

电子节能灯 与电子镇流器

的原理和制造

陈传虞 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电子节能灯与电子镇流器的原理和制造

陈传虞 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子节能灯与电子镇流器的原理和制造/陈传虞编著. —北京:人民邮电出版社,2004.8
ISBN 7-115-12337-3

I. 电... II. 陈... III. ①节能—灯—理论②节能灯—生产工艺③镇流器—理论④镇流器—生产工艺 IV. ①TM923.3②TM923.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 064596 号

内 容 提 要

本书系统讲述了电子节能灯与电子镇流器的工作原理、元件参数选择、电子镇流器的功率因数校正原理及所用的集成电路等,其内容涵盖了电子节能灯和电子镇流器生产中所涉及的相关知识。此外,本书还介绍了 3C 认证及 UL 认证所必须准备的文档资料及应注意事项。

本书既有理论分析,又有实践经验,适合于从事电子节能灯与电子镇流器生产和开发的电子工程技术人员参考应用,亦可供大专院校电光源专业的教师和学生阅读。

电子节能灯与电子镇流器的原理和制造

-
- ◆ 编 著 陈传虞
责任编辑 张 伟 赵桂珍
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129264
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.75
字数: 499 千字 2004 年 8 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12337-3/TN · 2289

定价: 27.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

自我国在 20 世纪 80 年代末 90 年代初研制并生产电子镇流器和电子节能灯以来，这一新兴的绿色照明产业，已经得到长足发展，目前我国已成为世界上照明电器产品生产规模最大的国家，产量居世界首位。遗憾的是，长期以来能系统讲清电子镇流器和电子节能灯的工作原理、元件参数的选择以及它们的制造工艺，并对工厂生产起到指导作用的书籍尚不多见。尽管多年来国内有不少杂志刊物发表了许多这方面的文章，在各地历年召开的照明会议上也有不少论文宣读，有的已汇编成册。但整体说来，这些材料均过于零散，论述也不够系统；至于在工厂生产中所遇到的一些疑难问题，更少有人涉及，更少有人从理论上加以阐述并提出中肯的解决办法。

本人不揣浅陋，根据自己在工厂多年来的生产实践，编写成本书。本书不仅介绍了电子节能灯和电子镇流器工作原理，还结合生产实际总结出一些有用的经验。全书共分十一章，主要包括以下几个方面的内容。

1. 介绍了有关气体放电、荧光灯管（单端及双端）的光电特性、色度学以及荧光灯管的光电参数测试的知识。这是因为在照明行业工作的电子线路工程师对这方面的知识知之不多，所以特辟专章加以介绍，以便他们在设计电子节能灯和镇流器时，能把握灯管的特性，使镇流器输出和灯管之间做到良好的匹配，最大限度地提高整灯的可靠性，并充分发挥荧光灯管的光效。

2. 对电子节能灯和镇流器中所用的元器件和材料如电阻、电容、磁性材料、保险丝、印制电路板、二极管及三极管等元器件，在使用时应如何选择，提出了一些指导性意见；另有一些内容，则属于手册性资料，为技术人员在生产中随时查看提供方便。

3. 仔细地分析了低功率因数电子节能灯常用的半桥逆变电路及其变异形式，讲清各个元器件的作用，对灯功率、功率因数、电流谐波失真 THD 与灯管参数（管电流及管电压）、电感及启动电容等之间关系做了详细地数学推导，其结论能很好地说明生产中遇到的一些物理现象。

同时书中还根据大量生产中的经验，对节能灯的可靠性提出了用实验方法加以判别的准则，这些方法对指导生产均有一定的实用及参考价值。

4. 对各种有源功率因数控制器集成电路做了仔细的整理、分析、比较和归纳工作，对电路性能参数与元件之间的定量关系做了严格的数学推导，对集成电路的工作原理做了详细的阐述，并介绍了使用这类器件的实践经验。这些知识对于使用、特别是初次接触这类器件的工程技术人员来说是大有裨益的。随着这类器件价格的降低以及对镇流器的性能要求日益提高，在电子节能灯和镇流器中使用这类器件必将成为生产主流。因此，熟悉这类器件，并能驾轻就熟地使用这类器件是一种必然的发展趋势。

5. 书中另有一章专门介绍了一些电子镇流器控制用的集成电路，它们的功能强而所需外接的元器件不多，从而为组装紧凑型自镇流荧光灯和高性能电子镇流器（可调光、丰富的保护功能）以及智能化的照明系统提供了很大的方便。

