

電 照 學 教

趙富鑫

5.53

中國科學圖書儀器公司印行

448.53
202
3

電工技術叢書

電 照 學

趙富鑫編譯



3 1774 1885 6



~~02351~~

中國科學圖書儀器公司印行

上 海 02386

電工技術叢書

第一集

主編者 楊肇燦 裘維裕 楊孝述

電學與磁學	裘維裕
交流電學	裘維裕
直流電動機與發電機	毛啓爽
交流電動機與發電機	丁舜年 鍾兆琳
電動機運用與電機試驗	胡汝鼎
整流機與換流機	胡汝鼎
變壓器	周琦
發電廠	毛啓爽 吳玉麟
蓄電池	毛啓爽
保護替續器	丁舜年
磁鐵及電磁鐵設計	丁舜年
司路機鍵	壽俊良
電壓調整	壽俊良
電工儀器及量法	楊肇燦
瓦特小時計	莊標文 楊肇燦
電照學	趙富鑫
電熱	趙富鑫
線路傳輸及計算	曹鳳山
實用電工敷線法	莊標文
工用電子管理論	史鍾奇
電燈線路之電子管控制	李志熙
電動升降機 (二冊)	吳沈鈺

凡 例

- (一)本叢書編譯之目的，係爲訓練電機工程事業各項中級工程師及高級技工之用；職業學校，函授學校等採作課本，最爲適合；卽爲有志自修者，亦極合用；而大學生備作參考，以補大學教本略於實用之不足，裨益亦非淺鮮。
- (二)本叢書係用美國國際函授學校 (International Correspondence School)所編之教本爲依據，延聘專家，從事編譯；原書優點爲(1)注重實用，(2)說理淺顯；(3)插圖豐富詳明，尤以插圖多經精心繪製，與正文相得益彰，最爲特色。
- (三)本叢書一面採用國外已見成效之書籍爲藍本，一面力求適合國情，盡量加入國內已有之材料及法規，庶免隔閡之弊。
- (四)本叢書對於原書之優點，力爲發揮，惟原書若有舛誤或欠妥，亦不事盲從，而惟求其至是，不憚加以修正，以免遺誤。
- (五)本叢書側重中級電工教育，對於高深精確之理論，大都從略，間有必須牽涉之處，亦祇能取譬於日常切近之事物，出以通俗近似之陳述，精確之度難免犧牲，讀者諒之。
- (六)本叢書中所用各項單位，均取國際制，凡原書用英美制之處，則加註國際制之當量值。

- (七)本叢書在原則上遵用教育部頒之名詞。凡名詞若爲部頒所無者，或部頒名詞在實用上有窒礙者，則有編輯會議商定之。
- (八)本叢書各冊名詞力求統一，惟卷帙甚繁，編輯部同人校訂難免疏漏，所望讀者發現矛盾或不一致之處，惠予指正，以期再版時收統一之效。
- (九)本叢書中重要名詞後均附註英文名詞，並於每冊後附英漢對照名詞彙。
- (十)本叢書爲普及起見，用語體文撰述。
- (十一)本叢書第一集共二十三冊，電工各門大致俱備，其他門類，如電信等，擬陸續另出第二集補成之。
- (十二)本叢書編輯同人均以業餘之暇從事撰述，疏誤在所難免，所望海內方家，不吝見教，俾於再版時得以更正。不獨同人個人之幸，亦中國電工教育之幸也。

譯 者 序

電燈之使用於供給光照，始於十九世紀後半。當時碳極弧燈於歐美各國，即已使用頗廣，尤以路燈爲多。迨愛迪生發生白熾燈，因構造簡單，使用便利，發展極爲迅速。至於今日，雖窮鄉僻壤，亦大都有電燈之裝置。並進而使用各種氣導弧燈，以供特種之需要。然歷來從事裝置光照設備者，非特對於光照設計之理論，每多不事研究；即對於各種電燈之構造，及其適合之用途，亦大都茫然。是以所裝置之光照設備，每多草率從事，用非其長；甚至以爲裝置電燈，祇須使室內光明即已足，不必再考慮其他因素。此種光照設備，對於人之視覺，往往引起不良之影響。此種情形，在我國爲尤甚。是書爲美國通用電器公司(General Electric Co.) 電燈部光照工程師 Weitz 所著，對於光照原理，光源構造，度光測定，及光照設計，均有相當詳細之敘述。雖立論頗爲淺易，然關於普通要點，詳列無遺，且所舉實例頗多；足爲一般從事裝置光照設備工程人員之指南。對於普通鎢絲燈之製造，亦敘述頗詳，可供燈泡製造廠之參考。原書對於螢光燈未述及，特由譯者採取美國通用電器公司所頒小冊中之材料擇要加入。書中謬誤之處，在所不免，尙祈海內專家指正。

中華民國三十四年一月 趙富鑫

目 錄

第一章 光照的淺近原理-----1

1.1. 光的本性 1.2. 光源發光的原理 1.3. 光的反射, 折射, 和漫射 1.4. 視覺的過程 1.5. 顏色和亮度 1.6. 物體亮度對於其視見可能的關係 1.7. 發光強度 1.8. 光通量 1.9. 光照度 1.10. 亮度 1.11. 反平方比定律

第二章 白熾電燈-----12

2.1. 電照光源的種類 2.2. 白熾燈的概論 2.3. 燈泡的壽命 2.4. 燈泡的發光效率 2.5. 鎢絲的製造 2.6. 真空式和充氣式燈泡 2.7. 燈泡的變黑 2.8. 燈泡內能量的分配 2.9. 螺卷形燈絲 2.10. 燈絲的大小 2.11. 燈絲的形狀 2.12. 玻璃泡的形狀和大小 2.13. 玻璃泡溫度 2.14. 玻璃泡收工處理 2.15. 燈插頭的形狀 2.16. 燈泡服務的品行 2.17. 電壓和頻率變動的影響 2.18. 燈泡電壓的標準 2.19. 電燈線路電壓的調整 2.20. 燈泡平均壽命的意義 2.21. 各種大小燈泡用途的支配 2.22. 晝光燈泡 2.23. 粗用燈泡 2.24. 照相用燈泡 2.25. 映照用燈泡 2.26. 串聯路燈用燈泡 2.27. 雜型燈泡

第三章 他種光源-----38

3.1. 電弧燈的概論 3.2. 舊式炭極弧燈 3.3. 磁鐵礦弧燈或發光弧燈 3.4. 弧燈的線路 3.5. 映照用弧燈 3.6. 汞汽弧燈的概論

3.7. 汞汽弧燈的啓弧作用 3.8. 直流弧燈 3.9. 交流弧燈 3.10. 汞汽弧燈的運用特性 3.11. 汞汽弧燈的用途 3.12. 氙氣 3.13. 氙氣燈燈的概論的運用特性 3.14. 氙氣燈的色 3.15. 鎢絲汞弧合用燈 3.16. 熒光燈的概論 3.17. 熒光燈的啓弧附件和線路 3.18. 熒光燈的色 3.19. 熒光燈的發光量, 發光效率和壽命 3.20. 發光效率和電壓及溫度的關係 3.21. 熒光燈的不正常發光現象

第四章 光照測定 65

4.1. 度光計的原理 4.2. 發光強度的測定 4.3. 燭光分佈曲線的測定 4.4. 平均球面燭光和光通量的計算 4.5. 光通量的直接測定 4.6. 度光測定的需要附件 4.7. 光照度的測定

第五章 控照器 76

5.1. 控照器的用途 5.2. 各種反射面和透射面的比較 5.3. 治光金屬反射面 5.4. 鏡面玻璃反射面 5.5. 無輝收工金屬反射面 5.6. 無輝反射面 5.7. 乳白玻璃 5.8. 琉璃瓷面金屬反射面 5.9. 蒙砂玻璃 5.10. 核晶玻璃 5.11. 光學裝置

第六章 光照設計 93

6.1. 正當光照的重要 6.2. 關於光的品質方面的重要因素 6.3. 炫光 6.4. 反射的炫光 6.5. 影 6.6. 光照的均勻度 6.7. 光的色品 6.8. 室內表飾的影響 6.9. 人眼能適應的光照度限程 6.10. 增加光照度的功效 6.11. 光照設計上三個要點 6.12. 光源的佈置 6.13. 光照設備擴充的準備 6.14. 控照器的選擇

6.15. 需用燈泡流明數和瓦特數的估計 6.16. 利用係數和室形指數
 6.17. 光照度表的使用法 6.18. 工廠用的光照設備 6.19. 商店用的光照設備
 6.20. 陳列櫃內的光照設備 6.21. 陳列櫥窗的光照設備 6.22. 辦公室繪圖室光照設備
 6.23. 學校的光照設備 6.24. 家庭的光照設備 6.25. 道路光照設備 6.26. 泛光設備
 6.27. 其他特種光照設備

習題及問題..... 130

英漢名詞對照索引..... 136

電 照 學

第 一 章

光照的淺近原理

1.1 光的本性 所謂「光」，是一種電磁波，和廣播電台所發出的射電波(又叫無線電波)一樣，不過牠的波長很短。這種「光波」的波長是從 0.000040 厘米到 0.000076 厘米，就是從 0.40 微米到 0.76 微米(1 微米是 1 米的百萬分之一)，而射電波的波長是從 5 米到 25,000 米。光波不過是光源發出的電磁波中很小一部分，但普通人的眼，也像收音機一樣，只能接收波長從 0.000040 厘米到 0.000076 厘米的一部波。人眼接收這種光波，就發生視覺(vision)，收到 0.000076 厘米左右的波長的波，就發生紅色的視覺；波長短些是橙色，由此而黃，綠，青，藍到波長最短的光波就生紫色的視覺。倘使各種波長都有，而分佈的方法，和太陽的輻射相似，就生白色的視覺。比紫色光波波長再短的叫紫外波，比紅色光波波長再長的叫紅外波，這兩種波不能發生視覺，那就是所謂「不可見波」。

1.2 光源發光的原理 假使我們拿一根鐵條在爐中燒熱，牠

就先發出紅外波，也就是熱輻射(heat radiation)。等到溫度較高後，鐵條顯出暗紅色，那就是開始發出長波的光波了。繼續拿鐵條加熱，那末波長較短的光波，逐一發出，等到白熱時，人眼所能接收的光波都有發射，合成所謂白光。這就是白熾體(incandescent body)發光的道理，平常鎢絲電燈的發光，就是這種現象。

有種物質，好像各種氣體和金屬的蒸汽，在高溫度時，並不發射在光波眼程內所有各種波長的波，而只發射在幾個比較狹窄的波長帶內的光波，那末光就不是白色了。例如汞汽弧燈(就是俗稱水銀燈的)所發的光就是一種青白色，而鈉汽弧燈的光是一種黃色。所以當考慮用那一種光源最適當時，一定先要知道各種光源所發光的性質是怎樣。

還有一種發光現象稱為熒光(fluorescence)。當一種波長的波照射到某一種物質時，這種物質就吸收這波而發出另一種波長的光波。這種物質稱做熒光質，最普通的是鹼土金屬如鈣，鎂，鋇等的鹽類。發出的熒光可以有各種波長，所以能成白光，也能成各種顏色的光；但牠們的波長總比入射光波的波長短些。新近發明的熒光燈，就利用這種現象。

1.3 光的反射，折射和漫射 各種物質對於光或者是透明(transparent)，或者是不透明(opaque)，或者是半透明(translucent)。透明物體，例如玻璃和水晶，對於光的透過沒有什麼阻礙。不透明物體，例如金屬或木料，則不能透光，而只能吸收

或反射。半透明物體，例如薄紙或毛玻璃，則也能透過一部分的光，但是透過的光的方向是漫散的，所以隔着這種物質不能夠很清楚的看見物體。

光波射出時，其路線是一條直線，那就是光線。當光射到一物體的面上時，因為這面的性質的不同，而有吸收，反射，和折射種種現象。倘使光波射到物面時，全部或一部的光變為熱，而不能再發生視覺，那末這現象叫做吸收。光線從一種透明物質到另一種透明物質，牠的方向通常要改變，這現象叫做折射。在前一種物質裏的光線叫入射線，後一種物質裏的光線叫做折射線。入射線和折射線和兩物質間的交界面上法線間的角各叫做入射角和折射角，這兩角的正弦之比叫做折射係數。折射係數的大小和兩物質的密度有關。從密度小的物質到密度大的，折射角小於入射角，而折射係數大於一；否則反是。光線射到一面上後，再折回的現象叫做反射。射到這面的光線叫入射線，折回的光線叫反射線。入射線和反射線和面上法線間的角叫入射角和反射角，這兩角一定相等。倘使折射面和入射面不是絕對光滑，那末折射或反射的光就散佈於各方向；這種現象叫做漫射(diffusion)。

1.4 視覺的過程 要發生視覺，光是必要的。我們要看見各種物體，非但要有這物體存在，而且還要有光從這物體發出，被眼所吸收，方才能發生視覺。這和嗅覺，味覺，觸覺等不同，因為在後者只要有可以發生這種感覺的物便夠，而只有物沒有光却是不能發生視覺。白晝太陽光照射於這物體上而發生反射，夜

間則全靠人工光源所發的光了。所以自從電燈發明以後，人類的視覺本領，增進了不少，因而文化也進步了不少。這就可見電照對於文化的重要性了。

眼的作用，和照相器很像。光經過眼的角膜(cornea)，瞳孔(pupil)，睛珠(crystalline lens)而到網膜(retina)，和經過照相器的透鏡而到感光片一樣。眼內還有彩簾(iris)，和照相器的光圈一樣，可以由變更牠的大小來調節射入的光量。網膜上有許多感光細胞體，由視神經通到腦，所以感光之後腦內就有視見的感覺。與照相器不同的，是睛珠可以隨意變更形狀來調焦，使得在各種距離的物件，都能夠在網膜上現出很清楚的像。這種睛珠形狀的變更，稱做眼的物距調節。在照相器內這種調節，是移動透鏡的位置，而不是變更透鏡的形狀。

1.5 顏色和亮度 我們能夠看清楚一個物體的正確形狀，是因為這物體各部分的顏色和亮度各不相同。眼的網膜非但能夠分別射入眼的光量的不同，而且也能夠正確地區別各種不同的顏色。這一作用，也和現在的彩色照相片一樣，既能顯出光的強弱，又能顯出光的顏色。譬如有一所建築物，太陽光普遍地照於其上，所照射的光波從 0.000040 厘米到 0.000076 厘米都全。但是這建築物的每一部，祇能吸收入射光波的某一部分，而反射其餘的部分。這種反射的光波射到人的眼裏，那末在人的視覺上，這所建築物就顯出各種特有的顏色和亮度。例如紅磚頭只能反射紅黃色的光，而吸收其他部分，所以在眼看來，就顯紅黃色

其他部分也是同樣。倘使有某一部分，可以吸收全部光波，那就沒有光反射出來，這一部分就顯黑色。倘使某一部分差不多可以全部反射各種波長的波，那末牠就顯白色。物件的凸凹和形狀，則可以從各部亮度的差異看出。例如一個柱的所以顯出圓形，是因為柱上各部分明暗的差別，顯出圓柱的特性。又如牆壁上凹處的所以能夠看見，是因為這部分在陰影之內，反射的光很弱的緣故。所以物體各部分反射光的顏色和亮度的分佈，是決定這物體的外觀形狀的唯一要素。

1.6 物體亮度對於其觀見可睹的關係 物體發光的強弱和這物體的能否容易看見很有關係。例如檢視錶內的機件，我們必需到近窗或近燈處，使得錶上受到較強的光，因而所反射之光也較強。倘使光太弱，那末物體一定要放得很近於眼；但這樣看法眼的調節太緊張，容易引起疲乏，甚至於頭痛不安。所以在某種限度以內，光愈強，物件愈易看見，也看得更清楚。這同照相差不多，光愈強，照相愈快，而所得像片也愈清楚。

但是，我們知道照相時，若照相器正對很亮的光源，則所得的像片，反而朦朧而模糊不清；同樣人眼若正對光源，所得的視像也是朦朧而模糊不清。因為這時眼中的彩籠，一定要自動收縮，使射入之光不致於損傷網膜。但是收縮後，射入光量太少，所以物體反而不易看得清楚。這就是通常燈上必須加罩，使光不能夠直射到眼的原因。這種現象叫做炫光，可以在一張壁畫前放一只沒有罩的燈，正對燈而看畫，然後拿手遮去從燈直射到眼的

光，再看畫而和上次比較，就可以看得比較清楚。在道路上常常因為對面來車的車頭燈的光太強，因而看不清楚路旁物件，也是這個道理。

這樣看來，視覺的過程，是很複雜的。主要的是：我們看見物體是利用物體反射的光，而不是直接利用從光源直射的光，後者反而應該避免。物體反射的光，却是和照射於物體的光量成正比。所以在設計一種光照設備時，我們必需使照於物面之光有適當的質和量，足以發生清楚的視覺，而不致有疲乏或不適的現象。

1.7 發光強度 在光照的計算和設計方面，有三種數量，一定要知道。這三種數量互相有關係，我們應當知道牠們間的關係，尤其要能分別其不同點。第一種數量就是一個光源在某一方向的發光強度(luminous intensity)，牠的單位是燭光(candle power)。所謂一燭光，原來的意思，是一種鯨魚油製的燭的發光強度，牠的大小重量，和燃燒的情形，都有規定。這種單位還是電燈沒有發明以前，人家都用燭的時候所規定。等到發明了電燈，電燈的發光強度也就用這種單位來表示，譬如一只電燈的發光強度是15倍於這種鯨魚油燭，那就稱為15燭光。現在雖然照規定製成的標準燭，早已不用，但歐美各國燈泡廠所用的標準燈的發光強度，仍是用燭光來表示。

因為一個光源在各方向的發光強度，大都不均勻，所以某一方向的發光強度，和這光源所發的總光量，沒有一定的關係。但

是如果在各方向的發光強度，都已測定，那末牠們的平均數，就是所謂平均球面燭光數(mean spherical candlepower)。這平均球面燭光數，可以作為總光量的表示。譬如有一只汽車車頭燈，用 20 瓦特燈泡，在某一方向可以發出 100000 燭光的光注，而在其他方向則差不多沒有光發射。另外一只 1000 瓦特的燈泡，不用反射器，在各方向都有光發射，而在發光強度最大的方向之燭光數只有 2100。但是這 1000 瓦特燈所發的總光量却為車頭燈所發總光量的 100 倍。所以在現代光照計算內，燭光數沒有什麼大用，除非要比較各種光源在同一指定方向的光的強弱時，才有用處。例如探照燈和泛光燈的運用特性，常以發射光注內的燭光數來比較。

1.8 光通量 第二個要知道的數量，是光源所發的總光量，叫做光通量(light flux)。牠的單位叫做流明(lumen)。假定有一個光源，牠在各方向的發光強度都是 1 燭光，放在半徑一呎的

球的中心，球的內面塗黑漆，如圖 1.1。球上有一個孔 OR ，射出一部的光。那末因為光源的燭光數和球的半徑不變，射出的

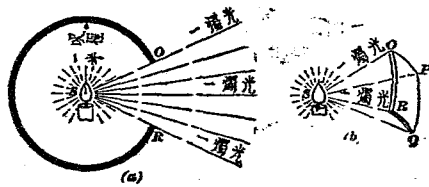


圖 1.1 流明之意義

光通量和 OR 的面積成正比。倘使在 OR 處的孔的面積是一個單位，則經過這個孔的光通量也可認為一單位。通常所用的面積

單位爲1方呎，如 $OPQR$ 面，則通過1方呎面積的單位光通量即所謂1流明。這就是普通光通量的單位。

所以流明的定義，即相等於1方呎面積的面上所受的光，這面的任一部都和燭光數爲1的光源相距1呎。倘使用米制，則面的面積爲1平方米，和光源的距離爲1米。

若 OR 孔的面積爲2方呎，則通過的光爲2流明；若 OR 爲 $\frac{1}{2}$ 方呎，則通過的光爲 $\frac{1}{2}$ 流明。若光源的發光強度爲2燭光，則通過1方呎的孔的光通量爲2流明。因爲半徑1呎的球面的總面積爲 4π 即12.57方呎，若使將球面完全除去，那末發出的光爲 4π 流明；那就是各方向的燭光數都爲1的光源所發的總光通量爲 4π 流明。所以若光源的平均球面燭光數已經知道，則祇要乘以 4π 即12.57，就得着所發出的總流明數。平常用12.5已經夠準確，而且很便於計算，因爲拿12.5去乘，就是先乘100，而再拿8去除。平常白熾鎢絲燈的額定值常用所發的流明數來表示。

在上面流明的定義裏，我們要知道1流明的光不一定均勻分佈在離燭光數爲1的光源1呎的1方呎的面上，只要有等量的光，隨便怎樣分佈，都是1流明。這好像一個斗的定義，是一個規定大小的容器的容積；但1斗米無論放在怎樣的容器裏，其容積總是1斗。

1.9 光照度 第三種數量是照射於一面上的光的強度，即所謂光照度(intensity of illumination)。光源發出的光是因，受照面上的光照度是果。發光強度是這因的量度，牠所生的果要

另用一種數量即光照度來量度。光照度的單位在英美用呎燭光 (foot-candle), 在歐洲用米燭光 (meter candle)。1 呎燭光就是離 1 呎光的光源 1 呎遠而與光線正交的面上的光照度。在圖 1.2 裏, 光源 S 在 SA 方向的發光強度是一燭光, 而 A 離 S 為 1 呎, 那末在正交於 SA 的面 CD 上的 A 點的光照度就是一呎燭光。同樣 1 米燭光就是離 1 米光的光源 1 米遠而與光線正交的面上的光照度, 也叫做勒克司 (lux)。一呎燭光等於 10.76 米燭光, 或一米燭光等於 0.093 呎燭光。光照度是按面上每一點來算; 倘使各點的光照度不同, 那末牠們的平均數, 就叫平均光照度。我們平常比較一個面上所受光的強弱, 就是比較其光照度; 一張報紙放在離一枝燭 1 呎處閱讀時, 報紙上所受的光照度約為 1 呎燭光。



圖 1.2 呎燭光之意義

光照度的意義也可用另一個說法。在圖 1.2 內, A 點的光照度是 1 呎燭光。假如 CD 面的面積是 1 方呎, 而假定 CD 上任一處都和光線正交, 那末 CD 上的總光量是 1 流明。1 方呎的面上有 1 流明的光, 牠的平均光照度就是 1 呎燭光; 所以 1 呎燭光也就是 1 流明 / 方呎。同樣米燭光就是 1 流明 / 平方米。這個關係在光照設計時很有用, 因為假定我們知道受照面的面積, 和需要的平均光照度, 那就很容易算出需要的總流明數。譬如要照射 100 方呎面積, 需要的平均光照度是 15 呎燭光, 那就要 1500 流明的

光相當均勻地分佈於這面上。這關係是

$$\text{呎(或米)燭光數} = \frac{\text{流明數}}{\text{面積(方呎或方米)}}$$

$$\text{流明數} = \text{呎(或米)燭光數} \times \text{面積(方呎或方米)}$$

1.10 亮度 但是我們要知道一個面上所受的光照度，和這面上明亮的程度不同。這明亮的程度，叫做亮度(Brightness)，也可叫做發光度(luminosity)。一張白色的紙和一張灰色的紙，在同樣 1 呎燭光的光照度下，灰色紙沒有白色紙亮。所以亮度非但和這面上的光照度有關，也和這面的反射本領有關。一個面上反射光量和入射光量的比叫做反射因數(reflection factor)，而亮度就等於反射因數乘入射光照度。同樣光從一個面透射時，透射光量和入射光量的比叫做透射因數(transmission factor)，而透射光的亮度也等於透射因數乘光照度。

1.11 反平方比定律 一個面上的光照度跟光源的發光強度和這面到光源的距離二者都有關係。在圖 1.2 內，倘使在 SA 方向的發光強度不是 1 燭光而是 2 燭光，那末 A 點的光照度當然加倍；倘使發光強度是 5 燭光，那末 A 點的光照度當然是 5 倍。

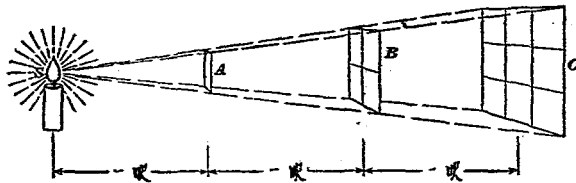


圖 1.3 平方反比定律之意義

那就是說，光照度和發光強度成正比。在圖 1.3 裏，光源發光強度是 1 燭光，在離光源 1 呎的 A 面上的光照度是 1 呎燭光。倘使我們拿去 A 面，則光就可射到離光源 2 呎的 B 面上。假定空氣不吸收光，則 B 面上的光通量等於 A 面的光通量，因為光一定依直線進行的原故；但 B 面的面積等於 A 面的 4 倍，所以 B 面上的平均光照度等於 A 面上平均光照度的 $\frac{1}{4}$ ，就是 $\frac{1}{4}$ 呎燭光。同樣拿去 B 面，光就照在離光源 3 呎的 C 面上，而這面上的平均光照度是 $\frac{1}{9}$ 呎燭光。在離光線 5 呎的面上的光照度是 $\frac{1}{25}$ 呎燭光。那就是：一個面上的光照度和到光源的距離的平方成反比。所以我們就有這樣關係，

$$\text{呎(或米)燭光數} = \frac{\text{燭光數}}{(\text{距離呎數或米數})^2}$$

這就是反平方比定律 (inverse square law)。事實上這定律只能應用於差不多成為點狀的光源，例如普通的鎢絲白熾燈。倘使光源成為管狀，例如熒光燈，這個定律就不正確了。還有一點，上面所說的受光面，是假定正交於光線的；倘使不是正交，那末這面上的光照度就比較的小。這時可以量出光線和這面上法線 (normal) 間的角，再拿這角的餘弦乘和光線正交的面上的光照度，就得這面上的光照度。這就是所謂餘弦定律 (cosine law)。

第二章

白 熾 電 燈

2.1 電照光源的種類 通常用的電燈，可以分做四類：白熾電燈，電弧燈，氣導弧燈，和熒光燈。牠們的原理都是用電流加熱於發光物體，使牠能夠發射光波和他種輻射。白熾電燈的發光物體是金屬燈絲；電弧燈內電流在兩個電極中間發生電弧，使得電極和中間的空氣隙熱到高溫；氣導弧燈內電流在一種氣體內發生電弧，使這氣體熱到高溫而發光；熒光燈內也用氣體內的電弧，但是發出的大部是紫外波，再射到熒光物質而發出光波。這四種中間，白熾燈因為構造簡單和使用便利，所以用得最普通，但是其他三種，也各有牠們的特別用處，尤其是熒光燈，差不多可以代替白熾燈。

2.2 白熾燈的概論 白熾燈發光原因，是電流通過一根金屬燈絲的時候，燈絲熱到白熾而發光。燈絲放在一個玻璃泡裏面，泡裏的空氣須抽盡，否則燈絲就很快的燒斷。但是就是在真空內，燈絲也因在高溫度而慢慢蒸發，一直到變成很細而燒斷。燈絲的溫度很高，大約在 2000°C 左右，在這種溫度，平常的耐火磚，也已經熔化了。白熾燈的原理，看來像很簡單，但是發展到現在的形式，種種改良，不知費了多少科學家的腦汁了。

圖 2.1 表示普通白熾燈各部的形狀， a 是玻璃泡， b 是金屬的燈插頭， c 是鎢製燈絲， d 是鎢或鉬製的燈絲支線， e 是兩段鎳銅合金的引入線 (lead-in wire)，這兩段在穿過玻璃窗口處 f 用鎳鐵合金線居中接連， g 是玻璃桿， h 是玻璃頭， i 是玻璃桿外函管。這種式樣是普通的白熾燈。圖 2.2 示兩種特別用途的白熾燈，(a) 是一只 6000 流明，6.6 安培的串聯式路燈用燈泡，(b) 是一只 10000 瓦特的航空站泛光燈用燈泡。

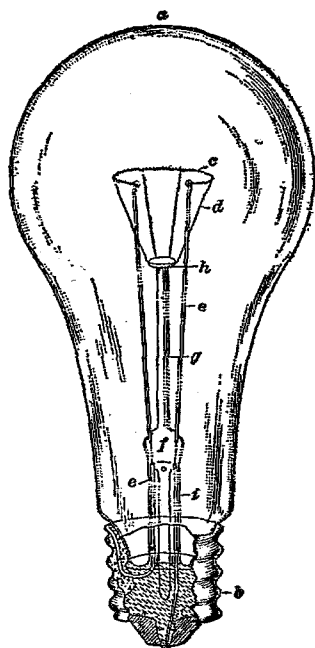


圖 2.1 普通白熾燈泡構造

2.3 燈泡的壽命 燈泡的壽命，隨燈絲的溫度而定，而燈絲的溫度，又隨燈兩端的電壓而定。燈

絲溫度愈高，發出的光量愈多，就是這燈的發光效率愈大；但是同時燈絲的蒸發也愈利害，所以他的壽命也愈短。燈絲的溫度理論上可以規定在熔點下任一溫度，但通常規定這溫度時，要同時顧慮到效率和壽命，還要顧慮到燈泡的用途。大多數的燈泡的壽命，規定為 1000 小時。

2.4 燈泡的發光效率 普通各種燈泡的額定輸出，在製造廠

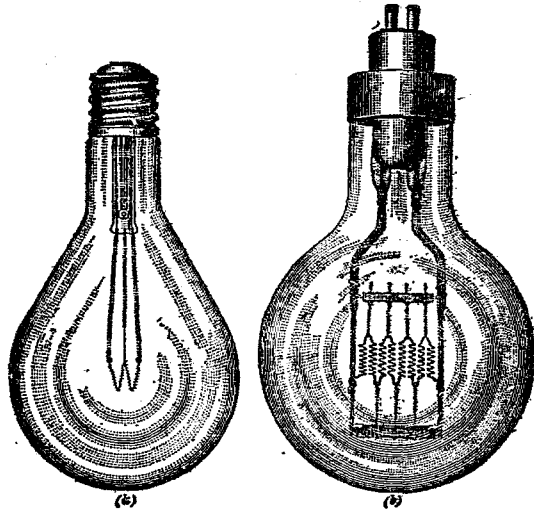


圖 2.2 特種燈泡構造

是用發光的總流明數來表示；但是平常習慣却用輸入電功率的瓦特數來表示燈泡的大小。所謂發光效率(luminous efficiency)，就是每瓦特的流明數。燈泡在一規定壽命值的發光效率，隨牠的大小(瓦特數)，構造，電壓，和設計的用途而定。表 1 示幾種燈泡的流明數，發光效率，壽命，和運用時的燈絲溫度。

