

# 建築照明節能效益評估之研究

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 101 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)



# 建築照明節能效益評估之研究

計畫主持人：陳瑞鈴副所長

協同主持人：周鼎金教授

研究人員：周澤亞

研究助理：林羽賢、張清山

## 內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 101 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)



**THE EVALUATION OF LIGHTING  
ENERGY SAVING BENEFITS FOR  
BUILDINGS**

BY

Chen, Ruei-Ling  
Chou, Ding-chin  
Chou, Ze-Ya  
Lin, Yu-Suan  
Jang, Ching-Shan



## 目次

目次.....	I
圖次.....	III
表次.....	V
摘要.....	VII
Abstract.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與目標 .....	1
第二節 研究方法與流程 .....	3
第三節 工作項目與具體成果 .....	5
第四節 執行進度 .....	7
第二章 相關文獻回顧 .....	9
第一節 室內照明計算方法 .....	9
第二節 照明耗電評估 .....	17
第三節 國外照明耗電評估網頁 .....	27
第三章 建築照明節能效益評估資料庫建置 .....	31
第一節 照明耗電計算與節能效益評估方法 .....	31
第二節 資料庫的規劃與架構 .....	35

<b>第三節 資料庫整體操作流程說明 .....</b>	<b>43</b>
<b>第四章 照明體驗空間規劃 .....</b>	<b>45</b>
<b>第一節 國內外相關資料收集 .....</b>	<b>45</b>
<b>第二節 建築照明體驗空間構想 .....</b>	<b>53</b>
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>61</b>
<b>第一節 結論 .....</b>	<b>61</b>
<b>第二節 建議 .....</b>	<b>69</b>
<b>附錄一、甄審意見及回應情形 .....</b>	<b>71</b>
<b>附錄二、期中簡報及處理情形 .....</b>	<b>73</b>
<b>附錄三、期末簡報及處理情形 .....</b>	<b>77</b>
<b>附錄四、第一次座談會議紀錄 .....</b>	<b>81</b>
<b>附錄五、第二次座談會議紀錄 .....</b>	<b>83</b>
<b>參考文獻.....</b>	<b>85</b>

## 圖次

圖 1.1 研究流程 .....	4
圖 2.1 民國 99~118 年全國電力用電量預測.....	9
圖 2.2 距離平方反比定律 .....	11
圖 2.3 入射角餘弦定律 .....	12
圖 2.4 室指數.....	13
圖 2.5 室指數示意圖 .....	14
圖 2.6 利用係數 .....	15
圖 2.7 節能改善效益示意圖 .....	18
圖 2.8 網頁之 LPD 值計算 .....	27
圖 2.9 燈具汰換節電計算 .....	28
圖 2.10 飛利浦光源汰換節能計算 .....	28
圖 2.11 GE 光源汰換節能計算.....	29
圖 2.12 TOSHIBA 光源汰換節能計算 .....	30
圖 3.1 資料庫架構運作說明圖.....	33
圖 3.2 資料庫架構圖 .....	39
圖 4.1 照明節能體驗空間分區示意圖 .....	54
圖 4.2 展示空間模擬示意圖 .....	57

圖 4.3 單元展示空間之尺寸圖.....	56
圖 4.4 展示空間整體模擬示意圖.....	57
圖 5.1 照明節能評估系統首頁.....	59
圖 5.2 簡易版(局部照明)網頁.....	60
圖 5.3 簡易版(使用效益評估)網頁.....	61
圖 5.4 進階版(既有改善效益評估)網頁.....	61
圖 5.5 進階版(新設規劃效益評估)網頁.....	62
圖 5.6 照明小常識網頁.....	63

## 表次

表 2.1 照度評估相關規範 .....	10
表 2.2 室指數之分級 .....	13
表 2.3 台電非時間電價 .....	19
表 2.4 國內照明耗電評估相關文獻探討 .....	20
表 2.5 ASHARE 90.1-2010 建築面積型式照明單位面積強度 .....	21
表 2.6 新加坡照明用電密度 UPD 值 .....	22
表 2.7 建築物的基準值 .....	22
表 2.8 綠建築日常節能指標簡易查核表 .....	23
表 2.9 照明節能之主要作業空間照明功率密度基準 UPD 值 .....	24
表 3.1 照明節能評估的輸入與輸出項目 .....	36
表 3.2 材質反射率 .....	37
表 3.3 維護率.....	37
表 3.4 照明率表 .....	38
表 3.5 第一階(1NF)作業 .....	40
表 3.6 第二階(2NF)作業 .....	40

表 3.7 第三階(3NF)作業 .....	41
表 4.1 漢德森家居照明體驗空間.....	46
表 4.2 漢德森商業照明體驗空間 .....	47
表 4.3 雄雞路燈展示區 .....	48
表 4.4 雄雞照明基礎體驗區 .....	48
表 4.5 雄雞照明實驗區 .....	49
表 4.6 雄雞特殊照明區 .....	49
表 4.7 飛利浦亞洲照明體驗空間 .....	50
表 4.8 鴻雁智慧照明體驗館分區介紹 .....	51
表 4.9 展示空間內容概念說明 .....	53
表 4.10 相同空間下之各種光源效率比 .....	55
表 5.2 客廳常見光源效益估算.....	64
表 5.2 臥室常見光源效益估算.....	65

## 摘要

關鍵詞：照明用電評估、照明功率密度、照明計算

### 一、研究緣起

近年來我國致力於環境永續與降低能源消耗，期望照明應用可兼具舒適與節能之功效。經濟部能源局 2009 年針對住商部門能源消費調查中發現：照明用電占總用電之 11.3%，僅次於空調與熱水；依據建築使用室內照明分類，辦公室佔總用電之 40%，住宅佔總用電之 30%，因此合理的減少室內照明用電在節能項目中為極具成效之選擇，本研究藉由建築照明節能效益評估及軟體資料庫建置，提供民眾能方便自我診斷空間所採用照明設備是否具節能效益之照明規劃，並提高舊有設備改善成效。

### 二、研究方法及過程

本研究主要係研擬建築照明節能效益評估方法及簡易軟體應用，由於國際上已經有相關之評估方法，因此本研究採用文獻調查分析、比較分析法、專家諮詢法、歸納法等，並以 Microsoft Office Access 程式軟體撰寫以達成計畫目標。

### 三、重要發現

本研究最後將提供照明節能效益評估軟體，供民眾能以網頁線上診斷建築空間所採用照明設備與節能減碳效益，以達推廣照明節能之成效。

### 四、主要建議事項

根據研究發現，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

(一) 立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

本研究建置之評估系統可供民眾自行至網頁計算照明所需光源數量、電費及耗電與建置費用等項目，惟照明燈具日新月異需定期更新，網頁空間及伺服器架站需時常維護方可維持資料之正確性，故建議編列相關費用以利網站持續運作。

(二) 中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

建議配合大專院校舉辦研討會或教育訓練，藉以宣導網頁軟體使用方法及照明相關知識，提升民眾對照明設備之認知以利達成節能目標。

## Abstract

Keywords: electricity assessment for lighting, lighting power density, lighting calculation

In recent years, In order to get a comfortable and energy-saving lighting environment, the policy focus on creating environmental sustainability and reducing energy consumption in Taiwan. We know that the lighting electrical consumption account 11.3 percent of the building energy by the residential and commercial sector energy consumption survey from The Bureau of energy in 2009. Therefore, how to save energy for lighting is very important. The study provides a web that the public can do electricity assessment for lighting by themselves with the system of the evaluation of lighting energy saving benefits for buildings.

Immediately feasible propose

The organizer: Architecture and Building Institute, Ministry of the interior

The co-organizer: Architecture and Building Institute, Ministry of the interior

The website information needs to be continuously updated, so it need budget to keep functioning.

Medium and long-term propose

The organizer: Architecture and Building Institute, Ministry of the interior

The co-organizer: Architecture and Building Institute, Ministry of the interior

We can introduce the function of this website to promote knowledge of energy-saving for lighting to public through the organize seminars or training in the future.



## 第一章 緒論

### 第一節 研究動機與目標

建築物為生活之根本亦為最大能源消耗體，根據美國 DOE 研究發現其耗能佔總體能源之 39%，而在建築物耗能中電力耗能佔 2/3，水資源佔 1/8。依據經濟部能源局民國 98 年住商部門能源消費調查，台灣住商部門照明用電佔總用電之 11.3%，僅次於空調與熱水；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%，因此合理的減少建築照明用電在節能項目中是相當重要與有效的。近年來我國致力於環境永續與降低能源消耗，提倡低碳、綠色照明進而期望照明應用可兼具美觀與節能之功效，故本研究期望藉由建築照明節能效益評估及軟體資料庫建置，提供具節能效益之照明規劃，並提高舊有設備之改善成效。

至於降低照明耗能，須要能評估照明設計耗能或者評估照明改善節能效益，預先瞭解該照明設備之電力消耗與節能效益，並予妥善規劃將可有效達成節約能源目的。

本研究欲建立合理的照明用電評估模式，包括不同空間大小、照明方式、設計照度、採用光源以及安定器等之耗電量、使用時間等。利用照明用電評估模式可以預估空間之照明電量以及照明功率密度(lighting power density)，以利於診斷建築照明設計之方案是否符合節能基準。並蒐集市面上各種不同照明設備之功率、壽命、價格以及台電電價結構等資料，藉此建立照明設備用電評估相關之資料庫，再配合照明用電評估模式等資料，藉以評估照明設備之節能效益，包括節省電費與回收年限等。本研究最後將提供簡單之照明節能效益評估軟體，供民眾能方便診斷建築空間所採用照明設備之節能與減碳效益，以達推廣照明節能之成效。



## 第二節 研究方法與流程

### 一、 研究方法

本研究主要係研擬建築照明節能效益評估方法及簡易軟體應用，由於國際上已經有相關之評估方法，因此本研究採用文獻調查分析法、比較分析法、專家諮詢法、歸納法、程式軟體撰寫等，以達成計畫目標。

#### (一) 文獻調查分析法

本研究依研究議題，蒐集國內外照明法規與評估方法等文獻資料進行比較分析，針對國內照明節能需求進行歸納整理，作為進一步研究之基礎參考。

#### (二) 比較分析法

將國內外文獻與照明法規及評估方法進行綜合分析比較，以充分掌握相關法規基準之差異與適用性，以利評估方法訂定。

#### (三) 專家諮詢法

舉辦座談會邀請相關專家學者並提供研究成果，進行意見之交流溝通，反覆針對本研究內容進行討論，提出訂定方向，作為本研究內容之參考依據。

#### (四) 歸納法

透過案例調查與上述研究方法探討共同相關性，將所有資訊綜合分析整理，以獲得基準及評估方式之建立。

#### (五) 軟體撰寫

將收集之文獻相關資料納入資料庫，並撰寫成可供民眾實際應用於生活之應用程式。

## 二、 研究步驟

本研究之研究流程如下：

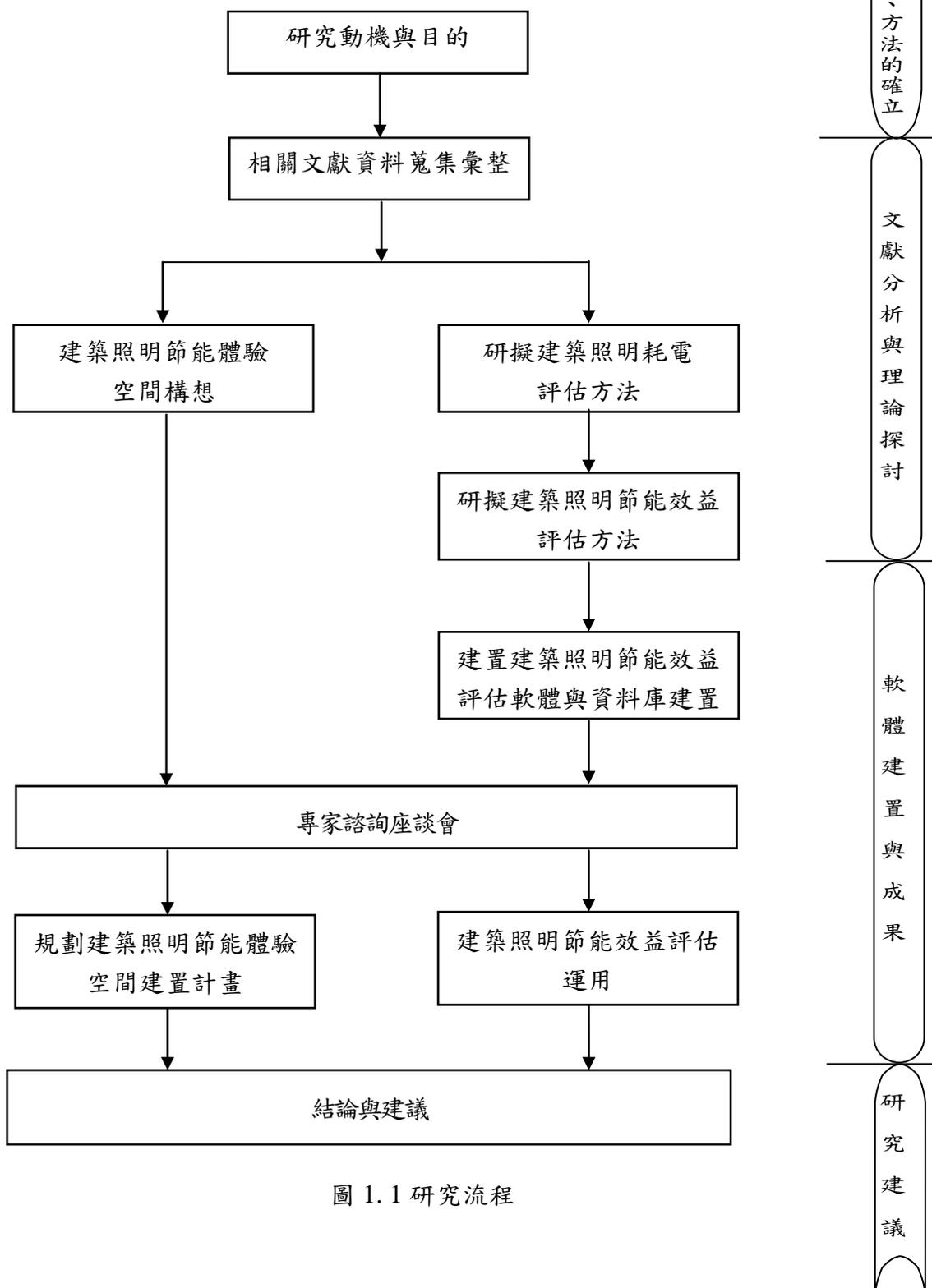


圖 1.1 研究流程

### 第三節 工作項目與具體成果

1. 建立照明用電評估模式，可預估空間之照明用電量，並檢核是否符合節能基準。
2. 建立建築照明之節能效益，可作為診斷建築照明節能改善之依據。
3. 建立照明設備用電評估等相關資料庫，結合建築照明節能效益簡易評估軟體，供民眾能方便診斷建築空間所採用照明設備之節能與減碳效益，達成推展照明節能成效。
4. 完成建築照明節能體驗空間之規劃內容，供未來本所規劃建置之參考，後續若建置完成可以增強民眾對建築照明節能手法之體驗。



### 第四節 執行進度

本計畫之進行項目與執行進度，如下表所示。

月 工作項目	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月	第 9 月	第 10 月	備 註
相關文獻資料蒐集彙整											
研擬建築照明耗電評估方法											
研擬建築照明節能效益評估方法											
建築照明節能效益評估軟體與資料庫建置											
期中簡報											
專家諮詢座談會											
建築照明節能效益評估運用											
建築照明節能體驗空間構想											
規劃建築照明節能體驗空間建置計畫											
期末簡報與結案報告											
預定進度 (累積數)	5 %	15%	30%	45%	60%	70%	80%	90%	95%	100 %	
<p>說明：</p> <p>1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。</p> <p>2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格粗組線為一分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。</p> <p>3 科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。</p>											



## 第二章 相關文獻回顧

經濟部能源局在民國 100 年提出長期負載預測與電源開發規劃摘要報告中，對台灣未來照明用電需電量提出預測：「預估將從 99 年的 598.2 億度上升至 118 年的 871.7 億度，年平均成長率約為 2.1%。」鑑此，為達綠色照明須先了解照明形成之光環境，繼而評估電力消耗與節能效益，並予妥善規劃方可有效達成節能目的。

