

编者按 随着我国通信电子产业的不断发展与进步,越来越多的通信电子产品需要进入北美市场。企业迫切需要了解北美特别是美国政府对此类产品的电磁兼容准入要求。本刊将陆续介绍ANSI C63.4、ANSI C63.022、ANSI C63.19、FCC Part 15等美国EMC标准和法规,希望能帮助读者掌握相关的技术要求,为产品的出口和认证提供帮助。

# 解析美国EMC标准——ANSI C63.4

American EMC Standard Introduction—ANSI C63.4

信息产业部通信计量中心 肖雳

## 摘要

介绍美国ANSI C63.4所规定的电磁骚扰测量方法,其中包括辐射骚扰和传导骚扰。阐述测量设备的选择使用、测试场地的应用及相关被测设备的布置。

## 关键词

电磁兼容;骚扰;射频;辐射;传导;测试

## Abstract

This article introduces the main method in ANSI C63.4. It concern about the Electrical magnetic emission measurement method include the radiated and conducted emission. It also specify some detail about the test equipments selection, test filed application and the EUT configuration.

## Keywords

EMC ; disturbance ; RF ; radiate ; conducted ; test

ANSI C63.4-2003《低压电子电气设备在9 kHz~40 GHz的无线电噪声发射测量方法》是一个重要的EMC基础标准。由于在不同的测量场地,辐射骚扰的测量结果重复性并不令人满意,所以美国国家标准委员会C63决定采用相关技术和方法进行改进。造成重复性差的原因主要有以下方面:

- (1) 场地接地平板的传导率,平整度,场地的封闭性,周围物体的影响和其它场地建筑特性的影响;
- (2) 天线因子,相关电缆,不平衡变压器和EUT特性;
- (3) EUT和接收天线的互耦合影响以及EUT与在参考接地平板上的映像之间的互耦合影响。

因此,该标准在不断地修订,并于2003年出版了最新版本。

## 1 概述

该标准规定了在9 kHz~40 GHz频率范围内测量来自电子电气设备发射的RF信号和噪声的方法、测量设备和测量步骤。它并不包括通用的或产品规定的发射限值要求。限值由其它标准或法规来确定。

该标准规定是在实验室环境下的测量要求,也可以用于现场测量的情况。该标准适用于小到便携设备

大到诸如煤气站泵的电子控制设备,以及银行和保险中心的计算机系统。该标准规定的内容不适用于在美国得到许可的无线电发射设备、航空电子设备和工科医(ISM)设备。

## 2 测量设备要求

### 2.1 接收机要求

在测量辐射骚扰和交流(AC)电源端口的传导骚扰时,采用ANSI C63.2或CISPR 16规定的接收机。也可以使用频谱分析仪。当采用不同的接收机测量产生的结果有争议时,满足ANSI C63.2规定的测量设备所测量的结果优先。在测量时的最大扫描速率不能超过测量系统的响应时间和骚扰的重复率,这样才能够正确地测量噪声。

### 2.2 线路阻抗稳定网络LISN

LISN是测量交流(AC)传导骚扰的信号拾取网络。当在测量设备端口端接50 Ω时,其阻抗特性规定如图1所示。图2和图3是满足该阻抗特性要求的两种电路图。需要说明的是,如果在图3的电路图中进行仔细的结构设计,该网络就能在150 kHz以上的频率范围使用,而且最高频率可达30 MHz。

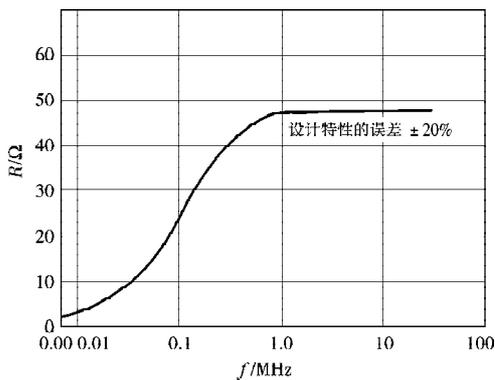
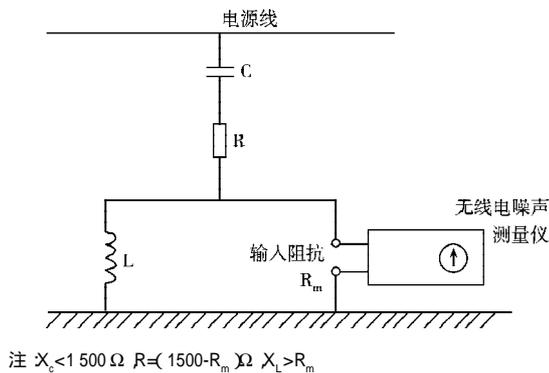


