關故障模式，這導致了圍繞故障風險和後果的更大不確定性。有關系統安全性的不確定性可能導致採用和商業化成功的障礙，但更重要的是，確定對健康和環境的影響。為了解決這些風險，建議將精力集中在以下領域：

- (1) 材料科學研發擴展到所有設備組件
- (2) 工程控制與系統設計
- (3) 模擬和建模
- (4) 系統測試與分析
- (5) 調試和現場系統安全規程

使用上一個列表中列出的區域的主要方法是通過將一個範圍的結果與更高範圍的預期輸出相關聯來增進理解和信心。重要的是，嘗試並預測組件之間的相互作用，以及當同時出現多個故障模式時，防止意外結果的發生。為了

應對這些挑戰，需要進行大量的研究、建模和驗證測試。通過將危害分析方法與研究和調試計劃相結合，可以確保建立可靠的安全程序。主要任務是識別、響應和緩解任何觀察到的對安全 ESS 驗證至關重要的安全事件。

D.2 ESS 的技術比較和未來潛力。顯然，存在各種各樣的 ESS 技術，並且很可能在未來 10 到 15 年中會出現更多的技術。需求各不相同的不同應用程序將確定所需的功能，這使得進行全面的評估和比較變得困難。並非所有的 ESS 都可以在額定功率（1 kW 至 1 GW）和能量容量（0.1 kWh 至 100 GWh）的當前範圍內提供商業支援。由於採用模組化設計，大多數技術都可以以更大的功率輸出和能量容量（至少兩倍）安裝或升級。圖 D.2 (a) 顯示了儲存技術及其應用的非常廣泛而普遍的比較。

PHS 和帶有用於 H₂、SNG 和 CAES 的地下儲存的系統除外。能量/功率（ETP）比率增加了一個額外的系統表徵因子，即 1 秒鐘的放電時間（短）到幾個月（長）作為能量密度的函數。功率和能量密度越高，系統所需的體積就越小。基於這些屬性，每種 ESS 如何根據性能進行定位都需要權衡取捨，並且最適合關鍵市場（公用事業、消費者和可再生能源）；以及其中的應用程序。圖 D.2 (b) 說明了哪種 ESS 對於哪些應用程序是可行的，或者在哪些應用程序上可行，以及在哪些地方需要進一步的研究、開發和擴大規模。

可以得出結論，因為不存在單一的高級通用儲存技術，因此需要不同類型的 ESS 才能涵蓋所有概述的應用程序¹。

D.3 機械 ESS。最常見的機械 ESS 是抽水電站（抽水蓄能（PHS）、壓縮空氣儲能（CAES）和飛輪儲能（FES）。

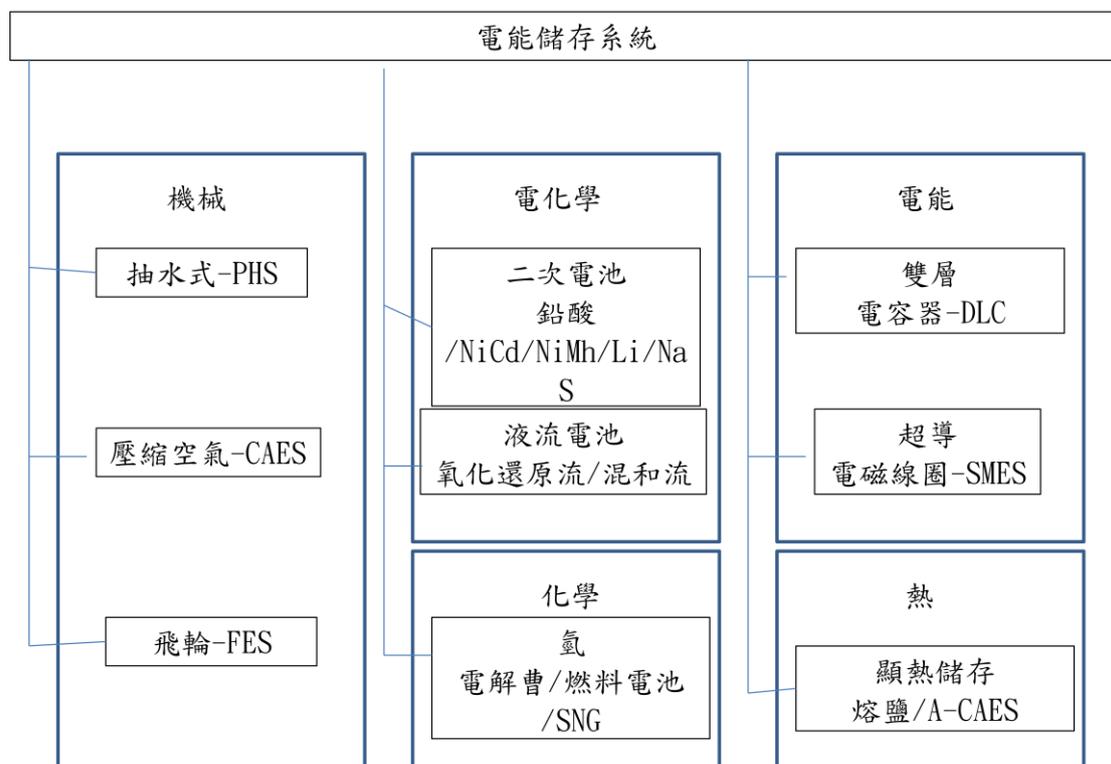


圖 D.1 電氣 ESS 的分類。（來源：Fraunhofer ISE.）

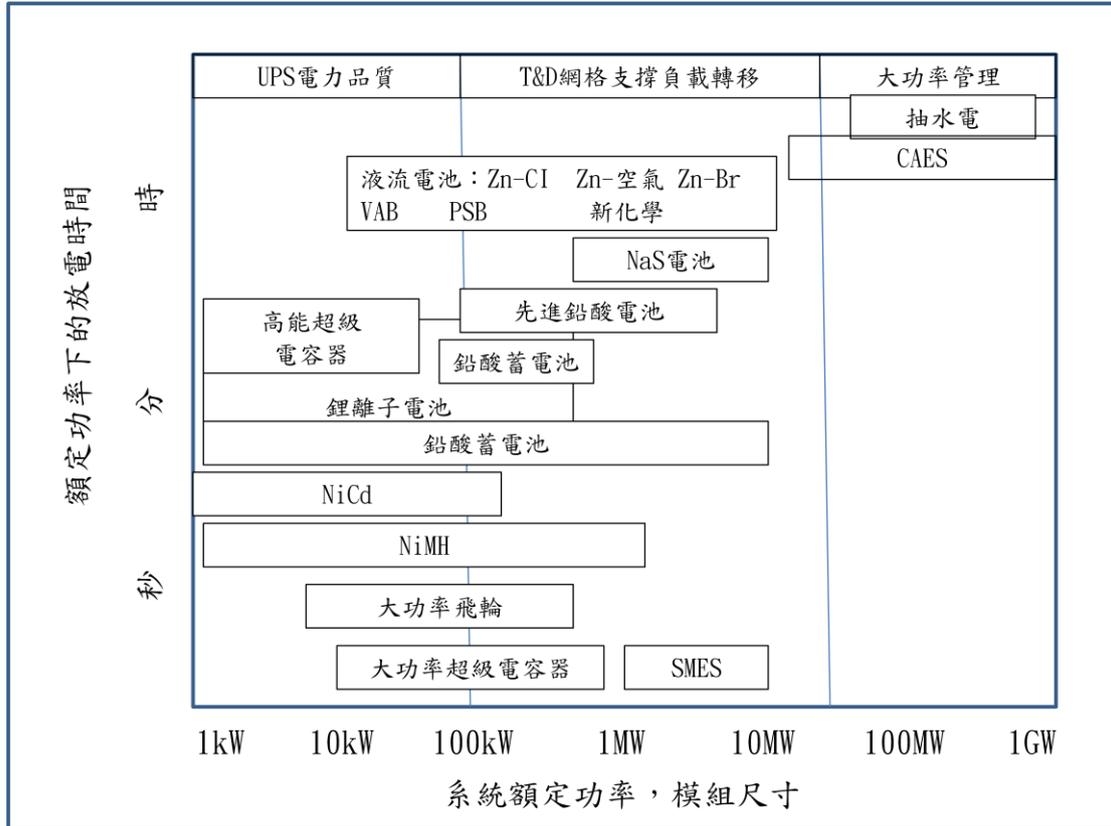


圖 D.2 (a) 儲能技術的位置(來源: U. S. Department of Energy Energy Storage System Guide for Compliance with Safety Codes and Standards.)

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

		PHS	CAES	FW	LA	NiMH	Li-ion	Me Air	NaS	NaNiCl	RFB	HFB	H ₂	SNG	DLC	SMES	Therm
效用	時移	○	⊕						○		⊕	⊗	⊕	⊗			○
	電能品質	○	⊕	○			⊕						⊕	⊗			
	網絡效率						⊕		○		⊕	⊗	⊕				
	離網				○		⊕	⊗	○		⊕	⊗	⊕				
	緊急供應				○		⊕										
用戶	時移				○		⊕		○		⊕	⊗				⊗	
	電能品質			○	○		⊕		○						○	⊗	
	電動車					○	○	⊗		○							
可再生	時移	○	⊕		○		⊕		○	⊕	⊕	⊗	⊕	⊗		⊗	○
	有效連接			○											○		

○	現在可行
⊕	需要進一步嚴格的開發和量產
⊗	需要資金方法研究和生產方法發展

PHS	抽水蓄能	CAES	壓縮空氣儲能	FW	飛輪儲能	LA	鉛酸電池	NiMH	氫化鎳金屬電池
Li-ion	鋰離子電池	NaS	鈉硫電池	NaNiCl	氯化鈉鎳電池	RFB	氧化還原流電池	HFB	混合流電池
H ₂	儲氫	SNG	合成天然氣	DLC	雙層電容器	SMES	超導磁鐵儲能	Therm	熱儲能

圖 D.2 (b) 到 2030 年, ESS 的可行性、未來潛力和發展需求。(來源: Fraunhofer ISE.)

D.3.1 抽水蓄能電站 (PHS)。抽水電 (抽水電) 系統的關鍵要素包括渦輪機/發電機設備、水路、上部水庫和下部水庫。渦輪機/發電機類似於不包含儲存裝置的普通水力發電廠所使用的設備。抽水蓄能系統通過渦輪機/發電機的備用運行來儲存能量 (充電)，以便在廉價能源和非高峰時段將水抽到較高的高位水庫或容器中。當需要電力且更有價值時，水隨後釋放返回到下部水庫。當水被釋放時，水流經渦輪機，渦輪機旋轉發電機以產生電能。PHS 是最古老的網格儲存技術之一 (自 1890 年以來在歐洲使用)，並且可能是最廣泛的網格儲存技術，截至 2012 年 9 月，佔全球已安裝電儲存容量的近 99% (127 GW) [2]。這大約佔全球發電量的 3%。

PHS 功能因工廠而異。PHS 設施中儲存的能量取決於上下水庫之間的高度差以及上方水庫的容積 PHS 設備的效率在 60% 到 85% 之間，高度差越大，效率越高 [4]。一些較新的工廠具有變速功能，從而增加了負載跟踪和頻率調節功能。PHS 工廠能夠在幾分鐘內將功率輸出從百分數提高到 100%，並能夠響應自動發電控制 (AGC) 信號快速改變其功率輸出的能力，使其適用於廣泛的應用，包括旋轉備用、負載跟隨、頻率調節和電壓調節。典型的放電時間範圍從幾個小時到幾天。其他優點是使用壽命長，安裝的循環穩定性幾乎不受限制。小靈通也有明顯的缺點。由於其大量的土地使用，抽水電無法提供配電級或最終用戶服務。在地形上，PHS 通常不適合乾旱或平坦地區，其中許多地區擁有豐富的風力資源。PHS 可以在地形不利於 PHS 的區域與水塔結合使用。主要應用是通過時移進行能量管理，即不旋轉和供應儲備。

D.3.2 壓縮空氣儲能 (CAES)。對於壓縮空氣 (氣) 儲能系統 (CAES)，由於其可用性，空氣被用作儲存介質，非高峰電流被用於壓縮空氣並將其儲存在地下或水下結構中 (洞穴、含水層廢棄礦山或水庫) 或地上的船隻或管道系統。當需要電力時，壓縮空氣被加熱或與天然氣混合併燃燒，然後膨脹以驅動產生電力的改進型燃氣輪機。CAES 的儲能能力由儲氣罐的容量決定，而發電能力則由用於發電的渦輪機決定。由於天然氣渦輪機將大約一半的燃料花費在壓縮進氣口上，因此需要使用已經壓縮的空氣比傳統的天然氣發電廠要少得多的燃料。對於地下 CAES，發熱量可以在 3845 Btu / kWh 至 3860 Btu / kWh。對於地上的 GAES，發熱量約為 1000 Btu / kWh。簡單循環天然氣渦輪機的熱效率在 9000 和 10,000 Btu / kWh 之間。如果壓縮過程中釋放的熱量通過冷卻散失而沒有儲存，則必須在渦輪膨脹之前對空氣進行重新加熱。此過程稱為非絕熱 CAES，導致總效率低於 50%。絕熱技術已得到充分證明，其設備具有很高的可靠性，並且能夠在沒有多餘功率的情況下啟動。

CAES 是僅次於抽水電的第二大電網儲能技術。自 19 世紀以來，已用於各種工業應用，包括移動應用。當前，全球範圍內只有少數幾家大型電廠在運行 (110 MW 至 300 MW)，並且近年來 CAES 容量的增長一直很小。但是，由於政府對採用不需要燃料的絕熱和等溫壓縮和膨脹系統等新技術的項目的支持，這種情況在未來十年將有所改變 [5]。在絕熱的 CAES 過程中，釋放的熱

量被保留在熱量儲存中，並在渦輪機膨脹期間再次使用。CAES 的優點是容量大。一般來說與 PHS 相比，CAES 的效率較低且響應速度較慢，這使得該技術不適用於短時、快速響應的服務（如頻率調節）。除了效率低外，在選擇合適的地下水庫（6）方面還存在地理限制。

D.3.3 飛輪儲能（FES）。飛輪以旋轉動能的形式儲存電能。飛輪 ESS 的能量密度取決於轉速、質量分佈和旋轉轉子的尺寸。飛輪的主要部件包括一個旋轉體或圓柱體，由一個輪輞組成，輪輞連接到一個容納在車廂中的軸上。還有軸承和傳動裝置，該傳動裝置是安裝在定子上的電動機/發電機。定子是組件的靜態部分，通常在塔架的頂部。

通過使旋轉體保持恆定速度來保持飛輪中的能量。速度的增加會產生更多的能量儲存。該傳動裝置用於加速飛輪電力的供應。如果降低飛輪的轉速，則可以通過同一傳動裝置從系統中提取電力。自 1970 年以來，第一代飛輪就已經面世，由機械軸承上的大型鋼製旋轉體組成。先進的 FES 系統具有由高強度碳纖維製成的轉子，該轉子由磁性軸承懸掛，並在真空罩中以 20,000 rpm 至 50,000 rpm 以上的速度旋轉。飛輪系統級的安全問題需要特別考慮，包括機械密閉性測試和建模，真空損失測試以及在壓力下的材料疲勞測試。

飛輪 ESS 的顯著性能特徵是高功率密度、出色的循環穩定性、低維護成本以及採用環保惰性材料。由於空氣阻力和軸承損耗，飛輪操作具有很高的自放電程度，因此電流效率低。能夠充電和放電幾秒鐘的較小的飛輪系統已廣泛用於不斷電源（UPS）應用中。在工業電源領域中，較大的商業部署的高速飛輪技術（100 kW 至 25 kWh）用於頻率調節等應用。飛輪通常用於混合式 ESS 配置中，並且目前正在努力優化設計，以用於車輛和發電廠的長時間存儲操作（長達數小時）。

D.4 電氣 ESS。兩種最常見的電氣 ESS 是電容器和超導磁能儲存（SMES）。電化學雙層電容器（DLC）或超級電容器是一項已有 60 年歷史的技術。與傳統電容器相比，由於幾乎無限的循環穩定性，極高的功率能力以及高數量級的更好的儲能能力，填補了電子和電池使用的傳統電容器之間的空白。因此，超級電容器具有很大的發展潛力，可能會導致更大的電容和能量密度，從而使將來的緊湊設計成為可能。

D.4.1 超導磁能儲存（SMES）。超導磁能儲存（SMES）系統根據電動原理運行。能量儲存在由超導線圈中的直流電流產生的磁場中，該磁場保持在其超導臨界溫度以下。在大約 100 年前發現超導性時，需要約 4 K 的溫度。現在，重要的研究已經生產出可用的超導材料，其具有更高的臨界溫度和大約 100 K 的穩定性。此儲存系統的主要組件是由超導材料製成的線圈。其他系統組件包括功率調節設備和低溫冷卻的製冷系統

SMES 的主要優點是快速的響應時間，幾乎可以立即滿足電源需求。該系統還具有很高的總體往返效率（85%至 90%）以及可以在短時間內提供的很高功

率輸出的特點。SMES 的主要部分沒有活動部件，但總體可靠性仍在很大程度上取決於製冷系統。原則上，如果冷卻系統可運行，則可以無限期地存儲能量，但是更長的存儲時間受到製冷系統的能量需求的限制。

功率超過 10 MW 的大型 SMES 系統主要用於高能物理實驗和核聚變的粒子探測器。當前，有一些小型的 SMES 產品可商購，因為這些產品主要用於製造工廠（如微芯片製造設施 7）中的電能品質控制。

- D.5 熱能儲存。熱量（能量）儲存系統通過不同的方式將可用的熱量儲存在絕緣的容器中，然後在不同的工業和住宅應用中釋放，例如空間供熱或製冷、熱水生產或發電。部署蓄熱系統以克服熱能需求和供應之間的脫節，因此對於整合可再生能源變得重要。

熱量儲存可以細分為不同的技術，包括顯熱儲存、潛熱儲存和熱化學（吸附和吸收）儲存[8]。顯熱的儲存是最常見的技術，以家用熱水箱為例。儲存介質可以是液體，例如水或熱油，也可以是固體，例如混凝土或地面。僅通過改變儲存介質的溫度來儲存熱能。儲存系統的容量由比熱容量和所用介質的質量定義。

通過使用相變材料（PCM）作為儲存介質來實現潛熱儲存。有用於此類儲存系統的有機（蠟）和無機 PCMS（鹽水合物）。潛熱是相變過程中釋放的能量，例如融化的冰。由於能量傳遞是等溫的，因此也稱為“隱藏”熱。大多數 PCM 使用固液相變（例如熔融鹽）作為集中式太陽能發電廠的介質[9]。潛熱得分的優勢在於能夠以小體積儲存大量能量，並具有最小的溫度變化以實現有效的熱傳遞。

吸附和吸收儲存系統在真空條件下起到熱化學熱泵的作用，其設計更為複雜。來自高溫源的熱量加熱吸附劑（例如矽膠或沸石），工作流體（例如水）的蒸汽從吸附劑中解吸並在低溫下冷凝在冷凝器中，冷凝的熱量從系統中排出。乾燥的吸附劑和分離出的工作流體可以根據需要長時間保存。在排放過程中，工作流體會蒸發器中吸收低溫熱量。隨後，吸附劑上吸附工作液的蒸氣和吸附熱在高溫下釋放[10]。取決於吸附劑/工作流體的組合，釋放出的熱量的溫度程度最高可達到 392°F（200°C）[8]，能量密度最高可達水顯熱的三倍。

主要是顯熱和潛熱儲存系統，對熱 ESS 至關重要。集中式太陽能發電廠（CSP）產生的熱量主要在轉化為電能之前很容易儲存。最先進的技術是用於太陽能發電廠的兩槽系統，其中一種熔融鹽作為傳熱流體和儲存介質[11]。熔融鹽通過太陽輻射加熱，然後輸送到熱鹽儲存槽，產生電力。熱鹽穿過蒸汽發生器，為蒸汽輪機提供動力。隨後，將冷鹽（仍熔融）儲存在第二個槽中，然後將其再次泵送到太陽能塔。主要缺點是在低溫下有液態鹽凍結的風險，在高溫下有鹽分解的風險。典型的鹽混合物（例如 Na-K-NO₃）的冷凍溫度 > 392°F（> 200°C）。

重要的是要知道是否需要使用壓力罐進行儲熱，或者是否可以使用非壓力艙。

在液體系統中，可以使用熱交換器來避免需要用於液體的大型加壓罐。雙重介質方法（必須使用鹽和油來覆蓋 122°F 至 1202°F（50°C 至 650°C）的溫度範圍[12]。壓縮空氣與固體熱儲存中的儲存介質直接接觸該系統的優點是傳熱表面積大。

附件 E 許可證、檢查、認可和連接

本附件不是本 NFPA 文件要求的一部分，而是僅用於提供資訊。

E.1 許可證。許可證宜符合 E.1.1 至 E.1.4。

E.1.1 應用。許可證宜由具有以下管轄權的機構擔保並簽發：

- (1) 安裝新的固定式 ESS
- (2) 對現有固定式 ESS 進行補充、改動或翻新
- (3) 重新啟動或儲役現有的 ESS
- (4) 移動 ESS 的放置
- (5) 固定式移動或便攜式 ESS
- (6) 安裝有固定式 ESS 的建築物或設施的使用類別變更

E.1.2 內容。許可證宜由所有具有管轄權的當局並按照其程序簽發，並宜帶有每個具有管轄權的當局或其指定代表的名稱和簽名。此外，許可證宜註明以下內容：

- (1) 頒發許可證的《環境與社會標準》的目的
- (2) ESS 的類型、尺寸、按次組件或子系統劃分的重量、任何有害物質的類型和數量、系統的總體佈置以及要執行的工作範圍
- (3) 安裝和操作 ESS 的地址
- (4) 被許可人的姓名和地址
- (5) 許可證編號和簽發日期
- (6) 許可證有效期
- (7) 檢驗要求

E.1.3 簽發許可證。宜授權具有管轄權的機構建立和發布與 E.1.1 中涵蓋的任何 ESS 有關的許可證、證書、通知和認可或命令。一旦獲得許可，ESS 的所有者或其指定代理人應負責系統的維護，並消除與系統相關或在系統外部並可能對系統造成不利影響的任何危險情況。

E.1.4 吊銷許可證。吊銷許可證宜符合以下規定：

- (1) 如果在檢查中發現有任何違反本標準的行為，或者 ESS 不符合許可證或認可所依據認可的計劃和規範，則宜允許具有管轄權的主管機關撤銷所簽發的許可或認可。
- (2) 任何欺詐、故意或故意違反本標準規定的要求的行為，宜為構成違反本標準。此類違法行為具有管轄權的機構宜立即撤銷對 ESS 的許可。
- (3) 任何操作或導致擁有被撤銷許可證的 ESS 的人宜為違反本標準。

E.2 檢驗和認可。ESS 的檢查和認可宜符合 E.2.1 至 E.2.5。

E.2.1 應用。在完成任何新的 ESS 的安裝或在需要許可的現有 ESS 上進行的工

作後，進行安裝的個人、廠商、公司或系統集成商應通知具有管轄權的機構，該機構宜檢查或授權其指定代表進行檢查安裝。

- E. 2.2 檢查。如果負責 ESS 檢查的人員發現安裝符合本標準，則具有管轄權的機構宜向系統所有者簽發認可證書。宜向任何能源供應商提供書面的認可證書副本，以授權能源與系統的連接。當認可有特定的失效日期時，例如在臨時系統安裝的情況下，認可證書宜在其中規定的時間簽發失效，並宜由具有管轄權的主管機關撤銷。
- E. 2.3 隱藏。如果系統的任何部分或組件因與安裝相關的系統或結構的部件的永久放置而看不見，則宜通知具有管轄權的主管部門，並且在得到具有管轄權的主管部門或其指定的代表的檢查和認可，否則不得隱藏該部分或組件。
- E. 2.4 重新檢查。宜允許具有管轄權的機構訪視任何 ESS 安裝程序，以檢查該系統是否符合許可證中提交的計劃和規範，並通過對該系統的檢查，構成驗證是否符合本標準的基礎。
- E. 2.5 吊銷許可證。如果在檢查中發現有任何違反本標準的情況，或者在許可或認可所依據的申請或計劃和規範中有任何不實陳述或錯誤表示，宜允許具有管轄權的主管機關撤銷所簽發的許可證或認可。

E3 與能源供應的連接。ESS 與任何能源的連接宜符合 E. 3.1 和 E. 3.2。

- E 3.1 授權。將 ESS 連接到系統的能量供應或出於任何目的從系統供應能量是非法的，除非根據本標準的要求允許和認可 ESS。
- E. 3.2 臨時考慮。通過具有管轄權的機構和適用實體從系統提供和/或接收能量的特別許可，得允許暫時提供能源，以滿足與測試、調試或檢查 ESS 相關的特定需求。

附件 F 防火和建築法規-固定式蓄電池系統的簡要歷史

本附件不是 NFPA 文件要求的一部分，而是僅用於提供資訊。

- E. 1 一般。美國國家消防協會 (NFPA) 制定的 NFPA 855 (固定式儲能系統安裝標準) 並不是解決儲能系統安全性的首要努力。長期以來，國家法規 (NEC) NFPA 70 以及建築物和防火法規在固定式蓄電池系統主題下涉及到能量儲存技術。

從 1997 年版 ICC 統一消防法規 (UFC) 開始，對電池系統的處理更加集中。在此之前，各種標準和模式規範提供了安全要求，將電池既作為主要的電能來源，又作為應急備用電源。由於鉛酸電池中的酸性電解質的量，從總量和單個角度來看，都受到了電解質有害物質特性的監管，從而引發了更嚴格的高危害佔用構造和保護要求。結果，電信行業尋求對 UFC 進行修訂，以解決其設施中與電池相關的操作危害，而不會觸發更嚴格的建築和防火法規要求。

建築和防火規範中基於電解質化學和數量的電池系統處理方法，在建築官員、國際建築官員會議和國際南方建築規範大會之前製定的三個舊模式規範是一致的，這些規範是在合併和創建國際規範理事會系列模式規範於 2000 年

完成。

F.2 法規的歷史發展。

F.2.1 1997 年統一防火規範。基於對 1994 年版的批准修訂，1997 年版《統一防火規範》的 6401 節包含對固定鉛酸電池系統的以下要求：

第 6401 節範圍。用於設施備用電源、應急電源或不斷電源的液體容量大於 100 加侖 (378.5 L) 的固定式鉛酸電池系統應符合第 64 條的規定。帶有單獨鉛酸的固定式鉛酸電池系統，每個超過 20 加侖 (75.7 L) 的電池也應符合第 80 條的規定。[UFC, 1997]

滿足的要求如下：

- (1) 安全排氣
- (2) 佔用分離
- (3) 溢出控制
- (4) 中和
- (5) 通風
- (6) 標誌
- (7) 防震
- (8) 煙霧探測

請注意，作用域不是開放式的。單個電池的限制設置為 20 加侖，超過每個電池的限制仍會觸發 UFC 中更廣泛的有害物質規定。

所討論的主題基於正常運行。實際上，即使過度充電、過熱或其他異常運行條件也沒有考慮當時的安全問題。

F.2.2 2000 國際規範委員會規範。從 1997 年《統一防火規範》開始，針對固定式鉛酸電池系統的有針對性的法規得以實施，這是因為三個舊的模式法規組織合併為國際法規理事會，並完成了其他工作，包括 2000 年國際防火法規和 2000 年國際建築規範。涵蓋的主題如下：

- (1) 安全排氣
- (2) 房間設計與施工
- (3) 溢出控制與中和
- (4) 通風
- (5) 標誌
- (6) 防震
- (7) 煙霧探測

與 1997 年 UFC 相比，應用的閾值降低到 50 加侖，並且取消了每個電池 20 加侖的限制。此外，《國際建築規範》將電池存放區歸類為偶然使用區域，並增加了對高危使用類別的豁免。

要求的目的是為了減輕某些電池系統應用程序由於電池中所含有害物質的數量而造成的高危險性。實際上，如果固定式鉛酸電池系統滿足這些要求，那麼包含這些電池的設施就不會被視為有害物質的使用場所，也不會被指定為高危害用

途。也就是說，如果超過了相對於電解液的危害物質最大允許量（MAQ），則電池系統將導致有害物質分類。

固定鉛酸電池系統的要求已納入 2000 國際防火法規 608 節中，第 F.2.2 節中列出了相關主題。對於房間的設計和建造，向用戶指出了 2000 年國際建築規範，其中電池系統被確定為偶然使用區域，並且要求通過耐火等級組件將電池系統與其他住所分開。

與 1997 年 UFC 一樣，討論的主題基於正常運作。當時未考慮或識別過充、熱失控或其他異常運行情況。

F.2.3 2003 年國際規範委員會規範和 NFPA 1 防火規範。在 2003 年國際防火法規的 608 節中，鉛酸蓄電池系統的範圍更改為使用排氣式（充滿）鉛酸蓄電池的鉛酸蓄電池系統。在 IFC 中增加了新的第 609 節，涵蓋了閥控鉛酸電池系統，並包含類似的語言。一般而言，適用於鉛酸電池的 2003 年《國際建築規範》中的要求保持不變。

第 608 條帶氣孔的（充滿水的）鉛酸電池涵蓋了以下方面：

- (1) 安全排氣
- (2) 房間設計與施工
- (3) 溢出控制與中和
- (4) 通風
- (5) 標誌
- (6) 防震
- (7) 煙霧探測

第 609 節閥控鉛酸蓄電池系統涵蓋以下內容：

- (1) 安全排氣
- (2) 熱失控
- (3) 房間設計與施工
- (4) 溢出控制與中和
- (5) 通風
- (6) 機櫃通風
- (7) 標誌
- (8) 防震
- (9) 煙霧探測

應該注意的是，NFPA 1 防火規範在 2000 版中對固定式蓄電池系統沒有任何要求。這些要求是從 2000 年版國際防火規範同一來源中添加到 NFPA 1 的 2003 年版中，並增加了閥控鉛酸電池的覆蓋範圍。NFPA 1 防火規範電池的儲存規定一直保持不變，直到 2009 年版。

E.2.4 2006 年國際規範委員會規範和 NFPA 1 防火規範。在 2006 年版的國際防火法規（IFC）中，對 608 節進行了重寫，以涵蓋以下內容：

- (1) 浸沒式鉛酸蓄電池

- (2) 浸沒式鎳鎘 (Ni-Cad) 電池
- (3) 閥控鉛酸 (VRLA) 電池
- (4) 鋰離子電池

本版 IFC 標誌著對新化學的認可和引進，例如鎳鎘和鋰離子電池。

與 2006 年 IFC 實施的 2003 年 IFC 修訂版涵蓋了相同的一般主題，包括需要根據建築法規創建單獨的房間或空間。也就是說，除了單獨的房間外，僅 IFC 標牌、地震防護和煙霧檢測要求適用於鋰離子電池。圖 F.2.4 概述了 2006 年 IFC 的規定。

2003 年版和 2006 年版的 NFPA 1 防火規範之間沒有進行任何更改。因此，繼續僅適用於浸沒式鉛酸電池和閥控鉛酸電池。

F.2.5 2009 年國際規範委員會規範和 NFPA 1 防火規範。2009 年版的 NFPA 1 防火規範包含增加鋰離子和鎳鎘技術的新規定，NFPA 1 (參見表 2.5) 和 IFC (參見圖 F2.5) 均包含增加鋰金屬的新規定。聚合物電池進入管制電池技術列表。鋰離子電池和鋰金屬聚合物電池在處理方面的主要區別在於對鋰金屬聚合物電池的熱失控保護的要求。應該注意的是，儘管 2009 年版 NFPA 1 的表 52.1 表示對鋰離子電池沒有熱失控的要求，但是 52.3.2 中的技術詞語顯示鋰離子電池也需要熱失控。

熱失控。VRLA 和鋰離子和鋰金屬聚合物電池系統應配備列出的設備或其他認可的方法，以防止、檢測和控制熱失控。[I:52.3.2, 2009]

與電池儲存系統無關的國際建築規範 (IBC) 的更改將所有偶然用途 (IBC 適用於電池系統的分類) 限制為不超過其所在建築物樓地板面積的 10%。

F.2.6 2012 年和 2015 年國際規範委員會規範和 NFPA 1 防火規範。在 2009 年和 2012 年的防火法規之間，對電池系統相關要求的更改微不足道。在 2012 年和 2015 年版本之間，沒有進行任何更改。從本質上講，2009 年版和 2015 年版在電池系統方面是相同的。

表 608.1 電池要求

要求	非重組電池		重組電池	
	浸沒式鉛酸電池	浸沒式鎳鎘(Ni-Cd)電池	閥控鉛酸(VRLA)電池	鋰離子電池
安全帽	排氣帽 (608.2.1)	排氣帽 (608.2.1)	自重密封阻火帽 (608.2.2)	無上限
熱失控管理	無要求	無要求	要求(608.3)	無要求
溢出控制	要求 (608.5)	要求 (608.5)	無要求	無要求
中和	要求 (608.5.1)	要求 (608.5.1)	要求 (608.5.2)	無要求
通風	要求 (608.6.1;608.6.2)	要求 (608.6.1;608.6.2)	要求 (608.6.1;608.6.2)	無要求
標牌	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)
抗震防護	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)
煙霧探測	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)

圖 F.2.4 2006 國際防火規範電池要求(來源：2006 國際防火規範)

表 F.2.5 電池要求

要求	非重組電池		重組電池		其他
	浸沒式鉛酸電池	浸沒式鎳鎘(Ni-Cd)電池	閥控鉛酸(VRLA)電池	鋰離子電池	
安全帽	排氣帽	排氣帽	自重密封阻火帽	無上限	無上限
熱失控管理	無要求	無要求	要求	無要求	要求
溢出控制	要求	要求	無要求	無要求	無要求
中和	要求	要求	要求	無要求	無要求
通風	要求	要求	要求	無要求	無要求
標牌	要求	要求	要求	要求	要求
抗震防護	要求	要求	要求	要求	要求
火災探測	要求	要求	要求	要求	要求

[I:表 52.1, 2009]

表 608.1 電池要求

要求	非重組電池		重組電池		其他
	浸沒式鉛酸電池	浸沒式鎳鎘(Ni-Cd)電池	閥控鉛酸(VRLA)電池	鋰離子電池	
安全帽	排氣帽 (608.2.1)	排氣帽 (608.2.1)	自重密封阻火帽 (608.2.2)	無上限	無上限
熱失控管理	無要求	無要求	要求(608.3)	無要求	要求(608.3)
溢出控制	要求 (608.5)	要求 (608.5)	無要求	無要求	無要求
中和	要求 (608.5.1)	要求 (608.5.1)	要求 (608.5.2)	無要求	無要求
通風	要求 (608.6.1;608.6.2)	要求 (608.6.1;608.6.2)	要求 (608.6.1;608.6.2)	無要求	無要求
標牌	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)	要求 (608.5.7)
抗震防護	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)	要求 (608.5.8)
煙霧探測	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)	要求 (608.5.9)

圖 F.2.5 2009 國際防火規範電池要求(來源：2009 國際防火規範)

E.2.7 2018 年國際規範委員會規範和 NFPA 1 防火規範。認識到新電池技術的發展以及與各種防火和建築法規要求相關的電池儲存向更強大和更廣泛的能源儲存行業的發展，國際法規理事會的防火法規行動委員會成立了一個能源儲存系統工作組 (ESS 工作組)。ESS 工作組的工作導致批准了新的一章以納入 2018 年國際防火規範-第 12 章。能源系統-所有與儲能相關的關鍵要求 (包括電池) 都移至其中，包括以下內容：

- (1) 緊急和備用電源系統
- (2) 太陽能光伏發電系統
- (3) 固定式燃料電池動力系統
- (4) 電能儲存系統

作為這項工作的一部分，以前的固定式蓄電池系統一章的要求涉及電能儲存系統的更廣泛應用，並涉及以下主題：

- (1) 蓄電池系統閾值數量

- (2) 施工文件
- (3) 防減災分析
- (4) 故障情況
- (5) 熱失控
- (6) 抗震結構設計
- (7) 車輛防撞保護
- (8) 易燃物品
- (9) 測試、維護和修理
- (10) 位置與構造
- (11) 固定電池列
- (12) 戶外裝置
- (13) 最大允許數量
- (14) 蓄電池及設備
- (15) 滅火與探測系統
- (16) 特定電池類型要求
- (17) 電容器儲能系統

IFC 這項工作的主要變化是引入了陣列（單元）間距，如下所示：

1206.2.8.3 固定電池組。蓄電池，預包裝的固定式蓄電池系統和預先設計的固定式蓄電池系統應分隔成不超過 50 kWh (180 MJ) 的固定蓄電池組。每個固定電池系統應與其他固定電池陣列以及儲藏室或區域內的牆壁間隔不小於 3ft (914mm)。存放安排應符合第 10 章的規定。[IFC, 2018]

這旨在限制陣列（單元）中的能量，並且由於 3ft 的分隔要求，因此需要更大的佔地面積來安裝儲能系統。提供了一些例外情況，這些例外情況消除了鉛酸和鎳鎘蓄電池的這種限制，允許列出的預包裝電池具有 250 kWh 的分離閾值，並基於以下大規模火災測試消除了限制：

例外情況：

- (1) 鉛酸鎳鎘蓄電池陣列
- (2) 列出的預先設計的固定式蓄電池系統和預包裝的固定式蓄電池系統每個不應超過 250 kWh (900 MJ)。
- (3) 如果提供了由認可的測試實驗室進行或見證並報告的大尺度火災和故障情況測試，則防火法規官員有權批准列出的，預先設計和預包裝的具有更大容量或較小電池組間距的電池組。涉及一個陣列的火災將不會傳播到相鄰陣列，並且將被包含在房間中的持續時間等於《國際建築規範》表 509 中指定的房間間隔的耐火等級。

[IFC, 2018]

IFC 依靠 1 或 2 個小時的耐火結構將系統與建築物的其餘部分分開，並評估該防護等級可以包含安裝系統的房間或空間內的火災影響。需要進行大尺度的防火測試才能證明這種遏制措施。

2015 年和 2018 年國際防火規範 (IFC) 版本之間的另一個重大變化是最大允許電池電量的規範(參照圖 F. 2. 7)

這是首次對允許儲存在房間或空間中的儲能系統中的儲能量施加上限。與間距限制一樣，可以根據以下大尺度火災測試來應用例外：

例外：經防火法規官員批准，包含固定式蓄電池的區域超過表 1206. 2. 9 的區域應被視為偶然的使用區域，而不是根據 1206. 2. 3 和 1206. 2. 3 的危險性分析進行的 H 組佔用。大型火災和故障情況由認可的測試實驗室進行或見證並報告的測試[IFC，2018]

除 2018 年國際防火規範的規定外，儲能語言首次被添加到 2018 年國際住宅規範中。總之，《國際住宅規範》中的新語言要求列出儲能系統，並禁止將其安裝在住宅單元的可居住空間內。

2018 年 NFPA 1，防火規範第 52 章包含對 2015 年版的修改，與對 2018 年 IFC 引入的所有新要求非常相似。

F. 2. 8 2021 國際規範委員會規範發展和 2019 NFPA 855，固定式儲能系統的安裝標準。在完成針對 IFC 和 NFPA 1 的 2018 年版本的規範修訂過程時，NFPA 制定了新的標準 NFPA 855，即固定式儲能系統的安裝標準。NFPA 855 技術委員會的工作密切跟踪並利用了防火規範中添加的 2018 年語言以及 NFPA 855 初始文件草案中的 NFPA 853 (固定式燃料電池動力系統安裝標準) 中的語言。

