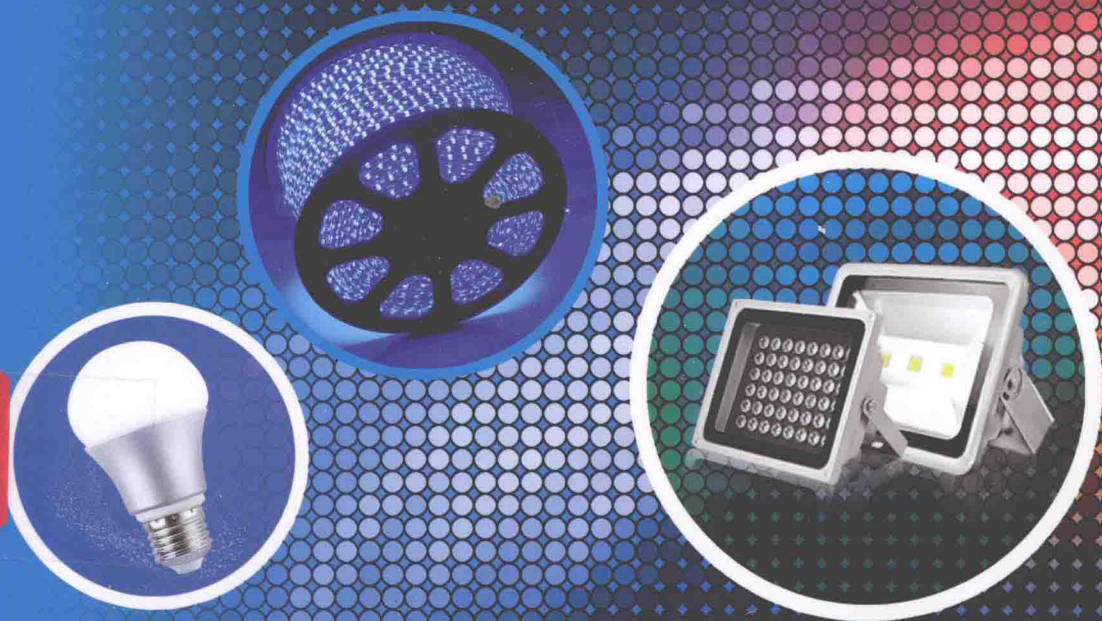


LED QUDONG DIANYUAN
SHEJI RUMEN

LED驱动电源 设计入门

(第二版)

沙占友 沙江 王彦朋 王晓君 等 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

LED QUDONG DIANYUAN

SHEJI RUMEN

LED驱动电源 设计入门

(第二版)

沙占友 沙江 王彦朋 王晓君 等 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书全面、深入、系统地阐述了 LED 驱动电源设计的入门知识,并给出许多典型设计与应用实例。较之于第一版,本书在内容上做了全面的修改与补充。全书共八章,内容主要包括 LED 及其驱动电源基础知识,LED 驱动电源的基本原理,LED 驱动电源的设计与应用指南,LED 灯具保护电路的设计,从中、小功率到大功率及特大功率 LED 驱动 IC 的原理与应用。本书遵循先易后难、化整为零、突出重点和难点的原则,从 LED 驱动电源的基本原理,到 LED 驱动电源各单元电路的设计,再到整机电路设计,可帮助读者快速、全面、系统地掌握 LED 驱动电源的设计方法、设计要点及典型应用。

本书融实用性、科学性于一体,内容由浅入深,循序渐进,通俗易懂,图文并茂,是一本 LED 驱动电源设计的入门指南,适合从事 LED 驱动电源行业的工程技术人员和初学者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

LED 驱动电源设计入门/沙占友等著. —2 版. —北京:中国电力出版社,2017.4
ISBN 978-7-5198-0364-3

I. ①L… II. ①沙… III. ①发光二极管-电源电路-电路设计 IV. ①TN383.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 027163 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:杨 扬(y-y@sgcc.com.cn)

