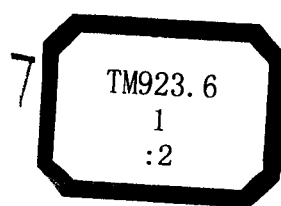


电子照明用 新型集成电路与元器件 及其应用



毛兴武 祝大卫 编著





电子照明用新型集成电路 与元器件及其应用

毛兴武 祝大卫 编著



机械工业出版社

本书全面地介绍了各种气体放电灯电子镇流器及低压卤钨灯电子变压器用新型专用集成电路(ASIC)和元器件。全书共分为九章,主要内容包括绿色照明相关知识和紧凑型荧光灯(CFL)、直管形荧光灯(TL)、电子调光荧光灯、高强度放电(HID)灯、冷阴极荧光灯(CCFL)电子镇流器与低压照明电子变压器 ASIC 及电子镇流器功率因数校正(PFC)控制器所用芯片等。对于每种 IC 的介绍,具体内容涉及其基本结构、引脚功能、性能特点、工作原理、典型应用电路与设计等。

本书涵盖的内容广泛、资料翔实、插图丰富、技术新颖,具有系统性、实用性、指导性和前瞻性。

本书适合于电子行业和电光源行业从事研发和生产的工程技术人员阅读应用,亦可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子照明用新型集成电路与元器件及其应用/毛兴武,祝大卫编著.
—北京:机械工业出版社,2006.3
ISBN 7-111-18673-7

I. 电… II. ①毛…②祝… III. ①气体放电灯-镇流器-集成电路②卤钨灯-变压器-集成电路 IV. TM923.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 018937 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王 玫 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:陈 沛 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·24.75 印张·612 千字

0 001—4 000 册

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

编辑热线电话(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

人口、资源和环境是当今世界共同关注的三大问题。全球经济的持续增长与资源尤其是能源短缺的矛盾日益突出,节能降耗已引起世界各国的高度重视。作为重要的一种能源电力,照明用电约占其总消耗量的20%。节约照明用电是节能工作的重点,也是减少发电产生的 SO_2 、 CO_2 和 NO_2 等废气、尘埃和废渣对环境污染的一个重要途径。推行绿色照明是节约照明用电和保护环境的一个重要举措,是保证经济持续协调发展和构建节约型社会不可缺少的环节。

“绿色照明”是20世纪90年代初国际上对采用节能和环保型照明系统的形象性表述。美国环境保护署于1992年率先发起实施“绿色照明”,得到很多国家的积极响应。我国在1996年正式开始实施“中国绿色照明工程”,并取得了比较明显的经济效益和社会效益。推行绿色照明就是推广使用由效率高、寿命长、安全和性能稳定的电光源、照明电器附件及调光控制器件组成的照明系统,节约照明用电,减少发电对环境的污染,不断满足国民经济各个部门和人民群众日益增长的对照明质量和照明环境的需要,改善人们的工作和生活质量。

电子镇流器是一种新型的节能照明电器附件。采用电子镇流器替代传统铁心电感镇流器是实施绿色照明的一个重要内容。为配合实施“绿色照明工程”,宣贯IEC60928:1990、GB15143—1994《管形荧光灯用交流电子镇流器一般要求和安全要求》和IEC60929:1990、GB/T15144—1994《管形荧光灯用交流电子镇流器的性能要求》等国际标准和国家标准,确保产品质量,我们曾编写了《电子镇流器原理与制作》一书,并由人民邮电出版社于1999年5月正式出版。截止2004年,该书已累计出版8次。自该书第一次出版之后,很多新型照明专用集成电路(ASIC)和电子元器件相继问世。就电子镇流器而言,其应用已由直管形荧光灯(TL)和紧凑型荧光灯(CFL)扩展到冷阴极荧光灯(CCFL)和以高压钠(HPS)灯、金卤灯为代表的高强度放电(HID)灯。卤钨灯用电子变压器也得到迅速的发展和广泛的应用。进入21世纪之后,全数字调光电子镇流器崭露头角,代表了电子镇流器产品的发展方向。

为反映当前照明ASIC及相关元器件的最新发展及其应用,满足读者的需要,我们编写了本书,可将其视为《电子镇流器原理与制作》一书的续集。在本书编写的过程中,力求做到新颖性、系统性、实用性和通俗易懂,以使电子行业和电光源行业从事研发和生产的工程技术人员、相关专业的大专院校师生及无线电业余爱好者从中受益。