從這表看來，燈泡的燈絲溫度，和牠的發光效率，隨牠的瓦特數而增加。而且 230 伏特燈泡的效率不及 115 伏特燈泡的好。後一事實可以有下列的說明。假定有二只燈泡，瓦特數一樣，電壓一只是 115 伏特，一只是 230 伏特，那末前者的電流是兩倍於

表一 各種燈泡的發光效率和燈絲溫度

	燈泡之大小及用途	伏特數	燈絲溫度		流明數	流明/瓦特	平均壽命 (小時)
			$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$			
真空式(Mazda B)	10瓦特(電燈市招用)	115	3795	2091	72	7.2	1,500
	40瓦特(普通用)	115	3990	2199	400	10.0	1,000
	50瓦特(普通用)	115	4010	2210	515	10.3	1,000
	50瓦特(普通用)	230			460	9.2	1,000
	60瓦特(普通用)	115	4450	2454	666	11.1	1,000
	100瓦特(普通用)	115	4550	2499	1,320	13.2	1,000
充氣式(Mazda C)	200瓦特(普通用)	115	4690	2588	3,240	16.2	1,000
	500瓦特(普通用)	115	4850	2676	9,500	19.0	1,000
	500瓦特(普通用)	230	4660	2571	8,050	16.1	1,000
	1000瓦特(普通用)	115	4920	2716	21,000	21.0	1,000
	1000瓦特(實體鎊用)	115	5320	2938	26,800	26.8	50
	900瓦特(電影放映用)	30	5320	2938	24,100	26.8	100

後者。燈絲的粗細隨電流的大小而定，所以前者的燈絲一定比後者粗。那就是前者的運用溫度可以較高，因為牠可以容許較多量的蒸發，尚不至於燒斷。

效率和壽命的關係，可以比較 1000 瓦特普通用燈泡和 1000 瓦特實體鎊用燈泡而看出，當效率從 21 流明/瓦特加到 26.8 流明/瓦特，壽命就從 1000 小時減到 50 小時。那就是說，為求發光效率增加起見，一定要犧牲壽命。所以平常設計燈泡時，先規定電壓的伏特數，然後考慮各種因素，決定適當的效率和壽命以配合這燈泡的特別用途。

2.5 鎢絲的製造 鎢絲是在1906年開始應用的。在沒有用鎢絲的時候，通常用的燈絲是碳製的，在一個短時期內也曾¹⁸用過鉬絲，但是成效有限。鎢是一種重金屬，牠的礦物是鎢錳鐵礦(wolframite)和重石(scheelite)。英美各國都有出產，我國江西湖南各地的出產佔全球之過半數。該種金屬平常用於製鋼，牠的熔點是 $3540^{\circ}C$ 即 $6119^{\circ}F$ 。製燈絲的最適當物質需要有極高的熔點，同樣也須在白熾時比較不容易蒸發。碳的熔點大約是 $4000^{\circ}C$ ，即 $7280^{\circ}F$ ，比任何物質都高；但是因為比較容易蒸發，所以沒有鎢絲適用。碳絲若要有鎢絲同樣的壽命，牠的運用溫度應當比鎢絲低，所以牠的發光效率只有鎢絲的三分之一。

從鎢礦還原而得着的純鎢，是灰黑色的粉。以少量的粉，放在金屬模型裏，用水壓機壓成約16吋(40厘米)長， $\frac{1}{4}$ 吋(1.25厘米)見方的鎢條。這種鎢條很脆，不便處理；所以拿牠在氫氣爐中預為加熱，使得牠比較強韌些，不致折斷。然後通過很強的電流，使牠熱到相近熔點的溫度；在這種新的狀態之中的鎢條和鋼條不無相似之處，但是仍是很脆。然後再加熱，放在一種模擊機(swaging machine)內，用許多鉛製小鎚敲擊，使牠堅韌，並變成大約30呎長鉛筆心粗細的有延性的鎢。這種粗鎢就趁熱時在一套抽鎢模中拉過，每個鎢模比前面一個細，一直到所要直徑為止。10瓦特115伏特的燈泡所用的燈絲的直徑只有0.00066吋(0.017毫米)，比頭髮還要細得多。這種燈絲很強而可彎曲，可以打結而不斷。

2.6 真空式和充氣式燈泡 在1913年以前，所有電燈的燈絲都放在真空燈泡內，因為倘使燈泡中有一些空氣，這空氣就容易和燒熱的鎢絲化合，而使牠折斷。在真空燈泡內，因為對流和傳導而損失的熱能，固然因真空而比較減少。但是因為燈絲面上沒有壓力，所以燈絲在溫度低時，就開始蒸發，到高溫度後，蒸發更快。這理由和水在低壓時，容易沸騰一樣。倘使加一種氣體到燈泡裏，那末燈絲上就有了壓力，因而蒸發可以較慢。於是燈絲的運用溫度就可較高，而其效率也可加高。當然加進去的氣體，必需是惰氣，不能夠和燈絲化合。所以通常是用氮和氬，或者單獨使用，或依相當比例混合後加入，加入時的壓力大約為大氣壓的80%，等到燈絲白熾加熱於氣體後，壓力約等於大氣壓。

用充氣式燈泡的好處，可以從圖2.3和2.4看出。圖2.3表示燈絲溫度和每瓦特流明數的關係。

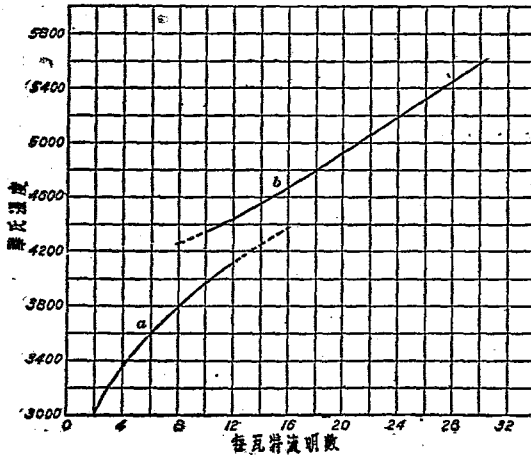


圖2.3 運用溫度與發光效率之關係

係， a 線是真空式 (Mazda B) 燈泡， b 線是充氣式 (Mazda C)。圖 2.4 表示每瓦特流明數和瓦特數的關係， a 線是真空式 (Mazda B)， b 線是充氣式 (Mazda C)。兩圖內 b 線都在 a 線延長

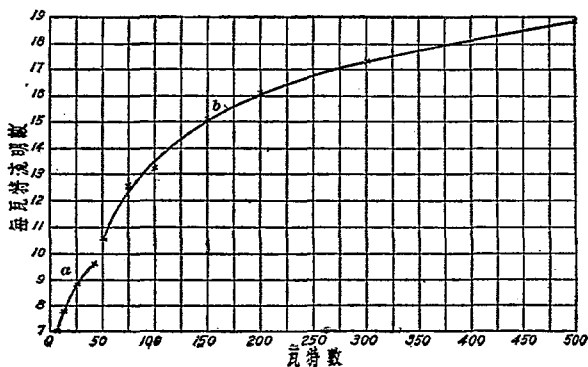


圖 2.4 發光效率與瓦特數之關係

線的上方，那意思就是充氣式的燈絲溫度和發光效率都比真空式大。

充氣式除了效率較大外，還有別的優點。當燈絲蒸發時，燈泡內部面上就積了一層極薄的黑色鎢粉。在真空式燈泡內，這黑粉遍佈於燈泡面全部。在充氣式內，這黑粉受氣體對流的影響上升，因為通常燈泡都是燈插頭向上，所以就積於燈泡頸部近燈插頭處，對於發光差不多沒有影響。充氣式還有一個優點，就是燈絲的運用溫度較高，發出的光因而比較更白。

2.7 燈泡的變黑 燈泡內部面上因燈絲蒸發而積積的黑粉，

和燈泡的發光效率很有關係，因為這種黑粉能夠吸收燈絲發出的光。同時這種黑粉也能吸收輻射的熱，增加玻璃泡的溫度甚至達到玻璃的軟化點。所以這種黑粉有除去之必要；尤其是在航空站和電影工業中，要用瓦特數極大的燈泡，例如 3, 5, 和 10 仟瓦特燈泡的時候，黑粉澱積現象更其利害。有幾種除去黑粉的法子，利用化學原理，也有相當效果；但是最簡單而便利的方法是這樣：在沒有抽去空氣以前，燈泡內放一茶匙的特製粗晶態的鎢粒，燈泡變黑以後，將燈泡脫下，轉動燈泡，燈泡內面的黑粉，就可很快的給鎢粒擦去。這種燈泡，平時使用的時候，需令燈插頭向下，使鎢粒留在燈泡的頸部。

2.8 燈泡內能量的分配 平常我們知道，充氣式燈泡面上的溫度，要比真空式的高。理由是：燈泡內氣體，非但能夠傳導熱，而且發生對流，使熱傳出；而真空式內這兩種作用，都差不多沒有。所以充氣式燈內發出的熱，要比真空式多上三倍；這可以從

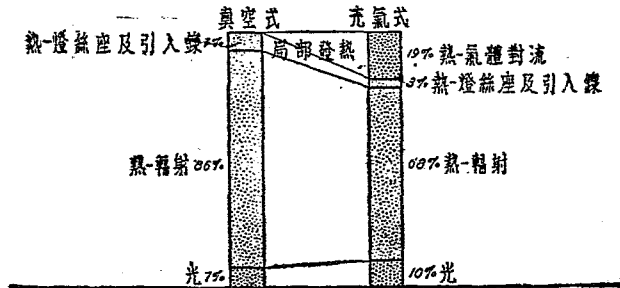


圖 2.5 燈泡內能量的分配

圖 2.5 的 100 瓦特充氣式燈泡和 100 瓦特真空式燈泡的能量分配圖看出。從這圖也可看出燈泡內電能只有極小一部變成光能。大約至少有 90% 的電能是費於局部發熱，或變為輻射熱，只有不到 10% 變為光。充氣式的光輸出，雖是比真空式只多總電能的 3%，但是其發光效率却已增加了 30%。

燈絲直徑愈大，因對流而失去的熱就相對的愈小。初看起來，這個說法好像不對；因為倘使直徑加倍，而燈絲長度不變，那末燈絲的面積也加倍，所以因對流失去的熱也要加倍。實際上則燈絲旁邊，有差不多 $\frac{1}{6}$ 吋厚的氣層，附着在燈絲的外表；所以燈絲冷却的有效直徑，應該是這環絲氣層的外徑，這外徑較燈絲直徑大得多，因而差不多和燈絲粗細無關。從下面圖 2.6 看來，燈泡瓦特數愈大，燈絲愈粗而長，但是長度增加的倍數比瓦特數增加倍數小，所以燈絲冷却面積增加的倍數也比瓦特數增加倍數小。那就是說：細燈絲的冷却有效面積比粗燈絲相對的大，因而失去的熱也相對的大。所以當燈絲細到一個限度時，因氣體減少蒸發而得的利益，被失熱太大效率減低的弊病抵銷而有餘，那就是說真空式的效率反而比充氣式好了。平常 40 瓦特以下的燈泡，仍用真空式，就是這個原因。

2.9 螺卷形燈絲 現在燈泡內的燈絲，大多是螺卷形；有幾種映照器用的特製燈泡，燈絲要有很小的面積，所以是雙重螺卷形。製螺卷狀燈絲時，拿細燈絲繞在一根當作胎軸用的銅線上；然後拿銅線連燈絲浸於酸內，使銅線蝕去，燈絲就成螺卷形，同

時將牠的表面滌淨。螺卷形燈絲起先用在充氣燈泡內，因為在這種燈泡內，氣體傳去的熱很多，倘使拿燈絲縮成一個螺卷形，那末牠和氣體接觸的有效冷卻面積就可小得多，所以氣體傳出的熱也少得多了。就傳熱面積講，一個螺卷形燈絲，相當於與螺卷軸同長而直徑與螺卷外徑相同的燈絲。

後來螺卷形燈絲慢慢的也用於真空式燈泡；因螺卷形燈絲比較堅固，不容易斷，而且較之簡單直線燈絲所需支線根數較少，所以從支線傳導而失去的熱，也可減小。一只 50 瓦特 115 伏特所用的燈絲有 17 吋長，繞成螺卷後，就只有 $1\frac{2}{3}$ 吋長。

2.10 燈絲的大小 燈泡的瓦特數和電壓都已規定，那末電流就可算出，再從歐姆定律，就可算出電阻。這電阻值是燈絲在運用溫度下的量值，而不是在室內溫度下的量值；在通常燈絲的

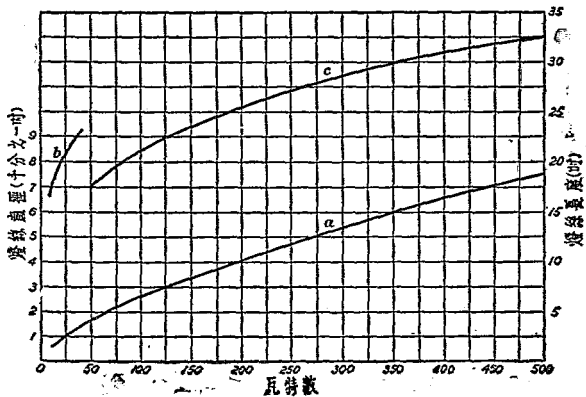


圖 2.6 燈絲尺寸

運用溫度下的電阻大約為在室內溫度下的電阻的 12 到 18 倍。倘使規定運用溫度，那末就可以算出燈絲冷時的電阻。此外燈絲的蒸發率隨牠的面積而定，倘若規定一個最高蒸發率，那末燈絲面積也可算出，於是就很容易計算燈絲的長度和直徑了。圖 2.6 表示 115 伏特燈泡燈絲的大小， a 線表示燈絲直徑和燈泡瓦特數的關係，真空式和充氣式都可用。 b 和 c 線表示燈絲長度和燈泡瓦特數的關係， b 用於真空式， c 用於充氣式。表 2 表示各種瓦特數的燈泡所用燈絲的長度和直徑，和繞成螺卷後的長度和直徑。

表二 燈絲和繞成螺卷的長度和直徑

瓦特數	伏特數	燈絲直徑 (吋)(毫米)	燈絲展開長度 (吋)(厘米)	螺卷直徑 (吋)(毫米)	螺卷軸長 (吋)(厘米)
10	115	.00066(0.017)	16.3(41.4)	.0038(0.096)	1.73(4.39)
50	115	.00162(0.041)	17.1(43.4)	.0097(0.246)	1.62(4.12)
50	230	.0012(0.030)	45.0(114.0)	.0065(0.165)	4.57(11.60)
100	115	.0026(0.066)	21.3(54.1)	.0162(0.411)	1.84(4.67)
100	250	.0016(0.041)	35.2(89.4)	.0153(0.388)	1.98(5.02)
100	30	.0060(0.152)	7.7(19.5)	.0310(0.787)	0.84(2.13)
1000	115	.0117(0.296)	39.0(99.0)	.0534(1.35)	4.61(11.70)
1000	230	.0074(0.188)	64.7(164.0)	.0409(1.04)	6.53(16.60)
1000	30	.0278(0.705)	15.7(39.8)	.1056(2.68)	2.16(5.48)

燈絲要有良好的使用成績，牠的直徑一定要十分的均勻。假如有一部分較細，就算其直徑和他部只差 10%，這部分的溫度就

要比他部高得多，因之蒸發量也大得多，所以這部分就很容易燒斷，因之燈泡的壽命大約只有平常的 $\frac{1}{3}$ 。因為燈絲很細，所以要能夠製出直徑十分均勻的燈絲，所用的機械和手續一定是要極度精密的。

2.11 燈絲的形狀 燈絲的形狀，隨燈的用途和燈泡裝置的位置而定。普通家庭，商店，工廠內所用的燈泡稱為「通用」(universal burning)，無論怎樣裝置，都可使用。在路燈內用的燈泡，或是只能於燈插頭在上面時，或者燈插頭在下面時，方才可以使用。這原因是因為這種燈絲形狀設計時，所規定的裝置方法(燈插頭向上或向下)係以能得最大效率為目的；所以必需照規定方法裝置，不然就不能得到最大的效率。還有映照器(projector)內所用燈泡，牠的螺卷燈絲各卷必需間隔很近，使光源的面積很小，而可以準確地調節射出光注的角度大小。爲了同樣原因電影放映器內用的燈泡，牠的燈絲一定要在同一平面上。還有所謂「粗用」(rough service)燈泡的

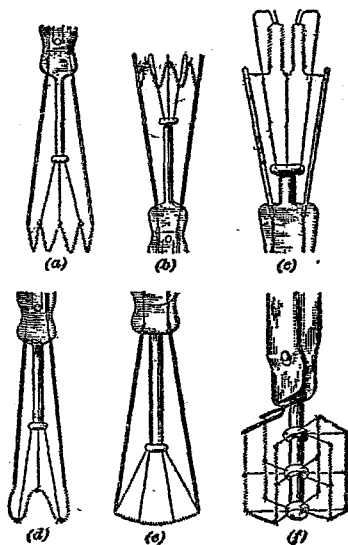


圖 2.7 燈絲形狀

燈絲，要用較多的支線，而這種支線需緊夾於燈絲上面，免得受了振動後，燈絲在支線上滑移，因而發生相鄰燈絲間捷路的現象。所以燈絲可以有各種不同的形狀。圖 2.7 表示幾種燈絲的形狀，*a* 式只能用於燈插頭在上面的燈泡，*b* 式和 *c* 式只用於燈插頭在下面的燈泡，*d*, *e* 和 *f* 式則隨便怎樣位置都可以用。*d* 和 *e* 式是「普用」燈泡內用的，*f* 式是「粗用」燈泡內用的，每段燈絲的中間有一根緊夾着的支線。

2.12 玻璃泡的形狀和大小 玻璃泡依燈的用途，可以有幾種不同的形狀，在美國平常分為 *A* 式，*P* 式，*S* 式，*PS* 式，*G* 式，*T* 式和 *F* 式。*A* 式是最普通的一種長梨形，從 15 到 100 瓦特的燈泡都是這一種樣子。*P* 是梨形，*S* 是直邊形，*PS* 是直邊梨形，*G* 是圓球形，*T* 是管形，*F* 是火焰形。玻璃泡的大小用直徑來表示，在美國是以 $\frac{1}{8}$ 吋作為單位，拿直徑的 $\frac{1}{8}$ 吋數寫在代表燈泡形狀的字母的後面。例如 *PS-52*，就是一個直邊梨形的玻璃泡，其直徑是 52 個 $\frac{1}{8}$ 吋，就是 $6\frac{1}{2}$ 吋。這是 1000 瓦特燈泡用的。圖 2.8 表示幾種玻璃泡的形狀，*a* 是 *S* 式，*b* 是 *F* 式，*c* 也是 *S* 式，*d* 是 *T* 式，*e* 就是 *PS-52* 式。

2.13 玻璃泡溫度 玻璃的熔點大約在 $2200^{\circ}F$ 和 $2700^{\circ}F$ ($1200^{\circ}C$ 和 $1500^{\circ}C$) 之間，視玻璃種類而異；但是開始軟化的溫度却要低得多，普通做電燈泡的玻璃在 $700^{\circ}F$ ($370^{\circ}C$) 就要開始軟化。所以一個玻璃泡一定要有適當面積，使得牠能夠輻射泡內發出的熱，而泡面溫度不致於高到能夠使玻璃軟化。不然，燈

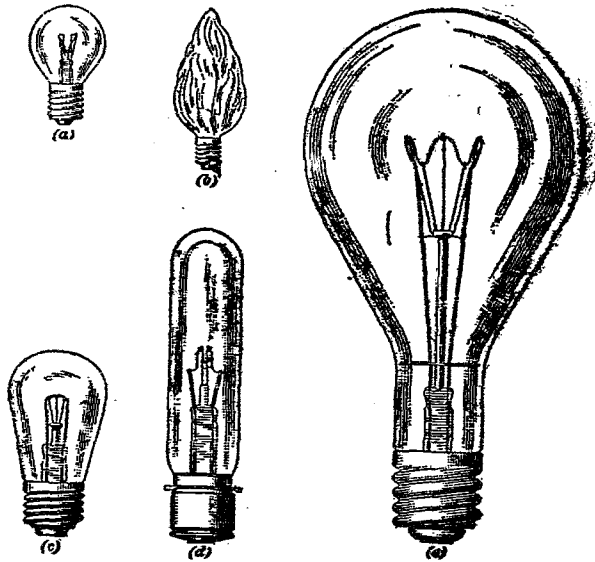


圖2.8 玻璃泡形狀

泡容易起泡，這是因為泡面一處的溫度很高而玻璃軟化，燈泡裏的氣體就在該處使玻璃脹出小泡。這種現象時有發現，所以在溫度極高的設備內，例如電影放映器，或烘爐內，燈泡一定要用特種耐熱玻璃製造。

表三表示各種燈的玻璃泡溫度，所列的燈泡的燈插頭都在上面。從這表看來，瓦特數愈高，燈泡也應當愈大。還有一個和玻璃泡大小有關的因素，就是泡面變黑。假如一個瓦特數很大的燈用很小的玻璃泡，那末因為燈泡面積很小，不多時就要完全變

黑，因而發光效率就要減少得很多。

表三 玻璃泡溫度

燈泡型式大小	玻璃泡 大小	玻璃泡 最高溫度	玻璃泡正對 燈絲處溫度	玻璃泡近插 頭處溫度
		$^{\circ}F(^{\circ}C)$	$^{\circ}F(^{\circ}C)$	$^{\circ}F(^{\circ}C)$
10瓦特真空式	S11	103(39)	103(39)	98(37)
50瓦特真空式	A21	158(70)	158(70)	129(54)
60瓦特充氣式	A21	257(125)	195(90)	221(105)
100瓦特充氣式	A23	275(135)	205(96)	225(107)
150瓦特充氣式	PS25	338(170)	210(99)	197(92)
200瓦特充氣式	PS30	330(166)	212(100)	188(87)
300瓦特充氣式	PS35	297(147)	226(108)	175(80)
500瓦特充氣式	PS40	379(193)	288(142)	196(91)
500瓦特晝光泡	PS40	424(218)	363(184)	218(103)
1000瓦特透明泡	PS52	371(188)	243(117)	165(74)
1000瓦特照相燈泡	PS52	373(189)	334(168)	247(120)
1000瓦特映照燈泡	T-20	751(400)	751(400)	322(161) (燈插頭在下)

2.14 玻璃泡收工處理 現在100瓦特以下的燈泡所用的玻璃泡，差不多都是內面蒙沙的(inside frosted)。在我國還有用透明玻璃泡的，但是沒有蒙沙的好。這內面蒙沙的玻璃泡的好處，是可以使得從燈絲發出的光漫射，因之光源不致太亮，而且發光效率犧牲很少。從前是用外面酸蝕(outside etched)的玻璃泡，或者在乳白玻璃泡外面噴上一層表被。這種處理要吸收5

到 25% 的光，而且玻璃泡外面比較容易堆積灰塵，也不容易清淨。

100 瓦特以上的燈泡，是用透明玻璃泡，或者用白頂玻璃泡 (white bowl bulb)，那就是玻璃泡的下半部外面噴上一層白珪瑯質。這白頂玻璃泡的主要用處是裝在標準工業用型的反射器裏，使光漫射，並減少炫光；倘使採用透明燈泡，裝在敞開式的反射器裏，就免不了發生這種弊病。有色燈泡或者用有色玻璃製，或者用無色透明玻璃，而在面上噴上一層極細的顏料，和膠合劑的混合物。最新的方法，是拿這種顏料噴在玻璃泡內面，可以使玻璃泡外面不容易堆積灰塵，但是只能用於真空式燈泡。還有一種所謂晝光 (daylight lamp) 燈泡，是用一種特製藍綠色玻璃製造，所發的光比普通燈泡要白些。

2.15 燈插頭的形狀 燈插頭 (lamp base) 的形狀，可以分三種；是螺旋式 (screw type)，扣鞘式 (bayonet type)，和兩柱式 (bi-post type)。圖 2.8 所示的都是螺旋插頭，除了雛型燈泡所用，通常分四種大小，大號 (mogul)，中號 (medium)，次中號 (intermediate) 和小號 (candelabra)，最普通的是 *c* 所示的中號，和 *e* 所示的大號。這種螺旋插頭通行於美國。扣鞘式插頭就是在我國平常用的那種，插頭上有兩個扣釘，插入燈插座 (lamp socket) 後一定要再旋轉一些，使扣釘嵌入插座上縫槽內。兩柱式插頭像圖 2.2 的 *b*，燈絲在兩柱間有一個固定位置，目的在調換燈泡後，燈絲位置可以和前相同。這種插頭大多用於映

照器上,使得燈絲對於反射器保持一定的位置,調換燈泡時不致影響射出光注的方向。再好一點,可以用預調焦點式燈泡(pre-focused type lamp),燈泡插上後,可以用插頭上的調節裝置,準確地調節燈絲的位置,然後再牢鎖於這位置上。這種插頭也是用於映照器上,圖 2.8 的 *d* 就是這種插頭。至於車頭燈和手電燈用的離型燈插頭,也分螺旋式和扣鞘式兩種,前者用於手電燈,後者用於車頭燈。

2.16 燈泡服務的品行 白熾燈在使用的時候,牠發出的總流明數慢慢的減少。一個原因是燈泡面變黑,同時因為燈絲逐漸的細,所以瓦特數也減少,這也是流明數減少的另一個原因。因之發光效率逐漸減低。圖 2.9 和 2.10 的曲線,表示這種變化,稱為平生品行曲線(life performance curves)。圖 2.9 是屬於真空

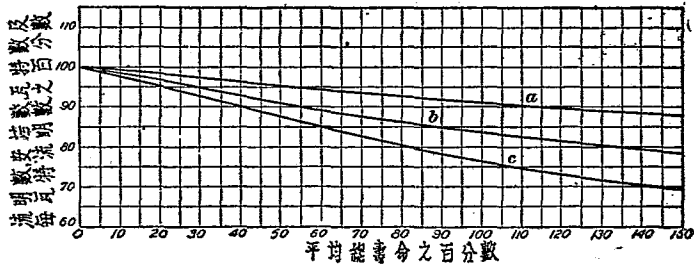


圖 2.9 真空式燈泡的平生品行曲線

式燈泡,圖 2.10 是屬於充氣式燈泡。兩圖中 *a* 線的縱坐標表示瓦特數, *b* 線的表示每瓦特流明數, *c* 線的表示流明數。所有橫

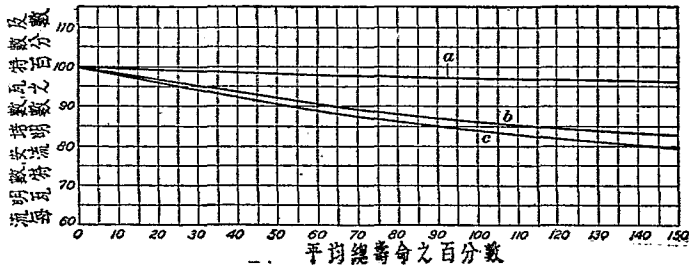


圖2.10 充氣式燈泡的平生品行曲線

坐標都是燈的使用時間，用平均壽命的百分數來表示。縱坐標各種數量也用初值的百分數來表示。從這二圖可見充氣式燈泡所能夠維持到壽命告終時的光量比真空式大，這原因當然是：充氣式燈泡內，運用溫度較高，而且由於氣體對流的作用，蒸發的鎢質，積在燈泡的頸部，不致吸收發出的光。

在設計光照的時候，一定要知道這燈泡在壽命期內所能維持的發光量，和其初值的比率。在計算光照費用時，也一定要知道在燈泡平均壽命期內的平均發光效率。所以這種平生品行曲線很為重要。設計或製造不合格的燈泡，往往其流明數和每瓦特流明數的初值和合格的燈泡相等，但是減少得很快，所以在壽命期內所發光的總量（以流明數乘時間來表示），要比好的燈泡差得遠了。在我國這種情形更多，只要選擇幾只燈泡，測定牠們的平生品行曲線就可知道是否有這種情形。所以在規模大的製造廠內，常需有大批的燈泡一直亮着，按時用光度計去測定牠們的

流明數。

2.17 電壓和頻率變動的影響 因為燈泡的發光量隨燈絲溫度而增加；所以當電壓增加時，發光量也就增加，但是同時電流和電功率也各增加。大約說來，電壓從額定值變更 1% 的時候，發光量變更 3½%，電流變更不到 ½%，電功率變更 1.6%，因之發光效率變更 1.9%。這種關係可以用圖 2.11 的曲線來表示。在

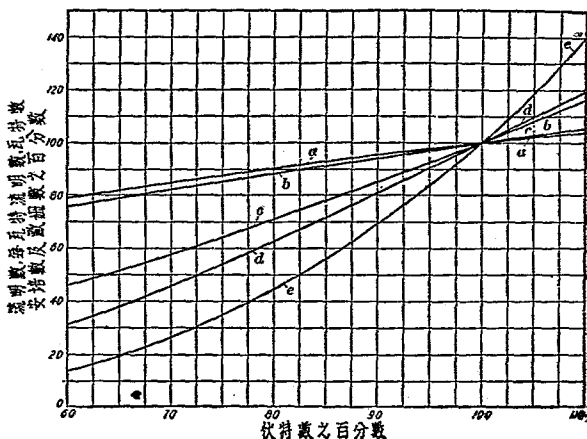


圖 2.11 電壓變動之影響

這圖內，橫坐標代表電壓，以額定值的百分數表示，縱坐標代表電阻，電流，電功率，發光量，和發光效率各數量，也以額定值的百分數表示。*a* 線表示電阻，*b* 線表示電流，*c* 線表示電功率，*d* 線表示發光效率，*e* 線表示發光量。

受電壓變動影響最大的，是燈泡的壽命。電壓增加，則發光

效率也增加，而壽命反減短；電壓減小，發光效率也減小，而壽命增長。大約電壓從額定值變更 1% 的時候，壽命變更 15%。

鎢絲白熾燈在直流線路和交流線路一樣可以用。在交流線路內，頻率倘使是每秒 50 或 60 週，那末對於發光沒有什麼影響。但是頻率若是低到每秒 25 週，那末就有閃爍 (flicker) 現象，尤其是在小於 50 瓦特的燈泡內。這原因是每半週電流減到零時，燈絲溫度也降低，所以發光量隨着減少到人眼能夠覺察的程度。