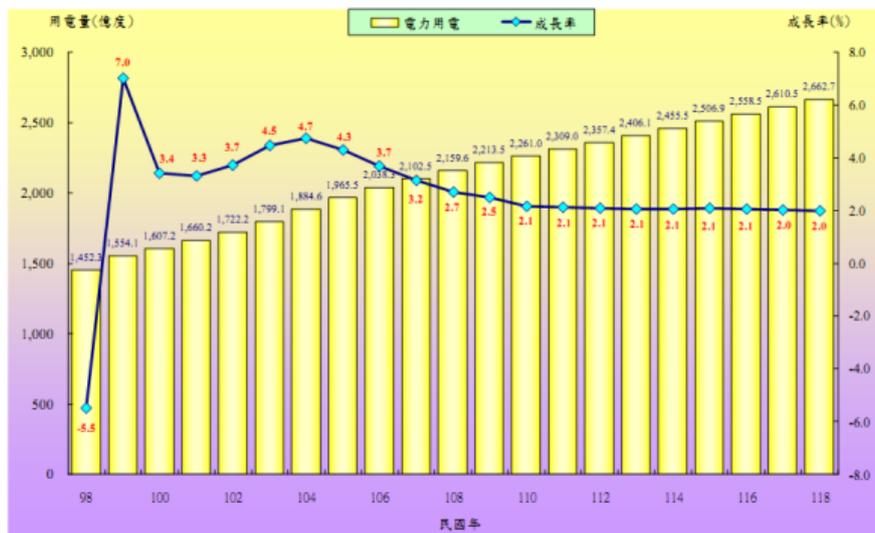


圖 2.1 民國 99~118 年全國電力用電量預測

(資料來源：經濟部能源局)

### 第一節 室內照明計算方法

根據中華民國國家標準 CNS12112 室內工作場所照明中對照明設計之光環境定義：「良好之照明設施需滿足視覺舒適度、視覺效能、視覺安全性。為滿足上述需求應注意影響光環境之參數：輝度分佈、照度、眩光、光之方向性、光線和表面之顏色特性、閃爍、自然光、維護。」

光環境參數取決於照明設備應用型式，其中，影響建築物室內照明用電之因子可依據使用的光源種類、光通量、發光效率、數量等，但此為光源之計算，光源需與燈具搭配應用，而燈具的選用依據使用場所與用途不同所呈現之照明方式

參照 CIE 17.4-1987 與國際電工委員會 (International Electro technical Commission, IEC) IEC 60050 共同出版之照明用語集中：當照明燈具應用於室內環境時其配光分布方式可分為直接照明、半直接照明、間接照明、半間接照明、全般擴散照明。以照明燈具配置分類可分為一般照明，即場地中照明燈具規則排列且有均勻水平照度值之區域，如辦公區域、開放的室內空間；局部照明則為提高某一特殊位置，如工作面上的照度而設置的照明如商業空間等。

照明環境除情境要求外，一般都要求具有平均的照度，照度為單位面積上所接受的光通量；為提升照明的品質、滿足視覺環境與工作需求，國際相關組織相繼提出照度評估規範如下表：

表 2.1 照度評估相關規範

組織	規範
日本工業規格協會 (Japanese Industrial Standards Committee, 簡稱 JIS)	JIS Z-9110 1977 提出工場內照明照度基準。JIS Z-9110 1979 提出照度基準。
北美照明工程師協會 (Illuminating Engineering Society of North America, 簡稱 IESNA)	IESNA Lighting Handbook, 9th edition, 2000 中針對不同環境提出照度標準。
國際標準組織 (The International Organization for Standardization, 簡稱 ISO) 與 (International Commission on Illumination, 簡稱 CIE)	ISO 8995 2002(E)/CIE S 008/E2001 提出室內工作場所照明，針對各種工作場所提出維持照度值標準。
中華人民共和國國家標準	GB/T 13379-2008 視覺功效學原則 室內工作場所照明，其內容參考自 ISO 8995 2002 (E)/CIE S 008/E2001。
中華民國國家標準	CNS 12112-2012 室內工作場所照明，其內容參考自 ISO 8995 2002(E)/CIE S 008/E2001。

(資料來源：本研究彙整)

### 2.1.1 點光源計算

欲了解光源在環境空間的照度一般常用的計算方法為點光源法與光通量法，

光源均具有一定大小之尺度，點光源依據照明手冊之定義為：「僅確定了位置而沒有大小的光源。」意即光源的大小與空間的尺度或距離相比尺寸相對小，在照明設計時可將其視為點光源。點光源在照度計算上，一般以被照點的照度與光源距離平方成反比例。因此，在實際應用計算時，若某點與光源之距離為光源直徑 5 倍以上時，可視為點光源。距離平方反比定律為 18 世紀由 J. H. Lambert 所發明之第一個與照明相關之定律，即點光源與照射方向垂直平面產生的照度與光源強度成正比，與光源到被照面之距離成反比。(詹慶旋，1990)

點光源 A 在某向之光強為  $I$  時，該向距離  $h$  處之垂直面上 P 點之照度為  $E$  其公式如下：

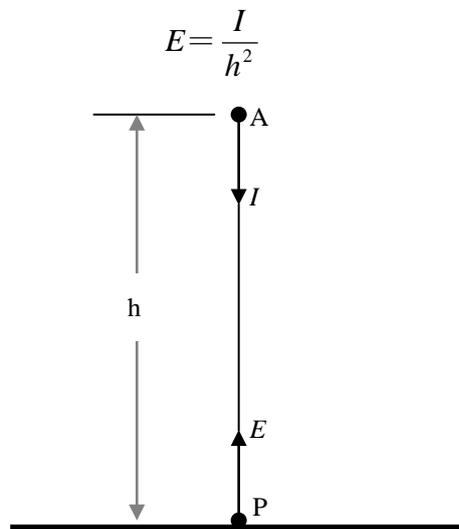


圖 2.2 距離平方反比定律

(資料來源：照明手冊)

J. H. Lambert 另一照明定律為餘弦定律，其定義為當光源照面 G 上 P 點照度  $E$  為：

$$E = E_n \cos \theta$$

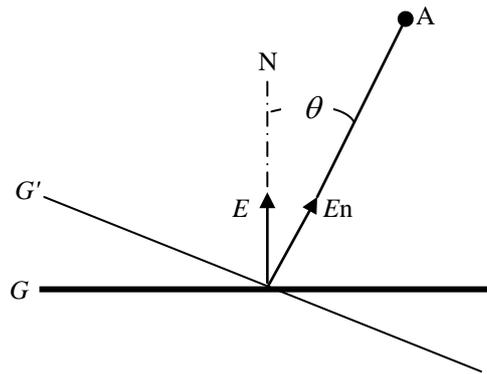


圖 2.3 入射角餘弦定律

(資料來源：照明手冊)

## 2.2 光通量法

欲得知環境中平均照度之方法，可以 John (2003) 在輻射研討會 (Radiance Workshop) 中所提及：「自白熾燈發明以來至 1906 年，為了解室內各點不同光源照度而創造之計算方法-流明法，持續演進至今已成為設計者計算建築室內環境照明是否滿足照度需求之演算法。」光通量法 (Lumen method) 亦稱光束法或流明法，一般應用在直接照明系統，照明評估中可用來計算空間中的平均照度值，亦可藉由計算減少能源消耗、同時保持或增加空間的視覺質量的計算方法。其計算公式如下：

$$E = U \times \Phi \times N \times \frac{M}{A} \quad (\text{公式 2-1})$$

$E$ ：平均照度 (lx)；

$A$ ：作業面總面積 ( $\text{m}^2$ )；

$\Phi$ ：光源所發出的總流明數 (lm)；

$N$ ：為光源總數量；

$U$ ：照明率 (0~1)；

$M$ ：維護率 (0~1)。

許招墉（2006）提到：「由光源所發出之光通量會被燈具吸收一部分，繼而被天花板、牆壁、地板、家具等吸收，再經由室內相互反射而達到作業面，利用係數（亦稱照明率）即受上述因子影響。」CIE、JIS、GBT、JGJ 等規範將其定義為房間工作面與燈具面之間部分的形狀數字，用來計算照明利用率和固有照明利用率。一般以室指數（room index，亦稱空間比）來表示此種空間尺度與照明率之間的關係，一般分成 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J 等 10 級。房間的大小尺度（指高、寬、長）對於照明率的影響很大；空間尺寸較大者，室指數大、照明率大；反之，空間尺寸較小者，室指數小、照明率小。而室指數 RI 可由下面公式計算後代入表 2.2 室指數分級表求得。

$$RI = \frac{XY}{(X+Y)} \quad (\text{公式 2-2})$$

式中，X=室寬 [m]，Y=室長 [m]，H=燈高 [m]；若空間非長方形，則室指數

$$RI = (\text{天花板面積 } CA + \text{樓版面積 } FA) / (\text{牆壁面積 } WA)。$$

表 2.2 室指數之分級

室指數	5	4	3	2.5	2	1.5	1.25	1	0.8	0.6
分級代表	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

空間係數（Room Cavity Ratio；RCR）與室指數的作用相當，在美國廣泛使用。空間係數之公式與室指數的 5 倍倒數相等。此外，另使用「頂棚空間係數 CCR」及「地板空間係數 FCR」，共同顯示室內空間的幾何特性，亦為影響照明率的主要因素之一。空間係數的計算如下式所示：

$$RCR = \frac{5H \times (L+W)}{L \times W} \quad (\text{公式 2-3})$$

式中，H：燈具距作業面的高度[m]，L：空間長度[m]，W：空間寬度[m]；若空間非長方形，則室空間係數如下：

$$RCR = 2.5 (\text{牆壁面積}) / (\text{地板面積}) \quad (\text{公式 2-4})$$

若將空間係數的空間高度 H 替代為燈具面到頂棚面的高度 H<sub>cc</sub> 及工作面到地板

的高度  $H_{fc}$  則可分別求得「頂棚空間系數 CCR」及「地板空間系數 FCR」。

$$CCR = \frac{5H_{cc} \times (L+W)}{L \times W} \quad (\text{公式 2-5})$$

$$FCR = \frac{5H_{fc} \times (L+W)}{L \times W} \quad (\text{公式 2-6})$$

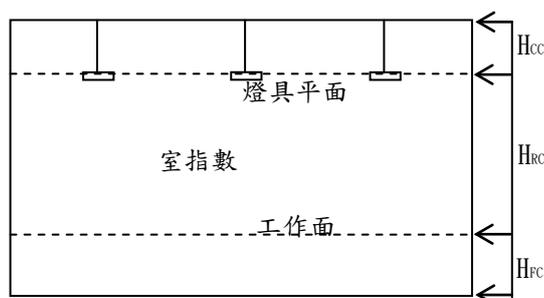


圖 2.4 室指數示意圖

(資料來源：IESNA LIGHTING HANDBOOK)

照明率的計算依據燈具形式、廠牌、反射率計算不同，各規範訂定之計算方式與定義亦有所不同，利用係數會受到室指數影響，如圖 2.6 摘錄北美照明工程師協會 (Illuminating Engineering Society of North America，簡稱 IESNA) 在 LIGHTING HANDBOOK 提及之利用係數。

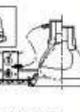
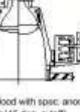
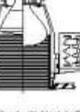
Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution																			
	90°			70°			50°			30°			10°							
	90°	50°	30°	70°	50°	30°	50°	30°	10°	90°	30°	10°	90°	30°	10°					
 <p>Pendant diffusing sphere with incandescent lamp</p>	Lamp = 150A218P SC (along, across, 45°) = 1.5, 1.5, 1.5																			
	0	0.67	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81	0.70	0.70	0.70	0.59	0.59	0.59	0.49	0.49	0.49				
	 <p>Porcelain-enamelled ventilated standard down with inc. lamp</p>	Lamp = 100A218B SC (along, across, 45°) = NA, NA, NA																		
		0	0.99	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.83	0.83	0.83	0.69	0.69	0.69	0.55	0.55	0.55			
		 <p>Bare lamp PAR-38 Flood</p>	Lamp = 150PAR38FL SC (along, across, 45°) = D, E, D, E																	
			0	1.20	1.20	1.20	1.17	1.17	1.17	1.12	1.12	1.12	1.07	1.07	1.07	1.03	1.03	1.03		
			 <p>PAR-38 Flood with spec. anodized reflector (45 deg. cutoff)</p>	Lamp = 150PAR38FL* SC (along, across, 45°) = D, E, D, E																
				0	1.10	1.10	1.10	1.07	1.07	1.07	1.02	1.02	1.02	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94	0.94	
				 <p>PAR-38 Flood with black baffles</p>	Lamp = 150PAR38FL* SC (along, across, 45°) = D, E, D, E															
					0	0.79	0.79	0.79	0.77	0.77	0.77	0.74	0.74	0.74	0.70	0.70	0.70	0.66	0.66	0.66

圖 2.5 利用係數

(資料來源：IESNA LIGHTING HANDBOOK)



## 第二節 照明耗電評估

美國能源局(U.S. Department of Energy, 簡稱 DOE) 鑑於提高能源效率對國家具有高度經濟成本效益，自 1994 年開始與業界聯合開發有關測量和認證能效的方法，並於 1996 年發布國際節能績效量測與驗證協定 (International Performance Measurement & Verification Protocol, 簡稱 IPMVP)，該協定並非強制型之律法，但近年來已成為許多國家作為業界測量和認證的標準方案。該認證方案之內容主要針對節能及節水，並說明監測可再生能源系統的實施效果與改善建築物的室內空氣品質；其中對於能效的評估採用節電量和節約的最大負荷可以通過比較節能專案實施前後的電量和負荷來確定。一般情況下，可以採用下面公式：

$$\text{能源節約量} = \text{基準年的能源使用量} - \text{改善後的能源使用量} \pm \text{調整量} \quad (\text{公式 2-7})$$

美國綠建築協會 U.S. Green Building Council (USGBC) 在 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 綠色建築認證體系中，亦將 IPMVP 納入得分項目，在 NEW CONSTRUCTION EA Credit 5: Measurement and Verification 中達到 IPMVP 時申請者將得到 LEED 分數一分。

美國冷凍空調協會 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) 提出之 Guideline 14-2002 Measurement of Energy and Demand Saving 技術文件中亦提到量測需依賴連續監控系統記錄其資料後，再加以計算其節能效益。其節能計算公式

$$\text{Savings} = (\text{Baseline energy use or demand projected to Post-retrofit conditions}) \\ \text{minus} (\text{Post-retrofit energy use or demand})$$

節能 = (基準線能源使用或需求預計將發表改造條件) 減去 (改造後的能源使用或需求) (公式 2-8)

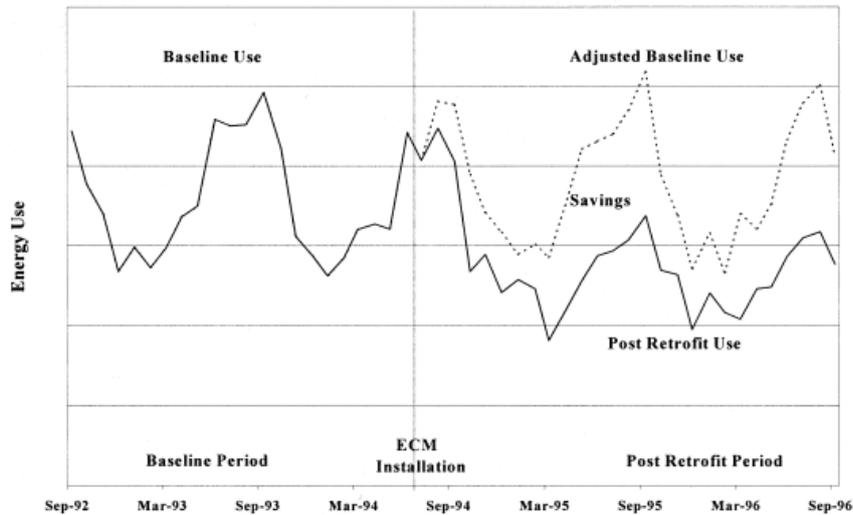


圖 2.6 節能改善效益示意圖

(資料來源：ASHRAE Guide 14-2002)

我國綠基會 ESCO 亦推動辦公室之節能績效量測與驗證方法參考文件，並在 2007 年提出之照明節能改善之節能績效與驗證方法中提及：照明改善之驗證有二種，一為提供併含安定器及耗電量燈具文件；一為需量測基準線與與燈具瓦數，藉以建立電力消耗數據，其公式如下：

$$\text{kWh Savings} = \sum_u [(\text{Hours of Operation}_{\text{baseline}} - \text{Hours of Operation}_{\text{post}}) \times (\text{kW/Fixture}_{\text{baseline}} \times \text{Quantity}_{\text{baseline}})]_{t, u} \quad (\text{公式 2-9})$$

