

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：研究)

美國當代劇場燈光技術及設計 研究心得報告

文化建設基金管理委員會
獎助公立文化機構團體專業人員出國研究

服務機關：國立國光劇團
出國人 職稱： 研究助理
姓名： 任懷民

出國地區： 美國德州理工大學
出國期間： 中華民國九十一年九月至九十二年二月
報告日期： 中華民國九十二年六月

c6/c09>01588

目次

第一部份：目的與過程

第一章：前言

- 第一節：目的 1
- 第二節：過程 3
- 第三節：研究方向 5

第二部份：心得

第二章：運動 Movement 與自動化燈具

- 第一節：運動 7
- 第二節：自動化燈具 14

第三章：投影

- 第一節：投影器材 18
- 第二節：投影與燈光設計 25

第四章：發光二極體

- 第一節：發光二極體 29
- 第二節：發光二極體的優點 30
- 第三節：舞台發光二極體燈具 37

第五章：數位控制通訊協定 41

第三部份：建議

| | |
|---------------------------|----|
| 第六章：結論與建議 | |
| 第一節：結論與建議 | 52 |
| 第二節：台北市立社教館城市舞台 | 59 |
| 參考書目 | 64 |
| 附錄 | 66 |

美國當代劇場燈光技術及設計研究心得報告

現代舞台燈光技術與設計之未來

第一部份：目的與過程

第一章：前言

第一節：目的

對筆者而言，本研究案的主要目的在於，了解美國當代燈光技術與設計，並設法在其中尋找未來劇場燈光技術與藝術發展的方向，以利筆者及服務之工作團隊，在未來的劇場藝術工作上，能夠不被淘汰，並嘗試更進一步領先發展。而『美國當代燈光技術與設計』，是個非常大的主題。在這主題中所能討論到的範圍，可含人事時地物，無所不包。能從歐洲劇場傳入美國開始，談到美國現代劇場。能從 Jean Rosenthal 談到今年東尼獎得主。筆者更可就燈光技術發展的各個階段加以探討，或就單獨的設計觀念加以抒發。然而這些方向均不是本研究案的主要目標。故筆者乃依據本案目標，專注研究於燈光藝術未來的發展方向。故另訂本研究案之副標題為『現代舞台燈光技術與設計之未來』。

在筆者來到美國進行研究工作之前，僅是約略地感受到現代燈光技術發展快速，現代燈光設計的概念也隨之調整，更正確的說法是，未來燈光設計的概念也必將會隨之調整。但在筆者來到美國開始研究工作後，才發現舞台燈光技術的進步，已遠超過在台灣所能獲得的資訊，許多在台灣劇場還不是很普遍的燈光技術，在美國已經是如家常便飯的於大學及高中劇場中使用著，例如換色器及自動化燈具。在國

內 DMX512 訊號還沒有成爲燈桿上的標準輸出時，美國新的控制標準就又快要出爐，且逐漸的改爲網路傳輸。但上述的現象，並不意味著國內沒有最新的技術器材，如二千零二年聶光炎先生於國家劇院所設計的『八月雪』，便使用 Hiend 公司的 Catalyst 系統。這個系統是現今最先進的投影系統，也是燈光器材市場上非常熱門的產品。而其他國外各大廠商的最新型產品，國內也都有公司代理販售。

舞台燈光從業人員於國內是可以獲得最新的燈光技術資訊，然而往往是片面的，而且在應用方式，及設計概念上的資訊，是非常缺乏的。在美國舞台燈光市場中，新的資訊首先出現於資訊媒體上，如 Lighting Dimensions 相關雜誌上出現，並有相關評價介紹。接著在 LDI 及 USITT 的展覽會場中與顧客做面對面的接觸，並同時舉辦相關座談會及學習工作坊。而在產品打入市場後，美國廠商通常較注意教育訓練及售後服務，並非常注重與各個學校建立良好的關係，以培養將來的顧客群。而在許多產品的研發過程中，廠商通常都與燈光設計師合作，聽取燈光設計師的需求與意見，調整產品，最後上市。所以在產品的背後有其特殊的使用哲學存在，產品的價值是與設計息息相關的。就如同 VariLite 與 Genesis 演唱會所發展的電腦燈，『簡愛』的投影設計 Lisa Cuscuna 與 Rosco Laboratories 所發展的彩色效果片 Gobo。所以在美國燈光市場上，一個新技術的發展，是與藝術及應用，息息相關的，而設計與應用的概念也不停的推廣更新。

然而在國內，燈光設計及工作人員，不僅無法參與研發的過程，連教育訓練的機會也沒有。甚至常常與新器材面對面的可能性也無。因爲國內代理公司對於大型或較昂貴的器材，均不輕易購進，因爲他們並不把握可以將其賣出。所以顧客根本沒有機會去接觸新器材，或使用量少的器材。對於器材於應用上的新方法，或相關燈光設計的新概念，國內也是無緣得見，更遑論要有互動的關係。這樣不利的環

境，導因為台灣位於市場的邊緣，且市場太小的結果。因此要獲得新技術及設計的發展資訊，國內的燈光藝術工作人員就只好以雜誌，網路等資訊媒體為主要的資訊來源，再加上來自於廠商片面的消息。也就是為克服此一困境，並達成本研究案之目標，筆者本次主要之工作，便是參加 LDI 娛樂技術大展，收集並學習發展之燈光技術資訊，研究美國當代舞台燈光設計概念，以了解未來燈光設計之發展方向。

第二節：過程

依本案研究計畫，筆者於九十一年九月二日離台，同日到達美國德州理工大學，戲劇舞蹈系報到。研究之指導負責人為系主任克里斯多福先生（Mr Frederick Christoffel）。依本案研究目的，及與指導教授討論之結果，本案研究之主要內容，專注在美國燈光技術之發展，尤其以燈光技術未來發展之方向為主要的研究目標。九月份在生活起居，工作研究等相關事項安定之後，就開始收集舞台燈光技術及設計市場上之各種資料，為十月份之娛樂技術大展準備。而十月份在美國內華達州拉斯維加斯市，所舉行之娛樂技術大展 LDI，為本研究案前期最重要之活動，也是實地調查與操作學習最重要之機會。非常幸運的，筆者在本次娛樂大展中，不僅獲得許多燈光產業的新資訊，在工作坊中接觸了許多新觀念，更重要的是見到了百老匯『簡愛』一劇的投影設計師，更進而了解其設計的背景及概念。而這也給予筆者對後期燈光設計方面的探討，有著更清楚的方向。

娛樂技術大展結束後，十一月份，筆者主要之工作在消化於大展中所獲得之資訊。由於筆者之指導教授也參與本次之娛樂技術大展，並與筆者一同觀賞多項演出。所以對筆者之後續研究重點，及燈光設

計觀念的討論多有幫助。原本筆者計劃於十二月份參加於紐約舉行之百老匯燈光大師工作坊，然該工作坊於九一一攻擊事件後取消舉辦一年，並在九十一年十月公佈，九十一年仍不舉辦工作坊，而改為九十二年六月舉辦。此件消息原對筆者打擊甚大，因為該工作坊為與美國當代燈光設計大師學習之最佳機會。但如前所述，『簡愛』一劇的投影設計師，已啓發我對現代燈光設計的一個新的視野。經與指導教授討論後，認為運動與投影這個概念，的確如『簡愛』一劇中的應用一般，將會是未來燈光設計最重要之發展方向。故筆者在接下來的日子中，收集自美國現代劇場燈光設計創始之著作，至最新發展之燈光著作之理論觀念。嘗試經由研究過去至現今之燈光理論發展，尋找未來之方向。而這個研究方向，的確使筆者對燈光設計的觀念有著更全面性的看法，修正筆者過往較為片段的認知。而鑑古知今，未來的發展也隨之浮現。

在十二與一月份中，筆者除收集燈光設計理論相關資料外，學習各項新技術是這段時期之另一重點工作。在娛樂大展期間，及於後來所收集之各項新技術之相關資料中，有著大量在過去劇場訓練中，筆者所從未接觸之技術知識，如發光二極體，分色玻璃，網路訊號傳輸等。為了解與學習這些技術知識，耗費筆者大量的時間。因許多相關知識並不是在劇場相關書籍中能夠學習到的，其牽涉到電子，電腦，光學等不同領域之專業知識。而在沒有相關專業訓練的背景下學習專業知識，往往事倍功半。然因筆者處於一個大學環境，很幸運的，筆者可經由其他研究人員或圖書館的協助，順利的學習相關知識。雖然時間很倉卒，但筆者仍努力吸取相關知識，希望在有限時間內，獲得最多的知識。

在筆者研究案之最終一個月，筆者開始進行研究報告的寫作。在研究期間結束時，本研究案心得報告草稿也告完成。筆者於美國德州

理工大學期間，除進行本身之研究工作外，還不時自願參與大學劇場舞台工作。雖然其為一個教育劇場，不似國光劇團一般的專業，但在非傳統燈光器材的使用上，如自動化燈具與投影等，不較國光劇團為差。在工作中一些經驗的交換，卻也十分有趣。而在筆者離開美國返台前，筆者為德州理工大學劇場系，進行了一場有關中國傳統京劇之演講，獲得好評。筆者至美研究不僅學習西方的技術，卻也將中國傳統文化往外發揚。

第三節：研究方向

筆者認為劇場燈光藝術，是屬於一種工藝美術。工藝技術本身的發展，絕對的影響此種藝術的呈現。而同時藝術上的需求，也會領導著工藝的發展。要了解劇場燈光藝術將來的發展，首先要了解最新的燈光技術，從燈光技術中去推斷出將來藝術可以發展的方向。因此，筆者在研究案中也就特別注意新器材的發展，而對自動化燈具，投影，發光二極體，及數位控制通訊協定，幾項已經改變或將來可能改變燈光設計藝術的技術，分別做了一些說明與探討。而在這幾項技術成功的背後，事實上是許多其他新技術的累積。如分色玻璃的應用，燈具散熱的處理，發光二極體的研發，電腦工業與網路的蓬勃等，均缺一不可。

談數位控制通訊協定，就題目看來似乎是一件與劇場燈光沒有關係的事情。但若說 DMX512 訊號，相信所有參與劇場燈光工作的人，均知道其重要性。若沒有 DMX512 訊號，自動化燈具就不會有今日蓬勃發展的局面，而各個廠商器材也無法串接使用，燈光系統至今可能都還是一團混亂。然而 DMX512 訊號已經不足以應付現今需求，新的數位控制訊號正在擬定中。而新的網路訊號傳輸的方式，已經開始在改變燈光設計的生態了。

發光二極體發展於一九五零年代，但到一九九七年以後，其技術才發展到可以製作有足夠亮度，可以取代傳統照明的發光二極體燈具。現今已有專業舞台發光二極體燈具的出現，且有如 ALTMAN 專業燈具公司投入研發，相信不久 的將來，就會出現於傳統劇場中。因為發光二極體燈具的各項優點，如高效率，低熱量，低用電，壽命長，色光系統，使其成爲最理想之劇場燈光器材。

自動化燈具與投影使用於劇場中，並不是新的概念。然而在近幾年來，自動化燈具與投影的技術持續進步，推動著燈光設計的發展。尤其是自動化燈具所帶來光線運動的特質，使得舞台燈光有著全然不同的呈現。這也使得過去於各個燈光設計書籍中所討論的舞台燈光元素，隨著自動化燈具出現而有所調整。調整最多的部份也就是舞台燈光運動的特性，這也是筆者本次注意的重點之一。而投影配合自動化燈具之後，又重新賦予投影另外一種生命。同時也給予燈光設計另外一種得以運用的燈光特質，而將來會影響著所有燈光設計藝術的呈現。

第二部份：心得

第二章：運動 Movement 與自動化燈具

第一節：運動

在學習燈光設計的過程中，常見許多專業劇場燈光書籍，談到燈光可以被控制的特性，與燈光在舞台上的功能。一般說來舞台燈光的功能大約包括了提供能見度 visibility，可信度 plausibility，結構 composition，氛圍 mood。而舞台燈光的可控特性則包括了，亮度 intensity，顏色 color，分佈 distribution，與運動 movement。而這些現代燈光設計的基本概念，乃是源自於耶魯大學戲劇系教授 Stanley McCandless，於一九三二年為現代劇場燈光所著一書 A Method of Lighting the Stage 中所做之闡釋。其實在該書中作者並未像本段前述，清楚的區分舞台光的功能與特性。作者反而是以方法論的方式，分章討論表演區，舞台平面，背景，及特效光的使用與方法。並在表演區一章中，以能見度，顏色，分佈，及控制四節來討論舞台燈光的應用。而現代舞台燈光的功能與特性則散佈其中。在接下來的年代中，有許多舞台燈光書籍的作者，均依循著 McCandless 的腳步繼續發展。儘管是討論的出發點不盡相同，但都仍在其基本概念中，只是隨著燈光藝術的發展，而內容更加充分詳實了。

關於舞台燈光的可控特性，在一九六三年 W. Oren Parker 所著的 Scene Design and Stage Lighting 中，就已清楚的分為前述四項特質討論。一九九二年 Gillette, J. Michael 的著作 Theatrical Design and Production: An Introduction to Scene Design and Construction, Lighting, Sound, Costume, and Makeup 一書中，則

將 McCandless 的概念轉化，將燈光可控制的性質分為分佈 distribution，亮度 intensity，移動 movement，及顏色 color。在其二零零三年，Designing with Light 第四版中，依舊維持著這種看法。而在 Richard Palmer 一九九四年所著 The Lighting Art 一書中，則不僅將 McCandless 的概念分為上述四項，並且用形狀 form 來取代分佈 distribution。另外還加上四項可控特性，乃方向 direction，模糊 diffusion，頻率 frequency，及光品質 luminousness。Palmer 認為前四項特質只是基本，並不完整，要加上後四項，才算完整。然而筆者認為，這並非是一個創舉，只是因為隨著燈光技術的演進，而使得可控制的因素變得更為明顯，故而需要加以調整。然而很有趣的，在一九九七年 Richard Pilbrow 的書 Stage Lighting Design: The Art, the Craft, the Lift 中，劇場燈光的特性，還是只有亮度，色彩，分佈，及運動四項。Linda Essig 則在 Lighting and the Design Idea 中，將可控因素分為七項：方向 direction，形狀 shape，亮度 intensity，顏色 color，模糊與質感 diffuseness and quality，空間中的運動 movement through space，與變化 change。在一九九四年之前，諸多作家對舞台光線可控因子有多與少不同的分類，筆者認為這種現象，並不代表理論家對劇場燈光設計有著不同的認知，而僅是代表著對各種特性區分精粗的不同。在一九九四年之後，對光的可控性特質的定義，才開始有本質上的不同。

筆者在此並不要一一討論各項特性，而是特別要討論運動 (movement) 這一項特性觀念的改變。運動這項特性，在 McCandless 的書中討論的很少。就如同他在書中所寫到 'Movement is possible with lighting to a limited degree.' (p63) 書中所指的運動，主要是指燈光畫面的變換。因為在一九三二年，當時燈具與控制系統，都還在相當原始的狀態。要做一個現今認為很簡單的畫面變換，也須需

要動用非常多人力，實在是件不簡單的工程。所以光線的運動與變化均還是在剛起步的階段。其後在 Parker 書中，運動也僅是指其他特性變化。'Movement implies the change, whether subtly, or abruptly, of any other properties.' (p228) 但到一九九四年，Palmer 對運動的解釋則大為不同，而此時自動化燈具 VariLite 已經上市。對他而言，運動不僅是畫面或其他特性的變化，運動已經包括光線實際上於空間中移動。

Movement is light changing place in space.
This may be actual motion, as with motorized spotlights and follow-spots, or apparent motion created by cross-dimming or by using chasers. (p2)

Essig 的觀點則與 Palmer 相同，她將運動與變化兩種特性分開。運動這項特性則包含三種現象，即明暗改變所造成的焦點變化，追蹤燈，及自動化燈具所作之變化。(p26) 而運動對 Pilbrow 來說，雖然如 McCandless 的解釋一般，運動的特性所指的是其他三項特性的變化，但他在解釋運動這項特性的最後，特別提到，自動化燈具將會為舞台燈光帶來第二次革命，提供一個全新的方法來使用光。

Moving lights bring a second revolution to stage lighting, offering a new ability to alter light of three-dimensional character, filling stage space in real time in new and changing ways. (p6)

