

刘胜利 编著

高亮度LED照明与 开关电源供电



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

高亮度LED照明与 开关电源供电

刘胜利 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要

高亮度、长寿命、低耗电的半导体发光二极管，具有尺寸小、抗振动、无污染等突出优点。作为新兴照明光源，可用于室内照明、路灯照明、景光照明等，它在未来几年有望大量取代当前的荧光灯和白炽灯。本书详细介绍了欧洲 Philips（飞利浦）、韩国 SEOUL（首尔）和中国台湾 Helio（海立尔）、Kinglux（金乐斯）LED 产品。

千灯灯饰高亮度 LED 专用驱动电源共有五种规格，分别是 LED3W、6W、12W、18~30W、80~250W。本书给出了这五种电源的整机电路图和所有元器件的真实技术数据及调节技巧。

本书还特别给出了 2008 年新修改推出的两相交交互式 PFC 预调节控制器——UCC28070，可制作 1500W、3000W 大功率开关电源。它的 300W 样板设计有典型示范作用。

数字控制的开关电源 IC 新产品均由 TI 公司推出。本书系统介绍 UCD9240、UCD9112、UCD9080/9081 和原已推出的有 UCD7201、UCD7100、UCD7230、UCD8220 等控制芯片的参数和典型应用电路。

使用本书既能使读者掌握基本的设计和调试方法，又能方便读者在设计过程中快速查找相关资料。本书适合从事 LED 驱动电路及开关电源设计的工程师阅读、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

高亮度 LED 照明与开关电源供电/刘胜利编著. —北京：中国电力出版社，2009

ISBN 978-7-5083-9250-9

I. 高… II. 刘… III. ①发光二极管—照明②开关电源—供电 IV. TN383 TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 132167 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

1000 毫米×1400 毫米 B5 开本 29.5 印张 598 千字 1 插页

印数 0001—3000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

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



中国是世界上人口最多的国家，电力资源相当贫乏。近 20 年来，每年的用电量增长率均超过 15%，能源危机已十分紧迫。节约资源、减少能耗是关系到当今人类社会可持续发展的重大现实问题。绿色照明作为节约电能、保护环境的重要措施，是人类现代文明的标志之一。1993 年我国把照明节电提升到资源节约工作的优先位置，大力推广高效照明灯具，建立优质长寿、安全可靠、经济适用、减少环境污染的绿色照明系统。

传统白炽灯（钨丝灯）的电光转换效率只有 7%，其使用寿命仅 750~1000h，它已被荧光灯（俗称日光灯）大量取代。目前市场应用最广泛的照明灯具是紧凑型荧光灯（CFL），其电光转换效率达 28%，比 100W 白炽灯高 4 倍，寿命长达 10 000~24 000h。但它也受到温升限制难以加大光亮度。它还存在噪声较大、容易碎裂以及含汞对环境有污染等缺点。

半导体发光二极管作为新兴的固体照明器件，寿命长达 5~10 万 h，它不仅耗电少、亮度高，而且体积小、抗振动。各种白色、红色、蓝色、绿色、黄色的半导体 LED 发光二极管产品如雨后春笋纷纷问世，它的创新技术一日千里。目前只是价格较高，受到一些限制，一旦在工艺技术上有新突破，有可能大规模取代荧光灯和白炽灯。有关专家明确指出，照明光源的未来希望主要在白光 LED 的创新发展。

本书在第五章详细给出了千丽灯饰 LED 专用驱动电源产品的多张全板整机电路图以及各驱动电源的技术规范、特性说明。感谢千丽灯饰 LED 驱动电源总工程师但云林毫无保留地贡献了驱动电源电路图上所有元器件的真实技术数据和调节技巧。该电源产品有 LED-3W、6W、12W、18~30W、80~250W 五类。其中 12W、18~30W、80~250W 三种 LED 驱动电源，它的 PWM 控制芯片均采用上海 On-Bright（昂宝）公司的高性能 IC 产品 OB2262、OB2263，PFC 控制芯片则采用了 OB6563 等。这些昂宝品牌芯片的详细技术资料，均由睿创电子科技有限公司的尹军山工程师提供。

需要说明的是，不同厂家的 LED 照明电源种类甚多，有的与 LED 发光二极管同时推出，有的则是单独提供。例如 12W LED 电源，可向 12 只 1W LED 供电，一个 20W 电源可使 20 只 1W 的 LED 发光工作。30W 电源能向 10 只 3W LED 供电，250W 电源则可向 120 多只 2W LED 供电。

