

科技部 GRB 編號：PR10903-0106

# 應用故障預測技術強化建築物昇降 設備使用安全之研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見

應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之研究

內政部建築研究所自行研究報告

109 年度

科技部 GRB 系統編號：PR10903-0106

# 應用故障預測技術強化建築物昇降 設備使用安全之研究

研究人員：張怡文

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見



**ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE**

**MINISTRY OF THE INTERIOR**

**RESEARCH PROJECT REPORT**

**A Survey on Prognostics and Health  
Management of  
Electronics Technologies Applied to  
Inspection of Elevators, Escalators,  
and Moving Walks**

**By**

**I-Wen Chang**

**December 31, 2020**



## 目次

目次 I

表次 III

圖次 V

第 1 章 緒論 .....	1
第 1 節 研究緣起與背景 .....	1
第 2 節 名詞定義 .....	9
第 3 節 問題剖析與重要性 .....	15
第 4 節 研究目的與範圍 .....	19
第 5 節 研究方法與過程 .....	21
第 6 節 研究進度 .....	23
第 2 章 建築物昇降設備故障預測技術發展及應用資料蒐集分析 .	25
第 1 節 故障預測技術之發展沿革、構成、應用目的及經濟價值 .....	25
第 2 節 故障預測技術之感測器系統 .....	56
第 3 節 美國建築物昇降設備故障預測技術發展及應用 .....	62
第 4 節 歐洲建築物昇降設備故障預測技術發展及應用 錯誤! 尚 未定義書籤。	
第 5 節 日本建築物昇降設備故障預測技術發展及應用 錯誤! 尚 未定義書籤。	
第 3 章 我國建築物昇降設備故障預測技術應用需求推估 .....	87
第 1 節 建築物昇降設備保養法定檢查需求調查分析 .....	87
第 2 節 歷年建築物昇降設備重大事故案例保養問題評析 ...	90

第 3 節 應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之適當性.....	93
第 4 節 應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之注意事項.....	97
第 5 節 建築物昇降設備引進應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之法制課題.....	100
第 4 章 結論與建議.....	107
第 1 節 結論.....	107
第 2 節 建議.....	110
附錄一現行建築法昇降設備相關規定摘錄.....	112
中華民國 109 年 1 月 15 日公布.....	112
附錄二現行建築物昇降設備設置及檢查管理辦法.....	118
附錄四內政部 79 年訂定發布之建築物昇降設備管理辦法.....	129
附錄五內政部 83 年訂定發布之建築物昇降設備管理辦法.....	131
附錄六內政部 84 年修正發布之建築物昇降設備管理辦法.....	135
附錄七內政部 93 年修正發布之建築物昇降設備設置及檢查管理辦法	
139	
參考書目.....	141

## 表次

表 1-1 建築物昇降設備組件耐用基準參考表 錯誤! 尚未定義書籤。

表 2-1 常見生命週期載重例..... 35

表 2-2 歐洲建築物昇降設備標準..... 71

表 2-3 日本昇降設備遠端監控及檢查項目..... 80



## 圖次

圖 1-1 我國應保養及檢查昇降設備與具保養及檢查資格人數 . 錯誤!	
尚未定義書籤。	
圖 1-2 昇降機.....	11
圖 1-3 自動樓梯.....	11
圖 1-4 其他類似之昇降設備—自動人行道.....	12
圖 1-5 內政部主管建築物昇降設備範疇.....	10
圖 1-6 研究流程圖.....	22
圖 1-7 研究進度甘特圖.....	23
圖 2-1 故障預測技術之架構.....	28
圖 2-2 故障預測技術於產品再利用之應用.....	30
圖 2-3 破壞物理模型例子-馬里蘭大學高等生命週期工程中心法 .	32
圖 2-4 破壞物理模型例子-基於破壞物理所發展之預測方法.....	34
圖 2-5 產品壽命消耗監控--馬里蘭大學高等生命週期工程中心法	36
圖 2-6 產品之剩餘壽命估算..... 錯誤! 尚未定義書籤。	
圖 2-7 產品載重特徵萃取.....	37
圖 2-8 預測之不確定性處理程序.....	38
圖 2-9 資料驅動預測方法之一般性程序.....	50
圖 2-10 故障預測之綜合性方法例子.....	55

圖 2-11 用於支持物聯網之相關技術堆疊..... 61

圖 2-12 將基於物聯網之故障預測技術融入預測性保固服務..... 61

## 第 1 章 緒論

本章首先說明研究緣起與背景、名詞定義，就問題進行剖析，並說明研究之重要性，其次、說明研究目的、範圍與限制。最後，說明所採取之研究方法、過程及各階段研究進度。

### 第 1 節 研究緣起與背景

隨著都市化及高層建築物發展，建築物昇降設備(電梯)成為都市生活之必要設備，我國建築法自民國 60 年 12 月將建築物昇降設備納入管理，並明定設置建築物昇降設備應申請建築許可。同法第 2 條及第 77 之 4 條規定略以，主管建築機關，在中央為內政部；建築物昇降設備非經竣工檢查合格取得使用許可證，不得使用；設備管理人，應定期委託領有內政部登記證之專業廠商保養(相關條文詳附錄一)。

內政部依前揭法律授權訂定發布之「建築物昇降設備設置及檢查管理辦法」(現行條文詳附錄二)訂有前揭專業技術人員、專業廠商、檢查員、檢查機構之資格要件規定、昇降設備安全檢查頻率；該辦法第 4 條明定，設備之管理人應委請專業廠商維護保養，由專業技術人員每月實施保養，並作成紀錄表，按月檢送當地主管建築機關。

#### 壹、監察院於 103 年糾正案請內政部參考先進國家標準強化建築物昇降設備設備安全管理

鑒於建築物昇降設備使用之意外事故較多，監察院於 103 年提糾正案，認定當時有關專業廠商技術人員維護保養建築物昇降設備數量之規定，欠缺學理及實務依據，亦乏先進國家參考標準，未基於民眾使用安全之角度與設備形

態、種類、功能及使用時間之差異性，適時檢討保養載重量之合理性及妥適性<sup>1</sup>而提出糾正案<sup>2</sup>。

經內政部參酌其意見，採取訂定發布「建築物昇降設備組件耐用基準參考表」(詳附錄三)提供管理人汰舊換新參考、修正發布「建築物昇降設備設置及檢查管理辦法」相關書表證、按季召開「各主管建築機關建築物昇降設備及機械停車設備安全檢查結果抽驗執行情形檢討會議」及訂定「內政部建築物昇降設備管理業務督導考核計畫」等改善作為，經監察院 107 年同意糾正案結案存查<sup>3</sup>。

## 貳、近 15 年昇降設備數量成長幅度遠高於保養人力宜引進適當新技術降低設備保養對於人力之依賴

內政部建築研究所 108 年曾就歷年我國建築物昇降設備重大事故原因調查分析發現，我國近 15 年應保養之昇降設備數量成長幅度遠高於保養專業技術人員人數(詳圖 1-1)<sup>4</sup>，而在我國邁向高齡化社會，既有公私有建築物為打造無障礙環境而增設昇降設備之因素帶動需求下，此種成長趨勢短期應無反轉改變之可能。

---

1同前註，頁 5。

2參考監察院 103 年 6 月 5 日 103 內正第 0020 號糾正案文，監察院網站：

<https://www.cy.gov.tw/sp.asp?xdURL=../di/RSS/detail.asp&ctNode=871&mp=31&no=394>  
3(最後點閱時間：2019 年 8 月 5 日)，頁 1。

3參考監察院 107 年 09 月糾正案件結案情形一覽表，監察院網站：

<https://www.cy.gov.tw/sp.asp?xdURL=../di/RSS/detail.asp&ctNode=871&mp=31&no=394>  
3(最後點閱時間：2019 年 8 月 5 日)。

<sup>4</sup>參見張怡文，《建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究》109 年 4 月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，頁 12-24，新北市(2020)。

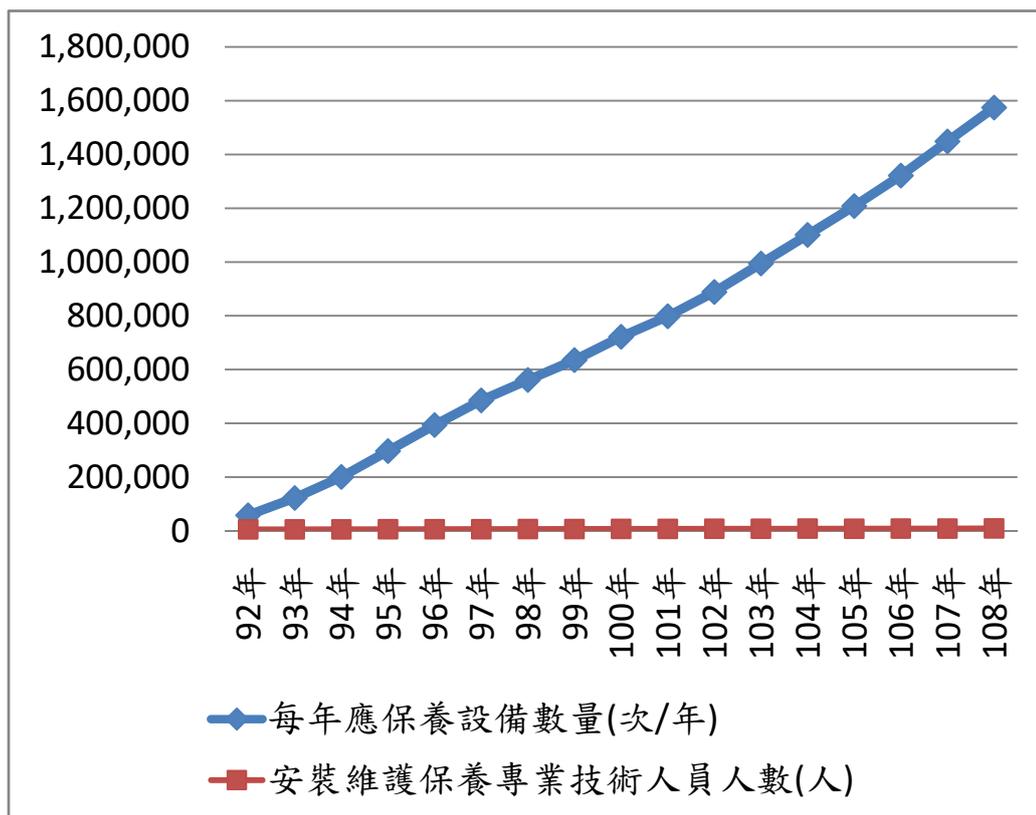


圖 1-1 我國近 16 年應保養之昇降設備數量成長幅度遠高於保養專業技術人員人數

(來源：本研究依據內政部及內政部營建署統計資料整理，2020)

為預防因保養人力不足，再次衍生過去相關機關已發現之部分維護員未具專業技術人員登記證、部分設備保養次數未符契約規範及未於期限內完成保養等缺失之違規行為，建議引進適當新技術以降低昇降設備定期保養對於人力之依賴<sup>5</sup>。

參、現行昇降設備人力保養技術有其侷限，歷年我國昇降設備重大事故原因調查發現，依建築法規定期委託專業廠商保養設備仍發生事故

<sup>5</sup>參見張怡文，《建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究》109年4月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，頁12-24，新北市(2020)。

美國機械工程師學會自 1937 年公布第 1 版「A17.2 昇降機自動樓梯和自動人行道檢查指引」(Guide for Inspection of Elevators, Escalators, and Moving Walks)至今歷經 7 次改版並整併相類似設備標準，為目前國際上最完整之昇降設備安全保養檢查技術文件，詳盡說明昇降設備之保養檢查項目、目的及重點。該指引表明旨在協助符合資格之檢查人員進行每月及每年之例行檢查，並說明公認的是，檢查人員在每次檢查期間將無法完成指引中指定的所有檢查程序，由檢查人員依知識和經驗判斷潛在缺陷(It is recognized that inspectors will not be able to accomplish all the inspection procedures specified in this Guide, during each inspection. Qualified inspectors have the knowledge and experience to recognize potential deficiencies and to focus the inspection in those areas.)」<sup>6</sup>。

內政部建築研究所 108 年就歷年我國建築物昇降設備重大事故原因調查分析發現，曾有依建築法相關規定，定期委託建築物昇降設備專業廠商負責維護保養，惟仍發生重大事故致人死傷之憾事<sup>7</sup>(詳表 1-1)，顯示現行人力保養檢查技術仍有其侷限性。

表 1-1 近 20 年我國昇降設備重大事故原因調查分析

編號	設備種類	故障原因	發生時間	傷亡情形	依建築法規定保養	司法裁判書摘述	裁判字號
1.	昇	疑可	105	1 人	是	疑電控系統之可程	臺灣高

<sup>6</sup> see American Society of Mechanical Engineers, ASME A17.2 Guide for Inspection of Elevators, Escalators, and Moving Walks(2014) at 1.

<sup>7</sup>參見張怡文，《建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究》109 年 4 月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，頁 88-98，新北市(2020)。

編號	設備種類	故障原因	發生時間	傷亡情形	依建築法規定保養	司法裁判書摘述	裁判字號
	升降機	程式控制器 (PLC) 故障	年 5 月	死亡		式控制器 (PLC) 發生誤信號，但無法確定，因無法重現，也無法查證。	等法院 106 年上訴字第 3346 號刑事判決等
2.	升降機	疑可程式控制器 (PLC) 內繼電器故障	102 年 10 月	2 人死亡	是	升降機維護保養依繼電器密封於 PLC 模組內無法拆解之現狀，依循業界慣例於 PLC 燈號顯示正常情況下，無發現繼電器故障可能。建議主管機關明確規範電梯或 PLC 之使用年限，倘使用年限會因使用環境、頻度、方法等影響無法明確制訂，亦應設置計算使用次數之裝置。	臺灣高等法院高雄分院刑事判決等
3.	升降機	馬達開關接線錯誤等	97 年 1 月	1 人死亡、1 人傷害	設備安裝階段尚未使用	某甲設計及安裝載重貨升降機時，因裝設馬達之內部終點極限開關接線錯誤、用來頂極限開關環繞於鏈條之彈簧未設定極限停止裝置、馬達控制盤內部載重保護器設定值偏高、每停靠樓層停止定位開關與車台接觸面太少等缺失，升降機馬達內部終點極限開關並無斷源作用。	100 年 11 月 11 日臺灣高等法院等
4.	升降機	穩壓器故障	98 年 12	1 人傷害	是	電源穩壓器 (AVR) 無使用期限、壽命等，故電子零件於檢	臺灣高等法院 100 年

編號	設備種類	故障原因	發生時間	傷亡情形	依建築法規定保養	司法裁判書摘述	裁判字號
			月			測時功能正常，該零件將於何時發生故障，實非昇降機保養時所能注意，更無法於確保該零件不會發生故障。	上易字第 2798 號刑事判決等
5.	昇降機	升降機施工不良致構造強度不足	93 年 3 月	1 人重傷	是	油壓缸柱塞上部槽輪與柱塞焊接處斷裂應係起因於承製廠商以乙炔鑽孔及焊接不良，造成槽鐵強度不足所致。系爭電梯於不應斷裂處斷裂，實難苛責保養維護之人。	臺灣高等法院 96 年上易字第 2144 號刑事判決等
6.	昇降機	設備使用方式錯誤	86 年 9 月	1 人死亡	違法使用之升降機，且不使用	患失智症之某甲於違規營業之安養院單獨搭乘未經主管機關許可而擅自使用之升降機，因不當使用，以手用力將電梯外門打開，致腳踩空而墜落。	臺灣高等法院 93 年上更(二)字第 388 號刑事判決等

(來源：本研究摘錄自內政部建築研究所，建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究自行研究報告，2020)

肆、國際昇降設備相關產業近 10 年積極發展應用整合物聯網大資料分析等建築物昇降設備遠端檢查及故障預測技術，進行非建築法規規定之自主檢查

台北市日本工商會於「2016~2019 年白皮書」對我國政府政策建言略以，勞力密集之昇降機保養工作，人才招募困難，隨著技術提升自動化產品成為全球趨勢，昇降設備保養分為「檢查」以及「維修」2 項，由人力轉換為機器實

施「檢查」之例子非常多，在先進國家並已實施多年，24 小時不間斷持續運轉之昇降設備故障自動通報、透過機器監控，比起只在每月固定時間進行之人員檢查，能避免技術避免人員檢查技術不足、新手失誤等人為風險<sup>8,9,10</sup>。

國家發展委員會於 108 及 109 年召開前揭白皮書部會辦理情形研商會議，請內政部參考日本經驗，放寬現行僅接受人工檢查方式及檢查次數之限制，推動無人化檢查之技術標準等<sup>11,12</sup>。

內政部建築研究所 108 年亦就相關產業技術發展情形進行調查，發現近 10 年國際相關產業已投入開發以整合應用大量感測器、物聯網、大資料分析及故障預測等技術，並實際應用於全球超過百萬部昇降設備，目前檢查結果僅

---

8參見台北市日本工商會，〈2016 對台灣政府政策建言〉，議題 13 關於重新檢視升降機檢查維修制度，頁 78-80(2016)。國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjc5Ny8yNzQ2Ny80YTUzY2M5Yy02MzA0LTRkODAtYWU3OS1iYTE2ZDY2ODBhM2QucGRm&n=MjAxNuaXpeWVhueZveearuabuCjkuK3mlofniYgpLnBkZg%3d%3d&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020 年 7 月 30 日) )。

9參見台北市日本工商會，〈2017 對台灣政府政策建言〉，議題 12 關於升降機檢查維修制度之重新檢視，頁 77-79(2017)。國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjg5ODIxNC8yODk2MmNhNi1iNjA5LTQwYmQtYmEzYi0zYTgyYzZmNDMyNTkucGRm&n=5Y%2bw5YyX5biC5pel5pys5bel5ZWG5pyDMjAxN%2bW5tOeZveearuabuOS4reaWh%2beJiC5wZGY%3d&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020 年 7 月 30 日) )。

10參見台北市日本工商會，〈2018 對台灣政府政策建言〉，議題 19 關於升降機檢查維修制度之重新檢視（延續事項），頁 90-91(2018)。國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjkzMi8zMjEyNS8yOGNkMWI0ZC05YTYzLTQ4YTAtYjVjZS0zYjlxMjEwNTQ3NDlucGRm&n=MjAxOOW5tOeZveearuabuC5wZGY%3d&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020 年 7 月 30 日) )。

11參見國家發展委員會，(108)發法字第 1082000877 號函，檢送本會召開台北市日本工商「2018 年白皮書」部會辦理情形研商會議紀錄，頁 22(2019)。

12參見國家發展委員會，(109)發法字第 1092000786 號函，檢送本會召開台北市日本工商「2019 年白皮書」部會辦理情形第 1 次研商會議紀錄，頁 6(2020)。

供廠商等自主參考，惟查廠商尚未公開設備故障預測分析準確度等重要技術資訊<sup>13</sup>。

---

<sup>13</sup>參見張怡文，《建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究》109年4月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，頁150，新北市(2020)。

## 第 2 節 名詞定義

基於建築物昇降設備之用語較為專業，且相關管理法規有其複雜性，為便於後續研究討論，本節先就相關用語定義如下：

1. **建築物昇降設備**(以下簡稱昇降設備)：依建築法第 10 條、第 28 條、第 77-4 條規定，建築物昇降設備為「建築物設備」之一種，須經直轄市、縣（市）主管建築機關或其委託受理安全檢查機構或團體核發使用許可證者始能使用；並應定期委託領有內政部核發登記證之專業廠商負責維護保養，並定期向直轄市、縣（市）主管建築機關或其委託之檢查機構申請安全檢查。同法第 7 條規定，建築物興建完成後增設之昇降設備為「雜項工作物」，應先向直轄市、縣（市）（局）主管建築機關申請雜項執照<sup>14</sup>。

至於設於營建工地施工使用之「營建用升降機」，應依勞動部職業安全衛生法規規定，經勞動檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格始得使用，無建築法規規定之適用(詳圖 1-2)。

---

<sup>14</sup>參見張怡文，《建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究》109 年 4 月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，頁 7-9，新北市(2020)。

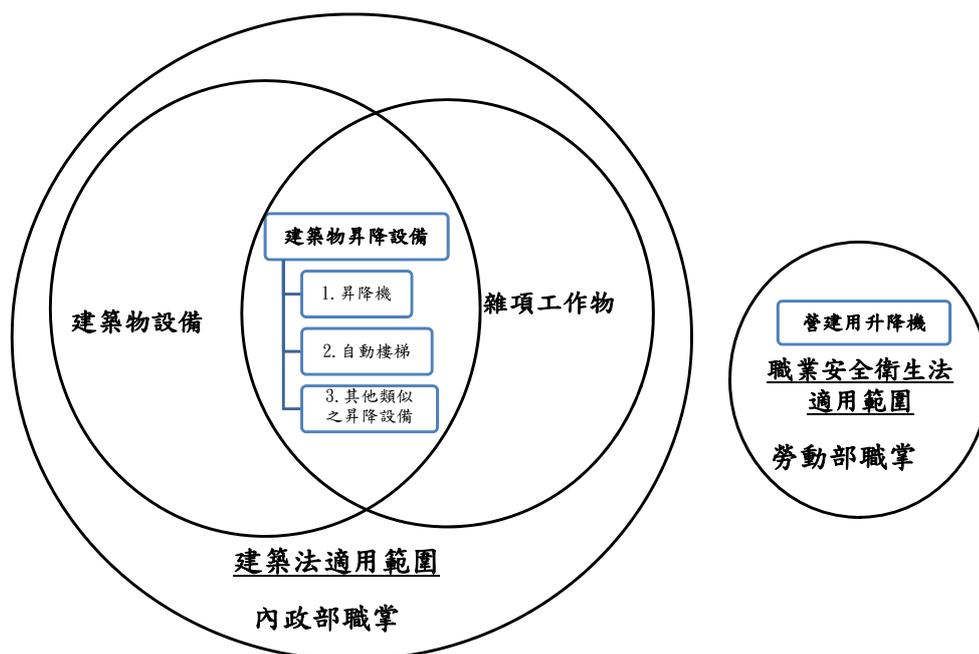


圖 1-2 內政部主管建築物昇降設備範疇

(資料來源：內政部建築研究所，建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究自行研究報告，2020)

2. 建築物昇降設備種類：內政部依建築法第 77-4 條第 9 項規定訂定發布之「建築物昇降設備設置及檢查管理辦法」(以下簡稱昇降設備管理辦法)第 2 條第 1 款規定，建築物昇降設備指設置於建築物之昇降機(詳圖 1-3)、自動樓梯(詳圖 1-4)或其他類似之昇降設備(詳圖 1-5)。



圖 1-3 昇降機

(資料來源：作者拍攝，2019)



圖 1-4 自動樓梯

(資料來源：作者拍攝，2019)

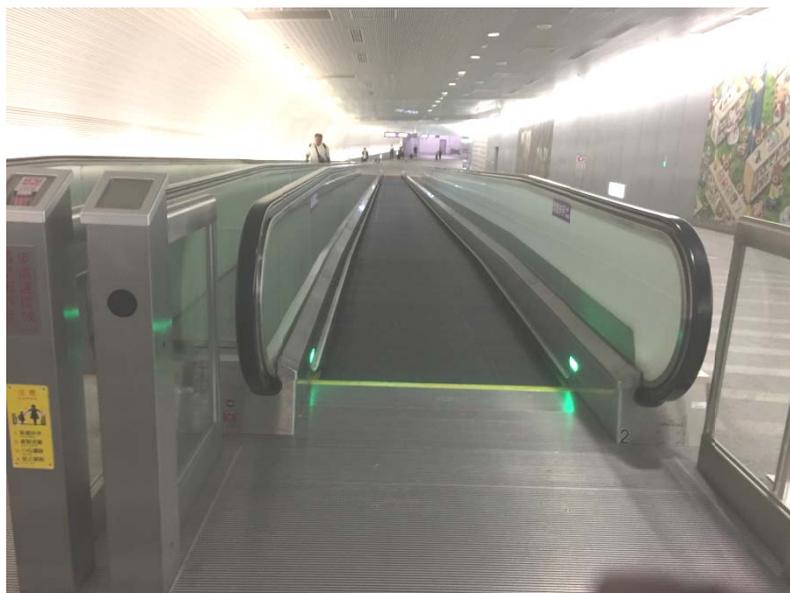


圖 1-5 其他類似之昇降設備－自動人行道  
(資料來源：作者拍攝，2019)

3. **建築物昇降設備管理人**(以下簡稱管理人)：依昇降設備管理辦法第 2 條第 1 項第 2 款規定，管理人指建築物之所有權人或使用人或經授權管理之人。
4. **建築物昇降設備專業廠商**(以下簡稱專業廠商)：依昇降設備管理辦法第 2 條第 1 項第 3 款規定，指領有內政部核發登記證，從事昇降設備安裝或維護保養，並具有專業技術人員之廠商人。
5. **建築物昇降設備專業技術人員**(以下簡稱專業技術人員)：依昇降設備管理辦法第 2 條第 1 項第 4 款規定，指領有內政部核發登記證，並受聘於專業廠商，擔任昇降設備安裝或維護保養之人員。
6. **建築物昇降設備保養**(以下簡稱保養)：指管理人依昇降設備管理辦法第 4 條規定，委請專業廠商負責每月之昇降設備保養，由其專業技術人員依內政部「昇降設備組件耐用基準參考表」(詳附錄三)等規定項目進行組(零)件「查核(檢查)」，

依檢查結果進行設備「保養」及「維修」並作成紀錄，按月檢送當地建築主管機關。

7. **建築物昇降設備檢查機構**(以下簡稱檢查機構)：依昇降設備管理辦法第 2 條第 1 項第 5 款規定，指內政部指定得接受當地主管建築機關委託執行昇降設備安全檢查業務之機構或團體；昇降設備安全檢查機構應檢核專業技術人員保養處理情形，而依該維護保養紀錄表已明定機械室、車廂及昇降路、機坑等保養項目實體規定
8. **檢查員**：依昇降設備管理辦法第 2 條第 1 項第 6 款規定，指領有內政部核發檢查員證，並受聘於檢查機構從事昇降設備安全檢查之人員。
9. **電子預測及健康管理技術**(以下簡稱故障預測技術)：電子預測及健康管理技術(Prognostic and health management, PHM)，係指為確保產品在其使用生命週期間，具有依其預期性能（即無故障且在指定之性能極限內）運轉之能力，藉由產品中之嵌入式電子系統，持續蒐集分析產品於真實環境運轉之條件及狀態資料，作為故障預測、維修決策，甚至產品回收、汰換、零件物流管理等作為之參據。其中：
  - (1) 「健康」定義：為退化或偏離預期產品運轉正常狀況之程度。
  - (2) 「預測」則是根據當前及歷史健康狀態，對未來健康狀況之預估。

由於該技術具有促使產品製造商提高產品使用運轉期間可靠度及運轉使用期間可使用性(Incentives for manufacturers to improve field reliability and operational availability)、強化保固(Increased warranties)、降低保固成本(reduced warranty costs)、減輕產品故障引起之民事責任

(Reduction in liability due to product failure) 及提高客戶滿意度等優點<sup>15</sup>，甚至支援持產品回收利用和使用壽命終止相關決策。許多國外產業已開發或使用相關技術，應用於飛機、汽車、鋰電池等產品中，進行接線健康管理、發動機(引擎) 故障預測、電池剩餘壽命預測<sup>16</sup>。

---

15Pecht M. G. and Kang M., Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 1(2018).

16Pecht M. G. and Kang M., Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 5(2018).

### 第 3 節 問題剖析與重要性

由本章第 1 節之說明可知，現行我國建築法規以專業人力每月保養升降設備，並向建築主管機關申報，以維護設備使用安全之制度，因產業人力及技術皆有其侷限，惟升降設備數量卻持續成長，因此，引進適當之故障預測技術，以減輕對於保養人力之依賴有其必要性。

惟擬引進之故障預測技術是否可達成及如何達成提升我國升降設備保養能量、精進檢查品質，以符合建築法維護公共安全之目的？作為內政部未來增修訂建築法規之參考。本節將就相關問題進行剖析。

#### 壹、問題剖析：

1. 缺乏非保養期間之真實使用次數及環境條件資料，作為升降設備保養決策可靠依據

依據本章第 1 節錯誤！找不到參照來源。近 20 年我國升降設備重大事故原因調查分析可知，經司法調查程序後編號 1 之事故仍無法確定確切原因，編號 2、4、5 之事故則是發生專業技術人員亦難以預測之故障，編號 3 之事故則是發生在設備安裝施工過程中，編號 3、6 之事故則是違規使用並有使用者不當使用設備之行為，尚無專業技術人員保養錯誤之情形。

值得注意的是，編號 2 事故之司法裁判書提及，升降設備之使用年限會因使用環境、頻度、方法等因素影響，專業技術人員難以逕依升降設備使用年限單一因素，而作成更換組(零)件之保養決策，並建議內政部訂定設備製造商應設置計算使用次數之裝置，以利判斷組(零)件是否尚在安全範圍。

綜上可知，建築法規及實務上均認定昇降設備之使用年限並非專業技術人員按月保養時，判斷應更換組(零)件之唯一因素，若真實使用環境條件、使用次數有高於或低於設備設計假設條件，或有偶然破壞等非設計預期之因素，亦將影響耐用基準參考表內各組件使用年限之判斷(詳圖 1-6)。

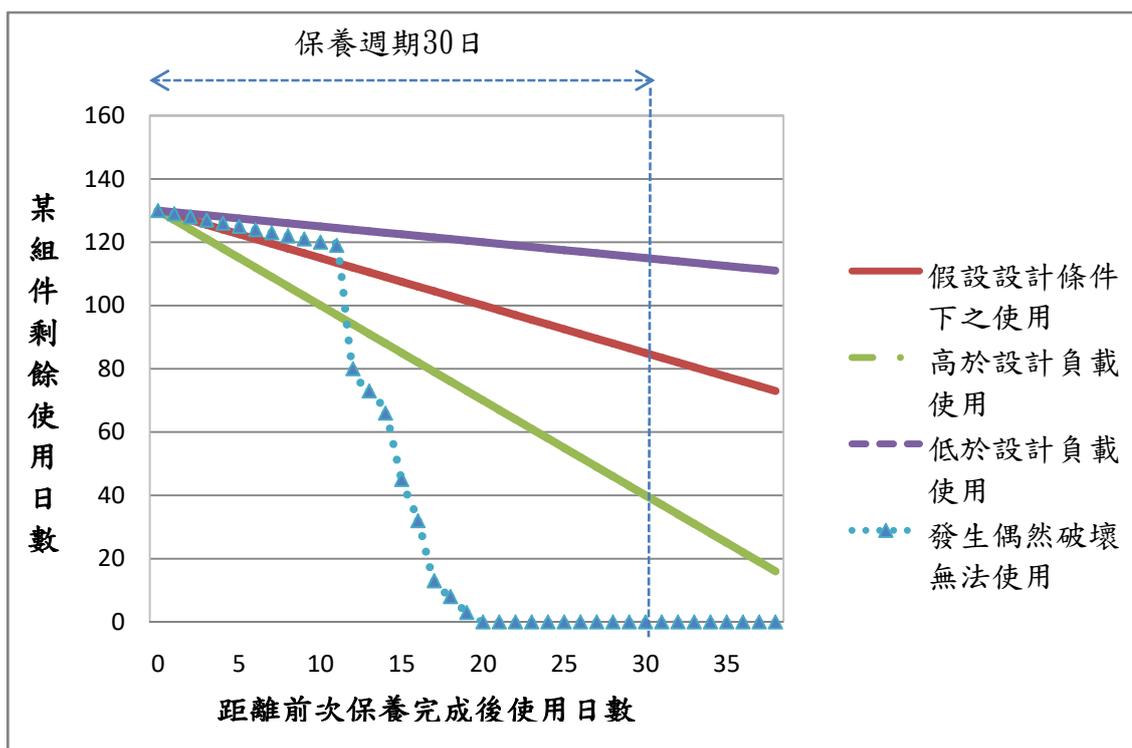


圖 1-6 昇降設備組件剩餘使用日數之推估  
(來源：本研究繪製，2020)

按現行昇降設備管理辦法第 3 條及第 4 條規定，昇降設備應每月實施保養，專業技術人員應查核「建築物昇降設備組件耐用基準參考表」(詳附錄三)之安全裝置組件項目作成紀錄，按月送當地主管建築機關。前揭參考表填表說明第 1 點及第 3 點敘明，專業技術人員應參考建築物用途、樓層數、使用環境、機種、荷重、速度及使用頻率等填列參考年限，組件更換時，年限應配合更新。惟專業技術人員每月保養期間以外之真實使用環境條件、使用次數資料應如何蒐集及紀錄並未規定。