$\text{kWh Savings}_t$  = 改裝時期時距 t 內的瓦特-小時節省量

$\text{kW/Fixture}_{\text{baseline}}$  = 使用群組 u 之每一燈具的照明基準線需量

$\text{Quantity}_{\text{baseline}}$  = 使用群組 u 中，於照明改善前經不作動與非使用照明燈具調整過之受影響燈具數量

$\text{Hours of Operation}_{\text{baseline}}$  = 使用群組 u 中，燈具改裝前期間內之總運轉時數

$\text{Hours of Operation}_{\text{post}}$  = 使用群組 u 中，燈具改裝後期間內之總運轉時數

耗電評估方式除上述採用監測外亦可以電費平均用電量來估算，電費依據台電表燈非時間電價計價項目如表 2.3，電費金額除底度外，流動電費即根據該表

計算，但依此無法計算照明之用電量，需個別採用儀器量測或計算。

表 2.3 台灣電力公司表燈用電之非時間電價

分類			夏月	非夏月
非 營 業 用	120 度以下部分	每度	2.10	2.10
	121~330 度部分	每度	3.02	2.68
	331~500 度部分	每度	4.39	3.61
	501~700 度部分	每度	4.97	4.01
	701 度以上部分	每度	5.63	4.50
營 業 用	330 度以下部分	每度	3.76	3.02
	331~700 度部分	每度	4.62	3.68
	701~1500 度部分	每度	5.48	4.31
	1501 度部分	每度	5.92	4.64

(資料來源:台電, 2012)

單位: 元

經濟部能源局在 2009 年住商部門能源消費調查發現，台灣住商部門之照明用電占總用電之 11.3%，僅次於空調與熱水。2008 年經濟部能源局委託財團法人台灣綠色生產力基金會調查編印之照明系統 Q&A 節能技術手冊提到：「由非製造業查核申報之用電分佈比例統計，照明耗電在各分類建築物佔比中約 21.5%~30.5%，以百貨公司類 30.5% 最高(因商業重點照明之需求大)。」在綠建築解說與評估手冊中「日常節能指標」方面亦提及：「建築物日常耗能中以空調及照明佔極大比例，照明用電比約佔三至四成。

在能源消耗中欲了解設備之電力使用須先從系統評估開始，國內對建築物室內耗電評估依據不同場所及使用方式研究探討如下：

表 2.4 國內照明耗電評估相關文獻探討

論文	內容
周鼎金(民 86)。建築物照明設計耗電評估模式之研究，建築學報。	在直接照明及半直接照明模式下，利用統計理論推導分析耗能最具影響力之變數為照度、光源效率、室指數、器具效率，藉以預測照明設計之耗電量。
顧孝偉(民 92)。住宅用電量監測與解析之研究，(碩士論文)。	均對住宅用電做了實際監測調查與分析，研究指出住宅類居室照明中住宅用電與生活模式相關，全年用電比例則以客廳用電量最大照明密度亦最高。
郭柏巖(民 94)。住宅實測耗電解析與評估系統之研究，(博士論文)。	
黃健誠(民 94)。地方政府建築耗能影響因子分析研究，(碩士論文)。	政府部門辦公用電以空調為主，照明設備次之。研究結果發現需加以節能輔導改善，在照明設備方面應改用高效率照明、分區控制等手段達成。
陳俊達(民 95)。醫院建築能源管理資料庫之建立與研究，(碩士論文)。	醫院建築耗能較商業大樓高，照明設備主要提供內部人員活動用途。經監測與應用 EUI 值及照度等進行分析後發現，照明用電約佔 31%。
楊開翔(民 98)。高耗能辦公大樓耗能因子解析之研究，(博士論文)。	經實際調查辦公大樓用電，並以 EUI 分析發現，用電密度高與夜間辦公空間使用燈具有相關。

欲兼顧節能及照明品質須考慮照明型式、照度值、光源、室內面積及照明器具等因子。照明節能規範方面，針對照明提出評估方式首先由 ANSI/ASHRAE/IESNA 共同訂定 Standard 90.1. 1989 中提出，其中在 Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings Section 9.3.1.2 提出將相異照明空間採用照明功率密度 LPD (Lighting Power Density, 簡稱 LPD, 單位 W/ft<sup>2</sup>, 我國採用 W/m<sup>2</sup>) 值來評估其節能之效，意即根據建築物室內空間使用類型與面積來逐一檢視，並非全區加總；該項規範持續修正至 ANSI/ASHAE/ IESNA 90.1-2004 已成為美國各州之節能標準，並逐年將數據向下修正。

$$\text{照明功率密度 LPD}(\text{W}/\text{m}^2) = \frac{\text{照明器具耗電量}(\text{W})}{\text{空間面積}(\text{m}^2)} \quad (\text{公式 2-10})$$

表 2.5 ASHARE 90.1-2010 建築面積型式照明單位面積強度

建築型態	照明能源效率密度 (W/ m <sup>2</sup> )
汽車工廠	9
會議中心	12
法庭	11
餐飲：酒吧、休息室/休閒空間	11
餐飲：自助餐館/速食店	10
餐飲：家庭	10
宿舍	7
運動中心	9
體育館	11
保健診所	9
醫院	13
旅館	11
圖書館	13
製造工廠	12
汽車旅館	9
電影劇場	6

(資料來源：ASHARE 90.1-2010)

新加坡之照明節能則採用單位面積照明用電密度值 (Light Unit Power Density, 簡稱 UPD)，該評估方法僅適用全面照明方式且照明區域要求相同照度之地點。

$$\text{單位面積照明用電密度值 UPD (W/m}^2\text{)} = \frac{\text{照明區域內使用的耗電量 (W)}}{\text{照明區域面積 (m}^2\text{)}} \quad (\text{公式 2-11})$$

表 2.6 新加坡照明用電密度 UPD 值

使用型態	UPD (W/m <sup>2</sup> )
辦公室	20
教室	20
禮堂/講堂	25
商店/市場/百貨店	30
餐廳	25
大廳	10
樓梯	10
停車場	5
工廠	20
倉庫	15
走廊	20

(資料來源:：本研究整理)

日本自 1994 年 8 月 1 日起採用照明能耗係數(Coefficient of Energy Consumption for Lighting，簡稱 CEC/L)，以年實際消耗能量或計畫耗能量作為年照明耗能量與規定的標準耗能量之比來評估照明節能並加以立法支持。

$$\text{照明能耗係數 } \text{CEC/L} = \frac{\text{全年照明設備實際消耗能源量}}{\text{標準全年照明設備消耗能源量}} \quad (\text{Kcal/年})(\text{公式 2-12})$$

表 2.7 建築物的基準值

單位	一般基準值	獎勵基準值
事務所、學校、醫院	CEC/L ≤ 1.0	CEC/L ≤ 0.9
飯店、商店	CEC/L ≤ 1.2	CEC/L ≤ 1.1

(資料來源:：日本照明學會)

根據內政部建研所舊有建築物照明節能技術應用之研究中提到：照明節能可透過下列步驟進行，依序為：現況調查、檢討照明方式及維護、檢視低效率光源及燈具、汰換高效率光源及燈具、檢視照明功率密度、檢討照明控制、評估改善效益、照明節能改善施工與驗收。為提高節能效益並建立各類用途建築物用電的參考指標，協助建築物使用者進行自我耗電診斷，經濟部能源局在 2006 年發布「建築用戶用電參考指標」，以用電指標耗能強度 (Energy Usage Intensity, EUI)

每年單位樓地板面積之用電(用電度/(m<sup>2</sup>.年))為參考指標。其建築物分類包括(1) 行政院所屬機關、(2) 地方政府所屬機關、(3) 公立大專院校、(4) 辦公大樓 (5) 旅館、(6) 醫院、(7) 百貨商場等 7 大類型。

$$EUI = \frac{\text{年度用電度數}}{\text{建築物總樓地板面積}} \quad (\text{單位; kWh/ m}^2 \cdot \text{year}) \quad (\text{公式 2-13})$$

在能源類別評估時常將建築分類大用戶用電之需量密度(W/m<sup>2</sup>)以 DUI (Demand Use Intensity) 為用電需量密度(W/m<sup>2</sup>)，即以建築物之用電最高需量除以總樓地板面積而得。但該項一般為能源專用 一般建築照明採則採用 LPD 計算之。另我國綠建築解說與評估手冊中，「日常節能指標」簡易查核項目對照明效率設計亦提出相關建議，列舉如下：

表 2.8 綠建築日常節能指標簡易查核表

設計對策	是 否
居室應保有充足開窗面以便利自然採光	
盡量避免採用鎢絲燈泡、鹵素燈、水銀燈之低效率燈具	
一般空間盡量採用電子安定器、高反射塗裝之螢光燈	
高大空間盡量採用高效率頭光型複金屬燈、鈉氣燈來設計	
閱讀、製圖、縫紉、開刀房、雕刻室等精密工作空間之天花板照明不必太亮，盡量採用檯燈、投光燈來加強工作面照明	
不要採用超過合理照度需求的超量燈具設計	
配合室內工作模式做好分區開關控制，以隨時關閉無人使用空間照明	
設置自動化調光控制、紅外線控制照明自動點滅等照明設計	
設置晝光感知控制自動點滅控制功能	
室內採用高明度的顏色，以提高照明效果	

(資料來源:：綠建築評估手冊)

又日常節能指標係以建築外殼、空調系統及照明系統等三項方法評估，其中照明系統節能評估法以提高燈具效率與照明功率為主，其量化之判斷式如下列所示：

$$\text{照明系統節能效率} \quad EL = IER \times IDR \times (1.0 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_4) \leq 0.7 \quad (\text{公式 2-14})$$

所有居室燈具效率係數  $IER = (\sum ni \times wi \times Bi \times Ci \times Di) / (\sum ni \times wi \times ri)$  (公式 2-15)

主要作業空間照明功率係數  $IDR = (\sum swj) / (\sum UPDcj \times Aj)$  (公式 2-16)

- Ni 某 i 類燈具數量應負燈具配置圖並以圖例標明燈具種類並列出空間燈具表
- Wi 某 i 類燈具之功率 (W)
- Ri 某 i 類燈具之效率比
- Bi 安定器係數
- Ci 照明控制係數
- Di 燈具效率係數 (需查表)
- $\beta 1$  20.0x 再生能源節能效率比例  $R_r$  (需查表)
- $\beta 2$  建築能源管理效率 (需查表)
- $\beta 4$  如光導管、光纖及光裝置等其他特殊光照明節能優待係數，由申請者提出計算值，經認定後採用。
- swj 主要作業空間之照明總功率 (w)，為該空間燈具功率之和。非主要作業空間免評估 IDR。  $\sum swj = \sum$
- Aj  $w_{ij}$
- UPDcj 主要作業空間樓地板面積 (m<sup>2</sup>)  
主要作業空間照明功率基準

上述評估法為節能之總量評估法，須附燈具數量表及燈具配置圖以供檢核，並非針對一般住家或裝設高照度水準之商業空間。另綠建築評估手冊(2012)對於照明節能之主要作業空間照明功率密度基準值如下表：

表 2.9 照明節能之主要作業空間照明功率密度基準 UPD 值

空間型態	UPDj (w/m <sup>2</sup> )	空間型態	UPDj (w/m <sup>2</sup> )
辦公室、行政空間、會議室、視聽室	15	辦公、百貨、商場、藝文、展覽等辦公大廳、中庭天井	20(註 2)
教室、階梯教室	15	旅館、住宿類、醫療、宗教類、	15(註 2)
實驗室、研究室(學校、機關)	12	工廠、車站、航站、交通運輸	
各式餐廳、宴會場、喜宴場	20(註 2)	設施等大廳、中庭天井	
酒吧、俱樂部	12	藝文展覽空間、表演舞台區、	25(註 2)
閱覽室、書庫	15	講演台區	
旅館客房、醫院病房	12	健身房、舞蹈室、室內球場、	20(註 2)
住宅、療養院病房	10	運動區	
宿舍單元	8	觀眾/座位區 (會議中心、禮	13
休息室/休閒室/會客室	10	堂、教堂)	
醫院醫療、門診、加護病房、護	20	觀眾/座位區- (航站、車站、	10

理站		運輸站)	
門廳/梯廳	10(註 2)	觀眾/座位區- (體育館、運動 競技場、電影院)	5
工廠實驗室、研究室	22	精密製造區 (精密機械，電子	25
工廠作業區	20(註 2)	零件製造，印刷工廠極細之視	
自動化設備區	16	力作業區如:裝配、檢查、試 驗、篩選，設計，製圖等空間)	

註 1:基準值包含屋頂牆面、立柱燈之固定式一般照明，但不包括活動式檯燈、局部投光、櫃檯櫥窗之照明。

註 2:該數據以樓高 1~2 樓為主(7m 以下)，樓高 3F 以上增一層樓高(3.5m)可增加 20%

註 3:不在表列空間不予評估

(資料來源:：綠建築評估手冊)



### 第三節 國外照明耗電評估網頁

#### 2.4.1 IESNA

IESNA 在 2005 年針對 ASHRAE/IESNA 90.1-2004 修訂之 LPD 值，建立互動式網站提供計算如圖 2.7。(http://lpd.ies.org/cgi-bin/lpd/lpdhome.pl) 該網頁需自行建立基本資料，繼而自行選擇空間係數並查表、燈具、作業面、呎燭光(照度)，即可計算出該空間 LPD 值。

The screenshot shows a web browser window titled "Add Space Model - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL: http://112.106.133.210/cgi-bin/calculator/CalcSpaceType.pl?action=admin&form&actiontype=insert. The main content area is titled "Space Experiment" and contains the following elements:

- Instructions: "Enter or modify values and press the calculate button to view results."
- Input fields: "Typically Associated Building Type:", "Model Number:", "Space Description:", and "Expected RCR: A(A<2.5) [RCR Lookup]".
- Tables for area and footcandle calculations:
 

Percent Task Area:	Recommended Footcandles (Task Area):
Percent General Area:	Recommended Footcandles (General Area):

Note: Percent of Task Area and Percent of General Area must total 100.
- Fixture selection section: "Please select up to three fixture types for this space." with a link "Display Fixture Type Details".
 

Fixture Type	Percent of Foot Candles
Fixture Type 1: None	Footcandle %:
Fixture Type 2: None	Footcandle %:
Fixture Type 3: None	Footcandle %:

Note: The Percent of Foot Candles column must total 100.
- Buttons: "Calculate" and "Cancel".
- Disclaimer: "This data was generated from user assumptions and is not part of the approved ASHRAE/IESNA 90.1-2004 standard."
- Copyright: "© 2005 IESNA. All rights reserved."

圖 2.7 網頁之 LPD 值計算

(資料來源: : http://lpd.ies.org/cgi-bin/lpd/lpdhome.pl)

#### 2.4.2 Sea Gull Lighting

填入網頁中使用者目前使用燈具瓦數、預計汰換燈具之瓦數、電費、燈具數量，即可計算在每日不同使用時數下可節省之電費金額。

Energy Savings Calculator

Click here to view Lighting that meets Title24 High-efficacy Standards  
Click here to view ENERGY STAR Qualified fixtures

Current Fixture Wattage: 60  
New Fixture Wattage: 13  
Utility Rate per KWH: 12.0¢  
Number of Fixtures: 1

Calculate Savings

Annual Cost Savings (based on daily usage)

8 hours	10 hours	12 hours	14 hours	18 hours	24 hours
\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00

圖 2.8 燈具汰換節電計算

(資料來源：<http://www.seagullighting.com/ENERGY-STAR-Savings.htm>)

### 2.4.3 飛利浦(PHILIPS)

填入欲汰換之飛利浦光源產品後，網頁可自動計算顯示舊有光源與新設光源間之節能、二氧化碳、汞減量與電費減少金額等差異。

Calculate your savings!	Standard Incandescent 75W A19	Philips Energy Saver Soft White Plus 14W
Lamp wattage	75 W	14 W
Mercury Content	0 mg	3 mg
Lamp life	1500 hrs	10220 hrs
Average lamp price		
Lamp replacement costs		
Lamp costs/year	\$0.00	\$0.00
Energy costs/year	\$32.85	\$6.13
Maintenance costs/year	\$0.00	\$0.00
Total costs per year	<b>\$32.85</b>	<b>\$6.13</b>
		<b>SAVINGS \$26.72 per yr</b>
Number of lamps	1	
Burning hours per year	4380 hrs*	
Energy cost	\$0.10 per kWh	
Electricity consumption**	328.50 kWh	61.32 kWh
CO2 emissions/yr***	440.5 lbs/yr	82.2 lbs/yr

**Environmental savings**

Savings on CO2 per year<sup>1</sup>:  
**358.3 lbs**

Equals the consumption of<sup>2</sup>:  
**13.5 trees**

Savings on mercury per year<sup>3</sup>:  
**-1.29 mg**

[VIEW FOOTNOTES](#)

圖 2.9 飛利浦光源汰換節能計算

(資料來源：[https://www.lighting.philips.com/microsite/simple\\_switch/calculate/](https://www.lighting.philips.com/microsite/simple_switch/calculate/))

### 2.4.4 GE LIGHTING

該網頁需輸入 GE 產品之舊有光源與新設光源流明、安定器係數、共同利用係數及數量等資訊，繼而可分別計算出節能、LPD、成本計算及生命週期等。

### Fixture Replacement Estimator

Replacing your current lamps? Use this calculator to estimate the number of fixtures you'll need with replacement lamps. Also compare the difference in the amount of light between your current lamp and replacement lamp.

Enter the following information and click "calculate."  
Your results will display below.

