



■ 周卓輝

啟動照明文藝復興的 燭光 OLED

便利的照明電燈取代了友善的油燈和蠟燭，
但電燈裡過多的藍光使夜空被汙染，生態被破壞，
該思考讓節能與健康的「好光」登台的時候了。

【藍害來源不僅是照明的燈光，來自 3C 螢幕的藍光更需要注意。】

人類使用油燈照亮暗夜的歷史已超過一萬年；5,000 年前埃及人發明了蠟燭；150 年前更有節能、便利的電燈，如日光燈與 LED 燈，取代了友善卻耗能的油燈和蠟燭。但這些節能燈泡發射出過多的藍光，除了汙染夜空、破壞生態之外，更引發人類罹患各種疾病。認知光害，特別是藍害，研發節能與健康兼顧的「好光」，讓生態重返無藍害的境界，並進入節能的新世紀，才是啟動照明文藝復興的王道。

什麼是藍害

藍害來源不僅是照明的燈光，來自 3C 螢幕的藍光更需要注意。藍光、紫光可能引起的傷害包括：對夜空的汙染（來自照明），對生態的破壞（來自照明），對文物、畫作的破壞（來自照明），造成視網膜炎、黃斑部病變（來自照明與 3C），抑制褪黑激素的自然分泌，長期導致乳癌、攝護腺癌（來自照明與 3C）。

以下簡列幾個個案說明：

梵谷油畫變色—「經過 125 年的盛開，梵谷的向日葵開始枯萎。」每日電訊報這麼報導。由於安裝在博物館中的節能 LED 燈產生的光害，這些具有指標性的油畫開始失去活力。

「因為曝照在 LED 燈光下，梵谷的巨作正慢慢地轉褐！」2013 年 1 月 13 日，英國獨立報記者曼寧報導，連同這幅還有好幾十張的名畫也遭到「變色」的命運。科學家發現，在 LED 燈的照射下，這些畫作上的銘黃變得不穩定，並漸漸地轉為褐綠。研究人員因此警告各地的藝廊及博物館，重新思考某些 LED 燈的使用，以免這類畫作的色彩進一步惡化。

藍紫光造成視網膜剝離—「西班牙研究人員發現，LED 燈可能會損害視網膜，導致視網膜無法再生或置換。」根據 ThinkSpan 的報導，這些 LED 燈光會產生大量的「藍帶」輻射，經年累月會損害視網膜。

「暴露在某些特定波長的藍光下，可能帶來眼睛效應，也跟老年黃斑部退化有關。」夏皮羅在「視網膜今天」（Retina Today）指出，而這個波長指的是 415 到 455 奈米的藍紫光。

「視網膜病變可能很快就會變成流行病。」馬德里康普頓斯大學拉莫斯博士表示。由於電腦、手機和電視屏幕的使用，而這些產品又大量使用 LED，因此視網膜傷害可能很快就會變成流行病。

藍光 LED 的光生物傷害—「藍光跟白光 LED 有生物傷害的問題。」「在 20 公分的距離，藍光 LED 只要幾秒鐘，冷白光 LED 只需幾十秒，就會超過視網膜耐受的極限。」從 2011 年開始，國際能源署匯集了美、澳等 10 國的一個任務小組，綜評所有探索 LED 照明與健康有關的主要文獻。到了 2014 年 9 月，正式報告出爐，結論是 LED 有光生物危害，甚至 LED 光源還有眩光、閃爍方面的問題。

有關「藍光危害」，任務小組的結論是：

現有的 LED 技術，「藍光危害」是目前唯一需要考慮的光生物危害，但是，使用紫外光發射的 LED 需要有更周全的考量；「藍光危害」與藍光和紫光在視網膜上所引起的光化學損傷有關；「藍光危害」與藍光視網膜輻射照度有關，LED 的高輻射使它的視網膜輻照度可能很高，須審慎看待；視網膜的光化學損傷取決於累積的光曝照劑量，這種損傷可來自短時間但高強度



由於電腦、手機和電視屏幕的頻繁使用，人們應重視「藍光」對視網膜的可能傷害。(圖片來源：種子發)