图1 LISN端口在9 kHz~30 MHz的阻抗特性



注  $X_c < 1500 \Omega$   $R = (1500 - R_m) \Omega$   $X_L > R_m$

图4 在用户安装位置测量采用的电压探头

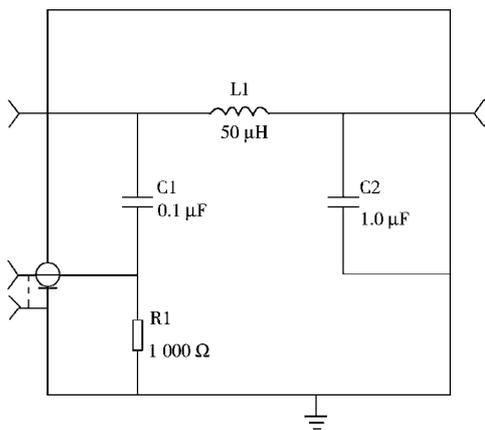


图2 在0.15~30 MHz满足阻抗要求的LISN电路图

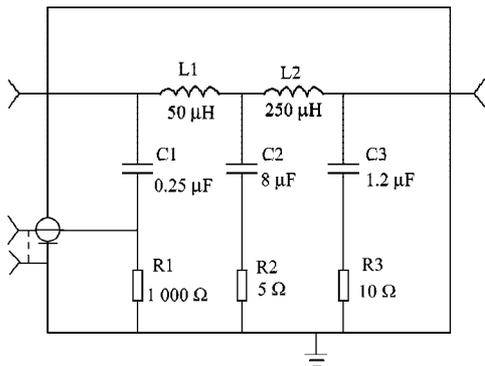


图3 在9~150 kHz满足阻抗要求的LISN电路图

### 2.3 电压探头

当在用户安装现场或AC电流超过LISN的承载能力时,可以使用电压探头测量电压。测量应当在电源线的每条导体与地之间进行,如图4所示。线缆与大地之间的总阻抗是1500 Ω。因为探头对骚扰信号有衰减作用,必须采用校准因子对测量读数进行修正。LISN测量方法优于电压探头测量方法。

### 2.4 电流探头

电流探头适用于每个传导电流的线缆。在进行电流

探头测量时,必须在EUT和电源插座之间插入LISN。电流探头在EUT和LISN之间拾取骚扰信号,而且应当尽可能靠近LISN。可以在EUT和LISN之间使用适当的适配器来配合电流探头对每个电流载体都进行测量。如果EUT的电流太大而没有合适的LISN,电流探头也可以直接在EUT和电源插座之间测量。

### 2.5 天线

测量天线根据测量频率范围和场特性(电场或磁场)来选择。ANSI C63.5规定,必须使用校准天线,同时正在改变要求,对专门用于辐射骚扰测量的天线采用标准场地法(Standard Site Method)进行天线校准。

(1)测量9 kHz~30 MHz的磁场:ANSI C63.2规定采用环形天线。

(2)测量9 kHz~30 MHz的电场:ANSI C63.2、ANSI C63.5规定采用偶极子(杆)天线。总体而言,可以使用1.04 m的垂直偶极子天线,不论其是否具有平衡器都可以。

注:在一些规定或商务代理中,不允许在辐射测量时使用杆天线。

(3)测量30~1000 MHz的电场:ANSI C63.2规定采用线性极化天线,也可以使用可调偶极子天线。

(4)测量1~40 GHz的电场:ANSI C63.2规定用线性极化天线。这包括双脊波导喇叭天线、矩形波导喇叭天线、锥形喇叭天线、最佳增益天线和标准增益天线。所使用天线的主瓣波束宽度应当能够覆盖EUT,否则就要对EUT进行位置扫描。喇叭天线的尺寸应当足够小,以便让测量距离大于等于  $D^2 / (2\lambda)$ , D是天线最大尺寸,单位m。 $\lambda$ 是自由空间所测量频率的波长,单位m。即满足测量的远场条件。在有争议的情况下,以使用标准增益喇叭天线的测量结果为准。

