

2013 中華民國營建工程學會第十一屆營建工程與永續能源研討會

投影教學環境作業面輔助照明實用性之探討

鄭明仁 (Ming-Jen Chan)

逢甲大學建築學系

王盟貴 (Meng-Kuei Wang)

逢甲大學建築學系

摘要

投影教學方式已成為目前大專院校主流，如何符合教師的授課需求，同時讓學生取得足夠的作業面照度，是為一重要的課題。本研究透過實驗計畫法，在一投影教學空間設定 4 組不同照明方式，進行照度實測，並透過問卷調查使用者舒適度。爾後透過耗能計算及空間照度基準檢討，評估投影教學空間中各種照明設計之實用性。

實測之教學空間天花板照明使用 T8-38W 燈管，輔助照明採用 E14-8W 省電燈泡。照明方式設置四組：「A、全般天花照明」、「B、兩側天花照明」、「C、兩側天花照明+輔助照明」、「D、輔助照明」。其平均照度各為 A：579Lux，B：307Lux，C：466Lux，D：289Lux。回收 15 份有效問卷顯示，受試者偏好 B 及 D 組，其中 D 組接受度最高，達 86%，雖未達照度 500Lux 之基準，但可兼顧投影幕清晰度及抄寫筆記之需求，僅普遍反映希望能依個人喜好調整燈具亮度、距離及角度。耗能推估部分，A：1140W/hr，B：760W/hr，C：880W/hr，D：120W/hr。由此可知，投影教學空間設置作業面輔助照明可兼顧教學品質及照明節能效益。關鍵字：投影教學、輔助光源、作業面照度、照明設計。

The Practicability of Using Table Assistant Lighting in the Classroom while Teaching with Projector

Abstract

Teaching with projector has become the main method at university. Therefore, it is important to give consideration to the teaching requirements of the teachers and enough illumination on table for the students during class.

This study sets 4 lighting types in one classroom with overhead projector and measures the statistics of illumination. And then researchers interview the students with questionnaire to know that if they feel comfortable during class.

The experiment takes place in a classroom equipped with projector, and the classroom is lighting with 3 rows of T8-38W fluorescent lamp as ceiling lighting. And then,

researchers add E14-8W bulb as the table assistant lighting. The four lighting types are: “A. general ceiling lighting”, “B. ceiling lighting on the two opposite borders”, “C. ceiling lighting on the two opposite borders and table assistant lighting”, “D. table assistant lighting”. The average statistics of illumination are: “A. 579Lux”, “B.307Lux”, “C.466Lux”, and “D.289Lux”. According to the 15 valid questionnaires, participants show highly preference to type B and type D. In consideration of projection screen clarity and the lighting demand for writing, 86% of the participants prefer D type. Though its illumination is less than the standard for working-plan (500Lux), but this study shows this lighting type is the best option for both world.

The power consumptions for each type are estimated to be: A. 111140W/hr, B. 760W/hr, C.880W/hr, D.120W/hr. The result of this study shows assistant lighting can improve teaching quality and lighting efficiency in classroom with projector.

Keywords: Teaching with Projector, table assistant lighting, illumination on table, illumination.

一、前言

照明設計是建築環境中重要一環，目前大都以照度品質及照明功率密度作為建築照明設計中光環境及照明耗能評比的標準。由於教室空間中的教學行為一般須長時間進行，因此學校類空間對於作業面的照度品質要求較高。適當的照度品質對於教室使用者有高度重要性，不僅可減少視覺疲勞，亦有助於增加學習效率。

希冀藉此研究探討投影教學環境中作業面輔助光源的實用性，並透過分析成果對於空間照明設計改善提出適當的建議。有鑑於此，本研究目的如下：

1. 利用儀器實際量測不同光源設計之照度數據，並以空間照度基準檢討之。
2. 作業面輔助光源設計是否符合投影教學環境中使用者需求。
3. 投影教學環境中作業面輔助光源設計是否得以節約建築物照明耗能。
4. 提出投影教學環境的實用性空間光源設計建議。