6. 对生产过程中所涉及的许多方面问题：如元器件的检测和筛选，老产品的改进和新产品的开发过程控制，产品安全的国内和国际认证等等，均有专章加以介绍。

近年来企业为提高本身的知名度、增加产品在国际市场上的竞争力，以打入特定的市场，均致力于对产品进行必要的国际认证（UL CUL TUV FCC EMC 等）。另外，随着我国加入 WTO，与国际贸易接轨，从 2003 年 8 月 1 日起，按照世贸组织“统一认证标志”的原则，我国依法对 19 类 132 种产品（其中包括照明电器）进行强制性认证制度，规定只有通过 3C 认证、加贴 CCC 标志的产品方可出口、出厂销售和在经营服务场所使用。

根据多年来为不同公司不同产品所做的一些认证工作，本书中做了一些总结，指出申请认证所必须准备的文档资料，哪些与安全有关的重要的原辅材料应提供认证证书复印件，以及在样品制作时元件材料的选用、电路参数、制作工艺等方面应注意的事项等，相信这些资料对许多工厂都是十分有用的。

本书在 2002 年底完成初稿以后，得知我国对光源的相关标准进行了较多修订，并将在 2002 年底或 2003 年初进行公布，因此在 2003 年中又根据新颁国家标准对部分内容进行了较多的改写，以便使书中的相关内容和提法能与新颁标准相衔接。

王冰清同志参与了部分书稿的整理工作，在书稿成书过程中，她为我查阅资料，筛选出有用的内容，给了我许多帮助。本书在搜集资料 and 提供集成电路样件中得到李亚熊、郭润祥等工程师的热心帮助和支持。在此，谨对以上诸同志表示我深深的敬意和由衷的感谢。

由于本人理论水平有限，在多年工作中，前后所涉及的产品种类不多，接触面不够广泛，实践经验受到一定的限制，编写中又缺乏现成的类似书籍可资参考，加之书稿是在工作间隙中挤出零碎时间抽空写出，时间比较仓促。因此，书中肯定有很多不妥和谬误之处。所以敢于面世，无非希望能为中小企业的从业人员提供一点有用的参考资料，如能引起大家互相切磋，达到抛砖引玉共同提高的目的，那将是本人最感快乐的一件幸事。在这里，诚恳希望国内同行及相关科技工作者不吝指教，对其中谬误和不足，直率地给予批评指正，本人将不胜感激并乐于加以改正。

编著者

目 录

第一章 概论	1
第一节 我国照明行业的发展概况	1
一、电光源产品产量快速增加	1
二、工艺技术和生产设备水平明显提高	1
三、照明产品生产的标准体系进一步健全和完善	1
四、照明器具出口势头强劲	2
第二节 电子镇流器的优点	2
一、电子镇流器的组成	2
二、电子镇流器的优点	3
第三节 电子节能灯和电子镇流器中一些常用术语	4
第二章 荧光灯管的特性	7
第一节 荧光灯的结构及其工作原理	7
一、荧光灯的结构	7
二、荧光灯中所用的荧光粉	8
第二节 荧光灯的制造工艺	10
第三节 气体放电原理	12
一、气体放电的伏安特性	13
二、荧光灯的伏安特性	14
三、电感镇流器的工作原理	14
四、用电子镇流器驱动荧光灯管	15
第四节 单端荧光灯	16
一、单端荧光灯的型号	16
二、荧光灯管的主要参数	17
第五节 双端荧光灯	19
一、双端荧光灯的种类	19
二、双端荧光灯的型号	20
三、灯的外形及灯头型号	20
四、灯的外形尺寸及其电参数	20
第六节 自镇流器荧光灯的主要参数	22
一、型号的编写规则	22
二、自镇流器荧光灯的光效要求	23
三、标准中对自镇流荧光灯其它参数的要求	23
四、欧洲共同体对自镇流荧光灯的光通要求	25
五、美国能源之星对紧凑型荧光灯性能要求	26

