



电源系列

开关电源 原理、设计 及实例

◎ 陈纯锴 主编

POWER



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电源系列

开关电源原理、设计及实例

主 编 陈纯锴

副主编 赵 杰 姜艳秋 李广伟

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在介绍开关电源基本原理的基础上,依次阐述了开关电源一次侧、二次侧电路的设计,分析了几种典型开关电源电路的设计实例,并结合全国大学生电子设计竞赛中的电源设计题目给出了设计方案、完整电路图、测试过程及详细数据和波形。本书所讲内容可帮助读者快速、全面、系统地掌握开关电源的设计与制作知识。本书的特点是由浅入深,易读易懂,开关电源的拓扑结构,开关电源的控制电路,开关电源的辅助电路,电路板的布局、布线方法,高频变压器的制作等内容的阐述系统、深入。

本书既可以作为从事开关电源设计、研制的工程师的参考资料,也可以作为学习、研究开关电源的高等学校师生的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

开关电源原理、设计及实例/陈纯锺主编. —北京:电子工业出版社,2012.5

(电源系列)

ISBN 978-7-121-16808-6

I. ①开… II. ①陈… III. ①开关电源-理论②开关电源-设计 IV. ①TN86

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第074423号

策划编辑:王敬栋(wangjd@phei.com.cn)

责任编辑:谭丽莎

印 刷:

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:474千字

印 次:2012年5月第1次印刷

印 数:4000册 定价:49.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

开关电源具有效率高、功耗低、体积小、质量轻等显著优点，其电源效率可达 80% 以上，比传统的线性稳压电源提高近一倍。开关电源的应用领域十分广泛，不仅包括仪器仪表、测控系统和计算机内部的供电系统，还适用于各种消费类电子产品。开关电源代表了稳压电源的发展方向，现已成为稳压电源的主流产品。目前，开关电源正朝着集成化、智能化、模块化的方向发展。

本书按照“原理 - 设计方法 - 实例分析”三个层次进行介绍，层次清晰。其中，第 1 部分按照基本概念、电力电子元器件、拓扑结构的顺序进行介绍；第 2 部分按照模块化的结构介绍了开关电源一次侧电路（包含输入整流滤波电路）、开关电源二次侧电路，控制电路和印制电路板的设计；第 3 部分首先介绍了各领域中的典型电路，给出了详细的电路原理图，分析了工作过程，然后结合全国电子设计竞赛题目，给出了完整的电路原理图，以及设计、制作、测试的详细过程。本书在介绍开关电源的基础理论过程中，力求简化理论，通俗易懂，循序渐进，深入浅出，使初学者对开关电源有一个全面了解。

开关电源技术涉及模拟电子技术、数字电子技术、电力电子技术等多种学科，开关电源的设计与制作要求设计者具有丰富的实践经验，既要完成设计制作，又要懂得调试、测试与分析等。设计者只有拥有足够的经验才能实现开关电源的性能指标。希望读者能够在阅读本书的基础上，积极从事开关电源的设计、开发、制作及测试工作，从而达到理论与实践的统一。

本书共分 11 章，内容主要包括以下三大部分。

第 1 部分：开关电源的基本原理，包括第 1 ~ 4 章。其中，第 1 章介绍了开关电源的概念、特点、分类，以及它与线性电源的区别及主要性能指标。第 2 章介绍了开关电源中的电力电子元器件及特性，重点对常见的基本电力电子器件进行了介绍，包括元件外观图、性能特点等。第 3 章对基本 PWM 变换器的主电路拓扑进行了介绍，并重点对 5 种 DC - DC 电路的拓扑结构、工作原理、关键节点的波形图进行了论述。第 4 章说明了 DC - DC 变换中变压器所起的作用，并对单端正激式、单端反激式、半桥式、全桥式和推挽式电路这几种拓扑结构、工作原理进行了介绍，还给出了参数的计算方法。