责任校对:常燕昆

装帧设计:郝晓燕 赵姗姗

责任印制:藺义舟

印 · 刷:北京市同江印刷厂

版 次:2012 年 1 月第一版 2017 年 4 月第二版

印 次:2017 年 4 月北京第六次印刷

开 本:710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张:21

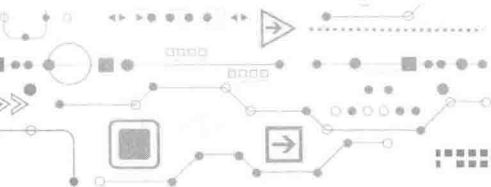
字 数:445 千字

印 数:10001—12000 册

定 价:65.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换



LED 照明亦称固态照明, 目前它已成为现代科技与社会经济发展的一大亮点。LED 驱动电源是 LED 灯具、LED 背光源中必不可少的重要组成部分。对 LED 驱动电源的基本要求是高可靠性、高效率、高功率因数、长寿命、低成本、使用安全、符合电磁兼容和安全规范要求。户外使用的 LED 驱动电源还应具备防水、防潮、抗晒等防护功能。

为满足读者对掌握 LED 驱动电源的入门知识、设计方法、设计要点、设计实例及使用注意事项的迫切需求, 作者曾撰写《LED 驱动电源设计入门》。该书于 2012 年 1 月出版后经过 5 次重印, 总发行量已达上万册, 深受广大读者欢迎。鉴于近几年来 LED 电源领域的新技术和新工艺不断涌现, 新产品层出不穷, 我们在系统总结从事 LED 驱动电源研究工作所积累的经验以及最近获国家发明专利等科研成果的基础上, 对原书做了全面修改与补充后撰成此书, 以飨广大新、老读者。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体, 主要有以下特点:

第一, 本书遵循先易后难、化整为零、突出重点和难点的原则, 首先介绍 LED 驱动电源的基本原理, 然后按照 LED 驱动电源基本单元电路的结构顺序, 详细阐述整机电路设计。

第二, 全面、深入、系统地阐述了 LED 驱动电源的设计入门知识, 内容主要包括 LED 及其驱动电源基础知识、基本原理、设计与应用指南、功率因数校正、大功率 LED 的温度补偿、LED 驱动电源及灯具的保护电路设计, 涉及从中、小功率到大功率 LED 驱动 IC 的工作原理和典型应用。此外还基于电子测量领域定义的波形因数和开关电源特有的脉动系数等概念, 对 AP 法计算公式做了严密推导及验证, 为正确选择高频变压器的磁心提供了一种科学、实用、简便的方法。

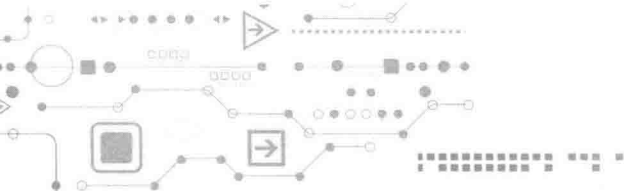
第三, 深入浅出, 通俗易懂, 实用性强。例如, 第一~三章为基础篇; 第四~八章则从器件和电路类型的选择、功能特点及对保护电路的要求、布局与布线等多个角度, 深入阐述了 LED 驱动电源的关键技术和设计难点。这对读者学习设计和制作 LED 驱动电源具有重要参考价值。

第四, 信息量大, 知识面宽, 便于读者触类旁通, 举一反三, 灵活运用。

沙占友教授撰写了第一、四、五章, 并完成了全书的审阅和统稿工作。沙江撰写了第二、六章。王彦朋教授、王晓君教授合撰写了第三、七、八章。

李学芝、韩振廷、沙莎、曹文沛、尹良旭、刘宁、靳晓栋、刘欣欣、郭月、闫献莲、孟子钰、路明洋、贾兴刚、王星、李玉莹和曹光耀同志也参加了本书撰写工作。

由于作者水平有限, 书中难免存在缺点和不足之处, 欢迎广大读者指正。



前言

第一章	LED 及其驱动电源的基础知识	1
第一节	LED 的产品分类和主要技术参数	1
一、	LED 产品的分类	1
二、	LED 器件的主要技术参数	2
第二节	LED 的工作原理	6
一、	单色 LED 的基本原理	6
二、	白光 LED 的基本原理	7
三、	彩色 LED 的工作原理	8
第三节	LED 照明	10
一、	LED 照明的主要特点及应用领域	10
二、	LED 的接线方式	12
第四节	LED 照明的关键技术	13
一、	LED 的光衰	13
二、	LED 的寿命	14
三、	驱动电源对 LED 灯具寿命的重要影响	15
第五节	LED 背光	17
一、	液晶显示器背光源的分类	17
二、	LED 背光的主要特点	18
三、	LED 背光的驱动电路	19
第六节	LED 显示屏	21
一、	LED 显示屏的发展简况及主要特点	21
二、	大屏幕 LED 显示屏的基本结构	22
三、	大屏幕 LED 显示屏的驱动方式	24
第七节	LED 灯具的几种驱动方式	24
一、	恒压驱动方式及其主要缺点	24
二、	恒流驱动方式及其主要优点	26
三、	AC LED 的驱动方式及其优缺点	27
第八节	LED 点阵及其驱动方式	30
一、	LED 点阵显示器的结构原理	30