第七节 色度学的基本知识	27
一、色度学的基本知识	27
二、RGB 表色系统	28
三、XYZ 表色系统	29
四、UVW 表色系统	32
五、光源的色表、显色性和色温	32
第八节 照度计算	34
第三章 紧凑型荧光灯及电子镇流器的基本电路	37
第一节 概述	37
第二节 半桥逆变电路	38
一、半桥逆变电路的工作原理	39
二、电容 C_4 的续流作用	40
三、稳态下半桥逆变电路工作频率的近似计算	41
四、影响镇流器工作频率的一些因素	44
第三节 半桥逆变电路的其它形式	44
一、半桥逆变电路变异形式之一	44
二、半桥逆变电路变异形式之二	45
三、半桥逆变电路变异形式之三	46
第四节 低功率因数自镇流荧光灯可靠性的判别依据	46
一、用杭州远方仪器公司的 HB-3A 测量节能灯的输入/输出特性	47
二、在恒温箱中进行老炼试验，并按表 3-2 的内容记录灯的功率及振荡频率	48
三、开关试验	49
第五节 回扫式逆变电路	49
一、电路的工作原理	49
二、电路的元件参数	51
第六节 推挽式逆变电路	51
第七节 自振荡集成电路及其应用	52
一、用磁环变压器的半桥逆变电路的缺点	52
二、集成电路驱动芯片	52
三、高压自振荡驱动集成电路 IR2153	53
第八节 高压自振荡驱动集成电路 L6569	60
一、L6569 的方框图	60
二、用 L6569 组成一体化节能灯或电子镇流器	61
第九节 紧凑型荧光灯专用集成电路 UBA2024	62
一、UBA2024 的方框图	62
二、UBA2024 的功能说明	63
三、应用举例	66
第四章 电子镇流器及节能灯中常用的无源器件及材料	67
第一节 电阻（结构、标称值及参数）	67

一、电阻的结构	67
二、电阻的性能参数	68
第二节 电容器（分类、参数、各种电容器简介）	72
一、电容器的分类	72
二、电容器的主要性能参数	73
三、电容器性能参数的表示方法	74
四、各类薄膜电容器性能的比较及其应用场合	75
五、电磁干扰抑制电容器（安规电容器）	76
六、电解电容器	77
第三节 磁性元件（锰锌铁氧体、性能参数及材料选用）	80
一、锰锌铁氧体（ M_NZ_N Ferrite）及其性能参数	80
二、电子镇流器中磁性材料的选用	87
第四节 保险丝（结构、参数及选用）	89
一、保险丝的形状及熔体结构	90
二、保险丝的性能参数	91
第五节 电磁线（类型、参数、线规）	96
一、电磁线的种类	96
二、导线的线规	98
三、趋肤效应对线径选择的影响	103
第六节 印制电路板	103
一、有关印制电路板的一些术语	103
二、常规的 PCB 基板材料	104
三、印制电路板板图的设计	106
四、印制电路板成品的检验	107
第五章 电子节能灯及镇流器中所用的二极管及三极管	110
第一节 半导体二极管的特性和参数	110
一、二极管的伏安特性	110
二、整流二极管的主要参数	111
第二节 二极管的动态开关特性	113
一、二极管从正向导通到反向截止的反向恢复时间	113
二、反向恢复时间的产生原因——电荷存储效应	114
第三节 双极型三极管的开关特性	115
一、三极管的三个工作区域	116
二、双极型三极管的开关时间	116
三、如何减小开关参数的影响	117
第四节 双极型三极管的开关损耗	119
一、三极管的功率损耗计算	119
二、减小三极管开关损耗的措施	120
第五节 双极型三极管的安全工作区	121

