


國立台灣大學生物資源暨農學院園藝學所碩士論文

Department of Horticulture
College of Bioresources and Agriculture
National Taiwan University
master thesis

橋梁景觀照明設計研究—以高屏溪橋與高屏大橋為例
A design study and project of bridge lighting: cases design
simulation for Kao-Ping-Hsi Cable-Stayed Bridge and

Kao-Ping Bridge



林淳尹

Chun-Yin Lin

指導教授：蔡厚男 博士

Advisor : Hou-Nan Tsai, Ph.D.

中華民國 101 年一月

November, 2011

謝誌

在這些歲月中我時常回頭看自己原本的樣子，剛進研究所懵懂困窘，直到現在終能淡定對待，所幸那份熱情是在漫漫時光中仍未消退的少數事物之一。這些日子以來，有你們時而在我背後，時而拉著我向前，或肩並著肩走著，這些難得擁有的一切我都珍惜。

謝謝老爸老媽，佑哥、佩怡、佳瑩，所有的付出和體諒，我終於畢業了(耶)!

謝謝 201 研究室掌門人--蔡厚男老師的照顧，不論是研究室生活或是其他，都像家庭般的溫暖，那感覺還真的像是當了你兩年多的女兒。也感謝我的口試委員陳湘媛老師、蔡淑瑩老師、鄭佳昆老師，百忙中抽空參加口試，點出我的許多的盲點，受益良多。

謝謝研究室的夥伴們：修合、秀玫、佩勳、于婷，謝謝妳們的鼓勵，讓我在研究所生涯的開始，在挫折中得到些許溫暖和寬慰；謝謝 Fifi、冏人，和你們一起做設計，維持了自己對這個領域的熱度，也不枉那些狂想所激盪出來的火花，還有那些無數個熬夜的日子了；謝謝大佩、瑩書、短短、博鈞，研究室的生活因為有你們的參與(我的記憶中總是充滿了花樣百出的餐聚和下午茶時光)，更豐富而溫馨；李潔、李薔、黃昀和以文，妳們的加入讓 201 多了更多歡笑和輕鬆的時刻。

謝謝黃綾綾、小戴和怡伶，只要我一通電話，你們總是第一個為我準備好傾聽和懷抱；謝謝小明，是妳的相信，我才在最難受的時候還能夠走在夢想裡；親愛的芳琪，謝謝妳陪伴我好多年，我才得以成為現在的模樣；謝謝親愛的 W，使我得到前所未有的安定和面對未知的勇氣。

謝謝所有，曾經與我同行的身影。

摘要

城市空間的照明在社會經濟發展與需求的精緻化下，城市的夜景成為塑造地方意象的關鍵性角色。而橋梁跨越區域隔閡，成為城市中連結各區的重要結構，也是地方的象徵與標記，而如何利用人工光源重塑城市獨特性格，已是城市光環境營造中重要的議題。本研究對透過夜間文化、照明設計概念與應用、以及橋梁結構美學之相關文獻歸納後，歸結出橋梁照明設計分析之重點項目，以此針對不同橋型照明設計案例之分析，歸納出橋梁照明設計考量之基本原則，並選擇高屏溪橋與高屏大橋作為模擬基地，根據上述原則與基地特性，擬定不同方案，模擬操作於實際基地上，做為未來橋梁照明設計之參考模型。根據文獻回顧之內容與多重個案分析之結果，以及模擬操作的過程，發展出一橋梁景觀照明設計流程，其由三大部分所構成：(1)環境與橋型的分析為基礎、(2)照明設計方案，並進一步進入、(3)橋梁景觀照明設計階段；而在橋梁景觀照明設計考量原則上，以技術性面向而言，須考慮(1)設計規範與法規、(2)眩光防治、(3)節能效益，以及(4)對生態與自然環境之影響，在美學面向上，則應考量(1)與周圍環境協調、(2)橋梁型態特徵表現、(3)照明設計重點選擇、(4)照明手法選用、(5)色彩搭配、(6)立體感的展現；橋梁景觀照明已成為基礎設施重要的附加價值，而未來橋梁景觀照明設計趨勢，將持續朝向節能、對生態友善的設計方向發展。

關鍵字：城市門戶意象、城市夜景、高屏溪橋、高屏大橋、橋梁景觀照明設計

Abstract

As the matter of fact, in the development of social and economic, the illumination of urban space is getting more refined, nightscape and the lighting in the urban space play a key role shaping the images of city. Bridges across the gap of the regions, they are not only the important structures to link the districts in city, but also a symbols and a marks of city. It become an important issue that how to use artificial light to reshape the unique character of the city. This study of reviewed the nightly life culture, the concept of lighting design and applications, and the aesthetics of the bridge structure, and then generalize the key items for analyzing the lighting design. Furthermore, using the key items to analysis different types of bridgescape lighting case, and summarized the principles of bridgescape lighting design. This study selects Kao-Ping-Hsi Cable-Stayed Bridge and Kao-ping Bridge as the simulation sites. Base on the lighting design principles and site's characteristics as previously studied to development different programs and apply to the simulation sites. The result could be the reference of bridgescape lighting design model. According to literature review, the results of multi-case studies, and simulated operation process, developing a bridgescape lighting design process, which consists of three parts: (1) Environment and bridge-type analyzing (2) lighting design programs planning (3) bridgescape lighting design. For the technical aspect,, bridgescape lighting design need to consider (1) design guidelines and regulations (2) glare control (3) energy efficiency (4) the impact of ecology and the natural environment; for the aesthetical aspect, it should consider (1) coordination with the surrounding environment (2) the characteristics of the bridge type, (3) focal point selection of bridgescape lighting design (4) lighting skills used, (5) color (6) three-dimensional. Bridgescape lighting has become an important value-added, and future trends in bridgescape lighting design. Furthermore, it will development towards an energy conservation, ecological friendly design direction.

Key word : City-gate Image, Urban Nightscape, Kao-Ping-Hsi Cable-Stayed Bridge, Kao-ping Bridge, Bridgescape Lighting Design

目錄

謝誌	I
摘要	II
Abstract	III
目錄	IV
圖目錄	VII
表目錄	XII
第一章	緒論..... 1
第一節	研究背景..... 1
第二節	研究目的..... 5
第三節	研究方法..... 8
第二章	文獻回顧..... 12
第一節	夜間城市的空間意涵..... 13
一、	黑暗空間的感性力量..... 13
二、	城市的夜景魅力..... 16
第二節	照明設計的概念與應用..... 18
一、	橋梁道路照明設計規範..... 18
二、	燈光屬性的應用..... 22
第三節	橋梁結構與空間美學..... 30
一、	橋梁的特徵與空間美學..... 31
二、	橋梁夜間魅力展現..... 38

第三章	案例分析.....	44
第一節	拱橋(Arch Bridges)	45
一、	環境脈絡與基地條件.....	45
二、	橋梁設計特點.....	47
三、	照明設計分析.....	49
第二節	懸索橋(Suspension Bridges)	54
一、	環境脈絡與基地條件.....	54
二、	橋梁設計特點.....	56
三、	照明設計分析.....	58
第三節	斜張橋(Cable-stayed Bridges).....	62
一、	環境脈絡與基地條件.....	62
二、	橋梁設計特點.....	64
三、	照明設計分析.....	67
第四節	樑式橋(Girder Bridge).....	73
一、	橋梁設計特點.....	73
二、	照明設計分析.....	74
第四章	橋梁照明設計模擬.....	75
第一節	基地環境.....	78
一、	高屏溪橋.....	78
二、	高屏大橋.....	80
第二節	橋梁型式與空間美學分析.....	82
一、	高屏溪橋.....	82
二、	高屏大橋.....	84
第三節	基地景觀照明設計標準與原則.....	86

一、	路面公共照明配置.....	86
二、	景觀照明設計原則.....	87
第四節	橋梁景觀照明設計與方案模擬.....	89
一、	高屏溪橋.....	89
二、	高屏大橋.....	95
第五章	結論與建議.....	99
一、	結論.....	99
二、	建議.....	103
參考文獻		106
附錄一	戶外照明常見光源種類.....	111



圖目錄

圖 1-1 高雄愛河之心夜景.....	1
圖 1-2 城市夜景架構.....	3
圖 1-3 麥帥二橋與大直橋均為台北市重要的景觀橋梁與視覺亮點.....	4
圖 3-1 研究流程圖.....	9
圖 2-1 台北都市活動時空關係表.....	14
圖 2-2 宋代馬麟《秉燭夜遊圖》.....	14
圖 2-3 阿姆斯特丹的 Kromme Waal.....	17
圖 2-4 巴黎夜景.....	17
圖 2-5 對比所展現出的焦點與遠近關係.....	24
圖 2-6 可見光譜分佈.....	26
圖 2-7 色溫對照表.....	26
圖 2-8 不同光色的照明，可以以分辨城市結構的階層關係.....	26
圖 2-9 不同密度與排列所產生的空間深度與寬度.....	28
圖 2-10 陰影呈現出鐵橋的三維結構立體感.....	28
圖 2-11 各式橋梁心理引誘線.....	32
圖 2-12 彩虹橋.....	33
圖 2-13 澳洲雪梨灣大橋.....	33
圖 2-14 西班牙的 Alamillo Bridge\.....	34

圖 2-15 Evripos 大橋	35
圖 2-16 Nesenbach Valley 大橋	35
圖 2-17 各種橋型與環境協調性.....	37
圖 2-18 瑞士 La Plata Bridge	38
圖 2-19 奧地利 Linz 懸索橋	39
圖 2-20 麥帥二橋橋腹.....	40
圖 2-21 Nesenbach Valley 大橋	40
圖 2-22 日本明石海峽大橋.....	41
圖 2-23 新北大橋	41
圖 2-24 紐約 High Line 夜間照明	42
圖 2-25 光復橋與大直橋照明燈具.....	42
圖 3-1 雪梨港灣大橋位置.....	46
圖 3-2 各式拱橋	48
圖 3-3 雪梨港灣大橋與關渡大橋色彩搭配.....	49
圖 3-4 雪梨港灣大橋照明設計整體表現.....	53
圖 3-5 麥帥二橋照明設計.....	53
圖 3-6 碧潭橋照明設計整體表現.....	53
圖 3-7 麥帥一橋照明設計整體表現.....	53
圖 3-8 金門大橋位置.....	55

圖 3-9 舊金山金門大橋全貌.....	57
圖 3-10 舊金山金門大橋索塔造型.....	58
圖 3-11 碧潭吊橋全貌.....	58
圖 3-12 碧潭吊橋索塔造型.....	58
圖 3-13 金門大橋照明設計整體表現.....	60
圖 3-14 金門大橋燈具造型.....	60
圖 3-15 碧潭吊橋照明設計整體表現.....	60
圖 3-16 碧潭吊橋與碧潭橋夜間照明.....	61
圖 3-17 伊拉斯穆斯橋位置.....	63
圖 3-18 伊拉斯穆斯橋全貌.....	63
圖 3-19 Erasmus Bridge 與 Alamillo Bridge 外形比較.....	64
圖 3-20 新北大橋全貌.....	65
圖 3-21 光復橋全貌.....	66
圖 3-22 大直橋局部.....	66
圖 3-23 Erasmus Bridge 與天鵝之意象比較.....	67
圖 3-24 伊拉斯穆斯橋照明設計整體表現.....	68
圖 3-25 伊拉斯穆斯橋照明設計投光方向.....	68
圖 3-26 新北大橋照明設計整體表現.....	69
圖 3-27 光復橋照明設計整體表現.....	70

圖 3-28 光復橋細部照明設計.....	70
圖 3-29 大直橋照明設計整體表現.....	71
圖 3-30 大直橋細部照明設計.....	71
圖 3-31 羅斯福橋	73
圖 3-32 華翠大橋整體造型.....	74
圖 3-33 樑式橋照明設計.....	74
圖 4-1 高屏溪橋位置	79
圖 4-2 高屏大橋位置	81
圖 4-3 高屏溪橋全貌	82
圖 4-4 高屏溪橋塔柱與索面外觀	83
圖 4-5 高屏溪橋照明設備	84
圖 4-6 高屏大橋遠眺	85
圖 4-7 高屏大橋夜間照明現況	85
圖 4-8 高屏溪橋照明設計方案一模擬示意圖	92
圖 4-9 高屏溪橋照明設計方案二模擬示意圖	94
圖 4-10 高屏大橋照明設計方案一模擬示意圖	97
圖 4-11 高屏大橋照明設計方案一模擬示意圖	98
圖 5-1 橋梁景觀照明設計操作流程	101
圖 6-1 水銀燈	111

圖 6-2 螢光燈	112
圖 6-3 低壓鈉氣燈.....	112
圖 6-4 高壓鈉燈	113
圖 6-5 金屬鹵化物燈.....	114
圖 6-6LED 光源構造.....	115



表目錄

表 1-1 相關領域研究整理.....	5
表 2-1CNS 道路照明標準.....	20
表 2-2 市區道路照明之明暗均勻度.....	20
表 2-3 道路照明燈具形式.....	21
表 2-4 高壓納燈與複金屬燈發光效率表.....	22
表 2-5 色彩的象徵意涵.....	27
表 3-1 拱橋國內外案例照明設計比較	52
表 3-2 懸索橋國內外案例照明設計比較	61
表 3-3 拱橋國內外案例照明設計比較	72
表 4-1 道路照明輝度	86
表 4-2 道路照度	87
表 4-3 高屏溪橋景觀照明設計模擬方案一 設計構想	91
表 4-4 高屏溪橋景觀照明設計模擬方案二 設計構想	93
表 4-5 高屏大橋景觀照明設計模擬方案一 設計構想	96
表 4-6 高屏大橋景觀照明設計模擬方案一 設計構想	97

第一章 緒論

第一節 研究背景

由於經濟發展和都市生活形態的轉變，夜間活動漸漸受到重視。近幾年來，地方政府對於夜間城市空間的安全與景觀品質日漸關注，從路燈、公園、廣場等公共照明，到建築物、紀念碑、基礎設施等裝飾性照明，地方對於夜間照明所投注的設計與創意，也成為一種特殊的地方特色，進而影響了城市旅遊的品質，及遊程的多元選擇性。從高雄的“城市光廊”開始，至愛河整治完成後的“愛河之心”(圖 1-1)不僅重新構築了城市紋理，改變其在城市中的意象，同時也提供炫爛迷幻的夜間照明，使觀者對戶外公共空間有更豐富的想像。透過城市旅遊的興盛，連帶的使城市風貌議題也漸漸的浮現，例如“台北好好看”的系列計畫中，夜間特色景觀成為一重點項目，即利用“光”的設計，提升城市夜間景觀魅力，將白晝的旅遊活動延續至夜晚，並在夜間照明設計同時考慮能耗問題。由此可見，不論是硬體技術的開發支援、或是整體景觀的營造，本國政府已開始重視夜間城市規劃與設計，並且具有相當大的發展潛力。“照明”對現代都市而言，已經不只是“照明”，燈光設計對於提高城市品味、再塑城市形象，並呈現出城市日夜截然不同的風貌。



圖 1-1 高雄愛河之心夜景(圖片來源：<http://www.nipic.com/>，下載於 2011 年)

而城市夜間的照明是從何時開始？回溯公共照明的發展，由十六世紀歐洲國家以燭光、油燈做為公共照明、十九世紀開始使用煤氣燈，而十九世紀末期至二

十世紀，光源技術與電力科學的進步，以及近代許多技術的快速發展，對於城市外觀造成了明顯地衝擊與影響，其中除了鋼結構的摩天大樓、塞滿汽車的道路之外，隨著公共空間安全需求的提升，以及夜間活動的需要，夜間照明變得極為普遍，亦改變了夜晚的景觀(Jakle, 2001)。自此之後，人工照明在現代儼然已成為生活中不可或缺的工具。然而一個宜居城市的夜景，並非由照明技術來主導，而是配合城市新興生活型態(像是夜間休閒活動)所產生的形式，在景觀的表現上，夜間的城市可以發現更多可能及象徵性的寓意，像是 Venturi, Schwartz 及許多建築家，都利用人工光源來展現、操作空間的結構(Brandi, U., & Brandi, C. G. 2007)。在夜間的城市是一個大舞台，我們可以決定該顯示什麼，以燈光重新設計地貌，創造、探索地景新的以及原本的意義，並連繫城市所有元素的涵構(Brandi, U., & Brandi, C. G. 2007)。

由此可知，在戶外活動中，適當的照明不僅發揮提升安全、引導方向等功能性的作用，也左右了觀者在夜間對於城市意象的認知，以及對城市審美概念的建構。然而究竟是城市的哪些元素，影響著人們對於城市的整體意象呢?根據郝洛西(2005)依空間特性的不同，描述了城市夜景在功能上與視覺上的影響，更進一步的以夜間景觀為討論的主要對象：城市夜間景觀的控制要素例如城市肌理、開放空間、象徵性景觀、濱水界面、綠地系統、歷史風貌等，並從其結構性、聚集性、標誌性、親水性、自然性、文化性與遊覽性，影響著人們對於城市夜間景觀的意象。其基本組成可繪製為下圖：

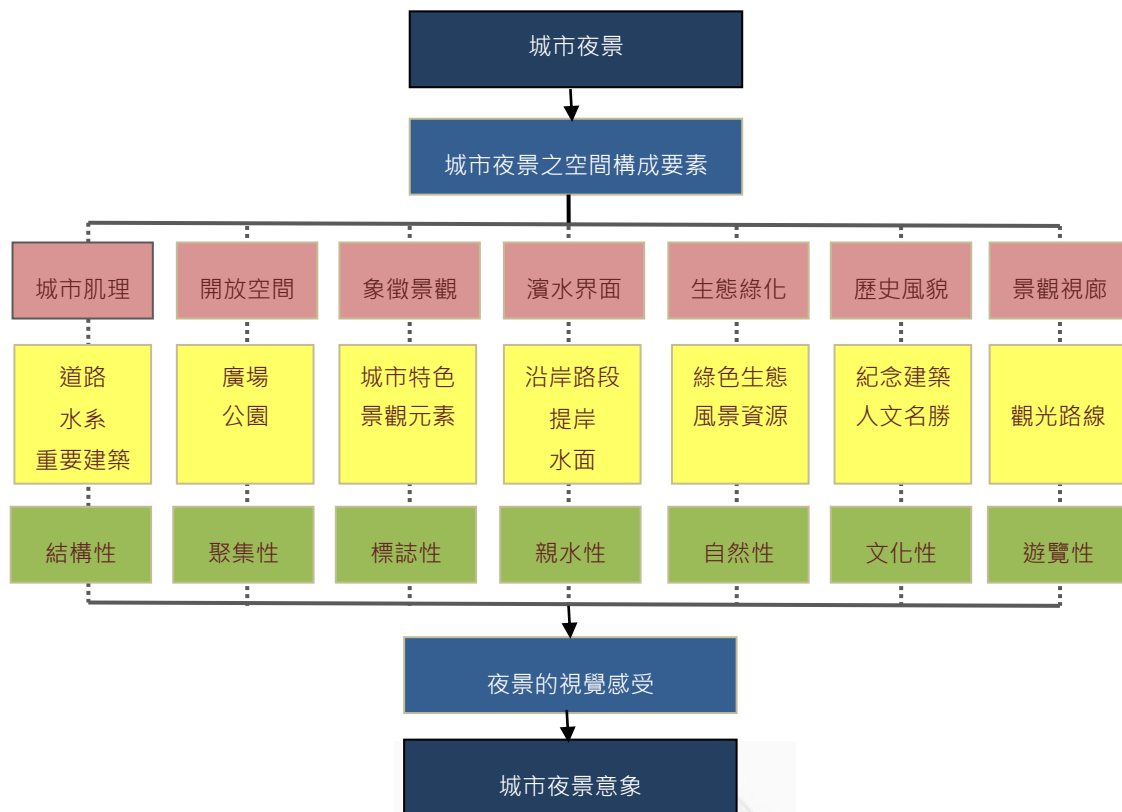


圖1-2 城市夜景架構(修改自：郝洛西，2005)

根據以上夜景架構的組成，透過照明所構成之夜景，成為對城市的另一種觀看方式，透過照明系統之規劃，表達出城市的機能和形式，改善城市的易解性，也藉此傳達都市的自明性(李以信，2009)。

那麼以台灣而言，各個城市都有其特殊人文歷史脈絡與發展歷程，然而在地理結構上，使否有其共通之處？在台灣多數的城市結構中，地形陡峭且多被河流所切割，即使是在下游城市區域，也時常以河流作為城市分區的依據。日據時代以前，先民均以渡口為重要交易場所，以船隻擺渡來回渡口之間，但是台灣地處颱風帶，且河川短而曲折，船隻航行經常受到氣候限制，因此，自清末及日據時代後，陸路等基礎建設逐漸受到重視，橋梁開始興建，其不僅是區域間交易往來的交通要道，並逐漸成為城市發展歷史的一環，以及城市整體結構中的關鍵性角色。到了現代，橋梁仍扮演著重要的交通往來運輸的重要推手，也因為其歷史性、

所處位置的特殊性，亦成為夜間城市旅遊中，地方政府積極發展的夜間景點(圖 1-3)。



圖1-3 麥帥二橋與大直橋均為台北市重要的景觀橋梁與視覺亮點(圖片來源：本研究拍攝)

在這樣的背景下，如何利用人工光源塑造城市獨特性格，凸顯地方重要性，已是城市光環境營造中重要的功能。從城市尺度觀察夜景的組成，不同的照度與光色，組成了無可取代的城市意象。而在反映了城市涵構的照明中，橋梁做為一個城市空間中的地標性建設，亦為道路的延伸，並且具有郝洛西所指出的結構性、標誌性、親水性與遊覽性，是城市景觀中辨識度極高的結構之一，對於提升城市夜景觀與豐富空間層次有重要的作用(郝洛西，2005)。

第二節 研究目的

為了解目前城市夜景與相關學術研究的發展，定位本研究之方向與產出，將概略的搜尋並簡要閱讀相關文獻，以了解本研究的獨特性與重要性。

而國內相關領域研究中，在公共照明的相關研究上，多著重在照明光源與燈具開發(尤以 LED 光源系統開發，以及機電相關論文為主)，以及路燈維護管理機制的探討；而在照明設計中，以建築內部光環境的相關研究較多，並較著重在節能效益與生心理評價上；另外在戶外照明設計研究多以公園、特定街道研究對象，或是從都市空間結構切入，較廣泛的討論原則性問題。

表1-1 相關領域研究整理

類型	研究與書籍名稱	研究內容	簡要評析
城市夜景	燈光照明在戶外景觀應用之研究-以高雄市都市景觀照明為例 (柯瓊慧、屏東科技大學農村規劃系碩士論文、2005)	探討燈光照明在戶外景觀的應用情形，回顧文獻以歸納相關課題，研擬設計原則，並以實際案例討論其應用情形。驗證燈光照明在戶外景觀應用的機能效益	較廣泛的討論城市戶外照明設計的原則與設計規範，囊括城市夜景塑造在機能上、美學上的基礎面向。但亦由於研究對象廣泛，較不易有深入見解。
	反映都市空間結構的夜間照明系統規劃-高雄市鳳山縣為例 (李以信、成功大學都市計畫系碩士論文、2009)	分析歸納照明系統與都市空間結構關係，透過視覺環境概念及工程實務技術面，剖析國內目前課題及規劃傾向，並以實證操作歸納出都市照明系統規劃與建議。	此研究亦為較廣泛的討論都市夜景構成，但較有系統的將土地使用與照明系統規劃連結，亦提點出國內夜景規劃的傾向，在整體的城市夜景規劃上具有參考價值。
道路照明	住宅區戶外照明光侵擾之研究 (趙又嬋、國立成功大學建築學系博士論文、2009)	以台南市 10 條 8m 道路為調查樣本，實際測量路燈附近住宅之窗面照度，並以軟體模擬印證調查結果，並透過照明模擬提出道路照明改善之建議。	對於未來制訂公共照明或是商業照明等相關規範細項時，具有極大幫助。
	市區道路照明功能維持機制之研究-以台北市路燈維護管理為例	由「維護預防」之觀念出發，由現有規範擬定設計、施工製造與維護	此研究屬於公共工程的策略面向，且著重在後期維護管理上，在公共

	(楊蔭民，台灣大學土木工程學系碩士論文，2007)	運作三層面做為照明功能機制維持的考量重點，並透過訪談歸納出問題與解決方案。	照明領域中較少見，但此研究準確的捉住維護機制的問題與重點，對於維護策略的改制有很大的幫助。
照明設計	光容器-以台中市文心路至精誠路間之公益路為例 (吳哲銘，朝陽科技大學建築及都市設計學系碩士論文，2008)	探討日夜街道立面差異性，以及住商混合都市街道立面現象。並從建築立面著手，進行夜間照明設計。	所遇問題為單一個案，應用性略差，但在上位照明規畫、街道夜景立面設計上則有參考價值。
	「頤親園」景觀/建築照明設計與研究 (彭睿棠，台北科技大學創新設計研究所，2010)	針對建築景觀戶外照明規劃上的設計概念及燈具需求進行研究探討，以調查蒐集所得為依據，進行頤親園建築景觀夜間光環境實例設計。	雖處理對象為單一個案，但對於戶外照明設計的相關規範與原則進行回顧歸納，此部分在其他的建築外觀照明上具有參考價值。
	不同照度與光色組合對閱讀時主觀評價之影響 (謝明輝、葉明翰，建築學報 72 期，2010)	在九種不同照度和光色組合的照明環境下，進行閱讀行為的主觀評價探討。	此研究主要是以建築內部照明規畫為主題的研究，戶外並不適用，但在其結果表示可以較低照度替代較高照度的光源，其效果不變，此結果對於照明節能有相當貢獻。
夜間城市文化研究	魅影流光-從光的社會學取徑到夜間生活現代性 (劉允華、東海大學社會學系碩士論文、2006)	提出以光與人工照明為主題的研究敘事策略，處理光的意涵與夜間生活歷史文本，提出「夜常生活」的詮釋。提供一種具有發展性的理論基礎。	從不同視角觀察“光”，並推導不同於「日常生活」的「夜常生活」理論，揭示了夜間生活在現代社會的開展，以及理論發展的可能性。
	黑暗論 (郭肇立等、國立台灣美術館、2008)	由多位作者從城市化、空間脈絡、時間、歷史、視覺文化等多種視角切入，激盪出關於夜間城市空間的觀點。	將夜間城市做為一探討主題，發展夜間活動、視覺文化與次文化事件等不同面向，進行夜間城市的文化討論，可做為未來此類研究之先河與基礎。

資料來源：本研究整理

由上表可知，雖然城市夜景的規劃在實務上已成為塑造城市風貌重要的一環，但是關於城市夜間照明之研究亦相當匱乏，若有，也仍多聚焦在光電設計、機械構造，以及室內照明、道路照明等技術性項目，少有針對專項照明設計與視覺面向之研究；若再聚焦於橋梁照明之研究，雖然橋梁在城市中的重要性被廣為肯定，但僅有少數橋梁美學專書提及，但篇幅極少，使得橋梁照明設計在城市夜景的相關論述中相對缺乏。

若再從城市規劃理論角度切入，可發現多數理論均以白晝樣貌進行論述，夜晚的城市景觀則長期以來受到忽視，且國內在夜景與城市照明設計研究的發展，目前尚屬起步階段，仍不夠成熟。台北都會區在進行區域規劃時，在夜間景觀的面向上，並無指導性原則可供遵循，僅有技術性的規範來引導設計結果。

如前所述，由於夜間活動與旅遊需求增加，公部門單位對於城市夜景的營造也開始重視，在相關計畫中也針對部分橋梁實施夜間照明，以符合橋梁做為城市結構中重要基礎建設的地位。而相對於國內學術研究領域，卻未曾針對這些實施計劃的橋梁進行後續評估或檢討，在設計的美學論述上仍無基礎，因此，本研究將以橋梁景觀照明(Bridgescape lighting)做為對象，透過對國內外中大型的橋梁照明設計案例進行探索分析，歸結出橋梁景觀照明設計考量面向，及其操作流程，以彌補城市夜景規劃在此領域中的不足，並供後續相關研究及實務操作上之參考。

