

大型運動場館類建築智慧節能策略 之研究

(成果報告)

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 11 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

108301070000G0071
PR10803-0562

大型運動場館類建築智慧節能 策略之研究 (成果報告)

研 究 人 員：游 伯 堅

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

Research on Intelligent Energy Saving Strategy for Large-scale Sports Venues

BY

YU POCHIEN

December, 2019

目次

目次.....	I
圖次.....	II
摘要.....	III
第一章緒論.....	1
第一節研究緣起與背景.....	1
第二節研究方法與流程.....	2
第二章文獻回顧.....	5
第一節建築智慧節能發展現況.....	5
第二節運動場館設施設計.....	8
第三章大型運動場館節能設計案例.....	14
第四章專家訪談.....	19
結論與建議.....	21
參考書目.....	22
附錄一營造優質友善運動場館設施計畫核定補助清單.....	23
附錄二運動場館A近3年用電紀錄.....	25
附錄三運動場館B高效能燈具更換與導入多段式照明智慧控制模擬.....	30

圖次

圖 1 本研究流程圖.....	3
圖 2 2017 年臺北世界大學運動會羽球場館(1F)空間與動線規劃.....	12
圖 3 2017 年臺北世界大學運動會羽球場館(3F)空間與動線規劃.....	13
圖 4 五顆松體育館室內照.....	14
圖 5 北京科技大學體育館室內照.....	15
圖 6 Bentley University Multipurpose Arena外觀照.....	16
圖 7 東京巨蛋LED改善案例(松下電子).....	17
圖 8 B 場館智慧節能系統規畫圖… ..	18

摘要

隨著全民健康意識的高漲與觀賞運動賽事的娛樂需求增加，對於運動場館的數量需求也隨之高升。近年國際開始推動綠色運動，自波士頓馬拉松、環法自由車賽、世界大學運動會等大型國際競賽到我國 101 登高活動與全國運動會，無不採不再提供瓶裝水等減少廢棄物之環境友善政策。而作為賽事舉辦的運動場館，則多為滿足大量觀眾與賽事需求設有大量空調與照明。本研究將參考現有建築智慧節能研究方向與運動場館設施設計規定，以巨蛋等室內綜合運動場館為對象，分析其用電特性，並探討建築智慧節能導入之策略，期能提供相關從業人員參考。

結論：

1. 透過本研究，大型室內運動場館如欲導入智慧節能，仰賴明確的營運規劃，如此可提升建築與空間設計的成果，在主動積極節能部分，可先依不同賽會人員種類及使用空間蒐集用電與使用情形，並分析之，隨後可依賽會空間分類規劃節能策略，並用運用感應器回饋空間環境狀況，修正用電策略。
2. 運動場館常駐設備多為製冰設備、大型顯示設備、建築機電設備(電梯、照明與空調)
3. 賽事設備則為臨時設備包含電子看板、計時計分系統、轉播系統、IOT 系統
4. 用電時間集中且電力需求高低峰明顯
 - 活動期間
 - 非活動期間(保養)
5. 研擬智慧節能對策
 - 提升設備效能(合賽事規定之 LED 燈具與空調)
 - 依服務對象、時段、活動分區管制用電行為與設置用電設備
6. 對策模擬
 - 高效能燈具更換與導入多段式照明智慧控制(A場館規畫更新LED，經模擬可節能約 22.5%)
 - 多段式空調智慧控制(B場館透過大數據分析，調整空調預冷時間，可減少冰水主機設備需求)

建議：

1. 考量能源使用行為為節能對策研擬基礎建議應鼓勵並推廣 BEMS 的建置：
短期建議

2. 建議可鼓勵非高速球類之運動項目且非大型國際賽事場地更換為高效率燈具，以蒐集實際影響：短期建議

關鍵字：運動場館、智慧節能

第一章緒論

第一節研究緣起與背景

壹、研究緣起

隨著經濟發展與生活品質提升，近年國人對於健康生活也益加關注，隨之帶動運產業開展，私人健身房與大型公有運動場館也大量設立，滿足民眾運動與參與大型比賽之娛樂需求。

近年全台運動場館數量成長迅速，較大型開發案有 2009 年臺北田徑場(臺北聽障奧運)、2009 年國家體育場(高雄世運會)、2017 臺北市網球中心與和平籃球館(臺北世大運)、興建中臺中市網球中心(臺中市亞太運動會)與臺北大巨蛋等。此外各地方政府如臺北市、新北市、桃園市、臺中市及新竹縣市政府均推出一區一運動中心政策，更是受到多數國民支持持續的增加相關建案，亦影響到我國目前推動之前瞻計畫，經查教育部體育署所轄之營造休閒運動環境計畫也於近 3 年核定有 100 餘項運動設施新建或改善案。

而大型運動場館運動場館因配合賽事舉辦與觀眾需求所設之設備繁多，使其多為大型用水用電戶，除了造成營運單位管理維護不易外，亦對我國能源衍生相當負擔。

一方面藉由建築能源管理系統 BEMS 可獲得建築能源使用資料如能結合大數據分析，提供使用者制定對應的節能策略，並導入自動化控制，則有望可以使建築節能成果更進一步。

貳、研究目的

為使大型空間運動場館能提高日常節能效益，本研究將以巨蛋等室內綜合運動場館為對象，分析其用電特性，並探討建築智慧節能導入之策略，提能提供相關從業人員參考。

因此，本研究之目的有以下 3 點：

1. 蒐集國外運動場館節能策略。
2. 探討現有運動場館用電特性。

3. 研擬導入智慧節能之策略。

第二節研究方法與流程

本研究首先蒐集國外運動場館設計規範與建築智慧節能文獻，探討運動場館建築設計之特色與建築智慧節能常用策略，並從近年我國舉辦辦完畢之世大運運動場館資料進行探討，與國內運動場館營運使用資料探討其用電特性。最後藉由訪談目前場館營運人員及建築師之專家意見，提出未來運動場館智慧節能設計的導入策略。