一、功率三极管的安全工作区	121
二、二次击穿 (S/B) 现象	122
第六节 半桥逆变电路中双极型三极管的工作状态与管子的选择	124
一、功率放大器的图解分析	124
二、双极型三极管的选择	126
第七节 高频高增益的双极型器件	127
第八节 MOS 场效应功率开关管	129
一、MOS 场效应管的特性曲线	130
二、MOS 场效应管与 BJT (双极型器件) 特性比较	131
三、MOS 场效应管的驱动	131
四、MOS 场效应管的安全工作区	132
第六章 电子节能灯及镇流器的输入特性及减小输入电流谐波的方法	134
第一节 电子节能灯及镇流器输入电流的谐波	134
第二节 电子节能灯及镇流器输入电流的谐波含量及其表示方法	135
一、输入电流谐波含量的表示方法	135
二、电流谐波的危害	136
第三节 电子节能灯及镇流器的线路功率因数	137
一、线性系统的功率因数	137
二、非线性负载的功率因数	138
第四节 功率因数的无源校正	140
第五节 逐流电路	141
第六节 双向自供辅助电源式 (双泵电路) PFC 电路	143
第七节 感性负载电流谐波抑制电路	144
第八节 高频泵电路	146
第九节 用分立组件的有源谐波抑制电路	148
一、电路的工作原理	149
二、有源谐波抑制电路的改进电路	150
三、用半桥驱动集成电路 IR2153 组成的 PFC 电路	151
第七章 电子镇流器的有源功率因数校正电路	153
第一节 有源功率因数校正 (APFC) 的工作原理	153
一、有源功率因数校正电路的基本类型	153
二、有源功率因数校正电路的工作原理	154
三、APFC 电路中开关频率 f_{sw} 表达式	156
四、APFC 控制器的相关波形	157
第二节 峰值电流控制 APFC 控制器集成电路 KA7526	158
一、KA7526 集成电路的特点	158
二、集成电路的内部结构框图及各引脚功能	159
三、KA7526 的工作说明	160
四、应用电路举例	163

第三节 峰值电流控制 APFC 控制器 L6560/L6561	165
一、L6560/L6561 的结构框图	165
二、用 L6560/L6561 组成的 APFC 电路	166
三、APFC 电路参数计算	168
四、用 L6561 组装 $2 \times 20\text{W}$ 、 $2 \times 40\text{W}$ 一拖二电子镇流器	171
第四节 其它有代表性的峰值电流控制 APFC 控制器	173
一、MC33262/MC34262 功率因数校正控制器	173
二、MC33368 功率因数校正控制器	179
三、FAN7527 功率因数校正控制器	183
四、峰值电流控制 APFC 电路设计公式	185
第五节 固定导通时间零电流开关 (ZCS) 升压式 APFC 控制器	186
一、固定开通时间零电流开关 APFC 控制器的工作原理	186
二、固定开通时间零电流开关 APFC 控制器集成电路举例	187
第六节 固定开关频率平均电流型 APFC 控制器	192
一、电路的组成及其工作原理	193
二、固定频率平均电流型 APFC 集成电路 UC3817/18, UC2817/18, UC1817/18	193
第七节 固定频率平均电流型 APFC 控制器 ML4821、ML4822	199
一、平均电流型 APFC 电路 ML4821	199
二、ML4822 (FAN4822)	204
第八章 荧光灯的启动要求及预热启动	209
第一节 荧光灯的启动要求	209
第二节 荧光灯的预热启动	210
一、日光灯的启动	210
二、荧光灯采用 PTC 电阻的预热启动	210
第三节 PTC 热敏电阻	211
一、PTC 热敏电阻的特性	211
二、PTC 热敏电阻的参数	211
第四节 荧光灯用 PTC 热敏电阻的预热启动	212
一、由 PTC 热敏电阻组成的灯丝预热电路	212
二、PTC 热敏电阻在灯丝预热电路中的正确选用	213
第五节 荧光灯的无功耗预热启动	214
一、将 PTC 与触发二极管串联	214
二、将 PTC 与压敏电阻相串联	215
三、通过继电器将 PTC 关断	215
四、用调频法预热启动	216
第九章 电子镇流器的保护电路	217
第一节 过流保护	217
第二节 过压保护及压敏电阻的选用	218
一、压敏电阻的特性	218

二、压敏电阻对过电压的保护原理	219
三、压敏电阻的参数	220
四、压敏电阻的命名方法	221
五、压敏电阻在电子镇流器中的应用	222
第三节 电子镇流器的异常保护	222
一、异常状态	223
二、异常状态保护电路	223
三、采用可恢复的过流保护元件——聚合物开关 Polyswitch	226
第十章 电子镇流器控制器集成电路	229
第一节 概述	229
第二节 全集成的镇流器控制器 IR 2157、IR 2159	230
一、IR 2157 的结构框图及主要特征	230
二、IR 2157 的功能说明及电路的工作原理	232
三、IR 2157 应用举例	242
四、IR 2159 的功能及其应用电路	242
第三节 高压自振荡镇流器驱动集成电路 UBA 2021	244
一、UBA 2021 的方框图	244
二、用 UBA 2021 组成紧凑型荧光灯	245
三、UBA 2014	251
四、UBA 2070	252
第四节 高压紧凑型荧光灯及直管荧光灯 (CFL/TL) 镇流器驱动集成电路 L6567、L6574	255
一、L6567 集成电路的结构框图及主要特点	255
二、具有预热及调光功能的镇流器控制及驱动器 L6574	256
第五节 仙童公司的镇流器驱动集成电路 KA 7541 及 KA 7543	262
一、电子镇流器控制器 KA 7541	262
二、具有反馈调光功能的镇流器控制器 KA 7543	268
第六节 半桥控制器及驱动器 MC33157	275
一、MC33157 的特点	275
二、各引脚名称及功能说明	276
三、电路各部分的功能说明	277
四、MC33157 具体应用	283
第七节 电子调光镇流器控制器 ML4833、ML4835	286
一、电子调光镇流器控制器 ML4833	286
二、电子调光镇流器控制器 ML4835	293
第十一章 电子镇流器和电子节能灯的流水线生产及产品的安全认证	295
第一节 元器件的检验与筛选	295
一、二极管	295
二、电解电容器	295
三、薄膜电容器	296