## 2. 設備內部電子零件故障專業技術人員難以預測

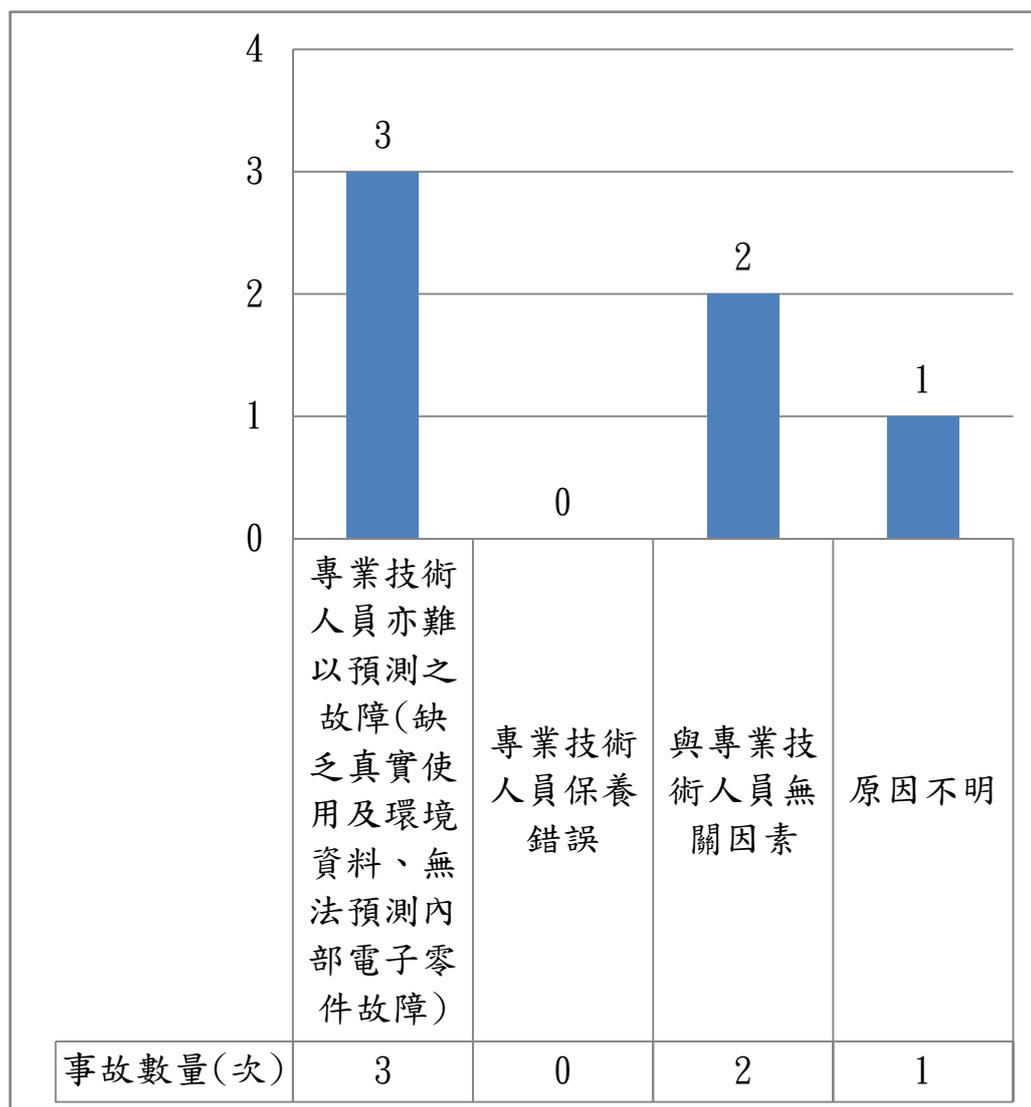
此外，查錯誤! 找不到參照來源。事故之故障均非發生在前揭參考表規定之組(零)件，裁判書並提及部分故障是發生在專業技術人員無法拆檢之內部電子零件，因此，如擬藉增修訂該參考表，將事故中之組(零)件納入相關檢查項目，由行政管制手段避免再次發生此類事故，較不可行。

### 貳、問題重要性：

由表 1-1 進一步分析可知，過去我國大部分之設備重大事故是發生於依建築法相關規定，定期委託專業廠商負護保養之昇降設備，且 6 案中，有 3 案(50%)是專業技術人員因缺乏非保養期間之真實使用次數及環境條件資料，作為昇降設備保養決策可靠依據，或設備內部電子零件故障而無法於保養期間預測之故障(詳表 1-2)。

本章第 2 節已定義故障預測技術，係藉由在產品中嵌入式電子系統，持續蒐集分析產品於真實環境運轉之條件及狀態資料，藉由該真實環境運轉等資料預測產品未來狀態之技術。基於該技術之此種特性，應具有避免過去已知多數(50%)昇降設備重大事故之潛力。本研究爰擬探討引進該技術，輔助專業技術人員於按月保養時，提升其查核(檢查)設備之能力及品質之可行性，作為內政部未來增修訂建築法規之參考。

表 1-2 近 20 年我國昇降設備重大事故原因統計



(來源：本研究整理，2020)

## 第4節 研究目的與範圍

依據本章第3節之問題定義，本研究擬就昇降設備故障預測技術發展及應用情形進行調查，並探討引進該技術強化設備使用安全之可行性，以因應本章第1節所說明近15年我國昇降設備數量成長幅度遠高於保養人力等問題，提供內政部回應監察院請內政部加強昇降設備使用安全管理建議，以及台北市日本工商會「2016~2019年白皮書」提出推動無人化檢查技術之政府政策建言之參考。

### 研究目的如下：

- (一) 完成國內、外昇降設備故障預測技術發展及應用資料之盤點。
- (二) 完成國內昇降設備故障預測技術之應用需求推估，探討引進精進保養品質，避免重大事故發生之可行性，
- (三) 完成引進昇降設備故障預測技術必要性之專家意見訪談，並蒐集專家相關意見。
- (四) 提出內政部建築物昇降設備管理參考建議。
- (五) 提出本所後續研究課題建議。

### 研究範圍及限制：

現行建築法及管理辦法並未直接敘明昇降設備管理之目的，惟查93年11月建築法第77-4條增訂規定之理由說明，係配合行政程序法之施行，將現行「建築物昇降設備管理辦法」有關昇降設備及機械停車設備使用管理及維護之規定，提昇至

法律位階<sup>17</sup>。查內政部前於 79 年 2 月以職權命令方式訂定發布「建築物昇降設備管理辦法」，第 1 條明定，為加強建築物昇降設備之管理，以維護公共安全特訂定本辦法(詳附錄四)。

由於並非所有的設備故障都會影響設備使用安全，例如：昇降設備組件耐用基準參考表(詳附錄三)中之馬達(電動機)功能係將電能轉化成動能，以驅動昇降機相關裝置拉動車廂，某些情況下該組(零)件故障可能僅是造成設備無法使用，未必影響使用安全；基於內政部將昇降設備納入管理旨在維護公共安全，爰不納入本研究探討範圍。

囿於研究人力經費及期程限制，職業安全衛生法所稱營建施工中之「營建用昇降機」及故障預測技術對於保養人員實施保養作為時之危險預防效果等，雖均有值得探討之重要性，惟非屬內政部主管業務，不列入本次研究範圍。

---

<sup>17</sup> 參見立法院法律系統建築法法條沿革，立法院國會圖書館網站：

<https://lis.ly.gov.tw/lglawc/lawsingle?0009037C3350000000000000000000003200000000700FFFFD00^01158060121000^00053001001> (最後點閱時間：2020 年 12 月 7 日)。

## 第5節 研究方法與過程

本研究蒐集、比較國內外昇降設備故障預測技術發展及應用資料、推估我國應用需求；另透過專家學者訪談，蒐集應用昇降設備故障預測技術，以提昇我國昇降設備保養能量及品質之可行性及建議，據以研提內政部建築物昇降設備管理參考及本所後續研究建議。研究過程及內容如下：

### (一) 文獻探討

廣泛蒐集國內外相關學理、標準、案例等參考資料，分析技術之適用範圍及限制，彙整學理基礎，歸納昇降設備故障預測技術近期發展及應用成果。

### (二) 需求及效益調查分析

參考最新國內、外重要建築物昇降設備保養及檢查標準、歷年我國重大傷亡事故調查資料，依據現行我國昇降設備管理辦法之三級管理制度，分析應用昇降設備故障預測技術，對建築物所有權人、使用人、管理人、專業廠商、專業技術人員、檢查員、檢查機構及建築主管機關可產生之影響。

### (三) 專家訪談

訪談國內專家學者意見，蒐集應用昇降設備故障預測技術，提昇我國建築物昇降設備保養能量及品質之認同度、可行性及建議。

### (四) 綜合歸納

綜整以上文獻及訪談結果，提出我國建築物昇降設備應用遠端檢查技術之必要性、可行性建議供內政部建築物昇降設備管理業務參考及提出本所後續研究課題建議。

研究流程如圖 1-7 所示。

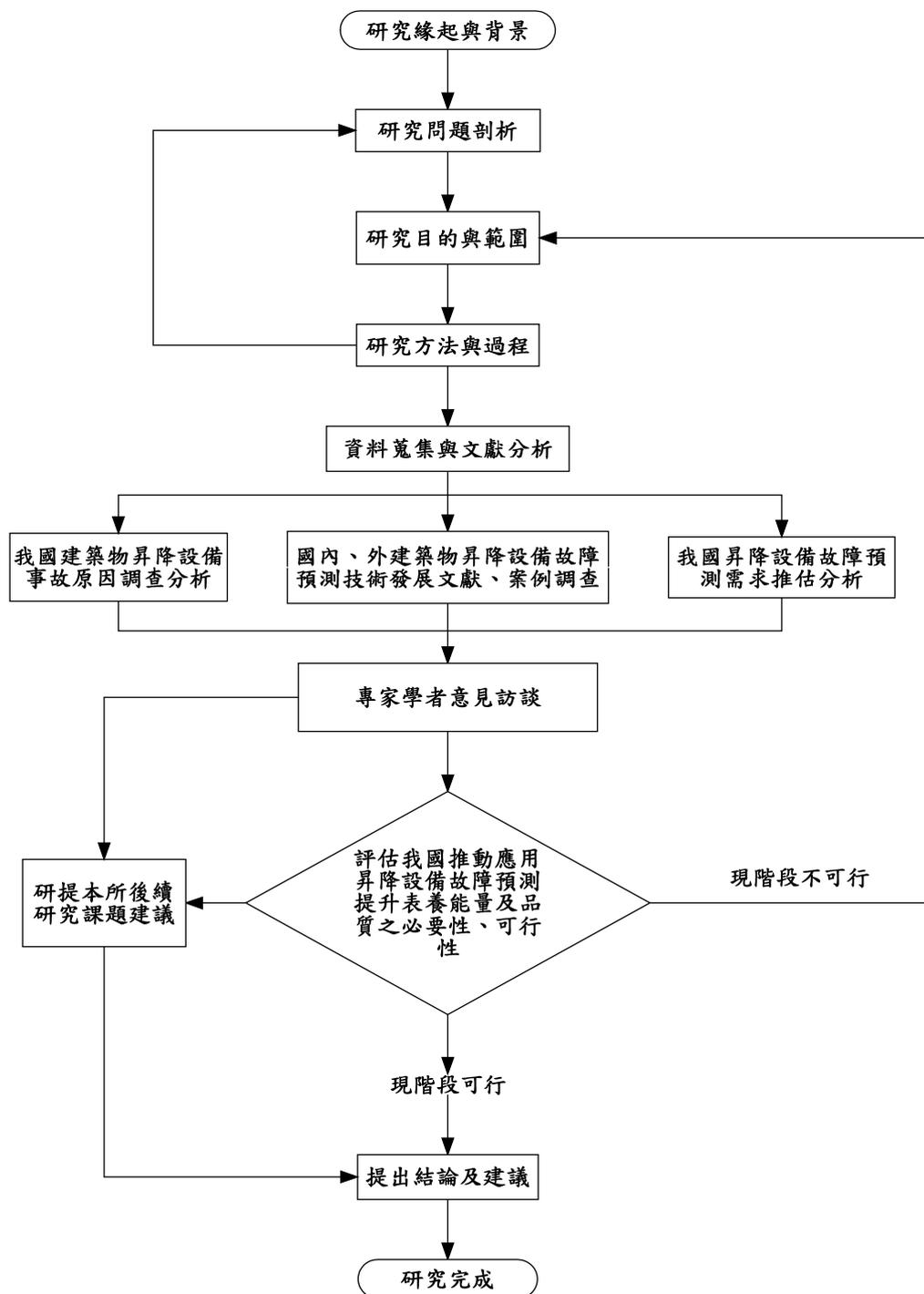


圖 1-7 研究流程圖  
(資料來源：本研究繪製)

## 第6節 研究進度

本研究自109年3月起至12月底止，辦理期程共計10個月，研究進度如圖 1-8所示。

	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月
1. 蒐集分析國內、外文獻及案例	* *	* *	* *	* *	* *					
2. 推估應用昇降設備故障預測技術之需求及效益				* *	* *	* *				
3. 專家訪談								* *	* *	
4. 提出內政部建築物昇降設備管理參考建議						* *	* *	* *		
5. 提出本所後續研究建議								* *	* *	
6. 完成成果報告										* *
預定進度% (累積數)	10	25	35	45	55	65	75	85	95	100

圖 1-8 研究進度甘特圖  
(資料來源：本研究整理)



## 第 2 章 建築物昇降設備故障預測技術發展及應用資料蒐集分析

本章就所蒐集國內、外昇降設備故障預測技術發展及應用之目的、適用範圍、限制及案例進行調查分析，瞭解學理及相關國內外建築物昇降設備應用遠端檢查技術發展現況，俾供後續評估我國推動效益、可行性及必要性之參據。

### 第 1 節 故障預測技術發展沿革及應用目的

#### 壹、發展沿革

「可靠度」(Reliability)是為了評估機械設備等產品在生命週期中，按預期性能（即無故障且在指定之性能極限內）運轉之能力，1965 年以來已嘗試發展出就飛機等機械設備產品之可靠度進行預測建模之方法。這些建模方法主要是假設系統之零件具有一定之獨立故障率，藉由蒐集故障資料進行建模，再依據品質、運轉及環境條件進行修正<sup>18</sup>。然而普遍之共識是，這些可靠度預測建模方法絕不能使用，因為它們在預測實際之故障方面不準確，甚至提供極具誤導性之預測<sup>19</sup>。因此，目前逐漸改以故障預測技術(Prognostic and health management, PHM)進行預測。目的是保護產品完整性，避免性能不足、性能衰退，發生意外造成不利影響。技術內容可分為以下 2 大部分：

1. 預測：透過蒐集機械設備等產品當前衰退程度、載重歷史以及預期未來之運轉和環境條件下，估計故障之進度來預測系

---

<sup>18</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 1-2 (2018).

<sup>19</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 1-2 (2018).

統之剩餘使用壽命 (Remaining useful life, RUL assessment)  
20。

2. **健康管理**：是從健康監控和預期產品之未來使用條件，評估之健康狀況，以制訂決策和採取措施<sup>21</sup>。甚至可結合記錄機械設備等產品壽命使用狀況之資訊模組及綠色通訊埠(Green ports)技術，使製造商在了解機械設備等產品生命週期使用情形之情況下，判斷是否可重複使用組(零)件、產品性能衰退情形，將報廢之產品回收、維修、翻新、再製造、零件重複使用、材料回收等，負起使用後電子廢棄物之生產者責任 (Extended producer responsibility, EPR)<sup>22</sup>。

## 貳、故障預測技術之構成

完整之故障預測技術通常含有：感測、異常檢測、診斷、預測和決策支援 5 大程序(詳圖 2-1)：

1. **感測**：是為蒐集產品隨時間變化材料衰退、零件或整個產品之環境載重歷史記錄<sup>23</sup>。
2. **異常檢測**：透過識別實際與標稱之健康行為間之偏差來識別產品異常，以提供故障先兆。異常不一定表示故障，因為操作和環境條件變化會影響感測器資料而顯示異常行為或意

---

20 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 1-2 (2018).

21 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 1-2 (2018).

22 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 5 (2018).

23 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 2-3 (2018).

外。但異常資訊對於產品健康管理仍有其重要性，因為它可能代表出現意外之使用<sup>24</sup>。

3. **診斷**：由之感測器資料中提取與故障相關資訊，例如：故障模式、故障機制、損壞數量等。這些是提供給維護計畫及物流管理之重要資訊<sup>25</sup>。通常是使用內建測試 (Built-in test, BIT)，並分為：操作期間須暫停設備正常操作之中斷內建測試 (Interruptive built-in test, I-BIT) 方法，或是在不影響正常操作情況下，連續自動地監視設備之連續內建測試 (Continuous built-in test, C-BIT) 方法。

由於內建測試容易產生誤報，導致不必要之昂貴更換、重新認證、延遲運轉及系統可用性等損失。但某些時候也有理由相信許多故障可能確實發生，但屬於間歇性之發生，因此，內建測試仍致力於發展減少假性故障指示之技術<sup>26</sup>。

---

24 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 3 (2018).

25 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 3 (2018).

26 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 4 (2018).

4. **預測**：指在適當之時間區間內預測機械等產品之剩餘壽命 (Remaining useful life, RUL assessment) ，通常需要感測器未提供之其他資訊，例如：維護歷史記錄、過去和未來之運轉狀況以及環境因子<sup>27</sup>。
5. **決策支援**：故障預測技術是為了進行適當之決策以防止災難性之機械等產品故障、通過減少機械停機時間以提高系統可用性、延長機械維護週期、及時採取維修作為、藉由減少檢查和維修機械等以降低生命週期成本、改善系統品質、設計和後勤支持<sup>28</sup>。

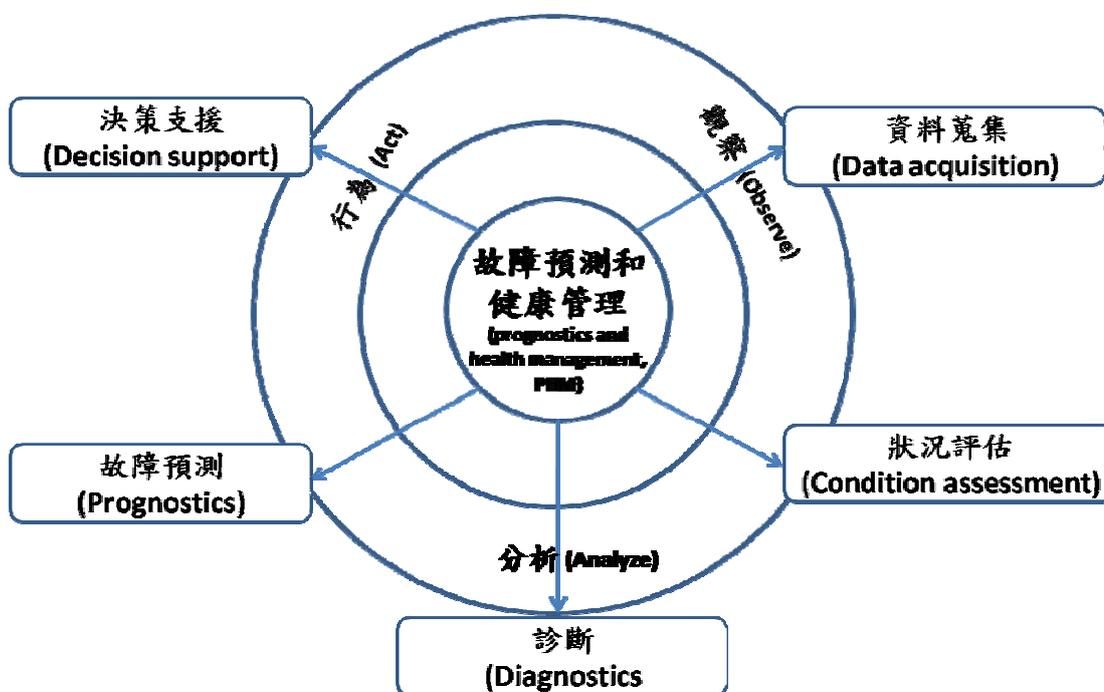


圖 2-1 故障預測技術之架構

(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

27 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 3 (2018).

28 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 3 (2018).

### 參、故障預測技術之應用目的及經濟價值

機械等產品設計人員通常根據加速之測試結果，以最壞情況推估假設之使用率、使用環境和生命週期條件為參數，預估機械使用壽命和保固年限。原則上，如果假定條件和實際使用條件相同，則該機械在設計壽命內應該是可靠的，但真實之使用和環境條件可能與假設的條件有很大差異，為了提高評估機械等產品剩餘壽命及可靠度之正確性，產品應配備壽命消耗監視器(Life consumption monitors, LCMs)，在此情況下，即使以更高之使用率和苛刻之條件使用機械，仍可在兼顧預期以外之維護或故障、維護安全之情況下達成節省成本或延長機械使用壽命之效果<sup>29</sup>(詳圖 2-2)。

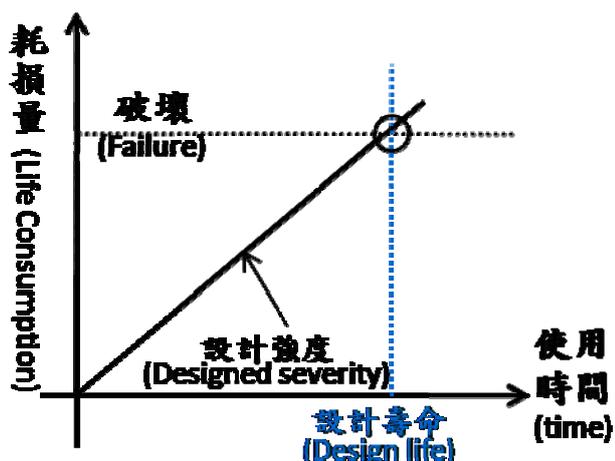
### 肆、故障預測技術原理及類型

故障預測技術主要是應用評估機械等產品性能衰退及可靠度等多種學科知識進行建模，目前已發展出許多故障預測方法，依據原理可分為：破壞物理模型故障預測法、內建故障前兆偵測器法、機器學習資料驅動故障預測法及整合以上各種方法優點，就不同途徑之預測結果相互比較以提高準確度之複合法等，各方法之原理及構成將於接下來之章節說明比較。

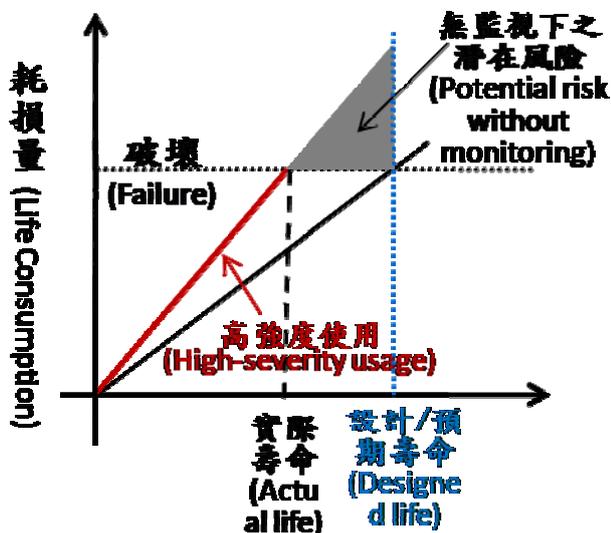
---

29 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 5 (2018).

(a) 按設計條件之使用



(b) 比設計預期更嚴格之使用條件



(c) 低於設計預期使用條件

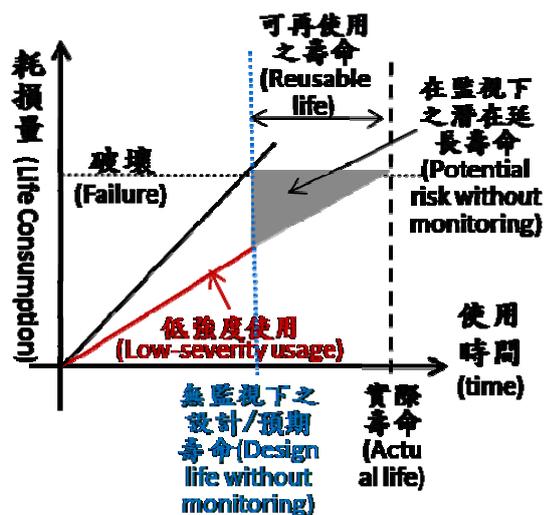


圖 2-2 故障預測技術於產品再利用之應用

(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

## 第2節 破壞物理模型故障預測法

### 壹、原理及構成

破壞物理 (Physics-of-failure, PoF) 模型方法，原理係以物理學知識為基礎，根據機械等產品生命週期載重加載條件、幾何及材料等特性，推估個別破壞部位之應力，評估產品性能衰退、可靠度、故障發生影響範圍<sup>30</sup>。實際構成方式是透過將感測器資料與破壞物理模型整合應用，依據產品偏離預期正常運行條件 (即系統的「健康狀況」) 或辨識性能衰退情形，預測未來狀態<sup>31</sup>。由於該方法可以即時蒐集生命週期載重條件，因此，可以根據真實環境和操作條件不斷更新預測結果，基於對機械等產品性能衰退機制了解，可以從生命週期的開始就開發適當的健康監控系統，計算產品的剩餘壽命，直到系統出現故障為止<sup>32</sup>。

破壞物理 (Physics-of-failure, PoF) 模型例子如圖 2-3 所示。首先。第 1 步是虛擬壽命評估，將設計資料、預期生命週期條件、故障模式、機制和效果分析 (Failure modes, mechanisms, and effect analysis, FMMEA)，藉由虛擬壽命評估，可以決定關鍵故障模式和機制之優先性。此外，現有之感測器資料、內建測試結果、維護和檢查記錄及保固資料可用於識別可能之故障情形。再根據以上資訊，決定故障預測之監視參數和感測器位置。根據蒐集之運轉和環境資料，可以評估產品之健康狀況。還可以從破壞物理模型中計算出損壞估算值，以獲取剩餘壽命。最後，將故障預測

---

30 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 2 (2018).

31 See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 61 (2018).

32 See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 75-76(2018).

資訊用於預測維護和決策，以最小化生命週期成本或最大化可用性<sup>33</sup>。

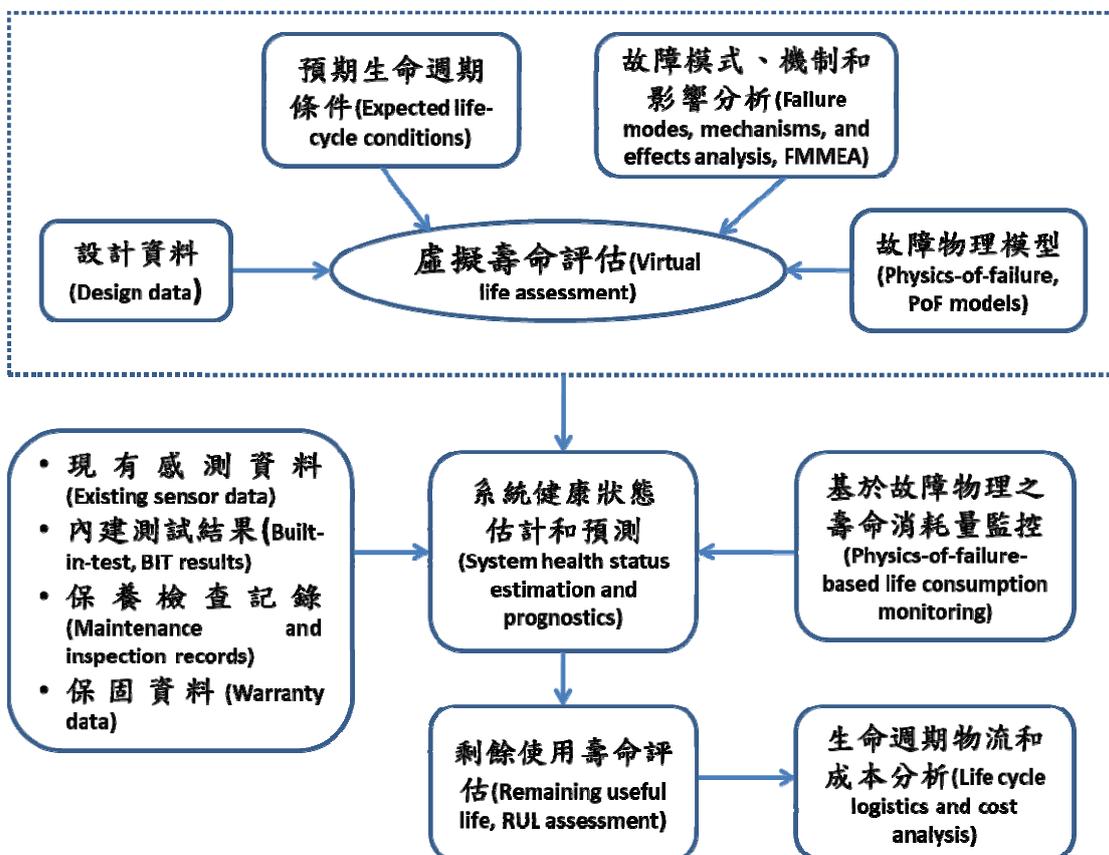


圖 2-3 破壞物理模型例子

(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

## 貳、優點

破壞物理模型預測方法之主要優點是，利用已知物理知識，以及對於系統之材料、幾何及載重條件（例如熱、機械、電氣、化學）資料，納入故障預測考慮因素，需要了解物理、電氣、化學和機械應力作用於材料上造成破壞之過程，如圖 2-4 所示<sup>34</sup>。圖 2-3 及圖 2-4 中，故障模式、機制和效果分析 (Failure modes, mechanisms, and effect

33 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 6-7 (2018).

34 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 7 (2018).

analysis, FMMEA) 目的是確定產品之關鍵故障機制和故障部位。量化每種潛在之故障模式，並根據發生情況、嚴重程度等進行排序。

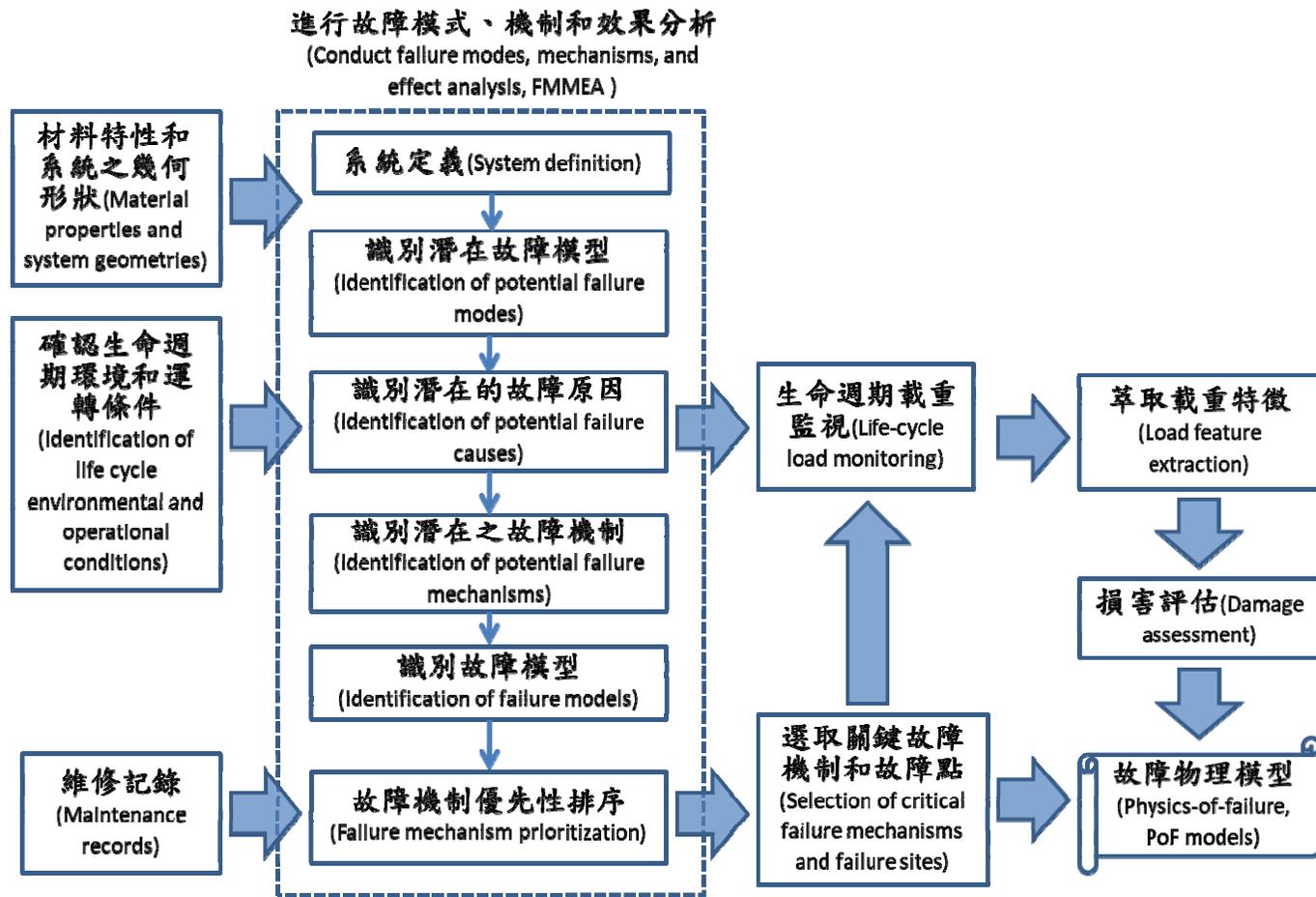


圖 2-4 破壞物理模型例子-基於破壞物理所發展之預測方法

(資料來源：本研究翻譯自 Kown, D., 2016)

### 參、技術之限制及應用注意事項

圖 2-4 中，生命週期載重監視(Life Consumption Monitoring, LCM)是為了將現場測量之實際載重曲線與破壞模型結合使用，評估暴露於累積載重所導致之性能衰退。這是因為機械等產品生命週期之熱、機械、電氣、化學等各種載重或載重（詳表 2-1）組合作用，可能會導致機械等產品的性能下降、物理退化、並縮短其使用壽命，機械等產品衰退之程度和速率取決於暴露於此類載重之程度和持續時間（使用率、頻率和嚴重性）<sup>35</sup>。

表 2-1 常見機械產品生命週期載重例

載重或載重	載重或載重條件
熱(Thermal)	穩定狀態(Steady-state temperature)溫度、溫度範圍、溫度循環 (temperature cycles)、溫度梯度、升溫速率、散熱
機械 (Mechanical)	壓力大小(Pressure magnitude)、壓力梯度(pressure gradient)、振動(shock load)、衝擊載荷、聲級(acoustic level)、應變(strain,)、應力(stress)
化學(Chemical)	腐蝕性與惰性環境(Aggressive versus inert environment)、濕度、化學性污染(contamination)、臭氧(ozone)、環境污染(pollution)、燃料外洩(fuel spills)
物理(Physical)	輻射(Radiation)、電磁干擾(electromagnetic interference)、高度 (altitude)
電氣(Electrical)	電流(Current)、電壓(voltage)、功率(power)、電阻(resistance)

(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

<sup>35</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things, at 8 (2018).

