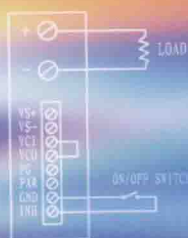
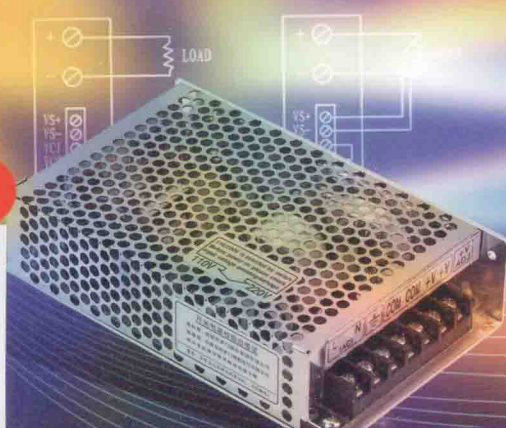
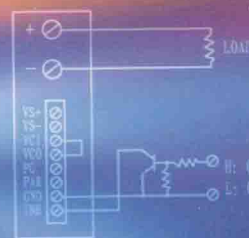


图解开关电源 测试及应用技能

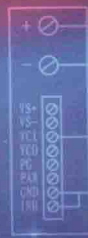
● 周志敏 纪爱华 编著



开关接点开/关控制



发光管开/关控制



外接DC-2-5V控制



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

内 容 简 介

本书从实用的角度出发，以图解的方式，详细地介绍了开关电源的组成、工作原理、测试方法、应用技能等。全书共分10章，第1章介绍开关电源的发展概况、分类及应用；第2章介绍开关电源的组成及各部分的功能；第3章介绍开关电源的测试方法；第4章介绍开关电源的故障分析与排除；第5章介绍开关电源的PCB设计；第6章介绍开关电源的电磁兼容设计；第7章介绍开关电源的热设计；第8章介绍开关电源的安全设计；第9章介绍开关电源的可靠性设计；第10章介绍开关电源的环保设计。

电子工程技术丛书

图解开关电源测试及应用技能

周志敏 纪爱华 编著

机械工业出版社

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

ISBN 7-111-11111-1

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

（本书可作为高等院校、职业院校、培训机构及从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员的培训教材，也可供从事开关电源工作的工程技术人员、管理人员参考。）

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合国内外开关电源技术的发展动向及最新应用技术,全面系统地阐述了开关电源的测试及应用技能,包括开关电源分类及常用变换器的类型、图解开关电源技术参数、图解开关电源的电磁兼容性测试、图解开关电源滤波器及 LISN 网络、图解开关电源测试仪器及技术指标测试方法、图解开关电源应用技能等内容。本书题材新颖实用,内容丰富,深入浅出,文字通俗,具有很高的实用价值。

本书可供电信、信息网络、自动化控制、电视传输、航天、军事及家电等领域从事开关电源测试、应用和维护的工程技术人员阅读,也可供高等院校及职业技术学院相关专业的师生参考。

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

图解开关电源测试及应用技能/周志敏,纪爱华编著. —北京:电子工业出版社,2015.1
(电子工程技术丛书)

ISBN 978-7-121-24704-0

I. ①图… II. ①周…②纪… III. ①开关电源—测试—图解 IV. ①TN86-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 258996 号

策划编辑:富 军

责任编辑:李 蕊

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

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:13.25 字数:347.7 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定 价:39.00 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 zlt@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

随着电子技术的高速发展,电子系统的应用领域越来越广泛,电子设备的种类也越来越多,电子设备与人们工作、生活的关系日益密切,而电子设备离不开可靠的电源,其性能的优劣直接关系到整个系统的安全性和可靠性。目前,电子设备的小型化和低成本化使电源以轻、薄、小和高效率为发展方向,对电源的要求更加灵活多样。

目前我国通信、信息网络、电视传输、自动化控制、航天、家电、国防等领域的电源普遍采用开关电源,因此,开关电源现已成为极具发展前景的一项高新技术产品。开关电源以其低损耗、高效率、高集成度、高性能比、最简的外围电路、最佳的性能指标等显著优点而受到人们的青睐,并广泛应用于计算机、电子设备、仪器仪表、通信设备和家用电器中。

在全球倡导节能环保、提高能效的背景下,开关电源的设计、测试、应用正面临着前所未有的挑战。为此,本书结合国内外开关电源技术的发展动向,集开关电源电磁兼容性、技术指标测试及应用技能于一体,系统地介绍了开关电源的电磁兼容性、技术参数,重点阐述了开关电源技术指标测试方法及应用技能,本书尽量做到具有针对性和实用性,力求做到通俗易懂和结合实际,使得从事开关电源测试、应用和维护的技术人员从中获益,读者可以此为“桥梁”,系统全面地了解和掌握开关电源的测试及应用技能。