從上面所引述各個作者對舞台光運動特性的解釋，可以看出燈光

技術的發展對燈光設計觀念的影響。在一九三六年，橢圓形反射鏡聚光燈還沒有發明，也沒有記憶控制系統。唯一移動的燈具，就只有追蹤燈。在控制系統上，還是電阻式或變壓器式調光器，需要有好幾位燈光技術人員，在調光器室，用人力搬動把手來調整舞台燈光畫面。要有精確的舞台畫面，需要如演員一般的排練。所以當時演出的畫面變化都不多，且燈具也用的比現在少很多。當時運動這個觀念，僅止於燈光變化。但隨著電子式調光器的出現，遠端控制台也隨之發展。而如遠端二景預設控制台的出現，燈光控制人員可不用待在調光器室內，只要從控制台送訊號到調光器室，就可控制燈光變化。且操作省力，可重複性高。這使得燈光畫面的變化可以做的更多，更精確省時。於是舞台燈光運動的這項特質，變得更形重要。接下來所發展的記憶控制台或稱為電腦控制台，與自動化燈具將燈光運動的這項特質推向了另一個境界。

自動化燈具的遙控機械能力，使得燈光設計得以在演出中，給予光線自由的位置變化，不同速度的移動，光線品質改變（如效果片分散光束，模糊聚焦），顏色變換，等各種效果。這種特性在傳統燈具上是不存在的。尤其是光束的移動與質的改變，更是非自動化燈具不可。這也就是為何運動這項因素，在自動化燈具普遍的今天，被重新考量，而傳統運動觀念則修正為改變(change)。運動是一種動態的現象，它隨時間不停的變化。改變則為靜態的概念，是二個現象的交換。透過光線運動的能力使得觀眾看到了移動的光，或者是變化的光。而不是從一組光換到另外一組光。就如同 William Warfel 所說，過去我們是一種靜態的思考，運動只是當需要時，從一個畫面轉到下一個畫面。

steady-state thinking, which is a dynamic
move from this look to that look; we stay in

that steady state until it makes sense to
have a dynamic move to another one.(Essig,
Speed p120)

在靜態的思考模式下，燈光設計就如同繪畫，以就是在劇場工作常聽到“以光來繪畫“的說法。除了燈光轉換那短暫的時間之外，大部分時間燈光是靜止的，是在那個靜止的畫面中，將舞台上的生命呈現出來。所以燈光設計所作的是一個接一個如照片般的畫面。

然而自動化燈具所帶來的效果，將燈光由繪畫推向舞蹈及音樂的境界。燈光變成實體，於空間中不停的移動，隨著時間不停的改變。就如同舞者從這個位置移動到另一個位置。而位置的本身及構圖雖然是重要的，但移動的本身更是其精神與意義之所在。而燈光如舞蹈般的移動，也就帶給舞台燈光無比的流暢性，而這種流暢性，甚至把劇場的呈現，帶向了電影化。尤其是劇場中焦點的運用，在燈光的協助下，可以如同電影分鏡一般，迅速的轉換。而這些成就就如同 Neil Peter Jampolis 所言，均拜燈光技術進步所賜。

This kind of accelerated, cinematic theatre
of movement, where the lights are
choreographed as much as any dancers or
actors, is really being unleashed through
the possibilities of the technology. (Essig
116)

運動為何在燈光設計中那麼重要，因為在一般生活的經驗中，大部分的光源是靜止不動的，如屋內的壁燈，或日光（因為其移動非常緩慢，一般不被注意）。而移動的光線，不僅在視覺上，連在心裡

上，都會特別的吸引注意力，而成爲焦點。如閃動的手電筒，一閃而過的车燈，都比一般靜止的光線有趣的多，人們不自覺的都會被其吸引。而自動化燈具如舞蹈般運動的能力，就如移動的车燈，變了燈光設計中結構 composition 的呈現，焦點的轉移，節奏的控制，線條及質的改變，使得燈光的呈現更令人驚嘆。

the notion of choreographed movement as a design element rather than just something you did in the dark to get from point A to point B. you realized that the movement getting there was more stunning than either of the static looks. □ by Tom Littrell (Essig p116)

自動化燈具於劇場內使用的風格，也須如舞蹈一般，不同的舞曲，有著不同的風格。但無論是何種風格，自動化燈具的使用，必須如其他燈具一般，在製作整體風格的引導下，經過小心謹慎的考量，專業的計畫，巧妙的使用。不能如熱門音樂演唱會般，暴力的訴諸於視覺的快感。筆者到拉斯維加斯參加娛樂技術大展時，順便觀摩 EFX 及藍人團體（Blue Man Group）的演出，演出精彩的程度，當然不在話下。但令筆者驚訝的是，這二個演出均使用大量自動化燈具，但身爲觀眾的我卻全不知覺。電腦燈及其他特效的使用，完全融合於演出中，觀眾讚嘆的是演出的整體，而非單一的特效。

EFX 的演出已經非常多年了，就其名字就可以了解，這是一個以特效取勝的節目，裡面包括了魔術，特技，流行音樂，馬戲，舞蹈，戲劇，立體電影等無所不包。舞台上的燈光變化，甚至包括觀眾席的燈光及投影，精彩萬分。音效及舞台技術，也直讓觀眾咋舌。然其演

出節目的藝術完整性，卻無懈可擊。為何如此的原因就如同其燈光設計 Natasha Katz 所說：

What we were all hoping to do as a group, which is to say the director and the scenic designer and the choreographer, was to at least understand that the effects had to come from something. ...you're more surprised by an effect when it's in some sort of context. ... It's not an effect for the sake of an effect. And that was really the goal of everybody. (Essig 122)

在 EFX 演出中仍使用了大量傳統燈具，而藍人團體全場燈光設備，目光所及，均為自動化燈具，主要為 VariLite。雖然而這個演出從紐約搬到拉斯維加斯，增加了如熱門樂團等原來紐約沒有的內容，但仍舊保持其原來音樂劇場的風格。也就是說，藍人團體依舊保有其百老匯的精神，而不是拉斯維加斯，以視覺效果取勝的節目。而大量的電腦化燈具，絲毫沒有造成如演唱會般的眩目。反而在演出中所有令人讚嘆的演出效果，也許是用最先進的器材，但全是最簡單的道理。例如利用視覺暫留及閃光燈，來製造旋轉中人物雕塑跳舞的效果，這是小學就學過的科學實驗。但在正確的時間，以正確的方式，用在正確的場合，有著意想不到精彩的結果。

然而自動化燈具發展於且大量應用於熱門音樂演唱會的事實，仍會對將來劇場視覺的呈現與風格造成影響。因在熱門音樂演唱會的世界中，是沒有太多規矩或禁忌的，而且事實上舞台上也沒有太多視覺上的東西，來限制燈光的呈現，反而需要燈光的填補。自動化燈光在

這裡，也就有了自由發揮的空間。在一個沒有文本的空間，為視覺效果本身而存在，沒有太多意義的問題。這種呈現的方式，隨著娛樂而進入了電視，改變了電視的畫面。現今的觀眾們，也就逐漸習以為常的接受了這種，光束作為背景的畫面。年輕一代的觀眾，在接受大量流行音樂及電視的影響，不僅僅習慣於這種燈光呈現，甚至期盼著燈光效果的出現。而這種現象也深深的影響著百老匯歌舞劇，其燈光的使用，有著明顯演唱會的影子。雖然這種呈現的風格在戲劇中還不甚明顯，然而筆者覺得這是一個無可阻擋的潮流，這是整體文化變遷的結果。可是無論技術帶來何種的革命，演出藝術的整體性，將永遠不會改變。任何效果均會被藝術所利用以求新鮮感，但新鮮的效果，也將同時被同化，成為藝術整體的一部分。

第二節：自動化燈具

自動化燈具的發軔，應為自動換色器。在 Varilite 上市之前，市場上就已有自動換色器的存在。而 Varilite 的原始構想，也僅是想發展出可換色的 PAR 燈，但在研發及使用中，調整方向而成為現今自動化的燈具。而生產以機械遙控燈具的公司，VariLite 並不是創始。在西元二零零一年筆者隨國光劇團，至捷克布拉格國家劇院演出，該劇院舞台上之燈具，早在二十幾年前就已經完全自動化了，只要在燈光控制室，一個人於遠端控制控制盤，就可以完成所有調燈的工作，燈光的方向，角度，對焦，都可由遠端遙控完成。至於當時設計施工的公司為 PANI 公司，現在則以投影機出名。可是布拉格國家劇院燈具的自動化，主要只是為了解決調燈的問題，因為在歌劇的演出中，佈景的高度通常都高過十米，並且不使用黑沿幕，所以燈桿的高度常遠遠超過一般高空工作器械所能達到的高度。在有些劇院會將燈光工作人員掛在燈桿前後附近吊桿上，升高到適當高度進行調

燈。但在佈景使用量大，空中沒有足夠空間，佈景定位佔用空間時，這種方法也無法解決調燈的困境。所以唯有採取機械遙控的方式來處理調燈的問題。

另外在像布拉格國家劇院，一間每個星期更換劇目的劇場，或如台灣的文化中心一間使用單位眾多，快速更換演出團體的劇場，為配合劇目的經常更換，需經常的變更佈景與燈光。大量的燈光設定，也就需要大量的人力與時間。但自動化之後，燈具安裝在固定的位置不動，調燈時也僅需兩個人，便可輕鬆的完成工作。節省大量的人力及時間，同時也就大量的節省成本。然而布拉格國家劇院的系統雖好，卻已不能滿足現今自動化燈具的要求。因為其遙控的操作，是在一台專用的控制台上。其控制的能力，是無法與燈光控制系統結合，以現今的控制訊號來說，也就是這些器材，並不是使用 DMX512 控制訊號。所以這些自動化燈具，也就無法在演出中發揮運動的功能。

Varilite 第一次上市，是為 Gensis 創世紀合唱團做一九八一年巴塞隆納演唱會。該演唱會已經成為自動化燈具的歷史指標。而也就是拜此種大型演唱會之賜，自動化燈具也才得以蓬勃發展。原本自動化燈具，也僅是為了滿足前述節省人力的各項需求而發展，但配合電腦記憶控制台的上市，使得原本複雜而不可能完成的畫面，如十二顆燈的光束同時分別移動到不同的位置，變為可能，使得燈光的畫面有著與以往完全不同的呈現。而自一九八六年 DMX512 控制訊號的統一，則使得自動化燈具得以與傳統燈光系統整合，並為劇場大量的應用。

國際市場上除 Varilite 仍有許多其他自動化燈具廠商，如美國的 HiEnd，義大利的 ClayPaky，丹麥的 Martin。而其他較小的生產廠商就數不清了。自動化燈具主要分為兩大類，掃描燈(Scanner)及搖頭燈

(Moving Head)。掃描燈具的燈具本體不動，而是在燈具的鏡頭前加裝一具可做水平及垂直掃描的鏡子，而達到使燈光移動的目的。掃描燈具幾乎均使用放電燈泡，瓦數可高達二千五百瓦。與搖頭燈具相較，掃描燈具亮度通常比較高，但體積較大。然而因為是使用鏡子的關係，光線的移動比搖頭燈快速很多。而搖頭燈具，一般是指除燈具基座之外，整體燈具均隨著燈軛而旋轉之燈具。與掃描燈具相較，搖頭燈具體積較小，雖然光線移動速度較掃描燈具慢，但可以有比較平滑的移動。搖頭燈除了使用放電燈泡外，現有如 VariLite VL 1000 等燈具可以使用白熾燈泡，而用調光器控制亮度。色溫也就與其他傳統燈具相同。而為了在劇場中使用，各個大廠都發展出燈光切片的功能，光線能如傳統橢圓形聚光燈一般，切成方形，三角形等形狀。

自動化燈具，用在劇場中最大的缺點，就是噪音的問題。當所有自動化器材，在同時運動時，馬達及機械上所發出的噪音，是相當驚人的。而散熱風扇的噪音，更是令人無法忍受。噪音一直是一個阻礙自動化燈具於劇場使用的一個重要因素。在最近幾年，在百老匯自動化燈具越用越多，而隨著自動化燈具，越來越亮，其風扇也越用越強，噪音也就隨之越來越大。在二零零二年九月的 Entertainment Design 雜誌中，有篇相當有趣的專文，討論劇場中自動化燈具所帶來噪音的問題：“Whose Noise is it Anyway”。燈具的噪音會使演員聽不到自己的聲音，觀眾聽不到舞台的對話，甚至會讓觀眾感到不舒服。噪音常常造成燈光設計與音響設計的摩擦，甚至演員的抗議，尤其在當不使用麥克風的場合。

現今自動化燈具噪音的問題，已經為製造廠商所重視。廠商紛紛採用更安靜的馬達，降低各種旋轉的噪音。改善傳統對流散熱系統，更換成較小、較安靜，但數量增多的散熱風扇。並以控溫微處理器，來控制風扇的速度，降低不需要的噪音。歐美各家廠商已推出許多低

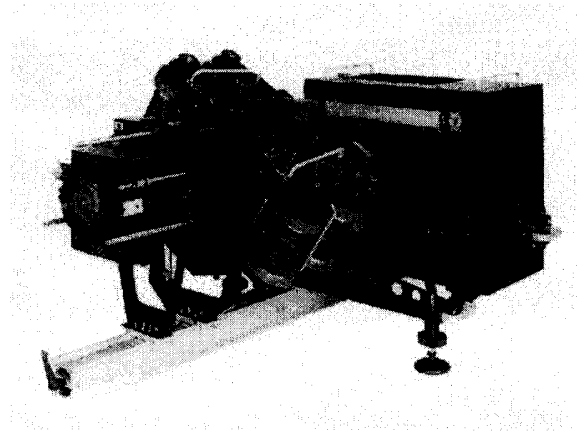
噪音的自動化燈具，對劇場噪音的問題多少有正面的幫助。

在面對自動化燈具對傳統燈光市場提出的挑戰，及了解自動化燈具的優點後，許多劇場、劇團、或設計都希望能使用自動化燈具。但自動化燈具有一個先天不可排除的缺點，那便是價格高昂。一般的劇場或劇團是無法大量的擁有自動化燈具。於是就有許多將傳統燈具自動化的器材上市，主要的產品是旋轉基座。不錯這樣的確為傳統燈具，提供一條自動化之路，而且達到了部份電腦燈的功能，但自動化燈具的所提供另一種新概念卻無法做到。那就是投影的概念，並且是一種投影與移動合作的新概念。

第三章：投影

第一節：投影器材

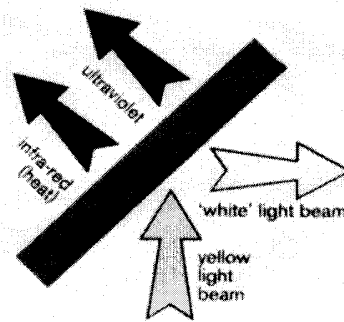
投影器材使用的起源可以追溯到十七世紀，魔術燈 (Laterna Magic) 的應用。而在劇場藝術的發展過程中，投影的技術就一直為一件極為有趣的劇場技術。在電燈泡發展以後，投影器材更是發展快速。最早期的 Linnebach 投影燈，沒有鏡片，為一種陰影投影器材。其它各式各樣的效果燈具，如雲燈，月盒等於劇場廣泛使用。其後具備鏡片的投影器材出現，可以投射清晰的圖像到一定的銀幕上，這也就是現代投影設備的先驅。而在橢圓形反射鏡聚光燈內使用的效果片，也是同樣的原理。現今在一般劇場中常見的投影器材，除了大量使用的效果片外，通常常見以下幾種器材。GAM 的 Scene Machine，Pani 的 PB2，PB4，PB6，E/T/C 的 PiGi，還有 Rosco 及 GAM 的各式效果器材，如火，雲，水等各種轉盤及其他效果配備。而在處理一些多媒體素材，則仍常使用一般投影機，或視訊投影器材。



圖一：E/T/C piGi

現今投影器材，在燈具技術的發展之下，投影已經可使用非傳統投影器材，如幻燈或膠片投影機，許多燈具均可作為投影器材使用。而燈具能夠作為投影器材，主要跟燈具散熱技術的進步，有著相當大的關係。在一般投影環境中，靜止不動的畫面可以使用玻璃等固體較耐熱的材料，做為投影片的媒體。但如果要有移動的畫面，投影媒體就必須使用膠片，然膠片使用環境的溫度不能過高，如果過高，膠片有融化燃燒的危險性。如要將膠片使用在固定畫面時，燈具及燈光溫度，必須更低，不然膠片，會快速的燒毀。所以在大功率的投影機中，通常都有許多的風扇，在機體本身及膠片的位置，進行散熱。然而自從如 ETC SourFour 這種冷光燈具上市後，利用燈光燈具進行投影，變為可能。因為新式燈具採用 Dichroic 分色玻璃技術，使光線的溫度大為降低，而使得許多投影媒體可以使用於燈具中。

Dichroic 分色技術，為在玻璃表面上，塗部經過精密處理之金屬薄膜。這層薄膜有著反射一定波長光線的特性。所以可利用 Dichroic 玻璃，製作反射鏡，將可見光透過鏡頭反射出去，而讓紅外線穿過反射鏡，而從燈具後方排出。如此熱就不至留在燈具之中，而燈具射出的光線，也因為沒有紅外線，而溫度大大的降低。這種光線也稱為冷光，而這種玻璃稱為冷玻璃。而熱玻璃恰巧相反，為可見光可以穿透，但紅外線則會被反射。這也就是為什麼在以前 360Q 的時代，燈光切片 (Shutter) 常常被燈光燒的變形，而現代的冷光燈具的燈光切片，則完好無缺。

