

LED照明工程

设计与施工

LED ZHAOMING GONGCHENG
SHEJI YU SHIGONG

杨绍胤 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

LED照明工程

设计与施工

LED ZHAOMING GONGCHENG
SHEJI YU SHIGONG

杨绍胤 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

随着节能环保、低碳社会意识的普及和深入,LED照明技术的应用已活跃于商业和家居照明领域。本书围绕LED照明工程设计与施工的技术主题,深入浅出地介绍了LED照明原理和LED照明器材,照明工程设计基础,照明配电、照明控制及智能化技术,室内、外照明工程的设计、施工和验收方法,并列举了典型照明工程设计案例,具有较强的现实指导意义。

本书可供从事建筑、道路、景观等照明工程设计、施工、验收的工程技术人员阅读,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

LED照明工程设计与施工/杨绍胤主编. —北京:中国电力出版社,2012.12

ISBN 978-7-5123-3871-5

I. ①L… II. ①杨… III. ①发光二极管-照明设计②发光二极管-照明装置-工程施工 IV. ①TN383

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第303662号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年5月第一版 2013年5月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16.75印张 400千字 2插页

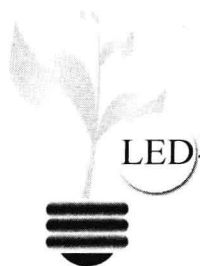
印数0001—3000册 定价42.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

LED 照明技术是绿色照明技术,由于其节能、环境保护等良好效果,目前我国发展迅速。为了让从事建筑电气设计、施工的技术人员,以及大专院校相关专业的师生及时了解和有关 LED 照明技术知识,编写了本书。

本书介绍了 LED 照明的基础知识;LED 照明原理,包括 LED 的结构、特性、发光原理、光源特点、光学特性、电气特性、热特性、可靠性、节能绿色、照明器的电源、光学系统;各种 LED 照明器,如路灯、筒灯、灯杯、庭院灯、草坪灯、日光灯、隧道灯、吊顶灯、霓虹灯、护栏管、投光灯、地埋灯、水下灯、光纤照明、蜂窝灯;照明设计,如视觉艺术、光学设计、照明配电、照明控制及智能化技术、合同能源管理;室内照明工程设计,如工厂、学校、办公建筑、住宅、医院、商店、体育馆、会议中心、美术馆、博物馆、交通建筑的照明工程设计;室外照明工程设计,如道路、景观、休闲场所、主题公园的照明工程设计;最后介绍了照明工程施工和验收知识,并提供了照明工程的设计实例。

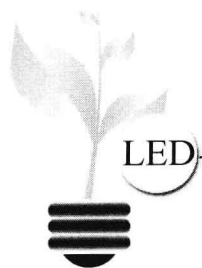
本书编者多年从事建筑电气工程设计、施工和照明器材生产、设计工作的高级专业技术人员,具有一定理论知识和丰富的实践经验。本书由杨绍胤主编,编写人员分工如下:

- 第 1 章 照明基础知识 杨绍胤、何永祥
- 第 2 章 LED 照明光源 何永祥
- 第 3 章 LED 照明器的结构 何永祥
- 第 4 章 LED 照明产品 何永祥
- 第 5 章 照明工程设计基础 杨绍胤、杨庆、何永祥
- 第 6 章 照明配电、照明控制与合同能源管理 何永祥
- 第 7 章 室内照明工程设计 杨庆
- 第 8 章 室外照明工程设计 何永祥
- 第 9 章 照明工程施工 苏山
- 第 10 章 照明工程验收 杨庆
- 第 11 章 照明工程实例 何永祥、杨庆

杭州普朗克光电科技有限公司、上海大峡谷光电科技有限公司、深圳伟赛照明有限公司、杭州能镁电子技术有限公司为本书的编写提供了大力的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

