

# 电磁兼容 的电路板设计

基于Altium Designer平台

*Circuit Board Design Techniques  
for EMC Compliance*

姜付鹏 等编著

- 电磁兼容性的理论基础
- 电磁兼容性的PCB布局和布线设计
- 电子产品的滤波与屏蔽设计
- 电源完整性和信号完整性设计
- 静电放电与防护设计



机械工业出版社  
China Machine Press

电子与电气工程技术丛书

# 电磁兼容 的电路板设计

基于Altium Designer平台

*Circuit Board Design Techniques  
for EMC Compliance*

姜付鹏 等编著



机械工业出版社  
China Machine Press

本书涵盖了电子产品的 PCB 设计的基础知识及电磁兼容的 PCB 设计方法与技巧。

首先介绍了电磁兼容性的理论知识；其次，根据 PCB 设计的步骤介绍了电路的布局及布线的设计如何满足电磁兼容性要求；随后介绍了电磁兼容性电路的滤波与屏蔽的设计；接着，介绍了背板设计的方法、电源完整性设计以及信号完整性设计的方法；最后通过一个无线通信终端的设计来说明上述电磁兼容设计的理论知识。

本书既有理论知识的介绍，又有应用的说明，便于理解与学习。集理论性与实用性于一体，是一本完整介绍电磁兼容性 PCB 设计的专业指导手册。

本书既可作为资深开发工程师、产品策划经理、PCB 设计师、电磁兼容工程师作为产品电磁兼容设计的参考手册，也可作为电子、电气、自动化、通信等专业的研究生和本科生教材。

**封底无防伪标均为盗版**

**版权所有，侵权必究**

**本书法律顾问 北京市展达律师事务所**

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电磁兼容的电路板设计：基于 Altium Designer 平台/姜付鹏等编著. —北京：机械工业出版社，2011.3

(电子与电气工程技术丛书)

ISBN 978-7-111-33362-3

I. 电… II. 姜… III. 印刷电路—电磁兼容性—计算机辅助设计—应用软件, Altium Designer IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 019248 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：张少波

北京瑞德印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

186mm × 240mm · 16.25 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-33362-3

定价：39.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991；88361066

购书热线：(010) 68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010) 88379604

读者信箱：hzsj@hzbook.com

# 前 言

电磁兼容的电子产品设计一直是电子产品设计的重点与难点，电磁兼容的国际标准及国家标准明确规定了产品必须满足的要求，电子产品满足电磁兼容性要求是产品得以销售与使用的必要条件。

本书以作者在大量的电子产品设计过程中积累的经验为基础，按照产品的开发流程详细介绍了电子产品开发过程中的电磁兼容性设计，以帮助电路设计人员快速了解电磁兼容性的电路设计要求与方法，核心内容如下：

- 电磁兼容理论基础
- 电路设计的方法与原则
- PCB 布线
- 背板的设计
- 信号完整性分析
- PCB 设计基础知识
- PCB 布局
- 滤波与屏蔽
- 电源完整性设计
- 静电放电与防护设计

本书是 PCB 设计师和电磁兼容工程师的参考手册与工作指南，既可以作为资深研发工程师、PCB 设计师、产品策划经理、电磁兼容工程师的培训资料，也可以作为刚参加工作的专业人员以及电子、电气、自动化等专业的研究生和本科生的使用教材。

本书的第 7 章由何敬银老师编写，其余各章由姜付鹏编写。在编写过程中参考了国内外专家学者的研究成果，他们的理论与观点给予笔者很大的启示，在此表示谢意。还要感谢刘玉霞和初霞老师对稿件的校核所做的工作。

