

固定式山型及中東型 LED 燈具 照明效率及品質研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 104 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)

104301070000G0045
PG10405-0105

固定式山型及中東型 LED 燈具 照明效率及品質研究

研 究 人 員：蔡介峰 副研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 104 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

A Study on the Energy Efficiency and
Lighting Quality of Fixture LED
Triangular Type and Batten
Luminaires

BY

Chieh-Feng ,Tsai

December, 2015

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	VI
摘要.....	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與目的.....	1
第二節 研究內容.....	5
第三節 研究流程與步驟.....	6
第二章 資料蒐集與文獻分析.....	7
第一節 照明基本概念.....	7
第二節 白光 LED 發光原理及燈具介紹.....	17
第三節 LED 相關標準推展概況.....	25
第三章 實驗儀器與流程簡介.....	38
第一節 積分球量測系統.....	38
第二節 配光曲線系統.....	48
第四章 山型及中東型 LED 燈具照明效率及品質分析.....	58
第一節 65 公分以下山型及中東型 LED 燈具測試結果 與分析.....	59
第二節 65 公分以上山型及中東型 LED 燈具測試結果 與分析.....	84
第三節 山型及中東型 LED 燈具照明模擬與分析...	110

第四節 山型及中東型螢光燈具更換不同類型光源分析	136
第五節 討論與小結.....	145
第五章 結論與建議.....	156
第一節 結論.....	156
第二節 建議.....	158
附錄一 中東及山型 LED 燈具在各空間之模擬數據(65 公分 以下產品)	161
附錄二 中東及山型 LED 燈具在各空間之模擬數據(65 公分 以上產品)	179
附錄三 試驗燈具更換不同燈管模擬數據	209
附錄四 期中會議記錄及處理情形.....	229
附錄五 期末會議記錄及處理情形.....	233
參考書目	235

表 次

表1-2.1	研究內容與進度說明	5
表2-1.1	教育建築場所照度建議值	8
表2-1.2	光色之色溫	11
表2-1.3	UGR眩光指數與感受關係	12
表2-2.1	LED燈管特性比較表	21
表2-3.1	我國近年來有關LED公佈之國家標準	25
表2-3.2	室內照明燈具節能標章能效基準	29
表2-3.3	UL提出相關LED照明安全規範	32
表2-3.4	美國能源之星「固態照明要求」對應的相關規範	32
表2-3.5	IEC TC-34相關LED照明規範	33
表2-3.6	大陸強制性產品認證	36
表3-1	本所人工光與自然光實驗室通過TAF認證項目	38
表3-2.1	燈具（源）量測環境需求表	52
表3-2.2	燈具或光源尺寸與滑門移動距離關係表	57
表4-1.1	試驗燈具(A)、(B)及(C)之比較表	59
表4-1.2	樣本燈管(具)購買來源及價格資料	60
表4-1.3	Ota 10W LED燈管放入不同燈具數據資料	64
表4-1.4	Eve 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	65
表4-1.5	Wtc 10W LED燈管放入不同燈具數據資料	65
表4-1.6	Age 10W LED燈管放入不同燈具數據資料	66
表4-1.7	Tat 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	66
表4-1.8	Ene 12W LED燈管放入不同燈具數據資料	67
表4-1.9	Mod 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	67
表4-1.10	Ltu 10W LED燈管放入不同燈具數據資料	68
表4-1.11	Dan 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	68
表4-1.12	Chd 10W LED燈管放入不同燈具數據資料	69

表4-1.13	Eve(L) 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	69
表4-1.14	Wtc(L) 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	70
表4-1.15	Tat (L) 9W LED燈管放入不同燈具數據資料	70
表4-2.1	試驗燈具(D)、(E)及(F)之比較表	84
表4-2.2	樣本燈管(具)購買來源及價格資料	85
表4-2.3	For 16W LED燈管放入不同燈具數據資料	89
表4-2.4	Ine 20W LED燈管放入不同燈具數據資料	90
表4-2.5	Age 21W LED燈管放入不同燈具數據資料	90
表4-2.6	Est 20W LED燈管放入不同燈具數據資料	91
表4-2.7	Est(L) 20W LED燈管放入不同燈具數據資料	91
表4-2.8	Wtc 20W LED燈管放入不同燈具數據資料	92
表4-2.9	Eve 18W LED燈管放入不同燈具數據資料	92
表4-2.10	Ora 19W LED燈管放入不同燈具數據資料	93
表4-2.11	Sol 18W LED燈管放入不同燈具數據資料	93
表4-2.12	Tio 16W LED燈管放入不同燈具數據資料	94
表4-2.13	Phi 16W LED燈管放入不同燈具數據資料	94
表4-2.14	Eve (L) 18W LED燈管放入不同燈具數據資料	95
表4-2.15	Tat 18W LED燈管放入不同燈具數據資料	95
表4-2.16	Tat(L) 18W LED燈管放入不同燈具數據資料	96
表4-2.17	Ota 20W LED燈管放入不同燈具數據資料	96
表4-3.1	模擬空間尺寸	110
表4-3.2	Ota 10W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	114
表4-3.3	Eve 9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	114
表4-3.4	Wtc 10W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	115
表4-3.5	Age 10W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	115
表4-3.6	Tat 9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	116
表4-3.7	Ene 12W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	116
表4-3.8	Mod 9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	117

表4-3.9	Ltu 10W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).....	117
表4-3.10	Dan 9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).....	118
表4-3.11	Chd 10W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)...	118
表4-3.12	Eve(L)9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).	119
表4-3.13	Wtc(L)9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).	119
表4-3.14	Tat (L)9W LED燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)..	120
表4-3.15	省電型T8螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)..	120
表4-3.16	三波長T8螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).	121
表4-3.17	T5螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).....	121
表4-5.1	中東及山型LED燈具能源效率評析結果	145
表4-5.2	中東及山型LED燈具功率因數評析結果	147
表4-5.3	中東及山型 LED燈具均勻度評析結果	149
表4-5.4	中東及山型LED燈具照明功率密度評析結果	151
表4-5.5	中東及山型燈具運轉5年總成本評析結果(空間NO01).	152
表4-5.6	中東及山型燈具運轉5年總成本評析結果(空間NO02).	153
表4-5.7	中東及山型燈具運轉5年總成本評析結果(空間NO03).	154

圖 次

圖1-3.1	研究流程與步驟	6
圖2-1.1	照度示意圖及量測儀器	8
圖2-1.2	輝度示意圖及量測儀器	10
圖2-1.3	8種彩度中等標準色板	11
圖2-1.4	直接眩光.....	12
圖2-1.5	反射眩光.....	12
圖2-1.6	朗伯特餘弦定律示意圖	16
圖2-2.1	LED 發光機制圖.....	17
圖2-2.2	藍光LED+黃色螢光粉光譜圖.....	18
圖2-2.3	一體化RGB白光LEDs光譜圖	19
圖2-2.4	單顆LED封裝後示意圖.....	20
圖2-2.5	LED照明系統模組照片	20
圖2-2.6	LED燈管	22
圖2-2.7	LED燈管安裝示意圖.....	22
圖2-2.8	中東型LED燈具圖面.....	23
圖2-2.9	山型LED燈具圖面.....	24
圖3-1.1	積分球球體.....	40
圖3-1.2	光度計感測頭.....	40
圖3-1.3	光度計感測頭所貼之濾片	41
圖3-1.4	U1000電子顯示單元.....	41
圖3-1.5	遮敝裝置.....	42
圖3-1.6	輔助燈泡.....	42
圖3-1.7	積分球剖面示意圖	43
圖3-1.8	積分球量測系統線路	43
圖3-1.9	歸零設定.....	44
圖3-1.10	點亮標準燈20分鐘以上	45
圖3-1.11	調整衰減器電位計.....	45

圖3-1.12 輔助燈泡移入積分球內	46
圖3-1.13 輔助燈泡之間接照度值	46
圖3-2.1 測角儀示意圖	48
圖3-2.2 試件中心點位置	54
圖3-2.3 EN 13032-1-2002試件中心點位置	55
圖3-2.4 8個接頭端子（電源供應器側）	56
圖3-2.5 8個接頭端子（配光曲線儀側）	56
圖4-1.1 試驗燈具(A) 安裝LED燈管配光曲線圖（極座標）	61
圖4-1.2 試驗燈具(A) 安裝螢光燈管配光曲線圖（極座標）	61
圖4-1.3 試驗燈具(B) 安裝LED燈管配光曲線圖（極座標）	62
圖4-1.4 試驗燈具(B) 安裝LED燈管配光曲線圖（極座標）	62
圖4-1.5 試驗燈具(C) 安裝LED燈管配光曲線圖（極座標）	63
圖4-1.6 試驗燈具(C) 安裝LED燈管配光曲線圖（極座標）	63
圖4-1.7 試驗燈具(A)、(B)及(C)	64
圖4-1.8 LED燈管放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之能源效率分佈圖	72
圖4-1.9 LED燈管放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之燈具效率分佈圖	72
圖4-1.10 LED燈管放入試驗燈具(A)、(B)及(C)峰值光強度分佈圖	73
圖4-1.11 LED燈管光通量與LED燈具(A)光通量關係圖	74
圖4-1.12 LED燈管光束角與LED燈具(A)光束角關係圖	74
圖4-1.13 LED燈管光束角與LED燈具(A)光束角關係圖	75
圖4-1.14 LED燈管峰值光強度與LED燈具峰值光強度關係圖	75
圖4-1.15 LED燈管眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	75
圖4-1.16 LED燈管眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	77
圖4-1.17 LED燈管功率因數與LED燈具功率因數關係圖	78
圖4-1.18 LED燈具光通量與眩光指數關係圖	78
圖4-1.19 LED燈具光通量與眩光指數關係圖	79
圖4-1.20 LED燈具光通量與峰值光強度關係圖	80
圖4-1.21 LED燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	80
圖4-1.22 LED燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	81

圖4-1.23	LED能源效率分佈圖	82
圖4-1.24	LED燈具價格與能源效率關係圖	82
圖4-1.25	單位價格LED燈具能源效率直方圖	83
圖4-1.26	LED燈具價格與功率因素關係圖	83
圖4-2.1	試驗燈具(D) 安裝LED燈管配光曲線圖 (極座標)	86
圖4-2.2	試驗燈具(D) 安裝螢光燈管配光曲線圖 (極座標)	86
圖4-2.3	試驗燈具(E) 安裝LED燈管配光曲線圖 (極座標)	87
圖4-2.4	試驗燈具(E) 安裝LED燈管配光曲線圖 (極座標)	87
圖4-2.5	試驗燈具(F) 安裝LED燈管配光曲線圖 (極座標)	88
圖4-2.6	試驗燈具(F) 安裝LED燈管配光曲線圖 (極座標)	88
圖4-2.7	試驗燈具(D)、(E)及(F).....	89
圖4-2.8	LED燈管放入試驗燈具(D)、(E)及(F)之能源效率分佈圖	98
圖4-2.9	LED燈管放入試驗燈具(D)、(E)及(F)之燈具效率分佈圖	98
圖4-2.10	LED燈管放入試驗燈具(D)、(E)及(F)峰值光強度分佈圖	99
圖4-2.11	LED燈管光通量與LED燈具(D)光通量關係圖	100
圖4-2.12	LED燈管光束角與LED燈具(D)光束角關係圖	100
圖4-2.13	LED燈管光束角與LED燈具(D)光束角關係圖	101
圖4-2.14	LED燈管峰值光強度與LED燈具峰值光強度關係圖	102
圖4-2.15	LED燈管眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	102
圖4-2.16	LED燈管眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	103
圖4-2.17	LED燈管功率因數與LED燈具功率因數關係圖	104
圖4-2.18	LED燈具光通量與眩光指數關係圖	104
圖4-2.19	LED燈具光通量與眩光指數關係圖	105
圖4-2.20	LED燈具光通量與峰值光強度關係圖	106
圖4-2.21	LED燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	106
圖4-2.22	LED燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	107
圖4-2.23	LED能源效率分佈圖	108
圖4-2.24	LED燈具價格與能源效率關係圖	108
圖4-2.25	單位價格LED燈具能源效率直方圖	109

圖4-2.26	LED燈具價格與功率因素關係圖	109
圖4-3.1	DIALux空間設定畫面	112
圖4-3.2	DIALux等照度模擬圖及結果數據畫面	113
圖4-3.3	配置不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO01).....	123
圖4-3.4	配置不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO01).....	123
圖4-3.5	配置不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO02).....	124
圖4-3.6	配置不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO02).....	124
圖4-3.7	配置不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO03).....	125
圖4-3.8	配置不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO03).....	125
圖4-3.9	配置不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO01)..	128
圖4-3.10	配置不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO01)..	128
圖4-3.11	配置不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO02)..	129
圖4-3.12	配置不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO02)	129
圖4-3.13	配置不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO03)..	130
圖4-3.14	配置不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO03)..	130
圖4-3.15	配置不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO01)	132
圖4-3.16	配置不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO01)	133
圖4-3.17	配置不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO02)	133
圖4-3.18	配置不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO02)	134
圖4-3.19	配置不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO03)	134
圖4-3.20	配置不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO03)	135
圖4-4.1	試驗燈具(A)更換為不同種類光源之平均照度分佈圖.....	137
圖4-4.2	試驗燈具(A)更換為不同種類光源之均勻度分佈圖.....	138
圖4-4.3	試驗燈具(A)更換為不同種類光源之LPD分佈圖	140
圖4-4.4	試驗燈具(D)更換為不同種類光源之平均照度分佈圖.....	141
圖4-4.5	試驗燈具(D)更換為不同種類光源之均勻度分佈圖.....	142
圖4-4.6	試驗燈具(D)更換為不同種類光源之LPD分佈圖	144

摘要

關鍵詞：發光二極體、照明、山型及中東型 LED 燈具

一、研究緣起

照明是人類生活的基本需求，也幾乎是文明生活水準的重要指標之一，長期以來由於人造光源的使用，使人們突破了黑暗的限制，拓展了活動的時間與空間，從而也加速了人類文明的進步，而伴隨著科技發展所帶來蓬勃的經貿活動及生活水準的提高，更提升了整體照明用電的需求。依據經濟部能源局統計，臺灣照明年用電量約為260億度占總用電之11.3%；若依建築使用分類，室內照明約佔辦公室總用電之40%，佔住宅總用電之30%，因此合理的減少照明用電在節能項目中為極具成效之選擇。

而發光二極體（Light Emitting Diodes, LEDs）光源具有諸多特色，如體積小、冷發光、啟動快、無鉛汞、色飽和度高，常被廣泛應用於交通號誌、通訊、顯示、車用電子等產業，近年來隨著白光LED發光效率與演色性不斷的提升，至102年底LED晶片之光效已經達到250 lm/W以上，且製造成本持續下降，性價比已與高效率型螢光燈管、安定器內藏式螢光燈泡相當，未來有機會可能成為室內照明主流產品之一。因此，有必要在應用面進一步解析與評估。

為瞭解LED產品相關性能並與傳統光源比較，已於前期研究針對嵌入式(T-BAR) LED燈具產品，共計完成97件LED燈管樣本及114件T-BAR LED燈具之能源效率、燈具效率(LOR)、眩光指數、峰值光強度、光束角、演色性及光譜等性能測試，並輔以DIALux照明軟體分析252件模擬案例，探討T-BAR LED燈具在不同空間之照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉5年總成本分析，囿於目前直管系列之山型及中東型燈具仍常見於住宅、教室、大型賣場、地下停車場等場所，因此，本(104)年度廣續探討山型及中東型LED燈具，並進行大規模且有系統的研

究分析，俾供應用參考。

二、研究方法及過程

本研究採用之方法及過程概述如下：

(一) 資料收集法：

賡續蒐集國內外有關 LED 照明應用規範與 LED 燈具技術文獻，包括我國 LED 標準發展概況、我國節能標章發展概況、以及美國、日本及大陸等之 LED 標準發展概況。

(二) 調查分析法

實際選定市售山型及中東型 LED 燈具及傳統燈具合計 102 件進行試驗，分析其照明效率及品質數據，包括能源效率、功率因數、燈具效率(LOR)、眩光指數、峰值光強度、光型、光束角等性能，並將試驗測試結果進行產品之相關性能比對分析。

(三) 電腦模擬法：

針對試驗調查結果，輔以 DIALux 電腦軟體分析設計，探討上開燈具在模擬空間 NO01 (長×寬×高為 5m×4.1m×3.2m)、模擬空間 NO02(長×寬×高為 9m×7.2m×3m) 及模擬空間 NO03 (長×寬×高為 24m×12m×3m) 等共 306 件模擬案例之不同空間之照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉 5 年總成本分析等。

(四) 比較分析法：

綜合資料蒐集、實驗量測及電腦模擬結果進行比較分析，俾供後續未來制(修)訂規範或照明設計建議參考。

三、重要發現

本計畫依據挑選的試驗樣本及 DIALux 模擬結果分析，初步成果與發現摘錄如後：

- (一) 在燈具效率分析部分，前期 T-BAR LED 燈具產品全體平均值為 86.21%，而本次研究收集山型及中東型燈具產品，其全體平均值為 96.93%，且由測試樣本實際測試配光曲線圖可以

發現，不同公司可能因光學設計技術差異有些許不同，但基本上 LED 燈管直接安裝於山型或中東型燈具下方試驗燈具之光型，均與前期研究所蒐集 LED 燈管產品類似，均接近朗伯特(Lambertian)向下出光。

- (二) 另統計本次山型及中東型燈具樣品之能源效率 84 件中有 41 件約 49%達到經濟部能源局 2013 年公告修訂實施之「室內照明燈具節能標章能效基準」，明顯高於原訂定 20 至 30%的產品（或銷售量）能通過標準為原則，似乎有再調整檢討空間。
- (三) 控制眩光可以減少眼睛不舒適或避免降低視覺能力，前期 T-BAR LED 燈具產品與 LED 燈管比較 UGR 眩光指數平均下降約 3.3，而山型及中東型燈具產品與 LED 燈管比較 UGR 眩光指數平均下降約 1.4，顯見 T-BAR LED 燈具之格柵設計，可避免人眼直視高輝度光源，較能發揮控制眩光之效果。
- (四) 在符合設定目標照度 500 lx 條件下，前期 T-BAR LED 燈具產品全體均勻度 0.759；而本次研究收集山型及中東型燈具產品，在相同模擬條件下，全體均勻度 0.787，明顯在照明均勻化部分較 T-BAR LED 燈具產品好。
- (五) 在運轉總成本分析部分，本研究模擬條件採用目標照度 500 lx、螢光燈管壽命 7,000 hr、LED 燈管壽命 20,000 hr，流動電費以每度 4 元概算，以每年 2,000 小時點燈（每天用電 8 小時，年用電 250 天）時間計算，模擬結果運轉 5 年總成本（含照明器具費用及電費），彙整如表 4-5.5~4-5.7，雖本次收集 LED 燈具能源效率較佳，但因市場價格因素，仍以安裝三波長 T8 或 T5 為最佳方案，囿於既有建築約每 20 年進行大規模整建，經初步估算在該段期間內，更換 LED 燈管成本目前仍難以攤平。
- (六) 本研究探討既有山型及中東型螢光燈具之燈管更換為 LED 燈管，在空間照度、均勻度方面確實會有差異，尤其在 65 公分

以上產品，40 W 省電型 T8 更換為 LED 燈管，各空間工作面之平均照度明顯下降，模擬案例工作面之全體照度平均值下降約 53 lx，顯見 LED 廠商宣稱可以直接汰換螢光燈管並不可行，需重新檢討空間照明環境品質參數，或者更改 LED 燈管光通量之設計，避免過量設計或不足情況發生。

四、主要建議事項

(一) LED 光源效率衰減及耐久性實驗研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部能源局

市售之 LED 光源產品除節能效率佳外，產品的高壽命也是許多廠商主要之訴求重點，目前很多產品標稱壽命從 15,000~60,000 小時不等，約有近 4 倍的壽命差異，而目前國內似乎未有相關耐久性實驗分析研究資料供參，致現行照明節能設計的效益評估，仍存在相當不確定性，亟待蒐集相關驗證資料，輔以達成推動照明節能的策略目標。

本(104)年度本研究已延續先期挑選 12 件安定器內藏式 LED 燈泡產品，以每點燈 500 小時量測 1 次光通量、色溫及演色性數值，目前已進行至 10,500 小時，因此，擬賡續探討 LED 光源效率衰減及耐久性，期能有效提供政府在推行制訂節能減碳及優質照明相關政策之依據，以及消費者響應政府政策汰換更新節能光源或燈具產品之參考。

(二) 高效率均勻化之 LED 照明產品協助開發與推廣：中長期建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部建築研究所

經濟部能源局為鼓勵廠商生產高效率商品，引導消費者買到真正省能的產品，藉以創造出經濟性的誘因，積極推動「節能標章」認證，取得認證之產品，代表能源效率比國家認證標準高 10-50%，不但品質有保障，更省能省錢。惟 2013 年修訂公告實施之「室內照明燈具節能標章能效基準」，目前僅針對燈

具之能源效率、眩光指數及演色性進行規範，而照度均勻度要求則付之闕如，尤其近年來，照明均勻度逐漸受到重視，配光不佳之燈具為追求良好照明均勻度，往往必須過量設計，使的空間照度偏高，產生照明耗電量增加之情況。因此建議研訂相關基準，俾利高效率均勻化之 LED 照明產品開發與推廣。

(三) LED 燈管性能標準規範研(修)訂：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

經查國家標準關於 LED 燈管性能部分，目前僅有 CNS15438-2010「雙燈帽直管型 LED 光源-安全性要求」，其他付之闕如，且 LED 燈管重量約 T5 燈管 2~3 倍，在汰換上恐有問題，建議比照 CNS15630「一般照明用安定器內藏式 LED 燈泡 (供應電壓大於 50 V)-性能要求」，進行 LED 燈管性能檢測標準制定之可行性研究，俾確保室內照明環境品質。

Abstract

Keywords: Light Emitting Diodes(LEDs), lighting,
Triangular Type and Batten luminaires

Light-emitting diodes(LEDs) have come to be regarded as an important light source in recent years due to their many advantages such as compact forms, cold lighting, faster switching, lead-free mercury-free, high color saturation...etc. LEDs have gradually replaced traditional light sources such as traffic signals, display, automotive lighting. In 2012, the luminous efficacy of LEDs is almost equivalent to those of high efficiently fluorescent tubes, compact fluorescent lamps and compact fluorescent light bulb. So we can forecast in the future the LEDs lighting fixtures will become the mainstream of indoor lighting merchants.

However, at present there is still no enough information provided for differentiating the energy efficiency and lighting quality of LED tube lamps or Triangular Type and Batten LED luminaries on the market. In particular, LEDs due to its highly directional luminescence and spotlight lighting, there are potential problems applied to general lighting systems such as uniformity, glare...etc. Standardization of LED tube lamps or Triangular Type and Batten LED luminaries' performance requirements is an important first step towards comparison LED luminaire manufacture claims. But the CNS (Chinese National Standards) up to now only published one about Triangular Type and Batten LED luminaries performance requirement documents: CNS 15438-2010 「Double-capped LED tubular lamps – Safety requirements」. The documents was mainly developed on safety norm and measuring

methods of LED tube lamps. At the moment there are no correlated lighting quality criteria to follow suit.

The purpose of this study is experimental analysis of energy efficiency and lighting quality for LED tube lamps and Triangular Type and Batten LED luminaires. The energy efficiency includes luminous efficiency, light output ratio (LOR) and lighting power density (LPD). The lighting quality includes glare, illuminance and beam angle. In addition, the lighting design software “DIALux” is applied to evaluate the indoor lighting parameters, including the average illuminance, illuminance uniformity, contrast uniformity and lighting power density etc. Based on this study, the immediate and long-term suggestions are proposed as follows:

1. For immediate suggestion: The luminous efficiency decay and durability of LED were crucial to assess the lighting energy saving design. The author suggested to investigate and analyze the efficiency decay and durability of LED in the future.
2. For long-term suggestion: Bureau of Energy 2013 「Energy Conservation Labeling Program requirements for interior luminaires」 specified luminous efficiency, glare and color rendering index (CRI) for interior luminaires. But the illumination uniformity was not included in the above document. The author suggested subsuming it into the code to improve the interior lighting quality.
3. For long-term suggestion: The current CNS 15438-2010 was mainly developed on safety norm and measuring methods of LED tube lamps. The author suggested to amend the above document and included performance requirements for LED tube lamps.

These informations shall provide a frame of reference when the government sets up the relevant polices.

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

照明是人類生活的基本需求，也幾乎是文明生活水準的重要指標之一，長期以來由於人造光源的使用，使人們突破了黑暗的限制，拓展了活動的時間與空間，從而也加速了人類文明的進步，而伴隨著科技發展所帶來蓬勃的經貿活動及生活水準的提高，更提升了整體照明用電的需求。依據經濟部能源局統計，臺灣照明年用電量約為260億度占總用電之11.3%；若依建築使用分類，室內照明約佔辦公室總用電之40%，佔住宅總用電之30%，因此合理的減少照明用電在節能項目中為極具成效之選擇。

在節能減碳的趨勢下，美、英、日及歐盟等國家相繼宣布，將自2014年起全面禁用與禁止生產白熾燈。我國已於民國100年1月1日起對指定能源用戶實施第二階段的禁用白熾燈泡規定。依據經濟部能源局99年「能源技術白皮書」內容，我國已於101年1月1日全國禁止生產及銷售白熾燈泡。此外，中國大陸已由2009年至2015年分三階段積極推動「十城萬盞」計畫，在中國21個試點城市使用100萬盞LED燈具，以全面落實節能用電目標。事實上，我國也在96年宣佈「照明節能推動計畫」，第一階段目標為使用省電燈泡取代傳統照明(白熾燈泡)。第二階段則是以LED燈泡做為最終解決照明(耗能)的方案，並預估在LED普及之後可大幅降低我國的照明用電約40%，相當於107億度電。

由於發光二極體 (Light Emitting Diodes, LEDs) 光源具有諸多特色，如體積小、冷發光、啟動快、無鉛汞、色飽和度高，常被廣泛應用於交通號誌、通訊、顯示、車用電子等產業，目前依據其使用特性可概分為替代光源產品 (Replacement Lamps)、字型燈 (Channel Letter)、建築照明 (Architectural Lighting)、零

售展示用照明 (Retail Display)、消費者手持式照明 (Consumer Portable)、居住用照明 (Residential)、娛樂用照明 (Entertainment)、機械影像/檢查 (Machine Vision)、安全/保全 (Safety/Security)、屋外用照明 (Outdoor Area)、商業/工業照明 (Commercial/Industrial)、離網型照明 (Off-Grid) 等12類，而根據 Strategies Unlimited (2007) 統計，建築照明 (Architectural Lighting) 應用約占總應用比率45%，其次為字型燈 (Channel Letter) 約占15%，之後為消費者手持式照明 (Consumer Portable) 約占13%，其餘應用領域皆在0%~6%間。

近年來隨著白光LED發光效率與演色性不斷的提升，至去(102)年底LED晶片之光效已經達到250 lm/W以上，且製造成本持續下降，性價比已與高效率型螢光燈管、安定器內藏式螢光燈泡相當，未來有機會可能成為室內照明主流產品之一。因此，有必要在應用面進一步解析與評估。

為瞭解LED產品相關性能並與傳統光源比較，已分別於102年度及103年度參酌經濟部能源局2008年公告「室內照明燈具節能標章能效基準」燈具長度之分類，針對嵌入式(T-BAR) LED燈具產品，共計完成97件LED燈管樣本及114件T-BAR LED燈具之能源效率、燈具效率(LOR)、眩光指數、峰值光強度、光束角、演色性及光譜等性能測試，並輔以DIALux照明軟體分析252件模擬案例，探討T-BAR LED燈具在不同空間之照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉5年總成本分析，前期研究成果摘錄如後：

- 1.前期研究收集的15類共計45件市售長度65公分以上LED燈管產品，其發光效率之平均值約為88 lm/W，13類共計52件市售65公分以下LED燈管產品之平均值約為85 lm/W，另從統計資料顯示，LED燈管之發光效率與價格及色溫無絕對的對應關係。
- 2.由LED燈管測試樣本實際測試配光曲線圖可以發現，不同公司可能因光學設計技術差異有些許不同，但基本上光型均接近朗

伯特(Lambertian)向下出光。

- 3.由實測結果可以發現，晝光色系產品約在藍光區(450 nm)及黃光區(550 nm)各有一個主成分波，而屬於暖色系產品約在藍光區及橙光區各有一個主成分波，另從統計結果可發現45件市售長度65公分以上LED光源產品之平均演色性指數約在87.0~69.5，其中有30件LED燈管之演色性可達80以上，另有24件產品無標稱該項數值，52件市售65公分以下LED燈管產品之平均值約為79.7，但亦有20件產品無標稱該項數值，顯見目前LED燈管市場標稱相當混亂，建議主管機關盡速訂定相關標準，俾供消費者選購參考。
- 4.前期所選取的52件65公分以下LED燈管產品，其眩光指數約在25~20之間，平均值約為23，而依續將LED燈管放入組成之39件T-BAR LED燈具產品，其眩光指數平均值約為19.4，顯見T-BAR LED燈具之格柵設計，可避免人眼直視高輝度光源，除了T8或T5螢光燈管，對於LED燈管亦可發揮控制眩光之效果，另65公分以上LED光源放入T-BAR LED燈具產品，眩光指數亦有相同下降趨勢。
- 5.在符合設定目標照度500 lx條件下，目前T-BAR LED燈具在照明均勻度部分與一般T-BAR螢光燈具相當，而在燈具形狀因子分析部分，以正方形T-BAR LED試驗燈具之均勻度最佳。
- 6.在舊有T-BAR螢光燈具之燈管更換為LED燈管分析部分，依整體試驗結果來看，廠商宣稱可以直接汰換舊有T-BAR螢光燈具之T5或T8螢光燈管並不可行，需重新檢討空間照明環境品質參數，包括照度、均勻度及眩光等，避免過量設計或不足情況發生。

囿於目前直管系列之山型及中東型燈具仍常見於住宅、教室、大型賣場、地下停車場等場所，因此，本(104)年度擬賡續探討山型及中東型LED燈具，並進行大規模且有系統的研究分析，俾供應用參考。

本研究採用之方法主要包括以下項目：

(一) 資料收集法：

廣續蒐集國內外有關 LED 照明應用規範與 LED 燈具技術文獻。

(二) 調查分析法

實際選定市售山型及中東型 LED 燈具至少各 30 件進行試驗，分析其照明效率及品質數據，包括能源效率、功率因數、燈具效率(LOR)、眩光指數、峰值光強度、光型、光束角、演色性及光譜等性能。

(三) 電腦模擬法：

針對試驗調查結果，輔以 DIALux 電腦軟體模擬設計，探討中東及山型 LED 燈具在不同空間之照度、均勻度、照明功率密度、全年耗電量、設置燈具成本、運轉 5 年總成本分析等。

(四) 比較分析法：

綜合資料蒐集、實驗量測、電腦模擬及前期研究成果進行比較分析，俾供後續未來制(修)訂規範或照明設計建議參考。

第二節 研究內容

表 1-2.1 研究內容與進度說明

工作項目	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	備註
相關文獻資料蒐集與整理	■										
國內 LED 照明標準之探討		■									
國外 LED 照明應用規範與基準之探討		■									
山型 LED 燈具之照明效率與品質試驗			■								
期中簡報						■					
中東型 LED 燈具之照明效率與品質試驗					■						
光學軟體模擬設計							■				
提出國內相關照明標準及設計建議								■			
期末簡報									■		
期末報告修正並完成成果報告										■	
預定進度 (累積數)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
說明：研究進度以粗線表示其起訖日期。											

第三節 研究流程與步驟

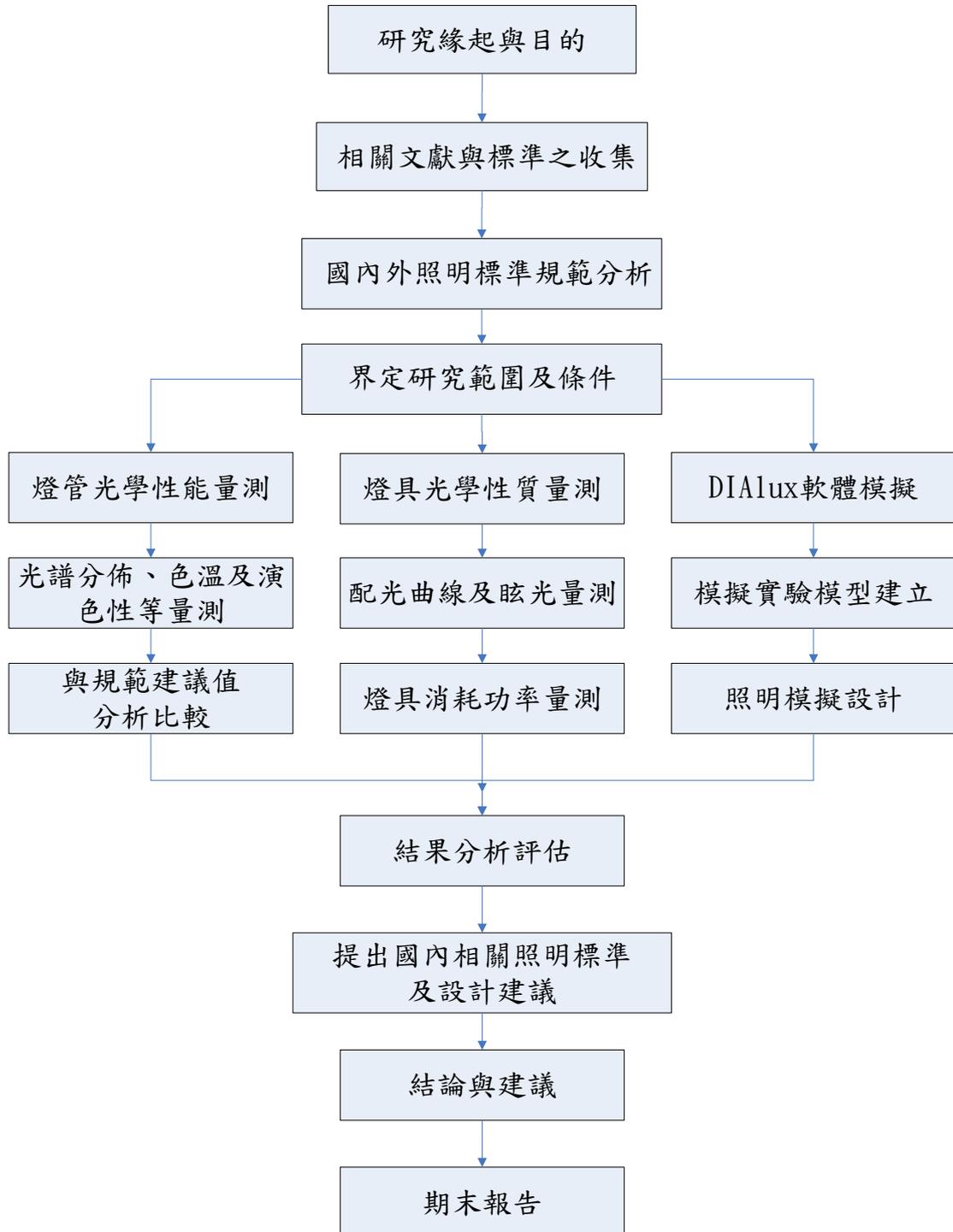


圖 1-3.1 研究流程與步驟

第二章 資料蒐集與文獻分析

自從愛迪生發明了白熾燈，掀開了人類照明史的第一頁，隨著科技的發展，從日光燈到節能燈，從水銀燈到高壓鈉燈、複金屬燈等氣體放電燈的相繼問世，以及 LED 新光源的推出，照明領域取得了一個又一個的進步，本章主要介紹、照明基本概念、白光 LED 的發光基本原理，並概略性的介紹現階段市面上所出產有關 T-BAR LED 燈具照明產品，及 LED 相關標準發展現況，俾供參考。

第一節 照明基本概念

一、照度 (Illuminance)：

物體或被照面上被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度，單位為勒克斯(lux，或簡寫 lx)。一般來說，要求事物看得越清楚，越需要有高的照度。要使照度之質越好，則照度要求越高。雖然照度之強度是視覺之基本條件，但並非意味著強度愈大，對視覺愈有利。強度增加視覺靈敏度也增加，強度低靈敏度也低，但強度高到某種程度時，視力即停止增進，而低於某一限度時，視力亦會呈緩慢減退。

我國 CNS 12112-2012「室內工作場所照明標準」訂有照度標準，此標準依據各場所之空間、作業與活動性質不同，訂定不同照度標準，列舉包括「一般建築」等 31 類 244 種室內作業空間或活動種類照度基準，以「教育建築」類為例，照度建議值如表 2-1.1 所示。

而照度值係以目視作業面之水平面為量測基準(若無特別指定作業面高度，以距地板上 0.85m 為準，走廊、屋外以地面高度計算)，量測方法採用 CNS 5065-1988「照度測定法」，將受測區

域等分為大小相同之面積，以切割交點為測點，總數為 10~50 點。

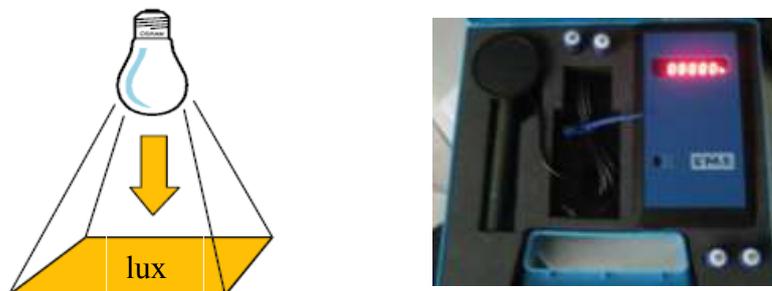


圖2-1.1 照度示意圖及量測儀器

(資料來源：內政部建築研究所，2013)

表2-1.1 教育建築場所照度建議值

室內、作業或活動種類	\bar{E}_m (lux)	UGR	Ra	備註
(1) 遊戲室	500	19	80	
(2) 托兒所	500	19	80	
(3) 托兒所勞作室	500	19	80	
(4) 教室	500	19	80	建議可調光
(5) 夜校教室、成人教育教室	500	19	80	
(6) 演講廳	500	19	80	建議可調光
(7) 黑板	750	19	80	防止鏡面反射
(8) 實習桌	500	19	80	於講座廳750 lux
(9) 美術、手工教室	500	19	80	
(10) 美術學校美術室	750	19	90	T_{cp} 至少5,000 K
(11) 製圖室	750	16	80	
(12) 實習室、實驗室	500	19	80	
(13) 教學實習工廠	500	19	80	
(14) 音樂練習室	300	19	80	

(15) 電腦教室	500	19	80	
(16) 語言實習室	300	19	80	
(17) 準備室、討論室	500	22	80	
(18) 學生討論室、集合廳	200	22	80	
(19) 教師辦公室	300	22	80	
(20) 體育館、游泳池	500	19	80	

(資料來源：CNS12112-2012)

二、輝度 (Luminance)：

輝度係指光源體在某方向上，每單位投影面積所發出的光強度，可用來評估發光體對眼睛的刺激程度，單位為 cd/m^2 ，空間中良好平衡之輝度分佈可以提昇視覺敏銳性、對比敏感性及視覺功效；然視野內多變的輝度分佈可能會產生下列照明效果影響視覺舒適度，宜予以避免：

- (1) 太強的輝度會引起眩光
- (2) 太強的輝度對比會引起眼睛的反復適應調節而造成視覺疲勞
- (3) 太低的輝度和太低的輝度對比會使工作環境枯燥乏味
- (4) 宜注意在建築物內不同區域間走動的視覺適應問題

由於視覺輝度與室內表面裝修材料反射率與照度有關，CNS12112-2012 建議表面實效反射率範圍：

- (1) 天花板：0.6~0.9
- (2) 牆 面：0.3~0.8
- (3) 作業面：0.2~0.6
- (4) 地 面：0.1~0.5

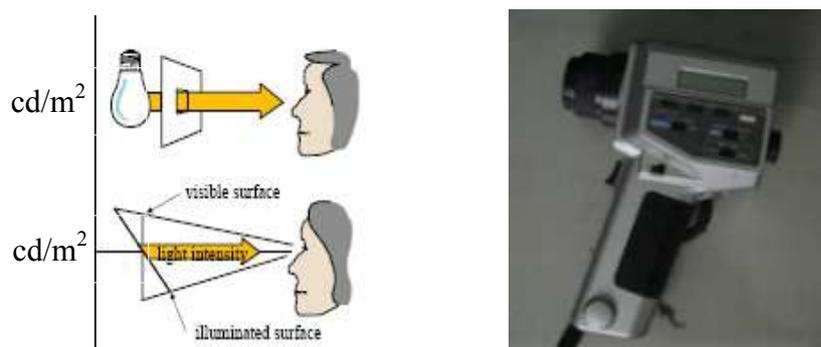


圖 2-1.2 輝度示意圖及量測儀器

(資料來源：內政部建築研究所，2013)

三、均勻度 (Uniformity)：

均勻度是空間照度最小值與平均值間的比值。照度應當是漸變的，應盡可能均勻地照亮作業區。CNS12112-2012 建議作業面照度均勻度不應小於 0.7，周邊環境的照度均勻度不應小於 0.5。

四、顏色特性 (Colour aspects)

燈光源之顏色品質係來自二大特性：(1)燈光源本身的光色(2)演色能力，它會影響受照物體和人的顏色呈現

1. 光色 (Colour appearance)

燈光源的光色與其射出的光線的外觀顏色(燈色)有關。光色得以與其相關的色溫(Correlated Color Temperature)形容之其射出的光線的。而色溫是以絕對溫度 K (kelvin)來表示，乃是將一標準黑體加熱，溫度升高至某一程度時顏色開始由深紅→淺紅→橙黃→白→藍白→藍，逐漸改變，利用這種光色變化的特性，某種光源的光色與黑體的光色相同時，我們將黑體當時的絕對溫度稱為該光源之色溫。

目前 CNS12112-2012 依其對應之色溫(Tcp)區分為三種光色類別，如表 2-1.2 所示。

表 2-1.2 光色之色溫

光色	色溫
暖色	色溫 < 3,300 K
中間色	3,300 K < 色溫 < 5,300 K
冷色	色溫 > 5,300 K

(資料來源：CNS12112-2012)

2. 演色性 (Colour rendering)

為提供光源演色性有客觀表現方式，採用平均演色性指數 Ra，演色指數 Ra 之最大值為 100，其數字隨著演色品質之降低而減小。而演色指數係以 8 種彩度中等的標準色樣來檢驗，比較在測試光源下與在同色溫的基準光源下此 8 色的偏離 (deviation) 程度，取平均偏差值，計算所得。

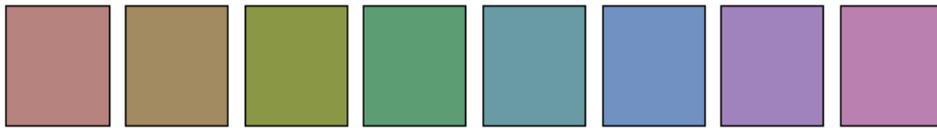


圖 2-1.3 8 種彩度中等標準色板

(資料來源：內政部建築研究所，2013)

五、眩光 (Glare)

眩光係指對視野內之高輝度區域的一種視覺感受，會呈現不舒適眩光或失能眩光。眩光亦可由鏡面表面引起，稱為光幕反射或反射眩光。控制眩光對於避免差錯、疲勞和事故尤為重要。

在室內工作場所，不舒適眩光通常是由明亮的光源或窗直接引起的，若符合不舒適眩光限制之要求，則失能眩光並非為主要問題。CNS12112-2012 建議燈具之不舒適眩光等級可以用 CIE 統一眩光指數(UGR)求出，根據下列公式：

$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right) \quad (2-1.1 \text{ 式})$$

式中， L_b ：背景輝度(cd/m^2)

L ：觀察者眼睛方向的每個燈具之發光部分的輝度(cd/m^2)

ω ：觀察者眼睛方向的每個燈具之發光部分的立體角

P ：每個獨立光源相對於其距離視線偏移量高斯位置指數



圖 2-1.4 直接眩光



圖 2-1.5 反射眩光

表2-1.3 UGR眩光指數與感受關係

等級	UGR值
剛無法容忍	31
不舒適的	28
剛不舒適	25
不被接受的	22
剛可接受	19
可察覺出	16
不可察覺出	10

六、電磁相容 (Electromagnetic Compatibility, EMC)

電機設備和電子產品在使用過程中可能產生電磁輻射，以致干擾其他設備之正常運作，甚至影響人體健康。因此全球主要經濟體的國家已先後立法規範，要求任何產品所產生的電磁輻射必須符合電磁干擾/相容的法規標準，以我國為例，目前本(103)年9月29日新修訂公告 CNS15437「輕鋼架天花板(T-BAR)嵌入式發光二極體燈具」，已將電磁雜訊相關規定納入，測試結果需符合 CNS 14115「電氣照明與類似設備之射頻擾動限制值與量測方法」之規定。

七、藍光可能危害及光生物安全性

目前 LED 照明產品有一大塊應用藍光激發黃色(YAG)螢光粉產生白光之技術，因此對於藍光危害方面時有疑慮，國內外相關研究持續進行中，惟至今尚無定論。

而隨著 LED 光效、亮度不斷的提升，應用逐漸廣泛，它的安全性就顯得更重要，目前 CNS 15592「光源及光源系統之光生物安全性」，已將相關規定納入，主要測量光源/燈具的「光幅照度(Irradiance)」和「光幅亮度(Radiance)」，用以評估光輻射對眼睛及皮膚所產生的危害，並分為無風險類別(0)、低度風險(1)、中度風險(2)及高度風險(3)等4個級別，評估光源波長範圍 200nm~3000nm，內容包括：

- (1)皮膚及眼睛光化學 UV 危害暴露限制(200 nm-400 nm)- E_S
- (2)眼睛 UVA 危害暴露限制(315 nm-400 nm)- E_{UVA}
- (3)視網膜藍光危害暴露限制(300 nm-700 nm)- L_B
- (4)小型光源視網膜藍光危害暴露限制(300 nm-700 nm)- E_B
- (5)視網膜熱危害暴露限制(380 nm-1400 nm)- L_R
- (6)微弱視覺刺激視網膜熱危害暴露限制(780 nm-1400 nm)- L_{IR}
- (7)眼睛的紅外線危害暴露限制(780 nm-3000 nm)- E_{IR}

(8)皮膚熱危害暴露限制(380 nm-3000 nm)-E_H

國際間普遍要求 LED 照明產品須符合風險類別(0)或風險類別(1)，而目前 LED 燈泡及 LED 燈管所對應之安全性檢測標準 CNS 15436 及 CNS 15438 均已要求須符合 CNS 15592 或 IEC 62471 中風險類別(0)或風險類別(1)，若 LED 產品評估果符合風險類別(0)，則可確信光輻射對於視網膜及皮膚等人體組織之危害性極低，惟 CNS 15592 僅針對光輻射對人體生理方面之評估，不涵蓋對心理層面之影響。

八、照明其他重要物理量：

1.光通量(Luminous Flux)：

光通量用於測量一個非方向性的光源，在任意時刻，任意方向上輸出可見光的總和，單位為流明(lm)，例如 60 瓦普通白熾燈的光通量約 700 lm、40 瓦 T8 螢光燈管的光通量約 2,500 lm。

2.光強度(Luminous Intensity)：

在特定方向角上發出的可見光的強度稱之為光強度，單位為燭光 (candle, cd, lm/sr)。

3.配光曲線(Distribution Curve of Luminous Intensity)：

以極座標圖表示燈具(源)空間發光強度分佈情形，單位為 cd/klm 或直接以 cd 為單位。

4.光束角(beam angle)：

光束在兩方向的發光強度為尖峰光強度的 50%時，所涵蓋的角度。

5.佈光角(field angle)：

光束在兩方向的發光強度為尖峰光強度的 10%時，所涵蓋的角度。

6.發光效率(Efficacy)：

單位電能點亮燈具(源)產生之流明數，單位: lm/W，其數值越高，表示發光效率愈高。

7.燈具效率(Luminaire Efficiency; LOR=Light output ratio)

燈具實際發出之光通量佔內含光源所發出光通量比值，可在細分 ULOR(向上)、DLOR(向下)。

8.利用係數CU(coefficient of utilization)：

指到達作業面之光通量與光源輸出總光通量比率。

9.室指數RI (room index)：

$$RI=L \times W / (H \times (L+W))$$

式中，W：室寬

L：室長

10.空間比RCR(room cavity ratio)

$$RCR=5H \times (L+W) / (L \times W) = 5/RI$$

式中，W：室寬

L：室長

H：室高

11.眩光限制曲線(Glare Limitation Curves)：

在視角 45~85 度範圍內，依據照度水平與視覺工作特性建立之眩光限制臨界線，分為兩組六條曲線，其中第一組：視覺工作普通到困難、第二組：視覺工作較簡易，以核對燈具安裝環境的特性，選擇一條眩光限制曲線，再比較燈具亮度曲線是否皆位於該曲線之左側。

12.朗伯特(Lambertian)餘弦定律：

不同角度的光強度與該角度和反射面法線的餘弦量成正比，若假設法線上光強度為 I，和法線夾 θ 方線之光強度為 I_{θ} ，則

$$I_{\theta} = I \cos \theta \quad (2-1.2 \text{ 式})$$

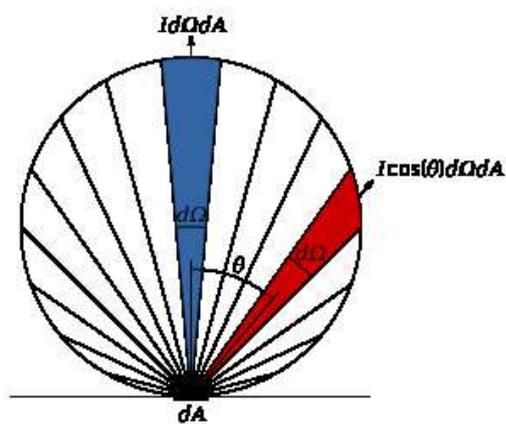


圖2-1.6 朗伯特餘弦定律示意圖
(資料來源：wikipedia網站)

第二節 白光LED 發光原理及燈具介紹

發光二極體的英文名稱為 Light Emitting Diodes，簡稱為 LEDs，主要是由 III-V 半導體材料或是 II-VI 材料製成的 P-N 二極體，而 PN 接面產生的電位能使導電帶 (conduction band) 和價電帶 (valance band) 彎曲，阻止電子和電洞流動；若將順向偏壓的正電壓接於 P 型半導體，負電壓接於 N 型半導體，讓半導體內部的費米能階 (Fermi level) 不再對齊，使 PN 接面能階障礙降低，大量的電子和電洞會受到電場的驅動在半導體材料中流動到 PN 接面空乏區進行復合 (recombination) 而產生自發光 (spontaneous emission)，如圖 2-2.1，可將電能轉換成光能的高效率冷光發光元件。

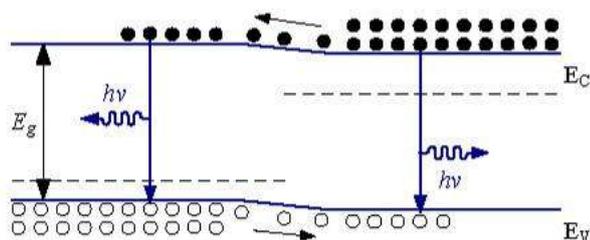


圖 2-2.1 LED 發光機制圖

(資料來源：本研究整理)

LED 依使用材料的不同，其電子和電洞在傳導帶和價電帶中所佔的能階也會不同，電子跟電洞之間的能階差高低會影響結合成光子的能量，故 LED 發出的波長主要會受材料能隙 (energy bandgap) 的影響，可以利用能量守恆原理，以下式簡易計算發光的波長。

$$\lambda = 1240 / E_g (\text{nm}) \quad (2-2.1 \text{ 式})$$

其中， E_g 為半導體的能隙，單位為 eV。

一、白光 LED 發光原理

目前 LED 發出的光色是單一的，需靠一些混光方式，才能得到所要的白光，故現階段的高功率白光 LEDs 製程可分為下面幾種：

1. 藍光 LED + 黃色螢光粉

自日本 Nichia(日亞)公司成功開發氮化銦鎵(InGaN)藍光 LED 後，藍光發光二極體加上黃色螢光粉已成為白光 LED 製作方式的主流，其發光原理主要利用藍光二極體發出 460nm 波長的藍光，激發黃色螢光粉體吸收藍光轉換成 555nm 的黃光，再與未被吸收的藍光相互混合，得到混色的白光，目前最常見的黃色螢光粉係由鈮鋁石榴石(yttrium aluminum garnet, YAG)所製成的，其化學式為 $Y_3Al_5O_{12}$ 。

目前此方法所生產製白光 LEDs 之光通量會比其他技術要高，且價格較便宜，廣為業界採用。然該方法也有部分缺點，例如若螢光粉之效率未達到完全能量轉換，會使許多能量轉換成熱能釋放，造成 LED 整體溫度升高，使光轉換效率變差及產生波長飄移現象，造成 LED 光源色溫會隨著垂直角之變化，而有所不同的色偏現象。

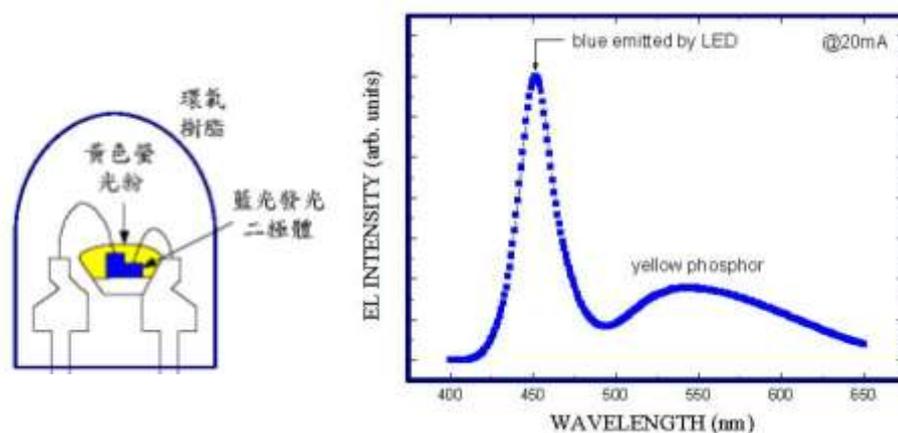


圖 2-2.2 藍光 LED + 黃色螢光粉光譜圖
(資料來源：高功率白光 LED 照明之光學設計，2009)

2. UV LED + RGB 螢光粉

UV 發光二極體搭配 RGB 螢光粉方法的原理，跟目前家用的日光燈發光原理是一樣的，利用 UV 二極體發出紫外線波段的光，去激發塗佈在 UV 二極體外圍的 RGB 三色螢光粉，完全吸收紫外光轉換成 RGB 三原色，得到白光，由於它是利用 RGB 三種顏色混合變成白光，所以色再現性很高。但目前由於 UV 二極體的發光效率不高，且所使用的螢光粉並非針對紫外光作激發，使光轉換效率較低，及考量紫外光會使封裝樹脂與螢光粉劣化，需額外開發抗紫外光材料等因素，目前業界較少應用產品。

3. 一體化 RGB 白光 LED

將 RGB LED 二極體直接封裝在一起，調整 RGB 二極體發出的光通量比例，直接配成白光，此方法是最早被用於製造白光的方式，因為是由二極體發光直接混成白光，不需經過螢光粉轉換，會有較佳的發光效率，而且可利用電路控制，達到全彩的效果。但一體化 RGB 的混光目前存在一些問題須克服：

- (1) 受限於施加的電流量受到限制，不易獲得高輸出效果。
- (2) RGB 二極體為個別獨立個體，故需給一段的混光距離才能得均勻白光，否則易見 RGB 三光色。
- (3) RGB 二極體因時間的衰減量不一，混出的白光會隨時間變化而改變，需配合感測器適時的調整片電流量，維持穩定的光色。

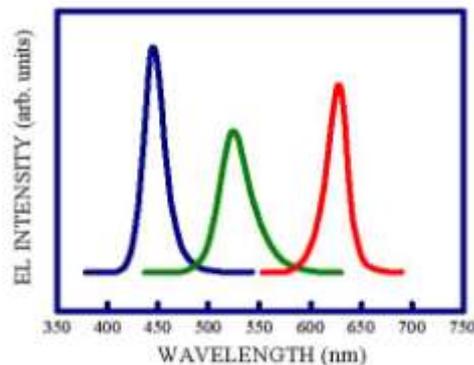
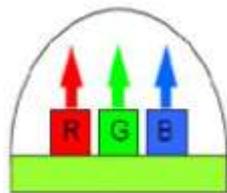