第三節 研究方法

根據研究類型的不同，可區分為探索性研究、描述性研究、因果性研究，以及趨勢性研究(管倬生 等，2006)。根據本研究的定位與研究內容，應屬於探索性研究之範疇。探索性研究是設計研究中相當常見的類型，其主要是描述某種現象或特質，並確認或發覺其各種重要意義，以做為未來研究的基石。

一、本研究之定位與研究層次

本研究之定位為“橋梁照明設計研究”，並且將其分為兩層次：

- (一) 照明機能：探討之層次以照明的機能性是否符合規範以及適用性，主要著眼於夜間空間使用之安全性，以及基本能耗、節能光源選用等技術性內容。
- (二) 美學意象：分析橋梁做為城市自明性表現的一部分，其美學內涵，針對現有之橋梁照明設計進行評析，了解其設計是否達到構成城市意象的效果。

二、使用方法與研究流程

由於本研究必須了解現有橋梁照明設計的機能與美學概念，而每一項設計與其環境脈絡，均為單一事件與現象，故可視為一個案。且目前國內未有相關研究之學位論文，在前人研究與國內外相關研究的彙整較無系統化的論述，因此，國內外案例的深入比較與探討，是適合結構目前橋梁照明設計趨勢的研究方式。且個案研究屬於質性研究，適用於探索性、描述性、與解釋性類型之研究，適合使用於探索性階段，且尚未有前人研究可循之情況，或是分類性的研究，以及假設與命題的提出(Yin, 1994)。

另根據 Yin (1994) 對於個案研究法的解釋，依照選取或涉及探討的個案數目多寡，則可區分為單一個案 (single-case) 與多重個案 (multi-case) 的個案研究。本研究希望透過多個個案之比較與歸納，辨明各設計間的異同，評估其利弊，以形成客觀而合理的結論。因此，本研究在個案研究的類型上，應屬於多重個案研究。

在前人研究的探討中，由於國內相關研究較少，因此應透過文獻回顧了解目前夜間活動文化、夜景營造現況、相關的準則規範，以及橋梁設計、橋梁照明設計的整體趨勢、考量重點為何，做為案例分析的基礎。

而在資料蒐集上，則多方蒐集各式資料，包括相關文獻的資料、學術性及非學術性著作、檔案紀錄等紙本資料，以及橋梁所處環境之地方歷史脈絡之文本，了解案例的背景與橋梁設計、照明設計之意涵等，以利對個案的深入了解。

案例分析的重點，在於了解國內外相關實例的操作，回頭檢視文獻回顧之內容，提出新的觀點，建立更具應用性與參考價值的橋梁照明設計原則。並嘗試以多重個案分析的結果，模擬操作於實際基地上，做為未來橋梁照明設計之參考模型。

確立方法與內容後，即可擬定本研究之研究流程，其流程如下圖：

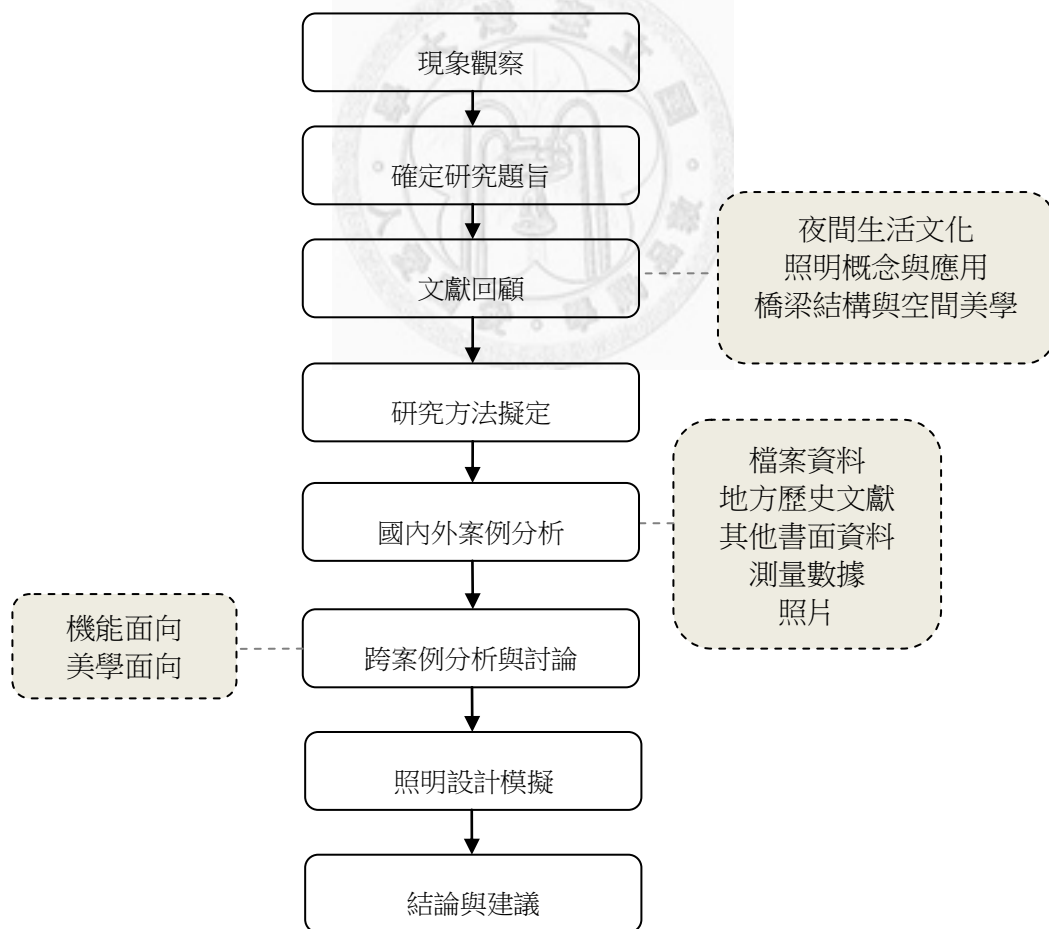


圖 3-1 研究流程圖(圖片來源：本研究繪製)

三、樣區選擇

(一) 案例選擇

由於橋梁形態甚多，其外部形態與力學構造均不相同，照明設計之考量意有所差異，因此若在案例選擇上，篩選不同種類的橋梁形態做為案例分析對象，在跨案例分析時即可比較其異同之處，則可增加本研究在橋梁照明設計原則的歸納上之廣度。同時為蒐集到足夠資料以供分析，盡可能挑選知名度較高的經典案例，做為案例分析的對象。在經過初步的資料蒐集與篩選後，決定選擇以下國外案例進行討論：

1. 拱橋：雪梨港灣大橋(Sydney Harbour Bridge)
2. 懸索橋：金山金門大橋(Golden Gate Bridge)
3. 斜張橋：伊拉斯穆斯橋(Erasmus Bridge)
4. 樑式橋：此類型橋梁之照明設計案例較少，因此以多個案例，僅參考其照明設計表現，進行交叉比較與分析，歸納樑式橋之照明設計手法與重點。

(二) 模擬基地選擇

高屏溪橋與高屏大橋均橫跨高雄與屏東兩縣，是兩縣市主要串連道路，為兩地往來不可缺少的公路要道，而由於其橫跨兩縣市的特質，更成為具有地方象徵性意涵的重要設施。高屏溪橋為單塔斜張橋，其主跨徑 330 公尺，係為世界第二大跨距之單塔斜張橋，在亞洲的橋梁工程發展上，亦具有重大意義。而高屏大橋曾於 2000 年發生斷橋事件，並在 2008 年啟用新橋，新高屏大橋為上承式拱橋，全長 1995 公尺，除為高屏兩地之交通樞紐外，舊高屏溪橋在高屏地區發展歷史上扮演了重要角色，而斷橋之後的新高屏大橋，亦有其歷史特殊性。

高屏溪橋在完工後，其景觀照明之設計，曾於 96 年召開高屏兩縣討論，但礙於經費而沒有繼續執行；高屏大橋亦僅有道路照明設備。近期屏東縣政

府積極推動地方觀光，而此兩座橋實為重要的地方入口意象，極具發展潛力。因此，本研究將此地做為模擬之基地，透過跨案例的分析歸納結果，提供適合的橋梁照明設計方案，做為本研究結果一實踐的過程，也可做為未來在橋梁景觀照明設計方案擬定時之參考。

四、研究限制

本研究採多重個案研究，為借鏡國外經驗，了解橋梁照明設計之世界趨勢，勢必將參考國外案例。然因經費考量，無法實地踏勘，因此國外案例之資料蒐集係以政府報告、相關學術研究之文本為主，若有資訊上的時差，也無法驗證資訊的真確性，因此在所採用的資訊中，將篩選出版年較近者，避免與實際情況產生出入。

而在案例分析的廣度上，由於本研究將針對橋梁與城市涵構的關係、橋梁結構美學與景觀照明設計階段進行案例分析，而橋梁結構設計屬於較前期的作業階段，需要深厚的土木結構背景，亦非此研究可處理之對象；另外，城市規劃操作尺度較大，本研究案例橫跨台北都會區許多區域，礙於人力與時間之考量，城市規劃操作之層次不在本研究範圍內。

第二章文獻回顧

文獻回顧的內容主要包含三個面向：

一、夜間城市的空間意涵

城市夜景毫無疑問的成為都市的魅力所在，然而夜景是如何對觀者的心理產生反應，並且進一步開啟人們的審美觀感，表現的戶外照明設計的核心價值？本研究此一部份文獻回顧之內容，將以夜間文化研究之角度切入，來理解“夜景”是如何對於人的生活、情感面向產生“力量”。

二、照明設計的概念與應用

照明從物理上來說，是屬於光學與電力學的範疇，而在戶外的照明設計中，若設置不當，或無法合理的運用燈光的屬性，可能會造成負面效果。因此，此部分將探討照明在技術面向上應考量的內容，包含設計規範與燈光屬性的應用，而此部分也是照明設計的工學基礎。

三、橋梁的輕巧結構

在本研究中，橋梁是一被照物，即為燈光設計的受體，並透過照明表現其價值和美感。因此，被照物的特徵與其美學論述，是照明設計時必要須考慮的基礎，以表現橋梁本身的價值。

第一節 夜間城市的空間意涵

承襲千年以來“日出而作、日落而息”的生活節奏與時間軸線，在人工照明急速發展下被翻轉過來，台灣的都市在白天的活動是僵化無趣的，而夜晚的鬆綁以及其提供的想像，使夜晚的都市比白天更迷人。夜遊逛街、夜市等，形塑了熱鬧的夜間都會性格(郭肇立，2008)。夜晚的活動的增加，加深了夜景在城市意象建構的重要性，而夜晚的流光建構出的空間，也形成了魅惑理性的存在，成為展現感性面向的背景色。

夜間城市的空間意涵，可以從文化面向，以及實質的規劃面向，此兩個面向討論，一是夜間城市所延伸的人類精神狀態，以及理性解放的過程；二是夜景都市結構如何反應以白晝為主角的空間規劃。

一、黑暗空間的感性力量

“光與其說是一種視覺，不如說是一種知覺” — 賴雨農

郭肇立(2008)在《黑暗論》中指出：“黑夜可被視為白天的「初始狀態」，是白天城市規範的解構。黑暗空間不只是單純的建築與都市空間形式的美學問題，而是時間、空間與人協議的過程。”因此從時間向度來看，光與影所代表的意義並不全然是對立，而應該是類似東方佛家哲學中的輪迴概念，其不僅標誌了自然狀態下的時間走向，也塑造了空間的時間感，也是人們在劃分空間使用中，重要的依據之一。然而從台北都市活動的時空關係圖(圖 2-1)，我們可以得知，在學校、辦公室、廣場、公園場所等活動，均以白天為主要時間範圍；反而在住家、或是從事一些娛樂性活動，像是夜市、KTV 等場所，其活動均以夜晚為主要時間範圍，甚至開始出現 24 小時的大賣場、書店，以供應夜間休閒活動的需求。

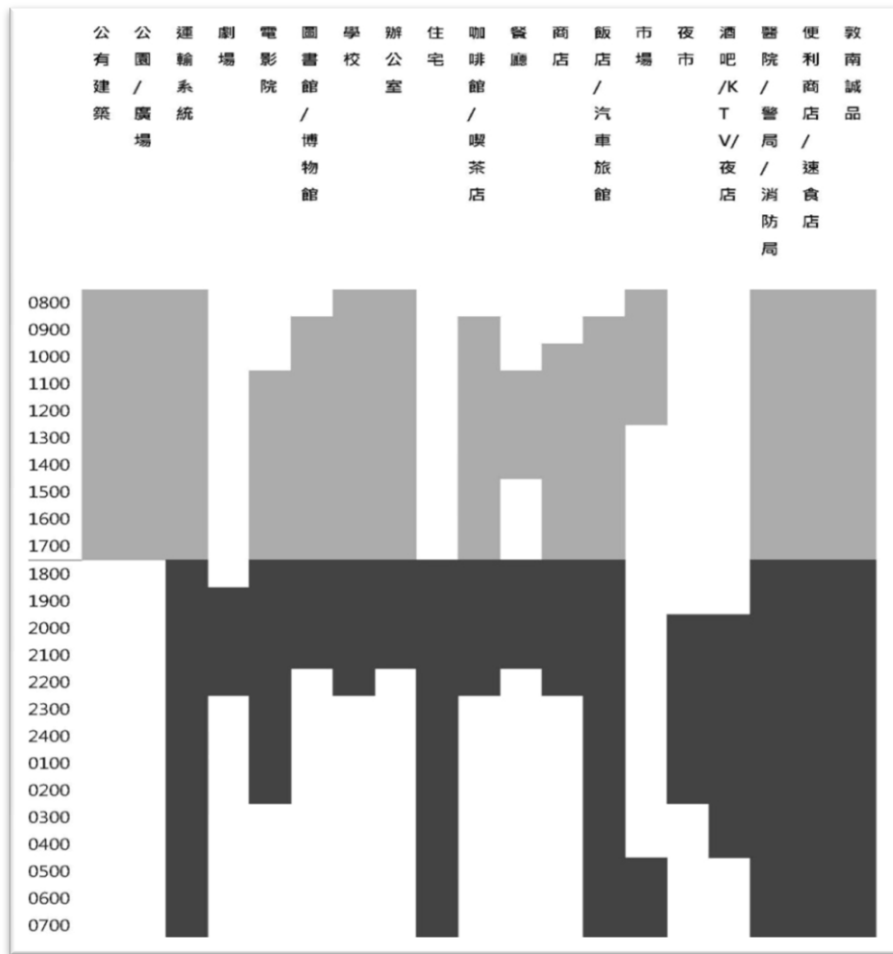


圖2-1 台北都市活動時空關係表(圖片來源：修改自《黑暗論》，郭肇立 等，2008)



圖2-2 宋代馬麟《秉燭夜遊圖》(圖片來源：<http://bbs.0663.net/thread-212114>，下載於 2011 年)

如果再更深入的探討夜間城市活動，觀察亞熱帶都市的生活型態，不難發現因自然氣候條件的差異而產生的文化異同。亞熱帶都市與西方高緯度國家不同，在高緯度國家中，光是珍貴而溫暖的存在，但是在亞熱帶國家中，由於晨間的悶熱和極強的日照，發展出其自身的環境適應模式，也漸漸的習慣了夜晚的活動模式。另外我們的真實生活樣貌，例如騎樓、夜晚乘涼聊天喝茶、夜市等都可以發現其與西方高緯度國家的不同之處。從許多詩歌詞賦中也能看見對夜間生活的描述。

雖然如此，“黑暗”的存在，在空間規劃上仍然處於弱勢。在西方理性思維的主流脈絡下的都市設計與建築創作，均以白天為主角，夜間被簡化為無名狀態。又潛意識中，源於啟蒙時代，人類文明對於未知的恐懼，將黑暗等化為避之唯恐不及的領域，“暗”其實不只屬於黑夜，「暗」是不明亮、不開放、角落、邊緣的意思，也是晦暗不明或文化晦暗之處(羅時瑋，2008)。而這樣的空間狀態，有學者以傅柯的“異質空間”(Heterotopia)來詮釋(郭建慧，2008)：異質空間在理性建構的倫理規範下尋求逾越的可能性，在根本意義上與所謂的“常規性”進行對抗，並對所有在現實間的穩定性與秩序產生一大挑戰。異質空間無須允諾理性和諧的秩序，以流動性的空間、怪誕的組合對抗白日的規矩與理性的掌控，透過非理性的展現，跳脫原本受理性控制的自我意識，打破禁忌和束縛，消除了“常態化”與“規則性”。因此，黑暗不該被視為形塑美好世界的障礙，或是一種缺憾，相反的，黑暗具有創造與生成的本能，對抗與創新的面向，並建構出異於社會常規的“異質空間”，得以從無聊與冷酷的常規中脫身。

非理性的黑暗美學流竄在每個城市，黑暗不僅提供城市文明發展的動力，都市夜間景觀與建築照明，也延長了白天作息和視覺意象，在黑暗美學的宰制下，白天的時間與空間被轉譯成一系列夜間符碼，給人許多不同想像。相

對的，「光」則是視覺的延伸，同時帶有理性的隱喻，是「啟蒙」的象徵，也被等化為「現代性」的象徵。

而對比於光在城市中長久以來扮演的全知角色，而黑暗則是平衡其理性啟蒙的潤滑劑，其相輔相成，建構出我們在黑夜中看見的城市，我們所感知的幻覺，和反照在自身意識上的再現圖像。而這樣的現象可以被視為是對於黑暗價值之啟蒙，從白晝到黑夜，是都市的物質性藉以時間反轉為精神性的生活(劉克峰，2008)。在台灣的都市經驗裡，沿著生活的時間軸線而決定行動方式：白天我們秉持理性，如同規矩的上班族班打卡工作；而當時間推移到了夜晚，夜間活動開始之時，我們從白晝的理性釋放自己，這樣的釋放意味著回到自身，從夜間的身體感甦醒，並對應到黑暗的城市，開啟自發性的自主意識，成為一種棄形式而重新正視自己的感知方法。回到自己的初始狀態，回到自己的身體空間，並借用能掌握的可見身體，帶出看不見的精神，黑暗的出現，輕易的喚醒了我們的感性、我們的真實(謝宗哲，2009)。

二、城市的夜景魅力

夜晚公共空間的定義方式宛如動物的趨光性，而這都可能只起於一盞燈、一個事件或攤位聚集。白晝行車的街道到了夜晚被占據，成為夜市，街道空間變成重要的公共空間，且徹底別於廣場空間的紀念性與儀式性質(謝宗哲，2009)。而“趨光性”不僅關乎夜晚事件的發生、人群的聚集，同時也是視覺感官的聚焦。光的發散同時具有兩種特性，一為發散性，即透過自發光或受光照亮，將所欲指涉的內容發佈出去(像是商業招牌)；二則為引誘性，將原本平淡而零碎空間，轉變為黑暗中自我突顯，且可辨識的中心點(劉允華，2006)。

歐洲城市的許多建築都落成於不同年代，到了夜晚，許多從餐廳、商店、台階、房舍、咖啡館等建築物，或是交通號誌等偶然發生並組合起來的景色，不僅讓我們看見城市全貌，也能辨認獨立的個體，而對旅者而言，燈光使他

們注意到城市的整體；對居民而言，夜晚的燈光也增加了他們對地方的識別度(Santen, C. v. 2006)。就像阿姆斯特丹的 Kromme Waal(圖 2-3)，早上可以看見水面、船隻和樹木的輪廓，到了夜晚則看見房舍和倒映在水面的光線，而在白天不那麼顯著的 St. Nicholas 教堂圓頂，在夜晚反而成為一個顯著的地標。夜晚的燈光，具有塑造不同於白晝成市意象的力量。夜晚的城市景觀透過人工照明的“選擇”更精確的標定環境中的此三要素。如同圖中的巴黎夜景(圖 2-4)，其用燈光的色彩、強弱等屬性，標誌城市中的重要道路、地標、邊緣與其他次層級的次要道路，形成具有自明性、結構與意義的夜景。一個可以產生鮮明印象的環境，對於個人才具有意義，意象的功能才得以展現。



圖2-3 阿姆斯特丹的 Kromme Waal(圖片來源：Brandi, U., & Brandi, C. G. 2007)

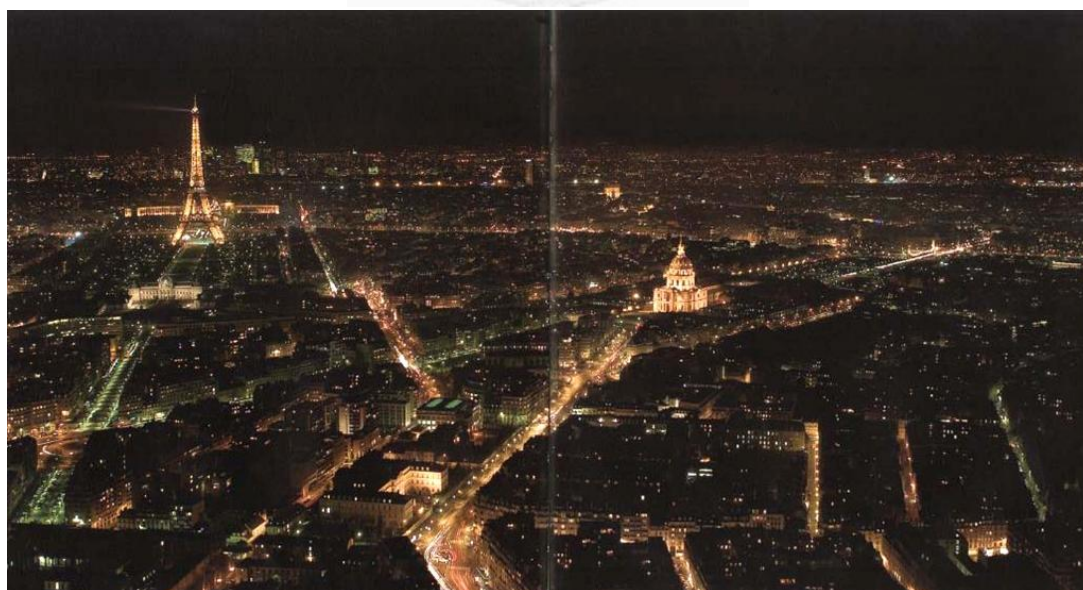


圖2-4 巴黎夜景(圖片來源：Brandi, U., & Brandi, C. G. 2007)

第二節 照明設計的概念與應用

道路是構成城市結構一個非常重要的因素，而橋梁為道路的延伸，不僅使得移動更為便捷，同時必須滿足行車安全的要求，夜間照明遂成為不可或缺的設施之一，而人工照明最主要的需求，即為功能性的滿足，因此，在照明設施的設置上，必須透過許多科學的計算與測試，並且需要相應的設計的規範，來控制整體的照明品質(郝洛西，2005)。

「道路照明設施」之定義依據「公路附屬設施設置要點」為公路附屬設施，並須於公路修建或改善市區道路時，一併裝設。而「市區道路及附屬工程設計標準」第 27 條設置規定，必須依道路功能分類及二側土地使用及行人使用需求，分別計算照度，且同一路段照明設施應求一致，並配合街道傢俱設施與周邊環境相協調。且其主要目的為「使道路使用者擁有良好之視覺環境，得以能充分掌握道路及交通狀況，以達交通安全及流暢等目的」。同時路燈扮演維護治安及保障市民夜行安全之重要角色，其次則是以照明設計來提供訊息，以此了解空間的性質(楊蔭民，2007)。

因此，不論是講求照明的功能性與藝術性，適宜的技術規範是照明設計中最基礎的一環，並在這些規範下，透過燈光的特殊屬性，再現空間的美感與氛圍。

一、橋梁道路照明設計規範

在設計規範中，並無針對橋梁的路面或景觀照明訂定規範，而是使用道路照明的設計規範做為依據。而根據營建署(2002)所明定的台北市市區道路及附屬工程設計規範中，照明設計必須符合以下基本要求：

1. 同一路段之照明設施設計應求一致。
2. 設計時應重視照明效率、使用壽命、經濟性及對當地氣候條件之適應性。
3. 燈座最好選擇可調整者，配合折射罩紋路，依實際路面寬窄調整選擇最適合之佈光，使能平均分配於所照區域，不致產生黑暗或過亮等現象，而影響駕駛人之視覺。

4. 對汽車排煙污染燈具之問題應予考慮，以避免影響照明組件而失去應有之亮度。
5. 如管理上需要，設計時得採用自動點滅器依照明需要自動開閉啟用。
6. 道路照明應依據照明主體及照度¹需求，決定燈具流明²與間距、高度等，使發揮應具之照明效果。
7. 除確保照明主體所需照度與有效範圍外，應調整照明角度與範圍，避免眩光³、過度漫射光或閃爍，影響鄰近地區動物憩息。
8. 依據照明主體之照明需求選擇適宜之照明演色性⁴，以低耗能並不致對動物生息造成衝擊之燈具為原則。

由上述要求可以看出，道路照明的需求中，主要以適當的亮度、路面均勻度、以及能耗、照明設備可持續性、照明舒適性以及將地生態環境衝擊為設計時考量之重點項目。

在更細緻的道路照明規範中，許多國家均參考 CIE 之照明分級規範進行擬定，然而 CIE 照明分級規範多為歐美、英國等國家所使用，我國所使用的道路照明規範，以 CNS(中華民國國家標準)⁵為主，其道路照明標準如下表：

¹照度(Illuminance)：照度意指入射於被照物單位面積上的光通量，單位為 lm/m^2 ，即 Lux。

²光通量(Luminous Flux)：光通量為單位時間內光源發出之可見光的總能量，單位為 lm。

³眩光是指直接觀看照明系統之光源，或是光線經由反射直接進入眼睛時所產生的短暫目眩現象。

⁴光源對物體顏色呈現的程度稱為演色性 CRI(或 Ra)，也就是顏色逼真的程度，演色性高的光源對顏色的表現較好，我們所看到的顏色也就較接近自然原色，演色性低的光源對顏色的表現較差，我們所看到的顏色偏差也較大。

⁵中華民國國家標準 (Chinese National Standards ; CNS) 是中華民國在台灣、澎湖、金門及馬祖實施的國家標準，1935 年由經濟部標準檢驗局主管並辦理。於 1944 年 6 月 6 日開始實施。除非將標準引用為法規的一部分，否則一般情況 CNS 的遵循與否是自願的。

表2-1 CNS 道路照明標準⁶

單位：Cd/m²(輝度)⁷

條件		商業區		住宅區	
		瀝青路面	水泥路面	瀝青路面	水泥路面
市區	幹道	3	2	1.5	1
	輔助道路	2.25	1.5	1.05	0.7
	其他道路	1.5	1	0.75	0.5
郊區	幹道	3	2	1.5	1
	輔助道路	1.5	1	0.75	0.5
	其他道路	1.5	1	0.75	0.5

資料來源：內政部營建署(2008)

另外，在營建署 2002 年所訂定之市區道路及附屬工程設計規範中，針對道路照明道路類型不同，亦針對均勻度擬訂出相關規範如下：

表2-2 市區道路照明之明暗均勻度⁸

道路分類	最低照度/平均照度
幹道	大於 1 : 3
其它道路	大於 1 : 4

資料來源：內政部營建署(2008)

以上規範均針對道路照明安全性與用路人之視覺舒適度為主要考量之規範內容，而在防止眩光、交通安全與生態的維護考量下，除了上述原則外，對於道路使用之燈具與光源種類亦有所規範：

⁶ 幹道：都市計畫道路寬 25 米以上者；輔助幹道：都市計畫道路寬 15 米以上 25 米以下者；其他道路：幹道與輔助幹道以外寬 8 米以上之道路。

⁷ 亮度亦稱輝度(Luminance)，係指光源體被照物每單位面積在某一方向上所發出或反射的發光強度，其與被照物的反射係數有關。亮度單位為 cd/m²(燭光/平方米)。