本书第七章介绍的两相交互动式 PFC 控制器 UCC28070，可构成 1500W 和 3000W 大功率电源预调节器，它并不是直接向 LED 供电的 3V、5V、12V、15V、

24V 等恒压恒流系统,而是为众多小功率开关电源提供高功率因数 $PF \geq 0.99$ 的优质输入系统。如 1500W 系统可向 75 台 20W 开关电源供电 +390V、3.8A; 3000W 系统则可向 100 台 30W 小功率开关电源供电 +390V、7.5A,明显降低其功耗,提高效率,延长使用寿命。

据相关媒体报道,山东潍坊市共选用 30 000 盏高亮度 LED 路灯,替换了所有老式路灯,成为世界上首座半导体 LED 路灯全覆盖的城市。专家指出,高品质 LED 寿命长达 5 万小时,其电源效率超过 90%。每安装 1 万只 LED 路灯,可节省变压器投资 1480 万元,节省铜电缆费 2800 万元,每年节约电费 1446 万元,免去维护费用 700 万元,即总电费减少 70% 以上,充分显示了 LED 照明的远大前景。

数字控制的开关电源 IC 新产品均由 TI 公司推出。本书系统介绍 UCD9240、UCD9112、UCD9080/9081 和原已推出的有 UCD7201、UCD7100、UCD7230、UCD8220 等控制芯片的参数和典型应用电路。

本书保留了李龙文教授编写的 4 章内容,分别是第十九~二十二章的 LM5034、ISL6572、NCP1396、NCP1337 等。本书第七、八章对 UCC28070 给出了大量的补充介绍,特别给出了新版的 300W 设计样板。

本书在第二十三~二十七章保留了作者的经典之作,包括实验制作多种反激式、正激双管式、半桥式、全桥变换器开关电源的大量试验数据、实测波形,特别是主功率变压器的具体制作过程和工艺技巧。如 1000W 电源用 PQ50/50 磁心做主变压器,原边绕组与四段副边绕组有三种绕制方法:两段全包式、两段半包式、原边三段式,并分别给出了它们的电感、漏感,加高压实测波形等。

第二十三~二十七章之所以被全国众多电源工程师、学者称为“极珍贵资料”、“精华必读物”、“典型实验样板”,是因为这部分内容不但详细给出了具体制作多种开关电源过程中必须测量的大量数据和真实波形,在无任何参考的条件下,还灵活运用多因数优选法、纵横比较法、陡度法等,逐步查出“复杂黑箱”、“数据大海”里的最佳参数和关键值。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录



前言

第一章 新型绿色节能照明光源——半导体高亮度发光二极管 (LED)	1
第一节 固体照明技术的三个发展阶段	1
第二节 荧光灯 (俗称日光灯) 的电气特性	2
第三节 各种照明光源特性比较	3
第二章 室内照明、路灯照明、景光照明的科技新星——欧洲	
Philips Lumileds 系列产品详解	6
第一节 概况	6
第二节 LED 产品系列分类	7
第三节 三种 LED 产品比较	8
第四节 色度特性与三种白光	9
第五节 各种色彩 LED 发光二极管编号与特性	12
第六节 LED 专用电源模块	15
第七节 电源与配套低压、中压 IC 系列表	16
第八节 光学术语	19
第三章 高亮度、长寿命、低功耗发光二极管新品——韩国	
SEOUL (首尔) LED 优质系列产品	21
第一节 概况	21
第二节 Z 功率发光二极管 (LED) 系列的全代码及外形尺寸	21
第三节 三种不同的白色 LED 电气—光学特性参数	22
第四节 蓝、绿、红、浅黄色 LED 电气—光学特性参数	24
第五节 三种白色 LED 产品在 X、Y 坐标和相关色温 CCT 在各段 储藏和测量的数据结构表及曲线代表图	27
第六节 可直接用于交流电网高压的 LED 新产品 Acriche	31
第四章 高亮度 LED 新品——中国台湾 Helio (海立尔) 系列产品详解	34
第一节 产品光通量、相关色温和正向电压字符代码标记	34
第二节 各段光通量与辐射功率参数	34
第三节 暖白光、自然白光对应的色温范围和 X、Y 坐标值	36
第四节 更高色温的白光对应的 X、Y 坐标值	39
第五节 LED 正向电压段 (代码: EF) 各范围数值	41