2.18 燈泡電壓的標準 燈泡的電壓無論大小，牠的平生品行大概不差多少。普通的燈泡，除了幾種特別的外，如車頭燈等，所用的電壓分兩種：一種是 100 到 130 伏特，一種是 200 到 250 伏特。就效率來說，100—130 伏特的燈泡比 200—250 伏特的好。因為前者燈絲較粗，比較耐蒸發，所以牠的運用溫度也可以較高，因此發光效率也比較後者為高。另一方面，因為 200—250 伏特燈泡的燈絲比較長，所需的支線數目多，因之燈絲較易發生捷路，而且因為電壓高，燈泡裏面也比較容易發生電弧。這都是 100—130 伏特燈泡比 200—250 伏特燈泡好的地方。但是線路電壓若用 100—130 伏特，那末在這線路上很不便同時裝接電動機，因之兩者必須分開。在美國就用這種分開的制度，所以他們的燈泡的電壓一律是 110—120 伏特。在我國則電燈線路和小量電力線路不分開，所以燈泡的電壓是 200—230 伏特，以便同時可接 380 伏特的三相電動機，110—120 伏特燈泡也因額定電壓



是 110, 115, 或 120 伏特而分做幾類, 以 115 伏特為最多。200—230 伏特燈泡也有幾種, 以 200 和 220 伏特為比較普通。照理說來, 高壓和低壓的燈泡, 都應當有一個標準的電壓值, 無論那裏製造的燈都用這標準電壓, 以便可以互相通用。但是到現在為止, 還沒有正式規定的電壓標準, 尤其是在我國, 常常有各種不同電壓的燈泡, 同時在一個地方出現。

還有一件要注意的, 就是拿兩只 110 伏特的燈泡, 串聯用在 220 伏特線路上, 並不是個好辦法, 這樣非但牠們的運用成績不好, 而且一只燈壞後, 其他一只也不能亮。

2.19 電燈線路電壓的調整 平常一個發電廠所發出的線路電壓, 都是有一定的標準值, 而且是很準確地調整的。但是到達電燈插頭兩端的電壓, 常常比線路電壓的額定值為小, 所以燈光不大明亮。這種現狀在我國較小的城市裏, 更是普遍。其原因或是配電所設備的容量不夠, 或是導線的粗細不夠。所以燈泡兩端的電壓應該時常用伏特計測定, 假如太小, 就應改良配電所的設備或者改換較粗的導線。平常從配電所到燈泡的線路降落不能超過線路電壓的 2%。有時所用燈泡的額定電壓也許不合, 那就應該調換燈泡, 但是如果線路降落很大時, 調換燈泡也不是好辦法。我國小城市內常常因線路電壓太低, 於是用戶都用額定電壓較低的燈泡。但是這樣一來, 電流更大, 線路電壓因而更低, 用戶又調換額定電壓更低的燈泡, 結果是愈弄愈糟。有時線路電壓比燈泡額定值高, 燈光當然很亮, 但是燈泡的壽命却要縮得很短。

所以線路電壓必需調整在燈泡電壓的額定值。還有線路電壓如果常常變動，燈光就忽明忽暗，燈泡的壽命也因之減短。所以這種現象也應設法避免。

燈泡兩端電壓若較低，那末燈泡的壽命，可以比較長，但是牠的發光效率也就減小。那就是說：同樣的電費所得的光比較少，一只電燈在其使用期內的總電費常常為其購置費的數十倍。所以用小於額定值的電壓也不是合於經濟原則的辦法；這樣雖然省些購置費，但是因為所付的電費不能收到最好的效果而受的損失反而比較大。實際上在規定燈泡的額定電壓時，已經顧慮到這燈泡的購置費，和其所需的平均總電費了。

2.20 燈泡平

均壽命的意義
我們要知道燈泡
1000 小時的平均
壽命的意思，
並不是說每個燈
泡的壽命恰好是
1000 小時。這同
人類的平均壽命
一樣，每只燈泡
的壽命可以不到
1000 小時，也可

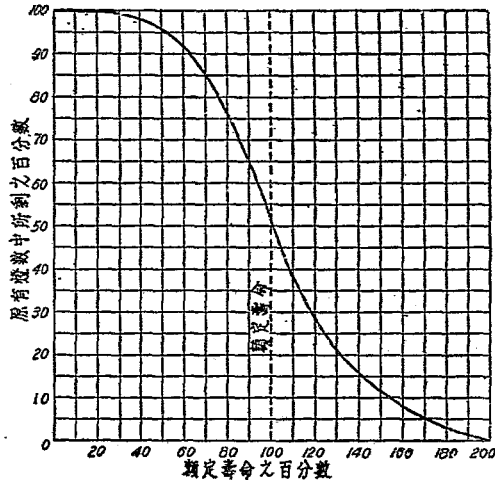


圖2.12 燈泡燒壞情形的曲線

超出 1000 小時，不過就許多燈泡來測定，牠們壽命的平均數約爲 1000 小時。圖 2.12 是表示燈泡燒壞情形的曲線，好像保險公司用的人類死亡曲線一樣。譬如說有 1000 只燈泡，50 只在使用最初 500 小時內燒壞，900 只在使用 500 到 1700 小時的期內燒壞，還有 50 只可以使用 1700 小時以上，甚至到 2000 小時才燒壞。但是在 1000 小時前燒壞和在 1000 小時後燒壞的只數差不多相等，所以平均壽命是 1000 小時。

2.21 各種大小燈泡用途的支配 通用大型燈泡的 10%，都是在 10 瓦特到 1000 瓦特以內的，而平均瓦特數約爲 60。在美國每年售出的大型燈泡內，約略有下列的支配：

10瓦特	4.0%	40瓦特	14.0%	100瓦特	11%	300—1000瓦特	1%
15瓦特	5.0%	50瓦特	17.0%	150瓦特	2%	特種燈泡	8% (包括電車燈，串聯路燈，
25瓦特	22.0%	60瓦特	13.0%	200瓦特	3%	以及雜項用途的燈)	

所有鎢絲燈泡的運用特性都遵守同樣的原理。不過爲適合某種用途起見，構造上有特別的地方。底下講的就是幾種特種燈泡。

2.22 晝光燈泡 上面已經講過，燈絲溫度愈高，發出的短波光愈多，所以光愈近白色。但是要使得發出的光和天然晝光一樣，燈絲溫度要到 4700°C (8800°F)，這溫度已超過鎢的熔點，所以事實上做不到。但是如果在普通鎢絲燈所發的光內除去適當分量的紅和黃色，那末也可以和天然晝光差不多。要除去紅和黃色的光，祇要用一種藍綠色玻璃做燈泡。這就是所謂晝光燈泡 (daylight lamp)，俗稱天藍燈泡。這種玻璃泡吸收 35%

的光，所以牠的發光效率只有普通透明無色燈泡的65%。

2.23 粗用燈泡 粗用燈泡(rough service lamp)，能夠受很利害的振動，或者撞擊，而燈絲不致於斷，所以適用於工廠，火車或其他地方。這種燈泡的燈絲做得特別堅牢，支線數目也多，但是牠的發光效率沒有普通的好，所以只有在振動極利害的地方用才合算。

2.24 照相用燈泡 這種照相用燈泡(photographic lamps)大多是瓦特數很大的，牠的原理和晝光燈一樣。玻璃泡有很顯著的藍色，因為這種玻璃能夠吸收對於照片沒有作用的光的大部分；同時燈絲的溫度也比普通燈泡高得多，所以所發的光很像天然的晝光。在這種燈光下照相，感光時間和在天然晝光下相近。但是這種玻璃泡的吸收因數很大，所以發光效率也小；而且因為溫度高，壽命也很短。對於普通照片沒有作用的光是紅色和黃色，所以我們洗照片的時候用紅燈。但是普通的無色透明燈泡在照相上也用得很多，結果也滿意，所發的光雖然紅色和黃色的成分很多，但是對於現在的汎色照片(panchromatic film)頗為有利，因其對於紅光感受很靈，並能顯相之故。

2.25 映照用燈泡 在電影放映器，泛光燈，火車車頭燈，和其他映照器內用的燈泡，要有集中的光源以便容易調節射出光注的形狀。所以這種燈泡內的螺卷燈絲，總是互相隔得很近，有時也用特種構造的燈絲，如雙重螺卷燈絲。不但這樣，燈絲在燈泡內的位置也應當保持一定，使對於反射面的調焦很容易。倘使

用預調焦點式插頭，那末一次調焦以後，燈絲就可以永遠保持其位置，後來就無須顧及調焦了。

2.26 串聯路燈用燈泡 在美國有許多路燈裝置內，從前是用電弧燈，後來再改用鎢絲燈。電弧燈是互相串聯的，所以為免得改變線路起見，鎢絲燈也是串聯的。所以需用的燈泡也要特別設計。在我國雖然沒有這種情形，但是市外區域，實際上是用串聯制度比較的好。串聯用燈泡和並聯用燈泡不同的地方，是在串聯線路上電流是一定的，所以設計燈泡時也應當先規定電流值，而不是規定電壓值。這種燈泡的額定值是電流和流明數。通常串聯路燈線路上應用的電流有 4, 5.5, 6.6 和 7.5 安培幾種，而以 6.6 安培的為最多。額定的流明數則從 600 到 25000 為止。有時也用 15 或 20 安培的大燈泡，接於普通串聯路燈線路上時需要用恆流變壓器(constant-current transformer)。圖 2.13 表

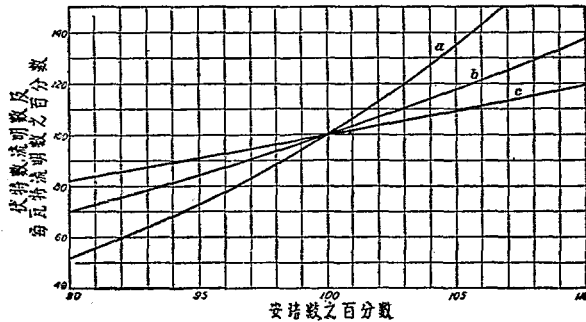


圖 2.13 串聯式燈泡電流變動之影響

示串聯燈泡的特性。曲線 a 表示發光量和電流的關係， b 表示發光效率和電流的關係， c 表示電壓和電流的關係。各數量都以額定值的百分數表示。

串聯式燈泡兩端的電壓，看牠的安培數和流明數而定，大約是 6 到 60 伏特。因為牠的電流大，燈絲也比較粗，所以燈絲溫度也比較高，因之發光效率比較並聯式大。串聯式燈泡的平均壽命規定是 1350 小時。

2.27 雛型燈泡 在汽車車頭燈，手電燈，或其他用途內用的雛型燈泡，通常稱為電珠的，其用途也很為廣大。這種燈泡種類很多，都是電壓很低的，大約從 2 到 6 伏特。電流都用蓄電池或乾電池供給。牠們的特性也和大型燈泡差不多。不過電壓不能夠維持不變，所以設計時總是照其實際運用期內的平均電壓計算，而且不必要也不能有像大型燈泡一樣的發光效率。

第三章

他種光源

電弧燈

3.1 電弧燈的概論 電弧燈(arc lamp) 是使用得最早的電照光源,第一次使用是在 1876 年,還在白熾電燈發明以前數年。在這種燈裏,有二根互相接觸的固體電極,通上電流後,拿兩極分開,那末因為電流仍要繼續流過,所以兩極間的空隙就變為導體,而有電弧發生。這現狀和開關的時候一定要發出一霎的火燄一樣道理。先前用碳製的電極,後來改用他種物質的電極。當這種燈使用時,電極被氧化或汽化而燒去,所以常要替換;電極的壽命隨牠的化學成分而定。這種燈內通常包括一種自動裝置,使得電極間保持一定的距離,且電極燒去後能夠自動的餵進。由於電弧的特殊電阻特性,在並聯電路上須有適當的電阻來控制電流。

這種弧燈不容易損壞,牠的發光效率很高,而且光源比較的很為集中,所以有許多地方這種燈很適用。但是電極常常要替換,或者要修整;還有燃燒時有使人憎厭的產品;而且機件構造比白熾電燈要複雜得多。因為這幾個缺點,所以就被白熾電燈所淘汰,現在已經差不多沒有什麼應用了。但是在極強的探照燈裏,和電影放映器裏,需要能發強光的集中光源時,那就要用到

這種弧燈了。除此以外，在英美各國舊式的路燈裝置內，也有用這種弧燈。還有在照相工業裏，也有應用，因為這種弧燈所發的光，富於藍紫色，很適合照相的用途。

3.2 舊式碳極弧燈 最早的弧燈是敞露式碳極弧燈 (open carbon arc)，電極是兩根碳棒，露在大氣之中。這種燈的效率很大，但是有許多缺點，主要的是發光不穩定，光的分佈不好，和電極很容易燒去，壽命只有 8—10 小時。後來就改進成了封閉式碳極弧燈 (enclosed carbon arc)，電極封閉在一個玻璃泡裏，裏面只有少量的空氣。這種燈的效率沒有敞露式的好，但是碳極壽命可以增長到 100—125 小時。上面兩種弧燈，都是所謂陷口式 (crater arc)；因為陽極端形成一個陷口。光的 90% 從這陷口發出，陰極和兩極間電弧發出的光很少。

後來拿各種化學品，像鈣，鋇，鋇等金屬的化合物，和在碳內做電極，那末在電極燒熱時，這種化學品就在電弧內汽化，而能發光。這種燈內光的大部從電弧本身發出，就是所謂火焰式碳極弧燈 (flame carbon arc)。牠的效率為敞露式的 3 倍，封閉式的 10 倍。

3.3 磁鐵礦弧燈或發光弧燈 新式的弧燈，即有時用為路燈的，是發光弧燈，也叫磁鐵礦弧燈 (magnetite arc)。陰極是一根磁性氧化鐵棒，裏面和有他種氧化物；陽極是一塊圓形銅片。陰極內的氧化物在電弧內汽化，電弧就發出光的大部分，光的顏色看氧化物的種類而定；例如用鈾或鈦的氧化物，電弧就發出適

宜於照相的藍白光。這種燈的效率和火焰式碳極弧燈差不多，電極的壽命可以到 100—350 小時。圖 3.1 表示這種路燈的形狀，

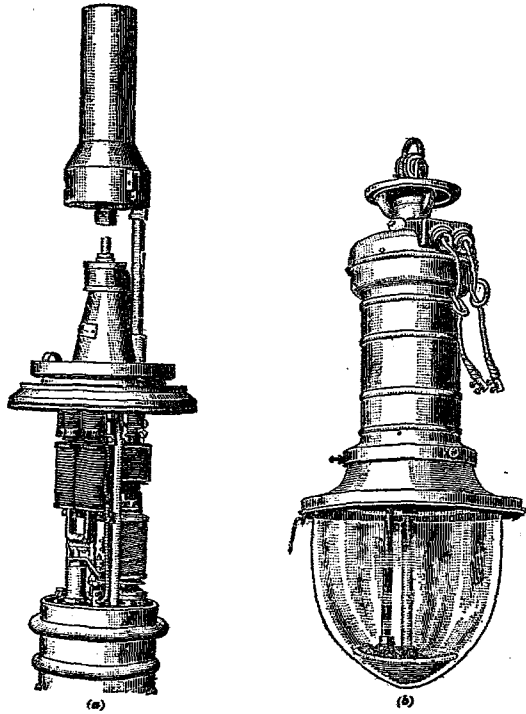


圖 3.1 電 弧 燈

(a) 是裝於燈柱上的矗立燈，底下一部是控制機件，上面一部是電極；(b) 是裝於燈架上的懸掛燈，燈泡裏面是電極，上面筒內是控制機件。

3.4 弧燈的線路 弧燈使用時最好是互相串聯，因為串聯電路的電流可以保持一定，而弧燈

內的電流也須要一定的。通常使用的電流從 4 到 10 安培，而以 6 和 7.5 安培為最普通。每只燈的電壓從 50 到 80 伏特；全線

路的電壓則看燈數而定，有時可以到幾千伏特。碳極弧燈在交流或直流線路都可用，但是磁鐵礦弧燈只能用於直流線路。所以若是發電廠發出為交流時，必需要另用汞汽整流器 (mercury vapor arc rectifiers)。

弧燈也可互相並聯，但是這時就要多裝一個電阻，和每燈串聯，而這種電阻內，就有額外的電能耗費。這電阻的用處是限制電流。一個電弧的電阻並不是一定的，倘使電流增加，電阻反而減小，因為電流增加，電弧的溫度也增高，這樣使得兩極間空氣內離子增加，因而電導增加，電阻減小。在並聯電路內，電壓一定不變，所以電流再因之增加，使電阻再減小，這樣循環不已，結果是電弧成一捷路；所以有限制電流值的必要，以免發生這種現象。限制電流的方法，在直流電路內用電阻，在交流電路內用電抗。在這種附件內所耗費的電能，也許比電弧本身耗費的還要大。所以並聯制度，在弧燈上不適用。

3.5 映照用弧燈 弧燈用於強力的映照器，再適合也沒有；因為在這種映照器裏，需要一個面積極小的強光源，以便可以準確地放在一個反射裝置或聚光裝置的焦點上，而發出適合需要的光注。大型的鎢絲燈，所發的光是夠強，但是全部燈絲所佔的面積還嫌太大。所以在強力映照器內，通常用發白焰的封閉式碳極弧燈。所用的陽極約有 $\frac{1}{2}$ 吋直徑，在極端成一極亮而面積小的陷口。陷口所發的光量，看電弧內的電流密度而定。電流可以從 20 到 200 安培，另用變阻器來調節。

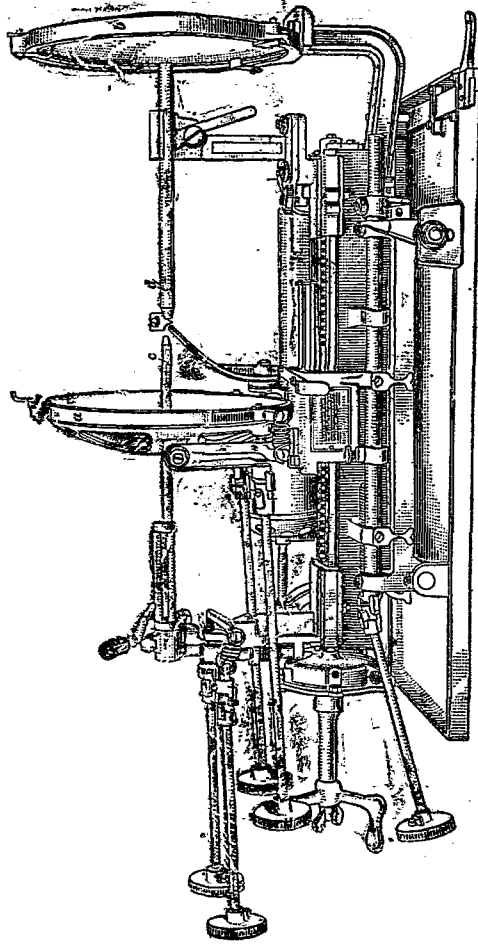


圖 3.2 電 氣 影 放 器 用 電 弧 燈

若是這映照器是電影放映器，那末就用透鏡組成的聚光裝置。陽極的陷口正對聚光透鏡 (condensing lens)，使得大部分的光都受到透鏡的作用。陰極可以裝得與陽極成很銳的角度，免得遮去陽極發出的光。變更電流，就可以調節影片上的亮度。圖 3.2 表示新式的這種弧燈， a 是拋物面反射

器, b 是平凸聚光透鏡,
 c 是陽極, d 是陰極。

在強力探照燈裏,
就單用拋物面反射器,
而沒有聚光透鏡。陽極
的陷口放在這反射器的
焦點上, 正對反射面。這
種反射器很大, 有的直
徑在5呎以上。發出光注
的發光強度看光注的散
度(divergence)而定,
而這散度則隨光源的大
小而定。最新式的軍用
探照燈可以發出散度只
有 1° — 2° 的光注, 其發
光強度可以到1,000,00
0,000 燭光以上。這樣
的光注, 在幾百里外還
能看見。圖 3.3 就是這
種燈。

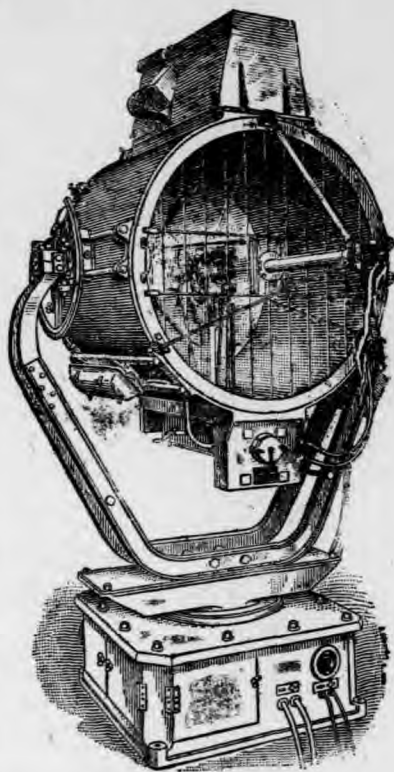
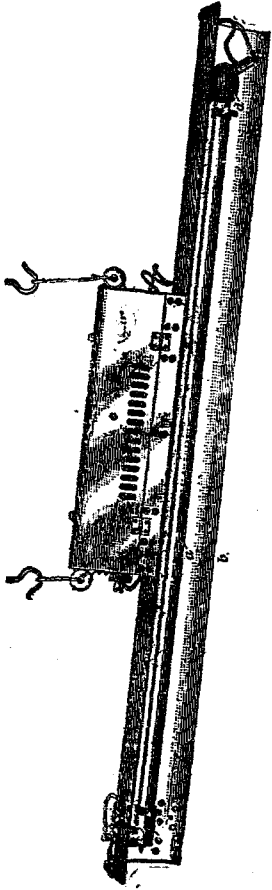


圖3.3 探照燈用電弧燈

氣 導 弧 燈



3.4 汞 氣 燈 外 部

3.6 汞汽弧燈的概論 通常使用的氣導弧燈 (gas conduction lamp) 可以分兩種：汞汽弧燈和氬氣燈。這兩種燈，各有牠的特性，也各有牠的特別用途。這種燈的原理是利用氣體導電，因而發生電弧或電輝 (electric glow)。現在先講汞汽弧燈，這種燈因紀念發明人，故又叫作庫拍休易特弧燈 (Cooper Hewitt lamp)，自從 1901 年起就已使用很廣。這種燈分直流式和交流式兩種。直流式用一個汞池，作為陰極；陽極則為像杯狀的鐵極。交流式的有兩個陽極，每半週用一個，也可以說和汞汽整流器相像，不過不用燈泡，而用 50 吋長的管罷了。

這種燈的形狀，無論直流交流，都像圖 3.4。燈分為三部：a 是燈管，b 是反射器，c 是附件，燈管通常是 50 吋 (127 厘米) 長，和 1 吋 (2.5 厘米) 直徑，裏面是真空。一頭有

一個燈泡形的冷凝室 d ，裏面盛的是作為陰極的汞；另一頭有像杯狀的鐵製陽極，封於玻管內。反射器是鋼白色瓷製，朝下一面塗瑛瑛，作為反射面。燈管就夾在裝於反射器上的鉗子內，免得鬆動。反射器再連接於裝置附件的架上。整個的燈用絕緣的鈎子掛起。

附件是用來啓用和支持燈管內電弧的。以前啓弧不用附件，而拉提燈管使之傾斜，那末汞就流到陽極，接通電流，等到燈管再放平時，電路突然中斷，在斷處就發生電弧，於是汞就蒸發成汽而導電，電弧遂得連續存在。拉燈管時用手，或者用電磁鐵。現在都已不用這個法子啓弧，而利用附件的自動裝置，但是小型的高壓石英管汞弧燈，還是用拉燈管的法子。

3.7 汞汽弧燈的啓弧作用 現在啓弧的方法是這樣。在燈管的汞池陰極外面，有一個環狀電極。在燈管的電路內有一個電感線卷，吸動一個水銀接觸開關，尋常叫做轉路器 (shifter)。轉路器吸動之後，電路就斷，於是電感線卷內發生很高的自感電動勢，加於陰極和環極間，使汞汽化，燈管內就發生電弧。同時環極與汞池間成一容電器，與一電阻串聯而並聯於電弧，所以電弧兩端間電壓就可維持一定值。電弧發生以後，轉路器一直在斷路位置，所以不再發生自感電動勢，但電弧却已由容電器兩端電壓來支持。電感線卷還有一個作用，是維持電弧的電流，因為電弧性質，和碳極弧燈中的電弧相同，也需有一個電阻或電抗串聯以限制電流的值。這電抗就是電感線卷，同時另用一個串聯電阻。

在汞弧燈內，電流一定要繼續流通。電流稍斷一會，或者用直流時方向偶一倒轉，電弧立即消滅。直流燈啓弧時，倘或電流方向倒轉，燈管就容易損壞，所以在用直流燈時，要注意電源極性與弧燈極性是否相合。還有燈管倘或因故不能啓弧，那末電流

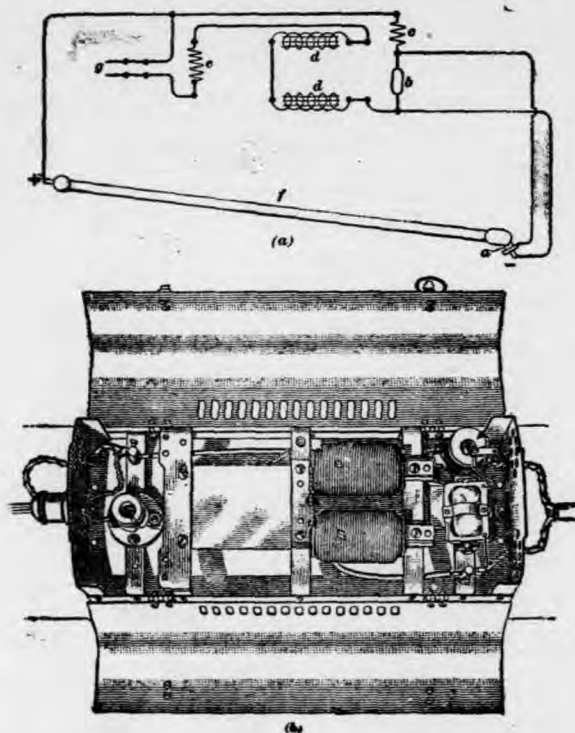


圖3.5 直流汞汽弧燈線路

應立即開斷，不然附件容易損壞。

3.8 直流弧燈 直流弧燈的構造和其電路都比較簡單。圖 3.5 (a) 表示直流燈所用附件的電路。圖內 a 是金屬環極， b 是轉路器， c 是和轉路器串聯的電阻， d 是電感線卷， e 是限制弧流的電阻， f 是燈管， g 是直流電源。開始時電流經過 c, b, d 和 e ，線卷 d 就吸動 b 上的銜鐵即轉路器，電流突然中斷， d 內就發生很高的電動勢，加於環極和陰極間， c 和金屬環極與汞池陰極間的容電器之串聯組合也和燈管並聯，燈管內開始放電，於是電流就經 ed 和燈管，而成電弧。 d 內始終有電流，所以 b 也始終被吸着，直至熄燈斷流為止。圖 3.5 (b) 是附件的實在形狀，和 (a) 比較，就可以看出各部的位罝。

這種燈的最普通大小是 385 瓦特的，裸燈管所發的光量是 6250 流明。用了標準反射器，淨發光量是 5200 流明，即反射器吸收 1050 流明。發光效率是 13.5 流明/瓦特，發的光都在水平面下。其他數值見表 4。

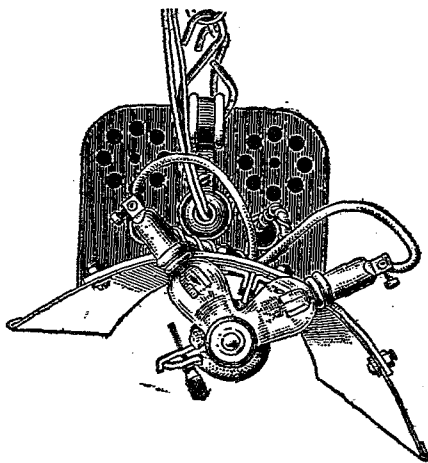


圖3.6 交流汞汽弧燈屬極形狀

3.9 交流弧燈 交流燈的形狀和直流燈相同，惟一的不同點就是燈管一端有兩個陽極。這兩個陽極的排法見圖 3.6，這圖表示燈的一端的形狀。所用的附件也和直流燈的附件一樣，就是要多一只自耦變壓器 (auto-transformer)，和用兩個限流電阻。附件的電路見圖 3.7，和圖 3.5 比較，多一個自耦變壓器 *a*，和有兩個限流電阻 *b*。附件的作用，和直流燈完全一樣，不必再講。因陽極有兩個，而陰極只有一個，所以陰極接於變壓器的當中接頭，而兩個陽極接於變壓器兩端。這當中接頭常在低電勢，而兩個陽極則每半週輪流在高電勢。這裏電感線卷除了穩定電弧電流外，還要當電弧內電流為零的時候，

表 4 汞 汽 燈 的 特 性

交流或 直流	燈 管 長 度 (吋)	管 長 (呎)	燈 端 電 壓 (伏特)	電 流 (安培)	功 率 因 數 %	功 率 (瓦特)	燈 管 光 量 (流明)	每 瓦 特 之 燈 管 光 量 (流明)	每 瓦 特 之 有 效 光 量 (流明)	全 部 裝 置 之 有 效 光 量 (流明)	用 途
直流	50	(127)	110	3.5		385	6250	16.2	13.5	5200	工廠光照, 照相
交流	50	(127)	110—220	4.7	85	450	6750	15	12.5	5625	工廠光照, 照相
直流	67	(170)	110	7		770					藍 印
直流	67	(170)	110	15		1650					藍 印
直流	3	(7.6)	110	4		440					紫外波源(石英管)
直流	6	(15.2)	220	4		880					紫外波源(石英管)

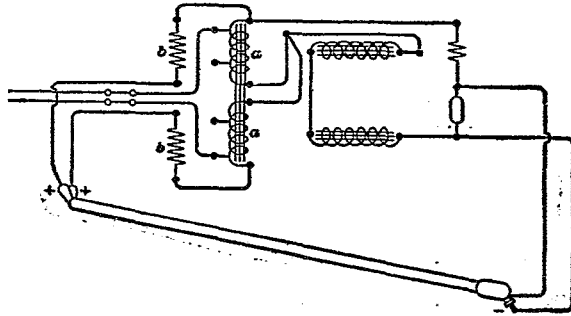


圖3.7 交流汞汽弧燈線路

維持陰極上的熾熱斑，以防電弧流之中斷。所要的電動勢至少需 5.3 伏特。但是這線卷的電感，使得電路的功率因數小於 1，所以也不能太大。近來這種交流燈的功率因數大約是 85%。