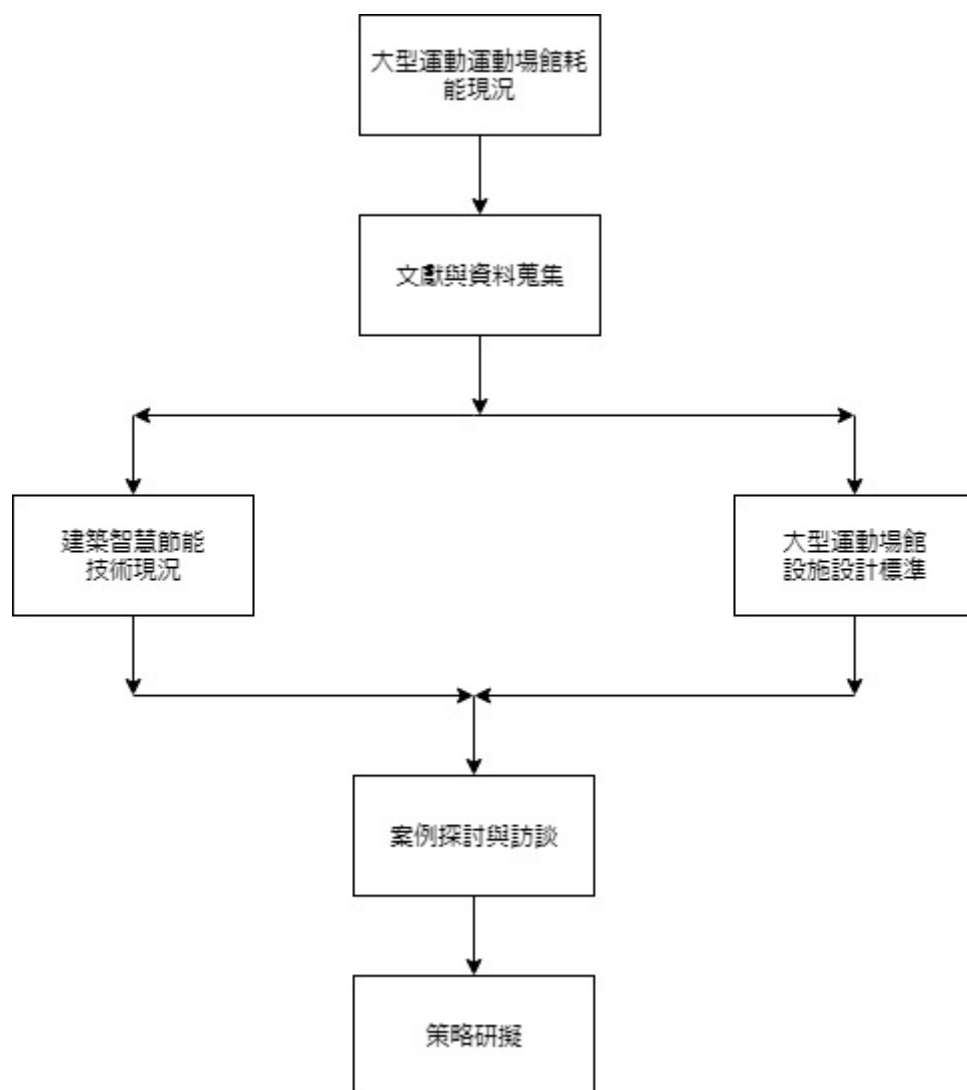


圖 1 本研究流程圖

第二章文獻回顧

第一節建築智慧節能發展現況

為達成節能減碳的目標，不乏以提高能源使用效率（如 LED 照明替代傳統燈源），及減少用電行為中的浪費，即節能控制（如照明控制及插卡電表）等 2 種方式進行。

提高能源使用效率，仰賴電器的能源技術突破，可直接降低在相同使用行為下的耗能量，然而仍無法避免因用電行為控制失當造成浪費。配合近年資通訊技術進步，電力與電信的整合，投入智慧節能控制類其效果可與更換高能源效率設備的成果相輔相成，值得更加重視。

節能控制是將自動控制技術運用於節能，即藉由 ICCT 技術（information，control，communication，technology），使能源設施發揮符合需求的效果，減少無效的浪費，以充份發揮資源最大效益。有效的節能控制，應以滿足使用者的需求為中心，因此如何以使用者為核心針對特定的建築空間，將控制技術，智慧資通訊科技及電氣能源設施知識進行有效整合是重要的技術挑戰。

建築能源管理系統(Building Energy Management System, BEMS)

為滿足上述的資通訊技術與控制技術整合，建築物能源管理系統(BEMS)於近年發展愈趨成熟完備，如何利用此一先進技術系統，搭配圖控系統與各式控制器，達成有效的能源使用，則為智慧節能建築的關鍵所在。

依據財團法人台灣綠色生產力基金會(民國 97 年 10 月，建築能源管理(BEMS)節能手冊)，建築節能管理需求，在 1960 年代，BEMS 概念就已成形，惟當時並無集中統一管理概念，主要強調自動控制功能，針對個別設備來實施管理，譬如採取個別架設監視器系統，以及運用模擬矩陣的方式做監控。

不可否認，上述單純之監控系統，最大缺陷便是不具備控制設備運轉的功能，所以對於節約用電的幫助有限，所幸此後個人電腦技術日新月異，對於建築物管理發揮莫大助益，只因善用電腦與螢幕進行監控，除了有助於掌握設備運轉狀態，使長期懸掛的缺口獲得填補，更重要的，即是將原本各自獨立的監控系統相互串

聯，繼而利用主電腦實施統一管理；於是乎，近代建築管理系統的基本雛形就此底定。

在此前提下，彙集資通訊及環境監控技術菁華於一身的 BEMS，不僅可協助使用者，讓原本不甚透明的用電資訊，開始變得清晰可見，更可順勢監控與管理週遭生活中的能源管理，透過分析用電資料，除了可以知道耗電時段，設備耗電量，制定基本的應對控制措施，以增進管理效率。

除此之外，現行 BEMS 多具備統計圖形顯示介面，據以呈現管理點資料及相關狀況，有助於非專業技術人員的使用者得以迅速掌握建築物內之各種資訊。

依據經濟部能源局指導編製的「建築節能應用技術手冊」，BEMS 主要由四大管理系統構成。其一為 BAS((Building Automation System)，旨在針對建築物內部的各種電力設備、空調設備、冷熱源設備、防火及防盜設備，進行集中監控，在盱衡能源節約及環境保護的前提下，確保建築物內環境舒適，各設備運轉狀態及使用率，均可達到最佳化狀態。

其二為 EMS(Energy Management System)，顧名思義為能源管理系統，係以計算技術為基礎的現代電力綜合自動化系統，藉由中央監視所傳達各監視點的數值，分配調度建築物內之管理能源使用及決策，以確保建築物內各用電設備，都能在最佳效率狀態下運轉，發揮例如用電卸載、需量管理等重要功能。

其三為建築管理系統(BMS)，旨在管理各設備之運轉及維修，以及保全人員排程等管理工作，並負責記錄建築物內所有費用支出，將之存入系統資料庫；最後則是設施管理系統(FMS)，係運用電腦之資料庫所累積各項設備運轉狀況記錄、維修保養之費用，詳列出各類報表，以利用戶進行各方面之財務評估與營繕管理。

至於建築物 BEMS 系統架構建立之道，主要的考量點，包括了三大面向，依序是設計層面、運轉層面，以及節能對策專家系統，藉由這三大面向的環環相扣，據以構築完備之數位化監控系統，足以針對建築物耗能現況執行詳盡診斷，可透過量測資料、既存資料庫內含數據之兩相對比，藉此挖掘問題之所在，然後再搭配專家系統擬定節能對策，繼而回饋至系統執行改善工作，同時進行經濟效益、投資酬率評估；藉由前述運作模式，伴隨建築物進行商業運轉時序的推移，持續

不斷促使系統運轉效率一步步邁向最適化。

因此 BEMS 所產生的重大效益，無非就是即時線上診斷功能，有此功能的幫助，用戶可快速查詢各感測器數據，瞭解當下建築能源使用狀態及能耗分析。比方說，使用者可自行選定一段時間區間，同時查詢包括主機耗電、運轉噸數、冰水或冷卻水進出溫度、RT 負載、負載率%、KW、KW/TON、COP 值、DUI、EUI 值…等多筆資料，便可深入診斷溫濕度變化對於能耗數值的影響。

建築智慧節能導入流程

建築耗能參照我國建築技術規則與綠建築評估手冊，大致分為三類：建築外殼、照明與空調等，故以節能方式仍難脫由此三處導入。

然除少數建築外，多數建築物均是獨一無二的，且自配合使用者的情況下也更是難以捉摸，故建築智慧節能應以配合使用者之使用行為應變，已達最高使用節能效果，第一步必須先了解能源使用量，可以隨時監看用電情形；接著，透過能源管理平台進行分析，才知道哪個部份省能、哪個時候超標，明確改善不足之處。

可依照空調使用時間實施區域規劃，加強室內通風設計，並選用高效率的冰水主機。有些大樓設定空調開啟的權限，有的則是整合了門禁與空調系統，持有門禁卡才可開啟空調，或可透過感測器自動調節空調。

而運用「感測器」佈建，同樣可以提升照明的節能效果。龔柏丞舉例說明，茶水間、洗手間、樓梯間等公共區域，可透過紅外線或超音波的感測器，也就是「動作感測」的方式去做時間控制，設定某個時間自動關燈，達到節能效果。如設置「人員移動感知」照明控制器，而且建築物也改用 LED 照明控制，部份區域裝設照度感知器，並建立「時程節能控制系統」。

有關建築外殼多是以開窗面積與外牆材料等，以減少外部熱量進入(建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範)，並於建築設計時採深開窗、遮陽板、LOW-E 玻璃等方式加強。近年出現結合日照感應或定時裝置之可動式機構之遮陽板或百葉之產品，亦可與 BEMS 結合達到智慧節能的效果。