圖 2-2.3 一體化 RGB 白光 LEDs 光譜圖

(資料來源：高功率白光 LED 照明之光學設計，2009)

二、LED 照明系統架構

LED 照明系統由 LED 光源、LED 驅動電路、控制系統、反射罩或透鏡等二次光學機構、散熱機構所構成。LED 光源如同螢光燈、複金屬燈、省電燈泡般，是負責提供光線輸出的光源體；LED 驅動電路，是將市電或其他來源提供的電力，轉換成適合驅動 LED 的電壓或電流，提供 LED 適當的電力。控制系統主要控制 LED 光源的亮度、顏色等功能；二次光學機構則是透過折射或反射的原理，將 LED 光源所發出的光線投射到適當的照明空間，或者變成特殊的光線輸出角度，達到聚光或散光等功能。散熱機構則是藉由導熱機構及散熱機構，將 LED 光源所發出的熱傳導至外界環境。

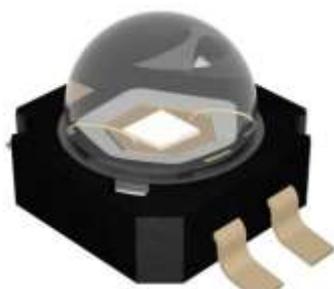


圖 2-2.4 單顆 LED 封裝後示意圖



圖 2-2.5 LED 照明系統模組照片

(資料來源：內政部建築研究所，2013)

三、直管型 LED 燈管種類與應用

囿於長久以來，消費者使用習慣對螢光燈管較為熟悉，故 LED 應用也以採燈管模式，俾讓使用者具有一定程度的熟悉感。一般傳統螢光燈(T8/T5)為 360°全周發光，而 LED 燈管係將小體積之點光源由點而線組合，成為一種線光源，大都為 120°單向朗伯特(Lambertian)出光，且大多數廠商為了降低生產成本皆將自家公司 LED 燈管搭配既有傳統螢光燈具上市，或建議直接用 LED 燈管汰換舊有螢光燈管。就其結構與電氣特性而言，市售產品主要可分為以下兩類，其特點如表 2-2.1 所示，目前主要應用於嵌入式(T-BAR) LED 燈具、山型及中東型 LED 燈具：

- (1) 內置驅動電路(Driver Inside)：燈管結構包含驅動電路，可沿用既有燈具本體，小幅修改線路，即可直接替換 T8 螢光燈管，發光效率略差，便利性高、初期安裝成本低；但其經濟壽命略短。
- (2) 外加驅動電路(Driver Outside)：燈管需外接驅動電路點燈，通常搭載全新燈具呈現，燈具內含燈管專用電氣迴路，燈具整體電氣特性與發光效率較佳，使用壽命相對較長，但初期投資成本較高。

表 2-2.1 LED 燈管特性比較表

	形式一	形式二
驅動電路	內置型	外加型
燈具本體	沿用既有燈具	新燈具
電氣迴路	小幅修改	新配置
發光效率	略差	較佳
初期成本	較低	較高
經濟壽命	略短	較長

(資料來源：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012)



圖 2-2.6 LED 燈管

(資料來源：本研究拍攝)

(3) 直管型 LED 燈管使用準則

- a. 關閉燈具所有電源。
- b. 除去舊有日光燈的安定器(Ballast)和起動器(Starter)
- c. 連接一條線導線(負載)到LED 燈管插口裝置的一端。
- d. 連接另一條線導線(中性)到LED 燈管插口裝置的另一端。
- e. 不要再連接其他設備到同一個插口。
- f. 插入LED 燈管，開啟電源即安裝完成。

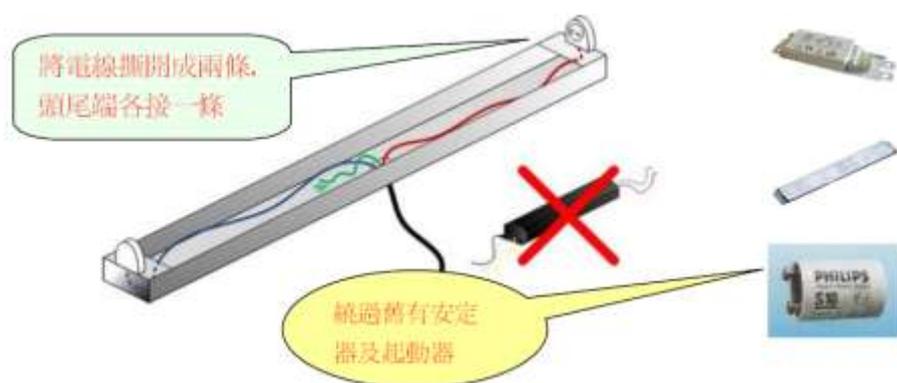


圖 2-2.7 LED 燈管安裝示意圖

(資料來源：<http://led.seawllth.com/>)

四、山型及中東型 LED 燈具

「山型」及「中東型」LED 燈具，其用語係為照明業界俗稱，主要「山型」燈具其外型像日本富士山，外銷時，暱稱為「山型」燈具，後來一直沿用，而「中東型」燈具，主要以前該型燈具外銷地點為中東國家，因此業界習慣稱之為「中東型」。

這二種燈具適用於吸頂式或吊桿式固定於天花板，目前仍常見於住宅、教室、大型賣場、地下停車場、機房等場所，不適用於潮濕環境，其主要結構與特性如下：

- (1) 本體：冷軋鋼板/白色烤漆。
- (2) 反射板：冷軋鋼板/白色烤漆。
- (3) 光源：LED/T5/T8。
- (4) 安定器：T5/T8 需搭配匹配之安定器。



圖 2-2.8 中東型 LED 燈具圖面

(資料來源：某照明廠商 104 年型錄)



圖 2-2.8 山型 LED 燈具圖面
(資料來源：某照明廠商 104 年型錄)

第三節 LED 相關標準推展概況

由於 LED 欲從高輝度應用跨入高照度應用，技術門檻極高，產業界咸都積極的建立產業之標準，目前看來，我國、美、日及大陸等地區國家標準與產業標準所形成之聯集，大致已拼湊完成一個標準藍圖，不過由於 LED 光源應用於照明燈具使用中除涉及光學性能外，還有其燈具電源的特性、溫度(散熱)特性和器具安全特性等，因此若能透過業界共識，達到大家都認同的標準，則未來在推動這些新產品時，才能更順利導入消費市場。

一、我國 LED 標準發展概況

由於我國 LED 產業發展起步較早，因此早在民國 77 年就已有針對發光二極體(指示用)及其量測法發布二項 CNS 標準，並於 89 年間公告 12 項發光二極體應用於交通號誌之 CNS 標準，當時 CNS 標準中與 LED 相關者已達 34 項，而這些標準主要涉及的範圍可大致分為六大類，包括交通號誌與看板資訊、戶外顯示看板、通信用發光二極體、LED 磊晶，晶粒封裝、指示型 LED 以及自動控制用紅外線發光二極體等。

以發光二極體、燈及照明等關鍵字查詢近年來我國有關 LED 相關國家標準整理如表 2-3.1 所示。

表 2-3.1 我國近年來有關 LED 公佈之國家標準

標準總號	類號	名稱	最新日期
15437	C4510	輕鋼架天花板(T-bar)嵌入式發光二極體燈具 Recessed LED luminaires for T-bar ceiling systems	103/09/29
15630	C4532	一般照明用安定器內藏式 LED 燈泡 (供應電壓大於 50 V)－性能要求 Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50 V – Performance requirements	101/11/29

固定式山型及中東型 LED 燈具照明效率及品質研究

標準總號	類號	名稱	最新日期
15602	C4530	一般照明用 LED 模組－性能要求 LED modules for general lighting – Performance requirements	101/11/15
15603-2-1	C4531-2-1	燈具性能－第 2-1 部：LED 燈具之個別規定 Luminaire performance – Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires	101/11/15
15436	C4509	安定器內藏式發光二極體燈泡(一般照明用)－安全性要求 Self-ballasted LED-lamps for general lighting services – Safety specifications	101/11/15
15592	C4529	光源及光源系統之光生物安全性 Photobiological safety of lamps and lamp systems	101/11/15
15233	C4504	發光二極體道路照明燈具 Fixtures of roadway lighting with light emitting diode lamps	101/07/26
15532	C3235	發光二極體元件之靜電放電 試驗法 Methods of electrostatic discharge test on light emitting diode components	101/01/31
15531	C3234	發光二極體晶粒之品質試驗法 Methods of quality test on light emitting diode dies	101/01/31
15530	C3233	照明用發光二極體系統之環境試驗法 Methods of environmental test on light emitting diode systems (for general lighting service)	101/01/31
15529	C3232	發光二極體元件之環境及 耐久性試驗法 Methods of environmental and endurance test on light emitting diode components	101/01/31
15510	C4523	發光二極體元件及模組之加速壽命評估 法 Methods of accelerated life evaluation on light emitting diode components and modules	100/10/25

標準總號	類號	名稱	最新日期
15509	C4522	發光二極體晶粒之加速壽命評估法 Methods of accelerated life evaluation on light emitting diode dies	100/10/25
15498	C3231	發光二極體模組之熱阻量測法 Methods of measurement on light emitting diode modules for thermal resistance	100/10/19
15497	C4539	發光二極體投光燈具 Fixtures of project lighting with light emitting diode lamps	100/10/19
15490	C4521	發光二極體光源系統之量測法 Methods of measurement on light emitting diode systems	100/09/29
15489	C4520	發光二極體晶粒之光學與電性量測法 Methods of measurement on light emitting diode dies for optical and electrical characteristics	100/09/29
15457	C4518	交流發光二極體模組之光學及電性量測法 Methods of measurement on alternating current light emitting diode modules for optical and electrical characteristics	100/08/10
15456	C4517	交流發光二極體元件之光學及電性量測法 Methods of measurement on alternating current light emitting diode components for optical and electrical characteristics	100/08/10
15438	C4511	雙燈帽直管型 L E D 光源－安全性要求 Double-capped LED tubular lamps – Safety requirements	99/11/18
15357	C4507	一般照明用 L E D 模組－安全性規範 LED modules for general lighting - Safety specifications	99/05/18
15250	C3223	發光二極體模組之光學與電性量測方法 Methods of measurement on light emitting diode modules for optical and electrical	98/01/22

標準總號	類號	名稱	最新日期
		characteristics	
15249	C3222	發光二極體元件之光學與電性量測方法 Methods of measurement on light emitting diode components for optical and electrical characteristics	98/01/22
15248	C3221	發光二極體元件之熱阻量測方法 Methods of measurement on light emitting diode components for thermal resistance	98/01/22
15247	C3220	照明用發光二極體元件與模組之一般壽命試驗方法 Test methods on light emitting diode components and modules (for general lighting service) for normal life	98/01/22

(資料來源：本研究整理)

由表 2-3.1 可知目前國家標準關於山型及中東型 LED 燈具部分，目前僅有 CNS15438-2010「雙燈帽直管型 LED 光源-安全性」，至於相關 LED 燈管或燈具性能要求標準部份則付之闕如。

二、我國節能標章發展概況

我國節能標章制度由經濟部於 2001 年正式開始推動，希望推動節約能源、鼓勵廠商生產高效率商品，並促使消費者優先選用，其基本精神在於透過授予省能高效率的產品節能標章，引導消費者在選購產品的時候，能一眼辨認出哪些產品較為省能，引導消費者買到真正省能的產品，藉以創造出經濟性的誘因，激發廠商自發性持續提昇產品的能源效率，達到節約能源並降低二氧化碳排放量的目標。為了落實節能標章的基本精神，基準研擬的主要考量有三點：一是參考我國國家標準（節能標章基準約較我國國家標準 CNS 高 10 至 15%）；二是以市場現況的調查資料分析評估，以 20 至 30% 的產品（或銷售量）能通過標準為原則；三是考量廠商對該項產品能源效率提昇的技術能力與成本負擔。審核的過程中，皆需經過完整的第三者驗證，且檢測報告須由國

內具公信力之檢測單位依最新公告之標準檢測，再經由工研院能資所節能標章申辦作業小組進行文件初審，初審結果再由經濟部能源局召開之節能標章審議委員會審查確認。

目前我國節能標章制度是以家電用品為主要開放目標，希望針對消費量大、省能潛力高的產品為初期的產品項目，目前已推出冷氣機、電風扇、除濕機、電冰箱、電視機、螢光燈管、洗衣機、乾衣機、吹風機、烘手機、溫熱型開飲機、冰溫熱型開飲機、冰溫熱型飲水機、汽車、機車、安定器內藏式螢光燈泡、監視器、燃氣台爐、即熱式燃氣熱水器、電鍋、貯備型電熱水器、電熱水瓶、出口及避難指示燈、DVD 錄放影機、溫熱型飲水機、室內照明燈具、組合音響、緊密型螢光燈管、影印機、印表機、空氣清淨機、道路照明燈具、浴室用通風電扇、壁式通風電扇、筆記型電腦及桌上型電腦等，共計 36 項產品。其中與 T-BAR LED 燈具有關之項目為室內照明燈具，該燈具之節能標章係依經濟部能源局能技字第 10205019771 號令，102 年 12 月 20 日公告修訂「室內照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法」，並自即日起生效，其中吸頂、嵌頂或懸吊式之燈具申請節能標章認證，其產品需符合下列基準：

表 2-3.2 室內照明燈具節能標章能效基準

燈具分類	吸頂、嵌頂或懸吊式非LED基準規範		品質要求
	效率要求		
燈具24 英吋 (65公分) 以下	燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K)	≥ 64.0 lm/W	UGR ≤ 19.0 Ra ≥ 80.0
	晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K)	≥ 62.0 lm/W	
	晝光色 (D-EX: 5700~7100K)	≥ 60.0 lm/W	
燈具24 英吋	燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K)	≥ 74.0 lm/W	

(65 公分) 以上	白色 (W-EX: 3900~4500K)		
	晝白色 (N-EX: 4600~5400K)	≥ 72.0 lm/W	
	冷白色 (CW-EX: 4600~5400K)		
	晝光色 (D-EX: 5700~7100K)	≥ 70.0 lm/W	

吸頂、嵌頂或懸吊式 LED 基準規範

色溫分類	發光效率基準(lm/W)	品質要求
2700K、3000K、3500K、 4000K、4500K	≥ 80.0	UGR ≤ 19.0
5000K、5700K、6500K	≥ 85.0	Ra ≥ 80.0

註:

1. 室內照明燈具配光之測試條件及方法應符合「國際照明委員會標準 CIE 70」規範內容要求，配光曲線量測之測試角度間距應為 2.5 度(含)以下，室內照明燈具實測能源效率(lm/W)之計算為燈具總光輸出(lm)除以燈具總輸入功率(W)。
2. 統一眩光指數(UGR, Unified Glare Rating)測試條件及方法應符合「CIE 117」規範內容要求，且 UGR 測試條件使用係數如下：
 - a. 天花板反射係數(Ceiling reflectance)：0.5
 - b. 牆面反射係數(Wall reflectance)：0.5
 - c. 地面反射係數(Floor cavity reflectance)：0.2
 - d. 室內長寬尺寸(Room dimension)：4H：3H(其中 H 為室內高度)
3. 節能標章能源效率之標示，應注意下列事項：
 - a. 標章使用者之名稱及住址須清楚記載於產品或包裝上。
 - b. 標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址須一併記載於產品或包裝上。
 - c. 產品型錄上應標示產品之色溫及能源效率值。
 - d. 產品發光效率、統一眩光指數及演色性實測之計算值，計算小數點後第一位，小數點後第二位四捨五入。

三、美國 LED 標準發展概況

美國在制定 LED 標準規範方面，起步較早，發展很快，而且 LED 量測標準主要著眼於未來固態照明市場之發展及應用，其主導單位為美國能源局(DOE)，並已於 2008 年 9 月正式公布能源之星固態照明燈具標準規範，根據規範將燈具發光效率分為兩階段，第一階段最高光效需達到 35 lm/W；第二階段則必須達到 70 lm/W 水準，其照明燈具泛指住商用一般照明燈具，如 T-bar 燈、廚房櫥櫃燈、檯燈、嵌燈、戶外步道燈、戶外洗牆燈等。此另美國能源局也於 2009 年 12 月公佈 LED 燈的整體標準。

由於美國政府認為現有傳統照明之量測標準並不適用於新光源，加以節能環保政策的推動，對於導入節能固態照明產品的態度也相對開放，因此近年來在推動 LED 量測標準十分積極。目前由美國政府號召重要之相關單位，分別包括國際電工委員會(IEC)、國際照明委員會(CIE)、北美照明委員會(IESNA)、美國電器用品生產者協會(NEMA)、美國國家標準(ANSI)、美國國家標準與技術研究所(NIST)、優力安全認證公司(UL)以及加拿大標準協會(CSA)等單位召開會議，檢測現階段之 LED 量測標準及方法，並找出不足之處，搭配能源之星(Energy Star)提出的固態照明燈具規範，分別針對不同之相對應工業測試標準，推出相關的量測標準的方式，如固態照明之安規、產品壽命、光學量測、色度、電源供應(Power Supply)等等。

囿於 LED 燈管之重量與現行 T5 或 T8 螢光燈管不同，在燈座部分，國際電工委員會目前 IEC 60838-2-3 「Miscellaneous lampholders - Part 2-3: Lampholders for double ended linear LED lamps」刻正草擬中，該份草案架構包括適用範圍、用語及定義、一般要求、一般試驗要求、電器額定、分類、標示、電擊防護、端子、接地措施、構造、機械強度、耐久性...等 19 項。

表 2-3.3 UL 提出相關 LED 照明安全規範

標準編號	名稱	最新日期	適用範圍
153	Portable Electric Luminaires	2002/03/25	移動式燈具
48	Electric Signs	2001/09/02	電子招牌
588	Standard for Seasonal and Holiday Decorative Products	2000/08/21	季節性裝飾產品
1838	Low Voltage Landscape Lighting Systems	2003/01/13	低電壓景觀照明系統
2108	Low Voltage Lighting Systems	2004/01/27	低電壓照明系統
2388	Flexible Lighting Products	2002/07/03	可撓式燈具
1786	Nightlights	2005/09/12	小夜燈
1993	Self-Ballasted Lamps and Lamp Adapters	2002/04/12	自整流燈及其插座
879A	Standard for LED Sign and Sign Retrofit Kits	2012/12/12	LED 器具概述
1598	Standard for Luminaires	2008/09/17	燈具
8750	Standard for Light Emitting Diode (LED) Equipment for Use in Lighting Products	2009/11/18	LED 燈具概述 (安規標準)

(資料來源：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012)

表 2-3.4 美國能源之星「固態照明要求」對應的相關規範

標準訂定機構	標準編號	名稱	最新日期
ANSI	C82.XXX	Electronic Drivers for LED Devices, arrays, or systems (In development)	發展中
ANSI	C78.377	Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting (SSL) Products	2011/06/10

標準訂定機構	標準編號	名稱	最新日期
ANSI	C82.77	Harmonic Emission Limits - Related Power Quality Requirements for Lighting Equipment	2009/06/24
ANSI/IEEE	C62.41.2	Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits	2003/04/11
ANSI/UL	153	Portable Electric Luminaires	2002/03/25
ASTM	E283-4	Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen	2012/04/01
CIE	13.3	Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources	1995/01/01
IESNA	LM-79	Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products	2008/01/01
IESNA	LM-80	Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources	2008/09/22
NFPA	70	National Electrical Code	2010/09/24
UL	1012	Power Units Other Than Class 2	2010/11/09
UL	1310	Class 2 Power Units	2011/08/26
UL	1598	Standard for Luminaires	2008/09/17
UL	1838	Low Voltage Landscape Lighting Systems	2003/01/13
UL	1994	Luminous Egress Path Marking Systems	2004/01/30

(資料來源：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012)

四、日本 LED 標準發展概況

過去日本對發展 LED 產業相當積極，除了專利的佈局及策略上之運籌帷幄外，就連 LED 產品標準及量測規範的統籌規劃及推動也是跑在各國前頭，顯見其對搶奪固態照明市場之企圖心。為了解決市場雜亂無序的情形，由日本四大團體，既日本電球工業會(JEL)、日本照明學會(JIES)、日本照明委員會(JCIE)及日本照明器具工業會(JIL)早於 2004 年便成立「LED 照明推進協議會(JLEDS)」，統籌規劃並推動制定 LED 產品標準與量測規範，並於同年底即完成「照明用白光 LED 量測標準」，這項 LED 量測標準曾於 2006 年 3 月進行修改，已經 JIS 審核，自 2007 年 7 月起成為日本工業標準(JIS)。

然而，在這項標準訂定並修改後，原本市場預期日本會持續訂定一連串的相關配套標準，以順利推動 LED 產業發展，但近一、二年來日本在 LED 相關標準方面卻遲遲沒有推出新規範。面對市場產品不斷推陳出新，卻苦無新規範來做為市場秩序的現象，不少日本業者都認為，日本照明市場目前已呈現「無秩序」的狀態。

為了改善上述之情況，並配合目前 LED 照明在日本當地市場快速普及的情況，日本電球工業會(JELMA)於 2010 年 10 月就直管型 LED 燈制定了一份「L 型燈口的直管型 LED 燈系統(普通照明用)」(JEL801:2010)標準。此次標準以螢光燈做為模擬對象，對於直管型 LED 燈管之要求與直管型螢光燈相同，而且使用上與螢光燈無差異為考慮的重點。

舉例來說，對用於替代 40W 級螢光燈的產品，制定了晝光色直管型 LED 燈的光通量必須達到 2300 lm 以上，演色指數達到 80 以上，以及在燈管垂直角度 120 度的範圍內，光通量不超過整體的 70%等規定。而替代 20W 級螢光燈的產品，晝光色直

管型 LED 燈的光通量必須達到 1000 lm 以上，演色指數達到 80 以上，以及在燈管垂直角度 120 度的範圍內，光通量不超過整體的 70% 等規定。

JEL801 不僅對燈管本身，而且也對使用直管型 LED 燈的照明系統制定了標準。系統上的特點大至分為四項，第一，電源電路設置在燈管外側，向燈管供給直流電，意即，燈管單體省去了電源電路，變為直流驅動；第二，採用 L 型燈口；第三，燈座可以更換；第四，燈管從一側的端面進行供電(單側供電)。

目前日本的 LED 照明相關規格，主要參考國際標準 IEC 制定，這些標準規範了 LED 照明在各種環境下，使用的安全性以及演色性、亮度、壽命等，排除安全性及性能未達規範之 LED 照明產品，以能完全取代白熾燈泡等傳統照明燈具為目標。

表 2-3.5 IEC TC-34 相關 LED 照明規範

標準訂定機構	標準編號	名稱	最新日期
IEC	60838-2-2	Miscellaneous lampholders - Part 2-2: Particular requirements - Connectors for LED-modules	2012/04/27
IEC	61347-2-13	Lamp controlgear - Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules	2006/05/05
IEC	62031	LED modules for general lighting - Safety specifications	2012/10/30
IEC	62384	DC or AC supplied electronic control gear for LED modules - Performance requirements	2011/03/30
IEC	60825-1	Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements	2007/03/01

標準訂定機構	標準編號	名稱	最新日期
IEC	62471	Photobiological safety of lamps and lamp systems	2007/07/01

(資料來源：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012)

五、大陸 LED 標準發展概況

大陸 LED 標準有 3 種分類方式，分別為使用範圍、效力強度及種類。依照使用範圍可分成國家標準、行業標準、地方標準和企業標準，其中以國家標準層級最高，在大陸的任何地區任何產業內均適用；依照效力強度，可分為強制性標準、推薦性標準及指導性技術文件，其中強制性標準具有法律屬性，效力最強；依照種類的不同，則可分為基礎標準、產品標準、方法標準、工藝設備標準、安全標準及環境標準，共 6 種。前開大陸 LED 標準中，以安全標準最為重要，因安全標準關係到使用者在使用 LED 產品時安全是否受到保障，故安全標準通常是強制性國家標準。

表 2-3.6 大陸強制性產品認證

產品	強制性產品認證 檢測標準	對應 IEC 標準
固定式通用 LED 燈具	GB7000.201-2008	IEC60598-2-1:1979+A1:1987
可移式通用 LED 燈具	GB7000.204-2008	IEC60598-2-4:1997
嵌入式 LED 燈具	GB7000.202-2008	IEC60598-2-2:1997
LED 水族箱燈具	GB7000.211-2008	IEC60598-2-11:2005
電源插座安裝的 LED 小夜燈	GB7000.212-2008	IEC60598-2-12:2006
地面嵌入式 LED 燈具	GB7000.213-2008	IEC60598-2-13:2006

(資料來源：本研究整理)

大陸雖將安全標準設定在最高層級，但若比較大陸與日本的 LED 安全標準數量比重，可發現遠比日本來得低，而臺灣也面臨到相同狀況。究其原因，在於目前兩岸 LED 照明發展以公共工程用為主，對於性能有較高的要求，故著重在產品性能標準，反觀日本則是著重在發展家庭用及企業用 LED 照明，故大多有安全標準作為配套。

第三章 實驗儀器與流程簡介

為推動國內建築照明產業升級，促成國內照明產品效率與性能開發，本所於性能實驗中心規劃建置國內最完備之人工光及自然光實驗室，提供照明燈具配光性能、人工光源性能、及材料光學性能等量測服務與進行照明及自然光之相關實驗研究，其中配光曲線試驗及人工光源全光通量試驗於 2008 年 7 月 17 日通過財團法人全國認證基金會(TAF)認證，其認證基準與認證範圍如表 3-1 所示。

表 3-1 本所人工光與自然光實驗室通過 TAF 認證項目

認證項目	認證基準	認證範圍
配光曲線試驗	CIE 121-1987 EN13032-1	10-50000 lm
人工光源全光通量試驗	CIE 69-1987 CIE 84-1989	10-50000 lm

本研究主要係應用該實驗室之全光束積分球及配光曲線測定儀，以量測光源之光通量、光強度分佈、電性資料（電流、電壓、功率）及光譜分析、色度、演色性等資料加以分析。以下將分別予以介紹。

第一節 積分球量測系統

一、功能說明：

主要實驗設備包括：LMT 直徑 1 m、2 m 全光束積分球、Chroma 可程式電源供應器、YOKOGAWA 電性量測設備、追溯 PTB (Physikalisch-technische Bundesanstalt) 實驗室標準燈 3 個，可依據 CIE 69-1987、CIE 84-1989 及 DIN 5032 規範進行光源之全光通量 (Total Luminous Flux) 及發光效率量測，量測時分別依序將標準光源與待測光源置於積分球中央，藉由球體內部所塗

佈的反射材質，將光源發射之光束均勻散射後，利用球體表面之光度計量測之比例關係，可計算求得待測光源全光通量。

二、適用範圍：

2m 全光束積分球可量測範圍為 $4 \times 10^{-3} \sim 10^6$ lm(理論最大值)、
1m 全光束積分球可量測範圍為 $1 \times 10^{-3} \sim 10^5$ lm(理論最大值)；可
量測最大光源尺寸為球體直徑之 1/1.7 倍。

三、環境需求：

可操作溫度範圍 5 至 50°C、儲存溫度範圍-10 至+60°C；因
目前實驗室可追溯 PTB 標準燈之校正報告之環境條件為 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，
應盡量將室內溫度控制在此條件，否則參照 CIE 69-1987 建議公
式修正：

$$E = E(T) \left[\frac{\alpha}{100} \Delta T + 1 \right]^{-1} \quad (3-1.1 \text{ 式})$$

α ：溫度係數 (temperature coefficient)，0.01%/°C

$\Delta T = T - T_0$ ：溫差 (temperature difference) °C

T_0 ：校正報告之環境溫度

T ：量測過程之環境溫度

四、試驗儀器：

(一)球體：

LMT 製造之積分球如圖 3-1.1 係由多元酯玻璃纖維製成，可
打開成兩個半球以裝置待測件。球體內面塗有特殊感光塗料，其
具散射性並與可視光波長獨立，而隨著塗層老化以及灰塵、砂土
之影響，靈敏度會下降。建議塗層應於三年內更新，但若流明校
正設定無法藉衰減器調整達成時則需立即更新。

(二)光度計感測頭：

球體內壁裝置之光度計感測頭如圖 3-1.2，包含精密之 $V(\lambda)$
矽光學元件($f1 < 1.0\%$)，感光面直徑 30 mm，其感光面上並附有

散射物質。光度計感測頭可控制溫度於 $35^{\circ}\text{C}\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以防止因量測件功率消耗產生之溫升效應造成量測誤差，應於 2 年內送回原廠以標準光源 A 校正進行精密之校正。



圖 3-1.1 積分球球體
(資料來源：內政部建築研究所，2006)



圖 3-1.2 光度計感測頭
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

另為符合 CIE 標準光度觀測者之規定，目前常見光度計感測頭儀器以貼各種顏色濾片如圖 3-1.3 方式達到需求。

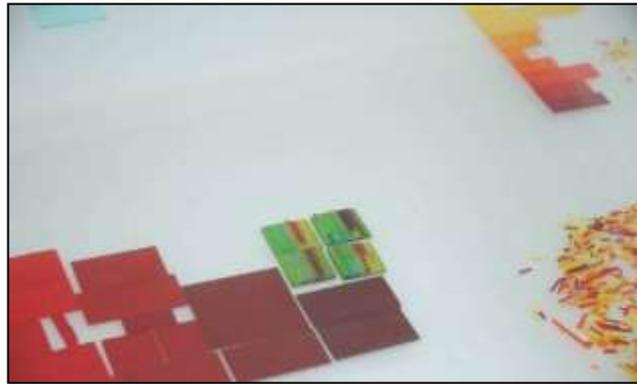


圖 3-1.3 光度計感測頭所貼之濾片
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

光度計感測頭對 UV-response、IR-response 應小於 0.1%、
Fatigue 測試應小於 0.1% (在 2000 l m 條件下)。

(三)U1000 電子顯示單元：

含四位數之”衰減器電位計”，可調降顯示數值、歸零設定
“U-zero”及暗電流補償控制” I-zero”，可直接量取光電電流、提
供解析度 0.1°C 之球內溫度顯示 (如圖 3-1.4)。



圖 3-1.4 U1000 電子顯示單元
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

(四)遮蔽裝置：

遮蔽裝置如圖 3-1.5，必須防止量測物光線直接照射光度計感測頭。自光度計感測頭觀查，必需看不到光源之表面，必要時可調整遮蔽裝置與光度計感測頭之距離護或使用較大之遮蔽裝置。



圖 3-1.5 遮蔽裝置

(資料來源：內政部建築研究所，2006)

(五)標準燈：

在設定工作條件下，流明值為已知值，且品質合於要求者，通常選擇白熾燈泡作為標準燈。

(六)輔助燈泡：

量測時應全程將輔助燈泡(如圖 3-1.6)點亮，以減少穩定所須之時間，藉以修正標準燈與待測燈形狀因子。

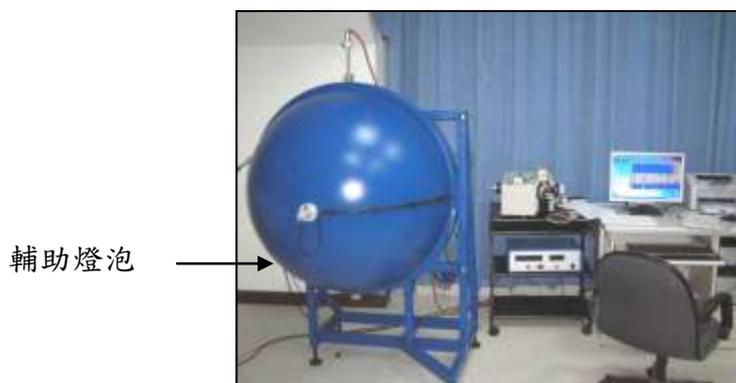


圖 3-1.6 輔助燈泡

(資料來源：內政部建築研究所，2006)

五、量測原理：

係利用待測件光通量與積分球內壁間間接照度之正比關係，以 3-1.2 式計算求得。

$$\Phi = E_{\text{ind}} \times A \times (1 - \rho) / \rho \quad (3-1.2 \text{ 式})$$

式中， Φ ：光通量

E_{ind} ：積分球內壁間接照度值

A ：球表面積

ρ ：積分球內壁反射率

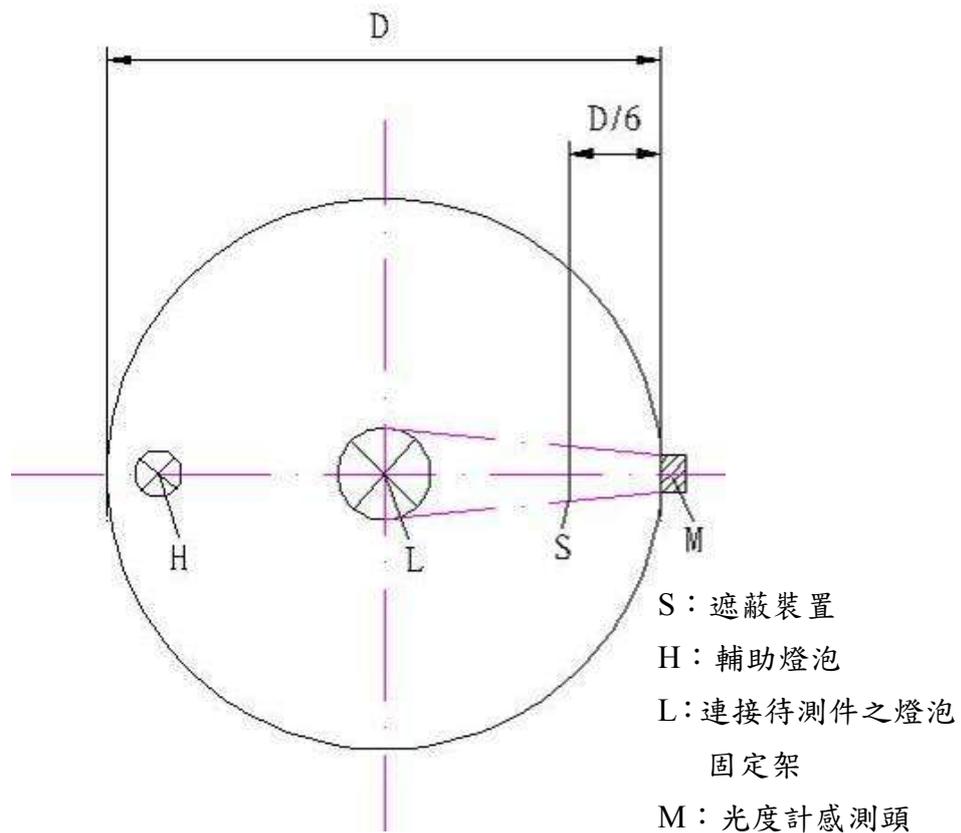


圖 3-1.7 積分球剖面示意圖
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

六、試驗步驟：

(一)線路安裝，開啟量測設備電源，暖機至少 5 分鐘。

(二)歸零設定：

在將儀器暖機約 5 分鐘之後，於球體關閉及滅燈下，先將儀器設定至最低靈敏度之範圍（1 m 全光束積分球設定在 10^5 、2 m 全光束積分球設定在 10^6 ），調整歸零設定"U-Zero"(補償電壓調整)使其讀值為零；再將儀器設定至最高靈敏度之範圍（1 m 全光束積分球設定在 10^0 、2 m 全光束積分球設定在 10^1 ）並調整電位計"I-Zero"(暗電流補償)，藉此補償雜光所造成之影響(如圖 3-1.8 ~ 3-1.9)。

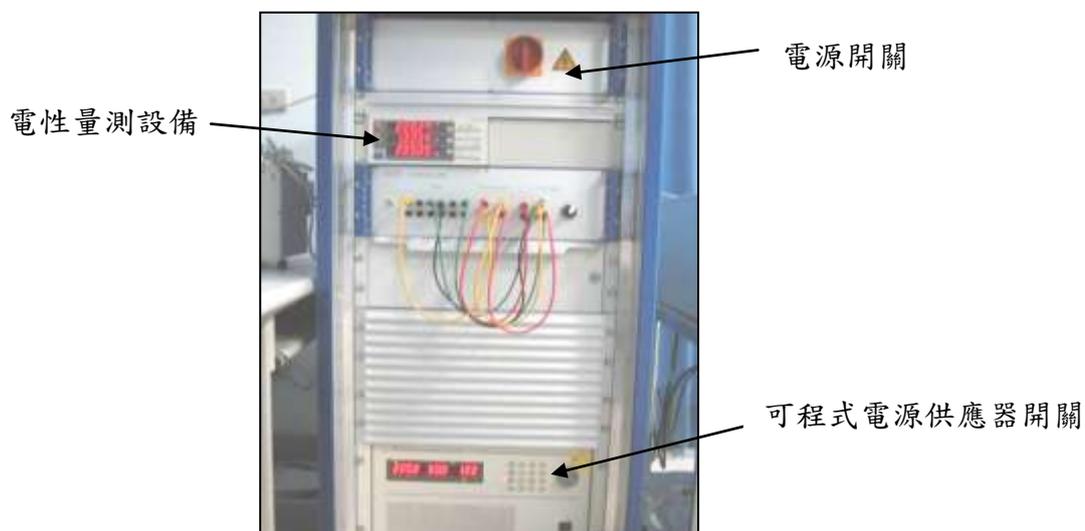


圖 3-1.8 積分球量測系統線路

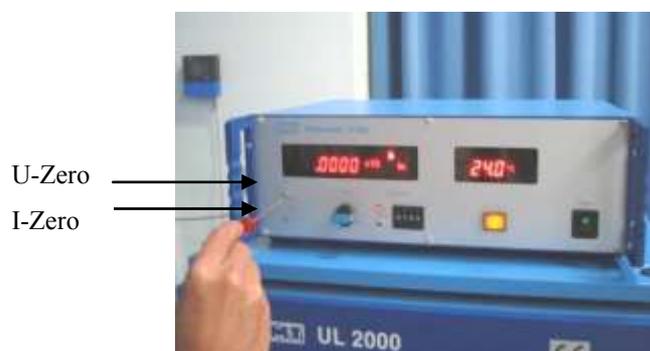


圖 3-1.9 歸零設定

(三)選標準燈源：

安裝於積分球中心(若是軸向燈源，應將長軸方向平行對準光度計感測頭)，點燈 20 分鐘以上，並同時打開積分球上之輔助燈泡，將輔助燈泡整個往外拉到底，點燈 20 分鐘以上(如圖 3-1.10)。

(四)經點燈穩定穩定後，調整 U1000 四位衰減器電位計如圖 3-1.11，設定對應間接照度 E_n 值等於標準燈流明值。



圖 3-1.10 點亮標準燈 20 分鐘以上
(資料來源：內政部建築研究所，2006)



圖 3-1.11 調整衰減器電位計
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

(五)調降供應電壓並關掉標準燈，將點亮之輔助燈泡移入積分球，該燈泡應保持點亮以免去暖機程序。待球內溫度穩定，量測對應

間接照度 E_{hn} 值，並記錄之（如圖 3-1.12）。

(六)將標準燈取出積分球再將待測燈泡安裝於積分球中心，輔助燈泡保持點亮，量測對應間接照度 E_{hx} 值（如圖 3-1.13）。

(七)將輔助燈泡推出積分球外，此時輔助燈之遮蔽裝置會封閉積分球。

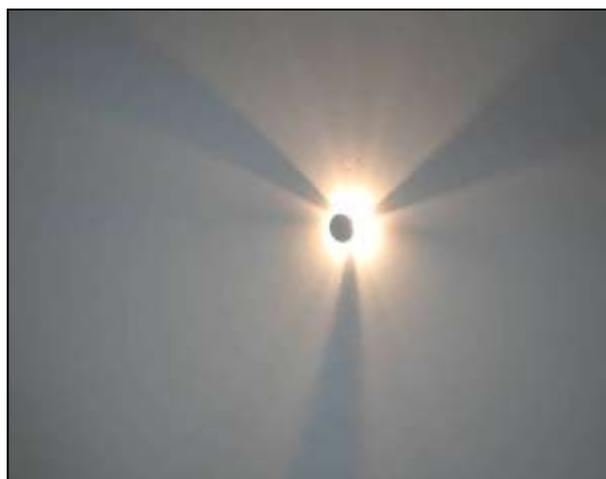


圖 3-1.12 輔助燈泡移入積分球內
（資料來源：內政部建築研究所，2006）



圖 3-1.13 輔助燈泡之間接照度值
（資料來源：內政部建築研究所，2006）

(八)點亮待測燈 20 分鐘以上（若是量測高功率燈源時，建議將球體打開以防溫度升高），經點燈穩定穩定後，量測對應間接照度 E_x 值，同時紀錄相關（含電壓、電流、功率等）資料。

(九)待測燈泡之光通量依標準燈泡之光通量可以用下列公式計算：

$$\Phi_x = \Phi_n \times [E_x/E_n] \times [E_{hn}/E_{hx}] \quad (3-1.3 \text{ 式})$$

式中， Φ_x :待測光源之絕對光通量

E_x : 待測光源之光通量測試值

E_{hx} :有待測光源在球內時之輔助燈泡光通量測試值

Φ_n :標準光源之絕對光通量

E_n : 標準光源之光通量測試值

E_{hn} :有標準光源在球內時之輔助燈泡光通量測試值

其中， E_{hn}/E_{hx} 係數代表待測燈泡與標準燈泡因不同型式及尺寸之補償。

(十)燈源發光效率:每輸入一瓦特功率該光源所能轉換發出的光線流明值，單位是 lm/W，愈高則效率愈佳。

第二節 配光曲線系統

一、功能說明：

主要實驗設備包括：配光曲線測定儀、可程式電源供應器、自動化軟體與解析繪圖系統，可進行照明用燈具及各類光源的基本性能進行量測，包括：(1)室內外燈具、道路與隧道照明燈具、大型場所與空間照明及 LED 燈具等各式燈具、(2)白熾燈、鹵素燈、日光燈、氣體放電燈等各式光源。可進行量測項目包括：(1)燈具配光曲線特性、(2)光通量、照度分佈及光強度分佈、(3)電性資料（電流、電壓、功率）等。

二、儀器規格：

本系統主要量測原理係利用測角儀(goniometer)掃描燈源（具）整個空間球殼各角度之光學特性，藉由光通道內之感測頭接收，搭配 Limes 多功能整合軟體，可獲得燈具（源）相關實驗數據。

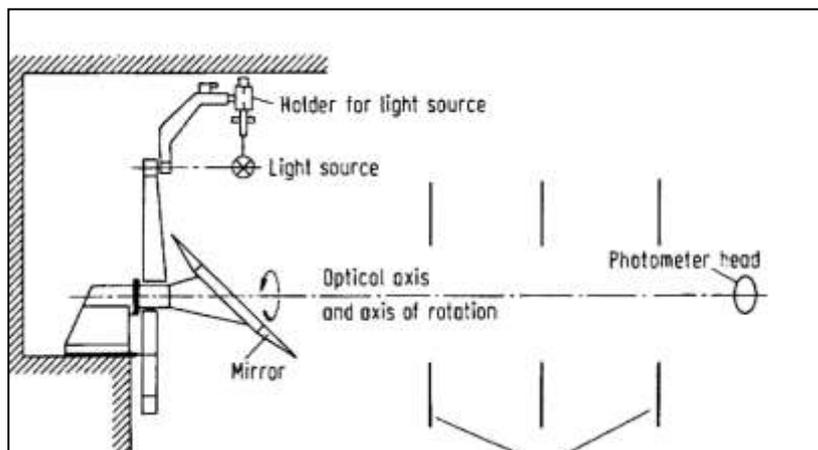


圖 3-2.1 測角儀示意圖

（資料來源：內政部建築研究所，2006）

（一）配光曲線儀

（1）原理—為同心轉動式反射鏡

（依據（CEN）EN 13032.1 和 CIE 70 國際規範及考量儀器對位及精準度要求，故採用同心轉動式原理）。

— 無偏心(同心)

— 水平

— 固定 (不會沿大圓轉動)

利用反射鏡之配光機，光源沿垂直軸旋轉而反射鏡則依水平軸旋轉，感測頭係固定不動。垂直軸旋轉角度範圍為上下各 180 度。

- (2) 測試件 (含最基本固定架) 重量最大需為 50 kg。
- (3) 測試件最大尺寸(含對角線) 1.6 m，高 0.8 m。
- (4) 量測距離需為 25 m 以上。若實驗室空間距離不足可搭配第二反射鏡 (path folding mirror) 來增加量測距離，其設備包含第二反射鏡、鏡面固定裝置、集光束管。
- (5) 載物平台可上下調整(+/-50 mm)，有刻度，馬達驅動且可遙控。
- (6) 內建可遙控之雷射校準器，方便測試件定位。
- (7) 可變速之馬達驅動器，以利配光機垂直/水平軸之轉動。
- (8) 手動操控之顯示器以顯示馬達之轉軸及轉速。
- (9) 馬達之轉速與轉軸可遙控、顯示。
- (10) 垂直/水平軸之定位精度：0.1°。
- (11) 角度量測方式：光學編碼器 (安裝方式不可產生對轉軸之滑移)；解析度：0.1°。
- (12) 旋轉角度顯示器為數位方式，安裝於機櫃中，可遙控。
- (13) 燈軸與旋轉軸間之角度對應精度：0.5°。
- (14) 八極轉環接觸式之電源供應器可提供測試件 360°(垂直軸向)連續轉動，且最大功率可達 380 V/5 kW。
- (15) 反射鏡面系統 (包含第二反射鏡) 符合 BS 5225 part 1 之 F6 國際標準之要求。
- (16) 配光機之配重應配備馬達、定位尺且可遙控。
- (17) 防止意外及損壞之安全系統包含機械及電性兩套系統。

(18) 馬達驅動、角度量測及遙控皆透過電腦整合以利電腦操作及量測。

(二)光學量測系統 Photometric measurement systems

(1) 原理—為反射鏡配光機之光度計；可量測並顯示照度及光度。

(2) 感測頭(system-photometer head)為半濾鏡式，高精度角度 $\pm 35^\circ$ ，範圍， $V(\lambda)=f1'$ ：0.5%，解析度 0.0001 lux。恆溫穩定裝置，內建放大器，集光束管可防止散射餘光。連結電纜線可長達 100 m。顯示器安裝於機櫃中且可遙控。

(3) 搭配 2 組感測頭，量測距離可切換，無需再調校。

(4) 含其他量測所需配件如遮光罩、可調式安裝架及電纜線。

(5) 照度量測範圍 (Measuring range)：0.0001 lux ~200,000 lux。

(6) 光強度量測範圍 (Measuring range) $0.1 \sim 8 \times 10^7$ cd

(7) 光靈敏度：20 nA/lux

(8) 光學量測系統透過電腦整合以利電腦操作及量測。

(三)多功能整合自動化軟體

(1) 圖形之輸出包含下列 11 種

1.CIE Glare Safeguard Diagram 1

2.CIE Glare Safeguard Diagram 2

3.CIE Glare Safeguard Diagram 2 (ext)

4.DIN 5035 Glare Diagram Type A

5.DIN 5035 Glare Diagram Type B

6.3D Polar Diagram

7.Polar Diagram

8.3D Isoline Diagram

9.Isoline Diagram

10.Cartesian Diagram

11.Flux/time Diagram

(2) 表格輸出包含下列 9 種

- 1.LiTG Utilization Factors
- 2.UTE Utilization Factors
- 3.TM 5 Utilization Factors
- 4.IES Utilization Factors
- 5.UGR Unified Glare Ratios
- 6.TM 10 Unified Glare Ratios
- 7.Intensity [cd/klm]
- 8.Intensity [cd]
- 9.Zonal Flux

(四)光源量測用電源供應器設備

- (1) 點燈用精密電源供應器之輸出功率應高於 2500 W。電壓及頻率必須可調，且適用於一般常用光源，精度 0.1%。
- (2) 量測設備應可精確測量電壓、電流及功率。
- (3) 電源供應器與電性量測設備均可透過電腦介面與控制軟體進行自動操作。
- (4) 自動產生電性資料的測試報告。
- (5) AC 電源供應器 (AC Power Source)，Power 達 3000 VA 以上，精度達 0.1%。

(五)電子磅秤

- (1) 通過 CC 測試(防干擾)，高精度荷重元(Load Cell)。
- (2) 液晶 LCD 顯示，自動背光裝置。
- (3) 有"扣重"功能及"預扣重"功能。
- (4) 累計記憶功能、數量檢校。
- (5) 最大秤重 120 kg 以上，具有零點追蹤之功能，有公斤/台斤/磅轉換之功能。

(六)高空作業台

- (1) 油壓動力系統，需配有緊急安全停止裝置。
- (2) 地面至工作台面全高 8 m，工作高度 10 m。
- (3) 載重：150 kg 以上。移動方式：轉輪。
- (七) 溫溼度紀錄器、3 m 米尺等。

三、環境需求：

參照 EN 13032-1-2002 規定，各類型燈具(源)環境需求如表 3-2.1。

表 3-2.1 燈具(源)量測環境需求表

	白熾燈 鹵素燈	螢光燈	高壓水銀燈	複金屬燈	低壓鈉燈	高壓鈉燈
供應電壓穩定度	DC±0.1% AC ±0.2%	±0.2%				
光通量之重現性	DC±1% AC ±2%	±2%				
光源老化時間	1h或壽命少於 100h則為1%	100h, 每24h有8 次關閉10min	100h, 每6h關 閉15min	100h	100h, 每6h 關閉15min	100h, 每6h 關閉15min
光源穩定時間	≥10min			≥15min	≥10min	
光源固定之方位	垂直,燈座朝上	一般:水平 省電燈泡:垂 直,燈座朝上	垂直,燈座朝上	依各類型製 造商要求	水平	
環境溫度	(20~27) ±3°C	25±1°C	(20~27) ±3°C			

(資料來源：內政部建築研究所，2006)

四、試驗步驟：

(一)開機：

開啟配光曲線設備(GO-DS1600)總電源開關，將安全裝置 Safety unit 除鎖並向右轉動以開啟電源，按下綠色按鈕以提供電源供應器電源。除測角儀(goniometer)，測光儀(Photometer)，顯示器，電源供應面板以外之所有附加裝置，均須在按下綠色按鈕後才有電源供應。電源供應器電源其功能主要是提供試驗件所需之電源，亦可利用 LIMES Control 程式控制其輸出模式。

(二)開啟電腦：選取 LIMES2000 程式，輸入密碼****以便登入。

(三)旋臂旋下至固定燈具位置：

利用牆邊控制單元或 LIMES2000 程式將旋臂旋下置垂直地面，因應不同燈具(光線向上或向下)，在旋臂旋下後，有可能需利用齒輪組以人工手動方式，變更燈具接合器之旋臂方向。

(四)選取治具：

配合不同燈具或光源試驗，選取適合治具，以便能將燈具或光源中心點固定於正確位置。

(五)測量重量：

測量燈具重量或光源與治具之總重量，以調整重量法碼，做為硬體機構平衡之用，重量誤差須在 5 公斤之內，若沒有做重量平衡之動作會影響測試之進行，當重量誤差太大，儀器本身會中止測試以保護其硬體機構，並發出警報聲音，以示警示，但為維護機器硬體之精確度，應避免錯誤動作之發生，因此試驗前需仔細核對試驗件之相關重量，並記錄於記錄表中。

(六)測量尺寸：

測量燈具或光源之尺寸，包含其物理尺寸與發光尺寸，並記錄於紀錄表中，尤其發光尺寸特別重要，一般規範是由其發光部位來定義其試驗中心位置，因此其發光尺寸會直間影響到雙向拉門之尺寸大小，間接影響到測試之結果，當雙向拉門過大時，會有過多之雜散光進入，而使得測試值變大，若雙向拉門過小，會將試驗件所發出之光遮蔽，而使得測試值變小，因此根據理論之計算得到依較佳之控制方式，其計算如下所示，不僅可確立測量之準確性及重現性，更可避免人為造成試驗之變異。

(七)固定試件：

將治具與試驗件組合完成後，再將組零件固定至試驗位置，CIE 法規標準中定義一般燈具之設置以 C0-C180 為燈具發光最強之方向，而 IES 之角度定義與 CIE 之角度定義相差 90 度。

(八)調整重量砝碼：

利用黃色線控把手調整重量砝碼位置以平衡試件與治具總重量。

(九)確認初始位置：

利用黃色線控把手啟動定位雷射，確認試件中心點是否位於正確位置（如圖 3-2.2、3-2.3），若非，則利用黃色線控把手微調接合器位置。一般法規定義之燈具與光源試驗中心點如下圖所示，視各國標準規定而有些許不同，進行試驗前需先與廠商溝通，若與標準規定不同，應於記錄表內標明。



圖 3-2.2 試件中心點位置

（資料來源：內政部建築研究所，2006）

(十)連接電源輸入：

接合器上方共有 8 個端子可供使用，配合各種不同試驗件，將電源連接完成，接頭編號即為 GD-DS1600 之 connect unit 編號。

（如圖 3-2.4、3-2.5）

(十一)調整雙向拉門：

配合試驗件之大小尺寸，需調整雙向拉門之尺寸，以防止雜散光進入，其尺寸調整依表 3-2.2 所示。

(十二)啟動 Limes2000：

從桌面捷徑或[開始]—>[程式集]中啟動 Limes2000。

(十三)選取試驗檔案：可選取已有之試驗檔案或建立新的試驗檔案。

(十四)選取試驗程式：

選定試檔案之後，可選取已設計完成之試驗程式或建立新的試驗程式。

(十五)設定硬體、軟體輸出圖表：若有需要，可設定各項硬（軟）體功能及試驗各項動作，亦可在完成量測後選取分析所需之圖形與表格。

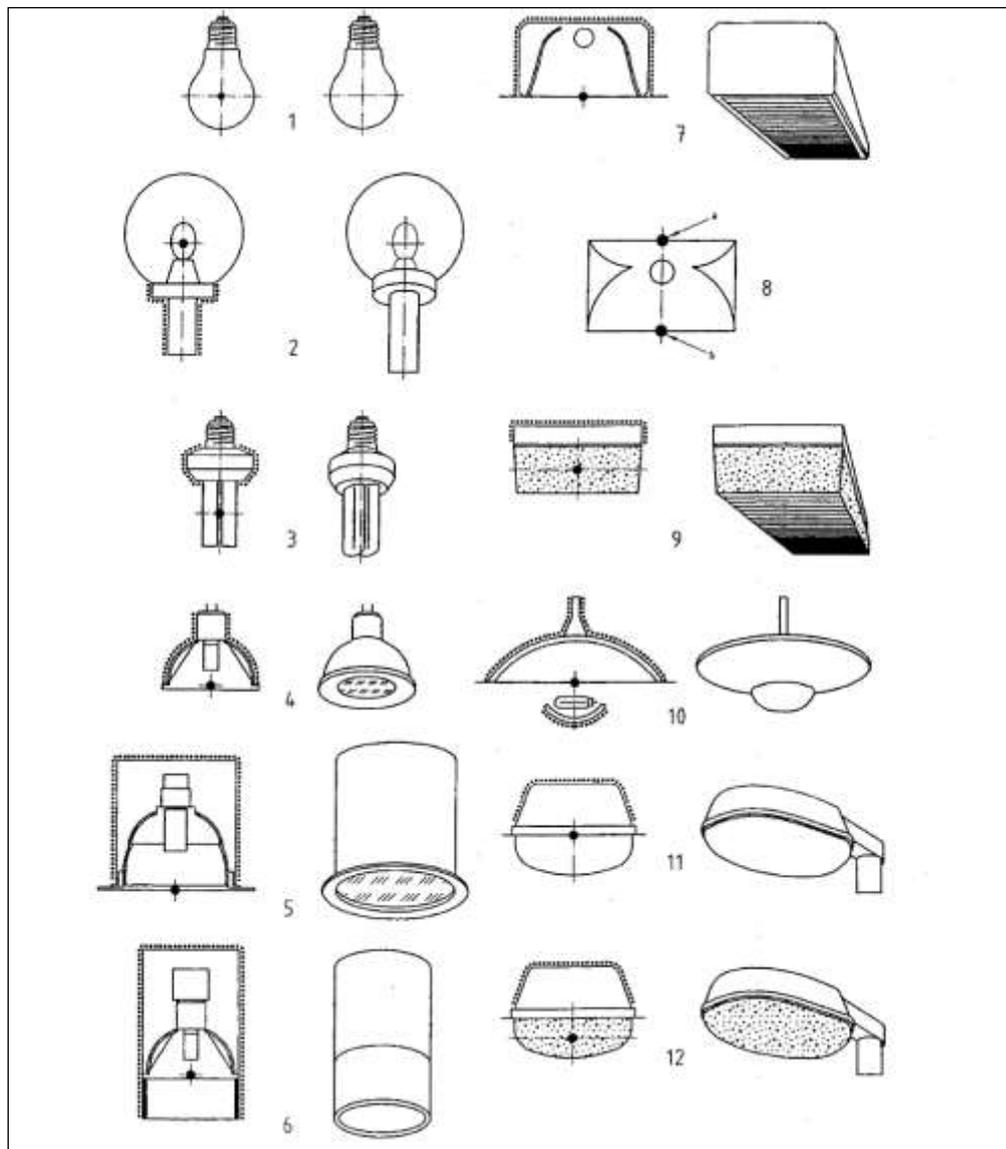


圖 3-2.3 EN 13032-1-2002 試件中心點位置
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

