

DIANGUANGYUAN

电光源 实用手册

北京电光源研究所
北京照明学会 编著

>> 收录数百个品种 / 数千规格的产品

>> 中国首部电光源

与照明类 **大型工具书**

中国物资出版社

电光源实用手册

北京电光源研究所
北京照明学会 编著

中国物资出版社

图书在编目录 (CIP) 数据

电光源实用手册 / 北京电光源研究所, 北京照明学会编著. —北京: 中国物资出版社, 2005. 9

ISBN 7-5047-2408-4

I. 电… II. ①北…②北… III. 照明装置—技术手册 IV. TM923.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082540 号

责任编辑 王秋萍

责任印制 方鹏远

责任校对 王 莉

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮编: 100834

全国新华书店经销

北京通天印刷有限责任公司印刷

开本: 850×1168mm 1/16 印张: 29 字数: 830 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-5047-2408-4/TM·0035

印数: 0001-6000 册

定价: 118.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

《电光源实用手册》编辑委员会

编著单位

- 北京电光源研究所
- 北京照明学会

编委会组成人员

- 顾 问：
 - 吴初瑜 (北京照明学会 名誉理事长)
 - 肖辉乾 (北京照明学会 名誉理事长)
- 编委会主任：
 - 屈素辉 (北京电光源研究所 所长)
- 编委会副主任：
 - 王大有 (北京照明学会 副理事长兼秘书长)
 - 钟信才 (佛山电器照明股份有限公司 董事长)
 - 李志君 (上海亚明灯泡厂股份有限公司 技术总监)
 - 李维德 (上海宏源照明电器有限公司 董事长)
 - 邵介圣 (飞利浦照明中国对外联络部 高级经理)
 - 刘剑平 (欧司朗佛山照明有限公司 技术总监)
 - 戴德慈 (北京照明学会 理事长)
- 主 编：
 - 赵 革 (北京电光源研究所 高级工程师)
- 副主编：
 - 屈素辉 (北京电光源研究所 所长)
 - 王东明 (中国照明电器杂志 主编)
- 编 委：
 - 王晓英 (北京照明学会 副秘书长)
 - 江 姗 (中国照明电器杂志 编辑)
 - 杜力力 (北京电光源研究所 工程师)
 - 徐国荣 (浙江阳光集团股份有限公司 总经理)
 - 柴国生 (广东雪莱特光电科技股份有限公司 总经理)
 - 蔡干明 (佛山顺德华强本邦电器有限公司 副总经理)
 - 杜国红 (横店得邦电子有限公司 副总经理)
 - 陈世勇 (浙江晨辉照明有限公司 总经理)
 - 倪新达 (常州普罗斯灯饰有限公司 总经理)
 - 李 洋 (北京爱华新业照明器材有限公司 总经理)
 - 施振家 (上海罗曼电光源有限公司 总工程师)
 - 潘小平 (江西南方照明集团股份有限公司 总经理)
 - 仇文荣 (北京亚明电光源发展公司 总经理)
 - 虞 斌 (品能光电技术(上海)有限公司 商务副总经理)
 - 李希林 (扬州市希林光源器材制造有限公司 总经理)

前 言

改革开放 20 多年来,我国照明电器行业发展迅速,市场对照明产品的需求日趋增长,对照明质量的要求也越来越高,照明在国民经济和社会文化生活中发挥着越来越重要的作用。各类新型电光源品种增多,原有产品品质提高,产品系列扩充,各类电光源产品应有尽有,产量每年平均以两位数的速度增长。中国已经成为世界电光源产品的生产大国。

为了使建筑电气设计人员、照明工程技术人员、照明电器产品的销售人员及装饰、装修等各类用户较全面、系统地了解各类电光源产品的基本原理及其应用,了解产品的外形尺寸、主要光电参数、使用要求等实用技术数据,北京电光源研究所和北京照明学会联合编著了《电光源实用手册》。本书共收录数百个品种数千个规格的产品,是我国第一部电光源与照明类的大型工具书。对于电光源设计和制造人员、灯具设计及制造人员,本书也是很有实用价值的参考书。

为了兼顾各类不同的读者,本书在编排上首先用少量的篇幅介绍了光、光度、色度以及电光源分类、基本原理及常用单位或物理量。在产品种类和规格的编选中,首先编选已有国家标准、行业标准的产品,选择各类用户需了解的适用范围、主要特点、外形图、主要尺寸、光电参数、寿命、使用注意事项等内容列入。其次,对于目前尚未有国家或行业标准,但有一定生产、应用规模的产品也根据多家企业的资料,收入较为翔实的内容。对于特殊用途的产品,本书也单列章节全面收入。