二、研究內容

本研究主要透過實驗計畫法及問卷調查法進行。實測部分將設定一組基本實驗組及 3 組對照組以進行照度的實測，並與照度基準進行交叉對照分析；同時，共進行 15 個人、4 階段的問卷調查，針對使用者對於光環境的感知進行調查，藉以評估當下環境是否符合使用者光環境舒適性，並提出相關空間照明設計建議。

2-1 照度實測

本實驗為取得不受晝光影響之室內照度數據，量測於 2013 年 4 月 19 日 20 時進行。實測空間以逢甲大學忠勤樓 712 室為例，該教室具備投影設備，長 1050 公分、寬 916 公分、高 400 公分；全般照明燈具為 T8 38Wx2 飛利浦三波長燈管。

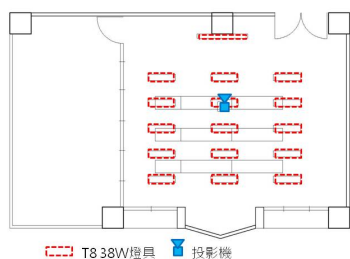


圖 1 實測空間平面及全般照明配置

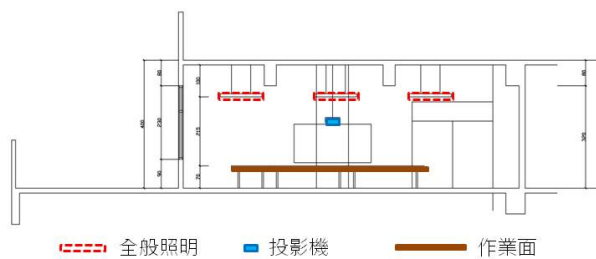


圖 2 實測空間剖面示意圖



圖 3 實測空間播放投影片情形



圖 4 設置實測空間輔助光源

(1) 光源設定

研究中以 A 案為基本實驗組，B~D 案為對照組，各組基本光源設定如表 1 所示。其中，輔助光源的設置方式：鎖定位為距離桌緣 10CM 處，水平角度與桌面呈 30 度角投射，垂直角度以 45 度角向桌面投射。

照度實際量測主要分為室內平均照度量測與作業面照度量測。其中，室內平均照度量測共取 48 個測點，各測點間距為 100CM，高度為 70CM；作業面照度量測則以個人作業面中央作為測點，共取 15 個測量數值。

(2) 實測設備

研究中採用 Konica Minolta 照度計 T-10（圖 5），其精度於 $\pm 2\%$ ± 1 位顯示值以內，操作環境於氣溫 $-10 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 、相對溼度 85% (35°C) 以下。輔助光源則採用 E14 燈頭的 40W 白熾燈泡，如圖 6 所示。



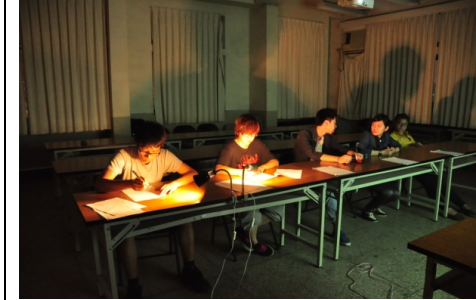
圖 5 照度計



圖 6 輔助照明燈具

表 1 實驗組別資料（續下頁）

編號	A. 一般全天花照明	B. 兩側天花照明
光源型式	T8 38W	T8 38W
光強 (lm)	3350 lm	3350 lm
色溫 ($^{\circ}\text{K}$)	4000 $^{\circ}\text{K}$	4000 $^{\circ}\text{K}$
光源效率	88.15 lm/w	88.15 lm/w

相片說明		
編號	C. 兩側天花+輔助照明	D. 輔助照明
光源型式	T8 38W + 40W 白熾燈泡	40W 白熾燈泡
光強 (lm)	-	380 lm
色溫 (°K)	-	2800 °K
光源效率	-	9.5 lm/w
相片說明		

2-2 問卷調查

本研究主要透過問卷調查的方式，分析使用者於投影教學環境中的照明感知程度，探討光環境中照度與使用者感知的關聯性。問卷設計說明如下：

- (1) 環境基本資料：時間、各項實測照度、均齊度。
- (2) 使用者背景資料：使用者性別、年齡、視力狀態及健康狀態。
- (3) 光環境感知：使用者對室內光環境、作業面及投影片亮度的感知及期望。

