

FUZA DIANCI HUANJING XIA  
DIANCI JIANRONG XING SHEJI

# 复杂电磁环境下 电磁兼容性设计

张先立 吕斌 主编

 甘肃科学技术出版社



FUZA DIANCI HUANJING XIA  
DIANCI JIANRONG XING SHEJI

# 复杂电磁环境下 电磁兼容性设计

张先立 吕斌 主编

 甘肃科学技术出版社

图书在版编目 ( C I P ) 数据

复杂电磁环境下电磁兼容性设计 / 张先立, 吕斌主编.  
兰州: 甘肃科学技术出版社, 2006.12  
ISBN 7-5424-1088-1

I. 复... II. ①张... ②吕... III. 电磁兼容性—设计 IV. TN03

中国版本图书馆CIP数据核字 (2006) 第 149943号

责任编辑 张 荣 (0931-8773238)

封面设计 王 昊

出版发行 甘肃科学技术出版社 (兰州市南滨河东路520号0931-8773237)

印 刷 兰州祥瑞防伪印务有限责任公司 (兰州市张苏滩357号)

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 17.25

插 页 2

字 数 400千字

版 次 2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

印 数 1~1000

定 价 38.00元

## 编 委 会 成 员

主 编 张先立 吕 斌

编 写 雷 亮 王 强 高 璐 李 明

张新红 王 昊 陈莉生 李 芸

# 前 言

随着我军信息化建设和新军事变革进程的大力推进,全军各级机关和部队在作战、训练、日常办公和业务管理工作等方面,都在广泛地使用各种电子系统和设备。这些电子系统和设备,在提高作战指挥效能和工作效率的同时,也会带来电磁干扰方面的问题。一方面,有些电子系统和设备极易受到外界电磁干扰,在复杂的电磁环境中或者受到电磁攻击时,系统设备性能下降,寿命缩短,甚至被损坏;另一方面,这些电子系统和设备本身也会通过辐射或传导的方式,对外界产生不同频率的电磁干扰,对其他电子系统和设备产生不良影响。

以上问题即是电磁兼容学科所要研究的领域。研究和解决好各种电子系统和设备的电磁兼容性有关专业理论和工程技术设计等问题,对于我军信息化建设和各项军事斗争准备工作具有举足轻重的作用。

当前,部队作战和训练中的电磁兼容问题,已经引起有关军事部门的高度重视,电磁兼容性问题已由抽象的概念转入到实质性实施阶段。但是,对于多数官兵来说,电子系统和设备的电磁兼容性的概念还比较生疏,对于电磁兼容性的标准和要求还不甚了解,对于如何做好本部门电子系统和设备的电磁兼容,以提高其性能,保证其安全,确保其顺畅运行,知之甚少。为此,我们结合自己多年来从事电磁兼容方面的学习研究和工作实践,编写了一本针对军队电子系统和设备电磁兼容方面的技术专著,奉献给相关专业技术人员和广大官兵。

电磁兼容理论和技术发展很快,我们主要针对部队相关人员的专业技术理论水平和部队电子系统与设备的配备使用情况,对电磁兼容的概念、理论、技术、标准规范、工程设计、诊断测量和防护实例等方面进行了详细和具体的阐述。

全书共有10章。第1章和第2章主要介绍了电磁兼容相关概念和理论知识,涉及到电磁环境、电磁场、电磁兼容、电磁兼容性以及电磁干扰的来源、分类、危害和传播途径等;第3章、第4章和第5章阐述了当今主流电磁防护技术,包括电屏蔽技术、磁屏蔽技术、接地技术、搭接技术滤波技术等;第6章为电磁屏蔽工程设计,讲解了电磁屏蔽材料的类型和选取原则,电磁屏蔽室的设计方法,在工程技术施工中常用的多重屏蔽、孔屏蔽、电缆屏蔽、机柜屏蔽、外壳接地、导电衬垫、密封技术等;第7章讲解了对电磁干扰进行诊断的原则和方法,分别描述了系统电磁干扰诊断、设备电磁干扰诊断和电路电磁干扰诊断;第8章讲解了电磁兼容测量概念、测量方法、测量仪器和设备;第9章列举了某信息中心和计算机系统、无线电通信系统、数字AV设备的电磁兼容设计实例;第10章讲述了电子设备安全和电磁兼容的国内外标准规范以及相关组织机构情况。