二、LED 显示屏的动态扫描驱动方式	31
第九节 LED 驱动芯片典型产品性能一览表	33
一、LED 驱动芯片典型产品性能一览表	33
二、LED 保护芯片典型产品的性能一览表	37
第二章 LED 驱动电源的基本原理	38
第一节 恒压式 LED 驱动电源	38
一、脉宽调制器的基本原理	38
二、LED 驱动电源的控制类型	40
三、LED 驱动电源的两种工作模式	42
第二节 恒流式 LED 驱动电源	43
一、线性恒流驱动器的基本原理	43
二、恒流式 LED 显示屏驱动器的基本原理	46
第三节 恒压/恒流式 LED 驱动电源	47
一、恒压/恒流式 LED 驱动电源的基本原理	47
二、恒压/恒流式 LED 驱动电源的应用实例	48
三、基于同步整流的恒压/恒流式 LED 驱动电源应用实例	49
第四节 分布式 LED 驱动电源	52
一、分布式 LED 驱动电源的主要特点	52
二、分布式 LED 驱动电源应用实例	52
第五节 降压式 LED 恒流驱动器	54
一、降压式变换器的基本原理	54
二、降压式 LED 驱动器的应用实例	55
第六节 升压式 LED 恒流驱动器	56
一、升压式变换器的基本原理	56
二、升压式 LED 驱动器的应用实例	57
第七节 降压/升压式 LED 恒流驱动器	58
一、降压/升压式变换器的基本原理	58
二、降压/升压式 LED 驱动器的应用实例	59
第八节 单端一次侧电感式(SEPIC)LED 恒流驱动器	60
一、SEPIC 变换器的基本原理	60
二、基于 SEPIC 的 LED 驱动器应用实例	61
第九节 电荷泵式 LED 恒流驱动器	62
一、电荷泵式变换器的基本原理	62
二、电荷泵式 LED 驱动器的应用实例	63
第十节 反激式 LED 恒流驱动器	64
一、反激式变换器的基本原理	64

二、反激式 LED 驱动电源的应用实例	65
第十一节 正激式 LED 恒流驱动器	66
一、正激式变换器的基本原理	66
二、正激式 LED 驱动电源的应用实例	67
第十二节 半桥 LLC 谐振式 LED 恒流驱动器	68
第十三节 LED 显示屏恒流驱动器	70
一、LED 显示屏专用驱动芯片的典型产品	70
二、LED 显示屏驱动器的应用实例	72
第三章 交流输入式 LED 恒流驱动电源单元电路的设计	75
第一节 交流输入式 LED 恒流驱动电源的基本构成	75
第二节 交流输入保护电路	76
第三节 电磁干扰滤波器	78
一、EMI 滤波器的基本原理	78
二、EMI 滤波器的电路结构	80
第四节 输入整流滤波器及升压式 PFC 二极管	82
一、输入整流桥的选择	82
二、输入滤波电容器的选择	84
三、升压式 PFC 二极管的选择	85
第五节 漏极钳位保护电路	86
一、MOSFET 漏极上各电压参数的电位分布	87
二、漏极钳位保护电路的基本类型	88
三、漏极钳位保护电路设计实例	89
第六节 高频变压器磁心的选择方法	90
一、根据经验公式或输出功率选择磁心	91
二、高频变压器电路的波形参数分析	93
三、采用 AP 法（面积乘法）选择磁心	95
第七节 反激式 LED 驱动电源的高频变压器设计	98
一、反激式 LED 驱动电源的高频变压器设计方法	98
二、反激式 LED 驱动电源一次侧感应电压 U_{OR} 的选择方法	102
三、反激式 LED 驱动电源的高频变压器设计实例	103
第八节 二次侧输出电路	105
一、快恢复及超快恢复二极管的选择	105
二、肖特基二极管的选择	107
三、输出滤波电容器的选择	109