三、 結論

1. 照度實測分析

室內空間實測照度如下圖 7、圖 8 所示，整體室內平均照度為 536 Lux。其中照度較高的範圍於全般照明燈具下方，最高照度達 743 Lux；照度較低的範圍靠近教室角落、投影幕下方及教室後方，最低照度僅 276 Lux。教室室內空間整體均齊度約為 0.51。各方案作業面照度說明及耗能推估如下頁表 2。

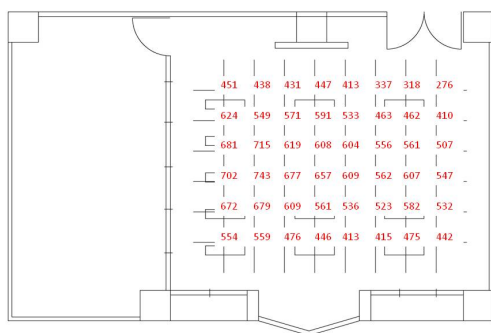


圖 7 照度分布圖

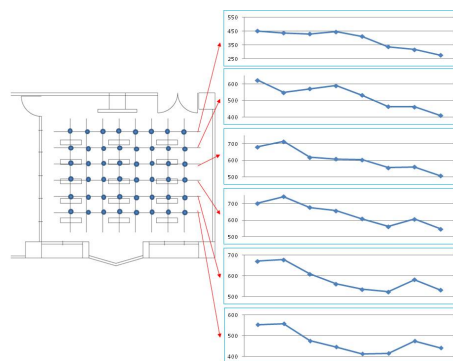
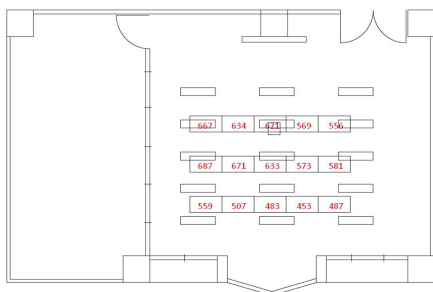
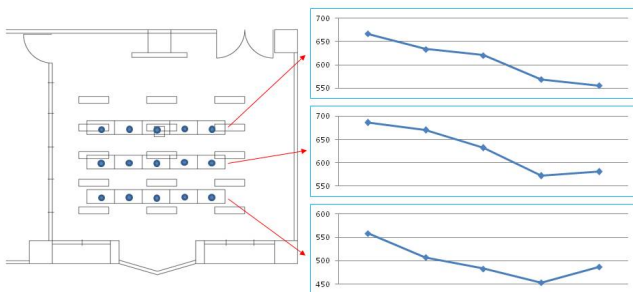
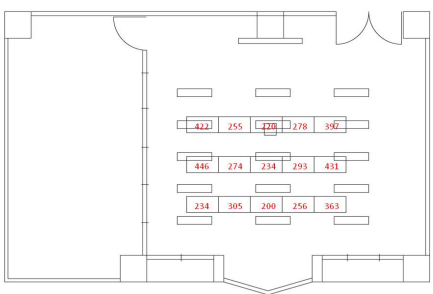
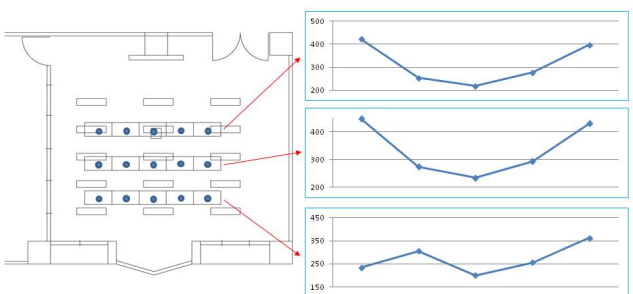
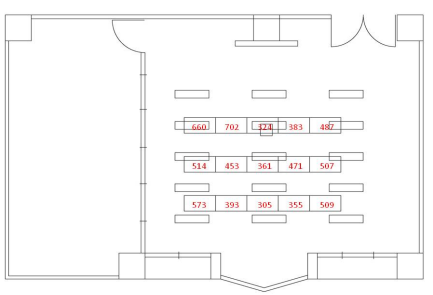
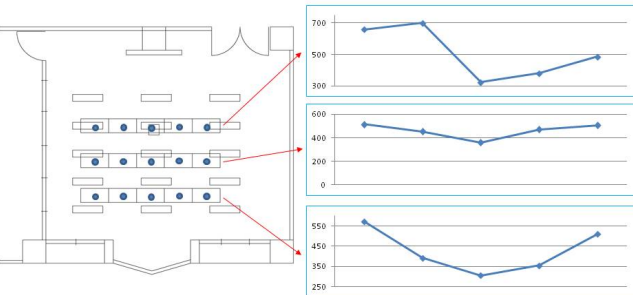
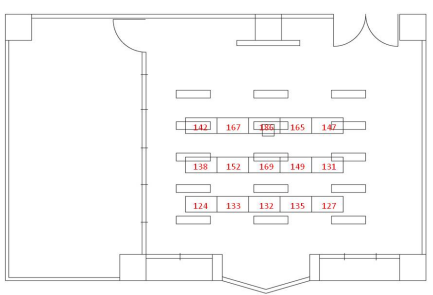
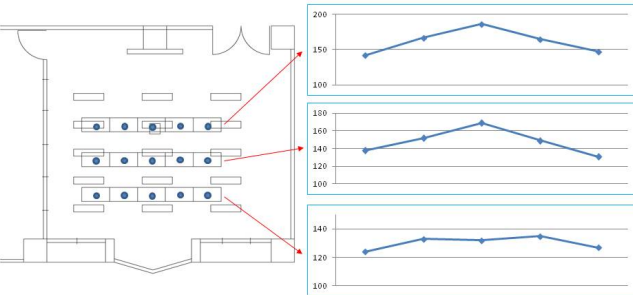


