

圓型 LED 嵌燈之照明效率 及品質研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 105 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)

105301070000G0037

PG10504-0066

圓型 LED 嵌燈之照明效率 及品質研究

研究主持人：蔡介峰

研究期程：中華民國 105 年 3 月至 105 年 12 月

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 105 年 12 月

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

A Study on the Energy Efficiency and
Lighting Quality of Fixture LED
Circular Type Recessed
Lamps

BY

CHIEH FENG TSAI

December, 2016

目 次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	VI
摘要.....	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	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.....	26
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 圓型 LED 嵌燈之照明效率及品質分析.....	58
第一節 無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈測試結果與分析.....	58
第二節 有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈測試結果與分析.....	83
第三節 圓型 LED 嵌燈之照明模擬與分析.....	110
第四節 圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源分析.....	131
第五節 討論與小結.....	140

第五章 結論與建議.....	155
第一節 結論.....	155
第二節 建議.....	158
附錄一 本研究裸燈泡之尺寸及配光曲線量測數據	159
附錄二 無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈在各空間之模擬 數據.....	177
附錄三 有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈在各空間之模擬 數據.....	195
附錄四 試驗燈具更換不同燈泡模擬數據	221
附錄五 期中會議記錄及處理情形.....	229
附錄六 期末會議記錄及處理情形.....	232
參考書目	234

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照明產品應用範圍一覽表	22
表2-3.1	我國近年來有關LED公佈之國家標準	26
表2-3.2	室內照明燈具節能標章能效基準	30
表2-3.3	UL提出相關LED照明安全規範.....	33
表2-3.4	美國能源之星「固態照明要求」對應的相關規範.....	33
表2-3.5	IEC TC-34相關LED照明規範.....	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	58
表4-1.2	樣本燈管(具)購買來源及價格資料.....	59
表4-1.3	Ota 10W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	63
表4-1.4	Eve 16W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	64
表4-1.5	Phi 13W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	64
表4-1.6	Eve 10W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	65
表4-1.7	Phi 7W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	65
表4-1.8	Lud 3W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	66
表4-1.9	Ota(L) 10W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	66
表4-1.10	Eve(L) 16W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	67
表4-1.11	Phi(L) 13W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	67
表4-1.12	Eve(L) 10W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	68
表4-1.13	Phi (L) 7W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	68

表4-1.14	Lud (L) 3W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	69
表4-1.15	Osr 20W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	69
表4-1.16	Osr (L) 20W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	70
表4-1.17	Chi 5W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	70
表4-1.18	Chi (L) 5W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	71
表4-2.1	試驗燈具(D)、(E)之比較表	83
表4-2.2	樣本燈泡(具)購買來源及價格資料	84
表4-2.3	Ota 10W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	89
表4-2.4	Eve 16W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料	90
表4-2.5	Phi 13W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	90
表4-2.6	Eve 10W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	91
表4-2.7	Phi 7W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	91
表4-2.8	Lud 3W LED晝光色燈泡放入不同燈具數據資料.....	92
表4-2.9	Ota(L) 10W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	92
表4-2.10	Eve(L) 16W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	93
表4-2.11	Phi(L) 13W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	93
表4-2.12	Eve(L) 10W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	94
表4-2.13	Phi (L) 7W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	94
表4-2.14	Lud (L) 3W LED暖色燈泡放入不同燈具數據資料.....	95
表4-2.15	Osr 20W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	95
表4-2.16	Osr (L) 20W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	96
表4-2.17	Chi 5W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	96
表4-2.18	Chi (L) 5W安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據.....	97
表4-2.19	模組式晶片圓型LED嵌燈數據資料.....	97
表4-3.1	模擬空間尺寸	111
表4-3.2	Ota 10W LED晝光色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	115
表4-3.3	Eve 16W LED晝光色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	115
表4-3.4	Phi 13W LED晝光色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	116

表4-3.5	Eve 10W LED晝光色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	116
表4-3.6	Phi 7W LED晝光色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)..	117
表4-3.7	Lud 3W LED晝光色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間).	117
表4-3.8	Ota(L) 10W LED暖色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	118
表4-3.9	Eve(L) 16W LED暖色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	118
表4-3.10	Phi(L) 13W LED暖色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	119
表4-3.11	Eve(L) 10W LED暖色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	119
表4-3.12	Phi (L) 7W LED暖色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	120
表4-3.13	Lud (L) 3W LED暖色搭配不同燈具模擬數據(NO01空間)	120
表4-3.14	Osr 20W安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具(NO01)	121
表4-3.15	Osr (L)20W安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具(NO01)	121
表4-3.16	Chi 5W安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具(NO01).....	122
表4-3.17	Chi (L)5W安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具(NO01).	122
表4-5.1	不同類型LED燈具之燈具效率評析結果	140
表4-5.2	圓型LED嵌燈能源效率評析結果	141
表4-5.3	各種光源效率比建議值	142
表4-5.4	不同類型LED燈具之眩光指數評析結果	145
表4-5.5	圓型嵌燈均勻度評析結果	147
表4-5.6	圓型嵌燈照明功率密度評析結果	149
表4-5.7	圓型嵌燈運轉5年總成本評析結果(空間NO01)	150
表4-5.8	圓型嵌燈運轉5年總成本評析結果(空間NO02)	151
表4-5.9	圓型嵌燈運轉5年總成本評析結果(空間NO03)	151
表4-5.10	各種室內用光源之平均壽命	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	9
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	模組化LED晶片照片	21
圖2-2.7	LED燈泡嵌燈照片.....	21
圖2-2.8	中東型LED燈具圖面.....	23
圖2-2.9	山型LED燈具圖面.....	23
圖2-2.10	燈管型T-BAR燈具.....	24
圖2-2.11	平板型 LED燈具.....	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Eve 16W 燈泡配光曲線圖（極座標） .	60
圖4-1.2 試驗燈具(A) 安裝Osr 20W燈泡配光曲線圖（極座標） ..	60
圖4-1.3 試驗燈具(A) 安裝Lud 3W燈泡配光曲線圖（極座標）	61
圖4-1.4 試驗燈具(B) 安裝Lud 3W燈泡配光曲線圖（極座標）	61
圖4-1.5 試驗燈具(C) 安裝Lud 3W燈泡配光曲線圖（極座標）	62
圖4-1.6 試驗樣本燈泡照片	62
圖4-1.7 試驗燈具(A)、(B)及(C)照片	63
圖4-1.8 LED燈泡放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之能源效率分佈圖	73
圖4-1.9 LED燈泡放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之燈具效率分佈圖	73
圖4-1.10 LED燈泡放入試驗燈具(A)、(B)及(C)峰值光強度分佈圖	74
圖4-1.11 LED燈泡光通量與LED燈具(A)光通量關係圖	75
圖4-1.12 LED燈泡光束角與LED燈具(A)光束角關係圖	75
圖4-1.13 LED燈泡光束角與LED燈具(A)光束角關係圖	76
圖4-1.14 LED燈泡峰值光強度與LED燈具峰值光強度關係圖	77
圖4-1.15 LED燈泡眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	77
圖4-1.16 LED燈泡眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	78
圖4-1.17 LED燈泡光通量與眩光指數關係圖	79
圖4-1.18 LED燈泡光通量與眩光指數關係圖	79
圖4-1.19 LED燈具光通量與峰值光強度關係圖	80
圖4-1.20 LED燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	81

圖4-1.21	LED燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	81
圖4-1.22	LED燈具能源效率分佈圖	82
圖4-1.23	LED燈具價格與能源效率關係圖	82
圖4-2.1	試驗燈具(D) 安裝Ota10W 燈泡配光曲線圖 (極座標) ..	85
圖4-2.2	試驗燈具(D) 安裝Eve 16W燈泡配光曲線圖 (極座標) ..	85
圖4-2.3	試驗燈具(D) 安裝Osr 20W燈泡配光曲線圖 (極座標) ...	86
圖4-2.4	試驗燈具(E) 安裝Ota10W燈泡配光曲線圖 (極座標)	86
圖4-2.5	試驗燈具(E) 安裝Eve 16W燈泡配光曲線圖 (極座標) ...	87
圖4-2.6	試驗燈具(E) 安裝Osr 20W燈泡配光曲線圖 (極座標)	87
圖4-2.7	試驗燈具(F) 模組式15cm嵌燈配光曲線圖 (極座標)	88
圖4-2.8	試驗燈具(G) 模組式12cm嵌燈配光曲線圖 (極座標)	88
圖4-2.9	試驗燈具(D)、(E).....	89
圖4-2.10	LED燈泡放入試驗燈具(D)、(E)之能源效率分佈圖	99
圖4-2.11	LED燈泡放入試驗燈具(D)、(E)之燈具效率分佈圖	99
圖4-2.12	LED燈泡放入試驗燈具(D)、(E)峰值光強度分佈圖	100
圖4-2.13	LED燈泡光通量與LED燈具(D)光通量關係圖.....	101
圖4-2.14	LED燈泡光束角與LED燈具(D)光束角關係圖.....	102
圖4-2.15	LED燈泡光束角與LED燈具(D)光束角關係圖.....	102
圖4-2.16	LED燈泡峰值光強度與LED燈具峰值光強度關係圖	103
圖4-2.17	LED燈泡眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	104
圖4-2.18	LED燈泡眩光指數與LED燈具眩光指數關係圖	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燈具光通量與眩光指數關係圖	106
圖4-2.21	LED燈具光通量與峰值光強度關係圖	107
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燈具峰值光強度與眩光指數關係圖	108
圖4-2.24	LED能源效率分佈圖	109
圖4-2.25	LED燈具價格與能源效率關係圖	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.....	114
圖4-3.3	不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO01).....	124
圖4-3.4	不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO02).....	124
圖4-3.5	不同燈具之均勻度分佈圖(空間編號NO03).....	125
圖4-3.6	不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO01).....	127
圖4-3.7	不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO02).....	124
圖4-3.8	不同燈具之照明功率密度分佈圖(空間編號NO03).....	128
圖4-3.9	不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO01).....	129
圖4-3.10	不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO02).....	129
圖4-3.11	不同燈具之運轉5年總成本分佈圖(空間編號NO03).....	130
圖4-4.1	試驗燈具(A)更換為不同額定功率LED光源之平均照度 分佈圖(空間NO01).....	132
圖4-4.2	試驗燈具(A)更換為不同額定功率LED光源之平均照度 分佈圖(空間NO02).....	132
圖4-4.3	試驗燈具(A)更換為不同額定功率LED光源之平均照度 分佈圖(空間NO03).....	133
圖4-4.4	試驗燈具(A)更換為不同額定功率LED光源之均勻度分 佈圖(空間NO01).....	134
圖4-4.5	試驗燈具(A) 更換為不同額定功率LED光源之照明功率 密度分佈圖(空間NO01).....	135
圖4-4.6	試驗燈具(D)更換為不同額定功率LED光源之平均照度 分佈圖(空間NO01).....	136
圖4-4.7	試驗燈具(D)更換為不同額定功率LED光源之平均照度 分佈圖(空間NO02).....	137
圖4-4.8	試驗燈具(D)更換為不同額定功率LED光源之平均照度 分佈圖(空間NO03).....	137
圖4-4.9	試驗燈具(D)更換為不同額定功率LED光源均勻度分佈圖	138
圖4-4.10	試驗燈具(D)更換為不同種類光源之LPD分佈圖.....	139

圖4-5.1 某一LED光源之光通量變化曲線..... 153

摘要

關鍵詞：發光二極體、照明、圓型 LED 嵌燈

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，目前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、山型及中東型燈具產品，共計完成97件LED燈管樣本及216件燈具之能源效率、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558件模擬案例，探討直管系列之嵌入式(T-BAR)燈具、山型及中東型燈具產品在不同空間之照度、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，圍於目前圓型嵌燈仍常見於住宅、會議室、大型賣場、地下停車場等室內場所，也是綠建築照明節能評估之效率係數表列

舉燈具之一，因此，本(105)年度賡續探討圓型 LED 嵌燈，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

實際選定市售圓型 LED 嵌燈相關產品 86 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 210 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(LOR)分析部分，本次研究收集無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈產品，其全體平均值為 80 %，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈產品，其全體平均值為 53 %，由前期與本研究

LED 光源之配光曲線圖發現比較，不同公司可能因光學設計技術不同，但目前市面上所蒐集到的 LED 燈管(泡)基本上光型均接近朗伯特(Lambertian)向下出光，而安裝於不同類型燈具，其燈具效率(LOR)之平均數值為山型及中東型燈具 > T-BAR 燈具 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈，相關試驗數據可供未來綠建築解說與評估手冊之燈具效率係數(D_i)研修參考

- (二) 另統計本次無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本 28 件中有 6 件約 21% 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」，而 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本中沒有 1 件產品可達到上開基準，由彙整前期與本研究之 LED 光源試驗結果，LED 燈泡之效率比(r_i)建議值為 1.58，長度未達 100cm LED 燈管為 1.44，長度 100cm 以上 LED 燈管為 1.47，而依本研究光通量衰減試驗數據推估 LED 壽命至少約 14,500 小時，上開數據可供未來綠建築解說與評估手冊效率比(r_i)等研修參考。
- (三) 控制眩光可以減少眼睛不舒適或避免降低視覺能力，目前 CNS12112-2012 建議燈具之不舒適眩光等級以 CIE 統一眩光指數(UGR)評價，其值越低，受光源之眩光影響越小，經前期與本研究實測數據比較，各類燈具安裝 LED 光源之控制眩光效果為格柵設計 T-BAR 燈具 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈 = 山型及中東型燈具，與所安裝之 LED 光源比較，眩光指數整體平均值分別下降約 3.3、2.6、1.4、1.4。
- (四) 在符合設定目標照度 500 lx 條件下，同一無外加玻璃罩樣本燈具安裝螢光安定器內藏式螢光燈泡較安裝 LED 燈泡之均勻度為佳，全體平均可提高約 0.192；而有外加玻璃罩樣本燈具，亦得到相同模擬結果，另經前期與本研究實測及模擬數據比較，各類燈具安裝 LED 光源之均勻度為山型及中東型燈

具 > 方形 T-BAR 燈具 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈 > 矩形 T-BAR 燈具 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈。

- (五) 在符合設定目標照度 500 lx 條件下，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈較無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之照明功率密度來的差，相同 LED 燈泡安裝在上開 2 類燈具，有外加玻璃罩圓型嵌燈在空間 NO01、NO02 及 NO03 之照明功率密度平均值分別增加約為 4.5 W/m²(47%)、3.6 W/m²(52%)及 3.1 W/m²(51%)。
- (六) 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、安定器內藏式螢光燈泡壽命 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 4-5.7~4-5.9，經估算結果以直徑 15cm 試驗燈具(A)搭配 LED 燈泡為最經濟方案。
- (七) 在既有圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源分析部分，依據本研究實驗探討結果，汰換 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之 LED 光源額定功率至少要大於 10W 以上，其中在無外加玻璃罩嵌燈部分，以更換 Phi 13W LED 光源為最佳省能選擇，可降低照明能源使用 31%；而在有外加玻璃罩嵌燈部分，以更換 Eve 10W LED 光源為最佳省能選擇，可降低照明能源使用 42%。

四、主要建議事項

- (一) 提出燈具效率係數(D_i)及效率比(r_i)供修訂及設計者參考：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

LED 應用在照明領域趨向多元化發展，包含一般照明及低溫、汽車照明等，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，本研究試驗分析整理之數據，包括不同類型 LED 燈具之燈具效率如表 4-5.1，各種光源效率比建議值如表 4-5.3 及不同類型 LED 光源與燈具之眩光指數差異如表 4-5.4，可提供「綠建築解說與評估手冊」或相關規範作為後續修訂參考。

(二) 既有螢光燈具更換 LED 光源研究工作：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部標準檢驗局

本研究探討既有螢光燈具更換為 LED 光源，發現在空間照度、均勻度方面確實會有差異，以汰換 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之圓型嵌燈為例，LED 光源之額定功率至少要大於 10W 以上，才能達到目標照度基準，囿於目前市場上產品標示凌亂，LED 廠商宣稱可以直接汰換既有螢光燈管或螢光燈泡，因此亟需進行相關研究，俾供標準制定及民眾選用光源之建議參考。

Abstract

Keywords: Light Emitting Diodes(LEDs), lighting,
circular type recessed lamps

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. At present, 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 circular type recessed lamps 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 circular type recessed lamps' 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 circular type recessed lamps 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 circular type recessed lamps. 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.Short term suggestion:

This study suggests light output ratio of luminaries (D_i),luminous efficiency of lamps (r_i) and unified glare rating (UGR) , which are available immediately relevant lighting indicator for Green Building revision of reference adopted.

2.For long-term suggestion:

The current CNS 15438-2010 was mainly developed on safety norm and measuring methods of LED tube lamps , and the current CNS 15630 was mainly developed on safety norm and measuring methods of self-ballasted LED lamps. This study suggests to amend the above document and included performance requirements for replaced LED 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 研究緣起與背景

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年起淘汰白熾燈。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白熾燈泡淘汰的規定。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日起政府宣佈淘汰白熾燈泡，亦請產業界配合政策停產。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安定器內藏式螢光燈泡取代傳統照明(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，目前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，已於前期研究針對室內常見直管系列之嵌入式(T-BAR)燈具、山型及中東型燈具產品，累計完成97件LED燈管及216件燈具樣本之能源效率、燈具效率(LOR)、配光曲線、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558件模擬案例，探討直管系列之嵌入式(T-BAR)燈具、山型及中東型燈具產品在不同空間之照度、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，直管系列晝光色LED燈管產品約在藍光區（450 nm）及黃光區（550 nm）各有一個主成分波，而屬於暖色系LED燈管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.控制眩光可以減少眼睛不舒適或避免降低視覺能力，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，其值越低眩光感受越小，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，顯見上開直管系列之燈具，以有格柵設計之T-BAR LED燈具，可避免人眼直視高輝度光源，較能發揮控制眩光之效果。
- 5.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。
- 6.前期研究探討既有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，依整體試驗結果來看，廠商宣稱可以直接使用LED燈管汰換既有燈具之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，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。

囿於目前目前圓型嵌燈仍常見於住宅、會議室、大型賣場、地下停車場等室內場所，也是綠建築照明節能評估之效率係數表列舉燈具之一，因此，本(105)年度擬賡續探討圓型LED嵌燈，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 或其他新光源照明應用規範與技術文獻。

(二) 調查分析法

實際選定市售圓型 LED 嵌燈至少 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，探討各類圓型嵌燈在不同空間之照度、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「綠建築解說與評估手冊」照明相關建議參考。

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			■	■							
無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之照明效率與品質試驗			■	■	■	■	■				
期中簡報						■					
有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之照明效率與品質試驗				■	■	■	■	■			
光學軟體模擬設計						■	■	■	■		
提出照明相關建議								■	■	■	
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

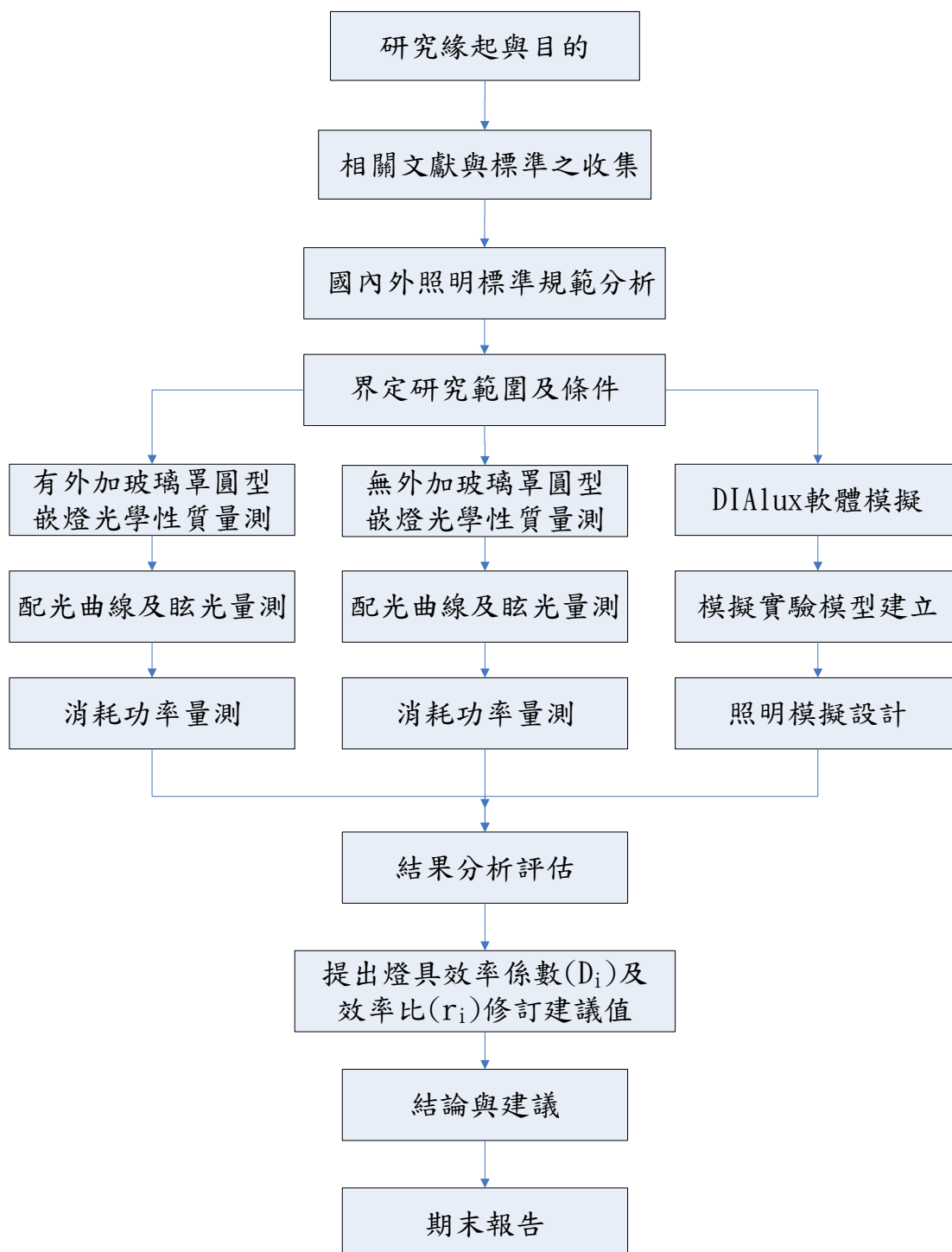


圖 1-3.1 研究流程與步驟

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圓型 LED 嵌燈照明產品，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。

表2-1.1 教育建築場所照度建議值

室內、作業或活動種類	\overline{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)



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)

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

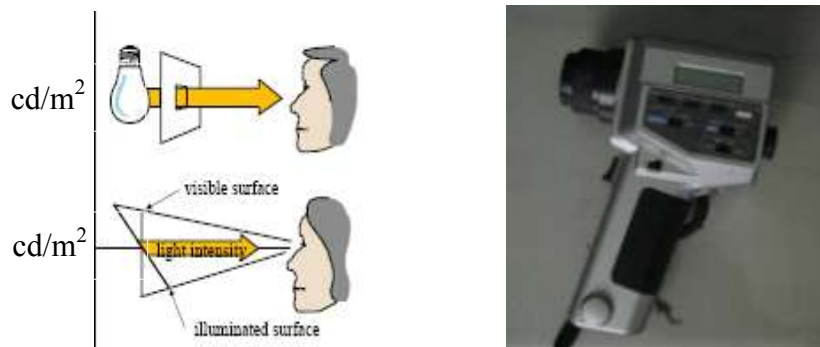


圖 2-1.2 輝度示意圖及量測儀器

(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。

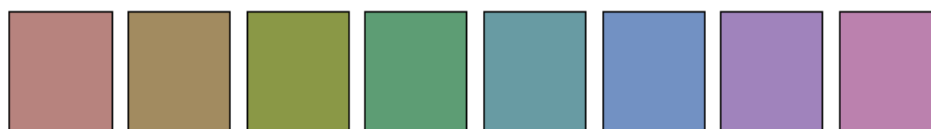


圖 2-1.3 8 種彩度中等標準色板

(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一定會產生電磁輻射，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

H：室高

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

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

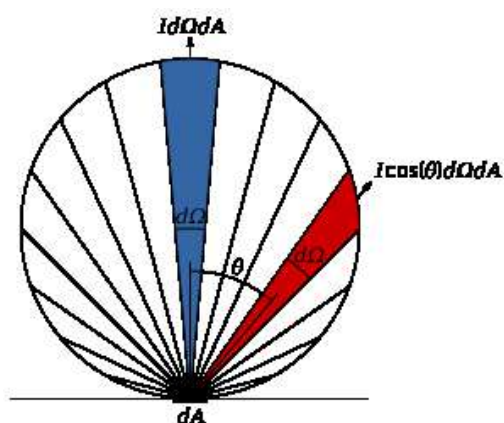


圖2-1.6 朗伯特餘弦定律示意圖
(資料來源：wikipedia網站)

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。

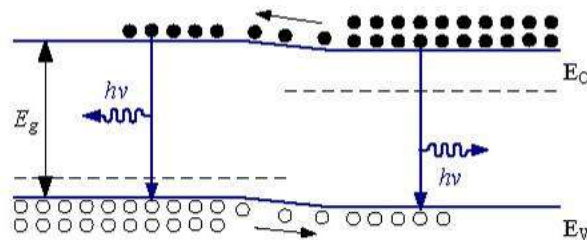


圖 2-2.1 LED 發光機制圖

（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。

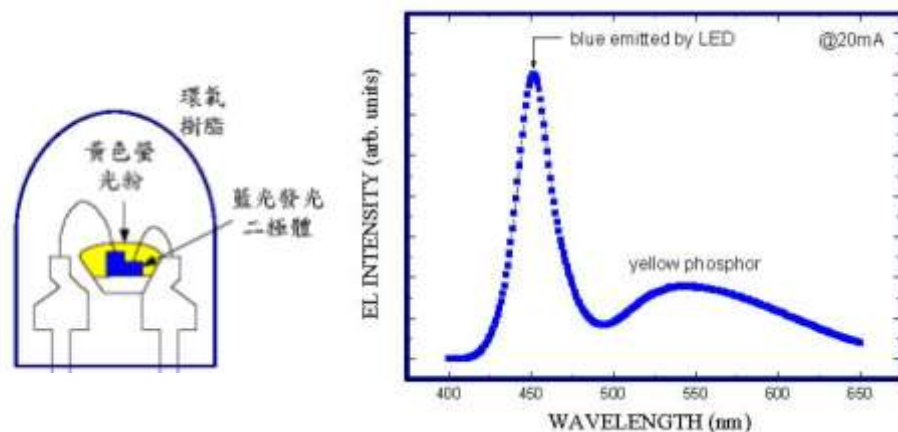


圖 2-2.2 藍光 LED + 黃色螢光粉光譜圖
(資料來源：高功率白光 LED 照明之光學設計，2009)

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。

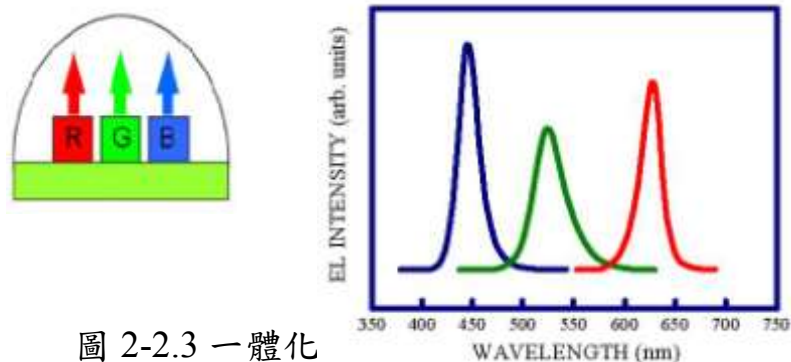


圖 2-2.3 一體化

(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、安定器內藏式螢光燈泡般，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。

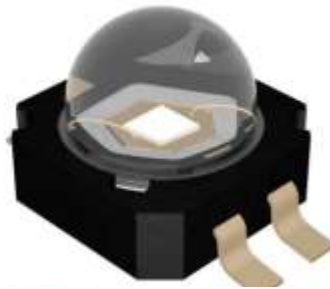


圖 2-2.4 單顆 LED 封裝後示意圖

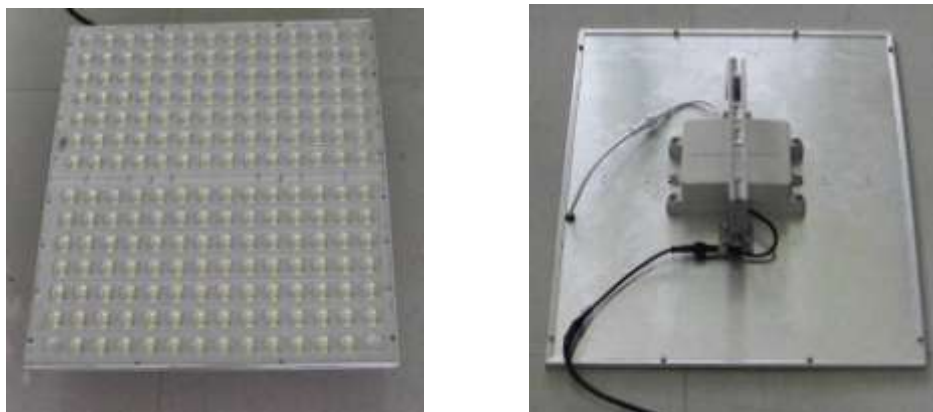


圖 2-2.5 LED 照明系統模組照片
(資料來源：內政部建築研究所，2013)

三、各類常見室內燈具種類

1.圓型嵌燈種類

就其使用燈源種類而言，市售產品主要可分為模組化晶片及由球泡型 LED 燈泡組成兩大類，其中 LED 燈泡的燈座設計與傳統螢光燈泡或白熾燈泡的接頭相同，以 E27 為主(E27 代表螺旋狀接頭的直徑是 27mm)，其主要結構、特性與適用照明環境如下：

- (1)本體：鍍鋅鋼板，面框：鋁壓鑄/白色烤漆。
- (2)反射罩：高純度鋁板/鏡面陽極處理。
- (3)燈罩：霧面玻璃或格柵，高純度鋁板/鏡面陽極處理。
- (4)光源：模組化晶片/LED 燈泡/螢光燈泡/白熾燈泡。
- (5)適用照明環境：住宅、會議室、大型賣場、地下停車場等。



圖 2-2.6 模組化 LED 晶片照片

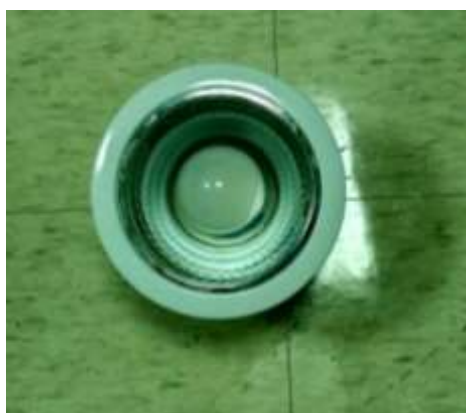


圖 2-2.7 LED 燈泡嵌燈照片

2.山型及中東型燈具

「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」，其主要結構、特性與適用照明環境如下：

- (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。
- (5)適用照明環境：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。



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 2-2.9 山型 LED 燈具圖面
(資料來源：某照明廠商 104 年型錄)

3.T-BAR 燈具

嵌入式(T-BAR)燈具，目前可分燈管型及平板型燈具，其主要結構、特性與適用照明環境如下：

- (1)本體：冷軋鋼板/白色烤漆。
- (2)反射板：冷軋鋼板/白色烤漆。
- (3)格柵：高純度鋁板/鏡面陽極處理
- (4)光源：LED/T5/T8。
- (5)安定器：T5/T8 需搭配匹配之安定器。
- (6)適用照明環境：適用於吸頂式固定於天花板，目前仍常見於教室、會議室、辦公室等場所，不適用於潮濕環境。



圖 2-2.10 燈管型 T-BAR 燈具
(資料來源：本研究拍攝)

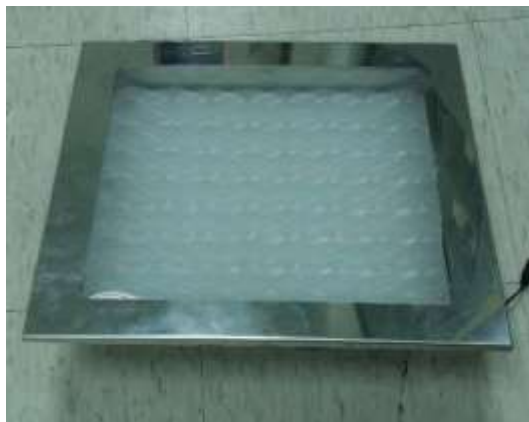


圖 2-2.11 平板型 LED 燈具
(資料來源：本研究拍攝)

四、LED 應用範圍或場所

近年來囿於 LED 光效及品質提高，取代室內、戶外及景觀傳統光源之照明技術不斷推出，目前 LED 應用範圍或場所如表 2-2.1 所示，近期亦有廠家專心致力於農漁業用的專用照明領域，傳統漁民出海作業為吸引魚群聚集，多數使用水銀燈或複金屬燈，此種類型燈源之耗電量頗大，在其耗電快速消耗同時，亦減少了其作業時間，在分秒必爭的漁業特殊工作環境中，實屬可惜；因此，專門為漁業需求量身訂製的漁業用 LED 燈源燈具便孕育而生了。其特性有別於傳統燈源之耗電需求外(耗電量極小)，更加強深海魚種所可視波長之特性(藍光尤佳)，尤其漁業用 LED 燈源其於水面下之穿透力更勝於傳統燈源，故在其使用上已逐漸被一般漁業從業者所接受。此外，在農業用途上，LED 燈源照明因其低耗電及搭配其可調整光波(尤其以紅光及藍光波長對植物生長最為有益)、角度、明暗等需求而廣為歡迎，特別應用於高單價之經濟作物最為常見；在溫室植栽上亦相當普遍。

表 2-2.1 LED 照明產品應用範圍一覽表

戶外照明	如隧道燈、路燈、街燈等
消防照明	如緊急照明及出口指示燈等
娛樂用照明	如聚焦燈、舞台的天幕燈或 LED 光條
機械影像/檢查	手術燈及醫療檢查用燈
家用照明	閱讀檯燈、神明燈及圓形燈
手持式照明	如手電筒及礦工燈
展示用照明	LED 冷凍/藏櫃光源
景觀照明	如庭園路燈、感應探照燈、階梯燈、陽台燈等
商業替代光源	如嵌燈、投射燈、珠寶燈、吊燈等
招牌字型燈	招牌及廣告看板

(資料來源：LED 照明節能應用技術手冊)

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)嵌入型發光二極體燈具 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

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

圓型 LED 嵌燈之照明效率及品質研究

標準總號	類號	名稱	更新日期
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 LED 光源－安全性要求 Double-capped LED tubular lamps – Safety requirements	99/11/18
15357	C4507	一般照明用 LED 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圓型 LED 嵌燈部分，目前僅有 CNS15630-2012「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」，至於相關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，再經由工研院綠能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，目前已推出冷氣機等多項產品，其中與本研究圓型 LED 嵌燈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 (65 公分) 以上	燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K)	≥ 74.0 lm/W	UGR ≤ 19.0 Ra ≥ 80.0
	晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K)	≥ 72.0 lm/W	
	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(Unified Glare Rating, UGR)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	2015/12/15	移動式燈具
48	Electric Signs	2011/09/02	電子招牌
588	Standard for Seasonal and Holiday Decorative Products	2015/10/26	季節性裝飾產品
1838	Low Voltage Landscape Lighting Systems	2010/09/21	低電壓景觀照明系統
2108	Low Voltage Lighting Systems	2015/12/07	低電壓照明系統
2388	Flexible Lighting Products	2002/07/03	可撓式燈具
1786	Nightlights	2014/12/17	小夜燈
1993	Self-Ballasted Lamps and Lamp Adapters	2012/12/04	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	2015/09/15	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
NEMA	C82	Electronic Drivers for LED Devices, arrays, or systems (In development)	2011/02/28
ANSI	C78.377	Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting (SSL) Products	2015/08/03
ANSI	C82.77	Harmonic Emission Limits -	2014/08/15

圓型 LED 嵌燈之照明效率及品質研究

標準訂定機構	標準編號	名稱	最新日期
		Related Power Quality Requirements for Lighting Equipment	
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	2008/03/25
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	2014
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	2010/09/21
UL	1994	Luminous Egress Path Marking Systems	2015/05/29

(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(JEL)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	2015/05/11
IEC	60838-2-3	Miscellaneous lampholders - Part 2-3: Particular requirements - Lampholders for double-capped linear LED lamps	2016/05/12
IEC	61347-2-13	Lamp controlgear - Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules	2014/09/03
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

標準訂定 機構	標準編號	名稱	最新日期
IEC	60825-1	Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements	2014/05/15
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)

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 ± 1 °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。

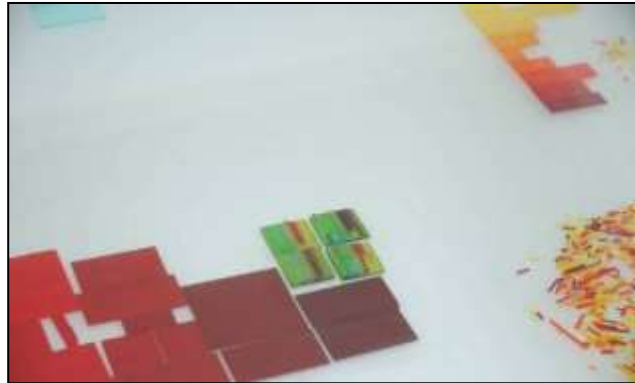


圖 3-1.3 光度計感測頭所貼之濾片
(資料來源：內政部建築研究所，2006)

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。

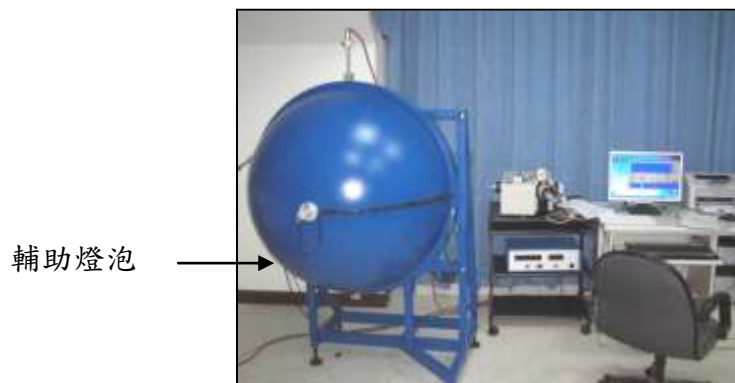


圖 3-1.6 輔助燈泡

(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

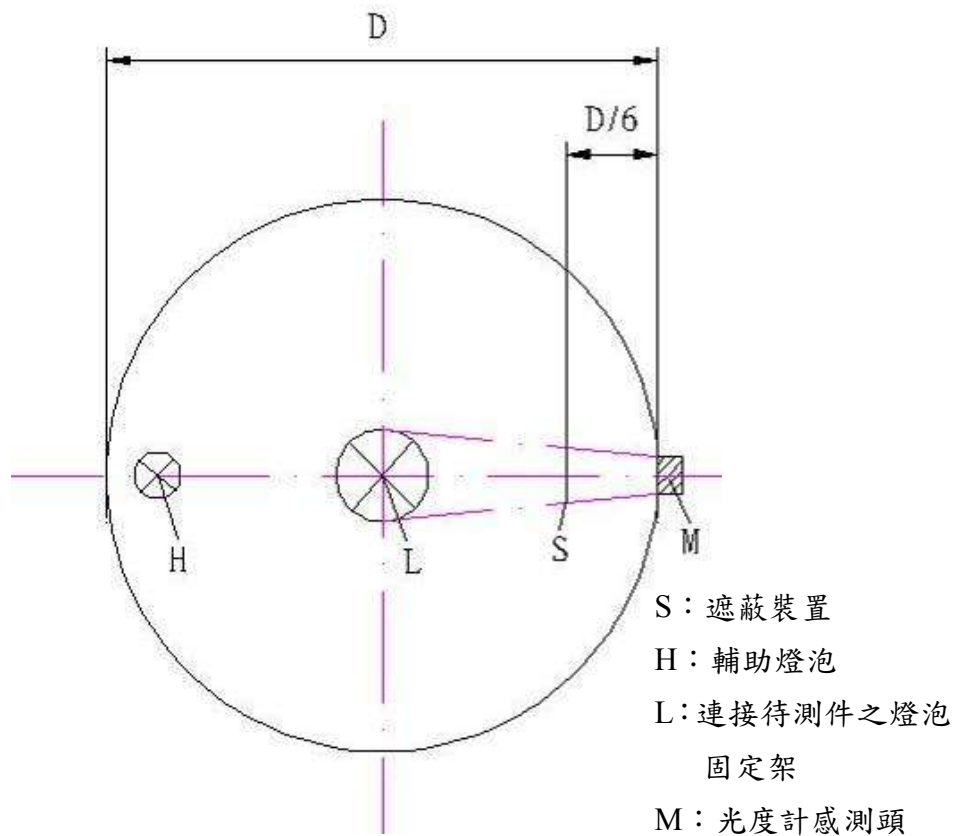


圖 3-1.7 積分球剖面示意圖
 (資料來源：內政部建築研究所，2006)

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)。

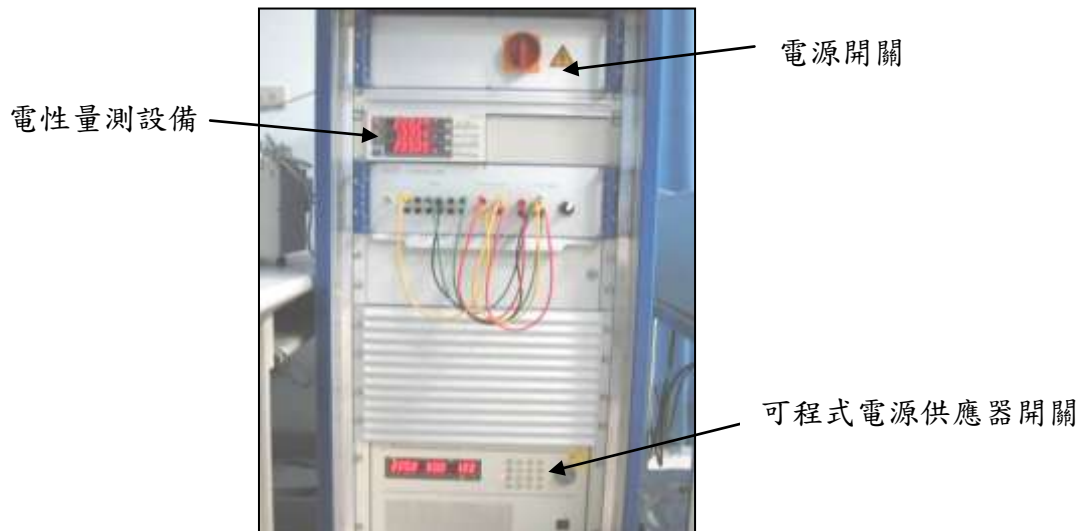


圖 3-1.8 積分球量測系統線路

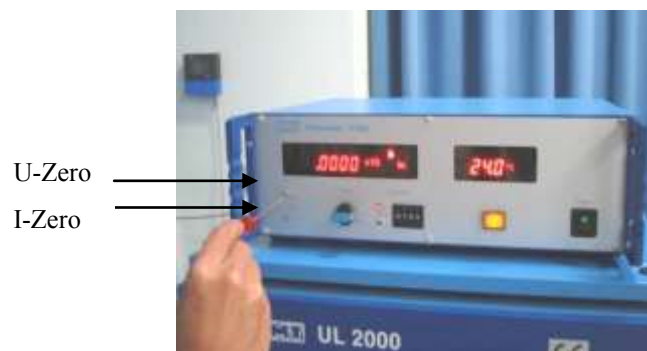


圖 3-1.9 歸零設定

(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。

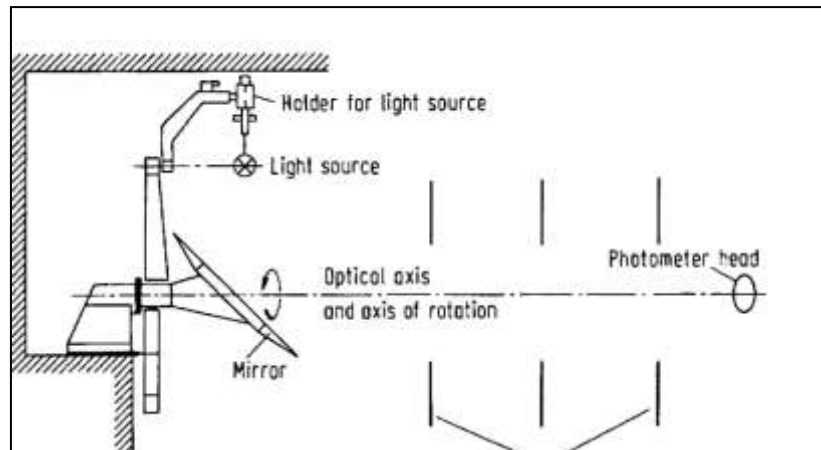


圖 3-2.1 測角儀示意圖

（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，再將組套件固定至試驗位置，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。