普通的交流式汞汽弧燈的電功率是 450 瓦特，所發的光量是 6750 流明。用了反射器後下半球的發光量為 5625 流明，效率為 12.5 流明/瓦特。交流燈祇在室內正常溫度可用，在室外很冷的地方就不適用。交流燈可適用於隨便那一種頻率或電壓，但是每一只燈必有其頻率和電壓的規定值，實際使用時其電壓可以用自耦變壓器調節到這規定值。

3.10 汞汽弧燈的運用特性 汞汽弧燈的發光量和電壓有關係，電壓增加則發光量也增加。圖 3.8 表示這兩種數量間的關係，*a* 線用於直流燈，*b* 線用於交流燈。由圖可見弧燈發光量隨電壓的變更沒有鎢絲燈那樣多，而且交流燈比直流燈還要少。

從前面表 4 看來，汞汽弧燈若不用反射器，他的總計發光

效率大約是14—16流明/瓦特，這數值看來好像不十分大，但是汞汽弧燈的電功率，大約有 $\frac{1}{3}$ 是耗費在附件裏，所以倘使只算燈管耗費的電功率，那末這燈管的發光效率大約是21—24流明/瓦特，比較同值電功率的鎢絲燈要大得多了。但是連反射器算，汞汽弧燈的淨發光效率只有12—13流明/瓦特，和鎢絲燈差不多。

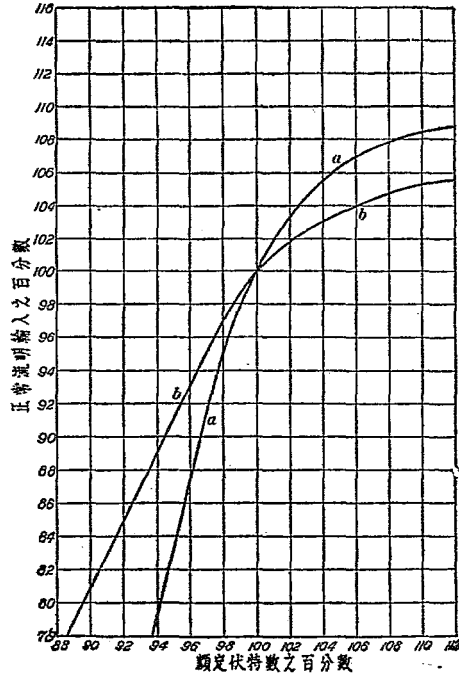


圖3.8 汞汽弧燈電壓變動之影響

汞汽弧燈的發光量，在這燈的運用期內，也慢慢的減低。但是減低的原因，和鎢絲燈不同。鎢絲燈光量減少的原因有兩個：一個是鎢絲蒸發後，積於燈泡面上而使其變黑；還有一個是鎢絲蒸發後直徑減小，因而增加牠的電阻，並減少牠的電功率。這兩

種折耗的程度都可以從燈絲溫度和運用時間長短來計算，所以鎢絲燈的壽命可以在設計的時候預計。汞汽弧燈既為電弧，其發光強度始終保持不變，雖然也有極少量的汞，凝結在燈管面上，但是因為有大量多餘的液體汞存在，所以汞汽絲毫不減少。光量減少的原因，是因為陽極的鐵蒸發後，積於燈管上，再連帶這種少量的凝結的汞，也使得燈管慢慢變黑。這種折耗的速度比鎢絲燈要慢得多，而且不容易計算，所以汞汽弧燈的壽命要比鎢絲燈長，也不能先預計。平常交流燈的壽命大約平均是 6000 小時，直流燈還可以長得多；那就是直流燈內光的折耗要比交流燈小，其終身光量輸出較同式交流燈要大得多。

圖 3.9 是交流燈的平生品行曲線，這曲線表示發光量和運

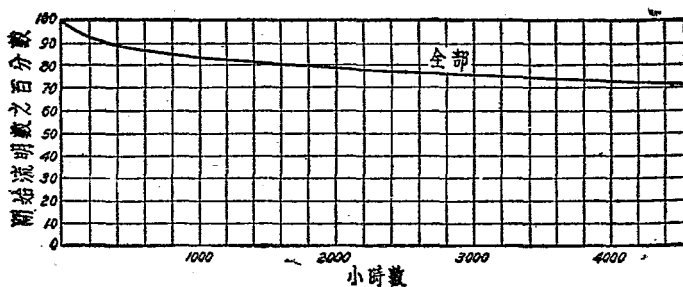


圖 3.9 交流汞汽弧燈的平生品行曲線

用時間的關係。直流燈的曲線也同樣，不過光量的折耗比較小。從這曲線看來，最大的折耗，是在運用時間的初期，等到運用 2000 小時後，折耗速度就很小了。直流燈在壽命期內的平均發

光量，大約是初值的 86%，交流燈的平均發光量，則是初值的 77%。相反地在鎢絲燈方面，折耗速度差不多始終一樣。500 瓦特的鎢絲燈在壽命期內的平均發光量則是初值的 88%，但是牠的壽命比汞汽弧燈要短得多。

3.11 汞汽弧燈的用途 汞汽弧燈最顯著的特點，就是所發的光，在遠處看來，帶黃綠色，而在近處是藍白色。因為汞汽所發的光，並不包括各種波長的光波，而祇有幾根波長為特定值的光譜線，牠們的顏色是紫，藍，綠和黃。這幾種光譜線合起來，就成為藍白色，因為紫和藍的光容易被空氣所散射 (scatter) 和吸收，在遠處看來祇顯黃綠色。這和鎢絲燈發出白光，而在遠處看來，因為紫藍光消失而帶紅色，是一樣的道理。

這種藍白光和黃綠光，使用於大多數的工業工作上，結果都很好；而且對於普通視覺的效應，也許比鎢絲燈光要好一些。但是因為光中缺少紅光，所以反射全部或一部紅光的物體，就失去其在天然晝光中的顏色，那就是紅色或帶紅色的物件變為黑色或他種深色顏色，所以在要辨別物體的天然色的工作上，不能使用汞汽弧燈的光。

但是有時却可以利用這種物體失去天然色的現象，來揀選各種天然色稍有不同的物體。因為在天然晝光或鎢絲燈光下顏色相差很少的物體，在汞汽弧燈的光下，牠們所呈顏色的差別也許可以增加，所以也就比較容易分別了。

因為汞汽弧燈的尺寸比鎢絲燈大，所以就有下面的兩個優

點。一個是因為牠的面積大，每單位面積的燭光數也就比較小。譬如用瑛瑯面反射器白頂燈泡的鎢絲燈，每方吋約有 30 燭光，而汞汽弧燈每方吋只有 10 燭光。所以兩種燈在同樣高度時，汞汽弧燈比較不容易發生直接的炫光(glare)，而且也不容易發生反射的炫光。另外一個優點，是因為光源面積較大，可以避免發生清晰的濃影，即使成影，也比較的淡。這個現象，我們只要比較一個集中光源和一個漫射光源就可以知道了。

因為對於視覺的效應比較的好，而且還可以避免炫光和濃影，所以汞汽弧燈在各種工業上，用途頗廣。在美國的紡織廠和工具製造廠內，這種燈用得很有好效果；而在汽車工業內，也很重要。還有因為這種燈所發的光很適宜於照相工作，所以在照相室和電影場內也用得很多。這都是汞汽弧燈在工業上的應用。在另一方面，汞汽弧燈能夠發生大量的紫外波，這種紫外波非但對於照相片的作用很利害，而且對於某種病症(像軟骨症等)的治療作用也很大。所以在醫學上，也有很大的用途。但是要利用這種紫外波，燈管應當用燻石英，又叫石英玻璃來製造，因為普通的玻璃，差不多是完全吸收紫外波的。平常醫生用的太陽燈，就是這種石英汞汽弧燈。所以汞汽弧燈的用途，現在已經很大，將來也許還可以發展。

3.12 氖氣燈的概論 氖氣燈俗稱年紅燈(neon lamp)，是充滿氖氣等氣體的玻璃管，氣體裏面發生電弧。氖氣是空氣中的一種稀有惰氣，在空氣中佔據 66000 分之一。從液體空氣分出氧

氣時，氖是副產品的一種。拿這種氣體放在裝有電極的燈管內，在兩極間加上極高的電壓，氣體就能導電而發生電輝。這發光的原理，和汞汽弧燈一樣。氖氣燈的特點，是發紅色光，這種光對於平常光照不甚適用，但是顏色很引人注目。所以氖氣燈大多用在電燈市招，和其他要引人觀覽的物件上。但是在適用紅光的場所，也可用來供給光照。

3.13 氖氣燈的運用特性 平常氖氣燈的燈管是直徑 11—20 厘米的玻璃管，每段的長度大約自 10 呎(3 米)，到 20(6 米)呎。平常都是拿這種燈管盤成字體或花樣，大的字畫要用幾段燈管，小的字畫則一段燈管可以做幾個。碰到兩字接連的地方，燈管上需要塗黑色的漆，用以遮蔽發出的光。每段燈管的兩端，各有一個金屬的電極。

每段燈管的兩端接於一個特製的變壓器的副線卷上，變壓器的原線卷接於 115 或 230 伏特的線路上。副線卷的電壓大約是 6000 到 15000 伏特，看燈管的長短和使用的地方情形而定。電壓愈大，則燈管可以愈長。這種變壓器要特別設計，使每半週開始時電壓很大，用以啓弧；隨後電壓減小到僅能夠維持電弧的數值。所需的電流很小，大約是 18—27 毫安培。每 20 呎的燈管大約需要電功率 150 瓦特。這種燈的線路的功率因數很小，而且和燈管直徑有關。11 毫米的燈管的功率因數大約是 47%，15 毫米的是 32%；20 毫米則只有 20%。氖氣燈的壽命大約為 10000 小時。燈管對於在每秒 25 至 60 週的頻率都可以使用，但是變壓器

則一定要照一指定頻率設計，而不能用於其他頻率。氖氣燈不宜用直流，因為要發生幾千伏特的直流電壓，很不容易。所以倘使供給線路是直流時，必需另外要電動發電機，將直流換為交流。

3.14 氖氣燈的色 氖氣所發的光，是一種特殊的很好看的紅橙色。這種紅光燈管的發光效率很大，大約是 12—20 流明/瓦特。這種紅光很引人注意，就是在白晝也很容易看出。從前一般的印象，以為紅光比較容易透過濃霧，所以號誌燈和航空標向燈也很多用氖氣燈。但據美國標準局的試驗，雖是大氣對於長波的紅光，選擇吸收比較的少，但是在陰晦的天氣中，白光的標向燈比較有色光的燈容易達遠。要穿透濃霧，重要的因素似乎還是在燭光要夠大。

在電燈市招上，別種顏色的燈管也很需要。在氖氣燈裏加少許的汞汽，發光就是淡藍色。但是汞在 $40^{\circ} F$ ($10^{\circ} C$) 下的溫度就要冷凝，嚴寒之時，這點尤當注意。用別種氣體，例如氦和氬，或者用有色的玻璃管，就可發出其他各種顏色的光；但是發光效率大多不及紅光燈管。下面是發生各種顏色的光的方法。

紅色光——單用氖氣，無色燈管

藍色光——氖氣加少許的汞，無色燈管

綠色光——氖氣加汞，琥珀色燈管

黃色光——氬氣，黃色燈管

褐色光——氬氣，無色燈管

藍灰色光——氬氣，無色燈管。

若用深淡不同的有色燈管，那末發出的光也可深淡不同。現在氬氣燈雖然大都用於市招上面，但是將來也許有其他的利用可以發展。

3.15 鎢絲汞弧合用燈 有一種鎢絲汞弧合用燈，有一述的必要。這種燈同時用白熾燈絲和汞汽電弧，非但能夠發出供給光

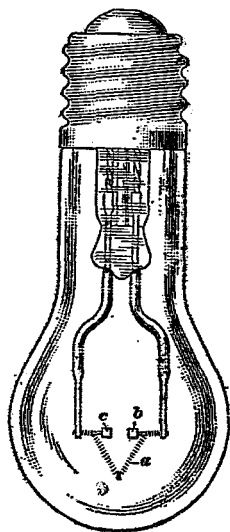


圖3.10 鎢絲汞弧合用燈

照的光波，也能發出增進健康的輻射(如紫外波)。牠的形狀像圖 3.10 所示。圖內 a 爲下垂的 V 字形鎢絲，b 和 c 爲鎢質發弧電極，在燈絲下面有少量的汞。電流先通過鎢絲，鎢絲白熾後，汞就汽化，而在兩電極間發生電弧。汞弧所發的光，缺少紅色，但藍色和紫色頗多，而且有大量的各種波長的紫外波。鎢絲所發的光，則各種光波都有，尤其是紅色，可以補汞弧光色之不足。兩種合併，那末供給光照的光波和增進健康的紫外波同時都有了。倘使再用一種特製玻璃做燈泡，使得大部紫外波能夠透過，那末所發的光，可以和

夏天的太陽光一樣。這種燈可以完全代替天然光源，就是美國所謂日光燈(sunlight lamp)。

這種燈的電流用一只變壓器來供給，原線卷接到 115 或 230 伏特的線路上。變壓器也是特別設計的。下面是一種日光燈(S-1

式)的特性。燈初開時只有燈絲通電,這時所需的電壓約為 35 伏特。等到汞經汽化而發電弧後,電流增加,弧端電壓因變壓器中的電感作用而減到 11 伏特。鎢絲和汞弧並聯的總電流約為 30 安培,發光量大約是 6000 流明,連變壓器的發光效率約為 18 流明/瓦特。除 S-1 式之外,還有多種的大小和式樣。

熒光燈

3.16 熒光燈的概論 熒光燈 (fluorescent lamp) 是在 1937 年由美國奇異公司, 荷蘭飛利浦公司等開始製造。牠本身是一只汞汽弧燈管,內面充有氬氣和少許的汞。管的兩端有兩個絲極,絲上面塗有銦或鋇的化合物;這兩個絲極交替作為陽極和陰極。燈管內的汞汽化後,發生電弧,就發出輻射波,其中大部分是紫外波,一部分是光波。燈管的內面塗有熒光質,紫外波射到這熒光質後,一部分就變成光波,所以這種燈的發光效率比鎢絲燈和汞弧燈的發光效率都大。例如 40 瓦特的熒光燈,電弧直接發出的光波能量約佔總電能的 2%, 紫外波約佔 55%, 其餘則為輻射熱和由對流或傳導失去的局部熱。但是經過熒光質後,光波能量就佔 18.5%, 熱輻射佔 27.2%, 局部熱佔 54.3%。另一方面, 100 瓦特的真空式鎢絲燈所發的光波能量只為總電能的 7%, 充氣式鎢絲燈則為 10%。所以熒光燈的發光效率大約是真空鎢絲燈的 3 倍, 充氣鎢絲燈的 2 倍。還有一個好處,熒光燈內可以用各種不同的熒光質,發出各種顏色的光;而且還可以適量

混合各種紫外質，使得發出的光和天然的晝光(daylight)，太陽光(sunlight)，天光(skylight)等一樣。

3.17 熒光燈的啓弧附件和線路 熒光燈的電弧，也要用一種附件來啓弧。所用的方法和普通的汞汽弧燈不同。圖 3.11 表示

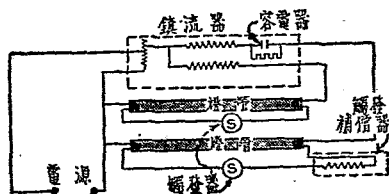


圖3.11 雙燈管熒光燈線路

雙燈管 (tulamp) 的線路，用於 15 和 20 瓦特的燈管，圖內每個燈管和一個鎮流器(ballast) 串聯，在燈管的兩端另外並聯一個觸發器(starter)。

鎮流器是一個鐵心線卷，觸發器的構造像圖 3.12，是一個燈泡，內有一個電極和一條彎曲的雙金屬片。開燈後觸發器的電極和金屬片間的電壓就是線路電壓，因為距離很近，所以中間就發生電輝，而在燈管裏却不能就發生電弧。觸發器內發生電輝後，金屬片受熱膨脹就和電極接觸，所以燈管絲極電流就增加，使得燈絲發射電子，同時汞也就汽化。但是觸發器內的電輝

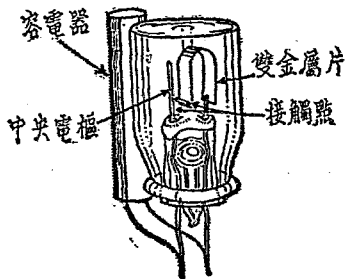


圖3.12 熒光燈觸發器

因為加有捷路而消滅，所以金屬片就冷縮而和電極脫離，於是電路內電流暫斷，鎮流器的線卷內就發生很大的感應電動勢，使得

燈管內發生電弧。電弧發生後，觸發器內電極和金屬片間的電壓降低，所以不致再發生電輝而使金屬片和電極接觸。65 和 100 瓦特的熒光燈用的觸發器有四極，作用也和上面相仿。

鎮流器的作用，非但於啓弧時發生電動勢，在平時也可以使燈管兩端有適當的電壓，而使得電弧穩定。所以鎮流器的設計，應該隨燈管的伏特數瓦特數和線路的伏特數與頻率而定。但是因為鎮流器是一個線卷，所以電路的功率因數相當的小；這種情形對於發電廠方面很為不利。所以就使用像圖 3.12 的雙燈制了。在這制度內，兩只燈管的鎮流器是在同一鐵心上的兩個線卷，其中一個和一個適當大的容電器串聯。所以一個燈管裏的電流超前於電壓，其他一燈管的電流則落後於電壓；合併起來，功率因數差不多可以等於 1。但是這時和容電器串聯的一個燈管的觸發器，應該和一個叫做觸發補償器(starting compensator)串聯，不然就不容易啓弧。圖 3.12 示 15 至 20 瓦特燈管用的線路。30 和 40 瓦特燈管用的線路內多一只自耦變壓器，而觸發補償器則單獨裝置。熒光燈也可單用，這時須用一只適當大的容電器並聯，使功率因數差不多為 1。

3.18 熒光燈的色 熒光燈發光的色和熒光質的種類和燈管上塗的顏色而定。通常分為白光，晝光，柔和白光 (soft white light)，藍光，綠光，淡紅光，紅光，金光等幾種，白光燈所發的光和普通的鎢絲燈相仿。晝光燈則比白光燈更白，約和鎢絲晝光燈相仿，和平均的天然晝光也相似。柔和白光燈則比白光燈發光較

多紅色，所以比較有溫暖之感。藍光燈所發的光含短波的較多，所以適宜於照相，和白光燈配合則所發的光很近於天光。金光燈和紅光燈的光色都是因為燈管上所塗的顏色，其他各色的光則用各種不同的熒光質。鎢酸鋅發藍光，鎢酸鎂發藍白光，矽酸鋅發綠光，矽酸鋅鋅發黃白光，矽酸鎳發黃淡紅光，硼酸鎳發淡紅光。

3.19 熒光燈的發光量，發光效率和壽命 表 5 表示最通用的幾種大小的熒光燈的燈管尺寸，電壓，發光量，發光效率和壽命。這幾種熒光燈都是由美國奇異公司製造。

表 5 熒光燈的電流和電壓

瓦特數	15	20	30	40
燈管長(吋)	18	24	36	48
(厘米)	45.8	61.0	91.6	122.0
燈管徑(吋)	1	1 $\frac{1}{2}$	1	1 $\frac{1}{2}$
(厘米)	2.5	3.8	2.5	3.8
電流(安培)	0.30	0.35	0.34	0.41
管端電壓(伏特)	56	62	103	108
線路電壓(伏特)	105—125	110—125	110—125	110—125 199—216 220—256
壽命(小時)	1500	2500	2500	2500

表內的瓦特數還沒有包括附件內所需的電功率，這種電功率大約是 5—15 瓦特，隨燈管的瓦特數和線路電壓而定。所以連

附件在內的淨發光效率，大約是表內數值的 $\frac{3}{4}$ 。至於其他各色熒光燈的效率，沒有白色的好，尤其是金光燈和紅光燈；但是藍光燈的效率却比白光燈好。

熒光燈除了發光效率比鎢絲燈大外，因為燈管的面積很大，所以牠的發光度或亮度也比鎢絲燈小。所以這種燈管可以不必另外用漫射器，而能發出漫散的光；使得不致發生炫光，也可避免顯著的濃影。這也是熒光燈的一個優點。

熒光燈在使用的時候，燈管絲極上所塗的化合物逐漸蒸發；等到這種物質蒸發完了，絲極就不能發生電子，而燈管的壽命告終。壽命將完時燈管近端處現有黑點或黑圈，而且燈管不易啓弧。這種燈管就應調換，不然觸發器很容易損壞。絲極的蒸發在啓弧時更利害；所以熒光燈最好要連用幾小時，不要忽開忽關，反而容易減短壽命。倘使留意使用，熒光燈的壽命大約

瓦特數

表 5 (續)	發光量和發光效率					
	15	20	30	40	發光量 (流明)	發光效率 (流明/瓦特)
白光燈	615	900	1450	2100	52.5	42.5
藍光燈	495	730	1200	1700	37.5	35.0
柔和白光燈	435	640	1050	1500		

為 2000—2500 小時。

在燈管的壽命期內，燈管也因絲極的蒸發和汞汽對於螢光質的化學作用而慢慢變黑，所以發光效率也逐漸減小。在起初 100 小時內效率大約減少 10%，以後直至壽命完了，也不過再降低 15%。所以流明數的額定值都是用運用 100 小時後的量值；這樣，在平均壽命期內的平均發光效率約為額定值的 90%。

3.20 發光效率和電壓及溫度的關係 線路電壓增加，電弧的電阻反而減少。所以電流增加，電功率也增加。但是發光量的增加沒有電流多，所以發光效率反而減小。倘使電壓太高，那末

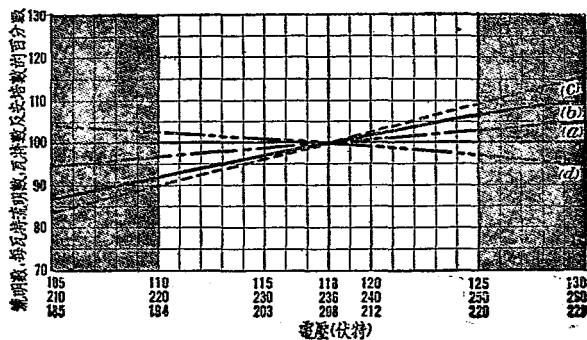


圖3.13 螢光燈電壓變動之影響

鎮流器容易損壞；倘使電壓太低，那末啓弧比較不容易，而有忽明忽暗的現象。所以使用電壓一定要在額定值上下的相當限程內。圖 3.13 表示燈管特性對於電壓的關係，在兩面黑蔭區域內的電壓數值就不能用。a 線表示安培數，b 線表示流明數，c 線

表示瓦特數， d 線表示每瓦特流明數，都以額定值的百分比來表示。

熒光燈的一個缺點，就是牠的發光效率和室內溫度有關係。通常在 $65-90^{\circ}F$ ($18^{\circ}C-32^{\circ}C$) 時效率最好，這時燈管的溫度約為 $100-120^{\circ}F$ ($38^{\circ}C-49^{\circ}C$)。溫度太低，則汞汽容易凝結，紫外波發射比較少，所以效率減低。大約溫度降低 $1^{\circ}F$ ，效率減少 1%。等到溫度到 $50^{\circ}F$ ($10^{\circ}C$) 以下，燈管就不容易啓弧。要免除這種困難，可以用較大的電壓，或者在燈管外另裝保熱的

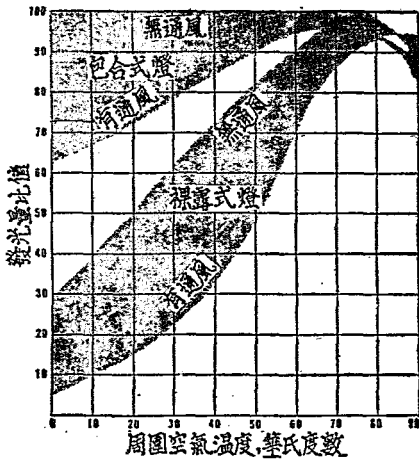


圖3.14 熒光燈溫度變動之影響

包合管，或者用特種觸發器。倘使溫度太高，那末紫外波的一部為汞汽所吸收，效率也因之減低。所以裝燈的時候，要留意通風，而避免多數燈管的互相增熱。圖 3.14 表示發光量和溫度的關係，圖內黑陰區域表示在各種溫度時的運用情形。上面一區用於有保熱的包合管的燈

管，下面一區用於裸露的燈管；每區上面界線表示沒有通風，下面界線表示有完全的通風。所用的燈管則為 15 瓦特的。

3.21 熒光燈的不正常發光現象 熒光管的正常發光狀態，是光很穩定，而不到壽命將告終時管端不現黑點。但是有時可以有種種不正常現象。一種現象是黑點早現，原因是因為電壓太高而絲極蒸發太快，還有一種現象是燈光忽明忽暗，原因是因為電壓太低，或觸發器損壞，或燈線接頭地方已鬆。這種現象也容易使得黑點早現。還有一種現象是關燈後，燈端仍發光，這是因為觸發器已壞。當種種不正常現象發現以後，就應該調查其原因，設法改正。

熒光燈的閃爍現象，比較鎢絲燈利害，尤其是藍光燈。藍光燈在每秒 50 週時的閃爍已經很顯著，別種顏色的燈則在每秒 25 週時方才能夠覺察。熒光燈若用直流，雖然沒有閃爍，但是啓弧不很可靠，而且常常發現燈管只有一段發光的現象。

第四章

光照測定

4.1 度光計的原理 光照學上有三種必要的測定，一是測定一光源在任意方向的發光強度，就是燭光數；二是測定一光源的光通量，就是流明數；三是測定一面上的光照度，就是呎燭光或米燭光數。這三種測定用的儀器都可以叫做度光計(photometer)。度光計可以有種種不同的型式，但是原理是一樣的。這原理可以用最簡單的一種度光計，像圖 4.1 所示的來說明。C 是放

在光源 A 和 B 中間的一張紙屏，屏的中央有一

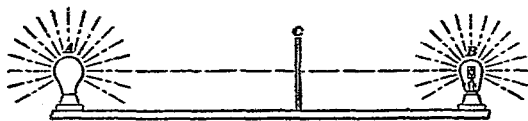


圖 4.1 度光計的原理

油斑，可以透過光。當這紙屏一面的光照度大於另一面的光照度時，前一面上的油斑就好像比周圍的紙暗，而後一面上的油斑就比周圍亮。拿這紙屏在兩個光源間移動，那末可以得到油斑和周圍紙面同樣亮的一個位置；在這個位置紙屏兩面的光照度就相等。在任何那一種度光計裏，我們總是移動一個屏或者光源的位置，使得這屏兩面的光照度相等。

4.2 發光強度的測定 上面這種簡單的度光計，叫做本生油

斑度光計 (Bunsen's grease spot photometer), 爲了同時可以看見紙屏的兩面起見, 在屏的兩側斜放兩塊鏡子, 像圖 4.2 (d) 所示。屏在 (a) 所示位置時, 右面鏡子內的油斑比周圍紙面亮, 那

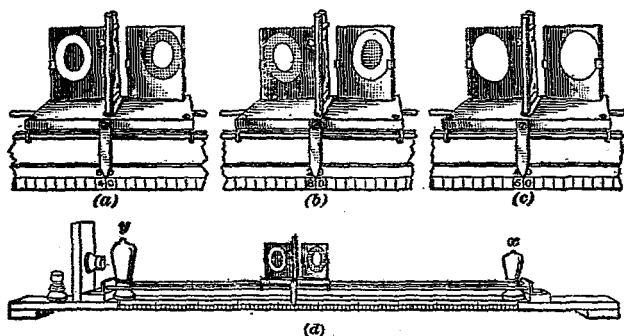


圖 4.2 油 斑 度 光 計

就是紙屏左面的光照度比右面大。在 (b) 所示位置時, 左面鏡子內的油斑比周圍紙面亮, 那就是紙屏右面的光照度比左面大。在這兩個位置中間, 可以有一個位置, 紙屏兩面的光照度相等; 所以油斑就和周圍紙面同樣亮, 而不易分別, 像 (c) 所示。這時若知道屏到每個光源的距離, 就可算出兩個光源的發光強度的比率了。譬如在圖 (d) 內, 屏到燈 x 的距離是 150 厘米, 到燈 y 的距離是 100 厘米。因爲屏兩面的光照度一樣, 而光照度和發光強度成正比, 和到光源的距離的平方成反比, 所以 x 和 y 的發光強度的比率是 150^2 比 100^2 或 3^2 比 2^2 , 那就是說: x 的發光強度是 y 的發光強度的 $\frac{9}{4}$ 倍。所以兩個光源發光強度的比率等於

每個光源到屏距離的平方的比率。倘使一個光源是標準光源，其發光強度已知，那末另一光源的發光強度就可求得。

在比較準確一點的光照測定內，油斑度光計已經不用。通常使用最多的是魯麥勃洛渾度光計 (Lummer-Brodhun photometer)，像圖 4.3。兩個光源 L, L_1 來的光由屏 S 反射到鏡子 M 和 M_1 上，再經反射而在稜鏡 P 和 P_1 內混合。兩個稜鏡面中間

一部相接，而四周則隔有空氣隙，所以從 L 來的光只有中間一部可以通過稜鏡到 O ， L_1 來的光則只有四周一部反射到 O 。

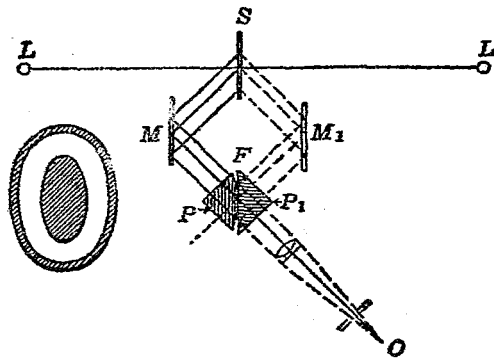


圖 4.3 魯麥勃洛渾度光計

由 O 處的望

遠裝置看來，只見像附圖所示的雙重圈，內圈是 L 來的光，外圈是 L_1 來的光。倘使兩面光照度相等，內外兩圈就融合起來而不易分別。這樣一來，我們就可以很容易得到準確的調節了。

