

电气照明技术基础与设计

韦 课 常



内 容 提 要

本书比较全面地介绍了现代电气照明技术基本知识, 包括光和光的测量、视觉和照明质量、电光源和照明器等; 比较详细地讨论了照明装置设计计算方法; 介绍了目前国内外在照明计算方面采用的一些新方法; 阐述了发电厂各车间照明装置的设计问题; 书末列出了一些常用的照明设计资料和数据。

本书可供从事发电厂、变电所以及工业企业照明设计、施工、维修的技术人员阅读, 也可供在工业院校学习与工业照明有关课程的学生参考。

电气照明技术基础与设计

韦 课 常

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 20.5印张 464千字

1980年10月第一版 1980年10月北京第一次印刷

印数 00001—27140册 定价 1.75元

书号 15036·4113

序 言

在近代，所有的工业企业都设置有电气照明装置，以保证在任何天然采光条件下正常地进行生产。

照明对人们的生产活动有着极为重要的影响。人们通过视觉从生产对象获得必要的信息才能进行有效的生产活动，而电气照明则是在夜间或采光不足的情况下提供良好视觉条件的手段。实践证明，照明的好坏对生产安全、劳动生产率、产品质量和劳动卫生都有直接的影响。

在工业企业中装设电气照明装置，较之一般电气照明有其一定的复杂性。因为装设的照明装置不但要有足够的数量和良好的质量，而且还受环境条件、投资、能源消费政策等因素的影响，所以工业电气照明作为一门技术迅速地发展起来。

目前我国在中、高等动力院校中没有普遍开设照明技术课程，而照明技术又具有自己的特殊性。它包含光学、生理学、心理学等多学科的知识。它有自己独特的度量系统和工程设计计算方法。即使是照明装置中的电气部分与一般的电力工程也有所不同。所以，许多从学校毕业从事照明技术工作的工程技术人员常感照明专业知识不足，需要在专业方面再学习，才能独立地进行工作。作者专门从事发电厂、变电所照明设计多年，深感国内缺乏比较全面和系统地介绍现代照明技术和照明装置设计方法的参考书，照明专业学术活动尚不够活跃，这不但使学习照明技术的工程技术人员感到困难，也不利于照明技术水平和工程设计质量的提高。因此，作者不揣浅陋编写此书，以期对提高照明装置设计质量和水平以及设置合理的发电厂、变电所照明装置有一些帮助。

近十几年来，照明技术有了很大发展，对照明数量和质量的要求不断提高，各种新光源相继出现，照明设计计算方法也有许多创新；在发电厂、变电所照明设计方面，二十多年来我国也积累了很多宝贵的经验。本书尽可能反映这些新的技术，介绍我国在发电厂、变电所照明设计方面的先进经验。

为了定性地分析某些问题，本书直接引用了国外的一些数据和图表。

在本书编写过程中，陈达文工程师对全部书稿进行了审阅，中国计量研究院光学室李在清同志审阅了部分章节。他们分别提出许多宝贵的意见，作者在此一并表示衷心感谢。

作 者

1980年4月

目 录

序 言

第一篇 光

第一章 光的本性和光度量	1
第一节 光的本性	1
第二节 光的作用	3
第三节 辐射度量与单位	4
第四节 相对光谱光效率	6
第五节 光度量与单位	8
第二章 光的传播现象和物质的光学性质	13
第一节 光的吸收	13
第二节 光的反射	14
第三节 光的透射	18
第四节 光的偏振	21

第二篇 电 光 源

第三章 概述	24
第一节 光的辐射	24
第二节 放电	30
第三节 光源的分类	33
第四节 光源的运用特性	34
第四章 白炽灯	35
第一节 白炽灯的构造	36
第二节 白炽灯的类型	37
第三节 卤钨灯	37
第四节 白炽灯的工作特性	39
第五章 荧光灯	44
第一节 荧光灯的构造及其工作过程	44
第二节 荧光灯的参数和工作特性	46
第三节 荧光灯的附件	52
第四节 荧光灯的接入电路	53
第五节 普通热阴极荧光灯的其它运用方式	54
第六章 高强度放电灯及其它光源	56
第一节 高压汞灯	56

第二节	金属卤化物灯	61
第三节	高压钠灯	65
第四节	低压钠灯	69
第五节	氙灯	71

第三篇 照明器和发光装置

第七章	照明器	74
第一节	照明器的特性和分类	74
第二节	照明器的构造	76
第三节	照明器的基本型号	82
第八章	发光装置	86
第一节	发光天棚	86
第二节	光盒和光带	90
第三节	光檐和光龕	92

