



照明工程设计手册

ZHAO MING GONG CHENG SHE JI SHOU CE

照明工程设计手册

航空工业部第四规划设计研究院

赵振民 主编

责任编辑：李国常

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本 787×1092毫米 1/16 印张 33.25 字数 810,000

一九八四年十月第一版

一九八四年十月第一次印刷

印数：1-20,100

书号：15212·125 定价：6.75 元

内 容 简 介

本书着重介绍了照明设计的理论、方法和实用的知识，主要内容包括基本概念、光源灯具的性能、选择、照明计算、设计理论、实用举例、照明测试以及照明电气线路供电等等。除了系统地介绍了室内照明以外还全面地介绍了室外，道路照明、投光照明等等，内容比较充实，并有表格数据可供选用。

本书供照明设计人员使用，它可作为高等院校有关专业师生以及工厂电气技术人员、城市道路照明管理设计部门等有关技术人员参考。

前 言

近年来，国内外照明技术的发展较快，但国内有关照明设计方面的参考资料较少。为了满足人们对照明设计知识日益增长的需要，我们编写了这本《照明工程设计手册》。

本书根据国内外有关文献资料，结合我们自己多年来积累的设计经验和某些实测数据，着重阐述了照明设计的理论和方法，内容力求简明实用，并且各章附有实例，便于读者理解。所列图表数据除引自我国有关的标准、设计规范和科研成果外，凡国内尚属空白者，则摘取国际照明委员会（CIE）或其他国外文献手册中的资料数据，以供参考。照明电气设计中采用的导线、变压器等设备材料的技术数据，都是按我国新产品系列提供的，有关的表格数据也是按新数据分别计算出来的。

本书由赵振民主编。参加各章编写的为：第一、二、九章赵振民、胡贤溪，第四、五章赵振民、王振铎，第三、六、七、八章赵振民，第十章余海蛟。

在编写过程中，我院王厚余、李希斌同志校审了全文，任元会、许鑫发同志对部分章节提出了修改意见。

天津照明学会大力支持，组织了对本文的审查工作，提供了许多宝贵意见和资料。在此向沈天行（天津大学）、张大同、袁家烈（铁道部第三设计院）、陈鸿昌（天津建筑设计院）、李秉鸿（天津电光源公司）、张震乾（天津灯具工业公司）等同志，以及出版过程中给予帮助的其他同志，表示衷心的感谢。

由于我们水平不高，缺乏经验，同时限于时间和篇幅，内容还不够完善，错误在所难免，请读者批评指正。

编者

一九八三年八月北京

目 录

第一章 基本概念	(1)
§1-1 光的物理性能和度量单位.....	(1)
一、电磁辐射.....	(1)
二、光谱光效率曲线.....	(1)
三、照明常用的各种度量单位.....	(2)
§1-2 光与视觉.....	(7)
一、视觉过程及特性.....	(7)
二、视力.....	(7)
三、明暗适应.....	(8)
四、眩光.....	(9)
§1-3 材料的光学性质.....	(9)
一、光的透射与折射.....	(9)
二、光的反射.....	(13)
§1-4 辐射体的光分布及光通量计算.....	(14)
一、辐射体的光分布特性.....	(14)
二、发光体的光通量计算.....	(16)
第二章 光源	(21)
§2-1 白炽灯.....	(21)
一、材料及结构.....	(21)
二、辐射特性.....	(21)
三、灯丝电阻和启动电流.....	(21)
四、灯泡的玻璃壳和灯头插座的温度.....	(22)
五、工作特性.....	(24)
六、白炽灯的规格.....	(25)
§2-2 卤钨灯.....	(25)
§2-3 荧光灯.....	(27)
一、结构与工作原理.....	(27)
二、电压变化的工作特性.....	(29)
三、工作过程中光通量的变化和寿命.....	(29)
四、开关次数对寿命的影响.....	(30)
五、光的闪烁及防止.....	(30)
六、高周波供电.....	(31)
七、工作线路.....	(31)
八、光色.....	(32)
九、荧光灯及其附件的规格.....	(33)
§2-4 高压汞灯及金属卤化物灯.....	(34)

