

# 機場既設供電及照明系統之優化—供電備援及設備改善之智慧化設計

關鍵詞(Key Words)：節能(Energy Saving)、供電優化(Power supply optimization)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／計畫工程師／林文鏘 (Lin, Wen-Chiang) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／副理／林俊傑 (Lin, Chun-Chieh) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／技術經理／陳彥均 (Chen, Yu-Chieh) ❸

桃園國際機場股份有限公司／維護處／處長／易顯榮 (Yi, Hsien-Jung) ❹

## 摘要

桃園國際機場股份有限公司(以下簡稱桃機公司)為全天候營運，穩定的電力供應系統至關重要，考量機場內既有桃機(一)161kV變電站及航廈內變電、開關設備已屆使用年限，因設備老舊導致機場無預警停電事故頻率漸增，汰換高壓開關、變壓器及電力電纜等重電設備有其必要性。

本文主要在探討及介紹，以機場運轉經驗及維護需求，並因應智慧化趨勢，新增161kV備援線路將全機場電力系統納入備援，針對第一、第二航廈等核心負載之高、低壓電力系統進行優化，並以第一航廈電力系統為例，說明航廈電力系統優化措施。另針對航廈照明燈具進行優化檢討，選擇適用於機場的節能燈具並搭配燈控管理系統，以節省降低營運成本、減少日後維護及節能減碳。



## Optimization of the existing power and lighting system of the airport-intelligent design of backup power supply and equipment improvement

### Abstract

Taoyuan International Airport Co., Ltd. (TIAC) operates all year round, and a stable power system supply is absolutely essential for its operation. Equipment obsolescence brought about by the existing TIAC (1) 161kV substation inside the airport, as well as substation and switches located in the terminal exceeding their service life, has caused the frequency of unexpected power outages at the airport to increase. It is thus necessary to replace much of the airport's heavy electrical equipment, such as high-voltage switches, transformers, power cables, etc.

This article refers to airport operation experience, maintenance requirements, and the need to respond to the trend of an increased use of "smart" technologies, to build a new 161kV line for backup of whole airport power consumption, to discuss and introduce a number of recommendations for an optimization of the TIAC 1st and 2nd Terminals core load power system architecture, as well as a choice of energysaving lamps combined with a light control management system, which can not only reduce operating costs and future maintenance expenses, but also save energy and minimize carbon emissions.

3

專題報導

## 壹、前言

桃園機場為國家重要門戶，營運迄今已逾40年，用電量已較成立時成長460%，電力負荷急遽增加，原桃園機場161kV變電站備援能力有限且變電站建置迄今已逾20年，雖桃機公司每年均積極定期就高、低壓設備進行保養檢修汰換，卻仍受限於備援能力與設備老舊，造成維運困擾。為確保機場電力運作無虞，將進行桃園機場電力系統備援設計能力提升，以提高供電穩定。另考量第一、二航廈等建築物光源多以T5燈管、T8燈管、PL燈、複金屬為主，經估算照明負載約佔航廈整體耗電量16%-20%，建議全面汰換成本較低且適用於機場的節能LED燈具並搭配燈控管理系統，照明燈具可依據日照強度調節光源輸出功率，以期達到穩定運轉綠色節能的智慧機場目標。

## 貳、現況說明

### 一、機場電力系統現況

#### (一) 桃機(一)變電站

既設桃機(一)變電站內設置8檔位161kV單匯流排GIS開關，由台電福海變電所採二迴路經常且一次側並聯方式供電，下游設置5組161kV/11.4kV 40/50MVA主變壓器，供應機場核心區域及機場週邊負載，電力系統現況架構示意如圖1所示。現因高壓開關、變壓器及電力電纜等重電設備已屆使用年限，易因設備故障造成開關設備跳脫，影響機場核心負載正常供電。

#### (二) 第一航廈電力系統

第一航廈主體負載用電分為營業區及非營業區兩部份，分別由設置MOF1及MOF2兩電表供電，MOF1電表供應非營業區負載；MOF2電表供應營業區負載。

考量系統穩定性，航廈內一般負載分別由一般匯流排(B-Bus)及緊急匯流排(A-Bus)供電。並於兩匯流排間設置常開型聯絡斷路器(Tie)，當任一迴路跳脫時，可經由開關切換進行電源轉供。並分別於非營業區設置11.4kV 1,500kW緊急發電機組3台機組負載；營業區設置11.4kV 1,500kW緊急發電機組2台及1部465kW 480V低壓發電機組，第一航廈電力系統架構如圖2所示。經分析檢討，非營業區緊急發電機之總裝

