

電世界電工技術叢書

照明技術教程

蔣仲鈞等 譯

沈尚賢 校

中國科學圖書儀器公司

出版

照明技術教程

原著者 蘇聯 麥息柯夫
索卡洛夫

翻譯者 蔣仲鈞 陳濟東
馮宗蘊 盛 謹

校閱者 沈尙賢 謝家樹
梁伯高

中國科學圖書儀器公司
出版

內 容 提 要

本書有系統地敘述了照明技術的各項主要問題：照明學的基本概念，光的度量及各種單位，光源，照明器材，燈具型式，室內戶外照明裝置的設計方法，照明裝置計算等。最後說明若干新穎的照明裝置，電氣部份的計算和設計；同時，還附有擬定照明裝置設計時，必需參考的資料和標準。

此書可供工程師和技術員實用上的參考，同時亦可作為中等技術學校的教材和大專學校的補充教材。

照 明 技 術 教 程

КУРС ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

原 著 者 В. В. Мещков · И. И. Соколов

原 出 版 社 Госэнергоиздат

原出版日期 1952 年第四次修訂版

譯 者 蔣仲鈞 陳濟東 馮宗蘊 盛 謹

校 閱 者 沈尙賢 謝家樹 梁伯高

★

中國科學圖書儀器公司出版

（上海建國西路 336 弄 1 號）

上海市書刊出版業營業許可證出〇二七號

滬西印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

★

編號(書) 45

（原電世界版印 7,000 冊）

開本 787×1092 耗 1/25·9 3/8 印張·173,000 字

一九五六年二月新一版

一九五六年二月第一次印刷·印數 1—2,010

定價：一元二角五分

緒 言

照明技術亦如整個光照技術，* 是技術知識中一個比較新的部門；把一切照明技術上的問題都歸納為光源的經濟性及合理性的研究，還是不久以前的事。在這段照明技術發展的時期中，俄國的許多科學家起着很大的作用。在 1802 年，外科醫學院 B. B. 彼得洛夫教授在刊物上發表了他在醫學院物理實驗室中首先發現的弧光放電現象。八年以後，在倫敦的皇家科學協會會議上才由英國科學家戴維做了關於這同一現象的報告。由彼得洛夫教授差不多在一百五十年以前首先研究出來的弧光放電原理，即使在目前近代氣體放電光源方面，以及在巨型探照燈中使用的強力弧光燈中，仍然沿用着。

過了七十多年，當人類已近於用電能以供照明的時候，天才的俄國工程師和發明家 П. Н. 耶勃洛契柯夫提出利用在二個並置碳極間的弧光放電原理的新光源。為了向發明者表示敬意而命名為“耶勃洛契柯夫燭”的光源，立刻在實際照明方面採用起來，而與各種氣體光源勝利地相競爭。

目前最普遍的光源——白熱燈——最初雛型的創造概念和製造，也是屬於俄國科學家 А. Н. 勞迪根，他在 1873 年建議採用碳絲白熱燈。“勞迪根燈”的構造，曾由他在彼得堡街道照明的試驗中考驗過，並成為以後白熱燈構造的藍本。

雖然蘇聯人民在創造電氣光源的事業上起着巨大的作用，但蘇聯的電燈泡工業只是在偉大的十月革命後才建立起來。1917 年前在俄國有

* 譯者註：光照技術的範圍比照明技術為廣，它還包括光訊號，探照及生理照射等。

幾個專門依賴國外輸入半製成品的半手工業式的電燈泡工廠。在列寧和斯大林領導之下，遵循着全蘇國家電氣化的偉大計劃而進行的我們祖國的廣大電氣化事業，需要建立強大的蘇聯電燈泡工業，這種工業已不靠國外的技術幫助而建立起來了。我國的電燈泡工業已在國家工業化最初幾年中保證滿足了國民經濟在白熱燈方面的巨大需要。

在最近十年中，我國的電燈製造工業，已掌握了熒光燈的生產，這種燈能保證更經濟地使電能轉變為光能。在這些新型光源的創造工作中，以 С. И. 伐維洛夫院士為首的蘇聯科學家集團起了很大的作用，這項工作在 1951 年榮膺了斯大林獎金。

隨着人類日益增添了完善的光源，照明技術問題的範圍也因此擴大。因為具備了充份強大的光源，就產生了合理地去利用這些光源的問題；這第二個階段在照明技術發展中是一個轉捩點，工作的特點是研究照明空間中的光通分配。照明裝置計算方法的研討，也屬於這段時期的工作。照明技術從單憑經驗的規矩，逐漸轉變為有科學根據的計算方法。在受照房屋的每一平方米面積上所需燭光數的那些單憑經驗的規矩，由有根據的照明裝置的計算方法所代替。