四、电阻	296
五、开关三极管	296
六、磁性材料	297
七、节能灯的塑料外壳	297
第二节 电子镇流器和电子节能灯的流水线生产	298
一、电子镇流器和电子节能灯的流水线生产	298
二、在波峰焊接时应注意的事项	298
三、对补焊中焊接质量的要求	299
四、测试、老化及检验中应注意的事项	299
第三节 电子镇流器新产品的研发过程控制	300
一、开发项目的来源	300
二、新产品试制的四个阶段	300
三、产品开发人员的奖励办法	303
第四节 有关电子镇流器和电子节能灯的国家标准	303
第五节 电子镇流器和电子节能灯的安全认证	304
一、有关安全认证的要求	304
二、我国的 3C 认证以及如何申请 3C 认证	305
第六节 关于电子镇流器和电子节能灯的电磁兼容问题	306
一、电子镇流器和电子节能灯的电磁干扰源	306
二、如何减小电子镇流器中的传导干扰	308
三、在工厂条件下如何判断 EMC 滤波器的滤波效果	310
第七节 电子节能灯的 UL 安全认证	311
一、如何选择认证机构	312
二、如何申请认证	312
三、工厂审查	317
四、跟进服务	317

第一章 概 论

第一节 我国照明行业的发展概况

我国的照明电器工业起步于 20 世纪早期。新中国成立后，照明工业同其它工业一样，也发生了翻天覆地的变化，企业规模由小到大，产品种类由少到多，技术水平由低到高，工业基础有了空前的提高。

改革开放以后，我国的照明工业又取得了飞跃的发展，这主要表现在以下几个方面：

一、电光源产品产量快速增加

近 10 年来，我国的电光源产品一直保持高速稳定的增长速度，据报道，2001 年我国照明行业的电光源产量共计 73 亿只，其中荧光灯和高强度气体放电灯的增长速度较快，而荧光灯中又以紧凑型荧光灯和 T8 管型荧光灯增长速度为最快。例如，紧凑型荧光灯 2001 年的产量为 7.5 亿只，比 2000 年增长 49.9%，T8 管型荧光灯 2001 年为 1.9 亿只，比 2000 年增长 43.4%，约占管型荧光灯的 34.8%。T8 管型荧光灯和紧凑型荧光灯之所以如此迅猛发展，乃是实施绿色照明工程和节能政策的必然结果。

二、工艺技术和生产设备水平明显提高

近年来通过技术改造，我国部分照明企业已逐步向机械化、自动化的方向发展，其中较为先进的电光源生产线基本上与 20 世纪 80 年代的国际先进水平相当。照明器具和配套原材料、元器件的生产逐步向专业化发展，质量和成本得到了有效的控制。全行业在生产组织和系统控制方面也有了较大的进步，越来越多的企业通过了 ISO9000 系列认证，产品已逐步进入规范化的生产轨道。

三、照明产品生产的标准体系进一步健全和完善

目前涉及照明产品的国家标准有八十多项，其中高效节能产品有十多项，产品的标准分为性能要求（推荐性）和安全要求（强制性），标准的制定分别采用或参照了国际上 IEC（国际电工委员会）、ANSI（美国国家标准协会）的标准。照明产品的生产、检验、认证和监督工作以及技术信息交流工作也有了明显的加强；高效节能的照明产品的比例不断扩大；绿色照明的理念已被全行业所认同，并已成为全行业今后可持续发展的方向。