第四章	LED 照明驱动电源设计指南	112
第一节	LED 照明灯具的设计要点	112
第二节	室内 LED 照明灯具的设计方法	118
第三节	模拟调光电路的主要特点及实现方案	121
一、	模拟调光的主要特点	121
二、	模拟调光的实现方案	123
第四节	PWM 调光的主要特点及实现方案	125
一、	PWM 调光的主要特点	125
二、	PWM 调光的实现方案	126
第五节	TRIAC 调光的主要特点及实现方案	127
一、	TRIAC 调光的主要特点与基本原理	127
二、	TRIAC 调光的关键技术及实现方案	129
第六节	数字调光的主要特点及实现方案	130
一、	数字调光的主要特点及相应 LED 驱动器的产品分类	130
二、	带 I ² C 接口的数字调光式 LED 驱动器	131
三、	带 SPI 接口的数字调光式 LED 驱动器	133
第七节	模拟调光和 PWM 调光电路的设计实例	135
一、	MT7201 型可调光 LED 驱动器的典型应用及设计要点	135
二、	SD42524 型可调光 LED 驱动器的典型应用及设计要点	136
第八节	TRIAC 调光电路的设计实例	138
一、	LM3445 型 TRIAC 调光 LED 驱动控制器的原理与应用	138
二、	TRIAC 调光 LED 驱动电源的设计实例	142
第九节	大功率 LED 温度补偿电路设计与应用实例	144
一、	大功率 LED 温度补偿的基本原理	144
二、	带温度补偿可调光式大功率 LED 驱动器的原理与应用	146
三、	大功率 LED 温度补偿电路应用实例	147
第十节	大功率 LED 线性化温度补偿电路的设计	149
一、	大功率 LED 线性化温度补偿的基本原理	149
二、	大功率 LED 线性化温度补偿的电路设计	150
第十一节	无源 LED 驱动电源 PFC 电路的设计	153
一、	功率因数与总谐波失真	153
二、	无源 PFC 电路的基本原理	154
三、	二阶无源填谷式 PFC 电路的设计	155
四、	三阶无源填谷式 PFC 电路的设计	157
第十二节	有源 PFC 变换器的设计原理	158
一、	有源 PFC 变换器的基本原理	158

二、PFC 类型、级数及工作模式的选择	161
三、PFC 电源的配置方案	162
第十三节 带 PFC 的 LED 驱动电源设计实例	163
一、L6561、L6562 型有源 PFC 变换器的工作原理	163
二、L6561、L6562 型有源 PFC 变换器的典型应用	165
三、带 PFC 的 LED 驱动电源设计实例	167
第十四节 带 PFC 和 TRIAC 调光的 LED 驱动电源设计实例	168
一、带 PFC 和 TRIAC 调光的 LED 驱动电源设计实例	169
二、带 PFC 和 TRIAC 调光的 LED 驱动电源设计要点	171
第五章 LED 驱动电源应用指南	175
第一节 提高 LED 驱动电源效率的方法	175
一、开关电源功率损耗的成因	175
二、设计高效率 LED 驱动电源的原则	176
三、提高 LED 驱动电源效率的方法	177
第二节 降低 LED 驱动电源空载及待机功耗的方法	179
一、开机后消除泄放电阻功率损耗的方法	179
二、开机后消除热敏电阻功率损耗的方法	182
三、消除待机模式下检测电阻功率损耗的方法	183
第三节 LED 驱动电源的布局与布线	186
一、LED 驱动电源布局与布线的一般原则	186
二、LED 驱动电源的布局与布线注意事项	188
第四节 LED 驱动电源的印制板设计	190
一、LED 驱动电源印制板设计实例	190
二、印制板设计注意事项	192
第五节 特种 LED 驱动电源的电路设计	196
一、恒压/恒流控制环的工作原理与电路设计	196
二、精密恒压/恒流控制环的工作原理与电路设计	198
三、截流型 LED 驱动电源的工作原理与电路设计	199
四、恒功率输出型 LED 驱动电源的工作原理与电路设计	201
第六节 LED 驱动电源的测试技术	203
一、LED 驱动电源主要参数的测试方法	203
二、高频变压器的电气性能测试方法	206
三、LED 驱动电源测量技巧	206
四、利用示波器检测高频变压器磁饱和的方法	209
五、PWM 控制器关键波形的测试方法	212
六、快速测量 LED 结温的方法	212