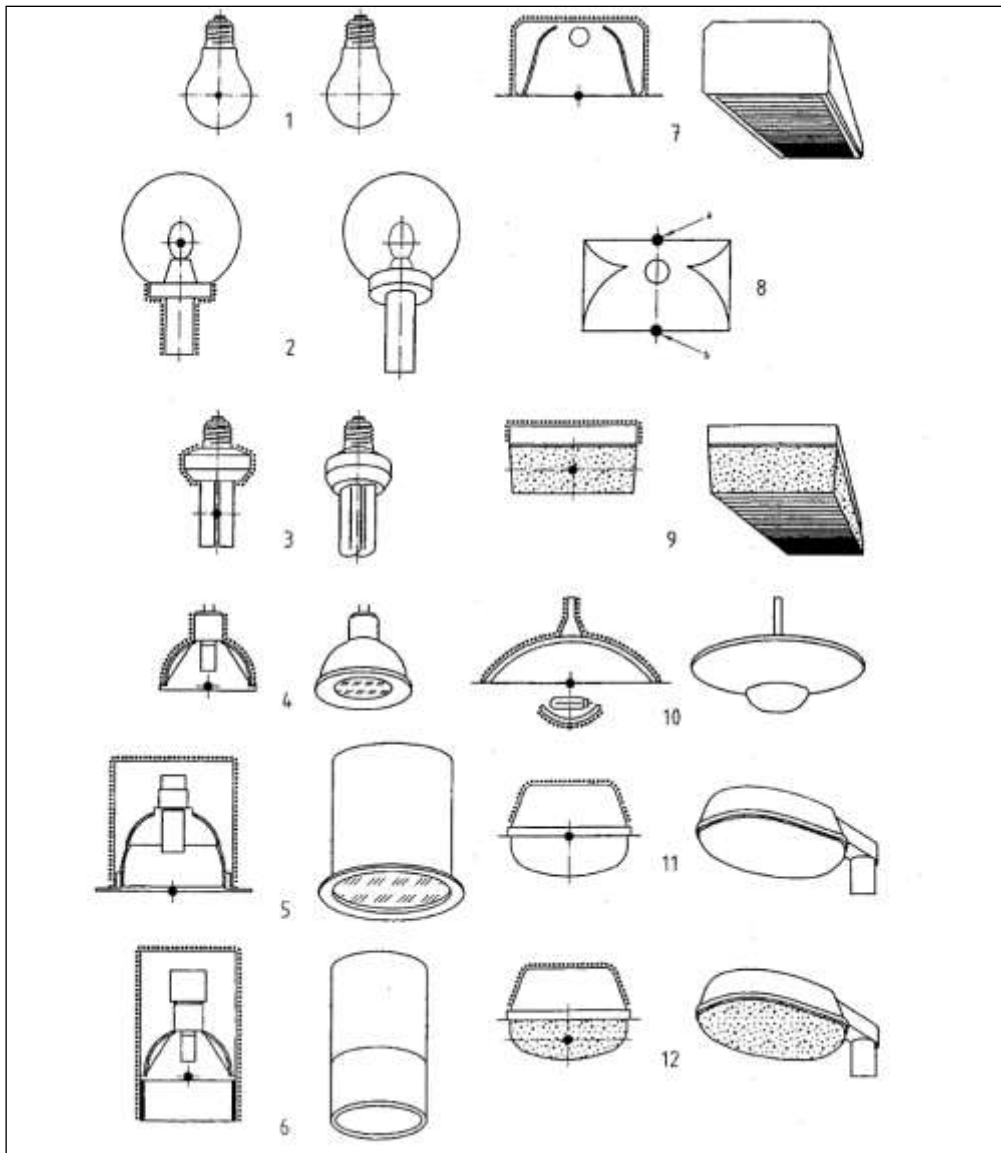


圖 3-2.3 EN 13032-1-2002 試件中心點位置
(資料來源：內政部建築研究所，2006)



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 圓型 LED 嵌燈之照明效率及品質分析

第一節 無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈

測試結果與分析

本研究共計挑選 3 種不同尺寸無外加玻璃罩圓型嵌燈燈具產品，安定器內藏式 LED 燈泡 12 類，安定器內藏式螢光燈泡 4 類，囿於額定功率較大燈泡尺寸亦較大，無法安裝於小尺寸圓型嵌燈內，本次合計組成 38 件無外加玻璃罩圓形嵌燈樣本進行相關性能測試，試驗燈具比較表及樣本燈泡(具)購買來源如表 4-1.1、4-1.2 所示，裸燈泡之尺寸及配光曲線量測詳附錄一。

由測試燈具樣本試驗配光曲線圖可以發現，不同額定功率(尺寸)之 LED 燈泡或安定器內藏式螢光燈泡安裝在外觀相似之無外加玻璃罩圓型嵌燈產生之光型有所差異，以某 Eve 牌 16WLED 燈泡及 Osr 牌 20W 安定器內藏式螢光燈泡安裝在直徑 15cm 圓型嵌燈為例，配光曲線如圖 4-1.1、4-1.2 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	嵌燈	嵌燈	嵌燈
使用光源	1 個燈泡 (LED、螢光)	1 個燈泡 (LED、螢光)	1 個燈泡 (LED、螢光)
燈具尺寸	直徑 15cm、 高 18cm	直徑 12cm、 高 18cm	直徑 8cm、 高 10cm
發光尺寸	直徑 12cm	直徑 10cm	直徑 8cm
外加玻璃罩設計	無	無	無
內部反射杯設計	有	有	有
節能標章	無	無	無

(資料來源:本研究整理)

表 4-1.2 樣本燈泡(具)購買來源及價格資料

廠牌	購買單價 (元)	購買地點	色系	備註
某 Ota 牌 10W	299	家※福	晝光	LED
某 Eve 牌 16W	399	大※發	晝光	LED
某 Phi 牌 13W	349	特※屋	晝光	LED
某 Eve 牌 10W	239	特※屋	晝光	LED
某 Phi 牌 7W	169	特※屋	晝光	LED
某 Lud 牌 3W	95	大※發	晝光	LED
某 Ota(L)牌 10W	299	家※福	暖色	LED
某 Eve(L)牌 16W	399	大※發	暖色	LED
某 Phi(L)牌 13W	349	特※屋	暖色	LED
某 Eve(L)牌 10W	239	特※屋	暖色	LED
某 Phi(L)牌 7W	169	特※屋	暖色	LED
某 Lud(L)牌 3W	95	大※發	暖色	LED
某 Osr 牌 20W	99	大※發	晝光	螢光燈泡
某 Osr(L)牌 20W	99	大※發	暖色	螢光燈泡
某 Chi 牌 5W	88	大※發	晝光	螢光燈泡
某 Chi(L)牌 5W	88	大※發	暖色	螢光燈泡
某牌直徑 15cm 圓型嵌燈	179	特※屋	不含燈泡	試驗燈具(A)
某牌直徑 12cm 圓型嵌燈	149	特※屋	不含燈泡	試驗燈具(B)
某牌直徑 8cm 圓型嵌燈	139	特※屋	不含燈泡	試驗燈具(C)

(資料來源:本研究整理)

另相同燈泡安裝在不同尺寸試驗燈具(A)、(B)及(C)產生之光型皆不同，以某 Lud 牌 3WLED 燈泡分別安裝在直徑 15cm、12cm 及 8cm 圓型嵌燈為例，配光曲線如圖 4-1.3~4-1.5 所示。

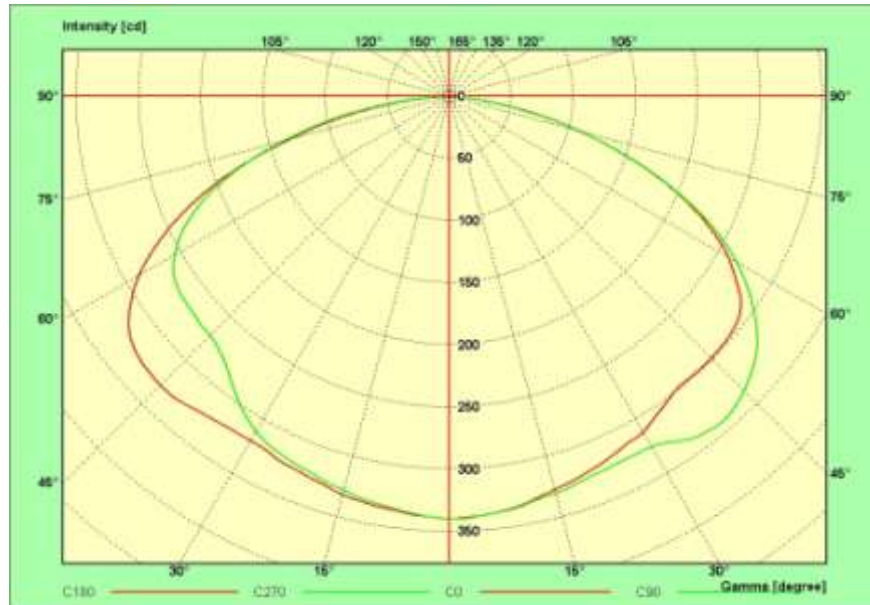


圖 4-1.1 試驗燈具(A)【安裝 Eve 16W LED 燈泡】
配光曲線圖（極座標）

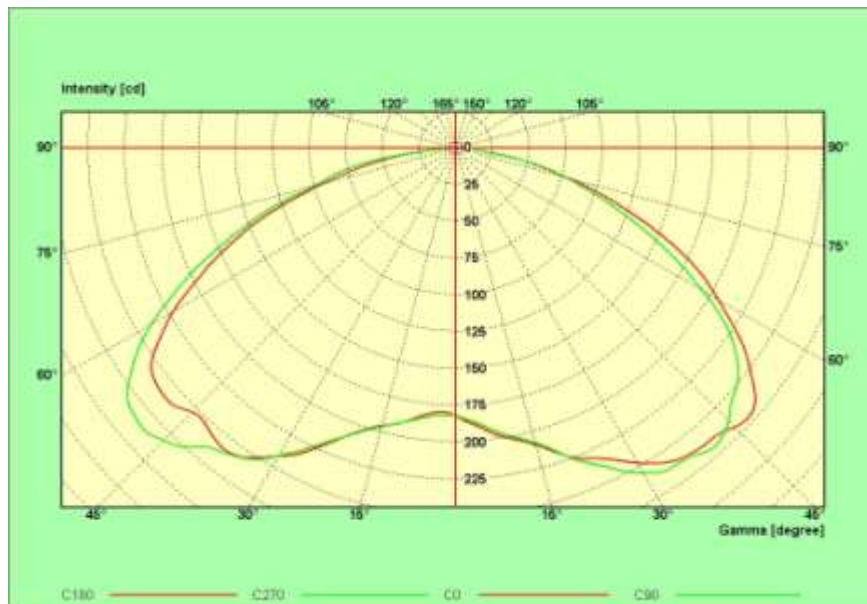


圖 4-1.2 試驗燈具(A)【安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡】
配光曲線圖（極座標）

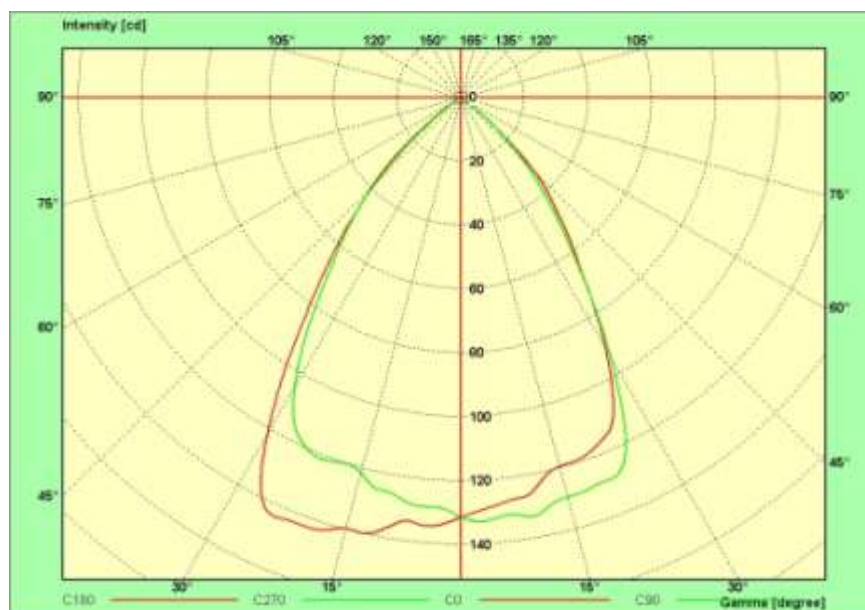


圖 4-1.3 試驗燈具(A)【安裝 Lud 3W LED 燈泡】
配光曲線圖 (極座標)

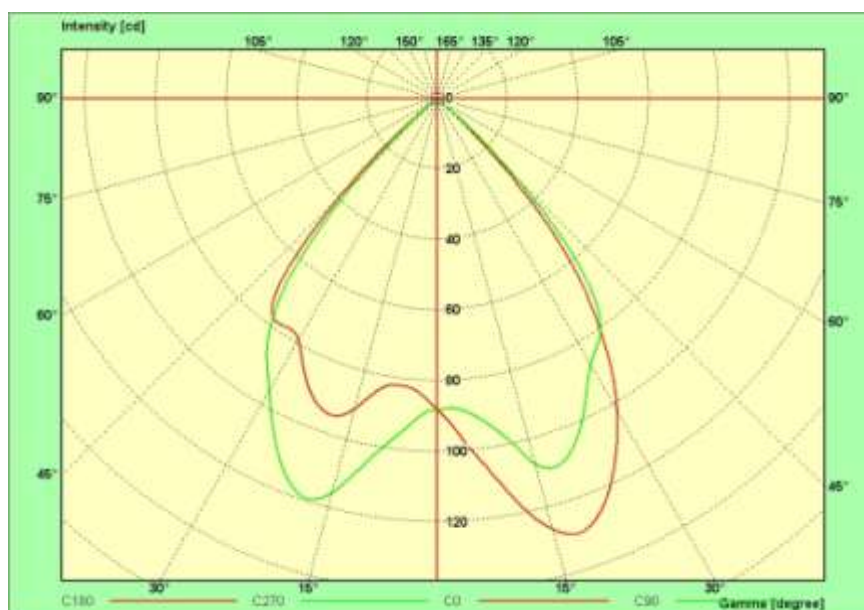


圖 4-1.4 試驗燈具(B)【安裝 Lud 3W LED 燈泡】
配光曲線圖 (極座標)

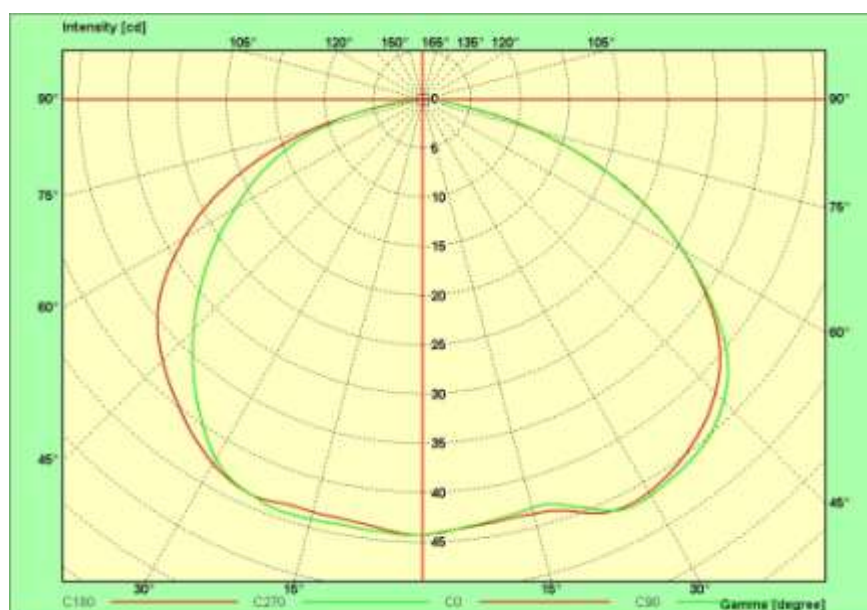


圖 4-1.5 試驗燈具(C)【安裝 Lud 3W LED 燈泡】
配光曲線圖 (極座標)



圖 4-1.6 試驗樣本燈泡照片
(資料來源：本研究拍攝)



圖 4-1.7 試驗燈具(A)、(B)及(C)照片
(資料來源：本研究拍攝)

以下則分別針對這 38 件無外加玻璃罩圓型嵌燈燈具之能源功率、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 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Ota 10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	10.14	10.16
電壓 (V)	109.99	109.96
電流 (mA)	96.2	96.7
功率因數(PF)	0.958	0.956
燈源光通量 (lm)	893.63	893.63
燈具光通量 (lm)	773.74	734.23
燈具能源效率 (lm/W)	76.31	72.27
燈具效率 LOR (%)	86.58	82.16
峰值光強度 (cd)	298.80	315.40
光束角(C0-C180 方向)	117.6	108.1
光束角(C90-C270 方向)	117	109.5
UGR _h (C0-C180 方向)	25.40	26.50
UGR _v (C90-C270 方向)	25.90	26.40

表 4-1.4 Eve 16W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve 16W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	15.53	15.5
電壓 (V)	110.03	109.97
電流 (mA)	148.2	148.2
功率因數(PF)	0.952	0.951
燈源光通量 (lm)	1675.59	1675.59
燈具光通量 (lm)	1355.48	1262.67
燈具能源效率 (lm/W)	87.28	81.46
燈具效率 LOR (%)	80.90	75.36
峰值光強度 (cd)	360.30	429.00
光束角(C0-C180 方向)	141.7	119.5
光束角(C90-C270 方向)	141.7	122
UGR _h (C0-C180 方向)	29.50	29.80
UGR _v (C90-C270 方向)	29.70	29.80

表 4-1.5 Phi 13W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi 13W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	13.12	13.06
電壓 (V)	109.94	110.03
電流 (mA)	121.8	121.2
功率因數(PF)	0.980	0.979
燈源光通量 (lm)	1394.31	1394.31
燈具光通量 (lm)	1234.66	1141.69
燈具能源效率 (lm/W)	94.11	87.42
燈具效率 LOR (%)	88.55	81.88
峰值光強度 (cd)	439.90	512.40
光束角(C0-C180 方向)	120.7	107.1
光束角(C90-C270 方向)	124.4	106.2
UGR _h (C0-C180 方向)	27.90	28.00
UGR _v (C90-C270 方向)	27.90	28.20

表 4-1.6 Eve 10W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	9.35	9.35
電壓 (V)	109.99	110.01
電流 (mA)	87.9	87.8
功率因數(PF)	0.967	0.968
燈源光通量 (lm)	1036.04	1036.04
燈具光通量 (lm)	847.96	769.52
燈具能源效率 (lm/W)	90.69	82.30
燈具效率 LOR (%)	81.85	74.28
峰值光強度 (cd)	368.60	361.20
光束角(C0-C180 方向)	107.5	103.9
光束角(C90-C270 方向)	107.9	104.6
UGR _h (C0-C180 方向)	24.20	25.60
UGR _v (C90-C270 方向)	24.50	25.50

表 4-1.7 Phi 7W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi 7W	試驗室量測性能		
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)	LED 燈泡放入試驗燈具(C)
功率 (W)	6.4	6.39	6.38
電壓 (V)	110.00	110.00	109.98
電流 (mA)	59.5	59.2	59.4
功率因數(PF)	0.978	0.981	0.977
燈源光通量 (lm)	587.68	587.68	587.68
燈具光通量 (lm)	521.34	491.41	499.09
燈具能源效率 (lm/W)	81.46	76.90	78.23
燈具效率 LOR (%)	88.71	83.62	84.93
峰值光強度 (cd)	283.70	283.20	145.00
光束角(C0-C180 方向)	98.1	97.8	125
光束角(C90-C270 方向)	98.6	94.5	125
UGR _h (C0-C180 方向)	21.40	22.80	27.70
UGR _v (C90-C270 方向)	21.70	22.70	27.80

表 4-1.8 Lud 3W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Lud 3W	試驗室量測性能		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	3.19	3.18	3.16
電壓 (V)	110.02	109.97	110.02
電流 (mA)	49.6	49.5	49.3
功率因數(PF)	0.585	0.584	0.583
燈源光通量 (lm)	231.17	231.17	231.17
燈具光通量 (lm)	181.84	161.69	158.17
燈具能源效率 (lm/W)	57.00	50.85	50.05
燈具效率 LOR (%)	78.66	69.94	68.42
峰值光強度 (cd)	145.30	129.50	47.00
光束角(C0-C180 方向)	72.1	81.4	124.4
光束角(C90-C270 方向)	71.5	79.4	131.4
UGR _h (C0-C180 方向)	13.5	15.0	23.8
UGR _v (C90-C270 方向)	13.3	14.9	24.4

表 4-1.9 Ota(L) 10W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Ota(L) 10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗 燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)
功率 (W)	9.32	9.34
電壓 (V)	110.01	109.97
電流 (mA)	89.1	89.5
功率因數(PF)	0.951	0.949
燈源光通量 (lm)	917.38	917.38
燈具光通量 (lm)	779.07	726.60
燈具能源效率 (lm/W)	83.59	77.79
燈具效率 LOR (%)	84.92	79.20
峰值光強度 (cd)	303.10	294.60
光束角(C0-C180 方向)	117.1	113.7
光束角(C90-C270 方向)	117.6	111.5
UGR _h (C0-C180 方向)	25.40	26.40
UGR _v (C90-C270 方向)	25.70	26.40

表 4-1.10 Eve(L) 16W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve(L) 16W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	15.42	15.45
電壓 (V)	110.04	109.98
電流 (mA)	146.8	146.7
功率因數(PF)	0.955	0.958
燈源光通量 (lm)	1518.60	1518.60
燈具光通量 (lm)	1202.87	1110.85
燈具能源效率 (lm/W)	78.01	71.90
燈具效率 LOR (%)	79.21	73.15
峰值光強度 (cd)	307.80	378.50
光束角(C0-C180 方向)	143.7	119.4
光束角(C90-C270 方向)	143.6	119.2
UGR _h (C0-C180 方向)	29.30	29.50
UGR _v (C90-C270 方向)	29.30	29.50

表 4-1.11 Phi(L) 13W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi(L) 13W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	13.18	13.07
電壓 (V)	109.98	110.01
電流 (mA)	123.2	121.8
功率因數(PF)	0.973	0.975
燈源光通量 (lm)	1394.00	1394.00
燈具光通量 (lm)	1227.08	1154.56
燈具能源效率 (lm/W)	93.10	88.34
燈具效率 LOR (%)	88.03	82.82
峰值光強度 (cd)	433.30	509.60
光束角(C0-C180 方向)	126.2	113.3
光束角(C90-C270 方向)	125.0	104.8
UGR _h (C0-C180 方向)	28.00	28.30
UGR _v (C90-C270 方向)	28.10	28.20

表 4-1.12 Eve(L) 10W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve(L) 10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	9.1	9.09
電壓 (V)	110.00	110.00
電流 (mA)	86.3	86.3
功率因數(PF)	0.959	0.958
燈源光通量 (lm)	885.86	885.86
燈具光通量 (lm)	696.61	620.21
燈具能源效率 (lm/W)	76.55	68.23
燈具效率 LOR (%)	78.64	70.01
峰值光強度 (cd)	307.60	273.80
光束角(C0-C180 方向)	111.9	110.3
光束角(C90-C270 方向)	111	109.6
UGR _h (C0-C180 方向)	23.70	25.40
UGR _v (C90-C270 方向)	24.20	25.30

表 4-1.13 Phi (L) 7W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi (L) 7W	試驗室量測性能		
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)	LED 燈泡放入試驗燈具(C)
功率 (W)	7.02	6.98	6.98
電壓 (V)	110.00	110.00	109.98
電流 (mA)	65.1	64.7	64.7
功率因數(PF)	0.980	0.981	0.981
燈源光通量 (lm)	661.41	661.41	661.41
燈具光通量 (lm)	584.34	552.73	564.89
燈具能源效率 (lm/W)	83.24	79.19	80.93
燈具效率 LOR (%)	88.35	83.57	85.41
峰值光強度 (cd)	340.20	366.60	162.60
光束角(C0-C180 方向)	98.7	98.7	125.7
光束角(C90-C270 方向)	99.4	98.6	126.3
UGR _h (C0-C180 方向)	21.9	23.2	28.2
UGR _v (C90-C270 方向)	22.1	23.1	28.2

表 4-1.14 Lud (L) 3W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Lud (L) 3W	試驗室量測性能		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	3.25	3.23	3.23
電壓 (V)	110.02	110.02	110.01
電流 (mA)	51.9	51.4	51.7
功率因數(PF)	0.569	0.571	0.568
燈源光通量 (lm)	266.08	266.08	266.08
燈具光通量 (lm)	211.21	189.02	189.11
燈具能源效率 (lm/W)	64.99	58.52	58.55
燈具效率 LOR (%)	79.38	71.04	71.07
峰值光強度 (cd)	173.00	148.30	55.80
光束角(C0-C180 方向)	72.2	82.1	124.2
光束角(C90-C270 方向)	70.8	79.8	131.1
UGR _h (C0-C180 方向)	13.8	15.6	24.4
UGR _v (C90-C270 方向)	14.1	15.5	25

表 4-1.15 Osr 20W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Osr 20W	試驗室量測性能	
	安定器內藏式螢光燈 泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈 泡放入 試驗燈具(B)
功率 (W)	19	17.76
電壓 (V)	110.04	110.04
電流 (mA)	293.36	276
功率因數(PF)	0.589	0.585
燈源光通量 (lm)	1360.03	1360.03
燈具光通量 (lm)	1058.41	898.26
燈具能源效率 (lm/W)	55.71	50.58
燈具效率 LOR (%)	77.82	66.05
峰值光強度 (cd)	297.40	289.60
光束角(C0-C180 方向)	136.8	132.9
光束角(C90-C270 方向)	139.4	129.4
UGR _h (C0-C180 方向)	28.8	29
UGR _v (C90-C270 方向)	28.6	28.6

表 4-1.16 Osr (L) 20W 暖色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Osr (L) 20W	試驗室量測性能	
	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(B)
功率 (W)	19.11	18.01
電壓 (V)	109.98	110.02
電流 (mA)	297	279.8
功率因數(PF)	0.585	0.585
燈源光通量 (lm)	1404.17	1404.17
燈具光通量 (lm)	1065.67	901.29
燈具能源效率 (lm/W)	55.77	50.04
燈具效率 LOR (%)	75.89	64.19
峰值光強度 (cd)	316.10	301.40
光束角(C0-C180 方向)	135.7	129.4
光束角(C90-C270 方向)	137.7	128.5
UGR _h (C0-C180 方向)	28.6	29.1
UGR _v (C90-C270 方向)	28.8	28.6

表 4-1.17 Chi 5W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Chi 5W	試驗室量測性能		
	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(B)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(C)
功率 (W)	4.95	4.85	5.02
電壓 (V)	109.96	110.01	109.96
電流 (mA)	69.9	68.6	70.7
功率因數(PF)	0.644	0.643	0.646
燈源光通量 (lm)	253.31	253.31	253.31
燈具光通量 (lm)	203.37	179.71	186.09
燈具能源效率 (lm/W)	41.08	37.05	37.07
燈具效率 LOR (%)	80.29	70.94	73.46
峰值光強度 (cd)	119.00	84.20	43.00
光束角(C0-C180 方向)	106.1	111.2	166.8
光束角(C90-C270 方向)	100.1	111	151.1
UGR _h (C0-C180 方向)	18.8	20.9	25.1
UGR _v (C90-C270 方向)	18.7	20.7	24.9

表 4-1.18 Chi (L) 5W 暖色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Chi (L) 5W	實驗室量測性能		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
功率 (W)	4.87	4.76	4.85
電壓 (V)	109.95	110.01	110.05
電流 (mA)	68.9	67.6	68.7
功率因數(PF)	0.643	0.640	0.641
燈源光通量 (lm)	284.21	284.21	284.21
燈具光通量 (lm)	225.97	199.30	201.60
燈具能源效率 (lm/W)	46.40	41.87	41.57
燈具效率 LOR (%)	79.51	70.12	70.93
峰值光強度 (cd)	113.00	87.90	43.90
光束角(C0-C180 方向)	112.8	118.7	166
光束角(C90-C270 方向)	108.1	115	167
UGR _h (C0-C180 方向)	20.2	21.8	25.2
UGR _v (C90-C270 方向)	20.2	21.7	25.2

依整體試驗結果看來，本次試驗的 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 樣本嵌燈產品，其測試結果，燈具光通量數值約在 158~1356 lm 之間，燈具之能源效率約在 50~94 lm/W 之間，平均值約為 76.04 lm/W，燈具效率(LOR) 約在 68~89%之間，平均值約為 80%，功率因數約在 0.583~0.981 之間，平均值約為 0.88，C0-C180 方向之光束角約為 72°~144°，平均值約為 110°，C90-C270 方向之光束角約為 70°~144°，平均值約為 110°，峰值光強度 47~513 cd 之間，C0-C180 方向之眩光指數 13~30 之間，平均值約為 24.4，C90-C270 方向之眩光指數 13~30 之間，平均值約為 24.5，量測結果亦顯示在兩個不同軸向眩光指數相當接近，與 LED 光源比較，整體眩光指數 UGR 平均值下降約 1.4。

本次試驗的 10 件無外加玻璃罩圓型螢光樣本嵌燈產品，其測試結果，燈具光通量數值約在 179~1066 lm 之間，燈具之能源效率約在 37~ 56 lm/W 之間，平均值約為 45.71 lm/W，燈具效率(LOR) 約在 64~81%之間，平均值約為 73%，功率因數約在 0.585~0.646 之間，平均值約為 0.62，C0-C180 方向之光束角約為 106°~167°，平均值約為 132°，C90-C270 方向之光束角約為 100°~167°，平均值約為 129°，峰值光強度 43~317 cd 之間，C0-C180 方向之眩光指數 18~30 之間，平均值約為 24.7，C90-C270 方向之眩光指數 18~29 之間，平均值約為 24.6。

透過圖 4-1.8 大體上可以概略看出，相同 LED 燈泡放入不同試驗燈具(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 > 燈具(B)能源效率 = 燈具(C)能源效率，探究原因，主要 LED 燈泡大部分發光集中在垂直角 90°以內之向下發光，而試驗燈具(A)之發光面積較大，萃取出之光較多，本次試驗 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 15cm 試驗燈具(A)之能源效率平均值為 80.5 lm/W，而相同 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 12cm 試驗燈具(B) 之能源效率平均值為 74.6 lm/W，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(B)光強度 > 燈具(A)光強度 > 燈具(C)光強度，且本次試驗 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 15cm 試驗燈具(A)之峰值光強度平均值為 338 cd，而相同 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 12cm 試驗燈具(B)之峰值光強度平均值為 358 cd，，探究原因，主要試驗燈具(A)、(B)之高度均為 18 cm，而試驗燈具(B)之發光面積較小，產生較聚光效果。

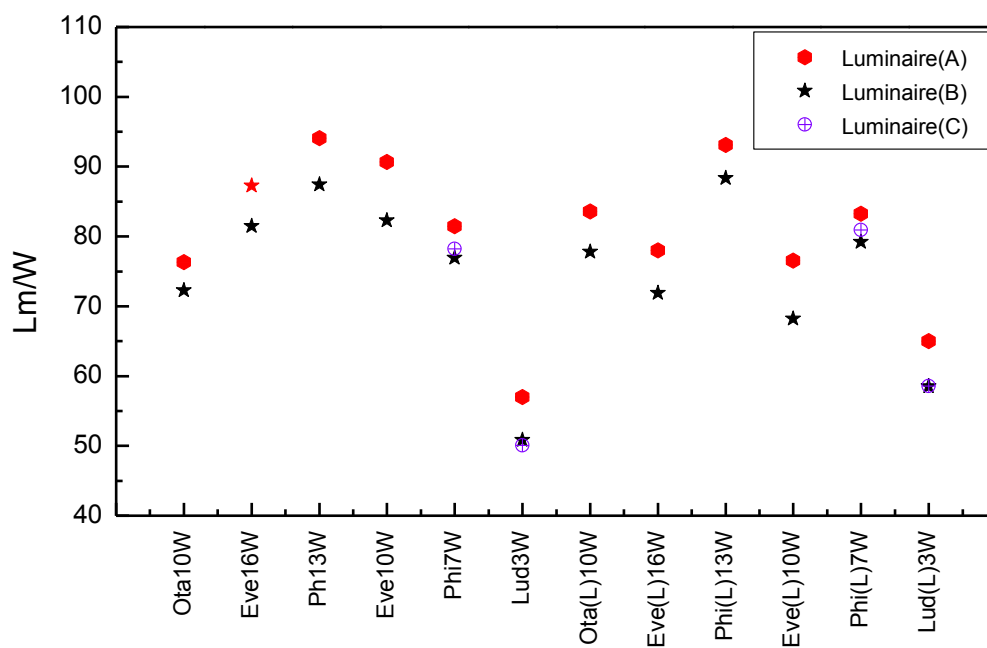


圖 4-1.8 LED 燈泡放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之能源效率分佈圖

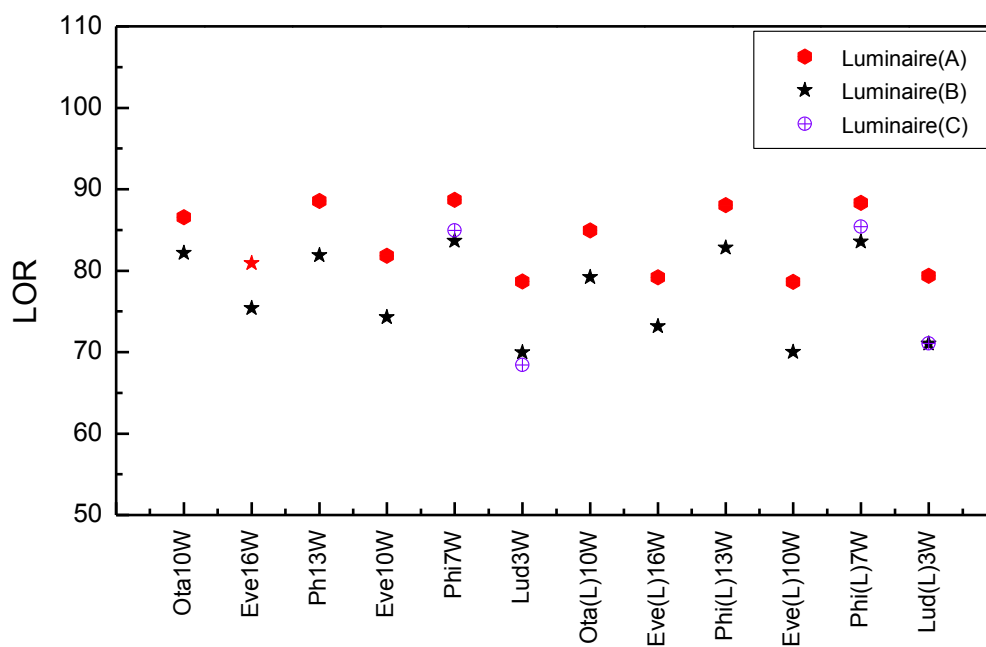


圖 4-1.9 LED 燈泡放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之燈具效率分佈圖

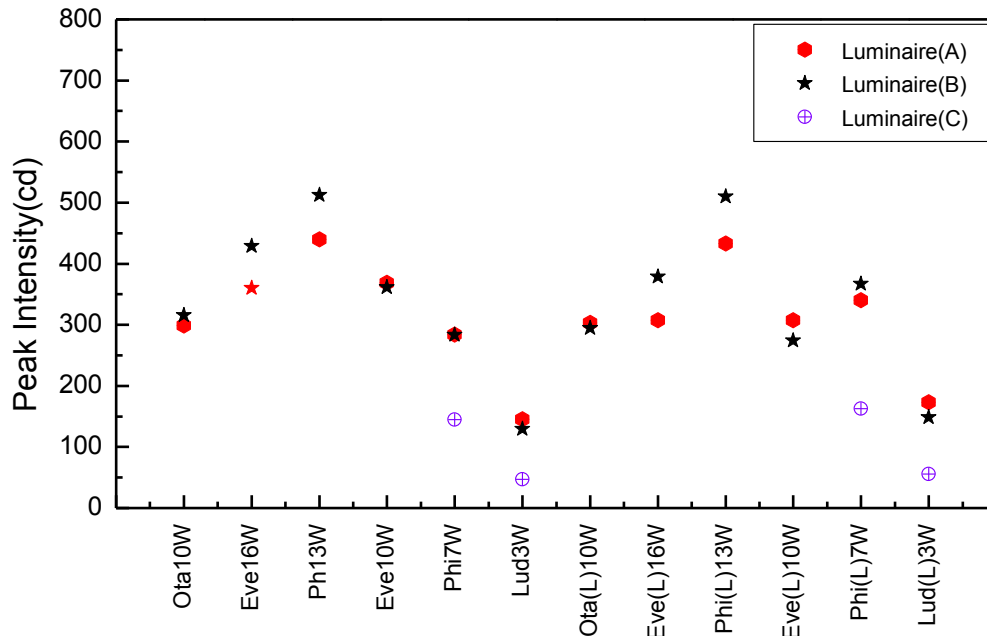


圖 4-1.10 LED 燈泡放入試驗燈具(A)、(B)及(C)之峰值光強度分佈圖

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 12 類 LED 燈泡產品，組合而成 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈，透過圖 4-1.11 之 LED 燈泡光通量與 LED 燈具光通量關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈泡安裝於試驗燈具(A)、(B)及(C)，整體趨勢均為流明值高的 LED 燈泡較流明值低的 LED 燈泡產生之無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈光通量較高。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解上開 LED 燈具光通量與燈泡光通量間的關連性，依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9882$ 、 $R^2=0.9822$ 及 $R^2=0.9999$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈泡與無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈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 C0-C180 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 $R^2=0.0017$ 、 $R^2=0.0006$ ，顯著值 > 0.05 ，顯示 LED 燈泡與 LED 燈具 C0-C180 方向之光束角線性關係不存在。另由圖 4-2.13 中可以發現 C90-C270 方向之光束角亦不存在線性關係，判定係數分別為 $R^2=0.0027$ 、 $R^2=0.0009$ ，顯著值 > 0.05 。

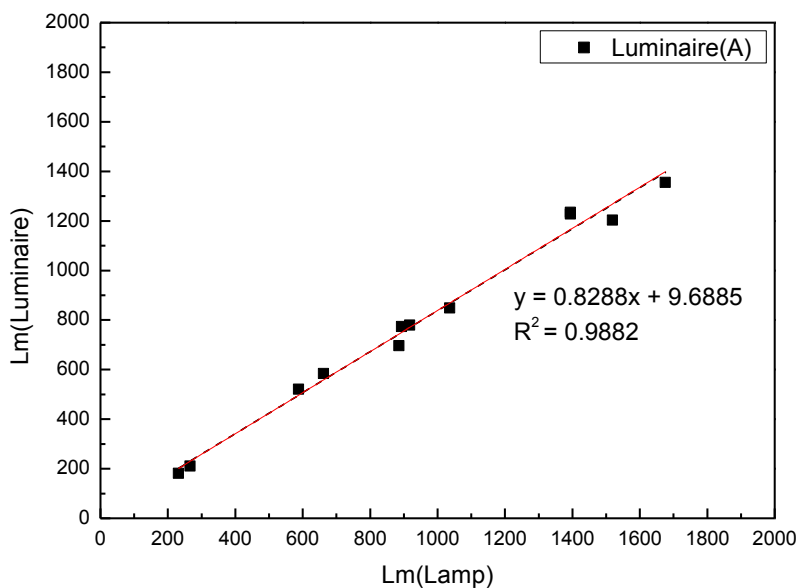


圖 4-1.11 LED 燈泡光通量與 LED 燈具(A)光通量關係圖

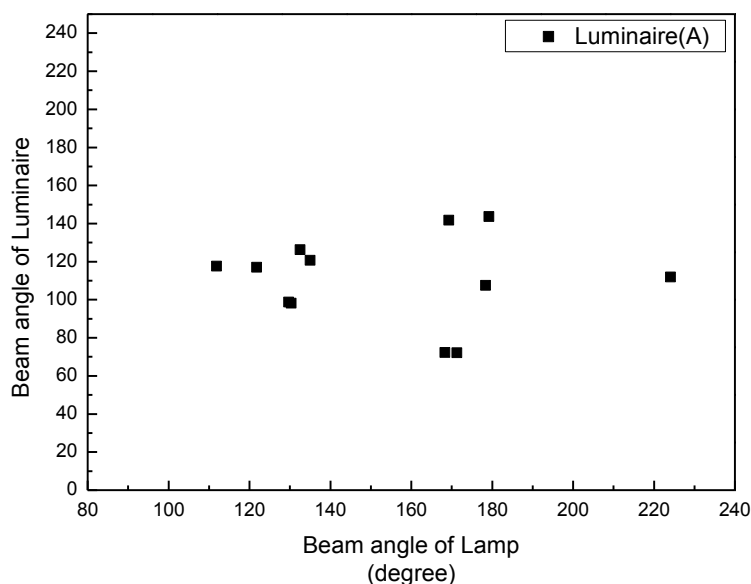


圖 4-1.12 LED 燈泡光束角與 LED 燈具(A)光束角關係圖 (C0-C180 方向)

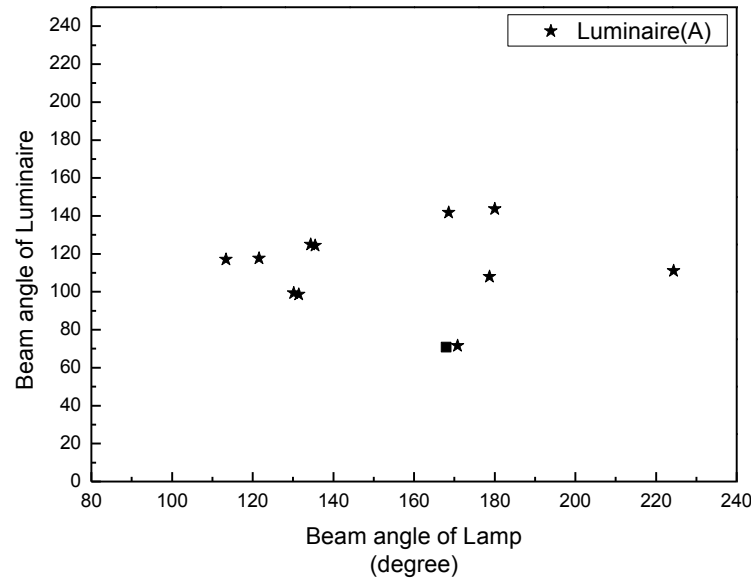


圖 4-1.13 LED 燈泡光束角與 LED 燈具光束角關係圖
(C90-C270 方向)

在峰值光強度之分析部分，透過圖 4-1.14 LED 燈泡之峰值光強度與 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 燈泡產生之 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 $R^2=0.7456$ 、 $R^2=0.8669$ 及 $R^2=0.9998$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈泡之峰值光強度與 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 燈泡之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈泡安裝於試驗燈具(A)、(B)及(C)，整體趨勢均為眩光指數高的 LED 燈泡產生之 LED 燈具眩光指數較高，依其迴歸分析資料顯示，在 C0-C180 方向其判定係數分別為 $R^2=0.7641$ 、 $R^2=0.7592$ 及 $R^2=0.9976$ ，在 C90-C270 方向其判定係數分別為 $R^2=0.7591$ 、 $R^2=0.7554$

及 $R^2=0.9995$ ，顯著值均小於 0.05，顯示 LED 燈泡之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數線性關係存在。

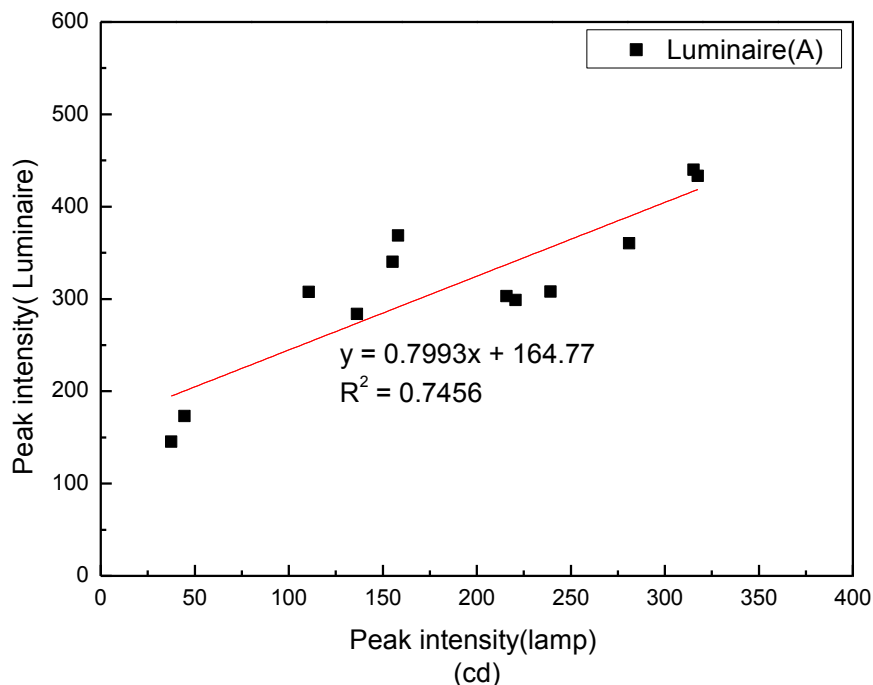


圖 4-1.14 LED 燈泡峰值光強度與 LED 燈具(A) 峰值光強度關係圖

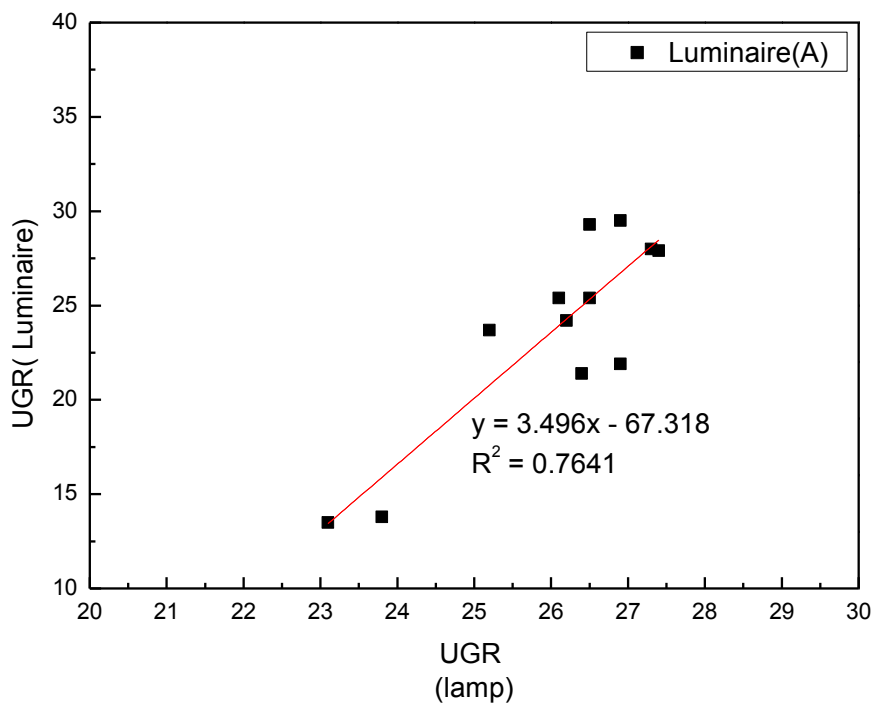


圖 4-1.15 LED 燈泡眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖 (C0-C180 方向)