本书的内容和形式如存谬误之处,敬请读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第 1 章 照明基础知识	1
1.1 照明的功能	1
1.2 光学知识	1
1.2.1 光源发光度	1
1.2.2 光源的质量	3
1.2.3 受光面的光特性	5
1.3 传热学知识	5
1.3.1 传热	5
1.3.2 热阻	7
1.3.3 导热系数	7
1.3.4 温度系数	8
1.4 光源发光原理与特点	8
1.4.1 照明的分类	8
1.4.2 各类照明光源原理与特点	9
1.5 绿色照明	11
1.5.1 照明节能	12
1.5.2 环境保护	12
1.5.3 安全性	13
1.5.4 舒适性	13
1.5.5 LED 在绿色照明中的应用	14
1.5.6 合同能源管理	15
1.6 标准化知识	16
1.6.1 中国标准	16
1.6.2 国际标准	16
1.6.3 认证与认证机构	18
1.6.4 防护等级	20
第 2 章 LED 照明光源	21
2.1 LED 照明发光原理与特点	21
2.1.1 LED 的发光原理	21
2.1.2 LED 白光产生方法	21
2.1.3 LED 光源的特点	22
2.2 LED 光源的结构	23

2.2.1	LED 封装结构	23
2.2.2	LED 的组成	25
2.2.3	LED 的制作	27
2.2.4	LED 的种类	29
2.3	LED 电气特性	30
2.3.1	LED 的 $I-U$ 特性曲线	30
2.3.2	LED 的 $C-U$ 特性曲线	31
2.3.3	LED 的响应时间	31
2.3.4	LED 的点亮时间与熄灭时间	32
2.3.5	最大允许功耗	32
2.3.6	电流对白光 LED 光学、热学参数的影响	32
2.4	LED 热特性	33
2.4.1	LED 的热阻	33
2.4.2	LED 的电阻温度系数	33
2.4.3	芯片的结温	34
2.4.4	温升	34
2.4.5	芯片的结温对其他参数的影响	34
2.4.6	LED 结温的测量	35
2.4.7	芯片的散热处理	36
2.4.8	大功率 LED 的散热结构	37
2.5	LED 的可靠性、光衰与寿命	38
2.5.1	LED 可靠性	38
2.5.2	LED 气密性试验	39
2.5.3	LED 的失效分析	39
2.5.4	LED 的防静电保护	39
2.5.5	LED 可靠性的理论分析	41
2.5.6	LED 的光衰	42
2.5.7	LED 的寿命	43
第 3 章	LED 照明器的结构	46
3.1	LED 照明器的概念	46
3.1.1	照明器基本定义	46
3.1.2	LED 照明器的参数	47
3.1.3	LED 照明器的分类	48
3.1.4	照明器设计原则与要求	48
3.1.5	照明器设计要求	49
3.1.6	照明器成本控制	51
3.1.7	照明器设计方法	51
3.2	LED 照明器的组成	52
3.2.1	照明器壳体的材料	52

3.2.2	透镜的功能	52
3.2.3	透镜材料	53
3.2.4	照明器的透镜及反射镜的种类	54
3.3	LED 照明器光源	55
3.3.1	LED 光源的定义	55
3.3.2	LED 照明器光源	56
3.3.3	LED 光源的选择	57
3.3.4	LED 照明器的二次光源的处理方案	58
3.3.5	照明器的二次光源设计	59
3.3.6	光源参数	60
3.4	LED 照明器电源与驱动电路	61
3.4.1	电源的基本概念	61
3.4.2	LED 驱动电路以及电源的概念	61
3.4.3	LED 驱动电源的分类	62
3.4.4	LED 驱动电源电路结构	62
3.4.5	LED 驱动对电源的要求	63
3.4.6	LED 驱动电源电路分析	66
3.5	LED 照明器散热	69
3.5.1	有关热的概念	69
3.5.2	散热器的设计分析	69
3.5.3	散热器的设计	74
3.6	太阳能与风光互补的照明器	75
3.6.1	太阳能的优势与概念	75
3.6.2	太阳能照明系统的设计与应用	77
3.6.3	风光互补 LED 路灯系统	78
第 4 章	LED 照明产品	80
4.1	LED 照明产品分类	80
4.1.1	应用分类	80
4.1.2	常用光源分类	82
4.2	LED 民用照明产品	83
4.2.1	LED 日光灯	83
4.2.2	LED 球泡灯	87
4.2.3	LED 射灯	88
4.2.4	LED 筒灯	90
4.2.5	LED 顶灯	91
4.3	LED 景观照明系列	91
4.3.1	数码灯系列	91
4.3.2	LED 导光板	97
4.3.3	LED 地埋灯	97

