

电磁兼容技术系列

<http://www.phei.com.cn>

电气、电子产品的 电磁兼容

技术及设计实例

钱振宇 史建华 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电磁兼容技术系列

内容简介

本书是“电磁兼容技术系列”中的一本，主要介绍电磁兼容技术的基本概念、原理、测试方法和设计实例。本书可作为高等院校相关专业教材，也可供从事电磁兼容工作的工程技术人员参考。

电气、电子产品的 电磁兼容技术及设计实例

钱振宇 史建华 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

为满足企业对产品电磁兼容测试的发展要求,本书系统地介绍了电磁兼容的标准与实施。通过各种电磁兼容试验,介绍了各种现行标准及国内外标准化动态;在讲解电磁兼容的各种技术问题,本着实用目的,深入浅出,循循善诱,避免复杂的公式推导;最后,本书通过一系列实例深化和补充了对电磁兼容标准和技术的理解。本书适合电气、电子产品领域的从业人员阅读,也可作为高等学校相关专业师生的重要参考资料。

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

电气、电子产品的电磁兼容技术及设计实例/钱振宇,史建华编著. —北京:电子工业出版社,2008.6
(电磁兼容技术系列)

ISBN 978-7-121-06211-7

I. 电… II. ①钱… ②史… III. ①电气设备-电磁兼容性-设计 ②电子产品-电磁兼容性-设计 IV. TN03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 035530 号

策划编辑:张 榕

责任编辑:周宏敏

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

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:28 字数:968 千字

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:59.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,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 zlts@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

自从 20 世纪 90 年代末国家出入境检验检疫局颁布对 6 种进口商品实施电磁兼容强制检测、国家质量技术监督局宣布对部分电气和电子产品开展电磁兼容的强制性认证以来,特别是 2001 年年底国家质量监督检验检疫总局又颁发了强制性产品认证管理规定,公告了第一批实施强制性产品认证的产品目录,使国内有相当一部分企业、相当多的电气和电子产品要经受电磁兼容测试。产品的电磁兼容性能和产品的电气安全性能是产品认证不可或缺的两个方面。随着时间的推移,国家强制性产品认证的目录正在扩大,国内企业对产品的电磁兼容性测试的认知程度也在提高。现在有越来越多的企业在主动开展电磁兼容的测试,并通过测试来改进自己产品的电磁兼容性能;还有相当多的企业正在主动申请产品的自愿认证,希望通过自己给自己加压来提高产品在市场上的竞争能力。

此外,近几年来,国际和国内的电磁兼容标准的制定与更新速度也在加快,在 2006 年,仅作者参加过的国家电磁兼容性标准制定与修订的标准审查项目就有 13 项之多(全国电磁兼容标准化技术委员会有 9 项,其中推荐制定的有 4 项,推荐修订的有 5 项;全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会有 4 项,其中推荐制定的有 3 项,推荐修订的有 1 项),而且全部都是从 IEC 标准等同或等效转化过来的,基本上保持了与国际标准的同步。

作为中国电磁兼容行业的知情者和参与者,作者除了在自己从事的电磁兼容测量仪器的研究上投入了大量精力外,还在国内普及和推广电磁兼容知识方面做了很大努力。在 2004 年和 2005 年,作者先后通过电子工业出版社出版了《3C 认证中的电磁兼容测试与对策》与《开关电源的电磁兼容性设计与测试》两本书,受到了国内电磁兼容界、特别是企业一级读者的欢迎,认为对于解决电子产品电磁兼容的实际问题有较好的参考作用。与此同时,国内有不少学术组织、行业协会、培训机构为了适应国内电磁兼容的热潮,每年都要组织举办多次电磁兼容标准化试验与对策知识的讲座及培训班,作者则经常有幸受到这些组织的盛情邀请,并为与会人员讲述这方面的知识。

考虑到国际与国内电磁兼容标准化方面有了许多新的进展,作者认为这些细微之处的变化对于标准的执行有了更多、更好的可操作性,对于电磁兼容的试验结果有了更多、更好的可比性和可重复性,不少同行则希望把这些进展写出来,并与现行标准做一个比较,以便对现行标准的执行及对新标准的进展有更深层次的理解和体会。另外,作者本人在应邀参加的行业电磁兼容研讨及培训会上,也根据不同行业的特点,有针对性地编写了一些培训讲义,与会人员对此都有较好的反映,建议将其整理出来,以满足更多读者的需要。基于以上两个原因,在电子工业出版社张榕副编审的多次劝说下,决定把以上内容整理成册,编辑出版《电气、电子产品的电磁兼容技术及设计实例》一书,这既可以看成是对前两本书的再版,更可以看成是对前两本书的扩充和更新。