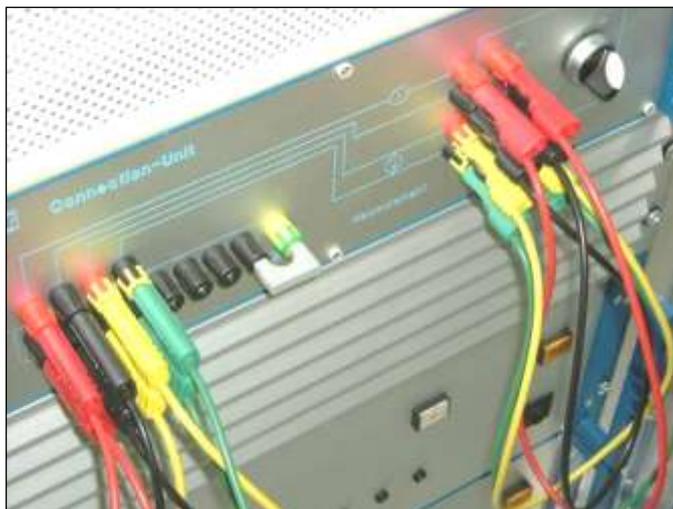


圖 3-2.4 8 個接頭端子 (電源供應器側)
(資料來源：內政部建築研究所，2006)



圖 3-2.5 8 個接頭端子 (配光曲線儀側)
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

(十六)結果輸出、儲存所需資料。

表 3-2.2 燈具或光源尺寸與滑門移動距離關係表

燈具或光源尺寸 (mm)	滑門移動距離 (mm)	燈具或光源尺寸 (mm)	滑門移動距離 (mm)
1600	819	750	384
1550	793	700	359
1500	768	650	333
1450	742	600	307
1400	717	550	281
1350	691	500	256
1300	665	450	231
1250	640	400	205
1200	614	350	179
1150	589	300	153
1100	563	250	128
1050	537	200	103
1000	512	150	77
950	486	100	51
900	461	50	25
850	435	0	0
800	409		

(資料來源：內政部建築研究所，2006)

第四章 山型及中東型 LED 燈具照明效率 及品質分析

由於目前坊間直管型 LED 燈管的種類眾多，並均宣稱可以直接汰換舊有 T8 或 T5 螢光燈管，以達省電功效，但究竟其光源之照明效率及品質如何？以及取代舊有螢光燈管，組合後之 LED 燈具照明效率與品質如何？國內尚無相關調查研究可供參考。因此，為瞭解相關上開產品性能，已於前期研究針對嵌入式(T-BAR) LED 燈具產品，共計完成 97 件 LED 燈管樣本及 114 件 T-BAR LED 燈具之能源效率、燈具效率(LOR)、眩光指數、峰值光強度、光束角、演色性及光譜等性能測試，並輔以 DIALux 照明軟體分析 252 件模擬案例，探討 T-BAR LED 燈具在不同空間之照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉 5 年總成本分析。

前期研究除瞭解 LED 燈管及(T-BAR) LED 燈具產品之性能數據，亦發現針對嵌入式(T-BAR) LED 燈具產品部分，廠商宣稱可以直接汰換並不可行，需重新檢討空間照明環境品質參數，包括照度、均勻度及眩光等，避免過量設計或不足情況發生，且從先前試驗統計資料顯示，LED 燈管光通量與 T-BAR LED 燈具光通量，具有極高相關性，可利用前期研究實測相關性迴歸公式，得到舊有 T-BAR 螢光燈具更換為 LED 燈管後之光通量數值，再搭配光通量法等計算方式，俾作為照明評估的基礎。

囿於目前直管系列之山型及中東型燈具仍常見於住宅、教室、大型賣場、地下停車場等場所，因此，為完整瞭解 LED 燈管應用上開燈具之性能，本(104)年度將繼續探討山型及中東型 LED 燈具，並進行大規模且有系統的研究分析，俾供應用參考。

第一節 65 公分以下山型及中東型 LED 燈具 測試結果與分析

LED 燈管樣本選取係沿用前期研究，自行於大賣場通路挑選購買，俾利與前期研究互相比較，本研究共計挑選市售 65 公分以下直管型 LED 燈管產品 13 類，螢光燈管產品 3 類，以及 3 種搭配燈管之中東及山型試驗燈具，試驗燈具比較表及樣本燈管(具)購買來源如表 4-1.1、4-1.2 所示。

由測試燈具樣本試驗配光曲線圖可以發現，不同廠牌之 LED 燈管安裝在相同試驗燈具產生之光型頗接近，但若安裝螢光燈管則產生之光型不同，以安裝某 Ota 牌 10W LED 燈管及 20W T8 省電型螢光燈管為例，其安裝不同試驗燈具之配光曲線如圖 4-1.1~4-1.6 所示。

表 4-1.1 試驗燈具(A)、(B)及(C)之比較表

燈具名稱	試驗燈具(A)	試驗燈具(B)	試驗燈具(C)
燈具種類	中東型	山型	山型
使用光源	1 支直管系列光源(LED、T5、T8)	1 支直管系列光源(LED、T5、T8)	2 支直管系列光源(LED、T5、T8)
燈具尺寸	60cm*6cm*4cm	60cm*12cm*5cm	60cm*16cm*5cm
發光尺寸	60cm*4cm	60cm*4cm	60cm*16cm
外部格柵板設計	無	無	無
內部反射片設計	無	無	無
節能標章	無	無	無

(資料來源:本研究整理)

表 4-1.2 樣本燈管(具)購買來源及價格資料 (65 公分以下)

廠牌	購買單價(元)	購買地點	色系	備註
某 Ota 牌 10W	799	特※屋	晝光	LED
某 Eve 牌 9W	599	特※屋	晝光	LED
某 Wtc 牌 10W	599	特※屋	晝光	LED
某 Age 牌 10W	499	台※量販中心	晝光	LED
某 Tat 牌 9W	600	大※3C	晝光	LED
某 Ltu 牌 9W	488	燦※	晝光	LED
某 Mod 牌 10W	399	燦※	晝光	LED
某 Ltu 牌 10W	500	大※發	晝光	LED
某 Dan 牌 10W	500	大※發	晝光	LED
某 Chd 牌 10W	599	大※發	晝光	LED
某 Eve(L)牌 9W	599	特※屋	暖色	LED
某 Wtc(L)牌 10W	599	特※屋	暖色	LED
某 Tat(L)牌 9W	600	大※3C	暖色	LED
某 Chi 牌 T8 省電型 20W	28	特※屋	晝光	螢光燈管
某 Chi 牌 T8 三波長 20W	75	特※屋	晝光	螢光燈管
某 Chi 牌 T5 14W	69	特※屋	晝光	螢光燈管
某 Chi 牌 T8 中東燈具 20W×1	359	特※屋	不含燈管	試驗燈具(A)
某 Chi 牌 T8 山型燈具 20W×1	359	特※屋	不含燈管	試驗燈具(B)
某 Chi 牌 T8 山型燈具 20W×2	699	特※屋	不含燈管	試驗燈具(C)
某 Chi 牌 T5 中東燈具 14W×1	819	特※屋	不含燈管	試驗燈具(A)
某 Chi 牌 T5 山型燈具 14W×1	769	特※屋	不含燈管	試驗燈具(B)
某 Chi 牌 T5 山型燈具 14W×2	869	特※屋	不含燈管	試驗燈具(C)
某 Chi 牌 LED 中東燈具	299	特※屋	不含燈管	試驗燈具(A)
某 Chi 牌 LED 山型燈具	349	特※屋	不含燈管	試驗燈具(B)
某 Chi 牌 LED 山型燈具	449	特※屋	不含燈管	試驗燈具(C)

(資料來源:本研究整理)

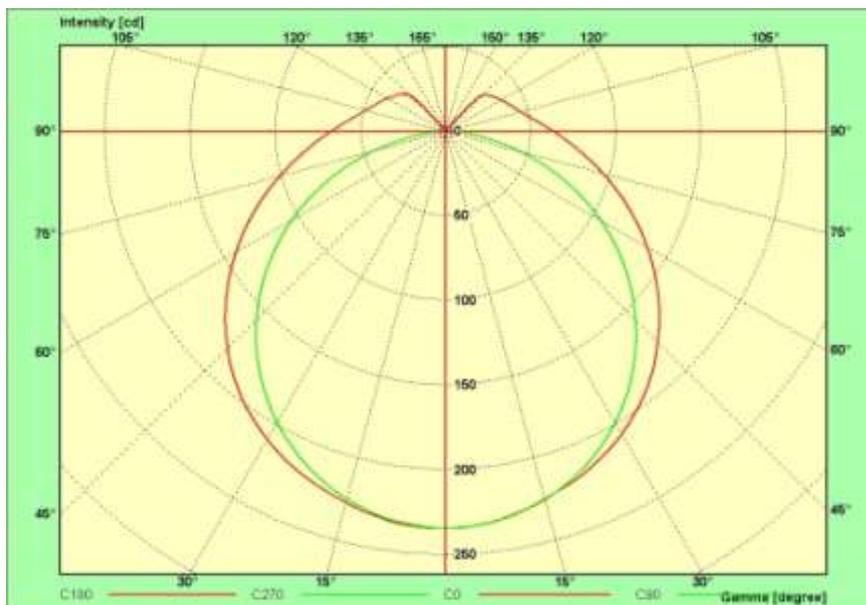


圖 4-1.1 試驗燈具(A)【安裝 Ota LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)

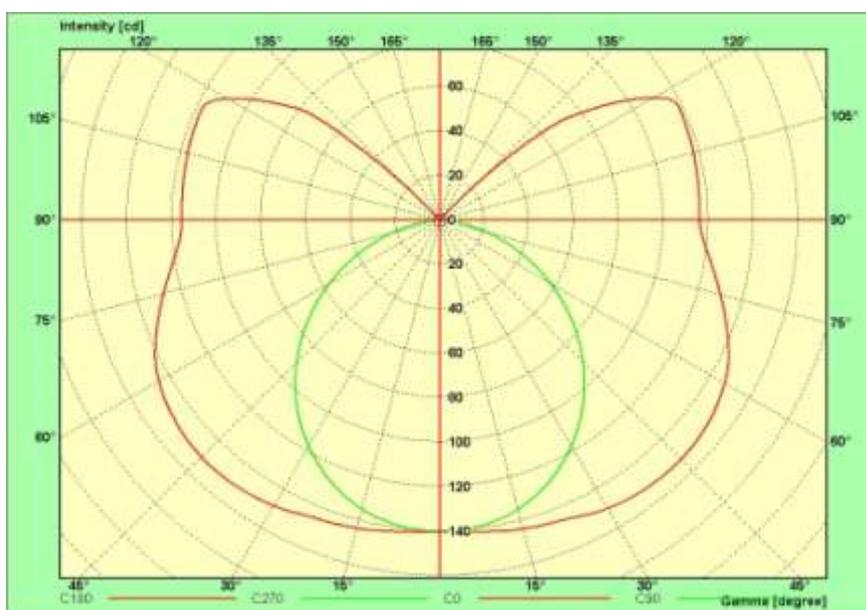


圖 4-1.2 試驗燈具(A)【安裝 T8 省電型螢光燈管】
配光曲線圖 (極座標)

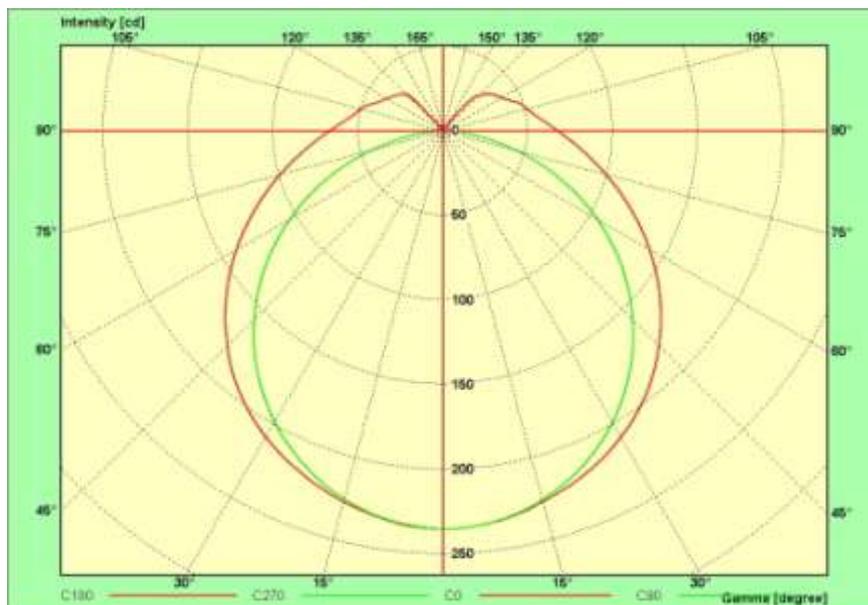


圖 4-1.3 試驗燈具(B)【安裝 Ota LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)

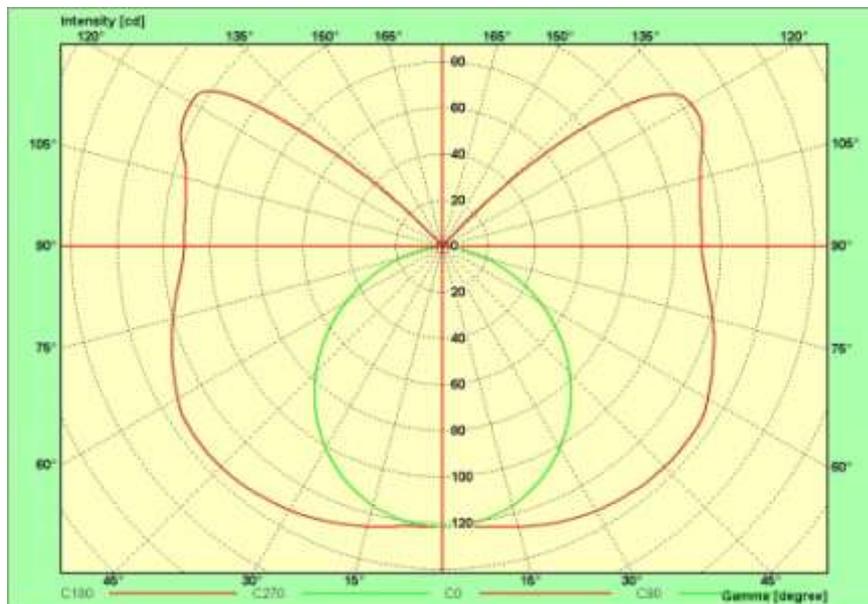


圖 4-1.4 試驗燈具(B)【安裝 T8 省電型螢光燈管】
配光曲線圖 (極座標)

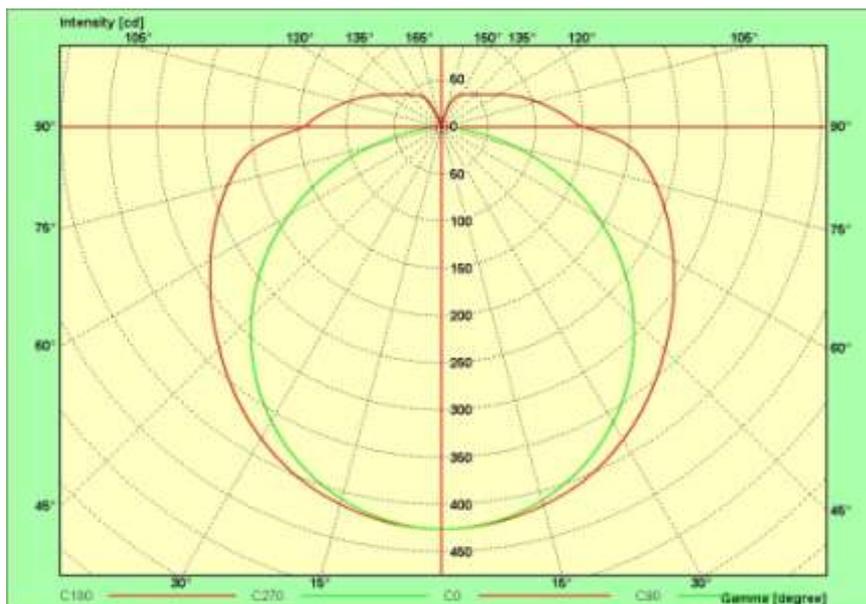


圖 4-1.5 試驗燈具(C)【安裝 Ota LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)

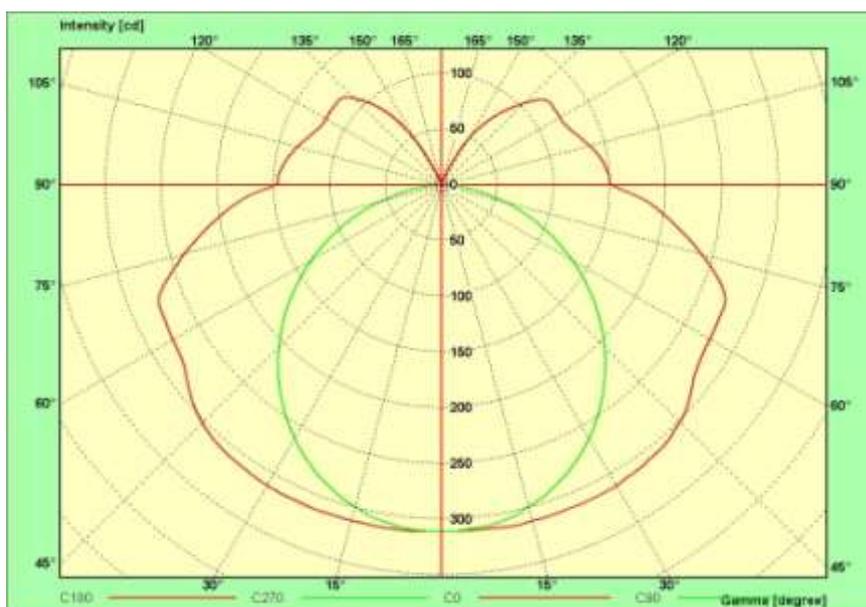


圖 4-1.6 試驗燈具(C)【安裝 T8 省電型螢光燈管】
配光曲線圖 (極座標)



圖 4-1.7 試驗燈具(A)、(B)及(C)
(資料來源：本研究拍攝)

以下則分別針對這 39 件 65 公分以下之 LED 樣本燈具及 9 件螢光燈具之能源功率、功率因數、光通量、燈具效率(LOR)、峰值光強度、光束角、眩光指數等測試資料結果彙整，並分述如下：

表 4-1.3 Ota 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Ota 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	10.02	10.02	20.02
電壓 (V)	109.96	109.98	110.05
電流 (mA)	100	100	197
功率因數(PF)	0.911	0.911	0.923
燈源光通量 (lm)	963.10	963.10	1940.00
燈具光通量 (lm)	902.83	912.29	1806.42
燈具能源效率 (lm/W)	90.10	91.05	90.23
燈具效率 LOR (%)	93.74	94.72	93.11
峰值光強度 (cd)	234.70	235.60	426.10
光束角(平行燈管方向)	113.2	112.9	112.7
光束角(垂直燈管方向)	135.7	135.9	161.6.9
UGR _h (平行燈管方向)	19.20	19.20	18.30
UGR _v (垂直燈管方向)	19.70	19.70	20.30

表 4-1.4 Eve 9W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Eve 9W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	9.29	9.31	18.64
電壓 (V)	109.96	110.00	110.05
電流 (mA)	153	152	303
功率因數(PF)	0.552	0.557	0.559
燈源光通量 (lm)	856.60	856.60	1709.60
燈具光通量 (lm)	840.71	843.96	1679.97
燈具能源效率 (lm/W)	90.50	90.65	90.13
燈具效率 LOR (%)	98.14	98.52	98.27
峰值光強度 (cd)	218.50	219.50	386.50
光束角(平行燈管方向)	112.7	112.7	112.9
光束角(垂直燈管方向)	142.4	142.4	161.4
UGR _h (平行燈管方向)	19.00	19.00	18.10
UGR _v (垂直燈管方向)	19.80	19.70	20.10

表 4-1.5 Wtc 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Wtc 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	11.69	11.65	23.24
電壓 (V)	109.96	109.98	109.99
電流 (mA)	171	171	339
功率因數(PF)	0.622	0.619	0.623
燈源光通量 (lm)	1104.60	1104.60	2198.90
燈具光通量 (lm)	1063.59	1065.18	2110.19
燈具能源效率 (lm/W)	90.98	91.43	90.80
燈具效率 LOR (%)	96.29	96.43	95.97
峰值光強度 (cd)	308.00	308.30	538.70
光束角(平行燈管方向)	102.6	102.6	103.5
光束角(垂直燈管方向)	130.9	130.9	151.7
UGR _h (平行燈管方向)	19.50	19.50	18.50
UGR _v (垂直燈管方向)	20.60	20.60	21.10

表 4-1.6 Age 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Age 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	11.21	11.19	22.71
電壓 (V)	109.96	109.99	110.05
電流 (mA)	164	164	333
功率因數(PF)	0.622	0.620	0.620
燈源光通量 (lm)	1039.10	1039.10	2056.40
燈具光通量 (lm)	1000.20	1001.16	1987.04
燈具能源效率 (lm/W)	89.22	89.47	87.50
燈具效率 LOR (%)	96.26	96.35	96.63
峰值光強度 (cd)	281.80	281.40	499.20
光束角(平行燈管方向)	102.3	102.3	104.4
光束角(垂直燈管方向)	133.8	134.1	153.2
UGR _h (平行燈管方向)	19.10	19.10	18.40
UGR _v (垂直燈管方向)	20.40	20.30	22.71

表 4-1.7 Tat 9W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Tat 9W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	8.5	8.51	16.85
電壓 (V)	109.97	109.99	109.99
電流 (mA)	84	84	164
功率因數(PF)	0.920	0.921	0.934
燈源光通量 (lm)	830.40	830.40	1660.20
燈具光通量 (lm)	785.97	791.12	1564.37
燈具能源效率 (lm/W)	92.47	92.96	92.84
燈具效率 LOR (%)	94.65	95.27	94.23
峰值光強度 (cd)	190.50	191.50	359.00
光束角(平行燈管方向)	102.8	102.5	104.3
光束角(垂直燈管方向)	158.4	158.3	167.3
UGR _h (平行燈管方向)	17.60	17.60	17.10
UGR _v (垂直燈管方向)	19.70	19.60	20.00

表 4-1.8 Lud 9W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Lud 9W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	8.81	8.79	17.37
電壓 (V)	109.98	110.01	109.97
電流 (mA)	83	84	165
功率因數(PF)	0.965	0.951	0.957
燈源光通量 (lm)	866.00	866.00	1732.00
燈具光通量 (lm)	838.07	835.79	1646.69
燈具能源效率 (lm/W)	95.13	95.08	94.80
燈具效率 LOR (%)	96.77	96.51	95.07
峰值光強度 (cd)	255.50	224.70	399.50
光束角(平行燈管方向)	110.7	110.6	110.6
光束角(垂直燈管方向)	139.1	139.0	154.5
UGR _h (平行燈管方向)	19.0	19.0	18.1
UGR _v (垂直燈管方向)	19.8	19.8	20.1

表 4-1.9 Mod 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Mod 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	8.59	8.61	17.07
電壓 (V)	109.97	109.98	109.98
電流 (mA)	139	140	275
功率因數(PF)	0.562	0.559	0.564
燈源光通量 (lm)	752.60	752.60	1494.50
燈具光通量 (lm)	725.40	726.20	1426.65
燈具能源效率 (lm/W)	84.45	84.34	83.58
燈具效率 LOR (%)	96.39	96.49	95.46
峰值光強度 (cd)	242.50	244.00	408.90
光束角(平行燈管方向)	100.2	100.1	101.3
光束角(垂直燈管方向)	114.6	114.5	136.5
UGR _h (平行燈管方向)	18.60	18.60	17.50
UGR _v (垂直燈管方向)	19.00	19.00	19.80

表 4-1.10 Ltu 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Ltu 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	9.52	9.51	18.56
電壓 (V)	109.97	109.98	109.98
電流 (mA)	88	88	171
功率因數(PF)	0.984	0.983	0.987
燈源光通量 (lm)	828.40	828.40	1627.50
燈具光通量 (lm)	801.25	799.84	1563.22
燈具能源效率 (lm/W)	84.16	84.11	84.23
燈具效率 LOR (%)	96.72	96.55	96.05
峰值光強度 (cd)	240.10	240.00	409.70
光束角(平行燈管方向)	105	105	106
光束角(垂直燈管方向)	126.6	126.7	146.5
UGR _h (平行燈管方向)	18.90	18.90	17.80
UGR _v (垂直燈管方向)	19.60	19.60	20.00

表 4-1.11 Dan 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Dan 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	10.58	10.57	21.14
電壓 (V)	109.97	109.99	110.05
電流 (mA)	104	104	208
功率因數(PF)	0.925	0.924	0.924
燈源光通量 (lm)	843.40	843.40	1690.60
燈具光通量 (lm)	841.27	839.65	1661.91
燈具能源效率 (lm/W)	79.52	79.44	78.61
燈具效率 LOR (%)	99.75	99.56	98.30
峰值光強度 (cd)	245.60	245.20	424.10
光束角(平行燈管方向)	104.4	104.5	105.3
光束角(垂直燈管方向)	130.0	130.0	151.4
UGR _h (平行燈管方向)	18.90	18.90	17.80
UGR _v (垂直燈管方向)	19.80	19.80	20.20

表 4-1.12 Chd 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Chd 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	9.78	9.78	19.48
電壓 (V)	109.98	110.01	110.07
電流 (mA)	138	141	238
功率因數(PF)	0.644	0.631	0.744
燈源光通量 (lm)	755.20	755.20	1539.00
燈具光通量 (lm)	728.24	730.70	1474.77
燈具能源效率 (lm/W)	74.46	74.71	75.71
燈具效率 LOR (%)	96.43	96.76	95.83
峰值光強度 (cd)	197.20	197.80	354.20
光束角(平行燈管方向)	105.9	105.9	107.0
光束角(垂直燈管方向)	139.7	139.4	159.2
UGR _h (平行燈管方向)	18.10	18.10	17.30
UGR _v (垂直燈管方向)	19.30	19.30	19.70

表 4-1.13 Eve(L) 9W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Eve(L) 9W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	9.55	9.55	18.96
電壓 (V)	109.97	110.01	109.97
電流 (mA)	156	157	309
功率因數(PF)	0.569	0.553	0.558
燈源光通量 (lm)	785.54	785.54	1568.14
燈具光通量 (lm)	776.26	776.42	1533.36
燈具能源效率 (lm/W)	81.28	81.30	80.87
燈具效率 LOR (%)	98.81	98.84	97.78
峰值光強度 (cd)	201.50	201.30	350.30
光束角(平行燈管方向)	112.5	112.5	112.7
光束角(垂直燈管方向)	142.7	142.7	162.8
UGR _h (平行燈管方向)	18.7	18.7	17.7
UGR _v (垂直燈管方向)	19.5	19.5	19.8

表 4-1.14 Wtc(L) 10W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Wtc(L) 10W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	11.31	11.31	22.59
電壓 (V)	109.96	109.99	110.09
電流 (mA)	166	166	332
功率因數(PF)	0.623	0.619	0.618
燈源光通量 (lm)	913.36	913.36	1830.88
燈具光通量 (lm)	885.39	886.73	1771.26
燈具能源效率 (lm/W)	78.28	78.40	78.41
燈具效率 LOR (%)	96.94	97.08	96.74
峰值光強度 (cd)	249.00	249.60	455.30
光束角(平行燈管方向)	102.2	102	103.8
光束角(垂直燈管方向)	133.8	133.9	149.9
UGR _h (平行燈管方向)	18.6	18.6	18.0
UGR _v (垂直燈管方向)	19.9	19.9	20.4

表 4-1.15 Tat(L) 9W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Tat(L) 9W	試驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(A)	LED 燈管放入 試驗燈具(B)	LED 燈管放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	8.62	8.61	17.06
電壓 (V)	109.98	110.01	109.96
電流 (mA)	84	84	164
功率因數(PF)	0.933	0.932	0.946
燈源光通量 (lm)	726.55	726.55	1437.73
燈具光通量 (lm)	698.04	700.06	1371.48
燈具能源效率 (lm/W)	80.98	81.31	80.39
燈具效率 LOR (%)	96.08	96.35	95.39
峰值光強度 (cd)	171.50	171.10	311.10
光束角(平行燈管方向)	102.3	102.1	104.5
光束角(垂直燈管方向)	156.4	156.7	168.6
UGR _h (平行燈管方向)	17.2	17.2	16.6
UGR _v (垂直燈管方向)	19.3	19.2	19.6

依整體試驗結果看來，本次試驗的 39 件 LED 樣本燈具產品，其測試結果，燈具光通量數值約在 698~2111 lm 之間，燈具之能源效率約在 74~96 lm/W 之間，平均值約為 85.5 lm/W，燈具效率(LOR) 約在 93~100%之間，平均值約為 96.5%，功率因數約在 0.552~0.987 之間，平均值約為 0.76，平行燈管方向之光束角約為 100°~114°，平均值約為 106°，垂直燈管方向之光束角約為 114°~169°，平均值約為 143°，峰值光強度 171~539 cd 之間，平行燈管方向之眩光指數 17~20 之間，平均值約為 18.4，垂直燈管方向之眩光指數 19~22 之間，平均值約為 19.9。

透過圖 4-1.8 大體上可以概略看出，相同 LED 燈管放入不同試驗燈具(A)、(B)及(C)之能源效率分佈圖，其整體趨勢均為試驗燈具(A)能源效率 \approx 燈具(B)能源效率 \approx 燈具(C)能源效率，探究原因，主要中東型及山型燈具之構造屬於開放式，而 LED 燈管大部分發光集中在垂直角 90°以內之向下發光，故安裝於上開燈具之光損均很少，故能源效率差異不大，另由圖 4-1.9 中可以發現燈具效率(LOR)分佈圖亦有類似之趨勢。

由圖 4-1.10 亦可以概略看出，相同 LED 燈管放入不同試驗燈具(A)、(B)及(C)之峰值光強度分佈圖，其整體趨勢為試驗燈具(C)光強度 $>$ 燈具(A)光強度 \approx 燈具(B)光強度，且試驗燈具(C)之光強度約為燈具(A)之 1.68~1.87 倍，探究原因，主要試驗燈具(C)內含 2 支 LED 燈管，而燈具(A)及燈具(B)只有 1 支相同 LED 燈管，相較之下，囿於燈具光通量之差異，故燈具(C)發出較大光強度，且試驗燈具(C)為山型燈具，燈管安裝於兩側，不像試驗燈具(A)、(B)直接安裝於燈具下方，故光強度較 2 倍小，平均約為 1.77 倍。

固定式山型及中東型 LED 燈具照明效率及品質研究

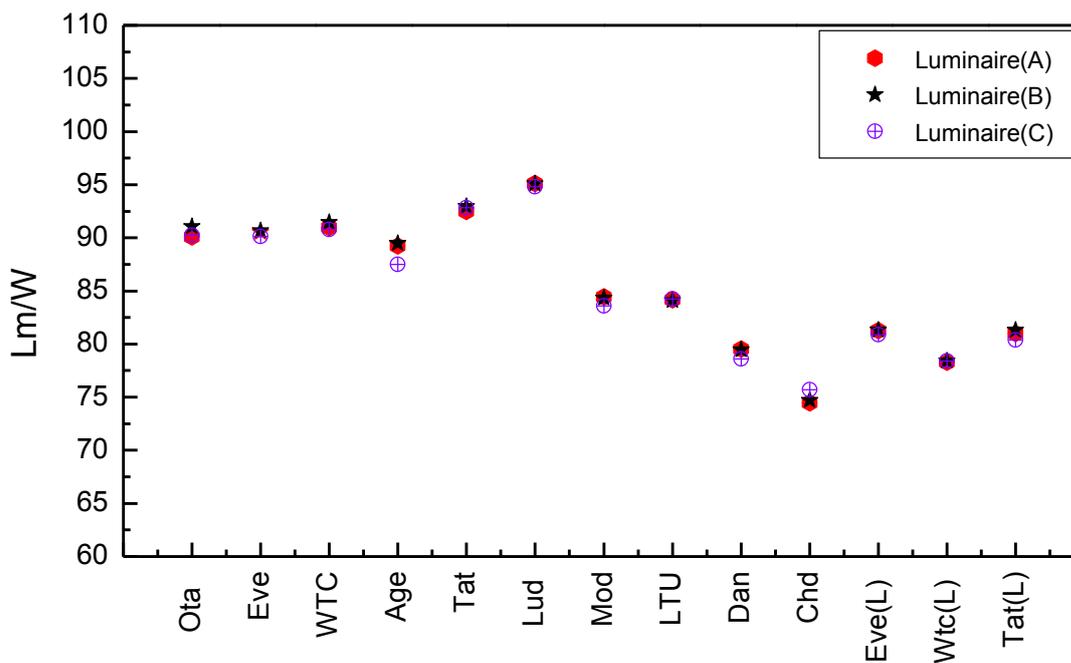


圖 4-1.8 LED 燈管放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之能源效率分佈圖

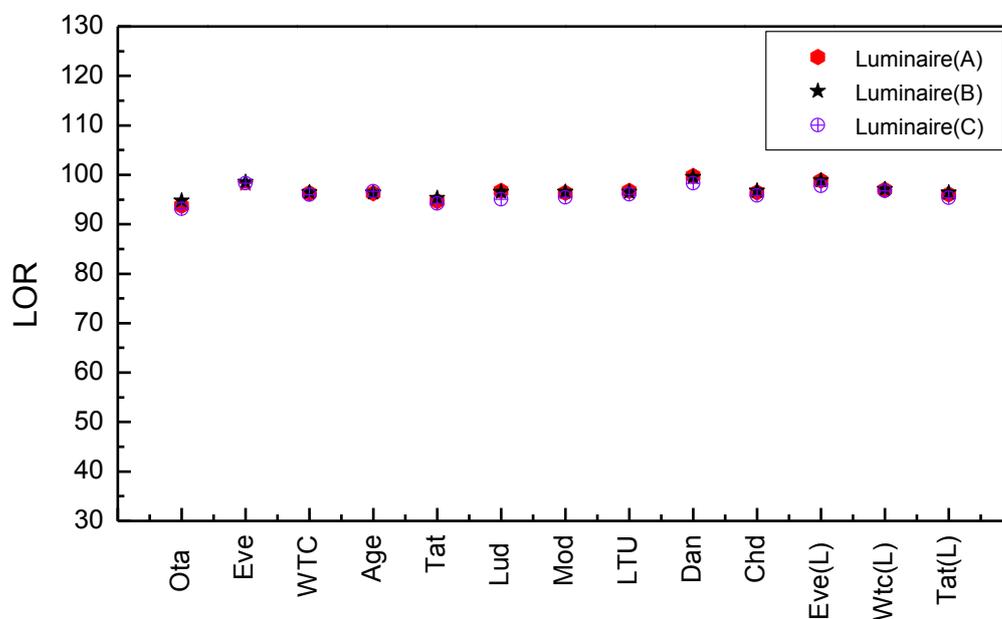


圖 4-1.9 LED 燈管放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之燈具效率分佈圖

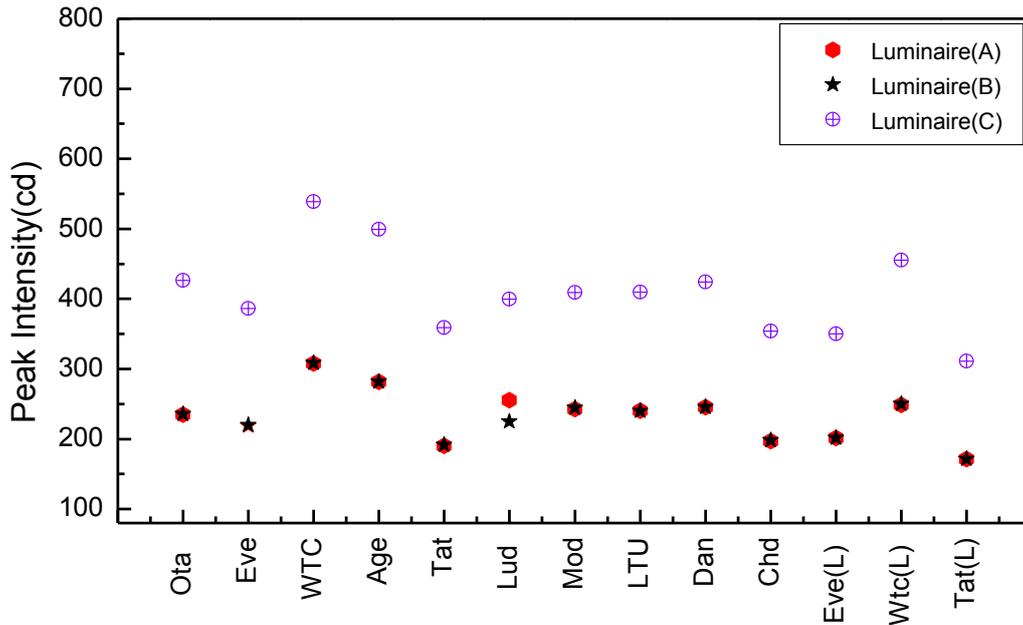


圖 4-1.10 LED 燈管放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之峰值光強度分佈圖

以下將分別透過光通量、光束角、峰值光強度、眩光指數、價格等因子，辦理前述完成的測試結果之數據比對分析探討，期能提供國內後續相關研究參考。

本計畫共計收集有 13 類 65 公分以下 LED 燈管產品，組合而成 39 種中東型及山型 LED 燈具，透過圖 4-1.11 之 LED 燈管光通量與 LED 燈具光通量關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈管安裝於試驗燈具(A)、(B)及(C)，整體趨勢均為流明值高的 LED 燈管較流明值低的 LED 燈管產生之中東型及山型燈具光通量較高。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解中東型及山型光通量與燈管光通量間的關連性，依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9844$ 、 $R^2=0.9888$ 及 $R^2=0.9834$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管與中東型及山型 LED 燈具光通量線性關係存在，該線性迴歸方程式可提供作為預測推估之用。

在光束角之分析部分，由圖 4-1.12 中可以看出平行燈管方向之光束角越大則燈具光束角越大，依其迴歸分析資料顯示，試驗燈具(A)、(B)及(C)之判定係數分別為 $R^2=0.9407$ 、 $R^2=0.9398$ 及 $R^2=0.9292$ ，顯

著值小於 0.05，顯示 LED 燈管與中東型及山型 LED 燈具平行燈管方向之光束角線性關係存在。另由圖 4-2.13 中可以發現垂直燈管方向之光束角與垂直燈具方向之光束角亦存在線性關係，判定係數分別為 $R^2=0.9407$ 、 $R^2=0.9398$ 及 $R^2=0.9292$ 。

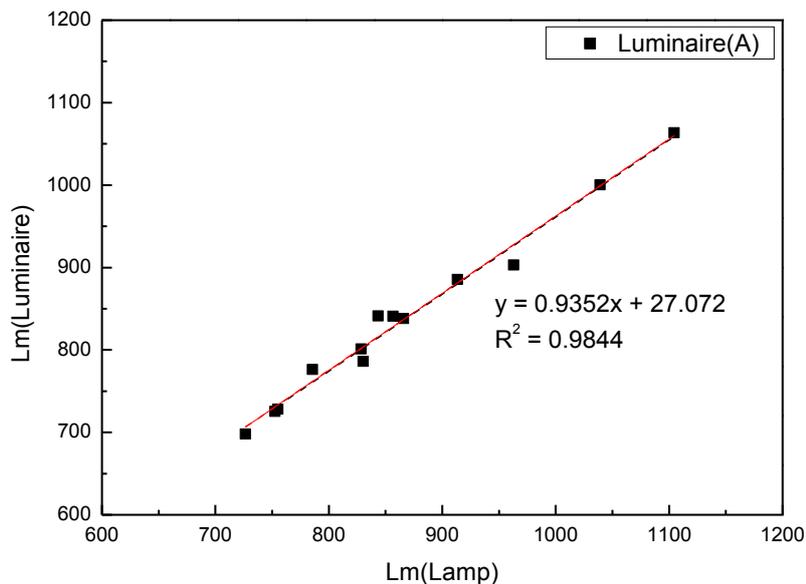


圖 4-1.11 LED 燈管光通量與 LED 燈具(A)光通量關係圖

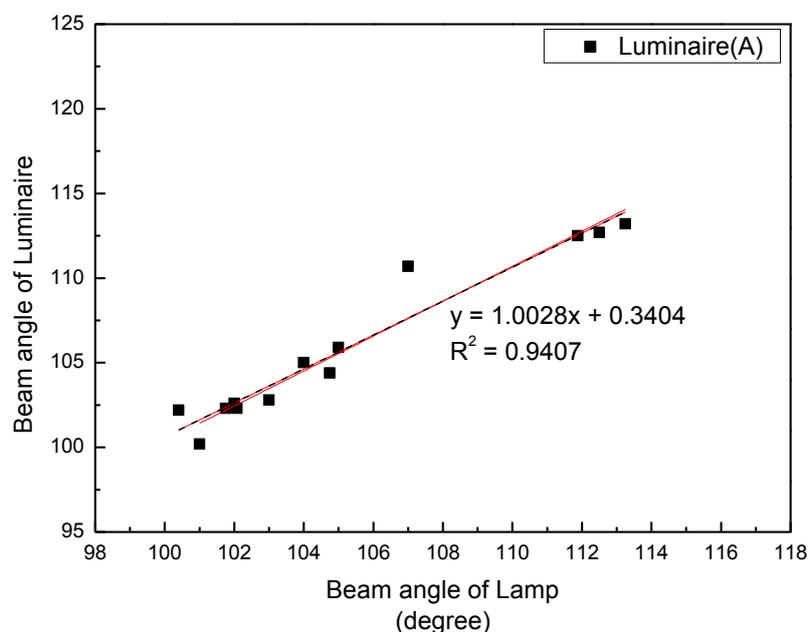


圖 4-1.12 LED 燈管光束角與 LED 燈具(A)光束角關係圖
(平行燈管方向)

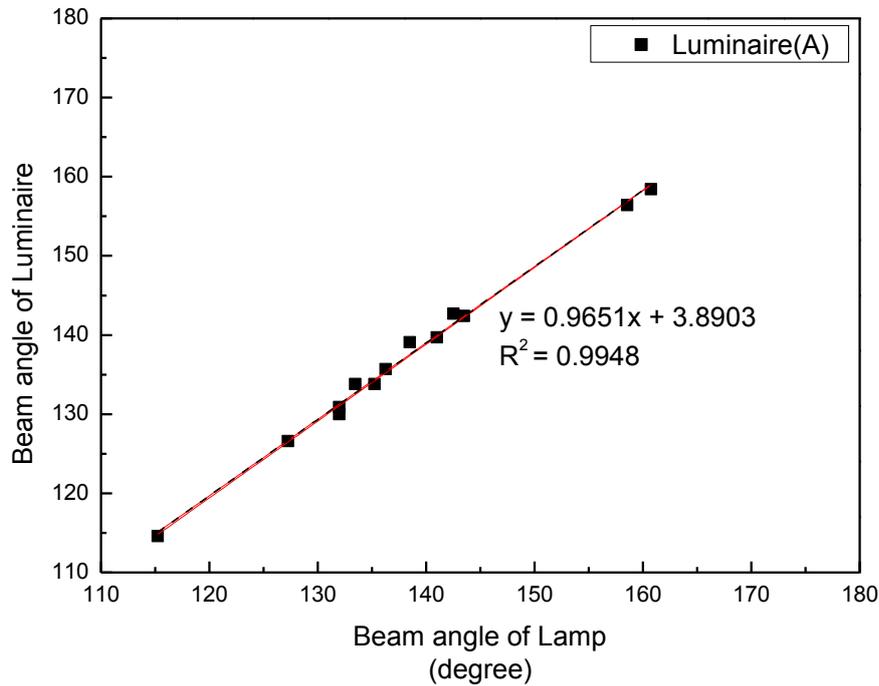


圖 4-1.13 LED 燈管光束角與 LED 燈具光束角關係圖
(垂直燈管方向)

在峰值光強度之分析部分，透過圖 4-1.14 LED 燈管之峰值光強度與 LED 燈具之峰值光強度關係圖，大體上可概略看出，整體趨勢均為峰值光強度高的 LED 燈管產生之 LED 燈具峰值光強度較高，依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9927$ 、 $R^2=0.9397$ 及 $R^2=0.9224$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管之峰值光強度與 LED 燈具之峰值光強度線性關係存在。

在眩光指數之分析部分，透過圖 4-1.15 及圖 4-1.16 LED 燈管之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈管安裝於試驗燈具(A)、(B)及(C)，整體趨勢均為眩光指數高的 LED 燈管產生之 LED 燈具眩光指數較高，依其迴歸分析資料顯示，在平行燈管方向其判定係數分別為 $R^2=0.9906$ 、 $R^2=0.9917$ 及 $R^2=0.9247$ ，在垂直燈管方向其判定係數分別為 $R^2=0.9547$ 、 $R^2=0.9691$ 及 $R^2=0.8627$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數線性關係存在，且亦可發現燈管安裝兩側之山型試驗

燈具(C)其垂直燈管方向之眩光指數判定係數明顯較燈管安裝燈具下方試驗燈具(A)及(B)差，而平行燈管方向之判定係數較無差異。

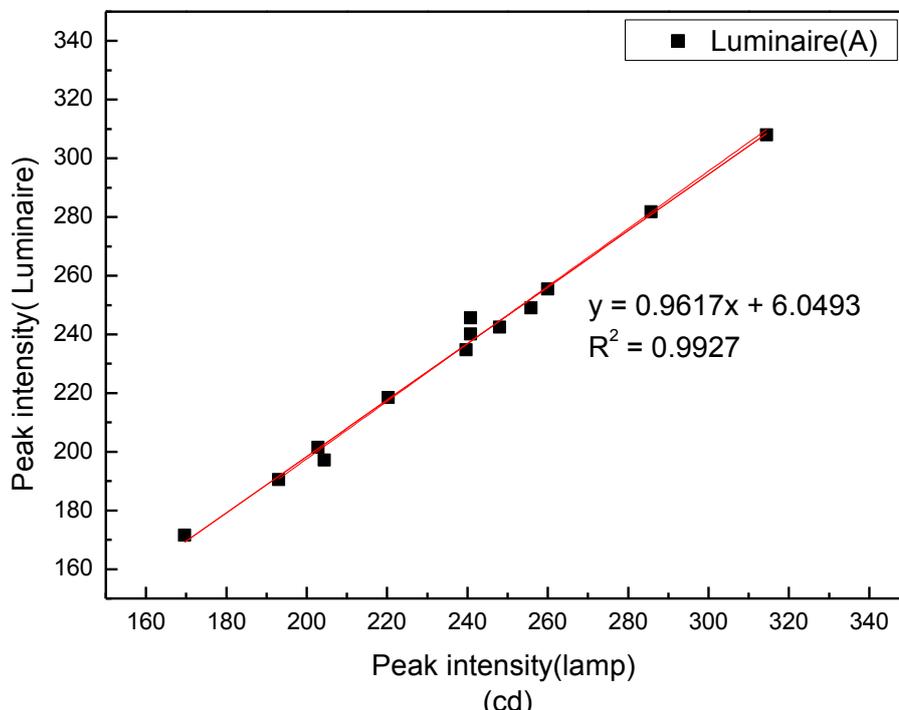


圖 4-1.14 LED 燈管峰值光強度與 LED 燈具(A) 峰值光強度關係圖

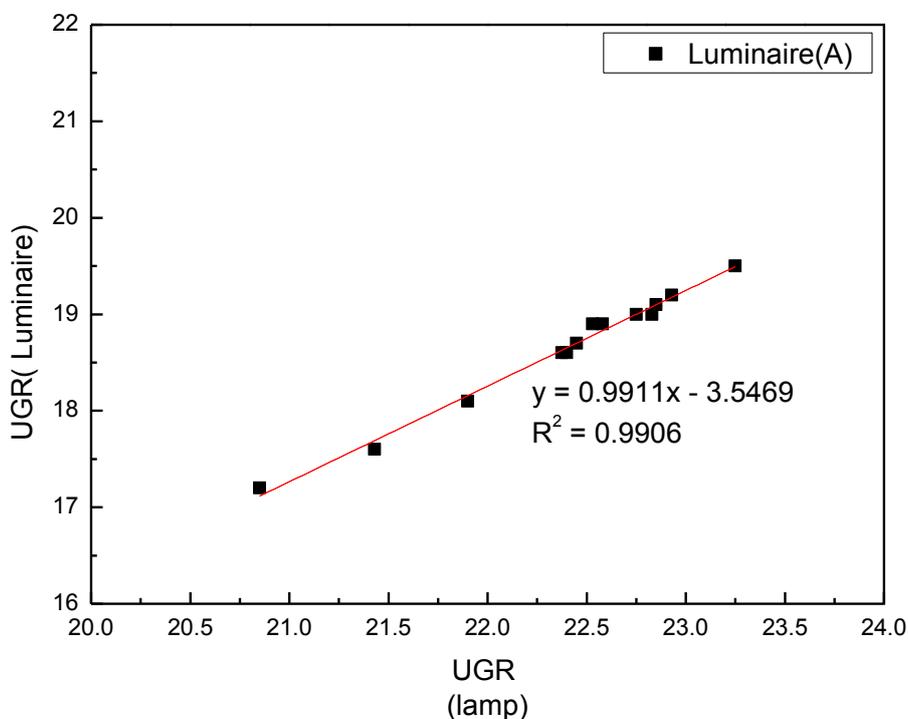


圖 4-1.15 LED 燈管眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖 (平行燈管方向)

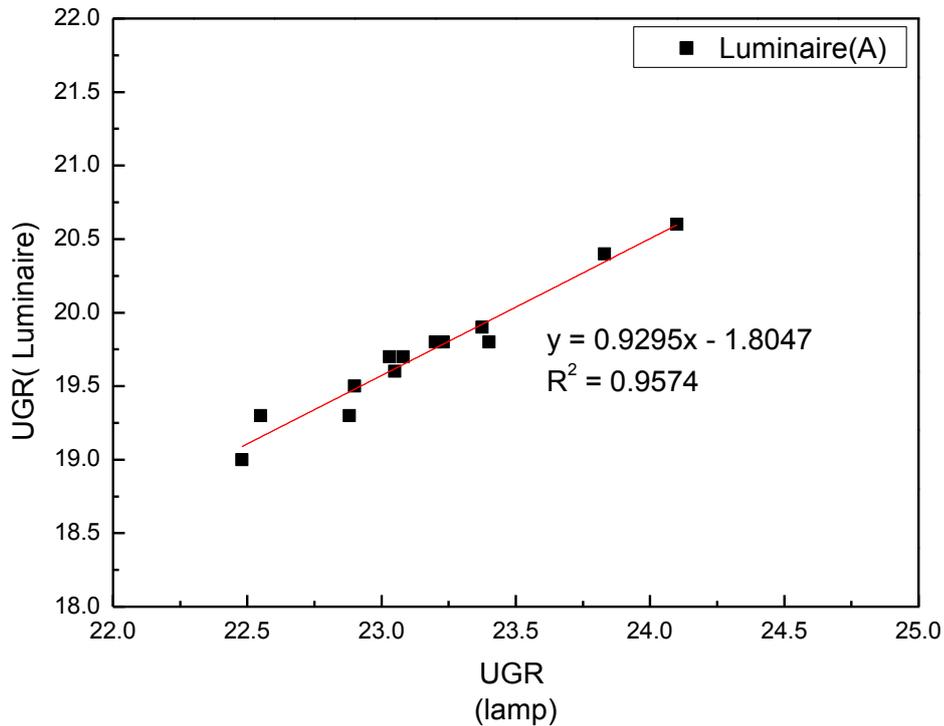


圖 4-1.16 LED 燈管眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖
(垂直燈管方向)

在功率因數之分析部分，透過圖 4-1.17 LED 燈管之功率因數與 LED 燈具之功率因數關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈管安裝於試驗燈具(A)、(B)及(C)，整體趨勢均為功率因數高的 LED 燈管較低的 LED 燈管組成之 LED 燈具功率因數較高。依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9989$ 、 $R^2=0.9986$ 及 $R^2=0.9738$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管之功率因數與 LED 燈具之功率因數線性關係存在，且燈具功率因數之數值無論安裝何種燈具均接近，也就是功率因數大小均為燈具(A)≐燈具(B)≐燈具(C)。

另在中東型及山型 LED 燈具之光通量與燈具之眩光指數分析部分，由圖 4-1.18 中可以看出不同 LED 燈管安裝同一試驗燈具(A)、(B)及(C)之流明值越大則平行燈管方向之眩光指數越大。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解同一試驗之光通量與眩光指數間的關連性，依其迴歸分析資料顯示，在平行燈管方向其判定係數分別為 $R^2=0.5377$ 、 $R^2=0.5291$ 及 $R^2=0.7242$ ，在垂直燈管方向其判定

係數分別為 $R^2=0.9007$ 、 $R^2=0.9149$ 及 $R^2=0.9674$ ，顯著值小於 0.05，顯示同一 LED 燈具之光通量與眩光指數線性關係存在。

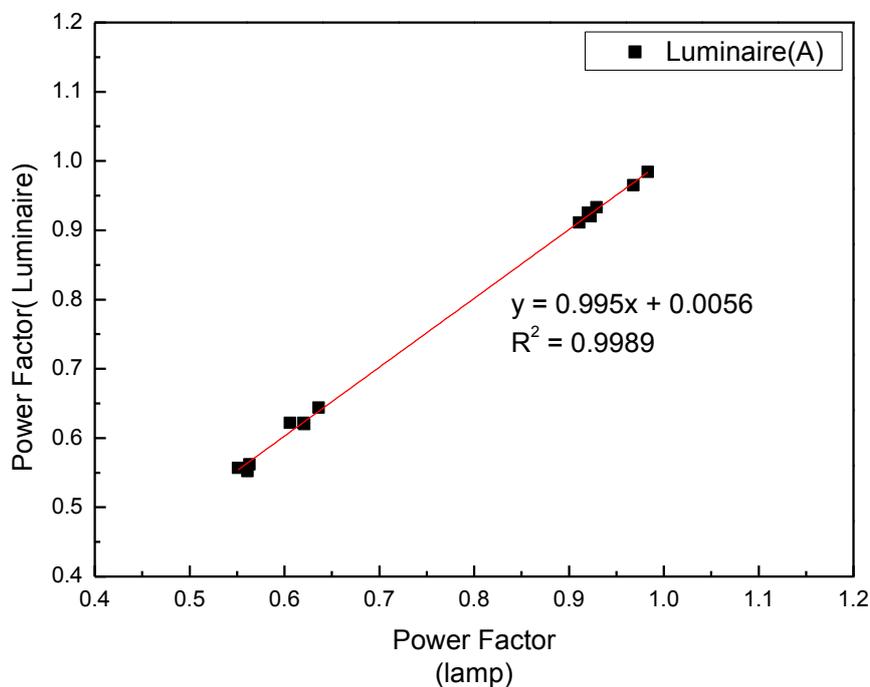


圖 4-1.17 LED 燈管功率因數與 LED 燈具功率因數關係圖

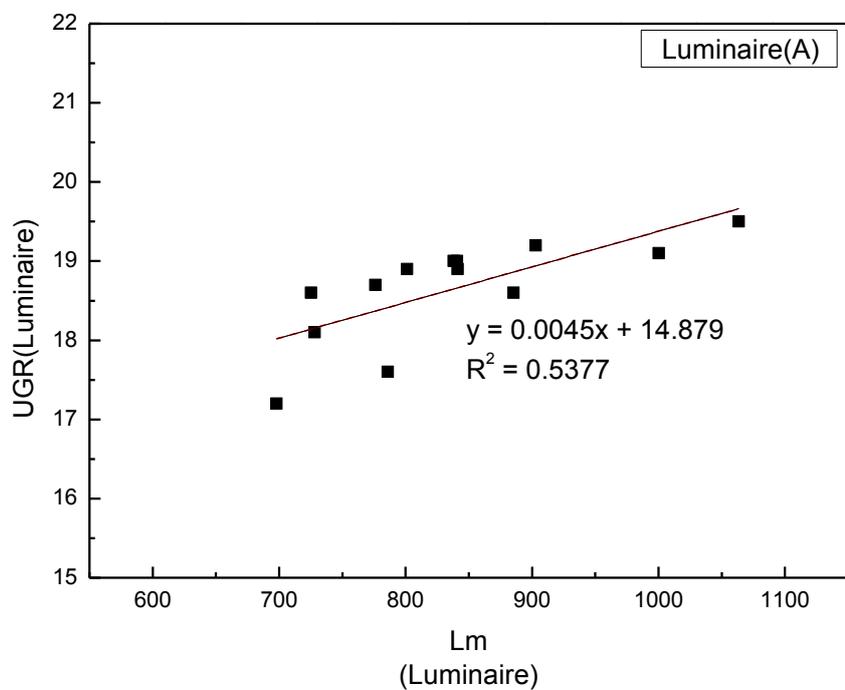


圖 4-1.18 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖 (平行燈管方向)