第 2 部分：开关电源的设计，包括第 5 ~ 8 章。其中，第 5 章介绍了开关电源一次侧电路的设计，包括输入保护电路的设计，电磁干扰滤波器的设计，输入电路；开关管的选择及高频变压器的设计。第 6 章介绍了开关电源二次侧整流、滤波电路和反馈电路中的光耦和精密稳压器等。第 7 章以自激振荡式 PWM 控制电路、几种常用的 PWM 集成控制芯片 TL494、SG3525、UC3842 和单片开关电源集成芯片为例，重点介绍了 PWM 控制器的性能特点、引脚分布、工作原理等，并举例说明了其典型应用电路。第 8 章论述了开关电源印制电路板（PCB）的元器件布局及其布线的一些基本原则和要点，要求了解 PCB 设计的基本原则。

第 3 部分：开关电源应用实例，包括第 9 ~ 11 章。其中，第 9 章给出了开关电源的几种典型应用实例，包括升、降压式，正、反激式及桥式开关电源，并重点给出了典型应用实例

的电路原理图，详细分析了每个实例的工作原理。第10章以电子设计竞赛中曾经出过的电源类题目为例，详细介绍了其整个设计过程，包括简易数控直流电压源，数控直流电流源设计及开关稳压电源设计。第11章对开关电源的测试进行了概述，给出了开关电源的性能指标、测试方法、测试记录、数据处理及高频变压器磁饱和的检测方法。

本书由陈纯锴主编，并编写了第1、3、4章，第5~8章由黑龙江科技学院的赵杰完成，第9~11章由黑龙江科技学院的姜艳秋完成，第2章由东北农业大学成栋学院的李广伟完成，全书由陈纯锴统稿。参加本书编写的还有吴雪梅、陈鹏、朱丹丹、王英明、陈义平、孙桂芝、江晓林等。

在本书的编写过程中，我们参阅了大量文献，在此对这些文献的作者表示诚挚的感谢。另外，还要感谢电子工业出版社的王敬栋编辑及其他工作人员，他们在本书的出版过程中给予了大力支持与帮助。由于编者水平有限，疏漏和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 部分 开关电源的基本原理

第 1 章 绪论	3
1.1 开关电源简介	3
1.1.1 开关电源的发展历史	3
1.1.2 开关电源技术的发展方向	5
1.2 稳压电源	6
1.2.1 线性电源	7
1.2.2 开关电源原理	11
1.2.3 线性电源与开关电源的比较	14
1.2.4 单片开关电源	15
1.3 开关电源的分类	18
1.4 开关电源的主要技术指标	19
1.5 需要掌握的基本概念	20
第 2 章 开关电源中的电力电子元器件及特性	26
2.1 电阻	26
2.1.1 电阻的基本知识	26
2.1.2 电阻的型号命名方法	27
2.1.3 电阻阻值的标注方法	28
2.1.4 电阻的分类	30
2.1.5 常用电阻	31
2.1.6 电阻的选用及注意事项	34
2.2 电容	34
2.2.1 电容的基本知识	34
2.2.2 电容的型号命名方法	35
2.2.3 电容容量的标注方法	36
2.2.4 电容的分类	37
2.2.5 常用电容	38
2.2.6 电容的选用及注意事项	40
2.3 电感	41
2.3.1 电感的基本知识	41
2.3.2 电感的型号命名方法	42
2.3.3 电感量的标注方法	42
2.3.4 电感的分类	43