一、光谱和汞蒸汽压力	(34)
二、高压汞灯的结构启动特性及工作线路	(34)
三、荧光高压汞灯(高压汞灯)工作特性	(35)
四、自镇流荧光高压汞灯	(35)
五、金属卤化物灯	(36)
六、用途	(29)
七、高压汞灯及金属卤化物灯规格	(39)
§ 2-5 高压钠灯	(39)
§ 2-6 氙灯	(41)
§ 2-7 光源性能的比较及选择	(42)
一、光源性能的比较	(42)
二、光源选择应考虑的因素	(43)
三、各类光源的适用范围	(44)
第三章 灯具	(46)
§ 3-1 灯具的作用	(46)
§ 3-2 灯具的特性	(46)
一、灯具效率	(46)
二、保护角	(48)
三、配光及其表示法	(48)
§ 3-3 灯具的分类	(50)
一、按光源分类	(50)
二、按照在建筑物上的安装方法分类	(50)
三、具有复合性能的照明器	(52)
四、其它特殊照明器	(52)
五、按配光进行分类	(53)
§ 3-4 灯具的材料及性能	(54)
一、金属材料	(54)
二、玻璃	(57)
三、塑料	(58)
§ 3-5 灯具的光学控制方法	(60)
一、扩散性灯具	(60)
二、指向性灯具	(63)
三、灯具设计应考虑的因素	(71)
§ 3-6 设计照明时灯具的选择	(73)
一、配光的选择	(74)
二、经济性	(74)
三、按环境条件选择灯具	(74)
第四章 照度计算	(77)
§ 4-1 平方反比法	(77)
§ 4-2 点光源倾斜面照度计算	(80)
§ 4-3 点光源空间等照度曲线	(82)
一、空间等照度曲线的编制	(82)

二、万用空间等照度曲线	(83)
三、空间等照度曲线的应用	(83)
§ 4-4 平面相对等照度曲线	(96)
一、图表的编制	(96)
二、平面相对等照度曲线的应用	(101)
§ 4-5 平均照度计算	(102)
一、室内空间的分隔和室空间比值	(102)
二、利用系数 u	(102)
三、减光系数 K	(105)
四、墙面平均反射率和顶棚有效反射率	(106)
五、平均照度及灯数计算	(108)
六、灯数概算法	(127)
§ 4-6 用带空间法(ZC)计算利用系数	(143)
一、利用系数表达式和各种量的定义	(143)
二、带乘数和直接比的计算	(143)
三、直射光利用系数计算	(149)
四、穹窿效应—有效顶棚反射率 ρ_{cc} 的计算	(149)
五、多次反射光转移理论	(150)
六、用联立方程求解利用系数	(152)
七、平均亮度计算	(155)
八、万能固有利用系数——利用系数简化计算法	(156)
§ 4-7 线光源计算	(163)
一、方位系数法	(163)
二、线光源等照度曲线计算法	(171)
§ 4-8 发光平面的照度计算	(180)
一、用光平面系数计算照度	(180)
二、计算点在任意情况下的计算	(183)
三、房间围护结构表面的亮度	(185)
§ 4-9 位置因数法——面光源或带光源直射水平照度的计算	(187)
一、计算点在发光面外任意位置时的计算	(187)
二、计算点在发光面下任意位置时的计算	(190)
§ 4-10 反射照度的计算	(190)
一、反射光水平照度的计算	(190)
二、反射光垂直照度的计算	(192)
§ 4-11 均匀度 u_{\min} 和最小照度系数 Z	(192)
一、定义	(192)
二、最小照度系数 Z 的确定	(193)
三、应用举例	(198)
第五章 照明设计基础	(200)
§ 5-1 照明设计思考要素	(200)
§ 5-2 照明方式和种类	(201)
一、照明方式	(201)