\* Required

\* Number of existing fixtures:

Current Lamp

\* Number of lamps per fixture:

\* Lamp mean lumens:

\* Ballast factor (BF): 1.00

\* Coefficient of Utilization (CU): 0.60

Replacement Lamp

\* Number of lamps per fixture:

\* Lamp mean lumens:

\* Ballast factor (BF): 1.00

\* Coefficient of Utilization (CU): 0.60

CALCULATE

Results

The replacement lamp...

Will result in a                      change in average light level.

Will require                      fixtures to maintain the same average light level.

Compare amount of light:

	Current Lamp	Replacement Lamp
Source mean lumens per fixture:		
Usable mean lumens per fixture:		

圖 2.10 GE 光源汰換節能計算

(資料來源：<http://www.gelighting.com/apo/index.htm>)

### 2.4.5 TOSHIBA LIGHTING

網頁選項中之各項資料，輸入舊有光源與新設光源後，若選擇 TOSHIBA 光源則顯示光源圖片與相關資料，再自行輸入每日用電時間、年用電時間即可出現 Excel 表單對照表，方便消費者進行比較。

圖 2.11 TOSHIBA 光源汰換節能計算

(資料來源：http://www.tlt.co.jp/tlt/index\_e.htm)

### 2.3.6 小結

綜觀目前蒐集之資料均以英、日文呈現，其中大部分網頁需自行填入空間資料或利用係數等資料，雖有照明所需之相關計算或汰換燈具選項，但無法提供適合我國採用之節能模式與價格比對，對於減碳與回收年限亦未多做著墨。

透過上述可歸納得知照明的耗能與節能效益評估需從空間大小、照明方式、設計照度、採用光源以及安定器等之耗電量及使用時間等著手，再參照照明用電密度，以利診斷建築照明設計之方案是否符合節能基準，然而此繁瑣的推估程序，並非一般人都能操作與執行，且上述方法皆需經過計算，對非專業人士來說有其困難度，故本研究透過上述文獻回顧綜合評估，下一單元針對照明用電評估所需資料建立方便之應用程式。

## 第三章 建築照明節能效益評估資料庫建置

本章針對照明節能評估方法進行探討，首先由照明耗能因子著手，進行設備耗能計算並搭配節能效益評估方法，建立起照明節能評估方法之理論基礎；再依此基礎進行照明節能評估資料庫的建置及後續應用。

### 第一節 照明耗電計算與節能效益評估方法

為有效進行照明節能評估作業，本節將針對照明設備中合理的光源數量需求推估進行說明，並進一步提出光源耗能計算之推估方式，再將兩者結合，導出照明節能效益評估方法。

#### 3.1.1 燈具數量的評估

藉由文獻回顧，可清楚瞭解空間中的作業面照度是光源光通量之總和在作業面單位面積上的呈現結果，即  $E(\text{照度})=N(\text{光源數量})\times\phi(\text{光源流明值})/A(\text{空間面積})$ 。然而光源所發出之光束在傳達至作業面的過程中，受到諸多條件影響而有所折損，其包含了燈具的照明型式、空間形狀比例、周圍環境材質折射及設備清潔與保養等。有鑑於此，本研究將透過最常見的光通量計算法，利用照明率及維護率係數，將空間中從光源所發出之光通量傳到至作業面上，進行消耗折損上的修正，以期能較精準的推導出滿足空間照度所需之照明光源數量。

$$N = \frac{A \times E}{\phi \times U \times M} \quad \rightarrow \quad N \times \phi = \frac{A \times E}{U \times M} \quad (\text{公式 3-1})$$

$E$ ：平均照度 (lx)；

$A$ ：作業面總面積 ( $\text{m}^2$ )；

$\phi$ ：光源所發出的總流明數 (lm)；

$N$ ：為光源總數量；

$U$ ：照明率（0~1）；

$M$ ：維護率（0~1）。

### 3.1.2 照明耗電計算

照明設備在能源上消耗主要為光源所產生，而整體照明設備的用電度數為單位光源之功率、光源數量及點燈時間之乘積。而為了能更精準的去評估照明點燈時數，我們亦可將其拆解為每日點燈時數、每月點燈日數、每年點燈月數，並將其結果相乘，而得到每年的總點燈時數。

$$W = w \times N \times H_D \times D_M \times M_Y \quad (\text{公式 3-2})$$

$W$  = 照明總用電度數

$Kwh$  = 單位光源功率

$N$  = 光源數量

$H_D$  = 每日點燈時數

$D_M$  = 每月點燈日數

$M_Y$  = 每年點燈月數

### 3.1.3 照明節能效益評估方法

關於照明節能效益評估是針對照明設備改善前後的比較而得，其主內容要包含更換燈具的成本、使用光源的成本及用電金額等差異，利用其比較結果，則可更進一步推導出每年節省費用及投資回收年限，其計算方式分述如下：

#### 一、更換燈具成本差異

更換燈具成本  $\times$  更換燈具數量 - 原燈具成本  $\times$  原燈具數量

#### 二、每年用電金額差異

(原燈具耗電  $\times$  原燈具數量 - 更換燈具耗電  $\times$  更換燈具數量)  $\times$  每年總點燈時

數 / 1000 × 單位電價

三、改善前光源每年汰換成本

原光源成本 × 原光源數量 × (每年總點燈時數 / 原光源使用壽命)

四、改善後光源每年汰換成本

更換光源成本 × 更換光源數量 × (每年總點燈時數 / 更換光源使用壽命)

五、每年節省費用

每年用電金額差異 + 改善前光源每年汰換成本 - 改善後光源每年汰換成本

六、投資回收年限

更換燈具成本差異 / 每年節省費用

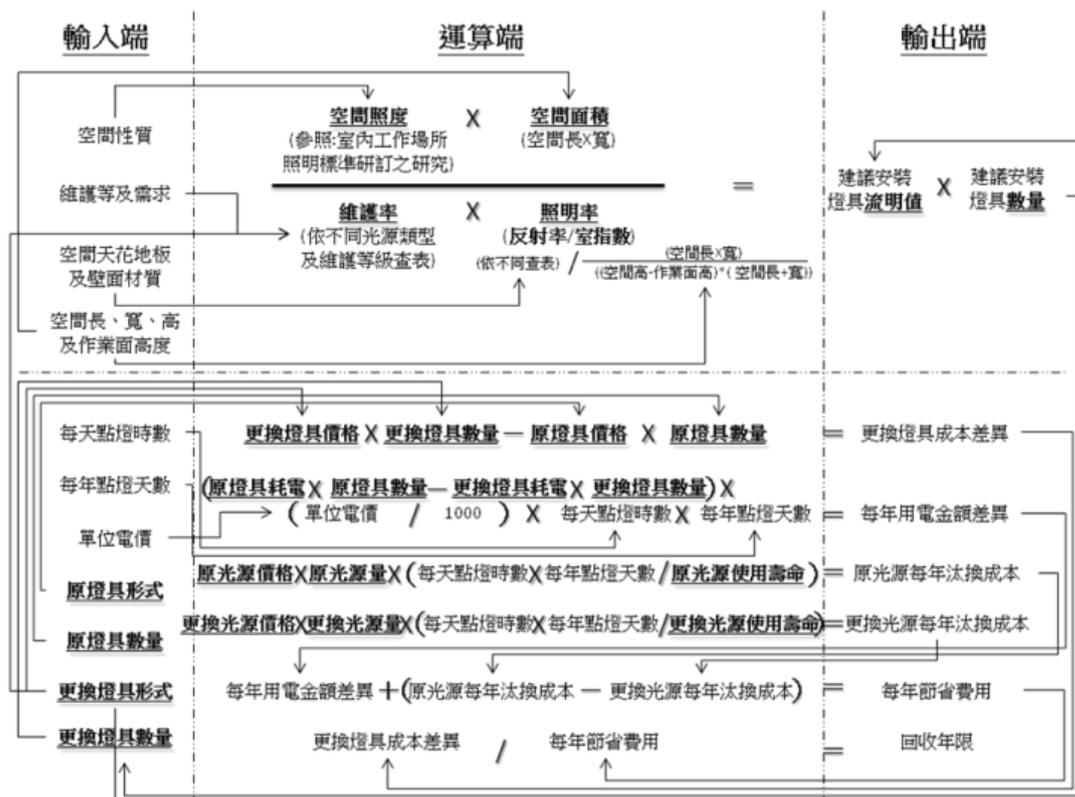


圖 3.1 資料庫架構運作說明圖

(資料來源：本研究研擬)



## 第二節 資料庫的規劃與架構

藉由前述理論架構回顧可瞭解照明節能評估可藉由計算與查表來推估得到其效益值，然這樣繁瑣的推估程序，並非一般人皆能操作與執行，因此本研究希冀藉由資料庫系統的建置，將前述繁瑣的過程轉化為單純的介面式操作，並利用電腦資訊技術的輔助來取代大量人工計算與查表的過程。如此一來，在每一個不同性質與大小的空間中，其照明節能設計效益評估值便能在短時間內被推得，將利於後續相關作業的進行。

於本節中，本研究針對資料庫的架構與建置進行相關說明，包含資料庫需求分析、資料庫架構規劃、資料表之建置與正規化、資料架構關聯性說明、資料運算與查詢及資料庫整體操作流程說明。

### 3.2.1 資料庫需求分析

系統運作需求考量可分為使用者介面(User Interface)的輸入(In-Put)與輸出(Out-Put)，以及系統內部的運算邏輯，其分述如下：

#### 一、使用者介面的輸入與輸出

使用者在進行照明評估之需求，可區分為局部照明評估和一般照明評估。局部照明的評估多屬單點小面積，且照明量及燈具數量少之評估，主要針對照明光源的更換進行節能效益上的討論，其評估所需條件以光源類型及數量為主即可；而一般照明的評估則是針對不同屬性的空間中，其整體照度、環境及照明設備間差異進行探討，相較區域照明來說較為複雜，其評估所需條件須包含空間照度需求、尺寸大小、材質使用、燈具照明型式、光源流明值、維護條件等。

而在前述照明的評估結果中，無論是局部照明或是一般照明，主要想瞭解的都是照明設備在不同的條件中，照明設備之用電情況與整體使用效益；因此，評估結果主要為照明設備購置成本及使用時之用電情形，並進一步利用前述兩項結果推導出照明設備更換後之節電效益、節電費用與投資回收年限等。

表 3.1 照明節能評估的輸入與輸出項目

項目	局部照明	一般照明
輸入條件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 光源類型</li> <li>● 光源數量</li> <li>● 光源耗功</li> <li>● 光源價格</li> <li>● 使用時間</li> <li>● 單位電價</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 空間照度需求</li> <li>● 空間尺寸大小</li> <li>● 空間材質使用</li> <li>● 燈具照明型式</li> <li>● 燈具價格</li> <li>● 光源流明值</li> <li>● 光源耗功</li> <li>● 光源價格</li> <li>● 維護條件</li> <li>● 使用時間</li> <li>● 單位電價</li> </ul>
輸出結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 照明設備購置成本</li> <li>● 照明設備用電情形</li> </ul>	
延伸分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 改善後之節電效益</li> <li>● 改善後之節電費用</li> <li>● 照明設備投資回收年限</li> </ul>	

(資料來源:本研究整理)

## 二、系統資訊需求分析

在照明節能的評估過程中，以光源比較為主之局部照明評估較為單純，僅需依既有資訊進行數值上模擬計算即可。然一般照明卻非如此，其在評估之過程中，有部分性質必須透過查表的對應，才能將質化的條件轉為量化，方能進行後續的數值模擬計算，例如：天花板、牆壁與地面材質之反射率，表 3.2 燈具型式結合反射率及室指數所對應出之照明率、燈具的維護率表 3.3 等。因此，在評估過程中必須有正確且完整之數值表供參考並進行對應轉換。

表 3.2 材質反射率

	反射率			
	70%以上	50%以上	30%以上	30%以下
金屬	銀(磨) 鋁(電解研磨)	金、不銹鋼板、銅板、銅	鍍鋅鐵板	-
石材 壁材	石膏、白磁地磚、白牆壁	淡色壁、大理石、淡色磁磚、白色平面	花崗岩、石綿浪板、砂壁	紅磚、水泥
木材	-	表面透明漆處理之檜木	杉木板、三合板	-
紙	白色紙類	淡色壁紙	新聞紙	描圖紙
布	—	白色木棉	淡色窗簾	深色窗簾
玻璃	鏡面玻璃	濃乳白琺瑯	壓花玻璃	透明玻璃、消光玻璃
油漆	白色油漆、透明漆	白色琺瑯、淡色油漆	淡色油漆(濃度較濃)	濃色油漆
地面材料	-	淡色磁磚	榻榻米	深色磁磚
地表面	-	-	混泥土	混泥土、鋪石、小圓石、泥土

註：特別注意的是當壁面有窗戶設施時，反射率的決定方式，窗戶因玻璃材料之不同(透明、乳白)反射率之變化也不同，另外，窗戶之採光型式及佔有面積也是必須注意的事項。

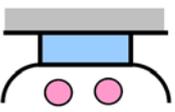
(資料來源:東亞照明)

表 3.3 維護率

光源種類 露出形式	高壓納蒸氣燈 (NH)			日光汞燈 (HF)			金屬鹵化物燈 (M)			金屬鹵化物燈 (ML)			日光燈 (FL)			白熾燈泡 (LW)		
	良好	普通	差	良好	普通	差	良好	普通	差	良好	普通	差	良好	普通	差	良好	普通	差
露出型	0.86	0.83	0.79	0.81	0.78	0.74	0.72	0.69	0.66	0.56	0.54	0.51	0.74	0.70	0.62	0.91	0.88	0.84
下方開放型	0.79	0.75	0.66	0.74	0.70	0.62	0.66	0.62	0.55	0.51	0.48	0.43	0.74	0.70	0.62	0.84	0.79	0.70
簡易密閉型 (附下方遮罩)	0.75	0.70	0.66	0.70	0.66	0.62	0.62	0.58	0.55	0.48	0.45	0.43	0.70	0.66	0.62	0.79	0.74	0.70
完全密封型 (填充封包)	0.83	0.79	0.75	0.78	0.74	0.70	0.69	0.66	0.62	0.54	0.51	0.48	0.78	0.74	0.70	0.88	0.84	0.79

(資料來源:松下進, 2011)

表 3.4 照明率表

照明器具 反射がさ 40W蛍光ランプ2灯用  器具効率 76% 最大取付間隔 1.3H	保守率	反射率	天井	70%						50%							
				壁		30%		10%		50%		30%		10%			
				30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%		
			室指数	照明率(×0.01)													
	良 75%		0.6	43	35	30	29	25	24	36	34	29	28	25	24		
			0.8	46	44	39	37	33	32	45	43	38	37	33	32		
	中 70%		1.0	53	49	45	43	39	38	50	48	44	42	38	37		
			1.25	59	55	52	49	46	44	57	53	50	48	45	43		
	否 65%		1.5	64	59	57	53	51	48	61	57	55	52	50	48		
			2.0	76	66	66	61	60	56	69	64	63	59	58	55		
			2.5	78	70	71	65	66	61	73	68	68	64	63	60		
			3.0	82	73	76	69	71	65	77	71	72	67	68	64		
			4.0	87	77	82	73	77	70	82	75	78	72	64	69		
			5.0	90	79	86	76	82	74	85	77	81	75	78	72		
			10.0	98	84	95	83	93	81	91	82	89	81	87	80		

(資料來源: 日本電氣技術者協會)

### 3.2.2 資料庫架構規劃

藉由上述輸入、輸出條件及評估資訊需求探討，整合出本研究資料庫基本架構可分為三大單元，包括輸入單元、運算單元與輸出單元：

#### 一、輸入單元

輸入單元主要是用於接收操作所提供之照明環境資訊，故應以淺顯易懂且具高親和力之介面進行呈現。在輸入單元中，資料庫系統所接收資訊包含：空間性質、空間長寬、燈具與作業面距離、空間材質、原燈具型式與數量、新燈具型式、維護等級、點燈時數、單位電價等。

#### 二、運算單元

運算單元主要是針對輸入單元所取得之相關資訊進行相關演算，過程中包含將資訊完整化及將質化條件進行量化轉換，並將所有條件進行數值模擬評估運算。在運算單元中，資料庫系統所轉換與運算的資訊包含：照明設備資訊的擷取、空間照度需求的確立、維護率的轉換、照明率的對應、照明設備數量的推估、建置成本的計價等。

### 三、輸出單元

輸出單元主要將評估結果中有用的資訊提供給使用者進行參考，其介面應簡潔、清爽並易判讀。在輸出單元中，資料庫系統所匯出資訊包含：原空間照度、新空間照度、原燈具購置成本、新燈具購置成本、原每年用電量/電費、新每年用電量/電費、省電效益、節省費用、回收年限等。