4.3.4	LED 庭院灯	99
4.3.5	LED 草坪灯	99
4.3.6	LED 水下灯	100
4.3.7	光纤照明	101
4.3.8	LED 蜂窝灯	102
4.3.9	LED 发光字	102
4.4	LED 行业用灯系列	103
4.4.1	LED 路灯	104
4.4.2	LED 隧道灯	107
4.4.3	LED 闪光灯	108
4.4.4	LED 红外补光灯	111
4.4.5	LED 矿灯	112
4.4.6	LED 农业用灯	113
4.5	LED 显示屏	116
4.5.1	LED 显示屏的分类	116
4.5.2	LED 屏结构	117
4.5.3	LED 显示屏控制方式	118
4.5.4	LED 屏的参数与技术要求	119
第 5 章	照明工程设计基础	120
5.1	照明设计的内容及步骤	120
5.2	照明计算	120
5.2.1	照明计算目的	120
5.2.2	照明计算基本公式	121
5.2.3	点光源照度计算	121
5.2.4	室内平均照度计算	121
5.2.5	照明功率密度	123
5.3	计算机辅助照明设计	123
5.3.1	照明设计软件	123
5.3.2	照明设计软件 DIALux 的特点	124
5.4	照明方式和种类	126
5.4.1	照明方式	126
5.4.2	照明种类	126
5.4.3	照明按行业用途分类	127
5.5	照明设计方法	128
5.5.1	照明设计原则	128
5.5.2	照明器选择	128
5.5.3	视觉照明设计	130
5.5.4	照明节能与绿色照明	130
第 6 章	照明配电、照明控制与合同能源管理	132

6.1	LED 照明配电	132
6.1.1	照明配电的方式选择	132
6.1.2	照明配电的具体要求与标准	133
6.1.3	室外照明配电设计要点	137
6.1.4	室内照明供电设计要点	139
6.2	照明控制及智能化技术	140
6.2.1	照明控制	140
6.2.2	智能照明的概念	141
6.2.3	智能照明的优势	141
6.2.4	智能照明控制系统的特点	142
6.2.5	智能照明技术	143
6.2.6	智能照明控制设备的构成	143
6.3	合同能源管理	146
6.3.1	合同能源管理概念	146
6.3.2	国外 EPC 实施情况	146
6.3.3	国内政府的相关政策支持	147
6.3.4	照明行业实施合同能源管理的技术模式	147
6.3.5	合同能源管理的分类和特点	148
6.3.6	实施合同能源管理的成效	148
第 7 章	室内照明工程设计	149
7.1	住宅照明	149
7.1.1	照明标准	149
7.1.2	照明设计	149
7.2	办公室照明	151
7.2.1	照明标准	151
7.2.2	办公室照明设计	152
7.3	工厂照明	153
7.3.1	工厂的照明标准	153
7.3.2	厂房照明设计	153
7.4	学校照明	154
7.4.1	照明标准	154
7.4.2	教室照明设计	154
7.4.3	礼堂和多功能厅	156
7.4.4	光学实验室、生物实验室	156
7.5	图书馆照明	156
7.5.1	照明标准	156
7.5.2	阅览室照明设计	156
7.5.3	书库照明设计	157
7.5.4	特殊灯光设备	157

7.6	旅馆建筑照明	157
7.6.1	照明标准	157
7.6.2	旅馆照明设计	157
7.7	医院建筑照明	158
7.7.1	照明标准	158
7.7.2	医院建筑照明设计	159
7.8	商业建筑照明	161
7.8.1	照明标准	161
7.8.2	商业照明设计	161
7.9	体育馆照明	162
7.9.1	照明标准	162
7.9.2	体育建筑照明设计	164
7.10	影剧院建筑照明	165
7.10.1	照明标准值	165
7.10.2	影剧院照明设计	165
7.11	美术馆、博物馆类建筑照明	166
7.11.1	照明标准值	166
7.11.2	美术馆、博物馆照明设计	166
7.12	交通建筑照明	167
7.12.1	照度标准值	167
7.12.2	交通建筑照明设计	167
第8章	室外照明工程设计	168
8.1	室外照明设计	168
8.2	道路照明设计	168
8.2.1	道路照明设计标准	168
8.2.2	道路照明的几个概念	169
8.2.3	城市道路照明灯具的要求及其分类	170
8.2.4	道路照明的亮度与照度区别	172
8.2.5	道路平均照度的计算	173
8.2.6	道路照明的控制方式与节能	173
8.2.7	LED照明的优势及与其他光源的区别	175
8.2.8	LED路灯的设计与应用	176
8.2.9	隧道照明	178
8.2.10	隧道照明设计的原则和标准	178
8.3	LED城市夜景照明设计	179
8.3.1	城市夜景照明	179
8.3.2	人文景观的夜景照明	182
8.3.3	景观照明设计的原则	182
8.3.4	LED夜景照明的应用	184