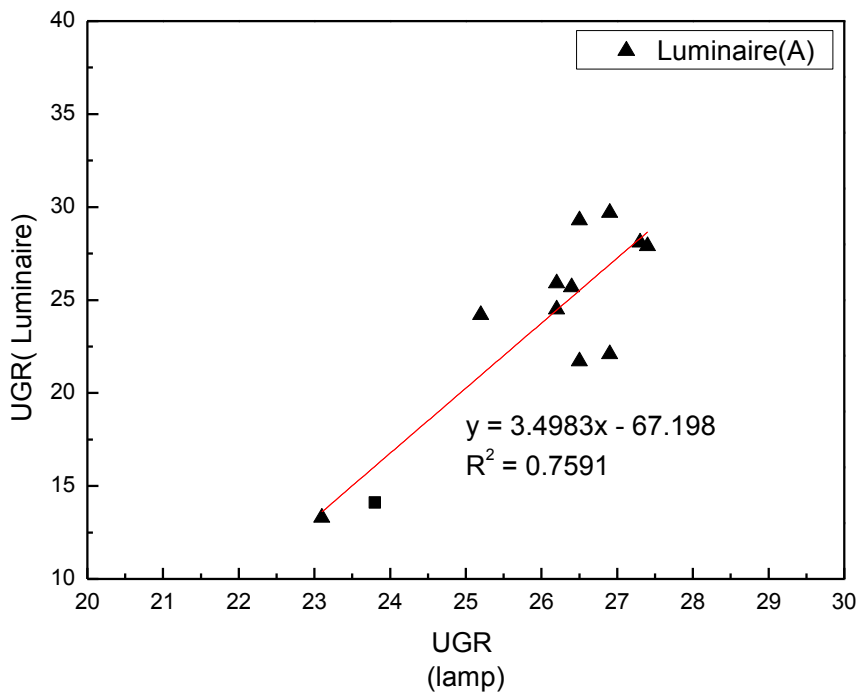


圖 4-1.16 LED 燈泡眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖
(C90-C270 方向)

在無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之光通量與燈具本身之眩光指數分析部分，由圖 4-1.17 中可以看出不同 LED 燈泡安裝同一試驗燈具 (A)、(B)及(C)之流明值越大則 C0-C180 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 C0-C180 方向其判定係數分別為 $R^2=0.9114$ 、 $R^2=0.8755$ 及 $R^2=0.9962$ ，在 C90-C270 方向其判定係數分別為 $R^2=0.8962$ 、 $R^2=0.8803$ 及 $R^2=0.9936$ ，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。

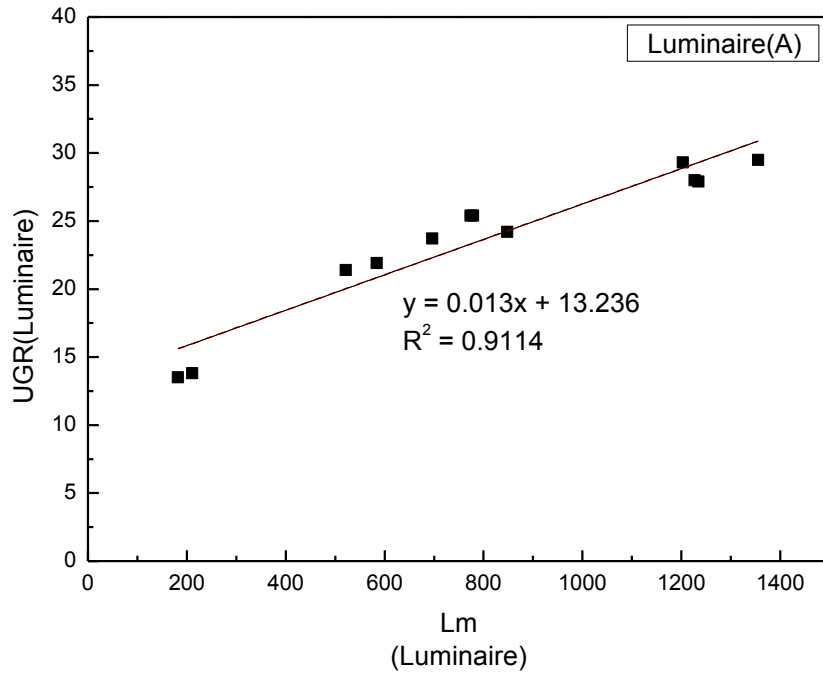


圖 4-1.17 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖 (C0-C180 方向)

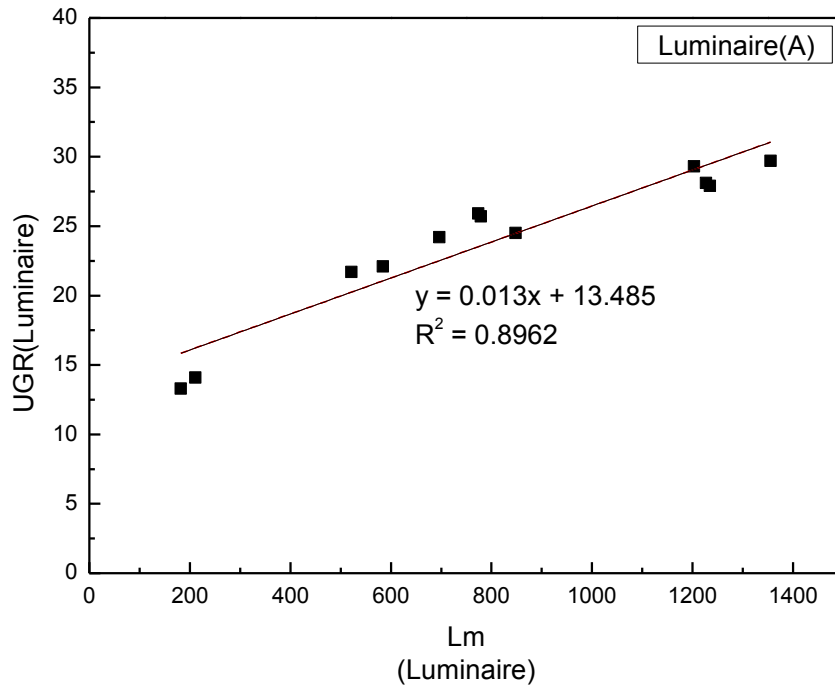


圖 4-1.18 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖 (C90-C270 方向)

另在無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之光通量與燈具本身之峰值光強度分析部分，由圖 4-1.19 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 $R^2=0.7128$ 、 $R^2=0.8344$ 及 $R^2=0.9999$ ，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 4-1.20 及圖 4-1.21 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 C0-C180 方向分別為 $R^2=0.7112$ 、 $R^2=0.7249$ 及 $R^2=0.9967$ ，另在 C90-C270 方向分別為 $R^2=0.7088$ 、 $R^2=0.7295$ 及 $R^2=0.9943$ 。

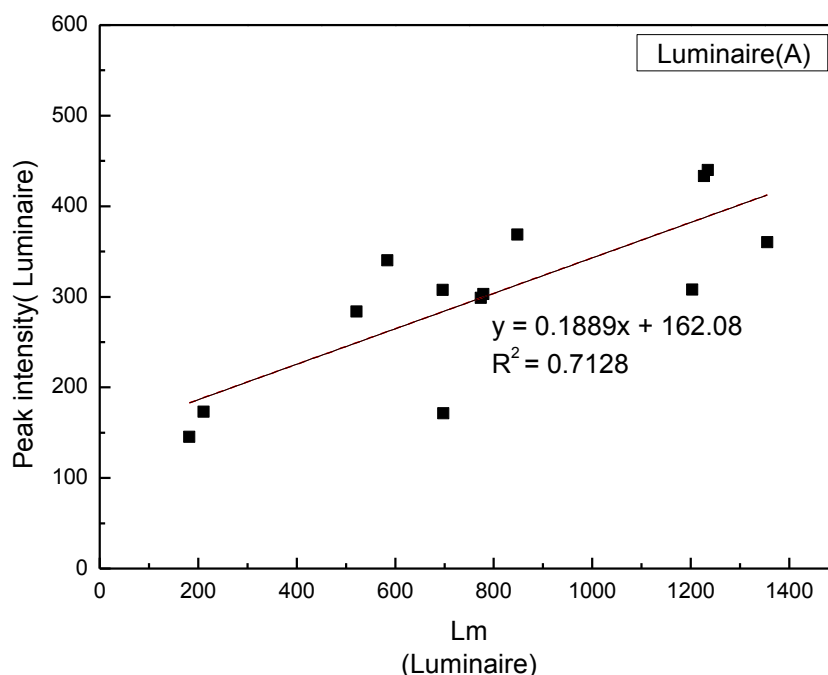


圖 4-1.19 LED 燈具光通量與峰值光強度關係圖

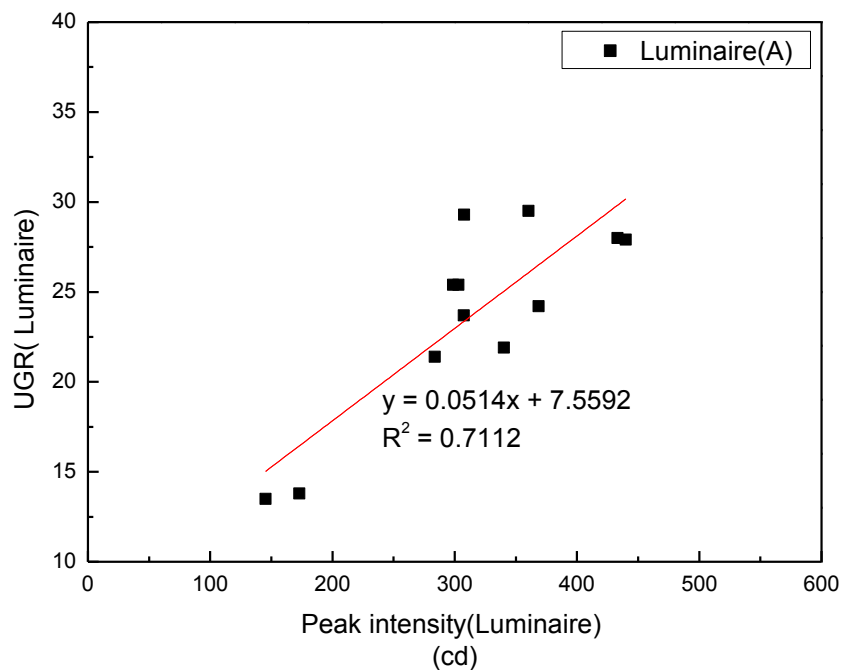


圖 4-1.20 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖 (C0-C180 方向)

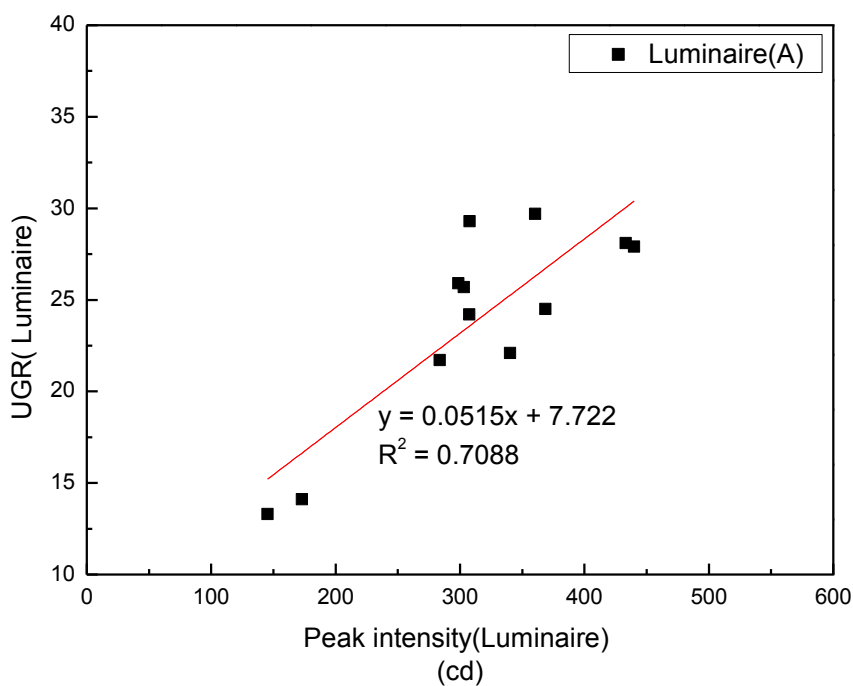


圖 4-1.21 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖 (C90-C270 方向)

圖 4-1.22 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 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 樣本嵌燈產品中有 6 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 21%；有 21 件產品可達到美國 ENERGY STAR 第 2 階段基準(70 lm/W)，約占總試驗 75%。

在能源效率與價格之分析部分，由圖 4-1.23 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 $R^2=0.047$ 顯著值 >0.05 。

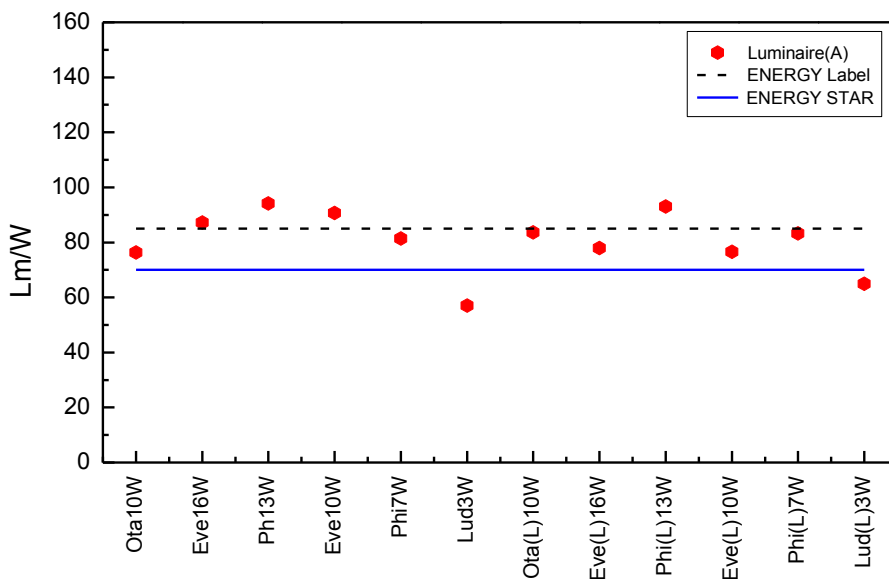


圖 4-1.22 LED 燈具能源效率分佈圖

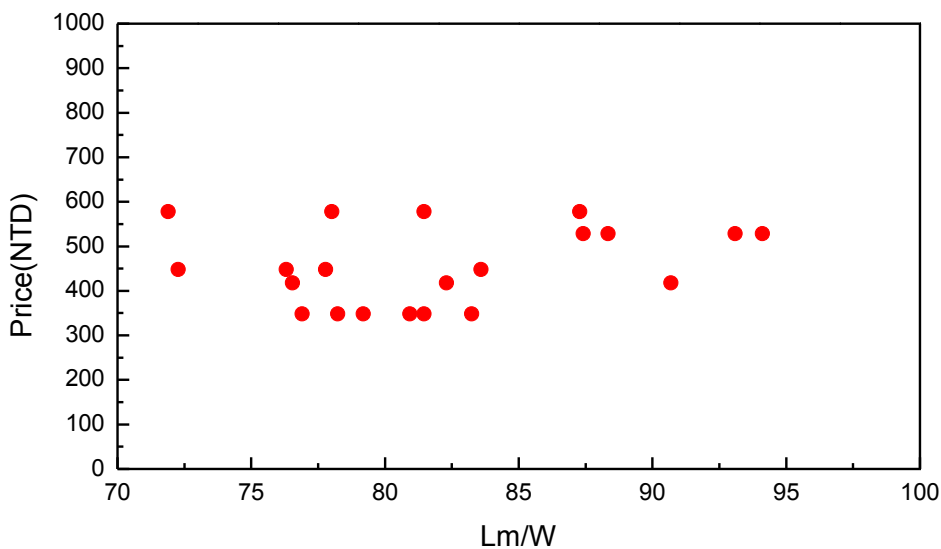


圖 4-1.23 LED 燈具價格與能源效率關係圖

第二節 有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈 測試結果與分析

本研究共計挑選 2 種不同尺寸有外加玻璃罩圓型嵌燈燈具產品，安定器內藏式 LED 燈泡 12 類，安定器內藏式螢光燈泡 4 類，本次合計組成 32 件有外加玻璃罩圓形嵌燈樣本，與 2 件比較用之模組式 LED 嵌燈進行相關性能測試，試驗燈具比較表及樣本燈泡(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，不同額定功率(尺寸)之 LED 燈泡安裝在相同試驗燈具(D)產生之光型皆相近，而安定器內藏式螢光燈泡產生光束角略大，以某 Ota 牌 10W LED 燈泡、Eve 牌 16W LED 燈泡及 Osr 牌 20W 安定器內藏式螢光燈泡安裝在直徑 15cm 有外加玻璃罩圓型嵌燈為例，配光曲線如圖 4-2.1~4-2.3 所示。

另相同燈泡安裝在不同尺寸試驗燈具(E)產生之光型亦是 LED 燈泡產生之光型皆相近，而安定器內藏式螢光燈泡略有差異，以上開燈源安裝在直徑 12cm 有外加玻璃罩圓型嵌燈為例，配光曲線如圖 4-2.4~4-2.6 所示，模組式 LED 嵌燈配光曲線如圖 4-2.7~4-2.8 所示。

表 4-2.1 試驗燈具(D)、(E)之比較表

燈具名稱	試驗燈具(D)	試驗燈具(E)
燈具種類	嵌燈	嵌燈
使用光源	1 個燈泡 (LED、螢光)	1 個燈泡 (LED、螢光)
燈具尺寸	直徑 15cm、高 18cm	直徑 12cm、高 18cm
發光尺寸	直徑 12cm	直徑 10cm
外加玻璃罩設計	有	有
內部反射杯設計	有	有

表 4-2.2 樣本燈泡(具)購買來源及價格資料

廠牌	購買單價 (元)	購買地點	色系	備註
某 Ota 牌 10W	299	家※福	晝光	LED
某 Eve 牌 16W	399	大※發	晝光	LED
某 Phi 牌 13W	349	特※屋	晝光	LED
某 Eve 牌 10W	239	特※屋	晝光	LED
某 Phi 牌 7W	169	特※屋	晝光	LED
某 Lud 牌 3W	95	大※發	晝光	LED
某 Ota(L)牌 10W	299	家※福	暖色	LED
某 Eve(L)牌 16W	399	大※發	暖色	LED
某 Phi(L)牌 13W	349	特※屋	暖色	LED
某 Eve(L)牌 10W	239	特※屋	暖色	LED
某 Phi(L)牌 7W	169	特※屋	暖色	LED
某 Lud(L)牌 3W	95	大※發	暖色	LED
某 Osr 牌 20W	99	大※發	晝光	螢光燈泡
某 Osr(L)牌 20W	99	大※發	暖色	螢光燈泡
某 Chi 牌 5W	88	大※發	晝光	螢光燈泡
某 Chi(L)牌 5W	88	大※發	暖色	螢光燈泡
某牌直徑 15cm 圓型嵌燈	179	特※屋	不含燈泡	試驗燈具(D)
某牌直徑 12cm 圓型嵌燈	149	特※屋	不含燈泡	試驗燈具(E)
某牌模組式晶片 15cm 圓型嵌燈	699	特※屋	晝光	試驗燈具(F)
某牌模組式晶片 12cm 圓型嵌燈	519	特※屋	晝光	試驗燈具(G)

(資料來源:本研究整理)

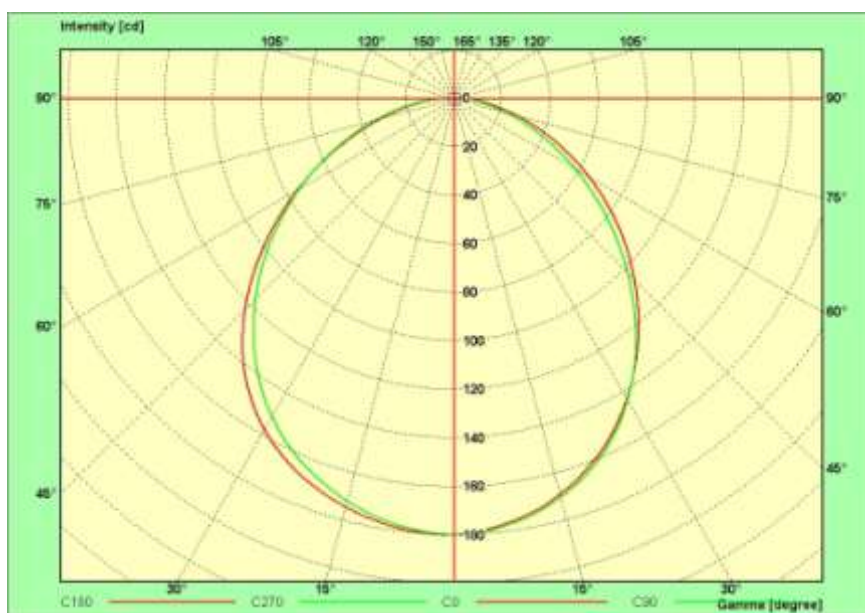


圖 4-2.1 試驗燈具(D)【安裝 Ota10W LED 燈泡】
配光曲線圖（極座標）

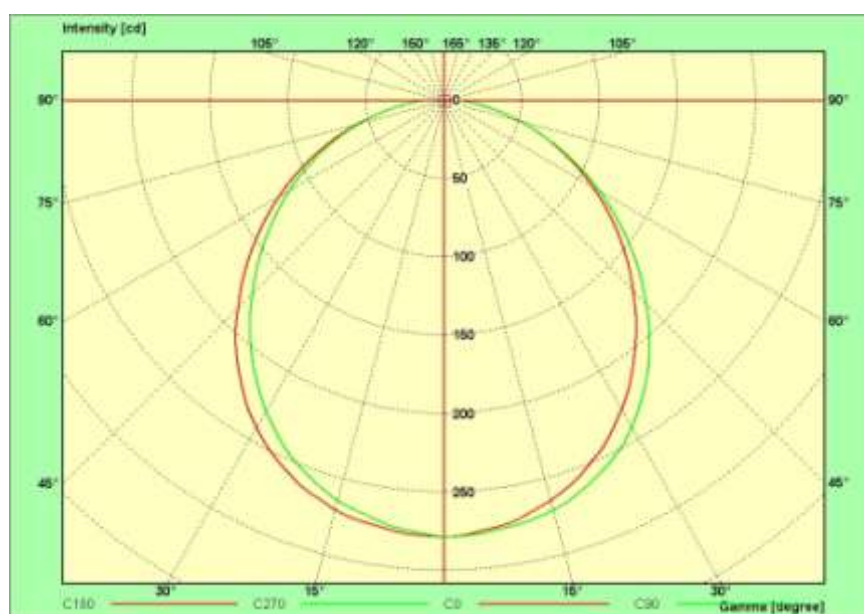


圖 4-2.2 試驗燈具(D)【安裝 Eve 16W LED 燈泡】
配光曲線圖（極座標）

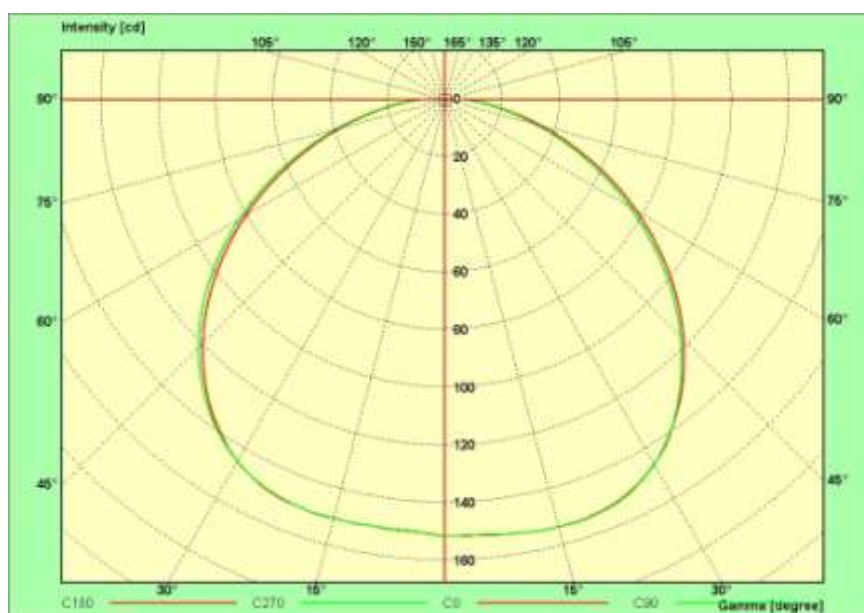


圖 4-2.3 試驗燈具(D)【安裝安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡】
配光曲線圖 (極座標)

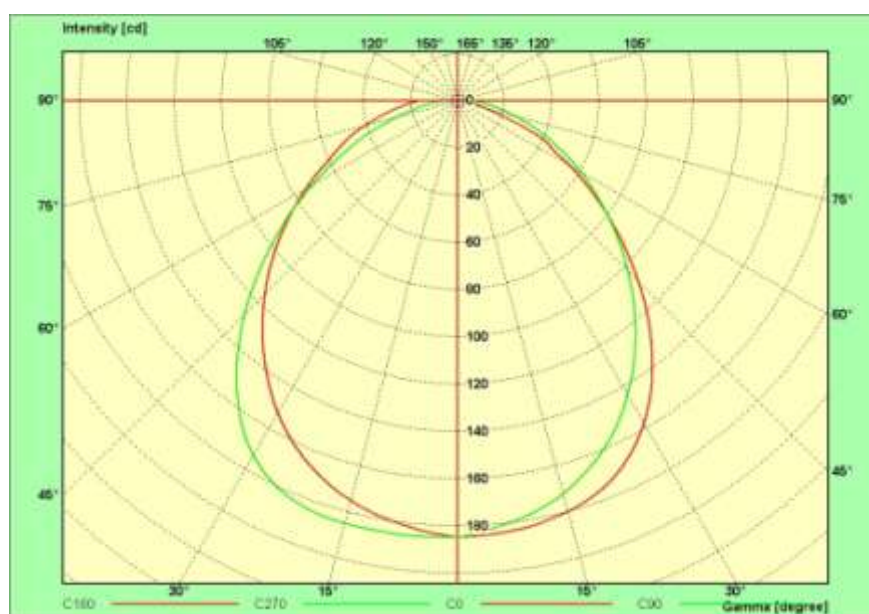


圖 4-2.4 試驗燈具(E)【安裝 Ota10W LED 燈泡】
配光曲線圖 (極座標)

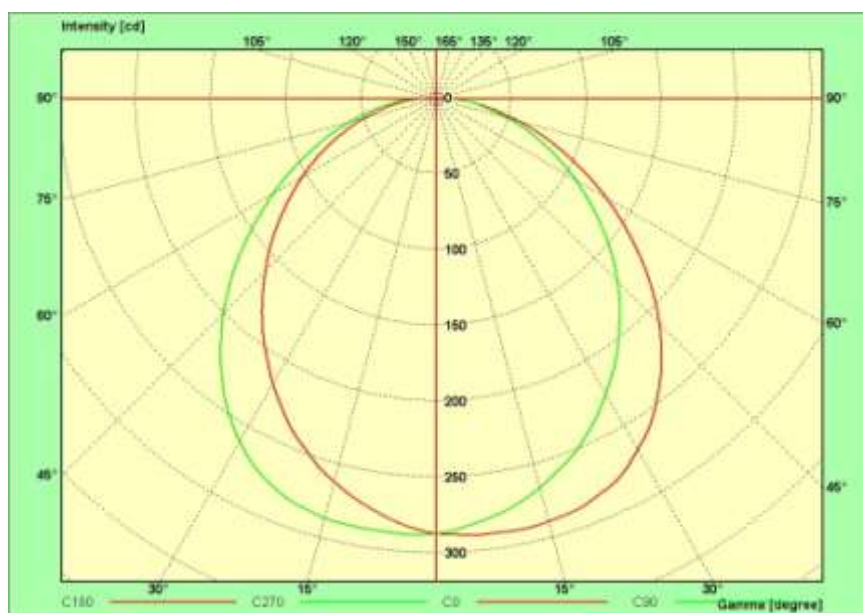


圖 4-2.5 試驗燈具(E)【安裝 Eve 16W LED 燈泡】
配光曲線圖（極座標）

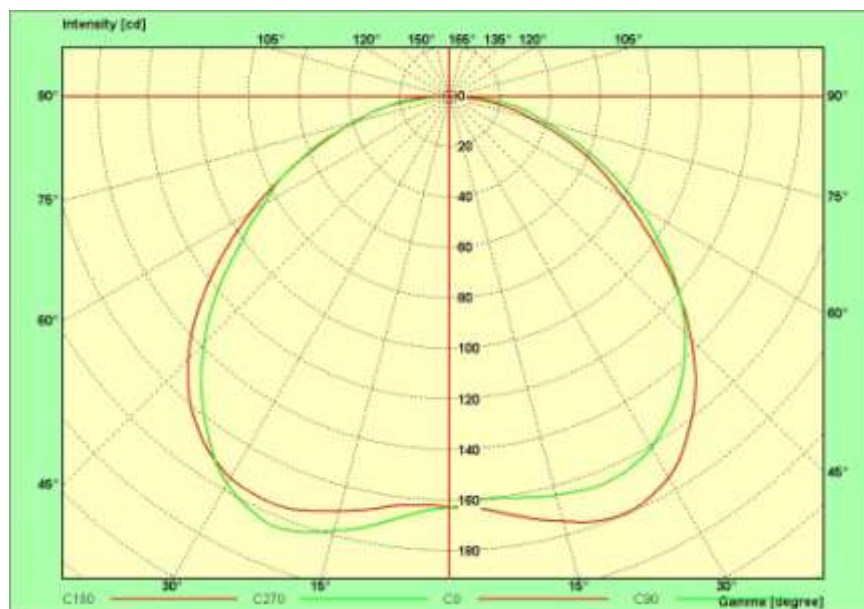


圖 4-2.6 試驗燈具(E)【安裝安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡】
配光曲線圖（極座標）

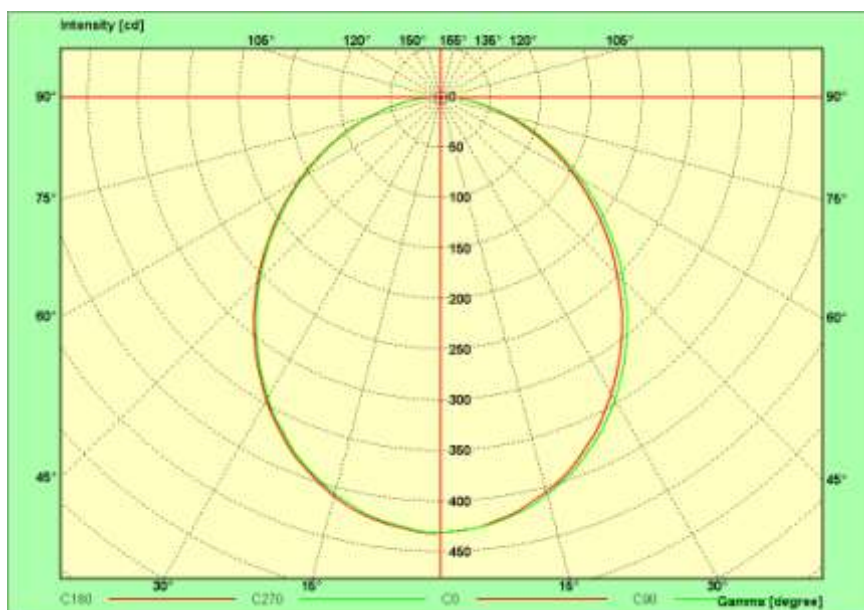


圖 4-2.7 試驗燈具(F)【模組式晶片 15cm 圓型嵌燈】
配光曲線圖（極座標）

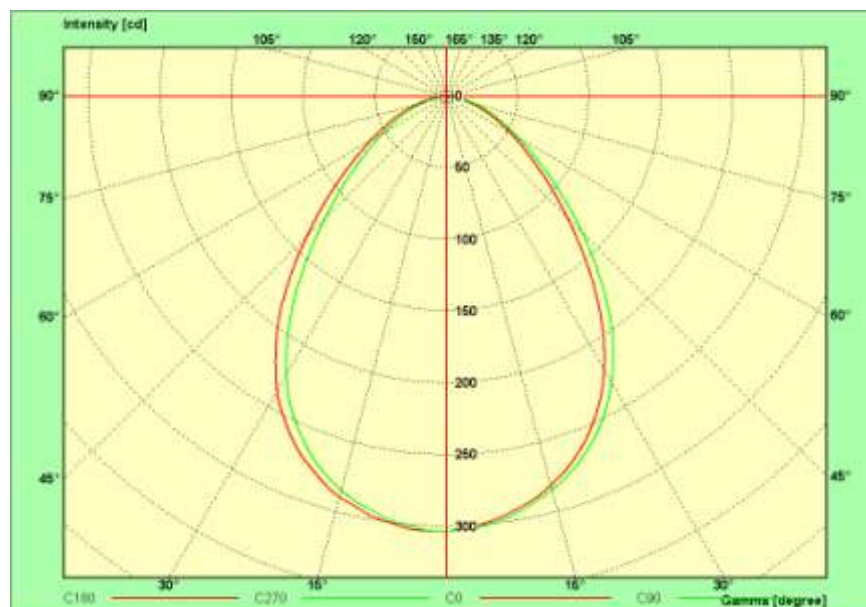


圖 4-2.8 試驗燈具(G)【模組式晶片 12cm 圓型嵌燈】
配光曲線圖（極座標）



圖 4-2.9 試驗燈具(D)、(E)
(資料來源：本研究拍攝)

以下則分別針對這 24 件有外加玻璃罩圓形 LED 嵌燈樣本燈具、8 件螢光燈具及 2 件模組式之能源功率、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 Ota 10W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Ota 10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	10.04	10.06
電壓 (V)	109.97	109.96
電流 (mA)	95.6	95.7
功率因數(PF)	0.955	0.956
燈源光通量 (lm)	893.63	893.63
燈具光通量 (lm)	478.96	482.98
燈具能源效率 (lm/W)	47.71	48.01
燈具效率 LOR (%)	53.60	54.05
峰值光強度 (cd)	180.10	185.90
光束角(C0-C180 方向)	103.2	102.3
光束角(C90-C270 方向)	106	102.5
UGR _h (C0-C180 方向)	23.60	24.70
UGR _v (C90-C270 方向)	24.00	24.60

表 4-2.4 Eve 16W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve 16W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	15.45	15.42
電壓 (V)	109.98	109.96
電流 (mA)	147.3	147
功率因數(PF)	0.954	0.954
燈源光通量 (lm)	1675.59	1675.59
燈具光通量 (lm)	784.34	803.02
燈具能源效率 (lm/W)	50.77	52.08
燈具效率 LOR (%)	46.81	47.92
峰值光強度 (cd)	278.60	293.40
光束角(C0-C180 方向)	108.4	107.2
光束角(C90-C270 方向)	109	106.1
UGR _h (C0-C180 方向)	25.80	27.00
UGR _v (C90-C270 方向)	25.90	27.10

表 4-2.5 Phi 13W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi 13W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	12.96	12.88
電壓 (V)	109.99	110.02
電流 (mA)	120.3	119.6
功率因數(PF)	0.979	0.979
燈源光通量 (lm)	1394.31	1394.31
燈具光通量 (lm)	727.19	739.36
燈具能源效率 (lm/W)	56.11	57.40
燈具效率 LOR (%)	52.15	53.03
峰值光強度 (cd)	273.90	285.10
光束角(C0-C180 方向)	102.8	102.2
光束角(C90-C270 方向)	104.5	103.2
UGR _h (C0-C180 方向)	25.30	26.40
UGR _v (C90-C270 方向)	25.30	26.60

表 4-2.6 Eve 10W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	9.32	9.3
電壓 (V)	109.99	109.99
電流 (mA)	87.7	87.6
功率因數(PF)	0.966	0.965
燈源光通量 (lm)	1036.04	1036.04
燈具光通量 (lm)	554.82	540.20
燈具能源效率 (lm/W)	59.53	58.09
燈具效率 LOR (%)	53.55	52.14
峰值光強度 (cd)	198.90	215.40
光束角(C0-C180 方向)	107.3	102.3
光束角(C90-C270 方向)	108.5	101.1
UGR _h (C0-C180 方向)	24.00	25.20
UGR _v (C90-C270 方向)	24.10	25.00

表 4-2.7 Phi 7W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi 7W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	6.35	6.34
電壓 (V)	110.00	110.00
電流 (mA)	59.1	58.9
功率因數(PF)	0.977	0.979
燈源光通量 (lm)	587.68	587.68
燈具光通量 (lm)	340.74	345.89
燈具能源效率 (lm/W)	53.66	54.56
燈具效率 LOR (%)	57.98	58.86
峰值光強度 (cd)	126.70	142.20
光束角(C0-C180 方向)	103.6	100.2
光束角(C90-C270 方向)	105.8	101.3
UGR _h (C0-C180 方向)	22.00	23.30
UGR _v (C90-C270 方向)	22.20	23.30

表 4-2.8 Lud 3W LED 晝光色燈泡放入不同燈具數據資料

Lud 3W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	3.17	3.17
電壓 (V)	110.02	109.98
電流 (mA)	49.4	49.4
功率因數(PF)	0.583	0.583
燈源光通量 (lm)	231.17	231.17
燈具光通量 (lm)	124.50	137.17
燈具能源效率 (lm/W)	39.27	43.27
燈具效率 LOR (%)	53.86	59.34
峰值光強度 (cd)	73.80	96.10
光束角(C0-C180 方向)	73.8	73.2
光束角(C90-C270 方向)	74.3	73.6
UGR _h (C0-C180 方向)	16.6	15.9
UGR _v (C90-C270 方向)	16.7	15.9

表 4-2.9 Ota(L) 10W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Ota(L) 10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	9.25	9.26
電壓 (V)	110.00	110.03
電流 (mA)	88.7	88.8
功率因數(PF)	0.948	0.948
燈源光通量 (lm)	917.38	917.38
燈具光通量 (lm)	474.76	469.22
燈具能源效率 (lm/W)	51.33	50.67
燈具效率 LOR (%)	51.75	51.15
峰值光強度 (cd)	173.00	175.40
光束角(C0-C180 方向)	106.5	104.9
光束角(C90-C270 方向)	108.1	104.2
UGR _h (C0-C180 方向)	23.70	24.90
UGR _v (C90-C270 方向)	23.90	24.90

表 4-2.10 Eve(L) 16W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve(L) 16W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	15.33	15.3
電壓 (V)	110.00	109.97
電流 (mA)	146.2	146
功率因數(PF)	0.953	0.953
燈源光通量 (lm)	1518.60	1518.60
燈具光通量 (lm)	696.35	692.94
燈具能源效率 (lm/W)	45.42	45.29
燈具效率 LOR (%)	45.85	45.63
峰值光強度 (cd)	243.60	254.90
光束角(C0-C180 方向)	110.1	107
光束角(C90-C270 方向)	110.7	105
UGR _h (C0-C180 方向)	26.30	26.50
UGR _v (C90-C270 方向)	26.40	26.60

表 4-2.11 Phi(L) 13W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi(L) 13W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	12.89	12.91
電壓 (V)	109.98	110.00
電流 (mA)	120.4	120.4
功率因數(PF)	0.973	0.975
燈源光通量 (lm)	1394.00	1394.00
燈具光通量 (lm)	723.83	759.42
燈具能源效率 (lm/W)	56.15	58.82
燈具效率 LOR (%)	51.92	54.48
峰值光強度 (cd)	270.90	293.60
光束角(C0-C180 方向)	103.5	103.4
光束角(C90-C270 方向)	104.6	101.6
UGR _h (C0-C180 方向)	25.30	26.70
UGR _v (C90-C270 方向)	25.30	26.50

表 4-2.12 Eve(L) 10W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Eve(L) 10W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	9.04	9.07
電壓 (V)	109.99	110.04
電流 (mA)	85.9	85.9
功率因數(PF)	0.957	0.960
燈源光通量 (lm)	885.86	885.86
燈具光通量 (lm)	454.03	439.27
燈具能源效率 (lm/W)	50.22	48.43
燈具效率 LOR (%)	51.25	49.59
峰值光強度 (cd)	166.70	174.80
光束角(C0-C180 方向)	108.6	103.1
光束角(C90-C270 方向)	107.5	102.5
UGR _h (C0-C180 方向)	23.30	24.60
UGR _v (C90-C270 方向)	23.50	24.50

表 4-2.13 Phi (L) 7W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Phi (L) 7W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	6.96	6.96
電壓 (V)	109.98	109.99
電流 (mA)	64.4	64.4
功率因數(PF)	0.983	0.983
燈源光通量 (lm)	661.41	661.41
燈具光通量 (lm)	381.84	399.85
燈具能源效率 (lm/W)	54.86	57.45
燈具效率 LOR (%)	57.73	60.45
峰值光強度 (cd)	142.70	178.50
光束角(C0-C180 方向)	104.8	96.6
光束角(C90-C270 方向)	104.7	96
UGR _h (C0-C180 方向)	22.5	23.8
UGR _v (C90-C270 方向)	22.5	23.8

表 4-2.14 Lud (L) 3W LED 暖色燈泡放入不同燈具數據資料

Lud (L) 3W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	3.22	3.23
電壓 (V)	110.00	109.96
電流 (mA)	51.6	51.7
功率因數(PF)	0.567	0.568
燈源光通量 (lm)	266.08	266.08
燈具光通量 (lm)	144.79	160.26
燈具能源效率 (lm/W)	44.97	49.62
燈具效率 LOR (%)	54.42	60.23
峰值光強度 (cd)	85.00	110.40
光束角(C0-C180 方向)	74.6	74.8
光束角(C90-C270 方向)	74.8	74.5
UGR _h (C0-C180 方向)	17.1	16.5
UGR _v (C90-C270 方向)	17.2	16.5

表 4-2.15 Osr 20W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Osr 20W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	16.1	16.61
電壓 (V)	109.98	110.02
電流 (mA)	253.1	259.6
功率因數(PF)	0.578	0.582
燈源光通量 (lm)	1360.03	1360.03
燈具光通量 (lm)	504.61	568.48
燈具能源效率 (lm/W)	31.34	34.23
燈具效率 LOR (%)	37.10	41.80
峰值光強度 (cd)	153.90	186.80
光束角(C0-C180 方向)	121.1	116.3
光束角(C90-C270 方向)	121.2	117.4
UGR _h (C0-C180 方向)	24.6	26.1
UGR _v (C90-C270 方向)	24.6	25.9

表 4-2.16 Osr (L) 20W 暖色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Osr (L) 20W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入 試驗燈具(D)	LED 燈泡放入 試驗燈具(E)
功率 (W)	16.58	16.71
電壓 (V)	109.98	110.02
電流 (mA)	260	261
功率因數(PF)	0.580	0.582
燈源光通量 (lm)	1404.17	1404.17
燈具光通量 (lm)	535.98	566.05
燈具能源效率 (lm/W)	32.33	33.87
燈具效率 LOR (%)	38.17	40.31
峰值光強度 (cd)	169.80	202.70
光束角(C0-C180 方向)	119.3	112.7
光束角(C90-C270 方向)	118.9	114.3
UGR _h (C0-C180 方向)	24.8	26.2
UGR _v (C90-C270 方向)	24.8	25.7

表 4-2.17 Chi 5W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Chi 5W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗 燈具(D)	LED 燈泡放入 試驗燈具(E)
功率 (W)	4.77	4.81
電壓 (V)	109.99	110.01
電流 (mA)	67.4	68.1
功率因數(PF)	0.643	0.642
燈源光通量 (lm)	253.31	253.31
燈具光通量 (lm)	146.73	142.09
燈具能源效率 (lm/W)	30.76	29.54
燈具效率 LOR (%)	57.93	56.09
峰值光強度 (cd)	58.20	60.90
光束角(C0-C180 方向)	110.9	105.8
光束角(C90-C270 方向)	105.9	105.2
UGR _h (C0-C180 方向)	18.7	20.3
UGR _v (C90-C270 方向)	18.8	20.1

表 4-2.18 Chi (L) 5W 暖色安定器內藏式螢光燈泡放入不同燈具數據資料

Chi (L) 5W	試驗室量測性能	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
功率 (W)	4.64	4.61
電壓 (V)	110.02	110.01
電流 (mA)	66.2	65.9
功率因數(PF)	0.637	0.636
燈源光通量 (lm)	284.21	284.21
燈具光通量 (lm)	160.49	153.12
燈具能源效率 (lm/W)	34.59	33.21
燈具效率 LOR (%)	56.47	53.88
峰值光強度 (cd)	56.90	59.30
光束角(C0-C180 方向)	115.6	111.5
光束角(C90-C270 方向)	113.2	108.3
UGR _h (C0-C180 方向)	19.5	21
UGR _v (C90-C270 方向)	19.9	21