本书的后半部分,还较详细地介绍了各类灯用电器附件及点灯线路。

最后,简要介绍了照明光源的选用要点、适用场所和实例以及光源与灯具的匹配原理等内容。

本书的附录部分,除收录了对各类用户很实用的国家标准、行业标准规定的产品命名方法外,还编有国内外 19 家典型企业的产品资料,为用户了解企业、采购产品提供方便。

本书组编过程中,得到国内外多家企业(详见附录)的大力支持;本书特邀道德宁、周太明、高光义、路绍泉、林立明、任元会、徐长生、邢树奎、王立昌、李炳华、汪猛等多位专家对手册的内容进行审阅并提出了宝贵的意见,在此一并致谢。

本书的出版得到北京市优秀人才培养专项经费资助。

《电光源实用手册》编委会

2005 年 9 月

目 次

1 光与光源技术基础

1.1 光的本质·····	(1)
1.2 人眼的视觉特性·····	(3)
1.3 光度量及单位·····	(6)
1.4 色度量及单位·····	(9)
1.5 电光源的分类·····	(14)

2 热辐射光源

2.1 白炽灯工作原理、结构、外形及使用条件·····	(15)
2.2 普通照明用白炽灯泡·····	(21)
2.3 装饰用白炽灯泡·····	(26)
2.4 反射型白炽灯泡·····	(30)
2.5 仪器、仪表用小型、微型白炽灯泡·····	(32)
2.6 卤钨灯·····	(48)
2.7 投影用卤钨灯·····	(54)
2.8 摄影用卤钨灯(摄影棚用灯)·····	(57)
2.9 泛光照明用卤钨灯·····	(61)
2.10 特殊用途卤钨灯·····	(62)
2.11 普通照明用卤钨灯·····	(63)
2.12 舞台、照相用聚光灯·····	(68)
2.13 仪器卤钨灯·····	(72)
2.14 道路机动车(汽车、拖拉机)白炽灯及卤钨灯·····	(75)
2.15 船用、矿用、铁路信号类白炽灯、交通信号卤钨灯·····	(93)
2.16 飞机、坦克灯泡·····	(102)

3 气体放电光源

3.1 气体放电光源工作原理、结构、外形、光电参数及使用条件·····	(113)
3.2 荧光灯概述·····	(116)
3.3 双端(直管形)荧光灯·····	(125)
3.4 单端荧光灯·····	(130)
3.5 普通照明用自镇流荧光灯·····	(136)
3.6 装饰用荧光灯·····	(142)
3.7 冷阴极荧光灯·····	(144)
3.8 无极荧光灯(电磁感应灯)·····	(146)
3.9 普通照明用高压汞灯·····	(149)
3.10 普通照明用高压钠灯·····	(154)
3.11 普通照明用低压钠灯·····	(161)
3.12 普通照明用金属卤化物灯·····	(163)

3.13 陶瓷金属卤化物灯·····	(177)
3.14 汽车前照灯用金属卤化物灯·····	(180)
3.15 高压氙灯、脉冲氙灯·····	(182)
3.16 投射式超高压汞灯·····	(185)
3.17 微波硫灯·····	(186)
3.18 氖气指示灯泡（氖泡）·····	(188)
4 固体发光光源	
4.1 发光二极管（LED）概述·····	(189)
4.2 普通照明用发光二极管（组合）灯·····	(193)
4.3 装饰用发光二极管（组合）灯·····	(195)
4.4 机动车用发光二极管（组合）灯·····	(196)
4.5 场致发光（EL）光源·····	(198)
4.6 激光光源 全彩动画激光灯（RGB）·····	(199)
5 辐照光源	
5.1 紫外线杀菌灯·····	(200)
5.2 黑光荧光灯·····	(209)
5.3 紫外线高压汞灯、低压汞灯·····	(212)
5.4 仪器用低气压放电灯·····	(215)
5.5 紫外线金属卤化物灯·····	(217)
5.6 制版、印刷、激光用高压氙灯·····	(218)
5.7 高压氦灯管、氙灯·····	(223)
5.8 红外线灯泡·····	(226)
5.9 复印机灯管·····	(230)
5.10 人工温室照明光源·····	(230)
6 电光源用电器附件及点灯线路	
6.1 镇流器·····	(233)
6.2 触发器·····	(240)
6.3 镇流器配用的电容器·····	(244)
6.4 热保护器在镇流器上的应用·····	(245)
6.5 气体放电灯用镇流器电路·····	(246)
6.6 电子镇流器·····	(257)
7 照明光源的选择与应用	
7.1 电光源选用的要点·····	(259)
7.2 合理选用光源的措施·····	(261)
7.3 光源适用场所及实例·····	(261)
7.4 光源与灯具的匹配·····	(264)
7.5 推广采用节能镇流器·····	(265)