《电气、电子产品的电磁兼容技术及设计实例》一书共 28 章,分成 3 篇,分别是产品的电磁兼容性能测量篇,基础的电磁兼容设计技术篇,电气、电子产品的电磁兼容设计实例篇。

在产品的电磁兼容性能测量篇中,第 1 章讲述各种电气、电子产品对电磁兼容测试的基本要求,包括电气、电子产品需要做哪些试验项目,基本的电磁兼容技术指标,电磁兼容的试验要点,并解释为什么通过了电磁兼容认证试验的产品在现场还会出现电磁兼容故障。在第 2 章~第 11 章中,每一章都分别讲述一种电磁兼容试验,包括产品的电磁骚扰发射测量、谐波电流发射测量、静电放电试验、辐射电磁场抗扰度试验、脉冲群试验、浪涌试验、由射频场感应所引起的传导干扰抗扰度试验、电压跌落试验、衰减振荡波试验及高频噪声模拟器抗扰度试验,这些都是目前各行各业广为使用的电磁兼容试验项目。在讲述这些试验时,作者不是照搬标准的文本,而是主要讲述作者对标准的理解,讲述如何保证试验结果的可比性和重复性。除了介绍现行标准外,还介绍了标准化的国际动态和国内动态,这对于了解国际标准和国内标准的变化,以及加深对现行标准的理解都是很有好处的。至于高频噪声模拟器的抗扰度试验,虽不在我国与国际电磁兼容标准的要求之列,但国内尚有不少日本独资和合资的企业,在产品标准中往往沿用了日本的电磁兼容试验标准,高频噪声模拟器的使用便成为顺理成章的事情。此外,国内还有一些引进日本技术从

事生产的企业（相当一部分是在家电行业中），它们的产品标准中也往往选用高频噪声模拟器来从事电磁兼容性试验。基于这两个原因，作者认为介绍高频噪声模拟器及相应的日本标准是适时和必需的。

在基础的电磁兼容设计技术篇中，作者纳入了电气、电子产品的接地问题、设备的屏蔽设计、电源线滤波器、瞬变干扰吸收器件、铁氧体抗干扰磁芯的作用、隔离变压器、印制电路板设计、设备电气设计和装配中应考虑的问题及电磁兼容故障的诊断与处理意见等9章。其中前7章是从从事产品电磁兼容设计的每个设计人员必须面对的电磁兼容处理问题。作者以实用为写作的主要目标，避免采用复杂的理论与公式推导，采用讲道理的方式，循循诱导，使读者获得尽可能多的知识。在设备电气设计和装配中应考虑的问题（第19章）这一章里，作者介绍了产品的布局和布线，部分内容与电磁兼容问题有关，部分内容则纯粹是一个结构问题，但作者认为这与保证电气、电子产品的可靠性和可维护性是不矛盾的，所以作者还是把它收入到这一篇中。关于该篇最后一章（电磁兼容故障的诊断与处理意见），作者认为这既是将第一篇与第二篇内容有机地串联在一起（讲述各项电磁兼容测试通不过的主要原因和一般性的处理意见），又是对这两篇内容的有限拓展，因为在这一章里介绍了设备电磁骚扰发射的定性探测、故障定位的常用办法及电磁兼容故障的一般处理意见。

本书的最后一篇是产品的电磁兼容设计实例篇，其中收入了单片机、可编程序控制器和工控机的抗干扰问题、智能化和电子化的低压电器产品电磁兼容问题、家用电器（包括电动工具）的有电磁兼容性测试和处理方法、医用电子设备的电磁兼容性、开关电源的传导骚扰抑制问题、变频调速系统的电磁兼容性测试和处理措施、不间断电源的噪声抑制和使用问题及机动车辆用电子电器设备的电磁兼容性等8章，相信这些内容可以覆盖国内相当多的电气、电子产品生产企业对电磁兼容知识和对策技术的需要。其实，电磁兼容的对策技术本身是不分行业 and 产品的，这8章的内容同样适用于不曾提到的行业和企业，因此这一篇的内容既是产品电磁兼容性处理的实例，又是对第二篇内容的一个极好补充。

