



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 17626.6—201X/IEC 61000-4-6:2013

代替 GB/T 17626.6-2008

## 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

Electromagnetic compatibility—

Testing and measurement techniques—

Immunity to conducted disturbance, induced by radio-frequency fields

(IEC 61000-4-6:2013 IDT)

(征求意见稿)

(本稿完成日期 2016-4-11)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 概述 .....	3
5 试验等级 .....	5
6 测量设备及电平调整 .....	6
6.1 试验信号发生器 .....	6
6.2 耦合和去耦装置 .....	7
6.3 耦合和去耦装置的受试设备端口上共模阻抗的验证 .....	14
6.4 试验信号发生器的设置 .....	16
7 试验配置和注入方法 .....	18
7.1 试验配置 .....	18
7.2 单个单元构成的 EUT .....	19
7.3 多个单元构成的 EUT .....	20
7.4 选择注入法和试验点的原则 .....	21
7.5 使用耦合去耦网络注入 .....	22
7.6 当满足共模阻抗要求时的钳注入应用 .....	24
7.7 当不满足共模阻抗要求时的钳注入应用 .....	25
7.8 直接注入的应用 .....	26
8 试验程序 .....	26
9 测试结果的评估 .....	27
10 测试报告 .....	27
附录 A (规范性附录) 电磁钳和去耦夹具 .....	28
A.1 电磁钳 .....	28
A.2 电磁钳的特性 .....	30
A.3 去耦钳特性 .....	35
附录 B (资料性附录) 选择适用频率范围的准则 .....	38
附录 C (资料性附录) 选择试验等级的指南 .....	40
附录 D (资料性附录) 关于耦合和去耦网络的资料 .....	41
D.1 耦合和去耦网络的基本特性 .....	41
D.2 耦合和去耦网络的举例 .....	41
附录 E (资料性附录) 试验信号发生器的规范 .....	46
附录 F (资料性附录) 大尺寸被测设备的测试布置 .....	47
F.1 概述 .....	47

F.2 大尺寸被测设备的测试布置 .....	47
附录 G (资料性附录) 试验电压等级的测量不确定度 .....	50
G.1 概述 .....	50
G.2 通用符号 .....	50
G.3 试验方法的不确定度评定 .....	50
G.4 计算出的测量不确定度表达式及其应用 .....	58
G.5 参考文献 .....	59
附录 H (资料性附录) AE 阻抗的测量 .....	60
H.1 概述 .....	60
H.2 共模阻抗 .....	60
H.3 获得理想的 AE 阻抗的指南 .....	62
附录 I (资料性附录) 端口间注入 .....	64
I.1 概述 .....	64
I.2 相同端口注入的测试布置 .....	64
附录 J (资料性附录) 放大器的压缩和非线性 .....	66
J.1 限制放大器失真的目的 .....	66
J.2 谐波和饱和可能会引起的问题 .....	66
J.3 干扰信号中的谐波的限制 .....	66
J.4 线性特性对抗扰度试验的影响 .....	66
参考文献 .....	70

## 前 言

《电磁兼容 试验和测量技术》标准目前包括以下部分：

- GB/T 17626.1-2006 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论
- GB/T 17626.2-2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5-2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6-201X 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.7-2008 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
- GB/T 17626.8-2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9-2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- 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
- GB/T 17626.11-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.12-2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验
- GB/T 17626.13-2006 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验
- GB/T 17626.14-2005 电磁兼容 试验和测量技术 电压波动抗扰度试验
- GB/T 17626.15-2011 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范
- GB/T 17626.16-2007 电磁兼容 试验和测量技术 0Hz~150kHz共模传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 17626.17-2005 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验
- GB/T 17626.18-XXXX 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
- GB/T 17626.20-2014 电磁兼容 试验和测量技术 横电磁波（TEM）波导中的发射和抗扰度试验
- GB/T 17626.21-2014 电磁兼容 试验和测量技术 混波室试验方法
- GB/T 17626.24-2012 电磁兼容 试验和测量技术 HEMP传导骚扰保护装置的试验方法
- GB/T 17626.27-2006 电磁兼容 试验和测量技术 三相电压不平衡抗扰度试验
- GB/T 17626.28-2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频频率变化抗扰度试验
- GB/T 17626.29-2006 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.30-2012 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法
- GB/T 17626.34-2012 电磁兼容 试验和测量技术 主电源每相电流大于16A的设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

本部分为《电磁兼容 试验和测量技术》的第6部分。本部分自实施之日起代替 GB/T17626.6:2006 《电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度》。

本部分使用翻译法等同采用国际标准 IEC 61000-4-6: 2013（第4.0版）《电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度》。

本版技术内容的主要变化简述：

1. 修改了耦合去耦网络的使用；
2. 修改了夹具的校准；
3. 重新组织了条款7的测试配置和注入方法；
4. 修改了附录A，附录A现在介绍了电磁钳和去耦夹具；
5. 新增的附录G定义了试验电压等级的不确定度；
6. 增加了资料性附录H、I、J。

本部分共有 10 个附录（附录 A～附录 J），除附录 A 为规范性附录外，其余为资料性附录。

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会提出。

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会归口。

本部分负责起草单位：中国电子科技集团公司第三研究所。

本部分主要起草人：

# 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

## 1 范围

GB/T 17626的本部分是关于电气和电子设备对来自150kHz~80MHz频率范围内射频发射机电磁骚扰的传导抗扰度要求。设备至少通过一条连接电缆（如电源线、信号线、地线等）与射频场相耦合。

注1：本部分规定的测量方法，用于测量传导骚扰信号的影响。该信号是由与设备有关的电磁辐射感应的，这些传导骚扰的模拟和测量对于定量地确定影响不是十分精确。而制定本方法的主要目的是对各类设备建立充分的重现性的结果，以便定性地分析影响。

本部分的目的是当电气、电子设备受到由射频场感应的传导骚扰时，建立一个评估抗扰度性能的公用参考。在GB/T 17626的本部分中所规定的测试方法为评估设备或系统对定义的电磁现象的抗扰度表述了一致的方法。

注2：如GB/Z 18509所述，本部分是供有关专业标准化技术委员会使用的基础EMC出版物。同时在GB/Z 18509中规定，有关专业标准化技术委员会负责确定此抗扰度测试标准是否适用，如适用，他们有责任确定适合的试验等级及性能判据。全国电磁兼容标准化技术委员会（SAC/TC246）及其分会与有关专业标准化技术委员会合作，以评估对其产品的特定抗扰度试验的试验等级及性能判据。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4365-2003 电工术语 电磁兼容(IEC 60050(161):1990, IDT)

GB/T 6113.102 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-2部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰(CISPR 16-1-2:2006, IDT)

## 3 术语和定义

GB/T 4365-2003界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**人工手 artificial hand**

模拟正常工作条件下，手持式电气设备和地之间的人体阻抗的电网络。

注1：其结构应符合GB/T 6113.102。

[GB/T 4365-2003中4.27]

### 3.2

**辅助设备 (AE) auxiliary equipment (AE)**

为受试设备正常运行提供所需信号的设备和检验受试设备性能的设备。

### 3.3

### 钳注入 clamp injection

是用电缆上的钳合式“电流”注入装置获得的钳注入。

#### 3.4

### 钳注入装置 clamp injection device

电缆上的钳合式“电流”注入装置可以是一个电流钳或电磁钳。

#### 3.4.1

### 电流钳 current clamp

由被注入信号的电缆构成的二次绕组实现的电流变换器。

#### 3.4.2

### 电磁钳 (EM-钳) electromagnetic clamp(EM- clamp)

由电容和电感耦合相组合的注入装置。

#### 3.5

### 共模阻抗 common-mode impedance

在某一端口上共模电压和共模电流之比。

注1: 共模阻抗可由该端口的端子或屏蔽层和参考平面(点)之间施加单位共模电压来确定。而测量产生的共模电流视为流经这些端子或屏蔽层的全部电流的矢量和, 见图 8a) 和图 8b)。

#### 3.6

### 耦合系数 coupling factor

在耦合装置的受试设备端口所获得的开路电压(电动势)与信号发生器输出端上的开路电压的比值。

#### 3.7

### 耦合网络 coupling network

以规定的阻抗从一电路到另一电路传输能量的电路。

注1: 耦合和去耦装置可组合到一个盒子中(耦合和去耦网络缩写为(CDN))或是分立的网络(通常的钳注入)。

#### 3.8

### 耦合/去耦网络(CDN) coupling/decoupling network(CDN)

包含耦合网络和去耦网络两种功能于一体的电路。

#### 3.9

### 去耦网络(去耦装置) decoupling network(decoupling device)

防止施加给受试设备的测量信号影响不被测量的其他装置、设备或系统的电路。

#### 3.10

### 试验信号发生器 test generator

能够产生所需信号的发生器(包括射频信号发生器、调制源、衰减器、宽带功率放大器和滤波器等), 如图3所示。



## 3.11

电动势 (e. m. f.) electromotive force (e. m. f.)

表示有源元件理想电压源的端电压。

## 3.12

测量结果 ( $U_{mr}$ ) measurement result( $U_{mr}$ )

测量设备的读数电压。

## 3.13

电压驻波比 (VSWR) voltage standing wave ratio(VSWR)

沿线最大电压和邻近最小电压幅度之比。

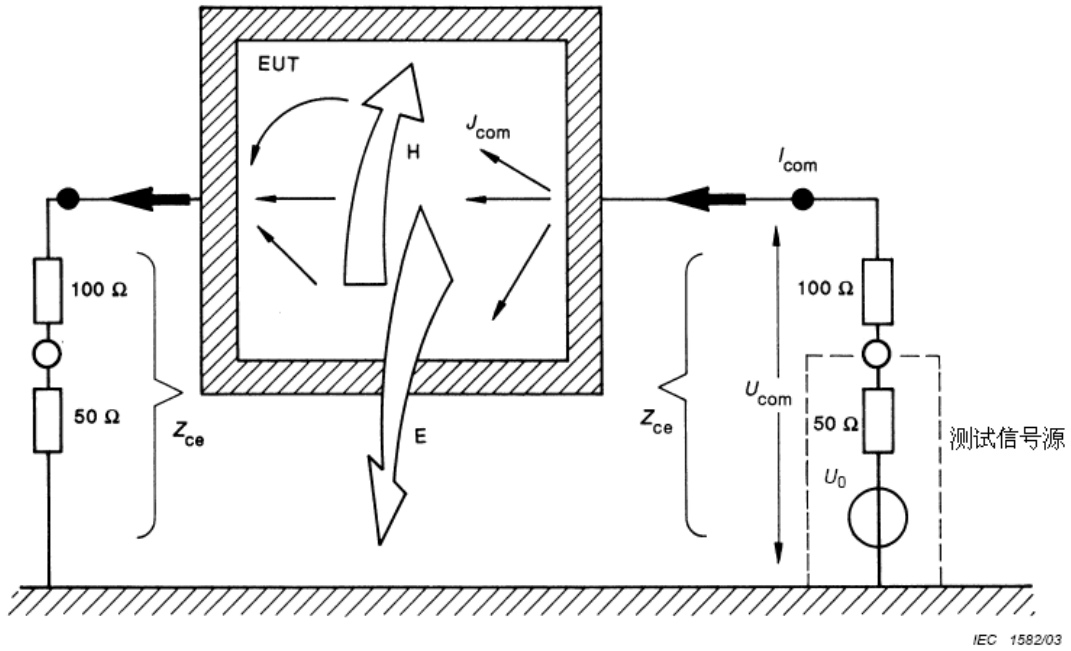
## 4 概述

本部分所涉及的骚扰源,通常是指来自射频发射机的电磁场。该电磁场可能作用于连接安装设备的整个电缆上。虽然被骚扰设备(多数是较大系统的一部分)的尺寸,比骚扰频率的波长小,但EUT的输入和输出线(例如电源线、通信线、接口电缆等)可能成为无源的接收天线网络和有意及无意信号的传导路径。

假定连接设备的电缆网络是处于谐振的方式( $\lambda/4$ 和 $\lambda/2$ 开路或折合偶极子),电缆系统间的敏感设备易受到流经设备的骚扰电流的影响。由相对于接地参考平面(板)具有 $150\Omega$ 共模阻抗的耦合和去耦网络代表这种电缆系统。被测设备可能要被测试的地方两端连接两个 $150\Omega$ 的共模阻抗:一端提供射频信号源,另一端提供电流回路。

该测量方法是使受试设备在骚扰源作用下形成的电场和磁场来模拟来自实际发射机的电场和磁场,由图1a)所示。这些骚扰场(电场和磁场)是由试验装置所产生的电压或电流所形成的近区电场和磁场来近似表示的。如图1b)所示,用耦合和去耦装置提供骚扰信号给某一电缆,同时保持其他电缆不受影响,只近似于骚扰源以不同的幅度和相位范围同时作用于全部电缆的实际情况。

耦合和去耦装置是根据6.2中给出的特性所定义的。任何满足这些特性的耦合和去耦装置都可以使用。附录A中的耦合和去耦网络仅仅是实际使用网络的例子。



$Z_{ce}$  耦合和去耦网络系统的共模阻抗,  $Z_{ce}=150\Omega$

注:  $100\Omega$  电阻包含在耦合和去耦网络中。左边输入端口由一个(无源)  $50\Omega$  负载端接, 而右边输入端口由测试信号发生器的源阻抗端接。

$U_0$  测试信号发生器源电压 (e.m.f.)

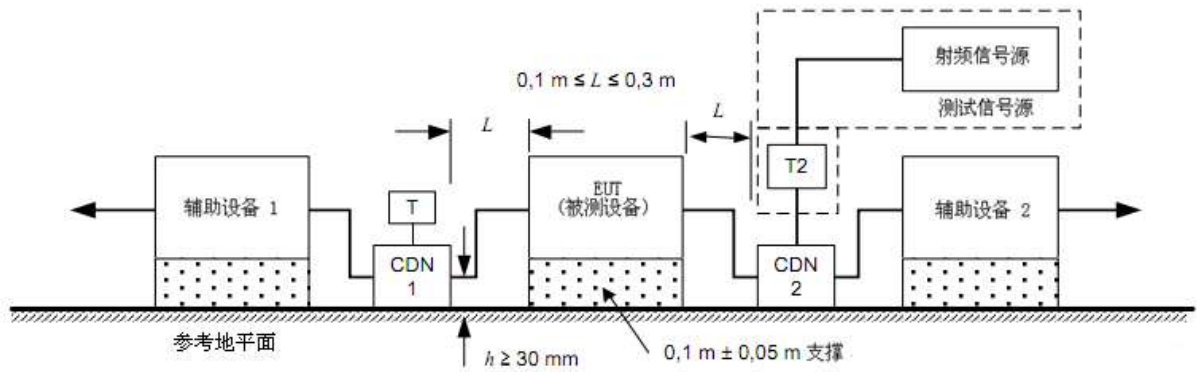
$U_{com}$  被测设备与参考平面之间的共模电压

$I_{com}$  流经被测设备的共模电流

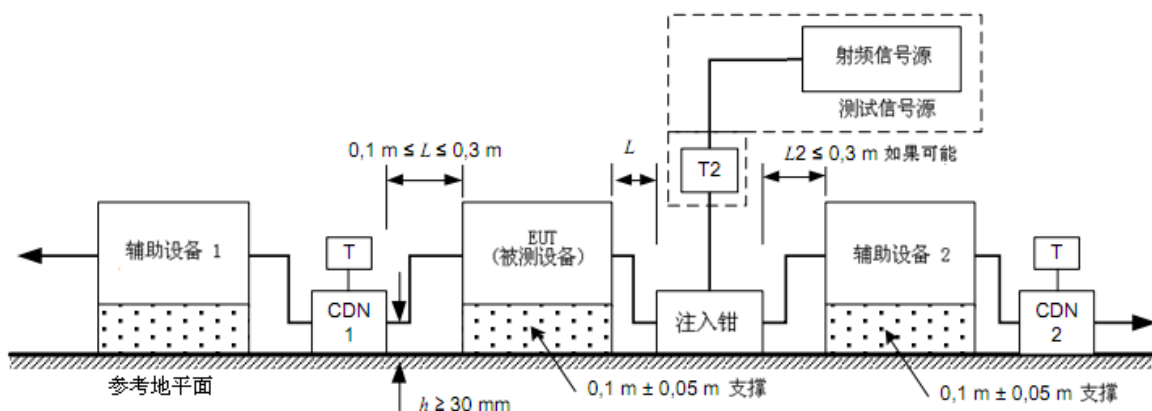
$J_{com}$  在被测设备的导电平面或其它导体上的电流密度

$E, H$  电场和磁场

a) 在被测设备附近由被测设备电缆上的共模电流产生的电磁场的示意图



使用 CDN 的抗扰度试验布置示意图



- T 端接 50Ω 负载
- T2 功率衰减器 (6dB)
- CDN 耦合和去耦网络
- 注入钳 电流钳或电磁钳

使用注入钳的抗扰度试验布置示意图  
b) 射频传导骚扰抗扰度试验布置示意图

图 1 射频传导骚扰抗扰度试验

## 5 试验等级

依据本部分，来自射频发射机的有意电磁场发射感应的传导骚扰的抗扰度测量的频率范围为 150kHz~80MHz。

表1规定了以有效值 (r.m.s.) 表示的未调制骚扰信号的开路试验电平 (e.m.f.)。

表 1 试验等级

频率范围150kHz~80MHz		
等级	电压 (e. m. f.)	
	$U_0$ , V	$U_0$ , dB (μV)
1	1	120
2	3	129.5
3	10	140
×	特定	
注: ×是一开放的等级, 此等级应在专门的设备规范中规定。		

在耦合和去耦装置的受试设备端口上设置试验电平 (见6.4)，测量设备时，该信号是用1kHz正弦波调幅 (80%调制度) 来模拟实际骚扰影响。实际的幅度调制如图2所示。附录C中给出选择试验等级的指南。

注1: GB/T 17626.3 也规定了用于确定电气和电子设备对辐射电磁能的抗扰度测量方法, 覆盖了 80 MHz 以上的频率范围。有关专业标准化技术委员会可决定选择比 80 MHz 低的或高的界限频率 (见附录 B)。

注2: 有关的专业标准化技术委员会可选择替代的调制方式。

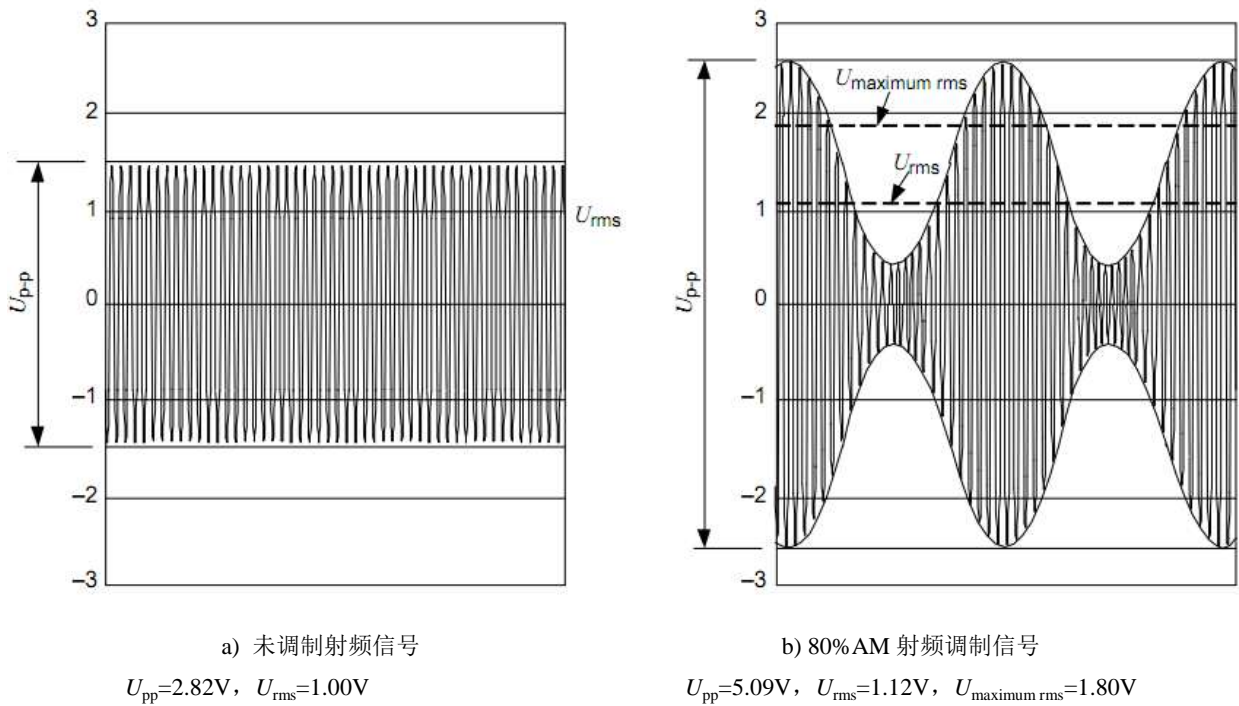


图 2 测试等级 1 时，耦合设备 EUT 端口开路电压波形

## 6 测量设备及电平调整

### 6.1 试验信号发生器

试验信号发生器包括在适当的注入点上以规定的信号电平将骚扰信号施加给每个耦合装置输入端口的全部设备和部件。以下部件的典型组装可以是分立的，也可以组合为一个或多个测量设备（见图3）。

- 射频信号发生器 **G1**：其能覆盖所规定的频段，用 1kHz 正弦波调幅，调制度为 80%。它应有手动控制能力（比如，频率，幅度和调制度），或在射频合成器的情况下，将频率-步长和驻留时间编程。
- 衰减器 **T1**（典型 0dB~40dB）：为控制骚扰测量信号源的输出电平，应有合适的频率特性，**T1** 可包含在射频信号发生器中或可选择。
- 射频开关 **S1**：当测量受试设备的抗扰度时，可以接通和断开骚扰信号的射频开关。**S1** 可以包含在射频信号发生器中，或者是附加的。
- 宽带功率放大器 **PA**：当射频信号发生器的输出功率不足时，需要加功率放大器。
- 低通滤波器 **LPF** 和/或高通滤波器 **HPF**：为避免干扰某些类型的受试设备，例如，（次）谐波可能对射频接收机产生干扰，需要时，应将它们插在宽带功率放大器 **PA** 和衰减器 **T2** 之间。
- 衰减器 **T2**：具有足够额定功率的衰减器（固定 $\geq 6\text{dB}$ ）。提供衰减是为了减小因耦合装置失配引起的功率放大器的电压驻波比（**VSWR**）。

注1：**T2** 可包含在耦合和去耦网络中，如果宽带功率放大器的输出阻抗在任何条件下可保持在规范内，可省略它。未调制时信号发生器的特性由表2给出。

表 2 试验信号发生器的特性

输出阻抗	50Ω, VSWR<1.5
谐波和失真	在 150kHz~80MHz 内，在耦合装置的 EUT 端口或直接在功率放大器输出端测得的任何杂散谱线应至少比载波电平低 15dB <sup>1</sup> 。
幅度调制	内调制或外调制，

	$m = \left( 80 \begin{matrix} +5 \\ -20 \end{matrix} \right) \% , \text{ 即 } m = 100 \times \frac{U_{pp,max} - U_{pp,min}}{U_{pp,max} + U_{pp,min}}$ <p>1kHz±0.1kHz 正弦波</p>
输出电平	足够高，能覆盖试验电平（见附录 E）
<p>注1：使用电流钳时，可以在夹具的任何一端测量。</p> <p>注2：测量谐波和失真使用 1.8 倍试验电平的不调制连续波。</p>	

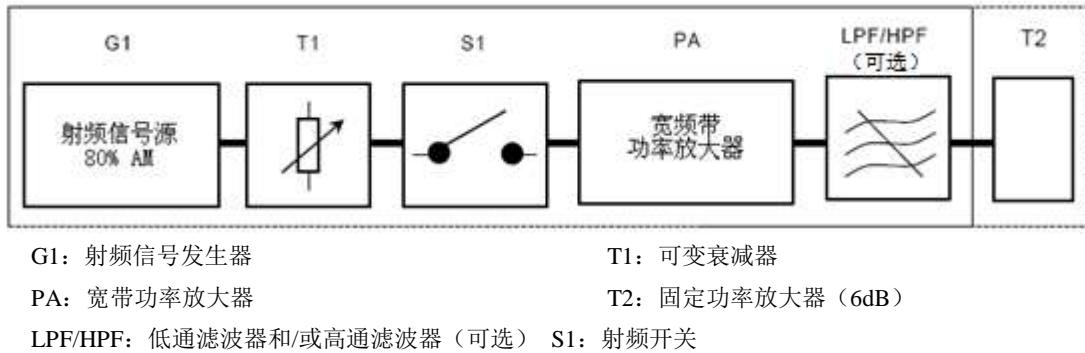


图 3 测试信号发生器的配置

## 6.2 耦合和去耦装置

### 6.2.1 概述

耦合和去耦装置被用于将骚扰信号合适地耦合到连接受试设备的各种电缆上（覆盖全部频率，在受试设备端口上具有规定的共模阻抗），并防止测试信号影响非被测装置、设备和系统。

耦合和去耦装置可以组装在一个盒子内（称为CDN或电磁钳），或由几部分组成。

出于对测试的重现性和对辅助设备的保护方面考虑，首选的耦合和去耦装置是CDN。表3中规定了耦合和去耦装置的主要参数：在受试设备端口看进去的共模阻抗。如果CDN不适用或不可用，可以使用其它的注入方法。7.4.1给出了选择合适的注入方法的规则。其他注入方法，由于其电气性能，不太可能满足表3中的参数。

注1：如果 CDN 的内部信号衰减对预期信号有不可接受的影响，则 CDN 可能并不适用。

表 3 耦合和去耦装置的主要参数

参数	频段	
	0.15MHz ~24MHz	24MHz ~80MHz
$ Z_{ce} $	150Ω±20Ω	150Ω <sup>+60Ω</sup> <sub>-45Ω</sub>

注2：既不规定耦合阻抗  $Z_{ce}$  的幅角，也不规定受试设备端口和辅助设备端口之间的去耦系数，由辅助设备端口对接地参考平面开路或短路时应满足  $|Z_{ce}|$  容差的要求来体现这些参数。

注3：对钳的详细说明在附录 A 中给出。



50  $\Omega$  同轴电缆



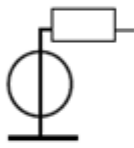
电源、信号或地线



50  $\Omega$  同轴负载



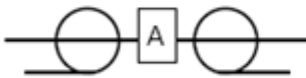
150  $\Omega$  到 50  $\Omega$  适配器; 在输入和输出端口之间  
串联 100  $\Omega$  电阻的盒子



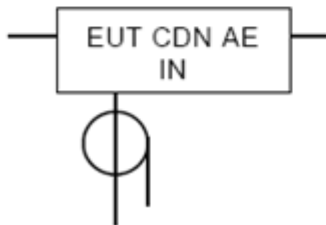
50  $\Omega$  信号源



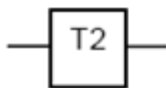
50  $\Omega$  测量设备, 如选频电压表



10 dB, 50  $\Omega$  衰减器

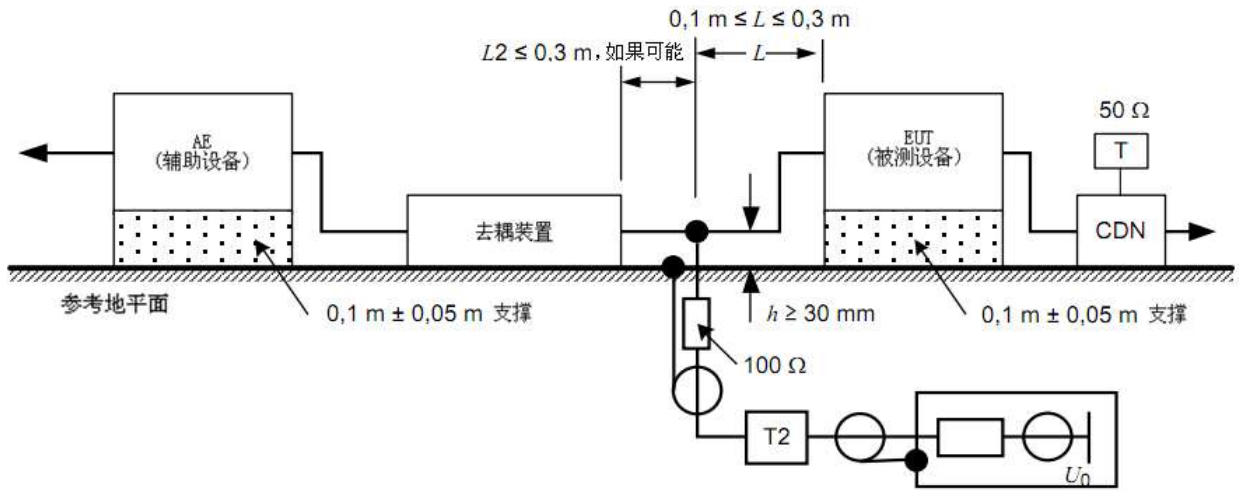


具有 EUT 输入端和 AE 端口的耦合去耦网络(CDN)

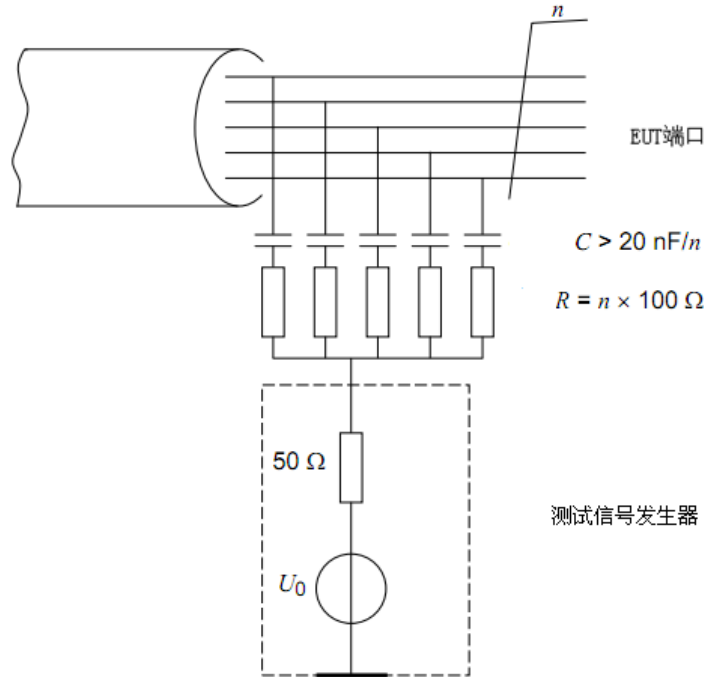


功率衰减器 (6 dB)