附录

附录 1. 典型企业资料

佛山电器照明股份有限公司·····	(267)
上海亚明灯泡厂有限公司·····	(298)
上海宏源照明电器有限公司·····	(308)
飞利浦照明·····	(320)
欧司朗公司·····	(333)
浙江阳光集团股份有限公司·····	(349)
横店得邦电子有限公司·····	(356)
浙江晨辉照明有限公司·····	(363)
广东雪莱特光电科技股份有限公司·····	(372)
华强本邦电器有限公司·····	(378)
常州普罗斯灯饰有限公司·····	(386)
北京爱华新业照明器材有限公司·····	(389)
北京亚明电光源发展公司·····	(393)
江西南方照明集团股份有限公司·····	(397)
上海罗曼电光源有限公司·····	(403)
品能光电技术(上海)有限公司·····	(407)
北京电光源研究所·····	(411)
国家电光源质量监督检验中心(北京)·····	(421)
扬州市希林光源器材制造有限公司·····	(424)
附录 2. GB / T2900.65-2004《电工术语 照明》节选 光源与照明部分中、英双语词汇·····	(425)
附录 3. QB2274-96《电光源产品的分类和型号命名方法》·····	(442)
附录 4. QB2218-1996《灯头、灯座的型号命名方法》·····	(449)
附录 5. QB2275-96《镇流器型号命名方法》·····	(452)

1 光与光源技术基础

1.1 光的本质

1.1.1 光是电磁波

我们已知不同波段的电磁波是由不同的辐射源产生的，有不同的用途和测试方法。但相邻波段之间没有明显的界限，因为较小的波长差别不会造成特性的突变。

电磁波长波段是通讯用无线电波，波长范围在几十千米至几毫米。这部分常用频率（Hz）表示。

电磁波短波段是各种射线，如 X 射线、γ 射线等具有较强穿透力的辐射线。

近百年来，多次物理试验已证实光是电磁波中的一段。人眼能直接看到的可见光只是电磁波宽广的波谱中的很小的一部分。见图 1-1。

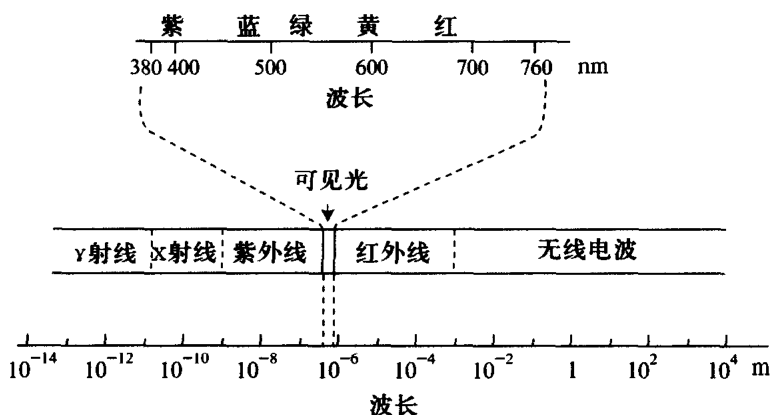


图 1-1 电磁波谱

1.1.2 可见光谱

人眼可见的光谱范围约在 380~780 纳米（nm）之间。

$$1\text{nm}=10^{-6}\text{mm}=10^{-9}\text{m}$$

波长较短的约在 380~420nm 的可见光，人的视觉感到它是紫色的，波长再短些的光约 380~10nm，这一段人眼看不见的波长称为紫外线，或称紫外辐射。

波长较长的约在 640~780nm 的可见光，人的视觉感到它是红色的，波长再长些的光约 800~ 10^6 nm，便是人眼看不到的红外线，或称红外辐射。

由图 1-1 还可看到，人的视觉中的“色觉”实际上只是可见光谱中波长不同的光被人感觉到不同的光色。因而，不同的光色或颜色的本质，只是光的波长有所不同而已。

由单一波长组成的光称为单色光。实际上，严格的单色光几乎是不存在的。所有的自然光源如太阳、月亮，或人工光源所发出的光，其光谱都具有较宽广的频谱，只是在不同的波段，它的辐射能量不同而已。只有激光光源发出的光谱才窄得接近于单色光谱。

1.1.3 光是能量的一种形态

能量从一个物体传播到另一物体，而且在传播中无需任何物质作为媒介，这种能量的传播方式称为辐射。辐射的含义是指能量从辐射源出发沿直线方向向四面八方传播。

光是能量的一种形态。光辐射也可以像其他能量可以互相转换一样，可以变为热能、电能、化学能等。

(1) 热效应

光产生热效应最明显的是红外线，这已为大家熟知。大功率照明装置工作时产生大量的传导热和红外线，红外线被周围物体和空气吸收变成热能。

(2) 光电效应

光电效应是某些物质在一定波长的光照下发射电子或物质中电子的迁移。如光电管、硅光电池。光电效应器件最重要的用途之一，就是在现代测光仪器中作为光信号转换为电信号的主要传感元件。