表 4-2.19 模組式晶片圓型 LED 嵌燈數據資料

模組式 LED 燈具	試驗室量測性能	
	15cm 圓型嵌燈	12cm 圓型嵌燈
功率 (W)	14.66	9.69
電壓 (V)	110.03	109.96
電流 (mA)	138.1	93
功率因數(PF)	0.965	0.948
燈源光通量 (lm)	1106.47	576.50
燈具光通量 (lm)	1106.47	576.50
燈具能源效率 (lm/W)	75.48	59.49
燈具效率 LOR (%)	100.00	100.00
峰值光強度 (cd)	431.10	303.60
光束角(C0-C180 方向)	102.2	82.6
光束角(C90-C270 方向)	101.3	83
UGR _h (C0-C180 方向)	26.3	24.9
UGR _v (C90-C270 方向)	26.4	24.8

依整體試驗結果看來，本次試驗的 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 樣本嵌燈產品，其測試結果，燈具光通量數值約在 124~804 lm 之間，燈具之能源效率約在 39~59 lm/W 之間，平均值約為 51.4 lm/W(僅約無外加玻璃罩產品 68%)，燈具效率(LOR) 約在 45~61%之間，平均值約為 53%，功率因數約在 0.567~0.979 之間，平均值約為 0.90，C0-C180 方向之光束角約為 73°~111°，平均值約為 99°，C90-C270 方向之光束角約為 73°~110°，平均值約為 100°，峰值光強度 73~294 cd 之間，C0-C180 方向之眩光指數 15~27 之間，平均值約為 23.4，C90-C270 方向之眩光指數 15~28 之間，平均值約為 23.4，量測結果亦顯示在兩個不同軸向眩光指數相當接近，與 LED 光源比較，整體眩光指數 UGR 平均值下降約 2.6。

本次試驗的 8 件有外加玻璃罩圓型螢光樣本嵌燈產品，其測試結果，燈具光通量數值約在 142~569 lm 之間，燈具之能源效率約在 29~35 lm/W 之間，平均值約為 32.5 lm/W(僅約無外加玻璃罩產品 71%)，燈具效率(LOR) 約在 37~58%之間，平均值約為 48%，功率因數約在 0.578~0.643 之間，平均值約為 0.61，C0-C180 方向之光束角約為 105°~122°，平均值約為 114°，C90-C270 方向之光束角約為 105°~122°，平均值約為 113°，峰值光強度 56~203 cd 之間，C0-C180 方向之眩光指數 18~27 之間，平均值約為 22.6，C90-C270 方向之眩光指數 18~26 之間，平均值約為 22.6，量測結果亦顯示在兩個不同軸向眩光指數相當接近。

透過圖 4-2.10 大體上可以概略看出，相同 LED 燈泡放入不同試驗燈具(D)、(E)之能源效率分佈圖，其整體趨勢均為試驗燈具(D)能源效率 \div 燈具(E)能源效率，探究原因，主要有外加玻璃罩，LED 燈泡經過穿透、折射及反射後，出光較均勻，本次試驗 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 15cm 試驗燈具(D)之能源效率平均值為 49.3 lm/W，而相同 12

件 LED 燈泡安裝於直徑 12cm 試驗燈具(E) 之能源效率平均值為 50.6 lm/W，另由圖 4-2.11 中可以發現燈具效率(LOR)分佈圖亦有類似之趨勢。

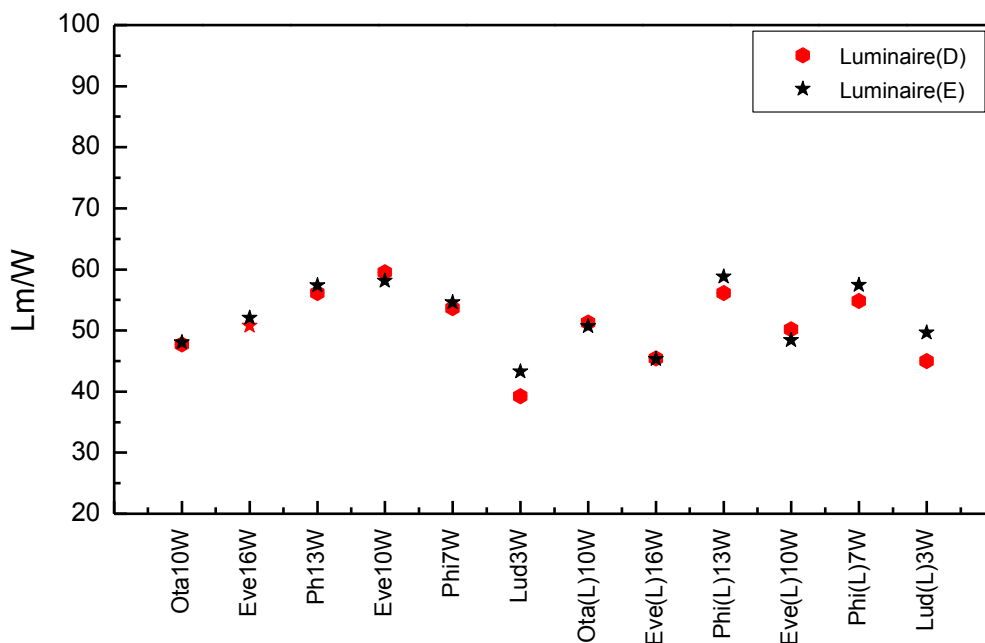


圖 4-2.10 LED 燈泡放入試驗燈具(D)、(E)之能源效率分佈圖

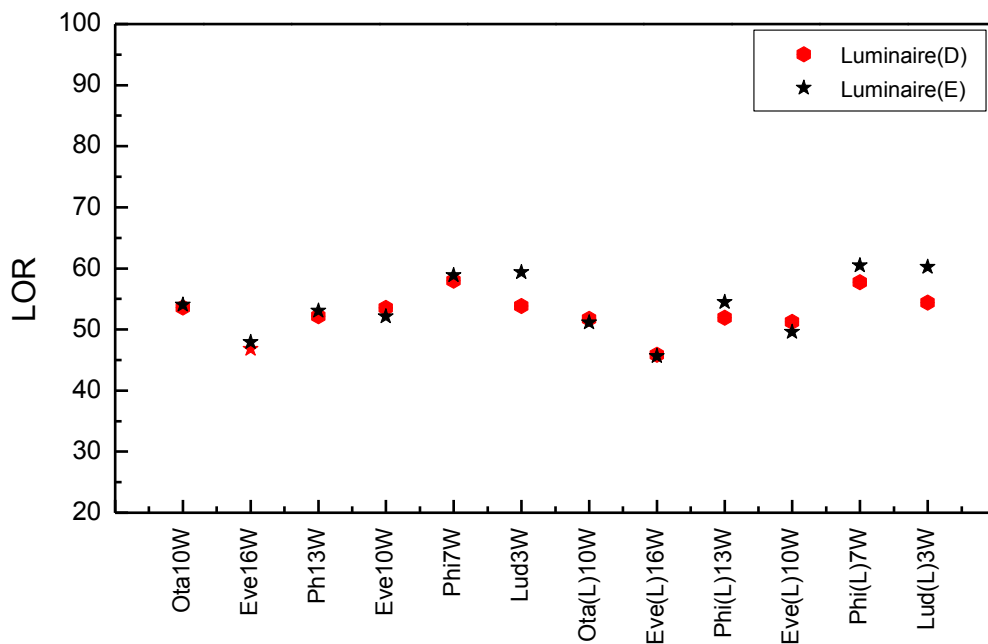


圖 4-2.11 LED 燈泡放入試驗燈具(D)、(E)之燈具效率分佈圖

由圖 4-2.12 亦可以概略看出，相同 LED 燈管放入不同試驗燈具 (D)、(E) 之峰值光強度分佈圖，其整體趨勢為試驗燈具 (E) 光強度 > 燈具 (D) 光強度，且本次試驗 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 15cm 試驗燈具 (D) 之峰值光強度平均值為 182 cd，而相同 12 件 LED 燈泡安裝於直徑 12cm 試驗燈具 (E) 之峰值光強度平均值為 199cd，，探究原因，主要試驗燈具 (D)、(E) 之高度均為 18 cm，而試驗燈具 (E) 之發光面積較小，產生光通量相當，換算結果試驗燈具 (E) 之光強度較大。

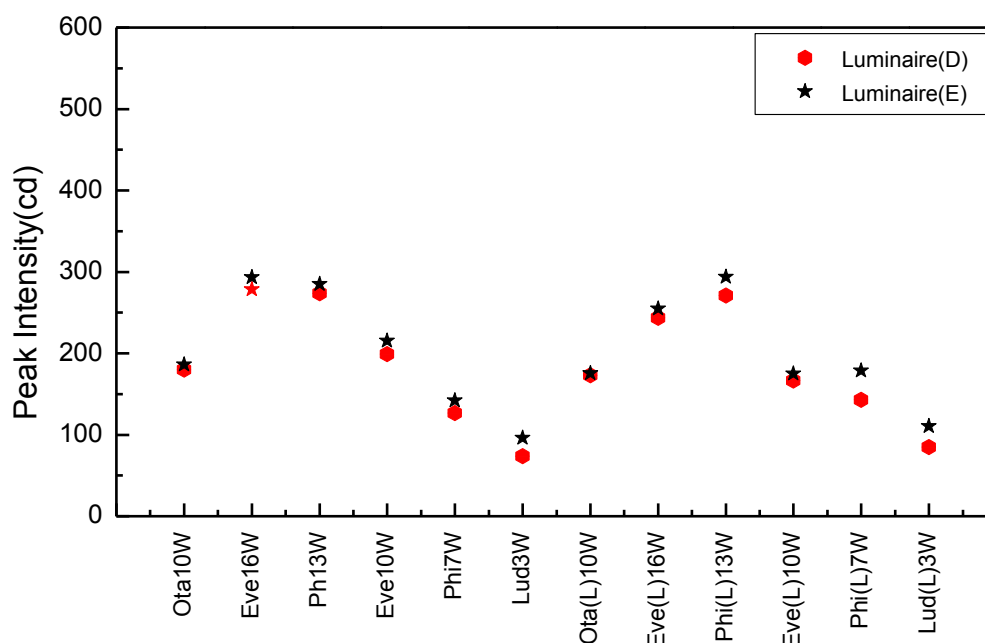


圖 4-2.12 LED 燈泡放入試驗燈具 (D)、(E) 之峰值光強度分佈圖

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 12 類 LED 燈泡產品，組合而成 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈，透過圖 4-2.13 之 LED 燈泡光通量與 LED 燈具

光通量關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈泡安裝於試驗燈具 (D)及(E)，整體趨勢均為流明值高的 LED 燈泡較流明值低的 LED 燈泡產生之有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈光通量較高。本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解上開 LED 燈具光通量與燈泡光通量間的關連性，依其迴歸分析資料顯示其判定係數分別為 $R^2=0.9803$ 及 $R^2=0.9745$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈泡與有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈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 4-2.14 中可以看出 C0-C180 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)及(E)之判定係數分別為 $R^2=0.0054$ 、 $R^2=0.0017$ ，顯著值 >0.05 ，顯示 LED 燈泡與 LED 燈具 C0-C180 方向之光束角線性關係不存在。另由圖 4-2.15 中可以發現 C90-C270 方向之光束角亦不存在線性關係，判定係數分別為 $R^2=0.0016$ 及 $R^2=0.0024$ ，顯著值 >0.05 。

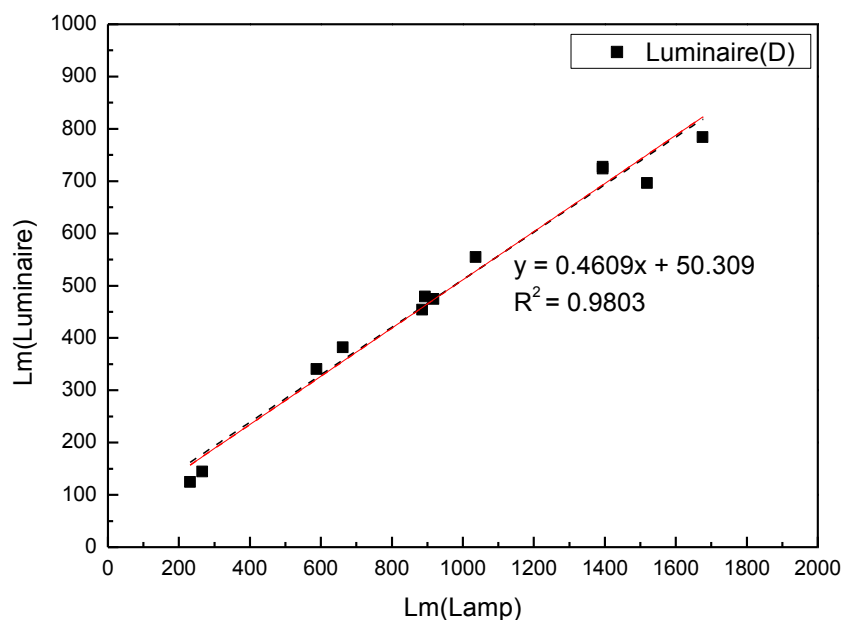


圖 4-2.13 LED 燈泡光通量與 LED 燈具(D)光通量關係圖

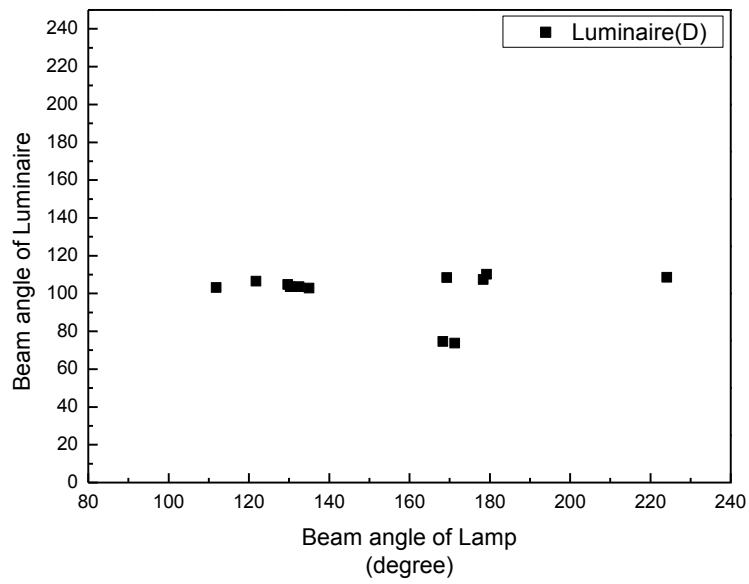


圖 4-2.14 LED 燈泡光束角與 LED 燈具(D)光束角關係圖 (C0-C180 方向)

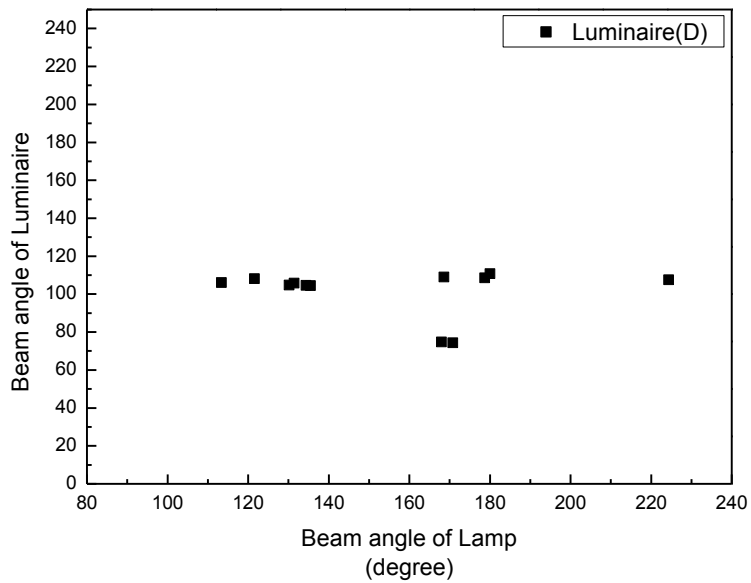


圖 4-2.15 LED 燈泡光束角與 LED 燈具(D)光束角關係圖 (C90-C270 方向)

在峰值光強度之分析部分，透過圖 4-2.16 LED 燈泡之峰值光強度與 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 燈泡產生之 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 $R^2=0.8835$ 及 $R^2=0.8634$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈泡之峰值光強度與 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 4-2.17 及圖 4-2.18 LED 燈泡之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數關係圖，大體上可概略看出，無論 LED 燈泡安裝於試驗燈具(D)及(E)，整體趨勢均為眩光指數高的 LED 燈泡產生之 LED 燈具眩光指數較高，依其迴歸分析資料顯示，在 C0-C180 方向其判定係數分別為 $R^2=0.7992$ 及 $R^2=0.8441$ ，在 C90-C270 方向其判定係數分別為 $R^2=0.7848$ 及 $R^2=0.8453$ ，顯著值小於 0.05，顯示 LED 燈泡之眩光指數與 LED 燈具之眩光指數線性關係存在。

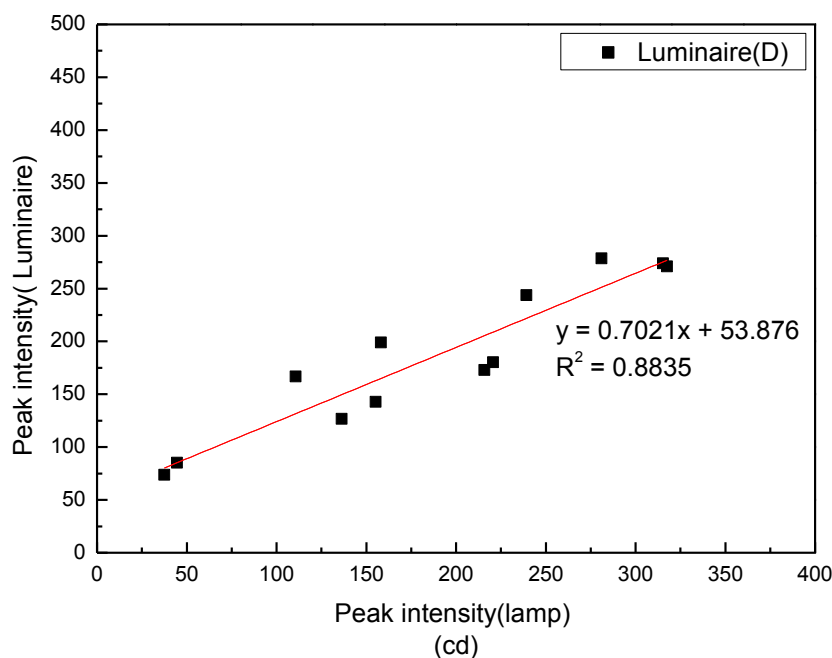


圖 4-2.16 LED 燈泡峰值光強度與 LED 燈具(D) 峰值光強度關係圖

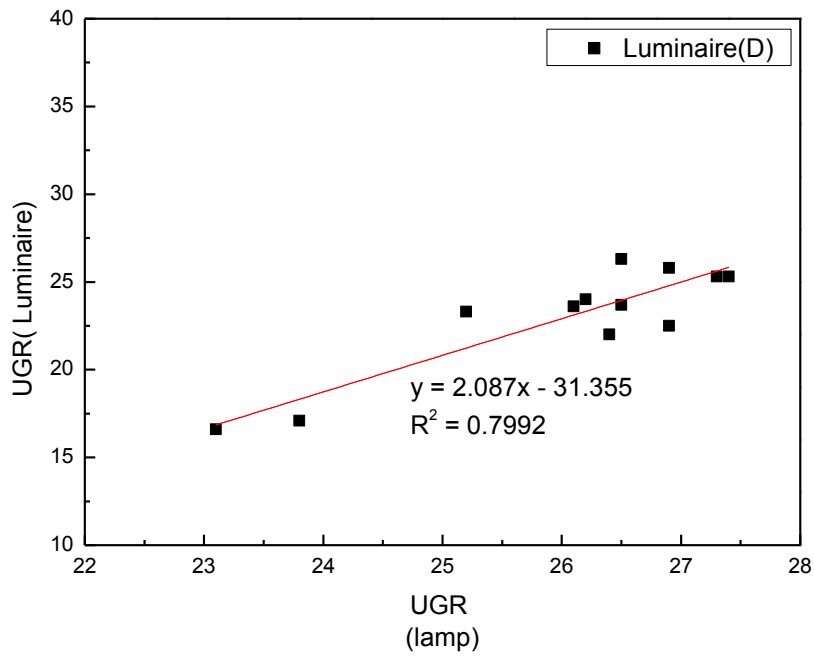


圖 4-2.17 LED 燈泡眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖 (C0-C180 方向)

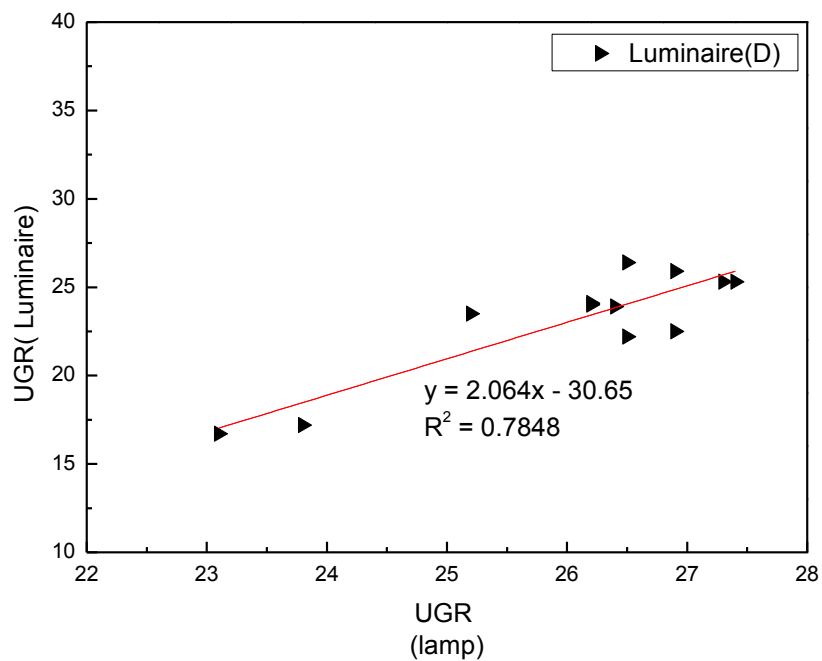


圖 4-2.18 LED 燈泡眩光指數與 LED 燈具眩光指數關係圖 (C90-C270 方向)

另在有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之光通量與燈具之眩光指數分析部分，由圖 4-2.19 中可以看出不同 LED 燈泡安裝同一試驗燈具 (D)、(E)之流明值越大則 C0-C180 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 C0-C180 方向其判定係數分別為 $R^2=0.9001$ 、 $R^2=0.8203$ ，在 C90-C270 方向其判定係數分別為 $R^2=0.8876$ 及 $R^2=0.8276$ ，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。

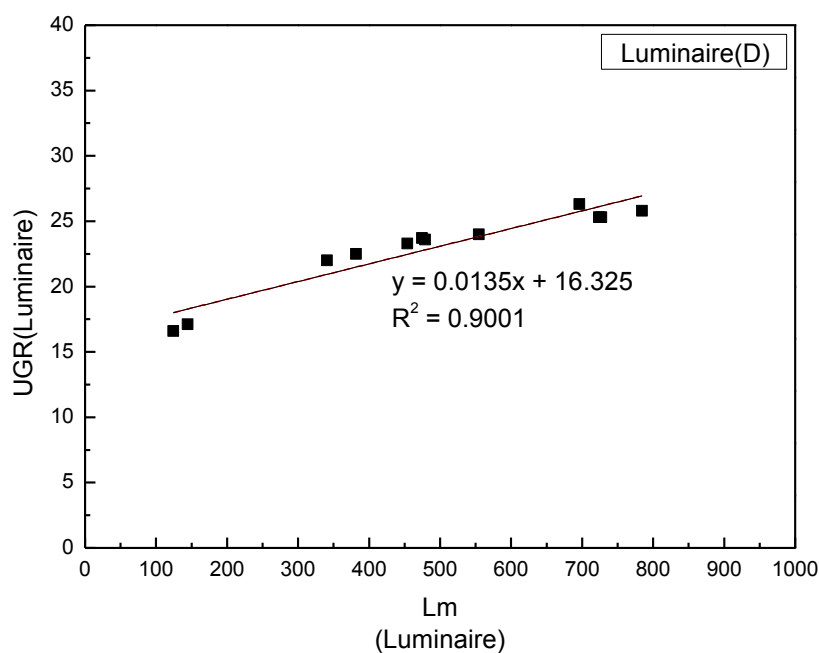


圖 4-2.19 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖 (C0-C180 方向)

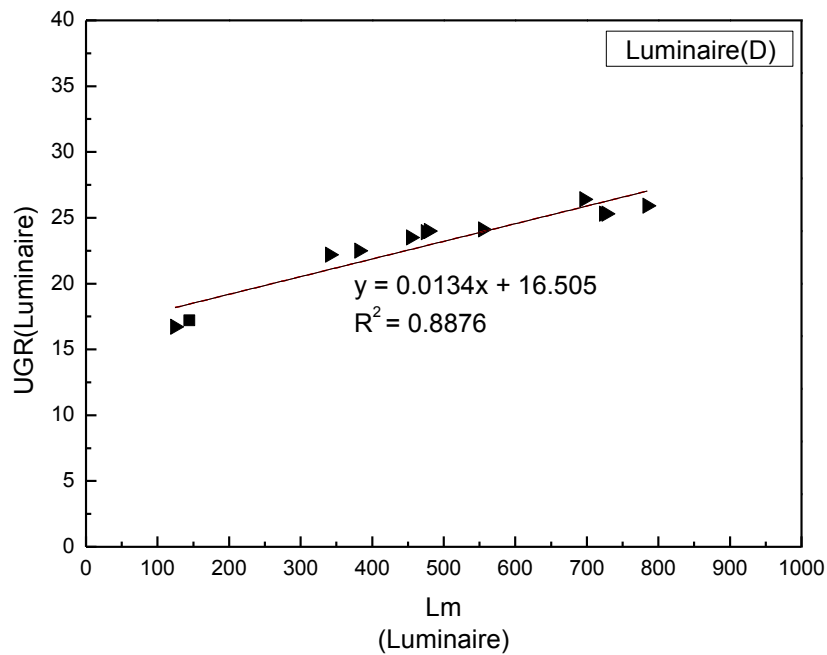


圖 4-2.2 LED 燈具光通量與眩光指數關係圖
(C90-C270 方向)

另在有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之光通量與燈具之峰值光強度分析部分，由圖 4-2.21 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)之判定係數為分別為 $R^2=0.9857$ 、及 $R^2=0.9777$ ，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 4-2.22 及圖 4-2.23 中可以發現峰值光強度越大則眩光指數越高，試驗燈具(D)及(E)之判定係數在 C0-C180 方向分別為 $R^2=0.8284$ 、 $R^2=0.7253$ ，另在 C90-C270 方向分別為 $R^2=0.8134$ 及 $R^2=0.7324$ 。

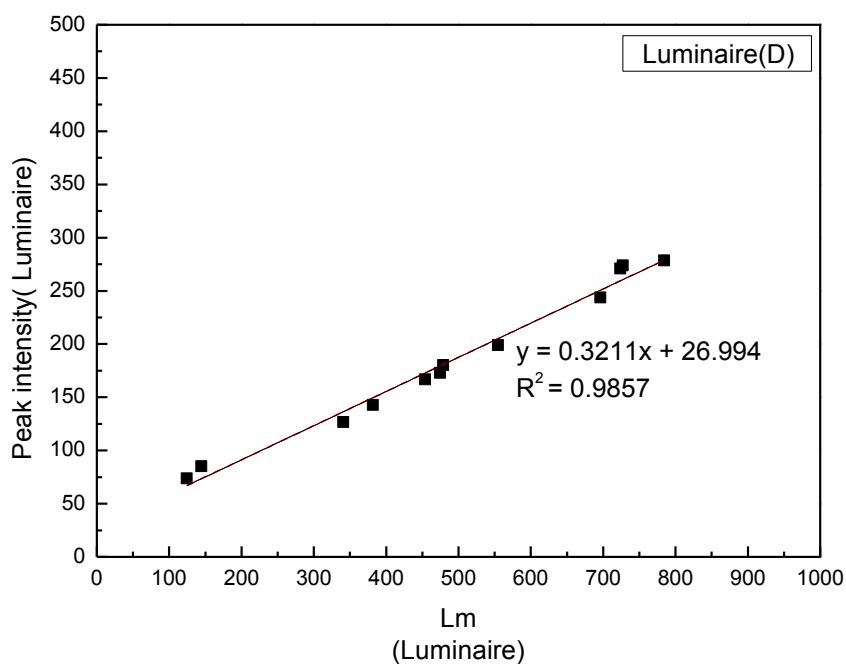


圖 4-2.21 LED 燈具光通量與峰值光強度關係圖

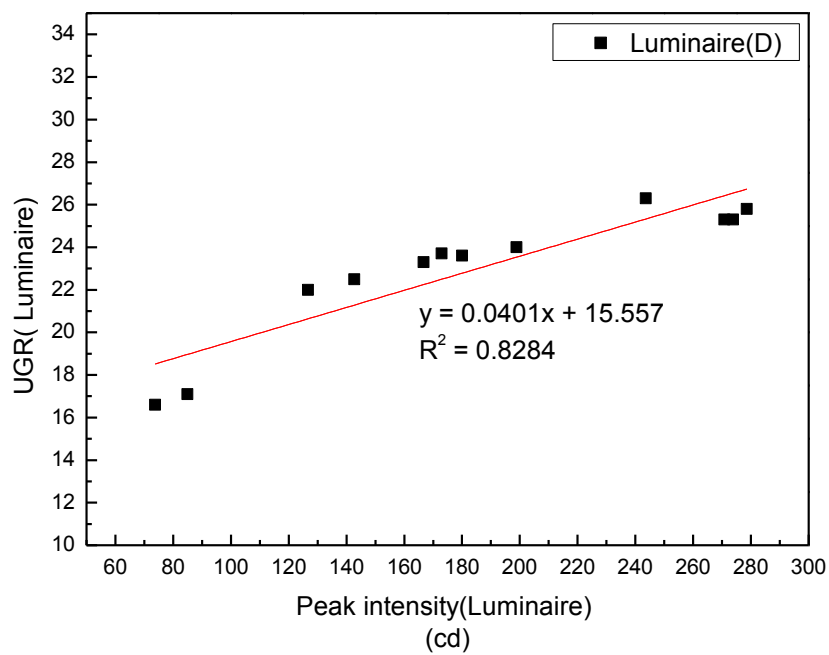


圖 4-2.22 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖 (C0-C180 方向)

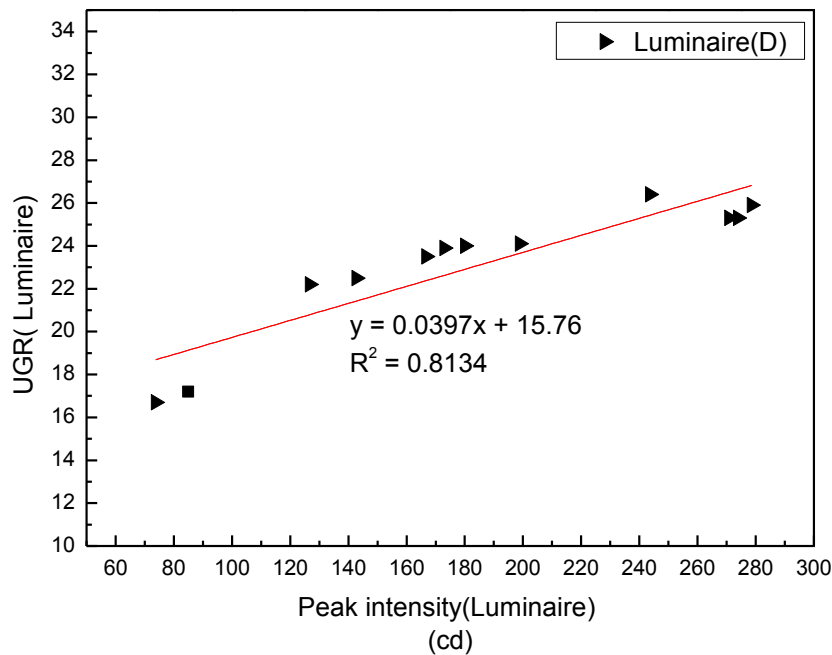


圖 4-2.23 LED 燈具峰值光強度與眩光指數關係圖
(C90-C270 方向)

圖 4-2.24 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 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 樣本嵌燈產品中沒有 1 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」；亦無產品可達到美國 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 4-2.25 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 $R^2=0.068$ 顯著值 >0.05 。

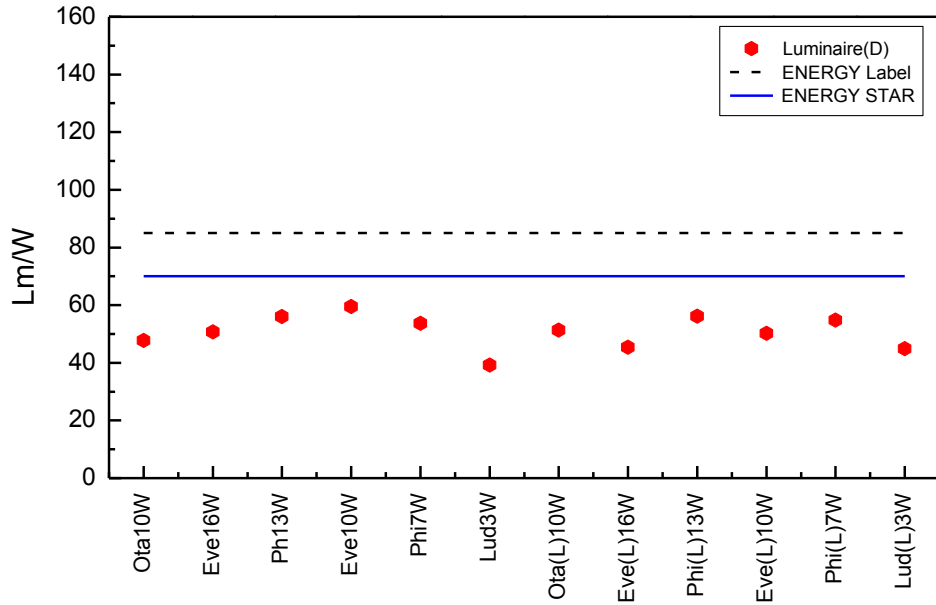


圖 4-2.24 LED 燈具能源效率分佈圖

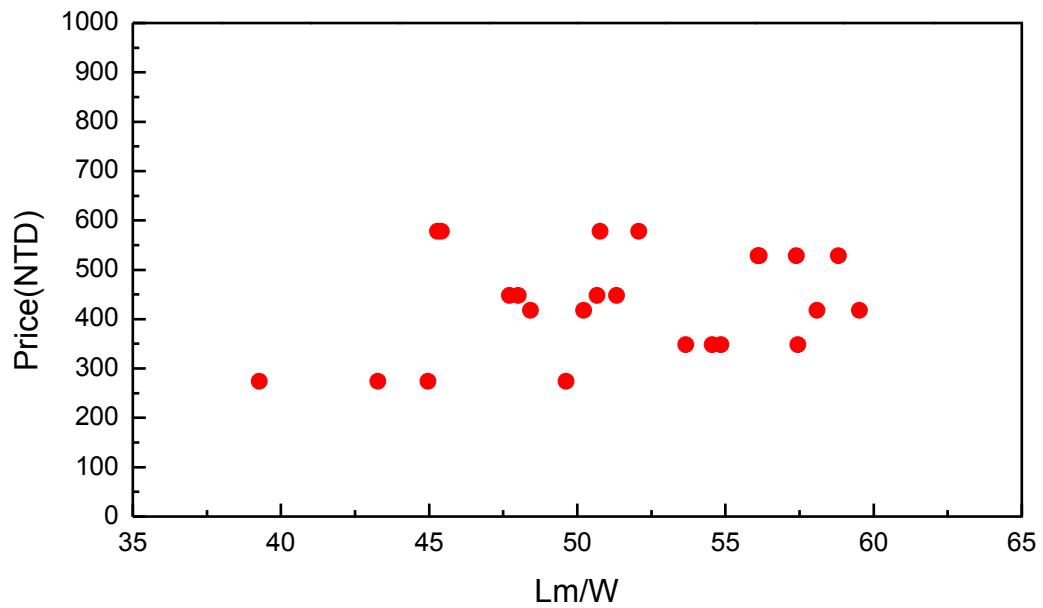


圖 4-2.25 LED 燈具價格與能源效率關係圖

第三節 圓型 LED 嵌燈之照明模擬與分析

為探討分析圓型 LED 嵌燈在不同空間之照度、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，以下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，而3個模擬空間選擇之原因如下：

- (a) 空間編號NO01主要探討現場實測數值與DIALux照明模擬結果比對，俾驗證模擬結果之有效性，因空間NO01之工作面實際高度為0.7m，故模擬之工作面高度亦設定為0.7m，作為比對。
- (b) 空間編號NO02主要模擬探討國內國中、小教室之照明環境，依CNS 5065-1988「照度測定法」若無特別指定作業面高度一般以距地板上0.85m為量測基準，故模擬之工作面高度設定為0.85m。
- (c) 空間編號NO03之選擇主要考量其室指數為NO02空間之倍數，模比結果可供後續照明利用率分析使用，工作面高度亦設定為0.85m。

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。

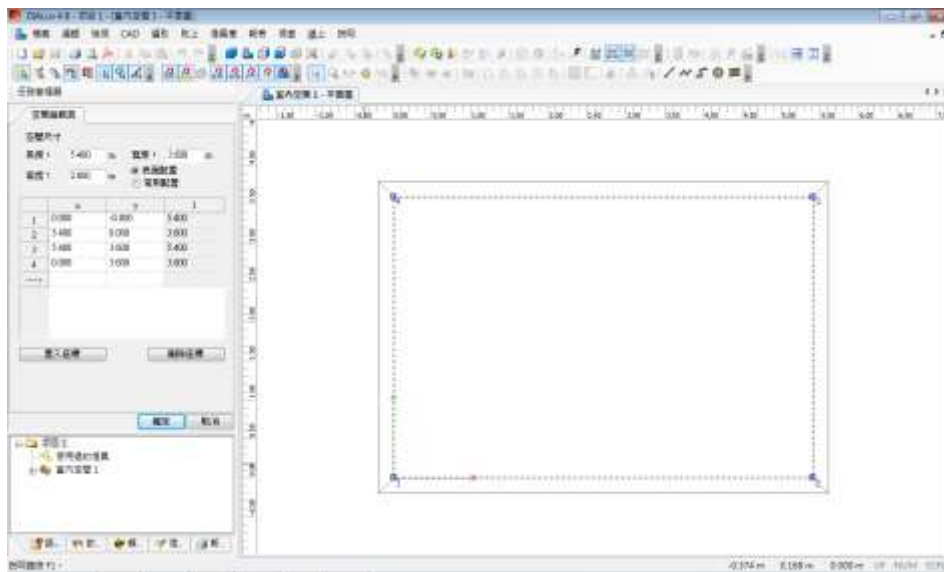


圖 4-3.1 DIALux 空間設定畫面

[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）。

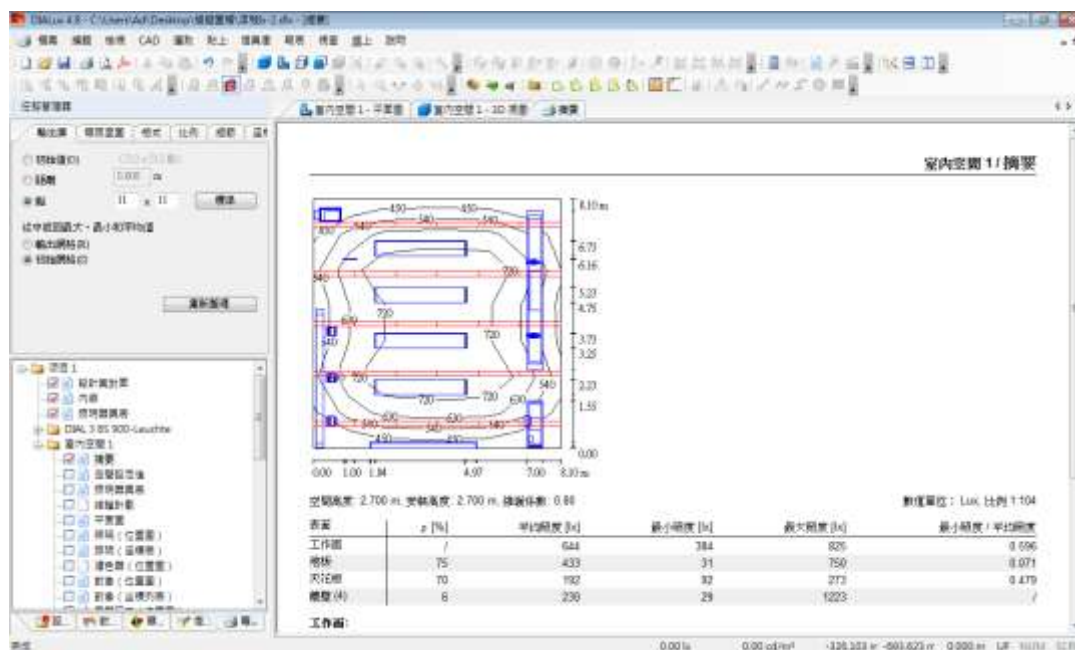


圖 4-3.2 DIALux 等照度模擬圖及結果數據畫面
[資料來源：內政部建築研究所，2013]

以下則分別針對這 38 件無外加玻璃罩圓型嵌燈樣本燈具產品及 32 件無外加玻璃罩圓型嵌燈樣本燈具產品，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 4-3.2~4-3.17 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 燈泡未更換，省電螢光燈泡均更換 1 次。

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

Ota 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	20	20
最小照度(lx)	455	423
平均照度(lx)	536	525
最大照度(lx)	591	580
均勻度	0.85	0.805
每盞燈具消耗電力(W)	10.1	10.2
全年耗電量(度)	404	408
照明功率密度 (W/m ²)	9.89	9.91
全年電費(元)	1,616	1,632
設置燈具成本(元)	8,960	8,360
運轉 5 年總成本(元)	17,040	16,520

表 4-3.3 Eve 16W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Eve 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	12	12
最小照度(lx)	456	404
平均照度(lx)	516	506
最大照度(lx)	559	551
均勻度	0.884	0.798
每盞燈具消耗電力(W)	15.5	15.5
全年耗電量(度)	372	372
照明功率密度 (W/m ²)	9.09	9.07
全年電費(元)	1,488	1,488
設置燈具成本(元)	6,936	6,576
運轉 5 年總成本(元)	14,376	14,016

表 4-3.4 Phi 13W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Phi 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	12	14
最小照度(lx)	439	440
平均照度(lx)	500	568
最大照度(lx)	540	640
均勻度	0.88	0.776
每盞燈具消耗電力(W)	13.1	13.1
全年耗電量(度)	314.4	366.8
照明功率密度 (W/m ²)	7.68	8.92
全年電費(元)	1,258	1,467
設置燈具成本(元)	6,336	6,972
運轉 5 年總成本(元)	12,624	14,308

表 4-3.5 Eve 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Eve10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	18	18
最小照度(lx)	463	401
平均照度(lx)	558	509
最大照度(lx)	630	564
均勻度	0.829	0.788
每盞燈具消耗電力(W)	9.4	9.4
全年耗電量(度)	338.4	338.4
照明功率密度 (W/m ²)	8.21	8.21
全年電費(元)	1,354	1,354
設置燈具成本(元)	7,524	6,984
運轉 5 年總成本(元)	14,292	13,752

表 4-3.6 Phi 7W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Phi 7W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	28	28	32
最小照度(lx)	437	405	450
平均照度(lx)	551	523	511
最大照度(lx)	637	588	554
均勻度	0.792	0.774	0.881
每盞燈具消耗電力(W)	6.4	6.4	6.4
全年耗電量(度)	358.4	358.4	409.6
照明功率密度 (W/m ²)	8.74	8.73	9.96
全年電費(元)	1,434	1,434	1,638
設置燈具成本(元)	9,744	8,904	9,856
運轉 5 年總成本(元)	16,912	16,072	18,048

表 4-3.7 Lud 3W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Lud 3W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	66	72	100
最小照度(lx)	377	374	444
平均照度(lx)	512	501	503
最大照度(lx)	586	587	547
均勻度	0.737	0.746	0.884
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2	3.2
全年耗電量(度)	422.4	460.8	640
照明功率密度 (W/m ²)	10.27	11.17	15.41
全年電費(元)	1,690	1,843	2,560
設置燈具成本(元)	18,084	17,568	23,400
運轉 5 年總成本(元)	26,532	26,784	36,200

表 4-3.8 Ota(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Ota(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	20	20
最小照度(lx)	468	423
平均照度(lx)	539	517
最大照度(lx)	590	571
均勻度	0.868	0.819
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	372	372
照明功率密度 (W/m ²)	9.09	9.11
全年電費(元)	1,488	1,488
設置燈具成本(元)	8,960	8,360
運轉 5 年總成本(元)	16,400	15,800

表 4-3.9 Eve(L) 16W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Eve(L) 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	14	14
最小照度(lx)	483	411
平均照度(lx)	532	518
最大照度(lx)	570	567
均勻度	0.908	0.794
每盞燈具消耗電力(W)	15.4	15.5
全年耗電量(度)	431.2	434
照明功率密度 (W/m ²)	10.53	10.55
全年電費(元)	1,725	1,736
設置燈具成本(元)	8,092	7,672
運轉 5 年總成本(元)	16,716	16,352