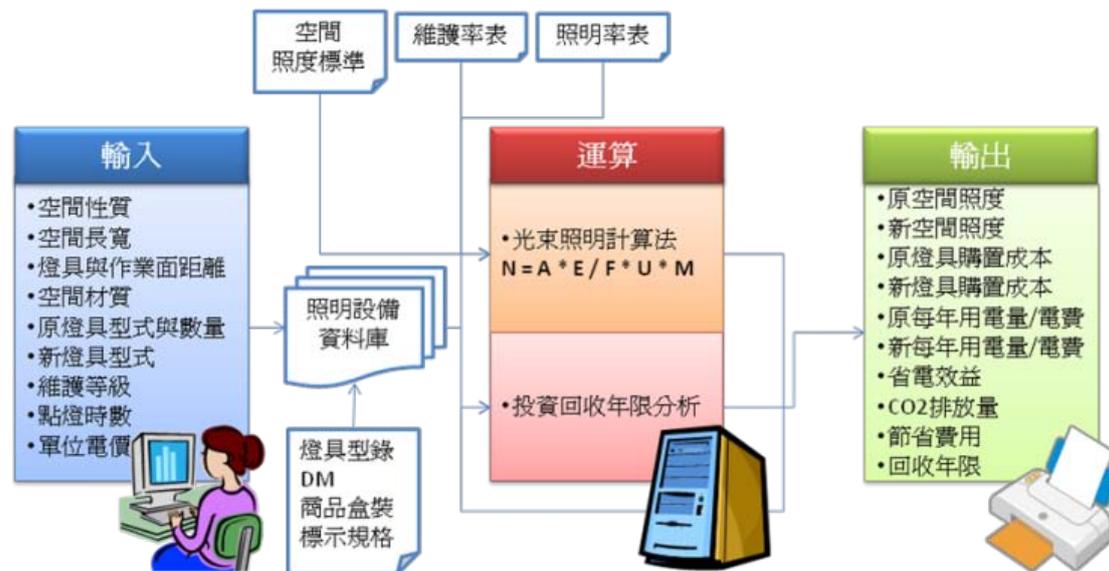


圖 3.2 資料庫架構圖

(資料來源:本研究整理)

#### 3.2.3 資料庫的建置

##### 一、資料表之建置與正規化

資料表為資料庫運作之基礎來源，資料庫透過資料表的檢索與擷取可將資訊完整化。本資料庫之資料表包含：燈具資訊資料表、光源資訊資料表、室內工作場所照明之標準照度表、裝修建材反射率表、維護率對照表、照明率對照表等。而在各項資料表輸入的過程中，有許多資料數據過於細緻，為配合查表對應無法直接應用，必須先經過分級作業，將數據進行層級化對應方能使用，如：裝修建材反射率表與空間室指數計算。

另外，為了避免資料重複或相互矛盾的情形，且讓資料庫於使用時能更有效

率、更容易維護，本研究於資料表建置前已先進行三階正規化作業。

**1.第一階(1NF)作業：**資料表中有主鍵，而其他所有的欄位都相依於主鍵。主要是使各資料表欄位中只有一個單一值，且沒有其他意義相同的重複欄位。對於不具第一階正規化形式的資料表，我們可將重複的資料項分別儲存到不同的記錄中，並加上適當的主鍵。

表 3.5 第一階(1NF)作業

空間性質	照度	長	寬	高	作業面	天花	反射率	牆壁	反射率	地面	反射率	燈具型號	光源型號	瓦數	流明	維護率
實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-41	FL40L-EX/38	38W	3650 lm	0.7
												FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm	0.7
												FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm	0.7
製圖教室	750	8M	10M	3.2M	0.8M	系統天花	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm	0.7
												FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm	0.7

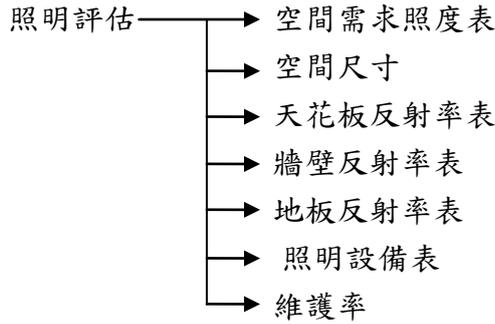


編號	空間性質	照度	長	寬	高	作業面高度	天花	反射率	牆壁	反射率	地面	反射率	燈具型號	光源型號	瓦數	流明	維護率
0001	實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-41	FL40L-EX/38	38W	3650 lm	0.7
0002	實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm	0.7
0003	實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm	0.7
0004	製圖教室	750	8M	10M	3.2M	0.8M	系統天花	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm	0.7
0005	製圖教室	750	8M	10M	3.2M	0.8M	系統天花	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm	0.7

**2.第二階(2NF)作業：**主要是去除「部分相依性」，分割「一再重複」的欄位。

表 3.6 第二階(2NF)作業

編號	空間性質	照度	長	寬	高	作業面高度	天花	反射率	牆壁	反射率	地面	反射率	燈具型號	光源型號	瓦數	流明	維護率
0001	實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-41	FL40L-EX/38	38W	3650 lm	0.7
0002	實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm	0.7
0003	實驗室	500	7M	9M	3.2M	0.8M	白漆	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm	0.7
0004	製圖教室	750	8M	10M	3.2M	0.8M	系統天花	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm	0.7
0005	製圖教室	750	8M	10M	3.2M	0.8M	系統天花	80%	白漆	80%	磨石子	50%	FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm	0.7



空間性質	照度
實驗室	500
實驗室	500
實驗室	500
製圖教室	750
製圖教室	750

空間需求照度表

天花	反射率
白漆	80%
白漆	80%
白漆	80%
系統天花	80%
系統天花	80%

天花板反射率表

牆壁	反射率
白漆	80%

牆壁反射率表

地面	反射率
磨石子	50%

地板反射率表

燈具型號	光源型號	瓦數	流明
FVS-G4251-41	FL40L-EX/38	38W	3650 lm
FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm
FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm
FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm
FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm

照明設備表

3.第三階(3NF)作業：主要是去除「間接相依性」，分割「與主鍵無關」的欄位。

表 3.7 第三階(3NF)作業

燈具型號	光源型號	瓦數	流明
FVS-G4251-41	FL40L-EX/38	38W	3650 lm
FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm
FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm
FVS-G4251-421	FL40N-EX/38	38W	3500 lm
FVS-H14441	FCL30D-EX	28W	1650 lm

照明設備表

燈具型號	光源型號
FVS-G4251-41	FL40L-EX/38
FVS-G4251-421	FL40N-EX/38
FVS-H14441	FCL30D-EX
FVS-G4251-421	FL40N-EX/38
FVS-H14441	FCL30D-EX

燈具型式表

光源型號	瓦數	流明
FL40L-EX/38	38W	3650 lm
FL40N-EX/38	38W	3500 lm
FCL30D-EX	28W	1650 lm
FL40N-EX/38	38W	3500 lm
FCL30D-EX	28W	1650 lm

光源型式表

## 二、資料庫運作流程

本資料庫之運用是透過現有資料進行數值化的模擬分析，其共分成兩個階段，一為光源需求量之推導，另則為效益與成本之分析。

### 1.燈具需求量之推導

第一階段主要是以光束法計算公式為主軸，串接各輸入單元及結合內部各資料表之數據，進而推導出結果。過程中利用空間性質條件對應出室內工作場所照明之標準照度，再乘上空間面積導出空間所需之流明總量，最後再依空間整體比例、環境材質反射與維護之情況進行耗損折減比率之回推，進而推導出符合空間照度需求所需之光源流明量。

## 2.效益與成本之分析

第二階段則是透過照明設備的選擇，滿足第一階段所導出之結果，再依所選設備進行效益推估。過程中將利用國內大廠之照明燈具型錄進行選擇，並取得能滿足第一階段所推導出之光源流明量之燈具與光源設備項目，再依所選之照明設備計算購置成本，並依使用者之使用習慣與使用時數進行用電量與電費之推估。此外，如藉由本資料庫去比較照明設備更換前與更換後之推估結果，尚能在進一步分析改善前後之用電節能效益上與投資回收年限等結果。

### 第三節 資料庫整體操作流程說明

為避免讓使用者感到困擾，本資料庫操作擬以簡潔的界面進行相關表單的選取與數值的輸入，分別透過空間性質、空間尺寸、空間材質、照明設備及維護率的選擇輸入，再由系統對應相關資訊，最後輸出相關結果。

#### 一、空間性質

本項目主要讓使用者透過空間名稱選單清楚的選擇所要評估之空間類型，進而導入該空間的基本照度需求值，而空間基本照度需求值，將參閱 CNS 室內工作場所照明之相關規範。

#### 二、空間尺寸

本項目是讓使用者透過數值輸入的介面提供資料庫運算過程中所需的空間尺寸，更進一步運算出該空間的室指數並轉換為對應符號。

#### 三、空間材質

本項目主要讓使用者透過材質選單清楚的選擇所要評估空間中之天花板、牆面及地板所使用的材料，且將該材質藉由資料庫自動查表方式轉換為相對應的反射率值。

#### 四、照明設備

本項目透過國內燈具大廠型錄可選擇實際應用之照明設備，並將其照明特性、配光曲線、光源耗能、流明值等相關數值帶入資料庫中，進行更精確的評估作業。

#### 五、維護率

本項目由使用者針對其環境品質與對燈具之保養情形進行等級上的選取，接著再由資料庫搭配先前使用者所選取的燈具類型，將所選等級轉換成維護率值。

#### 六、結果輸出

本資料庫利用前述輸入值與轉換之結果，包含照明設備型式、室指數符號、空間材質反射率等，推導出所對應之照明利用率，再藉由空間照度需求、空間面

積、光源流明值與維護率，計算出空間所需燈具及光源數量。

利用上述計算結果，搭配使用者之每日(月/年)使用習慣與所選取之照明光源相關性質，如耗能瓦數、使用壽命等資訊，便可推估出該空間中一般照明設備之用電情形。另外，如果有照明設備更換前後之比較，則可更進一步比較出兩者間的用電效益與相關投資回收年限。

## 第四章 照明體驗空間規劃

為推廣照明節能，本研究預期規劃一完整之照明節能體驗空間企畫案。透過相關案例資料蒐集，彙析目前體驗空間的呈現手法，試圖以簡單明瞭的方式，在文字觀看與場景體驗的過程中，將節能概念自然而然的帶給參觀者。最後，提出具體的規劃內容，供未來規劃建置之參考，以提高民眾對照明節能的了解及設備之應用與減碳效益，達成推展照明節能成效。

### 第一節 國內外相關資料收集

體驗空間依展示內容及面積大小不同，可分為各種表現形式。目前以照明為主題之體驗場館以 LED 為趨勢，透過各種使用空間的環境模擬，讓參觀者可以在互動過程中，了解光源及燈具的多樣性及適用性；更可藉由實驗組與對照組的配置，運用最直接的比較，讓參觀者認識不同光源彼此間的差異性，如節能的成效抑或物體的色彩表現等。

以下彙整出照明體驗空間案例，就面積、形式及特色三部分，逐一介紹。

#### 一、泉州 LED 光體驗店

面積：共四層，經營面積約 480 平方公尺

形式：按照不同種類分區 LED 照明產品：包括商業照明、辦公照明、家居照明、裝飾照明等多種種類，與辦公桌椅、沙發、餐桌等擺設融為一體，模擬實際場景，增加實景感受性。

特色：將產品特色融入現場使用環境之中，擺脫了傳統展廳的產品堆砌，同時增加眾多 LED 應用的實例，有助於顧客真實感受 LED 照明的功能與優勢。

#### 二、漢德森 LED 照明 4S 店

面積：達近 400 平方公尺

形式：該店集展示(Show)、服務(Service)、訊息調查(Survey)、銷售(Sale)為一體，為廣大消費者提供 LED 照明的全面服務和體驗。

特色：通過燈光效果、人物互動的生動呈現，為參觀者帶來了充滿人文關懷的獨特體驗，令客戶彷彿置身於溫馨舒適的樂享之家，得以感受綠色、環保照明產品，並充分展示 LED 照明光源及燈具之多樣性及適用性。

表 4.1 漢德森家居照明體驗空間

家居照明	
	<p>分為上下兩個層次，天花板採用 4.2W 的射燈營造環境照明，餐桌上方的 12W MR16 光源可直接與傳統燈具進行替換，打造餐桌的重點照明，飯菜看起來更加秀色可餐。</p>
<p>書房區</p>	<p>用冷色調，色溫為 5000K 左右，書架上方的燈帶提供的是無陰影照明，筒燈提供一般照明，5W LED 檯燈提供 300Lux 桌面照度。</p>
<p>臥室區</p>	<p>頂部依舊採用 LED 燈帶提供無陰影的環境照明，臥室整體色溫為暖色調，色溫約為 2700K，床頭燈的照度可控制，適宜不同時刻需求，用 4W 的 LED 燈泡燈即可代替 40 瓦的白熾燈，帶給用戶環保和舒適的雙重體驗。</p>

表 4.2 漢德森商業照明體驗空間

商業照明



**櫥窗區** 採用 28W LED 射燈亮度相當於 150W 之鹵素燈，但照亮效果更好，模特兒更有通亮感。

**展示區** 採用 6W PAR38 投射燈，3000K 的中性光，頂部的筒燈提供 4000K 環境照明。



**酒吧區** 選用藍光，酒吧台選用 MR16 能突顯酒的立體感，酒台照明用垂吊下來的 PAR30 裝飾，一為營造氣氛，一為讓顧客感受 LED 冷光源的觸感。

休息區



直接通過數值來展示節能對比，用功率器統計相同效果的鹵素燈和 LED 燈用電量，可以看到差別之距。

(資料來源：LEDinside)

三.雄雞企業有限公司

位置：屏東加工出口區園區內

形式：該公司為一燈具製造及出口廠商，除了該有的工廠及倉庫外，並為燈具測試設有多種實驗室，例如：配光曲線實驗室、防水防塵實驗室等。此外，雄雞亦將工廠的一部分規劃為燈具展示空間，內容主要展示各種照明工程的實績，以 1 比 1 的燈具實品呈現，以及些許富教育意義之照明基本知識的小實驗。

特色：不同於一般展示以空間使用性質為主題劃分，該空間主要在於展示各式各樣的燈具實品，同時結合一些基本的照明理論，透過實驗操作方式，協助參觀者實際了解。從照明的基礎至燈具的成品皆可一覽無遺，可以在短時間內全面認識照明。

表 4.3 雄雞路燈展示區

---

### 路燈展示區

---



整個展示空間最大的一區，具有各式各樣的路燈型式，為公司歷年累積的工程實績，有些是以 1 比 1 實際大小呈現，有些則以較小的模型展示。展場四周以七彩燈光配合照明控制，可隨音樂而有不同的模式變化。

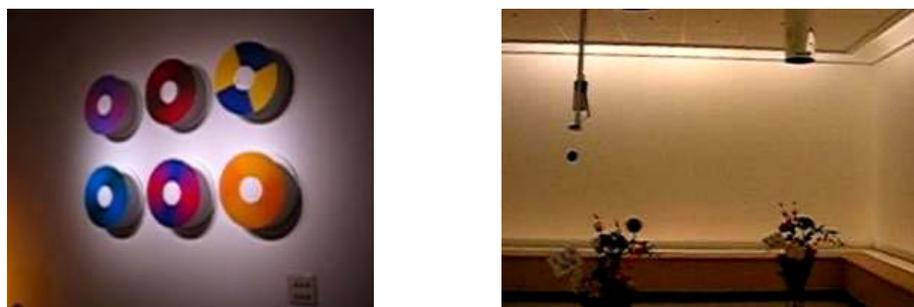
(資料來源：本研究彙整)

表 4.4 雄雞照明基礎體驗區

---

### 照明基礎體驗區

---



以簡易的照明實驗，讓參觀者了解色適應、照明的加減法、RGB 混光等基礎知識；以調光系統來調整燈光的色溫色明暗，讓參觀者體驗照度與色溫搭配對於人體的舒適感。每個體驗空間皆設有照明知識的解說牌，除專人的導覽與解說外，更可藉由文字的敘述，來加深參觀記憶。

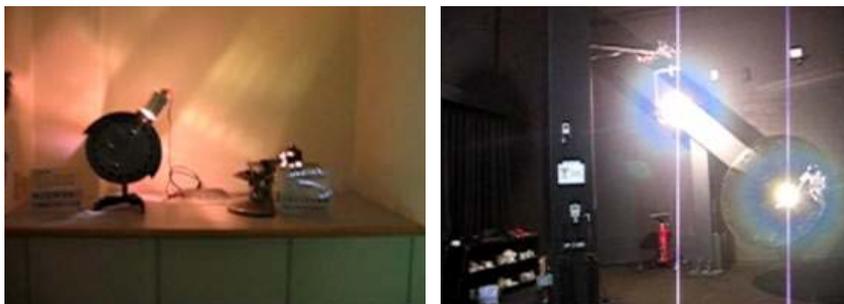
(資料來源：本研究彙整)

表 4.5 雄雞照明實驗區

---

**照明實驗區**


---




---

此區屬於專業領域，內含各種專業的照明實驗室，如：鏡面配光曲線實驗室、分光儀、光衰實驗室、防水防塵實驗室等。參觀者可實際了解 CNS 各種規範之儀器及測試過程。

---

(資料來源：本研究彙整)