⁸ 均勻度 (Uniformity)：表示被測面積上接收到光線分佈之均勻性；照度均勻度 = (最低照度) / (平均照度) (0~1 之間，1 為理想值)

表2-3 道路照明燈具形式

道路分類	眩光容許度	燈具型式	
		優先	尚可
快速道路 (或較暗之郊區公路)	少許	遮蔽型 ⁹	半遮蔽型
主次要道路	少許	遮蔽型	半遮蔽型
服務道路	容許	遮蔽型或半遮蔽型	無遮蔽型

資料來源：內政部營建署(2008)

然而，道路照明的基本功能是要保證在城市道路中所發生的一切活動能夠順利完成，對於在機動車道行駛的車輛，駕駛者能對路況敏捷的做出反應，能清晰的閱讀各種交通標誌，並對過往行人和車輛能夠清楚辨認(郝洛西，2005)，同時考量發光效率等節能效益，因此對於光源的顏色亦有所規定：

1. 市區內道路照明燈具之光色應避免與交通號誌燈相混淆
2. 多霧地區之道路，以採用黃色燈光照明，以增加駕駛者透視力
3. 在光源的選擇上，通常使用於道路照明之光源有下列五種¹⁰：
 - (1) 螢光燈
 - (2) 低壓鈉氣燈
 - (3) 高壓鈉氣燈
 - (4) 複金屬燈
 - (5) 固態半導體光源

⁹ (1)遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為0 度~ 65 度
 (2)半遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為0 度~ 75 度
 (3)無遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~ 90 度

¹⁰ 常用光源之特性詳見附錄

4. 光源之演色性為 $40 > Ra \geq 20$
5. 光源發光效率，宜符合下表之基本規範

表2-4 高壓納燈與複金屬燈發光效率表

光束 瓦特數	高壓納氣燈 (Lm)	複金屬燈 (Lm)
70W	5,500	5,300
150W	12,000	13,300
250W	28,000	20,000
400W	48,000	38,000
1000W	140,000	92,000

資料來源：內政部營建署(2008)

橋梁的照明不僅應注重橋面行車的需求，也必須呼應橋梁做為地標性基礎建設的角色，因此除了加強橋梁的功能性照明、滿足橋面的行車要求之外，還需要根據大橋自身的結構型式及所處位置對大橋進行照明處理，豐富夜間景觀。

然而除了技術性規範外，亦必須考量生態影響。過去已有許多研究指出，不當的照明會影響生物的習性，更甚者可能造成物種的大量死亡。

例如，光害使得湖裡藻類大量繁殖，結果使得水質汙染，並造成福有生物的死亡。(Moore et al., 2000)；夜裡的強光影響了夜行昆蟲的辨別方向的能力，造成必須靠夜行昆蟲傳播花粉的物種因難以繁衍而消失(Frank；1988)；候鳥因光害影響而迷失方向，每年受到光害影響而死亡的鳥類達至四至五百萬，甚至更多(Malakoff，2001)；剛孵化的海龜在由巢穴步向海灘時受到光害的影響而迷失方向，結果因不能到達合適的生存環境而死亡(Salmon；2003)。

雖然目前在裝飾性照明設計上，並無明確規範，但仍可以路面照明技術規範為基礎，並且避免裝飾性照明裝設後，影響橋梁路面用路安全為最主要考量因素，作為裝飾性照明設計規範之依據。

二、燈光屬性的應用

光在物理學上，是同時具有粒子性和波動性的特徵(波粒二象性)，並以直線前進，而在視覺的傳達上，光被視為是一種電磁波，而位於可見光譜中之波長的

電磁波，則可被人類視覺所接收，根據其波長的差異而有色彩上的不同，人工照明亦因功率的差別，而在發光程度上有強弱之分，利用這光的特性，形成不同的場景與畫面，成為人類感知空間的一部分(Bean, A. R., 2004)。然而，在實務的操作上，照明設計必須透過對光的性質之理解與合理的運用，進而建構出合適的設計。而人工光源根據其物理特性之分類運用，可歸結為下列幾種：

(一) 照度(Illuminance)

照度簡單的描述了光源照射在某面積上的光量，公制單位為 Lux。照度能夠帶來細緻的空間構成及其型態，控制明暗與空間在黑暗中的力度，並與人類心理控制息息相關，提供了可視性、安全性與情感上的滿足。並可讓我們得以辨識空間的距離、深度、對比以及其紋理。然而，照度和辨識空間的能力並非成正比，如同谷崎潤一郎在《陰翳禮讚》一書中的意涵，細緻的光線與陰影的共同存在，有時是理解空間對象的最佳背景。

而照度的控制，可以用劇場照明的概念說明，照度的精密安排與強弱，使舞台成為一個不斷變化而充滿想像的空間，決定物件的在場與不在場，相同的，戶外空間的景觀塑造一可利用照度的控制，根據現代的審美要求與物件特點進行設計，進一步建構我們對空間的理解(Descottes, H., 2011)。

然而除了空間的安排外，經濟考量也是照度的設定因素(Bean, A. R., 2004)，而目前高能源效率的技術發展已成為普遍共識，當前的燈光設備與技術，讓消費者有更多節能照明的選擇。其考量因素包括發光效率(lm/W)、光源壽命、成本(設置與維護)、以及原料的可持續性等。而其他技術的進步，包括調光器、時間控制、晝光感應控制等技術，可以控制光強度與照明時間，避免能源的浪費。

(二) 輝度(Luminance)

輝度另譯為亮度，但此與 **bright** 的意義不同，其為發光體發出，或受光體單位面積上反射出的光強度(郝洛西，2005)，也就是我們眼睛所感知到的照明程度。從功能性而言，當所進行的作業越精密、越快速時，就需要較高的輝度，反之亦然，就像是高速公路、主要幹道等速限較高的道路，會較人行道、次要道路的輝度需求高(Brandi, U., & Brandi, C. G. 2007)，同時也必須考慮到眩光的控制，因此在輝度控制上，可利用燈具限制照射的角度，避免光線直接進入觀者眼睛，造成視覺不適感(Descottes, H., 2011)。

然而，輝度的高低，也是黑暗空間層次與對比的決定性因素。人類的眼睛總是追逐著光，然而，高輝度的區域若是被較低輝度的區域包圍，則較暗的部分就成為消極的，背景的存在，光亮的區域就成為空間中的前景、主體。而或是輝度相當的兩個表面，在視覺上會融合在一起，而成為一體，這些明亮程度的銜接與差異，或是鮮明的對比所產生的輪廓，都建立了不同於原本的空間關係。輝度的控制，直接的從感官上改變了空間的限制，創造出幻想的距離與深度。相對的高輝度，所暗示的是主要的位置與焦點的所在(圖 2-5)，當光線均勻而明亮時，觀者難以有空間知覺(Bea, A. R., 2004)。明暗層次的不同，即暗示著重要與次要、遠與近、真實與虛構的差別。



圖2-5 對比所展現出的焦點與遠近關係(圖片來源：<http://qinwei.pixnet.net/>，下載於 2011 年)

(三) 色彩

我們對空間和時間的感知，時常是與顏色連繫的。很多時候，我們不見得記得空間的細節，但是冬天早晨或夕陽的溫暖，涼爽的藍色光在我們記憶中徘徊，塑造了我們對空間的理解。光色也是如此，他改變了我們對周圍環境的感知，甚至可以將熟悉的場景改變成具有異國情調的空間，開展新的時空關係(Descottes, H., 2011)。

光色關乎的是光源的種類與光譜的分佈(圖 2-6)，我們對顏色的感覺，是經由光的物理特性提人體生心理反應共同操作。進入眼睛的光線是一種能量，並由其特定的波長與頻率決定其特性，而人類的可見光僅僅是其中的一小部分。人類眼睛可見光波長介於 380 至 780nm 之間，而大多我們所見的顏色，都是由不同的波長範圍所組成的(Descottes, H., 2011)。色溫(Color temperature)則是以絕對溫度 K 為單位，用以描述光色的數值(如圖 2-7)。空間形態中光色的功能性質光色在視覺對空間形態感知的生理過程中有著十分重要的作用，藉由光線投射與色彩的變化組合，營造出希望讓觀者感知到的符號，讓觀者透過視覺得到一種印象，展現具有情感色彩的氛圍(Bea, A. R., 2004)，不同光色的照明，可以分辨城市結構的階層關係(Santen, C. v., 2006)(圖 2-8)。因此，在進行照明設計時，應該考量光色、使色調達到協調，否則不但會打破整體場景的氛圍，而且還有可能偏色、雜亂，從而使觀者產生不安、煩躁等心理反應。

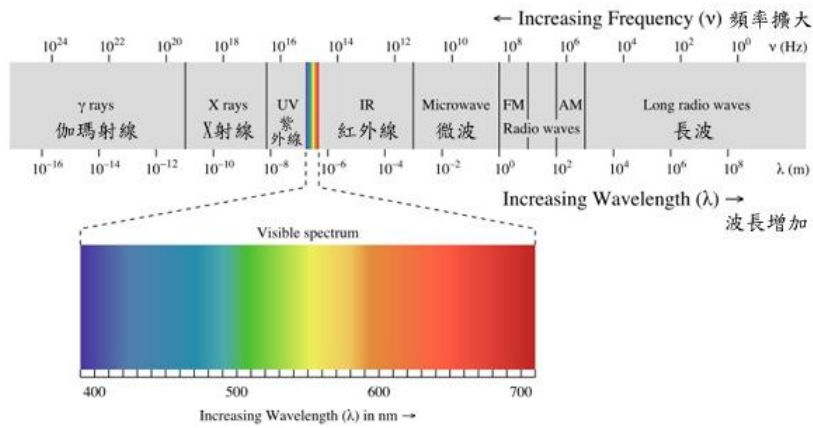


圖2-6 可見光譜分佈(圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/wiki>，下載於 2011 年)

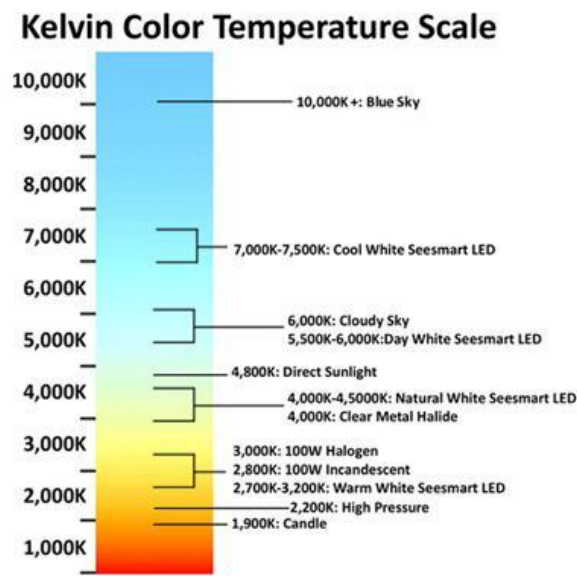


圖2-7 色溫對照表(圖片來源 <http://www.eetrend.com/forum/100022242>，下載於 2011 年)



圖2-8 不同光色的照明，可以以分辨城市結構的階層關係(圖片來源：Santen, C. v., 2006)

表2-5 色彩的象徵意涵

色調	色彩的象徵意涵
白	明快、潔白、純真、神聖、樸素、清楚、純潔、高雅、清淨、輕薄
黑	寂靜、悲哀、絕望、沉默、堅固、嚴肅、寂寞、罪惡
紅	喜悅、熱情、活潑、愛情、喧鬧
橙	積極、躍動、喜悅、溫情、精力旺盛、溫暖
黃	希望、快活、愉悅、發展、光明、歡喜、和平
綠	平靜、智慧、柔和、穩健、公平、理想
藍	沉著、深遠、消極、悠久、冷靜、真實、冷清
紫	優美、神秘、冥想、不安、高貴、優雅、輕率

資料來源：整理自滝本孝雄, & 藤澤英昭. (1989), 陳飛虎(2007)

(四) 密度

在寬闊的空間中，光源的數量、安排與動態模式，是構成夜間空間節奏與結構的關鍵。例如一連串的線狀光源，或是交叉、覆蓋不同顏色的光，可以創造出意想不到的效果。

視覺密度的構成有兩個關鍵，一為區域中燈具的數量，二為燈具組成的特徵。關於燈具的數量，需要透過精密的計算，計算光源之間間距，創造出其節奏感。而燈具組成方式則是較主觀的因素，他可以是線性、隨機、或是有組織、特殊圖紋的排列方式。在照明設計中，我們可以善用密度的力量，賦予空間層次與秩序。例如一個城市的天際線，可以指引觀者注意紀念性建築物，鋪陳其他空間，或是利用不同密度的安排，呈現出線性的速度感，例如道路、高速公路、鐵路等不同速度強度的視覺感，同時並與其他照明視覺原則交互考量，則可呈現出不同的力度、深度與空間意象(Descottes, H., 2011) (圖 2-9)。



圖2-9 不同密度與排列所產生的空間深度與寬度(圖片來源：Descottes, H., 2011)

(五) 照射方向

光是一種可塑性高、可定向、並具有直線前進的物理特性、引導功能的空間中介，也由於人們對於此特性的直觀認知，以及觀者對於陰影的存在的知覺，使得光的方向性成為建構場景的重要基礎(圖 2-10)。燈光設計師在決定空間的型態時，必須考量其方向與光束特性，賦予物體具體或無形的形式。例如，窄光束可以穿過空間，凸顯出空間的縱向深度；而寬光束可以投射於較大面積，擴大空間視覺感。而光的分布與方向，基本上就已決定了被照物的視覺基調(Descottes, H., 2011)。



圖2-10 陰影呈現出鐵橋的三維結構立體感(圖片來源：<http://citylife.house.sina.com.cn>，下載於 2011 年)

從不同方面、不同角度接受的光線都有可能改變物體本身的形象，因此，光的方向與分佈，是燈光設計師最有力的工具：瀰漫的燈光可以轉移氣氛或是創造神祕的背景，而定向光可以使事件的發生固定在某一地方，產生引導觀者“凝視”的魔力。而光的構成可以強調物體的線、面或是其他偏離主體結

構的邏輯，編寫自己的空間語言，創造新的形式，透過光的佈局與陰影的組合，創造出不同與白晝的景觀意象(Descottes, H., 2011)。透過單一光源方向的多種組合，達到氣氛的渲染與實際照明的需求，同時表現被照物本身特質。而陰影的存在，即是形塑三維空間的重要因素，他揭示了照度的變化與差異，以及明亮的極端對比，表達了物體的面光與背光，遠近、立體感、與空間感。但是不必要的陰影會扭曲我們所感知的視覺空間。另外光源的類型也可以是操作的重點，像是投射燈、螢光燈等等，光源與燈具的佈光方式不同，也會影響陰影的質感(Bea, A. R., 2004)。

透過上述燈光屬性的運用，依照其場所和被照物特性的不同而進行設計，加強被照物的立體感、色彩與材質的表現，創造出黑暗中的美感，因此，被照物特性的表現，是在功能性需求之外的另一個設計重點。而燈光屬性的運用，除了良好適當的配置之外，也需要正確的選擇光源與燈具。根據廠商所提供的技術性資料，選擇符合功率、大小、光色、壽命等需求來選擇所使用之光源，同時亦須根據安全性、維護管理難易度、外型、照明控制，以及與光源的搭配成度來選擇適合的燈具，才能發揮“光”的最佳效果(Tregenza, P., & Leo, D., 1998)。

第三節 橋梁結構與空間美學

在城市涵構當中，橋梁有別於一般的建築物，坐落在河流、海峽等地理位置上，使橋梁成為一個容易被記憶的地方(賴威郡，2006)。從交通發展來看，橋梁的興建是非常重要的環，而隨著經濟發展和社會變遷、交通需求方式改變，橋梁的角色和功能也變得不同。

以台北而言，其交通方式大致上可以日據時期作為分界，在此之前幾乎都以水路運輸為主，之後則以陸路運輸的發展時代。水路時代交通多依賴河流，交通工具大多為船隻，聚落也靠近河岸。日據時代，日本人積極推動鐵路和公路的興建，此舉不僅便利交通和物資的流動，也刺激了產業發展。日據末期，台北道路交通已日漸完善，聯外道路都已具備，整個城市的交通逐漸由河運轉向路運(賴進貴，2003)。而陸運逐漸取代水運的另一重要原因是，山坡地開發成茶園或其他農業用途，引發土壤流失及河道淤積，大船無法行駛，又因為興建攔水堰，中下游水量銳減，使水運與河港功能漸漸沒落，與此同時，路運交通帶動了橋梁的建設，堅固耐壓的鋼筋混凝土橋取代了渡船、吊橋，台北的河岸風光也開始轉變。

渡口和橋梁的出現，反映了河川兩岸居民間的交通往來需求，多數渡口形成都是在距落附近或交通要道上，隨著鄰近聚落的發展，交通需求量大增，兩岸間的交通形式也隨之改變，也揭示了橋梁在城市整體發展的重要性。

由於河岸視野通常較為遼闊，橫跨在河川上的橋梁往往成為當地地標。然而科技的翻新和經濟條件的進步，橋梁工程技術和造型也日新月異，新建橋梁在基礎、結構、橋面或造型設計上，已由傳統的功能導向，轉向兼具力與美的造型設計上，往往發展為新的地景，並成為當地環境特色，橋梁架設在空無一物的間當中，創造了新的地景表面，這些人為的幾何曲線介入自然景觀之中，形成強烈的對比，引發出戲劇性的視覺張力與感受，在夜間展現其特殊魅力(賴威郡，2006)。橋梁的景觀照明的功能，主要是吸引人們的目光，強調某些裝飾性元素。而從視覺感受上而言，光在城市中並不只是扮演廣告角色，更是一個建築和街道照明、

裝飾的工具(Santen, C. v., 2006)。橋梁做為一個被照物，其造型與地理位置上的特殊性，橋梁遂成為塑造地區印象的重要地標之一，橋梁所表現的完美力學平衡與緊張感，以及機械構件所隱含的美學價值，使其在城市風貌的塑造上，扮演著關鍵性的角色。

一、橋梁的特徵與空間美學

橋梁由於建造在河流、山谷、海峽等地理上易記憶的地方，容易給人深刻印象，因此能夠用來核對地理上的位置。橋梁所構成的城市美感對於人們具有“信號”或“象徵”的作用。「信號」是明確而單一的指示或意義；「象徵」則是表徵性或觀念性的個人體驗，可能具有多種含義。橋梁做為一種信號，如同明確的地標意義，就像是我們看見光復橋時，其所散發出的信號即為“要到板橋了”如此明確的指示；象徵的作用，是使人想像起眼前不存在的事物，是一種表徵性和觀念性的概念。例如日本的若戶大橋，其位於九州重工業地區，其健壯有力的陽剛特質，象徵著該地區的工業實力，標誌了橋梁的形象(山本宏，1992)。正因為橋梁在城市結構中的重要性，及其龐大的存在感，橋梁的空間美學展現也是城市景觀構成中相當重要的一環。因此，橋梁構件組合、材料、色彩、形態等特點，都是表現城市意象的重要內涵。

由此可見，橋梁不僅負擔了聯絡交通的功能，正由於其代表了一個區域或一個城市的精神象徵，因此，橋梁的外型也日益重要。對此，有學者對於橋梁設計提出了幾個橋梁設計的關鍵：簡單、輕量、線與結構的連續性、型態與結構能夠反映其力的傳遞(Gottemoeller, F., 1998)。

以下為橋梁同時做為建築、基礎建設、地標等構造物，所具有的特徵：

(一) 具有多種形態，外露的組成構件形成其心理引誘線

橋梁是由許多構件組合而成的，按其組合方法不同，可組成各式各樣的橋梁。其橋梁形式基本上有樑式橋、拱橋、懸索橋、斜張橋等等，其各種形式都有其力學特徵，以適合相應的跨度。而橋梁的構件組合複雜，且暴露在

外，因此從橋梁美學的結構來看，這些外露的結構已成為重要的焦點，且必須在造型上相互協調，維持良好的視覺穩定性(楊士金、唐虎翔, 2003)。這些根據力學所設計出來結構，也同時影響了觀者對於橋梁的觀看模式。其力的傳遞由直接承受荷載的構件以一定的途徑傳遞給其他構件，如此形成立的傳遞路線，如此一來，其能夠通過視覺打動人們的心靈，產生“心理上的力”而吸引人(如圖 2-11)。橋梁的心理引誘力是表示作用於人與橋間的心理力，通俗的說是引導視線注意力的一種心理力(山本宏,1992)。

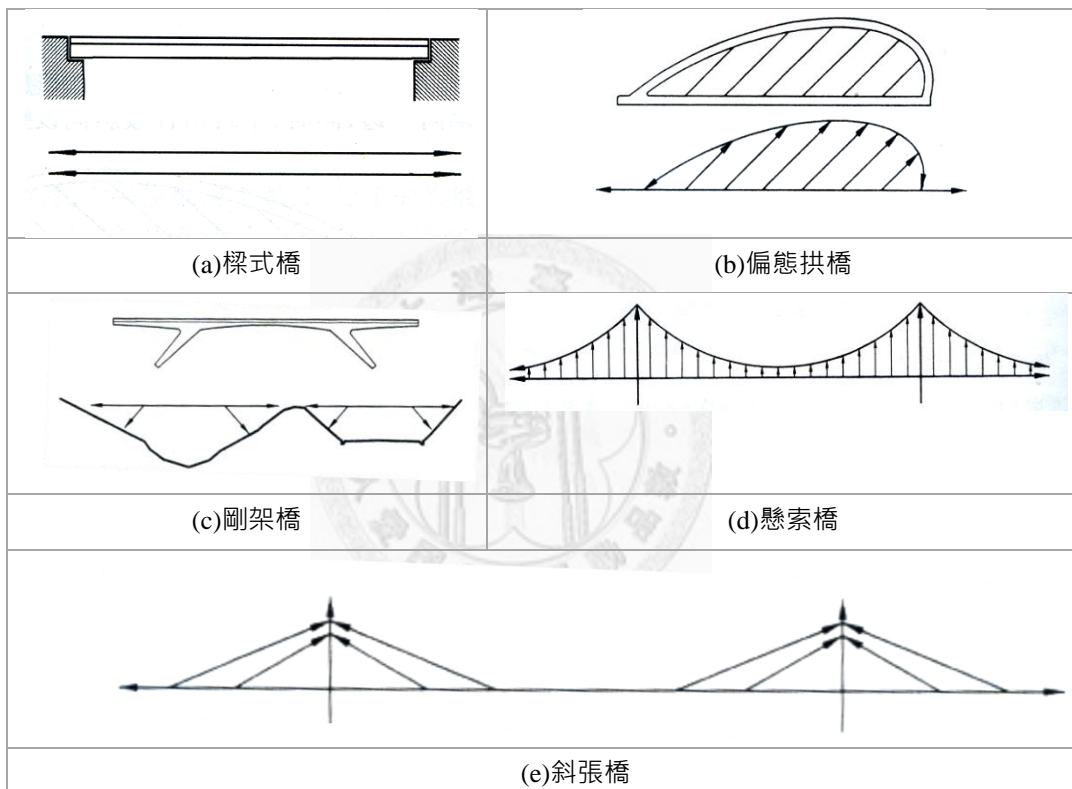


圖2-11 各式橋梁心理引誘線(圖片來源：楊士金、唐虎翔，2003)

在材料方面，早期橋梁曾經使用過木材、石材、鑄鐵、鍛鐵等材料，但這些材料至 19 世紀末以後，隨著橋梁的跨度需求增大，應力也隨之增大，於是木材、石材等天然材料漸漸的被鋼材和混凝土所取代。材料的質感與橋梁性格的表現有很大的關係，木構造橋梁表現出材料的溫潤、石材則表現了樸實感、剛材與混凝土則表現出堅毅與現代感(山本宏,1992)。而橋梁色彩的表現，就不如材料的選用必須有工學上的考量，透過色彩和材質的組合，可

以控制橋梁造型的線條粗細、軟硬、遠近與力道等視覺層次感(楊士金、唐虎翔，2003)。如圖 2-12 中的彩虹橋，主梁使用 s 形曲線構造，除去基礎建設與硬體構件所產生的生硬感，並配合鋼拱的韻律，形成優美的線條。相反的，澳洲的雪梨灣大橋(圖 2-13)，雖然也是鋼拱橋，但在拱的形式上使用桁架構成，形成較穩定的結構，另外在橋的兩端，各有一座由花崗岩製成的塔，其材質和形態，都顯示了此橋的份量與穩重感。



圖2-12 彩虹橋(圖片來源：<http://www.ipeen.com.tw/>，下載於 2011 年)



圖2-13 澳洲雪梨灣大橋(圖片來源：<http://www.lamost.org/>，下載於 2011 年)

概括而言，橋梁的心理引誘力是橋梁由眾多構件的心理引誘立即合而成，所以需要選用簡潔的結構型式，使人簡明地看到力的傳遞暢通途徑，心理引誘線圖形應該要是合理、簡單而連續的。以西班牙的 Alamillo Bridge 為例(圖 2-13)其塔

柱形成一著向上延伸的心理引誘線，並和索面、主梁形成三角形的平衡，在視覺上卻隱含著極大的張力(圖 2-14)。



圖2-14 西班牙的 Alamillo Bridge(圖片來源：<http://travelguide.bloguez.com/>，下載於 2011 年)

(二) 輕量材質、大跨距的輕巧結構是橋梁設計的趨勢

在歷史上，橋梁是從藤蔓、倒下的樹木、以及被水流侵蝕的石拱橋而來，並對這些自然形成的通路形成原始橋梁的概念，而隨著材料與力學的進步，逐漸有了橋梁構法的概念，工業革命時期鋼與鐵的運用，使橋梁結構產生前所未有得改變，而產生現代的美感，並以追求理性和簡潔的橋梁設計為向，也是現代橋梁多元發展的基礎。而後則開始追求準確的力學表現，開發輕量而具抗壓性與抗拉性的材料，以更細緻與輕量的構建來挑戰更大尺度的橋梁建設。而這些對於材料運用與地方意象均具有跨時代重要性的基礎建設，就成為重要的地標與景觀的焦點(賴威郡，2006)。

橋梁的結構和形式連結密切，其在造形上的視覺魅力，是以跨度和尺度關係為基礎。橋梁設計由結構力學出發，使結構能夠有效的反映力的傳遞，最終得到形式。因此，追求力學傳遞的清晰、簡潔，並運用“簡化”的結構，是橋梁設計的趨勢(Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)。圖 2-15 中的 Evripos 大橋，橫跨希臘與埃維亞島之間，主跨度 215 米，兩端跨度 90 米，但主梁的橋面厚度僅 45 公分，非常輕盈而簡潔(Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)。

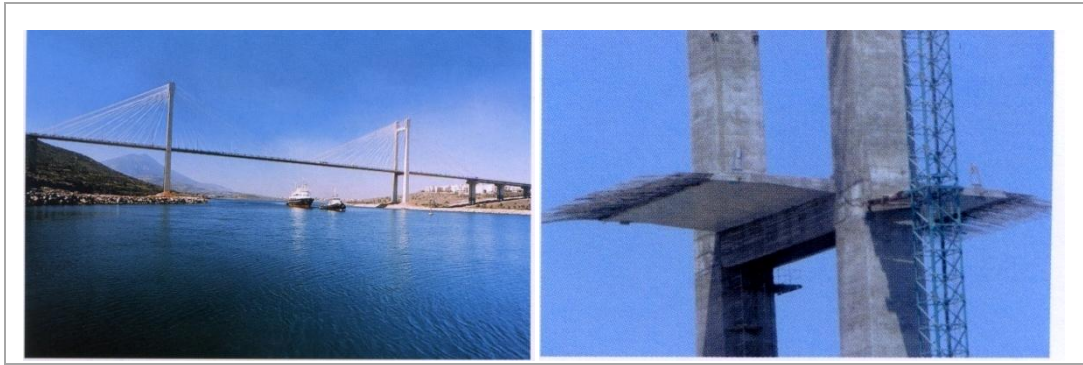


圖2-15 Evripos 大橋(圖片來源：Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)

