

TV Lighting Technology
and Application

电视灯光技术

与应用



王京池 著



NLIC 2970698431

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE



电视灯光技术与应用



TV Lighting Technology and Application



NLIC 2970698431

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

电视灯光技术与应用 / 王京池著. —北京: 中国
广播电视出版社, 2010.6
ISBN 978-7-5043-6170-7

I. ①电… II. ①王… III. ①电视照明 IV.
①J914

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第100539号

电视灯光技术与应用

王京池 著

责任编辑 樊丽萍
装帧设计 丁琳
责任校对 张哲

出版发行 中国广播电视出版社
电 话 010-86093580 010-86093583
社 址 北京市西城区真武庙二条9号
邮 编 100045
网 址 www.crtip.com.cn
电子信箱 crt8@sina.com

经 销 全国各地新华书店
印 刷 高碑店市鑫宏源印刷包装有限责任公司

开 本 787毫米×1092毫米 1/16
字 数 543(千)字
印 张 23.5
插 页 4(面)
版 次 2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷
印 数 5000册

书 号 ISBN 978-7-5043-6170-7
定 价 56.00元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

前 言

现代科技的发展,提高了电视灯光的技术内涵。灯光技术的进步,为我们提供了高科技灯光设备,丰富了灯光艺术的创作手段。如何了解电视灯光技术,如何使用电视灯光设备,如何使用现代化灯光元素创作出优美的电视图像,是我们每一位灯光工作者的追求目标,也是本书写作的主要目的。

如果您对电视灯光技术还比较陌生,或者还不够深入了解,或者想进一步掌握和熟悉这方面的专业知识,本书将满足您的需求。让您认识电视灯光、了解电视灯光、掌握电视灯光设计的基本要领,使您成为电视灯光界的专家能手。这是本书写作的基本要求。

本书通过最通俗最易懂的语言,讲述最专业最有用的东西,用图文并茂的方式,把电视灯光的内容奉献给您。相信您一定能够获得最需要的专业知识。学知识学以致用,长本领事半功倍,当专家不求他人。这是本书写作的基本宗旨。

本书是作者从事电视灯光工作经验的总结,也是对大量技术数据的归纳和概括。本书从基础理论知识、专业系统设备、设计创意应用、录制安全技术等几个方面入手,讲解了电视灯光技术的基本知识,介绍了电视节目制作中的灯光系统,阐述了灯光设计的技巧以及电视灯光制作的新技术新理念。本书共分为23章91节。每个章节都是一个主题,在讲解基本理论概念的同时,特别强调应用。采用理论与实践紧密结合的写作手法,是本书的最大特点,也是作者的初衷。

在本书编写的过程中,我的同事赵贵华先生对第二十二章中有关视频技术的内容进行了审校,国际著名灯光设计师沙晓岚先生为本书提供了一些优美的图片,钟文庆先生——一位年轻有为的后生——为第二章计算机网络技术方面知识的搜集提供了帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免会有不当之处甚至错误,恳请专家和读者批评指正。