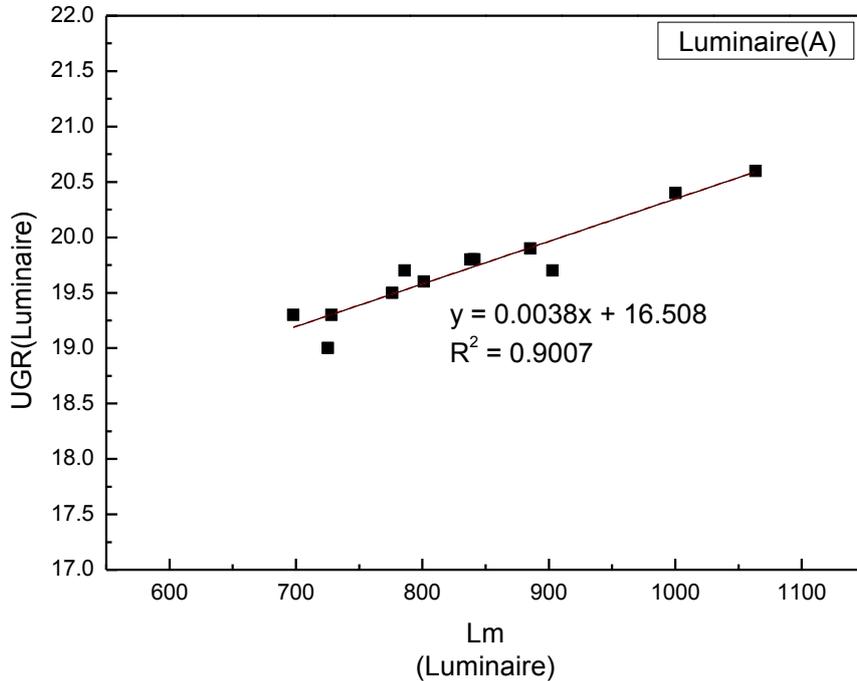


圖 4-1.19 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖
(垂直燈管方向)

另在中東型及山型 LED 燈具之光通量與燈具之峰值光強度分析部分，由圖 4-1.20 中可以看出 LED 燈具光通量越大則峰值光強度越大。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解光通量與峰值光強度間的關連性，依其迴歸分析資料顯示，試驗燈具(A)、(B)及(C)之判定係數為分別為 $R^2=0.7245$ 、 $R^2=0.7289$ 及 $R^2=0.826$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈具之光通量與峰值光強度線性關係存在。

另在 LED 燈具之峰值光強度與燈具之眩光指數分析部分，由圖 4-1.21 及圖 4-1.22 中可以發現峰值光強度越大則眩光指數越高，試驗燈具(A)、(B)及(C)之判定係數在平行燈管方向分別為 $R^2=0.6853$ 、 $R^2=0.6441$ 及 $R^2=0.6834$ ，另在垂直燈管方向分別為 $R^2=0.5488$ 、 $R^2=0.5974$ 及 $R^2=0.8955$ 。

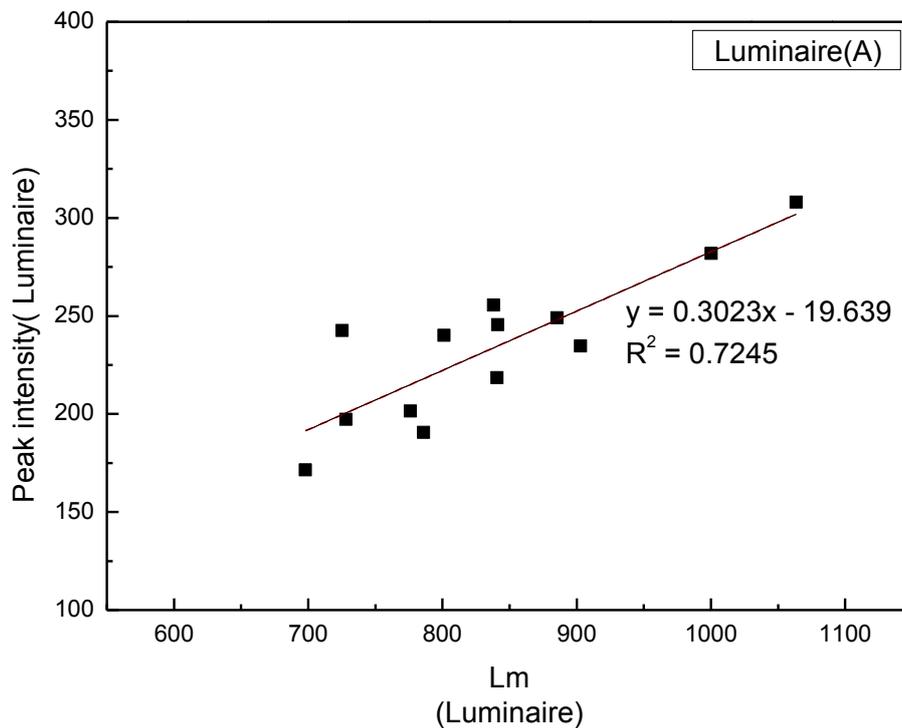


圖 4-1.20 LED 燈具光通量與峰值光強度關係圖

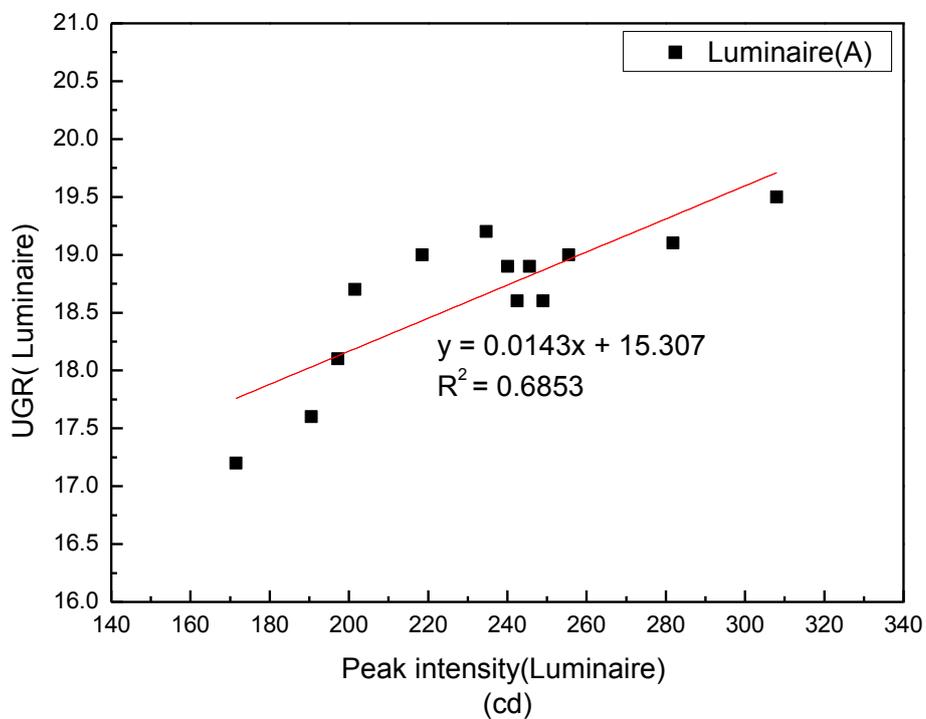


圖 4-1.21 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖
(平行燈管方向)

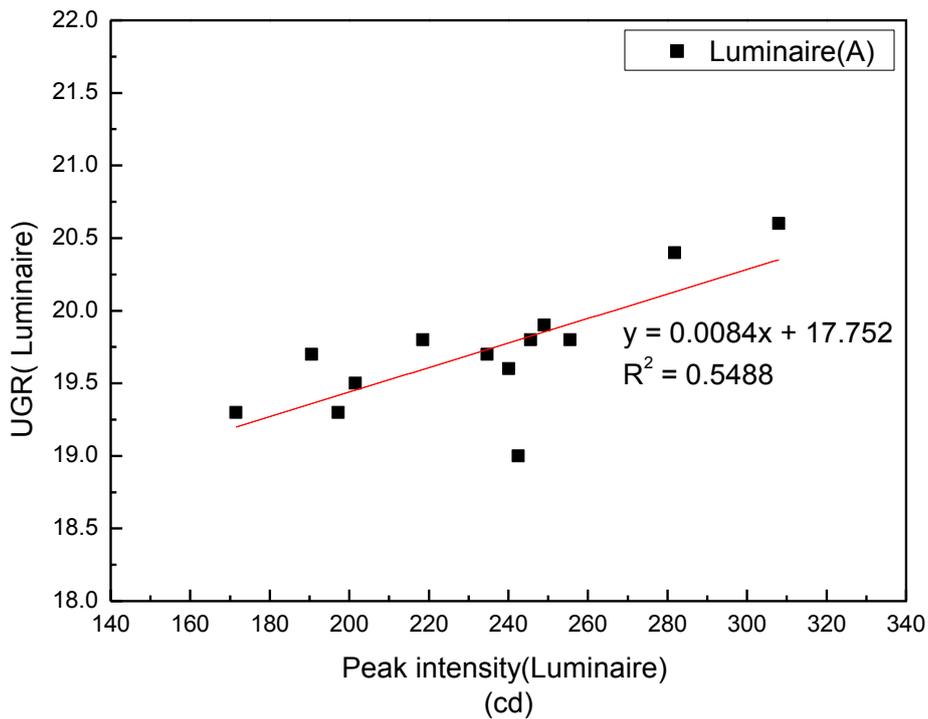


圖 4-1.22 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖
(垂直燈管方向)

圖 4-1.23 為參酌經濟部能源局 2012 年 12 月 20 日公告實施「室內照明燈具節能標章能效基準」及美國能源之星(Energy Star)規範進行能源效率比較，由圖中可明顯看出，這 39 件產品中有 18 件產品可達到經濟部能源局 2012 年公告實施「室內照明燈具節能標章能效基準」，約占總試驗 46%；全部均可達到美國 ENERGY STAR 第 2 階段基準(70 lm/W)。

在能源效率與價格之分析部分，由圖 4-1.24 中可以看出，整體而言，價格高的產品其發光效率未必較高，依其迴歸分析資料顯示其判定係數為 $R^2=0.0042$ 顯著值 >0.05 。另由圖 4-1.25 中可以發現本次所採購的這類型 LED 燈管試驗商品中，以 Lud 燈管安裝於試驗燈具(A)的單位價格發光效率最高，後續將再與傳統 T8 及 T5 螢光光源比對。

另功率因素與價格之分析部分，由圖 4-1.16 中可以看出，整體而言，價格高的產品其功率因素未必較高，依其迴歸分析資料顯示其

判定係數為 $R^2=0.035$ 顯著值 >0.05 。

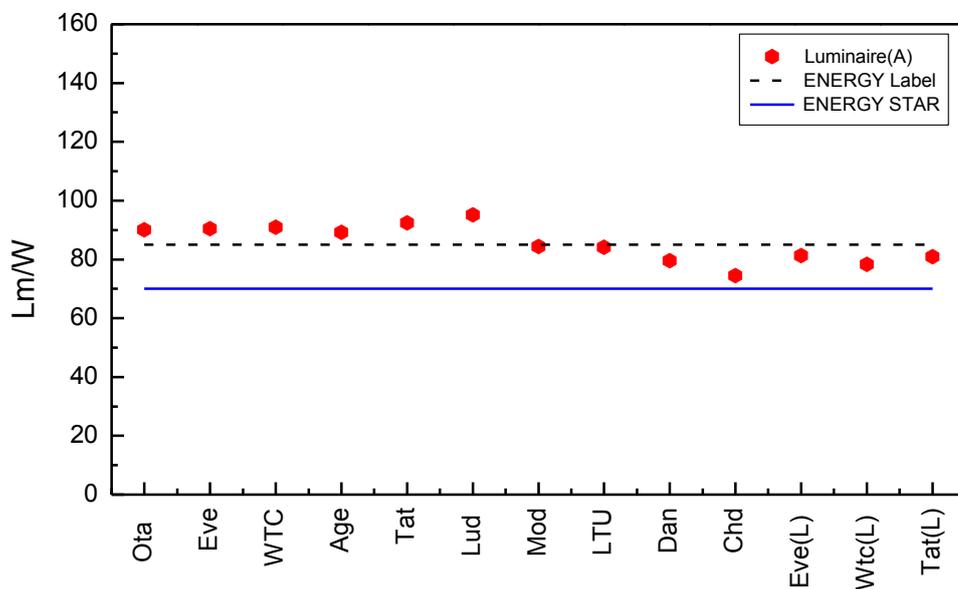


圖 4-1.23 LED 燈具能源效率分佈圖

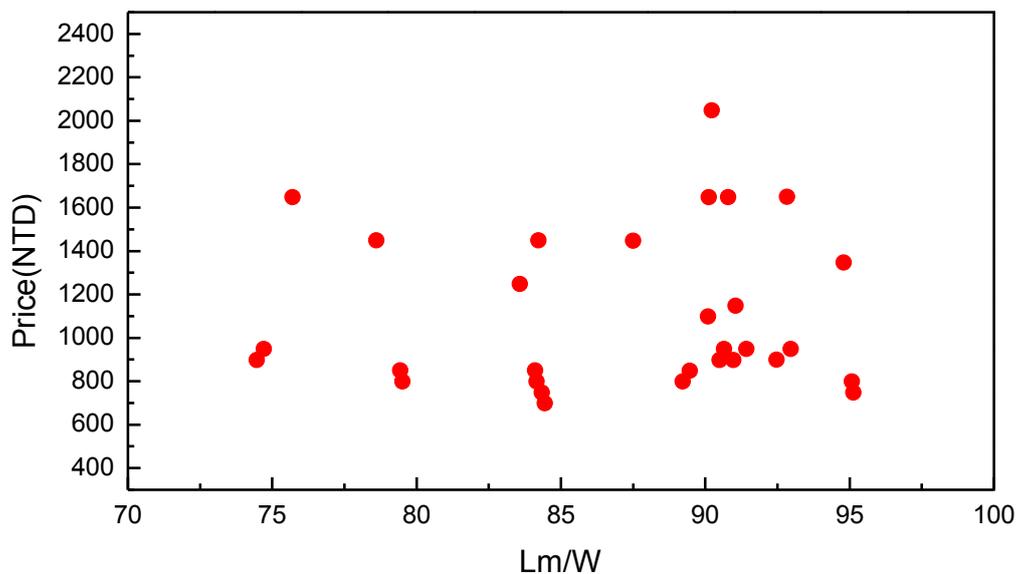


圖 4-1.24 LED 燈具價格與能源效率關係圖

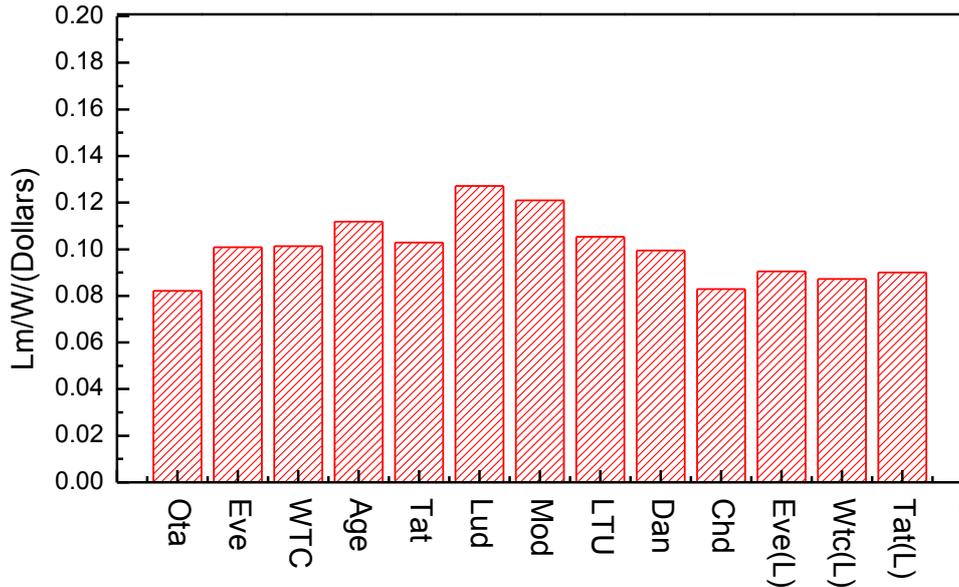


圖 4-1.25 單位價格 LED 燈具能源效率直方圖
(LED 燈管安裝於試驗燈具 B)

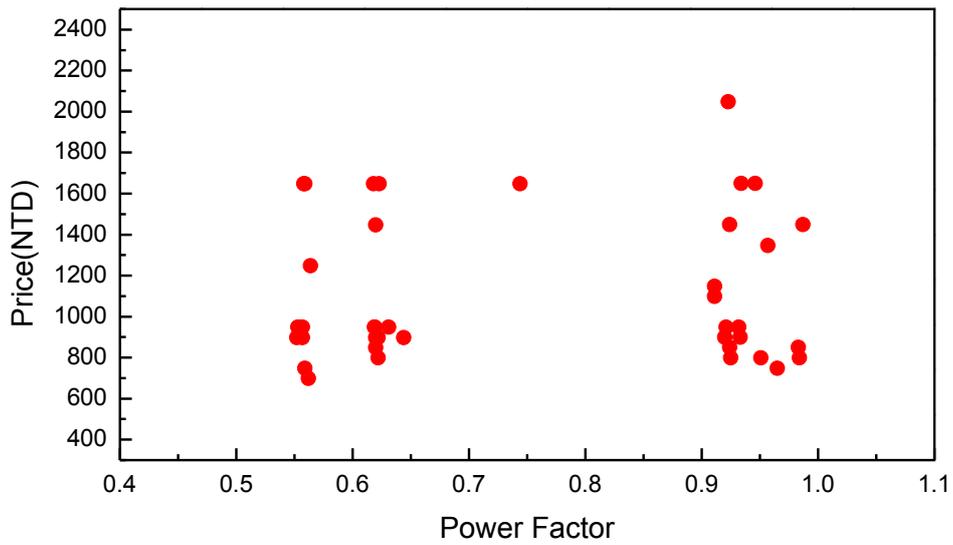


圖 4-2.16 LED 燈具價格與功率因素關係圖

第二節 65 公分以上山型及中東型 LED 燈具 測試結果與分析

LED 燈管樣本選取係沿用前期研究，自行於大賣場通路挑選購買，俾利與前期研究互相比較，本研究共計挑選市售 65 公分以上直管型 LED 燈管產品 15 類，螢光燈管產品 3 類，以及 3 種搭配燈管之中東及山型試驗燈具，試驗燈具比較表及樣本燈管(具)購買來源如表 4-2.1、4-2.2 所示。

由測試燈具樣本試驗配光曲線圖可以發現，不同廠牌之 LED 燈管安裝在相同試驗燈具產生之光型頗接近，但若安裝螢光燈管則產生之光型不同，以安裝某 For 牌 16W LED 燈管及 T8 40W 省電型螢光燈管為例，其安裝不同試驗燈具之配光曲線如圖 4-2.1~4-2.6 所示。

表 4-2.1 試驗燈具(D)、(E)及(F)之比較表

燈具名稱	試驗燈具(D)	試驗燈具(E)	試驗燈具(F)
燈具種類	中東型	山型	山型
使用光源	1 支直管系列光源 (LED、T5、T8)	1 支直管系列光源 (LED、T5、T8)	2 支直管系列光 源(LED、T5、T8)
燈具尺寸	120cm*6cm*4cm	120cm*12cm*5cm	120cm*16cm*5cm
發光尺寸	120cm*4cm	120cm*4cm	120cm*16cm
外部格柵板設計	無	無	無
內部反射片設計	無	無	無
節能標章	無	無	無

(資料來源:本研究整理)

表 4-2.2 樣本燈管(具)購買來源及價格資料 (65 公分以上)

廠牌	購買 單價 (元)	購買地點	色系	備註
某 For 牌 16W	399	燦※	晝光	LED
某 Ine 牌 20W	599	台※量販中心	晝光	LED
某 Age 牌 21W	589	台※量販中心	晝光	LED
某 Est 牌 20W	599	大※發	晝光	LED
某 Est(L)牌 20W	599	大※發	燈泡色	LED
某 Wtc 牌 20W	990	特※屋	晝光	LED
某 Eve 牌 18W	990	特※屋	晝光	LED
某 Ora 牌 19W	500	燦※	晝光	LED
某 Sol 牌 18W	500	大※3C	晝光	LED
某 Tio 牌 16W	560	倍※得	晝光	LED
某 Phi 牌 16W	799	特※屋	晝光	LED
某 Eve (L)牌 18W	990	特※屋	燈泡色	LED
某 Tat 牌 18W	800	大※3C	晝光	LED
某 Tat(L)牌 18W	800	大※3C	燈泡色	LED
某 Ota 牌 20W	1399	家※福	晝光	LED
某 Chi 牌 T8 省電型 40W	39	特※屋	晝光	螢光燈管
某 Chi 牌 T8 三波長 40W	105	特※屋	晝光	螢光燈管
某 Chi 牌 T5 28W	99	特※屋	晝光	螢光燈管
某 Chi 牌 T8 中東燈具 40W×1	499	特※屋	不含燈管	試驗燈具(D)
某 Chi 牌 T8 山型燈具 40W×1	499	特※屋	不含燈管	試驗燈具(E)
某 Chi 牌 T8 山型燈具 40W×2	899	特※屋	不含燈管	試驗燈具(F)
某 Chi 牌 T5 中東燈具 28W×1	919	特※屋	不含燈管	試驗燈具(D)
某 Chi 牌 T5 山型燈具 28W×1	869	特※屋	不含燈管	試驗燈具(E)
某 Chi 牌 T5 山型燈具 28W×2	969	特※屋	不含燈管	試驗燈具(F)
某 Chi 牌 LED 中東燈具	379	特※屋	不含燈管	試驗燈具(D)

某 Chi 牌 LED 山型燈具	449	特※屋	不含燈管	試驗燈具(E)
某 Chi 牌 LED 山型燈具	499	特※屋	不含燈管	試驗燈具(F)

(資料來源:本研究整理)

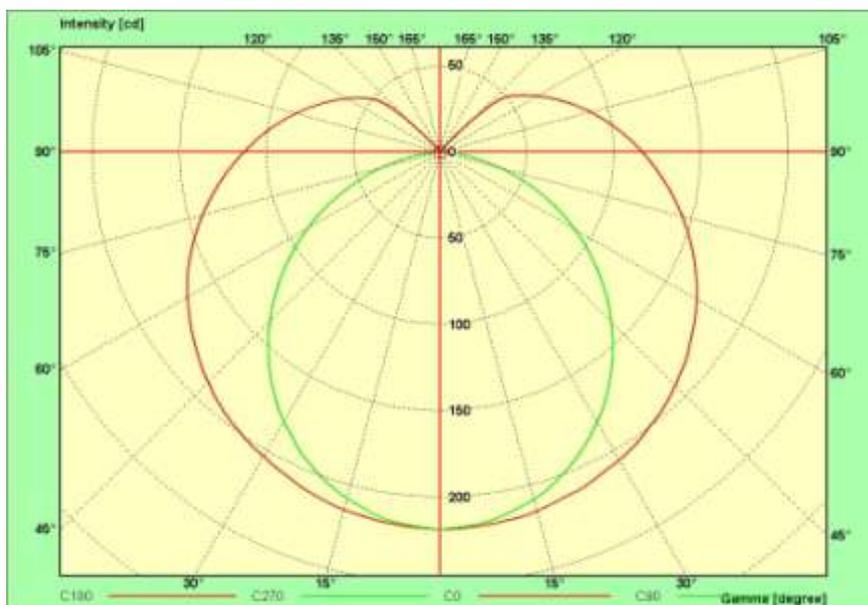


圖 4-2.1 試驗燈具(D)【安裝 For LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)

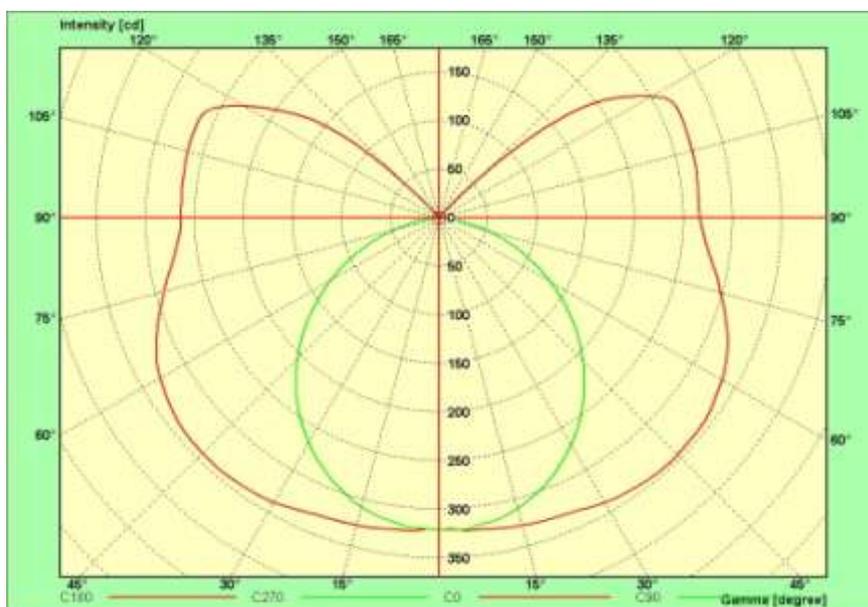


圖 4-2.2 試驗燈具(D)【安裝 T8 40W 省電型螢光燈管】
配光曲線圖 (極座標)

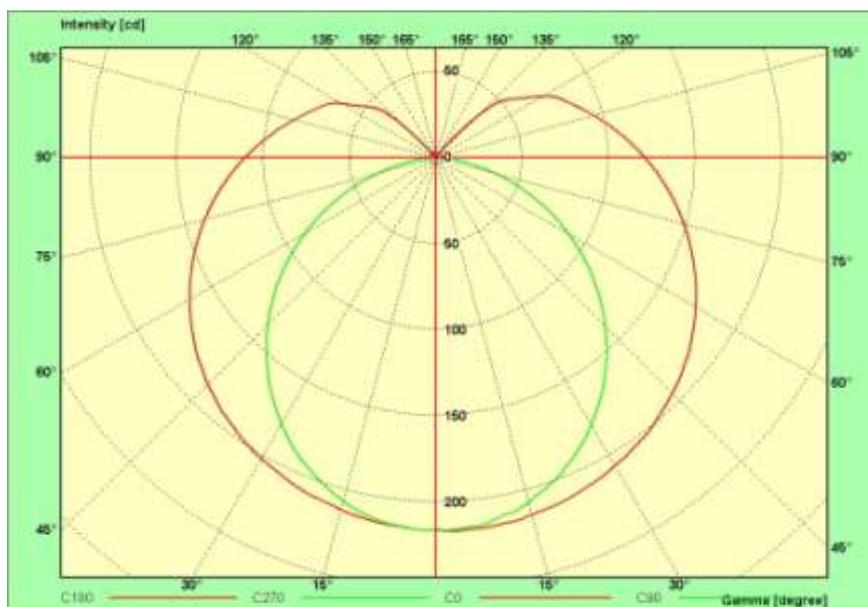


圖 4-2.3 試驗燈具(E)【安裝 For LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)

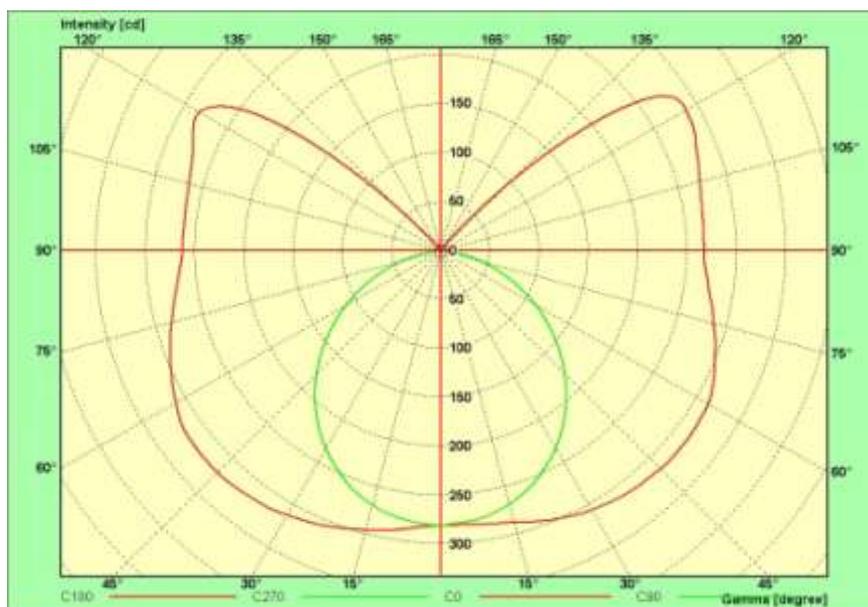


圖 4-2.4 試驗燈具(E)【安裝 T8 40W 省電型螢光燈管】
配光曲線圖 (極座標)

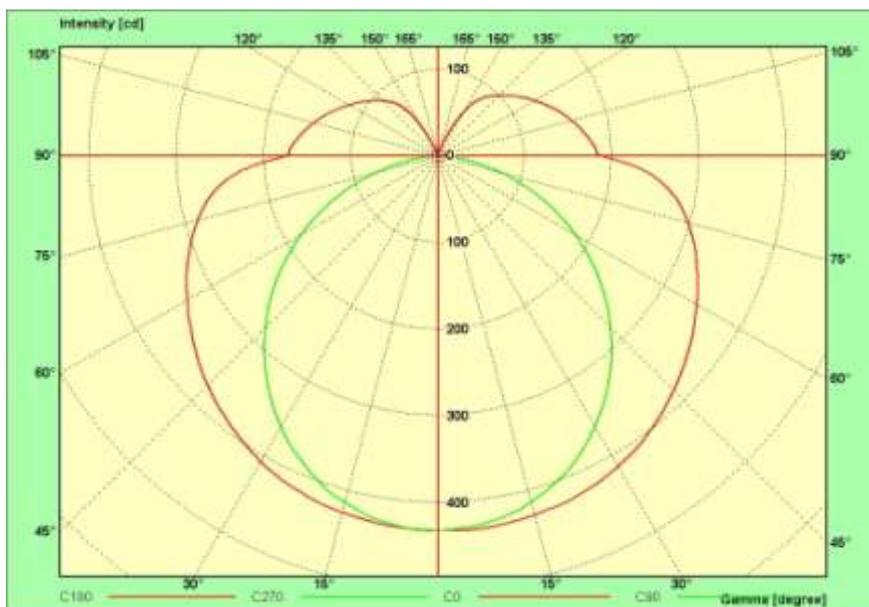


圖 4-2.5 試驗燈具(F)【安裝 For LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)

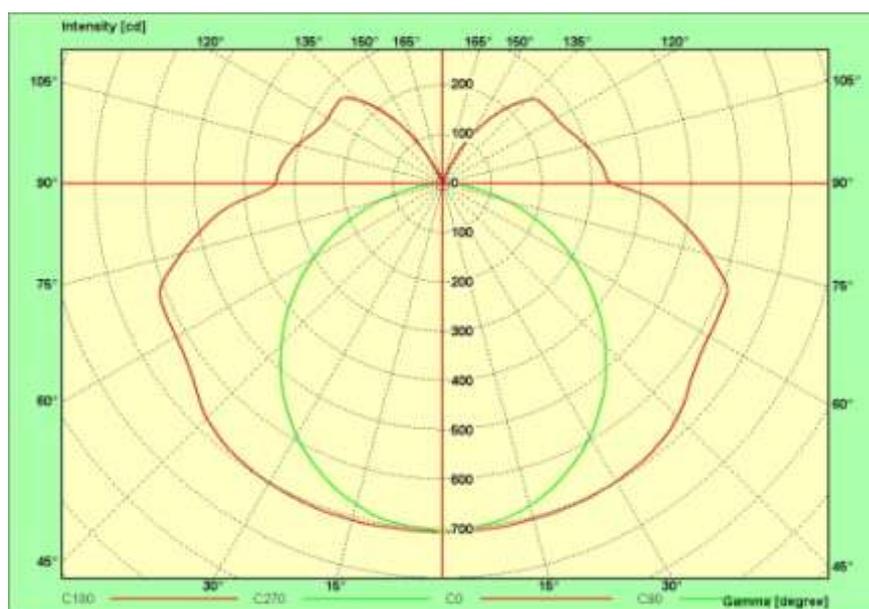


圖 4-2.6 試驗燈具(F)【安裝 Ota LED 燈管】
配光曲線圖 (極座標)



圖 4-2.7 試驗燈具(D)、(E)及(F)

(資料來源：本研究拍攝)

以下則分別針對這 45 件 65 公分以上之 LED 樣本燈具及 9 件螢光燈具之能源功率、功率因數、光通量、燈具效率(LOR)、峰值光強度、光束角、眩光指數等測試資料結果彙整，並分述如下：

表 4-2.3 For 16W LED 燈管放入不同燈具數據資料

For 16W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	14.59	14.61	29.54
電壓 (V)	109.96	109.96	110.03
電流 (mA)	203	204	409
功率因數(PF)	0.654	0.651	0.656
燈源光通量 (lm)	1078.02	1078.02	2198.81
燈具光通量 (lm)	1036.20	1039.88	2098.31
燈具能源效率 (lm/W)	71.02	71.18	71.03
燈具效率 LOR (%)	96.12	96.46	95.43
峰值光強度 (cd)	219.40	217.10	433.10
光束角(平行燈管方向)	108.2	108.2	109.9
光束角(垂直燈管方向)	185.8	187.7	174.2
UGR _h (平行燈管方向)	16.20	16.20	16.00
UGR _v (垂直燈管方向)	18.20	18.20	18.70

表 4-2.4 Ine 20W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Ine 20W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	18.96	18.96	37.65
電壓 (V)	110.01	109.99	110.01
電流 (mA)	174	174	345
功率因數(PF)	0.991	0.991	0.992
燈源光通量 (lm)	1647.56	1647.56	3276.85
燈具光通量 (lm)	1599.84	1604.08	3175.51
燈具能源效率 (lm/W)	84.38	84.60	84.34
燈具效率 LOR (%)	97.10	97.36	96.91
峰值光強度 (cd)	460.00	457.10	793.80
光束角(平行燈管方向)	102.7	103.1	104.2
光束角(垂直燈管方向)	131.6	131.8	154.8
UGR _h (平行燈管方向)	18.70	18.70	17.80
UGR _v (垂直燈管方向)	19.70	19.70	20.20

表 4-2.5 Age 21W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Age 21W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	19.97	19.91	39.88
電壓 (V)	110.01	109.96	109.98
電流 (mA)	271	273	461
功率因數(PF)	0.670	0.663	0.787
燈源光通量 (lm)	1713.53	1713.53	3424.01
燈具光通量 (lm)	1680.00	1681.00	3350.26
燈具能源效率 (lm/W)	84.13	84.43	84.01
燈具效率 LOR (%)	98.04	98.10	97.85
峰值光強度 (cd)	463.20	461.30	828.60
光束角(平行燈管方向)	105.9	106.3	106.9
光束角(垂直燈管方向)	136.5	137.2	153.7
UGR _h (平行燈管方向)	18.90	19.00	18.20
UGR _v (垂直燈管方向)	19.90	19.90	20.40

表 4-2.6 Est 20W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Est 20W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	20.06	20.03	39.37
電壓 (V)	110.08	109.96	109.97
電流 (mA)	309	316	617
功率因數(PF)	0.590	0.576	0.580
燈源光通量 (lm)	1828.98	1828.98	3630.51
燈具光通量 (lm)	1778.06	1778.87	3570.78
燈具能源效率 (lm/W)	88.64	88.81	90.70
燈具效率 LOR (%)	97.22	97.26	98.35
峰值光強度 (cd)	489.80	489.70	857.10
光束角(平行燈管方向)	106.3	106.4	106.7
光束角(垂直燈管方向)	137.2	137.3	159.6
UGR _h (平行燈管方向)	19.20	19.20	18.20
UGR _v (垂直燈管方向)	20.10	20.10	20.60

表 4-2.7 Est(L) 20W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Est(L) 20W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	21.6	21.58	43.9
電壓 (V)	109.96	109.95	109.96
電流 (mA)	358	357	730
功率因數(PF)	0.549	0.550	0.547
燈源光通量 (lm)	1623.19	1623.19	3289.43
燈具光通量 (lm)	1600.90	1599.81	3237.77
燈具能源效率 (lm/W)	74.12	74.13	73.75
燈具效率 LOR (%)	98.63	98.56	98.43
峰值光強度 (cd)	447.70	448.20	798.30
光束角(平行燈管方向)	105.9	105.9	106
光束角(垂直燈管方向)	134.6	134.6	155.9
UGR _h (平行燈管方向)	18.80	18.90	17.90
UGR _v (垂直燈管方向)	19.70	19.70	20.20

表 4-2.8 Wtc 20W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Wtc 20W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	20.4	20.4	40.35
電壓 (V)	109.96	109.96	109.98
電流 (mA)	198	198	391
功率因數(PF)	0.937	0.937	0.938
燈源光通量 (lm)	1743.91	1743.91	3465.59
燈具光通量 (lm)	1719.92	1718.60	3402.20
燈具能源效率 (lm/W)	84.31	84.25	84.32
燈具效率 LOR (%)	98.62	98.55	98.17
峰值光強度 (cd)	461.00	460.30	822.90
光束角(平行燈管方向)	107.3	107.5	107.9
光束角(垂直燈管方向)	139.6	139.8	156.9
UGR _h (平行燈管方向)	19.00	19.00	18.20
UGR _v (垂直燈管方向)	20.00	20.00	20.40

表 4-2.9 Eve 18W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Eve 18W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	17.8	17.78	35.65
電壓 (V)	109.97	109.96	109.99
電流 (mA)	209	209	415
功率因數(PF)	0.774	0.774	0.781
燈源光通量 (lm)	1792.35	1792.35	3559.54
燈具光通量 (lm)	1770.26	1770.79	3515.12
燈具能源效率 (lm/W)	99.45	99.59	98.60
燈具效率 LOR (%)	98.77	98.80	98.75
峰值光強度 (cd)	468.60	468.10	843.40
光束角(平行燈管方向)	108.9	109	109.1
光束角(垂直燈管方向)	142.6	142.4	158.3
UGR _h (平行燈管方向)	19.20	19.20	18.40
UGR _v (垂直燈管方向)	20.10	20.10	20.50

表 4-2.10 Ora 19W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Ora 19W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	19.86	19.75	40.2
電壓 (V)	109.94	109.96	109.97
電流 (mA)	231	230	429
功率因數(PF)	0.782	0.781	0.852
燈源光通量 (lm)	1617.50	1617.50	3341.83
燈具光通量 (lm)	1613.04	1610.00	3300.49
燈具能源效率 (lm/W)	81.22	81.52	82.10
燈具效率 LOR (%)	99.72	99.54	98.76
峰值光強度 (cd)	525.90	525.20	934.80
光束角(平行燈管方向)	99.1	99.8	100.2
光束角(垂直燈管方向)	120.4	121.1	137.6
UGR _h (平行燈管方向)	18.70	18.80	17.90
UGR _v (垂直燈管方向)	19.70	19.70	20.50

表 4-2.11 Sol 18W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Sol 18W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	19.57	19.22	36.49
電壓 (V)	110.09	109.98	109.99
電流 (mA)	358	359	535
功率因數(PF)	0.497	0.487	0.620
燈源光通量 (lm)	1870.76	1870.76	3590.93
燈具光通量 (lm)	1766.69	1764.34	3438.37
燈具能源效率 (lm/W)	90.28	91.80	94.23
燈具效率 LOR (%)	94.44	94.31	95.75
峰值光強度 (cd)	471.30	470.30	841.40
光束角(平行燈管方向)	107.1	107.3	107.4
光束角(垂直燈管方向)	140.6	140.8	155.9
UGR _h (平行燈管方向)	19.10	19.10	18.20
UGR _v (垂直燈管方向)	20.10	20.00	20.50

表 4-2.12 Tio 16W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Tio 16W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	16.41	16.37	32.84
電壓 (V)	109.96	109.95	110.00
電流 (mA)	291	291	572
功率因數(PF)	0.513	0.512	0.522
燈源光通量 (lm)	1451.33	1451.33	2885.43
燈具光通量 (lm)	1428.74	1425.36	2840.23
燈具能源效率 (lm/W)	87.07	87.07	86.49
燈具效率 LOR (%)	98.44	98.21	98.43
峰值光強度 (cd)	398.50	397.20	703.90
光束角(平行燈管方向)	111.2	111.3	111.0
光束角(垂直燈管方向)	134.8	134.8	151.1
UGR _h (平行燈管方向)	18.90	18.90	17.90
UGR _v (垂直燈管方向)	19.40	19.40	19.80

表 4-2.13 Phi 16W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Phi 16W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	15.19	15.19	30.47
電壓 (V)	110.00	110.06	109.98
電流 (mA)	139	139	279
功率因數(PF)	0.993	0.993	0.993
燈源光通量 (lm)	1640.05	1640.05	3292.51
燈具光通量 (lm)	1594.39	1607.59	3221.61
燈具能源效率 (lm/W)	104.96	105.83	105.73
燈具效率 LOR (%)	97.22	98.02	97.85
峰值光強度 (cd)	443.90	445.60	823.80
光束角(平行燈管方向)	100.5	100.6	102.0
光束角(垂直燈管方向)	135.1	135.3	152.3
UGR _h (平行燈管方向)	18.4	18.4	17.8
UGR _v (垂直燈管方向)	19.7	19.7	20.3

表 4-2.14 Eve (L) 18W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Eve (L) 18W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	17.91	17.92	35.87
電壓 (V)	109.96	109.97	109.98
電流 (mA)	210	210	420
功率因數(PF)	0.776	0.776	0.777
燈源光通量 (lm)	1582.98	1582.98	3181.43
燈具光通量 (lm)	1555.13	1558.33	3128.66
燈具能源效率 (lm/W)	86.83	86.96	87.22
燈具效率 LOR (%)	98.24	98.44	98.34
峰值光強度 (cd)	414.00	414.20	765.50
光束角(平行燈管方向)	108	107.9	108.5
光束角(垂直燈管方向)	141.8	141.5	155.5
UGR _h (平行燈管方向)	18.7	18.7	18.0
UGR _v (垂直燈管方向)	19.7	19.7	20.2

表 4-2.15 Tat 18W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Tat 18W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	16.98	16.98	35.67
電壓 (V)	109.96	109.96	110.02
電流 (mA)	157	157	335
功率因數(PF)	0.984	0.984	0.968
燈源光通量 (lm)	1650.38	1650.38	3292.19
燈具光通量 (lm)	1587.75	1594.86	3121.31
燈具能源效率 (lm/W)	93.51	93.93	87.51
燈具效率 LOR (%)	96.21	96.64	94.81
峰值光強度 (cd)	384.30	382.30	709.00
光束角(平行燈管方向)	103.4	103.4	105.5
光束角(垂直燈管方向)	158.0	159.0	169.0
UGR _h (平行燈管方向)	17.9	17.9	17.4
UGR _v (垂直燈管方向)	19.7	19.7	20.2

表 4-2.16 Tat(L) 18W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Tat(L) 18W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	18.7	18.7	35.71
電壓 (V)	109.96	109.96	109.97
電流 (mA)	181	181	344
功率因數(PF)	0.940	0.940	0.944
燈源光通量 (lm)	1629.41	1629.41	3076.49
燈具光通量 (lm)	1537.64	1539.94	2919.53
燈具能源效率 (lm/W)	82.23	82.35	81.76
燈具效率 LOR (%)	94.37	94.51	94.90
峰值光強度 (cd)	378.60	374.30	684.90
光束角(平行燈管方向)	101.6	101.8	104.2
光束角(垂直燈管方向)	156	157.5	165.3
UGR _h (平行燈管方向)	17.8	17.7	17.2
UGR _v (垂直燈管方向)	19.6	19.6	19.9

表 4-2.17 Ota 20W LED 燈管放入不同燈具數據資料

Ota 20W	實驗室量測性能		
	LED 燈管放入 試驗燈具(D)	LED 燈管放入 試驗燈具(E)	LED 燈管放入 試驗燈具(F)
功率 (W)	22.53	22.53	45.23
電壓 (V)	110.09	109.96	110.01
電流 (mA)	218	218	436
功率因數(PF)	0.939	0.940	0.943
燈源光通量 (lm)	1990.62	1990.62	3992.14
燈具光通量 (lm)	1890.35	1907.57	3797.38
燈具能源效率 (lm/W)	83.90	84.67	83.96
燈具效率 LOR (%)	94.96	95.83	95.12
峰值光強度 (cd)	475.70	477.10	900.30
光束角(平行燈管方向)	112.1	111.9	112.0
光束角(垂直燈管方向)	140.8	141.3	159.5
UGR _h (平行燈管方向)	19.3	19.3	18.8
UGR _v (垂直燈管方向)	20.0	20.0	20.7

依整體試驗結果看來，本次試驗的 45 件 LED 樣本燈具產品，其測試結果，燈具光通量數值約在 1036~3798 lm 之間，燈具之能源效率約在 71~106 lm/W 之間，平均值約為 86.5 lm/W，燈具效率(LOR)約在 94~100%之間，平均值約為 97.3%，功率因數約在 0.487~0.993 之間，平均值約為 0.793，平行燈管方向之光束角約為 99°~113°，平均值約為 106°，垂直燈管方向之光束角約為 120°~188°，平均值約為 147°，峰值光強度 217~901 cd 之間，平行燈管方向之眩光指數 16~20 之間，平均值約為 18.3，垂直燈管方向之眩光指數 18~21 之間，平均值約為 19.9。

透過圖 4-2.8 大體上可以概略看出，相同 LED 燈管放入不同試驗燈具(D)、(E)及(F)之能源效率分佈圖，其整體趨勢均為試驗燈具(D)能源效率 \approx 燈具(E)能源效率 \approx 燈具(F)能源效率，探究原因，主要中東型及山型燈具之構造屬於開放式，而 LED 燈管大部分發光集中在垂直角 90°以內之向下發光，故安裝於上開燈具之光損均很少，故能源效率差異不大，另由圖 4-2.9 中可以發現燈具效率(LOR)分佈圖亦有類似之趨勢。

由圖 4-2.10 亦可以概略看出，相同 LED 燈管放入不同試驗燈具(D)、(E)及(F)之峰值光強度分佈圖，其整體趨勢為試驗燈具(F)光強度 $>$ 燈具(E)光強度 \approx 燈具(D)光強度，且試驗燈具(F)之光強度約為燈具(D)之 1.74~1.99 倍，探究原因，主要試驗燈具(F)內含 2 支 LED 燈管，而燈具(D)及燈具(E)只有 1 支相同 LED 燈管，相較之下，囿於燈具光通量之差異，故燈具(F)發出較大光強度，且試驗燈具(F)為山型燈具，燈管安裝於兩側，不像試驗燈具(D)、(E)直接安裝於燈具下方，故光強度較 2 倍小，平均約為 1.82 倍。

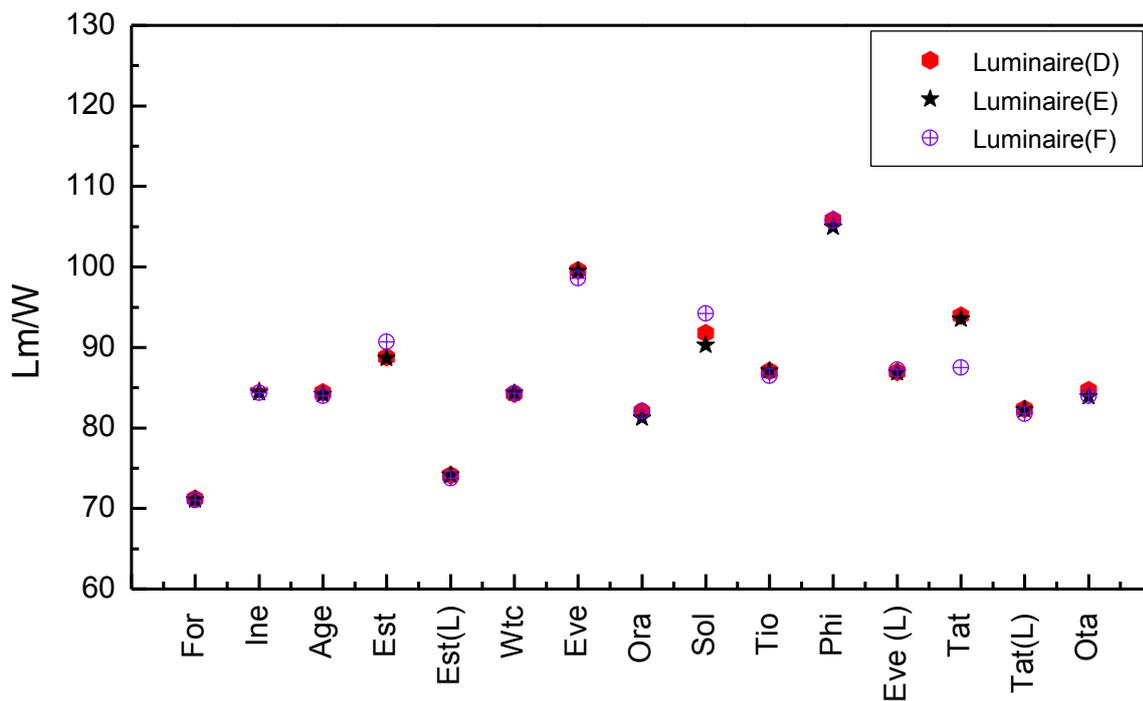


圖 4-2.8 LED 燈管放入試驗燈具(D)、(E)及(F)之能源效率分佈圖

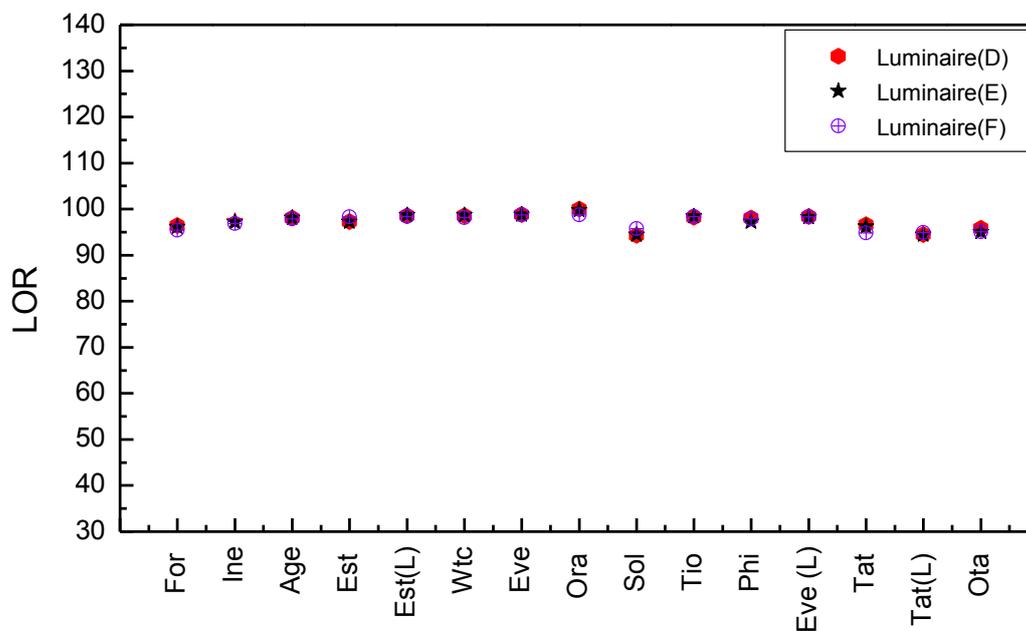


圖 4-2.9 LED 燈管放入試驗燈具(D)、(E)及(F)之燈具效率分佈圖

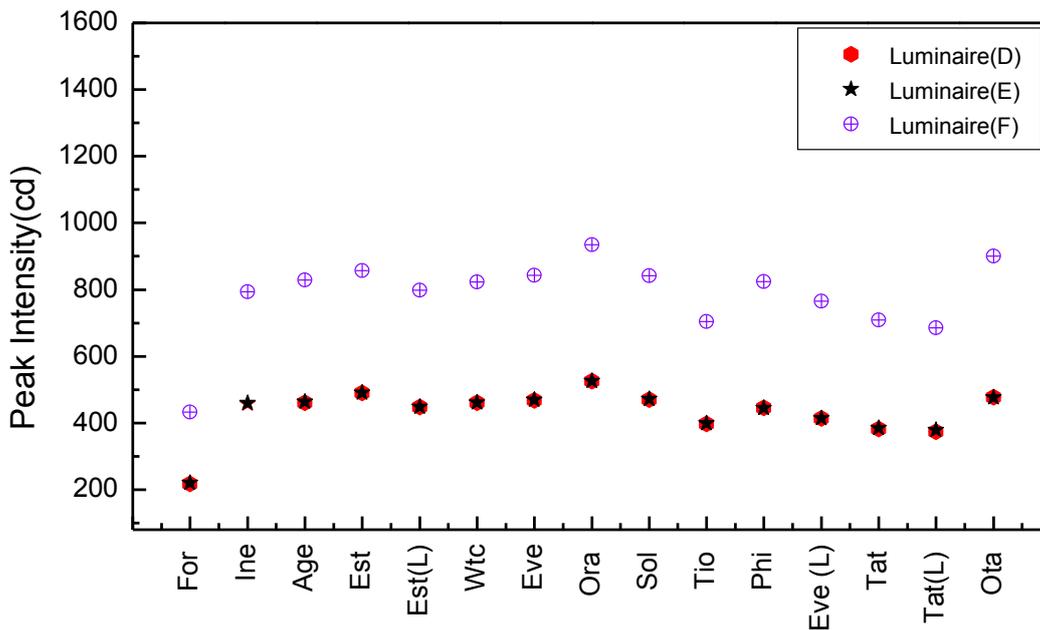


圖 4-2.10 LED 燈管放入試驗燈具(D)、(E)及(F)之峰值光強度分佈圖

以下將分別透過光通量、光束角、峰值光強度、眩光指數、價格等因子，辦理前述完成的測試結果之數據比對分析探討，期能提供國內後續相關研究參考。

本計畫共計收集有 15 類 65 公分以上 LED 燈管產品，組合而成 45 種中東型及山型 LED 燈具，透過圖 4-2.11 之 LED 燈管光通量與 LED 燈具光通量關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈管安裝於試驗燈具(D)、(E)及(F)，整體趨勢均為流明值高的 LED 燈管較流明值低的 LED 燈管產生之中東型及山型燈具光通量較高。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解中東型及山型光通量與燈管光通量間的關連性，依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9811$ 、 $R^2=0.9775$ 及 $R^2=0.973$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管與中東型及山型 LED 燈具光通量線性關係存在，該線性迴歸方程式可提供作為預測推估之用。