综上所述，作者认为本书的内容几乎可以满足所有电气、电子产品生产企业的线路设计人员、产品质量检验人员、现场调试和维修人员的需要，同时也可作为专业电磁兼容检验测试人员、产品研究开发人员及高等学校相关专业师生的重要参考资料。

本书由钱振宇和史建华共同编著。在本书的编写过程中，上海三基电子工业有限公司总经理、全国无线电干扰标准化技术委员会秘书长寿建霞女士对本书的构架和选材提出了宝贵的意见。本书完稿后，陶雪珍、钱慧洁、钱伟丰、翟晰淳及谢焱等亲朋好友进行了通读，并对本书的内容编排、文字插图提出了许多有益的建议。在此，谨向以上各位先生和女士表示衷心感谢。同时也向本书编写过程中所用到的参考文献的作者（部分参考文献是从网上搜索的，由于几经转载，已经找不到文献的原来作者）表示最诚挚的谢意。

钱振宇

目 录

第一篇 产品的电磁兼容性能测量

第 1 章 电气、电子产品对电磁兼容测试的基本要求	(2)
1.1 电磁兼容测试标准的标准体系	(2)
1.1.1 基础标准	(2)
1.1.2 通用标准	(2)
1.1.3 产品族标准	(3)
1.1.4 专用产品标准	(3)
1.2 通用标准在电磁兼容标准体系中的地位	(3)
1.3 通用的电磁骚扰发射标准	(3)
1.3.1 试验端口的概念	(3)
1.3.2 各试验端口的电磁骚扰发射限值	(4)
1.3.3 试验中的注意事项	(5)
1.4 通用的抗扰度标准	(5)
1.4.1 试验端口	(5)
1.4.2 各试验端口的抗扰度要求	(5)
1.4.3 试验中的注意事项	(7)
1.4.4 试品性能的评定准则	(8)
1.5 电气、电子产品电磁兼容试验内容小结	(8)
1.6 标准化试验及其可信度问题	(8)
1.6.1 标准化试验的概念	(8)
1.6.2 标准化试验的可信度	(9)
1.6.3 试验方法的贴切性	(9)
1.6.4 元件特性的分散性	(9)
第 2 章 产品的电磁骚扰发射测量	(10)
2.1 交流电源线的传导骚扰测量 (频率范围为 0.15~30MHz)	(10)
2.1.1 试验布局	(10)
2.1.2 测量接收机	(11)
2.1.3 人工电源网络	(13)
2.1.4 试验方法	(14)
2.2 辐射骚扰的场强测量 (频率范围为 30~1000MHz)	(14)
2.2.1 试验布局	(15)
2.2.2 必要的试验设施	(16)
2.2.3 试验方法	(17)
2.3 用吸收钳法测量辐射功率发射 (频率范围为 30~300MHz)	(20)
2.3.1 试验方法的提出	(20)
2.3.2 测量线路	(20)
2.3.3 功率吸收钳	(20)
2.3.4 试验线路说明	(21)
2.3.5 用吸收钳法测试辐射骚扰发射的点评	(22)

第3章 谐波电流发射的测量	(23)
3.1 谐波电流的产生与危害	(23)
3.1.1 谐波电流的产生	(23)
3.1.2 谐波电流的危害	(24)
3.2 GB17625.1 标准简介	(25)
3.2.1 设备的分类	(25)
3.2.2 限值要求	(25)
3.3 谐波电流的测量线路与测量方法	(26)
3.3.1 测量线路	(26)
3.3.2 测量方法	(26)
3.4 标准点评	(26)
第4章 静电放电抗扰度试验	(27)
4.1 静电的产生与危害	(27)
4.2 静电放电试验	(27)
4.3 静电放电的模拟	(27)
4.4 静电放电试验中的放电方式	(28)
4.5 实验室的型式试验	(29)
4.5.1 试验配置	(29)
4.5.2 试验方法	(30)
4.6 静电放电抗扰度试验标准化方面的最新进展	(31)
4.6.1 不接地设备的试验方法	(31)
4.6.2 对试品的直接放电	(33)
4.6.3 对水平耦合板的放电	(33)
4.7 试验等级	(34)
4.8 试验结果评估	(34)
4.9 试验报告	(35)
4.10 标准点评	(35)
第5章 射频辐射电磁场抗扰度试验	(36)
5.1 射频辐射电磁场抗扰度试验的由来	(36)
5.2 射频辐射电磁场抗扰度试验	(36)
5.3 试验等级	(36)
5.4 试验方法	(38)
5.4.1 试验仪器	(38)
5.4.2 试验场地及其校验	(39)
5.4.3 射频辐射电磁场抗扰度试验	(40)
5.5 射频辐射电磁场抗扰度试验标准化方面的最新进展	(43)
5.5.1 标准修订的主要原因	(43)
5.5.2 新标准的试验严酷度等级	(43)
5.6 标准点评	(46)
5.7 GTEM 小室	(46)
5.7.1 GTEM 小室简介	(46)
5.7.2 结构	(46)
5.7.3 工作原理	(47)
5.7.4 性能指标	(47)
5.7.5 GTEM 小室在电磁兼容测试中的应用	(50)