参加本书编写的有周志敏、纪爱华、周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安、陈爱华等,本书在写作过程中在资料的收集和技术信息交流上都得到了国内的专业学者和同行及开关电源制造商的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编写时间短,加之作者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第1章 开关电源分类及常用变换器的类型	1
1.1 开关电源分类及应用领域	1
1.1.1 电源种类及开关电源分类	1
1.1.2 开关电源应用领域	5
1.2 开关电源技术性能及常用变换器的类型	9
1.2.1 开关电源技术性能	9
1.2.2 开关电源工作原理及基于电感的开关电路特性	11
1.2.3 开关电源常用变换器的类型	13
第2章 图解开关电源技术参数	19
2.1 开关电源输入/输出技术参数详解	19
2.1.1 开关电源输入技术参数详解	19
2.1.2 开关电源输出技术参数详解	21
2.2 开关电源保护功能及工作环境参数详解	24
2.2.1 开关电源保护功能详解	24
2.2.2 开关电源工作环境及绝缘参数详解	26
2.3 开关电源静、动态特性详解	28
2.3.1 开关电源静态特性详解	28
2.3.2 开关电源动态特性详解	30
第3章 图解开关电源的电磁兼容性及测试	41
3.1 开关电源的电磁兼容性 (EMC)	41
3.1.1 电磁兼容性	41
3.1.2 开关电源的电磁兼容性研究及现状	44
3.2 开关电源中的电磁干扰	47
3.2.1 开关电源中的电磁干扰源	47
3.2.2 开关电源中 EMI 的产生和传播方式	53
3.3 开关电源电磁兼容性测试	60
3.3.1 EMC 测试技术	60
3.3.2 开关电源 EMC 测试电路及波形	68
第4章 图解开关电源滤波器及 LISN 网络	75
4.1 开关电源滤波器	75
4.1.1 EMI 噪声及 EMI 滤波器	75
4.1.2 开关电源滤波器技术参数及设计要点	80
4.1.3 开关电源滤波器的规格及特性	86
4.2 开关电源滤波器的选择及安装	89
4.2.1 开关电源滤波器的选择	89
4.2.2 开关电源滤波器的有效安装方法	93

4.3 LISN 网络及共模与差模分离测量	96
第5章 图解开关电源测试仪器及技术指标测试方法	102
5.1 开关电源测试仪器	102
5.1.1 GDS-3000 系列数字示波器技术特性	102
5.1.2 PEL-2000 双信道电子负载模块	105
5.1.3 GPM-8212 台式数字交流功率表	107
5.1.4 APS-9000 系列交流电源供应器	109
5.1.5 GDM-8255 数字电表	110
5.1.6 GPT/GPI-700A 系列电子安规测试仪	112
5.2 开关电源技术指标测试方法	115
5.2.1 开关电源电气技术指标测试方法	115
5.2.2 开关电源安全规格指标测试方法	140
5.2.3 开关电源可靠度测试方法	145
第6章 图解开关电源应用技能	159
6.1 开关电源可靠性及系统电源应用技术	159
6.1.1 开关电源可靠性及电解电容寿命	159
6.1.2 系统电源应用技术	163
6.2 开关电源热设计	165
6.2.1 开关电源发热及环境温度	165
6.2.2 功率模块、板载型开关电源的散热方法	167
6.3 开关电源外部元器件选择及输入/输出布线	172
6.3.1 开关电源外部元器件选择	172
6.3.2 开关电源输入/输出布线	177
6.3.3 开关电源抗噪声布线	190
6.4 浪涌电压抑制器件及对策	193
参考文献	203

第 1 章

开关电源分类及常用变换器的类型

1.1 开关电源分类及应用领域

1.1.1 电源种类及开关电源分类

1. 电源种类

电能是由水力、风力、海潮、太阳能等可再生能源和煤炭、油、天然气及核能等转换而成的，人们把可提供电能的装置称为电源。通常把电源分为一次电源和二次电源。

(1) 一次电源

一次电源按转换成电能的能源形式分为：水力发电、火力发电、风力发电及核能发电，通常将一次电源俗称电网或市电。

(2) 二次电源

二次电源是对已有的电源进行控制，即在电能传输过程中，在一次电源与负载之间对电能进行变换或稳压。二次电源按输出可分为：交流稳压电源和直流稳压电源，如图 1-1 所示。交流稳压电源有参数调整（谐振）型、自耦（电压比）调整型和开关型交流稳压电源。直流稳压电源按习惯可分为化学电源、线性稳定电源和开关型直流稳压电源。



图 1-1 电源种类

2. 直流稳压电源

(1) 化学电源

化学电源将电能以化学能的形式储存起来，使用时再将化学能转换为电能供给负载，如日常所用的干电池、铅酸蓄电池、镍镉电池、镍氢电池、锂离子电池均属于这一类，化学电源各有其优缺点。随着科学技术的发展，目前又研发出了智能化电池；在充电电池材料方面，美国研究人员发现锰的一种碘化物，用它可以制造出成本低、小巧、放电时间长，

多次充电后仍能保持性能良好的环保型充电电池。

(2) 线性稳定电源

线性稳定电源有一个共同的特点就是它的功率器件（调整管）工作在线性区，靠调整管之间的电压降来稳定输出。由于调整管静态损耗大，需要安装一个很大的散热器给它散热。而且由于变压器工作在工频（50Hz）上，所以质量较大。该类电源的优点是稳定性高、纹波小、可靠性高，易做成多路输出、输出连续可调的产品；缺点是体积大、较笨重、效率相对较低。线性稳定电源按输出性质可分为稳压电源和稳流电源及集稳压、稳流于一身的稳压稳流（双稳）电源；按输出值可分为定值输出电源、波段开关调整式和电位器连续可调式几种；按输出指示可分指针指示型和数字显示式型等。