表 4.6 雄雞特殊照明區

---

**特殊照明區**


---




---

除基本燈具外，尚有特殊用途的燈具，如太陽能地磚，可吸收太陽能光或藉由重量來發光，節能兼具美觀；或是 LED 展示用視頻等，其他非一般功能型的普通照明使用。

---

(資料來源：本研究彙整)

#### 四.飛利浦亞洲照明體驗空間

面積：約 4,640 平方公尺

形式：展示戶外區域和零售環境下燈光照明應如何優化。例如，建築物正面可採用傳統照明或 LED 燈管點亮，以表現出黃色或白色的效果。如：新加坡摩天觀景輪和香港體育館已經使用 LED 進行外體輪廓的照明。

特色：與大部分展示空間相同，該體驗空間將產品特色融入現場使用環境中，旨在讓參觀者擁有實際感受。其特色為透過實驗組及對照組的

方式呈現，讓參觀者可以直接比較 LED 燈管與其他光源的差異性。此外，除室內照明外，亦展示了 LED 於建物外觀的應用效果。

表 4.7 飛利浦亞洲照明體驗空間



飛利浦工作人員正在說明 LED 燈管如何應用到店鋪產品展示



若採用 LED 燈管，建築物可呈現不同的光雕效果。與傳統照明相比，LED 燈壽命長，可降低更換成本。相較於白熾燈、鹵素燈發光效率更高，提供同樣的光輸出卻消耗更少的能量。



使用 LED 燈管，肉類零售商可以不斷調整照明效果，使肉類產品達到最佳顯示效果。圖中作了對比，魚類在白 LED 燈照耀下比在黃燈照耀下更吸引人。LED 燈照耀下的牛肉看起來更吸引人。



在超市中，LED 燈管（左）和傳統照明（右）效果明顯不同。與傳統照明相比約節約能源 50% 左右。

(資料來源：中國照明網社區)

## 五.鴻雁智慧照明體驗館

形式：將照明體驗空間分為三個單元，分別是辦公場景體驗區、長廊和家居場景體驗區。

特色：將智慧化導入生活空間，並配合中國人的生活習慣進行規劃，結合安全、舒適、社交、娛樂、私密、節能、成員情感、綠色生態等特色，讓空間使用更加人性化及科技化。

表 4.8 鴻雁智慧照明體驗館分區介紹

辦公室	<p>該區燈光配合調光系統，會根據外界光線的變化，自動調節到合適的照度，以減緩工作所帶來視覺疲勞現象。辦公桌上的檯燈則會自動偵測人員的來往，來調整燈的點滅。此外，藉由辦公桌的電腦上，可即時監控整個辦公場景，以及遠端控制家裡的熱水器，同時遠端調節家中的溫濕度，並可讓會議區內不斷的除塵更新，依據不同場合調節至最適合的照度及溫濕度。</p>
LED 長廊	<p>使用 LED 無頻閃、光線柔且自然，還能根據需要調節光線的色溫、色彩和照度的特性。於長廊頂上設置一排隧道燈，為需要駕駛穿過隧道的司機們，提供了安全和舒適的自然光源。</p>
家居 場景	<p>家居場景區設有保安系統，在沒有解除前，一旦有人進入家庭監控範圍，保安會第一時間發出報警信號，即時記錄下異常活動的畫面。此外，依據使用性質不同，可分為餐廳、劇院、訪客等模式。</p> <p>就餐場景模式，輕柔的音樂會自動播放，適宜的燈光營造出溫馨的氛圍，而平衡的溫濕環境，恆溫潔淨的熱水供應。</p> <p>劇院場景模式，所有主燈全部關閉，周邊設有輔助燈光來保持較低照度。同時，館內所有窗簾會自動關閉，營造出具專業效果的家庭劇院。</p> <p>訪客場景模式，館內客廳和吧台的所有燈光會自動點亮。透過明亮的光線，淺淺的音樂，清新的空氣，讓賓客感受到主人的細膩和尊重。</p>

(資料來源：新浪家居網)

綜上所述，目前較大型的照明體驗空間，為使參觀者有深刻感受，通常選擇辦公室及居家等室內空間作為模擬對象，並以擬真的場景塑造，帶來直接的感受，進而行銷該公司的照明產品。因此，目前各個展示空間，對於基礎照明知識的推廣以及戶外照明的展示甚少著墨，畢竟對於一般使用者，絕大多數的活動時間侷限於室內空間之中，而充滿文字的照明知識，不如直接感受印象深刻。

相對於大型的照明體驗空間，較小型的展示平台，為了讓參觀者直接了解不同光源間的差異，通常選擇相同場景，使用不同光源照射，並輔以數位功率統計面版。透過實驗組及對照組的模式，將不同光源之照射效果一一呈現，供參觀者直接比較；而數值化的顯示面板，則可供參觀者明顯辨別光源間的耗能程度，達到節能概念的推廣。以簡單的模組比較，立即而快速方式，讓人了解各種光源之間的相互關係。

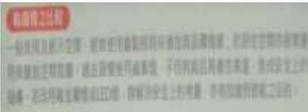
## 第二節 建築照明體驗空間構想

### 4.2.1 規劃方向

彙析照明體驗空間相關案例，為增加展示空間的機動性，本研究決定以大型展示版及小型展示平台為規劃方向。大型展示版可以概略性介紹光源燈具之相關性，給予參觀者基礎概念。而設計模組化的單元展示空間，獨立一組即為可讓人感受光源色溫度的變化，認識光源燈具的耗電情形；部分的文字敘述，可增加參觀者對於光源燈具基本知識的了解。當多組排列在一起時，僅需更換不同光源燈具，便可即時感受之間的差異，並比較彼此間的耗電量多寡；感受色溫變化同時，可同時推廣節能概念。

模組化的設計，可因應活動目的，選擇合適的單元至會場重新排列組合，不需侷限於場地限制。隨著時代的發展，日後若有新型光源燈具的誕生，僅須增加單元即可，不必擔心該照明展示空間會因為時間的推進而淘汰。

表 4.9 展示空間內容概念說明

圖片	說明
	<p>光源及燈具</p> <p>將燈具依光源分為燈泡及燈管 2 類，並搭配常用的燈具型式作為展示對象，如：嵌燈搭配 PL 燈管、T-BAR 具搭配 T5 或 T8 等。並搭配 3000K 及 6500K，2 種不同色溫度。讓參觀者比較不同燈具的差異時，也可體驗到色溫變化，所給予人視覺及心裡的感受。</p>
	<p>照度及功率數值顯示器</p> <p>每座機具預計設置 1 組顯示器，共 3 個顯示幕；分別顯示：耗電量、照度。其中照度為定值，為燈具裝置完成後量測之數值；耗電量則可與民眾產生互動，隨著光源及色溫不同，即時顯示數值變化，以及 2 者之間的比值。</p>
	<p>文字說明</p> <p>除了直接互動式的體驗外，針對該光源燈具的基本知識，輔以文字說明。讓參觀者可以簡單的文字敘述，對於光源特性、燈具效率等相關知識，有更進一步的了解。</p>



#### 擺設物品

在各個展示空間擺設一模一樣的水果組合。相同場景下，不同的光源投射效果，將有助於參觀者比較各種光源之間的差異性；水果鮮豔的色彩，也可讓參觀者觀察到彼此間演色性的高低狀況。

(資料來源：本研究彙整)

### 4.2.2 規劃內容

為了讓參觀者在體驗的過程中，可以先充分了解光源間彼此的關係。因此，將展示空間規劃為2大部分，其中一區為一大型展板，介紹室內常用之各種光源與燈具的相關性；另一區為照明節能體驗空間，透過互動學習的方式，將光源的特性與節能的概念，在遊戲中帶給參觀者。以下依展板區及照明節能體驗區2個空間的規劃內容分述之。

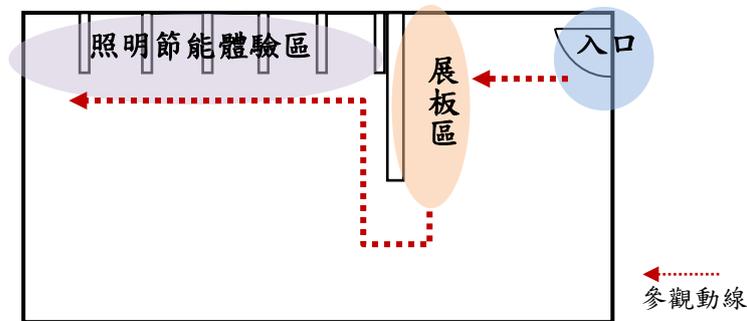


圖 4.1 照明節能體驗空間分區示意圖

(資料來源：本研究繪製)

#### 一、展板區

首先，透過 DIALux 的照度模擬，設定空間大小為 9x7.2x3.2M，將平均照度定為 500 Lux，並依次選擇室內常用之燈具：鹵素燈、複金屬燈、PL 螢光燈具、T-BAR 型 PL 螢光燈具、T8 螢光燈具、T5 螢光燈具、LED 燈具等。模擬當平均照度約為 500 Lux 時，在相同空間均勻配置下，各種燈具所需的數量，藉以計算出照明功率密度 ( $W/m^2$ )，最後計算效率比，將鹵素燈設為基準值 1，分別計算出其他光源之效率比值，藉以比較之間節能的比列。

為避免其他因素的干擾，導致模擬結果的不客觀。因此，將燈具之照片、型號、規格 (W)、光源及燈具全光束 (lm) 等資料一一表列，計算出光源及燈具效率。透過交叉比較結果，可以得知照明功率密度的大小，有時並非與一般熟知理論相當，此結果與燈具效率有著密不可分的關係。因此，透過此展板可以帶給參觀者縱觀的光源與節能知識。

表 4.10 相同空間下之各種光源效率比

光源	照片	型號	規格 (w)	光源全 光束(lm)	燈具全 光束(lm)	光源效率 (lm/w)	燈具效率 (LOR.)	盞數	平均照度 (lx)	照明功率 密度(w/m <sup>2</sup> )	效率比
鹵素燈		ALUline 111 50W 24D	50	540	540	10.8	1	72	503	55.56	1
複金屬燈		Trilogy 145 BS145070 WB 1xCDMI70W/830	83	6600	4818	79.5	0.73	9	533	11.53	4.76
PL 螢光燈具		Trilogy 145 FBH145/118 1xPLC/4P18W/840	20	1200	828	60	0.69	56	504	17.28	3.23
T-BAR 型 PL 螢光燈具		FBS 433 FBS433 2xPL-L36W/840	72	5800	1798	80.6	0.31	30	527	33.33	1.67
T8 螢光燈具		Spaciolita-3 PX100/136 PL 1xTLD36W/840	36	3200	1504	88.7	0.47	34	491	18.89	2.94
T5 螢光燈具		TBS 600 TBS600/128 C7 1xTL5-28W/840	32	2600	2236	31.3	0.86	20	506	9.88	5.56
LED 燈具		BBS415 W15L120 1xLED48/840 LIN-PC	54	4200	4200	77.8	1	11	504	9.17	5.88



## 二、照明節能體驗空間

接續照明展版的介紹，照明節能體驗空間中，規劃之單元展示空間大小為 85cm×200cm×100cm。為了讓參觀者有較強的感受性，壓低空間高度設為 200cm，深度為 100cm，底座深度向內縮為一 85cm×60cm 的方體，而 85cm 的寬度剛好可以為 1 個人進入的大小。而桌面上則放置蠟製水果拼盤，作為觀察對象，便於參觀者辨別光源的不同與環境變化。



圖 4.2 展示空間模擬示意圖

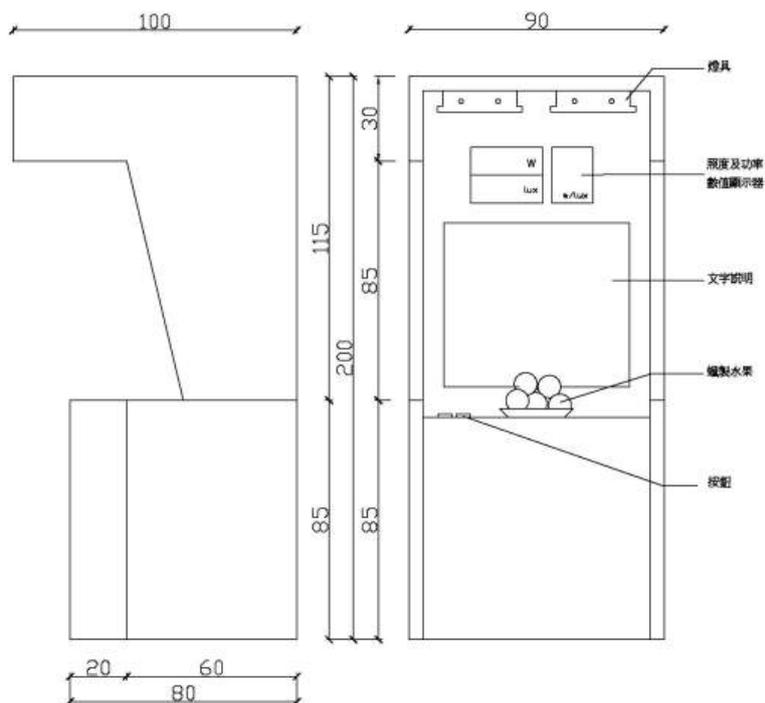


圖 4.3 單元展示空間之尺寸圖

此外，每一座機台放置 2 盞同樣的燈具，分別為 3000K 及 6500K 二種高低不同的色溫，共分為 2 個迴路，由前方的 2 個按鈕所控制。前方會有數值顯示器，可顯示照度值 (Lux)、耗電量 (W)，以及 2 者之間的比值。

其中，照度的量測以桌面為基準，劃分為 6 個點位，用照度計分別量測後將數值平均，最後將數值直接輸入至顯示器上。為預防光衰情形的發生，待燈具使用一段時間後，再進行量測修正數值。

耗電量則可產生互動式學習，參觀者藉由機台上按鈕，可自由控制高低色溫，同時可以觀察光源照射物體的變化，更可以藉由上方的數位顯示器，了解光源燈具的耗能情況。同時，可以透過第三個顯示器，觀看照度與耗電量的比值，藉以了解到 2 者之間的相互關係。若參觀者往後退幾步，即可同時觀察不同光源燈具間的演色性高低以及耗能情況，進而達到照明節能概念的宣導。



圖 4.4 展示空間整體模擬示意圖

除了上述規劃，展示台上亦放置文字說明，用來輔充說明該光源燈具的基本資訊及相關知識。透過簡單的文字描述，讓參觀者在大型展板的介紹後，可以更深入的了解每種光源燈具的特性。

### 4.2.3 小結

近年來節能減碳蔚為風潮，政府不時舉辦活動宣導，希冀民眾可以逐漸將節能變成生活的一部分。然而，因活動性質不同，場地大小不一。為增加展示空間的機動性與彈性，勢必需要往單元性的組件構思，才足以因應各種場合的活動。本研究以大型展示版及小型展示平台為規劃方向，除了可以教育參觀者基礎的照明概念外；模組化的單元展示空間，可即時讓人感受光源色溫度的變化並了解耗電情形。



## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究為提升民眾之照明科普與節能概念，並利於評估照明設計方案是否符合節能基準，藉由 Microsoft Office Access 軟體建置照明節能效益評估軟體，以系統運作需求的角度出發，透過逐步規劃照明節能評估系統之資料庫結構，完成資料庫及伺服器的建置，以網頁方式呈現，提供民眾透過網頁自行計算空間採用之照明設備是否具節能效益，亦可提供新設照明規劃之'燈具數量計算以提高舊有照明設備汰換為高效率照明之成效。

本研究亦提出透過文字與體驗雙軌傳遞照明節能之照明體驗空間企劃，提供民眾進行完整的照明知性之旅。該空間之單元採模組化的設計，不但可因應活動目的選擇合適的排列組合，更可與時俱進，隨著照明發展不斷增加與減少光源種類。

設計完成之照明節能評估系統可供使用者依據需求選擇不同的評估方式，其特色如下：



圖 5.1 照明節能評估系統首頁

- (1) 一般消費大眾可選擇「簡易版(局部照明)」，利用光源的直接汰換，輸入既有光源後系統會出現建議汰換之光源種類供選擇，再輸入使用時間藉以瞭解既有光源之年耗能與汰換後之節電度數、效益及費用。

照明節能評估系統(試用版)  
LIGHTING ENERGY ASSESSMENT SYSTEM

關於本系統 About | 進入系統 System | 操作說明 Note | 照明小常識 Knowledge | 聯絡我們 Contact Us

首頁 > 操作說明

» 進入系統 System 簡易版(局部照明)