二、照明种类	(202)
§ 5-3 照度	(202)
§ 5-4 亮度分布	(212)
一、视看与亮度的关系	(212)
二、亮度分布	(212)
三、亮度分布推荐值	(212)
四、确定墙面照度的方法	(213)
§ 5-5 照度的均匀性	(214)
§ 5-6 光的方向性及扩散性	(214)
一、阴影	(214)
二、反射	(216)
§ 5-7 眩光	(217)
一、眩光的种类及构成	(217)
二、眩光的利用——闪烁发光	(217)
三、室内照明中不快眩光的评价及计算	(218)
§ 5-8 色	(225)
一、色的表示法	(225)
二、色的性质	(228)
三、色彩的调节和应用	(229)
§ 5-9 混光照明	(233)
§ 5-10 艺术照明及建筑化照明	(236)
一、枝形花吊灯方式	(235)
二、空间枝形灯照明网和系统照明方式	(236)
三、点光源嵌入式直射光照明方式	(237)
四、光带照明方式	(239)
五、格栅顶棚和全发光顶棚方式	(241)
六、组合天棚式和成套装置天棚式照明	(245)
七、光窗、光梁、天棚角照明及光檐照明	(245)
§ 5-11 照明器的布置	(246)
一、灯具布置方法	(246)
二、最大允许距离比的确定	(248)
三、线光源照明器的布置	(250)
四、最大允许距离与安装高度之比的推荐值	(252)
§ 5-12 气体放电灯的脉动系数	(252)
§ 5-13 空调与照明的一体化——空调照明器	(253)
一、照明和空调一体化的必要性及优越性	(258)
二、照明的发热和分配以及输出的光通量	(258)
三、空调照明器的种类	(260)
四、照明与空调相结合的方式	(262)
五、采用空调照明器的节能效果	(264)
六、安装空调照明器的天棚构造与管道方式	(264)
§ 5-14 照明的经济性分析	(266)

一、简单的照明经济性计算	(266)
二、照明器的经济清扫周期	(267)
三、照明方案的经济比较	(267)
四、照明方案的节能比较	(270)
第六章 投光灯照明	(272)
§ 6-1 投光照明基本术语	(272)
§ 6-2 投光照明器的分类及选择	(273)
一、分类	(273)
二、照明器的选择	(274)
§ 6-3 投光灯的布置和安装高度	(275)
一、投光灯的安装高度	(275)
二、俯角的选择	(276)
三、投光灯的布置(体育场、铁路等应用举例)	(277)
§ 6-4 投光照明的计算	(283)
一、光通法计算公式	(283)
二、单位容量估算法	(284)
三、逐点计算法	(285)
四、等照度曲线组合法	(287)
§ 6-5 投光灯出射光通量及光束效率的计算	(294)
§ 6-6 投灯光束投射有效面积的确定	(297)
§ 6-7 建筑物立面照明的设计	(298)
一、照明面的确定	(301)
二、照度的选择	(301)
三、设计要点(详见表6-18)	(301)
四、光源的设置方法	(301)
五、建筑物立面照明设计步骤及投光灯台数的确定	(308)
第七章 道路照明	(326)
§ 7-1 视觉所需的条件	(326)
一、视觉识别的对象	(326)
二、亮度关系	(326)
三、路面亮度的均匀度	(327)
§ 7-2 眩光的影响及其评价计算法	(327)
§ 7-3 道路照明标准(参考)	(329)
一、CIE道路照明标准推荐值	(329)
二、苏联道路照明标准	(329)
三、道路上平均照度 E_{av} 和平均亮度 L_v 的换算	(330)
§ 7-4 诱导性	(330)
§ 7-5 光源的选择	(331)
一、选择光源应考虑的因素	(331)
二、光源特性的应用	(331)
§ 7-6 道路照明器的选择与配光的分类	(332)

一、道路照明器的选择	(332)
二、道路照明器配光的分类	(332)
§ 7-7 道路照明的布灯方式	(334)
一、杆柱照明方式	(334)
二、高杆照明方式	(338)
三、悬链照明方式	(341)
四、高栏照明方式	(341)
§ 7-8 道路照明利用系数计算	(343)
§ 7-9 道路平均照度的计算及灯间距的确定	(349)
一、计算平均照度 E	(349)
二、已知平均照度 E 求路灯安装间距 S	(351)
三、利用系数的求解法	(351)
四、减光系数 K 的确定	(351)
五、计算举例	(352)
§ 7-10 最小照度计算图	(354)
§ 7-11 用等照度曲线计算路面照度	(355)
§ 7-12 道路照明器的利用系数曲线及设计方案	(357)
§ 7-13 广场照明	(364)
一、照明方式	(364)
二、光源与灯具选择	(364)
三、照明器的安装高度和配置	(364)
§ 7-14 隧道照明	(365)
一、隧道照明视觉现象的特点	(365)
二、隧道照明亮度与照度标准	(366)
三、隧道内部照明设计	(366)
四、隧道出入口照明	(368)
五、隧道内事故照明	(370)
六、隧道照明照度计算	(371)
第八章 照明设计实践	(375)
§ 8-1 工厂照明	(375)
一、照明的目的与要求	(375)
二、照明设计步骤	(380)
三、一般照明	(382)
四、局部照明及检查用照明	(382)
五、特殊场所的照明	(384)
§ 8-2 学校照明	(384)
一、照明要求	(384)
二、一般教室照明	(384)
三、制图室照明	(388)
四、图书馆照明	(388)
§ 8-3 博物馆照明	(389)
一、照明的要求	(389)