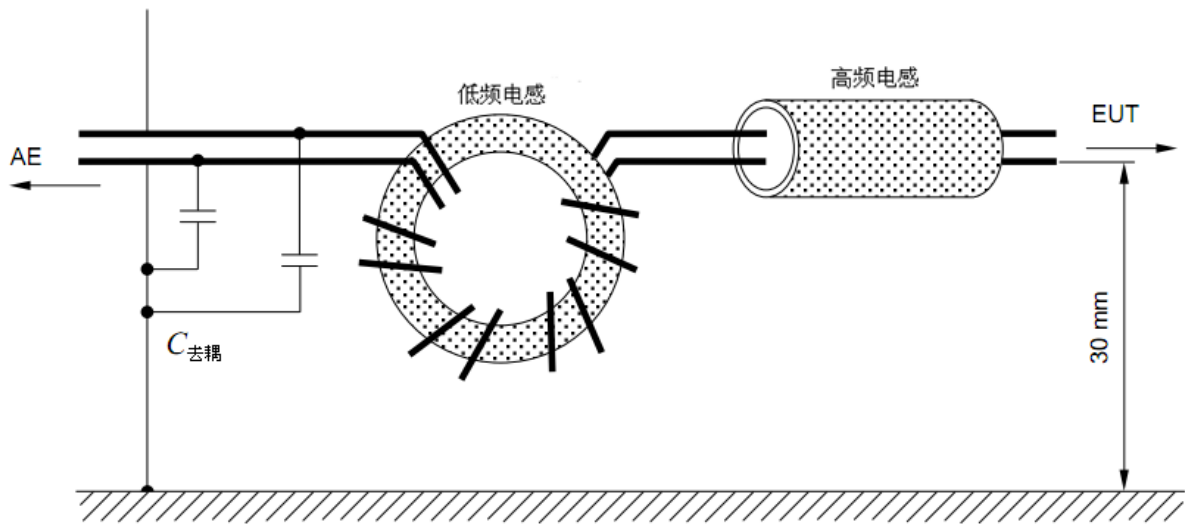
a) 用于测试配置图中



b) 直接注入到屏蔽电缆的原理图



c) CDN 法耦合到非屏蔽电缆的原理图



例：典型  $C_{dec}=47nF$ （只对非屏蔽电缆）， $L(150kHz) \geq 280 \mu H$ ；

低频电感：在一个铁氧体环上绕 17 匝线圈，材料：NiZn， $\mu R=1200$ ；

高频电感：2 到 4 个铁氧体环（形成一个管），材料：NiZn， $\mu R=700$ ；

c) 去耦原理图

图 4 耦合和去耦原理图

## 6.2.2 耦合去耦网络（CDNs）

### 6.2.2.1 概述

这些网络包含的耦合和去耦电路在一个盒子中。耦合和去耦网络的典型原理由图4c)和图4d)给出。表4归纳了附录D所述的不同类型的CDN的使用方法。所选的CDN不应过分地影响功能信号。在产品标准中可规定对这种影响的限制。

表 4 CDN 的使用

线缆类型	举例	CDN类型
供电（交流和直流）和接地	交流电源线、工业用直流线、接地线	CDN-M× (见图D. 2)
屏蔽电缆	同轴电缆、LAN和USB接口用电缆、音频系统用电缆	CDN-S× (见图D. 1)
非屏蔽平衡线	ISDN线、电话线	CDN-T× (见图D. 4、D. 5、D. 7和附录H)
非屏蔽不平衡线	任何不属于其他几组的线缆	CDN-AF×或CDN-M× (见图D. 3和D. 6)

### 6.2.2.2 用于电源线的耦合去耦网络

全部电源连接推荐使用耦合和去耦网络。而对于高功率（电流 $\geq 16A$ ）和/或复杂电源系统（多相或各种并联电源电压）可选择其它注入法。

用CDN-M1（单线），CDN-M2（双线），CDN-M3（三线）或等效网络（见附录D），使骚扰信号耦合到电源线。对三相电源系统可规定类似网络。耦合电路如图5c)中给出。

不应由被测设备的工作电流导致磁性材料的饱和而引起耦合去耦网络的性能过度降低。无论如何，网络的结构应该确保正向电流的磁效应可以被返回电流的磁效应相抵消。



如果实际安装中，电源线可各自分开走线，应用分立的耦合和去耦网络CDN-M1。全部输入口应分开处理。

如果受试设备提供有其它地端子（例如，为了射频的目的或者大的漏电流），这些地端子应连接到接地参考平面上：

- 当受试设备的特性或规范允许通过 CDN-M1 时，在这种情况下，供电电源应通过其他合适的 CDN-M $\times$ 型网络提供；
- 由于射频或其它原因，当受试设备的特性和规范不允许有一 CDN-M1 网络串联于地端子上，地端子应直接连接到接地参考平面上。在该情况下，CDN-M3 网络应由 CDN-M2 网络取代，以防止由保护地导体形成射频短路电路。当设备已经通过 CDN-M1 或 CDN-M2 供电，运行中应保留它们。

警告：由于电容器跨接在CDN的带电部分之间，结果可能产生较高漏电流，必须有CDN到接地参考平面的安全连接（在某些情况下，这些连接可由CDN的结构提供）。

### 6.2.2.3 用于非屏蔽平衡线的耦合去耦网络

为了耦合和去耦骚扰信号，对有平衡线的非屏蔽电缆可由 CDN-T2、CDN-T4 或 CDN-T8 作为耦合和去耦网络。在附录 D 中图 D4、图 D5 和图 D7 给出这些电路简图。

- CDN-T2 用于有 1 个对称对（2 线）的电缆。
- CDN-T4 用于有 2 个对称对（4 线）的电缆。
- CDN-T8 用于有 3 个对称对（8 线）的电缆。

如果其他 CDN-T $x$  网络对指定的频率范围是合适的并满足 6.2.1 的要求，也可以用这些网络。例如，从的差模到共模 CDN $s$  的变换损耗比被安装的电缆或连接安装电缆的设备规定的变换比的值大。如果对电缆和设备规定不同变换比，则应采用较小的值。通常，对平衡的多对电缆采用钳注入法更合适，因为没有适当的耦合去耦网络可以利用。

### 6.2.2.4 用于非屏蔽不平衡线的耦合去耦网络

为了耦合和去耦骚扰信号，对非屏蔽的不平衡线，单线采用图 D.3、四线采用图 D.6 所述的耦合和去耦网络。

- CDN-AF2 用于两线的电缆。

如果没有适用于非屏蔽不平衡线的耦合去耦网络，则按照图 12 来决定使用何种方法。

### 6.2.2.5 用于屏蔽电缆的耦合去耦网络

为了耦合和去耦骚扰信号，对屏蔽电缆，应使用 S $\times$ 型的耦合去耦网络。图 D.1 是用于同轴电缆（S1）的例子。

两端都具有屏蔽的电缆才可视为应使用上述耦合去耦网络的屏蔽电缆，如果不满足此条件，则电缆应被视为非屏蔽电缆。

## 6.2.3 钳注入装置

### 6.2.3.1 概述

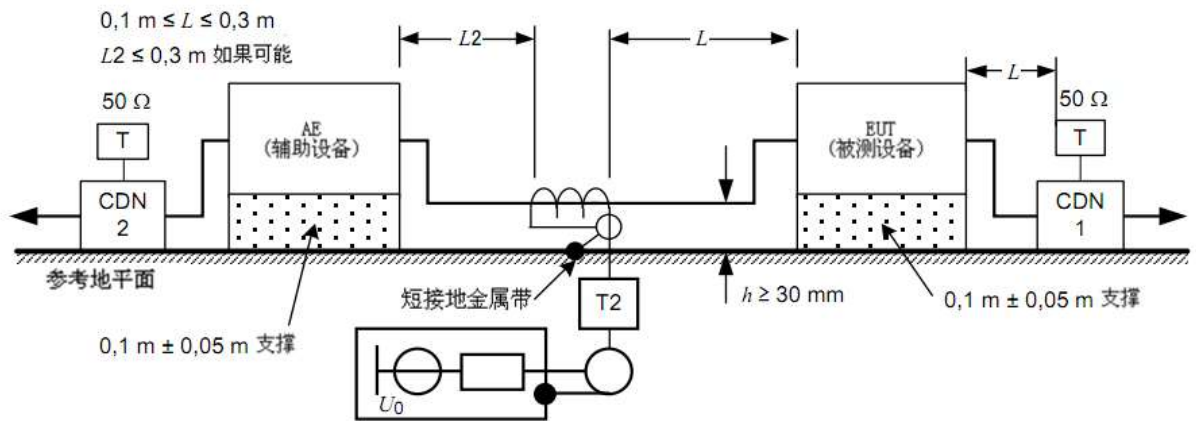
对钳注入装置，耦合和去耦功能是分开的。由钳合式装置提供耦合，而共模阻抗和去耦功能是建立在辅助设备上的。就此而言，辅助设备是耦合和去耦装置的一部分（见图5），需要注意的是，通过钳注入装置施加给辅助设备和EUT的注入电流是相同的，因此需要使辅助设备不受试验电平的影响。

注1: 当使用钳注入法时, 如果不满足辐射设备的共模阻抗要求, 则可能无法满足  $Z_{cc}$  的要求。然而, 若采用 7.4.1 的规范, 钳注入法可以提供能够接受的测试结果。

注2: 电磁钳可提供一些 10MHz 以上的去耦, 见附录 A。

7.6中给出了正确使用钳注入装置的说明。

当用电磁钳或电流钳不满足7.6所给定的要求时, 应采用7.7所规定的程序。在该程序中, 感应电压用6.4.1所述的同样方法设置。另外应监视并限制产生的电流在 $I_{max}$ 的范围内。在这个过程中, 可能会使用一个更低的共模阻抗, 但是共模电流应限制在流经150Ω信号源的电流的值的范围内。



耦合去耦网络连接到辅助设备 (AE), 例如, CDN-M1 连接到所指示的接地端口, 或 CDN-M3 应在输入端口端接 50Ω 负载 (见 7.7)。

图 5 按照钳注入法的耦合和去耦原理图

### 6.2.3.2 电流钳

该装置对连接到设备的电缆建立一感性耦合, 例如用5: 1匝变换比的共模串联阻抗, 相对于由辅助设备建立的150Ω电阻可忽略不计。在这种情况下, 信号发生器的输出阻抗 (50Ω) 转换成2Ω。其它的线匝比也可以使用。

电流钳的性能应满足因插入电流钳所造成的测试夹具传输损耗增高不超过1.6dB。图7给出了验证传输损耗的电路设置。

注1: 此验证可分为两步完成。第一步, 在不插入电流钳时测量电压。第二步, 插入电流钳且在其输入端口端接 50Ω 负载时测量电压。两次测量的差异不应超过上述定义的 1.6dB。

在测试前, 设置电流注入钳的信号电平。6.4.1和图6给出了测试电平调整程序。

使用电流钳时, 应注意防止在耦合装置的EUT端口出现由功率放大器产生的比基波电平更高的谐波电平。

注2: 通常必须使电缆通过钳的中心位置, 以使电容耦合最小。

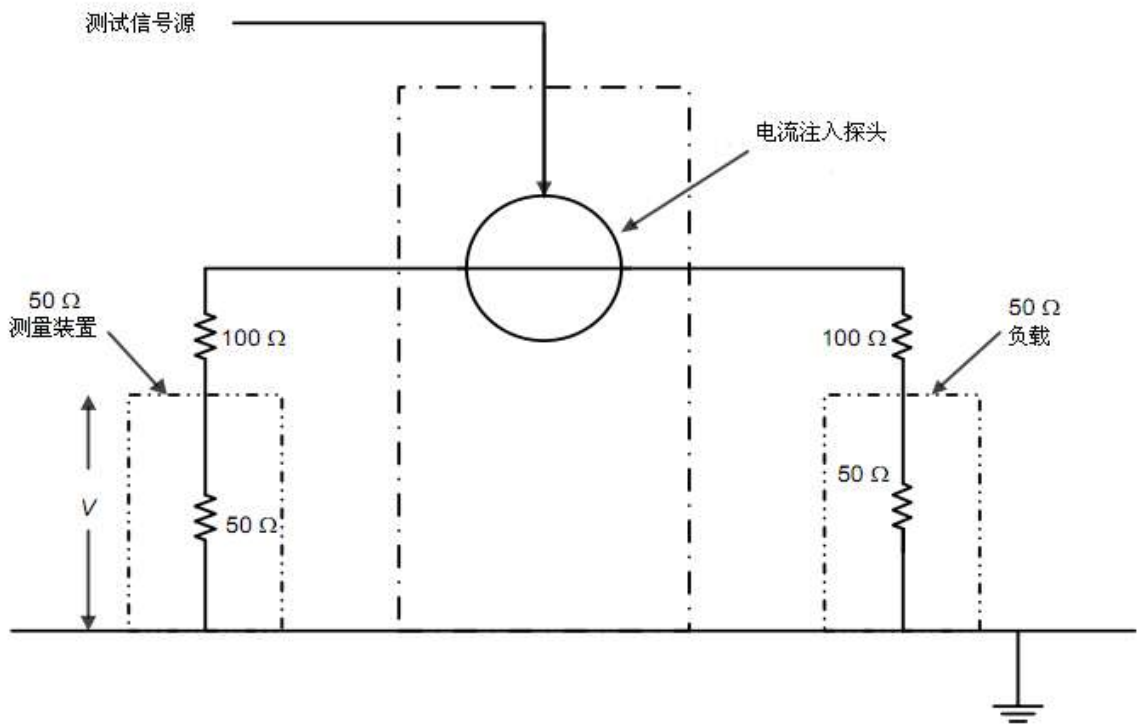


图 6 150Ω 测量夹具的电平调整设置电路示例

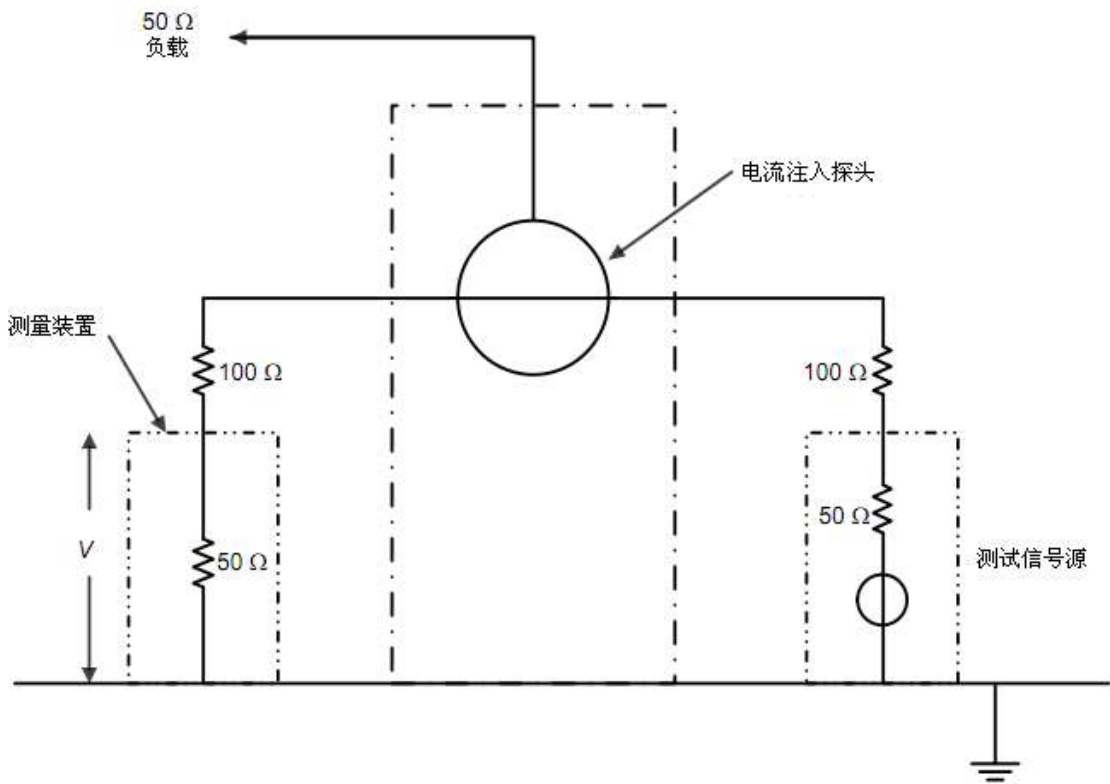


图 7 电流钳的性能评价电路示例

### 6.2.3.3 电磁钳

电磁钳的作用是对连接受试设备的电缆建立感性和容性耦合。在附录A中描述了电磁钳的结构和性能。

### 6.2.4 直接注入装置

当使用直接注入法时，来自试验信号发生器的骚扰信号通过100Ω电阻被注入到同轴电缆的屏蔽层上（即使屏蔽层未接地或仅仅只有一个接地点）。在辅助设备和注入点之间（见图4b），应尽可能靠近注入点插入一个去耦装置（见6.2.5）。为了提高去耦性能和稳定电路，应将直接注入装置输入端口的地与接地参考平面连接。

当直接连接到金属膜屏蔽层时，要注意确保良好的地连接，以得到可靠的测试结果。

### 6.2.5 去耦网络

通常，去耦网络由各种电感组成，以便在整个频率范围内产生高阻抗。这由所用铁氧体材料确定，并要求在150kHz频率上至少是280μH的电感量。电抗应足够高，在26MHz以下频率电抗应大于等于260Ω，在26MHz以上频率电抗应大于等于150Ω。电感量或由绕在铁氧体环上给定数目的线圈获得（见图4d），或由套在电缆上的一些铁氧体环获得（通常是钳合式管）。

注1：通常必须使电缆通过钳的中心位置，以使电容耦合最小。

除非本部分中特别声明，否则，附录D中规定的耦合和去耦网络作为去耦网络使用时，射频输入端口无需端接负载。当耦合和去耦网络这样使用时，它们应满足6.2.5的要求。

此外，去耦网络应用在不被测量但连接到受试设备和/或辅助设备的全部电缆上。对于例外情况，见7.3。

## 6.3 耦合和去耦装置的受试设备端口上共模阻抗的验证

### 6.3.1 概述

耦合和去耦装置是由受试设备端口上看进去的共模阻抗 $|Z_{ce}|$ 来表征的。其正确值保证测量结果的重现性。耦合和去耦装置的共模阻抗的校准使用如图8所示的配置。

耦合和去耦装置和阻抗参考平面（图8a）应放在接地参考平面上，接地参考平面的尺寸应超过装置所有边的几何投影尺寸至少0.2m。

阻抗参考点如图8a所示连接到耦合和去耦网络的受试设备端口。阻抗平面连接器上共模阻抗的幅值应被测量。

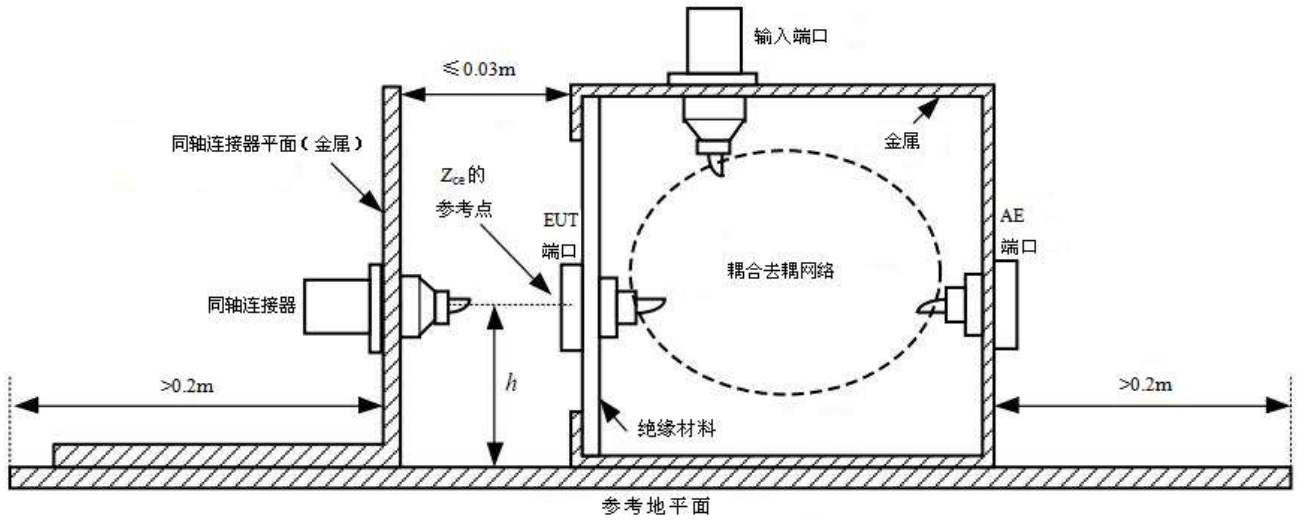
如图8b所示，当输入端口接50Ω负载且辅助设备端口以共模方式用短路和开路条件依次加载时，耦合和去耦网络应满足6.2中表3的阻抗要求。该要求保证足够的衰减和使辅助设备（例如：开路或短路）的输入无意义。

如果用钳注入或直接注入，则验证连接到受试设备的每个辅助设备配置的共模阻抗是不现实的。对于钳注入，通常按7.6所给程序即满足要求。在其它所有情况下，应采用7.7规定的程序。对于直接注入，通常按7.8所给程序即满足要求。

### 6.3.2 150Ω至50Ω适配器的插入损耗

在测试前，测试信号源设置时，测试电平必须在一个共模阻抗150Ω的环境中校验。如图8d所示，通过150Ω至50Ω适配器将50Ω的测量设备连接到适当的共模点来实现。适配器的结构如图8e所示。

适配器应放置在接地参考平面上，接地参考平面的尺寸应超出测试配置的所有边界几何投影至少0.2m。根据图8c的原理测量的插入损耗值应在 $9.5 \pm 0.5$ 的范围内（理论值9.5dB是由附加的串联阻抗在50Ω系统中测量得到的）。推荐在接收机的输入端口和信号源的输出端口上使用具有合适电压驻波比（建议电压驻波比 $\leq 1.2$ ）的衰减器。



---参考地平面：应超过耦合和去耦装置和其他部件投影尺寸至少 0.2m。

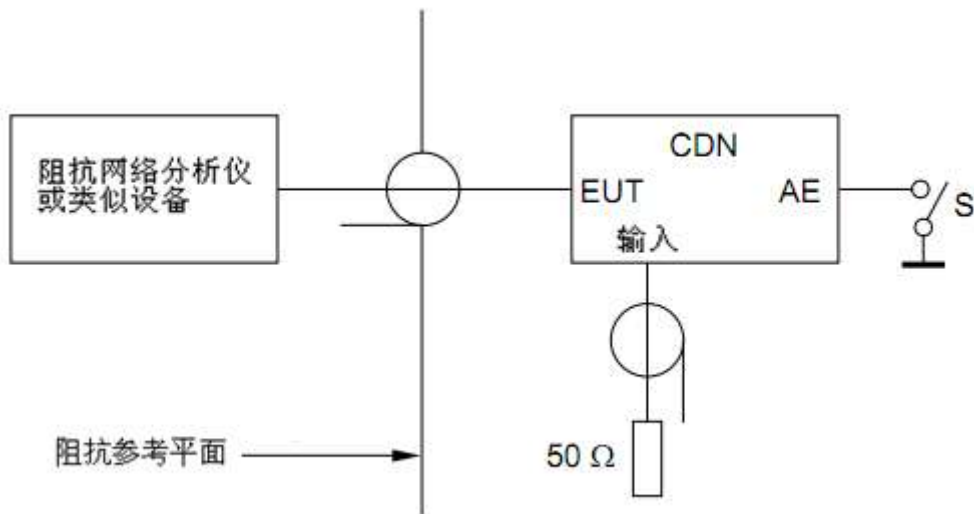
---同轴连接器应水平地连接至 EUT 端口。

---EUT 端口的高度  $h$  取决于 CDN，可能从 30mm 到 100mm 不等；尤其是大电流 CDN 的 EUT 端口位于更高处。

---同轴连接器平面(包含同轴连接器)： $h=30\text{mm}$  时尺寸为  $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ ， $h$  为其他值时尺寸为  $150\text{mm}\times 150\text{mm}$ 。

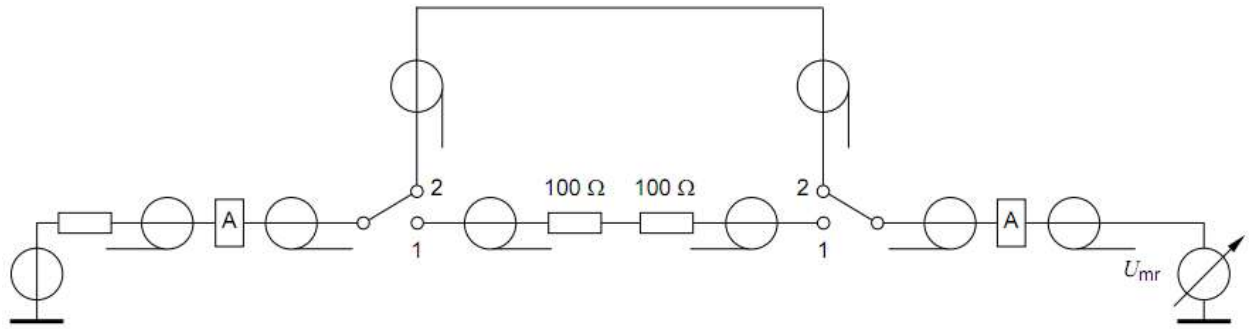
---两参考平面均应由铜、黄铜或铝制成，并且必须有良好的射频接触。

a) 验证耦合和去耦装置阻抗特性装置的几何装置举例



开关  $S$  通和断时应满足阻抗要求（见 6.3）。

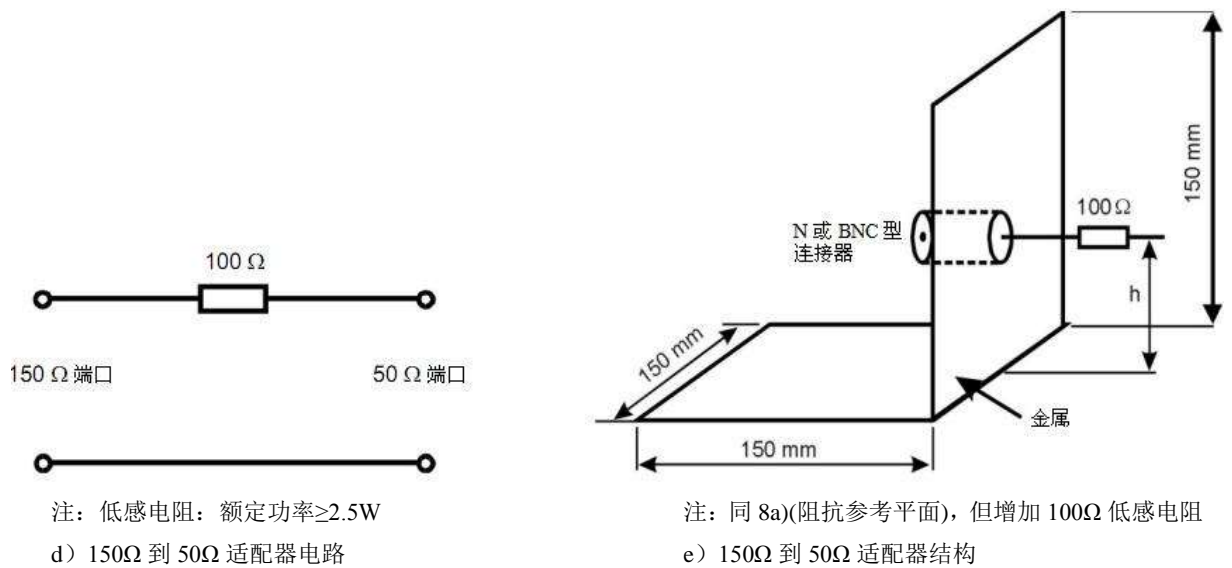
b) 验证耦合和去耦装置的  $Z_{ce}$  的配置原理图



插入损耗= $U_{mr}$ (开关置于 2)-  $U_{mr}$ (开关置于 1)

dB                      dB $\mu$ V                      dB $\mu$ V

c) 测量两个150 $\Omega$ 到50 $\Omega$ 适配器的插入损耗的配置原理图



注：低感电阻：额定功率 $\geq 2.5W$

d) 150 $\Omega$ 到50 $\Omega$ 适配器电路

注：同 8a)(阻抗参考平面)，但增加 100 $\Omega$  低感电阻

e) 150 $\Omega$ 到50 $\Omega$ 适配器结构

图 8 验证耦合和去耦装置及 150 $\Omega$ 到 50 $\Omega$ 适配器的基本特性的详细配置和部件

## 6.4 试验信号发生器的设置

### 6.4.1 概述

应采用6.4.2中的程序正确调整未调制的试验电平，应保证试验信号发生器，耦合和去耦装置以及150 $\Omega$ 至50 $\Omega$ 适配器满足6.1、6.2.1和6.3.1的要求。

电平调整可使用两种方法：

——试验信号发生器的输出功率可以通过测量放大器的输出功率(正向功率，如用定向耦合器测量)来确定；

——若可以保证试验设备(特别是放大器)的稳定性，也可以通过复制已有的电平调整数据集来设置射频发生器(试验信号发生器)的输出。

### 6.4.2 耦合装置的受试设备端口上输出电平的调整

试验信号发生器应该连接到耦合装置的射频输入端口，耦合装置的受试设备端口以共模方式通过150 $\Omega$ 至50 $\Omega$ 适配器连接到输入阻抗为50 $\Omega$ 的测量仪上，辅助设备端口应用150 $\Omega$ 至50 $\Omega$ 适配器以共模方式加载并端接50 $\Omega$ 电阻。全部耦合和去耦装置的配置如图9)所示。