本书可作为电视灯光初学者的入门教材,也可作为相关专业在校大中专学生的参考资料,主要还是作为灯光专业人士的工作参考用书。

作 者

2010年2月于北京



目 录

第一章 光学基础 / 1

第一节 可见光的基本性质 / 1

第二节 光度学基本概念 / 4

第三节 色度学基本概念 / 11

第二章 计算机与网络基础 / 17

第一节 计算机技术的发展历程 / 17

第二节 计算机基础 / 18

第三节 计算机网络基础 / 25

第三章 人眼与摄像机 / 34

第一节 人的视觉原理 / 34

第二节 摄像机与人眼的不同 / 39

第三节 摄像机对灯光的特殊要求 / 40

第四章 光源与色温 / 45

第一节 光源及其分类 / 45

第二节 光源的颜色和色温 / 46

第三节 电光源 / 53

第四节 电视照明常用光源 / 59

第五节 半导体光源 / 69

第五章 普通灯具 / 78

第一节 普通灯具的概念与分类 / 78

第二节 聚光灯 / 82

第三节 泛光灯 / 88

第四节 效果灯 / 94

第五节 LED 灯 / 98

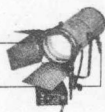
第六章	电脑效果灯 / 103
第一节	电脑效果灯的起源与分类 / 103
第二节	电脑灯 / 104
第三节	变色灯 / 112
第四节	染色灯 / 113
第五节	光束灯 / 113
第六节	数字媒体灯 / 114
第七节	激光灯 / 116
第八节	LED 电脑效果灯 / 119
第七章	灯光吊挂设备 / 121
第一节	吊挂设备的概念与分类 / 121
第二节	定位式吊挂设备 / 122
第三节	平移式灯具吊挂设备 / 126
第四节	单点提升机 / 129
第五节	流动性临时灯具吊装设备 / 131
第六节	支撑式挂架 / 134
第八章	调光控制设备 / 135
第一节	调光台 / 135
第二节	调光器 / 143
第九章	灯光配电系统 / 155
第一节	灯光配电系统的构成与分类 / 155
第二节	灯光配电设备 / 160
第三节	灯光配电系统的安全运行 / 168
第四节	灯光配电智能动态监控系统 / 172
第十章	灯光辅助设施器材 / 174
第一节	色纸 / 174
第二节	换色器 / 180
第三节	烟机 / 183
第四节	其他辅助器材 / 184
第十一章	电视演播室灯光系统设计 / 188
第一节	演播室灯光系统的基本要求 / 188
第二节	演播室灯光系统的设计内容 / 192
第三节	演播室灯光系统设计要点 / 198
第四节	虚拟演播室灯光系统的设计 / 205
第五节	LED 演播室灯光系统的设计 / 212
第六节	电视剧场灯光系统的设计 / 216
第十二章	演播室综合布线 / 220
第一节	综合布线的基本概念 / 220



- 第二节 电视演播室的综合布线 / 222
- 第十三章 调光控制系统 / 228
 - 第一节 模拟调光控制系统 / 228
 - 第二节 电脑调光控制系统 / 229
- 第十四章 演播室布光控制系统 / 234
 - 第一节 布光控制系统的发展 / 234
 - 第二节 模拟布光控制系统 / 235
 - 第三节 现代数字化布光控制系统 / 235
- 第十五章 电脑效果灯控制系统 / 241
 - 第一节 控制系统的组成 / 241
 - 第二节 电脑灯控制台 / 243
 - 第三节 电脑灯控制系统 / 246
- 第十六章 网络化灯光控制系统 / 251
 - 第一节 灯光控制系统网络化的概念 / 251
 - 第二节 灯光网络控制协议 / 252
 - 第三节 灯光控制系统网络化的发展和应用趋势 / 254
- 第十七章 灯光设备的维护保养 / 259
 - 第一节 控制系统的维护保养 / 259
 - 第二节 灯具的维护保养 / 262
 - 第三节 吊挂系统的维护保养 / 264
- 第十八章 灯光设计的基本元素与手段 / 266
 - 第一节 光位 / 266
 - 第二节 光质 / 271
 - 第三节 光型 / 272
 - 第四节 光色 / 274
 - 第五节 光束 / 276
 - 第六节 光比 / 277
 - 第七节 灯光设计的基本任务和手段 / 279
- 第十九章 灯光设计的基本方法 / 282
 - 第一节 布光的基本方法 / 282
 - 第二节 三点布光法 / 284
 - 第三节 虚拟演播室布光 / 291
 - 第四节 人物布光的基本程序和手法 / 293
- 第二十章 外景拍摄照明 / 296
 - 第一节 自然光的特性 / 296
 - 第二节 辅助照明器材 / 298
 - 第三节 外景拍摄与辅助照明 / 301
- 第二十一章 外场演出及综艺晚会灯光设计 / 310

第一节	系统构成与灯光设计要素 / 310	第二章
第二节	灯光设计内容 / 313	第三章
第三节	灯光的布置与控制工程 / 320	第四章
第四节	综艺节目灯光设计与制作流程 / 325	第五章
第二十二章	灯光效果与视频控制 / 329	第六章
第一节	电视摄像机 / 329	第七章
第二节	摄像机拍摄的照明环境 / 334	第八章
第三节	摄像机的调整与视频控制 / 338	第九章
第二十三章	灯光系统的安全操作 / 349	第十章
第一节	用电的安全 / 349	第十一章
第二节	灯光设备的安全使用 / 350	第十二章
第三节	安全管理 / 354	第十三章
第四节	播出安全 / 356	第十四章
第五节	人身安全 / 358	第十五章
附录 1	电视灯光常用英语词汇诠释 / 360	第十六章
附录 2	常用照明术语 / 365	第十七章