圖 8 照度曲線圖 (教室左側至右側)

表 2 各方案作業面照度

A 案	平均照度 579 Lux	照度較高的範圍靠近左側走道，最高照度達 687 Lux； 照度較低的範圍靠近教室後方，最低照度僅 453 Lux。																														
耗能推估	A 案照明耗能應共計 1140W (38Wx2x15)																															
<table><tr><td>662</td><td>634</td><td>621</td><td>569</td><td>556</td></tr><tr><td>687</td><td>671</td><td>633</td><td>573</td><td>581</td></tr><tr><td>559</td><td>507</td><td>483</td><td>453</td><td>487</td></tr></table> <table><tr><td>687</td><td>671</td><td>633</td><td>573</td><td>581</td></tr><tr><td>559</td><td>507</td><td>483</td><td>453</td><td>487</td></tr></table>			662	634	621	569	556	687	671	633	573	581	559	507	483	453	487	687	671	633	573	581	559	507	483	453	487					
662	634	621	569	556																												
687	671	633	573	581																												
559	507	483	453	487																												
687	671	633	573	581																												
559	507	483	453	487																												
B 案	平均照度 307 Lux	照度較高的範圍位於教室兩側，最高照度達 446 Lux； 照度較低的範圍位於教室中央，最低照度僅 200 Lux。																														
耗能推估	B 案應共計有 760W (38Wx2x10) 的照明耗能																															
<table><tr><td>422</td><td>255</td><td>278</td><td>278</td><td>390</td></tr><tr><td>446</td><td>274</td><td>234</td><td>293</td><td>431</td></tr><tr><td>234</td><td>305</td><td>200</td><td>256</td><td>363</td></tr></table> <table><tr><td>422</td><td>255</td><td>278</td><td>278</td><td>390</td></tr><tr><td>446</td><td>274</td><td>234</td><td>293</td><td>431</td></tr><tr><td>234</td><td>305</td><td>200</td><td>256</td><td>363</td></tr></table>			422	255	278	278	390	446	274	234	293	431	234	305	200	256	363	422	255	278	278	390	446	274	234	293	431	234	305	200	256	363
422	255	278	278	390																												
446	274	234	293	431																												
234	305	200	256	363																												
422	255	278	278	390																												
446	274	234	293	431																												
234	305	200	256	363																												
C 案	平均照度 466 Lux	照度較高的範圍靠近左側走道，最高照度達 702 Lux； 照度較低的範圍靠近教室後方，最低照度僅 305 Lux。																														
耗能推估	C 案應有共計 1360W (38Wx2x10+40Wx15) 的照明耗能																															
<table><tr><td>660</td><td>702</td><td>424</td><td>383</td><td>482</td></tr><tr><td>514</td><td>453</td><td>361</td><td>471</td><td>507</td></tr><tr><td>573</td><td>393</td><td>305</td><td>355</td><td>509</td></tr></table> <table><tr><td>660</td><td>702</td><td>424</td><td>383</td><td>482</td></tr><tr><td>514</td><td>453</td><td>361</td><td>471</td><td>507</td></tr><tr><td>573</td><td>393</td><td>305</td><td>355</td><td>509</td></tr></table>			660	702	424	383	482	514	453	361	471	507	573	393	305	355	509	660	702	424	383	482	514	453	361	471	507	573	393	305	355	509
660	702	424	383	482																												
514	453	361	471	507																												
573	393	305	355	509																												
660	702	424	383	482																												
514	453	361	471	507																												
573	393	305	355	509																												
D 案	平均照度 146 Lux	照度較高的範圍靠近中央，最高照度達 186 Lux； 照度較低的範圍靠近教室後方，最低照度僅 124 Lux。																														
耗能推估	D 案照明耗能應共計 600W (40Wx15)。																															
<table><tr><td>142</td><td>167</td><td>186</td><td>165</td><td>142</td></tr><tr><td>138</td><td>152</td><td>169</td><td>149</td><td>131</td></tr><tr><td>124</td><td>133</td><td>132</td><td>135</td><td>127</td></tr></table> <table><tr><td>142</td><td>167</td><td>186</td><td>165</td><td>142</td></tr><tr><td>138</td><td>152</td><td>169</td><td>149</td><td>131</td></tr><tr><td>124</td><td>133</td><td>132</td><td>135</td><td>127</td></tr></table>			142	167	186	165	142	138	152	169	149	131	124	133	132	135	127	142	167	186	165	142	138	152	169	149	131	124	133	132	135	127
142	167	186	165	142																												
138	152	169	149	131																												
124	133	132	135	127																												
142	167	186	165	142																												
138	152	169	149	131																												
124	133	132	135	127																												

