

中华人民共和国国家标准

无线电骚扰和抗扰度 测量设备规范

GB/T 6113.1—1995

代替 GB 6113—85

Specifications for radio disturbance and immunity measuring apparatus

本标准等效采用国际无线电骚扰特别委员会 CISPR 16-1(1993)《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第一部分无线电骚扰和抗扰度测量设备》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了用于测量无线电骚扰电压、骚扰电流和骚扰场强的测量设备的电气性能和机械特性，其频率范围为 9 kHz~18 GHz。此外，对用于不连续骚扰测量的专用设备也提出了要求。这些要求包括无线电骚扰的宽带测量和窄带测量。

本标准规定的测量接收机的特性必须在其所有的频率和无线电骚扰电压、电流、功率或场强的所有电平上得到满足。

所涉及的测量接收机的类型包括：

- a. 准峰值测量接收机；
- b. 峰值测量接收机；
- c. 平均值测量接收机；
- d. 均方根值测量接收机。

本标准还给出频谱分析仪和音频骚扰电压表的规范及辅助设备的规范，其中包括人工电源网络、电流探头、电压探头、吸收式功率钳、骚扰分析仪、天线、试验场 TEM 小室、混响室、耦合网络和人工手等。

本标准适用于无线电骚扰和抗扰度的测量设备。

2 引用标准

- IEC 50(161)^{1]} 电磁兼容性名词术语
GB 2846—88 调幅广播接收机测量方法
GB 6163—85 调频广播接收机测量方法
GB 4343—84 电动工具、家用电器和类似器具设备的无线电骚扰特性的测量方法和允许值

3 术语和符号

下列术语和符号适用于本标准，也可参照 IEC 50(161)。

3.1 脉冲强度^{2]} impulse strength (*IS*)

脉冲强度(有时也称之为脉冲面积)定义为某一脉冲电压对时间积分的面积：

1] 国际电工委员会第 50 号出版物第 161 章。

2] 等效标准为“脉冲面积”，但考虑到与现行的国家标准一致，故采用“脉冲强度”这一术语。两者在内容上并无差异。下同。

$$IS = \int_{-\infty}^{+\infty} V(t) dt \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中： IS ——脉冲强度， $\mu V \cdot s$ 或 $dB\mu V \cdot s$ 。

注：脉冲强度与脉冲频谱密度 D [用 $\mu V/MHz$ 或 $dB(\mu V/MHz)$] 直接相关。对于脉冲持续时间为 T 的矩形脉冲串，当频率 $f \ll 1/T$ 时，存在下述关系

$$D(\mu V/MHz) = 2 \times 10^6 IS(\mu V \cdot s)。$$

3.2 带宽 bandwidth(B_n)

低于响应曲线中点某一规定电平处测量接收机总选择性曲线的宽度用符号 B_n 表示。 n 表示所规定电平的分贝数。

3.3 脉冲带宽 impulse bandwidth(B_{imp})

$$B_{imp} = \frac{A(t)_{max}}{2G_o \cdot IS} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中： $A(t)_{max}$ ——在测量接收机输入端施加一个强度为 IS 的脉冲时测量接收机中频(IF)输出端包络的峰值；

G_o ——该电路中心频率的增益。

对于临界耦合调谐变压器：

$$B_{imp} = 1.05B_6 = 1.31B_3 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中： B_6 ——6 dB 处的带宽；

B_3 ——3 dB 处的带宽；(详见附录 A(补充件)中第 A2 章)。

3.4 充电时间常数 electrical charge time constant(T_c)

从恒定正弦波电压加到检波级的输入端瞬间起，到检波器的输出电压达到其终值的 63% 为止，其间所用的时间就是充电时间常数。

注：充电时间常数按下述方法确定：

将一个具有幅度恒定、频率等于中频的正弦波信号加到检波器的输入端，此信号电平应工作在相关各级放大电路的线性区域。将一个无惯性的指示器(如阴极射线示波器)接到直流放大器电路中不影响检波器性能的测量点上，记下该仪器指示 M ，然后只在有限的时间施加上述同一电平的正弦波信号(包络为矩形的波形)，使偏转上升到 $0.63 M$ ，此信号的持续时间就是检波器的充电时间。

3.5 放电时间常数 electrical discharge time constant(T_D)

从移去加在检波级输入端的恒定正弦波电压的瞬间起，到检波器的输出电压降至其初始值的 37% 为止，其间所用的时间就是放电时间常数。

注：放电时间常数的测量方法与充电时间常数的测量方法相似，但不是有限时间内施加信号，而是将施加的信号中断一定时间，使偏转指示降至 $0.37 M$ 所需要的时间，就是检波器的放电时间。

3.6 临界阻尼指示器的机械时间常数 mechanical time constant of a critically damped indicating instrument(T_M)

$$T_M = \frac{T_L}{2\pi} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中： T_L ——去除全部阻尼之后的自由振荡周期。

注：① 对于临界阻尼指示器，其系统的运动方程式可写成：

$$T_M^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} + 2T_M \frac{d\alpha}{dt} + \alpha = K \cdot i$$

式中： α ——偏转指示；
 i ——流经指示器的电流；
 K ——常数。

由上式可以推论，时间常数也可以规定为矩形脉冲（幅度恒定）的持续时间，此矩形脉冲所产生的偏转指示等于幅度与矩形脉冲相同的连续电流所产生的稳定偏转指示的 35%。

② 临界阻尼机械时间常数的测量方法和调节方法可从下述方法之一得到：

- a. 把自由振荡周期调节到 $2\pi T_M$ ，然后加上阻尼，使 αT 等于 $0.35 \alpha_{\max}$ 。
- b. 如果振荡周期不能测量，就将阻尼调到刚好低于临界值，使仪器的过摆不大于 5%，调节转动惯量，使 αT 等于 $0.35 \alpha_{\max}$ 。

3.7 过载系数 overload factor

过载系数是指电路的稳态响应离开理想线性不超过 1 dB 时的最高电平与指示器满刻度偏转指示所对应的电平之比。

3.8 对称电压 symmetric voltage

在两线电路中（如单相电源），对称电压就是指出现在于两线间的射频骚扰电压。有时也称为差模电压。如果用 V_a 表示其中一个电源端子与地之间的电压矢量， V_b 表示另一个电源端子与地之间的电压矢量，那么对称电压即差模电压为 V_a 与 V_b 矢量之差，即： $V_a - V_b$ 。

3.9 非对称电压 asymmetric voltage

非对称电压就是指出现在于两电源端子电气中点与地之间的射频骚扰电压。有时也称为共模电压，其值为 V_a 与 V_b 矢量之和之半，即 $(V_a + V_b)/2$ 。

3.10 不对称电压 unsymmetric voltage

不对称电压是指第 3.8 条和第 3.9 条中定义的 V_a 或 V_b 矢量电压的幅度。这一电压用 V 型人工电源网络测量。

3.11 参考地 reference earth^{1]}

一种终端母线，它是设备的接地母线或设备接地母线的延伸，是电气器具和设备接地的方便汇集点。

第一篇 测量设备

4 准峰值测量接收机，频率范围 9 kHz~1 000 MHz

测量接收机的特性由其工作频率范围来决定。四台测量接收机的工作频率范围分别覆盖 9~150 kHz(A 频段)，150 kHz~30 MHz(B 频段)，30~300 MHz(C 频段)，300~1 000 MHz(D 频段)。

4.1 输入阻抗

测量接收机的输入电路应采用非平衡式。其输入阻抗的额定值为 50 Ω ，且当射频衰减为 0 dB 时，其电压驻波比(VSWR)不得超过 2.0；当射频衰减等于或大于 10 dB 时，VSWR 不得超过 1.2。

注：在 9 kHz~30 MHz 频率范围内的对称输入阻抗。当进行对称测量并采用平衡输入变换器时，应优先选用 600 Ω 的输入阻抗。该输入阻抗可由相关的对称型的人工电源网络提供（必须与测量接收机匹配），也可以由测量接收机提供。

4.2 基本特性

对第 4.4 条规定的脉冲响应是根据具有表 1 基本特性的测量接收机来计算的。

注：1]引自美国电气和电子工程师协会(IEEE)电气和电子术语标准辞典。

表1 准峰值测量接收机的基本特性

特性	频率范围		
	9~150 kHz	0.15~30 MHz	30~1 000 MHz
6 dB 带宽	0.2 kHz	9 kHz	120 kHz
检波器充电时间常数	45 ms	1 ms	1 ms
检波器放电时间常数	500 ms	160 ms	550 ms
临界阻尼指示器机械时间常数	160 ms	160 ms	100 ms
检波器前电路的过载系数	24 dB	30 dB	43.5 dB
检波器与指示器之间的过载系数	6 dB	12 dB	6 dB

注：① 机械时间常数的定义(见第 3.6 条)，假设指示器是一种线性设备，也就是说相等的电流会产生相等的偏转增量。假如电流和偏转之间存在其它的转换关系，但只要满足本条要求，这种指示器亦可使用。在电子仪器中，机械时间常数可用某一电路来模拟。

② 电气和机械时间常数都没给出公差，测量接收机的实际值是由满足第 4.4 条要求的设计来确定的。

4.3 正弦波电压精确度

当施加 50 Ω 源阻抗的正弦波信号时，正弦波电压的测量精确度应优于 ± 2 dB。

4.4 脉冲响应

4.4.1 幅度关系(绝对校准)

测量接收机在所有调谐频率上对基准试验脉冲的响应应与调谐频率上对未调制正弦波信号的响应相等，误差不得超过 ± 1.5 dB。脉冲发生器和正弦波信号发生器的源阻抗均为 50 Ω 。正弦波信号的电动势均方根值为 2 mV (66 dB μ V)，基准试验脉冲的特性见表 2。

表2 准峰值测量接收机基准试验脉冲的特性

频率范围	脉冲强度 $\mu\text{V} \cdot \text{s}$	均匀频谱最小上限 MHz	重复频率 Hz
9~150 kHz	13.5	0.15	25
0.15~30 MHz	0.316	30	100
30~300 MHz	0.044	300	100
300~1 000 MHz	0.044	1 000	100

4.4.2 随重复频率的变化(相对校准)

测量接收机对重复脉冲的响应应做到：当测量接收机的指示保持不变时，幅度与重复频率之间的关系如图 1a，图 1b 或图 1c 所示。

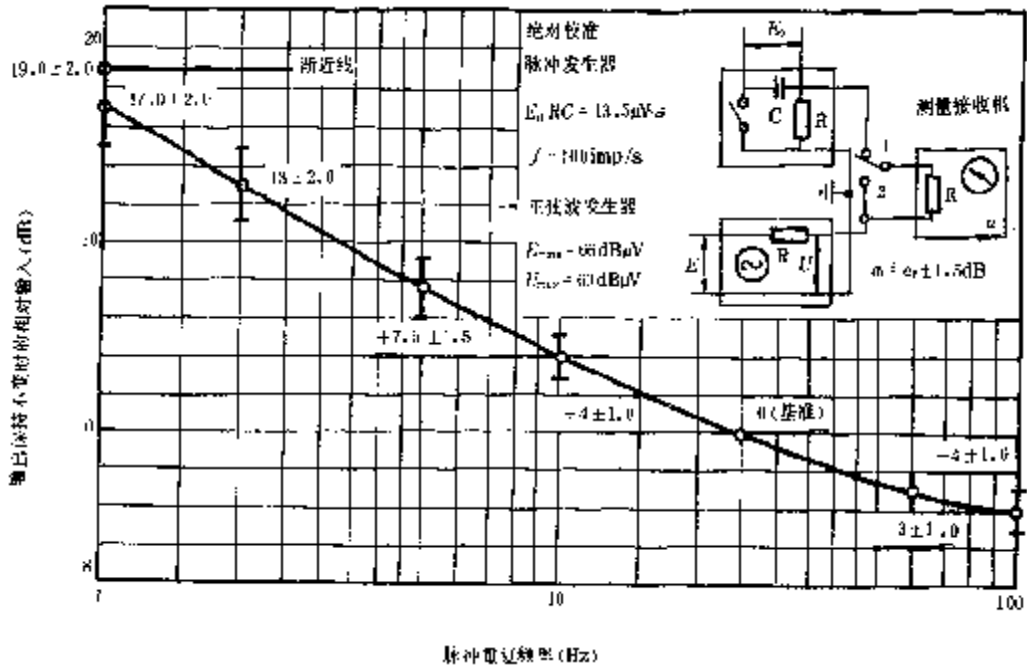


图 1a 脉冲响应曲线(A 频段)

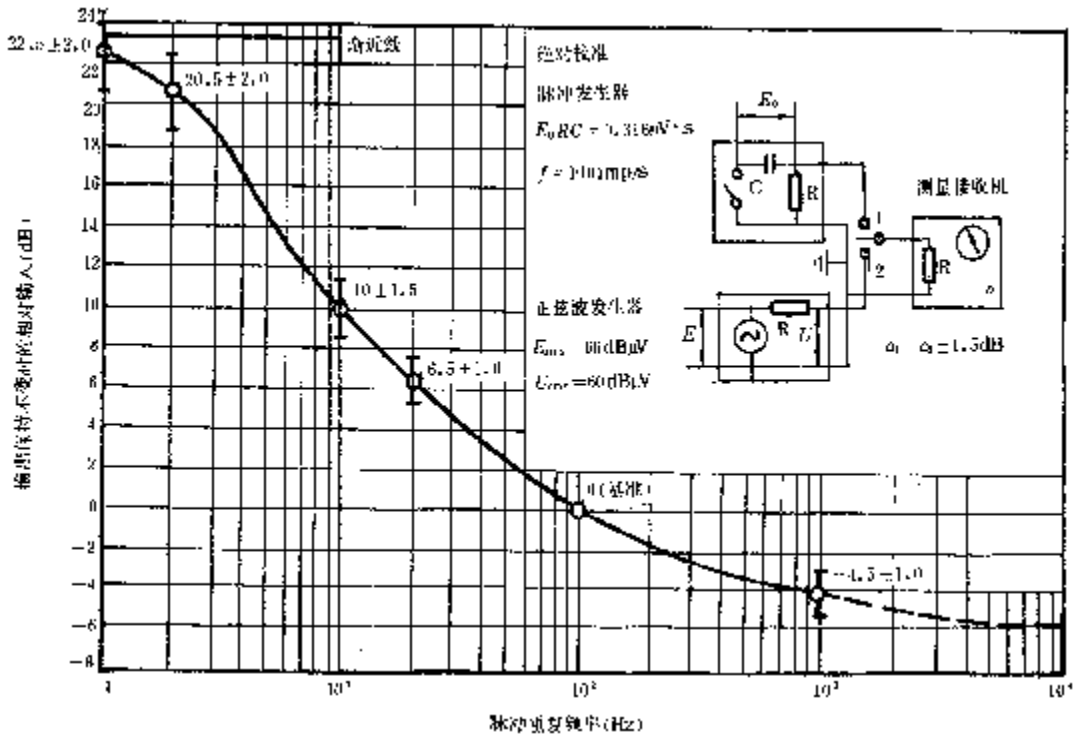


图 1b 脉冲响应曲线(B 频段)