在本书的写作过程中,得到同行的大力支持和帮助,在此深表感谢。由于水平有限,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 绿色照明	1
一、“绿色照明”的含义	1
二、发展绿色照明的重要意义	1
第二节 绿色照明光源	2
一、绿色照明光源	3
二、节能光源的合理选择	4
第三节 电子镇流器	5
一、电子镇流器的基本结构及其优点	5
二、由分立元器件组成的电子镇流器及电子变压器的基本电路	6
三、基于专用集成电路 (ASIC) 的电子镇流器解决方案	8
四、电子镇流器用新型元器件	11
第二章 紧凑型荧光灯 (CFL) 电子驱动器 IC	13
第一节 UBA2021 630V CFL 电子镇流器驱动器	13
一、UBA2021 内部结构、封装及引脚功能	13
二、UBA2021 的主要特点和电特性参数	14
三、UBA2021 的应用电路与工作原理	15
第二节 L6567 CFL 高压驱动器	18
一、关于 L6567 的一般介绍	18
二、L6567 的工作时序	19
三、L6567 的应用电路及元件的选取	20
第三节 UBA2024 CFL 半桥功率芯片	23
一、UBA2024 的封装、内部结构及引脚功能	23
二、UBA2024 的主要性能和特点	24
三、UBA2024 的典型应用电路及其工作原理	25
第四节 VK05CFL CFL 电子驱动器	26
一、VK05CFL 的基本结构及主要特点	26
二、VK05CFL 的应用电路及其工作原理	26
第五节 IR2520 自适应零电压开关 (ZVS) CFL 镇流器控制器	29
一、IR2520 的结构、特点和工作条件	29
二、IR2520 的工作模式及其运行	30
三、IR2520 的具体应用电路及元器件的选择	31
第六节 IR53H420/IR53HD420 自振荡半桥厚膜电路	35
一、IR53H420/IR53HD420 的封装、内部结构及引脚功能	35
二、IR53H420/IR53HD420 的主要性能特点	36

三、IR53H420/IR53HD420 的工作原理	36
四、IR53H420/IR53HD420 的实际应用电路	37
第三章 直管形荧光灯 (TL) 电子镇流器专用集成电路 (ASIC)	40
第一节 UBA2014 高频 (HF) 荧光灯驱动器	40
一、UBA2014 的内部结构、封装及引脚说明	40
二、UBA2014 的主要特点和参数	42
三、UBA2014 的实际应用电路及其工作原理	42
第二节 S6510 与 IP3101 简单高性能电子镇流器控制器	45
一、S6510 电子镇流器控制器	45
二、IP3101 电子镇流器控制器	47
第三节 VK06TL TL 电子镇流器驱动器	50
一、VK06TL 的封装、内部结构及引脚功能	50
二、VK06TL 的主要参数与特点	51
三、VK06TL 的应用电路实例及其工作原理	52
第四节 KA7541 电子镇流器控制器	55
一、KA7541 的基本结构和引脚功能	55
二、KA7541 各部分电路的功能说明	56
三、KA7541 的具体应用电路	58
第五节 FAN7544 简单高性能电子镇流器控制器	60
一、FAN7544 的封装、内部结构及引脚功能	60
二、FAN7544 的主要特点及极限参数	61
三、FAN7544 的振荡器和工作模式	61
四、FAN7544 的具体应用电路	64
第六节 国产 BL8301 电子镇流器专用芯片	64
一、BL8301 的主要特点	64
二、BL8301 的芯片电路组成及引脚功能	65
三、BL8301 的主要电特性参数	66
四、BL8301 的工作模式	68
五、BL8301 的实际应用电路	69
第七节 MC33157 TL 电子镇流器半桥控制与驱动器	73
一、MC33157 的封装、内部结构及引脚功能	73
二、MC33157 的主要特点	74
三、MC33157 的基本功能与工作原理	75
四、MC33157 的具体应用电路	78
第八节 IR2156 电子镇流器控制和半桥驱动器	80
一、IR2156 的引脚功能、主要特点及工作条件	80
二、IR2156 的工作模式及其运行	81
三、IR2156 的应用电路及设计实例	83
第九节 IR2157 全集成电子镇流器控制器	87
一、IR2157 的基本结构与推荐工作条件	87
二、IR2157 的控制时序与定时元件的选择	89
三、故障检测与保护	92

第十节 IR21571 全集成电子镇流器控制器	94
一、IR21571 与 IR2157 的共同特点	94
二、IR21571 与 IR2157 之间的区别	94
第十一节 IR2166 PFC 与镇流器控制器组合芯片	96
一、IR2166 的引脚功能、主要特点和工作条件	96
二、IR2166 的基本功能与工作原理	97
三、IR2166 的应用实例	101
第十二节 IR2167 型 PFC 与镇流器控制器	107
一、IR2167 的封装、内部结构及引脚功能	107
二、IR2167 与 IR2166 的比较	109
三、IR2167 的工作模式与控制时序	109
四、IR2167 的应用电路	110
第十三节 ICB1FL01G 智能电子镇流器控制器	112
一、ICB1FL01G 的引脚说明	112
二、ICB1FL01G 的工作条件	115
三、ICB1FL01G 的应用电路实例	115
第四章 可调光荧光灯电子镇流器 ASIC	121
第一节 荧光灯调光的基本方法	121
一、荧光灯的基本特性	121
二、荧光灯电子调光的基本方法	121
第二节 FM2811 可调光荧光灯电子镇流器 ASIC	122
一、FM2811 的封装、内部结构和引脚功能	122
二、FM2811 的主要性能和特点	123
三、FM2811 的具体应用电路及工作原理	124
第三节 FM2822 可调光荧光灯电子镇流器 ASIC	126
一、FM2822 的封装及引脚功能	127
二、FM2822 的主要特点和电气特性	128
三、FM2822 的具体应用电路及其工作原理	129
第四节 KA7543 灯电流反馈调光电子镇流器控制器	131
一、KA7543 的封装、内部结构及引脚功能	132
二、KA7543 的性能与特点	133
三、KA7543 的基本功能简介	133
四、KA7543 的典型应用电路及元器件选择	134
第五节 STR-B5450 系列电子镇流器半桥逆变器组合 IC	136
一、STR-B5450 系列 IC 封装、内部结构及引脚功能	136
二、STR-B5450 系列 IC 的主要电气特性及工作时序	137
三、STR-B5450 系列 IC 的典型应用电路	138
第六节 ML4833 电子调光镇流器控制器	139
一、ML4833 的内部结构、封装及引脚功能	139
二、ML4833 的主要特点	141
三、ML4833 的功能说明	141
四、ML4833 的典型应用	143