由于时间仓促，知识水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2010 年 12 月 30 日

# 目 录

## 前 言

## 第 1 章 电磁兼容理论基础 ..... 1

1.1 电磁兼容性定义 ..... 1

1.2 电磁兼容性环境 ..... 1

1.3 电磁兼容性标准 ..... 3

1.3.1 美国 FCC 标准 ..... 3

1.3.2 欧洲 EMC 标准 ..... 5

1.3.3 中国 EMC 标准 ..... 8

1.4 电磁干扰 (EMI) 特性 ..... 14

1.4.1 电磁干扰源分类 ..... 14

1.4.2 电磁干扰的频谱 ..... 15

1.4.3 电磁干扰的幅度 ..... 16

1.4.4 电磁干扰的波形 ..... 16

1.4.5 电磁干扰的出现率 ..... 17

1.5 电磁干扰的传播特性 ..... 17

1.5.1 传导耦合 ..... 17

1.5.2 辐射耦合 ..... 19

1.6 电磁兼容设计 ..... 21

1.6.1 电磁兼容设计方法 ..... 21

1.6.2 电磁兼容设计要求 ..... 22

1.6.3 元器件选择的一般原则 ..... 22

1.6.4 元器件选型 ..... 23

## 第 2 章 PCB 设计基础知识 ..... 29

2.1 PCB 设计流程 ..... 29

2.1.1 数据输入 ..... 29

2.1.2 规则设置 ..... 31

2.1.3 布局 ..... 50

2.1.4 布线 ..... 51

2.1.5 检查 ..... 52

2.1.6 报表输出 ..... 52

2.2 PCB 布局 ..... 52

2.2.1 特殊元件布局原则 ..... 53

2.2.2 电路的功能单元布局原则 ..... 53

2.2.3 布局的检查 ..... 54

2.3 PCB 走线 ..... 54

2.3.1 一般规则 ..... 54

2.3.2 电源、地线的处理 ..... 55

2.4 高速电路设计 ..... 56

2.4.1 高速信号的确定 ..... 56

2.4.2 边沿速率问题 ..... 56

2.4.3 传输线效应 ..... 57

2.4.4 传输线效应解决方法 ..... 59

## 第 3 章 电路设计 ..... 62

3.1 电源电路设计 ..... 62

3.1.1 设计方法 ..... 62

3.1.2 设计原则 ..... 65

3.2 模拟电路设计 ..... 65

3.2.1 设计方法 ..... 66

3.2.2 设计原则 ..... 67

3.3 数字电路设计 ..... 72

3.3.1 设计方法 ..... 73

3.3.2 设计原则 ..... 73

3.4 微处理器电路设计 ..... 74

3.4.1 设计方法 ..... 75

3.4.2 设计原则 ..... 75

## 第 4 章 PCB 布局 ..... 79

4.1 电路板层的规划 ..... 79

4.1.1 层数 ..... 79

4.1.2 电源层、地层、  
信号层设置 ..... 79

4.1.3 双面板设计 ..... 80

4.1.4 四层板设计 ..... 82

4.1.5 六层板设计 ..... 84

4.1.6 八层板设计 ..... 85

4.1.7 十层板设计 ..... 86

4.1.8 十二层板设计 ..... 87

4.2 功能模块电路 ..... 88

4.2.1	功能模块分类	88	5.5.3	A/D 分区	129
4.2.2	功能模块布局	89	5.5.4	分地的设计	130
4.3	滤波	91	5.6	过孔	130
4.3.1	滤波器的分类	91	5.6.1	过孔数量对信号质量的影响	131
4.3.2	滤波器器件	92	5.6.2	过孔对阻抗控制的影响	131
4.3.3	滤波电路	95	第 6 章	滤波与屏蔽	133
4.3.4	滤波器的布局与布线	96	6.1	滤波器器件	133
4.4	接地	97	6.1.1	滤波器的分类	133
4.4.1	基本接地方法	97	6.1.2	滤波器的主要参数	134
4.4.2	混合接地方式的种类	100	6.1.3	滤波器的特点与应用	135
4.4.3	接地点的选择	102	6.2	旁路、滤波电容	135
4.4.4	搭接	103	6.2.1	电容的种类	135
4.4.5	接地和搭接的原则	104	6.2.2	额定电压	136
第 5 章	PCB 布线	106	6.2.3	绝缘电阻及漏电流	136
5.1	传输线	106	6.2.4	谐振频率	137
5.1.1	传输线的种类	106	6.2.5	电容选择的要点	138
5.1.2	传输线的反射	108	6.3	PCB 板上电容的应用	139
5.1.3	串扰	109	6.3.1	旁路电容	139
5.1.4	串扰最小化	111	6.3.2	去耦电容	139
5.2	布线层	112	6.3.3	储能电容	140
5.2.1	布线技术	112	6.4	滤波电路的设计	141
5.2.2	布线策略	114	6.5	屏蔽	142
5.2.3	表层走线与内层走线比较	119	6.5.1	屏蔽的原理	142
5.2.4	布线层的优先级别	119	6.5.2	屏蔽的规则	145
5.3	阻抗	120	6.5.3	设备孔的屏蔽	147
5.3.1	特征阻抗	120	第 7 章	背板的设计	150
5.3.2	阻抗控制	121	7.1	背板的结构	150
5.3.3	生产工艺对阻抗的影响	121	7.1.1	背板连接器	150
5.3.4	屏蔽线对阻抗的影响	122	7.1.2	驱动电平、驱动器件的选择	151
5.4	开槽	124	7.1.3	高速背板设计	152
5.4.1	开槽的影响	125	7.2	背板的 EMC 设计	153
5.4.2	开槽的处理	126	7.2.1	接插件	154
5.4.3	开槽接插件的处理	126	7.2.2	电源、地分配	154
5.5	分地的处理	127	7.2.3	屏蔽层	156
5.5.1	分割方式 1	128	7.2.4	差分信号设计	156
5.5.2	分割方式 2	128			

