

电磁兼容原理与设计

王定华
赵家升



高等学校 规划教材
工科电子类

电磁兼容原理与设计

王定华 赵家升

EMC

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

THEORY AND DESIGN

UEST PUBLISHINGHOUSE

电子科技大学出版社

.117

119

版社

73.117
119

电磁兼容原理与设计

王定华 赵家升

电子科技大学出版社

• 1995 •

[川]新登字 016 号

电磁兼容原理与设计

王定华 赵家升

电子科技大学出版社出版

(成都建设北路二段四号) 邮编 610054

四川省仁寿县印刷厂印刷

四川省新华书店经销

开本 787×1092 1/16·印张 18.25 字数 444 千字

版次 1995 年 5 月第一版 印次 1995 年 9 月第二次印刷

印数 2001—4000 册

ISBN 7-81043-266-4/TN·32

定价:14.50 元

内 容 简 介

电磁兼容性(electromagnetic compatibility EMC)是一门涉及多种学科的新兴科学领域,特别对电子、电气领域已引起越来越广泛的高度重视。电磁兼容性(EMC)是指设备或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。

本门课程主要讨论:电磁兼容性的基本知识;电磁干扰的产生及其模型;电磁干扰的传输途径及其模型;电磁敏感设备特性及其模型;电磁兼容性设计;电磁干扰预测;电磁干扰抑制技术以及电磁兼容测量等。本书的特点是围绕建模工作、干扰抑制、试验方法而展开。由浅入深,既有理论分析又有实用方法介绍。

本书对从事电子、电气类专业的有关人员及高校师生是一本较好的教材和参考书。

2014/11

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作的规定，我部承担了全国高等学校和中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978~1990年，已编审、出版了三个轮次教材，及时供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻国家教委《高等教育“八五”期间教材建设规划纲要》的精神，“以全面提高教材质量水平为中心，保证重点教材，保持教材相对稳定，适当扩大教材品种，逐步完善教材配套”，作为“八五”期间工科电子类专业教材建设工作的指导思想，组织我部所属的九个高等学校教材编审委员会和四个中等专业学校专业教学指导委员会，在总结前三轮教材工作的基础上，根据教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1991~1995年的“八五”（第四轮）教材编审出版规划。列入规划的，以主要专业主干课程教材及其辅助教材为主的教材约300多种。这批教材的评选推荐和编审工作，由各编委会或教学指导委员会组织进行。

这批教材的书稿，其一是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的，其二是在认真遴选主编人的条件下进行约编的，其三是经过质量调查在前几轮组织编写出版的教材中修编的。广大编审者、各编审委员会（小组）、教学指导委员会和有关出版社，为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评和建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部电子类专业教材办公室

前 言

本教材系电子工业部制定的工科电子类专业教材 1990—1995 年编审出版规划,由电磁场与微波技术教材编审委员会天线与电波编审小组评选审定,并推荐出版。

本教材由电子科技大学王定华、赵家升编著,西安电子科技大学肖景明教授担任主审。

电磁兼容性是一门涉及多种学科的新兴科学领域,是一门正在迅速成长不断发展的边缘交叉学科。特别是对电子、电气领域,已引起越来越广泛的高度重视。高校为适应此一新形势的发展,作者在电子科技大学多年讲授研究生、本科生的有关课程和多年从事电磁兼容课题研究的基础上,按统编教材编审小组讨论制定的编写大纲,编写了本教材。

本教材围绕电子系统中的电磁干扰预测、电磁兼容性设计、电磁干扰抑制、电磁兼容测量等几大部分,由浅入深,循序渐进展开。着重讲述:电磁兼容性的基本知识基本名词术语;电磁干扰源特性、模型;耦合途径类型、模型;敏感设备特性、模型;电磁兼容性设计与分析;电磁干扰预测与分析;抑制电磁干扰的三大技术;以及电磁兼容性测量技术等。并适当介绍一些相关的知识。

本书注意基本概念、基本原理以及基本分析方法的阐述。尽可能结合工程实际给予例示,引用部分具有工程实用价值的图表曲线方便读者参考。并注意反映电磁兼容学科的新成果、新方法。

本书在编写过程中,得到以谢处方教授、汪茂光教授为正、副组长的编审小组所有教授、专家的热情支持和帮助。得到电子科技大学教材科和出版社的鼎力相助。得到中科院院士林为干教授的鼓励和支持。作者均表示崇高的敬意和衷心的感谢。