表 1206. 2. 9 最大允許電池數量

電池技術	最大允許數量 ^a	H 組居住
液流電池 ^b	600kWh	H-2 組
鉛酸，所有類型	無限制	不適用
鋰，所有類型	600kWh	H-2 組
鎳鎘(Ni-Cd)	無限制	不適用
鈉，所有類型	600kWh	H-2 組
其他電池技術	200kWh	H-2 組 ^c

對於 SI：1 kWh=3. 6MJ。

a 對於以安培小時為單位的額定電池，千瓦時 (kWh) 應等於額定電池電壓乘以安培小時額定值除以 1, 000

b 應包括鈇、溴化鋅、溴化多硫化物和其他流動性電解質類型的技術。

c 如果防火法規官員確定涉及電池技術的火災或熱失控不構成重大火災危害，則應為 H-4 組居住

圖 F. 2. 7 2018 年國際防火規範允許的最大電池數量 (來源：2018 年國際防火規範。)

隨著 2018 年版《規範》的採用和推出，達到了更廣泛的受眾，為 NFPA 855 委員會提供了有關要求的影響以及如何在不同情況下應用這些規範的問題的其他投入，例如：

- (1) 屋頂安裝
- (2) 露天停車場安裝
- (3) 遠程安裝
- (4) 專用 ESS 建築
- (5) 陣列(單位)間距閾值
- (6) 最大允許數量影響
- (7) 附帶使用樓地板面積的 10% 限制
- (8) 基於技術的適當要求
- (9) 防止爆燃/通風
- (10) 抑制系統選擇
- (11) 火災探測方法及要求

進入 NFPA 855 初稿流程時，語言改進與有關 2021 年版《國際防火規範》，《國際建築規範》和《國際住宅規範》的提案進行了協調。

在 2021 年版規範變更流程的提案聽證會上，由 ICC 防火行動委員會和防火法規委員會批准的當前提案所涉及的關鍵領域如下：

- (1) 許可證、操作和安裝
- (2) 對新 UL 9540A 的大尺度火災測試
- (3) 火災修復行動及人員
- (4) 調試
- (5) 除役
- (6) 運行維護
- (7) 修理、翻新和更換
- (8) 重複使用的設備
- (9) 有毒和劇毒氣體
- (10) 裝置安全
- (11) 工作中心
- (12) 步入式單位
- (13) 尺寸和分離閾值降低
- (14) 允許的最大數量只是一個測試觸發器
- (15) 遠程安裝
- (16) 被指定為 F-1 組用途的專用建築物
- (17) 非專用建築物
- (18) 排除偶然使用 10% 樓地板面積限制的和 H 組指定
- (19) 爆炸控制

維護了最嚴格的要求，以解決何時將儲能系統安裝在混合用途居住建築物中的問題，因此，為確保生命安全和財產保護而發生的事件很重要。

由於行業的參與，針對 2021 年 I-規範提出的更改與 2019 年 NFPA 855 開發流程相協調，與 2018 年的規定大不相同。認識到電池和儲能系統可能帶來的挑戰性

和動態性事件，系統是引發問題還是引發火災的 2018 年版防火規範和 NFPA 855 草案的初始語言旨在獲得可接受的安全程度。外部事件的傷亡。那些驗證了規範合規性的人以及其他使用 coxle 語言工作的人保持了開放的視野，並且在行業提供了有關不同技術和/或書面安全實踐的數據或減少了暴露危險的情況下，願意修改識別新信息和數據的要求。

2021 年 I-規範提議的更改，以及與 2019 NFPA 855 開發流程的協調，由於行業參與，與 2018 年的規定大相徑庭。2018 年版的防火規範和 NFPA 855 草案的最初措辭旨在獲得可接受的安全水準，承認電池和儲能系統具有多麼具有挑戰性和動態性的事件，無論該系統是引發問題還是外部事件的犧牲品。那些驗證規範合規性的人和其他使用規範語言的人保持了開放的觀點，如果行業提供了關於不同技術和 /或記錄的安全做法的數據，或減少了暴露危險，則願意修改要求，以識別新的資訊和數據。

F.3 NFPA 防火研究基金會。有幾個研究專案涉及 NFPA 防火研究基金會。工廠互助、桑迪亞國家實驗室和太平洋西北國家實驗室代表能源部電力儲能計劃辦公室，和其他為參與規範編寫過程的人提供了背景和理解。還有其他許多資訊來源，但以下來源是規範開發過程中許多參與者最熟悉的來源：

- (1) NFPA - 關於蓄電池儲能系統火災中的防火員安全，參見 <https://www.npa.org/News> 和研究/資源/消防-研究-基金會/當前專案/消防員-蓄電池-蓄能-系統-火災。
- (2) NFPA - 有關鋰離子電池危險和使用評估，請參閱以下內容：
 - (a) "鋰離子電池危險和使用評估"。
 - (b) 鋰離子電池危險和使用評估 - 鋰離子電池的可燃燒性特性，用於存儲保護。
 - (c) "鋰離子電池危險和使用評估 - 第三階段"。
- (3) DNV GL - 有關儲能系統防火安全的注意事項，<https://www.dnvgl.com/publications/儲能系統-防火安全-89415> 的注意事項。
- (4) 桑迪亞國家實驗室 - 關於儲能，[HTTP://energy.sandia.gov/energy/ssrei/energy-storage/](http://energy.sandia.gov/energy/ssrei/energy-storage/)

當工業界加入規範開發流程時，他們成功地使用特定於其產品和操作的其他數據，為建議的規範語言帶來有效性和功能。增加行業參與將是向前邁進的一個好處。

附錄八 UL 9540 ANSI/CAN/UL Standard for Energy Storage Systems and Equipment-2020

前言

1 範圍

1.1 這些要求包括以某種形式接收和儲存能量的儲能系統，以便儲能系統可以根據需要向負載或局域/區域電力系統 (EPS) 提供電能。本標準涵蓋的儲能類型包括電化學、化學、機械和熱能。儲能系統應構造為一個整體的完整的設備或匹配的組件，當連接時這些組件即構成系統。本標準是系統標準，其中儲能系統由儲能機構、功率轉換設備和電廠輔助設備的平衡組成，如圖 6.1 所示。儲能系統的各個部件（如，電源轉換系統、電池系統等）本身並不被視為儲能系統。本標準評估集成到系統中的這些各種組件的相容性和安全性。

注意：儲能系統可包括用於充電、放電、控制保護、電源轉換、通信、控制系統環境、空氣、火災探測和抑制系統、燃料或其他流體移動和密封等設備。

1.2 本標準涵蓋的系統包括打算以獨立模式（如孤島式）使用的系統，包括提供電能的“自備”系統，以及與電力系統或公用電網並聯使用的系統，例如“電網供給”系統或執行與發電相關的輔助操作模式的應用程序，如電壓支持和調節、頻率支持和調節、電壓、容量儲備、能量轉換或其他公用電網支持服務。

1.3 儲能系統預定的安裝和使用根據 NFPA 70 國家電工規範、CSA C22.1 加拿大電工規範，第 1 部分電工安裝安全標準、IEEE C2 國家電工氣安全規範、ICC IFC 國際防火規範、ICC IRC 國際住宅規範、NRC NFC 加拿大國家防火規範、NFPA 1 防火規範和 NFPA 855 固定式儲能系統安裝標準。系統隨附的安裝手冊和安裝文件除外，不在本標準範圍之內。

1.4 本標準涵蓋固定式室內和戶外裝置的儲能系統。本標準還涵蓋標準定義的移動儲能系統。本標準包括對住宅設施、非住宅設施和壁掛式應用中使用的儲能系統的要求。

1.5 使用屬於 UL 1778 範圍內，且僅用於不間斷電源系統 (UPS) 應用的鉛酸或鎳鎘電池系統，不在本標準範圍之內。

1.6 單個電化學 ESS 的最大能量容量不得超過以下值：

- a) 戶外壁掛式電化學 ESS 不得超過 20 kWh (72 MJ)；
- b) 住宅用電化學 ESS 不得超過 20 kWh (72 MJ)，並且
- c) 除 1.7-1.11 所允許的以外，非住宅使用的電化學 ESS 不得超過 50 kWh (180

MJ)。

- 1.7 參考 1.6，根據 UL 9540A 電池儲能系統熱失控火災蔓延評估試驗方法標準進行試驗，對非住宅用電化學 ESS 沒有最大能量容量限制，其中符合電池能級試驗的性能等級基準。
- 1.8 參考 1.6，應允許將非住宅用電化學 ESS 的最大能量容量，增加到符合 UL 9540A 單元能級試驗的單元值。
- 1.9 參考 1.6，應允許將非住宅用電化學 ESS 的最大能量容量，增加到符合 UL 9540A 安裝能級試驗性能基準的單位值，且 ESS 上應標明根據 41.13。
- 1.10 參考 1.6 節，適用安裝規範，根據 41.15 標示，用於戶外偏遠位置的非住宅用電化學 ESS，沒有最大能量容量限制。NFPA 855 固定式儲能系統安裝標準將戶外偏遠位置定義為距離暴露地點超過 30.5 m (100 ft)。
- 1.11 參考 1.6，鉛酸和鎳鎘儲能系統是容量能量限制的例外，在某些情況下，沒有基於 NFPA 855 中概述的特定電信和公用事業設施的限制。

2. 組件

- 2.1 本標準涵蓋的儲能系統的組件或設備應符合該組件或設備的安全要求。有關涵蓋本標準所涵蓋的儲能系統中通常使用組件的標準列表，參照附錄 A。組件和設備應符合適用於要安裝儲能系統的國家/地區的 CSA 及/或 UL 標準。

3. 量測單位

- 3.1 不帶括號的數值及其各自的量測單位構成標準的要求，帶括號的數值構成解釋性或近似資訊。

4. 未註明日期的參考

- 4.1 本標準要求中出現的任何未註明日期的參考文獻，應解釋為是指該參考文獻的最新版本，包括所有的修訂和修正。

5. 規定參考

- 5.1 在本標準中引用了以下標準，並且部分引用的標準對於遵守本標準可能至關重要。本標準涵蓋的儲能系統應符合所安裝國家/地區系統適用的參考安裝規範和標準。當儲能系統打算在一個以上的國家中使用時，儲能系統應符合預計使用的所有國家的安裝規範和標準。

American Society of Mechanical Engineers (ASME) Codes

ASME B31 (all applicable parts). Power Piping

ASME BPVC, Boiler and Pressure Vessel Code

ASTM International

ASTM D4169, Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems

CSA Group Standards

CSA C22.1, Canadian Electrical Code, Part 1 Safety Standard for Electrical Installations

CAN/CSA-C22.2 No. 0, General Requirements - Canadian Electrical Code, Part II
CSA C22.2 No. 0.15, Adhesive Labels

CAN/CSA-C22.2 No. 0.17, Evaluation of Properties of Polymeric Materials

CSA C22.2 No. 0.2, Insulation Coordination

CSA C22.2 No. 0.8, Safety Functions Incorporating Electronic Technology

CSA C22.2 No. 14, Industrial Control Equipment

CSA C22.2 No. 94.2, Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations

CSA C22.2 No. 100, Motors and Generators

CSA C22.2 No. 107.1, Power Conversion Equipment

CAN/CSA-C22.2 No. 107.2, Battery Chargers

CSA C22.2 No. 139, Electrically Operated Valves

CSA C22.2 No. 301, Industrial Electrical Machinery

CAN/CSA-C22.2 No. 60079-2, Explosive Atmospheres - Part 2: Equipment Protection By Pressurized Enclosure "p"

CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1, Information Technology Equipment - Safety - Part 1: General Requirement

CAN/CSA-C22.2 No. 60529, Degrees of Protection Provided By Enclosures (IP Code)

CAN/CSA-C22.2 No. 62109-1, Safety of Power Converters for use in Photovoltaic Power Systems - Part 1: General Requirements

CAN/CSA C22.2 No. 62368-1, Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment - Part 1: Safety Requirements

CSA B51, Boiler, Pressure Vessel, and Pressure Piping Code

CSA B52, Mechanical Refrigeration Code

CSA B149.1, Natural Gas and Propane Installation Code

CSA FC 1, Fuel Cell Technologies - Part 3-100: Stationary Fuel Cell Power Systems - Safety

CSA Z462, Workplace Electrical Safety

CSA Z662, Oil and Gas Pipeline Systems

CAN/CSA-E60730-1, Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use - Part 1: General Requirements

International Code Council (ICC)

ICC IFC, International Fire Code

ICC IRC, International Residential Code

International Electrotechnical Commission (IEC) Standards

IEC 60068-2-52, Environmental Testing Part 2: Tests - Tests Kb, Salt Mist, Cyclic (Sodium Chloride Solution)

IEC 60364-4-41, Low Voltage Electrical Installations - Part 4-41: Protection for Safety - Protection Against Electric Shock

International Electrotechnical Commission (IEC) Standards

IEC 60068-2-52, Environmental Testing Part 2. Tests – Tests Kb. Salt Mist, Cyclic (Sodium Chloride Solution)

IEC 60364-4-41, Low-Voltage Electrical Installations - Part 4-41: Protection for Safety - Protection Against Electric Shock

IEC 60364-6, Low-Voltage Electrical Installations - Part 6: Verification

IEC 60417 Database, Graphical Symbols for Use on Equipment

IEC 60529, Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)

IEC 60664-1, Insulation Coordination for Equipment Within Low-Voltage Systems - Part 1: Principles, Requirements and Tests

IEC 60812 Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)

IEC 60896-11, Stationary Lead-Acid Batteries Part 11: Vented Types General Requirements and Methods of Tests

IEC 60896-21, Stationary Lead-Acid Batteries Part 21: Valve Regulated Types Methods of Test

IEC 60980, Recommended Practices for Seismic Qualification of Electrical Equipment of the Safety System for Nuclear Generating Stations

IEC 61000-4-2, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and Measurement Techniques - Electrostatic Discharge Immunity Test

IEC 61000-4-3, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and Measurement Techniques - Radiated, Radio Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test

IEC 61000-4-4, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and Measurement Techniques - Electrical Fast Transient/Burst Immunity Test

IEC 61000-4-5, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and Measurement Techniques - Surge Immunity Test

IEC 61000-4-6, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and Measurement Techniques - Immunity to conducted Disturbances, Induced by Radio-Frequency Fields

IEC 61000-4-8, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and Measurement Techniques - Power Frequency Magnetic Field Immunity Test

IEC 61000-6-2, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic Standards - Immunity Standard for Industrial Environments

IEC 61025, Fault Tree Analysis (FTA)

IEC 61508 (all parts), Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems

IEC 62040-1, Uninterruptible Power Systems (UPS) - Part 1: Safety Requirements

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standards Association

IEEE C2, National Electrical Safety Code

IEEE 693, Recommended Practice for Seismic Design of Substations

IEEE 1547, Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

IEEE 1547.1, Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

International Standards Organization (ISO) Standards

ISO 7010, Graphical Symbols - Safety Colours and Safety Signs - Registered Safety Signs

ISO 13849-1, Safety of Machinery - Safety-Related Parts of Control Systems - Part 1: General Principles for Design

ISO 13849-2, Safety of Machinery-Safety-Related Parts of Control Systems - Part 2: Validation

ISO 26262 (all parts), Road Vehicles - Functional Safety

National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

NEMA Z535.1, Safety Colors

NEMA Z535.2, Environmental and Facility Safety Signs

NEMA Z535.3, Criteria for Safety Symbols

NEMA Z535.4. Product Safety Signs and Labels

NEMA Z535.5, Safety Tags and Barricade Tape (for Temporary Hazards)

NEMA Z535.6, Product Safety Information in Product Manuals, Instructions, and Other Collateral Materials

National Fire Protection Association (NFPA) Codes and Standards

NFPA 1, Fire Code

NFPA 70, National Electrical Code

NFPA 70E, Electrical Safety in the Workplace.

NFPA 79. Electrical Standard for Industrial Machinery

NFPA 286, Standard Methods of Fire Tests for Evaluating Contribution of Wall and Ceiling Interior Finish to Room Fire Growth

NFPA 497, Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

NFPA 855, Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems

National Research Council of Canada

NRC NFC, National Fire Code of Canada

Occupational Safety and Health Standards (OSHA)

29 CFR 1910.1200, Toxic and Hazardous Substances

Telcordia

GR-63-CORE, Network Equipment Building System (NEBS) Requirements: Physical Protection

UL Standards

UL 50E, Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations

UL 252, Compressed Gas Regulators

UL 429. Electrically Operated Valves

UL 508C, Power Conversion Equipment

UL 746C, Polymeric Materials - Use in Electrical Equipment Evaluations

UL 840, Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances For Electrical Equipment

UL 842, Valves for Flammable Fluids

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

UL 991, Tests for Safety-Related Controls Employing Solid-State Devices

UL 1012, Power Units Other Than Class 2

UL 1564, Industrial Battery Chargers

UL 1741, Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources

UL 1778, Uninterruptible Power Systems

UL 1971, Signaling Devices for the Hearing Impaired

UL 1973, Batteries for use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications

UL 1998, Software in Programmable Components

UL 2200, Stationary Engine Generator Assemblies

UL 2416, Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment Cabinet, Enclosure and Rack Systems

UL 5500, Remote Software Updates

UL 9540A, Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems

UL 60079-2, Explosive Atmospheres - Part 2: Equipment Protection by Pressurized Enclosures "p"

UL 60730-1. Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use, Part 1; General Requirements

UL 60950-1, Information Technology Equipment - Safety - Part 1: General Requirements

UL 62109-1, Safety of Power Converters for Use in Photovoltaic Power Systems - Part 1: General Requirements

UL 62368-1, Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment - Part 1: Safety Requirements

ULC Standards

ULC/ORD-C842, Guide for the Investigation of Valves for Flammable and Combustible Liquids

US Department of Defense (DOD) Standards

MIL-STD-882E, System Safety

6. 詞彙

- 6.1 在本標準中，以下定義適用。
- 6.2 電弧閃光邊界(ARC FLASH BOUNDARY)-可能發生危險電弧並需要使用特殊保護設備 (PPE) 的區域。 參照 10.12。
- 6.3 調試 (COMMISSIONING) -儲能系統在安裝時經過試驗和評估的過程，以驗證其是否根據其設計目標和規格運行。
- 6.4 除役 (DECOMMISSIONING) -將能量存儲系統從服務中移除的操作，包括將其關閉（通常是在一定程度上進行拆卸），然後最終將其從安裝位置中移除。
- 6.5 DUT (Device under test) -待測裝置。
- 6.6 電力系統 (ELECTRIC POWER SYSTEM , EPS) -向負載輸送電力的設備或設施。 EPS 的最常見示例是電力公司。
- 6.7 電擊危害 (ELECTRIC SHOCK HAZARD) -通過與保護外殼中的開口直接接觸及 /或危險電壓電路與可觸及部件之間的絕緣不足，可能使人接觸危險電壓電路。
- 6.8 外殼 (ENCLOSURE) -儲能系統的外罩，為其內容提供保護。
- 6.9 儲能系統 (ENERGY STORAGE SYSTEM , ESS) -接收能量然後提供以某種形式儲存該能量以供以後使用的設備，以便在需要時提供電能。 參照圖 6.1。 ESS 使用以下技術之一：
- a) 電化學 ESS (ELECTROCHEMICAL ESS) -由儲存電能的二次（充電式）電池、電化學電容器、液流電池或混成電池-電容器系統以及可以根據需要提供所儲存電能的任何相關控制或設備組成。
 - b) 化學 ESS (CHEMICAL ESS) -包括儲氫、供儲氫的氫氣發生器和根據需要提供電能的燃料電池動力系統。
 - c) 機械性 ESS (MECHANICAL ESS) -包括通過壓縮空氣、抽蓄水或飛輪技術以及相關的控制和系統來儲能的機械裝置，可用於運行發電機以根據需要提供電能。
 - d) 熱能 ESS (THERMAL ESS) -由使用諸如空氣之類的加熱流體作為儲能的裝置以及相關的控制和系統的系統組成，該控制和系統可用於運行發電機以根據需要提供電能。
- 備考：ESS 可以是單個單元，也可以由多個部分組成。 ESS 可能包括用於充電、放電、控制、保護、電源轉換、通訊、控制系統環境、空氣、火災探測和抑制系統、燃料或其他流體移動和封閉等的設備，如圖 6.1 所示。

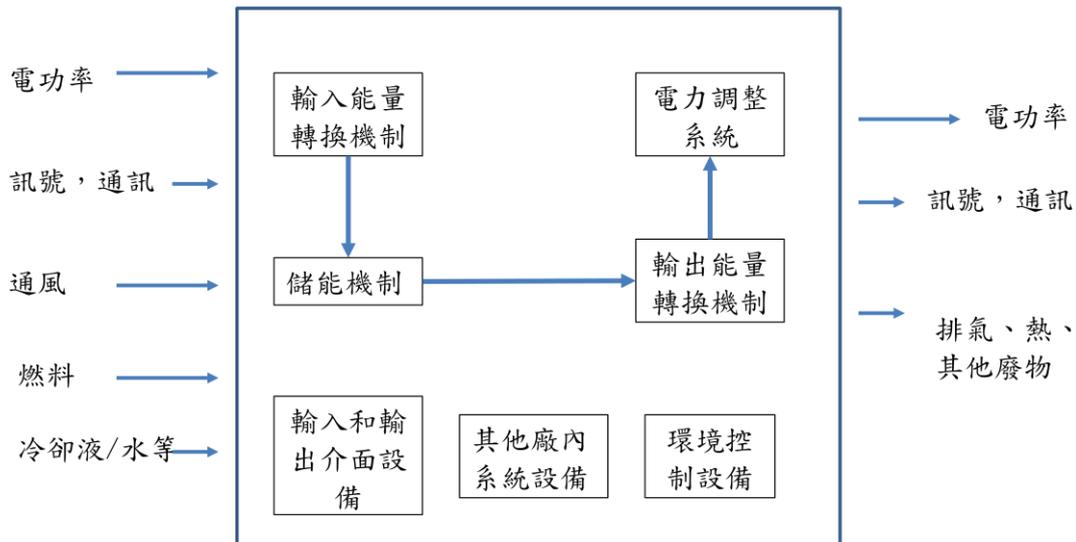


圖 6.1 儲能系統區塊圖

例：

技術	輸入能量換機制	儲能機制	輸出能量換機制
電化學	充電器	電池系統	轉換器
化學	水電解氫氣發生器	儲氫	燃燒產生器燃料電池
機械的	壓縮空氣	飛輪	電動發電機
熱	熱泵	儲熱	熱產生器或熱交換器

- 6.10 儲能系統積分器 (ENERGY STORAGE SYSTEM INTEGRATOR) -通常負責確保 ESS 各個部分協同工作的實體，並且 ESS 與向 ESS 供應能量或使用 ESS 能量的外部系統協同工作。
- 6.11 失效模式效應分析 (FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS ,FMEA) -一種嚴格而系統的方法，用於分析可靠性以及與技術及其安裝相關的任何一個部件的失效對安全性的影響。就本標準而言，僅考慮對安全的影響。
- 6.12 燃料電池動力系統 (FUEL CELL POWER SYSTEM) -將熱量和反應副產物形式的化學能以燃料和氧化劑形式轉換為電能的設備。
- 6.13 危險的電弧 (HAZARDOUS ARC) -具有足夠能量的電弧會對與之接觸的人造成身體危害。參見 10.12。
- 6.14 危險的流體 (HAZARDOUS FLUID) -一種危險物質（例如有毒、可燃等），可以是液體或氣體。
- 6.15 危險的物質 (HAZARDOUS MATERIAL) -危險的物質是一種可能單獨或通過與其他因素相互作用而對人類、動物或環境造成傷害的物質。29 CFR 1910.1200 中進一步定義了危險物質。

- 6.16 危險的電壓 (HAZARDOUS VOLTAGE) -超過 30 Vrms / 42.4 Vac 峰值或 60 Vdc 的電壓被認為是危險的。
- 6.17 空調系統(HVAC)-熱、通風和空調。
- 6.18 絕緣等級 (INSULATION LEVELS) -以下是電氣絕緣等級：
- a) 基本絕緣 (BASIC INSULATION) -單層絕緣，旨在在絕緣未失效時提供防觸電保護。
 - b) 雙重絕緣 (DOUBLE INSULATION) -既包含基本絕緣又包含附加絕緣的絕緣。
 - c) 功能性絕緣 (FUNCTIONAL INSULATION) -僅對設備的正常運行而言必需的絕緣，可以減少著火和著火的可能性，並且不能防止觸電。
 - d) 加強絕緣 (REINFORCED INSULATION) -在本標準規定的條件下，單層絕緣系統可提供相當於雙層絕緣的電擊防護等級。“絕緣系統”由一個均勻件或不能作為基本絕緣和附加絕緣試驗的多層組成。
 - e) 附加絕緣 (SUPPLEMENTARY INSULATION) -除了基本絕緣外，還應採用獨立的絕緣，以減少基本絕緣失效時的電擊危險。
- 6.19 移動儲能系統 (MOBILE ENERGY STORAGE SYSTEMS , MESS) -一種不是可攜式的 ESS，但具有可以將其移動（例如安裝在輪式拖車或滑道上）到現場臨時供電的方式。
- 6.20 不可燃電介質 (NON-COMBUSTIBLE DIELECTRIC MEDIUM) -不會引燃、燃燒、釋放可燃氣體或在空氣中支持燃燒的變壓器流體。
- 6.21 不可燃材料 (NON-COMBUSTIBLE MATERIAL) -遇火或過熱不會引燃或燃燒的材料。
- 6.22 非居住區使用 (NON-RESIDENTIAL USE) -用於商業、工業或公用事業場所的 ESS 裝置。
- 6.23 戶外用 (OUTDOOR USE) -ESS 位於建築物外部且可能會遭受下雨和風等環境影響的安裝。
- 6.24 居住區使用 (RESIDENTIAL USE) -根據本標準，旨在用於一兩個家庭住宅、聯排住宅和多戶住宅。
- 6.25 限制進出的場所 (RESTRICTED ACCESS LOCATION) -ESS 的位置，如安裝手冊和設備標記中所標識，或當地法規要求，同時滿足以下兩項要求：
- a) 只能由服務人員或用戶獲得有關該場所所受限制的原因、該場所所存在的危險以及應採取的任何預防措施的指導，才能進入該場所；且
 - b) 通過使用工具或鎖和鑰匙或其他安全手段進行進出，並由負責該場所的機構控制。
- 6.26 房間環境 (ROOM AMBIENT) -被認為是 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 9^{\circ}\text{F}$) 的溫度範圍。

- 6.27 安全臨界電路/分量 (SAFETY CRITICAL CIRCUITS/COMPONENTS) -在 15.4 的安全分析中確定的用於臨界安全 (即減輕對人員的潛在危害) 所依賴的電路或分量。
- 6.28 安全特低電壓電路 (SAFETY EXTRA LOW VOLTAGE (SELV) CIRCUIT) -一種電路，其電壓不超過表 6.1 中的電壓，並且在正常工作條件下和單個故障後均可以安全觸摸。

表 6.1 SELV 電壓限值

電壓極限	
正常	單故障
開路電壓通常為 42.4 Vpeak / 30 Vrms 或 60 Vdc 的正弦曲線	開路電壓通常為 42.4 Vpeak / 30 Vrms 或 60 Vdc 的正弦曲線，偏移最高為 71 Vpeak / 50 Vrms 或 120 Vdc，持續時間長達 200 ms

- 6.29 特殊目的公用-交互的 (逆變器/轉換器/產品) (SPECIAL PURPOSE UTILITY-INTERACTIVE (INVERTER / CONVERTER / PRODUCT)) -功能類似於公用-交互的逆變器/轉換器/產品，除了針對與通用公用逆變器不同的特定應用進行評估外。
- 6.30 公用-交互的 (UTILITY-INTERACTIVE) (逆變器) -一種逆變器，旨在與電力公司並聯使用，以提供常用負載，有時還向電力公司供電。
- 6.31 公用-交互的逆變器/轉換器，電網支持 (UTILITY-INTERACTIVE INVERTER / CONVERTER, GRID SUPPORT) -旨在與電力公用事業並聯使用的逆變器或轉換器，是一種公用交互式逆變器，另外還對其進行了評估，以評估其與 IEEE 1547 和 IEEE 1547.1 中定義的功能不同的特定電網支持功能 這些單元具有特定的公用互連設置，使能夠提供電網支持功能，例如電壓和頻率調節功能以及電壓和頻率通過。
- 6.32 步入式單元 (WALK-IN UNIT) -包含 ESS 的預製建築物，其包括供人員進入的通道，以供人員維修、試驗和檢修設備，通常用於戶外和 MESS 應用。

建構

7. 非金屬材料

- 7.1 用於 ESS 的外殼或外殼的一部分的聚合物材料應符合 7.2 和 UL 746C，外殼要求的路徑 III 或 CAN / CSA-C22.2 No.0.17 中概述的外殼要求。

例外 1：打算在戶外安裝的儲能系統應使用不燃材料的外殼。

例外 2：電化學 ESS 應使用不燃材料的外殼。

例外 3：如果確定 ESS 將要暴露的預期環境條件，符合附錄 A 中所列設備的相應標準中有關外殼和材料標準要求的多組件 ESS 的設備，則不需要該外殼符合第 7 節的要求。

7.2 當判斷採用非金屬材料的外殼時，應考慮到以下 (a) - (e) 中的因素；對於非金屬外殼，所有這些因素都應考慮到在熱老化。聚合物外殼的尺寸穩定性符合模具應力釋放試驗，是否適合以下因素 (a) - (e) 取決於本標準或 UL 746C 的試驗，或關鍵組件標準的外殼試驗，例如 UL 1973 或 UL 1971，前提是該標準涵蓋關鍵組件的外殼。

- a) 抗衝擊；
- b) 抗壓強度；
- c) 異常操作；
- d) 惡劣條件，以及
- e) 脫模變形

7.3 除 7.2 中的項目外，聚合物外殼應具有以下特性：

- a) 最低 5 VA 火焰等級，或者外殼符合 UL 746C 的 127 mm (5 in) 火焰試驗，並且對於具有單個連續截面的大表面積，投影表面積大於 0.93 m^2 (10 ft^2) 或大於 1.83 m (6 ft) 的單個線性尺寸，需要根據 UL 746C 的“可燃性-大表面積考慮因素”試驗進行火焰擴散試驗；
- b) 根據 UL 746C 的“材料特性注意事項”表絕緣材料特性；
- c) 如果用作消除應力的固定裝置，則在模具應力消除變形後符合 UL 746C 的應力消除試驗
- d) 如果最終使用時暴露於紫外線，則符合 UL 746C 的紫外線暴露試驗；
- e) 如果最終使用時暴露在雨中，則符合 UL 746C 的水暴露和浸入試驗； 和
- f) 如果安裝導管連接，則遵循 UL 746C 外殼要求表中的導管連接。

7.4 在 ESS 中用作電絕緣材料的材料應耐腐蝕，以免引起電擊、火災或其他安全危險。根據 UL 746C 或《CAN / CSA-C22.2 No. 7》中《材料性能注意事項》表 6.1 的規定，與危險帶電組件直接接觸或緊鄰的帶電絕緣材料還應滿足以下任一絕緣條件，除非用作已被評估為具有可比較安全標準的組件標準的組件的一部分。絕緣線要符合第 11 節中概述的要求。

例外：作為替代，用於支撐帶電部件的聚合物材料應符合 UL 60950-1 / CAN / CSA-C22.2 第 60950-1 條，第 4.7.3.3 條或第 4.7.3.4 條（如適用）中防火外殼外部的部件和其他部件的材料或防火外殼內部的部件和其他部件的材料的要求，或 PS2 電路中的火勢蔓延控制要求或 PS3 電路中的火勢蔓延控制要求，如適用，UL 62368-1 / CAN / CSA-C22.2 第 62368-1 號，第 6.4.5 節或第 6.4.6 節。

7.5 為了安全起見，應確定適用於預期在最終使用中暴露的環境條件和化學物質的墊圈和密封件。

8 金屬外殼和零件的耐腐蝕性

8.1 為 ESS 組件提供身體保護或防止接觸危險 ESS 組件的金屬外殼部件，應具有足夠的強度以提供身體保護，並且應耐腐蝕。合適的電鍍或塗覆工藝可以實現耐腐蝕性能。有關實現耐腐蝕方法的其他指南，參照 UL 50E 或 CSA C22.2 No. 94.2。滿足組件標準的外殼要求，如 UL 1741 和 UL 1973 的大部分 ESS 部件的金屬外殼被視為符合這些要求，而無需進一步評估。

8.2 端子和連接處接觸到異種金屬的導電部件不應因電化學作用而腐蝕。應避免在附錄 F 圖 F.1 中的線上方組合。使用諸如銀之類的塗層來防止腐蝕是滿足該要求的方法。

9 危險部件的外殼和防護

9.1 ESS 的外殼應具有所需的強度和剛度，以抵抗在運輸、安裝和預期使用過程中可能遭受的身體虐待。必須確定並指定外殼強度以證明符合要求。如果在額定載荷範圍內使用機架組件，則符合 UL 2416 的機架組件可滿足此標準。關於步入式裝置和對承重牆的修改，另參照 10.2。

9.2 ESS 外殼的開口應設計成防止意外接觸危險部件。應根據 IEC 60529 的第 12 條第一特性數值或 CAN / CSAC22.2 No. 60529 所指示的防止接觸危險部件的試驗，對於 IP2X 和 CSA C22.1 的最低 IP 等級，確定符合性，以及非危險場所的外殼選擇表，並考慮最終用途的安裝。

例外：如果直接在系統上提供服務和其他有權使用該系統的人員的永久警告標記，則用於受限進出位置的 ESS 不需要滿足可進出性標準。在適用的情況下，必須遵守 NFPA 70 的第 110 條、CSA C22.1 的第 2 和 36 節或 IEEE C2 的第 124 節，以防止在受限位置接觸危險帶電部件。應提供適當的警告和標識，以標識暴露的危險電壓電路，以保護維修人員。

9.3 在維修進出區域，應放置或保護危險電壓電路的裸露部分，以確保不太可能因維修人員使用的工具或試驗探針等物品，導致極性相反的電路、地線、SELV 電路或通信電路的意外短路。

9.4 暴露於水和其他元素的系統外殼和系統組件的額定暴露等級應符合 NFPA 70 第 110 條表 110.28 或 CSA C22.1 第 2 節的規定。安裝說明應根據外殼的額定值指示限制從環境進入的限制。

10 系統一般電氣系統安全和步入式單元的附加要求

10.1 該說明應包括根據 NFPA 70E 和 CSA Z462 以及 CSA C22.1 的第 2 節並根據本標準在 ESS 內、ESS 上及其附近的工作人員安全的措施和程序。

10.2 步入式單元的機櫃應具有適合安裝在機櫃內的設備的機械額定載荷，包括在安裝所有設備後可進入機櫃的最大人數。

10.3 具有切口或其他可能影響其承重性能的支撐壁的開口的集裝箱型外殼應重新評估為 ASTM D4169，以便能夠承受修改後的預期載荷。

10.4 戶外步入式單元的機櫃高度不得超過 $16.2 \times 2.6 \times 2.9\text{m}$ ($53 \times 8.5 \times 9.5\text{ft}$)，不包括可能固定在機櫃外部的 HVAC 和相關設備。超出這些尺寸的步入式外殼應根據適用的規範遵守室內安裝標準。

10.5 如果步入式單元裝有防爆系統，則包括任何在機殼上提供的門的機殼應能承受預期的爆炸壓力。待排放的爆炸材料只能通過為此目的設計的排放系統區域排放。步入式單元必不可少的抑制系統應能夠承受預期的壓力，並且其運行不應受到負面影響。是否合格，是通過檢查爆炸通風系統，步入式外殼的規格以及檢查外殼內通風系統和抑制系統的安裝情況來確定的。

10.6 如果人員可以進入步入式單元內的危險區域，則應在 ESS 隨附的說明中提供安全進出系統的程序。應提供諸如但不限於標語牌和鎖之類的裝置，以防止未經授權的人員進入這些危險區域。參照 42.17。

10.7 步入式單元的人員門的設計應防止人員被困在單元內，並且無需使用預定用於進入和離開步入式單元的工具或鑰匙即可從內部打開。步入式單元應朝出口方向打開，並根據 ICC IBC 中指定的尺寸提供至少 80 cm (32 in) 的淨寬度和至少 183 cm (72 in) 的淨高度。每個出口門均應根據 41.13 進行標記，並且出口標誌的視線不得中斷。任何可能被誤認為是出口的門口或通道均應根據 41.13 或實際使用的標記進行標記。另參照 41.12。

10.8 帶有步入式機櫃的 ESS 內的工作空間尺寸和要求，應符合 NFPA 70 或 CSA C22.1 的要求，或符合適用於安裝系統的 IEEE C2 的要求。空間要求還應在規定的個人防護設備 (PPE) 下提供適當的電弧閃光安全性。參照 41.8。

10.9 步入式單元進出的區域應設計成在有人進入、退出或在單元內部時防止絆倒、滑倒或跌倒。步入式單元內的表面和零件的設計應根據本標準通過採取適當的防護、電氣和熱絕緣方法以及警示性警告和標誌來防止對機櫃內的人員造成意外傷害。參照 10.7 和 41.10。

- 10.10 應根據 9.2 的規定，或通過使用防護裝置防止接觸 ESS 內的危險電壓部件，包括步入式外殼，並在僅允許合格人員進出的地方設立警告措施和警告標誌防止進出。帶有裸露帶電部件的步入式外殼的入口應標記明顯的警告標誌，禁止不合格的人員進入。關於維修的斷開標準等，另參照 12.2 以及 41.8 和 41.10。步入式單元的外殼應按照 14.4 的規定接地。
- 10.11 應根據 NFPA 70E 和 CSA Z462 進行的弧光危險評估，確定為弧光危險提供的防護設備的類型。電弧閃光評估結果應在 ESS 上標明。評估應確定：
- a) 電弧閃光的附帶能級；
 - b) 電弧閃光邊界，限制接近邊界；和
 - c) 所需的電弧閃光個人防護裝備。
- 10.12 根據 NFPA 70E 和 CSA Z462，無保護電弧閃光的邊界應視為電弧額定入射能量程度高於 $5 \text{ J} / \text{cm}^2$ ($1.2 \text{ cal} / \text{cm}^2$) 的邊界（例如可能對未保護的皮膚造成二次灼傷）。
- 10.13 可以完全由人員進入的儲能系統外殼，例如步入式單元，應設計為在外殼內工作時使用 100% 戶外空氣自動提供機械通風。最小通風量應為 $5.1 \text{ L} / \text{s} / \text{m}^2$ ($1 \text{ cf} / \text{min} / \text{ft}^2$)。
- 10.14 作為 ESS 組成部分的電路，包括步入式外殼的電路，包括照明、控制、電源、HVAC、緊急照明、警報電路等，ESS 中的設備類型和特定應用應符合適當要求。
- 10.15 電氣設備包括位於步入式外殼內易凝結的區域的電氣設備，或在 ESS 機殼內、周圍或周圍安裝或安裝的設備或系統的凝結影響，應適合在戶外使用或適當地防止與水接觸，並防止危險電壓通過水作為傳導路徑對人員的不安全傳導。
- 10.16 應在與 ESS 相關的外殼工作空間內提供照明。光源應至少提供 100 lux，並且只能通過手動方式進行控制。ESS 內的照明包括步入式機櫃內的照明應根據 NFPA 70 的第 410 條或 CSA C22.1 的第 30 節適用於安裝該系統的系統進行安裝。
- 10.17 如果有多於一種能源輸入到 ESS，則 ESS 應提供資訊和標記，以指示需要操作哪個或多個斷開設備以完全隔離設備。
- 10.18 應根據 NFPA 70 或 CSA C22.1 或 IEEE C2 的要求，適用於預定安裝該系統的地方，提供防雷電衝擊保護。