第六节	白、红、黄、绿、蓝等各色 LED 型号、规格及相关电路	44
第七节	各色 LED 光通量参数表 (25℃)	46
第五章	千丽灯饰高亮度 LED 专用驱动电源	48
第一节	12W LED 驱动电源	48
第二节	18W、24W、30W LED 驱动电源	50
第三节	80~250W LED 驱动电源	52
第四节	3W LED 驱动电源	55
第五节	6W LED 驱动电源	55
第六节	LED 驱动电源的设计心得	58
第七节	上海昂宝 (On - Bright) 高性能 PWM 控制器 OB2263	59
第八节	上海昂宝 (On - Bright) 高性能 PFC 功率因数校正器 OB6563	63
第六章	中国台湾 Kinglux (金乐斯) 优质、高效 3W 发光二极管	
	KLX - LSDB1/LSDB2	67
第一节	产品概况	67
第二节	LED 外形与机械尺寸电气—光学特性参数表	67
第三节	产品典型的电气—光学特性曲线	68
第七章	用两相交互式 PFC 控制器 UCC28070 制作 1500W 或 3000W	
	(四相交互式) 大功率优质开关电源	71
第一节	交互式 PFC 预调节器与内部功能框图	71
第二节	关键技术——纹波对消的妙用	72
第三节	UCC28070 的创新设计特点及各引脚功能	76
第四节	UCC28070 各单元电路功能介绍	77
第五节	可调节的峰值电流限制功能	80
第六节	增强的瞬态响应功能	83
第七节	UCC28070 的电气参数	86
第八章	300W 交互式 PFC 预调节电源样板设计采用 UCC28070	
	的典型整机设计范例	91
第一节	样机设计电路图及其元器件规格	91
第二节	升压电感器 L_1 、 L_2 的选择与计算	95
第三节	输出电容器和功率开关管的选择	96
第四节	电流检测传感器 T1、T2 的设计与选择	97
第五节	峰值限流电阻、定时电路、最大占空比钳制、输出电压调节、 软起动设计	100
第六节	电压环的补偿设计	101
第七节	电流环的补偿设计	104

第九章 开关电源数字化技术的新天地——数字式 PWM 系统	
控制器 UCD9240 详解	110
第一节 开关电源数字化概况	110
第二节 UCD9240 设计特点	111
第三节 UCD9240 典型应用电路、内部功能框图及各引脚安排	112
第四节 UCD9240 电气参数	114
第五节 UCD9240 芯片部分内电路与特性测量简介	121
第十章 数字式双相同步 Buck 控制器 UCD9112 详解	125
第一节 芯片主要设计特点	125
第二节 UCD9112 应用概况、内部功能框图及典型应用电路	125
第三节 UCD9112 电气参数	128
第四节 UCD9112 各引脚功能简介	130
第五节 UCD9112 部分单元电路及特性	131
第十一章 具有误差记录存入功能的八信道电源程序器和监视器 UCD9081	133
第一节 UCD9081 芯片主要设计特点	133
第二节 UCD9081 的典型应用电路与应用领域	133
第三节 UCD9081 芯片内部功能框图与各引脚内容安排	135
第四节 UCD9081 电气参数	137
第五节 UCD9081 数字输出特性曲线(在一段时间内只有一路输出加载)	139
第十二章 八信道电源程序器和监视器 UCD9080 数字控制 IC 新品	142
第一节 芯片主要设计特性及典型应用电路	142
第二节 UCD9080 的应用领域	142
第三节 UCD9080 电气参数	143
第四节 UCD9080 芯片的数字群连接参数存储结构图表	146
第十三章 数字控制兼容的单低边$\pm 4A$、MOSFET 驱动器 UCD7100 (具有电流检测功能)	149
第一节 芯片设计特性、典型的应用电路 (单端正激式变换器) 及内部功能框图	149
第二节 UCD7100 芯片两种典型的应用电路	150
第三节 UCD7100 芯片的极限值与电气参数	153
第十四章 数字控制兼容的同步 Buck 栅极驱动器 UCD7230 (有电流检测限定放大器)	155
第一节 芯片主要设计特性、内部功能框图与简化电路	155
第二节 UCD7230 的单项、多项同步 Buck 变换器 (与 UCD9112 组合)	156