(3) 光化学效应

光的化学效应就是物质吸收光能产生化学或物理反应。对于人类的生存来说，最重要的就是植物叶绿素的光合作用。其它，如胶片的感光、各种涂料的表面光致固化也是重要的应用。

(4) 光致发光效应

光致发光是某些物质在一定波长的光的照射下，发出另一波长的光的现象。这一效应在某些电光源中应用较多，如荧光灯中荧光粉受到汞放电发出的 253.7nm 紫外线照射后发出可见光。

1.1.4 光的传播特性

所有的电磁波在真空中传播时具有相同的速度，它等于波长和频率的乘积，即

$$C = \lambda \gamma$$

C 为电磁波在真空中的传播速度， $C=299.8 \times 10^6 \text{m/s}$ ， λ 为光的波长 (m)， γ 为光的频率 (Hz)。上式说明光以大约每秒 30 万公里的速度在真空中传播。

当光通过某种媒质时，例如空气或玻璃，其传播速度会减小。当光从一种媒质传播到另一种媒质时，频率不会改变，但随着速度的变化会引起波长的相应变化。光在真空中的传播速度和在媒质中的传播速度的比值就称为该媒质的折射率。空气的折射率略大于 1。在折射率不同的两种媒质的界面上，入射光线会分成为两部分，一部分反射回第一种媒质，另一部分折射入第二种媒质，示意如图 1-2。

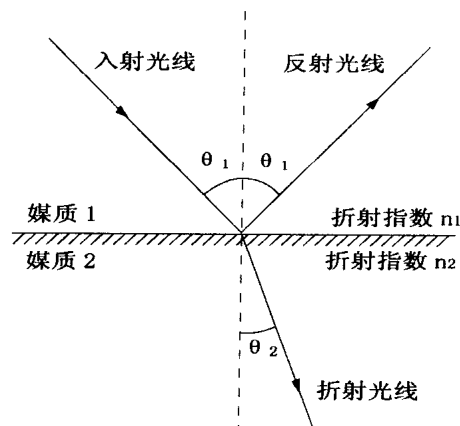


图 1-2 两种媒质界面上的反射和折射

(1) 镜面反射定律

在与入射光波长相比为较光滑的界面上所产生的反射称为镜面反射。

入射光线和反射光线的关系如下：

- a. 入射光线和反射光线以及入射点的界面线都位于同一平面。
- b. 入射光线和法线的夹角与反射光线和法线的夹角相等，并分别位于法线的两端。

(2) 折射定律

光线穿过界面进入第二种媒质时，其方向会作如下改变：

- a. 入射光线、折射光线以及过入射点的界面法线都位于同一平面。
- b. 入射光线在第一种媒质的折射率 n_1 和其与法线夹角的正弦 $\sin \theta_1$ 的乘积等于第二种媒质的折射率 n_2 和其与法线夹角的正弦 $\sin \theta_2$ 的乘积相等：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

折射定律适用于大多数常用材料，如玻璃、透明塑料和液体等。

(3) 漫反射和漫透射

当光传播中遇到另一媒质，该媒质表面的不平整程度大于光的波长时，就不再呈现单一的反射或折射光线，而是在入射点上向四面八方散开。这时，反射光回到入射光所在的媒质的现象称为漫反射。而一部分透射入第二种媒质的光也从入射点向第二种媒质的四面八方透射，这种现象称为漫透射。

1.2 人眼的视觉特性

1.2.1 地面的直射阳光

入射到地球大气层里的阳光由于散射和吸收而受到衰减。将可见光整个波长范围一起考虑时，其衰减也可以认为是由于净散射引起的。实际上，由图 1-3 可见，在可见光波长范围内也有吸收带，但是在 555nm 附近所见到的臭氧的吸收是微弱的，而在 700nm 附近所见到的水蒸气氧气的吸收虽然较强，但由于在这段光谱附近视函数值小，所以光的吸收对视觉影响较小。图 1-3 表示在标准天空下，太阳高度角为 90° 时，直射阳光衰减的情况。