注1：对于直接注入，如果屏蔽层被连接到辅助设备端口一侧的接地参考平面时，不需要在辅助设备端口接150 $\Omega$ 负载。

注2：对于钳注入，电流钳一般是双向，因此没有 EUT 端口和 AE 端口。这些装置如图 6 所示使用试验夹具进行校准。

警告：试验信号发生器调整过程中，为避免短路或测量设备的损坏，除必须连接之外的耦合和去耦装置所有连接到受试设备和辅助设备的端口（见图9）均不应连接。

用上述配置以及下述测量程序，试验信号发生器应调到使测量仪获得以下读数。

每一个耦合装置应遵循的程序：

a) 提供给耦合装置前向功率（无调制），在150Ω转50Ω适配器的输出端口获得相等的电压 $U_{mr}$ ；记录射频发生器的电平 $P_{gen}$ ，和/或功率放大器输出端口的前向功率 $P_{for}$ 以及在150Ω转50Ω适配器的输出端口的电压 $U_{mr}$ ；

b) 增加频率，最大不超过当前频率的1%；

c) 重复步骤a) 和b)，直到序列中的下一个频率将超出测试范围内的最高频率（例如80MHz）；

d) 利用记录的射频发生器电平 $P_{gen}$ 、前向功率 $P_{for}$ 和步骤a)中获得的电压 $U_{mr}$ ，计算在耦合装置EUT端口产生需要的电压所必要的前向功率和/或射频发生器功率；

e) 应确保放大器不饱和，使用从步骤d)获得的数据调整试验信号发生器以产生所需的试验电平。最高等级的试验只需要使用步骤1)至4)：

1) 按照5.1dB增加射频发生器电平；

2) 记录传递至耦合装置的新的输出功率 $P_{for,inc}$ 或在150Ω转50Ω适配器的输出端口的电压 $U_{mr,inc}$ ；

3) 计算 $P_{for,inc}$ 与 $P_{for}$ 或 $U_{mr,inc}$ 与 $U_{mr}$ 的差值（对数形式）；

4) 如果差值在3.1dB到7.1dB之间则说明放大器在允许范围内且试验系统在选定的试验等级上满足需要。如果差值小于3.1dB或大于7.1dB则放大器处于非线性状态且不满足试验需要。

附录J提供了试验信号发生器压力及放大器非线性的信息。

设置程序步骤a) 中的 $U_{mr}$ 应为：

$$U_{mr} = \frac{U_0}{6} \begin{pmatrix} +19\% \\ -16\% \end{pmatrix} \text{ 线性值表示, 或}$$

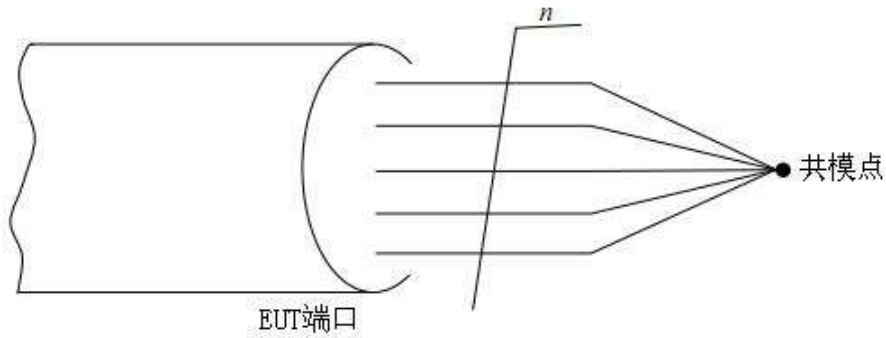
$$U_{mr} = U_0 - 15.6dB \pm 1.5dB \text{ 对数值表示}$$

注3： $U_0$ 是表1中定义的试验电压， $U_{mr}$ 是3.12和图9中定义的测量电压。为减小测量误差，应用150Ω负载（例如用150Ω转50Ω适配器和50Ω终端阻抗）来设置 $U_{mr}$ ，而不是通过设定 $U_0$ 来调整试验信号发生器的输出电平。

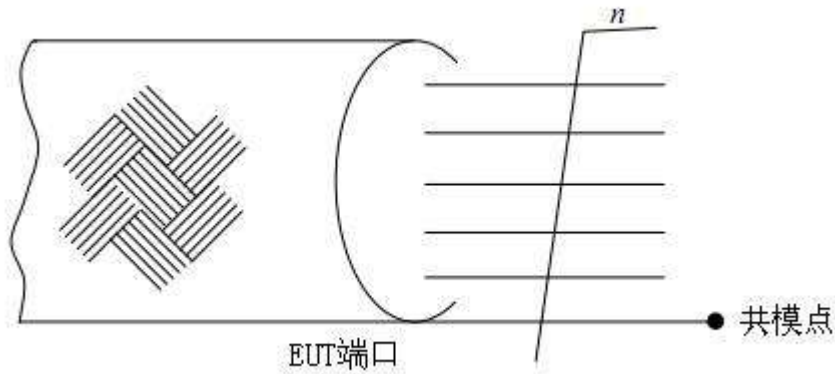
注4：系数6（15.6dB）源于试验等级所规定的电动势值（e. m. f.）。匹配的负载电平是电动势的一半。由端接50Ω测量仪的150Ω至50Ω适配器产生3:1的分压比。

注5：如果试验设备不具有放大器输出功率控制，则每个耦合装置和每个目标测试等级均应重复此程序。附录J（国家标准“附录K”有误）给出了对于具有放大器输出功率控制的试验系统或依据以下程序的放大器线性度，6.4.2所规定的每种耦合装置的程序只适用于最高目标试验等级。

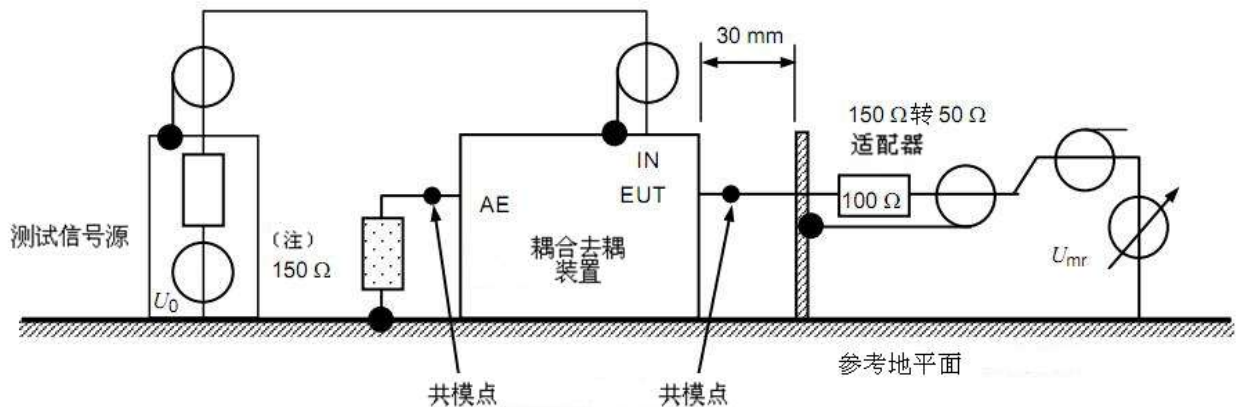
应记录试验信号发生器设置（软件参数、衰减器设置等）的控制参数并用于测试。



a) 非屏蔽电缆的共模点定义



b) 屏蔽电缆的共模点定义



c) 耦合和去耦装置EUT端口电平设置的配置

图9 电平调整配置

## 7 试验配置和注入方法

### 7.1 试验配置

耦合和去耦装置的举例：

- 耦合和去耦网络（CDN）
- 直接注入网络（有去耦）转参考地平面
- 钳注入装置（电磁钳）

注：在AE端加在150 $\Omega$ ，例如，150 $\Omega$ 到50 $\Omega$ 适配器端接50 $\Omega$ 负载，只用于未屏蔽电缆（如是屏蔽电缆，其屏蔽层应连接到接地参考平面上）。



受试设备应放在参考接地平面上方 $0.1\text{m}\pm 0.05\text{m}$ 高的绝缘支架上。 $0.1\text{m}\pm 0.05\text{m}$ 高度内的非导电滚/脚轮可作为绝缘支架的替代品。所有与被测设备连接的电缆应放置于接地参考平面上方至少30mm的高度上。

如果设备被设计为安装在一个面板、支架和机柜上，那么它应该在这种配置下进行测试。当需要用一种方式支撑测试样品时，这种支撑应由非金属、非导电材料构成。设备的接地应与生产商的安装说明一致。

在需要使用耦合和去耦装置的地方，它们与被测设备之间的距离应在0.1m到0.3m之间（本标准中此距离以 $L$ 表示）。这个距离是从被测设备对接地参考平面的投影到耦合和去耦装置的水平测量距离。参见图5、10和11。章节7.2到7.8提供更细节的信息。

**注1：**距离 $L$ 无需在EUT的各个面相同，但均应在0.1m至0.3m之间。

## 7.2 单个单元构成的EUT

EUT应放在参考接地平面上方0.1m高的绝缘支架上。对于台式设备，参考接地平面可以置于桌面上（见图10）。

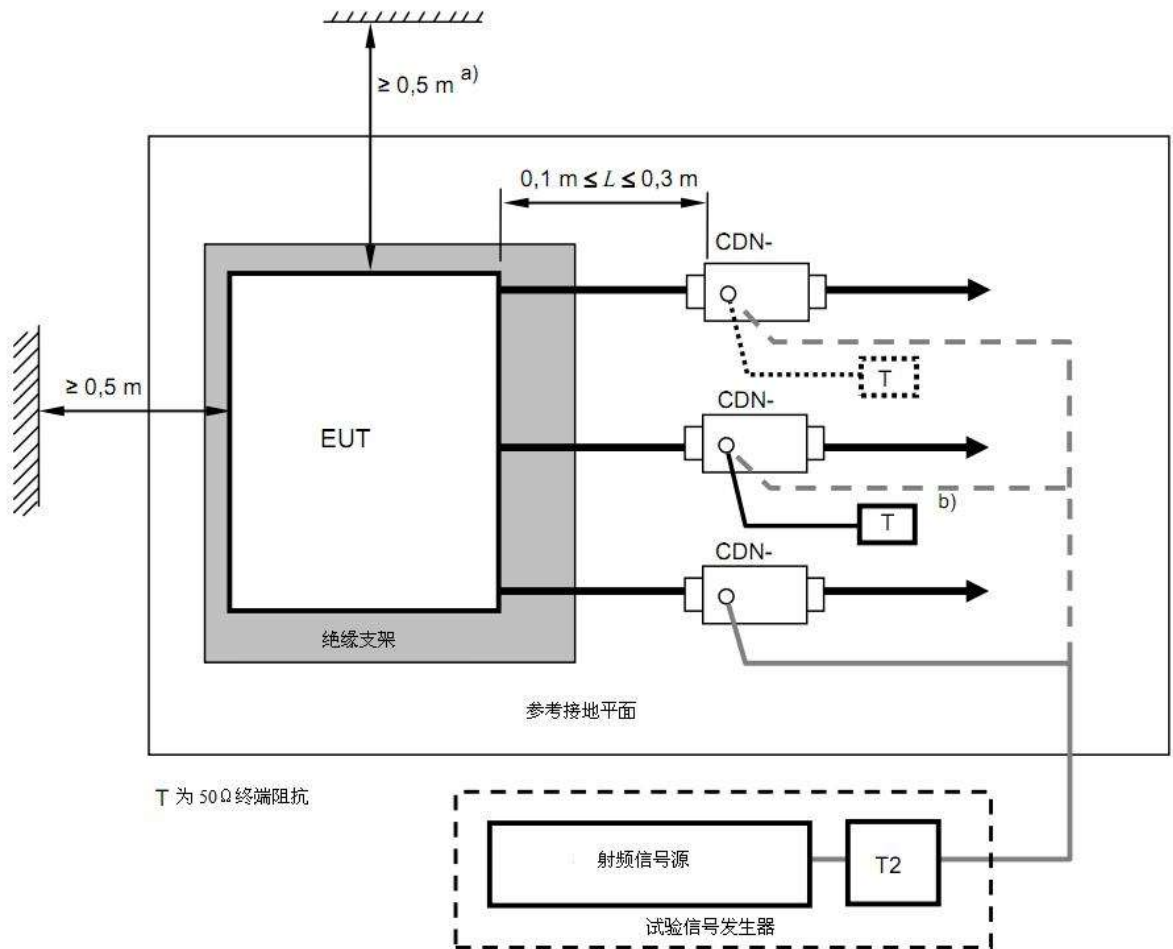
在全部的被测电缆上，应插入耦合和去耦装置（见7.4.3）。耦合去耦装置应放置在参考接地平面上，在距EUT $0.1\text{m}\sim 0.3\text{m}$ 处并与参考接地平面直接接触。耦合装置、去耦装置以及EUT之间的电缆应尽可能短并且不可捆扎或卷曲。它们应置于参考接地平面上方至少30mm。

**EUT与AE之间的接口电缆应尽可能短。**

如果EUT具有其他接地端子，当允许时，它们应通过CDN-M1连接到参考接地平面，见6.2.2.2（即连接到CDN-M1的AE端口，然后连接到参考接地平面）。

如果EUT具有键盘或手持附件，人工手应放在键盘上或包裹在附件上然后连接到参考接地平面。

依据产品委员会的规定所定义的EUT工作状态选择所需的AE。例如，通信设备、调制解调器、打印机、传感器等，以及为保证数据传输和功能评价所必需的辅助设备，均应通过耦合和去耦装置连接到受试设备上。被测电缆的数量可能是有限的，但所有类型的物理端口均应被注入。



a) EUT 距除试验设备外的金属物体至少 0.5m。

b) 不用于注入的耦合去耦网络中只有一个用 50Ω 负载端接，提供唯一的返回路径。所有其它的耦合去耦网配置为去耦网络。

图 10 单一单元 EUT 测试布置的举例（顶视图）

### 7.3 多个单元构成的 EUT

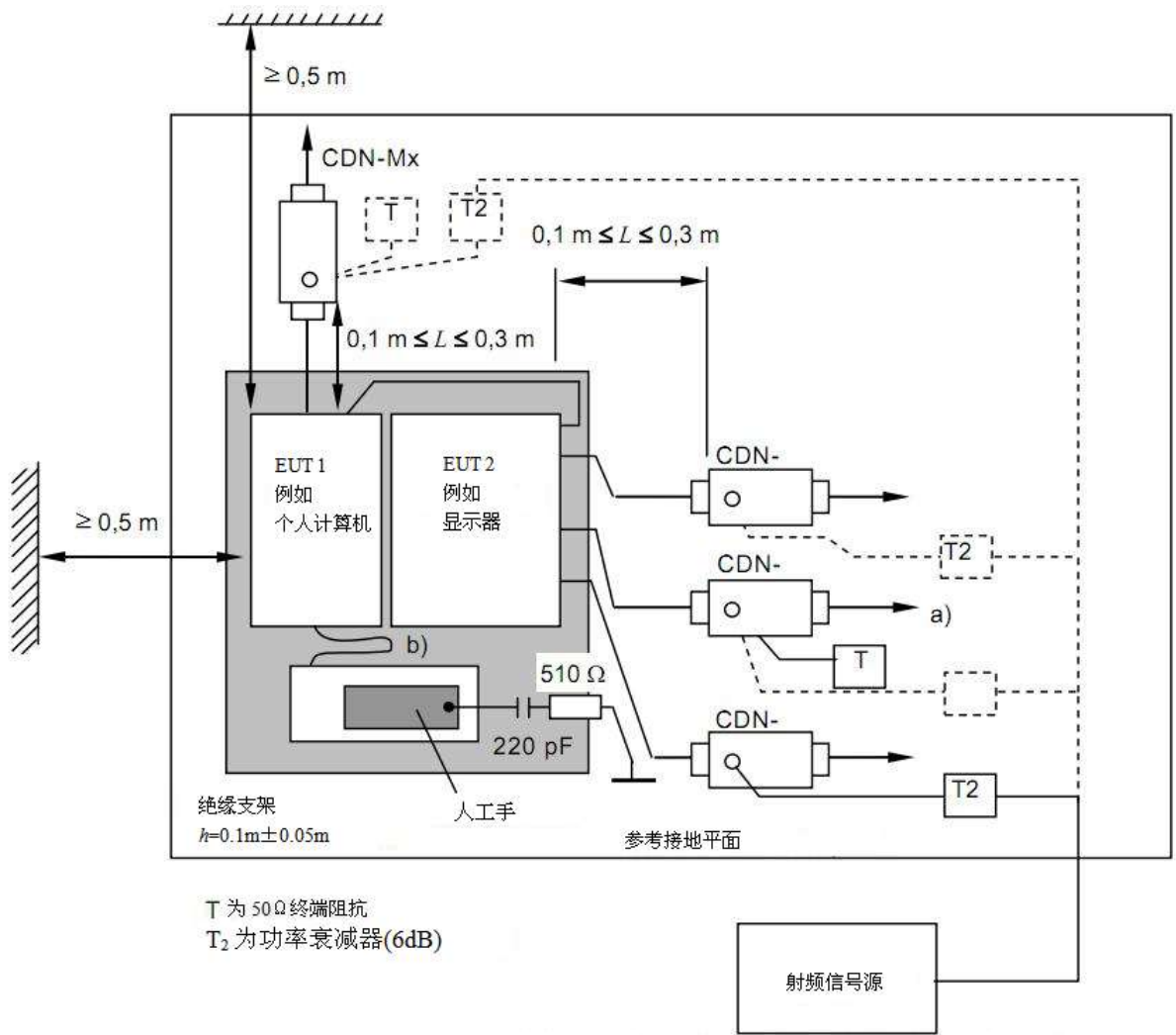
被相互连在一起的各单元组成的受试设备，应用下述方法之一进行测量（见图10）。

——优先法：每个分单元（附件）应作为一个受试设备分别测量，见 7.2，其他所有单元被视为是辅助设备。耦合和去耦装置应置于被认为是受试设备的分单元的电缆上（按 7.4.1），应依次测量全部分单元。

——代替法：总是由短电缆（即 $\leq 1\text{m}$ ）连在一起的并作为受试设备的一部分的分单元（附件），被认为是一个设备。对这些互联的电缆不进行传导抗扰度测量，而作为系统内部电缆考虑。

作为受试设备一部分的各分单元应尽可能相互靠近但不接触的放置，并全部放在绝缘支架上，这些单元的互联电缆也应放在绝缘支架上。所有其他电缆应按照7.4至7.8给出的规则进行试验。

**EUT距除试验设备外的金属物体至少0.5m。**



- a) 不用于注入的耦合去耦网络中只有一个用  $50\Omega$  负载端接，提供唯一的返回路路径。所有其它的耦合去耦网配置为去耦网络。
- b) 属于 EUT 的互连电缆 ( $\leq 1\text{m}$ ) 应置于绝缘座上。

图 11 多单元 EUT 测试布置的举例 (顶视图)

## 7.4 选择注入法和试验点的原则

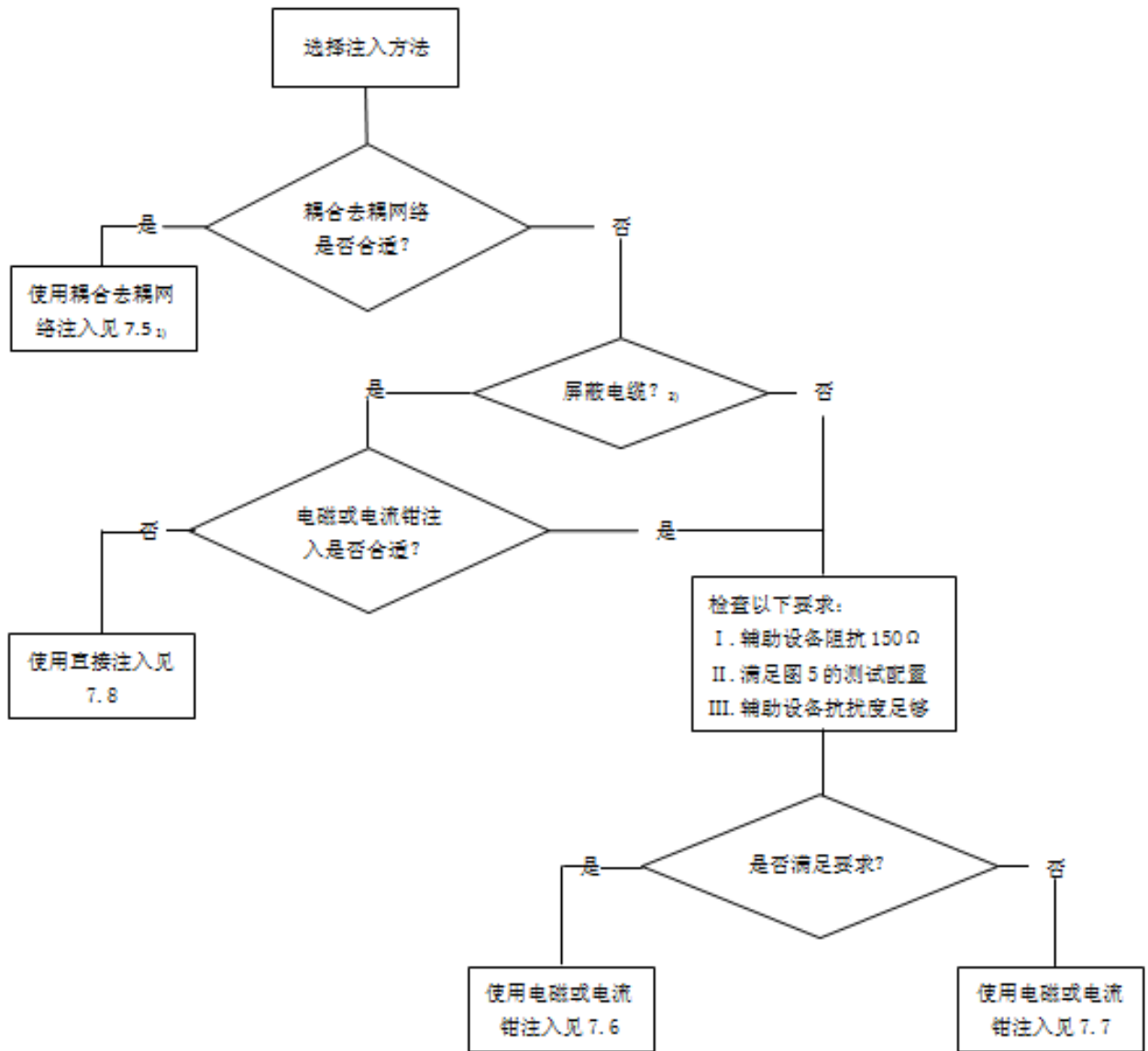
### 7.4.1 概述

对提供给耦合和去耦装置的电缆所选择的类型和数目，以及典型安装条件的实际布置应当加以考虑，例如，最长电缆的大概长度。

对于所有的测试，被测设备与辅助设备之间电缆的总长度（包括任何所使用的耦合去耦网络的内部电缆）不应超过被测设备制造商所规定的最大长度。

### 7.4.2 注入法

图12给出选择注入法的规则。



- 1) 见表4。  
2) 见6.2.4。

图 12 选择注入法的规则

在这里没有规定的是，包含测试所选择的电缆的被测设备应在与典型应用一致的方式配置、安装、布置和操作。未列在本部分中的耦合和去耦网络，只要满足该标准的要求的也可以使用。

从受试设备引出的各种电缆彼此互相靠近，并且其接近部分长度大于10m，或从受试设备到另一设备是用电缆盘或管道走线时，则它们应作为一条电缆处理。

如果产品委员会决定某种耦合和去耦装置更适合于连接该系列产品的电缆，那么应优先选择这种装置（技术根据证明合适）。在产品标准中应阐明这些装置，在附录D中叙述了耦合和去耦网络的例子。

### 7.4.3 试验端口

在任何一个测试中，只需要两个150Ω的网络。用于将测试信号注入的网络可以在不同的被测端口之间转换。当一个耦合去耦网络从一个端口上移除，可以用一个去耦网络来替代。

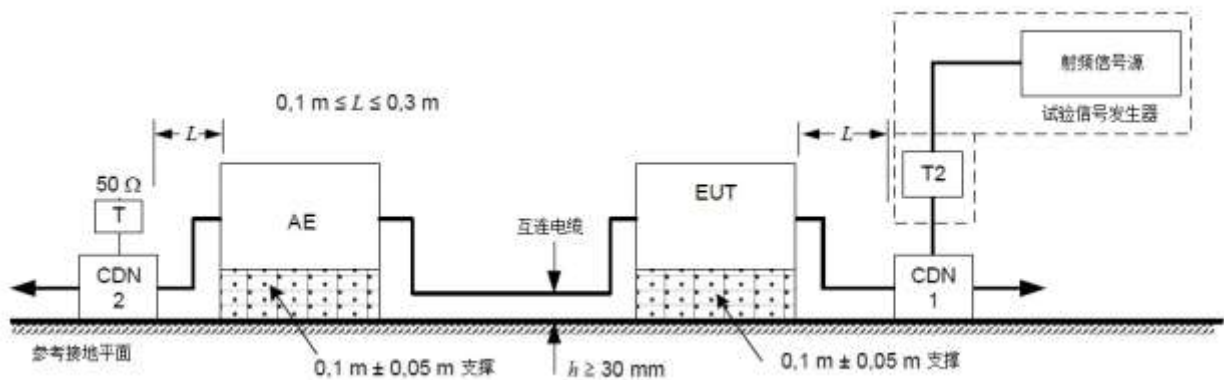
如果被测设备有多个相同的端口（相同的输入或输出电子电路，负载，连接设备，等等），至少要选择这些端口中的一个进行测试，确保所有不同类型的端口被涵盖。

### 7.5 使用耦合去耦网络注入

当使用耦合和去耦网络注入时，需要采取以下测量措施：

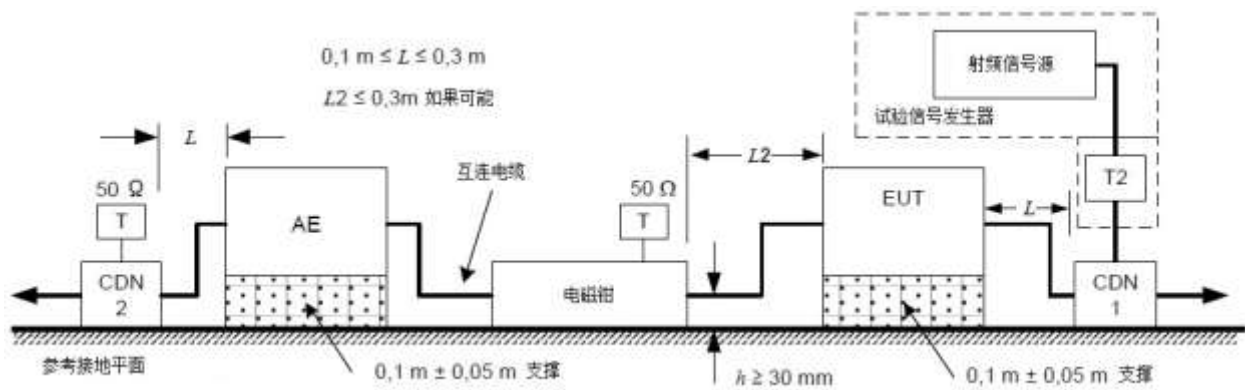
- a) 如果辅助设备是直接连接到EUT的（例如如图13a）所示，它们之间的连接没有经过去耦）则其应放置在位于参考接地平面上方 $0.1\text{m} \pm 0.05\text{m}$ 的绝缘支架上，且通过端接CDN来接地。
- b) 如果有多个辅助设备直接连接到EUT，只有其中一个辅助设备以此方式端接，其它直接连接的辅助设备应做去耦处理，以此确保只有一个端接 $150\Omega$ 负载的环路。
- c) 一个耦合和去耦网络应接在要被测试的端口上，而一个接有 $50\Omega$ 负载的耦合和去耦网络连接在另一个端口。去耦网络应安装在所有其它连接电缆的端口。在这种方法中，只有一个端接 $150\Omega$ 负载的环路。
- d) 被端接的耦合和去耦网络的选择应遵循以下的优先次序：
  - 1) CDN-M1 用于连接地终端；
  - 2) CDN-M3, CDN-M4, 或 CDN-M5, 用于电源（I类设备）；
  - 3)  $\text{CDN-S}_n$  ( $n=1,2,3,\dots$ ) 若 EUT 具有多个  $\text{CDN-S}_n$  端口, 应使用最靠近所选注入点的端口 (最短的几何距离)；
  - 4) CDN-M2 用于电源（II类设备）；
  - 5) 其它连接到端口的耦合和去耦网络, 最靠近所选的注入点 (最短的几何距离)。

注2: 附录 I 给出了一种针对特定产品的替代 CDN 注入程序的导则。
- e) 如果EUT只有一个端口，这个端口连接到耦合和去耦网络上用作注入用途；
- f) 如果EUT有两个端口但只有一个CDN可以连接到EUT，其他端口应连接到AE，AE其他端口之一按照上述优先次序连接到一个接有 $50\Omega$ 负载的CDN。AE的所有其他连接应去耦（见图13a）。如果连接到EUT的AE在测试过程中出现错误，则应在AE与EUT之间（见图13a）连接一个去耦装置（最好是端接一个电磁钳）。
- g) 如果EUT有多于两个端口但只有一个CDN可以连接到EUT，它应按照两端口EUT所描述的方法进行试验，但EUT的所有其他端口应进行去耦处理。如上所述，如果连接到EUT的AE在测试过程中出现错误，则应在AE与EUT之间连接一个去耦装置（最好是端接一个电磁钳）。



如果可能，互连电缆应设置为1m长。

a) 仅连接一个CDN的二端口EUT布置示意图



b) 举例：试验中AE出现错误时的布置示意图

T: 50Ω负载

T2: 功率衰减器 (6 dB)