二、一般照明	(392)
三、局部照明	(393)
四、展示照明用灯具的作法	(393)
§ 8-4 商店照明	(394)
一、照明的要求	(394)
二、各部分亮度的分配比例	(395)
三、商店外观照明	(395)
四、橱窗照明	(395)
五、店内照明	(396)
六、商店照明的评价方法	(401)
§ 8-5 剧场、礼堂照明	(403)
一、照度	(403)
二、观众厅、门厅、休息厅	(403)
三、舞台照明	(406)
四、舞台照明调光回路的分配	(411)
五、舞台照明电气负荷及其它	(411)
§ 8-6 住宅照明	(416)
一、照度	(416)
二、光源选择	(417)
三、住宅照明方式	(417)
第九章 光的测量	(424)
§ 9-1 测量光的标准	(424)
一、国家基准	(424)
二、标准灯	(424)
三、气体放电灯的光通标准	(426)
§ 9-2 测光方法及光探测器	(426)
一、测光方法的分类	(426)
二、目视测光法	(426)
三、物理测光法	(426)
§ 9-3 照度的测定	(430)
一、光谱特性	(431)
二、余弦特性	(432)
三、照度计规格及光电池结构	(433)
§ 9-4 光强的测定	(433)
一、应用平方反比法测定光强	(433)
二、利用受光器的光电流与入射光通成正比的特性测定光强度	(434)
§ 9-5 配光特性(光分布特性)的测定	(435)
§ 9-6 光通的测定	(435)
一、球形光度计法(积分球法)	(435)
二、配光法	(436)
§ 9-7 亮度测量	(437)
§ 9-8 室内平均照度的测定	(438)

一、典型单元面积测定法	(438)
二、近似测定法	(442)
§ 9-9 材料光学性能的测定	(442)
一、反射系数的测定	(442)
二、反射系数的现场测定	(443)
三、透射系数的测定	(443)
§ 9-10 照度计校准	(444)
§ 9-11 测量注意事项	(444)
第十章 电气照明网络设计、配线及安装	(446)
§ 10-1 电气照明网络设计	(446)
一、电压和电源的选择	(446)
二、对电压质量的要求	(448)
三、照明网络接线方式	(449)
四、各类光源线路保护设备的选择	(454)
五、照明控制	(457)
六、照明装置的接地	(462)
七、特殊场所的电气线路	(465)
§ 10-2 电气照明网络计算	(466)
一、负荷计算	(466)
二、电压损失计算	(467)
三、导线选择	(490)
四、功率因数补偿计算	(498)
五、遥控线路计算	(500)
§ 10-3 线路敷设和导线连接	(502)
一、绝缘导线明敷	(502)
二、线路穿管敷设	(505)
三、槽板布线	(511)
四、钢索布线	(511)
五、导线连接	(512)
§ 10-4 灯具和配电设备的安装	(513)
一、灯具安装	(513)
二、配电箱(板)的选择和安装	(515)
三、开关安装	(515)
四、插座安装	(515)
附录 常用三角函数表	(517)
主要参考文献	(518)

第一章 基本概念

§1-1 光的物理性能和度量单位

一、电磁辐射

光是一种电磁辐射能，在空间以电磁波的形式传播。这种电磁波的频谱范围很宽，不同波长具有截然不同的特性。如波长为380~780nm*之间的电磁辐射是可见光，它作用于人的眼睛就能产生视觉。而可见光区域内不同波长又呈现不同的颜色，由780~380nm之间依次变化时又会出现红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种不同的色光。七种不同的色光混合在一起即为白光。例如，日光通过分光镜就可以观察到这七种色光。波长小于380nm的叫紫外线，也称紫外光；大于780nm的叫红外线，也称红外光。这两部分虽不能引起视觉，但与可见光有相似特性。图1-1示出不同波段的物理特性。