第三节	UCD7230 的极限值及其电气参数	158
第四节	UCD7230 应用简图	162
第十五章	数字管理式推挽变换器——模拟 PWM 控制器 UCD8220	164
第一节	主要设计特性及两种应用电路（推挽式、半桥变换器）	164
第二节	芯片内部功能框图与两种不同封装的各引脚安排	165
第三节	UCD8220 的极限值及电气参数	166
第四节	芯片部分电路应用概况（电流检测和保护）	169
第十六章	数字控制兼容的双低边±4A、MOSFET 驱动器——UCD7201	
	（具有可编程的公用电流检测）	172
第一节	芯片主要设计特性与典型的应用电路	172
第二节	UCD7201 芯片内部功能框图与各引脚安排	173
第三节	UCD7201 芯片极限值与电气参数	175
第十七章	采用 LNK616PG 的 5W（直流输出 5V、1A）恒压（CV）、	
	恒流（CC）充电器或适配器	179
第一节	电路概况与特性	179
第二节	LNK616PG 典型应用电路及工作原理	179
第三节	电源变压器结构规格详解	182
第四节	LNK616PG 电源整机的几组测量特性曲线图	184
第十八章	TOP252~262 产品系列 TOPSwitch - HX 性能更优、	
	功率更宽、应用更广	187
第一节	PI（功率集成）公司产品设计特性简介	187
第二节	TOPSwitch - HX 产品芯片内部功能框图与简介	192
第三节	芯片的开关频率调制电路特性	194
第四节	芯片内电路功能分析	197
第五节	TOPSwitch - HX 的四个应用电路与部分说明	198
第十九章	双路交互式有源钳位 PWM 控制器 LM5034 用于正激开关电源	205
第一节	双路交互式控制的概念，IC 各引脚内容	205
第二节	LM5034 的工作原理	207
第三节	PWM 控制器	209
第四节	输出驱动信号	211
第五节	软起动及交互式控制	212
第六节	两种不同输出电压电路结构概况	214
第七节	其他单元电路简介	215
第八节	PCB 布局和实际应用电路	220
第二十章	对称式 ZVS 全桥变换器兼同步整流控制器 ISL6752	221
第一节	主要特性、内电路框图与各引脚说明	221

第二节	各单元电路设计·····	223
第三节	由 ISL6752 组成的高压输入、原边控制的全桥电路 ·····	224
第四节	ZVS 的全桥工作模式原理分析 ·····	226
第五节	同步整流的控制·····	229
第二十一章	LLC 谐振半桥变换控制器 NCP1396 可高压直接驱动 MOSFET ·····	232
第一节	IC 设计特性、引脚安排、内部电路框图 ·····	232
第二节	IC 新技术详解 ·····	234
第三节	压控振荡器与最大、最小开关频率调节·····	236
第四节	布朗输出保护·····	240
第五节	快速、慢速故障保护电路·····	241
第六节	起动中的状态及性能·····	243
第七节	高电压驱动·····	244
第二十二章	优秀的准谐振反激变换控制器 NCP1337 ·····	246
第一节	IC 特点简介 ·····	246
第二节	各脚功能及内部电路框图·····	247
第三节	各单元电路工作描述·····	248
第四节	安全保护特色·····	251
第五节	IC 应用电路: AC/DC 适配器以及 LCD-TV 电路 ·····	253
第二十三章	实验制作 20W、40W 反激式开关电源, 主变压器绕制工艺, 实测多组高压脉冲波形 ·····	255
第一节	单端反激式开关电源的工作原理与连续、非连续工作状态·····	255
第二节	用 EI-28、TOP202 制作 20W 反激式开关电源的试验数据、实测波形、主变压器绕制工艺·····	263
第三节	用 PQ26/25、TOP202 制作 40W 反激开关电源的试验数据、实测波形·····	274
第二十四章	制作两种 1000W 全桥软开关电源的试验数据、实测波形、主变压器绕制方法 ·····	284
第一节	两种 1000W 电源——直流输出 15V/60A 和 48V/20A 全桥软开关电源电路和印制电路板总体布局图·····	284
第二节	全桥变换器工作原理与 1000W 全桥软开关电源的实测波形 ·····	289
第三节	用 PQ50/50 型磁心的 1000W 全桥主功率变压器的参数设计与绕制工艺·····	294
第四节	全桥变换器驱动电路设计特点与驱动变压器绕制技术·····	299
第五节	1000W 全桥变换器附加谐振电感器的设计与制作 ·····	306
第六节	全桥软开关电源的辅助谐振网络工作原理与电感器的制作·····	312