在偉大的十月革命後，照明技術在我國獲得了空前的發展，那時候合理化照明的問題，從家庭中和工業中的照明開始，以至最後關於裝飾藝術方面的照明，都曾給予極大的注意。

在 1923 年第七次全俄羅斯電工技術代表大會上，第一個提出關於照明技術對年青的蘇維埃國家國民經濟各方面的作用問題的人，是 М. А. 夏節倫教授。在這個會議上，不僅提出了以光源來保證國家的國民經濟的問題，並且也提出了關於工業企業中擬定統一的照明規程和標準的必要性問題。這項規程和標準的擬訂，由 П. М. 季好捷也夫教授所完成。第七次全俄羅斯電工技術代表大會是祖國光照技術發展的肇始點。從 1923

年起，許多工程師、物理學家、生理學家和衛生學家的著作，奠定了合理化照明的基本原則。照明從只是單純數量上的估計，逐漸轉變為另一種考慮到照明在數量上和質量上特徵的綜合性評價。

第十九次黨代表大會關於蘇聯發展第五個五年計劃的指示，規定着社會主義生產的繼續強大增長，這種增長將藉着在高度技術基礎上的社會主義生產不斷的增加和改善，來保證最大地滿足整個社會不斷增長的物質和文化上的需要。

在第五個五年計劃的年代裏，國民經濟各部門中實施先進技術，改進勞動組織和提高勞動人民的文化技術水平，都對社會主義生產的增長起着重大的作用。按照第十九次黨代表大會關於第五個五年計劃的指示，這些措施必須保證在工業中的勞動生產率大約提高 50%。

工作廠房中照明的合理化，對改善勞動組織有着不小的作用。精確的研究肯定了照明條件對於勞動生產率的依存關係。在工作地點增強照度和改善照明品質，一定能縮短完成某些生產操作的時間，因而也提高了勞動生產率。例如根據依凡諾夫勞動保護研究院的研究，如果在許多紡織工廠中同時把照度增加 1—1.5 倍，那末這種照明條件的改善，能使某些最重要操作的時間縮短 8—25%，並能使勞動生產率增加 4—5%。

工業方面的良好照明是生產合理化的因素之一，它不僅使勞動生產率增加，並且能減少廢品，改善產品質量和減少事故。合理化照明對生產過程所引起的影響，在進一步改善我國工業以及在我國大力推進斯達哈諾夫運動時期中，具有特殊的意義。

合理地組織的光照事業，不僅對工業企業的生產性能具有影響，並且如前面已指出的，還可以減少生產中不幸事故的次數。在我國，工人的勞動保護具有首要的意義，因之合理化照明在這方面更顯得特別重要。

由於第十九次黨代表大會指示中規定，我國電力站將有新的巨大發

展,這就保證了在工作地點改善照明條件,並同時增加照度的可能性。在第十九次黨代表大會的決議中,規定了發電站容量約增加一倍,並把電能產量提高 80%,這將是繼續發展照明技術的有力保證。燈泡工業繼續的發展,為改善和發展我國照明技術的重要保證。掌握了在經濟方面顯著地優於白熱燈的新型光源(熒光燈)的生產,保證着進一步增加工業中的照度,和相應地提高勞動生產率的可能性。

目 錄

緒 言

第一章 基本概念、數量和單位	1—21
1—1 輻射能	1
1—2 光譜的可見部份	3
1—3 光通	4
1—4 光強(或發光強度)	5
1—5 光強的分佈特性	7
1—6 照度	10
1—7 亮度和光度	11
1—8 物體的光學性能	13
1—9 各種主要光學數量之間的關係	16
習題	20
第二章 光的度量(光度學)	22—38
2—1 光度學的基本原理	22
2—2 光強的度量	24
2—3 光通的度量	27
2—4 照度的度量	28
2—5 客觀光度學	34
習題	38
第三章 光源	39—59
3—1 電氣光源的發展簡史	39