而除了主梁的輕量化之外，原本印象中橋梁橋墩的厚重感，也因為材料和工法的發展，讓輕量化成為可能。在德國 Vaihingen 河谷上的 Nesenbach Valley 大橋，使鑄鋼式的鋼管結點結構做為公路橋的橋墩，是以不同粗細的管徑剛柱構成，兩個樹狀形的橋墩，由四個小柱子向上延伸，成為複雜的桁架結構，在每個焊接的節點上施加巨大的預應力，以穩定支撐橋體(Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)。輕量通透的橋墩，讓橋體像是漂浮在空中一般(圖 2-16)。



圖2-16 Nesenbach Valley 大橋(圖片來源：Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)

(三) 橋梁與所處環境的呼應與相容

與其他建築類相比，橋梁在量體上更大，存在的時間也更長。它的特點在其地域性，橋必須反應所在地的環境，並對環境特性進行通盤考量 (山本宏,1992)。

因此針對橋址特性擬定橋梁適當表現手法，使橋梁與環境相結合是最重要的考量因素，一般具體設計手法可分為三大方式(蔡俊鏡，2003)：

- (1) 強化：強調突出橋梁的存在，將結構轉化為大型雕塑，視同公共藝術處理，並塑造為區域地標，例如雪梨港灣大橋。
- (2) 融合：使橋梁與周遭環境相融合，不致造成突兀感覺。
- (3) 弱化：隱蔽橋梁之存在，減少對周遭環境負面衝擊，弱化構造量體分割空間，或在塗裝時採用與空間背景相同色彩，以達弱化效果。

而橋梁的外型與環境的相容性，主要必須考量三個重點：形式、材質與色彩。在橋梁形式上，應考量周圍地形地貌來選擇設計方案，例如平坦而開闊的地區，其視野較佳，因此像是樑式橋、連續鋼構橋、連續桁架橋和連續拱橋等，都相當適宜。但是由於自然環境層次較單調，若要使用橋梁調節環境，則可使用強調法，例如可使用下承式或中承式拱橋、斜張橋、懸索橋等，同樣的，若是像港灣環境這樣開闊的區域，其背景輪廓低矮、簡單，所以如果採用斜張橋或懸索橋，這類跨度大，且向上視覺引誘力強的橋形，則氣勢壯觀且使橋梁美感得到充分展現。若是採用中承式或下承勢的橋梁，也可以與環境構成優美景觀，達到相同的強調效果；而若是在層次清晰、群山環繞的環境當中，由於山體尺度大，向上的視覺誘導力和動勢都很強，因此若選擇斜張橋或懸索橋，則不亦表現橋梁在造型上的優勢。如果是在小溪流上，其山形平緩、遠山構成水面背景，則可採用多跨連續拱橋，或是較低的樑式橋，較容易與環境相協調(楊士金、唐虎翔，2003) (圖 2-17)。

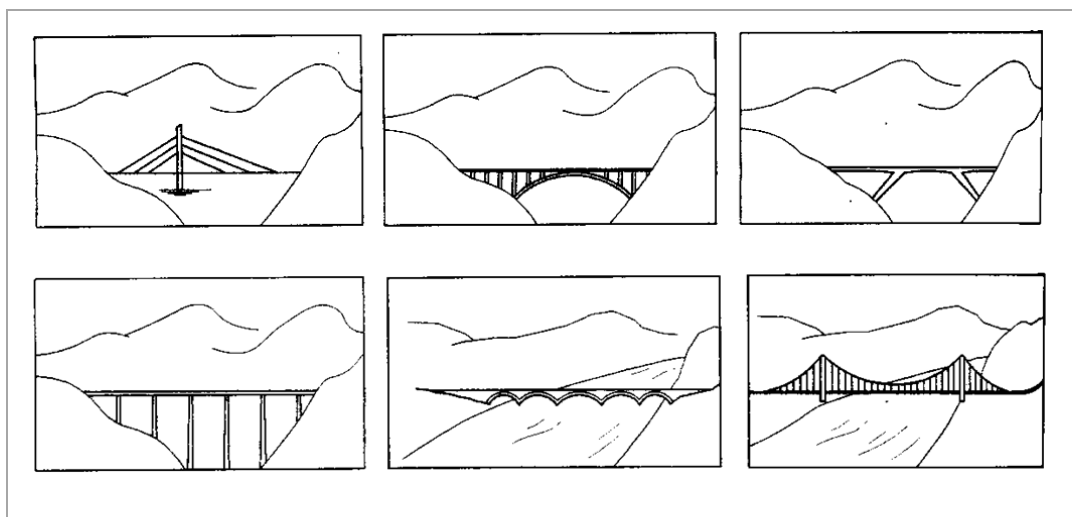


圖2-17 各種橋型與環境協調性(圖片來源：楊士金、唐虎翔，2003)

在材質上，除了依其跨距、承重、災害預防等考量外，亦須依照周圍環境進行選擇，例如在中國園林中，適合使用自然材料如木頭、石材等材料；而若是在城鎮區域，則可依其需求，選擇鋼材、混凝土等材質。

而在色彩上，橋梁的色彩不僅要相互搭配，亦要考慮是否與周圍環境統一協調。我們所感知的，多為色相間的結合，在色彩處理上，超過三個色相的話，橋梁與周圍環境，都難以達到適當的視覺平衡，因此在色彩的設計上，應該先選擇主體色相，將橋梁色彩作為環境色彩的重要因素來考量，是要強調其存在，亦或將其融入環境當中。通常橋梁色彩以簡單淡雅為主，只使用小面積色塊來對比整體，以達到補充、強化效果，而橋底或橋墩以高明度且反射率高的色彩為宜，同時必須考慮民族文化、傳統風俗等因素，以達到最適合的色彩搭配效果(楊士金、唐虎翔，2003)。

總括而言，不同形式的橋梁具有其自身的構件美感與表現方式，而這些橋梁所展現出來的特徵，以及其在所處環境中的意涵，在夜間的城市當中，反而提供了一種有別於日常的觀看方式，並透過照明設計，選擇性的再現出橋梁獨有的美感。

二、橋梁夜間魅力展現

橋梁由於其所處位置、量體大小、以及所具備的強大功能性，而成為不容忽視的存在。在許多城市的夜景規劃中，將橋梁視為一種地標性、紀念性的構造物，將其置於夜景結構中非常重要的地位。

橋梁係屬於道路的一部分，而關於橋面照明的規範，於前一節已詳細說明，但是在裝飾性照明上，台灣並無相應的技術性規範，僅有基本的原則性設計建議，透過文獻整理後，歸納出以下幾點：

(一) 照明重點的選擇

每座橋梁都有其形態特徵與風格，這些都應成為夜景照明渲染的要素，若均勻將結構全部照亮，反而會造成平淡的光環境，所以必須根據不同橋型的型態特徵結構，顯出主要表現對象。例如塔柱、索塔、拱肋、橋面飾邊等，以人工光源展示橋梁型態特徵和建築風格，根據不同橋梁結構特點，選擇照明重點和合適的照明方法與表現對象(楊士金、唐虎翔，2003)。如圖中的 La Plata Bridge，其照明設計的主要焦點，為鋼拱上方的桁架結構，以其橋腹的幾何圖樣，產生上下的呼應(楊士金、唐虎翔，2003) (圖 2-18)。而奧地利多瑙河上的 Linz 懸索橋，在改建後將索面簡潔化，輕柔的橫跨在多瑙河上，而主索固定在河岸兩面的岩石上，這樣的改變將垂直的承重索“淡化”，在夜間照明時，也只強調橫向的主梁與橫向拉索的做法，以“線”狀的輪廓勾勒出橋體的存在(Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004) (圖 2-19)。

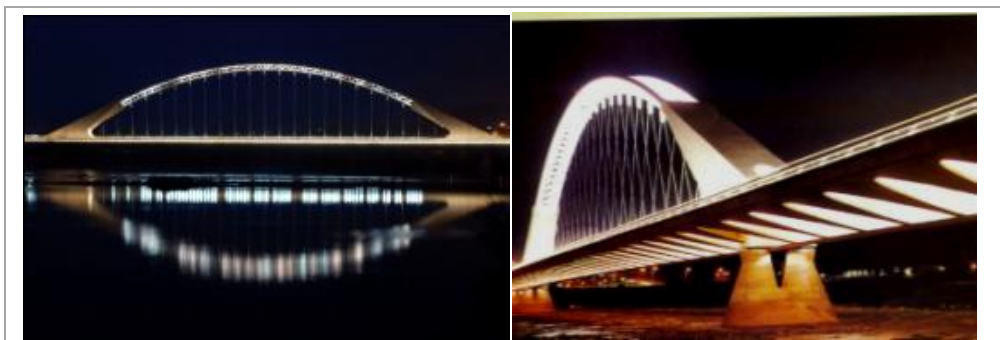


圖2-18 瑞士 La Plata Bridge(圖片來源：<http://www.fotopedia.com/>；楊士金、唐虎翔，2003)

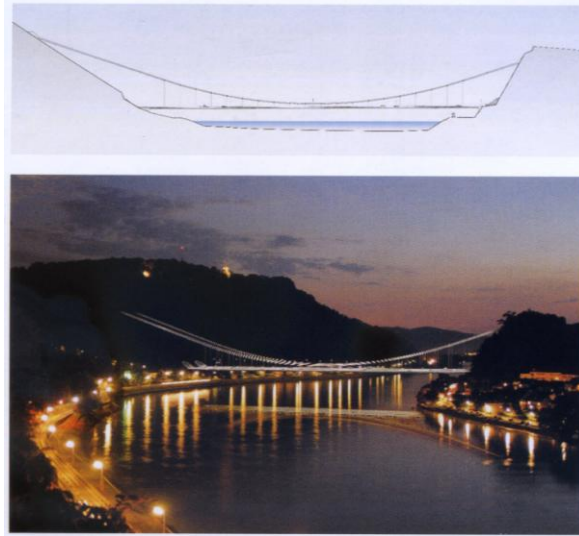


圖2-19 奧地利 Linz 懸索橋(圖片來源：Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)

(二) 立體感的表現

確保橋體立面有良好而均勻的亮度分佈，從不同方位和角度對橋梁進行照明設計，選擇適當亮度比，突顯橋梁的三維空間感，以及橋體細部表現。使用高照度投光集中表現大橋的視覺焦點部分，各面照度有不同變化以增加立體感(郝洛西，2005)。若光線來自一個方向，則照明對象會出現規則陰影，但若方向過於單一也會有強烈的陰影和生硬的線條。而方向若過於擴散，或是各面照度相同，立體感就會削弱甚至消失。因此合理的布置光源，調整光照角度，使照明重點主照面和投影面照度合理分配(楊士金、唐虎翔，2003)。豐富空間的深度與層次，可顯示橋梁整體輪廓與材質美感(和不壯，1999)。下圖為麥帥二橋的橋腹照明，其組構件具有機械的功能美學與韻律感，照明設計表現上，則選擇從內側透光，不僅凸顯構件立體感，從河濱公園的視角，形成了一條晶瑩剔透的光帶(圖 2-20)。另外，串連隧道的 Nesenbach Valley 大橋，則利用內部的道路照明，從曲線的鋼條中透出，而使得橋體形成優美的光廊，盤踞在兩座山頭之間(圖 2-21)。



圖2-20 麥帥二橋橋腹(圖片來源：<http://blog.ylib.com/jimyang>，下載於 2011 年)



圖2-21 Nesenbach Valley 大橋(圖片來源：Bogle, A., Schmal, P. C., & Flagge, I., 2004)

(三) 色彩搭配

以不同光譜分佈的光源，在不同光色照射下觀看被照物時，外觀色彩會發生變化，光源色調直接影響物體色彩表現(楊士金、唐虎翔，2003)，而在進行搭配時，其一般基本原理為：符合視覺與色彩喜好反應原則，以及符合色彩心理及聯想機制(賴威郡，2006)。例如其溫度感(暖冷色調)、重量感(明度高者較輕，明度低者較重)與遠近感(暖色表現較近、冷色較遠)與膨脹感(暖色調膨脹、冷色調收縮)、軟硬感(明度低且飽和高者硬、明度高且飽和低者軟)等；色彩會透過觀者的視覺感受產生直觀與聯想，但這些色彩的象徵性，會因為民族、地域、文化、宗教而有所不同(滝本孝雄、藤澤英昭，1989)。因此，在光源顏色的選擇與搭配中，需要考量橋體本身色系、設計理念以及地方文化特色等因素。若搭配得宜可達到加乘的效果，而若光色性直無法呼應橋體的色彩表現，則會有不協調感(楊士金、唐虎翔，2003)。

另外在進行光色的操作時，可以透過方便而靈活的控制系統，對橋體進行多種光色的變化和亮度進行操作，形成不同景觀效果(郝洛西，2005)。例如日本的明石海峽大橋，其鋼製塔柱使用清亮的白色光，而其懸索則以彩虹的七種顏色進行漸變效果，形成整體照明的重點，並會在假日或重要節日變化其他色彩(圖 2-22)；而我國的新北大橋，也利用燈具模組的控制，使用不同光色組合，形成多彩炫麗的效果(圖 2-23)。另外，High Line 上的人行步道，也利用光源顏色的差異，來創造不同的溫度感。High Line 的人行步道使用柔和的周邊照明，沿著護欄下側裝設線型 LED 光源，利用間接照明手法及偏向冷色調的 LED 光源，搭配多樣化的植物，與琥珀色、白色的光相互交錯，使其沐浴在涼爽而柔和的氛圍中(Descottes, H., 2011) (圖 2-24)。



圖2-22 日本明石海峽大橋(圖片來源：<http://www.yakei-kabegami.com>，下載於 2011 年)

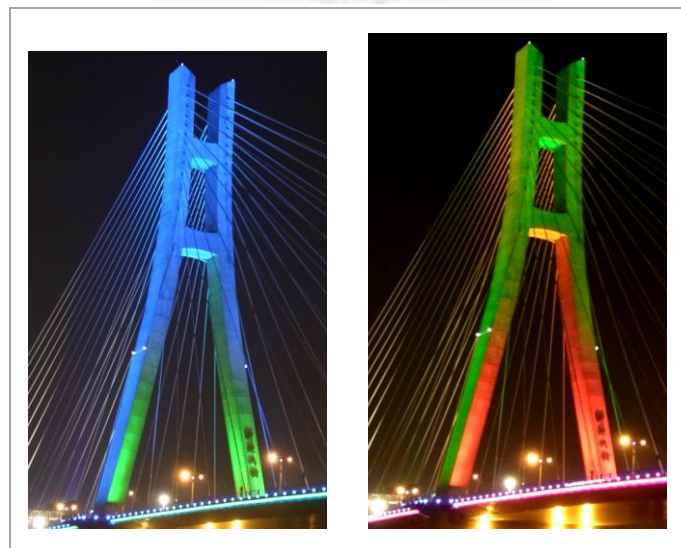


圖2-23 新北大橋(圖片來源：本研究拍攝)



圖2-24 紐約 High Line 夜間照明(圖片來源：<http://www.lobintl.com/index.html>，下載於 2011 年)

(四) 眩光控制

為確保行車安全，必須控制裝飾性照明，以保證晚間橋面機動車輛和橋底過往船隻能夠安全行駛(郝洛西，2005)。同時各方向與不同功能的光源不能夠相互干擾，造成衍射、眩光等負面影響(楊士金、唐虎翔，2003)。如左圖光復橋的塔助照明，以及大直橋的塔柱照明，均使用具有截光功能的燈具，增加照明效率，減少光溢散的比率(圖 2-25)。

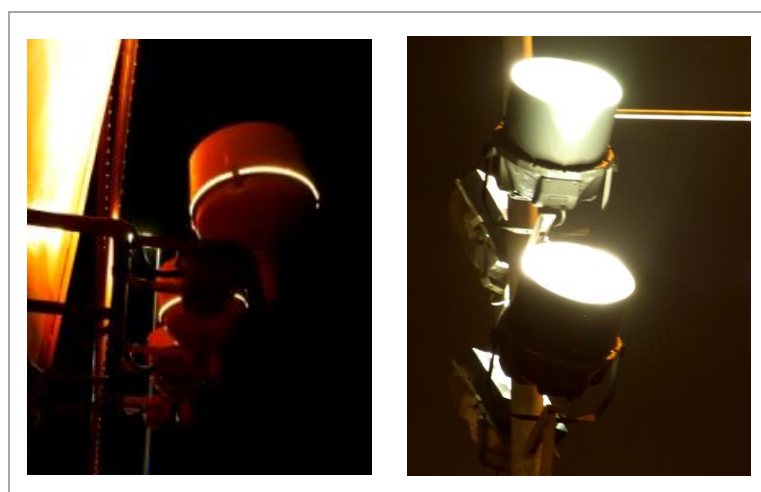


圖2-25 光復橋與大直橋照明燈具(圖片來源：本研究拍攝)

(五) 符合經濟效益

在經濟考量上，主要是考量節能設計的施行，以及燈具壽命、日後維護等多方面進行，除了必須滿足功能性照明、還需地制宜地進行景觀照明設計、竭盡所能節約用電。在提升城市夜間景觀品質的同時，避免地方政府在能源支出上的過度負荷。橋梁景照明的節能措施，應從前期規畫階段就開始進行，再配合細部的設計項目包括照明燈具配置方式、燈具選擇、供配電及照明控制等，來控制能源的使用(和丕壯，1999)。在設計的建議上，光源應盡量選擇壽命長、高光效、節能的綠色產品(郝洛西，2005)。例如光復橋的照明設備，多數照明設備均採 LED 光源，其光效高、耗能少、光束的角度小而精準，是理想的光源。

而照明設在設置時，其管線應盡可能隱蔽，避免裸露而造成的物理性損壞，在裝設時亦應考量安裝與維護的方便性(楊士金、唐虎翔，2003)。在照明控制上，可透過照明監控系統的操作來減少多餘的耗能，例如根據不同季節、時間，可分段分時開啟不同燈具。並設定不同程序，以符合平日、節假日與重大假日的觀賞需求(郝洛西，2005)。

由於橋梁龐大的量體和帶狀結構等特點，在夜間景觀成為一個亮帶，而不同形式的橋梁，以及構件組態，也成為夜景表現的亮點，這些點線結合組成的夜景格局，更體現橋梁個性美與本質美。透過以上原則的考量，將許多因素納入設計的建議中，不論是視覺上的美感、安全性、或是能源的使用，都是橋梁照明設計的重點。

第三章 案例分析

透過文獻回顧後，已可大致捕捉橋梁的審美，以及橋梁照明設計的考量因素，而本章節將透過文獻回顧內容之歸納整理，針對國外案例進行分析，同時提出國內之相同型式橋梁照明設計案例，進行相互對照，了解同類型案例中不同的手法以及設計原則的思索。

經過文獻回顧整理後，案例分析之重點如下

一、環境脈絡與基地條件：

由於橋梁所處環境特殊，且為具門戶意象、代表性之公共建設之一，對於城市地景的塑造有相當大的影響，也與城市的發展脈絡有相當大的關係，因此，此部分須了解案例的發展脈絡與建設背景、橋梁環境的歷史意義，以及橋址所處區域之發展定位與目標。

二、橋梁設計特點

此部分將由橋梁型態出發，分析其與外部環境之關係、橋梁之構件比例、材質選用、色彩搭配，以及心理引誘線之構成等面向，以了解橋梁在視覺上產生的協調、強化、吸引力等力量。

三、照明設計分析

分析橋梁照明設計之美學面向與機能面向，例如橋梁照明設計的重點選擇、立體感的展現、色彩搭配、眩光防治、節能效益，以及動態照明等使用，並綜合考量橋體本身的美學意涵、與外部環境的關係等，並總結國內外案例在橋梁照明設計上的手法、原則性的異同。

第一節 拱橋(Arch Bridges)

拱橋的心裡引誘力線呈現具有緊張感的美麗弧線，其在形態上兼具人文與自然景觀協調的美感(曲線的易融性)。而依據拱的不同，其所表現出來的質感特徵也不同，例如桁架拱強調了拱的輕巧，傳統的石拱擇突出了拱的堅固、以及自然的色澤和質感。而拱的曲線之展現，必須透過適當的跨距比，以及良好的拱腳、拱座設計，才能呈現出優美完整的形象，另外多跨偏態拱的組合，或是具有吊桿的拱橋形式，則更具城市標誌性及具力動感、活力的象徵意涵(楊士金、唐虎翔，2003)。

而本研究將選擇雪梨港灣大橋(Sydney Harbour Bridge)作為國外案例，並選擇麥帥一橋、麥帥二橋與碧潭橋之照明設計進行比較。

一、環境脈絡與基地條件

雪梨港灣大橋位於雪梨灣之西側，並與雪梨歌劇院相遙望。而與許多國家相同，這些沿海城市的港灣在貿易的歷史上、殖民、以及航海都具有重要的角色(圖 3-1)。

雪梨灣的現址比鄰原本的港灣，由於水手、盜賊等中下階層的集聚，此區域快速的成為一個貧民窟，直到 1838 年，Caroline Chisolm 來到澳大利亞，努力的遊說住房分配的觀念，提升了此區域的居住與環境品質。在此之後，雪梨灣遂成為澳大利亞主要的進出口貿易中心，並支撐起整座城市繁榮的經濟。然而至 20 世紀初，建築物開始衰退，基礎與衛生設施不敷使用，鼠疫猖獗，新南威士州政府(The New South Wales State Government)決定處理此區域的衛生問題，於是開始了雪梨灣的更新與轉型。

而雪梨港灣大橋的建造籌畫已久，當時由新南威爾斯公共工程局組工程師 J.J. Bradfield 親自主導。本橋原先構想為懸臂式橋，但為求慎重，其於定案前遠赴美國與歐洲考察，並拜訪當時橋梁大師 Othmar Ammann，請教大跨徑橋梁方案。本橋最初研擬橋型為吊橋，最後採用國際競圖方式甄選，最

後由英國多爾曼隆(Dorman Long)公司得標，初步設計由 Bradfield 負責，並因此獲得澳洲橋梁之父美稱。由 1924 年始施工至 1932 年完工通車

而在時空以及都市規劃思維的改變下，城市發展的目標已經不再只是衛生設施建立等單純的公共設施改善。1970 年，雪梨灣重建局(Sydney Cove Redevelopment Authority；SCRA)成立，並在此區域規畫有重建局辦事處、商店、飯店與高低樓層住宅。同時由居民所組成的建築工地勞動者聯合公會(NSW Builders' Labuorers' Federation)中的專業規劃師、學者與建築師提出“人民計畫”開發案，訴求將此區域的歷史保存並脫胎換骨成為一個兼具、觀光、居住等多功能的社區，成為雪梨灣重建的新目標¹¹。

今天的雪梨港灣大橋，是雪梨最重要的一條橋梁。雪梨港灣大橋所處位置，橫跨了雪梨灣與雪梨商業中心，恰好位於 The Rocks 與環型碼頭之間，且鄰近雪梨歌劇院。在 The Rocks 區域更新後，注入更多文化藝術氣息，而歌劇院又是雪梨最著名的景點之一，此區域在機能上雖是港口，但其實兼具了商業、觀光與貿易等多種價值與功能。

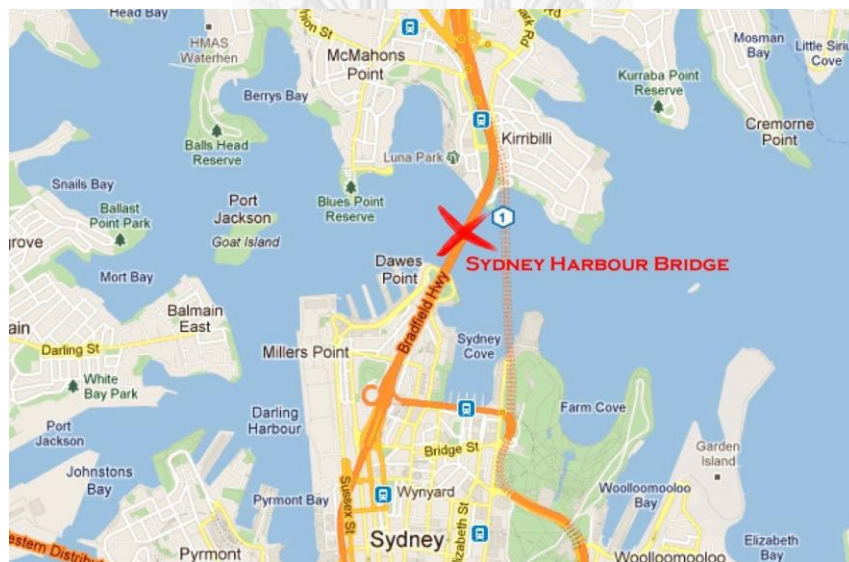


圖3-1 雪梨港灣大橋位置(圖片來源：修改自 Google 地圖，下載於 2011 年)

¹¹ 參考 <http://australia.gov.au/>

二、橋梁設計特點

(一) 橋梁型態與心理引誘線

雪梨港灣大橋為中承式鋼拱橋，長度(含引橋)為 1149 公尺，從海面到橋面的高度為 58.5 公尺，橋面寬 49m，可通行各種汽車，橋墩高 12m。兩橋墩上各有一座塔，塔高 95m，全為花崗岩製成。雪梨大橋的最大特徵就是其拱架，係為鋼製之桁架拱，拱架跨度 503m，且為單孔拱形，高度達 134 公尺，是世界上最高的鋼鐵拱橋，是為橋梁工程上一里程碑，具有重大意義(蔡俊鏡，2003)。

而在台灣，拱橋因其圓滑的優雅的外型，相當受到歡迎。與其相同的橋型例如麥帥一橋、麥帥二橋，以及關渡大橋碧潭橋等，但拱圈的形式不盡相同。麥帥一橋與麥帥二橋，均為下承式單拱圈結構，麥帥一橋分為上下兩層，使得主梁與拱圈的比例更接近，視覺上的份量也相當；而麥帥二橋則是以輕巧的吊桿撐起拱圈，斜向交叉具有均衡之美，是為尼爾遜提籃型拱橋。關渡大橋的拱圈型式，則為中承式連續拱，形成跳躍的動勢。而碧潭橋則為剛架橋及拱橋的混合型態，是為上承式拱橋，其下部拱圈與橋面具有相同材質外觀而形成一體(圖 3-2)。雪梨港灣大橋所處環境為港口，因此周邊環境所產生的視覺效果較為平坦而單純，雪梨港灣大橋以中承式鋼拱橋型態呈現，成為一種強調性的存在，亦為雪梨灣重要的意象之一。同樣的，上述之國內拱橋案例，均位於河道上，中近景的視覺觀賞感受，亦為較平坦而單純的空間組成，因此這些橋梁，就成為河道上最注目的焦點。

鋼拱之桁架以三角型為單元，依橋梁寬度變化而產生具韻律的排列，桁架結構增加了橋梁在視覺上的穩定性與活潑感，等距的吊桿也呼應了拱架過程中的節奏。兩端的塔則為拱架形成良好的收尾，以適當的比例和低調穩定的結構與橋梁整體搭配，似四個巨大的石釘，將大橋固定於此處，並為空洞的桁架結構，更增添了確實的存在感。相較之下，麥帥一橋與麥帥二橋之拱

圈，較為簡單清爽，雖然少了古典的韻律之美，但也展現了其簡約之現代性，同時由於拱圈之量體較小，吊桿形式或是其他構件的表現，在細節上必須花費更多心思處理，以達到良好的比例平衡。

其心理引誘線由拱架主導，在海平面上形成優美而具動勢的弧形，具有一躍而過的氣勢。而連續拱的心理引誘線，與單拱的心裡引誘線明顯不同，尤其同為中承式的關渡大橋，在大跨距的要求下選擇了連續拱的型式，使得心裡引誘線如同在河面上打水飄，相對於雪梨港灣大橋的平穩，形成一種跳躍的動勢。