第 6 章 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	(52)
6.1 电快速瞬变脉冲群的产生和对设备可靠性的影响	(52)
6.2 脉冲群发生器	(52)
6.3 试验配置和布局	(53)
6.3.1 电源线耦合/去耦网络	(53)
6.3.2 电容耦合夹	(54)
6.3.3 其他必需的配置	(54)
6.4 实验室的型式试验	(56)
6.4.1 试验方法	(56)
6.4.2 试验注意事项	(56)
6.4.3 试验等级	(56)
6.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验标准化方面的最新进展	(57)
6.5.1 试验等级	(57)
6.5.2 试验设备	(57)
6.5.3 试验配置	(60)
6.5.4 试验方法	(62)
6.6 标准点评	(63)
第 7 章 浪涌抗扰度试验	(64)
7.1 浪涌试验的提出	(64)
7.2 浪涌发生器	(64)
7.3 浪涌抗扰度试验	(66)
7.3.1 试验配置	(66)
7.3.2 试验方法	(67)
7.3.3 试验等级	(67)
7.4 浪涌抗扰度试验标准化方面的最新进展	(67)
7.4.1 综合波发生器	(67)
7.4.2 10/700 μ s 发生器	(69)
7.4.3 用于通信线路和 I/O 线路试验的耦合/去耦网络	(69)
7.4.4 试验配置	(73)
7.4.5 试验条件	(75)
7.4.6 试验方法	(75)
7.5 标准点评	(75)
第 8 章 由射频场感应所引起的传导干扰抗扰度试验	(77)
8.1 由射频场感应引起的传导干扰的由来	(77)
8.2 试验要求和试验等级	(77)
8.2.1 试验的频率范围	(77)
8.2.2 试验要求	(77)
8.2.3 试验等级	(77)
8.3 试验设备	(78)
8.3.1 试验仪器	(78)
8.3.2 干扰耦合设备	(78)
8.4 试验方法	(79)
8.4.1 试验电平の設定	(79)
8.4.2 试验配置	(80)
8.4.3 试验方法	(80)

8.4.4 对试验发生器的要求	(81)
8.4.5 试验记录与试验报告	(81)
第9章 电压跌落、短时中断和电压渐变抗扰度试验	(82)
9.1 电压跌落、短时中断和电压渐变的产生	(82)
9.2 试验等级	(82)
9.2.1 电压跌落与短时中断	(82)
9.2.2 电压渐变(可选用)	(84)
9.3 试验仪器	(85)
9.3.1 试验仪器的基本形式	(85)
9.3.2 对试验仪器的基本性能要求	(86)
9.4 试验方法	(87)
第10章 衰减振荡波抗扰度试验	(88)
10.1 问题的提出	(88)
10.2 试验仪器	(88)
10.3 试验	(89)
10.3.1 耦合/去耦网络	(89)
10.3.2 试验配置	(90)
10.3.3 试验	(91)
10.3.4 试验结果评估	(92)
10.4 试验等级	(92)
10.5 衰减振荡波抗扰度试验标准化方面的最新进展	(93)
10.5.1 高速衰减振荡波	(93)
10.5.2 低速衰减振荡波在波形校验方面要求的变化	(94)
10.6 标准点评	(94)
第11章 用高频噪声模拟器进行产品的抗扰度试验	(95)
11.1 问题的提出	(95)
11.2 高频噪声模拟器的工作原理和主要技术指标	(95)
11.2.1 高频噪声模拟器的结构框图	(96)
11.2.2 高频噪声模拟器的脉冲形成原理	(96)
11.2.3 高频噪声模拟器的主要技术指标	(97)
11.3 用高频噪声模拟器做被试设备的抗扰度试验	(97)
11.3.1 设备的电源线抗扰度试验	(97)
11.3.2 设备的信号线抗扰度试验	(98)
11.3.3 局部辐射电磁场抗扰度试验	(98)
11.4 高频噪声模拟器与脉冲群发生器的比较	(99)
11.4.1 试验波形的比较	(99)
11.4.2 对试品试验结果的比较	(99)
11.5 采用高频噪声模拟器的试验标准举例(日本计测控制机器的抗干扰试验 法导则)	(99)