第七节 ML4835 电子调光 CFL 镇流器控制器	147
一、ML4835 的封装、内部结构及引脚功能	148
二、ML4835 的主要特点和极限参数	149
三、ML4835 的基本功能与工作原理	150
四、ML4835 的具体应用电路	153
第八节 ML4836 CFL 电子调光镇流器控制器	156
一、ML4836 的基本结构和引脚功能	156
二、ML4836 的主要电气特性参数	156
三、ML4836 的应用简介	158
第九节 IR2159 调光电子镇流器控制器	159
一、IR2159 的引脚功能及推荐工作条件	159
二、IR2159 的基本功能与工作原理	160
三、采用 IR2159 的电子镇流器设计程序	162
四、IR2159 的应用实例	165
第十节 IR21592/IR21593 调光电子镇流器控制器	168
一、IR21592/IR21593 的内部结构及运行状态	168
二、IR21592/IR21593 在应用中的连接及外部主要元件选择程序	173
三、用 IR21592 作控制器的 36W 调光电子镇流器的电路及设计	174
第十一节 基于 PIC16F628 微控制器和 DALI 的数字调光电子镇流器设计方案	180
一、数字可寻址照明接口 (DALI)	180
二、数字调光电子镇流器的参考设计方案	180
三、数字调光电子镇流器具体电路	184
第十二节 PSOC™ 电子调光镇流器专用可编程系统级芯片	187
一、PSOC 的基本结构及主要特性	187
二、CY8C26233 型 PSOC 的引脚功能	188
三、基于 CY8C26233 PSOC 的调光镇流器设计方案	189
第十三节 FMS 7401 数字功率控制器及由其组成的全数字调光电子镇流器	195
一、FMS 7401 的封装、内部结构及引脚功能	196
二、FMS 7401 的主要功能与特点	197
三、基于 FMS 7401 的数字镇流器系统设计	198
四、数字调光电子镇流器中的微控制器	203
第十四节 L6382D 微控制器控制的可调光电子镇流器功率管理芯片	204
一、L6382D 的封装及引脚功能	204
二、L6382D 的内部结构及各单元电路的基本功能	205
三、L6382D 的工作模式	206
第五章 高强度放电 (HID) 灯控制和驱动器 IC	209
第一节 HID 灯的主要特点及 HID 灯电子镇流器的关键技术	209
一、HID 灯的主要特点	209
二、HID 灯电子镇流器的关键技术	209
第二节 UCC2305/UCC3305 HID 灯控制器及其典型应用电路	211
一、关于 UCC2305/UCC3305 的一般介绍	211
二、用 UCC3305 作为控制器的 35W DC 金卤灯电子镇流器电路	213

三、采用 UCC3305 控制器的 35W AC 金卤灯电子镇流器电路	218
第三节 UBA2030T HID 灯全桥驱动器	220
一、UBA2030T 的封装、内部结构及引脚功能	220
二、UBA2030T 的主要性能与特点	220
三、UBA2030T 的基本功能与原理	221
四、UBA2030T 的典型应用电路	222
第四节 UBA2032/UBA2033 HID 灯全桥驱动器	224
一、UBA2032/UBA2033 的封装、内部结构及引脚功能	224
二、UBA2032 与 UBA2033 之间的相同点与不同点及与 UBA2030 比较	227
三、UBA2032/UBA2033 的应用简介	229
第五节 采用 UBA2032T 全桥驱动器的 70W 金卤灯电子镇流器	230
一、70W MHN-TD 型金卤灯的特性及其电子镇流器基本设计方案	231
二、70W MHN-TD 金卤灯电子镇流器电路	231
第六章 冷阴极荧光灯 (CCFL) 电子镇流器控制与驱动器 IC	236
第一节 CCFL 的主要特性	236
第二节 UBA2070 CCFL 电子镇流器驱动器	237
一、UBA2070 的封装、内部结构及引脚功能	237
二、UBA2070 的主要性能和特点	237
三、UBA2070 的典型应用电路及工作原理	238
第三节 UC1871 CCFL 镇流器和 LCD 电源控制与驱动器	241
一、UC1871 的基本结构及主要特点	241
二、UC1871 的典型应用电路和工作原理	243
第四节 UCC3972/3 可调光 CCFL 电子镇流器控制器	244
一、UCC3972/3 的封装、内部结构及引脚功能	245
二、基于 UCC3972/3 的 CCFL 镇流器关键电路及设计	246
三、UCC3972/3 组成的 CCFL 调光电子镇流器电路	249
第五节 其他几种 LCD 背光灯镇流器控制与驱动器	251
一、基于压电陶瓷变压器的 DT8545 LCD 背光逆变器控制器芯片	251
二、基于 LT1307B DC-DC 变换器芯片的 CCFL 镇流器	252
三、FAN7548 双 LCD 背光逆变器驱动器	253
第七章 低压照明电子变压器控制器 IC	257
第一节 概述	257
第二节 TFA3352 低压卤素灯电子变压器控制器	258
一、TFA3352 的封装、内部结构及引脚功能	259
二、TFA3352 的电气特性参数	261
三、TFA3352 的应用电路简介	262
第三节 IR2161 低压卤素灯电子变压器控制器	263
一、IR2161 的基本结构及引脚功能	263
二、IR2161 的主要电特性参数及推荐的工作条件	265
三、IR2161 构成的基本电子变压器电路	266
四、基于 IR2161 并带开路保护的电子变压器电路	270