表 4-3.10 Phi(L) 13W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Phi(L) 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	14	14
最小照度(lx)	506	457
平均照度(lx)	579	572
最大照度(lx)	627	639
均勻度	0.874	0.799
每盞燈具消耗電力(W)	13.2	13.1
全年耗電量(度)	369.6	366.8
照明功率密度 (W/m ²)	9	8.93
全年電費(元)	1,478	1,467
設置燈具成本(元)	7,392	6,972
運轉 5 年總成本(元)	14,784	14,308

表 4-3.11 Eve(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Eve(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	20	24
最小照度(lx)	408	437
平均照度(lx)	503	539
最大照度(lx)	563	595
均勻度	0.812	0.811
每盞燈具消耗電力(W)	9.1	9.1
全年耗電量(度)	364	436.8
照明功率密度 (W/m ²)	8.88	10.64
全年電費(元)	1,456	1,747
設置燈具成本(元)	8,360	9,312
運轉 5 年總成本(元)	15,640	18,048

表 4-3.12 Phi (L) 7W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Phi (L) 7W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	24	24	28
最小照度(lx)	426	376	440
平均照度(lx)	528	504	504
最大照度(lx)	611	573	548
均勻度	0.807	0.745	0.872
每盞燈具消耗電力(W)	7	7	7
全年耗電量(度)	336	336	392
照明功率密度 (W/m ²)	8.22	8.17	9.53
全年電費(元)	1,344	1,344	1,568
設置燈具成本(元)	8,352	7,632	8,624
運轉 5 年總成本(元)	15,072	14,352	16,464

表 4-3.13 Lud (L) 3W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Lud (L) 3W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	55	66	84
最小照度(lx)	366	392	452
平均照度(lx)	500	531	510
最大照度(lx)	571	620	553
均勻度	0.733	0.738	0.886
每盞燈具消耗電力(W)	3.3	3.2	3.2
全年耗電量(度)	363	422.4	537.6
照明功率密度 (W/m ²)	8.72	10.4	13.24
全年電費(元)	1,452	1,690	2,150
設置燈具成本(元)	15,070	16,104	19,656
運轉 5 年總成本(元)	22,330	24,552	30,408

表 4-3.14 Osr 20W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Osr 20W	DIALux 模擬	
	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	16	18
最小照度(lx)	470	450
平均照度(lx)	525	523
最大照度(lx)	565	566
均勻度	0.895	0.862
每盞燈具消耗電力(W)	19	17.8
全年耗電量(度)	608	640.8
照明功率密度 (W/m ²)	14.83	15.59
全年電費(元)	2,432	2,563
設置燈具成本(元)	4,448	4,464
運轉 5 年總成本(元)	16,608	17,280

表 4-3.15 Osr (L) 20W 暖色安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Osr (L) 20W	DIALux 模擬	
	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	15	18
最小照度(lx)	451	449
平均照度(lx)	500	527
最大照度(lx)	537	568
均勻度	0.902	0.853
每盞燈具消耗電力(W)	19.1	18
全年耗電量(度)	573	648
照明功率密度 (W/m ²)	13.98	15.81
全年電費(元)	2,292	2,592
設置燈具成本(元)	4,170	4,464
運轉 5 年總成本(元)	15,630	17,424

表 4-3.16 Chi 5W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Chi 5W	DIALux 模擬		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	72	80	100
最小照度(lx)	444	421	477
平均照度(lx)	537	508	525
最大照度(lx)	612	562	561
均勻度	0.828	0.828	0.908
每盞燈具消耗電力(W)	5	4.9	5
全年耗電量(度)	720	784	1000
照明功率密度 (W/m ²)	17.39	18.93	24.49
全年電費(元)	2,880	3,136	4,000
設置燈具成本(元)	19,224	18,960	22,700
運轉 5 年總成本(元)	33,624	34,640	42,700

表 4-3.17 Chi (L) 5W 暖色安定器內藏式螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據
(空間編號 NO01)

Chi (L) 5W	DIALux 模擬		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	66	78	88
最小照度(lx)	433	442	460
平均照度(lx)	519	524	507
最大照度(lx)	573	573	541
均勻度	0.835	0.843	0.907
每盞燈具消耗電力(W)	4.9	4.8	4.9
全年耗電量(度)	646.8	748.8	862.4
照明功率密度 (W/m ²)	15.68	18.11	20.82
全年電費(元)	2,587	2,995	3,450
設置燈具成本(元)	17,622	18,486	19,976
運轉 5 年總成本(元)	30,558	33,462	37,224

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 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，在空間 NO01 之均勻度約在 0.737~0.908 之間，其平均值約為 0.818，而比對 10 件螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.866；在空間 NO02 之均勻度約在 0.686~0.834 之間，其平均值約為 0.741，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.766；在空間 NO03 之均勻度約在 0.633~0.776 之間，其平均值約為 0.686，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.688。

另本次試驗的 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，在空間 NO01 之均勻度約在 0.784~0.870 之間，其平均值約為 0.832，而比對 8 件螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.850；在空間 NO02 之均勻度約在 0.732~0.789 之間，其平均值約為 0.758，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.786；在空間 NO03 之均勻度約在 0.687~0.738 之間，其平均值約為 0.713，而比對螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.707。

透過圖 4-3.3~4-3.5 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，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈較無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之均勻度佳，相同 LED 燈泡安裝在上開 2 類燈具，外加玻璃罩之均勻度平均可提高約 0.019。

另透過圖 4-3.3~4-3.5 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 10w 之 LED 燈泡搭配試驗燈具(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 0.850、0.723

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。

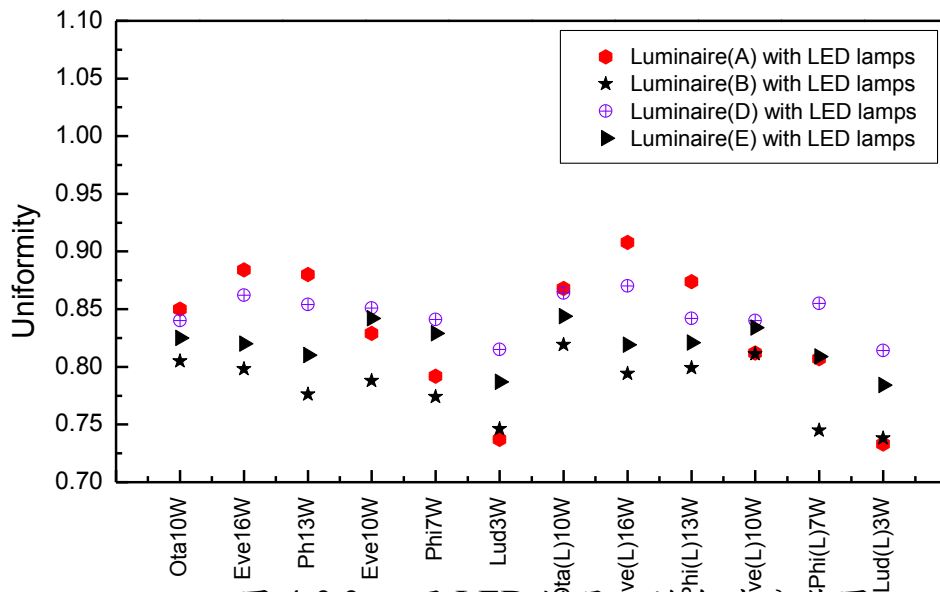


圖 4-3.3 不同 LED 燈具之均勻度分佈圖 (空間編號 NO01)

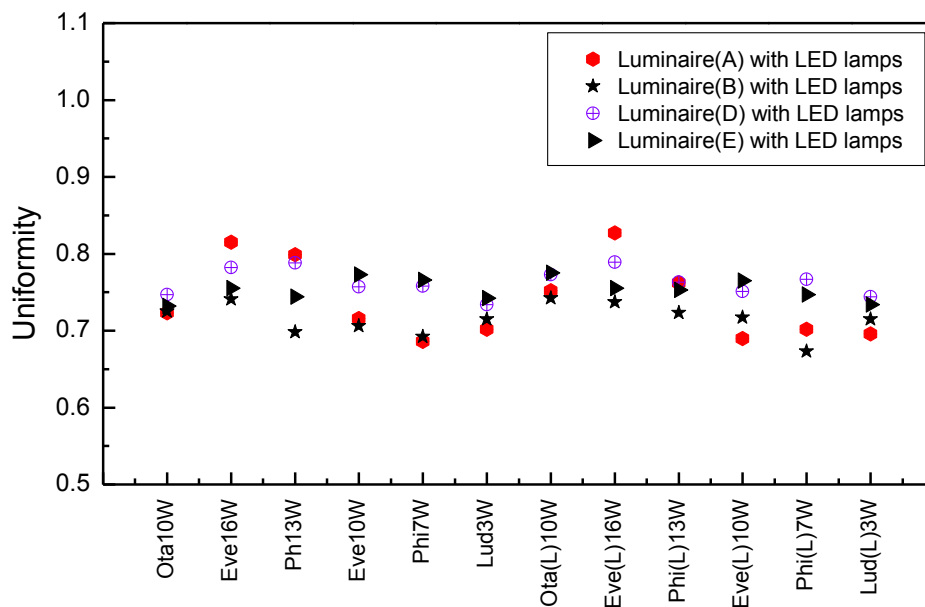


圖 4-3.4 不同 LED 燈具之均勻度分佈圖 (空間編號 NO02)

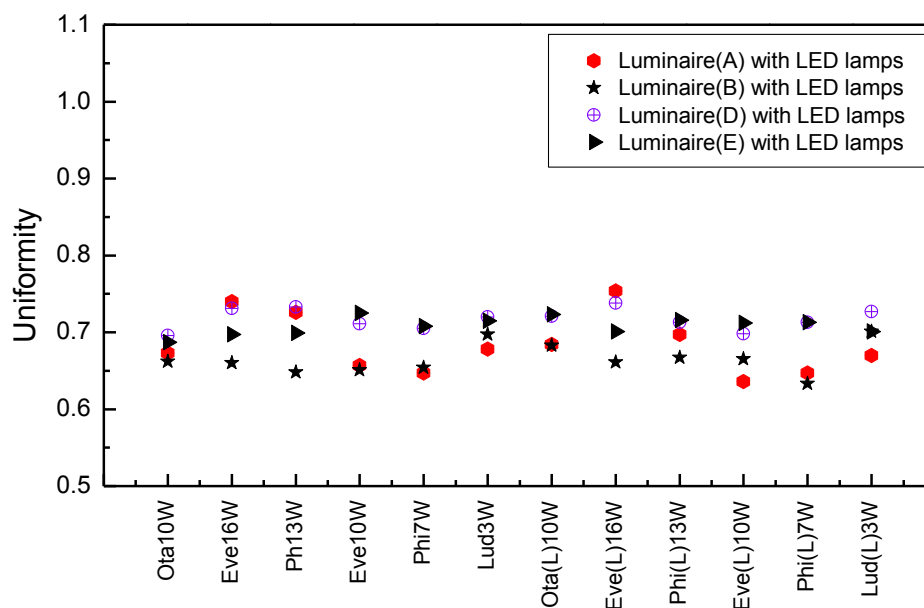


圖 4-3.5 不同燈具之均勻度分佈圖
(空間編號 NO03)

(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 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 $7.68 \text{ W/m}^2 \sim 15.41 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 9.65 W/m^2 ，在模擬空間 NO02 約在 $5.63 \text{ W/m}^2 \sim 11.26 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 6.99 W/m^2 ，在模擬空間 NO03 約在 $4.78 \text{ W/m}^2 \sim 9.60 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 6.21 W/m^2 ；而比對而比對 8 件螢光樣本燈具產品在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 17.56 W/m^2 、 12.65 W/m^2 及 10.79 W/m^2 。

另本次試驗的 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 $12.57 \text{ W/m}^2 \sim 16.45 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 14.27 W/m^2 ，在模擬空間 NO02 約在 $9.04 \text{ W/m}^2 \sim 14.19 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 10.62 W/m^2 ，在模擬空間 NO03 約在 $7.77 \text{ W/m}^2 \sim 13.21 \text{ W/m}^2$ ，全體平均值 9.34 W/m^2 ；而比對而比對 8 件螢光樣本燈具

產品在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 23.92 W/m^2 、 17.58 W/m^2 及 14.86 W/m^2 。

透過圖 4-3.6~4-3.8 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。

另透過圖 4-3.6~4-3.8 可以明顯看出，其模擬結果，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈較無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之照明功率密度來的差，相同 LED 燈泡安裝在上開 2 類燈具，有外加玻璃罩圓型嵌燈在空間 NO01、NO02 及 NO03 之照明功率密度平均值分別需提高約為 4.5 W/m^2 (47%)、 3.6 W/m^2 (52%)及 3.1 W/m^2 (51%)。

在全年耗電量部分，本次試驗的 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 314 度~ 538 度，全體平均值 396 度，在模擬空間 NO02 約在 733 度~ 1478 度，全體平均值 907 度，在模擬空間 NO03 約在 2751 度~ 5600 度，全體平均值 3579 度；而比對而比對 8 件螢光樣本燈具產品在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 723 度、1646 度及 6243 度。

另本次試驗的 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，其模擬結果，在模擬空間 NO01 約在 504 度~ 717 度，全體平均值 582 度，在模擬空間 NO02 約在 1172 度~ 1856 度，全體平均值 1378 度，在模擬空間 NO03 約在 4464 度~ 7680 度，全體平均值 5323 度；而比對而比對 8 件螢光樣本燈具產品在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 980 度、2276 度及 8492 度。

本次模擬結果顯示有外加玻璃罩圓型嵌燈在空間 NO01、NO02 及 NO03 之全年耗電量平均值較無外加玻璃罩分別需增加約為 185 度 (47%)、471 度 (52%) 及 1744 度 (51%)，且圓型 LED 嵌燈明顯優於螢光樣本燈具。

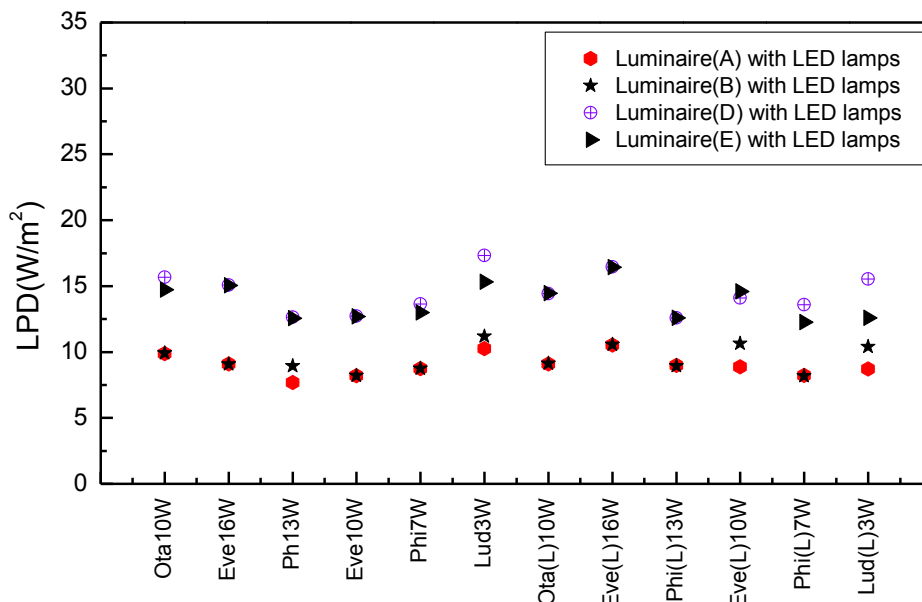


圖 4-3.6 不同燈具之照明功率密度分佈圖 (空間編號 NO01)

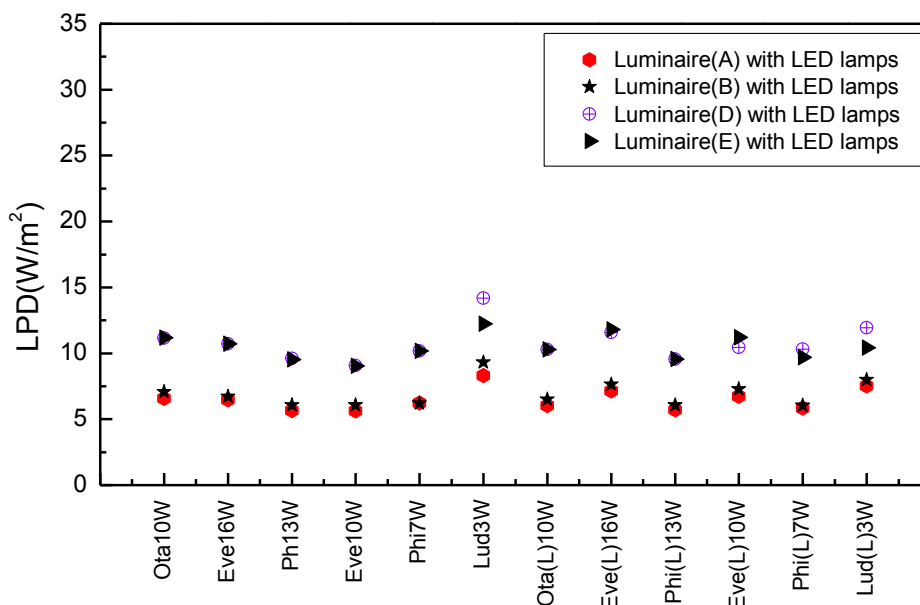


圖 4-3.7 不同燈具之照明功率密度分佈圖 (空間編號 NO02)

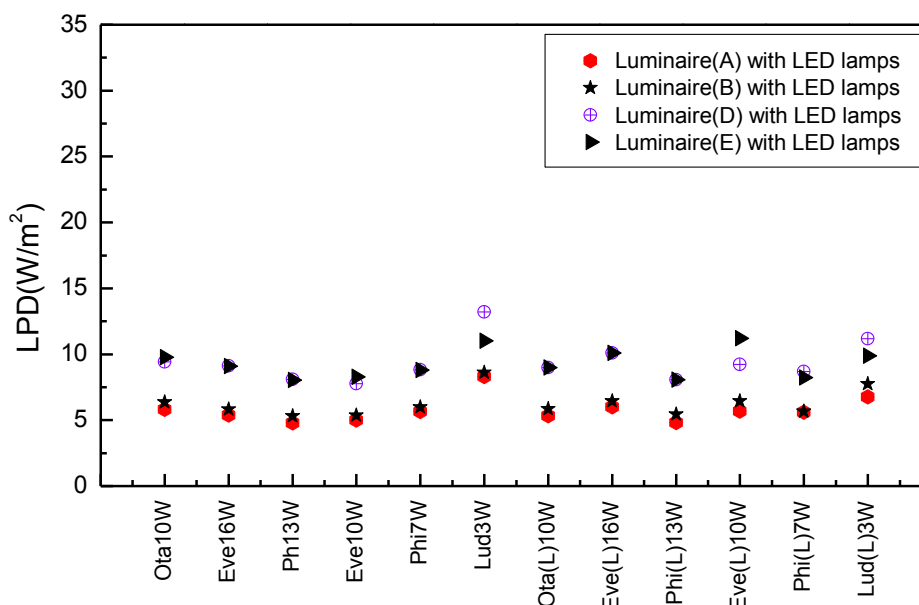


圖 4-3.8 不同燈具之照明功率密度分佈圖
(空間編號 NO03)

(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，螢光燈泡更換 1 次。

依整體試驗結果來看，本次試驗的 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，其模擬結果運轉 5 年總成本，在空間 NO01 約需 12,624 ~36,200 元，全體平均值 18,168 元，在模擬空間 NO02 約需 29,456 ~83,622 元，全體平均值 41,918 元，在模擬空間 NO03 約需 110,460 ~316,750 元，全體平均值 166,041 元；而比對而比對 8 件螢光樣本燈具產品在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 29,715 元、63,723 元及 243,105 元。

另本次試驗的 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，其模擬結果運轉 5 年總成本，在空間 NO01 約需 20,280 ~45,024 元，全體平均值 26,098 元，在模擬空間 NO02 約需 47,880 ~116,580 元，

全體平均值 62,196 元，在模擬空間 NO03 約需 182,520 ~482,400 元，全體平均值 241,294 元。

本次模擬結果顯示有外加玻璃罩圓型嵌燈在空間 NO01、NO02 及 NO03 之運轉 5 年總成本平均值較無外加玻璃罩分別需提高約為 7,930 元(44%)、20,278 元(48%)及 75,252 元(45%)，且目前採用圓型 LED 嵌燈明顯優螢光樣本燈具來的經濟。

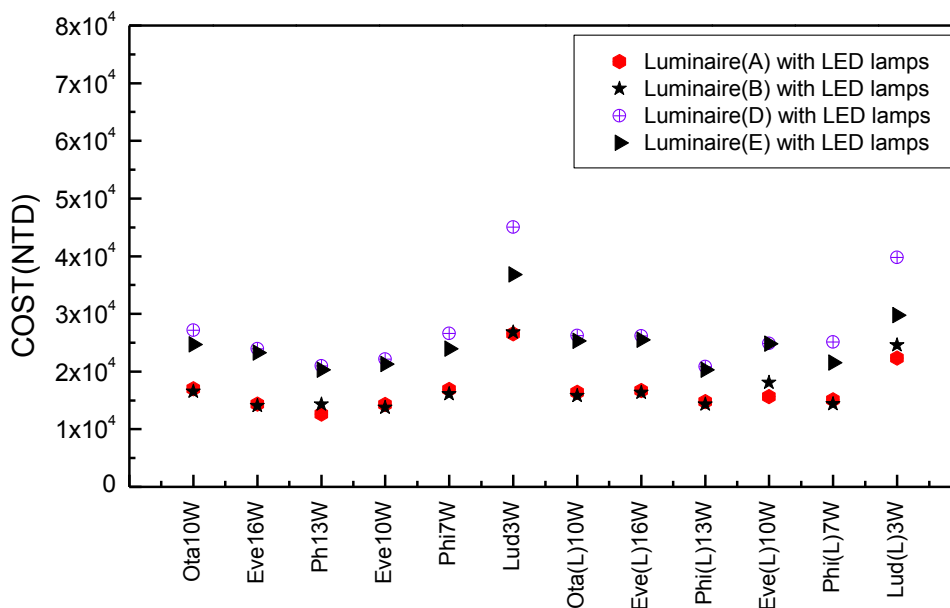


圖 4-3.9 不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖 (空間編號 NO01)

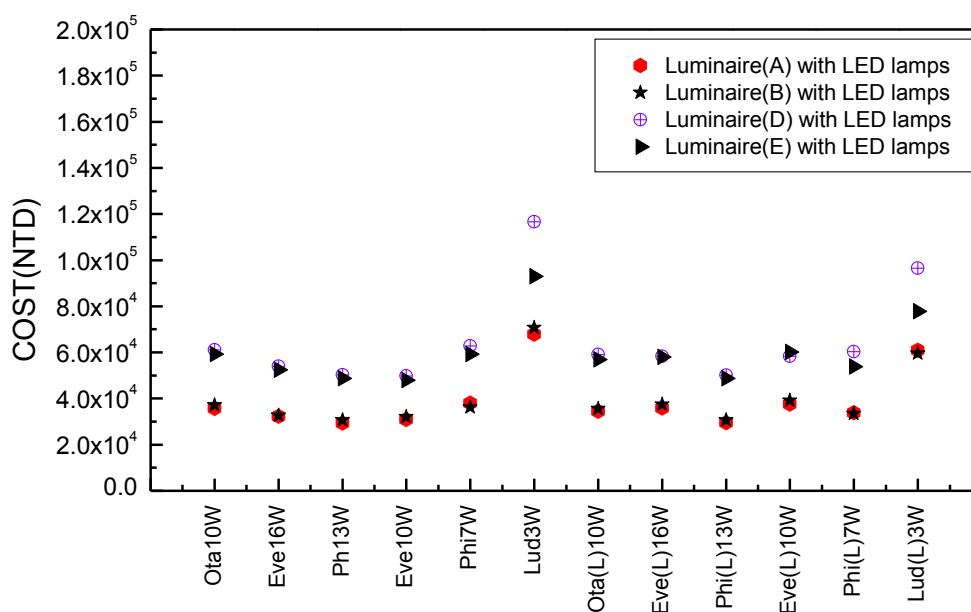


圖 4-3.10 不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖 (空間編號 NO02)

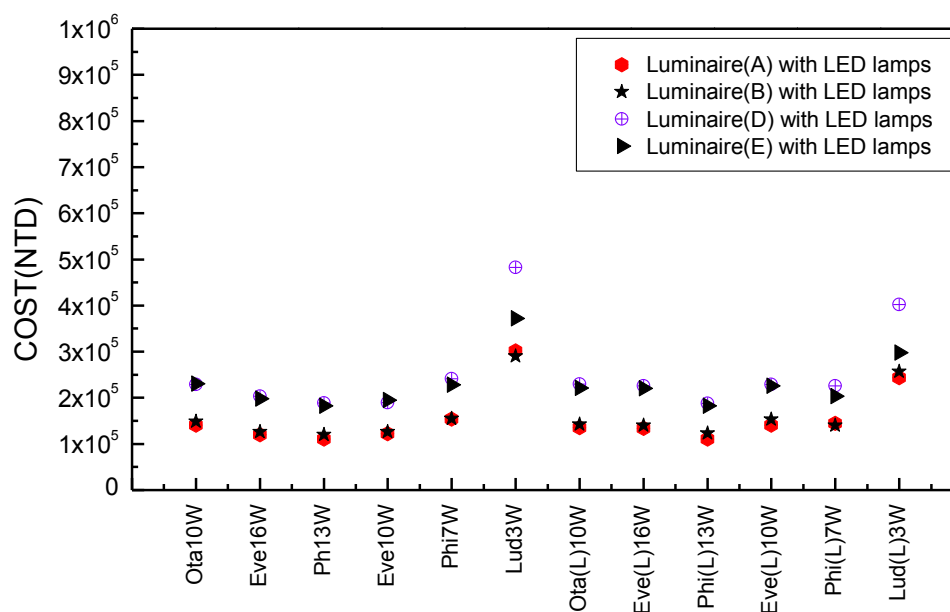


圖 4-3.11 不同燈具之運轉 5 年總成本分佈圖
(空間編號 NO03)

第四節 圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源分析

為檢討既有圓型螢光嵌燈具更換 LED 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 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之直徑 15cm 無外加玻璃罩試驗燈具(A)，以及原裝設 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之直徑 15cm 有外加玻璃罩之試驗燈具(D)，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，直接更換為不同額定功率之 LED 光源，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、無外加玻璃罩嵌燈模擬結果與分析：

在照度分析部分，原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之無外加玻璃罩試驗燈具(A)更換為本次試驗的不同額定功率 LED 光源產品，在空間 NO01 之平均照度變為 128 lx ~681 lx 之間，前後差異值-397 lx ~156 lx 之間，在空間 NO02 之平均照度變為 110 lx ~683 lx 之間，前後差異值-425 lx ~148 lx 之間，在空間 NO03 之平均照度變為 97 lx ~663 lx 之間，前後差異值-422 lx ~144 lx 之間，顯見直接更換不同額定功率 LED 光源，對空間照度會產生很大影響。

透過圖 4-4.1 ~圖 4-4.3 大體上可以亦概略可看出，20W 安定器內藏式螢光燈泡更換額定功率大於 10W 之 Eve 16W、Phi 13W、Eve(L) 16W、Phi(L) 13W 光源，各空間工作面之平均照度明顯提高，且上升幅度額定功率高 LED 光源 > 額定功率低 LED 光源。另更換額定功率小(等)於 10W 之 Ota 10W、Eve 10W、Phi 7W、Lud 3W、Ota(L) 10W、Eve(L) 10W、Phi(L) 7W、Lud(L) 3W 各空間工作面之平均照度明顯下降，且上升幅度額定功率低 LED 光源 > 額定功率高 LED 光源，所以在維持目標照度 500 lx 條件不變下，取代 20W 安定器內藏式螢光燈泡無外加玻璃罩之嵌燈，選用之 LED 光源至少額定功率要大於

10W 以上。

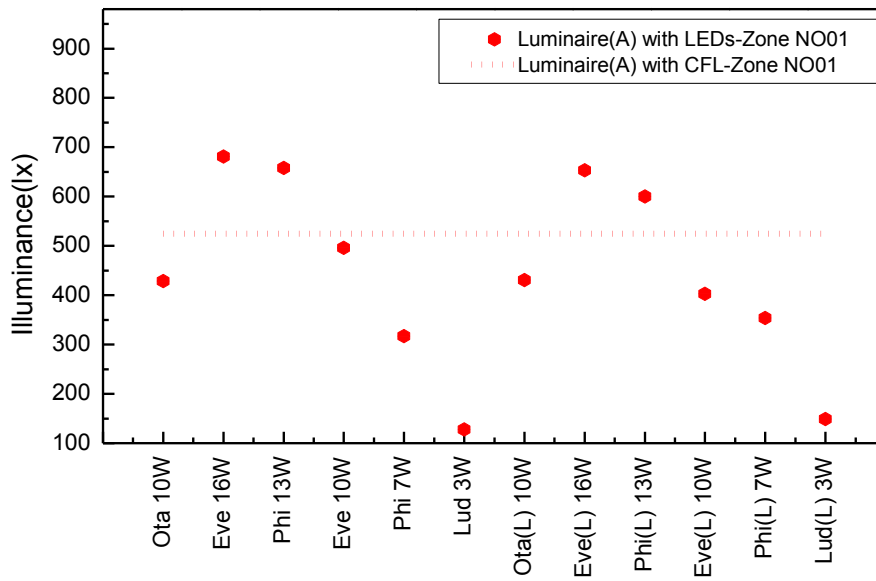


圖 4-4.1 試驗燈具(A)更換為不同額定功率 LED 光源之平均照度分佈圖(空間 NO01)

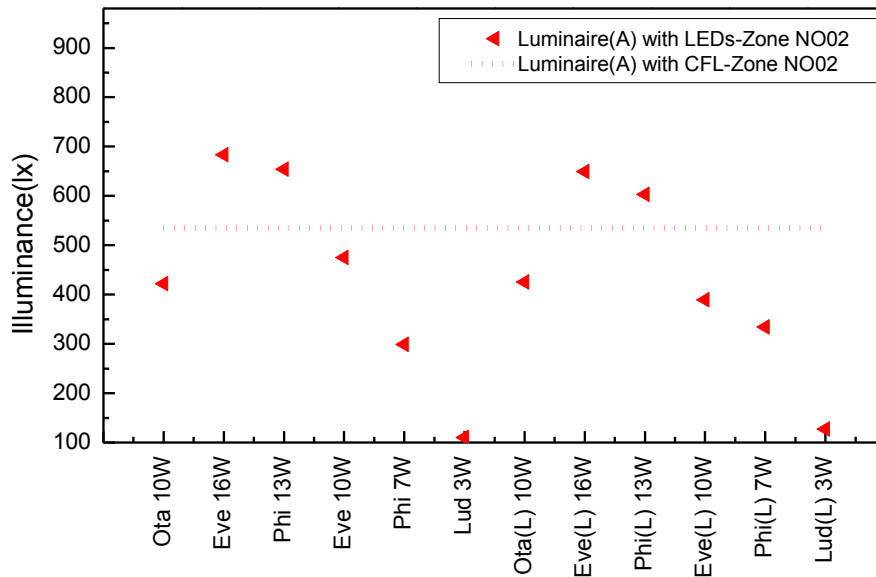


圖 4-4.2 試驗燈具(A)更換為不同額定功率 LED 光源之平均照度分佈圖(空間 NO02)

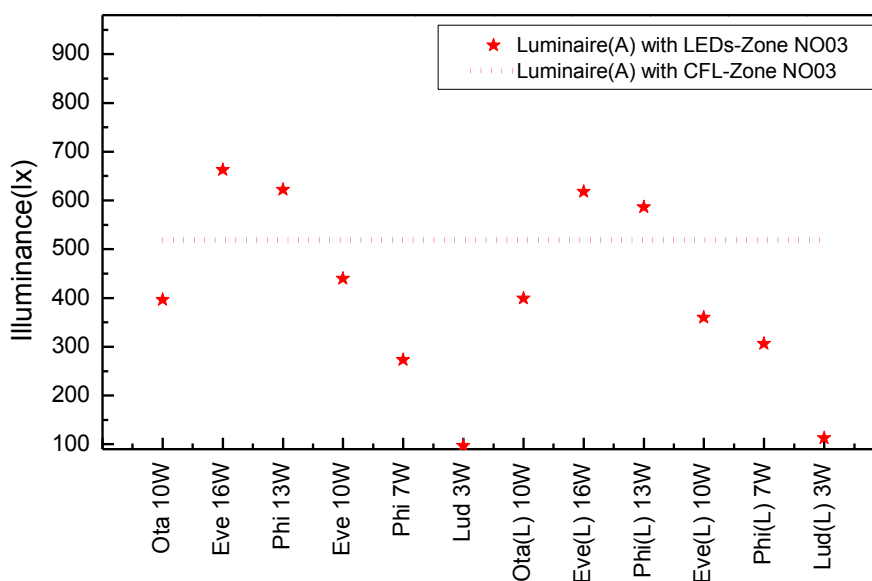


圖 4-4.3 試驗燈具(A)更換為不同額定功率 LED 光源之平均照度分佈圖(空間 NO03)

在均勻度分析部分，原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之無外加玻璃罩試驗燈具(A)更換為本次試驗的不同額定功率 LED 光源產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.726~0.884 之間，前後差異值 -0.169~0.009 之間，在空間 NO02 之均勻度變為 0.681~0.835 之間，前後差異值 -0.115~0.039 之間，在空間 NO03 之均勻度變為 0.648~0.755 之間，前後差異值 -0.068~0.039 之間，透過圖 4-4.4 大體上可以亦概略可看出，在空間 NO01 之 20W 安定器內藏式螢光燈泡更換 LED 光源產品，均勻度有下降之趨勢，概略下降幅度額定功率低 LED 光源 > 額定功率高 LED 光源，且統計亦發現在空間 NO01、NO02 及 NO03 更換額定功率小(等)於 10W 之 Ota 10W、Eve 10W、Phi 7W、Lud 3W、Ota(L) 10W、Eve(L) 10W、Phi(L) 7W、Lud(L) 3W 除無法達到原設定之目標照度，均勻度亦均較原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡來的低，故建議取代 20W 安定器內藏式螢光燈泡無外加玻璃罩之嵌燈，選用之 LED 光源至少額定功率要大於 10W 以上，以

兼顧均勻度品質。

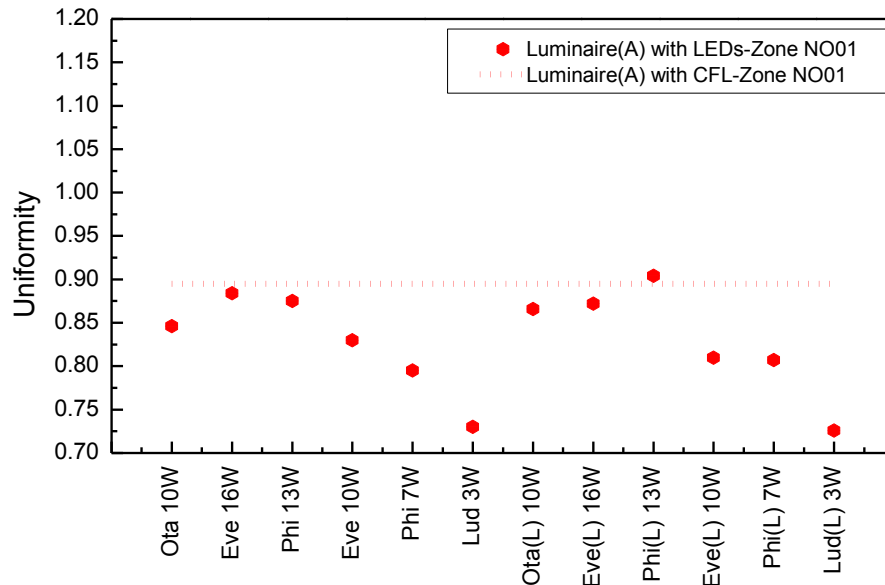


圖 4-4.4 試驗燈具(A)更換為不同額定功率 LED 光源之均勻度分佈圖(空間 NO01)

在照明功率密度(LPD)分析部分，原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之無外加玻璃罩試驗燈具(A)更換為本次試驗的不同額定功率 LED 光源產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 2.49~12.12 W/m²之間，前後差異下降 2.71~12.34 W/m²之間，在空間 NO02 之照明功率密度變為 1.72~8.39 W/m²之間，前後差異下降 1.87~8.54 W/m²之間，在空間 NO03 之照明功率密度變為 1.4~6.79 W/m²之間，前後差異下降 1.52~6.91 W/m²之間，透過圖 4-4.5 大體上可以概略看出，在空間 NO01 之 20W 安定器內藏式螢光燈泡更換 LED 光源產品，照明功率密度均下降，幅度額定功率低 LED 光源 > 額定功率高 LED 光源，且統計亦發現在符合設定之目標照度 500lx 條件下，空間 NO01、NO02 及 NO03 均以更換 Phi 13W LED 光源為最佳省能選擇，與安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡比較分別可降低照明能源使用 31%、31%及 31%。

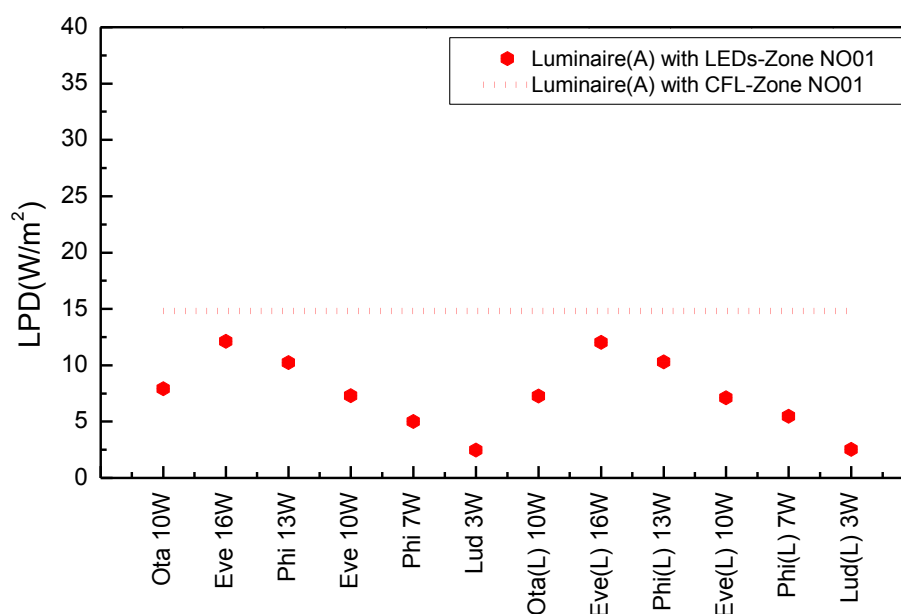


圖 4-4.5 試驗燈具(A) 更換為不同額定功率 LED 光源之照明功率密度分佈圖(空間 NO01)

二、有外加玻璃罩嵌燈模擬結果與分析：

在照度分析部分，原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之有外加玻璃罩試驗燈具(D)更換為本次試驗的不同額定功率 LED 光源產品，在空間 NO01 之平均照度變為 177 lx ~851 lx 之間，前後差異值-359 lx ~315 lx 之間，在空間 NO02 之平均照度變為 176 lx ~893 lx 之間，前後差異值-351 lx ~294 lx 之間，在空間 NO03 之平均照度變為 152 lx ~917 lx 之間，前後差異值-391 lx ~294 lx 之間，顯見直接更換不同額定功率 LED 光源，對空間照度會產生很大影響，且在各空間更換前後最大差異之平均值為 668 lx，遠大於前開無加玻璃罩嵌燈更換前後最大差異之平均值 564 lx。

透過圖 4-4.6 ~圖 4-4.8 大體上可以亦概略可看出，20W 安定器內藏式螢光燈泡更換 Eve 16W、Phi 13W、Eve(L) 16W、Phi(L) 13W、Eve 10W 光源，各空間工作面之平均照度明顯提高，且上升幅度額定功率高 LED 光源 > 額定功率低 LED 光源，且與前開無加玻璃罩嵌燈

比較，以同一 Eve 16W LED 光源更換 20W 安定器內藏式螢光燈泡為例，有外加玻璃罩試驗燈具(D)在空間 NO01、NO02 及 NO03 之工作面平均照度分別升高 315 lx、294 lx、294 lx；無外加玻璃罩試驗燈具(A)在空間 NO01、NO02 及 NO03 之工作面平均照度分別升高 156 lx、148 lx、144 lx，平均照度之上降幅度有外加玻璃罩 > 無外加玻璃罩，本研究其餘 Phi 13W、Eve(L) 16W、Phi(L) 13W、Eve 10W 亦有相同現象。

另更換 Ota 10W、Phi 7W、Lud 3W、Ota(L) 10W、Eve(L) 10W、Phi(L) 7W、Lud(L) 3W 各空間工作面之平均照度明顯下降，且上降幅度額定功率低 LED 光源 > 額定功率高 LED 光源，且與前開無外加玻璃罩嵌燈比較，以同一 Ota 10W LED 光源更換 20W 安定器內藏式螢光燈泡為例，有外加玻璃罩試驗燈具(D)在空間 NO01、NO02 及 NO03 之工作面平均照度分別下降 7 lx、11 lx、20 lx；無外加玻璃罩試驗燈具(A)在空間 NO01、NO02 及 NO03 之工作面平均照度分別下降 96 lx、113 lx、123 lx，平均照度之下降幅度有無外加玻璃罩 > 外外加玻璃罩。

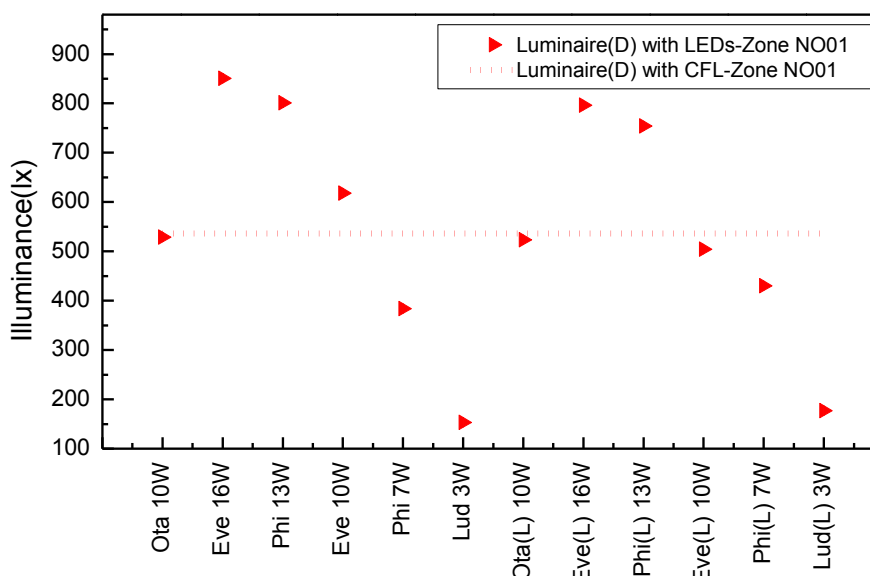


圖 4-4.6 試驗燈具(D)更換為不同額定功率 LED 光源之平均照度分佈圖(空間 NO01)

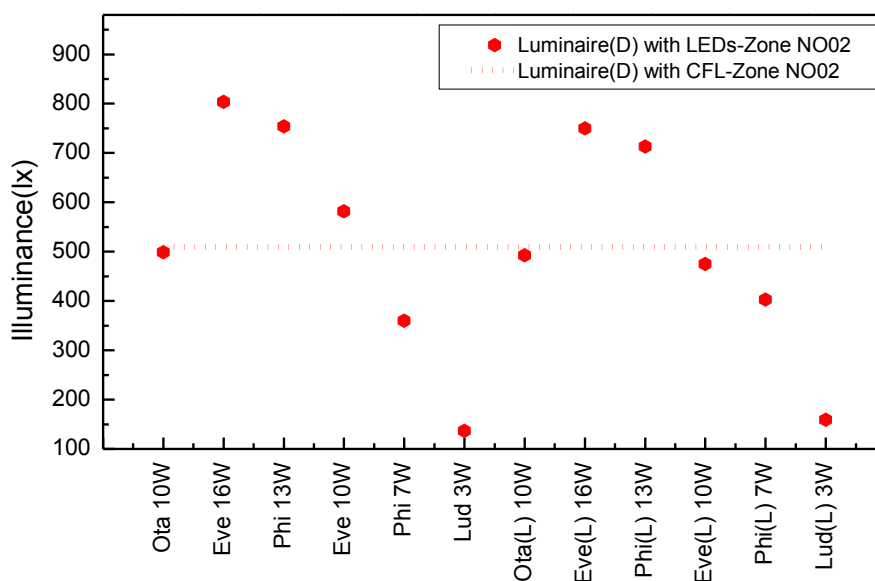


圖 4-4.7 試驗燈具(D)更換為不同額定功率 LED 光源之平均照度分佈圖(空間 NO02)

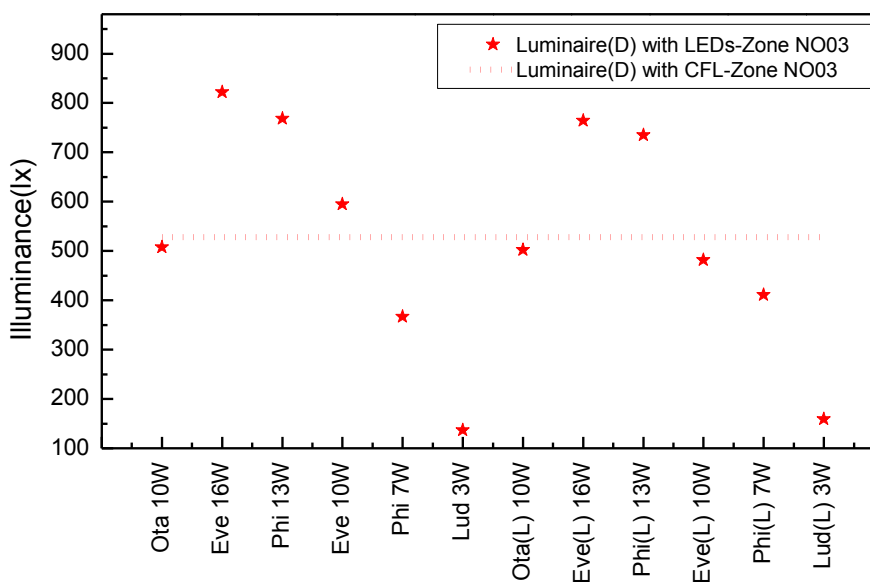


圖 4-4.8 試驗燈具(D)更換為不同額定功率 LED 光源之平均照度分佈圖(空間 NO03)