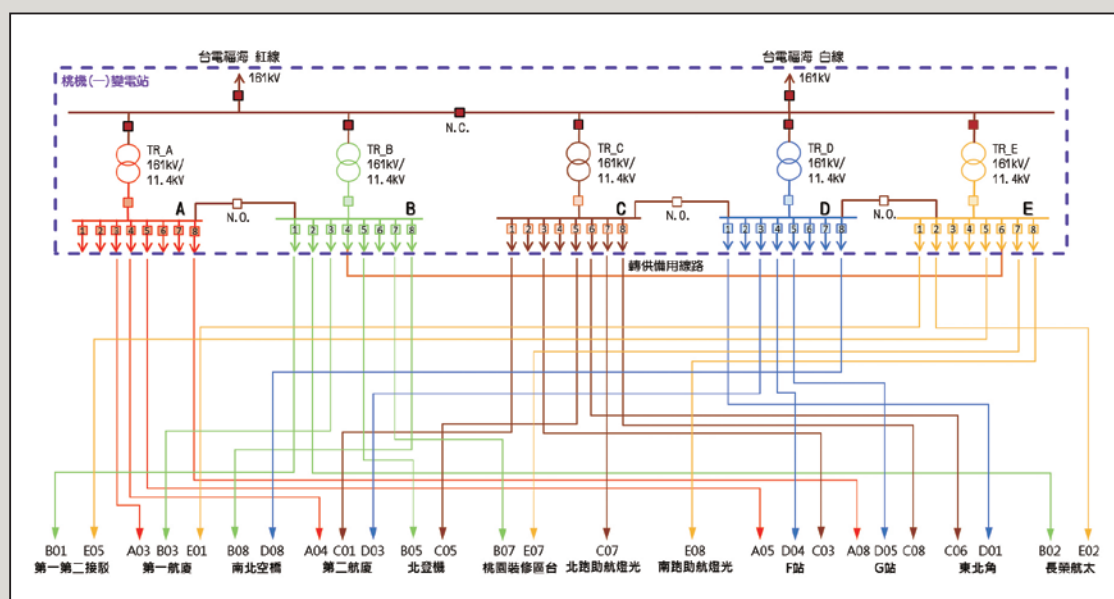


圖1 桃園機場電力系統現況架構示意圖

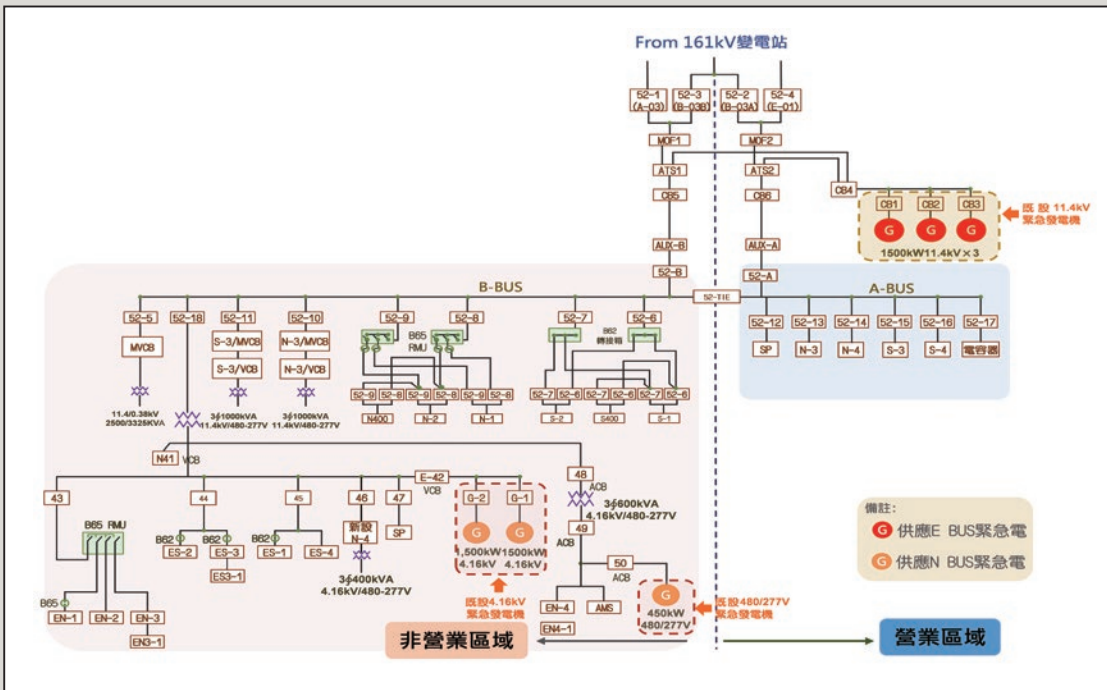


圖2 第一航廈電力系統現況單線圖

表1 第一航廈負載量及發電機組裝置容量彙整表

電表	迴路	供電範圍	契約容量	柴油發電機容量	備註
MOF1	(A-03、B-03)	非營業區域	4,914 kW	1,500kW×2+465kW	需降載運轉
MOF2	(E-01、B-03)	營業區域	2,851 kW	1,500kW×3	100%備援