全书脱稿后,又承主审肖景明教授仔细审阅,并提出许多宝贵意见。在出版过程中承责任编辑周元勋同志耐心校审,作者一并致以诚挚的谢意。

本教材适用于电子类研究生及本科高年级学生选用。亦可作为继续工程教育选用参考书。对于从事电子工程技术人员,亦是一本较好的参考书。

本教材教学学时数为 60—80 学时。

全书共分八章。第二、三、四、六、七章由王定华执笔,第一、五、八章由赵家升执笔。全书最后由赵家升统校。由于这门学科涉及面广,又处于迅猛发展之中,作者学识有限,实难负重任,作为抛砖引玉,期望同行不吝赐教。有错和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

于电子科技大学

一九九四年、七月

目 录

第一章 电磁兼容性概论	1
一、电磁兼容性的基本概念	1
1. 电磁兼容性概念	1
2. 电磁兼容性常用名词术语	3
3. 电磁干扰效应	6
二、电磁兼容性的实施	7
三、频谱管理	8
四、电磁兼容性标准和规范	12
1. 标准和规范的主要内容及特点.....	12
2. 国内电磁兼容性标准和规范.....	13
3. 国外电磁兼容性标准和规范.....	16
4. 电磁兼容性标准和规范的发展趋向.....	16
五、电磁兼容性领域的发展	16
1. 电磁兼容性技术的应用和研究领域.....	17
2. 电磁兼容性的新技术领域.....	17
3. 电磁兼容性发展的几个重要趋势.....	18
第二章 电磁干扰源性质与传输	19
一、电磁干扰源	19
1. 自然干扰源.....	19
2. 人为干扰源.....	20
二、大气中的无线电噪声	21
三、电磁环境和人为辐射源	23
1. 人为辐射源的数学模式.....	23
2. 人工接收机.....	31
四、耦合通道与敏感体	32
1. 耦合通道.....	32
2. 敏感体.....	32
第三章 传导干扰及其性质	34
一、引言	34
二、传导干扰的一般性质	34
1. 频 谱.....	34
2. 幅 度.....	36
3. 波 形.....	37
4. 出现率.....	37
三、传导干扰传输线路的性质	38

1. 低频域传输线路.....	38
2. 低频域的集中参数电路.....	38
3. 高频域的分布参数电路.....	39
4. 线间电压和对地电压, 共模干扰与异模干扰.....	40
四、传导干扰电耦合途径	41
1. 电路性干扰的物理模型.....	41
2. 电路性干扰的抑制方法简介.....	43
3. 电容性干扰的物理模型.....	46
4. 电容性干扰的抑制方法简介.....	46
五、磁耦合干扰	48
1. 磁耦合干扰的物理模型.....	48
2. 抑制磁耦合干扰的措施简介.....	49
六、电路性干扰的实例和计算	50
七、电容性干扰的实例和计算	52
八、磁耦合干扰的实例和计算	54
第四章 辐射干扰及其危害	57
一、辐射干扰源及其场区划分	57
1. 电偶极子辐射.....	57
2. 场区划分.....	58
3. 磁偶极子(磁流元)的辐射.....	60
二、辐射干扰的物理模型	61
1. 辐射干扰的物理模型.....	61
2. 高阻抗场与低阻抗场.....	61
3. 减少辐射干扰的措施.....	63
三、电磁辐射对电路产生的共模干扰	63
四、电磁辐射对电路产生的异模干扰	69
五、同轴电缆的辐射	72
六、外导线及地回路产生的辐射	77
七、长载流导线的磁场	78
八、地回路耦合干扰	82
1. 地回路耦合一般分析.....	82
2. 实例计算.....	91
九、输电线与电源系统的耦合干扰	91
1. 电源系统的共模干扰.....	95
2. 电源系统的异模干扰.....	96
十、电磁脉冲辐射干扰	98
1. 电子设备系统产生的电磁脉冲干扰.....	98
2. 雷电电磁脉冲干扰	102
3. 核电电磁脉冲干扰	105
十一、电磁辐射的危害.....	108