11 接線和電源連接

11.1 考慮到溫度、電壓和接線所使用的服務條件，安裝在設備上的接線，包括內部接線或隨設備一起提供的用於現場安裝的接線，應是絕緣的，並且可以按預期目的接受可能會受到佈線位置的影響。

11.2 儲能系統的接線方法和電源連接應符合 NFPA 70 或 CSA C22.1 或適用於安裝系統的 IEEE C2 的規定。被視為經過評估的設備的儲能系統應確保電源連接符合適用於安裝系統的 NFPA 70、CSA C22.1 或 IEEE C2。鼓勵對此類經過評估的設備進行接線的方法遵循上述規定，但至少應符合本“接線和電源連接”部分的規定。

11.3 ESS 應規定系統與外部接線系統的連接，包括：

a) 接線端子或接線；或

b) 根據 11.2 的規範連接電纜或導管的裝置。

11.4 作為 ESS 組成部分提供的接線端子或導線，其額定尺寸和大小應能連接到額定電流和額定條件下，電路載流量不小於電路承載的交流或直流電流的 125% 的現場接線導體，和根據 11.2 中的規範。

11.5 現場佈線導線的線徑不得小於與其連接的銅導體的線徑的兩倍以上，並且不得小於 2.08 mm^2 (14 AWG)。現場佈線導線的長度不得小於 152.4 mm (6 in)。

例外 1：通信電纜的電纜尺寸可能小於 2.08 mm^2 (14 AWG)。

例外 2：製造商提供並經過評估可與系統一起使用的現場線束附件。

11.6 現場佈線室，應在其中進行分支電路連接：

a) 在安裝 ESS 之後，允許連接電源線；

b) 允許輕鬆安全地引入和連接，以及

c) 位置應確保在安裝 ESS 後可以方便地檢查連接。

11.7 內部接線循路、支撐、夾緊或固定方式應減少電線和端子連接上過度拉緊的可能性；端子連接鬆動；以及導體絕緣的損壞。在對安全要求嚴格的電路中，對於焊接的終端，應將導體放置或固定，以免依靠單獨的焊接來保持導體的位置。

11.8 絕緣電線穿過系統外殼或在外殼內提供分隔的元件所穿過的孔應設有光滑的圓形襯套，或者應具有光滑的表面，沒有毛邊、飛邊、尖銳的邊緣等，以防止絕緣層磨損。

11.9 如果多根導體並聯安裝，則應將其安裝成組、每相、中性線或地線應由不超過一根導體組成，以使每組中的電流總和為零。如果導體穿過金屬開口，則一組中的所有導體都應穿過同一開口。

12 通用電氣設備

12.1 可更換的保險絲應具有保險絲更換標記，其保險絲額定值應位於每個保險絲或保險絲座附近，或在保險絲座上，或在其他位置，只要該標記明顯適用於該保險絲即可。如果需要具有特殊特性例如延時或分斷能力的可更換保險絲，則還應註明類型。維修手冊中還應包含有關正確更換可更換保險絲的資訊。

12.2 ESS 中暴露的危險電壓應配備可上鎖的手動斷開開關，以在維修或緊急程序期間啟用鎖定-標記-鎖定功能(如 NFPA 70E 和 CSA Z462 要求的)。可鎖定的手動斷開開關應具有足夠的中斷等級，維修系統的技術人員和急救人員應可及，並應盡可能靠近裸露的危險電壓導體。當系統製造商未在系統上直接提供可鎖定的手動斷開連接時，安裝說明應指明安裝中提供的斷開連接的類型和等級以及如何根據 NFPA 70E 和 CSA 2462 進行安裝。

例外：根據系統的設計，在不可行的情況下不需要可鎖定的斷開連接(例如，散佈在電池系統內的高壓電池組中間，以將電池組分段成小於最小危險電壓的分段)。

12.3 熔斷器、斷路器和斷開裝置的額定應適用於系統中的應用，包括故障電流額定值、負載下斷開的適用性等。ESS 應在設有與積分能量存儲技術的短路狀態，其中當多個電池系統並聯連接尋址添加劑故障電流的電勢相關聯降低危害系統內的短路保護。該保護措施應作為能量存儲技術的一部分提供，或作為獨立組件安裝在 ESS 內。防止過載和外部電路短路的措施，應使用分支電路額定保護器或為此目的進行評估的電子電路。

12.4 作為 ESS 一部分安裝的變壓器，應為乾式或裝有不可燃電介質的類型。此類變壓器的安裝應符合 NFPA 70 或 CSA C22.1 的要求，或適用於安裝系統的 IEEE C2 第 15 節。

12.5 關於第 12.4 節，根據適用的當地法規或公用事業要求，充油變壓器應允許在戶外場所使用。

12.6 如果系統預定安裝在此的插座是暴露於戶外環境或戶外環境的條件，則為 ESS 的維護和修理而提供的便利插座應標稱為戶外使用。

12.7 連接到 ESS 的電池或其他儲存設備輸出端子的逆變器和其他設備應能夠安全地承受來自儲存設備的潛在短路電流。逆變器和其他設備的額定輸入短路電流應等於或大於電池或其他儲能裝置的額定輸出短路電流。可以通過評估儲能機構(例如電池)的輸出短路額定值，如通過 UL 1973 試驗確定符合性。

對於能夠提供輸出短路電流的設備，該額定值應反映出由以下人員提供的保護：任何內部分支電路保護器，包括電子電路調節，例如峰值電流、衝擊電流和時間的限制。依靠安裝在儲能機構輸出上的分支電路保護器的儲能機構應提供該設備的最大短路電流。

13 電氣間距和電路分離

13.1 在 ESS 內相反極性的電路應提供可靠的物理間距，以防止意外的短路或電弧閃光的可能性（即印刷線路板上的電氣間距，未絕緣的導線和零件的物理固定等）。如果不能通過可靠的物理隔離來控制間距，則應使用適合預期工作溫度和電壓的絕緣材料。

13.2 電路中的電氣間距在表面和通過空氣間距上應具有以下最小值，如表 13.1 或 UL 60950-1 / CAN / CSA-C22.2 No. 60950-1 所述，電氣間隙為爬行距離和絕緣距離。

例外 1：可替代地，應採用 UL 62368-1 / CAN / CSA-C22.2 62368-1 的 5.4.2 的電氣間隙要求和 5.4.3 的爬行要求。

例外 2：可接受的替代方法是 UL 840, CAN / CSA-C22.2 No. 62109-1, UL 62109-1, IEC 60664-1 或 CSA C22.2 No. 0.2 中的間距要求。預期的污染程度和過電壓類別取決於所評估的 ESS 組件或子組件的設計和應用。

例外 3：先前評估為符合設備適當安全標準的 ESS 組件內的電氣間距無需評估。

表 13.1 電器間距

部件	電壓 V	通過空氣 mm(in)	表面上 mm(in)
通過功能或基本絕緣將帶電部件和滯留金屬部件分開	0-50 ^a	1.6(1/16)	1.6(1/16)
	51-130	3.2(1/8)	4.8(3/16)
	131-300	6.4(1/4)	9.5(3/8)
可觸及的滯留金屬部件和滯留屬部件僅通過基本絕緣與帶電部件分開 ^b	0-50 ^a	1.6(1/16)	1.6(1/16)
	51-130	3.2(1/8)	4.8(3/16)
	131-300	6.4(1/4)	9.5(3/8)
帶電部件和可觸及的滯留金屬部件，由雙重絕緣或加強絕緣隔開	0-50 ^a	3.2(1/8)	3.2(1/8)
	51-130	6.4(1/4)	9.5(3/8)
	131-300	12.7(1/2)	19(3/4)

未絕緣的帶電部件，以及： 1) 極性相反的未絕緣的帶電部件 2) 除外殼外的未絕緣的接地部件；或 3) 裸露的金屬部件（基本絕緣）	301-600	9.5(3/8)	12.7(1/2)
	601-1000	14.0(0.55)	17.8(0.70)
	1001-1500	21.6(0.85)	30.5(1.20)
未絕緣的帶電部件和金屬外殼的壁，包括導管或鎧裝電纜的配件（基本絕緣）。	301-600	12.7(1/2)	12.7(1/2)
	601-1000	20.3(0.80)	25.4(1.00)
	1001-1500	30.5(1.20)	41.9(1.65)
<p>^a如果可以通過試驗或分析確定電路是由 UL 60950-1 / CAN / CSA-C22.2 No. 60950-1 中定義的有限電源供電的，則允許將間距從表中所示的間距減小。</p> <p>^b如果不接地，這是由於補充絕緣而導致的間距。</p>			

13.3 如果在 60 Vdc 以上或 30 Vrms 以上的電壓，通過絕緣層的距離至少為 0.4 mm (0.02 in)，則絕緣層完全填充化合物或子組件外殼的部件沒有最小間距厚度足夠用於補充或加強絕緣，並通過介電耐壓試驗。對於 60 Vdc 或以下的電路絕緣或基本或功能絕緣，沒有最低絕緣厚度要求。一些示例包括灌封、封裝和真空浸漬。用作電絕緣的材料應符合 7.4 的要求。

13.4 在不同電壓下工作的電路的導體，應通過使用機械固定裝置（例如柵欄或紮線帶）可靠地彼此隔離，以保持間距要求，除非每個導體都具有可接受的最高絕緣電壓。絕緣導體應可靠地固定，以使其不接觸在不同電壓下工作的電路的未絕緣帶電部分。

14 絕緣等級和保護性接地

14.1 危險電壓電路應與可觸及的導電部件和 14.2 所述的安全特低電壓（SELV）電路絕緣，其方法如下：

a) 基本絕緣並設有保護性接地系統，以在符合 14.3 的基本絕緣發生故障時提供保護；

- b) 雙重或加強絕緣的系統； 或
- c) (a) 和 (b) 的組合。

14.2 僅通過功能絕緣與可觸及的導電部件絕緣的，按 6.28 定義的安全特低電壓 (SELV) 電路被視為可觸及。

14.3 包含危險電壓電路的 ESS 的易接近的非載流金屬部件，如果絕緣故障，這些電壓可能會帶電，則應將其連接到設備的接地端子。主接地端子應通過使用接地符號，綠色或“GR”字樣進行標識，以將其表示為設備接地端子，並且不得用於除接地導體和連接導體之外的任何其他目的。

14.4 ESS 的保護性粘合和接地方法應符合 NFPA 70 的第 250 條或適用於系統所處位置的 IEEE C2 的第 9 節。確定保護性接地線的尺寸時，應考慮連接到設備或系統的所有電源的額定電流和故障電流路徑。

在加拿大，將 ESS 連接和接地的方法應符合 CSA C22.1 的第 10 和 36 節。

14.5 保護性接地系統的各部分應牢固固定並具有金屬對金屬的接觸，以確保接地系統的連續性。應確保所有連接都不會意外鬆動，並應確保連接完全良好。參照 14.6、14.7 和第 29 節。

14.6 關於第 14.5 節，當連接要連接的導電部件時，應去除接觸區域的油漆或塗層，或者應使用帶有固定螺栓或螺釘的油漆刺穿鎖緊墊圈來提供良好的金屬與金屬接觸。螺紋鎖固密封劑、環氧樹脂、膠水或其他類似化合物以及焊錫不應單獨用作固定裝置，因為不被認為是可靠的。此外，不得依賴鉚釘，鉸鏈（除非金屬對金屬鋼琴型鉸鏈）以及可能因維修而被拆除的部件作為確保保護性接地和連接系統連續性的連接。黏合應通過使用未用於其他目的的專用連接來實現。

14.7 關於 14.5，被認為是可靠的並確保良好的金屬對金屬接觸的固定方法可以包括以下方法：

- a) 接線端子；
- b) 壓力連接器，接地片以及類似的接地和粘合設備連接器；
- c) 熔焊過程；
- d) 不少於兩條螺紋或用螺母固定的機械螺釘型緊固件； 和
- e) 形成螺紋的機器螺釘，與外殼中的不少於兩根螺紋嚙合。

14.8 對於在導體之間或接地的 ESS 大於 100 V 的 ESS，如果系統配有接地故障檢測器和指示器以監視接地故障，則電池電路可以不接地。

15 安全分析與控制系統

15.1 應在構成 ESS 的設備上進行包括危害識別、風險分析和風險評估在內的安全分析，其中包括諸如故障模式和影響分析 (FMEA) 之類的安全分析，以識別系統的關鍵安全組件和電路 ESS 的組件以及考慮提供安全功能的任何交互的組件。分析應考慮 ESS 部分（例如電池系統充電器、逆變器等）在整個系統安全性方面的兼容性。該分析應由 ESS 的製造商或集成組成 ESS 的組件的實體（稱為儲能系統集成商）執行。可以在以下標準中找到分析指南：

a) IEC 60812；

b) IEC 61025；和

c) MIL-STD-882E

15.2 即使 ESS 的主要部件符合各自的安全標準並且在其額定值內使用，也不能假定在將這些部件連接在一起以形成 ESS 時，系統是安全的，而無需進一步分析。對 ESS 的分析必須評估 ESS 的各個部件，即使確定安全性各不相同，也可以相互兼容以防止發生危險情況。進行此分析時，重要的是，按 15.1 所述評估 ESS 各個部件的交互作用，以確定因交互作用而未在系統中引入危害。例如，部件之間的通信延遲可能會影響安全性，功率調節裝置引入的突波或噪聲或電氣連接引入的噪聲，不應影響功能或導致這些安全控件的損壞，例如電池管理系統 (BMS)、接觸器或儲能管理系統。

15.3 安全分析除潛在的電氣危險外，還應考慮與 ESS 相關的機械和其他潛在危險。當評估具有危險動能的系統和部件處於危險壓力程度下的系統時，這尤其重要。飛輪系統的分析應在軸承故障檢測系統上進行，該系統應在災難性故障發生之前檢測軸承故障的跡象，並應設計為在飛輪控制系統內啟動安全機構，以在發生災難性故障時使系統進入安全狀態軸承的設計飛輪系統的分析還應包括對任何主動軸承卸載系統的反饋和控制。

15.4 被確定為對安全至關重要的 ESS 的電氣和電子控制應符合該控制的適當安全標準，並在其額定值內使用。如果該試驗不屬於功能安全標準要求的一部分，則應根據第 32 節對確定為對安全至關重要的電子和軟體控制進行試驗，以驗證其電磁抗擾性，並應根據以下一組標準對功能安全進行評估：適用於系統的標準和安全等級：

a) UL 991 和 UL 1998；

- b) CSA C22.2 第 0.8 號 (軟體控體的軟體 B 類要求) ；
 - c) 電子控制要求的附件，UL 60730-1 附錄 H 或 CAN / CSA-E60730-1 (軟體控制的 B 類軟體要求) ；
 - d) IEC 61508 (所有部件) (具有軟體控制的有源保護設備的最低安全完整性等級 (SIL) “ 2” 要求) ；
 - e) ISO 13849-1 和 ISO 13849-2 (具有軟體控制的有源保護設備的最低性能等級 (c) 要求) ； 或
 - f) ISO 26262 (所有部件) (具有軟體控制的有源保護設備的最低汽車安全完整性等級 (ASIL) “ C” 要求) 。
- 15.5 如果製造商提供額外的安全分析 (例如，防護層分析)，顯示通過 ESS 內的其他措施已降低了所需的風險降低程度，則應允許減少用於安全功能的所需的 SIL、 PL 或 ASIL 。
- 15.6 在進行電子控制的功能安全性評估時，需要考慮系統各部件之間的相互影響。特別是，在所有情況下都應考慮許多破壞性相互作用。這些交互包括：
- a) 在評估電子和可程式電子控制的可靠性時，應考慮由於各種 ESS 組件 (例如電池的 PCS 和 BMS 或其他電子控制之間) 相互作用而引入系統的噪聲或其他干擾；
 - b) BMS 和其他電子控制的突波保護評估應足以解決可能從 PCS 或其他設備傳輸的潛在突波；
 - c) 如果 BMS 的控制功能或其他控制由於這種相互作用而受到影響，則應提供突波抑制保護以保護 BMS 或其他電子安全控制設備；
 - d) 連接到系統儲存設備 (例如電池) 的諸如電源調節系統 (PCS) 之類的部件應能夠安全地承受來自存儲設備的故障電流，包括在短路保護操作之前傳輸的電流；和
 - e) ESS 各部件之間通信訊號的延遲或其他故障，可能會影響安全性。
- 15.7 確定對安全至關重要的可以遠程更新的軟體及其相關硬體，應滿足 UL 5500 中概述的要求。

16 遙控

- 16.1 有能力進行遠程控制和操作的儲能系統，應配備可及的裝置，以使系統與遠程控制裝置斷開連接，以進行系統的維護或其他本地維修。遠程斷開應在系統上提供，或者安裝手冊中的說明應提供最終用途安裝中斷開的位置和類型。遠程控制系統的使用不得導致系統安全分析確定的不安全狀況，並且不得超越本地安全控制。如果要在安裝過程中提供遠程控制隔離開關（未內置在 ESS 中），則說明應包括有關電氣連接的資訊，包括防止遠程控制系統超越隔離開關的裝置。
- 16.2 應當標記諸如緊急關機（EPO）按鈕之類的遠程斷開控制，以清楚地指示其所控制的系統或系統的一部分。不需要以這種方式標記諸如 EPO 之類的遠程斷開控制，其可以斷開和斷開整個 ESS 的電源。

17 通信系統

- 17.1 ESS 的安裝和操作說明應標識 ESS 用於與打算連接到 ESS 的外部系統進行通信的通信協議。需要相互通信以確保系統安全運行的儲能系統組件和子組件應使用統一的通信協議，並且在第 15 節的安全分析中應包括對這些互連通信系統的兼容性的評估。

18 加熱和冷卻系統

- 18.1 依賴於熱管理系統的儲能系統，該系統必須集成在系統中或在安裝地點提供，以防止過熱或在儲能技術的指定安全操作範圍之外運行，該系統應設計為在發生熱故障時安全地關閉，除非可以證明熱管理系統故障不會導致危險情況。

19 管道系統、壓力容器、燃料和其他流體供應的連接和控制

- 19.1 管道系統、壓力容器、燃料和其他流體供應連接及控制裝置應符合 19.2-19.9 的規定。

例外 1：被評估為符合 UL 1973 的電池組成部分的系統不需要符合 19.2-19.9。

例外 2：可以根據 UL 508C 冷卻系統部分的性能要求評估冷卻劑系統。

- 19.2 用於在 ESS 中輸送流體（例如水、熱空氣、燃料氣體等）的管道系統應符合 ASME B31（所有適用的部件）或 CSA B51、CSA B52、CSA Z662 或 CSA B149.1 適用時。

- 19.3 屬於 ASME BPVC 或 CSA B51 範圍的壓力容器和相關設備，包括洩壓裝置，應遵守適用的要求。

- 19.4 ESS 上的易燃燃料供應接頭應適合所含材料，並應根據 ASME B31 的適用流體、溫度和壓力對其適用。

- 19.5 作為 ESS 設計的一部分或在安裝說明中應提供一種裝置，以防止過程氣體等回流到燃料供應管線中。
- 19.6 ESS 的設計應確保根據當地法規，通過使用止回閥或其他方式作為系統設計的一部分，防止系統中使用的過程水污染飲用水源。
- 19.7 管路、軟管和裝有液體的管路應進行佈線和固定，以防止可能引起火災、爆炸或電擊危險的洩漏（例如，液體洩漏到電路上可能導致短路）。洩壓閥的位置應確保流體在工作時不會流向帶電部件或對安全至關重要的迴路。
- 19.8 手動截止閥應在 ESS 上或其附近提供一個可接近的位置，以允許斷開向 ESS 進行維護的燃料或水的供應等。如果系統本身未提供，則安裝說明應指出安裝適當的手動截止閥的類型、等級和位置。打算在易燃流體管線中使用的自動（非電動型）和手動閥應符合 UL 842 或 ULC / ORD-C842。電磁閥應符合 UL 429 或 CSA C22.2 No.139。在使用易燃液體的地方，應提供一個自動截止閥以限制異常情況下的燃料釋放。
- 19.9 在可燃氣體或其他有害氣體管線上使用的壓力調節器應符合 UL 252、CSA Z662 或 CSA B149.1 的要求。

20. 機械 ESS 中可動部件的容納

- 20.1 具有可動能儲存動能部件的機械 ESS（飛輪系統）應設有容納部件的裝置，以防部件在運行過程中或由於外力的作用而鬆動。如果可動部件可能由於損壞或固定裝置損壞而脫落，則容納機構應充分容納鬆動的部件，以防止對人員或周圍建築環境造成危害。參照第 33 節。

21 危險流體控制

- 21.1 如果系統在單個容器中容納的液體超過 208 L（55 gal），或總體積超過 3785 L（1000 gal），則應提供二級密封。用於溢出控制的方法應足以容納系統中最大的液體容器中的所有流體，並應設計成在室外放置時可以防止雨水的無意填充。如果包含易燃液體，則應根據第 23 節的規定指定或包括任何適用的火災探測和防護系統。溢漏控制系統應在 10 分鐘內容納來自任何指定防火系統的額外水。應提供自動洩漏檢測功能，以通知液體溢出。

例外：如果產品中未提供密封，則說明手冊中應包括有關需要密封、火災探測和防護系統以及洩漏探測的說明。說明書還應規定安全殼的最小容積，以及安全殼系統與所要盛裝的流體的相容性資訊。參照 42.12。

- 21.2 如果系統中含有導電流體，則系統的設計應能防止流體在溢出情況下引起短路。如果系統未提供溢出控制，則說明手冊應提供有關溢出控制系統設計的指導，以防止任何短路引起的液體溢出。

21.3 如有必要，應中和任何危險流體的溢出物，以確保與溢出控制系統中流體可能接觸的任何材料兼容。這種中和應在無需人工干預的情況下進行，並且應具有將 21.1 中指定的液體量中和至與洩漏控制系統中的材料兼容的 pH 值的能力。如果需要，應進行中和以確保安全清理和處置洩漏物。

例外：如果產品中未提供中和作用，則說明手冊中應包含有關需要中和作用的說明。說明書還應規定滿足 21.3 要求的中和材料的類型和數量。參照 42.12。

21.4 含有液體的儲能系統應根據第 34 和 35 節進行的評估，設計為防止排放被認為具有危險濃度的有毒蒸氣。

22 可燃氣體濃度

22.1 包含可燃性液體系統或電池的 ESS 外殼，在正常操作下可將氫氣或其他易燃氣體排放到大氣中，應對其進行通風以防止有害揮發氣濃度，除非該外殼內分類區域/帶域內的電氣設備的劃分分類為 1 級或帶域 1 區域/帶域。在正常最大操作條件下，ESS 的非危險區域/帶域中的濃度應限制為可燃性下限 (LFL) 的 25%。保持濃度低於要求限值的機械通風應連鎖，以便在通風系統出現故障時關閉系統。

例外：帶有鉛酸或鎳鎘等水性電解質的通風電池系統不需要根據 22.3 的規定在其外殼中設有通風孔。

22.2 在 21.1 中未解決的電化學 ESS，依賴於機械通風作為防止在故障情況下發生的可燃氣體排放的保護措施，以防止系統中有害氣體的濃度，應配備能夠啟動的故障檢測系統機械通風，以防止 ESS 內任何非危險區域/帶域的 LFL 超過 25%。

22.3 對於裝有電池或類似儲存設備的 ESS，可以使用開口以防止外殼內有害氣體的危險濃度。外殼中用於通風的開口應構造成能防止因適用的電池技術，例如排氣式或閥控式鉛酸和鎳電池的水性電解質的電解而導致的氫氣濃度引起的氫氣濃度聚集而導致危險狀況的可燃氣體積累和適用的電化學電容器技術中，氫氣的 LFL 大於 25%（相當於空氣體積中的 1% 濃度）。

22.4 作為 22.3 的替代，通風孔的最小開口面積應為：

$$A=0.005NC_5(\text{cm}^2)$$

其中：

A = 所需通風口的總橫截面淨面積 (mm)

N = 電池中的電池數量

$C_5 = 5$ 小時差率下的電池容量 (Ah)

例外: 如果可以證明電池內有足夠的通風以防止氫氣積聚超過氫氣 LFL 的 25%，則可以減少通風孔的面積。

22.5 在正常運行條件下可能存在高於 25%LFL 的易燃氣體濃度的 ESS 部分，應配備適用於 NFPA 70、CSA C22.1 或 IEEE C2 的適用分類的構造安裝。

22.6 根據 NFPA 497、UL 60079-2 或 CAN / CSA-C22.2 No. 60079-2，應在 ESS 機櫃內與分類區域相鄰的電氣室保持正壓。

23 火災探測、抑制和傳播

23.1 一般

23.1.1 作為 ESS 組成部分提供的火災探測和火災抑制設備應符合適用的產品安全標準，並應根據適用的安全產品標準和製造商的說明進行安裝。

23.1.2 具有集成式火災探測或火災抑制系統的儲能系統應根據適用的安裝規範和標準提供安裝、調試、維護和試驗這些系統的說明。NFPA 1 和 ICC IFC 提供了有關火災抑制系統適用要求和規範的資訊。另參照附錄 A。

23.1.3 如果 ESS 製造商的說明顯示集成式火災探測或火災抑制系統是可選的，則無論是否安裝了集成式火災探測或火災抑制系統並在運行中，ESS 都應符合本標準中所有適用的性能要求。

23.2 大尺度防火試驗

23.2.1 電化學類型的 ESS，包括但不限於電容器和電池 ESS，應按照 (a) - (g) 中的 UL 9540A 進行大規模燃燒試驗。有關與間隔距離和能量容量有關的規範限制的指導，參照附錄 E。

- a) 符合法規和標準要求的具有增加的能源容量的系統；
- b) 室內系統與相鄰的 ESS 裝置、門窗或可燃物、非可燃物或有限的可燃物之間の間隔距離減小。這包括建築構造組件（例如牆壁和天花板）或 ESS 附近的任何材料。參照 42.2；
- c) 戶外系統與相鄰設備和暴露物的間隔距離減小。參照 42.4；
- d) 戶外壁掛式系統，減少了間隔距離；
- e) 室內壁掛式系統；

f) 安裝在住宅中的系統（如果允許）； 和

g) 當需要進行爆炸分析以確認安裝位置安全時。

23.2.2 打算在住宅單元的居住或適居空間（如果允許）中使用的電化學 ESS 必須符合 UL 9540A 中的性能-電池電量試驗要求。符合這些要求的系統應根據 41.3 (n) 進行標記。

24 電力轉換設備

24.1 一般

24.1.1 屬於儲能系統的逆變器、充電器和充電電荷控制設備的設計和額定值，應與儲能系統中使用的電池系統一起使用，並經過 UL 1741、UL 62109-1 或 CAN / CSA C22.2 No. 62109-1、UL 1012、UL 1564 或 CAN / CSA C22.2 No. 107.1，適用於電力轉換設備及其在系統中的應用。

24.2 公用電網相互作用

24.2.1 旨在將能量輸出到電力系統（EPS）的公用事業的儲能系統應指定為交互式公用事業，電網支持公用事業交互式或專用公用事業交互式，並應使用經過適當評估的電力調節系統。參照見 6.29、6.30 和 6.31。

24.2.2 逆變器的設計應使其能夠正確連接其所連接的特定儲能技術，如系統安全分析所確定的那樣。

24.2.3 應在 ESS 指令中為特定產品專門標識依賴內部或外部公用事業互連保護功能或設備的產品。

24.3 公用電網交互式逆變器

24.3.1 公用事業交互式逆變器、電網支持公用事業交互式逆變器或 ESS 的子組件應符合 UL 1741、UL 62109-1 或 CAN / CSA C22.2 No. 62109-1 或 CSA C22.2 No 107.1。

24.3.2 如果在產品額定值或說明中提到了那些特定的文件或要求，則應評估與公用事業交互的 ESS 逆變器是否符合其他公用事業交互文件和標準。

24.4 獨立式和多模式功率調節系統

24.4.1 獨立和多模式應用的功率調節系統應符合 UL 1741、UL 62109-1 或 CAN / CSA C22.2 No. 62109-1 或 CSA C22.2 No. 107.1。

25 儲能系統技術

25.1 電化學 ESS

25.1.1 電化學 ESS 中使用的電池、電化學電容器、混合電池-電容器系統或液流電池應符合 UL 1973 的要求。對電池系統進行試驗和評估，其中應包括電池及其電池管理系統，作為 UL 1973 評估的一部分。屬於 ESS 的逆變器和充電設備應設計為與 ESS 中使用的電池系統一起使用。有關電池安全性的一般資訊，另參照附錄 B。

例外：對於閥控式或排氣式鉛酸或鎳鎘電池系統，參照附錄 D。

25.2 化學 ESS

25.2.1 化學 ESS 由氫燃料的儲存和使用燃料電池系統或氫氣渦輪機將燃料轉換為電能的裝置組成。為了將電能轉換為氫燃料，使用水電解的氫發生器也是整個系統的一部分。屬於化學 ESS 的燃料電池系統應符合 CSA FC 1 的要求，燃料電池動力系統。

25.2.2 使用化學 ESS 的固定式機動發電機應符合 UL 2200 或 CSA C22.2 No. 100 和 CSA C22.2 No. 14。

25.2.3 在 CSS 中使用的水電解式氫發生器應提供氫氣儲存，應進行評估，並確定其符合設備的適當安全標準。

19.25.2.4 化學 ESS 含氫燃料的部件應採用在使用壓力和溫度下適於氣態氫服務的材料製造。用於儲存氣態氫的壓力容器和作為化學 ESS 一部分使用的管道應符合第 19 條的規定。

25.3 機械 ESS

25.3.1 應評估機械 ESS，例如但不限於飛輪系統或壓縮空氣儲能 (CAES) 系統，以確定與具有儲存動能能力的可動部件以及高壓和高溫流體有關的危險系統中包含的內容得到減輕。通過評估本標準的要求來確定其是否符合。

25.3.2 飛輪系統和其他具有可動部件且具有動能儲存能力的系統，應符合第 33 節的可動部件圍阻體試驗和第 35 節的強度試驗。含有危險流體的部件應符合第 34 節的洩漏試驗和第 35 節的強度試驗。

25.4 熱 ESS

25.4.1 應評估熱 ESS，以確定與高壓和高溫密閉有關的危險，並減輕潛在的危險流體。通過評估本標準的要求來確定其是否符合。含有危險流體和高溫高壓流體的部件應符合第 34 節的洩漏試驗和第 35 節的強度試驗。

性能

26 一般

- 26.1 作為符合適用技術安全標準的一部分而採用的儲能技術。如果沒有適用的安全標準，則應根據本標準進行試驗。
- 26.2 除非試驗方法中另有說明，否則根據本標準進行的所有試驗均應在室溫為 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 9^{\circ}\text{F}$) 的環境中進行。當 ESS 的任何冷卻系統或其他輔助系統的運行會影響試驗結果或試驗方法中有其他規定時，均應在試驗期間運行。出於試驗目的，用於試驗的樣品和參數應考慮最小尺寸的導體和最大允許的過流保護，以及更惡劣的負載和溫度條件。
- 26.3 溫度應使用熱電偶來量測，該熱電偶由連接到電位計型儀器的導線組成，導線的直徑應不大於 0.21 mm^2 (24 AWG) 且不小於 0.05 mm^2 (30 AWG)。溫度量測應在熱電偶的量測接點緊靠被測組件/位置的情況下進行。對於那些要求樣品達到熱平衡（也稱為穩態條件）的試驗，如果在連續三次溫度量測之後，以先前試驗持續時間的 10% 為間隔，則認為達到了熱平衡。少於 15 分鐘，表示溫度變化不超過 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3.6^{\circ}\text{F}$)。
- 26.4 本標準中的試驗可能會導致爆炸、火災、易燃和/或有毒煙霧的散發以及觸電。在進行任何這些試驗時，人員必須格外小心，並遵守當地和地區勞工安全規定，並保護他們免受飛行碎片、爆炸力以及試驗可能導致的熱量和噪音的突然釋放的影响。試驗區域應通風良好，以保護人員免受可能的有害煙霧或氣體的傷害。作為額外的預防措施，出於安全和資訊目的，可以在試驗過程中監控在試驗過程中可能變熱或變冷的部件表面的溫度。應指示所有參與試驗的人員在溫度恢復到室溫之前不得接觸被測設備 (DUT)。

電氣試驗

27 正常運轉試驗

- 27.1 如果已經在特定技術標準下進行了類似的評估（例如溫度試驗），則 ESS 的設備可以免除正常運轉試驗。
- 27.2 在進行本標準所要求的電氣試驗時，應按製造商規定的最大負荷率，通過至少 2 個系統充放電循環操作 ESS。如果在第 41.3(h) 節中指定了工作週期，則應在指定的工作週期下重複放電和充電週期，直到該週期各部分的最大溫度達到平衡為止。對於每個週期，ESS 應完全放電，立即充電至完全充電狀態，然後延遲以達到指定的工作週期。
- 27.3 試驗期間，應考慮最大和最小房間環境條件。在運轉期間，應監視對溫度敏感的關鍵組件的溫度，並監視系統組件的運行參數，以確定在額定範圍內運轉。如果 ESS 打算安裝在牆壁上，則應根據安裝說明的要求，將 ESS 安

裝在漆成暗黑色的凹室的平坦牆壁上，並在試驗過程中對牆壁表面進行溫度監測。

- 27.4 在正常運轉試驗期間，在充電和放電週期內不得超過製造商規定的極限。組件上測得的溫度不得超過表 27.1 的規定。ESS 可及表面上的溫度不得超過表 27.2 的限值。

表 27.1 組件上溫度

部件	組件上最大溫度(Tmax) °C (°F)
內部和外部接線的合成橡膠或 PVC 絕緣	
-無溫度標記	75(167)
-帶有溫度標記	溫度標記
組件、絕緣材料和熱塑性材料	a
電池/電容器外殼	b
a 在組件和材料上測得的溫度不得超過該組件或材料的最高溫度額定值。	
b 內部電池或電容器外殼的溫度不得超過製造商建議的最高溫度。	

表 27.2 可及和安裝表面上的溫度

可及面	最大表面溫度		
	金屬 °C (°F)	玻璃、瓷和玻化璃 材料°C (°F)	塑膠和橡膠 ^a °C (°F)
可能會觸摸到設備的外表面 ^b	70 (158)	80 (176)	95 (203)
設備內部可能被觸摸的部件 ^c	70 (158)	80 (176)	95 (203)
壁掛式儲能 vu4 統：	最大溫升 ^d ，°C (°F)		
牆壁表面	75 (167)		
a 對於每種材料，應從該材料中獲取數據，以確定適當的最高溫度。			
b 對於設備外表面上尺寸不超過 50 mm (2.0in) 且在正常使用中不太可能觸及的區域，允許的溫度最高為 100°C (212°F)。			
c 如果符合以下條件，則允許溫度超過限制：			
1) 不太可能無意中接觸到此類部件，例如設備位於受限制的進出位置或由			

於其位置而引起的；

2) 該部件上有一個標記，顯示該部件很熱。允許使用符號 IEC 60417 資料庫 No. 5041 提供此資訊。

d 此溫度是在 25°C (77°F) 的試驗環境溫度下的最大溫度上升。

28 介電耐壓試驗

28.1 絕緣耐壓試驗是對與 DUT 內的危險電壓電路相關的電氣間隔和絕緣的評估。

28.2 在 42.4 V_{peak} / 30 V_{rms} 或 60 V_{dc} 或更高電壓下的電路應承受符合 UL 60950-1 / CAN / CSA-C22.2 No. 60950-1 的介電耐壓。

例外 1：容易因施加試驗電壓而損壞的半導體或類似電子組件應被旁路或斷開。

例外 2：不需要對已經根據其各自的標準要求進行評估的集成式 ESS、燃料電池和逆變器系統等進行絕緣耐壓試驗。僅試驗系統外部的那些電氣部件及其先前未評估的連接。

28.3 在介電耐壓試驗過程中施加的電壓應施加在 DUT 的危險電壓電路與可觸及的非載流導電部件之間。

28.4 在介電耐壓試驗過程中施加的電壓也應施加在危險電壓充電電路與 DUT 的外殼/可觸及的非載流導電部件之間。

28.5 在介電耐壓試驗過程中施加的電壓至少應施加 1 分鐘。

28.6 試驗設備應由 500 VA 或更大容量的變壓器組成，輸出電壓是可變的，如果使用交流試驗方法，則基本為正弦波；如果使用直流試驗方法，則為直流輸出。由於試驗正在檢查絕緣擊穿，因此沒有針對試驗設備的跳閘電流設置，這會導致電流大幅增加。設置跳閘電流可能會導致該試驗錯誤，因為它不一定表示絕緣擊穿。

例外：如果變壓器配有直接量測施加的輸出電勢的電壓表，則無需使用 500 VA 或更大容量的變壓器。

28.7 不應有電介質擊穿的證據（絕緣擊穿導致絕緣短路/在電氣間隔上形成電弧），這是由施加的試驗電壓引起的電介質耐壓試驗設備發出的適當訊號所證明的。電暈放電或單次瞬時放電不被視為介電擊穿（即絕緣擊穿）。

29 脈衝試驗

29.1 脈衝電壓試驗旨在評估 ESS 承受雷電或類似突波的能力。如果可以確定連接到功率調節系統的部件可以承受可能發生的任何直通電流，則無需對已進行過電壓突波保護的系統（例如，符合 IEEE 1547 標準的逆變器）進行試驗。

29.2 脈衝電壓試驗應使用脈衝發生器進行，該脈衝發生器能夠提供符合表 29.1 規定的電壓/輸出電壓不超過 2Ω 的 $1.2 / 50 \text{ us}$ 波形，並旨在模擬雷電引起的過壓情況或設備切換。

表 29.1 脈衝電壓

被測電路電壓 V	脈衝試驗電壓，電路與易觸及部件之間的電壓。			
	連接到電源的電路		電路未連接到電源	
	基本或附加絕緣 V	加強絕緣 V	基本或附加 V	加強絕緣 V
≤ 50	500	800	800	1500
100	800	1500	1500	2500
150	1500	2500	2500	4000
300	2500	4000	4000	6000
500	4000	6000	6000	8000
1000	6000	8000	8000	12000
>1000	a	a	a	a

a 允許對 1000 V 以上的電路進行外推。

29.3 對於每個極性，應在 $\geq 1 \text{ s}$ 的時間間隔內以峰值電壓施加 $1.2 / 50 \text{ us}$ 的脈衝，以使被測電路的額定功率達到表 29.1 規定的 $\pm 5\%$ 。試驗電壓應施加在被測端子/電路與易觸及部件之間。對於 1000 V 或更低的電路，每個極性應施加三個脈衝。對於 1000 V 以上的電路，每個極性應施加 5 個脈衝。

例外：脈衝試驗級別可以基於瞬態電壓突波抑制設備的額定值（如果提供）。

29.4 作為施加的脈衝電壓試驗的結果，不得有絕緣擊穿（即通過固體絕緣的電擊穿），不發生飛弧（即固體絕緣表面的電擊穿）或火花（即通過流體的電擊穿）例如空氣）。

30 設備接地試驗

30.1 應使用以下方法之一確定系統接地和接合電路的阻抗：

- 接地端子與待接地部件之間的電路是使用阻抗測量設備測量的；
- 根據設備接地電路的連續性部分，NFPA 79 的第 18.2 節（使用 10 A 低壓電源對電路進行壓降測量）；或