参考文献 / 366



第一章 光学基础

电视灯光技术是一门综合性技术，光学作为其中很重要的一部分，有些内容需要掌握和了解。从电视成像原理到人的视觉，从灯具的设计制造到人物场景的布光设计，无一不是以光学原理作为基础的，本章将简述一些常用的基本光学常识。

第一节 可见光的基本性质

一、光是一种电磁波

光是一种电磁波。可见光和宇宙射线、 γ 射线、X射线、紫外线、红外线、雷达、电视广播、调频广播、中短波广播、电力传输等都是电磁波这个大家族中的成员（见图 1.1.1）。

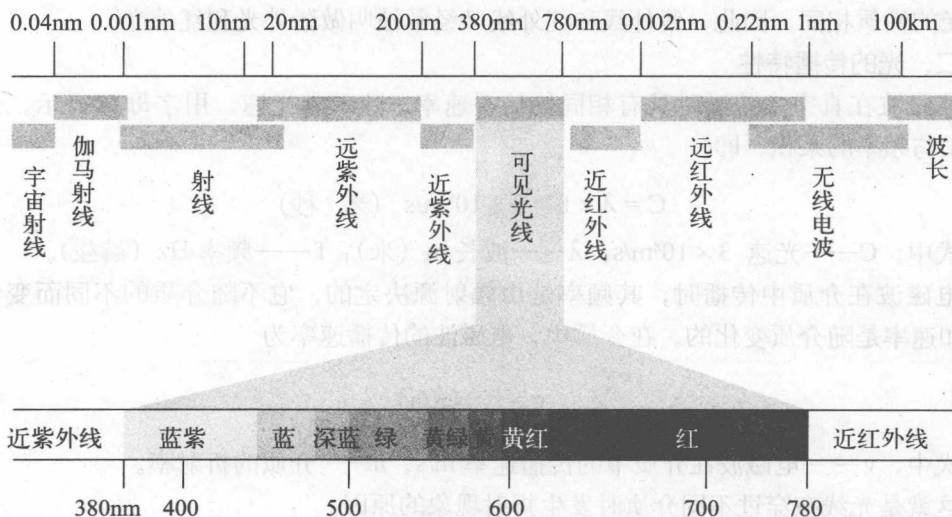


图 1.1.1 可见光是电磁波中的极小部分

在电磁波这个家族中，按波长（或频率）的不同来加以区分。波长（或频率）不同，它们的性质也就不同。在上述所列的电磁波中，宇宙射线的波长最短，电力传输的波长最长。可见光的波长范围是从 380nm 到 780nm（波长还有另一个长度表示单位埃，记为 $\text{\AA}$ ， $1\text{nm}=10\text{\AA}$ ）。表 1.1.1 列出了可见光附近的几种电磁波的波长。

表 1.1.1 可见光附近的几种电磁波

电磁辐射种类	波长范围	
无线电波	0.1m 以上	
红外线	780mm 以上	
可见光	红	640~780nm
	橙	590~640nm
	黄	550~590nm
	绿	492~550nm
	蓝	430~492nm
	紫	380~430nm
紫外线	10nm 以上, 380nm 以下	
X 射线	0.005nm 以上, 100nm 以下	
γ 射线	0.0005nm 以上, 0.1nm 以下	
宇宙射线	比 γ 射线更短	

在可见光范围内, 波长不同, 其显示的颜色也不同。波长从 380 nm 到 780 nm, 它们的颜色分别对应着紫、蓝、青、绿、黄、橙、红。波长比 380 nm 再短一些的“光”是人眼看不见的, 因为它们在光谱图紫光的“外边”, 被称为紫外线, 或紫外光。同样, 波长比 780 nm 更长一些的“光”也是看不见的, 被称为红外线, 或红外光。

原则上, 看得见的叫“光”, 看不见的叫“线”。由于紫外线和红外线在许多地方与可见光的性质相同, 因此, 紫外线和红外线又经常被叫做紫外光和红外光。

二、光的传播特性

电磁波在真空中传播时具有相同的传播速率, 这就是光速, 用字母 C 表示。光速等于波长与频率的乘积, 即

$$C = \lambda \times f = 3 \times 10^8 \text{m/s (米 / 秒)}$$

式中, C ——光速 $3 \times 10^8 \text{m/s}$; λ ——波长 m (米); f ——频率 Hz (赫兹)。

电磁波在介质中传播时, 其频率是由辐射源决定的, 它不随介质的不同而变化。但波长和速率是随介质变化的。在介质中, 电磁波的传播速率为

$$v = f \times (\lambda/n)$$

式中, v ——电磁波在介质中的传播速率 m/s , n ——介质的折射率。

这就是光线在穿过不同介质时发生折射现象的原因。

光在真空中或同一介质中是直线传播的, 由于大气的折射率近似为 1, 所以光在空气中的传播速率仍为 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