第四篇 视觉与照明标准

第九章	视觉	95
第一节	视觉器官的构造和视觉过程	95
第二节	视觉的特性	98
第三节	视觉功能	101
第十章	颜色视觉	104
第一节	颜色视觉	104
第二节	色度学	106
第三节	颜色显现	109
第四节	色彩在生产中的应用	110
第十一章	照明数量、质量和标准	112
第一节	照明数量和质量	112
第二节	照度标准	126

第五篇 照明计算和测量

第十二章	照明计算概论	129
第一节	照明器的光强分布曲线	130
第二节	照明器光通量计算	132
第三节	光损失因数	134
第十三章	点光源的点照度计算	139
第一节	点光源点照度的基本计算公式	139
第二节	点光源点照度的简化计算	146
第三节	投光灯的照度计算	149
第十四章	线状光源的点照度计算	151

第一节	线状光源光强分布曲线	151
第二节	基本计算方法	152
第三节	一些特殊情况的计算	156
第十五章	面状光源的点照度计算	158
第一节	矩形等亮度面状光源的点照度计算	158
第二节	圆形等亮度面状光源点照度计算	162
第十六章	平均照度计算	164
第一节	平均照度和平均亮度计算	164
第二节	光通量传递理论	167
第三节	利用系数表的编制方法	171
第四节	亮度系数表的编制方法	179
第五节	反射照度分量的计算	179
第十七章	光度测量	186
第一节	光度测量的主要检测器	186
第二节	光度测量	190

第六篇 照明装置设计

第十八章	照明装置设计	193
第一节	综述	193
第二节	照明种类及选择	196
第三节	照明系统及选择	198
第四节	光源的选择	200
第五节	照明器的选择	202
第六节	照明器的布置	204
第十九章	照明装置电气部分设计	207
第一节	照明电源	207
第二节	照明供电网络	211
第三节	照明配电箱、开关、插座的选择和布置	213
第四节	照明线路导线截面选择	215
第五节	照明线路的保护	220
第六节	照明线路导线型式和敷设方式的选择	221
第七节	接零保护	223
第二十章	照明线路计算	225
第一节	允许的电压损失值	225
第二节	照明线路电压损失计算	228
第三节	不计线路感抗时线路电压损失的计算	231

第七篇 发电厂各车间的照明

第二十一章	控制室照明	240
-------	-------	-----

第一节 控制室的种类	240
第二节 控制室照明设计	241
第二十二章 电气车间和场所的照明	253
第一节 概述	253
第二节 主控制楼内辅助电气车间的照明	254
第三节 6~10千伏屋内配电装置的照明	256
第四节 35~110千伏屋内配电装置的照明	258
第五节 厂用配电装置的照明	261
第六节 屋外配电装置及露天布置的变压器的照明	261
第二十三章 主厂房照明	264
第一节 概述	264
第二节 锅炉房照明	265
第三节 汽机房照明	270
第四节 引风机室、除尘器和烟囱照明	274
第五节 电缆隧道照明	275
第二十四章 输煤系统照明	276
第一节 受卸装置和贮煤场照明	276
第二节 皮带运输机室和碎煤机室照明	279
第二十五章 其它生产场所照明	280
第一节 水泵房及其它供水建筑照明	280
第二节 水处理间照明	281
第三节 燃油泵房照明	283
第四节 厂区道路照明和警卫照明	283
主要参考文献	284
附录 1-1 各种光源的亮度(约值)	285
附录 2-1 一些物质的光学特性	286
附录 4-1 普通白炽灯泡型号及参数	287
附录 4-2 管形照明卤钨灯型号及参数	287
附录 5-1 直管形荧光灯型号及参数	288
附录 6-1 荧光高压汞灯型号及参数	288
附录 6-2 金属卤化物灯和高压钠灯型号及参数	289
附录 6-3 管形氙灯型号及参数	289
附录 7-1 常用照明器外形	290
附录 7-2 照明器主要参数	293
附录 7-3 附录 7-2 所列照明器光强数值(光通量为1000流明时)	294
附录 11-1 一般生产车间和工作场所工作面上的最低照度值	296
附录 13-1 点光源(光强100坎德拉)在水平面上的照度(勒克司)	298
附录 13-2 三角函数表	302
附录 14-1 平行平面方位因数(AF)和垂直平面方位因数(af)	303