4.3 燭光分佈曲線的測定 平常光源在各方向的燭光數不同，所以要測定其燭光分佈曲線 (candle power distribution curve)。這種曲線是繪在極坐標紙上的，像圖 4.4 所示。圖上的

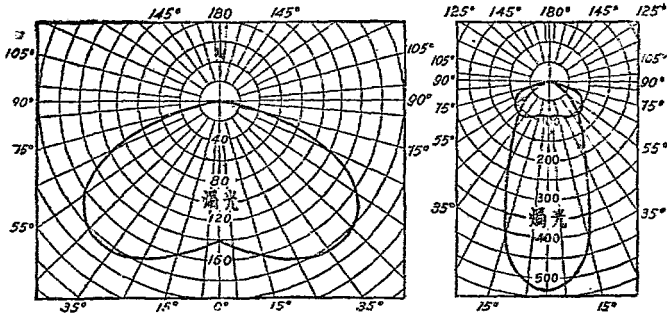


圖4.4 燭光分佈曲線

角度是發光方向和經過光源中心的鉛直線間的角， 0° 代表在鉛直線上向下的方向， 180° 代表向上的方向， 90° 代表水平方向；圓線與坐標中心的距離代表這方向的燭光數。圖 4.4 的左邊一圖是一只 100 瓦特燈泡，加上金屬反射器後的燭光分佈曲線，因為反射器的作用，在 90° 以上沒有光射出，圖 4.4 右邊一圖是另外兩種燈的燭光分佈曲線。

要測定一個光源在各方向的燭光數，可以拿這光源裝在一個迴轉燈座上，使得光源的對稱軸可以和鉛直線成任何需要的角度。同時光源可以繞着對稱軸旋轉，使得測定的燭光數是同一俯仰角各方面的平均數。或者可以不用迴轉燈座，而用像圖 4.5 的裝置，就是所謂狄勃丁度光計 (Dibdin photometer)。圖內標準燈 a 的光經過一串光闌 b 而射於 g 處的屏的一面，標準燈的位置可以用控制器 c 來調節。要測定的光源在 d ，用機構 e 來

旋轉，光源 d 的位置可以由一個觀察員在 f 處調節。 d 的光也經過一串光關而到 g 處屏的另一面，一個觀察員則在 g 處用魯麥勃洛渾稜鏡裝置比較兩面的光照度，同時調節 a 的位置，使兩面光照度相等。

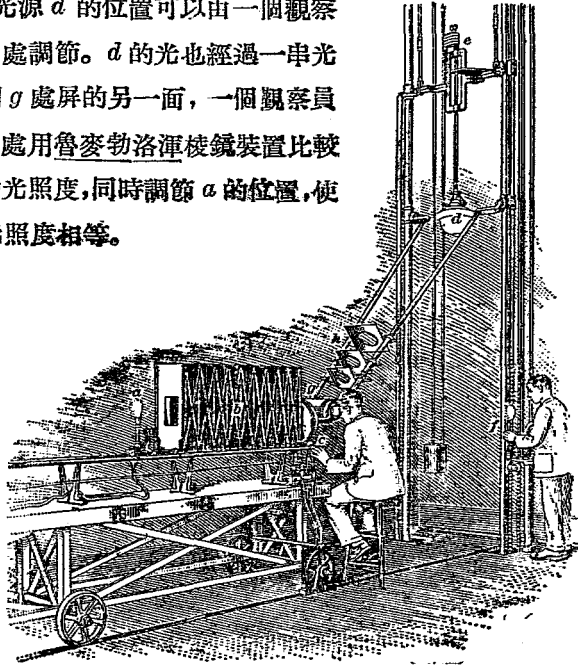


圖 4.5 狄勃丁度光計

4.4 平均球面燭光和光通量的計算 從光源的燭光分佈曲線，可以計算牠的平均球面燭光和光通量。這種曲線大概是每相隔 10° (或 5° ，或其他等角) 測定一個燭光數值；例如圖 4.4 左邊的曲線上，各角度的燭光數是像表 6 內的 1, 2 兩行所示。但是平均球面燭光，却并不是這相隔 10° 的幾個燭光數值的平均數。

這理由是這樣的。譬如有像圖 4.6 的半球形圓頂，拿這圓頂分成

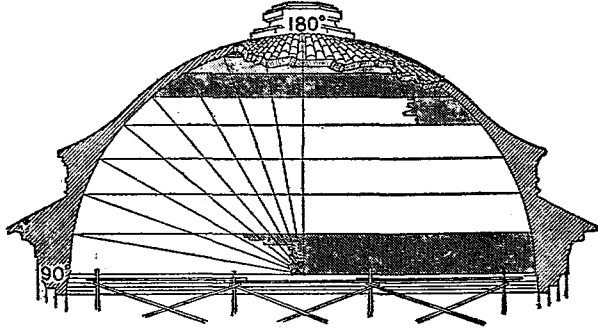


圖 4.6 總流明數計算原理之譬喻

9 個角度為 10° 的球帶，那末頂上 180° 處的一個球帶的面積當然要比 90° 處一個球帶的面積小得多。假定在這圓頂的球心有一個各方向燭光數相同的光源，那末圓頂各球帶上所照着的光通量，就和燭光數值與球帶面積的乘積成正比例。倘使光源各方向的燭光數不等，那末我們可以拿一個球帶的中線上的燭光數作為這球帶上的平均燭光數，例如在 180° 處的球帶上的平均燭光數就是在 175° 方向的燭光數值。再拿這燭光數值乘和球帶面積成正比例的一個因數，就得着在這個球帶上的光通量。這種因數的值在表 6 的第 3 行，和燭光數相乘後的乘積在第 4 行。拿各個球帶上的乘積相加，就得着光源所發總光通量的流明數。再拿 4π 來除，就是平均球面燭光。

表 6 光通量和平均球面燭光的計算

中線角度	燭光數	面積因數	乘積
5°	146.0	0.0954	14.1
15°	161.0	0.2835	45.6
25°	178.0	0.4629	82.4
35°	183.0	0.6282	115.0
45°	181.0	0.7744	140.2
55°	165.0	0.8972	148.0
65°	108.0	0.9926	107.2
75°	44.1	1.0579	46.7
85°	5.1	1.0911	5.6
	流明數 =		704.8
	平均球面燭光 =		56.07

還有一件要注意的，就是燭光分佈曲線只能說明分佈的樣子；這曲線所包的面積並不指示總光通量的大小。像圖 4.4 右邊一圖的兩條曲線，形狀完全不同，但是計算結果，總光通量的流明數完全一樣，不過分佈形狀不同罷了。

4.5 光通量的直接測定 光源的光通量也可以用累積度光計或球形度光計直接測定。圖 4.7 就是一種球形度光計，叫做烏爾勃立希 (Ulbricht) 球。球的直徑很大，最小約為 100 厘米，內面完全漆白色。要測定其流明數的光源，掛在球的中間，在球的一面有一個裝乳白玻璃的窗口，光源的光經球內面的反射後由窗口射出；從光源直射到窗口的光則用一塊遮光板遮蔽。在這種情形之下，窗口的發光度和球內光源的流明數成正比，而和光的

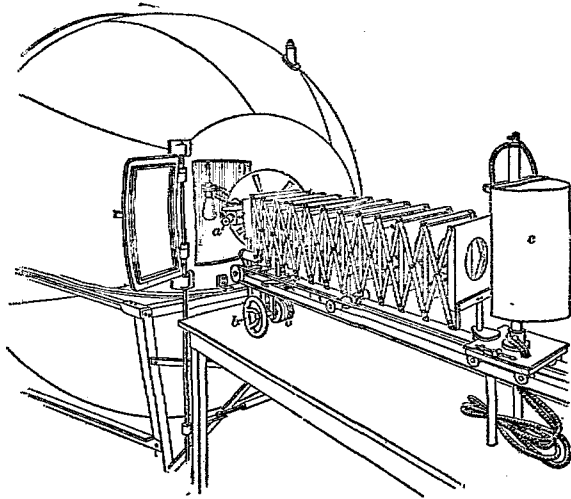


圖 4.7 烏爾勃立希球

分佈形狀無關。在窗口外面有一個光照度比較屏 a ，像魯麥勃洛渾度光計中所用的一樣，這屏的位置是固定的。由窗口射到這屏上的光照度，當然也和光源的流明數成正比；由標準光源 c 射到這屏的另一面的光照度可以用 b 控制 c 的位置來調節，使兩面光照度相同。所以球內光源的流明數就等於 a 到 c 的距離的平方乘一個定值的因數。這因數的值可以在球內放一個流明數已知的光源來測定。

新式的球形度光計利用光電管 (photo-electric cell)，來比較光照度。光電管上照射光的時候，就發生電子而成電流。用合宜的光電管，可以使得電流和照射的光通量成正比。所以拿光

電管放在球的窗口，則球內光源的流明數就等於光電管電流乘一個適當的因數。

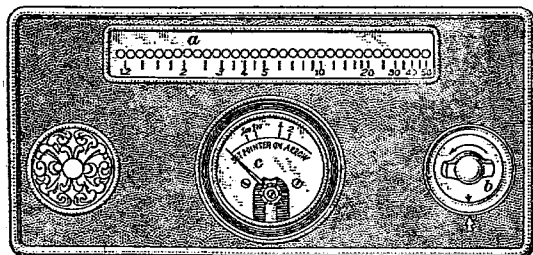
4.6 度光測定的需要附件 在度光測定時，常常要用標準燈。標準燈通常是一種白熾燈，牠在某一方向的發光強度經精密地和基本標準光源比較而測定得很準確。這種標準光源不宜長用，所以再從這種標準光源而測定所謂比較標準燈的發光強度，比較標準燈就用平常的白熾燈。但是這比較標準燈應該時時和標準光源校準，而標準光源也應該備幾個，以便互相校準。

隨便那一種度光計上，必須要有伏特計和安培計，以便準確地測定標準燈和燭光數或流明數待測的燈的電壓和電流。還要有適當的變阻器以便調整電壓到額定值。

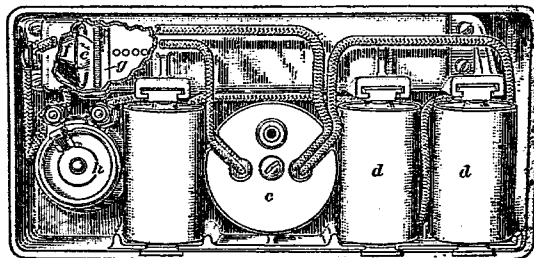
度光測定的準確度，和觀察員用視覺來判決兩種光照度是否相等的能力有關。所以在沒有舉行測定以前，最好先用兩個標準光源，放在度光計兩面比較，以便訓練這種能力。

4.7 光照度的測定 平常在實用光照學上重要的，往往並不是光源的發光強度或光通量，而是一個面上的光照度。這種測定也可應用同樣的原理。假如這光照度照於一個屏的一面，另一面則由一個標準光源照射，那末當標準光源的位置調節到屏的兩面光照度相同時，所要測定的光照度就可以從標準光源的燭光數和位置而求得。麥克白 (Macbeth) 輕便度光計就是應用這種法子，測定的結果相當準確，但是手續比較用下面的吸燭光計繁些。

平常用的呎燭光計(foot-candle meter)很容易使用,而且攜帶也很輕便。測定的呎燭光數可以直接讀出,不用計算,唯一的調節就是標準燈的電壓。圖 4.8 所示就是一種呎燭光計。(a)



(a)



(b)

圖 4.8 呎燭光計

景是前面的形狀, *a* 示比較屏上, 有光照度的標尺, *b* 示變阻器的旋柄, *c* 示伏特計。(b) 景是後面的形狀, *d* 示標準燈用的電池組, *e* 是標準燈, *f* 是反射器, *g* 是藍色玻璃屏, *h* 是變阻器。屏 *a* 上有一列圓孔, 每個孔上有半透明紙, 燈 *e* 的光照於半透明紙的後面, 透到前面。因為燈在這一列小孔的右端, 所以最右的

小孔上的半透明紙最亮，愈向左則愈暗。若調節電壓使伏特計的指針恰疊在箭頭上時，各個小孔的光照度恰等於標尺所示的 1.2 50 等呎燭光。所要測定的光照度則照於屏 α 的前面。倘使這光照度和某一個小孔的光照度相同，那末這個小孔就隱而不見，而一端的小孔比屏亮，他一端的小孔則比屏暗，所以屏上的光照度就可直接讀出。待測的光照度當然在屏的範圍內要適當均勻。倘使電壓調節到伏特計指針在 $\frac{1}{100}$ ， $\frac{1}{10}$ 或 2 處，那末所欲測定的光照度為標尺所示的 $\frac{1}{100}$ ， $\frac{1}{10}$ 或 2 倍。這種呎燭光計的量程通常為 50, 40 和 25 呎燭光三種。

這種呎燭光計常常用以校驗已有的光照裝置是否適宜，或者在裝置以後是否因為管理方法不當而光照度減少。因為使用很便利，不容易發生差誤，所以普通員工都能使用，不像使用其他各種度光計時，要有適當的訓練。

第五章

控 照 器

5.1 控照器的用途 自燈泡直接射出的光很不容易使用得有良好效果，或者合於經濟原則。燈泡射出的光遍佈於各方向，而且燈絲平常很亮，使得眼睛有不舒適的感覺。所以燈泡外面一定要用反射，透射和漫射裝置，非但使光源的亮度可以減低，而且光也可以更經濟地射到工作物和工作面上去。這種反射，透射和漫射裝置，就叫做控照器(luminaire)。在各種映照器，好像電影放映器，泛光燈，車頭燈等，射出光的方向的控制更為重要。

通常控照器，分為直接式(direct type)，間接式(indirect type)和半間接式(semi-indirect type)。直接式控照器直接拿燈泡射出的光反射到工作面上；間接式控照器拿光反射到天花板或牆壁，再從天花板或牆壁漫射到工作面上；半間接式則一部分光直接射到工作面，一部分光射到天花板或牆壁，再漫射出來。這三種各有好處和壞處，也各有其用途。還有拿燈泡完全包在半透明的燈籠裏面，稱為包合式(enclosed type)控照器，這種控照器所發的光和半間接式相似。

5.2 各種反射面和透射面的比較 下面幾節裏講到各種反射面和透射面的特性，和這種面在各種控照器裏面的應用。表7

表 7 反射面和透射面的特性

物 質	反射因數%			透射因數%			吸收因數 %
	集中 光注	錐擴 光注	漫射光	集中 光注	錐擴 光注	漫射光	
晶態玻璃	8-10			80-85			5-10
透明的							
蒙砂面或磷面(A)	4-5	5-10			70-85		5-15
蒙砂面或磷面(B)		8-12			72-87		5-15
乳白玻璃							
光密度甚小(A)	4-5		10-20	5-20		50-55	8-12
光密度甚小(B)		3-4	10-20		5-20	50-55	10-15
光密度甚大	4-5		40-70			10-45	10-20
鏡面玻璃	82-88						12-18
治光金屬							
銀	92						8
鎳	65						35
鉛	62						38
錫	55						45
錫	63						37
銅	60						40
玻璃瓷面鋼	4-5		60-70				25-35
無輝面工金屬							
鉛		62					38
白色氧化鉛		70-75					25-30
鉛		60-65					35-40
無輝面							
白壤			90-95				5-10
白色吸水紙			80-85				15-20
研光白紙	4-5		75-80				15-20
白漆(無輝)			75-80				20-25
白漆(半輝)		2-4	70-75				20-25
白漆(有輝)	4-5		70-75				20-25
黑漆(有輝)	4-5		3-5				85-92
黑漆(無輝)			3-5				95-97
碳漆			98-99				1-2

(A)光面對光源

(B)毛面對光源

裏是各種材料的反射因數，透射因數，和吸收因數與反射或折射的形狀。反射或折射的光，可以集中於單一方向；也可以擴展於一個小的角度內，成爲錐擴光注；也可以漫散於各方向。在這表內要注意的，是白色粉狀的碳酸鎂的反射因數最大，差不多爲1，但是在普通控照器內這種物質并不使用。還有黑漆的吸收因數最大，入射的光差不多完全被吸收。其他各種顏色漆的吸收因數大約從 20% 到 70%，隨面的顏色和光源發光顏色而定。

5.3 治光金屬 (polished-metal) 反射面 在這種面一部光被反射，一部被吸收。這裏的反射是所謂單向反射 (specular reflection)，那就是說：當入射光是一條極狹的光注時，反射光也是在一定方向的一條極狹光注；這光注的射向則照反射定律而定。但是雖然各種治光金屬面上的反射現象相似，但是反射的光量却各各不同。譬如有 100 流明的光照於治光銀面上，就有 92 流明的光反射；但是倘使同樣 100 流明的光射到治光鋁面

上，就只有 62 流明反射，那就是銀吸收 8% 的光，而鋁吸收 38%。這種治光金屬面，在可以密閉而不讓灰塵堆積在反射面上的控照器裏，使用得很多，譬如像汽車上用的車頭燈等。平常最適宜於使用的是鎳：鎳的收工可以爲有輝或無輝，反射因數是 65%，

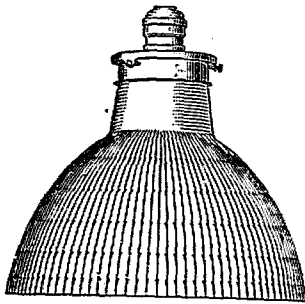


圖5.1 治光金屬面反射器

算得相當的大，而且可以保持不變，還有鍍面很不容易生銹或變暗。圖 5.1 所示就是一種用治光金屬反射面的反射器。

這種反射面的形狀，對於反射光注的方向極有關係。在反射面上無論那一處，這面和入射光注所成的角一定等於牠和反射

光注所成的角。從這個關係，我們就可以算出反射面需要的形狀，

譬如反射光是一個平行光注，那末反射面就需要像圖 5.2 所示的拋

物面，探照燈的反射面就是這種樣子。但是光源的面積一定要小得近於一點，而且要很準確的放在反射面的焦

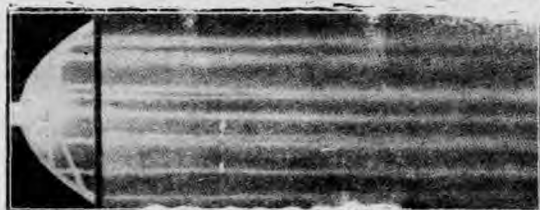
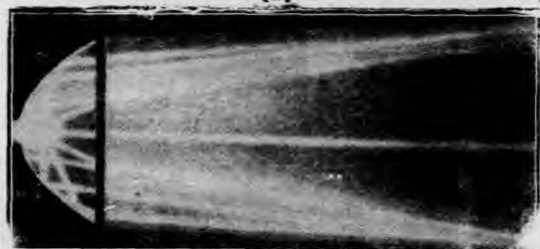


圖 5.2 拋物面的反射



(a)



(b)

圖 5.3. 拋物面前光源位置之影響

點上。圖 5.3 表示移動光源對於射出光注的形狀的影響；(a)內光源在焦點後，(b)內光源在焦點前，這種現象可以在汽車的車頭燈上轉動校光螺旋時看出。有時這種反射面也可以製成特別的形狀，以便發出需要的特種光注。譬如汽車車頭燈內反射器的形狀如圖 5.4(a)，發出的光注則如圖(b)。這種光注在燈泡水平面內很狹窄，在水平面下則逐漸開展，直到地面，而在水平面上則

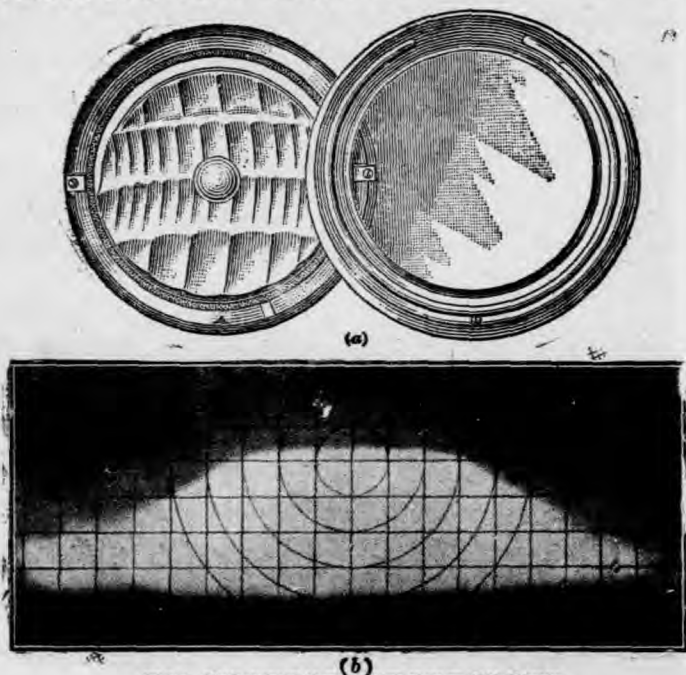


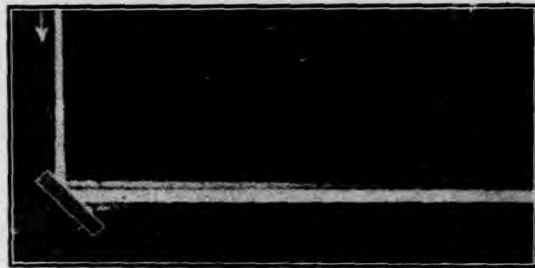
圖 5.4 汽車車頭燈的反射器及其所發光注的形狀

差不多沒有光。

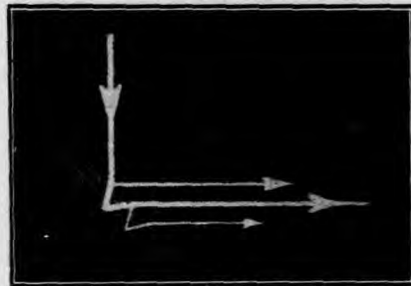
5.4 鏡面玻璃反射面 這種鏡面玻璃 (mirrored glass) 的特性,和治光金屬面相似。圖 5.5 (a) 表示一條狹窄光注射於背

面塗銀的玻璃
上經反射後的
形狀,(b)是表
示各部反射路
徑的詳圖。一
小部的光在沒

有透過玻璃時
就在前面的玻
璃面上反射
(即取上面路
徑的光線);大
部分透過玻璃
在後面的銀面
上反,再透
出玻璃和第一



(a)



(b)

圖5.5 鏡面玻璃的反射

次的反射光線平行 (即取當中路徑的光線);從銀面反射到前面的玻璃面上的光有一小部光再反射至銀面,而成第三次的反射光,也和第一次的平行 (即取下面路徑的光線)。因為光幾次經過玻璃,所以塗銀鏡面玻璃的反射因數比較治光的銀面小。譬

如有 100 流明的光射於鏡面玻璃上，那末 10 流明就從前面玻璃而反射，其餘 10 流明被銀面所吸收，5 流明被玻璃所吸收，所以只有 75 流明在銀面上反射；那就是一共只有 85% 的反射，玻璃的吸收當然與牠的質地和厚度有關。但是治光銀面很容易損壞而變暗，所以比較起來，鏡面玻璃反而可以較勝一籌哩。

鏡面玻璃反射器有一種缺點，和治光金屬面一樣，那就是在受照面上顯出很亮的燈絲像，通稱輝紋(striations)。若在反射面上刻成一條條的槽，或用蒙砂燈泡，那末這種現象就可避免，當然反射的光量也略減。鏡面玻璃反射面在泛光燈，陳列櫥窗用



圖5.6 鏡面玻璃反射器

燈，電影放映器，和完全間接式的控照器裏用得很多。圖

5.6 就是一種用鏡面玻璃的反射器。有時用一個半球面形的反射器，而拿光源放在球心

上。這種反射器對於射出光的方向，沒有改變，不過射出到下半球面各向的光量，差不多加倍；這因為射向反射器的光，反射後依原路逆行，再經過光源而射到外面。

5.5 無輝收工金屬反射面 未治光的金屬面 (unpolished metal surface) 可作為無數極小的治光面，和原面的輪廓成無數極小的角。仿絨收工的鎳面 (velvet-finish nickel) 或鉛漆面就是好例子。當一個狹窄光注射於這種面時，各條反射光線間成很小的角，但是大概的方向相差不多；這叫做錐擴反射 (spread reflection)。這擴展角度和面的光滑程度有關；面愈光滑，角度愈小。圖 5.7 就是這種面反射的形狀，沿 ba 方向看去，光源的像

不很清楚，只能看見一個明亮的斑點。所以未治光金屬對於光向集中的控制，沒有治光面或鏡面好，但是劃紋和亮條大部可以避免。這種面的主



圖5.7 無輝收工金屬面的反射

要缺點是很容易堆積灰塵，而且不容易保持清淨。平常使用得最多的這種反射面是鑄壓鋁片面 (spun aluminum) 和鋁藏金屬面 (aluminum-finish metal)，因為其重量小和價格便宜，所以

在泛光燈，聚光燈和桌燈上用得很多。電影院通常用的鋁漆幕，就是利用這種反射面的錐擴特性，適合於普通電影場的條件。

5.6 無輝反射面(matt-finish reflecting surfaces)，倘使反射面是粗糙而無輝的，那末當一狹條光注照射時，反射的光均勻散佈於各方向，像圖 5.8 所示。這時反射面在各方向的亮度差不多相等，這種現象叫做漫反射(diffused reflection)。一張吸水紙上的反射就是這樣。拿吸水紙放在一個光注裏，無論這紙和光注方向成很小的角，或者垂直於光注方向時，總是同樣的亮。

這種反射面比較上釉面或拋光面更不易清淨，所以在控照器內用得很少。

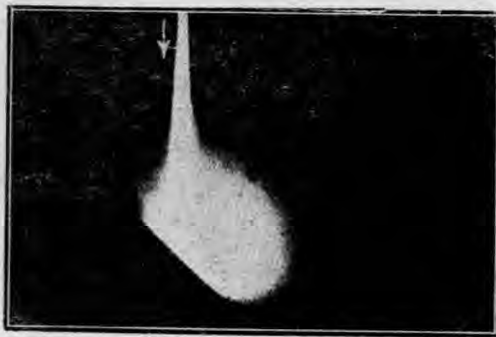


圖 5.8 無輝面的反射

但是像墁泥，刷牆粉，和裱壁紙的面都是這種無輝面，發生漫反射；所以室內從天花板和牆壁反射的光，都是漫射光。在電影院

內有時也用一塊白布作為銀幕，使得在任何角度看時，亮度總是一樣。這種銀幕適合於廣闊的場所，因為在這種場所內，座位分佈在幕前很大的角度內。

5.7 乳白玻璃 乳白玻璃(white or milk glass)在光照上應用頗廣,主要的作用是將光反射或漫射。這種玻璃,就是普通的透明玻璃,裏面懸有很多白色的細粒。當一條光注照在這種玻璃上時,10至15%的光就在玻璃的前面面上單向反射出來;其餘的光透過玻璃,被細粒反射,散於各方向;有的還被複反射,像圖5.9所示,所以大部的光都被漫反射和漫折射。

倘使這種玻璃的用途是以反射為主,那末應該用很濃白色玻璃,所透過的光不超過10—15%,吸收的光約為15%,而反射的光大約是65%。倘使主要的目的是在漫透射,例如在尋常的包含式燈籠

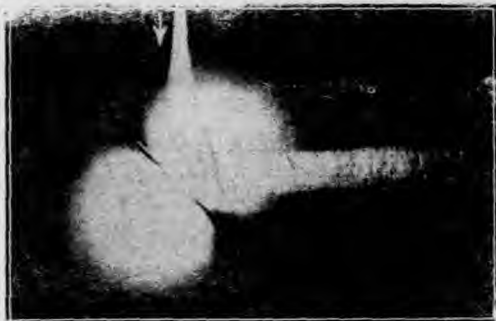


圖5.9 乳白玻璃的反射和透射

裏,那末應該用較淡白色,使透射較多而又不顯光源的概狀。這樣透射因數的最大限度不能超過50—60%,因為再大則光源不易遮蔽。但是一個包含式燈籠能夠透過的光,可以達到燈泡發光的85%;因為除了55%的光直接透過外,另外因為燈籠內的交反射現象,可以再有30%的光透過。

乳白玻璃大都用於包含式燈籠,像圖5.10所示的,就是商



圖5.10 乳白玻璃包合式燈籠

店和辦公室裏常用的包合式燈籠的一種。在半間接式反射器裏，乳白玻璃也作為反射面，這種控照器在

教室，辦公室，商店中很適用。這種半間接式反射器可以透過一部光向下，所以反射器本身也發光，比較本身不發光的金屬反射器，在外觀上較好看。而且反射器發光度的強弱，可以由玻璃白色的濃淡來調節，使之和周圍區域的發光度相調和。所以在設計時，玻璃白色濃淡的選擇很為重要。乳白玻璃無論作為包合式燈籠，或者反射器，牠的輪廓形狀，對光的分佈較不重要，大部以外貌的美觀與否來決定。

5.8 琺瑯瓷面金屬反射面 通常用的琺瑯瓷面金屬反射器(enameled-metal reflector)的反射面，可作為附着於鋼面上的一層乳白玻璃。這層乳白玻璃就是琺瑯瓷質，牠一定要很濃密，因為透過這琺瑯質而射於鋼面的光，完全被吸收而不能利用。所以琺瑯質的濃密程度，和其反射因數有關係。琺瑯面上的反射情形像圖 5.11 所示，除了漫反射以外，另有表面上的單向

反射，所以琺瑯瓷面看起來也有輝光。但是單向反射的光，祇有5—15%；大部分的光是漫射的，所以琺瑯面的特性實在和無輝反射面相近。琺瑯

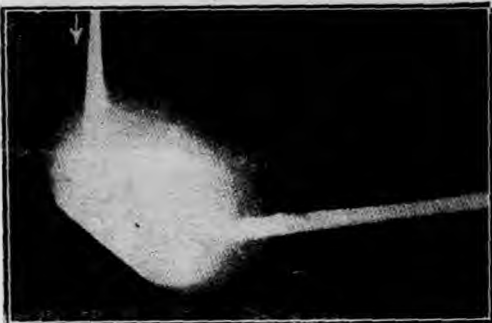


圖5.11 琺瑯表面金屬的反射

面反射器的輪廓形狀，也和反射光的分佈沒有什麼影響。普通設計光照器具者，對於這一層大都誤會，以為琺瑯面有輝光，和治光金屬面或者鏡面玻璃相似，所以往往得不到滿意的結果。圖