借由上述照明、空調與其他節能設備與 BEMS 的整合，透過能源使用與室內

環境變化等大數據分析，即可逐步修正各設備之運作行為，改善設備使用量，並達成符合使用者需求的室內環境。

第二節運動場館設施設計

運動場館設計主要依運動類型、賽事等級及多用途服務為核心，針對參賽運動員及隨行官員(Athlete & Team Official)、技術官員(Technical Official)、貴賓(Olympic or Asian Games Family)、文字媒體 (Press)、攝影媒體(Photo)、廣播電視轉播(Broadcaster)、觀眾(Spectator)等 7 大使用者面向進行建築設計。其中空間檢討與改造運動建築的空間是使用者最密切與在意的條件，每項運動均有其對空間之要求與標準，在運動建築的空間檢討部份，管理者或所有者應定期依據經營管理、使用狀況與需要進行空間之性能檢討，評估建築與使用功能之均衡性，尤其應對空間之充足性、適用性以及擴充性等三項進行評估，以利後續使用之改善。

近年大型運動場館設計概念，新建或改建的室內體育館已不再採用單一功能設計，亦即除體育設施，另外包含音樂會，佈道會，展覽場，國際會議等使用，將體育館的功能與都市活動結合為一體。

因此運動場館設計特點除須符合國際各單項運動協會所訂之競賽場地標準外，又須為具備使用彈性之多用途運動場地。故硬體設計考量因素如下：

- A. 空間規模與需求：主要依國際標準，設計發展所需空間。
- B. 轉換不同用途場所，所需之空間與容納觀眾人數：採用活動人工草坪、組合式木地板與舞臺設計，提供大型貨車進出卸貨使轉換空間所花之時間可減至最少。
- C. 自然間接採光：避免炫光，且為維持轉播與賽使需求，主要照明仍以人工照明為主。
- D. 安靜的空間：吸音之考量。
- E. 播音：聲音均勻的分佈，避免回音，殘響時間的考量。
- F. 通風空調：可採自然通風，如設有空調，競賽場地之風速與風向應符合賽使規定。

- G. 夜間照明：照度要求與避免炫光，控制照明系統以符合不同空間之需求。
- H. 服務設施：更衣室，淋浴室及廁所，依據不同性質人員，計畫所需之服務設施，管理通道，配合經營管理理念設置。

於軟體設計考量因素如下：

- A. 經營管理理念的溶入，減少營運費用，增加使用頻率與收入，提供使用者多樣化的空間與良好服務。
- B. 觀眾，管理人員及運動員之男女動線配置規劃：便於爾後經營管理與不同性質人員之良好進出動線與習慣。
- C. 自動化系統：警衛，監控，照明，消防，入場等。
- D. 體育館的設計對球員，管理員及觀眾動線，不得交叉配置。在平面上要處理順暢，尤其對更衣室，淋浴室，盥洗室等的出入及總出入口上下的流動要慎重檢討。

依據我國教育部體育署所頒佈「運動設施規範及分級分類參考手冊」規定競賽場館之空間規劃應以下列二點為規畫重點：

- (一)比賽場館參與群體國際各項運動賽事將吸引來自世界各地的參與族群，因此瞭解參與族群的組成，並按照依約訂的標準為他們提供相對應的服務，是場館賽會營運的主要內容。賽會期間比賽場館內活動的參與族群大致可以分成七類：參賽運動員及隨行官員(Athlete & Team Official)、技術官員(Technical Official)、貴賓(Olympic or Asian Games Family)、文字媒體(Press)、攝影媒體(Photo)、廣播電視轉播(Broadcaster)、觀眾(Spectator)。
- (二)場館功能分區所有參與群體中，除觀眾持購票入場外，其他參與群體均透過賽會籌委會發放識別證與身分註冊卡，即註冊群體(Accredited Group)。在維安警示線內，各類參與群體也有各自動線規劃，不可重疊干擾。因此合理劃分這些活動區域，才是組織場館賽會營運各項工作的基礎。

緣此場館大致可分為後臺、比賽場地與前臺 3 區，後臺(Back of House, BOH)為所有賽會工作人員(註冊群體)之活動區域，比賽場地(Field of Play, FOP)

為僅供選手及核心賽事工作人員如裁判等之活動區域，場館前臺(Front of House, FOH)則為持票觀眾之活動區域。

依賽會運行要求，針對場館前臺、後臺進行嚴格區分，前臺為觀眾活動提供空間和服務，後臺為註冊群體之活動空間。兩區域共可劃分九個功能區：觀眾活動區、主競賽場、競賽區、新聞工作區、電視轉播區、貴賓區、場館賽會營運區、頒獎或文化活動區、安檢及交通運行區。這些功能運行分區之間不一定需要透過硬質圍欄隔開，但應相對的隔離。

註冊通行分區是對場館內不同族群進行權限區域劃分，同一通行權限的人群歸納在同一功能分區內。功能分區主要為各識別證的通行區域，可分為運動競賽區、公共流通區、場館賽會營運區、運動員準備區、新聞運行區、電視轉播區、貴賓區等九個註冊通行區。在劃分註冊分區的同時應確定驗證點的位置。註冊人員要配戴身分註冊卡，只有取得某一認證分區通行權的人員才能獲准進入該區域。各註冊分區和看臺分區之間要利用建築物隔牆，或臨時圍欄加以區分，並且在分區交界的通道處設證照查驗點(Access Control Point, ACP)，並嚴格管理這些查驗點，按規定控制人員通行。場館功能分區總則如下：

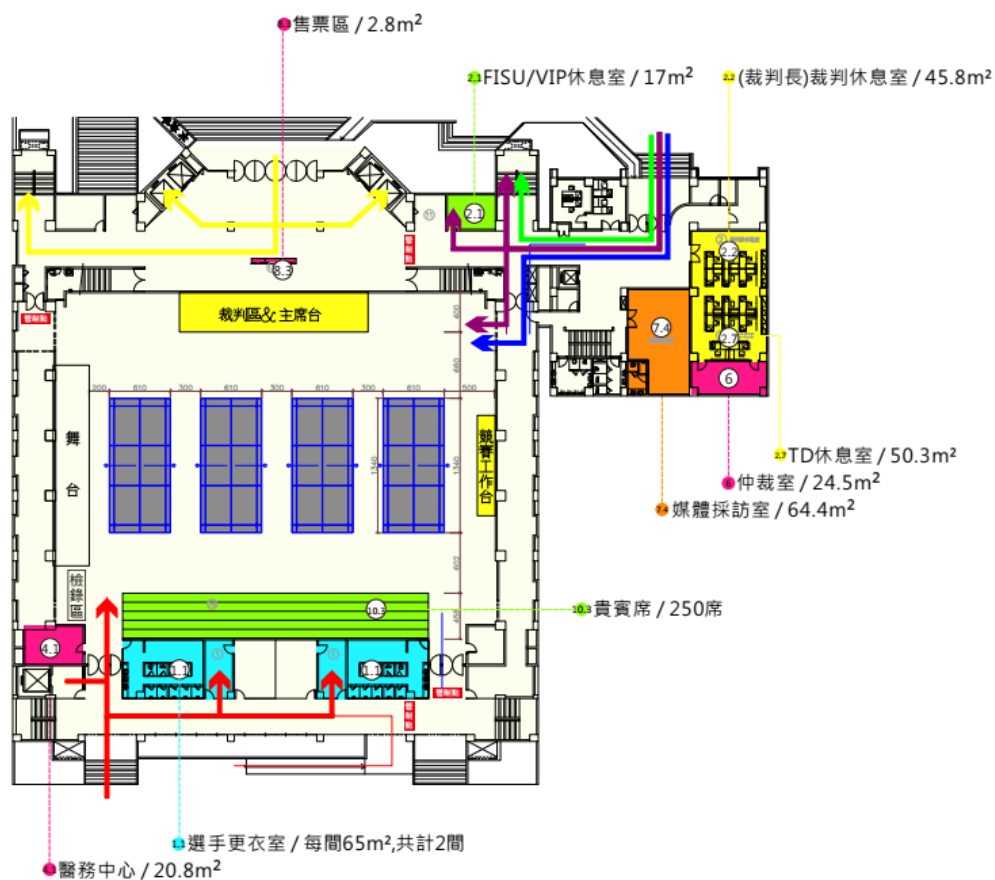
- 1、在進行分區規劃時，須保持同種證件人群空間的連結性，形成清晰的認證分區。如現有空間條件比需求稍小或空間形狀較特殊，應在滿足基本功能需要情況下，按資源總量控制原則，壓縮各空間功能人群需求空間。
- 2、在總空間分配上，依下列優先順序，依次滿足持證人群的空間需求：運動員、技術官員、貴賓、媒體、工作人員。
- 3、維安封閉區內儘可能不規劃停車場。
- 4、所有後勤保障綜合區都應相互鄰近且儘可能靠近場館。
- 5、儘量利用現有設施，降低賽會布置工程預算，避免浪費。