置容量低於用電契約容量，當市電停電時，航廈需降載運轉以避免發電機組過載致無法正常啟動，故有擴充之必要，彙整第一航廈各電表負載量及發電機組裝置容量，如表1所示。

另第一航廈低壓系統，考量系統維護及運轉穩定性，分別由一般匯流排(N-Bus)及緊急匯流排(E-Bus)供電，並於兩匯流排間設置常開型聯絡斷路器(Tie)，當任一迴路跳脫時，可經由開關切換進行電源轉供。惟緊急匯流排端變壓器容量(EN3、EN4、ES3、ES4)小於一般匯流排之變壓器容量2,000kVA(N3、N4、S3、S4)，若要由緊急匯流排端變壓器轉供至一般匯流排所需負載時，恐發生變壓器容量不足無法轉供問

題或系統需降載運轉，故有提升變壓器容量與開關啟斷能力之必要，有關第一航廈低壓電力備援系統示意如圖3所示。

## 二、航廈照明現況

第一航廈改建工程於2010年起耗時3年於2013年6月完工，更新範圍為航廈主體部分，但南北登機長廊未在更新範圍內；第二航廈於1989年10月起展開規劃設計、1991年3月9日正式動工，在2000年7月29日正式啟用，第二航廈北候機廊廳於2003年正式啟用，過往設計時照明燈具僅有高壓氣體放電燈管、PL燈、T5、T8日光燈等傳統光源，近年來LED光源光效率、

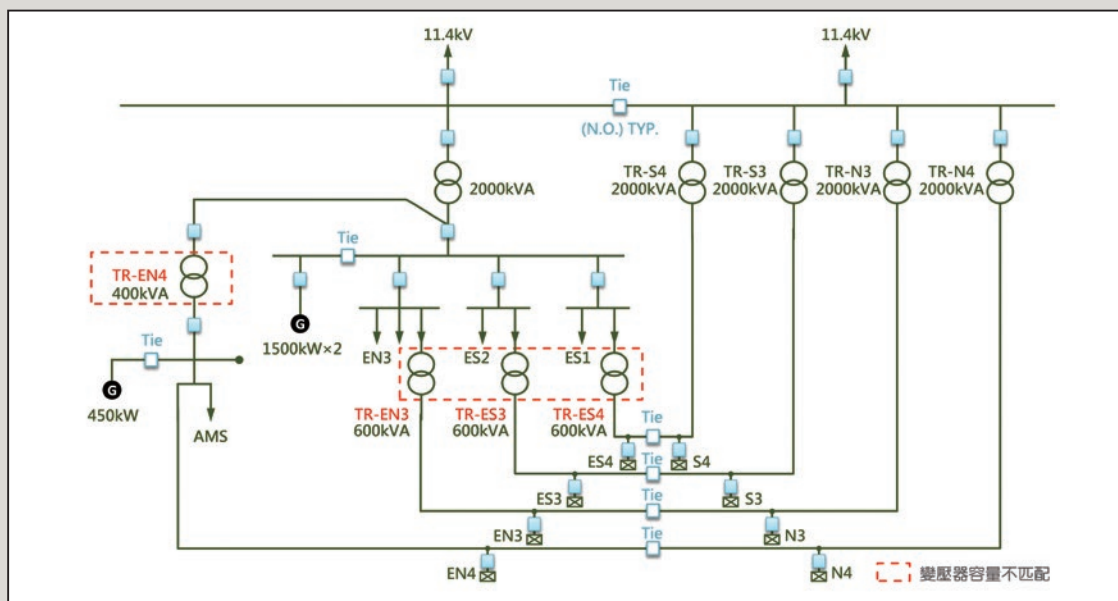


圖3 第一航廈低壓電力備援系統現況示意圖

壽命、價格等變化劇烈，已達到燈具更換平衡點，且啟用迄今燈具安定器、燈座等已老舊，更換後燈泡色差不一致，造成維護及整體視覺觀感落差，並配合政府環保政策全面汰除航廈螢光燈具，以達到環保節能減碳之目的。