在光束角之分析部分，由圖 4-2.12 中可以看出平行燈管方向之光束角越大則燈具光束角越大，依其迴歸分析資料顯示，試驗燈具(D)、

(E)及(F)之判定係數分別為 $R^2=0.9493$ 、 $R^2=0.9585$ 及 $R^2=0.9333$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管與中東型及山型 LED 燈具平行燈管方向之光束角線性關係存在。另由圖 4-2.13 中可以發現垂直燈管方向之光束角與垂直燈具方向之光束角亦存在線性關係，判定係數分別為 $R^2=0.9952$ 、 $R^2=0.9939$ 及 $R^2=0.9147$ 。

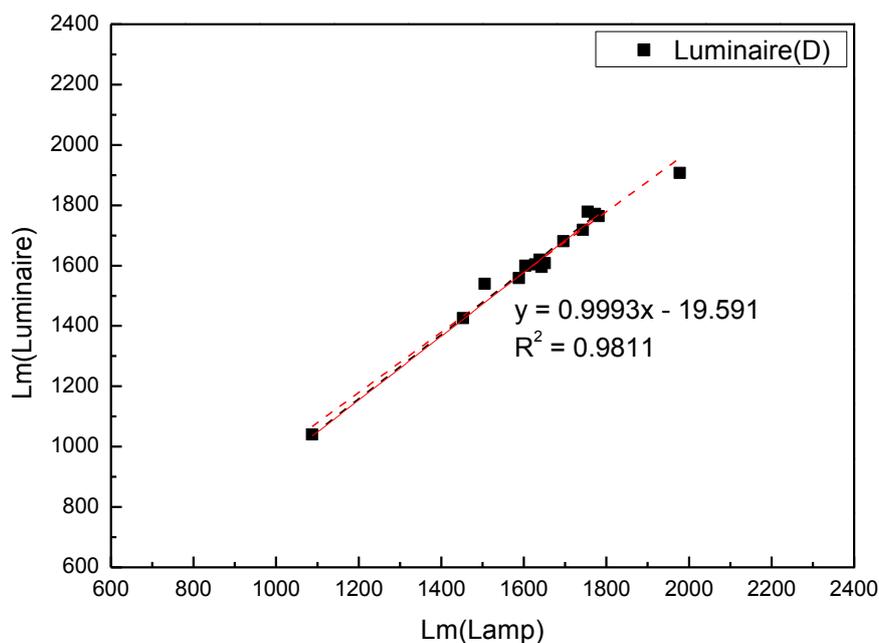


圖 4-2.11 LED 燈管光通量與 LED 燈具(D)光通量關係圖

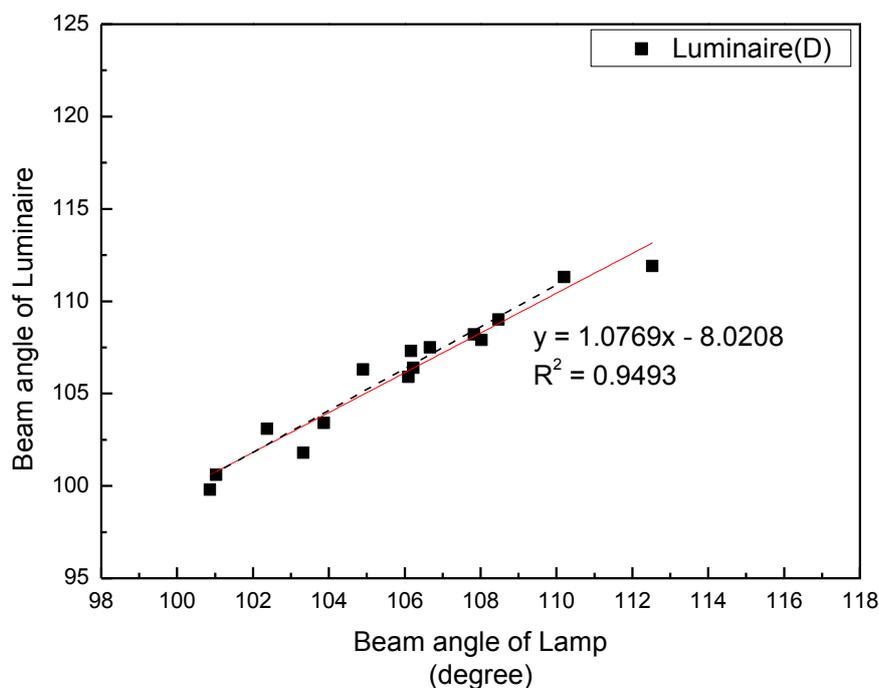


圖 4-2.12 LED 燈管光束角與 LED 燈具(D)光束角關係圖 (平行燈管方向)

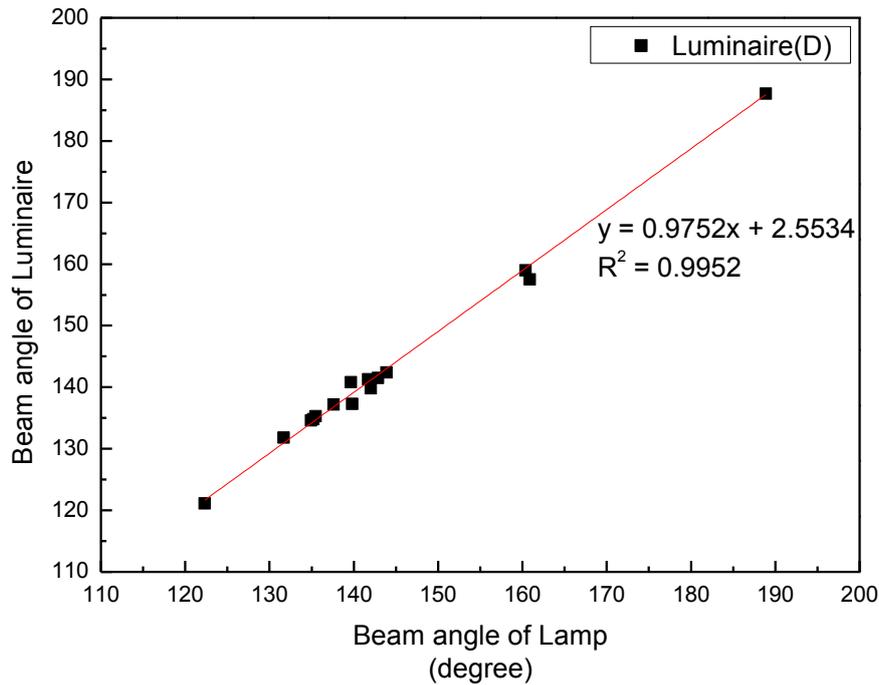


圖 4-2.13 LED 燈管光束角與 LED 燈具(D)光束角關係圖
(垂直燈管方向)

在峰值光強度之分析部分，透過圖 4-2.14 LED 燈管之峰值光強度與 LED 燈具之峰值光強度關係圖，大體上可概略看出，整體趨勢均為峰值光強度高的 LED 燈管產生之 LED 燈具峰值光強度較高，依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9831$ 、 $R^2=0.9804$ 及 $R^2=0.9662$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管之峰值光強度與 LED 燈具之峰值光強度線性關係存在。

在眩光指數之分析部分，透過圖 4-2.15 及圖 4-2.16 LED 燈管之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈管安裝於試驗燈具(D)、(E)及(F)，整體趨勢均為眩光指數高的 LED 燈管產生之 LED 燈具眩光指數較高，依其迴歸分析資料顯示，在平行燈管方向其判定係數分別為 $R^2=0.9837$ 、 $R^2=0.9769$ 及 $R^2=0.9278$ ，在垂直燈管方向其判定係數分別為 $R^2=0.9504$ 、 $R^2=0.9508$ 及 $R^2=0.9272$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數線性關係存在，且亦可發現燈管安裝兩側之山型試驗燈具(F)其垂直燈管方向之眩光指數判定係數明顯較燈管安裝燈具下

方試驗燈具(D)及(E)差，而平行燈管方向之判定係數較無差異。

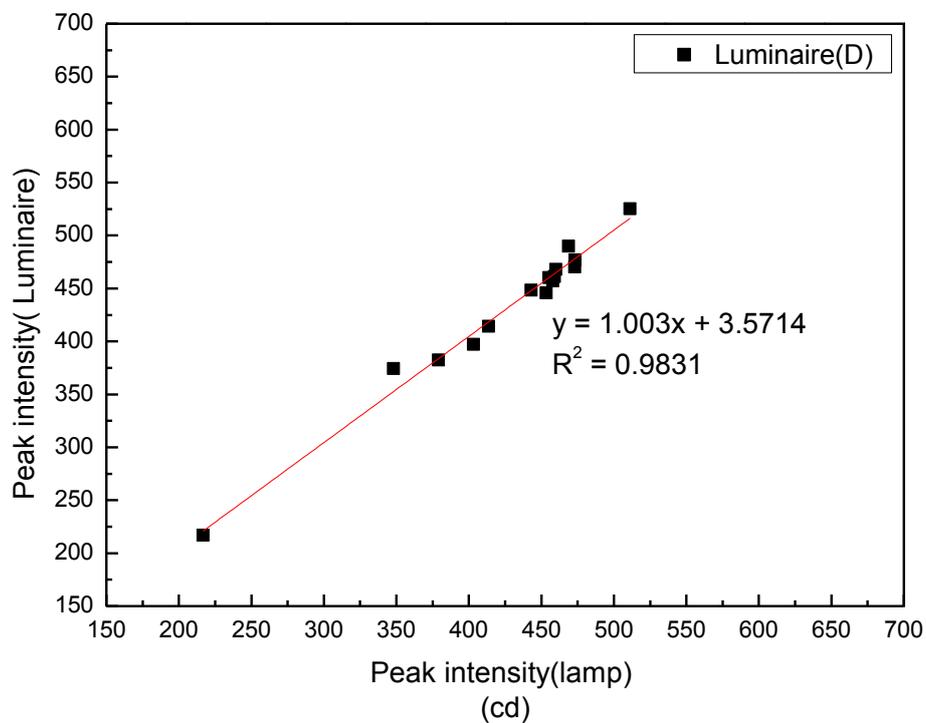


圖 4-2.14 LED 燈管峰值光強度與 LED 燈具(D) 峰值光強度關係圖

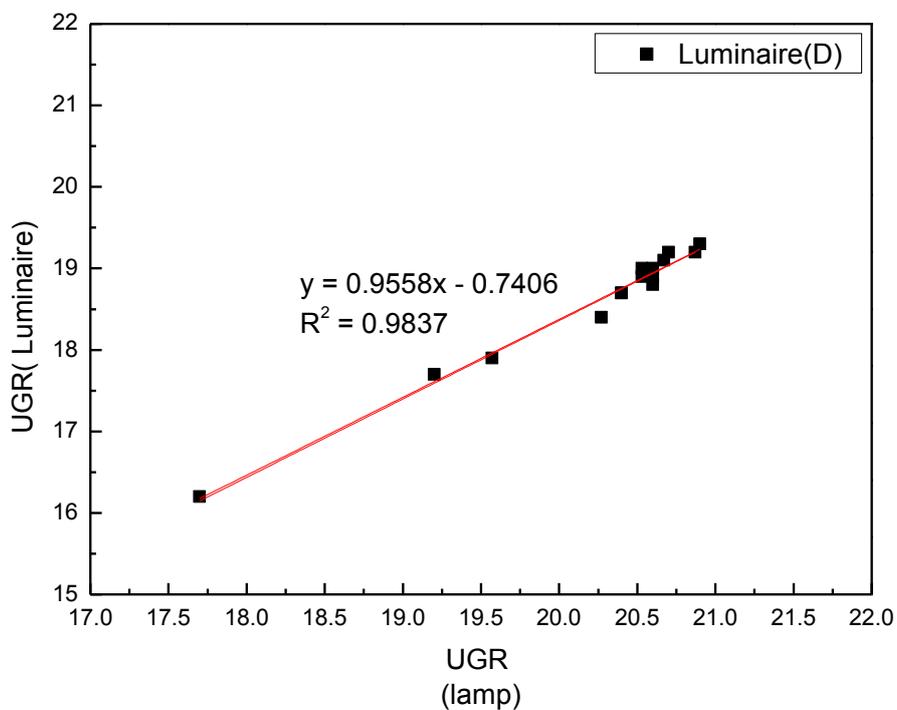


圖 4-2.15 LED 燈管眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖 (平行燈管方向)

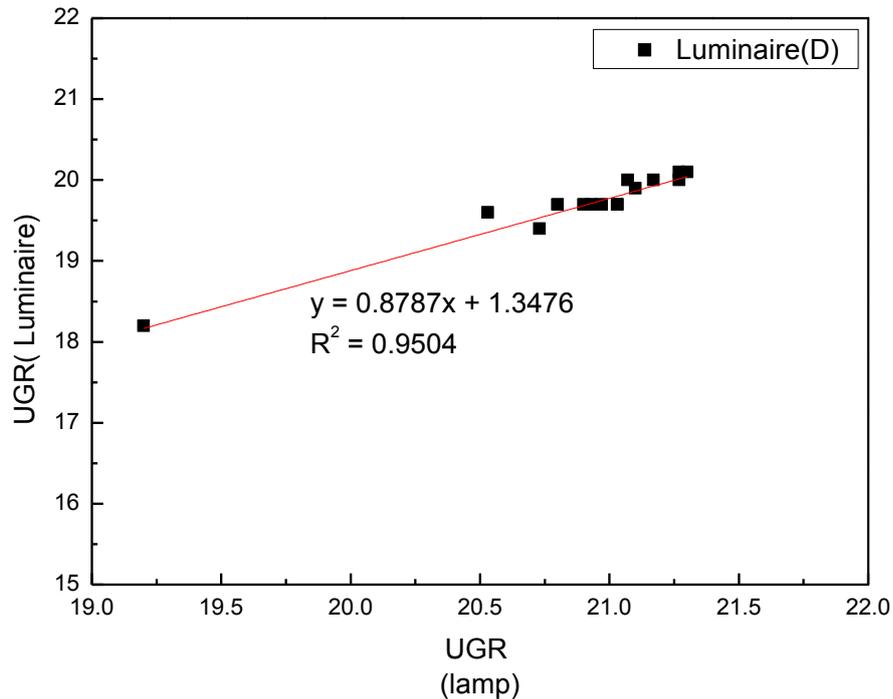


圖 4-2.16 LED 燈管眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖
(垂直燈管方向)

在功率因數之分析部分，透過圖 4-2.17 LED 燈管之功率因數與 LED 燈具之功率因數關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈管安裝於試驗燈具(D)、(E)及(F)，整體趨勢均為功率因數高的 LED 燈管較低的 LED 燈管組合成之 LED 燈具功率因數較高。依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9964$ 、 $R^2=0.9942$ 及 $R^2=0.9425$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈管之功率因數與 LED 燈具之功率因數線性關係存在，且燈具功率因數之數值無論安裝何種燈具均接近，也就是功率因數大小均為燈具(D)≐燈具(E)≐燈具(F)。

另在中東型及山型 LED 燈具之光通量與燈具之眩光指數分析部分，由圖 4-2.18 中可以看出不同 LED 燈管安裝同一試驗燈具(D)、(E)及(F)之流明值越大則平行燈管方向之眩光指數越大。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解同一試驗之光通量與眩光指數間的關連性，依其迴歸分析資料顯示，在平行燈管方向其判定係數分別為 $R^2=0.9837$ 、 $R^2=0.9769$ 及 $R^2=0.9278$ ，在垂直燈管方向其判定

係數分別為 $R^2=0.9504$ 、 $R^2=0.9508$ 及 $R^2=0.9272$ ，顯著值小於 0.05，顯示同一 LED 燈具之光通量與眩光指數線性關係存在。

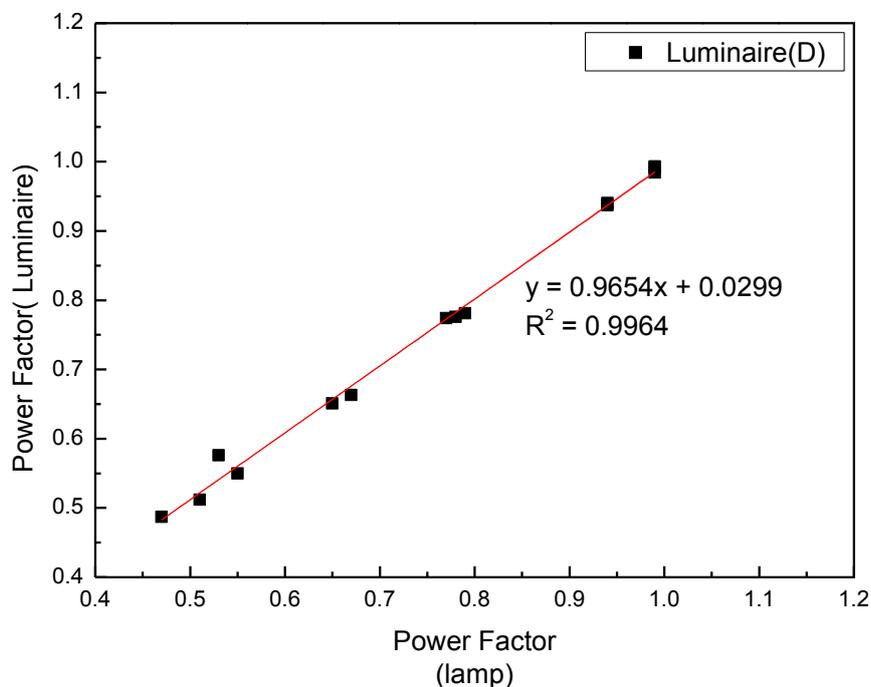


圖 4-2.17 LED 燈管功率因數與 LED 燈具功率因數關係圖

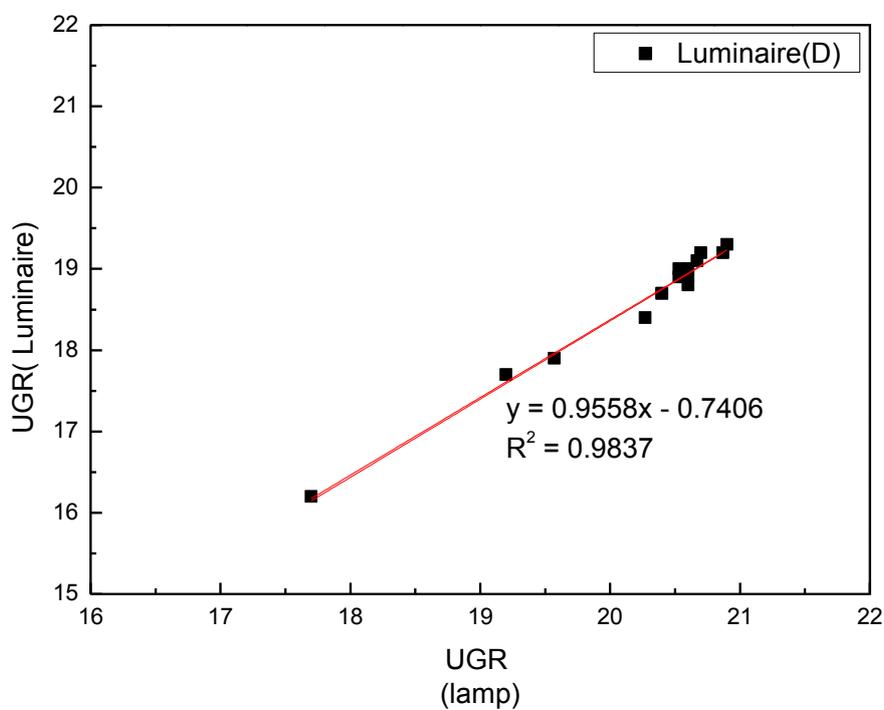


圖 4-2.18 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖
(平行燈管方向)

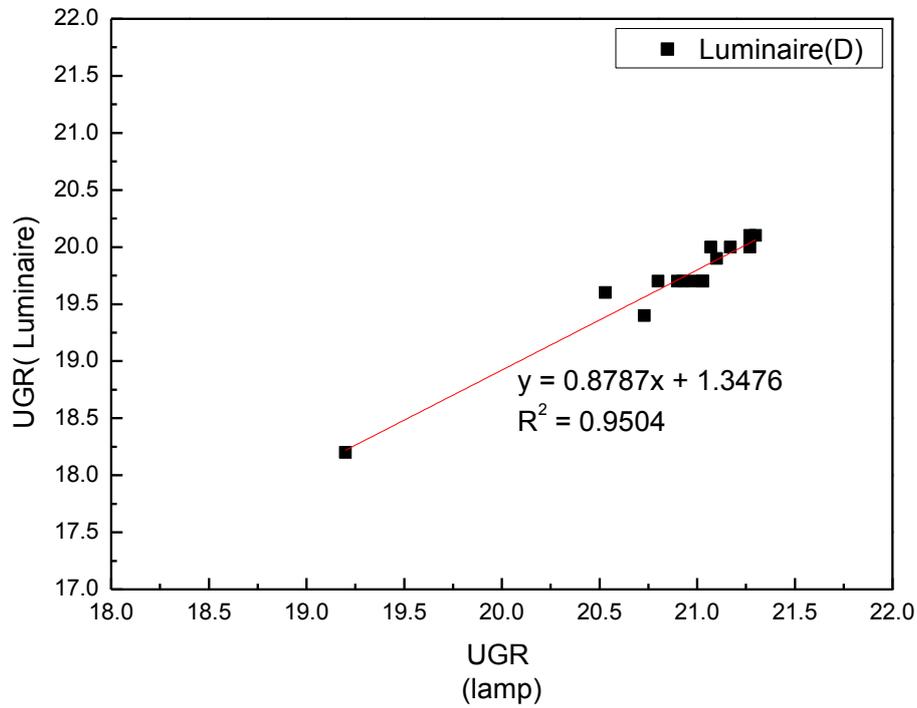


圖 4-2.19 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖
(垂直燈管方向)

另在中東型及山型 LED 燈具之光通量與燈具之峰值光強度分析部分，由圖 4-2.20 中可以看出 LED 燈具光通量越大則峰值光強度越大。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解光通量與峰值光強度間的關連性，依其迴歸分析資料顯示，試驗燈具(D)、(E)及(F)之判定係數為分別為 $R^2=0.7636$ 、 $R^2=0.7656$ 及 $R^2=0.8668$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈具之光通量與峰值光強度線性關係存在。

另在 LED 燈具之峰值光強度與燈具之眩光指數分析部分，由圖 4-2.21 及圖 4-2.22 中可以發現峰值光強度越大則眩光指數越高，試驗燈具(D)、(E)及(F)之判定係數在平行燈管方向分別為 $R^2=0.8298$ 、 $R^2=0.812$ 及 $R^2=0.8089$ ，另在垂直燈管方向分別為 $R^2=0.7927$ 、 $R^2=0.7905$ 及 $R^2=0.9264$ 。

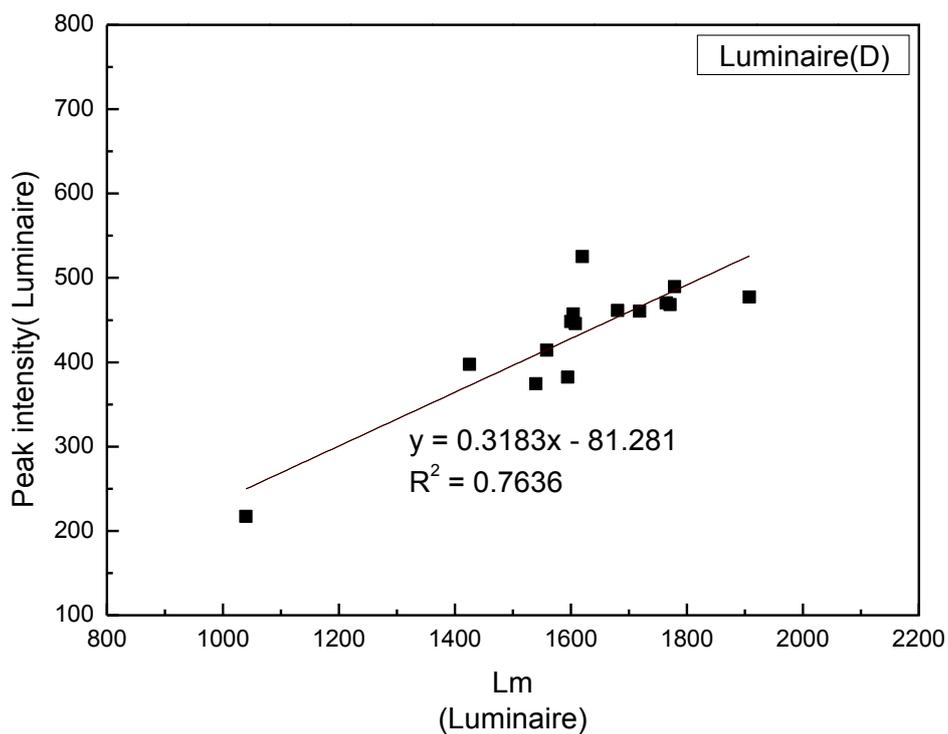


圖 4-2.20 LED 燈具光通量與峰值光強度關係圖

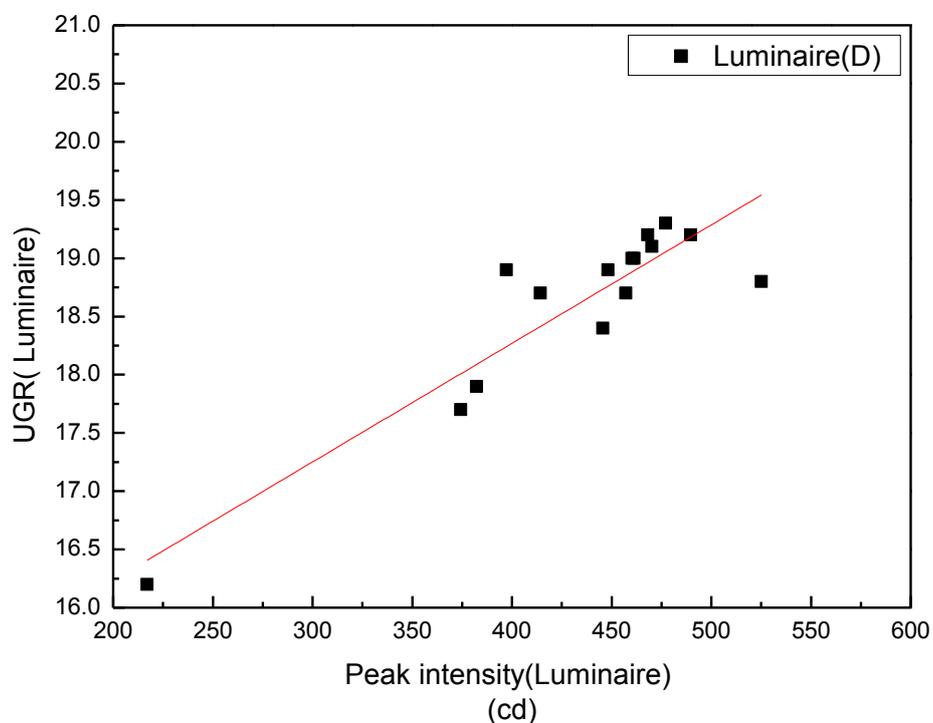


圖 4-2.21 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖
(平行燈管方向)

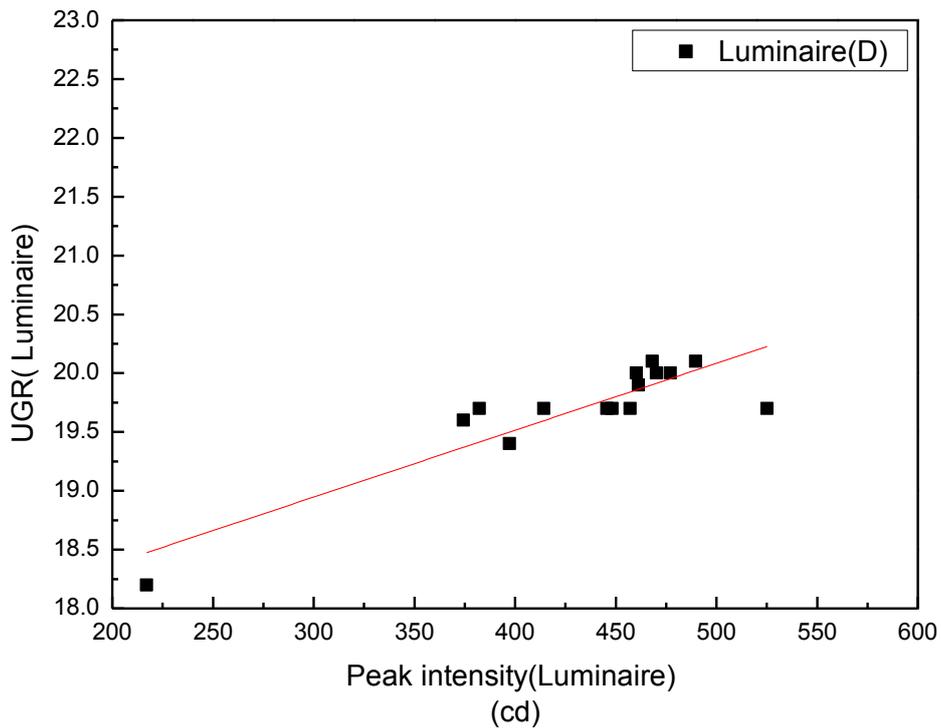


圖 4-2.22 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖
(垂直燈管方向)

圖 4-2.23 為參酌經濟部能源局 2012 年 12 月 20 日公告實施「室內照明燈具節能標章能效基準」及美國能源之星(Energy Star)規範進行能源效率比較，由圖中可明顯看出，這 45 件產品中有 23 件產品可達到經濟部能源局 2012 年公告實施「室內照明燈具節能標章能效基準」，約占總試驗 51%；全部均可達到美國 ENERGY STAR 第 2 階段基準(70 lm/W)。

在能源效率與價格之分析部分，由圖 4-2.24 中可以看出，整體而言，價格高的產品其發光效率未必較高，依其迴歸分析資料顯示其判定係數為 $R^2=0.0759$ 顯著值 >0.05 。另由圖 4-2.25 中可以發現本次所採購的這類型 LED 燈管試驗商品中，以 Sol 燈管安裝於試驗燈具(D)的單位價格發光效率最高，後續將再與傳統 T8 及 T5 螢光光源比對。另功率因素與價格之分析部分，由圖 4-2.26 中可以看出，整體而言，價格高的產品其功率因素未必較高，依其迴歸分析資料顯示其判定係

數為 $R^2=0.1718$ 顯著值 >0.05 。

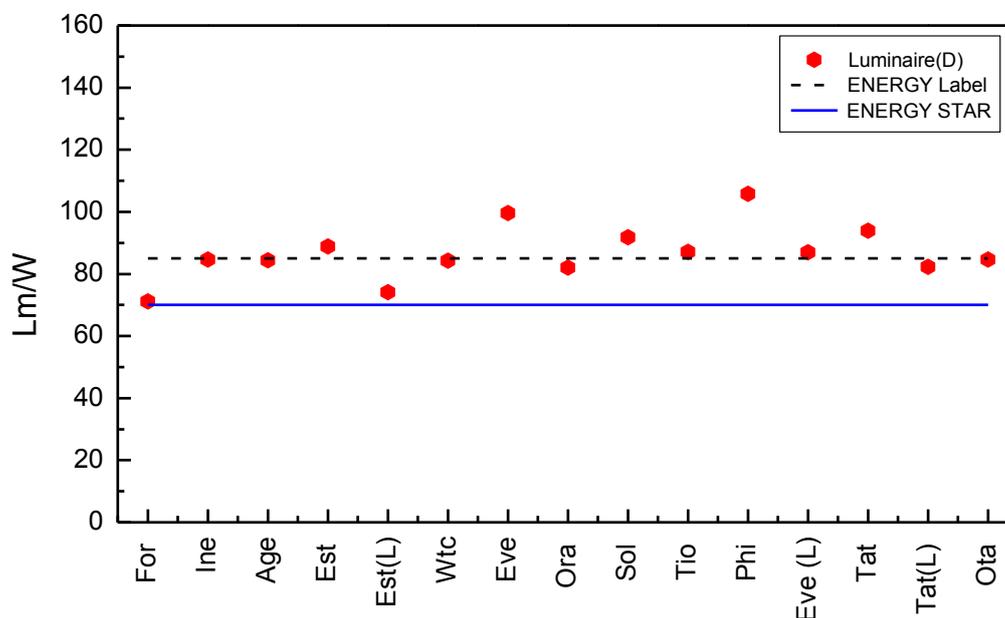


圖 4-2.23 LED 燈具能源效率分佈圖

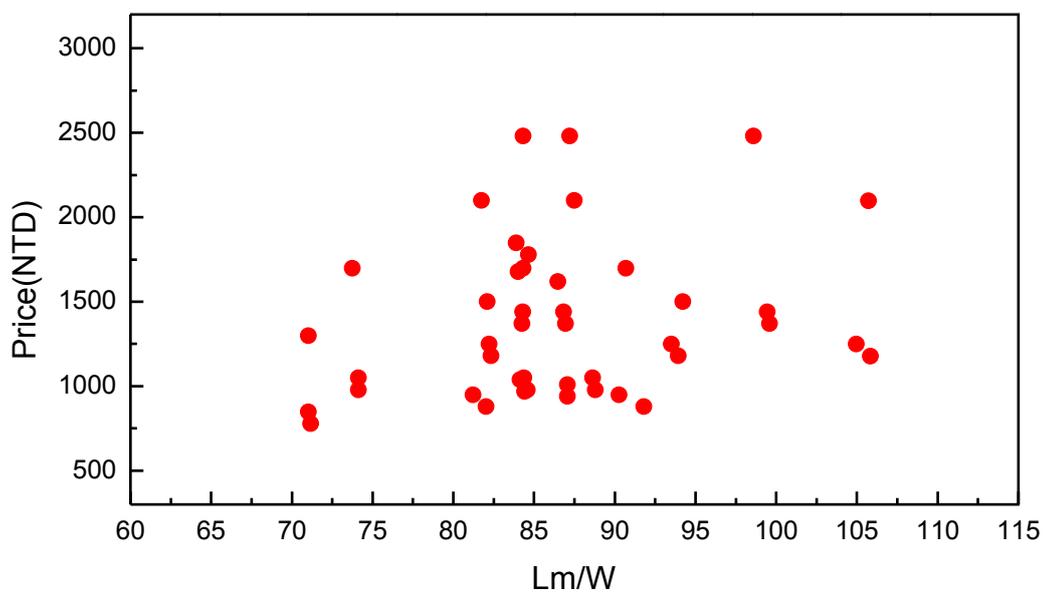


圖 4-2.24 LED 燈具價格與能源效率關係圖

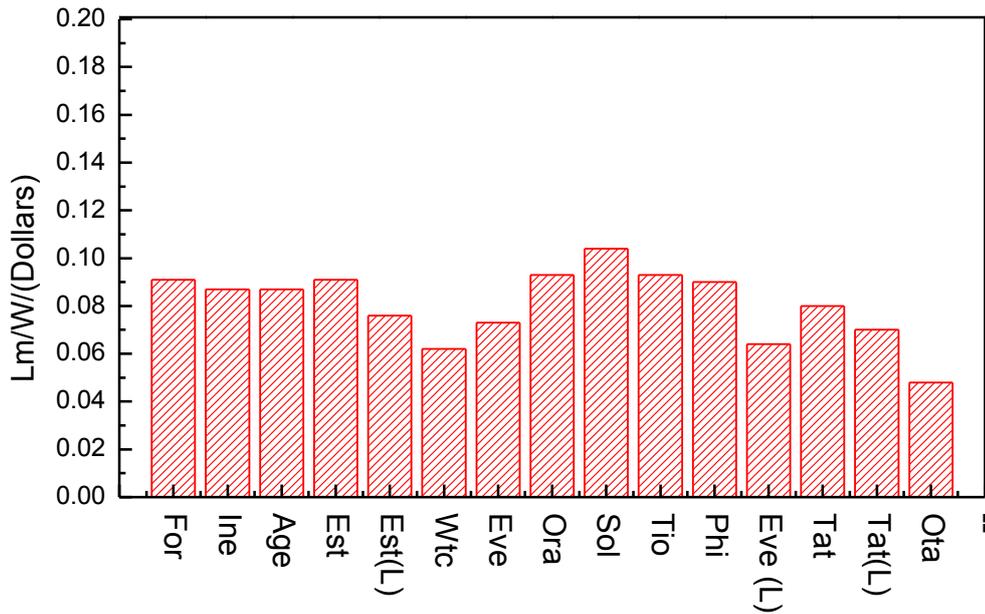


圖 4-2.25 單位價格 LED 燈具能源效率直方圖
(LED 燈管安裝於試驗燈具 D)

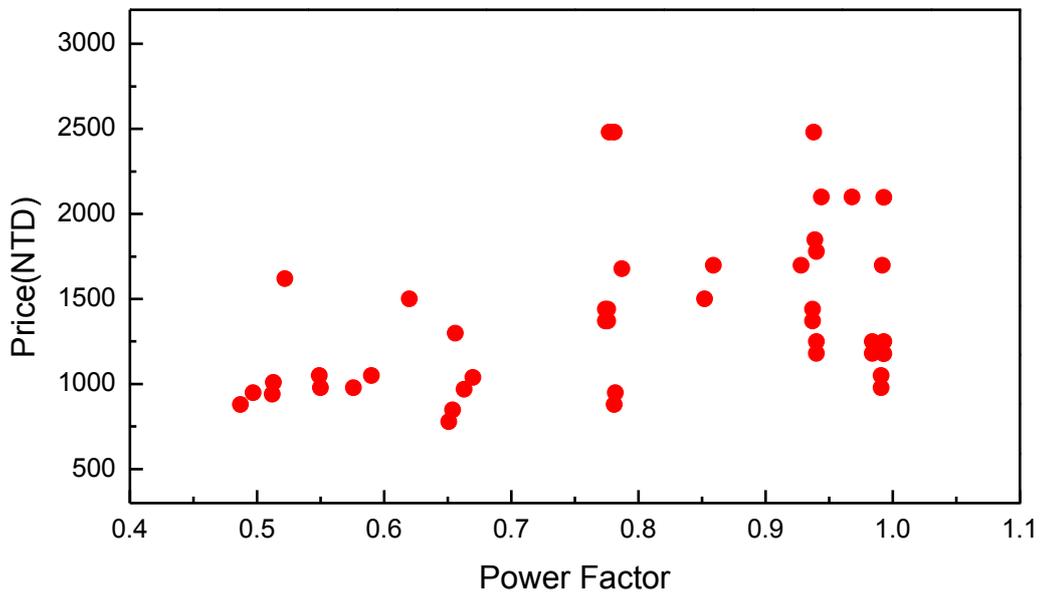


圖 4-2.26 LED 燈具價格與功率因素關係圖

第三節 山型及中東型 LED 燈具照明 模擬與分析

為探討分析山型及中東型 LED 燈具在不同空間之照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉 5 年總成本等情形，俾供政府在推行制訂節能減碳及優質照明相關政策之依據，因此，本研究輔以 DIALux 電腦軟體進行分析設計，前開軟體為德國 DIAL 公司進行開發設計的免費照明計算軟體，主要協助提供設計師詳盡的照明計算與分析，該軟體對於人工光源的模擬相當擅長，其運算原理與 3D MAX 或 Lightscape 一樣，均採用「輻射度法」運算，將空間切割成無數的三角面後，分別計算表面接受的所有光線，若未被吸收則必須被該表面重新釋放出來。該軟體對於照明與晝光的模擬也具有相當高的準確性，是目前國際間廣泛使用的照明軟體，下面就本研究擬設定之初始條件分述之。

一、空間建立

(1) 模擬空間尺寸

燈具採吸頂方式安裝，模擬尺寸與前期研究相同，俾利比較，如表4-3.1所示。

表4-3.1 模擬空間尺寸

編號	空間尺寸			天花板高度(m)	工作面高度(m)	室指數	備註
	長(m)	寬(m)	面積(m ²)				
NO1	5	4.1	20.5	3.2	0.70	0.7	
NO2	9	7.2	64.8	3.0	0.85	1.3	
NO3	24	12	288	3.0	0.85	2.6	

(資料來源：本研究整理)

(2) 桌面高度與區域

桌面高度若未特別指定均設為0.85m，其排列範圍為室內空

間前後左右側各預留0.5m之區域。

(3)室內空間材料反射率

為與先前模擬結果互相比較，本研究室內裝修材延續前期設定，分別為礦纖花板、白色調和漆牆面及白色釉地面磚，空間材質反射率則參照「學校教室照明與節能手冊」裝修材料反射率參考表之建議，天花板、牆面及地板分別設定為69%、70%、80%，且空間各部面（天花板、牆面、地板等）之反射率則採一致之設計。

(4)燈具安裝區域及間距之決定

對於照明燈具之安裝區域，以室內空間前後左右側各縮減0.5m的範圍為主，有格柵燈具高度設等於天花板高度。而燈具之間距則於計算燈具數量後，決定列與行的個別數目，經由軟體平均排列。

二、相關參數之決定

(1)維護係數：

對於燈具維護係數之決定，將本研究之模擬空間設定為良好環境屬空氣清淨，含塵量少之場所，其維護係數訂為0.8。

(2)目標照度

本研究將目標照度設定為500 lx。

三、DIALux 照明模擬軟體操作

(1)模擬空間基本資料建立：

開啟DIALux燈光精靈後，會出現資料輸入視窗，依模型規劃輸入「空間尺寸」、「反射係數」、「工作面高度」、「燈具選用」、「燈具安裝方式」、「家具」、「顏色」等資料。

(2)目標照度建立：

輸入計算參數「照度」、本研究試驗量測之燈具光學數據IES檔、「位置」、「安裝高度」、「旋轉」、「排列」與距離牆面數據資料後，完成空間平均照度初步模擬規劃。

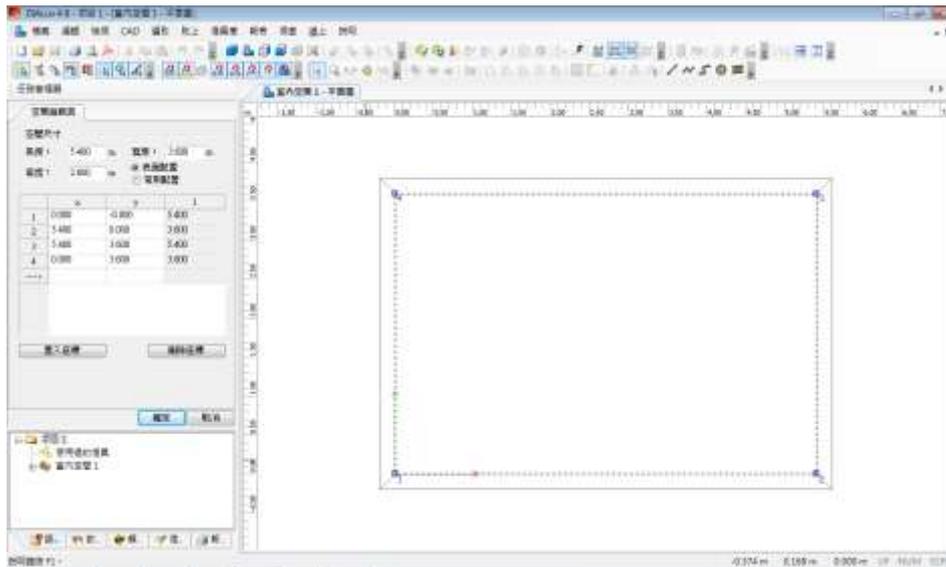


圖 4-3.1 DIALux 空間設定畫面

[資料來源：內政部建築研究所，2013]

四、照明模擬輸出參數

輸出指標共有「平均照度」、「統一眩光指標」、「均齊度」、「用電密度」等4項，參數定義分別如下：

(1)平均照度：

主要針對模擬空間工作面高度之水平照度。

(2)統一眩光指標：

觀測面高度為座立時之眼睛高度，軟體預設高度是1.2m，經過模擬計算可得到空間中不同觀測位置、空間尺寸及反射率之統一眩光指標（UGR）值。

本研究為避免混淆UGR數值均由本所配光曲線實驗室實測所得，量測時環境溫度控制 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，試驗條件參考能源局2013年12月20日公告修訂「室內照明燈具節能標章能源效率基準及標示方法」，其定義如下：(a)天花板反射係數：0.5、(b)牆面反射係數：0.5、(c)地面反射係數：0.2、(d)室內長寬尺寸4H：3H(其中H為室內高度)。

(3)均勻度：

本軟體針對照度量測區域中計算出3種定義之均勻度，本研究選用最小照度與平均照度之比作為評估指標。

(4)用電密度：

對於照明用電評估，可經由軟體模擬將自動計算出照明功率密度（LPD）。

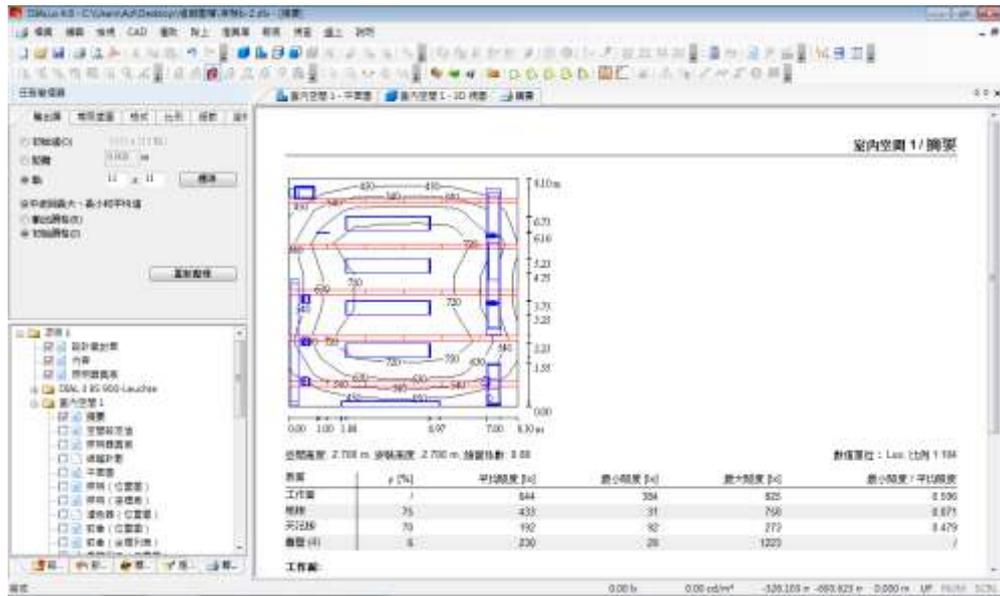


圖 4-3.2 DIALux 等照度模擬圖及結果數據畫面
[資料來源：內政部建築研究所，2013]

以下則分別針對這 39 件 65 公分以下樣本燈具產品及 45 件 65 公分以上樣本燈具產品，在模擬空間 NO01、NO02 及 NO03 達到目標照度 500 lx 條件下之工作面(最小、平均、最大)照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉 5 年總成本等之模擬資料結果彙整如表 4-3.2~4-3.16 及附錄(一)(二)所示，其中模擬結果之每度流動電費以 4 元概算，每年 2,000 小時點燈(每天用電 8 小時，年用電 250 天)計算，並假設運轉 5 年內 LED 燈管未更換，T5 及 T8 螢光燈管均更換 1 次。

表 4-3.2 Ota 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ota 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	20	20	10
最小照度(lx)	472	479	482
平均照度(lx)	522	529	533
最大照度(lx)	555	562	570
均勻度	0.904	0.905	0.904
每盞燈具消耗電力(W)	10	10	20
全年耗電量(度)	400	400	400
照明功率密度 (W/m ²)	9.78	9.78	9.77
全年電費(元)	1,600	1,600	1,600
設置燈具成本(元)	21,960	22,960	20,470
運轉 5 年總成本(元)	29,960	30,960	28,470

表 4-3.3 Eve 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	21	21	12
最小照度(lx)	466	470	532
平均照度(lx)	520	521	586
最大照度(lx)	555	560	623
均勻度	0.897	0.901	0.908
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3	18.6
全年耗電量(度)	390.6	390.6	446.4
照明功率密度 (W/m ²)	9.52	9.54	10.91
全年電費(元)	1,562	1,562	1,786
設置燈具成本(元)	18,858	19,908	19,764
運轉 5 年總成本(元)	26,670	27,720	28,692

表 4-3.4 Wtc 10W 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Wtc 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	16	16	8
最小照度(lx)	453	456	453
平均照度(lx)	517	517	509
最大照度(lx)	553	552	543
均勻度	0.877	0.883	0.891
每盞燈具消耗電力(W)	11.7	11.7	23.2
全年耗電量(度)	374.4	374.4	371.2
照明功率密度 (W/m ²)	9.12	9.09	9.07
全年電費(元)	1,498	1,498	1,485
設置燈具成本(元)	14,368	15,168	13,176
運轉 5 年總成本(元)	21,856	22,656	20,600

表 4-3.5 Age 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Age 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	18	18	9
最小照度(lx)	484	484	484
平均照度(lx)	544	544	539
最大照度(lx)	584	585	580
均勻度	0.888	0.89	0.898
每盞燈具消耗電力(W)	11.2	11.2	22.7
全年耗電量(度)	403.2	403.2	408.6
照明功率密度 (W/m ²)	9.84	9.83	9.97
全年電費(元)	1,613	1,613	1,634
設置燈具成本(元)	14,364	15,264	13,023
運轉 5 年總成本(元)	22,428	23,328	21,195

表 4-3.6 Tat 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Tat 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	473	477	489
平均照度(lx)	523	525	539
最大照度(lx)	553	556	576
均勻度	0.906	0.907	0.906
每盞燈具消耗電力(W)	8.5	8.5	16.9
全年耗電量(度)	408	408	405.6
照明功率密度 (W/m ²)	9.95	9.96	9.86
全年電費(元)	1,632	1,632	1,622
設置燈具成本(元)	21,576	22,776	19,788
運轉 5 年總成本(元)	29,736	30,936	27,900

表 4-3.7 Lud 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ene 12W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	21	21	12
最小照度(lx)	467	463	522
平均照度(lx)	523	522	581
最大照度(lx)	564	564	620
均勻度	0.893	0.887	0.899
每盞燈具消耗電力(W)	8.8	8.8	17.4
全年耗電量(度)	369.6	369.6	417.6
照明功率密度 (W/m ²)	9.02	9	10.17
全年電費(元)	1,478	1,478	1,670
設置燈具成本(元)	15,708	16,758	16,164
運轉 5 年總成本(元)	23,100	24,150	24,516

表 4-3.8 Mod 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Mod 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	469	470	463
平均照度(lx)	548	548	524
最大照度(lx)	595	595	562
均勻度	0.856	0.858	0.883
每盞燈具消耗電力(W)	8.6	8.6	17.1
全年耗電量(度)	412.8	412.8	410.4
照明功率密度 (W/m ²)	10.06	10.06	9.99
全年電費(元)	1,651	1,651	1,642
設置燈具成本(元)	16,752	17,952	14,964
運轉 5 年總成本(元)	25,008	26,208	23,172

表 4-3.9 Ltu 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ltu 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	21	21	12
最小照度(lx)	456	455	502
平均照度(lx)	517	517	561
最大照度(lx)	559	557	601
均勻度	0.883	0.882	0.894
每盞燈具消耗電力(W)	9.5	9.5	18.6
全年耗電量(度)	399	399	446.4
照明功率密度 (W/m ²)	9.75	9.74	10.86
全年電費(元)	1,596	1,596	1,786
設置燈具成本(元)	16,779	17,829	17,388
運轉 5 年總成本(元)	24,759	25,809	26,316

表 4-3.10 Dan 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Dan 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	21	21	12
最小照度(lx)	472	475	528
平均照度(lx)	537	536	591
最大照度(lx)	578	580	632
均勻度	0.879	0.886	0.893
每盞燈具消耗電力(W)	10.6	10.6	21.1
全年耗電量(度)	445.2	445.2	506.4
照明功率密度 (W/m ²)	10.84	10.83	12.37
全年電費(元)	1,781	1,781	2,026
設置燈具成本(元)	16,779	17,829	17,388
運轉 5 年總成本(元)	25,683	26,733	27,516

表 4-3.11 Chd 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Chd 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	455	455	466
平均照度(lx)	506	508	516
最大照度(lx)	541	543	553
均勻度	0.899	0.896	0.903
每盞燈具消耗電力(W)	9.8	9.8	19.5
全年耗電量(度)	470.4	470.4	468
照明功率密度 (W/m ²)	11.45	11.45	11.4
全年電費(元)	1,882	1,882	1,872
設置燈具成本(元)	21,552	22,752	19,764
運轉 5 年總成本(元)	30,960	32,160	29,124

表 4-3.12 Eve(L) 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve(L) 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	480	480	481
平均照度(lx)	536	536	532
最大照度(lx)	572	575	569
均勻度	0.896	0.895	0.903
每盞燈具消耗電力(W)	9.6	9.6	19
全年耗電量(度)	460.8	460.8	456
照明功率密度 (W/m ²)	11.18	11.18	11.1
全年電費(元)	1,843	1,843	1,824
設置燈具成本(元)	21,552	22,752	19,764
運轉 5 年總成本(元)	30,768	31,968	28,884

表 4-3.13 Wtc(L) 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Wtc(L) 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	20	20	10
最小照度(lx)	461	464	474
平均照度(lx)	523	525	531
最大照度(lx)	560	560	567
均勻度	0.881	0.885	0.892
每盞燈具消耗電力(W)	11.3	11.3	22.6
全年耗電量(度)	452	452	452
照明功率密度 (W/m ²)	11.03	11.03	11.02
全年電費(元)	1,808	1,808	1,808
設置燈具成本(元)	17,960	18,960	16,470
運轉 5 年總成本(元)	27,000	28,000	25,510

表 4-3.14 Tat(L) 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Tat(L) 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	28	28	14
最小照度(lx)	490	490	493
平均照度(lx)	538	538	543
最大照度(lx)	571	570	576
均勻度	0.911	0.911	0.907
每盞燈具消耗電力(W)	8.6	8.6	17.1
全年耗電量(度)	481.6	481.6	478.8
照明功率密度 (W/m ²)	11.77	11.6	11.65
全年電費(元)	1,926	1,926	1,915
設置燈具成本(元)	25,172	26,572	23,086
運轉 5 年總成本(元)	34,804	36,204	32,662

表 4-3.15 省電型 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

省電型 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	491	475	511
平均照度(lx)	523	501	555
最大照度(lx)	543	517	583
均勻度	0.939	0.949	0.921
每盞燈具消耗電力(W)	20.6	20.1	43.3
全年耗電量(度)	988.8	964.8	1039.2
照明功率密度 (W/m ²)	24.12	23.53	25.36
全年電費(元)	3,955	3,859	4,157
設置燈具成本(元)	9,960	9,960	9,732
運轉 5 年總成本(元)	29,736	29,256	30,516

表 4-3.16 三波長 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

三波長 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	20	20	9
最小照度(lx)	489	497	478
平均照度(lx)	526	530	522
最大照度(lx)	550	553	555
均勻度	0.929	0.939	0.916
每盞燈具消耗電力(W)	21.2	20.5	44.2
全年耗電量(度)	848	820	795.6
照明功率密度 (W/m ²)	20.65	20.04	19.4
全年電費(元)	3,392	3,280	3,182
設置燈具成本(元)	10,180	10,180	8,991
運轉 5 年總成本(元)	27,140	26,580	24,903

表 4-3.17 T5 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

T5 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	20	20	9
最小照度(lx)	474	483	461
平均照度(lx)	512	519	504
最大照度(lx)	538	544	539
均勻度	0.925	0.929	0.915
每盞燈具消耗電力(W)	16.7	17.1	32.2
全年耗電量(度)	668	684	579.6
照明功率密度 (W/m ²)	16.28	16.67	14.12
全年電費(元)	2,672	2,736	2,318
設置燈具成本(元)	19,140	18,140	8,991
運轉 5 年總成本(元)	32,500	31,820	21,897