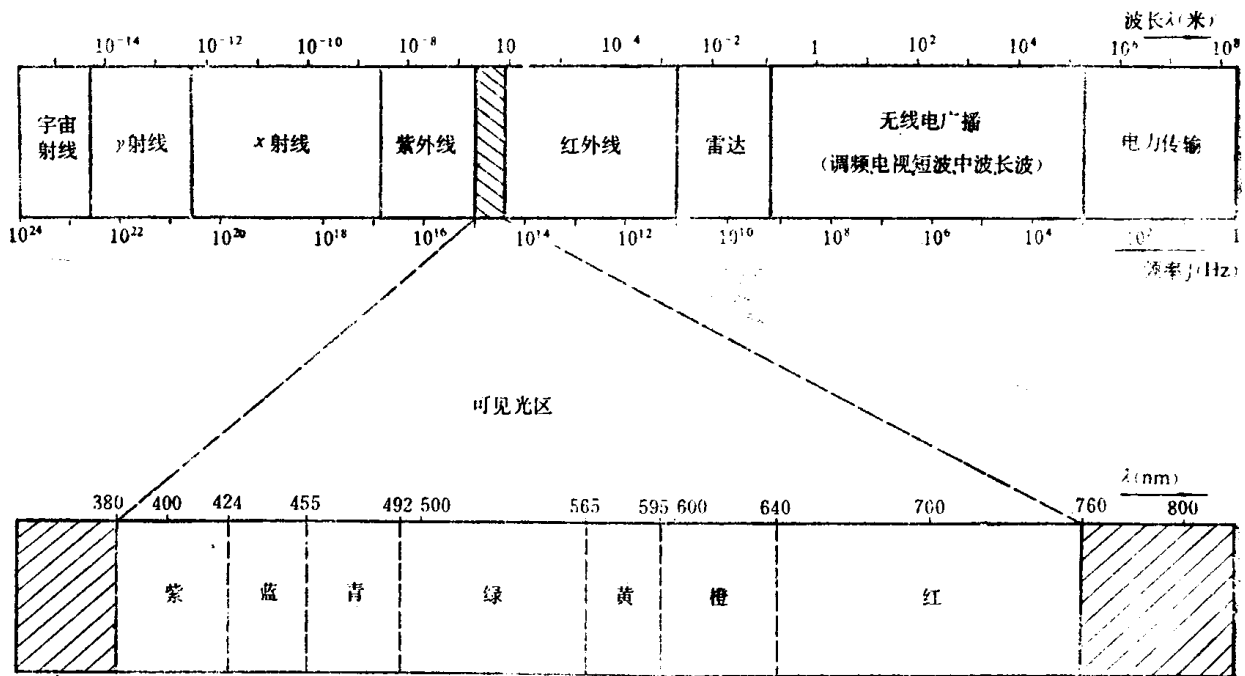


图 1-1 电磁辐射频谱

产生可见光的辐射体称为发光体。光源辐射出来的能量可以用相对值表示（峰值作为100%），也可用瓦特为单位的绝对值表示。依波长不同而变化的辐射能量曲线称为光谱能量分布曲线。

二、光谱光效率曲线

光谱光效率用来评价人眼的视觉灵敏度。不同波长的光在人眼中产生光感觉的灵敏度也

* 1nm = 10⁻⁹m。

不同。人眼对波长为555nm的黄绿光感受效率最高，对其它波长比较低。故称555nm为峰值波长，以 λ_m 表示；用来度量辐射能所引起的视觉能力的量叫光谱光效能 $K_m = 683\text{lm/W}$ 。其它任意波长时的光谱光效能 $K(\lambda)$ 与 K_m 之比叫光谱光效率，用 $V(\lambda)$ 表示，它随波长而变化，即：

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (1-1)$$

式中 $K(\lambda)$ —— 给定波长 λ 时的光谱光效能
 K_m —— 峰值波长 λ_m 时的最大光谱光效能
 $V(\lambda)$ —— 给定波长 λ 时的光谱光效率

或者说，波长为 λ_m 及给定任意 λ 产生同样强度的光感觉时，波长为 λ_m 时的辐射通量与波长为 λ 时的辐射通量之比，称为该波长的光谱光效率。峰值波长时， $V(\lambda_m) = 1$ ，其它波长时， $V(\lambda) < 1$ 。上述为明视觉的光谱光效率（见图1-2中的曲线1）。