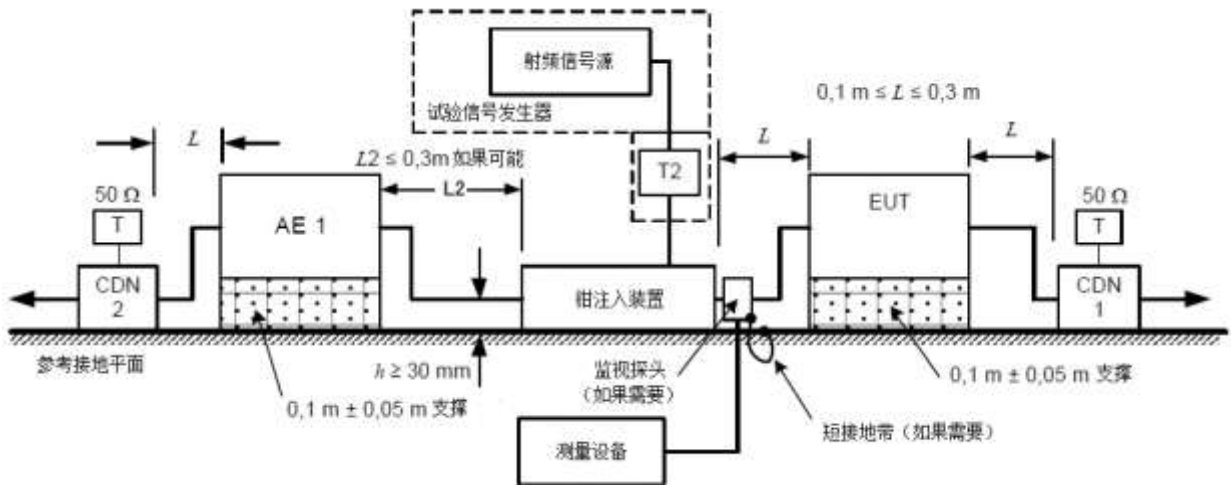
CDN:耦合和去耦网络

图 13 二端口 EUT 的抗扰度试验（仅能使用一个 CDN 时）

## 7.6 当满足共模阻抗要求时的钳注入应用

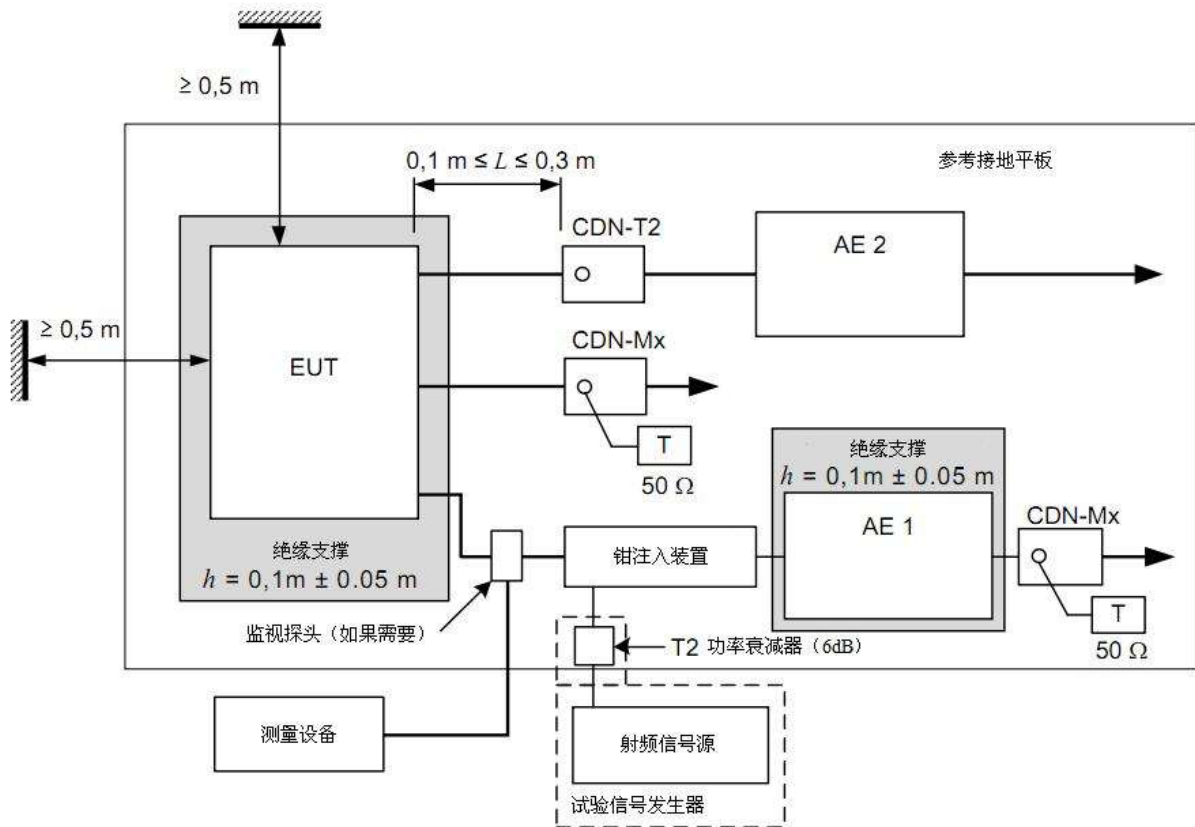
当使用钳注入法时，辅助设备的配置应呈现尽可能的接近6.2.1中要求的共模阻抗（见附录H）。每一个用于钳注入的辅助设备应尽可能的代表功能性安装条件。为了满足近似所需的共模阻抗的要求，应采取以下措施：

- 用于钳注入的每一个辅助设备应放置在距接地参考平面 0.1m 高度的绝缘支撑上。
  - 钳应置于被测电缆上。应提供给钳经过电平设置程序预先确定好的试验信号电平。
  - 试验中，应从电流注入钳输入端口的屏蔽层或电磁钳的接地柱至参考接地平面建立接地（见图 14 和 15）。
  - 去耦网络应安装在辅助设备与被测设备之间的每一条电缆上，被测电缆除外。
  - 连接到每一个辅助设备的所有电缆，除了被连接到被测设备上的电缆，应为其提供去耦网络，见 6.2.5 和图 5。
  - 连接到每个辅助设备的去耦网络（除了在被测设备和辅助设备之间的电缆上的网络）距辅助设备的距离不应超过 0.3m（距离：L2）。辅助设备与去耦网络之间的电缆或辅助设备与注入钳之间的电缆即不捆扎，也不盘绕，且应保持在高于接地参考平面 30mm 的高度（图 5）。
  - 被测电缆一端是被测设备，另一端是辅助设备。可以连接多个耦合和去耦网络到被测设备和辅助设备；然而，在每个被测设备和辅助设备上只有一个耦合和去耦网络因被端接 50Ω 负载。耦合和去耦网络的端接的选择应遵循 7.5 中的优先次序。
  - 当使用多个注入钳时，每根电缆上的注入测试应一根接一根依次进行。被选择用注入钳测试的电缆在没有测试的情况下也应按照 6.2.5 要求进行去耦处理。
- 在其它所有的情况下，应依照 7.7 中的程序进行。



注：关于监视探头的使用，见7.7。

图 14 使用钳注入装置的试验布置一般原则



注：关于监视探头的使用，见7.7。

图15 位于接地平面上的试验单元使用钳注入的举例（顶视图）

### 7.7 当不满足共模阻抗要求时的钳注入应用

当用钳注入且在辅助设备一侧不满足共模阻抗要求时,辅助设备的共模阻抗必须小于或等于受试设备的被测端口的共模阻抗,否则,在辅助设备端口应采取措施(例如,使用CDN-M1或从辅助设备到地之间加150Ω电阻),以满足这一条件并防止谐振。本程序中,仅给出与7.6有关的差别。

——用钳注入的每种辅助设备和受试设备应尽可能接近实际运行的安装条件。例如,将被测设备连接到接地参考平面上或者将其放在绝缘支架上(见图14和图15)。

——用**电流监视探头**(具有低插入损耗)插入注入钳和受试设备之间,并监视由感应电压产生的电流(按照6.4.1调整)。如果电流超过下面给出的短路电流值 $I_{max}$ ,试验信号发生器电平应一直减小到测量电流等于 $I_{max}$ 值:

$$I_{max}=U_0/150\Omega$$

在试验报告中应记录施加的修正试验电压的电平值。

**为保证重现性,在试验报告中应充分地描述试验配置。**

## 7.8 直接注入的应用

当采用直接注入在电缆屏蔽层时,需要采取以下测量措施:

——受试设备应放置在距接地参考平面0.1m高度的绝缘支撑上。

——在被测电缆上,去耦网络应位于注入点和辅助设备之间,尽可能靠近注入点。第二个端口应用150Ω的负载端接(耦合和去耦网络用50Ω负载端接)。这个端口应按照7.5中的优先次序选择。在所有其它与被测设备连接的电缆上应安装去耦网络(当端口开路,耦合和去耦网络可以认为是去耦网络)。

——注入点应位于接地参考平面上方,从被测设备的几何投影到注入点之间的距离为0.1m至0.3m。

——测试信号应通过100Ω电阻直接注入到电缆屏蔽层上(见6.2.4)。

当直接连接到金属屏蔽层上时,应注意确保良好的连接以产生可靠的测试结果。

## 8 试验程序

被测设备应在预期的运行和气候条件下进行测试。

对于来自测试布置的辐射应遵守当地有关的干扰法规。当辐射能量超过允许的电平时,应使用屏蔽室进行测试。

**注1:**通常,传导抗扰度试验可不在屏蔽室内进行。这是由于骚扰电平和试验配置的几何尺寸不可能辐射太高能量,尤其在低频段。

依次将试验信号发生器连接到每个耦合装置上(耦合和去耦网络、电磁钳、电流钳)。其它所有非测试电缆不连接(当功能允许)或使用去耦网络或只使用非端接的耦合和去耦网络。

在测试信号发生器的输出端可能会需要一个低通滤波器和/或高通滤波器(例如,100kHz截止频率),以防止(高次或亚)谐波对被测设备的干扰。低通滤波器的带阻特性应该对谐波有足够的抑制,使得他们不影响测试结果。这些滤波器应该在设置测试电平之前插入在测试信号发生器之后(见6.1和6.4.1)。

扫频范围是从150kHz到80MHz,在设置步骤过程中设置信号电平,骚扰信号是1kHz正弦波调幅信号,调制度80%的射频信号,如果必要,可以暂停调整射频信号电平或改变耦合装置。频率递增扫频时,步进不应超过先前频率值的1%。在每个频率,幅度调制载波的驻留时间应不低于被测设备运行和响应的必要时间,但是最低不应低于0.5s。除步进扫频外,敏感频率(例如,时钟频率或制造商指定的频率或由试验获得的结论)应单独进行分析。

**注2:**由于在频率步进时,被测设备可能会受到瞬态干扰,应制定相应的规定避免这样的干扰。比如,频率变化以前,信号强度可以比测试电平低几个dB。

在测试过程中,应尝试充分运行被测设备,并充分质询用于敏感度测试所选择的所有运行模式。

建议使用特殊的运行程序。

测试应按照测试计划进行。

可以进行一些研究性的测试,以确立测试计划中的某些方面。



## 9 测试结果的评价

测试结果应该按照被测设备的性能降级和功能丧失来分类，与制造商和测试的需求方规定的性能水平有关，或由制造商与产品买方之间的共识。推荐的分类如下所述：

- 由生产商，需求方或买方规定的限制中的正常性能。
- 干扰终止后暂时的性能降级和功能丧失，且直到被测设备恢复其正常性能，没有人为的干预。
- 暂时的性能降级和功能丧失，需要人为干预。
- 由硬件或软件的损坏，或数据的丢失导致无法恢复的性能降级和功能丧失。

制造商的规范定义被测设备可能发生的效应，被认为是无关紧要的，因此是可以接受的。

这个分类可以作为表述性能判据的一个指南，由委员会负责用于通用标准，产品标准和系列产品标准，或作为制造商与买方之间性能判据的协议的构架，例如，在没有合适的通用标准，产品标准和系列产品标准存在的情况下。

## 10 测试报告

测试报告应包含能够重现测试的所有必要的信息。尤其是以下信息应该被记录：

- 本部分章节 8 要求的在测试计划中规定的项目；
- 被测设备和任何有关设备的标识，例如，商标名称，产品型号，序列号；
- 被测设备的尺寸；
- 被测设备具有代表性的工作条件；
- 互连电缆的类型，包括电缆的长度和连接到被测设备上的哪些端口；
- 任何对于使用的特定条件，例如电缆长度和类型，屏蔽或接地，或被测设备运行状况，这些所需的信息；
- 如果必要，提供被测设备的恢复时间；
- 所使用的测试设备的类型，以及被测设备、辅助设备、耦合和去耦网络的位置；
- 测试设备的标识，包括商标名称，产品型号，序列号；
- 每根电缆上所使用的耦合和去耦装置，及它们之间电缆的长度；
- 对于每个注入端口，标明哪些去耦装置由  $50\Omega$  阻抗端接；
- 描述被测设备运行的方式；
- 任何必要的能够使测试运行的特殊条件；
- 测试的频率范围；
- 所采用的测试等级；
- 由制造商、需求方和买方定义的性能水平；
- 所采用的性能判据；
- 在测试干扰施加过程中或之后，被测设备上观察到的任何现象，和该现象持续的时间；
- 合格/不合格判定的基本原理（基于通用标准，产品标准和系列产品标准中规定的性能判据，或制造商与买方之间的共识）；

附录 A  
(规范性附录)  
电磁钳和去耦夹具

## A.1 电磁钳

### A.1.1 概述

附录A规定了电磁钳所需参数。电磁钳（与常规电流注入钳相比）在几十兆赫兹以上频率具有方向性。

### A.1.2 电磁钳的典型规格

电磁钳用于注入电缆。其参数为：

工作频率范围：0.15MHz~80MHz；

长度：650mm±50mm；

钳开放中心在接地平板上方的高度：50mm~70mm；

钳开放直径：20mm±2mm；

钳参考点（从外表面到第一个磁芯的距离）：<30mm；

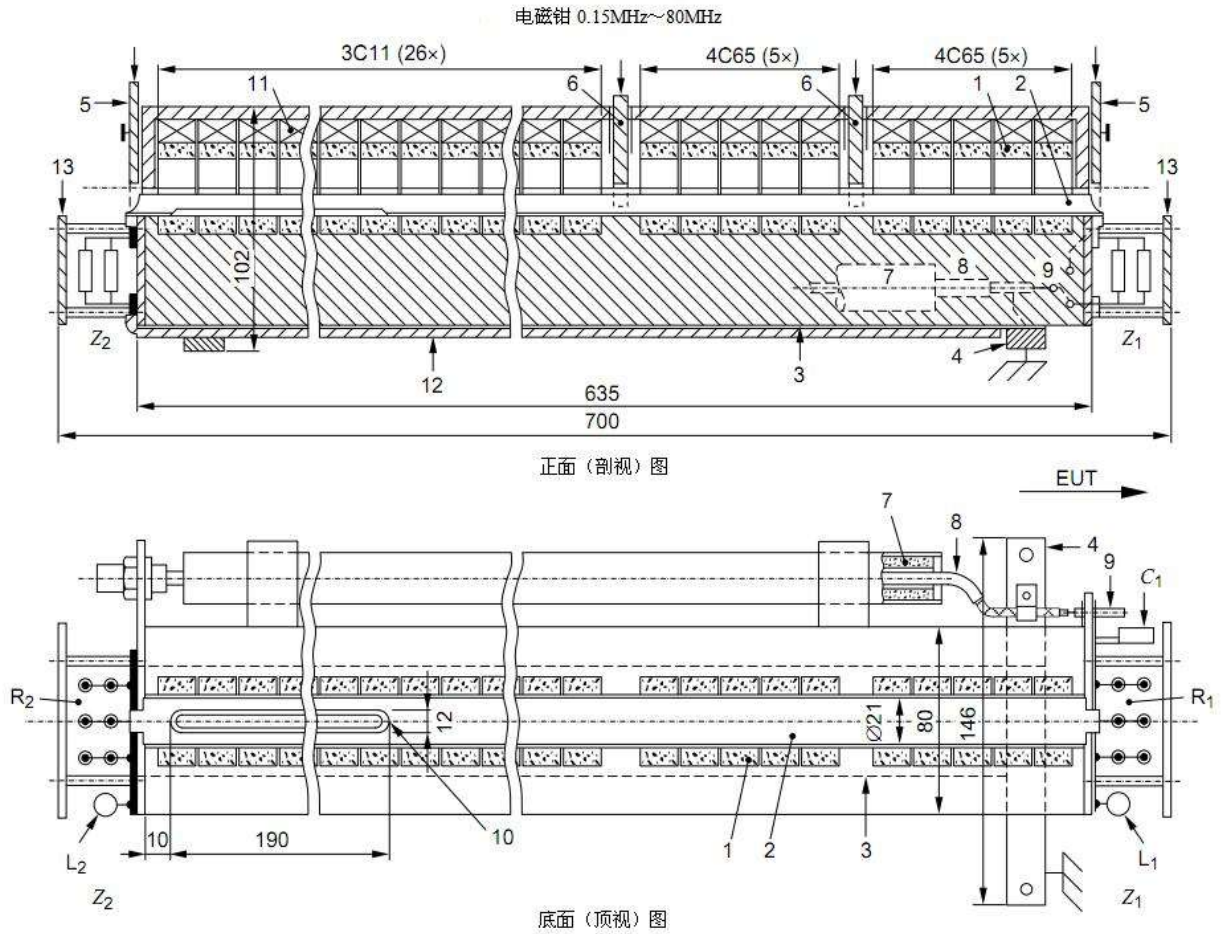
图 A.1 和图 A.2 给出了电磁钳的结构和原理；

图 A.7 给出了阻抗的典型特性；

图 A.8 给出了去耦系数的典型特性；

图 A.11 给出了耦合系数的典型特性。

注1：若钳本身符合 A.2 定义的参数，也可以使用其他物理尺寸的钳（例如测试较大直径的电缆）。

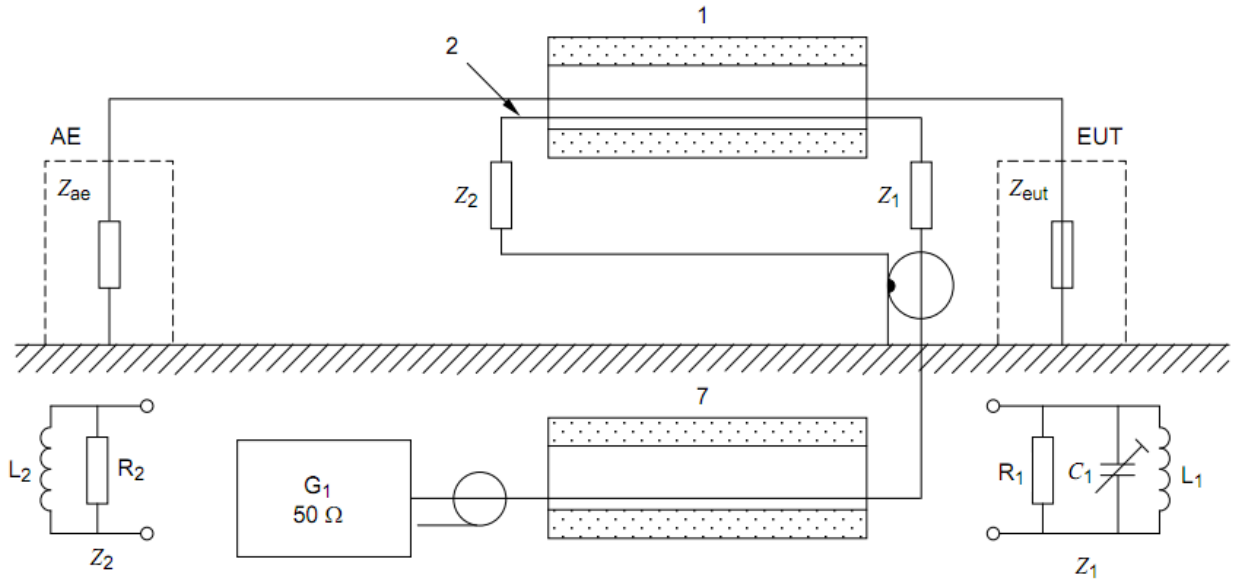


尺寸单位用 mm 表示

部件:

- 1——铁氧体环尺寸  $\Phi 36 \times \Phi 23 \times 15 \text{mm}$   
10 个, 4C65 型, NiZn,  $\mu=100$   
26 个, 3C11 型, MnZn,  $\mu=4300$
  - 2——固定在槽上的半圆柱铜片;
  - 3——低导体板;
  - 4——接地带;
  - 5/6——把被测电缆由带压缩弹簧的绝缘材料压入凹槽的装置 (此部件看不见);
  - 7——铁氧体管, 4C65;
  - 8——同轴电缆,  $50\Omega$ , 带 BNC 连接器;
  - 9—— $Z_1$  分断开关;
  - 10——第二部分槽口;
  - 11——固定铁氧体的塑料件 (上半环);
  - 12——底部绝缘板;
  - 13—— $Z_1, Z_2$  的保护板;
- EUT——受试设备;
- $Z_1$ ——串联阻抗:  $C_1: 20\text{pF} \sim 100\text{pF}$ ,  $L_1: 0.15\mu\text{H}$ ,  $R_1: 50\Omega/12\text{W}$ ;
  - $Z_2$ ——串联阻抗:  $L_2: 0.8\text{mH}$ ,  $R_2: 50\Omega/12\text{W}$

图 A.1 举例：电磁钳的详细结构



部件：

- 1——铁氧体管（夹）长 0.6m， $\Phi 20\text{mm}$ ，在 EUT 侧，由 10 个 4C65 型的环（ $\mu=100$ ）组成，AE 侧由 26 个 3C11 型的环（ $\mu=4300$ ）组成；
- 2——半圆环铜箔片；
- 7——包括在电磁钳结构中的铁氧体管（ $\mu=100$ ）；

$Z_1$ ， $Z_2$ ——为优化频率响应和方向性而装配的电路；

G1——试验信号发生器；

电磁钳的原理：

- 通过铁氧体管（第 1 项）的磁耦合；
- 通过 EUT 的电缆和铜片间靠近所产生的（第 2 项）的电耦合

图 A.2 举例：电磁钳的原理

## A.2 电磁钳的特性

### A.2.1 钳试验夹具规范

如图A.4和图A.5所示，用于测量钳散射参数的试验夹具应在金属板（参考接地平板）上方具有一个圆柱形金属杆。试验夹具由三部分组成：在夹具的两个参考平面间构成的一条传输线，以及两个带有无损耗50Ω适配器的参考平面，见图A.3至图A.5。为满足电磁钳的特性，应使用一个单一的金属杆。此金属杆的长度（ $L_A+L_B+L_{\text{参考}}$ ）设置为满足图A.5所允许的尺寸。

圆柱形杆的直径 $d$ 为4毫米。在接地平板上方的高度 $h$ 由钳的尺寸定义，典型值为50mm至70mm。应在由钳开启的中心位置所定义的高度上实施测量。

钳参考点（第一个磁芯）与夹具垂直法兰之间的距离 $L_A$ 和 $L_B$ 应为 $30\text{mm}\pm 5\text{mm}$ （见图A.5）。参考接地平板的尺寸应超出试验布置的各边至少0.2m。

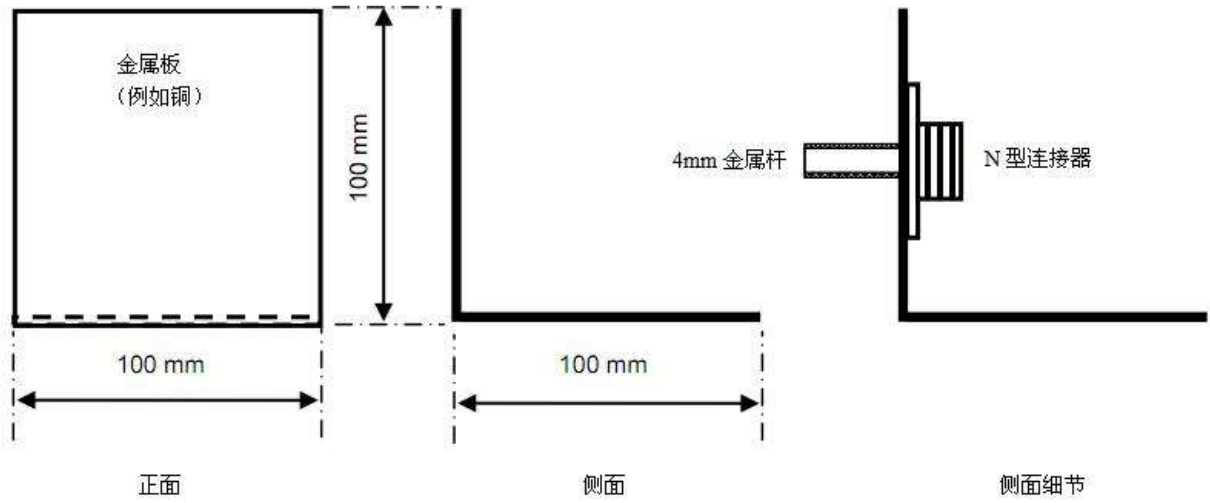


图 A. 3 参考平面尺寸

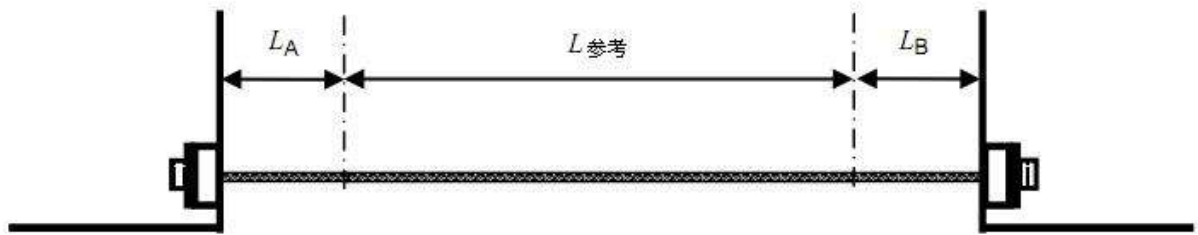


图 A. 4 试验夹具



图 A. 5 插入被测钳的试验夹具

## A. 2. 2 钳的特性

### A. 2. 2. 1 阻抗

#### A. 2. 2. 1. 1 测量布置

阻抗的测量应使用A.2.1中定义的试验夹具。钳（即其注入端口）应端接 $50\Omega$ 负载并置于试验夹具中，见图A.6。在阻抗测量中电磁钳被视为一个二端口装置，其特性可以使用网络分析仪在 $50\Omega$ 系统中测量其散射参数 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 、 $S_{21}$ 和 $S_{22}$ 来表示。在测量之前，应在电缆末端（要连接到夹具的那一端）用适当的校准套件使用标准通断短匹配（TOSM）法归一化网络分析仪。电缆末端与钳参考点之间的长度应通过矢量网络分析仪（VNA）的端口偏移或其他方式获得。

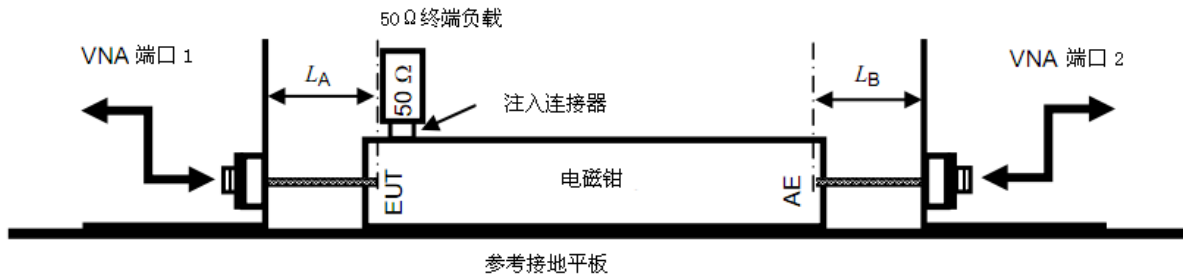


图 A.6 阻抗/去耦系数测量布置

### A.2.2.1.2 转换

在A.2.2.1.1中所述的从网络分析仪得到的散射参数是在50Ω系统中测量的。然而，试验夹具的特性阻抗 $Z'_{ref}$ 通常不是50Ω。它取决于接地平板上方钳打开的高度。使用A、B、C、D参数进行变换，可使用下列方程得到一组独立的 $Z'_{ref}$ 变换参数：

注2：所有计算均为复数形式。

$$Z_{ref} = 50 \Omega \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

$$A = \frac{(1 + S_{11})(1 - S_{22}) + S_{12}S_{21}}{2S_{21}} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$B = \frac{(1 + S_{11})(1 + S_{22}) - S_{12}S_{21}}{2S_{21}} Z_{ref} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

$$C = \frac{(1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}}{2S_{21}} / Z_{ref} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$D = \frac{(1 - S_{11})(1 + S_{22}) + S_{12}S_{21}}{2S_{21}} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

以A、B、C、D参数的一组散射参数为依据，可以计算试验夹具的特性阻抗 $Z'_{ref}$ 。

$$Z'_{ref} = 60 \Omega \cosh^{-1} \left( \frac{2h}{d} \right) \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

此处

$d$ : 夹具的导体直径（定义为4毫米）

$h$ : 夹具的导体中心在接地平板上方的高度

$$B' = B / Z'_{ref} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

$$C' = C \cdot Z'_{ref} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

$$S'_{11} = \frac{A + B' - C' - D}{A + B' + C' + D} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

$$S'_{12} = \frac{2(AD - BC)}{A + B' + C' + D} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

$$S'_{21} = \frac{2}{A + B' + C' + D} \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

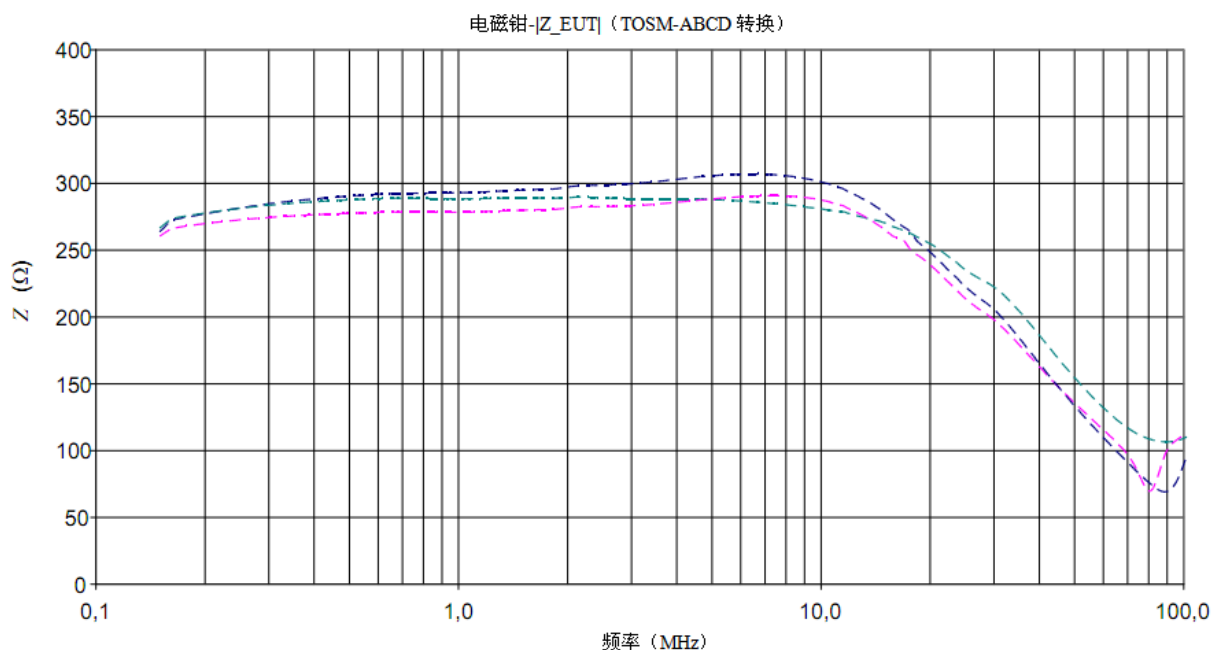
$$S'_{22} = \frac{-A + B' - C' + D}{A + B' + C' + D} \dots\dots\dots (A.12)$$