第二十五章	实验制作 2000W 全桥软开关电源：重视监测原边电流波形， 来选择输出电感器参数	319
第一节	2000W 移相控制全桥软开关电源电路和总体布局	319
第二节	2000W 全桥变换器主功率变压器的参数设计	323
第三节	主功率变压器的绕制工艺和几项试验.....	324
第四节	大功率高频开关电源输出滤波电感器的设计与制作；重视监测 原边电流波形变化来调节选择 L_o 恰当值	328
第五节	核算辅助谐振网络的各项参数.....	336
第六节	大功率高频开关电源的散热、假负载群制作、整机效率.....	340
第七节	原边电流互感器与单向的副边电流互感器的制作.....	342
第二十六章	实验制作双管正激变换器高可靠 200~300W 开关电源	348
第一节	单端正激变换器的工作原理及实用电路.....	348
第二节	200W 正激变换器主功率变压器的设计与绕制工艺	354
第三节	TL494 设计特点与脉宽调制特性	356
第四节	TL494 的死区时间控制试验	360
第五节	4N35/TL431 光耦控制电路的计算方法	366
第六节	驱动电路设计、实测波形与变压器的绕制.....	371
第二十七章	实验制作半桥变换器 500W 开关电源	376
第一节	半桥变换器工作原理及 500W 开关电源实用电路.....	376
第二节	半桥变换器主功率变压器的绕制方法.....	380
第三节	500W 开关电源驱动变压器的绕制方法	384
第二十八章	由 LNK605~606、LNK613 等组成的多种精密恒压 (CV)、 恒流 (CC) 驱动器、充电器和适配器	388
第一节	产品设计特性概况、芯片内部功能框图.....	388
第二节	芯片内部主要电路功能分析.....	390
第三节	LNK613DG 典型应用电路及单元电路分析	392
第四节	LinkSwitch - II 电源输出电缆压降补偿技术	394
第五节	几种不同设计结构的典型应用电路.....	396
第二十九章	全桥变换器移相控制软开关电源一个完整工作周期的 12 个 过程分析 (正、负半周不对称)	399
第一节	论文产生的背景说明.....	399
第二节	软开关移相控制全桥变换器的工作原理波形图，有独特详细 展宽的原边与副边电流、电压波形相位关系图.....	399
第三节	一个完整开关周期中正半周的 6 个工作过程详细分析.....	403
第四节	一个完整开关周期中负半周的 6 个工作过程详细分析.....	408
第五节	试制移相控制全桥变换器软开关稳压电源的体会.....	411

第三十章 两种 3500W 高档开关电源实体解剖、全面测量:

直流输出 48V/70A 和 350V/10A 415

第一节 实体解剖两种 3500W 高档开关电源: 印制电路板铜箔、焊点走线图..... 415

第二节 用 PF9811 智能电量测量仪、配合联想电脑实测打印出多台 3500W 电源各项数据 421

第三节 测量记录两种 3500W 电源单机在多种负载时的数据 434

第四节 奇特的高密度、高功率因数控制板, 8 只 IC、上百个贴片元件组合使 $PF \geq 0.9995$ 439

第三十一章 实体解剖两种 6000W 高档开关电源 (直流输出

48V/112A 和 350V/17A) 446

第一节 两种 6000W 电源的改进概况, 拆解 350V/17A 电源主板绘图、全桥控制板新图..... 446

第二节 基本相同的 PFC 控制板电路设计, 在 6000W 电源改进了贴片元件的双夹层, 铜箔走线设计有较大变化..... 448

第三节 两种 6000W 电源 6 只 MOSFET 紧固螺孔专用功率开关管转接电路印制板图..... 451

第四节 350V/17A 电源主板上新增加 CPU 数字信号处理监控板 454

第五节 开关电源全桥变换器控制电路框图, ± 15 稳压电源、PFC 控制板 455

第六节 自制成功多块分立元器件 PFC 控制板: 完成单面接线试验, 实现低成本、高性能、国产化的技术价值 (调整掌握关键电路参数, 与贴片阻容值有差异) 458

第一章

新型绿色节能照明光源—— 半导体高亮度发光二极管 (LED)