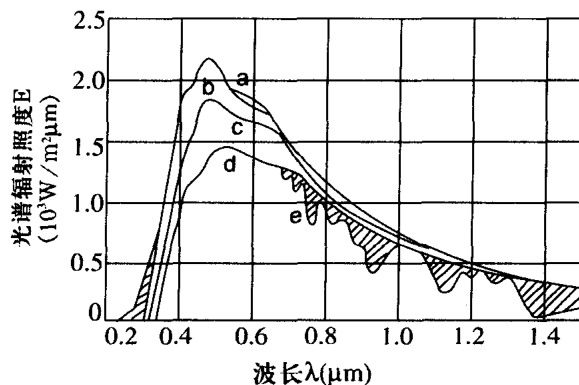


图 1-3 直射阳光的光谱分布

a-大气层外太阳辐射；b-臭氧吸收之后；c-瑞利散射后；d-烟尘吸收和散射后；e-水蒸气和氧气吸收后

根据瑞利理论，由空气分子引起的散射光的强度与入射光波长的 4 次方成反比，因而在大气中，

太阳光的短波成份比长波成份受到较强的散射。

其结果，将地面上的直射阳光与大气层外阳光相比，它的光谱分布中的短波成份相对减少，所以相关色温变低。这种倾向在太阳高度较低时，由于太阳光在大气中通过的路程越长而越显著，所以朝阳和夕阳看起来好像是红色的。同样道理，晴朗的天空之所以看起来是蓝色的，是因为散射光中所含的短波成份多的缘故，色温偏高。

1.2.2 眼睛的视觉灵敏度曲线

人的眼睛在可见光谱区域内的灵敏度是不一致的，而是如图 1-4 那样随波长而改变。当眼睛已适应于中、高照度时，其最大灵敏度是在 555nm 处的黄绿色范围内。可见光谱位于到达地球表面的太阳辐射光谱的中间部分。太阳辐射中，波长小于 290nm 的被较高大气层中的臭氧吸收；波长大于 1400nm 的被较低大气层中的水蒸气和二氧化碳强烈吸收。因此可得出这样的结论：虽然眼睛灵敏度曲线和昼光光谱功率分布曲线的最大值并不一致，但眼睛的灵敏度曲线还是人类在进化过程中对地球大气层透光性适应的结果。

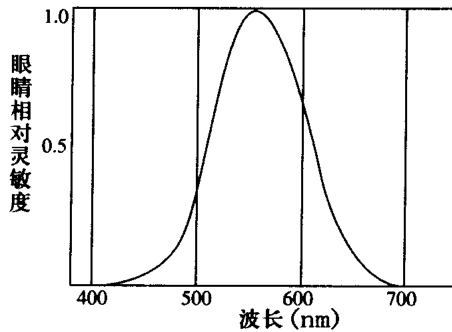


图 1-4 眼睛的昼光灵敏度与波长的关系

1.2.3 明视觉和暗视觉

现代医学发现人眼视网膜中央的黄斑部位是视觉最灵敏的区域。视网膜中大约有 650 万个锥体细胞和 1 亿个杆体细胞。而绝大多数的锥体细胞都集中在黄斑的中央（此区域呈黄色、故称黄斑）。离开黄斑中央，锥体细胞急剧减少，杆体细胞迅速增加。

锥体细胞和杆体细胞有着不同的视觉功能。锥体细胞是明视觉器官，在光亮条件下，它能分辨各种颜色及物体的细节。杆体细胞只在较暗的照明环境时起作用，它不能分辨颜色和物体细节。

根据上述两类视觉细胞的不同功能，可以认为人的视觉有两重机能，即视网膜中央的“锥体细胞视觉”可称为明视觉；视网膜边缘的“杆体细胞视觉”可称为暗视觉。图 1-4 所示人眼的视觉灵敏度实际上就是指明视觉。

由于视觉的两重机能，正常视觉的人由光亮环境转到黑暗环境时，就是由锥体细胞视觉变为杆体细胞视觉时，眼睛对不同颜色的视觉感受发生变化。

对于一个等能量的光谱，明亮环境下，可以看到各种颜色，而 555nm 的黄绿色显得最明亮，形成如图 1-5 右部的明视觉曲线。在环境照度低到一定程度时，杆体细胞工作，由于它不能分辨颜色，因而光谱变为一条明暗不同的灰带。这时，整个光谱相对亮度曲线向波长短的方向推移。最亮的波段为 507nm（明视觉时的蓝绿色部分）。波长长的一端（明视觉时红色端）能见范围缩小。波长短的一端（明视觉时紫色端）能见范围扩大。这时的视觉灵敏度曲线又称为暗视觉曲线，见图 1-5 左部曲线所示。