5.12 所示的是一種牛角反射器，用琺瑯面鋼質製成；這種反射器用以映照市招很適用，因為效率好，不易損壞，和反射面能持久之故。



圖5.12 牛角反射器

5.9 蒙砂玻璃 蒙砂玻璃(frosted glass)是一種玻璃，一面光滑，一面用砂磨，或用酸蝕，使之蒙砂。這種玻璃對於光的反射和透射，如圖5.13 所示。透射光的情形和未治光金屬面上的反射相似，也是所謂錐擴



圖5.13 蒙砂玻璃的反射和透射

透射，同時也有一部光反射，不過很少。所以這種玻璃是重在透射，而不是良好的反射面。但是除在美術控照器內，用得很少；因為這種面很容易

積灰塵而不易潔淨。

刻鏤玻璃(stippled glass)或礫面玻璃(pebbled glass)，也和蒙砂玻璃有同樣的透射特性，但比較容易潔淨；所以在控照器內頗有用處。這種玻璃大都用來略為擴展發光的光向，而不是漫射，譬如路燈的燈籠和泛光燈的蓋片便是。

5.10 棱晶玻璃 光線經過平行面玻璃片時，出射光線和入射光線平行；但是倘使玻璃片的兩面不平行時，那末因為經過每面

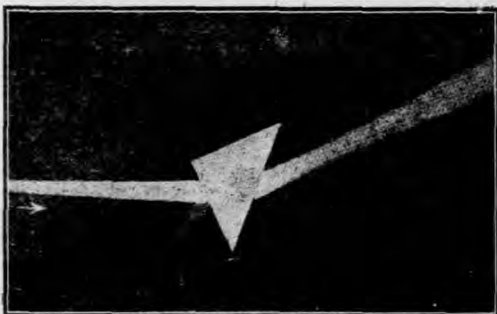


圖 5.14 棱鏡的折射

後所受折射作用，出射光線就向玻璃片較厚的一面屈折，像圖 5.14 所示。這種棱晶玻璃 (prismatic glass) 在控照器內用得頗多，其作用是使光能擴展於很大的角度內。在路燈控照器，汽車車頭燈，鐵路號誌燈，交通號誌燈等內，就用到這種玻璃。圖 5.15 所示的夫累涅爾 (Fresnel) 透鏡，是用於燈塔上的，也拿棱晶玻璃製成。

棱晶玻璃也可利用其全反射性。所謂全反射現象，大略如下。光線從玻璃內透出時，必離法線面而折射；所以當玻璃中的入射角是一個臨界值 (critical value) 時，折射光線就恰沿玻璃面。倘使這入射角大於這臨界值，那末光就不能透出而完全在內反射了。在冕牌玻璃內這臨界角值

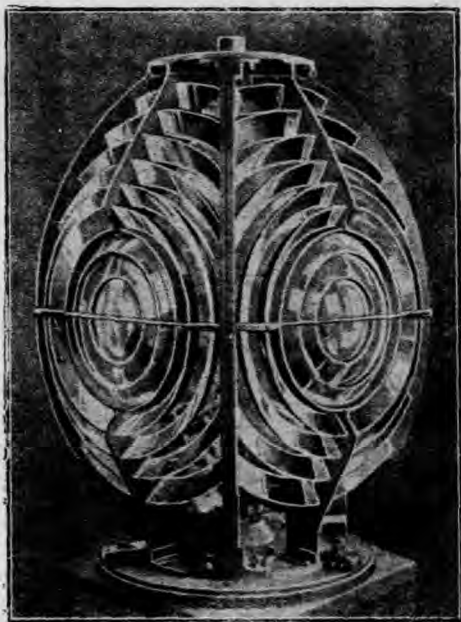


圖 5.15 夫累涅爾透鏡

是 43° 。在棱鏡內，因為雙折射的關係，也能發生全反射現象，如圖 5.16 所示。光射入一個直角棱鏡的斜面，其入射角為 90° ，直

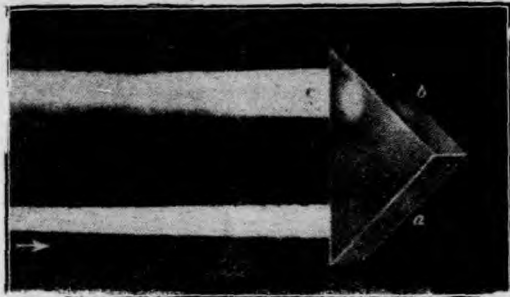


圖 5.16 稜鏡的全反射

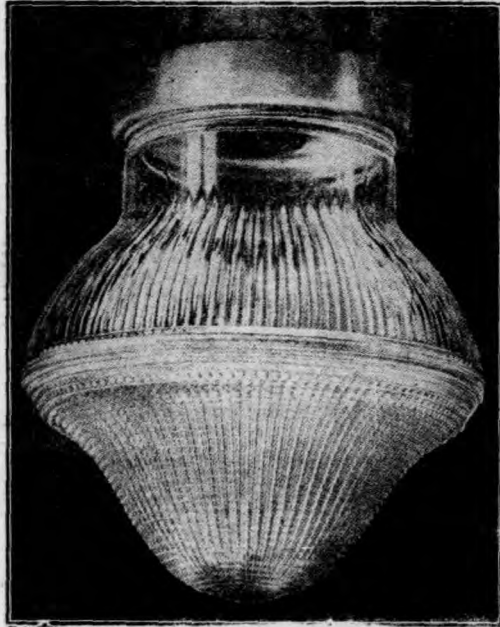


圖 5.17 棱晶玻璃包合式燈籠

到面 a ，入射角是 45° ，所以就全反射到面 b 。再全反射和斜面正交出來，而和原來的入射光線平行。若

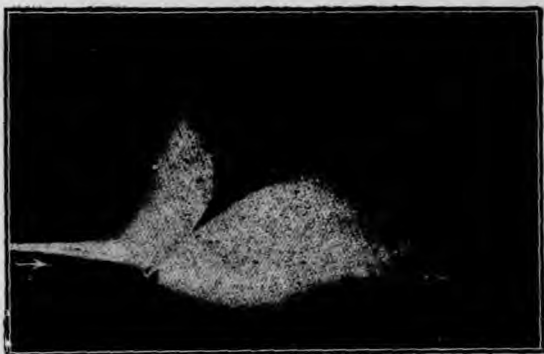


圖 5.18 橫棱玻璃的反射和透射

光自面 a 沿法線方向透入，那末在斜面上全反射，而自面 b 沿法線方向透出。這都是棱鏡全反射的現象。這種全反射，有時在控照器內也利用。棱晶玻璃通常用於包合式燈籠，或半間接式反射器上，在學校，公共場所，辦公室內很為適宜。圖 5.17 所示，就是這種控照器的一種。還有工廠內常用一種有橫棱的玻璃 (ribbed glass)，將光擴射出去，如圖 5.18 所示。

5.11 光學裝置 圖 5.19 所示，是電影放映器上的光學裝置。 a 是燈泡，有集中式螺卷燈絲四段，裝在一個平面上。這燈所發的光，大部分垂直於燈絲的平面。因為要增加射到寬僅 35 毫米的標準影片上的光起見，在燈泡後面放一個球面反射鏡 b ；燈泡向後射出的光，經 b 反射，再經過燈泡而向前射，所以光量幾乎加倍。 c 是一個聚光透鏡，放在 b 鏡的對面，拿燈泡射出的光，完全會聚於小孔 d 處的影片，因為影片面積極小，所以影片上的

發光度極強。影片上發出的光，經另一透鏡，叫做物鏡(objective)，就將影片上的照相放大，射在銀幕上。

像泛光燈或探照燈的光學裝置，只有一個反射面，而沒有聚光透鏡。不過探照燈反射面的輪廓，一定要做得十分準確；光源也一定要面積很小，而且要放在一定的位置，方才能夠得到散度小而發光強度極大的光注。

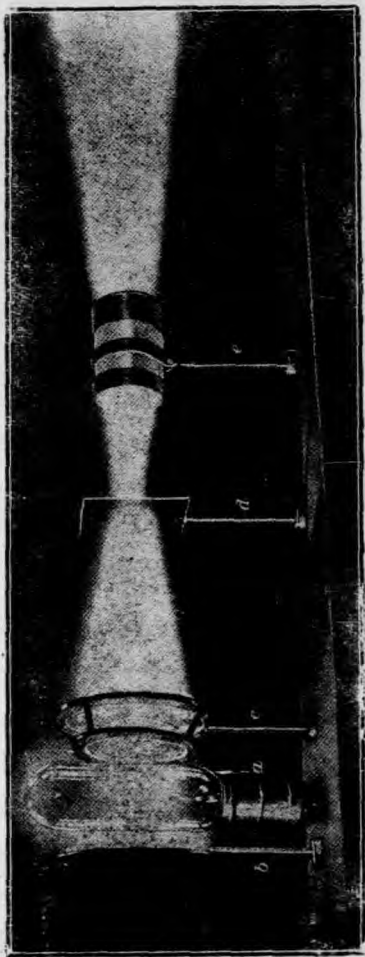


圖 5.19 電 影 機 光 學 裝 置 的 上 部 圖 示

第六章

光照設計

光照設計應當考慮的要素

6.1 正當光照的重要 在設計實用光照裝置時，我們先要知道光照度的量和質對於視覺的效果怎樣，因為效果才是光照裝置是否良好的最後試驗。一向的看法，光照裝置設計好像只要在各個場所內隨便裝幾個燈，使得我們能夠看見物件，而不必詳細去考察牠們的效果。在這種漫不經心的裝置裏，我們的視見能力實在沒有利用到最高度，因為非但光照度的量總嫌不夠，而且因為光照度太低，或炫光太甚，眼部肌肉和神經的過度緊張常常使得眼睛發生疲乏現象，甚而引起視官病態，例如近視眼等。就是在英美各國，大小城市內的商店，工廠，家庭各種場所內雖都已使用電燈；但是統計起來，非但大部分場所內光照總嫌不夠好，而且許多地方的光照制度，反而足以損壞視官。在吾國的光照裝置，那更不能談了。但是現在從事光照設計的人員都已知道，最重要的目的是怎樣能夠增加視見能力，而同時能夠保護視官，不致發生不良影響。

所謂正當的光照是適當色品的光，有充足的光量，適當的射

向，和適當的漫射，使得我們有快而準確的視覺，而不致使眼不愉快或傷及目力。這就是說，在光照制度的計劃中，我們非但應當注意到光的量，還要注意到光的質。至於在家庭，戲院，公共場所內所用純為美飾而設的光照設備內，技術高明的專家總不會放棄光所特具增進美觀的種種可能的。

6.2 關於光的品質方面的重要因素 關於光的品質方面的重要因素，可以從下面一個例裏看出。譬如有 20 呎見方的一間辦公室，要裝電燈。最簡便的方法，是在屋子的中央裝一盞燈，假定是 1000 瓦特的。就光的量來講，已經很夠了；然而光照效果之劣，却是使人不能忍受。凡討論光照品質所要考慮的要素，在這個例裏多數都遇見了。第一，光源太亮，所發生的炫光太甚，差不多令人不能注視；第二，桌面或其他光滑的面上反射所成光源的像，也和光源本身同樣地發生炫光；第三，假如我們對牆而坐，那末在我們前面的辦公桌上有很濃的影；第四，光照度太不均匀，在燈下很強，而在靠牆壁處却要弱得多。這幾點就是關於光照品質方面的要素，在下面幾節裏一一的加以檢討。

6.3 炫光 (glare) 倘使在眼的視場內，有發光度很強的光源，那末瞳孔為保護視官起見，一定要縮小，所以射到眼內的光量反而減少，而視見能力也減小了。舉一個例說，譬如有一個工人，在光照度為 15 呎燭光的地方工作，而在他的視場內有極亮的光源發生炫光，所以瞳孔收縮到 $\frac{1}{3}$ 吋直徑，像圖 6.1 (a) 所示。另外一個工人，也在 15 呎燭光光照度下工作，而附近沒有炫光，

所以瞳孔直徑可以張開到 $\frac{3}{16}$ 吋，像圖(b)。那末(b)內瞳孔面積約為(a)內的2倍。因為網膜上所成的像的亮度和瞳孔面積成正比，所以(b)內像的亮度也就是(a)內的2倍，雖則光照度是一樣；那就是說：第二個工人的視見能力是第一個工人的2倍，而且第一個工人，因為眼內肌肉過分緊張，很容易發生視覺不愉快的現象。

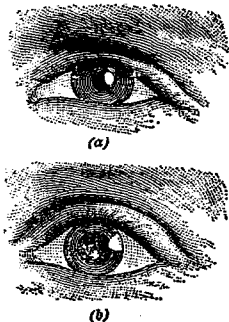


圖6.1 瞳孔的張縮

要免除這種現象，光源外面必須有適當的遮蔽物，例如漫射的包合式燈籠；或間接式的反射器等，而且光源必須掛在高低適當之處，使之高於平常的視線。倘使用包合式燈籠，那末燈籠必須有適當的漫射性，和適當的大小，使燈籠本身的亮度不致太大。還有，一個光源也許不致發生炫光；但是長久注視以後，眼睛也要發生疲乏現象。譬如普通包合式燈籠在短時間內不致使眼有不愉快的感覺，但是若有一個人終日對這種光源而坐，眼睛就很容易感到疲乏了。所以在商場內可以用包合式燈籠，因為在這種場所的人是常在行動的；而在辦公室內，人員終日坐着辦公，那末用間接式反射器方比較合適。所以炫光的避免方法和工作的類別也有關係。倘使用適當的方法以避免炫光，那末非但視見能力可以增加，疲乏現象可以免除，而且工作上的錯誤，也可減少。

6.4 反射的炫光 (reflected glare) 反射面上發生的炫光

現象，比直接的炫光還要重要。因為直接炫光大多由上面射到眼部，而額部和眉毛多少有遮蔽的作用；至於由桌面或其他面上的反射炫光射到眼部，就毫無遮蔽。平常我們在桌燈下看書，就有這種現象，尤其是書面為有光紙的時候，因為雖然桌燈上面有罩，但燈泡所發的光却仍可由桌面或紙面反射。

要避免這種反射炫光，可以拿光源放在適當的地方，使得反射的光不至射到眼內；或者光源發出的光相當漫散，使反射後也不致發生炫光。這就是所以要用以白色琺瑯質塗在玻璃上的白色燈泡的理由。同理，有時也用漫射的包合式燈籠。

6.5 影 (shadow) 影的問題，也是很重要；要求光照的優良，這問題也必須考慮到。在家庭裏和休憩場所，影的存出能夠使人感覺安適而暇逸，所以是必要的。在人像照相裏，影的適當運用可以增加美觀，同樣用泛光照射塑像和紀念碑時候，或在室內美飾用的光照裝置裏，影也很重要。但是在工作場所的光照裝置裏，影的存在有避免或減輕的必要。柔和的影，並無妨害，而且有時也能幫助增進視見能力；但是影若濃黑清楚，那就有一種慘厲不歡的感覺；而且影勢必遮蔽機件的動作部分，往往發生真正的危險。在另一方面，濃影也有助於視場明暗襯托的顯著。

透明的燈泡要產生濃黑清晰的影，所以最好用蒙砂或乳白燈泡。反射器若有較大的面積，而發光漫散，影也可比較柔和。同一物件上，若有兩個以上的光源照射，成影就較淡。若不用一個集中光源，而用幾個相隔相當近而掛於相當高處的光源，影就可

以大減，在各種控照器裏，面積不大的直接式反射器配用透明燈泡時，成影最濃；用完全間接光照制時，成影最淡。包合式或半包合式控照器所生的影，比間接式較濃。半間接式反射器則隨所用玻璃的稠密程度，而可以有各種濃淡的影。

6.6 光照的均勻度 在無論那種室內光照裝置裏，工作面上各處的光照度必須力求均勻。在工作場所內，光照的均勻更是必要，因為在室內各處的員工必須有同樣的視見能力。而且光照若是均勻，那末室內任何處都可做工作，又可避免太顯著而引起視覺疲乏的亮度襯托。

從前工廠或辦公室內，常常在各部機器前或每只辦公桌上裝置局部光源，以為這樣可以節省用電，但是這種辦法的利益是有疑問的。在這種制度裏，每一種工作上的光照度是綽乎有餘了；但是就全室而論，還是覺得慘黯。這就是說，這種場所內的光照度太不均勻，各處亮度襯托太甚，所以對於眼睛反而有害。這理由是這樣的：工人注視工作物時，他的視覺機構一定要調節到適合於很強的光照度，但當他閒視他處時，視覺機構又要調節到很低的光照度，這樣一天到晚，眼的調節常常變換，所以很易感疲乏，甚而引起視官病態。若是工人年齡已大，那末他的調節作用比較的慢，所以就有多少時間和能量虛耗於這種調節作用上。倘使室內各部的光照度都是一樣，那末這種弊病都可免除。所以現在局部光照的用途，祇不過是在特種的工作上用以補充室內一般光照度的不足而已。



圖 6.2 光源距離對於光照均勻度的影響

光照度的均勻與否和控照器的形式及其發光的分佈很有關係。用同式的控照器時，光照度的均勻度隨燈的間隔和燈高的比率而定。這關係可以從圖 6.2 看出。在圖(a)和(b)內燈都是掛在地板之上 10 呎，或工作面之上 7 呎。不過在(a)內，燈距是 20 呎；在(b)內則只有 10 呎。結果是在(a)圖內兩燈間的暗處，光照度只有 3 呎燭光，而直接在燈下則為 12.5 呎燭光。在圖(b)則沒有這種暗處，兩燈中間的光照度不過比燈下少 2 呎燭光。

還有一點要注意的，是鉛直面上的光照度。大多數的工作，譬如在辦公室裏和大部分工廠裏，都是在水平面上做的。所以平常計算光照度時，總是就水平面計算，而鉛直面和斜面上則只須有少量的光就已夠了。但是有許多機械工作，却要在鉛直面上做的；在這種情形時所用的控照器必需能夠將光分佈於很大的角度內，使得鉛直面上也有適當量值的光照度。

6.7 光的色品 除了上面四個因素外，光源發出的光色也很重要。在平常的情形，光源的色品，和光照值一樣，是用天然光作標準；因為人造光源本是用以代替或補充天然光源的。但是天然光照，就是所謂晝光，由於早晚時間的不同，而有各種不同的白色。鎂絲燈的光，雖沒有天然晝光的白，但是大體講來，總算相近，所以在普通光照裝置內，可算合用。光色的要合於標準，非但在需要辨別各種物體的天然色的時候，譬如分別兩種織造物的顏色，或者在繪畫工作內，很是重要；就是平常看物的時候，也很有用。例如機械的鋼件上，裝有銅製襯管(bushing)，這兩種物

質的反射因數，差不多相同；若是所用的光，不能使牠們現出在標準光下所顯的真色，看起來也許不易分別。一個物件的所以能夠和旁邊的物件，分別清楚，在多數情形內，是因為牠們顏色的不同。所以各種物件的能夠在電燈光下現其在天然光下的顏色，實是必要的。

有許多工作內所用的燈光，必須比較普通的鎢絲燈光更近於天然光。在這種地方，就要用到所謂晝光燈。這種燈，平常有三種。一種用藍色玻璃燈泡，所發的光和下午的太陽光一樣。這種燈泡吸收發出光量的35%。這種燈適用於陳列櫥窗內，或皮貨，布疋，地氈，或其他以顏色的選擇為主要的商店裏。第二種用特種藍玻璃的包合式燈籠，所發的光和正午的太陽光一樣，發光量的60%被吸收。這種燈用於辨色更須嚴格的工作上，例如石印，製紙，化學工業，棉毛織工業等場所而工作面積不十分大的地方。第三種則利用特種藍色濾光片，發光的顏色需能夠配合北向天光；因為北向天光的色品較為恆定，平常最精密而確切的配色工作，都以此為標準。這種燈吸收總發光量的85%，其用途則為需要辨色極精細的地方，例如珠寶店，綢緞店等，通常用為放於櫃檯上的局部光源。

6.8 室內表飾的影響 一個光照裝置的效果，非但和光源特性有關，而且和室內牆壁，天花板和一般環境的反射特性也有關係。譬如說，一間室內牆壁和天花板都是淡色的，雖然裝一只效率不大好的控照器；但是所得的光照，也許比一間深色牆壁和天

地板的室內，裝一只效率較大的控照器所發的光，來得滿意。但是在另一方面講，牆壁若夠反射過量的光，那末對於辦公室，家庭等地方很不適用，尤其是在室內的人對牆而坐的時候。據測定結果，牆壁的亮度若大於或等於工作面上白紙的亮度，就要發生可厭的炫光，但是用普通的控照器，牆壁上的光照度，往往沒有水平工作面上強。所以若牆壁的反射因數，小於 50%，而發光漫散，則不致於有不安適的效果。要有適當值的反射因數，牆壁的顏色應該是淺黃，淺綠或淺灰。倘使所用的控照器是間接或半間接式，那末天花板和牆壁上部到窗頂為止，需為白色或極淺的色。所以天花板和牆壁的色對於光照裝置的效率大有關係。

6.9 人眼能適應的光照度限程 我們的眼睛，通常能夠自動調節瞳孔直徑和其他機構，使適應於從 $\frac{1}{10,000}$ 呎燭光到 10,000 呎燭光的光照度。黑夜時的光照度極低，約從 $\frac{1}{10,000}$ 到 $\frac{1}{1,000}$ 呎燭光，在這種時候只有很大的物體，像樹木房屋，才能看見。滿月的光照度約為 $\frac{1}{50}$ 呎燭光，但在這時物體的顏色和詳細組織還不能看清。要能夠短時間內閱讀報紙，而不感到光照不夠，大約至少需要 1 呎燭光。在陰天的晝光可以高到 500 呎燭光，而在夏季晴天太陽照着的地方的光照度大約有 5,000 到 10,000 燭光。

雖然眼睛能夠適應各種強弱的光照度，但是從經驗證明，光照度愈大，物體愈易看清，同時物體的顏色和組織也愈易辨別。舉一個例講，我們檢驗織造品的粗細，或看其他細小物件，一定要拿到窗邊去看，因為在窗邊通常可以有 100 到 500 呎燭光

的光照度，而要在這樣強的光照度下視官的作用方才能很迅速而準確。但是既要有高的光照度，而同時要沒有炫光和過甚的亮度襯托，却並不是十分容易的事。

就歷史上的發展講，人類一直是生活於室外的，所以眼睛的構造是適合於強光下的遠距離視見。只有近百年來，因為工商業的發達，人類的生活才移在室內，因之眼睛也只能在比較弱好多倍的光照底下做極為精密的工作。眼睛對於這種工作，雖然能夠應付，但是光的質和量都感不夠。長期的緊張工作使得過半的工作人員都發生視官病態，例如近視等。

6.10 增加光照度的功效 由上節講來，光照度愈大，則視見能力也愈大。所以倘使不是限於經濟，我們平常室內工作所用的光照度早已增加到同室外一樣了。經濟上的考慮，使得普通場所內的光照度只能保持需要的最低值 向來我們總以為 2—3 呎

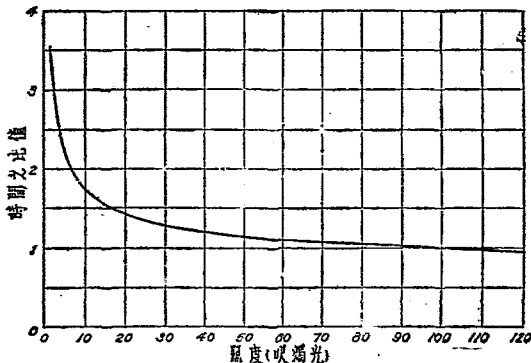


圖6.3 光照度值對於視見能力的關係

燭光的光照度已經夠強，所以大多數的工廠或辦公室內，只用這種光照度。但是就實際測驗結果看

來，這種光照度還不夠稱為最低值，而且也不是最經濟的量值。圖 6.3 就是多次測驗的結果，圖內的曲線指示視見所需時間因光照度的增加而減少。普通正常眼在 1 呎燭光的光照度看清楚一個物體所需的時間大約為在 12 呎燭光時所需時間的 3½ 倍；倘使是像散眼 (astigmatic eye)，那末增加光照度所得的利益更大。對於工廠內的實際工作，有像圖 6.4 所示的測驗結果。這結果顯示鑲輯 5 承 (roller bearing) 的檢察工作的出產率，因光照度的增加而加得很多，但是光照費用若以工資的百分數來表示，却增加得比較得很少。

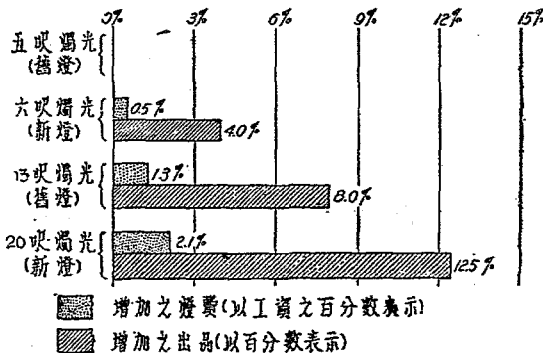


圖 6.4 光照度值對於工作效率的關係

這種事實，加以工作上安全的需要，使得我們對於各種工作要規定一個相當的最低光照度值，而能夠為大家所使用的。表 8 所示就是幾種重要工作所用的規定最低光照度值。

表 8 幾種重要工作所用的最低光照度

商店	8-15	辦公室	10-15
----	------	-----	-------

繪圖室	15—25	粗疏	5—8
教室	8—12	中等	8—12
縫紉室	15—25	精緻	12—20
醫院:		特別精緻	50—100
手術室	10—15	機件檢察工作	
手術檯	100—200	粗疏	6—19
陳列櫥窗	30—150	中等	10—15
戲院大廳	2—3	精緻	15—25
工業配集工作:		特別精緻	50—100

光照設計原則

6.11 光照設計上三個要點 現在的光照設計，比較以前周到，一定要有中心思想和技術上的考慮。簡單說來，光照設計可以分為三項：光源位置的適當分布，控制器的選擇，和燈泡發光量的計算。

6.12 光源的佈置 光照裝置上最普通的弊病，是各個光源相距太大，使得發光很不均勻。由圖 6.2 就可看見，光源相距太大則工作面上光照度不勻；補救的方法是減小光源距離，或者增加光源高度。所以平常有這樣一個規則：光源間的距離不能超過光源在工作面上的高度的 $1\frac{1}{2}$ 倍。

光源掛得愈高，各個間容許的距離也愈大，同時光照裝置的費用也愈小，因為所要購置和添配的光源數少了之故。但是光源的高度是被室的高度所限制，所以光源間的距離也有其限制。表

9 所示的就是合於各種室高的光源間距離，和外緣光源到牆壁的距離。表中所列光源間距離的最大值，不宜超過，但是若用較小的距離，那末光照度可以更均勻。但是通常天花板都被梁 (beams) 或柱 (column) 分成幾個樑框 (bay)，所以在裝燈時，為維持美觀起見，一定要遷就這種樑框的形狀，而不能一定用表內的最大距離。譬如，在某一室內應用的距離，從表內檢得的是 15 呎，但是這室的天花板分成 20 呎見方的樑框，那末光源間距離就不能用 15 呎。若每框裝一個光源，則距離太大；所以每框應該裝四個光源，而用 10 呎的距離。這時光源也可以掛得比較低些，照實際採用的距離來定。

表 10 列示合於光源間各種距離應用的光源最小高度，若所用高度比表列值為大，對於光照效應並無妨礙。表 10 也列示合於光源間各種距離時應用間接式控照器和天花板間的距離。所列的數值大部是由兩件事來決定，一是美觀，一是天花板上要有相當均勻的光照。在大多數情形中，祇要一般的光照度相當的高，而又分佈均勻，便可滿意；但是在有幾種工業上，例如製紙工業，紡織工業，印刷工業等等，要用高大的機器，因而阻礙光的照射，或者所用機器排列成組或成長行，另留工作地位，那末光源的佈置應該顧到機器的實況，務求避免暗影。

6.13 光照設備擴充的準備 設計光照線路最經濟的辦法，先要預備將來可能的擴充。現在的光照度標準固然已經高於從前，將來的標準一定還要比現在高。所以為預先計及將來添裝

表 0 光源間的距離

室 高 (由地板至天花板) (呎數)	光源間距離		光源與牆壁間距離		每一光源所轄面積約數 (光源間距離用普通值) (方呎數)	
	普通(呎數)	最大(呎數) (光源在天花板) (呎數)	沿牆走道或貯 物所(呎數)	靠牆辦公桌或 工作檯(呎數)		
8	7	不大於* 7.5	普通為光源間實在距離的半數		50-60	
9	8	8			不大於* 3	60-70
10	9	9			3.5	70-85
11	10	10.5			3.5	85-100
12	10-12	12	3.5-4	100-150		
13	10-12	13	普通為光源間實在距離的半數		100-150	
14	10-13	15			3.5-4.5	100-170
15	10-13	17			4-5	100-170
16	10-13	19			4-6	100-170
18	10-20	21			4-6	100-400
20	18-24	24			5-7	300-500
22	20-25	27	5-7	400-600		
24	20-30	30	6-8	400-900		
26	25-30	33	8-9	600-900		
30以上	25-30	40	8-10	600-900		

*若所用控照器為間接式或半間接式則光源間距離最大值應加 2 呎,光源與牆壁間距離應加 1 呎。

表10 光源高度

直 接 式			間 接 及 半 間 接 式		
光源間實際距離 (呎數)	自地板起最小高度 (呎數)	工場內部應用 高度	商場內部應用 高度	光源間實際距離 (呎數)	自天花板至燈照器 頂的高度(呎數)
7	8	為避免炫光而 同時便於用梯 梯試起見，最 好為地板之上 12呎	實際的高度普 通以外表之美 觀來決定，但 第二列內的最 小值絕不能再 低，尤其是辦 公室和繪圖室	7	1-3
8	8.5			8	1-3
9	9			9	1-3
10	10	若高度需在12 呎以上，則通 常最好裝於天 花板或屋頂構 架上		10	1.5-3
11	10.5			11	2-3
12	11			12	2-3
14	12.5			14	2.5-4
16	14			16	3-4
18	15			18	3-4
20	16			20	4-5
22	18			22	4-5
24	20			24	4-6
26	21			26	4-6
28	22			28	5-7
30	24			30	5-7