三、光的反射

光在两种物质分界面上改变传播方向又返回原来物质中的现象, 叫做光的反射。

光的反射定律: 在反射现象中, 反射光线、入射光线和法线都在同一个平面内, 反



射光线、入射光线分居法线两侧，反射角等于入射角。

之所以光的反射使我们能看到物体，实际上是物体的反射光在人眼视网膜上成像所致。反射有以下几种情况。

(一) 镜面反射

平行光线投射到光滑表面上时反射光线也是平行的，这种反射叫做镜面反射。在光亮平滑的类似镜表面形成的反射属于镜面反射。镜面反射光的光线强，易引起眩光。

(二) 定向扩散反射

又称为半镜面反射。因反射表面的微小差异，反射光线产生稍微扩散；反射光的集光程度仍可引起某种程度的眩光及视觉干扰，亦可使被照物呈现光泽感。

(三) 漫反射

平行光线射到凹凸不平的表面上，反射光线射向各个方向，这种反射叫做漫反射，即光通过一表面如平光白漆或水泥墙面，而呈全方向的反射现象。光线可造成一般的柔和感。

四、光的透射

入射光经过折射穿过物体后的出射现象称为透射。

被透射的物体为透明体或半透明体，如玻璃、滤色片等。若透明体是无色的，除少数光被反射外，大多数光均透过物体。为了表示透明体透过光的程度，通常用入射光通量与透后的光通量之比来表征物体的透光性质，称为光透射率。

(一) 直线或直接透射

可直接透射者为透明材质，由于部分被透射物吸收的缘故，透射光要比入射光减弱，但光的方向不变，即透射角等于入射角。

(二) 定向扩散透射

光通过半透明材质时，产生略微扩散现象，其光线方向维持基本不变。

(三) 漫透射

透射光朝各方向散开。光束透射后不可辨认。

五、光的折射

光从一种透明均匀物质斜射到另一种透明均匀物质中时，传播方向发生改变的现象叫做光的折射。

光的折射规律：入射光线、法线、折射光线在同一平面内，折射光线和入射光线分别位于法线两侧，当光线垂直入射时，折射光线、法线和入射光线在同一直线上。

六、光的吸收

光的吸收是指光在介质中传播时部分能量被介质吸收的现象。

光的吸收遵守如下规律

$$I = I_0 e^{-\alpha l}$$

式中， I_0 ——入射光强； I ——透射光强； L ——光在介质中通过的距离； α 称为吸收系数，与介质性质及波长有关。

上述规律先由 P·布给于 1729 年通过实验得到，后由 J·H·朗伯利用一个简单假设从

理论上推出，故称布给—朗伯定律。

若介质对光的吸收程度与波长无关，则称为一般吸收；若对某些波长或一定波长范围内的光有较强吸收，而对其他波长的光吸收较少，则称为选择吸收。大多数染料和有色物体的颜色都是选择吸收的结果。多数物质对光在一定波长范围内吸收较少（表现为对光透明），而在另一些波段内则对光有强烈吸收（表现为不透明）。

七、光的偏振

光波是横波，即光波矢量的振动方向垂直于光的传播方向。通常，光源发出的光波，其光波矢量的振动在垂直于光的传播方向上作无规则取向，但总体来说，在空间所有可能的方向上，光波矢量的分布可看作是机会均等的，它们的总和与光的传播方向是对称的，即光矢量具有轴对称性、均匀分布、各方向振动的振幅相同，这种光就称为自然光。

偏振光是指光矢量的振动方向不变，或具有某种规则的变化的光波。按照其性质，偏振光又可分为平面偏振光（线偏光）、圆偏振光和椭圆偏振光、部分偏振光几种。如果光波矢量的振动方向只局限在一确定的平面内，则这种偏振光称为平面偏振光；若轨迹在传播过程中为一直线，又称线偏振光。