附录 15-1	图15-6场合平行圆形光源的形状因数 f	305
附录 15-2	图15-7场合垂直圆形光源的形状因数 f	306
附录 16-1	空腔系数 K	307
附录 16-2	天棚或地板空腔等效反射系数	308
附录 18-2	推荐采用发电厂各车间的照明器和导线型式	310
附录 19-1	常用绝缘电线长期连续负荷下的允许载流量	313
附录 19-2	聚氯乙烯绝缘及护套电缆长期连续负荷允许载流量	315
附录 19-3	导线允许最小截面	319
附录 19-4	根据环境条件选择导线型式及敷线方式	320

第一篇 光

第一章 光的本性和光度量

第一节 光的本性

光是物质的一种存在形式，它和实物一样是存在于人们主观感觉之外的客观实在。但是，人们对光的本性的认识还不能说已很完全。根据对光现象的观察，历史上曾经提出过几种关于光的本性的学说，但能被现代许多科学实验所证实的只有两个学说，即电磁波学说和光子学说。

一、电磁波学说和电磁波谱

十九世纪中叶麦克斯韦提出光的电磁波学说，认为光是一种电磁波，它与其它电磁波一样具有电磁波的一切特性。但是由于波长不同，光也有自己的特性。

光的电磁波学说能够很好地解释许多与光的传播有关的现象，如反射、干涉、偏振等。

电磁波是电磁振荡在空间的传播。在空间的任何一处如果存在变化的电磁场，就会在周围产生变化的电磁场，而这个变化的电磁场又在周围产生电磁场，这样，变化的电磁场就迅速在空间传播而形成电磁波。

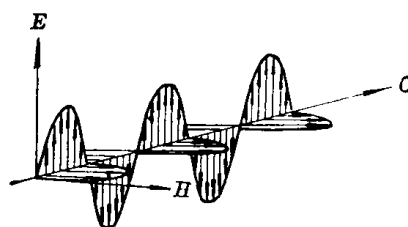


图 1-1 电磁波

电磁波是横波，可用图1-1所示的矢量来表示。 E 表示电场强度矢量， H 表示磁场强度矢量。电场强度矢量和磁场强度矢量以同相位在两个互相垂直的平面内振动，其传播方向 C 与矢量 E 和矢量 H 垂直。

已被发现和研究的电磁波，就波长来说范围很广，将各种电磁波按波长依次地展布起来可得到一个电磁波谱，如图1-2所示。波长不同的电磁波，其特性可能有很大的差别，电磁波谱中划分为有不同命名的各个波段反映了这种差别。一般而论，这些不同波段的电磁波是由不同的辐射源产生的，它们对物质的作用不同，因此有不同的应用和不同的测量方法。但是相邻波段之间实际上是没有明显界限的，因为波长的较小差别不会引起特性的突变。

电磁波谱中，波长为 380×10^{-9} 到 780×10^{-9} 米（380~780毫微米）的电磁波，作用于人的视觉器官能产生视觉，这部分电磁波叫可见光。电磁波谱的这一段可称为光谱。图1-2中对可见光作了比较详细的描绘。波长从380毫微米向780毫微米增加时，光的颜色将从紫色开始按蓝、绿、黄、红的顺序逐渐变到红色。在可见光紫光区的左边波长小于380毫微米的，是一个叫紫外线的波段；而在红光区右边波长大于780毫微米的，是一个叫红