### 2.6 吸收钳

可以使用吸收钳来测量辐射骚扰功率。

注:在一些规定或商务代理中,不允许在辐射骚扰

功率测量时使用吸收钳。

### 3 检波功能和带宽

根据ANSI C63.2的要求,检波方式一般为准峰值、峰值和平均值。在1 GHz以下采用准峰值检波,在1 GHz以上采用峰值或平均值检波。测量带宽的选择见表1。

表1 骚扰测量带宽选择表

频率	测量带宽
9 ~ 150 kHz	100 Hz
150 kHz ~ 30 MHz	9 kHz
30 MHz ~ 1 GHz	100 kHz
1 ~ 40 GHz	1 MHz

### 4 测量设备校准

所有测量设备必须具有校准报告,以保证测量的准确度和用于测量的不确定度评估。其具体要求见ANSI C63.2。测量设备的校准周期最长为2年。

#### (1) 天线校准

天线校准一般根据参考天线来进行。参考天线的检查最少3年进行一次。天线校准应当根据ANSI C63.5的要求进行。天线校准时的距离应当与测量时的距离一致。需要注意的是,标准增益天线不需要校准。如果天线在远场进行校准,其误差应小于1 dB。

#### (2) LISN的阻抗和插入损耗的测量

测量的具体方法和步骤见该标准的附录F。在这里就不再详细介绍。

#### (3) 功率吸收钳的校准

功率吸收钳的特性和校准方法见该标准的附录G。附录G是总结了CISPR16的附录H的内容而制订的。

### 5 测量要求

#### 5.1 通用要求

EUT的供电应当满足额定电压、电流和功率条件。测量AC电源线传导骚扰和辐射骚扰时,环境噪声电平应当至少比限值低6 dB。如果环境噪声高于限值,那么可以采用以下替代方法:

(1) 对于辐射骚扰测量,可以减小测量距离,并计算在该距离下的限值。也可以在环境噪声超过限值的频率时进行长时间测量,直到广播信号或工业设备的噪声低于限值6 dB。当然也可以在吸波暗室中进行测量。

(2) 可以在屏蔽室中测量电源线传导骚扰。但是推荐在屏蔽室的谐振频率点以下进行,通常谐振频率是低于30 MHz。可以在LISN和电源之间插入适当的电源滤波器。

(3) 如果骚扰信号是窄带的,而环境信号是宽带的,那么可以减小接收机的带宽。

(4) 应当监视测量设备的音频和视频信号,以避免和EUT工作信号或骚扰信号混淆。

#### 5.2 传导骚扰测量要求

传导骚扰测量时的金属接地平板可以是屏蔽室或暗室的一面,其最小尺寸为2 m × 2 m,边界应当超过EUT至少0.5 m。如果EUT不接地,参考接地平板将铺设12 mm厚的绝缘材料。

对于台式设备的测量,垂直耦合平板的最小尺寸为2 m × 2 m,距离EUT后部为40 cm。其与接地平板连接为低阻抗,且距离不超过1 m。

对于落地式设备没有垂直耦合板的要求。

LISN的布置要求与CISPR 22相同。

#### 5.3 辐射骚扰测量(30 MHz以下)

磁场骚扰测量时,不需要参考接地平板。如果在有参考接地平板时测量,结果一般会偏高。在有争议时,以无接地平板测量的结果为准。如果有特殊的规定,可以在TEM室中进行测量。

#### 5.4 辐射骚扰测量(30 MHz ~ 1 GHz)

本测量的标准场地是开阔场。开阔场的接地平板要求见ANSI C63.7-1992。NSA要求与CISPR 22相同,在±4 dB之内。该标准还给出了测量距离在30 m时的NSA理论值,可以供大家在场地校准时参考,这里就不再叙述。

#### 5.5 辐射骚扰测量(1 GHz以上)

目前在该频率范围的要求沿用30 MHz ~ 1 GHz的场地要求,包括对接地平板的要求。但是正在考虑其特殊的场地要求。

#### 5.6 现场测量

由于种种原因,设备必须在安装现场测量时,受试设备和其所处的环境就成为EUT。如果受试设备可以在几种典型的环境下使用,需要考虑这几种环境下的测量结果是否都满足限值的要求。可以参考工科医(ISM)设备的现场测量标准IEEE Std 139。