在十章内容之外,最后附录了国家和军队有关电磁兼容的标准和规范,包括:国家军用标准“电磁干扰和电磁兼容性术语”;国家军用标准“指挥中心(所)电磁兼容性要求”;国家标准“电子计算机场地通用规范”。

我们感谢兰州军区司令部通信部、指挥自动化处和军区指挥自动化工作站的领导,他们从各个方面给予了亲切的关怀和大力的帮助,没有领导们的支持是完成不了本书的编写的。我们感谢所有参考过的著作、教材和有关文献的作者,这些资料是我们编写的基础。

由于作者水平有限,书中难免有不当、错误之处,敬请广大读者批评指正。

作者  
2006年12月

# 目 录

第 1 章 电磁环境与电磁兼容概念	1
1.1 概述	1
1.2 电磁兼容概念	1
1.3 电磁兼容学科的研究内容	2
1.4 电磁兼容性与电磁敏感性	6
1.5 电磁兼容设计与电磁兼容试验	6
1.6 电磁环境	9
1.7 复杂电磁环境的概念与分级	10
1.8 战场电磁环境与战场电磁兼容	13
第 2 章 电磁干扰来源	19
2.1 噪声源的分类	19
2.2 噪声干扰的方式	20
2.3 噪声传播的途径	21
2.4 电磁干扰的分类	24
2.5 电磁干扰的危害	25
2.6 电磁场性质	26
第 3 章 电磁防护技术	30
3.1 屏蔽技术	30
3.2 电屏蔽	32
3.3 磁屏蔽	35
3.4 电磁屏蔽	40
3.5 典型应用分析	44
3.6 屏蔽的综合设计	51
第 4 章 接地与搭接技术	53
4.1 接地的目的	53
4.2 接地的方式	54
4.3 地环路干扰抑制	61
4.4 屏蔽体接地	65
4.5 搭接	67
第 5 章 滤波技术	76
5.1 滤波器的定义	76



5.2 滤波器的技术指标 .....	76
5.3 滤波器的种类 .....	77
5.4 滤波器设计基础 .....	81
<b>第6章 电磁屏蔽工程设计 .....</b>	<b>88</b>
6.1 电磁屏蔽材料选取规则 .....	88
6.2 电磁屏蔽材料类型 .....	89
6.3 电磁屏蔽材料新产品 .....	94
6.4 电磁屏蔽室 .....	96
6.5 多重屏蔽与外壳接缝设计 .....	101
6.6 孔的屏蔽 .....	102
6.7 紧固件与导电衬垫 .....	103
6.8 密封技术 .....	103
6.9 特殊的屏蔽技术 .....	104
6.10 电缆的敷设 .....	107
6.11 电缆的应用 .....	109
6.12 电缆屏蔽层的接地与搭接 .....	110
6.13 电缆走线 .....	111
6.14 设备安装 .....	114
<b>第7章 电磁干扰诊断 .....</b>	<b>116</b>
7.1 电磁干扰诊断原则与方法 .....	116
7.2 系统电磁干扰诊断 .....	121
7.3 设备电磁干扰诊断 .....	127
7.4 电路电磁干扰诊断 .....	132
<b>第8章 电磁兼容测量 .....</b>	<b>135</b>
8.1 电磁兼容测量概念 .....	135
8.2 电磁兼容测量仪器和设施 .....	139
8.3 电磁兼容性能预测 .....	155
8.4 电磁兼容性基本测量方法 .....	168
<b>第9章 电磁兼容设计应用实例 .....</b>	<b>176</b>
9.1 信息中心电磁屏蔽系统 .....	176
9.2 计算机系统的电磁干扰及抑制 .....	181
9.3 数字 AV 设备的电磁兼容性 .....	188
9.4 无线电通信系统间电磁兼容分析与试验 .....	195
<b>第10章 电子设备安全标准与电磁兼容标准 .....</b>	<b>200</b>
10.1 电子设备安全标准概况 .....	200
10.2 电磁兼容标准概况 .....	203
10.3 国外电磁兼容标准 .....	210
10.4 国家电磁兼容标准 .....	214