若将光波只保留某一方向或在某一平面内允许其振动，光线强度就会减弱。这种使光波只朝某一平面振动传播的现象称为偏光。偏光材料的使用可降低反射眩光，改善工作环境的光能。例如，照相机所使用的偏光镜可滤掉不必要的反射光。

第二节 光度学基本概念

一、辐射通量

设光源表面 S （见图 1.2.1）向所有方向辐射出各种波长的光。此光源表面一个面积元 dS 的辐射情况，可以用单位时间内该面积元 dS 辐射出来的所有波长的光能量（也就是通过该面积的辐射功率）来表示，这就是面积元 dS 的辐射通量。可用 ϵ 来表示，单位为瓦特。

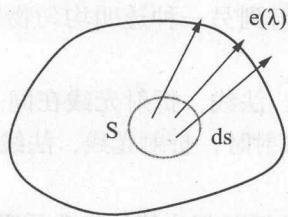


图 1.2.1 辐射通量示意图

光源上任一面积元的辐射通量，不同波长的光在其中所占的相对数值是不同的。为了表示光源面积元所辐射的不同波长的光的相对辐射通量，我们引入分布函数 $e(\lambda)$ 的概念。它就是在单位时间内通过光源面的某一波长附近的单位波长间隔内的光能量，是波长 λ 的函数，它又称谱辐射通量密度。



从光源面积元 dS 辐射出来的波长在 λ 到 $\lambda+d\lambda$ 间的光辐射通量为

$$d\epsilon_{\lambda, \lambda+d\lambda} = e(\lambda) d\lambda$$

于是, 从面积元 dS 发出的各种波长的光的总辐射通量为

$$\epsilon = \int_0^{\infty} e(\lambda) d\lambda$$

二、视见函数

辐射通量 ϵ 代表的是光源面积元在单位时间内辐射的总能量的多少, 而我们感兴趣的只是其中能够引起视觉的部分。相等的辐射通量, 由于波长不同, 人眼的感觉也不相同。为了研究客观的辐射通量与它们在人眼所引起的主观感觉强度之间的关系, 首先必须了解眼睛对各种不同波长的视觉灵敏度。人眼对黄绿色光最灵敏; 对红色和紫色光较差; 而对红外光和紫外光, 则无视觉反应。在引起强度相等的视觉情况下, 若所需的某一单色光的辐射通量愈小, 则说明人眼对该单色光的视觉灵敏度愈高。设任一波长为 λ 的光和波长为 $5550\text{\AA}$ (555nm) 的光, 产生相同亮暗视觉所需的辐射通量分别为 $\Delta\epsilon_{\lambda}$ 和 $\Delta\epsilon_{5550}$, 则比值称为视见函数。用下式表示

$$v(\lambda) = \frac{\Delta\epsilon_{5550}}{\Delta\epsilon_{\lambda}}$$

图 1.2.2 是明视觉和暗视觉的相对视见函数实验图线, 其纵坐标为视见函数。明视觉以 $v(\lambda)$ 表示, 暗视觉以 $v'(\lambda)$ 表示。暗视觉函数曲线的峰值向短波移动约 $500\text{\AA}$ (50nm), 当不同的单色光辐射通量能够产生相等强度的视觉时, $v(\lambda)$ 与这些单色光的辐射通量成反比。

根据多次对正常眼的测量, 当波长为 $5550\text{\AA}$ (555nm) 时, 曲线具有最大值。通常取这最大值作为单位 1。

例如, 对于 $6000\text{\AA}$ (600nm) 的波长来说, 视见函数的相对值是 0.631, 为了使它引起和 $5550\text{\AA}$ (555nm) 相等强度的视觉, 所需的辐射通量是 $5550\text{\AA}$ (555nm) 的 $1/0.631$ 倍, 即 16 倍左右。也就是说, 为产生同等强度的视