2.3.5 常用电感	44
2.3.6 电感的选用及注意事项	45
2.4 场效应管	46
2.4.1 场效应管的基本知识	46
2.4.2 场效应管的命名方法	47
2.4.3 场效应管的分类	47
2.4.4 结型场效应管	48
2.4.5 绝缘栅型场效应管	49
2.4.6 场效应管的选用及注意事项	51
2.5 双极型晶体管	51
2.5.1 双极型晶体管的基本知识	51
2.5.2 双极型晶体管的命名方法	52
2.5.3 双极型晶体管的分类	55
2.5.4 常用的双极型晶体管	55
2.5.5 双极型晶体管的选用及注意事项	56
2.6 IGBT	57
2.6.1 IGBT 的基本知识	57
2.6.2 IGBT 的分类	58
2.6.3 IGBT 的结构和工作原理	58
2.6.4 IGBT 的基本特性	60
2.6.5 IGBT 的总结	63
2.7 变压器	64
2.7.1 变压器在电源技术中的作用	64
2.7.2 变压器的基本原理	65
2.7.3 常见的变压器	67
2.7.4 高频脉冲变压器原理	70
2.7.5 变压器的选用及注意事项	74
第3章 基本 PWM 变换器的主电路拓扑	76
3.1 概述	76
3.2 Buck 变换器	77
3.2.1 电路结构及工作原理	77
3.2.2 电路关键节点波形	78
3.2.3 主要参数的计算方法	80
3.2.4 Buck 变换器的优、缺点	82
3.3 Boost 变换器	82
3.3.1 电路结构及工作原理	82
3.3.2 电路关键节点波形	85
3.3.3 主要参数的计算方法	85
3.3.4 Boost 变换器的优、缺点	85

3.4 Buck - Boost 变换器	85
3.4.1 电路结构及工作原理	85
3.4.2 电路关键节点波形	87
3.4.3 主要参数的计算方法	87
3.4.4 Buck - Boost 变换器的优、缺点	88
3.5 CuK 变换器	88
3.5.1 电路结构及工作原理	88
3.5.2 电路关键节点波形	90
3.5.3 主要参数的计算方法	91
3.5.4 CuK 变换器的优、缺点	92
第4章 变压器隔离的 DC - DC 变换器拓扑结构	93
4.1 概述	93
4.2 单端正激式结构	95
4.2.1 简介	95
4.2.2 电路结构及工作原理	95
4.2.3 电路关键节点波形	96
4.2.4 主要参数的计算方法	97
4.2.5 正激式电路的优、缺点	98
4.3 单端反激式结构	98
4.3.1 简介	98
4.3.2 电路结构及工作原理	98
4.3.3 电路关键节点波形	99
4.3.4 主要参数的计算方法	100
4.3.5 反激式电路的优、缺点	101
4.4 半桥式电路结构	101
4.4.1 简介	101
4.4.2 电路结构及工作原理	101
4.4.3 电路关键节点波形	102
4.4.4 主要参数的计算方法	103
4.4.5 半桥式电路的优、缺点	104
4.5 全桥式电路结构	105
4.5.1 简介	105
4.5.2 电路结构及工作原理	105
4.5.3 电路关键节点波形	106
4.5.4 主要参数的计算方法	107
4.5.5 全桥式电路的优、缺点	109
4.6 推挽式电路结构	109
4.6.1 简介	109
4.6.2 电路结构及工作原理	110

4.6.3 电路关键节点波形	110
4.6.4 主要参数的计算方法	111
4.6.5 推挽式电路的优、缺点	113
第2部分 开关电源的设计	
第5章 开关电源一次侧电路的设计	117
5.1 输入保护电路的设计	117
5.1.1 输入保护电路的基本构成	117
5.1.2 熔丝管	118
5.1.3 熔断电阻器	121
5.1.4 功率型负温度系数热敏电阻	123
5.1.5 压敏电阻器	127
5.2 电磁干扰滤波器	129
5.2.1 开关电源的噪声及其抑制方法	129
5.2.2 简易电磁干扰滤波器的设计	130
5.2.3 复杂电磁干扰滤波器的设计	131
5.3 开关电源输入整流电路	132
5.3.1 输入整流二极管	132
5.3.2 输入整流桥	133
5.3.3 倍压整流及交流输入电压转换电路的设计	133
5.4 功率开关管	137
5.4.1 双极结型晶体管	138
5.4.2 功率场效应晶体管	138
5.5 高频变压器	139
5.5.1 高频变压器磁芯	139
5.5.2 高频变压器绕组导线	142
第6章 开关电源二次侧电路的设计	146
6.1 输出整流二极管及稳压二极管	146
6.1.1 二极管的性能参数	146
6.1.2 快恢复及超快恢复二极管	148
6.1.3 肖特基势垒二极管的选择	151
6.1.4 几种整流二极管的性能比较	153
6.1.5 稳压二极管的选择	154
6.2 输出滤波电容的计算与选择	155
6.2.1 输出滤波电容的容量计算	155
6.2.2 选用输出滤波电容的注意事项	157
6.3 磁珠的选择	158
6.3.1 磁珠的性能特点	158
6.3.2 磁珠的选择方法	159