## 附录:

- A. 中华人民共和国国家军用标准 GJB 72A—2002  
电磁干扰和电磁兼容性术语 ..... 217
- B. 中华人民共和国国家军用标准 GJB 3909—99  
指挥中心(所)电磁兼容性要求 ..... 242
- C. 中华人民共和国国家标准 GB/T 2887—2000  
电子计算机场地通用规范 ..... 254

# 第1章 电磁环境与电磁兼容概念

## 1.1 概 述

自从麦克斯韦发明电磁场理论、赫兹发现电磁波以来,电机的诞生、电磁能的广泛应用使工业技术的创造日新月异;电报、电话的出现使世界的距离大大缩短。随着电子工业的不断发展和进步,各种电子仪器设备如电子计算机、通讯设备、办公设备、家用电器及医疗设备等,已经得到广泛的应用。电磁能为人类创造巨大财富的同时,也带来了电磁干扰问题。电子设备微电流功率与电磁噪音功率相近,极易受外界电磁干扰。同时,这些电子设备本身也对外发射不同频率的电磁波,会对邻近运行的电子设备造成干扰。空间电磁环境日益复杂,正在越来越大地影响着人们的生活。

一些工业国家,如德国、美国、日本等国从20世纪60年代就开始研究电磁兼容问题,制定技术法规、技术标准,以保护电磁环境。中国70年代也开始了这方面的研究和法规标准的制定。

进入90年代后,各种电气、电子装置设备或系统的电磁兼容性成为世界工业技术的热点,逐步形成了研究在有限的空间、时间、频谱条件下,各种用电设备(广义的还包括生物体)共存,而电气性能又不降级的电磁兼容学科(Electromagnetic Compatibility, EMC)。

为了防止电磁波辐射造成的干扰,必须对电子产品进行屏蔽和技术处理。许多国家十分重视电磁波屏蔽材料和技术的研究与开发,以设备简单、成本低廉、施工方便、能适用于复杂情况为研发目标。目前应用的材料主要有钢、铝、铜、银等良导体,技术主要有多层网或单层网、模板拼装、贴膜、喷涂、滤波、接地等。

## 1.2 电磁兼容概念

电磁兼容(Electromagnetic Compatibility, EMC)对于设备或系统的性能指标来说,直译为“电磁兼容性”,但作为一门学科来说,应译为“电磁兼容”。在工程实践中,人们往往不加区别地使用“电磁兼容”和“电磁兼容性”,且采用同一英文缩写EMC。正确的应该是Electromagnetic Compatibility,而不是Electromagnetic Compatible。

什么是兼容呢?从普遍的意义上说,“兼容”就是描述一种和谐共存的状态,它广泛应用于各种自然的和人工系统中。

电磁兼容是研究在有限的空间、时间和频谱资源等条件下,各种用电设备(广义的还包括生物体)可以共存,并不致引起降级的一门科学。电磁兼容性是指设备或系统在其

电磁环境下能正常工作,并且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁干扰的能力。

为了使系统达到电磁兼容性,必须以系统整体电磁环境为依据,要求每个用电设备不产生超过规定限度的电磁发射,同时又要求它具有一定的抗干扰能力。只有对每个设备作这两方面的约束,才能保证系统达到完全兼容。