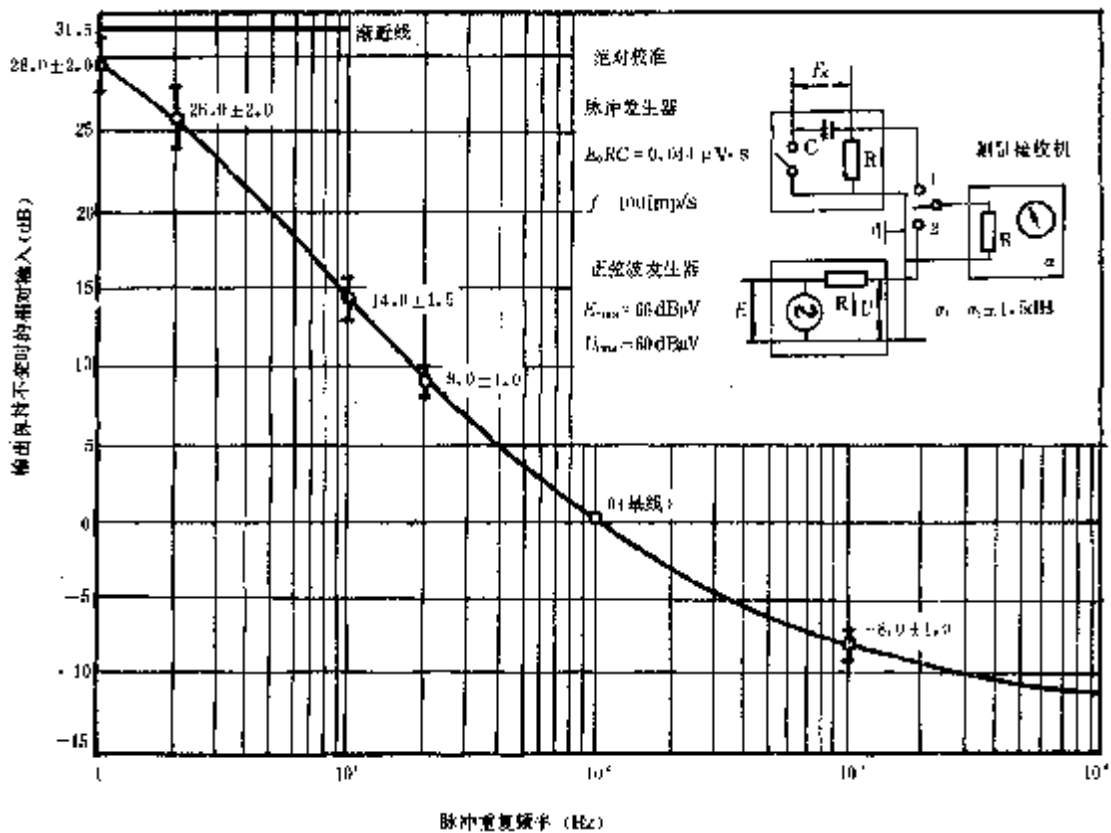


图 1c 脉冲响应曲线(C 频段和 D 频段)

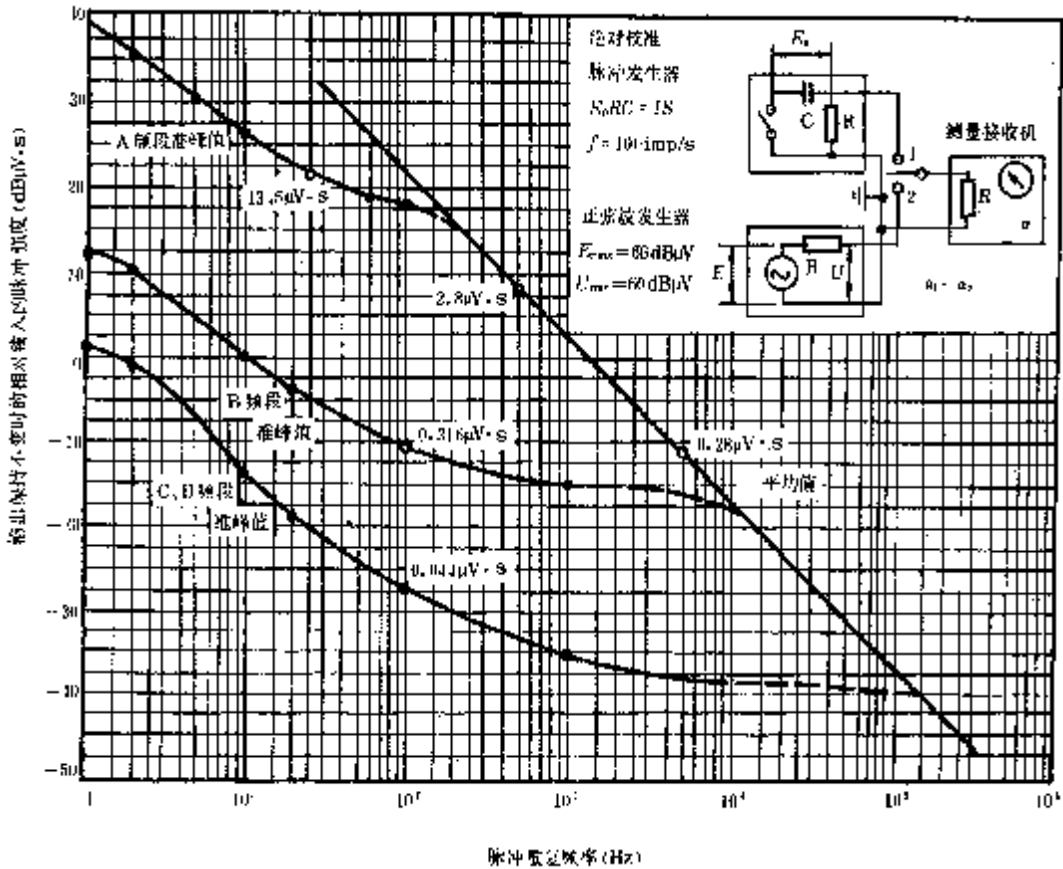


图 1d 准峰值和平均值检波测量接收机的理论脉冲响应曲线
 测量接收机的响应曲线应介于表 3 所规定的极限值和其相应的图示极限值之间。

表 3 准峰值测量接收机脉冲响应

重复频率 Hz	标定频段一定时,脉冲的相对等效电平 dB			
	9~150 kHz	0.15~30 MHz	30~300 MHz	300~1 000 MHz
1 000	见注③	-4.5±1.0	-8.0±1.0	-8.0±1.0
100	-4.0±1.0	0(基准)	0(基准)	0(基准)
60	-3.0±1.0	—	—	—
25	0(基准)	—	—	—
20	—	+6.5±1.0	+9.0±1.0	+9.0±1.0
10	+4.0±1.0	+10.0±1.5	+14.0±1.5	+14.0±1.5
5	+7.5±1.5	—	—	—
2	+13.0±2.0	+20.5±2.0	+26.0±2.0	+26.0±2.0*
1	+17.0±2.0	+22.5±2.0	+28.5±2.0	+28.5±2.0*
孤立脉冲	+19.0±2.0	+23.5±2.0	+31.5±2.0	+31.5±2.0*

注：① 附录 A(补充件)给出了重复脉冲响应曲线的确定方法。

② 为了检验本条款的各项要求,附录 B(补充件)和附录 C(补充件)给出了用于确定脉冲发生器输出特性的方法。

③ 附录 D(补充件)讨论了测量接收机特性对脉冲响应的影响。

④ 频率高于 300 MHz 时,由于测量接收机的输入过载,脉冲响应受到限制。表 3 中标有*的数值是任选的,不作硬性要求。

- ⑤ 在第 5.4 条,第 6.4.1 条和第 7.4.1 条中给出了准峰值测量接收机与含有其他类型检波器的测量接收机对脉冲响应的关系。
- ⑥ 在 9~150 kHz 频率范围内,重复频率高于 100 Hz 时,由于中频放大器出现脉冲重叠现象,所以不能对该频段的响应做出明确规定。
- ⑦ 图 1d 一并给出了以绝对刻度标出的准峰值和平均值检波器测量接收机的理论脉冲响应曲线。图 1d 的纵坐标表示相应于均方根值为 66 dB μ V 的开路正弦波电压的开路脉冲强度(dB μ V \cdot s)。要是测量接收机的输入与校准发生器匹配,则测量接收机的指示为 60 dB μ V。当测量带宽低于脉冲重复频率时,如果测量接收机调谐在某一离散谱线上,那么图 1d 中的曲线仍然有效。

4.5 选择性

4.5.1 总选择性(通带)

测量接收机的总选择性曲线应介于图 2a、图 2b 或图 2c 所示的极限值之间。它是由测量接收机产生相同指示时输入的正弦波电压幅度随频率变化的曲线来描述的。

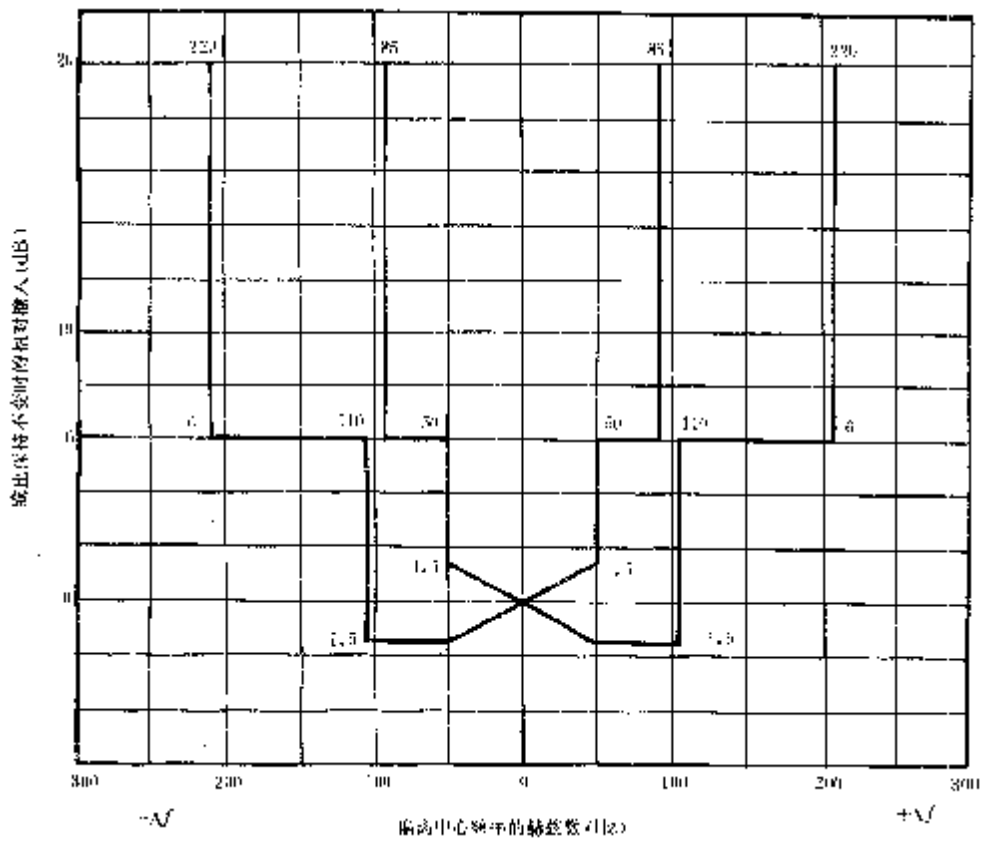


图 2a 总选择性(通带)的极限值(A 频段)

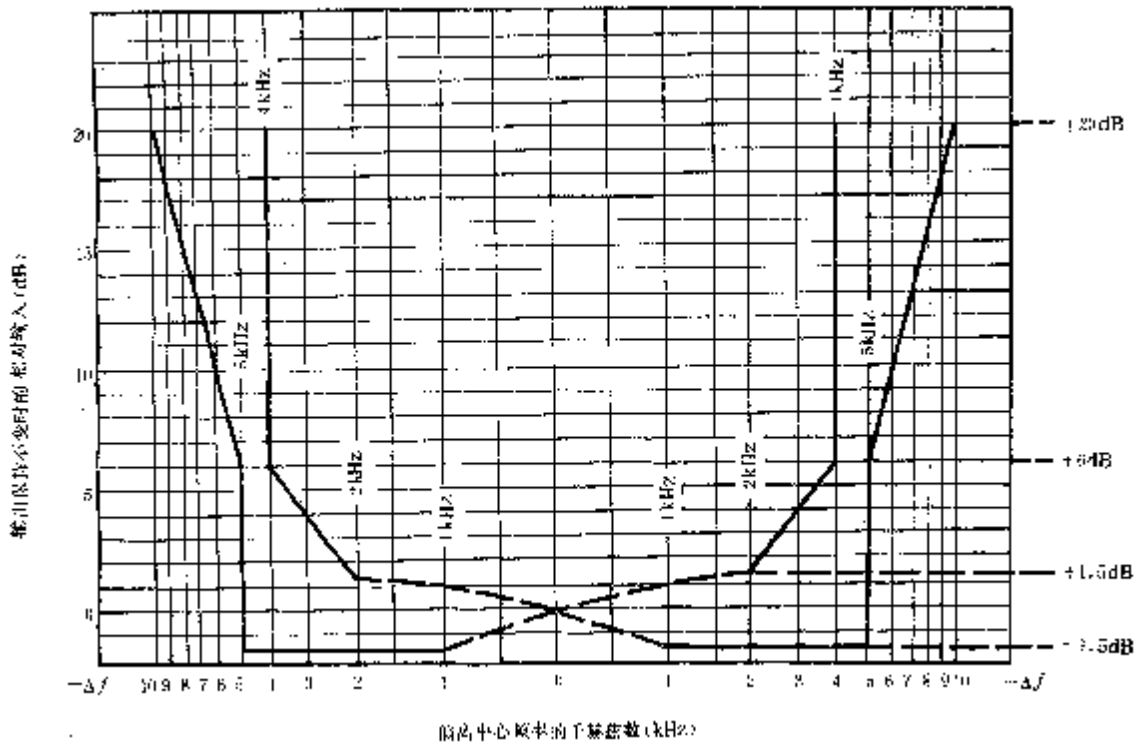


图 2b 总选择性(通带)的极限值(B 频段)

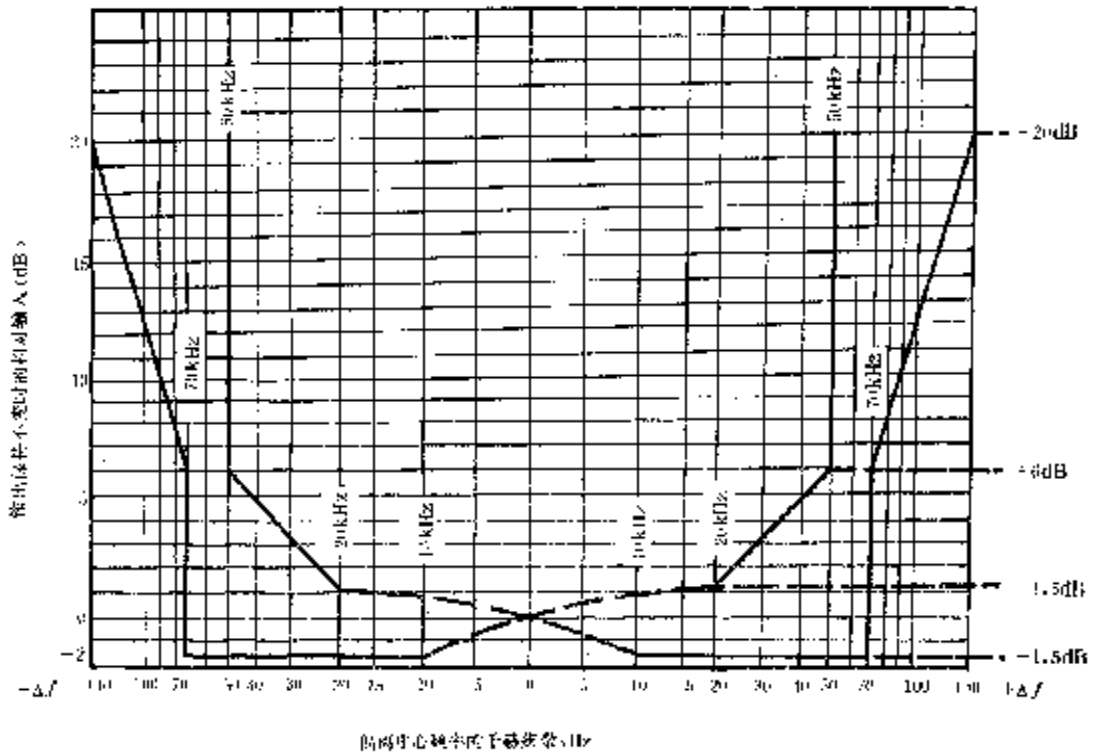


图 2c 总选择性(通带)的极限值(C 频段和 D 频段)