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

c) 根據 UL 60950-1 第 2.6.3.4 節/ CAN / CSA-C22.2 No. 60950-1 中的接地導體及其端子的電阻試驗(使用低壓電源根據電路保護額定值量測電路中的電壓降)。

d) 根據 IEC 60364-4-41 的故障迴路阻抗量測。

在加拿大, 根據 CSA C22.1, 被測電路稱為鍵合電路。

30.2 所有試驗的接地和連接電路的阻抗均不得超過 $0.1\ \Omega$, 或者如果使用 30.1 (d) 中的試驗方法, 則符合性標準應符合 IEC 60364-4-41 的要求。

31 絕緣電阻試驗

31.1 在 ESS 內的危險電壓電路上使用的絕緣電阻應大於或等於 $1\ \text{M}\Omega$ 。

31.2 絕緣電阻應使用高阻抗量測設備(例如兆歐姆計)進行量測, 同時在被測電路的帶電部分和包括設備接地電路在內的可觸及導電部分之間施加 $500\ \text{Vdc}$ 的電壓 1 分鐘。

例外 1: 如果事先已將絕緣電阻作為特定技術安全標準的一部分進行了評估, 則無需試驗儲能系統。

例外 2: 可以改為執行 IEC 60364-6 的絕緣電阻試驗。

第 3 個例外: 如果永久連接的電線具有:

- a) 如果是銅, 則保護性接地導體的橫截面至少為 $10\ \text{mm}$; 如果是鋁, 則至少為 $16\ \text{mm}$; 或
- b) 為第二個保護接地導體提供一個附加端子, 該端子的截面積與原始保護接地導體的橫截面積相同, 並且安裝說明要求安裝第二個保護接地導體。

例外 4: 可改為進行 IEC 62040-1 的接觸電流量測試驗。

31.3 進行絕緣電阻試驗時, 可以將電阻和/或電阻網絡拆除。

32 電磁抗擾性試驗

32.1 一般

32.1.1 被確定為對安全至關重要的電子和軟體控制, 應通過遵守本節中規定的試驗, 表現出足夠的電磁抗擾能力。可以使用其他標準規定的替代試驗程序和等級, 但前提是等效或比以下指定的試驗程序和等級更嚴格。如果已將 EMI 試驗作為控制功能安全調查的一部分, 則不需要此試驗。

例外: 此試驗不適用於 ESS 組件中的控制, 這些控制已經根據其適用的組件標準, 例如, 用於功率調節系統的 UL 1741 進行了 EMI 暴露評估。

32.1.2 每次試驗應從可操作的 DUT 開始。

32.1.3 在本節中的試驗期間，DUT 必須以包括正在評估的安全功能的模式進行操作。如果要考慮多種模式（例如：控制儲能設備充電和放電的設備），則 DUT 應當在試驗期間循環通過這些模式，或者在每種模式下重複進行試驗。在各種模式之間循環時，DUT 不應表現出任何安全功能喪失或起火、電擊或人身傷害的跡象。

32.1.4 在本節中的每次試驗之後，應檢查 DUT 以確認其仍在運轉。如果無法通過檢查確定 DUT 是否完全可操作，則可能需要對 DUT 進行操作驗證(32.8)。如果 DUT 不再可操作，則應進行故障分析以確定故障原因並驗證 DUT 安全地發生了故障。不再工作的 DUT 不得用於任何剩餘試驗。

32.1.5 此外，在完成本節中的所有試驗之後，在第 32 節中指定的試驗過程中使用的所有樣品均應符合第 32.8 節中的操作驗證。

32.2 靜電放電

32.2.1 DUT 必須根據 IEC 61000-4-2 規定的試驗程序和 32.1.3 規定的工作模式，表現出對靜電放電的抗擾性。

32.2.2 應使用以下試驗程度：

- a) ± 6 kV 接觸放電； 和
- b) ± 8 kV 空氣放電。

32.2.3 試驗後，DUT 應符合 32.1.4。

32.3 射頻電磁場

32.3.1 DUT 必須根據 IEC 61000-4-3 規定的試驗程序和 32.1.3 規定的工作模式，表現出對射頻電磁場的抗擾性。

32.3.2 應使用以下試驗程度：

- a) 10 V / m 從 80 MHz 至 1 GHz，1 kHz (80%AM)，和
- b) 3 V / m 從 1.4 GHz 到 6.0 GHz 為，1 kHz (80%AM)。

32.3.3 在試驗過程中，DUT 應符合 32.1.3。

32.3.4 試驗後，DUT 應符合 32.1.4。

32.4 快速瞬變/突發抗擾性

32.4.1 根據 IEC 61000-4-4 規定的試驗程序和 32.1.3 規定的工作模式，DUT 必須證明對電氣快速瞬變/突發具有抗擾性。

32.4.2 應使用以下試驗程度：

- a) 在打算連接到長度超過 3 m (118.1 in)， ± 1 kV (5/50 ns，5 kHz) 的電纜的訊號/控制端口上，應使用電容箝位；

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

b) 在輸入和輸出 DC 端口上， ± 1 kV (5/50 ns, 5 kHz)；和

c) 在輸入和輸出 AC 端口上， ± 2 kV (5/50 ns, 5 kHz)

32.4.3 參考 32.4.2, 應將試驗級別應用於 ESS 中設備的所有外部可進出端口。外部可進出的 AC 端口應使用 32.4.2 (c) 中指定的試驗級別進行。外部可進出的 DC 端口應使用 32.4.2 (b) 中指定的試驗級別進行操作。

32.4.4 試驗後，DUT 應符合 32.1.4。

32.5 突波抗擾性

32.5.1 DUT 必須根據 IEC 61000-4-5 中規定的試驗程序和 32.1.3 中規定的工作模式，證明對突波的抗擾性。

32.5.2 應使用以下試驗程度：

a) 對於打算與長度超過 30 m (118.1 in) 的長距離電纜相連並離開建築物和/或用於戶外的 I / O 訊號/控制端口，應將 ± 1 kV 線路接地；

b) 對於輸入和輸出 DC 端口，線對線為 ± 0.5 kV，線對地為 ± 1 kV；和

c) 對於輸入和輸出 AC 端口，線對線 ± 1 kV，線對地 ± 2 kV。

32.5.3 參考 32.5.2, 應將試驗程度應用於 ESS 中設備的所有外部可進出端口。外部可進出的交流端口應使用 32.5.2 (c) 中指定的試驗級別進行。外部可進出的直流端口應使用 32.5.2 (b) 中規定的試驗級別進行。

32.5.4 試驗後，DUT 應符合 32.1.4。

32.6 射頻共模

32.6.1 DUT 必須根據 IEC 61000-4-6 規定的試驗程序和 32.1.3 規定的工作模式，證明對射頻傳導干擾的抵抗力。

32.6.2 應使用以下試驗程度：

a) 對於打算與長度超過 3 m (118.1 in) 的電纜連接的 I / O 訊號/控制端口，為 10 V (150 kHz 至 80 MHz, 1 kHz, 80%AM)；

b) 對於輸入和輸出 DC 端口，10 V (150 kHz 至 80 MHz, 1 kHz, 80%AM)；和

c) 對於輸入和輸出 AC 端口，10 V (150 kHz 至 80 MHz, 1 kHz, 80%AM)

32.6.3 參考 32.6.2, 應將試驗程度應用於 ESS 中設備的所有外部可進出端口。外部可進出的 AC 端口應使用 32.6.2 (c) 中指定的試驗級別進行。外部可進出的 DC 端口應使用 32.6.2 (b) 中指定的試驗級別進行。

32.6.4 在試驗過程中，DUT 應符合 32.1.3。

32.6.5 試驗後，DUT 應符合 32.1.4。

32.7 電力頻率磁場

32.7.1 DUT 必須根據 IEC 61000-4-8 中規定的試驗程序和 32.1.3 中規定的工作模式，證明對電力頻率磁場具有抗擾性。

32.7.2 應使用以下試驗程度；10 A / m。

32.7.3 在試驗過程中，DUT 應符合 32.1.3。

32.7.4 試驗後，DUT 應符合 32.1.4。

32.8 操作驗證

32.8.1 在完成 32.2 -32.7 中的試驗後，這些試驗中使用的所有樣品均應符合以下規定。

32.8.2 製造商應聲明由電子和軟體控制執行的所有安全功能的預期性能。

32.8.3 製造商應提供試驗程序，以驗證電子設備和軟體控制執行的每個安全功能是否正常運轉。這可以包括例如通過模擬驗證正確的安全功能性能。

32.8.4 在 32.8.3 規定的試驗程序中，每個 DUT 均應正名以下行為之一：

- a) 不喪失安全功能；或
- b) 過渡到適當的狀態，以確保 DUT 的安全運轉。

機械試驗

33 可動部件的圍阻體

33.1 過速試驗

33.1.1 帶有可動部件且具有儲存動能能力的 ESS，該 ESS 可以通過系統控制中的故障而處於過速狀態，應接受過速試驗。

33.1.2 系統控制裝置中的單個故障應使可動部件過速。DUT 必須在過速條件下運轉，直到二級保護控制停止 DUT 的運轉為止。

33.1.3 由於過速狀態，可動部件不得以可能導致危險狀態的方式鬆動或斷開。如果由於過速情況而完全鬆開或斷開連接，則圍阻體裝置應根據 33.2 中的有故障固定措施安全地圍阻部件。

33.2 安全試驗失敗

33.2.1 當可動部件的主要固定裝置中的故障有可能導致危險時，帶有可動部件並具有動能儲存能力的 ESS 應接受有故障的固定試驗。

33.2.2 系統的可動部件應耐受主要固定裝置的單一故障，然後以正常運轉期間預期的最大速度運轉。應通過安全分析來確定要去除的主要固定手段，例如軸承、軸或可動部件相對於固定殼體固定的其他部件故障，該安全分析將所選手段的故障標識為：潛在的最壞情況。

33.2.3 系統應一直運轉，直到出現以下情況之一：

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

- a) 該部件在故障狀態下已運轉 30 分鐘。
- b) 進行保護控制以停止 DUT 或危險可動部件的運轉；或
- c) 部件已鬆動，並且已完全或部分與其固定裝置斷開連接。

33.2.4 在錯誤的固定狀態下操作的結果是，可動部件不得鬆動或斷開以致導致危險狀態。如果完全鬆開或斷開連接，則部件的圍阻體裝置應安全地圍阻部件。

33.3 閉鎖軸試驗

33.3.1 帶有可動部件且具有動能儲存能力的 ESS，如果閉鎖軸或可動部件可能導致危險，則應進行閉鎖軸試驗。

33.3.2 在可動部件被阻止以防止移動的情況下，系統應在最大運轉條件下運轉。

33.3.3 系統應運轉：

- a) 將部件閉鎖 30 分鐘然後停止；
- b) 直到保護控制開始操作以阻止被測部件被閉鎖的 DUT 為止；或
- c) 直到任何可動部件斷裂或完全或部分與其固定裝置斷開連接。

例外：作為部件評估的一部分，已經評估過的可動部件是否處於閉鎖軸狀態，無需進行試驗。

33.3.4 在軸/可動部件處於閉鎖狀態的情況下操作系統時，不得使該部件鬆動或斷開以致導致危險狀態。如果部件完全鬆動或斷開連接，則部件的圍阻體裝置應安全地圍阻部件。不得有會導致火災或爆炸等危險的部件過熱。

33.4 機械故障試驗

33.4.1 帶有任何可動儲存動能的 ESS 的機械（即旋轉）儲能元件應進行機械故障試驗。應進行機械故障試驗，以確保在最大運轉速度下，機械儲能元件或飛輪在最大正常運轉速度下存在於機械儲能元件中的應力與最大正常運轉速度之間的安全係數裕度至少為 2.0。機械儲能元件材料在 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 9^{\circ}\text{F}$) 的室溫下的極限抗拉強度。

33.4.2 機械儲能元件應在能夠安全容納機械故障組件的試驗設施中進行機械故障試驗。在最大工作速度下，DUT 所承受的應力至少應大於所計算應力的 2 倍。為此，假定轉子的工作應力正好與轉速的平方成比例。

33.4.3 參考 33.4.2，對於固體機械能量儲存元件（例如固體金屬轉子），試驗應為動態試驗。試驗轉速應該是由機械儲存元件無故障地獲得的轉速。由於使用中的機械儲能元件的運轉速度不得超過試驗轉速的 70%，因此試驗轉速至少應為最大工作速度的 143%。

- 33.4.4 參照 33.4.2，對於中空圓柱形機械儲能元件，作為動態試驗的替代方法，可以執行靜態試驗（例如，靜液壓或氣動強度試驗），從而使 DUT 承受內部壓力在正常工作條件下，DUT 中產生的最大應力大於最大應力的 2 倍。
- 33.4.5 參照 33.4.2，機械能儲存元件 DUT 應：
- a) 是生產機械儲能元件；
 - b) 是新的，並且
 - c) 滿足製造商對生產單位的品質保證要求。
- 33.4.6 除了 33.4.2 的 2 倍裕度要求以外，儲能元件的標準安裝還應證明能夠圍阻機械儲能元件的故障。圍阻體定義為 NO 原始粒子（儲能組件、其碎片或其他可動部件），NO 二次的拋射體（產品的固定組件或其碎片由於故障事件而運動）要離開設備的最外層外殼、圍阻介質或安裝區域。該試驗應在最大額定工作應力的 100% 或更高的條件下進行。
- 33.4.7 參照 33.4.2，如果任何機械特性或材料性能發生偏差，導致生產儲能元件中的計算應力與實測應力之間的增加幅度超過 15%，則應重複進行該試驗。對於先前合格的機械儲能元件，應重複進行機械故障試驗。
- 33.5 軸承故障試驗
- 33.5.1 帶有可動部件且其動能儲存能力依賴於其可動機構中軸承的 ESS，如果失效的軸承可能會導致危險，則應對 ESS 進行失效試驗。
- 33.5.2 當系統在最大運轉條件下運轉時，應通過注入會導致軸承閉鎖和損壞的材料或通過其他會導致軸承故障並導致突然停止的機制來誘發軸承故障。
- 33.5.3 系統應被操作：
- a) 直到轉子因損壞零件的慣性而停止為止；
 - b) 直到保護控制器停止工作為止； 或
 - c) 直到任何可動部件斷裂或完全或部分與其固定裝置斷開連接。
- 33.5.4 由於在軸承故障的情況下運轉系統，因此可動部件不應鬆動或斷開以致導致危險狀態。如果部件完全鬆動或斷開連接，則部件的圍阻體裝置應安全地圍阻部件。不得有會導致火災或爆炸等危險的部件過熱。
- 34 洩漏試驗
- 34.1 含有危險流體的儲能系統應根據 34.2 和 34.3 進行洩漏試驗。
- 例外：如果已對包含危險流體及其連接的部件進行了外部洩漏評估，並將其作為組件標準的一部分進行了洩漏試驗，則該標準例如是《流動電解液電池試驗計畫》的附錄，UL 1973 的附錄 C 或 CSA FC 1 用於燃料電池系統。
- 34.2 含有危險流體的 ESS 洩漏不應導致火災、電擊或人身傷害的危險。

34.3 合格性是通過以下方式確定的，即含液體部件及其連接件承受的最大流體工作壓力是最大工作壓力的 1.5 倍（如果使用液體進行試驗）或系統運轉預期使用期間 1.1 倍最大工作壓力（如果進行空氣氣動試驗）。因此，包含流體的部件或其連接不得洩漏。

35 強度試驗

35.1 一般

35.1.1 包含危險流體的儲能系統應符合 35.2 和 35.3 的強度試驗。

35.2 靜水壓強度試驗

35.2.1 含有危險性液體（氣體或液體）的 ESS 部件應在達到最大壓力後的 1 分鐘內進行 1.5 倍於系統設計壓力的靜水壓強度試驗。使用系統中使用的液體或水，應逐漸增加壓力，直到在大約 1 分鐘內達到最大壓力。試驗在室溫下進行。

35.2.2 靜水壓強度試驗的結果是，盛水的部件不應有破裂、變形、破斷或其他損壞。

35.3 氣動強度試驗

35.3.1 氣動強度試驗是對 35.2 的靜水壓強度試驗的替代，並根據 35.3.2 進行。

35.3.2 含有危險性液體（氣體或液體）的 ESS 部件應在達到最大壓力後的 1 分鐘內耐受系統設計壓力 1.3 倍的氣動強度試驗。使用空氣或惰性氣體，應逐漸增加壓力，直到在大約 1 分鐘內達到最大壓力。試驗在室溫下進行。

35.3.3 氣動強度試驗的結果是，盛裝液體的部件不應有破裂、變形，破斷或其他損壞。

36 壁掛固定裝置/試驗

36.1 壁裝式 ESS 的壁裝設備應具有足夠的強度來支撐系統。通過以下試驗確定是否合格。

例外：ESS 的各個組件均已安裝了自己的壁掛式設備，這些組件先前已作為組件評估的一部分進行了試驗，無需進行試驗。

36.2 牆壁安裝設備和 ESS 應根據製造商的規範進行安裝。將等於 ESS 重量三倍的力沿向下方向附加施加到安裝設備的中心。該力應保持 1 分鐘。

36.3 由於施加的力，在測試壁掛固定裝置時，不得損壞安裝設備及其固定裝置。

環境試驗

37 特殊環境裝置

37.1 一般

37.1.1 應評估打算在特殊環境中安裝的儲能系統在這些環境中安全運轉的能力。這些環境條件可以包括：在海洋環境中暴露於鹽霧中、進行抗震等級試驗、高海拔等。應根據具體暴露情況來適用 37.2、37.3 和 37.4 的要求。ESS 上的銘牌標籤應根據 41.3、41.11 和第 42 節標識特殊的環境條件。

例外：如果已經作為特定技術安全標準的一部分進行了試驗，則無需在系統或系統部件上進行試驗。

37.2 易受潮的戶外設施

37.2.1 用於戶外安裝的儲能系統將耐受額定的濕氣暴露等級，應根據其銘牌標籤和 41.11 和 42.13 的安裝說明中概述的環境額定值進行試驗。

37.2.2 根據系統的額定值，應根據 IEC 60529、UL 50E 或 C22.2 No. 94.2 進行防潮性試驗。

37.2.3 試驗結束時，應對樣品進行第 28 和 31 節的電絕緣試驗，並檢查系統中是否存在可能導致危險狀況的水痕。

37.2.4 由於暴露於水，應沒有證據顯示部件上有水可能會導致危險，並且間距的減少或絕緣層的破損/惡化都不應存在。

37.3 在海洋環境中進行戶外安裝

37.3.1 打算根據 42.13 中的安裝說明在海洋環境中戶外安裝的儲能系統，將在下面暴露於鹽霧的環境下進行試驗。

37.3.2 系統必須根據 IEC 60068-2-52 對 1 級或 2 級嚴重性進行試驗。

37.3.3 在測試結束時，應對系統進行第 28 節和第 31 節的電絕緣測試，以確定絕緣沒有以導致電擊危險的方式損壞。

37.3.4 應檢查系統是否存在因鹽分暴露而造成損壞的跡象，這些跡象顯示存在安全隱患（例如，部件腐蝕可能會導致固定件或外殼變弱、絕緣損壞）。如果可以運轉，則應確定系統可以運轉而不會造成危害。

37.3.5 作為試驗的結果，ESS 不應顯示出鹽霧暴露造成的損害的證據，該損害可能導致諸如電擊、休克、過熱或可能造成人身傷害的損害。

37.4 在地震的環境中安裝

37.4.1 裝有儲能裝置的 ESS 設備，如果要安裝在有地震作用的地方，應根據 41.3 和 42.13 的抗震等級和安裝說明進行評估，並在必要時進行試驗。安裝說明應指出設備特定抗震等級的限制。應當使用提供地震評估指導的標準，例如 IEEE 693、IEC 60980、GR-63-CORE 中的地震試驗或類似標準。

37.4.2 應檢查 ESS 是否存在爆炸、著火、可燃物濃度（如果適用於技術）、外殼破裂、電解液洩漏、電擊和失去保護控制的跡象，這些導致其他不合格的結果在 37.4.3。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

37.4.3 作為試驗的結果，(a) - (g) 中的以下任何結果均被視為不合格結果：

- a) 爆炸；
- b) 起火；
- c) 可燃濃度（如果適用於技術）；
- d) 破裂（外殼）；
- e) 電解液洩漏（外殼外部）；
- f) 電擊危險（電阻低於隔離電阻極限或電介質擊穿）；
- g) 失去保護控制。

製造和生產試驗

38 電氣的生產試驗

38.1 介電電壓耐壓試驗

38.1.1 應在工作電壓超過 60 Vdc 或 30 Vrms / 42.4 Vpeak 的 ESS 的 100% 生產時，執行第 28 節中的介電耐壓試驗中概述的介電耐壓試驗。

例外 1：生產介電耐壓試驗的時間可以減少到 1 s。

例外 2：可以在系統的子組件上進行試驗。

例外 3：如果作為特定技術評估的一部分進行（例如，根據 UL 1973 等進行試驗），則可以豁免試驗。

38.2 檢查接地系統

38.2.1 ESS 的接地和連接系統應使用阻抗量測裝置進行檢查。量測應在接地和連接系統的任意兩個位置之間進行。

38.2.2 接地和連接系統的電阻量測不得超過 0.1 Ω 或每 30.2 允許的極限。

例外：如果確定可以通過檢查生產實踐來確定確保系統生產良好接地和粘合的 ESS 結構和生產方法，則可以豁免此試驗。但是，如果通過單個緊固件維護接地系統的任何一點，則應進行接地試驗。

38.3 檢查安全控制

38.3.1 儲能系統應進行 100% 生產檢查，以確定用於安全的任何主動控制裝置都在起作用。

例外：可以在最終組裝之前對系統的子組件或組件進行安全控制檢查。

39 機械生產試驗

39.1 最大異常運轉速度

39.1.1 每個生產機械儲存元件均應進行最大異常運轉速度試驗。試驗應以 33.1 的過速試驗中達到的最大速度進行。試驗應在安全地包含機械儲存元件的任何機械故障的環境中進行。

39.2 轉子的生產篩選

39.2.1 機械 ESS 的轉子組件應通過超音波試驗或其他手段檢查轉子中的裂紋和其他缺陷，以進行 100% 的生產篩選，以確定轉子是否根據製造商的規範製造。

40 生產品質控制

40.1 ESS 的製造商應有文件化的生產過程控制措施，以持續監控可能影響安全性的製造過程的以下關鍵要素，並應包括量測的參數限值，以採取修正措施以解決影響這些特性的缺陷（超出極限參數） 關鍵要素：

- a) 供應鏈控制； 和
- b) 組裝過程。

標記

41 一般

提示：在加拿大，有兩種官方語言。因此，有必要以英文和法文提供“小心”，“警告”和“危險”說明和標記。附錄列出了本標準中規定的“小心”，“警告”和“危險”說明和標記的可接受的法文翻譯版本。如果產品不打算在加拿大使用，則說明和標記只能以英語提供。

41.1 符合本標準要求的標記（包括標牌）應清晰易讀，並應具有永久性，例如金屬沖壓、蝕刻、黏著劑標籤等。黏著劑背膠標籤應符合 UL 969 或 CSA C22.2 No. 0.15 的要求，適用於預期的暴露條件和粘附的表面。

41.2 標記和標牌的文字應有適當的大小，以便從必須閱讀的距離可以看清，並且文字的顏色應與背景形成對比。標記和標誌的指引可以在諸如 ISO 3864-2、NEMA Z535.1、NEMA Z535.2、NEMA Z535.3、NEMA Z535.4 和 NEMA Z535.5 等標準中找到。

41.3 儲能系統應在 (a) - (r) 中作如下標記。儲能系統還應標有製造商名稱、商品名稱、商標或其他描述性標記，以在 (a) - (k) 和 (g) 中標識負責該產品的組織、部件號或型號以及電氣額定值和其他額定值（如果適用）。系統說明中應提供 ESS 安裝和操作所需的所有額定值和額定值資訊。如果系統的安裝位置有限制（即只能在遮蔽雨淋的室內和僅在戶外），則這些位置限制應在標籤和安裝說明上註明。如果系統打算安裝在當地法規表明需要對設備進行抗震等級的地方，則標籤上應包括適當的抗震等級。

- a) 輸出和輸入電流（最大值），單位為 A；

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

- b) 輸出和輸入電壓（最小和最大），單位為 V；
- c) 輸入功率和輸出功率（最大值），單位為 W 或 VA；
- d) 能量輸出，單位為 Wh（最大值）；
- e) 輔助輸出和輸入電壓（V）、電流（A）和頻率（Hz）如果適用；
- f) 相數（適用時用於輸入和輸出）；
- g) 頻率，單位為 Hz（如果適用）；
- h) 負載循環（如適用）；
- i) 最大短路電流，單位為 A（基於功率調節系統在直接連接到電網的輸出端的故障電流容限）；
- j) 環境溫度範圍，單位為°C 或°F；
- k) 適用的特殊環境等級和限制（例如，地震、室內/戶外等）；
- l) 重量（最大），單位為 lb 或 kg 等；
- m) 高度、寬度和長度的最大尺寸（只要安裝說明中提供，此尺寸資訊就無需在系統上標記）；
- n) 符合 23.2.2 的系統應標記為“適用於允許的住宅單元”；
- o) 如適用，應安裝抑制系統；
- p) 系統中使用的技術（例如鋰離子、鎳鎘、飛輪儲存）；
- q) UL 1741 要求的任何其他額定值或標誌； 和
- r) 符合 UL 9540A 的電池級性能標準的系統應標有“此設備符合 UL 9540A 的電池級性能標準”。

41.4 對於多部件 ESS，應在包含儲能裝置(例如電池系統)的主要部件上標記(a) - (r) 的完整標籤項目，並根據評估了組件安全標準所要求的銘牌標記以及其他標記，以顯示是整個 ESS 系統的一部分，包括上述 ESS 製造商的名稱、ESS 零件號和某些聲明，例如“4 部分的第 1 部分”或同等設備。如果這些部件不是從 ESS 工廠運來的，並且在現場之前尚未組裝，則主機上的標籤（即儲能裝置）應包括要在現場添加的系統的各個部件。包括已根據此標準評估的完整 ESS。

- a) 輸出和輸入電流（最大值），單位為 A；
- b) 輸出和輸入電壓（最小和最大），單位為 V；
- c) 功率輸入和輸出（最大），單位為 W 或 VA；
- d) 能量輸出，單位為 Wh（最大值）；
- e) 輔助輸出和輸入電壓（V）、電流（A）和頻率（Hz）（如果適用）；

- f) 相數（適用時用於輸入和輸出）；
 - g) 頻率，單位為 Hz（如果適用）；
 - h) 負載循環（如適用）；
 - i) 最大短路電流，單位為 A（基於功率調節系統在直接連接到電網的輸出端的故障電流容限）；
 - j) 環境溫度範圍，單位為°C 或°F；
 - k) 適用的特殊環境等級和限制（例如，地震、室內/戶外等）；
 - l) 重量（最大），單位為 lb 或 kg 等；
 - m) 高度、寬度和長度的最大尺寸（只要安裝說明中提供，此尺寸資訊就無需在系統上標記）；
 - n) 符合 23.2.2 的系統應標記為“適用於允許的住宅單元”；
 - o) 如適用，應安裝抑制系統；
 - p) 系統中使用的技術（例如鋰離子、鎳鎘、飛輪儲存）；
 - q) UL 1741 要求的任何其他額定值或標誌； 和
 - r) 符合 UL 9540A 的電池級性能標準的系統應標有“此設備符合 UL 9540A 的電池級性能標準”。
- 41.5 緊急情況或系統出現問題時，系統上的系統聯繫資訊應標記在系統上。
- 41.6 儲能系統還應標有製造日期，並可以採用在 20 年內不得重複的規範形式。所有外部端子和連接均應提供標識。
- 41.7 充電器接地系統的連接點應由單詞“接地”或字母“G”或“GR”或接地符號 IEC 60417 資料庫第 5019 號（圓圈內的倒置樹）或否則以鮮明的綠色標識。其他任何接地端子也應以不同於充電器系統主接地端子的方式進行標識。
- 41.8 包含危險電壓電路的 ESS 應標有“警告：危險電壓電路”或帶有電擊危險符號 ISO 3864 No. 5036（三角形內的閃電）。ESS 的電氣設備部件，例如控制面板和隔離設備的外殼，也應根據 NFPA 70E 或 CSA Z462 以及帶有閃光個人防護設備（PPE）要求的閃光標誌進行標記，以警告可能產生電弧的服務人員有閃火危險，並在必要時佩戴必要的防護裝置。關於設備的弧形閃光標籤要求，另參照 10.11。
- 41.9 儲能系統應作如下標記：“警告：為減少傷害風險，請閱讀所有說明”或以 ISO 7010 的符號 W001（即三角形內驚嘆號）和 M002 標記。

- 41.10 帶有步入式外殼的儲能系統應根據 10.9 和 10.10 的規定配備必要的警告標記，並應標記以下內容或等同內容：“警告：電擊或其他嚴重傷害的危險。進入外殼時應格外小心 - 僅限授權人員”。
- 41.11 供在潮濕環境中安裝的 ESS 應標有適合該暴露類型的外殼環境等級（即 IPX2、4X 形式等）。參照 37.2。
- 41.12 操作或維護所需的控制裝置和指示器應在控制裝置上或附近標出其功能。有關門的標誌，另參照 10.7 和 41.13。
- 41.13 每 10.7 的出口門應標有“出口”字樣，並且出口標誌的視線不得中斷。任何可能被誤認為是出口的門道或通道均應標記為“非出口”或標明其實際用途。
- 41.14 符合 1.9 的非住宅用電化學 ESS 應標明，“容量超過 50 kWh 的 ESS 應包括安裝說明中規定的附加火災抑制和/或防火措施”。
- 41.15 按 1.10 規定在偏遠戶外場所使用的非住宅用途電化學 ESS 應標明“僅在適用的安裝規範和標準允許的情況下，在偏遠戶外場所使用”。
- 41.16 ESS 斷開控制，例如手動緊急斷電（EPO）斷開，應進行標記，以清楚指示控制的系統或系統的一部分。如果 EPO 斷開了整個 ESS 的電源並使其斷電，則無需提供該標記。

說明

42 一般

- 42.1 應向 ESS 提供完整的安裝、調試、操作和維護說明，其中包括以下資訊：
- a) 系統調試和除役程序；
 - b) 完整的安裝說明，包括校正、程式設計、電池管理和其他監控系統的控制順序說明；
 - c) 初始驗收試驗程序；
 - d) 正在進行的檢查和試驗程序；
 - e) 改裝系統組件（非住宅使用系統）的說明； 和
 - f) 提供工作淨空的說明。
- 42.2 安裝說明應根據適用法規對系統的限制或根據 23.2 大尺度火災試驗的規定，確定系統的最大額定能量容量以及與其他 ESS 以及與暴露物（例如可燃物，結構物）的最小距離。
- 42.3 外牆安裝式 ESS 的安裝說明應根據規範限制或根據 23.2 大尺度火災試驗，確定與其他 ESS 或開口（例如窗戶、門、HVAC 入口或其他可操作開口）之間的最小距離。

- 42.4 對於要求進行 23.2 的大尺度火災試驗以超出規範容量限制或縮短預期安裝間隔的非住宅使用系統，說明應標識用於驗證預期安裝的 UL 9540A 試驗報告，包括試驗組織、報告名稱和日期。
- 42.5 非住宅用途 ESS 根據 23.2 要求進行大尺度火災試驗，UL 9540A 試驗報告中確定的其他防火和/或防火措施應包含在安裝說明中。
- 42.6 室內住宅電化學 ESS 的安裝說明應指出，該裝置僅應安裝在與住宅裝置相距 152.4 mm (5 ft) 以上的附連或分離式車庫、棚屋和位置中，而不應安裝在可居住的空間和居住單元中的生活空間，包括浴室、衛生間、壁櫥、大廳和儲藏空間，但 42.7 除外。
- 42.7 住宅用電化學 ESS 的安裝說明應允許表明該裝置適用於允許的住宅，包括居住區或宜居空間，前提是符合 23.2.2 所述的標準。
- 42.8 這些說明應符合技術文件部分，NFPA 79 的第 17 節或 CSA C22.2 No. 301 的要求，並符合 42.2-42.10 的要求。有關其他指引，參照 NEMA Z535.6。ESS 的安裝操作和維護說明應符合 NFPA 70E 或 CSA Z462 的電氣安全要求，包括電弧閃光。
- 42.9 系統上提供的所有警告標記和等級，以及系統安裝和操作所需的系統規格，均應包含在說明中。如果配有遠程控制，則應根據 16.1 的要求提供系統安裝，操作和維護說明以及有關遠程控制操作和斷開遠程控制的說明。
- 42.10 安裝資訊應包括有關進行電氣、通信、燃料和其他流體的管道等所有必要連接以及與系統中其他設備的連接的說明。多層部件 ESS 應在安裝說明中標識所有部件，以及有關這些部件的安裝和互連的說明。該說明應包括有關與系統一起安裝的斷電、截止閥和其他設備的資訊。安裝說明應包括電路中電氣連接的已安裝設備（通信協議、電路和設備）所需的參數，以及 ESS 操作所需的燃料和其他流體連接以及控制設備的參數。如果要求 ESS 控制進行功能安全評估，則安裝說明應包括被認為符合 ESS 的功能安全標準，以及經過評估並符合要求的特定關鍵功能。
- 42.11 安裝說明應指定由合格的服務人員根據安裝說明和適當的慣例，根據適用於安裝和設備的當地電氣、建築、防火和其他法規或公用事業要求進行安裝。如果要在本標準中考慮，則製造商應根據 6.25 的規定指定要安裝在限制進入位置的系統。如果製造商確定了限制進入的位置，則製造商還應確定獲得進入所需的訓練，包括安裝、操作和維護說明中的資訊。任何將系統的位置限制在特定設施、建築物或諸如公用事業設施、住宅建築物或商業建築物等位置的特定應用程序位置資訊都應在安裝說明中進行標識。
- 42.12 參考 42.9，用於 ESS 的安裝說明，例如液流電池、鉛酸電池等，其在單個容器中包含游離電解質（大於 208 L (55 gal) 或總體積為 3785 L (1000 gal))

應提供洗眼器位置的說明。此外，必要時根據建築規範，安裝說明應提供有關根據 21.1 和 21.3 與系統一起安裝的溢出控制的資訊。

- 42.13 只能在某些環境中安裝的儲能系統，例如僅在室內或暴露在潮濕、地震活動或海洋環境中，或安裝在受限制的進出位置，應在安裝說明中對此進行說明。根據安裝說明，打算用於潮濕、海洋環境或地震活動的系統應根據第 37 節進行評估。
- 42.14 根據 41.3 (n) 標記為住宅用途的儲能系統，應在其安裝說明中指出其適用於住宅用途的安裝。未標記為住宅用途的儲能系統應顯示不得安裝在一個或兩個家庭住宅或聯排住宅或多戶住宅的單個住宅單元中。包括用於系統維修的聯繫資訊。
- 42.15 住宅室內安裝說明 ESS 應根據建築、防火和安裝法規，提供有關在住宅內提供煙霧報警器的說明。
- 42.16 安裝說明應包括在安裝過程中應遵循的所有特殊處理和保護措施，並應包括現場安裝所需的支撐結構（如混凝土墊板）的詳細資訊。
- 42.17 應向 ESS 提供有關係統正確操作的說明，包括電池系統的充電和放電，以及系統控件的操作，包括根據 17.1 確定系統使用的通信協議。操作說明應包括安全措施和適用的操作安全警告以及緊急程序所需的任何說明。對於所有系統，另參照 10.1；對於具有步入式機箱的系統，參照 10.6。
- 42.18 應向 ESS 提供服務人員的維護說明，以及針對任何基本維護程序（包括按 12.1 更換保險絲）的另一套說明，這些說明將由系統操作員處理。維護說明應包括日常維護的頻率，包括對任何子系統如 HVAC、火災抑制系統等的年度檢查，以及要進行的運轉試驗。維護說明應包括在系統維護期間，無論是服務人員還是系統操作員處理的基本維護程序，都應遵循的安全措施。
- 42.19 維護說明應提供有關現場更換可替換材料，組件和部件的資訊，以進行系統的持續維護和修理。這些說明應包括有關在何處獲得以及如何安裝可更換物品的詳細資訊。說明書應指出，所有部件的維修和更換僅應由合格人員進行，並且僅允許使用經認可的材料、組件和部件進行更換。
- 42.20 使用軸承作為其可動部件的機械 ESS 必須對手冊中概述的軸承進行定期例行檢查和維護。說明書應指出，應通過目視檢查或檢查軸承監控系統數據來檢查軸承是否有磨損跡象，並在磨損時予以更換。在沒有明顯的磨損跡象或監測數據顯示磨損的情況下，使用說明應指出，應按計劃的軸承停用日期更換軸承。
- 42.21 安裝說明應包含逆變器可以提供的 ESS 操作模式/設置、操作功能/設置和保護/設置。

附錄 A(規定)

A1 組件標準

A1.1 下面列出的 CSA 組和 UL 標準用於評估本標準涵蓋的產品的組件和功能。組件應符合所有適用的 CSA 群組和 UL 組件標準。這些標準應被視為是指最新版本以及對該版本發布的所有修訂。

CSA 群組標準

CSA C22.2 No. 0.15, Adhesive Labels

CAN/CSA-C22.2 No. 0.17. Evaluation of Properties of Polymeric Materials

CSA C22.2 No. 0.2, Insulation Coordination

CSA C22.2 No. 14, Industrial Control Equipment

CSA C22.2 No. 18.3, Conduit, Tubing, and Cable Fittings CSA C22.2 No. 38, Thermoset-Insulated Wires and Cables CSA C22.2 No. 42, General Use Receptacles, Attachment Plugs, and Similar Wiring Devices

CSA C22.2 No. 45.1, Electrical Rigid Metal Conduit - Steel CSA C22.2 No. 49, Flexible Cords and Cables

CSA C22.2 No. 56, Flexible Metal Conduit and Liquid-Tight Flexible Metal Conduit

CSA C22.2 No. 64, Household Cooking and Liquid-Heating Appliances

CSA C22.2 No. 65, Wire Connectors

CSA C22.2 No. 75, Thermoplastic-Insulated Wires and Cables

CSA C22.2 No. 94.1, Enclosures for Electrical Equipment, Non-Environmental Considerations

CSA C22.2 No. 94.2, Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations

CSA C22.2 No. 100, Motors and Generators

CSA C22.2 No. 107.1, Power Conversion Equipment

CSA C22.2 No. 113, Fans and Ventilators

CSA C22.2 No. 127, Equipment and Lead Wires

CSA C22.2 No. 153, Electrical Quick-Connect Terminals CSA C22.2 No. 158, Terminal Blocks

CSA C22.2 No. 178.1, Transfer Switch Equipment

CSA C22.2 No. 182.1, Plugs, Receptacles, and Cable Connectors of the Pin and Sleeve Type

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

CSA C22.2 No. 211.2, Rigid PVC (Unplasticized) Conduit CSA C22.2 No. 227.2.1, Liquid-Tight Flexible Nonmetallic Conduit

CSA C22.2 No. 235, Supplementary Protectors

CSA C22.2 No. 248-1 (all parts), Low-Voltage Fuses - Part 1: General Requirements