(3) 开关型直流稳压电源

开关型直流稳压电源的电路形式主要有单端反激式、单端正激式、半桥式、推挽式和全桥式。它和线性电源的根本区别在于它的变压器不工作在工频而是工作在几十千赫兹到几兆赫兹；功能管不是工作在饱和及截止区，而是工作在开关状态（开关电源也因此而得名）。开关电源的优点是体积小，重量轻，稳定可靠；缺点相对于线性电源来说是纹波较大（一般 $\leq 1\% U_{O(P-P)}$ ），好的可做到十几毫伏（峰-峰值）或更小）。它的功率可自几瓦至几千瓦。

3. 开关电源分类

现在，电子技术和应用迅速发展，对电子仪器和设备的要求是：性能上要更加安全可靠，功能上要不断地增加，使用上自动化程度要越来越高，体积上要日趋小型化。这使采用具有众多优点的开关电源就显得更加重要了。所以，开关电源在计算机、通信、航天、家电等方面都得到了越来越广泛的应用，发挥了巨大的作用，这大大促进了开关电源的发展，从事这方面研究和生产的人员也在不断地增加，开关电源的品种和类型也越来越多。

(1) 开关电源按结构分类

开关电源按结构可分为以下几类：

①AC/DC 变换器。AC/DC 变换器从电网取得能量，经过高压整流滤波得到一个直流高压，在 AC/DC 变换器的输出端可获得一种或几种稳定的直流输出电压。AC/DC 变换器有宽输入、多路输出等多种类型，其功率范围：5 ~ 5000W。在通信系统中也称 AC/DC 变换器为一次电源，属此类产品的规格型号繁多，AC/DC 变换器产品类型如图 1-2 所示。

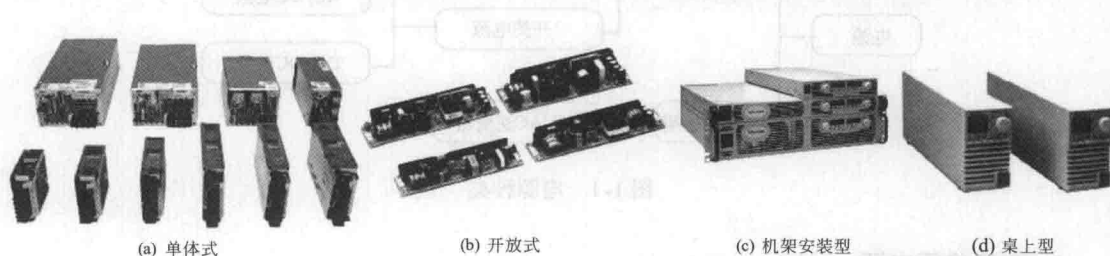


图 1-2 AC/DC 变换器产品类型

AC/DC 功率模块是将 AC/DC 变换器和 DC/DC 变换器紧凑地一体化，采用不需要冷却风扇的传导散热方式。AC/DC 功率模块的输出功率：300 ~ 1000W，AC/DC 功率模块产品类型如图 1-3 所示。