**A.2.2.1.3 阻抗的计算**

输入阻抗由下式给出：

$$Z_{in} = Z_{ref} \frac{1 + S'_{11}}{1 - S'_{11}} \dots\dots\dots (A.13)$$

图A.7给出了三种不同电磁钳阻抗曲线的典型实例。



**图 A.7 三种典型电磁钳阻抗的典型实例**

注3：在装置的远端终端阻抗为  $Z_{ref}$  的情况下，依据本程序进行的阻抗测量是有效的。此测量值可能与使用实际辅助设备抗扰度试验布置时的阻抗不同。

**A.2.2.2 EUT与AE之间的去耦系数**

应使用A.2.2.1.1和A.2.2.1.2所述的测量布置和转换方法。去耦系数由下式计算：

$$a[\text{dB}] = 20 \log_{10} (ABS(S'_{21})) \dots\dots\dots (A.14)$$

图A.8给出了三种不同电磁钳去耦系数曲线的典型实例。

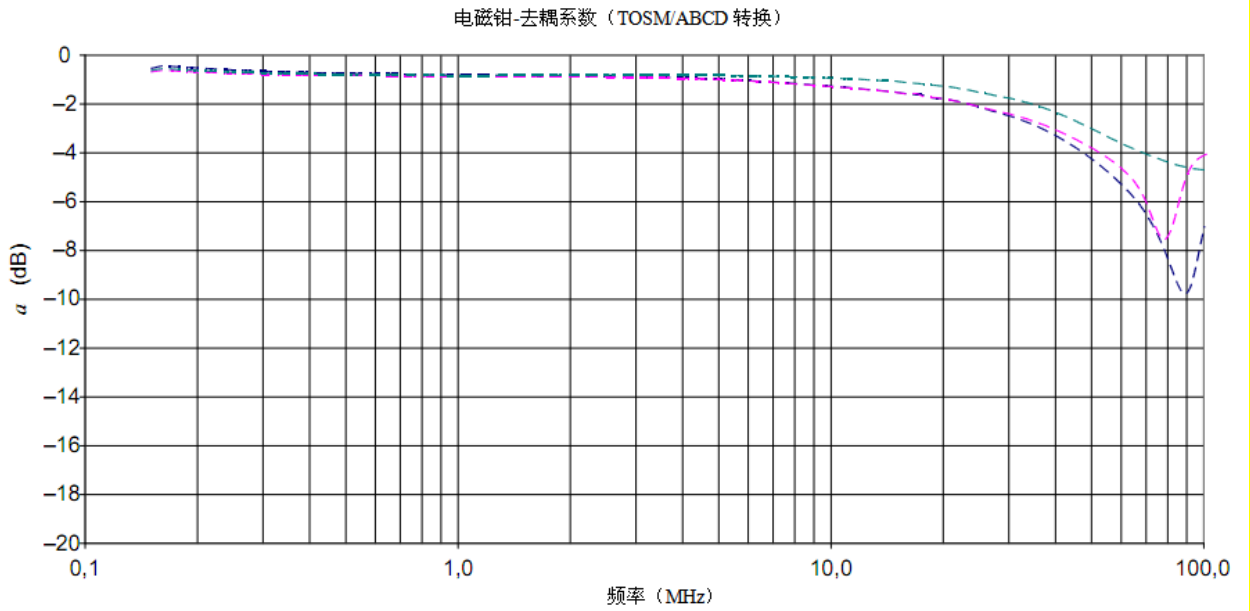


图 A. 8 三种典型电磁钳去耦系数的典型实例

### A. 2. 2. 3 耦合系数

耦合系数应按图A.10所示的布置在150Ω系统中测量。A.2.1中描述的试验夹具应采用以下修改：圆柱杆的高度应调整为在钳开口的底部位置。此外，参考平板上应插入150Ω~50Ω适配器。测量前，将夹具背对背连接到参考平板来标准化试验布置，见图A.9。推荐使用图A.9和图A.10所示的两个10dB衰减器。

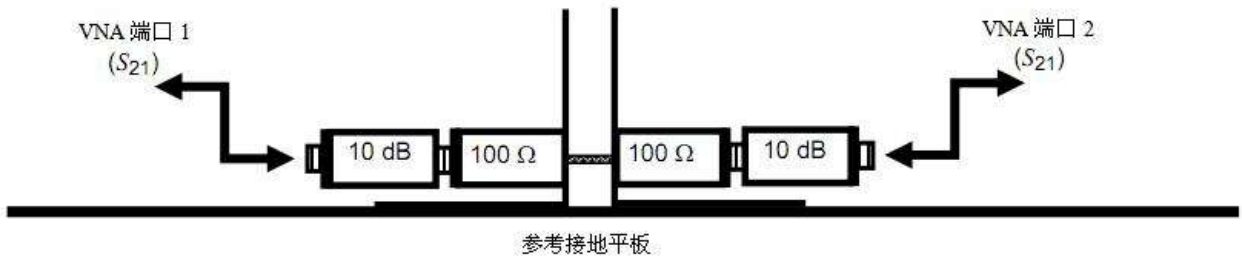


图 A. 9 耦合系数测量的标准布置

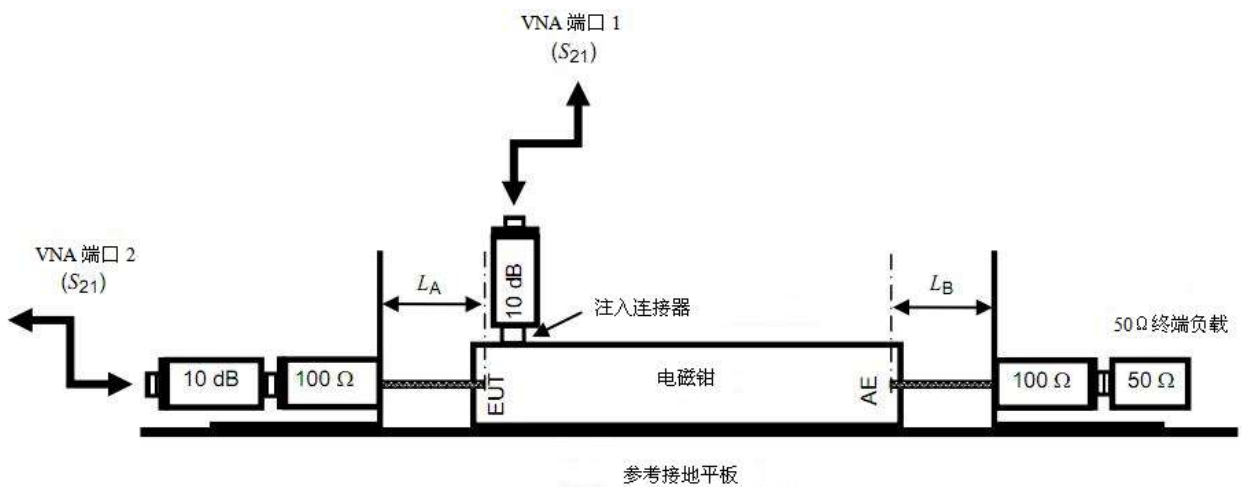


图 A. 10  $S_{21}$  耦合系数测量布置

图A.11给出了三种不同电磁钳耦合系数曲线的典型实例。



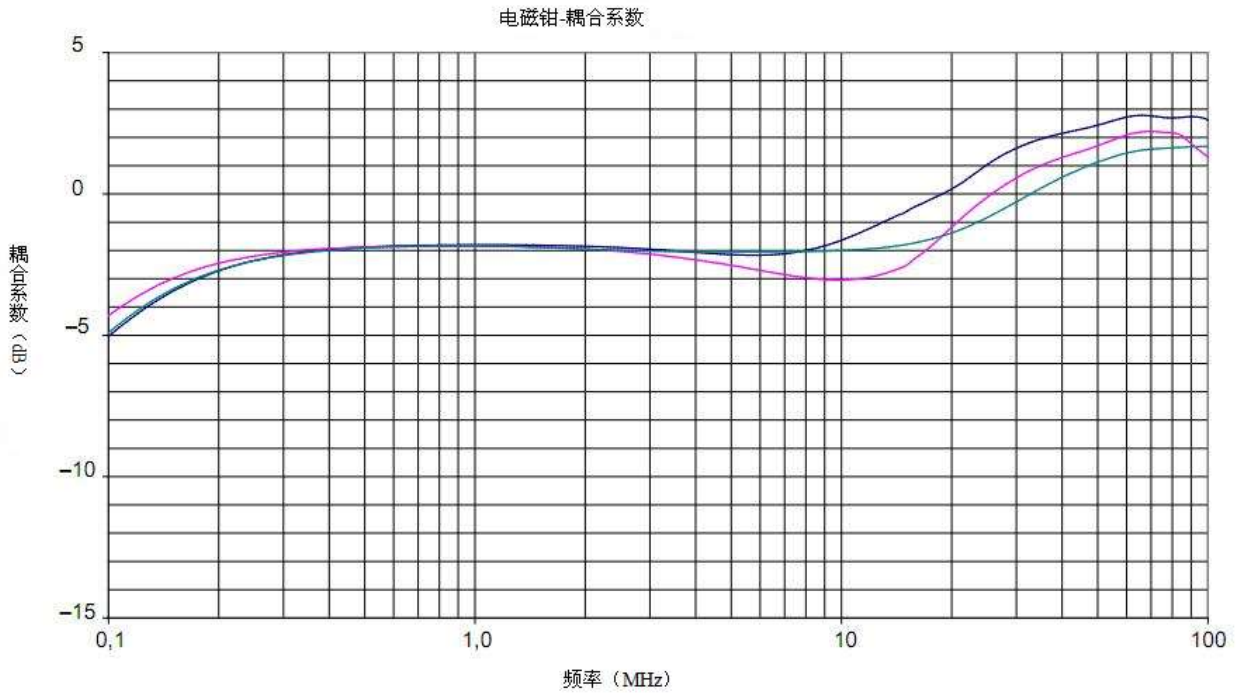


图 A.11 三种典型电磁钳耦合系数的典型实例

### A.3 去耦钳特性

#### A.3.1 阻抗

##### A.3.1.1 测量布置

阻抗的测量应使用A.2.1中定义的试验夹具。去耦钳应置于试验夹具中，见图A.12。在阻抗测量中去耦钳被视为一个二端口装置，其特性可以使用网络分析仪在50Ω系统中测量其散射参数 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 、 $S_{21}$ 和 $S_{22}$ 来表示。在测量之前，应在电缆末端（要连接到夹具的那一端）用适当的校准套件使用标准通断短匹配（TOSM）法归一化网络分析仪。电缆末端与去耦钳参考点之间的长度应通过矢量网络分析仪（VNA）的端口偏移或其他方式获得。



图 A.12 去耦钳特性的测量布置

##### A.3.1.2 阻抗的计算

使用A.2.2.1.2描述的转换方法，输入阻抗由下式给出：

$$Z_{in} = Z_{ref} \frac{1 + S'_{11}}{1 - S'_{11}} \dots\dots\dots (A.15)$$

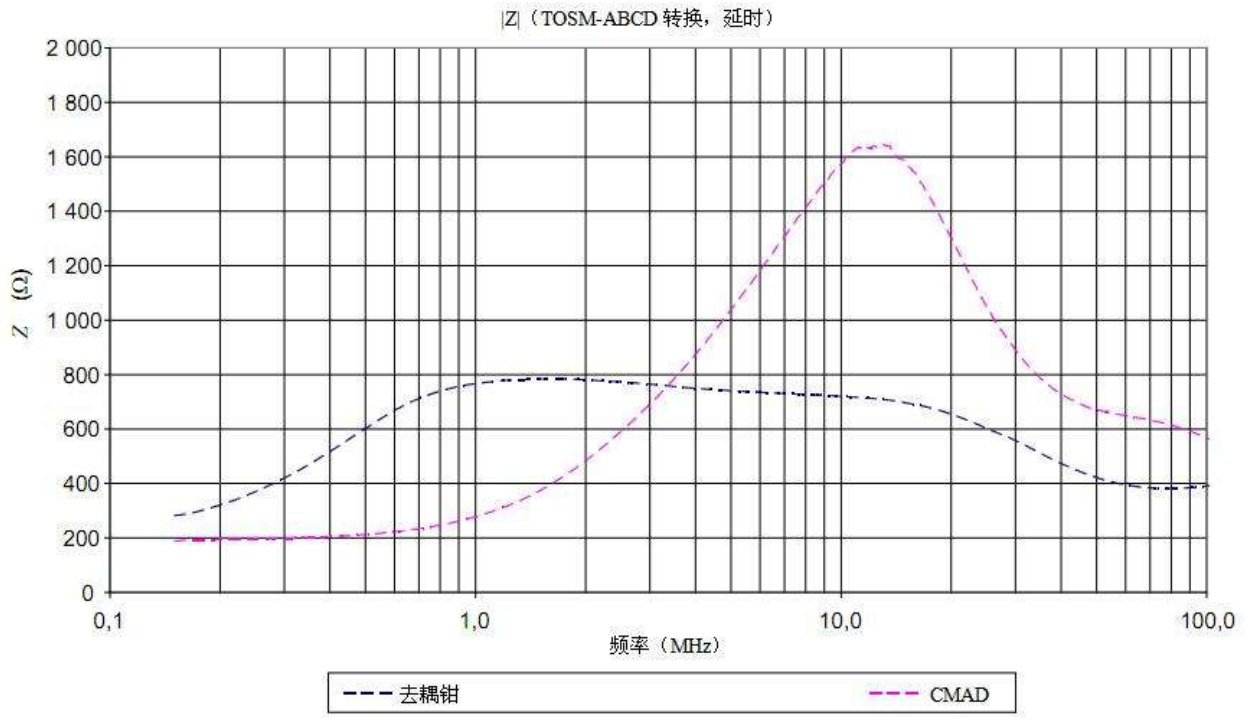


图 A.13 去耦钳阻抗的典型实例

注4：在装置的远端终端阻抗为  $Z_{ref}$  的情况下，依据本程序进行的阻抗测量是有效的。此测量值可能与使用实际辅助设备来进行抗扰度试验布置时的阻抗不同。

### A.3.2 去耦系数

应使用A.3.1.1和A.2.2.1.2所述的测量布置和转换方法。去耦系数由下式计算：

$$a[dB] = 20 \log_{10} (ABS(S'_{21})) \dots\dots\dots (A.16)$$

注5：共模吸收装置（CMAD）（见 CISPR 16-1-4）设计为在 30MHz 到 200MHz 之间具有良好的去耦特性，可能因此不适用于本部分中涉及的较低的频率范围。

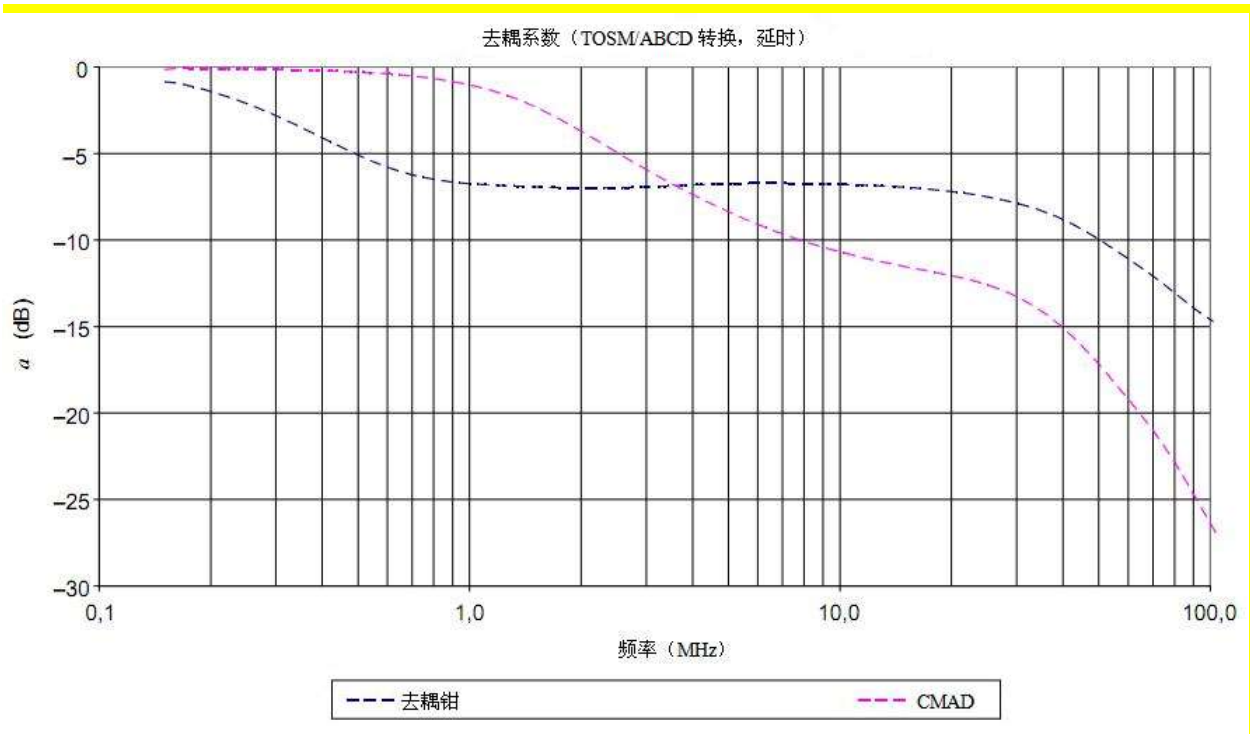


图 A.14 去耦系数的典型实例

**附录 B**  
(资料性附录)  
**选择适用频率范围的准则**

尽管标准中规定频率范围为150kHz~80MHz，但是可用频率范围取决于正常的安装和被试验设备的工作条件。例如，对总尺寸小于0.4m和无任何金属电缆连接的的电池供电小设备，不需要测量80MHz以下的传导抗扰度，因为由骚扰电场和磁场感应的射频能量骚扰设备是不大可能的。

通常终止频率是80MHz，在某些情况下，考虑到某些小尺寸（尺寸小于 $\lambda/4$ ）设备，产品标准可能规定，将终止频率最高扩展到230MHz。要求耦合和去耦装置的参数（表3的第二栏）也从80MHz扩展到230MHz。当用这种测量方法直到更高频率时，影响测量结果的将是设备的尺寸、所用的互连电缆的类型和专用耦合和去耦装置的可用性等。适合使用的进一步指南将由产品标准给出。

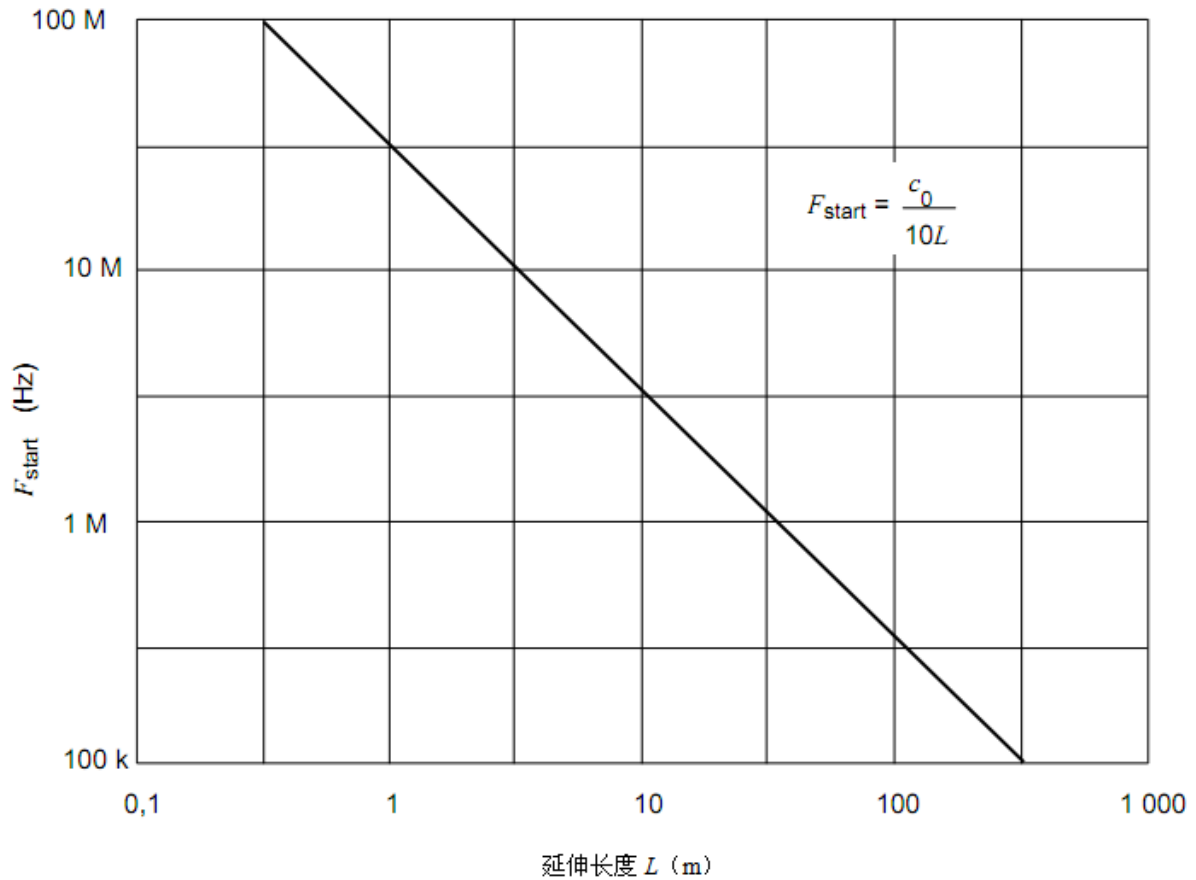
**表 B.1 当测试频率范围扩展到 80MHz 以上时，集成的耦合和去耦装置的主要参数**

参数	频率带宽		
	0.15MHz~26MHz	26MHz~80MHz	80MHz~230MHz
$ Z_{ce} $	150Ω±20Ω	150Ω±60Ω-45Ω	150Ω±60Ω-60Ω
<p>注1：EUT 的端口与辅助设备的端口之间既没有单独规定的 <math>Z_{ce}</math> 变量，也没有单独规定去耦系数。这些系数包含在满足辅助设备端口对接地参考平面开路或短路条件下<math> Z_{ce} </math>的公差的要求中。</p> <p>注2：当使用钳注入法时，对于辅助设备，不用满足共模阻抗的要求，该要求可能不会被满足。然而，当按照 7.4 的指南进行，注入钳能够提供可以接受的测试结果。</p>			

起始频率取决于设备及其连接电缆是否能接收来自电场和磁场的大量射频能量。

考虑三种不同情况：

- a) 对既不连接到地又不连接其他任何（非隔离）设备，充电期间不工作的电池供电设备（尺寸小于 $\lambda/4$ ），无需按照本部分进行测试。如果在充电期间设备工作，则采用 b) 或 c)。  
对电池供电设备（尺寸小于 $\lambda/4$ ），其尺寸包括连接电缆的最大长度，确定起始频率见图 B.1。
- b) 设备连接到电网（电源）但不连接任何其他设备和电缆。电源通过耦合和去耦装置提供，设备由人工手加载。起始频率是 150kHz。
- c) 设备连接到电网（电源），也通过控制、数据或通信电缆连接到其他隔离或非隔离设备。起始频率 150kHz。



$c_0 = 3 \times 10^8$  (m/s)

$L =$  电缆长度+设备尺寸

例:

- 对电缆连接到键盘（延长尺寸 $\geq \lambda/4$ ）由电池供电的个人计算机，并给定有长度为 4m 的环绕式电缆，起始频率应是 6.67MHz，由人工手覆盖键盘，对给定恰好 2m 长电缆的鼠标器，起始频率是 15MHz，等等。
- 带可选择交直流适配器的袖珍式计算器，应在适配器电源一端从 150kHz 开始扫频试验，并由人工手覆盖袖珍式计算器。
- 可连接到地的手持式电池供电多（万）用表，应从 150kHz 频率开始扫频试验。万用表可用人工手覆盖。
- 具有双层绝缘（电源）可以连接到收音机的、并可连接到隔离扬声器的、同时收音机又可连接到地的天线输入端的光盘播放机，应对电源和音频电缆从 150kHz 开始扫频试验。
- 具有通过建筑物分配的各种传感器的防盗报警器，其电缆可延长至 200m（制造商规定），应对这些电缆从 150kHz 开始扫频试验。

图 B.1 作为电缆长度和设备尺寸函数的起始频率

附 录 C  
(资料性附录)  
选择试验等级的指南

按设备和电缆最终安装时所处的电磁环境选择试验等级。在选择所用的试验等级时,应考虑受试设备产生故障的后果。如果故障后果严重,考虑采用更严的试验等级。

如果仅在几个场地上安装受试设备,那么检查本地射频源能够评估可能遇到的场强。如果骚扰源的功率是未知的,尽可能在所关心的位置上测量实际场强。

如果指定设备工作于不同的位置,可按以下指南选择所用试验等级。

以下分类是相应第5章中所列等级,认为它们是选择合适电平的通用指南。

1类:低电平辐射环境。无线电电台/电视台位于大于1km的距离上的典型电平和低功率发射接收机的典型电平。

2类:中等电磁辐射环境。用在设备邻近的低功率便携式发射接收机(典型额定值小于1W)。典型的商业环境。

3类:严酷电磁发射环境。用于相对靠近设备,但距离小于1m的手提式发射接收机( $\geq 2\text{W}$ )。用在靠近设备的高功率广播发射机和可能靠近工、科、医设备。典型的工业环境。

x类: x是由协商或产品规范和产品标准规定的开放等级。

在上述场所,所描述的试验等级很少超过典型电平值。在某些地点可能超过这些值,例如,在高功率发射机或位于同一建筑物中的工、科、医设备附近。在这种场合下可选择屏蔽的房间或建筑物以及对设备的电源线和信号线滤波,而不规定全部设备免受这些电平的影响。

附 录 D  
(资料性附录)  
关于耦合和去耦网络的资料

### D.1 耦合和去耦网络的基本特性

耦合和去耦网络应提供:

- 对受试设备耦合骚扰信号;
- 从受试设备看进去的稳定阻抗与辅助设备的共模阻抗无关;
- 辅助设备对骚扰信号应去耦,以防止骚扰辅助设备;
- 对有用信号提供通路。

在 150kHz~80MHz 频率范围内耦合和去耦网络的典型参数由 6.2.1 给出,其例由 D2 给出。

在图 D.1 到 D.7 中,共模阻抗  $Z_{ce}$  是由试验信号发生器的内阻抗 ( $50\Omega$ ) 和被测电缆的导体并联组合的等效电阻 ( $100\Omega$ ) 的形成,见图 5c。去耦元件使用合适的电感器  $L$  ( $|\omega L| \gg 150\Omega$ ),电容器  $C_2$  不应影响共模阻抗  $Z_{ce}$ 。

耦合和去耦网络的受试设备端口的中心应位于接地参考平面上方 30mm 处。耦合和去耦网络以及受试设备之间的电缆,如果位于接地参考平面上方 30mm,即可代表约  $150\Omega$  特性阻抗的传输线。

为试验信号发生器、耦合和去耦网络的每一根电缆提供直流和低频隔离电容  $C_1$  的阻抗,在规定频率范围内,应远小于  $150\Omega$ 。

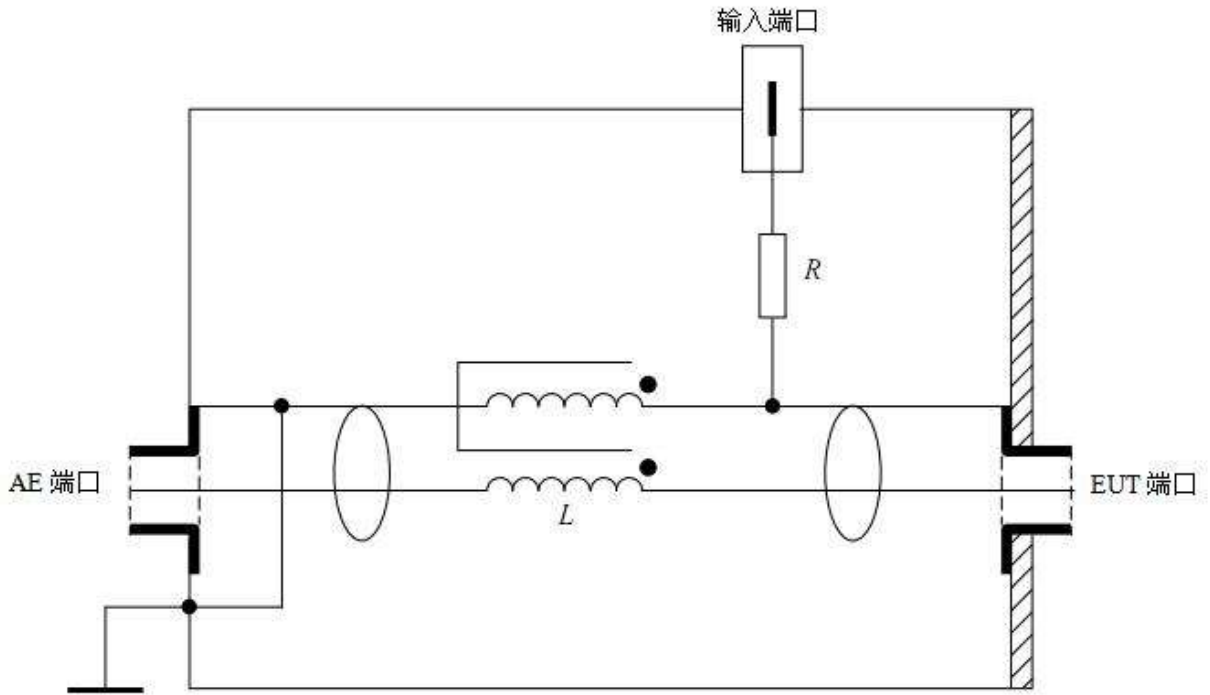
对非屏蔽电缆,用一共模电感器  $L$  和电容器  $C_2$  或者只用电感器  $L$  为辅助设备去耦。对屏蔽电缆,当辅助设备一侧屏蔽接地时,不需要电容器  $C_2$ 。