場館看臺佈局原則註冊群體看臺包括運動員及隨行官員、運動隊技術攝影、文字媒體(分需要桌子及不需要桌子兩種)、電視轉播(評論員席、觀察員席、攝影平臺)、攝影記者席和貴賓看臺。場館看臺分配優先原則為：電視轉播、貴賓、新聞運行、隨隊官員、運動員、運動技術攝影。在場館永久建築設有主席臺的情況下，貴賓優先使用主席臺；如主席臺座位數量不足，可考慮擴充主席臺一側的

部分觀眾席座位。未設置主席臺的場館，由貴賓與電視轉播和新聞運行共享最佳區域。具體設計需求如下：

- 1、媒體座席區應設於靠近比賽場地，有良好觀賽角度的中心看臺區，以不影響貴賓座席區完整性，優先使用主席臺附近區域。
- 2、運動員、隨隊官員區域儘量不占用最佳觀眾席。
- 3、在設計時各類註冊群體看臺進行區分，在必要的區域設置臨時隔擋。
- 4、觀眾視線從看臺到比賽場地必須無遮蔽。
- 5、無障礙觀眾席須呈現在場館地圖上，行動不便之陪同人員要鄰近無障礙觀眾席。
- 6、無障礙看臺的設計要同時考慮緊急疏散。
- 7、各類註冊群體的座席通常要設置在看臺之同一側。
- 8、媒體和貴賓都應該各設專用通道前往看臺。
- 9、媒體看臺儘量靠近混合區、媒體工作間。
- 10、平面媒體記者要配置桌椅、電源插座、網路線及電話傳真線路、競賽畫面與成績螢幕。所需之電訊設備含電話、傳真機、電視螢幕和傳音聯結器。記者桌需預留電話和電腦螢幕的配線

動線 & 空間規劃 |

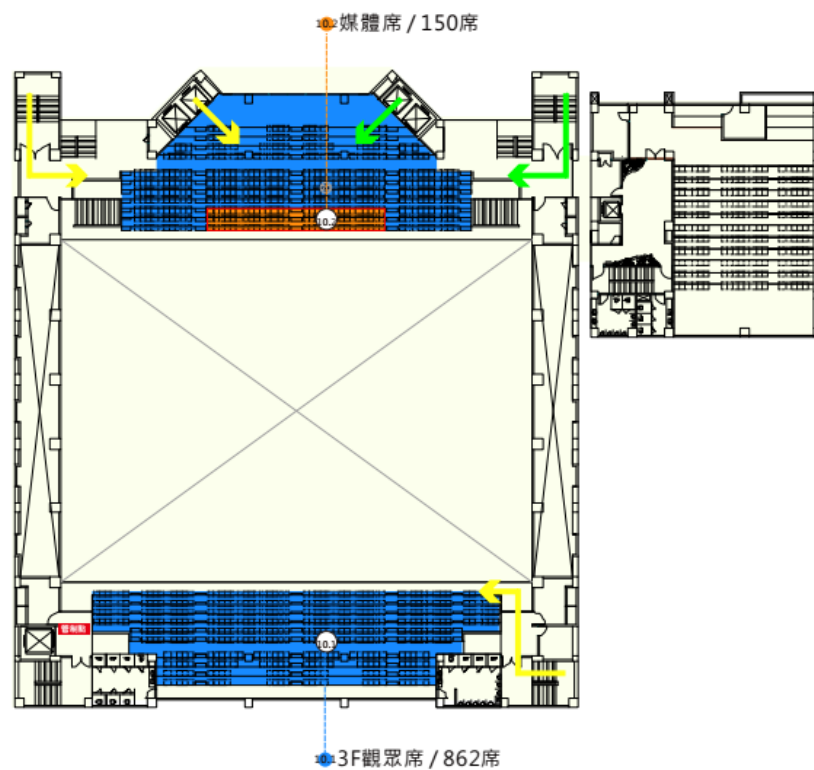


空間分區規劃 |



圖 22017 年臺北世界大學運動會羽球場館(1F)空間與動線規劃

動線 & 空間規劃 |



三層看台層平面圖

空間分區規劃 |



圖 32017 年臺北世界大學運動會羽球場館(3F)空間與動線規劃

第三章大型運動場館節能設計案例

案例一、五顆松體育館(中國)



圖 4 五顆松體育館室內照

五顆松體育館為 2008 年北京奧運場地，於 2007 年竣工，該建物由於室內挑高 15 公尺，為減少空調耗能量，便根據第二章所述之一使用者需求分別設置不同空調系統，如於觀眾席及比賽場域採用可消除室內顯熱冷負荷與潛熱冷負荷的全空氣空調系統，並自觀眾席下方送風；選手後臺則集中配置採中央空調，部分空間如醫療室等則使用分離式冷氣配置，並導入 BEMS 系統整合控制。

案例二、北京科技大學體育館(中國)



圖 5 北京科技大學體育館室內照

本體育館亦為 2008 年北京奧運場地，於 2007 年竣工，建築外殼設計減少立面開窗，並採雙層帷幕牆減少日照射入。由於一般室內運動賽事為避免有失公平並保持照度穩定，多會避免於比賽區域使用日照，而採人工照明，本案於另一大特色為屋頂設置光導管引入光線，透過漫射器使導入使內的日光均勻射向下方，配合照度計控制室內照明滿足賽會需求。

案例三、Bentley University Multipurpose Arena(美國)



圖 6 Bentley University Multipurpose Arena 外觀照

本體育館於 2018 年完工，為冰上運動專用場館，故在維持製冰與冷房上耗費大量能量，故於本案已回收大量廢熱供淋浴熱水與一般行政空間暖房調節使用，同時設置大量太陽能板，可滿足年耗電量的 40%，本案並取得美國 LEED 白金標章。

案例四、東京巨蛋(日本)

東京巨蛋建於 1988 年，為一綜合性球場可供棒球、美式足球及籃球等活動使用。2017 年複金屬燈具全面更換為 LED 燈具，照明節能 54%。LED 燈具因具有指向性，有明顯亮暗區，造成目前多數球類運動協會均不支持使用 LED 燈具。本案採用專利 LED 燈具模組交叉投射，經電腦模擬與實測減少暗區影響



【スタジアム全景（外観）】



【LED投光器モジュールタイプ「HID2000形」】



【スタジアム全景（外観）】



【スタジアム内観（現在）】

圖 7 東京巨蛋 LED 改善案例(松下電子)

案例五、我國北市 A 場館及 B 場館

A 場館為臺北市一青少棒訓練棒球場，現有燈具為複金屬投光燈 48 盞，每盞 1000W，平均照度僅 200lux，依照教育部體育署僅達 C 級業餘場地標準。藉由高效能燈具更換與導入多段式照明智慧控制模擬，已可在維持現有照度下，較原燈具配置節能 22.5%。