1. 电磁辐射对人体的危害	108
2. 电磁辐射对电子设备的危害	112
3. 电磁辐射对电爆武备的危害	113
4. 电磁辐射对燃油的危害	113
第五章 电磁干扰的抑制	114
一、接地与搭接	114
1. 概 述	114
2. 电路和系统接地方法的选择	118
3. 地线回路中的干扰及抑制技术	122
4. 电缆屏蔽体的接地	132
5. 搭 接	185
二、屏 蔽	137
1. 概 述	137
2. 电屏蔽	139
3. 磁屏蔽	141
4. 电磁屏蔽	147
5. 几种实用屏蔽技术	162
6. 电磁屏蔽设计要点	168
三、滤 波	169
1. 滤波器的特性和分类	169
2. 几种常用滤波器的原理和构成	170
3. 滤波器的选择和使用	179
第六章 电磁兼容性设计与分析	182
一、电磁兼容性设计的主要内容	182
二、电磁兼容性设计的基本参数	185
1. 敏感门限值	185
2. 电磁兼容性安全系数	185
3. 敏感度 30dB~70dB 设计准则	185
4. 费效比	186
5. 电磁敏感度	186
6. 电磁发射	186
三、影响电磁兼容性的发射设备特性及其模型	187
1. 概 述	187
2. 发射机设备特性与模型	188
四、影响电磁兼容性的天线装置特性及其模型	193
1. 概 述	193
2. 有意辐射区与无意辐射区	193
3. 发射天线—接收天线对的配置	198
五、影响电磁兼容性的传播特性及其模型	200
1. 自由空间传输损耗模型	200

2. 衰减因子 A	201
六、影响电磁兼容性的接收设备特性及其模型	203
1. 概 述	203
2. 接收机通道模型	203
3. 接收机的阻塞、交叉失真和互调模型	205
七、电磁兼容性设计和分析方法	206
1. 确定法	206
2. 概率法	207
第七章 电磁干扰预测	209
一、干扰预测模型	209
1. 干扰预测分析的基本思想	209
2. 干扰预测数学模型	209
二、电磁干扰预测范畴	213
三、干扰预测程序 (IPP-1)	214
四、系统间电磁干扰预测和分析	219
1. 发射机对周围接收机的干扰效应 (第一干扰预测方程)	219
2. 接收机对发射源干扰信号的响应 (第二干扰预测方程)	221
五、多级预测实例	222
1. 四种发射与响应对	222
2. 实例计算	223
六、系统内部电磁干扰预测与分析	230
1. 概 述	230
2. 系统内部 EMI 预测流程图	231
七、系统内部 EMI 预测实例	233
1. 第一次试算运行分析	235
2. 电磁兼容性调整措施 (多次运行分析)	235
第八章 电磁兼容性测试技术	237
一、概 述	237
1. 电磁兼容性测试项目	237
2. 电磁兼容性标准和规范中规定的极限值和单位	238
3. 测试场地	238
二、常用测试设备	243
1. 电磁干扰测量仪	243
2. 频谱分析仪/电磁干扰接收机	246
3. 人工电源网络	247
4. 亥姆霍兹线圈	248
5. 电流探头	248
6. 平行板线	249
7. 横电磁波传输室	250
三、电磁兼容性试验用天线	255

1. 电磁兼容性试验用天线的特点	255
2. 各种天线简介	256
四、电磁发射和电磁敏感度测量	258
1. 测试频率和工作状态	258
2. 传导发射测量	259
3. 传导敏感度测量	261
4. 辐射发射测量	264
5. 辐射敏感度测量	267
6. 电磁发射和敏感度自动测试技术简介	269
附录：习题	275
参考文献	279

第一章 电磁兼容性概论

随着现代科学技术的发展，电子、电气设备或系统获得了越来越广泛的应用。运行中的电子、电气设备大多伴随着电磁能量的转换，高密度、宽频带的电磁信号充满整个人类生存的空间，构成了极其复杂的电磁环境。以通信系统、控制系统和计算机系统为主干的电子系统在这样的电磁环境中受到了严峻的考验，可以这样说，现代电子系统与当今电磁环境构成一对难舍难分的孪生兄弟。电子系统越是现代化，其所造成的电磁环境就愈加复杂；反之，复杂的电磁环境又对电子系统提出更为严峻的要求。人们面临着一个新问题，这就是如何提高现代电子、电气设备或系统在复杂的电磁环境中的生存能力，以保证达到电子系统初始的设计目的。正是在这种背景下产生了电磁兼容性的概念，形成了一门新的学科——电磁兼容性（Electromagnetic Compatibility，简称为 EMC）。