国家军用标准 GJB 72—85《电磁干扰和电磁兼容性名词术语》中给出电磁兼容性的定义为:“设备(分系统、系统)在共同的电磁环境中能一起执行各自功能的共存状态,即:该设备不会由于受到处于同一电磁环境中其他设备的电磁发射而导致或遭受不允许的降级;它也不会使同一电磁环境中其他设备(分系统、系统)因受其电磁发射而导致或遭受不允许的降级”。可见,从电磁兼容性的观点出发,除了要求设备(分系统、系统)能按设计要求完成其功能外,还要求设备(分系统、系统)有一定的抗干扰能力,不产生超过规定限度的电磁干扰。

世界各个国家、国际组织为了保证用电设备或系统可以相互兼容,制定了各自的电磁兼容性标准,阐明了电磁兼容的名词术语。美国电气与电子工程师协会(IEEE)给电磁兼容性下的定义是:

“Electromagnetic Compatibility , EMC , is the ability of a device , equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic : environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment .”

国际电工技术委员会(IEC)认为,电磁兼容是一种能力的表现,它给出的电磁兼容性定义为:“电磁兼容性是设备的一种能力,它在其电磁环境中能完成它的功能,而不致于在其环境中产生不允许的干扰”。

目前,从电磁兼容学科研究的科技工作者又进一步探讨电磁环境对人类及生物的危害,学科范围已不仅限于设备与设备间的问题,而进一步涉及到自然环境和人类自身,因此,一些国内外学者也把电磁兼容学科称为“环境电磁学”。

### 1.3 电磁兼容学科的研究内容

电磁兼容(EMC)是自然科学和工程学的一个分支。在某种意义上,它与设备的设计和工作有关。它既要使设备免受某种程度的电磁干扰,同时又要求设备产生的干扰保持在规定的极限之内。EMC的范围很广,它实际上包括了所有由电源供电的设备。实际上,所有工程系统都含有电源调整和信息处理单元,因而都属于 EMC 之内的设备。EMC 涉及的频率范围由 DC 至光波。

电磁兼容性的研究是围绕构成电磁干扰的三要素(电磁干扰源、干扰耦合途径和敏感设备)进行的,其研究内容包括:电磁干扰产生的机理、电磁骚扰源的发射特性以及如何抑制电磁骚扰源的发射;电磁干扰以何种方式通过什么途径耦合(或传输)以及如何切断电磁干扰的传输途径;敏感设备对电磁骚扰产生何种响应以及如何提高敏感设备的抗干扰能力。

### 1.3.1 电磁干扰特性及其传播理论

为了抑制电磁干扰,首先必须了解电磁干扰的特性和它的传播机理。对于电磁干扰源的研究,包括电磁骚扰源的频域和时域特性,产生的机理以及抑制措施等;对于电磁骚扰传输特性的研究,包括对传导电磁骚扰传输特性和辐射电磁骚扰传播特性的研究。例如,根据干扰信号的频谱特性可以了解它是宽带干扰还是窄带干扰;根据干扰信号的时间特性可知其为连续波、间歇波还是瞬态波,以便采取不同的措施加以抑制。因此,对电磁干扰特性及其传播理论的研究是电磁兼容学科最基本的任务之一。

### 1.3.2 电磁危害及电磁频谱利用和管理

人为的电磁污染已成为人类社会发展的第一大公害。电磁能危害的主要表现为射频辐射、核电磁脉冲放电和静电放电对人体健康的危害及对电引爆装置和燃油系统的破坏,对电子元器件及其电路功能的损害。

在关注电磁能危害的同时,人们还清醒地认识到,人为的电磁频谱污染问题也已相当严重。电磁频谱是一种有限的自然资源,而电磁频谱被占用的频谱范围和数量日益扩张,同时,频谱利用方法的进展远慢于频谱需求的增加,以至于使电磁兼容问题出现许多实施方面的困难,不得不由专门的国际电信联盟机构来加以管理。在中国境内,中国无线电管理委员会负责分配和协调无线电频段。有效管理、保护和合理地利用电磁频谱也是电磁兼容学科研究的一项必要内容。