6.4 光电耦合器	160
6.4.1 光电耦合器的工作原理	160
6.4.2 线性光电耦合器	161
6.5 可调式精密并联稳压器的选择	162
6.5.1 TL431 型可调式精密并联稳压器	162
6.5.2 NCP100 型可调式精密并联稳压器	165
第7章 开关电源的控制电路设计	169
7.1 自激式 PWM 控制电路	169
7.1.1 工作原理	169
7.1.2 典型应用	171
7.2 TL494 型 PWM 控制电路	173
7.2.1 工作原理	173
7.2.2 典型应用	176
7.3 SG3525 型 PWM 控制电路	178
7.3.1 工作原理	179
7.3.2 典型应用	182
7.4 UC3842 型电流模式 PWM 控制电路	183
7.4.1 工作原理	185
7.4.2 典型应用	188
7.5 TOPSwitch - II 系列 PWM 控制电路	189
7.5.1 工作原理	189
7.5.2 典型应用	193
7.6 TinySwitch - II 系列 PWM 控制电路	194
7.6.1 工作原理	194
7.6.2 典型应用	201
第8章 印制电路板的设计	204
8.1 开关电源的 PCB 设计规范	204
8.2 元器件的布局	206
8.3 印制电路板的布线	208
 第3部分 开关电源应用实例	
第9章 开关电源的典型应用实例	213
9.1 降压式开关稳压器实例分析	213
9.1.1 电路原理图	213
9.1.2 工作原理	213
9.2 升压式开关稳压器实例分析	216
9.2.1 电路原理图	216
9.2.2 工作原理	216
9.3 笔记本电脑开关电源实例分析	219

9.3.1 电路原理图	219
9.3.2 工作原理	220
9.4 单端正激式开关电源实例分析	223
9.4.1 电路原理图	223
9.4.2 工作原理	225
9.5 单端反激式开关电源实例分析	227
9.5.1 电路原理图	227
9.5.2 工作原理	227
9.6 半桥式开关电源实例分析	229
9.6.1 电路原理图	230
9.6.2 工作原理	232
9.7 全桥式开关电源实例分析	232
9.7.1 电路原理图	232
9.7.2 工作原理	234
第10章 电子设计竞赛电源设计与制作实例	237
10.1 全国大学生电子设计竞赛简介	237
10.2 简易数控直流电压源设计	239
10.2.1 设计要求	239
10.2.2 方案比较	240
10.2.3 系统设计	241
10.2.4 程序设计	244
10.2.5 系统调试	245
10.3 数控直流电流源设计	245
10.3.1 设计要求	246
10.3.2 方案论证	247
10.3.3 系统硬件设计	247
10.3.4 系统软件设计	261
10.3.5 系统测试	262
10.4 开关稳压电源设计	263
10.4.1 设计要求	263
10.4.2 方案论证	264
10.4.3 系统设计	266
10.4.4 系统测试	270
第11章 开关电源的测试	272
11.1 开关电源的性能指标	272
11.2 开关电源的测试方法	277
11.3 开关电源的测试记录及数据处理	282
11.4 高频变压器磁饱和的检测方法	282

第 1 部 分

开关电源的基本原理

第1章 绪 论

本章首先对电源、开关电源的概念做了简单介绍,同时给出了开关电源的发展历史,以及目前开关电源技术的发展方向与最新技术。其次,本章重点阐述了线性电源与开关电源及其区别,包括线性电源的结构和原理、开关电源的结构和原理,并对基准电压源、简单分立元件组成的稳压电路和集成稳压电源的原理均做了详细说明。本章最后给出了开关电源的主要技术指标和应该掌握的技术术语,为更好地进行开关电源设计打下坚实基础。本章要求读者了解开关电源的概念及相关知识,重点掌握线性电源和开关电源的原理及其区别。