的光曝照，也可能出現在低強度但長時間反覆的曝照；「藍光」對視網膜有害，這源自它會造成視網膜細胞的氧化應力；「藍光」被懷疑是老年黃斑部病變的危險因素。

2014 年的諾貝爾物理學獎—「因為發明了高效率的藍色發光二極管，實現了明亮和節能的白色光源。」2014 年 10 月，諾貝爾物理學獎頒給了日本赤崎勇和天野宏以及在美國的中村修二 3 位教授。

2010 年，國際能源署開始展開 LED「藍害」的調查、評估，歷經 4 年，2014 年的 9 月 24 日公布了「藍光危害」的諸多事證。

儘管如此，2014 年的 10 月 7 日諾貝爾基金會召開記者會公布，把物理學獎頒給了藍光 LED 的發明人。

諾貝爾獎得主核彈級的聲明—「使用藍光 LED 的白光 LED，終會從市場上消失！」2015 年 7 月，中村修二在日經亞洲評論所籌辦的氮化鎵技術論壇上表示，藍光 LED 確實有藍光問題，像是引致失眠，因此使用藍光 LED 芯片的白光 LED 遲早會從市場上消失。

藍光 LED 的發明人中村修二博士已經體認到藍光 LED 的可能危害，並且積極地

褪黑激素原本在入夜後會開始分泌，但因為明亮的夜光照射，特別是其中的藍光與藍紫光，而使褪黑激素被大幅抑制。

尋求解決方案。他原本以為使用紫光 LED 芯片會是解決方案，然而我們已經了解藍紫光是損傷眼睛的主要成分，因此使用紫光 LED 來驅動白光並非解決之道。

震撼全球的一篇報導——在全球三百多個醫學期刊與八千多個科學期刊中擁有最高的影響因子（2012 ~ 2013 年 impact factor = 162）的「臨床醫師癌症期刊」，在 2014 年 5 月發表了〈現代世界電力照明所引發的乳癌和節律破壞〉論文。它指出：「乳癌是全世界女性癌症死亡的主要原因，而且，也只有一個解釋可用以說明為什麼。」史帝芬斯等 5 位學者指出，在暗夜時分越點越亮的「電力照明」是乳癌、攝護腺癌等疾病的真正致因。

為什麼長期夜間光照會引發癌症？醫學專家發現，用來抑制腫瘤成長的褪黑激素原本在入夜後會開始分泌，但因為明亮的夜光照射，特別是其中的藍光與藍紫光，使褪黑激素被大幅抑制，導致許多癌症被誘發。腫瘤成長跟高氧化性自由基的產生有關，而最強力的天然抗氧化劑——褪黑激素——卻因夜間光照而不分泌，致使腫瘤肆意孳生、成長，最後成為致命的乳癌或攝護腺癌等。

日本的研究發現，單只在半夜照射 200 勒克斯的燈光 1.5 個小時，就會顯著抑制褪黑激素的分泌。如果房間或檯燈使用的是白色的光，譬如色溫 5,000K，有將近 8 成的褪黑激素會被抑制；如果使用的是 3,000K 的暖白光（黃白光），則有近 5 成會被抑制；如果使用藍光更少的 2,300K 白熾燈光，則只有 1.8 成被抑制，而有 82% 褪黑激素可順利分泌。



對丹麥人而言，「蠟燭」是能夠感受幸福的管道。（圖片來源：種子發）

丹麥人就是愛蠟燭

地球上最幸福的國家在哪裡？根據 2016 年〈世界幸福報告〉，答案是丹麥。從 2016 到 2018 這三年來看，全球第一幸福國家是丹麥，其次是挪威，冰島排名第三，芬蘭、瑞士則並居第四。

對於「幸福」，丹麥人有與眾不同的感受；因為在其他語言裡面找不到與之對等的字眼，於是一個專屬於丹麥特有的 **Hygge**，丹麥語發音是「黑鴿」，意思是幸福，便在這個緊張的世界中誕生。讓丹麥人感受 **Hygge** 的元素有哪些？有 8.5 成的人會提到「蠟燭」；丹麥人每人每年吃掉 3 公斤的培根，卻燒掉 6 公斤的蠟燭。