上兩表內距離和高度都以呎數表示，倘要化為米制，則呎數乘 0.3048 (或 0.3) 即為米數，方呎
數乘 0.091 即為方米數，下表 11, 12, 13 仿此。

或改用大型光源起見，在現在的線路內先要預備將來添裝的位置和能夠承載較大電流的導線。倘使先有這種籌備，那末擴充光照設備是很簡單的事；但是倘使現在的佈置不適當或者導線太小，那末將來添裝或改裝時一定要大事更張，所費就不貲了。計算導線的正當大小時，應當顧到在支路裏從司路屏匣到光源出口一段的電壓降落不能超過額定電壓的 2%。

6.14 控照器的選擇 市上有許多型式的反射器和漫射器，或者供給普通的用途，或者供給特別的用途。要選擇一種最適用的型式，我們一定要考慮他們的效率，光照分佈的情形是否適當，和他們對於炫光，暗影等條件是否符合需要。若為間接式控照器，那末還要考慮到房室的形狀，和天花板牆壁的顏色。往往外觀的美醜也是一個很重要的問題，而且有時發光的顏色也需有適當的標準。但是在大多數場所內，差不多各有一種規定形式的控照器；在本章末幾節裏就要講到幾種場所裏所用的各式控照器。

6.15 需用燈泡流明數和瓦特數的估計 在設計光照裝置時，先要規定所需要的光照度。等到光源的佈置已經計劃好和控照器的型式已經選擇好後，就要估計應用燈泡的發光量流明數，使恰好能夠供給需要的光照度。倘使已經有一個現成的裝置，那末在不超過線路載流量的限制內，我們只要拿各種瓦特數的燈泡裝上試驗，等到實際測定的光照度和規定的需要值相同時，就是最適當的燈泡。但是在設計這裝置所用的導線大小時，先要知

道燈泡的電功率；而且控照器的型式也隨燈泡的瓦特數而不同。所以先要估計燈泡的流明數，然後方能規定瓦特數，再設計線路。

6.16 利用係數和室形指數 工作上的總光通量當然等於這面的面積乘所需要的光照度。但是燈泡所發的光通量却要大於工作上的總光通量，因為一部分的光被控照器所吸收，另有一部分的光射於牆壁或天花板上，被其吸收，而并不反射到工作面上。這被吸收的光量隨控照器的形狀，牆壁及天花板的反射特性，和室的形狀而定。照射到工作面的光通量和燈泡所發總光通量的比率稱為利用係數(coefficient of utilization)。直接式的反射器內，因為大部光直射到工作面，所以利用係數比大部光射到天花板和牆壁的間接式反射器要大些。同時直接式反射器的利用係數，和牆壁及天花板的顏色關係很小，而間接式或半間接式的利用係數和牆壁及天花板的顏色的關係很大。顏色愈淡，則利用係數愈大。

另一方面利用係數和房室的形狀也有關係。普通大室內的利用係數比小室的大，因為在大室內牆壁和地板(或工作面)面積的比率較小，而牆壁總多少能吸收光。但是高而狹小的室內牆壁和地板面積的比率更大，所以用同樣控照器時利用係數更小。室的形狀對於利用係數的影響，可以拿一個因數，叫做室形指數(room index)來表示，這指數和室的長闊高有關。

在任何光照裝置內，利用係數和室形指數的值可以從表 11 和表 12 檢得。

表 11 小室和中室的室形指數

間接燈光—用天花板高度		呎						
		9與 9.5	10至 11.5	12至 13.5	14至 16.5	17至 20	21至 24	25至 40
直接燈光—用光源高度		呎						
		7與 7.5	8與 8.5	9與 9.5	10至 11.5	12至 13.5	14至 16.5	17至 20
室闊 (呎)	室長 (呎)	室形指數						
9 (8.5-9.5)	8-10	1.0	0.8	0.8	0.8			
	10-14	1.0	0.8	0.8	0.8			
	14-20	1.2	1.0	0.8	0.8	0.6		
	20-30	1.2	1.2	1.0	0.8	0.8	0.6	
	30-42	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6
	42—以上	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
10 (9.5-10.5)	10-14	1.2	1.0	0.8	0.8	0.6		
	14-20	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	
	20-30	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	
	30-42	1.5	1.2	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	42-60	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	60—以上	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.8	0.6
12 (11-12.5)	10-14	1.2	1.0	0.8	0.8	0.6	0.6	
	14-20	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	
	20-30	1.5	1.2	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	30-42	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	42-60	2.0	1.5	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	60—以上	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
14 (13-15.5)	14-20	1.5	1.2	1.0	1.0	0.8	0.6	0.6
	20-30	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	30-42	2.0	1.5	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	42-60	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	0.8	0.6
	60-90	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.6
	90—以上	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.2	0.8
17 (16-18.5)	14-20	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	20-30	2.0	1.5	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	30-42	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	1.0	0.6
	42-60	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.2	0.8
	60-110	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.2	0.8
	110—以上	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0
20 (19-21.5)	20-30	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	30-42	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	42-60	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	0.8
	60-90	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0
	90-140	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0
	140—以上	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0
24 (23-26)	20-30	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	30-42	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.2	0.8
	42-60	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	60-90	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0
	90-140	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2
	140—以上	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2
28 (27-31)	30-42	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	42-60	3.0	3.0	2.5	2.5	1.5	1.5	1.0
	60-90	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2
	90-140	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
	140-180	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
	180—以上	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
32 (31-35)	30-42	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0
	42-60	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2
	60-90	5.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	1.5
	90-140	5.0	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5
	140-200	5.0	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5
	200—以上	5.0	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5
40以上	42-60	5.0	4.0	3.0				
	60-90	5.0	4.0	4.0				
	90-140	5.0	4.0	4.0				
	140-200	5.0	4.0	4.0				
	200—以上	5.0	5.0	4.0				
		見 下 表						

表 11 (續) 大室的室形指數

間接燈光—用天花板高度		呎						
		14至 16.5	17至 20	21至 24	25至 30	31至 36	37至 50	
直接燈光—用光源高度		呎						
		10至 11.5	12至 13.5	14至 16.5	17至 20	21至 24	25至 30	31至 36
室闊(呎)	室長(呎)	室形指數						
14 (13-15.5)	14-20	1.0	0.8	0.6	0.6			
	20-30	1.0	0.8	0.6	0.6			
	30-42	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6		
	42-60	1.5	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	
	60-90	1.5	1.2	1.0	0.6	0.6	0.6	
	90—以上	1.5	1.5	1.2	0.8	0.6	0.6	
17 (16-18.5)	14-20	1.0	0.8	0.6	0.6			
	20-30	1.2	1.0	0.8	0.6			
	30-42	1.2	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	
	42-60	1.5	1.2	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6
	60-110	1.5	1.2	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6
	110—以上	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
20 (19-21.5)	20-30	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6		
	30-42	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	
	42-60	2.0	1.5	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6
	60-90	2.0	1.5	1.2	1.0	0.6	0.6	0.6
	90-140	2.0	1.5	1.5	1.0	0.8	0.6	0.6
	140—以上	3.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.8	0.6
24 (23-26)	20-30	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	
	30-42	1.5	1.2	1.2	0.8	0.6	0.6	
	42-60	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	60-90	2.0	1.5	1.5	1.0	0.8	0.6	0.6
	90-140	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	140—以上	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
30 (27-33)	30-42	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6
	42-60	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.8	0.6
	60-90	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	90-140	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	140-180	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	180—以上	2.5	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
36 (34-39)	30-42	2.0	1.5	1.5	1.0	0.8	0.6	0.6
	42-60	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	60-90	3.0	2.0	2.0	1.5	1.0	0.8	0.6
	90-140	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	140-200	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	200—以上	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
42 (40-45)	42-60	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
	60-90	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
	90-140	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	140-200	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	200—以上	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	42-60	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
50 (48-55)	42-60	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.6
	60-90	3.0	3.0	2.5	1.5	1.2	1.0	0.6
	90-140	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	0.8
	140-200	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	0.8
	200—以上	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	60-90	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
60 (56-67)	60-90	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	0.8
	90-140	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	140-200	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	200—以上	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	60-90	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	90-140	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
75 (68-90)	60-90	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	90-140	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	140-200	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	200—以上	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	80-90	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	90-140	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
90以上	80-90	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	90-140	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	140-200	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	200—以上	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	80-90	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	90-140	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0

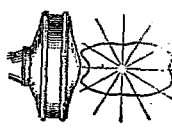
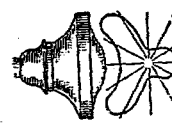
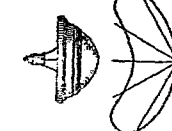
<p>包合式</p> <p>3</p>  <p>圓形乳白玻璃 包合式燈籠 90°至180°—35% 0°至90°—45%</p>	<p>0.6 0.8 1.0 1.2 1.5 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0</p> <p>.22 .27 .31 .35 .38 .42 .46 .49 .53 .55</p> <p>.17 .22 .26 .30 .33 .38 .41 .45 .48 .51</p> <p>.14 .19 .23 .26 .29 .33 .37 .40 .44 .47</p> <p>.20 .25 .31 .34 .38 .41 .43 .47 .49</p> <p>.16 .21 .27 .30 .34 .37 .39 .43 .45</p> <p>.13 .18 .24 .27 .31 .34 .36 .40 .42</p> <p>.14 .19 .22 .25 .27 .31 .34 .36 .38 .40</p> <p>.12 .17 .22 .24 .28 .31 .33 .36 .38</p>
<p>包合半間接式</p> <p>4</p>  <p>包合式半間接反射器 下半玻璃面, 上半厚鋼面, (近天花板) 90°至180°—53% 0°至90°—22%</p>	<p>0.6 0.8 1.0 1.2 1.5 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0</p> <p>.18 .22 .25 .28 .31 .35 .38 .40 .44 .46</p> <p>.14 .18 .21 .24 .27 .31 .34 .37 .41 .43</p> <p>.11 .16 .19 .21 .24 .28 .31 .33 .36 .40</p> <p>.15 .19 .21 .24 .26 .29 .31 .33 .36 .38</p> <p>.12 .15 .18 .20 .22 .26 .29 .31 .34 .35</p> <p>.10 .13 .16 .18 .20 .22 .23 .26 .32 .33</p> <p>.09 .12 .15 .16 .18 .20 .23 .26 .28</p> <p>.08 .11 .12 .14 .16 .18 .21 .25 .26</p>
<p>間接式</p> <p>5</p>  <p>鍍銀式間接反 射器 90°至180°—80% 0°至90°—0%</p>	<p>0.6 0.8 1.0 1.2 1.5 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0</p> <p>.15 .18 .22 .25 .27 .30 .34 .36 .40 .42</p> <p>.12 .15 .19 .22 .24 .27 .31 .33 .37 .39</p> <p>.10 .13 .16 .19 .21 .24 .25 .28 .30 .31</p> <p>.11 .13 .15 .18 .20 .22 .26 .28 .30</p> <p>.09 .11 .13 .15 .17 .19 .22 .24 .26 .28</p> <p>.07 .09 .11 .13 .15 .17 .20 .22 .24 .26</p> <p>.05 .07 .08 .09 .10 .11 .13 .14 .15 .17</p> <p>.04 .06 .07 .08 .09 .10 .12 .13 .14 .15</p>

表 11 是室形指數表。在這表內我們可以從室長，室闊，和自地板起到光源的高度這三個數值，檢得應用的室形指數。倘使所用的控照器是間接式或半間接式，那末我們應當用天花板高度，因為這時天花板實際上是光源。

表 12 是應用五種控照器時的利用係數表，這五種控照器都是通常所用的，包括直接式，間接式，半間接式，包含式等。表內依牆壁和天花板的反射特性分成縱列，同時依室形指數的數值分成橫行。要檢利用係數，可先從表 11 檢得室形指數，再依所用控照器形狀和牆壁天花板的反射特性，而在表 12 內檢利用係數。各種控照器用的這種表都已經製成，在表 12 裏不過只有最普通的幾種。

舉一個例，譬如有一室，闊 30 呎，長 60 呎，各個光源掛在離地板 10 呎處，天花板的色極淡，牆壁的色頗深。先求室形指數，在表 11 內第一列檢得「室闊」30 呎，再在第二列檢得「室長」60 呎，又從同行往右到第六列，就是「光源高度」為 10—11.5 呎的一列，即可檢得室形指數為 2.5。假定所用的控照器，就是所謂「玻鋼式漫射器」(glassteel diffuser)，那末就可以在表 12 裏檢得利用係數。在表 12 內「玻鋼式漫射器」的一欄，沿「室形指數」為 2.5 的一行，檢到標明「天花板，極淡」和「牆壁，頗深」的一列下，就可檢得利用係數為 0.50。倘使所用的控照器為間接式，像第五欄的「微開式間接反射器」，那末在同樣情形下的利用係數為 .31，所以在間接式反射器裏用的燈泡要比玻鋼式漫射器內

的大。

6.17 光照度表的使用法 利用係數已經知道，那末就可以從表 13 檢出使用各種瓦特數的燈泡時得到的工作面上光照度，或者也可以說，檢得能夠供給需要光照度值的燈泡瓦特數或流明數。這表內的光照度數值係從下列公式算出

$$E = \frac{F \times C \times 0.70}{A}$$

E 是光照度的呎燭光數， F 是燈泡的流明數， C 是利用係數， 0.70 是折耗係數 (coefficient of depreciation)， A 是每個光源所轄面積的方呎數。在上面的例內，若各個光源相距是 10 呎，則每個光源所轄面積為 100 方呎。所以我們從表內「每燈所轄面積」為 100 方呎的一欄內，檢到「利用係數」為 0.50 的一列下各行，就可知道用 100 瓦特燈泡時所得的光照度是 4.7 呎燭光，150 瓦特時為 8.1 呎燭光，200 瓦特時為 11.2 呎燭光，而 300 瓦特時為 18.6 呎燭光。倘使需要的最低光照度為 15 呎燭光，那末應用的燈泡為 300 瓦特的。

現代光照風尚

6.18 工廠用的光照設備 在大多數的工廠裏，光照的需要條件是有相當高的一般光照度值。所用的控照器通常有幾種標準的型式，像圖 6.5 (a) 的 *RLM* 式反射器和 (b) 的「玻鋼式」漫射器。*RLM* 式是一種琺瑯瓷面鋼製反射器，形狀有一定的規

表 13 算得的光照度量值

在速表內的光照度，是假定燈泡壽命期內的平均發光量是初值的70%而算出。設計時已定光源的佈置和利用係數後，就可在表內檢出用各種燈泡時的光照度。

每燈所轄面積 (平方呎)	燈泡大小		利 用 係 數															
	瓦特數		照 燭 光 數															
	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	55	60	65	70		
60	100	1,350	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.4	5.0	5.7	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.2	11.0
	150	2,300	3.8	4.3	4.8	5.4	5.9	6.7	7.5	8.6	9.7	10.7	12.1	13.4	14.8	16.1	17.4	18.8
	200	3,200	5.2	6.0	6.7	7.5	8.2	9.3	10.5	11.9	13.4	14.9	16.8	18.7	20.5	22.4	24.3	26.1
	300	5,300	8.7	9.9	11.1	12.4	13.6	15.5	17.3	19.8	22.3	24.7	27.3	30.9	34.0	37.1	40.2	43.3
70	100	1,350	1.9	2.2	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.3	4.9	5.4	6.1	6.7	7.4	8.1	8.8	9.4
	150	2,300	3.2	3.7	4.1	4.6	5.1	5.5	6.4	7.4	8.3	9.2	10.3	11.5	12.6	13.8	14.9	16.1
	200	3,200	4.5	5.1	5.8	6.4	7.0	8.0	9.0	10.2	11.5	12.8	14.4	16.0	17.6	19.2	20.8	22.4
	300	5,300	7.4	8.5	9.5	10.6	11.7	13.2	14.8	17.0	19.1	21.2	23.8	26.5	29.1	31.8	34.4	37.1
80	100	1,350	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	3.0	3.3	3.8	4.3	4.7	5.3	5.9	6.5	7.1	7.7	8.3
	150	2,300	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	5.0	5.6	6.4	7.2	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.1	14.1
	200	3,200	3.9	4.5	5.0	5.6	6.2	7.0	7.8	9.0	10.1	11.2	12.6	14.0	15.4	16.8	18.2	19.6
	300	5,300	6.9	7.4	8.3	9.2	10.2	11.5	12.9	14.8	16.7	18.5	20.8	23.2	25.5	27.8	30.1	32.5
90	100	1,350	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.4	3.8	4.2	4.7	5.1	5.8	6.3	6.8	7.4
	150	2,300	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.5	5.0	5.7	6.4	7.2	8.0	8.9	9.8	10.7	11.6	12.5
	200	3,200	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.2	7.0	8.0	9.0	10.0	11.2	12.4	13.7	14.9	16.1	17.4
	300	5,300	5.8	6.6	7.4	8.2	9.1	10.3	11.5	13.2	14.8	16.5	18.5	20.6	22.7	24.7	26.8	28.9
100	100	1,350	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3	4.7	5.2	5.7	6.1	6.6
	150	2,300	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	4.0	4.5	5.2	5.8	6.4	7.2	8.1	8.9	9.7	10.5	11.3
	200	3,200	3.1	3.6	4.0	4.5	4.9	5.6	6.3	7.2	8.1	9.0	10.1	11.2	12.3	13.4	14.6	15.7
	300	5,300	5.1	5.9	6.7	7.4	8.2	9.3	10.4	11.9	13.4	14.8	16.7	18.6	20.4	22.3	24.1	26.0
110	100	1,350	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.9	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0
	150	2,300	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.7	4.1	4.7	5.3	5.9	6.6	7.3	8.0	8.8	9.5	10.2
	200	3,200	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	5.1	5.7	6.5	7.3	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.2	14.3
	300	5,300	4.7	5.4	6.1	6.7	7.4	8.4	9.4	10.8	12.1	13.5	15.2	16.9	18.6	20.2	21.9	23.6

120	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.6	3.0	3.4	3.7	4.1	4.7	5.2	6.0	6.7	7.5	8.4	9.3	10.3	11.2	12.1	13.1
	300	4.3	4.9	5.6	6.2	6.8	7.7	8.7	9.9	11.1	12.4	13.9	14.8	18.5	20.1	21.6	
	500	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.5	4.0	4.5	5.0	5.6	6.2	6.8	7.4	8.0	8.7
130	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.3	11.2	12.1
	300	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.1	8.0	9.1	10.3	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0
	500	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1
140	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.6	3.0	3.4	3.7	4.2	4.8	5.5	6.2	7.0	7.9	8.9	9.9	10.9	12.0	13.1	14.2
	300	4.3	4.9	5.6	6.2	6.8	7.7	8.7	9.9	11.1	12.4	13.9	15.4	16.8	18.2	19.6	21.0
	500	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.9	3.2	3.7	4.1	4.6	5.2	5.8	6.3	6.9	7.5	8.1
150	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.3	11.2	12.1
	300	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.1	8.0	9.1	10.3	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0
	500	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.9	4.3	4.8	5.4	5.9	6.4	7.0	7.5
160	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.3	11.2	12.1
	300	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.1	8.0	9.1	10.3	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0
	500	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
170	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.3	11.2	12.1
	300	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.1	8.0	9.1	10.3	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0
	500	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
180	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.3	11.2	12.1
	300	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.1	8.0	9.1	10.3	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0
	500	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
190	100	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5
	150	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4
	200	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.3	11.2	12.1
	300	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.1	8.0	9.1	10.3	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0
	500	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0

表 13 (續) 算得的光照度量值

在該表內的光照度，是假定燈池壽命期內的平均發光量是初值的70%而算出。設計時已定光源的佈置和利用係數後，就可在表內檢出用各種燈池時的光照度。

每燈所轄面積 (平方呎)	燈池大小		利 用 係 數														
	瓦特數		吸 燭 光 數														
	200	300	.14	.16	.18	.20	.22	.25	.28	.32	.36	.40	.45	.50	.55	.60	.65
200	3,200	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.2	6.7	7.3	7.8
	5,300	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.6	5.2	5.9	6.7	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12.1	13.0
	9,500	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.3	9.3	10.6	12.0	13.3	15.0	16.6	18.3	20.0	21.6	23.3
	14,800	7.3	8.3	9.3	10.4	11.4	13.0	14.5	16.6	18.6	20.7	23.3	25.9	28.5	31.1	33.7	36.3
220	3,200	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1
	5,300	2.4	2.7	3.0	3.4	3.7	4.2	4.7	5.4	6.1	6.7	7.6	8.4	9.3	10.1	11.0	11.8
	9,500	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.6	8.5	9.7	10.9	12.1	13.6	15.1	16.7	18.1	19.7	21.2
	14,800	6.6	7.5	8.5	9.4	10.4	11.8	13.2	15.1	17.0	18.8	21.2	23.5	25.9	28.3	30.6	33.0
240	3,200	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	3.0	3.4	3.7	4.2	4.7	5.1	5.6	6.1	6.5
	5,300	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.9	4.3	4.9	5.6	6.2	7.0	7.7	8.5	9.3	10.0	10.8
	9,500	3.9	4.4	5.0	5.5	6.1	6.9	7.8	8.9	10.0	11.1	12.5	13.9	15.2	16.6	18.0	19.4
	14,800	6.0	6.9	7.8	8.6	9.5	10.8	12.1	13.8	15.6	17.3	19.4	21.6	23.7	25.9	28.1	30.2
260	3,200	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.2	2.4	2.8	3.1	3.4	3.9	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0
	5,300	2.0	2.3	2.6	2.9	3.1	3.6	4.0	4.6	5.1	5.7	6.4	7.1	7.8	8.6	9.3	10.0
	9,500	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.4	7.2	8.2	9.2	10.2	11.5	12.8	14.1	15.3	16.6	17.9
	14,800	5.6	6.4	7.2	8.0	8.8	10.1	11.2	12.8	14.3	15.9	17.9	19.9	21.9	23.9	25.9	27.9
280	3,200	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6
	5,300	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.3	3.7	4.2	4.8	5.3	6.0	6.6	7.3	7.9	8.6	9.3
	9,500	3.3	3.8	4.3	4.8	5.2	5.9	6.7	7.6	8.6	9.5	10.7	11.9	13.1	14.3	15.4	16.6
	14,800	5.2	5.9	6.7	7.4	8.1	9.3	10.4	11.8	13.3	14.8	16.7	18.5	20.5	22.2	24.1	25.9
320	3,200	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9
	5,300	1.6	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.2	3.7	4.2	4.6	5.2	5.8	6.4	7.0	7.5	8.1
	9,500	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.2	5.8	6.7	7.5	8.3	9.4	10.4	11.4	12.5	13.5	14.5
	14,800	4.5	5.2	5.8	6.5	7.1	8.1	9.1	10.4	11.7	13.0	14.6	16.2	17.8	19.4	21.0	22.7

360	300	5,300	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2
500	500	9,500	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.3	9.2	10.2	11.1	12.0	12.9
750	750	14,800	4.0	4.6	5.2	5.8	6.3	7.2	8.1	9.2	10.4	11.5	13.0	14.4	15.8	17.3	18.7	20.1
1,000	1,000	21,000	5.7	6.5	7.3	8.2	9.0	10.2	11.4	13.1	14.7	16.3	18.4	20.4	22.5	24.5	26.5	28.6
400	300	5,300	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1	5.6	6.0	6.5
500	500	9,500	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.7	5.3	6.0	6.7	7.5	8.3	9.1	10.0	10.8	11.6
750	750	14,800	3.6	4.1	4.7	5.2	5.7	6.5	7.3	8.3	9.3	10.4	11.7	13.0	14.2	15.5	16.8	18.1
1,000	1,000	21,000	5.1	5.9	6.6	7.3	8.1	9.2	10.3	11.8	13.2	14.7	16.5	18.4	20.2	22.1	23.9	25.7
450	300	5,300	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.1	2.3	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.4	5.8
500	500	9,500	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.7	5.3	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.6	10.3
750	750	14,800	3.2	3.7	4.1	4.6	5.1	5.8	6.4	7.4	8.3	9.2	10.4	11.5	12.7	13.8	15.0	16.1
1,000	1,000	21,000	4.6	5.2	5.9	6.5	7.2	8.2	9.1	10.5	11.8	13.1	14.7	16.3	18.0	19.6	21.2	22.9
500	300	5,300	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5	4.8	5.2
500	500	9,500	1.9	2.1	2.4	2.7	2.9	3.3	3.7	4.3	4.8	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.6	9.3
750	750	14,800	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.2	5.8	6.7	7.5	8.3	9.4	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6
1,000	1,000	21,000	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.4	8.2	9.4	10.6	11.8	13.2	14.7	16.2	17.6	19.1	20.6
600	500	9,500	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.1	3.5	4.0	4.4	5.0	5.5	6.1	6.6	7.2	7.8
750	750	14,800	2.4	2.8	3.1	3.5	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.8	8.6	9.5	10.4	11.2	12.1
1,000	1,000	21,000	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	6.1	6.9	7.8	8.8	9.8	11.0	12.3	13.5	14.7	15.9	17.2
1,500	1,500	33,000	5.4	6.2	6.9	7.7	8.5	9.6	10.8	12.3	13.9	15.4	17.3	19.3	21.2	23.1	25.0	27.0
700	500	9,500	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7
750	750	14,800	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.7	5.3	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.6	10.4
1,000	1,000	21,000	2.9	3.4	3.8	4.2	4.6	5.3	5.9	6.7	7.6	8.4	9.5	10.5	11.6	12.6	13.7	14.7
1,500	1,500	33,000	4.7	5.3	5.9	6.6	7.3	8.3	9.2	10.6	11.9	13.2	14.9	16.5	18.2	19.8	21.5	23.1
800	500	9,500	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8
750	750	14,800	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.2	3.6	4.1	4.7	5.2	5.8	6.5	7.1	7.8	8.4	9.1
1,000	1,000	21,000	2.6	2.9	3.3	3.7	4.0	4.6	5.1	5.9	6.6	7.4	8.3	9.2	10.1	11.0	11.9	12.9
1,500	1,500	33,000	4.0	4.6	5.2	5.8	6.4	7.2	8.1	9.2	10.4	11.6	13.0	14.4	15.9	17.3	18.8	20.2
900	500	9,500	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8	5.2
750	750	14,800	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.9	3.2	3.7	4.1	4.6	5.2	5.8	6.3	6.9	7.5	8.1
1,000	1,000	21,000	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	4.1	4.6	5.2	5.9	6.5	7.3	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4
1,500	1,500	33,000	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.4	7.2	8.2	9.2	10.3	11.6	12.8	14.1	15.4	16.7	18.0

定，使所發的光只限於鉛直線旁 $72\frac{1}{2}^\circ$ 的角內。「玻鋼式」漫射器也是珐瑯瓷面鋼製反射器，不過頂部有小孔，使一小部的光射到天花板，而在反射器下面另有一個包合式玻璃製漫射器。所以他的優點是亮度較小，發光較漫散，和射影較為柔和；但是購置費較貴。

在製鋼廠，起重機廊等高而狹的房屋內，所用的控照器必需使光更為集中向

下，免得一部分的光射到牆壁上部，而不能利用。在這種場所需用圖 5.1 或 5.6 的深覆盂形反射器，這種反射器具拿鏡面玻璃，稜晶玻璃，或沿光面金屬製成，也有幾種大小。在特種需要，有時也用他種型式的控照器。

有種工作上，光需從某一方斜射，而不是從上射下，那末可以用圖 5.12 所示的犄角反射器，或其他能分佈光於相當大的角度內的反射器。有時在特種工作上例如縫工，細緻機械工作等，需用 50—100 呎燭光的強度光照的場所，在工作地點也要用這種反射器的光源，以補一般光照的不足。

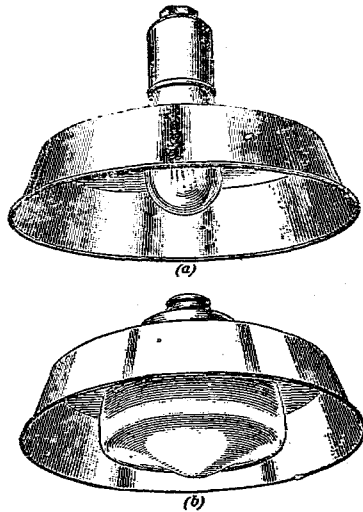


圖 6.5 RLM 式及玻鋼式反射器

在穀倉，麵粉廠，食品廠，香料廠，製糖廠，澱粉廠，硫磺工場等場所，空氣中塵埃瀰漫，極易引起爆炸。又如在鍊油廠，製漆廠，噴漆工場等場所，製造時所發生的氣體也易引起火災和爆炸。在這種場所內所用的控照器必需有使塵埃和氣體不易侵入的保護裝置。還有在需要很精密地辨別顏色的工作場所內，例如顏料廠，油漆廠，紡織廠，石印工場，彩印工場，彫刻工場等，控照器發光的色品一定要能夠適應工作上需要的條件。

6.19 商店用的光照設備 商店內若有良好的光照，對於營業方面的利益很大，因為良好光照具有廣告作用。至於商店光照設計原則，也和普通一樣。在選擇控照器型式時，外表上的美醜是一個要素；但是也不能完全以外觀來決定，一定先要顧到合理的光照度。有好幾種控照器都能雙方兼顧，一面有悅目的外表，一面有良好的效率。

商店光照裝置普通的錯誤是各個光源相距太遠，平常在闊於 15 呎的商店內至少要有兩排光源。因為最需要光照的地方，是櫃台上和陳列櫃上；倘使在商店中間只裝一排，那末中間地板上的光照最強，而櫃台和陳列櫃上的光照却比較的弱。而且當顧客立在櫃台前的時候，他的影就直射到櫃台上。若裝兩排，那末櫃台和陳列櫃就可都照得很清楚。

在有種華貴的商店內，往往要用到美術光照裝置，使所發的光和所售商品和諧，對顧客起極好的觀感而引其注意。

6.20 陳列櫃內的光照設備 陳列櫃內若裝有電燈，那末商

品就易於售出；因為燈光很引人注意。通常講來，陳列櫃內的光照度需為商店內一般光照度的 2—4 倍。所用的電燈，或為平常蒙砂燈泡，加上小型鏡面玻璃反射器；或為特製長管形燈泡，加上小型金屬圓柱面反射器。最普通的一種管狀燈泡，是 6 吋（15 厘米）長， $\frac{3}{4}$ 吋（1.9 厘米）直徑的 25 瓦特型；這種燈泡因為佔地位很小，所以用得很多。陳列櫃內的燈都裝於前面櫃邊下不易被人看見的地方。倘使櫃內商品不能受熱，例如糖果，蠟製品等，那就應當注意燈泡的散熱。