圖3-2 各式拱橋(圖片來源：如上，下載於 2011 年)

(二) 材質與色彩選用

雪梨港灣大橋的材質，使用鋼與石材組成，鋼的冷硬與陽剛氣息，與拱的柔和曲線在比例上形成巧妙平衡，而花崗岩塔的使用，也增添了橋體視覺上的活潑感與變化。

在色彩運用上，則考量周圍環境特性，雪梨灣與天空構成開闊的藍色背景，而整座橋體的色彩基調以灰色為主，使其由背景中浮出，同時也能夠忠實表現材質的特性。而相較之下，台北關渡大橋雖同為鋼拱橋，但是橋體使用紅色塗料，鮮紅色為華夏民族所喜好的色系，亦為自然環境中少有的顏色，因此使整座橋梁成為淡水河口上最明顯的前景(圖 3-3)。



圖3-3 雪梨港灣大橋與關渡大橋色彩搭配(圖片來源：如上，下載於 2011 年)

三、照明設計分析

雪梨港灣大橋於 50 年代末期始進行鋼拱和橋墩的投光照明，由英國的照明公司得標，負責其設計、燈具的供應與裝設，並於 1961 年完成夜間照明。最初鋼拱部分使用水銀燈，橋墩為白熾燈，後來改為鹵素燈。80 年代時，經由飛利浦照明公司進行改造，並在 1987 年，獲得國際照明設計師學會的 Edwin F Guth Memorial Award of Excellence 獎(郝洛西，2005)。

(三) 美學面向

對於拱橋而言，橋體構成的最重要構件，即為橋面與拱圈 (Troitsky, M. S., 1994)，雪梨港灣大橋照明設計中的要素的選擇，將重點放在其剛柔並濟的桁架拱，以及四座塔上。桁架拱的照明是以冷白色高壓水銀燈對橋的側面進行照明，鋼拱桁架的走向與剛硬的質感，在這樣的設計中，成為一條被光編織成的柔軟絲帶，穿越橋面、劃過夜空，與雪梨歌劇院並陳，成為此區域夜景最重要的意象之一。而橋體照明設計的端點，就是四座聳立的花崗岩塔，此四座塔是雪梨港灣大橋的橋墩，其使用暖黃色的高壓納燈，以大面積單方向投光的方式操作，由於其照射角度較低，因此能夠清楚表現花崗岩材質的紋理陰影，不僅在色彩搭配上形成一種對比，暗示不同構件在功能美學上負擔的不同功用，同時也增加了在夜間的活潑感(圖 3-4)。

而相較於同為鋼拱橋的麥帥二橋，其照明設計則是以拱架、主梁、橋腹做為設計重點。麥帥二橋拱架為尼爾遜提籃型拱架，造型上較桁架拱輕巧簡單，在照明表現上使用多彩 LED 燈，以藍、綠、紫、黃等不同光色進行照明，將其斜向吊桿、提籃型拱架之橫桿渲染為相同顏色而形成一體，但由於其光束角度大，照明面積均勻，但是配置燈具不足，使得拱架形成明顯光斑，反而無法呈現出橋體細部的美感；而由於麥帥二橋下恰為河濱公園，夜間活動頻繁，因此橋腹的照明設計亦為一大重點，在橋腹的照明設計，則是以暖黃光為基調，並以 LED 多彩光源在橋腹側面向內進行投射，使橋腹與拱架之色彩呼應，展現出橋梁構件秩序之美，並倒映在河面上形成相呼應的光帶(圖 3-5)。主梁部分則在橋側布置線狀 LED 光源，強調水平方向的動勢與延展性。

在下承式拱橋中，主梁位居於拱的上位，其所表現出的重量感必須與拱的存在呼應，使兩者具相同的視覺份量，因此在碧潭橋的照明表現上，主梁反而成為照明表現的主體，在橋側配置線狀的 LED 光源，向下投光，產生綠、藍、紫、紅等多種色彩，並使用動態照明不斷變化光色，然而此種動態

變化雖然炫麗奪目，但在碧潭半自然的風景下，此種照明設計反而太過喧嘩。而在拱的部分則在內外側均配置光源，增加投射方向創造立體感。不同的光色與設計，使得原本一體成型的碧潭橋，被拆解成兩部分，難以表現原有的橋梁美感(圖 3-6)。

同為拱橋，雪梨港灣大橋與麥帥二橋均以“面光法”為主要的照明表現手段，並在交叉的吊桿交點上配置點狀光源做為點綴；而不同於此兩座橋，麥帥一橋則是使用“點光法”與“線光法”來展現其夜間魅力。在拱架上以黃色的光點，描繪了麥帥一橋的輪廓，並以藍色光點，來分隔麥帥一橋獨特的上下兩車道，同時以 LED 線狀光源，來構築麥帥一橋完整的外型。但可惜的是，由於 LED 光源發展進程較短，在戶外使用上穩定度不佳，因此損壞率亦高，經常無法在夜間窺見其照明設計之全貌(圖 3-7)。

(四) 機能考量

雪梨港灣大橋在燈具的選用上，均使用標準產品，鋼拱兩面照明使用冷白色高壓水銀燈，裝設在桁架與拱的交點上，並使用窄光束燈具，以控制投射角度並有效率的使用能源；在橋墩的照明上將原本的鹵素燈換成暖黃色的高壓納燈，不僅可增加亮度，亦可減少耗能。(郝洛西，2005)。

麥帥二橋在燈具選用上，剛拱兩面照明使用的是光束角度較大的燈具，雖然使用較節能之 LED 燈具，但燈具設置角度不佳，大角度光束無法發揮良好作用而形成光斑，但在橋腹的照明上，則使用了兩種不同色彩的 LED 光源、窄光束之燈具進行照明，兼顧了美學需求與節能效益之考量。碧潭橋的光源選用 LED 燈與高壓納燈，均為高發光效率之燈具，節能效益頗高。而麥帥一橋雖使用 LED 燈具，但損壞率亦高，節省了耗能卻增加了維修費用，亦犧牲了夜間河濱景觀的整體美感。

綜述以上內容，簡要整理其照明設計之異同：

表3-1 拱橋國內外案例照明設計比較

	環境	尺度大小	重點選擇	照明手法	光色	光源	動態照明
雪梨港灣大橋	港口	跨徑 503 公尺 拱高 134 公尺	拱、橋墩	面光	白、黃	高壓水銀燈 高壓鈉燈	X
麥帥一橋	河濱	雙層橋 跨徑 166 公尺	拱、吊桿	點光、線光	黃、藍、紫	LED	√
麥帥二橋	河濱	跨徑 210 公尺	拱、吊桿	面光、點光、線光	綠、藍、紫、黃	LED	√
碧潭橋	河濱	跨徑 160 公尺	主梁、橋墩	面光	紫、藍、紅、綠、黃	LED 高壓鈉燈	√





圖3-4 雪梨港灣大橋照明設計整體表現(圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/>，下載於 2011 年)



(a)麥帥二橋照明設計整體表現

(b)麥帥二橋橋腹照明設計

圖3-5 麥帥二橋照明設計(圖片來源：本研究拍攝)



圖3-6 碧潭橋照明設計整體表現(圖片來源：本研究拍攝)



圖3-7 麥帥一橋照明設計整體表現(圖片來源：本研究拍攝)

第二節 懸索橋(Suspension Bridges)

懸索橋是利用索塔將主纜架起，並使用吊桿把橋面懸掛起來的結構，而做為承載和傳遞力的懸吊系統，構成了懸索橋的基本型態，體現出懸索橋的美學特徵。而主纜的拋物線形，以及懸空的橋面、富有韻律感的吊桿，都使懸橋展現其獨特魅力。懸索橋剛勁的樑、高揚的塔，以及主纜化出的優美弧線，表現出力線明快且流暢優雅，曲線與直線相互平衡，柔中帶剛且氣勢磅礴。在其整體造形中，索塔是其重點，而在索塔的結構上，可以調整其與主纜垂度的比例，或是以漸縮、豎向線條等手法來調整整體的視覺效果。或對塔柱、橫梁、塔座等進行圓角或柔化處理，表現其典雅溫潤之特質。

本研究將選擇舊金山金門大橋與台北的碧潭吊橋，針對其景觀照明表現進行比較分析。

一、環境脈絡與基地條件

舊金山位於加州海岸一個狹長半島的尖端，並有「金門城市」的別稱，其市區為典型之丘陵地形，城內道路多有起伏，舊金山半島三面環水，為典型的涼夏地中海氣候¹²。其東臨舊金山灣，西濱太平洋，北隔金門海峽(Golden Gate)和對岸的半島相望。東邊有海灣大橋(Bay Bridge)和奧克蘭相接，西邊有金門大橋和北方的馬林縣相接。圍繞著舊金山灣的大小城市與有「霧都」之稱的舊金山合成所謂的「灣區」(Bay Area)，金門大橋就坐落於舊金山灣的窄口處(圖 3-8)，因此得名，並因為其特殊的地理位置、極大的跨度、及與地名相同的橋名，使得此橋成為舊金山的代表性地標，也是著名的觀光勝地。

¹² 參考 <http://www.sfgov.org/>

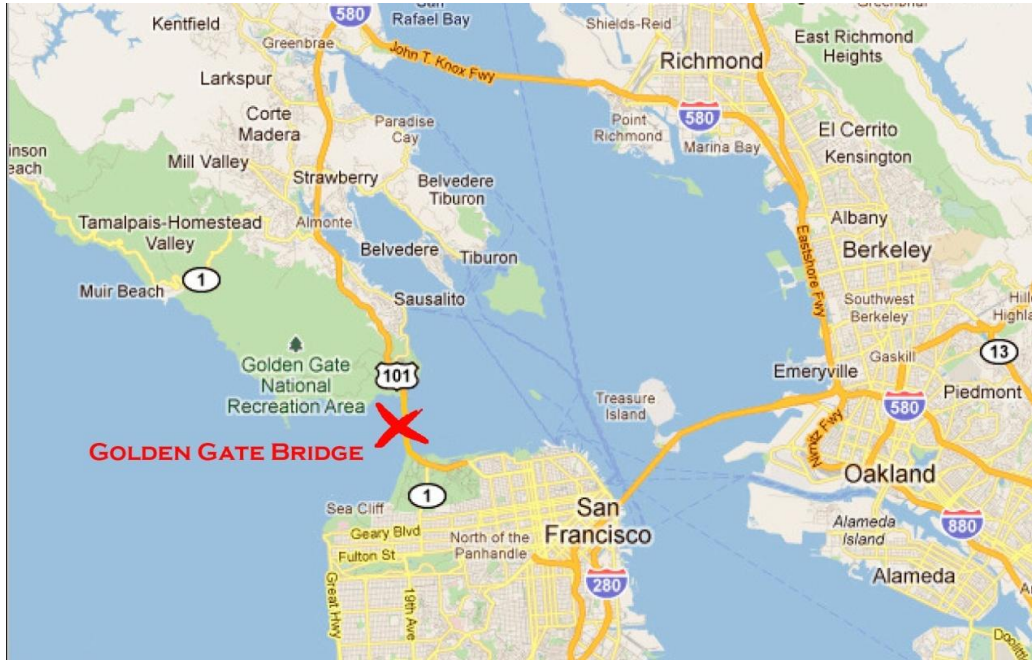


圖3-8 金門大橋位置(圖片來源：修改自 Google 地圖，下載於 2011 年)

金門大橋的興建原先起緣於舊金山工程師 Michael O'Shaughnessy 的野心，但是直到結識 Joseph Strauss 後，計畫才逐漸成形。此計畫的真正規劃與執行，均由 Joseph Strauss 負責，並受命擔任金門大橋總工程師，Joseph Strauss 於 1917 年提出金門大橋的建造構想，但是由於擔心渡口船家之生計、軍事領袖和工商業界擔心造橋影響港口運輸等理由，使得 1930 年才通過建橋計畫。特別的是，金門大橋不屬於舊金山或加州政府交通處，而是由金門大橋及公路行'特別轄區'所管轄，以及負責日後維修工作，該特別轄區有六個郡所組成，總工程造價 3500 萬美元，由轄區居民投票同意後發行公債以支出建橋費用，因此對居民來說更別具意義。

此橋規劃之初並非是目前的吊橋構造，而是 1921 年 Joseph Strauss 提出 4000 英尺結合吊橋和懸臂式桁架的混合體，但其外型招致許多批評，直至 1925 年著名結構工程師安曼提出 4000 英尺的吊橋構想，Joseph Strauss 即改採主跨徑 4200 英尺(1280 公尺)的吊橋構造，使北橋塔座近陸岸，減少水中

施工的困難度，並在南岸舊金山側配置鋼拱橋，跨過美國歷史古蹟內戰時期的要塞，形成特殊景觀(蔡俊鏡，2003)。

由 1937 年通車至今，至此金門大橋已陪伴舊金山走過 60 幾個年頭，其成為往來舊金山與馬林縣的最重要通道，也是深烙人心的舊金山象徵性圖像及地標。

二、橋梁設計特點

(一) 橋梁型態與心理引誘線

金門大橋為大跨距懸索橋形，其全長為 1966 公尺、主跨徑為 1280 公尺、橋寬 27 公尺。懸索橋是利用索塔將主纜架起，並使用吊桿把橋面懸掛起來的結構。而做為承載和傳遞力的懸吊系統，構成了懸索橋的基本型態，體現出懸索橋的美學特徵。而主纜的拋物線形，以及懸空的橋面、富有韻律感的吊桿，都使懸索橋展現出其獨特魅力。懸索橋的心理引誘線，是由主梁、索塔和主纜所構成，而垂直的吊桿與索塔平行，有助於展現向上的動勢。懸索橋的樑、塔、纜構成簡潔的構圖，剛勁的樑、高揚的塔，以及主纜畫出的優美弧線，表現出力線明快且流暢優雅，曲線與直線相互平衡，柔中帶剛且氣勢磅礴。在懸索橋的整體造形中，索塔是其重點，而在索塔的結構上，可以調整其與主纜垂度的比例，或是以漸縮、垂直線條等手法來調整整體的視覺效果(楊士金、唐虎翔，2003)。

金門大橋的索塔高 227 公尺，並逐漸向上遞減，增強其向上延伸的效果。其索塔面在橋面上下為不同的支撐結構，橋面以上採框架式水平支撐，搭配漸縮效果創造出完美比例，而橋面下則以 X 型的支撐配置。金門大橋的景觀美學設計，橋塔是其重要象徵，Joseph Strauss 聘請兩位著名建築師：John Eberson 和 Irving F. Morrow，Eberson 採用哥德式拱造型鋼橋塔，而 Morrow 則偏向於摩天大樓漸縮式的造型，配合中空細胞狀(Cellular)結構之鋼橋塔，即為目前所見之造型。主塔水平橫向支撐共四根，上兩根深 7 公尺，下兩根

深 9 公尺，兩者比例為 1:1.33(蔡俊鏡，2003)，另外，懸索橋相當講究索塔的造型，因此可以主纜曲線為基調，對塔柱、橫梁、塔座等進行圓角或柔化處理，表現其典雅溫潤、剛柔並濟之特質(圖 3-9、3-10)。

然而在台灣的都市區域中，懸索橋較為少見，反而較常見於山林或是郊區間，其中碧潭吊橋就是著名的例子。碧潭吊橋長 200 公尺，東西兩岸平均寬約 150 公尺，橋寬 3.5 公尺，橋塔高度 20 公尺。索塔使用 X 型與水平兩種方式支撐，並配合其接合處調整索塔鋼柱之寬度，藉此反應力的傳遞方向。但其索塔與跨徑之比例較小，顯得索塔力勢難以展現，其張力無法支撐吊橋橋面之視覺延伸效果。

(二) 材質與色彩選用

金門大橋塗裝色彩有別於海灣大橋之軍艦銀灰色，Morrow 希望能夠跳脫出藍天灰霧的背景色，因此選用“國際橘”(International Orange)做為其整體色彩，並呼應鄰近的馬林山(Marin hills)橘紅色的山岩。

相較之下，碧潭吊橋之索塔為白色，在潭水以及蔥鬱的綠蔭中格外顯眼，主纜使用鋼索之原有材質顏色，主梁之欄杆則塗裝紅色，與潭水、藍天形成對比，但塗裝面積小且量體不大，近觀尚可，若遠觀則無法觀其全貌。在橋梁設計上，由於碧潭吊橋量體較小，且為行人用橋，因此在細部設計上應創造可呼應環境特色之附屬設計，但碧潭吊橋在橋梁設計上，巧思仍不足(圖 3-11、3-12)。



圖 3-9 舊金山金門大橋全貌(圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/>，下載於 2011 年)



圖3-10 舊金山金門大橋索塔造型(圖片來源：<http://justinsomnia.org/>，下載於 2011 年)



圖3-11 碧潭吊橋全貌(圖片來源：<http://www.worldatlaspedia.com/>，下載於 2011 年)



圖3-12 碧潭吊橋索塔造型(圖片來源：本研究拍攝)

三、照明設計分析

(三) 美學面向

金門大橋用兩根 94cm 的鋼纜懸掛，兩橋塔間的主跨度 1280m，索塔高 227m。而由於其量體極大，除功能性照明外，景觀照明部分則僅需針對橋梁重點構件進行照明，不必要將每處照亮。在照明重點的選擇上，金門大橋照明設計著重在索塔以及燈具的型式，而索塔的照明是由下而上投射光束，配合索塔向上漸縮的設計，適當的創造出陰影，也能表現索塔在框架上的細部設計內容，同時由於光源由單一方向投射，使得索塔頂部幾乎沒有光照，這樣的漸變照明，配合了索塔漸縮的設計，表現大橋直衝雲霄的氣概¹³(圖 3-13)。而除了照明設計之外，其燈具造型配合橋體進行設計，以呼應索塔的材質與造型，使照明設備成為橋體的一部分，以弱化的方式隱蔽燈具的存在(圖 3-14)。

碧潭吊橋相較之下，量體較小，在表現上對於索塔、主纜均有所著墨。在索塔的照明表現上，由下方投射兩組高壓納燈，以大角度光束投射暖黃色的光，將白色的索塔染上溫暖的黃色，微微泛舊的黃色與周圍山水環繞的環境相配，但在陰影表現上較難展現出層次；而在主纜的表現上，則是使用 LED 多彩色光，以點光法進行表現，暗示主纜與力的傳遞路徑，構築夜間的心理引誘線，並加入色彩的動態變化，增加照明表現的活潑感，卻同時也弱化了索塔的存在感(圖 3-15)。另外，其在照明設計上未考量周邊其他橋梁的照明表現，碧潭吊橋與碧潭橋僅距 250 公尺，兩者均以動態彩色光變化為主要設計，但兩者手法與橋型等差異極大，過度的強調動態照明反而會產生混亂效果，模糊焦點(圖 3-16)。

¹³ 參考 <http://www.goldengatebridge.org/>



圖3-13 金門大橋照明設計整體表現(圖片來源：<http://www.msnbc.msn.com/>，下載於 2011 年)



圖3-14 金門大橋燈具造型(圖片來源：<http://justinsomnia.org/>，下載於 2011 年)



圖3-15 碧潭吊橋照明設計整體表現(圖片來源：本研究拍攝)

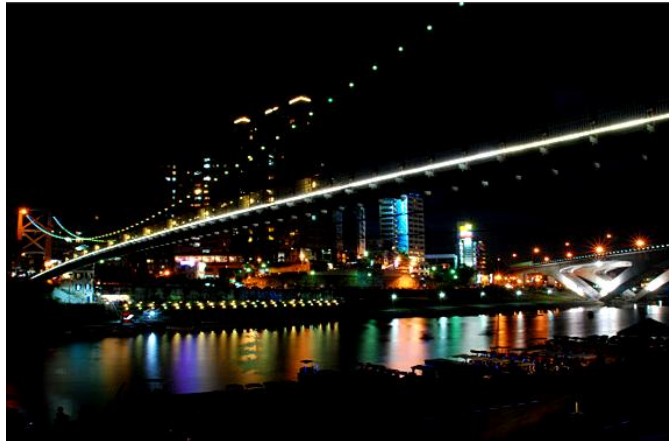


圖3-16 碧潭吊橋與碧潭橋夜間照明(圖片來源：<http://blog.xuite.net/>，下載於 2011 年)

(四) 機能考量

金門大橋在 1937 年時，所使用的光源是黃光的低壓鈉燈，以提供道路照明，45 年後，高發光效率、壽命長、演色性高的暖黃色高壓鈉燈取代了原來的光源，並且為了保持原有光色，加設了黃色的濾色鏡。1987 年，橋梁景觀照明正式點燈，其位於道路上下方各配置 12 套高壓鈉燈，以對索塔進行照明(郝洛西，2005)。由此可見，金門大橋照明設計的光源選擇，不僅考慮橋體色彩的表現，亦考量能耗與維護的問題，以達到最佳的經濟效益。

碧潭吊橋的設計，在光源的選擇上，選用高壓鈉燈做為索塔投射燈，LED 多彩色光則做為主纜與橋側的光源。其所選擇光源均為發光效率高且低耗能者，以降低能源支出成本。

綜述以上內容，簡要整理其照明設計之異同：

表3-2 懸索橋國內外案例照明設計比較

	環境	尺度大小	重點選擇	照明手法	光色	光源	動態照明
舊金山金門大橋	海灣	全長 1966 公尺·主跨徑 1280 公尺	索塔	面光	黃	高壓鈉燈	X
碧潭吊橋	河濱	跨徑 200 公尺	索塔、主纜、主梁	面光、點光、線光	紫、藍、紅、綠、黃	LED 高壓鈉燈	√

第三節 斜張橋(Cable-stayed Bridges)

斜張橋在橋墩上設置塔柱，並以錨固定在索塔上，同時用簡單的直線構成強勁挺拔的視覺效果。斜張橋主樑的橫向延展是其水平方向的心理引誘線，而塔柱則線向上伸展的動式和拉索的力動感，與主樑有互相平衡的作用。斜張橋的魅力就在於其輕巧，以及纖細的主樑形成簡潔舒展的跨越感、細長的吊索，則形成具韻律感的序列規則。另外，塔柱的型態主導著基地的環境空間，並反映建橋的時代背景，具有象徵性與標誌性意涵(楊士金、唐虎翔，2003)。

本研究所選擇之國外案例，為伊拉斯穆斯橋(Erasmus Bridge)，而國內案例則選擇新北大橋、光復橋、以及大直橋，針對其景觀照明設計進行比較分析。

一、環境脈絡與基地條件

鹿特丹(Rotterdam)是全世界最忙碌的港口，也是荷蘭的第二大城，其位於南荷蘭省的Nieuwe Maas 河畔，是歐洲最大的海港，每天有許多船隻進出，並在歐洲戰略上占有重要地位。鹿特丹的近代的發展歷史，可追溯到 1328 年，當時人們開始定居在河口，不斷的擴大並形成小漁港，憑藉著其地理位置優勢，成為 16 世紀與西班牙貿易時的重要港口¹⁴(圖 3-17)。

二次大戰後，被德國軍對攻陷的鹿特丹，原有老舊建築幾乎全數被摧毀，而促使城市重建，並開始顯現出其現代風貌。馬斯河(Mass river)南岸為鹿特丹興新市區重建所在，高品質住宅沿水岸興建。而以偉大哲學家命名的伊拉幕斯大橋就坐落在內港區域，此橋建於 1993 年，1996 年完工，其跨越 400 公尺寬的馬斯河，具有斜張橋與活動橋兩座橋並成為鹿特丹的重要地標。

¹⁴ 參考 <http://nsurance.essentialtravel.co.uk/>

此橋由是政府公共工程部負責，並規劃國際邀標競圖，規定由建築師主導。其造橋目的是希望塑造鹿特丹新地標，最後由阿姆斯特丹建築師 Ben Van Berkel 所設計，設計課題包含了管理、環境施工與美學，而其中美學為最重要考量因素，此橋梁可說是集建築師、工程師與照明專家三者合作的最佳案例(蔡俊鏡，2003)。Erasmus Bridge 位於港區河道上，水面開闊，視覺景觀看似單純，但在橋體周圍，圍繞著許多地標建築物，例如的 New Luxor 劇院，以及 KNP 區域總部、世界港口中心等建築物，並以橋梁之橋塔為頂點，構成此區域的天際線(圖 3-18)。



圖3-17 伊拉斯穆斯橋位置(圖片來源：修改自 Google 地圖，下載於 2011 年)

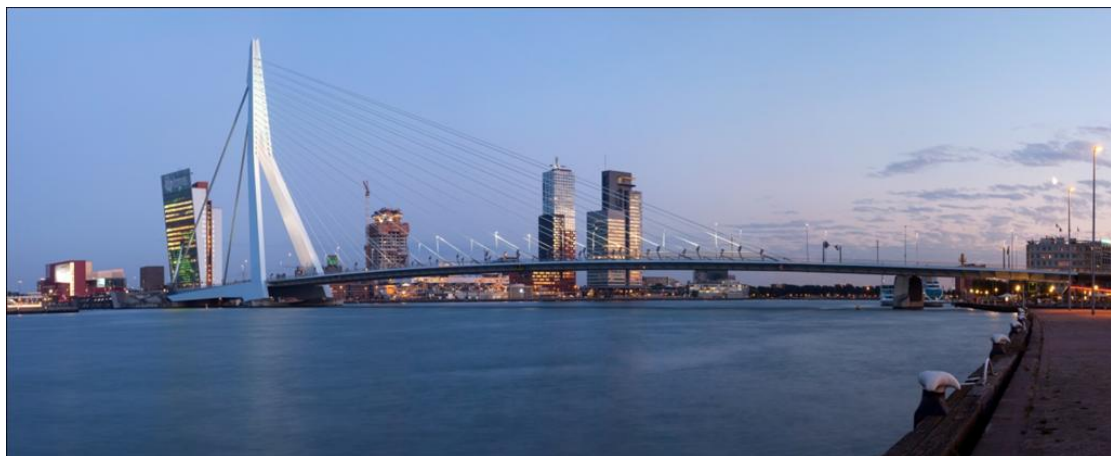


圖3-18 伊拉斯穆斯橋全貌(圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/>，下載於 2011 年)

二、橋梁設計特點

伊拉斯穆斯橋的橋型設計為平衡載重的構想，主橋 802 公尺，在橋梁南端並有活動橋，塔柱高 139 公尺，主橋採單側不對稱式雙跨徑斜張橋，主跨徑以 16 對吊索懸吊主梁，橋面配置雙向 6 個車道。

(一) 橋梁型態與心理引誘線

此案例之主塔設計之構件無任何垂直元素，但都在電腦模擬中解決了施工細節問題，特別為橋塔部位，其採用 67 度斜向倒 Y 造型，塔高直逼鹿特丹最高樓，主跨徑以配合高度比約為 2:1，並刻意塑造轉折彷彿雕塑造型，並搭配張力之平行索，代表城市動態感。此橋塔之原始構想來自西班牙的 Alamillo 大橋，但不同的是，Alamillo 大橋完全利用塔重來平衡吊索力，但此橋則增加背拉吊索，形成穩定的三角平面配置，達到結構平衡及經濟性(蔡俊鏡，2003) (圖 3-19)，此橋梁之塔柱與以往的斜張橋經驗不同，與其說是一座橋梁，不如說是一座大型的城市公共藝術更為恰當。