大量的科學證據呈現，在人造的光源中，就屬燭光的光質最好又最生理友善，這還不包括它對視網膜、夜間生態、夜空最友善。丹麥人的直覺是對的，在需要光照的時候，尤其在需要「**Hygge**」的時候，讓他們愛上了蠟燭。



燭火有可能因眩光而不能直視；也因燭光閃爍，不適合長久看書。（圖片來源：種子發）

蠟燭的問題

點出「Hygge」、燒出羅曼蒂克氛圍的蠟燭，確實有非常多的優點，然而為什麼不直接使用蠟燭照明？理由如下：蠟燭耗能，能效只有 0.3 個流明瓦，白熾燈尚有 10 個流明瓦；燭火有炙熱、燙傷、引發火災等疑慮；因眩光而不能直視；燭光閃爍，不適合長久看書；蠟燭會釋放懸浮微粒（PM2.5）；燭火耗氧，影響室內空氣品質。

燭光 OLED

為擷取燭光的優點，並解決它們的缺點，筆者採用節能的 OLED 照明技術，

以發出柔美像燭光的光線。筆者的燭光 OLED 除了被《前瞻功能材料》（*Advanced Functional Materials*）接受刊登之外，更於 2012 年聖誕節前夕被《材料眺望》（*Material Views*）專文報導，期將取代 5,000 年前埃及人發明的蠟燭！

2015 年 8 月，Mitsubishi Chemicals and Pioneer 推出燭光 OLED 試量燈片，其藍光含量不到 3,000K 暖白光 OLED 的 1%。這消息顯示，有人追隨我們的發明腳步，也具體宣示燭光 OLED 的藍光確實很少。可以預見的是，隨後的照明世界會再掀起一波波的漣漪，願意正視藍害、解決藍害的團隊是可能的贏家。

研發成果除了獲得台灣照明學會的年度照明金質獎的特優獎外，也於 2015 年獲得國際暗天協會的照明設計獎。此外，在合作廠商同意兩年出資 600 萬投入研發的前提下，經濟部核准申請的價值創造計畫將補助兩年 2,000 萬以開發量產技術。

全方位友善的燭光 OLED

由於只含天藍光而非深藍光或紫光，燭光 OLED 比冷白與暖白 OLED、LED 及 CFL（緊湊型螢光燈，俗稱省電燈泡）友善；也因為沒有深藍光或紫光，比較不會吸引昆蟲，而致生態友善，且比較不會污染夜空，而致夜空友善。此外，比較不會讓油畫褪色，而致文物友善；因為節能而且不含汞或砷，以致環境友善。

以一個可用印刷製造，色溫是 1,918K 的燭光 OLED 為例，它完全無藍害，跟冷白 OLED（4,124 K）、LED（5,501K）與 CFL（5,921 K）比較，在視網膜的保護方面，它至少安全了 52、85、93 倍，在褪黑激素的保護方面，它至少安全了 13、20、29 倍。跟傳統燭光會炙熱、燙傷不同，這個燭光

OLED 可以用手直接碰觸，是一個令人心裡感到溫暖，觸碰起來卻是室溫或微溫的冷光；雖然沒有深藍光，它的光質依然很好，很容易讓人辨別不同物質的顏色。

既然認知了藍害，就要解決或避開藍害，既然認知了光污染，就要解決或避開光污染。唯有正確的光線管理，才能真正擁有健康，以下列出幾個簡單易行的小建議：

人造夜光是健康殺手，回歸自然是上策。萬不得已入夜開燈，務必挑選橘白燭光；多藍光或多紫光跟多鹽、多油一樣傷身；入夜的白光跟白糖、白麵一樣有礙健康；就寢前，關掉電腦，電視也可以用聽的；早睡早起，念書或工作的時間不會短少；日亮夜暗有益生理節律，器官才會健康；努力睡個好覺，提前關燈，讓大腦放鬆。

周卓輝

清華大學材料科學工程學系