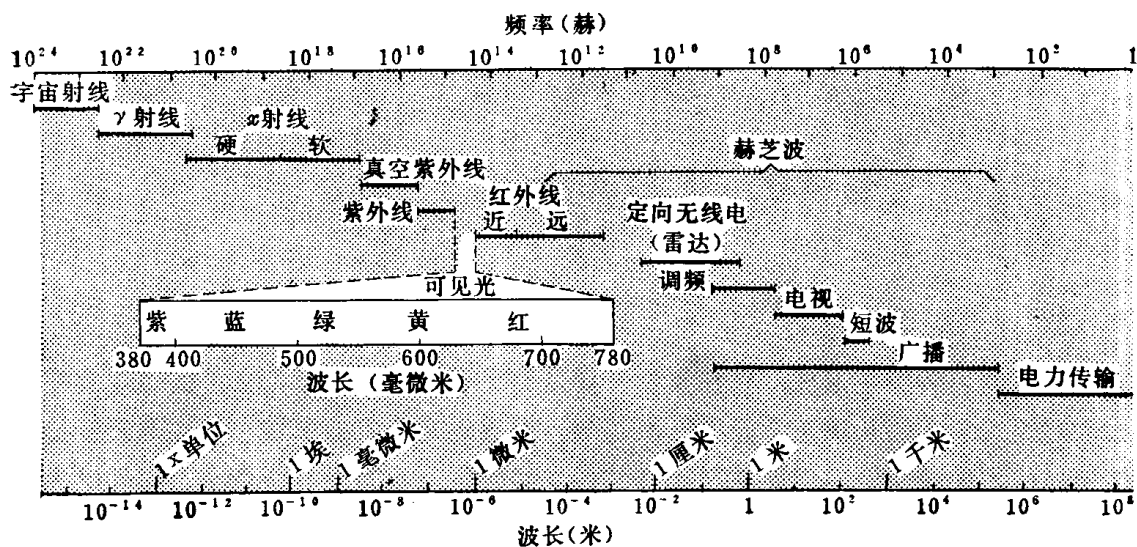


图 1-2 电磁波谱

外线的波段。这两个波段的电磁波虽然不能引起视觉，但它们的一些重要特性与可见光相似，它们和可见光一样是由原子和分子的电振动产生的，它们有共同的实验技术。所以，通常把紫外线、可见光和红外线统称为光（光学辐射）。

所有的电磁波在真空中传播时具有相同的传播速度，等于波长和频率的乘积，即

$$C = \lambda \nu \quad (1-1)$$

式中 C —— 电磁波在真空中的传播速度， $C = 299.7925 \times 10^8$ 米/秒；

λ —— 波长（米）；

ν —— 频率（赫）。

电磁波在媒质中传播时，其频率由辐射源决定而不随媒质而变，但波长和传播速度则随媒质而变。在媒质中电磁波的传播速度为

$$v = \frac{\lambda \nu}{n} \quad (1-2)$$

式中 v —— 电磁波在媒质中的传播速度（米/秒）；

n —— 媒质的折射率。

二、光子学说

二十世纪初爱因斯坦提出光子学说。这一学说认为，光是以一分一分集中能量的形式从辐射源发射，并在空间传播及与物质发生作用。这一分一分的光叫做光子。光子具有能量和动量，它在空间占有一定的位置，并作为一个整体以光速在空间移动。光子与实物粒子不同的地方是它没有静止质量。光子的能量等于

$$Q = h\nu \quad (1-3)$$

式中 Q —— 光子的能量（尔格）；

ν —— 光的振动频率（赫）；

h —— 普朗克常数, $h = 6.624 \times 10^{-27}$ 尔格·秒。

光子学说也得到许多实验的证实, 例如, 在光电效应等一些实验中, 光充分显示微粒——光子的特性。

光的电磁波学说和光子学说均得到许多实验的证实, 这说明光具有波动和粒子两重特性。在光的发射和光的作用的现象中, 光主要表现粒子特性, 而在传播现象中主要表现波动特性。就波长而言, 波长大的光显示波动特性, 而波长小的光显示粒子特性。

第二节 光 的 作 用

光投射到物质上将其能量传递给物质, 物质吸收了光能以后发生各种效应, 这叫做光的作用。光对物质的作用是各种光应用技术的基础, 在人类生活中具有十分重要的意义。

主要的光效应有下列几种。

一、热效应

热效应是光能被物质吸收后转化为热能, 这是最普遍的现象。几乎各种波长的电磁波被物体吸收后都可以转变为热能, 但在通常情况下, 不是所有被吸收的能量都变成热能, 有一部分光能可能产生别的效应。

热效应在加热和干燥技术中得到实际的应用。在照明装置中, 当安装功率较大时, 热效应成为一个工程问题, 需要适当考虑散热和排热措施。高功率照明装置运行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而变成热。可见光的绝大部分最终也被室内物体吸收而变成热。

二、光电效应

光电效应是物质在光的作用下发射电子(例如在光电管中)或发生电子的迁移(例如在硒光电池中)过程。在这些过程中光能以完整的一分分传递给受激发的电子。光子概念就是从这些现象中引导出来的。光电效应有很多重要的应用, 许多光的测量仪器是利用光电效应原理制造的, 例如, 利用外光电效应的光电管和利用半导体阻挡层光电效应的光电池, 是现代光测量仪器的主要构成元件。其它光电器件在工业自动化装置中也有重要的应用。

光电效应通常存在一种现象: 在功率相同的条件下, 不同波长的光产生的效应不同, 或者说波长不同时光接收器(如光电管)的灵敏度不同, 这种现象叫做光谱选择性。许多光电效应均具有明显的光谱选择性。