A. 白熱燈

3—2 能的平衡	41
3—3 白熱燈的特性	42
3—4 白熱燈的構造	44
3—5 白熱燈的種類	45

B. 氣體放電光源

3—6 熒光燈	50
3—7 照明用熒光燈的類型及其參數	53
3—8 聯接熒光燈的電器	57
3—9 其他種類的熒光燈	58

習題	59
----	----

第四章 照明器材 60—76

4—1 照明器材的分類	60
-------------	----

A. 照明器

4—2 控照體的用途	60
4—3 照明器的特性	62
4—4 照明器的分類	66
4—5 照明器的型式	67

B. 集射器

4—6 集射器的一般性質	72
4—7 集射器的特性和型式	72

習題	76
----	----

第五章 人工照明的規程和標準 77—91

5—1 眼睛和它的工作	77
-------------	----

5—2 人工照明的規程和標準	83
----------------	----

習題	90
----	----

第六章 室內照明..... 92—144**A. 照明裝置的設計**

6—1 設計工作的範圍.....	92
6—2 熟悉有關技術設計的各種資料.....	93
6—3 照明系統的選擇.....	95
6—4 照度和安全係數的選擇.....	97
6—5 照明器型式的選擇.....	98
6—6 照明器懸掛高度的選擇.....	102
6—7 照明器的佈置.....	104

B. 照明裝置的計算

6—8 計算的一般原則.....	112
6—9 按光通計算.....	113
6—10 由點源所造成的照度的計算.....	123
6—11 照度的反射分量的計算.....	133
6—12 照明裝置功率的計算.....	137

習題.....	143
---------	-----

第七章 戶外照明..... 145—169

7—1 戶外照明系統.....	145
7—2 照明裝置的設計和計算.....	150
採用照明器的照明裝置.....	152
集射器照明.....	156
習題.....	168

第八章 照明裝置的電氣部份..... 170—203

8—1 照明裝置電氣部份的主要組成及其效用.....	170
8—2 照明裝置的供電原理電路.....	173

8—3 電壓的選擇.....	178
8—4 導線標記和敷設方法的選擇.....	180
8—5 網絡的計劃和構造情形.....	183
8—6 電網的計算.....	187
8—7 照明裝置設計的圖案.....	196
附 表.....	205—216
索引(華俄名詞對照表).....	217—224

第一章

基本概念、數量和單位

1-1 輻射能

近代物理研究每種由無數原子^①所組成的物體。原子聯結成組，稱為分子。任何一定種類化學元素的原子，都是相同的，具有完全特殊的性質。原子的全部形態，有相同的構造型式，即每一原子由原子核和電子所組成，電子是帶負電荷的物質最小微粒。帶正電荷的原子核，與電子發生相互吸引作用，因而原子是一種十分穩固的體系。在原子中，電子按照一定的軌道，圍繞着原子轉動。

在外界影響的作用下，特別是與運動的分子、已游離的原子、及自由的電子碰撞，則原子中的電子，將從它原來的軌道打出，而轉到具有較高能階的軌道。原子核與受偏移的電子間的力的存在，就使受偏移的電子回復到它原來的狀態。這時電子在碰撞時所獲得的位能，又以輻射的動能形式（輻射能）分化出來。空間中輻射能是靠各種不同波長的電磁振盪來傳播的。具有一定波長 λ 的輻射，稱為單波輻射或單色^②光，以與由若干（且往往是很多的）單波輻射綜合而成的複波輻射或非單色光相區別。

① 原子(Атом)的名稱係從希臘字而來，意即不可分離的。

② 按照希臘文“Монос”為一，“Хрома”為光，所以“Монохроматический”的意義為單色的。

現在已研究出波長不同的許多輻射形式，圖 1-1 表示已知的各種電磁波的大概的界限。

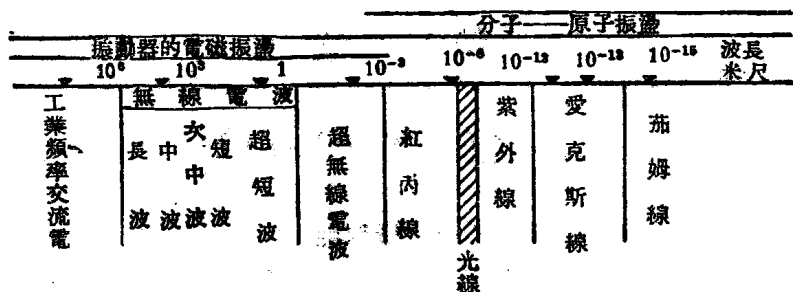


圖 1-1 輻射譜

輻射譜中光的範圍由三部份組成：紫外線、可見的光和紅內線。波長從 10 到 400 毫微米^①的紫外線，帶有化學能，對感光質發生強烈作用而使它變黑，也可使皮膚受晒轉黑等。