4.5.2 中频抑制比

当测量接收机的指示保持不变时,输入的中频正弦波电压与调谐频率的正弦波电压之比不得小于 40 dB。

在采用多个中频的情况下,每个中频都应满足此要求。

4.5.3 镜频抑制比

当测量接收机的指示保持不变时,输入镜象频率的正弦波电压与调谐频率的正弦波电压之比不得小于 40 dB。

在采用多个中频的情况下,每个中频对应的镜频都应满足此要求。

4.5.4 其他乱真响应

当测量接收机的指示保持不变时,除了第 4.5.2 条和第 4.5.3 条规定的频率外,其他频率的正弦波输入电压与调谐频率的正弦波电压之比不得小于 40 dB。式(5)给出了有可能出现其他乱真信号响应的频率:

$$\frac{1}{m}(nf_L \pm f_i) \text{ 和 } \frac{1}{k}(f_0) \dots\dots\dots(5)$$

式中: n, m 和 k ——整数;
 f_L ——本机振荡器频率;
 f_i ——中频;
 f_0 ——调谐频率。

注: 在采用多个中频的情况下,频率 f_L 和 f_i 分别是每个本机振荡频率和所采用的中频。此外,在测量接收机不施加任何输入信号的情况下,也会出现乱真响应。例如,在本机振荡器的谐波频率与一个中频频率不同的情况下就会出现乱真响应。因此本标题下的这些要求并不适用于后者。这些乱真响应所产生的影响将在第 4.7.2 条中叙述。

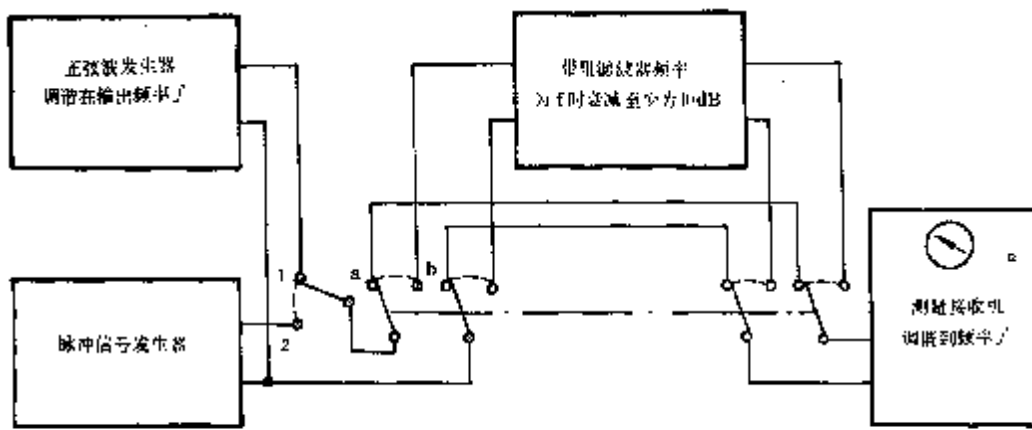
4.6 互调效应的限值

当进行下述试验时,测量接收机的响应不应受互调效应的影响。

试验按图 3 所示布置。脉冲发生器所产生的脉冲频谱在低于和等于表 4 频率(3)时应基本上是均匀的,而在表 4 频率(4)应至少降低 10 dB,在试验频率点,带阻滤波器至少应衰减 40 dB,相对于滤波器最大衰减的 6 dB 带宽 B_6 应介于表 4 所列(1)和(2)值之间。

表 4 准峰值测量接收机互调试验的带宽特性

频率范围	(1) kHz	(2) kHz	(3) MHz	(4) MHz
9~150 kHz	0.4	4	0.15	0.3
0.15~30 MHz	20	200	30	60
30~300 MHz	500	2 000	300	600
300~1 000 MHz	500	6 000	1 000	2 000



带宽: $B_{10} = 0.5 B_6$, $B_{10} \leq B_{40} = 10 \text{ dB}$, $B_{20} \leq B_{30} = 36 \text{ dB}$

图 3 互调效应试验框图

将正弦波信号发生器直接与测量接收机相连接,调整正弦波发生器得到一方便的读数。用脉冲信号发生器替代正弦波发生器,并调整到相同的电平。该脉冲重复频率在 A 频段为 25 Hz,在其他频段为 100 Hz。

按上述方法用脉冲信号发生器替代正弦波信号发生器时,滤波器所引入的衰减不得低于 36 dB。

4.7 测量接收机机内噪声和机内连续波乱真信号的限值

4.7.1 随机噪声

测量接收机的背景噪声所引入的误差不得超过 1 dB。

注:对于含有中频衰减器的测量接收机,当按照下述步骤试验时,如果符合下述要求,就可认为已满足本要求。在测量接收机的输入端加一正弦信号,其大小调节到某一有效值,使测量接收机指示器得到一偏转指示 θ ,在中频级引入 10 dB 衰减。提高输入信号电平,使该指示器恢复到原来的偏转指示 θ 。此时,输入信号电平增值应在 10~11 dB 之间。

4.7.2 连续波乱真信号

当采用多个中频时,测量接收机对于任意输入信号,由于乱真响应(如第 4.5.4 条注中所述)存在所引入的测量误差不得超过 1 dB。对于含有中频衰减器的测量接收机,应按第 4.7.1 条所描述的那样进行试验。如果符合要求,则认为已满足要求。但中频衰减器只能在最后一个混频级之后才能出现。

4.8 屏蔽效能

屏蔽效能是对测量接收机在电磁环境中性能不降低的前提下工作能力的量度,这一要求适用于所有的测量接收机。

测量接收机的屏蔽应做到:在 3 V/m 的电磁环境中,在 9 kHz~1 000 MHz 频率范围内任一频率点上,制造厂所规定的指示范围的最大值和最小值所产生的误差不得大于 1 dB。试验按下述方法进行:

将信号发生器放置于屏蔽室外,将输入信号用一根屏蔽良好的(半刚性)2 m 长电缆通过屏蔽壁的馈通接头加到屏蔽室内的接收机上,输入信号的电平应分别处于制造厂规定的最大值和最小值。测量接收机所有其他同轴终端应端接特性阻抗。

试验时,应按测量接收机正常使用时最简单的布置(包括诸如耳机等选件),且接上必不可少的引线(如电源线和输入电缆)。引线长度及其布置应与典型使用情况相一致。

测量接收机附近的环境场强应用场强监测仪来测量。

测量接收机在有 3 V/m 电磁场和去除该强度的电磁场这两种情况下,其指示变化不得超过 1 dB。

4.9 用于连接不连续骚扰分析仪的输出装置

当测量不连续骚扰时,测量接收机在所有频段都必须有两个输出端,其中一个是中频输出,另一个是准峰值检波器的输出。这两个输出端的负载都不应影响指示器。

5 峰值测量接收机,频率范围 9 kHz~1 000 MHz

本章对采用峰值检波的测量接收机的要求做了规定,这种接收机适用于脉冲骚扰测量。

5.1 输入阻抗

测量接收机的输入电路应采用非平衡式。其输入阻抗的额定值为 50 Ω ,并且当射频衰减为 0 dB 时,其 V_{SWR} 不得超过 2.0,当射频衰减等于或大于 10 dB 时,其 V_{SWR} 不得超过 1.2。

进行对称测量时,应采用平衡输入变换器。在 9~150 kHz 频率范围内,应优先选用 600 Ω 的输入电阻。

5.2 基本特性

5.2.1 带宽

对于非重叠骚扰以外的所有其他类型的宽带骚扰,在给出骚扰电平时,应标明带宽的实际值,并且 6 dB 带宽应介于表 5 规定的值之间。

表5 峰值测量接收机的带宽要求

频率范围	带宽 B_6	优选带宽
9~150 kHz	100~300 Hz	200 Hz
0.15~30 MHz	8~10 kHz	9 kHz
30~1 000 MHz	100~500 kHz	120 kHz

注：因为峰值测量接收机对非重叠骚扰的响应正比于其带宽，所以测量结果可以用实际标定的带宽，也可以用1 MHz带宽为单位标定的实际电平。它是由测量值除以脉冲带宽(MHz)(见第3.3条)计算得到的。对于其它类型的宽带骚扰，这一算法会引入误差。

5.2.2 充放电时间常数比

为了获得重复频率为1 Hz，误差不超过峰值真值10%的仪表读数，放电时间常数和充电时间常数之比应不小于下面给出的数值：

- 在9~150 kHz的频率范围内，其比值为 1.89×10^4 ；
- 在0.15~30 MHz频率范围内，其比值为 1.25×10^6 ；
- 在30~1 000 MHz频率范围内，其比值为 1.67×10^7 。

如果峰值保持装置是组合式的，那么保持时间应设置在30 ms~3 s范围。

注：应特别注意确保所用记录仪在所选择的保持时间范围内的响应能力。

5.2.3 过载系数

对于峰值测量接收机，其过载系数不需象其他类型的测量接收机那么大。对于那种通常设计为直接度数的检波器，过载系数只需比1稍大即可。对于所选用的时间常数(见第5.2.2条)。该过载系数应该是足够了。

5.3 正弦波电压的精确度

当施加50 Ω 源阻抗的正弦波信号时，正弦波电压的测量精确度应优于 ± 2 dB。

5.4 脉冲响应

测量接收机对试验脉冲的响应应与对调谐频率上未调制正弦信号的响应相等，其误差不超过 ± 1.5 dB。脉冲发生器和正弦波信号发生器的源阻抗均为50 Ω 。正弦波信号的电动势均方根值为2 mV (66 dB μ V)。试验脉冲的强度为 $1.4/B_{imp}$ (B_{imp} 的单位为Hz)，均匀频谱最小上限与第4.4.1条表2中的要求相同，脉冲重复频率应保证测量接收机中频放大器输出端不出现脉冲重叠现象。

注：① 为了检验本条规定的各项要求，附录B(补充件)和附录C(补充件)给出了确定脉冲发生器输出特性的方法。

② A频段重复频率为25 Hz，其他频段为100 Hz。具有优选带宽的峰值测量接收机与准峰值测量接收机指示之间的关系在表6中给出。

表6 峰值和准峰值测量接收机脉冲响应的相对值

频率范围	脉冲重复频率 Hz	峰值与准峰值 表头指示之比 dB	IS mV · s	B_{imp} Hz
9~150 kHz	25	6.1	6.67×10^{-3}	0.21×10^3
0.15~30 MHz	100	6.6	0.148×10^{-3}	9.45×10^3
30 MHz~1 000 MHz	100	12.0	0.011×10^{-3}	126.0×10^3

5.5 选择性

由于第5.2.1条对带宽的要求允许带宽在图2a、2b和2c所示的范围内变化，所以，这些选择性曲线只是在形状上适用于峰值测量接收机，使用时频率轴应标出相应的刻度。例如，图2a中 $B_6/2$ 对应于100 Hz。

第4.5.2条、第4.5.3条和第4.5.4条的要求适用于本条。

5.6 互调效应，接收机噪声和屏蔽

第4.6条、第4.7条和第4.8条的要求适用于本条。

6 平均值测量接收机,频率范围 9 kHz~1 000 MHz

这种类型接收机的检波器被设计成指示检波器前各级信号包络的平均值。使用平均值检波器测量窄带信号,可以克服与调制含量或噪声相关的一些问题。平均值测量接收机一般不适用于测量脉冲骚扰。

6.1 输入阻抗

测量接收机的输入电路应采用非平衡式。其输入阻抗的额定值为 $50\ \Omega$,并且当射频衰减为 $0\ \text{dB}$ 时,其 V_{SWR} 不得超过 2.0 ;当射频衰减等于或大于 $10\ \text{dB}$ 时,其 V_{SWR} 不得超过 1.2 。

进行对称测量时,应采用平衡输入变换器。在 $9\sim 150\ \text{kHz}$ 频率范围内,应优先选用 $600\ \Omega$ 的输入阻抗。

6.2 基本特性

6.2.1 带宽

带宽 B_6 应介于表 7 中所规定的数值范围内。

表 7 平均值测量接收机带宽要求

频率范围	带宽 B_6	优选带宽
9~150 kHz	100~300 Hz	200 Hz
0.15~30 MHz	8~10 kHz	9 kHz
30~1 000 MHz	100~500 kHz	120 kHz

注:附录 E(补充件)中第 E1 章讨论了带宽。如果测量中使用的不是优选带宽而是其他的带宽,那么在援引骚扰电平时,应予以注明。

6.2.2 过载系数

检波器前级电路对于脉冲重复频率为 $n\ \text{Hz}$ 的过载系数应为 B_{imp}/n 。

注:一般而言,对于这种类型的接收机,在重复频率很低时,不可能为避免测量接收机的非线性工作提供足够的过载系数(对单个脉冲响应未做规定)。无论接收机作何用途,不出现过载情况最小脉冲重复频率在 A 频段不得大于 $25\ \text{Hz}$,在 B 频段不得大于 $500\ \text{Hz}$,在 C 频段和 D 频段不得大于 $5\ 000\ \text{Hz}$ 。

6.3 正弦波电压精确度

当施加 $50\ \Omega$ 源阻抗的正弦波信号时,正弦波电压的测量精确度应优于 $\pm 2\ \text{dB}$ 。

6.4 脉冲响应

6.4.1 幅度关系

测量接收机对试验脉冲的响应应与对调谐频率上未调制正弦波信号的响应相等,其误差不得大于 $\pm 1.5\ \text{dB}$ 。脉冲信号发生器和正弦信号发生器的源阻抗都是 $50\ \Omega$ 。正弦信号的电动势为 $2\ \text{mV}$ ($66\ \text{dB}\mu\text{V}$)。试验脉冲的强度为 $1.4/B_{\text{imp}}\ (\text{mV}\cdot\text{s})$ (这里 B_{imp} 的单位为 Hz),均匀频谱最小上限与第 4.4.1 条中的要求相同,脉冲重复频率在 A 频段为 $25\ \text{Hz}$,在 B 频段为 $500\ \text{Hz}$,在 C 频段和 D 频段为 $5\ 000\ \text{Hz}$ 。

注:①为了检验本条款的各项要求,附录 B(补充件)和附录 C(补充件)给出了确定脉冲信号发生器输出特性的测量方法。

②表 8 给出了脉冲重复频率分别为 $25\ \text{Hz}$ 、 $100\ \text{Hz}$ 、 $1\ 000\ \text{Hz}$ 、和 $10\ 000\ \text{Hz}$ 时,具有相同带宽的平均值和准峰值测量接收机表头指示(假定有足够的过载系数,且输出电平恒定)之间的关系。