三、光化作用

光化作用是物质吸收光能后产生的化学反应。光化作用种类很多, 有物质的聚合作用, 也有物质的分解作用。光化反应对人类有特别重要的意义, 正是由于植物叶绿素的光合作用保证了自然界碳的循环, 使有机的生命得以在地球上长期生存。人的视觉过程也与光化学反应有关, 以光化理论为基础的视觉理论是照明技术理论的一部分。光对人体的生理作用也与光化反应有关。光, 特别是紫外线对人体的特殊生理作用是照明工程的一个特殊问题, 在长期缺乏自然光照射的工作场所(如地下厂房), 常需要考虑紫外线照射的补偿, 而在可

能发生紫外线过量照射的场合则需要考虑防护。

光化反应在工业生产和科学研究中也得到重要应用。

与光电效应相似，光化作用也经常表现明显的光谱选择性。

四、光致发光

光致发光是物质在光的激发下成为光源。例如荧光灯中的荧光粉受紫外线的激发而发光。光致发光在现代电光源制造中得到应用。

第三节 辐射度量与单位

在各种光的应用技术（包括照明技术）中，为了对光进行定量的测量和研究，规定了一系列的光的量与单位。光是能量的一种存在形式，光对物质的作用是与光能量的转化相关的，因此光的量主要是能量以及描写能量在时间或空间上分布的量。能量以电磁波或光子的形式发射或传播称为辐射。有时辐射一词指电磁波或光子，所以辐射量是指电磁波或光子的能量。在照明技术中，由于光作用于人的眼睛所产生的视觉的强度，不仅与光能量的大小有关，还与光的波长有关，因此，还采用了以光所产生的视觉强度为基础的量。这样，就实际存在着两种光的量与单位，一种以能量单位评价辐射的纯物理量，叫做辐射度量；一种以视觉效果评价辐射的量叫做光度量。光度量与辐射度量之间是有密切联系的，前者可从后者导出。

主要的辐射度量有下列几个：

一、辐射能

以电磁波或光子形式发射、传播或接收的能量叫做辐射能。以符号 Q_e 表示，其单位为焦耳、尔格等。

二、辐射通量

在单位时间内发射、传播或接收的辐射能叫做辐射通量。辐射通量以符号 ϕ_e 表示。根据定义

$$\phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad (1-4)$$

辐射通量就是辐射功率，它的单位为瓦、尔格/秒。

三、辐射强度

图1-3所示有一点源^①（或叫点辐射源、点光源）向四周空间发射辐射能，它在包含给定方向的立体角元（ $d\omega$ ）内所发射和传播的辐射通量（ $d\phi_e$ ）与立体角元之比称为点源在这个方向上的辐射强度 I_e 。

$$I_e = \frac{d\phi_e}{d\omega} \quad (1-5)$$

① 点源指其线度与源到接收器的距离比起来小得可以忽略的辐射源。

辐射强度用符号 I_e 表示。单位为瓦/球面度。

立体角用此角在以其顶点为球心的球面上所截取的面积与球半径的平方之比来量度，其单位为球面度。当立体角所截取的球面积等于球半径的平方时，此立体角为一单位立体角，即为1球面度。

在图1-3中，立体角元 $d\omega$ 等于

$$d\omega = \frac{dA}{r^2} \quad (1-6)$$

式中 dA ——立体角在球面上所截的面积；

r ——以立体角顶点为中心的球的半径。

四、辐射出射度

从表面上发出的辐射通量 ϕ_e 与该表面面积 A 之比称为该表面的辐射出射度 M_e 。

$$M_e = \frac{\phi_e}{A} \quad (1-7)$$

辐射出射度的单位为瓦/米²。

五、辐射照度

投射到某表面上的辐射通量 ϕ_e 与该表面面积 A 之比称为该表面的辐射照度 E_e 。

$$E_e = \frac{\phi_e}{A} \quad (1-8)$$

六、光谱辐射通量

一般而论，辐射源的辐射是一种复合辐射，即它包含各种波长成分。复合辐射依其波长成分分线光谱和连续光谱两种形式。所谓线光谱指辐射的成分只包含有限的几种波长，所谓连续光谱指辐射的成分包含无限多种波长。为了描写在连续光谱中各种波长的辐射通量的分布，引入光谱辐射通量的概念，它的定义是：在给定波长 λ 附近无限小范围内，辐射通量 $d\phi_e$ 与该波长范围 $d\lambda$ 之比称为该波长 λ 处的光谱辐射通量 $\phi_{e,\lambda}$ 。

