

照明艺术与科学

照明设计基础

周波 林湧金 编著

西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

1 光源
Light Source

2 灯具
Light Fitting

3 照明设计组成
Components of Lighting Design

LIGHTING Art and Science Foundation of Lighting DESIGN

4 照明管理系统
Lighting Management System

5 人造光与自然光
Artificial Light and Daylight

6 照明的场景
Lighting Scene

7 人与照明
Lighting and People

8 照明文化
Lighting Culture

9 附录
Appendix

照明艺术与科学

照明设计基础

周 波 林湧金 编著

LIGHTING Art and Science Foundation of Lighting DESIGN



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

照明设计基础 / 周波, 林湧金编著. — 重庆: 西南师范大学出版社, 2019.5

ISBN 978-7-5621-7572-8

I. ①照… II. ①周… ②林… III. ①照明设计—基本知识 IV. ①TU113.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 183575 号

照明艺术与科学

照明设计基础

ZHAOMING SHEJI JICHU

周 波 林湧金 编著

责任编辑: 王 煤 徐庆兰

装帧设计: 重庆三驾马车文化创意设计有限公司

出版发行: 西南师范大学出版社

地址: 重庆市北碚区天生路2号

邮编: 400715

网址: www.xscbs.com

制 版: 重庆海阔特数码分色彩印有限公司

印 刷: 重庆康豪彩印有限公司

幅面尺寸: 200 mm × 270 mm

印 张: 7.5

字 数: 200千字

版 次: 2019年5月 第1版

印 次: 2019年5月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5621-7572-8

定 价: 49.00元

序

Preface

照明技术是人类社会文明发展史上不可缺少的一部分。人类发现火的使用以来，从远古洞穴的篝火和火把，到现代社会多种多样的照明方式，人类对照明光源的探索和使用有了巨大的进步和变化。发现照明原理和创造照明工具与方法使人类告别了依靠自然照明为主的日出而作、日落而息的简单生活，人类可以夜以继日、超越自然昼夜的限制，不断地开创新的生活方式和审美理念。

人类最初对照明观念的认识和实际应用仅仅局限于以此改善人类的生存状态，满足自我生存的需求，扩大自身可视的时间和空间。现代社会，随着人类可视性时间和空间的改变和扩大，以及科学技术的不断发展，人类对照明的理念也在不断进步和变化，对照明光源、设备和技法的要求也变得更加丰富多样。照明不仅是一门技术，而且是一门艺术，是技术发展和艺术精神的综合表现方式。无论是中国元宵节的张灯结彩，还是西方圣诞节的火树银花，处处体现着照明的技术应用与特定的艺术文化精神之间的关联。

人类物质和文化生活的历史、现实和未来都离不开照明技术和艺术。在提倡发展生态文明的今天，我们的照明理念和技术也不断受到新的挑战，比如

照明技术上强化节能和推行类似LED技术的普及等。如何使未来的照明技术更具有反映生态文明和环境保护的技术和艺术特征，是需要我们所有照明设计师共同关心的问题。

为促进我国照明技术和艺术的发展，我们需要不断从理论和实践方面对其进行总结和探讨。我国高等院校也应该更多地肩负起为社会培养这方面合格人员的责任，以适应社会发展的需要。高等院校有必要设置更多的照明灯光设计专业，同时也需要规划和编写一系列与此相关的专业基础知识教材，并能结合相关案例对此进行探讨和研究。

由我院教师周波牵头编写的“照明艺术与科学”丛书正是以此为目标的尝试。本丛书共有四册，分别为《照明设计基础》《室内空间照明设计》《建筑照明设计》《灯具造型设计》。丛书关注艺术与科学的结合，并引用大量优秀的设计案例，对其进行描述和分析，使读者能够结合实际情况学习，有的放矢，增进和加深对照明设计发展现状的认识和了解。

没有照明，我们从生活到艺术都将永远停留在黑暗之中。



四川美术学院 郝大鹏

前言

Foreword

照明具有非常悠久的历史,而照明设计却是一个崭新的行业。科学若要进步和发展,离不开三个重要因素:一是总结前人经验,二是借鉴当今中外先进技术,三是不断培养造就人才。本书集此三要素,积累和吸取了中外照明的多种知识成果,为我国高校培养照明设计专业人员提供了一本专业基础教材。