对非屏蔽电缆,选择  $C_2$  的值不应过分影响有用信号。对耦合和去耦网络,有用信号过分影响网络的参数是不允许的,例如,在 CDN-M1 中,铁氧体环的饱和。

**警告:** 在电源耦合和去耦网络中,因为  $C_1$  和  $C_2$  带电,必须选择合适值的 Y 电容器。由于高漏电流,在全部试验条件下,耦合网络应有连接到接地参考平面的接地端子,且接地参考平面应以适当的方式连接到保护地上。

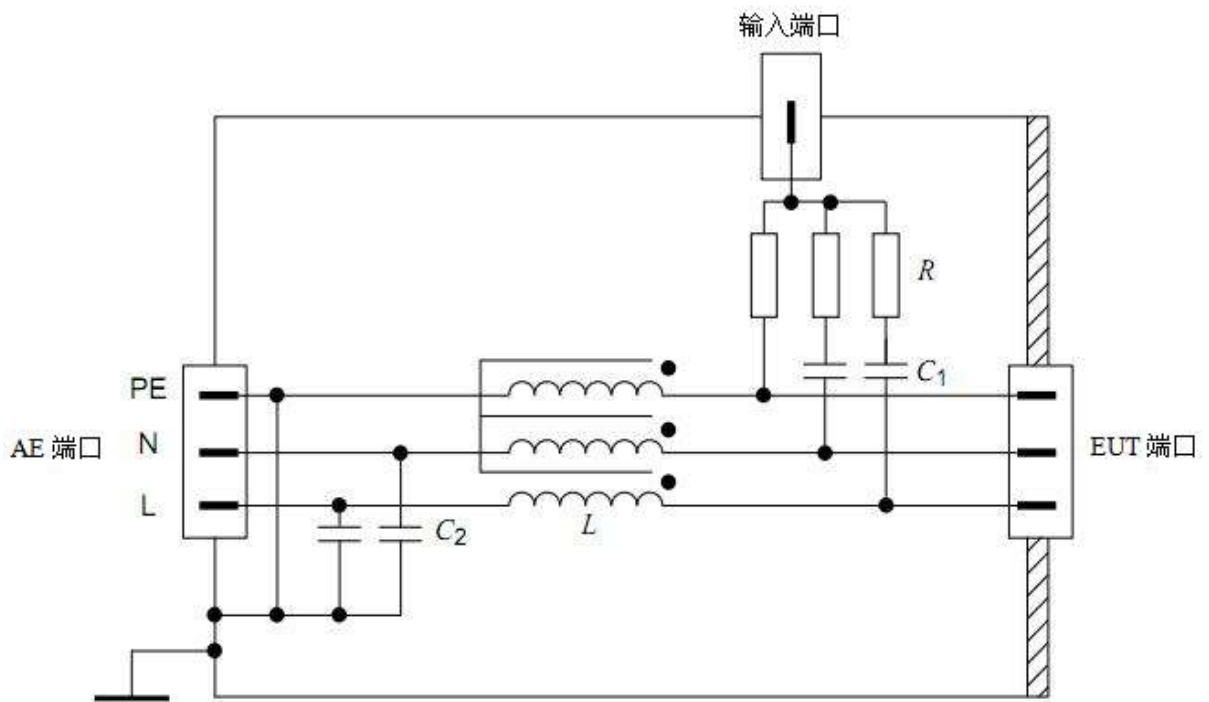
### D.2 耦合和去耦网络的举例

图 D.1 至图 D.7 给出了几种可能的耦合和去耦网络,因为用一种耦合和去耦网络不可能完全满足功能要求。



$R=100\Omega$ ; 在 150kHz 时,  $L\geq 280\mu\text{H}$

图 D.1 用于屏蔽电缆的耦合去耦网络 CDN-S1 电路简图举例 (见 6.2.2.5)



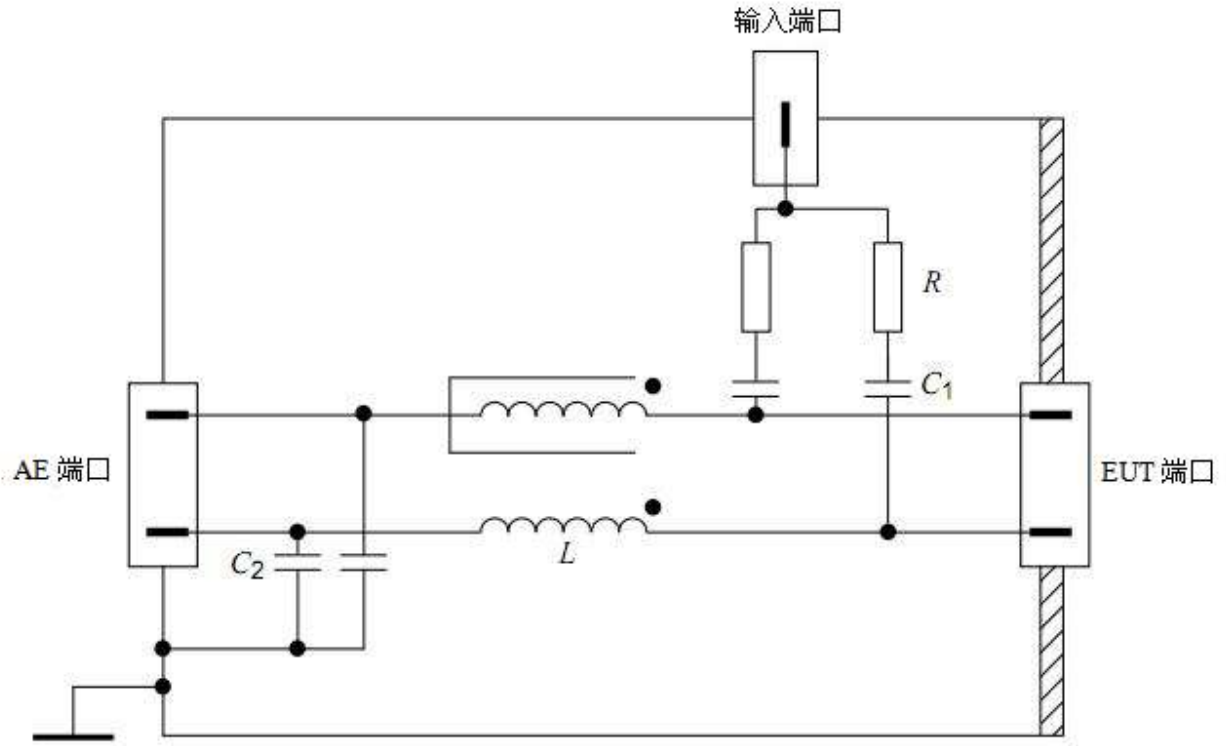
注: CDN-M3, 在 150kHz 时,  $L\geq 280\mu\text{H}$ ,  $C_1$ (典型值)=10nF,  $C_2$ (典型值)=47nF,  $R=300\Omega$ ;

CDN-M2, 在 150kHz 时,  $L\geq 280\mu\text{H}$ ,  $C_1$ (典型值)=10nF,  $C_2$ (典型值)=47nF,  $R=200\Omega$ ;

CDN-M1, 在 150kHz 时,  $L\geq 280\mu\text{H}$ ,  $C_1$ (典型值)=22nF,  $C_2$ (典型值)=47nF,  $R=100\Omega$ 。

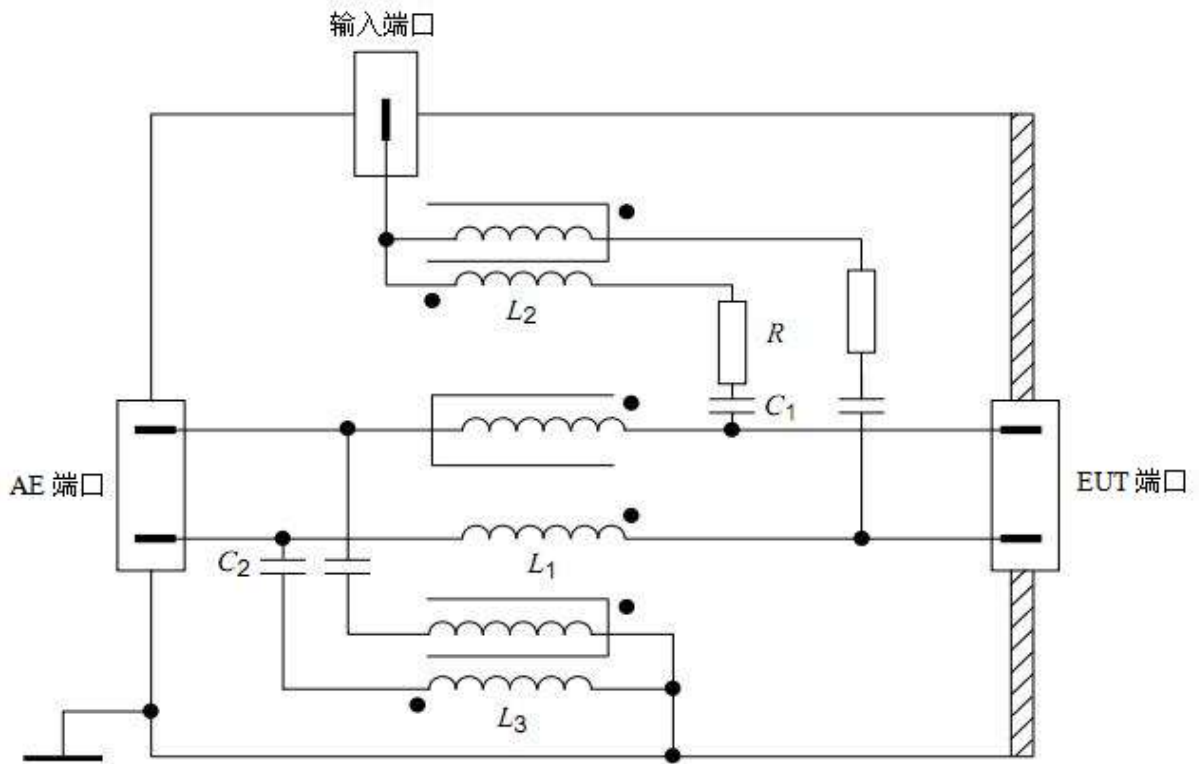
图 D.2 用于非屏蔽电源线的耦合和去耦网络 CDN-M1/-M2/-M3 电路图举例 (见 6.2.2.2)





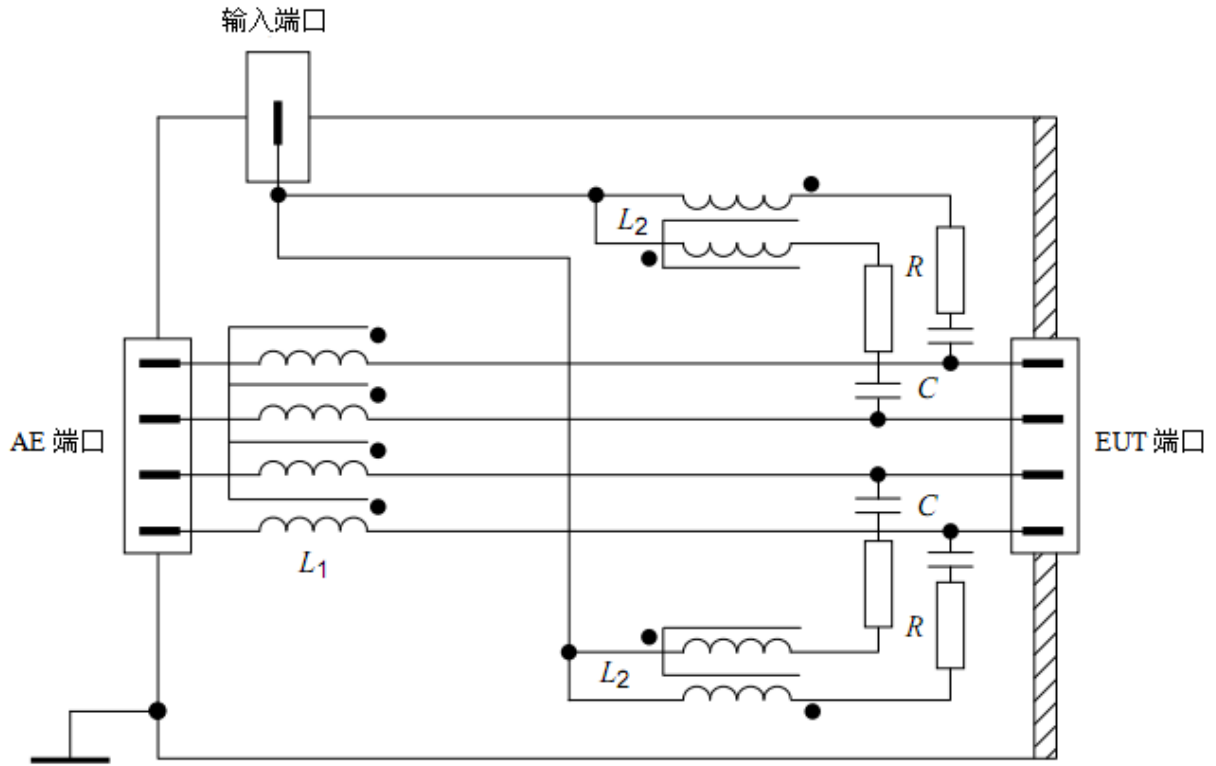
注:  $C_1$ (典型值)=10nF,  $C_2$ (典型值)=47nF,  $R=200\Omega$ ; 在 150kHz 时,  $L \geq 280\mu\text{H}$ 。

图 D.3 用于非屏蔽不平衡线的耦合和去耦网络 CDN-AF2 电路图举例 (见 6.2.2.4)



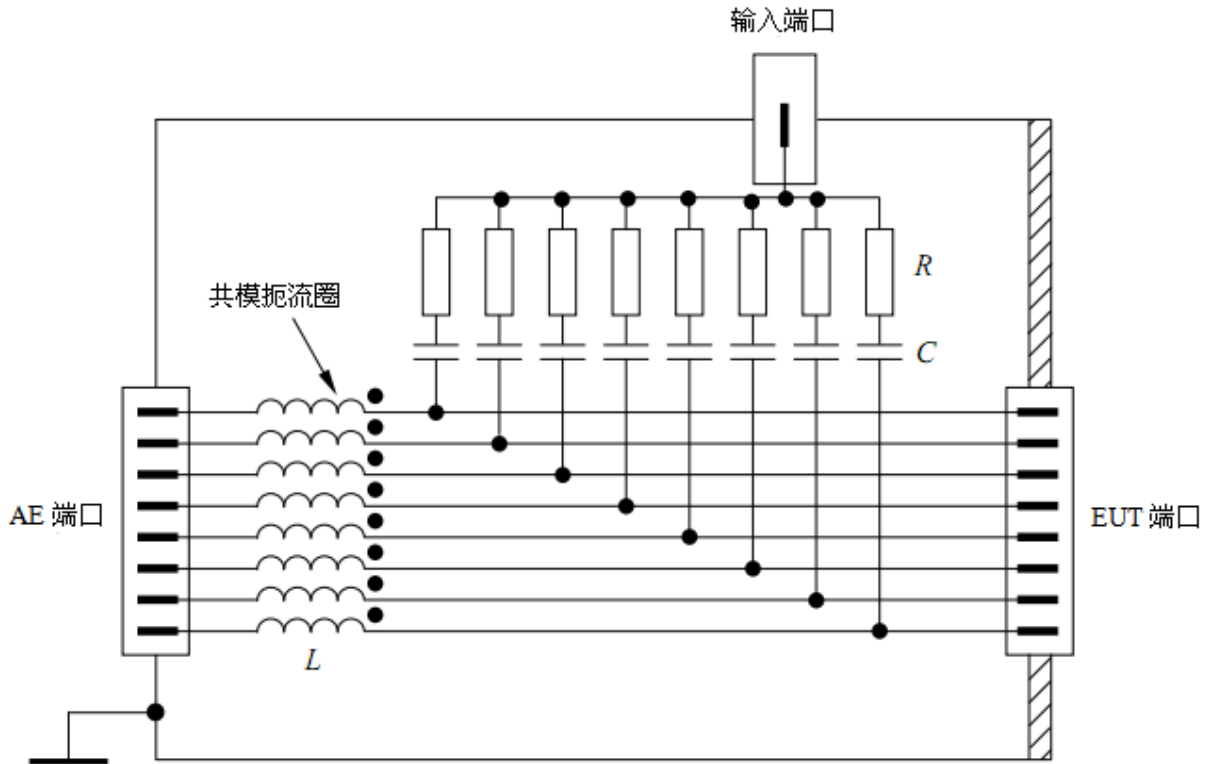
注:  $C_1$ (典型值)=10nF,  $C_2$ (典型值)=47nF,  $R=200\Omega$ ; 在 150kHz 时,  $L_1 \geq 280\mu\text{H}$ ,  $L_2=L_3=6\text{mH}$  (当不用  $C_2$  和  $L_3$  时,  $L_1 \geq 30\text{mH}$ )。

图 D.4 用于非屏蔽平衡线对的耦合和去耦网络 CDN-T2 电路图举例 (见 6.2.2.3)



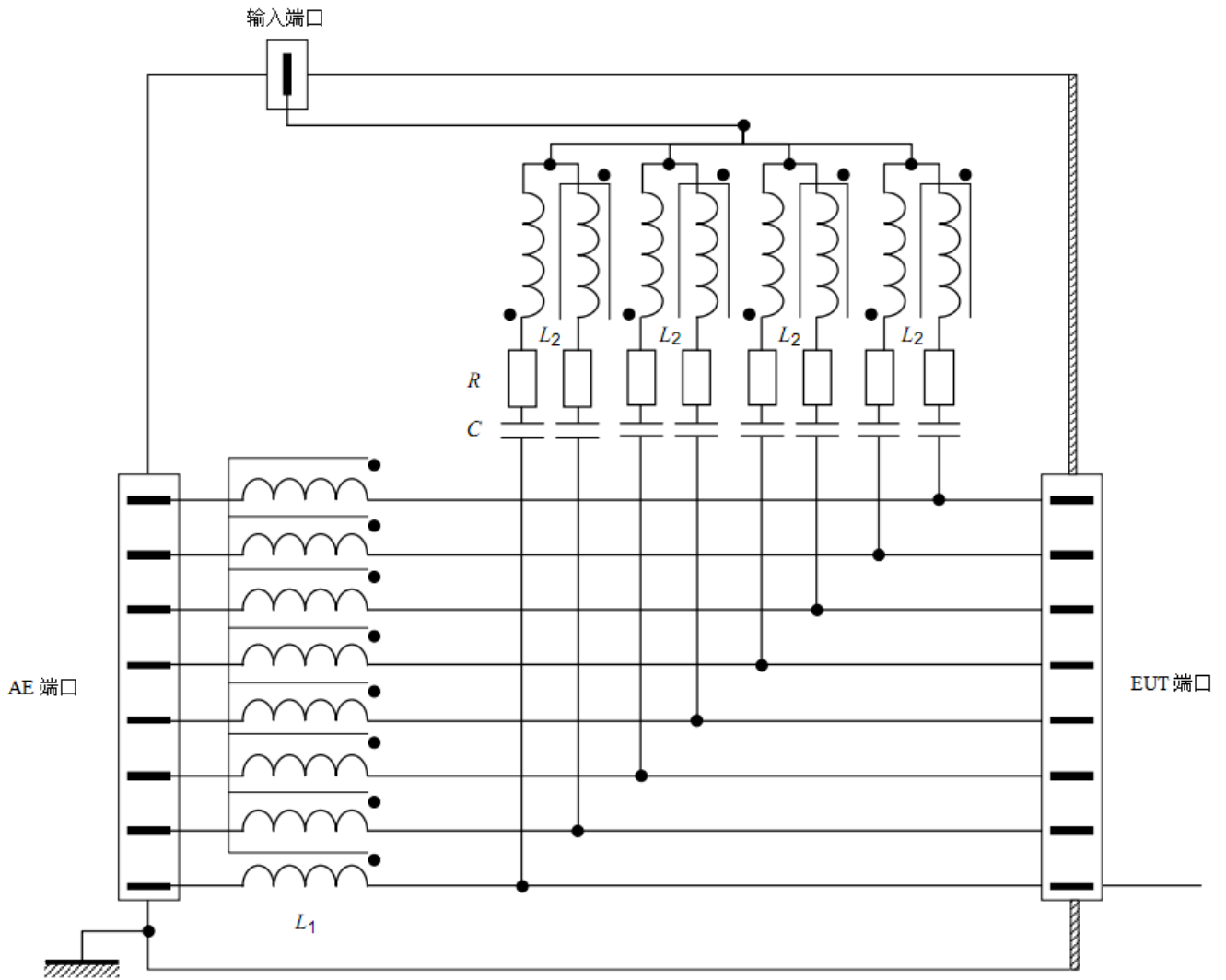
注:  $C$ (典型值) $=5.6\text{nF}$ ,  $R=400\Omega$ ; 在  $150\text{kHz}$  时,  $L_1 \gg 280\mu\text{H}$ ,  $L_2=6\text{mH}$ 。

图 D. 5 用于非屏蔽平衡线对的耦合和去耦网络 CDN-T4 电路图举例 (见 6. 2. 2. 3)



注:  $C$ (典型值) $=2.2\text{nF}$ ,  $R=800\Omega$ ; 在  $150\text{kHz}$  时,  $L \gg 280\mu\text{H}$ 。

图 D. 6 用于非屏蔽不平衡线的耦合和去耦网络 CDN-AF8 电路图举例 (见 6. 2. 2. 4)



注：C(典型值)=2.2nF，R=800Ω；在150kHz时， $L \gg 280\mu\text{H}$

图 D.7 用于非屏蔽平衡线对的耦合和去耦网络 CDN-T8 电路图举例（见 6.2.2.3）

附录 E  
(资料性附录)  
试验信号发生器的规范

确定功率放大器的可用输出功率 (图3), 应考虑到衰减器T2 (6dB)、调幅调制度 (80%) (见图2) 和所用耦合和去耦装置或注入钳的最小耦合系数。

表 E.1 获得 10V (e.m.f.) 试验电平所要求功率放大器的输出功率

注入装置	最小耦合系数/ dB $\pm 1.5\text{dB}$	PA 输出要求的功率/W
CDN	0	7
电流钳绕组 (5:1)	-14	176
电磁钳	-6	28

注: 在 3.6 中定义的耦合系数, 用调整电路输出电平可以测量它 (见图 9c)。耦合系数是当用一去耦装置串联 150Ω 至 50Ω 适配器时所获得输出电平  $U_{ce}$  与用两个串联的 150Ω 至 50Ω 适配器时的电压之比。

## 附录 F

### (资料性附录)

### 大尺寸被测设备的测试布置

#### F.1 概述

标准正文（见章节 7）中所描述的测试布置并不能完全满足某些输入或输出电缆的位置高于 1m 的被测设备的需求。由于测试信号的上限频率是 80MHz，被测设备的尺寸与波长相比大得多，因此，连接到这样的被测设备的电缆中可能会出现谐振效应。

在这种情况下，本附录提供了一种替代的适用于大尺寸被测设备的测试方法，将耦合设备放置于接近电缆入口处，形成可以减小谐振效应的闭环区域。

可能应用本附录的大尺寸被测设备的例子如下，但不是仅限于此。

机柜固定的通信开关系统；

机电设备

机架固定的开关和控制传动装置

#### F.2 大尺寸被测设备的测试布置

大尺寸被测设备的测试布置的例子在图 F.1 和图 F.2 中给出。

如图 F.1 所示的提高了的接地参考平面是这个测试布置的接地参考平面。提升接地参考平面的目的是减小被测设备与耦合去耦网络（CDN）之间的电缆长度，从而控制或减小电缆中的谐振效应。

提升的接地参考平面的尺寸应足够大，能够沿测试中所有使用的耦合去耦网络（CDN）的边缘向外延伸至少 0.2m。在被测设备和耦合去耦网络（CDN）之间的被测电缆的长度的最大值为 0.3m。

提升的接地参考平面距主地平面的高度，应使从被测设备到耦合去耦网络（CDN）的电缆能水平排列。

出于安全原因，在电气性上，提高了的接地参考平面应连接到地。连接对于射频而言，影响不大。

注1：值得注意的是要确保提升的接地参考平面的物理结构和其支撑结构的机械性的安全状态。

被测设备应放置于距地面高度为 0.1m 的绝缘支撑上。如果设备交付时在运输托盘上，且由于其过大的重量和尺寸导致无法安全地从运输托盘上卸下，那么被测设备可以在运输托盘上进行测试，即使托盘的高度高于 0.1m。万一由于重量或尺寸的原因，设备无法提升 0.1m，可以使用更薄的绝缘为被测设备提供与地平面的电气隔离。任何与标准测试方法不同的方面都在记录在测试报告中。

辅助设备可以放在提升的接地参考平面上，但如果辅助设备通过耦合去耦网络连接到被测设备时，则辅助设备不需要放在提升的接地参考平面上。当使用直接注入法时，如果使用适当的去耦方式，辅助设备可以位于提升的接地参考平面之外。在使用钳注入替代耦合去耦网络注入时，辅助设备必须放置于提升的接地参考平面上。

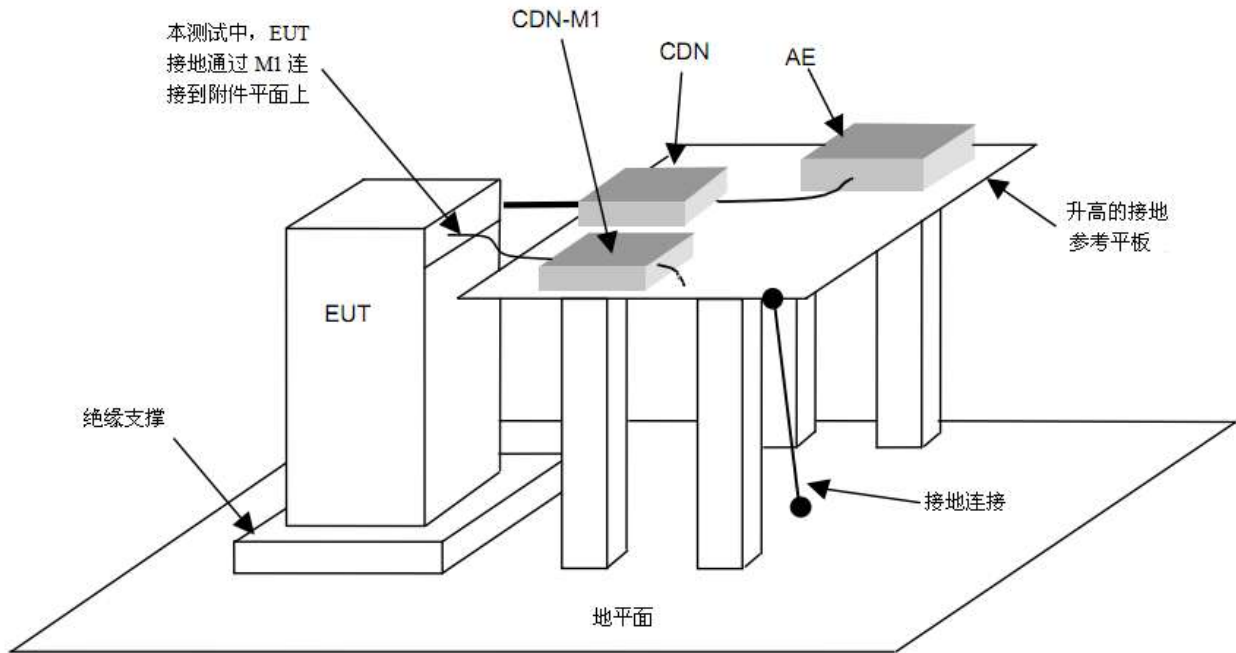


图 F.1 使用升高的水平接地参考平板的大尺寸被测设备测试布置示例

图 F.2 中所示的垂直接地参考平面是这种测试布置的接地参考平面。垂直接地参考平面的目的是减小被测设备与耦合去耦网络之间的的电缆长度，从而控制和减小电缆中的谐振效应。

注2：在被测设备的输入输出电缆在不同的高度的情况下，垂直接地参考平面会比水平接地参考平面更实用。

出于安全原因，垂直接地参考平面应在电气上应连接到地。连接对于射频而言，影响不大。

垂直接地参考平面的尺寸应足够大，能够沿测试中所有使用的耦合去耦网络（CDN）的边缘向外延伸至少 0.2m。在被测设备和耦合去耦网络（CDN）之间的被测电缆的长度的最大值为 0.3m。被测设备与垂直接地参考平面之间的距离应满足电缆长度 0.3m 的要求。屏蔽室的墙面可以作为垂直接地参考平面。

