



文/范賢娟

第四屆 臺灣業餘天文研討會 全紀錄

The 4th Taiwan Amature Astronomy Workshop

根據2001年美國空軍氣象衛星的資料統計，全球2/3人口都居住在光害區，97%的美國人與96%的歐洲人甚至看不見比弦月之夜更暗的天空。 圖片來源：美國太空總署

— 研討專題 —

光污染防制

光污染問題簡介

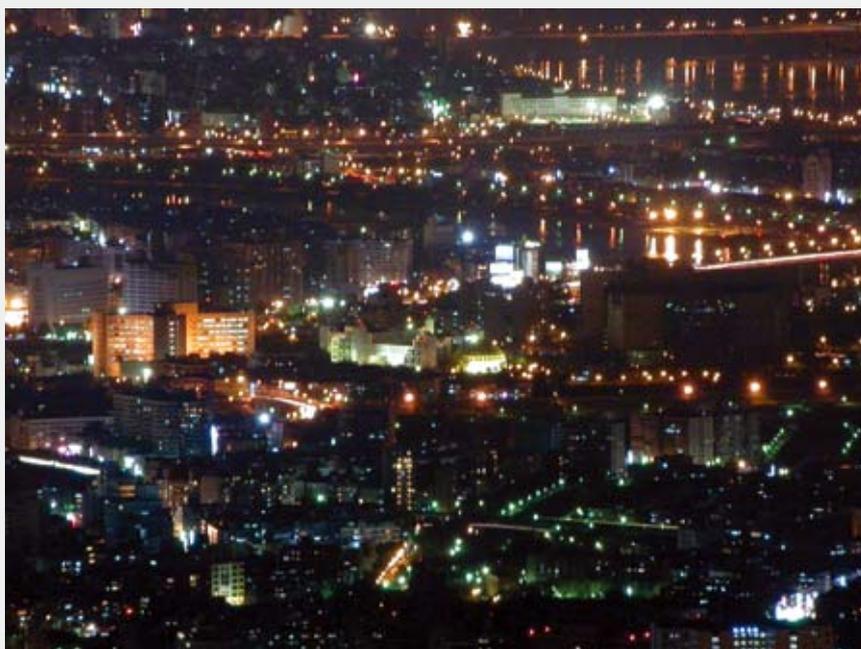
主講/ 洪景川

什麼是光污染

光污染又名光害，是過度使用照明系統而產生的問題，使得城市裡甚至城市外的夜空星光被都會的燈光覆蓋而消失，也使天文學家的觀測研究受到影響，甚至破壞了生態的平衡。幸自1980年代初，全球『暗空運動』開始推展，目的就是要鼓勵人們減少使用不必要或是不當的照明系統，以減輕光污染的危害。

光污染是工業化的副產品，最主要是來自居家的照明、廣告招牌、辦公室、工廠、街燈以及露天大型運動場的照明。受光污染影響較嚴重的國家主要是已開發國家，例如歐美及日本等國。

光污染是嚴重而有礙健康也是浪費能源的問題。光污染的量與地區釋放出的光線量成正比。政界人士也希望減少光污染，但是他們也指出：在現實生活中，硬要人們關掉照明系統是不切實際的—因為現代工業社會的經濟成長極度依賴照明系統。所以這是一個傳統的污染問題，很難阻止其長遠而



天文館附近的燈海(臺北市)
攝影/ 洪景川



臺北盆地光害下的皓月與木星(陽明山公園大屯山頂)
攝影/ 洪景川

負面的影響。因此得到的結論是：光污染只能靠人們的自覺來逐漸改變生活習慣而設法減輕，並沒有具體的方法可以徹底解決！

但卻有些工業團體認為光污染是重要的問題。例如英國照明工程師公會為其會員提供了與光害相關的資訊、光害所製造的問題以及該如何減少光害的方法。廣告商和廣告的業主基本上都希望透過耀眼的強光來吸引顧客的注意；然而他人卻可能覺得反感！另一種常見的光污染則是居家照明系統的光線，越過了自家的界線而照向鄰居的私人領域，而且都是些對人毫無助益的光，這當然會使人感到極度的厭惡與困擾。

至於那些光線可以被接受？那些人須要為光

污染負責？諸如此類的問題常有不同的見解；因此在不同團體之間，有時須要進行協商。即便是各國政府的相關部門，對光污染問題也多採取彈性處理的手法：主要是參考該光源背後的利益、信念與社會所能接受的程度，並進而根據估計所得的結果，將超過標準的光線限制在法定可以接受的範圍之內。