以下將分別透過均勻度、照度、照明功率密度(LPD)、全年耗電量、運轉 5 年總成本等因子，辦理前述完成的模擬結果之數據比對分析探討，期能提供國內後續相關研究參考。

(一) 均勻度分析

依整體模擬結果看來，本次試驗的 39 件 65 公分以下 LED 樣本燈具及產品，在空間 NO01 之均勻度約在 0.856~0.911 之間，其平均值約為 0.893，而比對 9 件螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.929；在空間 NO02 之均勻度約在 0.793~0.862 之間，其平均值約為 0.811，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.790；在空間 NO03 之均勻度約在 0.602~0.704 之間，其平均值約為 0.660，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.689。

另本次試驗的 45 件 65 公分以上 LED 樣本燈具產品，在空間 NO01 之均勻度約在 0.805~0.914 之間，其平均值約為 0.877，而比對 9 件螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.913；在空間 NO02 之均勻度約在 0.782~0.852 之間，其平均值約為 0.814，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.784；在空間 NO03 之均勻度約在 0.610~0.718 之間，其平均值約為 0.666，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.671。

透過圖 4-3.3~4-3.8 明顯看出，無論在模擬空間 NO01、NO02 或 NO03 之環境條件下，其模擬結果，中東行或山型燈具安裝 LED 燈管或螢光燈管工作面照度之均勻度差異不大。另透過圖 4-3.3~4-3.8 比對，亦明顯可以看出在相同目標照度、室內空間材料反射率及照明設備條件下，其整體趨勢均為模擬空間 NO01 之均勻度 > 模擬空間 NO02 之均勻度 > 模擬空間 NO03 之均勻度，例如同一 Ota 廠牌之 LED 燈管搭配試驗燈具(A)，放入不同空間，其模擬結果在空間 NO01、NO02 及 NO03 之均勻度分別為 0.904、0.811 及 0.673，顯見在較小室內空間中，由於燈具發光之光線可透過空間各部面(天花板、

牆面、地板及傢俱等)之反射或漫射，提高均勻度照明效果，而在較大室內空間，則前揭邊界效應遞減，故均勻度數值大小，主要會受燈具光型支配。

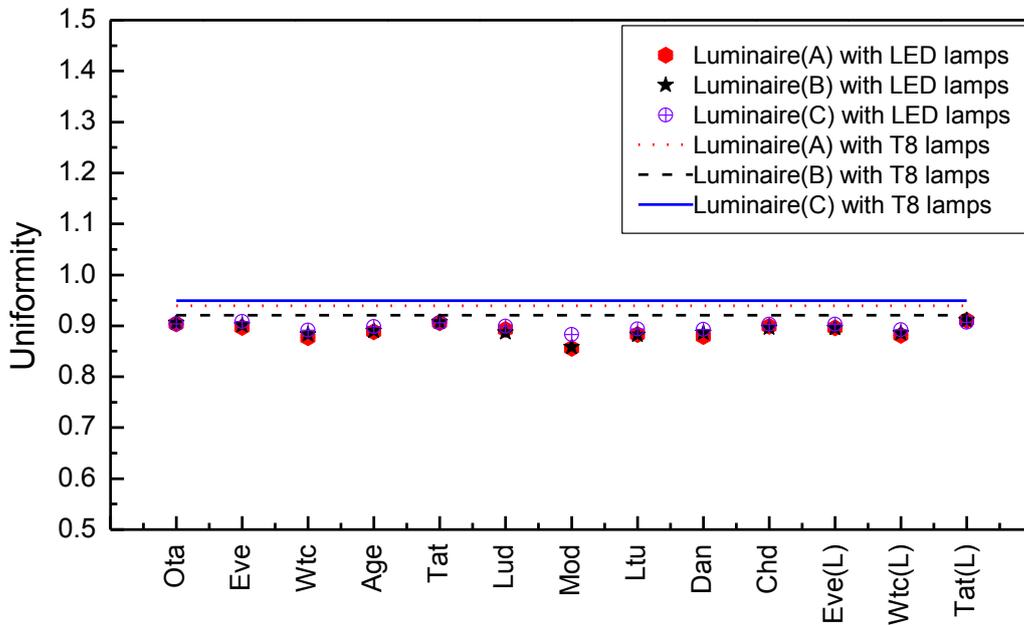


圖 4-3.3 配置不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO01)

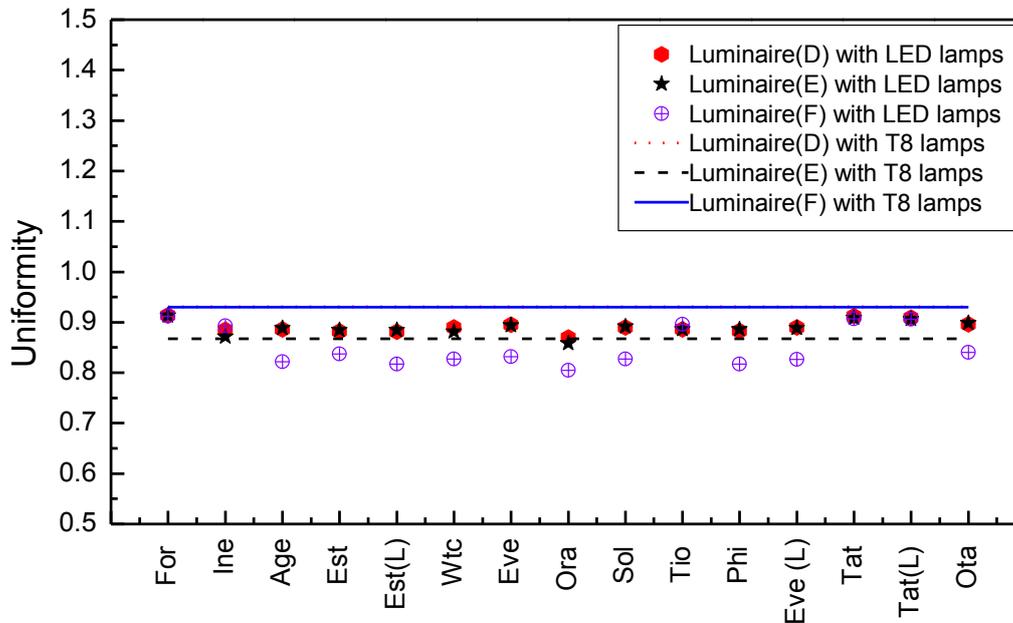


圖 4-3.4 配置不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO01)

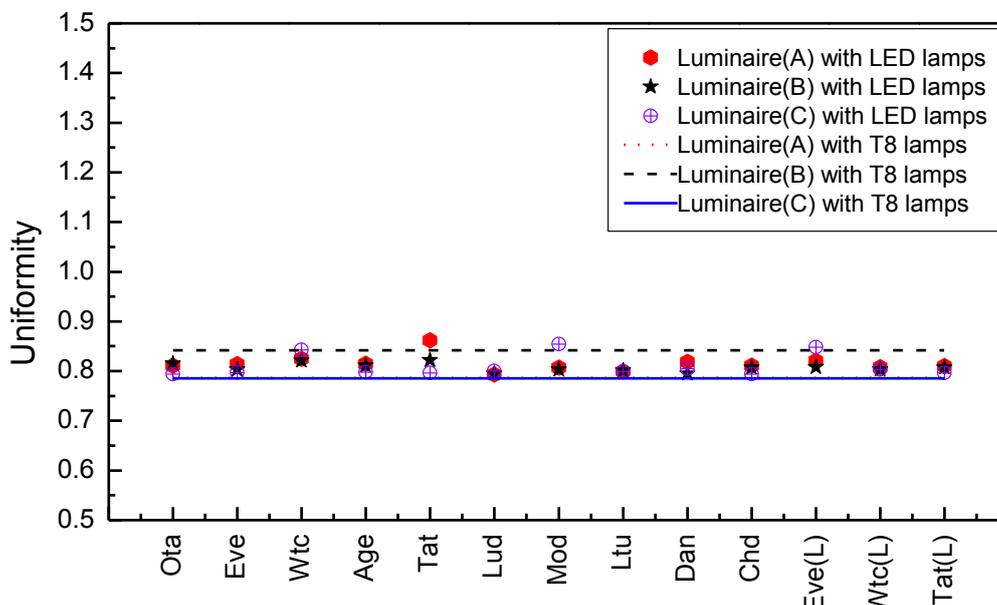


圖 4-3.5 配置不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO02)

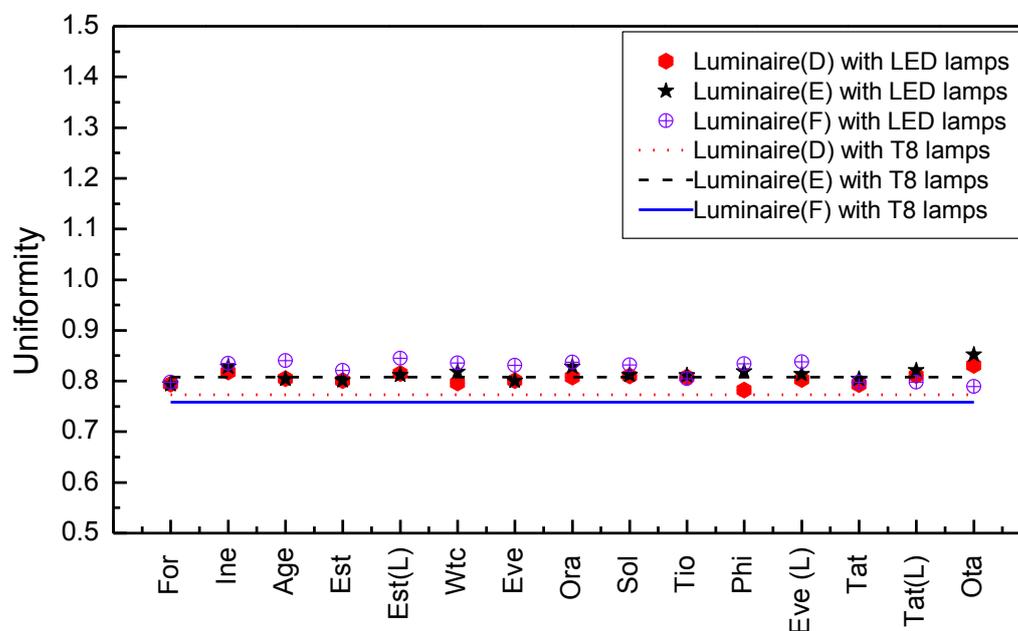


圖 4-3.6 配置不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO02)

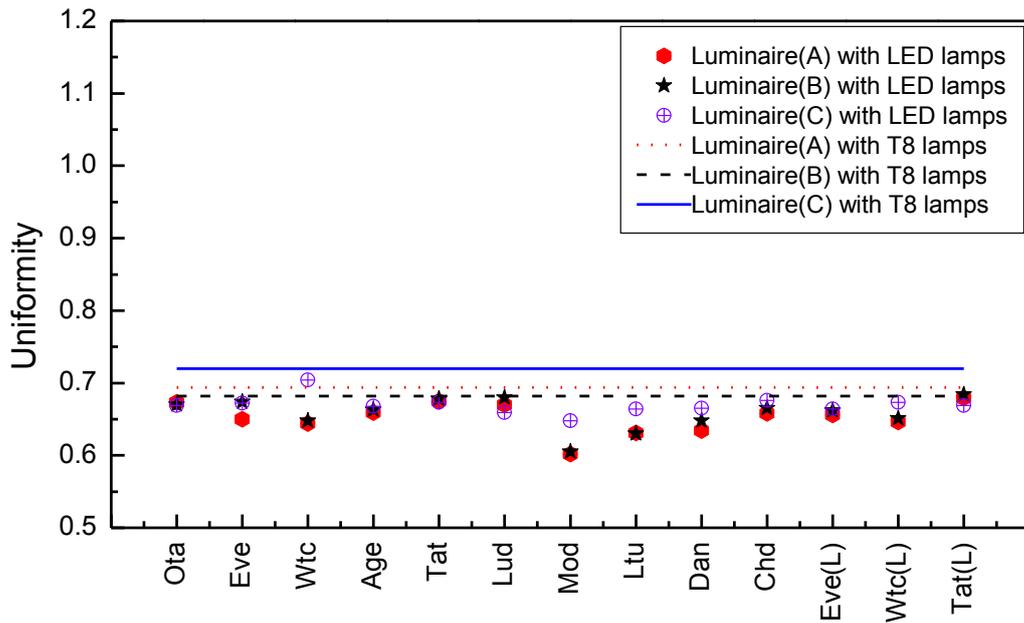


圖 4-3.7 配置不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO03)

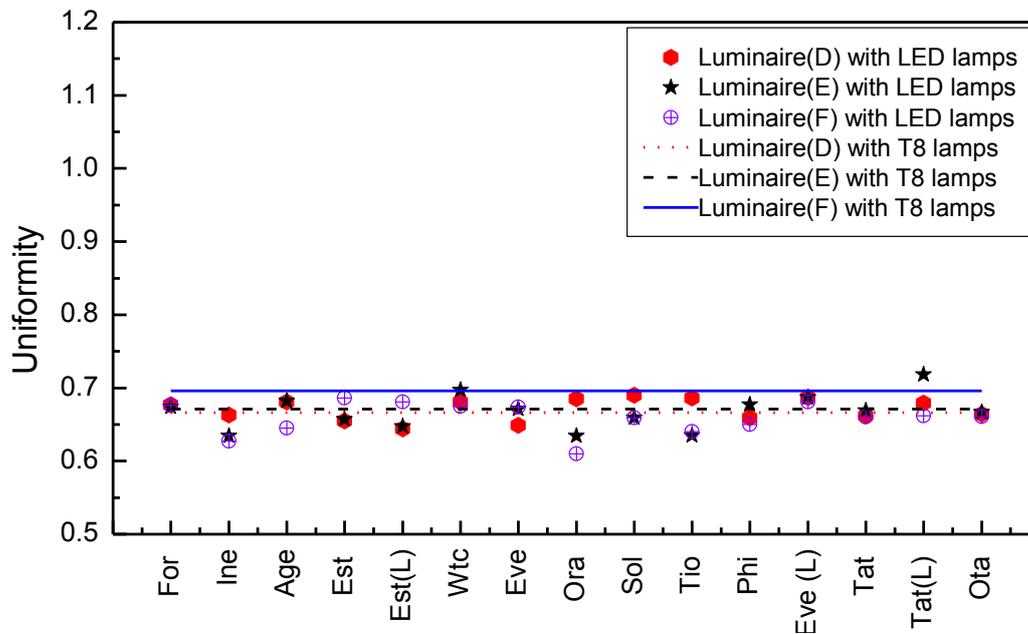


圖 4-3.8 配置不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO03)

(二) 照明功率密度(LPD)及全年耗電量分析

依整體試驗結果來看，本次試驗的 39 件 65 公分以下 LED 樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 $9.00 \text{ W/m}^2 \sim 12.37 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 10.37 W/m^2 ，在模擬空間 NO02 約在 $6.43 \text{ W/m}^2 \sim 8.45 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 7.26 W/m^2 ，在模擬空間 NO03 約在 $5.80 \text{ W/m}^2 \sim 7.84 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 6.64 W/m^2 。

另本次試驗的 45 件 65 公分以上 LED 樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 $7.43 \text{ W/m}^2 \sim 14.25 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 10.25 W/m^2 ，在模擬空間 NO02 約在 $5.64 \text{ W/m}^2 \sim 9.12 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 7.28 W/m^2 ，在模擬空間 NO03 約在 $5.17 \text{ W/m}^2 \sim 8.93 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 6.56 W/m^2 。

而比對之 65 公分以下螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 24.34 W/m^2 、 16.70 W/m^2 及 16.00 W/m^2 ；若安裝某三波長 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 20.03 W/m^2 、 13.77 W/m^2 及 13.15 W/m^2 ；若安裝某 T5 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 15.69 W/m^2 、 11.80 W/m^2 及 10.89 W/m^2 。

另比對之 65 公分以上螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 20.22 W/m^2 、 13.64 W/m^2 及 13.57 W/m^2 ；若安裝某三波長 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 16.84 W/m^2 、 10.65 W/m^2 及 10.64 W/m^2 ；若安裝某 T5 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 15.10 W/m^2 、 10.45 W/m^2 及 9.56 W/m^2 。

透過圖 4-3.9~4-3.14 可以明顯看出在相同目標照度、室內空間材料反射率及照明設備條件下，其整體趨勢均為模擬空間 NO01 之照明功率密度 > 模擬空間 NO02 之照明功率密度 > 模擬空間 NO03 之照

明功率密度，主要囿於燈具發光之光線碰到空間各部面(天花板、牆面、地板及傢俱等)反射或漫射後，會折損部分能量，故在同一目標照度條件下，往往需增設更多燈具，但當室內空間尺寸越來越大時，前揭邊界效應會逐漸遞減。

在全年耗電量部分，本次試驗的 39 件 65 公分以下 LED 樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 369.6 度~ 506.4 度，全體平均值 425.7 度，在模擬空間 NO02 約在 835.2 度~ 1097.6 度，全體平均值 940.9 度，在模擬空間 NO03 約在 3344 度~ 4527.6 度，全體平均值 3825.9 度。

另本次試驗的 45 件 65 公分以上 LED 樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 356 度~ 584 度，全體平均值 420.3 度，在模擬空間 NO02 約在 732 度~ 1180 度，全體平均值 943.6 度，在模擬空間 NO03 約在 2979.2 度~ 5139.2 度，全體平均值 3777.5 度。

而比對之 65 公分以下螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 997.6 度、2162.9 度、9217.6 度；若安裝某三波長 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 821.2 度、1784.3 度、7542.9 度；若安裝某 T5 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 643.9 度、1529.2 度、6279.9 度。

另比對之 65 公分以上螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 829 度、1767.6 度、7817.7 度；若安裝某三波長 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 690.7 度、1381.1 度、6134 度；若安裝某 T5 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 619.3 度、1353.7 度、5506.7 度。本次試驗數據顯示中東及山型 LED 樣本燈具之照明功率密度與全年耗電量明顯優於螢光燈具。

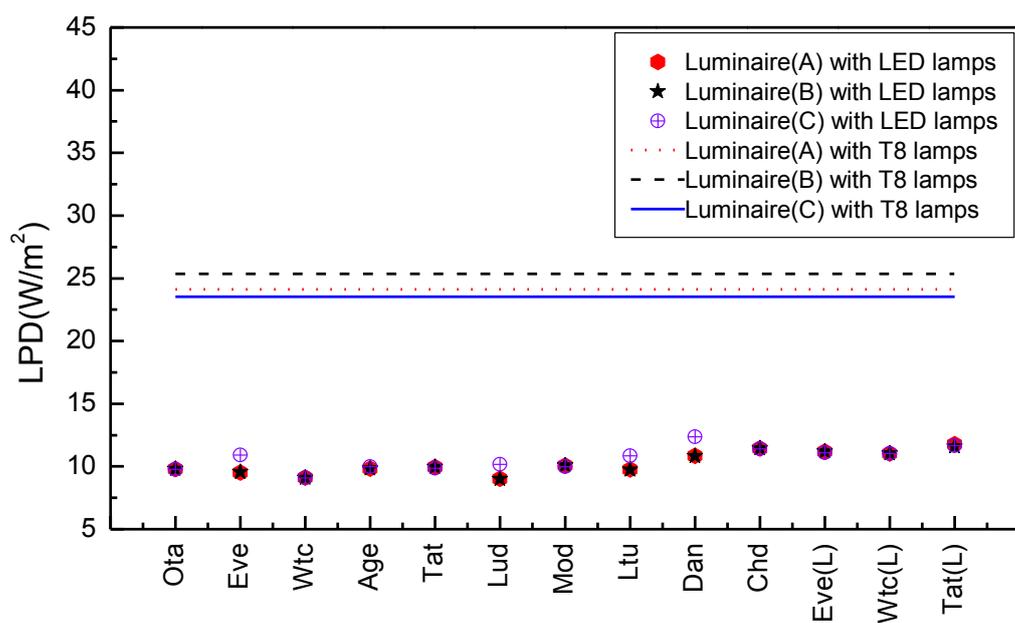


圖 4-3.9 配置不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO01)

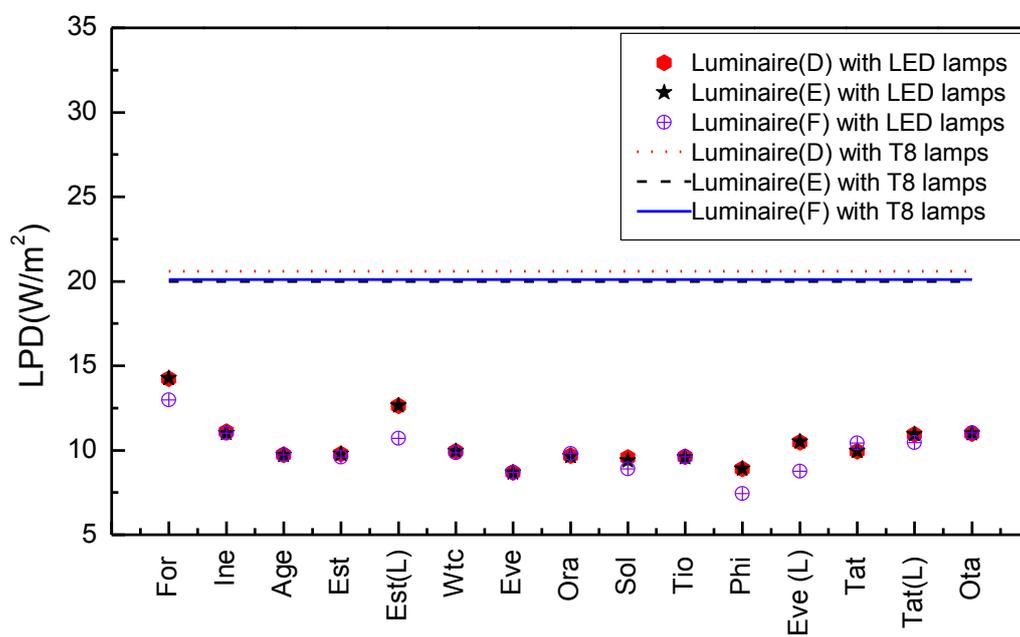


圖 4-3.10 配置不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO01)

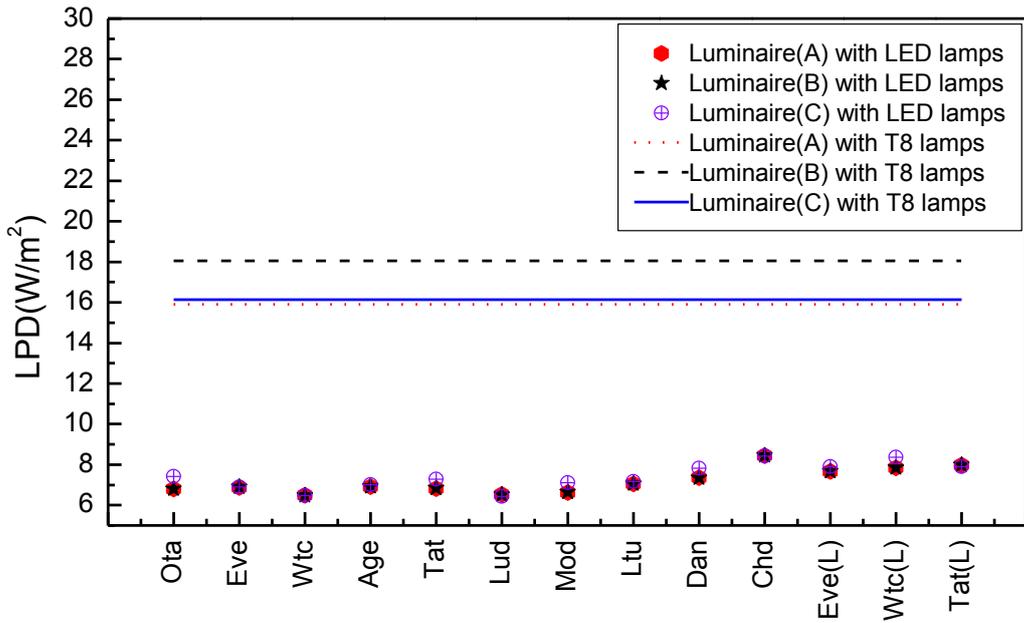


圖 4-3.11 配置不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO02)

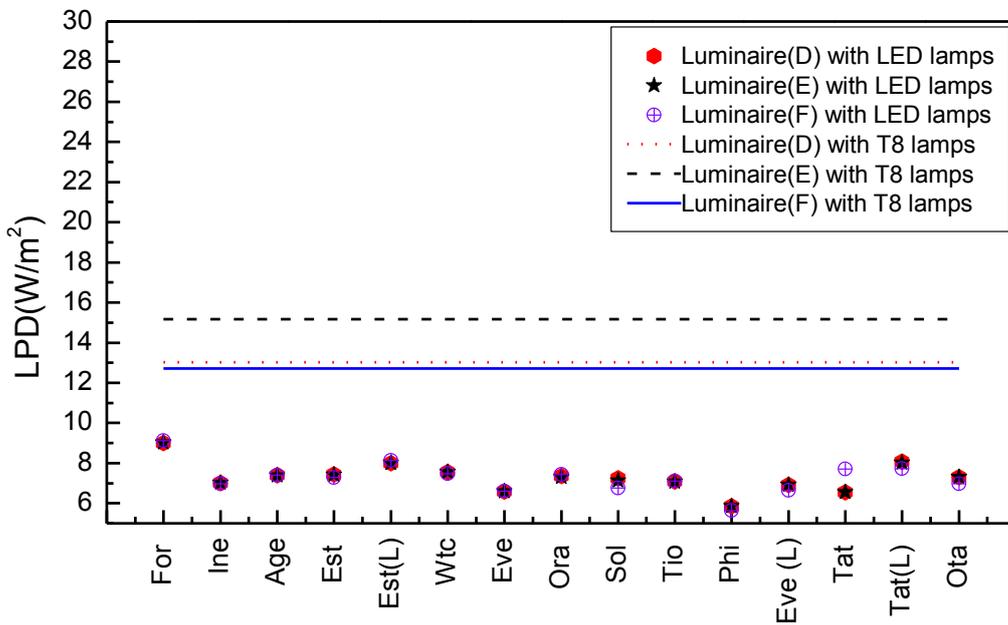


圖 4-3.12 配置不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO02)

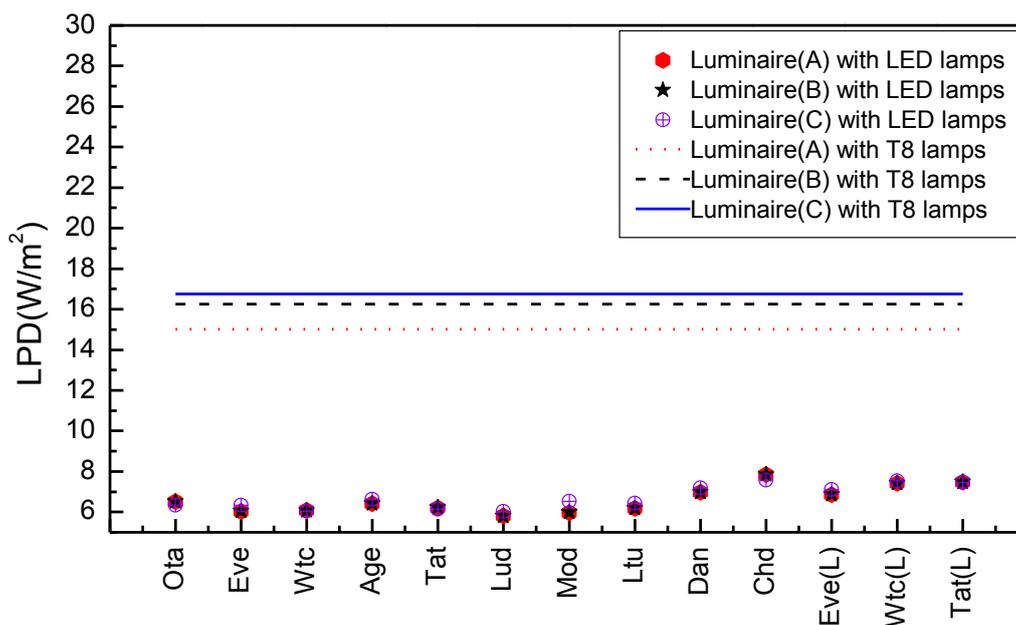


圖 4-3.13 配置不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO03)

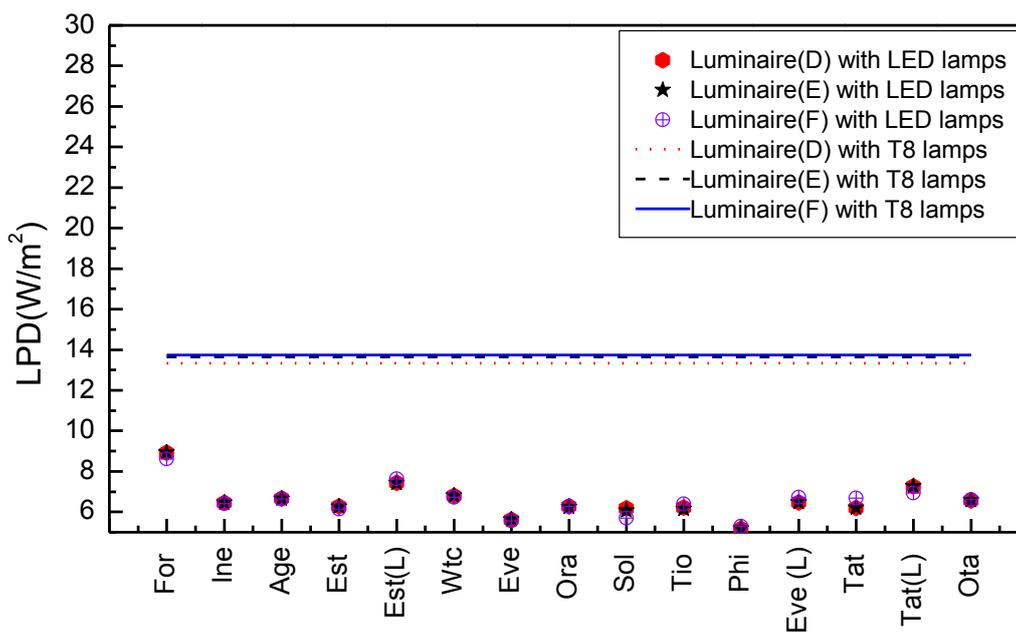


圖 4-3.14 配置不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO03)

(三) 運轉 5 年總成本分析

本研究之運轉 5 年總成本考量包括照明器具費用及電費等 2 部分，其中各燈具(管)之照明器具費用詳列如表 4-1.14 所示，另為方便估算，本研究之流動電費以每度 4 元概算，以每年 2,000 小時點燈（每天用電 8 小時，年用電 250 天）時間計算，並假設運轉 5 年內(約 10,000 小時)LED 燈管安裝後不更換，T5 及 T8 螢光燈管均更換 1 次。

依整體試驗結果來看，本次試驗的 39 件 65 公分以下 LED 樣本燈具產品，其模擬結果運轉 5 年總成本，在空間 NO01 約需 20,600 ~36,204 元，全體平均值 27,285 元，在模擬空間 NO02 約需 46,350 ~77,580 元，全體平均值 60,328 元，在模擬空間 NO03 約需 193,125 ~323,250 元，全體平均值 245,194 元。

另本次試驗的 45 件 65 公分以上 LED 樣本燈具產品，其模擬結果，其模擬結果運轉 5 年總成本，在空間 NO01 約需 15,535 ~28,640 元，全體平均值 20,765 元，在模擬空間 NO02 約需 35,508 ~57,708 元，全體平均值 46,512 元，在模擬空間 NO03 約需 133,155 ~252,032 元，全體平均值 186,387 元。

而比對之 65 公分以下螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 29,836 元、64,666 元及 275,798 元；若安裝某三波長 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 26,208 元、56,937 元及 241,737 元；若安裝某 T5 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 28,739 元、67,704 元及 279,625 元。

另比對之 65 公分以上若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 22,185 元、47,257 元及 211,567 元；若安裝某三波長 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 19,590 元、39,142 元及 173,950 元；若安裝某 T5 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 21,214 元、46,556 元及 189,485 元。

透過圖 4-3.15~4-3.20 明顯看出囿於目前 LED 燈管市售價格仍高於螢光燈管，中東及山型 T5 燈具之價格高於 T8 燈具，無論在空間 NO01、NO02 或 NO03 模擬環境條件下，運轉 5 年總成本計算結果，以安裝三波長 T8 螢光燈管最低，約安裝 LED 燈管之燈具 0.93 倍，若以經濟成本觀點考量的話，目前新設中東或山型 LED 燈具確實非最佳節省方案，但目前國內 100 棟建築物當中，有 97 棟屬舊有建築物，且舊有建築物中仍有一大部分使用安裝 T8 燈管，囿於 T8 燈管與 T5 燈管所搭配之安定器無法流用，故無法直接將原燈具之 T8 燈管更換為 T5 燈管，通常需一併整組汰換，才能發揮效能，故若以環保及節能減碳觀點來看的話，由於目前市售 LED 燈管不需額外汰換 T8 燈管相關附屬配件，可以很輕易的直接取代，的確是舊有照明設備改善可以考量的一個方向，惟更換 LED 燈管前應需重新檢討空間照明環境品質參數，包括照度、均勻度及眩光等，避免過量設計或不足情況發生。

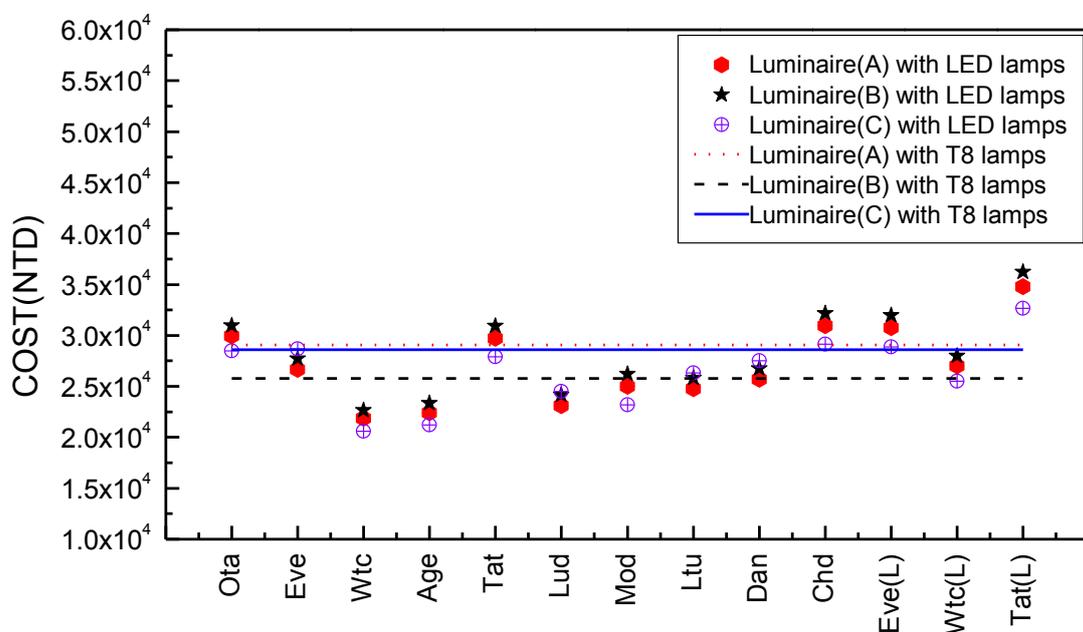


圖 4-3.15 配置不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖
(空間編號 NO01)

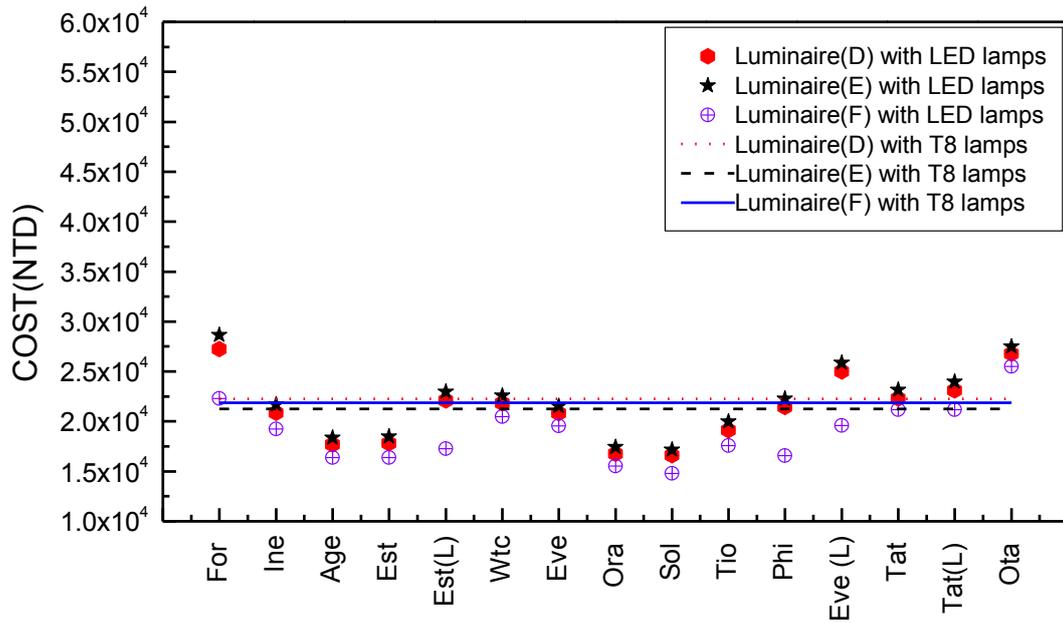


圖 4-3.16 配置不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖
(空間編號 NO01)

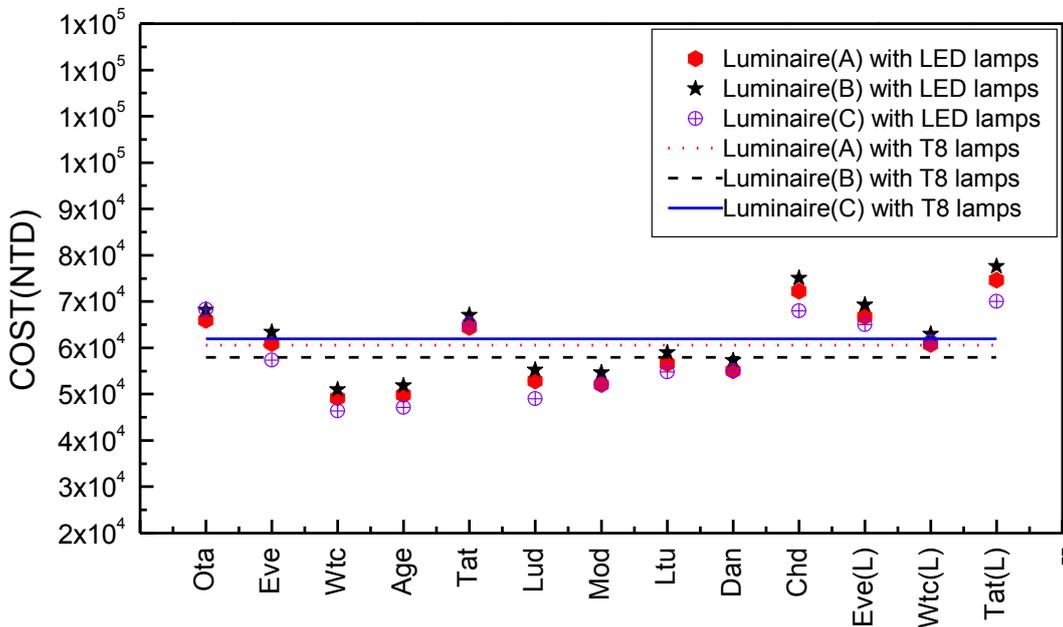


圖 4-3.17 配置不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖
(空間編號 NO02)

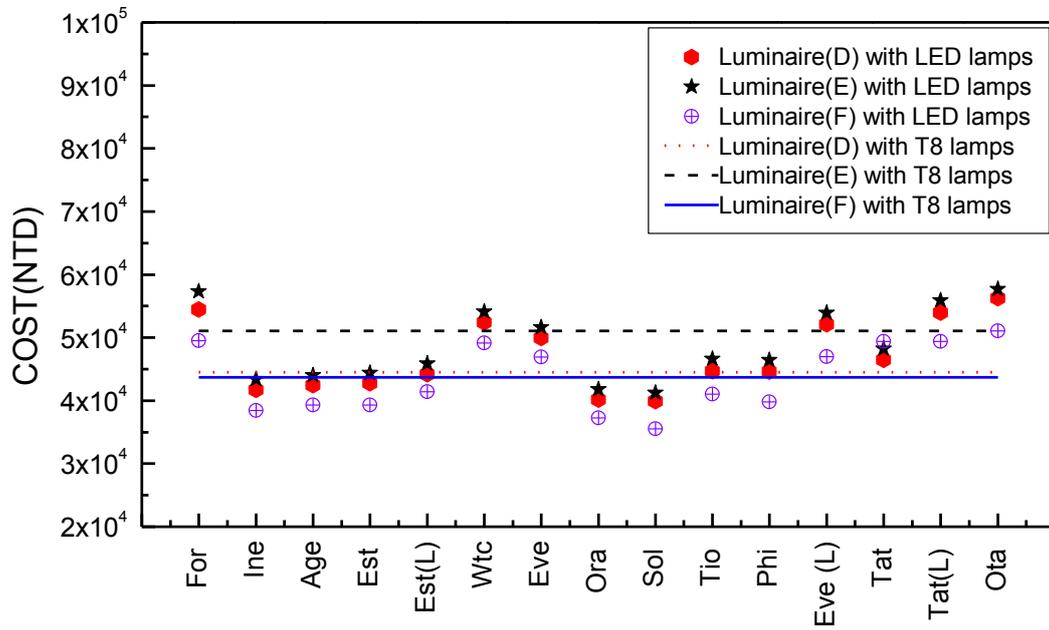


圖 4-3.18 配置不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖 (空間編號 NO02)

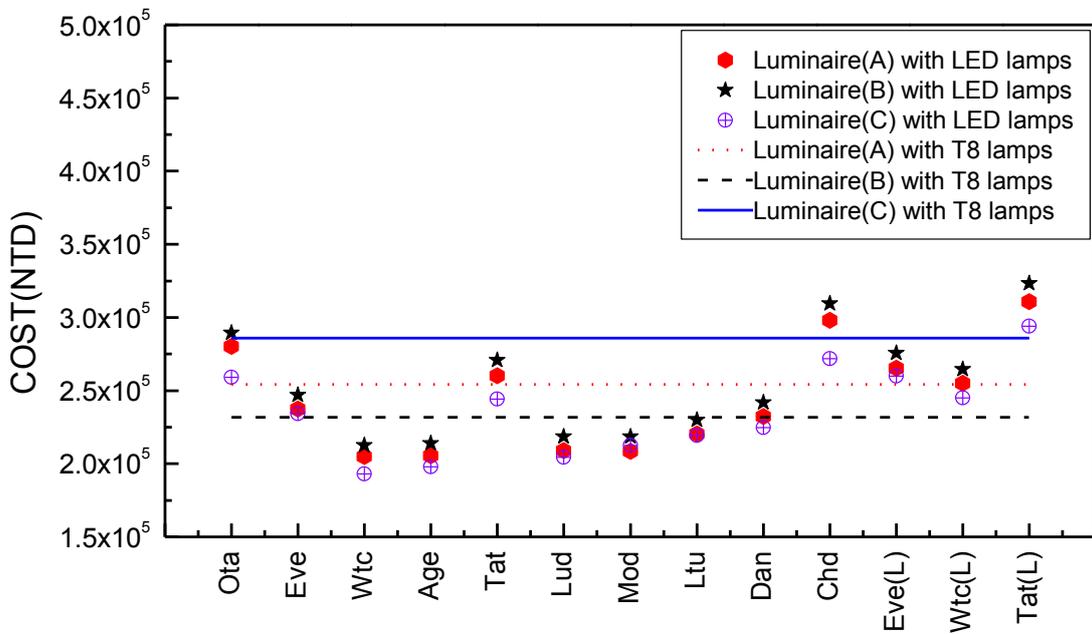


圖 4-3.19 配置不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖 (空間編號 NO03)

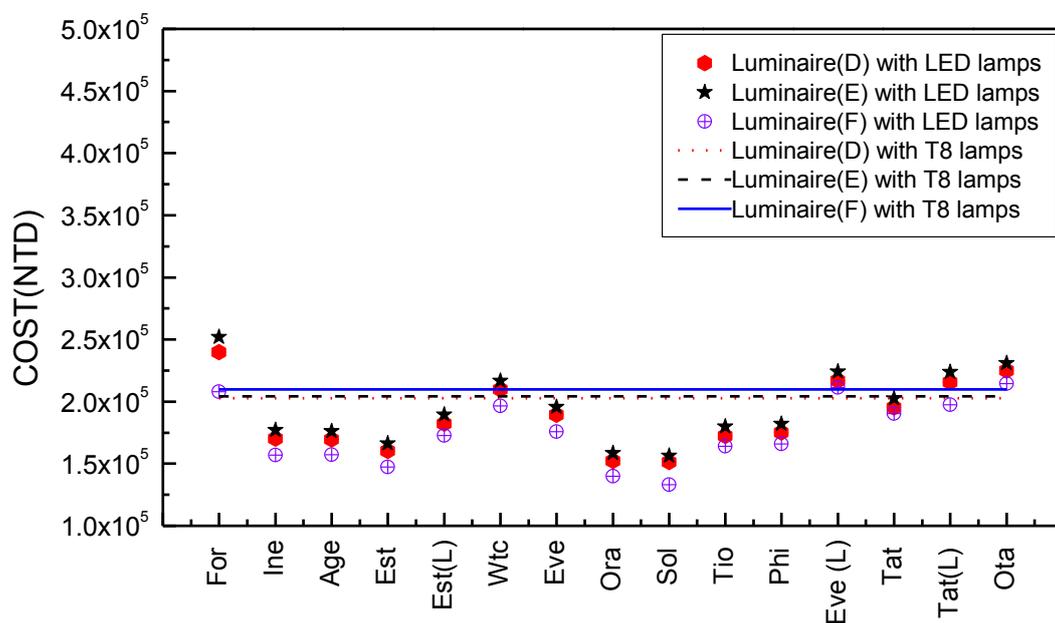


圖 4-3.20 配置不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖
(空間編號 NO03)

第四節 山型及中東型螢光燈具更換 不同類型光源分析

為檢討既有山型及中東型螢光燈具更換不同類型光源，是否會影響空間照明環境品質，因此，以下則分別針對在模擬空間 NO01、NO02 及 NO03 原裝設省電型 T8 20W 螢光燈管之試驗燈具(A)、(B)、(C)，以及原裝設省電型 T8 40W 螢光燈管之試驗燈具(D)、(E)、(F)，在達到目標照度 500 lx 條件下，以不變原燈具數量及位置調整方式，直接更換為不同種類光源(包括三波長 T8、T5、LED 燈管等)，其工作面(最小、平均、最大)照度、均勻度、照明功率密度等之模擬資料結果彙整如附錄(三)所示。

一、65 公分以下山型及中東型燈具模擬結果與分析：

在照度分析部分，原安裝省電型 T8 20W 螢光燈管之試驗燈具(A)、(B)、(C)更換為本次試驗的三波長 T8 樣本燈管產品，在空間 NO01 之平均照度變為 585 lx ~679 lx 之間，全體照度平均值上升約 103 lx；在空間 NO02 之平均照度變為 613 lx ~676 lx 之間，全體照度平均值上升約 118 lx；在空間 NO03 之平均照度變為 613 lx ~641 lx 之間，全體照度平均值上升約 114 lx。

更換為本次試驗的 T5 樣本燈管產品，在空間 NO01 之平均照度變為 608 ~651 lx 之間，全體照度平均值上升約 98 lx；在空間 NO02 之平均照度變為 571 lx ~648 lx 之間，全體照度平均值上升約 63 lx；在空間 NO03 之平均照度變為 574 lx ~636 lx 之間，全體照度平均值上升約 98 lx。

更換為本次試驗的 13 類 LED 樣本燈管產品，在空間 NO01 之平均照度變為 466 ~758 lx 之間，全體照度平均值上升約 60 lx；在空間 NO02 之平均照度變為 441 lx ~743 lx 之間，全體照度平均值上升約

31 lx；在空間 NO03 之平均照度變為 447 lx ~797 lx 之間，全體照度平均值上升約 69 lx。

透過圖 4-4.1 大體上可以亦概略可看出，將試驗燈具(A)、(B)、(C)之省電型 T8 20W 螢光燈管更換為三波長 T8、T5、LED 燈管，各空間工作面之平均照度明顯提高，且上升幅度三波長 T8 > T5 > LED 燈管。

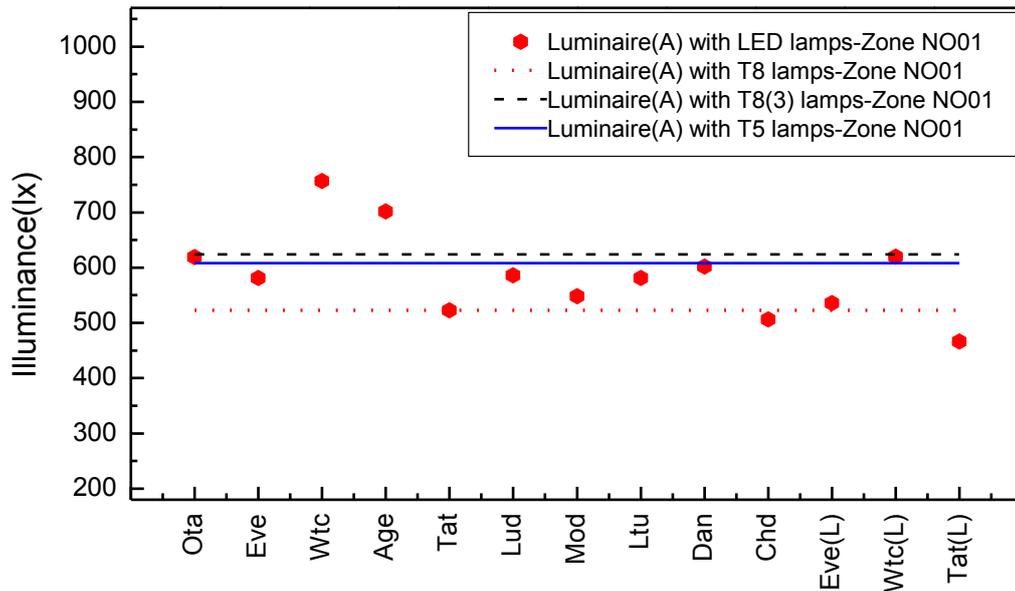


圖 4-4.1 試驗燈具(A)更換為不同種類光源之平均照度分佈圖

在均勻度分析部分，原安裝省電型 T8 20W 螢光燈管之試驗燈具 (A)、(B)、(C)更換為本次試驗的三波長 T8 樣本燈管產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.919 ~0.940 之間，全體均勻度平均值下降約 0.005；在空間 NO02 之均勻度變為 0.779 ~ 0.834 之間，全體均勻度平均值下降約 0.006；在空間 NO03 之均勻度變為 0.672 ~0.709 之間，全體均勻度平均值下降約 0.01。

更換為本次試驗的 T5 樣本燈管產品，在空間 NO01 之均勻度變

為 0.917~0.935 之間，全體均勻度平均值下降約 0.009；在空間 NO02 之均勻度變為 0.795~0.834 之間，全體均勻度平均值上升約 0.007；在空間 NO03 之均勻度變為 0.677~0.696 之間，全體均勻度平均值下降約 0.014。

更換為本次試驗的 13 類 LED 樣本燈管產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.856~0.909 之間，全體均勻度平均值下降約 0.051；在空間 NO02 之均勻度變為 0.792~0.860 之間，全體均勻度平均值下降約 0.021；在空間 NO03 之均勻度變為 0.605~0.707 之間，全體均勻度平均值下降約 0.036。

透過圖 4-4.2 大體上可以亦概略可看出，將試驗燈具(A)、(B)、(C)之省電型 T8 20W 螢光燈管更換為三波長 T8、T5，各空間工作面之均勻度差異不大，而更換為 LED 燈管均勻度明顯略為下降。

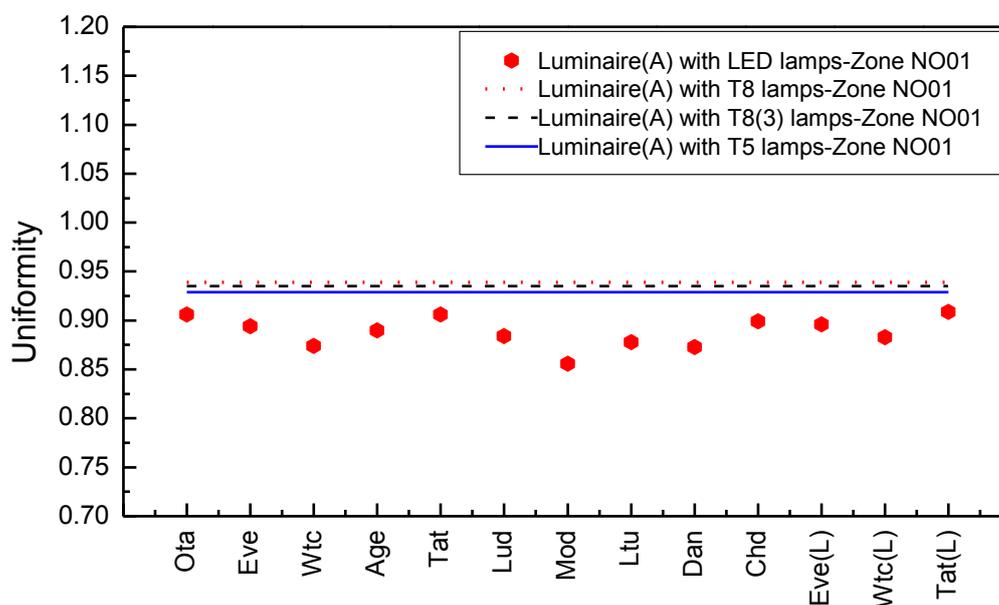


圖 4-4.2 試驗燈具(A)更換為不同種類光源之
均勻度分佈圖

在照明功率密度(LPD)分析部分，原安裝省電型 T8 20W 螢光燈管之試驗燈具(A)、(B)、(C)更換為本次試驗的三波長 T8 樣本燈管產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 24.05~25.86 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值上升約 0.56 W/m²；在空間 NO02 之照明功率密度變為 16.33~18.41 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值上升約 0.38 W/m²；在空間 NO03 之照明功率密度變為 15.44~17.12 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值上升約 0.37 W/m²。

更換為本次試驗的 T5 樣本燈管產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 18.83~20.01 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 4.88 W/m²；在空間 NO02 之照明功率密度變為 12.88~13.71 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 3.36 W/m²；在空間 NO03 之照明功率密度變為 12.06~14.24 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 3.18 W/m²。

換為本次試驗的 13 類 LED 樣本燈管產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 9.86~13.64 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 12.88 W/m²；在空間 NO02 之照明功率密度變為 6.56~9.68 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 8.84 W/m²；在空間 NO03 之照明功率密度變為 6.20~9.71 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 8.46 W/m²。

透過圖 4-4.3 大體上可以概略看出，將試驗燈具(A)、(B)、(C)之省電型 T8 20W 螢光燈管更換為三波長 T8、T5、LED 燈管，各空間之照明功率密度趨勢，三波長 T8 > 省電型 T8 > T5 > LED 燈管。