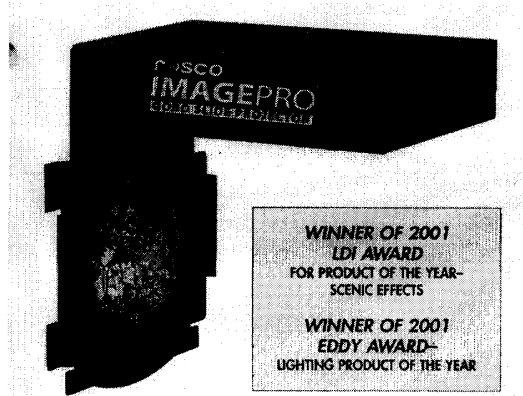


圖二：冷鏡

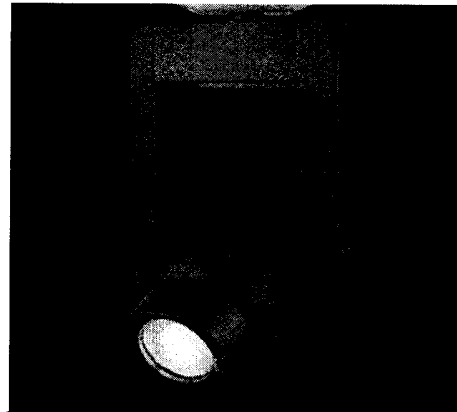
根據廠商的報告，現今冷光燈具，如 SourFour，及莎士比亞，燈具內的溫度都可降到華氏四五百度。所以最近二年，彩色玻璃效果片，大為盛行。就是因為燈光之溫度降低，彩色玻璃上的印刷顏料不會融化。如果效果片插槽加上風扇，則可將溫度降到華氏九十幾度，連一般彩色印表機所輸出的簡報投影片，都可作為投影的媒體。如此一來，投影效果片的使用，變得便宜而方便。燈光設計師可以於家中用電腦工作，接著用彩色印表機印出投影片，而馬上就可在燈光器材中試驗其效果，如有不佳立刻進行修改。等到修正到滿意後，再將定稿送至專業廠商，製作膠片或玻璃效果片。在以前如此方便快捷且便宜的工作方式是不可能的。投影片一定要使用耐高溫的材料，設計師如果要知道其所設計影像的效果，一定要花錢製作正式投影片或效果片後，才可知道其結果。如此常常耗費時間金錢，效果又常難令人滿意。再加上因為散熱與亮度的需求，投影器材的體積均相當龐大，也就不可能大量使用了。但在新的技術使用下，燈光設計師可大量的使用投影材料，投影將會成為劇場燈光的新寵。

能滿足上述所說條件的燈具，包括了 ETC 的 SourFour，Altman 的莎士比亞，Selecon 的 Pacific，及 Stand 的 SL 等冷光燈具。

至於效果器材 則是 Rosco 的 ImagePro。基本上它有點像效果片夾，只是配了一個風扇。裝置於燈具的 Iris 插槽。投影片約可維持十五至五十小時。

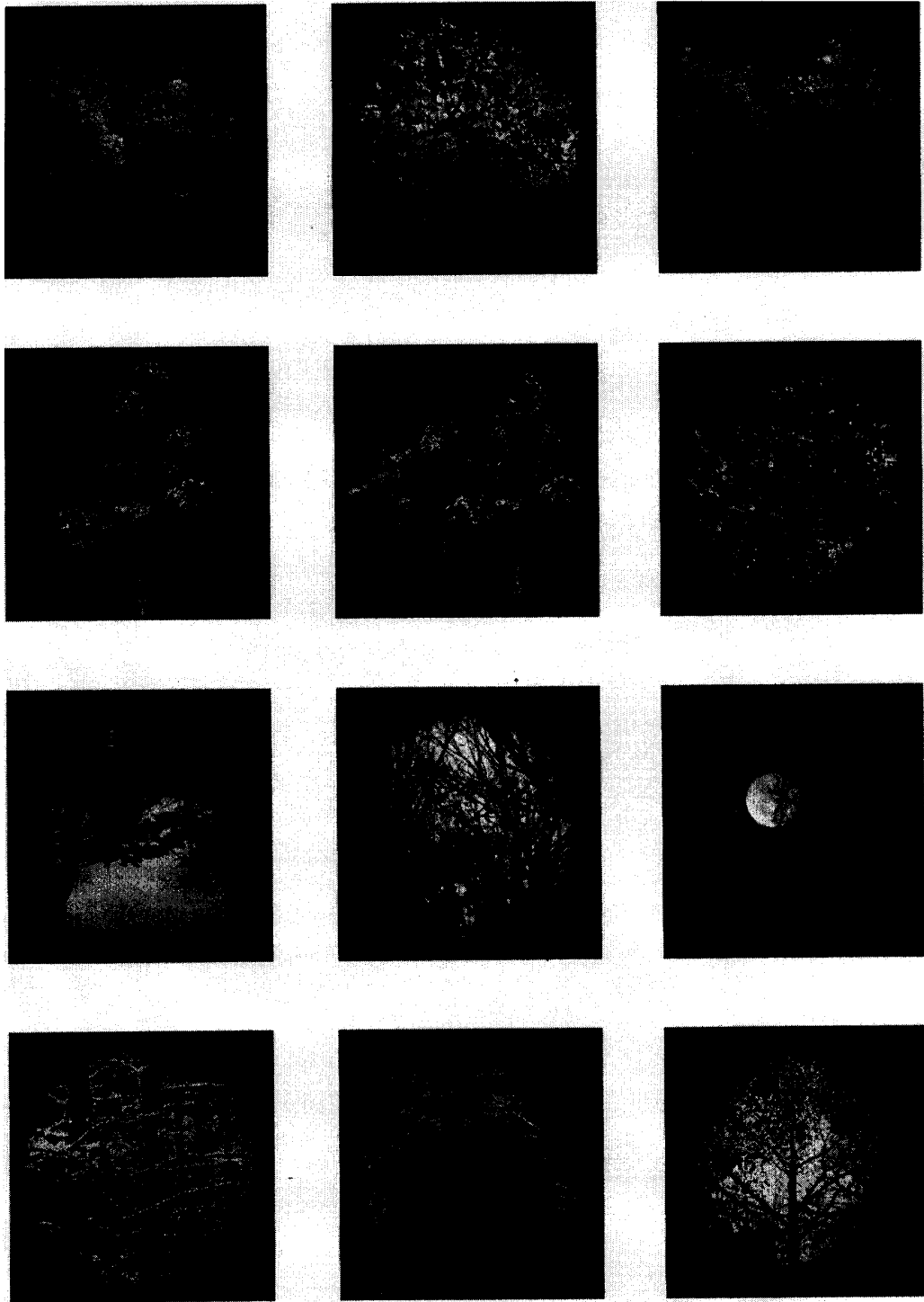


圖三：Rosco ImagePro

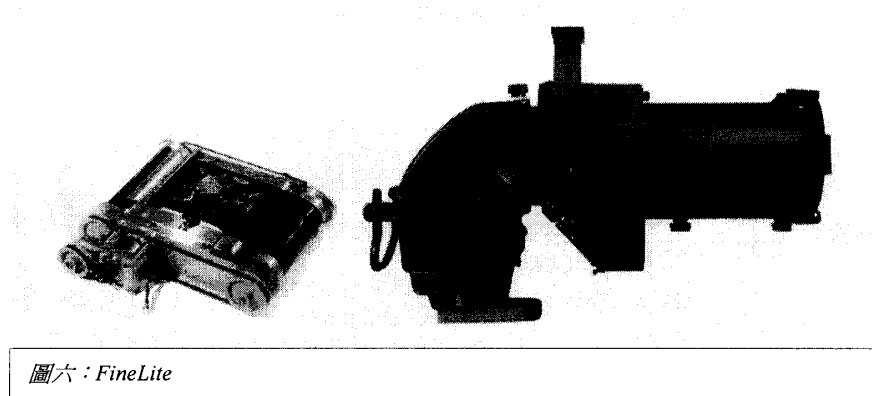


圖四：Varilite VL1000 ERS

如果應用彩色玻璃或 Dichroic 玻璃作為投影片的材料，則幾乎現今所有的冷光傳統燈具，及自動化燈具均可使用。例如百老匯『簡愛』一劇的投影器材，根據其投影設計師 Lisa Cuscuna 的說明，在比較 Pigi 大型投影機，與 Varilite VL1000 電腦燈後，決定使用 VL1000。因為大型投影機體積過於龐大，雖然它有非常強大的功能，但佔用觀眾席的位置太多，在觀眾就是收入來源的前提下，製作群就決定使用 Varilite。而由 Lisa Cuscuna 設計圖樣，由 Rosco Laboratories 製作成全彩玻璃效果片。下圖即為 Lisa Cuscuna 為『簡愛』所做之效果片的出圖稿掃描。而其所達成之效果被稱為近年來最重要之燈光設計，將影響後來劇場燈光設計發展之方向。



除了 Varilite 之外，許多搖頭燈具也是非常好的投影器材，如 Martin 的 MAC2000 及 Hiend 的 SpotX，而義大利廠商 ClayPacy 生產之 Stage Profile 及 Stage Zoom 系列，廠商所給予的名稱是直接稱為投影燈 (moving body projectors)。而以傳統式燈具作為投影設備的，除了上述以效果片的方式，製作投影之外，能使用滾筒膠卷，提供高解析度，及畫面移動效果的，就屬 Angstrom 公司所生產的 Finelite 投影燈具最為優秀了。基本上其採用 Selecon 公司的 Pacific 燈具為基礎，在燈座與燈頭之間加入膠片滾軸。每個捲軸最大容量二十張四吋乘四吋的膠片。該燈具體積不大，亮度高，解析度好，膠片定位準確，為娛樂設計雜誌 (Entertainment Design) 所選一九九九年，年度最佳產品。



圖六：FineLite

在上述這些作為投影設備的燈具，都有以下幾個共同的特性。第一，大部分燈具均使用放電燈泡，雖然可以選擇使用白熾燈泡，如 VariLite VL 1000 ERS，因為放電燈泡，如 HMI，其在相同的瓦數下，亮度遠比白熾燈泡高。有高亮度的光源，投影的效果在舞台上，與其他燈光混合時，也才顯得出來。並且放電燈泡的演色性較好，也就是其可見光光譜分布比較平均，投影出來的顏色也就比較正確。也比較容易變更色溫，以配合其他燈具使用。第二，這些投影燈具均使用高解析度鏡片，故影像的品質非常的清晰。筆者於 LDI 投影工作坊

了解各項器材時，曾將高解析鏡片更換為普通鏡片，解析度至少變差一倍，並且顏色也有偏移的現象。第三，這些器材均是使用 DMX512 訊號控制。不論是明暗，移動，換片，旋轉，都是使用 DMX512 訊號控制，所以這些器材具有遙控的功能，不須人員處理，可以懸掛於任何處所，完全可由一台燈光控制器操作。也就是因為如此，投影才得以與燈光系統結合，而真正成為方便使用的設計工具。如果投影器材不能接受 DMX512 訊號控制，這種器材就永遠只是一種其他配備，一種多媒體設備，而不容易為燈光設計所使用了。

除了以燈具作為投影設備之外，在劇場中另外的一股潮流，便是使用液晶投影機作為投影器材。現今如 Barco，JVC，Epson 等公司都出產高亮度，高解析度的單槍投影機，可供為大型場地投影使用。然而單槍投影機的解析度，與膠片相較還是不夠理想。老式或較簡單之機型當沒有畫面輸出時，會有餘光，即是沒有全黑，需要以其他方式加以處理，通常是人力。高輸出的投影機體積龐大，且易於損壞。而其單價均非常高昂，使其難以普遍應用。但隨著電腦影像處理技術的普及與發展，單槍投影機，配合電腦使用，逐漸成為許多設計師的選擇。因為配合電腦，不僅僅能更換大量的靜態畫面，更可製作如電影般流動的畫面。而許多訊息的，資訊的畫面，可輕易而清楚的於舞台上傳遞。

在傳統的投影應用中有一個極大的缺點，便是銀幕的使用。無論是什麼材質或方式，觀眾永遠會意識到一個投影銀幕的存在，不論是有形或是無形的。而要突破這個框就成為與多投影設計師最大的挑戰。Lisa Cuscuna 在『簡愛』中，是以可移動位置的電腦燈，及沒有明顯邊界的投影片，移動與組合運用，而打破了銀幕的概念，而被稱為最重要的燈光設計之一。至於在硬體方面，High End 公司所出產的 Catalyst 即是一件移動配合投影的燈光系統產品。Catalyst 基

本上是好幾個系列產品的組合，包括 G4 電腦，圖形視訊軟體，控制界面硬體，掃描燈頭，單槍液晶投影機，及顯示螢幕。該項產品獲得多項大展之大獎，如二千零一年 LDI 年度娛樂燈光產品。二千零一年 PLASA 最佳設計及技術創新獎。Catalyst 的確是非常優秀的產品，可惜價格實在高昂。

Catalyst 系統使用 Catalyst 軟體，並預裝於麥金塔 G4 電腦中。筆者曾請教該系統的設計工程師，是否可使用英特爾中央處理器電腦，但答案是否定的。且預裝於麥金塔 G4 電腦是經過特別設定，雖然用相同機型的電腦，也無法獲得相同的表現。Catalyst 的界面盒是電腦、燈光控制台、投影機、及掃描燈頭等訊號集合轉換的中心，是整個系統的神經中樞。靠著這個界面盒，將電腦及投影機與燈光系統連結起來，而成爲燈光系統的一部份。而大部分的功能，如位置，移動，顏色，播放方式，效果片（電腦圖形），旋轉等，均可由一部電腦燈控制台來控制。也就是所有畫面的變化，可以作爲燈光變化的一部份，將投影如電腦燈一般的使用。Catalyst 所使用的掃描燈頭，使得投影的畫面，有能力如自動化燈具般的移動。再加上原本電腦投影具備動態影像播放的能力，使得將來投影成爲舞台上最具力量的工具。

第二節：投影與燈光設計

在二千零二年七月的 Entertainment Design 雜誌，爲了慶祝該雜誌三十五週年，乃做了好幾篇不同的專題，均有關各種演出設計的過去與未來。其中有一項專題爲採訪現今著名的設計師或藝術工作者，談有關劇場設計未來發展的看法。有幾位燈光設計師，都強調投影在將來所佔的地位。

Pretty soon we'll be able to design set pieces out of an iMac-looking polymer that allows you to texture it any way you'd like with video imagery. Make the entire set melt right from your lighting console.
Patrick Dierson/lighting designer

As the lights become projectors, the lighting designer and programmer will be joined by the production graphic artist and the production video editor...
Rob Halliday/lighting designer

因為投影技術的進步，與電腦使用的結合，使得劇場內投影語言的使用會越來越多，而成為一種越來越強的表演模式，也就是所謂多媒體演出模式。在其中大量的投影與電腦將被應用，而投影設計師也將成為創作群的成員之一。因為就如同燈光設計成為一種行業一般，投影的技術，及其藝術的呈現將越來越複雜，需要一位了解技術及藝術的設計師進行該方面的創作。且如同佈景設計，燈光設計一般，投影設計的創作，必須成為整體創作概念下，群體工作的一部份。而對如 Linda Essig 般的燈光設計師，認為投影不僅僅會加入到劇場工作中，而投影會改變劇場中其他藝術部份的呈現：

... often termed multimedia performance, is likely to affect the way theatrical productions are designed in the future. The integration of video and computer images into live performance affects the way

the distribution and quality of light are designed. (Essig, Lighting 207)

然而上述的看法，對筆者而言，是針對多媒體演出模式的看法，在其中，投影有著強烈訊息傳遞的需求，燈光設計在其中是一種較為被動的配合另一種藝術的發展而改變。其實無論在何種演出，燈光隨時受佈景，服裝，及演出方式等因素影響，只不過投影媒體本身也是光線，燈光與投影的關係也就非常密切了，而自然將會有較大的影響。然而筆者認為投影技術應用在燈具上，成為燈光的一部份，才是真正直接改變燈光設計的觀念與呈現的原因。

在 *The Lighting Art* 一書中，作者闡釋了幾項舞台燈光的功能，其中一項為環境的建立 (Given Circumstances)。其所指涉的意義為，在舞台上所欲呈現的時間，地點，季節，年代等不同時，光源或光線的品質會有所不同。也就是 McCandless 所指之自然主義。一般舞台上環境的構成，主要是靠佈景及服裝，而舞台燈光對舞台上環境的展現，僅是用恰當的燈光，使舞台上的佈景，服裝的呈現更為真實。但燈光有投影的力量時，可用影像直接構成環境，如同前述『簡愛』之投影效果。在沒有佈景的狀況下，可以有視覺環境的出現。而且這個環境，更為機動，更為流暢，更為變化多端，在電影式戲劇的發展之下，投影的快速可變的環境，提供最有力的創作條件。而從此燈光設計與佈景設計的關係，又更進一層。燈光設計甚至已經跨入佈景設計的領域。