在编写本教材的过程中,我们参考和梳理了大量相关方面的知识和案例,着重于照明的技术和艺术两个方面的介绍。作为一种新的合作尝试,我们邀请了从事照明设计专业工作的职业设计师和在艺术院校任教的专职教师共同参与本书的编写工作,使得本书具有了丰富的实践经验和大量知识信息。我相信这样合作的结果会更加有利于该专业的学习和引导,使教学能更好地契合照明技术的现状和未来发展。

本书着重于照明设计基础知识的介绍,尽管其中涉及其他专业的知识也相当多。我们主要从两方面来介绍照明知识:技术基础方面主要是针对初步接触和学习照明设计的读者,而照明艺术方面则是面向更广阔的照明应用和创造光空间的领域。

持此书付梓之时,编者感谢为本书提供资料、咨询和支持的众多专家和学者。在未来的教学与研究中,希望大家能够继续给予启迪和帮助,以共同建立、推进和完善培养我国照明人才的大业。编者要特别感谢参与编著和提供帮助的如下团队及个人(排名不分先后):索氏照明设计事务所(索斌、索勇)、谱迪设计(林湧金、梁晓焱、江一、林亮光、周炳炎)、四川美术学院(王玉龙)、Guzzini(刘志恒)等。

没有集体的智慧和参与就不会有本书的问世。执笔分工:林湧金(第一章),梁晓焱(第二章),周波(第三章),周炳炎、刘志恒(第四章),林湧金(第五章),江一(第六章),林湧金、周波(第七章),周波、梁晓焱(第八章)。

周波

目录

Contents

第1章 光源

01	光源的介绍	2
02	光源的历史及发展	3
03	主要的光源类型	4
04	光源的主要术语	4
05	光源知识	8

第2章 灯具

01	灯具的由来与发展	18
02	灯具的概述	20
03	灯具的分类	22
04	灯具的配光	24

第3章 照明设计组成

01	委托和契约——照明设计工作的前期管理	32
02	基础设计——照明设计工作的开始	32
03	实施设计——照明设计工作的过程	35
04	监督管理——照明设计工作的过程	36
05	记录存档——照明设计工作的完成	37

第四章 照明管理系统

01 电气照明系统	39
02 照明控制系统	17
03 LED灯光动态控制系统	58

第五章 人造光与自然光

01 视觉层次	61
02 光的控制和变化	69
03 自然光的混合使用	73

第六章 照明的场景

01 照明语言	78
02 照明表情	79
03 照明气氛	80

第七章 人与照明

01 建筑照明与生活	86
02 灯光的舒适性和安全性	88
03 案例分析	92

第八章 照明文化

01 照明文化之人	98
02 照明文化之历史	100
03 照明文化之地域——东西方的照明文化	102

附录

1

第 1 章
Chapter 1

光源

Light Source

01

光源的介绍

光源是指发光的启动装置,这是通常的电气光源的定义。

尽管部分光源如蜡烛、火柴及煤油灯等,仍属于光源的一部分,但更多形容光源的词语,如灯(或灯泡)、光源等,这些一般都指人造电光源。由人造电光源组合构成的夜景给生活在城市中的人们美好的视觉盛宴。(图1-1~图1-5)

图 1-1

由人工堆积成的火堆为人们的户外活动提供照明及安全保护。

图 1-2

对酒精或煤油燃烧使用的器材进行精心的设计加工,并与室内空间结合,会产生特别的效果,保证了一定的照明和热量的供应。

图 1-3

经过设计师或艺术工匠精心打造的钨丝灯泡。

图 1-4

由玻璃和灯泡组成错落的艺术装饰灯,在提供照明的同时,也起到良好的装饰效果。

图 1-5

蜡烛光配合安全美观的玻璃灯箱,产生柔和、温暖、舒适的光效果,同时结合嵌入式天花板下照灯,营造良好的灯光氛围,常常被用于给顾客提供更好的休闲环境——酒店、会所等场所。



图 1-1



图 1-2



图 1-3



图 1-4



图 1-5

02

光源的历史及发展

自从有人类历史以来,人类就一直对人工光源进行探索发现。到目前为止,人类仍未停止研究发明的步伐。从人类发现并使用钻木取火,到使用火柴、火器,再到使用煤油灯,是光源的初步发展阶段。