### 參、機場電力系統改善構想

配合第三航廈新增用電需求，未來機場將採161kV分戶供電原則，原桃機(一)變電站由台電福海變電所供電為福海供電區，供應第一、第二航廈及機場週邊負載；配合第三航廈新增用電需求，另申請新設二迴路161kV電源，由台電長安變電所供電，為長安供電區供應第三航廈區負載。並於兩供電區間以備援線路相連，以達成全機場電力100%電力備援。另配合航廈發電機設備汰換，全面盤點航廈用電需求，採11.4kV高壓發電機組容量以達航廈100%用電備援設計；另航廈低壓側，於一般匯流排與緊急匯流排間汰換容量相匹配之變壓器，並設置連絡匯流排及斷路器，以滿足維生電源轉供需求，桃園機場電力系統100%備援架構示意如圖

4所示。

#### 一、全機場161kV特高壓 100%電力備援

原桃機(一)變電站由台電福海變電所採161kV雙迴路經常且一次側併聯供電至第一、第二航廈及機場週邊負載為福海供電區；配合第三航廈新增用電需求，已另申請新設二迴路161kV電源，由台電長安變電所雙迴路經常且一次側併聯供電至第三航廈區負載為長安供電區。

長安供電區及福海供電區電源端各設置一161kV電力開關檔位供台電第二備用電源使用，其中一回線分歧引接至福海供電區之第二備用線路檔位，並由福海供電區161kV電源其中一回線分歧引接至長安供電區之第二備用線路檔位。當任一供電區台電電源失效，可經由第二備用線路開關投入供應機場電源，達成全機場100%電力備援需求。桃園機場161kV電力系統整體建置計畫示意如圖5所示。