②DC/DC 变换器。在通信系统中也称 DC/DC 变换器为二次电源，它是由一次电源或

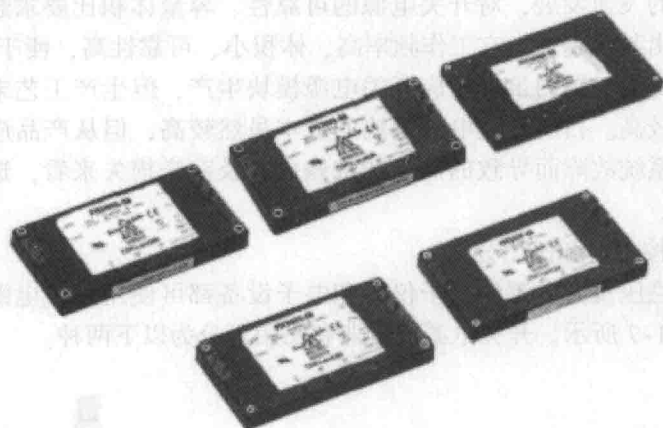


图 1-3 AC/DC 功率模块产品类型

直流电池组提供一个直流输入电压，经 DC/DC 变换以后在输出端获得一种或几种直流输出电压。DC/DC 变换器产品类型如图 1-4 所示。

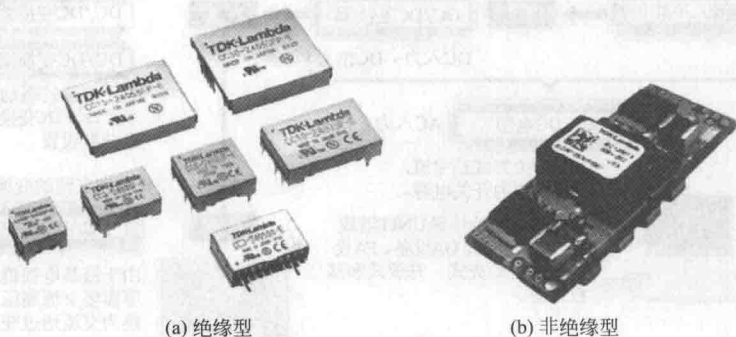


图 1-4 DC/DC 变换器产品类型

绝缘型 DC/DC 变换器使用变压器绝缘，有防止触电的优点，但是小型化、低价格化有困难。非绝缘型 DC/DC 变换器未使用变压器绝缘，但具有小型、低价格等优点。

DC/DC 功率模块以通信仪器使用的砖型变换器为代表，采用传导散热方式，DC/DC 功率模块产品类型如图 1-5 所示。

③DC/AC 逆变器。DC/AC 逆变器将直流转换为需要的交流，DC/AC 逆变器产品类型如图 1-6 所示。

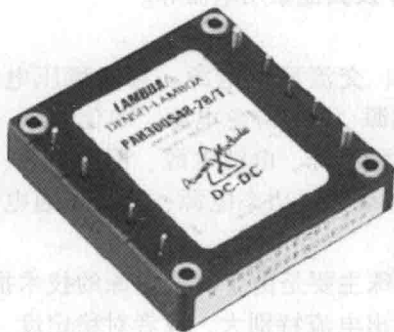


图 1-5 DC/DC 功率模块产品类型

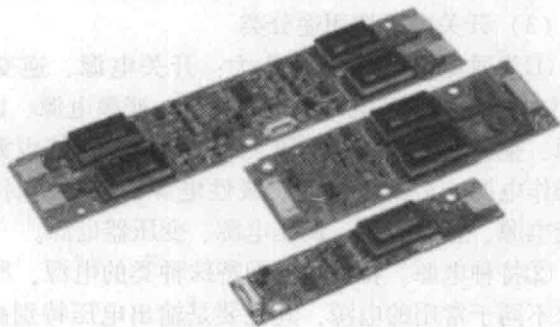


图 1-6 DC/AC 逆变器产品类型

(2) 开关电源按工业和民用分类

DC输入仪器

商用AC电源

交流 → AC整流·平滑电路 → 非稳压的直流 → 电压·电流的变换 → DC/DC变换器 → 稳压的直流

DC/DC变换器 → 直流

DC输入·DC出力

电源UNIT

AC/DC电源 → AC入力·DC出力

由于开关方式是主流，因此被称为开关电源。

开关电源作为电源UNIT搭载于台式计算机、OA设备、FA设备等。有外壳式、开放式和基板式等。

DC输入设备

DC/DC变换器 → 直流

DC/DC变换器 → 直流

DC/DC变换器 → 直流

由于电路的驱动电压的不同，多个DC/DC变换器在IC的附近分散设置。

直流向交流的变换

DC/AC逆变器 → 交流

由于液晶电视机的背光灯等需要交流高压，因此变换为交流通过变压器升压。

图 1-7 电子仪器内使用的各种电源

①工业用电源。包括计算机、服务器、通信设备、移动通信设备、播放及传输设备、控制设备、电力控制设备、半导体制造及检测设备、医疗仪器、复印机、传真机、汽车、太阳能发电、LED 显示及照明设备等。

②民用电源。包括音响、电视、游戏机、DVD-HDD 及其他家用电器等。

(3) 开关电源按用途分类

①普通电源。又可细分为：开关电源、逆变电源、交流稳压电源、直流稳压电源、DC/DC 电源、通信电源、模块电源、变频电源、UPS 电源、EPS 应急电源、净化电源、PC 电源、整流电源、定制电源、加热电源、焊接电源、电弧电源、电镀电源、网络电源、电力操作电源、适配器电源、线性电源、电源控制器、驱动器、功率电源、其他普通电源、逆变电源、参数电源、调压电源、变压器电源。

②特种电源。特种电源即特殊种类的电源，所谓特殊主要是由于衡量电源的技术指标要求不同于常用的电源，其主要是输出电压特别高，输出电流特别大，或者对稳定度、动态响应及纹波要求特别高，或者要求电源输出的电压或电流是脉冲或其他一些要求。这就

使得在设计及生产此类电源时有比普通电源有更特殊甚至更严格的要求。特种电源一般是为特殊负载或场合要求而设计的，它的应用十分广泛。特种电源又可细分为：岸电电源、安防电源、高压电源、医疗电源、军用电源、航空航天电源、激光电源、电镀电解电源、阳极氧化电源、感应加热电源、电力操作电源、电力试验电源、环保除尘电源、空气净化电源、食品灭菌电源、激光红外电源、光电显示电源等。

1.1.2 开关电源应用领域

1. 笔记本电脑

笔记本电脑内部使用的半导体集成电路（IC）需要直流电压，使用直流电压是因为 IC 在 50Hz 或者 60Hz 的交流电压下不能工作，并且 IC 会被逆电压（逆向偏压）损坏。一般 IC 的故障电压在 DC20V 以下（DC5V ~ 10V），IC 只有在产品规格规定的电源电压范围内才能稳定工作，因此为 IC 供电的电源电压必须在此工作范围内。