7.2.5	背板上差分布线的设计	157	9.4.6	电源退耦	196
7.2.6	终端负载的问题	159	9.5	信号完整性最小化原则	199
7.2.7	空闲引脚的处理	159	9.5.1	串扰最小化	199
7.2.8	背板所用电缆的选择	159	9.5.2	减小轨道塌陷	199
7.2.9	接插件的选择	160	9.5.3	网络中信号质量问题的最小化	199
第8章	电源完整性设计	161	9.5.4	减小电磁干扰	200
8.1	电源噪声分析	161	第10章	静电放电与防护设计	201
8.1.1	噪声问题与分析	161	10.1	静电特性	201
8.1.2	同步开关噪声	163	10.1.1	静电产生的根源与特点	201
8.2	电路去耦	166	10.1.2	静电的危害	203
8.2.1	去耦电容的配置原则	166	10.2	静电消除与避免	203
8.2.2	电容选择	167	10.2.1	静电泄漏和耗散	203
8.3	电容组合的选择	170	10.2.2	静电屏蔽	206
8.4	电容在设计中的注意事项	171	10.2.3	离子中和	207
8.5	电容的摆放	172	10.2.4	防静电设备	207
8.6	回路设计	173	10.3	静电作用对SMD的击穿电压	209
8.6.1	最小环路设计	173	10.4	静电防护的设计方法	210
8.6.2	最小化SSN	174	10.4.1	金属屏蔽与接地	210
第9章	信号完整性分析	176	10.4.2	电缆的处理	211
9.1	信号完整性问题	176	10.4.3	PCB的防护	214
9.1.1	典型SI问题	176	10.5	静电防护电路设计	214
9.1.2	SI产生的因素	179	10.5.1	PCB设计	215
9.1.3	电气封装中的SI	179	10.5.2	零件的选用	217
9.2	SI分析	181	10.5.3	装配	219
9.2.1	设计流程中的SI分析	182	第11章	无线通信PCB设计与电磁兼容	220
9.2.2	SI分析原则	183	11.1	板材	220
9.3	电路设计中的SI问题	184	11.1.1	普通板材	220
9.3.1	上升时间与SI的关系	184	11.1.2	射频专用板材	221
9.3.2	传输线效应、反射及串扰	185	11.2	隔离与屏蔽	223
9.3.3	电源/地噪声	186	11.2.1	器件布局	223
9.4	SI解决措施	187	11.2.2	隔离	226
9.4.1	隔离	188	11.2.3	屏蔽	227
9.4.2	阻抗匹配	188	11.3	滤波	229
9.4.3	内电层与分割	191	11.3.1	电源的滤波	229
9.4.4	信号布线	192			
9.4.5	串扰	196			

11.3.2	线路的滤波 .....	230	11.5.5	微带线功分器 .....	234
11.4	接地 .....	230	11.5.6	带状线布线 .....	235
11.4.1	就近接地 .....	231	11.5.7	信号线处理 .....	235
11.4.2	大面积接地 .....	231	11.5.8	其他设计考虑 .....	235
11.4.3	地平面的分布 .....	231	11.6	射频设计实例 .....	239
11.4.4	射频接地 .....	232	11.6.1	系统结构 .....	239
11.4.5	接地应注意的问题 .....	232	11.6.2	无线终端硬件设计 .....	240
11.5	布线 .....	232	11.6.3	PCB 板的抗干扰设计 .....	245
11.5.1	阻抗 .....	232	附录	信号完整性的	
11.5.2	转角 .....	233		一些基本概念 .....	247
11.5.3	微带线布线 .....	233	参考文献	.....	250
11.5.4	微带线耦合 .....	233			



# 第 1 章 电磁兼容理论基础

电磁兼容性 (Electromagnetic Compatibility, EMC) 是指设备或系统在电磁环境中, 能够正常运行并且不对环境中的其他设备产生无法接受的电磁干扰的能力。因此, EMC 包括两个方面的要求: 一方面是设备在正常运行过程中对所在环境产生的电磁干扰不能超过一定的限值; 另一方面是设备对所在环境中存在的电磁干扰具有一定程度的抗干扰能力。

## 1.1 电磁兼容性定义

国际电工委员会 (International Electro technical Commission, IEC) 对电磁兼容性的定义是: 系统或设备在所处的电磁环境中能正常工作, 同时不对其他系统或设备造成干扰。

国家标准 GB/T 4365—1995《电磁兼容术语》对电磁兼容性的定义为“设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。”