有關燈光塑形(modeling)的能力，在舞台上有著非常重要的功能。燈光可以雕刻演員的線條，為佈景加上質感，甚至改變佈景的外觀。要達到這種功能主要是靠應用光線的角度，及光線的品質。利用投影是無法改變光線的角度，但光線的品質的選擇就大量的增加。許

多以前不存在的光線品質，現在都出現了。例如彩色效果片，改變了一個光束一個顏色的觀念，現在一個光束中，可以有許多清晰不同的顏色。特殊玻璃效果片，能夠使光束中有許多不同明暗的分布，在以前這種現象大概是燈具出問題了。這些光線的品質，在投影技術發達前，是不容易達到的。而這些改變，將不會像一張照片投影一般，輕易的為觀眾所注意。但這些改變使得燈光設計師，有著更多的選擇，而使得舞台畫面的呈現，有著完全不同的風格。這也就是燈光設計藝術的進步。

第四章：發光二極體

第一節：發光二極體

在筆者過去學習劇場燈光設計與技術的過程中，從未學習到有關發光二極體的知識，在所有劇場燈光的教課書中，也未有提到發光二極體於劇場中的應用。而在後來劇場的工作實務裏，也很少接觸到發光二極體。如果有在劇場中使用到發光二極體，也是近年來的事。一般僅是使用在指示功能，或在道具，星星幕等特效上。與劇場燈光設計，事實上並沒有太大的關係。

然而在日常生活中，發光二極體的使用已經極為普遍了。一般大家所常見到的，如電器上的指示燈，紅綠燈，部份電腦廣告看板，鑰匙圈上的小燈，汽車機車的第三煞車燈，均可見到發光二極體的蹤影。在一九九零年代前期因為亮度及成本的問題，一直沒有將發光二極體開發為一般照明的工具。然而現今發光二極體發展快速，亮度及壽命與成本之比以達生產經濟量，於是大量廠商投入發光二極體之研發，並以發光二極體來替代傳統照明光源。筆者於本年之 L D I 大展會場中，就見到許多廠商已開發出許多成熟之產品，並有許多產品已在市場上有著很好的表現。雖然大部分的發光二極體燈具是以建築，展示為主，但已有像 ALTMAN 傳統舞台燈具之製造廠商投入發光二極體燈具之發展。筆者相信發光二極體燈具，將會如自動化燈具對燈光設計與技術所造成的影響一般，在不久的將來演進劇場燈光的生態。也就基於此一原因，筆者於此將概略介紹，發光二極體之發展、優缺點、器材、及燈光設計之影響。

發光二極體一般稱為 L E D 也就是其英文全名 (lighting emitting diode) 之縮寫，有時也稱為 S S L (solid state

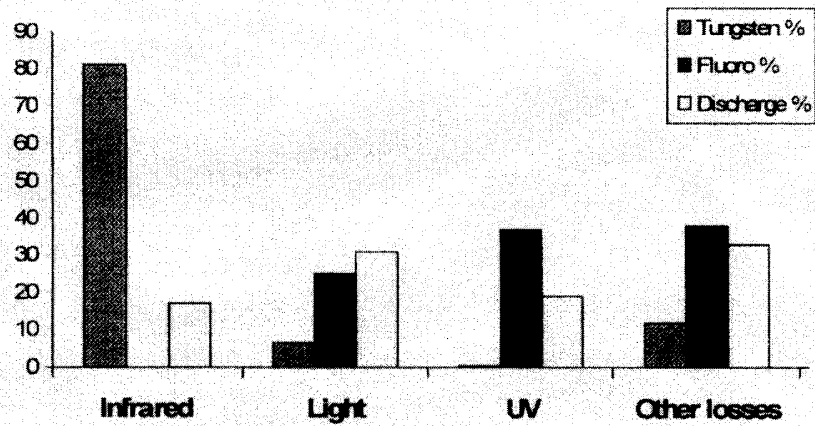
lamp)。發光二極體發展源自於英國，為在一九五零年代末期，六零年代初期，研究二極體時之附加產品。初期為紅外線二極體，至一九七零年代始有可見光發光二極體的上市。最早上市之可見光發光二極體為紅光，其亮度也很低。但很快的便被大量使用，因為其體積小，省電，低熱量等優點。主要用於電器或儀器上的小型指示燈。綠光及黃光二極體也在不久之後上市，成為當時之主要產品。至一九八零年代，發光二極體的亮度有著大量的提昇，同時也開展了發光二極體應用的市場。到一九九零年代，隨著經濟的蕭條，人們對能源的注意，發光二極體有著更重要的發展。首先在一九九三年，日本 Nichia 公司發展出藍光二極體，使的發光二極體終於具有三原色。接著於一九九六年，同公司發展出白光的發光二極體。而一九九七年是發光二極體對作為照明光源，發展上最重要的一年。因為在該年日本 Nichia 生產出高亮度之藍光與綠光二極體，而 Hewlett Packard 公司則生產出高亮度紅光二極體。更好的消息是，以發光二極體製作之燈具成本大為下降，終於達到可以上市而獲利的界線。而根據市場上的消息，預計至二零零六年，將有與日光燈亮度相當之二極體上市。

第二節：發光二極體的優點

相較傳統白熾燈泡，發光二極體有著下列的優點：

1. 省能源：

省能源是發光二極體最有吸引力的優點。一般白熾燈泡所發出的光線中，有百分之九十五是屬於不可見光，紅外線與紫外線。也就是一百瓦的燈泡，大約只發出五瓦的可見光而已。大部分的能量，全部都浪費了。然而這些不可見光，還不只是不用就算了，紅外線會帶來大量的熱，而紫外線對布料紙張均會有傷害。然而發光二極體卻可完全避免此種能源的浪費。



圖七：各式燈泡紅外線、可見光、紫外線比例表

發光二極體能夠大量的節省能源，和其本身的發光特性有關。發光二極體發光的光譜 (Spectral distribution) 非常的窄，波長寬度一般僅幾十個 nm (十億分之一米)。也就是說當一個發光二極體發出綠光時，它就是僅僅發出綠光，而沒有其他的紅外線及紫外線的存

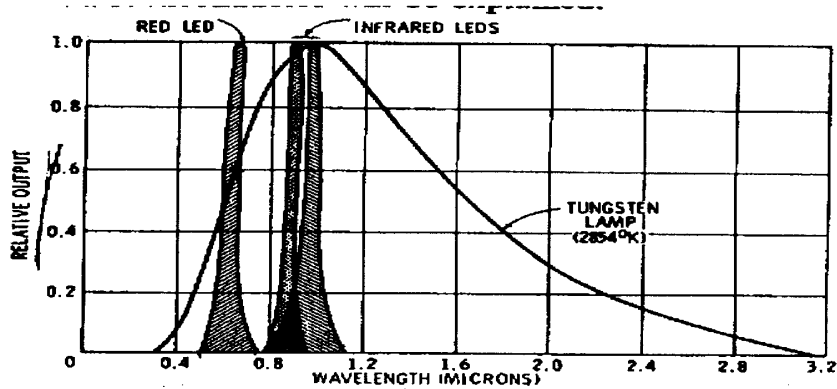
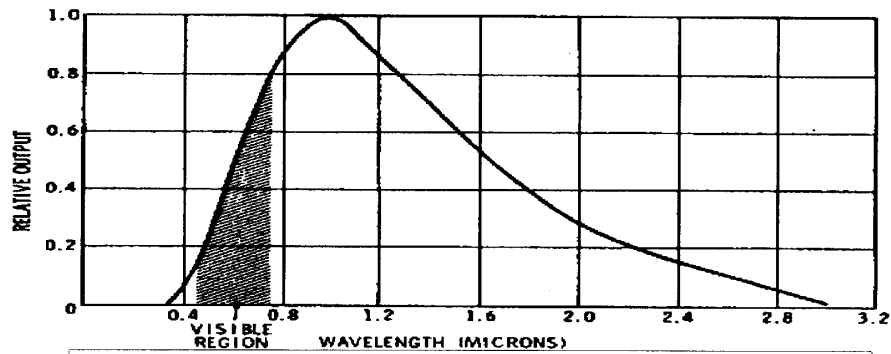


Fig. 1-4. Spectral output of several LEDs.

SEMICONDUCTORS

在。



圖九：白熾燈泡於 2854 度 K 時之輸出光譜

一個發光二極體發出十瓦的光時，這十瓦完全為可利用的可見光。就以 ACOLYTE 公司所生產之十四點五瓦的發光二極體燈泡為例，其亮度相當於傳統二百瓦的燈泡。傳統二十至五十瓦的燈泡，相當於零點七五瓦，至一點二瓦的發光二極體燈泡。同樣的亮度，卻可節省二十倍以上的電力消耗。在需要大量照明的場所，如劇場，能降低大量電力需求，意味著大筆電費的節省。這可是每個經營者的夢想。而在電力獲得困難，或者有著嚴格限制的場合，高效率照明就成為唯一解決問題的方式。就以國光劇團為例，後台化妝台的照明，一直是一個不容易解決的問題。每次在演出前約二小時，服裝部門開始工作，同時演員進後台化妝。於是，高瓦數的熨斗，大量的白熾燈泡，同時使用。這樣的情況常常導致跳電，因為當初建築設計時，便沒有提供足夠的電力，供給如國光劇團如此龐大的演出。但這種工作的方式，及光線的需求是無法改變的，唯一能處理的辦法，只有提高電源的供給量，或節省電源的消耗量。然因為國光劇團演藝中心原先電力的分配，就沒有很充足之餘量，如要提高電源供給量，需要花費相當經費。且因演藝中心所有權不屬於國光劇團，所以後台化妝台之照明，就只好盡量以節省電源消耗著手。如化妝台燈泡儘量改為省電燈泡。現暫可維持後台電源需求於安全範圍內，但無法再行擴充。而現今發光二極體燈泡則提供了一個更優秀的選擇。如將化妝台燈泡，逐漸淘

汰更換為二極體燈泡，則電力不足之問題迎刃而解，並且有擴充之空間，並且節省電費，保障後台安全。

另外一種常見的狀況，就是出外演出於戶外搭台時，電力的供給通常很有限，大部分電力的供給靠發電機的供應。在節省成本的考慮下，大部分的電力均供應給燈光音響等舞台上之工作使用，所以後台能使用之電力大為有限，此時便應使用發光二極體此種燈泡來降低電力消耗，但又可提供足夠照明。國光劇團在各地的巡迴演出中，也常發生後台電力不足，甚至於跳電的狀況發生。每次在包頭桌、勒頭桌、及勾臉桌所外加的二百瓦燈泡，及二隻一千二百瓦熨斗，常是導致跳電的主因。如果能將一般白熾燈泡換為二極體燈泡，五隻二百瓦燈泡，約可節省九百瓦的電力，在一百一十伏約八安培的電量。一般的斷電器，二十安培也就非常足夠了。

2. 低熱量

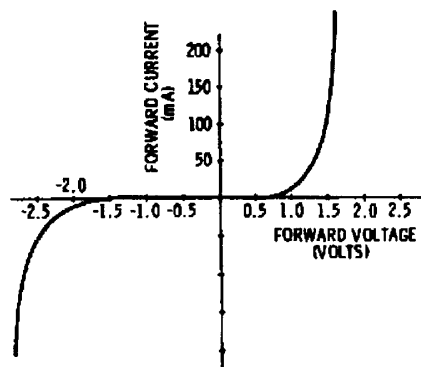
因為可見光發光二極體所發出的光線中，不像白熾燈泡的光中含大量紅外線，所以發光二極體不會製造大量的熱。在此種狀況下，燈具的本體，就不用擔心大量散熱的問題，於是燈具的本身可以更為縮小，並使用更為輕便的材料。節省使用的空間，製作的成本。而對於像劇場這種大量燈具使用的場所，低熱量的燈具，不至使空間中溫度大量提升，可大量降低空調的使用，節省電費。在L D I的發光二極體講座中，多位講師便提到，在他們最近所作的個案中，均曾計算過將傳統燈具更換為發光二極體燈具後，在長期燈光電力上，及空調電力上的節省，遠超過對於更換白熾燈具為發光二極體燈具所需花費的代價。

如果上過舞台的人一定了解，當舞台燈全亮時舞台的熱度，簡直就是驚人。在國光劇團舞台空調一直是個無法解決的問題，在大量白

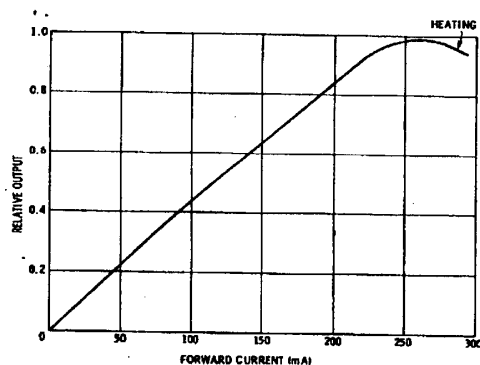
熾燈具的照射下，幾乎是根本無法解決的。一般排練時，冷氣空調的溫度，尚可讓人維持在舒適的程度，但舞台燈一開，空調就完全不足，不堪所需了。由此可知，像國家劇院這種完全封閉的空間，所有的熱源一直在建築物裏對流，冷氣空調的消耗有多麼可觀了。而如果能運用發光二極體此種冷光器材，的確能大量的降低冷卻系統的需求。

另外有一點容易被忽略的優點，低熱量的燈具擁有較高的安全性。在劇場使用燈具時，須非常注意不可讓易燃物，翼幕沿幕等布料接觸燈具。因為燈具的高熱將會引起火災。另外如果讓光束聚焦於布料上，且距離過近，也容易引起火災。而低熱量，冷光的燈具則可大大降低此種危險性。

關於低熱量的概念，必須要解釋清楚的是，發光二極體並不是不會發熱，在將電能轉為光能的過程中，還是有不少的熱產生。這裡所說的低熱量，是指冷光的現象。發光二極體本身還是會發熱的，所有發光二極體的使用，都需注意二極體本身散熱的問題。不過在正常使用下，溫度是很低的，與白熾燈泡根本是無法相比較的。如果發光二極體本身的散熱不良，超過一定溫度後其亮度會下降，顏色也會改變。就如下圖所示，發光二極體在近乎一定的電壓下，電流量會急速的增加，而亮度也隨之增加，但同時溫度也會增加。當溫度到一定的高度時，竟管電流增加，亮度反而會下降。所以一般而言，控制電流量大小及散熱，對發光二極體是非常重要的。如果一個發光二極體握起來，有發熱的感覺，就代表電流可能太高了，需要限制電流量。如果電流量控制的好，提高電壓，是還可以提高亮度的。



圖十：發光二極體電流電壓表 1



圖十一：發光二極體電流電壓表 2

3. 壽命長

除了省電之外，發光二極體最大的優點之一便是壽命非常的長。一般發光二極體的壽命約為十萬個小時，一盞燈約可以用十年。而一般劇場用的白熾燈泡，壽命最多約二至三千小時，MR 16 可到四千小時，而一般聚光燈所使用的燈泡，只有幾百個小時的壽命。

除了二極體本身的壽命長之外，發光二極體沒有燈絲，沒有玻璃或石英封罩，使得發光二極體容易保養，不易損壞。例如傳統燈泡怕搖動，尤其當燈絲是熱的時候。筆者相信在劇場從事燈光工作的人員，一定曾經在調燈時，因搖動而將燈泡損壞。或者是在搬運及運輸途中，因搖動或撞擊而使燈泡壽命減短。但發光二極體完全沒有這樣的問題。在發光時搖動也不會將其損毀。而發光二極體沒有一個中空的玻璃封罩，也使得發光二極體變得較傳統燈泡安全，除了不會打破外，也不怕燈泡炸裂的危險。

發光二極體除有上述各項優點外，還有反應時間快等其他優點。但發光二極體燈泡仍有許多缺點。首先就是其單價仍為高昂，一顆 MR16 二極體燈泡定價，三十美金，約台幣一千元。如果要大量更換，業主就會於同一時間需要大量的資金。但用白熾燈泡，則因單價較