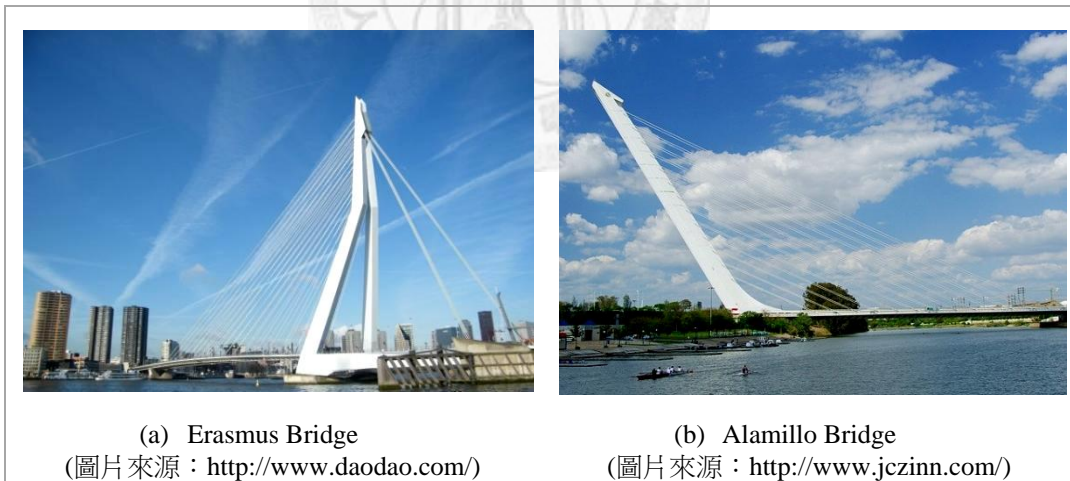


圖3-19 Erasmus Bridge 與 Alamillo Bridge 外形比較(圖片來源：如上，下載於 2011 年)

長久以來，斜張橋所具有的現代速度感與輕巧結構，成為城市空間中大跨距橋梁之首選，其不僅符合台灣的水文特性，減少在河道矗立橋墩的機會，降低沖刷，且高聳的橋塔和特殊的外形，也成為城市的區域性地標。在台灣

有許多斜張橋案例，例如二重疏洪道上的新北大橋、新店溪上的光復橋，以及基隆河上的大直橋等，而這些斜張橋都有各自獨特的型態特徵。

新北大橋塔柱為單塔式之倒 Y 型橋塔，橋塔形態由下而上漸縮，形成延伸向上之感受，在視覺上的高度也更具拉伸效果，使塔柱看來更為高聳。其索面採雙索面形式，扇狀之索面結構，一側 26 條共 52 條吊索，由於吊索數量多，又是平行設置，視覺上看似一面薄牆，輕盈而穩固(圖 3-20)。

光復橋塔柱採雙塔式門型塔柱，用以口字型門形塔柱，阻斷了視線的上延伸感，取而代之的是平穩的水平延展。光復橋索面為輻射式雙索面，其吊索數量少，一支塔柱單側僅 4 條吊索，在視覺上相當簡潔有力，輻射狀吊索與塔柱夾角較大，向水平方向展開，更強調了橋梁的一維方向(圖 3-21)。

大直橋塔柱係採單塔及釣竿形單柱式之設計，此塔柱展現出強烈的力道，而塔柱由下而上逐漸變細，更在視覺上將力學的張力集中於塔柱頂端，使原本是為一靜態存在的橋梁，具有動態感。而在形態上，雖然其為單索面設計，但是相當活潑，從側面觀看，索面看似在同一平面上延伸，但稍稍轉換個角度，發現另一側索面如同展翅一般向兩邊開展，同時展現了本橋的輕盈與動感(圖 3-22)。



圖3-20 新北大橋全貌(圖片來源：<http://www.flickr.com/photos/>，下載於 2011 年)



圖3-21 光復橋全貌(圖片來源：本研究拍攝)



圖3-22 大直橋局部(圖片來源：本研究拍攝)

(二) 材質與色彩選用

伊拉斯穆斯橋之橋塔為混凝土塔，並以雪白色之塗料塗裝，由於其色彩與特殊造型，此橋被戲稱為天鵝(The Swan) (圖 3-23)，藉以想像天鵝悠游在河面的景象，而橋梁的白色塗裝，使橋體與北海天空背景融為一體，優雅勾勒出城市天際線來。



圖3-23 Erasmus Bridge 與天鵝之意象比較(圖片來源：<http://totallylookslike.com/>，下載於 2011 年)

新北大橋亦為混凝土塔，在色彩上維持材質原有之顏色與質感，原有的混凝土材質，其剛毅、穩重而粗糙的表面形態，表現了三重區工業大城的形象，而其附屬設施的均塗裝為淡紫色，隱藏於背景之中，以凸顯塔柱的氣勢。

光復橋塔柱為混凝土塔，但在色彩運用上，其塔柱塗以自然界中少有的鮮紅色，凸顯了塔柱的存在感，以及此橋梁在區域發展中的重要性，也與萬華地區熱鬧而傳統的形象相符。

大直橋之塔柱為混凝土塔，在塗料上使用米白色，為單柱式的塔柱，視覺上看起來更輕盈優雅。紅色吊索與白色塔柱，與藍色的天空形成強烈反差，利用色彩表達了力的傳遞路徑，同時創造出斜張橋特有的緊張感與動勢。

三、照明設計分析

(一) 美學面向

伊拉斯穆斯橋的照明設計相當特別，其照明設計完全將橋梁視為一座城市的“藝術品”來對待。此橋的照明設計是由 Douglas Brennan 及 Andre Tammes 設計其景觀照明。其照明表現重點為塔柱、索面與橋面板，在塔柱部分，將燈光投射在 Y 型之間，使極具特色的橋形成為空靈的剪影，並將

吊索投以均勻的面光，使白色的吊索轉為一條條的光鍊，吊索的存在顯現了結構的張力以及穩定的存在感，如同城市夜間的理性解放，伊拉斯穆斯橋在白天扮演著橋梁的角色，在夜晚則是一件美麗優雅的雕塑作品，使其成為鹿特丹的重要景點與城市地標(圖 3-24、3-25)。伊拉斯穆斯橋的照明設計曾榮獲國際 IALD 照明設計大獎，並被評審稱許為照明與建築的最佳結合案例(郝洛西，2005)。



圖3-24 伊拉斯穆斯橋照明設計整體表現(圖片來源：<http://www.medgar.com/>，下載於 2011 年)



圖3-25 伊拉斯穆斯橋照明設計投光方向(圖片來源：<http://www.trekearth.com/>，下載於 2011 年)

而新北大橋之照明設計，則是著重在塔柱與主梁橋側上。塔柱的照明上使用面光法，以多種光色組合渲染，並搭配不同光源角度，使光能夠均勻的照射在塔柱上，讓塔柱在視覺上成為一座“發光體”，而在在照明渲染上，將

塔柱分為上下兩部分，並定時動態變化，其光色的使用搭配中，主要色彩有藍色、紫色、紅色、綠色、黃色等色彩，大量的光色變化則配合主梁橋側的線形 LED 彩光，同時變換色彩，且色彩之色調差異大，這樣的設計確實容易吸引目光，但是對視覺過度刺激，容易使觀者產生疲勞現象(圖 3-26)。



圖 3-26 新北大橋照明設計整體表現(圖片來源：本研究拍攝)

而在光復橋的照明表現上，不論是塔柱、主梁或式欄杆等附屬設施，均設置有照明系統。塔柱使用面光法和點光法的組合；面光法使用由下而上投射燈光，在色彩上則使用與塔柱色彩相互協調的黃光，在紅色的顯色上具有加乘的效果。而在吊索與橋側的照明表現上，使用點光法勾勒吊索輪廓，與塔柱柱邊的點光法形成呼應，並連貫為一體。吊索上的 LED 燈採點狀分布之方式，並配合閃爍、沿線點亮、光色跳躍式改變等動態照明模式，但由於其光色組合多且複雜，使人眼花撩亂，雖然在視覺上達到吸引觀者的效果，但無法呼應橋梁構件所表達之簡潔有力的視覺感受。而在欄杆的照明上，則使用面光法，光源方向由下而上，並使用多顆 LED 燈動態改變光色進行照明。然由於光色變迅速，且色彩飽和度高而強烈，常予人混亂與庸俗之感(圖 3-27、3-28)。



圖3-27 光復橋照明設計整體表現(圖片來源：本研究拍攝)



(a)光復橋吊索與塔柱連結處照明設計

(b)欄杆與橋側之照明設計

圖3-28 光復橋細部照明設計(圖片來源：本研究拍攝)

相較之於新北大橋與光復橋對動態彩光照明的著墨，大直橋的照明設計就顯得較為簡單優雅。大直橋的塔柱照明採用面光法，以不同方向之光源對塔柱進行渲染，以均勻的讓表面受光。塔柱照明的光色為暖黃光，搭配原有的塔柱色彩，與其單柱形式和形態的搭配，再加上暖黃光的烘托，便顯得像紙一般輕巧而優雅，整體視覺感受展現出橋的力勢和高雅。而在主梁橋側則使用線光法，使用 LED 燈具模組，定時進行動態色彩變化，其顏色共有紅、綠、藍三種，轉變時採用漸變方式，是此橋梁唯一的動態照明表現，其漸變速率慢、面積小、表現方式溫和，不致搶去塔柱風采；而橋腹則使用面光法，在橋梁外側向內投射燈光，此種照明方式不僅展現了橋腹構件的立體感，並以一種類似“內透光”的方式，均勻的照亮橋腹，並收斂至塔柱底端。這樣的

照明手法，就像是光向直接從構件內穿透而出，並在河面上形成倒映，白色橋腹透過這樣的照明表現，展現了輕盈、優雅的透亮感(圖 3-29、3-30)。



圖3-29 大直橋照明設計整體表現(圖片來源：本研究拍攝)



(a) 大直橋橋腹照明設計
(圖片來源：本研究拍攝)

(b) 大直橋主梁橋側照明
(圖片來源：<http://www.canonfans.biz/>)

圖3-30 大直橋細部照明設計(圖片來源：如上，下載於 2011 年)

(二) 機能考量

伊拉斯穆斯橋的照明使用 LED 白光做為主要光源，其具有高發光效率以及高演色性等特性，達到良好的節能效率。

而新北大橋所有光源均使用 LED 光源，兩端每面個配有四座 LED 模組燈具；而塔柱的較寬面，每一側均配有 12 座 LED 燈模組燈具進行照明。每

一組 LED 燈具模組均配合電腦控制，進行光色的動態變化，並搭配特殊光學透鏡，以集中光束進行遠距離投射，減少光的逸散，亦可降低眩光的危害。

光復橋所使用之為高壓納燈，與 LED 彩光模組光源，高壓納燈的特性相當適合戶外投光使用，且發光效率高、壽命長，為常見的戶外照明光源，而在燈具使用上，則使用遮光罩等截光設備，限制其投射範圍，並降低了眩光對用路人的危害，同時控制橋梁景觀照明點燈時間，配合周圍夜間活動時間，約在晚上七點亮燈，十一點熄燈。

大直橋塔柱之光源為複金屬燈，在燈具選用上使用遮光罩之截光設備，將投射燈照明限制在一定範圍避免眩光產生。在節能照明方面，為減少能源消耗，避免深夜時段的光害，大直橋景觀照明於晚上七點整亮燈，至晚上十點整熄燈，也配合了此區域周圍的夜間活動時間。

綜述以上內容，簡要整理其照明設計之異同：

表3-3 拱橋國內外案例照明設計比較

	環境	尺度大小	重點選擇	照明手法	光色	光源	動態照明
伊拉斯穆斯橋	港口	全長 1074 公尺，主跨徑 284 公尺	塔柱、索面	面光	白	LED	√ (重要節慶)
新北大橋	疏洪道	全長 1100 公尺，主跨徑 400 公尺	塔柱、主梁	面光、點光、線光	紫、藍、紅、綠、黃	LED	√
光復橋	河濱	四跨、最大跨徑 134 公尺，總長 400 公尺	塔柱、索面、主梁、欄杆	面光、點光、線光	紫、藍、紅、綠、黃	LED 高壓納燈	√
大直橋	河濱	全長 823 公尺，主跨徑 245 公尺	塔柱、主梁、橋腹	面光、線光	暖黃、紅、綠、藍	LED 高壓納燈	√

第四節 樑式橋(Girder Bridge)

一、橋梁設計特點

樑式橋之橋梁型態最為簡單，也是最基本的橋型。樑式橋力的傳遞是由橋梁上部結構荷重，並垂直傳至支承以達橋體下部結構，而在兩個支承之間，必須承受相當大的彎曲力，因此在材料選擇上，常使用混凝土，或是預力混凝土、預力箱樑等構件來建造。然而正由於其力學傳遞路徑簡單，因此在橋梁設計上必須在構件的細節與裝飾上更花費心思，同樣的，照明設計更是表現樑式橋設計重點的重要角色。

樑式橋的心理引誘線相當簡單，即為水平的主梁以及垂直的墩柱所構成，而此二結構亦為橋梁設計與照明設計的表現重點。

以較大尺度的樑式橋來說，例如佛羅里達州的羅斯福橋(Roosevelt Bridge)、道奇島大橋(Dodge Island Bridge)，其墩柱的形式與視覺上的比例搭配就相當講究，並在墩柱上設計簡單的裝飾性的幾何線條浮雕，平滑的橋腹與柔和的墩柱呼應，同時展現了橋梁的現代感與古典風格¹⁵(圖 3-31)。



圖3-31 羅斯福橋(圖片來源：<http://adventurephotographyworkshops.blogspot.com/>，下載於 2011 年)

¹⁵ 參考 <http://www.dot.state.fl.us/>

而在國內之樑式橋設計，仍多以機能導向為優先考量，例如台北市內之華翠大橋、華江橋、承德橋、百齡橋、民權大橋等樑式橋，仍多使用標準化之模組構件建造橋梁，在美學設計上則無太多著墨。



圖3-32 華翠大橋整體造型(圖片來源：<http://www.flickr.com/photos/char0711/>，下載於 2011 年)

二、照明設計分析

在樑式橋的照明上，多著重在兩個部份，即為構成心裡引誘線的主要結構：主梁與墩柱；墩柱的排列展現了建築的韻律感，而主梁則是強調橋梁水平方向的特性。而在照明設計中，橋墩的照明手法多為面光法，以大面積投光的方式強調型態與立體感，用燈光譜出橋梁行進的節奏；而若是主梁的照明設計，亦常見以面光法創造出連續光帶，配合欄杆等附屬設施進行設計，增加照明設計可發揮的彈性與活潑感。



圖3-33 樑式橋照明設計(圖片來源：如上，下載於 2011 年)

第四章 橋梁照明設計模擬

首先，針對第三章所提及各種不同橋型之照明設計案例，進行多重案例的彙整，以釐清目前橋梁照明設計之模式，以提供後續照明設計模擬之參考。

根據本研究之分析，在照明設計上有四個關鍵要素，即為：

(一) 照明重點之選擇：

照明重點的選擇，主要根據其橋型的不同，以及其尺度大小作為其考量因素：

1. 依橋型決定：

各種不同橋型有其特殊的美感與心理引誘線的構成模式，例如拱橋的視覺焦點就在於“拱”的優美與圓滑姿態；懸索橋則是由高聳索塔與弧形的主纜所構成剛柔並濟的意象；而斜張橋則是由簡潔的塔柱與極具張力的索面，表現其現代感與速度感。在夜晚的空間中，僅需照亮這些部份，就足以使觀者辨識橋梁的存在與其形態之美感。

2. 依其尺度大小來決定：

尺度較大的橋梁由於跨距大、構件明顯，因此在整體環境上具有相當的存在感，在照明設計時可僅照亮關鍵的構件即可，例如舊金山金門大橋，僅僅針對索塔進行景觀照明設計，避免過度的照明而產生過重的不協調感。同樣的，雪梨港灣大橋以及伊拉斯穆斯大橋，都僅針對其桁架拱、橋墩；及塔柱、索面進行照明，避免焦點的混亂和多餘的描述。

而尺度較小者，經常採用全面照明的模式，針對所有構件進行照明設計，以表現其細節美感。而這也與觀者的觀看尺度有關，在國內案例中，多數橋梁位於河濱公園一帶，橋下活動者可以近距離觀察，因此對於橋梁細部構件的描述亦相當重視，在照明設計上，就必須表現出相對的細緻度。

(二) 照明手法：

橋梁照明設計的手法的運用，依橋體構件特色，以及橋梁尺度大小等因素而有所不同，並根據其照明表現特點，大致可以分為三種照明手法：

1. 面光法：面光法的使用，主要是大面積的投光，以及表現物體立體感時所使用的照明手法，例如在雪梨港灣大橋案例中，對桁架拱使用改光束投光，以桁架構成的陰影層次增加其立體感，並以低角度面光投射在花崗岩墩柱上，表現材質表面紋理。而面光法大多使用在較大型構件上，例如懸索橋之索塔、拱橋的拱、斜張橋的塔柱、或是橋梁的橋腹部分，這些面積較大的部分，也是大尺度橋梁在照明表現上經常使用的主要手法。另外，亦有使用線狀光源進行小面積投光的手法，例如民權大橋與碧潭橋，均使用線狀光源，進行小面積的投光，此種投光方式較個別投射燈的配置更為均勻，在連續光帶的營造上經常使用。
2. 線光法：線光法是以線狀光源例如螢光燈管、LED 燈管等光源加以組合運用的模式。其通常使用在主梁橋側，強調方向性或輪廓之用，例如在新北大橋的橋側，就配置有 LED 線狀光源，以強調水平方向的線條，常配合動態照明變化色彩。
3. 點光法：點光法是利用點狀光源，以燈串或是其他具規律的排列方式構成，常配合閃爍或動態照明增加其流動感，具有勾勒橋梁構件輪廓，暗示方向性等效果。例如新北大橋的欄杆上，以藍色的 LED 點狀光源排列，暗示人行與自行車引道的方向，而在碧潭吊橋的照明設計上，則利用點光法勾勒主纜輪廓，並使用動態照明加強其動勢與方向性。

(三) 光色搭配：

光色的選擇與地方歷史脈絡有關，並須考慮不同文化中的色彩象徵意涵。除此之外，光色選擇亦與橋體本身的色彩與材質有很大的關係。例如舊金山

金門大橋以及光復橋，為強調索塔與塔柱的紅色，而分別使用高壓納燈配合濾鏡，以及低壓納燈之黃光進行照明；雪梨港灣大橋的橋墩照明，則使用高壓納燈的暖黃光來表現花崗岩紋理的溫潤質樸的材料特性。

而由於光源技術的進步，LED 彩光模組做為戶外燈具被廣泛使用，在大型慶典與特殊節慶上經常使用，雖然增添了照明設計上許多可能性，但在橋梁照明設計上，過多的色彩變化會造成觀者視覺疲勞，也會使用路人與交通號誌混淆，使多彩光源流於技術展現的誇耀手段，反而降低了照明設計的水平。

(四) 動態照明操作：

在第三章的許多國內案例中，幾乎所有橋梁都有動態照明的設計，並配合許多光色轉換或漸變模式，而動態照明設計的目的，不外乎是為強調橋梁設計的方向性、以動態變化吸引觀者目光，以及特殊節慶時的觀賞需求等功能。例如大直橋，僅有為主梁橋側部分設置動態照明，以強調水平方向的動態效果；而碧潭橋、麥帥二橋、碧潭吊橋、新北大橋、光復橋等案例，則是配合線光法與點光法使用閃爍與光色轉變之動態照明模式，吸引觀者目光。

橋梁是一靜態的存在，配合動態照明可以增加其活潑感，但過多的照明變化，反而會造成視覺混亂，甚至視覺疲勞的效果。

第一節 基地環境

台灣本島南北狹長，河川多以中央山脈為分水嶺，而在全島 21 條主要河川中，高屏溪為第二長的河川，主流河長 171 公里，其流域面積廣達 3256 平方公里，是全台灣流域最廣之河流。高屏溪是為下淡水河與荖濃溪與旗山溪會合後的下游段，並流經屏東縣市與高雄縣，為兩縣重要的自來水資源，並提供灌溉與部分養殖用水。

一、高屏溪橋

(一) 基地歷史脈絡與建設背景

中山高速公路在民國七十年間通車後，經十餘年幾乎達飽和，於是在民國八十年興建第二高速公路。其中高雄屏東路段中之燕巢九如段，聯絡高雄縣大樹鄉與屏東縣九如鄉於高屏溪橋。且由於本橋為第二高速公路南部地區最長橋梁，比鄰佛光山、美濃、六龜等觀光點，規畫設計之初，考慮附近周遭環境及開闊景觀，擬將本橋塑造為地標性橋梁。

基於地理位置與形式特徵等各項考量，高屏溪橋之主橋經評估後，擬定規畫為一個具視覺景觀特色之大跨徑特殊造型橋梁，並做為高速公路延伸進入屏東境內之門戶地標。規劃之成果應具有工程技術特色，且可與歐美世界級先進技術與造型橋梁相比擬，藉此提高本國在世界橋梁工程界之地位(鄭文隆，2001)。

(二) 基地周圍環境現況

高屏溪橋位於第二高速公路東段燕巢九如路段之中段，西邊銜接燕巢系統交流道及大樹路段，此路段屬於複雜之丘陵地形，而橋梁西南方正是佛光山位址；其東端則進入屏東平原區，綿延數公里之農作區域，幅員廣大且地勢平坦開闊。周邊有許多重要道路通過，例如高屏溪橋索處之國道三號，以

及與其連結的國道十號，另外仍有台 21 線、台 3 線、台 27 線等道路(鄭文隆，2001)。

本橋位置恰好位於鄉里邊界處，例如高雄燕巢區、大樹區；屏東九如鄉等，因此對當地鄉里而言，是重要的入口意象與地標，具有重要的指示性與象徵性意義(圖 4-1)。



圖4-1 高屏溪橋位置(圖片來源：Google 地圖，下載於 2011 年)

高屏溪橋屬於中游段之鄉村聚落群，大樹、九如、此二聚落，多屬於平原農業及村型態，聚落規模約一萬人左右，聚落彼此距離 1~2 公里，星羅棋布(京華工程顧問股份有限公司，2011)。本橋位於高屏交界處，位處郊野，周圍活動類型單一，西側丘陵地較少商業或生產活動，但因西南側為佛光山座落處，又燕巢鄉因其惡地景觀以及豐富的自然地景資源而有豐富的觀光資源，在本橋東側則多以農業利用居多，幾乎無夜間活動。

此橋東側周圍為濕地及魚塭，而西側種有果園及早田的丘陵地，栽種了鳳梨、芒果、荔枝、龍眼等作物。

二、高屏大橋

(一) 基地歷史脈絡與建設背景

高屏大橋之前身為下淡溪橋，建於日據時代昭和 13 年(民國二十七年)，橋長約 1700 公尺，位於原有鐵路橋下游約 1500 公尺處，淨寬 7.5 公尺，橋上設有台糖公司鐵路軌道，除有助於高屏之間的交通與經濟運輸外，亦有助於聯絡屏東機場之軍事任務。此橋服務五十年後，因無法負荷日益增加的交通流量，而於舊橋下游 200 公尺處之省道台一線另闢新橋，全長 1990 公尺，橋面淨寬 20 公尺，跨徑 50 公尺，為三孔連續二次施預力之預鑄預力混凝土橋樑，是為高屏大橋(交通部台灣區國道新建工程處，2008)。

高屏大橋於 2000 年 8 月 27 日，受到碧利斯颱風降雨之影響，使得橋墩被溪水沖毀，造成高屏都會區連繫的不便。而後，交通部於 2002 年發包施工，以懸臂工法及支撐先進工法施工，2008 年才正式通車。

(二) 基地周圍環境現況

高屏大橋位於台一線上，全長為 1995 公尺，寬 16 公尺，橫跨高屏溪。其西接連接高雄市大寮區鳳屏二路，東邊連接屏東市建國路，是兩大都會區往來的主要橋梁。且其連接道路為串連國道一號與三號之平面道路，為交通重要樞紐(圖 4-2)。



圖4-2 高屏大橋位置(圖片來源：Google 地圖，下載於 2011 年)

而高屏大橋橋址處屬於下游段都市群，向高雄、鳳山、屏東、大寮等聚落，人口密集，住宅與工業區比鄰，交通網路較為方便(京華工程顧問股份有限公司，2011)。本橋所處位置為平原地帶，視野開闊，橋下兩側有寬闊的行水區。其直接接壤都會區，西側直接進入高雄市，多為住商混合使用；接壤屏東的東側則有工業區、農業用地，以及住商混合使用區域，具有多樣的活動類型。

第二節 橋梁型式與空間美學分析

一、高屏溪橋

此橋梁經過國際競圖之後，由 VCE(Vienna Consulting Engineers，奧地利)所提出之單橋塔雙跨非對稱之單面複合式斜張橋獲選為最佳方案，並取得委託設計權(鄭文隆，2001)。

(一) 橋梁型態與心理引誘線

此橋梁為斜張橋形式，其主橋主跨距為 330 公尺，塔柱型式為倒 Y 型混凝土橋塔，塔高為 183.5 公尺(包含塔頂燈室)、索面排列形式為扇狀式，主梁為剛箱型梁。其中倒 Y 型塔柱與紅色索面是橋梁整體中最醒目的焦點，倒 Y 型塔柱下方較粗，隨著塔柱交會而向上延伸則柱寬越細，柱寬比例的漸縮與搭配，使的原本較高聳的橋塔，更顯得纖細修長，而下盤基座處也因此得到視覺上的安定感。索面採用扇狀配置，並使用單面索，減少索面交叉而產生的視覺混亂感，使側視畫面更為利落(圖 4-3)。

而引橋部分則考量空間分割之視覺景觀良好的訴求，橋高漸降情形分別配置中長與中等跨距，使橋高與跨徑呈現同步漸縮之景觀，同步調整之空間分割結果，產生流暢而具韻律的視覺美感(鄭文隆，2001)。

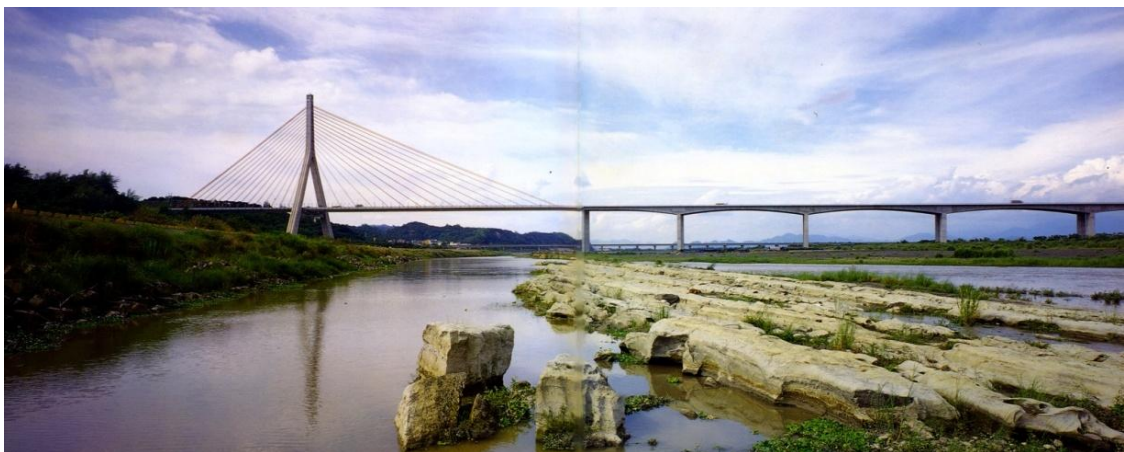


圖4-3 高屏溪橋全貌(圖片來源：交通部新工處，2001)

(二) 材質與色彩選用

高屏溪橋塔柱外觀為混凝土材質，並保留材質原色，呈現灰白色，材質外觀特性的保留，呼應的其外型陽剛的性格，同時灰白色的塔柱，也為後續照明設計保留更多色彩運用的彈性。

此橋索面之色彩最為鮮明突出，其鋼纜由 HDPE(高度聚乙烯)套管包覆，並使用鮮紅色塗料，相對於外部環境而言，此處為平原地帶，河濱沖積處多為農作，主要色彩基調由天空與農作物所組成，而紅色的索面在此成為一種對比色，也暗示力量傳遞之緊張感(圖 4-4)。



圖4-4 高屏溪橋塔柱與索面外觀(圖片來源：<http://spiderjosh.pixnet.net/>，下載於 2011 年)