国家军用标准 GJB 72—1985《电磁干扰与电磁兼容性名词术语》对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的功能的共存状态。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 (系统、分系统) 因受其电磁发射而导致或遭受不允许的降级。”

对于上述的电磁兼容性定义, 无论文字如何解释, 都反映了这样一个基本事实: 在共同的电磁环境中, 任何设备、分系统、系统都应该不受干扰并且不干扰其他设备。

电磁兼容性包括电磁干扰 (Electro Magnetic Interference, EMI) 和电磁耐受性 (Electro Magnetic Susceptibility, EMS) 两部分。所谓 EMI 指的是设备本身在执行应有功能的过程中所产生的不利于其他系统的电磁噪声; 而 EMS 是指机器在执行应有功能的过程中不受周围电磁环境影响的能力。

## 1.2 电磁兼容性环境

电磁环境是由空间、时间、频谱三个要素组成的。在空间上, 电磁辐射分布在不同空间, 电磁信号随空间的变化而变化, 分布状态不好把握; 在时间上, 它又随时间的变动而变动, 具有强烈的动态性和流动性; 在频谱方面, 电磁辐射所占用频谱不可能固定, 现在国际电联 (International Telecommunication Union, ITU) 已经规划的可以利用的无线电频谱在 10 kHz ~ 400 GHz 之间。频率再低则进入声频, 而再高则进入光波, 任何一种无线电业务都在这一频谱范围内。实际上, 要解决电磁兼容问题, 需要考虑空间、时间、频谱这三要素, 这也就是我们说的电磁环境。

人们也许会有这样的经历, 在接打移动电话的时候, 如果靠近显示器, 显示器会有闪烁, 这就是典型的电磁干扰。一个简单的电磁干扰模型由三个部分组成: 电磁干扰源、耦合路径、接收器, 如图 1-1 所示。



图 1-1 电磁干扰模型

## 1. 电磁干扰源

电磁干扰源包括电气开关、摩擦生电、广播、电弧焊、微波炉、静电放电、瞬时功率执行元件等，例如：机电式继电器、开关电源、闪电。在一个微控制器系统里，时钟电路通常是最大的宽带噪声发生器，而这个噪声被分散到了整个频谱。随着大量的高速半导体器件的应用，其边沿跳变速率非常快，这种电路可以产生高达300 MHz的谐波干扰。

## 2. 耦合路径

噪声被耦合到电路中最简单的方式是通过导体传递。如果一条导线在一个有噪声的环境中经过，这条导线通过感应就会接收这个噪声并且将它传递到电路中去。噪声通过电源线进入系统，就是这种耦合方式的一种情况。电源线携带的噪声就被传到了整个电路。

耦合可以发生在有共享负载（阻抗）的电路中。例如，两个电路共享一条提供电源电压的导线，并且共享一条接地的导线，如图 1-2 所示。如果一个电路有了一个突发的尖峰电流，由于两个电路共享共同的电源线和同一个电源内阻，则另一个电路的电源电压将会受到影响，造成电压下降。该耦合的影响可以通过减少共同的阻抗来削弱。但实际上，电源内阻是固定的而不能被降低，这种情况也同样发生在接地的导线中。在一个电路中流动的电流在另一个电路的接地回路中产生了电位的变动。若接地不稳定，则将会严重降低运算放大器、模/数转换器和传感器等低电平模拟电路的性能。同样，对每个电路都共享的电磁场的辐射也产生耦合。当电流改变时，就会产生电磁波。这些电磁波会耦合到附近的导体中并且干扰电路中的其他信号。

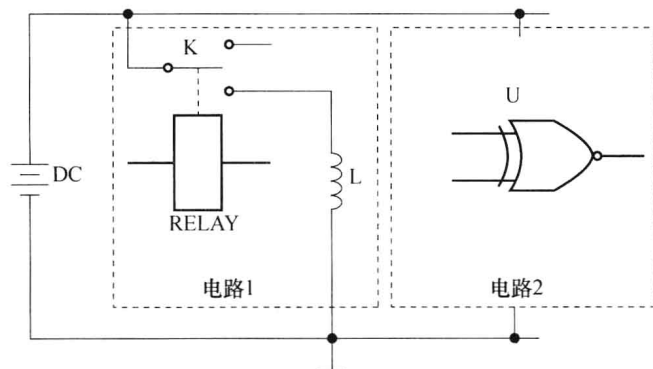


图 1-2 阻抗耦合

## 3. 接收器

所有的电子电路都可以接收传送的电磁干扰。虽然一部分电磁干扰可通过射频被直接接收，但大多数是通过瞬时传导被接收的。在数字电路中，临界信号最容易受到电磁干扰的影响。这些信号包括复位、中断和控制信号。模拟的低级放大器、控制电路和电源调整电路也容易受到噪声的影响。