第二篇 基础的电磁兼容设计技术

第12章 电气、电子产品的接地问题	(104)
12.1 关于接地问题的概述	(104)
12.2 电子、电气设备接地的分类	(104)
12.2.1 保护接地	(105)

12.2.2	屏蔽接地	(105)
12.2.3	系统接地	(106)
12.3	系统接地(接参考地)与在设备中的实际连接方法	(106)
12.3.1	浮地	(106)
12.3.2	单点接地	(107)
12.3.3	多点接地	(107)
12.3.4	混合接地	(107)
12.3.5	系统地接地的处理原则	(108)
12.3.6	参考接地线的处理(搭接)	(108)
12.3.7	单点接地处理实例	(109)
12.3.8	搭接不良对设备的影响实例	(111)
12.3.9	单点接地小结	(111)
12.4	设备接地(接大地)和电力系统供电方式	(112)
12.4.1	TN-C 系统	(112)
12.4.2	TT 系统	(113)
12.4.3	TN-C-S 系统	(113)
12.4.4	TN-S 系统	(114)
12.5	接地线的处理	(114)
12.5.1	独立接地系统	(114)
12.5.2	共用接地系统	(116)
12.5.3	接地系统与防雷保护	(119)
12.5.4	计算机房接地系统的设计举例	(120)
第 13 章	设备的屏蔽设计	(123)
13.1	电场屏蔽	(123)
13.1.1	电场屏蔽的机理	(123)
13.1.2	电场屏蔽的设计要点	(124)
13.2	磁场屏蔽	(124)
13.2.1	磁场屏蔽机理	(124)
13.2.2	磁场屏蔽的设计要点	(124)
13.3	电磁场屏蔽	(125)
13.3.1	电磁场屏蔽机理	(125)
13.3.2	电磁屏蔽材料的性能	(125)
13.4	机箱的屏蔽设计	(128)
13.4.1	概述	(128)
13.4.2	关于孔缝	(128)
13.4.3	电磁密封处理	(129)
13.4.4	显示窗口的屏蔽处理	(133)
13.4.5	通风孔的处理	(134)
13.4.6	控制轴的处理	(135)
13.4.7	指示器、按键和灯的处理	(136)
13.4.8	辅料	(136)
第 14 章	电源线滤波器	(138)
14.1	电源线上的干扰	(138)
14.1.1	干扰的存在方式	(138)
14.1.2	干扰的类型	(139)

14.1.3	干扰对设备工作的影响	(139)
14.1.4	设备电源线干扰的抑制技术	(139)
14.1.5	专用线路的采用	(140)
14.2	电源线滤波器	(141)
14.2.1	概述	(141)
14.2.2	线路构成	(141)
14.2.3	性能测试	(142)
14.2.4	安装	(143)
14.2.5	滤波器的实际使用效果	(144)
14.3	提高滤波器性能的一些措施	(145)
14.3.1	带有地线电感的滤波器	(145)
14.3.2	提高滤波器共模和差模滤波性能的方法	(146)
14.3.3	采用多级滤波器	(146)
14.3.4	滤波器在有浪涌电压场合下的使用	(147)
14.3.5	新型软磁材料的使用	(147)
14.3.6	加接有损元件来改进普通滤波器的高频特性	(147)
14.4	使用滤波器的注意事项	(148)
第 15 章	瞬变干扰吸收器件	(151)
15.1	气体放电管	(151)
15.1.1	概述	(151)
15.1.2	结构	(152)
15.1.3	工作原理	(152)
15.1.4	主要特性参数	(152)
15.1.5	参数分析	(154)
15.1.6	应用	(154)
15.1.7	气体放电管的质量问题	(156)
15.2	金属氧化物压敏电阻 (MOV)	(157)
15.2.1	概述	(157)
15.2.2	结构	(157)
15.2.3	特性参数	(157)
15.2.4	使用原则	(161)
15.2.5	响应速度	(161)
15.2.6	压敏电阻的失效方式	(163)
15.2.7	使用中的注意事项	(163)
15.3	硅瞬变电压吸收二极管 (TVS 管)	(163)
15.3.1	概述	(163)
15.3.2	工作原理	(163)
15.3.3	主要特性参数	(164)
15.3.4	分析和应用	(167)
15.4	固体放电管	(171)
15.4.1	概述	(171)
15.4.2	工作原理	(172)
15.4.3	主要特性参数	(172)
15.4.4	应用说明	(174)
15.4.5	失效提示	(175)