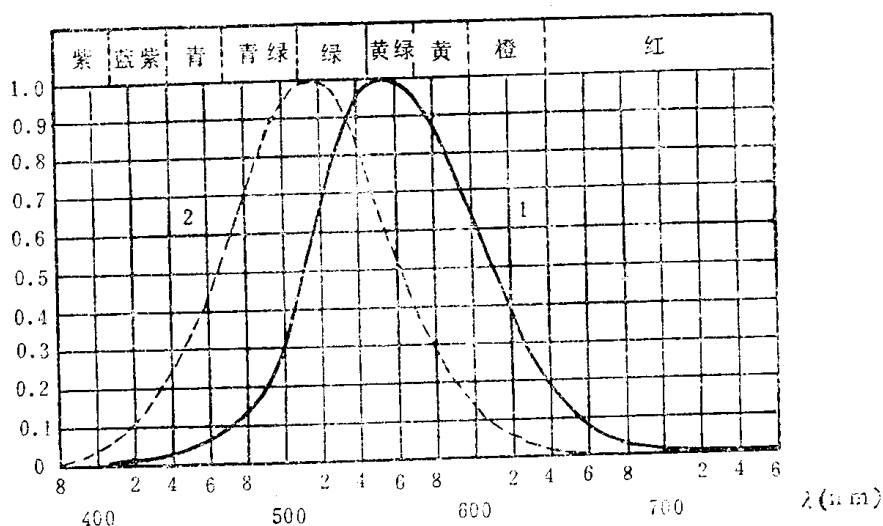


图 1-2 光谱光效率曲线
 1. 明视觉 2. 暗视觉

视觉与亮度的关系是：亮度在 10nt 以上时，人眼为明视觉，若再增加亮度则眼睛的反应不受影响；亮度在 $10^{-8} \sim 10^{-2}\text{nt}$ 之间时，人眼光谱光效率曲线的峰值就要向短波方向移动。最大灵敏度值一般出现在波长为 507nm 处，图1-2中曲线2即为暗视觉光谱光效率曲线。明暗视觉的这种差别被认为与视网膜内两种视觉细胞的工作特性有关，详见本章第二节，两种光谱光效率曲线测量值列在表1-1中。

三、照明常用的各种度量单位

1. 光通量 光通量是指单位时间内光辐射能量的大小。它是根据人眼对光的感觉来评价的。例如一个 200W 的白炽灯比 100W 的白炽灯要亮得多，也就是说发出光的量多。我们称光源发出光的量为光通量。光通量的单位为流明 (lm)。

光通量一般就视觉而言。即辐射体发出的辐射通量按 $V(\lambda)$ 曲线的效率被人眼所接受。若辐射体的光谱辐射通量是 $\phi_{e,\lambda}$ ，其光通量表达式为：

$$\phi = K_m \int_{380}^{780} \phi_{e,\lambda} \cdot V_{\lambda} d\lambda \quad (1-2)$$

式中 K_m —— 最大光谱光效能， 683lm/W

表1-1

明视觉及暗视觉光谱光效率

波 长 λ (nm)	光谱光效率		波 长 λ (nm)	光谱光效率		波 长 λ (nm)	光谱光效率	
	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$		$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$		$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$
380	0.00004	0.000589	520	0.710	0.935	660	0.061	0.0003129
390	0.00012	0.002209	530	0.862	0.811	670	0.032	0.0001480
400	0.0004	0.00929	540	0.954	0.650	680	0.017	0.0000715
410	0.0012	0.03484	550	0.995	0.481	690	0.0092	0.00003533
420	0.0040	0.0966	560	0.995	0.3288	700	0.0041	0.00001780
430	0.0116	0.1998	570	0.952	0.2076	710	0.0021	0.00000911
440	0.023	0.3281	580	0.870	0.1212	720	0.00105	0.00000478
450	0.038	0.455	590	0.757	0.0655	730	0.00052	0.000002546
460	0.060	0.567	600	0.631	0.03315	740	0.00025	0.000001379
470	0.091	0.676	610	0.503	0.01593	750	0.00012	0.000000760
480	0.139	0.793	620	0.381	0.00737	760	0.00006	0.000000425
490	0.208	0.904	630	0.265	0.003335	770	0.00003	0.0000002413
500	0.323	0.982	640	0.175	0.001497	780	0.000015	0.0000001390
510	0.503	0.997	650	0.107	0.000677			