第一节 固体照明技术的三个发展阶段

一百多年前,爱迪生发明了白炽灯(钨丝灯),是人类照明光源的巨大进步。1938年发明的日光灯(荧光灯),可减少热损失,节约了电力能耗,又是一大进步。随后紧凑型日光灯 CFL 问世(即 Compact Fluorescent Lamp),它在市场上应用更为广泛。

同时,高压气体放电灯(HID)陆续出现,如水银灯、金属卤素灯和钠灯又相继出现,可在室外实现照明,满足了各方面的需要。目前约有 21% 的电源用于照明,如果能在固体照明领域节省一半的能源,则会对人类的节约能源作出巨大的贡献。

采用半导体材料(Semiconducting Material)做成红光、黄光及绿光发光二极管(LED)已在约十年前研制成功,这些 LED 大都用 AlInGaP 材料做成,但直到数年前,用 AlGaInN 材料成功制成蓝光 LED,这才使白光 LED 的梦终成现实。用半导体材料制作白光 LED 被称为固体照明。

1. 白炽灯

白炽灯是用黑体发热,主要以钨丝作灯丝,因为钨有高熔点(3683K)及低蒸发率。只是白炽灯的大部分光是红外线,钨丝放热比黑体稍微蓝移,即向短波长方向移,如图 1-1 所示,所以发光效率比较高,而蓝移也不影响演色性(CRI: Color Rendering Index)。一般钨丝都卷成螺旋形放在球形玻璃壳中,并充入不起反应的惰性气体,例如氩气及少数氮气,而 40W 以下的白炽灯则多数是抽真空。因为白炽灯的大部分辐射光是红外线,所以 120V 白炽灯的照明效

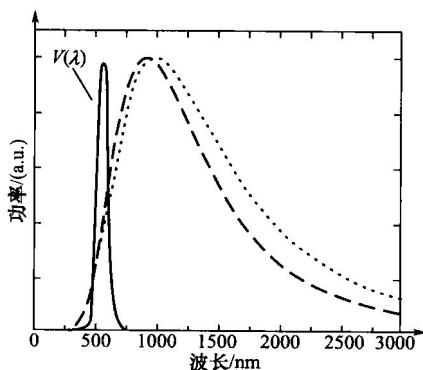


图 1-1 黑体(点虚线)及钨丝发热体(短虚线)在 3000K 时的光谱,图中实线是人眼的感光强度曲线(引自 A. Zukaskus 等人的著作)

率在 2400K 时约为 8lm/W，一般 100W 白炽灯只有 7% 的电功率转变为可见光。白炽灯寿命衰减的主要原因是钨丝蒸发，白炽灯的一般寿命约 750~1000h，但是因为白炽灯价廉，所以被大量应用在住宅。

2. 钨丝卤素灯

为减少钨丝蒸发率以增加其寿命及工作温度，在灯泡中添加卤素气体做成的钨丝卤素灯也颇为流行。钨丝卤素灯的原理是在化学反应时，钨产生卤化物从高温灯丝扩散到冷玻璃壳壁上。由于这是一个可逆反应，所以同时钨的卤化物分解成钨而反方向扩散在钨丝上，结果钨丝的分量没有改变，因此温度可以高达 3450K。一般钨丝卤素灯均在高温工作，灯泡也较小，用的是比较硬的玻璃壳，其寿命比钨丝白炽灯要高两倍。

3. 荧光灯

当高压电通过气体时，气体会分离而离子化，产生由电子、离子及中性粒子等组成的等离子气体，限制电流使其不致产生雪崩而逐渐稳定。一般荧光灯用低压放电可以产生 11 000~13 000K 的高温。荧光灯可用的材料有汞（即水银）和钠，但是钠灯光是黄色，多用在街道照明上，而汞灯则释放紫外线故多用于一般日光灯，灯管涂上荧光粉以产生白光。

荧光灯的荧光粉可以由 UV 激发产生白光，卤化磷酸盐 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}_3\text{F})$ ： $(\text{Sb}^{3+}, \text{Mn}^{2+})$ 是最早使用的荧光粉，其中铈（Sb）的作用是增感及发光中心，铈受 UV 激发产生近 480nm 宽带，而锰（Mn）则产生 580nm 宽带。

第二节 荧光灯（俗称日光灯）的电气特性

荧光灯作为一种低压气体放电灯，具有负阻效应，其电压-电流（V-I）特性曲线如图 1-2 所示。图中 V_{strike} 是触发起动电压， V_{on} 是荧光灯的导通电压。从图 1-2