15.5 组合式保护器	(175)
15.5.1 概述	(175)
15.5.2 组合式保护器件	(176)
15.5.3 应用说明	(176)
第 16 章 铁氧体抗干扰磁芯的应用	(178)
16.1 概述	(178)
16.2 铁氧体抗干扰磁芯的工作原理	(178)
16.3 铁氧体抗干扰磁芯的应用范围	(179)
16.4 铁氧体磁芯的外形和尺寸选择	(179)
16.5 铁氧体抗干扰磁芯的使用要点	(186)
16.6 铁氧体抗干扰磁芯使用实例	(187)
第 17 章 隔离变压器	(188)
17.1 概述	(188)
17.2 最简单的隔离变压器	(188)
17.3 带屏蔽层的隔离变压器	(188)
17.4 高性能隔离变压器(超级隔离变压器)	(190)
17.5 隔离变压器的安装	(192)
第 18 章 印制电路板设计	(193)
18.1 印制电路板的设计	(193)
18.1.1 单面板和双面板的设计	(193)
18.1.2 多层板的设计	(196)
18.2 关于电路设计的一些有益建议	(198)
18.3 与印制电路设计相关的若干问题的说明	(199)
18.3.1 逻辑电路工作时产生的干扰及其抑制方法	(199)
18.3.2 脉冲的频谱问题	(200)
18.3.3 信号传输中出现的畸变与解决方法	(202)
18.3.4 信号线滤波	(204)
18.3.5 与印制电路板连接电缆线的选择和使用	(211)
18.3.6 由布线不当引起的电磁兼容问题	(213)
18.3.7 印制电路板内部和设备内部的开关触点处理	(217)
18.3.8 设备的操作按钮与电子线路的配合问题	(219)
第 19 章 设备电气设计和装配中应考虑的问题	(221)
19.1 设备电气设计的一般原则	(221)
19.2 设备中元器件、电气配件的排布和安装原则	(221)
19.3 导线的排布	(222)
19.3.1 导线排布时应注意的问题	(222)
19.3.2 汇流排设计、排布与安装的注意事项	(224)
19.4 安全与可靠性	(224)
19.4.1 绝缘与抗电强度	(224)
19.4.2 电磁干扰与防护	(226)
19.4.3 设备的可靠性	(227)
19.5 机柜间的线缆处理原则	(227)
第 20 章 电磁兼容故障的诊断与处理意见	(228)
20.1 设备电磁兼容性的定性探测	(228)
20.1.1 比较“正规”的配置方案	(228)

20.1.2 定性试验的配置方案	(228)
20.2 对设备电磁兼容故障定位方法的简述	(229)
20.2.1 故障诊断方法	(230)
20.2.2 故障信号的探测	(230)
20.2.3 故障定位小结	(231)
20.2.4 故障排查举例(变频调速系统故障的现场排查)	(231)
20.3 电磁兼容故障的一般性处理意见	(234)
20.3.1 辐射发射超标	(234)
20.3.2 传导发射超标	(235)
20.3.3 抗静电干扰不合格	(235)
20.3.4 抗射频辐射电磁场干扰不合格	(236)
20.3.5 抗脉冲群干扰不合格	(236)
20.3.6 抗浪涌干扰试验不合格	(236)
20.3.7 由射频场感应引起的传导干扰抗扰度试验不合格	(237)