本章将介绍有关电磁兼容性的基本概念，电磁兼容性的实施方法，频谱管理，电磁兼容性标准和规范以及电磁兼容性领域的发展概况。

一、电磁兼容性的基本概念

1. 电磁兼容性概念

(1) 电磁噪声与电磁干扰

电磁噪声是指不带任何信息，即与任何信号都无关的一种电磁现象。在射频频段内的电磁噪声称为无线电噪声。由机电或其他人为装置产生的电磁现象，称为人为噪声；来源于自然现象的电磁噪声，称为自然噪声。电磁噪声通常是脉动的和随机的，但也可以是周期的。

电磁干扰则是指任何能中断、阻碍、降低或限制通信电子设备有效性能的电磁能量。严格地说，噪声和干扰的含义是不同的，干扰指的范围更宽了，但仍含有噪声的原来含义。

电磁干扰的形式很多。例如，由大气无线电噪声引起的天电干扰；由银河系的电磁辐射引起的宇宙干扰；由输电线、电网以及各种电子和电气设备工作时引起的工业干扰；由传输电路间的电或磁的相互耦合引起的串扰等。

电磁干扰产生于干扰源；大量干扰源的存在造成电磁环境污染，导致电磁兼容性问题尖锐化。主要表现在：

同时工作的电子设备的总数在增长，尤其是工业发达国家，电子设备的数量每 4~5 年增加一倍；

发射机的功率在增加，例如某些雷达的发射功率增加了数百倍，脉冲功率达几十甚至几百兆瓦；

目前许多无线电频段已严重超载，但无线电频段的负荷仍在增加，以致对不同类型的电子设备不得不多次反复使用某些频段；

电子设备除在给定频率上对有用信号的主辐射外，还有有害辐射，包括次再生辐射（含谐波、分谐波辐射、组合辐射、寄生辐射、互调制辐射）和带外辐射等；

相对辐射电平可能较高的天线旁瓣和后瓣辐射；

电气设备运行时产生的工业电磁干扰电平不断提高。譬如，工业、科学和医疗射频设备运行时产生的近似正弦波的干扰，其干扰电平可达每米几百伏；一些非功能性的高频能量或宽带发射装置产生的脉冲干扰，包括飞机、汽车、舰船和日用电器点火系统引起的干扰，由输电线路的暂态过程引起的干扰以及由电焊设备、热合机等高频加热设备引起的干扰。

上述种种原因都可能产生很强的电磁干扰，电磁环境污染的程度有时会相当严重。譬如，大功率发射机的次再生辐射功率可达几百瓦甚至上千瓦，在个别情况下会超过某些军用和民用设备的信号功率很多倍。

(2) 电磁兼容性

电子、电气设备或系统受电磁干扰的影响而出现故障或性能降级，就称为设备或系统对电磁干扰敏感。现代电子、电气设备与当今的电磁环境如一对孪生兄弟，设备愈是高技术化（数字化、集成化、密集化和高速度化），它所造成的电磁环境就愈复杂；反之复杂的电磁环境又对设备提出了更高的要求。如何在设备或系统与电磁环境之间寻求一种协调的关系和共存的条件，已成为现代电子技术发展道路上必须解决的难题。于是，抑制电磁干扰的技术也就发展起来了，并且越来越受到人们的重视，这就是电磁兼容性技术。

电磁兼容是指电子、电气设备或系统的一种工作状态，在这种工作状态下，它们不会因为内部或彼此间存在的电磁干扰而影响其正常工作。电磁兼容性则是指电子、电气设备或系统在预期的电磁环境中，按设计要求正常工作的能力。它是电子、电气设备或系统的一种重要的技术性能。按上述定义，电磁兼容性包含以下两方面的含义：