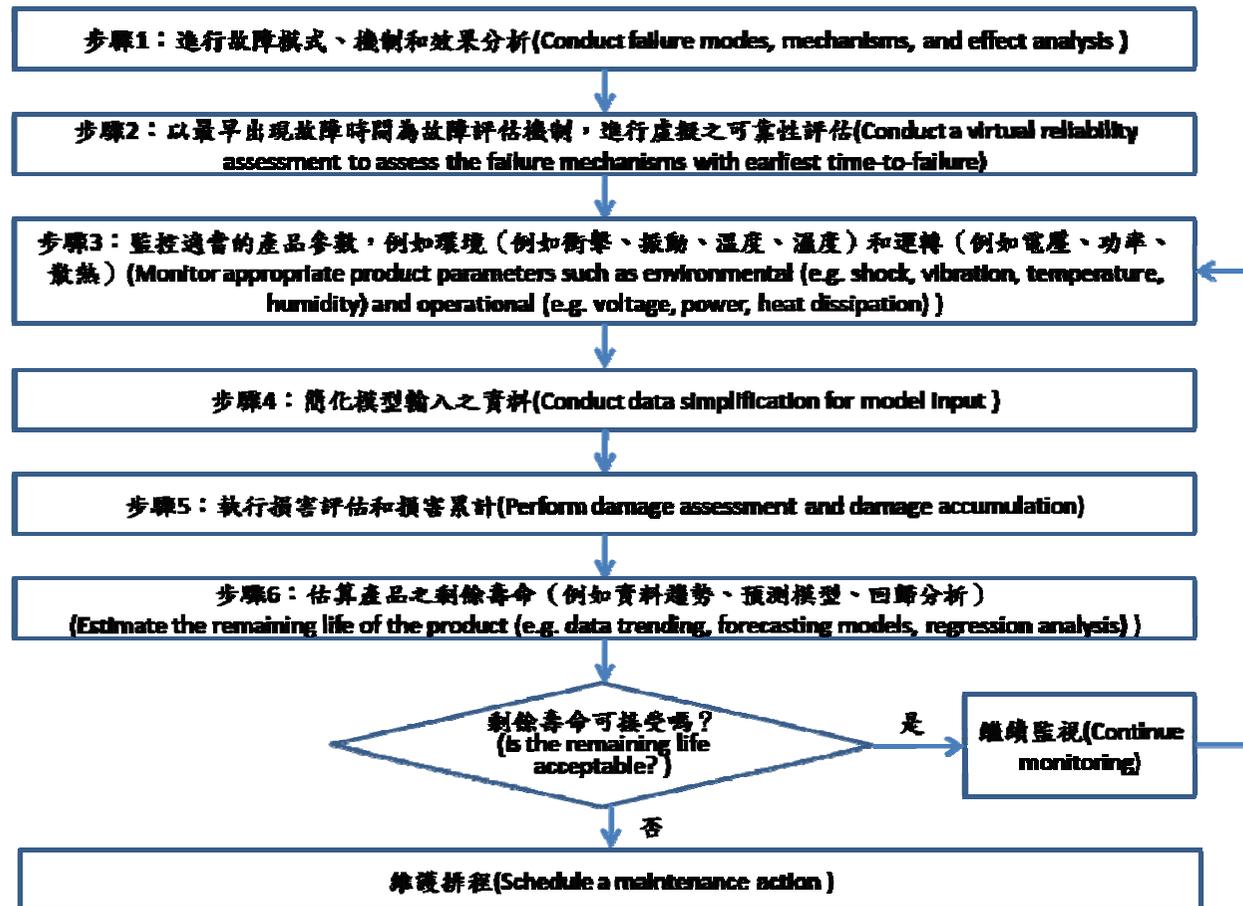


圖 2-5 機械等產品壽命消耗監控--馬里蘭大學高等生命週期工程中心法  
(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

圖 2-6 是為了長時間不間斷蒐集資料，並將機械等產品載重特徵萃取演算法嵌入到感測器模組的例子。使用感測器在現場監視時間載重信號並處理，以提取周期範圍（Range）、周期平均載重（Mean Load）、載重變化率（Ramp rate）和停留時間（Dwell time）等資料，輸入到疲勞損害累積模型以預測剩餘壽命<sup>36</sup>。

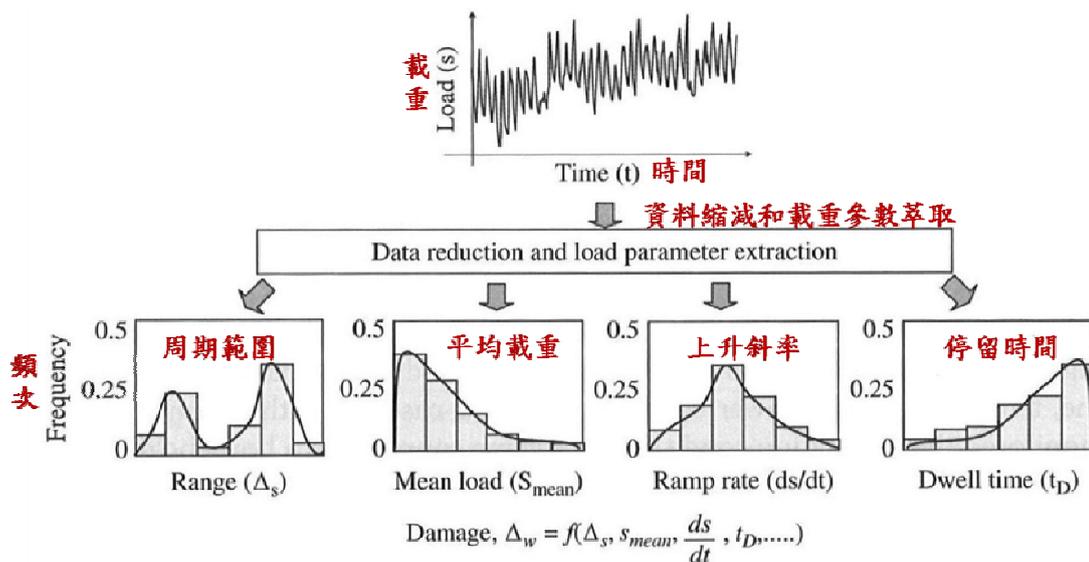


圖 2-6 機械等產品載重特徵萃取

(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

<sup>36</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 10 (2018).

值得注意的是，使用破壞物理模型來計算剩餘壽命，必須將不確定性納入考量，以評估其對剩餘壽命之影響。不確定性來源分為 4 種：測量、參數、破壞標準和未來使用條件不確定性（詳圖 2-7）<sup>37</sup>。

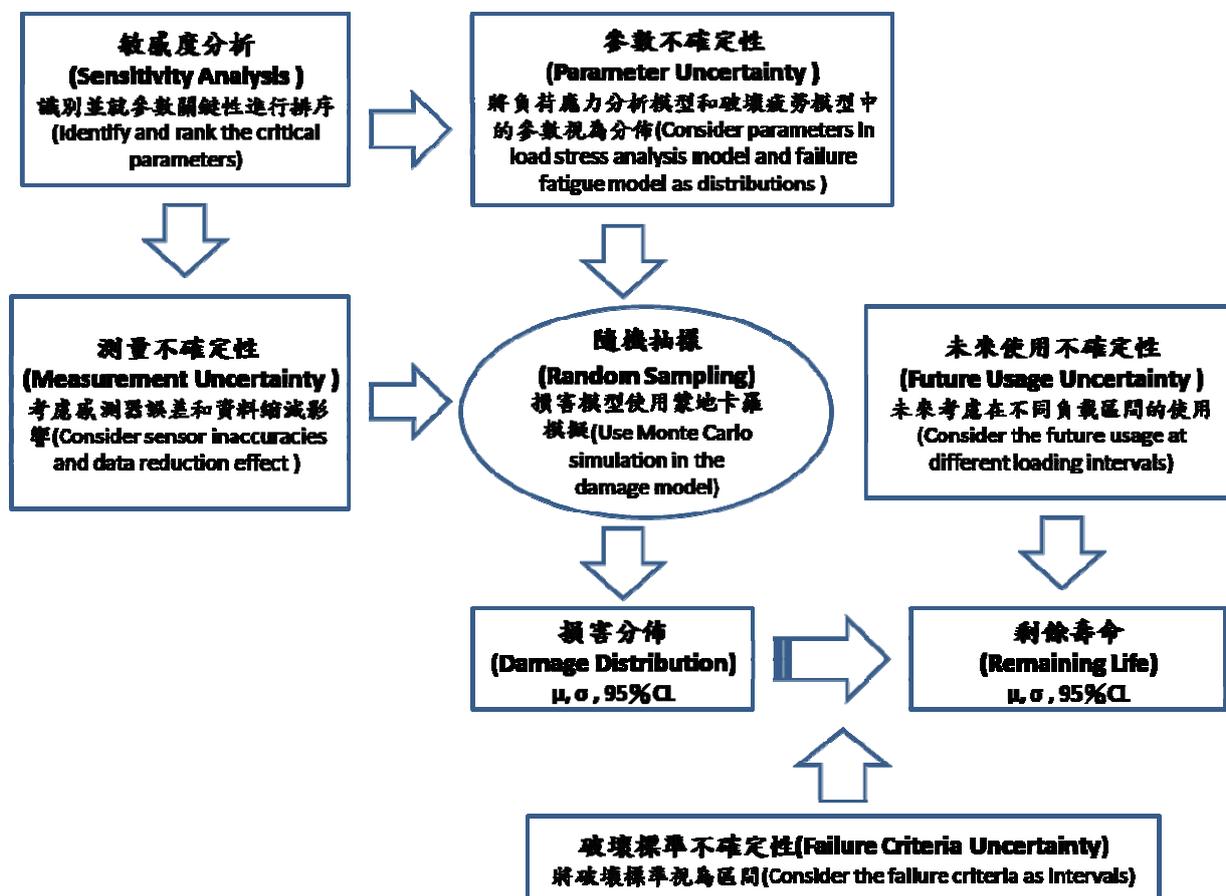


圖 2-7 破壞物理模型估算剩餘壽命具有預測不確定性  
(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

前述測量之不確定性主要是來自將機械等產品運轉及環境載重條件轉換為應力之準確度可能不足，此種方式應透過開發更準確之微機電系統（microelectromechanical system, MEMS）感測器等，以提供足夠精度之測量結果。

<sup>37</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things, at 13 (2018).

其次，是真實運轉及環境條件組合下監視資料之載重特徵參數提取過程(詳圖 2-6)的準確度，可能較實驗室更加不規則。此外，計算累積損害採用之模型本身可能也有不準確之處，因為累積損害是理論假設，真實損害並不總是累加的，它沒有考慮真實不同故障因素之間之相互作用，導致損壞模型可能過於簡化和過於樂觀；另某些衰退的信號隱藏或潛在存在於感測器中的雜訊中，在這種情況下，由於沒有明顯的衰退趨勢，沒有任何異常之預先信號，發生事件往往是突發性的和災難性的，在這種情況下，需要採用其他故障預測方法，以早期了解衰退趨勢；另有某些故障機制有所謂的「潛伏期」(incubation tim)，會有一段表現無故障之時期<sup>38</sup>。

值得注意的是，當故障機制及其相關模型建立得很好時(這需要數年甚至數十年的時間才能被研究團體接受)，破壞物理模型可視為壽命估計的直接工具。尚有一些新的故障機制未得到充分探討，還有一些其他的故障機制，其根本原因難以釐清，因為它可能具有原子級或微觀結構的起源難以識別。在這種情況下，我們別無選擇，只能使用經驗模型來適應資料趨勢，充其量只是結合部分物理學之模型。另外，在某些情況下，如果蒐集到之感測器資料量很少，則應該考慮使用結合其他資料處理方法，在蒐集到新的感測器資料時，更新模型參數值等複合式預測方法<sup>39</sup>。

---

<sup>38</sup> See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 78-79 (2018).

<sup>39</sup> See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 80-81(2018).

### 第3節 內建故障前兆偵測器法

#### 壹、原理及構成

前一節已介紹破壞物理模型係為因應機械等產品真實條件之壽命與實驗室或設計條件下之壽命大不相同之操作環境因素(例如溫度、濕度等)不確定性問題而發展之故障預測技術。本節接續介紹根據此一破壞物理模型技術，進一步所發展出之「內建故障前兆偵測器」(canaries)法。

內建故障前兆偵測器是一種產生性能功能衰退和即將發生故障資料之預警設備(詳圖 2-8)<sup>40</sup>。該方法係配備內建故障前兆偵測器於機械等產品中之積體電路(IC)或印刷電路板(PCB)等電子裝置中，應用機械或內部特定組(零)件運轉之實際環境、幾何形狀、材料屬性和故障機制等資料及破壞物理模型進行資料分析<sup>41</sup>，基於物理理論，將內建故障前兆偵測器測試結果外推到實際設備上<sup>42</sup>，以產生故障前兆預警或估算機械等產品之剩餘使用壽命。

---

<sup>40</sup> See , Dasgupta, A., Doraiswami, R., Azarian, M., Osterman, M., Mathew, S., and Pecht, M., The Use of "Canaries" for Adaptive Health Management of Electronic Systems, Semantic Scholar website, <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Use-of-%22Canaries%22-for-Adaptive-Health-of-Dasgupta-Doraiswami/a4432ca13259a963f47be5eb45157a0e3d90a6c3> (last visited Dec. 8, 2020).

<sup>41</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 14 (2018).

<sup>42</sup> See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 79 (2018).

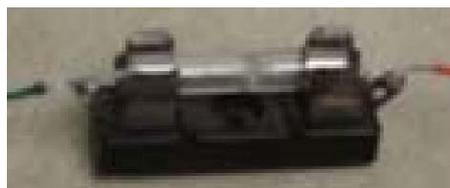


Figure 4. Canary fuse with cracked glass housing.

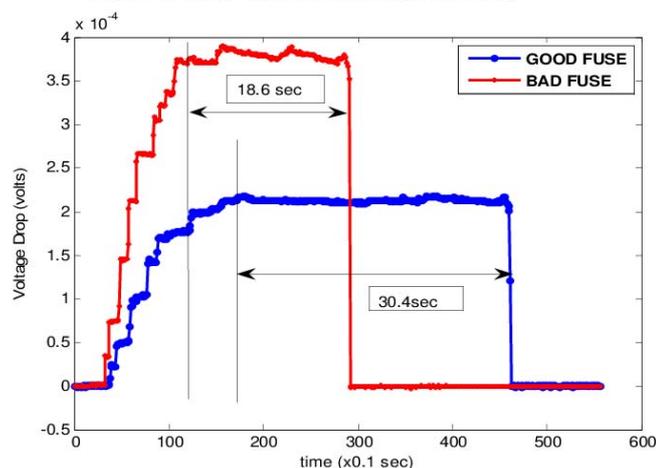


圖 2-8 內建故障前兆偵測器例子

(資料來源：Dasgupta, A. et al., 2010)

## 貳、優點

與前一節應用破壞物理模型不同的是，此種方法是透過在機械或內部特定組(零)件嵌入偵測器，偵測使用期所承受之預期載重和意外載重資料，在機械或內部特定組(零)件即將達到指定目標值，但尚未達到之稍早時間點，即提供故障預測<sup>43</sup>。

內建故障前兆偵測器大致上有 3 種類型，消耗型內建故障前兆偵測器(Expendable canaries)透過設計加速衰退，以產生故障前兆預警；觀測型內建故障前兆偵測器(Sensory canaries)透過觀察性能衰退表現，以產生故障前兆預警。共軛型內建故障前兆偵測器(Conjugate-stress canaries) 透過生命週期歷史應力測量記錄及故障模型來推估消耗壽命及剩餘壽命<sup>44</sup>。

43 See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 14 (2018).

44 See , Dasgupta, A., Doraiswami, R.,Azarian, M.,Osterman, M.,Mathew, S., and Pecht, M., The Use of "Canaries" for Adaptive Health Management of Electronic Systems, Semantic Scholar website,

此種技術之應用實例包括：保險絲和斷路器是電子產品中用於感測過多電流消耗，並斷開電力之典型例子。電路中之保險絲可防止零件遭受過度之電壓瞬變或過度之功耗、防止電力短路。其他例子如，恆溫器可用於感測臨界溫度限制條件，並關閉產品或關閉系統之一部分，直到溫度恢復正常為止。在某些產品中，可以結合使用自檢電路，以檢測異常情況，並進行調整以恢復正常狀態或啟動開關裝置以補償故障<sup>45</sup>。

此外，內建故障前兆偵測器亦可以破壞物理模型整合使用，以提高估算的準確性，並考慮不斷變化之載重條件等重要因素<sup>46</sup>。尤其是針對前一節所提及，某些衰退信號隱藏或潛在存在於感測器中的雜訊中，由於沒有明顯的衰退趨勢，沒有任何異常之預先信號因而難以破壞物理模型法進行故障預測，在這種情況下，採用具有更薄的電介質故障前兆偵測器測試結構(a canary test structure with thinner dielectrics)可早期了解衰退<sup>47</sup>。

### 參、技術之限制及應用注意事項

先前提及，內建故障前兆偵測器將測試結構的結果外推到實際設備上，暗示一旦內建故障前兆偵測器發生故障，實際設備就將接近壽命。然而，是否可適用基於物理理論的外推規則時，應先考慮內建故障前兆偵測器測試結構設計與真實設備的相似性。

---

<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Use-of-%22Canaries%22-for-Adaptive-Health-of-D-asgupta-Doraiswami/a4432ca13259a963f47be5eb45157a0e3d90a6c3> (last visited Dec. 8, 2020).

<sup>45</sup> See Ramakrishnan, A., Syrus, T., and Pecht, M., Electronic hardware reliability. In: Avionics Handbook, 2281-2315. Boca Raton, FL, USA: CRC Press (2000).

<sup>46</sup> See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things, at 77 (2018).

<sup>47</sup> See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things, 78-79 (2018).

有時，內建故障前兆偵測器測試結構可能會因其按比例縮小尺寸、不同的幾何形狀或材料而有出乎意料之破壞模式或機制。在這種情況下，不能直接用內建故障前兆偵測器蒐集到的資料外推實際設備的剩餘壽命<sup>48</sup>。

---

<sup>48</sup> See Cheng S., Raghavan N., Gu J., Mathew S. and Pecht M. G., Physics-of-Failure Approach to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 79 (2018).

## 第4節 機器學習資料驅動故障預測法

### 壹、原理及構成

機器學習(Machine Learning)使電腦無需明確程式即可學習，電腦可以從資料處理經驗中學習某些任務和度量某些性能。例如，電腦可以從學習故障例子（或稱觀察值或樣本）的訓練資料集(training dataset)中學會分辨故障，並就結果正確性作績效評估，此種性能評估稱為準確性(accuracy)。基於機器學習技術的故障診斷系統(diagnostic system based on ML technique)，會透過偵測訓練資料集中的故障模式(detecting failure patterns in the training dataset)，自動學會判斷機器等產品之故障特徵(Feature)<sup>49</sup> (詳圖 2-9)。

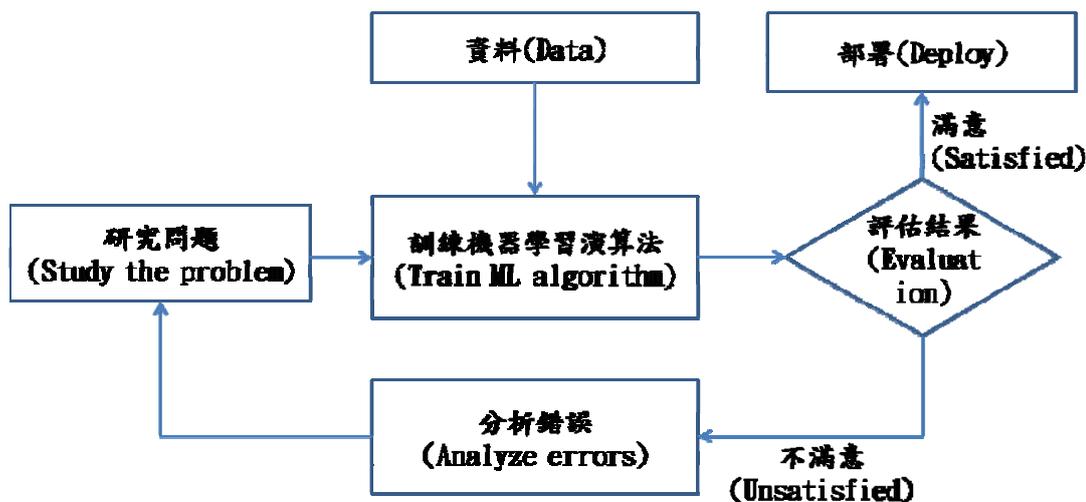


圖 2-9 基於機器學習技術的故障診斷系統

(資料來源：本研究翻譯自 Kang M and Jameson, N. J., 2018)

<sup>49</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Foundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 85-86 (2018).

機器學習演算法根據是否在人類的監督下進行學習訓練而分為監督、無監督、半監督和強化學習 (supervised, unsupervised, semi-supervised, and reinforcement learning) 等 4 大類。可以透過線上學習 (online learning) 或批次處理 (batch learning) 離線學習增加學習成效 (learn incrementally)，或只是以及它們是通過簡單地將新資料點與已知資料點進行比較，或是透過檢測訓練資料中的模式建立預測模型 (detect patterns in the training data and build a predictive model)<sup>50</sup>。

#### 1. 監督式機器學習故障預測及預測設備剩餘壽命：

在監督學習中，提供機器學習演算法的訓練資料應包括所需的解決方案，稱為標籤 (labels,)，分類是典型的監督學習任務。故障診斷系統是分類的一個很好的例子：它經過許多變量或特徵及其分類 (例如故障或健康) 的訓練，學習對新變量或特徵進行分類 (詳錯誤！找不到參照來源。 )。

---

<sup>50</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Foundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 85-86 (2018).

### 含標籤的觀測值用於訓練故障診斷模型

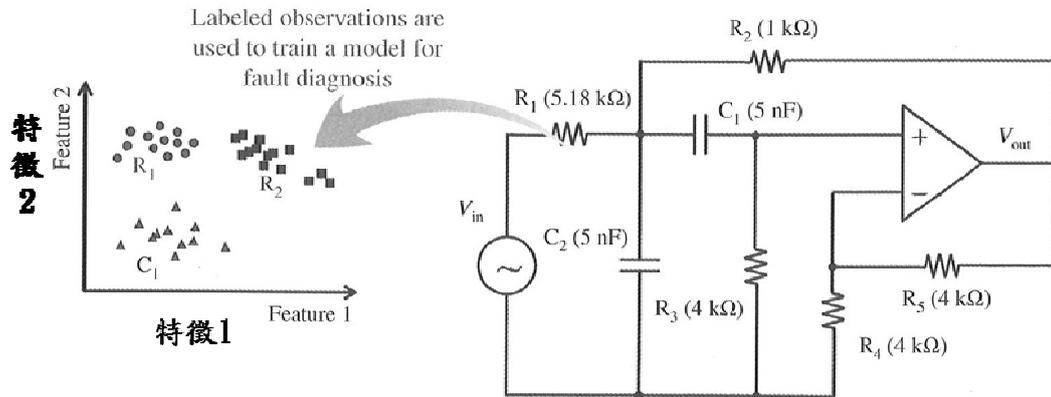


圖 2-10 以監督式機器學習訓練電腦判斷故障相似性  
(資料來源： Kang M and Jameson, N. J., 2018)

另一個典型的人工監督機器學習任務是預測目標數值，例如：以機器的剩餘使用壽命歷史資料訓練回歸 (regression) 模型，來預測機器等產品的剩餘使用壽命 (Remaining useful life, RUL) (詳圖 2-11)。訓練資料集必須包含帶有關聯標籤的預測變量。某些回歸法可以輸出與分類之機率對應值，例如：羅吉斯回歸 (logistic regression) 可預測一定百分比機會為正常<sup>51</sup>。

<sup>51</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Fundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 86 (2018).

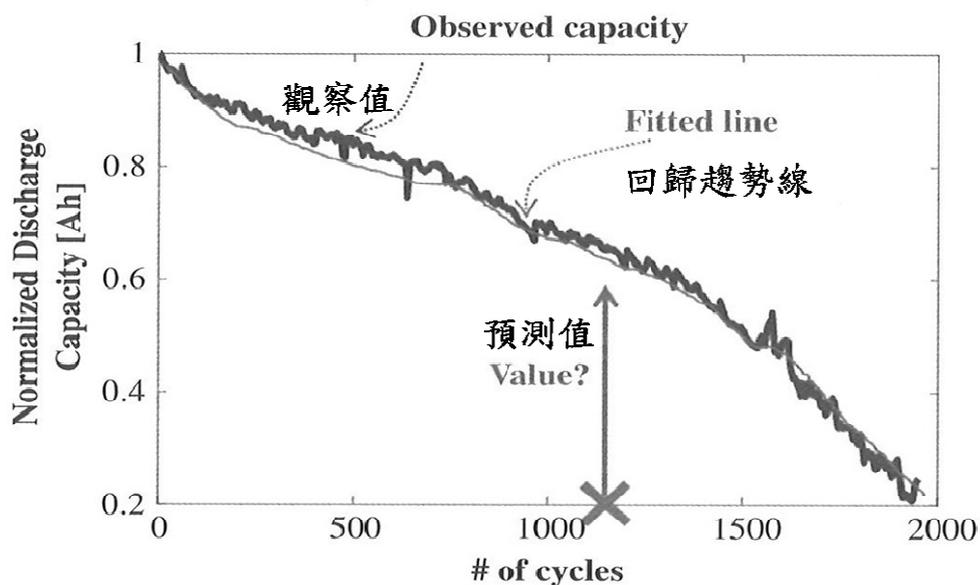


圖 2-11 以回歸分析法訓練電腦預測設備之剩餘壽命  
(資料來源：Kang M and Jameson, N. J., 2018)

## 2. 無監督式機器學習故障預測及預測設備剩餘壽命：

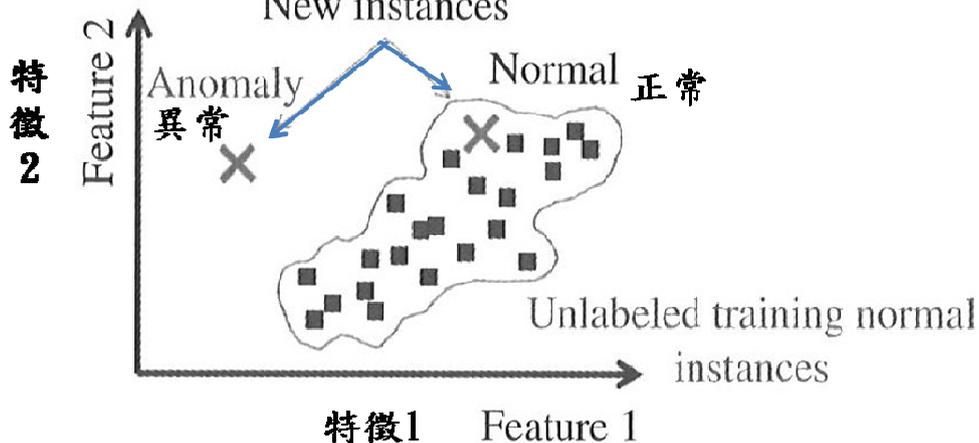
與有監督的學習不同，訓練資料集在無監督的學習中是未標記的(unlabeled)。在故障預測中使用無監督學習的主要任務是分群(clustering)和減少資料分析變量(即降維，dimensionality reduction)，分群已被廣泛用於異常檢測(anomaly detection)、異常值檢測(outlier detection)。假定資料集中的大多數例子都是正常的，

### 以無標籤訓練資料使電腦學習判斷正常特徵

Unlabeled instances are used to train a model for representing normal behavior

of a system

判斷新例子  
New instances



透過查找看起來最不適合的例子，對無標籤測試資料中的異常作檢測<sup>52</sup>(詳圖 2-12)。

圖 2-12 以無監督法訓練電腦學習正常無故障例子的模型

(資料來源：Kang M and Jameson, N. J., 2018)

### 3. 半監督式機器學習故障預測

半監督學習是一種監督學習任務和技術，利用大量無標籤和少量有標籤的資料進行訓練。系統中的異常檢測是半監督學習的例子。透過比較健康基線來檢測系統的異常，該健康基線必須事先知道（即標籤），基線資

<sup>52</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Fundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 86-88 (2018).

料集通常由代表系統健康運行狀態的所有可能變化的參數集合組成<sup>53</sup>。

#### 4. 強化學習式故障預測

透過電腦代理人，藉由觀察環境、選擇並執行動作、獲得獎勵回報或負面懲罰機制，訓練電腦代理人自己學習什麼是最好的策略，以便隨著時間的推移獲得最大的回報<sup>54</sup>。

#### 5. 機器學習資料驅動故障預測法之資料處理程序

綜上，機器學習資料驅動故障預測法是透過計算設備產品之內部變量（例如：溫度、振動等）、外部環境變量（例如：氣候資料），對設備等產品之可靠度作出預測。變量由感測器測量，內部變量僅在機器等產品運轉時才發生，而無論設備是否運轉，都存在外部環境變量<sup>55</sup>。

由於產生資料量具有大量、多變等特性，較不是一以人工處理，因而透過訓練電腦學習模型來分析設備運轉之效能資料。其處理程序包括：故障預測之功能需求分析、設備及環境資料蒐集、正常特徵探討、設備健康狀態評估、診斷及預測等(詳圖 2-13)。

---

<sup>53</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Fundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 88 (2018).

<sup>54</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Fundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 88 (2018).

<sup>55</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 16 (2018).

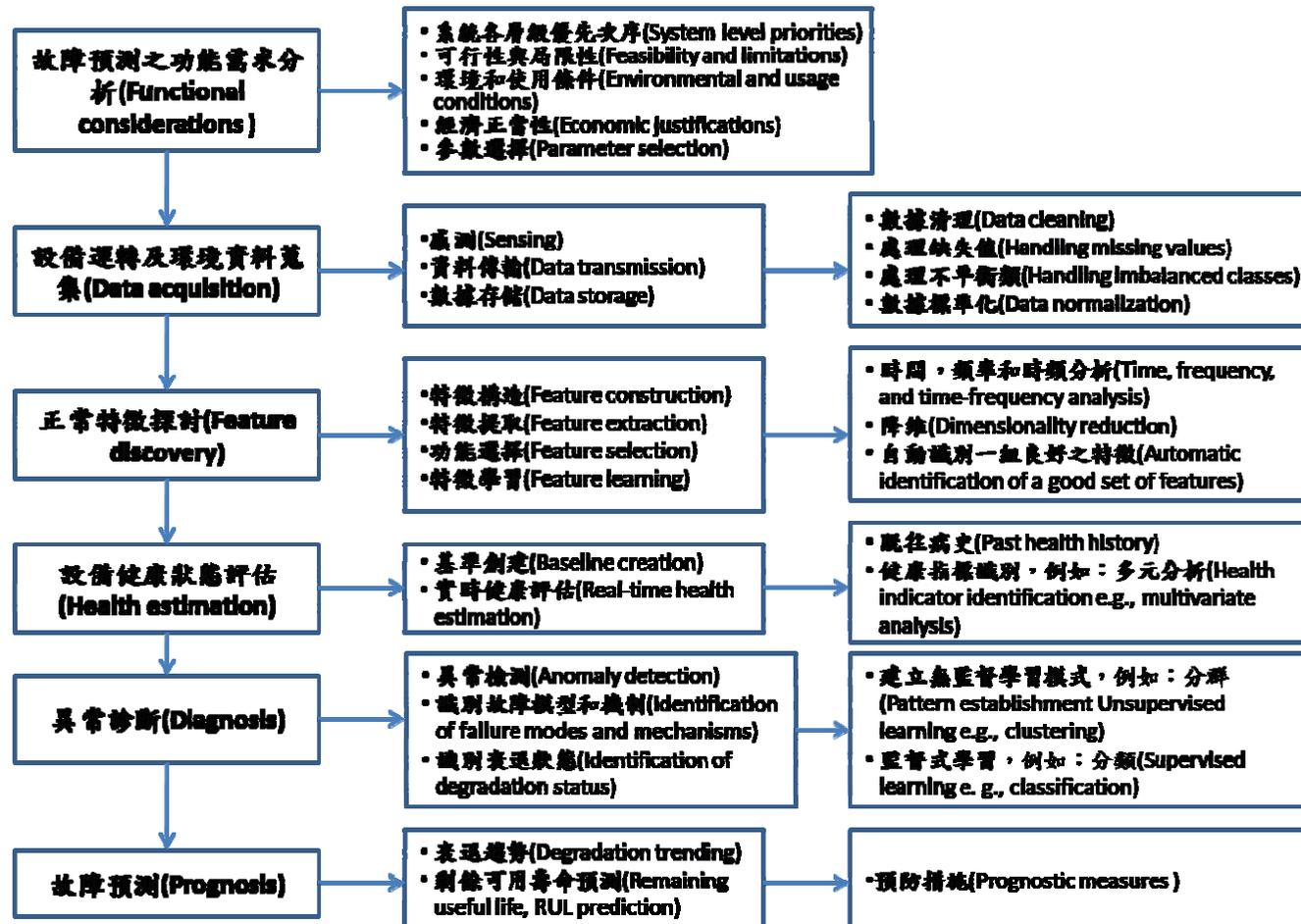


圖 2-13 機器學習資料驅動故障預測法之資料處理程序

(資料來源：本研究翻譯自 Pecht M. G. and Kang M, 2018)

## 貳、優點

與破壞物理模型故障預測法相比，機器學習資料驅動故障預測法，可以使用資料驅動方法來訓練蒐集到的設備資料模型，並且可以透過檢測資料特徵的變化來分析間歇性故障，資料驅動方法的優勢在於它們將複雜的大量高維度資料轉換為低維度資料，有助人員作成診斷和故障預測之決策<sup>56</sup>。

## 參、技術之限制及應用注意事項

### 1. 新設備等產品缺乏歷史資料可訓練機器學習模型

依賴於歷史資料分析故障模式是資料驅動方法的侷限性之一。尤其新產品尚無廣泛之真實故障歷史記錄，容易導致依賴模擬資料或實驗室資料，而不是真實訓練資料集的問題<sup>57</sup>。

### 2. 學習資料之更新

本節一開始已說明，機器學習演算法可以透過線上學習或批次處理學習(online versus batch learning)增加學習成效。然而，更新維護大量資料，使機器學習系統每天自動進行從頭訓練需要大量費用，較好的選擇是使用能夠逐步學習的演算法。在批次處理學習中，機器學習算法缺乏增加學習更多知識的機會，為了學習新的資料（例如：設備更新後的健康狀況），有必要從頭開始對整個資料集（不僅是新資料，並包含舊資料）訓練演算法。線上學習（也稱為增量學習）的主要目標是通過依次或獨立地或以稱為小批處理的小組形式依次向其提供資料實例來逐步訓練機器學習演算法，即

---

<sup>56</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 23 (2018).

<sup>57</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 23 (2018).