6.21 陳列櫥窗的光照設備 陳列櫥窗內若有良好的光照，非但使得陳列商品，輝煌奪目，就是櫥窗本身，因亮度極強，也可以吸引路上的行人。有人曾測定櫥窗內光照度對於吸引力的關係。若光照度從 15 呎燭光加到 40 呎燭光時，立定而觀察的行人約增加 33%，光照度再加到 100 呎燭光，被吸引的行人可再增加 30%。

至於櫥窗內實際需要的光照度，則和商店的地段和性質，很有關係。在小城市內或冷落地段的商店櫥窗，當然不必十分亮。但是若在大城市熱鬧區域內很亮的路上的商店，而相鄰商店都是以櫥窗裝飾來出奇競勝的，那末就需要極強的光照度了。平常講來，櫥窗內的光照度約自 30 到 150 呎燭光。

陳列櫥窗所用的反射式控照器需有特種設計，使發光能適合需要條件。平常用的反射面是稜晶玻璃，鏡面玻璃，或冶金金屬面。反射器的形狀也有幾種，以備各種深淺的櫥窗內使用，總

以發光能夠最有效的分佈於櫥窗內，而不致透過玻璃而射到路上，并避免炫光為要。有時在反射器的口上另裝棱晶玻璃的蓋片。圖 6.6 (a)(b) 表示兩種裝法。凡備有頂板的櫥，多採用 (a) 法，將反射器裝於櫥的頂板之上，器下蓋片和櫥頂齊平。倘使櫥沒有頂板，而天花板不太高之處，多用 (b) 法，將反射器，裝在天花板上靠窗之處。圖內 *a* 為導線管配件，*b* 為反射器，*c* 為櫥窗玻璃，*d* 為窗樞，*e* 為頂板，*f* 為天花板。倘使櫥窗玻璃離天花板相當的遠，最好的辦法是在櫥窗之上相近的橫檔上安裝支架，或者每一光源用一單獨支架，或者將導線管裝於支架上而光源則掛於管上。光源的位置應該靠近玻璃的前面以適當而相等距離排列；若櫥窗很深，則沿兩旁壁上亦應裝置光源，但是沿櫥窗後壁若裝了燈，就很易發生炫光。若櫥窗為島形，就是在商店門口或走道內四面都是玻璃的櫥窗，那末應用聚光反射器沿四圍玻璃排列。總之燈的位置應使顧客不能直接觀見。

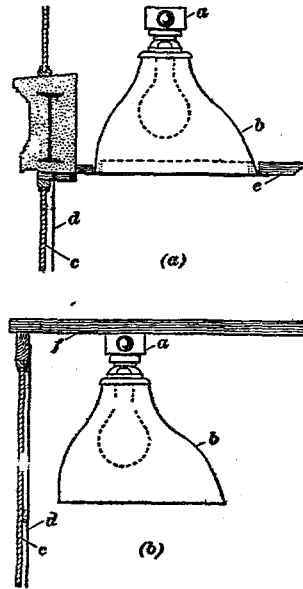


圖 6.6 陳列櫥窗的光源裝置法

燈距和燈的瓦特數應依光照的強弱而定。平常的燈距約爲 12—24 吋 (30—60 厘米)，而最普通的是 12 吋；3 呎 (90 厘米) 以上的燈距則不能有良好的效果。最好需預裝足數的燈插頭，以便隨時增加或減少燈數，使可得各種不同的光照度值；同時也可以另裝泛光燈或聚光燈，以備需要時之用。所用燈泡通常約爲 100—200 瓦特的。比較經濟的方法，是每排內的燈相間的接到兩條線路，以便需要時可以關去半數的燈。有時燈內用有色燈泡或有色蓋片，使能發出各種顏色的光，以增加美觀和吸引力。

畫間櫥窗玻璃上日光反射的避免，也是一個很重要的問題。因爲這種反射現象，櫥窗玻璃上往往顯出對街房屋，路上車輛和行人等的像，以致櫥窗內陳列商品反而看不清楚。要避免這種反射現象，只要加強櫥窗內的光照度到 200—500 呎燭光，使櫥窗內商品的亮度超過反射所生的像的亮度。所用的光照設備和普通的陳列櫥窗相同，不過燈泡用 500 瓦特的，而燈炬約爲 12—15 吋。這種光照設備只需於畫間使用。櫥窗玻璃上的反射現象和窗內背景的深淡也有關係；背景愈是深色，反射的像愈易看見。若窗內有適當的光照度，而背景很淡，那末商品的亮度可以遠過於反射所生的像的亮度。

6.22 辦公室繪圖室光照設備 辦公室和繪圖室內光照需要的條件，比其他場所(例如工場商店)更要嚴厲。因爲在這種場所的工作人員，常需在長時間內從事於閱讀抄寫的工作，所以必需有適當的光照度，使得眼睛不致疲乏，在繪圖工作內，尤其重要，

因為這種工作需要精細的辨別能力。要適合這種條件，光照度需要 15—25 呎燭光。光源的亮度一定要相當的低，因為工作人員常常終日坐於一定位置，光源也許終日在工作人員的視場裏。所以所用控照器大都為間接式，或半間接式。

以前因為要供給適當的光照度起見，常常在各個辦公桌上裝置桌燈，到現在還有許多場所用這種制度。但這並不是一個好辦法，有很多缺點，例如，桌燈一定要用適當的法子遮蔽，使沒有炫光現象，同時也要放在適當地位，使不致發暗影，這都不很容易；還有燈光射到桌面反射時所生的炫光，更不易避免。若不用局部光照而用一般光照，那末這種困難都可免除，而且室內傢俱佈置可以隨意掉換，不受光源位置的牽制。

6.23 學校的光照設備 學校光照設備的條件也和普通辦公室相似。光源外必須有適當的遮蔽，使不致發生炫光，因為炫光能夠使視官不適，或則減弱視見能力，以致閱讀時書本一定要放得很近。這種現象都能夠損傷眼睛，尤其是對於兒童。光源的佈置要適當，使能夠供給適當均勻的光照度，而沒有太黑的影。教室，圖書館，實驗室，實習室等至少需有 8 呎燭光的光照度，最適宜的是 12—15 呎燭光；繪圖室和縫紉室最少需有 15 呎燭光，最適宜的是 25 呎燭光。

6.24 家庭的光照設備 現代家庭內的光照裝置，已比用蠟燭和油燈時代，進步得多。但是據實際研究結果，家庭光照無論在質和量的方面，還不能適應保護目力，使用便利和形式美觀

的三個主要條件。其主要的原因，是由於我們因襲從前用蠟燭或油燈時的裝置而不加以需要的改進。譬如，蠟燭和油燈的亮度很低，不加遮蔽不致發生炫光；然而現在雖使用極亮的白熾燈，但仍無適當遮蔽，以致發生炫光的情形極為普通。在近日工業界已經設法使普通人士注意到避免炫光和適當遮蔽光源，使發生柔和悅目的光的重要；像歐美各國常常舉行家庭光照設備競賽，使一般人士知道能供給適宜光照的裝置的最低標準。

家庭中大多數居室內需要的光照設備，為一掛於正中的間接式，半間接式，或燈簇式光源，供給室內的一般光照。另外在閱讀或其他局部活動地點，應當備有隨意移動的桌燈或落地燈補充。掩蔭適宜的壁燈，矩形燈檯，燭形燈檯等則裝於適當地點，而純以裝璜為目的。這種裝璜用燈的佈置，完全依屋主人的美術觀念來決定，沒有一定的原則。有不需一般光照的室內，像臥室等，則可完全用局部光源。在廚房等工作場所，則可以使用工業光照設備，附以必要的局部光源。在裝置線路時最好要有適當數目的插鞘，以便應用各種局部光源或其他用電器具，或者臨時添設電燈。

6.25 道路光照設備 因為現代道路上的車輛衆多，所以道路上之需有適當光照確是非常重要的。道路光照可以影響到公眾的安全，舒適和便利；但是現在道路光照的改進實還跟不上交通情形的發展。尤其是在逐漸進展的城市內，各部分的光照裝置往往發展很不平均。就是據美國的統計，夜間大部分的车辆失事，

其原因都是光照不適宜，在光照比較適宜的道路上，失事的情形就比較少。

要改良一個城市裏的道路光照，先要有一整個計劃。這計劃內先拿全部道路，照其光照需要，分成各種等級，例如熱鬧市街，大道，住宅街道等。熱鬧市街是兩旁商店有夜市的街道，需要最強的光照度；大道是從城市中心通到市郊住宅區域的街道，兩旁雖無商店，但路上車輛很多。然後就每一等級的街道規定一種光照設備，和光源佈置方法；平常在一個計劃內常常使用同式的控照器，只有燈高和燈距在各級街道上不同，以保持這計劃的統一性。實行這計劃時不必同時改換全城市的設備，只須分部進行，或者在街道交通進展時，逐漸將光照設備照預定計劃改進，那末在幾年以後，全市的光照設備，都可一律了。倘使沒有統一的計劃，那末各部的發展就不易平均。城市街道光照設備對於市政很為重要，因為街道光照之對於城市，也像陳列櫥窗之對於商店，具有廣告作用的。

表 14 列舉現代街道光照設備的普通制度。在這表裏拿街道分為主要熱鬧市街，次要熱鬧市街，主要大道，蔭道和公園，次要大道，住宅街道，郊外街道和里弄幾種，光照度的強弱就照此次序。每種街道所列舉的是燈高，燈距，燈的流明數，和燈的排列法；這都是光照設備的主要條件。至於所用控照器，那末通常有幾種規定型式，可以照各方面的觀點，而選擇最適當的一種。又街道用燈因為設備費包括燈，燈桿，導線和其他附屬機件，比較

表14 街道光 照設備的實用制度

城市人口	街 道 等 級	每燈桿流明致	燈高(呎)	燈距(呎)	每呎路面流量數		燈在街道上的排列法
					最低	適宜	
100,000 以上	主要熱鬧市街	15000-50000	18-25	100-150	400	400-1000	兩排相對
	次要熱鬧市街	10000-25000	15-18	80-125	200	200-500	兩排相對
	主要大道	10000-15000	15-20	100-150	70	70-200	兩排相對或交錯
	次要大道和公園	4000-10000	15-20	100-150	30	30-100	兩排相對或交錯
	住宅區街道	4000-10000	15-20	100-150	30	30-70	兩排相對
30,000 到 100,000	熱鬧市街	2500-4000	13-20	125-200	15	15-30	兩排交錯
	熱鬧市街里弄	2500-4000	16-20	200-300	15	15-30	單面
	郊外街道	1000-2500	16-20	200-300	3	3-8	單面
	主要熱鬧市街	10000-30000	15-20	80-125	300	300-500	兩排相對
	次要熱鬧市街	10000-15000	15-18	80-125	200	200-300	兩排相對
5000 到 30000	主要大道	6000-15000	15-20	100-150	40	40-150	兩排相對
	次要大道和公園	4000-10000	15-20	100-150	30	30-100	兩排相對
	住宅區街道	4000-10000	15-20	100-150	30	30-70	兩排相對或單面
	住宅區街道里弄	2500-4000	13-20	125-200	15	15-30	兩排交錯
	郊外街道	1000-2500	16-20	200-300	3	3-8	單面
5000 以下	熱鬧市街	6000-15000	14-18	80-125	120	120-300	兩排相對
	主要大道	4000-10000	15-20	100-200	30	30-100	兩排交錯
	次要大道	4000-6000	15-20	100-200	20	20-60	兩排交錯
	住宅區街道	2500-4000	13-20	150-250	10	10-20	單面
	郊外街道里弄	1000-2500	16-20	200-300	3	3-8	單面
公路	熱鬧市街	4000-10000	13-16	80-110	80	80-200	兩排相對
	住宅區街道	2500-6000	15-20	100-200	20	20-60	兩排交錯或單面
	住宅區街道里弄	2500-4000	13-20	150-300	8	8-15	兩排交錯或單面
	郊外街道	1000-2500	16-20	200-300	3	3-8	單面
	淺色人行道	2500-4000	25-35	300-400	6	6-12	單面
	深色人行道和泥路	2500-4000	25-35	200-300	8	8-20	單面

很大,所以使用 2500 流明以下的燈很不合於經濟。

6.26 泛光設備 泛光燈所發出的光是集中於一個較小的角度內,成一光注,以便射到很遠的所在,好像汽車車頭燈。這種燈有時用於照射公共建築物或紀念碑,以增加其美觀。有時也用於照射鐵道場,公園,運動場,海濱浴場等廣大場所,因為在這種地方光源一定要裝在離所照面積相當遠的地點。在航空站的降落場內,泛光燈的應用尤其具有高度的專門性。

設計泛光設備時所要考慮的問題,和這種設備的使用情形有關,例如燈的位置就是應該加以考慮的一點。在照射建築物時,通常燈都裝於對面的人行道上,距離較遠;但建築物若是退離街道式,那末燈就可裝於本建築物沿牆腳上邊的平條上。又如照射廣大場地時燈需裝在高桿或附近的高建築物上。照射面上光照度的大小,則隨面的性質而定,深色的面需要較大的光照度。燈的位置和照射面上光照度一經規定,就可用平常方法,以光照度和每燈所轄面積相乘,來求燈的流明數,但是反射器的效率也必需顧到。

6.27 其他特殊光照設備 除了上面幾種,還有許多種的光照設備,各有其特別的用途。舉幾種講,像電影放映器,電燈市招,照相用燈,鐵路和交通號誌燈等。這種設備的設計,不能一一的講,但在大體上總是應用前面所講的原則。只要我們知道每種設備用途上的特別條件,那末我們也可用普通的原則來研究和解決這類設計的問題。

習題及問題

第一章

1. 透明物質和不透明物質的顏色各和那種因素有關?若某物質只能透過紅光,則在白,紅,綠光中各為何色?若某物只能反射紅光,則在白,紅,綠光中各為何色?

2. 黃色顏料能反射黃色光和少許綠色光,藍色顏料能反射藍光和少許綠色光,說明為何這兩種顏料混合後是綠色?

3. 下列各種光源是白熾體,是氣導電弧,還是發光質:燭火,年紅燈,太陽,碳極弧燈,電火花?說明理由。

4. 光照度和亮度有何分別?在黑暗地方穿白衣的人比穿黑衣的人容易被看見,何故?月光下顏色不十分容易分別,何故?

5. 一個光源在某一方向的發光強度大,牠的發光總量是否也大?何故?一個發光總量很小的燈,如何可以使牠在某一方向的發光強度極大?舉一個實例。

6. 一發光強度為 100 燭光的電燈,懸於一 3 呎闊 2 呎長的檯面上 5 呎處,而正對檯面中心,求檯面中心的光照度和檯角上的光照度值。

7. 在上題中若照於檯面上的光通量是 25 流明,求檯面上的平均光照度。若檯面的反射因數是 0.40,求其亮度。

第二章

1. 比較真空式燈泡和充氣式燈泡的優劣。現在所用燈泡是否都為充氣

式?何故?

2. 比較直線燈絲和螺旋燈絲的優劣,現在燈泡內所用燈絲是否都為螺旋式?何故?

3. 說明燈泡變黑的原因,和阻止變黑的方法。

4. 比較透明玻璃燈泡,蒙砂玻璃燈泡,乳白玻璃燈泡的優劣。為何普通燈泡,都是內面蒙砂?

5. 用你自己的意見,詳細比較110伏特和220伏特燈泡的優劣。

6. 燈泡內燈絲溫度和燈泡的運用特性有何關係?設計燈泡時用何種因素來決定燈絲應用溫度?

7. 詳細說明照相用燈泡壽命很短的理由。為何要如此設計?

8. 就你所見的各種不同形式的燈泡,說明各種燈絲形狀和裝置方法。

9. 一只115伏特的電燈,電流為0.9安培,平均球面燭光為150,其發光效率是多少流明/瓦特?

10. 一只燈泡開始使用時,瓦特數為200,流明數為3200,用過500小時後,瓦特數減少5%,流明數減少12%。計算這燈的發光效率的折耗百分數,及其在這500小時內所發的光能總量(流明-小時)和平均發光效率。

11. 上題燈泡電壓為110伏特,壽命為1000小時。倘使所用電壓為120伏特,則這燈泡開始使用時的瓦特數,流明數,每瓦特流明數,和壽命各應為多少?

第三章

1. 說明電弧燈的優點和劣點。這種燈的發光原理與光譜形狀和鎢絲燈是否有相同處?

2. 為何弧燈內的電流要維持在一固定值?弧燈在普通並聯線路上使用

有何不便?如何補救?

3. 汞汽弧燈所發的光有何特殊點?在這種燈光下,白色,紅色,藍色,黑色物質各呈現何種顏色?若這種燈發光缺少紅色,為何不用紅色燈管?

4. 比較汞汽弧燈和鎢絲燈的優劣。

5. 比較熒光燈和鎢絲燈的優劣。

6. 照你的意見,家庭,商店,辦公室,工場,學校,和公共娛樂場所內,鎢絲燈,汞汽弧燈,和熒光燈三種中各以那一種為最適當?說明理由。

7. 醫療用的電燈和普通電燈設計時的目標有何不同?用何方法達此目標?

8. 100 瓦特鎢絲燈的發光效率為 13.21 流明/瓦特,用控照器後發光量減少 30%; 80 瓦特熒光燈的發光效率為 48.3 流明/瓦特,但附件電功率 10 瓦特尚未包括在內。比較二者的淨效率。

9. 第 8 題內,熒光燈每只價 50 元,鎢絲燈價 1 元,電費每仟瓦特小時 0.2 元,鎢絲燈壽命為 1000 小時,熒光燈壽命為 2500 小時。求二者每流明小時的總費用。

第 四 章

1. 兩燈相距 300 厘米,若一燈的發光強度為他燈的 6 倍,則度光計的屏應放在二燈間何處?

2. 下表示一 75 瓦特燈泡在各方向的燭光數,計算這燈泡的流明數和平均球面燭光。

角	180°	175°	165°	155°	145°	135°	125°	115°	105°	95°
燈泡燭光數	26.9	31.2	42.8	55.0	69.0	77.0	86.0	90.0	91.0	87.0
用控照器後燭光數	23.0	26.0	31.0	35.0	39.1	45.0	49.0	50.0	51.0	465.

角	90°	85°	75°	65°	55°	45°	35°	25°	15°	5°	0°
燈泡燭光數	86.0	85.0	79.0	71.0	58.5	52.0	45.6	42.7	40.7	39.6	39.1
用控照器後燭光數	46.0	47.5	53.0	71.0	93.5	99.0	102.0	105.0	107.0	112.0	113.0

3. 上題表內也示這燈泡加某種控照器後各方向的燭光數。計算控照器發出流明數，和其控光效率(以百分數表示)。這控照器有何作用？

4. 第3題內在水平面上半球面(即 $90^\circ - 180^\circ$)的流明數，和在水平面下半球面($0^\circ - 90^\circ$)內的流明數各為多少？

5. 第2題內的燈泡若懸於一烏爾勃立希球內，則標準燈須放在離度光計57厘米處；若另放一燈泡於球內，則標準燈需移遠10厘米。求後一燈泡的流明數。

6. 第3題內的燈懸於20呎見方的室的正中，離地10尺。求地板中心和近牆處中間的光照度，又求牆壁中間離地5呎處的光照度。

7. 測定汞汽弧燈或螢光燈的流明數，是否可以用4.4節的計算法？是否可以用4.5節的直接測定法？何故？

8. 照你的意見，平常用視覺來比較光照度的度光計所測定的結果是否絕對可靠？發生誤差的最大因素是什麼？在光電管度光計內，此種誤差可否避免？

9. 輕便度光計，如呎燭光計等，有何優點？其測定結果的準確度如何？說明理由。

第五章

1. 碳酸鎂的反射因數極大，而且發光完全漫射，但是極少用作反射面。有何理由？

2. 比較有輝反射面(如治光金屬面，鏡面玻璃等)和無輝反射面的優

劣。

3. 比較乳白玻璃和蒙砂玻璃的優劣。
4. 比較治光金屬面和鏡面玻璃的異同。
5. 瑛瑯瓷面金屬的反射面為何常用在普通工場用控照器上?
6. 棱晶玻璃, 刻鏤玻璃, 碟面玻璃, 乳白玻璃等, 做的控照器在公共場所用得很多, 何故?
7. 為何普通控照器很少用有色玻璃或有色反射面; 但在美飾光照設備內有色物質用得很多, 何故?
8. 現在很多場所用嵌於牆壁或天花板內的發光柱或發光屏, 內藏燈泡, 這種屏或柱上應用何種玻璃? 何故?
9. 控照器的形狀和光的分佈是否有關? 設計控照器時由那幾種因素來決定控照器的形狀?
10. 平常在控照器內用的金屬, 大都為鋼, 鋁, 鉻或銀, 比較牠們的優劣。

第 六 章

1. 通常閱讀抄寫時, 以由左後上方來的光為最佳, 說明理由。
2. 說明半間接式或包合式控照器的優點。何以辦公室或商場內需用此種控照器, 而工場內則不用?
3. 晝間在工作場所內, 何以必須儘量避免由窗外直射進來的太陽光?
4. 局部光照制為何不及一般光照制好? 但是何以家庭居室內局部光源(如桌燈, 落地燈等), 仍是普遍使用?
5. 略論關於光源所發光的品質方面所要注意的幾種要素, 并說明如何才能使這幾種要素都有滿意的效果。

6. 略述各種氙光燈的優點。有時工場內用鎢絲燈和汞汽弧燈的混合制度，何故？

7. 略述工場，商店，辦公室，學校，和家庭內各種光照設備的不同所在。何以要有這種不同？

8. 道路光照設備和室內光照設備有那幾種不同處？說明理由。

9. 泛光燈和平常室內用燈有何不同之處？何以要有這種不同？

10. 60 呎闊，90 呎長，15 呎高的室，天花板由梁分成 15 呎見方的框。若裝直接式光源時，所用光源距離和高度應為何值？若用間接式光源時，高度應用何值？

11. 第 10 題內所用的直接式光源是「玻鋼式」漫射器，光源距離為 15 呎，高度為 13 呎，牆壁色頗淡，天花板色極淡，求室形指數和利用係數。若此室作為教室用，所需光照度為 12 呎燭光，應用何種大小燈泡？

12. 上題室內若裝包含半間接式反射器，則應用何種燈泡？

英漢名詞對照索引

Absorption 吸收	77	Vacuum B. 真空燈泡	17,19
Absorption Factor, 吸收因數	77	B. Temperature 玻璃泡溫度	26
Accommodation 調節		Brightness 亮度	10
A. for Distance 物距調節	4	B. Contrast 亮度襯托	97
A. for Intensity of Illumination 光照度調節	97,101	Candelier 燈簇	126
Angle 角		Candle Power 燭光	7
A. of Incidence 入射角	3	C. P. Distribution Curve	
A. of Reflection 反射角	3	燭光分佈曲線	67,69
A. of Refraction 折射角	3	Mean Spherical C. P. 平均	
Critical A. 臨界角	89	球面燭光	7,69
Arc Lamp 弧燈	12,38-43	Coefficient 係數	
Closed Carbon A. 封閉式碳極弧燈	39	C. of Depreciation 折耗係數	115
Crater Carbon A. 陷口式碳極弧燈	39	C. of Utilization 利用係數	109,112-5
Flame Carbon A. 火焰式碳極弧燈	39	Chromaticity 色品	99
Luminous A. 發光弧燈	39	Color 色	4,52,55,59
Magnetite A. 磁鐵礦弧燈	39	Cooper-Hewitt Lamp 庫柏休易特弧燈	44
Open Carbon A. 敞露式碳極弧燈	39	Desk Lamp 桌燈	84,126
Projecting A. L. 映照弧燈	41-43	Diffusion 漫射	4
Ballast 鎮流器	58-59	Diffuser, Glasteel 玻璃鋼式漫射器	114,120
Bulb, Glass 玻璃泡	24-26	Electric Sign 電燈市招	87,129
Clear B. 透明燈泡	26	Eye 眼	4
Day Light B. 晝光燈泡,天藍燈泡	27,34,96	Filament 燈絲	
Inside Frosted B. 內面蒙紗燈泡	26,96	Coiled F. 螺卷形燈絲	20
Outside Etched B. 外面酸蝕燈泡	26	Doubled Coiled F. 雙重螺卷形燈絲	20
Opal Glass B. 乳白燈泡	96	Straight F. 直燈絲	20
Tubular B. 管狀燈泡	122	Tungsten F. 鎢絲	16,21-14
White Bowl B. 白頂燈泡	27	F. Temperature 燈絲溫度	14
Gas-filled B. 充氣燈泡	17,19	Flood-Light Lamp 泛光燈	13,82,92,129
		Floor Lamp 落地燈	126
		Fluorescent Lamp 熒光燈	2,12,57-64

Foot-Candle 呎燭光	9	行曲線	28,29,51
Foot-Candle Meter 呎燭光計	73	Lens, Fresnel 夫累涅爾透鏡	89
Frequency 頻率	31,49,65	Light Beam 光注	7,78,92
Gas-conduction Lamp 氣導弧燈	2,12,44-56	Concentrated Beam 集中光注	77
Glass 玻璃		Spreaded Beam 錐狀光注	77
Etched G. 蝕蝕玻璃	87	Light Flux 光通量	7,69,71
Frosted G. 蒙砂玻璃	77,85	Lighting 光照	6
Opal G. 乳白玻璃	77,85	Home L. 家庭光照	125
Pebble G. 礫面玻璃	77,88	Industrial L. 工業光照	115
Prismatic G. 棱晶玻璃	77,88	Office L. 辦公室光照	124
Ribbed G. 橫棧玻璃	91	School L. 學校光照	125
Stippled G. 刻鏤玻璃	88	Show-case L. 陳列櫃光照	123
White G. 乳白玻璃	77,85	Show-window L. 陳列櫥窗 光照	121
Glare 炫光	27,53,94	Street L. 道路光照	126
Reflected G. 反射炫光	95	Store L. 商店光照	121
Globe Enclosed 包合式燈籠	76,85,95,96,113	Lighting Circuit 光照電路	32,40,46,49,58,105
Head Light 車頭燈	78,80	Lumen 流明	7-8
Incandescent Lamp 白熾燈	2,12-37	Luminaire 控制器	76-92,108
Index Room 室形指數	109,110-1	Luminous Efficiency 發光效率	14,39,55,57,60,61
Intensity of Illumination [光]照度	8,73,97,102-105	Luminous Intensity 發光強度	7,65-66
Lamp Base 燈插頭	27	Luminosity 發光度	10
Bayonet L. B. 扣輪式插頭	27	Mazda "B" 真空式	17,19
Bipost L. B. 兩柱式插頭	27	Mazda "C" 充氣式	17,19
Pre-focussed Type L. B. 預調焦點式插頭	28	Mercury Vapor Arc Lamp 汞汽 弧燈	2,44-53
Screwed L. B. 螺旋式插頭	27	A. C. Mercury Arc 交流汞 汽弧燈	47
Lamp Height 光源高度	105,107	D. C. Mercury Arc 直流汞 汽弧燈	48
Lamp Space 光源距離	105,106	Meter Candle 米燭光	9
Lamp Socket 燈插座	27	Miniature Lamp 微型燈泡	37
Law, cosine 餘弦定律	11	Motion Picture Projector 電影 放映器	91,129
Law of Inverse Square 反平方比 定律	11		
Life 壽命	13,33,39,54,57,60		
Life Performance Curve 平生品			

Neon Lamp 氖氣燈	53-55	反射器	78,82,126
Operating Characteristic 運用特性	28-30,49-51,54	Direct type R. 直接式反射器	76,112
Optical Device 光學裝置	91	Indirect type R. 間接式反射器	76,95,112
Photographic Lamp 照相用燈	35,129	R.L.M.R., R.L.M. 式反射器	66,115
Photometer 度光計	65	Semi-indirect type R. 半間接式反射器	76,95,113
Bunsen Grease Spot P. 本生油點度光計	65	Refraction 折射	3
Dibdin P. 狄勃丁度光計	68	Rough-Service Lamp 粗用燈泡	14,23,35,41
Lummer Brodhun P. 魯麥勃魯渾度光計	67	Search Light 探照器	28,79,82
Macbeth P. 麥克白斯度光計	73	Sodium-Vapor Lamp 鈉汽弧燈	2
Spherical P. 球形度光計	71	Spot Light 聚光燈	84,122
Ulbricht P. 烏爾勃立希度光計	71	Starter 觸發器	58
Projecting Lamp 映照用燈	23,41,79	Starting of Arc 啓弧	45,58
Railway Signal Lamp 鐵路號誌燈	89,129	Street Lighting Lamp 路燈	13,36,88,89
Reflection 反射	3	Sun-light Lamp 日光燈	56
Diffused R. 漫反射	84,85	Torch 燈檠	126
Specular R. 單向反射	84,85	Traffic Signal Lamp 交通號誌燈	89,129
Spreaded R. 錐擴反射	83	Transmission 透射	
Total R. 全反射	89	Diffused T. 漫透射	85
Reflection Factor 反射因數	77,78	Specular T. 單向透射	85
Reflecting Surface 反射面	78-84	Spreaded T. 錐擴透射	87
Enamelled-Metal R. S. 琺瑯瓷面金屬面	77,86	Transmission Factor 透射因數	77,78,101
Matt-Finish R. S. 無輝收工面	77,84	Universal Lamp 普用燈泡	23
Mirror-Glass R. S. 鏡面玻璃面	77,81	Vision 視覺	3
Polished Metal R. S. 治光金屬面	77,78	Visual Power 視見能力	93-5
Unpolished Metal 無輝收工金屬面	77,83	Voltage 電壓	30,31,49,62
Reflector 反射器		Wave 波	
Angular R. 角反射器	87,120	Infra-red W. 紅外波	1
Deep Bowl R. 深覆盂式		Light W. 光波	1
		Ultra-violet W. 紫外波	1,44

中國科學社工程叢書

電工技術叢書

電 照 學

ELECTRIC ILLUMINATION

中華民國三十四年二月初版
中華民國三十六年二月再版

版權所有 翻印必究

原 著 者	C. E. Weitz
編 譯 者	趙 富 鑫
出 版 者	電工圖書出版社
發 行 者	楊 孝 述
發 行 所	中國科學圖書儀器公司 上海中正中路六四九號
印 刷 所	中國科學圖書儀器公司 上海中正中路六四九號
分 公 司	中國科學圖書儀器公司 南京 廣州 漢口 重慶 北平

(外 3000)

釋