### 1.3.3 电磁兼容性的工程分析和电磁兼容性控制技术

电子设备和系统的结构日益复杂,技术更加密集,频谱占用拥挤。在实际工程中,电磁干扰的耦合和传输很少以单一的基本耦合形态发生,而是多种基本耦合形态的组合,表现为综合性的典型耦合模式。例如,两根平行导线间的电磁耦合实质上是电容性耦合和电感性耦合的组合;电磁场对导线的感应耦合并传输到导线终端的耦合模式,实质上是空间辐射耦合和传输线传导两种基本形态的组合。这些典型的耦合模式在实际工程分析中通常作为一种固定的工程模式直接用于分析更复杂的电磁干扰问题,从而使电磁兼容工程分析的理论更加成熟。因此,分析和研究典型耦合模式成为电磁兼容研究中快速识别干扰机理的捷径。

电磁兼容性技术在不断发展。工程实践中被广泛采用的滤波、屏蔽、接地、搭接和合理布局等抑制电磁干扰的技术措施都是有效的。但是,随着设备和系统的集成化、数字化和信息处理的高速化,以上措施的采用往往会与成本、质量、功能要求产生矛盾,必须权衡利弊研究出最合理的措施来满足电磁兼容性要求。另外,新的导电材料、新的屏蔽材料以及新的工艺方法的出现,使得电磁兼容控制技术不断向前发展,新的抑制电磁干扰的措施

不断涌现,因此,电磁兼容控制技术始终是电磁兼容学科中最活跃的研究课题。

### 1.3.4 电磁兼容性设计理论和设计方法

任何一项工程设计,最起码和最主要的是对费效比的考虑,当然它也是电磁兼容设计的一项重要指标。一个产品从设计到投产的过程,可以分为设计、试制和投产三个阶段。若在产品设计的初始阶段解决电磁干扰问题,投资最少,控制干扰的措施最容易实现。如到产品投产后发现电磁干扰问题再去解决它,成本就会大大上升。因此,费效比的综合分析是电磁兼容设计研究的一部分。

电磁兼容性设计不同于设备和系统的功能设计,它往往是在功能设计方案的基础上进行的。电磁兼容工程师必须和系统工程师密切配合,反复协调,把电磁兼容性设计作为系统设计的一部分,达到电磁兼容性系统设计的目的。

### 1.3.5 电磁兼容性测量和试验技术

电磁兼容性的测量和试验研究是至关重要的,它贯穿于电磁兼容性分析、建模、产品开发、产品检验、干扰诊断等各个阶段,主要研究测量设备、测量方法、测量场所和数据处理方法。电磁干扰特性和电磁环境复杂,电磁干扰信号的频率带宽范围宽广,用电设备和系统占用的空间有限,所有这些都迫使对设备和系统的电磁兼容性测量和试验项目增多,进而促进了测量技术的提高和测量设备的革新。在电磁兼容性试验中,对设备进行敏感度测量时,需要多种不同类型的模拟信号源及其装置来模拟产生传导和辐射干扰信号,因此推动了试验装置的研究开发,促进了测量和试验设备的自动化程度的日益提高,高精度的电磁干扰及电磁敏感度自动测量系统的研制、开发并应用于工程实践。这些都是电磁兼容学科研究的重要内容。

### 1.3.6 电磁兼容性标准、规范与工程管理

电磁兼容性标准、规范是电磁兼容性设计和试验的主要依据。通过制定和实施标准与规范来控制用电设备和系统的电磁发射和电磁敏感度,从而降低设备和系统相互干扰的可能性:标准规定的测试方法和极限值要求必须合理,符合国家经济发展综合实力和工业发展水平,这样才能促进产品质量提高和技术进步,否则会造成人力、物力和时间的浪费。为此,制定标准和规范时必须进行大量的实验和数据分析研究。