$$\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda} \quad (1-9)$$

光谱辐射通量也可称为辐射通量的光谱集度。它是波长的函数，光谱辐射通量的单位为瓦/微米。

七、光谱辐射出射度和光谱辐射强度

光谱集度的概念可以用于其他辐射度量。

在给定波长 λ 附近无限小范围内，辐射出射度 dM_e 与该波长范围 $d\lambda$ 之比称为该波长 λ 处的光谱辐射出射度 $M_{e,\lambda}$ 。

$$M_{e,\lambda} = \frac{dM_e}{d\lambda} \quad (1-10)$$

光谱辐射出射度的单位为瓦/米²/微米。

在给定波长 λ 附近无限小范围内，辐射强度 dI_e 与该波长范围 $d\lambda$ 之比称为该波长 λ 处的光谱辐射强度 $I_{e,\lambda}$ 。

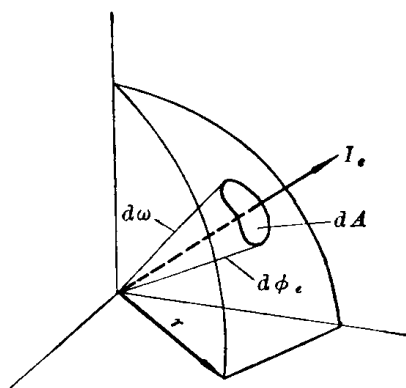


图 1-3 点源的辐射强度

$$I_{e,\lambda} = \frac{dI_e}{d\lambda} \quad (1-11)$$

光谱辐射强度的单位为瓦/球面度/微米。

八、辐射通量的光谱分布

辐射通量的光谱分布是光谱辐射通量与波长的函数关系。有时使用辐射通量的“相对光谱分布”，它是以光谱辐射通量的任意值为单位来表示光谱辐射通量。

用辐射通量的相对光谱分布（或辐射强度的相对光谱分布）来描述辐射体的光谱特性时称为相对光谱能量（功率）分布。它说明辐射体辐射的频率特性（成分和相对强度）。图1-4为国际照明委员会（CIE）的标准光源A、B、C、D₆₅的相对光谱辐射通量分布曲线。