時了解新資料，對於以連續方式接收資料，可快速適應變化。一旦系統學會了新的資料實例，就不再需要它們可以將其丟棄，此種方式已被廣泛用於異常檢測、診斷和故障預測<sup>58</sup>。

感測器和網絡普及導致連續產成高容量(high-volume)、高速度(high-velocity)和高多樣性(high-variet)的巨量資料。在線學習算法對於無法以內部儲存處理的巨量資料是有效的因應方法。在線學習算法可以只下載部分資料，對該資料進行訓練，然後重複該過程，直到對所有資料都進行了處理。然而，儘管在線學習具有優勢，但是如果將不良資料回饋到在線學習演算法，會造成故障預測模型的性能將逐漸下降<sup>59</sup>。

### 3. 機器學習預測機率之不確定性及最大似然法則

應注意的是，機器學習演算法的設計通常取決於資料樣本的機率假設。對於任何 1 個隨機設備故障現象，我們可以用隨機變數  $X$  描述，假設樣本  $x$  的機率分布以  $p(x)$  表示。經由觀察資料  $x_1, x_2, \dots, x_n$  的統計，得到其分布為  $p'(x)$ ，就可以利用機率分布  $p'$  反推出  $p$ ，也就是假設這些觀察樣本具有代表性，符合真實設備故障之機率分佈。

但是真實的機率  $p$  有無限多種可能，基本上任何機率分布都可能產生  $p'$ ，用最大似然法則所獲得的機率模型  $p'$  未必是真實的機率模型，而只是根據觀察資料  $x_1, x_2, \dots, x_n$  樣本所推導出來的機率模型而已，此為機器學習預測機率之不確定性。

---

<sup>58</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Foundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 88-89 (2018).

<sup>59</sup> See Kang M and Jameson, N. J., Machine Learning :Foundations. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 88-89 (2018).

#### 4. 相關和因果關係(Correlation and Causation)

相關並不意味著因果關係是統計學基礎研究中最著名的原則之一，相關性用於描述兩個或多個變量之間關係的大小和方向，而因果關係表明兩個事件之間存在因果關係，即一個事件是由另一個事件的發生導致的。因此，大多數統計學家建議進行隨機實驗，以評估變量之間的關係是因果關係還是僅僅是由於偶然相關性。

#### 5. 預測準確度

為了評估以測試資料集(testing data set)訓練分類模型（或稱分類器）之性能，通常以混淆矩陣(confusion matrix)(詳表 2-2)表達預測與真實可能發生之 4 種組合結果。TP 是正確地將陽性類別的測試資料識別為陽性，TN 是正確地將陰性類別的測試資料識別正確地識別為陰性；FP 是屬於陰性類別的測試資料被錯誤地識別為陽性類別類，FN 表示屬於陽性類別的測試資料被錯誤地識別為陰性類別。

表 2-2 評估機器學習預測模型準確度之混淆矩陣

		預測值(Predicted)	
		陽性(positive)	陰性(negative)
真實(Actual)	陽性(positive)	真實陽性(true positive,TP) 資料筆數	假陰性(false negative,FN) 資料筆數
	陰性(negative)	假陽性(false positive,FP) 資料筆數	真實陰性(true negative,TN) 資料筆數

(資料來源：本研究翻譯自 Kang M and Jameson, N. J, 2018)

預測準確度是評估表 2-2 中預測正確資料筆數占全部資料筆數之比例，其定義如式 2-1 所示：

預測準確度accuracy(%)

$$= \frac{(\text{真實陽性TP} + \text{真實陰性TN})\text{資料筆數}}{(\text{真實陽性TP} + \text{真實陰性TN} + \text{假陽性FP} + \text{假陰性FN})\text{資料筆數}}$$

式 2-1

## 第5節 複合法

基於前述故障預測技術方法均有其優點及限制，為提升故障預測之成效，因而發展出融合前述多種方法並就預測結果相互檢核之複合法。

例如：將物理故障預測模型之方法和基於資料驅動之方法優點相結合，可以提供更好的剩餘壽命預測能力(詳圖 2-14)，這種方法減少了對於歷史資料集之依賴，並兼顧藉由資料驅動發現故障模式之需要。在複合法中，首先是確定要監視之設備資料變量，該變量包括外部環境協變量和外部環境載重，以及基於感測器資料之設備內部協變量。其次，是確定這些變量之特徵。最後，使用測量與設備健康狀態之特徵偏差值來檢測異常行為<sup>60</sup>。

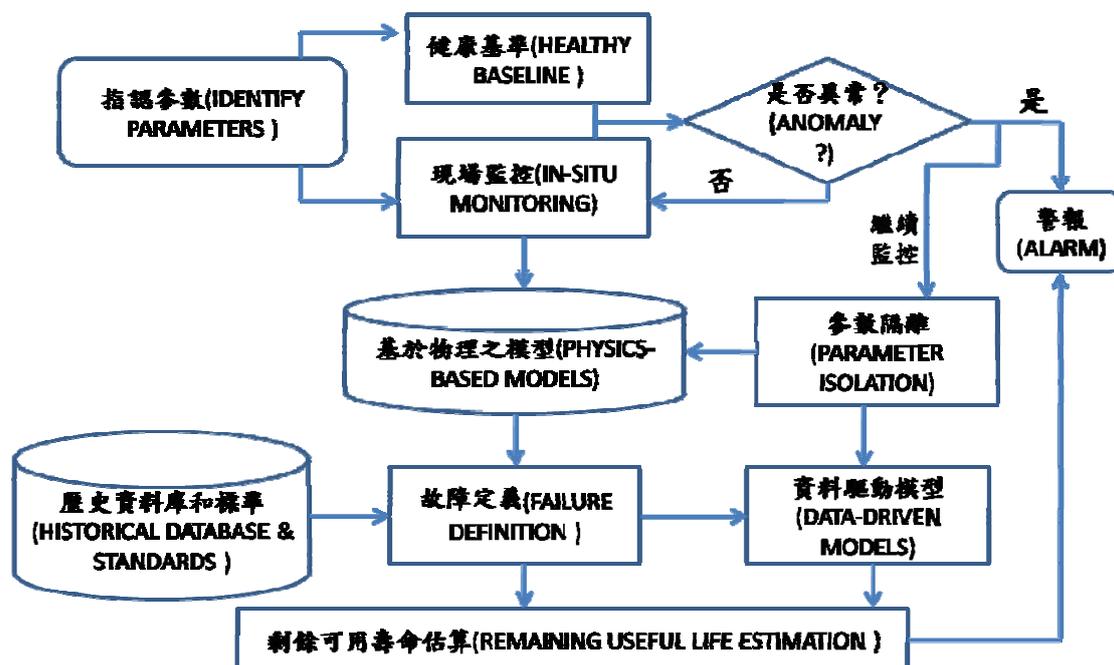


圖 2-14 故障預測之複合法例子

(資料來源：本研究翻譯自 Kown, D., 2016)

<sup>60</sup>See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 23 (2018).

## 第6節 故障預測技術之感測器系統選擇注意事項

資料感測是故障預測技術的第一步，也是關鍵的一步。「垃圾進，垃圾出」是指當輸入資料品質差時，輸出品質亦低，如果資料蒐集不當，則故障預測的最終結果將不可靠，而與其餘步驟無關。隨著物聯網技術發展，更多感測器已嵌入產品之電子系統中，以便在產品生命週期所有階段獲得，包括：溫度、振動、壓力、應變、應力、電壓、電流、濕度、使用頻率、使用強度、使用時間、功率和散熱量等資料<sup>61</sup>。

### 壹、感測器基本原理：

感測器功能是指定物品進行測量提供輸出信號，常利用物理或化學效應或能量形式轉換，而將物理、化學或生物現象轉化為電子信號，是物質世界與電子電路之接口。依據感測原理角度，感測器分為3大類：物理、化學及生物。檢測被測量物所涉及之物理原理或作用包括熱、電、機械、化學、生物、光學（輻射）和磁性<sup>62</sup>。

### 貳、故障預測技術之感測器系統

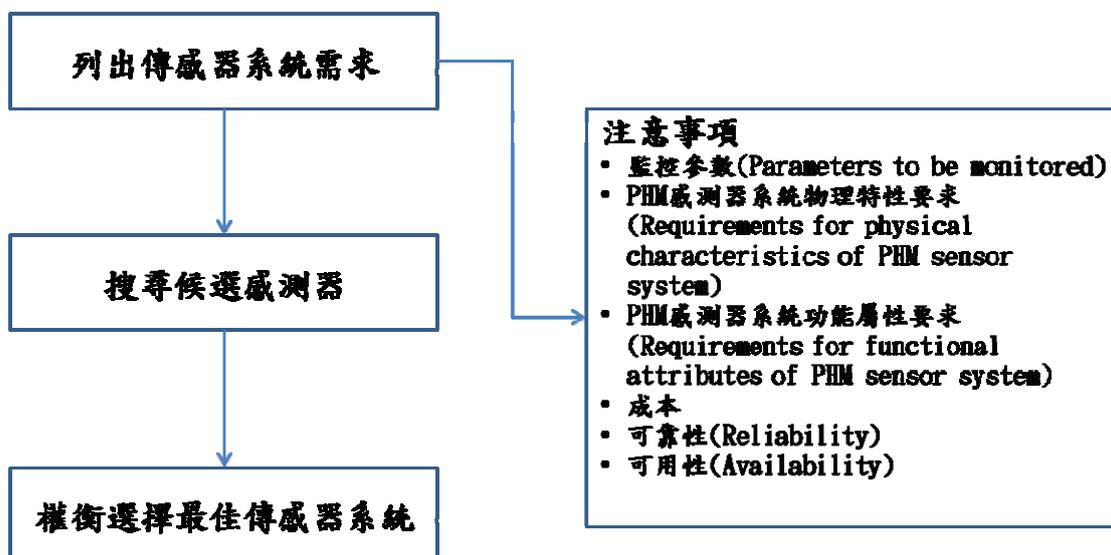
故障預測技術之感測器系統通常具有內部或外部感測器，內部或外部電源，帶有模數（AID）轉換器的微處理器、儲存器和資料傳輸。應當注意，並非所有這些元素都是必需的。選擇感測器系統的一般步驟。第一步是確定感測器系統的應用和要求。然後，

---

<sup>61</sup> see Oh Hyunseok, Azarian H. Michael, Cheng Shunfeng, and Pecht M. G., Sensor Systems for PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 39 (2018).

<sup>62</sup> see Oh Hyunseok, Azarian H. Michael, Cheng Shunfeng, and Pecht M. G., Sensor Systems for PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 39-40 (2018).

識別並評估感測器系統候選對象。故障預測技術之感測器系統的要求取決於特定的應用，但是有一些共同的注意事項。這些包括要測量的參數、感測器系統的性能需求、感測器系統的電力和物理屬性、可靠性、成本和可用性。用戶需要優先考慮這些事項。



為特定應用選擇最佳感測器系統可能需要權衡(詳圖 2-15)<sup>63</sup>。

圖 2-15 感測器系統選擇程序

(來源：本研究翻譯自 Oh Hyunseok, Azarian H. Michael, Cheng Shunfeng, and Pecht M. G., Sensor Systems for PHM., 2018)

關於感測器系統性能之考慮因素包括<sup>64</sup>：

1. 準確性(Accuracy)：測量值與真實值間的接近程度。
2. 靈敏度(Sensitivity)：輸出相對於輸入的變化，即校準曲線斜率(slope of the calibration curve)的變化。

<sup>63</sup> see Oh Hyunseok, Azarian H. Michael, Cheng Shunfeng, and Pecht M. G., Sensor Systems for PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 46-47(2018).

<sup>64</sup> see Oh Hyunseok, Azarian H. Michael, Cheng Shunfeng, and Pecht M. G., Sensor Systems for PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at48(2018).

3. 精度(Precision)：可以可靠地測量被測量對象的有效位數。
4. 解析度(Resolution)：在輸出上產生可檢測到的變化所需的最小輸入變化。
5. 測量範圍(Measurement range)：可以測量的被測量對象的最大值和最小值。
6. 重複性(Repeatability)：在相同的測量條件下執行的相同測量的連續測量結果之間的一致性的接近度。
7. 線性度(Linearity)：校準曲線與對應於理論行為的直線的接近度。
8. 不確定(Uncertainty)：包含測量值真實值的值範圍。
9. 反應時間(Response time)：感測器對指定輸入作出反應所花費的時間。
10. 穩定時間(Stabilization time)：感測器在接收到穩定輸入後，達到穩態輸出資料所花費的時間。

### 參、感測器系統的新興技術趨勢：

早期的故障預測感測器系統，通常在印刷電路板上包含多個體積龐大的元件，例如：感測元件(sensing elements)、微處理器(microprocessors)、記憶體(memory)等。隨著電子系統尺寸變小，元件需要具有更小的外形尺寸。採用無線連接需要考慮更換電池之作業空間。為了解決故障預測的感測器系統中的上述問題，感測器技術朝著極端小型化、超低功率、管理和能源回收(energy harvesting)的方向發展。無線感測器網絡(Wireless sensor networks, WSN)引起關注，因為它可透過拆除實體線路來大大

降低安裝成本。但感測器節點進行的通信會消耗可用功率的很大一部分<sup>65</sup>。

---

<sup>65</sup> see Oh Hyunseok, Azarian H. Michael, Cheng Shunfeng, and Pecht M. G., Sensor Systems for PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , 59-60(2018).

## 第7節 結合物聯網之故障預測技術應用

物聯網可促進故障預測蒐集新資料，這些資料需要進行傳輸。由於物聯網之智能互聯元素需要適當的技術基礎架構，此基礎架構為技術堆棧(詳圖 2-16)。技術堆疊可促進系統與使用者間之資料交換，整合來自內部和外部源之資料，充當資料儲存和分析之平台，運行應用程式，並保護對系統之訪問以及從這些系統流入和流出之資料。與系統相關的元素分為軟體和硬體 2 部分，目前常見之方式是系統內建嵌入式感測器、RFID 標籤和處理器。圖 2-17 中央方框中所示之網絡連接性是物聯網之關鍵特徵。蒐集和傳輸的資料必須以有效率之方式儲存，越來越多以雲計算來完成。在技術堆棧之任一側，都有標識堆棧中各級別之身份驗證和安全性之重要性，以及與其他系統和資訊源之潛在關係，並將基於物聯網之故障預測技術融入預測性保固服務<sup>66</sup>。

---

<sup>66</sup> See Pecht M. G. and Kang M., Introduction to PHM. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 26 (2018).

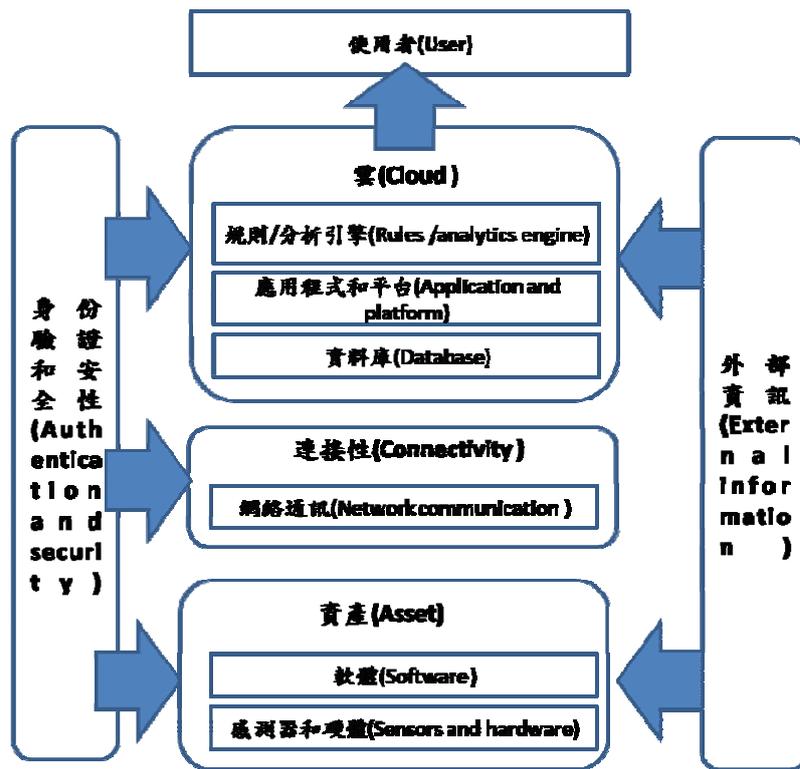


圖 2-16 用於支持物聯網之相關技術堆疊  
(資料來源：本研究翻譯自 Kown, D., 2016)

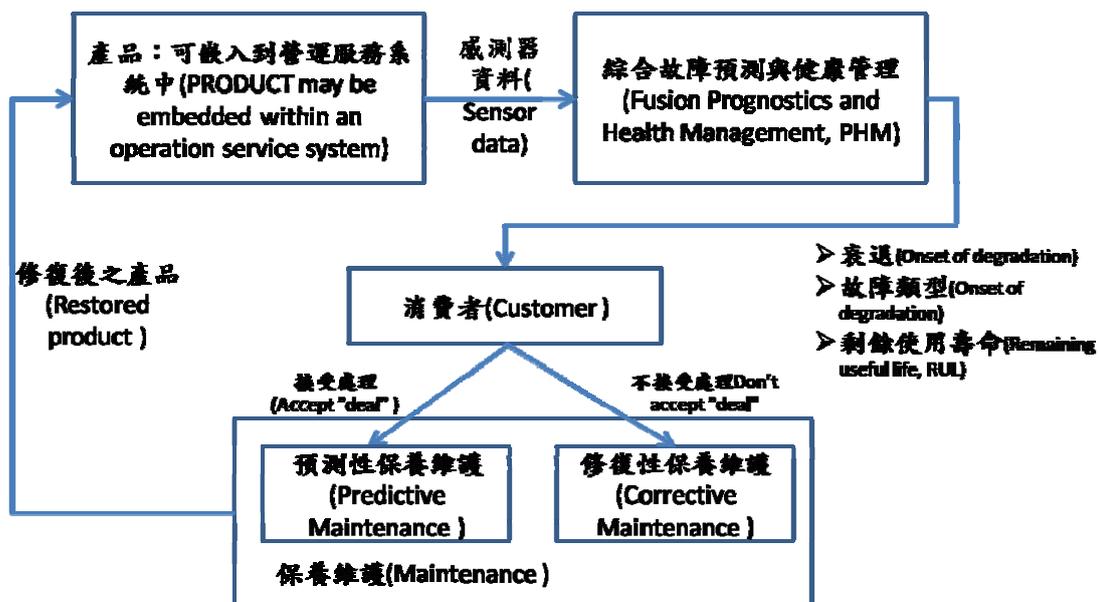


圖 2-17 將基於物聯網之故障預測技術融入預測性保固服務  
(資料來源：本研究翻譯自 Kown, D., 2016)

## 第8節 應用故障預測技術進行預測性維護與傳統預防性維護之區別

「預測性維護」(Preventive Maintenance) 是一種非侵入性活動，其目的是評估資產的狀況或健康狀況，目的是為利害關係人提供設備資產的資訊，試圖通過找到最佳時間或使用狀態，來作成更換或保持不變之維修決策，從而在成本和風險之間取得平衡。預測性維護與傳統「預防性維護」(Predictive Maintenance)之主要區別在於，預防性維護使用資產類別的平均壽命統計信息來確定維護週期，而預測性維護則使用資產的實際狀況來評估最佳維護時間<sup>67</sup>。

P-F 曲線是呈現設備等資產使用壽命達報廢年限的方法。P-F 曲線的目的是識別潛在故障 (P)，指出在檢測故障發生的最早時點，以及實際故障 (F) 發生前的狀態。這 2 者狀態間的持續時間為 P-F 間隔。提高維護效率的關鍵是最佳化 P-F 間隔。應用機器學習資料驅動故障預測法進行預測性維護，有助於將 P-F 曲線中的識別潛在故障 (P) 向前移動(詳圖 2-18)<sup>68</sup>。

---

<sup>67</sup> see Shetty, R. B., Predictive Maintenance in the IoT Era. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 592(2018).

<sup>68</sup> see Shetty, R. B., Predictive Maintenance in the IoT Era. In Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things , at 592(2018).

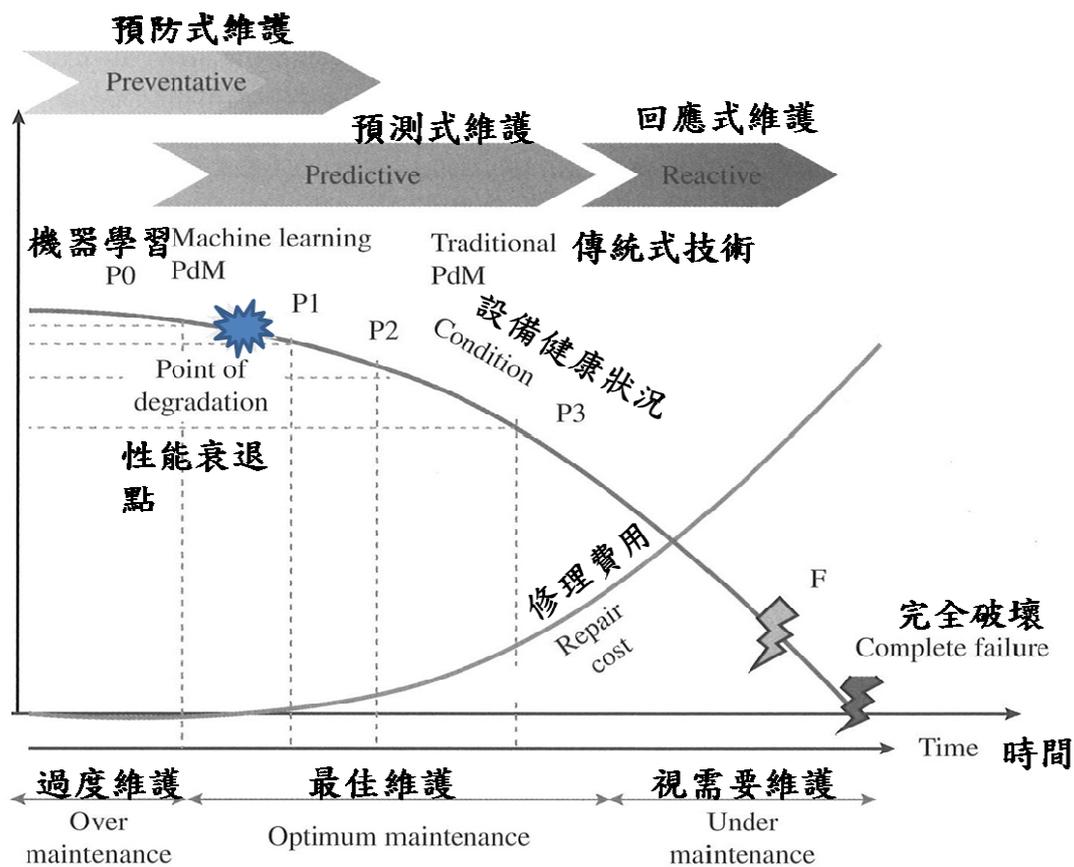


圖 2-18 潛在故障 P-實際故障 F 維護間隔曲線  
 (資料來源：本研究翻譯自 Shetty, R. B., 2018)

表 2-3 應用故障預測技術進行預測性維護與傳統預防性維護之區別

特色(Feature)		傳統預防性維護 (preventive)	預測性維護 (predictive)
優點 (Pros)	投資成本低(Low capital cost)	●	
	彈性之維護週期(Flexible maintenance periodicity)	●	
	延長生命週期(Increased life-cycles)	●	●
	優化維護作為和成本 (Optimized maintenance activities and cost)		●
	減少設備停機時間 (Decreased downtime)		●
	組(零)件和人工成本降低 (Decreased parts and labor costs)		●
	優化備用組(零)件庫存 (Optimized spare parts)		●
缺點 (Cons)	侵入式檢查造成損害(Invasive, causing incidental damage)	●	
	增加診斷設備投資 (Increased investment in diagnostic equipment)		●
	勞力密集型 (Labor-intensive)	●	

(資料來源：本研究翻譯自 Shetty, R. B., 2018)

## 第9節 國內外建築物昇降設備故障預測技術應用調查

### 壹、美國建築物昇降設備故障預測技術應用調查

美國機械工程師學會自1937年公布第1版「A17.2 昇降機自動樓梯和自動人行道檢查指引」(Guide for Inspection of Elevators, Escalators, and Moving Walks)至今歷經7次改版並整併不同種類但檢查方式相類似之設備標準，為目前國際上最完整之昇降設備安全保養檢查技術文件，詳盡說明昇降設備之保養檢查項目、目的及重點。

該指引適用於昇降機(Elevators)、自動樓梯(Escalators)及自動人行道(Moving Walks)等設備之保養檢查項目及測試程序。旨在協助符合資格之檢查員進行例行保養檢查、驗收檢查和測試(This Guide is intended to assist qualified inspectors performing routine inspections and witnessing periodic and acceptance inspections and tests.)<sup>69</sup>。並說明「公認的是，檢查人員在每次保養檢查期間將無法完成指引中指定的所有檢查程序，檢查重點是由符合資格之檢查人員依知識和經驗判斷潛在缺陷(It is recognized that inspectors will not be able to accomplish all the inspection procedures specified in this Guide, during each inspection. Qualified inspectors have the knowledge and experience to recognize potential deficiencies and to focus the inspection in those areas.)」<sup>70</sup>。

美國建築物昇降設備管理非聯邦政府職掌，而係由各州制訂行政法規，並採納美國機械工程師學會等國際權威機構訂定公布

---

69 see American Society of Mechanical Engineers, ASME A17.2 Guide for Inspection of Elevators, Escalators, and Moving Walks(2014) at 1.

70 Id.

之昇降設備技術標準方式進行管理，本節以紐約市為例，簡介該國政府昇降設備管理制度及說明相關新技術之發展應用情形。

紐約市政府建築處(New York City Department of Buildings, NYC DOB)設有建築物昇降設備管理單位(Elevator Unit)，職掌以下事務<sup>71</sup>：

1. 透過該昇降設備管理單位執行檢查及測試，以支持全紐約市昇降機自動樓梯、機械遊樂設施及其他相關設備操作安全性、服務可靠及合法使用。
2. 該昇降設備管理單位透過與各種外部組織合作推廣計畫，促進遵守規定及提高安全意識。並允許在小型試驗計畫(pilot programs)下支持開發新技術。

「紐約市建築法規」(Building Codes)第 30 章昇降設備及輸送系統(Elevators and Conveying Systems)訂有昇降設備監督管理規定。並定期透過由紐約市建築處、紐約市房屋管理局(New York City Housing Authority, NYCHA)、紐約市消防局(New York City Fire Department, FDNY)及昇降設備產業等利害關係人、相關組織協會及政府代表組成之委員會制定或修訂昇降設備相關規定。設置昇降設備應先向紐約市建築處(NYC DOB)申請，經過檢驗及測試達一定品質後始能使用，並對設備維護工作訂有要求<sup>72</sup>。並規定昇降設備安全檢查應符合美國機械工程師學會之「A17.2 昇降機自動樓梯和自動人行道檢查指引」。檢查種類包括：新安裝昇降設備允許使用驗收測試、更新昇降設備或裝置(modernized elevators/devices)、紐約市 311 呼叫中心收到人員投訴後之檢查、2 小時事故及緊急應變、傷害及死亡案件深入檢查測試、定期檢

---

71 Id.

72 Id.

查、違規複查、品質保證檢查、殘疾人、高齡者、高層和單一升降設備快速檢查等<sup>73</sup>。

紐約市建築處之建築物升降設備管理方式如下：

- (一) **定期檢查(Periodic inspections)**：由紐約市建築處及其委託檢查機構(contracting inspection agency)。
- (二) **3 類升降設備性能測試**：由建築物所有權人委託紐約市建築處核准機構(approved agencies licensed by the NYC Department of Buildings)辦理檢查。
  1. **1 年性能測試 (Cat-1)**：在之間進行每年 1 月 1 日至 12 月 31 日之間進行（空載安全測試）。檢驗/試驗期間發現的缺陷應在 120 天內改正，並在改正之日起 60 天內向部門提交改正報告。
  2. **3 年性能測試 (Cat-3)**：自安裝之日起每 3 年對水壓電梯進行 1 次測試。
  3. **5 年性能測試 (Cat-5)**：自安裝之日起每 5 年進行 1 次（以額定載荷和速度進行）。

經盤點紐約市建築法規發現，尚無引進故障預測技術之關建築法規規定。

1853 年在紐約成立的奧的斯公司(Otis Elevator Company)，目前在全世界有 200 萬部升降設備，每天約 20 億人次搭乘。該公司與美國 AT&T 電信等公司合作，開發遠端升降設備監控系統(Remote Elevator Monitoring System, REM)，選擇 30 萬部升降設備裝設大量感測器，隨時將運作資料透過網路傳送到歐洲、北美、東亞 3 個雲端平台，各地監控中心可以隨時監看升降設備運作狀況。並進一步透過大

---

73 see Vyas H., New York City Lift & Escalator Regulatory Landscape, New York City Department of Buildings(2016), [https://www1.nyc.gov/assets/buildings/pdf/singapore\\_presentation.pdf](https://www1.nyc.gov/assets/buildings/pdf/singapore_presentation.pdf) (last visited Aug. 8, 2019).

資料分析，篩檢資料異常昇降設備，派遣當地專業技術人員到現場檢查，可大幅降低因昇降設備發生故障，導致乘客被關在昇降設備裡的機率，被認為是符合工業 4.0 浪潮，全球昇降設備服務業的商業模式、維修現場和客戶關係創新<sup>74</sup>。

除了即時遠端監控，該公司並開發智慧手機應用程式。專業技術人員到了維修現場，可藉由手機應用程式，查閱昇降設備資料、加快速評估診斷，瞭解該檢修項目，改進過去需要帶著工具及儀器到現場的不便<sup>75, 76</sup>。

由於維修技師雖可以藉由遠端昇降設備監控系統 (Remote Elevator Monitoring System, REM) 獲得資訊，但因不是即時資訊系統 (not a real-time system)。為了最大限度地減少昇降設備停用對建築物營運之干擾，並回應客戶對於透明的資訊共享 (transparency)、主動通信 (proactive communication) 及預測性維護 (Predictive Maintenance) 之要求，該公司繼續發展新的 Otis ONE 物聯網平台，其 30 多年的遠端監控經驗與雲端、機器學習及物聯網技術結合，提供設備狀態資訊及預測性維護，車廂及公司服務之間提供創新的雙向影像資訊連接，確保乘客在需要幫助時不會孤身一人<sup>77</sup>。為開發提供昇降設備運轉即時資料及加強透明度的服務，昇降設備安裝了加速感測器 (Accelerometers Sensors)，連接到合作夥伴微軟公司的公用雲端服務平

---

74 同前註，頁 91-92。

75 同前註，頁 92。

76 see Otis Elevator Company Rolls Out IoT System, Smart Cities Connect, Produced by TechConnect <https://smartcitiesconnect.org/otis-elevator-company-rolls-out-iot-system/> (last visited Aug. 8, 2019).

77 see Otis Launches "Otis ONE" IoT Service Solution for the World's Largest Elevator Service Network, Otis Elevator Company website, [https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/otis\\_launches\\_otis\\_one\\_iot\\_service\\_solution\\_worlds\\_largest\\_elevator\\_service\\_network.aspx](https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/otis_launches_otis_one_iot_service_solution_worlds_largest_elevator_service_network.aspx) (last visited Aug. 8, 2019).

台(Azure Cloud)，專業技術人員及管理人可以透過儀表板應用程式獲得運轉資料<sup>78</sup>。

此外，傳統的繩索檢查需要中斷昇降機運轉，由專業技術人員以繩索測試儀(rope testers)測量繩索直徑及目視是否有斷線。日本奧的斯公司應用電腦視覺技術，開發新型昇降機繩索檢測技術。使昇降機車廂可以正常速度繼續移動從最低到最高樓層，由攝像機拍攝上升部分繩索直徑並測量。獲得的資料可用於快速評估繩索磨損狀態，並預測繩索剩餘壽命，實現更客製化及基於實際狀態的維護及更新<sup>79</sup>(詳圖2-19)。

---

<sup>78</sup> see Otis Elevator Company Rolls Out IoT System, Smart Cities Connect, Produced by TechConnect <https://smartcitiesconnect.org/otis-elevator-company-rolls-out-iot-system/> (last visited Aug. 8, 2019).

<sup>79</sup> see Nippon Otis Advances Innovative Camera-Based Elevator Rope Inspection System, Otis Elevator Company Website, [https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/nippon\\_otis\\_advances\\_innovative\\_camera\\_based\\_elevator\\_rope\\_inspection\\_system.aspx](https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/nippon_otis_advances_innovative_camera_based_elevator_rope_inspection_system.aspx) (last visited Aug. 8, 2019).