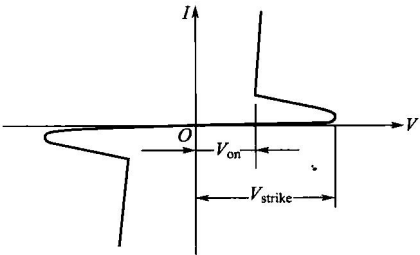


图 1-2 荧光灯的 V-I 特性曲线

中可以看出，当施加在荧光灯两端的电压低于荧光灯的触发起动电压 V_{strike} 时，荧光灯呈高阻态，灯中没有电流流过。当荧光灯两端的电压达到灯的起动电压时，荧光灯导通，其两端电压下降，而灯电流则上升，呈负阻特性。在外接镇流器的作用下，荧光灯的电流稳定在额定值，同时荧光灯两端的导通电压也基本保持恒定。

荧光灯的触发起动电压和正常工作时灯两端的电压由荧光灯的类型决定。通常，荧光灯的触发起动电压的范围在 500~1200V 之间，而正常工作电压的范围则在 40~100V 之间。

如果要得到高的演色性，可以使用混合物，例如 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F})(\text{Sb}^{3+}, \text{Mn}^{2+})$ 及 $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2\text{Sn}^{2+}$ ，但是其发光效率较差。1970 年三色荧光粉研发成功，得到有关的光谱，其中有 600、550 及 450nm 波长的波峰。

目前荧光灯正朝着小管径、紧凑型发展，这种灯被称为紧凑型荧光灯（CFL），小直径（10~16mm）管可以直接用在灯座上，转换效率可达 28%，比 100W 白炽灯要高四倍。这种灯因为省电、寿命长，并可与普通灯互换，已逐渐被普遍采用。

荧光灯比白炽灯效率高、寿命长并且可选择光色，是室内照明光源中发展最快的光源，目前发光效率可达 100lm/W，寿命可达 24 000h， R_a 值大于 83。荧光灯的最大缺点是光输出与温度有关，在室温下具有最高输出功率，增加或减少温度均会使光输出功率减少，其他缺点是演色性不够高，受无线电波长影响较大以及有噪声，同时因为含汞对环境有影响，但是已在公共场所被大量使用。

 第三节 各种照明光源特性比较

A. Zukaskus 等人比较了各种照明光源的特性，其结果列在表 1-1 中，以供参考。表 1-2 比较了白炽灯、荧光灯、金属卤化物灯与发光二极管等光源的功率转换效率，由表 1-2 可知白炽灯有极高的红外线损失，金属卤化物灯的可见光转换效率最高，而 LED 虽无红外线的损失，但是有很多功率转变成热。

表 1-1 比较各种照明光源的特性

类 型	功率/W	光通量（平均值）/lm	效率 / (lm/W)	R_a	CT (CCT) /K	使用寿 命/h	1Mlm·h 价格/\$
白炽灯（120V）	60	865	14.4	100	2790	1000	7.4
钨丝卤素灯（120V）	50	590	11.8	100	2750	2000	12
三色荧光粉荧光灯	32	2850 (2710)	84	78	(4100)	24 000	1.6
紧凑型荧光灯	15	900 (765)	51	82	(2700)	10 000	3.9
低压钠灯	90	12 750 (11 095)	123	-44	(1800)	16 000	1.6
高压汞灯	250	11 200 (8400)	34	50	(3900)	24 000	3.8
高压钠灯	250	28 000 (27 000)	108	22	(2100)	24 000	1.3

续表

类 型	功率/W	光通量 (平均值)/lm	效率 / (lm/W)	R _a	CT (CCT) /K	使用寿命/h	1Mlm • h 价格/\$
金属卤化物灯	400	36 000 (24 000)	60	65	(4000)	20 000	2
感应灯	55	3500 (2800)	64	80	(3000)	100 000	2
微波硫化物灯	1425	135 000	95	79	(5700)	20 000	2

(引自 A. Zukaskus 等人的著作)

表 1-2 不同照明光源的功率转换效率

输入功率转换为	发光二极管	白炽灯	荧光灯	金属卤化物灯
可见光辐射能量	10%~12%	5%	23%	27%
红外辐射能量	0	90%	36%	17%
紫外辐射能量	0	0%	0%	19%
辐射能量总和	10%~12%	95%	59%	63%
热能	88%~90%	5%	41%	37%
总和	100%	100%	100%	100%