光污染的種類

光污染是由多種問題匯集而成的，大部份均來自低效率和令人煩厭以及非必要的人造光源。主要的光污染種類可分為以下五大來源。通常令人厭煩的光污染光線多半來自其中的一種或多種混成：

1. 光侵犯 (Light Trespass, 又稱為光害騷擾)

光侵犯是指不必要的光線進入了他人的私有領域。例如自家的居家照明過於耀眼而影響到鄰居，使他人感到不適。照明系統的強光照向鄰居家中阻礙其睡眠，就是常見的光害騷擾。

光侵犯對天文同好而言問題很大，因為群星的微弱星光經常會被城市的強烈燈光所掩蔽，使得同好們進行觀星活動時變得極為困難，即使被迫移師到漆黑而寂靜的高山上或鄉間來進行，還不見得能完全躲得掉呢！

2. 過度照明(Over-illumination)

過度照明是光線的過度使用。在美國國內，過度照明一天大約會浪費掉相當於二百萬桶原油的能量。這是以美國一天會消耗等同於五千萬桶石油的能源為基礎來估算的。但其實60%的美國能源供應來自於天然氣、水力發電和其他非石油的能源。等同一天的石油消耗桶數只是一種簡易表達方



式，使人能更清楚看出從各種不同的能源中，所表現出的能源耗用總量。更應注意的是，根據美國能源部統計：超過總能源的30%被用在工、商業上及住宅等方面。現有建築物能源稽核顯示：住宅、商業以及工業上使用的照明消耗大約 20% 到 40%的地面能源使用。（住宅區的能源使用只消耗10%到30%的能源在照明用途上，而商用建築則主要用在照明上）；因此照明用能源佔了大約四百萬或五百萬桶的一日等同油量。

另一項能源稽核資料顯示：大約30%到60%在照明方面被消耗的能源是不必要的。另一種計算方式則是從下列事實著手：商用建築的照明耗能超過81.68兆瓦特的電力（美國能源部1999年資料）。因此商用照明本身一天就消耗大約等同四百萬桶到五百萬桶的石油，和以上所估計的照明能源消耗量估計值是一致的。

過度照明的幾項肇因：

- * 未使用定時器、入侵感應器或其他不需要照明時會自動熄滅照明的控制裝置。
- * 不正確的照明設計：尤其是在特定工作場所空間內，提供了超過需求亮度的照明。
- * 未能選用正確的燈具或燈泡，因此無法將光線導入需要的區域內。
- * 未選用正確的硬體，使得比需求量更多的能源能被消耗來完成照明工作。
- * 建築物管理者和住戶未接受有效率使用照明系統的完整訓練。
- * 不適當的照明維護，導致散亂光的增加和能源的耗費。

其實這些問題大部分都能馬上採用可行又不昂貴的技術來修正；然而在照明設計的領域中或在地主和承租者方面，依然存在相當可觀的阻力（執舊的慣性或惰性），阻礙了光害問題的迅速修正。最重要的是亟需大眾的全面覺醒，使工業化國家的居民願意改善，並能體察減少過度照明後所能獲致的龐大正向利益。

3. 眩光(Glare)

眩光是指直接觀看照明系統核心或燈絲時所產生的短暫目眩現象。街燈的光線直接射入行人及駕駛人的眼睛裡會造成長達一小時影響平常夜間視覺的目眩現象一極可能會釀成意外。此外眩光會使人們分辨光度強弱的能力降低，而且在短時間內難以回復。

4. 雜亂光(Clutter)

雜亂光是指光線過度混亂所造成的現象。多種不同光線組合起來可能會造成混淆，使人們無法留意到障礙物，進而釀成意外。雜亂光的情況在街燈設計錯亂的道路上尤其常見：若非光度不足，就是光度太強，或是光源的顏色不同，這都會使駕駛人或行人的視覺專注力被分散並釀成意外。

5. 天空輝光(Sky glow)

天空輝光是指人口稠密區所能看到的天區輝光效應。這是由各大樓間相互反射大樓的光線，並再由附近的大氣反射至天空所造成的效應。此反射與光線的波長具有密切的關係。在白晝日照時使天空變藍的瑞利散射在這裡也可以適用—這些相互反射