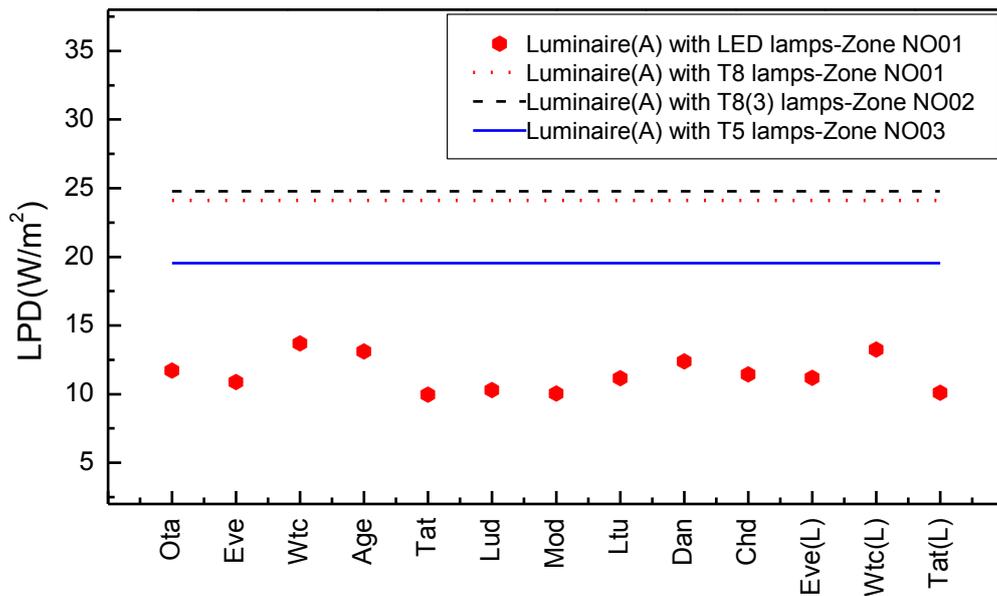


圖 4-4.3 試驗燈具(A)更換為不同種類光源之
照明功率密度分佈圖

二、65 公分以上山型及中東型燈具模擬結果與分析：

在照度分析部分，原安裝省電型 T8 40W 螢光燈管之試驗燈具(D)、(E)、(F)更換為本次試驗的三波長 T8 樣本燈管產品，在空間 NO01 之平均照度變為 546 lx ~ 715 lx 之間，全體照度平均值上升約 103 lx；在空間 NO02 之平均照度變為 627 lx ~ 718 lx 之間，全體照度平均值上升約 133 lx；在空間 NO03 之平均照度變為 644 lx ~ 670 lx 之間，全體照度平均值上升約 132 lx。

更換為本次試驗的 T5 樣本燈管產品，在空間 NO01 之平均照度變為 591 ~ 630 lx 之間，全體照度平均值上升約 61 lx；在空間 NO02 之平均照度變為 483 lx ~ 619 lx 之間，全體照度平均值上升約 9 lx；在空間 NO03 之平均照度變為 566 lx ~ 595 lx 之間，全體照度平均值上升約 53 lx。

更換為本次試驗的 15 類 LED 樣本燈管產品，在空間 NO01 之平均照度變為 295 ~ 607 lx 之間，全體照度平均值下降約 43 lx；在空間

NO02 之平均照度變為 261 lx ~ 610 lx 之間，全體照度平均值下降約 73 lx；在空間 NO03 之平均照度變為 282 lx ~ 571 lx 之間，全體照度平均值下降約 44 lx。

透過圖 4-4.4 大體上可以亦概略可看出，將試驗燈具(D)、(E)、(F)之省電型 T8 40W 螢光燈管更換為三波長 T8、T5 燈管，各空間工作面之平均照度明顯提高，且上升幅度三波長 T8 > T5；但更換為 LED 燈管，各空間工作面之平均照度明顯下降。

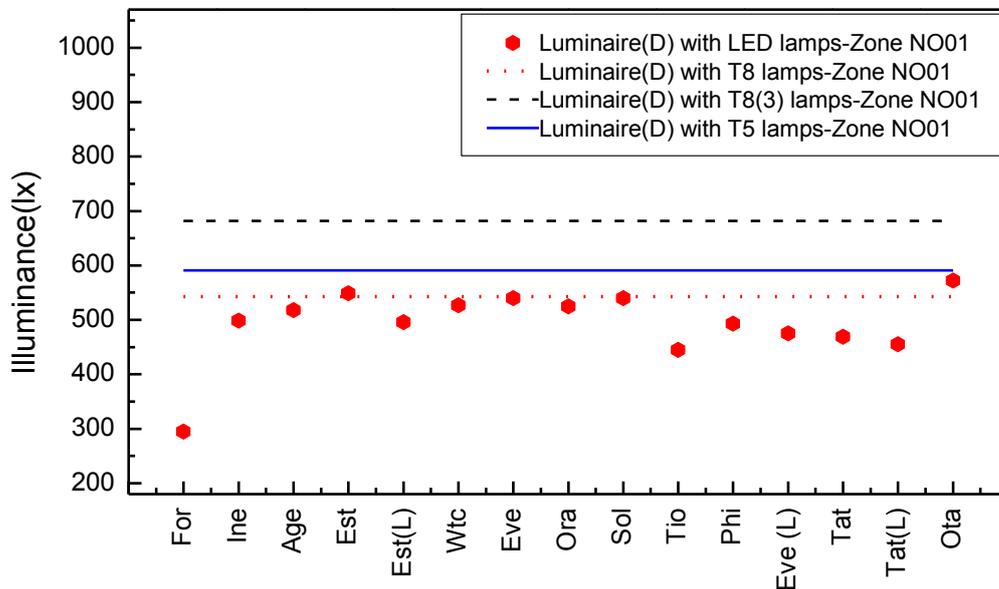


圖 4-4.4 試驗燈具(D)更換為不同種類光源之平均照度分佈圖

在均勻度分析部分，原安裝省電型 T8 40W 螢光燈管之試驗燈具(D)、(E)、(F)更換為本次試驗的三波長 T8 樣本燈管產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.868 ~ 0.930 之間，全體均勻度平均值下降約 0.0003；在空間 NO02 之均勻度變為 0.758 ~ 0.809 之間，全體均勻度平均值上升約 0.001；在空間 NO03 之均勻度變為 0.665 ~ 0.699 之間，全體均勻度平均值下降約 0.006。

更換為本次試驗的 T5 樣本燈管產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.859~0.929 之間，全體均勻度平均值下降約 0.005；在空間 NO02 之均勻度變為 0.792~0.826 之間，全體均勻度平均值上升約 0.03；在空間 NO03 之均勻度變為 0.671~0.673 之間，全體均勻度平均值下降約 0.006。

更換為本次試驗的 15 類 LED 樣本燈管產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.805~0.910 之間，全體均勻度平均值下降約 0.04；在空間 NO02 之均勻度變為 0.787~0.845 之間，全體均勻度平均值上升約 0.03；在空間 NO03 之均勻度變為 0.634~0.707 之間，全體均勻度平均值下降約 0.01。

透過圖 4-4.5 大體上可以亦概略可看出，將試驗燈具(D)、(E)、(F)之省電型 T8 40W 螢光燈管更換為三波長 T8、T5，各空間工作面之均勻度差異不大，而更換為 LED 燈管均勻度明顯略為下降。

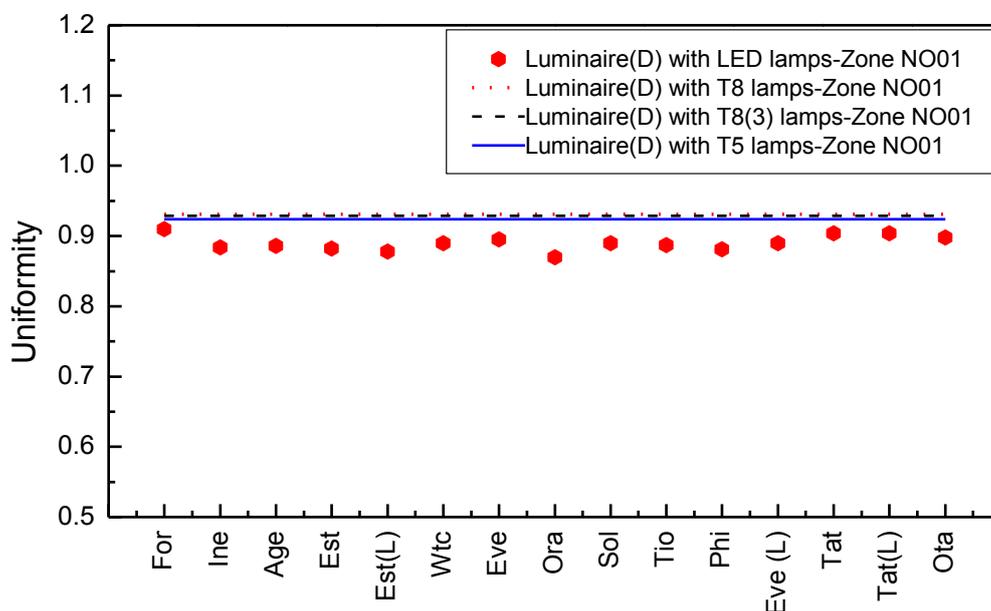


圖 4-4.5 試驗燈具(D)更換為不同種類光源之
均勻度分佈圖

在照明功率密度(LPD)分析部分，原安裝省電型 T8 40W 螢光燈

管之試驗燈具(D)、(E)、(F)更換為本次試驗的三波長 T8 樣本燈管產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 20.02~20.53 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 0.01 W/m²；在空間 NO02 之照明功率密度變為 12.71~ 15.20 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 0.003 W/m²；在空間 NO03 之照明功率密度變為 13.30~ 13.72 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 0.003。

更換為本次試驗的 T5 樣本燈管產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 15.03~ 16.82 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 4.00 W/m²；在空間 NO02 之照明功率密度變為 10.65~ 11.41 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 2.73 W/m²；在空間 NO03 之照明功率密度變為 10.27~ 11.50 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 2.68 W/m²。

換為本次試驗的 15 類 LED 樣本燈管產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 7.12~ 11.03 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 11.12 W/m²；在空間 NO02 之照明功率密度變為 4.50~ 8.38 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 7.49 W/m²；在空間 NO03 之照明功率密度變為 4.61~ 7.54 W/m² 之間，全體照明功率密度平均值下降約 7.46 W/m²。

透過圖 4-4.6 大體上可以概略看出，將試驗燈具(D)、(E)、(F)之省電型 T8 20W 螢光燈管更換為三波長 T8、T5、LED 燈管，各空間之照明功率密度趨勢，三波長 T8 > 省電型 T8 > T5 > LED 燈管。

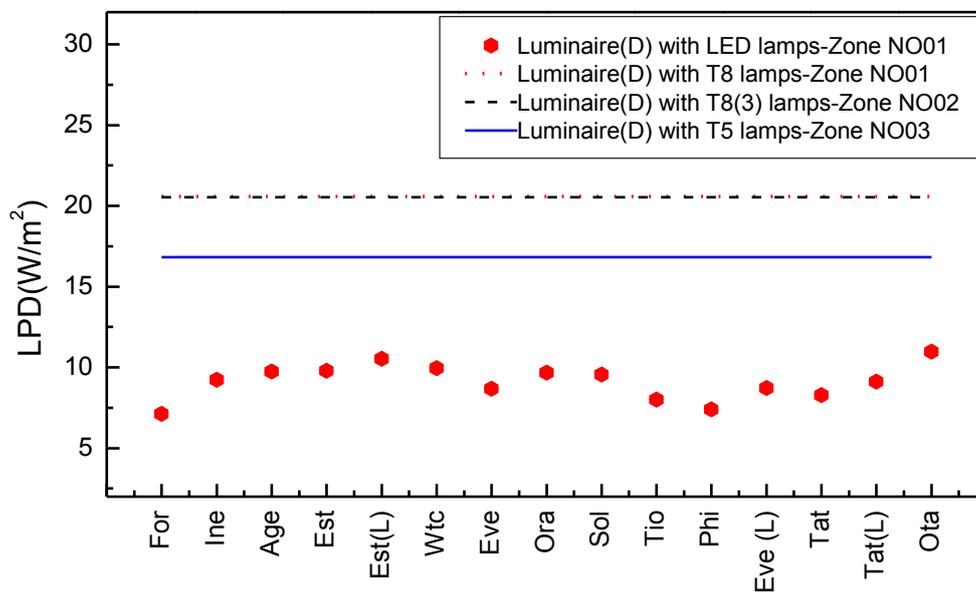


圖 4-4.6 試驗燈具(D)更換為不同種類光源之
照明功率密度分佈圖

第五節 討論與小結

本計畫依據挑選的試驗樣本及 DIALux 模擬結果分析，討論摘錄如後。

一、燈具效率(LOR) 及能源效率：

燈具效率(LOR)為燈具發出之光通量與內含光源所發出光通量比值，一般用來評判燈具轉換光學效率優劣之主要參考指標，針對本次研究收集 39 件 65 公分以下燈具產品，其燈具效率約在 93%~100%之間，平均值為 96.54%，45 件 65 公分以上燈具產品，其燈具效率約在 94%~100%之間，平均值為 97.27%，且由測試樣本實際測試配光曲線圖可以發現，不同公司可能因光學設計技術差異有些許不同，但基本上 LED 燈管直接安裝於燈具下方試驗燈具(A)、(B)、(D)及(E)之光型，均與前期研究所蒐集 LED 燈管產品類似，均接近朗伯特(Lambertian)向下出光。

此外，本次所選取 39 件 65 公分以下燈具樣本，其能源效率約在 74~96 lm/W 之間，平均值為 85.5 lm/W，45 件 65 公分以上燈具產品，其能源效率約在 71~106 lm/W 之間，平均值為 86.5 lm/W，本研究依燈具之種類及使用燈管數目進行分類，能源效率評析結果彙整如表 4-5.1。

表 4-5.1 中東及山型 LED 燈具能源效率評析結果

燈具名稱	種類	長邊尺寸 (cm)	能源效率分佈 及平均值(lm/W)	整體 排序
試驗燈具 (A)	中東	60	74.46~95.13 (85.50)	5
試驗燈具 (B)	山型	60	74.41~95.08 (85.71)	4

試驗燈具 (C)	山型	60	75.71~94.08 (85.24)	6
試驗燈具 (D)	中東	120	71.18~105.83 (86.77)	2
試驗燈具 (E)	山型	120	71.02~104.96 (86.40)	3
試驗燈具 (F)	山型	120	71.03~105.73 (86.38)	1

(資料來源：本研究整理)

另本次所選取 39 件 65 公分以下燈具樣本中有 18 件約 46%，取 45 件 65 公分以上燈具樣本中有 23 件約 51% 之能源效率達到經濟部能源局 2013 年公告修訂實施之「室內照明燈具節能標章能效基準」。

二、功率因數

功率因數是交流電力系統中特有的物理量，是一負載所消耗的實功率 (real power) 與其視在功率 (apparent power) 的比值，在照明系統中，若負載的功率因數較低，則負載要產生相同功率輸出時所需要的電流就會提高，而當電流提高時，電路系統的能量損失相對就增加，造成無形電力浪費。目前 CNS 927-2006「螢光燈管用安定器」及 CNS 13755-2006「螢光燈管用交流電子式安定器」規定安定器之功率因數分別需達 0.9 及 0.95 以上，而本次所選取的 39 件 65 公分以下中東及山型 LED 燈具產品，其功率因數實測值約在 0.552~0.987 之間，全體平均值約為 0.758，另 45 件 65 公分以上中東及山型 LED 燈具產品，其功率因數實測值約在 0.487~0.993 之間，全體平均值約為 0.793，功率因數評析結果彙整如表 4-5.2。

表 4-5.2 中東及山型 LED 燈具功率因數評析結果

燈具名稱	種類	長邊尺寸 (cm)	功率因數 及平均值	整體 排序
試驗燈具 (A)	中東	60	0.552~0.984 (0.755)	5
試驗燈具 (B)	山型	60	0.557~0.983 (0.752)	6
試驗燈具 (C)	山型	60	0.559~0.987 (0.766)	4
試驗燈具 (D)	中東	120	0.487~0.993 (0.770)	3
試驗燈具 (E)	山型	120	0.497~0.993 (0.772)	2
試驗燈具 (F)	山型	120	0.522~0.993 (0.837)	1

(資料來源：本研究整理)

三、燈具眩光指數分析：

控制眩光可以減少眼睛不舒適或避免降低視覺能力，故為另一項照明重要評價指標，目前 CNS12112-2012 建議燈具之不舒適眩光等級可以用 CIE 統一眩光指數(UGR)評價，針對本次研究的 39 件 65 公分以下中東及山型 LED 燈具產品，其眩光指數依 2013 年公告實施之「室內照明燈具節能標章能效基準」之試驗條件（天花板反射係數為 0.5，牆面反射係數為 0.5，地面反射係數為 0.2，以及室內環境模擬係數為長度 4H、寬度 3H(H 為高度)）量測，其眩光指數在平行燈管方向約在 17.1~19.5 之間，平均值約為 18.36，在垂直燈管方向約在 19.2~21.1 之間，

平均值約為 19.86。

另 45 件 65 公分以上中東及山型 LED 燈具產品，其眩光指數在平行燈管方向約在 16~19.3 之間，平均值約為 18.35，在垂直燈管方向約在 18.2~20.7 之間，平均值約為 19.87。

另從統計資料顯示，中東及山型 LED 燈具之眩光指數與其光通量及峰值光強度，具有極高相關性，可利用本研究實測相關性迴歸公式，作為燈具眩光簡易評估的基準。

四、照明均勻度分析：

均勻度是空間照度最小值與平均值間的比值。照度應當是漸變的，應盡可能均勻地照亮作業區，以免影響視覺舒適，CNS 12112-2012「室內工作場所照明標準」建議工作面照度均勻度不應小於 0.7，針對本次研究的 39 件 65 公分以下中東及山型 LED 燈具產品，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，模擬空間 NO01 之均勻度平均值約為 0.893，模擬空間 NO02 之均勻度平均值約為 0.811，上開數據均符合 CNS 12112-2012 均勻度之規定，而模擬空間 NO03 之均勻度平均值約為 0.660，39 件中東及山型 LED 燈具樣本中有 38 件之均勻度無法達到 0.7，主要在較小 NO01、NO02 室內空間中，由於燈具發光之光線可透過空間各部面(天花板、牆面、地板及傢俱等)之反射或漫射，提高均勻度照明效果，而在較大室內空間，則前揭邊界效應遞減，均勻度主要受 T-BAR LED 燈具光型支配，而比對 9 件螢光樣本燈具產品，在空間 NO01、NO02、NO03 之平均值分別為 0.929、0.790 及 0.689。

另 45 件 65 公分以上中東及山型 LED 燈具產品，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，模擬空間 NO01 之均勻度平均值約為 0.877，模擬空間 NO02 之均勻度平均值約為 0.814，模擬空間 NO03 之均勻度平均值約為 0.666，而比對 9 件螢光樣本燈具產品，在空間 NO01、NO02、NO03 之平均值分別為 0.913、0.784

及 0.671。

顯見目前中東及山型 LED 燈具在照明均勻度部分與一般螢光燈具相當，在燈具形狀因子分析部分，均勻度評析結果彙整如表 4-5.3 所示，其中試驗燈具(A)、(B) 及(C)之長邊尺寸為 60 cm，試驗燈具(D)、(E) 及(F)之長邊尺寸為 120 cm。

表 4-5.3 中東及山型 LED 燈具均勻度評析結果

燈具名稱	種類	空間	均勻度分佈及平均值	整體平均)
試驗燈具 (A)	中東	NO01	0.856~0.911 (0.890)	0.786
		NO02	0.793~0.862 (0.815)	
		NO03	0.602~0.679 (0.652)	
試驗燈具 (B)	山型	NO01	0.882~0.911 (0.891)	0.789
		NO02	0.795~0.822 (0.807)	
		NO03	0.605~0.684 (0.658)	
試驗燈具 (C)	山型	NO01	0.883~0.908 (0.899)	0.793
		NO02	0.794~0.854 (0.810)	
		NO03	0.648~0.704 (0.669)	
試驗燈具 (D)	中東	NO01	0.870~0.914 (0.891)	0.788
		NO02	0.782~0.831 (0.805)	
		NO03	0.644~0.687 (0.671)	
試驗燈具 (E)	山型	NO01	0.858~0.913 (0.889)	0.790
		NO02	0.793~0.852 (0.814)	
		NO03	0.634~0.781 (0.667)	
試驗燈具 (F)	山型	NO01	0.805~0.912 (0.851)	0.777
		NO02	0.789~0.845 (0.822)	
		NO03	0.610~0.686 (0.659)	

(資料來源：本研究整理)

四、照明功率密度(LPD)分析

照明功率密度是單位面積之照明器具所消耗的電力功率，單位為 W/m^2 ，為目前評估與管制建築照明耗能之簡單有效方法，以我國「綠建築解說與評估手冊」-2009 版對辦公室空間管制為例，照明功率密度基準為 $15W/m^2$ ，而美國對照明功率密度基準更為嚴格，目前 ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2010 對辦公室空間管制之照明功率密度基準為 $9W/m^2$ 。

針對本次研究的 39 件 65 公分以下中東及山型 LED 燈具產品，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，模擬空間 NO01 之照明功率密度平均值約為 $10.37 W/m^2$ ，模擬空間 NO02 之平均值約為 $7.26 W/m^2$ ，模擬空間 NO03 之平均值約為 $6.64 W/m^2$ 。而比對之螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 $24.34 W/m^2$ 、 $16.70 W/m^2$ 及 $16.00 W/m^2$ ；若安裝某三波長 T8 螢光燈管則平均值分別為 $20.03 W/m^2$ 、 $13.77 W/m^2$ 及 $13.15 W/m^2$ ；若安裝某 T5 螢光燈管則平均值分別為 $15.69 W/m^2$ 、 $11.80 W/m^2$ 及 $10.89 W/m^2$ 。

另本次試驗的 45 件 65 公分以上中東及山型 LED 燈具產品，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，模擬空間 NO01 之照明功率密度平均值約為 $10.25 W/m^2$ ，模擬空間 NO02 之平均值約為 $7.28 W/m^2$ ，模擬空間 NO03 之平均值約為 $6.56 W/m^2$ 。而比對之螢光燈具若安裝某省電型 T8 螢光燈管在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 $20.22 W/m^2$ 、 $13.64 W/m^2$ 及 $13.57 W/m^2$ ；若安裝某三波長 T8 螢光燈管則平均值分別為 $16.84 W/m^2$ 、 $10.65 W/m^2$ 及 $10.64 W/m^2$ ；若安裝某 T5 螢光燈管則平均值分別為 $15.10 W/m^2$ 、 $10.45 W/m^2$ 及 $9.56 W/m^2$ 。

本次試驗數據顯示中東及山型 LED 樣本燈具之照明功率密度明顯優於螢光燈具，照明功率密度評析結果彙整如表 4-5.4。

表 4-5.4 中東及山型 LED 燈具照明功率密度評析結果

燈具名稱	種類	空間	照明功率密度分佈及平均值(W/m ²)	整體平均(排序)
試驗燈具 (A)	中東	NO01	9.02~11.77 (10.25)	8.01 (3)
		NO02	6.53~8.45 (7.19)	
		NO03	5.81~7.84 (6.60)	
試驗燈具 (B)	山型	NO01	9.00~11.60 (10.24)	8.00 (2)
		NO02	6.47~8.45 (7.18)	
		NO03	5.80~7.84 (6.60)	
試驗燈具 (C)	山型	NO01	9.07~12.3 (10.63)	8.25 (6)
		NO02	6.43~8.42 (7.40)	
		NO03	6.03~7.58 (6.72)	
試驗燈具 (D)	中東	NO01	8.68~14.23 (10.42)	8.09 (5)
		NO02	5.86~9.01 (7.29)	
		NO03	5.17~8.92 (6.57)	
試驗燈具 (E)	山型	NO01	8.67~14.25 (10.39)	8.07 (4)
		NO02	5.86~9.02 (7.27)	
		NO03	5.17~8.93(6.55)	
試驗燈具 (F)	山型	NO01	7.43~12.97 (9.93)	7.58 (1)
		NO02	5.64~9.12 (7.26)	
		NO03	5.29~8.62 (5.56)	

(資料來源：本研究整理)

五、運轉 5 年總成本分析

針對本次研究的 39 件 65 公分以下中東及山型 LED 燈具產品，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，模擬結果運轉 5 年總成本（含照明器具費用及電費），彙整如表 4-5.5~4-5.7。

表 4-5.5 中東及山型燈具運轉 5 年總成本評析結果(空間 NO01)

燈具名稱	燈具種類	燈源	運轉 5 年總成本 平均值(元)	最佳方案
試驗燈具 (A)	中東	LED	27,133	
		省電型 T8	29,736	
		三波長 T8	27,140	
		T5	32,500	
試驗燈具 (B)	山型	LED	28,217	
		省電型 T8	29,256	
		三波長 T8	26,580	
		T5	31,820	
試驗燈具 (C)	山型	LED	26,504	
		省電型 T8	30,516	
		三波長 T8	24,903	
		T5	21,897	
試驗燈具 (D)	中東	LED	21,302	
		省電型 T8	22,650	
		三波長 T8	19,144	
		T5	22,473	
試驗燈具 (E)	山型	LED	22,096	
		省電型 T8	22,250	
		三波長 T8	21,213	
		T5	22,023	
試驗燈具 (F)	山型	LED	18,897	
		省電型 T8	21,655	
		三波長 T8	18,412	*
		T5	19,145	

表 4-5.6 中東及山型燈具運轉 5 年總成本評析結果(空間 NO02)

燈具名稱	燈具種類	燈源	運轉 5 年總成本 平均值(元)	最佳方案
試驗燈具 (A)	中東	LED	60,083	
		省電型 T8	61,950	
		三波長 T8	56,994	
		T5	73,125	
試驗燈具 (B)	山型	LED	62,483	
		省電型 T8	63,388	
		三波長 T8	58,476	
		T5	71,595	
試驗燈具 (C)	山型	LED	58,419	
		省電型 T8	68,661	
		三波長 T8	55,340	
		T5	58,392	
試驗燈具 (D)	中東	LED	47,080	
		省電型 T8	45,300	
		三波長 T8	38,288	
		T5	52,437	
試驗燈具 (E)	山型	LED	48,827	
		省電型 T8	44,500	
		三波長 T8	37,712	*
		T5	48,940	
試驗燈具 (F)	山型	LED	43,629	
		省電型 T8	51,972	
		三波長 T8	41,427	
		T5	38,290	

表 4-5.7 中東及山型燈具運轉 5 年總成本評析結果(空間 NO03)

燈具名稱	燈具種類	燈源	運轉 5 年總成本 平均值(元)	最佳方案
試驗燈具 (A)	中東	LED	245,216	
		省電型 T8	260,190	
		三波長 T8	244,260	
		T5	312,000	
試驗燈具 (B)	山型	LED	254,996	
		省電型 T8	292,560	
		三波長 T8	248,523	
		T5	305,472	
試驗燈具 (C)	山型	LED	235,371	
		省電型 T8	274,644	
		三波長 T8	232,428	
		T5	221,403	
試驗燈具 (D)	中東	LED	188,366	
		省電型 T8	213,213	
		三波長 T8	172,296	
		T5	209,748	
試驗燈具 (E)	山型	LED	195,377	
		省電型 T8	213,600	
		三波長 T8	183,846	
		T5	205,548	
試驗燈具 (F)	山型	LED	175,418	
		省電型 T8	207,888	
		三波長 T8	165,708	
		T5	153,160	*

六、既有山型及中東型螢光燈具更換不同類型光源分析

依整體試驗結果來看，以不變原燈具數量及位置調整方式，直接更換為不同種類光源(包括省電型 T8、三波長 T8、T5、LED 燈管等)情境下，安裝於 65 公分以下燈具產品之工作面之平均照度三波長 T8>T5>LED 燈管>省電型 T8；而安裝於 65 公分以上燈具產品之工作面平均照度三波長 T8>T5>省電型 T8>LED 燈管。

在均勻度部分，無論 65 公分以下(上) 產品安裝省電型 T8、三波長 T8、T5 各空間工作面之均勻度差異不大，而更換為 LED 燈管均勻度明顯略為下降。

在各空間之照明功率密度部分，無論 65 公分以下(上) 產品均為安裝三波長 T8>省電型 T8>T5>LED 燈管。

第五章 結論與建議

本研究執行期間，依原訂期程完成賡續蒐集 LED 照明規範發展趨勢資料進行歸納整理，並挑選目前市售 39 件 65 公分以下、45 件 65 公分以上 LED 中東及山型 LED 樣本燈具產品，以及 18 件比對傳統螢光燈具，進行光源及燈具樣本之能源效率、燈具效率(LOR)、眩光指數、峰值光強度、光束角、演色性及光譜等性能測試，並將試驗測試結果與其商品標稱數據，進行產品之相關性能比對分析，同時更進一步將能源效率、燈具效率(LOR)、光型及光通量、功率因數、色溫、演色性及眩光指數等因子納入評估分析。

另針對試驗調查結果，輔以 DIALux 電腦軟體分析設計，探討上開 LED 燈具以及傳統螢光燈具在模擬空間 NO01（長×寬×高為 5m×4.1m×3.2m）、模擬空間 NO02（長×寬×高為 9m×7.2m×3m）及模擬空間 NO03（長×寬×高為 24m×12m×3m）等共 306 件模擬案例之不同空間照度、均勻度、全年耗電量、照明功率密度、設置燈具成本、運轉 5 年總成本分析，綜合前述研究成果，結論與建議摘錄如後。

第一節 結論

一、在燈具效率分析部分，前期 T-BAR LED 燈具產品全體平均值為 86.21%，而本次研究收集山型及中東型燈具產品，其全體平均值為 96.93%，且由測試樣本實際測試配光曲線圖可以發現，不同公司可能因光學設計技術差異有些許不同，但基本上 LED 燈管直接安裝於山型或中東型燈具下方試驗燈具之光型，均與前期研究所蒐集 LED 燈管產品類似，均接近朗伯特(Lambertian)向下出光。

- 二、另統計本次山型及中東型燈具樣品之能源效率 84 件中有 41 件約 49% 達到經濟部能源局 2013 年公告修訂實施之「室內照明燈具節能標章能效基準」，明顯高於原訂定 20 至 30% 的產品（或銷售量）能通過標準為原則，似乎有再調整檢討空間。
- 三、控制眩光可以減少眼睛不舒適或避免降低視覺能力，前期 T-BAR LED 燈具產品與 LED 燈管比較 UGR 眩光指數平均下降約 3.3，而山型及中東型燈具產品與 LED 燈管比較 UGR 眩光指數平均下降約 1.4，顯見 T-BAR LED 燈具之格柵設計，可避免人眼直視高輝度光源，較能發揮控制眩光之效果。
- 四、在符合設定目標照度 500 lx 條件下，前期 T-BAR LED 燈具產品全體均勻度 0.759；而本次研究收集山型及中東型燈具產品，在相同模擬條件下，全體均勻度 0.787，明顯在照明均勻化部分較 T-BAR LED 燈具產品好。
- 五、在運轉總成本分析部分，本研究模擬條件採用目標照度 500 lx、螢光燈管壽命 7,000 hr、LED 燈管壽命 20,000 hr，流動電費以每度 4 元概算，以每年 2,000 小時點燈（每天用電 8 小時，年用電 250 天）時間計算，模擬結果運轉 5 年總成本（含照明器具費用及電費），彙整如表 4-5.5~4-5.7，雖本次收集 LED 燈具能源效率較佳，但因市場價格因素，仍以安裝三波長 T8 或 T5 為最佳方案，囿於既有建築約每 20 年進行大規模整建，經初步估算在該段期間內，更換 LED 燈管成本目前仍難以攤平。
- 六、本研究探討既有山型及中東型螢光燈具之燈管更換為 LED 燈管，在空間照度、均勻度方面確實會有差異，尤其在 65 公分以上產品，40 W 省電型 T8 更換為 LED 燈管，各空間工作面之平均照度明顯下降，模擬案例工作面之全體照度平均值下降約 53 lx，顯見 LED 廠商宣稱可以直接汰換螢光燈管並不可行，需重新檢

討空間照明環境品質參數，或者更改 LED 燈管光通量之設計，避免過量設計或不足情況發生。

第二節 建議

建議一

LED 光源效率衰減及耐久性實驗研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部能源局

市售之 LED 光源產品除節效率佳外，產品的高壽命也是許多廠商主要之訴求重點，目前很多產品標稱壽命從 15,000~60,000 小時不等，約有近 4 倍的壽命差異，而目前國內似乎未有相關耐久性實驗分析研究資料供參，致現行照明節能設計的效益評估，仍存在相當不確定性，亟待蒐集相關驗證資料，輔以達成推動照明節能的策略目標。

本(104)年度本研究已延續先期挑選 12 件安定器內藏式 LED 燈泡產品，以每點燈 500 小時量測 1 次光通量、色溫及演色性數值，目前已進行至 10,500 小時，因此，擬賡續探討 LED 光源效率衰減及耐久性，期能有效提供政府在推行制訂節能減碳及優質照明相關政策之依據，以及消費者響應政府政策汰換更新節能光源或燈具產品之參考。

建議二

高效率均勻化之 LED 照明產品協助開發與推廣：中長期建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部建築研究所

經濟部能源局為鼓勵廠商生產高效率商品，引導消費者買到真正省能的產品，藉以創造出經濟性的誘因，積極推動「節能標章」認證，取得認證之產品，代表能源效率比國家認證標準高10-50%，不但品質有保障，更省能省錢。惟2013年修訂公告實施之「室內照明燈具節能標章能效基準」，目前僅針對燈具之能源效率、眩光指數及演色性進行規範，而照度均勻度要求則付之闕如，尤其近年來，照明均勻度逐漸受到重視，配光不佳之燈具為追求良好照明均勻度，往往必須過量設計，使的空間照度偏高，產生照明耗電量增加之情況。因此建議研訂相關基準，俾利高效率均勻化之LED照明產品開發與推廣。

建議三

LED燈管性能標準規範研(修)訂：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

經查國家標準關於LED燈管性能部分，目前僅有CNS15438-2010「雙燈帽直管型LED光源-安全性要求」，其他付之闕如，且LED燈管重量約T5燈管2~3倍，在汰換上恐有問題，建議比照CNS15630「一般照明用安定器內藏式LED燈泡(供應電壓大於50V)-性能要求」，進行LED燈管性能檢測標準制定之可行性研究，俾確保室內照明環境品質。

附錄一

中東及山型 LED 燈具在各空間 之模擬數據 (65 公分以下產品)

Ota 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ota 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	44	44	24
最小照度(lx)	421	425	448
平均照度(lx)	519	522	564
最大照度(lx)	579	583	631
均勻度	0.811	0.815	0.794
每盞燈具消耗電力(W)	10	10	20
全年耗電量(度)	880	880	960
照明功率密度 (W/m ²)	6.8	6.8	7.41
全年電費(元)	3,520	3,520	3,840
設置燈具成本(元)	48,312	50,512	49,128
運轉 5 年總成本(元)	65,912	68,112	68,328

Eve 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	48	48	24
最小照度(lx)	425	421	413
平均照度(lx)	522	524	519
最大照度(lx)	590	592	581
均勻度	0.814	0.803	0.797
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3	18.6
全年耗電量(度)	892.8	892.8	892.8
照明功率密度 (W/m ²)	6.88	6.9	6.9
全年電費(元)	3,571	3,571	3,571
設置燈具成本(元)	43,104	45,504	39,528
運轉 5 年總成本(元)	60,960	63,360	57,384

Wtc 10W 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Wtc 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	36	36	18
最小照度(lx)	420	418	427
平均照度(lx)	509	509	507
最大照度(lx)	573	575	565
均勻度	0.825	0.821	0.843
每盞燈具消耗電力(W)	11.7	11.7	23.2
全年耗電量(度)	842.4	842.4	835.2
照明功率密度 (W/m ²)	6.49	6.47	6.46
全年電費(元)	3,370	3,370	3,341
設置燈具成本(元)	32,328	34,128	29,646
運轉 5 年總成本(元)	49,176	50,976	46,350

Age 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Age 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	40	40	20
最小照度(lx)	429	426	415
平均照度(lx)	526	526	521
最大照度(lx)	591	591	584
均勻度	0.815	0.811	0.798
每盞燈具消耗電力(W)	11.2	11.2	22.7
全年耗電量(度)	896	896	908
照明功率密度 (W/m ²)	6.92	6.91	7.01
全年電費(元)	3,584	3,584	3,632
設置燈具成本(元)	31,920	33,920	28,940
運轉 5 年總成本(元)	49,840	51,840	47,100

Tat 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Tat 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	52	52	28
最小照度(lx)	424	424	439
平均照度(lx)	513	515	551
最大照度(lx)	572	574	618
均勻度	0.862	0.822	0.796
每盞燈具消耗電力(W)	8.5	8.5	16.9
全年耗電量(度)	884	884	946.4
照明功率密度 (W/m ²)	6.82	6.83	7.28
全年電費(元)	3,536	3,536	3,786
設置燈具成本(元)	46,748	49,348	46,172
運轉 5 年總成本(元)	64,428	67,028	65,100

Lud 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ene 12W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	48	48	24
最小照度(lx)	416	417	411
平均照度(lx)	524	524	513
最大照度(lx)	594	595	576
均勻度	0.793	0.795	0.8
每盞燈具消耗電力(W)	8.8	8.8	17.4
全年耗電量(度)	844.8	844.8	835.2
照明功率密度 (W/m ²)	6.53	6.51	6.43
全年電費(元)	3,379	3,379	3,341
設置燈具成本(元)	35,904	38,304	32,328
運轉 5 年總成本(元)	52,800	55,200	49,032

Mod 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Mod 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	50	50	27
最小照度(lx)	408	406	441
平均照度(lx)	505	506	517
最大照度(lx)	564	565	581
均勻度	0.807	0.803	0.854
每盞燈具消耗電力(W)	8.6	8.6	17.1
全年耗電量(度)	860	860	923.4
照明功率密度 (W/m ²)	6.63	6.64	7.11
全年電費(元)	3,440	3,440	3,694
設置燈具成本(元)	34,900	37,400	33,669
運轉 5 年總成本(元)	52,100	54,600	52,137

Ltu 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ltu 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	48	48	25
最小照度(lx)	410	410	412
平均照度(lx)	513	512	515
最大照度(lx)	577	576	576
均勻度	0.799	0.801	0.799
每盞燈具消耗電力(W)	9.5	9.5	18.6
全年耗電量(度)	912	912	930
照明功率密度 (W/m ²)	7.05	7.04	7.16
全年電費(元)	3,648	3,648	3,720
設置燈具成本(元)	38,352	40,752	36,225
運轉 5 年總成本(元)	56,592	58,992	54,825

Dan 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Dan 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	45	45	24
最小照度(lx)	416	403	420
平均照度(lx)	508	507	522
最大照度(lx)	570	573	585
均勻度	0.819	0.795	0.805
每盞燈具消耗電力(W)	10.6	10.6	21.1
全年耗電量(度)	954	954	1012.8
照明功率密度 (W/m ²)	7.35	7.34	7.83
全年電費(元)	3,816	3,816	4,051
設置燈具成本(元)	35,955	38,205	34,776
運轉 5 年總成本(元)	55,035	57,285	55,032

Chd 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Chd 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	56	56	28
最小照度(lx)	434	433	417
平均照度(lx)	535	536	525
最大照度(lx)	604	610	594
均勻度	0.811	0.807	0.794
每盞燈具消耗電力(W)	9.8	9.8	19.5
全年耗電量(度)	1097.6	1097.6	1092
照明功率密度 (W/m ²)	8.45	8.45	8.42
全年電費(元)	4,390	4,390	4,368
設置燈具成本(元)	50,288	53,088	46,116
運轉 5 年總成本(元)	72,240	75,040	67,956

Eve(L) 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve(L) 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	52	52	27
最小照度(lx)	422	416	449
平均照度(lx)	514	514	530
最大照度(lx)	577	580	590
均勻度	0.821	0.808	0.848
每盞燈具消耗電力(W)	9.6	9.6	19
全年耗電量(度)	998.4	998.4	1026
照明功率密度 (W/m ²)	7.66	7.66	7.9
全年電費(元)	3,994	3,994	4,104
設置燈具成本(元)	46,696	49,296	44,469
運轉 5 年總成本(元)	66,664	69,264	64,989

Wtc(L) 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Wtc(L) 10W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	45	45	24
最小照度(lx)	424	422	447
平均照度(lx)	524	526	557
最大照度(lx)	592	595	623
均勻度	0.808	0.803	0.803
每盞燈具消耗電力(W)	11.3	11.3	22.6
全年耗電量(度)	1017	1017	1084.8
照明功率密度 (W/m ²)	7.85	7.85	8.37
全年電費(元)	4,068	4,068	4,339
設置燈具成本(元)	40,410	42,660	39,528
運轉 5 年總成本(元)	60,750	63,000	61,224

Tat(L) 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Tat(L) 9W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	60	60	30
最小照度(lx)	419	418	415
平均照度(lx)	518	518	521
最大照度(lx)	579	579	584
均勻度	0.81	0.807	0.796
每盞燈具消耗電力(W)	8.6	8.6	17.1
全年耗電量(度)	1032	1032	1026
照明功率密度 (W/m ²)	7.98	7.97	7.9
全年電費(元)	4,128	4,128	4,104
設置燈具成本(元)	53,940	56,940	49,470
運轉 5 年總成本(元)	74,580	77,580	69,990

省電型 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

省電型 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	50	52	27
最小照度(lx)	403	420	465
平均照度(lx)	513	535	552
最大照度(lx)	576	593	621
均勻度	0.786	0.785	0.842
每盞燈具消耗電力(W)	20.6	20.1	43.3
全年耗電量(度)	2060	2090.4	2338.2
照明功率密度 (W/m ²)	15.9	16.13	18.05
全年電費(元)	8,240	8,362	9,353
設置燈具成本(元)	20,750	21,580	21,897
運轉 5 年總成本(元)	61,950	63,388	68,661

三波長 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

三波長 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	42	44	20
最小照度(lx)	415	440	397
平均照度(lx)	517	571	507
最大照度(lx)	572	634	564
均勻度	0.803	0.77	0.783
每盞燈具消耗電力(W)	21.2	20.5	44.2
全年耗電量(度)	1780.8	1804	1768
照明功率密度 (W/m ²)	13.72	13.95	13.64
全年電費(元)	7,123	7,216	7,072
設置燈具成本(元)	21,378	22,396	19,980
運轉 5 年總成本(元)	56,994	58,476	55,340

T5 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

T5 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	45	45	24
最小照度(lx)	407	397	446
平均照度(lx)	514	531	559
最大照度(lx)	573	610	633
均勻度	0.791	0.748	0.798
每盞燈具消耗電力(W)	16.7	17.1	32.2
全年耗電量(度)	1503	1539	1545.6
照明功率密度 (W/m ²)	11.59	11.87	11.91
全年電費(元)	6,012	6,156	6,182
設置燈具成本(元)	43,065	40,815	27,480
運轉 5 年總成本(元)	73,125	71,595	58,392

Ota 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ota 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	187	187	91
最小照度(lx)	357	357	344
平均照度(lx)	530	533	515
最大照度(lx)	651	654	610
均勻度	0.673	0.67	0.669
每盞燈具消耗電力(W)	10	10	20
全年耗電量(度)	3740	3740	3640
照明功率密度 (W/m ²)	6.51	6.51	6.33
全年電費(元)	14,960	14,960	14,560
設置燈具成本(元)	205,326	214,676	186,277
運轉 5 年總成本(元)	280,126	289,476	259,077

Eve 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve 9W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	187	187	98
最小照度(lx)	327	339	345
平均照度(lx)	502	503	514
最大照度(lx)	601	602	607
均勻度	0.65	0.674	0.672
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3	18.6
全年耗電量(度)	3478.2	3478.2	3645.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.03	6.05	6.34
全年電費(元)	13,913	13,913	14,582
設置燈具成本(元)	167,926	177,276	161,406
運轉 5 年總成本(元)	237,490	246,840	234,318

Wtc 10W 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Wtc 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	150	150	75
最小照度(lx)	338	339	362
平均照度(lx)	525	524	514
最大照度(lx)	631	632	614
均勻度	0.644	0.648	0.704
每盞燈具消耗電力(W)	11.7	11.7	23.2
全年耗電量(度)	3510	3510	3480
照明功率密度 (W/m ²)	6.09	6.07	6.05
全年電費(元)	14,040	14,040	13,920
設置燈具成本(元)	134,700	142,200	123,525
運轉 5 年總成本(元)	204,900	212,400	193,125

Age 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Age 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	165	165	84
最小照度(lx)	350	352	353
平均照度(lx)	531	532	528
最大照度(lx)	640	639	630
均勻度	0.659	0.663	0.668
每盞燈具消耗電力(W)	11.2	11.2	22.7
全年耗電量(度)	3696	3696	3813.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.42	6.41	6.62
全年電費(元)	14,784	14,784	15,254
設置燈具成本(元)	131,670	139,920	121,548
運轉 5 年總成本(元)	205,590	213,840	197,820

Tat 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Tat 9W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	210	210	105
最小照度(lx)	340	343	338
平均照度(lx)	503	505	502
最大照度(lx)	621	624	606
均勻度	0.675	0.678	0.673
每盞燈具消耗電力(W)	8.5	8.5	16.9
全年耗電量(度)	3570	3570	3549
照明功率密度 (W/m ²)	6.2	6.21	6.14
全年電費(元)	14,280	14,280	14,196
設置燈具成本(元)	188,790	199,290	173,145
運轉 5 年總成本(元)	260,190	270,690	244,125

Lud 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ene 12W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	190	190	100
最小照度(lx)	344	350	349
平均照度(lx)	516	515	529
最大照度(lx)	617	613	631
均勻度	0.67	0.68	0.659
每盞燈具消耗電力(W)	8.8	8.8	17.4
全年耗電量(度)	3344	3344	3480
照明功率密度 (W/m ²)	5.81	5.8	6.03
全年電費(元)	13,376	13,376	13,920
設置燈具成本(元)	142,120	151,620	134,700
運轉 5 年總成本(元)	209,000	218,500	204,300

Mod 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Mod 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	200	200	110
最小照度(lx)	311	313	333
平均照度(lx)	516	518	513
最大照度(lx)	589	590	619
均勻度	0.602	0.605	0.648
每盞燈具消耗電力(W)	8.6	8.6	17.1
全年耗電量(度)	3440	3440	3762
照明功率密度 (W/m ²)	5.97	5.98	6.52
全年電費(元)	13,760	13,760	15,048
設置燈具成本(元)	139,600	149,600	137,170
運轉 5 年總成本(元)	208,400	218,400	212,410

Ltu 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ltu 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	187	187	100
最小照度(lx)	321	320	340
平均照度(lx)	509	508	512
最大照度(lx)	591	590	610
均勻度	0.631	0.63	0.664
每盞燈具消耗電力(W)	9.5	9.5	18.6
全年耗電量(度)	3553	3553	3720
照明功率密度 (W/m ²)	6.18	6.17	6.44
全年電費(元)	14,212	14,212	14,880
設置燈具成本(元)	149,413	158,763	144,900
運轉 5 年總成本(元)	220,473	229,823	219,300

Dan 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Dan 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	190	190	98
最小照度(lx)	337	343	344
平均照度(lx)	532	529	517
最大照度(lx)	630	632	612
均勻度	0.634	0.648	0.665
每盞燈具消耗電力(W)	10.6	10.6	21.1
全年耗電量(度)	4028	4028	4135.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.98	6.97	7.19
全年電費(元)	16,112	16,112	16,542
設置燈具成本(元)	151,810	161,310	142,002
運轉 5 年總成本(元)	232,370	241,870	224,714

Chd 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Chd 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	231	231	112
最小照度(lx)	352	357	344
平均照度(lx)	535	537	509
最大照度(lx)	633	638	606
均勻度	0.658	0.665	0.676
每盞燈具消耗電力(W)	9.8	9.8	19.5
全年耗電量(度)	4527.6	4527.6	4368
照明功率密度 (W/m ²)	7.84	7.84	7.58
全年電費(元)	18,110	18,110	17,472
設置燈具成本(元)	207,438	218,988	184,464
運轉 5 年總成本(元)	297,990	309,540	271,824

Eve(L) 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve(L) 9W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	207	207	108
最小照度(lx)	332	338	337
平均照度(lx)	506	510	507
最大照度(lx)	609	609	610
均勻度	0.656	0.662	0.664
每盞燈具消耗電力(W)	9.6	9.6	19
全年耗電量(度)	3974.4	3974.4	4104
照明功率密度 (W/m ²)	6.86	6.86	7.11
全年電費(元)	15,898	15,898	16,416
設置燈具成本(元)	185,886	196,236	177,876
運轉 5 年總成本(元)	265,374	275,724	259,956

Wtc(L) 10W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Wtc(L) 10W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	189	189	96
最小照度(lx)	343	346	357
平均照度(lx)	531	532	531
最大照度(lx)	636	637	641
均勻度	0.646	0.651	0.673
每盞燈具消耗電力(W)	11.3	11.3	22.6
全年耗電量(度)	4271.4	4271.4	4339.2
照明功率密度 (W/m ²)	7.42	7.42	7.53
全年電費(元)	17,086	17,086	17,357
設置燈具成本(元)	169,722	179,172	158,112
運轉 5 年總成本(元)	255,150	264,600	244,896

Tat(L) 9W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Tat(L) 9W	DIALux 模擬		
	T-BAR 試驗 燈具(A)	T-BAR 試驗 燈具(B)	T-BAR 試驗 燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	250	250	126
最小照度(lx)	360	363	348
平均照度(lx)	531	530	521
最大照度(lx)	651	650	623
均勻度	0.679	0.684	0.669
每盞燈具消耗電力(W)	8.6	8.6	17.1
全年耗電量(度)	4300	4300	4309.2
照明功率密度 (W/m ²)	7.48	7.47	7.46
全年電費(元)	17,200	17,200	17,237
設置燈具成本(元)	224,750	237,250	207,774
運轉 5 年總成本(元)	310,750	323,250	293,958

省電型 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

省電型 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	210	240	108
最小照度(lx)	354	363	356
平均照度(lx)	511	504	521
最大照度(lx)	627	625	645
均勻度	0.694	0.720	0.682
每盞燈具消耗電力(W)	20.6	20.1	43.3
全年耗電量(度)	8652	9648	9352.8
照明功率密度 (W/m ²)	15.02	16.75	16.25
全年電費(元)	34,608	38,592	37,411
設置燈具成本(元)	87,150	99,600	87,588
運轉 5 年總成本(元)	260,190	292,560	274,644

三波長 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

三波長 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	180	187	84
最小照度(lx)	357	351	336
平均照度(lx)	513	516	507
最大照度(lx)	637	638	614
均勻度	0.695	0.681	0.662
每盞燈具消耗電力(W)	21.2	20.5	44.2
全年耗電量(度)	7632	7667	7425.6
照明功率密度 (W/m ²)	13.23	13.34	12.89
全年電費(元)	30,528	30,668	29,702
設置燈具成本(元)	91,620	95,183	83,916
運轉 5 年總成本(元)	244,260	248,523	232,428

T5 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

T5 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (A)	試驗燈具 (B)	試驗燈具 (C)
安裝燈具數 (盞)	192	192	91
最小照度(lx)	348	356	363
平均照度(lx)	500	513	537
最大照度(lx)	607	624	638
均勻度	0.696	0.693	0.676
每盞燈具消耗電力(W)	16.7	17.1	32.2
全年耗電量(度)	6412.8	6566.4	5860.4
照明功率密度 (W/m ²)	11.13	11.39	10.16
全年電費(元)	25,651	26,266	23,442
設置燈具成本(元)	183,744	174,144	104,195
運轉 5 年總成本(元)	312,000	305,472	221,403

附錄二

中東及山型 LED 燈具在各空間 之模擬數據 (65 公分以上產品)

For 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

For 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	20	20	9
最小照度(lx)	513	512	480
平均照度(lx)	561	561	527
最大照度(lx)	596	595	560
均勻度	0.914	0.913	0.912
每盞燈具消耗電力(W)	14.6	14.6	29.5
全年耗電量(度)	584	584	531
照明功率密度 (W/m ²)	14.23	14.25	12.97
全年電費(元)	2,336	2,336	2,124
設置燈具成本(元)	15,560	16,960	11,673
運轉 5 年總成本(元)	27,240	28,640	22,293

Ine 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ine 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	6
最小照度(lx)	518	501	514
平均照度(lx)	586	576	576
最大照度(lx)	629	621	614
均勻度	0.885	0.871	0.893
每盞燈具消耗電力(W)	19	19	37.7
全年耗電量(度)	456	456	452.4
照明功率密度 (W/m ²)	11.1	11	11.02
全年電費(元)	1,824	1,824	1,810
設置燈具成本(元)	11,736	12,576	10,182
運轉 5 年總成本(元)	20,856	21,696	19,230

Age 21W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Age 21W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	459	460	446
平均照度(lx)	518	518	542
最大照度(lx)	553	553	614
均勻度	0.886	0.888	0.822
每盞燈具消耗電力(W)	20	19.9	39.9
全年耗電量(度)	400	398	399
照明功率密度 (W/m ²)	9.74	9.71	9.73
全年電費(元)	1,600	1,592	1,596
設置燈具成本(元)	9,680	10,380	8,385
運轉 5 年總成本(元)	17,680	18,340	16,365

Est 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Est 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	484	485	479
平均照度(lx)	549	549	573
最大照度(lx)	588	587	643
均勻度	0.882	0.884	0.837
每盞燈具消耗電力(W)	20.1	20	39.4
全年耗電量(度)	402	400	394
照明功率密度 (W/m ²)	9.79	9.77	9.6
全年電費(元)	1,608	1,600	1,576
設置燈具成本(元)	9,780	10,480	8,485
運轉 5 年總成本(元)	17,820	18,480	16,365

Est(L) 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Est(L) 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	5
最小照度(lx)	504	505	427
平均照度(lx)	572	572	523
最大照度(lx)	614	614	593
均勻度	0.881	0.884	0.817
每盞燈具消耗電力(W)	21.6	21.6	43.9
全年耗電量(度)	518.4	518.4	439
照明功率密度 (W/m ²)	12.64	12.63	10.71
全年電費(元)	2,074	2,074	1,756
設置燈具成本(元)	11,736	12,576	8,485
運轉 5 年總成本(元)	22,104	22,944	17,265

Wtc 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Wtc 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	469	463	453
平均照度(lx)	527	526	548
最大照度(lx)	564	560	617
均勻度	0.89	0.881	0.827
每盞燈具消耗電力(W)	20.4	20.4	40.4
全年耗電量(度)	408	408	404
照明功率密度 (W/m ²)	9.95	9.95	9.84
全年電費(元)	1,632	1,632	1,616
設置燈具成本(元)	13,690	14,390	12,395
運轉 5 年總成本(元)	21,850	22,550	20,475

Eve 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	484	483	469
平均照度(lx)	540	540	564
最大照度(lx)	578	578	634
均勻度	0.895	0.894	0.832
每盞燈具消耗電力(W)	17.8	17.8	35.7
全年耗電量(度)	356	356	357
照明功率密度 (W/m ²)	8.68	8.67	8.7
全年電費(元)	1,424	1,424	1,428
設置燈具成本(元)	13,690	14,390	12,395
運轉 5 年總成本(元)	20,810	21,510	19,535

Ora 19W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ora 19W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	457	452	449
平均照度(lx)	525	527	558
最大照度(lx)	563	566	639
均勻度	0.87	0.858	0.805
每盞燈具消耗電力(W)	19.9	19.8	40.2
全年耗電量(度)	398	396	402
照明功率密度 (W/m ²)	9.69	9.63	9.8
全年電費(元)	1,592	1,584	1,608
設置燈具成本(元)	8,790	9,490	7,495
運轉 5 年總成本(元)	16,750	17,410	15,535

Sol 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Sol 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	481	480	460
平均照度(lx)	540	539	555
最大照度(lx)	576	575	626
均勻度	0.89	0.891	0.827
每盞燈具消耗電力(W)	19.6	19.2	36.5
全年耗電量(度)	392	384	365
照明功率密度 (W/m ²)	9.56	9.38	8.9
全年電費(元)	1,568	1,536	1,460
設置燈具成本(元)	8,790	9,490	7,495
運轉 5 年總成本(元)	16,630	17,170	14,795

Tio 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Tio 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	6
最小照度(lx)	464	455	463
平均照度(lx)	524	513	516
最大照度(lx)	565	553	551
均勻度	0.886	0.886	0.896
每盞燈具消耗電力(W)	16.4	16.4	32.8
全年耗電量(度)	393.6	393.6	393.6
照明功率密度 (W/m ²)	9.61	9.58	9.61
全年電費(元)	1,574	1,574	1,574
設置燈具成本(元)	11,268	12,108	9,714
運轉 5 年總成本(元)	19,140	19,980	17,586