(三) 現有照明設計

在路面照明上，因考量燈具配置之景觀性，將道路照明燈具設置於橋中央之護欄上方，光源使用高壓鈉燈，並使用高壓鑄鋁經烤漆處理，具有良好防水與防蝕性，其光源功率均為 400W，並使橋面平均照度達 30Lux 以上(鄭文隆，2001)(圖 4-5)。

目前高屏溪橋之景觀照明設計之重點為塔柱、索面與主梁體，投射燈具不涉於外側護欄上方、側邊及橋下位置，其中塔柱之照明配置兩套燈具，一套為白光，另一套為藍色及橙色，提供不同部位照射應用，以產生不同視覺景觀效果。另考量塔柱為橋體設計的主要焦點，其設計照度較高，平均照度

達 100Lux 以上(交通部新工處，2001)，並以白光均勻投射，創造出其高聳氣勢，以及別於白天的粗曠，構成一種清瘦優雅的姿態；而索面照度則在橋面外側使用單盞式、雙盞式燈具配置，隨鋼纜分布面之變化，由外而內增加燈具設置，使受光體明暗呈現漸次變化而均勻不中斷，其照度均為 50Lux 以上(鄭文隆，2001)，使用不同亮度之照明層次鋪陳塔柱與索面的主次關係。另外在橋塔頂部設計有一中空燈室，使用內透光之方式於內部設置高壓納燈，增強遠觀時之地標視覺效果。

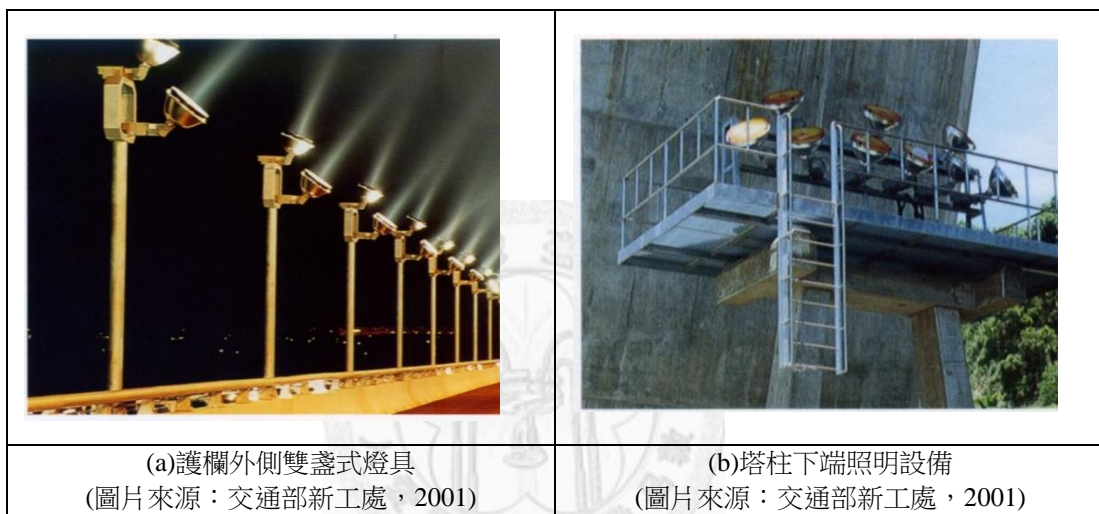


圖4-5 高屏溪橋照明設備

二、高屏大橋

(一) 橋梁型態與心理引誘線

高屏大橋為上承式拱橋，其拱為連續拱，跨距長達 1995 公尺，從側面遠眺，其心理引誘線橫跨高屏溪，下方拱型半徑大，以水平向度為主要延伸方向，而形成強烈的水平伸展、跳躍的趨勢。新高屏大橋沿舊橋兩側興建，新橋由空中俯瞰，猶如手心中環抱部分高屏溪，形成特殊景觀(現今舊橋已拆除)。

而其附屬設施有多有著墨，例如波浪造型的欄杆，流線造型的路燈，都可使用路人體會到較豐富的視覺層次與感受。

(二) 材質與色彩選用

高屏大橋整體外觀均為混凝土材質，保留原本材質之顏色，是為灰白色。相對於外部環境而言，此處有廣行水區，主要色彩基調由天空、水體以及植物所組成，灰白色的橋樑與白雲呼應，與周圍環境相協調，並融合在背景之中(圖 4-6)。



圖4-6 高屏大橋遠眺(圖片來源：<http://rdwrertaiwan.blogspot.com/>，下載於 2011)

(三) 現有照明設計

目前高屏大橋的夜間照明，僅具有路面照明，其燈具配置隨著橋面的留現起伏，對用路人來說，形成了兩道優美的曲線。然而，其側面的力學結構與美感，實為整體視覺焦點，同時此橋樑對兩大都會區而言，是重要的地標性角色，但在目前的照明設計中，則完全隱沒在背景裡(圖 4-7)。



圖4-7 高屏大橋夜間照明現況

第三節 基地景觀照明設計標準與原則

一、路面公共照明配置

在路面公共照明配置上，根據道路附屬設施之規定設置，而在照度方面，則維持 30Lux 以上之照度，並使其均勻度大於 1:3，不致影響駕駛人視線，外觀上則盡量使用相同之燈具，同時，除確保照明主體所需照度與有效範圍外，應調整照明角度與範圍，避免眩光過度漫射光或閃爍，影響鄰近地區動物憩息。原設置之公共照明設備已符合上述要求，因此沿用原路面公共照明之配置。

高屏溪橋與高屏大橋均位於市郊路段，是為連結高屏兩地之門戶意象。然而橋梁為道路基礎設施之一部分，基於行車安全之考量，須符合市區道路及附屬工程設計規範之要求，並考量其照度、輝度、演色性，避免眩光等內容。

高屏溪橋與高屏大橋之道路功能分類，分別是快速道路與主要道路，而其照度與輝度要求如下表所示(表 4-1、4-2)。另外，此區域土地使用多以一、二級產業為主，依照道路附屬設施之規定，農業區若設置有交流道或快速道路，則得以住宅區照度規範進行管制，並最高不可超過規範之 15%，且光源演色性須在 $40 > Ra \geq 20$ 間(內政部營建署，2008)。

表4-1 道路照明輝度

單位：Cd/m²(輝度)

道路功能分類	商業區	住商混合區	住宅區
快速道路	1.0	0.7	0.5
主要道路	1.0	0.7	0.5
次要道路	0.7	0.5	0.4
服務道路	0.6	0.5	0.3

資料來源：內政部營建署(2008)

表4-2 道路照度

單位：Lux

道路功能分類	商業區	住商混合區	住宅區
快速道路	15(10)	10(7)	7(5)
主要道路	15(10)	10(7)	7(5)
次要道路	10(7)	7(5)	6(4)

註：括弧內為水泥混凝土或路面較淺色之平均照度

資料來源：內政部營建署(2008)

另外在燈具的選用上，應符合快速道路之燈具形式規範(參照表 2-3)，並選擇功率因素達 90% 以上之高功率安定器。

二、景觀照明設計原則

景觀照明設計主要是達到裝飾性效果，因此在規範上無道路照明嚴謹，但仍有許多基本考量因素：

(一) 生態考量：

高屏溪橋橫跨高屏兩岸，周遭地景多為郊野與農地構成，若過度漫射光或閃爍，可能會對鄰近野生動物棲息造成影響，應盡量控制避免。同時本橋址相對於市中心更為黑暗，為了避免過高對比，須參考市區道路附屬設施設計規範，控制照度與輝度之強弱，另外，為了避免多餘的逸散光，亦應使用具有遮罩的燈具，以控制投射角度。而交通部的二高沿線環境特性調查等研究發現，游隼於 10 月上旬至 4 月下旬利用斜張橋塔，棲息並伺機捕食經過的鳥類，處理食物的平台以及儲存食物的地方。游隼活動大多集中在入夜後到 21 時之間的時段，根據監測的結果，這種行為模式可能因為候鳥夜間遷移及燈光吸引的影響所致。而游隼行為的改變，使得許多夜間遷徙的候鳥被掠食，長久下來可能會對區域的微生態有巨大的影響，因此在照明設計上須特別考量此因素(交通部台灣區國道新建工程處，2008)。

而高屏大橋則因橋址座落於都會區之間，相對於高屏溪橋周邊環境，生態敏感度較低，在照明設計上有較大彈性，但仍以避免影響河面為原則。

(二) 能源考量

能源使用的控制可以著重在三方面：光源、燈具選擇與時間控制。

光源選擇上，應選擇高效率的光源，例如 LED 光源、高壓鈉燈、複金屬燈等光源。而在燈具選擇上，為使所有能源均能獲得有效利用，應選擇具遮罩，可控制投射角度之燈具，且須其裝設位置位於戶外，亦須考量其防塵、防水以及光源與燈具壽命等。在時間控制上，可以在深夜時段全面關閉橋梁景觀照明，除了節省能源外，也減少對生態的衝擊以及光害。

(三) 照明設計表現原則：

照明設計應配合橋梁之構造形式，力求夜間照明藝術性表現。本研究依據跨案例歸納之結果，對此二案例進行進一步之分析，以做為設計方案擬定之指導原則。



第四節 橋梁景觀照明設計與方案模擬

城市夜景利用燈光，可以反映以白晝樣貌為主的空間規畫結構，從較大尺度來看，不同的照度與光色描述了城市的紋理與層次，而特定的地標性建築照明，則具有指向性與象徵意涵。回到橋梁結構本身，橋梁在城市當中具有強烈的信號與象徵意義，現代化的材質運用、大跨距橋樑的建立，也標誌了一種城市現代化，工業技術進步的過程。然而到了夜晚，黑暗的狀態使得視覺成為一張白紙，照明設計的美學表現不僅是表現空間固有邏輯，也是一種再現的過程，利用燈光的安排布置，操控感官與幻覺，解構白晝的理性邏輯與視覺所感知的空間感，也為橋樑妝點出不同於白晝的樣貌。

以下設計方案，將分別考量其與城市夜景的關係，與橋樑本身獨特美學風格，並根據上述照明設計標準與原則，擬定高屏溪橋與高屏大橋之景觀照明設計方案。

一、高屏溪橋

根據以上項目之考量，擬訂高屏溪橋景觀照明設計之基本原則如下：

1. 照明重點之選擇：

考量本橋量體大，因此在照明重點選擇上，應針對重要構件進行照明設計。高屏溪橋為單塔式斜張橋，其塔柱高聳無疑是整座橋梁之焦點，而鮮紅色的索面所占面積大，且為斜張橋之動勢表現之主體，是為橋梁照明設計之兩大重點。若在設計上需要強調水平方向之心裡引誘線，則可在主樑橋側進行設計，但主樑下方與橋墩位置因考量生態因素，為避免過度影響河中生物棲息，因此不設置景觀照明。

2. 照明手法：

由於本案量體較大，在整體表現的考量上，以面光法進行大面積投光最為適宜，但考慮到生態面向，為避免對游隼習性造成影響，在設計上可使用

線性光源做小面積投光，或是利用線光法或點光法勾勒出橋體輪廓，降低輝度，以達到最協調美觀之效果。

3. 光色搭配：

索面外層圖有朱紅色塗料，因此在燈光選用上，應選擇能夠凸顯其色彩特性的光色，例如演色性較高的白光，或是能夠輔佐其色彩表現之黃光為主。而在塔柱的照明上，應避免飽和度過高之光色，以免造成過度的視覺刺激，使用路人視覺疲勞，同時應考量基地與周圍環境之特性，來做為選擇光色之依據。

4. 動態照明操作：

高屏溪橋由於位處郊野區域，周圍活動型態單純，夜間活動較少，因此無須過度使用色彩變化與閃爍等照明表現，但基於照明效益之考量，可控制景觀照明點滅時間，可在深夜時段關閉景觀照明設備，以落實節能策略。

(一) 設計方案一

高屏溪橋周邊均為農業區，其塔柱是最為高聳，最具代表性的地標性意象，同時具有強烈的“信號性”與“象徵性”，而高屏溪橋周邊無夜間活動，因此高照度或是全面照亮並非最佳選擇，應保持較低照度，維持整體景色之層次感，微暗的照明也讓遠觀的景色富有詩意，讓觀者越接近時，越期待期整體樣貌。

黑暗的存在開啟了不可視的感官中，許多想像的可能性。本設計欲解構橋梁的土木結構，不以勾勒橋樑外型為手段，使橋梁景觀照明不再是理性了解橋梁結構的手段，而是將具有裝飾性意涵的紋理，從理性的橋梁結構中拆解開，讓遠觀的觀者能夠存有對橋梁的想像空間。

表4-3 高屏溪橋景觀照明設計模擬方案一 設計構想

<p>照明重點之選擇</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 塔柱：塔柱側面之設計，具有古典簡約美感，在設計上應表現其紋理與線條。塔柱整體則如雕塑品一般具有清晰之稜角與立體感，同時能夠辨識塔柱之端點與向上延伸之趨勢。白色 LED 線狀光源配置於塔柱立面凹槽處，藍色 LED 線狀光源配置於塔柱側面凹槽處。 • 索面：以較低照度進行大面積投光，以與塔柱呼應成為具有層次的整體畫面。 • 主梁橋側：以更低照度鋪陳，揭示其水平方向，與鮮明的垂直方向形成對比。
<p>照明手法</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 塔柱：使用線狀光源設置於塔柱側面凹陷處，渲染出側邊兩條光帶，由下而上照度漸增，配合心理引誘線的走向，將視覺向上延伸引導。而在塔柱立面部分，則同樣在凹陷處配置線狀光源，進行小面積投光，並使用較低照度。 • 主梁橋側：同樣使用線狀 LED 光源，以較低照度渲染出水平方向之光帶。 • 索面：以點狀配置高壓納燈光源之探照燈進行大面積的投光。
<p>光色搭配</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 塔柱：考量橋址位置恰好位於河道之上，因此使用冷色調的藍色 LED 光源將“水”的清涼感，沿橋體側面向上延伸，同時塔柱立面的光色配合其原本灰白色調，使其更顯優雅輕盈，選擇使用白色 LED 線狀光源進行照明。 • 主梁橋側：為配合整體意象，使用淺藍色 LED 線狀光源進行照明。 • 索面：使用暖黃色之高壓納燈，配合原本索面之朱紅色，使其更具有溫暖柔和之感。
<p>動態照明與節能措施</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 光源：使用 LED 光源與高壓納燈進行照明，兩者均為發光效率較高的光源，且 LED 光源以線狀配置，可以減少大面積投射所產生的大量逸散光，將能源輸出做最有效的利用。 • 節能措施：由於本橋位處郊野，周圍夜間活動較少，因此可利用電腦控制景觀照明點滅時間，建議於夜間十時後熄滅，以落實節能訴求。



圖4-8 高屏溪橋照明設計方案一模擬示意圖(圖片來源：本研究繪製)

(二) 設計方案二

本橋橫跨高雄與屏東兩縣，具有強烈的信號性。對於過往的車輛來說，行進於橋梁之上，等於是進行了“跨越”的動作，通過了此橋之後，就到達另一個彼端。如同一扇門，門的另一邊是不同的空間形態、不同的區域、對通勤者而言亦為不同的生活機能提供地，這些對使用者的想像，拓展了橋樑做為“串連”之外的意義，橋樑的存有其實也就揭示了“界線”的存有。

本橋塔柱呈倒 Y 型，下方車流川流不息，且此橋為橫跨高雄與屏東兩縣之橋樑，亦為行政分界的象徵物，因此將此橋作為“門”的意象，除了單純的觀賞價值提升，以及地標性作用外，更讓其對使用者產生不同的意涵。

表4-4 高屏溪橋景觀照明設計模擬方案二 設計構想

<p>照明重點之選擇</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 塔柱：塔柱下方以不影響路面照明均勻度為原則，使用較高亮度進行投光，使用路人在通過時，透過光的塑造，能夠有經過“門”而到達另一城市之感受。塔柱上方投以照度較低之光源，沿塔柱由下而上漸暗。 • 索面：以較低照度進行大面積投光，以與塔柱呼應成為具有層次的整體畫面。
<p>照明手法</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 以面光為主要的照明手法，較容易均勻或漸進的控制照明強度。
<p>光色搭配</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 塔柱：考量畫面豐富性，同時避面過多光色造成視覺混亂。在塔柱下端使用藍色或橘色之光色，而隨著投光位置越接近塔柱頂端，光色則越趨向白色並漸次降低亮度。藍光可在 4 月至 9 月時使用，增加觀者涼爽、輕盈之感；而橙光 10 月至 3 月時使用，使觀者有溫暖、溫潤之感；而索面則使用暖黃色之高壓納燈，配合原有之朱紅色，使其更具有溫暖柔和之感。正下方則使用白色光，用光色將其與塔柱側面及立面區別開來，暗示其作為橋梁構件，同時又是連通高屏地區的“門”之意象。
<p>動態照明與節能措施</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 光源：使用 LED 光源與高壓納燈進行照明，兩者均為發光效率較高的光源，且 LED 光源以線狀配置，可以減少大面積投射所產生的大量逸散光，將能源輸出做最有效的利用。 • 節能措施：由於本橋位處郊野，周圍夜間活動較少，因此可利用電腦控制景觀照明點滅時間，建議於夜間十時後熄滅，以落實節能訴求。



圖4-9 高屏溪橋照明設計方案二模擬示意圖(圖片來源：本研究繪製)

二、高屏大橋

根據以上項目之考量，擬訂高屏大橋景觀照明設計之基本原則如下：

1. 照明重點之選擇：

考量本橋量體大，因此在照明重點選擇上，應針對重要構件進行照明設計。高屏大橋為上承式拱橋，“拱”的半徑大，不強調垂直方向，而是配合水平方向延伸，因此主梁橋側簡約而具水平速度感的拱，是橋梁結構最重要的特性。另外，高屏大橋橋面起伏，具有韻律美感，是為橋梁照明設計之重點。

2. 照明手法：

由於本案量體較大，且周圍夜間活動類型多樣，照明表現手法的形式較具彈性，而若以橋樑外觀整體表現考量，使用面光法進行大面積投光最為適宜，或使用線性光源做小面積投光、利用線光法或點光法勾勒出橋體輪廓，以不同照明手法搭配，表現其特性。

3. 光色搭配：

高屏大橋整體均為混凝土材質，表面光滑而呈現灰白色，在色彩表現上具有極大發揮空間。然考量周邊夜間活動多樣性，若欲傳達此橋在城市空間的重要性，應選擇單一色調進行設計，並避免飽和度過高之光色，以免造成過度的視覺刺激，使用路人視覺疲勞。

4. 動態照明操作：

高屏大橋位處都會區間，周圍活動型態多樣，夜間活動多，為在招牌林立的城市空間脈絡中凸顯橋梁特色，因此無須過度使用色彩變化與閃爍等照明表現，但照度的控制上彈性較大。另外基於照明效益之考量，可控制景觀照明點滅時間，可在深夜時段關閉景觀照明設備，以落實節能策略。

(一) 設計方案一

高屏大橋直接比鄰都會區，是串連高雄市與屏東市的重要道路，在城市紋理擔負了串連兩區域的角色，其強烈拱所形成之水平方向動勢與韻律，是本橋梁最具工程美感的部分。同時為凸顯高屏大橋作為地標的意涵，使用之照度與光色將和都會區街道與橋面照明有所區別。

本橋因強調水平方向，外觀材質為混凝土，且量體大，不免會有沉重單調之感。而夜間景觀照明則給了高屏大橋一個再現的機會，可以利用照明強調高屏大橋形態所具有的輕盈感。

本設計保有原有之路面照明設備，以道路兩側之單側佈燈，點綴出橋面韻律感，提供用路人舒適的視覺環境與美感體驗。而在景觀照明部分，則擷取出圓滑的幾何線條，以拱、曲線作為照明再現的主體，拱為圓的片段，而大跨距的連續上承拱，又較單拱更能融入環境，具有簡潔低調的美感。

表4-5 高屏大橋景觀照明設計模擬方案一 設計構想

照明重點之選擇	<ul style="list-style-type: none"> 主梁橋側：利用水平的光帶強調拱的走向，並選擇明度較高的色彩。 附屬設施：橋側波浪型護欄與橋的特色相呼應，可使用較低照度進行照明，鋪陳不同的層次。
照明手法	<ul style="list-style-type: none"> 主梁橋側：使用線狀 LED 光源進行小面積投光，渲染出水平方向之光帶。 附屬設施：使用 LED 線狀光源勾勒護欄輪廓，使波浪狀之護欄能與下方的拱形成呼應。
光色搭配	<ul style="list-style-type: none"> 主梁橋側：為創造出橋體輕盈感，使用白色 LED 線狀光源進行照明。 附屬設施：考量與主梁橋策之色彩搭配，以及護欄本身之色彩，使用淺藍色 LED 光源進行照明。
動態照明與節能措施	<ul style="list-style-type: none"> 光源：除路面照明使用高壓納燈外，景觀照明均使用 LED 光源，且 LED 光源以線狀配置，可以減少大面積投射所產生的大量逸散光，將能源輸出做最有效的利用。 節能措施：深夜時段之觀賞需求較少，可利用電腦控制景觀照明點滅時間，建議於夜間十一時後熄滅，以落實節能訴求。



圖4-10 高屏大橋照明設計方案一模擬示意圖(本研究繪製)

(二) 設計方案 二

高屏大橋之上承連續拱，在視覺上形成跳躍而快速的動態美感。每當拱的線條達到最近水面的點，就是高屏大橋的線條與高屏溪的交會，而與水面最近的點，形成一種頓點，短暫的視覺停留讓橋體和水體有了更親近的對話。橋梁不僅是一種跨越，而是在城市中與水體的互動模式。

本設計保有原有之路面照明設備，以道路兩側之單側佈燈，點綴出橋面韻律感，提供用路人舒適的視覺環境與美感體驗。而在景觀照明部分，則強調拱圈中的“頓點”，強調橋與水的“接觸”而非“跨越”，並利用此一再現的過程，減輕此橋在視覺上所帶來的重量感，營造涼爽而輕巧的視覺感受。同時為凸顯高屏大橋作為地標的意涵，使用之罩度與光色將和都會區街道與橋面照明有所區別。

表4-6 高屏大橋景觀照明設計模擬方案一 設計構想

照明重點之選擇	<ul style="list-style-type: none"> 主梁橋側：在拱與橋墩之連接處，設置點狀光源進行小面積投光，並選擇明度較高的光色，同時與橋面照明須有所區別。
---------	---

照明手法	<ul style="list-style-type: none"> 主梁橋側：設置點狀光源進行小面積投光，利用燈具控制投光寬度。
光色搭配	<ul style="list-style-type: none"> 主梁橋側：為創造出橋體輕盈與清涼感，使用白色 LED 光源進行照明。
動態照明與節能措施	<ul style="list-style-type: none"> 光源：除路面照明使用高壓鈉燈外，景觀照明均使用 LED 光源，並利用燈具調整投射角度之寬窄，避免產生過多逸散光，將能源輸出做最有效的利用。 節能措施：深夜時段之觀賞需求較少，可利用電腦控制景觀照明點滅時間，建議於夜間十一時後熄滅，以落實節能訴求。

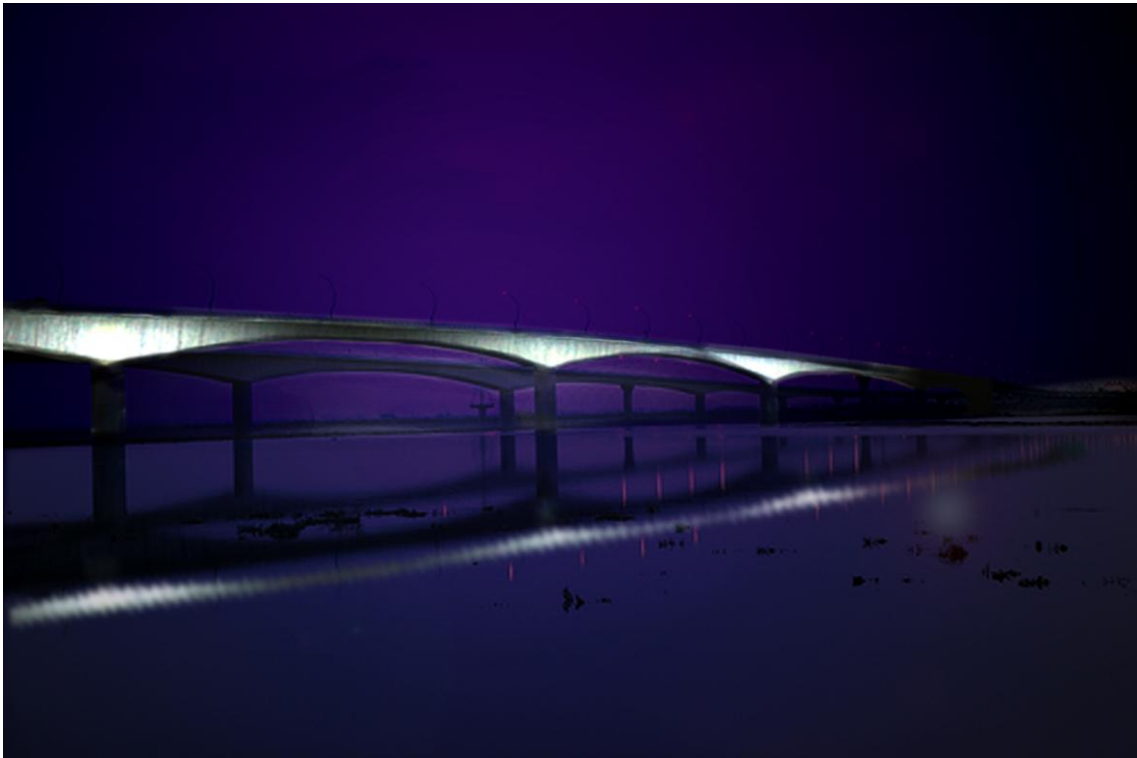


圖4-11 高屏大橋照明設計方案一模擬示意圖(本研究繪製)

第五章 結論與建議

一、結論

本研究雖聚焦於橋梁景觀照明設計，然而都市夜間照明不僅為點狀建物或空間之照明，而是包含城市內部點線面，反映城市夜間的結構與紋理，或是作為一種再現的手段。台灣地形狹長，山高河陡，許多城市均有河流經過，甚至是由河流沖積而成之腹地，因此台灣的城市多被複雜的地形或是流經的河流所切割，相對來說，台灣的城市是較為破碎的，因此相較於國外的大尺度橋梁，台灣城市的橋梁多為中小型的橋梁，且數量眾多，不論是地理上的串連，或是景觀意象的展現，都具有重要意義。

目前台灣的橋梁景觀照明設計，多以單點執行為主，並無城市照明設計之總體目標，橋梁照明設計也趨向多種光色、炫麗的動態照明為主流。橋梁的結構特色雖然重要，但若放大至城市的尺度，為避免混亂的視覺感受，設計時須考量周邊環境，以及水域的景觀、其他鄰近橋梁的共通性和特色，在進行照明設計時才不致造成視覺混亂。

因此在橋梁景觀照明設計過程中，如何就城市尺度、橋梁型態、以及更細的技術性面向做全方位的考量，是其一大重點，同時歸納出橋梁景觀照明設計之考量原則，對橋梁照明設計實務將會一大貢獻。