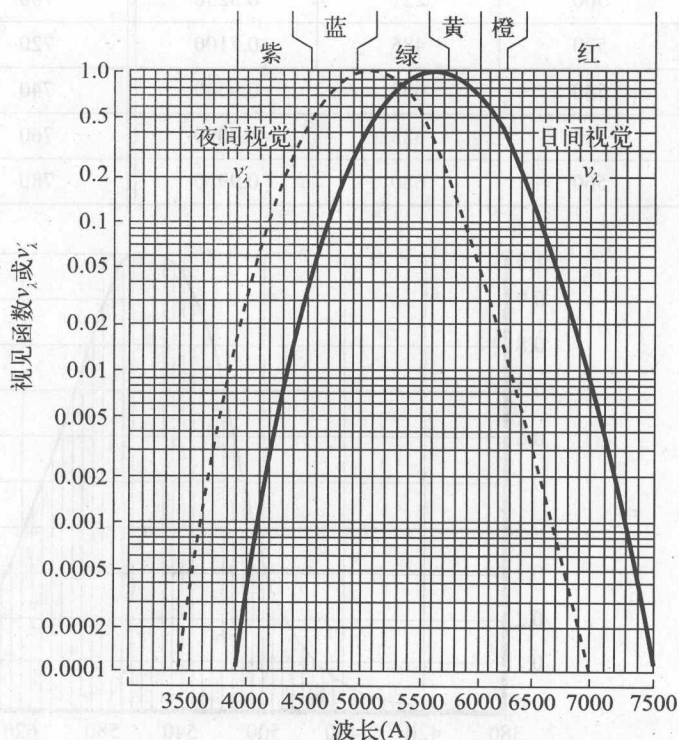


图 1.2.2 明视觉和暗视觉的相对视见函数实验图线

觉，视见函数 $v(\lambda)$ 与所需的辐射通量 $d\epsilon_\lambda$ 成反比。

在明亮的条件下，人眼对 5550Å (555nm) 的黄绿光最敏感，而偏离 5550Å (555nm) 的光，人眼看上去都要打“折扣”，而且偏离 5550Å (555nm) 越远，打的“折扣”越多。在昏暗的条件下，人眼对 5070Å (507nm) 的色光最敏感。

从 380 nm 到 780 nm 具有相等能量分布的光，人眼对不同波长的光感觉到的强度不一样的现象叫做人眼的光谱光效率。在明亮的条件下，叫明视觉光谱光效率；在昏暗的条件下，叫暗视觉光谱光效率。

表 1.2.1 列出了 CIE（国际照明委员会）测试的人眼明视觉光谱光效率的数值；图 1.2.3 是根据测试数据画成的曲线。

表 1.2.1 人眼的光谱光效率

波长 (nm)	光通量 (lm)	折扣率	波长 (nm)	光通量 (lm)	折扣率
380	0.000	0.0000	580	594	0.8700
400	0.27	0.0004	600	431	0.6310
420	2.73	0.0040	620	260	0.3810
440	15.7	0.0230	640	120	0.1750
460	41	0.0600	660	42	0.0610
480	95	0.1390	680	11.6	0.0170
500	221	0.3230	700	2.8	0.0041
520	485	0.7100	720	0.68	0.0010
540	652	0.9540	740	0.2	0.0003
555	683	1.0000	760	0.04	0.00006
560	680	0.9950	780	0.014	0.00002

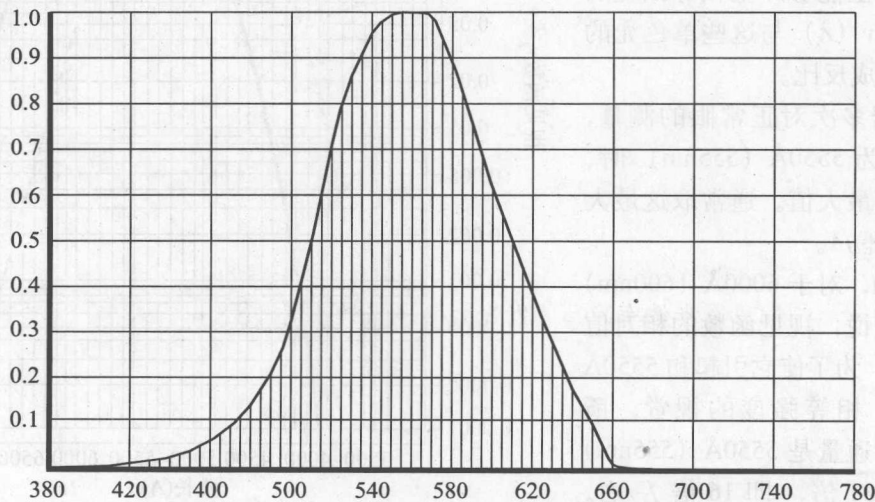
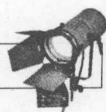


