

电磁兼容标准与测试手段概况

[摘要]本文介绍了电磁兼容性的定义，国内外电磁兼容标准的发展概况和电磁兼容测量所需的环境要求以及骚扰、抗干扰测量设备的有关情况。目的是使广大工程技术人员对电磁兼容有个初步了解。

[关键词]标准、电磁兼容、测量环境、测量设备

随着技术的发展，特别是人们环境保护意识的增强，对产品的电磁兼容性越来越重视。我国已将产品的电磁兼容性要求纳入了国家强制性产品认证范围，国家规定从 2003 年 5 月 1 日起凡列入国家强制性产品认证目录的产品未经认证不得出厂、进口和销售。那么什么是产品的电磁兼容性？国内外电磁兼容标准发展情况又如何？产品的电磁兼容性测量又需要那些环境条件和测量设备。本文就上述内容作简单介绍。

电磁兼容性(Electromagnetic Compatibility) 缩写 EMC 就是指某电子设备既不干扰其它设备，同时也不受其它设备的影响。电磁兼容性和我们所熟悉的安全性一样，是产品质量最重要的指标之一。安全性涉及人身和财产，而电磁兼容性则涉及人身和环境保护。在我们的日常生活中经常会遇到这样一些情况，在我们正常收听广播或收看电视节目的时候如果户外有汽车驶过，很容易造成收听或收看质量下降，还有当我们在家玩电子游戏机时，常常造成邻居家电视机的某些频道无法正常收看；同样邻居家在玩游戏机时也会影响自家电视机的接收效果。这样的例子足以说明，在我们日常生活的空间确实存在着另外一种环境污染——电磁污染。可以这样说，凡有电、有开关的设备均会产生电磁干扰。

早在一九三四年国际电工委员会就成立了无线电干扰特别委员会简称 CISPR，专门研究无线电干扰问题，制定有关标准，旨在保护广播接收效果。当初只有少数国家参加该委员会，如比利时、法国、荷兰和英国等。经过多年的发展人们对电磁兼容的认识发生了深刻的变化，1989 年欧洲共同体委员会颁发了 89/336/EEC 指令，明确规定，自 1996 年 1 月 1 日起，所有电子、电器产品须经过 EMC 性能的认证，否则将禁止其在欧共体市场销售。此举在世界范围内引起

较大反响，EMC 已成为影响国际贸易的一项重要指标。随着技术的发展 CISPR 工作范围也由当初保护广播接收业务扩展到涉及保护无线电接收的所有业务。国际电工委员会 IEC 有两个专门从事电磁兼容标准化工作的技术委员会：一个就是 CISPR 成立于 1934 年；另一个是电磁兼容委员会 TC77，成立于 1981 年。CISPR 最初关心的主要是广播接收频段的无线电骚扰问题，之后在 EMC 标准化工作方面进行了不懈的努力，CISPR 共有七个分技术委员会其中：

- A 分会涉及无线电骚扰和抗扰度测量设备及测量方法；
- B 分会涉及工业、科学、医疗射频设备的 EMC；
- C 分会涉及架空电力线路和高压设备的 EMC；
- D 分会涉及车辆、机动船和火花点火发动机驱动装置的 EMC；
- E 分会涉及收音机和电视接收机及有关设备的 EMC；
- F 分会涉及家用电器、电动工具及荧光灯和照明装置的 EMC；
- G 分会涉及信息技术设备的 EMC 问题。

CISPR 已基本上将工业和民用产品的 EMC 考虑在其标准中。CISPR 还起草了通用射频骚扰限值国际标准草案，这样，对那些新开发的以及暂时还不能与现有 CISPR 产品标准相对应的产品，可以用射频骚扰限值来加以限制。几年前 CISPR 将其工作频率范围扩展为 DC~400GHz，目前实际工作范围为 9kHz~18GHz，以前的 CISPR 标准主要涉及无线电干扰限值及其测量方法，近年来在抗扰度方面加强了研究，并已制定了一些标准。TC77 最初主要关心低压电网系统的 EMC 问题（9kHz 以下频段），后来将其工作范围扩大到整个 EMC 所涉及的频率范围及产品。目前 CISPR 已制定有 CISPR22（1997）《信息技术设备的无线电骚扰特性的测量方法及限值》等 14 个标准；TC77 也已制定了 25 个 IEC 标准，其中 IEC61000-4 系列标准是目前国际上比较完整和系统的抗扰度基础标准。

我国的 EMC 测试及标准化工作始于六十年代，当时国内的一些院所建立了相对简陋的试验室，开展无线电干扰（骚扰）测试研究，同时参考前苏联和欧美国家标准制定我国的 EMC 标准。自从 1986 年成立了全国无线电干扰标准化委员会后，我国才开始有组织有系统地对应 CISPR/IEC 开展国内 EMC 标准化工作。目前全国无线电干扰标准化委员会已成立了八个分技术委员会，其中七个分会与

CISPR/A、B、C...F、G 分会相对应，S 分会是根据我国国情而成立的，它主要涉及无线电系统与非无线电系统之间的电磁兼容问题。目前我国已制定了六十多项 EMC 国家标准，其中基础标准为 GB4365-1995 电磁兼容术语；GB/T6113-1995 无线电干扰和抗扰度测量设备规范。

电磁兼容性的测量手段主要由测试场地和测试仪器组成。EMC 测试所需场地主要包括开阔场、电波暗室（Anechoic Chamber）、屏蔽室等(Screen Room)。