七、估算铝电解电容器内部中心温度的方法	213
第七节 LED 驱动电源常见故障分析	214
第六章 LED 灯具保护电路的设计	217
第一节 LED 灯具常用保护器件的选择	217
一、LED 驱动芯片保护电路的分类及保护功能	217
二、LED 保护电路的分类及保护功能	218
第二节 LED 驱动器保护电路的设计	219
一、LED 驱动器的输出过电压保护 (OVP) 电路	219
二、LED 驱动器的输入欠电压保护 (UVP) 电路	221
三、LED 驱动器的输出过电流保护 (OCP) 电路	222
四、LED 驱动器的过热保护 (OTP) 电路	223
五、LED 驱动器的开路/短路故障检测功能	224
第三节 LED 驱动电源的瞬态过电压保护电路	225
一、瞬态电压抑制器 (TVS) 的工作原理	225
二、瞬态电压抑制器的选择及典型应用	227
三、气体放电管的选择及典型应用	228
第四节 LED 开路保护电路	232
一、NUD4700 型 LED 开路保护器	232
二、SMD602 型 LED 开路保护器	233
三、AMC7169 型 LED 开路保护器	234
第五节 LED 瞬态过电压、过电流和浪涌电流保护电路的设计	236
一、LED 瞬态过电压保护电路的设计	236
二、LED 过电流保护电路的设计	237
三、LED 浪涌电流保护电路的设计	237
第六节 LED 静电放电保护电路的设计	240
一、人体静电放电 (ESD) 模型及测试方法	240
二、HB-LED 灯串的静电放电保护电路	242
三、ESD 保护器件的原理与应用	242
第七节 LED 驱动电源散热器的设计	244
一、单片 LED 驱动电源的散热器设计方法	244
二、单片 LED 驱动电源 PCB 散热器设计实例	247
第八节 功率开关管 (MOSFET) 散热器的设计	248
一、功率开关管散热器的设计方法	248
二、功率开关管散热器的设计实例	249
第九节 大功率 LED 散热器的设计	250
一、大功率 LED 的安全工作区与降额曲线	251

二、大功率 LED 照明灯散热器设计方法及设计实例	252
第十节 开关电源的 EMC 及安规设计	254
一、开关电源的电磁干扰波形分析	254
二、降低电磁干扰的方法	257
三、开关电源的安全规范	262
第七章 新型大功率 LED 驱动 IC 的原理与应用	265
第一节 由 PT4207 构成的 50W 可调光 LED 恒流驱动电源	265
一、PT4207 的工作原理	265
二、由 PT4207 构成的 50W 高亮度 LED 驱动电源	268
三、电路设计要点	269
第二节 HiperPFS-3 系列内含升压二极管的 PFC 控制器工作原理	271
一、HiperPFS-3 系列产品的性能特点	271
二、HiperPFS-3 系列产品的工作原理	272
第三节 由 PFS7527H 构成的 275W 通用 PFC 电源	273
一、由 PFS7527H 构成的 275W 通用 PFC 电源	273
二、电路设计要点	276
第四节 HiperLCS 系列半桥 LLC 谐振变换器的工作原理	277
一、HiperLCS 系列产品的性能特点	277
二、HiperLCS 系列产品的工作原理	278
第五节 由 LCS702HG 构成的 150W 大功率 LED 路灯驱动电源	278
第六节 HiperTFS-2 系列双开关正激式加反激式变换器的工作原理	281
一、HiperTFS-2 系列产品的性能特点	282
二、HiperTFS-2 系列产品的工作原理	283
第七节 由 TFS7703H 构成的 190W 大功率 LED 驱动电源	284
第八章 中、小功率 LED 驱动 IC 的原理与应用	288
第一节 隔离式小功率 LED 驱动器	288
一、LYTSwitch-2 系列隔离式小功率 LED 驱动器的工作原理	288
二、隔离式小功率 LED 驱动器 LYT2004E 的典型应用	289
第二节 带 PFC 的交流高压输入式 LED 驱动器	291
一、LYTSwitch-5 系列带 PFC 的 LED 驱动器的工作原理	291
二、带 PFC 的 LED 驱动器 LYT5226D 的典型应用	292
第三节 PT4115 型具有高 PWM 调光比的 LED 恒流驱动器	293
一、高 PWM 调光比 LED 驱动器 PT4115 的工作原理	294
二、PT4115 的典型应用及电路设计要点	295
第四节 LT3756 型多拓扑结构的 LED 驱动器	297