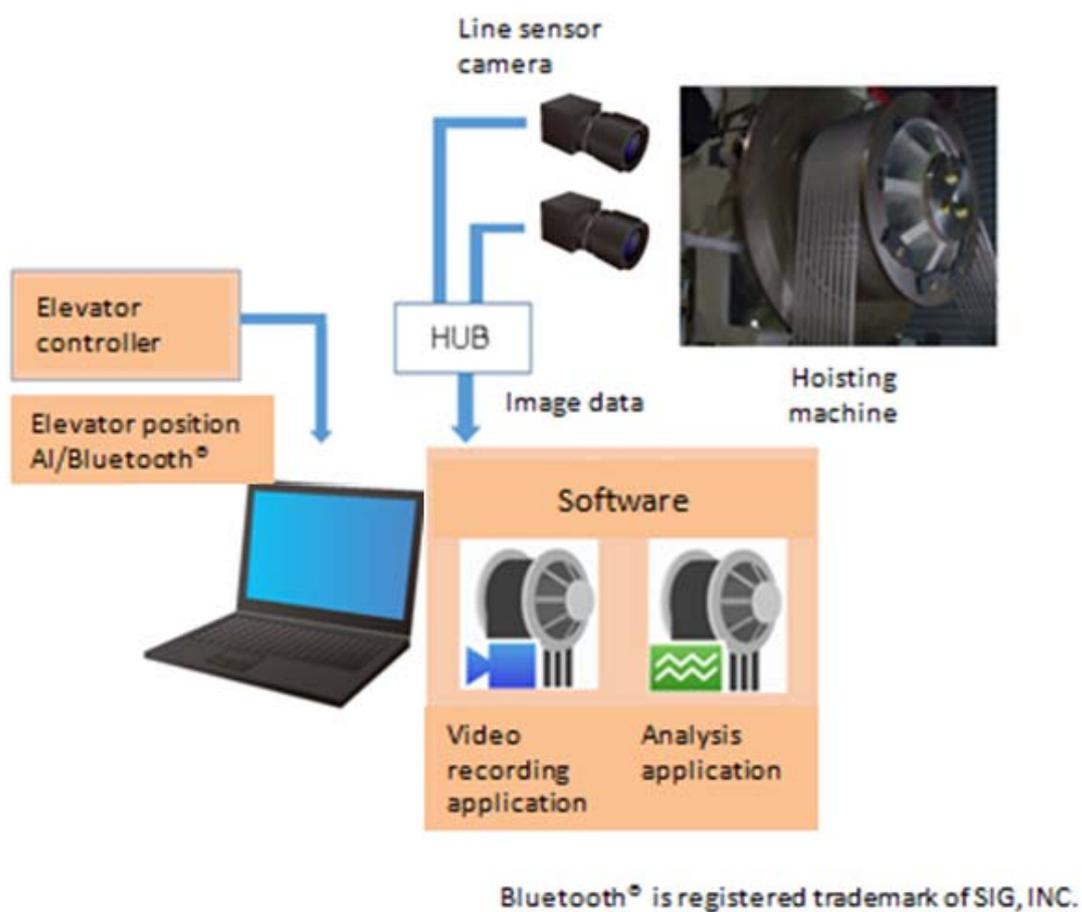


圖 2-19 應用電腦視覺技術的升降機繩索檢測系統  
(來源：Otis Elevator Company, 2017)

## 貳、歐洲建築物昇降設備故障預測技術應用調查

歐洲標準化組織組成 CEN / TC 10SC 1 小組委員會及工作小組，制訂歐洲建築物昇降設備(Building hoists)相關標準(詳表 2-4)。其主要內容，與前述美國機械工程師學會制定之建築物昇降設備系列標準內容相近，尚無應用故障預測技術進行昇降設備保養檢查之相關標準。

表 2-4 歐洲建築物昇降設備標準

工作小組	標準主題
CEN / TC 10 / WG 1	昇降機和服務昇降機(Lifts and service lifts)
CEN / TC 10 / WG 10	提高現有昇降機安全性(Improvement of safety of existing lifts)
CEN / TC 10 / WG 13	帶封閉式托架的垂直昇降設備 (Vertical lifting appliance with enclosed carrier)
CEN / TC 10 / WG 2	自動樓梯和自動人行道(Escalators and moving walks)
CEN / TC 10 / WG 4	資料記錄和遠端控制 (Data logging and remote control)
CEN / TC 10 / WG 6	消防相關問題(Fire related issues)
CEN / TC 10 / WG 7	包括殘疾人在內的人員可以使用昇降機(Accessibility to lifts for persons including persons with disability)
CEN / TC 10 / WG 8	用於殘疾人的樓梯昇降機和垂直平台(Stairlifts and vertical platforms for the disabled)
CEN / TC 10 / WG 9	斜式式昇降機(Inclined lifts)

(來源：張怡文,2019)

## 一、24 小時即時監控昇降設備安全參數之雲端資訊平台

1910 年在芬蘭成立的通力公司，是全球昇降機和自動樓梯的大型製造商之一，在全球擁有 52,000 多名員工。截至 2016 年底，該公司報告的年淨銷售額為 88 億歐元。該公司產品被安裝在全球 40 萬多棟建築物中，每天約有超過 10 億人次搭乘該公司之昇降機及自動樓梯。因應聯合國估計至 2050 年，全世界三分之二以上的人口將居住在城市。該公司為了在都市化的趨勢中保持領先地位，利用資料分析及預測性維護技術，來提升其昇降設備運輸品質<sup>80</sup>。

該公司與跨國資訊公司 IBM 等公司合作，開發結合應用物聯網、雲端運算、維護預測功能的建築物昇降設備維護資訊平台，以 24 小時監控及維護分布在全球各地 110 萬部昇降機及自動樓梯，同時監控設備 200 多個安全參數，能進行遠端運轉測試，並通過雲端發出指令。由於優化昇降機及自動樓梯的運轉、採遠端軟體更新及預測故障事先排除技術，提高了設備可用時間、減少停機節省了能源<sup>81</sup>(詳圖 2-20)。其中，監控的參數包括：燈光、門打開及關閉所需時間、振動及噪音數值、異常停止、濕度、氣壓、溫度、速度、里程及行駛時間等(圖 2-21)。在將資料即時發送到雲端時，平台建構的分析模型，可幫助維護工程師回應資料、發現設備零件行為異常規則<sup>82</sup>。

---

80 See Altoros Systems, KONE Monitors 1.1M Elevators and Escalators with IBM Bluemix and Watson IoT, Altoros Systems Website, <https://www.altoros.com/blog/kone-monitors-1-1m-elevators-and-escalators-with-ibm-bluemix-and-watson-iot/>(last visited Aug. 10, 2019).

81 Id.

82 Id.

KONE API Big Picture Q1 2017

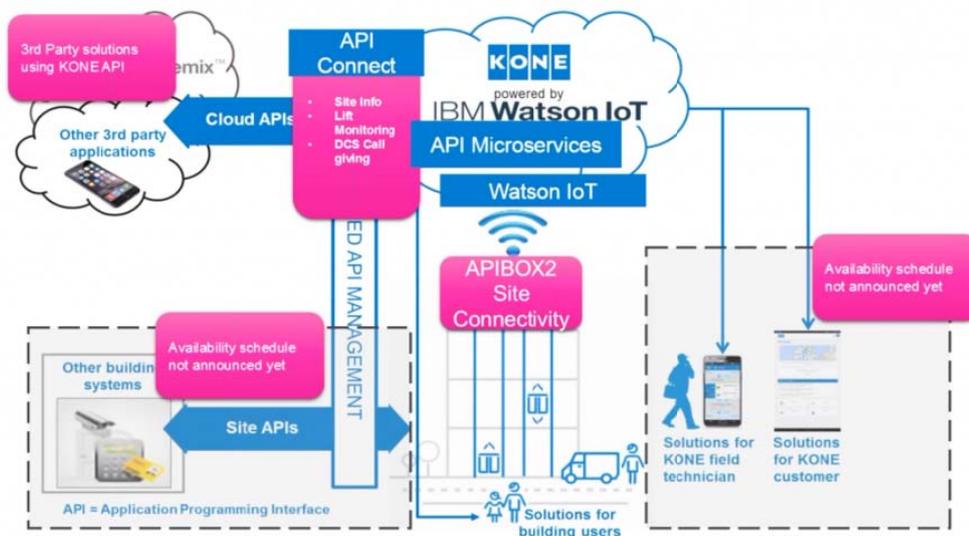


圖 2-20 建築物昇降設備遠端監控及維護資訊平台例子

(來源：Altors Systems, 2019)

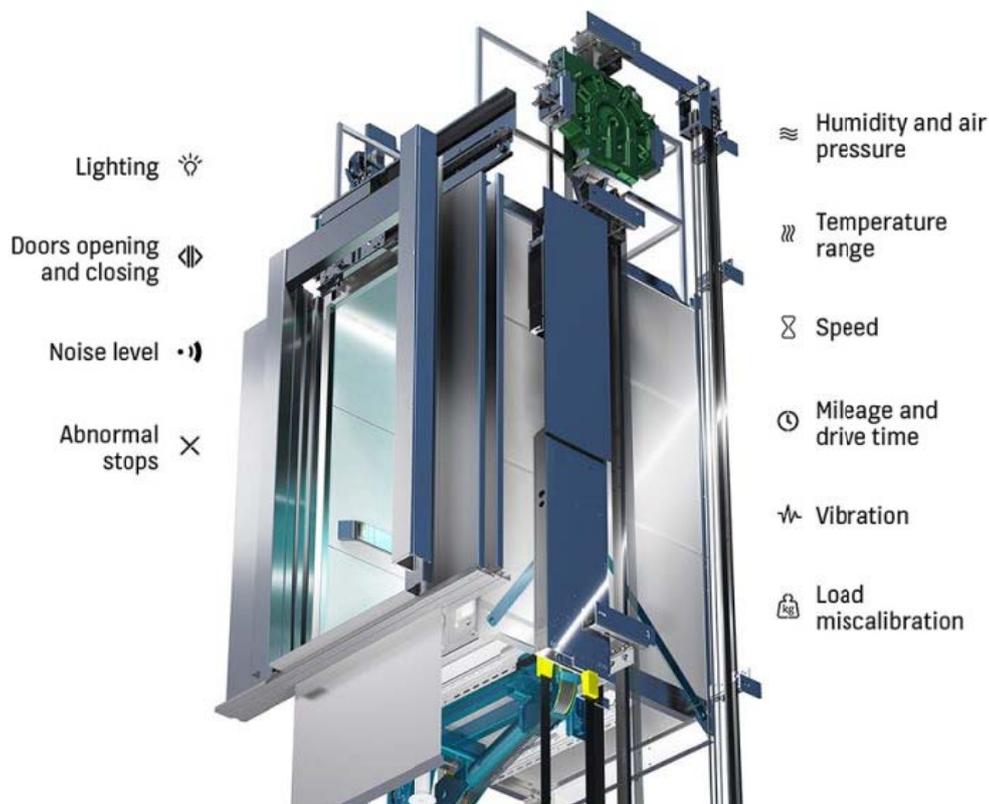


圖 2-21 昇降機感測器蒐集資料發送至遠端監控及維護資訊平台

(來源：Altors Systems, 2019)

另瑞士迅達公司(Schindler Group)亦基於提供跨國之昇降機及自動樓梯保養及服務業務需要，在昇降機內設置感測器，結合應用邊緣運算裝置(Edge Computing Device)、物聯網平台(IoT platform)及部署在雲端的遠端大資料預測維護系統<sup>83</sup>(詳圖 2-22)。

---

<sup>83</sup> See Isaacs D., Hu C. McBride M., Zhang M. Liu C., and Geng L., Connected Elevators Testbed, Schindler Group(2018) at 16.

# Solution Overview: Connected Elevators Solution Based on EC

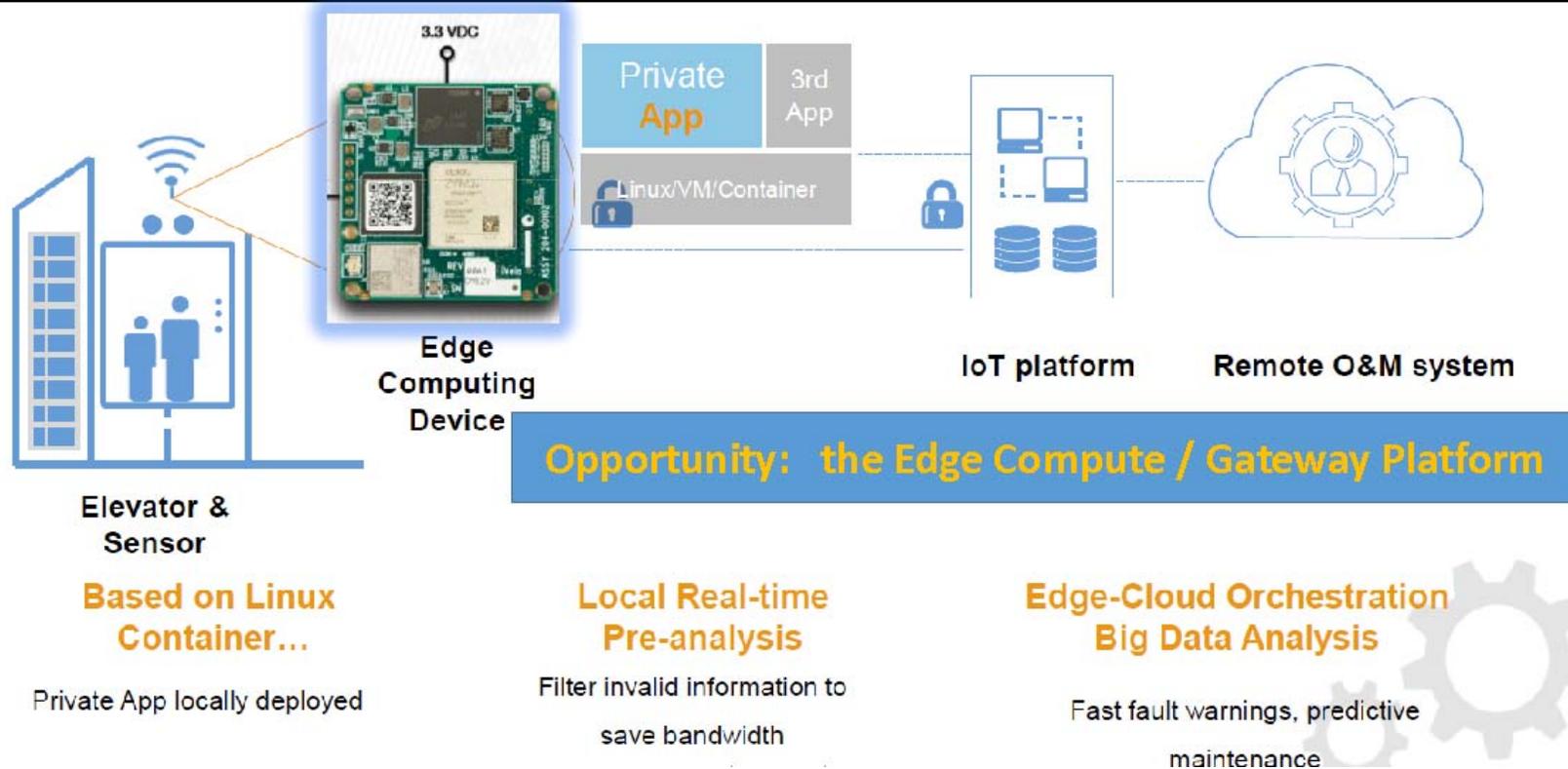


圖 2-22 結合邊緣運算物聯網及雲端運算之昇降設備遠端監控平台例  
(來源：Isaacset al. , 2018)

## 二、發展故障預測技術透過預防性維護減少維修

傳統昇降設備主要以日曆排程方式作定期維護，然而，這只是依據粗略概估的故障日期，安排設備及零件維修及更換週期，因無法精準預測，導致技術人員經常是在故障發生時才被呼叫處理。據估計，每年紐約辦公室中的人員，因此而浪費 16.6 年等待昇降機，5.9 年則是被困在昇降機中，當建築物越來越高時，問題就越來越嚴重<sup>84</sup>。

產業基於昇降機及自動樓梯已被安裝在全球 40 萬多棟建築物中，又每天約有超過 10 億人搭乘。隨著時間的推移將產生大資料，從而為分析設備行為提供了機會。意識到這些是有價值的資料，可以提前識別故障模式，並採取早期行動<sup>85</sup>。

因而尋求發展可以對昇降機和自動扶梯進行預測性維護的解決方案，減少意外停機，並最大限度地延長設備生命週期。認為未來的發展方向是只進行預防性及計畫性維護，再也不應該有計畫外的呼叫處理<sup>86</sup>。

例如：昇降機門開關相較平常慢 1 秒鐘，可能是門關閉機制故障的先兆。該問題可能是由灰塵引起的，並且可能在日後導致門卡住並使昇降機停止運行。為了解決此一問題，故發展演算法對照其他昇降機的性能進行測試比較，並在發現到異常時進行報告。確定特定電梯可能故障時，指派維護工程師在門實際卡住前提早維修<sup>87</sup>。

產業經由應用即時資料分析、24 小時不中斷的設備監控 (permanent diagnostics and 24/7 equipment monitoring)、自我檢測發現問題時積極主動應對 (proactive responses upon self-detection of

---

84see Altoros Systems, KONE Monitors 1.1M Elevators and Escalators with IBM Bluemix and Watson IoT, Altoros Systems Website, <https://www.altoros.com/blog/kone-monitors-1-1m-elevators-and-escalators-with-ibm-bluemix-and-watson-iot/> (last visited Aug. 10, 2019).

85 Id.

86 Id.

87 Id.

issues)及預防性維護等新技術(preventive 'health checks' through our Service & Diagnostic Center)<sup>88</sup>，使昇降設備故障排除速度較傳統方法快 22%<sup>89</sup>。

### 參、日本建築物昇降設備故障預測技術應用調查

日本建築基準法第 8 條規定，建築物之所有人或管理人有義務維修電梯，保持建築物的場所、構造和建築設備處於合法狀態；同法第 12 條規定，建築物之所有人或管理人有義務，制定維護規則或計劃，國土交通大臣可以訂定必要的指導方針<sup>90</sup>。

其中，所有人或管理人等應交由專業人員根據使用頻率等因素，約每月進行 1 次檢查和其他必要的維護或修理<sup>91</sup>，以確保設備的維護和操作的安全性。維護記錄和定期檢查記錄必須保存 3 年，並採取其他適當措施。進行定期檢查並將結果報告給指定的行政機構。檢查員資格為 1 級建築師或 2 級建築師或電梯檢驗合格人員。

---

<sup>88</sup> see Schindler Direct, Schindler Management Ltd. Website,

<https://www.schindler.com/com/internet/en/mobility-solutions/aftercare/services/schindler-remote-monitoring.html#button>(last visited Aug. 10, 2019).

<sup>89</sup> see Schindler Remote Monitoring™ A proactive approach to problem solving,

[https://www.schindler.com/content/ae/internet/en/modernization/\\_jcr\\_content/contentPar/downloadlist/downloadList/51\\_1496229683248.download.asset.51\\_1496229683248/schindler-remote-monitoring-brochure.pdf](https://www.schindler.com/content/ae/internet/en/modernization/_jcr_content/contentPar/downloadlist/downloadList/51_1496229683248.download.asset.51_1496229683248/schindler-remote-monitoring-brochure.pdf)(last visited Aug. 10, 2019)..

<sup>90</sup>參見日本建築基準法，日本電子政府の総合窓口（e-Gov）法令検索網站：

[https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail/325AC0000000201\\_20160901\\_428AC0000000072/0?revIndex=6&lawId=325AC0000000201](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail/325AC0000000201_20160901_428AC0000000072/0?revIndex=6&lawId=325AC0000000201)（最後點閱時間：2019 年 12 月 3 日）。

<sup>91</sup>台北市日本工商會提出日本自 1981 年起法律允許遠端監控昇降設備，到府進行保養為大約每 3 個月 1 次之資料與日本建築基準法規定略有不同，參考台北市日本工商會，〈2018 台北市日本工商會對台灣政府政策建言〉，頁 90，國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbgZpbGUvNjkzMi8zMjEyNS8yOGNkMWI0ZC05YTYzLTQ4YTAyYjVjZS0zYjlxMjEwNTQ3NDlucGRm&n=MjAxOOW5tOeZveearuabuC5wZGY%3D&icon=..pdf>（最後點閱時間：2019 年 8 月 5 日）。

國土交通省 2008 年訂定檢查項目、檢查方法和檢查標準及保存測試紀錄，以便檢查員檢查先前測試結果<sup>92</sup>。國土交通省住宅局為確保使用昇降機及自動樓梯安全，促進所有權人、管理人、維護保養人員、檢查員及設備製造商認識其對於之昇降設備管理維護義務，於 2016 年 2 月發布「昇降設備正確維護指引」(昇降機の適切な維持管理に関する指針)，說明所有權人及管理人對昇降設備具有適當維護之義務及選擇昇降設備維護檢查公司時應注意的事項，並同時發布「昇降設備維護及檢查契約範本」(「エレベーター保守・点検業務標準契約書」)，協助不具備昇降設備專業知識之所有權人及管理人選擇維護檢查公司及簽訂適當之契約<sup>93</sup>。

前揭「昇降設備維護及檢查契約範本」將昇降設備名詞做了以下基本定義<sup>94</sup>：

1. 「檢查」(点検)：是指調查昇降設備是否存在損壞、變形、磨損、腐蝕、噪聲等異常及故障，並確定是否需要維護或其他措施。
2. 「遠端監控」(遠隔監視)：是指昇降設備能受託者之監控中心直接通信，持續性地以通信線路接受監控是否有異常或故障情形，當人員被困在昇降機車廂中時可進行對講。並應於合約約定遠端檢查通信費之負擔者及監控表 2-5 中所指定的項目。

---

<sup>92</sup>參見一般社団法人日本エレベーター協会，保守点検・定期検査の必要性，一般社団法人日本エレベーター協会網站：<https://www.n-elekyo.or.jp/instructions/maintenance.html>（最後點閱時間：2019 年 12 月 3 日）。

<sup>93</sup>參考國土交通省住宅局，2016「昇降機の適切な維持管理に関する指針」等を公表，國土交通省網站：[https://www.mlit.go.jp/report/press/house05\\_hh\\_000607.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000607.html)（最後點閱時間：2019 年 7 月 15 日）。

<sup>94</sup>參考國土交通省住宅局，2016「エレベーター保守・点検業務標準契約書」，國土交通省網站：<https://www.mlit.go.jp/common/001133330.pdf>（最後點閱時間：2019 年 7 月 15 日）。

3. 「遠端檢查」(遠隔点檢):是指由受託人的監控中心,使用電腦透過昇降設備的通信線路檢查表 2-5 中規定項目。並應於合約約定遠端檢查通信費之負擔者。

表 2-5 日本昇降設備遠端監控及檢查項目

分類	檢查項目
遠端監控項目	車廂故障異常通知
	<input type="checkbox"/> 無法停止 <input type="checkbox"/> 無法啟動
	<input type="checkbox"/> 電力中止
	<input type="checkbox"/> 門開關故障
	<input type="checkbox"/> 車廂停止不良
	<input type="checkbox"/> 來自車廂內的通報
	<input type="checkbox"/> 其他 ( )
遠端檢查項目	性能檢查 (週期：○月)
	<input type="checkbox"/> 開始狀態 <input type="checkbox"/> 加速運行狀態 <input type="checkbox"/> 穩定的駕駛狀態
	<input type="checkbox"/> 減速行駛狀態 <input type="checkbox"/> 到達狀態
	<input type="checkbox"/> 其他 ( )
	設備檢查 (週期：○月)
	<input type="checkbox"/> 機械室或控制面板溫度 <input type="checkbox"/> 控制設備狀態
	<input type="checkbox"/> 車廂目的地樓層按鈕狀態 <input type="checkbox"/> 對講狀態
	<input type="checkbox"/> 門打開/關閉狀態 <input type="checkbox"/> 門廳按鈕狀態
	<input type="checkbox"/> 門開關狀態 <input type="checkbox"/> 電磁制動器異常
	<input type="checkbox"/> 其他 ( )
使用狀態 (週期：○月)	
<input type="checkbox"/> 車廂行駛距離、行駛時間或啟動次數	
<input type="checkbox"/> 門開啟和關閉次數	
<input type="checkbox"/> 其他 ( )	

(來源：本研究翻譯自日本国土交通省住宅局「エレベーター一保守・点檢業務標準契約書」，2016)

## 產業建築物昇降設備故障預測技術發展情形

日本昇降設備產業亦自主發展故障預測技術，主要是應用物聯網及人工智慧科技，建置發展物聯網服務平台，並在此平台上提供建築物昇降設備故障預測技術服務。

### 1. 建築物昇降設備故障預測技術服務系統之構成

遠端維護系統的整體配置如圖 2-23 所示。系統透過電信網絡將安裝在建築物昇降設備或自動樓梯上的遠端智慧診斷單元連接到客戶中心，提供 24 小時的運轉狀態監控和診斷。設備發生問題時，系統會自動通知客戶中心。

客戶中心定期從遠端智慧診斷單元蒐集性能和設備狀態的量測資料。應用大資料分析方法在資料中心分析所蒐集的量測資料，將分析結果應用於零件壽命評估和檢查維修計畫，實現精準地預防性維護，並優化維護週期。如果偶然發生設備問題，可從服務中心派出維護工程師以加速恢復運轉。

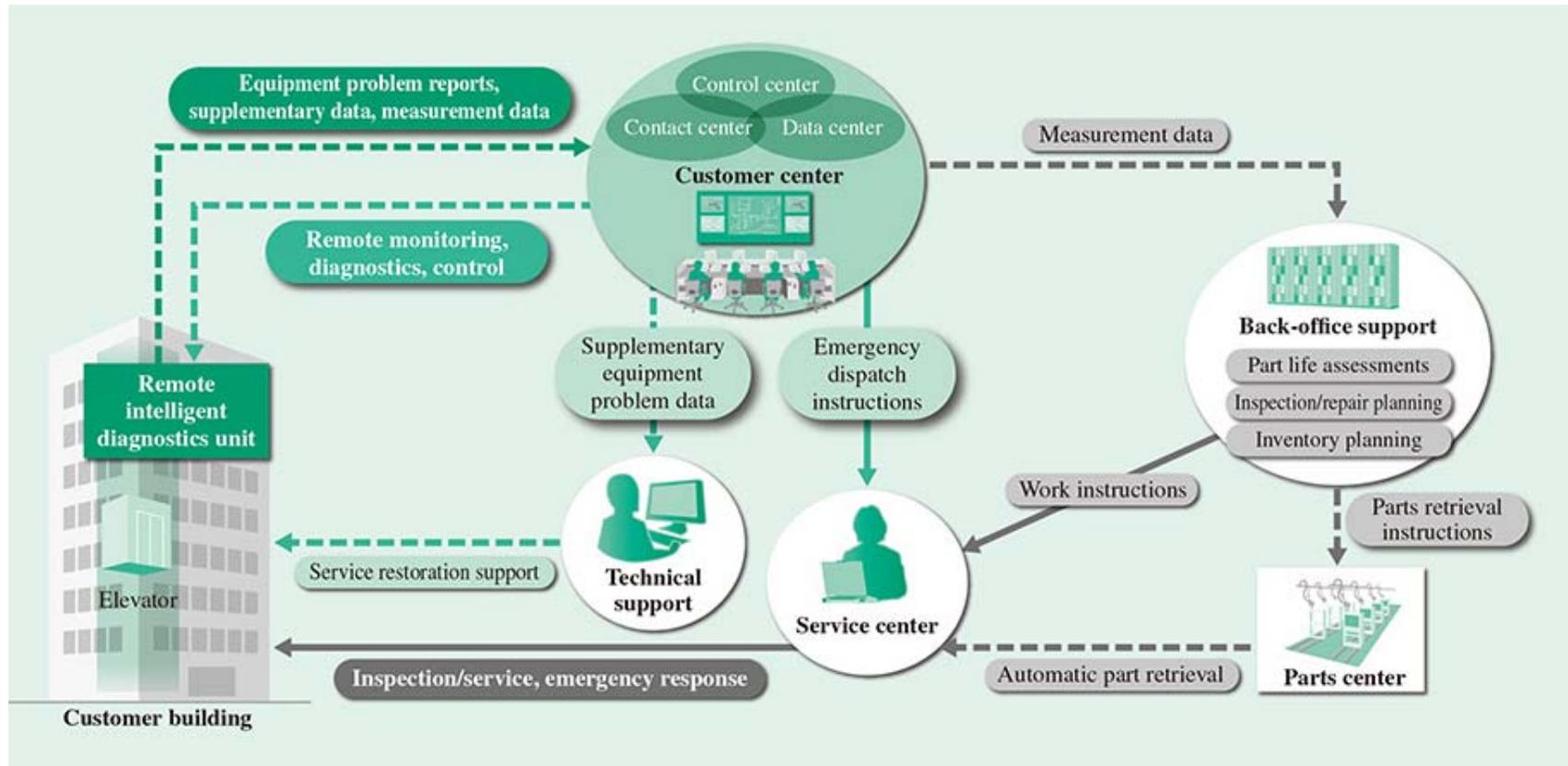


圖 2-23 建築物昇降設備遠端維護系統之構成

(來源：Yamashita et al., 2017)

#### 肆、 中國建築物昇降設備故障預測技術應用調查

## 伍、我國建築物昇降設備故障預測技術應用調查

## 小結：

綜整本章廣泛蒐集分析國內外相關資料分析結果，可知：

- 一、美國機械工程師學會之「A17.2 昇降機、自動樓梯和自動人行道檢查指引」為現行國際上之昇降設備之保養及檢查權威標準，該指引尚無以機器取代人力檢查之相關內容。值得注意的是，該指引強調公認的是，檢查人員在每次保養檢查期間無法完成指引中指定的所有檢查程序，檢查重點是由符合資格之檢查人員依知識和經驗判斷潛在缺陷。
- 二、觀察國際間建築物昇降設備設計製造及維護服務大廠自行投入開發故障預測技術，搭配昇降設備 24 小時持續監控，相較於前揭人力檢查方式，具有大量提昇檢查項目、頻率、設備運轉保養維護資訊不受人為影響及預測事故發生防範於未然等優點。依本章蒐集資料統計推估，目前全球應已有超過百萬部昇降設備，應用此新技術輔助人員維護昇降設備。

惟值得一提的是，國外廠商並未公開以上設備故障預測分析準確度及誤警報比率等等重要技術資訊，其檢查結果亦供設備管理人及專業廠商之專業技術人員自主參考，而替代非建築法規要求之人員保養檢查。

小結:

綜整

第2項 表 2-6 各類型故障預測技術原理

	破壞物理模型預測方法	內建故障前兆偵測器方法	資料驅動方法	混合式方法
原理				
構成				
特性				

第3項 (資料來源：本研究整理., 2020)

## 第3章 我國建築物昇降設備故障預測技術應用需求推估

本章首先就我國建築物昇降設備安全檢查法定項目進行盤點，其次，蒐集調查分析我國歷年建築物昇降設備事故原因，分析現行法定項目是否有所不足，而有引進故障預測新技術之必要性。最後，綜整以上調查分析結果，據以推估我國未來故障預測技術較具發展潛力之應用方向，供後續研究及建築管理業務參考，以回應第1章之研究目的。

### 第1節 建築物昇降設備保養法定檢查需求調查分析

#### 壹、現行我國建築物昇降設備管理法源及法規體系

現行建築法第77條之4、第91條之1、第91條之2及第95條

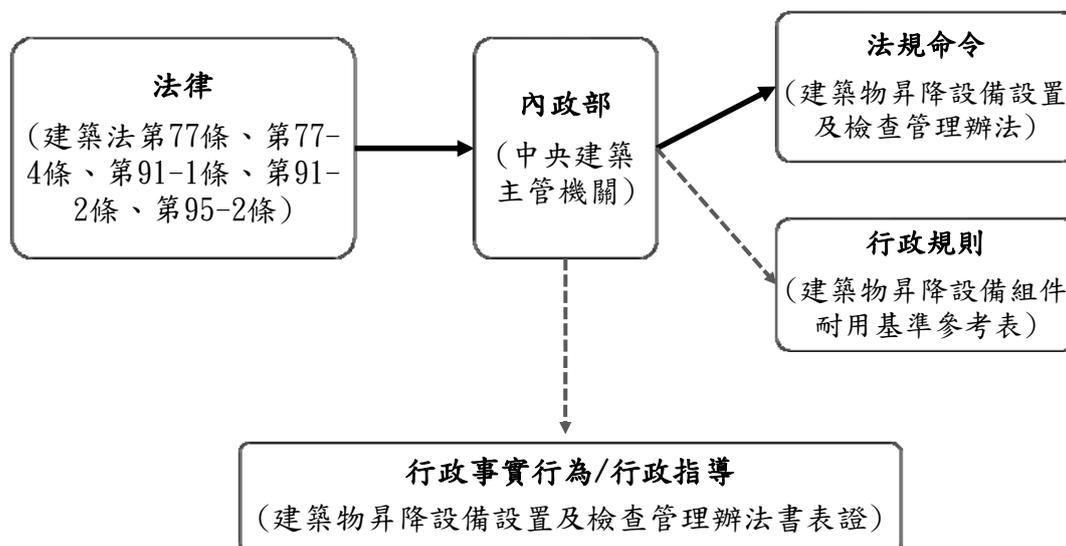


圖 3-1)。

<sup>95</sup> 參見政部建築研究所，建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究自行研究報告，2020。

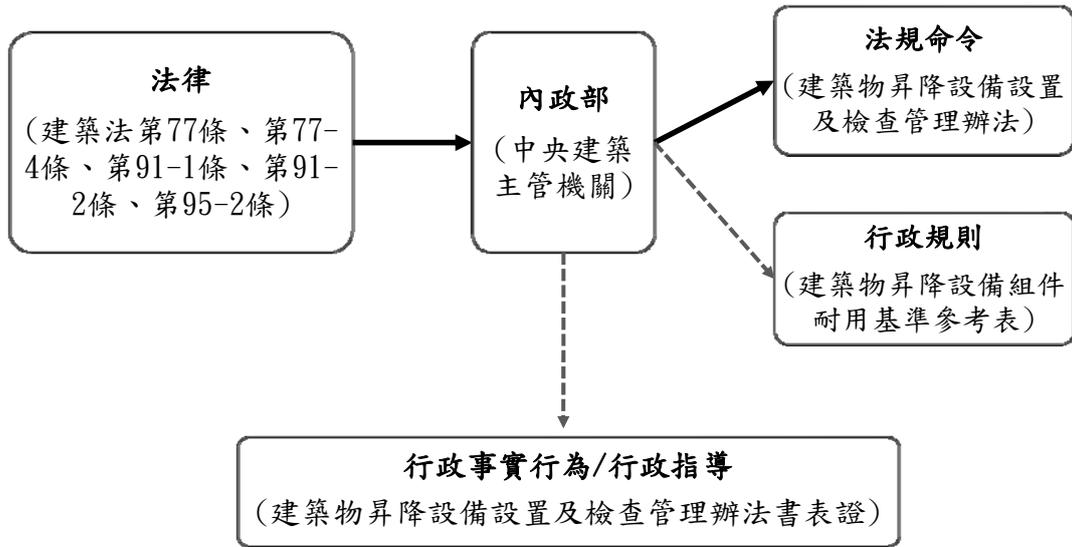


圖 3-1 現行我國建築物昇降設備管理法規體系

(來源：內政部建築研究所，建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究自行研究報告，2020)

## 貳、昇降設備保養專業廠商及專業技術人員資格規定調查分析

前揭管理辦法第 11 條進一步訂定保養專業廠商及專業技術人員資格，並要求專業技術人員執業期間參加內政部專業訓練達一定時數(詳表 3-1)。

表 3-1 各類專業廠商聘任專業技術人員規定

	最少 聘任 總人 數	應具備專業資格人數		專業技術 人員執業 期間參加 內政部專 業訓練規 定時數
		機械或電機或 電子工程技師 國家考試及格	勞動部昇降機乙 級裝修技術士技 能檢定及格	
第一類專業 廠商	30 人 以上	10 人以上		5 年內 16 小時以上
第二類專業 廠商	15 人 以上	5 人以上		
第三類專業 廠商	6 人以 上	2 人以上		

(來源：本研究依建築物昇降設備設置及檢查管理辦法整理，2020)