从图 1-1 所示的电磁干扰模型可以看出，只有同时具备了电磁干扰源、耦合路径和接收器，才能发生电磁干扰。为了进行电磁兼容性设计并符合电磁兼容性标准，设计者需要将辐射（从产品中泄漏的射频能量）减到最小，增强其对辐射（进入产品中的射频能量）的易感性和

抗干扰能力。

### 1.3 电磁兼容性标准

为了解决干扰问题，保证设备和系统的高可靠性，20世纪40年代初有人提出了电磁兼容性的概念。电磁干扰问题由单纯的排除干扰逐步发展成为从理论上、技术上全面保证用电设备，在其电磁环境中正常工作的系统工程。电磁兼容性技术已经从事后检测处理发展到预先分析评估、预先检验、预先设计。电磁兼容技术已成为现代工业生产、工程系统的实施项目的组成部分。

#### 1.3.1 美国 FCC 标准

美国联邦通信委员会（Federal Communications Commission, FCC）认证是美国强制性认证。FCC规定，工作频率在9 kHz以上的电子电器产品，可以定义为数字设备，就应该满足FCC标准的要求和规范。数字计算机产品分为两个等级：A级和B级。

- A级：提供销售的用于商业、工业或事业环境下的应用数字装置，不包括公共应用或专门用于家庭的产品。
- B级：提供销售的供居住环境应用但不排斥用于商业、工业和事业环境下的数字装置。如个人计算机和公共应用的电子装置。

##### 1. 电磁兼容性要求

FCC目前对有关产品的电磁兼容性要求主要是电磁干扰性。FCC Part15、Part18、Part68分别是关于射频设备（含广播接收机、计算机设备等），工业设备、科技设备和医疗设备，通信设备的电磁干扰特性的限制要求。与国内厂商关系最密切的部分是FCC Part15，其包括以下内容：

- Subpart A——General，一般要求。
- Subpart B——Unintentional Radiators，无意辐射体。
- Subpart C——Intentional Radiators，有意辐射体。
- Subpart D——Unlicensed Personal Communications Service Devices，未认证的个人通信服务设备。
- Subpart E——Unlicensed National Information Infrastructure Devices，未认证的全国性信息基础设施。
- Subpart F——Ultra-Wideband Operation，超宽带运算。
- Subpart G——Access Broadband Over Power Line（Access BPL），电力线宽带接入。

管制产品（设备运行必须满足电磁兼容的要求，才允许销售和使用）的电磁辐射部分，主要分为无意辐射和有意辐射两大类。无意辐射产品为信息产品（不含无线产品发射器）、电视与收音机等，有意辐射产品为无线电遥控器、无线定位器等，见表1-1。随着技术的进步和电子产品的不断丰富，FCC制定电磁辐射干扰限值和测量方法，已逐渐朝着与国际无线电干扰特别委员会（CISPR）的标准一致的方向发展。

表 1-1 FCC 标准对应的设备类型

标 准	设 备 类 型
FCC Part15	计算机设备、无绳电话、接收器、电视接口设备、低功率发射机器
FCC Part18	工业设备、科技设备和医疗设备，例如：微波、RF 照明镇流器
FCC Part22	移动电话
FCC Part24	个人通信系统、包括得到许可的个人通信服务
FCC Part68	无线电通信、终端设备
FCC Part74	实验性无线电接收装置、辅助广播、特殊广播和其他节目发送服务
FCC Part90	私人地面移动通信业务，包括页面调度设备和移动接收发射机
FCC Part95	小型收音机服务，包括频带传送器、无线电控制玩具、家用无线电广播服务使用的设备

## 2. FCC 标记

FCC 认证分为三种：Certification（认可验证）、DoC（自我宣告）、Verification（证明）。

- **Certification**：电信证明机构（Telecommunications Certification Body, TCB）对申请者提交的样品及检测数据进行审核，如果符合 FCC 规则，则给设备授予一个 FCC ID 号码。多数情况下用于一般无线电产品申请。适用于此方式的设备包括各类短距离、低功率发射器，无线电话，蓝牙设备，WLAN 设备等。
- **DoC (Declaration of Conformity)**：设备负责方（一般为制造商或进口商）在 FCC 指定的合格检测机构对产品进行检测，以确保设备符合相关的技术标准并保留检测报告，认证不需 FCC 人员审查测试报告，厂商可使用自我认证的方式。通过这种方式申请的产品主要是 IT 产品及其周边辅助设备。这是目前使用最广泛、最常见的方式，涉及产品较多，出证机构必须有 NVLAP（National Voluntary Laboratory Accreditation Program, 美国国家实验室自愿认可组织）/A2LA（American Association for Laboratory Accreditation, 美国实验室认可协会）的授权。
- **Verification**：制造商或进口商确保其产品进行了必要的检测，以确认产品符合相关的技术标准，并保留检测报告。