$V(\lambda)$ ——明视觉光谱光效率

$\phi_{e,\lambda}$ ——光谱辐射通量，即在给定波长为 λ 的附近无限小范围内，单位时间内发出辐射通量的平均值，单位为 W/μ 。辐射通量也称辐射功率。

现在，光通量已取代光强而作为国际单位制的基本单位。流明的定义是，当光源发出频率为 $540 \times 0.154 \times 10^{12} \text{Hz}$ （即对应于波长为555nm）的单色辐射，且辐射通量为1/683W时，称为一个流明。

2. 光强 由于辐射发光体在空间发出的光通量不均匀，大小也不相等，故为了表示辐射体在不同方向上光通量的分布特性，需引入光通量的角密度概念。如图1-3，S为点状发光体，它向各个方向辐射光通。若在某方向上取微小立体角 $d\omega$ ，在此立体角内所发出的光通量为 $d\phi$ ，则两者的比值即为该方向上的发光强度。即：

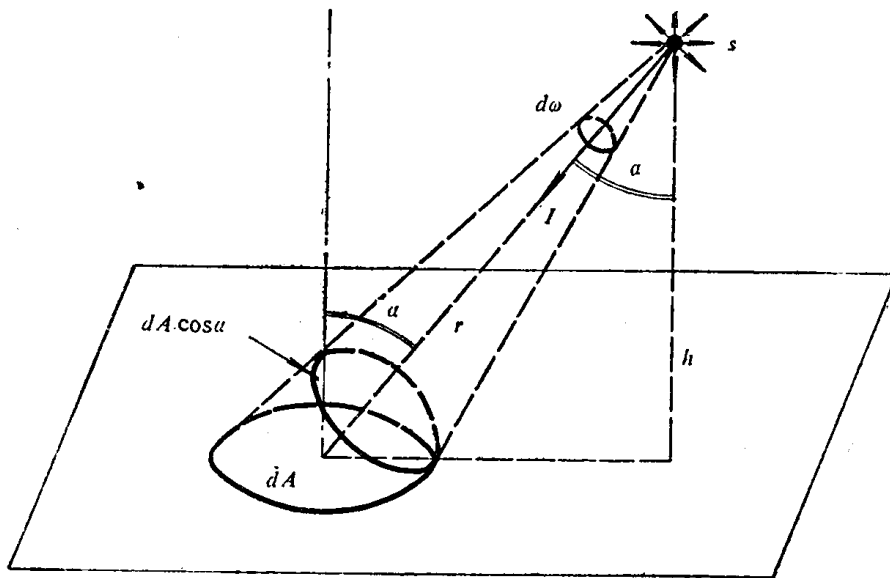


图 1-3 点光源的发光强度

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (1-3)$$

光强在数值上等于单位立体角*内所辐射的光通量*。单位为：坎德拉，简称坎 (cd)。

1 坎德拉 (cd) = 1 流明 (lm) / 球面度 (sr)

3. 照度 照度用来表示被照面上光的强弱，以被照场所光通的面积密度来表示。取微小面积 dA ，入射的光通为 $d\phi$ ，则照度为：

$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad (1-4)$$

照度的国际单位是勒克斯 (lx)，1 勒克斯即表示在 1 平方米的面积上均匀分布 1 流明光通量的照度值；或者是一个光强为 1 坎德拉的均匀发光的点光源，以它为中心在半径为 1 米的球表面上，各点所形成的照度值。所以勒克斯也称为米-坎德拉。

照度单位除去勒克斯外，还有呎-坎德拉，辐脱、毫辐脱，各种单位的换算关系见表 1-2。

表 1-2 照度换算系数

给定单位 换算系数	导出单位			
	呎-坎德拉	勒克斯	辐脱	毫辐脱
呎-坎德拉 (fc)	1	0.0929	929	0.929
勒克斯 (lx)	10.76	1	10000	10
辐脱	0.00108	0.0001	1	0.001
毫辐脱	1.076	0.1	1000	1

注：1 流明 = 1/683 瓦
1 呎-坎德拉 = 1 流明/呎²
1 勒克斯 = 1 流明/米² = 1 米-坎德拉
1 瓦·秒 = 10⁷ 尔格
1 辐脱 = 1 流明/厘米²