五、IR2161 组成的可调光电子变压器电路	272
第八章 电子镇流器功率因数校正 (PFC) 控制器 IC	276
第一节 功率因数校正 (PFC) 的基本原理与方法	276
一、AC 输入电流发生失真的原因	276
二、电流谐波的危害及限制规定	277
三、线路功率因数与电流谐波之间的关系	277
四、功率因数校正 (PFC) 的基本类型与原理	278
第二节 SG6561 革新的边界模式 (BM) PFC 控制器	284
一、SG6561 的封装、内部结构及引脚功能	284
二、SG6561 的主要性能与特点	285
三、SG6561 的具体应用电路	286
第三节 UCC28050/UCC38050 过渡模式 (TM) PFC 控制器	287
一、UCC28050/UCC38050 的基本结构及主要特点	288
二、UCC28050/UCC38050 的应用设计	288
三、基于 UCC38050 控制器的 100W PFC 升压变换器电路	291
第四节 L6561 TM-PFC 控制器	293
一、L6561 的封装、内部结构及引脚功能	294
二、L6561 的主要特点及限制工作条件	294
三、L6561 的应用电路	295
第五节 L6562 低 THD TM-PFC 控制器	298
一、L6562 与 L6561 的对比	298
二、L6562 的 THD 降低特性	299
三、基于 L6562 控制 IC 的 80W TM-PFC 升压变换器电路	300
第六节 FAN7527 CRM-PFC 控制器	302
一、FAN7527 的基本结构与极限参数	302
二、FAN7527 的工作原理	302
三、FAN7527 的具体应用电路	305
第七节 FA5500A/FA5501A CRM-PFC 控制器	307
一、FA5500A/FA5501A 的主要特点	307
二、FA5500A/FA5501A 的主要电气特性及推荐工作条件	308
三、FA5500A/FA5501A 的应用电路与设计	308
第八节 集 PFC 控制器和 CoolMOS 于同一封装中的 ICE1PD165G 型 IC	313
一、ICE1PD165G 的基本结构及引脚功能	313
二、ICE1PD165G 的主要参数	314
三、ICE1PD165G 的典型应用电路	315
第九节 NCP1601 创新的 PFC 控制器	315
一、NCP1601 的基本结构及引脚功能	316
二、NCP1601 的工作原理	317
三、基于 NCP1601 的 100W PFC 升压变换器设计	319
第十节 UCC1817/UCC1818 平均电流模式控制 PFC 控制器	322
一、UCC1817/UCC1818 的基本结构及引脚功能	323
二、UCC1817/UCC1818 的主要特点及极限参数	325

三、UCC1817/UCC1818 的实际应用电路及主要元件的选择	325
第十一节 FAN4810 平均电流模式 PFC 控制器	329
一、FAN4810 的基本结构及引脚功能	329
二、FAN4810 的主要特点	329
三、基于 FAN4810 的 500W 有源 PFC 升压变换器电路及设计	331
第十二节 ICE1PCS01 CCM-PFC 控制器	337
一、ICE1PCS01 的基本结构及引脚功能	337
二、ICE1PCS01 的功能与工作原理	338
三、ICE1PCS01 的具体应用电路	343
第十三节 IR1150 采用单周期控制专利技术的 CCM-PFC 控制器	345
一、IR1150 的基本结构及引脚功能	345
二、IR1150 的主要特点和工作条件	346
三、IR1150 的工作状态	347
四、IR1150 的实际应用电路	347
第九章 照明用新型电子元器件	350
第一节 电子镇流器和电子变压器用新型双极功率开关晶体管	350
一、高速高增益组合式晶体管	350
二、STX83003/STX93003 CFL 电子镇流器专用互补对管	351
三、高压快速开关 NPN 型双极功率晶体管	352
第二节 电子镇流器用新型功率 MOSFET	355
一、适用于照明的普通新型功率 MOSFET	355
二、CFL 电子镇流器用双功率 MOSFET	357
三、适用于硬开关 PFC 电路的 CoolMOS	358
第三节 照明专用功率 IGBT	360
一、LightMOS 功率 IGBT	360
二、预热和调光专用“S”系列 IGBT	362
三、电子镇流器用新型“V”系列及“S”系列 IGBT	363
第四节 HID 灯用新型触发器件	364
一、SIDAC 双向触发器	364
二、LIC01 系列点火器电路	366
第五节 新型浪涌电流限制器	367
一、STIL 系列浪涌电流限制器	367
二、KJH 系列浪涌电流限制器	372
第六节 荧光灯电子辉光启动器	373
一、由分立元器件组成的电子辉光启动器	374
二、EFS 系列电子辉光启动器套件	375
三、UBA2000T 荧光灯电子辉光启动器专用芯片	378
参考文献	384