制造厂通常以曲线的形式提供光源的相对光谱能量分布，它是光源的重要特性，它决定光源的另外两个特性——光色和显色性。

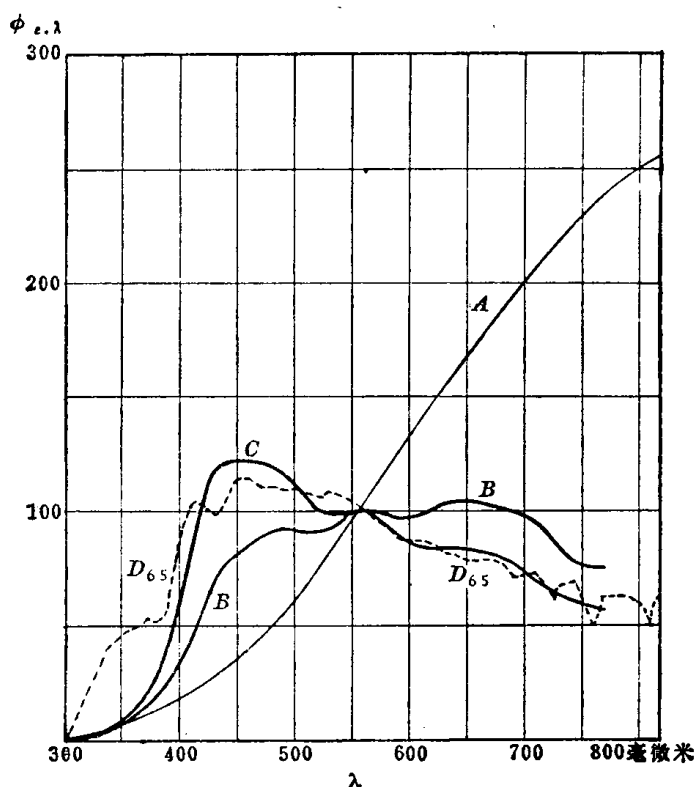


图 1-4 标准光源A、B、C、D₆₅的相对光谱能量分布

第四节 相对光谱光效率

人的视觉器官接受光的刺激而产生视觉。事实证明，光刺激所引起的视觉强度（光亮感觉的大小）不仅与光能量的大小有关，还与光的波长有关。也就是说，作为可见光探测

器的视觉器官对不同波长的光具有不同的灵敏度。例如对黄绿光灵敏度最大，而对红光或紫光灵敏度较小。要引起相同的光亮感觉，红光刺激比黄绿光刺激需要大得多的功率。

用光谱光效能这个概念来代表人眼的视觉灵敏度。它的意义是单位辐射通量产生的视觉强度，可用光通量与辐射通量之比来定义。光通量是按照视觉强度来评价的辐射通量。光谱光效能以符号 $K(\lambda)$ 表示。光谱光效能 $K(\lambda)$ 是波长的函数，并且存在最大值。例如，当光刺激的强度较大（明视觉）时，人眼对 $\lambda = 555$ 毫微米（即 $\nu = 540.0154 \times 10^{12}$ 赫）的单色光具有最大的光谱光效能 K_m 。因此，引用光谱光效率概念更为方便。光谱光效率（用符号 $V(\lambda)$ 表示）就是给定波长 λ 的光谱光效能 $K(\lambda)$ 与最大光谱光效能 K_m 之比

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (1-12)$$

式中 $K(\lambda)$ ——给定波长 λ 的光谱光效能；

K_m ——最大光谱光效能（在555毫微米波长下）；

$V(\lambda)$ ——给定波长 λ 的光谱光效率。

光谱光效率 $V(\lambda)$ 是波长的函数。

光谱光效率还与光刺激强度有关，当光刺激强度较小（暗视觉）时，光谱光效能 K 在 $\lambda = 507$ 毫微米处具有最大值，对不同的波长，有不同的光谱光效能和不同的光谱光效率值。

光谱光效率既然是评价人眼的视觉灵敏度的，就不可避免地存在着个人的差异性，因此光谱光效率值采用公认的“平均人眼”的数值。1924年和1951年CIE（国际照明委员会）根据有关研究先后提出明视觉和暗视觉的光谱光效率值（称为CIE标准光度观察者的光谱光效率值）。明视觉的光谱光效率 $V(\lambda)$ 已得到国际计量委员会的承认（1933年），而暗视觉的光谱光效率 $V'(\lambda)$ 也已由光度学与辐射度学咨询委员会作为建议提交国际计量委员会批准（1975年）。表1-1为CIE标准光度观察者的光谱光效率数值。

图1-5为对应于表1-1的人眼的光谱光效率曲线。实线为明视觉（正常人眼适应几个尼特亮度时的视觉）曲线，最大值在555毫微米波长处。虚线为暗视觉（正常人眼适应于百分之几尼特以下亮度时的视觉）曲线，最大值在507毫微米波长处。曲线表明，从明视觉过渡到暗视觉时，最大光谱光效率的波长移向短波，这一现象称为浦金耶位移现象。这种位移现象被认为与视网膜内两种视觉细胞（圆锥细胞和圆柱细胞）的工作特性有关。在明视觉条件下主要是圆锥细胞工作，而在暗视觉条件下主要是圆柱细胞工作。