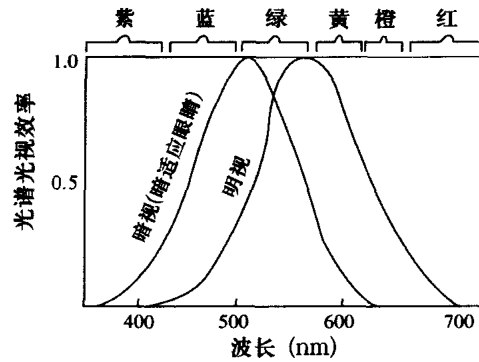


图 1-5 人眼的相对光谱灵敏度

明视觉曲线和暗视觉曲线在光度学中又称光谱光效率曲线，因为它表示人眼对光谱不同部分的利用效率。1924年，国际照明委员会根据几项有关研究工作，确定了明视觉和暗视觉的光谱光效率函数值，见表 1-1。这两类函数值是光度学测试和计算的重要基础。这就是说，可见光的任何测试仪器的光敏接收元件的光谱灵敏特性必须与人眼的明视觉曲线尽量一致，这时测量误差最小。

图 1-5 中，横坐标为可见光波的波长，纵坐标为光谱光视效率，记为 $V(\lambda)$ 。光谱光视效率 $V(\lambda)$ 是波长 λ 的函数，亦称为视见函数。 $V(\lambda)$ 的最大值规定为 1，相应的波长为 λ_m ，即 $V(\lambda_m)=1$ 。

波长为 λ 的单色光的光谱光视效率 $V(\lambda)$ 的定义是，在特定的光度条件下，光波长 λ_m 和 λ 的两种单色光的明亮感觉相等时，两者辐射通量（功率）的比值，实际上也就是人眼对波长为 λ 的单色光与对人眼最灵敏的波长为 λ_m 的单色光的相对感觉灵敏度。对于明视觉，视见函数 $V(\lambda)$ 的最大值在 $\lambda_m=555\text{nm}$ 处，即 $V(555)=1$ 。这意味着波长为 555nm 的黄绿光在明视觉条件下对人眼最灵敏。对于暗视觉，视见函数 $V'(\lambda)$ 的最大值在 $\lambda_m=507\text{nm}$ 处，即 $V'(507)=1$ ，意味着在暗视觉条件下，可见光谱的 507nm 处最为明亮。

表 1-1

CIE 标准光度观察者的光谱光效率（视见函数）

λ (nm)	明视觉 $V(\lambda)$	暗视觉 $V'(\lambda)$	λ (nm)	明视觉 $V(\lambda)$	暗视觉 $V'(\lambda)$
380	0.0000	0.000589	590	0.757	0.0655
390	0.0001	0.002209	600	0.631	0.03315
400	0.0004	0.00929	610	0.503	0.01593
410	0.0012	0.03484	620	0.381	0.00737
420	0.0040	0.0966	630	0.265	0.003335
430	0.0116	0.1988	640	0.175	0.001497
440	0.023	0.3281	650	0.107	0.000677
450	0.038	0.455	660	0.061	0.0003129
460	0.060	0.567	670	0.032	0.0001480
470	0.091	0.676	680	0.017	0.0000715
480	0.139	0.793	690	0.0082	0.00003533
490	0.208	0.904	700	0.0041	0.00001780
500	0.323	0.982	710	0.0021	0.00000914
510	0.503	0.997	720	0.00105	0.00000478
520	0.710	0.935	730	0.00052	0.000002546
530	0.862	0.811	740	0.00025	0.000001379
540	0.954	0.650	750	0.00012	0.000000760
550	0.995	0.481	760	0.00006	0.000000425
560	0.995	0.3288	770	0.00003	0.000000248
570	0.952	0.2076	780	0.000015	0.000000139
580	0.870	0.1212			

从明视觉的视见函数曲线可以看到，曲线近乎是在波长 555nm 的两侧对称下降的吊钟形曲线，在红光和紫光部分， $V(\lambda)$ 的值接近于零，表明人眼对红光和紫光的响应很差；在红外和紫外区， $V(\lambda)$ 为零，表明人眼对红外线和紫外线无感觉效果。

1.3 光度量及单位

光源与照明技术中，为了对光进行定量测量和研究，规定了一系列光的量和单位。由于人眼的视觉不仅与光的能量大小有关，还与光的波长有关，所以必须采用以光产生的视觉强度为基础的物理量。

我们把以视觉效果作为评价光辐射的理论称为光度学。光度学的计量单位称光度量。

1.3.1 光通量

光源辐射的能量包括紫外、可见、红外能量。不同的光源，光谱能量分布也不同。

由于人眼对各种不同波长的视觉灵敏度不同，故不能直接用光源的辐射能量 (W) 来衡量光能的大小。必须用人眼对光的相对感觉量为基准，这个量就称光通量，单位是流明，符号 lm。