我們的眼睛受到波長從 380 到 780 毫微米的輻射，感覺為光。光譜的另一端位於從 780 毫微米到 340 微米的波長範圍內者，可從熱能感覺到，通稱為紅內線。

輻射能像其它任何各種形式的能一樣，可以用爾格、焦耳、卡路里等來度量。

在大多數的情況下，我們所感興趣的不是輻射的能 W ，而是它的功率 F ，亦即是在單位時間內輻射的能：

$$F = \frac{W}{t} \quad (1-1)$$

$$\text{或} \quad F = \frac{dW}{dt} \quad (1-2)$$

式中 t 或 dt 為經過的時間，在這時間內，輻射可認為不隨時間而變，輻射能的功率，通常稱為輻射通，輻射通常用的單位為瓦特。

① 度量小的長度時，特別是輻射譜中光的範圍內的波長，應用毫微米（簡寫 MMKH）為單位。毫微米 = 10^{-3} 微米 = 10^{-6} 毫米 = 10^{-9} 米。

1-2 光譜的可見部份

照明技術中實際應用的輻射，波長範圍從 380 到 780 毫微米，稱為可見的輻射，當綜合起來時，眼睛就感覺到白色的光。天空中白天漫射的光線，就是這種光譜中可見部份各種波長都有的、並且差不多均勻的輻射的例子。

假如用折射的三稜鏡將白色的光分成它所組成的各種單色光，並且把輻射分為狹的波帶 $d\lambda$ ，那末就造成一定顏色的感覺。光的各種顏色是逐漸地轉變的，因此要準確地指出各種顏色的分界以及它們和波長的關係是很困難的。但是約略地可以採用下列的輻射譜可見部份中各種顏色的分段界限：

紅.....	780—630 毫微米
橙.....	630—600 毫微米
黃.....	600—570 毫微米
綠.....	570—490 毫微米
藍.....	490—430 毫微米
紫.....	430—380 毫微米

很多的實驗證明，數量相等而波長彼此不同的輻射通，對於我們的眼睛引起不同強度的感覺，這現象說明我們的眼睛對於光譜中可見部份的各種波長，有不同的（亦即具有選擇性的）敏感性。

人們的眼睛對於波長等於 555 毫微米的黃綠色的輻射最為敏感；亦即這種波長，對於眼睛的作用，引起最大的視覺。按照接近於光譜可見部份兩端的程度，眼睛的敏感性急劇下降（即波長愈接近於可見光譜的兩端，敏感性愈小），例如，數量相等的藍色的（ $\lambda=460$ 毫微米），黃-綠色的（ $\lambda=555$ 毫微米），和紅色的（ $\lambda=650$ 毫微米）的輻射通，對於眼睛產生視

覺的比例為 0.06:1:0.107。要得到相同的視覺，必須使藍色輻射的功率，比黃-綠色輻射的功率大 15.6 倍，而紅色的輻射則比黃-綠色大 8.35 倍。

由於眼睛對於各種不同波長的輻射有不同的敏感性，複雜輻射的總輻射通，不能用來鑑定光源的總的光功率。

假定眼睛對於波長為 555 毫微米的輻射的敏感性作為 1，則眼睛對於其他波長的敏感性將為一真的分數。例如：對於藍色輻射($\lambda = 460$ 毫微米)的敏感性將等於 0.06，而對於紅色輻射則為 0.107。

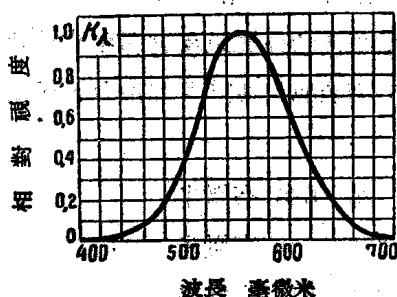


圖 1-2 相對視度曲線

用上述方法求得的眼睛的相對光譜敏感性，通稱為單色光的相對視度 K_λ 。圖 1-2 即表示相對視度曲線，該圖經國際協定採用為選擇光的數量和單位的基礎。相對視度曲線以正常的眼鏡在白天照明的條件下的敏感性來確定。在黃昏時眼睛對於單色光的敏感性將有若干不同的特性。