8.3.5	工程设计步骤	186
8.3.6	景观照明的色彩	186
8.3.7	夜景照明灯具选择原则	187
8.3.8	根据工程场地选择相应的 LED 产品	187
8.3.9	夜景照明评价指标	188
8.3.10	夜景照明设计	189
8.3.11	景观照明控制技术	193
第 9 章	照明工程施工	196
9.1	照明工程施工准备	196
9.1.1	材料及设备进场验收	196
9.1.2	照明灯具的检查	196
9.1.3	电线、电缆的检查	197
9.1.4	配电箱的检查	197
9.2	照明工程施工	198
9.2.1	一般要求	198
9.2.2	灯具安装	198
9.2.3	配电箱安装	202
9.3	照明线路敷设	202
9.3.1	导线的选择	202
9.3.2	线路敷设	203
9.3.3	电缆保护管安装	204
9.3.4	室外配电线路	205
9.4	照明工程调试	205
第 10 章	照明工程验收	207
10.1	照明工程检查	207
10.1.1	检查依据	207
10.1.2	检查内容	207
10.2	照明测试	208
10.2.1	照明测试	208
10.2.2	照明工程测试	208
10.2.3	照明产品测试	208
10.3	照明工程电气测试	208
10.3.1	电气测试内容	208
10.3.2	电气测试仪表	209
10.3.3	电气测试程序	209
10.4	照明工程光测试	209
10.4.1	照明工程光测试的目的和内容	209
10.4.2	光检测仪器的原理	209
10.4.3	光电测试仪器	210

10.4.4	照度的现场测量	211
10.4.5	色温和显色指数测量	212
第 11 章	照明工程实例	213
11.1	旅游饭店	213
11.1.1	饭店照明方案分析	213
11.1.2	饭店室内照明灯具概况	213
11.1.3	照明平面图	218
11.2	医院	218
11.2.1	医院 LED 照明	218
11.2.2	医院各部分照明	219
11.2.3	医院 LED 照明效果	220
11.2.4	医院照明平面图	221
11.3	街区景观照明	221
11.3.1	杭州某街区景观照明	221
11.3.2	景观照明效果	222
11.3.3	工程总结	227
11.4	广场景观照明	228
11.4.1	广场景观照明概念	228
11.4.2	广场景观照明实例分析	228
11.5	河道景观照明	232
11.5.1	河道景观照明平面图	232
11.5.2	室外配电箱工程实例	233
11.6	隧道照明	234
11.6.1	隧道照明改造方案	234
11.6.2	隧道照明改造效果	235
11.7	汽车库照明	237
11.7.1	汽车库照明方案	237
11.7.2	灯具的选择	238
11.7.3	测试	238
11.7.4	能源合同管理改造方案	239
11.7.5	方案实施后的效果	239
11.8	智能路灯监控系统	240
11.8.1	智能路灯监控系统概念	240
11.8.2	智能化路灯监控系统结构	241
11.8.3	智能化路灯监控系统的原理、功能与作用	245
11.8.4	智能化路灯监控系统作用	247
附录 A	标准和规范	249
附录 B	常用词汇	253
参考文献		255



照 明 基 础 知 识

1.1 照明的功能

照明的功能主要是视觉和艺术功能。从最开始应用电源至今，照明技术得到了快速的发展。现在，人们已逐渐将照明技术分为功能性照明与艺术性照明两大类。

功能性照明是为了保证视觉清晰而提供必要的照度；艺术照明则是运用灯光来创造以观赏为主的艺术景观。

1. 功能性照明

功能性照明或视觉照明是指满足人们在室内外从事某种活动所需要的基本照度而设置的照明。

2. 艺术照明

随着国民经济的发展，照明设计的要求已从简单的“明亮”升级到对审美的追求。光与造型、光与空间、光与色彩、光与材质等所产生的光环境艺术效果更为人们所重视。照明控制及系统的使用，让人们获得了各种艺术场景；计算机技术的发展，三维效果图的制作，使得照明的艺术效果在前期可以进行模拟，给人们直观的印象；而三维动画更能够带来视觉的动感享受，便于营造最终的效果。