B 場館則為臺北市一綜合性運動場館，經由結合網路租借系統，設置多段式照明智慧控制，並蒐集大數據調整空調預冷時間，可減少冰水主機設備需求。

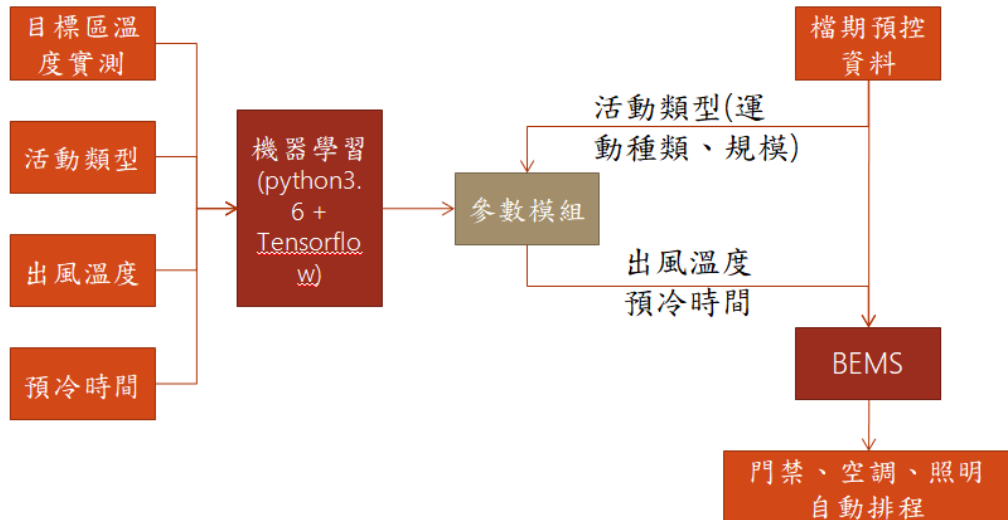


圖 8 B 場館智慧節能系統規劃圖(主管單位仍在建置中)

第四章專家訪談

為了解運動場館發展趨勢及可行節能對策，本研究邀請業界建築師、運動設施專業學者、運動設施設備供應商、BEMS 廠商及運動場館管理單位進行訪談。

訪談對象分別有：

1. 國立大學教授 1 位，專長運動設施管理與經營，曾任 10 件運動場館新建或整修工程之運動設施顧問。
2. 執業建築師 1 位，專長運動場館設計，至少 10 件公有運動場館設計作品。
3. 公有運動場館管理員 1 位，年資 7 年，就所轄場館 A，導入 BEMS，並研擬該廠節能策略。
4. 場地管理委外單位代表 1 位，就所受託營運場館 A，導入 BEMS，並實施節能策略。
5. 運動設施設備供應商代表 1 位

訪談主題有下：

1. 國際運動場館設計趨勢？特色為何？

過去常見的運動賽事實際分有戶外運動與室內運動，然而由於近年因觀看運動賽事已逐漸改變一種大眾娛樂，造成為轉播需求與夜間賽事場次大增，此外氣候變遷造成日間氣溫高與與降雨不定等不易活動因素，許多國際大型運動場館都有改建為室內運動場館的計畫，其中最明顯就是網球，網球賽事傳統為戶外運動，四大滿貫賽場館卻在近年不約而同有增設的屋頂的規劃，不可否認隨著改建為室內場館，勢必須將增加空調，可預期將增加用電量，而配合夜間賽事辦理，運動照明運用量也將增加。

2. 運動場館營運特色？

運動場館大致可分為可提供多種使用者同時運用的運動中心，其使用時間與人次實際上較為平均分散，多數服務對象為前來運動一般民眾，通常觀眾席次較少或甚至未設置。而另一種則為專供辦理賽事的場館，現在主流多規劃為綜合性用途，除少數特殊需求賽事種類外，可供多種賽事辦理，且設有觀眾席，此類型場館及有明確的使用尖峰，且人員分類

則分有運動員等賽事核心人員及一般民眾，便需參照相關單項運動賽事規定設置各類指定設施與管制措施，與大型表演廳類似。

3. 參考現有作品與運作經驗，如何可以提升能源運用效率？

除了運用高效率用電設備外，實際上目前常見問題在於空間未依原規劃運用，各空間雖於設計時已配合賽事規定設定，然在實際使用時常有臨時調整，或接手的管理單位不清楚隨意增設其他設備，造成設備重複建置，或額外用電設備增加，因此建議少數必要空間如醫療室及藥檢室等於運用時不宜調整，並應於設計截斷及將管理單位納入工程執行團隊，盡早釐清各空間使用需求，設置合理的用電設備。

另由於運動場館多半僅在實設容積與法定容積上限實際仍有差異，建議應將多餘容積有效運用如設置儲冰及再生能源設備。而國內線已有許多運動園區的規劃，建議此時應有效運用園區內的空地設置太陽能發電等再生能源設備。

4. 針對 A 場館導入 BEMS 與大數據分析的節電策略經驗為何？

國內近年雖然新建有許多新的運動場館，然而在智慧規劃上卻仍做的不多，許多 BEMS 設置後都僅止於設備正常與否的監控用途，在所收集得數據上分析較少，認為可惜。此外，除了新建場館，既有運動場館則常有線路與設備長期未更新的狀況，在智慧化挑戰很大。

5. 目前運動設施設備技術發展現況？

運動設施設備過去其實較少有用電需求，然而 IOT 技術進步，也造成目前許多設施設備出現可進行數據分析的用電機型，以應因應網路轉播之需求，例如賽事場地周邊的 A 字板與記分板，近年都開始使用數位設備，都是造成用電設備種類增加的來源。

有關運動照明目前確實仍以複金屬燈具為主，目前 LED 燈具的產品已經開始出現，有單盞燈具與多盞複合式燈具兩種，目前尚無明確主流型式。LED 運動照明目前實驗室數據確實不足，造成亮暗區僅能由燈光廠商於設置前電腦逐案模擬，且國內實績案例較少，目前集中在學校體育館與公園等休閒等級的運動場運用。因此可供大型賽事的場館多數局仍持保留態度，此部分恐怕有賴於各單項運動協會協助推廣。

結論與建議

結論：

1. 透過本研究，大型室內運動場館如欲導入智慧節能，仰賴明確的營運規劃，如此可提升建築與空間設計的成果，在主動積極節能部分，可先依不同賽會人員種類及使用空間蒐集用電與使用情形，並分析之，隨後可依賽會空間分類規劃節能策略，並用運用感應器回饋空間環境狀況，修正用電策略。
2. 運動場館常駐設備多為製冰設備、大型顯示設備、建築機電設備(電梯、照明與空調)
3. 賽事設備則為臨時設備包含電子看板、計時計分系統、轉播系統、IOT 系統
4. 用電時間集中且電力需求高低峰明顯
 - 活動期間
 - 非活動期間(保養)

建議：

1. 考量能源使用行為為節能對策研擬基礎建議應鼓勵並推廣 BEMS 的建置。
2. 建議可鼓勵非高速球類之運動項目且非大型國際賽事場地更換為高效率燈具，已蒐集實際影響。

參考書目

1. Artificialintelligenceforenergyconservationinbuildings ,
ADVANCES IN BUILDING ENERGY RESEARCH , 2010
2. The Numerical Simulation and Study on GymnasiumIndoor Thermal
Environment of Airpak , Feng Qian and Li Yang , 2016
3. How to Design an Energy-Efficient Multipurpose Arena , Athletic
Business , 2018
4. Google using DeepMind AI to reduce energy consumption by 30% ,
Internet of Business , 2018
5. 碳信託體育及康樂節能簡
介<http://www.carbontrust.com/resources/guides/sector-based-advice/sports-and-leisure>
6. 五顆松體育館網站(凱迪拉克中
心) , <http://wks.arena.bloomagelive.com/>
7. 北京科技大學體育館網站 , <http://gym.ustb.edu.cn/>
8. 運動設施規範及分級分類參考手冊 , 教育部體育署
9. 建築節能應用技術手冊 , 經濟部能源局
10. 活化建築大腦與中樞神經 , iBT 數位建築雜誌 , 2018
11. 2017 世大運場館總體檢採購案第一標 - 期末報告 , 臺北市政府體育局 ,
2015

附錄一營造優質友善運動場館設施計畫核定補助清單

「營造優質友善運動場館設施計畫」核定補助案件一覽表(108.06.30)