1.1 开关电源简介

电源是各种电子设备中必不可少的一种电子设备,是各种用电设备所需要的各种电压和电流的源泉。有了电源才能正常供电,才谈得上用电设备的正常工作,因此学习电源的相关知识是掌握各种电子设备和用电设备的使用的必修课。

电源有交流电源和直流电源两种。由交流发电机供电的是交流电源,直流电源一般由电池或蓄电池供电。由于直流电源成本较高,交流电源成本低,所以多数大功率设备采用交流电源供电。人们通常所说的电源,多半是指能把电网频率为 50Hz 的交流电压转换成用电设备所需要的各种直流电压,并能供应出所需要的各种电流的一种电子设备。随着电力电子技术的高速发展,电力电子设备与人们的工作、生活的关系日益密切,而电子设备都离不开可靠的电源。进入 20 世纪 80 年代后,计算机电源全面实现了开关电源化,率先完成了计算机的电源换代;20 世纪 90 年代,开关电源相继进入各种电子、电器设备领域,程控交换机、通信、电子检测设备电源、控制设备电源等都已广泛地使用了开关电源,更促进了开关电源技术的迅速发展。开关电源是利用现代电力电子技术,控制开关晶体管开通和关断的时间比率,维持稳定输出电压的一种电源,它一般由脉冲宽度调制(PWM)控制 IC 和 MOSFET 构成。开关电源和线性电源相比,二者的成本都随着输出功率的增加而增长,但二者的增长率各异。线性电源的成本在某一输出功率点(成本反转点)上反而高于开关电源。随着电力电子技术的发展和创新,使得开关电源技术在不断创新,这一成本反转点日益向低输出电力端移动,这为开关电源提供了广泛的发展空间。开关电源高频化是其发展的方向,高频化使得开关电源小型化,并使开关电源进入了更广泛的应用领域,特别是它在高新技术领域的应用,推动了高新技术产品的小型化、轻便化。另外,开关电源的发展与应用在节约能源、节约资源及保护环境方面都具有重要的意义。

1.1.1 开关电源的发展历史

开关电源(是开关稳压线性电源的简称)取代线性电源(是晶体管线性稳压电源的简

称)已有 30 多年历史,最早出现的是串联型开关电源,其主电路拓扑与线性电源相仿,但功率晶体管工作在开关状态。之后,脉宽调制(PWM)控制技术有了发展,用以控制开关变换器,由此得到了 PWM 开关电源,它的特点是使用 20kHz 脉冲频率或脉冲宽度进行调制。PWM 开关电源的效率可达 65%~70%,而线性电源的效率只有 30%~40%。在发生世界性能源危机的年代,电源效率引起了人们的广泛关注。线性电源工作于工频,因此用工作频率为 20kHz 的 PWM 开关电源替代它,可大幅度节约能源,这在电源技术发展史上誉为“20kHz 革命”。随着 ULSI 芯片尺寸的不断减小,电源的尺寸与微处理器相比要大得多,但航天、潜艇、野外作业设备、通信便携设备更需要小型化,轻量化的电源,因此对开关电源提出了小型轻量要求,包括磁性元件和电容的体积、质量要小。此外,要求开关电源效率更高,性能更好,可靠性更高等。