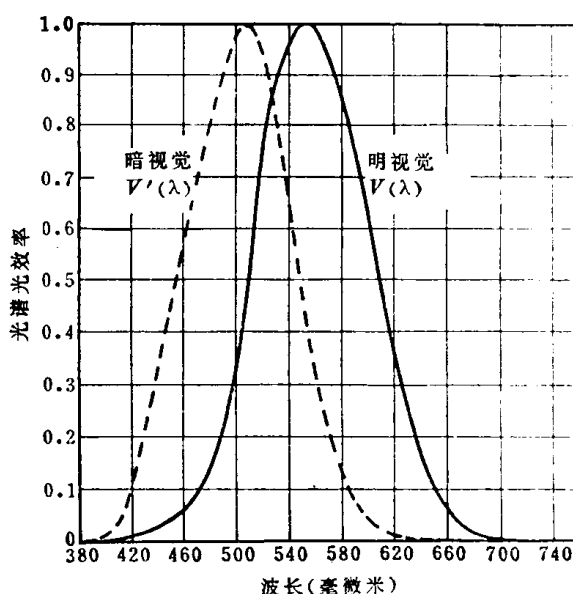


图 1-5 人眼的光谱光效率曲线

表 1-1

CIE 标准光度观察者的光谱光效率数值

波 长 (毫微米)	明 视 觉 $V(\lambda)$	暗 视 觉 $V'(\lambda)$	波 长 (毫微米)	明 视 觉 $V(\lambda)$	暗 视 觉 $V'(\lambda)$
380	0.0000	0.0006	590	0.7570	0.0655
390	0.0001	0.0022	600	0.6310	0.0332
400	0.0004	0.0093	610	0.5030	0.0159
410	0.0012	0.0348	620	0.3810	0.0074
420	0.0040	0.0966	630	0.2650	0.0033
430	0.0116	0.1998	640	0.1750	0.0015
440	0.0230	0.3281	650	0.1070	0.0007
450	0.0380	0.455	660	0.0610	0.0003
460	0.0600	0.567	670	0.0320	0.0001
470	0.0910	0.676	680	0.0170	0.00007
480	0.1390	0.793	690	0.0082	0.00004
490	0.2080	0.904	700	0.0041	0.00002
500	0.3230	0.982	710	0.0021	0.000009
510	0.5030	0.997	720	0.0010	0.000005
520	0.7100	0.935	730	0.0005	0.000003
530	0.8620	0.811	740	0.0003	0.000001
540	0.9540	0.650	750	0.0001	0.0000008
550	0.9950	0.481	760	0.00006	0.0000004
560	0.9950	0.3288	770	0.00003	0.0000002
570	0.9520	0.2076	780	0.00002	0.0000001
580	0.8700	0.1212			

明视觉曲线的最大值与太阳散射光能量分布（按波长的）曲线的最大值相近，这是人类眼睛在长期进化过程中最好地适应于感受太阳散射光刺激的结果。曲线在靠近红外线和紫外线两端逐渐趋向于零。

第五节 光 度 量 与 单 位

一、光通量

光通量是按照辐射对人眼视觉的作用（产生视觉的大小）来评价的辐射通量。人眼对辐射的反应具有选择性，它的光谱灵敏度由公认的标准光谱光效率 $V(\lambda)$ 确定。也可以这样说，光通量是由光谱灵敏度与人眼标准光谱光效率相同的探测器测量的有专用单位的辐射通量。

光通量用符号 ϕ_v 表示，脚标 v 表示它是一个视觉性的量（光度量）。下面介绍的其他光度量，也用脚标 v 表示。当不引起混淆时光度量的脚标 v 可以省略。光通量的单位为流明。

除非特别说明，光通量是指明视觉的，就是说是按明视觉的光谱光效率 $V(\lambda)$ 评价的。它与辐射通量的联系由下式确定

$$\phi = K_m \int \phi_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1-13)$$

式中 ϕ ——光通量（流明）；

$\phi_{e,\lambda}$ ——光谱辐射通量（瓦/微米）；

$V(\lambda)$ ——明视觉光谱光效率；

K_m ——最大光谱光效能（在555毫微米波长下）。

光通量是光度学的基本量。但是在国际单位制（SI）中，光度学的基本单位是光强度单位坎德拉；流明是一个导出单位，即具有均匀光强度1坎德拉的点光源在单位立体角（1球面度）内发射的光通量为1流明。

国际单位制虽然采用光强度单位——坎德拉为基本单位，但是光强度单位的定义存在一些缺点；而光通量概念较简单并易于理解，而且与熟知的物理量——功率相对应，所以国际光度学与辐射度学咨询委员会建议以光通量单位（流明）取代光强度单位（坎德拉）作为国际单位制的基本单位，并用与标准空气中555毫微米波长相对应的 540.0154×10^{12} 赫频率的单色辐射来定义，即流明是频率为 540.0154×10^{12} 赫、辐射通量为1/683瓦的单色辐射的光通量。

二、光量

光量（用符号 Q 表示）是光通量 ϕ 与其时程 t 的乘积

$$Q = \phi t \quad (1-14)$$

如果光通量随时间变化，则

$$Q = \int \phi dt \quad (1-15)$$

光量的单位为流明·秒或流明·时。光量可用以评价光源的使用价值。

三、光强度

光源发出的，并在包含给定方向的立体角元内传播的光通量 $d\phi$ ，与该立体角 $d\omega$ 之比，称为光源在给定方向的光强度（简称光强，用符号 I 表示）

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (1-16)$$

如果光源发射的光通量比较均匀时，可用下式计算给定方向上的光强

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (1-17)$$

式中 ω ——包含给定方向的立体角（球面度）；

ϕ ——在立体角 ω 内传播的光通量（流明）。

因球体包含的立体角 $\omega = 4\pi$ （球面度），所以，如果点光源向四周发射光通量，其平均球面光强为

$$I = \frac{\phi}{4\pi} \quad (1-18)$$

式中 ϕ ——光源向四周发射的总光通量（流明）。

光强的单位为坎德拉。它是国际单位制的基本单位，由光基准来定义。

四、光基准与 K_m 值

任何测量其实质都是将被测量与基准相比较，因此在光的测量中也必然要建立光基