簡易版(局部照明) 評估系統==>請填入藍色區塊

既有光源: --請選擇--  
既有光源耗能: [ ] W  
既有光源數量: 1 [ ] 盞/組

改善光源: --請選擇--  
汰換光源耗能: [ ] W  
汰換光源數量: 1 [ ] 盞/組

圖片顯示

點燈時間:  平均用電: 每天點燈 8 [ ] 小時、每月點燈 22 [ ] 天、每年點燈 12 [ ] 月  
 自訂時數: [ ] 小時年

每度電費: 3.5 [ ] 元(參考電費)

開始評估

評估結果

既有每年耗能: [ ] 度  
既有每年電費: [ ] 元  
節電度數: [ ] 度  
節電費用: [ ] 度/年  
節電效益: [ ]

汰換每年耗能: [ ] 度  
汰換每年電費: [ ] 元

返回系統首頁

圖 5.2 簡易版(局部照明)網頁

(2) 「簡易版(使用效益評估)」為輸入空間等相關訊息後，在相同用電時數下，各種常見光源之比較。評估結果中各類光源之瓦數、流明值、效率、壽命(光源之實際壽命與使用習慣相關，LED 光源壽命為不含電源之計算)、單價與燈具價格均為系統預設值，不代表實際數值，使用者可自行調整填入、選擇光源規格計算之。

照明節能評估系統(試用版)  
LIGHTING ENERGY ASSESSMENT SYSTEM

關於本系統 About | 進入系統 System | 操作說明 Note | 照明小常識 Knowledge | 聯絡我們 Contact Us

首頁 操作說明

» 進入系統 System: 簡易版(使用效益評估)

簡易版(使用效益評估) ==> 請填入藍色區塊

空間類別: --請選擇-- 活動種類: --請選擇-- 照度建議值: [ ] Lux  
 空間長度(L): [ ] 公尺(m) 空間寬度(W): [ ] 公尺(m) 燈具高度(H): [ ] 公尺(m) 作業高度(h): [ ] 公尺(m)  
 天花材質: 標準天花 牆壁材質: 標準牆壁 地板材質: 標準地板  
 維護情況: 普通

設定

點燈時數:  平均用電: 每天點燈 [10] 小時、每月點燈: [30] 天、每年點燈: [12] 月  
 自訂時數: [ ] 小時年  
 平均用電單價: [2.6] 元度(參考電費) 推估年數: [5] 年後

開始評估

評估結果

	白熾燈	鹵素燈	省電燈泡(螺旋)	省電燈泡(球形)	LED 燈泡	冷陰極管	T8 螢光燈	T5 螢光燈	LED 燈管
規格(W):	100	75	21	21	11	21	40	28	20
光通量(lm):	1450	1425	1260	1050	920	1323	3100	2900	1600
光源效率(lm/W):	14.5	19.0	60.0	50.0	83.6	63.0	77.5	103.6	80.0
光源壽命(Hr):	1200	1500	6000	6000	30000	20000	10000	20000	35000
光源單價(元):	50	100	150	150	600	350	90	150	1200
燈具價格(元):	250	250	250	250	250	800	800	1000	800
數量(盞):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
照度(Lux):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
初設成本(含光源):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
5年後									
光源更換(次):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
光源更換(元):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
電費(元):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
總費用(元):	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

返回系統首頁

圖 5.3 簡易版(使用效益評估)網頁

(3) 照明相關專業人士可選擇「進階版」，其中「既有改善效益評估」系統為使用者輸入空間類別並將相關係數與既有光源輸入，資料庫即可加以運算所需照度值與光源或燈具數量，最後呈現之結果為既有與新設兩者間燈具數量、照度、電費、照明用電密度、二氧化碳排放量、回收年限等項目之差異。另本項運算亦可自行微調新設燈具數量，以利空間之燈具均布。

照明節能評估系統(試用版)  
LIGHTING ENERGY ASSESSMENT SYSTEM

關於本系統 About | 進入系統 System | 操作說明 Note | 照明小常識 Knowledge | 聯絡我們 Contact Us

首頁 > 操作說明

» 進入系統 System > 進階版(既有改善效益評估)

進階版(既有改善效益評估)=>請填入藍色區塊

空間類別: [---請選擇---] 活動種類: [---請選擇---] 照度建議值: [ ] Lux

空間長度(L): [ ] 公尺(m) 空間寬度(W): [ ] 公尺(m) 燈具高度(H): [ ] 公尺(m) 作業高度(h): [ ] 公尺(m)

天花材質: [標準天花] 牆壁材質: [標準牆壁] 地板材質: [標準地板]

既有照明設備: [---請選擇---] 盞 新設照明設備: [---請選擇---]

維護情況: [普通] 維護率: [ ] 新設維護率: [ ]

設定

點燈時數:  平均用電: 每天點燈 [8] 小時、每月點燈 [22] 天、每年點燈 [12] 月  
 自訂時數: [ ] 小時年

建議光源數量: [ ] 支  
 建議燈具數量: [ ] 盞  
 微調燈具數量: [0] 盞  
 平均用電單價: [3.5] 元度 (參考電費) 回收年限: [ ] 年

開始評估

評估結果

既有燈具數量:	[ ] 盞	新設燈具數量:	[ ] 盞
既有光源數量:	[ ] 支	新設光源數量:	[ ] 支
既有空間照度:	[ ] Lux	新設空間照度:	[ ] Lux
既有照明用電密度:	[ ] W/M <sup>2</sup>	新設照明用電密度:	[ ] W/M <sup>2</sup>
既有燈具建構費用:	[ ] 元	新設燈具建構費用:	[ ] 元
既有燈具汰換費用:	[ ] 元年	新設燈具汰換費用:	[ ] 元年
每年點燈度數:	[ ] 度年	新設每年點燈度數:	[ ] 度年
每年點燈費用:	[ ] 元年	新設每年點燈費用:	[ ] 元年
每年CO <sub>2</sub> 排放:	[ ] 公斤年	新設每年CO <sub>2</sub> 排放:	[ ] 公斤年
		效益比:	[ ]
		節電:	[ ] 度年
		節費:	[ ] 元年
		減碳:	[ ] 公斤年

返回系統首頁

圖 5.4 進階版（既有改善效益評估）網頁

(4) 專業人士亦可選擇「進階版」新設規劃效益評估系統，此功能可在輸入空間類別及相關係數後，針對該空間可同時規劃相異 A、B 兩種照明設備以供比較，並呈現兩者間燈具數量、照度、電費、照明用電密度、建構費用、二氧化碳排放量等差異值。

**照明節能評估系統 (試用版)**  
LIGHTING ENERGY ASSESSMENT SYSTEM

關於本系統 About | 進入系統 System | 操作說明 Note | 照明小常識 Knowledge | 聯絡我們 Contact Us

首頁 操作說明

» 進入系統 System : 進階版(新設規劃效益評估)

進階版(新設規劃效益評估) ==> 請填入藍色區塊

空間類別: --請選擇-- 活動種類: --請選擇-- 照度建議值: Lux

空間長度(L): 公尺(m) 空間寬度(W): 公尺(m) 燈具高度(H): 公尺(m) 作業高度(h): 公尺(m)

天花材質: 標準天花 牆壁材質: 標準牆壁 地板材質: 標準地板

A案照明設備: --請選擇-- 盞 B案照明設備: --請選擇--

維護情況: 普通 A案維護率: B案維護率:

設定

點燈時數:  平均用電: 每天點燈 8 小時、每月點燈 22 天、每年點燈 12 月  
 自訂時數: 小時年

平均用電單價: 3.5 元度 (參考電費)

開始評估

評估結果

A案光源數量:	支	B案光源數量:	支		
A案燈具數量:	盞	B案燈具數量:	盞		
A案空間照度:	Lux	B案空間照度:	Lux		
A案照明用電密度:	W/M <sup>2</sup>	B案照明用電密度:	W/M <sup>2</sup>		
A案燈具建構費用:	元	B案燈具建構費用:	元		
A案光源汰換費用:	元年	B案光源汰換費用:	元年	效益比:	
A案每年點燈度數:	度年	B案每年點燈度數:	度年	節電:	度年
A案每年點燈費用:	元年	B案每年點燈費用:	元年	節費:	元年
A案每年CO <sub>2</sub> 排放:	公斤年	B案每年CO <sub>2</sub> 排放:	公斤年	減碳:	公斤年

返回系統首頁

圖 5.5 進階版 (新設規劃效益評估系統) 網頁

(5) 提供照明小常識供民眾使用在使用本評估系統時能了解照明之相關用語。



圖 5.6 照明小常識網頁

(6) 本研究建置之系統亦可針對市面常見光源做效益估算，應用案例如下：

展示空間客廳

說明：

1. 以展示空間客廳長 4.09M、寬 4.26M、高 2.6M，採用筒燈或設置於平頂為例，平均照度約為 200lux 計算。
2. 總費用以初期設置成本以及每年點燈 2,000 小時（約 5.4 小時 x365 天）之耗電、需汰換光源成本等合計。
3. 電費以每度電 3 元計算。

表 5.1 客廳常見光源效益估算

編號	光源條件												5 年				10 年			
	光源	廠牌	規格 (W)	光源光通量 (lm)	首次安裝費含光源 (元)	光源單價 (元)	光源壽命 (Hr)	光源效率 (lm/W)	盞數	平均照度 (Lux)	燈具初設成本	光源初設成本	光源更換次數	光源更換價格	電費	總費用	光源更換次數	光源更換價格	電費	總費用
1	白熾燈	東亞	100	1450	300	50	1200	14.5	6	210.92	1500	300	8	2400	18000	22200	16	4800	36000	42600
2	鹵素燈	歐司朗	75	1425	350	100	1500	19	6	207.28	1500	600	6	3600	13500	19200	13	7800	27000	36900
3	省電燈泡(球形)21W	東亞	21	1050	400	150	6000	50	7	213.83	1750	1050	1	1050	4410	8260	3	3150	8820	14770
4	省電燈泡(螺旋)21W	東亞	21	1260	400	150	6000	60	8	203.64	2000	1200	1	1200	5040	9440	3	3600	10080	16880
5	LED 燈泡	億光	11	920	850	600	30000	83.6	9	200.73	2250	5400	0	0	2970	10620	0	0	5940	13590
6	冷陰極管 CCLF	威力盟	21	1323	600	350	20000	63	6	192.44	1500	2100	0	0	3780	7380	0	0	7560	11160
7	T8 螢光燈	東亞	40	3100	890	90	10000	77.5	2	178.49	1600	180	0	0	2400	4180	1	180	4800	6760
8	T5 螢光燈	東亞	28	2900	1150	150	20000	103.6	2	166.98	2000	300	0	0	1680	3980	0	0	3360	5660
9	LED 燈管	億光	20	1600	2200	1200	35000	80	4	184.25	4000	4800	0	0	2400	11200	0	0	4800	13600

展示空間臥室

說明：

1. 以展示空間臥室長 2.12M、寬 4.26M、高 2.6M，採用筒燈或設置於平頂為例，平均照度約為 200lux 計算。
2. 總費用以初期設置成本以及每年點燈 2,000 小時（約 5.4 小時 x365 天）之耗電、需汰換光源成本等合計。
3. 電費以每度電 3 元計算。

表 5.2 臥室常見光源效益估算

編號	光源條件											5 年				10 年				
	光源	廠牌	規格 (W)	光源光通量 (lm)	首次安裝費含光源 (元)	光源單價 (元)	光源壽命 (Hr)	光源效率 (lm/W)	盞數	平均照度 (Lux)	燈具初設成本	光源初設成本	光源更換次數	光源更換價格	電費	總費用	光源更換次數	光源更換價格	電費	總費用
1	白熾燈	東亞	100	1450	300	50	1200	14.5	4	192.15	1000	200	8	1600	12000	14800	16	3200	24000	28400
2	鹵素燈	歐司朗	75	1425	350	100	1500	19	4	188.84	1000	400	6	2400	9000	12800	13	5200	18000	24600
3	省電燈泡(球形)21W	東亞	21	1050	400	150	6000	50	5	208.72	1250	750	1	750	3150	5900	3	2250	6300	10550
4	省電燈泡(螺旋)21W	東亞	21	1260	400	150	6000	60	6	208.72	1500	900	1	900	3780	7080	3	2700	7560	12660
5	LED 燈泡	億光	11	920	850	600	30000	83.6	7	213.35	1750	4200	0	0	2310	8260	0	0	4620	10570
6	冷陰極管 CCLF	威力盟	21	1323	600	350	20000	63	5	219.15	1250	1750	0	0	3150	6150	0	0	6300	9300
7	T8 螢光燈	東亞	40	3100	890	90	10000	77.5	2	217.49	1600	180	0	0	2400	4180	1	180	4800	6760
8	T5 螢光燈	東亞	28	2900	1150	150	20000	103.6	2	203.45	2000	300	0	0	1680	3980	0	0	3360	5660
9	LED 燈管	億光	20	1600	2200	1200	35000	80	4	224.5	4000	4800	0	0	2400	11200	0	0	4800	13600

## 第二節 建議

### 一、立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

本研究建置之評估系統可供民眾自行至網頁計算照明所需光源數量、電費及耗電與建置費用等項目，惟照明燈具日新月異需定期更新，網頁空間及伺服器架站需時常維護方可維持資料之正確性，故建議編列相關費用以利網站持續運作。

### 二、中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

建議配合大專院校舉辦研討會或教育訓練，藉以宣導網頁軟體使用方法及照明相關知識，提升民眾對照明設備之認知以利達成節能目標。



## 附錄一、甄審意見及回應情形

意見	回應
<b>李甄審成員魁鵬</b>	
1. 本案之研究對於實務應提供很好的參考與助益。	1. 無
2. 建議進一步考量自然採光及節能控制之效益。	2. 本研究之評估方式與評估軟體將會將自然採光及節能控制之節能效益那入考慮。
<b>吳建築師德賢：</b>	
1. 請考量員照明設計與建築設計功能與空間之配合性是否有缺失。	1. 本研究預期完成之評估軟體，將考量空間性質、設計照度等條件，能建議出合理的燈具數量與燈具型式等內容，對原空間之照度規劃能有一最適當的配合性。
<b>蕭教授弘清：</b>	
1. 照明體驗館之規劃(目前國內有許多場所)，規劃時注意新穎性及時代性。	1. 照明節能體驗空間會考慮新穎性及時代性。
2. 輸出入界面規格清楚，但要明確化： (1) 中文界面 (2) 便利性、引導性 (3) 燈具資料庫建置及可自動提出建議燈具 (4) 配電線路建議及效果呈現	2. 評估軟體將會考慮使用者介面及人性化與親和性，以及使用者之方便性。
3. 期中查核時間在六月中，故時間表要調整在第四個月底。	3. 期中查核時間將會修正調整。



## 附錄二、期中簡報及處理情形

意見	回應
<b>吳建築師德賢：</b>	
2. 建議軟體使用界面之親和性可再加強，讓一般住家及辦公室之使用者更方便使用。	2. 感謝委員建議，本研究將持續修正評估軟體網頁呈現方式，更新維護將納入後續研究。
3. 若此軟體可供一般設計者及施工專業者使用，希望能加強一般性、舉例性或建議性之說明，俾利應用。	
4. 軟體之後續維護、更新亦請一併考量。	
<b>馮協理文信：</b>	
1. P12 公式(21)之 $\phi$ 與說明之 F 應為一致，請修正。	1. 感謝委員建議，將修正之。 2. 本研究將在後續加入相關建議。
2. P44 之四.照明設備所填入數值應可再廣泛，如光源與燈具之功率、光色、流明、壽命、效率等。	
3. 本研究內容可引導市售照明產品標示，提供消費者選用評估參考。	
4. 體驗空間建議以實體空間進行規劃，較能接近實際狀況及真實感受。	
<b>蕭教授弘清：</b>	
3. 與預定之進度相符合，但期中報告誤繕較多宜修正，並加強文書品管。	4. 感謝委員建議，將修正之。 5. 本研究之評估軟體已設置「照明小常識」將相關名詞以簡易圖片及解說方式使民眾能清楚了解。 6. 相關係數中之維護係數已納入。 7. 體驗空間為一規劃案，設置地點需建研所決定。 8. 更換成本已納入評估軟體。
4. 節能效益評估方法要簡易，並且具物理意義，如有轉換係數，宜有根據，避免應用時還要查表或艱難、太專業名詞，會造成一般民眾不易了解。	
5. 評估輸入參數中，有關維護係數設	

定似乎忽略清潔週期所產生之影響，建議能增訂，也較具教育意義。

6. 體驗空間設置於何處?目前台灣已有許多地方或廠商均有設置，且需常維護更新，建置在學校或建研所之必要性宜確認，建議本計畫完成規劃設置目標、成效即可，若真要設置，可考慮結合台電之節能展示館，也可維護台電形象。
7. 維護更新換燈管之人工成本，請考慮是否納入。
8. 光源壽命之評比，宜帶入光衰之評比，尤其 LED 之設定宜保守。