③只要有足够的信噪比且保持不变,对于未调制的正弦波输入,可使用较低的脉冲强度,此时该脉冲强度与较低的正弦波幅度成比例。

表 8 平均值和准峰值测量接收机对脉冲响应的相对值

频率范围	脉冲重复频率一定时,准峰值与平均值表头指示之比			
	dB			
	25 Hz	100 Hz	1 000 Hz	10 000 Hz
9~150 kHz	12.4	4.5	—	—
0.15~30 MHz	—	32.9	17.4	—
30~1 000 MHz	—	50.1	38.1	20.8

6.4.2 随重复频率的变化

测量接收机对重复频率的变化应做到:当测量接收机表头指示保持不变时,幅度与重复频率之间的关系应符合如下规律:

$$\text{幅度} \propto (\text{重复频率})^{-1}$$

从过载方面考虑确定的最低可用重复频率到数值等于 $B_3/2$ 频率范围内,允许有 $+3 \sim -1$ dB 的误差。

注:图 1 d 示出了以绝对刻度给出的准峰值和平均值测量接收机的理想脉冲响应曲线。

6.5 选择性

对于带宽为 200 Hz(对应于 9~150 kHz 的频率范围)或带宽为 9 kHz(对应于 0.15~30 MHz 的频率范围)的测量接收机,其选择性曲线应分别在图 2 a 和 2 b 所示的极限值范围内。对于带宽为 120 kHz(对应于频率范围 30~1 000 MHz)的接收机,其总选择性曲线应在图 2 c 所示的极限值以内。对于其他带宽的测量接收机,图 2a、图 2b 和图 2c 只在形状上描述了其选择性,使用时应在频率轴上标出相应的刻度。

第 4.5.2 条、第 4.5.3 条和第 4.5.4 条的要求适用于本条。

6.6 互调效应、接收机噪声和屏蔽

第 4.6 条、第 4.7 条和第 4.8 条的要求适用于本条。

7 均方根值测量接收机,频率范围 9 kHz~1 000 MHz

7.1 输入阻抗

测量接收机的输入阻抗应采用非平衡式。其输入阻抗的额定值为 50 Ω ,且当射频衰减为 0 dB 时,其 V_{SWR} 不得超过 2.0;当射频衰减大于 10 dB 时, V_{SWR} 不得超过 1.2。

进行对称测量时,应采用平衡输入变换器。在 9~150 kHz 频率范围内,应优先选用 600 Ω 的输入阻抗。

7.2 基本特性

7.2.1 带宽

由于均方根值对任何类型的宽带骚扰响应均与其带宽的平方根成正比,所以不必规定实际带宽。测量这类宽带骚扰时,测量结果用“1 kHz 带宽”归一化后给出。它是由测得的值除以功率带宽(kHz)的平方根得到的。当援引骚扰电平时,应注明实际带宽。

7.2.2 过载系数

检波器前级电路对于脉冲重复频率为 n Hz 的过载系数,应为 $1.27(B_3/n)^{1/2}$ (B_3 单位为 Hz)。

注:① 一般而言,对于这种类型的检波器,在脉冲重复频率甚低时,不可能为避免测量接收机的非线性运行提供足够的过载系数(对单次脉冲响应未作规定)。不管检波器作何用途,都应确定无过载情况下的脉冲最小重复频率。

② 附录 A(补充件)给出了过载系数的计算方法。

7.3 正弦波电压的精确度

当施加 50 Ω 源阻抗的正弦波信号时,正弦波电压的测量精度应优于 ± 2 dB。

7.4 脉冲响应

7.4.1 幅度关系

测量接收机对试验脉冲的响应应与对调谐频率上未调制正弦波信号的响应相等,其误差不得超过±1.5 dB。脉冲发生器和正弦波信号发生器的源阻抗均为50 Ω。正弦波信号的电动势均方根值为2 mV (66 dBμV)。试验脉冲的均匀频谱的最小上限与第4.4.1条中表2的要求相同。但脉冲强度分别为:

在9~150 kHz 频率范围,重复频率为25 Hz;

$$IS = 278(B_3)^{-1/2} \mu V_s。$$

在0.15~1 000 MHz 频率范围,重复频率为100 Hz;

$$IS = 139(B_3)^{-1/2} \mu V_s。$$

注:① 附录A(补充件)给出了均方根值检波器脉冲响应的计算方法。重复频率分别为25 Hz和100 Hz,具有相同带宽的均方根值和准峰值测量接收机表头之间的关系由表9给出。

② 为了检验本条款的各项要求,附录B(补充件)和附录C(补充件)给出了用于确定脉冲发生器输出特性的方法。

表9 均方根值和准峰值测量接收机脉冲响应的相对值

频率范围	脉冲重复频率 Hz	准峰值与均方根 值表头指示比 dB
9~150 kHz	25	4.2
0.15~30 MHz	100	14.3
30 MHz~1 000 MHz	100	20.1

7.4.2 随重复频率的变化

测量接收机对重复脉冲的响应应该这样:当测量接收机的表头指示保持不变时,幅度与重复频率之间的关系应符合下述规律:

$$\text{幅度} \propto (\text{重复频率})^{-1/2}$$

测量接收机的响应曲线不应超出表10所给极限值的范围。

表10 均方根值测量接收机的脉冲响应

重复频率 Hz	脉冲的相对等效电平 dB	
	9~150 kHz	0.15~1 000 MHz
1 000	—	-10±1.0
100	-6	0(基准)
25	0(基准)	+6±0.6
20	+1±0.7	+7±0.7
10	+4±0.1	+10±1.0
2	+11±1.7	+17±1.7
1	+14±2.0	+20±2.0

7.5 选择性

由于第7.2.1条对带宽的要求,允许带宽在图2a、图2b和图2c所规定的范围内变化,所以选择性曲线只在形状上适用于均方根值测量接收机,应用时应在频率轴上标出相应的刻度。例如,图2a中, $B_6/2$ 对应于100 Hz。

第4.5.2条、第4.5.3条和第4.5.4条的要求适用于本条。

7.6 互调效应、接收机噪声和屏蔽

第4.6条、第4.7条和第4.8条的要求适用于本条。

8 频谱分析仪和扫描接收机

8.1 频谱分析仪和扫描接收机,频率范围9 kHz~1 000 MHz

频谱分析仪和扫描接收机旨在测量 9 kHz~1 000 MHz 频率范围内的骚扰。对该仪器的性能要求与第 4 章的要求相一致。

8.2 频谱分析仪, 频率范围 1~18 GHz

对用于 1~18 GHz 频率范围的频谱分析仪作如下要求:

- a. 带宽 B_0 应为 125 ± 25 kHz;
- b. 乱真响应至少应比瞬时调谐频率的响应低 40 dB;

注: 使用预选器可达到此要求。

- c. 屏蔽效能应与第 4.8 条的要求相一致;

d. 当强基波信号存在的情况下测量弱乱真信号时, 为防止频谱分析仪的输入电路遭到破坏和谐波或互调信号的产生, 应在频谱分析仪的输入端接以滤波器, 对受试设备的基波频率点提供足够的衰减;

注: ① 通常, 在受试设备基波频率点衰减 30 dB 就能满足要求。

② 对于多个基波频率, 可能需要几个这样的滤波器。

e. 为了满足观察者的视觉上的需要而使用较低的扫描次数时, 频谱分析仪应能将显示以某种形式贮存起来;

- f. 扫描时间的长短应可变, 比如说在 0.1~10 s 的范围内可变。

9 音频骚扰电压表

在骚扰测试中, 为了检验的目的, 需要使用音频电压表。当它接到性能良好的无线电接收机的输出端时, 可得到与本标准规定的测量接收机可比的测量结果。然而应该注意, 与测量接收机相比, 这种方式工作的仪表在性能方面受到带宽、过载、非线性以及乱真响应的限制。

国家标准 GB 2846 和 GB 6163 已经为测量接收机音频输出端的噪声制订了规范。

音频骚扰电压表还应能够对音频系统的性能(遭受连续和脉冲噪声的影响)作出评估。音频骚扰电压表包含一个依服务功能来选择的各种电路。当需要某种功能时, 则只有包含那种功能的电路才是必须的。

音频骚扰电压表的电路框图示于图 4。

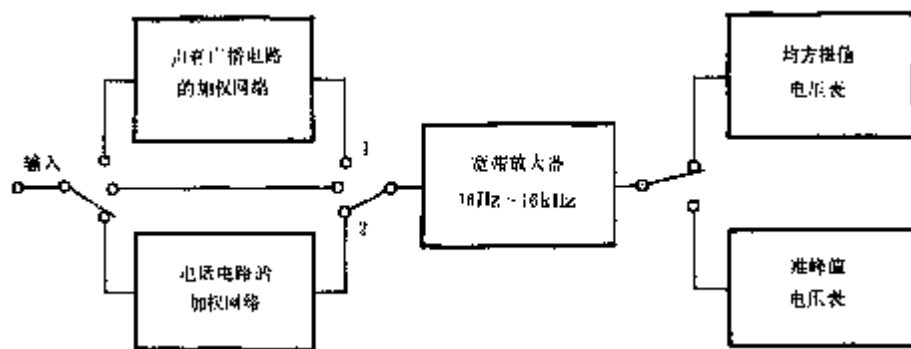


图 4 音频骚扰电压表电路框图

9.1 基本特性

9.1.1 输入阻抗

输入阻抗应为下述中的一个或多个数值: 不平衡式 50Ω 和不低于 $6\,000 \Omega$ 的高阻抗; 平衡式 600Ω 。

输入阻抗为 600Ω 的平衡式应做到: 当将大小为 U 的不对称电压加到电压表的接地点与跨接在输入端的 600Ω 电阻中点之间, 电压表的输出指示不得超过 0.1 mV 。测试时, 所施加的电压值 U 与表 11

一一对应。

表 11 平衡要求

频率 Hz	对称输出电压为 0.1 mV 时的不对称输入电压 U V	共模抑制 dB
50	200	126
250	40	112
1 000	10	100

9.1.2 灵敏度

输入频率为 1 kHz 时,电压表测量范围的满度指示应从 0.3 mV 到 1 V。

9.1.3 频率响应

音频骚扰电压表的各单元电路对正弦波输入信号的响应为:

宽带放大器: -3 dB(在 16 Hz 和 16 kHz 处);

电话电路的加权网络:见图 5 和表 12;

声音广播电路的加权网络:见图 6 和表 13。

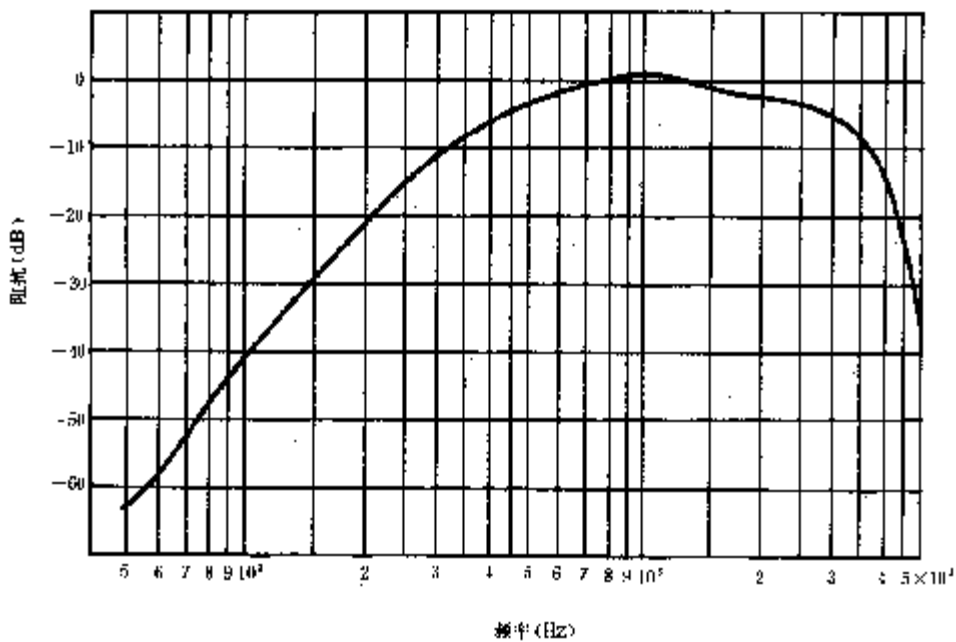


图 5 电话电路加权网络的特性曲线

表 12 电话电路加权网络特性的限值

频率 Hz	相对加权值 dB	允差 ±dB
16.66	-85.0	—
50	-63.0	2
100	-41.0	2
200	-21.0	2
300	-10.6	1
400	-6.3	1
500	-3.6	1

续表 12

频率 Hz	相对加权值 dB	允差 ±dB
600	-2.0	1
700	-0.9	1
800	0.0	0.0(基准)
900	+0.6	1
1 000	+1.0	1
1 200	0.0	1
1 400	-0.9	1
1 600	-1.7	1
1 800	-2.4	1
2 000	-3.0	1
2 500	-4.2	1
3 000	-5.6	1
3 500	-8.5	2
4 000	-15.0	3
4 500	-25.0	3
5 000	-36.0	3
6 000	-43.0	—

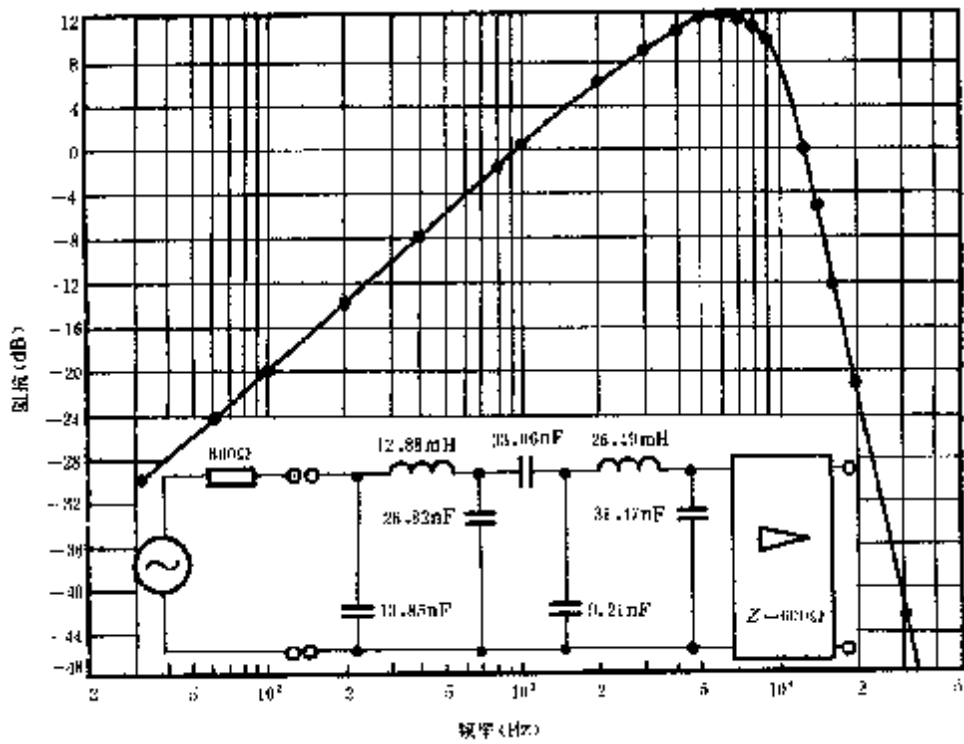


图 6 声音广播电路的加权网络及其响应曲线

表 13 声音广播电路的加权网络特性的限值

频率 MHz	响应 dB	推荐允差 dB
31.5	-29.9	±2.0
63	-23.9	±1.4 ^D
100	-19.8	±1.0
200	-13.8	±0.8 ^D
400	-7.8	±0.5 ^D
800	-1.9	±0.3 ^D
1 000	0	±0.2
2 000	+5.6	±0.5
3 150	+9.0	±0.5 ^D
4 000	+10.5	±0.5 ^D
5 000	+11.7	±0.5
6 300	+12.2	0
7 100	+12.0	±0.2 ^D
8 000	+11.4	±0.4 ^D
9 000	+10.1	±0.6 ^D
10 000	+8.1	±0.8 ^D
12 500	0	±1.2 ^D
14 000	-5.3	±1.4 ^D
16 000	-11.7	±1.6 ^D
20 000	-22.2	±2.0 ^D
31 500	-42.7	{ +2.8 -∞