CAN/CSA-C22.2 No. 60947-4-1, Low-Voltage Switchgear and Controlgear - Part 4-1: Contactors and Motor-Starters - Electromechanical Contactors and Motor-Starters

CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1, Information Technology Equipment Safety - Part 1: General Requirements CAN/CSA E61131-2, Programmable Controllers - Part 2: Equipment Requirements and Tests

UL 標準

UL 1. Flexible Metal Conduit

UL 5. Surface Metal Raceways

UL 6. Electric Rigid Metal Conduit-Steel

UL 6A, Electric Rigid Metal Conduit - Aluminum, Red Brass and Stainless Steel

UL 44, Wires and Cables, Thermoset-Insulated

UL 50. Enclosures for Electrical Equipment, Non-Environmental Considerations

UL 50E, Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations

UL 62, Flexible Cords and Cables

UL 66. Fixture Wire

UL 83, Wires and Cables, Thermoplastic-Insulated

UL 94. Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances

UL 157. Gaskets and Seals

UL 162, Foam Equipment and Liquid Concentrates

UL 193, Alarm Valves for Fire-Protection Service

UL 199, Automatic Sprinklers for Fire Protection Service

199G, Fire Testing of Specific Application Sprinklers for Use in Attic Spaces

UL 199H, Fire Testing Of Specific Application Sprinklers For Use In Horizontal Concealed Spaces

UL 199J, Fire Testing of Specific Application Sprinklers for Use on Windows

UL 248-1, Low Voltage Fuses - Part 1: General Requirements (all parts)

UL 260, Dry Pipe and Deluge Valves for Fire-Protection Service

- UL 268, Smoke Detectors for Fire Alarm Systems*
- UL 310, Terminals, Electrical Quick-Connect*
- UL 346, Waterflow Indicators for Fire Protective Signaling Systems*
- UL 360, Liquid-Tight Flexible Steel Conduit*
- UL 393, Indicating Pressure Gauges for Fire-Protection Service*
- UL 429, Electrically Operated Valves*
- UL 467, Grounding and Bonding Equipment*
- UL 486A-486B, Wire Connectors*
- UL 498, Attachment Plugs and Receptacles*
- UL 499, Electric Heating Appliances*
- UL 507, Electric Fans*
- UL 508, Industrial Control Equipment*
- UL 508A, Industrial Control Panels*
- UL 514B, Conduit, Tubing, and Cable Fittings*
- UL 521, Heat Detectors for Fire Protective Signaling Systems*
- UL 651, Schedule 40, 80, Type EB and A Rigid PVC Conduit and Fittings*
- UL 651A, Schedule 40 and 80 High Density Polyethylene (HDPE) Conduit*
- UL 693, Excess Pressure Pumps for Wet Pipe Sprinkler Systems*
- UL 746A, Polymeric Materials - Short Term Property Evaluations*
- UL 746B, Polymeric Materials - Long Term Property Evaluations*
- UL 746C, Polymeric Materials - Use in Electrical Equipment Evaluations*
- UL 753, Alarm Accessories for Automatic Water-Supply Control Valves for Fire Protection Service*
- UL 796, Printed-Wiring Boards*
- UL 796F, Flexible Materials Interconnect Constructions*
- UL 840, Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances for Electrical Equipment*
- UL 864, Control Units and Accessories for Fire Alarm Systems*
- UL 969, Marking and Labeling Systems*
- UL 1004-1, Rotating Electrical Machines - General Requirements*
- UL 1004-2, Impedance Protected Motors*

UL 1004-3, Thermally Protected Motors

UL 1004-4, Electric Generators

UL 1004-7, Electronically Protected Motors

UL 1004-8, Inverter Duty Motors

UL 1008, Transfer Switch Equipment

UL 1012, Power Units Other than Class 2

UL 1059, Terminal Blocks

UL 1063, Wires and Cables, Machine-Tool

UL 1077, Supplementary Protectors for Use in Electrical Equipment

UL 1091, Butterfly Valves for Fire-Protection Service

UL 1450, Motor-Operated Compressors, Vacuum Pumps, and Painting Equipment

UL 1478A, Pressure Relief Valves for Sprinkler Systems *UL 1626, Residential Sprinklers for Fire-Protection Service* *UL 1660, Liquid-Tight Flexible Nonmetallic Conduit*

UL 1682, Plugs, Receptacles, and Cable Connectors, of the Pin and Sleeve Type

UL 1741, Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources

UL 1767, Early-Suppression Fast-Response Sprinklers

UL 1973, Batteries for Use in Stationary Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications

UL 1778, Uninterruptible Power Systems

UL 1977, Component Connectors for Use in Data, Signal, Control and Power Applications

UL 2127, Inert Gas Clean Agent Extinguishing System Unit

UL/ULC 2166, Halocarbon Clean Agent Extinguishing System Units

UL 2351, Spray Nozzles for Fire Protection Service

UL 2351A Nozzle Adaptors with Integral Filter for Fire Protection Service

UL 2733, Surface Vehicle On-Board Cable

UL 60947-4-1, Low-Voltage Switchgear and Controlgear - Part 4-1: Contactors and Motor-Starters - Electromechanical Contactors and Motor-Starters

UL 60947-5-2, Low-voltage Switchgear and Controlgear - Part 5-2. Control Circuit Devices and Switching Elements - Proximity Switches

UL 60950-1, Information Technology Equipment Safety - Part 1: General Requirements

UL 61131-2, Programmable Controllers - Part 2: Equipment Requirements and Tests

UL 62368-1, Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment - Part 1: Safety Requirements

UL 62109-1, Power Converters for Use in Photovoltaic Power Systems - Part 1: General Requirements

附錄 B (參考)

一般電池安全注意事項

B1 一般

B1.1 此標準對電池的特定安全要求可在 UL 1973 *Batteries for Use in Stationary Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications* 中找到。參照 25.1。以下內容包括電化學型 ESS 中所用電池和電池的一些一般安全建議。

B2 設計建議

B2.1 電池系統宜對所有致命失效（包括過充電、過放電、短路和極端溫度）具有兩個容錯能力。

B2.2 用於給儲能電池系統充電的充電器宜針對要充電的電池的化學性質設計。宜驗證充電演算法，以確保充電程序適合電池化學和電池設計。

B2.3 保護電路宜在相關的電池設計配置和最壞的情況下通過試驗進行驗證，以確認其提供了所需的保護功能。

B2.4 電池組保護不宜依靠電池單元保護，除非可以通過對電池的分析和試驗證實，電池保護在電池組級別提供了足夠的保護。

B2.5 對於鋰離子電池和由電池系統安全分析確定的任何其他化學物質，宜監測每個串聯元件的電壓、整個電池組的溫度，並宜連續進行電池液位電流監測並發出警報和能夠反應的控制電路。宜提供熱失控保護。宜通過試驗對這種保護進行驗證，以確保對電池組提供足夠的保護。電池管理系統（BMS）宜記錄任何非標稱值。

B2.6 對於鉛酸或鎳鎘等水性電池化學物質、電池或模塊級電壓、溫度和電流的監視宜連續進行，並且報警和控制電路應能作出反應。如果可能，控制系統宜記錄任何非標稱值。

B2.7 在開發電池設計以確定電池中使用的熱傳感器的適當位置時，宜考慮進行高傳真度熱分析。

- B2.8 宜連續記錄所有溫度傳感器的讀數，並設置適當的控制，以在溫度讀數超過該特定電池或電池設計的製造商額定值時觸發電池充電或放電停止。
- B2.9 如果僅定期使用電池，則宜設計電池以防止電池由於長期存放而進入過放電模式。
- B2.10 對於通過安全性分析確定的鋰電池設計和其他技術，在任何一個電池單元發生熱失控事件的情況下，宜適當地或通過其他機制將電池與其他電池單元隔開或絕緣，以防止電池對電池的熱失控擴散。
- B2.11 如果電池系統需要溫度控制，則溫度控制系統的故障（例如加熱器、冷卻系統或其控制系統的故障）不宜構成安全隱患。
- B2.12 對於需要加熱器才能工作的系統，加熱器的設計所產生的溫度不宜超過電池的規定安全工作溫度。
- B2.13 對於需要主動冷卻系統的系統，由於冷卻管路破裂或斷裂而導致的冷卻系統故障不宜導致洩漏，該洩漏會導致電池組內部的電池短路，從而導致危險情況。冷卻劑洩漏管線宜走線或固定，以減少帶電部件上洩漏的可能性，如有必要，可能需要對冷卻劑系統進行流體監測和控制。
- B2.14 對於通過電池安全性分析確定的鋰電池和其他技術，為防止由於復雜的設計和使用環境而造成任何不可預見的危​​害，宜對電池系統設計的一部分進行熱失控傳播試驗。宜執行此試驗，以了解由於單節電池遭受熱失控而在電池設計中可能發生的最壞情況，並了解這種災難性事件如何傳播到電池系統中的其他電池單元。可以通過使用加熱器或其他方法在單個單元格中引起熱失控，然後觀察周圍的單元格來執行此試驗。
- B2.15 所有參數例如電池電壓、電池組電壓、電池電流（子模組電流，如果適用）和溫度均宜驗證為在電池和電池系統的規格範圍內。

附錄 C(參考)

安全標記翻譯(英文翻譯法文)

附錄 D(規定)

評估閥控或排氣鉛酸或鎳鎘電池系統的替代方法

D1 一般

- D1.1 提供本附錄作為評估 UL 1973 的閥控式或排氣式鉛酸和鎳鎘電池系統的替代方法。本附錄考慮到以下事實：這些系統通常在 ESS 階段使用標準化鉛酸或鎳鎘電池進行組裝，並非首先作為電池系統組裝並根據 UL 1973 進行評估。因此，可以根據本附錄進行評估以代替 UL 1973 評估，以滿足此類電池對本標準的電池技術要求。

- D1.2 應該理解，由於在這些系統中使用的鉛酸和鎳鎘電池通常採用標準化的整體設計，並且具有一般的耐用性，因此不需要像鋰離子這樣的化學物質所需要的複雜控制。其安全控制通常可以監視和控制電流和溫度，儘管可以包括電壓控制。這些引起安全問題的電池的故障機制是外部濫用的結果，例如端子短路或充電條件過高。
- D1.3 鉛酸和鎳鎘電池在環境壓力條件下，例如排氣型情況下，或在由於閥門調節的情況下由於過熱而處於壓力下時，會釋放出氫氣。這些類型的電池的安裝，無論是在房間內的開放式機架中還是安裝在密閉的容器中，都需要考慮產生氫氣的可能性，並解決在 ESS 或其安裝中這種氣體的排放，以防止危險的氫氣濃度。使用通風型電池的系統需要根據建築法規對這些類型的電池進行安裝，以解決危險電解液的溢出控制問題。

D2 建構

- D2.1 應根據 NFPA 70 的第 480 和 706 條款或 CSA C22.1 的第 64 節安裝電池和電池系統組件。
- D2.2 閥控或排氣鉛酸或鎳鎘單體電池應符合 UL 1989 的 UPS 電池要求。
- D2.3 參考 D2.2，如果未根據 D3.3 進行 UL 1973 短路試驗，則應根據 IEC 60896-21 的高電流耐受性試驗，對閥調節電池的高放電/短路條件進行評估。
- D2.4 參照 D2.2，如果未根據 D3.3 進行 UL 1973 短路試驗，則應根據 IEC 60896-11 的短路電流和內部電阻確定試驗來測試排氣電池，以便在不導通的情況下確定單個排氣電池的短路電流。
- D2.5 在非電信應用中，閥控和排氣鉛酸或鎳鎘電池應提供短路保護，該短路保護適用於直流應用，並應通過 D2.3 或 D2.4 的試驗確定，為電池提供足夠的保護。如果已確定該保護適合於多電池組的預期短路，並且由於其安裝和可靠性而無法預期單個電池短路的可能性，則可以在多電池組上提供短路保護。
- D2.6 這些電池的充電系統應通過對電池進行電流和溫度監控來防止超出電池規格的充電。該系統還可以使用電壓監視和控制來防止出現故障。這些電池的充電系統應符合 UL 1012 或 UL 1741 或 CAN / CSA-C22.2 No.107.2。
- D2.7 為 ESS 提供的通風應將 ESS 中的氫氣濃度保持在 25%LFL 以下。如果依靠機械通風來維持安全濃度，如果機械通風失敗，應在經常有人值班的地方對其進行監視和警報。可能點燃可燃物濃度的電子設備和開關設備之類的高溫部件，不得放置在廢氣流中可點燃氫氣的位置或靠近電池的排氣孔或閥門的位置。
- D2.8 超過 240 Vdc 的電池系統應根據 NFPA 70 的 706 條款或 CSA C22.1 的第 64 節的規定配備隔離開關，以維修電池系統。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

D2.9 在 ESS 系統中安裝鉛酸和鎳鎘電池時，應考慮與通風和防爆機制有關的適用防火和建築規範要求，以解決與這些電池中放出氫氣有關的危害。如果防護不是 ESS 的必要組成部分，則安裝說明應指出根據防火和建築規範要求為室內安裝提供的適當通風和爆燃風險。

D2.10 通風鉛酸或鎳鎘電池裝置應根據建築、防火和安裝規範進行溢出控制。參照 21.1。

D3 性能

D3.1 一般

D3.1.1 表 D.1 概述應應用於電池系統的 UL 1973 試驗，並比較針對 ESS 的鉛酸電池系統要執行的試驗程序。

表 D.1 UL 1973 試驗

UL 1973 試驗	閥門調節或排氣鉛酸或鎳鎘電池的替代試驗
電氣試驗：	
過充試驗	符合 D3.2.1 的 UL 1973 試驗
短路試驗	在單體電池上進行 D2.3 或 D2.4 試驗，並在 ESS 或 UL 1973 試驗中的 SC 保護進行比較
過度放電防護試驗	UL 1973 試驗
充電不平衡試驗	UL 1973 試驗
溫度和工作極限檢查測試	第 27 節系統的正常運轉試驗
不適用	第 29 節系統的脈衝試驗（如果適用）
不適用	第 31 節系統的絕緣電阻試驗
介電耐壓試驗	第 28 節系統的介電耐壓試驗
連續性試驗	第 30 節系統的設備接地和連接試驗
冷卻/熱穩定性系統失效	UL 1973 測試（如果適用）
機械測試	本標準中系統機櫃的要求
環境試驗	第 37 節環境試驗（如果適用）

D3.2 過充

D3.2.1 必須對 UL 1973 過充試驗進行以下修改：

- a) 首先應在沒有故障條件的系統上進行試驗，該系統應在充電保護電路中無故障，並繼續充電，直到保護裝置停止充電為止。系統應在過充電條件下保持 7 小時。
- b) 然後應在充電保護電路中出現單個故障的情況下重複試驗，並繼續充電直至其餘保護電路工作，但充電電壓不得高於電池最大充電電壓的 110%。系統應在 110% 過充電狀態或達到的最大電壓下保持 7 小時。被確定為可靠的保護機制（即根據適當的組件安全標準進行評估並在其額定值內使用）可會保留在電路中。

D3.2.2 試驗的結果，不得有電池外殼破裂、電解液洩漏、著火或爆炸的情況。

D3.3 短路

D3.3.1 應根據 D2.3 或 D2.4 對鉛酸或鎳鎘單體電池進行短路試驗，並量測短路電流。應將電流值與電池和電池組上提供的短路保護的工作參數進行比較，以確定該保護的適用性。

D3.3.2 短路保護應在確定電池可以安全承受的電流或以下的電流下運轉。

D3.3.3 作為一種替代方法，可以對具有短路保護功能的電池組件進行 UL 1973 的短路試驗。該試驗應在保護到位且放電保護電路中存在單個故障條件的情況下進行。被確定為可靠的保護組件（即經過評估達到適當的組件安全標準並在其額定值範圍內使用）可能會保留在電路中。在短路保護的跳脫點以下，應根據 UL 1973 的規定重複試驗。

D3.3.4 試驗的結果，不得有電池外殼破裂、電解液洩漏、著火或爆炸的情況。

D3.4 過放電保護

D3.4.1 應進行 UL 1973 的過放電保護試驗。

D3.4.2 試驗的結果，不得有電池外殼破裂、電解液洩漏、著火或爆炸的情況。

D3.5 不平衡充電

D3.5.1 UL 1973 的不平衡充電試驗應在其中一個單體電池的 SOC 平衡約為 50% 的情況下進行，而其他電池則放電至其端點電壓放電狀態。然後，電池組應進行正常充電。

D3.5.2 試驗的結果，不得使電池外殼破裂或從不平衡電池中漏出電解液、不得發生火災或爆炸。

D3.6 冷卻/熱穩定性失效

D3.6.1 只應在具有電池冷卻/熱穩定性系統的系統上進行該試驗。

D3.6.2 應進行 UL 1973 的冷卻/熱穩定性系統失效試驗。

D3.6.3 試驗的結果，不得有電池盒破裂、電解液洩漏、著火或爆炸的危險。

附錄 E (參考)

電化學 ESS 容量和分離距離限值指引

E1 一般

E1.1 安裝規範通過能量容量以及 ESS 與暴露物（例如牆壁、開口等）之間的距離來控制電化學 ESS 裝置中的火災和其他危險。這些限制可能會根據大尺

度火災試驗和主管機關 (AHJ) 認可進行修訂。表 E.1 和表 E.2 中提供的資訊基於美國的防火和安裝規範對電化學 ESS 的能量容量和分離距離的限制。由於這些規範中的局限性可能會被修改，並且因為其可能會受到當地的適應，因此該資訊宜僅用作指導。

表 E.1 住宅使用 ESS

安裝位置	能量容量, kWh		與暴露距離 ^a	
	ESS	總計	距離, cm(ft)	暴露
戶外	20	80	91.4(3)	門和窗 其他 ESS
戶外, 壁掛	20	40	91.4(3)	門和窗 其他 ESS
室內 (在雜物間、附屬車庫或雜物間和儲存空間內)	20	40	91.4(3)	門和窗 其他 ESS
室內 (獨立的車庫和儲物棚)	20	80	91.4(3)	門和窗 其他 ESS

a 基於大尺度火災試驗，可以減少距離。
b 根據 UL 9540A 電池試驗方法進行試驗時，不表現出熱失控或可燃氣體傾向的電池可以安裝在住宅的居住或居住空間中。

表 E.2 非住宅使用 ESS

安裝位置	能量容量, kWh ^d		與暴露距離 ^{a, d}	
	ESS	總計 ^c	距離, cm(ft)	暴露
戶外接近暴露	50 ^b	600 或 200	91.4(3)	其他 ESS
戶外接近暴露	50 ^b	600 或 200	304.8(10)	
戶外, 壁掛	20	600 或 200	91.4(3)	其他 ESS
室內, 非專用	50 ^b	600 或 200	91.4(3)/152.4(5)	

a 可以根據 23.2 的大尺度火災試驗進行減少。
b 可以根據 23.2 的大尺度火災試驗進行增加。
c 600 kWh 適用於鋰離子、氯化鈉鎳和液流電池，200 kWh 適用於其他技術，包括電容器。鉛酸和鎳電池（鎳鎘，鎳金屬氫化物鎳鋅）沒有最大總量限制。
d 電池，包括屬於以下類別的電池，在根據 UL 9540A 進行測試時沒有顯示出熱失控的傾向，沒有最大的總電量限制或單獨的 ESS kWh 限制或分離要求。

附錄 F(規定)

金屬相容性表

圖 F.1 金屬相容性表

鎂, 鎂合金	鋅, 鋅合金	80 錫/ 20 鋅對 銅 鋼或鐵 上的鋅	鋁	鎳對銅	鋁/鎂合金	鋼材	硬鋁	鉛	鉻對鋼, 軟焊料	鉻對鎳對銅, 錫對銅, 12%鉻不銹鋼	高鉻不銹鋼	鋼, 銅合金	銀焊料, 沃斯田不銹鋼	鎳對銅	銀	純對銀對銅, 銀/金合金	碳	金, 白金	
0	0.5	0.55	0.7	0.8	0.85	0.9	1	1.25	1.1	1.15	1.25	1.35	1.4	1.45	1.6	1.65	1.7	1.75	鎂, 鎂合金
	0	0.05	0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.75	0.85	0.9	0.95	1.1	1.15	1.2	1.25	鋅, 鋅合金
		0	0.15	0.25	0.3	0.35	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9	1.05	1.1	1.15	1.2	80 錫/ 20 鋅對銅 鋼或鐵上的鋅
			0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.55	0.65	0.7	0.75	0.9	0.95	1	1.05	鋁
				0	0.05	0.1	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	0.65	0.8	0.85	0.9	0.95	鎳對銅
					0	0.05	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.75	0.8	0.85	0.9	鋁/鎂合金
						0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.35	0.45	0.5	0.55	0.7	0.75	0.8	0.85	鋼材
							0	0.05	0.1	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	硬鋁
								0	0.05	0.1	0.1	0.2	0.3	0.35	0.4	0.55	0.6	0.65	鉛

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

									0	0.05	0.15	0.25	0.3	0.35	0.5	0.55	0.6	0.65	鉻對鋼, 軟焊料
									0	0.1	0.2	0.25	0.3	0.45	0.5	0.55	0.6	0.6	鉻對鎳對鋼, 錫對鋼, 12%鉻不銹鋼
									0	0.1	0.15	0.2	0.35	0.4	0.45	0.5	0.5	0.5	高鉻不銹鋼
									0	0.05	0.1	0.25	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.4	銅, 銅合金
									0	0.05	0.2	0.25	0.3	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	銀焊料, 沃斯田不銹鋼
														0	0.15	0.2	0.25	0.3	鎳對鋼
															0	0.1	0.15	0.15	銀
																0	0.05	0.1	鉍對銀對鋼, 銀/金合金
																	0	0.05	破
																		0	金, 白金

Ag = 銀 Mg = 鎂
Al = 鋁 Ni = 鎳
Cd = 鎘 Rh = 銻
Cr = 鉻 Zn = 鋅
Cu = 銅

注-如果組合電化學勢低於約 0.6 V，則接觸的異種金屬之間由於電化學作用而引起的腐蝕將降至最低。在上表中，列出了常用多種金屬對的組合電化學勢應避免在分隔線以上組合。

附錄九 UL 9540A ANSI/CAN/UL Standard for Test

Method for Evaluating Thermal Runaway Fire

Propagation in Battery Energy Storage Systems-2020

概述

1 範圍

1.1 本標準中的試驗方法確定電池技術經受熱失控的能力，然後評估已證明具有經受熱失控能力的那些電池儲能系統的火災和爆炸危險特性。

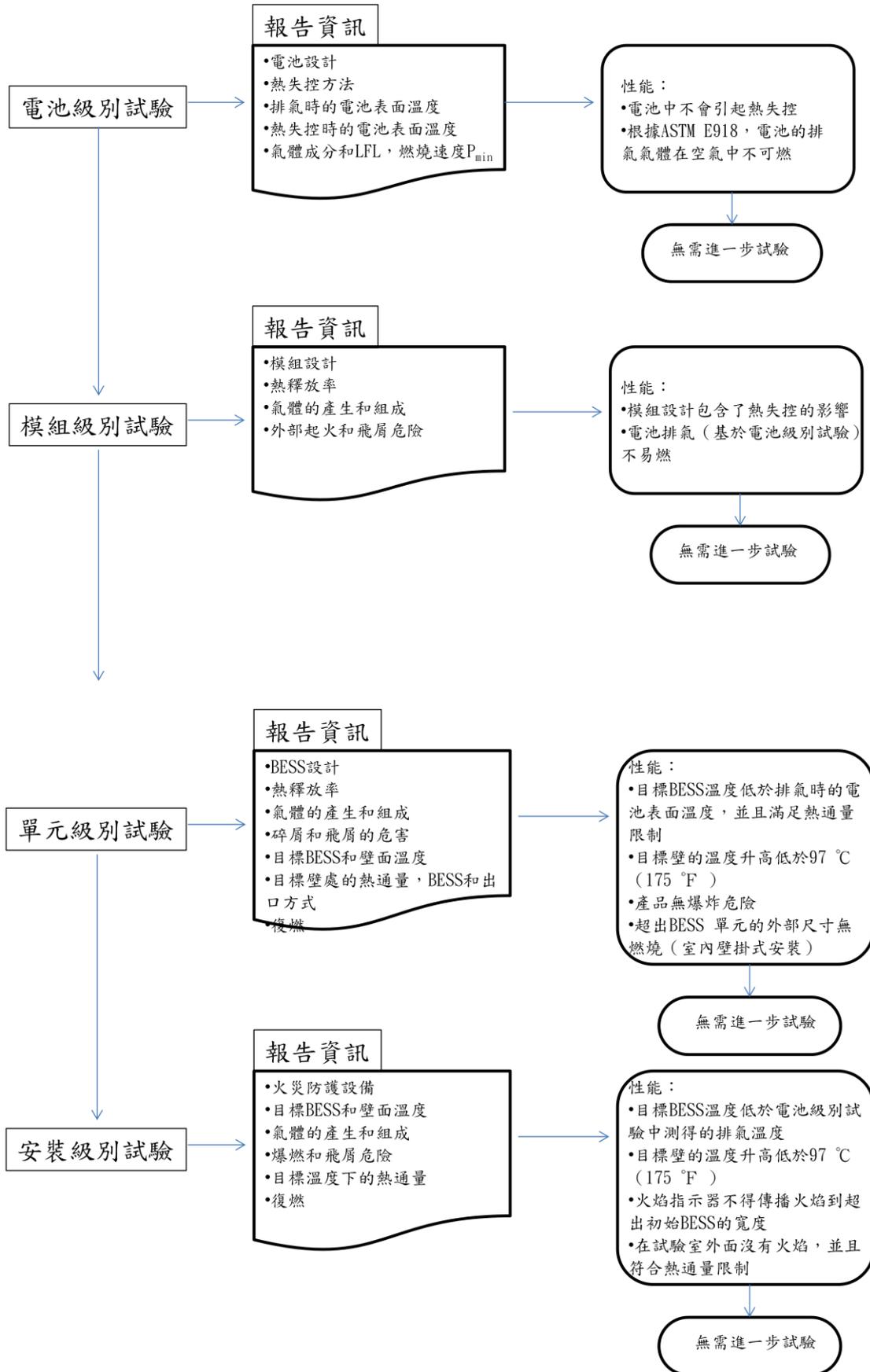
1.2 生成的數據將用於確定安裝用於 ICC IFC、NFPA 1、NFPA 70、IEEE C2、CAN / CSA C22.2 第 0 號的電池儲能系統所需的防火和防爆措施以及其他影響儲能系統的規範以及製造商的安裝說明。

1.3 與電池儲能系統設備無關的防火要求已包含在相應的安裝規範中。

1.4 有關本標準中試驗順序的示意圖，參照圖 1.1。參照附件 A，其中解釋：

- a) 本標準包括的測試目的；
- b) 個別測試的說明；和
- c) 結果的解釋和應用。

圖 1.1 試驗順序示意圖



a 參照第 7 節

b 參照第 8 節

c 參照第 9 節

d 參照第 10 節

2 量測單位

2.1 要求的數值不帶括號。括號中的值是從 SI 到要求的 IP 單位的轉換。

3 參考規範

3.1 本標準要求中出現參考的任何未註明日期的規範或標準，應為引用該規範或標準的最新版本。

3.2 本標準引用以下模式規範或標準。

ASHRAE 34, Designation and Safety Classification of Refrigerants

ASTM D93, Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester

ASTM D3828, Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Cup Tester

ASTM E502, Standard Test Method for Selection and Use of ASTM Standards for the Determination of Flash Point of Chemicals by Closed Cup Methods

ASTM E918, Standard Practice for Determining Limits of Flammability of Chemicals at Elevated Temperature and Pressure

CSA C22.1. Canadian Electrical Code, Part / Safety Standard for Electrical Installations

CAN/CSA C22.2 No. 0 General Requirements - Canadian Electrical Code, Part II

EN 15967, Determination of Maximum Explosion Pressure and the Maximum Rate of Pressure Rise of Gases and Vapours

ICC IFC, International Fire Code (IFC)

IEEE C2, National Electrical Safety Code (NESC)

ISO 817, Refrigerants - Designation and Safety Classification

NFPA 1. Fire Code

NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting

NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems

NFPA 70, National Electrical Code

NFPA 101. Life Safety Code

NFPA 220, Standard on Types of Building Construction UL 746A, Polymeric Materials - Short Term Property Evaluations ERIAL

UL 840, Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances for Electrical Equipment

UL 1685, Vertical-Tray Fire-Propagation and Smoke-Release Test for Electrical and Optical-Fiber Cables

UL 1973, Batteries for use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications

UL 9540, Energy Storage Systems and Equipment

UL 2591, Battery Cell Separators

4 詞彙

4.1 就這些要求而言，以下定義適用。

4.2 電池儲能系統(BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM (BESS))-固定設備接收電能，然後利用電池儲存該能量以在將來的某個時候提供電能。 BESS 至少由一個或多個模組、功率調節系統 (PCS)、電池管理系統 (BMS) 和工廠組件平衡組成。

備考：對於液流電池系統，能量儲存在一個或多個電解質儲存罐中。

a) 初始化電池儲能系統單元 (INITIATING BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM UNIT (INITIATING BESS)) -一個裝有電阻加熱器的 BESS 單元，以產生安裝級別試驗所需的內部著火條件 (第 9 節)。

b) 目標電池儲能系統單元 (TARGET BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM UNIT (TARGET BESS)) -物理及/或包含構成 BESS 的組件的機箱及/或機架硬體。 目標 BESS 單元不包含能量儲存組件，但用於使儀器能夠量測來自初始 BESS 的熱暴露。

4.3 電池系統 (BATTERY SYSTEM) -是 BESS 的組件，由一個或多個通常為機架配置的模組，BMS 等控制以及構成系統的組件 (如冷卻系統、隔離開關和保護裝置) 組成。

4.4 電池 (CELL) -基本功能電化學單元，包含電極、電解質、隔板、容器和端子的組件。 通過化學能的直接轉換，是一種電能來源。

4.5 DUT-被測設備。

4.6 電阻加熱器 (ELECTRICAL RESISTANCE HEATERS) -將實驗室電源提供的電能轉換為熱能的設備。

4.7 放電終止電壓 (END OF DISCHARGE VOLTAGE (EODV)) -放電期間製造商指定的最低電壓級別。

4.8 能量儲存器 (ENERGY RESERVOIR) -將有功能量儲存在液流電池能量儲存系統中的解決方案。 這可以是一種電解質、兩種電解質或一種具有固體金屬顆粒的電解質的形式。

4.9 薄膜加熱器 (FLEXIBLE FILM HEATERS) -薄膜、膠帶或其他類似薄片的結構的電阻加熱器，很容易貼合電池的表面。

4.10 液流電池 (FLOW BATTERY) –一種電池技術，以一種或多種電解質（有或沒有固體金屬顆粒）的形式將其活性物質存儲在一個或多個儲櫃中，並且在運轉時，電解質在反應器（電池堆疊器）和儲櫃之間轉移。

備考 1：三種市售液流電池技術是鋅空氣、溴化鋅和鈳氧化還原。

備考 2：與燃料電池系統不同，液流電池是封閉系統，沒有淨燃料消耗。

4.11 最高表面溫度終點 (MAXIMUM SURFACE TEMPERATURE END POINT) –當使用外部加熱器方法實現電池的熱失控時，在進行熱傾斜之後，在電池盒上測得的最終保持溫度。

4.12 模組 (MODULE) –作為 BESS 組件的子組件，由一組電池或電化學電容器組成，該組電池以串聯及/或併聯配置（有時稱為塊）連接在一起，帶有或不帶有保護裝置和監視電路。

4.13 MONOBLOC –一種電池設計，常見的情況是一個或多個內部電池、電解液、釋放氣體閥或洩壓閥組件，電池間連接件和硬體。普通的單體電池的典型示例是 SLI 鉛酸電池。

4.14 非住宅使用 (NON-RESIDENTIAL USE) –旨在用於商業、工業或公用事業場所。

4.15 住宅使用 (RESIDENTIAL USE) –根據本標準，旨在用於一或兩個家庭住宅和聯排住宅以及多戶住宅的單個住宅單元。

4.16 充電狀態 (STATE OF CHARGE (SOC)) –BESS、供給箱、模組或電池中的可用容量以額定容量的百分比表示。

4.17 熱失控 (THERMAL RUNAWAY) –電化學電池通過無法控制的自熱方式升高溫度時發生的事件。當電池的發熱量高於其散發的熱量時，熱失控就會發生。這可能導致火災、爆炸和瓦斯逸出。

4.18 單元 (UNIT) –由功能性 BESS 組成的框架、機架或外殼，包括組件和子組件，例如電池、模組、電池管理系統、通風設備和其他輔助設備。

構造

5 一般

5.1 電池

5.1.1 被測試的與 BESS 相關的電池應記錄在試驗報告中，包括電池化學成分（例如 NMC、LFP），電池的物理形式（即柱狀、圓柱形、袋形）。電池的額定電容量、額定電壓、電池的整體尺寸和重量。

5.1.2 試驗報告中包括的電池文件應顯示與 BESS 相關的電池是否符合 UL 1973。

5.1.3 有關要包含在單元級試驗報告中的更多詳細資訊，參照 7.6.1。

5.2 模組

5.2.1 與被測試的 BESS 相關的模組應記錄在試驗報告中，包括通用（例如金屬或非金屬）外殼材料、模組內容的總體佈局以及模組中的電池和 BESS 中的模組的電氣配置。

5.2.2 試驗報告中包括的模組文件應說明與 BESS 相關的模組是否符合 UL 1973。

- 5.2.3 有關要包含在模組級別試驗報告中的更多詳細資訊，參照第 8.3 節。
- 5.3 電池儲能系統單元
- 5.3.1 試驗報告中包含的 BESS 單元文檔應指出符合 UL 9540 的單元，並包括所有 BESS 的製造商、型號、電氣額定值和能量容量。
- 5.3.2 對於無法確定是否符合 UL 9540 要求的 BESS 單元，試驗報告中包含的文件應包括 BESS 中的模組數量、模組的電氣配置以及 BESS 中的模組實體佈局，電池管理器 BESS 中的模組、電池管理系統(BMS)和 BESS 的其他主要組件。BESS 外殼的總體尺寸和用於外殼的通用（例如，金屬或非金屬）材料應形成文件。取決於 BESS 的配置（例如，功率調節系統在 BESS 機櫃外部），可以測試電池系統作為 BESS 的代表。除了完整的 BESS 符合 UL 9540 之外，還應記錄電池系統是否符合 UL 1973。
- 5.3.3 如果適用，作為 BESS 組成部分的任何火災探測和抑制系統的詳細資訊應在試驗報告中註明。
- 5.3.4 有關要包含在單元級別和安裝級別（如果適用）試驗報告中的更多詳細資訊，參照 9.7、10.4 和 10.7。
- 5.4 液流電池
- 5.4.1 對於液流電池，報告將涵蓋化學成分（例如，釩氧化還原、溴化鋅等），電解質的一般說明、單個電池組的整體尺寸以及容量的電氣額定值 和電池堆的標稱電壓。該報告還將包括有關整個液流電池系統的資訊，包括系統的製造商名稱和型號，以伏特為單位的電氣額定值和以 Ah 或 Wh 為單位的額定儲存容量，系統中的電池和電池組數量以及系統電解液的最大容量。
- 5.4.2 試驗報告中包含的液流電池文件應說明液流電池系統是否符合 UL 1973。
- 5.4.3 有關液流電池熱失控確定級別試驗報告中包含的更多詳細資訊，參照 7.6.2。

性能

6 一般

- 6.1 本標準中的試驗是在電化學儲能設備上進行的極端濫用條件，可能導致火災、爆炸、煙霧、可燃和有毒物質的釋放氣體、暴露於有毒和腐蝕性液體以及潛在暴露於危險電壓和電能。有關推薦的試驗方法，參照附錄 B。
- 6.2 試驗結束時，試樣應根據製造商的規定釋放氣體。所有試樣應根據當地法規進行處理。

7 電池級別

7.1 一般

- 7.1.1 試驗的這一部分建立了有效的方法，以可重複的方式迫使電池進入熱失控狀態。這些方法應在試驗的模組、單元和安裝級別上使用。在試驗的這一部分中，應收集和分析排放氣體的成分，並應監測電池溫度，以確定電池排放時的溫度，並驗證是否發生了本標準所定義的熱失控。

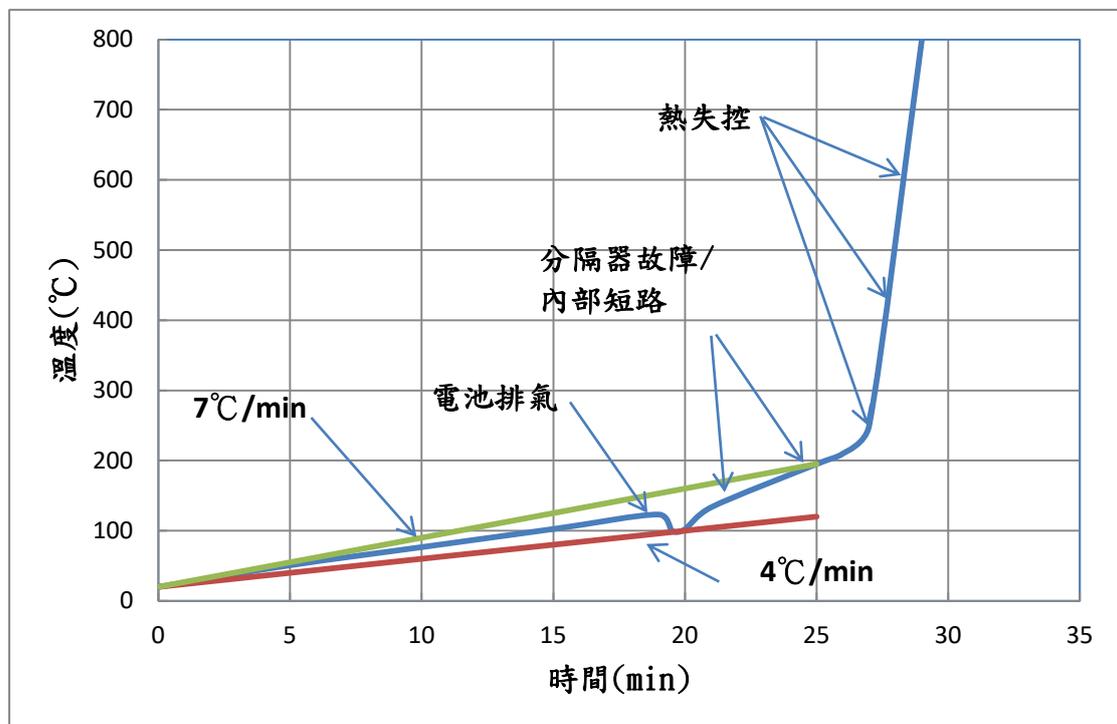
7.2 試樣

- 7.2.1 在進行試驗之前，應使用製造商指定的方法對電池試樣進行至少 2 個循環的充放電循環，以驗證電池是否正常工作。每個循環應定義為充入 100%SOC 的電荷，然後充入電池製造商指定的放電電壓 (EODV) 的終點。在調節期間，應通過量測電壓和 SOC 來確定開路電壓和 SOC 之間的關係。調節期間，應保持環境溫度與 7.3.1.1 得出的較高溫度或電池製造商規定的工作溫度一致。
- 7.2.2 在開始試驗之前，應將要試驗的電池充電至 100%SOC，並穩定至少 1 小時，最多穩定 8 小時。
- 7.2.3 在試驗過程中，應採用模擬 BESS 模塊中約束的方式來約束帶有可撓層壓外殼的電池，以防止在試驗過程中過度膨脹。
- 7.3 熱失控方法的確定
- 7.3.1 一般
- 7.3.1.1 在開始試驗時，室內實驗室環境條件應為 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 9^{\circ}\text{F}$) 和 $50 \pm 25\%RH$ 。
- 7.3.1.2 電池表現出熱失控的傾向應通過用外部施加的柔性薄膜加熱器加熱電池來證明，該加熱器可覆蓋盡可能多的電池盒而不覆蓋安全部件或端子，從而持續加熱內部電池電極部件。每分鐘應對電池施加 4°C (7.2°F) 至 7°C (12.6°F) 的表面加熱速率。最高表面溫度終點標準的確定應基於對電池設計和化學的審查。如果使用柔性薄膜加熱器的外部加熱不會導致電池出現熱失控，則應採用以下方法之一導致熱失控：
- a) 機械的 (例如釘子穿透)；
 - b) 過度充電、過度放電或外部短路形式的電氣應力；或
 - c) 使用備用的熱源 (例如烘箱)。
- 7.3.1.3 參考 7.3.1.2，當使用另一種電池濫用方法引發熱失控時，應記錄該方法的細節。有關可以使用的各種電池濫用試驗方法，參照 UL 1973 中的“電池故障方法附錄”。
- 7.3.1.4 參考 7.3.1.2 對於諸如鉛酸或鎳鎘之類的單體電池，可以將此單體電池作為單個電池進行此試驗。
- 7.3.1.5 在開始試驗之前，應確定表面溫度，使其接近可能導致熱失控條件的電池內部短路的溫度。對於鋰離子電池，其表面溫度保持點應比通過示差掃描熱量法 (DSC) 確定的電池隔板材料的熔化溫度高 5°C (9°F) 至 15°C (27°F) 之間。符合 UL 2591 (UL 746A) 的分離器數據。在達到該保持點溫度範圍之前，可能會發生熱失控。但是，如果在 4 h 後在該保持點溫度下未達到熱失控，則應重新建立 7.3.1.2 的電池加熱速率，直到發生熱失控或證明加熱無法實現熱失控。
- 7.3.1.6 如果電池容易受到外部加熱的熱失控，應將電池加熱直至發生熱失控。如果電池不易被薄膜加熱器加熱而產生熱失控，則應採用 7.3.1.2 中包括的另一種方法。參照 7.3.1.7-7.3.1.9。如果使用其他外部加熱方法，則應