### 參、昇降設備保養量及品質之要求規定

該管理辦法第 4 條規定，設備管理人應委請表 3-1 之專業廠商負責昇降設備保養，實際執行是由其專業技術人員，每月進行檢查、維修及保養，除作成紀錄外，並應填寫昇降設備組件耐用基準參考表(詳附錄三)，按月檢送當地主管建築機關。

該參考表填表說明第 1 點及第 3 點敘明，專業技術人員應參考建築物用途、樓層數、使用環境、機種、荷重、速度及使用頻率等填列參考年限，組件更換時，年限應配合更新。

## 第2節 歷年建築物昇降設備重大事故案例保養問題評析

內政部建築研究所 108 年就歷年我國建築物昇降設備重大事故原因調查分析發現，曾有依建築法相關規定，定期委託建築物昇降設備專業廠商負責維護保養，惟仍發生重大事故致人死傷之憾事<sup>96</sup>(詳表 1-1)，顯示現行人力保養檢查技術仍有其侷限性。

表 3-2 近 20 年我國昇降設備重大事故原因調查分析

編號	設備種類	故障原因	發生時間	傷亡情形	依建築法規定保養	司法裁判書摘述	裁判字號
1.	昇降機	疑可程式控制器(PLC)故障	105年5月	1人死亡	是	疑電控系統之可程式控制器(PLC)發生誤信號，但無法確定，因無法重現，也無法查證。	臺灣高等法院106年上訴字第3346號刑事判決等
2.	昇降機	疑可程式控制器(PLC)內繼電器故障	102年10月	2人死亡	是	昇降機維護保養依繼電器密封於 PLC 模組內無法拆解之現狀，依循業界慣例於 PLC 燈號顯示正常情況下，無發現繼電器故障可能。建議主管機關明確規範電梯或 PLC 之使用年限，倘使用年限會因使用環境、頻度、方法等影響無法明確制訂，亦應設置計算使用次數之裝置。	臺灣高等法院高雄分院刑事判決等

<sup>96</sup>參見張怡文，《建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究》109年4月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，頁 88-98，新北市(2020)。

編號	設備種類	故障原因	發生時間	傷亡情形	依建築法規定保養	司法裁判書摘述	裁判字號
3.	昇降機	馬達開關接線錯誤等	97年1月	1人死亡、1人傷害	設備安裝階段尚未使用	某甲設計及安裝載貨馬達昇降機時，因裝設極限開關接線錯誤、用環繞於鏈條停止裝置、馬達控制盤內部載重保護器設定值偏高、每停靠樓層停止定位開關與接觸面太少等缺失，昇降機馬達內部終點極限開關並無斷源作用。	100年11月11日臺灣高等法院等
4.	昇降機	穩壓器故障	98年12月	1人傷害	是	電源穩壓器(AVR)無使用期限、壽命等，故電子零件於檢測時功能正常，該零件將於何時發生故障，實非昇降機保養時所能注意，更無法於確保該零件不會發生故障。	臺灣高等法院100年上易字第2798號刑事判決等
5.	昇降機	升降機施工良構強度不足	93年3月	1人重傷	是	油壓缸柱塞上部槽輪與柱塞焊接處斷裂應係起因於承製廠商以乙炔鑽孔及焊接不良，造成槽鐵強度不足所致。系爭電梯不應斷裂處斷裂，實難苛責保養維護之人。	臺灣高等法院96年上易字第2144號刑事判決等
6.	昇降機	設備使用方式錯誤	86年9月	1人死亡	違法用昇降機，且當不使用	患失智症之某甲於違規營業之安養院單獨搭乘未經主管機關許可而擅自使用之昇降機，因不當使用，以手用力將電梯外門打開，致腳踩空而墜落。	臺灣高等法院93年上(二)字第388號刑事

編號	設備種類	故障原因	發生時間	傷亡情形	依建築法規定保養	司法裁判書摘述	裁判字號
							判決等

(來源：本研究摘錄自內政部建築研究所，建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究自行研究報告，2020)

小結：

表 3-2 顯示，經司法調查程序後編號 1 之事故仍無法確定確切原因，編號 2、4、5 之事故則是發生專業技術人員亦難以預測之故障，編號 3 之事故則是發生在設備安裝施工過程中，編號 3、6 之事故則是違規使用並有使用者不當使用設備之行為，尚無專業技術人員保養錯誤之情形。

裁判書並提及編號 2 之事故，是發生在專業技術人員無法拆檢之內部電子零件；此外，昇降設備之使用年限會因使用環境、頻度、方法等因素影響，專業技術人員難以逕依昇降設備使用年限單一因素，而作成更換組(零)件之保養決策，並建議內政部訂定設備製造商應設置計算使用次數之裝置，以利判斷組(零)件是否尚在安全範圍。

### 第3節 應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之適當性

因應近 16 年我國呈現昇降設備數量成長幅度遠高於專業技術人員成長幅度之穩定趨勢，外國商會並提出應用機器輔助設備保養人力進行「檢查」部分之工作，以因應實際需求之建言。本節擬接續探討故障預測技術是否有助達成輔助設備保養人力「檢查」之目的，甚至不受人力檢查技術之侷限，而更進一步強化昇降設備使用安全。

#### 壹、應用機器大量蒐集設備母體真實運轉及環境資料，減少每月 1 次人力抽樣檢查產生之誤差

觀察現行內政部「建築物昇降設備設置及檢查管理辦法」(現行條文詳附錄二)第 4 條，設備之管理人應委請專業廠商維護保養，由專業技術人員「每月」實施保養，並作成紀錄表，按月檢送當地主管建築機關之規定，其目的應可解釋為以系統抽樣 (systematic sampling) 法，要求專業技術人於昇降設備使用階段，依據建築法規定時間範圍內進行等距抽樣。

專業技術人員係根據每月以人力抽取之有限時段為樣本資料，透過目視及手持儀器量測獲得昇降設備有限時段之樣本真實機械、電力、化學等屬性資料，推估設備母體的狀態，再依專業知識和經驗判斷潛在缺陷或推估組(零)件剩餘壽命，作成保養決策(詳圖 3-2)。

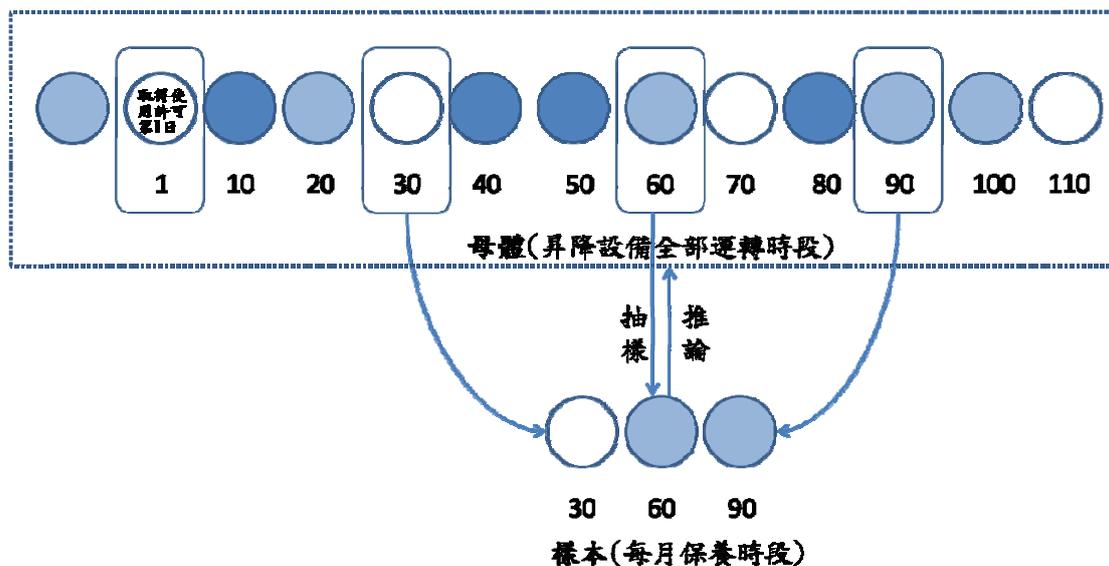


圖 3-2 專業技術人員每月保養檢查為系統抽樣

(來源：本研究提出，2020)

至於故障預測技術，因其係藉由設備中之嵌入式電子系統，持續蒐集分析設備於真實環境運轉之條件及狀態資料，可視為在昇降設備使用期間進行大量密集普查，已相當近似於直接觀察昇降設備母體，因而有助於減少抽樣誤差。

貳、應用機器大量蒐集設備真實運轉及環境資料，使專業技術人員可完整獲得每月保養期間以外之真實使用環境條件、使用次數資料紀錄，減少保養維修之不確定性

現行昇降設備管理辦法及建築物昇降設備組件耐用基準參考表(詳附錄三)表填表說明，雖已規定專業技術人員每月保養時，應參考建築物用途、樓層數、使用環境、機種、荷重、速度及使用頻率等設備使用載重、設備本身、組(零)件更換等因素，推估實際使用年限之考量，惟實際上如何使專業技術人員獲得每月保養期間以外之真實使用環境條件、使用次數資料紀錄並未規定。

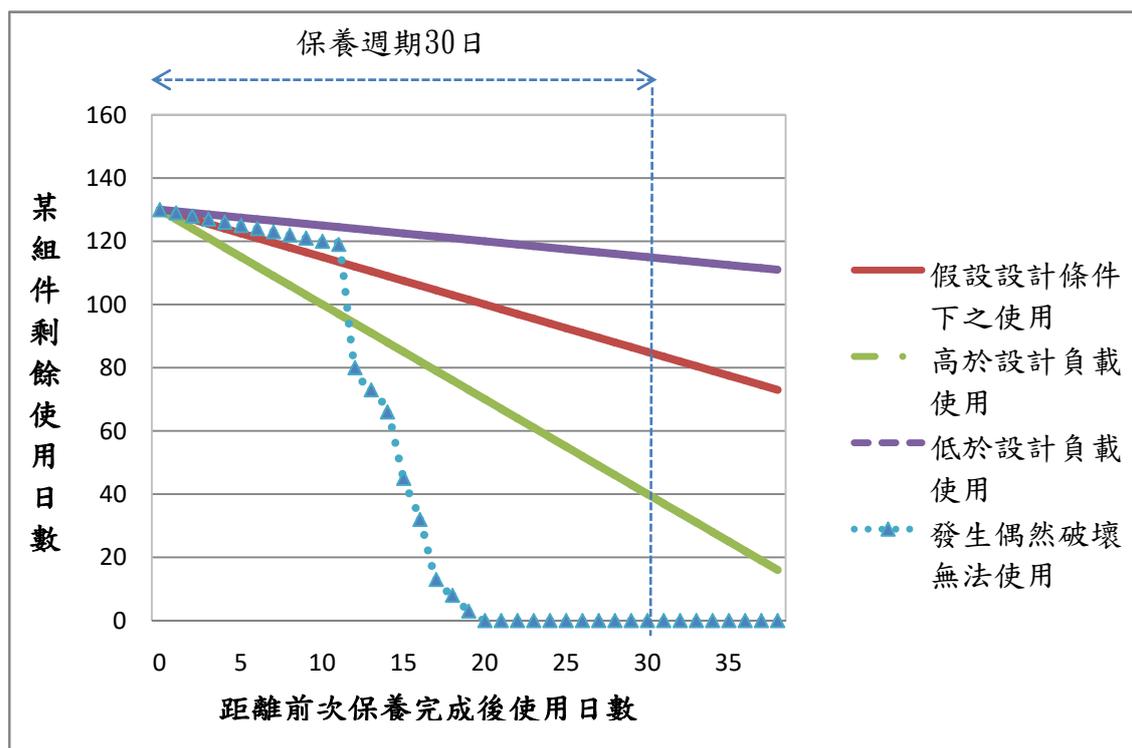


圖 3-3 設備真實運轉及環境資料有助剩餘使用年限之判斷

(來源：本研究提出，2020)

而故障預測技術，所持續蒐集之真實環境運轉之條件及狀態資料，則有助於耐用基準參考表內各組件使用年限之判斷(詳圖 3-3)

參、應用感測器嵌入人力難以拆檢之組(零)件內部，使檢查內容更為周延，有助於提高故障預測之效度，達成強化設備使用安全目的

第 1 章問題剖析已說明，表 1-1 歷年事故之故障均非發生在「建築物昇降設備組件耐用基準參考表」(詳附錄三)規定之組(零)件，且是發生在專業技術人員無法拆檢之內部電子零件，這代表法規規範密度有其極限，部分設備之組(零)件受限於人力保養技術之限制難以被抽樣。而故障預測技術，因其係藉由設備中

之嵌入式電子系統，持續蒐集分析設備資料，亦有助於改進此種抽樣偏誤(Sampling bias)。

#### 肆、應用一定準確度之模型進行資料分析，可提供專業技術人員第 2 意見，減少新手失誤等風險

第 1 章已說明美國機械工程師學會「A17.2 昇降機自動樓梯和自動人行道檢查指引」表明旨在協助符合資格之檢查人員進行每月及每年之例行檢查，並公認的是，檢查人員在每次檢查期間將無法完成指引中指定的所有檢查程序，由檢查人員依知識和經驗判斷潛在缺陷<sup>97</sup>。

然而由表 3-1 可知，並非每位專業技術人員之學識及專業技能資格皆相當，通過國家考試之機械、電機、電子工程技師、勞動部昇降機乙級裝修技術士技能檢定及格，甚至無以上資格者亦可擔任。此外，台北市日本工商會建言提及，保養由人力轉換為機器「檢查」，可避免人員檢查技術不足、新手失誤等人為風險<sup>98</sup>，這顯示相關產業實務界，認為專家與新手之檢查能力有別。

而故障預測是利用一定準確度之模型進行資料分析，作成故障預測，對於新手專業技術人員而言，具有提供檢查

---

<sup>97</sup> see American Society of Mechanical Engineers, ASME A17.2Guide for Inspection of Elevators, Escalators, and Moving Walks(2014) at 1.

<sup>98</sup>

## 第4節 應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之注意事項

### 壹、感測器

垃圾進，垃圾出原則，確保資料分析結果踏出成功的第1步

### 貳、資料預處理

遺失值

資料清洗

設備保養領域知識專家

### 參、妥適演算法建立故障預測模型

預測結果準確度

避免引進機器檢查新技術卻發生「技不如人」之爭議

### 肆、多道安全防線設計

小結：

表 3-3 現行人力保養之檢查與應用故障預測技術檢查之比較

	現行人力保養之檢查	應用故障預測技術檢查
原理	由專業技術人員依據依知識和經驗判斷組(零)件潛在缺陷，預測故障	整合破壞物理模型及利用歷史資料建立模型，u 依據設備於真實運轉之條件及狀態資料，預測故障
設備真實運轉及環境資料蒐集方法	專業技術人員每月透過目視及手持儀器量測	設備中嵌入式電子系統，持續蒐集分析設備於真實環境運轉之條件及狀態資料
設備運轉抽樣檢查頻率	每月 1 次	極高(理論上可進行設備使用全程連續密集檢查)
國內法規規定	有	無
主要優點	國際權威專業機構發展檢查技術標準約 1 百年，技術不確定性少	大量資料 新手專業技術人員經驗不足
主要限制	完整技術標準檢查程序複雜，人員在每次保養期間無法完成所有檢查程序	技術發展初期歷史資料有限，難以建立高準確度之預測模型

(來源：本研究整理，2020)



## 第5節 建築物昇降設備引進應用故障預測技術強化建築物昇降設備使用安全之法制課題

基於現行建築法並無昇降設備引進應用故障預測技術之相關規範，本節彙整國際相關規範，作為推動自主使用技術之參考。

歐盟基於人工智慧和其他新興的數位科技具有改變我們的社會和經濟的潛力，但必須帶有足夠防護措施，以最小化這些技術可能造成的傷害風險，例如人身傷害或其他傷害，如果發生這種情況，受害者通常根據私法，特別是侵權法尋求賠償，故籌組專家小組探討人工智慧和其他新興數位科技之法律規範問題，並於 2019 公布「人工智慧和其他新興數位科技的責任」(Report Liability for AI and other digital technologies)文件。

專家小組在評估新興數位科技帶來的現有賠償責任制度時得出的結論是，會員國現行的賠償責任制度至少確保了對由其經營造成損害的受害者的基本保護。這樣的新技术。但是，這些技術及其應用的特定特徵（包括複雜性、在運行過程中通過更新或自主修改、可預測性有限及易受網絡安全威脅影響等）可能使得受害人索賠的難度更大。為了糾正這一點，需要對歐盟和國家賠償責任制度進行某些調整。為完整填補這些技術造成之損害需要，設計民事責任制度時建議針對其技術特性考慮以下課題<sup>99</sup>。

(一)無必要賦予具自主性之人工智慧及相關數位科技法人資格：由於民事責任是財產責任，人工智慧及相關數位科技因無財產可賠償，賦予法人資格無實益<sup>100</sup>。

(二)侵權行為人之責任分擔方式：

1. 商業及技術組織合作：若 2 個或 2 個以上商業及技術組織以契約或類似方式合作造成了損害，且受害人可證明至少

---

<sup>99</sup>See European Union, Report Liability for AI and other digital technologies.,2019, at 3.

<sup>100</sup>Id, 37-39.

1 個要素，但不確定是哪個因素導致責任，則所有潛在之侵權行為人應對被害人承擔連帶責任；避免供應商將其生態系統分割成獨立單元，掩蓋因果關係、稀釋責任，潛在傷受害者承擔責任也更加有效，因提供者最具有能力控制相互作用之風險，並就事故成本之分配事先達成協調<sup>101</sup>。

2. **多位侵權行為人**：若對同一損失負責者不止 1 人，通常對受害人負共同責任，受害人可自行決定向多位侵權行為人中之任何 1 人請求全部或部分賠償，但請求總和不得超過應得全部；這可激勵各方事前以契約約定侵權賠償<sup>102</sup>。

### (三) 舉證責任之平等分配：

基於數位生態系統中的眾多參與者、多種零件組合應用<sup>103</sup>；使用過程中頻繁更新或升級，致產品性質不斷改變<sup>104</sup>；結合具自我學習能力之演算法，及使用過程中持續蒐集之外部資料，事前難以精準預測自主運轉後之影響<sup>105</sup>等因素，會提高證明加害人及因果關係之複雜性。

此外，因應人工智慧及相關數位科技特有之於使用過程中進行更新或升級需要，通常以硬體或透過網路連接輸入資料，致容易受到網路安全漏洞的攻擊產生脆弱性<sup>106</sup>。分配舉證責任時，應考慮以下因素：

1. **因果關係之責任負擔**：一般規則要求受害人證明造成傷害之原因，但如有技術具有造成損害之一定可能性、因果關係顯而易見、資訊不對稱、事後取得資訊可能性或具有特定專業知識才可理解資訊等因素，考量受害人在確認因果關

---

<sup>101</sup>Id, 55-57

<sup>102</sup>Id, 57-58.

<sup>103</sup>Id, 32-33.

<sup>104</sup>Id, at 33.

<sup>105</sup>Id, at 33.

<sup>106</sup>Id, 33-34.

係方面可能處於較弱地位，可減輕或逆轉因果關係之舉證責任<sup>107</sup>。

2. **證明過失之責任負擔**：因故意或過失導致損害，若缺乏明確標準及證明違反注意義務之成本不成比例，則可減輕或逆轉受害人證明過失之責任，將製造商選擇設計、製造、監視技術違反注意義務、製造商或營運商故意或過失、技術不合格品質、功能不正確等事項之舉證責任應分配給被告<sup>108</sup>。

3. **受害人與有過失**：若受害人是造成傷害之原因，則在確定是否減少賠償及減少額度時，應適用於追訴他人責任之方式<sup>109</sup>。

4. **運轉日誌**：製造商應有義務配置紀錄技術運轉資訊之日誌，並考慮技術可行性、成本、對他人權利不利影響、資料保護法及營業秘密保護法規；欠缺紀錄或無法使被害人合理使用資訊，可推定為遺失資訊，營運商有賠償損害義務，並應可對未配備日誌功能之製造商提出追索<sup>110</sup>。

5. **毀損資料導致責任**：資料刪除、污染、加密、更改、隱藏所導致責任可能來自契約責任，或將資料損壞視為儲存硬體之損壞，但若儲存硬體之所有人與具有資料合法權益的人不同，則此方式不會產生讓受影響第3方滿意之結果；若侵權行為人故意造成損害，應承擔責任<sup>111</sup>。

6. **不遵守安全規則引起損害可逆轉舉證責任**：數位產品之資訊安全至關重要，受害人如果可證明製造商不符合安全

---

<sup>107</sup>Id, 2019, 49-52.

<sup>108</sup>Id, 52-55.

<sup>109</sup>Id, at 55.

<sup>110</sup>Id, 47-48.

<sup>111</sup>Id, 59-60.

規則，則可起訴製造商，製造商應承擔故障、產品存在缺陷、因果關係之舉證責任<sup>112</sup>。

(四) 未知新技術風險之分配方式：

1. 應由受益者、風險控制成本最低者、保費最便宜之保險人負擔<sup>113</sup>。

2. 為受害人提供一個以上之請求權基礎，由多名侵權行為人負擔不良產品之無過失責任<sup>114</sup>。

3. 某些數位生態系統中，契約責任或其他賠償制度將與侵權責任共同或代替侵權責任<sup>115</sup>。

4. **營運商之無過失賠償責任**：對於在非私有環境中運轉，並可能造成重大傷害之風險，應由可控制科技風險、從科技中受益之營運商承擔無過失責任，使受害者更容易獲得賠償；若有2個以上之運營商，應由主要決定採用技術並從中受益及對風險有控制權者承擔；可保留運營商向造成風險之製造商等其他人士請求賠償之權利，因製造商是最便宜之成本避免者，且能夠控制風險；系統越複雜、自主，對操作細節可實際控制的人就越少<sup>116</sup>。

5. **製造商之無過失責任及舉證責任**：製造商有義務為了維持預期之安全水準需要提供數位服務，對於有缺陷之產品及其零件造成損害，即使缺陷是在產品投入市場後出現，只要製造商仍可控制技術更新或升級，應由製造商承擔無過失責任；相對於用戶而言，由製造商證明缺陷及損害間之因果關係、相關事實較為容易<sup>117</sup>。

---

<sup>112</sup>Id, 48-49.

<sup>113</sup>Id, at 34.

<sup>114</sup>Id, at 36.

<sup>115</sup>Id, at 36.

<sup>116</sup>Id, 39-42.

<sup>117</sup>Id, 42-44.

6. **製造商之過失責任和注意義務**：製造商應承擔之注意義務，包括選擇適當之系統、監控及維護(修)系統、以有效方式描述及銷售產品，使營運商之操作人員，能夠依設計之方式履行其職責、在產品運轉後充分監控、提供必要之培訓課程，在許多國家法律體系中，法院已將注意義務提高到難以在過失責任與無過失責任間劃清界限之地步<sup>118</sup>。

7. **自主系統之僱主責任**：若損害相當於人員使用輔助設備所而引起的，則營運商使用技術之責任，與輔助設備委託人之僱主責任相當；具有高度決策自主性之系統，通常市場上有不同安全基準之相當技術，在選擇系統時，營運商應負注意義務<sup>119</sup>。

8. **保險**：基於侵權行為人可以自有資金賠償受害人，故不應該未經嚴謹分析即採用強制責任保險；新技術可能導致重大傷害或頻繁損失，且營運商單獨賠償受害人之可能性低，較適合以強制性責任保險處理風險，可免除受害人承擔責任人破產之風險；市場上如無人願意承擔新技術未知風險，或缺少經驗而難以計算某種風險而無法提供保險時，可以預先訂定金額並定期調整方式處理；保險人應向侵權行為人追訴責任<sup>120</sup>。

9. **賠償基金**：若製造商及營運商之無過失賠償責任及不法行為者之過失賠償責任制度無法正常運作，則須建立由國家或其他機構資助及營運之賠償基金，以彌補因身份不明或保險不足而造成的損害。例如：駭客攻擊對於用戶構成嚴重

---

<sup>118</sup>Id, 44-45.

<sup>119</sup>Id, 45-46.

<sup>120</sup>Id, 61-62.

威脅，且受害人無法識別侵權行為人，傳統侵權法規可能不足以填補此類損害<sup>121</sup>。

---

<sup>121</sup>Id, at 62.



## 第4章 結論與建議

本章作為研究之總結，首先，綜整本研究就國內外文獻及資料蒐集分析，評估應用故障預測於昇降設備檢查之必要性及可行性之結論及建議，以回應第 1 章之研究問題及目的。

### 第1節 結論

經由本研究綜合分析及整理，獲致以下重要結論：

壹、應用故障預測技術於昇降設備，可提升使用安全之主要原理在於，以母體普查取代抽樣檢查減少誤差、即時發現故障避免事故及藉由資訊增益降低保養決策之不確定性：綜整文獻資料、近 20 年我國昇降設備事故原因及專家訪談意見發現，應用故障預測，可提升使用安全之主要原理在於：首先，美國機械工程師學會在「A17.2 昇降機自動樓梯和自動人行道檢查指引」提及該指引旨在協助符合資格之檢查人員進行例行檢查，也列舉每月及年度保養項目表及程序，但強調公認的是，檢查人員在每次檢查期間將無法完成指引中指定之全部檢查程序；因此，現行每月 1 次以人力目視或手持儀器量測之保養方式，可視為是以系統抽樣方法，在昇降設備使用期間，每月由人力抽取有限時段為樣本資料，透過目視及手持儀器量測獲得之真實機械、電力、化學等屬性資料，依知識和經驗判斷潛在缺陷或推估組(零)件剩餘壽命，作成保養決策。

然而，故障預測技術可透過感測器密集持續蒐集設備運轉及使用環境的真實資料，近似在昇降設備使用期間進行大量密集普查，再利用機器學習等大資料分析方法找出異常值。此種方式有助取得非抽樣期間，或人力難以拆卸之內部組(零)件資料，減少抽樣誤差。

其次，依據本研究近 20 年我國建築物昇降設備事故原因調查分析發現，百分之 50 事故疑似組(零)件故障所引起，採取對於昇降設備母體普查方式，將有助於在非保養期間即時發現故障，可透過採取暫停使用設備等作為避免引起事故。

第三，由於可獲得之昇降設備之真實機械、電力、化學等屬性資料，遠大於每月 1 次以人力目視或手持儀器量測可獲得之資料量，依據資訊增益(Information gain, IG)理論，若能獲得該故障發生條件之資訊，將有助於降低保養決策之不確定性，避免過去疑似因缺乏真實使用次數等資料，而未能於保養時更換昇降設備組(零)件，所導致之事故。

貳、蒐集高品質及具有意義之資料結合具有相當準確度之預測模型，是應用故障預測技術強化昇降設備使用安全之前提，建議內政部未來因應新技術發展而增修訂相關建築法規時，應著重資料蒐集品質及預測結果信度及效度之規範：有關外國商會白皮書向內政部建議放寬現行昇降設備僅接受人力檢查轉換為由機器以 24 小時不間斷、故障時自動通報之機器檢查方式，以因應保養專業從業人員人力不足 1 事，經調查分析發現，目前尚無關於應用故障預測技術進行昇降設備檢查之國外先進法規或國際權威機構訂定之標準可供參考。而國內、外昇降設備相關產業公開資料，僅提及整合應用物聯網、故障預測等技術，並實際應用於全球超過百萬部昇降設備，進行非建築法規規定之自主檢查，檢查結果僅供廠商等自主參考，尚未公開預測準確度等涉及使用安全之重要資訊。

本研究綜整國內外電子電機領域權威資料調查結果，發現自 1974 年至今，已有逾 4,200 筆有關故障預測之國際研討會論文、技術標準、期刊論文或專書資料。以當今科技水準而言，該技術構成內容至少應包括：以高品質之感測器蒐集設備運轉

及環境資料、結合物聯網技術進行資料即時傳輸、建立應用破壞物理模型及資料模型進行故障預測、比較不同模型預測結果以提高準確度，以及對於新技術之不確定性管理配套作法等。

值得注意的是，相關文獻提出「垃圾進，垃圾出」(Garbage in, garbage out)之資訊通信原則在故障預測技術領域同樣適用，建議內政部未來因應新技術發展，擬增修訂相關建築法規時，應著重資料品質及處理方式之規範，宜具體要求感測器蒐集資料之正確性應達相當水準，並有因應感測器故障造成資料遺失或錯誤，而設置冗餘感測器並要求冗餘檢查之設計，預測模型演算法亦應達相當準確度，並融合不同模型預測結果進行比較，形成多道安全防線，以提高預測結果之信度及效度。

參、因應昇降設備保養數位化時代來臨，政府要求人民定期保養昇降設備及向建築主管機關申報之行政管制角色外，應可更積極發展促進昇降設備保養大資料應用，以增進設備使用安全之新公共服務：應用故障預測技術以資料模型進行故障預測，其原理是應用昇降設備運轉及使用環境之歷史真實資料，建立預測模型，為了使模型具有預測能力，通常是採用將歷史資料分割為訓練資料及測試資料之方式，借助電腦學習資料規則，建立預測模型，並進行預測準確度之測試。惟此種模型僅能預測出歷史資料已含有之故障，無從預測未知之故障，因而必須採取將同組資料，透過基於物理學知識所發展出之破壞物理模型處理，藉由不同之資料分析途徑，降低預測錯誤之風險。

建議未來內政部以建築主管機關促進昇降設備使用安全之立場，發展適當之新公共服務，促進產業間以有償或無償使用等方式，交換含有故障資訊之歷史資料，確保昇降設備保養產業業務朝數位化轉型過程，逐步累積更多樣之設備故障歷史資料，

以提高故障預測模型之預測能力，減少新技術之風險，增進設備使用安全。

## 第2節 建議

### 建議一

**辦理建築主管機關蒐集保存利用建築物昇降設備故障預測資料規範**

**研究：中長期建議**

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、直轄市、縣（市）政府及特設主管建築機關

基於直轄市、縣（市）政府及特設主管建築機關，應執行內政部104年12月24日訂定「建築物昇降設備與機械停車設備傷亡事故通報及調查作業原則」第8點及第9點，有關主管機關事故原因調查報告書至少應具備3年內維護保養辦理情形資料，並應就事故調查結果，研擬改善防制措施之規定業務需要。爰建議後續就相關資料蒐集保存利用規範進行研究，俾利直轄市、縣（市）政府及特設主管建築機關執行前揭內政部規定事項。

### 建議二

**辦理應用故障預測技術大資料應用資料國家標準研究：中長期建議**

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、領有內政部核發登記證之昇降設備專業廠商、內政部指定昇降設備安全檢查機構、經濟部標準檢驗局

基於故障預測技術是透過感測器密集持續蒐集設備運轉及使用環境的真實資料，基於此種方式所產生之大資料恐難以處理人力，爰建議辦理大資料應用資料交換國家標準研究，依據利用大資料分析方

法找出異常值之應用需求，提出資料屬性(attribute)、類型(Types of Data)等具體規範標準，俾利直轄市、縣(市)政府及特設主管建築機關，落實執行前揭「建築物昇降設備與機械停車設備傷亡事故通報及調查作業原則」規定，並促進產業間交換含有故障資訊之歷史資料，確保昇降設備保養產業朝數位化轉型過程，逐步累積更多樣之設備故障歷史資料，以提高故障預測模型之預測能力，減少新技術之風險。

## 附錄一現行建築法昇降設備相關規定摘錄

中華民國 109 年 1 月 15 日公布

現行建築法之昇降設備管理相關規定摘錄如下：

條次	條文
第 2 條	主管建築機關，在中央為內政部；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。 在第三條規定之地區，如以特設之管理機關為主管建築機關者，應經內政部之核定。
第 7 條	本法所稱雜項工作物，為營業爐竈、水塔、瞭望臺、招牌廣告、樹立廣告、散裝倉、廣播塔、煙囪、圍牆、機械遊樂設施、游泳池、地下儲藏庫、建築所需駁坎、挖填土石方等工程及建築物興建完成後之中央系統空氣調節設備、昇降設備、機械停車設備、防空避難設備、污物處理設施等。
第 10 條	本法所稱建築物設備，為敷設於建築物之電力、電信、煤氣、給水、污水、排水、空氣調節、昇降、消防、消雷、防空避難、污物處理及保護民眾隱私權等設備。
第 28 條	建築執照分左列四種： 一、建造執照：建築物之新建、增建、改建及修建，應請領建造執照。 二、雜項執照：雜項工作物之建築，應請領雜項執照。 三、使用執照：建築物建造完成後之使用或變更使用，應請領使用執照。 四、拆除執照：建築物之拆除，應請領拆除執照。
第 70 條	建築工程完竣後，應由起造人會同承造人及監造人申請使用執照。直轄市、縣（市）（局）主管建築機關應自接到申請之日起，十日內派員查驗完竣。其主要構造、室內隔間及建築物主要設備等與設計圖樣相符者，發給使用執照，並得核發謄本；不相符者，一次通知其修改後，再報請查驗。但供公眾使用建築物之查驗期限，得展延為二十日。 建築物無承造人或監造人，或承造人、監造人無正當理由，經建築爭議事件評審委員會評審後而拒不會同或無法會同者，由起造人單獨申請之。 第一項主要設備之認定，於建築管理規則中定之。
第 77 條之 4	建築物昇降設備及機械停車設備，非經竣工檢查合格取得使用許可證，不得使用。 前項設備之管理人，應定期委託領有中央主管建築機關核發登記證之專業廠商負責維護保養，並定期向直轄市、縣（市）主管建築機關或由直轄市、縣（市）主管建築機關委託經中央主管建築機關指定之檢查機構或團體申請安全檢查。管理