为了保证设备和系统在全寿命期内有效而经济地实现电磁兼容性要求,必须实施电磁兼容性管理。电磁兼容性管理的基本职能是计划、组织、监督、控制和指导。管理的对象是研制、生产和使用过程中与电磁兼容性有关的全部活动。因此电磁兼容性管理要有全面的计划,从工程管理的高层次抓起,建立工程管理协调网络和工作程序。确立各个研究阶段的电磁兼容性目标,突出重点,加强评审,提高工作的有效性。



### 1.3.7 电磁兼容性预测和分析

电磁兼容性分析和预测是进行合理的电磁兼容性设计的基础。通过对电磁干扰的预测,能够对潜在的电磁干扰进行定量的估计和模拟,避免采取过高的抑制措施,造成不必要的浪费;同时也可以避免设备和系统建成后才发现不兼容的难题。因为在设备和系统建成后再修改设计,重新调整布局,要花费很大的代价,有时也未必能够彻底解决不兼容问题。因此,在设备和系统设计的最初阶段就进行电磁兼容性分析和预测是十分必要的。

电磁兼容性分析和预测的方法是采用计算机数字仿真技术,将各种电磁干扰特性、传输函数和电磁敏感度特性全部都用数学模型描述并编制成计算机程序,然后根据预测对象的具体状态,运行预测程序,以便获得潜在的电磁干扰预测结果。这种预测方法在世界许多发达国家已普遍采用,实践证明它是行之有效的方法。因此,研究预测数学模型、建立输入参数数据库、提高预测准确度等已成为电磁兼容学科关于预测和分析技术深入发展的关键。

### 1.3.8 信息设备电磁泄漏及防护技术

随着科学技术的发展,计算机系统已广泛应用于机要信息的存储和数据处理。当计算机或其他机要电子设备工作时,机密信息可通过设备泄漏的电磁场以辐射方式发射出去,也可能通过电源线、地线、信号线等以传导方式耦合出去,在一定距离内,往往不需要采用特殊设备,便可以清晰、稳定地接收到这些机要设备所发射的主要信息的内容,造成机要信息严重泄漏。为了防止信息技术设备的电磁泄漏,美国政府规定,对国防电子产品、机要电子信息设备,从研制、生产、测试、验收到监护,都要严格接受保密设计规范的指导,必须满足经美国国家安全局确认的瞬态电磁脉冲辐射标准(Transient Electromagnetic Pulse Emanation Standard),以限制电磁信息泄漏,保证机要信息的安全保密。

如何解决信息技术设备的电磁泄漏问题,目前已成为一项专门技术,这项技术称为防电磁泄漏技术,即所谓的 TEMPEST 技术(Transient Electromagnetic Pulse Emanation Standard)。TEMPEST 技术的任务是,检测、评价和控制那些危及工作任务安全的信息技术设备的非功能性传导发射和辐射发射,以防止窃听、泄漏机要信息。

TEMPEST 技术和电磁兼容性技术都是研究抑制电磁发射技术措施的,两者有许多共同的概念和技术,它们都属于电磁兼容学科的研究范围,但是在有些方面这两者存在着本质上的差别,TEMPEST 技术与电磁兼容性技术相比,所要求的控制电磁泄漏技术和标准更高,所以它还有许多特别的研究内容。

### 1.3.9 环境电磁脉冲及其防护

电磁脉冲(EMP)是十分严重的电磁干扰源。其频谱覆盖范围宽,可以从甚低频到

几百 MHz;场强大,电场强度可达 40 kV/m 或更高;作用范围广,可达数千米。受电磁脉冲作用的架空天线、输电线、电缆线、各种屏蔽壳体都会被电磁脉冲感应,产生强大的脉冲射频电流。这种射频脉冲电流如果进入设备内部将产生严重的电磁干扰,甚至使设备遭到破坏。电磁脉冲可对卫星、航天飞机、宇宙飞船、导弹武器、雷达、广播通信、电力和电子设备或系统造成严重影响。所以,电磁脉冲及其防护已成为近年电磁兼容学科的一个重要研究内容。