一、多拓扑结构 LED 驱动器的工作原理	298
二、多拓扑结构 LED 驱动器的典型应用	299
第五节 iW3610 型 AC/DC 式 TRIAC 调光数控 LED 驱动控制器	301
一、AC/DC 式数控 LED 驱动控制器的工作原理	301
二、AC/DC 式数控 LED 驱动控制器 iW3610 的典型应用	304
第六节 AX2005 型具有 OVP 功能的大电流 LED 驱动器	306
一、大电流 LED 驱动器 AX2005 的工作原理	306
二、大电流 LED 驱动器 AX2005 的典型应用	307
第七节 AMC7150 型降压式高效率 LED 恒流驱动器	309
一、降压式高效率 LED 恒流驱动器 AMC7150 的工作原理	309
二、降压式高效率 LED 恒流驱动器 AMC7150 的典型应用	310
第八节 TK5401 型无电解电容器的 LED 恒流驱动器	312
一、无电解电容器 LED 恒流驱动器 TK5401 的工作原理	312
二、无电解电容器 LED 恒流驱动器 TK5401 的典型应用	313
第九节 MT7920 型 AC/DC 式高功率因数 LED 恒流驱动器	316
一、AC/DC 式高功率因数 LED 恒流驱动器 MT7920 的工作原理	316
二、AC/DC 式高功率因数 LED 恒流驱动器 MT7920 的典型应用	319
第十节 LNK417EG 型采用有源纹波滤波器的 LED 恒流驱动器	321
参考文献	324

LED 及其驱动电源的基础知识

LED 照明与显示是现代科技的一大亮点,也是发展低碳经济的必由之路。本章首先介绍 LED 的工作原理,然后简述 LED 照明、LED 背光及 LED 显示屏的主要特点及关键技术,LED 及 LED 点阵的驱动方式。最后给出了国内外 LED 驱动芯片典型产品性能一览表。

第一节 LED 的产品分类和主要技术参数

一、LED 产品的分类

LED 产品的型号繁多,功能各异。大致可按用途、工作电压类型、LED 的亮度、发光颜色、发光面、透光性、发光角、封装形式、功率、是否为可见光、变色方式、控制类型、电阻温度系数等进行分类。

1. 按用途分类

LED 指示灯(适用于各种电子设备),LED 照明灯(做光源使用),LED 背光灯(做 LCD 的背光源),LED 点阵(亦称 LED 矩阵,适用于大屏幕 LED 显示屏),LED 显示器(适用于数字仪表及智能仪器)。

2. 按工作电压类型分类

直流 LED (DC LED),交流 LED (AC LED)。

3. 按亮度分类

普通亮度 LED (法向发光强度 $I_v = 100\text{mcd}$);高亮度 LED,简称 HB-LED ($I_v = 100 \sim 1000\text{mcd}$);超高亮度 LED,简称 UHB-LED ($I_v > 1000\text{mcd}$)。

4. 按发光颜色分类

红光 LED (峰值波长 λ_p 的典型值为 655nm),橙光 LED (630nm),黄光 LED (585nm),绿光 LED (565nm),蓝光 LED (440nm)。

此外还有双变色 LED (适合做极性指示器),伪彩色(三变色)LED (适合构成伪彩色 LED 显示屏),彩色 LED (简称 RGB-LED;适用于彩色装饰灯或全彩色 LED 显示屏)。

5. 按发光面形状分类

圆形 LED (管径为 $\phi 2$ 、 $\phi 5$ 、 $\phi 8$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 20\text{mm}$ 等),方形 LED,菱形 LED,侧向

光形 LED, 面发光形 LED (适合做 LED 标志引导牌)。

6. 按透光性分类

有色透明 LED, 无色透明 LED, 有色散射 LED (适合做 LED 指示灯), 无色散射 LED (适合做 LED 台灯)。

7. 按视角分类

高指向性 LED (视角为 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 具有很高的指向性), 标准型 LED (视角为 $40^{\circ} \sim 90^{\circ}$), 散射型 LED (宽视角为 $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$)。