每个申请认证型号至少提供一台合格的样机（推荐提供两台或两台以上），必须保证所提供的样机是正式合格的样机，其内部电器结构和外观必须和以后出口的批量样机一致，样机上的商标型号必须清晰牢固。

自 1996 年 8 月起，部分产品采用通过制造商自我宣告（DoC）的模式。只要厂商的产品在 FCC 法规分类中属于 DoC 类，产品满足了 EMC 要求后，便可以依检验单位提供的产品型式试验报告等证明文件，实行自我宣告。若厂商的产品在 FCC 法规分类中属于认证（Certification）类产品，则厂商必须先加入 FCC 会员，产品如满足 EMC 要求，便可以依检验单位提供的产品型式试验报告等证明文件向 FCC 认可的 TCB 申请 FCC ID 号码。按规定做成 FCC 标记，贴于产品适当位置，如图 1-3 所示。



图 1-3 FCC 图标

### 1.3.2 欧洲 EMC 标准

CE 是法语“Communate Europene”的缩写，英文意思为“European Conformity”即欧洲共同体。欧盟地区为了让市场内的货品能在加盟国内自由流通，欧盟执行委员会即通过欧洲标准化委员会（European Committee for Standardization, CEN）制定出各种标准并颁布了指令。其中电机、电子产品的标准（包括电磁兼容标准）由欧洲电工标准化委员会（European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC）所制定。早期欧盟制定的 EMC 标准，主要取自于国际电工技术委员会（International Electrotechnical Commission, IEC）及国际无线电干扰特别委员会（Internation Special Committee On Radio Interference, CISPR）的标准。

#### 1. 电磁兼容性要求

欧盟 EMC 指令包含了电磁干扰（EMI）和抗干扰（EMS）两方面。在保护要求方面，指令要求设备应依据现状进行设计和制造，以确保设备产生的电磁干扰不超过无线电通信设备或其他设备正常运行所允许的范围；并且设备对预期使用中遇到的电磁干扰应有抗扰性，干扰不应该影响设备的正常运行。

电磁兼容（EMC）的新指令 2004/108/EC 将取代原有的 EMC 指令 89/336/EEC。新指令对原有的旧指令起到了完善、加强和清晰化的作用，见表 1-2。

表 1-2 CE 指令

名 称	指令编号	生 效 期
简单压力容器	87/404/EEC	1992 年 7 月 1 日
玩具	88/378/EEC	1990 年 1 月 1 日
建筑用品	89/106/EEC	1991 年 6 月 27 日
电磁兼容	2004/104/EC	2004 年 12 月 15 日
机械	2006/42/EC	2009 年 12 月 29 日
个人防护设备	89/686/EEC	1995 年 7 月 1 日
非自动衡器（非自动称量仪器）	90/384/EEC	1993 年 1 月 1 日
主动性植入式医疗器械	90/385/EEC	1994 年 12 月 31 日
燃气器具	90/396/EEC	1995 年 12 月 31 日
锅炉	92/42/EEC	1998 年 1 月 1 日
爆破性产品	93/15/EEC	2003 年 1 月 1 日
通用医疗器械	93/42/EEC	1998 年 6 月 15 日
低压电气安全	2006/95/EC	2006 年 12 月 12 日
爆破环境使用的设备	94/9/EC	2003 年 6 月 30 日
水上运动船只	94/25/EC	1998 年 6 月 16 日
升降设备	95/16/EC	1999 年 7 月 1 日
家用制冷器具	96/57/EC	1999 年 9 月 3 日
承压设备	97/23/EC	2002 年 5 月 29 日
通信设备	98/13/EEC	1995 年 5 月 1 日
体外诊断医疗器械	98/79/EC	2003 年 12 月 7 日
无线电、电信终端设备	99/5/EC	2000 年 4 月 8 日
空中索道	2000/9/EC	2002 年 5 月 3 日
环境噪声设备	2000/14/EC	2002 年 1 月 30 日
荧光灯镇流器	2000/55/EC	2000 年 10 月 8 日

2008年9月30日, 欧盟发布了新的电压波动和闪烁限值的 EMC 标准 EN 61000—3—3: 2008。该标准于2009年6月1日实施, 现在尚未列入 EMC 指令的协调标准目录中, 见表1-3。