低，在每次更換時，所用的價格較為低廉。故在第一次資金的容許度下，許多選擇仍會是傳統燈具。

第二、發光二極體的亮度仍然不足。一顆發光二極體的亮度，與一顆白熾燈泡的亮度，實在是差太多了。二極體燈具要有傳統舞台燈具一千瓦的亮度，需要有非常多的發光二極體集合一起，才可能有足夠的亮度，這些二極體又必須在同一個平面，如此會使得燈具變得十分龐大，而不實用。所以現在的二極體舞台燈具，大約都是以現有傳統燈具的大小為標準，如 PAR64，來設計二極體燈具。如此能安裝的發光二極體就為有限，而燈具的亮度也就難以提升。再加以一個燈具裏須同時使用大量的發光二極體，如 Altman 公司的 UNI_LED PAR 裏就有二百五十二個發光二極體。這二百多個二極體的光線，幾乎是不可能用現有的反射鏡技術，集中而反射出來。這也意味著在新的反射鏡技術出來前，是不可能發光二極體橢圓形反射鏡聚光燈。也就是不可能有如 LEKO 燈具般，具有控制及調整光線的能力。

第三、因為發光二極體的光譜很窄，是不可能發出白光。日本 Nichia 公司乃是在藍光二極體外部塗佈一層磷光劑，磷光劑接受藍光刺激而發出白光。其道理就如同日光燈的發光原理一般。然而此種白光大約僅可維持六年，之後磷光劑就有衰退的現象，而降低亮度。所以在舞台上使用之燈具均不使用此種方式。並且舞台上所使用之燈具，效果是一項非常重要之要素。通常舞台燈具在使用時，均需配合畫面改變顏色。所以現下二極體燈具的生產，均是採用另外一種白光的產生方式，乃是利用紅藍綠，三原色光混合的方法。利用三原色混合出白光，同時如果加以適當的控制，也就可以產生各式各樣的顏色。但這種白光也有他的缺點。因為發光二極體的光譜實在太窄了，所以混合出來的白光光譜，並不是非常完整平均。

第三節：舞台發光二極體燈具

早在一九七九年就已經有三色發光二極體所製作的效果燈具，為 Sound Chamber 公司所出產的 Saturn 燈具。但在當時還沒有藍光二極體，所以當時燈具上所使用的為紅色，綠色，及黃色發光二極體。一九九四年，英國公司 Aritistic Licence 則發展出第一具利用紅藍綠發光二極體所製造之換色燈具，同時並使用微處理器控制調幅脈衝，使之能接受 DMX512 之控制訊號。然而當時發光二極體之亮度及其價格，均尚未能滿足經濟量之需求，故該產品未能大量生產上市。

本次筆者在 LDI 大展中見到了許多發光二極體廠商，大部分生產的產品是供建築使用。但也有如 ALTMAN 傳統專業舞台燈具生產廠商投入研發發光二極體燈具。在此次 LDI 會場中 ALTMAN 公司的發光二極體燈具，主要為 PAR 燈及條燈的形式。PAR 燈產品稱為 Spectra-Par，內有五百四十顆發光二極體，採用紅藍綠三原色混色方式。配合該公司專利之控制系統及混色系統，可以獲得一千六百七十萬種顏色輸出。燈泡有十萬小時的壽命。可接受電腦控制，及 DMX 訊號控制。因為這是非常新的產品，在筆者看到它時，許多詳細的規格都尚未建立公佈。但除了亮度尚須加強外，已經是非常成熟，可用於劇場內的產品。Altman 也同時生產同規格的條燈，作為沿幕燈。

另外一項令筆者注意的發光二極體產品，為 MR16 的替代燈泡。這些 MR16 的替代燈泡，可直接使用於 MR16 燈具上，不須另外加變壓器。而更令人興奮的，這些 MR16 燈泡，不只有三原色及白光，還有紫外線燈泡，也就是黑光燈泡。黑光效果現常使用於舞台演出，就連國光劇團一個傳統戲曲團，也使用及擁有黑光燈具。一般演出礙於經費，所使用的黑光燈具，通常是螢光燈管，或水銀燈泡形式的燈具。這種燈具無法接受調光器控制，且紫外線的頻率有時偏低，會有一種

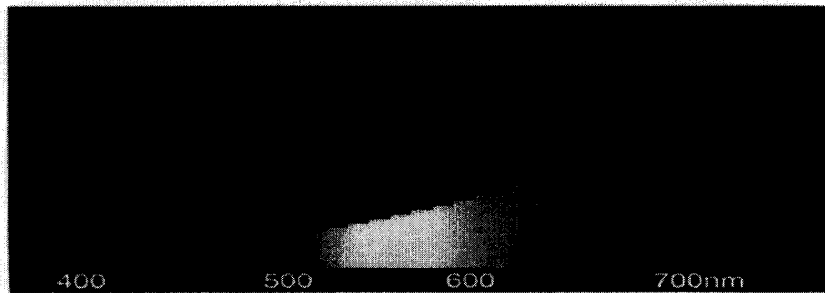
紫色泛光的感覺，並不能完全展現黑光效果的魅力。而好的黑光燈具卻非常的昂貴，因為該種燈具為取得較多的紫外線光，必須使用放電燈泡，而要把紫外光以外的部份過濾，還需要有一片特殊的濾鏡，以過濾可見光及紅外線之部份。這片濾鏡還常因為高熱而破裂。當然如果效果要淡入淡出，就還須配備機械式的截光器。整組配備下來，一個燈具常需十幾萬元。然而發光二極體所發出的黑光，頻率集中，效果好，沒有其他不需的能量與高熱，不用濾鏡，可直接裝入 MR16 燈具中，如迷你條燈。與高檔黑光燈具相比，價格便宜許多倍，且壽命長。紫外線二極體燈泡，應該是黑光光源非常好的選擇。

雖然發光二極體燈具的亮度，還無法與傳統燈具匹敵，但根據摩爾定律，及市場利益的吸引，不久的將來應會有足以與傳統高瓦數舞台燈具匹敵的發光二極體燈具。燈具產品一開始會以汎光燈，及 PAR 燈具為主，因為如前所述，在橢圓形反射鏡中，點光源的問題不容易處理。而應用發光二極體燈具來作燈光設計，首先面對的改變，是色光獲得的方式有所不同。原來在傳統劇場燈光使用中，是用減色法來獲得想要的顏色。即是在燈具的前方或裡面，使用色片或色玻璃，將光線中不要的色光吸收，讓需要的顏色透過，來改變光源的顏色。但現下研發之發光二極體燈具採取的則是加色的方式。利用三原色，紅藍綠，來混合白光及所需的顏色。在這種加色的方式中，理論上幾乎可以有任何的色彩，就以 ALTMAN 所生產的發光二極體燈具為例，就可以有一千六百七十萬種顏色的選擇，對一位燈光設計而言，簡直沒有不可能的顏色。

但這種多樣性的選擇同時也帶來了危險，因為選擇實在太多了。並且顏色是存在於燈具的本身，不是有色票和號碼，可供設計師於裝設前先看過，先挑選確定。所以將來在燈光設計師於先前準備時，要特別的用心。如果燈光設計師未事先作好功課，在沒有準備就進劇場

工作時，將會是一個無比的災難。如果一個設計師對畫面顏色沒有明確的概念，一直用嘗試性的工作方式，則劇場內根本不可能有足夠的工作時間，而做出來的東西，也就不調和了。其實這種危機，並不是現在才有的。在電腦燈開始廣泛使用，設計的選擇越來越多時，這種現象就發生了。而這也是為什麼電腦輔助設計也變得越來越重要了。

劇場發光二極體燈具，是用紅藍綠三色發光二極體混色而成，也因此發光二極體燈具的演色性也會較一般燈具好。尤其是在單獨原色時，其原色的色彩飽和度，遠比傳統燈具加色紙要好的多。尤其是在藍色的部份會比白熾燈泡的表現理想。這是因為 3200k 的白熾燈泡所發出的光中，藍色光譜部份的能量，較紅色部份的能量低很多。而且在調光器控制燈光調暗時，白熾燈泡所發出光線的光譜分布，會往紅外線方向移動，藍光的能量變得更少。也就因為如此，在劇場中使用藍光時，常會需要好幾組深淡不同的藍光。以避免燈光調暗時，色溫降低，藍光能量變少，透過藍色色紙出來的光線再也不是藍色，而是灰灰髒髒的顏色，甚至偏橙色。但藍色發光二極體調暗時，仍舊維持藍色，只是光度減弱。於是舞台上可以有一個很乾淨，從一點點的藍光，到全亮的藍光。而不是從一個灰色的環境到藍色的環境。



161 Incandescent lamp spectrum

圖十二：白熾燈泡輸出光譜

發光二極體燈具，在現在還不足以用於劇場中，取代原有傳統燈具。但筆者相信，在燈光製造廠商的努力研發之下，要成為專業劇場燈光器材，應該在不久的將來即有可能。因為它符合了低用電，高效率的要求，而這是所有燈光器材努力所追求的目標。但發光二極體燈具要完全取代傳統舞台燈具，筆者則認為這是不可能的事情。每一種燈具有其不同的功能，更重要的是，每種燈具所發出的光線質感與性質是完全不同的。而在做燈光設計，光線的質感與性質，也就是最重要的要素。將來劇場中只會有越來越多種的燈具，各種燈具有其特殊的用處。而一個燈光設計師，則要充分了解各種燈具，應用於不同情況。燈光技術人員則需要了解各式各樣的器材，以應付越來越複雜的技術環境。

第五章：數位控制通訊協定

在有關其他燈光技術的發展中，控制訊號及其傳輸方式，是在燈光技術與工程中特別需要注意的方向。控制訊號，是一個燈光系統的生命線，控制通訊出問題時，整個燈光系統都不能工作。在過去不太注重技術要求時，常常燈光系統發生一些難以排除的問題，大部份都肇因於不良之控制訊號。如電源之干擾，接地不良，線材不正確等，均常導致難以處理的災害。而使用正確的通訊協定及方法，也意味著各種器材間穩定的溝通能力，及降低系統的複雜度及控制方式，使得整體燈光系統有著穩定及高效率的表現。

從通訊協定這個名稱及以上所言來看，似乎通訊協定這種純技術的因素與燈光藝術的發展，並沒有什麼關係。然事實上現今幾乎所有的劇場與燈光業者，均使用 DMX512 控制通訊協定系統，使得所有系統得以整合，導致燈具自動化之各項發展蓬勃快速，換色器、電腦燈、效果片旋轉器等於劇場中大量使用，也就使得燈光設計這項藝術隨之改變。就如同 Linda Essig 在其所著的 *The Speed of Light* 中所言；

Interconnectivity between control consoles and lighting devices such as color scrollers and automated lights has had a dramatic effect on the lighting art and the lighting industry. ... Once this (standardized protocol) was done in 1986 with the adoption of USITT's DMX512 Digital Data Transmission Standard, a greater range of automation devices were manufactured and integrated

into theatrical usage. A transmission standard for consoles ultimately meant that automatic lights, which before the late 1980s could only be run on proprietary hardware, could now be operated from most any available console, making automation more accessible to theatrical users. (Essig, Speed 77)

的確，從反面的觀點來說，在沒有這些發展之前，就已經有許多優秀的燈光設計。而在現今的燈光設計，不用這些優勢，一樣可以有相當好的作品。但在過去，絕對不可能做到如現今一般，同時控制幾百盞燈具，幾百軌調光器的規模。燈光的畫面也絕對不會有那麼多、那麼複雜，卻那麼細膩。所以隨著燈光技術的進步，燈光藝術也的確隨之進步。

燈光控制通訊協定的統一，要感謝一九八零年代 Gordon Pearlman、Steve Carlson、Steve Terry、Mitch Hefter 等人的努力，及，很有趣的是，美國各大燈光出租公司的堅持，使燈光製造公司讓步。才使得美國劇場技術協會（USITT），得於一九八六年為燈光器材控制訊號訂出標準，稱為燈光設備與附件控制之數位傳輸標準，Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories，一般稱為 DMX512。此項傳輸標準於一九九零年做過小部份修正，基本上是修正原標準中的一些明顯錯誤。故現在一般燈光器材所使用的均為一九九零修正後的傳輸標準，稱為 DMX512/1990。

DMX512 訊號設計的原始目標，是為統一燈光控制台與調光器之間

的控制訊號，使得劇場中的使用者，可以將不同製造商的控制台與調光器搭配使用，以及使舊的器材可以以單一種轉接器，來與新的器材配合使用。所以 DMX512 訊號在設計時，完全沒有考慮到，如換色器及電腦燈等需求。然而因為 DMX512 是一個統一標準，所以它雖然不甚理想，但各個自動化燈具製作廠商，仍以其作為控制訊號標準，來生產各項器材。但在這麼多年的使用中，燈光器材發展快速，DMX512 訊號的確是越來越不足以應付所需。於是在一九九八年，美國劇場技術協會提出 DMX512 訊號的修正計畫，請產業界相關人士提供各方面之意見。並同時將 DMX512 訊號的維護，交由 ESTA 進行。

ESTA 全名為 the Entertainment Services & Technology Association，娛樂服務及技術協會，為一非營利性組織，主要成員為北美娛樂技術業界。會員包括了製造商，經銷商，服務及製作公司，佈景公司，設計師及顧問公司。該協會主要的工作在處理與娛樂產業相關的事情。例如各種協定，標準，產品品質，顧客服務，產業經營，保險等。而該協會中的技術標準計畫，一般稱為 TSP (ESTA Technical Standards Program)，為美國國家標準局 (ANSI) 所承認的標準訂定委員會。將 DMX512 訊號交由 TSP 維護，也就可使 DMX512 訊號成為國家標準。該計畫名稱為 BSR E1.11, Entertainment Technology - USITT DMX512 Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard。另外，於一九九九年，DMX512 訊號經 IEC (International Electrotechnical Commission) 核准成立委員會進行審定，希望成為國際標準。

一九九八年所開始進行的 DMX512 訊號修正，現在已經進行到第二次公讀完畢，應該很快就會有結果了。修正後的 DMX512 訊號稱為，DMX512-A。DMX512-A 訊號對一般使用者來說，代表著更穩定且相容性更好的訊號，而在偵錯上也會有更好的機制。而因為原有之 DMX512 訊

號已經為大眾所普遍使用，所以在這次的修正上，仍保持原有通訊協定仍能繼續工作的環境。一般來說，大部分器材是不須修改的。然而在 DMX512A 訊號中，對第二對訊號，也就是第四腳與第五腳，做了另外增強的 DMX512 訊號規範。將來器材使用第二對訊號的機會將大為增加。以前未依規範使用五芯線材或接頭之設備，可能都會有狀況出現。另外，利用 DMX512 訊號線材，輸送直流電，也會做規範，以避免誤燒控制系統。一個對一般使用者較為有利的規範就是，CAT5 號線材，也就是現下一般網路所使用的雙絞線，也可作為 DMX512 訊號線使用，可使線材的支出大量節省。而其他的改變，對一般使用者而言，在操作上似乎感覺不到有什麼不同。

除了 DMX512-A 訊號的修正外，ESTA 另外有一項與 DMX512 相關的通訊協定計畫，稱為遠距器材管理協定 (Remote Device Management)，簡稱 RDM。RDM 協定是要在單向的 DMX512 訊號上，增加雙向通訊能力。使用 DMX512/RDM 協定，可以使燈光控制台或其他控制器材，能夠收到調光器、電腦燈、換色器等回送之訊號，從而控制、監視、設定，甚至如電腦器材“隨插即用”一般，自動尋找到系統上的器材。一個具有 RDM 能力的控制器，可以自動測出其他的 DMX 器材及其版本，使得控制器可以自行設定於最適當狀況，而避免錯誤發生。並且於控制台，就可以了解如燈泡燒掉，換色器卡住，調光器關閉等訊息。更好的是，在控制台就可以設定各個器材之 DMX 位址，再也不怕因為位址不正確，而需要大費周章的降下燈桿，或爬上貓道，或一個一個器材核對位址，浪費大量人力時間了。而 RDM 的使用，完全不用更改現有的設備，只要現有設備是合乎 DMX512 訊號的相關要求。但要小心如訊號隔離器此種器材，須確定其具有雙向傳輸的功能才可使 RDM 正常運作。

在上段所述的各項功能中，有部份功能，已經在市場上出現很久

了。例如有關調光器回饋訊號部份，ETC 的高檔調光器及控制台在以前就已經具備此種功能。但這些器材的回饋訊號，並非在一個市場上統一的通訊協定下工作，只有使用同一廠商的特定系統才可使用這些功能，因為這些功能均是用不同的通訊協定在溝通。這種狀況其實也反應出 DMX512 訊號不敷使用，尤其現今燈光產業進展快速，部份大型演出，需要上千之控制訊號，甚至包括音響、佈景、特效等控制訊號，DMX512 訊號根本無法應付此種需求。再加以電腦發展快速，許多控制台已經就是一台整合設計軟體、控制軟體、控制面板、及通訊協定的電腦，而許多高級器材也均有內建嵌入式系統，來處理工作與通訊。因此自然而然的，電腦網路通訊技術，就被運用於燈光產業。如 ETC 公司的 ETCNet，就是一個使用網路通訊的產品，而這個產品自一九九二年就已經上市了。