使用 7.3.1.2 和 7.3.1.5 中概述的溫度斜坡和最高表面溫度。

- 7.3.1.7 電池的外表面溫度應通過由 24-量規或更小 K 型熱電偶線形成的熱電偶接合在電池試驗中連續量測。熱電偶的位置應在建構審查期間確定。至少一個熱電偶應位於電池表面中央的加熱膜下方（如果電池是柱狀，則將是電池較寬側面的中心），一個熱電偶應位於電池正端子附近。
- 7.3.1.8 應記錄由於內部壓力升高而使電池盒釋放氣體的溫度。該量測使用位於電池表面中心加熱膜下方的熱電偶。如果使用其他電池濫用方法，則熱電偶將位於電池上的相同位置，如 7.3.1.7 所述。
- 7.3.1.9 熱失控開始時的溫度應形成文件。如果使用外部加熱器方法，則熱失控的開始應由電池表面溫度的變化率超過外部施加的熱量輸入的變化點確定。如 4.17 所述，熱失控是指電池以不受控制的方式加熱的情況，不應與過熱混淆，後者僅導致釋放氣體。電池釋放氣體可能首先發生，但是使用加熱器方法時必須繼續加熱，直到發生熱失控。對於其他應力方法，將有必要繼續施加應力，例如機械應力或電應力，直到發生熱失控。有關熱失控的電池溫度曲線的說明性示例，參照圖 7.1。如果電池在釋放氣體期間出現短暫的溫度下降，則可能需要增加熱量輸入以使其回到加熱速率範圍。

圖 7.1 熱失控溫度曲線的說明性示例



- 7.3.1.10 當使用加熱法以外的方法時，應將應力（即電或機械應力）施加到電

池上，直到發生熱失控。如圖 7.1 所示，當溫度迅速升高時，無論選擇何種應力方法，都認為發生了 4.17 中定義的熱失控，不應將其與導致釋放氣體的簡單過熱相混淆。

- 7.3.1.11 如果電池表現出熱失控行為（使用任何方法），則應使用相同的方法測試 3 個其他試樣並顯示出熱失控以證明可重複性。釋放氣體溫度和熱失控起始溫度應在測試試樣（不包括通氣口捕獲試樣）上平均。該平均溫度將用於建立本標準其他測試級別的温度極限。
- 7.3.2 液流電池熱失控確定試驗
 - 7.3.2.1 對於液流電池技術，應根據適用於液流電池技術的 7.3.2.2 至 7.3.2.6 的試驗方法對儲能器進行試驗，以證明熱失控的傾向。
 - 7.3.2.2 電解質的可燃性應根據確定可燃性的適當試驗方法來確定。可以使用幾種方法，選擇方法取決於液體的粘度及其預定的閃點溫度範圍。ASTM E502 提供了選擇適當測試方法的指引。對於在 25°C (77°F) 下具有 9.5×10^{-6} 厘司托克士(9.5 cSt)或以下的更高閃點和粘度的液體。必須使用 ASTM D3828 或 ASTM D93。試驗設備中使用的所有組件均應使用合適的材料，以防止其與測試溶液發生化學反應。應根據解決方案的實際情況和試驗確定結果所需的條件來選擇測試溶液的體積。試驗應繼續進行至最高 200°C (392°F) 的最高固溶溫度，或足以確定試驗方法範圍內液體的可燃性。應記錄每種測試電解液的閃點溫度。如果未觀察到閃點（即未發生引燃），則應記錄下來。
 - 7.3.2.3 對於帶有兩種電解質的液流電池系統，應通過使每種電解質經受 7.3.2.2 中概述的適當試驗方法來證明液體電解質的可燃性。如果在 7.3.2.2 中觀察到閃點，則應通過 7.3.2.4 的試驗方法證明熱失控的傾向，並將記錄的溫度與從 7.3.2.2 確定的閃點溫度進行比較。
 - 7.3.2.4 液流電池故障可能會導致溫度升高，在此情況下，應在測試液流電池組件中將儲能器充電至 100%SOC，然後將兩種電解質材料直接混合在密閉容器中，以證明其中存在兩種電解質約 1 分鐘試驗期間應量測混合溶液的溫度。測試應在溶液溫度穩定至少 1 h 時得出結論。應記錄試樣的最高混合溫度，並與 7.3.2.2 的閃點溫度結果進行比較。此外，代表液流電池系統的測試電池應在監視儲能器溫度的同時，根據 UL 1973 進行過充電試驗和短路試驗。測試期間應記錄儲能器的最高溫度，並將其與 7.3.2.2 的閃點溫度結果進行比較。
 - 7.3.2.5 對於帶有一種包含固體金屬顆粒的活性電解質的液流電池技術，應採用 7.3.2.2 的適當試驗方法確定閃點溫度。所測試的電解質應包含充滿電系統的電解質中存在的金屬顆粒的額定濃度。如果在 7.3.2.2 中觀察到閃點。應通過 7.3.2.6 的試驗方法證明熱失控的傾向，並將在這些測試中記錄的儲能器溫度與從 7.3.2.2 確定的閃點溫度進行比較。
 - 7.3.2.6 如果使用一種含固體金屬顆粒的活性電解質的液流電池技術觀察到閃點，則代表液流電池系統的測試電池應根據 UL 1973 進行過充電試驗和短路

試驗，同時監視儲能器的溫度。應記錄試驗期間儲能器的最高溫度，並將其與 7.3.2.2 的閃點溫度結果進行比較。

7.4 電池釋放氣體成分試驗

7.4.1 應通過在 7.3 壓力容器內迫使電池進入熱失控狀態來產生和捕獲電池釋放氣體，該壓力容器應足以容納電池，但又不影響氣體成分的量測。為此，對於大多數尺寸的商業電池，建議使用 82 L (21.7 gal) 壓力容器。試驗應在大氣壓和氧氣含量少於 1% (體積) 的初始條件下開始。試驗前應注意初始大氣條件。

7.4.2 應當使用氣相層析術 (GC) 結合確定成分氣體的定量檢測技術或等效氣體分析技術，確定電池釋放氣體的成分，以識別代表需要量測的著火或爆炸的碳氫化合物氣體。氫氣應使用能夠量測體積超過 30% 的傳感器進行測量。試驗前應注意初始大氣條件。

7.4.3 根據 7.4.2 確定電池釋放氣體成分後，應根據 ASTM E918 在合成複製的氣體混合物樣品上確定電池釋放氣體的可燃性下限，並在環境溫度和電池釋放氣體溫度下進行試驗。

7.4.4 合成複製的氣體混合物應根據 ISO 817 附件中的可燃氣體燃燒速度量測試驗方法來確定氣體燃燒速度。

7.4.5 應使用合成複製的氣體混合物根據 EN 15967 確定 P_{max} 。

7.5 液流電池系統的廢氣成分

7.5.1 7.3.2 液流電池試驗中的廢氣成分應通過在密閉容器中執行 7.3.2.2 的試驗方法並收集產生的廢氣，並收集在 7.3.2.4 和 7.3.2.6 適用於液流電池技術的過充和短路測試期間，通氣孔開口和通風管道產生的廢氣。在環境溫度和最高測量溫度下，應通過 7.4.2 和 7.4.3 概述的方法確定這些捕獲氣體的成分及其可燃極限。

7.5.2 試驗期間測得的可燃氣體的體積應按預定的液流電池系統的最大能量儲存器的比例縮放，以便確定系統在故障條件下導致釋放氣體的可能產生的潛在總可燃氣體。該資訊應在報告中提供。

7.6 電池級別試驗報告

7.6.1 電池級別試驗報告應包括以下內容：

- a) 電池製造商名稱和電池型號；
- b) 按 5.1 的電池詳細資訊 (以及是否符合 UL 1973)；
- c) 儲能技術 (以及是否符合 UL 9540)；
- d) 電池的額定儲能容量 (例如安培小時)；
- e) 調節電池期間獲得的電壓和電流；
- f) 試驗開始時電池的開路電壓；
- g) 嘗試並用於引發熱失控的方法；
- h) 首次排放氣體的表面溫度和所試驗試樣的平均溫度，不包括氣體收集樣品；
- i) 熱失控之前的表面溫度 (以及最高溫度的位置) 和試驗試樣的平均溫度，不

包括氣體收集樣品；

j) 可燃氣體的產生和分量測；

k) 電池排放氣體的可燃下限；

l) 電池釋放氣體的燃燒速度；和

m) 電池釋放氣體的 P_{max} 。

7.6.2 液流電池熱失控確定試驗報告應包括以下內容：

a) 液流電池系統製造商的名稱和型號（以及是否符合 UL 1973）；

b) 符合 5.4 的電池堆詳細資訊；

c) 儲能技術（以及是否符合 UL 9540）；

d) 液流電池的額定儲能容量（例如，安培小時或瓦特小時）；

e) 系統中的電解質成分和數量

f) 每種電解液的閃點溫度

g) 在以下異常情況下測得的最高溫度：

1) 用於兩個電解液系統的混合電解液； 和

2) 電池系統過充和短路測試期間的電解質；

h) 易燃氣體的產生和分量測；

i) 在環境溫度和異常試驗溫度下，可燃氣體的可燃下限；

j) 可燃氣體的燃燒速度，以及

k) 可燃氣體的 P_{max} 。

7.7 性能-電池級別試驗

7.7.1 如果滿足以下性能條件，則不需要在第 8 節中進行模組級別試驗：

a) 不能在電池中引起熱失控； 和

b) 如根據 ASTM E918 在環境溫度和釋放氣體溫度下測定的，與任何體積的空氣混合時，電池釋放氣體的氣體均不存在可燃性危害。

7.7.2 裝有全部符合 7.7.1 標準的電池的 BESS 應適合安裝在住宅單元中。

7.8 性能-液流電池熱失控確定試驗

7.8.1 對於液流電池，如果在液流電池熱失控確定試驗期間滿足以下性能條件，則無需進一步試驗：

a) 經受 7.3.2.2 規定的試驗方法的電解液不會引燃； 或

b) 在 7.3.2.2 的試驗中測得的閃點溫度比在 7.3.2.4 或 7.3.2.6 的過充電和短路測試期間儲能器上測得的最高溫度至少高出 5°C (9°F)； 和

c) 對於具有兩種活性電解質的系統，在 7.3.2.2 的測試中測得的閃點溫度比按照 7.3.2.4 測得的混合溶液的最高溫度至少高出 5°C (9°F)。

7.8.2 按照 7.5.2 概述的方法，通過根據最大的預定液流電池儲能器縮放結果來解決異常試驗期間的可燃釋放氣體問題。

8 模組級別

8.1 試樣

8.1.1 在測試之前，應使用製造商規定的方法，通過充放電循環對模組試樣進行

至少 2 個週期的調節，以驗證模組是否正常工作。每個循環應定義為對 100 %SOC 充電，並允許最大放電量放電至模組製造商指定的放電電壓終止 (EODV)。在調節過程中，應按照 8.2.1 保持環境溫度和條件。

8.1.2 試驗模組應充電至 100%SOC，並在試驗開始前最多靜置 8 小時。充電至完全充電後且開始試驗之前，應通過在模組端子上進行量測來確定模組電壓。試驗前，試樣模組至少應穩定一小時。

8.1.3 此試驗不依賴電子和軟體控制，例如電池管理系統 (BMS)。

8.2 試驗方法

8.2.1 在開始試驗時，室內實驗室環境條件應為 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 9^{\circ}\text{F}$) 和 $50 \pm 25\% \text{RH}$ 。

8.2.2 試驗應在煙霧收集罩內進行，煙霧收集罩的尺寸應適當，以收集從模組產生的氣體。

8.2.3 在完成試驗之前和之後應記錄模組的重量，以確定重量損失。

8.2.4 被迫進入熱失控狀態的模組中的電池數量可以是一個或多個電池，並取決於單個電池中包含的能量。足夠數量的電池進入熱失控狀態，以創建電池在模組中傳播的條件。例如，可能有必要迫使 9 個 3Ah 的電池進入熱失控狀態，而不是一個 30Ah 的電池，以使電池之間傳播。應選擇被迫進入熱失控狀態的電池位置，以使未遭受熱失控的相鄰電池具有最大的熱暴露。要考慮的因素應包括選擇模組中熱量傳遞到其他電池的位置最大化、通風受限制或限制的位置以及熱傳感器、檢測和抑制放電點較遠的位置。

8.2.5 應使用根據 7.2 引發熱失控的方法來啟動模組內的熱失控。

8.2.6 關於第 8.2.5 節，熱失控的發生應通過熱失控開始時高於電池表面溫度的持續溫度來驗證，如第 7 節所述。

8.2.7 模組應放置在不可燃的水平表面上，模組的方向代表其預定最終安裝。

8.2.8 應使用耗氧量熱法量測熱失控中模組的化學熱釋放率。

8.2.9 在試驗期間應量測化學熱釋放率。參照 8.2.10。

8.2.10 化學熱釋放率應通過量測系統量測，該系統包括順磁氧氣分析儀、非分散紅外二氧化碳和一氧化碳分析儀、速度探测器和 K 型熱電偶。儀器應位於熱釋放率熱量計的排氣管中，其位置應使彎曲或排氣裝置的影響最小。參照 8.2.11。

8.2.11 參考 8.2.10，按以下方式計算每個氣流的化學熱釋放率：

$$\text{HRR}_t = \left[E \times \varphi - (E_{\text{CO}} - E) \times \frac{1 - \varphi}{2} \times \frac{X_{\text{CO}}}{X_{\text{O}_2}} \right] \times \frac{\dot{m}_e}{1 + \varphi \times (a - 1)} \times \frac{M_{\text{O}_2}}{M_a} \\ \times (1 - X_{\text{H}_2\text{O}}^0) \times X_{\text{O}_2}^0$$

其中

HRR_t = 總熱釋放率，為時間的函數 (kW)

E = 單位耗氧量完全燃燒釋放的淨熱量 (針對電池化學成分中所含的氧量進行了調整，為 13,100 kJ / kg)

E_{CO} =單位氧氣消耗量所產生的完全燃燒所釋放的淨熱量，對於CO（針對電池化學物質中所含的氧氣進行了調整，為 17,600 kJ / kg）

φ =耗氧因子（無因次），其中：

$$\varphi = \frac{x_{O_2}^0 \times [1 - x_{CO_2} - x_{CO}] - x_{O_2} \times [1 - x_{CO_2}^0]}{x_{O_2}^0 \times [1 - x_{O_2} - x_{CO_2} - x_{CO}]}$$

x_{CO} =排氣流中CO的量測摩爾分數（無因次）

x_{CO_2} =排氣流中CO₂的量測摩爾分數（無因次）

$x_{CO_2}^0$ =測得的引入空氣中CO₂的量測摩爾分數（無因次）

$x_{H_2O}^0$ =測得的引入空氣中H₂O的量測摩爾分數（無因次）

x_{O_2} =排氣流中O₂的量測摩爾分數（無因次）

$x_{O_2}^0$ =測得的引入空氣中O₂的量測摩爾分數（無因次）

a =燃燒膨脹係數（無因次：通常為 1.105）

M_a =引入和排氣的分子量（29 kg / kmol）

M_{O_2} =氧氣的分子量（32 kg / kmol）

\dot{m}_e =排氣管到中的質量流速（kg / s），其中：

$$\dot{m}_e = C \times \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}}$$

或

$$\dot{m}_e = 26.54 \times \frac{A \times k_c}{f(Re)} \times \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}}$$

C =孔板係數（單位為 kg^{1/2} m^{1/2} K^{1/2}）

Δp =孔板或雙向探頭上的壓差（Pa）

T_e =孔板或雙向探頭上的燃燒氣體溫度（K）

A =管道的橫截面積（m²）

k_c =速度輪廓形狀因子（無因次）

$f(Re)$ =雷諾數修正（無因次）

8.2.12 應使用最小分辨率為 1 cm⁻¹，路徑長度至少為 2 m（6.6 ft）的傅立葉轉換紅外光譜儀或等效的氣體分析儀量測排氣氣體成分，並應分別進行速度和溫度量測。使用 8.2.10 規定的設備在熱釋放率熱量計的排氣管中獲得。

8.2.13 排放氣體的碳氫化合物含量應使用火焰離子化偵檢器量測，氫氣應使用鈦鎳薄膜固態感測器量測。

8.2.14 在試驗過程中，應使用白色光源和光電探測器量測熱釋放率熱量計的排氣管到中的透光率，併計算出煙氣的釋放率。參照 8.2.15。

8.2.15 煙釋放率的計算方法如下：

$$SRR = 2.303 \left(\frac{V}{D} \right) \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

其中

SRR=煙釋放率(m²/s)

V =排氣管到體積流率 (m^3/s)

D =管道直徑 (m)

I_0 =淨 (試驗前) 光束的透光訊號 (V)

I =試驗期間的透光訊號 (V)

8.3 模組級別試驗報告

8.3.1 模組級別試驗報告應包括以下內容：

- a) 模組製造商名稱和型號 (以及是否符合 UL 1973)；
- b) 模組中的電池數；
- c) 串聯和並聯電池的模組配置；
- d) 根據 5.2 的模組構造功能；
- e) 與被測 SOC 相對應的模組電壓；
- f) 所使用的熱失控引發方法，包括用於引發熱失控的電池數量和位置；
- g) 熱釋放率與時間數據；
- h) 可燃氣體的產生和成分數據；
- i) 最高煙釋放率和總煙釋放數據；
- j) 觀察噴飛碎屑或爆炸性排放氣體；
- k) 觀察火花、電弧或其他電氣事件；
- l) 識別/定位模組內出現熱失控的電池；
- m) 應記錄模組的位置以及火焰擴展和持續時間的視覺估計；
- n) 根據 8.2.3 的量測得出的模組重量損失； 和
- o) 試驗視訊。

8.4 模組級別性能試驗

8.4.1 如果在模組級別試驗期間滿足以下性能條件，則不需要在第 9 節中進行單元級別試驗：

- a) 模組設計包含熱失控； 和
- b) 電池級別試驗確定，電池通氣孔氣體是不可燃。

9 單元級別

9.1 試樣和試驗配置

9.1.1 單元級別試驗應在按照製造商說明和本節所述安裝的 BESS 單元中進行。

試驗配置包括以下內容：

- a) 室內地面安裝的非住宅用途 BESS；
- b) 室內地面安裝的住宅用 BESS；
- c) 戶外地面安裝的非住宅用 BESS；
- d) 戶外地面安裝的住宅用 BESS；
- e) 室內壁掛式非住宅用途 BESS；
- f) 室內壁掛式住宅用 BESS；
- g) 戶外壁掛式非住宅用途 BESS；
- h) 戶外壁掛式住宅用 BESS； 和

i) 屋頂和開放式車庫非住宅使用的 BESS 安裝。

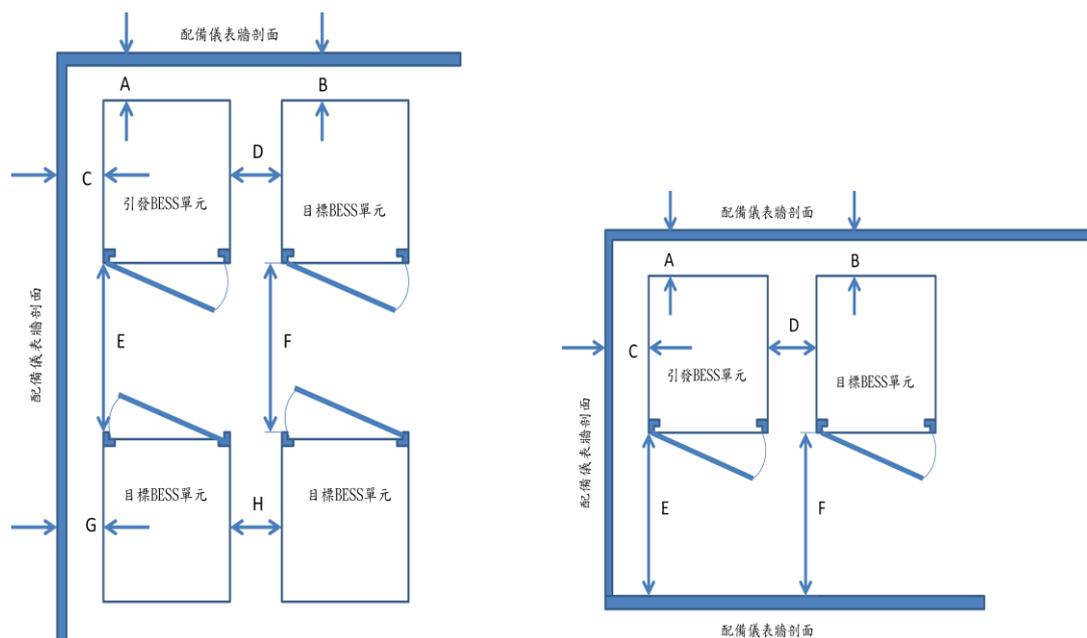
9.1.2 單元級別試驗需要一個啟動 BESS 單元，在該單元中將啟動根據模組級別試驗的內部火災條件，並以代表安裝的相鄰 BESS 單元為目標。對於室內地面安裝的設備進行的試驗應被視為代表室內地面安裝的設備和戶外地面安裝的設備，並具有火災蔓延的危險以及代表該設備的啟動設備與目標設備之間的距離。試驗應在室內進行，在有火災蔓延危險的情況下進行，並在代表安裝的起始單元與目標單元之間保持距離。這些試驗的結果也應視為戶外安裝。潛在的試驗配置示例如圖 9.1、圖 9.2、圖 9.3 和圖 9.4 所示。

例外：如果具有以下控制和環境條件，則可以在僅戶外安裝的戶外進行試驗：

- a) 使用風擋，最大風速保持在 ≤ 12 mph。
- b) 溫度範圍在 10°C 至 40°C (50°F 至 104°F) 之內；
- c) 濕度 $< 90\% \text{RH}$ ；
- d) 有足夠的光線觀察試驗；
- e) 試驗過程中無降水；
- f) 在試驗區域內要控制植被和可燃物，以防止對試驗造成任何影響並防止意外的火勢從試驗區域蔓延；以及
- g) 設有保護機制，以防止未經授權的人員在試驗區域無意進入，並防止人員因試驗而遭受任何危險。

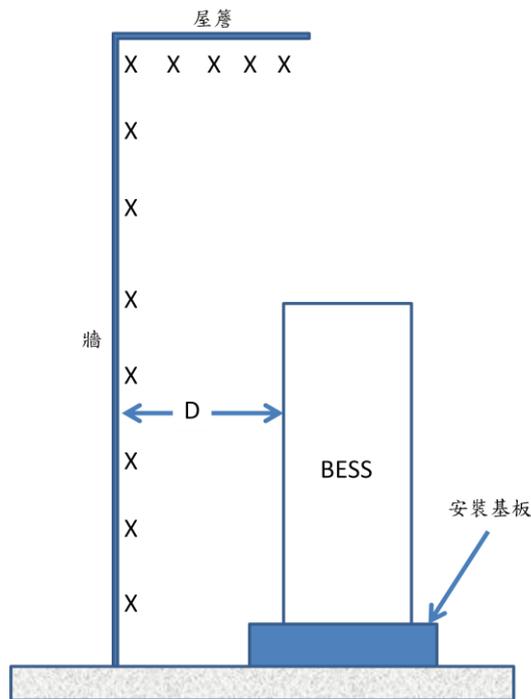
9.1.3 根據 BESS 的配置和設計（例如，BESS 由位於分隔外殼內的多個分隔部件組成），可以在電池系統級別進行確定火災特性的試驗。這種方法的適用性應根據 BESS 的總體設計和對電池系統的分析來確定，該分析代表整個 BESS 火災特性化關係。

圖 9.1 室內地面安裝 BESS 試驗配置示例



- 左：兩行或更多行的 BESS 單元的佈局 右：單行的 BESS 單元的佈局
- A = 引發 BESS 單元與引發 BESS 單元後面的配備儀表牆部分之間的分隔距離。
 - B = 目標 BESS 單元與目標 BESS 單元後面的配備儀表牆部分之間的分隔距離。
 - C = 引發 BESS 單元與配備儀表牆部分到引發 BESS 單元側面的分隔距離，
 - D = 引發 BESS 單元與目標 BESS 單元之間的分隔距離。
 - E = 引發 BESS 單元與目標 BESS 單元或配備儀表牆部分之間的分隔距離
 - F = 目標 BESS 單元與目標 BESS 單元或配備儀表牆部分之間的分隔距離
 - G = 目標 BESS 單元與配備儀表牆部分之間的分隔距離
 - H = 目標 BESS 單位之間的分隔距離。

圖 9.2 戶外地面安裝的住宅用途 BESS 試驗配置示例

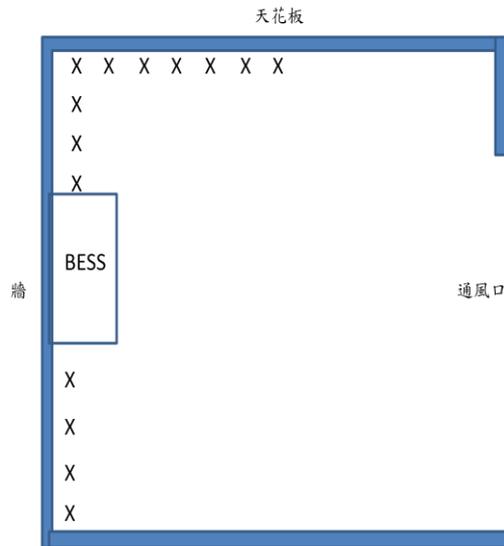


側視圖

X-表示典型的熱電偶位置，具體位置取決於安裝細節

D-ESS 與外牆的距離

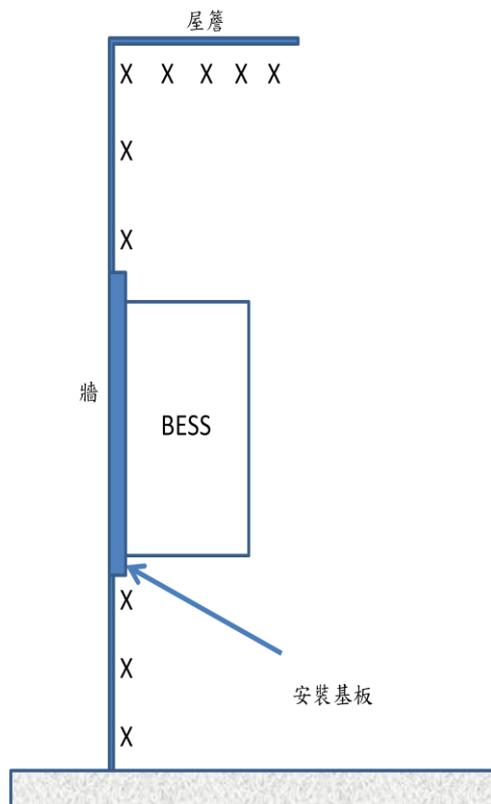
圖 9.3 室內壁掛式 BESS 試驗配置示例



側視圖

X-表示典型的熱電偶位置，具體位置取決於安裝細節。

圖 9.4 戶外壁掛式 BESS 試驗配置示例



X-表示典型的熱電偶位置，具體位置取決於安裝細節。

- 9.1.4 在完整安裝中，引發 BESS 單元應包含代表 BESS 單元的組件。應包括使引發和目標 BESS 單元互連的可燃部件。
- 9.1.5 目標 BESS 單元應包括外部機櫃（如果是設計的一部分）、機架、模組外殼和保留電池組件的組件。目標 BESS 單元模組機櫃不需要包含電池。
- 9.1.6 根據製造商的規範，引發 BESS 單元應處於最大工作荷電狀態（MOSOC），以進行本標準中的試驗。充電後且在試驗之前，引發的 BESS 在室溫下應保持最長 8 h 的時間。
- 9.1.7 如果 BESS 裝置包括一個集成的火災抑制系統，則可以選擇將其與 DUT 一起提供。如果 BESS 單元配備了可選的整體式火災抑制系統，則該系統不應安裝在 DUT 上。
- 9.1.8 此試驗不依賴電子和軟體控制，例如 BESS 中的電池管理系統（BMS）。這不包括 BESS 外部的，符合 UL 840 的火災抑制控制，但作為 9.1.7 中集成火災抑制系統的一部分提供。
- 9.2 試驗方法-室內地面安裝的 BESS 單元
 - 9.2.1 試樣和試驗配置符合 9.1。在試驗過程中，應控制試驗室的環境，以防止氣流影響試驗結果。試驗開始時，室內環境溫度不得低於 10°C (50°F) 或不高於 32°C (90°F)。
 - 9.2.2 引發 BESS 單元和相鄰的目標 BESS 單元上的任何檢修門或面板，應在試驗開始時和試驗期間將其關閉、門鎖和鎖定。
 - 9.2.3 引發的 BESS 單元應位於兩個配備儀表牆部分附近。
 - 9.2.4 配備儀表牆部分在水平方向上應延伸超過目標 BESS 單元的外部不少於 0.49 m (1.6 ft)。
 - 9.2.5 配備儀表牆部分應比 BESS 單元的高度至少高 0.61 m (2 ft)，但在單元的底面上方至少高 3.66 m (12 ft)。
 - 9.2.6 儀表牆部分的表面應覆蓋 16 mm (5/8 in) 石膏牆板，並塗成淺黑色。
 - 9.2.7 引發的 BESS 單元應居中在耗氧量熱計的適當尺寸的煙罩下方。
 - 9.2.8 在試驗過程中，應使用白光源和光電探測器量測量熱計排氣管道中的透光率，並應按 8.2.15 中所述計算煙氣釋放率。
 - 9.2.9 在試驗過程中，應分別使用 8.2.11 和 9.2.12 規定的方法量測化學和對流熱釋放率。
 - 9.2.10 參考 9.2.9，熱釋放率量測系統應使用霧化的庚烷擴散燃燒器進行校正。校正應使用庚烷的流速為 3.8、7.6、11.4 和 15.2 L/min (1、2、3 和 4 gpm)。
 - 9.2.11 參考 9.2.9，對流熱釋放率應使用位於排氣管道排氣系統中的熱電堆、速度探頭和熱電偶進行量測。參照 9.2.12。
 - 9.2.12 參考 9.2.9，對流熱釋放率應使用以下公式計算：

$$HRR_c = V_e A \frac{353.22}{T_e} \int_{T_0}^T C_p dT$$

其中

HRR_c =對流熱釋放率 (kW)

V_e =排氣速度 (m / s)

A =排氣管道橫截面積 (m²)

T_e =排氣速度量測位置的溫度 (K)

$353.22 / T_e$ =速度量測位置的空氣密度 (kg / m³)

T_0 =試驗室中的環境溫度 (K)

T =熱電堆溫度 (K)

$$\int_{T_0}^T C_p dT = A_0(T - T_0) + \frac{A_1}{2(T^2 - T_0^2)} + \frac{A_2}{3(T^3 - T_0^3)} + A_3/4(T^4 - T_0^4)$$

C_p =空氣比熱 (kJ / kg-K) 表示為 $C_p = A_0 + A_1T + A_2T^2 + A_3T^3$

$A_0=0.9950$

$A_1=-5.29933E-05$

$A_2=3.21022E-07$

$A_3=-1.22004E-10$

9.2.13 BESS 單元 (引發和目標) 與相鄰牆壁之間的實體間距應代表 9.1 中所述的預定安裝。

9.2.14 製造商應規定以下距離：

a) BESS 單元和配備儀表牆部分； 和

b) 相鄰的 BESS 單元。

9.2.15 對於 BESS 預定安裝在具有可燃結構的位置，應收集的牆壁表面溫度量測值。如果預定的安裝完全由不燃結構組成，並且在 BESS 安裝中不得使用牆壁組件、電纜、電線和任何其他可燃材料，則報告宜注意，該安裝不應包含任何可燃結構且表面溫度上升被認為不適用。

9.2.16 壁面溫度應使用 24 號或更小尺寸，K 型裸露結點熱電偶以 152 mm(6 in) 間隔垂直測量陣列牆壁部分的整個高度。用於測量牆壁表面溫度的熱電偶應水平放置在預計會受到引發 BESS 單元最大熱輻射的牆壁位置。

9.2.17 熱電偶應使用放置在電線絕緣部分上的釘子固定在石膏板表面。熱電偶的尖端應壓入石膏板中，以便在量測點與石膏表面齊平，並使用壓敏紙帶使其與石膏表面保持熱接觸。

9.2.18 熱通量應在每個配備儀表牆部分表面使用至少兩個水冷 Schmidt-Boelter 量規的傳感元件進行量測：

a) 兩者都與垂直熱電偶陣列共線：

b) 由於引發模組的熱失控，一個被定位在估計可接收最大熱通量的高度處； 和

c) 將一個人放置在標高處，以估計在引發 BESS 單元內熱失控的潛在傳播期間將接收最大熱通量。

9.2.19 在每個相鄰的目標 BESS 單元面對引發 BESS 單元的表面上，至少應使用至少兩個水冷 Schmidt-Boelter 量規的傳感元件量測熱通量：

- a) 由於引發 BESS 內的引發模組的熱失控，將其定位在預計接收最大熱通量的高度，並且
- b) 由於引發 BESS 的熱失控，一個被定位在標高處以接收最大的表面熱通量。
- 9.2.20 對於非住宅使用的 BESS，應使用至少一個水冷的 Schmidt-Boelter 量規的傳感元件量測熱通量，該量規位於引發單元中間高度處可到達出口的中央。
- 9.2.21 應安裝 24 號或更小號 K 型裸露結點熱電偶，以測量靠近電池的表面以及電池與引發模組裸露表面之間的溫度。BESS 單元內的每個非引發模組機櫃均應裝有至少一個 24 號或更小號 K 型熱電偶，以提供數據以監視非引發模組內的熱狀況。應放置額外的熱電偶，以解決複雜的外殼內部幾何形狀。
- 9.2.22 對於用於住宅的 BESS，DUT 應當覆蓋一層單層粗平布引燃指示器。粗平布應為未經處理的棉布，其運線為 $26-28 \text{ m}^2 / \text{kg}$ ，在 $6.45 \text{ cm}^2 (1 \text{ in}^2)$ 的區域內，任一方向的線數為 28-32。
- 9.2.23 必須在引發的 BESS 單元的單個模組內建立符合模組級別試驗的內部著火條件：
- a) 應根據模組級別試驗的結果選擇模組的位置，以使其對相鄰模組（例如上方、下方、側面）產生最大的熱輻射；和
- b) 用於在模組中引發熱失控的設備的設置（即類型、數量和位置）應與在模組級別試驗中用於引發和傳播熱失控的設備相同（第 8 節）。
- 9.2.24 應在量熱計的排氣管道內量測引發 BESS 裝置排氣的成分、速度和溫度。氣體成分應使用最小分辨率為 1 cm^{-1} ，路徑長度至少為 2.0 m (6.6 ft) 的傅立葉轉換紅外光譜儀或等效的氣體分析儀進行量測。成分、速度和溫度儀器應與熱釋放率量熱儀並置。
- 9.2.25 排放氣體的碳氫化合物含量應使用火焰電離檢測法進行量測。
- 9.2.26 在下列情況下，試驗應終止：
- a) 引發 BESS 單元內每個模組內部測得的溫度恢復到環境溫度；
- b) 火勢蔓延到相鄰的單元或相鄰的牆壁；或
- c) 對試驗人員或試驗設施有害的狀況需要減輕。
- 9.2.27 對於住宅使用系統，應將 9.2 中收集的氣體收集數據與製造商指定的最小房間安裝進行比較，以確定收集的可燃氣體是否超過空氣中 25%LFL。
- 9.3 試驗方法-戶外地面安裝單元
- 9.3.1 戶外地面非住宅使用的 BESS 評估要在建築物和結構物附近安裝時，應使用第 9.2 節所述的試驗方法。如果僅用於戶外安裝，則無需量測煙霧釋放速率、對流和化學熱釋放率以及釋放的排出氣體的含量、速度和溫度。
- 9.3.2 戶外地面安裝的住宅用途除 9.3.3 和 9.3.4 另有規定外，評估要安裝在建築物和結構物附近的 BESS 必須使用 9.2 節所述的試驗方法。用於可到達的出口的熱通量的量測應根據 9.2.20 的規定進行。如果僅用於戶外安裝，則無需量測煙霧釋放率、對流和化學熱釋放率以及釋放的排出氣體的含量、

速度和溫度。

9.3.3 如圖 9.2 所示，應將試驗試樣安裝在 3.66 m (12 ft) 高，0.3 m (1 ft) 寬的水平拱腹（所示屋簷下表面如圖 9.2）的配備儀表牆部分附近。試樣應安裝在支撐基板上，並按照製造商規定的最小分隔距離與牆壁隔開。牆壁和拱腹應使用 19.05 mm (3/4 in) 膠合板安裝，該膠合板安裝在木柱上並塗成淺黑色。配備儀表牆應水平延伸超過目標 BESS 單元外部不小於 0.49 m (1.6 ft)。如圖 9.2 所示，牆上的 24 號或更小號 K 型暴露結點熱電偶陣列延伸到拱腹表面，如圖 9.2.16 所示。