促进工业发展及现代化的电气发展史

1854年,约翰·海里因希·戈贝尔(Johann Heinrich Goebel)利用气体放电产生光。

1879年,发明家托马斯·阿尔瓦·爱迪生(Thomas Alva Edison)发明碳丝灯泡,使用真空玻璃。

1882年,开始卤钨化学笔循环降低灯泡发黑的研究。1959年,第一个商业实用型卤钨灯开发成功。

1882年,德国西门子首先开始生产灯泡。

1883年,爱迪生与斯旺合组公司为Ediswan。

1891年,荷兰飞利浦公司成立,主要生产白炽灯泡。

1901年,库柏·休伊特(Cooper Hewitt)研发低压水银电灯。

1910年,乔治·克劳德(George Claude)研发霓虹管(Neon tube)。

1932年,安德烈·克劳德(Andre Claude)发明荧光灯,1934年至1935年,首批实验荧光灯在美国GE(通用电气公司)和德国欧司朗公司生产制造。

1940年,普通型荧光灯泡迅速普及。

1961年,美国公司德州仪器的罗比特·比亚尔(Robert Biard)与加里·皮特曼(Gary Pittman)首次发现了砷化镓及其他半导体合金的红外放射作用。

1962年,通用电气公司的尼克·何伦亚克(Nick Holonyak Jr.)开发出第一种可实际应用的可见光,并制成发光二极管。

1964年,发明金属卤化物灯(Metal Halide Lamp)、高压钠灯(High Pressure Sodium),各大公司相继推出,此类灯得到迅速的发展和应用。

1980年,飞利浦公司推出紧凑型荧光灯(Compact Fluorescent Lamp)。

1993年,在日本日亚化学工业中工作的中村修二(Shuji Nakamura)成功把镁掺入,创造出了基于宽能隙半导体材料氮化镓和氮化铟镓、具有商业应用价值的蓝光发光二极管。

有了蓝光发光二极管后,白光发光二极管也随即面世,之后LED便朝着增加光度的方向发展。当时,一般的LED工作功率都小于 $30\text{ mW} \sim 60\text{ mW}$ 。1999年,输入功率达 1 W 的发光二极管商品化。这些发光二极管都以特大的半导体芯片来处理高电能输入的问题,而半导体芯片都是被固定在金属片上,以助散热。

2002年,市场上开始有 5 W 的发光二极管出现,而其效率大约是 $18\text{ lm/W} \sim 22\text{ lm/W}$ 。

2003年9月,科锐公司展示了其新款的蓝光发光二极管,在 20 mA 下效率达 35% 。他们亦制造了一款效率高达 65 lm/W 的白光发光二极管,这是当时市场上最亮的白光发光二极管。2005年他们展示了一款白光发光二极管,在 350 mA 下创下了 70 lm/W 的纪录性效率。

2009年2月,日本发光二极管厂商日亚化工发明了效率高达 249 lm/W (此乃实验室数据)的发光二极管。

2010年2月,Philips Lumileds发明了一个白色的LED,在受控的实验室环境内,以标准测试条件及 350 mA 电流推动下得出 208 lm/W 的效率,但由于该公司没有透露当时的偏置电压,所以未能得知其功率。

2012年4月,科锐公司推出 254 lm/W 光效。

03

主要的光源类型

光源的类型

一、热辐射

Thermal Radiation

白炽灯	Incandescent Lamp
卤钨灯	Halogen Tungsten Lamp

二、气体放电灯

Gas Discharge Lamp

荧光灯	Fluorescent Lamp
冷阴极管	Cold-Cathode Tube
高强气体放电灯	High Intensity Discharge Lamp

三、电致发光

Electroluminescence

发光二极管	Light-Emitting Diode (LED)
-------	----------------------------

04

光源的主要术语

如何更好地了解和使用光源? 从灯光设计专业上讲, 选择适当光源, 必须考虑光源的光色、光效、寿命、后期维护等因素, 还要结合其他配件, 如电器、反射器的情况 (在其他章节会另外说明) 综合考虑。一些相关的内容请查看第六章中的“照明语言”。

功率

这里的功率是指电功率, 即表示物体做功快慢的物理量。电功率计算公式 $P=w/t$ 。P 表示功率, 单位是“瓦特”, 简称“瓦”, 用 W 表示; w 表示功, 单位是“焦耳”,

整个人造光源 (图 1-6、图 1-7) 的发展过程, 主要是研究光源发光效率的改进。灯泡技术的改善主要追求以下三个目标: 追求最佳的发光效率, 更为真实的光色, 更长时间的寿命。