ESTA 爲了彌補 DMX512 訊號的不足，配合將來的發展，除在修正 DMX512 訊號及建立 RDM 訊號外，同時進行編寫一套更先進的通訊協定包裹，稱爲先進控制網路，Advanced Control Network，簡稱 ACN。CAN 的目標在於建立新世代的娛樂控制網路之資料傳輸標準。其將使用最先進的技術，使得使用者不論在今天或是將來，均可以最簡單之方法控制最複雜之系統。

建立這樣的傳輸環境，如果完全從頭開始，將會是一件費時又費事的任務。而現今已有發展成熟，使用普遍，穩定性及支持度均高，且價格便宜的傳輸環境，那就是乙太網路。乙太網路已經不只是電腦相關器材之標準配備，現今連新建築中，也都會安設乙太網路的線路。在劇場中，乙太網路現大多用於連接多台控制台，設計桌，舞監桌，調光器等，如 ETC 公司的 ETCNet 及 Strand 公司的 ShowNet。乙太網路原以室內固定裝置使用，但現在於巡迴戶外演出等也開始廣泛使用。使用乙太網路可大量減少控制線的數量，減少佈線及維護的時

間。至於 TCP/IP 為一網路傳輸協定包裹，因網際網路的普遍，已成為一般網路環境上最普遍的協定。幾乎所有的軟硬體均支援 TCP/IP 協定。所以在使用現今最成熟快速，且會成為將來主流技術的要求下，ACN 也就決定以乙太網路作為基本環境，並以 TCP/IP 作為低層傳輸協定，而建立 ACN 於其之上。也因為建構於 TCP/IP 之上，ACN 將不僅只能使用於乙太網路上，包括點對點傳輸，ATM，IEEE-1394 等均可使用 ACN 協定。

理想上，ACN 的目標是使用單一網路系統，就可控制不同廠商，多個系統，甚至包括音響及舞台器材。在 ACN 的環境中，可同時雙向傳輸多組 DMX512-A，及其他不同種訊號。而所有的訊號，就在同一條線路中。ACN 對一般燈光操作上所帶來的不同，首先是如電腦般的“隨插即用”。只要是 ACN 器材連接到操作網路上，器材會自動辨識及設定，不用再一個一個器材做人工的設定。而對任何器材的所有功能均可在控制台設定及操作，包括調光器、電腦燈、音響、佈景、特效等，不需要另外分散控制系統。以演出控制來說，演出中只需一個控制系統，而所有的 Cue 都被統一到一台控制器上。而同時因為其支援 RDM 等雙向傳輸，所以可以很簡單的對器材及各點進行監控。而從反方向來說，在 ACN 環境中，可以同時使用好幾台控制台，可以各個控制不同的器材，可以一個為主一個為副，可以一台在使用一台在備份。也就是同一個網路系統中，可以同時存在及使用多個不同系統。而設計桌、舞監桌及其他監控系統，也可經由網路而很簡單的連結，並擁有視訊，控制能力，遙控能力等。利用筆記型電腦，於任何節點上，均可輕易的進入系統，控制或監視系統狀況。

現今大部份重要的燈光廠商均已參與或開始支援 ACN 通訊協定。像 ETC，Strand Lighting，NSI/Colortran，High End Systems 等廠商均為 ACN 工作小組的成員。然而 ACN 尚未正式發表，仍屬於草稿

階段。但市面上已有，所謂支援 ACN 通訊協定的燈光器材。如 ADB 公司的 AXIS 自動燈具，便聲稱為一件可用 DMX 及乙太網路控制系統 ACN 之器材。可見 ACN 將非常快速的進入市場，並造成相當重要的影響。

其實除了 ACN 之外，在現今劇場中已經有相當成熟之燈光網路控制系統。ETC 公司的 ETCNet，Strand 公司的 Shownet，ADB 公司之 ADB Ethernet Network，在系統上均有非常好的表現。請參見後附各公司燈光網路系統範例。然而 ETC 公司並未公開其規格標準，所以其系統是一個封閉系統，與其他廠商之產品尚不能溝通。Strand 公司公佈其通訊協定，所以市場上有轉換其訊號的能力，使其與其他使用 Art-Net 通訊協定的器材溝通。而 ADB 公司的網路系統所使用之通訊協定即為 Art-Net。

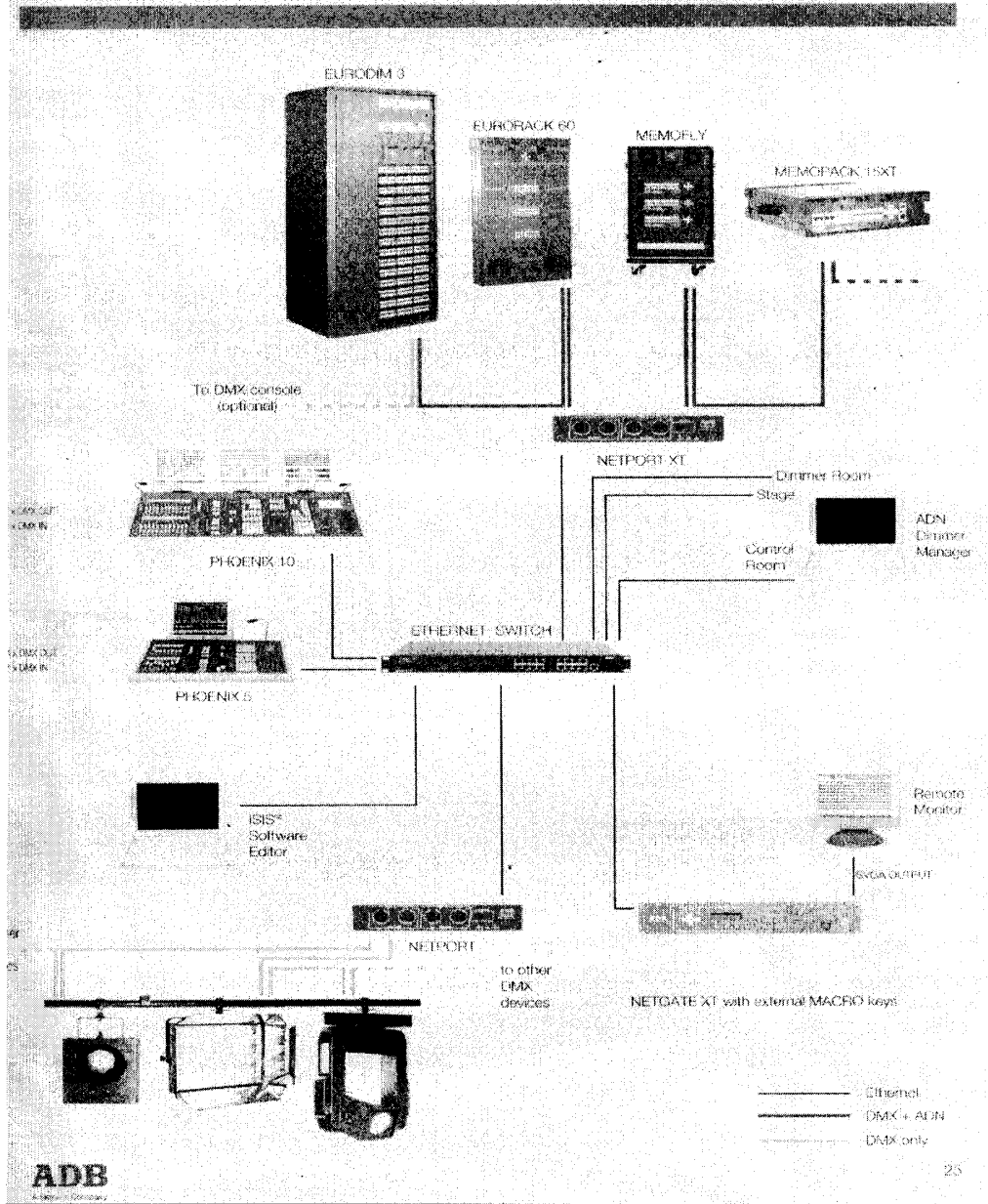
Art-Net 通訊協定為英國公司 Artistic Licence 所制定。與 ACN 非常相似，主要是利用乙太網路及 TCP/IP 來傳輸 DMX 訊號。這個協定版權屬於原創公司，但完全公佈，並歡迎廠商使用。再加上 Art-Net 已經是個相當成熟的產品，所以有不少燈光廠商使用該通訊協定。如 Martin，Flying Pig，Zero 88，Goddard Design，High End，MA Lighting，Avolites 都支援 Art-Net 通訊協定，Strand 的 ShowNet 也可經由轉換器，與其連線。Art-Net 似乎已成為這幾年，燈光網路控制協定的主流。在使用器材及建立系統時，不得不將其列入考慮之中了。

那這些乙太網路通訊協定會取代 DMX 訊號嗎？應該是不會的，首先乙太網路有距離的限制。一條乙太網路訊號通常最遠不能超過一百公尺，但 DMX 訊號則遠超過這個距離。第二、乙太網路不能從一個器材直接串接到下一個器材，每一個器材節點均需要有一條單獨的訊號線，接到如集線器的器材上，這會使得在器材端，有非常複雜且眾多

的控制線。而 DMX 訊號的串接能力，使得 DMX 在這方面有著強大的優勢，不容易被取代。第三、乙太網路的方便性，一條控制線控制所有訊號，也成爲它的缺點。因爲那也就代表著當它出問題時，整個系統均全部停擺。所以 DMX 的控制訊號，仍會保留作爲緊急時使用。第四、並不是所有的系統都大到需要使用網路，許多場合 DMX 就已經非常恰當了。

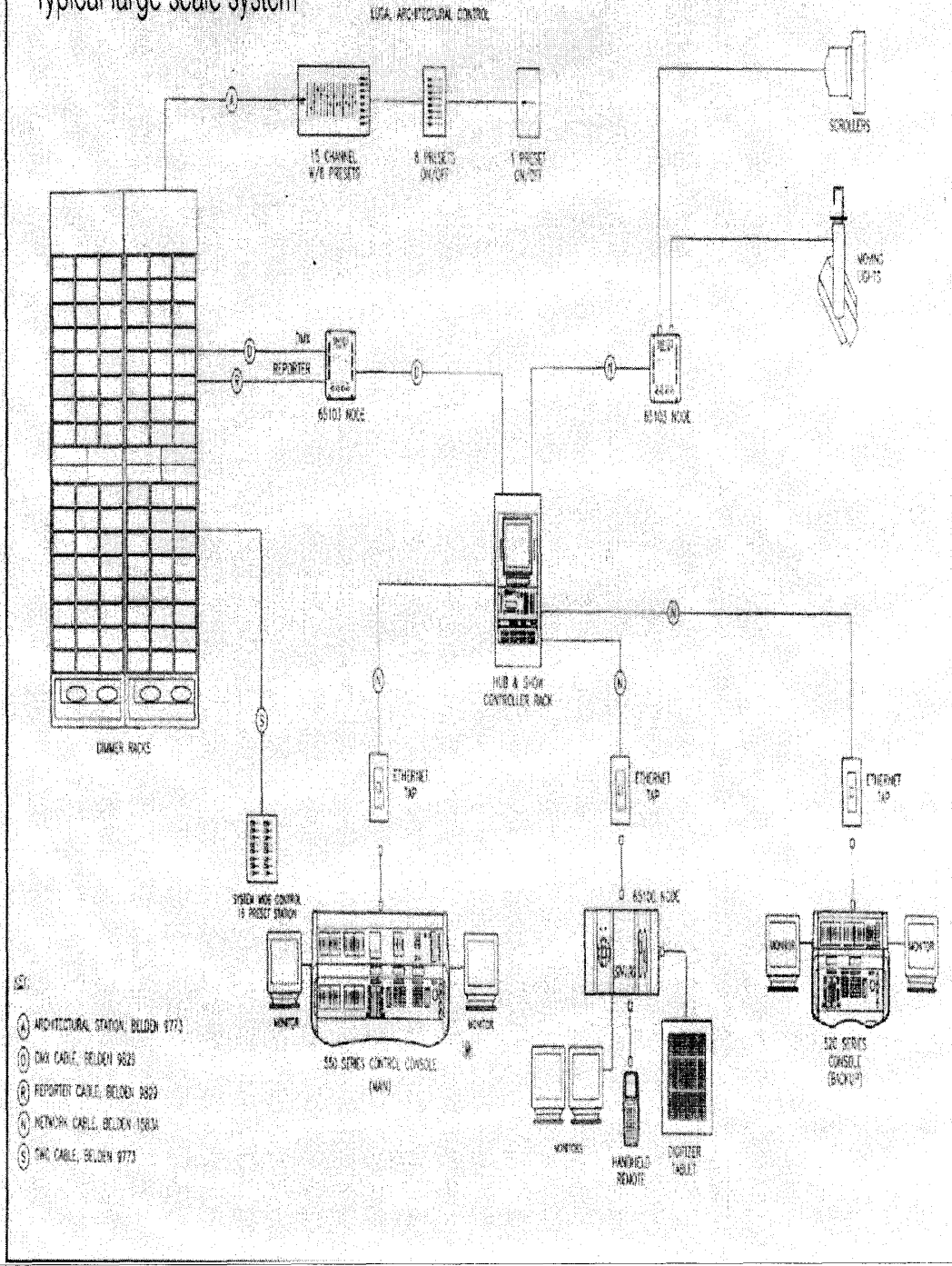
在過去 DMX 訊號開始蓬勃發展時，筆者就曾經建議，在劇場中所有的燈桿上，均需有 DMX 接頭，以利將來越來越多，自動化燈光器材的使用。但看了現在發展的趨勢，在所有燈光相關位置，均應配備乙太網路的佈線。而燈桿上則要加裝乙太網路轉 DMX 節點，才足以配合將來燈光技術之發展。

ETHERNET / DMX / ADN NETWORK

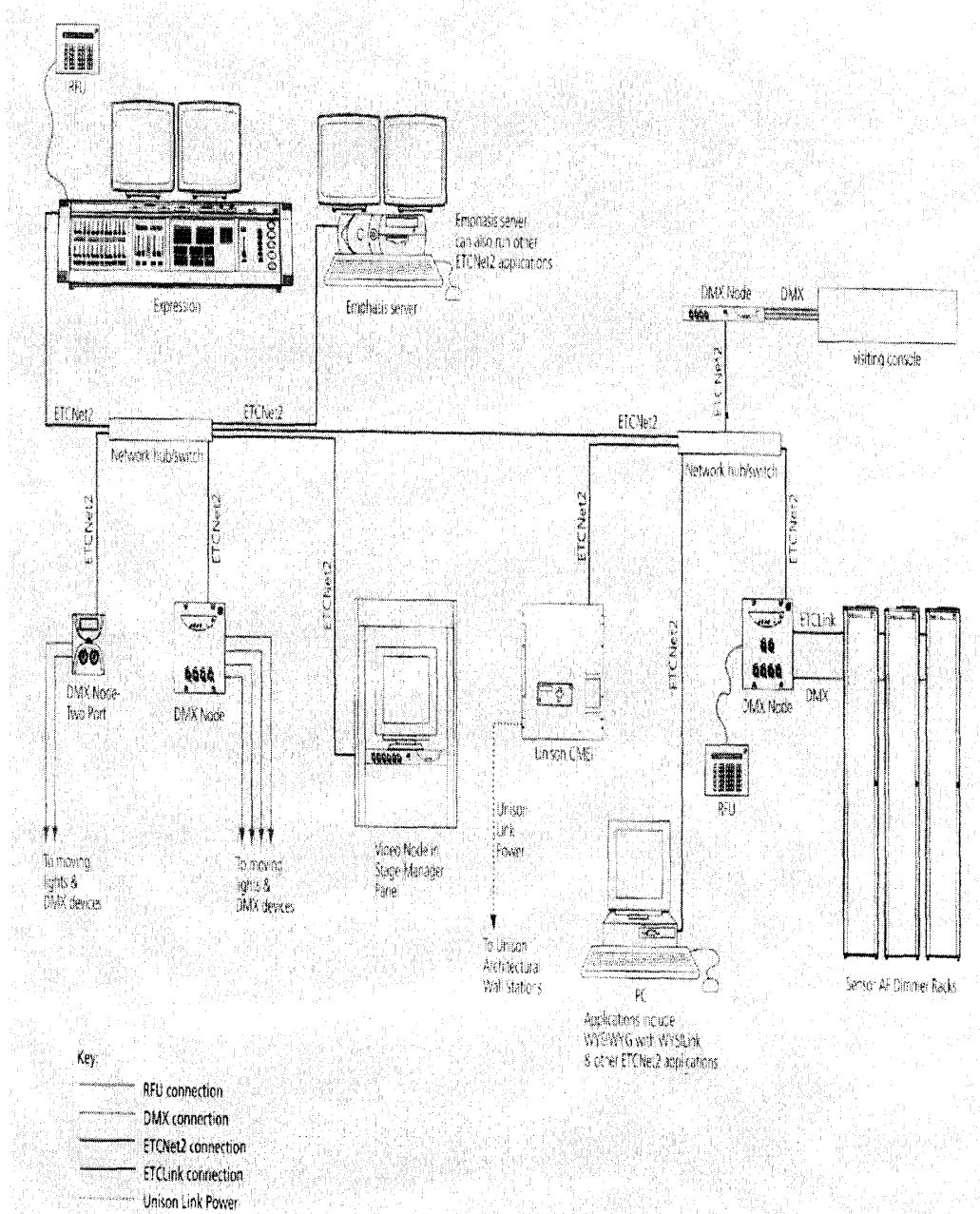


圖十三：ADB公司之燈光控制網路系統

Typical large scale system



圖十四：STRAND公司之燈光控制網路系統



圖十五：ETC公司之燈光控制網路系統

第三部份：建議

第六章：結論與建議

第一節：結論與建議

近二十年來，燈光技術產業隨著科技的進步，及電腦的應用，而快速的發展。身為一位燈光技術人員，必須不停的吸收新的資訊，學習新的技術也才不會被產業淘汰。然而就如同劇場藝術本身為一綜合藝術，現今劇場燈光技術所牽涉的範圍也越來越廣，包含電路、電子、機械、光學、電腦、網路、懸吊等。大型燈光系統已經需要由許多名不同專業的人員合作，才能完成。要身為一名專業的燈光技術工作人員，必須要有著充分而廣泛之專業涵養。

而技術人員與燈光設計師的關係，也隨著技術的進步，與愈趨複雜，而有所變化。在以前燈光設計師掌握一切的細節，在事先計畫的過程中，設計師就詳細考量了技術的需求，執行的狀況，人力的分配，甚至控制台的能力。然而現今技術的發展，幾乎到了無所不能的狀況，但也因為無所不能，使的燈光系統變得非常複雜，複雜到超或燈光設計師能力所及的範圍。現今燈光設計師所需要的人員，再也不是一個聽從指示執行的電工，而是一位共同創作的夥伴。就如同佈景設計師與技術指導或工廠的關係。

The whole relationship between the programmer and the designer changes when you deal with moving lights. The language changes too. It's no longer a command line type situation in a lot of instances. ...