安装在垂直接地参考平面上的耦合去耦网络的高度应能够使从被测设备到耦合去耦网络（CDN）的电缆水平排列。

在使用水平提升的接地参考平面的测试布置中给出的声明（例如，绝缘支撑和辅助设备的位置）应相应的在使用垂直接地参考平面的测试布置中加以采用。

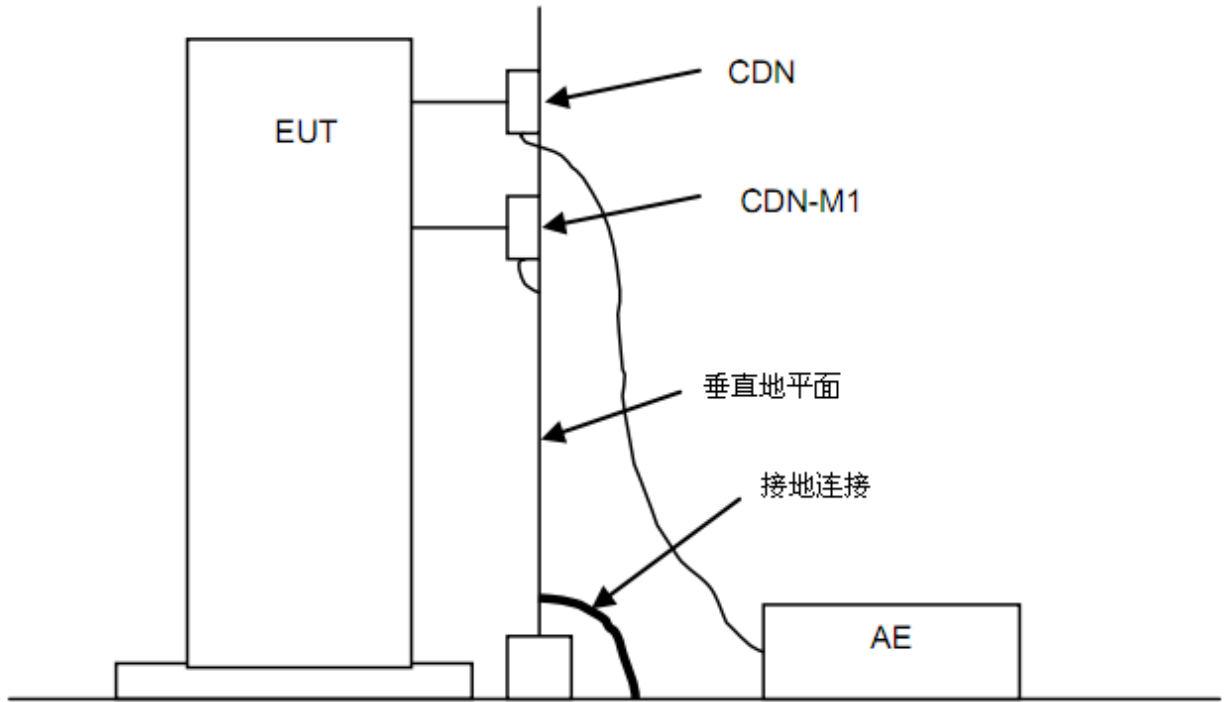


图 F.2 使用垂直接地参考平面的大尺寸被测设备测试布置示例

附 录 G  
(资料性附录)  
试验电压等级的测量不确定度

### G.1 概述

依据本标准正文中所包含的试验方法的特定要求,附录G给出了试验仪器所产生的电压的测量不确定度的信息。关于测量不确定度的进一步信息可以参见[1, 2, 3]<sup>1</sup>。

附录G主要以电平调整的不确定度为例,说明了如何基于试验仪器的不确定度和6.4中所述的试验电压电平调整程序来拟定不确定度评定。实验室也应视情况考虑可能同样重要的干扰量的其他参数(如调制频率、调制深度等)。附录G所示方法适用于所有干扰量的参数。

附录G的主要内容是评估在6.4的试验电平调整程序中要求的EUT阻抗150Ω的情况下电压等级调整的不确定度。关于不同实验室对同一EUT的测试无法复现问题的分析不在本附录范围内。

### G.2 通用符号

表G.1中以及下列通用符号是[1]中定义的通用符号的一部分。

$X_i$ ——输入量

$x_i$ —— $X_i$  的估值

$u(x_i)$ —— $x_i$  的标准不确定度

$c_i$ ——灵敏系数

$y$ ——测量结果, (被测变量的估值), 修正所有经过验证的有规律的显著影响

$u_c(y)$ —— $y$  的(合成的)标准不确定度

$U(y)$ —— $y$  的扩展不确定度

$k$ ——包含因子

$\delta X_i$ ——影响量  $X_i$  的修正

### G.3 试验方法的不确定度评定

#### G.3.1 被测变量的定义

被测变量是条款5中定义的开路试验电压 $U_0$ 。

注： $U_0$ 是在150kHz到80MHz这一特定频率范围内通过一个加在150Ω负载上的耦合装置提供的电压。为了方便计算测量不确定度用dB(μV)表示。

#### G.3.2 被测变量的不确定度来源

下列影响图(图G.1至图G.4)是关于试验电压等级的影响量的举例,应注意,这些影响图并不详尽。表G.1至表G.8所示的不确定度评定的计算示例选取了影响图中最重要的影响量。至少应使用列入表G.1至G.8中的影响量计算不确定度,以获得不同试验场地或实验室之间可比较的不确定度评定。需指出的是,基于实验室的特定环境,在不确定度计算时可能还包括其它影响量(例如,类型A)。

<sup>1</sup>方括号中的数字参见附录G结尾处的参考文献。



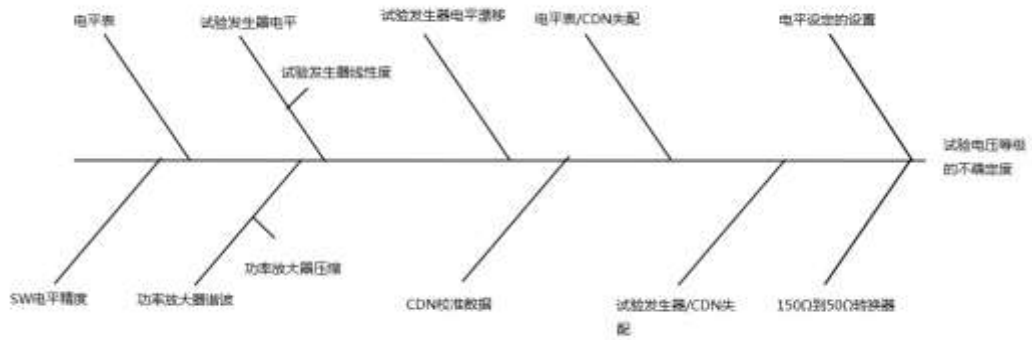


图 G.1 使用 CDN 影响试验电压等级的示例

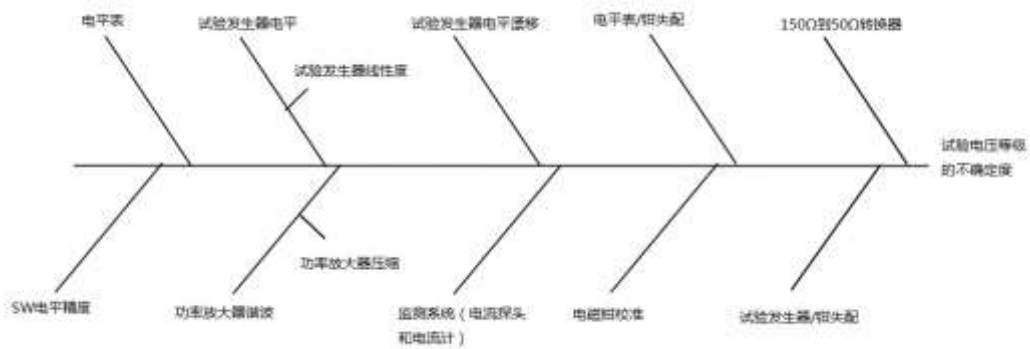


图 G.2 使用电磁钳影响试验电压等级的示例

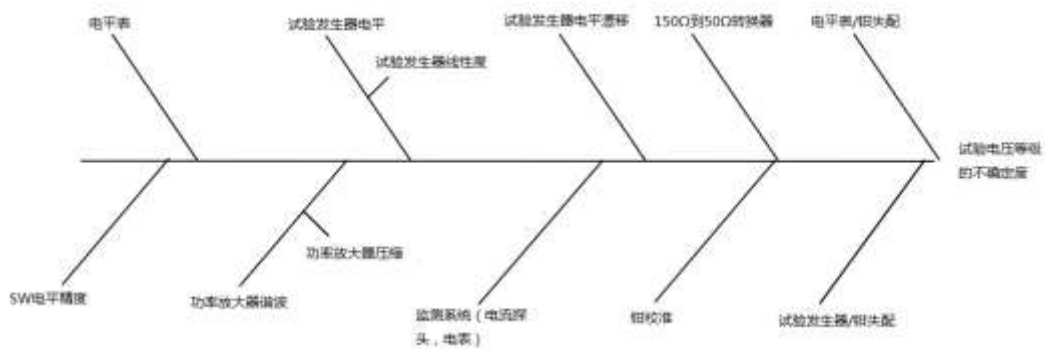


图 G.3 使用电流钳影响试验电压等级的示例

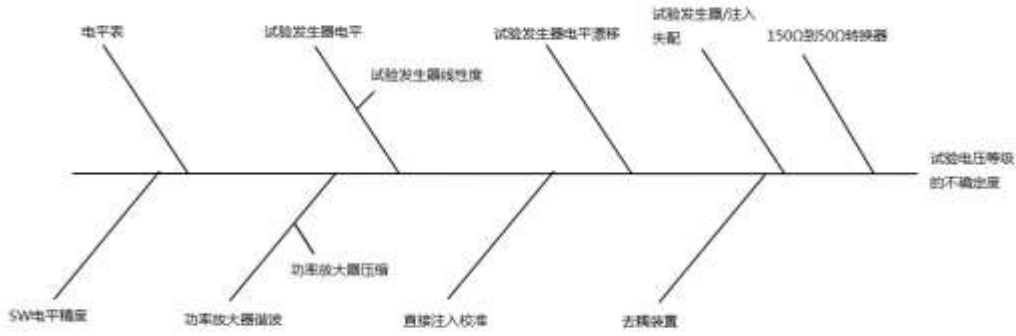


图 G. 4 使用直接注入法影响试验电压等级的示例

### G. 3.3 扩展不确定度的输入量和计算示例

以下示例假设在试验电平调整程序中使用相同的仪器产生试验电压等级（图9c)和图G.5描述了试验电平调整的测量设置），不包括在试验期间未使用的测量仪器。如果使用不同仪器，其产生的不确定度影响量在表G.1至表G.8中给出，但是它们的值都设为0（见表G.1至表G.8下面的注）。

因此，必须要认识到，来自电平调整程序与来自测试的影响可能并不相同。这将导致每个程序的不确定度评定都略微不同。

表G.1至表G.8给出了电压电平调整的不确定度评定的示例。每个不确定度评定由两部分组成，电平调整不确定度和测试不确定度。电平调整程序决定了 $U_x$ 和 $U_{mr}$ 之间的关系（见图G.1）。测试程序中 $U_x$ 是可重现的。

CDN 电压电平调整程序的模型函数（所有量均使用对数单位）：

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots (G.1)$$

影响量的解释：

$U_{LMc}$  直接来自功率计上的或转化为  $\text{dB}(\mu\text{V})$  的指示电压  $U_{mr}$ 。

注1：其他符号包含在下面的术语解释中。

CDN 测试程序的模型函数（所有量均使用对数单位）：

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t \dots\dots\dots (G.2)$$

$$U_x = U_{LMc} + 20 \log(5) \dots\dots\dots (G.3)$$

注2：符号包含在下面的术语解释中。

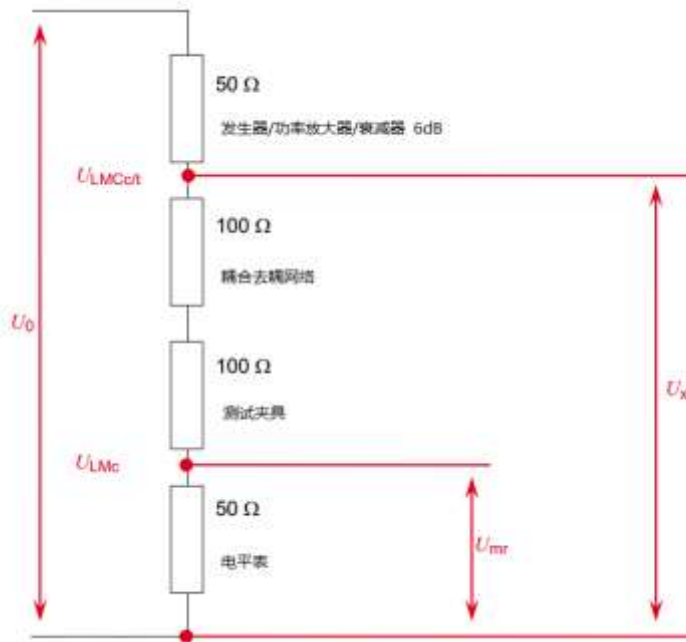


图 G.5 电平调整电路

表 G.1 CDN 电平调整程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta RCAL$	150 $\Omega$ -50 $\Omega$ 适配器, 偏差	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
	150 $\Omega$ -50 $\Omega$ 适配器, 校准	0.2	dB	正态 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01
$\delta SETUP$	电平调整的设置	0.35	dB	正态 $k=1$	1	0.35	dB	1	0.35	dB	0.12
$\delta LM_c$	电平表	0.5	dB	矩形	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08
$\delta SW_c$	SW 电平校准精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta SW_c(1,2)$	控制回路中的电平表	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(1,2)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(3)$	试验发生器失配/CDN	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta ML$	电平表失配/CDN	0.5	dB	U 型	1.41	0.35	dB	1	0.35	dB	0.13
$\Sigma u_i(y)^2$											0.40
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											0.63
扩展不确定度(CAL) $U=u(y) \times k, k=2$											1.27dB

表 G.2 CDN 实验程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta CAL$	校准	1.27	dB	正态 $k=2$	2	0.63	dB	1	0.63	dB	0.40
$\delta LMC_i(1,2)$	控制回路中的电平表	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta TG_i(1,2)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta MT_i(3)$	试验发生器失配/CDN	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta SW_i$	SW 电平精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03

$\Sigma u_i(y)^2$	0.46
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$	0.68
扩展不确定度(CAL) $U=u(y) \times k, k=2$	1.36dB

注3：对于电平调整和/或测试，需根据是否使用信号发生器和放大器输出电平控制回路，将 LMC 或者试验发生器其中一个影响量写入表 G.1 和 G.2 中。在此例中，因为试验发生器是控制回路的一部分，其并不影响不确定度评定。控制回路的影响量是由电平表确定的（见注 4）。然而表 G.1 和 G.2 包含试验发生器，这是提醒测试实验室，他们可以根据实验室特定的实验设置考虑此项。在这种情况下需要更详细的分析试验发生器的影响量，参见术语解释。

注4：如果电平调整和测试使用相同的设备，则测试程序中表 G.2 只需涵盖重复性和线性的影响量。电平调整的影响量可以忽略不计。

注5：如果电平调整和测试使用同一电路，则这些影响量不写入表 G.1 和 G.2。

### 术语解释

**RCAL**——150Ω-50Ω 适配器的不确定度。这种影响量通常可以从校准报告中获得。或者可以使用网络分析仪测量插入损耗（见图 8c）。规定的插入损耗(9.5dB)的最大偏差及其校准不确定度应该包括在表 G.1 和 G.2。如果校准证书申明只使用规定的容差，那么建议使用 0.5 dB。

注6：偏差可以用软件修正。在这种情况下，最大偏差可以简化为插入不确定度和校准不确定度。

注7：150Ω-50Ω 适配器的阻抗也可以直接测量，例如使用网络分析仪或引用校准证书。在这种情况下，来自 100Ω 的偏差和校准不确定度可以插入表 G.1 和 G.2。其灵敏系数  $c_i$  相应改变。

**SETUP**——由电平调整的设置引入的合成不确定度，即校准夹具，CDN 和 CDN 适配器与参考接地平板之间的连接的影响，例如，连接参考接地平板。这种影响量可以从变化条件的复现性试验中得出或根据本示例的经验进行评估而得到。

**LM<sub>c</sub>**——电平表的不确定度，即用于在 CDN 输出端测量电平的电压表或功率计的不确定度。它可以从制造商的说明书得到也可以从其他来源确定。

**SW<sub>c</sub>**——来自电平调整程序中用于电平调整的信号发生器和软件系统的不连续的电平步进的不确定度。实验室通常可以对软件系统进行调整。

**LM<sub>c</sub>**——电平表的不确定度，即用于信号发生器和放大器输出电平的控制回路的电压表或功率计的不确定度。可以从制造商的说明书得到也可以从其他来源确定。

**TG<sub>c</sub>**——试验发生器的不确定度，包括频率发生器，功率放大器和衰减器的不确定度。可以从制造商的说明书得到也可以从其他来源确定。

注8：试验发生器的单个组件的不确定度（例如，信号发生器、稳定的功率放大器、功率放大器的快速增益变换器，衰减器等等）可以分开评估，特别是测试设置中未使用控制回路时。

**MT<sub>c</sub>**——放大器、衰减器与 CDN 之间的失配的合成。

**ML**——CDN 和电平表之间的失配。

**CAL**——电平调整程序中试验电压等级的扩展不确定度。

**LM<sub>t</sub>**——电平表的不确定度，例如，制造商的说明书中采用的功率放大器的输出端使用的电压表的不确定度。或者，为了获得较低的不确定度可以使用功率计。

**TG<sub>t</sub>**——试验发生器的不确定度，包括频率发生器，功率放大器和衰减器的不确定度。可以从制造商的说明书得到也可以从其他来源确定。

注9：试验发生器的单个组件的不确定度（例如，信号发生器、稳定的功率放大器、功率放大器的快速增益变换器，衰减器等等）可以单独评估，特别是测试设置中未使用控制回路时。

**MT<sub>t</sub>**——放大器、衰减器与 CDN 之间失配的合成。如果电平调整和测试使用相同的衰减器和电缆，则此影响量可以忽略。

**SW<sub>t</sub>**——来自测试程序中用于电平调整的信号发生器和软件窗口的不连续的电平步进的不确定度。实验室通常可以调整软件窗口。

电磁钳电压电平调整程序的模型函数（所有量使用对数单位）：

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots (G.4)$$

影响量的解释:

$U_{LMc}$  直接来自功率计上的或转化为 dB( $\mu$ V)的指示电压  $U_{mr}$ 。

注10: 其他符号包含在下面的术语解释中。

电磁钳测试程序的模型函数 (所有量使用对数单位):

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_i + \delta CAL + \delta SW_i + \delta AETERM \dots\dots\dots (G.5)$$

$$U_x = U_{LMc} + 20 \log(5) \dots\dots\dots (G.6)$$

注11: 符号包含在下面的术语解释中。

表 G.3 电磁钳电平调整程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta RCAL$	150 $\Omega$ -50 $\Omega$ 适配器, 偏差	0.3	Db	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
	150 $\Omega$ -50 $\Omega$ 适配器, 校准	0.2	dB	正态 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01
$\delta SETUP$	电平调整的设置	0.35	dB	正态 $k=1$	1	0.35	dB	1	0.35	dB	0.12
$\delta LM_c$	电平表	0.5	dB	矩形	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08
$\delta SW_c$	SW 电平校准精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta SW_c(8,9)$	控制回路中的电平表	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(8,9)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(10)$	试验发生器失配/CDN	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta ML$	电平表失配/CDN	0.5	dB	U 型	1.41	0.35	dB	1	0.35	dB	0.13
$\Sigma u_i(y)^2$											0.40
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											0.63
扩展不确定度 (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1.27dB

表 G.4 电磁钳实验程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta CAL$	校准	1.27	dB	正态 $k=2$	2	0.63	dB	1	0.63	dB	0.40
$\delta LMC_i(8,9)$	控制回路中的电平表	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta TG_i(8,9)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta MT_i(10)$	试验发生器失配 /CDN	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta SW_i$	SW 电平精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta AETERM$	AE 终端阻抗	2.5	dB	矩形	1.73	1.45	dB	1	1.45	dB	2.09
$\Sigma u_i(y)^2$											2.55
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											1.60
扩展不确定度 (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											3.19dB

注12: 对于电平调整和/或测试, 需根据是否使用信号发生器和放大器输出电平控制回路, 将 LMC 或试验发生器 (TG) 其中一个影响量加入表 G.3 和 G.4 中。在此例中, 因为试验发生器是控制回路的一部分, 其并不影响不确定度评定。控制回路的影响量是由电平表确定的 (见注 13)。然而表 G.3 和 G.4 包含试验发生器, 这是提醒测试实验室, 他们可以根据实验室特定的实验设置考虑此项。在这种情况下需要更详细的分析试验发生器的影响量, 参见术语解释。

注13: 如果电平调整和测试使用相同的设备, 则测试程序中表 G.4 只需涵盖重复性和线性的影响量。电平调整的影响量可以忽略不计。

注14: 如果电平调整和测试使用同一电路, 则这些影响量不写入表 G.3 和 G.4。

### 术语解释

原则上, 若干与前例 (CDN 方法) 相同的项目不再解释, 可参考前例。

注15: 在使用监视探头和应用电流限幅的情况下, 附录 G 未考虑 7.4.1 涉及的不确定度。此条件下,  $U_0$  的值与电平调整程序所确定的值不相同, 但它会减少到一个未知值。因此, 在这种情况下无法分配  $U_0$  的不确定度。

**AETERM**——AE 阻抗的影响, 其阻抗应保持在  $150\Omega$ 。偏离此值有显著的影响, 尤其在低频 (低于  $10\text{MHz}$ ) 电磁钳的方向性会减弱。此条件下, 不确定度评估中 **AETERM** 影响量可能要大于本例所使用的数值。在  $10\text{MHz}$  以上频率可能会使用较低的值。

可以使用网络分析仪采用实验的方法研究此影响量。可以通过  $150\Omega$ AE 阻抗与不同的 AE 阻抗相比较来测量钳的耦合系数。

电流钳电压电平调整程序的模型函数 (所有量使用对数单位):

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta JIG + \delta SW_c + \delta ML \quad \dots\dots\dots (G.7)$$

影响量的解释:

$U_{LMc}$  直接来自功率计上的或转化为  $\text{dB}(\mu\text{V})$  的指示电压  $U_{mr}$ 。

注16: 其他符号包含在下面的术语解释中。

电流钳测试程序的模型函数 (所有量使用对数单位):

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta AETERM \quad \dots\dots\dots (G.8)$$

$$U_x = U_{LMc} + 20 \log(5) \quad \dots\dots\dots (G.9)$$

注17: 符号包含在下面的术语解释中。

表 G.5 电流钳电平调整程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta RCAL$	$150\Omega - 50\Omega$ 适配器, 偏差	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
	$150\Omega - 50\Omega$ 适配器, 校准	0.2	dB	正态 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01
$\delta JIG$	试验夹具	0.5	dB	正态 $k=1$	1	0.50	dB	1	0.50	dB	0.25
$\delta LM_c$	电平表	0.5	dB	矩形	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08
$\delta SW_c$	SW 电平校准精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta SW_c(12,13)$	控制回路中的电平表	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(12,13)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(14)$	试验发生器/钳的失配	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta ML$	电平表/钳的失配	0.5	dB	U 型	1.41	0.35	dB	1	0.35	dB	0.13
$\Sigma u_i(y)^2$											0.53
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											0.73
扩展不确定度 (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1.46dB

表 G.6 电流钳实验程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta CAL$	校准	1.46	dB	正态 $k=2$	2	0.73	dB	1	0.73	dB	0.53
$\delta LMC_i(12,13)$	控制回路中的电平表	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta TG_i(12,13)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta MT_i(14)$	试验发生器/钳的失配	0	dB	U型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta SW_i$	SW 电平精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta AETERM$	AE 终端阻抗	2.5	dB	矩形	1.73	1.45	dB	1	1.45	dB	2.09
$\Sigma u_i(y)^2$											2.68
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											1.64
扩展不确定度 (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											3.27dB

注18: 对于电平调整和/或测试, 需根据是否使用信号发生器和放大器输出电平控制回路, 将 LMC 或试验发生器 (TG) 其中一个影响量加入表 G.5 和表 G.6 中。在此例中, 因为试验发生器是控制回路的一部分, 其并不影响不确定度评定。控制回路的影响量是由电平表确定的 (见注 13)。然而表 G.5 和 G.6 包含试验发生器, 这是提醒测试实验室, 他们可以根据实验室特定的实验设置考虑此项。在这种情况下需要更详细的分析试验发生器的影响量, 参见术语解释。

注19: 如果电平调整和测试使用相同的设备, 则测试程序中表 G.6 只需涵盖重复性和线性的影响量。电平调整的影响量可以忽略不计。

注20: 如果电平调整和测试使用同一电路, 则这些影响量不写入表 G.5 和表 G.6。

**术语解释**

原则上, 若干与前例 (如 CDN 方法) 相同的项目不再解释, 可参考前例。

注21: 在使用监视探头和应用电流限幅的情况下, 附录 G 未考虑 7.4.1 涉及的不确定度。此条件下,  $U_0$  的值与电平调整程序所确定的值不相同, 但它会减少到一个未知值。因此, 在这种情况下无法分配  $U_0$  的不确定度。

**JIG**——来自测试夹具的合成不确定度。此影响量可以从改变条件的复现性试验中推导出或根据本示例的经验估计得到。

直接注入电压电平调整程序的模型函数 (所有量使用对数单位):

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots \text{ (G.10)}$$

影响量的解释:

$U_{LMc}$  直接来自功率计上的或转化为 dB( $\mu$ V)的指示电压  $U_{mr}$ 。

注22: 其他符号包含在下面的术语解释中。

直接注入测试程序的模型函数 (所有量使用对数单位):

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_i + \delta CAL + \delta SW_i + \delta DD \dots\dots\dots \text{ (G.11)}$$

$$U_x = U_{LMc} + 20 \log(5) \dots\dots\dots \text{ (G.12)}$$

注23: 符号包含在下面的术语解释中。

表 G.7 直接注入电平调整程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
----	--------------	----------	----	----	----	----------	----	-------	----------	----	------------

$\delta RCAL$	150 $\Omega$ -50 $\Omega$ 适配器, 偏差	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
	150 $\Omega$ -50 $\Omega$ 适配器, 校准	0.2	dB	正态 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01
$\delta SETUP$	电平调整	0.5	dB	正态 $k=1$	1	0.50	dB	1	0.50	dB	0.25
$\delta LM_c$	电平表	0.5	dB	矩形	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08
$\delta SW_c$	SW 电平校准精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta SW_c(16,17)$	控制回路中的电平表	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta TG_c(16,17)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta MT_c(18)$	试验发生器/CDN 的失配	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta ML$	电平表/CDN 的失配	0.5	dB	U 型	1.41	0.35	dB	1	0.35	dB	0.13
$\Sigma u_i(y)^2$											0.53
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											0.73
扩展不确定度 (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1.46dB

表 G.8 直接注入试验程序

符号	不确定度来源 $X_i$	$U(x_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	$c_i$	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
$\delta CAL$	校准	1.46	dB	正态 $k=2$	2	0.73	dB	1	0.73	dB	0.53
$\delta LMC_t(16,17)$	控制回路中的电平表	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta TG_t(16,17)$	试验发生器	0	dB	矩形	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta MT_t(18)$	试验发生器/钳的失配	0	dB	U 型	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00
$\delta SW_t$	SW 电平精度	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
$\delta DD$	耦合装置	2.3	dB	矩形	1.73	1.33	dB	1	1.33	dB	1.77
$\Sigma u_i(y)^2$											2.36
合成不确定度 $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$											1.54
扩展不确定度 (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											3.07dB

注24: 对于电平调整和/或测试, 需根据是否使用信号发生器和放大器输出电平控制回路, 将 LMC 或试验发生器 (TG) 其中一个影响量加入表 G.7 和表 G.8 中。在此例中, 因为试验发生器是控制回路的一部分, 其并不影响不确定度评定。控制回路的影响量是由电平表确定的 (见注 13)。然而表 G.5 和 G.6 包含试验发生器, 这是提醒测试实验室, 他们可以根据实验室特定的实验设置考虑此项。在这种情况下需要更详细的分析试验发生器的影响量, 参见术语解释。

注25: 如果电平调整和测试使用相同的设备, 则测试程序中表 G.8 只需涵盖重复性和线性的影响量。电平调整的影响量可以忽略不计。

注26: 如果电平调整和测试使用同一电路, 则这些影响量不写入表 G.7 和表 G.8。

#### 术语解释

原则上, 若干与前例 (如 CDN 方法) 相同的项目不再解释, 可参考前例。

**DD**——去耦装置和 AE 终端阻抗的合成不确定度。良好的去耦对 AE 终端阻抗影响较少, 较差的去耦会产生较大影响。这种影响量可以根据去耦单元的阻抗计算得到。

### G.4 计算出的测量不确定度表达式及其应用

测量不确定度按对数单位计算是为了与通常用分贝表示的试验电平不确定度 (如电压表幅度规格和适配器插入损耗校准) 的不确定度影响量保持一致。因此, 最佳估值应以对数单位表示 (如 dB( $\mu$ V))。

试验电压等级应按照电压的最佳估值加上其扩展不确定进行记录。最佳估值应为电压  $U_0$  在相关频率范围内的平均值。

下面给出了一个表示测量不确定度的示例:



用对数单位表示:

$$U_0 = 129.5\text{dB}(\mu\text{V}) \pm 1.36\text{dB}$$

相应的, 以线性刻度表示:

$$U_0 = 3\text{V} + (17\%) - (14.5\%)$$

计算出的测量不确定度可以用于各种目的, 例如, 用于指导产品标准或用于实验室认可。这并不意味着此计算结果将要用于实验程序中 EUT 的试验电平调整, 以及 6.4 中定义的电压容差(允差)要求的评估。

#### G.5 参考文献

- [1] IEC/TR 61000-1-6:2012, 电磁兼容 1-6 部分: 综述 对测量不确定度评估的指导
- [2] UKAS, M3003, Edition 2:2007, 测量中的不确定度和置信度的说明
- [3] ISO/IEC Guide 98-3:2008, 不确定度的测量 第 3 部分: 对测量中不确定度表述的指导(GUM: 1995)

附录 H  
(资料性附录)  
AE 阻抗的测量

## H.1 概述

附录H给出了当AE与被测设备一同使用时测量AE共模阻抗的一些资料。测试被测设备的详细布置在本标准的正文中描述。如果一个专用的AE单元总是与被测设备一同使用，则也应在测试中使用它。在上述情况下，AE看作是被测设备的一部分，并免除以下阻抗要求。

附录H给出了测量AE阻抗的示例，并进一步提供了使AE共模阻抗更接近于理想的150Ω阻抗的指导。

## H.2 共模阻抗

### H.2.1 阻抗要求

根据第6章和第7章所述的测试布置，AE阻抗应满足表3的规定（重复出现表H.1，以便阅读）。

表 H.1 AE 阻抗的要求

参数	频段	
	0.15MHz~24MHz	24MHz~80MHz
$ Z_{ce} $	150Ω±20Ω	150Ω <sup>+60Ω</sup> <sub>-45Ω</sub>
注：当按照 7.7 进行测试时，AE 阻抗很可能低于表中的规定。更多的信息见正文 7.7 中关于使用钳注入法时的电流监视。		

### H.2.2 使用阻抗分析仪的测试布置

按照本标准图8b)的布置测量AE阻抗。把AE电缆的所有导线连接在一起，以便在高频提供一个低阻抗（当大于150kHz时，远小于150Ω），并连接到阻抗网络分析仪。应注意，在测试期间AE应处于工作状态并连接电源及其辅助设备（如果有）。连接到阻抗分析仪的AE电缆可能无法正常工作。