Phi 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Phi 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	5
最小照度(lx)	500	505	430
平均照度(lx)	566	570	526
最大照度(lx)	609	610	498
均勻度	0.883	0.886	0.817
每盞燈具消耗電力(W)	15.2	15.2	30.5
全年耗電量(度)	364.8	364.8	305
照明功率密度 (W/m ²)	8.89	8.89	7.43
全年電費(元)	1,459	1,459	1,220
設置燈具成本(元)	14,136	14,976	10,485
運轉 5 年總成本(元)	21,432	22,272	16,585

Eve(L)18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve (L) 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	5
最小照度(lx)	487	487	417
平均照度(lx)	547	548	505
最大照度(lx)	585	587	570
均勻度	0.89	0.888	0.826
每盞燈具消耗電力(W)	17.9	17.9	35.9
全年耗電量(度)	429.6	429.6	359
照明功率密度 (W/m ²)	10.48	10.49	8.75
全年電費(元)	1,718	1,718	1,436
設置燈具成本(元)	16,428	17,268	12,395
運轉 5 年總成本(元)	25,020	25,860	19,575

Tat 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Tat 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	6
最小照度(lx)	488	486	500
平均照度(lx)	535	535	551
最大照度(lx)	567	566	588
均勻度	0.912	0.908	0.907
每盞燈具消耗電力(W)	17	17	35.7
全年耗電量(度)	408	408	428.4
照明功率密度 (W/m ²)	9.94	9.94	10.44
全年電費(元)	1,632	1,632	1,714
設置燈具成本(元)	14,148	14,988	12,594
運轉 5 年總成本(元)	22,308	23,148	21,162

Tat(L) 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Tat(L) 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	12	12	6
最小照度(lx)	472	469	470
平均照度(lx)	519	518	519
最大照度(lx)	551	548	553
均勻度	0.909	0.906	0.906
每盞燈具消耗電力(W)	18.7	18.7	35.7
全年耗電量(度)	448.8	448.8	428.4
照明功率密度 (W/m ²)	10.95	10.95	10.45
全年電費(元)	1,795	1,795	1,714
設置燈具成本(元)	14,148	14,988	12,594
運轉 5 年總成本(元)	23,124	23,964	21,162

Ota 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ota 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	509	513	510
平均照度(lx)	568	572	607
最大照度(lx)	609	609	678
均勻度	0.896	0.898	0.84
每盞燈具消耗電力(W)	22.5	22.5	45.2
全年耗電量(度)	450	450	452
照明功率密度 (W/m ²)	10.99	10.99	11.03
全年電費(元)	1,800	FALSE	1,808
設置燈具成本(元)	17,780	18,480	16,485
運轉 5 年總成本(元)	26,780	27,480	25,525

省電型 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

省電型 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	10	10	5
最小照度(lx)	505	480	497
平均照度(lx)	543	516	574
最大照度(lx)	568	539	634
均勻度	0.931	0.930	0.867
每盞燈具消耗電力(W)	42.2	41.2	81.9
全年耗電量(度)	844	824	819
照明功率密度 (W/m ²)	20.59	20.1	19.98
全年電費(元)	3,376	3,296	3,276
設置燈具成本(元)	5,770	5,770	5,275
運轉 5 年總成本(元)	22,650	22,250	21,655

三波長 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

三波長 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	8	9	4
最小照度(lx)	490	535	494
平均照度(lx)	527	573	538
最大照度(lx)	549	603	565
均勻度	0.931	0.933	0.918
每盞燈具消耗電力(W)	42.1	41.2	82.1
全年耗電量(度)	673.6	741.6	656.8
照明功率密度 (W/m ²)	16.42	18.07	16.02
全年電費(元)	2,694	2,966	2,627
設置燈具成本(元)	5,672	6,381	5,276
運轉 5 年總成本(元)	19,144	21,213	18,412

T5 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

T5 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	9	9	5
最小照度(lx)	488	491	541
平均照度(lx)	527	530	630
最大照度(lx)	560	562	700
均勻度	0.925	0.926	0.859
每盞燈具消耗電力(W)	34.5	34.5	61.6
全年耗電量(度)	621	621	616
照明功率密度 (W/m ²)	15.14	15.14	15.03
全年電費(元)	2,484	2,484	2,464
設置燈具成本(元)	10,053	9,603	6,825
運轉 5 年總成本(元)	22,473	22,023	19,145

For 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

For 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	40	40	20
最小照度(lx)	407	407	410
平均照度(lx)	512	514	513
最大照度(lx)	584	583	574
均勻度	0.794	0.793	0.798
每盞燈具消耗電力(W)	14.6	14.6	29.5
全年耗電量(度)	1168	1168	1180
照明功率密度 (W/m ²)	9.01	9.02	9.12
全年電費(元)	4,672	4,672	4,720
設置燈具成本(元)	31,120	33,920	25,940
運轉 5 年總成本(元)	54,480	57,280	49,540

Ine 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ine 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	426	417	426
平均照度(lx)	521	504	510
最大照度(lx)	592	567	571
均勻度	0.818	0.828	0.835
每盞燈具消耗電力(W)	19	19	37.7
全年耗電量(度)	912	912	904.8
照明功率密度 (W/m ²)	7.02	7.02	6.97
全年電費(元)	3,648	3,648	3,619
設置燈具成本(元)	23,472	25,152	20,364
運轉 5 年總成本(元)	41,712	43,392	38,460

Age 21W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Age 21W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	422	421	452
平均照度(lx)	524	524	538
最大照度(lx)	592	591	604
均勻度	0.805	0.804	0.84
每盞燈具消耗電力(W)	20	19.9	39.9
全年耗電量(度)	960	955.2	957.6
照明功率密度 (W/m ²)	7.4	7.37	7.39
全年電費(元)	3,840	3,821	3,830
設置燈具成本(元)	23,232	24,912	20,124
運轉 5 年總成本(元)	42,432	44,016	39,276

Est 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Est 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	445	444	468
平均照度(lx)	555	555	570
最大照度(lx)	627	626	641
均勻度	0.801	0.801	0.821
每盞燈具消耗電力(W)	20.1	20	39.4
全年耗電量(度)	964.8	960	945.6
照明功率密度 (W/m ²)	7.43	7.42	7.29
全年電費(元)	3,859	3,840	3,782
設置燈具成本(元)	23,472	25,152	20,364
運轉 5 年總成本(元)	42,768	44,352	39,276

Est(L) 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Est(L) 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	409	407	438
平均照度(lx)	501	501	519
最大照度(lx)	565	564	581
均勻度	0.815	0.812	0.845
每盞燈具消耗電力(W)	21.6	21.6	43.9
全年耗電量(度)	1036.8	1036.8	1053.6
照明功率密度 (W/m ²)	8	7.99	8.13
全年電費(元)	4,147	4,147	4,214
設置燈具成本(元)	23,472	25,152	20,364
運轉 5 年總成本(元)	44,208	45,888	41,436

Wtc 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Wtc 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	425	436	455
平均照度(lx)	534	533	545
最大照度(lx)	603	599	611
均勻度	0.796	0.818	0.836
每盞燈具消耗電力(W)	20.4	20.4	40.4
全年耗電量(度)	979.2	979.2	969.6
照明功率密度 (W/m ²)	7.56	7.56	7.47
全年電費(元)	3,917	3,917	3,878
設置燈具成本(元)	32,856	34,536	29,748
運轉 5 年總成本(元)	52,440	54,120	49,140

Eve 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	439	438	467
平均照度(lx)	548	548	562
最大照度(lx)	618	618	631
均勻度	0.801	0.8	0.831
每盞燈具消耗電力(W)	17.8	17.8	35.7
全年耗電量(度)	854.4	854.4	856.8
照明功率密度 (W/m ²)	6.59	6.59	6.6
全年電費(元)	3,418	3,418	3,427
設置燈具成本(元)	32,856	34,536	29,748
運轉 5 年總成本(元)	49,944	51,624	46,884

Ora 19W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ora 19W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	423	435	455
平均照度(lx)	524	525	544
最大照度(lx)	595	594	612
均勻度	0.808	0.828	0.837
每盞燈具消耗電力(W)	19.9	19.8	40.2
全年耗電量(度)	955.2	950.4	964.8
照明功率密度 (W/m ²)	7.36	7.31	7.44
全年電費(元)	3,821	3,802	3,859
設置燈具成本(元)	21,096	22,776	17,988
運轉 5 年總成本(元)	40,200	41,784	37,284

Sol 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Sol 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	24	24	12
最小照度(lx)	444	443	459
平均照度(lx)	548	546	551
最大照度(lx)	615	613	619
均勻度	0.81	0.812	0.832
每盞燈具消耗電力(W)	19.6	19.2	36.5
全年耗電量(度)	940.8	921.6	876
照明功率密度 (W/m ²)	7.25	7.12	6.76
全年電費(元)	3,763	3,686	3,504
設置燈具成本(元)	21,096	22,776	17,988
運轉 5 年總成本(元)	39,912	41,208	35,508

Tio 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Tio 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	28	28	14
最小照度(lx)	418	418	424
平均照度(lx)	517	515	527
最大照度(lx)	583	579	604
均勻度	0.808	0.811	0.805
每盞燈具消耗電力(W)	16.4	16.4	32.8
全年耗電量(度)	918.4	918.4	918.4
照明功率密度 (W/m ²)	7.09	7.07	7.1
全年電費(元)	3,674	3,674	3,674
設置燈具成本(元)	26,292	28,252	22,666
運轉 5 年總成本(元)	44,660	46,620	41,034

Phi 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	25	25	12
最小照度(lx)	412	435	432
平均照度(lx)	527	531	518
最大照度(lx)	593	593	581
均勻度	0.782	0.819	0.834
每盞燈具消耗電力(W)	15.2	15.2	30.5
全年耗電量(度)	760	760	732
照明功率密度 (W/m ²)	5.86	5.86	5.64
全年電費(元)	3,040	3,040	2,928
設置燈具成本(元)	29,450	31,200	25,164
運轉 5 年總成本(元)	44,650	46,400	39,804

Eve(L)18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve (L) 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	25	25	12
最小照度(lx)	410	416	421
平均照度(lx)	510	511	502
最大照度(lx)	571	571	563
均勻度	0.803	0.813	0.838
每盞燈具消耗電力(W)	17.9	17.9	35.9
全年耗電量(度)	895	895	861.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.91	6.91	6.64
全年電費(元)	3,580	3,580	3,446
設置燈具成本(元)	34,225	35,975	29,748
運轉 5 年總成本(元)	52,125	53,875	46,980

Tat 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Tat 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	25	25	14
最小照度(lx)	399	405	452
平均照度(lx)	503	504	567
最大照度(lx)	567	565	646
均勻度	0.793	0.804	0.798
每盞燈具消耗電力(W)	17	17	35.7
全年耗電量(度)	850	850	999.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.55	6.55	7.71
全年電費(元)	3,400	3,400	3,998
設置燈具成本(元)	29,475	31,225	29,386
運轉 5 年總成本(元)	46,475	48,225	49,378

Tat(L) 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Tat(L) 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	28	28	14
最小照度(lx)	439	443	425
平均照度(lx)	541	540	532
最大照度(lx)	613	610	610
均勻度	0.811	0.821	0.798
每盞燈具消耗電力(W)	18.7	18.7	35.7
全年耗電量(度)	1047.2	1047.2	999.6
照明功率密度 (W/m ²)	8.08	8.01	7.72
全年電費(元)	4,189	4,189	3,998
設置燈具成本(元)	33,012	34,972	29,386
運轉 5 年總成本(元)	53,956	55,916	49,378

Ota 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ota 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	21	21	10
最小照度(lx)	426	439	405
平均照度(lx)	513	516	513
最大照度(lx)	578	580	588
均勻度	0.831	0.852	0.789
每盞燈具消耗電力(W)	22.5	22.5	45.2
全年耗電量(度)	945	945	904
照明功率密度 (W/m ²)	7.3	7.3	6.98
全年電費(元)	3,780	3,780	3,616
設置燈具成本(元)	37,338	38,808	32,970
運轉 5 年總成本(元)	56,238	57,708	51,050

省電型 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

省電型 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	20	20	12
最小照度(lx)	391	379	466
平均照度(lx)	505	500	576
最大照度(lx)	561	559	653
均勻度	0.773	0.758	0.808
每盞燈具消耗電力(W)	42.2	41.2	81.9
全年耗電量(度)	1688	1648	1965.6
照明功率密度 (W/m ²)	13.02	12.72	15.17
全年電費(元)	6,752	6,592	7,862
設置燈具成本(元)	11,540	11,540	12,660
運轉 5 年總成本(元)	45,300	44,500	51,972

三波長 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

三波長 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	16	16	9
最小照度(lx)	405	395	425
平均照度(lx)	539	540	536
最大照度(lx)	613	610	607
均勻度	0.751	0.731	0.793
每盞燈具消耗電力(W)	42.1	41.2	82.1
全年耗電量(度)	1347.2	1318.4	1477.8
照明功率密度 (W/m ²)	10.39	10.17	11.4
全年電費(元)	5,389	5,274	5,911
設置燈具成本(元)	11,344	11,344	11,871
運轉 5 年總成本(元)	38,288	37,712	41,427

T5 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

T5 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	21	20	10
最小照度(lx)	449	400	412
平均照度(lx)	534	506	510
最大照度(lx)	588	567	573
均勻度	0.842	0.792	0.808
每盞燈具消耗電力(W)	34.5	34.5	61.6
全年耗電量(度)	1449	1380	1232
照明功率密度 (W/m ²)	11.18	10.65	9.51
全年電費(元)	5,796	5,520	4,928
設置燈具成本(元)	23,457	21,340	13,650
運轉 5 年總成本(元)	52,437	48,940	38,290

For 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

For 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	176	176	84
最小照度(lx)	359	358	350
平均照度(lx)	531	530	517
最大照度(lx)	652	651	619
均勻度	0.677	0.674	0.676
每盞燈具消耗電力(W)	14.6	14.6	29.5
全年耗電量(度)	5139.2	5139.2	4956
照明功率密度 (W/m ²)	8.92	8.93	8.62
全年電費(元)	20,557	20,557	19,824
設置燈具成本(元)	136,928	149,248	108,948
運轉 5 年總成本(元)	239,712	252,032	208,068

Ine 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ine 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	98	98	49
最小照度(lx)	341	325	314
平均照度(lx)	515	513	501
最大照度(lx)	609	610	623
均勻度	0.663	0.634	0.627
每盞燈具消耗電力(W)	19	19	37.7
全年耗電量(度)	3724	3724	3694.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.45	6.45	6.41
全年電費(元)	14,896	14,896	14,778
設置燈具成本(元)	95,844	102,704	83,153
運轉 5 年總成本(元)	170,324	177,184	157,045

Age 21W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Age 21W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	96	96	48
最小照度(lx)	346	346	329
平均照度(lx)	507	507	510
最大照度(lx)	614	614	623
均勻度	0.681	0.682	0.645
每盞燈具消耗電力(W)	20	19.9	39.9
全年耗電量(度)	3840	3820.8	3830.4
照明功率密度 (W/m ²)	6.66	6.64	6.65
全年電費(元)	15,360	15,283	15,322
設置燈具成本(元)	92,928	99,648	80,496
運轉 5 年總成本(元)	169,728	176,064	157,104

Est 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Est 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	90	90	45
最小照度(lx)	339	340	354
平均照度(lx)	518	518	516
最大照度(lx)	623	623	622
均勻度	0.655	0.657	0.686
每盞燈具消耗電力(W)	20.1	20	39.4
全年耗電量(度)	3618	3600	3546
照明功率密度 (W/m ²)	6.27	6.26	6.15
全年電費(元)	14,472	14,400	14,184
設置燈具成本(元)	88,020	94,320	76,365
運轉 5 年總成本(元)	160,380	166,320	147,285

Est(L) 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Est(L) 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	99	99	50
最小照度(lx)	330	331	354
平均照度(lx)	513	512	520
最大照度(lx)	612	611	623
均勻度	0.644	0.647	0.681
每盞燈具消耗電力(W)	21.6	21.6	43.9
全年耗電量(度)	4276.8	4276.8	4390
照明功率密度 (W/m ²)	7.43	7.42	7.62
全年電費(元)	17,107	17,107	17,560
設置燈具成本(元)	96,822	103,752	84,850
運轉 5 年總成本(元)	182,358	189,288	172,650

Wtc 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Wtc 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	96	96	48
最小照度(lx)	360	347	335
平均照度(lx)	516	515	515
最大照度(lx)	627	626	629
均勻度	0.697	0.675	0.649
每盞燈具消耗電力(W)	20.4	20.4	40.4
全年耗電量(度)	3916.8	3916.8	3878.4
照明功率密度 (W/m ²)	6.8	6.8	6.73
全年電費(元)	15,667	15,667	15,514
設置燈具成本(元)	131,424	138,144	118,992
運轉 5 年總成本(元)	209,760	216,480	196,560

Eve 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	91	91	45
最小照度(lx)	348	349	350
平均照度(lx)	519	519	511
最大照度(lx)	619	619	613
均勻度	0.671	0.674	0.685
每盞燈具消耗電力(W)	17.8	17.8	35.7
全年耗電量(度)	3239.6	3239.6	3213
照明功率密度 (W/m ²)	5.62	5.62	5.57
全年電費(元)	12,958	12,958	12,852
設置燈具成本(元)	124,579	130,949	111,555
運轉 5 年總成本(元)	189,371	195,741	175,815

Ora 19W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ora 19W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	91	91	45
最小照度(lx)	324	313	345
平均照度(lx)	510	513	500
最大照度(lx)	591	592	598
均勻度	0.634	0.61	0.69
每盞燈具消耗電力(W)	19.9	19.8	40.2
全年耗電量(度)	3621.8	3603.6	3618
照明功率密度 (W/m ²)	6.28	6.24	6.28
全年電費(元)	14,487	14,414	14,472
設置燈具成本(元)	79,989	86,359	67,455
運轉 5 年總成本(元)	152,425	158,431	139,815

Sol 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Sol 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	91	91	45
最小照度(lx)	341	340	343
平均照度(lx)	516	515	501
最大照度(lx)	618	616	604
均勻度	0.659	0.659	0.686
每盞燈具消耗電力(W)	19.6	19.2	36.5
全年耗電量(度)	3567.2	3494.4	3285
照明功率密度 (W/m ²)	6.18	6.07	5.7
全年電費(元)	14,269	13,978	13,140
設置燈具成本(元)	79,989	86,359	67,455
運轉 5 年總成本(元)	151,333	156,247	133,155

Tio 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Tio 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	108	108	56
最小照度(lx)	330	327	337
平均照度(lx)	519	512	511
最大照度(lx)	660	601	617
均勻度	0.635	0.64	0.659
每盞燈具消耗電力(W)	16.4	16.4	32.8
全年耗電量(度)	3542.4	3542.4	3673.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.21	6.14	6.39
全年電費(元)	14,170	14,170	14,694
設置燈具成本(元)	101,412	108,972	90,664
運轉 5 年總成本(元)	172,260	179,820	164,136

Phi 16W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi 16W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	98	98	50
最小照度(lx)	342	330	358
平均照度(lx)	506	509	521
最大照度(lx)	603	604	623
均勻度	0.677	0.65	0.687
每盞燈具消耗電力(W)	15.2	15.2	30.5
全年耗電量(度)	2979.2	2979.2	3050
照明功率密度 (W/m ²)	5.17	5.17	5.29
全年電費(元)	11,917	11,917	12,200
設置燈具成本(元)	115,444	122,304	104,850
運轉 5 年總成本(元)	175,028	181,888	165,850

Eve(L)18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve (L) 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	104	104	54
最小照度(lx)	345	343	353
平均照度(lx)	503	504	533
最大照度(lx)	616	614	647
均勻度	0.687	0.681	0.662
每盞燈具消耗電力(W)	17.9	17.9	35.9
全年耗電量(度)	3723.2	3723.2	3877.2
照明功率密度 (W/m ²)	6.47	6.47	6.73
全年電費(元)	14,893	14,893	15,509
設置燈具成本(元)	142,376	149,656	133,866
運轉 5 年總成本(元)	216,840	224,120	211,410

Tat 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Tat 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	105	105	54
最小照度(lx)	344	339	352
平均照度(lx)	514	513	519
最大照度(lx)	621	621	627
均勻度	0.669	0.66	0.679
每盞燈具消耗電力(W)	17	17	35.7
全年耗電量(度)	3570	3570	3855.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.19	6.19	6.69
全年電費(元)	14,280	14,280	15,422
設置燈具成本(元)	123,795	131,145	113,346
運轉 5 年總成本(元)	195,195	202,545	190,458

Tat(L) 18W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Tat(L) 18W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	112	112	56
最小照度(lx)	373	352	338
平均照度(lx)	519	531	510
最大照度(lx)	631	643	617
均勻度	0.718	0.662	0.664
每盞燈具消耗電力(W)	18.7	18.7	35.7
全年耗電量(度)	4188.8	4188.8	3998.4
照明功率密度 (W/m ²)	7.27	7.27	6.94
全年電費(元)	16,755	16,755	15,994
設置燈具成本(元)	132,048	139,888	117,544
運轉 5 年總成本(元)	215,824	223,664	197,512

Ota 20W LED 燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ota 20W	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	84	84	42
最小照度(lx)	339	333	326
平均照度(lx)	501	504	509
最大照度(lx)	605	607	636
均勻度	0.667	0.661	0.639
每盞燈具消耗電力(W)	22.5	22.5	45.2
全年耗電量(度)	3780	3780	3796.8
照明功率密度 (W/m ²)	6.57	6.57	6.6
全年電費(元)	15,120	15,120	15,187
設置燈具成本(元)	149,352	155,232	138,474
運轉 5 年總成本(元)	224,952	230,832	214,410

省電型 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

省電型 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	91	96	48
最小照度(lx)	342	364	361
平均照度(lx)	513	523	538
最大照度(lx)	630	661	659
均勻度	0.666	0.696	0.671
每盞燈具消耗電力(W)	42.2	41.2	81.9
全年耗電量(度)	7680.4	7910.4	7862.4
照明功率密度 (W/m ²)	13.33	13.73	13.65
全年電費(元)	30,722	31,642	31,450
設置燈具成本(元)	59,605	55,392	50,640
運轉 5 年總成本(元)	213,213	213,600	207,888

三波長 T8 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

三波長 T8 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	72	78	36
最小照度(lx)	339	347	349
平均照度(lx)	506	514	516
最大照度(lx)	621	640	633
均勻度	0.670	0.674	0.676
每盞燈具消耗電力(W)	42.1	41.2	82.1
全年耗電量(度)	6062.4	6427.2	5911.2
照明功率密度 (W/m ²)	10.52	11.15	10.26
全年電費(元)	24,250	25,709	23,645
設置燈具成本(元)	51,048	55,302	47,484
運轉 5 年總成本(元)	172,296	183,846	165,708

T5 螢光燈管搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

T5 螢光燈管	DIALux 模擬		
	試驗燈具 (D)	試驗燈具 (E)	試驗燈具 (F)
安裝燈具數 (盞)	84	84	40
最小照度(lx)	337	341	340
平均照度(lx)	511	513	516
最大照度(lx)	617	620	620
均勻度	0.660	0.664	0.659
每盞燈具消耗電力(W)	34.5	34.5	61.6
全年耗電量(度)	5796	5796	4928
照明功率密度 (W/m ²)	10.06	10.06	8.56
全年電費(元)	23,184	23,184	19,712
設置燈具成本(元)	93,828	89,628	54,600
運轉 5 年總成本(元)	209,748	205,548	153,160

附錄三

試驗燈具更換不同燈管 模擬數據

試驗燈具(A)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO01)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	491	523	543	0.939	24.12	螢光燈管
三波長 T8 20W	583	624	649	0.935	24.78	螢光燈管
T5 14W	565	608	637	0.929	19.54	螢光燈管
Ota 10W	560	619	659	0.906	11.73	LED 燈管
Eve 9W	519	581	622	0.894	10.88	LED 燈管
Wtc 10W	662	757	820	0.874	13.69	LED 燈管
Age 10W	625	702	754	0.89	13.12	LED 燈管
Tat 9W	473	523	553	0.906	9.95	LED 燈管
Lud 9W	518	586	631	0.884	10.31	LED 燈管
Mod 10W	469	548	595	0.856	10.06	LED 燈管
Ltu 10W	510	581	628	0.878	11.15	LED 燈管
Dan 10W	526	602	653	0.873	12.39	LED 燈管
Chd 10W	455	506	541	0.899	11.45	LED 燈管
Eve(L) 9W	480	536	572	0.896	11.18	LED 燈管
Wtc(L) 10W	548	620	666	0.883	13.24	LED 燈管
Tat(L) 9W	424	466	495	0.909	10.09	LED 燈管

試驗燈具(A)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO02)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	403	513	576	0.786	15.9	螢光燈管
三波長 T8 20W	480	613	688	0.783	16.33	螢光燈管
T5 14W	454	571	639	0.795	12.88	螢光燈管
Ota 10W	470	586	663	0.802	7.73	LED 燈管
Eve 9W	445	547	619	0.812	7.17	LED 燈管
Wtc 10W	582	708	796	0.822	9.02	LED 燈管
Age 10W	528	658	744	0.802	8.65	LED 燈管
Tat 9W	398	496	558	0.802	6.56	LED 燈管
Lud 9W	437	550	625	0.795	6.8	LED 燈管
Mod 10W	408	505	564	0.807	6.63	LED 燈管
Ltu 10W	435	541	608	0.805	7.35	LED 燈管
Dan 10W	463	564	633	0.821	8.16	LED 燈管
Chd 10W	380	475	539	0.799	7.55	LED 燈管
Eve(L) 9W	406	505	572	0.805	7.37	LED 燈管
Wtc(L) 10W	477	581	655	0.82	8.73	LED 燈管
Tat(L) 9W	350	441	498	0.792	6.65	LED 燈管

試驗燈具(A)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO03)

光源 廠牌	最小 照度 (lx)	平均 照度 (lx)	最大 照度 (lx)	均勻度	照明功率 密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	354	511	627	0.694	15.02	螢光燈管
三波長 T8 20W	420	613	754	0.685	15.44	螢光燈管
T5 14W	391	574	696	0.681	12.17	螢光燈管
Ota 10W	402	594	730	0.676	7.31	LED 燈管
Eve 9W	366	562	674	0.652	6.77	LED 燈管
Wtc 10W	462	736	869	0.628	8.52	LED 燈管
Age 10W	443	672	810	0.659	8.17	LED 燈管
Tat 9W	340	503	621	0.675	6.2	LED 燈管
Lud 9W	376	568	680	0.662	6.42	LED 燈管
Mod 10W	328	542	616	0.605	6.26	LED 燈管
Ltu 10W	361	569	667	0.634	6.94	LED 燈管
Dan 10W	369	588	695	0.626	7.71	LED 燈管
Chd 10W	322	485	587	0.664	7.13	LED 燈管
Eve(L) 9W	341	518	622	0.659	6.96	LED 燈管
Wtc(L) 10W	386	594	714	0.65	8.25	LED 燈管
Tat(L) 9W	305	449	554	0.679	6.29	LED 燈管

試驗燈具(B)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO01)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	475	501	517	0.949	23.53	螢光燈管
三波長 T8 20W	550	585	608	0.94	24.05	螢光燈管
T5 14W	575	615	642	0.935	20.01	螢光燈管
Ota 10W	568	627	665	0.906	11.73	LED 燈管
Eve 9W	525	583	624	0.9	10.9	LED 燈管
Wtc 10W	664	758	821	0.875	13.64	LED 燈管
Age 10W	626	702	751	0.891	13.1	LED 燈管
Tat 9W	477	525	556	0.907	9.96	LED 燈管
Lud 9W	516	584	631	0.884	10.29	LED 燈管
Mod 10W	470	548	595	0.858	10.06	LED 燈管
Ltu 10W	509	580	627	0.878	11.13	LED 燈管
Dan 10W	530	602	652	0.88	12.37	LED 燈管
Chd 10W	455	508	543	0.896	11.45	LED 燈管
Eve(L) 9W	480	536	575	0.895	11.18	LED 燈管
Wtc(L) 10W	551	621	667	0.887	13.24	LED 燈管
Tat(L) 9W	424	467	496	0.909	10.08	LED 燈管

試驗燈具(B)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO02)

光源 廠牌	最小 照度 (lx)	平均 照度 (lx)	最大 照度 (lx)	均勻度	照明功率 密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	420	535	593	0.785	16.13	螢光燈管
三波長 T8 20W	518	665	738	0.779	16.48	螢光燈管
T5 14W	459	572	648	0.804	13.71	螢光燈管
Ota 10W	501	610	680	0.822	8.04	LED 燈管
Eve 9W	455	559	629	0.814	7.47	LED 燈管
Wtc 10W	596	719	814	0.83	9.35	LED 燈管
Age 10W	549	670	752	0.82	8.98	LED 燈管
Tat 9W	424	515	574	0.822	6.83	LED 燈管
Lud 9W	445	557	634	0.798	7.05	LED 燈管
Mod 10W	415	509	569	0.816	6.91	LED 燈管
Ltu 10W	447	545	617	0.82	7.63	LED 燈管
Dan 10W	463	569	649	0.814	8.48	LED 燈管
Chd 10W	397	486	546	0.817	7.85	LED 燈管
Eve(L) 9W	416	514	580	0.808	7.66	LED 燈管
Wtc(L) 10W	491	593	664	0.827	9.08	LED 燈管
Tat(L) 9W	371	457	511	0.812	6.91	LED 燈管

試驗燈具(B)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO03)

光源 廠牌	最小 照度 (lx)	平均 照度 (lx)	最大 照度 (lx)	均勻度	照明功率 密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	363	504	625	0.720	16.75	螢光燈管
三波長 T8 20W	443	625	776	0.709	17.12	螢光燈管
T5 14W	443	636	776	0.696	14.24	螢光燈管
Ota 10W	450	649	777	0.694	8.35	LED 燈管
Eve 9W	418	616	731	0.678	7.76	LED 燈管
Wtc 10W	520	797	940	0.652	9.71	LED 燈管
Age 10W	495	737	874	0.672	9.33	LED 燈管
Tat 9W	383	547	661	0.699	7.09	LED 燈管
Lud 9W	426	618	732	0.69	7.33	LED 燈管
Mod 10W	368	591	668	0.622	7.18	LED 燈管
Ltu 10W	403	618	715	0.652	7.93	LED 燈管
Dan 10W	422	639	748	0.661	8.81	LED 燈管
Chd 10W	363	534	635	0.68	8.15	LED 燈管
Eve(L) 9W	386	563	674	0.687	7.96	LED 燈管
Wtc(L) 10W	434	646	773	0.672	9.43	LED 燈管
Tat(L) 9W	344	486	587	0.707	7.18	LED 燈管

試驗燈具(C)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO01)

光源 廠牌	最小 照度 (lx)	平均 照度 (lx)	最大 照度 (lx)	均勻度	照明功率 密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	511	555	583	0.921	25.36	螢光燈管
三波長 T8 20W	625	679	718	0.919	25.86	螢光燈管
T5 14W	597	651	693	0.917	18.83	螢光燈管
Ota 10W	571	632	676	0.905	11.72	LED 燈管
Eve 9W	532	586	623	0.908	10.91	LED 燈管
Wtc 10W	668	750	803	0.89	13.6	LED 燈管
Age 10W	636	704	754	0.903	13.29	LED 燈管
Tat 9W	489	539	576	0.906	9.86	LED 燈管
Lud 9W	522	581	620	0.899	10.17	LED 燈管
Mod 10W	463	524	562	0.883	9.99	LED 燈管
Ltu 10W	502	561	601	0.894	10.86	LED 燈管
Dan 10W	528	591	632	0.893	12.37	LED 燈管
Chd 10W	466	516	553	0.903	11.4	LED 燈管
Eve(L) 9W	481	532	569	0.903	11.1	LED 燈管
Wtc(L) 10W	564	631	675	0.893	13.22	LED 燈管
Tat(L) 9W	425	472	503	0.902	9.99	LED 燈管

試驗燈具(C)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO02)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	465	552	621	0.842	18.05	螢光燈管
三波長 T8 20W	564	676	756	0.834	18.41	螢光燈管
T5 14W	540	648	722	0.834	13.4	螢光燈管
Ota 10W	533	629	701	0.848	8.34	LED 燈管
Eve 9W	495	582	647	0.851	7.77	LED 燈管
Wtc 10W	638	743	831	0.859	9.68	LED 燈管
Age 10W	591	698	780	0.846	9.46	LED 燈管
Tat 9W	453	535	596	0.847	7.02	LED 燈管
Lud 9W	493	577	645	0.854	7.24	LED 燈管
Mod 10W	441	517	581	0.854	7.11	LED 燈管
Ltu 10W	474	556	624	0.853	7.73	LED 燈管
Dan 10W	501	586	655	0.854	8.81	LED 燈管
Chd 10W	435	513	572	0.847	8.12	LED 燈管
Eve(L) 9W	449	530	590	0.848	7.9	LED 燈管
Wtc(L) 10W	536	626	699	0.856	9.41	LED 燈管
Tat(L) 9W	399	469	522	0.86	7.11	LED 燈管

試驗燈具(C)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO03)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 20W	356	521	645	0.682	16.25	螢光燈管
三波長 T8 20W	431	641	786	0.672	16.57	螢光燈管
T5 14W	420	620	748	0.677	12.06	螢光燈管
Ota 10W	402	598	717	0.673	7.51	LED 燈管
Eve 9W	368	557	669	0.661	6.99	LED 燈管
Wtc 10W	465	710	855	0.654	8.72	LED 燈管
Age 10W	448	668	801	0.671	8.52	LED 燈管
Tat 9W	342	510	614	0.671	6.32	LED 燈管
Lud 9W	366	552	663	0.663	6.51	LED 燈管
Mod 10W	322	498	601	0.647	6.4	LED 燈管
Ltu 10W	351	533	641	0.659	6.96	LED 燈管
Dan 10W	369	561	676	0.657	7.93	LED 燈管
Chd 10W	328	490	588	0.67	7.31	LED 燈管
Eve(L) 9W	337	507	610	0.664	7.11	LED 燈管
Wtc(L) 10W	393	598	720	0.657	8.47	LED 燈管
Tat(L) 9W	297	447	539	0.664	6.4	LED 燈管

試驗燈具(D)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO01)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	505	543	568	0.931	20.59	螢光燈管
三波長 T8 40W	634	682	715	0.929	20.53	螢光燈管
T5 28W	546	591	627	0.924	16.82	螢光燈管
For 16W	268	295	313	0.91	7.12	LED 燈管
Ine 20W	441	499	535	0.884	9.25	LED 燈管
Age 21W	459	518	553	0.886	9.74	LED 燈管
Est 20W	484	549	588	0.882	9.79	LED 燈管
Est(L)20W	436	496	530	0.878	10.54	LED 燈管
Wtc 20W	469	527	564	0.89	9.95	LED 燈管
Eve18W	484	540	578	0.895	8.68	LED 燈管
Ora 19W	457	525	563	0.87	9.69	LED 燈管
Sol 18W	481	540	576	0.89	9.56	LED 燈管
Tio 16W	395	445	479	0.887	8	LED 燈管
Phi 16W	434	493	529	0.881	7.41	LED 燈管
Eve (L) 18W	423	475	507	0.89	8.74	LED 燈管
Tat 18W	424	469	499	0.904	8.28	LED 燈管
Tat(L) 18W	411	455	484	0.904	9.12	LED 燈管
Ota 20W	513	572	609	0.898	10.99	LED 燈管

試驗燈具(D)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO02)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	391	505	561	0.773	13.02	螢光燈管
三波長 T8 40W	492	635	705	0.775	12.99	螢光燈管
T5 28W	387	483	549	0.801	10.65	螢光燈管
For 16W	208	262	293	0.793	4.5	LED 燈管
Ine 20W	340	427	479	0.798	5.85	LED 燈管
Age 21W	357	444	496	0.804	6.16	LED 燈管
Est 20W	377	470	526	0.802	6.19	LED 燈管
Est(L)20W	347	425	477	0.817	6.67	LED 燈管
Wtc 20W	361	452	506	0.798	6.3	LED 燈管
Eve18W	372	464	520	0.802	5.49	LED 燈管
Ora 19W	360	444	501	0.812	6.13	LED 燈管
Sol 18W	375	463	518	0.809	6.04	LED 燈管
Tio 16W	306	380	430	0.805	5.06	LED 燈管
Phi 16W	334	422	476	0.791	4.69	LED 燈管
Eve (L) 18W	329	408	456	0.807	5.53	LED 燈管
Tat 18W	327	410	460	0.798	5.24	LED 燈管
Tat(L) 18W	316	397	447	0.794	5.77	LED 燈管
Ota 20W	390	496	558	0.787	6.95	LED 燈管

試驗燈具(D)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO03)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	342	513	630	0.666	13.33	螢光燈管
三波長 T8 40W	428	644	788	0.665	13.3	螢光燈管
T5 28W	380	566	681	0.671	10.9	螢光燈管
For 16W	191	282	339	0.677	4.61	LED 燈管
Ine 20W	320	476	566	0.672	5.99	LED 燈管
Age 21W	327	496	590	0.66	6.31	LED 燈管
Est 20W	344	525	624	0.655	6.34	LED 燈管
Est(L)20W	308	476	564	0.647	6.83	LED 燈管
Wtc 20W	340	504	604	0.674	6.45	LED 燈管
Eve18W	348	519	619	0.671	5.62	LED 燈管
Ora 19W	324	510	591	0.634	6.28	LED 燈管
Sol 18W	341	516	618	0.659	6.18	LED 燈管
Tio 16W	284	435	504	0.652	5.19	LED 燈管
Phi 16W	319	470	563	0.679	4.8	LED 燈管
Eve (L) 18W	303	456	545	0.665	5.66	LED 燈管
Tat 18W	301	447	537	0.647	5.37	LED 燈管
Tat(L) 18W	294	433	521	0.678	5.91	LED 燈管
Ota 20W	367	541	654	0.677	7.12	LED 燈管

試驗燈具(E)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO01)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	480	516	539	0.930	20.1	螢光燈管
三波長 T8 40W	600	546	677	0.930	20.08	螢光燈管
T5 28W	551	594	627	0.929	16.82	螢光燈管
For 16W	268	295	313	0.909	7.13	LED 燈管
Ine 20W	435	499	534.000	0.871	9.25	LED 燈管
Age 21W	460	518	553	0.888	9.71	LED 燈管
Est 20W	485	549	587	0.884	9.77	LED 燈管
Est(L)20W	437	496	529	0.882	10.53	LED 燈管
Wtc 20W	463	526	560	0.881	9.95	LED 燈管
Eve18W	483	540	578	0.894	8.67	LED 燈管
Ora 19W	452	527	566	0.858	9.63	LED 燈管
Sol 18W	480	539	575	0.891	9.38	LED 燈管
Tio 16W	394	444	477	0.887	7.99	LED 燈管
Phi 16W	439	496	529	0.884	7.41	LED 燈管
Eve (L) 18W	422	476	507	0.887	8.74	LED 燈管
Tat 18W	420	469	497	0.896	8.28	LED 燈管
Tat(L) 18W	409	454	482	0.901	9.12	LED 燈管
Ota 20W	513	572	609	0.898	10.99	LED 燈管

試驗燈具(E)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO02)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	379	500	559	0.758	379	螢光燈管
三波長 T8 40W	475	627	700	0.758	475	螢光燈管
T5 28W	400	506	567	0.792	400	螢光燈管
For 16W	209	261	292	0.798	209	LED 燈管
Ine 20W	353	427	480	0.828	353	LED 燈管
Age 21W	356	443	496	0.804	356	LED 燈管
Est 20W	376	470	525	0.801	376	LED 燈管
Est(L)20W	345	424	475	0.814	345	LED 燈管
Wtc 20W	369	451	505	0.819	369	LED 燈管
Eve18W	371	464	519	0.8	371	LED 燈管
Ora 19W	369	445	501	0.83	369	LED 燈管
Sol 18W	374	462	516	0.809	374	LED 燈管
Tio 16W	304	378	429	0.804	304	LED 燈管
Phi 16W	346	425	476	0.814	346	LED 燈管
Eve (L) 18W	333	408	457	0.815	333	LED 燈管
Tat 18W	332	410	459	0.809	332	LED 燈管
Tat(L) 18W	318	396	443	0.804	318	LED 燈管
Ota 20W	401	498	558	0.805	401	LED 燈管

試驗燈具(E)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO03)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	364	523	661	0.696	13.73	螢光燈管
三波長 T8 40W	458	655	829	0.699	13.72	螢光燈管
T5 28W	385	573	690	0.672	11.5	螢光燈管
For 16W	206	294	356	0.702	4.87	LED 燈管
Ine 20W	323	487	593	0.663	6.32	LED 燈管
Age 21W	346	507	614	0.682	6.64	LED 燈管
Est 20W	364	537	651	0.679	6.68	LED 燈管
Est(L)20W	326	485	589	0.672	7.19	LED 燈管
Wtc 20W	347	515	626	0.675	6.8	LED 燈管
Eve18W	368	531	644	0.694	5.93	LED 燈管
Ora 19W	329	516	610	0.637	6.58	LED 燈管
Sol 18W	361	527	642	0.685	6.41	LED 燈管
Tio 16W	297	447	526	0.663	5.46	LED 燈管
Phi 16W	328	484	590	0.678	5.06	LED 燈管
Eve (L) 18W	316	466	566	0.679	5.97	LED 燈管
Tat 18W	324	463	562	0.7	5.66	LED 燈管
Tat(L) 18W	316	447	541	0.707	6.23	LED 燈管
Ota 20W	392	564	681	0.695	7.51	LED 燈管

試驗燈具(F)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO01)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	497	574	634	0.867	19.98	螢光燈管
三波長 T8 40W	621	715	790	0.868	20.02	螢光燈管
T5 28W	541	630	700	0.859	15.03	螢光燈管
For 16W	276	324	362	0.852	7.2	LED 燈管
Ine 20W	424	515	583	0.823	9.18	LED 燈管
Age 21W	446	542	614	0.822	9.73	LED 燈管
Est 20W	479	573	643	0.837	9.6	LED 燈管
Est(L)20W	427	523	593	0.817	10.71	LED 燈管
Wtc 20W	453	548	617	0.827	9.84	LED 燈管
Eve18W	469	564	634	0.832	8.7	LED 燈管
Ora 19W	449	558	639	0.805	9.8	LED 燈管
Sol 18W	460	555	626	0.827	8.9	LED 燈管
Tio 16W	382	460	518	0.829	8.01	LED 燈管
Phi 16W	430	526	498	0.817	7.43	LED 燈管
Eve (L) 18W	417	505	570	0.826	8.75	LED 燈管
Tat 18W	417	494	553	0.844	8.7	LED 燈管
Tat(L) 18W	391	465	521	0.841	8.71	LED 燈管
Ota 20W	510	607	678	0.84	11.03	LED 燈管

試驗燈具(F)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO02)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	466	576	653	0.808	15.17	螢光燈管
三波長 T8 40W	580	718	815	0.809	15.2	螢光燈管
T5 28W	511	619	693	0.826	11.41	螢光燈管
For 16W	264	325	366	0.813	5.47	LED 燈管
Ine 20W	426	510	571	0.835	6.97	LED 燈管
Age 21W	452	538	604	0.84	7.39	LED 燈管
Est 20W	468	570	641	0.821	7.29	LED 燈管
Est(L)20W	438	519	581	0.845	8.13	LED 燈管
Wtc 20W	455	545	611	0.836	7.47	LED 燈管
Eve18W	467	562	631	0.831	6.6	LED 燈管
Ora 19W	455	544	612	0.837	7.44	LED 燈管
Sol 18W	459	551	619	0.832	6.76	LED 燈管
Tio 16W	380	457	510	0.832	6.08	LED 燈管
Phi 16W	432	518	581	0.834	5.64	LED 燈管
Eve (L) 18W	421	502	563	0.838	6.64	LED 燈管
Tat 18W	399	491	554	0.812	6.61	LED 燈管
Tat(L) 18W	375	461	521	0.812	6.61	LED 燈管
Ota 20W	501	610	689	0.821	8.38	LED 燈管

試驗燈具(F)更換不同燈管模擬數據 (空間編號 NO03)

光源廠牌	最小照度 (lx)	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	均勻度	照明功率密度 (W/m ²)	備註
省電型 T8 40W	361	538	659	0.671	13.65	螢光燈管
三波長 T8 40W	449	670	821	0.671	13.68	螢光燈管
T5 28W	400	595	721	0.673	10.27	螢光燈管
For 16W	203	306	372	0.662	4.92	LED 燈管
Ine 20W	315	483	592	0.651	6.28	LED 燈管
Age 21W	329	510	623	0.645	6.65	LED 燈管
Est 20W	356	539	657	0.661	6.56	LED 燈管
Est(L)20W	316	491	599	0.643	7.32	LED 燈管
Wtc 20W	335	515	629	0.649	6.73	LED 燈管
Eve18W	351	532	649	0.659	5.94	LED 燈管
Ora 19W	338	520	635	0.65	6.7	LED 燈管
Sol 18W	342	522	639	0.654	6.08	LED 燈管
Tio 16W	286	436	531	0.656	5.47	LED 燈管
Phi 16W	320	493	602	0.649	5.08	LED 燈管
Eve (L) 18W	309	476	580	0.649	5.98	LED 燈管
Tat 18W	308	464	566	0.665	5.95	LED 燈管
Tat(L) 18W	289	435	533	0.663	5.95	LED 燈管
Ota 20W	381	571	694	0.667	7.54	LED 燈管

附錄(四) 期中會議記錄及處理情形

時間：104 年 8 月 13 日（星期四）上午 9 時 30 分

地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第 3 會議室

主持人：廖組長慧燕

出席人員：略

<p><u>新北市政府工務局(葉股長坤原)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.評估時間為 5 年，是否有參考設置燈具之實際汰換時間？ 2.人民在意的是施作費用多久可攤平，如何安裝效果最好，建議納入評估。 3.光衰應屬燈管開發時即有之資料，建議可向廠商索取。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.主要參酌相關研究及照明業界意見，評估時間採用 5 年。 2.謝謝委員指正，已納入評估。 3.目前較缺乏光衰相關研究或驗證資訊，因此本年將該部分納入先期研究探討。
<p><u>台灣區照明燈具輸出業同業公會(陳專員宗麟)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.目前民眾對於 LED 藍光部分仍有疑慮，建議能補充相關資料或納入後續研究探討。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指正，已於報告書中補充。
<p><u>林簡任技正之瑛</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.本案延續性計畫，經由研析 LED 照明規範，實測山型及中東型 LED 燈具照明效率及品質，應用 DIALux 模擬設計分析，研析照明標準及設計建議，供政策決策參考，符合預期成果需求。 2.鑒於本案源自我國「照明節能推動計畫」，第二階段目標「以 LED 燈泡做為最終解決照明耗能方案」，相關成本分析，除耗電量外，有關設備建置成本，更新維修成本，燈管燈具等耗材壽命及再生利用之可行性等，建議依生命週期通盤考量。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員意見。 2.囿於研究時程有限，暫不納入考量。

<p>3.計畫摘要或背景部分，建議將前期研究 T5、T8、LED 燈管及燈具相關成果，以及本研究之關聯性等內容摘述納之。</p>	<p>3.謝謝委員指正，已於報告書中補充。</p>
<p><u>張建築師矩墉</u></p>	
<p>1.首先建議應先說明何謂山型及中東型燈具，以及為何選其作為標的。</p>	<p>1.感謝委員意見，已補充燈具結構圖，並說明選用緣由。</p>
<p>2.其實 T-BAR 燈具與山型及中東型差別在於燈具型式所衍生之性能會有差異，光源則都相同，所以只要針對這些項目探討即可，光源無須太多著墨。</p>	<p>2.感謝委員意見，囿於光源種類亦是影響照明效果重要參數，因此進行該部分研究。</p>
<p>3.P.139 目前辦公室之照明功率密度應為 $15\text{W}/\text{m}^2$ 非 $10\text{W}/\text{m}^2$，請修正。</p>	<p>3.感謝委員指正，已於報告書中修正。</p>
<p>4.山型燈具因具有一個角度(非與地面平行)在配光曲線上有無差異？因 LED 與螢光燈不同，是具有一定角度。</p>	<p>4.謝謝委員指正，已將 LED 與螢光燈納入探討。</p>
<p><u>梁教授漢溪</u></p>	
<p>1.結論論述似乎太多，宜重點式加以說明，原結論部分放入討論內容。</p>	<p>1.謝謝委員指正，已於報告書中修正。</p>
<p>2.山型與中東型是否因燈管而產生差異，建議補充說明。</p>	<p>2.感謝委員指正，已將不同種類燈管納入探討。</p>
<p>3.建議可針對實驗燈具加以分類，俾增進應用參考價值。</p>	<p>3.謝謝委員指正，已於報告書中修正。</p>
<p><u>馮協理文信</u></p>	
<p>1.建議更正資料部分： (1)P.66 之表 4-1.13 試驗燈具(A)之 LOR 值。 (2)P.88 之表 4-2.6 與表 4-2.7 試驗燈具(F)之功率因數值。</p>	<p>1.謝謝委員指正，已於報告書中修正。</p>

<p>(3)P.98-P.100 文中提到試驗燈具 A、B、C 應改為 D、E、F。</p> <p>2.建議再確認資料正確性部分：</p> <p>(1)P.61 之表 4-1.13 試驗燈具 A.B.C 之燈具效率(LOR)值偏低。</p> <p>(2)P.93 之表 4-2.16 試驗燈具 D.E.F 之燈具效率(LOR)值偏低。</p> <p>(3)P.90 之表 4-2.10 試驗燈具 E 之燈具效率(LOR)值偏高。</p> <p>3.建議樣品燈管功率因素低於 85%，不列入評估。</p> <p>4.現有 LED 燈管銷售市場有兩種模式(1)新燈具+新燈管(2)舊燈具+新燈管，兩者成本不同，建議同時評估，若有更換燈管則要加入人工成本。</p> <p><u>主席</u></p> <p>1.本研究結論論述過於繁雜，宜重點式加以說明，請檢討修正，俾增進閱讀性。</p>	<p>2.謝謝委員指正，已於報告書中修正。</p> <p>3.本研究樣品燈管均於賣場採購，較能反應現況，建議不再額外篩選分類。</p> <p>4.謝謝委員指正，囿於更換燈管人工成本市場差異頗大，且有一部分消費者習慣自行更換，變異很大，因此建議不納入分析。</p> <p>1.謝謝委員指正，已於報告書中修正。</p>
--	---

附錄(五) 期末會議記錄及處理情形

時間：104 年 11 月 26 日（星期四）下午 2 時 30 分

地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第 3 會議室

主持人：廖組長慧燕(陳簡任研究員伯勳代)

出席人員：略

<p><u>台灣區照明燈具輸出業同業公會(陳專員宗麟)</u></p> <p>1.本案完成相當多的 LED 燈具性能數據，對業界極有幫助，本會將相關資訊提供會員或機關參酌。</p>	<p>1.謝謝委員意見。</p>
<p><u>財團法人台灣建築中心(陳經理文洲)</u></p> <p>1.本案 DIALux 數值模擬部分是否曾與實測數據比對過？建議補充說明。</p> <p>2.智慧照明應用技術可以提升燈具能源使用效率，建議可以納入後續研究探討。</p>	<p>1.前期 102 年度自行研究 DIALux 數值模擬曾與實測數據比對過。</p> <p>2.囿於研究時程有限，暫不納入考量。</p>
<p><u>林簡任技正之瑛</u></p> <p>1.本延續性計畫，經由彙整 LED 照明規範發展趨勢，實測山型及中東型 LED 燈具，分析照明效率及品質數據，輔以 DIALux 模擬設計因子，作為研(修)訂規範或照明設計參考，符合預期成果需求。</p> <p>2.後續結案報告請補充中、英文摘要。</p> <p>3.鑑於報告書 P.28 提及 LED 燈具目前僅有 CNS 15438-2010「雙燈帽直管型 LED 光源-安全性」規定，至於 LED 燈管或燈具性能要求標準，並未訂定國家標準，故建請補充具體意見。</p> <p>4.有關運轉總成本分析，安裝三波長 T8 或 T5 燈管之價格較 LED 燈管具競爭力部</p>	<p>1.謝謝委員意見。</p> <p>2.謝謝委員指正，已於報告書中補充。</p> <p>3.已於建議事項補充。</p> <p>4.囿於研究時程有限，LED 價格之細項分析難以取得，建議納入</p>

<p>分，建請分析 LED 燈具照明價格較高之原因及現有課題，並研提對策，以利我國「照明節能推動計畫」二階段業務之落實執行。</p> <p><u>張建築師矩墉</u></p>	<p>後續研究辦理。</p>
<p>1. 中東和山型都是裸露光源的燈具，而一般認為防眩光的要求下，T-BAR 燈具是比裸露式燈具要好，這項照明節能評估時是有反應的，但效率就不評估，究竟光源的效率是否應依燈具型式要作修正？目前的評估以有防眩光燈具為優的順序是否要修改？請補充說明。</p>	<p>1. 謝謝委員意見，將提供相關資料予修訂規範參考。</p>
<p><u>梁教授漢溪</u></p> <p>1. 模擬照度均勻度其平均值差異不大，建議不要予以排序。</p> <p>2. 各空間模擬成本分析結果，以 65 公分以上 T8 或 T5 (山型、中東) 燈具為最佳方案，建議可予以推論，其中是否與模擬條件有關？</p> <p>3. 經由研究 LED 之效率差異是否與綠建築評估手冊之 r_i 有差異？雖然 2015 年版已取消 r_i 之計算，建議能補充說明。</p>	<p>1. 謝謝委員指正，已於報告書中修正。</p> <p>2. 謝謝委員意見，已於報告書中補充 DIALux 模擬條件。</p> <p>3. 謝謝委員意見，市售 LED 之 r_i 確實有差異，將提供研究數據資料參考。</p>
<p><u>馮協理文信</u></p> <p>1. 本研究案對一般市場販賣主要的 LED 照明產品品質狀況極有幫助，可做為政府單位就市場管理政策制訂的參考。</p> <p>2. 建議增加一項功率因素與價格關係的分析。</p> <p>3. 山型燈具分兩類且外型不同，建議標示給予區分，例如分山型(1)、山型(2)。</p>	<p>1. 謝謝委員意見。</p> <p>2. 謝謝委員指正，已於報告書中補充。</p> <p>3. 感謝委員指正，已於報告書中區分為試驗燈具(A)~(F)等 6 類。</p>

參考書目

1. 蔡介峰,“輕鋼架天花板嵌入型(T-BAR)LED 燈具照明效率及品質研究”,內政部建築研究所自行研究成果報告,2013年12月。
2. 財團法人台灣綠色生產力基金會,“LED 照明節能應用技術手冊”,2012年12月。
3. 徐虎嘯,“有罩式安定器內藏式螢光燈照明效率及品質之試驗研究(3/3)”,內政部建築研究所自行研究成果報告,2012年12月。
4. 經濟部能源局,“LED 照明應用技術與製程設備開發計畫”,2012年02月。
5. CNS12112,“室內工作場所照明”,2012年。
6. 潘妍呈,“住宅環境導向之最適化 LED 燈具設計策略之研究”,碩士論文,2012年01月。
7. 曾明翔,“節能減碳產品購買要因之研究—以 LED 照明產品為例”,碩士論文,2011年07月。
8. 李玉生、周鼎金等,“室內工作場所照明標準研訂之研究”,內政部建築研究所協同研究,2010年。
9. CNS 15437,“輕鋼架天花板(T-bar)嵌入型發光二極體燈具”,2010年。
10. CNS 15438,“雙燈帽直管型 LED 光源-安全性要求”,2010年。
11. JEL801,“L型燈口的直管型 LED 燈系統(普通照明用)”,2010年。
12. 李玉生、周鼎金等,“舊有建築物照明節能技術應用之研究”,內政部建築研究所協同研究,2009年。
13. 黃建歷,“高功率白光 LED 照明之光學設計”,碩士論文,2009年07月。
14. U.S. Department of Energy,“ENERGY STAR® Program Requirements for Solid State Lighting Luminaires”,2008年。
15. 蔡介峰,“照明燈具配光曲線試驗標準書”,內政部建築研究所,2006年12月。
16. 蔡介峰,“人工光源全光通量試驗標準書”,內政部建築研究所,2006年12月。

17. CNS 691,“螢光燈管（一般照明用）”,2000 年。
18. 石曉蔚,“室內照明設計原理”,淑馨出版社,1996 年 04 月。
19. 節能標章全球資訊網站, <http://www.energylabel.org.tw/index.asp>。
20. wikipedia 網站, <http://en.wikipedia.org/>