对于如何正确地运用灯光完成功能性照明任务，人们已有成熟的经验。而艺术照明是由自然科学和美学相结合而形成的艺术化照明。一方面，它属于自然科学的范畴，包含了对光现象规律运用的再认识，且有更深入其本质研究的趋势；另一方面，对光的多样性的表现方法及审美认识过程则属于环境美学的范畴，目前，这一领域在我国还处于起步阶段。

1.2 光学知识

1.2.1 光源发光度

对光源发光的度量有光通量、亮度。

1. 光通量

光通量 (Luminous Flux) 根据辐射对标准光度观察者的作用导出的光度量。光通量的单位为 lm (流明)，符号为 Φ 。其定义是绝对黑体在铂的凝固温度下，从 $5.305\text{cm} \times 103\text{cm}$ 面积上辐射出来的光通量为 1lm。

光通量是指单位时间里通过某一面积的光能，称为通过这一面积的光通量，是表示光输出的能量。而照明器的光通量为各个方向发光的能量之和，它标志器件的性能优劣，一只 40W 的日光灯输出的光通量大约是 2100lm；1W 的 LED 管发出的光通量目前为 90lm 左右。

一般大功率 LED 管测量采用光通量较多。测量光通量的仪器是积分球。

2. 发光强度

发光强度是指光源在指定方向的单位立体角内发出的光通量，是表示发光器件发光强弱的概念（法向光强），一般针对点光源。LED 大量应用圆柱、圆球封装，由于凸透镜的作用，故都具有很强指向性：位于法向方向光强最大，其与水平面交角为 90°。当偏离正法向不同 θ 角度，光强也随之变化。发光强度随着不同封装形状及不同角度而改变。其单位是 cd（Candela，坎德拉）或烛光。完全辐射的物体，在纯铂（Pt）凝固温度（约 2042K）时，沿垂直方向的发光强度为 1cd。发光强度与光通量关系是：发光强度为 1cd 的点光源在单位立体角（1 球面度）内发出的光通量为 1lm。对于 LED 来说如果两个同样的芯片，则表示光通量一样，封装成子弹头与平头两个 LED 管，则子弹头的发光强度比平头的大。目前一般 5mm 直径的红光 LED 发光强度为 2000mcd，高亮度的 5mm 直径 LED 已达 15cd，而 20 年前的 LED 发光强度只有 5mcd，可见发展之快。一般小功率 LED 管测量采用发光强度较多。测量光强度的仪器是发光强度计。

3. 亮度

亮度（Luminance）是指单位投影面积上的发光强度。亮度的单位为 cd/m^2 ，符号为 I 。亮度指的是光源或物体明暗的程度，一般是针对平面光源（主动）或对物体而言（被动反射）。

在光通量不变的情况下，随着配置灯具的不同，亮度可以发生变化；从应用中可以发现：光通量在空间的分布更为集中，密度更大，相应的光强也提高了。

亮度与被照面的材料特性有关。常见亮度见表 1-1。

表 1-1 常见亮度 (cd/m^2)

光源类型	亮度	光源类型	亮度
太阳表面	1.6×10^9 以上	荧光灯	$(0.5 \sim 15) \times 10^4$
晴天的天空	8000	白炽灯	$(2.0 \sim 20) \times 10^6$
阴天	5600		

发光强度与亮度的区别可以这样认为，在同样面积放置一个 LED 管与相距一定距离内放置两个 LED 管，则其发光强度是相同的而亮度则不同。

4. 发光效能

发光效能（Luminous Efficacy of a Source）是电能转换为光能的效率，是以其所发出的光通量除以其耗电量所得的比值，单位为 lm/W （流明每瓦）。它是衡量光源节能的重要指标。几种光源的发光效能见表 1-2。

表 1-2 光源的发光效能 (lm/W)