第一章 概 论

第一节 绿 色 照 明

“绿色照明”是20世纪90年代初出现的一个新概念。美国环境保护署(EPA)在1992年首先提出推行“绿色照明”,许多国家纷纷仿效,使其在很短的时间内风靡全球,并取得了显著成效。

一、“绿色照明”的含义

在自然界中,大多数植物都呈现绿色。绿色象征着春天,同时又表示清洁、和谐与宁静。人们常常以绿色向往回归大自然,同时又用绿色代表环境保护和健康。

所谓“绿色照明”,是指大力发展和推广高效照明器具,淘汰和替代传统的低效照明电光源,节约照明用电,减少发电产生的 SO_2 、 CO_2 、 NO_2 等废气、尘埃或核废料,建立优质高效、经济舒适、安全可靠、有益环境和改善人们生活质量、提高工作效率、保护人民身心健康的照明环境,以满足国民经济各部门和人民群众日益增长的对照明质量、照明环境和减少环境污染的需要。

“绿色照明”的内涵可以用高效、节能、环保、健康来概括,核心是节能和环保。在保证节能与环保的前提下,“绿色照明”旨在获得一个良好的照明质量环境,创造一个因地制宜并与周围景物、自然环境和谐协调的光照条件,让人们能在适宜光照和良好环境下学习、工作和生活。

“绿色照明”是20世纪90年代初国际上对采用节约能源、保护环境照明器具的形象性说法。照明发展到今天,其质量和水平已成为衡量社会现代化建设和文明进步程度的一个重要标志,并受到联合国等国际组织机构的关注。照明已成为一门科学,同时又是一种文化和艺术。“绿色照明”的蓬勃发展,产生了发展照明的新理念、新概念和新模式,给照明领域带来了一场新的革命。

二、发展绿色照明的重要意义

人口、资源(尤其是能源)和环境,是当今世界经济活动中共同关注的三大问题。发展绿色照明,是节能降耗、保护环境的重要举措,是建设节约型社会、落实科学发展观的重要举措,是利在当代、造福子孙的大事。

伴随着改革开放,我国城乡用电量急剧增加。尽管我国电力工业发展速度很快,但是电力供应紧张和用电效率低的状况依然比较严峻,并且在今后相当长的一段时间内将继续存在。目前我国照明用电每年约达2500亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,约为三峡电站年发电量的3倍。照明用电又主要集中在夜晚,在这段时间内,照明用电在用电总量中所占的比例远超过10%。也就是说,在夜间用电高峰期内,存在着严重的照明电器与其他电器设备抢电用的问题,致使

影响其他电器设备的正常运行。推广绿色照明，是改善电力负荷紧张状况的重要环节。

我国原国家经贸委从 1993 年起就把照明节电提到能源、环境 and 经济协调可持续发展的战略高度，作为节能工作的重点，并于 1994 年开始组织制定“中国绿色照明工程”计划。1996 年 5 月，原国家经贸委会同原国家计委、国家科委和有关部门成立了“中国绿色照明工程”协调领导小组。同年 10 月，在全国节能宣传周期间，正式向社会推出“中国绿色照明工程”。与美国、日本等发达国家一样，“中国绿色照明工程”实施方案的重点是以采用紧凑型（节能）荧光灯（CFL）和荧光灯采用的电子镇流器为突破口。当时制定的预期目标是：在节电方面，“九五”期间推广 CFL、细管型荧光灯 3 亿只（支）及其他高效照明器具，形成终端节电 220 亿 kW·h 的能力，削减电网峰荷 720 万 kW，相当于少建 978 万 kW 装机容量的电站，节约电力建设资金 490 ~ 630 亿元；在减少污染方面，以电站节电 268 亿 kW·h 计，到 2000 年，减少 SO₂ 排放 20 万 t，CO₂ 排放 740 万 t。“中国绿色照明工程”的实施，初步实现了预期的目标，取得了显著的社会效益和经济效益，同时推进了绿色照明产业的发展，促进了绿色照明产业的技术进步。以电子节能灯为代表的绿色照明产品，终于得到广大消费者的认可，进入到千家万户和商场、宾馆及酒楼等场所。

2008 年北京奥运会的宗旨是“科技奥运、绿色奥运、环保奥运和人文奥运”。首都北京现已着手城市亮化和景观照明。科技部等政府部门要求，要以 2008 年的北京奥运会和 2010 年的上海世博会为契机，推进城市的景观照明。城市照明体现一个城市的形象，代表一个城市的文化，反映一个城市的科学管理，象征一个城市的文明进步和现代化建设。城市重要道路、建筑物、广场、商业文娱区和旅游观光区等场所的照明，必须坚持“高效、节能、环保、健康”的总体要求和发展方向，真正实现“绿色照明”。

第二节 绿色照明光源

自从 1879 年美国科学家爱迪生发明了白炽灯给人类带来夜间光明以来，陆续出现了很多新型电光源。按电能转换为光能的形式及发光物质的不同，电光源大致可分为热辐射光源、气体放电光源和固态发光光源三大类。

热辐射光源是利用物体通电加热而辐射发光的原理制成的。除白炽灯外，卤钨灯也属于热辐射光源。

气体放电光源是利用气体放电时发光的原理制成的。这类电光源品种很多，如低压汞灯（主要包含荧光灯和紫外线灯）、高压汞灯、低压钠灯、高压钠灯、金属卤化物灯（简称金卤灯）、霓虹灯和氙灯等。