8. 按封装形式分类

全环氧树脂封装, 金属底座全环氧树脂封装, 陶瓷底座环氧树脂封装, 玻璃封装, 表贴式封装。

9. 按功率分类

中、小功率 LED (功率为几十至几百毫瓦, 工作电流小于 100mA), 大功率 LED (单只 LED 的功率为 1、3、5W 等; 工作电流均大于 100mA, 典型值为 350、700mA 和 1A)。

10. 按是否为可见光分类

可见光 LED (波长 $\lambda = 380 \sim 760\text{nm}$), 红外线 LED ($\lambda > 760\text{nm}$), 紫外线 LED ($\lambda < 380\text{nm}$)。

11. 按变色方式分类

双基色 LED (适合构成伪彩色 LED 显示屏), 彩色 LED (简称 RGB-LED, 适用于彩色照明或构成全彩色 LED 显示屏)。

12. 按控制类型分类

电流控制型 LED (普通 LED, 均属于电流控制型), 电压控制型 LED (BTV 器件, 内含采用集成工艺制作的限流电阻), 闪烁 LED (BTS 器件, 内含振荡器、分频器、驱动器 and LED)。

13. 按电阻温度系数分类

正阻型 LED (普通 LED 均属于正阻型), 负阻型 LED (简称 NRLED 器件, 其伏安特性曲线与晶闸管相似, 适用于过压保护电路)。

二、LED 器件的主要技术参数

1. 光通量 Φ

人眼所能感觉到的辐射功率, 它等于单位时间内某一波段的辐射能量与该波段的相对视见率的乘积, 用 Φ 表示, 单位是 lm。其中, 视见率表示不同波长的光对人眼的视觉灵敏度; 相对视见率则表示某波长光的视见率与波长为 555nm 的绿光视见率的比值。

2. 发光效率 η_v

光源发射的光通量 Φ 与其消耗的电功率 P_D 之比, 即 $\eta_v = \Phi / P_D$, 单位是 lm/W。

3. 发光强度 I

光源在一定的立体角内发射的光通量与该立体角的比值，单位是 cd。法向（即轴向）发光强度则用 I_v 表示，此时发光强度达到最大值。

4. 亮度 L_v

给定点的光束元沿给定方向的发光强度与光束元垂直于指定方向上的面积之比，单位是 cd/m^2 。

5. 照度 E_v

在包含该点的面积上所接收的光通量与该面积之比，单位是 lx。

6. 峰值发射波长 λ_p

当辐射功率为最大值时所对应的波长，单位是 nm。

7. 色温 T_c

当光源所发出的颜色与“黑体”在某一温度下辐射的颜色相同时，“黑体”的温度就称为该光源的色温，单位是 K（开尔文）。若“黑体”的温度越高，则光谱中蓝色成分越多，而红色成分越少。白炽灯的光色为暖色，其色温表示为 2700K；荧光灯的光色偏蓝，色温为 6000K。

常见色温值速查表见表 1-1-1。

表 1-1-1 常见色温值速查表

环境条件	色温值 (K)	环境条件	色温值 (K)
北方蔚蓝的天空	8000~8500	冷色荧光灯光	4000~5000
阴天	6500~7500	暖色荧光灯光	2500~3000
夏日正午阳光	5500	白炽灯光	2700
下午日光	4000	蜡烛光	2000

8. 显色指数 (CRI)

表示被测光源的显色性能。通常将白炽灯的显色指数定义为 100，视为理想的基准光源。首先以 8 种色度中等的标准色样来检验，然后将在测试光源下和在同一色温的基准下这 8 种色度的偏离程度进行比较，以测量该光源的显色指数，最后取平均值 R_a 代表显色指数，以 100 为最高。平均色差越大， R_a 值越低。 R_a 低于 20 的光源一般不用。

显色指数的分类见表 1-1-2。

表 1-1-2 显色指数的分类

显色指数 (R_a)	等级	显色性	适用领域
90~100	1A	优	需要色彩精确对比的场所
80~89	1B	良	需要色彩正确判断的场所
60~79	2	普通	需要中等显色性的场所