尽管我国技术发展水平与国际先进水平平均有 5~10 年差距,但从我国开关电源的发展过程可以了解国际开关电源发展的一个侧面。20 世纪 70 年代起,我国在黑白电视机、中小型计算机中开始应用 5V、20~200A、20kHz 的 AC-DC 开关电源。20 世纪 80 年代,AD-DC 开关电源进入大规模生产和广泛应用阶段,并开发研究了 0.5~5MHz 准谐振型软开关电源。20 世纪 80 年代中期,我国通信(如程控交换机)电源在 AC-DC 及 DC-DC 开关电源应用领域中所占比重还比较低。20 世纪 80 年代末期,我国通信电源大规模更新换代,传统的铁磁稳压-整流电源和晶闸管被相控稳压电源所取代,并开始在办公室自动化设备中得到应用。在工业应用方面,开关电源在锅炉火焰控制、继电保护、激光、彩色 TV、离子管灯丝发射电流调节、离子注射机、卤钨灯控制等系统中均有应用。20 世纪 90 年代,中、小型(500W 以下)AC-DC 和 DC-DC 开关电源的特点是:高频化(开关频率达 300~400kHz),以达到高功率密度的目的;体积小,质量轻;力求高效和高可靠性;低成本;低输出电压($\leq 3V$);AC 输入端具有高功率因数等。开关电源的应用领域如表 1-1 所示。

表 1-1 开关电源的应用领域

工业电子设备	信息设备	计算机 CPU 和数据存储设备
	通信设备	有线和无线通信设备、交换机、传真机、广播设备、汽车电话
	办公设备	台式计算机、笔记本电脑、复印机、打印机
	控制设备	工厂自动化系统、机器人、数控设备、空调机、自动售货机、ATM 机
	电子测量仪	示波器、频谱仪、振荡器、信号发生器
	其他设备	医疗和汽车设备、检测设备
消费类电子设备	视频设备	电视机、VCR、游戏机
	音频设备	DVD 播放机、音响设备、电子设备
	其他设备	民用和家电设备、各种电源充电器

从技术上看,几十年来推动开关电源性能和技术水平不断提高的主要标志有以下几个。

(1) 新型高频功率半导体器件的开发使实现开关电源的高频化有了可能。例如,功率 MOSFET 和 IGBT 已经可以完全取代功率晶体管和晶闸管,从而使中、小型开关电源的工作频率可达到 400kHz (AC-DC) 和 1MHz (DC-DC) 的水平。超快恢复功率二极管、MOSFE 同步整流技术的开发也使得高效、低电压输出(如 3V)开关电源的研制有了可能。

(2) 软开关技术使高效率高频开关变换器的实现有了可能。PWM 开关电源是按硬开关

模式工作的（在开/关过程中，电压下降/上升波形和电流上升/下降波形有交叠），因此其开关损耗大。虽然开关电源高频化可以缩小其体积质量，但开关损耗却更大了（功耗与频率呈正比）。20 世纪 70 年代，谐振开关电源奠定了软开关技术的基础。以后新的软开关技术不断涌现，如准谐振全桥移相 ZVS - PWM 等。当开关器件中的电流（或电压）按正弦或准正弦规律变化时，在电流自然过零时刻，软开关技术使得开关器件关断（或电压为零时，使开关器件开通），从而可减少开关损耗。

（3）控制技术研究的进展。例如，电流型控制及多环控制、电荷控制、功率因数控制、DSP 控制，以及相应专用集成控制芯片的研制成功等，使得开关电源的动态性能有了很大提高，电路也得到了大幅度简化。

（4）有源功率因数校正技术（APFC）的开发，提高了 AC - DC 开关电源的功率因数。由于输入端有整流元件，所以 AC - DC 开关电源及一大类整流电源供电的电子设备（如逆变器、UPS）等的电网测功率因数仅为 0.65。20 世纪 80 年代，使用 APFC 技术后功率因数可提高到 0.95 ~ 0.99，既治理了电网的谐波“污染”，又提高了开关电源的整体效率。单相 APFC 是 DC - DC 开关变换器拓扑和功率因数控制技术的具体应用，而三相 APFC 则是三相 PWM 整流开关拓扑和功率因数控制技术的结合。

（5）磁性元件新型磁材料和新型变压器的开发。例如，集成磁路、平面型磁芯、超薄型（Low profile）变压器，以及新型变压器（如压电式、无磁芯印制电路（PCB）变压器）等，使得开关电源的体积和质量都减少许多。