固态电光源主要以发光二极管（LED）为代表。由于 LED 是一种半导体器件，故将 LED 照明称作半导体照明。

通常人们将白炽灯称为第一代光源，荧光灯则为第二代光源，高压钠灯和金卤灯为代表的高强度放电（HID）灯是第三代光源，LED 则属于第四代光源。不同类型的光源有着不同的用途和特点，表 1-1 所列为几种不同类型的电光源发光效率（简称光效）、显色指数 R_a 和寿命的比较。

表 1-1 不同类型电光源发光效率、显色指数和寿命的比较

电光源	发光效率/lm/W	显色指数 R_a	寿命/h
白炽灯	9 ~ 25	95 ~ 99	1000
卤钨灯	15 ~ 30	95 ~ 99	1000 ~ 3000
荧光灯	60 ~ 80	50 ~ 80	5000 ~ 10000
紧凑型荧光灯	60 ~ 90	60 ~ 80	5000 ~ 10000
汞灯	39 ~ 54	40 ~ 45(荧光)	10000
金卤灯	65 ~ 110	60 ~ 95	5000 ~ 10000
低压钠灯	54 ~ 144	极差	10000
高压钠灯	55 ~ 136	< 30	10000
LED	25 ~ 50	—	100000

一、绿色照明光源

实施绿色照明工程或计划，必须推广和采用绿色照明光源。照明产品的发展日新月异，形形色色的新型电光源不断崭露头角。电光源是否节能都是相对而言的。卤钨灯的光效和寿命是普通白炽灯的一倍以上，显色性能也较好。与白炽灯相比，卤钨灯就是一种节能电光源。

目前绿色电光源主要有以下几种：

1. 紧凑型荧光灯（CFL） CFL 是一种小型化的荧光灯。20 世纪 80 年代初期，稀土三基色荧光粉的诞生再加之制灯技术和工艺的日臻完善，为荧光灯的小型化提供了新的发展空间。荷兰飞利浦公司率先推出 PL 型和 SL 型 CFL，奥斯拉公司、日本松下公司和东芝公司研制了带电子镇流器的自镇流 CFL。自镇流 CFL 使用 E27 灯头，可以替代白炽灯、卤钨灯和普通荧光灯。CFL 的光效是白炽灯的 3 ~ 5 倍，寿命为白炽灯的 4 ~ 5 倍，不仅可用于室内照明，而且尤其适于用作台灯和床头灯。世界各国在推行绿色照明时，都把 CFL 作为首选绿色电光源来推广。

2. 细管径直管形节能荧光灯 荷兰飞利浦公司在 20 世纪 80 年代取得的一个划时代的成果便是第二代直管形荧光灯（TL）的开发与生产。第二代 TL 的管径由 T12（ $\phi 38\text{mm}$ ）降至 T8（ $\phi 25\text{mm}$ ），使发光效率相应提高。在相同照明效果下，细管径 TL 可节电 10%。T5 型灯管管径降至 16mm，并采用先进的三基色荧光粉，内壁涂有高效镜面反射层，使用中配备新型反射式灯具。与 T8 灯相比，T5 灯又可节电 20%。由于 T5 灯管管径的缩小，有利于节约生产所需的原材料、节约包装和运输费用。细管径和超细管径 TL 是符合环保和资源节约的典型绿色照明光源。

3. 高强度放电（HID）灯 高强度（或高亮度）放电（HID）灯是高压气体放电灯。HID 灯的代表性产品是高压钠灯和金卤灯。高压钠灯的光效可接近 140lm/W，是一种节能光源，缺点是显色指数小于 30。高压钠灯可用于道路、码头、机场、铁路、矿山、厂房和广场等的户外照明。

金卤灯光色接近于白炽灯，光效达 100lm/W 以上，显色指数较高，适合于商场、宾馆

酒楼和展览中心等室内照明,同时也可用于汽车、航空和航海等领域的照明。金卤灯作为高效节能光源的典型,以其优良的技术性能和完善的内部结构代表了电光源的发展潮流。

4. 无极放电光源 无极放电光源不需要电极,其寿命可以大幅度延长。其光电特性与传统光源大体相当,这无论是对于节约能源还是减少环境污染都具有重要的意义。无极放电光源分射频(RF)和微波两种。

RF 放电光源中维持放电的电磁波频率从几百千赫兹到十几兆赫兹,光源能量由高频信号发生器、电子镇流器等产生。高频能量通过感应线圈耦合到等离子体中,来维持等离子体放电。目前 RF 放电光源产品主要有松下公司的 EVerlight 系列、飞利浦公司的 QL 系列、GE 公司的 Genura 系列和 Osram 公司的 Endura 系列等。

微波放电光源采用的激发电磁波频率为 2.45GHz,高频能量由磁控管产生。电磁波通过波导管传输到特殊设计的谐振腔中,装有放电物质的泡壳就放在谐振腔内,微波能量在等离子体中高效耦合。目前微波放电光源的主要填充物质是硫,故该类型的放电光源也称为硫灯。微波放电灯自身光效可达 120~220lm/W,显色指数 R_a 可达 90,具有良好的发展前景。美国 Fusion 公司于 1994 年发明了微波硫灯,现在有很多公司在生产,我国复旦大学电光源研究所也有自己的产品。