①设备或系统应具有抵抗给定电磁干扰的能力，并且有一定的安全余量。即它应不会因受到处于同一电磁环境中的其他设备或系统发射的电磁干扰而产生不允许的工作性能降低。

②设备或系统不产生超过规定限度的电磁干扰。即它不会产生使处于同一电磁环境中的其他设备或系统出现超过规定限度的工作性能降级的电磁干扰。

在分析中，通常要把系统内电磁兼容性和系统间电磁兼容性区分开来。前者指的是在给定系统内部的各分系统、设备及部件相互之间的电磁兼容性；后者则指的是给定系统与其工作的电磁环境中的其他系统之间的电磁兼容性。

从电磁兼容性的观点出发，电子设备或系统可分为兼容、不兼容和临界三种状态，用电磁干扰余量（IM）来衡量。用分贝表示即为

$$IM = P_i - P_s \quad (\text{dB}) \quad (1-1)$$

式中 P_i ——干扰电平（dB）

P_s ——敏感度门限电平（dB）

当 $P_i > P_s$ 即干扰电平高于敏感度门限电平时， $IM > 0$ ，表示有潜在干扰，设备或系统处于不兼容状态；当 $P_i < P_s$ ，即干扰电平低于敏感度门限电平时， $IM < 0$ ，表示设备或系统处于兼容状态；当 $P_i = P_s$ ，即干扰电平等于敏感度门限电平时， $IM = 0$ ，表示设备或系统处于临界状态。

电磁兼容性是一个新概念，它是抗干扰概念的扩展和延伸。从最初的设法防止射频频段内的电磁噪声、电磁干扰，发展到防止和对抗各种电磁干扰。进一步在认识上产生了质的飞跃，把主动采取措施抑制电磁干扰贯穿于设备或系统的设计、生产和使用的整个过程中。这样才能保证电子、电气设备和系统实现电磁兼容性。

应该指出，在技术发展的早期阶段，保证设备兼容工作主要靠改进个别电路和结构的方案，以及使用频率的计划分配。但到现在，采用个别的局部措施已经远远不够了。从整体上说，兼容性问题具有明显的系统性特点。在电子、电气设备寿命期的所有阶段，都必须考虑电磁兼容性问题。如果忽视电磁兼容性，使设备兼容性遭到破坏，此时若要保证电子、电气设备的电磁兼容性需要付出更昂贵的代价，且得不到满意的效果。

2. 电磁兼容性常用名词术语

为了描述电磁干扰与电磁兼容性，需要引入许多名词术语。为了对这些名词术语有统一的认识，现根据国家军用标准 GJB72-85《电磁干扰和电磁兼容性名词术语》选择一部分，供读者参考使用。当然，这些名词术语的名称和定义仅限于本专业范围，未作全面的定义和说明。

(1) 一般术语

设备 (Equipment) —— 作为一个独立单元进行工作，并完成单一功能的任何电气、电子或机电装置。

分系统 (Subsystem) —— 从电磁兼容性的角度考虑，下列任一状态都可认为是分系统。

a. 作为单独整体起作用的许多装置或设备的组合，但并不要求其中的装置或设备独立起作用。

b. 作为在一个系统内起主要作用并完成单项或多项功能的许多设备或分系统的组合。

以上两类分系统内的装置或设备，在实际工作时可以分开安装在几个固定或移动的网站、运载工具及系统中。

系统 (System) —— 若干设备、分系统、专职人员及可以执行或保障工作任务的技术的组合。一个完整的系统包括有关的设施、设备、分系统、器材和辅助设备外，还包括在工作和保障环境中能胜任工作的操作人员。

通信电子设备 (Communication-electronic equipment) —— 在广义上，系指任何一种产生、发射、传递、获得、接收、储存、处理或应用电子的电磁信息的装置。这类装置用以满足各种工作要求。例如：通信、监视、识别、导航、导弹控制、水声定位、电子对抗和空间飞行。

工业、科学和医疗设备 (Industrial Scientific and Medical equipment) —— 将射频能量用于工业、科学或医疗用途的辐射装置，包括借助射频技术实现能量转换的装置，但这类装置不是也不应作无线电通信用。

传输线 (Transmission line) —— 为电能或电磁能构成一条从一处到另一处定向传输连续通路的器材装置。它包括电话线、电缆、波导管、同轴电缆和其他类似器材。

接地 (Grounding) —— a. 将设备外壳、框架或底座搭接到物体或运载工具的结构上，以保它们同电位。b. 将电路或设备连接到大地或起大地作用的、尺寸较大的导体上。

