

淺談燈具的 (UGR<19) 防眩光設計

為了得到舒適，高質量的照明環境，通過改進燈具來抑制眩光是非常有必要的。近年來，出口歐盟的室內燈具都有防眩光的標準，即 $UGR < 19$ ，甚至更低。其實早在 1995 年，CIE（國際照明委員會）已經提出了燈具防眩光的概念，並把 UGR（Unified Glare Rating）作為評價室內照明環境不舒適眩光的指標。隨著 LED 芯片技術的發展，LED 燈具越來越亮，不舒適眩光也越來越嚴重。所以在 2014 年，歐盟將 UGR 限值做為燈具的一個強制標準，而不是像以前一樣只是作為參考。

下列表格中列舉了 CIE 規定的幾類場所的 UGR 限值：

| 用途 | UGR 限值 |
|---------------|--------|
| 工厂，发电站，监控室 | 16 |
| 办公场所，设计制图室 | 16 |
| 机场，控制塔 | 16 |
| 日常办公场所 | 19 |
| 会议室 | 19 |
| 学校，教室 | 19 |
| 医院，病房 | 19 |
| 便利店，销售区域 | 22 |
| 餐厅，宾馆，用餐区，宴会厅 | 22 |

通常所說的“ $UGR < 19$ ”，只是滿足了如學校，辦公場所的最基本眩光要求。其實在實際使用時，客戶還是會傾向於 UGR 更小的燈具。如果看了下面 UGR 值與不舒適眩光程度的對應關係表，大家就會有所了解：UGR=19，其實是代表不舒服。工作和學習場所的 UGR 值越小越好

| UGR 值 | 不舒适眩光程度 |
|-------|---------|
| 28 | 严重刺眼 |
| 25 | 刺眼 |
| 22 | 略感晃眼 |
| 19 | 不舒服 |
| 16 | 略感不舒服 |
| 13 | 有轻微感觉 |

很多人都對 UGR 存在一個誤解，認為它同功率，光效一樣，是燈具本身的參數。其實，UGR 的含義是照明環境對於人眼的不舒適度，它是一個通過與產生眩光有關的各種參數計算得到的表徵整個照明空間的不舒適眩光程度的值。簡單來講，UGR 值不僅與燈具有關，它與房間大小，房間的反射率，以及觀察者的觀察方向都有關係。

如果初次看到 UGR 的計算結果表格（如下圖），大家都會疑惑，究竟哪個值才代表 UGR。實際上，表格中的每一個值，都是燈具在相應的房間環境中通過 UGR 計算模型得到的值。

表格的最左側一欄，表明了房間的長（x）和寬（y），它們都以房間的高度（H）為單位。

在表格的頂部一欄，表明了房間的反射率，比如第一列數據中屋頂（ceiling）的反射率 70%，牆壁（walls）的反射率 50%，地面（working plane）的反射率 20%。

表格中的數據被平分成左右兩欄，左邊數據（Viewed Crosswise）代表觀察方向與燈具軸向垂直，右邊數據（Viewed Endwise）代表觀察方向與燈具平行

室內環境反射係數，通常面板燈的使用環境為第一列，即天花板反射率70%，牆壁50%，地板20%。

| ceiling/cavity | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.3 |
|-----------------|------------------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|
| walls | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 |
| working plane | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Room dimensions | Viewed crosswise | | | | | Viewed endwise | | | | |
| x = 2x y = 2x | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 |
| 3x | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.2 |
| 4x | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 |
| 6x | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| 8x | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| 12x | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| 4H | 2x | 10.7 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 12.4 | 12.4 | 12.4 | 12.4 | 12.4 |
| 3x | 11.6 | 12.6 | 11.9 | 12.9 | 13.2 | 11.6 | 12.7 | 12.0 | 12.9 | 13.2 |
| 4x | 11.9 | 12.8 | 12.2 | 13.1 | 13.4 | 12.0 | 12.9 | 12.3 | 13.2 | 13.5 |
| 6x | 12.1 | 12.9 | 12.5 | 13.2 | 13.6 | 12.2 | 13.0 | 12.6 | 13.3 | 13.7 |
| 8x | 12.1 | 12.8 | 12.5 | 13.2 | 13.6 | 12.2 | 13.0 | 12.6 | 13.3 | 13.7 |
| 12x | 12.1 | 12.8 | 12.5 | 13.2 | 13.6 | 12.2 | 13.0 | 12.6 | 13.3 | 13.7 |
| 6H | 4x | 11.9 | 12.7 | 12.4 | 13.1 | 13.4 | 12.0 | 12.8 | 12.5 | 13.2 |
| 3x | 12.2 | 12.8 | 12.6 | 13.2 | 13.7 | 12.3 | 12.9 | 12.8 | 13.3 | 13.8 |
| 4x | 12.3 | 12.8 | 12.7 | 13.2 | 13.7 | 12.4 | 12.9 | 12.9 | 13.4 | 13.8 |
| 12x | 12.3 | 12.8 | 12.9 | 13.2 | 13.7 | 12.4 | 12.9 | 12.9 | 13.4 | 13.8 |
| 12H | 4x | 11.9 | 12.6 | 12.9 | 13.0 | 13.4 | 12.0 | 12.7 | 12.4 | 13.1 |
| 3x | 12.2 | 12.7 | 12.7 | 13.2 | 13.6 | 12.3 | 12.9 | 12.8 | 13.3 | 13.7 |
| 4x | 12.3 | 12.7 | 12.8 | 13.2 | 13.7 | 12.4 | 12.9 | 12.9 | 13.3 | 13.8 |