1-3 光 通

利用相對視度的數值，可以將由於任何單色輻射通 F_λ 所造成的光的感覺，用 F_λ 與 k_λ 的乘積來表示：

$$F_\lambda = F_\lambda \cdot k_\lambda \quad (1-3)$$

式中 k_λ 為波長 λ 的輻射的相對視度值。

數量 F_λ 稱為單色光通。由所引用的關係指出，光通是決定於輻射能的功率，且按它所發生的光的感覺來估量的。(全蘇標準 OCT-7637)。單色輻射通 F_λ 用瓦特表示，而相對視度 k_λ 僅為一比率，像與所有其他係數一樣，並無量綱(因次)，因此單色光通也可用瓦特來表示，稱為光瓦特。

幾種單色輻射的光通，由其單色光通的和來決定：

$$F = F_{\lambda 1} \cdot k_{\lambda 1} + F_{\lambda 2} \cdot k_{\lambda 2} + F_{\lambda 3} \cdot k_{\lambda 3} + \dots \quad (1-4)$$

在光譜中無窮小的範圍 $d\lambda$ 中，從光源輻射出來的基本輻射通 dF_λ 由下式決定：

$$dF_\lambda = f_\lambda \cdot d\lambda, \quad (1-5)$$

式中 f_λ 為輻射通的光譜強度，等於在光譜的無窮狹的區域內對於一波長單位的輻射通。複雜輻射的光通等於：

$$E = \int f_\lambda \cdot k_\lambda \cdot d\lambda, \quad (1-6)$$

$$\text{或} \quad F = \sum f_\lambda \cdot k_\lambda \cdot \Delta\lambda. \quad (1-7)$$

式中 $\Delta\lambda$ 為光譜的狹帶，在這狹帶中，輻射通的光譜強度 f_λ 可假定不變，且輻射的相對視度亦不變，而仍不致有超出容許範圍的誤差（通常 $\Delta\lambda$ 採取等於 10 毫微米的寬度）。

假如輻射通的光譜強度用瓦特/毫微米來表示，則從 (1-6) 式所求得的複雜輻射的光通，其單位為光瓦特。在實用上光通用光瓦特來表示很不方便，因此採用光通的實用單位——流明（簡寫為 лм ）。從 1948 年起，蘇聯採用在鉛的凝固溫度 (2042°K) 時，一完全輻射體（絕對黑體）從一面積為 0.5305 平方毫米的孔所輻射出來的光通，作為流明的標準。 $\Pi. \text{M.}$ 季好捷也夫教授和他的同事設計出供複製這光通單位的標準光源，這項工作曾在 1947 年獲得了斯大林獎金。

1-4 光強(或發光強度)

假如一發光體向所有各方向輻射出相等的光通，那末，只要準確知道了光通的數量，就可確定這種輻射了。一發光的點具有這樣性質。還有些光源，它在空間中的光通分佈是不均勻的，因此，要確定這種光源的特性，除了要知道它的光通數量以外，還必須知道這些光通在空間中各種方

向的密度是怎樣的，光通在空間中的密度與立體角的單位有關。

由一圓錐體表面來限制的空間部份，稱為立體角或空間角。讓我們作一球面，以中心為頂點，來量立體角的大小。由立體角所確定的球面部份的面積 s ，與球面半徑 r 的平方之比，決定立體角的數值：

$$\omega = \frac{s}{r^2}. \quad (1-8)$$

取一立體角，使它割開球面的面積，等於該球面的半徑的平方，這隻角度就用來作為立體角的單位——立體弧度，(簡寫為 ср)。

要決定以立體弧度來表示的立體角，須將由該角確定而以平方單位表示的面積，除以用同樣單位表示的球面半徑的平方。

例題 1-1 立體角最大值為若干？

當立體角所確定的球面面積為最大時，亦即等於整個球面面積 $S = 4\pi r^2$ 時，則立體角為最大。這時立體角將等於：

$$\omega = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi = 12.56 \text{ 立體弧度}.$$

顯然，由半球所確定的立體角，等於 2π 或 6.28 立體弧度。光通的空間密度，亦即對於單位立體角中的光通，稱為光強(或發光強度)。

光通 F 在立體角 ω 的範圍內均勻分佈時，立體角軸線方向的光強 I ，決定於 F 與 ω 之比，即：

$$I = \frac{F}{\omega}. \quad (1-9)$$

當光通在各種不同方向的分佈是不均勻時，就必須改用無窮小的立體角 $d\omega$ ，其中的光通 dF 可認為是均勻分佈。在這樣情況下：

$$I = \frac{dF}{d\omega}. \quad (1-10)$$

世界上大多數國家，包括蘇聯在內，以國際燭光(簡寫的符號為 сб ，簡稱燭光)來度量光強。

光單位的標準，將國際燭光定為“一個在各種方向每一立體弧度的