第三篇 电气、电子产品的电磁兼容设计实例

第 21 章 单片机、可编程控制器和工控机的抗干扰问题	(240)
21.1 单片机系统的抗干扰设计	(240)
21.1.1 单片机系统的电磁干扰问题	(240)
21.1.2 单片机系统的硬件电磁兼容性设计	(241)
21.1.3 单片机系统的软件电磁兼容性设计	(247)
21.2 可编程控制器使用中的抗干扰问题	(250)
21.2.1 可编程控制器的基本概念	(250)
21.2.2 可编程控制器系统中干扰的主要来源	(250)
21.2.3 可编程控制器系统的抗干扰设计和措施	(251)
21.2.4 可编程控制器系统中的软件抗干扰措施	(252)
21.3 工控机使用中的抗干扰问题	(253)
21.3.1 工控机使用中的硬件抗干扰措施	(253)
21.3.2 工控机使用中的软件抗干扰措施(软件运行过程中的自监视法)	(254)
第 22 章 智能化和电子化的低压电器产品电磁兼容问题	(259)
22.1 国内低压电器产品的智能化和电子化情况概述	(259)
22.2 我国低压电器国家标准对产品电磁兼容性能的要求	(260)
22.2.1 GB/T14048.1-2000 对低压开关和控制设备的电磁兼容要求	(261)
22.2.2 GB18499-2001 对剩余电流动作保护器(RCD)的电磁兼容要求	(264)
22.3 低压电器产品中的电磁兼容故障处理和电磁兼容性设计情况举例	(265)
22.3.1 剩余电流动作保护器使用中的常见故障及处理意见	(265)
22.3.2 智能脱扣器的硬/软件设计及其关键技术	(267)
第 23 章 家用电器(包括电动工具)的电磁兼容性测试和处理方法	(270)
23.1 概述	(270)
23.2 家用电器设备电磁兼容性测试的国内标准化情况	(271)
23.2.1 GB4343.1-2003 对家用电器、电动工具和类似器具的电磁发射要求	(272)
23.2.2 GB/T4343.2-1999 对家用电器、电动工具和类似器具的抗扰度要求	(274)
23.3 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容性处理实例	(277)
23.3.1 电动工具的电磁骚扰抑制	(277)
23.3.2 小家电产品电磁骚扰发射情况的改进	(281)

23.3.3 变频空调单片机测控系统的抗干扰设计例	(284)
第 24 章 医用电子设备的电磁兼容性	(290)
24.1 医用电子设备电磁兼容问题的特殊性和复杂性	(290)
24.1.1 概述	(290)
24.1.2 医用电子设备的特殊性和复杂性	(290)
24.1.3 对医用电子设备在电磁兼容性方面的要求	(291)
24.2 医用电子设备和系统的电磁兼容性要求	(291)
24.2.1 对电磁骚扰发射的限制	(291)
24.2.2 对公共电网的保护	(292)
24.2.3 抗干扰能力方面的要求	(292)
24.3 国内医用电子设备电磁兼容性现状	(293)
24.4 医疗电子学专家对医疗设备安全与电磁兼容性问题的看法	(294)
24.5 解决医疗电子设备的电气安全性与电磁兼容性的常用对策	(296)
24.5.1 医疗电子设备的漏电流	(296)
24.5.2 外部环境的电磁干扰对医疗设备的影响	(297)
24.5.3 解决医疗电子设备电气安全性与电磁兼容性的常用对策	(298)
24.6 医疗电子设备的电磁兼容设计举例	(301)
24.6.1 心脏除颤器测试分析仪的电磁兼容设计	(301)
24.6.2 B超设备抗电磁场干扰的对策	(303)
24.6.3 医用自动洗片机控制器的设计	(304)
24.6.4 医疗建筑中与电磁兼容相关的电气设计	(305)
第 25 章 开关电源的传导骚扰抑制问题	(307)
25.1 产品认证与开关电源的电磁兼容性测试	(307)
25.2 开关电源的电磁兼容性试验	(307)
25.3 开关电源的电磁骚扰发射问题	(308)
25.3.1 输入整流回路	(309)
25.3.2 开关回路	(309)
25.3.3 次级整流回路	(309)
25.3.4 控制回路	(309)
25.3.5 由分布电容引起的骚扰	(309)
25.4 开关电源的传导骚扰测试	(310)
25.4.1 开关电源交流电源输入端口传导骚扰的限值	(310)
25.4.2 测试传导骚扰发射的试验配置	(311)
25.5 开关电源传导骚扰的抑制技术	(313)
25.5.1 差模滤波的分析	(313)
25.5.2 共模传导骚扰抑制分析	(314)
25.5.3 开关电源输入滤波电路的基本参数和安全要求	(316)
25.5.4 开关电源滤波器的实际线路	(317)
25.5.5 开关电源输入滤波器中典型滤波元件的规格和性能介绍	(321)
25.6 其他影响开关电源传导骚扰发射的因素	(341)
第 26 章 变频调速系统的电磁兼容性测试和处理措施	(342)
26.1 概述	(342)
26.2 测试变频调速系统电磁兼容性的国家标准	(342)
26.2.1 标准的适用范围	(343)
26.2.2 电气传动系统的抗扰度要求	(343)