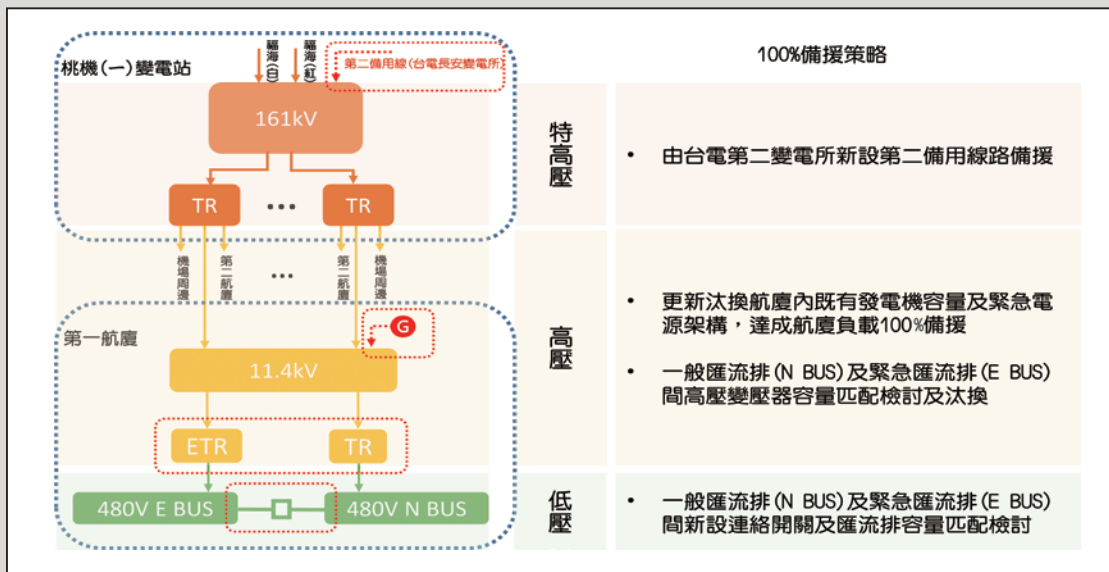


圖4 桃園機場電力系統100%備援架構示意圖

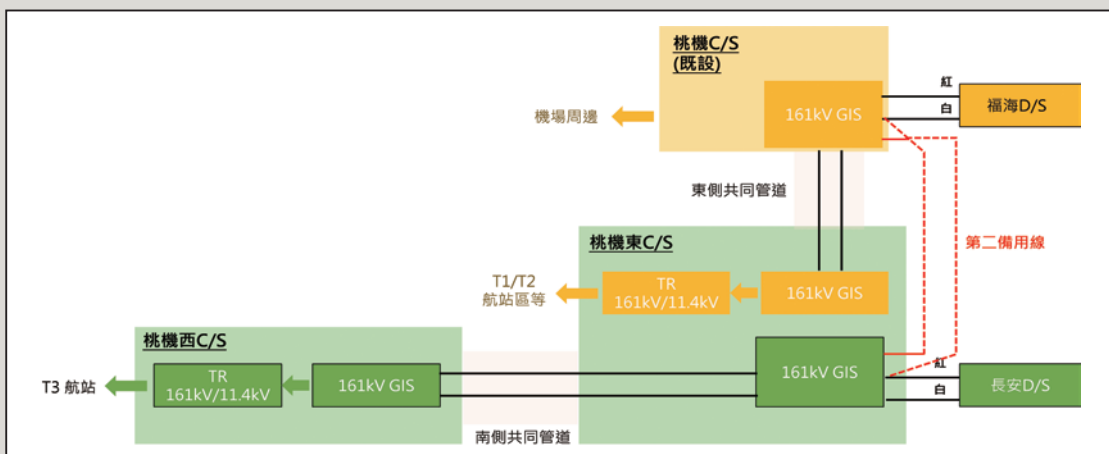


圖5 桃園機場 161kV電力系統整體建置計畫示意圖

## 二、航廈內11.4kV高壓系統 100%電力備援

將第一航廈原本 11.4kV、4.16kV 及 480V 發電機，統一規格全部採用 11.4kV 系統，非營業區設置 11.4kV 2,500kW×2 及 11.4kV 2,700kW×2 組柴油發電機，汰換後總容量為 10,400kW 大於 7,965kW (原容量)，可提高不斷電系統涵蓋範圍，達到斷電時仍可維持不中斷營運之要求。第一航廈主體緊急電力系統改善示意如圖 6 所示。

## 三、航廈內低壓380V系統100%電力備援規劃

因應航廈內 TR-EN3、TR-EN4、TR-ES3 及 TR-ES4 等緊急匯流排 (E-Bus) 變壓器容量小於相對之一般匯流排 (N-Bus) 變壓器容量，當執行系統電源轉供時，恐發生變壓器容量不足無法轉供問題或系統需降載運轉，爰此統一更換為 2,000kVA 與一般匯流排 (N-Bus) 端變壓器容量 (TR-N3、TR-N4、TR-S3 及 TR-S4) 一致，並汰換相關開關及匯流排設備，以利迴路故障時系統轉供，提高供電可靠性。第一航廈變壓器汰換規格彙整如表 2 所示。

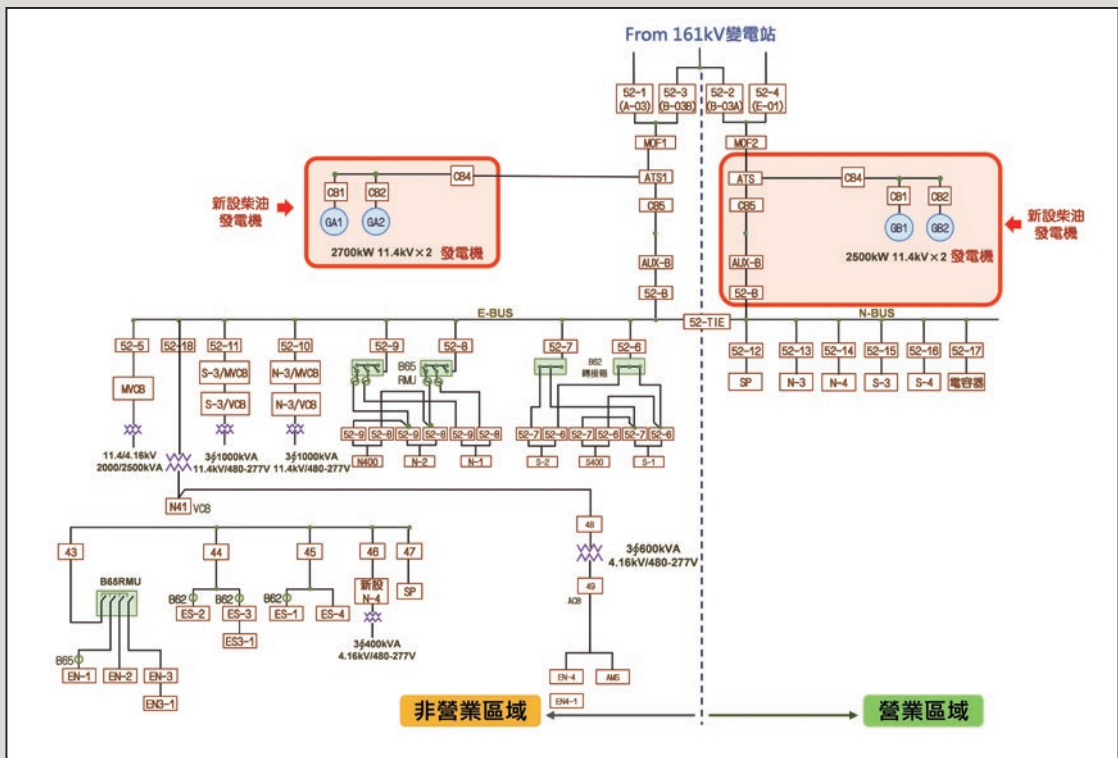


圖6 第一航廈主體緊急電力系統改善示意圖

表2 第一航廈變壓器汰換規格彙整表

航廈	變電站	變壓器	原設備容量(kVA)	更新設備容量(kVA)
T1	N3	TR-EN3	600	2,000
	N4	TR-EN4	400	2,000
	S3	TR-ES3	600	2,000
	S4	TR-ES4	600	2,000