表 1-3 CE EMC 目录

产 品	目 录	摘 要
玩具	EN 55014—1; 2000/A1; 2001/A2; 2002	EN 55014; 1997/A1; 2001 IEC 61000—4—2; 1995/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—3; 1996/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—4—4; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—5; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—6; 1996/A1; 2001 IEC 61000—4—11; 1994
家用电器	EN 55014—1; 2000/A1; 2001/A2; 2002	EN 55014—2; 1997/A1; 2001 IEC 61000—4—2; 1995/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—3; 1996/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—4—4; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—5; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—6; 1996/A1; 2001 IEC 61000—4—11; 1994
广播用接收机	EN 55013; 2001	EN 55020; 1994/A11; 1996/A12; 1999/A13; 1999/A14; 1999 EN 55020; 2002/A1; 2003
一般性产品	EN 61000—6—3; 2001	EN 61000—6—1; 2001 IEC 61000—4—2; 1995/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—3; 1996/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—4—4; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—5; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—6; 1996/A1; 2001 IEC 61000—4—8; 1993/A1; 2001 IEC 61000—4—11; 1994
资讯科技产品	EN 55022; 1998/A1; 2000	EN 55024; 1998/A1; 2001 IEC 61000—4—2; 1995/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—3; 1996/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—4—4; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—5; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—6; 1996/A1; 2001 IEC 61000—4—8; 1993/A1; 2001 IEC 61000—4—11; 1994
照明设备	EN 55015; 2000	EN 61547; 1995/A1; 2000 IEC 61000—4—2; 1995/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—3; 1996/A1; 1998/A2; 2001 IEC 61000—4—4; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—5; 1995/A1; 2001 IEC 61000—4—6; 1996/A1; 2001 IEC 61000—4—8; 1993/A1; 2001 IEC 61000—4—11; 1994
谐波	EN 61000—3—2; 2000	
电压变化	EN 61000—3—3; 1995/A1; 2001	

## 2. CE 标记

以 CE 缩略词为符号，加贴 CE 标志的产品，符合有关欧洲指令规定的主要要求 (Essential Requirement)，并表明该产品已通过了相应的合格评定程序和/或制造商的合格声明，真正成为产品被允许进入欧共同体市场销售的通行证。CE 标志是安全合格标志而非质量合格标志，如图 1-4 所示。



图 1-4 CE 标志

当一个产品同时受多个指令覆盖时，该产品只有在符合全部有关指令的规定后，才能加贴 CE 标志。欧盟认可的使用 CE 标志的模式如下：

### (1) 工厂自我控制和认证

1) Module A (内部生产控制)：①用于简单的、大批量的、无危害产品，仅适用于应用欧洲标准生产的厂家。②工厂自我进行合格评审，自我声明。③技术文件提交国家机构保存十年，在此基础上，可用评审和检查来确定产品是否符合指令，生产者甚至要提供产品的设计、生产和组装过程供检查。④不需要声明其生产过程能始终保证产品符合要求。

2) Module Ab：①厂家未按欧洲标准生产。②测试机构对产品的特殊零部件作随机测试。

### (2) 测评机构进行评审

测评机构进行评审的方式见表 1-4。

表 1-4 测评机构评审的模式

模 式	内 容
Module B (EC 型式评审)	工厂送样品和技术文件到选择的测评机构供评审，测评机构出具证书。 注：仅有 B 不足以构成 CE 的使用
Module C (与型式 [样品] 一致) + B	工厂作一致性声明 (与通过认证的型式一致)，声明保存十年
Module D (生产过程质量控制) + B	本模式关注生产过程和最终产品控制，工厂按照测评机构批准的方法 (质量体系，EN 29003) 进行生产，在此基础上声明其产品与认证型式一致 (一致性声明)
Module E (产品质量控制) + B	本模式仅关注最终产品控制 (EN 29003)，其余同 Module D
Module F (产品测试) + B	工厂保证其生产过程能确保产品满足要求后，作一致性声明。认可的测评机构通过全检或抽样检查来验证其产品的符合性，测评机构颁发证书
Module G (逐个测试)	工厂声明符合指令要求，并向测评机构提交产品技术参数，测评机构逐个检查产品后颁发证书
Module H (综合质量控制)	本模式关注设计、生产过程和最终产品控制 (EN 29001)。其余同 Module D + Module E