Variations with the observer position at spacings

| | | |
|----------|---------------|---------------|
| s = 1.0x | + 0.5 f = 0.1 | + 0.5 f = 0.6 |
| 1.0x | + 0.4 f = 0.3 | + 0.4 f = 0.6 |
| 3.0x | + 1.1 f = 0.8 | + 1.1 f = 0.8 |

表中的UGR值需要加修正值4.9

4094 lm total lamp luminous flux correct (8log(f/f0) = 4.9)

燈具的 UGR 並不是單一值，它和燈具的使用環境有關。以目前 LED 出口燈具最常見的 600 x 600mm 面板燈為例，它的使用場所一般為辦公場所和學校，房間大小通常最大為 4H8H，房間的反射率通常為第一列，即屋頂 70%，牆壁 50%和地面 20%。所以對於這樣的大尺寸面板燈，UGR 的適用值一般為 4H8H 的第一列。

大家也會注意到，房間的反射率越低，UGR 值越高。這也很好理解，房間反射率越低，燈具光與房間背景光的反差越大，引起的眩光不舒適度也會提高。但這些低反射率的房間環境不適合安裝面板燈。比如 UGR 表格最後一列，屋頂和牆壁的反射率只有 30%，一般為酒吧或娛樂場所，通常會使用射燈或筒燈。

有些客戶會要求整表 UGR<19，這說明客戶不確定燈具的最終使用環境，那麼就要燈具滿足在任何環境的 UGR 限值。這也是非常嚴苛的要求。

有些 UGR 表格採用了舊的計算方式，所以需要在表格中的所有 UGR 數據上手工加上修正值。如上表所示：“4049 lm total lamp luminous flux correct (8log(f/f0) = 4.9)”，表示需要加修正值 4.9。如果表中下方的註釋寫有“CIE Pub. 117 Corrected”，則表示數據是已經修正過的，不需再手工加修正值。

還是以面板燈為例，很多結構工程師都有這樣的體會，UGR 值（4H8H 第一列，以下闡述的 UGR 值都為這個位置為例）如果原來就很高的話，比如 24 以上，通過改變燈具的設計，UGR 值可以很容易降低。但是在 19 附近或以下，UGR 值則非常難進一步降低。其實，UGR 值計算模型是一個對數函數，它和燈具的眩光量成對數反比關係。比如，如果 UGR 值降低 1，

則表明燈具的整體眩光量減弱為原來的幾分之一。注意，所謂眩光，即燈具中所有大於 65 度的高角度光。

在 LED 普及之前，傳統的辦公室防眩光燈具是格柵燈，它將熒光燈管隱藏到金屬反射罩內部，遮蔽角達到 30 度以上，外側採用鋁製格柵進一步遮蔽軸向眩光。這種燈具可以很容易做到 UGR<13。但對於 LED 面板燈，包括側發光和直下式，其燈具結構本身是不適合做防眩光處理的，因為發光面為最外側平面，高角度眩光很難被抑制，只能通過防眩光板或膜將高角度的光收束到中間工作面。

目前業內常見的面板燈防眩光產品主要有大陸和台灣生產的擠出成型棱晶板，德國 BWF 和 Yungbecker 的熱壓成型棱晶板，美國 Bright View Technologies 的微結構防眩光膜以及貼合板。其中擠出成型棱晶板和熱壓成型棱晶板的結構都為 1~4mm 直徑的金字塔形，六邊形或圓錐形，通過這種結構將高角度光偏折到中間。

擠出成型棱晶板是由帶有負棱晶結構的鋼棍模具在透明塑料板擠出生產時，直接在表面壓出棱晶形狀。這種生產方式效率高，成本很低。但由於塑料熱膨脹和吸水的影響，在高溫成型時其結構的精度和一致性很難保證。另外鋼棍模具在高溫下連續棍壓容易磨損，需要定期修復模具。由於鋼棍模具工作溫度的限制，這種棱晶板的基材通常為成型溫度略低的 PS 和 PMMA，而對於成型溫度高的 PC 就有很大困難。雖然部分公司聲稱做成了 PC 棱晶板的產品，但良率和品質較低，並且透明 PC 在成型時的結晶問題無法很好解決。

熱壓成型的棱晶板主要以德國 BWF 和 Yungbecker 的產品為代表。在熱壓生產前做出大尺寸的帶有負棱晶結構的平面鋼模（比如 600mm x 1200mm），然後將透明 PMMA 板材加熱，由平面鋼模熱壓成型。這種工藝相對於上述的擠出成型棱晶板有以下優點：

1. 熱壓成型棱晶板的光效較高。它的板材採用光學級透明 PMMA 板材，所以透過率更好。而擠出成型棱晶板內易產生雜質，光效較低。

2. 熱壓成型棱晶板的結構精度更高。因為熱壓成型的溫度相對於擠出成型的溫度較低，另外熱壓時間較長，在熱壓時會有幾個時間區間分別控制溫度和壓力，以達到最大的結構精度。相比而言，擠出成型棱晶板的對某一位置的棱晶棍壓成型時間只有短短幾秒，很難保證精度。

當然，熱壓成型棱晶板最大的缺點就是成本高。首先，大尺寸高精度鋼模的開模成本高，另外大尺寸熱壓成型設備的投資成本也高，單片棱晶板的熱壓生產時間也較長。