## 肆、機場照明改善構想

桃園國際機場為全天候營運，經估算照明負載約佔整體耗電量16%-20%。另各區域作業需求不同，其室內天花板裝修造型亦不同，選擇適合各區域環境之節能照明設備，並能與機場作業需求相互結合智慧運作，各類型燈具選型及照度模擬分析分述如下。

### 一、LED燈具研選與改善分析

經現場調查，本計畫需更新區域範圍之現有燈具，光源多為T5燈管、T8燈管、PL燈、複金屬等，考量發光效率與點燈效率(如複金屬燈停電後再啟動，點亮時間約5分鐘影響使用)等因素，與因應節能及燈具發展趨勢，經詳細分析比較現況燈具與LED燈具之光源效率、演色性、建置成本及維護成本等如表3所示，可知LED燈具優於現況燈具。故汰換傳統光源燈具更換為LED燈具，以符合實際需求。

表3 現況燈具與LED燈具比較表

類型	光源	外型	效率 (lm/W)	壽命 (hrs)	單盞建置成本(元)	十年單盞電費(元)	十年單盞維護成本(元)	十年單盞合計成本(元)	十年單盞碳排放量 (kgCO <sub>2</sub> e)
T-BAR	T5、T8 56W		90	20,000	1,600	7,358	4,000	12,958	1,528
	LED 30W		130	50,000	3,000	3,942	6,000	12,942	819
嵌燈	PL 燈管 38W		66	6,000	1,800	4,993	12,000	18,793	1,037
	LED 10W		125	50,000	1,000	1,314	2,000	4,314	273
筒燈	複金屬 80W		94	12,000	3,000	10,512	4,200	17,712	2,183
	LED 40W		100	50,000	4,200	5,256	8,400	17,856	1,091

經現場調查，本計畫更新範圍約需汰換20,375盞燈具，初估每年耗電量可減少約3,878,560kWh，節省電費11,635,680元，減少碳排放量2,416,343 kgCO<sub>2</sub>e。

均勻度可提高、用電密度至少減少約50%，改善完成後，除節省用電外，亦可提供旅客及工作人員更舒適之照明感受，現況燈具與LED燈具照明模擬比較示意如圖7所示。

## 二、照明模擬比較

LED燈具可依各種環境挑選適合的配光曲線，為最合適之設計，經採用DIALux軟體，進行不同燈具安裝於各場所之照明模擬後，經比較可發現，於相同位置下直接汰換為LED燈具，

## 三、日光照明設計模擬

妥適運用第二航廈建築採天窗及外牆玻璃帷幕等環境資源，進行最合適之設計，藉由自然光可減少燈具照明的需求，以達到節能及降低碳排放量。透過DIALux分析模擬日照條件，善