條次	條文
	<p>人未申請者，直轄市、縣（市）主管建築機關應限期令其補行申請；屆期未申請者，停止其設備之使用。</p> <p>前項安全檢查，由檢查機構或團體受理者，應指派領有中央主管建築機關核發檢查員證之檢查員辦理檢查；受指派之檢查員，不得為負責受檢設備之維護保養之專業廠商從業人員。直轄市、縣（市）主管建築機關並得委託受理安全檢查機構或團體核發使用許可證。</p> <p>前項檢查結果，檢查機構或團體應定期彙報直轄市、縣（市）主管建築機關，直轄市、縣（市）主管建築機關得抽驗之；其抽驗不合格者，廢止其使用許可證。</p> <p>第二項之專業廠商應依左列規定執行業務：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、應指派領有中央主管建築機關核發登記證之專業技術人員安裝及維護。</li> <li>二、應依原送直轄市、縣（市）主管建築機關備查之圖說資料安裝。</li> <li>三、應依中央主管建築機關指定之最低金額常時投保意外責任保險。</li> <li>四、應依規定保養台數，聘僱一定人數之專任專業技術人員。</li> <li>五、不得將專業廠商登記證提供他人使用或使用他人之登記證。</li> <li>六、應接受主管建築機關業務督導。</li> <li>七、訂約後應依約完成安裝或維護保養作業。</li> <li>八、報請核備之資料應與事實相符。</li> <li>九、設備經檢查機構檢查或主管建築機關抽驗不合格應即改善。</li> <li>十、受委託辦理申請安全檢查應於期限內申辦。前項第一款之專業技術人員應依左列規定執行業務： <ol style="list-style-type: none"> <li>一、不得將專業技術人員登記證提供他人使用或使用他人之登記證。</li> <li>二、應據實記載維護保養結果。</li> <li>三、應參加中央主管建築機關舉辦或委託之相關機構、團體辦理之訓練。四、不得同時受聘於二家以上專業廠商。</li> </ol> </li> </ol> <p>第二項之檢查機構應依左列規定執行業務：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、應具備執行業務之能力。</li> <li>二、應據實申報檢查員異動資料。</li> <li>三、申請檢查案件不得積壓。</li> <li>四、應接受主管建築機關業務督導。</li> <li>五、檢查員檢查不合格報請處理案件，應通知管理人限期改善，複檢不合格之設備，應即時轉報直轄市、縣（市）主管建築機關處理。</li> </ol> <p>第三項之檢查員應依左列規定執行業務：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、不得將檢查員證提供他人使用或使用他人之檢查員證。</li> </ol>

條次	條文
	<p>二、應據實申報檢查結果，對於檢查不合格之設備應報請檢查機構處理。</p> <p>三、應參加中央主管建築機關舉辦或委託之相關機構、團體所舉辦之訓練。</p> <p>四、不得同時任職於二家以上檢查機構或團體。</p> <p>五、檢查發現昇降設備有立即發生危害公共安全之虞時，應即報告管理人停止使用，並儘速報告直轄市、縣（市）主管建築機關處理。</p> <p>前八項設備申請使用許可證應檢附之文件、使用許可證有效期限、格式、維護保養期間、安全檢查期間、方式、項目、安全檢查結果與格式、受指定辦理安全檢查及受委託辦理訓練之機構或團體之資格、條件、專業廠商登記證、檢查員證、專業技術人員證核發之資格、條件、程序、格式、投保意外責任保險之最低金額、專業廠商聘僱專任專業技術人員之一定人數及保養設備台數等事項之管理辦法，由中央主管建築機關定之。</p> <p>第五項第三款之保險，其保險條款及保險費率，由<b>金融監督管理委員會會同中央主管建築機關核定之</b>。</p>
<p>第 91 條之 1</p>	<p>有左列情形之一者，處建築師、專業技師、專業機構或人員、專業技術人員、檢查員或實施機械遊樂設施安全檢查人員新臺幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰：</p> <p>一、辦理第七十七條第三項之檢查簽證內容不實者。</p> <p>二、允許他人假借其名義辦理第七十七條第三項檢查簽證業務或假借他人名義辦理該檢查簽證業務者。</p> <p>三、違反第七十七條之四第六項第一款或第七十七條之四第八項第一款規定，將登記證或檢查員證提供他人使用或使用他人之登記證或檢查員證執業者。</p> <p>四、違反第七十七條之三第二項第三款規定，安全檢查報告內容不實者。</p>
<p>第 91 條之 2</p>	<p>專業機構或專業檢查人違反第七十七條第五項內政部所定有關檢查簽證事項之規定情節重大者，廢止其認可。</p> <p>建築物昇降設備及機械停車設備之專業廠商有左列情形之一者，直轄市、縣（市）主管建築機關應通知限期改正，屆期未改正者，得予停業或報請中央主管建築機關廢止其登記證：</p> <p>一、違反第七十七條之四第五項第一款規定，指派非專業技術人員安裝及維護者。</p> <p>二、違反第七十七條之四第五項第二款規定，未依原送備查之圖說資料安裝者。</p> <p>三、未依第七十七條之四第五項第三款規定常時投保意外責任保險者。</p> <p>四、未依第七十七條之四第五項第四款之規定聘僱一定人數</p>

條次	條文
	<p>之專任專業技術人員者。</p> <p>五、違反第七十七條之四第五項第五款之規定，將登記證提供他人使用或使用他人之登記證執業者。</p> <p>六、違反第七十七條之四第五項第六款規定，規避、妨害、拒絕接受業務督導者。</p> <p>七、違反第七十七條之四第五項第八款規定，報請核備之資料與事實不符者。</p> <p>八、違反第七十七條之四第五項第九款規定，設備經檢查或抽查不合格拒不改善或改善後複檢仍不合格者。</p> <p>九、違反第七十七條之四第五項第十款規定，未於期限內申辦者。</p> <p>專業技術人員有左列情形之一者，直轄市、縣（市）主管建築機關應通知限期改正，屆期未改正者，得予停止執行職務或報請中央主管建築機關廢止其專業技術人員登記證：</p> <p>一、違反第七十七條之四第六項第一款規定，將登記證提供他人使用或使用他人之登記證執業者。</p> <p>二、違反第七十七條之四第六項第二款規定，維護保養結果記載不實者。</p> <p>三、未依第七十七條之四第六項第三款規定參加訓練者。</p> <p>四、違反第七十七條之四第六項第四款規定，同時受聘於兩家以上專業廠商者。</p> <p>檢查機構有左列情形之一者，直轄市、縣（市）主管建築機關應通知限期改正，屆期未改正者，得予停止執行職務或報請中央主管建築機關廢止指定：</p> <p>一、違反第七十七條之四第七項第一款規定，喪失執行業務能力者。</p> <p>二、未依第七十七條之四第七項第二款規定據實申報檢查員異動資料者。</p> <p>三、違反第七十七條之四第七項第三款規定，積壓申請檢查案件者。</p> <p>四、違反第七十七條之四第七項第四款規定，規避、妨害或拒絕接受業務督導者。</p> <p>五、未依第七十七條之四第七項第五款規定通知管理人限期改善或將複檢不合格案件即時轉報主管建築機關處理者。</p> <p>檢查員有左列情形之一者，直轄市、縣（市）主管建築機關應通知限期改正，屆期未改正者，得予停止執行職務或報請中央主管建築機關廢止其檢查員證：</p> <p>一、違反第七十七條之四第八項第一款規定，將檢查員證提供他人使用或使用他人之檢查員證執業者。</p> <p>二、違反第七十七條之四第八項第二款規定，未據實申報檢查結果或對於檢查不合格之設備未報檢查機構處理者。</p> <p>三、未依第七十七條之四第八項第三款規定參加訓練者。</p>

條次	條文
	四、違反第七十七條之四第八項第四款規定，同時任職於兩家以上檢查機構或團體者。 五、未依第七十七條之四第八項第五款規定報告管理人停止使用或儘速報告主管建築機關處理者。 專業廠商、專業技術人員或檢查員經撤銷或廢止登記證或檢查員證，未滿三年者，不得重行申請核發同種類登記證或檢查員證。
第 95 條之 2	建築物昇降設備及機械停車設備管理人違反第七十七條之四第二項規定者，處新臺幣三千元以上一萬五千元以下罰鍰，並限期改善或補辦手續，屆期仍未改善或補辦手續者，得連續處罰。

(資料來源：本研究摘錄自全國法規資料庫建築法條文，2019)



## 附錄二現行建築物昇降設備設置及檢查管理辦法

內政部於 104 年第 4 次修正發布建築物昇降設備設置及檢查管理辦法實施至今，修正後條文全文如下：

內政部 83.10.19 台內營字第 8388505 號令  
修正發布全文 34 條  
內政部 84.11.22 台內營字第 8480688 號令  
修正發布第 9 條條文  
內政部 93.11.9 台內營字第 0930087352 號  
令修正發布名稱及全文 19 條；並自發  
布日施行（原名稱：建築物昇降設備  
管理辦法  
內政部 104.6.15 台內營字第 1040808530 號  
令修正發布；並自 105.1.1 生效

第一條 本辦法依建築法（以下簡稱本法）第七十七條之四第九項規定訂定之。

第二條 本辦法用詞，定義如下：

- 一、建築物昇降設備（以下簡稱昇降設備）：指設置於建築物之昇降機、自動樓梯或其他類似之昇降設備。
- 二、管理人：指建築物之所有權人或使用人或經授權管理之人。
- 三、專業廠商：指領有中央主管建築機關核發登記證，從事昇降設備安裝或維護保養並具有專業技術人員之廠商。
- 四、專業技術人員：指領有中央主管建築機關核發登記證，並受聘於專業廠商，擔任昇降設備安裝或維護保養之人員。
- 五、檢查機構：指經中央主管建築機關指定，得接受當地主管建築機關委託執行昇降設備安全檢查業務之機構或團體。
- 六、檢查員：指領有中央主管建築機關核發檢查員證，並受聘於檢查機構從事昇降設備安全檢查之人員。

第三條 昇降設備安裝完成後，非經竣工檢查合格取得使用許可證，不得使用。

前項竣工檢查，當地主管建築機關應於核發建築物或雜項工作物使用執照時併同辦理，或委託檢查機構為之。經檢查通過者，由當地主管建築機關或其委託之檢查機構核發使用許可證，並依第五條第一項規定之安全檢查頻率註明有效期限。

使用許可證應妥善張貼於出入口處前上方顯眼處所。

申請竣工檢查時，應檢附昇降設備組件耐用基準參考表。

第四條 管理人應委請專業廠商負責昇降設備之維護保養，由專業技術人員依一般維護保養之作業程序，按月實施並作成紀錄表一式二份，並應簽章及填註其證照號碼，由管理人及專業廠商各執一份。

專業技術人員應查核前條第四項昇降設備組件耐用基準參考表，對於已屆耐用基準之組件，應於保養紀錄表載明處理情形；已更換之組件，應另行填列昇降設備組件耐用基準參考表。於本辦法中華民國一百零五年一月一日修正施行前已領得使用許可證之昇降設備，亦同。

昇降設備組件耐用基準參考表應併同維護保養紀錄表，按月檢送當地主管建築機關。

第五條 昇降設備安全檢查頻率，規定如下：

- 一、昇降送貨機每三年一次。
- 二、個人住宅用升降機每三年一次。但建築物經竣工檢查合格達十五年者，每年一次。
- 三、供五樓以下公寓大廈使用之升降機每二年一次。但建築物經竣工檢查合格達十五年者，每年一次。
- 四、前三款以外之昇降設備每年一次。但建築物經竣工檢查合格達十五年者，每半年一次。

管理人應於使用許可證使用期限屆滿前二個月內，自行或委託維護保養之專業廠商向當地主管建築機關或其委託之檢查機構申請安全檢查。

第六條 昇降設備之安全檢查，由檢查機構受理者，檢查機構應指派檢查員依第七條規定檢查，並製作安全檢查表。

昇降設備檢查通過者，安全檢查表經檢查員簽證後，應於五日內送交檢查機構，由檢查機構核發使用許可證。

前項檢查結果，檢查機構應按月彙報當地主管建築機關備查。

第七條 昇降設備之安全檢查應檢核下列事項：

- 一、昇降設備由管理人負責管理。
- 二、已委請專業廠商負責維護保養。
- 三、已由專業技術人員從事維護保養。
- 四、已依第四條第一項規定實施平時之維護保養並作成紀錄。
- 五、已依第四條第二項及第三項規定，由專業技術人員載明昇降設備組件耐用基準處理情形，及按月檢送維護保養紀錄表予當地主管建築機關。
- 六、昇降設備運轉正常。

第八條 當地主管建築機關就停止使用之昇降設備，除通知管理人外，並應於昇降設備上張貼經檢查不合格，應停止使用之標示。

第九條 中央主管建築機關得指定符合下列各款條件者為檢查機構：

- 一、昇降設備相關之協會、機械工程科或電機工程科技師公會等專業性之法人機構或團體。
- 二、具有專任檢查員十人以上。
- 三、具有昇降設備有關之資訊與檔案資料及設備，並能與中央及當地主管建築機關連線者。

四、有獨立設置之檢查辦事處所，並設有檔案室、檢查設備存放室及檢查機構人員辦公作息之空間，面積在一百平方公尺以上者。

五、具有技師資格或五年以上昇降設備檢查經驗之檢查員擔任檢查業務主管。

第十條 中央主管建築機關得委託符合下列各款資格之一之機關（構）、團體或學校辦理專業技術人員或檢查員訓練：

一、全國性之機械工程科、電機工程科等技師公會。

二、全國性昇降設備相關之協會或團體。

三、從事昇降設備相關之研究、設計、檢查或教育訓練等工作著有成績之機關（構）、團體或學校。

前項受委託之訓練機關（構）或團體應具有從事昇降設備工作五年以上經驗，足堪擔任相關訓練工作之專業技術人員五人以上為其會員或受聘為工作人員。

第十一條 申請登記為專業廠商者，應檢附申請書及下列證明文件向中央主管建築機關申請核發專業廠商登記證：

一、第一類專業廠商：

（一）資本額在新臺幣五千萬元以上。

（二）公司或商業登記證明文件。

（三）三十名以上專業技術人員之登記文件，至少十名需具備昇降機乙級裝修技術士資格或機械、電機、電子工程技師證書資格。

二、第二類專業廠商：

（一）資本額在新臺幣二千萬元以上。

（二）公司或商業登記證明文件。

（三）十五名以上專業技術人員之登記文件，至少五名需具備昇降機乙級裝修技術士資格或機械、電機、電子工程技師證書資格。

三、第三類專業廠商：

- (一) 資本額在新臺幣六百萬元以上。
- (二) 公司或商業登記證明文件。
- (三) 六名以上專業技術人員之登記文件，至少二名需具備昇降機乙級裝修技術士資格或機械、電機、電子工程技師證書資格。

前項文件有變更者，應向中央主管建築機關辦理變更登記。

第十二條 專業廠商登記證有效期限為五年，專業廠商應於期限屆滿前三個月內，檢附下列文件，向中央主管建築機關申請換發專業廠商登記證：

- 一、申請書。
- 二、原專業廠商登記證正本。
- 三、公司或商業登記證明文件。
- 四、專業技術人員之登記文件。
- 五、其他相關文件。

本辦法中華民國一百零五年一月一日修正施行前領得專業廠商登記證者，應於修正施行後二年內檢附申請書及原專業廠商登記證正本，向中央主管建築機關申請換發專業廠商登記證；屆期未辦理者，原專業廠商登記證失其效力。

第十三條 具有下列資格之一者，得向中央主管建築機關申請核發檢查員證：

- 一、領有機械、電機、電子工程技師證書及執業執照。
- 二、具有昇降機乙級裝修技術士資格且經檢查員訓練達一定時數並測驗合格。

前項第二款訓練之課程及時數，由中央主管建築機關另定之，並於訓練合格後發給檢查員訓練結業證書。

本辦法中華民國九十三年十一月十一日修正生效之日起五年內，原以具有專科以上學校機械、電機、電子等有關科系畢業經考訓合格取得檢查員證者，應於期限內取得第一項之技師或昇降機乙級裝修技術士資格，重新申請檢查員證，屆期未取得檢查員證者，不得辦理昇降設備之檢查。

第十四條 申請核發檢查員證者，應檢附申請書及下列證明文件：

- 一、機械、電機、電子工程技師證書及執業執照正本及其影本，或昇降機乙級裝修技術士證正本及其影本各一份。
- 二、檢查員資料卡。
- 三、檢查員訓練結業證書正本及其影本各一份。

前項文件有變更者，應向中央主管建築機關辦理變更登記。

第一項第三款檢查員訓練結業證書有效期為五年，於有效期限屆滿前未依規定申請核發檢查員證者，應重新參加前條第一項第二款之訓練。

本辦法中華民國一百零五年一月一日修正施行前領有訓練結業證書而未申請核發檢查員證者，應於修正施行後一年內，向中央主管建築機關申請核發檢查員證；屆期未辦理者，原檢查員訓練結業證書失其效力。

第十五條 檢查員證有效期限為五年；領有檢查員證之檢查員，應於領證後五年內參加中央主管建築機關或其委託之相關機關（構）、團體或學校舉辦訓練十六小時以上並取得證明文件。

第十六條 檢查員應於檢查員證有效期限屆滿前六個月內，檢附下列文件向中央主管建築機關申請換發檢查員證：

- 一、申請書。
- 二、原檢查員證正本。

三、前條規定之訓練證明文件。但符合第十三條第一項第一款者，免附。

本辦法中華民國一百零五年一月一日修正施行前領得檢查員證者，應依附表一之規定期限檢附申請書及原檢查員證正本，向中央主管建築機關申請換發檢查員證；屆期未辦理者，原檢查員證失其效力。

第十七條 具有下列資格之一者，得向中央主管建築機關申請核發專業技術人員登記證：

一、領有機械、電機、電子工程等技師證書。

二、領有昇降機裝修技術士證明文件者。

第十八條 申請核發專業技術人員登記證者，應檢附申請書及下列證明文件：

一、昇降機裝修技術士證正本及其影本各一份或技師執業執照證書正本及其影本各一份。

二、專業技術人員資料卡。

前項文件有變更者，應向中央主管建築機關辦理變更登記。

第十九條 專業技術人員登記證有效期限為五年；領有專業技術人員登記證之專業技術人員，應於領證後五年內參加中央主管建築機關或其委託之相關機關（構）、團體或學校舉辦訓練十六小時以上，並取得證明文件。

第二十條 專業技術人員應於專業技術人員登記證有效期限屆滿前六個月內，檢附下列文件向中央主管建築機關申請換發其登記證：

一、申請書。

二、原專業技術人員登記證正本。

三、前條規定之訓練證明文件。但符合第十七條第一款者，免附。

本辦法中華民國一百零五年一月一日修正施行前領得專業技術人員登記證者，應依附表二之規定期限

檢附申請書及原登記證正本，向中央主管建築機關申請換發其登記證；屆期未辦理者，原登記證失其效力。

第二十一條 專業廠商依本法規定投保意外責任保險之最低保險金額如下：

- 一、每一個人身體傷亡：新臺幣三百萬元。
- 二、每一事故身體傷亡：新臺幣三千萬元。
- 三、每一事故財產損失：新臺幣二百萬元。
- 四、保險期間總保險金額：新臺幣六千四百萬元。

第二十二條 專業廠商維護保養昇降設備臺數在二百臺以下者，至少應聘僱專業技術人員六人；超過二百臺者，每增加五十臺增加一人，未達五十臺者，亦同。

專業廠商應按月製作所屬每位專業技術人員保養維修昇降設備數量統計表，併同第四條之維護保養紀錄表留存，以備當地主管建築機關查考。

第二十三條 專業廠商於登記證有效期限五年內，有本法第九十一條之二第二項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正達三次，當地主管建築機關得報請中央主管建築機關處一年以上三年以下之停止換發登記證處分。

第二十四條 專業廠商有下列情形之一者，由當地主管建築機關報請中央主管建築機關廢止其登記證：

- 一、有本法第九十一條之二第二項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正，屆期未改正者，並經當地主管建築機關處停止執行職務之處分達三次且受停止執行職務之處分累計滿三年。
- 二、受停止換發登記證處分累計三次。

第二十五條 檢查員於登記證有效期限五年內，有本法第九十一條之二第五項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正達三次，當地主管建築機關得報請中央主管建築機關處一年以上三年以下之停止換發登記證處分。

第二十六條 檢查員有下列情形之一者，由當地主管建築機關報請中央主管建築機關廢止其檢查員證：

- 一、有本法第九十一條之二第五項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正，屆期未改正者，並經當地主管建築機關處停止執行職務之處分達三次且受停止執行職務之處分累計滿三年。
- 二、受停止換發登記證處分累計三次。

第二十七條 專業技術人員於登記證有效期限五年內，有本法第九十一條之二第三項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正達三次，當地主管建築機關得報請中央主管建築機關處一年以上三年以下之停止換發登記證處分。

第二十八條 專業技術人員有下列情形之一者，由當地主管建築機關報請中央主管建築機關廢止其登記證：

- 一、有本法第九十一條之二第三項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正，屆期未改正者，並經當地主管建築機關處停止執行職務之處分達三次且受停止執行職務之處分累計滿三年。
- 二、受停止換發登記證處分累計三次。

第二十九條 專業廠商、專業技術人員或檢查員因可歸責於己之事由，致其專業廠商登記證、專業技術人員登記證或檢查員證經依法廢止或撤銷，於廢止或撤銷未滿三年者，不得重新申請登記或核發。

前項期限屆滿後，檢查員應重新依第十三條規定申請檢查員證者，並重新取得檢查員訓練結業證書。

第三十條 檢查機構有本法第九十一條之二第四項情形之一者，經當地主管建築機關通知限期改正，屆期未改正者，並經當地主管建築機關處停止執行職務達三次且受停止執行職務之處分累計滿三年者，由當地主管建築機關報請中央主管建築機關廢止指定。

第三十一條 經依前條規定廢止指定，或因可歸責於己之事由致依法撤銷指定，於廢止或撤銷未滿三年者，不得指定為檢查機構。

第三十二條 本辦法自中華民國一百零五年一月一日施行。

附表一 檢查員證換發期限

換證梯次	檢查員領得檢查員證之登記日期	換證期限由本辦法修正生效日期起算
一	原取得舊證之檢查員	二年內
二	九十六年一月一日至九十八年十二月三十一日	四年內
三	九十九年一月一日以後至本辦法一百零五年一月一日修正生效日前	五年內

表二 專業技術人員登記證換發期限

換證梯次	專業技術人員領得登記證之登記日期	換證期限由本辦法修正生效日期起算
一	原取得登記通知書之專業技術人員	二年內
二	九十五年一月一日至九十六年十二月三十一日	三年內
三	九十七年一月一日至一百年十二月三十一日	四年內
四	一百零一年一月一日以後至本辦法一百零五年一月一日修正生效日前	五年內

附錄三 建築物昇降設備組件耐用基準參考表

內政部 104.11.26 台內營字第 1040816864 號令訂定，自  
105.1.1 生效

起造人(或管理人)：  
昇降設備統一編號：  
建築物名稱：  
建築物地址：  
專業廠商：  
竣工檢查通過日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

專業技術人員： (簽章)

項次	組件項目	耐用基準年限(年)	建議使用年限	備註
1.	安全裝置組件			
1-1	馬達電磁制動器	年	年 月至 年 月	
1-2	車廂門閉鎖裝置	年	年 月至 年 月	
1-3	車廂緊急停止安全夾(安全鉗)	年	年 月至 年 月	
1-4	調速機	年	年 月至 年 月	
1-5	車廂緩衝器(彈簧式、油壓式)	年	年 月至 年 月	
1-6	機坑停止開關	年	年 月至 年 月	
1-7	車廂超載防止及警報裝置	年	年 月至 年 月	
1-8	上部及下部極限開關	年	年 月至 年 月	
		年	年 月至 年 月	
2.	牽引系統			
2-1	馬達(電動機)	年	年 月至 年 月	
2-2	牽引機(曳引機、捲揚機) 蝸桿或齒輪	年	年 月至 年 月	
2-3	牽引機驅動輪	年	年 月至 年 月	
2-4	轉向輪(導向輪)	年	年 月至 年 月	
2-5	主鋼索	年	年 月至 年 月	
		年	年 月至 年 月	
3.	一般項目			
3-1	車廂外部聯絡緊急呼叫裝置	年	年 月至 年 月	
3-2	車廂緊急照明電源設備	年	年 月至 年 月	
3-3	調速機鋼索	年	年 月至 年 月	
3-4	車廂門驅動馬達	年	年 月至 年 月	
3-5	控制盤主接觸器	年	年 月至 年 月	
		年	年 月至 年 月	
4.	其他(如油壓式昇降機、自動樓梯或其他類似之昇降設備請於本項增列)			
4-1		年	年 月至 年 月	
4-2		年	年 月至 年 月	
		年	年 月至 年 月	
表 單 說 明	1. 專業廠商應考量昇降設備使用條件(例如建築物用途、樓層數、使用環境、機種、荷重、速度及使用頻率等)填列耐用基準參考年限。 2. 組件項目如國家標準已有相關規定者，應從其規定辦理；未規定者，則參考產品設計之耐用年限填列。 3. 組件項目得依實際使用需求增列。 4. 表內所列組件項目進行更換時，耐用基準參考年限應配合更新，並重新製作本表。 5. 主管機關或管理人對耐用基準參考年限如有疑問，專業廠商應出具相關佐證資料，詳予說明。 6. 專業廠商變更時，接任之專業廠商得重新檢討本表，依實際需求重新制定。 7. 組件更換頻率及耐用基準參考年限如差異過大，專業廠商應向管理人詳加說明。 8. 本表所稱之專業廠商於申請竣工檢查時指製造商，專業技術人員指其製造商之專案技師或技術主管，保養階段專業技術人員為保養廠商人員。			

(來源：內政部訂定發布，2015)

## 附錄四內政部 79 年訂定發布之建築物昇降設備管理辦法

內政部於 79 年，以職權命令方式發布建築物昇降設備管理辦法，條文全文如下：

建築物昇降設備管理辦法	建築物昇降設備管理辦法
<p>中華民國七十九年二月二十六日內政部台內營字第七七〇七三八號令發布。</p> <p><b>第一條</b> 為加強建築物昇降設備之管理，以維護公共安全，特訂定本辦法。</p> <p><b>第二條</b> 建築物昇降設備之設置、施工及使用管理、檢查、維護保養，除法令另有規定外依本辦法之規定。</p> <p><b>第三條</b> 本辦法之主管機關為主管建築機關。</p> <p><b>第四條</b> 本辦法所稱昇降設備為設置於建築物之升降機、升降階梯、服務升降機或其他類似之設備。</p> <p><b>第五條</b> 本辦法用語定義如左： 一、管理人：係指建築物之所有人或使用</p>	<p>人或委任授權管理之人。</p> <p>二、昇降設備專業廠商（以下簡稱專業廠商）：係指經向中央主管機關辦理登記，始得從事建築物昇降設備製造或安裝或維護保養並具備專業技術人員之廠商。</p> <p>三、專業技術人員：係指具有升降機裝修技術士資格並經中央主管機關登記有案者。</p> <p>四、檢查員：係指經取得中央主管機關核發檢查員資格證，登記有案得從事昇降設備安全檢查之人員。</p> <p><b>第六條</b> 昇降設備之安裝應由專業廠商及其聘任之專業技術人員負責施工。前項專業廠商及專業技術人員資料，應於昇降設備安裝前送交當地主管建築機關備查。</p>
<p><b>第七條</b> 建築物昇降設備，經主管建築機關檢查合格者，應發給使用許可證。非經領得使用許可證，不得使用。</p> <p><b>第八條</b> 新建完成建築物其昇降設備於核發建築物使用執照時得併同核發使用許可證，並註明使用期限。</p> <p>使用許可證應張貼於昇降設備出入口處前壁板之上方顯眼處所，以備查考。</p> <p>第一項使用許可證格式另定之。</p> <p><b>第九條</b> 昇降設備使用許可證之使用期限為一年，期滿三十日前應再向主管機關或代行檢查機構申請年度安全檢查，經檢查合格者發給新證。</p> <p><b>第十條</b> 昇降設備之安全檢查得由檢查員代行檢查，經檢查員檢查通過者，應將檢查報告送交經中央主管機關指定之代行檢查機</p>	

(來源：內政部營建署編輯委員會，1994)

構複核，經確認者，由其代為核發昇降設備使用許可證。

**第十一條** 昇降設備之使用許可證，如有遺失或毀損時，應由管理人填具使用許可證補發申請書，向發證機構申請補發。

**第十二條** 昇降設備之安全檢查項目如左：

- 一、昇降設備是否由管理人負責管理。
- 二、昇降設備是否委請專業廠商負責保養。
- 三、昇降設備是否由具丙級昇降機裝修技術士以上資格者從事維護保養。
- 四、昇降設備是否依第十九條、第二十條之規定實施維護保養並作成記錄。
- 五、昇降設備是否已作成昇降設備安全檢查表。

前項第五款昇降設備檢查表格式由中央主管機關定之。

**第十三條** 符合左列規定之一者，得由中央主管機關核發檢查員資格證。

- 一、取得昇降設備乙級裝修技術士資格並經中央主管機關考訓合格者。
- 二、其他符合中央主管機關所定之標準。

前項應備具訓練課程、時數及標準另訂之。

**第十四條** 經取得檢查員資格者，於執行業務前應向中央主管機關指定之代行檢查機構受其監督、管理；該代行檢查機構並應將檢查員異動資料報經當地主管機關備查。

**第十五條** 昇降設備經檢查員檢查完竣者，應於檢查表簽證，並於五日內送交代行檢查機構複核。對於不合格者，應轉報主管機關，即行查明處理。

前項不合格之昇降設備若有立即發生危害公共安全之虞時，檢查員應即告知管理人停止使用，並以最速方法報告主管機關處理。

經主管機關查核不合規定應停止使用，除通知管理人外並應於昇降設備上張貼「本昇降設備經檢查不合格，應停止使用」之標示。

**第十六條** 檢查員應親自執行職務，據實申報檢查結果。

**第十七條** 建築物昇降設備應由管理人負責管理，並由其委請專業廠商負責維護保養。

**第十八條** 專業廠商受委託從事昇降設備之維護保養時，應指派具有丙級昇降設備裝修技術士資格以上人員為之。

**第十九條** 昇降設備平時之維護保養應由專業廠商依一般維護保養之作業程序按月實施並作成記錄表一式兩份，維護人應簽章並填註技術士之證照號碼，由管理人及專業廠商各執一份，以備檢查單位查考。

**第二十條** 昇降設備年度之定期保養檢查，應由專業廠商依據國家標準 CNS 2896「升降機、升降階梯及升降送貨機檢查標準」第二之二節之規定，派員乙級昇降設備裝修技術士資格以上人員，按其附錄依式填具作成「升降機安全檢查報告」一式兩份，檢查人應簽章並填註技術士之證照號碼，由管理人及專業廠商各執一份，以備檢查單位查考。

**第二十一條** 專業廠商應聘僱之專業技術人員，其維護保養台數在一百台以下者六人，超過一百台者每滿一百台增加兩人。

前項專業技術人員為專任，不得同時受聘於兩家以上專業廠商。

**第二十二條** 專業技術人員登記證及檢查員資格證，不得轉借他人使用。

**第二十三條** 專業技術人員應據實申報維護、保養結果，不得為虛偽之記載。

**第二十四條** 主管機關或其委託代行檢查機構

於派員檢查昇降設備時，專業廠商應指派有關技術人員並提供有關資料及器材配合檢查。

**第二十五條** 主管機關對於所轄區域內代行檢查機構及專業廠商得督導其業務狀況，必要時並得命其提出與業務有關文件及說明。

**第二十六條** 凡從事昇降設備工作並領有資格證之檢查員及登記證之專業技術人員，應接受中央主管機關主辦之有關訓練。

**第二十七條** 領有資格證之檢查員及登記證之專業技術人員，有左列情形之一者，直轄市、縣(市)主管機關轉報中央主管機關，撤銷其資格證或登記證。

- 一、報請核備之資料經主管機關抽查、結果與事實不符且影響安全甚鉅者。
- 二、違反第十六條、第二十一條第二項、第二十二條、第二十三條、第二十六條之規定者。

前項經中央主管機關撤銷資格證或登記證未滿三年者，不得重新參加考訓及申請核發資格證或登記證。

**第二十八條** 本辦法發布前已設置之昇降設備，建築物管理人應自本辦法實施之日起一年內依本辦法之規定辦理安全檢查並申領使用許可證。逾期未依規定辦理者，其昇降設備不得繼續使用，其經制止不從仍繼續使用者，依建築法有關規定辦理。

**第二十九條** 本辦法發布前已設置之昇降設備，其建築物或昇降設備有不符合規定且確難改善者，如經檢查並無安全顧慮者，得由中央主管機關另定處理辦法。

**第三十條** 本辦法自發布日施行。

(來源：內政部營建署編輯委員會，1994)

## 附錄五內政部 83 年訂定發布之建築物昇降設備管理辦法

內政部於 83 年第 1 次修正發布建築物昇降設備管理辦法，修正後條文全文如下：

中華民國八十三年十月十九日修正

- 第一條 為加強建築物昇降設備之管理，以維護公共安全，特訂定本辦法。
- 第二條 建築物昇降設備之設置、使用管理、檢查及維護保養，除法令另有規定外，依本辦法之規定。
- 第三條 本辦法之主管機關為主管建築機關。
- 第四條 本辦法所稱昇降設備為設置於建築物內之昇降機、自動樓梯或其他類似之昇降設備。
- 第五條 本辦法用語定義如下：  
一、管理人：係指建築物之所有人或使用人或授權管理之人。  
二、昇降設備專業廠商（以下簡稱專業廠商）：係指經向中央主管機關辦理登記，從事昇降設備安裝或維護保養並具有專業技術人員之廠商。  
三、專業技術人員：係指受聘於專業廠商，擔任昇降設備安裝或維護保養，並經中央主管機關登記之人員。  
四、檢查員：係指經中央主管機關核發昇降設備檢查員證，從事昇降設備安全檢查之人員。  
五、檢查機構：係指經中央主管機關指定，得接受委託執行昇降設備安全檢查業務之機構。
- 第六條 申請登記為專業廠商者，應備具申請書，並檢附下列證明文件：  
一、資本額在新臺幣六百萬元以上。  
二、營利事業登記證及公司執照或工廠登記證正本及其影本各一份。  
三、六名以上專業技術人員之登記文件。  
四、其他有關文件。
- 第七條 專業技術人員，應具有下列資格之一者：  
一、領有升降機裝修技術士證明文件者。  
二、領有機械、電機、電子工程等技師證書及執業執照者。
- 第八條 申請登記為專業技術人員者，應備具申請書，並檢附下列文件：  
一、升降機裝修技術士證正本及其影本各一份或技師執業執照證書及其影本各一份。  
二、專業技術人員資料卡。  
前項第二款資料卡格式由主管機關另定之。
- 第九條 具下列資格之一並經考訓合格者，得由中央主管機關核發檢查員證：  
一、具有升降機乙級裝修技術士資格者。  
二、專科以上學校機械、電機、電子系科畢業並從事昇降機、自動控制、動力機械等三年以上工程經驗者。  
三、其他符合中央主管機關所定資格者。  
前項考訓課程及時數，由中央主管機關另定之。
- 第十條 符合下列各款條件者，得申請中央主管機關指定為檢查機構：