2. 光環境舒適性

在室內光環境調查中，讓使用者對室內光環境、作業面及投影片亮度進行勾選感知尺度指標，其結果如圖 9 所示。分析受測者整體作業面照度感知與期望值，對應統計結果後可以發現，受測者在覺得剛好的照度感知情形下，仍有 14% 希望調暗；另一方面，受測者於昏暗環境亦較敏感，在微暗的情況下有 67% 需要調亮。



圖 9 整體作業面照度感知與期望值對應統計圖

(1) 各方案作業面照度

各方案作業面照度感知與期望值分析結果如下頁表 3，結果顯示 A 方案照度足夠、略亮，感覺亮的受測者中 33% 期望調暗；B 方案照度則足夠、略暗，感覺微暗的受測者中有 67% 期望調亮；C 方案作業面照度整體偏亮，且多數受測者期望調暗；D 方案在僅用輔助光源的情況下，受測者感知介於亮、剛好及微暗之間，其中僅少數受測者期望調亮。

(2) 各方案投影片亮度

各方案投影片亮度感知與期望值分析結果如下頁表 4，結果顯示 A 方案中投影螢幕亮度較暗，且受測者均期望調亮；B 方案中投影螢幕亮度亦偏暗，感覺微暗的受測者中有 50% 期望調亮；C 方案投影螢幕亮度整體介於微亮至微暗之間，感覺微暗的受測者中有 67% 期望調亮；D 方案在僅用輔助光源的情況下，受測者感知投影螢幕亮度剛好，且受測者均期望維持現狀。