开阔场：根据标准要求通常测试场成椭圆形，长轴是焦距的两倍，短轴是焦距的 $3^{1/2}$ 倍，发射与接收天线分别置椭圆的两个焦点上。两个焦点的距离即是我们所要求的测量距离，根据现有标准可分为 3 米、10 米和 30 米。我国现有标准大多数规定 3 米法测量，美国的 FCC 标准、英国的 VDE 标准有 10 米法测量的要求。

开阔场一般应选择远离市区、电磁环境较好的地方建造，但这给建造、试验、生活管理等带来了诸多不便，目前国内大都利用楼顶平台，因地制宜进行建造。试验场地应设有转台和天线升降塔，便于全方位的辐射发射及天线升降测试，关于开阔场还有一些具体要求，如要符合场地衰减要求，场地周围无金属反射物等等。

屏蔽室：在 EMC 测试中，屏蔽室能提供环境电平低而恒定的电磁环境，它为测量精度的提高，测量的可靠性和重复性的改善带来了较大的益处。但是由于被测设备在屏蔽室中产生的干扰信号通过屏蔽室的六个面产生无规则的漫反射，特别是在辐射发射测量和辐射敏感度测量中表现更严重，导致在屏蔽室内形成驻波而产生较大的测量误差。目前国内生产的屏蔽室的屏蔽效能可在 10kHz~10GHz 频率范围内一般能大于 100dB。

电波暗室：通常所说的电波暗室在结构上大都由屏蔽室和吸波材料两部分组成。在工程应用中又分全电波暗室（Fully Anechoic Chamber）（六面装有吸波材料）和半电波暗室（Semi Anechoic Chamber）（地面为金属反射面）。全电波暗室可充当标准天线的校准场地，半电波暗室可作为 EMC 试验场地。电波暗室的主要性能指标有“静区”、“工作频率范围”等六个指标（静区是指射频吸波室内受反射干扰最弱的区域）。但建造电波暗室的成本、难度均相当高，因为暗

室的工作频率的下限取决于暗室的宽度和吸收材料的高度、上限取决于暗室的长度和所充许的静区的最小截面积，所以在建造上有较大的难度。且由于吸波材料的低频特性等原因，总的测试误差有时高达几十分贝，造价需几百万元。

由于开阔场、电波暗室的诸多缺点，1974 年美国国家标准局（NBS）的专家首先系统地论述了横电磁波传输小室（简称 TEM 小室 Transverse Electromagnetic Transmission Cell），其外形为上下两个对称梯形。横电磁波传输小室的优点是结构简单，主要缺点是可用频率上限与可用空间存在矛盾。标准 TE 小室的测量尺寸大约限定在设计的最小工作波长的四分之一范围。如果要进行 1GHz（波长 30cm）的测试，测试腔尺寸要限定在 7.5cm。如果对 PC 机进行测试，测试腔高度起码要有半米，即使加入一些侧壁吸收材料，可用频率上限也不会超过 300MHz。我们所引进的德国 RS 公司生产的 TEM 小室腔高 80cm，可用频率上限为 250MHz。用 TEM 小室的方法测量已列入 CISPR 标准之中。为了克服 TEM 小室的缺点，1987 年瑞士 ABB 公司发明了 TEM 小室家族中的新成员 GTEM 小室，其外形为四棱锥形。GTEM 小室综合了开阔场、屏蔽室、TEM 小室的优点，克服了各种方法的局限性，便于进行几乎全部辐射敏感度及发射试验。其频率范围可覆盖 0~18GHz，模拟入射平面波，可以产生强的场强、对周围的人员和设备没有危害和干扰。但 GTEM 小室的使用目前国际上尚有争论，还没有列入标准的测试方法之中，一般用于预测试。

在电磁辐射敏感度测量方面还有一种非对称横电波传输室简称 ATEM 小室（Asymmetric Transverse Electromagnetic Transmission Cell）。通常 TEM 小室呈对称形，ATEM 小室为非对称形，其外形为中间是方形的两头为非对称的棱锥形。ATEM 小室目前还处在研究阶段，主要用于预测试，尚未正式列入标准。

电磁兼容性测量所需的仪器设备的技术参数在标准中都有描述，电磁兼容性的测量分干扰（骚扰）和抗干扰：

电磁干扰（Electromagnetic Interference）简称 EMI，测量一般为两个参数即辐射干扰（Radiated Interference）和传导干扰（Conducted Interference），所谓辐射干扰是指通过空间传播的干扰，所谓传导干扰是指通过电源端而产生的干扰。测量所需的主要设备有：

1、接收天线（根据测量频率不同可以选则偶极子天线、双锥天线、对数周期天线等）

2、测量接收机

3、人工电源网络（Artificial Mains Network，串接在被测设备电源进线处的网络。它在给定频率范围内，为骚扰电压的测量提供规定的负载阻抗，并使被试设备与电源相互隔离）

4、天线升降架、转台及部分适配器

5、吸收钳（Absorbing Clamp）

6、计算机、接口板、软件等

对抗干扰（Electromagnetic Susceptibility）简称 EMS，这方面的测量参数一般有 10 项：静电放电、无线电频率电磁辐射场、电快速瞬变脉冲、浪涌、由射频场引起的传导、电源频率磁场、脉冲磁场、阻尼振荡磁场、电压跌落短期中断和电压变化、振荡波抗扰度试验。其中无线电频率电磁辐射场和由射频场引起的传导两项试验所需的仪器多一些如需高频信号源、高频功率放大器、功率计、场监系统、计算机及相应的专用测试软件和接口等，价格较高，另外一些大都是专用仪器或几合一的专用仪器如浪涌仪、静电发生器、电快速瞬变模拟器等。