星座之王也不敵光污染(花蓮縣吉安鄉)
攝影/ 洪景川

的光線竟使人們在夜裡也可看到天空呈現深藍色！這當然會減低了天空與星星的對比度，使得觀察星光變得更加困難，所以星星便從天空中平白地消失了！

自從『波特爾暗空分類法』(Bortle Dark-Sky Scale)於天空及望遠鏡雜誌(Sky and Telescope，波特爾，2001年)上刊登後，開始被人們用來衡量天空輝光的程度。波特爾暗空分類法將黑暗天空受到天空輝光的影響程度分為1至9級—每級均有詳細的描述及介紹，這方便了天文同好在選擇合適的觀星地點時作為參考依據。(參考P.10表格)

三、光污染的影響

1. 光汙染浪費能量

當光線並不能照射到預定的目標時，便會浪費能源。例如某些固定光源向天空照射而非向地面照射時便是如此。另外當產生的光線比需要的更多時，也會浪費能源。有些國家在簽訂『京都協議書』後開始研究減少使用能源的方法，而個

人、組織及各國政府部門有時也會尋求更有效使用光線的方法來減少電費的支出。

不合理使用照明最直接的結果便是能源的浪費。根據「國際暗空協會」(International Dark-Sky Association—IDA)的統計，美國有30%的戶外照明都是射向天上而浪費掉，每年白白浪費的電費更高達15億美元！更令人扼腕的是，這些燈光所耗的能源，相等於燃燒六百萬噸煤炭所產生的能量，這也平白增加了空氣的污染和地球的負擔。一個城市的街燈若超過二十萬盞，即使沒有準確的數字，每年需耗的電費大概也很可觀！

2. 光汙染減低安全性

很多人在夜裡要以光線來增加安全感，部份人士亦指出充足的光線可以減少犯罪案件的發生；但是錯亂的安全燈光可能會適得其反！所以如何正確地使用光線及增加光線的使用效率是個相當重要的課題。

3. 光汙染破壞黑夜的天空

很多城市的居民不能在夜空裡看到銀河或星星，這嚴重損害了天文同好及一般民衆的雅興與人文及科學素養。所以現在已經有環保團體提倡要淨化夜空，對星空進行「保育」，並將淨化夜空視為一種文化保育的運動。

4. 光汙染可能危害人類的健康

醫學研究指出過度的光線可以使人變瘦，同時也有數個研究結果認為光污染會影響健康：

1). 有兩個醫學研究指出，在夜間曝露於過量的光線下有更多機會患上乳癌，這是因為人體內協助夜間正常活動的褪黑激素(Melatonin)被壓制不能正常分泌。(Davis et al., 2001; Schemhammer et al., 2001)

2). 近視與黑夜裡受到過度光線照射有關：
Nature, vol 399, 13 May 1999

3). 感情失控與光線有關：
Neuropsychopharmacology 1999 vol 21 no.3.

洪景川：任職於臺北市立天文科學教育館



光汙染影響-臺北市的武仙M13星團(上)與阿里山的半人馬 ω 星團(下)比較。攝影/洪景川

『波特爾暗空分類法』 (Bortle Dark-Sky Scale)