注：1) 表中的允差是在对数曲线上用线性插入法取得的，用确定掩模频率（即 31.5、100、1 000、5 000、6 300 Hz）的指定值为依据。

9.2 正弦波电压精确度

当施加 50 Ω 源阻抗的正弦波信号时，正弦波电压的测量精确度应优于 ±2 dB。

9.3 屏蔽

电压表的屏蔽应达到：在频率为电压表的电源频率，大小为 1 A/m 的交变磁场中，仪表在任何测量电平上产生的测量误差都不得超过 1 dB。

注：对电压表在其他电磁环境中屏蔽效能的规定，暂不做要求。

9.4 对准峰值电压表的要求

应采用声音广播电路加权网络。

9.4.1 准峰值电压表的基本特性

第 9.4.2 条和第 9.4.3 条中规定的脉冲响应是根据如下标称的基本特性计算出来的。

过载系数：30 dB。

充电时间：1 ms。

放电时间：160 ms。

临界阻尼指示器的机械时间常数：160 ms。

注：当准峰值电压表与测量接收机一起使用时，其时间常数应调整到适于第 9.4.2 条和第 9.4.3 条的要求。

9.4.2 脉冲响应

准峰值电压表对正负试验脉冲的响应应与对正弦波信号的响应相等，其误差不得超过 ±1.5 dB。脉冲信号发生器和正弦波信号发生器的源阻抗相同。正弦波信号的电动势均方根值为 2 mV (66 dBμV)，频率为 1 000 Hz。正、负试验脉冲的强度为 0.075 μVs，重复频率为 100 Hz，均匀频谱最小上限为

20 kHz。

9.4.3 随脉冲重复频率的变化

准峰值电压表对重复脉冲的响应应做到：当接收机表头指示保持不变时，幅度和重复频率之间的关系应满足表 14 给出的限值。

表 14 准峰值电压表的脉冲响应

重复频率 Hz	脉冲相对等效电平 dB
1 000	-4.5±1.0
100	0(基准)
20	6.5±1.0
5	14.5±2.0
孤立脉冲	23.5±3.0

9.5 对均方根值电压表的要求

9.5.1 均方根值电压表的基本特性

均方根值电压表电路的时间常数不得超过 1 s。

9.5.2 脉冲响应

具有 3 dB 带宽 B_3 (包括加权网络在内) 的均方根值音频骚扰电压表对试验脉冲的响应应与对正弦波信号的响应相等, 其误差不得超过 ±1.5 dB。脉冲信号发生器和正弦波信号发生器的源阻抗相等。正弦波信号的电动势均方根值为 2 mV (66 dB μ V), 频率在能给出最大响应时的频率上。试验脉冲的强度为 $139(B_3)^{-1/2} \mu$ Vs, 重复频率为 100 Hz, 均匀频谱最小上限为 20 kHz。

9.5.3 随重复频率的变化

均方根值电压表的重复脉冲响应应做到：当测量仪器表头指示保持不变时，脉冲幅度与重复频率之间的关系应符合如下规律：

$$\text{脉冲幅度} \propto (\text{重复频率})^{-1/2}$$

以分贝表示的相关脉冲等效电平相对于重复频率为 100 Hz 的电平允许有 ±1/10 的偏差。

注：能够进行精确测量的最低重复频率由电压表以及可能接在电压表前面的测量接收机(或滤波器)的总带宽和电压表的过载系数共同确定(假设其前面的测量接收机不过载)。当 6 dB 的低频通带为 9 kHz, 过载系数为 30 dB 时, (与准峰值电压表同), 最低重复频率为 12 Hz。

第二篇 辅助设备

10 人工电源网络

人工电源网络应能在射频频范围内向受试设备端子之间提供一规定阻抗, 并能将试验电路同电源上的无用射频信号隔离开来, 进而将骚扰电压耦合到测量接收机上。

人工电源网络有两种基本类型: 对于耦合不对称电压的 V 型和分别用于耦合对称电压和非对称电压的 Δ 型。

对于每根电源线人工电源网络都配有三个端: 连接设备的电源端、连接受试设备的设备端和连接测试设备的骚扰输出端。

注: 附录 F(补充件)给出了一些人工电源网络的电路示例。

10.1 网络阻抗

人工电源网络的阻抗是指骚扰输出端端接 50 Ω 负载阻抗时在设备端测得的相对于参考地的阻抗的模。

人工电源网络设备端的阻抗定义为受试设备呈现的终端阻抗。因此, 当骚扰输出端没有与测量接收机相连时, 该输出端应端接 50 Ω 的负载阻抗。

对于其他任意大小的阻抗值,包括短路或连接在电源和参考地之间的滤波器(如第 10.7 条),人工电源网络每根电源线的阻抗都应满足第 10.2 条,或第 10.3 条,或 10.4 条,或第 10.5 条,或第 10.6 条的要求。对于规定的最大峰值电流,这一要求也应满足。

10.2 50 Ω /50 μ H+5 Ω V 型人工电源网络(适用于 9~150 kHz 的频率范围)

图 7a 示出了相关频率范围内网络阻抗随频率变化的特性曲线。实际中,允许有 $\pm 20\%$ 的偏差。

注:该网络是这样构造的:它可以同时满足本条和第 10.3 条的阻抗要求。附录 F(补充件)给出了电路示例。

10.3 50 Ω /50 μ H V 型人工电源网络(适用于 0.15~30 MHz 频率范围)

图 7b 示出了在相关频率范围内网络阻抗随频率变化的特性曲线。实际中,允许有 $\pm 20\%$ 的偏差。

注:第 10.2 条所述的 50 Ω /50 μ H+5 Ω V 型人工电源网络也应满足本条的阻抗要求。

10.4 50 Ω /5 μ H+1 Ω V 型人工电源网络(适用于 150 kHz~100 MHz 频率范围)

图 8 示出了相关频率范围内网络阻抗随频率变化的特性曲线。实际中,允许有 $\pm 20\%$ 的偏差。

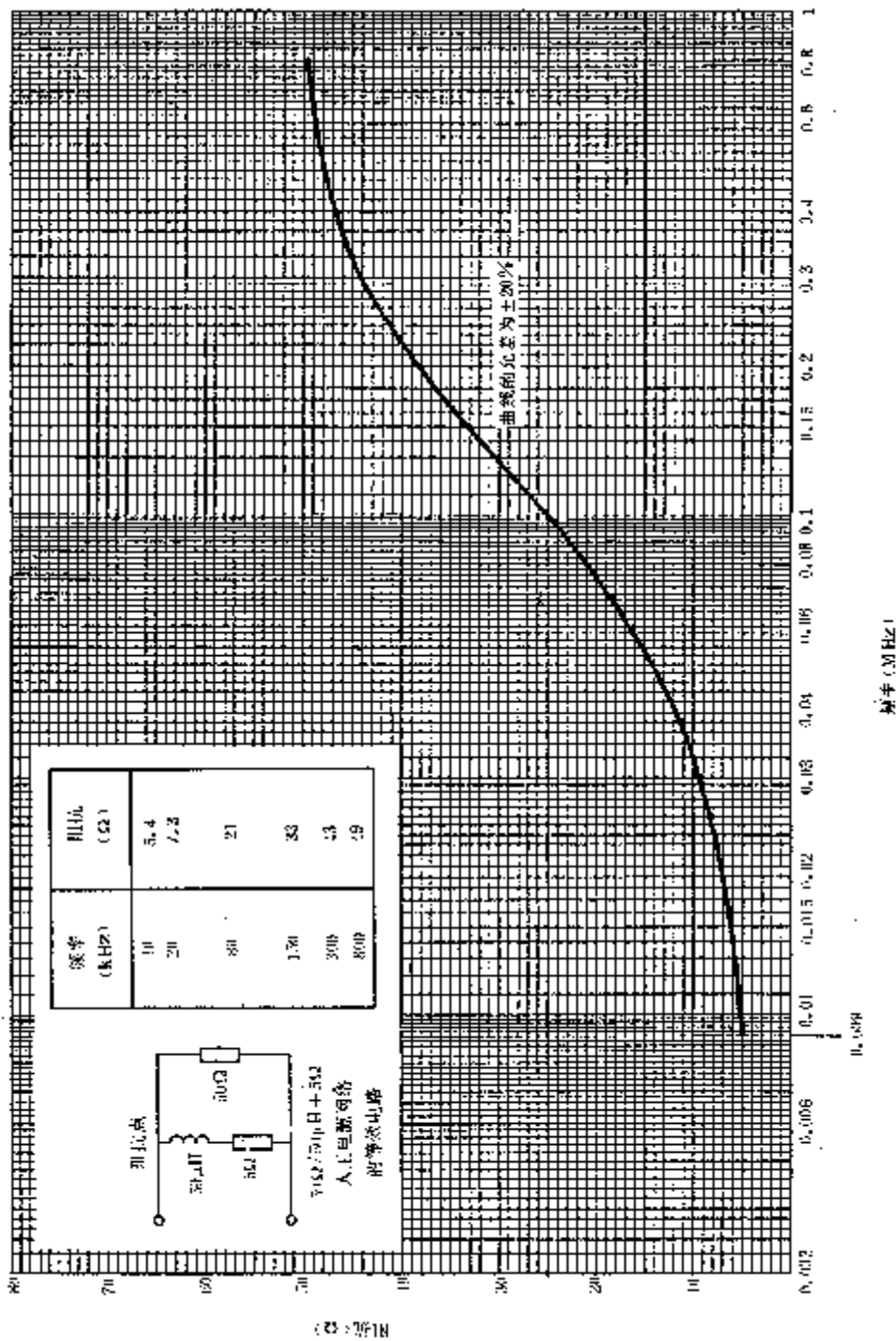


图 7a 50 Ω/50 μH+5 Ω V 型人工电源网络的阻抗特性(A 频段)

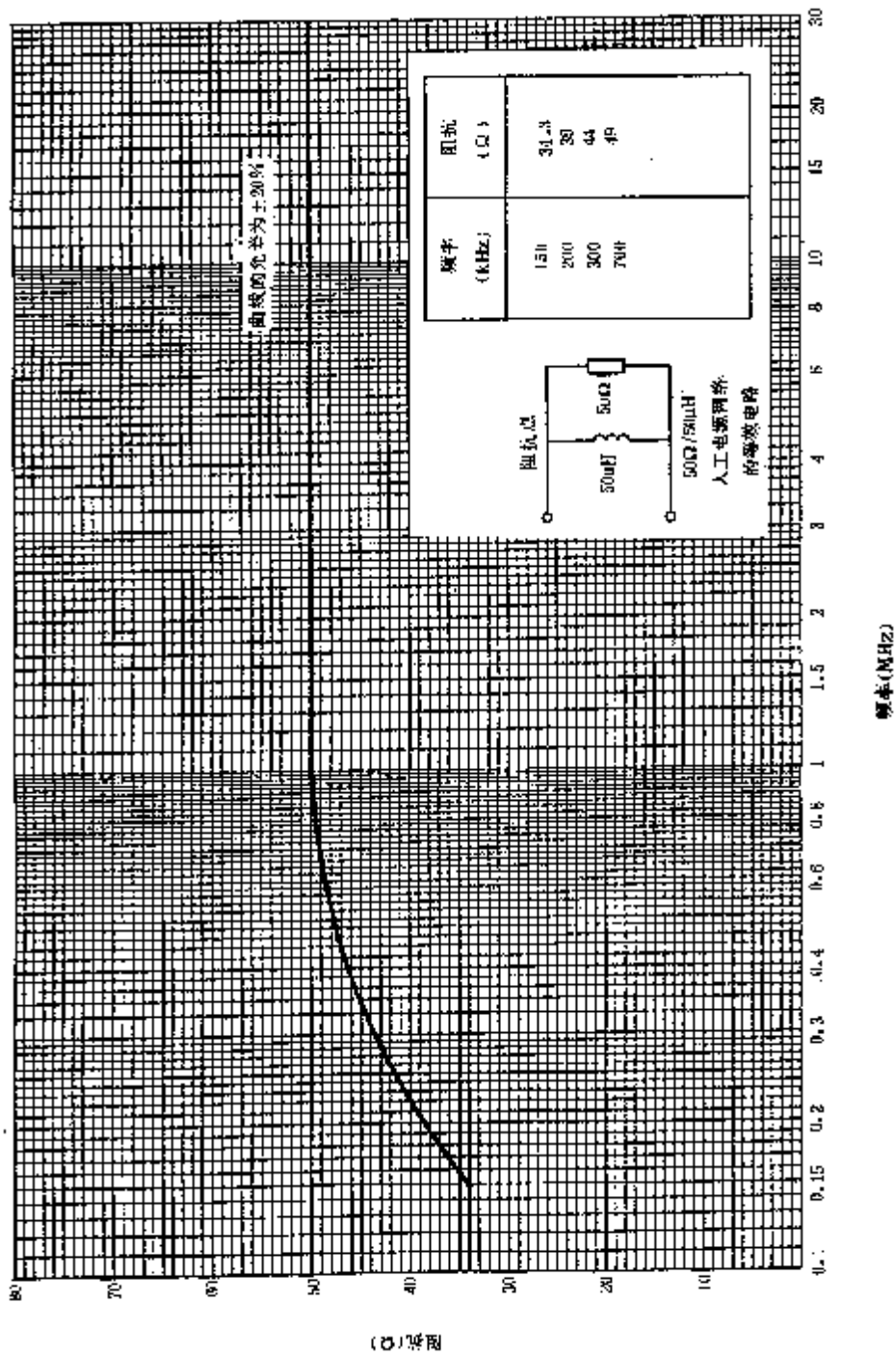


图 7b 50 Ω/50 μH V 型人工电源网络的阻抗特性(B 频段)