四、照明器具出口势头强劲

我国的照明产品在国际市场上具有明显的优势,许多产品质优价廉,并取得了出口国外所必须的国际安全认证和 EMC 认证。由于发达国家生产照明产品的成本较高,而发展中国家尚不具备生产照明产品的竞争优势和能力,国际间这样的生产结构,使得我国的照明产品在国际市场上具有相当强的竞争优势,并且还会持续很长一段时间。

目前,我国照明产品的产量已位居世界首位。产品供应不但能够满足国家经济建设与人民生活的需要,而且还出口到 150 个国家和地区,我国在普及型的中低档产品方面,在国际市场上已占有相当大的市场份额。自加入 WTO 后,我国的电光源企业取得了更大的发展机遇,已逐渐成为世界照明产业的制造加工中心。随着我国产品的标准向国际标准靠拢,企业创新和技术进步力度的加大,产品的质量和技术水平不断提高,我国的产品必将对国外的高档产品形成有力的挑战。有理由相信,通过照明行业科技工作者的不懈努力,我国还会由一个照明产品的大国,逐步向一个照明产品的强国迈进。

另外,还应该看到国内市场对各种光源的需求是十分巨大的,特别是对荧光灯和节能灯的需求尤其如此。例如,城市要建设许多商用大厦、开发房地产、建造地铁、轻轨交通、高架桥、环城公路及改造基础设施等;不少农村要城镇化,有大量的基础设施要完成;此外我国还要建设四万多公里、五纵七横 12 条高速公路……所有这些建设工作,没有 30~50 年的时间是完成不了的。因而,与之相配套的照明产品,如荧光灯、节能灯、高压气体放电灯,今后在相当长的时间内仍将处于发展的高峰期。一个国家的照明产业的发展同它的国民经济的发展是同步的,有人曾提出这样一个观点:用白天看汽车、晚上看灯光来衡量一个国家的工业化程度,看来是不无一定道理的。

第二节 电子镇流器的优点

大家知道,作为光源之一的荧光灯需要镇流器与之配合才能正常工作,自 1938 年荧光灯问世以来,人们一直采用电感镇流器与启辉器来使荧光灯工作。这种镇流器存在许多缺点:重量重、体积大、占用地方多、自身消耗大及电感还会发出令人十分心烦的嗡嗡噪音。另外,它在 50Hz 频率下工作时,灯的亮度会有一定的闪烁,这一点虽不十分明显,但的确存在,长期在这样的环境下工作、读书和写字,容易损伤人的视力。为了改变这种状况,早在 20 世纪 50 年代至 60 年代,国外的一些科学工作者就对此进行了研究,并提出了采用电子镇流器的设想。1963 年 Roddam 在《晶体管变流器与换能器》一书中,首次发表了荧光灯交流电子镇流器的具体电路,并进行了翔实的分析和讨论。我国对高频电子镇流器的研究起步较晚,至于有这类产品问世,已是 20 世纪 80 年代后期的事情了。但是,电子镇流器作为一种照明产品,在我国的发展速度是很快的,下面简单介绍电子镇流器的组成及优点。

一、电子镇流器的组成

电子镇流器是将低频的交流电通过整流转变为直流电,再经过逆变器变换为较高频率的交流电,由高频能量来驱动一只或几只灯管,使之启辉点亮并正常工作。逆变器一般工作于

20~70kHz 的高频, 输出级采用 LC 串联谐振电路, 通过高频高压将灯点燃, 在正常点亮以后由电感限制灯的电流。因为频率很高, 所以所用的电感体积小而重量轻。

在电子镇流器中, 还可以增加一些附加电路, 如保护电路、调光电路等, 这样无形中增加了电子镇流器的功能, 扩大了它的应用范围。

二、电子镇流器的优点

1. 能耗低、效率高

电感的功耗较大, 例如, 一支 40W 的荧光灯所用的电感镇流器大约要消耗 8W 的功率, 而用了电子镇流器只要消耗 4W 的功率, 如果用一只电子镇流器驱动 2 或 3 支灯管, 它所增加的功耗并不多, 此时, 电子镇流器的效率会更高, 节能的效果会更加明显。在大量采用照明灯具的场所如工厂、学校及机关等, 通过采用高效节能灯管和电子镇流器, 就可以大量节约用电, 减少因发电而产生的 SO_2 、CO、 CO_2 及 NO_2 等废气和尘埃, 达到减少污染、保护环境的目的。可见, 绿色照明归根到底就是节能。我国于 1996 年实施的绿色照明工程就是在提高人们生活质量的前提下提高用电效率, 节约电力, 减少污染, 保护环境。因此, 大力推广和应用节能的电子镇流器, 自然成为实施绿色照明工程中一项重要工作。