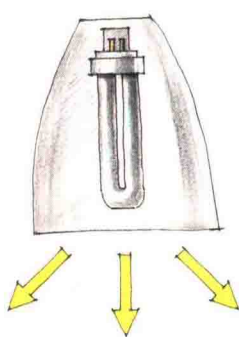


图 1-6

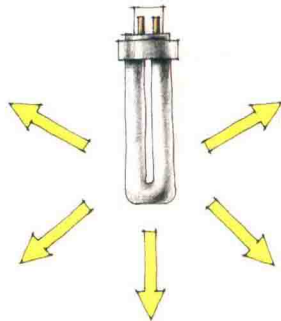


图 1-7

简称“焦”, 用 J 表示; 时间是“t”, 单位“秒”, 用 s 表示。我们常见的功率单位是千瓦 (kW), $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$, 用 1 秒做完 1000 焦耳的功, 其功率就是 1 kW。

电压

电压 (Voltage), 也称作电势差, 是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量。电压的国际单位制为伏特 (V), 常用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等。如果电压的大小及方向都不随时间变化, 则称之为稳恒电压或恒定电压, 简称“直

流电压”，用大写字母 U 表示。如果电压的大小及方向随时间变化，则称为变动电压。对电路分析来说，一种最为重要的变动电压是正弦交流电压（简称“交流电压”），其大小及方向均随时间按正弦规律做周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 或 $u(t)$ 表示。在电路中提供电压的装置是电源。

光通量、光强度

光通量 (Luminous flux) 是一种表示光的功率的单位，国际单位为流明 (lm)，指单位时间内光源所发出的光能。光强度或发光强度 (Luminous intensity)，是指光源所发出的在给定方向上单位立体角内的光通量，用大写字母 I 表示。

光色及光谱

光色由光源所发出的可见光的光谱组成决定其颜色，以色温表示。色温是表示光源光谱质量最通用的指标。光源的色温是通过对比它的色彩和理论的热黑体辐射体来确定的。热黑体辐射体与光源的色彩相匹配时的开尔文温度就是那个光源的色温，单位为开尔文 (K)。其单位是以发明者——爱尔兰第一代开尔文男爵 (Lord Kelvin) 的头衔命名的。

通常，色温小于 3300 K 的称为暖光，3300 K ~ 5300 K 的称为自然白光或暖白光，大于 5300 K 的称为冷白光。(图 1-8)

光谱是依据光的波长(或频率)大小顺次排列形成的图案。光谱中最大的一部分可见光谱是电磁波谱中人眼可见的一部分，在这个波长范围内的电磁辐射被称作可见光。(图 1-9 ~ 图 1-11)

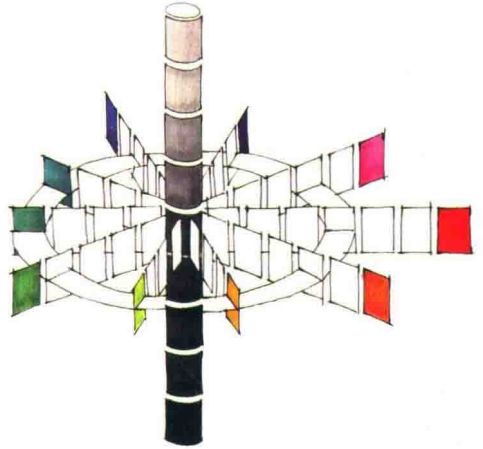


图 1-9 CIE 系统

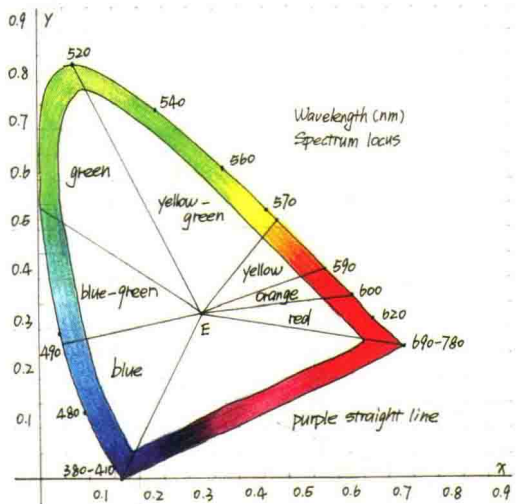
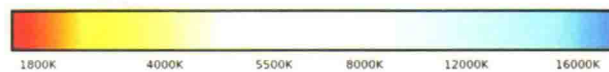