等級	名稱	顏色	裸眼 極限星等	描 述
第1級	完全黑暗的天空	黑	7.6-8.0	黃道光、對日照以及黃道光帶都能看到。黃道光達到醒目的程度，而且黃道帶延伸到整個天空。甚至僅使用肉眼，M33也是一個極為清晰的天體。天蠍座和人馬座中的銀河區域可以在地面上投下明顯的淡淡影子。經過努力之後，裸眼的極限星等可以達到7.6至8.0等；天空中的木星或金星甚至會影響肉眼對黑暗的適應程度。氣輝（一種一般出現在地平線上15°的天然輝光）也穩定可見。使用32cm的望遠鏡，經過努力可以看到暗至17.5等的恆星，使用50cm的望遠鏡在中等倍率下可以達到19等。如果你在由樹木圍繞的草地上觀測，那你幾乎無法看到你的望遠鏡、同伴和你的汽車。這裡是觀測者的天堂。
第2級	典型的 真正黑暗觀測地	灰	7.1-7.5	沿著地平線氣輝微弱可見。M33可以被很容易的看到。夏季銀河具有豐富的細節，在普通的雙筒鏡中其最亮的部分看起來皆像有著紋路的大理石。在黎明前或黃昏後的黃道光仍很明亮，可以投下暗弱的影子，與藍白色的銀河比較它呈現很明顯的黃色。任何在天空中出現的雲就好像是星空中的一個空洞。除非在星空的背景襯托下，你僅能模糊地看到你的望遠鏡和周圍的事物。梅西爾天體中許多球狀星團都是用肉眼就能直接看到的目標。裸眼的極限星等可達到7.1至7.5等，32cm望遠鏡則可達到16至17等。
第3級	鄉村的星空	藍	6.6-7.0	在地平線方向有一些光污染的跡象。雲在地平線處會被微微的照亮，但在頭頂方向則是暗的。銀河仍然富有結構，M4、M5、M15和M22等球狀星團仍是肉眼明顯可見的目標。M33也很容易用眼角餘光法看到。黃道光在春季和秋季很明顯(頂端仰角達60°)，但它的顏色已顯現微弱。距離你6到9米的望遠鏡已變得模糊。裸眼的極限星等可達到6.6至7.0等，32cm反射望遠鏡則可達到16等。
第4級	鄉村/郊區的過渡	綠 黃	6.1-6.5	在人口聚集區的方向光污染可見。黃道光仍清晰，但延伸的範圍很小，不到半天高。銀河仍能給人留下深刻的印象，但是缺少大部分的細節。M33已難以看到，只有在地平高度大於50°時才勉強可見。雲在光污染的方向被輕度照亮，在頭頂方向仍是暗的。你能在一定距離內辨認出你的望遠鏡。肉眼的極限星等可達到6.1至6.5等，32cm望遠鏡在中等放大倍率下可以達到15.5等。
第5級	郊區的天空	橙	5.6-6.0	僅在春秋季節最好的晚上才能看到黃道光。銀河非常的暗弱，在地平向方向不可見。光源在大部分方向都很明顯，在大部分天空，雲比天空背景要亮。肉眼的極限星等為5.6至6.0等，32cm反射望遠鏡則為14.5至15等。
第6級	明亮郊區的天空	紅	5.1-5.5	甚至在最好的夜晚，黃道光也無法被看到。僅在天頂方向的銀河才能看見。天空中的地平高度35°以下的範圍都發出灰白的光。天空中的雲在任何地方都相當亮。你可以毫不費力的看到觀測桌上的目鏡和望遠鏡的配件。沒有雙筒鏡M33已不可能看到，對於肉眼來說M31也僅僅是比較清晰的目標。肉眼極限星等為5.5等，32cm望遠鏡在中等放大倍率下可以看到暗至14.0至14.5等的恆星。
第7級	郊區/城市過渡	紅	最佳5.0	整個天空呈現模糊的灰白色。在各個方向強光源都很明顯。銀河已完全不可見。M44或M31肉眼勉強可見但非常不明顯。雲被照亮。甚至使用中等口徑的望遠鏡，最亮的梅西爾天體仍顯得像蒼白的鬼影。在極度的嘗試之後，肉眼極限星等為5.0等，32cm反射望遠鏡勉強可以達到14.0等。
第8級	城市天空	白	最佳4.5	天空發出灰白色或橙色的光，你能毫無困難地閱讀報紙的標題。M31和M44只有在最好的夜晚才能被有經驗的觀測者用肉眼看到。用中等大小的望遠鏡僅能找到最亮的梅西爾天體。一些熟悉的星座已無法辨認或是整個消失。在最佳情況下，肉眼極限星等為4.5等(如果您知道要往哪兒找的話)，32cm反射望遠鏡則為13等。
第9級	市中心的天空	白	最佳4.0	整個天空被照的通亮，甚至在天頂方向也是如此。許多熟悉的星座已無法看見，巨蟹座、雙魚座等暗弱的星座根本看不到。也許除了M45昴宿星團外，肉眼看不到任何的梅西爾天體。只有月亮、行星和一些明亮的星團才能給觀星者帶來一些樂趣(如果能找到的話)。肉眼極限星等為4.0等或更小。

原文來源：SkyandTelescope.com - Saving Dark Skies： <http://skytonight.com/resources/darksky/3304011.html>

Wikipedia, Bortle Dark-Sky Scale: http://en.wikipedia.org/wiki/Bortle_Dark-Sky_Scale

中譯來源：談天文網 (2-sky.com) <http://www.2-sky.com/observation/ShowArticle.asp?ArticleID=175>