例外：如果製造商要求安裝不燃材料，則試驗裝置可能包括製造商建議的設備和膠合板牆之間的背襯材料。

9.3.4 應根據製造商的安裝規範在引發 BESS 的每一側安裝目標 BESS。BESS 單元之間的實體間距（引發和目標）應為製造商規定的最小間隔距離。

9.4 試驗方法-室內壁掛式裝置

9.4.1 室內壁掛式 BESS 的測試應符合 9.2 節的要求，但本節中有所修改的除外。參照圖 9.3。

9.4.2 試驗應在標準 NFPA 286 防火試驗室中進行，試驗室高度為 3.66 × 2.44 × 2.44-m (12 × 8 × 8ft)，高度為 0.76 × 2.13-m (2-1/2 × 7-ft) 高開口。房間的結構應為 16 mm (5/8 in) 石膏牆板，安裝在木柱上並塗成淺黑色。

9.4.3 引發的 BESS 單元應放置在門開口對面的牆壁上，其中心位於地板上方 1.22 m (4 ft) 處，並且在相鄰牆壁之間的中間位置。

9.4.4 目標 BESS 必須安裝在引發 BESS 每一側的牆壁上，並且在與引發 BESS 相同的地板上方高度。BESS 單元之間的實體間距（引發和目標）應為製造商規定的最小間隔距離。

9.4.5 安裝引發和目標 BESS 單元的牆壁應根據 9.2 節配備。

9.4.6 氣體收集方法應符合 9.2 的規定。對於住宅用系統，應將 9.2 中收集的氣體收集數據與製造商指定的最小房間安裝進行比較，以確定收集的可燃氣體是否超過空氣中 LFL 的 25%。

9.4.7 對於供住宅使用的 BESS，DUT 應當覆蓋一層單層粗平布引燃指示器。粗平布應為未經處理的棉布，其運線為 26-28 m²/kg，在 6.45 cm² (1 in²) 的區域內，任一方向的線數為 28-32。

9.5 試驗方法-戶外壁掛式裝置

9.5.1 戶外壁掛式 BESS 的試驗應符合 9.2 節的要求，但本節中有所修改的除外。參照圖 9.4。如果預定僅在戶外使用壁掛式安裝，則煙霧釋放率、對流和化學熱釋放率；以及釋放的排氣的含量，速度和溫度無需測量。

9.5.2 試驗試樣應安裝在 3.66 m (12 ft) 高的配備儀表牆部分上，其水平拱腹高度為 0.3 m (1 ft) (屋簷下表面如圖 9.4 所示)。牆壁和拱腹應使用 19.05 mm (3/4 in) 膠合板安裝在木柱上並塗成淺黑色。配備儀表牆應水平延伸超過目標 BESS 單元外部不小於 0.49 m (1.6 ft)。如圖 9.4 所示，牆上的

- 24 號或更小號 K 型暴露結點熱電偶陣列延伸到拱腹表面，如 9.2.16 所示。
- 9.5.3 引發的 BESS 單元應放置在配備儀表牆上，其中心位於地板上方 1.22 m (4 ft) 處，並且位於牆邊緣之間的中間位置。
- 9.5.4 目標 BESS 應安裝在引發 BESS 每一側的牆壁上，並且在與引發 BESS 相同的地板上方高度。BESS 單元（引發和目標）之間的實體間距應為製造商規定的最小間隔距離。
- 9.5.5 裝有引發和目標 BESS 單元的牆壁應按照 9.2 節配備。
- 9.5.6 對於供住宅使用的 BESS，DUT 應當覆蓋一層單層粗平布引燃指示器。粗平布應為未經處理的棉布，其運線為 26-28 m²/kg，在 6.45 cm² (1 in²) 的區域內，任一方向的線數為 28-32。
- 9.6 屋頂和露天車庫安裝
- 9.6.1 供非住宅用途的屋頂或露天車庫安裝的 BESS 的試驗應符合 9.2 的規定。
- 9.6.2 如果僅預定用於屋頂和開放式車庫安裝，則無需量測煙霧釋放率、對流和化學熱釋放率以及釋放的排放氣體的含量、速度和溫度。
- 9.7 單元級測試報告
- 9.7.1
- 單元級別試驗的報告應標識被測試安裝的類型，如下所示：
- a) 室內地面安裝的非住宅用 BESS;
 - b) 室內地面安裝的家用 BESS;
 - c) 戶外地面安裝的非住宅用 BESS;
 - d) 戶外地面安裝的住宅用 BESS;
 - e) 室內壁掛式非住宅用 BESS;
 - f) 室內壁掛式家用 BESS;
 - g) 戶外壁掛式非住宅用 BESS;
 - h) 戶外壁掛式住宅用 BESS;
 - i) 屋頂安裝的非住宅用 BESS； 或
 - j) 開放式車庫安裝的非住宅用 BESS。
- 9.7.2 關於 9.7.1，如果試驗打算代表一種以上的安裝類型，則應在報告中註明。
- 9.7.3 報告應包括以下內容：
- a) 單元製造商名稱和型號（以及是否符合 UL 9540）；
 - b) 引發 BESS 單元中的模組數；
 - c) 5.3 中引發 BESS 單元的結構；
 - d) 單元內的防火特性/探測/抑制系統；
 - e) 與被測 SOC 相對應的模組電壓；
 - f) 使用的熱失控引發方法；
 - g) 引發模組在 BESS 單元內的位置；
 - h) 測試裝置的示意圖和尺寸，包括引發和目標 BESS 單元的安裝位置，以及牆壁、天花板和拱腹的位置；

- i) 觀察引發 BESS 外殼外部是否有任何火焰以及最大火焰擴展；
- j) 化學和對流熱釋放率與時間數據；
- k) 從引發的 BESS 單元到目標牆壁的距離（例如，圖 9.1 中的距離 A 和 C）；
- l) 從引發 BESS 單元到目標 BESS 單元的距離（例如，圖 9.1 中的距離 D 和 H）；
- m) 在試驗和量測熱電偶的位置中達到的最大牆壁表面溫度和目標 BESS 溫度；
- n) 在室內或戶外壁掛式試驗中達到的最高天花板或拱腹表面溫度以及量測熱電偶的位置；
- o) 目標牆壁表面和目標 BESS 單元上的最大入射熱通量
- p) 在室內或戶外壁掛式試驗中達到的目標天花板或拱腹表面上的最大入射熱通量；
- q) 氣體產生和成分數據；
- r) 煙霧釋放速率峰值和總煙霧釋放數據；
- s) 指示整體火災防護系統的啟動，如果啟動，則表示進入試驗的時間為啟動；
- t) 觀察飛屑或爆炸性排放氣體；
- u) 觀察熱失控事件引起的再引燃；
- v) 觀察火花、電弧或其他電氣事件；
- w) 對以下方面的損害的觀察：
 - 1) 引發的 BESS 單元；
 - 2) 目標 BESS 單元；
 - 3) 相鄰的牆壁、天花板或拱腹； 和
- x) 試驗的照片和視訊。

9.8 單元級別試驗的性能

9.8.1 如果在單元級別試驗期間滿足表 9.1 中概述的以下性能條件，則不需要在第 10 節中進行安裝級別試驗。

表 9.1 單元級別的性能基準

安裝	性能基準
非住宅安裝	
室內地板安裝	a) 未觀察到引發 BESS 單元外部的火焰； b) 與引發 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內模組的表面溫度不超過 7.3.1.8 中確定的熱引發電池排氣的溫度； c) 對於預定安裝在具有可燃結構的位置的 BESS 單元，在牆面上的表面溫度量測值不超過 9.2.15 規定的環境溫度以上的 97°C (175°F)； d) 未觀察到爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量），以及 e) 在可到達的出口通道中心的熱通量不得超過 1.3 kW/m ² 。
戶外的地面安裝 ¹⁾	a) 如果觀察到單元外部有火焰，則暴露的間隔距離應由試驗過程中觀察到的最大火焰擴展來確定。

	<p>b) 與引發 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內的模組的表面溫度不超過發生熱引發的電池排氣的溫度，如 7.3.1.8 中所確定的；</p> <p>c) 對於預定在暴露環境附近安裝的 BESS 單元，根據 9.2.15 進行的牆壁表面溫度量測不得超過環境溫度的 97°C (175°F) 以上；</p> <p>d) 未觀察到爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量），以及</p> <p>e) 可到達的出口中心的熱通量不得超過 1.3 kW/m²。</p>
室內壁掛式安裝	<p>a) 未觀察到引發 BESS 單元外的火焰</p> <p>b) 與啟動 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內模組的表面溫度不超過 7.3.1.8 中確定的發生熱引發單元排氣的溫度；</p> <p>c) 對於預定安裝在可燃結構位置的 BESS 單元，根據 9.2.15 的規定，牆面的表面溫度量測值不得超過環境溫度的 97°C (175°F) 以上；</p> <p>d) 未觀察到爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量），以及</p> <p>e) 可到達的出口中心的熱通量不得超過 1.3 kW/m²。</p>

表 9.1 單元級別的性能基準(續)

安裝	性能基準
戶外壁掛式安裝	<p>a) 未觀察到引發 BESS 單元外的火焰；</p> <p>b) 與引發 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內模組的表面溫度不超過發生熱引發單元排氣的溫度（如 7.3.1.8 所確定）；</p> <p>c) 對於預定安裝在具有可燃結構的牆壁上的 BESS 單元，在牆壁的表面溫度量測值不超過 9.2.15 的環境溫度以上 97°C (175°F)；</p> <p>d) 未觀察到爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量）；以及</p> <p>e) 可到達的出口中心的熱通量不得超過 1.3 kW/m²。</p>
屋頂和開放車庫	<p>a) 如果觀察到單元外部有火焰，則暴露的間隔距離應由試驗過程中觀察到的最大火焰擴展來確定；</p> <p>b) 與引發 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內模組的表面溫度不超過發生熱引發單元排氣的溫度（如 7.3.1.8 所確定）；</p> <p>c) 對於預定安裝在具有可燃結構的場所的 BESS 單元，在牆壁表面溫度量測值不超過 9.2.15 規定的環境溫度以上的 97°C (175°F)；</p> <p>d) 未觀察到爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄</p>

	積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量）；以及 e) 可到達的出口中心的熱通量不得超過 1.3 kW/m ² 。
--	--

住宅安裝	
室內地板安裝	<p>a) 未觀察到引發的 BESS 單元外部有火焰，如已安裝的粗平布指示器未燃燒或炭化所顯示的那樣；</p> <p>b) 目標 BESS 單元內與引發 BESS 單元相鄰的模組的表面溫度不超過 7.3.1.8 中確定的發生熱引發電池排氣的溫度。</p> <p>c) 對於預定安裝在具有可燃結構的場所的 BESS 單元，在牆壁表面溫度量測值不超過 9.2.15 規定的環境溫度以上的 97°C (175°F)；</p> <p>d) 沒有發現爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃性極限內，可能引起爆燃的量）； 以及</p> <p>e) 對於最小的指定房間安裝尺寸，空氣中的可燃氣體濃度不超過 25%LFL。</p>
戶外的地面安裝	<p>a) 如果觀察到單元外部有火焰，則暴露的間隔距離應由試驗過程中觀察到的最大火焰擴展來確定。</p> <p>b) 目標 BESS 單元內與引發 BESS 單元相鄰的模組的表面溫度不超過 7.3.1.8 中確定的發生熱引發電池排氣的溫度。</p> <p>c) 對於預定在近處暴露的 BESS 單元，按照 9.2.15 的要求，在牆壁表面進行的表面溫度量測不得超過環境溫度的 97°C (175°F) 以上；</p> <p>d) 沒有觀察到爆炸的危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量）； 以及</p> <p>e) 在可到達的出口通道中心的熱通量不得超過 1,3 kW/m²。</p>
室內壁掛式安裝	<p>a) 未觀察到引發的 BESS 單元外部有火焰，如粗平布指示器未燃燒或炭化所顯示；</p> <p>b) 與引發 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內模組的表面溫度不超過發生熱引發單元排氣的溫度（如 7.3.1.8 所確定）；</p> <p>c) 對於預定安裝在具有可燃結構的位置的 BESS 單元，牆面上的表面溫度量測值不超過 9.2.15 的環境溫度以上 97°C (175°F)；</p> <p>d) 沒有觀察到爆炸的危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量）； 以及</p> <p>e) 對於最小的預定房間安裝尺寸，可燃氣體的濃度不超過 25%LFL。</p>

安裝	性能基準
----	------

<p>戶外壁掛式安裝</p>	<p>a) 未觀察到引發的 BESS 單元外部有火焰，如所顯示粗平布指示器未燃燒或炭化；</p> <p>b) 與引發 BESS 單元相鄰的目標 BESS 單元內模組的表面溫度不超過發生熱引發單元排氣的溫度（如 73.1.8 所確定）；</p> <p>c) 對於預定安裝在具有可燃結構的位置的 BESS 單元，在牆壁表面溫度量測值不超過 9.2.15 規定的環境溫度以上的 97 °C (175°F)； 以及</p> <p>d) 沒有觀察到爆炸危險，包括電池排放氣體的爆燃、爆炸或蓄積（在可燃極限內，可能引起爆燃的量）。</p>
<p>1) 暴露在戶外的戶外設備是指距離建築物 ≤ 3.48 m (10 ft)，可在其上建造的基地線、公共道路、可燃材料、高堆積物、危險材料和其他危險性定義的規範。</p> <p>2 NFPA 101 中定義無障礙的逃生方式，從本質上，這是提供安全區域通道的人員連續無障礙的逃生方式。</p>	

10 安裝級別

10.1 一般

10.1.1 安裝級別試驗方法評估 BESS 在其預定安裝中的防火和防爆方法的有效性。

安裝級別試驗不適用於住宅用 BESS。

a) 試驗方法 1- “撒水頭的有效性” 用於評估根據規範要求安裝的撒水頭防火和爆炸減輕方法的有效性。

b) 試驗方法 2- “防火計劃的有效性” 用於評估其他火災和爆炸減輕的方法（例如氣態劑、水霧系統、組合系統）的有效性。

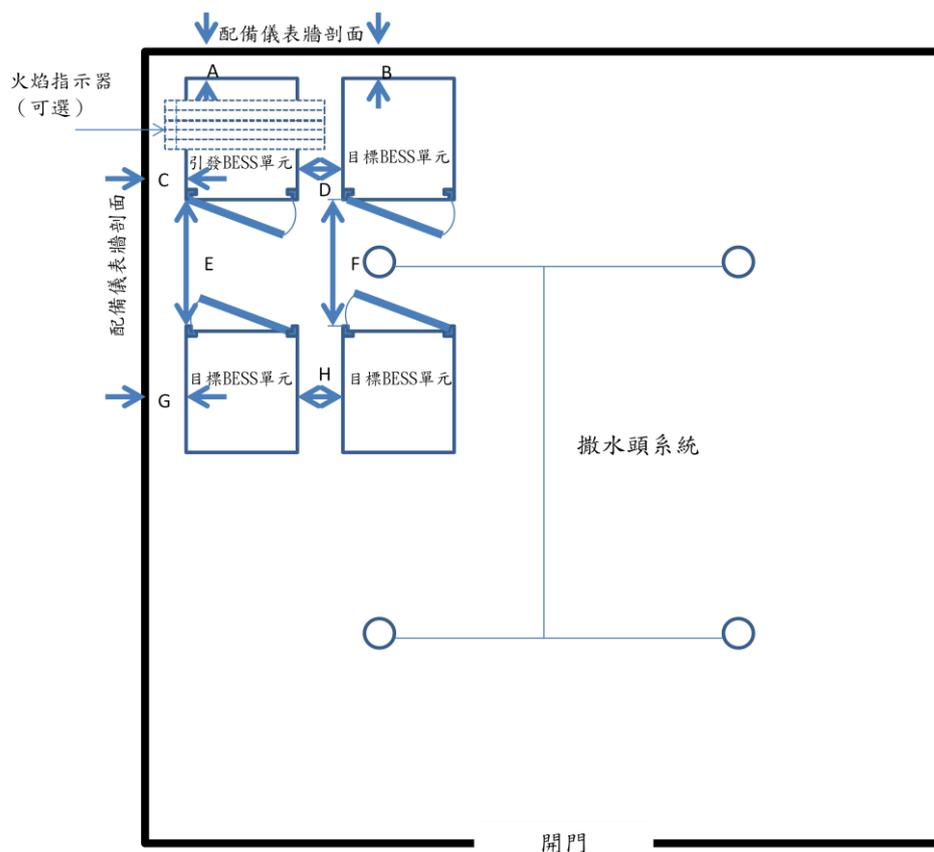
10.1.2 安裝級別試驗不適用於僅預定用於戶外用或住宅用的單元。

10.2 試樣

10.2.1 試樣（引發 BESS 和目標 BESS）及其試驗準備，包括與牆壁的距離，應與第 9 節中用於單元級別試驗的試樣相同。

10.2.2 火焰指示器應由符合 UL 1685 且符合製造商規範的安裝代表的電纜橋架和耐火電纜組成，並應按最終用戶安裝規定的距離部署在 BESS 上方。如果安裝要求將電纜安裝在 BESS 下方，則不需要火焰指示器。參照圖 10.1 和圖 10.2。

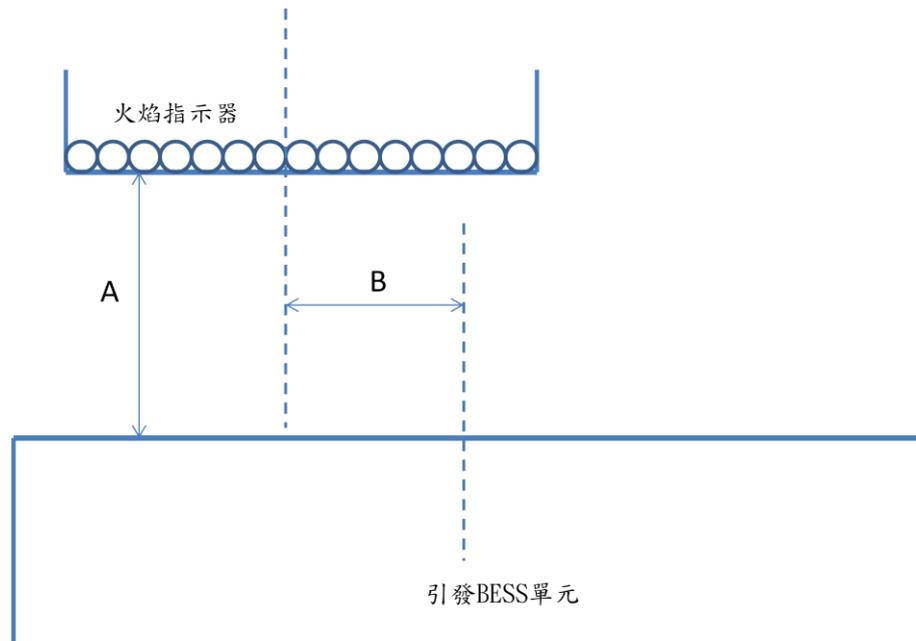
圖 10.1 撒水頭試驗有效性的配置示例



- A = 引發 BESS 單元與引發 BESS 單元後面的配備儀表牆部分之間的分隔距離。
- B = 目標 BESS 單元與目標 BESS 單元後面的配備儀表牆部分之間的分隔距離。
- C = 引發 BESS 單元與配備儀表牆部分到引發 BESS 單元側面的距離。
- D = 引發 BESS 單元與目標 BESS 單元之間的距離。
- E = 引發 BESS 單元與目標 BESS 單元之間的距離。
- F = 目標 BESS 單元和目標 BESS 單元之間的分隔距離。
- G = 目標 BESS 單元與配備儀表牆部分之間的分隔距離。
- H = 目標 BESS 單位之間的分隔距離。

有關 BESS 上方火焰指示單元位置的示例，參照圖 10.2。

圖 10.2 BESS 上方的火焰指示器示例



10.3 試驗方法 1-撒水頭的有效性

10.3.1 對於高度為 2.44 m (8 ft) 或以下的 BESS 單元，試驗應在 6.10 × 6.10 × 3.05-m (20 × 20 × 10 ft) 高試驗室中進行，其中一個試驗室的開口為 1.22 × 2.13 m (4 × 7 ft) 高的門口或代表製造商指定安裝配置的房間。應試驗製造商預期用於 BESS 部署的最大試驗室，包括佔地面積和天花板高度。對於高於 2.44 m (8 ft) 的 BESS 單元，天花板高度應至少比被試驗的 BESS 單元高至少 0.61 m (2 ft)。防爆方法應按照製造商的規定安裝在試驗裝置中。

10.3.2 試驗室應在試驗室中心以 3.05 m (10 ft) 的間距安裝四個噴頭。撒水頭應為標準噴撒，標準額定溫度為 93°C (200°F)，標稱 K 係數為 5.6，撒水密度為 12.22 L / m² / min (0.3 gpm / ft²)。如果在安裝規格中指定了其他密度、額定值和 K 係數的撒水頭不同規格，則應將其用於安裝試驗。參照圖 10.1。

10.3.3 牆壁應使用 16 mm (5/8 in) 石膏牆板建造。配備儀表牆部分應塗成淺黑色。

10.3.4 引發的 BESS 單元必須放置在製造商指定的距試驗室配備儀表牆和目標 BESS 單元的距離處。例如，圖 10.1 顯示了試驗室中 BESS 單元的佈局潛勢。

10.3.5 引發和目標 BESS 單元正上方的天花板位置的溫度量測值應由位於天花板以下 25 mm (1 in)，間隔 152 mm (6 in) 的熱電偶陣列收集，使用 24 號 K 型裸露結點熱電偶。

10.3.6 配備儀表牆表面溫度的量測值應以 152 mm (6 in) 的間隔垂直排列，以使用 24 號 K 型裸露結點熱電偶量測配備儀表牆部分的整個高度來量測牆壁表面溫度。熱電偶應放置在預計會受到引發 BESS 單元最大熱輻射的牆壁位置。

10.3.7 用於量測牆壁表面溫度的熱電偶應通過在電線的絕緣部分上放置的釘子固定在石膏表面上。熱電偶的尖端應壓入石膏板中，以便在量測點與石膏板表面齊平，並使用壓敏紙帶使其與石膏表面保持熱接觸。

10.3.8 熱通量應使用至少兩個水冷的 Schmidt Boelter 量規的傳感元件在每個配備儀表牆的表面進行量測：

- a) 兩者都與垂直熱電偶陣列共線；
- b) 由於引發模組的熱失控，一個被放置在估計可接收最大熱通量的高度上；並且
- c) 將一個放置在標高處，以估計在引發 BESS 單元內熱失控的潛在傳播期間將接收最大熱通量。

10.3.9 在面相引發 BESS 單元的每個相鄰目標 BESS 單元的表面上，至少應使用兩個感應水冷 Schmidt-Boelter 量規量測熱通量：

- a) 由於引發 BESS 內的引發模組的熱失控，將其定位在預計接收最大熱通量的高度處；以及
- b) 由於引發 BESS 的熱失控，一個被定位在標高處以接收最大的表面熱通量。

10.3.10 應使用至少一個水冷的 Schmidt Boelter 量規的傳感元件量測熱通量，該量規位於引發單元中間高度處可觸及出口的中間位置。

10.3.11 應安裝 24 號或更小的 K 型裸露結點熱電偶，以量測目標 BESS 單元內模組外殼的表面溫度。三個熱電偶應位於每個模組外殼外部最靠近引發 BESS 單元的位置。每個模組中至少應放置兩個 24 號或更小的 K 型熱電偶，以提供數據監視非引發模組內的熱狀況。可以放置其他熱電偶以解決複雜的外殼內部幾何形狀。

10.3.12 應在引發 BESS 單元的單個模組內建立符合模組級別試驗的內部著火條件

- a) 應根據模組級別試驗的結果選擇模組的位置，以使其對相鄰模組（例如上方、下方、側面）產生最大的熱輻射；以及
- b) 引發模組中熱失控的設備的設置（即類型、數量和位置）應與模組級別試驗中用於引發和傳播熱失控的設備相同（第 8 節）。

10.3.13 應使用最小分辨率為 1 cm^{-1} ，路徑長度至少為 2.0 m (6.6 ft) 的傅立葉轉換紅外光譜儀、總碳氫化合物分析儀和氫氣分析儀量測 BESS 單元排氣的成分。氣體成分採樣口應位於天花板噴流中，低於天花板 25 mm (1 in)。

10.3.14 在下列情況下，應終止試驗：

- a) 在引發 BESS 的每個模組內部測得的溫度返回到電池通風口溫度以下；
- b) 火勢蔓延到相鄰的單元或相鄰的牆壁；或
- c) 對測試人員或測試設施有害的狀況需要減輕。

10.3.15 在完成安裝試驗後，應對引發單元進行 24 小時觀察，以確定不會發生重新引燃。

10.4 安裝級別試驗報告-試驗方法 1-撒水頭的有效性

10.4.1 安裝級別試驗報告應包括以下內容：

- a) 單元製造商名稱和型號（以及是否符合 UL 9540）；
- b) 引發 BESS 單元中的模組數量；
- c) 5.3 中引發 BESS 單元的結構；
- d) 對應於被測 SOC 的引發 BESS 的模組電壓；
- e) 使用的熱失控引發方法；
- f) 試驗裝置的圖和尺寸，包括引發和目標 BESS 單元的位置，以及牆壁和天花板的位置；
- g) 引發模組在 BESS 單元內的位置；
- h) 從引發的 BESS 單元到牆壁の間隔距離（例如，圖 10.1 中的距離 A 和 C）；
- i) 從引發 BESS 單元到目標 BESS 單元的距離（例如，圖 10.1 中的距離 D 和 E）；
- j) 火焰指示器（如果使用）相對於 BESS 的距離（例如圖 10.2 中的距離 A 和 B）；
- k) 天花板的最高溫度；
- l) 火焰指示器內火的傳播距離；
- m) 在試驗和量測熱電偶的位置達到的最高牆壁表面溫度和目標 BESS 單元溫度；
- n) 在目標牆壁表面和目標 BESS 單元上的最大入射熱通量；
- o) 引發 BESS 的電壓；
- p) 在試驗過程中操作的撒水裝置總數和時間長度；
- q) 氣體產生和成分數據（如果量測）；
- r) 觀察試驗室內的火焰；
- s) 觀察飛屑或爆炸性排放氣體；
- t) 觀察熱失控事件引起的再引燃；
- u) 對損害的觀察；
- 1) 引發的 BESS 單元；
- 2) 目標 BESS 單位；以及
- 3) 隔牆；
- v) 試驗的照片和視訊；
- w) 單位內的防火設施/探測/火災抑制系統；以及
- x) 噴頭 K 係數、RTI、製造商和型號、噴頭數量和配置。

10.5 性能-試驗方法 1-撒水頭的有效性

10.5.1 對於打算安裝在具有可燃結構的位置的 BESS 單元，沿配備儀表牆表面的溫度量測值不得超過環境溫度 97°C (175°F)。如果目標安裝完全由不燃材料組成，且 BESS 安裝中不得包含牆壁組件、電纜、電線和任何其他可燃材料，則表面溫升不適用。在這種情況下，報告應注意，安裝中不得包含可燃材料。

10.5.2 與引發 BESS 單元相鄰的 BESS 單元內模組的表面溫度不得超過 7.3.1.8 中確定的發生熱引發單元通風的溫度。

10.5.3 火焰指示器中電纜上的火蔓延不得水平超出初始 BESS 外殼的尺寸。

10.5.4 試驗室內不應有明火。

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

10.5.5 沒有觀察到爆炸。除非通過工程爆燃保護系統減輕爆燃，否則沒有爆燃現象。

10.5.6 可到達的出口通道中心的熱通量不得超過 $1.3 \text{ kW} / \text{m}^2$ 。

10.5.7 在完成安裝試驗並且中止撒水操作後，在引發單元內不得有再引燃現象。

10.5.8 不滿足上述適用性能標準的安裝級別試驗被認為不符合要求，需要進行修正和重新試驗。

10.6 試驗方法 2-防火計劃的有效性

10.6.1 試驗方法 2 的試驗裝置和試驗程序與 10.3 相同，不同之處在於，房間應裝有代表下列物品指定的防火和防爆設備，以代替 10.3.2 的撒水裝置。經過試驗的 BESS 系統的計劃安裝。

10.7 安裝級別試驗報告試驗方法 2-防火計劃的有效性

10.7.1 安裝級別試驗報告應包括以下內容：

- a) 10.4.1 (a) - (u) 和 (v) 項中的報告資訊 (如適用)；
- b) 安裝內的防火功能/檢測/抑制系統；以及
- c) 清潔劑或除使用的撒水裝置外的其他抑制系統的運行時間。

10.8 性能-試驗方法 2-防火計劃的有效性

10.8.1 有關性能標準，參照 10.5。

附件 A (參考) 試驗概念和試驗結果在安裝的應用

A1 概述

A1.1 本附件旨在幫助試驗發起人、設計者、所有者、保險公司和法規管理機構瞭解：

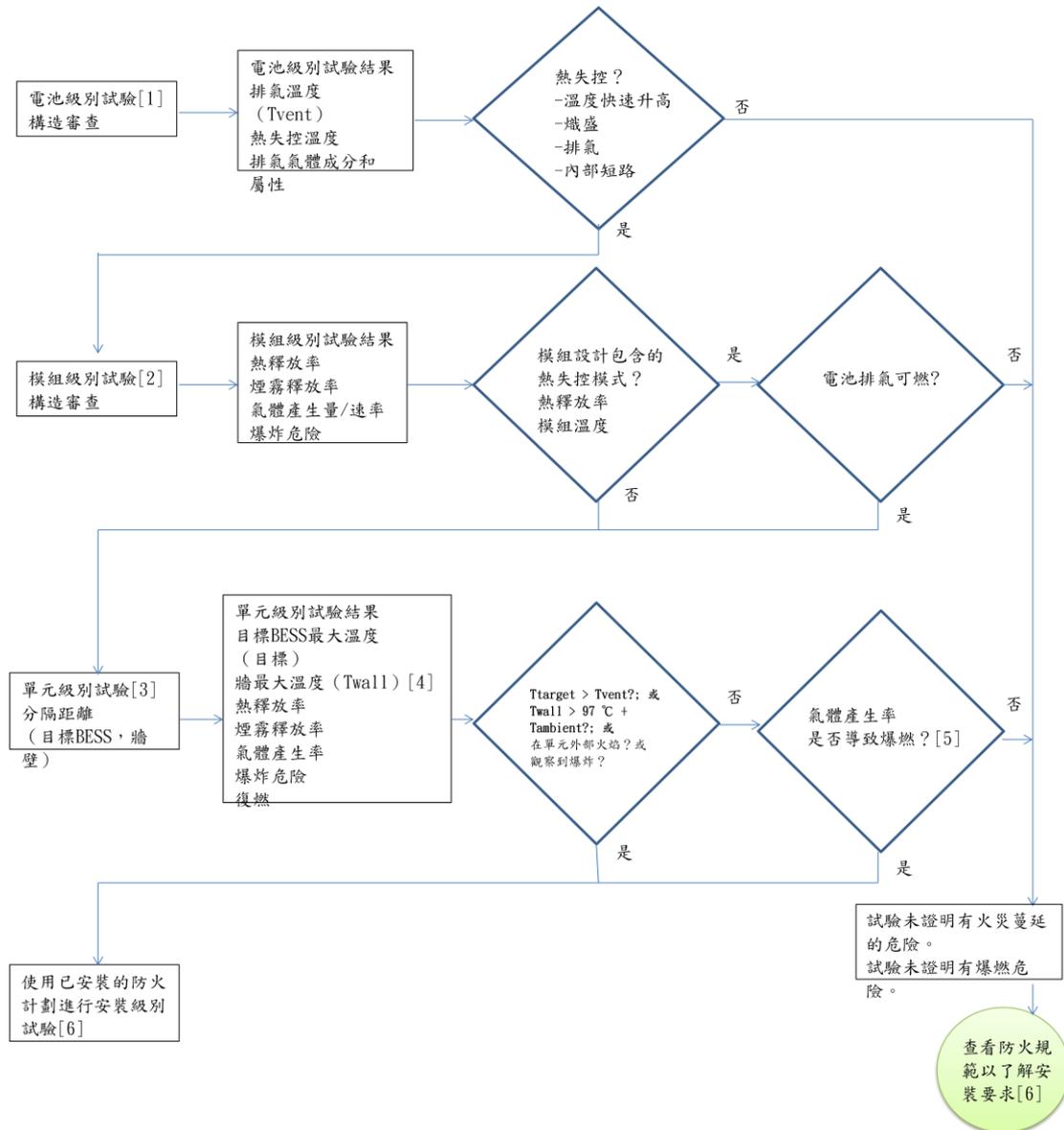
- a) 本標準中包括的試驗目的；
- b) 各個試驗如何相互關聯；以及
- c) 如何解釋和應用結果以實現符合規範的安裝。

A1.2 防火法規模式和儲能系統標準要求儲能系統符合 UL 9540，而儲能系統又要求電池芯和模組符合 UL 1973。遵守這些標準可降低電池和電池儲能系統的風險，造成火災、電擊或人身傷害的危險。但是，並沒有評估 BESS 是否按預期安裝的能力以及是否在必要時採用了火災抑制機制，從而導致最終使用安裝起火或爆炸。

A1.3 為了解決與安裝 BESS 相關的火災和爆炸危險，火災和其他法規要求儲能系統滿足某些位置、隔離、火災抑制和其他標準。這些規範還提供一種基於預期的 BESS 安裝的大尺度防火試驗來提供同等安全級別的方法。本標準旨在提供一種試驗方法，可以用作驗證 BESS 安裝安全性的基礎，而不是滿足那些規範中提供的特定標準。

A1.4 圖 A.1-圖 A.3 提供了流程圖，這些流程圖捕獲了試驗的各個步驟以及如何使用獲得的數據來評估安裝。

圖 A.1 BESS 火災傳播評估流程圖-電池、模組和 BESS 單元級別試驗



T_{vent} —在電池級別試驗期間量測的電池排氣溫度。

T_{target} —BESS 的最高溫度。

T_{wall} —目標牆的最高溫度。

$T_{ambient}$ —試驗開始時的環境溫度。

註：

[1]電池應符合 UL 1973。

[2]模組應符合 UL 1973。

[3]如果單元僅包含電池，則應符合 UL 1973 的要求，如果是儲能系統，則應符合 UL 9540 的要求。

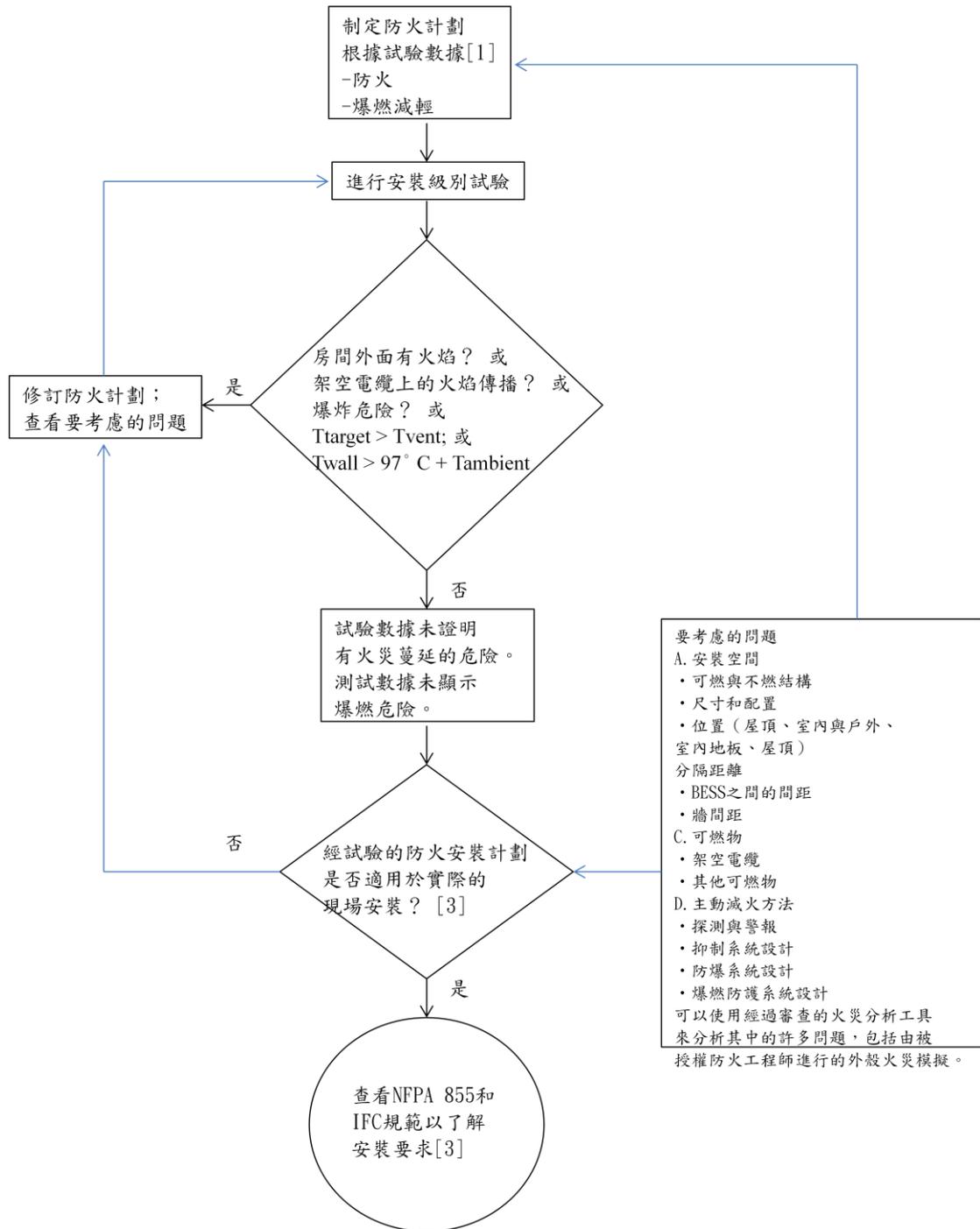
[4]最高牆壁溫度基準僅適用於可燃牆壁構造。

[5]爆燃分析中的使用步驟。

[6]審查防火計劃和法規要求可能需要由被授權防火工程師進行審查。

圖 A.2 BESS 火災蔓延評估流程-安裝級別試驗

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探



其中：

T_{vent} ：電池級別試驗期間測得的電池排氣溫度

T_{target} ：目標 BESS 的最大溫度。

T_{wall} ：目標牆的最大溫度。

$T_{ambient}$ ：試驗開始時的環境溫度。

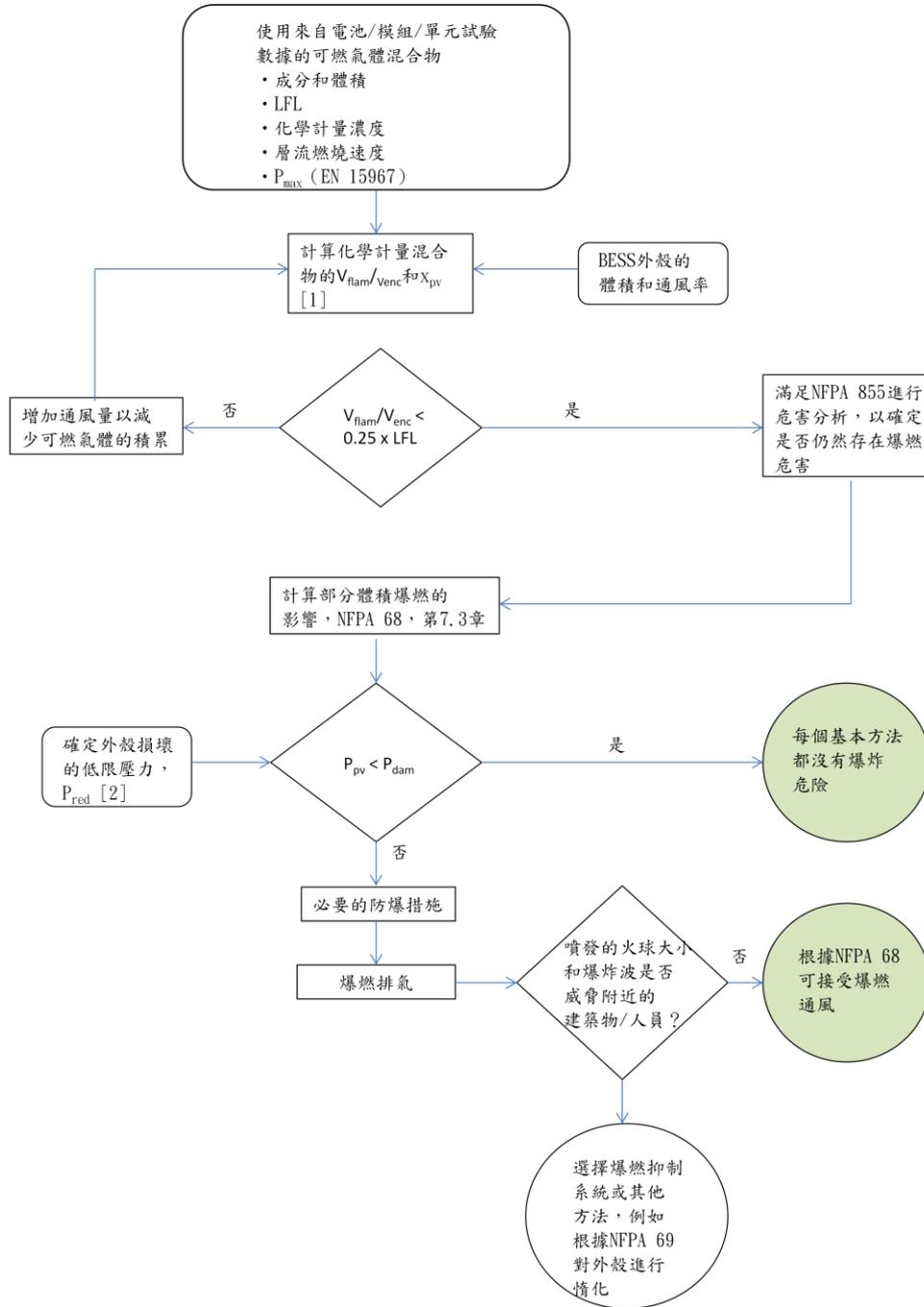
註：

[1] 審查防火和爆燃計劃可能需要包括一名有被授權的防火工程師。

[2] 最大牆壁溫度基準僅適用於可燃牆壁構造。

[3]結果是否適用於實際安裝和規範要求可能需要有被授權的防火工程師進行審查。

圖 A.3 BESS 爆燃防護分析



其中：

- V_{flam} ：易燃氣體的體積或體積流率
- V_{enc} ：外殼的體積或外殼的通風速率
- X_{pv} ：易燃混合物部分體積分數
- LFL：可燃下限
- P_{pv} ：分體積壓力