图 1-10 孟塞尔系统



光色	色温 (K)
暖光	< 3300 K
暖白光	3300 K-5300 K
冷白光	> 5300 K

图 1-8

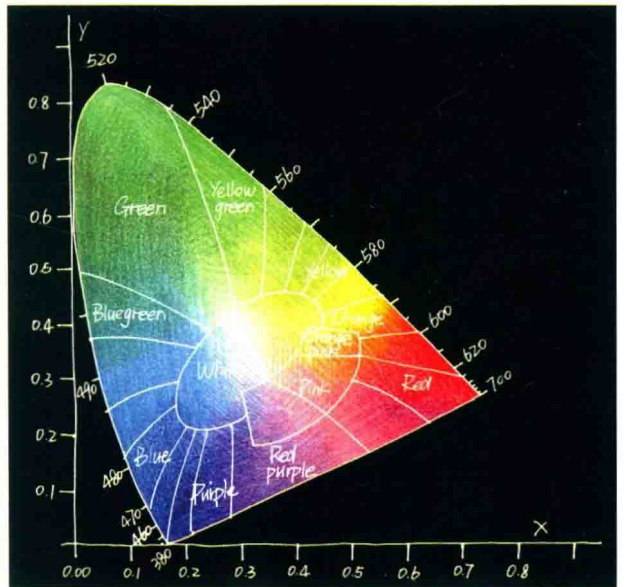


图 1-11 光谱图

色温常见应用及例子 (图 1-12 ~ 图 1-15)



图 1-12 冷白光



图 1-13 暖白光



图 1-14 暖光

Cool	Winter	White	Morning sunshine	Warm	Candle	Warm
冷酷	冬天	自然白光	早晨阳光	暖光	蜡烛	温暖
Modern	7000 K ~ 7500 K	4300 K ~ 5000 K	4000 K	3000 K	1800 K	Classical
现代	Sunlight					古典
Commerce	日光					Elegant
商业	6000 K					高雅

图 1-15

显色指数 (显色性)

显色指数 (Color Rendering Index, CRI) 是指光源平均对可见色彩的显色指数提供对比的参考值。

发光效率

发光效率 (Luminous Efficiency) 和 CIE (国际照明委员会) 规定显色指数分为特殊显色指数 (Ri) 和一般显色指数 (Ra)。一般是用光源发光的光通量大小与所发出光通量使用的单位电力的比值, 即光源所发出的光通量除以其耗电量, 用来说明该光源的发光效率, 简称“光效”, 单位为 lm/W (Lumens Per Watt, LPW)。

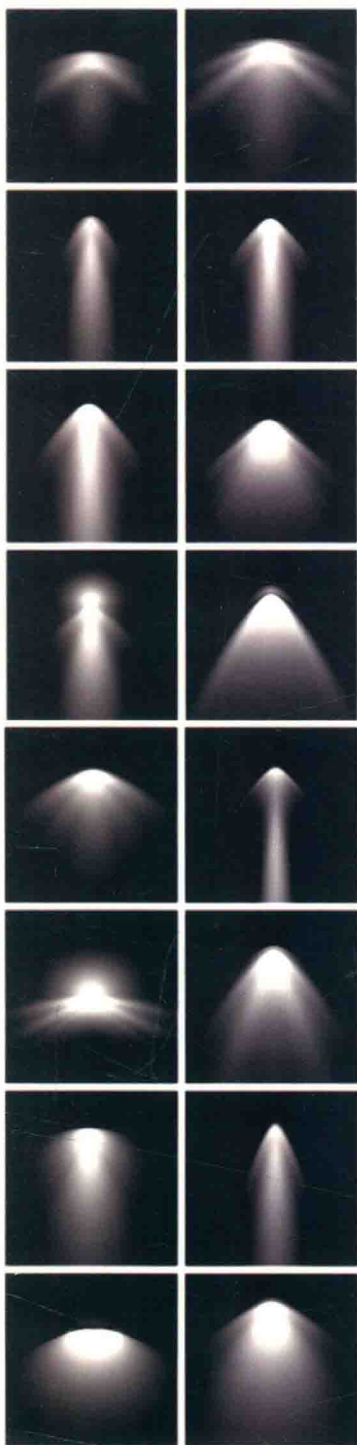


图 1-16

光源寿命

光源的使用寿命依据制造商与实际操作情况以及光源发光特性而定，通常采用的寿命说明有平均寿命和经济寿命两种。

平均寿命。灯泡的寿命依据各种特性不同，即使同种灯泡也受制造过程、材料、工艺和环境因素影响。将一定数量的灯泡在同样稳定的输入电压下同时点亮，直到 50% 的灯泡被烧坏时的总点灯时数，以小时计的平均值，被称为平均寿命。