2. 发光效率高、光色柔和

荧光灯的发光效率 (简称光效) 和供电的频率有关, 即随工作频率的增加而增加。当频率由 50Hz 增加到 20kHz 以上时, 光效可提高 10% 左右。美国能源之星要求节能灯工作频率在 40kHz 以上, 其目的之一就是为了提高光效。高效节能荧光灯采用了三基色荧光粉, 通过调节荧光粉的配比, 能得到不同的色温的灯光, 如暖色 (2700°K) 或冷色 (6400°K), 以适应人们的不同喜好的需要。

3. 重量轻、无闪烁及无噪声

电子镇流器一般工作在 20kHz 以上的频率, 它没有铁心电感所特有的令人十分心烦的嗡嗡噪声, 避免了噪声干扰, 提高了照明环境的质量。由于工作频率高, 只须用体积很小、重量很轻的铁氧体磁心做成电感。整个电子线路占用空间也很小, 很容易实现荧光灯和电子镇流器的一体化, 即所谓紧凑型荧光灯。这种荧光灯能直接代替白炽灯, 安装与更换十分方便, 而且它的发光效率很高, 省电、发热轻、美观, 是家庭装修的一种理想光源。

如果镇流器的设计合理, 灯电流就比较平滑, 电流波峰系数就较小, 灯的亮度就不会出现闪烁现象, 就可以避免人的视觉疲劳。目前市场有一种保护视力的台灯出售, 应该是属于这一类灯, 但严格说来, 对这种灯的灯电流、电流波峰系数及工作频率等都应该有一定的严格要求, 并不是说只要是电子节能灯就具备保护视力的性能。如果要用电子节能灯作为光检测设备的光源, 检测被测物体是否有异常现象, 那么对它的要求还要更加苛刻, 例如工作频率应大于 50kHz, 灯电流波形十分平稳等等, 在这种情况下, 用电感镇流器是根本不能满足要求的。

4. 有异常状态保护功能

在灯出现异常状态如灯丝断、灯不启动、灯管脱落等现象时, 镇流器都会得到保护而不

损坏，延长了镇流器的寿命。

5. 有预热启动功能

启动时，装有电子镇流器的日光灯不会像装有电感镇流器的日光灯那样出现闪烁、多次反复启辉现象。在低电压或电压波动范围较大时，也能很容易将灯管启动，对于电网电压波动较大的地区，如在偏远的乡村地区，这一点是很重要的。用电感镇流器的日光灯，冬天电压很低时往往不容易启动，如用电子镇流器的日光灯就不会出现这种情况了。

6. 可实现调光 and 智能控制

电子镇流器在采用调频、脉宽调制及光控等技术的前提下，容易实现可调光的和智能化的照明系统。

7. 具有高功率因数

电感镇流器的功率因数一般只有 0.6~0.8，而在电子镇流器中，只要采用功率因数校正电路，或专用的集成电路（本书中又简称 IC），镇流器的功率因数很容易做到 0.95 以上，甚至达到 0.99，这是电感镇流器难以达到的。由于功率因数的提高，可以有效地提高供电系统和电网的利用率，改善供电质量，节约电能。除此以外，它还能在电网电压波动的情况下，保持灯功率和光输出的恒定，这也是电感镇流器所不能做到的。

综合上述可知，电子镇流器的优点是很多的，有一些特点是电感镇流器难以达到的。尽管它的价格较贵，但它仍然得到快速的发展和推广。在我国已有许多家公司生产的电子镇流器向集成化、模块化、多功能、长寿命和大功率的方向发展，其产品不仅在国内畅销，还销往欧美等许多国家和地区，其发展前景是不可限量的。