The designer and the programmer are more of
artistic partners in the venture.

By Tom Littrell (Essig, Speed 68)

而對燈光設計師而言，技術的進步，帶給燈光設計更多的選擇，燈光畫面更為豐富，燈光變化更為細膩，燈光藝術的整體價值也隨之提升。但同時大量而複雜的資訊，也容易讓燈光設計迷失，忘記舞台燈光存在的價值與意義，忘記演出製作的整體創作理念。而另外的危機，則是迷失於自動化燈具及電腦的便利性，許多以前需要在計畫時仔細考量的設計因素，都變成到現場處理。例如顏色的選擇，光線的角度，常因自動化燈具可以隨意變化顏色，而丟入一大堆未經仔細考慮的選擇。而因為光束可以隨意移動，而未仔細考量燈具所應放置的位置，而導致光線的角度不好，而影響塑型的效果。自動化燈具所帶來的不是使設計更簡單，反而因為其多樣性，使得設計更為複雜。設計師在家中的事前準備要更周詳。使用電腦及燈光軟體，是一定必須要有的工作能力及方式。因為大型的演出將有好幾百個控制因素，要以有限的裝台時間，在現場以人腦，一個一個燈具去嘗試效果是不可能的。唯有以電腦先行工作，結果送入燈光系統再進行修正，才是將來燈光設計的工作方式。

到底是燈光技術發展影響燈光設計，還是燈光設計的需求領導燈光技術的發展？筆者認為燈光技術與設計是如同辮子一般的糾纏在一起。糾纏的越緊，也就越有力量。而它們兩著關係的重心，如 Essig 所言，即為如何『應用』。如何將技術工具應用於劇場藝術中。至於是先有雞還是先有蛋是不重要的。只要煎出來的雞蛋對劇場藝術是豐富，刺激，提供一個新的藝術視野，才是最重要的。

” Application” is key. How are

technological tools “applied” in the service of the art of theatre? ... The chicken-and-egg question posed earlier cannot be answered. However, the omelette that results is a rich, exciting, new form of theatrical production. (Essig, Speed 146)

既然應用是技術工作與藝術創作中最重要之一環，就筆者身為國立國光劇團之技術指導與負責部分燈光設計案件之工作，如何應用本研究案之心得，成為日後最重要之目標。國立國光劇團每日之工作目標在完成各項演出任務，並在有限的可能內，提供最高的藝術可能性。為達此一目標，不論是在藝術或技術層面均需不停之充實與加強，以面對各項挑戰。而如本案之研究活動為增進各項知識與能力之最佳方式。在本研究案結束後，學習的過程尚未停止。持續本研究之結果繼續開展，是接下來工作之首要重點。實施方向可分為以下二點：

1. 持續新技術資訊的收集

如前各章所述，新的燈光技術，領導著新的劇場藝術走向。隨時了解新資訊才不會被潮流所淘汰，或做出錯誤之決定。雜誌，電子媒體，產品介紹及各種演出均為收集資訊的來源。然資訊不僅僅是被收集而已，後續的分析整理，在其中找出本團或國內劇場可利用之相關技術，為其最重要之目標。

對國光劇團或相關劇場單位，在實際執行的做法上，首先，可訂閱重要之燈光技術相關雜誌與圖書，如 Lighting Dimensions。第二，要將其單位資訊列於廠商之資料寄送名單內，以持續新資料的收

集。第三，在經費與工作許可之下，派遣人員參加國外相關技術大展或工作坊參觀學習。

2. 新劇場藝術觀念的追蹤與了解

劇場藝術為一種創意產業，它就如同電腦產業一般不停的在進步。思想與觀念也就如同電腦硬體一般，如不隨著產業進步，馬上就被淘汰。尤其在國光劇團，推廣傳統戲曲是劇團首要的任務之一。如何吸引年輕觀眾，對劇團是個非常重要的課題。然而年輕觀眾在劇場觀眾中，往往代表著最新的觀念與思考模式。如果劇場工作者本身，無法跟上觀眾的腳步，又如何吸引新的觀眾進入劇場。故經由各種管道，吸收新的劇場及其他藝術觀念，並加以融會貫通，成為筆者未來努力之方向。

在實際執行的做法上，首先，如前述可訂閱重要之劇場藝術相關之雜誌與圖書，如表演藝術，或其他劇場設計雜誌。第二，應補助單位中藝術層面之相關工作人員，觀賞其他國內外重要藝術團體之演出，尤其以藝術觀念上具有新發展之演出為重。第三，在經費與工作許可之下，派遣人員參加國外相關劇場藝術大展，如於布拉格舉辦之劇場舞台美術四年展，及重要之藝術節參觀學習。

對於所學知識的運用，筆者認為可分為以下三點：

1. 將新設計及技術觀念融入傳統戲曲燈光設計，以提高藝術品質，並嘗試建立新的視覺呈現。

就中國傳統戲曲而言，觀眾往往有一種先入為

主的觀念，就是舞台上燈光非常明亮，毫無變化可言。的確，就以國光劇團的各項演出為例，有部份傳統折子戲，仍以明亮之照明為主。然而國光之各齣新編劇目，配合當今國內優秀之燈光設計師，已有完全不同風貌的呈現。就以『閻羅夢』為例，在聶光炎先生的燈光設計中，有著絕對現代的視覺呈現。雖為傳統戲曲，但有著絕對現代之精神，而這種精神實為延續與推廣傳統戲曲最重要之元素。筆者各項新技術與新觀念的學習，也就是為繼續發展此項精神。而明亮的舞台的背後，將不再僅僅是為了照明而已。明亮的舞台仍為構圖、焦點、轉移、運動等現代劇場燈光藝術的要素而構成。

雖然燈光設計是一個非常抽象的觀念，所工作出來的成果，也是非常短暫不可觸摸的作品。燈光設計藝術的提升，是永無止境的，但筆者於本研究工作結束後，對傳統戲劇的舞台燈光設計，先提出三點疑問，將在未來工作中，尋求其解答。第一，對一個以演員表演為一切，且服裝鮮豔，色彩飽和的舞台，燈光技術上是否應考量使用演色性較佳的放電燈具，而非傳統的白熾燈泡燈具，來解決所謂不夠亮的迷思，其原來是色溫及色彩飽和度的問題。第二，為配合傳統戲曲主角的呈現，常使用追蹤燈，而追蹤燈的塑型能力差，又常破壞整體畫面，是否可採用 AutoPilot 的追蹤系統及電腦燈來處理演員強調的問題。第三，前述第二章中有關運動的觀念，應用於傳統戲曲又會產生何種新的舞台形象？以上各點均是利用新技術與新觀念來提高演出

品質，建立新舞台呈現風格之做法。而將在筆者未來之工作中探討落實。

2. 應用各項燈光技術，提升技術層次，降低營運成本，及配合未來發展。

在前述各章中均提到許多新發展，或正在發展中之燈光技術，並討論其應用的可能性。在未來工作執行上，第一，發光二極體燈具，可大量節省電費開支，壽命長等優點，適合應用於如劇場之公共建築物。而在本文第四章發光二極體的優點一節中，已對在現今二極體燈具價格尚偏高的狀況下，可先以化妝室或電力分配不足之環境，考量使用，以解決電力消耗，及安全問題，並以國光劇團為例進行討論。第二，有關控制系統方面，在未來國光劇團新建劇場，或現今演藝中心進行管線維修更新時，訊號系統應考量未來燈光系統之發展，燈光訊號線材應全面改為 CAT5 號線材。如此不僅可維持原有 DMX512 系統的正常運作，將來使用乙太網路時，線材仍可運用而無須更換。更好的是，CAT5 線材價格較為低廉，在使用成本上可降低支出。第三，國光劇團於傳統燈具裝備，已有足夠之數量。未來燈具設備的購置，因考量燈光設計之發展。投影器材，自動化燈具，與放電燈具應為未來設備採購的重心。

新發展之燈光技術的應用，不僅對國光劇團有著正面之助益，而對各文化中心更應是重點之工作。因各文化中心表演場地的品質，實影響各個演

出節目之呈現，甚至限制演出節目之創作與發揮。故各文化中心應不僅以提供一個演出場地為滿足，應以提供新技術服務而提升各演出單位之演出創作為目標。再加以各文化中心乃為開放式場地，有各式各樣不同之演出單位使用場地。故器材設備的選擇應考量其開放性，使其能充分配合演出單位，及不同之外來器材，才能使劇場技術得以發揮。絕對不要使服務的設備，成為箝制的絆腳石。

在實際技術工作的執行中，控制系統的開放性與共通性最為重要。未來控制系統的建立，均應以乙太網路為優先考量。而通訊協定則應以 ACN 或 ARTNET 為選擇，以確保未來設備的共通性。至於是否應裝備大量的傳統燈具，或購買自動化燈具，則見仁見智。筆者認為全國文化中心及各表演場地，應有一個統一的基本亮度標準，傳統燈具只要能滿足此一標準即可。其他經費則購置自動化燈具。如此才能使各演出團體，於不同劇場中，可有大致相同的演出水準，而自動化燈具又可帶來更多的可能性，刺激劇場整體藝術之發展。

3. 經驗與知識之傳承。

筆者有幸接受文基會之補助，進行本研究案。筆者認為，為使本研究案達到最大效益，對筆者服務之機構有最大之利益，在於本研究案之資訊是否確實與劇團技術或相關人員分享。因本研究案內容牽涉較廣，筆者擬以討論工作坊之方式，分次將本次研究之心得，傳遞給筆者工作同仁，以利整體工

作職能之提升。

前述各項觀念與做法，均需本於一個劇場者對劇場工作的認知，與開放的態度，不論是硬體或是軟體，思想或是精神。如此才能接受及跟上劇場藝術的進步，創造優秀的戲劇作品與環境，提升社會整體文化與精神環境，而達到社會教育之目的。

第二節：台北市立社教館城市舞台

本節為依研究報告審查意見之建議，所調整補充之內容。目標為就本地各劇場器材進行比較，並提出具體建議，以求本研究案更具實用價值。然台灣劇場及文化活動中心眾多，要於十日內作一通盤比較，有實際執行上之困難，故筆者特別擇一具備與本次研究內容相關設備，且成為燈光技術領域討論議題之劇場，進行後續之討論。

台北市立社教館斥資新台幣二億四千萬進行內外部設施整修，並於九十二年三月重新開放。其中劇場部分，改名為城市舞台。其劇場燈光系統同時也進行更新。燈光系統主要更新內容為控制系統，包含調光器，控制台，控制網路等。城市舞台使用網路控制，應為國內劇場最早使用網路控制的案例，其使用經驗應會成為後來其他劇場，設施改善之參考範例。故筆者特前往城市舞台，對其燈光控制系統進行了解，並對先前之研究資料進行比較驗證。

城市舞台之燈光系統，為揚禾國際公司設計施工，採用 Leviton Colortran 系統。燈光控制器為兩台 Colortran Encore，24/48 與 48/96。調光器為 Colortrani96 系列。訊號的分配主要為 DMX512 訊號，另配合 Colornet 與 LumaNet 做場燈控制與回饋訊號的處理。原本在筆者前往城市舞台做現場調查前，對其燈光控制網路系統充滿期

待，但在現場了解之後，頗為失望。其燈光的控制網路系統僅僅停留在回饋訊號的處理，及不同控制台訊號的合併與切換。而如前面章節所述之各項功能與優點均未發揮。其原因據筆者側面了解，應為燈光系統在設計之初，原未要使用網路系統，現在所使用之網路系統，乃是後來廠商後期所提供的器材。然而一個控制網路要完全發揮其功能，必須在設計初期就做完整之規劃，無論在線材，設備等均須詳細規劃。設計之外所加入之網路系統常無法完全發揮其功能，因為原有器材功能訊號之侷限，使新進網路器材無用武之地。如於城市舞台，兩台燈光控制器均只有 DMX512 訊號輸出，控制器本身便不具備網路功能，而因為訊號的不穩定（處理中），使得舞台燈光調光器，暫時也僅使用 DMX512 訊號，網路的控制訊號等於完全未使用於舞台燈光系統中。

據筆者觀察，在眾多燈光系統整修的項目當中，有一項是非常值得讚許的，便是於所有的燈桿及貓道部分位置，設置 DMX512 訊號輸出插座，使得未來自動化燈具的使用方便許多。然而其訊號線路的分配方式，及線材卻值得商榷，因其未曾利用到網路控制的優勢，及考量未來訊號之發展。整修後訊號分配的狀況為，DMX512 訊號分配器裝於燈光控制室中，由分配器負責供給劇場各處 DMX512 輸出接頭訊號。然而由控制室至各輸出接點，尤其是舞台上之距離頗為遙遠。對如此長之距離，訊號較易衰減，且線材使用量大，成本較為高昂。既然控制室已使用網路控制系統來整合 DMX 訊號，原設計其實可以考量使用單一乙太網路系統將訊號送至離舞台較近之處，安裝網路對 DMX 轉換器 (NPC)，再由該處將 DMX 訊號分配送出。如此可節省大量線材，並同時可處理輸入與輸出訊號。同時對將來 ACN 器材的使用，也就無須另外架設乙太網路線路。現今於左舞台鏡框牆壁處，已有 ColorNet 的接頭，是否其佈線方式，就已經如前面筆者所述，而採取了乙太網路與 DMX 並存的方式，以雙系統來確保系統的安全性。筆者因時間有限，未

能就整體系統作一全面深入了解，希望在將來能繼續對其進行了解，在此如有錯誤，要先請讀者原諒。

對未來城市舞台燈光系統的工作走向，首先應重新調整訊號輸送之方式。因為該劇場已經採用 Colortran 的系統，故應繼續注意該公司之發展，現今系統設計之不足，可能是受到器材功能不足的限制，但在將來應逐漸予以調整，以符合未來需求。要調整訊號系統，首先要確立網路節點位置，如設計桌，舞監桌，貓道，鋼棚，控制台，調光器等處，考慮未來會使用網路系統的位置。接下來開始佈線，線材以乙太網路 CAT5 線材為主，各節點附近均要有乙太網路接頭。此項更動對原有系統設備，應不會造成太大影響，因現有 DMX512 訊號，也可使用 CAT5 線材，但對將來設備的新增卻有相當大的幫助。