（6）新型电容和 EMI 滤波器技术的进步，使得开关电源小型化并提高了 EMC 性能。

（7）微处理器监控和开关电源系统内部通信技术的应用，提高了电源系统的可靠性。20 世纪 90 年代末出现了很多新的开关电源技术，如：用一级 AC - DC 开关变换器实现稳压或稳流，并具有功率因数校正功能，称为单管单级或 4S 高功率因数 AC - DC 开关变换器；输出 1V, 50A 的低电压大电流 DC - DC 变换器，又称电压调节模块 VRM，以适应下一代超快速微处理器供电的需求；多通道 DC - DC 开关变换器；网络服务器的开关电源可携带式电子设备的高频开关电源等。

几种开关电源的实物如图 1-1 所示。

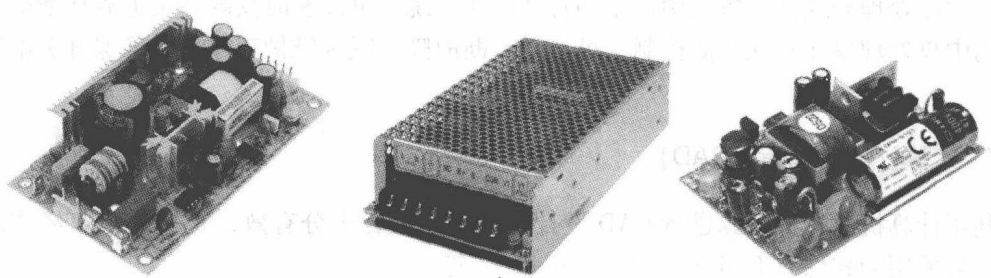


图 1-1 几种开关电源的实物图

1.1.2 开关电源技术的发展方向

1. 小型、薄型、轻量化

由于电源轻、小、薄的关键是高频化，所以，国外目前都在致力于开发新型高频元器

件，特别是改善二次整流管的损耗、变压器及电容的小型化，并同时采用表面安装（SMT）技术在印制电路板两面布置元器件以确保开关电源的轻、小、薄。

2. 高效率

开关电源高频化使传统的 PWM 开关（硬开关）功耗加大，效率降低，噪声也增大了，达不到高频、高效的预期效益，因此，实现零电压导通、零电流关断的软开关技术将成为开关电源未来的主流。采用软开关技术可以使效率达到 88% ~ 92%。

3. 高可靠性

在设计方面，开关电源使用较少的器件，提高了集成度，这样不但解决了电路复杂、可靠性差的问题，也增加了保护等功能，简化了电路，提高了平均无故障时间。特别是单片开关电源的出现，极大提高了可靠性。

4. 模块化

开关电源模块化（模块电源）可以构成分布式电源系统，从而提高可靠性；可以做成插入式，实现热交换，从而在运行中出现故障时能快速更换模块插件；多台模块并联可实现大功率电源系统。此外，还可以在电源系统建成后，根据发展需要不断扩大其容量。

5. 低噪声

开关电源的一个缺点是噪声大。若单纯追求电源高频化，噪声便随之增大。采用部分谐振变换技术，在原理上来说既可以实现高频化，又可以降低噪声。但谐振变换技术也有其难点，如难准确地控制开关频率、谐振时增大了元器件负荷、场效应管的寄生电容容易引起短路损耗，元器件热应力难以转向开关管等。

6. 电源系统的管理和控制

应用微处理器或计算机集中控制和管理电源系统，可以及时反映开关电源环境的各种变化。用中央处理单元实现智能控制，可自动诊断故障，减少维护工作量，确保开关电源的正常运行。

7. 计算机辅助设计（CAD）

利用计算机对开关电源进行 CAD 设计和模拟试验，十分有效，是最为快速经济的设计方法。常采用的软件有 Pspice、Saber、Multisim 等。

1.2 稳压电源

稳压电源可分为线性电源和开关电源两大类，主要用做电子元器件的工作电源，以及用于低压灯具、直流电机等。其具体分类如下：