26.2.3 电气传动系统骚扰发射的限制	(345)
26.2.4 变频器的电磁兼容性能摸底	(346)
26.3 变频器的传导骚扰测试、结果分析及对策	(347)
26.3.1 变频器的传导骚扰测试	(347)
26.3.2 试验报告	(348)
26.3.3 对传导骚扰测量结果的数值分析	(348)
26.3.4 用电源线滤波器来抑制变频器的传导骚扰	(348)
26.4 变频器的谐波问题及其对策	(351)
26.4.1 变频器输入侧谐波的抑制	(351)
26.4.2 变频器输出侧谐波的抑制	(354)
26.5 变频器使用中的其他问题及其处理意见	(357)
26.5.1 接地	(357)
26.5.2 布线	(359)
26.5.3 布局	(361)
26.6 变频器输入部分常见故障的原因	(368)
26.7 系统的防雷(防浪涌冲击)	(369)
26.7.1 浪涌可能入侵的部位	(369)
26.7.2 变频器的浪涌保护	(369)
第 27 章 不间断电源的噪声抑制和使用问题	(371)
27.1 不间断电源概述	(371)
27.1.1 不间断电源的功能与作用	(371)
27.1.2 不间断电源的主要应用领域	(371)
27.1.3 不间断电源能解决的电网主要故障	(372)
27.2 不间断电源的分类	(372)
27.2.1 后备式不间断电源	(372)
27.2.2 在线互动式不间断电源	(373)
27.2.3 在线式不间断电源	(373)
27.3 不间断电源工作时自身所产生的电磁骚扰抑制问题	(375)
27.3.1 不间断电源工作时所产生的电磁骚扰及其限值	(375)
27.3.2 不间断电源工作时所产生的电磁骚扰的测试方法	(380)
27.3.3 不间断电源电磁骚扰的测试和超限处理实例	(385)
27.4 不间断电源的选择	(390)
27.4.1 不间断电源的一般选择	(390)
27.4.2 大功率不间断电源的关键技术特性	(391)
27.4.3 不间断电源主要性能指标及比较	(393)
27.5 不间断电源的使用	(394)
27.6 电池的维护和保养	(395)
27.6.1 不间断电源常用电池的种类	(395)
27.6.2 几种蓄电池的优、缺点比较	(396)
27.6.3 与电池使用相关的几个问题	(397)
第 28 章 机动车辆用电子、电气设备的电磁兼容性	(400)
28.1 汽车的电子化是汽车技术发展进程中的一次革命	(400)
28.2 车载电子、电气设备的电磁兼容问题	(401)
28.2.1 车载电子设备的电磁兼容性定义	(401)
28.2.2 汽车内部的电磁兼容复杂性	(401)

28.2.3	适用于车载电子、电气设备的电磁兼容标准化情况介绍	(401)
28.2.4	部分汽车电磁兼容国家标准介绍	(402)
28.3	ISO 7637 标准介绍	(403)
28.3.1	背景	(403)
28.3.2	试验的温度和试验电压	(404)
28.3.3	瞬变电压发射试验	(404)
28.3.4	瞬变电压抗扰度试验	(408)
28.3.5	改进设备对瞬变电压发射抑制及提高设备抗瞬变干扰能力的常用措施	(420)
28.4	车载电子、电气设备的电磁兼容性设计	(421)
28.4.1	车载设备电磁兼容性设计的概念	(421)
28.4.2	车载设备电磁兼容性设计的内容	(421)
28.5	车载电子电气设备电磁兼容设计举例	(423)
28.5.1	汽车数字式音/视频产品的抗干扰技术	(423)
28.5.2	汽车行驶记录仪的抗干扰设计	(426)
28.5.3	车载电子产品中考虑的其他有关措施	(428)

第一篇

产品的电磁兼容性能测量