无极放电光源不使用汞,对环境不存在污染,是标准的绿色照明光源。

5. LED 半导体光源 LED 的体积小、重量轻、能耗低、机械强度大、安全可靠、寿命长(达 10 万 h),以其应用灵活、便于管理和控制、绿色环保等诸多优点,将引发一次照明领域的革命。目前 LED 已广泛用于电话手机、汽车、交通灯、显示屏等领域。在城市景观照明中,LED 大放光彩,点燃了“绿色照明”的光辉。

LED 正向超高亮度和大电流方向发展,有望逐步取代传统的白炽灯和荧光灯。近年来,通用电气公司、飞利浦公司和欧司朗公司世界三大照明工业巨头,纷纷与半导体公司结合,组建半导体照明公司。日本、美国、欧盟、韩国也相继推出国家半导体照明计划。2004 年,我国国家半导体照明工程协调领导小组宣告成立,科技部会同信息产业部、建设部、教育部、中国轻工业联合会、中国科学院等部门及地方,开始共同启动半导体照明工程。2004 年 6 月,科技部开始启动“国家半导体照明产业化技术开发”重大项目,着手建设上海、大连、南昌、厦门四个城市的 LED 产业化基地。由此足见我国政府对半导体照明的重视。

二、节能光源的合理选择

不同光源有不同的特性和不同的应用场合,在具体应用中,应视情况合理选择。用一体化的电子节能灯替换白炽灯非常方便,但对于比较宽敞的住宅及教室、办公室和工厂生产车间等的室内照明,首先推荐高效细管径直管形荧光灯或环形荧光灯。小房间室内照明及台灯和床头灯,应推荐 CFL 或卤钨灯来取代普通白炽灯。

低压钠灯光效最高,但显色性最差,只适合室外照明。在摄影、摄像等场合,只能采用显色指数较高的卤钨灯。除卤钨灯外,一些光效高的气体放电灯因显色指数不佳而不被采用。

汽车前灯是用来照明路面和两车交会时使用的,除了亮度要求外,瞬间点亮是非常重要的。由于气体放电灯都有启跳时间,故汽车前灯通常采用卤钨白炽灯来替代普通白炽灯。汽车刹车灯对瞬间点亮更加苛求。由于 LED 通电达到最大亮度的时间比白炽灯快得多,安全

裕量大得多, 故 LED 用作汽车刹车灯是最佳的选择。

事实上, 任何一种高效电光源的出现不可能取代现有的所有电光源。所有传统的光源都涉及到各自提高光效和寿命及扩展性能的问题。CFL 虽然是实施“绿色照明工程”的首选电光源, 但它不能也不可能替代其他所有电光源。要提高照明质量、改善照明环境, 对电光源必须有正确的选择。

第三节 电子镇流器

气体放电灯交流电子镇流器诞生于 20 世纪 70 年代末、80 年代初, 到 1990 年得到广泛认可。世界各国在推行绿色照明计划或工程时, 都把电子镇流器当作重点节能产品来推广。

在目前全球电子镇流器市场中, CFL 电子镇流器约占 56%, 直管形荧光灯 (TL) 电子镇流器约占 31%, HID 灯电子镇流器约占 2%, 卤素灯电子变压器 (可视为一种特殊类型的电子镇流器) 约占 10%, 冷阴极荧光灯 (CCFL) 等电子镇流器所占的比重不到 1%。LED 驱动器 (或 LED 电源) 并不属于电子镇流器, 故电子镇流器市场不将其包含在内。在整个电子镇流器市场中, 荧光灯 (CFL 和 TL) 电子镇流器占主导地位 (达 87%), 其次是卤素灯 (即卤钨灯) 电子变压器, 再次则是 HID 灯电子镇流器。

一、电子镇流器的基本结构及其优点

自荧光灯于 1938 年问世后的 40 余年间, 人们一直采用大而笨重的电感镇流器, 并配之辉光启动器作为稳流和启动附件。电感镇流器在应用中的连接如图 1-1 所示。当接通工频电源时, 辉光启动器玻璃泡内的氖气在电压作用下发生电离, 使双金属片变热而接通, 电流通过灯丝对其预热。在预热结束后, 双金属片冷却而断开, 在镇流器的 L 上感生一个高幅度的脉冲电压叠加在 AC 电源电压上, 使灯管内的低压汞蒸气电离, 灯管导通而点亮。在荧光灯进入正常工作状态后, 镇流器起稳流作用。在稳态下, 几乎有 50% 的 AC 输入电源电压降落在镇流器上。

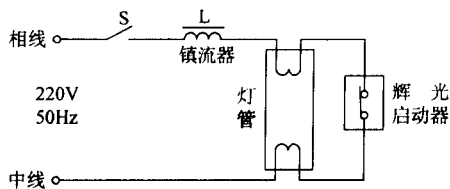


图 1-1 电感式镇流器电路

由电子电路组成的荧光灯交流电子镇流器, 是指安装在电源与一个或几个荧光灯之间, 将电源的交流电变换为较高频率的交流电, 使灯 (单个或多个) 正常启动和稳态工作的变换器或电子装置。电子镇流器首先将 50/60Hz 的工频市电电源转换为直流电, 并通常利用桥式全波整流滤波电路来实现 AC-DC 变换。电子镇流器的核心是 DC-AC 变换器, 其作用是产生频率大多为 25 ~ 45kHz 的高频交流电。DC-AC 变换器拓扑结构有几种不同的型式, 但被广为采用的则是半桥逆变配置。图 1-2 所示为荧光灯电子镇流器功能框图。其中, C_1 为耦合电容, L 为阻流电感器。 L 和 C_2 等组成 LC 串联谐振电路, 当发生谐振时, 在电容 C_2 上产生 600