表 3 不同方案作業面照度感知與期望值統計表（投票數）

		太亮 (+3)	亮 (+2)	微亮 (+1)	剛好 (0)	微暗 (-1)	暗 (-2)	太暗 (-3)
A 方案	調亮	-	0	-	0	-	-	-
	不變	-	6	-	6	-	-	-
	調暗	-	3	-	0	-	-	-
B 方案	調亮	-	-	-	0	6	-	-
	不變	-	-	-	6	3	-	-
	調暗	-	-	-	0	0	-	-
C 方案	調亮	0	0	0	-	-	-	-
	不變	0	0	3	-	-	-	-
	調暗	6	3	3	-	-	-	-
D 方案	調亮	-	0	-	0	3	-	-
	不變	-	3	-	9	0	-	-
	調暗	-	0	-	0	0	-	-

表 4 不同方案投影片亮度感知與期望值統計表（投票數）

		太亮 (+3)	亮 (+2)	微亮 (+1)	剛好 (0)	微暗 (-1)	暗 (-2)	太暗 (-3)
A 方案	調亮	-	-	-	-	6	9	-
	不變	-	-	-	-	0	0	-
	調暗	-	-	-	-	0	0	-
B 方案	調亮	-	-	-	-	6	3	-
	不變	-	-	-	-	6	0	-
	調暗	-	-	-	-	0	0	-
C 方案	調亮	-	-	3	0	6	-	-
	不變	-	-	0	3	3	-	-
	調暗	-	-	0	0	0	-	-
D 方案	調亮	-	-	-	0	-	-	-
	不變	-	-	-	5	-	-	-
	調暗	-	-	-	0	-	-	-

3. 結論與建議

(1) 室內照度基準、綠建築照明功率標準

據本研究結果中，僅 A 方案作業面平均照度高於 CNS 室內照度基準（500 Lux），C 方案略低基準值 34 Lux，B、D 方案則遠低於基準值甚多。在照明耗能推估方面，A、B、C、D 四案之室內照明功率皆較教室空間基準值 15 W/m²為低（綠建築解說與評估手冊，2009）。

(2) 使用者光環境舒適性

問卷調查結果顯示，實驗當天十五位受試者比較喜歡「兩側天花照明」、以及「僅使用輔助照明」兩種照明模式，其中又以「僅使用輔助照明」接受度最高，但普遍反映希望能自行調整燈具亮度、距離及角度。

(3) 作業面輔助光源設計實用性

基於照度基準及使用者的光環境舒適性調查結果顯示，A 案問卷顯示照度偏亮，部分期待可調暗之可能性，且其投影片亮度感知上普遍性認為偏暗。B 案照度上則普遍性認為照度剛好，投影片亮度感知上仍屬偏暗。C 案在採用兩側天花照明並以輔助照明的狀況下，大致認為環境偏亮，且皆有期望調暗的期望。D 案在照度稍嫌不足的狀況下雖在照度有部分調亮的期望，惟其在投影片亮度感知上卻有良好的舒適狀況。

(4) 空間照明光源設計建議

在投影片亮度感知上呈現較佳的 C 案及 D 案中，可再調整天花板照明量，將照明數量適當減少並以輔助照明方式，即可在投影片亮度感知上有不錯表現。考量到作業面照度狀況。作業面輔助光源設計有其依使用需求之便利性、適用性，惟仍須以實測方式進一步驗證。

四、參考文獻

1. 李厚強，人工光源之照度及色溫對視覺感知影響與照明方式調查研究，2002。
2. 王耀寬，晝光環境下之室內空間照度預測-以中部地區為例，2008。
3. 杜瑞澤、林耕宇、徐傳瑛，智慧型住宅之綠色節能照明設備分析研究，2008。
4. 顏兆詩，LED 照明環境光源色溫度對辦公空間閱讀心理影響之研究，2009。
5. 陳敬明，LED 檯燈之照度與色溫對閱讀視覺舒適度之影響，2010。
6. 邱顯閔，LED 檯燈視覺舒適度研究，2010。
7. 羅濟生，輔助光源對低視力學生閱讀效能之影響，2011。
8. 黃信融，OA 辦公桌與 LED 照明整合之研究。
9. 楊凱傑，LED 佈建於六個案例場所之應用探討與節能效益分析。
10. 合理教室照明與節約能源-教室照明設計與規範，台灣照明學會，2000。
11. 學校教室照明與節能參考手冊，教育部，2004。
12. 綠建築解說與評估手冊-新建建築物 2009 年版，內政部建築研究所，2010。
13. 室內照明節能改善規範，內政部建築研究所，2010。