光源	白炽灯	荧光灯	气体放电灯	半导体灯
发光效能	7~30	40~100	30~150	100~200

5. 有效光效率

有效光效率又称有效瞳孔流明（俗称有效视觉光效）。人眼视觉函数实际上是人对不同颜色的光的照明感觉的差异，某一波长光色的 LED 其流明效果是不同的，有效瞳孔流明指

的是在电光源产生发出的光通量中, 能被人的肉眼视觉感觉到那一部分可见光, 如人的视觉灵敏度在 $\lambda=555\text{nm}$ 处有一个最大值 680lm/W , 所以在这个波长范围人眼灵敏度最高。假如一个 400W 的高压钠灯与一个 350W 的LED灯, 光效分别是90与80, 但在LED下面人的眼睛更能看清物体细部, 觉得更亮。所以有效光效率LED比高压钠灯更高。

6. 光通量的维持率

光通量的维持率是指灯在规定的条件下, 按给定时间点燃后的光通量与其初始光通量之比。这个量用来衡量光衰与寿命。

1.2.2 光源的质量

光源的质量指标主要有色温(颜色)和显色性。

1. 光源的色温

当一个光源的色品与黑体(完全辐射体)在某一温度时发出的色品完全相同时, 黑体的温度就称为该光源的色温(Color Temperature), 单位为K, 符号为 T_c 。有时称为相关色温(Correlated Color Temperature)。

确定方法是—标准黑体(如铂)加热到 2700K 发出红光, 即色温为 2700K , 在加热到 7000K 时发出蓝光。颜色开始由深红—浅红—橙黄—白—蓝白—青蓝, 这种颜色的变化与光源的颜色变化相同。

波长(nm)和色温(K): 根据芯片材料的不同, LED可以发出红黄蓝绿紫可见光, 白光没有波长, 我们看到的白光是红绿蓝三种颜色混合光, 白光分为暖白和冷白, 暖白色温为 $2850\sim 3800\text{K}$, 冷白色温为 $4500\sim 10\,000\text{K}$ 。一般常见照明灯具所采用的色温和不同天气的色温见表1-3。图1-1所示为色温数值。

表1-3 各种色温

灯具	色温	灯具	色温
卤素灯	3000K	钨丝灯	2700K
高压钠灯	1950~2250K	蜡烛光	2000K
金属卤化物灯	4000~4600K	冷色荧光灯	4000~5000K
高压汞灯	3450~3750K	暖色荧光灯	2500~3000K
40W白炽灯	2500K	暖白色荧光灯	2950K
100W白炽灯	2870K	白色荧光灯	5200K
天气	色温	天气	色温
晴空	8000~8500K	下午日光	4000K
阴天	6500~7500K	日落时阳光	2000K
晴天时天空漫射光	12\,000~20\,000K	正午时阳光	5500K
—	—	阴天时天光	6000K

2. 光源的显色性

光源的显色性(Color Rendering)用“显色指数”表示光源的显色性。

显色指数(Color Rendering Index, CRI): 在具有合理允差的色适应状态下, 被测光源照明物体的心理物理色与参比光源照明同一色样的心理物理色符合程度的度量, 符号为 R 。

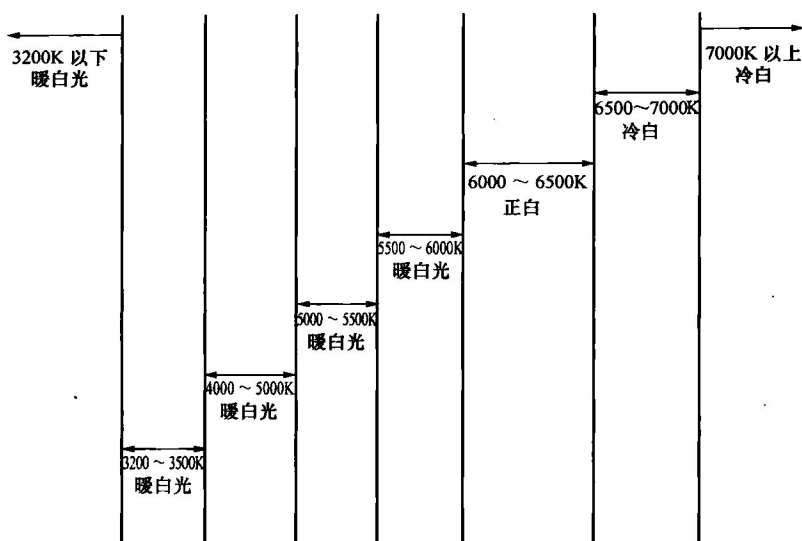


图 1-1 色温数值

显色指数分为特殊显色指数 (Special Color Rendering), 符号为 R_i 和一般显色指数 (General Color Rendering), 符号为 R_a 两种。