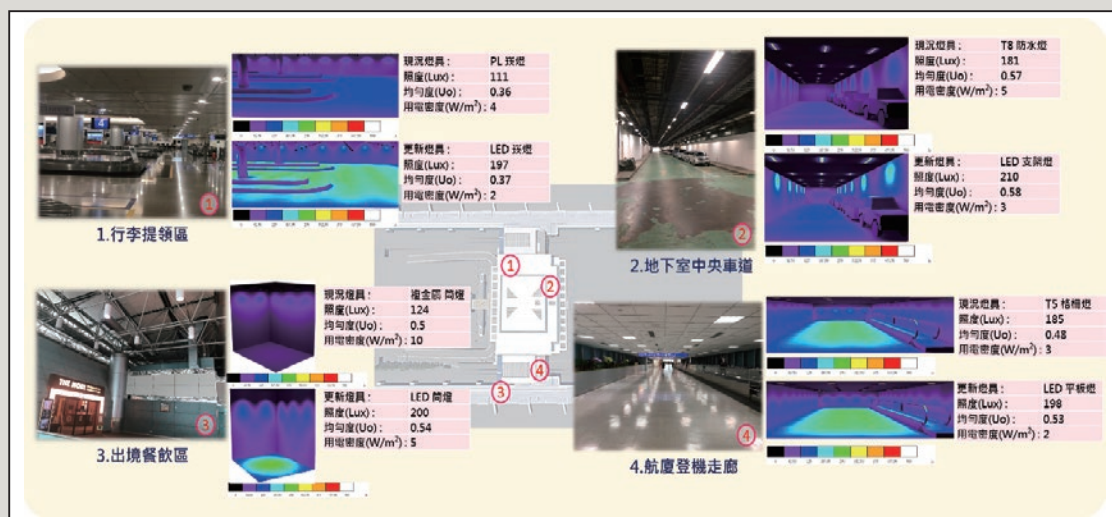


圖7 現況燈具與LED燈具照明模擬比較示意圖

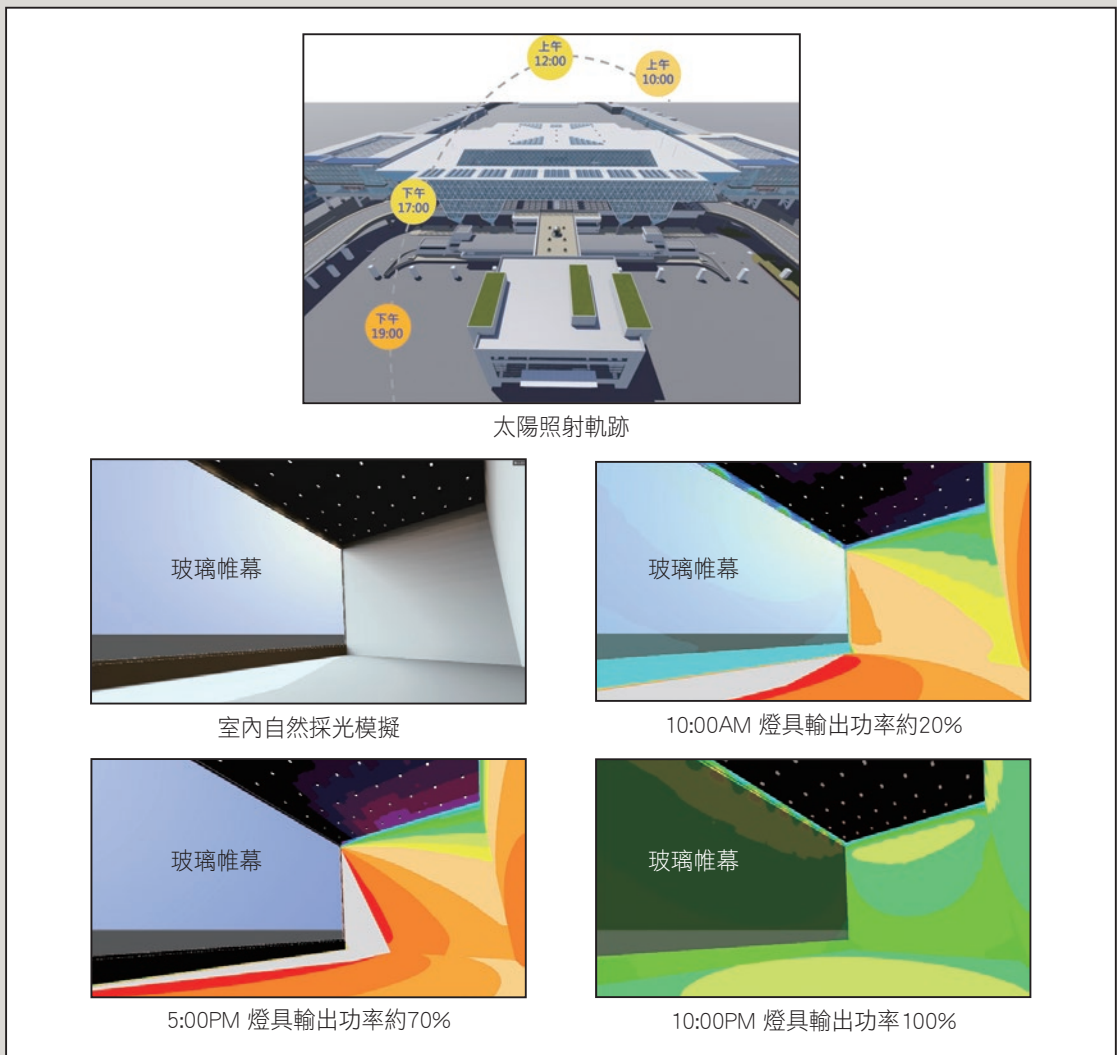


圖8 第二航廈玻璃帷幕照明模擬

加利用足夠自然光線，第二航廈報到大廳及登機長廊處，可符合照度500Lux需求，並節省35-60%的耗電量，第二航廈玻璃帷幕照明模擬如圖8所示。

#### 四、智慧型照明控制設備運用

現況照明仍採二線式控制方式，且採分區(同時亮滅)控制，惟無法依現況環境或工作特性調整。因LED燈具可0~100%無段式調光，可透過智慧照明控制系統，搭配感測器自動檢測整體照度，即可藉由自然光源及人員感測器，調整燈具光源輸出或熄滅燈光。