### 1.3.3 中国 EMC 标准

我国在 1983 年发布了第一个关于电磁兼容的标准 (GB 3907—1983), 到目前已经发布了 100 多项有关电磁兼容性方面的标准。

#### 1. 标准类别

我国电磁兼容标准和国际上类似, 可分为 4 大类: 基础标准 (Basic Standards)、通用标准 (Generic Standards)、产品类标准 (Product Family Standards) 和系统间电磁兼容标准 (Standards of Intersystem Compatibility)。基础标准主要涉及 EMC 术语、电磁环境 EMC 测量设备规范和 EMC 测量方法等, 如 GB/T 4365—1995 《电磁兼容术语》; 通用标准主要涉及在强磁场环境下对人体的保护要求, 以及无线电业务要求的信号/干扰保护等, 如 GB 8702—1988 《电磁辐射防护规定》; 产品类标准比较多, 达 38 个, 如 GB/T 755—2000 《旋转电机 定额和性能》; 系统间电磁兼容标准主要规定了经过协调的不同系统间的 EMC 要求, 这些标准大多是根据多年的研究结果规定了不同系统之间的保护距离, 如 GB 6364—1986 《航空无线电导航台站电磁环境要求》。我国的电磁兼容标准与相应的国际标准见表 1-5。

表 1-5 国家标准对应的国际标准

序号	国家标准号和标准名称	对应的国际标准	需检项目
基础标准			
1	GB/T 3907—1983 《工业无线电干扰基本测量方法》	—	—
2	GB/T 4365—1995 《电磁兼容术语》	Eqv. IEC 60050; 1990	—
3	GB/T 4859—1984 《电气设备的抗干扰基本测量方法》	—	—
4	GB/T 6113.1—1995 《无线电骚扰和抗扰度测量设备规范》	Eqv. CISPR 16—1; 1993	—
5	GB/T 6113.2—1998 《无线电骚扰和抗扰度测量方法》	Idt. CISPR 16—2; 1995	—
6	GB 9175—1988 《环境电磁波卫生标准》	—	—
7	GB 10436—1998 《作业场所微波辐射卫生标准》	—	—
8	GB/T 17624.1—1998 《电磁兼容 综述 电磁兼容基本术语和定义的应用与解释》	Idt. IEC 61000—1—1	—
9	GB/T 17626.1—1998 《电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论》	Idt. IEC 61000—4—1	—
10	GB/T 17626.2—1998 《电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—2	静电放电
11	GB/T 17626.3—1998 《电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—3	射频电磁场辐射
12	GB/T 17626.4—1998 《电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—4	电快速瞬变脉冲群干扰
13	GB/T 17626.5—1999 《电磁兼容 试验和测量技术 浪涌 (冲击) 抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—5	浪涌 (冲击)
14	GB/T 17626.6—1998 《电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度》	Idt. IEC 61000—4—6	射频场感应的传导干扰



(续)

序号	国家标准号和标准名称	对应的国际标准	需检项目
15	GB/T 17626.7—1998《电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则》	Idt. IEC 61000—4—7	—
16	GB/T 17626.8—1998《电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—8	工频磁场干扰
17	GB/T 17626.9—1998《电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—9	脉冲磁场干扰
18	GB/T 17626.10—1998《电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—10	阻尼振荡磁场干扰
19	GB/T 17626.11—1999《电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—11	电压暂降、短时中断和电压变化
20	GB/T 17626.12—1998《电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—4—12	振荡波干扰
通用标准			
21	GB 8702—1988《电磁辐射防护规定》	—	—
22	GB/T 14431—1993《无线电业务要求的信号/干扰保护比和最小可用场强》	—	—
23	GB/T 15658—1995《城市无线电噪声测量方法》	—	—
24	GB/T 17799.1—1999《电磁兼容通用标准居住、商业和轻工业环境中的抗扰度试验》	Idt. IEC 61000—6—1	—
产品类标准			
25	GB/T 755—2000《旋转电机定额和性能》	Idt. IEC 60034—1: 1997	①传导干扰 ②辐射干扰
26	GB/T 2819—1995《移动电站通用技术条件》	—	①端子干扰电压 ②辐射干扰场强
27	GB 4343—1995《家用和类似用途电动、电热器具、电动工具以及类似电器无线电干扰特性测量方法和允许值》	Eqv. CISPR 14: 1993	①干扰电压 0.15 ~ 30 MHz a) 连续干扰电压 b) 断续干扰电压 ②干扰功 30 ~ 300 MHz
28	GB 4343.2—1999《电磁兼容家用电器、电动工具和类似器具的要求第二部分: 抗扰度》	Idt. CISPR 14—2: 1997	—
29	GB 4824—1996《工业、科学和医疗 (ISM) 射频设备电磁干扰特性的测量方法和限值》	Idt. CISPR 11: 1990	①干扰电压 0.15 ~ 30 MHz ②辐射干扰 30 ~ 1 000 MHz
30	GB 6829—1995《剩余电流动作保护器的一般要求》	Eqv. IEC 60755: 1992	抗浪涌冲击