### 6 EUT布置和运行要求

#### 6.1 运行条件

EUT及其附件必须工作在额定电压和典型负载条件下。负载可以是机械的和/或电子式的。特殊EUT可以提出一套规定来描述试验条件和EUT的运行条件等,并指出EUT的等级。

EUT必须确保所有的功能都激活(包括软件等)。

如果在某种情况下,一个遥控外围设备需要连接到EUT,应当允许EUT与其之间的电缆连接,或者将其放在参考接地平板上而处于试验环境之内,或者将其置于

参考接地平板之下。但是这种遥控外围设备不能对试验结果产生影响。

对于分布式网络(例如:局域网)可以在试验场地上采用连接长度至少为1 m的实际外围设备,或远控网络通信模拟器来模拟布置。网络模拟器不能影响试验的结果。网络中的有用信号应当是典型正常运行信号。

(1) EUT端口(或端接)

对于EUT的每种典型功能端口,都应当连接互连电缆,而且这些互连电缆必须与实际使用的典型设备相连。如果EUT的同类型端口有多个,那么所有同类型端口都必须连接电缆,以评估这些电缆对辐射骚扰和传导骚扰的影响。这些电缆的连接数量以对骚扰的影响小于2 dB为准则。当然前提是不能超过限值。这些额外的电缆不需要端接。

用于支持试验进行的与辅助测量设备相连的额外端口不需要进行试验。

(2) 互连电缆和电源线

所有互连电缆应当是典型应用下的长度,而且是EUT实际应用下的配套销售产品。当电缆长度在实际使用中可以变化时,应当采用能代表所有情况的典型布置。当电缆长度未知时,应当采用1 m的长度。电缆类型应当与产品手册中的描述相一致。其布置及捆扎等要求与CISPR 22大体一致,这里就不再详细叙述。

(3) 模块设备

如果设备由多种可插拔的印刷电路板、模块、卡、协处理器等组成,那么试验应当在代表典型应用的配置情况下进行。如果设备有大量的拔插件,那么可以适当减少试验时安装模块的数量,但是减少一个模块时,测量电平的减少不大于2 dB。当然减少模块的前提是这些测量值仍然符合限值。

(4) 接地

接地按正常使用情况处理。如果EUT在正常使用情况下,既与接地终端相连,同时自己本身也有接地导线,那么EUT及其所连接的终端应当同时与接地平板相连。

(5) 防震装置

如果设备在实际安装时需要防震装置,那么这些装置就必须在试验时也安装,同时这些装置的捆扎带也必须与接地平板搭接在一起。

6.2 设备布置

台式或落地式EUT的布置与CISPR 22的布置要求

相同,这里就不再详细叙述。

7 AC 端口传导骚扰

测量频率范围为150 kHz ~ 30 MHz,但是也有可能在此9 ~ 150 kHz的范围内进行。在美国,FCC规定的频率范围为450 kHz ~ 30 MHz。

测量步骤与CISPR 22中的要求相同,就不再详细叙述。

8 辐射骚扰

测量频率范围不能超过9 kHz ~ 40 GHz。测量最少在围绕EUT的16个角度下进行,即转台的最大步进为22.5°。

8.1 天线、位置和测量距离

(1) 磁场骚扰

测量频率范围为9 kHz ~ 30 MHz。采用环形天线。测量距离为相关限值规定的距离,垂直于地平面。在测量时,环形天线围绕其垂直面进行旋转,以便找到最大的骚扰值,见图5所示。在特殊情况下,环形天线可以在特定距离水平放置,但是环形天线的中心离地高度必需为1 m。

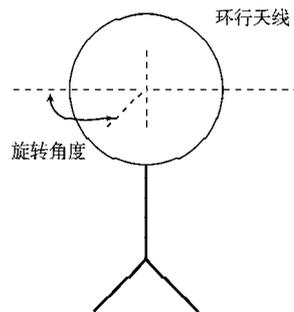


图5 环形天线旋转示意图

(2) 在30 MHz以下的电场辐射骚扰

电场辐射骚扰测量可能在9 kHz ~ 30 MHz的频率范围内进行。该测量使用校准过的单极(杆)天线。天线杆垂直于接地平板。如果天线有平衡锤,那么其与接地平板之间应当采用低阻抗搭接。

注:在一些特殊的标准和规则中,不允许使用杆天线进行30 MHz以下的电场骚扰测量。

(3) 电场辐射骚扰(30 MHz ~ 1 GHz)