接大地 (Earthing) —— 使物体或运载工具的结构 (包括金属蒙皮) 与大地间实现良好

的电气连接，以确保它们与大地同电位的处理方法。

功率密度 (Power density) —— a. 在空间某点上坡印廷矢量的值。b. 在空间某点上电磁波的量值，用单位面积上的功率表示。

功率谱密度 (Spectrum power density) —— 单位带宽的功率密度。

(2) 噪声与干扰

电磁噪声 (Electromagnetic noise) —— 与任何信号都无关的一种电磁现象。通常是脉动和随机的，但也可以是周期的。

自然噪声 (Natural noise) —— 由自然电磁现象产生的电磁噪声。

人为噪声 (Man-made noise) —— 由机电或其他人工装置产生的电磁噪声。

无线电噪声 (Radio noise) —— 射频频段的电磁噪声。

电磁干扰 (Electromagnetic interference) —— 任何能中断、阻碍、降低或限制通信电子设备有效性能的电磁能量。

干扰源 (Interference source) —— 任何产生电磁干扰的文件、器件、设备、分系统、系统或自然现象。

工业干扰 (Industrial interference) —— 由输电线、电网以及各种电气或电子设备工作时引起的电磁干扰。

宇宙干扰 (Cosmic interference) —— 由银河系 (包括太阳) 的电磁辐射引起的电磁干扰。

天电干扰 (Atmospheric interference) —— 由大气中发生的各种自然现象所产生的无线电噪声引起的电磁干扰。

辐射干扰 (Radiated interference) —— 由任何部件、天线、电缆或连接线辐射的电磁干扰。

传导干扰 (Conducted interference) —— 沿着导体传输的电磁干扰。

宽带干扰 (Broadband interference) —— 一种能量频谱分布相当宽的不希望有的发射。当测量接收机在 ± 2 个脉冲带宽内调谐时，它对接收机输出响应的影响不大于 3dB。

窄带干扰 (Narrowband interference) —— 一种主要能量频谱落在测量接收机通带内的不希望有的发射。

电磁脉冲 (Electromagnetic pulse) —— 指围绕整个系统 (它犹如一个天线)，具有宽带大功率效应的脉冲。例如在核爆炸时就会对系统产生这种影响。

电磁环境 (Electromagnetic environment) —— 设备、分系统或系统在执行规定任务时，可能遇到的辐射或传导电磁发射电平在不同频率范围内功率和时间的分布。电磁环境有时也可用场强表示。

电磁环境电平 (Electromagnetic ambient level) —— 在规定的试验地点和时间内，当试验样品尚未通电时，已存在的辐射及传导的信号和噪声电平。环境电平是由人为及自然电磁能量共同形成的。

(3) 天线与传播

天线有效面积 (Antenna effective area) —— 天线输出端子上有用功率与给定方向入射平面波的功率密度之比，其入射平面波的极化方向应与天线辐射的极化方向一致。

天线有效长度 (Antenna effective length) —— 天线的开路感应电压与被测电场强度分量之比。

天线系数 (Antenna factor) —— 指这样一个系数, 将它适当地用于测量仪的仪表读数上, 就可得出以伏每米表示的电场强度或以安每米表示的磁场强度。

近场区 (Near-field regions) —— a. 无功近场区: 紧靠着天线的、无功场起主要作用的天线区。b. 辐射近场区: 在无功近场和远场区之间的天线场区, 该场区场随角度的分布与离天线的距离有关。

远场区 (Far-field region) —— 场随角度的分布基本上与天线的距离无关的天线场区。

系统用天线 (System antenna) —— 与被测系统配套的天线, 它通常随系统一起提供。

测量天线 (Test antenna) —— 工作特性已知, 并与测试设备配合使用的天线。

(4) 发射和响应

发射 (Emission) —— 以辐射或传导形式从一个源发散的电磁能量。

辐射发射 (Radiated emission) —— 通过空间传播的、有用的或不希望有的电磁能量。

传导发射 (Conducted emission) —— 沿电源或信号线传输的电磁发射。

宽带发射 (Broadband emission) —— 能量频谱分布足够均匀和连续的一种发射。当测量仪或接收机在接收机带宽几倍的频率范围内调谐时, 它们的响应无明显的变化。