P_{max} ：電池排氣氣體成分產生的最大壓力 (EN 15967)

P_{red} ：排氣爆燃時通風外殼產生的最大壓力。

註：

[1] V_{flam} 和 V_{enc} 可以是體積或體積流率。

[2] 根據 NFPA68，如果允許變形，則 P_{red} 不大於通風外殼極限強度的三分之二，或者不容許通風外殼變形的屈服強度的三分之二。

A2 試驗方法和目的

A2.1 一般

A2.1.1 本標準中的電池模組單元和安裝試驗是旨在滿足 A2.2-A2.5 中所述標準目的的步驟。

A2.2 電池級別試驗

A2.2.1 此試驗在單個電池上進行，並使用各種應力條件，例如外部加熱，迫使電池進入熱失控狀態。一旦誘發了應力機制，該試驗將量測電池排氣的溫度，然後量測發生熱失控的溫度。該試驗還量測從電池釋放的排放氣體的體積和壓力，並且排放氣體的成分其組成中具有易燃成分的電池排放氣體應具有以下參數，以便能夠進行爆燃排放設計：

a) 通過 ISO 817 中的可燃氣體燃燒速度試驗方法附件中所述的垂直管法量測基本燃燒速度，或根據 NFPA 5B 中估計基本燃燒速度的附件估算基本燃燒速度估計；和

b) 根據 EN 15967 進行的最佳混合物的爆燃中產生的最大壓力

A2.2.2 對 BESS 模組內使用的電池進行的電池級別試驗建立了基準防火試驗性能，可以根據 BESS 製造商可能選擇在該單元模組內使用的其他電池的防火性能進行評估。

A2.2.3 如果沒有電池試樣被迫進入熱失控狀態，並且沒有任何電池試樣釋放出根據 ASTM E918 試驗確定的可燃氣體，則在任何電池級別試驗期間，無需對使用這些電池的 BESS 進行額外的模組或單元級別試驗。

A2.3 模組級別試驗

A2.3.1 此試驗在電池模組上進行，電池模組依次安裝在機櫃或開放式機架系統中以形成 BESS 單元。

A2.3.2 該試驗使用在電池單體級別試驗期間確定的施加應力來迫使模組中選定數量的電池單體熱失控。如果電池被驅動進入熱失控狀態而導致起火，則允許在模組內起火。該試驗量測化學熱釋放率、煙霧釋放率、最高溫度和排放氣體成分；並記錄試驗後模組外殼的完整性，模組外殼外部部件的爆炸或危險彈出以及任何火焰在模組外部傳播的程度和持續時間。

A2.3.3 模組級別的試驗建立了基線防火試驗性能，該性能可能與 BESS 製造商選擇在系統內使用的其他電池模組的防火性能進行評估。如果模組設計包含了熱失控（著火和爆炸）的影響，並且電池排氣（由電池級別試驗確定）是不可燃的，則可以在模組級別試驗後結束試驗。

A2.4 單元級別試驗

A2.4.1 單元級別試驗與影響儲能系統的防火規範和其他規範所預期的試驗相對應，以評估安裝在建築物、建築物上或附近或其他區域的 BESS 單元的大尺度防火性能，以及由此產生的性能，以符合這些裝置所施加的規範限制的例外情況。可以尋求例外的限制包括單個 BESS 單元的尺度、房間內安裝的 BESS 單元的總數以及 BESS 單元之間、BESS 單元與建築物牆壁之間的分隔距離。

A2.4.2 在此試驗中，將引發 BESS 單元與模擬與引發 BESS 單元相同的 BESS 單元的目標 BESS 單元以及與代表安裝的模擬牆之間保持一定距離。使用與引發 BESS 中的一個模組中的模組級別試驗所用的方法相同的方法，在單元中引起熱失控，並進行各種量測。結果旨在用於驗證單個 BESS 單元內的火災不會蔓延到其他單元，也不會突破牆壁或 BESS 外殼（如果提供），並且不會有飛屑或爆炸性氣體排放。

A2.4.3 試驗裝置應包括試驗所代表的裝置的最大（能量）BESS 裝置，以及與相鄰牆壁和 BESS 裝置的最小間距。如果需要在 BESS 中安裝火災抑制系統，則可以使用製造商提供的內部火災抑制系統對 BESS 進行試驗。可選的內部火災抑制系統不包括在單元級別試驗中。

A2.4.4 試驗監測 BESS 單元的著火行為，並量測熱釋放率（對流和化學）、氣體的產生和成分、煙霧釋放率、目標 BESS 單元、牆壁表面以及可到達的出口通道內的最大熱通量、目標 BESS 單元內的牆壁和模組的最大表面溫度，並記錄受測 BESS 的任何爆炸、爆燃和飛屑。如果單元級別試驗符合表 9.1 中該試驗的性能基準，則可以在單元級別結束試驗。

A2.4.5 如果 BESS 安裝符合表 9.1 中的所有性能基準，這為主管當局考慮允許密度小於 $12.22\text{-L / m}^2 / \text{min}$ (0.3-gpm / ft^2) 的撒水裝置保護提供了技術依據，或者其他火災抑制系統，用於保護電池室或區域。

A2.4.6 住宅使用 BESS 必須滿足表 9.1 中住宅安裝的單元級別性能基準，因為這些應用程序沒有安裝級別試驗選項。

A2.5 安裝級別試驗

A2.5.1 一般

A2.5.1.1 如果單元級別試驗的結果不符合表 9.1 中提供的該級別的性能基準，則應進行安裝試驗。該試驗本質上是對單元級別試驗的重複，安裝了預期的火災抑制系統並運行以確定是否滿足性能基準。

A2.5.1.2 根據所使用的火災抑制系統的類型，安裝級別試驗有兩種選擇，試驗方法 1 撒水頭的有效性和試驗方法 2 防火計劃的有效性。

A2.5.1.3 對於所使用的任何一種試驗方法，該試驗都會量測氣體的產生和成分（除非之前已在單元級別試驗中進行量測），目標 BESS 單元和牆壁表面最大熱通量、牆壁和目標 BESS 單元內模組的最大表面溫度；並記錄受測 BESS 的任何爆炸、爆燃和飛屑。儘管就引發 BESS 和目標 BESS 單元的佈局而言，

設置基本上與單元級別試驗相同，但此試驗是在試驗室內（而不是相鄰的牆壁）內進行的，所有架空電纜均作為火焰蔓延指示器和火災抑制（無論是撒水頭或其他類型）均按安裝要求進行設置。

A2.5.1.4 試驗監測 BESS 單元的火災行為以及任何火勢蔓延到火焰指示器和試驗室。也量測目標 BESS 單元、牆壁表面以及可到達的出口通道內的最大熱通量；目標 BESS 單元內的牆壁和模組的最大表面溫度；並記錄所有爆炸、爆燃和飛屑以及被測試的 BESS 的再引燃。如果安裝級別試驗的結果符合該試驗的性能基準，則試驗已完成。

A2.5.2 試驗方法 1-撒水頭的有效性

A2.5.2.1 進行該試驗是為評估整個 BESS 房間或區域的總體防護方法。特別是，可以評估撒水頭設計密度和自動撒水頭特性，以在要安裝 BESS 的房間或區域中提供規範規定的防護。該試驗還可以評估 BESS 內部火災在放置在被測 BESS 單元上方的裸露電纜橋架（火焰指示器）上造成的損壞程度。

A2.5.2.2 試驗在 6.10× 6.10 m (20 × 20 ft) 高的試驗室中進行，該試驗室比 BESS 單元高 0.61 m (2 ft)，但不少於 2.44 m (8 ft) 高，與高度為 1.22 × 2.13-m (4 × 7 ft) 的門開口，該房間在試驗室的中心裝有四個撒水頭，間距為 3.05-m (10 ft)。噴頭類型 (K 係數，噴頭作動溫度) 和撒水頭水密度應根據安裝規範指定。根據模組級別試驗，在引發的 BESS 單元中的單個模組內會產生內部火災狀況，並允許像單元級別試驗中一樣進行火災試驗。

A2.5.3 試驗方法 2-防火計劃的有效性

A2.5.3.1 該試驗用於評估除試驗方法 1 中評估的撒水抑制作用以外的其他防火方法（例如，氣態劑、水霧系統、組合系統）的有效性。該試驗還評估 BESS 單元內的火災在位於試驗中的 BESS 單元上方的裸露電纜橋架（火焰指示器）上火焰傳播程度。

A2.5.3.2 試驗在 6.10× 6.10 m (20 × 20 ft) 高的試驗室中進行，該試驗室比 BESS 單元高 0.61 m (2 ft)，但不少於 2.44 m (8 ft) 高，與高度為 1.22 × 2.13-m (4 × 7 ft) 的門開口，並且該房間裝有防火設備，代表經過試驗的 BESS 系統的計劃安裝。根據模組級別試驗，在引發的 BESS 單元中的單個模組內會產生內部火災狀況，並允許像單元級別試驗中一樣進行火災試驗。

A3 評估結果

A3.1 一般

A3.1.1 本節提供有關規範機構、所有者、保險利益主體和設計者如何解釋和使用這些試驗結果的文件，以驗證是否符合涵蓋 BESS 安裝的防火安全性能規範的建議。

A3.2 文件

A3.2.1 評估過程的第一步是獲取有關建議安裝的完整文件。除其他事項外，其

中包括以下內容：

- a) 法規授權的施工和調試文件；
- b) 大尺度火災試驗報告的完整副本；
- c) 有關要安裝的 BESS 的完整說明，包括製造商的名稱和型號、能量(kWh 或 MWh) 額定值、BESS 單元內電池模組的數量和型號，以及每個模組中的製造商、電池型號和數量；
- d) 有關每個 BESS 單元、模組和電池符合 UL 9540 和 UL 1973 的符合性狀態的資訊；
- e) 每個 BESS 單元中提供的任何整體式火災抑制系統的說明；
- f) 房間、空間或區域的比例圖，顯示 BESS 單元的位置、BESS 單元之間以及 BESS 單元與相鄰牆壁之間的最小間距以及可到達的出口通道的位置；
- g) 安裝 BESS 的房間、空間或區域的撤水頭設計資訊或其他火災抑制系統設計資訊；
- h) 房間內應提供的通風、排氣和爆燃防護的說明；
- i) 在包含 BESS 的房間或區域內的電源和通信電纜的描述和位置，以及 BESS 上方和下方是否的存在可燃材料和結構；
- i) 可以與 BESS 相關問題聯繫的合格人員的聯繫資訊；以及
- k) 防災分析 (HMA)，概述系統的基本風險和常見故障模式。這也可能包括對製定第一反應者急救員標準作業程序有用的語言和建議。

A3.3 選擇適當的試驗

A3.3.1 對於大多數新的 BESS 安裝，這些安裝都需要根據涉及防火安全的規範進行大尺度火災試驗，因此最初的重點應該放在單元級別試驗和安裝級別試驗上。單元級別試驗和模組級別試驗是進行單元和安裝級別試驗的步驟，但對於確定在 BESS 中使用的備用單元和模組的可接受性也很有價值。單元級試驗可以根據滿足 7.7.1 的單元級別性能基準，證明是否可以在住宅內安裝用於住宅的 BESS。以下注意事項主要適用於使用單元級別試驗結果對建議安裝進行評估：

- a) 試驗是否涵蓋擬安裝的 BESS 模型；建議安裝的 BESS 單元（型號、模組和電池）應與根據該標準準備的試驗報告中描述的單元相匹配。如果明顯有不同的 BESS 單元、模組、電池或其他修改，則可能需要進行其他試驗，例如電池級別或模組級別試驗。
- b) BESS 單元是否符合 UL 9540 與電池系統是否符合 UL 1973：應提供文件證明要安裝的 BESS 單元符合 UL 9540。
- c) 最大 BESS 能量考慮因素：要安裝在電池室或區域中的 BESS 單元的能量容量不應超過經過單元級別試驗的 BESS 單元的能量容量 (kWh、MWh)。
- d) 間距：單個 BESS 單元之間以及 BESS 單元與包圍安裝 BESS 的房間、空間或區域的耐火等級牆壁之間的間距應不小於單元級別試驗中的相應間距。
- e) 熱失控的程度：在單元級別試驗和安裝級別試驗期間，應確認在發生故障情

況的模組上引起的熱失控會在引發模組內產生熱失控，這代表在引發模組中採用的方法。根據被認為是 BESS 中模組到模組的熱失控傳播最容易受到影響的位置來選擇引發模組的位置。

- f) 整體火災抑制系統：如果在 BESS 單元中使用內部火災抑制系統進行單元級別試驗，則所有要安裝的 BESS 單元都應配備火災抑制系統。調試計劃中的文件還應包括根據製造商的說明和適用的 NFPA 標準進行的初始和定期測試以及維護抑制系統的標準。
- g) 面向行列的 BESS 安裝：如果要背靠背安裝 BESS 單元，並且在連續的行列之間有走道，則應以與目標 BESS 單元零間隙的佈置進行試驗。
- h) 門和出入口的固定：在關閉這些開口的情況下進行單元級別試驗，這有助於防止 BESS 單元內發生火災。開口不宜允許在實際使用過程中保持打開狀態，除非在維修設備期間可能會有短暫的持續時間。
- i) 溫度評估：宜檢查單元級別的溫度量測值，以確保配備儀表牆壁上的溫度升高不超過環境溫度 97°C (175°F)，並且 BESS 目標單元模組上的溫度不超過電池級別試驗期間電池組電池排氣溫度。如果配備儀表牆壁上的溫度升高不超過 97°C (175°F)，則宜將規範主管機關認為在試驗距離處到可燃構造牆壁的分隔距離視為可接受。
- j) 可燃氣體評估：如果在單元級別試驗期間量測到從 BESS 單元中電池模組逸出的可燃氣體，則規範主管機關宜確定逸出的氣體是否能夠在設備安裝的房間、空間或區域任何地方累積超過 25%LFL 的可燃氣體濃度。如果在最終使用安裝中可以達到這些濃度，則規範主管機關宜確定是否需要提供防爆控制措施，例如爆燃通風系統或防爆燃系統。
- k) 飛屑和 BESS 外殼破損：如果在單元級別或安裝級別試驗期間產生了這些情況，則不宜認可安裝。
- l) 門口的火焰：如果在安裝級別試驗期間產生了這種情況，則不宜認可安裝。如果在通過設備的火焰逐漸消失後，有再引燃的跡象，則宜記錄在案。如果在安裝級別試驗結束之後發生這種情況，則不宜認可安裝。
- m) BESS 再引燃：如果在通過設備的火焰逐漸消退之後，有證據顯示 BESS 再引燃，則宜記錄在案。如果在安裝級別試驗結束之後發生這種情況，則不宜認可安裝。
- n) 備用電池單元和 BESS 模組：如果安裝在 BESS 單元中的電池單元及/或模組與經受單元級別試驗的試樣中包含的電池單元及/或模組不同，則宜考慮以下兩點：
 - 1) 宜確認要提供的電池或模組符合 UL1973 (UL 9540 要求電池和模組符合 UL 1973)，並且
 - 2) 宜考慮附加的電池級別和模組級別試驗，並可能進行其他附加試驗並在報告中驗證，以確保 BESS 單元中新電池和模組的防火性能與單元級別防火試驗報告中的防火性能相當。

- o) 撒水頭考慮：安裝級別試驗方法 1 是專門設計用於評估自動防火撒水頭在防護運作中的 BESS 安裝方面的有效性。所提供的撒水投系統宜達到或超過被試驗系統的參數。
- p) 備用滅火系統：安裝級別試驗方法 2 專為評估備用滅火系統對 BESS 機房或區域的防護效果而設計。所提供的備用滅火系統宜達到或超過被測系統的參數。
- q) 電源電纜和通信電纜：安裝級別試驗包括部署在 BESS 上方的可選火焰指示器，可用於幫助確定 BESS 內的火災是否會傳播到 BESS 上方的開放式電纜槽或其他可燃物中。如果在安裝過程中將電纜橋架或可燃物放置在 BESS 上方，則在試驗中包括火焰指示器，並且試驗結果宜表明，火焰指示器中的火焰蔓延不會在水平方向上超出外殼尺寸。如果未進行試驗或未獲得可接受的結果，則不宜在 BESS 上方安裝裸露的導體和可燃物，否則宜使用適當的耐火結構對其進行防護。
- r) 單元下的可燃物：本標準未評估 BESS 內的火災對 BESS 下方安裝的電纜或其他可燃材料和結構以及 BESS 下方安裝表面的影響。
- s) 通風限制：有時，不屬於 UL 9540 的 BESS 的一部分的屏蔽層或屏障（例如聚碳酸酯薄板或金屬薄板）靠近 BESS 設置，以防止人員接觸帶電部件或控制裝置，或者防止管道洩漏到電氣設備上。如果提供了此類屏障，則在認可安裝之前，宜考慮其對火焰蔓延、限制通風、撒水頭排放或滅火劑的影響。
- t) 戶外安裝：本標準中的試驗是在室內進行的，但結果可用於評估戶外安裝，因為燃燒的 BESS 釋放的能量可能更容易散佈在室內不包含的戶外環境中房間、空間或區域。根據已記錄在案的環境控制措施，允許僅在戶外試驗室外使用的系統。如果使用室內試驗評估戶外使用系統，考慮以下事項：
 - 1) 如果單元級別試驗（無火災抑制）提供可接受的結果，將 BESS 放置在距牆壁指定距離處時，則可以合理地假設位於戶外的 BESS 可以放置到與附近沒有開口的外牆相同的距離。
 - 2) 規範不允許將可燃物儲存在室內 BESS 房間或區域中。但是，對於外部位置，在 BESS 裝置附近（允許暴露的條件下）允許存在可燃物，這允許由於大尺度火災試驗而減少間距。合理的做法是，使用室內單元級別試驗期間確定的離牆壁距離來證明可接受的外部暴露距離，前提是受暴露的材料比牆壁材料（例如可燃液體、危險材料、絕緣泡沫產品等）。由規範主管機關確定，對於這些類型的曝路，增加後退距離是合理的。

附錄 B（參考）試驗安全建議

B1 一般

- B1.1 本標準中的試驗是在電化學儲能裝置上極端使用的條件，可能導致大範圍的火災、爆炸、可燃和有毒物質的釋放氣體、暴露於有毒和腐蝕性的液體中以及潛在暴露於危險電壓和電氣能源中。
- B1.2 用於該試驗的設施宜能夠以受控的方式處理這些事件，而不會對人員和設

施造成危害。宜有電池處理和試驗作業程序，以處理電池的處理、儲存、試驗和處置程序。所有試驗都宜在與員工觀察試驗所在的試驗區域分開的地方進行，以防止由於計劃外故障而導致員工受傷。宜有足夠的適合於被測試的儲能技術的火災抑制方法來控制火災。除指定的受過訓練的滅火人員負責撲滅失火外，直到試樣穩定並返回附近的環境後，人員才可進入試驗室。工作人員在處理和試驗試樣時宜始終佩戴適當的個人防護設備（PPE），以防止受傷。設施宜具有足夠的手段，以使燃燒時的有害物質通風，以根據當地法規防止有毒和可燃物濃度。

B1.3 在試驗結束時，應按照製造商的規定排放試樣。試驗前後的所有處理均宜符合製造商的建議和設施作業程序。所有試樣應根據當地法規進行處理。

附錄十 研究業務協調會議紀錄

內政部建築研究所109年度第1次研究業務協調會議紀錄

一、時間：109年2月10日(星期一)下午2時30分

二、地點：本所簡報室

三、主席：王所長榮進

記錄：張志源

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、研究案主持人簡報：(略)

七、發言要點：

(二)「建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探」案：

1. 本研究目標與內容應明確界定。
2. 建議除實驗方面探討外，應就建築物區劃、監測、滅火及管理 etc 加以探討。
3. 儲能系統中對電池性能、發熱等監控管理方式，應探討如何用於防火安全監控方式加以收集。
4. 建議就儲能系統規模(如發電站或一般家用等)界定本研究目標。
5. 電動車及電動機車電池交換站等在建築中防火考量規定，建議加以探討。
6. 儲能系統防火安全包括電池本身、儲能容器保護設施性能測試，以及建築防火區劃、消防設計三方面，本研究應對於第二項及/或第三項進行探討。
7. 建議宜就儲能系統之規模、目的、適用對象等收集國外規定，並加以探討。

八、會議結論：

請參考與會同仁之寶貴意見，並請納入研究內容參採修正，使研究成果更為豐富完整。

九、散會：(下午5時整)

附錄十一 期中審查會議紀錄

本所 109 年度自行研究「長照機構防火避難安全性能改善參考手冊精進研究」及「建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探」等 2 案期中審查會議紀錄

一、時間：109 年 8 月 12 日(星期三)下午 2 時 30 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓第 3 會議室

(新北市新店區北新路 3 段 200 號 15 樓)

三、主持人：蔡組長綽芳

紀錄：雷明遠、蔡銘儒

四、出席人員：如簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究計畫簡報：(略)

八、出席人員審查意見：

(二)「建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探」

內政部營建署(孫立言研究員)

ESS 是否有檢驗機制？機櫃規格規定(長×寬×高尺寸)其機櫃高度似與天花板高度限制有關。

內政部消防署(楊艷禾科長)

1. 有關建築儲能系統研究定義請確認是否僅限於該儲能設施，對於太陽能等蓄電設備或配線請釐清是否包含於研究範圍，因所提韓國火災案例之起火原因大多為太陽能連接所導致，與研究範圍定義有差異。
2. 有關建築儲能系統防火安全建議能從其設置位置、設備、空間構造、管理措施等面向提供設計、安裝、檢修及維護等作為。如該系統是否可設置於長照機構等避難弱者收容場所建築物，或與加油站共構之加電站等處所，以防止其波及擴大危害範圍；設備部分其是否因設置型式不同、或設置機櫃數量容量等不同，其撤水設備放射量、時間等規範是否有差異。
3. 有關此類燃燒產生有毒氣體，其排氣是否應防範影響起火空間外部人員及應變救災人員安全，其救援處理機制建議建立明確指引；且該空間建議設置標示提醒人員應變安全作為；至其滅火使用的水之回收是否有處理機制，避免環境污染等。

中華民國全國建築師公會(黃森田建築師)

請補充說明本系統可設置於建築物之屬性，例如新舊建築物、建築物類型等，以因應不同之防火安全要求。

本所李副研究員其忠

儲能系統的火災行為與傳統建築火災是否相同？如果不同，防火試驗的升溫曲

線是否需要修正進行測試。

王約聘研究員天志

1. 文獻資料標準規範除美國外，建議再多收集其餘先進國家的資料(目前資料韓國較完整)。
2. 建議多加收集此類系統火災燃燒行為特性(爆炸)及如何建立安全措施，以供本所實驗中心未來執行參考。
3. 本案 ESS 針對的對象、規模，有無對象限制?(似乎偏集中管理的 ESS，非一般住宅)
4. 研究內容偏系統(產品)的防護，建議加強與建築之間防火相關性。
5. 建議補充說明大尺度試驗之概要內容為何?

蔡組長綽芳

1. 從研究報告得知，ESS 蓄能方式相當多樣，且火害衝擊也相當大，若置放於建築物中對公共安全影響極大，可否從國外文獻就不同儲能系統可放置之位置(室內外)、建築使用類型、安全防護方法和消防搶救注意事項加以歸納整理，供我國未來立法、設置參考，方能跨出正確的第一步。
2. 國內是否已有使用儲能系統使用於建築物內?若有建議列入報告以供參考。
3. 韓國 KFS 412 標準是否適用於住宅?
4. 儲能系統之試驗包括那些?如何進行測試?尤其大尺度試驗是整個集裝箱或僅僅儲能機櫃進行試驗?且其試驗是否會有爆炸之危險性，請就其試驗安全性及防護事項加以了解，以作為未來防火實驗中心導入相關試驗評估參考。

計畫主持人回應(蔡主任銘儒)

1. 依正在整理中的 NFPA 855 適用範圍有包含住宅，且未限定新建建築或既有建築，符合規範設置即可適用。
2. 目前所整理之規範係以單一儲能機櫃儲能容量限制，而非機櫃尺寸，天花板高度要求係以單一儲能機櫃燃燒性規範，以減少燃燒高溫、煙層下降太快而使高溫輻射引燃周邊機櫃擴大延燒。
3. 大尺度試驗是於集煙罩下進行機櫃外部引燃或內部引燃，量測其周邊輻射熱以及燃燒熱釋放，與構件耐火試驗方法不同。
4. 目前係因韓國 2017 年多起 ESS 火災，而對 ESS 加以規範，而美國已制定至法規、規範及標準，而日本則有試驗室建置(包括大尺度試驗)，其他國家尚未有相關規範制定。
5. 日本目前建置之試驗室在爆炸部分在於試驗空間牆體厚達 50cm 防範。
6. 大尺度試驗於 UL 9540A 中有規定，期末報告將可完成整理。
7. 儲能系統火災主要以水系統自動滅火系統撲滅外部火後，再由經過訓練專業人員在安全條件下進入移除故障電池，以免復燃。

九、會議結論：

- (一) 本次會議 2 案期中報告，經審查結果原則通過。請詳實記載與會機構團體及本所代表發言與書面意見，並請計畫主持人參採，於期末審查時作

建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探

適當回應。

(二) 請計畫主持人掌握研究時程，並請留意成果報告格式，以符規定。

十、散會(下午 5 時 10 分)

附錄十二 期末審查會議紀錄

本所 109 年度自行研究「長照機構防火避難安全性能改善參考手冊精進研究」及「建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探」等 2 案期末審查會議紀錄

一、時間：109 年 11 月 27 日（星期五）下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室（新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓）

三、主持人：蔡組長綽芳 記錄：雷明遠、蔡銘儒

四、出席人員：（如簽到單）

五、主席致詞：（略）

六、業務單位報告：（略）

七、研究計畫簡報：（略）

八、出席人員審查意見（依發言順序）：

（二）「建築儲能系統(ESS, Energy Storage System)防火安全要求初探」案：

內政部消防署(趙勇維科長)：

1. 韓國 KFS 412 標準是否僅適用於鋰電池儲能系統，建議補充說明。
2. 有關緊急應變計劃與訓練有無具體規範，NFPA 855 是否有納入，建議補充說明。
3. 有關研究報告建議部分是否建請比照另案區分為立即可行或中長期建議。

經濟部標準檢驗局(第六組)(張致瑄技士)：

本局正在建構儲能系統實驗室，有關建築防火安全與實驗設備方面將與建研所進一步交流。。

中華民國全國建築師公會(張文瑞建築師)：

1. 本研究題目，如果按著英文標題解讀，Building 應是「建構」的意思。
2. 英文摘要中多處因由中文直接翻譯而來，以致英文和作者表達的本意有些落差，建議再修正。
3. P. 2「實驗中心進行儲能系統防火試驗法可行性評估與儲能系統防火安全建議」，按照報告的內容，是否可分兩件事，分別為(1)作儲能系統防火試驗法可行性評估，(2)整理出儲能系統防火安全建議。
4. P. 3 從報告內文看，本研究流程似乎不是單一線性的進展，建議可以較為細膩分枝繪製，導出至少兩方面的結論及研究成果。
5. P. 5 第二章儲能系統，建議在起頭時增加說明儲能系統係指 Energy Saving System，以下簡稱為 ESS。
6. P. 7 韓國山靈岩風力電園區內 ESS 採用鋰電池，慶山變電站也使用同一鋰公司生產的鋰電池，此兩段文字不易瞭解，建請補充說明。
7. P. 21 圖 2-9 熱失控判斷流程中，A2 階段產生問題才會產生 A3 階段的狀況，兩階段之間所標示的「是」與「否」，正好相反，建請改正。
8. P. 27 第一行末端，建議增加「各項考因素及防範方法，分別敘述如下：」，文意會比較連貫通順。
9. P. 29 內文中未說明為何插入表 2-4 及表 2-5，請補充。
10. P. 30 第五節儲能系統防火，「鋰離子電池系統的安全性是一個複雜的問題，需要從設計、製造、測試、裝運、案裝、監督、法規、操作和環境共九個因素作綜合的考慮與管控」，表示儲能系統防火已經觸及生命週期的問題，建議可參考貴所其他組的研究成果，涉獵的子題如下：(1)Life circle BIM 全週期的考量，(2)預測，(3)遠距預測，(4)區塊鏈技術(Block Chain Technology)的開放式、透明性、不可篡改觀念及技術的應用，(5)AI 人工智慧、IoT 物聯網、GIS 大數據的處理方法。
11. P. 38 有關電池冷卻的技術，在美國的實驗中並未提出解決的方法，是後續值得研究的題目方向。
12. P. 52 第 5 段文末「多次機架安裝不在本項目的範圍之內」，語意不清，是指沒有作過類似的測試？或是不在本報告研範之內？又或是無法下結論？

13. P. 78 提到 RB154，是何規範或標準，請補充說明。
14. P. 79 第一節結論，建議增加「以下 7 點結論」且編號應從 1 開始。
15. 報告的 9 項附錄，使本報告成為一本很好的參考書，可供有興趣的學者及學生參考應用。

本所王副研究員鵬智：

本案研究之儲能系統裝置於建築物內是使用專用空間或一般建築物的一部分。。

王研究員天志(書面意見)：

1. 綠能產業是未來重點發展方向，其各項設備的安全性能均須配合加以探討規範，尤其在安裝於建築物內的儲能裝置，更是影響建築防火安全，值得廣泛的探討研究。
2. 儲能裝置約略有分為家用與企業用，且儲能系統亦有多種型式(本案是否僅聚焦在電池儲能系統)，建議本研究案於報告內容前段即先予以敘明本案的研究對象，較容易聚焦其相關問題與探討。
3. 本案研究方法提到擬對實驗中心進行儲能系統防火試驗法可行性評估，但報告內容對此部分似乎尚未有相關的論述，建議補充說明，擴展實驗中心未來技術服務的量能。

蔡組長綽芳：

1. 儲能系統火災案例主要為韓國，歐、美、日是管理良善未發生事故，或是未列入研究範圍，建議於報告中稍加說明。
2. 有關裝置於戶外之集裝箱有較明確之防火安全範圍規定，裝置於建築物內因鄰近居民活動區，其安全範圍之規範須有更嚴謹之規範；另在文獻中對於儲能系統在建築中放置的樓層位置和區位之優劣性、及樓板無法如牆壁無限制加厚是否會影響安全防護等問題是否有述及，若有的話建議在報告書中加以補充。

3. 台灣地區有地震問題，儲能系統之耐震問題如何因應，亦應列為考量重點。

研究單位回應(蔡銘儒主任)：

1. 本研究為初探研究，並以裝置於建築物內電池儲能系統為主要蒐集目標。
2. 韓國 KFS 412 標準主要適用於鋰電池，有關緊急應變計畫與訓練在 NFPA 855 有相關規範。
3. 本研究因為單人研究，資訊來源不易，主要以網際網路資訊蒐集，僅蒐集到韓國部分，至於歐、美、日等國案例將納入後續研究蒐集。
4. 有關耐震設計方面，NFPA 855 之 4.3.3 有地震防護一節，規定 ESS 應按照當地建築法規進行地震支撐。
5. 其他意見將納入參考。

九、會議結論：

- (一) 本次會議 2 案期末報告，經與會審查委員及出席代表同意，審查結果原則通過。
- (二) 請業務單位將審查委員及機關團體代表的發言內容與書面意見詳實記錄，請研究計畫主持人參採修正後依本部規定格式提交成果報告，並注意文字圖表之智慧財產權，如有引述相關資料，應註明資料來源；對於報告之結論與建議事項內容，需符合研究預期成果及具體可行。
- (三) 鼓勵更進一步完善研究成果，並將研究成果投稿建築相關學報或國內外期刊。

十、散會：上午 11 時 45 分。

參考書目

1. 綠能科技產業創新推動方案，經濟部能源局再生能源資訊網，
<https://www.re.org.tw/knowledge/more.aspx?cid=201&id=582>，2017。
2. 「家庭用儲能系統標準檢測驗證技術」指導成效總結報告，經濟部標準檢驗局，2018。
3. 樂艷飛，「美國儲能系統標準概述」，儲能國際峰會暨展覽會，2019。
4. 王鈞鎔等，「儲能產業在能源轉型趨勢下的機會與挑戰」，財團法人中技社專題報告，2019。
5. 張崇學，「國際儲能系統相關消防法規」，能源知識庫
https://km.twenergy.org.tw/KnowledgeFree/knowledge_more?id=5805，
2019。
6. International Building Code, 2018.
7. International Residential Code, 2018.
8. International Fire Code, 2018.
9. 陳世芳，「儲能雖小，無所不在」，數位時代，
<https://www.bnext.com.tw/article/48891/smart-power-system-battery-storage-system>，2018。
10. Andrew Klock, Brian O'Connor, "NFPA Energy Storage Safety Training", NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2017.
11. Sean J. Hearne, Energy Storage Safety, DOE OE Energy Storage Peer Review, 2014.
12. Adam Barowy, "UL 9540A Large Scale Testing of Energy Storage Systems: Fire Protection and Response Considerations", Underwriter Laboratories Inc., 2019.
13. 「韓國平昌風力發電場儲能系統發生火災」，每日頭條，

- <https://kknews.cc/zh-tw/world/bmrzv3o.html> , 2019。
14. 陳明德,「儲能電池選擇」,財團法人中華顧問工程司技術講座,2019。
 15. 胡不斐,「韓國儲能:暴沖與妥協」,儲能 100 人
<http://dy.163.com/v2/article/detail/EHLIRNK30519X2P5.html> , 2019。
 16. 최명영,「국내 ESS 화재 현황 및 안전관리 기준」, 화재보험협회, WEBZINE Vo187, 2019。
 17. “Operational Risk Management in the U.S. Energy Storage Industry: Lithium-Ion Fire and Thermal Event Safety”,Energy Storage Association,2019.
 18. 牛棟華、徐聖釗、張光青,「儲能電池熱失控和熱失控擴散發生機理」,鑒衡認證,2019。
 19. David Rosewater , Adam Williams,「Analyzing system safety in lithium-ion grid energy storage」, Journal of Power Sources 300,P460-471, 2015.
 20. Energy Storage Systems,
<https://www.aft.net/services/energy-storage-systems/> ,AMERICAN FIRE TECHNOLOGIES(AFT), POWERGEN 2019.
 21. “Off-gas Detection for Lithium-ion Battery Systems”, Data Pack for NFPA 855 Committee, Nexceris, LLC,2018.
 22. R. Thomas Long Jr and Andrew Blum, “Li-ion Batteries Hazard and Use Assessment Phase III:Sprinkler Protection Criteria for Lithium Ion Batteries Stored in Cartons”,NFPA,2016.
 23. “SUN Jinhua First Published a Review of Lithium Ion Batteries”,
<https://en.ustc.edu.cn/2019/0519/c5365a381011/pagem.htm>, 中國科學技術大學。
 24. Andrew Blum, P.E., CFEL, CVFI,“Fire Testing a Lithium Ion Battery Energy Storage System”, 2017 ESS Safety Forum,2017.

25. “Technical Committee on Stationary Energy Storage Systems MINUTES of MEETING” , NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2017.
26. Benjamin Ditch, Dong Zeng, ” Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems” , FM Global RESEARCH TECHNICAL REPORT, 2019.
27. Natalie Filatoff”Fire protection guidelines catch up with C&I renewable energy storage systems”,
<https://www.pv-magazine-australia.com/2019/06/10/fire-protection-guidelines-catch-up-with-ci-renewable-energy-storage-systems/>,2019.
28. R. Thomas Long, Jr., P.E., CFEI, Amy M. Misera, CFEI ,“Sprinkler Protection Guidance for Lithium-Ion Based Energy Storage Systems”, Fire Protection Research Foundation report, National Fire Protection Association,2019.
29. NFPA 1 Fire Code, National Fire Protection Association,2018.
30. NFPA 70 National Electrical Code, National Fire Protection Association,2020.
31. NFPA 855 Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems, National Fire Protection Association,2020.
32. UL 9540 Standard for Energy Storage Systems and Equipment, Underwriters Laboratories Inc.,2020.
33. UL 9540A Standard for Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems, Underwriters Laboratories Inc.,2020.