其要求基本与CISPR 22规定相同。天线中心的几何高度距离接地平板至少25 cm。如果采用调谐偶极子天线,其最小高度如表2所示。

表2 扫描高度表

频率(MHz)	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	
扫描高度	2.75	2.39	2.13	1.92	1.75	1.50	1.32	1.19	1.08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
范围(m)	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4	~4

(下转第13页)

# 电气强度试验结果辨析

Determination of Breakdown During Electric Strength Test

广东技术师范学院工业中心 陈凌峰

## 摘要

分析电气强度测试的原理和目的,指出电气强度测试作为一种加速测试方法,片面调整相关测试参数是不符合测试目的的。同时,比较电气强度测试的判定方法在型式试验和常规检测中不同的原因,指出正确判定电气强度测试中绝缘材料击穿的方法,重点是围绕绝缘材料被击穿后呈现出导体特性的特点,考察相关电参数的变化特征,以此判定绝缘材料是否被击穿。

## 关键词

电气强度;泄漏电流;击穿;加速测试;耐压测试

## Abstract

Tried to source the principle and purpose of electric strength test. The paper regarded the electric strength test as a kind of accelerated test, therefore, it is not in compliance with the spirit behind test to deviate the test criteria from the standard. The paper also analyzed the difference in electric strength test criteria between the one in type test and in routine test. It is emphasized that the key point to determine the breakdown, is to focus on the trend of change of relevant electrical parameters.

## Keywords

electric strength; leakage current; breakdown; accelerated test; hi-pot test

电气强度测试(electric strength test)又称耐压测试,是验证电气产品安全特性最重要的测试之一。但是在具体的产品安全标准中(例如IEC 60335、IEC 60950等)没有详细描述测试结果的判定方式,只是规定测试中产品不能出现击穿(breakdown)现象。虽然部分标准给出了电气强度测试中泄漏电流的判定值,但是由于前后的数值不一致,不能正确进行测试。特别是许多验货机构和验货员也不了解电气强度测试结果的判定方法,在检验过程中,只凭电气强度测试仪器是否发出报警来判定绝缘材料是否被击穿。许多时候,验货员一方面提高电气强度的测试电压,一方面降低电气强度测试设备的过电流警告限值,企图更加可信地考察产品的安全特性。这些不正确的检测方式,导致电气强度测试中的误判。下面就常规检验中,如何正确判定产品电气强度测试的结果进行探讨。

以I类产品为例,成品常规检验中电气强度测试的要求,不同的产品安全标准基本一致。

在照明灯具的产品安全标准IEC 60598-1 1999

《Luminaires - Part 1: General requirements and tests》的附录中,给出了灯具常规检验中电气强度测试的要求,将零相端子(或电源插头)连接在一起,在它们和接地端子之间施加测试电压,测试电压最小为AC 1.5 kV,频率为50 Hz或60 Hz,最大断开电流为5 mA,测试时间至少为1 s。

家电产品安全标准IEC 60335-1 2002《Household and similar electrical appliances - Safety - Part 1: General requirements》的附录中,给出的家电产品常规检验中电气强度测试的要求是:测试电压为AC 1 kV,频率为50 Hz或60 Hz,最大断开电流为5 mA,对于泄漏电流较高的产品,最大断开电流可以是30 mA,测试时间为1 s。

综合以上两个标准,在成品常规检验中进行电气强度测试时,绝缘击穿的判定标准应当是泄漏电流超过5 mA。

而在型式试验时,测试条件有所不同。仍以I类产品为例,在IEC 60598-1 1999的第10.2.2节中,对电气强度测试的要求是:测试电压要求基本为正弦波,频率为50 Hz或60 Hz,测试电压为 $2U+1000$ (对于额定电压

(上接第12页)

研究表明,宽带天线和调谐偶极子天线在最小高度的垂直极化测量结果有很大的不同。宽带天线的测量值总是偏大。

(4)电场辐射骚扰(1~40 GHz)

1 GHz以上的辐射骚扰测量要使用线性极化天线。

由于该类天线的主瓣宽度有限,因此,在测量大型设备时,一定要确定其主瓣宽度能否覆盖EUT。否则要移动天线的位置,以便找到EUT的最大发射值。

## 8.2 辐射骚扰测量步骤

测量步骤与CISPR 22中的要求相同。

编辑:王淑华 E-mail: wangsh@cesi.ac.cn