### 1.3.10 系统内与系统间的电磁兼容性

一个系统之内与若干系统之间的电磁兼容性问题往往十分复杂。这种复杂性表现在:干扰源可能同时也是敏感设备;传播的途径往往是多通道的;干扰源与敏感设备不是一一对等等。这就需要对系统内与系统间的电磁兼容性问题进行分析和预测。

## 1.4 电磁兼容性与电磁敏感性

电磁兼容性由电磁敏感性(EMS)和电磁骚扰(EMI)构成。电磁骚扰由无线电骚扰、谐波电流、电压波动和闪烁等形成。无线电骚扰主要由非线性功率装置(无线电台、导航和遥控设备)、电气放电、开关操作等引起。无线电骚扰主要是高频骚扰;谐波电流主要由磁场畸变、非线性元器件引起,如脉冲放大器、可控硅、电动工具等。谐波、电压波动和闪烁一般是低频骚扰,通常由多次循环控制和开关操作引起。电压波动和闪烁形成的电磁骚扰波通过沿电源线传播骚扰电源网络,向周围空间发射电磁骚扰波,骚扰连接于网络及其附近的电气设备和系统。

电磁敏感性电平越小,敏感性越高,抗扰性越差。抗扰度电平越高,抗扰性能越强。对抗扰度进行考核的主要因素有:

- (1) 静电放电。
- (2) 电快速瞬变脉冲群。
- (3) 射频电磁场。
- (4) 射频感应传导电流。
- (5) 冲击(浪涌)电压。
- (6) 电压暂降、短时中断等。

## 1.5 电磁兼容设计与电磁兼容试验

### 1.5.1 电磁兼容设计

电磁兼容设计就是将电气、电子装置、设备或系统的电磁骚扰的发射电平限制在允许

的电平范围内,以达到保护电磁环境的目的,同时在有电磁骚扰的环境下电气、电子装置、设备或系统具有不降低运行性能的能力。

进行电磁兼容预测与分析,探讨发射电平、抗扰度、兼容电平之间的关系,是为了以最低的电磁兼容费用投入,达到最佳的电磁环境保护目的。电磁兼容设计中,发射电平、抗扰度电平之间的关系如图 1-1。