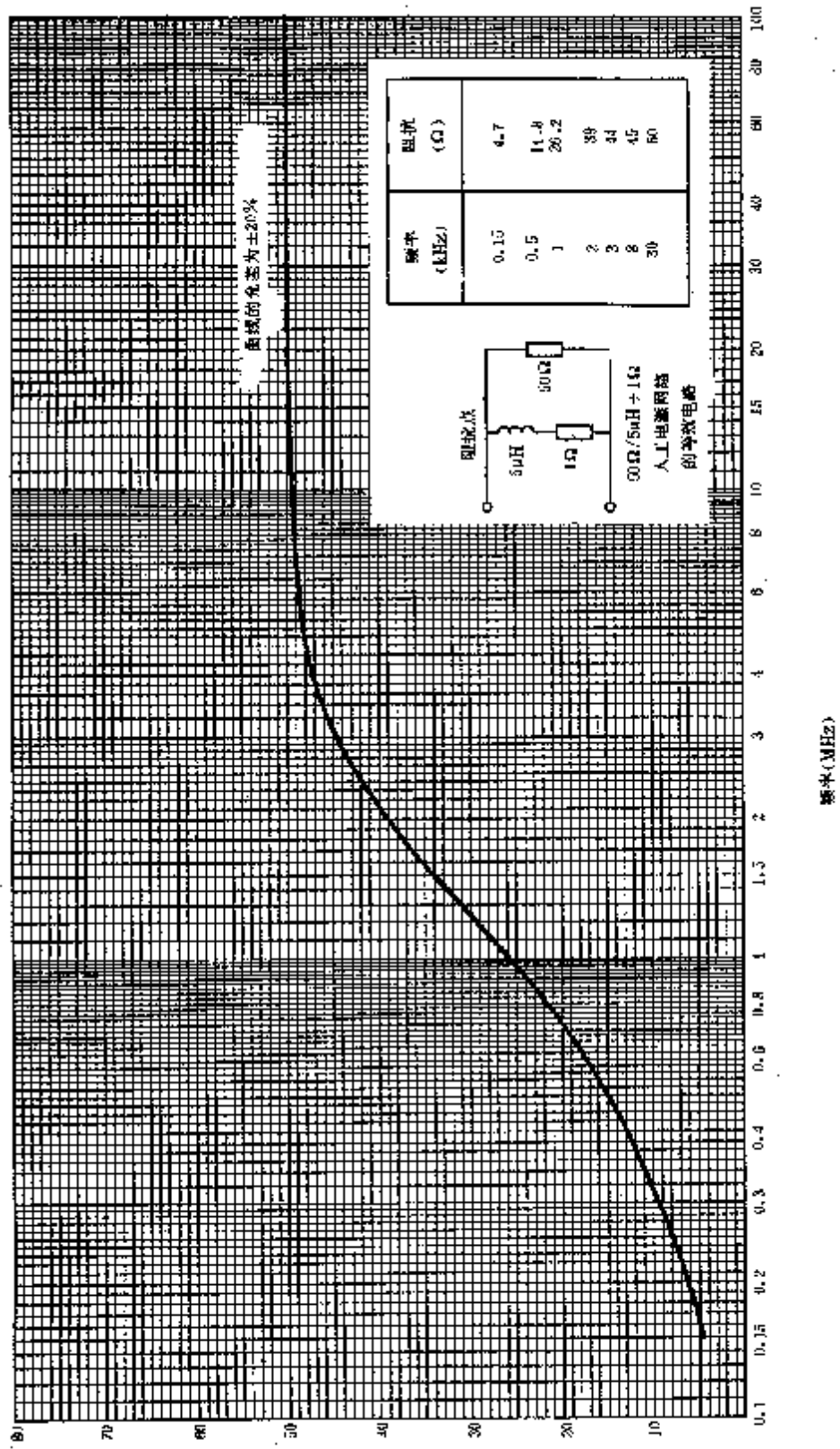


图 8 50 Ω/5 μH+1 Ω V型人工电源网络的
阻抗特性(C 频段)

10.5 150 Ω V型人工电源网络(适用于150 kHz~30 MHz 频率范围)

该网络阻抗的模为 $150 \pm 20 \Omega$, 相角不得超过 20° 。

10.6 150 Ω Δ型人工电源网络(适用于150 kHz~30 MHz 频率范围)

该网络在其端子之间和两端子相连后与参考地之间的阻抗的模为 $150 \pm 20 \Omega$, 相角不得超过 20° 。

测量对称电压时, 需要使用屏蔽的平衡变换器。为了避免阻抗网络产生明显的变化, 该变换器的输入阻抗在所有感兴趣的频率上不得低于 $1\,000 \Omega$ 。由测量接收机测得的电压取决于该网络的元件值和传输比。网络应校准。

10.6.1 150 Ω Δ型人工电源网络的平衡

包括该网络和通过变压器连接的测量接收机在内的系统的平衡应该做到: 当存在非对称电压时, 对称电压测量应基本上不受影响。平衡测量应使用图9所示的电路。

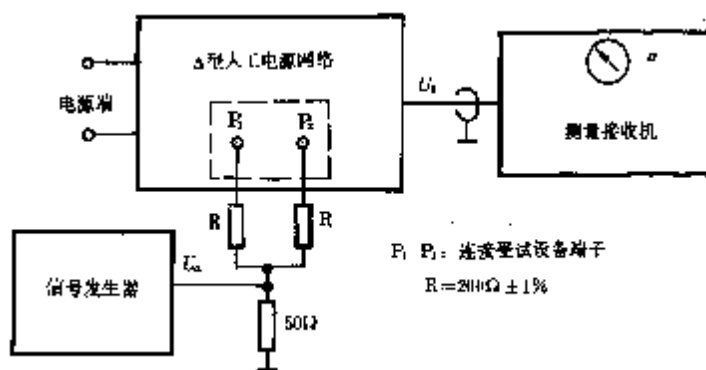


图9 检验对称电压测量装置平衡情况的电路图

将内阻抗为 50Ω 的发生器输出大小为 U_a 的电压注入到两个大小为 $200 \Omega \pm 1\%$ 的电阻的公共点与参考地之间。电阻的另一端连接到人工电源网络的设备端。

在对称电压的测量位置上测量电压 U_s 。 U_a/U_s 之比应大于 $20:1$ (26 dB)。

10.7 隔离

为了确保在所有测试频率上存在于电源上的无用信号不影响测量, 也许需要在人工电源网络和电源之间插入附加的射频低通滤波器。使用低通滤波器后, 其阻抗值应满足第10.2条、第10.3条、第10.4条、第10.5条和第10.6条的要求。应用金属屏蔽层将组成滤波器的元件屏蔽起来, 并将其与测量系统的参考地直接相接。

10.8 电流负载能力和串联电压降

最大连续电流和最大峰值电流应予以规定。

当流经受试设备的连续电流达到最大时, 施加到受试设备上的电压不得小于人工电源网络电源端电压的95%。

10.9 改进型的参考地连接

某些类型设备的测试要求在第10.2条和第10.3条人工电源网络中的参考地线按照相应产品说明书的要求有一定的阻抗插入。插入点分别为图10和图11中参考地线所标的X处。插入阻抗或者为 1.6 mH 感抗或者为第10.2条和第10.3条相应频段要求的阻抗。

注: 为安全起见, 应短接第10.2条所提及的 5Ω 电阻。

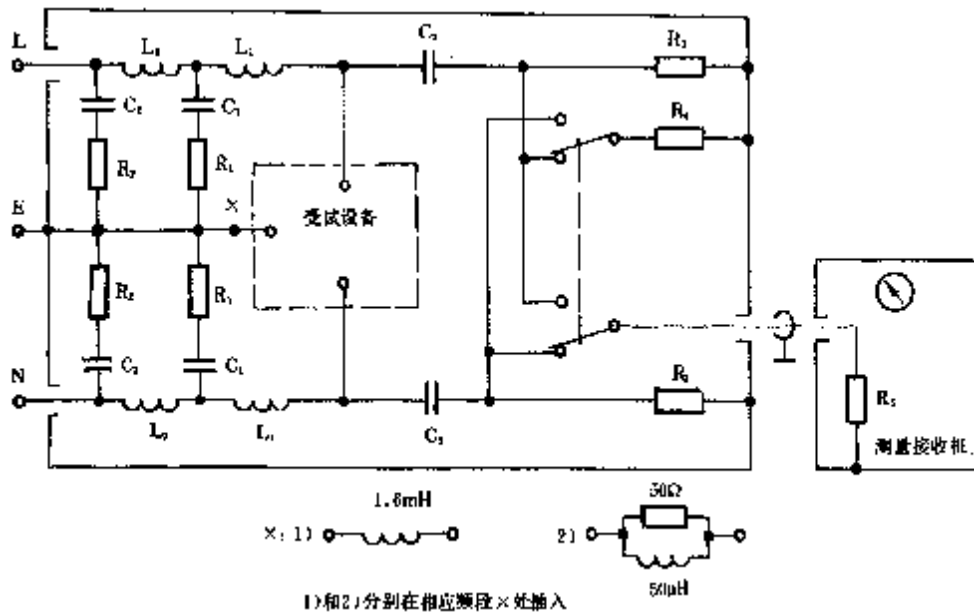


图 10 50 Ω/50 μH+5 Ω V 型人工电源网络电路图示例

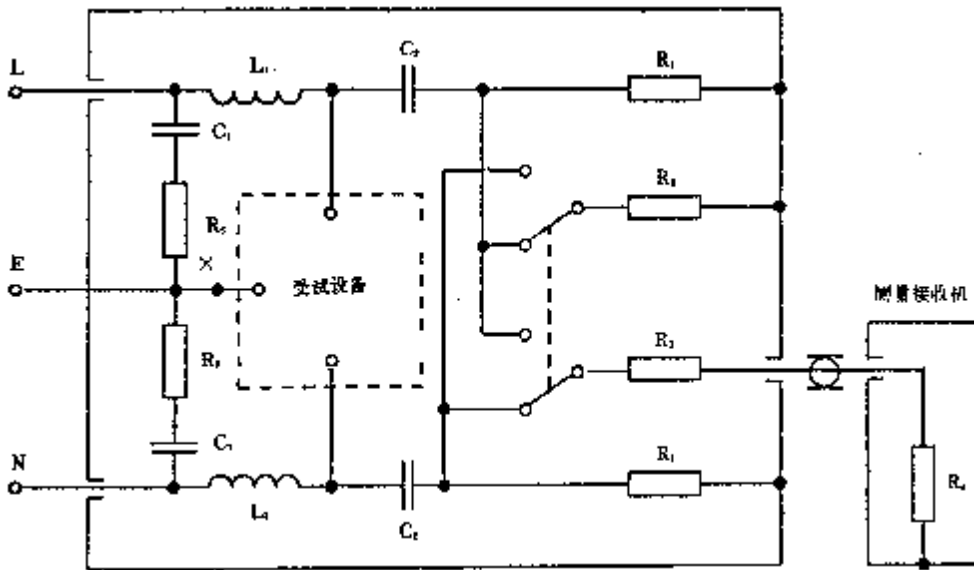


图 11 50 Ω/50 μH, 50 Ω/50 μH+1 Ω 或 150 Ω V 型人工电源网络电路图示例

11 电流探头和电压探头

11.1 电流探头

用专门改进的卡式电流传感器就可以测量线上的非对称骚扰电流,而不需与源导线导电接触,也不用改变其电路。这种方法的实用性是不言而喻的;复杂的导线系统、电子线路等的骚扰测量可以在不打乱正常工作或正常布置的状态下进行。电流探头的构造应能方便地卡住被测导线。被测导线充当一匝的初级线圈,次级线圈则包含在电流探头中。

可以制造用于 30 Hz~1 000 MHz 频率范围测量的电流探头。当测量常规电源系统 100 MHz 以上的持续电流时,应将电流探头置于电流的最大位置。

电流探头的设计应使其在通带内具有平坦的频响。低于通带的频率范围,仍可进行精确测量,只是由于传输阻抗的减少降低了灵敏度。高于通带的频率范围,由于电流探头产生的谐振,测量不再精确。

电流探头附加屏蔽结构后,就可以测量非对称(共模)骚扰电流或者对称(差模)骚扰电流。附录 G(补充件)给出了一些电流探头典型的频率响应特性曲线。

11.1.1 构造

电流探头的构造应保证其在不断开电源线的情况下进行测量。

11.1.2 特性

插入阻抗: $\leq 1 \Omega$ 。

传输阻抗¹⁾: $0.1 \sim 5 \Omega$,在平坦线性范围; $0.001 \sim 0.1 \Omega$,低于平坦线性范围(电流探头端接 50Ω)。

附加的并联电容:在电流探头外壳与被测导线之间,小于 25 pF 。

频率响应:在规定的频率范围内校准传输阻抗。

单个探头线性范围的典型值:

$100 \text{ kHz} \sim 100 \text{ MHz}$;

$100 \text{ MHz} \sim 300 \text{ MHz}$;

$200 \text{ MHz} \sim 1\ 000 \text{ MHz}$ 。

脉冲响应:待定。

磁饱和:应规定误差不超过 1 dB 时初级导线中最大直流或最大交流电源电流值。

外磁场的影响:当将载流导线从探头孔径内移至探头外附近时,指示器应至少减少 40 dB 。

外电场的影响:对于 10 V/m 以下的电场不敏感。

位置的影响:使用探头时,任何尺寸的导线放置在孔径内任何部位,在 30 MHz 以下, $< 1 \text{ dB}$;在 $30 \sim 1\ 000 \text{ MHz}$ 范围内, $< 2.5 \text{ dB}$ 。

电流探头的孔径:至少 15 mm 。

注:1) 也可以使用传输阻抗的倒数——传输导纳(单位为 dBS)。当用分贝表示时,测量接收机的读数应加上导纳。

为了校准传输阻抗(或传输导纳),必要时可使用一个为此而设计的夹具(见附录 G(补充件))。

11.2 电压探头

图 12 给出的电路用来测量电源线与参考地之间的电压。电压探头由一个隔直电容器 C 和一个电阻 R 组成,使得电源线与地之间总的电阻为 $1\ 500 \Omega$ 。此探头也可用来测量其他电源线上的电压,此时可能需要增加探头的输入阻抗,以避免高阻抗电路过载。为安全起见,电感可跨接在测量接收机的输入端,其值 X_L 大于电阻 R 。

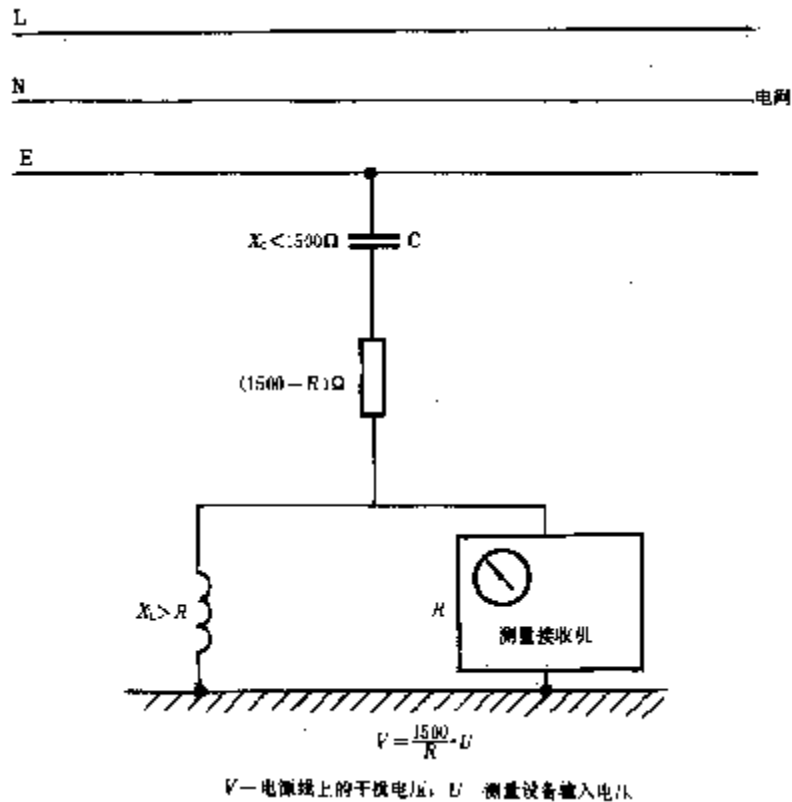


图 12 测量电网射频电压的电路示意图

电压探头的插入损耗应在 9 kHz~30 MHz 的频率范围 50 Ω 系统中校准。任何测量用保护装置对测量精度的影响都不得超过 1 dB, 否则应予以校准。要确保被测骚扰电平远大于环境噪声电平, 否则测量就没有意义。