经济寿命。部分灯泡的寿命很长，但由于长期使用，导致光输出减少、光色衰变、光效降低，造成能源使用上的不经济。所以一般在标准的场所与环境下，灯泡光通量衰减至 60% ~ 80% 时的总点灯时数被称为经济寿命。

注意，由于每个灯泡品牌厂家在使用寿命上面的测试情况不同，在照明设计和使用中，需要清楚地了解实际情况，给出合理的维护方案。

灯头规格

灯头是支持固定灯泡的灯座，并起着导电到灯泡的功能。灯头需固定好灯泡，有部分灯泡需要散热功能，好的灯头可以增加灯泡寿命，最为重要的还是其安全性，即耐热性和非可燃性。灯头规格是指灯头固定座的大小、造型、安装方式等的统一型号。由于灯泡厂家有很多，为避免过于散乱，一般灯头规格都有国际的规范。（详见附录一）

光束角

光束角 (Beam Angle) 对称于光束主轴，在两个相反方向的发光强度恰为最大值 50% 时所形成的夹角，称为该光源的光束角。（图 1-16、图 1-17）

依据国际标准，光束角的标注可分为：

超窄角 (Very Narrow Spot, VNSP) $< 5^\circ$

窄角 (Narrow Spot, NSP) $5^\circ \sim 10^\circ$

中角 (Spot, SP or Narrow Flood, NFL) $10^\circ \sim 25^\circ$

广角 (Flood, FL) $25^\circ \sim 40^\circ$

超广角 (Wide Flood, WFL) $> 40^\circ$

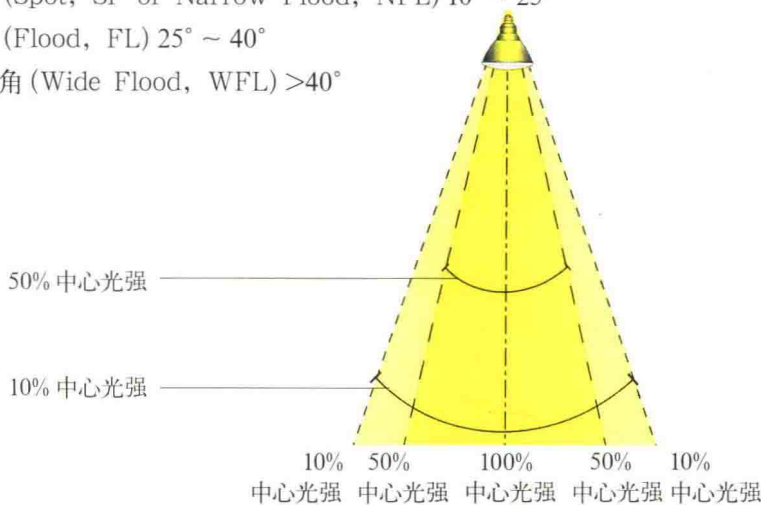


图 1-17

05

光源知识

白炽灯

1879年,爱迪生发明了灯泡并将其推广为普通商品。在此后100多年的时间里,灯泡的制作材料从一根细小的碳丝发展到更有韧性的金属丝,电光源得到更快发展,新的产品不断涌现,新的原料不断应用到产品中。如今的灯泡制作更加注重电光源创新的经济与环保两方面。

白炽灯泡有不同的尺寸、形状、功率及光色可供选择。发光的原理是电流通过灯丝线圈加热灯丝至高温,产生具有连续性光谱的电磁波辐射(图1-18)。为了提高光效,需要钨丝的温度升高以产生更多的光输出,但高温使钨丝更容易受损,致灯泡损坏,因此灯泡的工艺要求更多是在光输出与寿命之间平衡。

近年来,新的灯泡种类不断出现,如紧凑型荧光灯(节能灯)、LED灯泡等。它们的共同特点是光效率更高、寿命更长,使得国际上白炽灯泡的使用率逐渐降低,但由于其经济投入成本较低,光色舒适性更佳,而且仍有许多灯具根据白炽灯光来设计,所以,照明设计仍需要了解白炽灯的特性与构成。