序號	年度	縣市別	計畫名稱	核定補助金額 (新臺幣元)	核定日期	108.06執行進度
1	106	新竹市	新竹市立棒球場新建工程	613,500,000	106.11.16	施工中
2	106	嘉義市	嘉義市立棒球場球員休息室整建工程	7,824,477	106.12.12	已完工
3	107	高雄市	高雄市立運動場館無障礙設施改善計畫	16,370,000	107.01.23	施工中
4	107	新北市	新莊田徑場打造優質足球及田徑複合場地計畫	720,451	107.01.24	已完工
5	107	臺南市	臺南市新市區地球場興建計畫(0.24公頃)	2,100,000	107.01.26	已完工
6	107	連江縣	連江縣樂活多功能體育館興建計畫	410,000,000	107.02.21	施工中
7	107	苗栗縣	107年全民運動會場地整建計畫	100,000,000	107.02.27	已完工
8	107	雲林縣	古坑鄉河濱運動公園增設國際標準地球場興建工程(0.16公頃)	4,480,000	107.03.02	已完工
9	107	彰化縣	彰化縣立體育場田徑場修繕工程	9,140,000	107.03.05	已完工
10	107	彰化縣	社頭鄉運動公園無障礙友善環境改善計畫	12,720,000	107.03.05	施工中
11	107	彰化縣	田中鎮風雨球場興建工程	14,800,000	107.03.05	施工中
12	107	臺南市	仁德區中洲體育公園棒球場改善工程	8,400,000	107.03.06	已完工
13	107	彰化縣	彰化縣立體育場戶外運動場地修繕工程	16,000,000	107.03.15	已完工
14	107	嘉義市	中華民國107年全國身心障礙國民運動會田徑、羽球、地板滾球及特奧滾球競賽場地整修工程	3,465,000	107.03.16	已完工
15	107	嘉義縣	嘉義縣竹崎鄉鄉立游泳池安全及友善環境改善工程	22,140,000	107.03.26	已完工
16	107	花蓮縣	花蓮縣立棒球場友善設施改善計畫	78,300,000	107.03.27	施工中
17	107	宜蘭縣	宜蘭市河濱公園籃球場移設整修及增設照明等工程	12,270,000	107.03.29	已完工
18	107	基隆市	暖暖運動公園環場步道及附屬運動設施改善工程	11,200,000	107.04.11	工程發包中
19	107	南投縣	草屯鎮直排輪曲棍球培訓場整建工程(第二期)	2,120,000	107.04.11	施工中
20	107	高雄市	路竹體育園區運動場地設施更新改善計畫	10,500,000	107.04.11	施工中
21	107	苗栗縣	苗栗縣立體育館整修計畫	40,000,000	107.04.17	施工中
22	107	苗栗縣	苗栗縣立體育場田徑場修繕工程計畫	40,000,000	107.04.17	已完工
23	107	雲林縣	雲林縣土庫鎮立風雨網球場及修繕工程	7,690,000	107.04.24	工程發包中
24	107	臺中市	臺中市太平區地球場第二期工程(0.09公頃)	1,800,000	107.04.25	已完工
25	107	臺中市	臺中市沙鹿區網球場地坪及夜間照明改善計畫	1,500,000	107.04.25	已完工
26	107	臺中市	臺中市梧棲區運動場跑道整修計畫	6,600,000	107.04.25	已完工
27	107	臺中市	臺中市太平體育場看台空間及盥洗室改善計畫	770,000	107.04.25	已完工
28	107	臺中市	臺中市清水區三民路橋下籃球場整建工程	4,020,000	107.04.25	已完工
29	107	臺中市	臺中市清水區國道4號高架橋下休閒運動場地新建工程	3,480,000	107.04.25	已完工
30	107	雲林縣	雲林縣虎尾鎮壘球場新設工程	12,000,000	107.04.27	施工中
31	107	臺中市	臺中市大雅體育園區第二期工程	25,000,000	107.05.01	工程發包中
32	107	新北市	板橋第二運動場區營造女子休閒運動環境整修計畫	4,800,000	107.05.02	已完工
33	107	新北市	新莊體育園區友善共榮環境改善計畫	6,000,000	107.05.02	已完工
34	107	雲林縣	雲林縣立羽球館整修工程	4,640,000	107.05.03	已完工
35	107	新北市	新莊體育館建構銀髮樂齡活動空間改善計畫	16,000,000	107.05.10	已完工
36	107	新北市	板橋第一運動場無障礙友善空間改善計畫	30,000,000	107.05.10	施工中
37	107	臺中市	臺中市太平區河堤網球場地坪及夜間照明改善計畫	1,750,000	107.05.10	施工中
38	107	臺中市	臺中市清水區運動公園網球場地坪改善工程	1,930,000	107.05.10	施工中
39	107	臺中市	大里區草湖溪健民及美群段高灘地興設簡易棒球場計畫	2,400,000	107.05.10	施工中
40	107	高雄市	楠梓文中足球場新建計畫	238,000,000	107.05.10	規劃設計作業
41	107	高雄市	高雄國家體育場設施設備整建改善計畫	71,610,000	107.05.10	施工中
42	107	屏東縣	屏東縣立棒球場整修工程	66,600,000	107.05.10	規劃設計作業
43	107	嘉義縣	布袋鎮新壇體育運動公園優化銀髮族運動環境計畫	2,800,000	107.05.14	施工中
44	107	臺中市	臺中市霧峰區運動場無障礙坡道設施計畫	731,112	107.05.16	已完工
45	107	臺中市	臺中市南區健康公園溜冰場照明設備新設及改善計畫	480,000	107.05.16	已完工
46	107	臺中市	臺中市烏日區網球場地坪及夜間照明改善計畫	920,000	107.05.16	施工中
47	107	臺東縣	臺東縣延平鄉綜合運動場看臺無障礙設施整建工程	16,200,000	107.05.23	施工中
48	107	屏東縣	屏東市游泳池無障礙設施及空間改善工程	9,000,000	107.05.25	施工中
49	107	苗栗縣	苑裡鎮運動公園籃球場地坪改善工程	1,260,000	107.05.28	已完工
50	107	臺南市	文高11運動設施遷建工程	91,000,000	107.05.28	施工中
51	107	臺南市	臺南亞太國際棒球訓練中心新建工程(第1期)	350,000,000	107.06.01	施工中
52	107	高雄市	小港運動場運動草坪暨銀髮族運動環境改善計畫	10,500,000	107.06.04	施工中
53	107	嘉義縣	水上鄉東西向橋下運動公園興建及綠美化工程	13,500,000	107.06.07	已完工
54	107	臺中市	臺中市足球運動休閒園區興建工程	449,400,000	107.06.13	規劃設計作業
55	107	嘉義市	嘉義市立棒球場軟硬體設備改善工程計畫	70,000,000	107.06.13	規劃設計作業
56	107	臺南市	臺南市立棒球場結構安全與設備整修工程	24,500,000	107.06.26	施工中
57	107	宜蘭縣	羅東運動公園田徑場整建工程	24,000,000	107.06.26	規劃設計作業
58	107	宜蘭縣	蘇澳鎮立運動公園優質再造改善計畫	50,000,000	107.06.26	施工中
59	107	澎湖縣	澎湖縣立體育場所屬棒壘球場整修及友善設施改善計畫	8,550,000	107.06.28	施工中
60	107	彰化縣	拳擊館新建工程	30,000,000	107.07.03	規劃設計作業
61	107	雲林縣	雲林縣立游泳池整修工程	4,160,000	107.07.03	已完工
62	107	基隆市	基隆市立體育館暨游泳池建築結構補強及設施更新整建工程	29,190,000	107.07.09	工程發包中
63	107	雲林縣	雲林縣四湖鄉運動公園籃球場設施改善工程	5,600,000	107.07.09	施工中
64	107	桃園市	108年全國運動會場館修繕計畫	100,000,000	107.07.18	施工中
65	107	雲林縣	大埤鄉尚義村活動中心周邊籃球場工程	1,170,000	107.07.19	已完工
66	107	臺東縣	臺東縣延平鄉綜合體育館興建工程	54,000,000	107.07.20	規劃設計作業
67	107	桃園市	桃園市立體育館薄膜結構整修計畫	200,000,000	107.07.23	規劃設計作業
68	107	南投縣	南投縣立綜合運動場(含棒球場)第二期工程	29,600,000	107.07.23	規劃設計作業