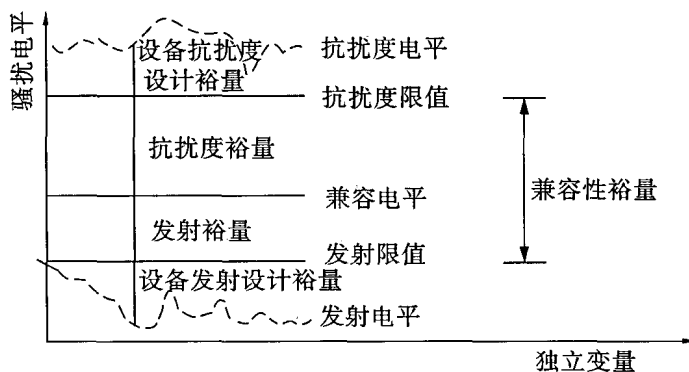


图 1-1 各电平间的关系

图中：

发射电平——用规定的方法测得的电气、电子装置、设备或系统的电磁骚扰电平；

发射限值——产品标准规定的电磁骚扰源最大发射电平；

抗扰度电平——用规定的方法在电气、电子装置、设备或系统中注入的不会出现性能降低的最大骚扰电平；

抗扰度限值——相关标准要求的最小抗扰度电平；

发射裕量——电磁兼容电平与发射限值的比值；

抗扰度裕量——抗扰度限值与电磁兼容电平的比值；

电磁兼容裕量——抗扰度限值与发射限值的比值。

由图 1-1 各个参数的相对位置,设立一个兼容电平,则在该电平下应该具有可以接受的电磁兼容性。

电磁兼容设计必须依靠电磁兼容分析与预测。分析与预测的关键在于数学模型的建立和产品或系统的电磁骚扰的计算、分析程序的编制。

数学模型包括根据实际电路、布线和参数建立起来的所有骚扰源、传播途径和干扰接收机模型。

分析程序应能计算出所有电磁骚扰通过各种可能传播途径对每个干扰接收机的影响,并判断这些综合影响的危害是否符合相应的标准和设计要求,这就是根据骚扰源与干扰接收机的参数确定整体的电磁兼容性。但由于在工程中电磁骚扰源十分复杂,干扰接收器也是千差万别,目前上述的电磁兼容分析预测尚处于试验阶段。

图 1-2 所示发射电平与抗扰度电平的关系是以电磁兼容设计与电磁环境相协调,确

定了整体电磁兼容指标,分配给各个骚扰源与干扰接收器后,提出的对骚扰源的发射和接收器的抗扰度要求。这个方法在当今具有较高的实用价值。

解决电磁兼容应从产品的开发阶段开始,在产品或系统的研制生产过程中越早注意解决电磁兼容性,则越能取得好的电磁兼容性效果,节约人力、物力。

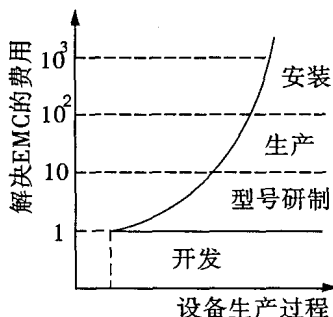


图 1-2 发射电平与抗扰度电平的关系

电磁兼容设计的关键技术是对电磁骚扰源的研究。从电磁骚扰源处控制电磁发射是治本的方法,研究无线电噪声产生的机理、时域或频域特性、采取降低电磁噪声源强度的技术措施,最终目的是控制电磁骚扰源的电磁发射。

控制电磁骚扰源的发射,除了从电磁骚扰源产生的机理着手降低其产生电磁噪声的电平外,还广泛地应用着屏蔽(包括隔离)、滤波和接地技术。

屏蔽主要是运用各种导电和电磁材料,制造成各种壳体并与大地连接,以切断通过空间的静电耦合、感应耦合或交变电磁场耦合形成的电磁噪声传播途径。

隔离主要是运用继电器、隔离变压器或光电隔离器等器件来切断以传导方式存在的电磁噪声的传播途径,消除通过阻抗进行耦合的可能性。

滤波是采用滤波技术,在频域上处理电磁噪声,为电磁骚扰源提供一条低阻抗的旁路通道,以达到抑制电磁骚扰的目的。例如,电源滤波器与地之间,对 50 Hz 电源频率呈现高阻抗,而对电磁噪声频谱呈现低阻抗。

接地是为有用信号、无用信号或电磁噪声提供公共的通路,包括保护接地、信号接地等。接地体的设计、地线的布置、接地线在各种不同频率下的阻抗等,不仅涉及产品或系统的电气安全,而且关联着电磁兼容性和测量技术。电磁骚扰源的抑制技术与提高抗扰度技术具有互易性。例如电源滤波器不仅是抑制电气、电子设备或系统自身的电磁骚扰源,同样对电磁环境中的电磁骚扰提供低阻抗的通路,从而提高了设备或系统的抗骚扰能力。

电磁兼容性与电气安全有着密切的关系。电磁兼容设计中电磁骚扰抑制技术的基本思路是为电气、电子装置、设备或系统自身产生的电磁骚扰电平及外界的电磁骚扰源设计一个低阻抗通道,以抑制或去除电磁骚扰,达到电磁兼容性要求。但是这也会引起电气、电子装置、设备或系统的泄漏电流值增大,而泄漏电流值是电气安全中的重要指标,决不允许超过规定数值。因此,在做电磁兼容设计时必须考虑这两个方面的要求,以取得较为