连接探头的导线、被测电源线和参考地之间形成的环应尽可能的小, 以减少强磁场的影响。

12 吸收式功率钳(吸收钳), 频率范围 30~1 000 MHz

12.1 概述

吸收钳测量只适用于某些类型的设备的骚扰测量。这取决于那些设备的构造和尺寸。对每一类设备应规定严密的测量方法及适用范围。如果受试设备(不包括连接引线)自身的尺寸接近测量频率的 1/4 波长, 那么直接的机壳辐射就有可能发生。

带有电源线的设备, 其骚扰能力可以用起辐射天线作用的电源线(仅指在设备外面那一部分)所提供的能量来衡量。该功率近似等于吸收装置环绕引线放置时能吸收到的最大功率。此吸收装置被称作吸收钳或铁氧体钳。

不只是设备的电源线, 其外部引线(诸如屏蔽或不屏蔽的引线)也以与电源线同样的方式辐射能量。吸收钳也能对这些引线进行测量。

在 300~1 000 MHz 频率范围内, 来自引线的辐射可以用适宜的吸收钳来测量。这种测量相当有用, 然而需要注意在该频段大部分的辐射是直接从设备发射出去的。

12.2 结构

吸收钳由下述三部分构成:

- a. 宽带射频电流变换器;
- b. 宽带射频功率吸收体和受试设备引线的阻抗稳定器;
- c. 吸收套筒, 即铁氧体环的附件, 用来减小来自电流变换器到测量接收机的同轴电缆表面上的射

频电流。

附录 H(补充件)给出了吸收钳构造的一些示例。

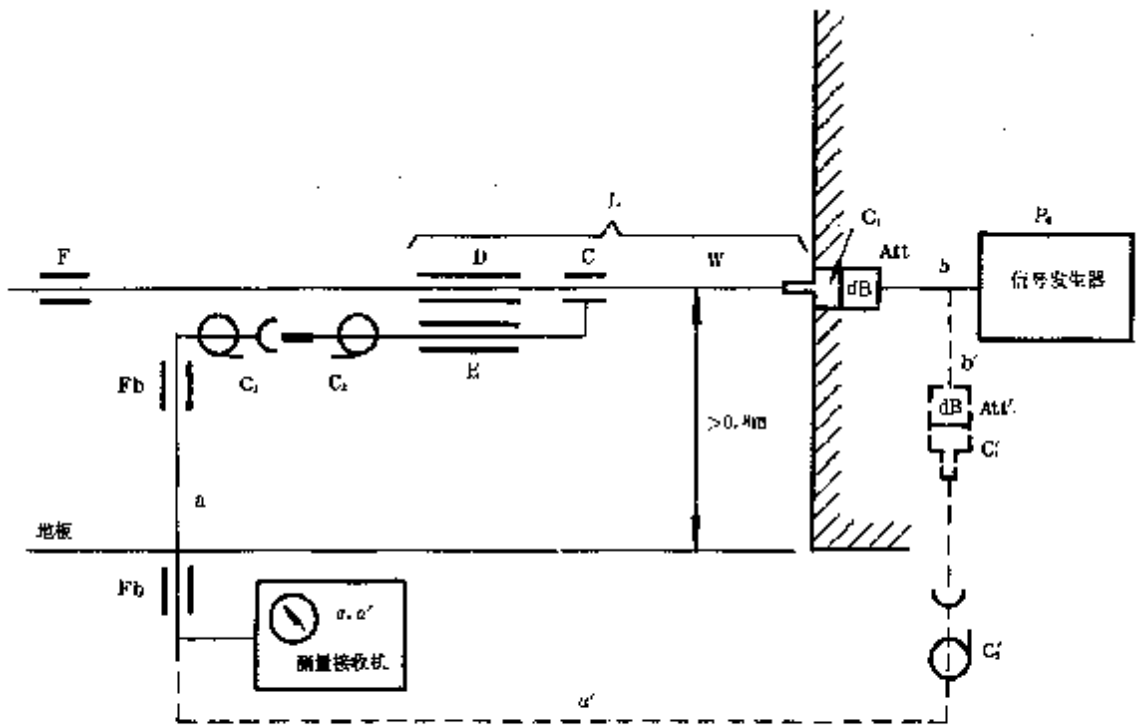
注：本条 a 和 b 中分别叙述的变换器和吸收钳，其相对固定位置越近越好。它们可以构成对开形式，以避免电源插头与电源线断开。但应注意保持小的空气隙。

12.3 特性

吸收钳的使用方法依赖于校准图。附录 I(补充件)给出了获得校准曲线的特定校准方法。吸收钳应具备如下的响应特性，在所有频率上，其输出功率相对于来自信号源的输入功率 P_0 无明显谐振；并且在任一频率上，电源频率电流大至 25A 的范围内，输出功率波动小于 2%。

当用阻抗测量仪器替代信号源和 10 dB 衰减器，按图 13 测量时，吸收钳所呈现的阻抗应介于 100~250 Ω 之间，而且电抗成份不得大于 20%。对于每一个测量频率，应调整吸收钳在校准引线 W 上的位置，直至测量接收机读数最大。必要时，对吸收钳的位置作微小的调整，以满足电抗的要求。对已满足要求的器件，重新调整后不应在测量功率时产生明显的变化。

吸收衰减待定。



- W—校准线；
- C—电缆变换器；
- D—功半吸收体和阻抗稳定器部分；
- E—吸收套筒；
- F—附加的吸收体，频率小于50MHz；
- Ca—用于连接校准线W和衰减器的屏蔽同轴连接器；
- Cb—连接到吸收体内部同轴电缆的动轴连接器；
- Cb'—连接接收机电缆且与Cb配套使用的同轴连接器；
- a—连接吸收体和测量接收机的同轴电缆；
- b—连接信号发生器和衰减器的同轴电缆；
- Att—衰减器；
- Ca、Cb、a'、b'、Att'—分别代表放在连续位置上的Ca、Cb、a、b和Att。此时信号发生器与测量接收机直接连接，测量接收机的读数只包括衰减器和同轴电缆上的衰减；
- L—此位置上仪表指示最大，吸收体连同被测导线在内的插入损耗；
- Pa—信号发生器带50Ω负载时的恒定输出；
- a—连接吸收体后，测量接收机的最大指示；
- a'—仅通过衰减器和同轴电缆（校准线）连接信号发生器时，测量接收机的指示；
- Fb—多个铁氧体吸收环、即套管

图 13 吸收体的校准布置图

13 骚扰分析仪

骚扰分析仪用来对诸如开关操作所引起的骚扰的幅度、发生率和持续时间进行自动评定。

注：现行的骚扰分析仪均设计成与准峰值型的测量接收机（见第4章）一起使用，这种类型的测量接收机应工作在接收机中频某一预置电平上。因此，这种分析仪不可能与所有的测量接收机都存在正确的对应关系。

13.1 基本特性

骚扰分析仪应设有测量骚扰持续时间的电路。此电路的输入端应与测量接收机的中频输出端相连。骚扰持续时间的测量精度应不劣于±5%。

骚扰分析仪还应设有评定骚扰准峰值幅度的电路。测量接收机和骚扰分析仪相连后,其所有特性仍应满足第4章的要求。

骚扰分析仪应能指示出下述有关骚扰的信息:

- a. 幅度超过该骚扰分析仪的预置基准电平、持续时间等于或小于 10ms 的喀喇声(见注①)的数目;
- b. 幅度超过本条 a 中设置的基准电平、持续时间大于 10 ms 但不大于 200 ms 的喀喇声的数目;
- c. 幅度超过本条 a 中设置的基准电平、在任意 2 s 周期内出现 2 次以上的喀喇声的事件;
- d. 幅度超过本条 a 中设置的基准电平、在任意 1 min 内产生 5 次以上持续时间等于或小于 10 ms 的喀喇声的事件次数(见注②);
- e. 超过本条 a 中设置的基准电平的非喀喇声骚扰的总的持续时间;
- f. 试验持续时间;
- g. 受试设备开关操作的次数。

注: ① “喀喇声”的定义在 GB 4343 中给出。

② 这 13. 1d 条不需要满足 GB 4343 中的规定。

图 14a 用方框图示出了骚扰分析仪的一个实例。图 14b 给出了骚扰分析仪波形的图示。

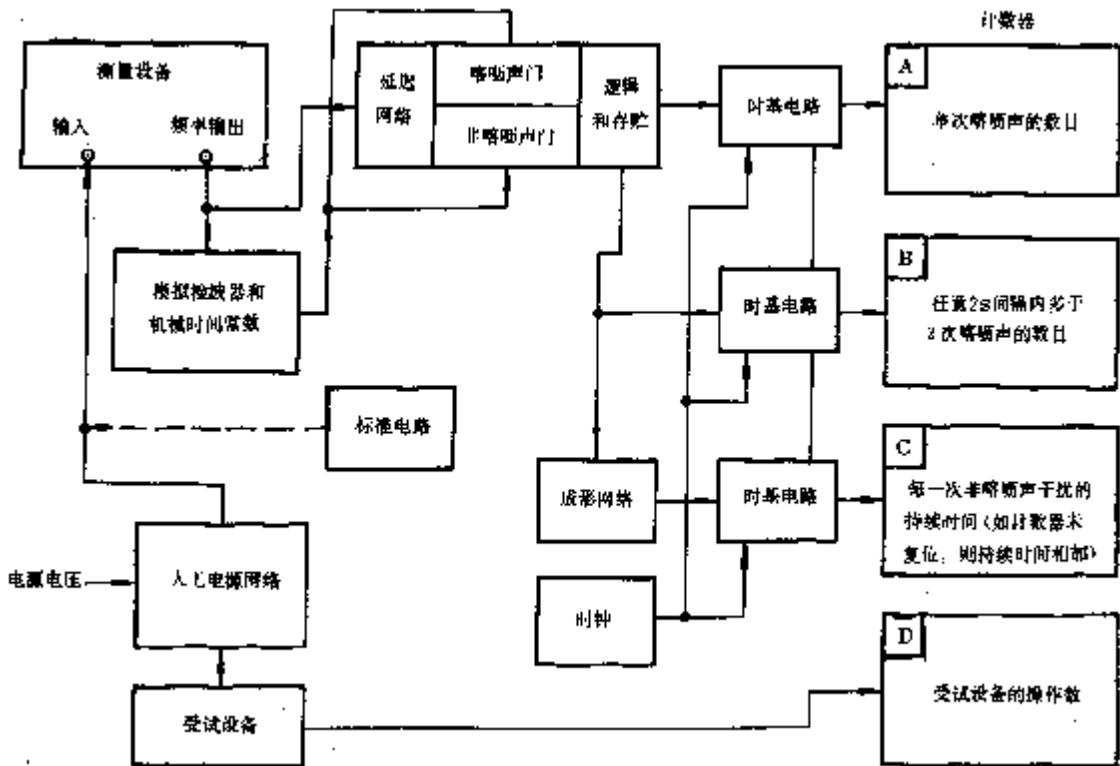


图 14a 骚扰分析仪示例

试验序号	试验信号	试验结果
1	4.5ms 5dB	1次短于10ms的喀喇声
2	14.5ms 5dB	1次等于10ms的喀喇声
3	180ms 5dB	1次长于10ms的喀喇声
4	210ms 5dB	非喀喇声干扰
5	30ms 180ms 30ms 5dB	非喀喇声干扰
6	30ms 180ms 30ms 1dB	1次长于10ms的喀喇声
7	30ms 210ms 30ms 5dB	2次长于10ms的喀喇声
8	30ms 30ms 210ms 210ms 210ms 30ms 30ms 5dB 重复	2秒钟内喀喇声多于2次
9	9.5ms 9.5ms 9.5ms 9.5ms 5dB 重复	1分钟内喀喇声多于5次
10	190ms 1dB	1次长于10ms的喀喇声
11	0.5ms 1dB	1次短于或等于10ms的喀喇声
12	0.11ms 10ms 1dB	非喀喇声干扰
13	0.11ms 1dB 重复	1次短于或等于10ms的喀喇声
14	230ms 30ms 2.5ms 30ms 190ms 25dB	1次长于10ms的喀喇声
15	183ms B频段/170ms C频段和D频段 25dB	2次长于10ms的喀喇声
16	190ms 25dB 1312ms B频段/200ms C频段和D频段 30ms -2.5dB/2 dB 1F	1次长于10ms的喀喇声
17	2ms 1ms 180ms 190ms 1ms 14dB 30ms -2.5dB/2 dB 1F	非喀喇声干扰
18	2dB 1F 2ms 44dB 1ms 180ms 190ms	1次喀喇声
19	2dB 1F 1ms -2dB 1F 50ms 240ms 30ms 180ms 30ms 270ms 30ms	4次喀喇声
20	30ms 370ms 30ms 1020ms 30ms 250ms 30ms	4次喀喇声, 累积条件 2s内喀喇声多于2次
21	30ms 1780ms 30ms 210ms 270ms 30ms	4次喀喇声, 累积条件 2s内喀喇声多于2次
22	30ms 180ms 30ms 30ms 30ms 130ms 250ms 30ms	3次喀喇声

图 14b 骚扰分析仪波形示意图

为了检验骚扰分析仪是否满足第 13.1 条的要求,第 13.2 条提供了试验方法。骚扰分析仪的检验结果应与表 15(a)、表 15(b)和表 15(c)所列的要求相一致。

表 15(a) 用于骚扰分析仪性能测试的骚扰脉冲波形的参数

试验序号	1		2		3		4	5
	中频幅度 (基准电平)		准峰值表头上的幅度 (基准为表头刻度中点)		脉冲的持续时间		脉冲间隔 时间或周期	
	dB		dB ¹⁾		ms		ms	
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2		
1	—	—	5	—	9.5	—	—	1 次短于 10 ms 的喀咧声
2	—	—	5	—	10.5	—	—	1 次长于 10 ms 的喀咧声
3	—	—	5	—	190.0	—	—	1 次长于 10 ms 的喀咧声
4	—	—	5	—	210.0	—	—	非喀咧声骚扰
5	—	—	5	5	30.0	30.0	180	非喀咧声骚扰
6	—	—	5	5	30.0	30.0	130	1 次长于 10 ms 的喀咧声
7	—	—	5	5	30.0	30.0	210	2 次长于 10 ms 的喀咧声
8	—	—	5	—	30.0	—	周期:210	2 秒钟内喀咧声多于 2 次
9	—	—	5	—	9.5	—	周期:210	1 分钟内喀咧声多于 5 次
10 ²⁾	—	—	1	—	190.0	—	—	1 次长于 10 ms 的喀咧声
11 ²⁾	—	—	1	—	9.5	—	—	1 次短于或等于 10 ms 的喀咧声
12	—	—	1	—	0.11	—	周期:10	非喀咧声骚扰
13	—	—	1	—	0.41	—	—	1 次短于或等于 10 ms 的喀咧声
14	—	—	-2.5 ³⁾	25.0	30.0	30.0	230	1 次长于 10 ms 的喀咧声
15	—	2	25.0	-2.5 ³⁾	190.0	30.0	998 ⁴⁾	2 次长于 10 ms 的喀咧声 ⁵⁾
16	—	2	25.0	-2.5 ³⁾	190.0	30.0	1 312 ⁴⁾	1 次长于 10 ms 的喀咧声