如果笔记本电脑配备的电池可以无限时间地使用，笔记本电脑就可不需要外部电源供电，但是这种理想的电池是不存在的。所以需要把交流市电变换为直流电源，在使用笔记本电脑时，其外部电源接线如图 1-8 所示。AC220V 的插座和笔记本电脑之间，需要如图 1-9 所示的 DC15V 输出（通常需要 15V 的电源）的电源适配器。虽然通过交流整流或者电池可以实现，但是交流电压有变动，电池在充放电状态时电压也有较大的变动。

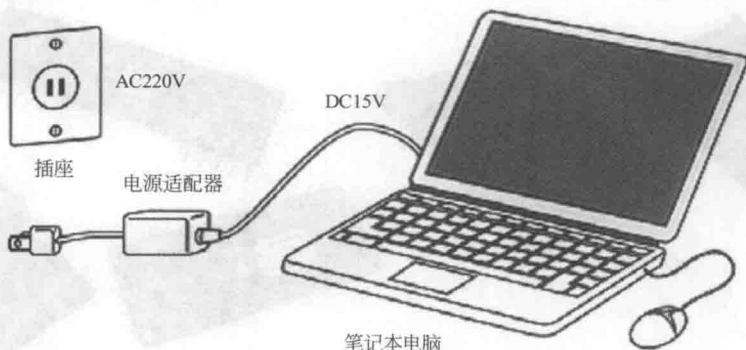


图 1-8 笔记本电脑的外部电源接线

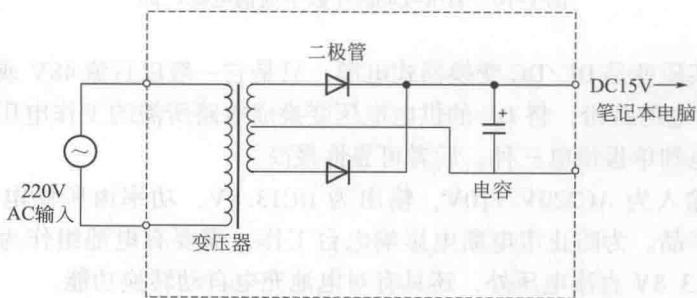


图 1-9 DC15V 输出的电源适配器

为了使笔记本电脑稳定地工作，必须提供稳定的直流电压。这个提供稳定直流电压的装置就是直流稳压电源。这个直流稳压电源，除了要为笔记本电脑的电子回路提供稳定的直流电源，高可靠性、安全性和耐环境性也是要具备的。

直流稳压电源具有将市电（AC220V）通过整流、控制，转换为所需要的稳定直流电的功能，其稳压方式可分为线性方式和开关方式。

由于开关方式（一般被称为开关电源）具有效率高和体积小、质量轻等优点，因此逐渐取代了线性电源，在很多方面得到广泛应用。

2. 数字通信领域

近年来，数字通信基础设施使用的大型服务器，大多都采用在 IC 的附近分散配置多个 DC/DC 变换器（POL）方式，采用这种分散式的供电系统正在增加。目前，已有前端电源、BUS 总线电源、POL 电源等多种可实现高效率的分散式供电的电源产品，另外，还有多种面向移动基站设备的 DC/DC 变换器产品。TDK-Lambda 数字通信电源产品如图 1-10 所示。