第三步驟則是在各節點間，逐漸建立 DMX512 與乙太網路訊號的互換，與 DMX 訊號的分配，而 DMX512 分配器，網路集線器，與網路訊號轉換器 NPC，為本階段所需之器材。在分配器與集線器之選購，並無特別之要求，僅有在分配器方面，須注意其雙向之功能，以符合未來 RDM 之要求。然而對 NPC 之需求，卻會因為不同廠商系統而會有不同之規格。理論上支援 ACN 規格之器材，彼此間可共通使用，就如同現今之 DMX 系統。但現今 ACN 尚未公佈，各廠商間器材也未充分整合測試，故在 NPC 的選擇上，要注意劇場本身系統規格，但對未來發展，及外加器材的共通性也要特別注意，而符合 ACN 的規格是絕對必須的。理論上，與主系統使用同一廠牌之 NPC 是可獲得較穩定的表現，但城市舞台現今的狀況，事實上不需使用 Colortran 之 NPC，因為其控制台並沒有網路訊號，其與調光器之連接也跳過 NPC 使用 DMX，故城市舞台網路系統仍可選擇如 ArtNet 或甚至於 Strand 的 ShowNet。其考量的主要要點在於未來控制台的選擇，因為控制台將是未來整個系統的大腦，包控所有未來回饋訊號的處理，訊號的整合分配等。但在城市舞台剛剛

新購控制台系統的狀況下，要更換控制台似乎是不太可能的任務。所以第四個步驟城市舞台應以提升現有設備為主，將現有控制台升級成具備網路功能。

現今大部分控制台發展之方向，是將控制台本身的功能，如以電腦來做比喻，終端機化。控制台本身並不具有強大之控制功能，控制台之功能主要是提供操作人員一個方便使用之介面，而控制系統則另外以獨立之電腦所取代，就如同一台伺服器，具備所有所需之功能，包含控制，回饋，Patch，啟動，紀錄，偵錯等功能。如此之發展方向可保持原有器材繼續使用，同時輕易達成升級的功能。也就因為保有原來的器材，客戶也就不會輕易的流失，而保有原來的市場。在如此的發展方向，城市舞台無須擔心現今對器材的投資，或人員之訓練成爲浪費。但 Colortran 現今在網路控制的表現上，並未有出色的表現，這是較讓人所擔心的問題。

第五個步驟則是要提供外來系統的進入管道，甚至如何分享控制權。如前章所述，未來設計及控制的工作型態將有劇烈的改變。燈光設計帶來劇場的不僅是各種圖說，而是電腦資料，或甚至電腦，並且用自己的電腦控制燈光系統。一個專業劇場應能滿足此種需求與發展，提供良好工作環境。

對其他燈光設備的改善，城市舞台準備了許多的換色器，已開始往自動化燈具的方向邁進。然而基於其開放大眾使用的特質，傳統燈具將仍會是其燈光器材的重點。但其燈桿上所增加的 DMX 輸出端，就已提供自動化燈具一個良好架設環境，並可輕易的與原燈光控制系統整合。而關於發光二極體的應用方面，城市舞台在國科會的贊助下，於觀眾席三樓使用發光二極體。雖未能全面使用發光二極體，但館方以了解其優點，及節省能源之必要性。基於時間的限制，筆者尚未能

就城市舞台之燈光系統，作一詳細而透徹之研究。希望在不遠之將來，能繼續安排時間與城市舞台之工作人員與廠商進行交流，以提供筆者所學。並同時學習其經驗，作為日後劇場工作之參考。

參考書目

書籍

Essig, Linda. Lighting and the Design Idea. Fort Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers, 1997.

Essig, Linda. The Speed of Light. Portsmouth, NH: Heinemann, 2002.

Fitt, Brian. Lighting Technology: A Guide for the Entertainment Industry. Oxford: Focal Press, 1997.

Gillette, J. Michael. Designing with Light: an Introduction to Stage Lighting. 4th ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2003.

Gillette, J. Michael. Theatrical Design and Production: An Introduction to Scene Design and Construction, Lighting, Sound, Costume, and Makeup. 2nd ed. Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company, 1992.

Huntington, John. Control Systems for Live Entertainment. Boston: Focal Press, 2000.

McCandless, Stanley. A Method of Lighting the Stage. 4th ed. New York: Theatre Arts Books, 1958.

Palmer, Richard H.. The Lighting Art: The Aesthetics of Stage

Lighting Design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1994.

Parker, W. Oren. Scene Design and Stage Lighting. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1968.

Pilbrow, Richard. Stage Lighting Design: the Art, the Craft, the Life. New York: Design Press, 1997.

Sandstrom, Ulf. Stage Lighting Controls. Oxford: Focal Press, 1997.

雑誌

Entertainment Design: the Art and Technology of show Business. New York: Primedia Business Magazines & Media.

Lighting Dimensions. New York: Primedia Business Magazines & Media.

附錄

美國當代劇場燈光技術及設計第一期心得報告

前言

本報告為配合本研究案第一期補助款核銷之簡要心得報告。報告涵蓋之研究期間為九十一年九月至十二月中旬。本研究案之詳細研究報告將依規定，於研究案結束後二個月內提出。

依本案研究計畫，筆者於九十一年九月二日離台，同日到達美國德州理工大學，戲劇舞蹈系報到。研究之指導負責人為系主任克里斯多福先生 (Mr Frederick Christoffel)。第一期研究之主要內容，專注在美國燈光技術之發展，尤其以燈光技術未來發展之方向為主要的研究目標。而十月份在美國內華達州拉斯維加斯市，所舉行之娛樂技術大展 LDI，也就成為本期最重要之活動。非常幸運的，筆者在本次娛樂大展中，不僅獲得許多燈光產業的新資訊，在工作坊中接觸了許多新觀念，更重要的是見到了百老匯『簡愛』一劇的投影設計師，更進而了解其設計的背景及概念。而這也給予筆者對後期燈光設計方面的探討，有著更清楚的方向。

LDI 2002 娛樂技術大展

LDI 娛樂技術大展之全名為 Lighting Dimensions International，為北美最大之劇場及娛樂事業技術與設計展覽。LDI 自一九八八年開始舉辦，到今年已經十五週年。發展至今從原來一百多家的參展廠商，至今約有四百五十家國際廠商與會。今年 LDI 為 PRIMEDIA 展覽公司所主辦，Lighting

Dimensions及Entertainment Design 兩家雜誌協辦。而這兩份雜誌，其實也都是 PRIMEDIA 商業雜誌及媒體公司旗下的出版物。至於 Lighting Dimensions 雜誌，也就是 LDI 大展的創辦公司，已出版劇場及娛樂燈光雜誌二十五年。為美國最專業之劇場及娛樂業燈光技術及設計之專業雜誌。本年度之 LDI2002 娛樂技術大展，於美國內華達州，拉斯維加斯會議中心舉行。大展分為兩大部份，第一部份為十月十四至十七日之 LDI 講座，第二部份於十月十八日至廿日，為技術器材大展及會議工作坊。

由 LDI 之名稱即可得知，此項大展以燈光技術為主要之展出內容。國際上所有重要燈光及配件製造商，幾乎全部參展。從 ETC、ALTMAN 到 VARILITE 無不與會。然而 LDI 自一九八八年起，就不僅是以燈光技術為主。展場內容還包含了音響，懸吊，舞台，特效，及其他劇場及娛樂事業之相關產品，如專門為劇團或燈光音響公司所設計之電腦管銷及資源管理系統。會場內除了有各家廠商現有商品之外，最重要的是，許多新產品也都借此大會做第一次市場發表。而在部份展出攤位，更可看到正在研究中之產品原型。而這些原型也就代表著將來市場技術的導向。本於燈光設計為一工藝美術，此項工藝之發展，領導著此項藝術之發展。對一燈光設計師而言，接觸新的工藝資訊，將開拓新的藝術領域，設計觀念的改變，與刺激新作品之出現。

LDI 講座，已經舉辦五年，其主要目的為提供在職人員之教育訓練。主辦單位邀請各個領域的傑出人才為講師，並提供器材使參加者均有實地操作的機會。就以燈光系統為例，主辦單位便在會場架設了多間工作坊及電腦教室，配備完整之器材，讓每位參加者均可實地工作。在四天的密集訓練中，參與者有機會學習市場上最先進之燈光軟

硬體。就以筆者所參加之投影技術講座為例，雖然該講座僅為一日之課程，但筆者就見到市場上所有主力器材，並詳細比較各種器材的特性及用法。而主講者更是美國當下市場上之主要燈光及投影設計師，就器材硬體，及設計觀念上，均對筆者有著相當大的啟發。

對筆者而言，L D I 大展結束代表了另一個開始。去L D I 並不只是看看新奇的器材，或與廠商談談技術問題如何去解決。在接受這些新資訊之後，如何調整自己的發展，跟上市場不被淘汰，才是最重要的目標。新的資訊解決部份舊有的困難，但也同時也引起新的問題，而這些問題需要更新的技術去解決。而就在這些過程中藝術的觀念也逐漸形成及被改變，隨著工藝技術的發展，藝術將再也不滿足現有之成就。而要找出新的藝術發展方向，將遠比工藝的發展困難。但非常有趣的的是，藝術的變化在不知不覺間，就已經帶領著大家走向該走的路。

在三天的大展中，最可惜的便是時間太短。要想詳細參觀展出又參加各場講座，事實上是件不可能的任務。筆者只能就研究主題，及筆者經濟狀況考量，選擇最想要了解之資訊，選擇參與之講座，而其它工作坊等，也就只能割愛了。另一件令人遺憾的事，便是現場不允許錄影及照相，故很多產品的實際操作狀況，及講座、工作坊的內容，均只能靠廠商提供資料，及個人之筆記。然而燈光此種產品或設計，是一種視覺的現象，只靠文字的敘述，實在無法完整的呈現其狀況。主辦單位如此規定，也許是因現場許多事物均牽涉到著作權與專利權，部份產品還是設計原型，與研發中模型，故現場及講座均不許錄影及照相。想到這裡也只好釋懷了。

新技術的發展

新技術的發展，改變燈光設計及藝術生態的現象，隨著近年新技術快速進入市場，而更為明顯。筆者這次研究的主要驅動力，也就是對此一現象的認知。而非常有趣的，這一現象在最近也受到大家的重視。在*Lighting Dimensions*九月號雜誌中，就有一篇文章題為“改變我們世界的產品：LDI十五年來最有影響力的產品”。另於美國市場今年十月一本名為“The Speed of Light: Dialogues on Lighting Design and Technological Change”上市。記錄了電腦燈、電腦控制、標準編碼等對燈光設計產業的影響，同時也對燈光產業的變化，提供了寶貴的記錄。在燈光設計這個產業中的人們，開始明瞭過去技術的進步，使得燈光設計提升到今天的境界。但大家心中更有一種感受，那就是新一波的革命又要快來了。就好像筆者在大約在八九年前參加SYLVANIA五百七十五瓦新燈泡上市發表會時，全場上百位的燈光設計師，與燈光工程人員，同時讚嘆的感覺一般。大家了解燈光技術與設計將會不一樣了。的確，ETC的Source Four橫掃市場，現在各廠商的燈具也全都改用低瓦數燈泡。而燈光的亮度也隨之提高，燈光設計的感覺與哲學也不同於以前。但這次不一樣，這次太多事情在發生，每件事都有可能改變燈光設計的生態，大家似乎只有準備好自己，以面對改變的來臨。

就筆者本次在LDI大展中之觀察，幾類新產品的發展方向，將影響未來燈光設計的生態。首先便是網路與電腦的應用。燈光控制訊號可以經由乙太網路來傳輸，這使得燈光控制訊號來源的自由度大大的增加。就如Rob Halliday在百老匯設計Oklahoma時，只用一台筆記型電腦，加上無線乙太網路，就處理好整個燈光系統。再加上燈光設計軟體的進步，數位化控制台的進步，使得燈光設計對燈光系統的控制權更高，也更有效率。而對於越大型的系統，數位化的控制也越形重要，原來複雜的控制系統可以變得簡單而安全。而遠距離控制、系統整合，也可以有更好的表現。這一切改變是為因應大量自動化燈具的應用，如電腦燈、換色器等的使用，使得控

制及操作系統變得越來越複雜。要使燈光系統在最短時間內架設完畢，使燈光設計師，能在最短的時間內完成設計，必須使原來複雜的工作變得簡單，因此電腦化成為唯一之解決之道。也只有利用新的電腦技術，才得使一些原本在技術、成本、時間上不允許的設計，成為可能。

投影技術現在於劇場界中，使用率有越來越高的情況。主要原因可能是為了節省經費，可免去製作大量佈景的費用。並且在相同的硬體條件下，可提供非常多種不同的情境。利用投影所獲得的流動性，是靜態佈景所無法達到的。有鑑於此，筆者在參加L D I 大展時，便挑選了投影技術研習講座參加。該講座之三位主講人，兩位為燈光設計，一位為專業投影設計。非常幸運的，這位投影設計師也就是百老匯『簡愛』一劇的投影設計人。而『簡愛』的燈光、投影等設計，被稱為近年來最重要的設計之一。

從講座及新產品的資訊中，筆者發現投影已融入燈光設計的觀念之中。原來投影的概念，主要是停留在多媒體的概念上，是一種畫面的投射。這個畫面是訴說著某種意義，或建立起某種環境。然而這個畫面總是逃不開“框”的束縛，這個框也就是螢幕。螢幕不論它是何種形式，均有形無形限制了投影的存在，使其停留在固定的位置。而在劇場設計中，投影通常是因應佈景設計的需求而使用，做整體環境的構成。而與燈光設計中較為相關的，僅是效果片（G O B O）的使用。但也許是因為光及器材使用的關係，當在處理投影問題時，總還是需要燈光設計來合作。然而因為自動化燈具的使用，投影器材已經可以脫離一種固定銀幕的概念，投影的影像可以自由的移動。如在『簡愛』中使用電腦燈做投影器材，H I E N D公司所出產的C A T A L Y S T，均是為打破“框”概念的結果。再加上燈具與投影器材的進步，高解析彩色玻璃效果片的普遍，燈具內溫度的降低，均使得

燈光設計在使用投影來製作燈光效果變為可能。使得投影本身不僅僅能製造影像，投影本身光的特質，也為燈光設計大量的使用。簡單來看，這是一種效果片的提升。進一步想，投影使得燈光設計也跨入佈景設計的範圍內。燈光設計的視野也將有所不同。

在本屆L D I 娛樂技術大展中，發光二極體（L E D：L i g h t E m i t t i n g D i o d e）為相當熱門的討論話題之一。不僅是在會議工作坊中有專題討論，“L E D：O n S t a g e a n d B e y o n d在技術大展中也有十家廠商展出與發光二極體相關的產品。部份是應用在投影及建築照明，但如A r t i s t i c L i c e n c e重要之燈光控制系統廠商，已積極投入發光二極體的應用市場。連劇場燈光的重要製造商A L T M A N，已有分公司S o f t w a r e L i g h t i n g，專門從事L E D燈具的生產。並且已有p a r及條燈的上市。L E D燈具似乎將成為下一波，燈具革命的熱潮。

L E D對一般使用者來說，應該不陌生，現在很多的鑰匙環上都有L E D的蹤跡。第三煞車燈，機車上的裝飾燈，也都逐漸的使用L E D。更重要的是，許多的公共照明也逐漸開始改用L E D。交通號誌燈具，如紅綠燈，幾乎都悄悄的改為發光二極體燈具。將L E D應用於燈光明產產業這股趨勢是何時開始的，又是為何會有這股趨勢的出現，那就歸因於近幾年來科技的發展，而藍色與高亮度的L E D的出現。甚至在二零零六年就可能有和日光燈一般亮度的L E D上市。

與白熾燈泡相比，發光二極體擁有太多的優點。發光二極體的壽命約為十萬個小時，十年的壽命。低熱量，無紫外線，沒有燈絲，不會打破，反應時間快，這些全是一般白熾燈泡的缺點。發光二極體是現代最高效率的照明設備，歐美許多大型建築物，已使用許多發光二極體燈泡，代替一般燈泡，而節省大量電費，維修及空調費用。雖然

發光二極體的亮度現今還不足以用於舞台演出照明。但相信在不久的將來，就會有高亮度的發光二極體舞台燈具出現。而如今各劇場可做的是，將公共照明設備，改為發光二極體燈泡，如此可節省大量電力。就以國光劇團而言，演藝中心後台化妝區常有電力不足的現象發生。肇因於大量化妝用燈泡，於演出前同時使用的結果。這些燈泡若改為發光二極體燈泡，則可避免此一問題。工作燈及觀眾席燈，均可考慮改為發光二極體燈泡。在能源短缺，經濟不佳的狀況下，這將有助於節省劇場的支出。而對燈光設計而言，發光二極體也是相當令人興奮的。發光二極體光譜的特性，及紅藍綠三色的混色，可使色彩的呈現更為飽和。燈光顏色的使用，再也不是使用色片的減色法，而是改為加色法，理論上有著一千六百萬的可能性。而能源的節省，代表著使用更多燈具的可能性。了解發光二極體各方面的優點後，真切希望舞台用之照明設備能早日上市，造福所有燈光設計。

以上各項研究內容，將於本研究案結束心得報告中，有更詳細的討論。而對於燈光設計的影響將於結案心得報告中加以探討。