窄带发射 (Narrowband emission) —— 带宽比测量接收机带宽小的一种发射。

脉冲发射 (Impulse emission) —— 由重复频率不超出所用接收机脉冲带宽的脉冲所产生的发射。

谐波发射 (Harmonic emission) —— 发射机发出频率为载波频率整数倍的但不是信息信号组成部分的一种电磁辐射。

寄生发射 (Parasitic emission) —— 发射机发出的由电路中不希望有的振荡引起的一种电磁辐射。它既不是信息信号的组成部分, 也不是载波的谐波。

乱真发射 (Spurious emission) —— 在必须发射带宽以外的一个或几个频率上的电磁发射。这种发射电平降低时不会影响相应信息的传输。乱真发射包括谐波发射、寄生发射及互调制的产物, 但不包括为传输信息而进行的调制过程在紧靠必须发射带宽附近产生的发射。

(5) 干扰抑制和电磁兼容

抑制 (Suppression) —— 通过滤波、搭接、屏蔽和接地或这些技术的任意组合, 以减小或消除不希望有的发射。

屏蔽体 (Shield) —— 为了阻止或减少电磁能传输而对装置进行封闭或遮蔽的一种阻挡层。它可以是导电的、导磁的或带有非金属吸收材料的。

电磁敏感性 (Electromagnetic Susceptibility) —— 设备、分系统或系统暴露在电磁辐射下所呈现的不希望有的响应程度。

降级 (Degradation) —— 任何设备、分系统或系统的工作性能偏离预期的指标, 使工作性能出现不希望有的偏差。

辐射敏感度 (Radiated susceptibility) —— 对造成设备降级的辐射干扰场的度量。

传导敏感度 (Conducted susceptibility) —— 当引起设备不希望有的响应或造成其性能降级时, 对在电源、控制或信号引线上的干扰信号电流或电压的度量。

敏感度门限 (Susceptibility threshold) —— 指使试验样品呈现最小可辨别的不希望有的响应的信号电平。

电磁干扰控制 (Electromagnetic interference control) ——对辐射和传导能量进行控制,使设备、分系统或系统运行时尽量减小或降低不必要的发射。所有辐射和传导的电磁发射不论它们来源于设备、分系统或系统都要进行控制。若在控制敏感性同时还能成功地控制电磁干扰,就能实现电磁兼容。

电磁易损性 (Electromagnetic vulnerability) ——系统在人为的恶劣环境中遭到一定程度的机理性威胁后,在执行任务时经常出现有限程度降级的一种特性。

电磁兼容性故障 (Electromagnetic compatibility malfunction) ——由于电磁干扰或敏感性原因,使系统或有关的分系统及设备失灵,从而导致使用寿命缩短、运载工具受损、飞机失事或系统效能发生不允许的永久性下降。

辐射危害 (Radiation hazards) ——泛指电磁辐射对燃料、电子设备、武备和人体的危害。

3. 电磁干扰效应

形成电磁干扰必须同时具备以下三个因素:

- ①电磁干扰源,指产生电磁干扰的元件、器件、设备、分系统、系统或自然现象;
- ②耦合途径或称耦合通道,指把能量从干扰源耦合(或传输)到敏感设备上,并使该设备产生响应的媒介;
- ③敏感设备,指对电磁干扰发生响应的设备。

所有的电磁干扰都是由上述三个因素的组合而产生的。把它们称为电磁干扰三要素。如图 1-1 所示。



图 1-1 电磁干扰三要素

由电磁干扰源发出的电磁能量,经过某种耦合通道传输至敏感设备,导致敏感设备出现某种形式的响应并产生效果。这一作用过程及其效果,称为电磁干扰效应。

电磁干扰的效果包括系统内部干扰和系统之间干扰两个方面。例如,系统之间的干扰有:

- ①雷达干扰飞机的导航系统;
- ②输电线干扰电信系统;
- ③移动电台干扰电视接收机;
- ④输电线的瞬态变化干扰计算机系统;
- ⑤远处的调频发射台和电视发射台干扰近处的调频和电视发射台。

又如,系统内部的干扰有:

- ①汽车发动机系统对汽车内的无线电接收机的干扰;
- ②雷达发射机的能量泄漏对雷达接收机的干扰;
- ③地线回路电流引起无意中的级间耦合;
- ④计算机中的磁盘驱动器的磁场对低电平数字电路的干扰;