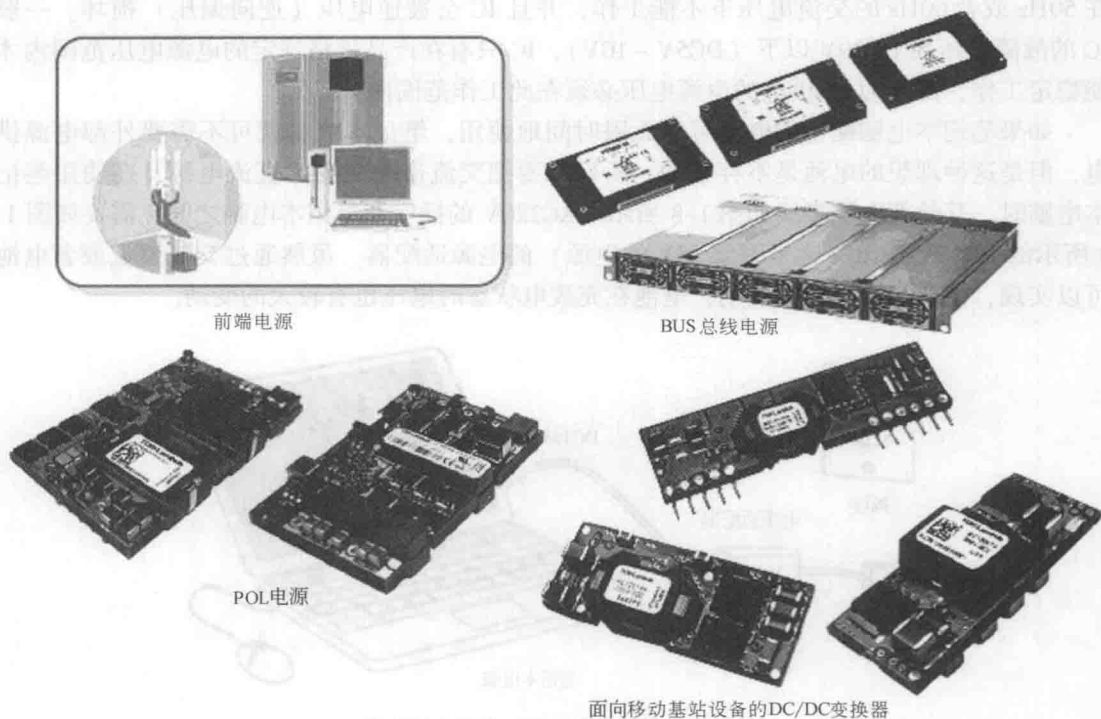


图 1-10 TDK-Lambda 数字通信电源产品

通信电源的实质就是 DC/DC 变换器式电源，只是它一般以直流 48V 或 24V 供电，并用后备电池作 DC 供电的备份，将 DC 的供电电压变换成电路所需的工作电压，一般它又分中央供电、分层供电和单板供电三种，后者可靠性最高。

电台电源的输入为 AC220V/110V，输出为 DC13.8V，功率由所供电台功率而定，几安、几百安均有产品。为防止市电断电影响电台工作，需要有电池组作为备份，所以此类电源除输出一个 13.8V 直流电压外，还具有对电池充电自动转换功能。

3. 医疗仪器领域

由于医疗仪器直接接触医疗工作者和患者的身体，因此对于电源的漏电流有着严格的规定，并且对可靠性有很高的要求。目前市场上有多种医疗标准认可的多路输出电源和内置数字控制回路的前端电源，如图 1-11 所示。

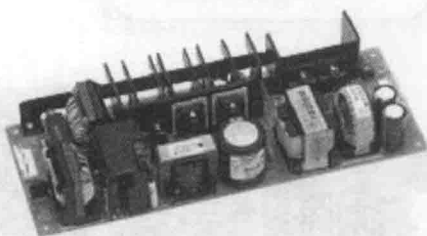
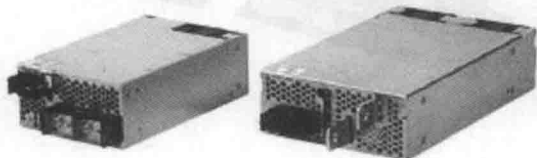
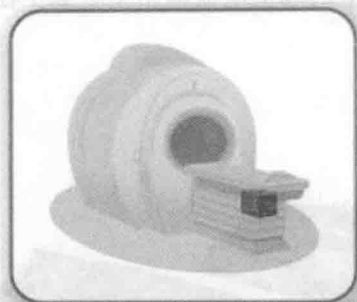


图 1-11 医疗仪器用前端电源

4. 测试仪器

在电子元器件的制造和检测工作中,要进行信赖性、耐久性老化试验和半导体的烧机等,各种实验仪器和测试仪器都要求有极其稳定的输出的电源。对于半导体测试仪,为了快速测试半导体器件,有必要使用多种类的输出电压和功率,因此可采用 AC/DC 前端和后端 DC/DC 变换器构成分散供电系统。

目前市场上有最适合这种分散供电的模块和 DC/DC 变换器产品,还拥有用于老化试验等各种试验和检测的可调电源产品,如图 1-12 所示。这种电源包括高电压小电流电源、大电流电源、400Hz 输入的 AC/DC 电源等,可根据特殊需要选用。

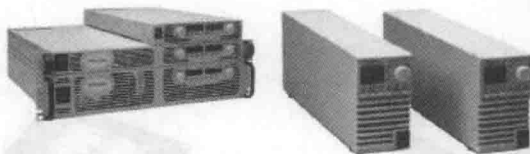
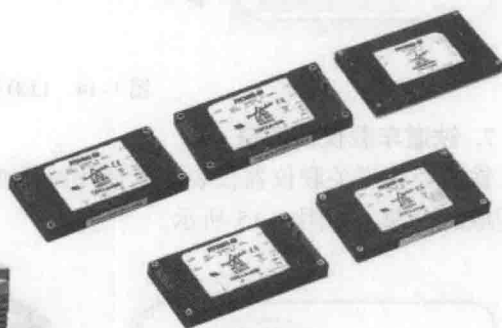
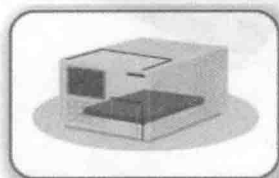


图 1-12 测试仪器用电源模块及 DC/DC 变换器

5. 自动化

由于 FA 仪器和 NC 仪器及自动化控制装置等要在工厂内电气、温度、湿度等较差的使用环境下长时间使用,因此对内置电源有很高的要求。另外,随着工业设备的多机能化和高速化的进步,电动机等驱动型负载有增加的趋势。面向 FA 控制领域以及广泛的工业设备