在均勻度分析部分，原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之有外加玻璃罩試驗燈具(D)更換為本次試驗的不同額定功率 LED 光源產品，在空間 NO01 之均勻度變為 0.8 ~0.869 之間，前後差異值 -0.003 ~-0.072 之間，在空間 NO02 之均勻度變為 0.733 ~0.793 之間，前後差異值-0.037 ~-0.023 之間，在空間 NO03 之均勻度變為 0.696 ~0.74 之間，前後差異值-0.049 ~-0.093 之間，透過圖 4-4.9 大體上可以亦概略可看出，在空間 NO01 之 20W 安定器內藏式螢光燈泡更換 LED 光源產品，均勻度有下降之趨勢，概略下降幅度額定功率低 LED 光源 > 額定功率高 LED 光源，且統計亦發現在空間 NO01、NO02 及 NO03 更換額定功率小(等)於 10W 之 Ota 10W、Phi 7W、Lud 3W、Ota(L) 10W、Eve(L) 10W、Phi(L) 7W、Lud(L) 3W 除無法達到原設定之目標照度，均勻度亦均較原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡來的低，故建議取代 20W 安定器內藏式螢光燈泡無外加玻璃罩之嵌燈，選用之 LED 光源至少額定功率要大於 10W 以上，以兼顧均勻度品質。

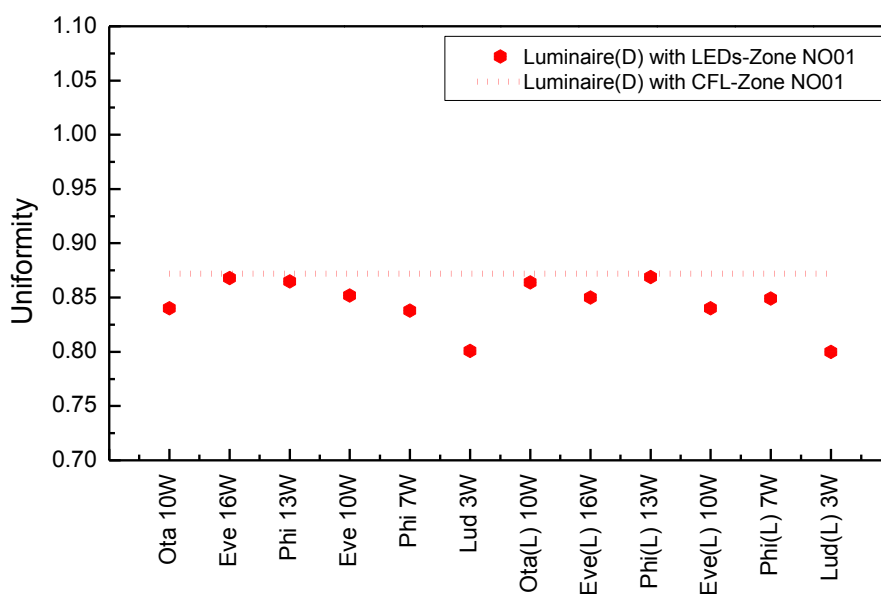


圖 4-4.9 試驗燈具(D)更換為不同額定功率 LED 光源
均勻度分佈圖

在照明功率密度(LPD)分析部分，原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之有外加玻璃罩試驗燈具(D)更換為本次試驗的不同額定功率 LED 光源產品，在空間 NO01 之照明功率密度變為 4.95~24.12 W/m² 之間，前後差異下降 1.01~20.18 W/m² 之間，在空間 NO02 之照明功率密度變為 3.42~16.69 W/m² 之間，前後差異下降 0.7~13.97 W/m² 之間，在空間 NO03 之照明功率密度變為 2.99~14.59 W/m² 之間，前後差異下降 0.62~12.22 W/m² 之間，透過圖 4-4.10 大體上可以概略看出，在空間 NO01 之 20W 安定器內藏式螢光燈泡更換 LED 光源產品，照明功率密度均下降，幅度額定功率低 LED 光源 > 額定功率高 LED 光源，且統計亦發現在符合設定之目標照度 500lx 條件下，空間 NO01、NO02 及 NO03 均以更換 Eve 10W LED 光源為最佳省能選擇，與安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡比較分別可降低照明能源使用 42%、42%及 42%。

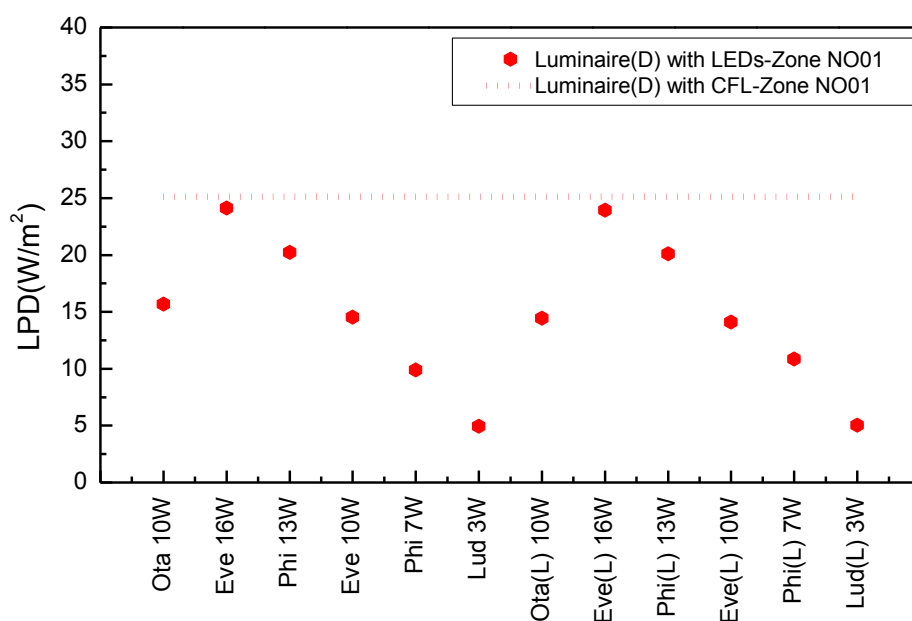


圖 4-4.10 試驗燈具(D)更換為不同額定功率 LED 光源
照明功率密度分佈圖

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，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 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈產品，其燈具效率約在 68%~89%之間，平均值為 80%，24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈，其燈具效率約在 45%~61%之間，平均值為 53%，較無外加玻璃罩產品小 27%。

由前期與本研究 LED 光源之配光曲線圖發現比較，不同公司可能因光學設計技術不同，但目前市面上所蒐集到的 LED 燈管(泡)基本上光型均接近朗伯特(Lambertian)向下出光，而安裝於不同類型燈具，其燈具效率(LOR)之平均數值為山型及中東型燈具>T-BAR 燈具>無外加玻璃罩圓型嵌燈>有外加玻璃罩圓型嵌燈，評析結果彙整如表 4-5.1 所示，可供未來綠建築解說與評估手冊之燈具效率係數 D_i 研修參考。

表 4-5.1 不同類型 LED 燈具之燈具效率評析結果

燈具種類	使用光源	燈具效率分佈 及平均值	整體 排序
山型及中東型燈具	LED 燈管	93%~100% (97%)	1
T-BAR 燈具	LED 燈管	76%~91% (86%)	2
無外加玻璃罩圓型 嵌燈	LED 燈泡	68%~89% (80%)	3
有外加玻璃罩圓型 嵌燈	LED 燈泡	45%~61% (53%)	4

(資料來源：本研究整理)

另本次所選取 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本，其能源效率約在 50~ 94 lm/W 之間，平均值約為 76.04 lm/W，24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本，其能源效率約在 39~ 59 lm/W 之間，平均值為 51.4 lm/W，僅約無外加玻璃罩產品 68%，本研究依燈具之種類及直徑尺寸進行分類，能源效率評析結果彙整如表 4-5.2

而本次所選取 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本中有 6 件約 21%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」，而 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本中沒有 1 件產品可達到上開基準。

由彙整前期與本研究之 LED 光源試驗數據，LED 燈管及 LED 燈泡之效率比(r_i)建議值如表 4-5.3，可供未來綠建築解說與評估手冊修訂參考。

表 4-5.2 圓型 LED 嵌燈能源效率評析結果

燈具名稱	有無外加玻璃罩	直徑尺寸 (cm)	能源效率分佈及平均值 (lm/W)	整體排序
試驗燈具 (A)	無	15	57~94.11 (80.53)	1
試驗燈具 (B)	無	12	50.85~88.34 (74.60)	2
試驗燈具 (C)	無	8	50.05~80.93 (66.94)	3
試驗燈具 (D)	有	15	39.27~59.53 (50.83)	5
試驗燈具 (E)	有	12	43.26~58.82 (51.97)	4

(資料來源：本研究整理)

表 4-5.3 各種光源效率比建議值



光源種類	光源效率 (lm/W)	效率比 r_i	光源圖示
鹵素燈泡 ^(註1)	18~20	0.30	
球型安定器內藏式 螢光燈泡 ^(註1) (附玻璃罩緊湊型 螢光燈)	30~50	0.65	
螺旋型安定器內藏 式螢光燈泡 ^(註1) (螺旋式緊湊型 螢光燈)	55~60	0.90	
LED 燈泡 ^(註2)	80~110	1.58	

(資料來源：本研究整理)

註 1：2012 版綠建築解說與評估手冊

註 2：前期與本研究試驗所得數據

表 4-5.3 各種光源效率比建議值(續)

燈管 長度	光源種類	光源效率 (lm/W)	效率比 r_i	光源圖示
長度 未達 100 cm 者	一般型 ^(註1)	50~69	1.00	
	節能標章燈管 ^(註1)	81~	1.35	
	LED 燈管 ^(註2)	70~110	1.44	
長度 達 100 cm 以 上 者	一般型 ^(註1)	70~84	1.20	
	節能標章燈管 ^(註1)	90~	1.50	
	LED 燈管 ^(註2)	70~110	1.47	

(資料來源：本研究整理)

註1：2012 版綠建築解說與評估手冊

註2：前期與本研究試驗所得數據

二、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 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本，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 C0-C180 方向約在 13~30 之間，平均值約為 24.4，在 C90-C270 方向約在 13~30 之間，平均值約為 24.5，量測結果顯示在兩個不同軸向眩光指數相當接近，而與 LED 光源比較，整體眩光指數 UGR 平均值下降約 1.4。

另 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本，其眩光指數在 C0-C180 方向約在 15~27 之間，平均值約為 23.4，在 C90-C270 約在 15~28 之間，平均值約為 23.4，量測結果亦顯示在兩個不同軸向眩光指數相當接近，與 LED 光源比較，整體眩光指數 UGR 平均值下降約 2.6。而前期研究之 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，開放式之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。

經前期與本研究實測數據比較，上開各類燈具安裝 LED 光源之控制眩光效果為格柵設計 T-BAR 燈具 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈 = 山型及中東型燈具。

另從本研究統計資料顯示，圓型 LED 嵌燈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。

表 4-5.4 不同類型 LED 燈具之眩光指數評析結果

燈具種類	燈具圖示	使用光源	光源與燈具之眩光指數差異平均值	整體排序
山型及中東型燈具		LED 燈管	1.4	3
T-BAR 燈具		LED 燈管	3.3	1
無外加玻璃罩圓型嵌燈		LED 燈泡	1.4	3
有外加玻璃罩圓型嵌燈		LED 燈泡	2.6	2

(資料來源：本研究整理)

三、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，針對本次研究的直徑 15 cm 無外加玻璃罩圓型試驗嵌燈(A)，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，在各模擬空間均勻度整體平均值約為 0.751，直徑 12cm 無外加玻璃罩圓型試驗嵌燈(B)，在各模擬空間均勻度整體平均值約為 0.721，其餘各類圓型嵌燈在模擬空間均勻度評析結果如表 4-5.5 所示，其模擬結果顯示同一 LED 燈泡安裝在直徑 15 cm 無外加玻璃罩圓型嵌燈較安裝在直徑 12cm 無外加玻璃罩圓型嵌燈，均勻度整體平均值可提高約 0.03。

模擬結果亦顯示，28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本，在符合設定目標照度 500 lx 條件下，在模擬空間 NO01 之均勻度平均值約為 0.831，而比對 10 件螢光樣本燈具產品，其平均值約為 0.865，其結果顯示同一無外加玻璃罩樣本燈具安裝螢光安定器內藏式螢光燈泡較安裝 LED 燈泡之均勻度為佳，全體平均可提高約 0.192；而針對有外加玻璃罩樣本燈具，亦得到相同模擬結果，安裝螢光安定器內藏式螢光燈泡較安裝 LED 燈泡之均勻度為佳，全體平均可提高約 0.04。

另模擬結果亦顯示，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈較無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之均勻度佳，相同 LED 燈泡安裝在上開 2 類燈具，外加玻璃罩之均勻度平均可提高約 0.019，主要兩類燈具發光面積小、展開之光束角差異只有 10° ，故差異並不大。

經前期與本研究實測及模擬數據比較，上開各類燈具安裝 LED 光源之均勻度為山型及中東型燈具 > 方形 T-BAR 燈具 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈 > 矩形 T-BAR 燈具 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈。

表 4-5.5 圓型嵌燈均勻度評析結果

燈具名稱	使用光源 (外加玻璃罩)	空間	均勻度平均值	整體平均
試驗燈具(A)	LED (無)	NO01	0.831	0.751
		NO02	0.739	
		NO03	0.684	
試驗燈具(B)	LED (無)	NO01	0.783	0.721
		NO02	0.715	
		NO03	0.665	
試驗燈具(D)	LED (有)	NO01	0.846	0.775
		NO02	0.763	
		NO03	0.717	
試驗燈具(E)	LED (有)	NO01	0.819	0.760
		NO02	0.753	
		NO03	0.708	
試驗燈具(A)	安定器內藏 式螢光燈泡 (無)	NO01	0.865	0.768
		NO02	0.750	
		NO03	0.688	
試驗燈具(B)	安定器內藏 式螢光燈泡 (無)	NO01	0.846	0.760
		NO02	0.746	
		NO03	0.687	
試驗燈具(D)	安定器內藏 式螢光燈泡 (有)	NO01	0.866	0.781
		NO02	0.768	
		NO03	0.708	
試驗燈具(E)	安定器內藏 式螢光燈泡 (有)	NO01	0.834	0.762
		NO02	0.745	
		NO03	0.706	

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 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本燈具產品，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 $9.65 W/m^2$ ，在模擬空間 NO02 平均值約為 $6.99 W/m^2$ ，在模擬空間 NO03 平均值約為 $6.21 W/m^2$ ；而比對而比對 8 件螢光樣本燈具產品在空間 NO01、NO02 及 NO03 之平均值分別為 $17.56 W/m^2$ 、 $12.65 W/m^2$ 及 $10.79 W/m^2$ 分別需提高約 1.8 倍、1.79 倍、1.74 倍。

另有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈較無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之照明功率密度來的差，相同 LED 燈泡安裝在上開 2 類燈具，有外加玻璃罩圓型嵌燈在空間 NO01、NO02 及 NO03 之照明功率密度平均值分別增加約為 $4.5 W/m^2(47\%)$ 、 $3.6 W/m^2(52\%)$ 及 $3.1 W/m^2(51\%)$ 。

本次試驗數據顯示 LED 樣本燈具之照明功率密度明顯優於螢光燈具，無外加玻璃罩之照明功率密度明顯優於有外加玻璃罩，而無論是 LED 或螢光系之安定器內藏式螢光燈泡與安裝在不同直徑(15 cm、12cm)的相關性並不明顯，照明功率密度評析結果彙整如表 4-5.6。

表 4-5.6 圓型嵌燈照明功率密度評析結果

燈具名稱	使用光源 (外加玻璃罩)	空間	照明功率密度 平均值(W/m ²)	整體平均(排序)
試驗燈具(A)	LED (無)	NO01	9.03	7.10 (1)
		NO02	6.49	
		NO03	5.77	
試驗燈具(B)	LED (無)	NO01	9.48	7.56 (2)
		NO02	6.91	
		NO03	6.25	
試驗燈具(D)	LED (有)	NO01	14.48	11.54 (4)
		NO02	10.75	
		NO03	9.39	
試驗燈具(E)	LED (有)	NO01	13.85	11.21 (3)
		NO02	10.48	
		NO03	9.29	
試驗燈具(A)	安定器內藏 式螢光燈泡 (無)	NO01	15.47	12.11 (5)
		NO02	11.25	
		NO03	9.62	
試驗燈具(B)	安定器內藏 式螢光燈泡 (無)	NO01	17.11	13.30 (6)
		NO02	12.20	
		NO03	10.60	
試驗燈具(D)	安定器內藏 式螢光燈泡 (有)	NO01	24.11	18.98 (8)
		NO02	17.45	
		NO03	15.37	
試驗燈具(E)	安定器內藏 式螢光燈泡 (有)	NO01	23.73	18.59 (7)
		NO02	17.70	
		NO03	14.35	

五、運轉 5 年總成本分析

針對本次 28 件無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈、10 件無外加玻璃罩圓型螢光嵌燈、24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈及 8 件有外加玻璃罩圓型螢光嵌燈，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 4-5.7~4-5.9，經初步估算以直徑 15cm 試驗燈具(A)搭配 LED 燈泡為最佳方案。

表 4-5.7 圓型嵌燈運轉 5 年總成本評析結果(空間 NO01)

燈具名稱	外加玻璃罩	燈源	照明器具建置平均成本(元)	運轉 5 年總成本平均值(元)	最佳方案
試驗燈具 (A)	無	LED	9,484	16,893	*
		螢光燈泡	11,366	24,105	
試驗燈具 (B)	無	LED	9,285	17,072	
		螢光燈泡	11,594	25,701	
試驗燈具 (C)	無	LED	15,384	25,280	
		螢光燈泡	21,338	39,962	
試驗燈具 (D)	有	LED	15,516	27,408	
		螢光燈泡	17,993	37,765	
試驗燈具 (E)	有	LED	13,417	24,788	
		螢光燈泡	16,211	35,645	

表 4-5.8 圓型嵌燈運轉 5 年總成本評析結果(空間 NO02)

燈具名稱	外加玻璃罩	燈源	照明器具建置平均成本(元)	運轉 5 年總成本平均值(元)	最佳方案
試驗燈具 (A)	無	LED	22,053	38,893	*
		螢光燈泡	26,359	55,640	
試驗燈具 (B)	無	LED	21,675	39,597	
		螢光燈泡	26,290	58,082	
試驗燈具 (C)	無	LED	35,255	57,955	
		螢光燈泡	48,692	91,174	
試驗燈具 (D)	有	LED	36,836	64,751	
		螢光燈泡	41,436	86,670	
試驗燈具 (E)	有	LED	32,436	59,640	
		螢光燈泡	38,223	84,044	

表 4-5.9 圓型嵌燈運轉 5 年總成本評析結果(空間 NO03)

燈具名稱	外加玻璃罩	燈源	照明器具建置平均成本(元)	運轉 5 年總成本平均值(元)	最佳方案
試驗燈具 (A)	無	LED	88,296	154,779	*
		螢光燈泡	102,164	213,514	
試驗燈具 (B)	無	LED	87,965	160,052	
		螢光燈泡	104,079	226,883	
試驗燈具 (C)	無	LED	132,409	217,799	
		螢光燈泡	178,763	334,733	
試驗燈具 (D)	有	LED	144,588	252,941	
		螢光燈泡	165,524	342,592	
試驗燈具 (E)	有	LED	125,074	229,647	
		螢光燈泡	137,816	300,420	

六、既有圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源分析

依整體試驗結果來看，無論有外加玻璃罩嵌燈或無外加玻璃罩嵌燈，以不變原燈具數量及位置調整方式，直接將原安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡更換為不同額定功率 LED 光源產品，對空間照度確實會產生很大影響，在維持目標照度 500 lx 條件不變下，取代上開安定器內藏式螢光燈泡，依據本研究實驗探討結果選用之 LED 光源至少額定功率要大於 10W 以上，在無外加玻璃罩嵌燈部分，本次研究實測 LED 嵌燈效率(LOR)平均值為 80%，而比對螢光樣本嵌燈產品燈具效率(LOR)平均值約為 73%，既有圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源後燈具效率(LOR)平均提升 7%；在有外加玻璃罩嵌燈部分，本次研究實測 LED 嵌燈效率(LOR)平均值為 53%，而比對螢光樣本嵌燈產品燈具效率(LOR)平均值約為 48%，既有圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源後燈具效率(LOR)平均提升 5%，經統計排序，因更換光源之 LOR 前後差異，在無外加玻璃罩嵌燈部分，以更換 Phi 13W LED 光源為最佳省能選擇，與安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡比較分別可降低照明能源使用 31%；而在有外加玻璃罩嵌燈部分，本次研究實測 LED 燈具效率(LOR)平均值為 53%，故以更換 Eve 10W LED 光源為最佳省能選擇，與安裝 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡比較分別可降低照明能源使用 42%

燈具種類		
安定器內藏式螢光燈泡更換 LED 光源	省能 31%	省能 42%

(資料來源：本研究整理)

七、LED 光衰實測探討

LED 光衰特性是很重要因子，本研究延續前期已挑選 4 類 12 件 LED 燈泡樣本進行光衰測試，方式以每點燈 500 小時量測 1 次，已進行至 11,500 小時，其中在光通量衰減部分約在 2%~20%，4 類光源平均值分別為 2.5%、2.6%、14.6%、4.8%；在色溫變化部分，4 類光源平均值分別為 102K、2K、-88K、22K；而在演色性部分，目前前後差異不大，囿於研究期程有限，依本研究現有光通量衰減試驗數據推估 LED 壽命至少約 14,500 小時，各種室內用光源之平均壽命參酌經濟部能源局「照明系統節能技術手冊」彙整如表 4-5.10 所示。

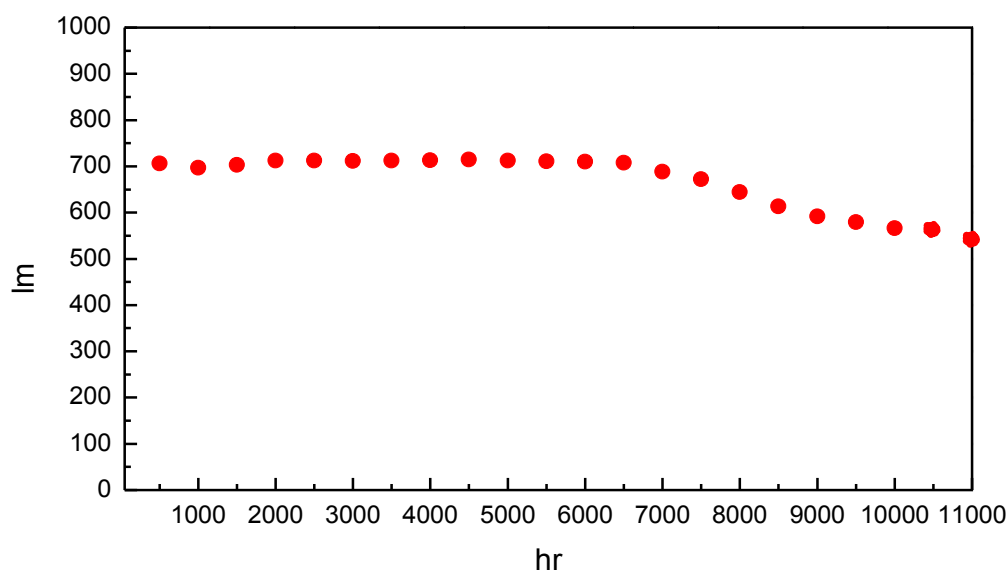


圖 4-5.1 某一 LED 光源之光通量變化曲線

表 4-5.10 各種室內用光源之平均壽命

光源種類	平均壽命 (小時)	特性或適用場所
白熾燈 ^(註1)	1,000	安裝及使用容易 立即啟動、成本 低。
鹵素燈泡 ^(註1)	2,000~ 3,000	體積小、亮度 高，商業空間之 重點照明。
球型安定器內藏式螢光燈泡 ^(註1) (附玻璃罩緊湊型螢光燈)	6,000~ 8,000	效率較高，能直 接取代白熾燈 泡。
螺旋型安定器內藏式螢光燈泡 ^(註1) (螺旋式緊湊型螢光燈)	6,000~ 8,000	效率較高，能直 接取代白熾燈 泡。
PL 燈管 ^(註1) 、 PLC 燈管 ^(註1)	8,000~ 10,000	局部照明、安全 照明、方向指標 照明。
普通螢光燈管 ^(註1)	6,500~ 8,500	辦公室、商場、 住宅及一般公共 建築。
高效率螢光燈管 ^(註1)	13,000~ 20,000	辦公室、商場、 住宅及一般公共 建築。
無電極電磁感應 燈 ^(註1)	100,000	無閃爍、高光 效、光衰小、可 調光，一般建築 挑高之照明場 所。
LED 燈泡 ^(註2)	14,500~	適用室內、戶 外、景觀等照 明，農業用途等 特殊照明。

註 1：照明系統節能技術手冊

註 2：本研究試驗所得數據

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 12 件 LED 燈泡、4 件安定器內藏式螢光燈泡、38 件無外加玻璃罩圓型嵌燈、以及 32 件有外加玻璃罩圓型嵌燈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、光型等性能測試，並更進一步將能源效率、燈具效率(LOR)、光型及光通量、功率因數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，共進行 210 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(LOR)分析部分，本次研究收集無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈產品，其全體平均值為 80 %，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈產品，其全體平均值為 53 %，由前期與本研究 LED 光源之配光曲線圖發現比較，不同公司可能因光學設計技術不同，但目前市面上所蒐集到的 LED 燈管(泡)基本上光型均接近朗伯特(Lambertian)向下出光，而安裝於不同類型燈具，其燈具效率 (LOR)之平均數值為山型及中東型燈具 > T-BAR 燈具 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈，相關試驗數據可供

未來綠建築解說與評估手冊之燈具效率係數(D_i)研修參考。

- 二、另統計本次無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本 28 件中有 6 件約 21% 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」，而 24 件有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈樣本中沒有 1 件產品可達到上開基準，由彙整前期與本研究之 LED 光源試驗結果，LED 燈泡之效率比(r_i)建議值為 1.58，長度未達 100cm LED 燈管為 1.44，長度 100cm 以上 LED 燈管為 1.47，而依本研究光通量衰減試驗數據推估 LED 壽命至少約 14,500 小時，上開數據可供未來綠建築解說與評估手冊效率比(r_i)等研修參考。
- 三、控制眩光可以減少眼睛不舒適或避免降低視覺能力，目前 CNS12112-2012 建議燈具之不舒適眩光等級以 CIE 統一眩光指數(UGR)評價，其值越低，受光源之眩光影響越小，經前期與本研究實測數據比較，各類燈具安裝 LED 光源之控制眩光效果為格柵設計 T-BAR 燈具 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈 = 山型及中東型燈具，與所安裝之 LED 光源比較，眩光指數整體平均值分別下降約 3.3、2.6、1.4、1.4。
- 四、在符合設定目標照度 500 lx 條件下，同一無外加玻璃罩樣本燈具安裝螢光安定器內藏式螢光燈泡較安裝 LED 燈泡之均勻度為佳，全體平均可提高約 0.192；而有外加玻璃罩樣本燈具，亦得到相同模擬結果，另經前期與本研究實測及模擬數據比較，各類燈具安裝 LED 光源之均勻度為山型及中東型燈具 > 方形 T-BAR 燈具 > 有外加玻璃罩圓型嵌燈 > 矩形 T-BAR 燈具 > 無外加玻璃罩圓型嵌燈。
- 五、在符合設定目標照度 500 lx 條件下，有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈較無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈之照明功率密度來的差，相同 LED 燈泡安裝在上開 2 類燈具，有外加玻璃罩圓型嵌燈在空間

NO01、NO02 及 NO03 之照明功率密度平均值分別增加約為 4.5 W/m²(47%)、3.6 W/m²(52%)及 3.1 W/m²(51%)。

- 六、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、安定器內藏式螢光燈泡壽命 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 4-5.7~4-5.9，經估算結果以直徑 15cm 試驗燈具(A)搭配 LED 燈泡為最經濟方案。
- 七、在既有圓型螢光嵌燈具更換 LED 光源分析部分，依據本研究實驗探討結果，汰換 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之 LED 光源額定功率至少要大於 10W 以上，其中在無外加玻璃罩嵌燈部分，以更換 Phi 13W LED 光源為最佳省能選擇，可降低照明能源使用 31%；而在有外加玻璃罩嵌燈部分，以更換 Eve 10W LED 光源為最佳省能選擇，可降低照明能源使用 42%。

第二節 建議

建議一

提出燈具效率係數(D_i)及效率比(r_i)供修訂及設計者參考：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

LED 應用在照明領域趨向多元化發展，包含一般照明及低溫、汽車照明等，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，本研究試驗分析整理之數據，包括不同類型 LED 燈具之燈具效率如表 4-5.1，各種光源效率比建議值如表 4-5.3 及不同類型 LED 光源與燈具之眩光指數差異如表 4-5.4，可提供「綠建築解說與評估手冊」或相關規範作為後續修訂參考。

建議二

既有螢光燈具更換 LED 光源研究工作：中長期建議

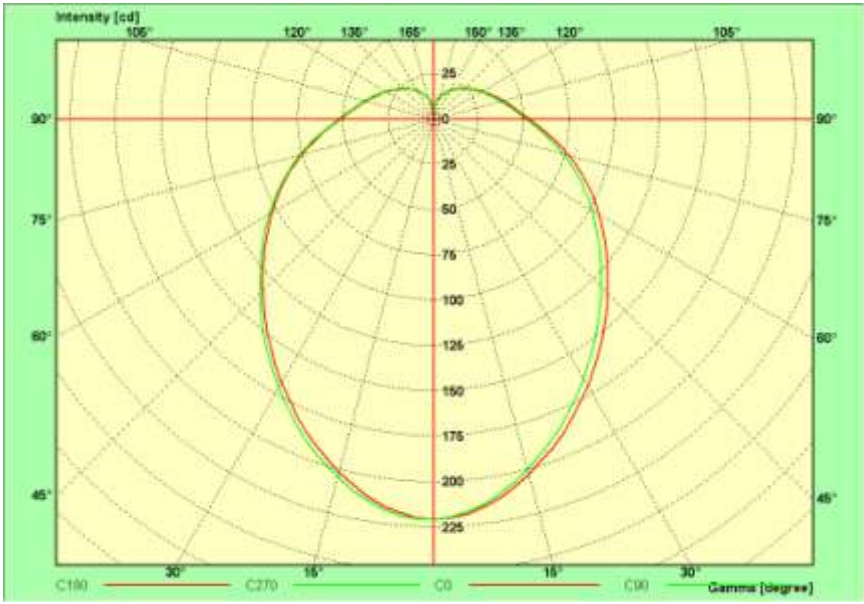
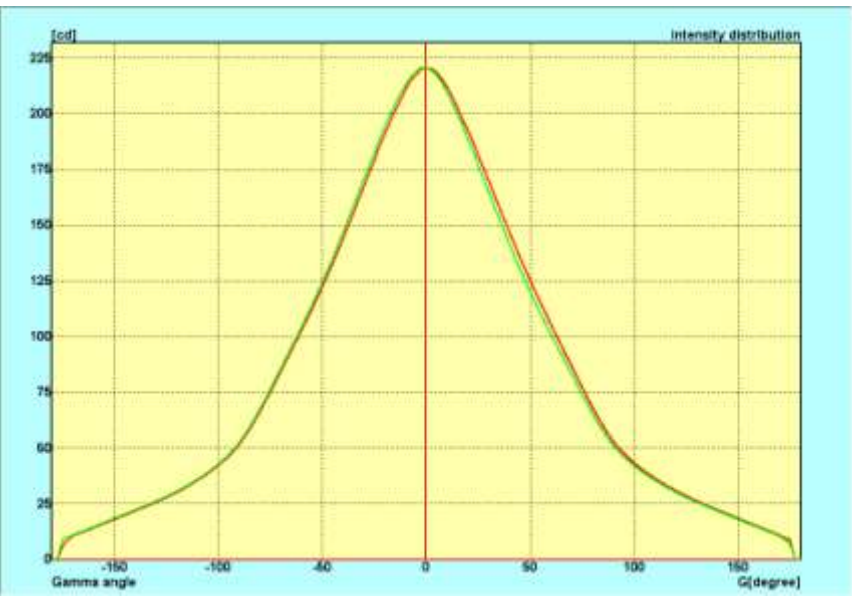
主辦機關：內政部建築研究所

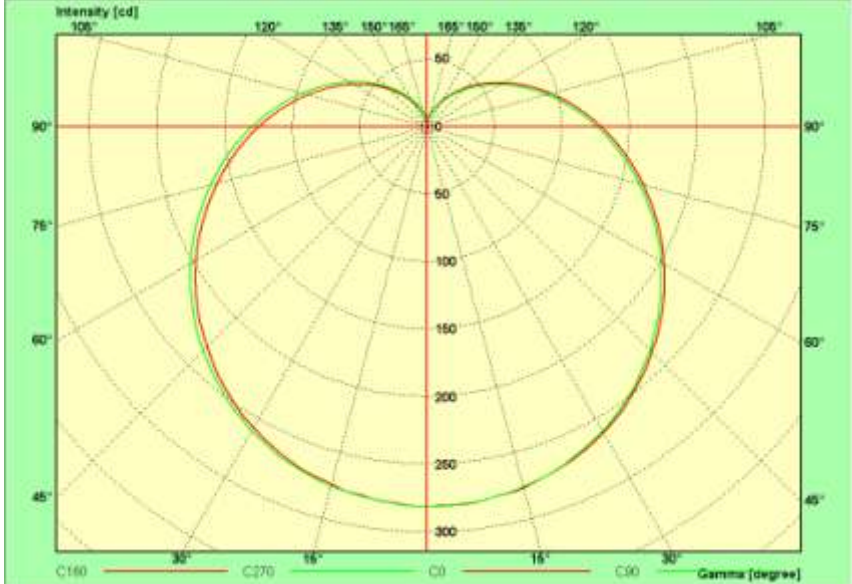

協辦機關：經濟部標準檢驗局

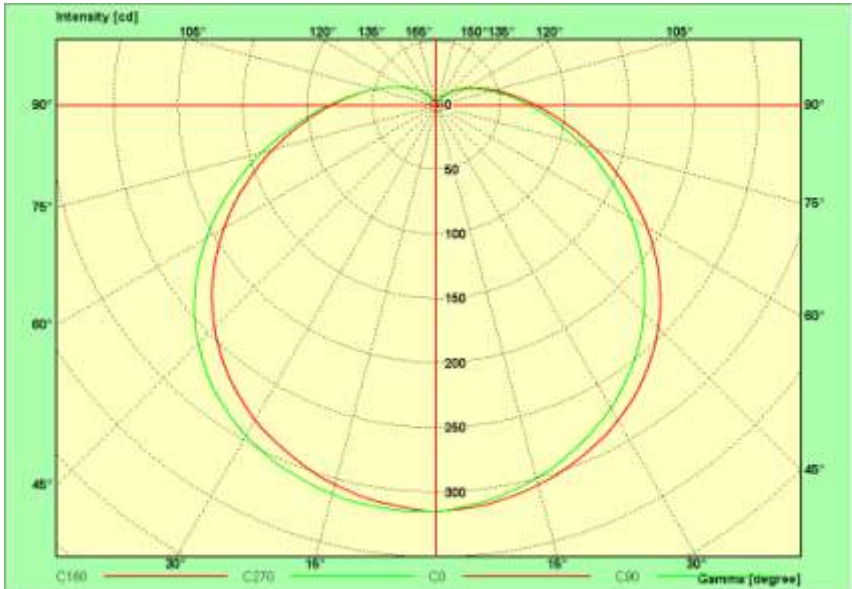
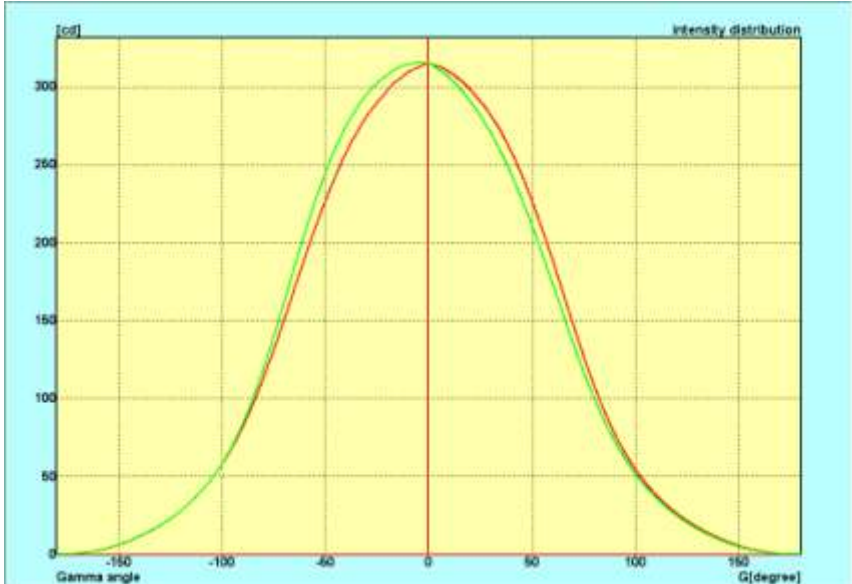
本研究探討既有螢光燈具更換為 LED 光源，發現在空間照度、均勻度方面確實會有差異，以汰換 Osr 20W 安定器內藏式螢光燈泡之圓型嵌燈為例，LED 光源之額定功率至少要大於 10W 以上，才能達到目標照度基準，囿於目前市場上產品標示凌亂，LED 廠商宣稱可以直接汰換既有螢光燈管或螢光燈泡，因此亟需進行相關研究，俾供標準制定及民眾選用光源之建議參考。

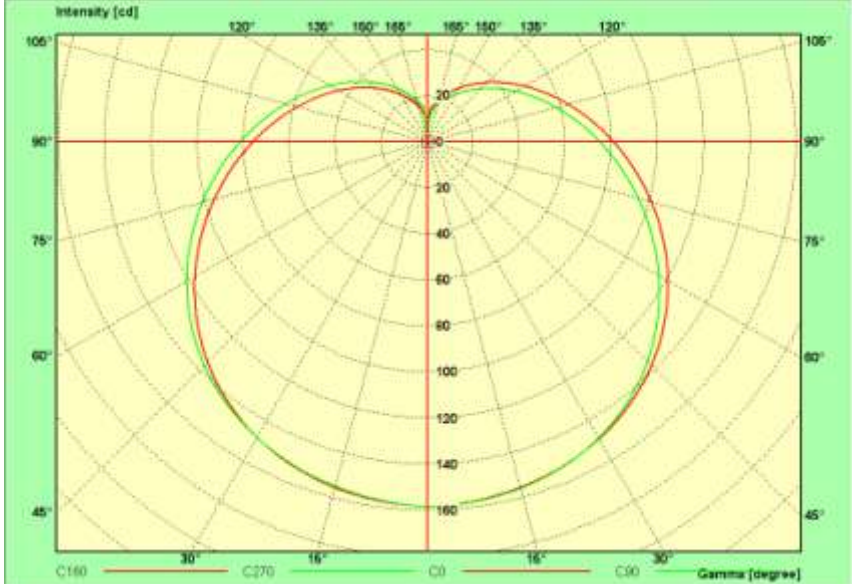
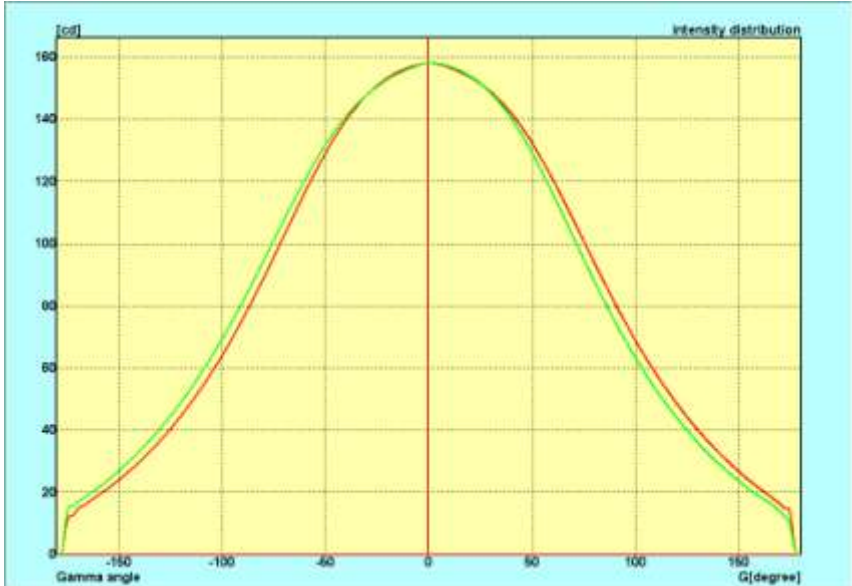
附錄一

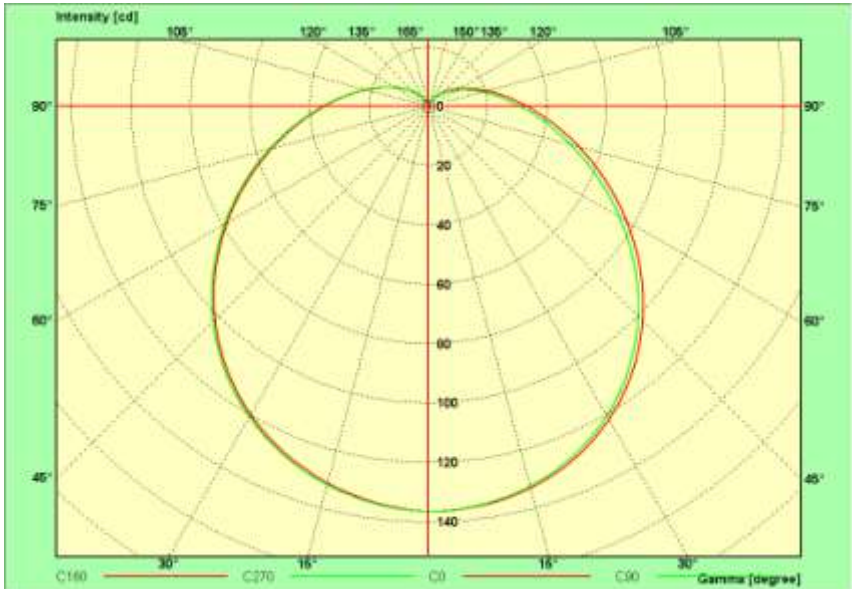
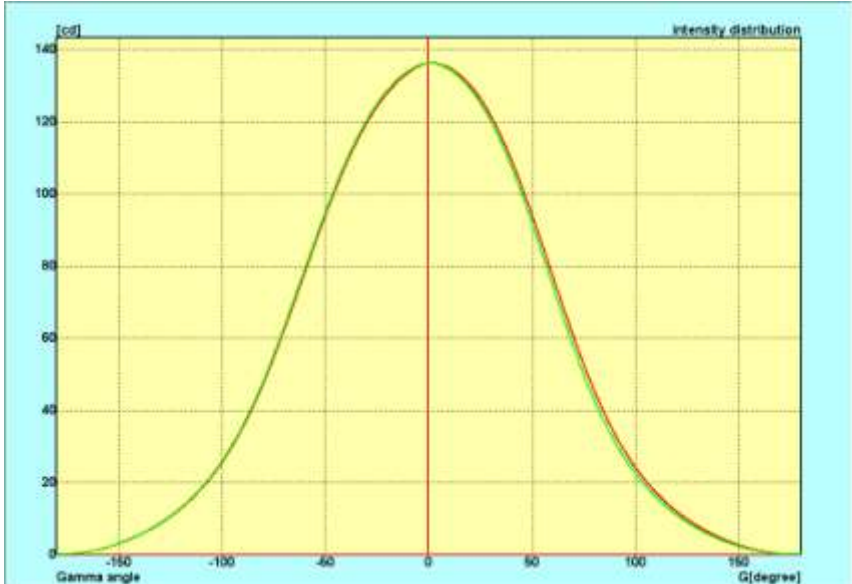
本研究裸燈泡之尺寸及 配光曲線量測數據