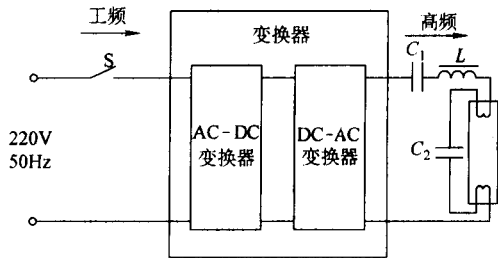


图 1-2 电子镇流器的功能框图

~1500V 峰值的高压脉冲电压对灯点火。启动电容 C_2 相当于“辉光启动器”，电感器 L 的作用与图 1-1 中的“镇流器”基本相同。由于电子镇流器输出几十千赫兹的高频，故电感器 L 的尺寸和重量可以大幅度地缩减。

由于 $C_1 \gg C_2$ ， LC 串联电路的固有频率 f_0 主要由 L 和 C_2 决定 ($f_0 \approx 1/2\pi \sqrt{LC_2}$)。一旦灯引燃， C_2 被短路，在 L 一定时， LC 电路固有频率主要由 C_1 决定，电路的工作频率则由 DC-AC 变换器确定。综上所述，有理由认为电子镇流器是一个“变频器”。

与电感镇流器比较，电子镇流器具有以下几个方面的优点：

(1) 节能效果显著。荧光灯在高频下工作，可以增加光输出，光效能提高 10%。电感镇流器自身功耗大，一个 40W 的荧光灯电感镇流器需耗电 8W，而电子镇流器耗电可不足 2W。一只电子镇流器可以驱动两个或两个以上的灯管，在此情况下，其节电效果更加明显。采用功率因数校正 (PFC) 措施的电感镇流器的线路功率因数可达 0.99，而采用电感镇流器的线路功率因数仅为 0.5 ~ 0.6。即使采用并联电容补偿，功率因数也难以与采用 PFC 措施的电感镇流器相媲美。

(2) 体积小，重量轻，可以节省大量由电感镇流器消耗的铜材和钢材（硅钢片）。

(3) 无频闪，无工频噪声（即蜂声）。

(4) 在较低的 AC 线路电压下可以使灯可靠启动。

(5) 易于实现数字调光控制。在智能照明系统中，利用微控制器或微处理器 (MCU) 和数字可寻址照明接口 (DALI)，同一控制系统可以控制多个（如 64 个）相同或不同的电子镇流器及其调光功能，从而实现节能的目的。

正是由于电子镇流器具有这些优点和特点，理所当然地成为推行绿色照明工程的重点推广产品。

二、由分立元器件组成的电子镇流器及电子变压器的基本电路

电子镇流器电路大多采用半桥拓扑结构来实现 DC-AC 变换。用分立元器件组成的电子镇流器基本电路主要有以下几种类型：

1. 基于自振荡电压馈送半桥拓扑的电子镇流器电路 基于自振荡电压馈送半桥拓扑的荧光灯电子镇流器电路如图 1-3 所示。图中， $VD_1 \sim VD_4$ 为桥式整流器， L_1 与 C_1 组成滤波电路。 R_1 、 C_2 、双向二极管 VD_6 及二极管 VD_5 组成半桥逆变器的启动电路， T_1 为磁环式脉冲变压器， C_4 为耦合电容， L_2 和 C_5 组成 LC 串联谐振网络。在输入端加电压后，通过 R_1 的电流对 C_2 充电。当 C_1 上的电压超过双向二极管的击穿阈值时， VD_6 导通，半桥下部的功率晶体管 V_2 随之导通。在 V_2 导通后，电容 C_2 通过 VD_5 和 V_2 放电， VD_6 因电压降低而截止，变压器 T_1 的一次绕组 T_{1a} 中电流增加，直到饱和为止。在 T_{1a} 中电流增加的过程中， V_1 的基极绕组 T_{1b} 中电流相应增加， V_2 基极绕组 T_{1c} 中电流逐渐减小，直到 T_1 饱和时， V_2 截止， V_1 导通。当 T_1 磁心退出饱和时， V_1 的基极电位下降， V_2 的基极电位升高，直到磁心再次饱和， V_1 截止， V_2 再次导通。如此周而复始， V_1 和 V_2 交替导通，建立起振荡。在 V_1 和 V_2 轮流导通过程中，灯管启动电容 C_5 上的电流方向不断改变。当振荡频率接近 L_2 和 C_5 等组成的 LC 串联电路的固有频率时，则发生谐振，在 C_5 上形成的谐振电压对灯点火。在灯被点亮后， L_2 只起稳流作用。

2. 基于谐振半桥变换器的电子镇流器电路 图 1-4 所示为基于谐振半桥变换器的紧凑型