的高信赖性电源如图 1-13 所示。另外，与驱动型负载对应的峰值电流输出型电源正在推向市场。

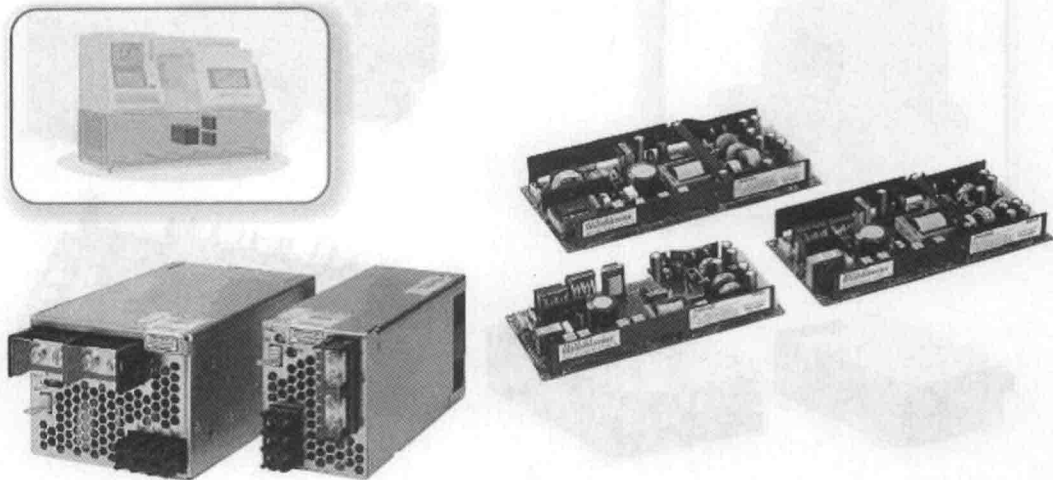


图 1-13 自动化控制领域用电源

6. LED 照明领域

用于 LED 照明、LED 招牌、LED 光源等使用的 LED 驱动器如图 1-14 所示。

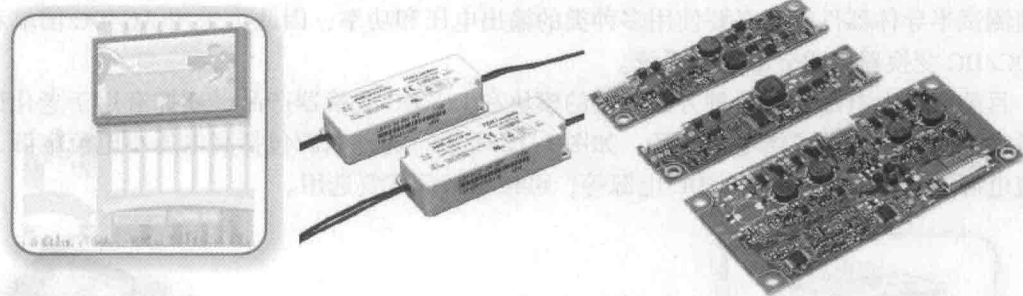


图 1-14 LED 照明领域用电源

7. 铁道车载仪器领域

铁道及铁道关联仪器仪表要求使用标准型电源，用于铁道站基电子设备及车载电子设备领域的电源，如图 1-15 所示。

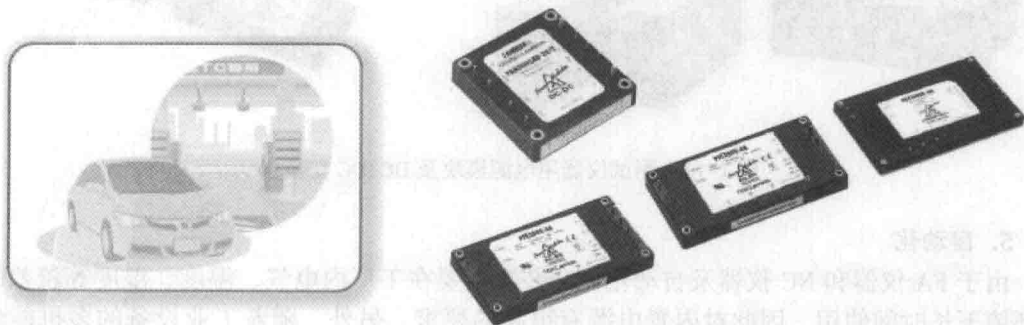


图 1-15 铁道车载仪器领域用电源

1.2 开关电源技术性能及常用变换器的类型

1.2.1 开关电源技术性能

1. 高可靠

开关电源比线性电源使用的元器件数十倍,因此降低了可靠性。从寿命角度出发,电解电容、光耦合器及散热单元等器件的寿命决定着开关电源的寿命。追求寿命的延长要从设计方面着眼,而不是从使用方面着想。美国一公司通过降低结温、减少元器件的电应力、降低运行电流等措施使开关电源的可靠性大大提高,可使开关电源产品的 MTBF 高达 100 万小时以上。

2. 模块化

无论 AC/DC 或 DC/DC 变换器都朝模块化方向发展,其特点是:可以用模块电源组成分布式电源系统;可以设计成 $N+1$ 冗余电源系统,从而提高可行性;可以做成插入式,实现热插拔,从而在运行中出现故障时能高速更换模块插件;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充容量。

3. 低噪声

开关电源的一大缺点是噪声大,单纯追求高频化,噪声也随之增大,采用谐振技术在原理上既可以高频化,又可以低噪声。但谐振技术的应用也有其难点,如很难准确地控制开关频率、谐振时增大了器件负荷、开关管的寄生电容容易引起短路损耗、元器件热应力转向开关管等问题难以解决。日本把变压器设计成一次侧、二次侧分离阻燃密封,自身具备抑制噪声功能(共模无噪声隔离变压器),既节省了噪声滤波器,又减少了噪声。