(一) 橋梁景觀照明設計操作流程

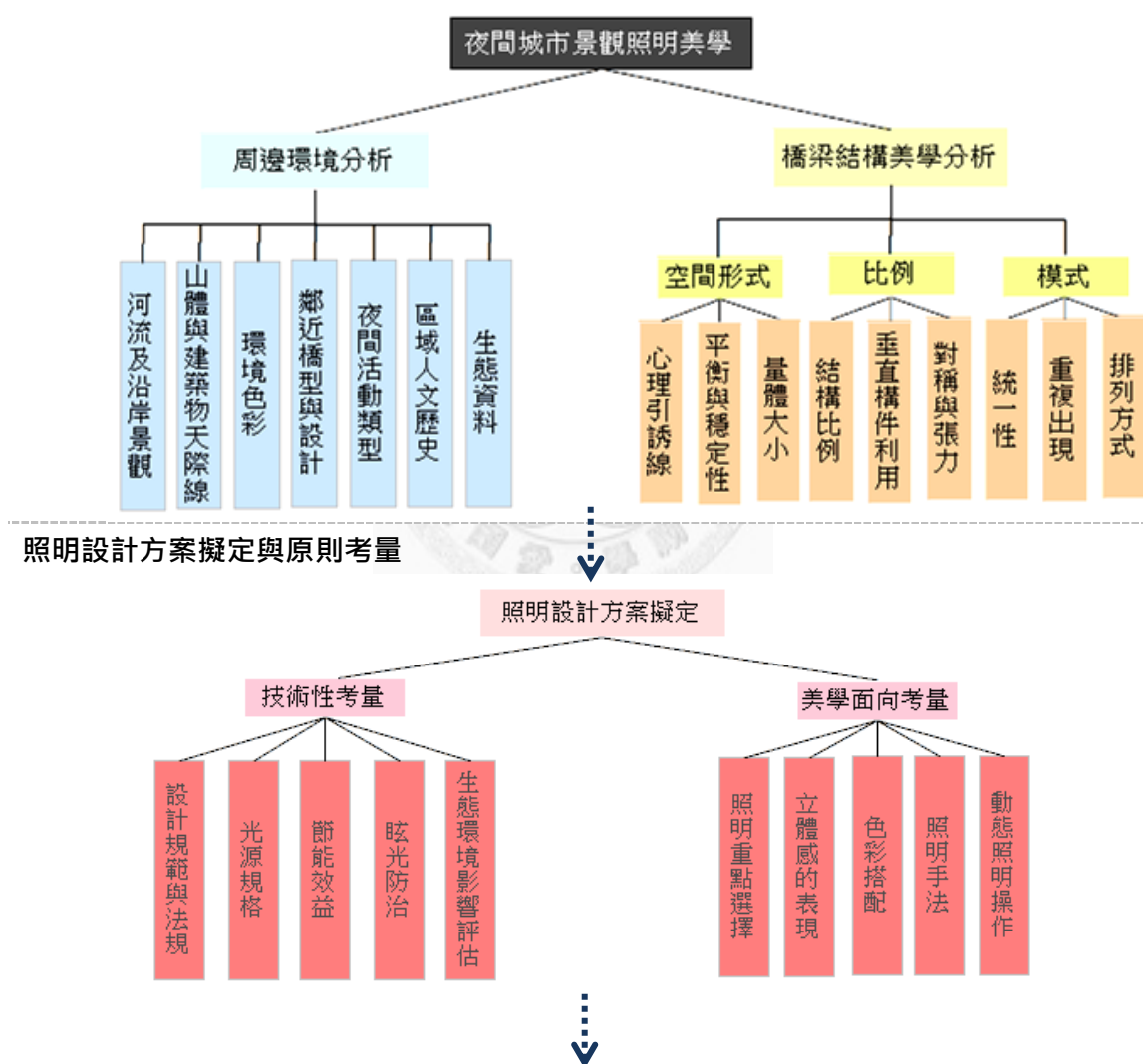
橋梁景觀照明設計操作流程可分為三大階段，分別為：

1. 環境與橋型分析：由於城市夜景，是表達成是機能與形式非常重要的媒介(李以信，2009；郝洛西，2005)，而橋梁做為城市紋理中重要的一環，在進行方案擬定前應先了解城市紋理與夜景規劃目標，分析外部環境特性，做為照明設計方案擬定的基礎。

另外，每座橋梁都有其特殊人文歷史與美學內涵，其各式各樣不同的特徵，展現個體特殊性與地標意義。因此在方案擬定前，應先針對橋梁結構美學進行分析探討，了解其特殊性，做為照明設計方案擬定的基礎。

2. 照明設計方案擬定與原則考量：分別考量照明設計之技術性與美學面向，根據環境狀況研擬設計原則，擬定設計方案。
3. 橋梁景觀照明設計：根據設計方案與原則進一步進行實際的設計操作。

環境與橋型分析



橋梁景觀照明設計

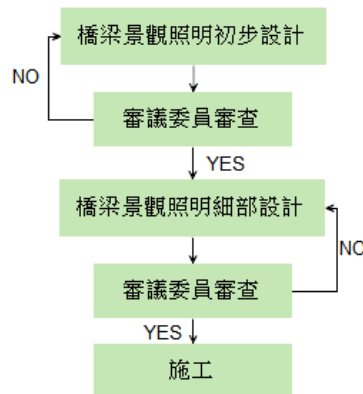


圖5-1 橋梁景觀照明設計操作流程(圖片來源：本研究繪製)

(二) 橋梁景觀照明設計考量原則

橋梁景觀照明設計的考量原則可以分為技術性面向與美學面向：

1. 技術性面向

- (1) 設計規範與法規：在設計前須先考量橋梁道路照明設計規範等相關內容，例如台北市市區道路及附屬工程設計規範，控制路面照明之均勻度、輝度等指標，以及照明效率、使用壽命、演色性等，使路面達到良好的視覺環境(營建署，2002)。

一般而言，都市主要道路之路面照度至少須達 30lux，同時保持高均勻度，而在農業使用或郊區，則照度規範降低，以符合周遭環境特徵。

- (2) 眩光防治：合理的燈具可以阻擋光源直接進入觀者眼睛所造成的眩光以及視覺不適感，同時，適當的遮蔽可控制光的行進方向、角度，避免過多的逸散光造成光害。多數重要橋樑在道路種類上屬於快速道路或主要道路，可容許之眩光容許量較小，因此應盡量使用遮蔽型或半遮蔽型之燈具，降低視覺不適感(營建署，2002)。

- (3) 節能效益：選擇高效率光源，例如戶外常見之高壓鈉燈、複金屬燈或是 LED 光源，這些光源發光效率高、性能穩定、壽命長，同時耐候性亦佳，是照明設計中優先考慮的光源種類(營建署，2002)。同時

加強節能照明系統技術之運用，例如例如使用晝光節能技術，可以根據戶外實際亮度，控制燈光點滅時間，同時配合調光技術根據戶外的明亮程度調整燈光照度，如此不僅可以達到區域對照明的要求，也可在非尖峰使用時段，降低能源的消耗(郝洛西，2005)。

- (4) 生態與自然環境影響：在文獻回顧中，已有許多研究指出光害對生態的影響(Moore *et al.*, 2000; Frank, 1988; Malakoff, 2001; Salmon, 2003)。在設計進行之前應先對周圍環境與生態進行評估，若位於生態敏感地區，則應限制照度與燈具選用，避免對當地生態造成衝擊。而在商業活動頻繁的地方，在光色使用及照度的強度上較為寬鬆，但亦建立相關準則，限制燈具投射範圍，避免造成光害、眩光，或是光侵擾的現象。

2. 美學面向

- (1) 與周圍環境協調：橋梁照明設計須考量許多外部環境，例如夜間周圍之建築天際線，夜景輪廓之結構，以及周遭活動型態，區域之歷史及人文特色、所處水域之景觀特性等，做為照明設計時之參考，以與環境相協調(郝洛西，2005；楊士金、唐虎翔，2003)。
- (2) 橋梁型態特徵表現：燈光做為橋梁景觀再現的一種方式，須先了解橋梁之橋型、特徵、心理引誘線走向、色彩與材質、比例、構件美學等內涵，並以此凸顯出橋樑做為一實用性道路設施、地標性建築、精緻工藝等多位一體的特性(山本宏，1992；楊士金、唐虎翔，2003)。
- (3) 照明設計重點的選擇：根據橋型與周圍環境特色，選擇橋梁景觀照明設計之重點。例如斜張橋的塔柱是整體的美學精神象徵、而拱橋的拱圈則是展現橋梁柔和美感。同時照明重點的選擇、亮度的層次控制，是照明設計對橋梁景觀再現的精隨，決定可視與不可視，重新構築觀者對於橋梁的認知(山本宏，1992；楊士金、唐虎翔，2003；和丕壯，1999)。
- (4) 照明手法選用：依據橋梁型態特色，選擇不同類型的光源進行排列組合，以點狀、線狀、或大面積的投光、透過密度、輝度、排列、

模式，以及動態照明的漸進、閃爍等不同的組合，創造出空間的層次感與豐富度，但須避免凌散而無秩序的組合，以免焦點發散或是視覺混亂的情形產生(Descottes, H., 2011；楊士金、唐虎翔，2003)。

- (5) 色彩搭配：在色彩選用上應配合周圍環境之建物照明，以及橋梁本身材質和顏色，利用色彩的搭配主導景觀所帶來的冷暖感，並應選擇整體色調，原則上應將所使用之色彩控制在三種以下，避免視覺疲勞與混亂(Descottes, H., 2011; Santen, C. v., 2006；滝本孝雄、藤澤英昭，1989)
- (6) 立體感展現：橋梁構件的特色與型態，是構成橋梁整體樣貌最重要的物件，而在夜間照明布置時，其投射角度與方向，是最直接改變物體三維空間深度的手段，也改變光影的比例，如同舞台照明的面光、側光、頂光等單一光源或是多方向光源的組合，進一步左右了整體畫面所傳達出來的氛圍(Descottes, H., 2011)。

二、建議

(一) 建立法規與監測機制

橋梁景觀照明屬於城市戶外照明的一環，須面臨許多實質問題。在政策法規建立上，雖然政府在有許多節能燈具與光源等相關產業發展的扶植措施，卻忽略了戶外照明等應用層面。在踏勘與資料蒐集的過程中，發現目前的戶外照明工程缺乏公共照明監測機制，並以裝飾性的景觀照明設計最為嚴重，使得照明設計規範難以落實、照明工程品質良莠不齊，也有許多照明設備在短時間內及損壞或故障，而無法達到設計規範之需求。而在制度面上，缺乏對城市整體規劃相關計畫與法規，造成公共照明能源浪費，以及許多暴力式、炫耀式的照明產生，卻無法可管的窘境。

因此，不論是對功能性道路照明，亦或裝飾性的景觀照明，其相關法源的制定與監測機制的建立是迫切的需求。建立完善公共照明監測機制，不僅可以追蹤燈具使用情況，亦可將監測指標記錄，做為未來照明設備選用，以

及施工單位之施工品質評比之參考。而明確的法源與規範，可以確保工程執行品質的一致性、提升居住品質、減少光害產生，限制建築照明、廣告照明、橋梁照明等裝飾性較強照明設計之輝度、均勻度，及其他技術性內容，對於城市中亂無章法的廣告照明，以及其他造成視覺不適的照明設計則可依法懲處。

(二) 城市整體夜景規劃考量

目前的台灣照明體系，其整體照明規劃與設計仍多以交通機能及安全性為主，在大量複製的情況下，使得城市整體夜景失去指引方向、結構都市夜間意象的能力。城市夜景的構築，不僅是橋梁、公共建築等單點的活化，而是需要對對城市照明設計提出整體與區域目標，以避免城市夜間景觀混亂或與其發展定位相悖。

城市整體夜景規劃，可先建立完整的照明設計架構，包括燈具外型、重點照明區域、整體照度與光色使用限制等，並配合總體目標綱要執行，以表現區域照明設計層次，同時展現區域特色。同時依照區域中不同功能訴求，設定明確的設計準則，包含照度、對比程度、光色等指標。而在區域中可再依其所提供之活動特性，進行細項的規範，例如生態敏感地帶，則應限制照度與燈具選用，避免對當地生物造成衝擊。若有重點建築物或具地標性意義之設施，可根據照明投射之物體，設立一系列適用準則與技術規範，例如古蹟建物、地標性建物、橋梁、廣告標誌照明等專項，並依其特性與重要性制定光色、照度等限制。

(三) 使用者觀看角度的考量

本研究採用多個案例相互比較，試圖得出橋梁照明設計的通用原則，若一一考量每座橋梁的觀看尺度與模式，過於複雜混亂。然而，橋梁的再現模式與觀者所處位置有很大的關係，例如若遠觀橋梁，則與整體城市紋理、周

遭橋梁召明、夜間的建築天際線有關；若在河濱觀察，則橋體外觀細部，以及河面、橋腹空間的營造是一大重點；若考慮路面使用者的視覺感受，則在道路照明的安排、佈燈、或是附屬設施的設計，都影響了關者對於橋梁的認知。建議未來相關研究，可針對單一橋梁或同類型橋梁之照明視覺感受，進行不同觀看尺度的調查與分析，則可得出更精確的設計準則與結果。



參考文獻

一、中文部分

Bogle, A., P. C. Schmal, et al. (2004). *Light Structure*-德國約格·施萊西漢魯道夫·貝格曼的輕型結構(陳神周、葛彥龍、張擘 譯). 北京, 中國建築工業出版社。

Relph, E. (1998). *現代都市地景*(謝慶達 譯). 臺北市, 田園城市文化。

山本宏 (1992). *橋樑美學*(姜維龍、盛建國 譯). 台北, 地景出版社。

內政部營建署 (2008). *市區道路與附屬工程設計規範*. 台北, 內政部營建署。

王林濤 (2009). "淺析 LED 光源及其在路燈設計中的應用." *科學實踐* 8(1): 308.

台灣綠色生產力基金會 (2010). *照明系統節能手冊*. 經濟部. 台北, 財團法人台灣綠色生產力基金會。

交通部台灣區國道新建工程局 (2008). *二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究*(第 2 期). 台北, 交通部台灣區國道新建工程局。

交通部台灣區國道新建工程處 (2007). *二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究*(第 1 期). 台北, 交通部台灣區國道新建工程處。

李以信 (2009). *反映都市空間結構的夜間照明系統規劃之研究-以高雄縣鳳山市為例*. 都市計劃研究所. 台南, 國立成功大學。

京華工程顧問股份有限公司 (2011). *高屏溪流域整體治理規劃總報告*. 屏東。

郝洛西 (2005). *城市照明設計*. 上海, 遼寧科學技術出版社。

盛洪飛 (2001). *橋樑建築美學*. 北京, 人民交通出版社。

郭建惠 (2008). 黑暗性的魔力. 郭肇立編. 黑暗論. (pp. 158-175). 台中, 國立台灣美術館.

郭肇立等 (2008). 黑暗論. 台中, 國立台灣美術館。

陳飛虎 編 (2007). 建築色彩學. 北京, 中國建築工業出版社。

楊士金、唐虎翔 (2003). 景觀橋梁設計. 上海, 同濟大學出版社。

楊蔭民 (2007). 市區道路照明功能維持機制之研究--以台北市路燈維護管理為例. 國立台灣大學土木工程學系碩士論文. 台北, 國立台灣大學土木工程學系碩士論文。

楊贊、郝洛溪、蔡燁震、紹榮鏞 (2008). "節能降耗 城市照明規劃的新視角---對《杭州市“十一五”綠色照明規劃》的實踐研究." 照明工程學報 19(3): 12-17.

滝本孝雄 and 藤澤英昭 (1989). 色彩心理學. 北京, 科學技術文獻出版社。

管倖生等 (2006). 研究的基本觀念. 台北, 全華科技圖書股份有限公司。

劉允華 (2006). 魅影流光:從光的社會學曲徑到夜間生活現代性. 社會學系. 台中, 東海大學社會學系碩士論文。

劉克峰 (2008). 黑暗都市論. 郭肇立編. 黑暗論. (pp. 122-133). 台中, 國立台灣美術館.

劉承東 (2009). "LED 路燈在道路照明的應用." 中國照明電器 3: 30-34.

潘錫明 (2009). "認識發光二極體." 科學發展 435: 6-11.

蔡俊鏡 (1999). 斜張橋. 台北, 科技圖書。

蔡俊鏡 (2003). 築橋亦築夢. 台北, 科技圖書股份有限公司。

鄭文隆 (2001). 高屏溪橋. 交通部台灣區國道新建工程處. 台北, 交通部台灣區國道新建工程處。

- 賴雨農 (2009). 尋味。光與影. 台北, 三采文化出版事業。
- 賴威郡 (2006). 橋樑構造設計景觀美學原則探討. 台北, 國立台北科技大學建築與都市設計研究所。
- 賴進貴等 (2003). 台北河川橋梁之旅. 台北, 台北市新聞處。
- 謝宗哲 (2009). 建築的開始：東方新意的崛起. 台北, 田園城市。
- 羅時璋 (2008). 暗巷裡的神光與春色. 郭肇立編. 黑暗論. (pp. 70-85). 台中, 國立台灣美術館。

二、英文部分

- Amoroso, N. (2010). *The exposed city : mapping the urban invisibles*. New York, Routledge.
- Bean, A. R. (2004). *Lighting : interior and exterior*. Boston, Elsevier/Architectural Press.
- Brandi, U. and C. G. Brandi (2007). *Light for City - Lighting Design for Urban Spaces. A Handbook*. Switzerland, Birkhauser.
- Brandi, U. and C. Geissmar (2001). *Lightbook : the practice of lighting design*. Basel, Birkh|auser.
- Descottes, H. (2011). *Architectural Lighting: Designing with Light and Space*. New York, Princeton Architectural Press.
- Frank, K. D. (1988). Impact of outdoor lighting on moths. *Lepidopterists' Societ*, 42, 63-93.
- Gottmoeller, F. (1998). *Bridgescape - the art of designing bridge*. New York, John Wiley & Sons.

Harbeson, P. C. (1991). Architecture in Bridge Design. Bridge Aesthetics Around The World. T. R. B. N. R. Council. Washington, D.C., Transportation Research Board.

Jakle, J. A. (2001). City Lights - Illuminating the American Night. Harrisonburg, The Johns Hopkins University.

Leonhardt, F. (1991). Developing Guideline for Aesthetic Design. Bridge Aesthetics Around The World. T. R. B. N. R. Council. Washington, D.C., Transportation Research Board.

Longcore, T. and Rich C.(2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(4): 191-198.

Lynch, K. (1960). The Image of City. London, Massachusetts Institute of Technology.

Malakoff, D. (2001). Faulty towers. *Audubon*, 103(5), 78-83.

Moore, M. V. *et al.* (2000). Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 1-4.

Santen, C. v. (2006). Light Zone City - Light Planning in the Urban Context. Berlin, Birkhauser.

Salmon, M. (2003). Artificial night lighting and sea turtles. *Biologis.* t 50: 163-168.

Tregenza, P. and D. Leo (1998). The design of lighting. New York, Spon Press.

Troitsky, M. S. (1994). Aesthetics in Bridge Design. Planning and Design of Bridges. New York, John Wiley & Sons.

Yin, R. K. (1989). Case study research : design and methods. Newbury Park, CA, Sage Publications.

三、網路資料

GOLDEN GATE BRIDGE HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT.

(2010). Research Library,2011, from <http://goldengatebridge.org/research/>

FDOT Structures Design Office. (2010). Aesthetic Lighting of Florida
Bridges, 2011, from

<http://www.dot.state.fl.us/structures/botm/bridgelighting/lighting.htm>

Nicolas Janberg ICS, (2011). Erasmus Bridge, 2011, from

<http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0000267>

Australian Government, (2011). About Australia, 2011, from

<http://australia.gov.au/about-australia>



附錄一 戶外照明常見光源種類

(1) 水銀燈(Mercury vapor lamp)

水銀燈是發展最早的氣體放電燈泡，它是由帶有螢光塗層的橢圓型充氣玻璃泡殼與充有汞蒸氣的石英放電管組成，屬高壓汞蒸氣放電燈。其特點是光效不高(37~56lm/w)，壽命長(8000~10000hr)。水銀燈的主要輻射光譜在紫外光、藍光、綠光、黃光區域，使得此種光源的演色性較差，呈現的顏色外觀為冷白色光，可用於街道、廣場、碼頭等戶外照明，但因為其水銀蒸氣對環境會造成危害，因此現在實際使用越來越少(郝洛西，2005)。



圖 6-1 水銀燈(圖片來源：<http://www.data-asia.com/>，下載於 2011 年)

(2) 螢光燈

是一種照明裝置，屬於弧光燈的一種。當燈起動時，燈絲會先加溫約 1~2 秒，以使燈絲溫度提高，以釋放電子，接著高電壓會施加在兩個電極之間，使充入氣體和水銀氣體傳導電流而產生放電，此流動之電子(電流)會激發氣態水銀原子而發出紫外線，由於玻璃燈管內壁有塗一層螢光粉，此螢光粉在紫外線照射下會發出可見光。其光效 60~80lm/w，壽命約在 6500~8000 小時之間，若為 T5、T8 高效率螢光燈管，則其光效可達 90~104 lm/w，壽命約為 13000~20000 小時。螢光燈具有多種色溫可供選擇，常用於辦公室、商場、建築等室內環境(經濟部，2010)。



圖 6-2 螢光燈(圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/wiki/>，下載於 2011 年)

(3) 低壓鈉氣燈(low pressure sodium lamp)

低壓鈉燈是由 U 型放電管中的惰性氣體和低壓鈉蒸氣放電產生 589nm 的黃色譜線，是一種單色光源，演色指數不存在。由於低鈉燈輻射的波長和人眼視覺靈敏曲線的峰值接近，因此低壓鈉燈是目前發光效率最高的光源，光效可達 200lm/w，平均壽命在 18000~20000hr，但是低壓鈉燈輻射的是單色黃光，色溫在 1800K 左右，只能用於顏色分辨要求不高的場合，因此廣泛用於道路和停車場照明，當然也可用於建築物的外觀照明中。低壓鈉燈的另一特性是透霧能力強，在惡劣天氣條件下的能見度較好。(郝洛西，2005)



圖 6-3 低壓鈉氣燈(圖片來源：<http://archiandesigns.wordpress.com/>，下載於 2011)

(4) 高壓鈉氣燈(High Pressure Sodium lamp)

高壓鈉燈是目前使用最廣泛的光源之一，根據其金黃色的光色外觀，很容易和其他氣體放電燈區別開來。其演色性通常只有 20~30，色溫在 1900~2100K，如果弧形管內的那氣體壓力增大，演色性指數就會增加，光色也會變白一些。與低壓鈉燈相比，高壓鈉燈在演色性方面得到明顯的改善，基本上和可見光譜主要部分重疊，光效極高，品質較佳的高壓鈉燈其光效可達到 150lm/w，平均壽命在 16000~20000hr。由於其高光效，壽命長，在道路照明、戶外區域照明，建築物外觀照明、運動場場館照明和一些對演色性要求不高的場所廣泛使用(郝洛西，2005)。



圖 6-4 高壓鈉燈(圖片來源：<http://cn.made-in-china.com/>，下載於 2011 年)

(5) 複金屬燈(Metal halide lamp)

複金屬燈是氣體放電燈泡中廣泛使用的一類，在蒸氣放電管中加入一些金屬鹵化物，其光色呈白色，色溫在 2900~5200K。在室外照明中主要使用有演色性要求的地方，如停車場或建築物外觀照明。根據其結構不同，外型可分為管型、橢球型及緊湊型，使用壽命可達 12000~20000hr，光效大約在 56~110lm/w(郝洛西，2005)。



圖 6-5 金屬鹵化物燈(圖片來源：：<http://www.diytrade.com/>，下載於 2011 年)

(6) 固態半導體光源(LED；Light Emitting Diode)

LED(Light Emitting Diode)又名發光二極體，是屬於固體發光光源的一種。LED 利用 N 型與 P 型半導體的特性，在其正負兩極施予電壓，當電流通過時，結合的能量便以光的形式發出。LED 可以依其使用的半導體材料決定發光的波長，因此便產生不同光色(潘錫明，2009)。LED 作為一種固體照明光源，其壽命長、光效高、多光色、光束方向性強、可在安全低電壓下工作，並可以連續開關，且達成 0~100%調光的效果(王林濤，2009)。LED 的壽命理論可高達 50000 小時，而發光效率在積極發展下，已可達到 80lm/W(劉承東，2009)，並已經在商業廣告、緊急照明、交通信號，與景觀照明工程廣泛應用，並成為政府積極推廣的節能環保燈具。但 LED 燈具挾待其在光色多樣、可調光及工作環境電壓小的優勢條件下，其在設計上的運用表現將相當可觀，在實務上仍深具潛力。若未來技術克服散熱及發光效率的問題，LED 光源勢必成為戶外照明的主流趨勢之一。

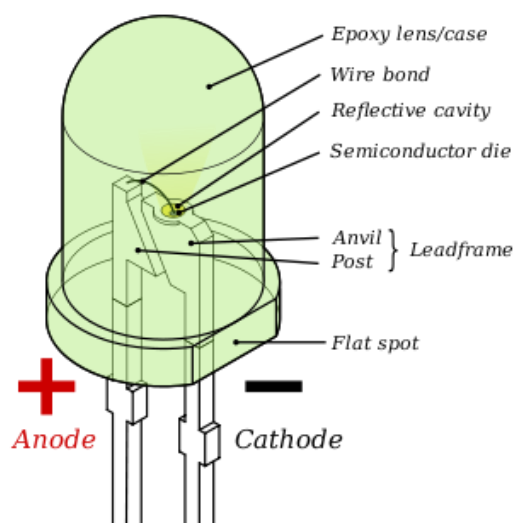


圖 6-6 LED 光源構造(圖片來源：<http://www.djtechttools.com/>，下載於 2011 年)

(7) 其他光源之比較

除了上述發光效率較高的光源為，仍有其他具特殊功能之光源，運用在戶外照明中。以下就目前台灣所使用之戶外人工光源，針對其光效、平均壽命、特性及適用範圍進行比較：

表 6-1 戶外人工光源特性比較表：

光源種類	類型	光效 (Lm/W)	平均壽命(hr)	特性	適用範圍
白熾燈 Incandescent Lamp	白熾燈泡 Incandescent Lamp 反射燈泡 Reflector Lamp	8~18	1000	安裝及使用容易立即啟動、成本低、反射燈泡可做聚光投射。	住宅之基本照明及裝飾性照明、反射燈泡可用於重點照明。
鹵素燈 Halogen Lamp	石英鹵素燈 Quartz Halogen Lamp	12~24	2000~3000	體積小、亮度高、光色較白、安裝容易、壽命較普通燈泡長。	商業空間之重點照明。
緊密型螢光燈管 CFL-N.1	PLC 燈管 Compact Light	48~87	6000~8000	體積小、壽命長、效率高、省電。	局部照明、安全照明、方向指標照明。
螢光燈管 Fluorescent Lamp	T-5、T-8 高效率螢光燈管	80~104	13000~20000	高效率、高演色性、省電、光色	辦公室、商場、住宅及一般公

	High Efficiency Fluorescent Lamp			多、達到高照度並兼顧經濟性。	共建築。
氣體放電燈 H.I.D Lamps	高壓水銀燈泡 High Pressure Mercury Lamp	40~61	10000~12000	多種光色、可達到高照度並兼顧經濟性。	辦公室、商場、住宅及一般公共建築。
	高壓鈉氣燈泡 High Pressure Sodium Lamp	68~150	8000~16000	效率高、壽命特長、光輸出穩定。	道路、隧道等公共照明、投光照明、工業照明、植栽照射。
	低壓鈉氣燈泡 Low pressure Sodium Lamp	99~203	12000	效率極高、壽命極長、明視度高、演色性差為單一色光。	不須辨認顏色場所。
	陶瓷複金屬燈泡 Ceramic Metal Halide Lamp CDM(Mastercolour Lamp)	78~95	6000~12000	採精密陶瓷做為放電管材料，效率高、光色穩定，不會造成色差，體積小、輝度高、光束控制容易。	辦公大樓之公共空間、商場等之基本照明與重點照明、公園廣場建築物等之景觀照明。
LED 燈	LED燈 Light-Emitting Diode	20~45	50000~100000	體積小、壽命長、省電。	適用招牌、交通號誌及建築外觀景觀照明。
無電極電磁感應燈	無電極電磁感應燈 High-Frequency Plasma Electroless Induction lamp	80~90	100000	無閃爍、高光效、光衰小、顯色性佳、可調光且壽命長。	辦公大樓大廳、賣場商場及一般公共建築挑高之照明場所。可取代水銀燈、複金屬燈。

資料來源：經濟部，2010《照明系統節能手冊》。本研究修改