白炽灯的操作特性:白炽灯的色温与操作温度及光效成正比,即操作温度越高,光效越高,光色越白。

色温在2700K~3200K,为暖色光源,显色指数为90~100。其生命周期的流明衰减主要是由于钨丝蒸发变薄、电阻增加,因而所通过的电流、消耗功率、光输出及整体光效均降低。影响白炽灯寿命的因素主要是电压及调光。

电压影响:白炽灯对电压的变化较荧光灯及高强度气体放电灯更为敏感,即供给电压与光源电压规格差异过大时,或电压不稳的情况,对白炽灯的影响最大。白炽灯的光输出及光效与电压成正比,而寿命与电压成反比。以普通灯泡为例,供应电压比光源规格减少10%,使光输出减少30%,寿命反而增加400%。同理,电压超过规格过多时,光输出虽然增加,寿命却急剧降低。

调光特性:白炽灯系光源所需的调光器类型最简单。调光器只需利用电阻原理调节通过电流,在调暗时,电流、功率、光输出与色温均降低,光色偏黄色或橙黄色。例如,调低通过电流至75%,光输出降为52%,能源消耗节省25%,寿命则增加为1.3倍。白炽灯可调光比例100%。只有卤素灯种在调暗的情况下无法达到卤钨循环的必要温度,易产生黑化现象,故至少每周开至全亮数小时,有利于卤钨清洁灯壁。

普通灯泡

1. 性能

普通灯泡的光色和光效较低,它提供的是较温暖的氛围,同时其光谱具有良好的连续性,产生的显色性较高。它可以直接调光,不需要特别的设备,即电压调光。

普通灯泡的缺点是相对发光效率低(9lm/W~16lm/W),同时寿命较短(平均750到1000小时),全方向散光,光易散失,易产生眩光。

2. 特性 (图 1-18 ~图 1-20)

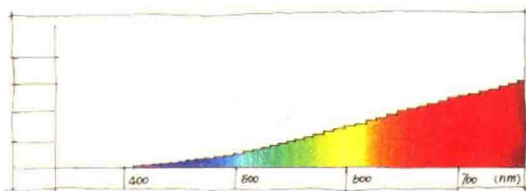


图 1-18 相对光谱分布

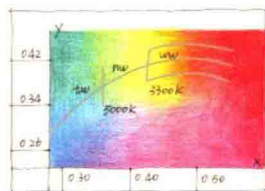


图 1-19 光色 (色温)

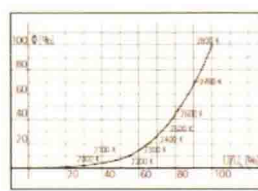


图 1-20

白炽灯的调光, 相对光通量和色温在相对电压下, 电压降低导致光通量下降。

3. 外观 (图 1-21)

普通灯泡一般多为球泡形式, 灯壳材料为玻璃, 玻璃外壳最大的安全温度为 370 °C ~ 400 °C, 采用石英玻璃制作的灯泡外壳更加耐高温。

灯泡涂层有清光透明、磨砂或是内壁涂砂化物, 另外, 也有彩色灯泡采用内、外涂层。内涂层表面清洁, 颜色持久, 外涂层表面不易清理。普通灯泡的灯头多为螺旋口或插入口两种。

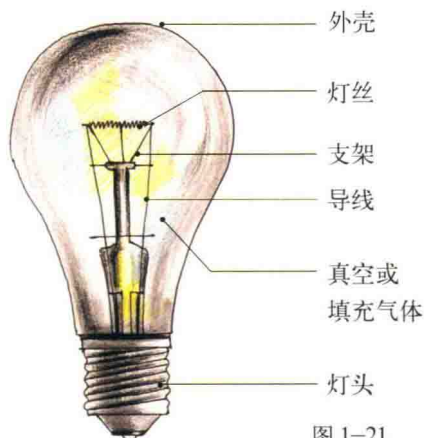


图 1-21

反射杯灯泡

1. 性能

反射杯灯泡同普通白炽灯泡一样, 光色和光效较低, 它提供的是较温暖的氛围, 同时光谱具有良好的连续性, 产生的显色性较高。灯泡可以直接调光, 不需要特别的设备, 即电压调光。灯泡的缺点是发光效率较低, 同时寿命较短。反射杯灯泡可以由反射器利用反光的设计, 将光输出集中在几个需要的光束角度, 可以更好地利用光效, 即光的利用率高, 可用于强调和重点照明。