4. 抗电磁干扰(EMI)

当开关电源在高频下开关时,其噪声通过电源线对其他电子设备产生干扰,世界各国已有抗 EMI 的规范或标准,如美国的 FCC、德国的 VDE 等,研究开发抗 EMI 的开关电源日益重要。

5. 电源系统管理和控制

应用微处理器或微机集中控制与管理,可以及时反映开关电源环境的各种变化,电源系统内的处理单元实现智能控制,可自动诊断故障、减少维护工作量,确保正常运行。

6. 计算机辅助设计(CAD)

利用计算机对开关电源系统的稳定性分析、电路仿真、印制电路板、热传导分析、EMI 分析以及可靠性等进行 CAD 设计和模拟试验,十分有效,是最为快速经济的设计方法。

7. 性能指标的提升

目前的开关电源产品要求输入电压通用(适用世界各国电网电压规模)、输出电压范围扩大(如计算机和 workstation 需要增加 3.3V 这一电压、程控需要增加 DC150V 这一电压)、输入端功率因数进一步提高(最有效的方法是加一级“有源功率因数校正器 APFC”),并具有安全、过电压保护等功能。

(1) 开关电源的优点

①功耗小、效率高。在开关电源电路中的,开关管在驱动信号的激励下,交替地工作在导通—截止和截止—导通的开关状态,转换速度很快,工作频率一般为 50kHz 左右,在

一些技术先进的国家,可以做到几百或者近千赫兹。这使得开关管的功耗很小,电源的效率可以大幅度地提高,其效率一般可以达到85%,质量好的可以达到95%甚至更高,美国一般家用电器和工业电气设备的单机能源消耗指数大于92%。美国的“能源之星”对开关电源的效率都制定有很详细的、非常严格的规章条款。

②体积小、质量轻。从开关电源的原理框图可以清楚地看到没有采用笨重的工频变压器,由于开关管上的耗散功率大幅度降低,又省去了较大的散热片。由于这两方面原因,使开关电源实现了体积小、质量轻。据统计,100W的铁芯变压器的质量为1200g左右,体积达 350cm^3 ,而100W的开关电源的质量只有250g,而且敞开式开关电源更轻,体积不到铁芯变压器的1/4。

③稳压范围宽。改变输出电流、电压比较容易,且稳定、可控。开关电源的输出电压是由驱动信号来调节的,输入电压的变化可以通过调频或调宽来进行补偿,这样,在工频电网电压变化较大时,它仍能够保证有较稳定的输出电压,所以开关电源的稳压范围很宽,稳压效果很好。此外,改变占空比的方法有脉宽调制型和频率调制型两种。这样,开关电源不仅具有稳压范围宽的优点,而且实现稳压的方法也较多,设计人员可以根据实际应用的要求,灵活地选用各种类型的开关电源。

④滤波的效率大为提高,使滤波电容的容量和体积大为减少。开关电源的工作频率目前基本上是工作在50kHz,是线性稳压电源的1000倍,这使整流后的滤波效率几乎也提高了1000倍。就是采用半波整流后加电容滤波,效率也提高了500倍。在相同的纹波输出电压下,采用开关电源时,滤波电容的容量只是线性稳压电源中滤波电容的 $1/500 \sim 1/1000$ 。

⑤开关电源具有各种保护功能,提高了开关电源工作的可靠性。

⑥电路形式灵活多样。开关电源的形式有自激式和他激式,有调宽型和调频型,有单端式和双端式等,设计人员可以发挥各种类型电路的特长,设计出能满足不同应用场合的开关电源。

(2) 开关电源的缺点

开关电源的缺点是存在较为严重的开关干扰,在开关电源中,功率开关管工作在开关状态,在其开关过程中产生的交流电压和电流通过电路中的其他元器件产生尖峰干扰和谐振干扰,这些干扰如果不采取一定的措施进行抑制、消除和屏蔽,就会严重地影响整个系统的正常工作。此外由于开关电源振荡器没有工频变压器隔离,这些干扰就会窜入工频电网,使附近的其他电子仪器、设备和控制设备受到严重的干扰。

目前,由于国内微电子技术、阻容器件生产技术以及磁性材料技术与一些技术先进国家还有一定的差距,因而开关电源的造价不能进一步降低,也影响到开关电源可靠性的进一步提高。所以在我国的电子仪器以及机电一体化仪器中,开关电源还不能得到十分广泛的普及应用。特别是对于无工频变压器开关电源中的高压电解电容器、高反压大功率开关管、开关变压器的磁芯材料等器件,在我国还处于研究、开发阶段。在一些技术先进国家,开关电源虽然有了一定的发展,但在实际应用中还存在一些问题,不能十分令人满意。这暴露出开关电源的又一个缺点,那就是电路结构复杂、故障率高、维修麻烦。对此,如果设计中和制造中不予以充分重视,它将直接影响到开关电源的推广应用。当今,开关电源推广应用比较困难的主要原因就是它的制作技术难度大、维修麻烦和造价成本较高。