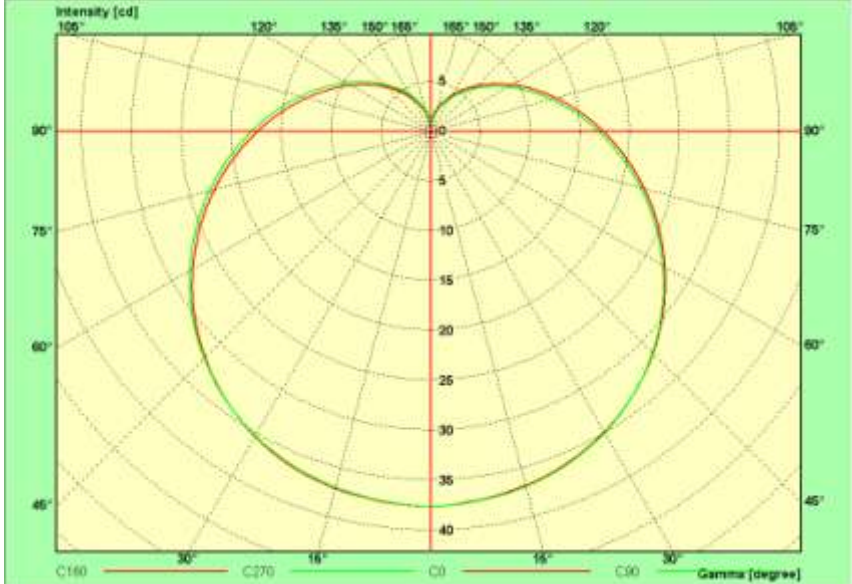
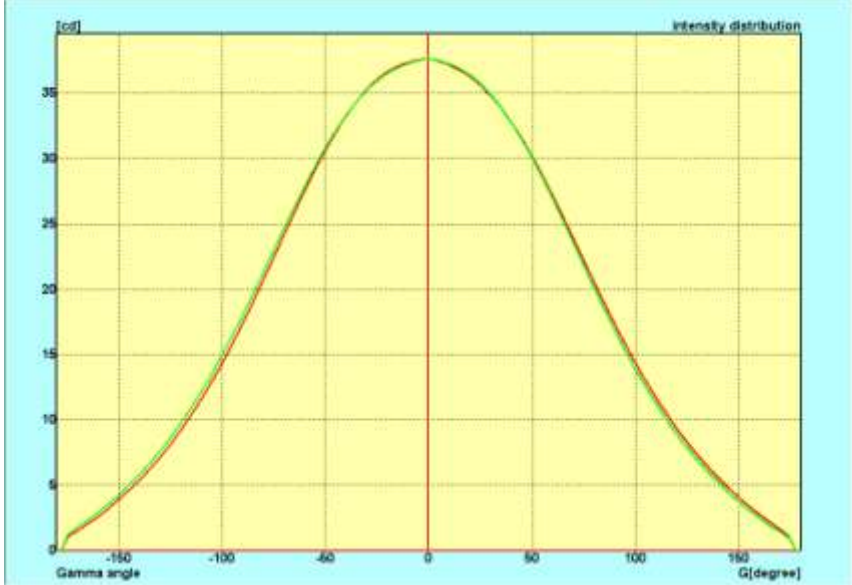
<p>編號</p>	<p>1</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Ota 10W LED 晝光色 2.燈泡外部尺寸:直徑60 mm、高110 mm 3.發光尺寸:直徑60 mm、高30 mm 4.燈泡光輸出893.63 lm、輸入功率10.15 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

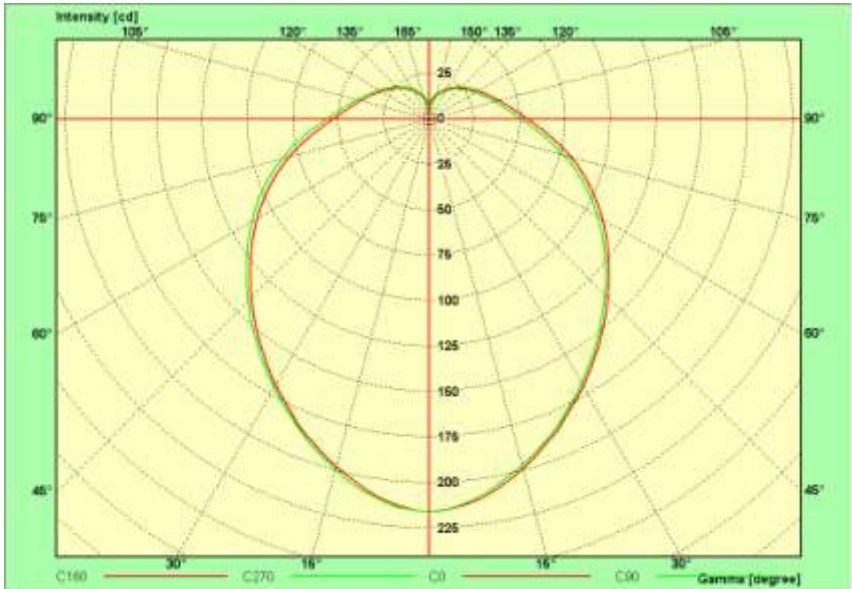
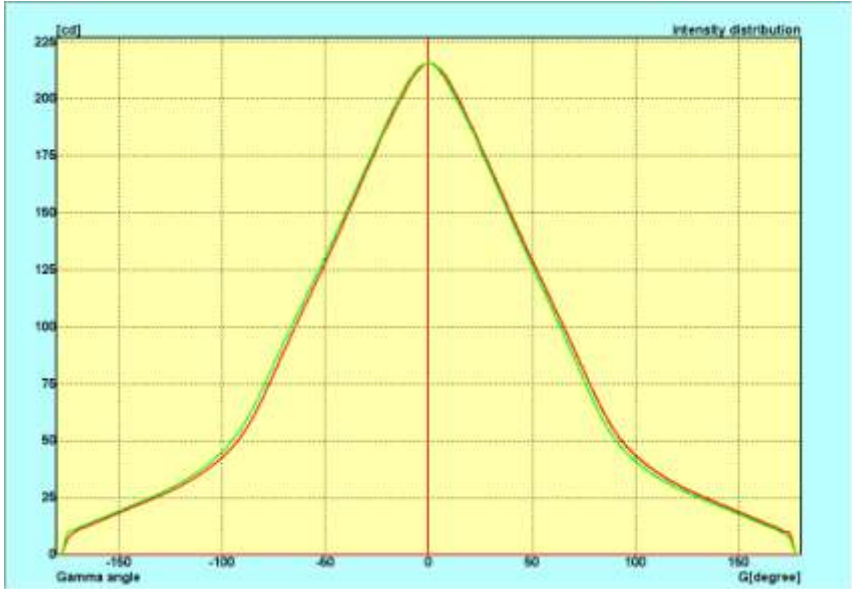
<p>編號</p>	<p>2</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Eve 16W LED晝光色 2.燈泡外部尺寸:直徑75 mm、高150 mm 3.發光尺寸:直徑75 mm、高40 mm 4.燈泡光輸出1675.59 lm、輸入功率15.64 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

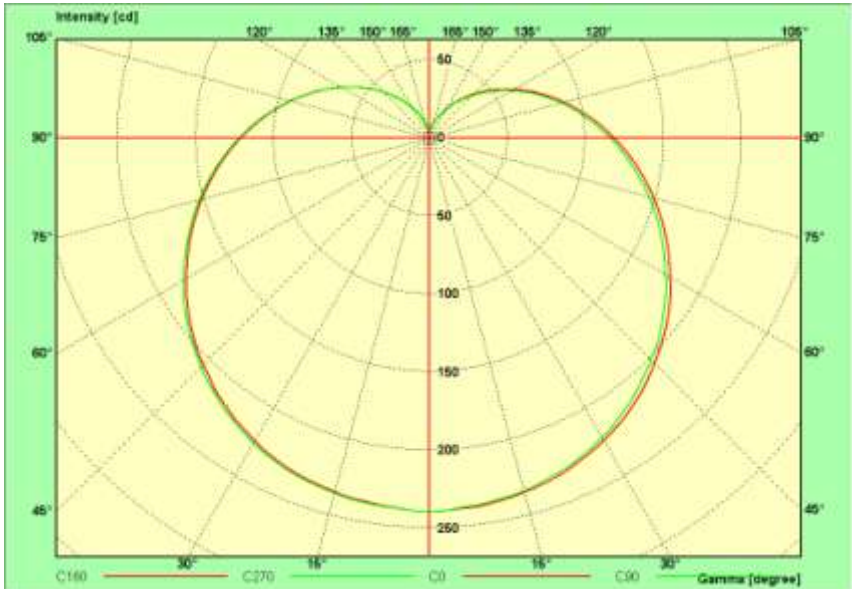
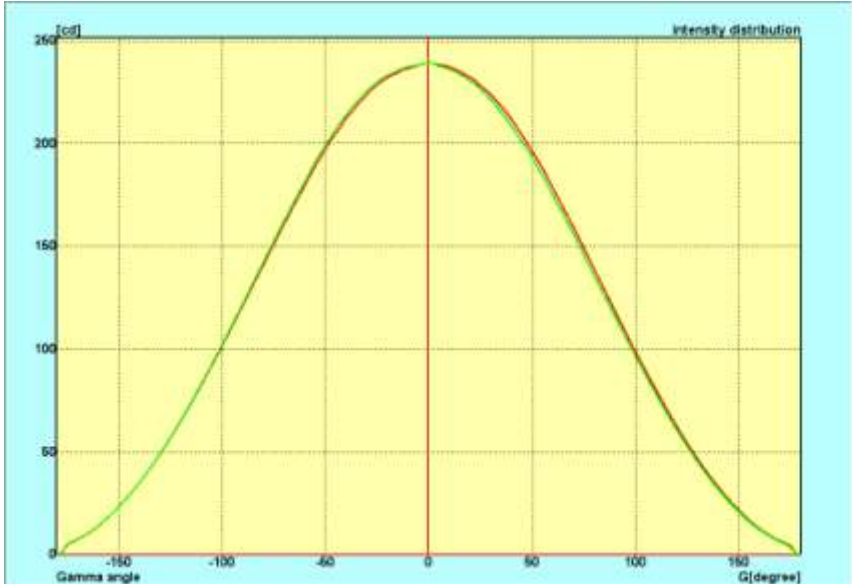
<p>編號</p>	<p>3</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Phi 13W LED 晝光色 2.燈泡外部尺寸:直徑70 mm、高130 mm 3.發光尺寸:直徑70 mm、高40 mm 4.燈泡光輸出1394.31 lm、輸入功率13.12 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

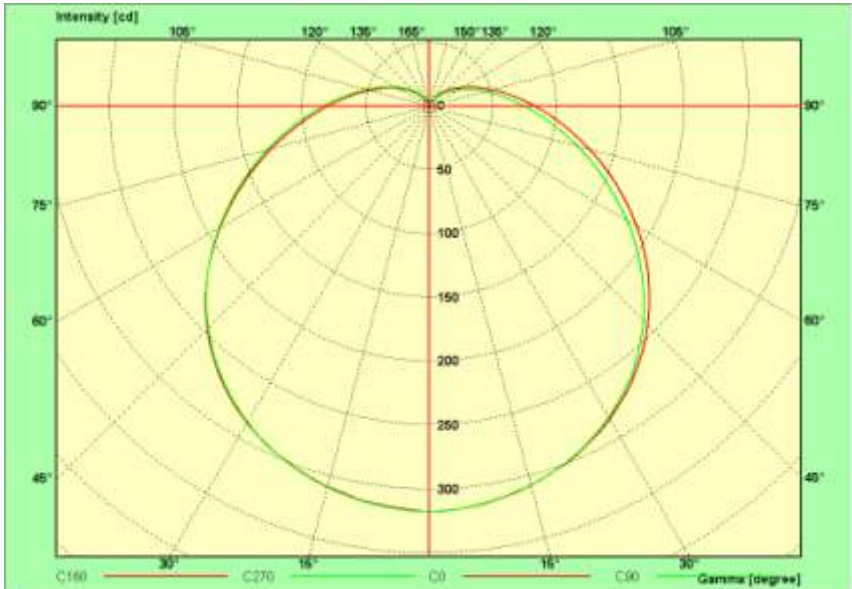
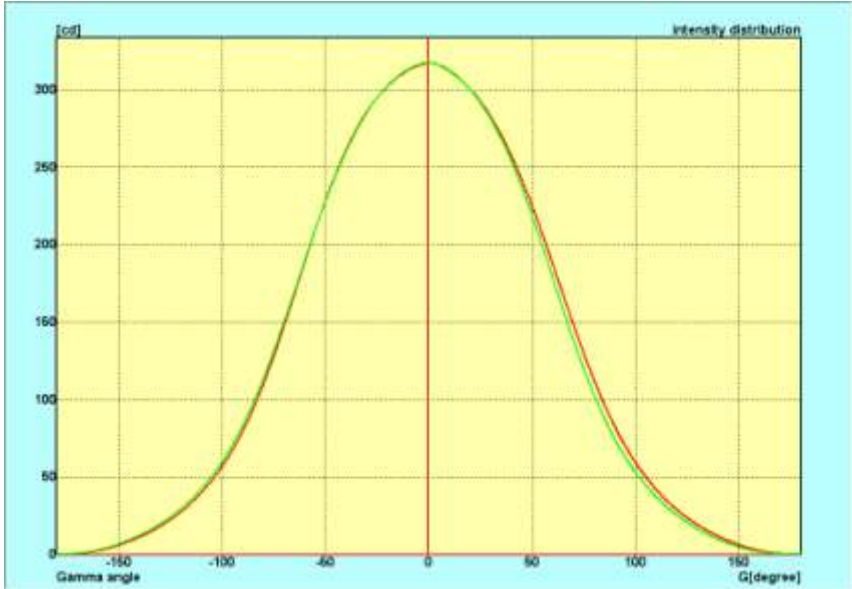
<p>編號</p>	<p>4</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Eve 10W LED晝光色 2.燈泡外部尺寸:直徑60 mm、高110 mm 3.發光尺寸:直徑60 mm、高35 mm 4.燈泡光輸出1036.04 lm、輸入功率9.41 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

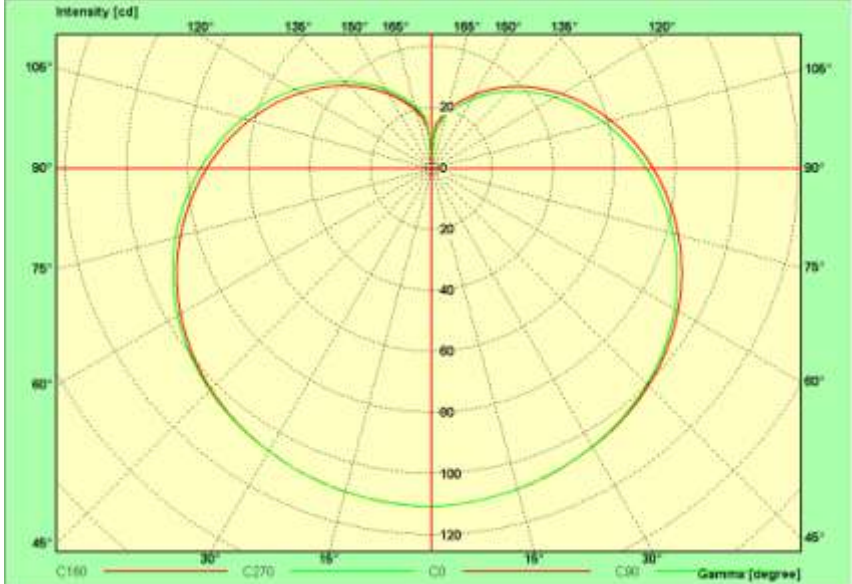
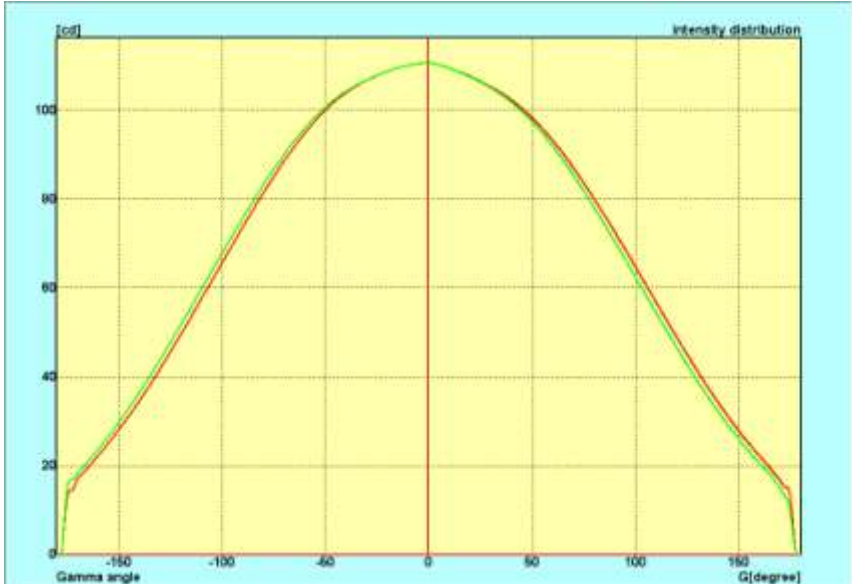
<p>編號</p>	<p>5</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Phi 7W LED 晝光色 2.燈泡外部尺寸:直徑50 mm、高100 mm 3.發光尺寸:直徑50 mm、高30 mm 4.燈泡光輸出587.68 lm、輸入功率6.44 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	 <p>The polar plot displays the light distribution of the lamp. The vertical axis represents the gamma angle in degrees, ranging from 0 to 140. The horizontal axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 140. The plot shows a circular beam with a peak intensity of approximately 140 cd at 0 degrees gamma. The beam is centered at 0 degrees gamma and has a diameter of approximately 120 degrees gamma. The plot is labeled 'Intensity [cd]' and 'Gamma [degree]'.</p>
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	 <p>The Cartesian plot shows the intensity distribution of the lamp. The vertical axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 140. The horizontal axis represents the gamma angle in degrees, ranging from -150 to 150. The plot shows a bell-shaped curve with a peak intensity of approximately 140 cd at 0 degrees gamma. The plot is labeled 'Intensity distribution' and 'Gamma angle'.</p>

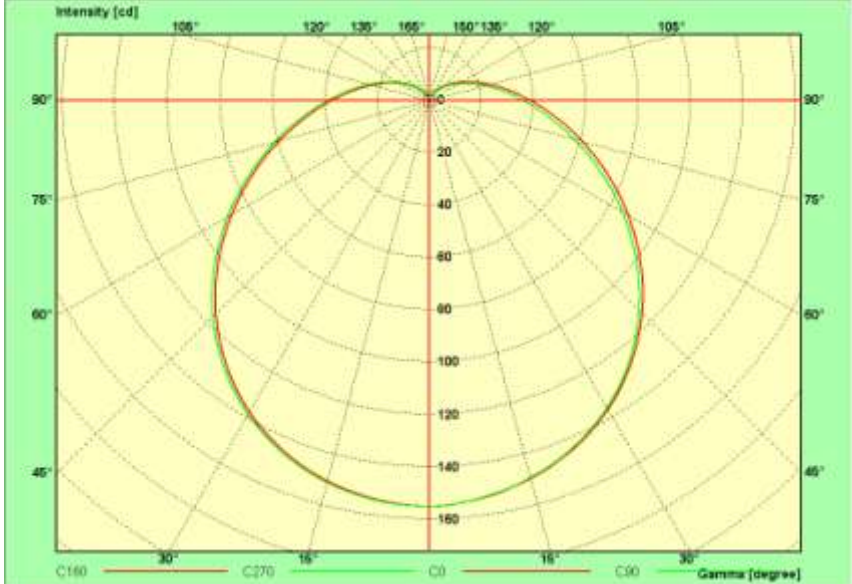

<p>編號</p>	<p>6</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌:Lud 3W LED晝光色 2.燈泡外部尺寸:直徑45 mm、高65 mm 3.發光尺寸:直徑45 mm、高28 mm 4.燈泡光輸出231.17 lm、輸入功率3.2 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

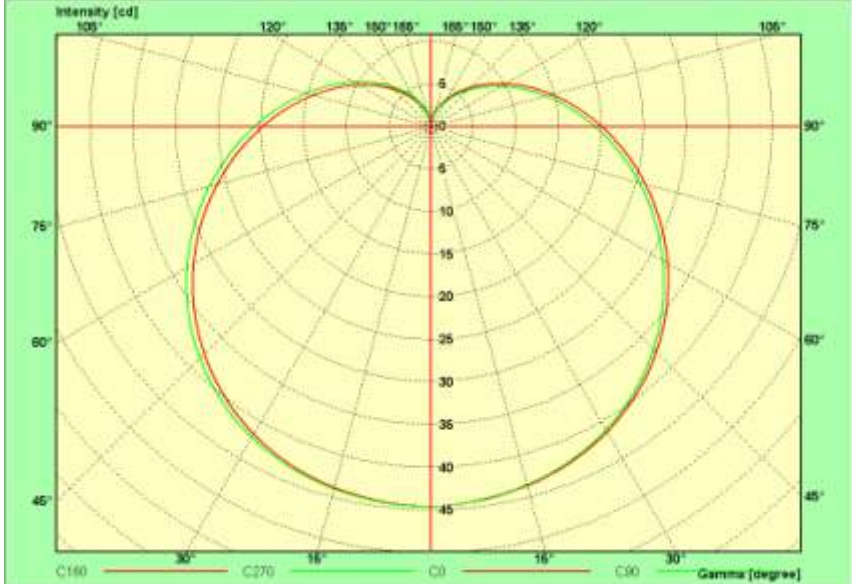
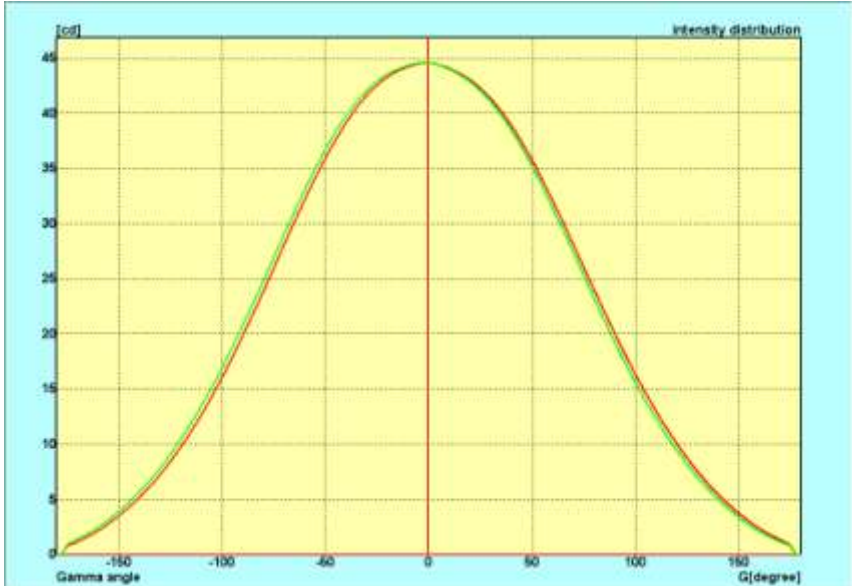
<p>編號</p>	<p>7</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Ota(L) 10W LED暖色 2.燈泡外部尺寸:直徑60 mm、高110 mm 3.發光尺寸:直徑60 mm、高30 mm 4.燈泡光輸出917.38 lm、輸入功率9.38 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	 <p>The polar plot shows the light distribution of the bulb. The vertical axis represents the gamma angle in degrees, ranging from 0 to 180. The horizontal axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 225. The plot shows a beam with a peak intensity of approximately 225 cd at 0 degrees and a beam diameter of about 120 degrees.</p>
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	 <p>The rectangular plot shows the light distribution of the bulb. The vertical axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 225. The horizontal axis represents the gamma angle in degrees, ranging from -180 to 180. The plot shows a beam with a peak intensity of approximately 225 cd at 0 degrees and a beam diameter of about 120 degrees.</p>

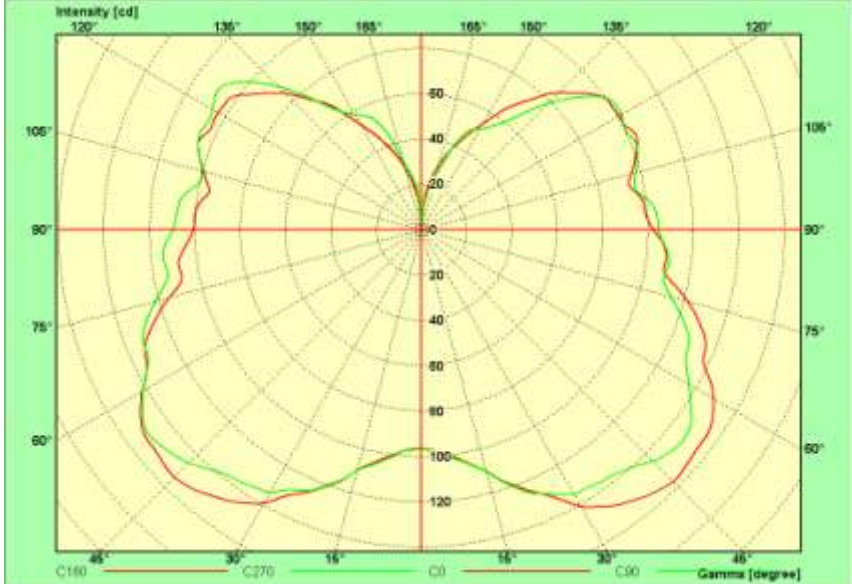
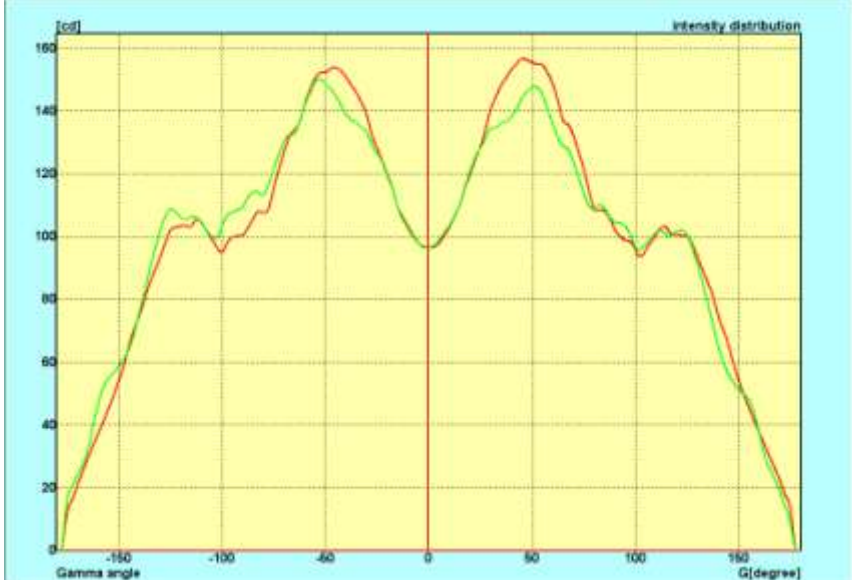
<p>編號</p>	<p>8</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Eve(L) 16W LED暖色 2.燈泡外部尺寸:直徑75 mm、高150 mm 3.發光尺寸:直徑75 mm、高40 mm 4.燈泡光輸出1518.6 lm、輸入功率15.52 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	 <p>The polar plot shows the light distribution of the lamp. The vertical axis represents the gamma angle in degrees, ranging from 0 to 105. The horizontal axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 250. The plot shows a circular beam with a peak intensity of approximately 250 cd at 0 degrees. The beam diameter is approximately 180 degrees.</p>
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	 <p>The Cartesian plot shows the light distribution of the lamp. The vertical axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 250. The horizontal axis represents the gamma angle in degrees, ranging from -150 to 150. The plot shows a bell-shaped curve with a peak intensity of approximately 250 cd at 0 degrees. The beam diameter is approximately 180 degrees.</p>

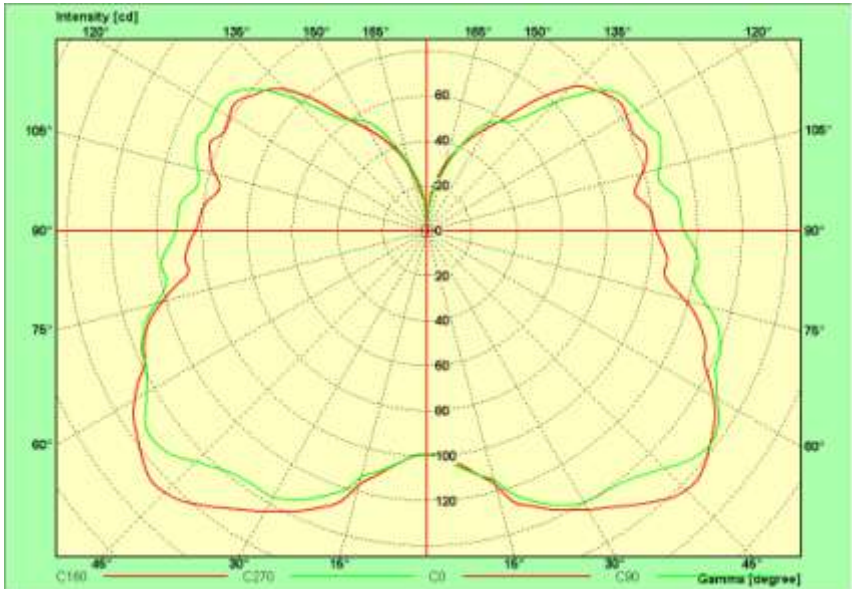
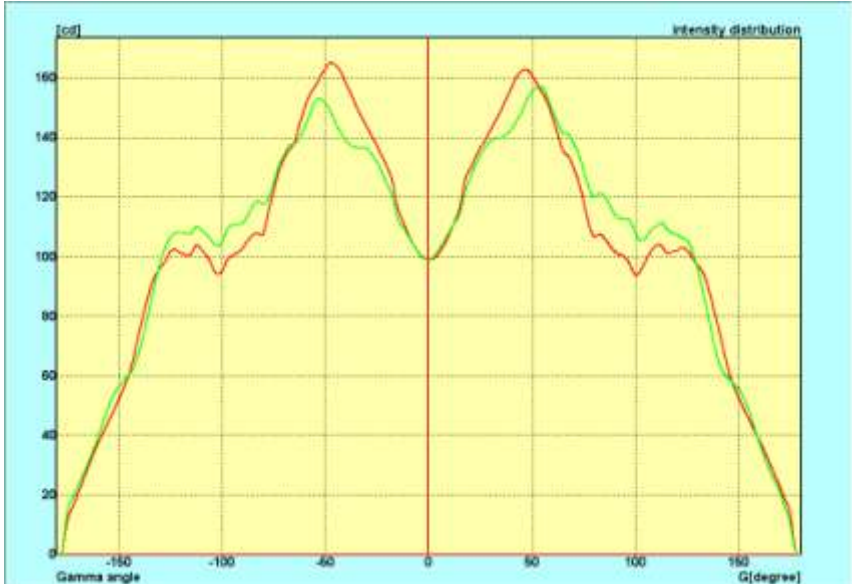
<p>編號</p>	<p>9</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Phi(L) 13W LED暖色 2.燈泡外部尺寸:直徑70 mm、高130 mm 3.發光尺寸:直徑70 mm、高40 mm 4.燈泡光輸出1394 lm、輸入功率13.22 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	 <p>The polar plot displays the light distribution of the lamp. The vertical axis represents the gamma angle in degrees, ranging from 0° at the top to 90° at the bottom. The horizontal axis represents the intensity in cd, with a scale from 0 to 300. The plot shows a circular beam with a peak intensity of approximately 300 cd at 0 degrees gamma angle. The beam diameter is approximately 70 mm.</p>
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	 <p>The rectangular plot shows the intensity distribution of the lamp. The vertical axis represents the intensity in cd, ranging from 0 to 300. The horizontal axis represents the gamma angle in degrees, ranging from -180° to 180°. The plot shows a bell-shaped curve with a peak intensity of approximately 300 cd at 0 degrees gamma angle.</p>

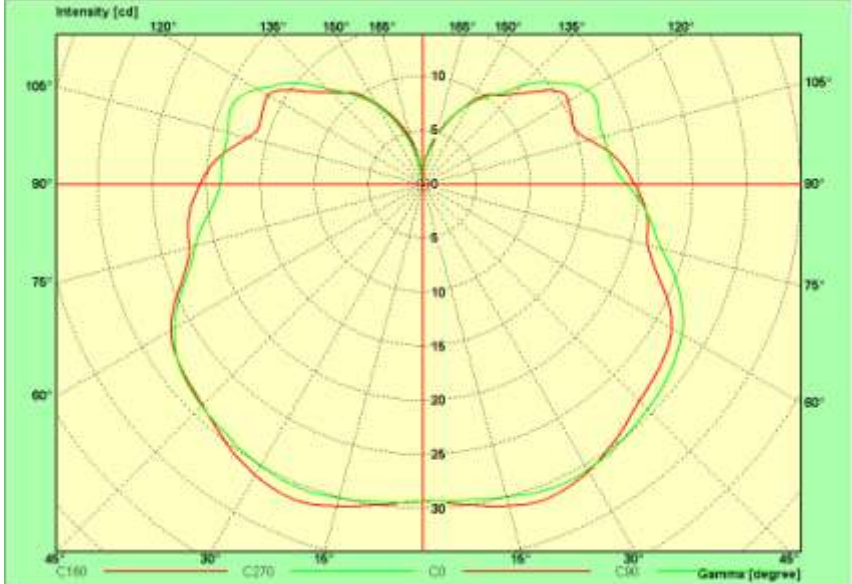
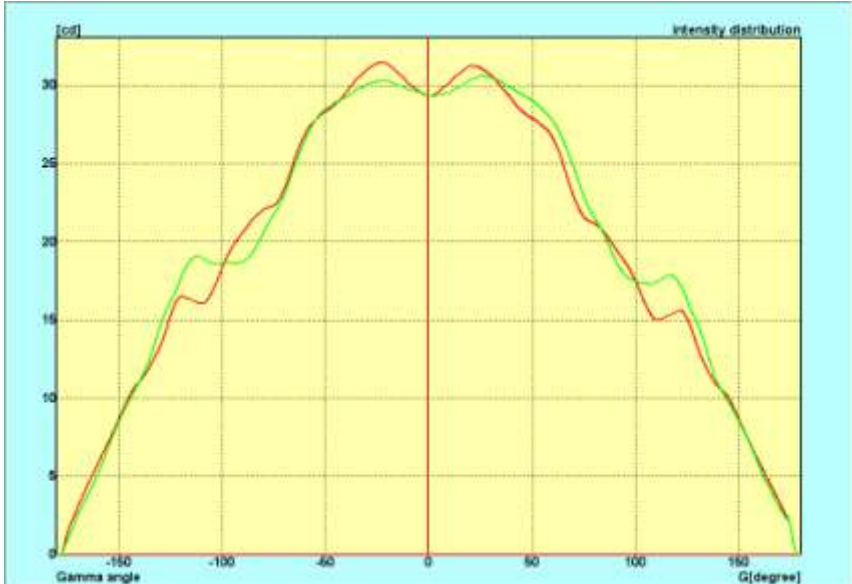
<p>編號</p>	<p>10</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Eve(L) 10W LED暖色 2.燈泡外部尺寸:直徑60 mm、高110 mm 3.發光尺寸:直徑60 mm、高35 mm 4.燈泡光輸出885.86 lm、輸入功率9.17 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

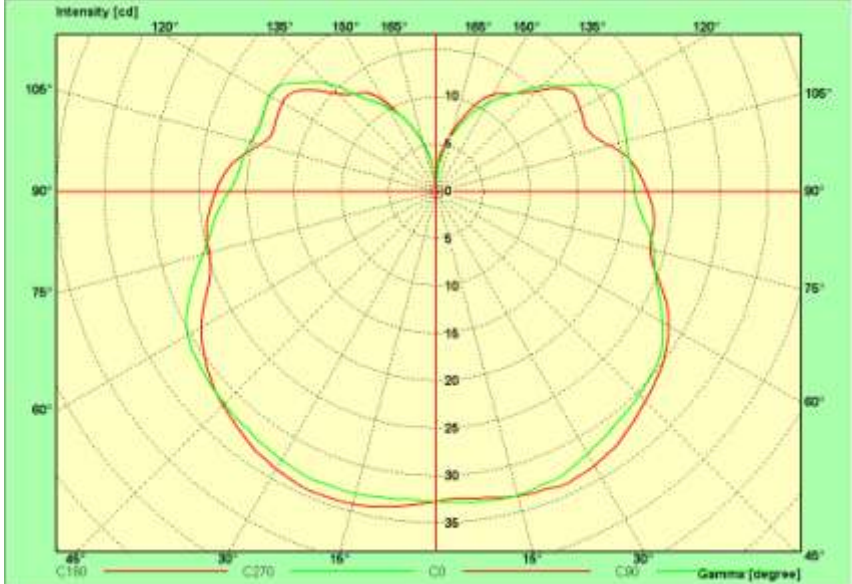
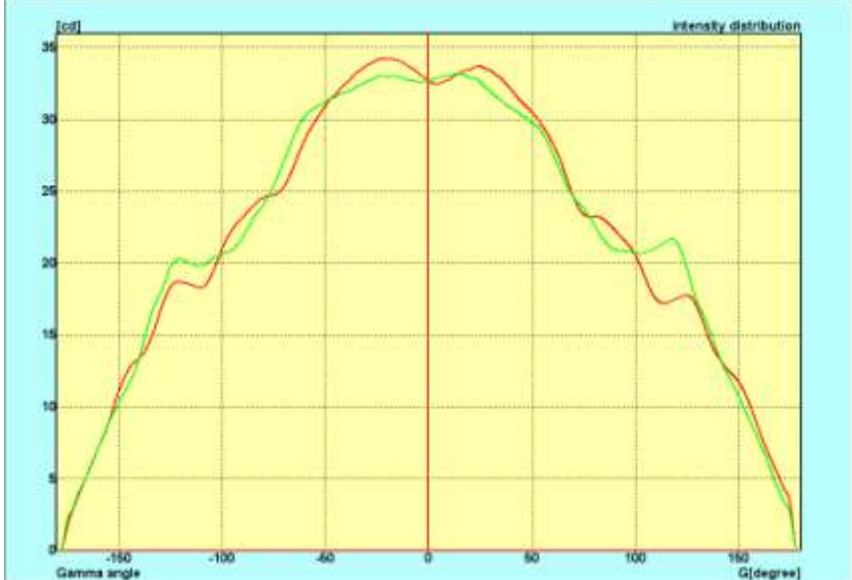
<p>編號</p>	<p>11</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Phi (L) 7W LED暖色 2.燈泡外部尺寸:直徑50 mm、高100 mm 3.發光尺寸:直徑50 mm、高30 mm 4.燈泡光輸出661.41 lm、輸入功率7.05 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

<p>編號</p>	<p>12</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌:Lud (L) 3W LED暖色 2.燈泡外部尺寸:直徑45 mm、高65 mm 3.發光尺寸:直徑45 mm、高28 mm 4.燈泡光輸出266.08 lm、輸入功率3.25 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

<p>編號</p>	<p>13</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Osr 20W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡 (節能標章第3級) 2.燈泡外部尺寸:直徑60 mm、高140 mm 3.發光尺寸:直徑60 mm、高70 mm 4.燈泡光輸出1360.03 lm、輸入功率18.88 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

<p>編號</p>	<p>14</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Osr (L) 20W 暖色安定器內藏式螢光燈泡(節能標章第3級) 2.燈泡外部尺寸:直徑60 mm、高140 mm 3.發光尺寸:直徑60 mm、高70 mm 4.燈泡光輸出1404.17 lm、輸入功率19.22 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

<p>編號</p>	<p>15</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Chi 5W 晝光色安定器內藏式螢光燈泡 2.燈泡外部尺寸:直徑40 mm、高100 mm 3.發光尺寸:直徑40 mm、高35 mm 4.燈泡光輸出253.31 lm、輸入功率4.98 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

<p>編號</p>	<p>16</p>
<p>燈泡描述</p>	<p>1.廠牌: Chi (L) 5W暖色安定器內藏式螢光燈泡 2.燈泡外部尺寸:直徑40 mm、高100 mm 3.發光尺寸:直徑40 mm、高35 mm 4.燈泡光輸出284.21 lm、輸入功率4.91 W</p>
<p>燈泡配光 (極座標)</p>	
<p>燈泡配光 (直角座標)</p>	

附錄二

無外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈 在各空間之模擬數據

Ota 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ota 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	42	45
最小照度(lx)	363	377
平均照度(lx)	503	519
最大照度(lx)	582	590
均勻度	0.723	0.725
每盞燈具消耗電力(W)	10.1	10.2
全年耗電量(度)	848.4	918
照明功率密度 (W/m ²)	6.57	7.06
全年電費(元)	3,394	3,672
設置燈具成本(元)	18,816	18,810
運轉 5 年總成本(元)	35,784	37,170

Eve 16W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	27	28
最小照度(lx)	433	389
平均照度(lx)	531	525
最大照度(lx)	596	593
均勻度	0.815	0.741
每盞燈具消耗電力(W)	15.5	15.5
全年耗電量(度)	837	868
照明功率密度 (W/m ²)	6.47	6.7
全年電費(元)	3,348	3,472
設置燈具成本(元)	15,606	15,344
運轉 5 年總成本(元)	32,346	32,704

Phi 13W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	28	30
最小照度(lx)	418	371
平均照度(lx)	523	532
最大照度(lx)	600	601
均勻度	0.799	0.698
每盞燈具消耗電力(W)	13.1	13.1
全年耗電量(度)	733.6	786
照明功率密度 (W/m ²)	5.67	6.05
全年電費(元)	2,934	3,144
設置燈具成本(元)	14,784	14,940
運轉 5 年總成本(元)	29,456	30,660

Eve 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	39	42
最小照度(lx)	378	363
平均照度(lx)	528	514
最大照度(lx)	629	587
均勻度	0.716	0.706
每盞燈具消耗電力(W)	9.4	9.4
全年耗電量(度)	733.2	789.6
照明功率密度 (W/m ²)	5.63	6.06
全年電費(元)	2,933	3,158
設置燈具成本(元)	16,302	16,296
運轉 5 年總成本(元)	30,966	32,088

Phi 7W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi 7W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	63	63	72
最小照度(lx)	364	347	417
平均照度(lx)	531	501	508
最大照度(lx)	611	575	562
均勻度	0.686	0.692	0.821
每盞燈具消耗電力(W)	6.4	6.4	6.4
全年耗電量(度)	806.4	806.4	921.6
照明功率密度 (W/m ²)	6.22	6.21	7.09
全年電費(元)	3,226	3,226	3,686
設置燈具成本(元)	21,924	20,034	22,176
運轉 5 年總成本(元)	38,052	36,162	40,608

Lud 3W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Lud 3W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	169	190	231
最小照度(lx)	357	363	435
平均照度(lx)	508	508	521
最大照度(lx)	561	566	577
均勻度	0.702	0.715	0.834
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2	3.2
全年耗電量(度)	1081.6	1216	1478.4
照明功率密度 (W/m ²)	8.32	9.32	11.26
全年電費(元)	4,326	4,864	5,914
設置燈具成本(元)	46,306	46,360	54,054
運轉 5 年總成本(元)	67,938	70,680	83,622

Ota(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ota(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	42	45
最小照度(lx)	381	380
平均照度(lx)	506	512
最大照度(lx)	586	581
均勻度	0.752	0.742
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	781.2	837
照明功率密度 (W/m ²)	6.04	6.49
全年電費(元)	3,125	3,348
設置燈具成本(元)	18,816	18,810
運轉 5 年總成本(元)	34,440	35,550

Eve(L) 16W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve(L) 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	30	32
最小照度(lx)	429	387
平均照度(lx)	519	525
最大照度(lx)	584	589
均勻度	0.827	0.737
每盞燈具消耗電力(W)	15.4	15.5
全年耗電量(度)	924	992
照明功率密度 (W/m ²)	7.14	7.63
全年電費(元)	3,696	3,968
設置燈具成本(元)	17,340	17,536
運轉 5 年總成本(元)	35,820	37,376

Phi(L) 13W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi(L) 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	28	30
最小照度(lx)	396	388
平均照度(lx)	519	537
最大照度(lx)	597	605
均勻度	0.762	0.723
每盞燈具消耗電力(W)	13.2	13.1
全年耗電量(度)	739.2	786
照明功率密度 (W/m ²)	5.7	6.05
全年電費(元)	2,957	3,144
設置燈具成本(元)	14,784	14,940
運轉 5 年總成本(元)	29,568	30,660

Eve(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	48	52
最小照度(lx)	366	363
平均照度(lx)	531	506
最大照度(lx)	610	589
均勻度	0.69	0.717
每盞燈具消耗電力(W)	9.1	9.1
全年耗電量(度)	873.6	946.4
照明功率密度 (W/m ²)	6.74	7.29
全年電費(元)	3,494	3,786
設置燈具成本(元)	20,064	20,176
運轉 5 年總成本(元)	37,536	39,104

Phi (L) 7W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi (L) 7W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	54	56	66
最小照度(lx)	357	337	426
平均照度(lx)	508	501	525
最大照度(lx)	586	573	582
均勻度	0.702	0.673	0.812
每盞燈具消耗電力(W)	7	7	7
全年耗電量(度)	756	784	924
照明功率密度 (W/m ²)	5.85	6.03	7.11
全年電費(元)	3,024	3,136	3,696
設置燈具成本(元)	18,792	17,808	20,328
運轉 5 年總成本(元)	33,912	33,488	38,808

Lud (L) 3W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Lud (L) 3W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	150	160	190
最小照度(lx)	366	364	426
平均照度(lx)	526	510	516
最大照度(lx)	580	562	576
均勻度	0.696	0.715	0.827
每盞燈具消耗電力(W)	3.3	3.2	3.2
全年耗電量(度)	990	1024	1216
照明功率密度 (W/m ²)	7.52	7.98	9.47
全年電費(元)	3,960	4,096	4,864
設置燈具成本(元)	41,100	39,040	44,460
運轉 5 年總成本(元)	60,900	59,520	68,780

Osr 20W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Osr 20W	DIALux 模擬	
	安定器內藏式螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入 試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	35	40
最小照度(lx)	426	412
平均照度(lx)	535	530
最大照度(lx)	603	600
均勻度	0.796	0.777
每盞燈具消耗電力(W)	19	17.8
全年耗電量(度)	1330	1424
照明功率密度 (W/m ²)	10.26	10.96
全年電費(元)	5,320	5,696
設置燈具成本(元)	9,730	9,920
運轉 5 年總成本(元)	36,330	38,400

Osr (L) 20W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Osr (L) 20W	DIALux 模擬	
	安定器內藏式螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入 試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	35	40
最小照度(lx)	430	405
平均照度(lx)	539	528
最大照度(lx)	609	600
均勻度	0.798	0.767
每盞燈具消耗電力(W)	19.1	18
全年耗電量(度)	1337	1440
照明功率密度 (W/m ²)	10.32	11.12
全年電費(元)	5,348	5,760
設置燈具成本(元)	9,730	9,920
運轉 5 年總成本(元)	36,470	38,720