「營造優質友善運動場館設施計畫」核定補助案件一覽表(108.06.30)

序號	年度	縣市別	計畫名稱	核定補助金額 (新臺幣元)	核定日期	108.06執行進度
69	107	苗栗縣	苗栗縣立體育場田徑跑道整建計畫	36,000,000	107.07.27	施工中
70	107	臺南市	臺南市立棒球場遷建計畫	10,500,000	107.08.01	施工中
71	107	嘉義縣	嘉義縣民雄鄉樂齡運動館新建工程	38,700,000	107.08.06	施工中
72	107	苗栗縣	貓狸山公園籃球場整建工程及周邊無障礙環境改善計畫	8,050,000	107.08.13	已完工
73	107	臺中市	臺中市國際壘球運動園區興建工程	120,000,000	107.08.14	規劃設計作業
74	107	彰化縣	員林市公19籃球場興建時雨球場工程	10,560,000	107.09.07	施工中
75	107	雲林縣	大埤鄉立運動公園籃球場工程	1,200,000	107.09.12	施工中
76	107	雲林縣	雲林縣虎尾廉使多功能運動公園新建工程	16,000,000	107.09.13	規劃設計作業
77	107	新竹市	新竹市虎林棒球場周邊地設置多功能運動草皮工程	10,320,000	107.09.17	施工中
78	107	新竹市	新竹市水資源公園綠地設置多功能運動草皮計畫	1,015,000	107.09.17	施工中
79	107	宜蘭縣	宜蘭縣足球運動發展中心-順安國中足球練習場	36,000,000	107.09.19	規劃設計作業
80	107	新北市	三重區集賢環保公園設置足球場工程	3,600,000	107.09.25	規劃設計作業
81	107	新竹縣	新竹縣體育場跑道面層暨無障礙設施整修計畫	28,840,000	107.09.26	工程發包中
82	107	高雄市	中正運動場多功能運動草坪改善計畫	3,810,000	107.09.26	已完工
83	107	花蓮縣	花蓮縣吉安鄉光華民眾休閒運動公園補助計畫	27,000,000	107.09.26	施工中
84	107	彰化縣	伸港國中第二校區多功能運動草坪改善工程	3,120,000	107.10.05	施工中
85	107	彰化縣	彰化縣立體育場田徑場多功能運動草皮整修工程	4,480,000	107.10.05	規劃設計作業
86	107	桃園市	桃園市平鎮棒球場暨射箭場整建與周邊環境改善計畫	60,000,000	107.10.19	施工中
87	107	南投縣	信義鄉運動廣場整建工程	18,400,000	107.10.23	施工中
88	107	宜蘭縣	頭城運動公園運動草皮與設施改善補助案	10,000,000	107.10.23	施工中
89	107	桃園市	楊梅體育園區興建計畫	600,000,000	107.10.30	規劃設計作業
90	107	臺中市	吉峰運動場設置多功能運動草皮工程	3,600,000	107.11.05	規劃設計作業
91	107	彰化縣	彰化縣立體育場八卦山棒球場修繕工程	46,400,000	107.11.05	規劃設計作業
92	107	澎湖縣	湖西鄉鼎灣多功能運動草皮	2,520,000	107.11.22	施工中
93	107	臺南市	臺南東區平實營區風雨排球場興建計畫	17,500,000	107.11.23	規劃設計作業
94	107	花蓮縣	花蓮市大本運動公園運動設施整建計畫	6,930,000	107.11.26	施工中
95	107	花蓮縣	花蓮市佐倉運動公園多功能運動草皮設置計畫	5,400,000	107.11.26	已完工
96	107	新竹市	新竹市立香山綜合休閒運動館新建工程	140,000,000	107.11.30	規劃設計作業
97	107	雲林縣	雲林縣立游泳池增設無障礙設施(電梯)工程	2,800,000	107.11.30	規劃設計作業
98	107	臺中市	臺中市大甲區室外棒球場地新建工程計畫	1,200,000	107.12.07	規劃設計作業
99	107	新北市	板橋第二運動田徑場多功能運動草皮及周邊設施改善工程	21,900,000	107.12.11	規劃設計作業
100	107	新北市	樹林體育園區多功能運動草皮暨戶外運動場地整修工程	7,800,000	107.12.11	規劃設計作業
101	107	新北市	泰山體育園區田徑場打造多功能暨幼兒足球場整修計畫	12,000,000	107.12.11	規劃設計作業
102	107	新北市	新莊體育園區陽光草坪多功能運動草皮精進計畫	12,000,000	107.12.11	規劃設計作業
103	107	桃園市	桃園市立中路足球場及網球場興建與周邊環境設施改善計畫	10,000,000	107.12.11	施工中
104	107	宜蘭縣	冬山鄉順安地區多功能草皮運動休閒計畫	3,680,000	107.12.18	規劃設計作業
105	107	臺東縣	臺東縣棒球村設施優化計畫	90,000,000	107.12.18	規劃設計作業
106	107	臺東縣	臺東第一棒球場周邊環境改善暨設置多功能運動草皮計畫	10,800,000	107.12.18	規劃設計作業
107	107	基隆市	基隆市立田徑場主建築拆除重建(含邊坡整治)及周邊運動服務設施改善工程	105,000,000	107.12.19	規劃設計作業
108	107	臺南市	臺南亞太國際棒球訓練中心新建工程(第二期工程)計畫	350,000,000	107.12.19	規劃設計作業
109	107	屏東縣	屏東縣立田徑場周邊建築物整修工程	59,500,000	107.12.19	施工中
110	107	屏東縣	屏東縣立體育館整修工程	171,000,000	107.12.19	規劃設計作業
111	107	屏東縣	屏東縣立籃球排球場(風雨球場)暨網球場整修工程	53,100,000	107.12.19	規劃設計作業
112	107	屏東縣	屏東縣潮州鎮運動休閒園區整建工程	85,600,000	107.12.19	規劃設計作業
113	107	屏東縣	屏東縣恆春鎮立中正游泳池友善運動環境改善工程	26,700,000	107.12.19	規劃設計作業
114	107	宜蘭縣	宜蘭縣立體操館暨武術館整體改善工程	42,900,000	107.12.27	規劃設計作業
115	107	新北市	板橋第一運動場運動草皮及周邊設施改善工程	47,400,000	107.12.28	規劃設計作業
116	107	桃園市	桃園市大漢溪河濱運動公園及棒壘球場新建計畫	28,000,000	107.12.28	規劃設計作業
117	108	宜蘭縣	宜蘭縣足球運動發展中心-宜蘭運動公園複合式運動場整修計畫	160,000,000	108.02.20	規劃設計作業
118	108	花蓮縣	花蓮縣立美崙田徑場友善廁所整建工程	4,930,000	108.03.11	規劃設計作業
119	108	臺中市	臺中市大里區大仁段542地號足球場興建工程	6,600,000	108.04.01	規劃設計作業
120	108	臺南市	2019亞洲大學足球錦標賽-臺南市立田徑場整修工程	20,300,000	108.04.16	施工中
121	108	金門縣	金門縣立游泳池增設烤箱及蒸汽室工程計畫	3,580,000	108.04.25	規劃設計作業
122	108	臺中市	臺中市自由車場賽道照明工程整修計畫	13,080,000	108.05.08	規劃設計作業
123	108	臺南市	臺南市立游泳池整修工程	19,460,000	108.05.08	規劃設計作業
124	108	新北市	新北市國民運動中心無障礙運動設施精進計畫	435,000	108.05.31	規劃設計作業
125	108	新北市	新北市新莊體育館籃球設備精進計畫	1,870,000	108.06.24	規劃設計作業
總計			125	6,160,781,040		