续表

显色指数 (R_a)	等级	显色性	适用领域
40~59	3	较差	对显色性的要求较低、色差较小的场所
20~39	4	差	对显色性无具体要求的场所

9. 色差 E

定量表示的色知觉差别。

10. 光衰

光衰是光致衰退效应的简称。当光通量衰减到初始值的 70% 时 (折合 0.7, 准确值为 $\sqrt{2}/2$) , 即认为 LED 的使用寿命已经终止。

11. 寿命

LED 在规定工作条件下, 当光通量衰减到初始值 70% 时的工作时间, 单位是 h。

12. 正向电流 I_F

当 LED 器件正常发光时流过它的电流。

13. 最大正向电流 I_{FM}

允许通过 LED 器件的最大正向电流。

14. 反向电流 I_R

当加在 LED 器件两端的反向电压为规定值时, 流过 LED 器件的电流。

15. 正向电压 U_F

通过 LED 器件的正向电流为规定值时, 在两极间产生的压降。

16. 反向电压 U_R

当 LED 器件通过的反向电流 I_R 为规定值时, 在两极间所产生的压降。

17. 额定功耗 P_D

允许加到 LED 两端的最大电功率值。

18. 结温 T_j

专指 LED 器件中主要发热部分——半导体结 (即芯片) 的温度。

19. 管壳温度 T_C

在 LED 器件工作时管壳规定点的温度。

20. 热阻 R_θ

LED 器件的有效温度与外部规定参考点的温差与器件的稳态功耗之比。

21. 像素

像素是屏幕上可被独立控制的最小单元。彩色像素由红、绿、蓝 3 种颜色组成, 只需分别调节红、绿、蓝色的亮度, 即可显示出任何颜色。像素直径是指每个像素的直径, 单位是 mm。室内大屏幕 LED 显示屏的常见像素直径有 $\phi 3.0$ 、 $\phi 3.75$ 、 $\phi 5.0$ mm 等。

22. 灰度

灰度亦称色阶 (或灰阶), 是用黑色调表示物体的明暗程度, 它对应于从 0% (最

亮)到100%(最暗)的某一亮度值。

23. 灰度等级

单一基色的 LED 显示屏从最暗到最亮之间所能识别的亮度级数。灰度等级主要取决于系统中 A/D 转换器的位数。一般分为 16 级 (4bit)、32 级 (5bit)、64 级 (6bit)、128 级 (7bit)、256 级 (8bit)、512 级 (9bit)、1024 级 (10bit) 等多个等级。灰度等级越高,色彩的层次越多,色彩越艳丽;反之,显示颜色单一,变化简单,缺乏层次感。目前国内 LED 显示屏大多采用 8 位处理系统,灰度等级为 $2^8=256$ 级,从最暗到最亮总共有 256 种亮度变化。采用 RGB 三原色即可构成 $256 \times 256 \times 256=16\,777\,216$ 种颜色,即通常所说的 16M (或 24bit) 种颜色 ($1\text{M}=1024\text{k}$, $1\text{k}=1024$, $16\text{M}=16 \times 1024 \times 1024=16\,777\,216=2^{24}$, 等于 24bit 数据)。

24. 对比度

在一定的环境照度下,LED 显示屏最大亮度与背景亮度的比值。

25. 视角 θ

当发光强度等于轴向强度值一半时,光线方向与法线的夹角,称作半值角 $\theta_{1/2}$;半值角的 2 倍为视角 θ 。视角可分为水平视角、垂直视角两种。LED 显示屏的视角应根据具体用途来选定,户外大屏幕 LED 显示屏可选水平视角为 110° 、垂直视角为 $45^\circ \sim 50^\circ$ 的椭圆形 LED 发光器件;室内显示屏则选用水平、垂直视角均超过 110° 的表贴式 LED。视角与亮度是互相矛盾的,视角越大,亮度越低。

26. 失效率

失效率是指单位时间内失效的元件数与元件总数的比值。LED 显示屏的失效率取决于 LED 器件的质量 (排除显示屏生产工艺中的虚焊、漏焊、接触不良等影响)。用于显示屏的 LED 器件,其 1000h 的失效率应不超过万分之一。

27. 平均故障间隔时间 (MTBF)

LED 显示屏平均正常运行多长时间才发生一次故障。这是衡量 LED 显示屏可靠性的重要指标。

28. LED 灯具常见图示 (见表 1-1-3)

表 1-1-3

LED 灯具常见图示

图示	说 明	图示	说 明
	室内使用		采用三类绝缘保护
	外壳任何部位最高温升不超过 130°C		具有防爆功能
	带安全隔离的短路保护		可置于一般可燃物表面安装使用