Chi 5W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Chi 5W	DIALux 模擬		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	168	192	220
最小照度(lx)	373	382	445
平均照度(lx)	529	536	527
最大照度(lx)	612	623	577
均勻度	0.705	0.714	0.845
每盞燈具消耗電力(W)	5	4.9	5
全年耗電量(度)	1680	1881.6	2200
照明功率密度 (W/m ²)	12.83	14.37	17.04
全年電費(元)	6,720	7,526	8,800
設置燈具成本(元)	44,856	45,504	49,940
運轉 5 年總成本(元)	78,456	83,136	93,940

Chi (L) 5W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Chi (L) 5W	DIALux 模擬		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	154	168	209
最小照度(lx)	375	367	446
平均照度(lx)	533	507	537
最大照度(lx)	624	592	587
均勻度	0.704	0.725	0.832
每盞燈具消耗電力(W)	4.9	4.8	4.9
全年耗電量(度)	1509.2	1612.8	2048.2
照明功率密度 (W/m ²)	11.57	12.34	15.64
全年電費(元)	6,037	6,451	8,193
設置燈具成本(元)	41,118	39,816	47,443
運轉 5 年總成本(元)	71,302	72,072	88,407

Ota 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ota 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	165	180
最小照度(lx)	347	354
平均照度(lx)	516	535
最大照度(lx)	595	612
均勻度	0.673	0.662
每盞燈具消耗電力(W)	10.1	10.2
全年耗電量(度)	3333	3672
照明功率密度 (W/m ²)	5.81	6.35
全年電費(元)	13,332	14,688
設置燈具成本(元)	73,920	75,240
運轉 5 年總成本(元)	140,580	148,680

Eve 16W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	100	108
最小照度(lx)	387	351
平均照度(lx)	523	531
最大照度(lx)	595	602
均勻度	0.74	0.66
每盞燈具消耗電力(W)	15.5	15.5
全年耗電量(度)	3100	3348
照明功率密度 (W/m ²)	5.39	5.81
全年電費(元)	12,400	13,392
設置燈具成本(元)	57,800	59,184
運轉 5 年總成本(元)	119,800	126,144

Phi 13W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	105	117
最小照度(lx)	378	351
平均照度(lx)	520	541
最大照度(lx)	591	614
均勻度	0.726	0.648
每盞燈具消耗電力(W)	13.1	13.1
全年耗電量(度)	2751	3065.4
照明功率密度 (W/m ²)	4.78	5.31
全年電費(元)	11,004	12,262
設置燈具成本(元)	55,440	58,266
運轉 5 年總成本(元)	110,460	119,574

Eve 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	154	165
最小照度(lx)	352	339
平均照度(lx)	536	521
最大照度(lx)	609	594
均勻度	0.657	0.651
每盞燈具消耗電力(W)	9.4	9.4
全年耗電量(度)	2895.2	3102
照明功率密度 (W/m ²)	5	5.36
全年電費(元)	11,581	12,408
設置燈具成本(元)	64,372	64,020
運轉 5 年總成本(元)	122,276	126,060

Phi 7W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi 7W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	255	270	270
最小照度(lx)	353	355	379
平均照度(lx)	546	544	504
最大照度(lx)	620	616	563
均勻度	0.647	0.654	0.752
每盞燈具消耗電力(W)	6.4	6.4	6.4
全年耗電量(度)	3264	3456	3456
照明功率密度 (W/m ²)	5.67	5.99	5.98
全年電費(元)	13,056	13,824	13,824
設置燈具成本(元)	88,740	85,860	83,160
運轉 5 年總成本(元)	154,020	154,980	152,280

Lud 3W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Lud 3W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	750	780	875
最小照度(lx)	372	357	402
平均照度(lx)	548	512	519
最大照度(lx)	608	561	569
均勻度	0.678	0.697	0.776
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2	3.2
全年耗電量(度)	4800	4992	5600
照明功率密度 (W/m ²)	8.31	8.61	9.6
全年電費(元)	19,200	19,968	22,400
設置燈具成本(元)	205,500	190,320	204,750
運轉 5 年總成本(元)	301,500	290,160	316,750

Ota(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ota(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	165	180
最小照度(lx)	355	363
平均照度(lx)	519	531
最大照度(lx)	600	605
均勻度	0.684	0.683
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	3069	3348
照明功率密度 (W/m ²)	5.34	5.84
全年電費(元)	12,276	13,392
設置燈具成本(元)	73,920	75,240
運轉 5 年總成本(元)	135,300	142,200

Eve(L) 16W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve(L) 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	112	120
最小照度(lx)	393	341
平均照度(lx)	522	515
最大照度(lx)	583	586
均勻度	0.754	0.661
每盞燈具消耗電力(W)	15.4	15.5
全年耗電量(度)	3449.6	3720
照明功率密度 (W/m ²)	6	6.44
全年電費(元)	13,798	14,880
設置燈具成本(元)	64,736	65,760
運轉 5 年總成本(元)	133,728	140,160

Phi(L) 13W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi(L) 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	105	120
最小照度(lx)	360	370
平均照度(lx)	517	555
最大照度(lx)	587	630
均勻度	0.697	0.667
每盞燈具消耗電力(W)	13.2	13.1
全年耗電量(度)	2772	3144
照明功率密度 (W/m ²)	4.81	5.45
全年電費(元)	11,088	12,576
設置燈具成本(元)	55,440	59,760
運轉 5 年總成本(元)	110,880	122,640

Eve(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(A)	LED 燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	180	204
最小照度(lx)	324	340
平均照度(lx)	509	511
最大照度(lx)	579	583
均勻度	0.636	0.665
每盞燈具消耗電力(W)	9.1	9.1
全年耗電量(度)	3276	3712.8
照明功率密度 (W/m ²)	5.69	6.44
全年電費(元)	13,104	14,851
設置燈具成本(元)	75,240	79,152
運轉 5 年總成本(元)	140,760	153,408

Phi (L) 7W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi (L) 7W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	230	234	253
最小照度(lx)	355	337	401
平均照度(lx)	549	532	536
最大照度(lx)	624	602	596
均勻度	0.647	0.633	0.748
每盞燈具消耗電力(W)	7	7	7
全年耗電量(度)	3220	3276	3542
照明功率密度 (W/m ²)	5.61	5.67	6.13
全年電費(元)	12,880	13,104	14,168
設置燈具成本(元)	80,040	74,412	77,924
運轉 5 年總成本(元)	144,440	139,932	148,764

Lud (L) 3W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Lud (L) 3W	DIALux 模擬		
	LED 燈泡放入 試驗燈具(A)	LED 燈泡放入 試驗燈具(B)	LED 燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	600	690	700
最小照度(lx)	346	374	377
平均照度(lx)	517	533	503
最大照度(lx)	572	585	562
均勻度	0.67	0.701	0.749
每盞燈具消耗電力(W)	3.3	3.2	3.2
全年耗電量(度)	3960	4416	4480
照明功率密度 (W/m ²)	6.77	7.74	7.85
全年電費(元)	15,840	17,664	17,920
設置燈具成本(元)	164,400	168,360	163,800
運轉 5 年總成本(元)	243,600	256,680	253,400

Osr 20W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Osr 20W	DIALux 模擬	
	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	126	143
最小照度(lx)	371	357
平均照度(lx)	519	505
最大照度(lx)	583	569
均勻度	0.716	0.708
每盞燈具消耗電力(W)	19	17.8
全年耗電量(度)	4788	5090.8
照明功率密度 (W/m ²)	8.31	8.82
全年電費(元)	19,152	20,363
設置燈具成本(元)	35,028	35,464
運轉 5 年總成本(元)	130,788	137,280

Osr (L) 20W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Osr (L) 20W	DIALux 模擬	
	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(A)	安定器內藏式螢光燈泡放入試驗燈具(B)
安裝燈具數 (盞)	130	150
最小照度(lx)	387	372
平均照度(lx)	540	532
最大照度(lx)	614	603
均勻度	0.716	0.7
每盞燈具消耗電力(W)	19.1	18
全年耗電量(度)	4966	5400
照明功率密度 (W/m ²)	8.63	9.38
全年電費(元)	19,864	21,600
設置燈具成本(元)	36,140	37,200
運轉 5 年總成本(元)	135,460	145,200

Chi 5W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Chi 5W	DIALux 模擬		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	644	750	810
最小照度(lx)	346	353	349
平均照度(lx)	518	528	518
最大照度(lx)	578	592	577
均勻度	0.667	0.668	0.675
每盞燈具消耗電力(W)	5	4.9	5
全年耗電量(度)	6440	7350	8100
照明功率密度 (W/m ²)	11.07	12.63	14.12
全年電費(元)	25,760	29,400	32,400
設置燈具成本(元)	171,948	177,750	183,870
運轉 5 年總成本(元)	300,748	324,750	345,870

Chi (L) 5W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Chi (L) 5W	DIALux 模擬		
	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(A)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(B)	安定器內藏式 螢光燈泡放入 試驗燈具(C)
安裝燈具數 (盞)	620	700	765
最小照度(lx)	359	366	371
平均照度(lx)	550	545	524
最大照度(lx)	622	618	576
均勻度	0.652	0.67	0.708
每盞燈具消耗電力(W)	4.9	4.8	4.9
全年耗電量(度)	6076	6720	7497
照明功率密度 (W/m ²)	10.48	11.57	12.88
全年電費(元)	24,304	26,880	29,988
設置燈具成本(元)	165,540	165,900	173,655
運轉 5 年總成本(元)	287,060	300,300	323,595

附錄三

有外加玻璃罩圓型 LED 嵌燈
在各空間之模擬數據

Ota 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ota 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	32	30
最小照度(lx)	445	416
平均照度(lx)	529	504
最大照度(lx)	580	554
均勻度	0.84	0.825
每盞燈具消耗電力(W)	10	10.1
全年耗電量(度)	640	606
照明功率密度 (W/m ²)	15.67	14.72
全年電費(元)	2,560	2,424
設置燈具成本(元)	14,336	12,540
運轉 5 年總成本(元)	27,136	24,660

Eve 16W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	20	20
最小照度(lx)	461	452
平均照度(lx)	535	552
最大照度(lx)	584	604
均勻度	0.862	0.82
每盞燈具消耗電力(W)	15.5	15.4
全年耗電量(度)	620	616
照明功率密度 (W/m ²)	15.07	15.04
全年電費(元)	2,480	2,464
設置燈具成本(元)	11,560	10,960
運轉 5 年總成本(元)	23,960	23,280

Phi 13W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Phi 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	20	20
最小照度(lx)	429	416
平均照度(lx)	503	514
最大照度(lx)	549	564
均勻度	0.854	0.81
每盞燈具消耗電力(W)	13	12.9
全年耗電量(度)	520	516
照明功率密度 (W/m ²)	12.64	12.57
全年電費(元)	2,080	2,064
設置燈具成本(元)	10,560	9,960
運轉 5 年總成本(元)	20,960	20,280

Eve 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	28	28
最小照度(lx)	459	446
平均照度(lx)	540	530
最大照度(lx)	594	583
均勻度	0.851	0.842
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	520.8	520.8
照明功率密度 (W/m ²)	12.73	12.7
全年電費(元)	2,083	2,083
設置燈具成本(元)	11,704	10,864
運轉 5 年總成本(元)	22,120	21,280

Phi 7W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Phi 7W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	44	42
最小照度(lx)	436	421
平均照度(lx)	519	508
最大照度(lx)	570	560
均勻度	0.841	0.829
每盞燈具消耗電力(W)	6.4	6.3
全年耗電量(度)	563.2	529.2
照明功率密度 (W/m ²)	13.63	12.99
全年電費(元)	2,253	2,117
設置燈具成本(元)	15,312	13,356
運轉 5 年總成本(元)	26,576	23,940

Lud 3W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Lud 3W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	112	99
最小照度(lx)	417	421
平均照度(lx)	512	535
最大照度(lx)	569	601
均勻度	0.815	0.787
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2
全年耗電量(度)	716.8	633.6
照明功率密度 (W/m ²)	17.32	15.31
全年電費(元)	2,867	2,534
設置燈具成本(元)	30,688	24,156
運轉 5 年總成本(元)	45,024	36,828

Ota(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Ota(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	32	32
最小照度(lx)	452	440
平均照度(lx)	523	521
最大照度(lx)	572	572
均勻度	0.864	0.844
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	595.2	595.2
照明功率密度 (W/m ²)	14.44	14.45
全年電費(元)	2,381	2,381
設置燈具成本(元)	14,336	13,376
運轉 5 年總成本(元)	26,240	25,280

Eve(L) 16W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve(L) 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	22	22
最小照度(lx)	455	429
平均照度(lx)	522	524
最大照度(lx)	564	569
均勻度	0.87	0.819
每盞燈具消耗電力(W)	15.3	15.3
全年耗電量(度)	673.2	673.2
照明功率密度 (W/m ²)	16.45	16.42
全年電費(元)	2,693	2,693
設置燈具成本(元)	12,716	12,056
運轉 5 年總成本(元)	26,180	25,520

Phi(L) 13W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Phi(L) 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	20	20
最小照度(lx)	421	433
平均照度(lx)	500	527
最大照度(lx)	547	578
均勻度	0.842	0.821
每盞燈具消耗電力(W)	12.9	12.9
全年耗電量(度)	516	516
照明功率密度 (W/m ²)	12.58	12.6
全年電費(元)	2,064	2,064
設置燈具成本(元)	10,560	9,960
運轉 5 年總成本(元)	20,880	20,280

Eve(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Eve(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	32	33
最小照度(lx)	423	420
平均照度(lx)	504	503
最大照度(lx)	553	550
均勻度	0.84	0.834
每盞燈具消耗電力(W)	9	9.1
全年耗電量(度)	576	600.6
照明功率密度 (W/m ²)	14.11	14.6
全年電費(元)	2,304	2,402
設置燈具成本(元)	13,376	12,804
運轉 5 年總成本(元)	24,896	24,816

Phi (L) 7W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Phi (L) 7W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	40	36
最小照度(lx)	457	409
平均照度(lx)	534	506
最大照度(lx)	587	558
均勻度	0.855	0.809
每盞燈具消耗電力(W)	7	7
全年耗電量(度)	560	504
照明功率密度 (W/m ²)	13.58	12.26
全年電費(元)	2,240	2,016
設置燈具成本(元)	13,920	11,448
運轉 5 年總成本(元)	25,120	21,528

Lud (L) 3W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Lud (L) 3W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	99	80
最小照度(lx)	426	401
平均照度(lx)	523	511
最大照度(lx)	581	577
均勻度	0.814	0.784
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2
全年耗電量(度)	633.6	512
照明功率密度 (W/m ²)	15.55	12.6
全年電費(元)	2,534	2,048
設置燈具成本(元)	27,126	19,520
運轉 5 年總成本(元)	39,798	29,760

Osr 20W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Osr 20W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	32	28
最小照度(lx)	468	459
平均照度(lx)	536	536
最大照度(lx)	585	587
均勻度	0.872	0.856
每盞燈具消耗電力(W)	16.1	16.6
全年耗電量(度)	1030.4	929.6
照明功率密度 (W/m ²)	25.13	22.69
全年電費(元)	4,122	3,718
設置燈具成本(元)	8,896	6,944
運轉 5 年總成本(元)	29,504	25,536

Osr (L) 20W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Osr (L) 20W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	30	28
最小照度(lx)	466	453
平均照度(lx)	530	537
最大照度(lx)	578	589
均勻度	0.879	0.844
每盞燈具消耗電力(W)	16.6	16.7
全年耗電量(度)	996	935.2
照明功率密度 (W/m ²)	24.26	22.82
全年電費(元)	3,984	3,741
設置燈具成本(元)	8,340	6,944
運轉 5 年總成本(元)	28,260	25,648

Chi 5W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Chi 5W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	105	110
最小照度(lx)	439	430
平均照度(lx)	517	525
最大照度(lx)	575	584
均勻度	0.849	0.818
每盞燈具消耗電力(W)	4.8	4.8
全年耗電量(度)	1008	1056
照明功率密度 (W/m ²)	24.43	25.81
全年電費(元)	4,032	4,224
設置燈具成本(元)	28,035	26,070
運轉 5 年總成本(元)	48,195	47,190

Chi (L) 5W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO01)

Chi (L) 5W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	100	105
最小照度(lx)	454	433
平均照度(lx)	526	530
最大照度(lx)	579	584
均勻度	0.863	0.816
每盞燈具消耗電力(W)	4.6	4.6
全年耗電量(度)	920	966
照明功率密度 (W/m ²)	22.63	23.61
全年電費(元)	3,680	3,864
設置燈具成本(元)	26,700	24,885
運轉 5 年總成本(元)	45,100	44,205

Ota 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ota 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	72	72
最小照度(lx)	379	377
平均照度(lx)	507	515
最大照度(lx)	569	581
均勻度	0.747	0.732
每盞燈具消耗電力(W)	10	10.1
全年耗電量(度)	1440	1454.4
照明功率密度 (W/m ²)	11.16	11.18
全年電費(元)	5,760	5,818
設置燈具成本(元)	32,256	30,096
運轉 5 年總成本(元)	61,056	59,184

Eve 16W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	45	45
最小照度(lx)	409	407
平均照度(lx)	523	539
最大照度(lx)	581	601
均勻度	0.782	0.755
每盞燈具消耗電力(W)	15.5	15.4
全年耗電量(度)	1395	1386
照明功率密度 (W/m ²)	10.73	10.71
全年電費(元)	5,580	5,544
設置燈具成本(元)	26,010	24,660
運轉 5 年總成本(元)	53,910	52,380

Phi 13W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	48	48
最小照度(lx)	412	397
平均照度(lx)	523	534
最大照度(lx)	584	596
均勻度	0.788	0.744
每盞燈具消耗電力(W)	13	12.9
全年耗電量(度)	1248	1238.4
照明功率密度 (W/m ²)	9.6	9.54
全年電費(元)	4,992	4,954
設置燈具成本(元)	25,344	23,904
運轉 5 年總成本(元)	50,304	48,672

Eve 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	63	63
最小照度(lx)	398	397
平均照度(lx)	526	514
最大照度(lx)	590	578
均勻度	0.757	0.773
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	1171.8	1171.8
照明功率密度 (W/m ²)	9.06	9.04
全年電費(元)	4,687	4,687
設置燈具成本(元)	26,334	24,444
運轉 5 年總成本(元)	49,770	47,880

Phi 7W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi 7W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	104	104
最小照度(lx)	402	414
平均照度(lx)	530	541
最大照度(lx)	595	604
均勻度	0.758	0.766
每盞燈具消耗電力(W)	6.4	6.3
全年耗電量(度)	1331.2	1310.4
照明功率密度 (W/m ²)	10.19	10.18
全年電費(元)	5,325	5,242
設置燈具成本(元)	36,192	33,072
運轉 5 年總成本(元)	62,816	59,280

Lud 3W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Lud 3W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	290	250
最小照度(lx)	388	397
平均照度(lx)	529	535
最大照度(lx)	588	589
均勻度	0.734	0.742
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2
全年耗電量(度)	1856	1600
照明功率密度 (W/m ²)	14.19	12.23
全年電費(元)	7,424	6,400
設置燈具成本(元)	79,460	61,000
運轉 5 年總成本(元)	116,580	93,000

Ota(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Ota(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	72	72
最小照度(lx)	393	392
平均照度(lx)	509	506
最大照度(lx)	568	563
均勻度	0.773	0.775
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	1339.2	1339.2
照明功率密度 (W/m ²)	10.28	10.29
全年電費(元)	5,357	5,357
設置燈具成本(元)	32,256	30,096
運轉 5 年總成本(元)	59,040	56,880

Eve(L) 16W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve(L) 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	49	50
最小照度(lx)	399	388
平均照度(lx)	505	514
最大照度(lx)	560	573
均勻度	0.789	0.755
每盞燈具消耗電力(W)	15.3	15.3
全年耗電量(度)	1499.4	1530
照明功率密度 (W/m ²)	11.59	11.81
全年電費(元)	5,998	6,120
設置燈具成本(元)	28,322	27,400
運轉 5 年總成本(元)	58,310	58,000

Phi(L) 13W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi(L) 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	48	48
最小照度(lx)	397	413
平均照度(lx)	520	548
最大照度(lx)	583	612
均勻度	0.763	0.753
每盞燈具消耗電力(W)	12.9	12.9
全年耗電量(度)	1238.4	1238.4
照明功率密度 (W/m ²)	9.55	9.56
全年電費(元)	4,954	4,954
設置燈具成本(元)	25,344	23,904
運轉 5 年總成本(元)	50,112	48,672

Eve(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Eve(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	75	80
最小照度(lx)	381	403
平均照度(lx)	507	527
最大照度(lx)	568	588
均勻度	0.751	0.765
每盞燈具消耗電力(W)	9	9.1
全年耗電量(度)	1350	1456
照明功率密度 (W/m ²)	10.46	11.2
全年電費(元)	5,400	5,824
設置燈具成本(元)	31,350	31,040
運轉 5 年總成本(元)	58,350	60,160

Phi (L) 7W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Phi (L) 7W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	96	90
最小照度(lx)	421	405
平均照度(lx)	548	542
最大照度(lx)	613	605
均勻度	0.767	0.747
每盞燈具消耗電力(W)	7	7
全年耗電量(度)	1344	1260
照明功率密度 (W/m ²)	10.31	9.69
全年電費(元)	5,376	5,040
設置燈具成本(元)	33,408	28,620
運轉 5 年總成本(元)	60,288	53,820

Lud (L) 3W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Lud (L) 3W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	240	209
最小照度(lx)	383	389
平均照度(lx)	515	530
最大照度(lx)	568	582
均勻度	0.744	0.734
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2
全年耗電量(度)	1536	1337.6
照明功率密度 (W/m ²)	11.93	10.42
全年電費(元)	6,144	5,350
設置燈具成本(元)	65,760	50,996
運轉 5 年總成本(元)	96,480	77,748

Osr 20W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Osr 20W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	70	66
最小照度(lx)	393	410
平均照度(lx)	510	549
最大照度(lx)	570	614
均勻度	0.77	0.747
每盞燈具消耗電力(W)	16.1	16.6
全年耗電量(度)	2254	2191.2
照明功率密度 (W/m ²)	17.39	16.92
全年電費(元)	9,016	8,765
設置燈具成本(元)	19,460	16,368
運轉 5 年總成本(元)	64,540	60,192

Osr (L) 20W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Osr (L) 20W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	70	66
最小照度(lx)	425	406
平均照度(lx)	543	549
最大照度(lx)	603	615
均勻度	0.782	0.74
每盞燈具消耗電力(W)	16.6	16.7
全年耗電量(度)	2324	2204.4
照明功率密度 (W/m ²)	17.91	17.02
全年電費(元)	9,296	8,818
設置燈具成本(元)	19,460	16,368
運轉 5 年總成本(元)	65,940	60,456

Chi 5W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Chi 5W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	247	260
最小照度(lx)	402	400
平均照度(lx)	524	537
最大照度(lx)	591	605
均勻度	0.767	0.744
每盞燈具消耗電力(W)	4.8	4.8
全年耗電量(度)	2371.2	2496
照明功率密度 (W/m ²)	18.18	19.3
全年電費(元)	9,485	9,984
設置燈具成本(元)	65,949	61,620
運轉 5 年總成本(元)	113,373	111,540

Chi (L) 5W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO02)

Chi (L) 5W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	228	247
最小照度(lx)	392	405
平均照度(lx)	519	543
最大照度(lx)	587	611
均勻度	0.754	0.747
每盞燈具消耗電力(W)	4.6	4.6
全年耗電量(度)	2097.6	2272.4
照明功率密度 (W/m ²)	16.33	17.57
全年電費(元)	8,390	9,090
設置燈具成本(元)	60,876	58,539
運轉 5 年總成本(元)	102,828	103,987

Ota 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ota 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	270	280
最小照度(lx)	350	360
平均照度(lx)	503	524
最大照度(lx)	563	590
均勻度	0.696	0.687
每盞燈具消耗電力(W)	10	10.1
全年耗電量(度)	5400	5656
照明功率密度 (W/m ²)	9.41	9.78
全年電費(元)	21,600	22,624
設置燈具成本(元)	120,960	117,040
運轉 5 年總成本(元)	228,960	230,160

Eve 16W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	170	170
最小照度(lx)	380	373
平均照度(lx)	519	535
最大照度(lx)	576	599
均勻度	0.731	0.697
每盞燈具消耗電力(W)	15.5	15.4
全年耗電量(度)	5270	5236
照明功率密度 (W/m ²)	9.12	9.1
全年電費(元)	21,080	20,944
設置燈具成本(元)	98,260	93,160
運轉 5 年總成本(元)	203,660	197,880

Phi 13W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	180	180
最小照度(lx)	376	366
平均照度(lx)	512	523
最大照度(lx)	568	584
均勻度	0.733	0.699
每盞燈具消耗電力(W)	13	12.9
全年耗電量(度)	4680	4644
照明功率密度 (W/m ²)	8.1	8.05
全年電費(元)	18,720	18,576
設置燈具成本(元)	95,040	89,640
運轉 5 年總成本(元)	188,640	182,520

Eve 10W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	240	256
最小照度(lx)	370	397
平均照度(lx)	521	548
最大照度(lx)	579	608
均勻度	0.711	0.725
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	4464	4761.6
照明功率密度 (W/m ²)	7.77	8.27
全年電費(元)	17,856	19,046
設置燈具成本(元)	100,320	99,328
運轉 5 年總成本(元)	189,600	194,560

Phi 7W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi 7W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	400	400
最小照度(lx)	369	378
平均照度(lx)	523	534
最大照度(lx)	588	598
均勻度	0.705	0.708
每盞燈具消耗電力(W)	6.4	6.3
全年耗電量(度)	5120	5040
照明功率密度 (W/m ²)	8.82	8.81
全年電費(元)	20,480	20,160
設置燈具成本(元)	139,200	127,200
運轉 5 年總成本(元)	241,600	228,000

Lud 3W LED 晝光色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Lud 3W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	1200	1000
最小照度(lx)	397	379
平均照度(lx)	552	530
最大照度(lx)	606	580
均勻度	0.72	0.715
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2
全年耗電量(度)	7680	6400
照明功率密度 (W/m ²)	13.21	11.01
全年電費(元)	30,720	25,600
設置燈具成本(元)	328,800	244,000
運轉 5 年總成本(元)	482,400	372,000

Ota(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Ota(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	280	280
最小照度(lx)	371	370
平均照度(lx)	515	511
最大照度(lx)	574	567
均勻度	0.721	0.723
每盞燈具消耗電力(W)	9.3	9.3
全年耗電量(度)	5208	5208
照明功率密度 (W/m ²)	8.99	9
全年電費(元)	20,832	20,832
設置燈具成本(元)	125,440	117,040
運轉 5 年總成本(元)	229,600	221,200

Eve(L) 16W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve(L) 16W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	190	190
最小照度(lx)	379	360
平均照度(lx)	513	513
最大照度(lx)	573	575
均勻度	0.738	0.701
每盞燈具消耗電力(W)	15.3	15.3
全年耗電量(度)	5814	5814
照明功率密度 (W/m ²)	10.11	10.09
全年電費(元)	23,256	23,256
設置燈具成本(元)	109,820	104,120
運轉 5 年總成本(元)	226,100	220,400

Phi(L) 13W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi(L) 13W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	180	180
最小照度(lx)	363	385
平均照度(lx)	510	537
最大照度(lx)	567	601
均勻度	0.713	0.716
每盞燈具消耗電力(W)	12.9	12.9
全年耗電量(度)	4644	4644
照明功率密度 (W/m ²)	8.06	8.07
全年電費(元)	18,576	18,576
設置燈具成本(元)	95,040	89,640
運轉 5 年總成本(元)	187,920	182,520

Eve(L) 10W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Eve(L) 10W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	294	300
最小照度(lx)	363	365
平均照度(lx)	520	513
最大照度(lx)	579	570
均勻度	0.698	0.712
每盞燈具消耗電力(W)	9	9.1
全年耗電量(度)	5292	9.45
照明功率密度 (W/m ²)	9.23	11.2
全年電費(元)	21,168	21,840
設置燈具成本(元)	122,892	116,400
運轉 5 年總成本(元)	228,732	225,600

Phi (L) 7W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Phi (L) 7W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	360	340
最小照度(lx)	377	379
平均照度(lx)	529	531
最大照度(lx)	591	588
均勻度	0.713	0.713
每盞燈具消耗電力(W)	7	7
全年耗電量(度)	5040	4760
照明功率密度 (W/m ²)	8.7	8.24
全年電費(元)	20,160	19,040
設置燈具成本(元)	125,280	108,120
運轉 5 年總成本(元)	226,080	203,320

Lud (L) 3W LED 暖色搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Lud (L) 3W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	1000	800
最小照度(lx)	393	387
平均照度(lx)	541	552
最大照度(lx)	598	608
均勻度	0.727	0.701
每盞燈具消耗電力(W)	3.2	3.2
全年耗電量(度)	6400	5120
照明功率密度 (W/m ²)	11.18	9.87
全年電費(元)	25,600	20,480
設置燈具成本(元)	274,000	195,200
運轉 5 年總成本(元)	402,000	297,600

Osr 20W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Osr 20W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	272	234
最小照度(lx)	342	373
平均照度(lx)	528	515
最大照度(lx)	589	571
均勻度	0.647	0.724
每盞燈具消耗電力(W)	16.1	16.6
全年耗電量(度)	8758.4	7768.8
照明功率密度 (W/m ²)	15.21	13.5
全年電費(元)	35,034	31,075
設置燈具成本(元)	75,616	58,032
運轉 5 年總成本(元)	250,784	213,408

Osr (L) 20W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Osr (L) 20W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	256	240
最小照度(lx)	394	375
平均照度(lx)	532	529
最大照度(lx)	591	591
均勻度	0.741	0.708
每盞燈具消耗電力(W)	16.6	15.7
全年耗電量(度)	8499.2	7536
照明功率密度 (W/m ²)	14.74	13.93
全年電費(元)	33,997	30,144
設置燈具成本(元)	71,168	59,520
運轉 5 年總成本(元)	241,152	210,240

Chi 5W 晝光色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Chi 5W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	1000	950
最小照度(lx)	393	354
平均照度(lx)	543	505
最大照度(lx)	605	564
均勻度	0.725	0.702
每盞燈具消耗電力(W)	4.8	4.8
全年耗電量(度)	9600	9120
照明功率密度 (W/m ²)	16.56	15.87
全年電費(元)	38,400	36,480
設置燈具成本(元)	267,000	225,150
運轉 5 年總成本(元)	459,000	407,550

Chi (L) 5W 暖色螢光燈泡搭配不同燈具模擬數據(空間編號 NO03)

Chi (L) 5W	DIALux 模擬	
	LED 燈泡放入試驗燈具(D)	LED 燈泡放入試驗燈具(E)
安裝燈具數 (盞)	930	880
最小照度(lx)	394	347
平均照度(lx)	548	503
最大照度(lx)	621	567
均勻度	0.719	0.69
每盞燈具消耗電力(W)	4.6	4.6
全年耗電量(度)	8556	8096
照明功率密度 (W/m ²)	14.98	14.09
全年電費(元)	34,224	32,384
設置燈具成本(元)	248,310	208,560
運轉 5 年總成本(元)	419,430	370,480

附錄四

試驗燈具更換不同燈泡 模擬數據

試驗燈具(A)更換不同燈泡模擬數據 (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
Osr 20W	470	525	565	0.895	14.83	安定器內藏式螢光燈泡
Ota 10W	363	429	473	0.846	7.91	LED 燈泡
Eve 9W	602	681	736	0.884	12.12	LED 燈泡
Wtc 10W	576	658	716	0.875	10.24	LED 燈泡
Age 10W	412	496	556	0.83	7.3	LED 燈泡
Tat 9W	252	317	366	0.795	5	LED 燈泡
Lud 9W	94	128	146	0.73	2.49	LED 燈泡
Mod 10W	374	431	475	0.866	7.27	LED 燈泡
Ltu 10W	543	600	642	0.904	12.04	LED 燈泡
Dan 10W	569	653	712	0.872	10.29	LED 燈泡
Chd 10W	326	403	452	0.81	7.1	LED 燈泡
Eve(L) 9W	286	354	409	0.807	5.48	LED 燈泡
Wtc(L) 10W	108	149	170	0.726	2.54	LED 燈泡

試驗燈具(A)更換不同燈泡模擬數據 (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
Osr 20W	426	535	603	0.796	10.26	安定器內藏式螢光燈泡
Ota 10W	311	422	489	0.735	5.48	LED 燈泡
Eve 9W	561	683	765	0.822	8.39	LED 燈泡
Wtc 10W	521	654	748	0.798	7.09	LED 燈泡
Age 10W	338	475	546	0.71	5.05	LED 燈泡
Tat 9W	210	299	349	0.704	3.46	LED 燈泡
Lud 9W	75	110	126	0.685	1.72	LED 燈泡
Mod 10W	324	425	493	0.761	5.03	LED 燈泡
Ltu 10W	503	603	675	0.835	8.33	LED 燈泡
Dan 10W	497	649	744	0.766	7.12	LED 燈泡
Chd 10W	267	389	448	0.688	4.92	LED 燈泡
Eve(L) 9W	240	334	390	0.717	3.79	LED 燈泡
Wtc(L) 10W	87	127	146	0.681	1.76	LED 燈泡

試驗燈具(A)更換不同燈泡模擬數據 (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
Osr 20W	371	519	583	0.716	8.31	安定器內藏式螢光燈泡
Ota 10W	265	396	457	0.667	4.44	LED 燈泡
Eve 9W	494	663	741	0.745	6.79	LED 燈泡
Wtc 10W	449	622	703	0.722	5.74	LED 燈泡
Age 10W	287	440	501	0.652	4.09	LED 燈泡
Tat 9W	177	273	312	0.648	2.8	LED 燈泡
Lud 9W	67	97	113	0.686	1.4	LED 燈泡
Mod 10W	277	399	459	0.694	4.08	LED 燈泡
Ltu 10W	443	586	653	0.755	6.75	LED 燈泡
Dan 10W	433	618	700	0.701	5.77	LED 燈泡
Chd 10W	230	360	411	0.637	3.98	LED 燈泡
Eve(L) 9W	200	306	348	0.653	3.07	LED 燈泡
Wtc(L) 10W	77	113	132	0.683	1.42	LED 燈泡

試驗燈具(B)更換不同燈泡模擬數據 (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
Osr 20W	450	523	566	0.862	15.59	安定器內藏式螢光燈泡
Ota 10W	382	473	523	0.807	8.92	LED 燈泡
Eve 9W	604	752	820	0.804	13.61	LED 燈泡
Wtc 10W	555	720	795	0.771	11.47	LED 燈泡
Age 10W	401	509	564	0.788	8.21	LED 燈泡
Tat 9W	262	338	383	0.774	5.61	LED 燈泡
Lud 9W	92	128	149	0.72	2.79	LED 燈泡
Mod 10W	384	466	514	0.824	8.2	LED 燈泡
Ltu 10W	520	657	719	0.792	13.57	LED 燈泡
Dan 10W	577	726	801	0.795	11.48	LED 燈泡
Chd 10W	323	402	445	0.803	7.98	LED 燈泡
Eve(L) 9W	284	381	430	0.746	6.13	LED 燈泡
Wtc(L) 10W	107	149	174	0.721	2.84	LED 燈泡

試驗燈具(B)更換不同燈泡模擬數據 (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
Osr 20W	412	530	600	0.777	10.96	安定器內藏式螢光燈泡
Ota 10W	334	463	525	0.721	6.27	LED 燈泡
Eve 9W	551	750	843	0.734	9.57	LED 燈泡
Wtc 10W	498	707	801	0.704	8.06	LED 燈泡
Age 10W	346	492	565	0.703	5.77	LED 燈泡
Tat 9W	220	321	366	0.687	3.94	LED 燈泡
Lud 9W	77	111	123	0.69	1.96	LED 燈泡
Mod 10W	337	456	517	0.739	5.77	LED 燈泡
Ltu 10W	481	656	735	0.733	9.54	LED 燈泡
Dan 10W	518	713	805	0.726	8.07	LED 燈泡
Chd 10W	280	452	393	0.712	5.61	LED 燈泡
Eve(L) 9W	241	361	414	0.668	4.31	LED 燈泡
Wtc(L) 10W	90	130	144	0.688	1.99	LED 燈泡

試驗燈具(B)更換不同燈泡模擬數據 (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
Osr 20W	359	508	573	0.707	8.88	安定器內藏式螢光燈泡
Ota 10W	288	431	490	0.668	5.08	LED 燈泡
Eve 9W	485	716	808	0.678	7.75	LED 燈泡
Wtc 10W	430	664	753	0.648	6.53	LED 燈泡
Age 10W	295	455	518	0.648	4.68	LED 燈泡
Tat 9W	188	294	333	0.641	3.2	LED 燈泡
Lud 9W	64	99	111	0.646	1.59	LED 燈泡
Mod 10W	292	426	483	0.684	4.67	LED 燈泡
Ltu 10W	427	627	704	0.681	7.73	LED 燈泡
Dan 10W	448	670	757	0.669	6.54	LED 燈泡
Chd 10W	241	366	416	0.658	4.55	LED 燈泡
Eve(L) 9W	207	330	376	0.627	3.49	LED 燈泡
Wtc(L) 10W	74	115	130	0.642	1.62	LED 燈泡

附錄(五) 期中會議記錄及處理情形

時間：105 年 8 月 4 日（星期三）下午 2 時 30 分

地點：本所簡報室

主持人：陳副所長瑞鈴

出席人員：略

<p><u>台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)</u></p>	
<p>1.本研究係針對市售圓型 LED 嵌燈進行試驗，建議應分類為有取得節能標章及未取得節能標章，與國內(MIT)產品及進口產品，並進一步交叉分析比對，俾供參考。</p>	<p>1.謝謝委員指正，本研究已將圓型 LED 嵌燈試驗所得數據與節能標章基準進行比較，相關產品均於國內大型賣場購買，以提供實際應用參考。</p>
<p><u>周教授鼎金</u></p>	
<p>1.研究內容充實，實測結果與分析方法合理，成果具參考價值。 2.實測結果燈具效率值，可供後續綠建築標章照明系統節能評估有關燈具效率值修訂之參考。 3.有無外加玻璃罩之燈具，在眩光指數及均勻度差異不大，其原因仍請分析說明之，以利應用參考。</p>	<p>1.謝謝委員意見。 2.謝謝委員意見，將提供數據供研修參酌。 3.謝謝委員指正，已進行初步分析探討。</p>
<p><u>馮協理文信</u></p>	
<p>1.圓型嵌燈為商業照明及居家照明等主流產品之一，量測數據完整，值得做為瞭解市場品質之參考。 2.建議建立樣本燈泡及試驗燈具之尺寸、裸燈泡配光曲線等特性資料，以利後續燈泡安裝於燈具後配光曲線變化之解析。</p>	<p>1.謝謝委員意見。 2.謝謝委員指正，已補充裸燈泡尺寸、配光曲線等特性資料。</p>

<p>3.建議後續進行模組式嵌燈品質狀況之瞭解探討。</p> <p>4.建議後續進行既有螺旋螢光燈泡之嵌燈直接替換 LED 燈泡之合理可行性探討。</p>	<p>3.謝謝委員指正，已於報告書中補充常見直徑 15cm 及 12cm 之模組式嵌燈試驗數據供參。</p> <p>4.謝謝委員意見，已進行既有螺旋螢光燈泡之嵌燈直接替換 LED 燈泡探討。</p>
<p><u>蕭教授弘清</u></p>	
<p>1.大方向作的成果很不錯，也有觸及研究計畫的核心問題，對於 LED 照明燈具之應用有助益。</p> <p>2.嵌燈作 LED 光源與燈具間之功率因數探討意義不大，因本研究電路係直接銜接於 LED 燈座上，與燈具其他部分無關，而使用 3W 及 5W 光源光輸出太少意義也不大，測試項目之選擇要考慮實用性及意義。</p> <p>3.用字、措詞及其他產官學研單位名稱宜更新，不要弄錯，工研院 7 年前就改能資所為綠能所。</p> <p>4.排版格式待加強，表格不要切割在不同頁，上下標、英文全名及簡寫格式等要符合規範要求。</p> <p>5.宜朝向探討 LED 照明產品之使用界限及適用條件等，才具有應用推廣價值。</p> <p>6.白熾燈是在特定場所禁用，但並未禁產，停止生產是產業界的事，政府只宣佈汰換不應是禁產，文字部分請修正。</p> <p>7.筒燈是否考量加測筒下有遮光板(如十字或雙同心圓格柵)，以增進應用價值及貼近事實。</p>	<p>1.謝謝委員意見。</p> <p>2.謝謝委員指正，已刪除功率因數探討，另進行 3W 及 5W 小瓦數光源，主要提供若既有 20W 螺旋螢光燈泡更換上開 LED 燈泡，確實會對照明環境產生很大影響。</p> <p>3. 謝謝委員指正，已檢討修正。</p> <p>4.謝謝委員指正，已檢討修正。</p> <p>5.謝謝委員意見，建議納入未來研究探討。</p> <p>6.謝謝委員指正，已檢討修正。</p> <p>7.囿於研究時程及人力有限，且前期研究已進行格柵 T-BAR 燈具探討，建議納入未來研究探討。</p>

<p><u>段教授葉芳</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請補充光源、燈具使用時應注意事項，並針對各類光源燈具之適用場所、舒適光度建議值、及如何避免對人眼產生光害加以說明。 2. 報告書產製之數據建議可調整為使用者容易應用為目標。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見，已補充LED 應用範圍或場所及參酌 CNS 12112 摘錄相關建議數值資料，以避免對人眼產生光害。 2. 謝謝委員指正，已檢討修正。
<p><u>陳組長伯勳</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. LED 為指向性光源，是否適合於短距離照明比如檯燈？並請補充說明適用場所，以免影響視覺品質。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見，已補充LED 應用範圍或場所及參酌 CNS 12112 摘錄相關建議數值資料，以免影響視覺品質。
<p><u>主席</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 針對有無外加玻璃罩嵌燈之眩光指數及均勻度差異不大部分，請再更進一步探討緣由，以確保實驗數據之正確性。 2. 本案比對用圓型螢光嵌燈，所安裝之光源請採用節能標章產品，避免因比較基礎不同發生混淆情形。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員指正，已進行初步分析探討。 2. 謝謝委員意見，本案比對用圓型螢光嵌燈，所安裝之光源係採用符合節能標章能效(3 級)之產品。

附錄(六) 期末會議記錄及處理情形

時間：105 年 12 月 6 日（星期二）下午 2 時 30 分

地點：本所簡報室

主持人：陳所長瑞鈴

出席人員：略

<p><u>台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)</u></p> <ol style="list-style-type: none">1.本研究符合預期成果。2.本研究蒐集國內、外有關 LED 照明資料，對產業發展趨勢具有價值與目的。3.本研究對未來制(修)訂規範具參考價值與目的。	<ol style="list-style-type: none">1. 謝謝委員意見。2. 謝謝委員意見。3. 謝謝委員意見。
<p><u>周教授鼎金</u></p> <ol style="list-style-type: none">1.研究成果符合原規劃目標，且研究成果具參考應用價值。2.簡報 P.11 模擬空間 NO01 之工作面高度為 0.7m，與其他樣本不同，請補充說明。3.簡報 P.39 之 13W 無外加玻璃罩與 10W 外加玻璃罩省能選擇，請說明之。4.報告書中核定功率建議更正為額定功率。	<ol style="list-style-type: none">1. 謝謝委員意見。2. 謝謝委員指正，已於報告書中補充模擬空間 NO01 工作面高度設定說明。3. 謝謝委員指正，已於報告書中補充更換 LED 燈泡省能選擇。4. 謝謝委員指正，已進行修正。
<p><u>馮協理文信</u></p> <ol style="list-style-type: none">1.本研究案所述”省電燈泡”建議名稱統一使用”安定器內藏式螢光燈泡”。2.報告書 P.227 所述比對光源應非為節能標章產品，而是符合某能效等級之產品，請	<ol style="list-style-type: none">1. 謝謝委員指正，已進行修正。2. 謝謝委員指正，已進行修正

<p>再確認。</p> <p><u>段教授葉芳</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.建議列出 LED 照明之適用場域，以供設計師採用。 2.本案結果與結論應與期初設定之目標相同，例如提出國內相關照明標準及設計建議。 3.研訂相關 LED 之照明標準，建議應調整以人類使用之健康為依據。 <p><u>陳組長伯勳</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.建議報告書 P.146 表 4-5.7 應區分為照明器具建置成本及運轉 5 年總成本，以利參考運用。 <p><u>主席</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.本案請提出各類燈具適用照明環境之建議，俾供民眾作為選取之參考。 2.有關運轉 5 年總成本條件之設定、3 個模擬空間選擇與比對用省電燈泡種類等，應有詳細說明。 3.照明與民眾生活息息相關，請再多思考研究成果如何具體呈現，以提升應用參考價值。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員意見，已補充 LED 照明之適用場域以供參酌。 2.謝謝委員指正，已檢討修正。 <ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員意見，囿於研究時程及人力有限，建議納入未來研究探討。 <ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指正，已進行修正。 <ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員意見，已補充各類燈具適用照明場所之建議以供參酌。 2.謝謝委員意見，已補充相關說明。 3.謝謝委員意見，已補充修正研究成果，並納入後續研究改進。
---	--

參考書目

1. 蔡介峰,“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成果報告,2015 年 12 月。
2. 蔡介峰,“65 公分以上直管型 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,2014 年 12 月。
3. 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。
4. 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。
5. 經濟部能源局,“LED 照明節能應用技術手冊”,2012 年 12 月。
6. 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。
7. CNS12112,“室內工作場所照明”,2012 年。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. CNS 15437,“輕鋼架天花板(T-bar)嵌入型發光二極體燈具”,2010 年。
12. CNS 15438,“雙燈帽直管型 LED 光源-安全性要求”,2010 年。
13. JEL801,“L 型燈口的直管型 LED 燈系統(普通照明用)”,2010 年。
14. 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。
15. 黃建歷,“高功率白光 LED 照明之光學設計”,碩士論文,2009 年 07 月。
16. U.S. Department of Energy,“ENERGY STAR® Program Requirements for Solid

State Lighting Luminaires)”,2008 年。

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