4. 光的出射度——面发光度 具有一定面积的发光体，其表面上不同点的发光强弱可能是不一致的。为表示这个辐射光通的密度，可在表面上任取一微小的单元面积 dA ，如果它在所有方向上（即立体角 4π 之内）所发出的总光通量为 $d\phi$ ，则该点的出射度为：

$$M = \frac{d\phi}{dA} \quad (1-5)$$

可见，光的出射度就是单位面积发出的光通量，单位是辐射勒克斯 (rlx)，1 辐射勒克斯等于 1 流明/米²。光的出射度和照度具有相同的量纲，其区别在于出射度是表示发光体发出的光通量。光的出射度与方向无关。而照度则表示被照物体所接受的光通量。

对于因反射或透射而发光的二次发光表面，其出射度是：

$$\text{反射发光} \quad M = \rho E \quad (1-6)$$

$$\text{透射发光} \quad M = \tau E \quad (1-7)$$

式中 ρ ——被照面的反射系数
 τ ——被照面的透射系数

* 立体角的定义：任意一个封闭的圆锥面内所包含的空间。立体角的单位为球面度，即以锥顶为球心，以 r 为半径作一圆球，若锥面在圆球上截出面积为 r^2 ，则该立体角即为一个单位立体角，称为球面度。一个球体包含 4π 球面度。

5——二次发光面上被照射的照度

5.亮度 光的出射度只表示单位面积上发出光通量的多少,没考虑光辐射的方向,不能表征发光面在不同方向上的光学特性。如图1-4,在一个广光源上取一个单元面积 dA ,从与表面法线成 θ 角的方向上去观察,在这个方向上的光强与人眼所“见到”的光源面积之比,定义为该光源单元面积的亮度。由图1-4中得出能看到的光源面积 dA' 及亮度 L_θ 为:

$$dA' = dA \cdot \cos\theta$$

$$L_\theta = \frac{I_\theta}{dA'} = \frac{I_\theta}{dA \cdot \cos\theta} \quad (1-8)$$

如果 dA 是一个理想的漫射发光体或理想漫反射表面的二次发光体,它的光将按余弦分布(图1-5):

$$I_\theta = I_0 \cdot \cos\theta$$

代入公式(1-8)得:

$$L_\theta = \frac{I_0 \cdot \cos\theta}{dA \cdot \cos\theta} = \frac{I_0}{dA} = L_0 \quad (1-9)$$

可见亮度 L_θ 与方向无关;常数 L_0 表示从任意方向看,亮度都是一样的。对于完全扩散的表面还有下列关系式成立:

$$M = \pi L \quad (1-10)$$

亮度单位除尼特(nt)外,还有熙提、阿波熙提、朗伯、呎-朗伯等。各种亮度单位及其换算关系见表1-3。亮度水平与人的感受关系见表1-4。

为了便于理解和记忆常用光度基本单位,可参见图1-6及表1-5。

表1-3 亮度单位及换算

给定单位	换算系数						
	导出单位	尼特 nt	熙提 sd	阿波熙提 asb	朗伯 L	毫朗伯 mL	呎-朗伯 ft-L
尼特 = 烛光米 nt = cd/m ²		1	10 ⁻⁴	π	$\pi \times 10^{-4}$	$\pi \times 10^{-1}$	0.292
熙提 sb = cb/cm ²		10 ⁴	1	$\pi \times 10^4$	π	$\pi \times 10^3$	2.92×10^3
阿波熙提 asb = cd/ π m ²		$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\pi} \times 10^{-4}$	1	10 ⁻⁴	10 ⁻¹	9.29×10^{-2}
朗伯 $L = \frac{1}{\pi}$ cd/cm ²		$\frac{1}{\pi} \times 10^4$	$\frac{1}{\pi}$	10 ⁴	1	10 ³	9.29×10^2
毫朗伯 mL		$\frac{1}{\pi} \times 10$	$\frac{1}{\pi} \times 10^{-3}$	10	10 ⁻³	1	0.929
呎-朗伯 ft-L		3.43	3.43×10^{-4}	10.8	1.08×10^{-3}	1.08	1

注: 1.朗伯单位已停用,毫朗伯仍常用

2.呎-朗伯为非国际标准单位系统的亮度单位