2. 特性 (图 1-22 ~图 1-24)

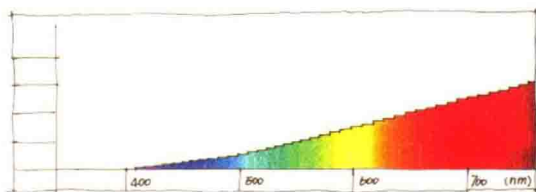


图 1-22 相对光谱分布

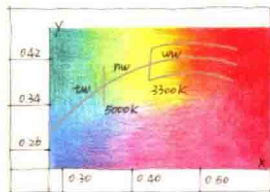


图 1-23 光色 (色温)

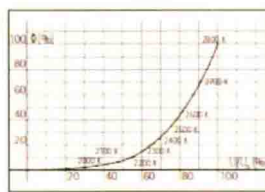


图 1-24

白炽灯的调光, 相对光通量和色温在相对电压下, 电压降低导致光通量下降。



图 1-25



图 1-26



图 1-27

3. 外观 (图 1-25 ~图 1-27)

反射杯灯泡 R 形是指椭圆或半球形反射灯泡, PAR 形是指抛物形铝反射灯泡。

反射杯灯泡面盖前端一般为磨砂玻璃或压花镜片, 内壁为抛物形状或半圆形, 且内壁涂有反射率较高的涂层, 如银或铝, 使反射光集中向外投射。

反射杯灯泡的灯头多为螺旋口或插入口两种, 有各种尺寸。

■ 卤钨灯

1. 性能

卤钨灯发出的光比传统的白炽灯偏白, 它的光色范围是暖白色, 显色性非常好, 有连续的光谱。其形式紧凑小巧, 是理想的点光源。相比白炽灯而言, 卤钨灯的寿命和发光效率都较高。卤钨灯可以直接调光, 并且不需要额外的设备, 但低压卤素灯除外, 因为它需要变压器。

2. 特性 (图 1-28 ~图 1-30)

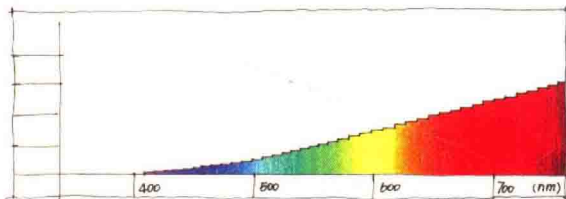


图 1-28 相对光谱分布

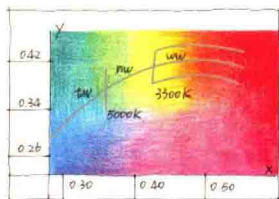


图 1-29 光色 (色温)

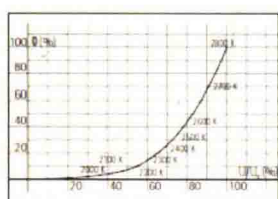


图 1-30

白炽灯的调光, 相对光通量和色温在相对电压下, 电压降低导致光通量下降。

3. 外观 (图 1-31、图 1-32)

卤钨灯的种类较多, 常用灯头有螺口、插口、双端头等。卤钨灯有常规及低压卤钨灯, 一般低压是指 12 V 电压, 需额外通过变压器转换电压。低压卤钨灯通常体积较小, 使用起来更加方便。



图 1-31

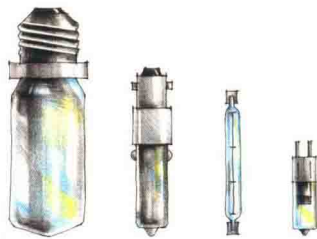


图 1-32

■ 卤钨灯杯

1. 性能

卤钨灯杯发出的光比传统的白炽灯偏白, 它的光色范围是暖白色, 显色性非常好, 有连续的光谱。其形式紧凑小巧, 是理想的点光源。为节省灯具设计, 通过卤钨灯杯自带反射器, 增加光输出, 可以选择光束角。它可以直接调光, 不需要额外设备, 当然, 低压卤钨灯杯需要外置变压器。通常反射杯由石英制造, 耐热性强。卤钨灯杯由于其便于使用的特征, 被大量设计和应用于各种商业场所。