光源的显色指数越高, 其显色性能越好。

R_a 值的高低, 对于现代建筑场所建立良好的照明环境有很大意义, 不仅是辨别识别对象颜色的需要, 对视觉效果和视觉舒适性也有很大影响。光源的显色指数高, 被视对象和人物的形象会显得更真实、生动; 反之, 就会变得不好看, 失去其本来的豪华和光泽。

标准: 连续工作的场所, R_a 不小于 80; 灯高度大于 6m 的场所, R_a 可降低。

常见光源显色指数: 太阳光为 100, 钠灯为 23, 日光灯为 60~90, LED 灯为 80~95, 金卤灯为 80~90, 白炽灯为 90~100。

3. 眩光

眩光 (Glare), 是由于视野中的亮度分布或亮度范围的不适宜, 或存在极端的对比, 以致引起不舒适感觉, 或降低观察细部或目标的能力的视觉现象。

眩光分为直接眩光 (Direct Glare)、反射眩光 (Reflect Glare) 和不舒适眩光 (Discomfort Glare)。

眩光的度量用眩光值 (Glare Rating, GR) 或统一眩光值 (Unified Glare Rating, UGR)。

影响眩光的因素如下。

(1) 环境较暗, 眼睛的适应亮度很低, 即使亮度低的光, 也会出现眩光。

(2) 亮度越高, 眩光越突出。

(3) 光源的大小。

(4) 生理因素。眩光对人的生理和心理都有明显的影响, 而且会较大地影响工作效率和生活质量, 严重的还会产生恶性事故。

4. 半功率角

半值角 $\theta_{1/2}$ 和视角 θ (或称半功率角): $\theta_{1/2}$ 是指发光强度值为轴向强度值一半的方向与发光轴向 (法向) 的夹角, 半值角的 2 倍为视角 (或称半功率角)。

1.2.3 受光面的光特性

1. 照度

照度 (Illuminance): 表面上一点的照度是指入射在包含该点的面元上的光通量 $d\Phi$ 除以该面元面积 dA 所得之商。

$$E = d\Phi / dA$$

该量的单位为 lx (勒克斯), $1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$, 符号为 E 。几种常见照度见表 1-4。

表 1-4

常见照度

自然光情况	晴朗满月夜	白天良好采光	晴天室外太阳散射	中午太阳直射
地面照度 (lx)	0.2	100~500	1000	10 万

2. 受光面

受光面有参考平面、作业面等。

(1) 参考平面 (Reference Surface) 是指测量或规定照度的平面。

(2) 作业面 (Working Surface) 是指在其表面上进行工作的平面。

1.3 传热学知识

1.3.1 传热

热学这个学科已经是很经典的学科, 热传递的理论也基本众所周知, 热传递有三种方式, 即热传导、热对流、热辐射。对于 LED 灯具, 同时使用以上三种热传递方式, 只是侧重有所不同。

1. 热传导

热量总是从温度高的物体传到温度低的物体, 这个过程叫做热传导。热传导是热传递的三种方式之一。

热传导是固体中热传递的主要方式。在气体或液体中, 热传导过程往往和对流同时发生。让一块热的铁块和一块冷的铁块接触, 热的铁块会逐渐变冷, 冷的铁块会逐渐变热, 直到两者温度相同为止, 这是热传导的缘故。

热传导的基本公式 (又称傅里叶公式) 为

$$Q = \lambda A \Delta T / \Delta L$$

式中 Q ——热量, 也就是热传导所产生或传导的热量;

λ ——材料的热传导系数;

ΔT ——两端的温度差;

ΔL ——两端的距离。

热传导系数类似比热, 但是又与比热有一些差别, 热传导系数与比热成反比, 热传导系数越高, 其比热的数值也就越低。举例说明, 纯铜的热传导系数为 396, 而其比热则为 0.39; 公式中 A 代表传热的面积 (或是两物体的接触面积)。

从公式可以发现, 热量传递的大小同热传导系数、热传热面积成正比, 同距离成反比。热传递系数越高、热传递面积越大, 传输的距离越短, 那么热传导的能量就越高, 也就越容