但在国际单位制中，光度学的基本单位是坎德拉。流明是导出单位。

流明的定义是：具有均匀光强度 1 坎德拉 (cd) 的均匀发光点光源，它发出的总光通量就是 4π lm。表 1-2 列出几种常见光源的额定光通量。

表 1-2 常见光源的额定光通量

类型和功率 (W)	光通量 (lm)	类型和功率 (W)	光通量 (lm)
普通白炽灯 15	110	直管形荧光灯 (日光色) 15	560
普通白炽灯 25	220	直管形荧光灯 (日光色) 20	960
普通白炽灯 100	1250	直管形荧光灯 (日光色) 40	2400
高压汞灯 (外镇流) 400	20000	金属卤化物灯 (钨钠) 400	36000
高压钠灯 400	44200		

1.3.2 光效

发光效率简称光效。光效就是灯每消耗 1 瓦电能所发出的光通量，即总光通量与灯功率之比。单位是流明/瓦 (lm/W)。下面列出常见光源的光效。

真空普通灯泡的光效约为 7~8 lm/W

充气普通灯泡的光效约为 10~13 lm/W

高色温卤钨灯的光效约为 26~28 lm/W

日光色荧光灯的光效约为 40~65 lm/W

三基色荧光灯的光效约为 60~85 lm/W

荧光高压汞灯的光效约为 40~60 lm/W

超高压氙灯的光效约为 30~35 lm/W

高压钠灯的光效约为 90~120 lm/W

金属卤化物灯的光效约为 70~100 lm/W

理论计算表明, 1W 能量如果全部转变为视见函数最高的 555nm 波长的光时, 光效可达 680 lm/W。

1.3.3 光强度

光通量是说明光源向空间各方向上发出的光的总量。但是, 不同光源的光通量在空间各方向的分布也不是各向均匀的。有的方向亮些, 有的方向暗些。亮的方向上, 光通量密度大, 暗的方向上光通量密度小。因而, 照明设计时只知道光源的总光通量是不够的, 还必须了解光通量在空间的分布状况。

表示光通量在空间密度的量称发光强度。光源在某一方向的光强度就是该方向单位立体角内的光通量值。

光强度的单位是坎德拉, 符号 cd。若一个均匀发光体在 1 球面度(sr)的立体角内均匀发射 1 lm 的光通量, 在该方向的光强度就是 1cd。

由于发光强度是光源在给定方向上单位立体角内辐射的光通量, 所以如果光源在给定方向上的发光强度为 1cd, 则光源在该方向上 1sr 的立体角内辐射的光通量为 1lm。因此:

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}.$$

(光强的旧单位为“烛光”。1948 年国际计量大会决定采用铂凝固点黑体做基准后, 改为坎德拉。)

光源在各方向的光通分布情况, 如用坐标表示, 便是该光源的光强分布曲线。

光源装入某种灯具后, 它的光通量分布也随之变化, 用坐标表示便是该灯具的光强分布曲线。

1.3.4 光照度

光照度是指被光照射的平面上, 单位面积所接收的光通量数值。即某一平面, 被光照亮的程度。照度的单位是勒克斯 (lx)。1 lx 等于 1 lm 均匀分布在 1m^2 的表面上所产生的照度。

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$$

图 1-6 为照度定义的示意图。1 lx 照度很低, 仅能大致分辨周围物体。表 1-3 列出日常情况下的照度值。

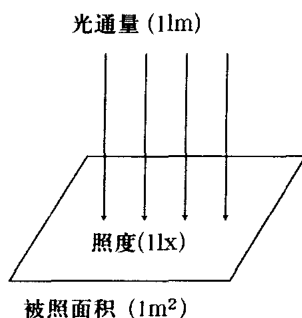


图 1-6 光照度定义示意图

表 1-3

常见情况下的照度值

光照情况	照度值 (lx)	光照情况	照度值 (lx)
夏天阳光直射下	100000	40W 普通白炽灯下 (1m)	30
白天室外 (无直射阳光)	1000	一般阅读时	300~500
白天室内	100~500	工作场合下	50~500
40W 荧光灯下 (1m)	300	夜晚满月地面上	0.2

有时，我们见到照度的另一单位，英尺-烛光(ft·cd)。1 ft·cd 表示 1 lm 均匀分布在 $1(\text{ft})^2$ 上所产生的照度。所以， $1 \text{ ft} \cdot \text{cd} = 1 \text{ lm}/1(\text{ft})^2$ 。