附錄二運動場館 B 近 3 年用電紀錄

電費月份	計費期間	項目	尖峰	半尖峰	週六半尖峰	離峰	CO ₂ 排放量(kg)
1 月	107/12/01 ~ 107/12/31	最高需量(kW)	484	—	485	502	81,992
		用電度數(度)	82,400	—	26,400	39,200	
2 月	108/01/01 ~ 108/01/31	最高需量(kW)	637	—	505	501	86,479
		用電度數(度)	102,000	—	18,700	35,400	
3 月	108/02/01 ~ 108/02/28	最高需量(kW)	558	—	375	464	41,328
		用電度數(度)	36,600	—	5,200	32,800	
4 月	108/03/01 ~ 108/03/31	最高需量(kW)	608	—	599	551	109,692
		用電度數(度)	118,500	—	31,300	48,200	
5 月	108/04/01 ~	最高需量	669	—	624	635	122,711

	108/04/30	(kW)					
		用電 度數 (度)	128,000	—	30,400	63,100	
6 月	108/05/01 ~	最高 需量 (kW)	669	—	667	662	112,905
	108/05/31	用電 度數 (度)	119,700	—	30,100	54,000	
7 月	108/06/01 ~	最高 需量 (kW)	748	—	691	670	130,966
	108/06/30	用電 度數 (度)	131,200	—	37,900	67,300	
		用電 度數 合計	718,400	—	180,000	340,000	
電費 月份	計費期間	項目	尖峰	半尖峰	週六半尖 峰	離峰	CO ₂ 排放量(kg)
1 月	106/12/01 ~	最高 需量 (kW)	493	—	460	485	64,707
	106/12/31	用電 度數 (度)	67,500	—	17,100	32,200	
2 月	107/01/01 ~ 107/01/	最高 需量 (kW)	614	—	511	552	62,436

	31	用電 度數 (度)	70,600	—	10,900	31,200	
3 月	107/02/ 01 ~ 107/02/ 28	最高 需量 (kW)	404	—	311	265	37,561
		用電 度數 (度)	33,600	—	7,600	26,600	
4 月	107/03/ 01 ~ 107/03/ 31	最高 需量 (kW)	632	—	576	584	78,114
		用電 度數 (度)	81,400	—	25,200	34,400	
5 月	107/04/ 01 ~ 107/04/ 30	最高 需量 (kW)	703	—	661	687	99,775
		用電 度數 (度)	105,400	—	23,500	51,200	
6 月	107/05/ 01 ~ 107/05/ 31	最高 需量 (kW)	742	—	609	654	136,506
		用電 度數 (度)	170,000	—	25,700	50,700	
7 月	107/06/ 01 ~ 107/06/	最高 需量 (kW)	700	—	635	631	117,947

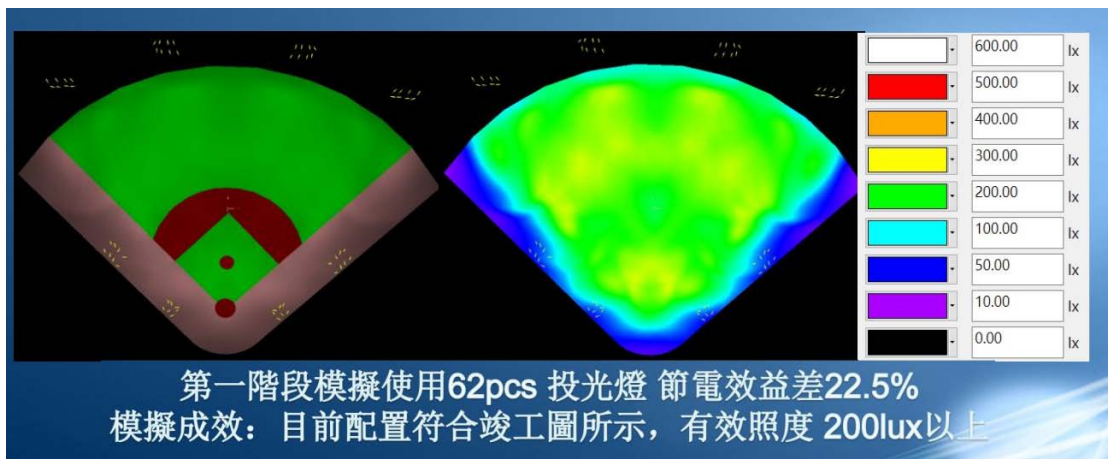
	30	用電 度數 (度)	130,000	—	33,400	49,500	
8 月	107/07/ 01 ~ 107/07/ 31	最高 需量 (kW)	687	—	668	636	136,118
		用電 度數 (度)	151,900	—	31,700	62,100	
9 月	107/08/ 01 ~ 107/08/ 31	最高 需量 (kW)	703	—	640	635	134,733
		用電 度數 (度)	161,900	—	28,300	53,000	
10 月	107/09/ 01 ~ 107/09/ 30	最高 需量 (kW)	588	—	532	525	115,343
		用電 度數 (度)	121,700	—	29,400	57,100	
11 月	107/10/ 01 ~ 107/10/ 31	最高 需量 (kW)	556	—	517	547	110,523
		用電 度數 (度)	127,100	—	22,400	50,000	
12 月	107/11/ 01 ~ 107/11/	最高 需量 (kW)	619	—	532	574	113,681

	30	用電 度數 (度)	138,000	—	23,000	44,200	
		用電 度數 合計	1,359,100	—	278,200	542,200	

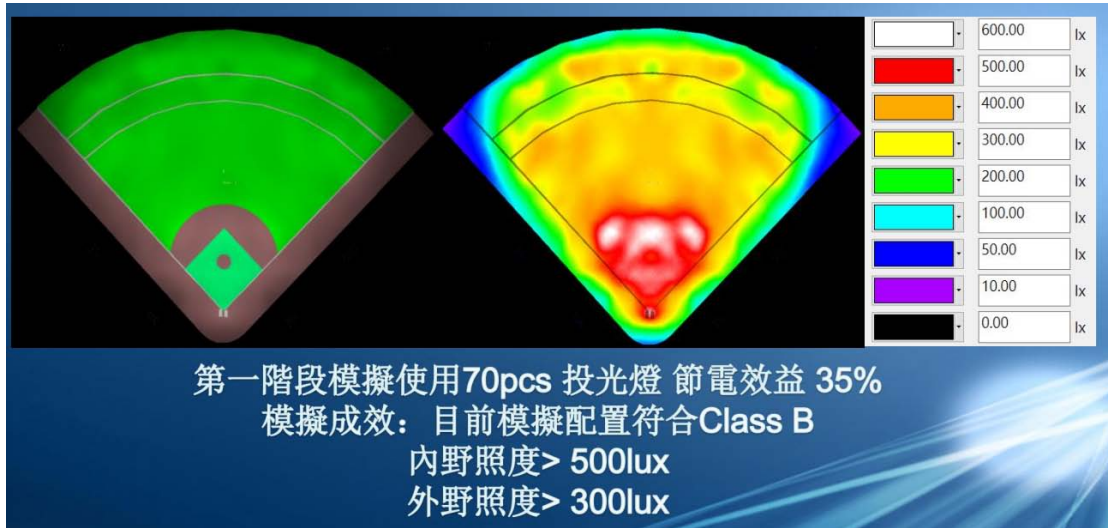
附錄三運動場館 A 高效能燈具更換與導入多段 式照明智慧控制模擬

運動場地 A 現有燈具為複金屬投光燈 48 盞，每盞 1000W，平均照度僅 200lux，僅達 C 級業餘場地標準。

模擬一：維持現有照度，更換為 LED 燈具 62 盞，每盞 600W。



模擬二：提升至 B 級一般競賽場地標準，更換為 LED 燈具 70 盞，每盞 600W。傳統複金屬投光燈需要 64 盞，每盞 1000W。



模擬三：多段式智慧控制模擬，整合場地管理系統，自動化調控燈光配置。