图 1.2.3 人眼的光谱光效率曲线



三、光通量

光通量表示光源表面的客观辐射通量对人眼引起的视觉强度,以 Φ 表示,它等于辐射通量与视见函数的乘积。在某一波长 λ 附近对于波长间隔为 $d\lambda$ 的单色光来讲,其光通量为

$$d\Phi_{\lambda} = k_m v(\lambda) d\varepsilon_{\lambda} = k(\lambda) e(\lambda) d\lambda$$

式中, $k(\lambda) = k_m v(\lambda)$; $k(\lambda)$ 称为光谱光视效能; k_m 为最大光视效能,简称最大光效率。

光通量和辐射通量具有相同的量纲,但在国际单位制中,辐射通量的单位为瓦,而光通量的单位为流明(lumen),单位代号:流明(lm)。

由上式可导出

$$k(\lambda) = d\Phi_{\lambda} / d\varepsilon_{\lambda}$$

光谱光效能 $k(\lambda)$ 其实是波长为 λ 的辐射的功光当量。换言之,波长为 λ 的1W辐射通量,相当于 $k(\lambda)(lm)$ 的光通量。而最大光谱光视效能 k_m 是指波长为5550 Å(555nm)辐射的功光当量,即 k_m 为最大功光当量。

国际单位制中 $k_m = 683 lm/W$ 。

单色光光通量的表示式可写为

$$d\Phi_{\lambda} = 683 v(\lambda) e(\lambda) d\lambda$$

复色光光通量表示式可写为

$$\Phi = \int d\Phi_{\lambda} = 683 \int_0^{\infty} v(\lambda) e(\lambda) d\lambda$$

电光源发出的总光通量 Φ 与电光源的耗电功率 P 之比 η ,称为电光源的遍计发光效率。它是衡量电光源工作性能的重要指标。即

$$\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{683 \int_0^{\infty} v(\lambda) e(\lambda) d\lambda}{P}$$

η 表示电源每耗电1W所发出光通量的流明数。

电光源的遍计发光效率都是不高的,这是因为输入光源的电功率不能全部转化为电磁辐射通量,而电磁辐射通量中又只有一部分落在可见光区的缘故。值得指出的是,遍计发光效率 η 和作为功光当量 $k(\lambda) = k_m v(\lambda)$ 的光效率在意义上是有区别的。一般电光源手册中通常将遍计发光效率简写为发光效率或光效率。

四、发光强度

发光强度是表征光源在一定方向范围内发出的光通量的空间分布的物理量,它可用点光源在单位立体角中发出的光通量的数值来量度,可表达为

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

式中, $d\Omega$ 是点光源在某一方向上所张的立体角元。

一般来说, 发光强度随方向而异, 用极坐标 (θ, ϕ) 来描写选定的方向时, $I_{\theta, \phi}$ 表示沿着该方向的发光强度。

在球坐标中, $d\Omega = \sin\theta d\theta d\phi$, 因而

$$d\Phi = I_{\theta, \phi} \cdot d\Omega = I_{\theta, \phi} \sin\theta d\theta d\phi$$

由点光源所发出的总通量为

$$\Phi = \int_0^\pi d\phi \int_0^\pi I_{\theta, \phi} \sin\theta d\theta$$

如果 I 不随 θ 和 ϕ 而变化 (均匀发光体), 则得总光通量

$$\Phi = 4\pi I$$

总光通量表征光源的特性。对于指定的发光体, 光具组不能增加总光通量, 光具组的作用只是把光通量重新分配。例如, 使它比较集中在某些选定的方向上, 而相应地减小其他某些方向的发光强度。

在国际单位制中, 发光强度的单位为坎德拉 (Candela), 单位代号: 坎 (cd)。1979 年第 16 届国际计量大会 (决议 3) 规定坎德拉的定义为: “坎德拉是一光源在给定方向上的发光强度, 该光源发出频率为 $540 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的单色辐射, 而且在此方向上的辐射强度为 $(1/683) \text{ W / sr}$ 。” 此处 sr 为球面度。空气中波长为 $5550 \text{ \AA}$ (555 nm) 明视觉的视见函数为 1 的辐射对应的频率为 $5400086 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 。略去尾数, 则坎德拉新定义中的频率实际上就是明视觉最灵敏谱线的频率。