勒克斯和英尺-烛光之间的关系为：

$$1 \text{ lx} = 0.0929 \text{ ft} \cdot \text{cd}$$

$$1 \text{ ft} \cdot \text{cd} = 10.76 \text{ lx}$$

照度是各类照明应用的主要参量之一。如彩色电视演播，照度为 1500~1600 lx 较为适当，低于此值也可看出可见的图像，但细节较差；高于此值是不必要的浪费。

1.3.5 发光亮度

有些光源的发光表面很亮（如白炽灯丝），有的表面亮度较低（如荧光灯表面）。所以，发光亮度就是表征光源发光表面明亮程度的量。

亮度高低还与该发光面在与视线垂直方向上的投影面积大小有关。如果光强不变，发光面投影面积越小，亮度越高，发光面投影面积越大，则亮度越低。

亮度的单位为坎/米² (cd/m^2)。其定义是光源表面一点处的面元在给定方向上的发光强度除以该面元在垂直于给定方向的平面上的正投影面积。

图 1-7 为亮度定义的示意图。

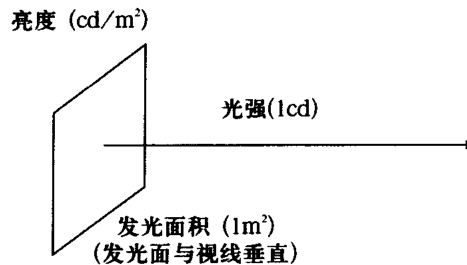


图 1-7 发光亮度定义示意图

表 1-4 为常见发光体的亮度值。

光源发光体的表面亮度主要与光学设计有关。一般说来，光强一定时，发光体越小亮度越高，较接近点光源，对光学系统的设计有利，可以使光学系统有较高的效率。

表 1-4 常见发光体的亮度值

光源	亮度值 (cd/m^2)
太阳表面	1.47×10^9
充气白炽灯灯丝	4.5×10^6
阳光直射下的白色表面	30 000
晴天夜晚月亮表面	250

1.4 色度量及单位

1.4.1 光源的光色和显色性

光源除了要求发光效率高之外，还要求其具有良好的光色。光源的光色包括两方面，一是人眼观看光源所发出光的颜色，称为光源的色表；二是光源照到物体上后被照物表面显现出来的颜色，称为光源的显色性。荧光灯及其他气体放电灯的广泛使用，使有色表面在不同的光源照射下显现出颜色不同的问题更为突出。

由于人类长期在日光下生活，习惯了以日光的光谱成份和能量分布为基准来分辨颜色(图 1-8)，所以在显色性比较中，用日光或与日光很接近的人工光源作标准，其显色性最好。典型光源的光谱能量分布如图 1-9 所示。某物体受某光源照射的效果与标准光源相接近，则认为该光源的显色性好，显色指数高；反之，物体受照后颜色失真，则认为光源的显色性很差，显色指数低。

荧光高压汞灯的光谱成份虽然与日光相近，但它的光谱能量分布与日光相差很大，如图 1-9③，青、蓝、绿光多而红光很少，被照物呈青灰色，显色性差。白炽灯的光谱能量分布曲线是连续的，偏重于长波，如图 1-9①，使其色表偏黄红色，显色性较好。

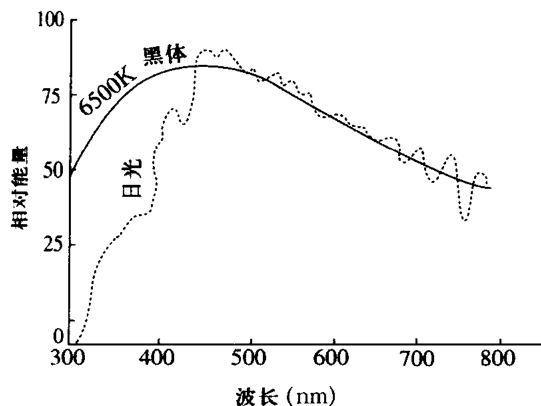
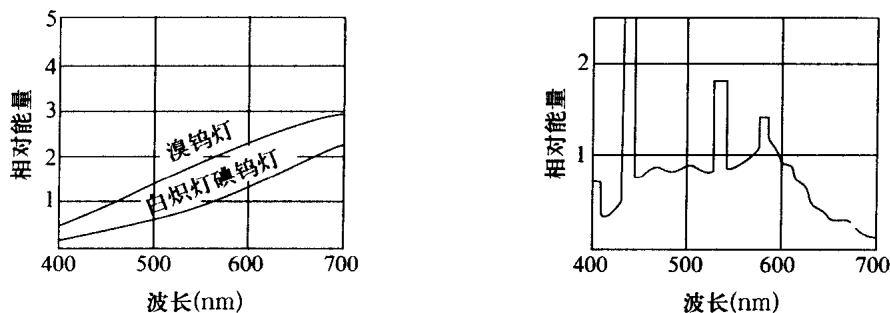


图 1-8 日光的光谱能量分布曲线



① 白炽灯、卤钨灯

② 荧光灯(日光色)

图 1-9 常用照明电光源相对光谱能量分布①~②