注：应注意，当 AE 电缆的导线连接在一起时，AE 和阻抗分析仪可能会受到潜在的高电压/电流的破坏。可通过至少 20nF 的电容建立导线之间的连接。

### H.2.3 使用电平调整的测试布置

也可用图9c)的电平调整布置测量AE阻抗。在这种情况下，AE应并联一个合适的CDN，100Ω校准电阻与50Ω阻抗的电压表串联。

测试期间AE的实际设置和工作状态见H2.2。

通过施加到AE的试验电平 $U_0$ 的分压比得出AE阻抗。50Ω电压表上读到的电压限值在表H.2中给出。见图H.1。

表 H.2 用于 AE 阻抗测量的导出分压比

参数	频段	
	0.15MHz ~24MHz	24MHz ~80MHz

$ Z_{ce} $	$150\Omega \pm 20\Omega$	$150\Omega_{-45\Omega}^{+60\Omega}$
理想阻抗 ( $ Z_{ce}  = 150\Omega$ )	$0.111 \times U_0$ (-19.1 dB)	$0.111 \times U_0$ (-19.1 dB)
电压上限值	$0.116 \times U_0$ (-18.7 dB)	$0.123 \times U_0$ (-18.2 dB)
电压下限值	$0.106 \times U_0$ (-19.5 dB)	$0.097 \times U_0$ (-20.2 dB)
注：表 H.2 中的标称值没有考虑测量不确定度且所有阻抗都是纯电阻。这些标称值仅供参考，并非要求。		

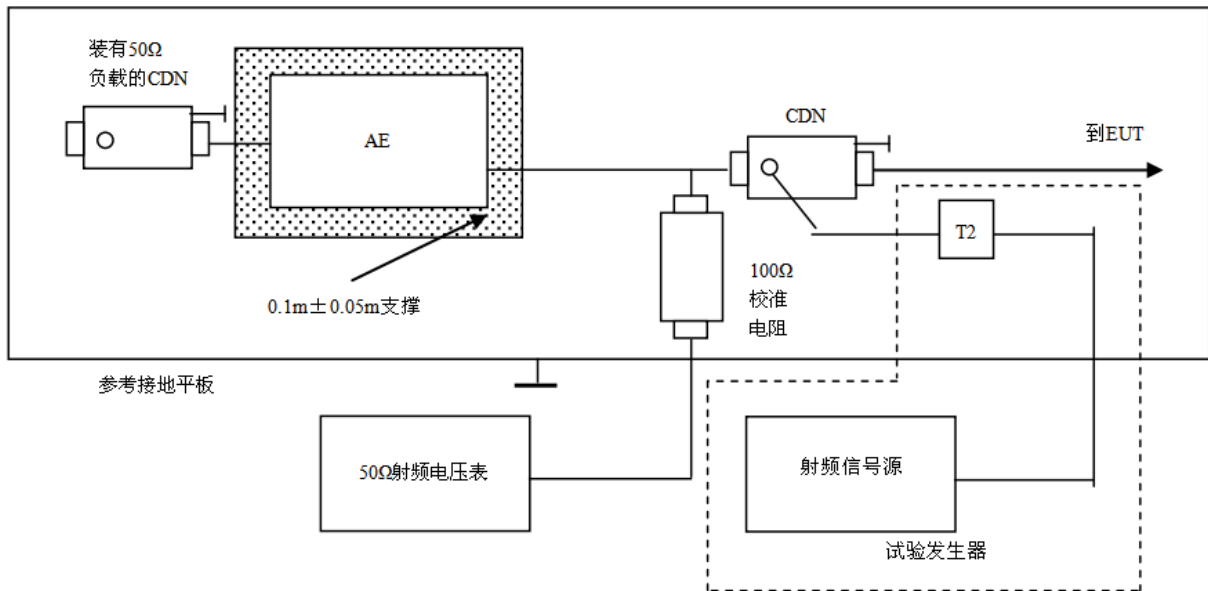


图 H. 1 使用电压表测量阻抗

H. 2. 4 使用电流探头的测试布置

AE阻抗也可以用7.7中提到的电流监视探头进行测试。在这种情况下，AE应并联一个合适的CDN，然后监控注入CDN的电流并与理想的150ΩAE阻抗电流相比较。

使用图H.2所示布置测量AE阻抗。应注意，在测试期间AE应处于工作状态并连接电源及其辅助设备（如果有）。当其信号电缆连接到CDN时，由于CDN可能会影响AE和EUT之间功能信号的传输，AE可能无法正常工作。

通过施加到AE的试验电平 $U_0$ 的分压比得出AE阻抗。50Ω电压表上读到的电压限值在表H.3中给出。应注意，图中所示的是具有理想变换系数0dB(V/A)的电流探头。如果探头的变换系数不是0dB(V/A)，应使用实际的变换系数修正电压读数。

表 H.3 用于 AE 阻抗测量的导出分压比

	频段	
参数	0.15MHz ~24MHz	24MHz ~80MHz
$ Z_{ce} $	$150\Omega \pm 20\Omega$	$150\Omega^{+60\Omega}_{-45\Omega}$
理想阻抗 ( $ Z_{ce}  = 150\Omega$ ) (假设探头变换系数为 0dB)	$0.003\ 333 \times U_0$ (-49.5 dB)	$0.003\ 333 \times U_0$ (-49.5 dB)
电流上限值 (假设探头变换系数为 0dB)	$0.003\ 571 \times U_0$ (-48.9 dB)	$0.003\ 922 \times U_0$ (-48.1 dB)
电流下限值 (假设探头变换系数为 0dB)	$0.003\ 125 \times U_0$ (-50.1 dB)	$0.002\ 778 \times U_0$ (-51.1 dB)

注：表 H.3 中的标称值没有考虑测量不确定度且所有阻抗都是纯电阻。这些标称值仅供参考，并非要求。

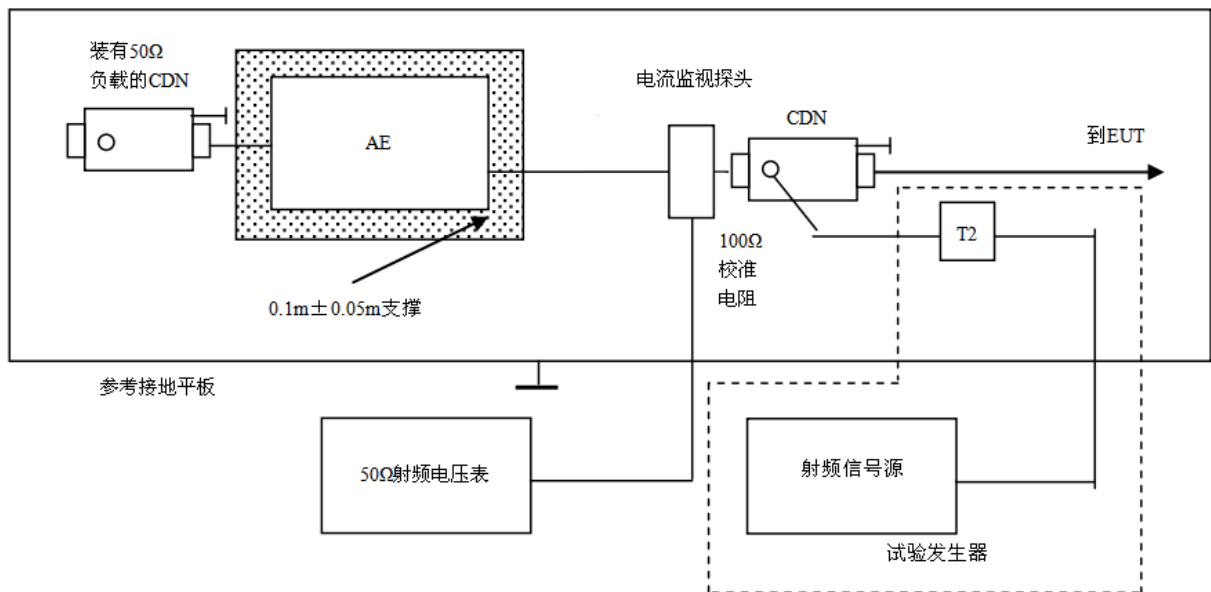


图 H. 2 使用电流探头测量阻抗

### H. 3 获得理想的AE阻抗的指南

使用常规AE得到理想的150 Ω AE共模阻抗的目的，是使被测设备的测试具有可重现性。

当没有合适的CDN时，为获得可重现的、正确的结果，AE应具有150 Ω的共模阻抗。当AE连接到EUT的电缆具有以下特性时，可用于实现此目的：

- 屏蔽电缆，屏蔽层连接到AE的金属机壳（或其PCB的接地平面）；
- 或非屏蔽电缆，但某些导线连接到或具有较高的容性耦合到金属机壳或PCB的接地平面。

以下建议适用于当AE使用金属机壳时建立150 Ω阻抗：

- 通过150 Ω电阻连接AE金属机壳和参考接地平面；
- 使用一个低电容(< 100 pF)电源隔离变压器为AE提供电源。保护接地线不得直接连接到大地。出于安全考虑，要使用大于280 μH的射频扼流圈。此程序也适用于直流供电（带有电气隔离）或电池供电；
- 使用尽可能少的外部电缆；

- 将AE电缆收拢靠近AE，将AE放置在300mm的绝缘材料上以减小与参考接地平板的耦合；
- 使用光纤信号转换器连接到其他AE。

以下建议适用于当AE使用非导电材料机壳时建立150 Ω阻抗：

- 通过150 Ω电阻连接屏蔽电缆的屏蔽层和参考接地平面，或通过150 Ω电阻连接PCB接地平面和参考接地平面；
- 通过电容器连接AE电缆的所有导线到公共点，再通过150 Ω电阻连接此点和参考接地平面。应注意，当AE电缆的导线连接在一起时，AE可能会受到潜在的高电压/电流的破坏。可通过至少20nF的电容建立连接。

若按照以上措施的还是无法接近 $Z_{AE} \leq 150 \Omega$ ，如果可能，则尝试将AE额外端接CDN来减小 $Z_{AE}$ 。另见表H.1中的注。

# 附录 I

## (资料性附录)

### 端口间注入

#### 1.1 概述

经验表明, 当一个端口被注入且另一个相同端口被端接时, 一些特定EUT会对射频信号更加敏感。产品委员会可以决定用附录I中描述的方法代替本标准正文中的测试程序。

附录I给出了测试同一EUT上的若干相同端口的一些资料。并介绍了一种注入方法, 当射频信号注入到此种端口时终端阻抗端接在另一个此种端口, 代替依据7.5所选择的端口。

此测试是对7.5规定的测试情况的补充, 为了评估EUT对于射频信号感应到一个端口并且流至另一个相同端口的抗扰度。

相同端口可以是, 但不限于: 局域网(以太网等)、Pt100温度传感器输入、模拟输入/输出、数字输入/输出、转速表计数器输入。

#### 1.2 相同端口注入的测试布置

##### 1.2.1 端口的选择

注入应在两个相同类型端口之间进行。测试所选的两个端口应尽可能靠近。被测设备可能具有若干组相同端口的集合, 在这种情况下, 每一类型端口的集合都应进行测试。

注: 产品委员会可指明, 此测试仅针对特定的电缆或接口类型, 或电缆超过一定长度的端口。附件I仅适用于测试所选的这些端口。

##### 1.2.2 端口间注入的程序

选择一个端口作为注入端口, 另一个连接到具有 $50\Omega$  终端阻抗的CDN的端口作为终止端口。见图I.1。

根据本标准正文, 所有在正文中规定的被测设备的其它端口连接不端接 $50\Omega$ 终端阻抗的作为去耦装置使用的CDN。

如果有更多类型的端口要进行测试, 在这些类型的端口上也要进行重复测试。

如果不能使用CDN测试相同端口, 则第7章中规定的一般规则适用于相同端口的注入。图12为选择注入方法提供了指导。

端口的测试和测试结果的处理按照本标准正文所述执行。

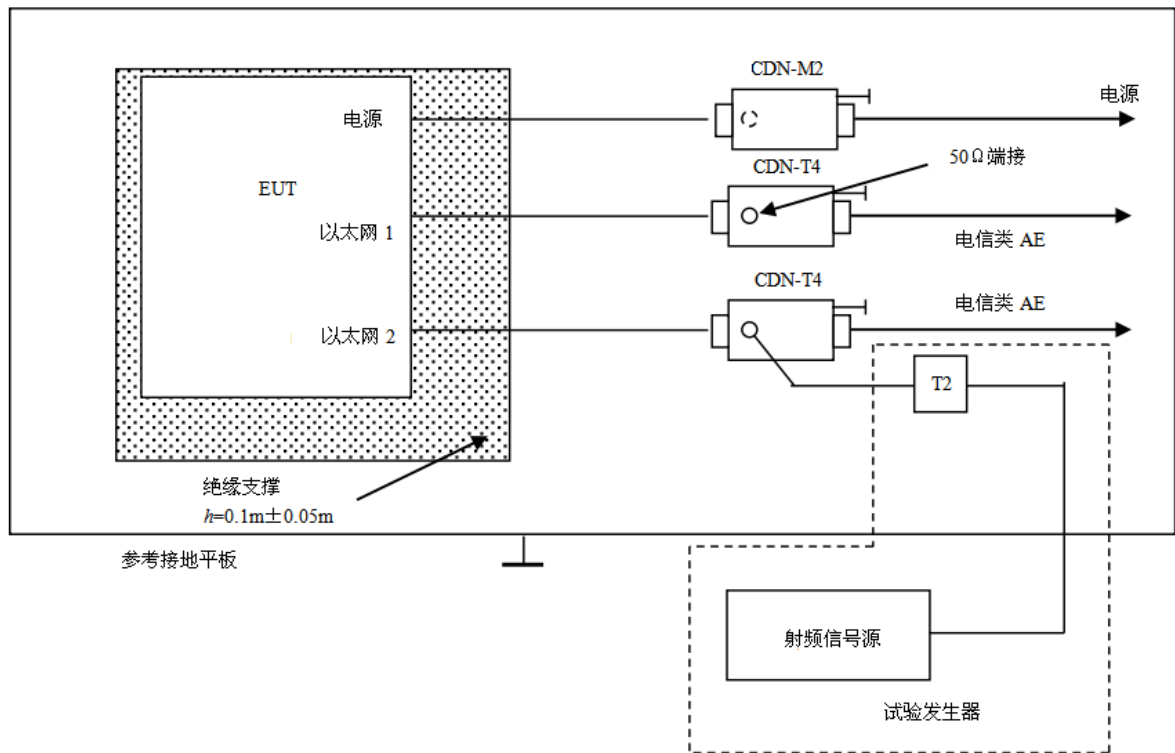


图 1.1 端口间注入测试布置的示例

附 录 J  
(资料性附录)  
放大器的压缩和非线性

### J.1 限制放大器失真的目的

放大器的非线性会增大施加给EUT的骚扰信号的不确定度。附录J的目的是保持放大器的非线性度足够低使其不会过多影响不确定度。附录J可以帮助实验室去了解 and 限制放大器的失真。

### J.2 谐波和饱和可能会引起的问题

放大器运行在饱和状态可能会产生以下情况：

- a) 由于功率计测量的总功率包括基波和谐波两部分，谐波可能显著的影响试验电平校准过程得到的测量值。假设，在电磁钳的输入端，二次谐波和三次谐波都低于基波频率 15dB 且所有其他谐波都可以忽略不计；进一步假设，实际的电磁钳系数在三次谐波处比基波频率处低 5dB；那么基波频率的电压电平将只会比三次谐波的电压电平大 10dB。如果测试的总幅值为 10V，基波频率可能仅有 9.5V。当它小于电磁钳校准的不确定度时，这是可以接受的误差。诸如频谱分析仪这样的选频设备则不会存在这些误差。
- b) 如果 EUT 在预期的基波频率较稳定而在谐波频率不稳定，则谐波可能会引起 EUT 不合格，如果错误的记录了此不合格，可能导致不正确的重新设计。
- c) 在特殊情况下，即使很好的抑制了谐波，它也可能影响测试结果。例如测试一个 60MHz 的接收机时，即使一个非常弱的 20MHz 信号的谐波也可能使接收机输入端过载。如果信号发生器输出端存在非谐波相关信号，也可能出现类似情况。特殊的低通或陷波滤波器可以用来保护敏感的 EUT。
- d) 饱和可能导致谐波不可测。在放大器饱和时，如果放大器具有可抑制谐波的低通输出滤波器，和/或其内部电路亦或这些技术的组合可以在频带边缘抑制谐波，则会发生这种情况。这种情况也可能导致不正确的结果。
  - 1) 如果在校准过程中发生这种情况，线性的假设将被用于 6.4.2 中所述的计算过程，则会获得错误的校准数据。
  - 2) 在测试过程中，这种类型的饱和会导致不正确的调制指数和调制频率（通常为 1kHz）的谐波。

根据以上示例，显然无法得出放大器失真的定量限值，失真的影响很大程度上取决于所测 EUT 的类型。

### J.3 干扰信号中的谐波的限制

在放大器的输出端口通过使用一个可调节/跟踪/调谐的低通滤波器来限制干扰信号中的谐波。

在放大器输出产生谐波的全频段，除J. 2的项目c)中讨论的情况外，认为放大器输出信号中的谐波比基波小15dB是足够的。

这样可以将骚扰电压电平的误差限制在10%内。例如，一个10V的宽带测试信号中的9V来自基波，4.5V来自谐波。对于校准不确定度这可能是可以接受的。

对于在输出端有一个固定的低通滤波器的放大器，基波频率的上限是放大器规定的最大频率的三分之一。

在放大器饱和且低通滤波器抑制谐波的情况下，无论如何放大器的压缩点不应超过2dB。（例如，最差的频率，经调制的最大骚扰电压电平）。在2dB压缩点，其峰值幅度（电压）将减小20%。这将导致调幅指数从80%下降到64%，即调整过的到EUT的电压将减小20%。

### J.4 线性特性对抗扰度试验的影响



### J.4.1 概述

放大器的线性特性、谐波以及饱和会影响抗扰度测试的结果。

假定在6.4.2中描述的CDN和/或钳电平的调整程序中，使用的放大器可产生与输入信号成比例的线性输出。

应验证放大器的线性度，从而保证所使用的放大器在校准电压电平时或在预期的较低电平时产生正确的干扰电压电平。

放大器的线性度对调幅（AM）深度也有影响，因此也应验证调幅深度。

### J.4.2 放大器线性特性的评估

#### J.4.2.1 电平范围的评估

放大器的线性特性应在放大器用于测试的范围内进行评估。应包括最小电平至最大电平（含来自调制的增长）。

最大电平指的是，为满足调制因素以5.1dB增长的被测连续信号的最大电平。

当计算不同的测试干扰电压电平时，基于单一耦合装置的电平调整过程，线性度的评估范围是放大器在测试中使用的最小至最大输出。例如，如果使用10V电平调整程序获得的数据进行1V的测试，线性度的评估范围被定义为功率放大器需要达到的从最小1.8V至18V（电动势）的输出。

也应考虑，不同的耦合装置可能需要不同的放大器输出功率来达到所需的干扰电平。例如，为达到10V测试干扰电平，电流探头比耦合去耦网络（CDN）需要更大的功率。

注：6.4.2所述的耦合装置的校准程序指出，当放大器的最大输出功率增加5.1dB时，测试实验室必须确认2dB的允差，此程序仅适用于确认放大器的饱和状态，不用做评估附录J讨论的线性特性。

#### J.4.2.2 评估过程

对于评估放大器的线性度，使用的实际负载和环境条件是非常重要的，如用于EUT测试的耦合装置和测试系统。测试布置见图J.1。

放大器线性度的评估应至少在放大器可允许频率范围内的最低、中间、最高的频率进行。例如，放大器的频率范围为0.15MHz~80MHz，其线性度评估应在0.15MHz、40 MHz、80 MHz进行。

注：放大器测试数据的评估可以用于证明不同频率点的选择。

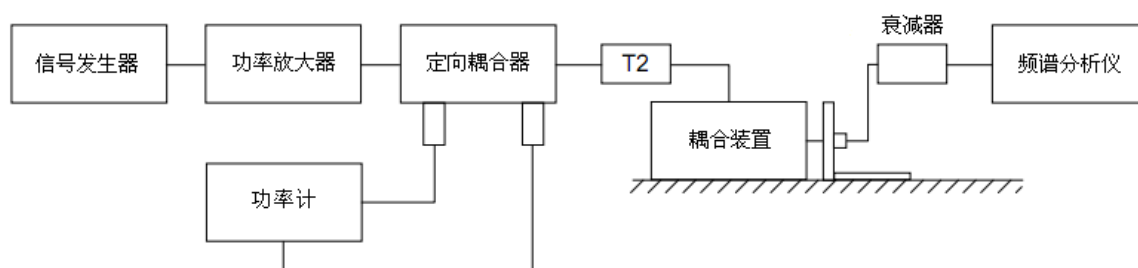


图 J.1 放大器的线性测量的布置

应按照以下步骤对如上述定义在每个频率进行线性度测试：

- 1) 由于设置了适当的耦合装置，应确定信号发生器设置以便产生最小和最大电平（见 J.4.2.1）。
- 2) 将信号发生器设置为步骤 1) 所确定的最小值，并记录信号发生器的输出和功率放大器的正向功率。
- 3) 将信号发生器的设置提高 1dB，并记录信号发生器的输出和放大器的正向功率。
- 4) 重复步骤 2) 和步骤 3) 直至达到步骤 1) 所确定的信号发生器的最大设定值。
- 5) 其余频率的测试重复步骤 1) 到步骤 4)。

#### J. 4. 2. 3 线性度准则

对于J.4.2.2获得的结果，信号发生器的输出每增加1dB，测得的放大器的输出应增加1dB（ $\pm 1\text{dB}$ ）（即功率放大器的线性度允差为 $\pm 1\text{dB}$ ）。

如果按照J.4.2.2所定义的程序获得的测试数据满足 $\pm 1\text{dB}$ 的规范，则测试实验室所使用的放大器是符合线性度准则的。如果测试数据超过了此线性度规范，则需进一步使用J.4.2.4和J.4.2.5。

图J.2给出了在单一频率基于放大器输出所定义的 $\pm 1\text{dB}$ 允差的示例。此示例中信号发生器的输出在最小电平-30dBm和最大电平0dBm之间变化。此示例中的放大器超出了允差。

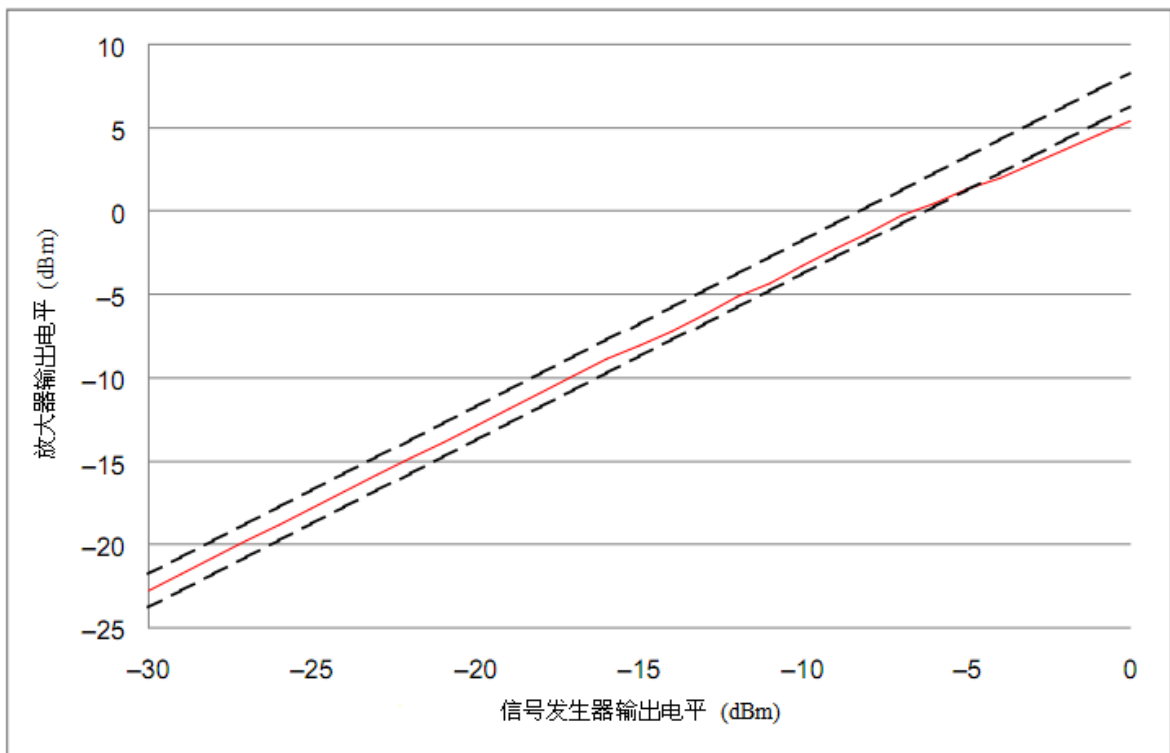


图 J. 2 线性特性

#### J. 4. 2. 4 AM调制的确认

当依据J.4.2.3获得的评估结果超过 $\pm 1\text{dB}$ 的线性度准则时，测试实验室需要按照下列程序确认AM调制。测试布置如图J.3。

测试频率应是J.4.2.3中确定的所有不符合的频率。

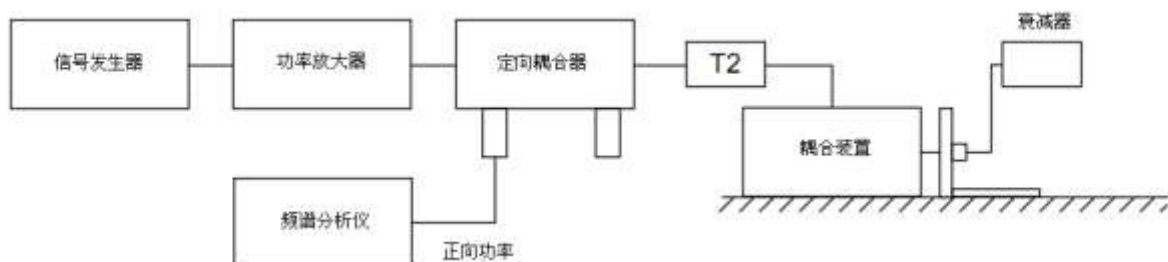


图 J.3 调制深度的测量布置

- 1) 在适当的频率设置信号发生器的输出到 J.4.2.1 中所确定的最大值，并开启 AM 调制。
- 2) 将图 J.3 中所示的频谱分析仪的中心频率设置为步骤 1) 所定义的信号输出频率。
- 3) 调整频谱分析仪，使载波频谱、上边带频谱和下边带频谱显示在屏幕上。例如，分辨率带宽=100Hz，跨度=10KHz。
- 4) 记录载波电平( $L_{\text{carrier}}$ )与上或下边带电平( $L_{\text{sideband}}$ )之间的幅度差( $L_{\text{cs}}$ )。(参见图 J.4)  $L_{\text{cs}}=L_{\text{carrier}} - L_{\text{sideband}}$ 。  
当 $L_{\text{cs}}$ 大于10dB ( $m < 64\%$ ) 或 $L_{\text{cs}} < 6\text{dB}$ 时，测试报告中应包含此结果。

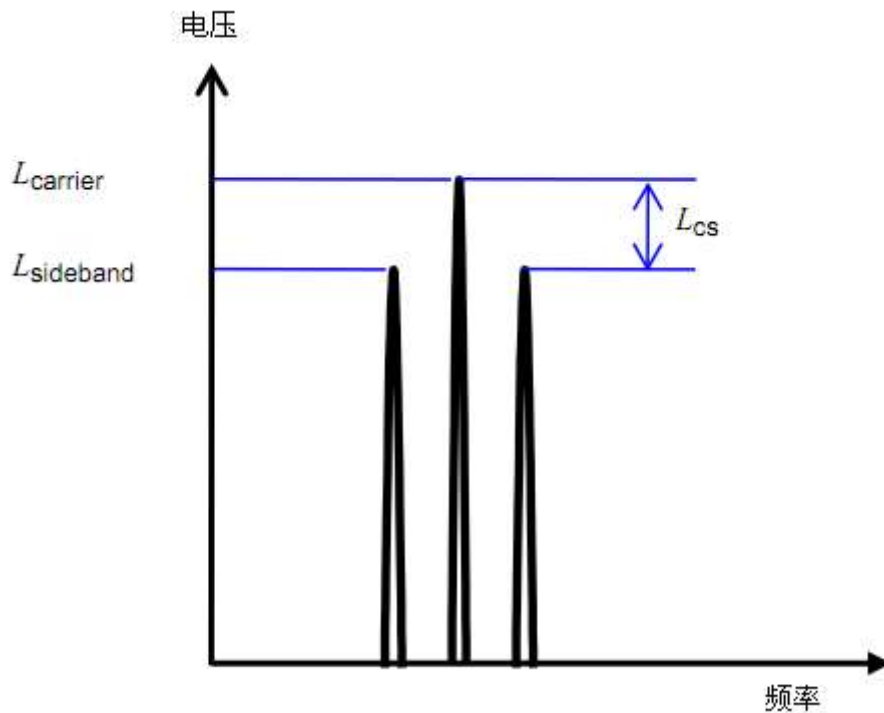


图 J.4 AM 调制信号的频谱

#### J.4.2.5 放大器的线性度特性超过准则时的抗扰度试验

当J.4.2.3的评估结果不满足线性度 $\pm 1\text{dB}$ 的准则时，但满足J.4.2.4的准则时。有必要在实际的EUT测试中按照下列方法调整正向功率。

一种方法是使用带有反馈的系统，在该系统中，使用一个功率计来监视测试发生器的输出功率。

另一种方法适用于没有反馈的系统，在每个所需的试验等级均需完成正向功率校准。

以上两种情况都应符合6.1中的要求。

## 参 考 文 献

IEC 61000-4-3, 电磁兼容性 (EMC) -第 4-3 部分: 试验和测量技术-辐射、射频电磁场抗扰度试验

CISPR 16-1-2, 无线电干扰和抗扰度测量装置及方法用-第 1-2 部分: 无线电干扰和抗扰度测量-辅助设备-传导干扰

CISPR 16-1-4, 无线电干扰和抗扰度测量装置和方法-第 1-4 部分: 无线电干扰和抗扰度测量装置-天线和辐射骚扰测试场地

CISPR 20, 声音和电视广播接收机及有关设备-抗扰度的限值和测量方法。

---