（來源：周鼎金、陳海曙，1995）

- 一、為專業性之法人。  
二、具有專任檢查員十人以上。  
三、具有昇降設備有關之資訊與檔案資料及設備，並能與中央及地方主管機關連線者。
- 第十一條 檢查機構執行昇降設備檢查業務，其應負之責任與義務及工作事項，由中央主管機關另定之。
- 第十二條 檢查機構對其指派之檢查員應予登錄、監督、管理，並報請昇降設備所在地主管機關備查；檢查員異動時，亦同。
- 第十三條 昇降設備安裝安成後，非經竣工檢查合格，不得使用。  
前項竣工檢查，主管機關應於核發建築物或雜項工作物使用執照時併同辦理，或指定檢查機構為之。經檢查通過者，由主管機關核發昇降設備使用許可證，並註明使用期限為一年。  
使用許可證應妥善張貼於昇降設備出入口處前壁板之上方顯眼處所。
- 第十四條 昇降設備之安裝，應由專業廠商之專業技術人員負責。  
專業廠商從事昇降設備之安裝前，應備妥相關資料圖說送請昇降設備所在地之主管機關備查。
- 第十五條 昇降設備管理人應委請專業廠商負責維護保養，保持性能正常。管理人應於使用期限屆滿三十日前自行或委託維護保養之專業廠商向主管機關或主管機關指定之檢查機構申請年度安全檢查。  
管理人未依前項規定申請年度安全檢查者，當地主管機關應限期令其補行申請，逾期未申請者，停止其昇降設備之使用。
- 第十六條 專業廠商對於維護保養之昇降設備應依中央主管機關指定最低金額投保責任保險。  
前項保險條款及保險費率由財政部核定之。
- 第十七條 專業廠商從事昇降設備之維護保養時，應指派專業技術人員為之。
- 第十八條 專業廠商維護保養昇降設備臺數在一百臺以下者，至少應聘僱專業技術人員六人；超過一百臺者，每增加五十臺增加一人，其零數未達五十臺者，亦同。  
前項專業技術人員應為專任。
- 第十九條 昇降設備平時之維護保養，應由專業技術人員依一般維護保養之作業程序按月實施並作成記錄表一式二份，並應簽章及填註其證照號碼，由管理人及專業廠商各執一份，以備主機關或檢查機構查考。
- 第二十條 昇降設備之年度安全檢查項目如下：  
一、昇降設備是否責由管理人負責管理。  
二、是否委請專業廠商負責維護保養。  
三、是否由專業技術人員從事維護保養。  
四、是否依第十九條之規定實施平時之維護保養並作成記錄。  
五、是否已作成昇降設備安全檢查表。  
六、昇降設備運轉是否一切完全正常。  
前項第五款昇降設備安全檢查表格式，由中央主管機關定之。
- 第二十一條 昇降設備之年度安全檢查，由檢查機構受理者，檢查機構應指派檢查員檢查。指派之檢查員，不

(來源：周鼎金、陳海曙，1995)

- 得為受檢昇降設備維護保養專業廠商之從業人員。
- 昇降設備檢查通過者，檢查表經檢查員簽證後，應於五日內送交檢查機構，由檢查機構代為核發使用許可證。
- 前項檢查結果，檢查機構應按月彙報主管機關備查。
- 前項備查資料，主管機關得抽檢之，其抽檢不合格者，註銷使用許可證。
- 第二十二條 昇降設備使用許可證有遺失或毀損時，應由管理人填具申請書向發證機關(構)申請補發或換發。
- 第二十三條 檢查員對於昇降設備檢查不合格者，應即報告檢查機構。檢查機構接獲申報後應通知管理人限期改善完畢，逾期未改善者轉報主管機關查明處理。
- 檢查員發現昇降設備有立即發生危害公共安全之虞時，應即報告管理人停止使用。並以最速方法報告主管機關處理。
- 前項昇降設備經主管機關查核後，仍不合規定者應停止使用，除通知管理人外，並應於昇降設備上張貼經檢查不合格，應停止使用之標示。
- 第二十四條 主管機關對於檢查機構及專業廠商之業務得予督導。必要時，並得令其提出與業務有關文件及說明。
- 第二十五條 檢查員、專業技術人員應親自執行職務，並據實申報檢查、維護保養結果，不得為虛偽之記載。
- 第二十六條 專業技術人員登記證及檢查員證，不得轉借他人使用。
- 第二十七條 檢查員及專業技術人員，應接受中央主管機關辦理之有關訓練。
- 第二十八條 專業廠商有下列情事之一者，主管機關視其情節輕重予以警告、停業或報請中央主管機關撤銷登記證：
- 一、發現申請登記事項不實者。
  - 二、由非專業技術人員負責安裝或維護保養者。
  - 三、未依原送請備查相資料圖說安裝者。
  - 四、未依規定投保責任保險者。
  - 五、聘僱之專業技術人員未達規定人數者。
  - 六、出借登記證供他人從事安裝或維護保養業務者。
  - 七、拒絕主管機關業務督導者。
  - 八、因可歸責於專業廠商之事由，致訂約後未依約完成安裝或維護保養作業者。
  - 九、報請核備之資料經主管機關抽查結果與事實不符者。
  - 十、昇降設備經檢查機構檢查或主管機構抽檢不合格拒不改善或改善後複檢仍不合格者。
  - 十一、受委託辦理申請安全檢查，怠忽職務逾期未申辦，經當地主管機關通知後拒不申辦者。
- 第二十九條 專業技術人員有下列情事之一者，有主管機關視其情節輕重，予以警告、停止執行職務或報請中央主管機關撤銷專業技術人員登記證：
- 一、出借專業技術人員登記證供他人使用者。
  - 二、未據實記載維護保養結果者。
  - 三、無正當理由拒不參加主管機關辦理之訓練者。
  - 四、同時受聘於二家以上專業廠商者。

(來源：周鼎金、陳海曙，1995)

第三十條 檢查員有下列情事之一者，主管機關視其情節輕重，予以警告、停止執行職務或報請中央主管機關撤銷檢查員證：

- 一、出借檢查員證供他人使用者。
- 二、未據實申報檢查結果或對於檢查不合格之昇降設備未報請檢查機構處理者。
- 三、無正當理由拒不參加主管機關辦理之訓練者。
- 四、同時任職於二家以上檢查機構者。

第三十一條 檢查機構有下列情事之一者，主管機關視其情節輕重予以警告、停止執行檢查業務或報請中央主管機關撤銷指定：

- 一、發現申請指定之條件不實者。
- 二、喪失執行業務能力者。
- 三、未據實申報檢查員異動資料者。
- 四、積壓申請案件者。
- 五、拒絕主管機關業務督導者。
- 六、檢查員檢查不合格報請處理之案件，未通知管理人限期改善或複檢不合格之昇降設備未轉報主管機關處理者。

第三十二條 依前四條規定撤銷登記證或檢查員證未滿三年，不得重新申請核發。

第三十三條 本辦法修正發布前專業廠商之資本額不符合第六條第一款規定者，應於本辦法修正發布生效日起六個月內依規定申請換發專業廠商登記證，期滿未申請換發者，撤銷其登記證。

第三十四條 本辦法自發布日施行。

(來源：周鼎金、陳海曙，1995)



建築物昇降設備管理辦法

- 三、六名以上專業技術人員之登記文件。
- 四、其他有關文件。
- 第七條 專業技術人員，應具有左列資格之一者：
  - 一、領有升降機裝修技術士證明文件者。
  - 二、領有機械、電機、電子工程等技師證書及執業執照者。
- 第八條 申請登記為專業技術人員者，應備具申請書，並檢附左列文件：
  - 一、升降機裝修技術士證書正本及其影本各一份或技師執業執照證書及其影本各一份。
  - 二、專業技術人員資料卡。
- 前項第二款資料卡格式由主管機關另定之。
- 第九條 具左列資格之一者，得由中央主管機關核發檢查員證。
  - 一、具有昇降機乙級裝修技術士資格且經考試合格者。
  - 二、專科以上學校機械、電機、電子等有關系科畢業並從事昇降機、自動控制或動力機械等三年以上工程經驗且經考試合格者。
  - 三、領有機械、電機、電子工程師證書及執業執照並加入所在地技師公會且經講習期滿者。
- 前項考試、講習之課程及時數，由中央主管機關另定之。
- 第十條 符合左列各款條件者，得申請中央主管機關指定為檢查機構：
  - 一、為專業性之法人。
  - 二、具有專任檢查員十人以上。
  - 三、具有昇降設備有關之資訊與檔案資料及設備，並能與中央及地方主管機關連線者。
- 第十一條 檢查機構執行昇降設備檢查業務，其應負之責任與義務及工作事項，由中央主管機關另定之。
- 第十二條 檢查機構對其指派之檢查員應予登錄、監督、管理，並報請昇降設備所在地主管機關備查；檢查員異動時，亦同。
- 第十三條 昇降設備安裝完成後，非經竣工檢查合格，不得使用。
  - 前項竣工檢查，主管機關應於核發建築物或雜項工作物使用執照時併同辦理，或指定檢查機構為之。經檢查通過者，由主管機關核發昇降設備使用許可證，並註明使用期限為一年。
  - 使用許可證應妥善張貼於昇降設備出入口處前壁板之上方顯眼處所。
- 第十四條 昇降設備之安裝，應由專業廠商之專業技術人員負責。
  - 專業廠商從事昇降設備之安裝前，應備妥相關資料圖說送請昇降設備所在地之主管機關備查。
- 第十五條 昇降設備管理人應委請專業廠商負責維護保養，保持性能正常。
  - 管理人應於使用期限屆滿三十日前自行或委託維護保養之專業廠商向主管機關或主管機關指定之檢查機構申請年度安全檢查。
  - 管理人未依前項規定申請年度安全檢查者，當地主管機關應限期令其補行申請，逾期未申請者，停止其昇降設備之使用。
- 第十六條 專業廠商對於維護保養之昇降設備應依中央主管機關指定最低金額投保責任保險。
  - 前項保險條款及保險費率由財政部核定之。
- 第十七條 專業廠商從事昇降設備之維護保養時，應指派專業技術人員為之。
- 第十八條 專業廠商維護保養昇降設備臺數在一百臺以下者，至少應聘僱專業技術人員六人；超過一百臺者，每增加五十臺增加一人，其零數未達五十臺者，亦同。
- 前項專業技術人員應為專任。
- 第十九條 昇降設備平時之維護保養，應由專業技術人員依一般維護保養之作業程序按月實施並作成記錄表一式二份，並應簽章及填註其證照號碼，由管理人及專業廠商各執一份，以備主管機關或檢查機構查考。
- 第二十條 昇降設備之年度安全檢查項目如左：
  - 一、昇降設備是否由管理人員負責管理。
  - 二、是否委請專業廠商負責維護保養。
  - 三、是否由專業技術人員從事維護保養。
  - 四、是否依第十九條之規定實施平時之維護保養並作成記錄。
  - 五、是否已作成昇降設備安全檢查表。
  - 六、昇降設備運轉是否一切完全正常。
- 前項第五款昇降設備安全檢查表格式，由中央主管機關定之。
- 第二十一條 昇降設備之年度安全檢查，由檢查機構受理者，檢查機構應指派檢查員檢查。指派之檢查員，不得為受檢昇降設備維護保養專業廠商之從業人員。昇降設備檢查通過者，檢查表經檢查員簽證後，應於五日內送交檢查機構，

(來源：內政部營建署、建築研究所編輯委員會，1998)

由檢查機構代為核發使用許可證。  
 前項檢查結果，檢查機構應按月彙報主管機關備查。  
 前項備查資料，主管機關得抽檢之，其抽檢不合格者，註銷使用許可證。  
 第二十二條 昇降設備使用許可證有遺失或毀損時，應由管理人填具申請書向發證機關(構)申請補發或換發。  
 第二十三條 檢查員對於昇降設備檢查不合格者，應即報告檢查機構。檢查機構接獲申報後應通知管理人限期改善完畢，逾期未改善者轉報主管機關查明處理。  
 檢查員發現昇降設備有立即發生危害公共安全之虞時，應即報告管理人停止使用。並以最速方法報告主管機關處理。  
 前項昇降設備經主管機關查核後，仍不合規定者應停止使用，除通知管理人外，並應於昇降設備上張貼經檢查不合格，應停止使用之標示。  
 第二十四條 主管機關對於檢查機構及專業廠商之業務得予督導。必要時，並得令其提出與業務有關文件及說明。  
 第二十五條 檢查員、專業技術人員應親自執行職務，並據實申報檢查、維護保養結果，不得為虛偽之記載。  
 第二十六條 專業技術人員登記證及檢查員證，不得轉借他人使用。  
 第二十七條 檢查員及專業技術人員，應接受中央主管機關辦理之有關訓練。  
 第二十八條 專業廠商有左列情事之一者，主管機關視其情節輕重予以警告、停業或報請中央主管機關撤銷登記證：  
 一、發現申請登記事項不實者。  
 二、由非專業技術人員負責安裝或維護保養者。

建築物昇降設備管理辦法

三、未依原送請備查相關資料圖說安裝者。  
 四、未依規定投保責任保險者。  
 五、聘僱之專業技術人員未達規定人數者。  
 六、出借登記證供他人從事安裝或維護保養業務者。  
 七、拒絕主管機關業務督導者。  
 八、因可歸責於專業廠商之事由，致訂約後未依約完成安裝或維護保養作業者。  
 九、報請核備之資料經主管機關抽查結果與事實不符者。  
 十、昇降設備經檢查機構檢查或主管機關抽檢不合格拒不改善或改善後複檢仍不合格者。  
 十一、受委託辦理申請安全檢查，怠忽職務逾期未申辦者，經當地主管機關通知後拒不申辦者。  
 第二十九條 專業技術人員有左列情事之一者，主管機關視其情節輕重，予以警告、停止執行職務或報請中央主管機關撤銷專業技術人員登記證：  
 一、出借專業技術人員登記證供他人使用者。  
 二、未據實記載維護保養結果者。  
 三、無正當理由拒不參加主管機關辦理之訓練者。  
 四、同時受聘於二家以上專業廠商者。  
 第三十條 檢查員有左列情事之一者，主管機關視其情節輕重，予以警告、停止執行職務或報請中央主管機關撤銷檢查員證：  
 一、出借檢查員證供他人使用者。  
 二、未據實申報檢查結果或對於檢查不合格之昇降設備未報請檢查

機構處理者。  
 三、無正當理由拒不參加主管機關辦理之訓練者。  
 四、同時任職於二家以上檢查機構者。  
 第三十一條 檢查機構有左列情事之一者，主管機關視其情節輕重予以警告、停止執行檢查業務或報請中央主管機關撤銷指定：  
 一、發現申請指定之條件不實者。  
 二、喪失執行業務能力者。  
 三、未據實申報檢查員異動資料者。  
 四、積壓申請案件者。  
 五、拒絕主管機關業務督導者。  
 六、檢查員檢查不合格報請處理之案件，未通知管理人限期改善或複檢不合格之昇降設備未轉報主管機關處理者。  
 第三十二條 依前四條規定撤銷登記證或檢查員證未滿三年者，不得重新申請核發。  
 第三十三條 本辦法修正發布前專業廠商之資本額不符合第六條第一款規定者，應於本辦法修正發布生效日起六個月內依規定申請換發專業廠商登記證，期滿未申請換發者，撤銷其登記證。  
 第三十四條 本辦法自發布日施行。

(來源：內政部營建署、建築研究所編輯委員會，1998)



# 附錄七內政部 93 年修正發布之建築物昇降設備設置及檢查管理辦法

內政部於 93 年第 3 次修正發布建築物昇降設備管理辦法，本次並修正法規名稱為建築物昇降設備設置及檢查管理辦法，修正後條文全文如下：

建築物昇降設備設置及檢查管理辦法

## 建築物昇降設備設置及檢查管理辦法

內政部八十四年十一月二十二日台內營字第 84810 六八九號令修正發布  
內政部九十三年十一月九日台內營字第 0930810 八七三三二號令修正全文(原名:建築物昇降設備管理辦法)

- 第一條** 本辦法依建築法(以下簡稱本法)第七十七條之四第九項規定訂定之。
- 第二條** 本辦法用辭定義如下：  
一、建築物昇降設備(以下簡稱昇降設備)：指設置於建築物之昇降機、自動樓梯或其他類似之昇降設備。  
二、管理人：指建築物之所有權人或使用人或經授權管理之人。  
三、專業廠商：指領有中央主管建築機關核發登記證，從事昇降設備安裝或維護保養並具有專業技術人員之廠商。  
四、專業技術人員：指領有中央主管建築機關核發登記證，並受聘於專業廠商，擔任昇降設備安裝或維護保養之人員。  
五、檢查機構：指經中央主管建築機關指定，得接受直轄市、縣(市)主管建築機關委託執行昇降設備安全檢查業務之機構或團體。  
六、檢查員：指領有中央主管建築機關核發檢查員證，並受聘於檢查機構從事昇降設備安全檢查之人員。
- 第三條** 昇降設備安裝完成後，非經竣工檢查合格取得使用許可證，不得使用。  
前項竣工檢查，直轄市、縣(市)主管建築機關應於核發建築物或雜項工作物使用執照時併同辦理，或委託檢查機構為之。經檢查通過者，由直轄市、縣(市)主管建築機關或其委託之檢查機構核發使用許可證，並註明使用期限為一年。  
使用許可證應妥善張貼於出入口處前上方顯眼處所。
- 第四條** 管理人應委請專業廠商負責昇降設備之維護保養，由專業技術人員依一般維護保養之作業程序，按月實施並作成紀錄表一式二份，並應簽章及填註其證照號碼，由管理人及專業廠商各執一份。
- 第五條** 昇降設備安全檢查每年一次。管理人應於使用許可證使用期限屆滿前三十日內自行或委託維護保養之專業廠商向直轄市、縣(市)主管建築機關或其委託之檢查機構申請安全檢查。
- 第六條** 昇降設備之安全檢查，由檢查機構受理者，檢查機構應指派檢查員依第七條規定檢查，並製作安全檢查表。  
昇降設備檢查通過者，安全檢查表經檢查員簽證後，應於五日內送交檢查機構，由檢查機構核發使用許可證。  
前項檢查結果，檢查機構應按月彙報直轄市、縣(市)主管建築機關備查。
- 第七條** 昇降設備之安全檢查項目如下：  
一、昇降設備由管理人負責管理。  
二、已委請專業廠商負責維護保養。  
三、已由專業技術人員從事維護保養。  
四、已依第四條之規定實施平時之維護保養並作成紀錄。  
五、已製作昇降設備安全檢查表。  
六、昇降設備運轉正常。
- 第八條** 直轄市、縣(市)主管建築機關就停止使用之昇降設備，除通知管理人外，並應於昇降設備上張貼經檢查不合格，應停止使用之標示。
- 第九條** 中央主管建築機關得指定符合下列各款條件者為檢查機構：  
一、昇降設備相關之協會、機械工程科或電機工程科技師公會等專業性之法人機構或團體。  
二、具有專任檢查員十人以上。  
三、具有昇降設備有關之資訊與檔案資料及設備，並能與中央及地方主管建築機關連線者。  
四、有獨立設置之檢查辦事處所，並設有檔案室、檢查設備存放室及檢查機構人員辦公作息之空間，面積在一百平方公尺以上者。  
五、具有技師資格或五年以上昇降設備檢查經驗之檢查員擔任檢查業務主管。
- 第十條** 中央主管建築機關得委託符合下列各款資格之一之機關(構)、團體或學校辦理專業技術人員或檢查員訓練：  
一、全國性之機械工程科、電機工程科等技

三八六

(來源：營建雜誌社，2010)

師公會。

- 二、全國性昇降設備相關之協會或團體。
- 三、從事昇降設備相關之研究、設計、檢查或教育訓練等工作者有成績之機關(構)、團體或學校。

前項受委託之訓練機關(構)或團體應具有從事昇降設備工作五年以上經驗，足堪擔任相關訓練工作之專業技術人員五人以上為其會員或受聘為工作人員。

**第十一條** 申請登記為專業廠商者，應檢附申請書及下列證明文件向中央主管建築機關申請核發專業廠商登記證：

- 一、資本額在新臺幣六百萬元以上。
- 二、公司或商業登記證明文件。
- 三、六名以上專業技術人員之登記文件。
- 四、其他有關文件。

前項文件有變更者，應向中央主管建築機關辦理變更登記。

**第十二條** 具有下列資格之一者，得向中央主管建築機關申請核發檢查員證：

- 一、領有機械、電機、電子工程師證書及執業執照者。
  - 二、具有昇降機乙級裝修技術士資格且經檢查員訓練達一定時數並測驗合格者。
- 前項第二款訓練之課程及時數，由中央主管建築機關另定之，並於訓練合格後發給結業證書。

本辦法中華民國九十三年十一月十一日修正生效之日起五年內，原以具有專科以上學

建築物昇降設備設置及檢查管理辦法

校機械、電機、電子等有關科系畢業經考試合格取得檢查員證書者，應於期限內取得第一項之技師或昇降機乙級裝修技術士資格，重新申請檢查員證，逾期未取得檢查員證書者，不得辦理昇降設備之檢查。

**第十三條** 申請核發檢查員證書者，應檢附申請書及下列證明文件：

- 一、機械、電機、電子工程師證書及執業執照正本及其影本，或昇降機乙級裝修技術士證正本及其影本各一份。
- 二、檢查員資料卡。
- 三、檢查員訓練結業證書正本及其影本各一份。

前項文件有變更者，應向中央主管建築機關辦理變更登記。

**第十四條** 具有下列資格之一者，得向中央主管建築機關申請核發專業技術人員登記證：

- 一、領有機械、電機、電子工程等技師證書及執業執照者。
- 二、領有昇降機裝修技術士證明文件者。

**第十五條** 申請核發專業技術人員登記證書者，應檢附申請書及下列證明文件：

- 一、昇降機裝修技術士證正本及其影本各一份或技師執業執照證書正本及其影本各一份。
- 二、專業技術人員資料卡。

前項文件有變更者，應向中央主管建築機關辦理變更登記。

**第十六條** 專業廠商依本法規定投保責任保險之最低保險金額如下：

- 一、每一個人身體傷亡：新臺幣二百萬元。
  - 二、每一事故身體傷亡：新臺幣一千萬元。
  - 三、每一事故財產損失：新臺幣一百萬元。
- 保險期間總保險金額最低為新臺幣二千四百萬元。

**第十七條** 專業廠商維護保養昇降設備臺數在二百臺以下者，至少應聘僱專業技術人員六人；超過二百臺者，每增加五十臺增加一人，未達五十臺者，亦同。

專業廠商應按月製作所屬每位專業技術人員保養維修昇降設備數量統計表，併同第四條之維護保養紀錄表留存，以備直轄市、縣(市)主管建築機關查考。

**第十八條** 本辦法所定書、表、證格式，由中央主管建築機關定之。

**第十九條** 本辦法自發布日施行。

(資料來源：營建雜誌社，2010)

## 參考書目

### 中文書籍

張怡文，〈建築物昇降設備遠端檢查技術發展與應用調查研究〉109年4月增訂版，內政部建築研究所自行研究報告，新北市(2020)。

黃園舒，論消費者保護法之服務責任—以服務欠缺安全性為中心，臺灣大學法律學研究所學位論文，頁12，(2017)。

### 中文期刊雜誌

辜樹仁。〈讓30萬部電梯乖乖聽話的祕訣〉。《天下雜誌》第624期(2017)：頁90-92。

賴宛靖，〈提前預警設備故障減少停機損失半導體機台故障預診斷軟體〉。《工業技術與資訊月刊》第312期(2017)：頁6-12。亦可見財團法人工業技術研究網站：

<https://www.itri.org.tw/chi/Content/Publications/contents.aspx?&SiteID=1&MmmID=2000&MSid=746055131672126205> (最後點閱時間：2019年8月5日)。

### 其他中文參考文獻

台北市日本工商會，〈2016對台灣政府政策建言〉，議題13關於重新檢視升降機檢查維修制度，頁78-80(2016)。國家發展委員會網站：<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjc5Ny8yNzQ2Ny80YTUzY2M5Yy02MzA0LTRkODAtYWU3OS1iYTE2ZDY2ODBhM2QucGRm&n=MjAxNuaXpeWVhueZveearuabuCjkuK3mlofniYgpLnBkZg%3d%3d&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020年7月30日)。

台北市日本工商會，〈2017對台灣政府政策建言〉，議題12關於升降機檢查維修制度之重新檢視，頁77-79(2017)。國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjgxMy8yODIxNC8yODk2MmNhNi1iNjA5LTQwYmQtYmEzYi0zYTgyYzZmZmNDMyNTkucGRm&n=5Y%2bw5YyX5biC5pel5pys5bel5ZWG5pyDMjAxN%2bW5tOeZveearuabuOS4reaWh%2beJiC5wZGY%3d&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020年7月30日)。

台北市日本工商會，〈2018對台灣政府政策建言〉，議題19 關於昇降機檢查維修制度之重新檢視（延續事項），頁90-91(2018)。國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjkzMi8zMjEyNS8yOGNkMWI0ZC05YTYzLTQ4YTAtYjVjZS0zYjlxMjEwNTQ3NDIucGRm&n=MjAxOOW5tOeZveearuabuC5wZGY%3d&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020年7月30日)。

台北市日本工商會，日本工商會「2018年白皮書」相關機關回應，頁43-45(2019)。國家發展委員會網站：

<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNjkzMi8zMjcxMy8zNzkyMWNiYS0xZjEzLTQ3OWEtYWE3My00YmMxODU2ZjFkZDQucGRm&n=MjAxOOW5tOeZveearuabuOS4u%2beuoepn%2bmXnOWbnuaHiTEwODEwMDMucGRm&icon=..pdf> (最後點閱時間：2020年7月30日)。

國家發展委員會，(108)發法字第1082000877號函，檢送本會召開台北市日本工商「2018年白皮書」部會辦理情形研商會議紀錄，頁22(2019)。

國家發展委員會，(109)發法字第1092000786號函，檢送本會109年5月18日召開台北市日本工商「2019年白皮書」部會辦理情形第1次研商會議紀錄(2019)，頁6(2020)。

勞動部，升降機裝修技術士技能檢定規範說明，勞動力發展署技能檢定中心網站：

<https://ws.wda.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9VcGxvYWQvMzE1L1JlbEZpbGUvMTAyMzkvOTkwMjEvMjAxOTA1MzAxNDE4MTYwLnBkZg%3d%3d&n=MDY0MDAt5Y2H6ZmN5qmf6K0d5L%2buLTEwOC5wZGY%3d> (最後點閱時間：2020年6月15日)。

國家發展委員會，外商建言及協調專區說明，國家發展委員會網站：  
[https://www.ndc.gov.tw/Content\\_List.aspx?n=1EA96E4785E6838F](https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=1EA96E4785E6838F)  
(最後點閱時間：2019年8月5日)

國家發展委員會，(108)發法字第1082000877號函，檢送本會召開台北市日本工商「2018年白皮書」部會辦理情形研商會議紀錄(2019)。

監察院，(103)內正第0020號糾正案文，監察院網站：  
<https://www.cy.gov.tw/sp.asp?xdURL=./di/RSS/detail.asp&ctNode=871&mp=31&no=3943>(最後點閱時間：2019年8月5日)。

監察院107年09月糾正案件結案情形一覽表，監察院網站：  
<https://www.cy.gov.tw/sp.asp?xdURL=./di/RSS/detail.asp&ctNode=871&mp=31&no=3943>(最後點閱時間：2019年8月5日)。

立法院法律系統建築法法條沿革，立法院國會圖書館網站：  
<https://lis.ly.gov.tw/lglawc/lawsingle?0009037C33500000000000000000000000000000700FFFFFFD00^01158060121000^00053001001>  
(最後點閱時間：2019年11月7日)。

法務部廉政署，各政風機構辦理「106年昇降設備(電梯)維護保養勞務契約」專案稽核節錄報告，2017年。

內政部，昇降設備專業技術人員數及安全檢查人員數 89 年至 107 年統計資料。內政統計查詢網網站：  
<https://statis.moi.gov.tw/micst/stmain.jsp?sys=100>(最後點閱時間：2019年12月5日)。

內政部營建署，106年2月15日更新之「行政指導文書-建築物昇降設

備申請作業及相關書、表、證」。內政部營建署網站：

<https://www.cpami.gov.tw/%E6%94%BF%E5%BA%9C%E8%B3%87%E8%A8%8A%E5%85%AC%E9%96%8B/%E4%B8%BB%E5%8B%95%E5%85%AC%E9%96%8B%E8%B3%87%E8%A8%8A/%E8%A1%8C%E6%94%BF%E6%8C%87%E5%B0%8E%E6%96%87%E6%9B%B8/1102-%E5%BB%BA%E7%AF%89%E7%89%A9%E6%98%87%E9%99%8D%E8%A8%AD%E5%82%99%E7%94%B3%E8%AB%8B%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E5%8F%8A%E7%9B%B8%E9%97%9C%E6%9B%B8%E8%A1%A8%E8%AD%89.html> (最後點閱時間：2019年11月5日)。

法務部廉政署(106)「電梯維護及安檢造假蒙騙公家-廉政署106年各機關昇降設備(電梯)專案稽核」發現不法情事移送偵辦，預期將減少違規情事」新聞稿，法務部廉政署網站：

<https://www.aac.moj.gov.tw/media/54961/710684819744.pdf>(最後點閱時間：2019年8月5日)。

### 其他英文參考文獻

Pecht M. G. and Kang M., Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things(2018).

Kown, D., Hodkiewicz, M.R., Fan, J. et al..IoT-based prognostics and systems health management for industrial applications. IEEE Access 4: 3659-3670 (2016).

Ramakrishnan, A., Syrus, T., and Pecht, M., Electronic hardware reliability.In: Avionics Handbook, 2281-2315. Boca Raton, FL, USA: CRC Press (2000).

Dasgupta, A., Doraiswami, R.,Azarian, M.,Osterman, M.,Mathew, S., and Pecht, M., The Use of "Canaries" for Adaptive Health Management

of Electronic Systems, Semantic Scholar website,  
<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Use-of-%22Canaries%22-for-Adaptive-Health-of-Dasgupta-Doraiswami/a4432ca13259a963f47be5eb45157a0e3d90a6c3> (last visited Dec. 8, 2020).

American Society of Mechanical Engineers, ASME A17.1/CSA B44 Safety Code for Elevators and Escalators(2016).

American Society of Mechanical Engineers, ASME A17.2Guide for Inspection of Elevators, Escalators, and Moving Walks(2014).

American Society of Mechanical Engineers, ASME QEI-1 Standard for the Qualification of Elevator Inspectors (2013).

Otis Elevator Company Rolls OutIoT System, Smart Cities Connect, Produced by TechConnect  
<https://smartcitiesconnect.org/otis-elevator-company-rolls-out-iot-system/> (last visited Aug. 8, 2019).

Otis Elevator Company website, <https://www.otis.com/en/us/> (last visited Aug. 8, 2019).

Otis Launches "Otis ONE" IoT Service Solution for the World's Largest Elevator Service Network, Otis Elevator Company website, [https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/otis\\_launches\\_otis\\_one\\_iot\\_service\\_solution\\_worlds\\_largest\\_elevator\\_service\\_network.aspx](https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/otis_launches_otis_one_iot_service_solution_worlds_largest_elevator_service_network.aspx) (last visited Aug. 8, 2019).

Nippon Otis Advances Innovative Camera-Based Elevator Rope Inspection System, Otis Elevator Company Website, [https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/nippon\\_otis\\_advances\\_innovative\\_camera\\_based\\_elevator\\_rope\\_inspection\\_system.aspx](https://www.otis.com/en/us/about/news-and-media/press-releases/nippon_otis_advances_innovative_camera_based_elevator_rope_inspection_system.aspx) (last visited Aug. 8, 2019).

Isaacs D., Hu C. McBride M., Zhang M. Liu C., and Geng L., Connected Elevators Testbed, Schindler Group (2018).

Yamashita K., Nakamura M., Sakai R., Fukata H., and Sekine H., Remote Maintenance System and New Maintenance Service for Elevators Enabled by New IoT Service Platform, HITACHI REVIEW Vol. 66 (2017), <http://www.webstore.jsa.or.jp/webstore/Com/FlowControl.jsp?lang=en&bunsyoid=JIS+Z+8503-1%3A2002&dantaiCd=JIS&status=1&pageNo=0> (last visited Aug. 5, 2019).

Altoros Systems, KONE Monitors 1.1M Elevators and Escalators with IBM Bluemix and Watson IoT, Altoros Systems Website, <https://www.altoros.com/blog/kone-monitors-1-1m-elevators-and-escalators-with-ibm-bluemix-and-watson-iot/> (last visited Aug. 10, 2019).

Schindler Remote Monitoring™ A proactive approach to problem solving, [https://www.schindler.com/content/ae/internet/en/modernization/\\_jcr\\_content/contentPar/downloadlist/downloadList/51\\_1496229683248.download.asset.51\\_1496229683248/schindler-remote-monitoring-brochure.pdf](https://www.schindler.com/content/ae/internet/en/modernization/_jcr_content/contentPar/downloadlist/downloadList/51_1496229683248.download.asset.51_1496229683248/schindler-remote-monitoring-brochure.pdf) (last visited Aug. 10, 2019).

European Union, Report Liability for AI and other digital technologies (last visited Nov. 12, 2020)

#### 其他日文參考文獻

日本建築基準法，日本電子政府の総合窓口（e-Gov）法令検索網站：  
[https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail/325AC0000000201\\_20160901\\_428AC0000000072/0?revIndex=6&lawId=325AC0000000201](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail/325AC0000000201_20160901_428AC0000000072/0?revIndex=6&lawId=325AC0000000201)（最後點閱時間：2019年12月3日）。

一般社団法人日本エレベーター協会，保守点検・定期検査の必要性，

一般社団法人日本エレベーター協会網站：

<https://www.n-elekyo.or.jp/instructions/maintenance.html>（最後

點閱時間：2019年12月3日）。

国土交通省住宅局，2016「昇降機の適切な維持管理に関する指針」

等を公表，国土交通省網站：

[https://www.mlit.go.jp/report/press/house05\\_hh\\_000607.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000607.html)（最

後點閱時間：2019年7月15日）。

国土交通省住宅局，2016「エレベーター保守・点検業務標準契約書」，

国土交通省網站：<https://www.mlit.go.jp/common/001133330.pdf>

（最後點閱時間：2019年7月15日）。

財団法人日本規格協会，JIS A 4302 Inspection standard of elevator,

escalator and dumbwaiter(2006).