值得指出的是, 在国际单位制中, 发光强度的单位是国际单位制中七个基本单位之一, 光度学中其他单位均为导出单位。

五、照度

照度是表征受照面被照明程度的物理量, 它可用落在受照物体单位面积上的光通量数值来度量。如果照射在物体面元 $d\sigma$ 上的光通量为 $d\Phi$, 则照度 E 可表达为

$$E = \frac{d\Phi}{d\sigma}$$

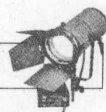
对点光源来说 $d\Phi = Id\Omega$, 因而照度

$$E = \frac{Id\Omega}{d\sigma} = \frac{I \cos\alpha}{R^2}$$

式中 R 为点光源距受光物体元面积 $d\sigma$ 中心的距离。

由此可见, 点光源所造成的照度反比于光源到受照面的距离的平方, 而正比于光束的轴线方向与受照面法线间夹角 α 的余弦。因为在大多数情况下, 物体不是自己发光的, 所以照度有重要的意义。照度的单位称为勒克斯 (lux), 单位代号: 勒 (lx)。它是 1 lm 的光通量均匀分布在 1 m^2 的表面上所产生的照度。照度的另一单位辐透 (ph)。 $1 \text{ ph} = 1 \text{ lm} / \text{cm}^2$, 故

$$1 \text{ ph} = 10^4 \text{ lx}$$



下面列举了一些实际情况下的光照度值 (单位: lm/m^2 或 lx):

无月夜天光在地面上所产生的照度 3×10^{-4}

接近天顶的满月在地面所产生的照度 0.2

办公室工作时所必须的照度 20~100

晴朗的夏日在采光良好的室内的照度 100~500

夏日太阳不直接射到露天地面的照度 1000~10000

单位面积的面元发出的总光通量称为面光源的出射度, 以 M 表示。对于面光源, 考察其面元 dS , 如果 dS 沿各方向发出的总光通量为 $d\Phi$, 则

$$M = \frac{d\Phi}{dS}$$

面光源出射度的单位也是勒克斯或辐透。由于出射度和照度有相同的量纲和类似的定义, 故可将它称为功率密度。值得指出的是, 照度中的光通量是面元所接收的光通量, 而出射度中的光通量是面元所辐射的光通量。

照度是一个向量, 照度分为水平照度、垂直照度、径向照度。水平照度是与水平面垂直的照度, 它的方向是与地面垂直的; 垂直照度是与垂直面垂直的照度, 其方向是水平的。从光源到任何测试点的照度称为径向照度; 径向照度可分解为水平分量和垂直分量, 见图 1.2.4。

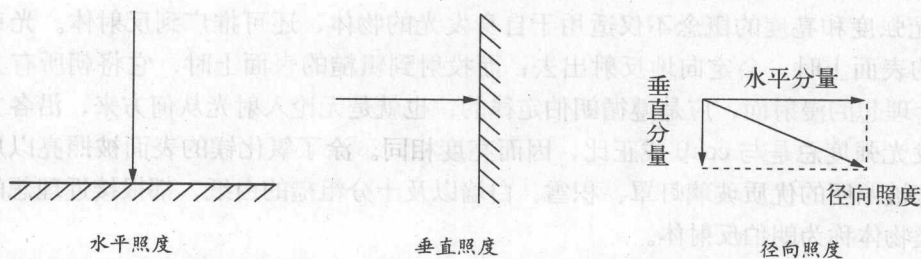


图 1.2.4 水平照度、垂直照度和径向照度示意图

六、亮度

在发光体的线度远小于光源到观察点的距离, 即发光体实际线度大小可以忽略不计时, 点光源才有意义。对于实际的扩展光源来说, 应该把它的表面分成无数面元, 同时分出这样的—个光束: 它从某一面元 dS 出发, 包围在一个立体角 $d\Omega$ 内; 这光束的轴线与 dS 的法线 N 成一个角度 θ (见图 1.2.5)。

在光束轴线的方向上, 面元的表观面积是 $dS \cos \theta$ 。朗伯首先由实验发现对许多发光体 (不是所有发光体) 来说, 在立体角 $d\Omega$ 中发射出的光通

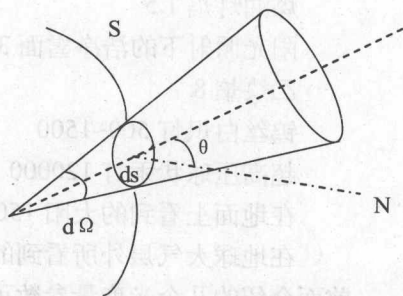


图 1.2.5 光源亮度示意图