為達上述智慧調光功能採用先進的DALI數位調光系統，此系統具有獨立調節燈具的亮度、偵測燈具用電量、調節日照下燈具亮度、偵測無人時自動調節輸出等特性，並透過網路與控制站內主機連線達成全面性控制。並於既設分電盤旁增設DALI控制器之控制盤，其系統架構如圖9所示。

#### 結語

桃園機場已運作約40年，多數設備有老舊情形，桃機用電量較成立時已成長460%，在

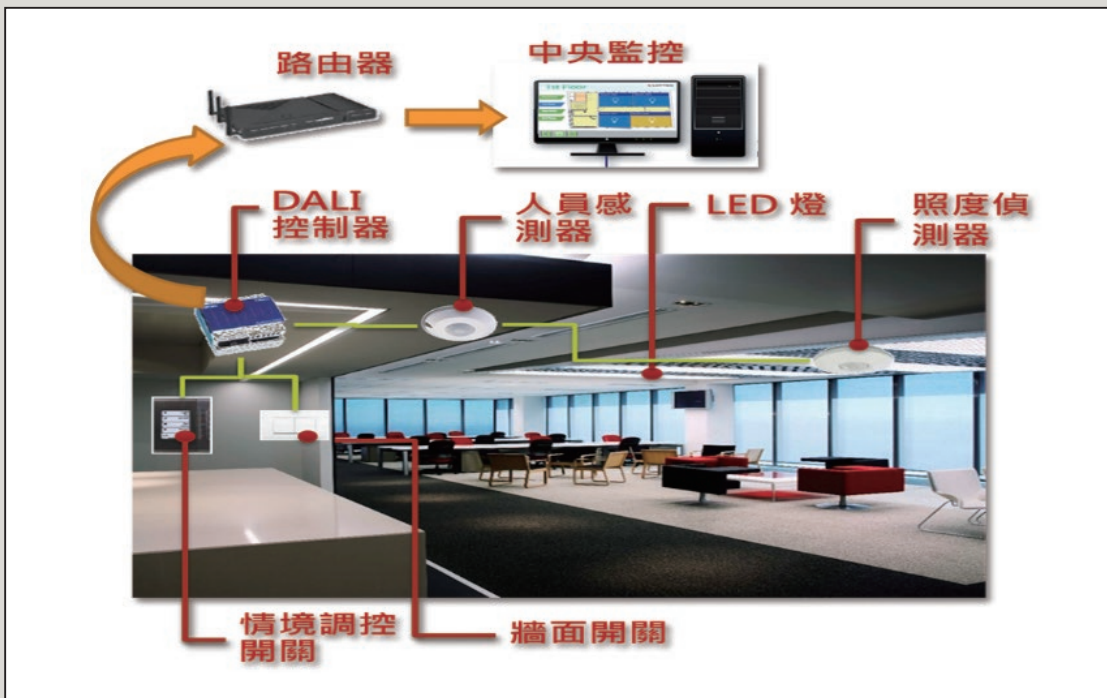


圖9 燈控架構

極高負荷運作與設備老舊狀況下，偶傳出設施故障損壞情形，桃園機場公司推動之桃園機場電力設備汰換優化工程不僅僅是「穿著衣服改衣服」還須兼顧營運之重大任務，工程難度相當高。桃園機場公司秉持確保機場飛航安全理念，除辦理設備汰換更新，同時進行系統優化檢討，並利用本次設備汰換機會全面檢視機場穩定運轉及在線維護需求，確保機場高可靠營運，維持機場良好形象。

另照明節能與智慧燈控部分，全面汰除傳統螢光燈具，並以LED燈具取代，結合先進的DALI數位調光系統，具有獨立調節燈具亮度、偵測燈具用電量、調節日照下燈具亮度、偵測無人時自動調節輸出等特性，並透過網路與控制站內主機連線達成全面性控制，期將桃園機場再造為穩定運轉舒適節能之現代化機場。

### 參考文獻

1. 桃園國際機場設施設備體檢委託專業服務總成果報告，桃園國際機場股份有限公司，106年12月。
2. 第二航廈照明及設備改善暨第一、二航廈電力電纜及改善工程規劃設計及監造委託技術服務服務建議書，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2019年4月。
3. 第一、二航廈發電機汰換及相關變電設備改善工程規劃設計及監造委託技術服務案服務建議書，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2019年9月。
4. 第一航廈配電設備汰換及照明系統改善工程規劃設計及監造委託技術服務案服務建議書，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2020年1月。