第三节 电子节能灯和电子镇流器中一些常用术语

下面介绍电子节能灯和电子镇流器的一些专用术语和名词，其中有些内容涉及到电光源的知识。

自镇流荧光灯（Self-ballasted lamp）：指含有灯头、镇流器和灯管，并使之成为一体的荧光灯，这种灯在不损坏其结构时是不可拆卸的。

电子镇流器（Ballast）：指安装在电源与一个或几个荧光灯之间，将电源的交流电压变换为高频的交流电，使灯（单支或多支）正常启动和稳定工作的变换器或电子装置。

独立式镇流器：指可以安装在灯具之外无需任何附加外壳的镇流器。它可以是带有合适外壳的内装式镇流器，外壳可按标识提供全部必要的防护。这种镇流器在其产品标识上应加一个特殊符号，在国家标准中有明确的规定。

内装式镇流器：指只能安装在某一灯具、盒体、外壳或类似壳体内部的镇流器。路灯柱基座的控制室被认定为一个壳体。

整体式镇流器：此类镇流器是灯具的一个不可替换部件，不能与灯具分开来进行试验。

基准镇流器（Reference Ballast）：是指专为试验镇流器或筛选基准灯而设计的镇流器，

主要特点是在额定频率下具有稳定的电压—电流比，相对地不受电流、温度和周围环境变化的影响。

基准灯 (Reference Lamp)：指特选用于测试镇流器的灯。该灯与镇流器配套，在规定的条件下工作时，其电特性应接近有关灯标准中规定的标称值。

线路功率 (Line Power)：在镇流器的额定电源电压和额定电源频率下，镇流器和灯的组合体所消耗的总功率。

线路功率因数 (Line Power Factor)：指镇流器和灯（一只或几只）组合体的功率因数，它等于线路有功功率与视在功率之比，符号记为 λ 。

镇流器的流明系数 (Luminous Coefficient of Ballast)：指灯与在额定电源电压下的被测镇流器配套工作时的光通量同该灯与在额定电源电压和额定电源频率下的基准镇流器配套工作时的光通量的比值。符号记为 μ 。

总谐波失真 (Total Harmonic Distortion)：它是各次谐波分量的均方根值与基波有效值之比，以 THD 表示之。

灯电流波峰系数 (Current Crest Factor)：亦称电流波峰比，指灯电流的峰值与电流的均方根值之比。在理想的条件下，当高频灯电流为正弦波且其包络线为一条直线时，电流波峰系数等于 1.414。如高频电流为方波，电流波峰系数将小于 1.4，甚至可接近于 1。

异常状态 (Abnormal Condition)：指镇流器处于灯开路或灯不能启动等非正常状态。在异常状态下，电子镇流器的安全性应不受到损害，即电子镇流器在异常状态下应有保护功能。

整流效应 (Rectification Effect)：在荧光灯寿终时，由于一个阴极（灯丝）损坏或发射电子不足，引起灯的弧光电流在连续半周期中经常不一致的效应。

以下是有关光计量的一些基本术语。

光通量 (Light flux)：

可见光波段的电磁辐射作用于人的视觉器官（眼睛），使人产生光的感觉。从能量角度来说，度量光辐射能的六个基本量为：辐射能量 Q_e 、辐射通量 Φ_e 、辐射强度 I_e 、辐射照度 E_e 、辐射亮度 L_e 和辐射出度 M_e ，相应地度量可见光能的六个基本量是：光能量 Q 、光通量 Φ 、光强度 I 、照度 E 、亮度 L 和光出射度 M 。人眼对各种波长的可见光电磁辐射的灵敏度是不一样的，所以相同的电磁辐射能量对人所产生的视觉效应是不同的。人眼对不同波长的电磁辐射的灵敏度曲线称为视见函数曲线，以 $V(\lambda)$ 表示视觉的视见函数曲线（此曲线是由国际照明委员会 CIE 根据各国科学家的研究结果公布的一条平均曲线）。根据 $V(\lambda)$ 、各个波长的辐射通量可计算出光通量来：

$$\text{光通量 } \Phi \text{ 为: } \Phi = K_m \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \Phi_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

式中： Φ ——光通量；

K_m ——辐射量与光度量之间的比例系数，其理论计算值在 555nm 处，为 683lm/W；

$\Phi_e(\lambda)$ ——某一波长光的辐射通量，单位为 W。

光通量的单位为流明 lm，其定义为：光强度 I 为 1 坎德拉 cd 发光均匀的点光源在单位立体角内所发出的光通量为 1lm。

光强度 (Light Intensity) I 单位为 cd，它的定义为：光源发出的频率为 540×10^{12} Hz