9. 光源之壽命目前以廠商所揭示之點燈時間為主。

---

**李教授訓谷 (書面意見):**

利用展板或展示空間讓民眾體驗照明節能效益，相當具可行性，建議除了展具之情境設計外，建議能增加成本評估項目，並且與中小學承辦人員接觸，以擴大推展照明節能成效。

1. 感謝委員建議。

---

**中華民國全國建築師公會(陳建築師俊芳):**

1. 建置完成之資料庫及評估軟體設於何處?後續網站維護更新方式及經費，宜於報告內呈現。
2. 表 3.3 維護率(良好、普通、差)宜以文字加以描述，以利一般民眾研判勾選，露出型式宜補充說明，方便使用。
3. 輸入條件之光源、光源效率除資料庫提供外，建議亦能供使用者自行輸入數據之功能。

1. 本研究之資料庫將提供民眾使用，維護需待後續持續研究。
2. 感謝委員建議。

P24 照明功率密度基準 UPD 係參考手

---

冊 2009 年版本，建議可採用 2012 年版本。

---

**台灣區照明燈具輸出業同業公會(宋組長福生)：**

1. 照明節能效益之評估項目，建議除了省電之發光效率外，其他如光色（色溫度）、演色性及光源之壽命亦可一併納入。
2. 照明燈具設備之引用，除了器具效率(LOR)外，建議合理應用之統一眩光指數(UGR) 亦請納入考量。
3. 室內空間尺寸大小、材質(反射率)等影響，是否能在評估系統中呈現，俾引導民眾採用較節能之室內裝修材料。

1. 感謝委員建議。
2. 裝修材料等將在後續研究中進行。

---

**廖組長慧燕：**

照明節能效益評比項目，建議除耗能數據比較外，其他成本、壽命、眩光等變數，亦請一併納入並作整體效益考量，俾利業界及一般民眾參考應用。

1. 使用者自行輸入成本、壽命等變數將在後續資料庫中呈現。
-



## 附錄三、期末簡報及處理情形

意見	回應
<p><b>吳建築師德賢：</b></p> <p>本研究已完成簡易版與專業版照明評估軟體，供一般民眾與照明專業人士使用，符合預期成果，建議後續可將典型改善案例放在網頁上，俾達教育宣導效果。</p>	<p>1. 感謝委員建議，將提供網址與照明公會網頁聯結。</p>
<p><b>黃教授瑞隆：</b></p> <p>1. 研究計畫符合預期成果。</p> <p>2. 軟體評估照明經濟效益時，因為台電公司對於不同場所、用電度數會有不同電費單價，建議加入此項功能，會更方便民眾使用。</p>	<p>1. 感謝委員建議。</p> <p>2. 已納入資料庫中補充說明電費計價。</p>
<p><b>馮協理文信：</b></p> <p>1. 已建立照明用電之節能評估模式，可供一般民眾作為建築照明改善之參考。</p> <p>2. 專業版可提供照明設計專業人士使用，建議後續持續建構更多台灣各照明廠牌之光電特性資料庫(可採開放登錄制)則將更能吸引民眾使用，特別可鼓勵具節能標章或綠建築要求之產品</p> <p>3. 建築照明體驗空間規劃已具基本架構，未來設置可視空間大小適當調整，若可以有更大空間，應當可以有更好的體驗。</p>	<p>1. 感謝委員建議。</p> <p>2. 由於資料庫維護及網路架設後台目前無法開放登錄，本研究團隊將持續新增相關具節能標章之燈具與光源。</p>
<p><b>蕭教授弘清：</b></p> <p>1. 目前已完成預定目標，所建立之照明軟體方便易行，也確實可供民眾方便執行模擬及瞭解節能</p>	<p>1. 感謝委員建議，本研究將持續更新及編整軟體。</p>

- 
- 效益，具推廣意義，建議後續軟體內容可持續再強化，使之更完整。
2. 體驗屋之建置規劃可行，兼顧經費與空間未來視場所而定。
  3. 目前 LED 燈泡因包含安定器電路在內，壽命較易因電路零件損壞而達不到 30,000 小時之壽命，值得注意，宜於報告中補充說明。
  4. 第 2、3 章之評估公式中，有多處疑似誤繕，公式本身物理意義有不合理之處，宜再檢討是否錯誤，而文字敘述(解釋公式定義)宜再口語化易了解，目前有些生硬難懂。
  5. 建議網頁上製作數個典型案例，以播放檔格式播放，也許可達到不錯的教育宣導示範效果。
- 

**中華民國全國建築師公會(陳建築師俊芳):**

1. 建議提供總使用時數輸入欄位。
  2. 因舊建築物很多照明改善案例，可能是直接更換新型 LED 或 T5 燈源，建議(燈源、燈具、裝設)費用可分別填列，俾利應用。
  3. 建議軟體能呈現回收年限之功能。
- 
1. 將於資料庫中增加。
  2. 委員建議之汰換光源已呈現於進階版(既有改善效益評估)中；裝設費用牽涉到工資問題，故未列入計算。
  3. 回收年限計算已列入簡易版(使用效益評估)中。
- 

**台灣區照明燈具輸出業同業公會(宋組長福生):**

1. 照明節能評估系統之建置，相當符合民眾之需求，本會也經常被
- 
1. 目前已將網址提供交互連結。
  2. 未來若有需要，本研究團隊將全力配合協助辦
-

民眾詢問到相關之問題，若可行是否可與本會網站相連結，以造福全體民眾；甚至可與研發團隊合辦研討會，廣為宣傳本套軟體之使用方法。

2. 建築照明體驗空間之規劃，主要係要讓民眾了解建築照明之重要及推廣節約能源概念，本會將於明(102)年3月26~29日在世貿中心舉辦2013年台灣照明科技展，若可行可協調外貿協會設置專區來展示，供全國民眾體驗在各種照明條件下之空間顯現，共同推廣建築照明節能及政府節能減碳政策。

理相關研討會，廣為宣傳成果。

**廖組長慧燕：**

1. 囿於一般民眾不知如何從日常生活中執行照明節能，建議可將節能改善資訊納入評估軟體內，例如在相同照明條件下，使用不同光源(省電燈泡、白熾燈泡、LED)之節能效益比較。
  2. 網頁使用界面之親和性請再加強，尤其字體應再放大，讓一般使用者更方便操作。
  3. 軟體內容請加入淺顯易懂之照明節能案例，俾供應用參考。
  4. 後續網頁之維護期望能與照明燈具輸出業同業公會共同合作，以建立完整資訊平台，供照明業界及一般民眾參考。
  5. 影響LED壽命之因素宜於報告中補充說明，避免誤用。
1. 關於軟體加強使用界面之親和性及影響LED壽命之因素將依照委員意見檢討修正。
  2. 字體大小可由使用者自行調整電腦螢幕顯示之解析度變更。
  3. 將納入後續網頁建置。
  4. 已提供連結供試用。
  5. 已於報告書中提及。



## 附錄四、第一次座談會議紀錄

### 建築照明節能效益評估之研究期中報告諮詢座談會

一、開會時間：中華民國 101 年八月七日 星期二上午 10 點

開會地點：台北科技大學（台北市大安區忠孝東路三段一號 - 設計館 651-2 室）

三、主席：周鼎金 教授 紀錄：周澤亞

四、出席單位及人員：

- 孫啟能 總經理（光拓彩通照明設計公司）、
- 沈冠延 主持設計師（十田設計顧問有限公司）、
- 馮文信 協理（中國電器股份有限公司）、
- 謝坤學 理事長（中華民國室內裝修專業技術人員學會）、
- 游壁菁 教授（中國科技大學室內設計系）、
- 吳韻吾 建築師、吳建興 技師、
- 王忠偉 董事長特助（億光電子工業股份有限公司）、
- 黃紹求（東中實業）、
- 張光耀 總務主任（景美國中）

---

#### 意見

- |     |   |
|-----|---|
| 吳建興 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 局部照明部分建議增加燈管(燈具)壽命及替換後照度之差異</li> <li>2. 燈管壽命不等於燈具壽命，在評估中應做說明。</li> <li>3. 局部照明部分建議增加燈泡之價格及燈泡壽命(由命重自己填)，但提供建議值。</li> </ol> |
|-----|---|

- |     |   |
|-----|---|
| 馮文信 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 簡易版亦要考慮替換前後維持相近光通量之等級。</li> <li>2. 簡易版可以秀出新舊產品之壽命資訊供參考。</li> <li>3. 進階版之更新費用請增列更換工資、配線費用等投入成本再計算回收年限。</li> <li>4. 進階版計算照度所用光通量須以整套燈具之光通量為基準。</li> </ol> |
|-----|---|

- |     |  |
|-----|--|
| 王忠偉 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 軟體很好，希望可早點讓大家使用。</li> <li>2. 建議：回收年限並無標準，希望軟體可永久發展，只針對電力節能進行使用就可。</li> </ol> |
|-----|--|

- |     |  |
|-----|--|
| 孫啟能 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目的：推廣節能照明，加速產業健全發展。</li> <li>2. 使用者：一般：替換光源(純電費節約)(由 w 數+圖像)</li> <li>3. 專業：應用環境(分類與係數選擇)替換光源(含維護、回收計算)</li> <li>4. 黃光、白光、直插、橫插設定須區別。</li> </ol> |
|-----|--|

	5. 專業：立面輝度對明亮度的影響納入(含保守率、反射率)安規、演色性、品質認證之鑑別引導。美、生活、綠建築的健康角度出發設計性、間接照明形式納入應用。
吳韻吾	1. 建議系統設計多加考慮易用性，讓使用者更容易瞭解系統功能，如能多加系統使用說明或學習知識庫更佳。
張光耀	1. 應可加入均齊度的參數。 2. 空間圖例可利用計算有效照明區域。 3. 燈具效率可能會影響照明效率。 4. 局部照明可分：汰換之初照明效率、汰換之後經濟效率 5. 一般照明表現方式可在「美化、綠化」，文字錯解可更明晰，每一顯示頁建議不放太多東西。
游壁菁	1. 局部照明既有光源，改善光源由使用者輸入光源、數量、如何確保照明品質值相同。 2. 進階版輸入室指數(高度、寬度、長度)維護率，建議增加定義或圖示說明。
黃紹求	1. 光源與燈具之效率不同會造成效益評估參數不同。 2. 照明節能之替換、照度要提升(演色性參考) 3. 照明壽命、價格、回收年限、維護管理、安全與方便性。 4. 主要照明與局部照明應分開評估、比較。 5. 專業評估軟體是否能做工業工廠大瓦數照明改善評估數據資料
沈冠廷	1. 使用者對象：一般民眾或學術背景—不同版本不同目的 2. 新照明設備資料如何更新？專業人員使用 IES Files？ 3. 價格如何更新？自行 key-in 4. 綠建築/節能評估功能：標準 2001/2004 國內？國外？自行定義？ 5. 保固年限因子與使用年報？(回收時間)更換工資？ 6. 建議替代品相同規格建議產品—設定預算自動配出。



## 附錄五、第二次座談會議紀錄

### 建築照明節能效益評估之研究諮詢座談會&LED 壽命之測試與評估

- 一、開會時間：中華民國 101 年 10 月 9 日 星期二下午 2 點 00 分
- 二、開會地點：台北科技大學（台北市大安區忠孝東路三段一號設計館 252 室）
- 三、主席：周鼎金 教授                      紀錄：周澤亞
- 四、出席單位及人員：
- 王冠翔 經理（財團法人台灣建築中心）、
  - 吳建興 技師、周祖珍 建築師（周祖珍建築師事務所）、
  - 陳傳寵 董事長（趨勢節能環保股份有限公司）、
  - 陳建隆 教授（台北科技大學光電工程系）、
  - 陳清水 先生（台灣新照明股份有限公司）、
  - 馮文信 協理（中國電器股份有限公司）

意見	
王冠翔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 系統呈現資訊過多，應選擇使用者較關心之內容作為保留其餘刪除或另外輸出</li> <li>2. 輸入介面與輸出介面切割或換頁可改善畫面複雜度</li> <li>3. 燈具評估的選擇可參考賣場常見燈具最為系統選項，避免混淆使用者</li> </ol>
吳建興	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本軟體若設定為一般民眾使用，則燈具的樣本建議應以一般民眾可以於大賣場購得之燈具種類為主要較實用。</li> <li>2. 本軟體所考慮之參數甚多，雖然增加一些精準度，但也增加使用上之難度，建議對於一些影響不大之參數予以減少或提供一些工程實務上之經驗值，使減少必須輸入之資料，需輸入之資料應限縮到一般民眾可理解之數據。</li> <li>3. 建議軟體需有輸入錯誤提醒。</li> </ol>
周祖珍	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 空間高度≠燈具高度?目前網頁只有前者，建議加註後者</li> <li>2. 一個空間若有一種以上燈具如何操作?</li> </ol>
陳清水	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 燈具應分有格柵，無格柵，有燈罩來計算照度</li> <li>4. 請消耗電力可列出(雖有用電密度但一般消費者不太知道)</li> <li>5. 是否考慮可讓廠商，產品的特性&amp;價格可自行輸入</li> <li>6. 軟體考慮註記-----若要精算平均照度均勻度時恰專業人員及廠商協助</li> <li>7. 燈具壽命測是以光束衰減率來判斷壽命，一般以光衰大於 30%</li> </ol>

---

	為壽命定義
	8. LED 燈具目前有投光燈燈具、輕鋼架燈具、LED 路燈 3 個精準度來定壽命，但有訂光束衰減率規範。
	9. 有訂壽命的光源目前僅省電燈泡有訂
	10. 找有經驗及有廠牌的燈具製造商，目前是壽命最好的保證方式
	11. LED 燈具壽命評估 例如可能影響壽命的因素
	12. 是否有安規測試
	13. 使用的光源保證年限保證光束衰減
	14. 防水是否有證書
	15. 使用的 Drive 是否經驗證合格
	16. 燈具製造廠是否簽壽命年限
陳隆建	1. 頁面要生動活潑，最好有效果圖。
	2. 設定參數過多，會讓一般民眾沒有辦法有適當的操作。
	3. 光長 50%or70%
	4. LED 還有色偏的問題
	5. LED 燈具壽命的定義要確定範圍
陳傳寵	(LED)
	1. 市面現流通燈具擇列數量不足，以經驗建議請光 15cm 崁燈列入(市面大量採用)
	2. 請將燈體導熱部分列入比較(節能部分)
	3. 導光角度是否均以 120 度為主或 360 度(依統式)
	4. 居家範圍不足，若列入則燈具就顯差異性 如黃.白光
馮文信	1. 簡易版畫面建議使用圖形表達，提高親和力、活潑化
	2. 軟體之後台運算方式可以提出討論以確保各類選擇結果是合理的
	3. 表格各欄名稱建議補充其名詞定義說明
	4. 所列燈具種類可以依照市場主流產品為主，不必太多

---



## 參考文獻

1. 周鼎金（民 85）。建築物照明設計耗電評估模式之研究。中華民國建築學會建築學報，第 22 期。
2. 周鼎金（民 87）。辦公建築照明設計耗電簡易評估指標與基準之研究。電力電子技術，工業技術研究院能源與資源研究。
3. 范植賢（民 91）。建築物能源管理診斷專家系統（未出版之碩士論文）。取自臺灣博碩士論文系統。
4. 郭柏巖（民 94）。住宅耗電實測解析與評估系統之研究（未出版之碩士論文）。取自臺灣博碩士論文系統。
5. 顧孝偉（民 96）。住宅用電量監測與解析之研究（未出版之碩士論文）。取自臺灣博碩士論文系統。
6. 李玉生、周鼎金（民 93）。辦公室照明設計節能參考手冊之研究。內政部建築研究所協同研究報告。
7. 蕭弘清（民 96）。照明節能產品應用手冊。財團法人台灣綠色生產力基金會。
8. 李玉生、周鼎金（民 98）。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報告。
9. 許招墉（民 95）。照明手冊。台北：全華。
10. 林義讓（民 82）。照明設計。台北：文笙。
11. 松下進，光與空間的魔法-住宅照明設計入門，台北：台灣東販股份有限公司，2011。
12. 綠建築評估手冊-基本型（2012）。內政部建築研究所。
13. CEA Technologies Inc(2007).LIGHTING Energy Efficiency Reference Guide.
14. Bhusal Pramod(2006). ACCURACY OF THE LIGHTING ENERGY

CALCULATION METHOD. Helsinki, Finland: Light & Engineering Vol. 14,  
No. 1, pp. 39—47, 2006.

15. CIE. <http://www.cie.co.at/>
16. LEED. <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>
17. ASHRAE. <http://www.ashrae.org/>
18. U.S. Department of Energy. <http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/>
19. National Research Council Canada(1999). Performance Compliance for Buildings. Australian Greenhouse Office.
20. <http://www.accc.gov.au/content/index.phtml/itemId/142>
21. The International Energy Agency (IEA) Net Zero Energy Buildings Database  
<http://iea40.buildinggreen.com/index.cfm>
22. Building Energy Standards and Codes. <http://www1.arch.hku.hk/research/beer/besc.htm>.
23. 台灣電力公司. <http://www.taipower.com.tw/index.htm>

**建築照明節能效益評估之研究**

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳瑞鈴、周鼎金

出版年月：101年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-03-5086-9 (平裝)