(引自 I. Ferguson 的论文)

固体照明采用白色发光二极管，不仅可以节省能源、减少污染，而且使其体积小、寿命长。因此固体照明已被全世界重视，例如中国、美国、日本、韩国及欧洲国家等，这些国家均积极参与研发工作。

照明光源已逐渐由白炽灯发展为荧光灯，而未来的希望则是白光 LED。白炽灯的色温在 2500~3000K，而荧光灯及白光 LED 的色温均可达 3000~10 000K。白炽灯是热发光，荧光灯是气体发光，而白光 LED 是冷发光。白炽灯的寿命只有 1000h，荧光灯可达 10 000h，白光 LED 则可达 100 000h。白炽灯的反应时间慢，约为 100ms，而且耗电、易碎。荧光灯反应较快但是含有汞会产生污染且易碎。白光 LED 则省电，固体元件特性强，耐振动，反应时间极快，只是价格高，技术尚未成熟。固体照明技术快速发展相信很快会取代白炽灯及荧光灯等以减少能源的消耗，对人类文明作出极大的贡献。

下面给出一个 16W 的 AC/DC 应用电路（见图 1-3），它能向 16 只 1W 或 8 只 2W 的发光二极管供电。

应用电路的主要特性：①低起动电流（5μA）；②低工作电流（3mA）；③前沿消隐；④内部过电压保护检测；⑤有门限的 150℃ 过温保护传感；⑥欠电压锁定 UVLO；⑦栅极输出电压钳位在 16V。

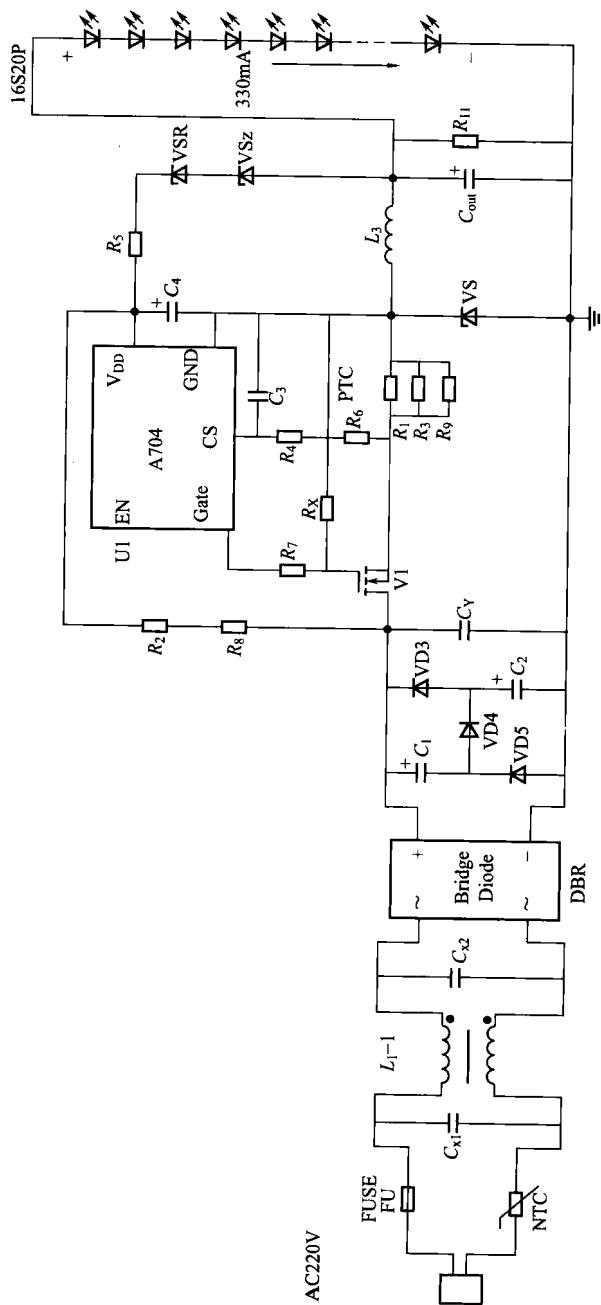


图 1-3 16W 发光二极管 (LED) 初步应用电路