注: 1) 测得的单个脉冲幅度。

2) 背景噪声电平在准峰值门限电平以下 2.5 dB。

3) 这些电平应设置为使其大于门限电平时间而不超过门限电平的幅度。

4) 对高于 30 MHz 频率范围的准峰值测量接收机, 分别是 1 710 ms 和 2 090 ms。

5) 如果这两个脉冲作为孤立的骚扰进行测量, 就只能记录到一次喀咧声。

表 15(b) 用于骚扰分析仪性能测试的骚扰脉冲波形的参数

试验序号	脉冲的幅度 (仪器刻度的参考中心点)			脉冲持续时间			脉冲间隔时间		试验结果
	dB			ms			ms		
	脉冲 1 在中频	脉冲 2 在准峰值	脉冲 3 在中频	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 3	脉冲 1 和脉冲 2	脉冲 2 和脉冲 3	
17	2	44	2	1	2	1	169	190	非喀咧声骚扰
18	2	44	-2	1	2	1	169	190	一次喀咧声 ¹⁾

注: 1) 如果这三个脉冲作为孤立的骚扰进行测量, 就只能记录到一次喀咧声。

表 15(c) 用于骚扰分析仪性能附加测试的骚扰脉冲波形的参数

试验 序号	脉冲幅度 (准峰值表的参考中点)				脉冲的持续时间				脉冲的间隔时间			试验结果
	dB				ms				ms			
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 3	脉冲 4	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 3	脉冲 4	脉冲 1 和脉冲 2	脉冲 2 和脉冲 3	脉冲 3 和脉冲 4	
19	5	5	5	5	30	30	30	30	240	1 800	250	4 次喀咧声
20	5	5	5	5	30	30	30	30	370	1 620	250	4 次喀咧声, 累积条件 2 秒钟内喀咧声多于 2 次
21	5	5	5	5	30	30	30	30	1 780	210	250	4 次喀咧声, 累积条件 2 秒钟内喀咧声多于 2 次
22	5	5	5	5	30	30	30	30	1 860	130	250	3 次喀咧声

13.2 一致性试验方法

将骚扰分析仪连接到准峰值测量接收机, 测量接收机被调谐到一读数方便的频率上。该项试验需要

在调谐频率处的连续信号和脉冲连续信号以及覆盖接收机带宽的白噪声。

脉冲连续信号源应能提供 1 至 4 个独立的可变脉冲。这些脉冲的上升时间不长于 $40\ \mu\text{s}$ ，持续时间应在 $110\ \mu\text{s}\sim 210\ \text{ms}$ 范围内可变，幅度应在 $44\ \text{dB}$ 的范围内可变。当按步骤 a 用准峰值接收机表头测试时，脉冲连续信号的任何背景噪声都应比参考电平至少低 $20\ \text{dB}$ 。

将示波器连接到准峰值测量接收机的中频输出端，测量该脉冲信号的电平和持续时间。

试验步骤如下：

a. 将连续信号连接到与骚扰分析仪一起使用的测量接收机的输入端，将幅度调节到接收机噪声电平之上，过载点之下。调节接收机的灵敏度（衰减器）控制使仪表指示在刻度的基准点（ $0\ \text{dB}$ ）上。接收机中频输出端的连续信号电平便构成中频基准电平。

b. 将脉冲连续信号连接到测量接收机的输入端。对于表 15(a) 中第 10 项和第 11 项试验，还应将白噪声信号加到脉冲连续波信号上。脉冲连续信号的性质在表 15(a)、表 15(b) 和表 15(c) 中给出。表 15(a) 中该信号包含 1 个或 2 个脉冲，也可以是单次或重复发生的一组脉冲。表 15(b) 给出了三种单次脉冲。表 15(c) 给出了四种单次脉冲。表 15(a) 中第 1 列和表 15(b) 第 1 列中的脉冲 1 和脉冲 3 的幅度是用滤波器连接到测量接收机的中频输出测量得到的。其余的脉冲幅度是用测量接收机的准峰值电压表测量得到的。这些电平与本章前面建立起来的各自射频和中频基准电平相关。

所有脉冲持续时间的测量都应用示波器在测量接收机的中频端进行。

试验应按序号依次进行。

14 用于无线电辐射骚扰测量的天线

天线以及天线与测量接收机之间的电路不应明显影响测量接收机的总特性。天线与测量接收机连接后，测试系统仍应具有第一篇相应频段规定的带宽。

天线在实质上应为平面极化。它应该是可定向的，以便能够测量来自极化方向的辐射骚扰。天线中心距地面的高度应可按照试验的规定进行调节。

14.1 场强测量的精确度

当满足本章要求的天线与符合第一篇要求的测量接收机一起使用时，正弦波均匀场场强的测量精确度应优于 $\pm 3\ \text{dB}$ 。

注：此要求不包括由测量场地引起的效应。

14.2 频率范围：9~150 kHz

经验证明在这个频段内所观察到的一些骚扰实例主要是磁场分量造成的。

14.2.1 磁场天线

测量辐射的磁场分量时，可以使用电屏蔽环形天线，但尺寸大小应能使之完全放入边长为 $60\ \text{cm}$ 的正方形内，也可以使用合适的铁氧体棒天线。

14.2.2 天线的平衡

天线的平衡应做到：在均匀场内旋转天线时，垂直于极化方向的电平应至少比平行于极化方向的电平低 $20\ \text{dB}$ 。

14.3 频率范围：150 kHz~30 MHz

14.3.1 电场天线

测量辐射的电场分量时，可以使用对称天线，也可以使用非对称天线。如果使用不对称天线，测量的只是电场对垂直鞭天线的效应。测量结果中应同时说明所用天线的类型。

如果辐射源和天线之间的距离不超过 $10\ \text{m}$ ，天线的总长度应为 $1\ \text{m}$ ，如果距离大于 $10\ \text{m}$ ，天线长度最好还是 $1\ \text{m}$ ，但绝不能超过距离的 10% 。

14.3.2 磁场天线

测量辐射的磁场分量时，必须采用第 14.2.1 条所述的电屏蔽环天线。

14.3.3 天线的平衡

如果使用平衡的电场天线和磁场天线,那么应满足第 14.2.2 条的要求。

14.4 频率范围:30~300 MHz**14.4.1 电场天线**

基准天线应是平衡偶极子天线。

14.4.1.1 平衡偶极子天线

频率等于或高于 80 MHz,天线长度应为谐振长度;频率低于 80 MHz,天线长度应等于 80 MHz 的谐振长度,另外应该用一个适当的变换装置,使天线与馈电线相匹配。还应配备一个平衡-不平衡变换器完成与测量接收机的连接。

14.4.1.2 缩短偶极子天线

下列条件可使用短于半波长的偶极子天线。

- a. 天线总长度大于测量频率的十分之一波长($\lambda/10$);
- b. 用匹配良好的电缆将天线与测量接收机连接起来,以确保电缆上的 V_{SWR} 小于 2.0。校准时应考虑 V_{SWR} ;
- c. 这种天线应与调谐偶极子天线具有同等的极化鉴别能力(见第 14.4.2 条)。为了达到此目的,可借助于平衡-不平衡变换器;
- d. 为了确定被测场强,应在规定的距离(例如,至少在 3 倍于偶极子天线长度的距离上)确定并使用一条校准曲线(天线系数);

注:这样得到的天线因子应能满足均匀正弦波电场的技术要求,测量精确度不劣于 ± 3 dB。图 15 给出了校准曲线的实例。它表示了对不同的比值 $1/d$,输入阻抗为 50Ω 的测量接收机的输入电压与场强的理论关系。在这些曲线中,平衡-不平衡变换器被视为一种 1:1 的理想变换器。然而,应注意到这些曲线中并未将平衡-不平衡变换器、电缆损耗以及电缆与测量接收机之间的失配考虑进去。

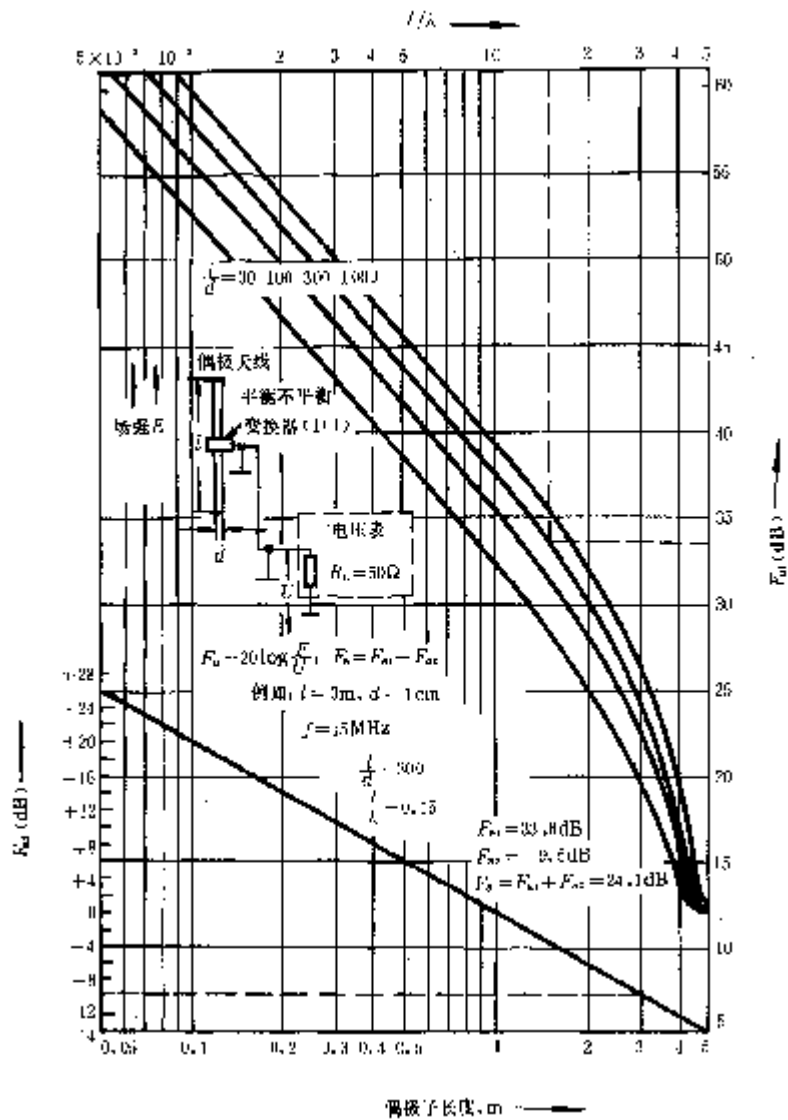


图 15 测量接收机输入阻抗为 50 Ω 时
缩短偶极子天线的校准系数

e. 尽管由于偶极子天线的缩短提高了天线系数,导致场强仪灵敏度的降低,但是场强仪的测量下限(例如,由测量接收机本身的噪声和偶极子天线的传输因数所确定)仍应保证比被测信号电平至少低 10 dB。

14.4.1.3 宽带天线

若能满足第 14.5.2 条对复杂天线所规定的要求,可以使用宽带天线。

14.4.2 天线的平衡

天线的平衡应做到:在均匀场内旋转天线时,垂直于极化方向的电平应至少比平行于极化方向的电平低 20 dB。

14.5 频率范围:300~1 000 MHz

14.5.1 电场天线

如果使用偶极子天线,那么此天线应满足第 14.4.1 条和第 14.4.2 条的要求。

14.5.2 复杂天线

由于在 300~1 000 MHz 频率范围内,简单的偶极子天线的灵敏度很低,因此可采用较为复杂的天

线。这种天线应满足下列要求：

- a. 天线应基本上是平面极化的。检验的方法与检验简单偶极子天线的平衡的方法相同；
- b. 天线方向图的主瓣应达到：直射方向上的响应与来自地面的反射方向上的响应之差不得大于 1 dB。

为保证这一条件，在与天线最大增益相差 1 dB 的范围内，测量天线垂直方向上的天线方向图总张角 2ϕ 应如下：

- 1) 若测量天线保持水平方向的位置，则

$$\phi > \arctg \frac{h_1 + h_2}{d} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中： h_1 ——测量天线的高度；

h_2 ——受试设备的高度；

d ——测量天线和受试设备之间的水平距离。

- 2) 若测量天线在向地面倾斜的最佳位置上(使直射线和反射线都包括在 2ϕ 宽度内)，则

$$2\phi > \arctg \frac{h_1 + h_2}{d} - \arctg \frac{h_1 - h_2}{d} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中： h_1 ——测量天线的高度；

h_2 ——受试设备的高度；

d ——测量天线和受试设备之间的水平距离。

天线方向图应在天线垂直极化时，在水平面检查。应该假设垂直极化测得的方向图，尤其是天线总张角 2ϕ ，应与水平极化的方向图相一致。

天线离信号源的有效距离的变化及其增益随频率的变化都应考虑在内；

- c. 天线通过馈线连接到测量接收机的输入端，在该端口测得的 $VSWR$ 不得超过 2.0；
- d. 应规定一个能够满足第 14.1 条要求的校准系数。

15 用于无线电骚扰场强测量的试验场

试验场周围的环境应能确保受试设备骚扰场强测量结果的有效性和可重复性。对于那些只能工作在现场的受试设备，须另行规定。

15.1 开阔试验场

正常情况下，骚扰场强的测量是在开阔试验场进行的。该开阔试验场具有空旷的水平的地势特征。这种试验场应避开建筑物电力线，篱笆，树木等，并远离地下电缆管道等，除非它们是受试设备所必需的。附录 J(补充件)推荐了适用于 30 MHz~1 GHz 的频率范围的开阔试验场的详细结构。第 15.6 条给出了开阔试验场的场地有效性测量方法，更详尽的内容见附录 K。附录 L(补充件)给出了 4 dB 场地可接受准则。

15.2 气候保护罩

如果试验场长年使用，则需要一个气候保护罩。气候保护罩应能保护受试设备和场强测量天线在内的整个试验场，或者只保护受试设备。所使用的材料应具有射频穿透性，以避免造成不需要的反射和受试设备辐射场强的衰减。

气候保护罩形状应易于排雪、水和冰。更详尽的内容见附录 J(补充件)。

15.3 无障碍区

为了得到一个开阔试验场，在受试设备和场强测量天线周围需要一个无障碍区。无障碍区应远离那些具有较大的电磁场的散射体，并且这个区域应足够大，使得无障碍区以外的散射不会对天线测量的场

强产生影响。为了确定无障碍区是否足够大,应该进行场地有效性试验。

由于来自物体散射场强的幅度大小与许多因素(如物体的尺寸,到受试设备的距离,受试设备所在的方位,物体的导电性和介电常数,频率等)相关,所以,对所有设备规定一个必须且充分适宜的无障碍区是不实际的。

无障碍区的尺寸和形状取决于测量距离以及受试设备是否可旋转。

如果试验场装配有旋转台,那么推荐采用椭圆形的无障碍区接收天线和受试设备分别放置于椭圆的两个焦点上,长轴为测试距离的两倍,短轴为测试距离的 $\sqrt{3}$ 倍(见图 16)。

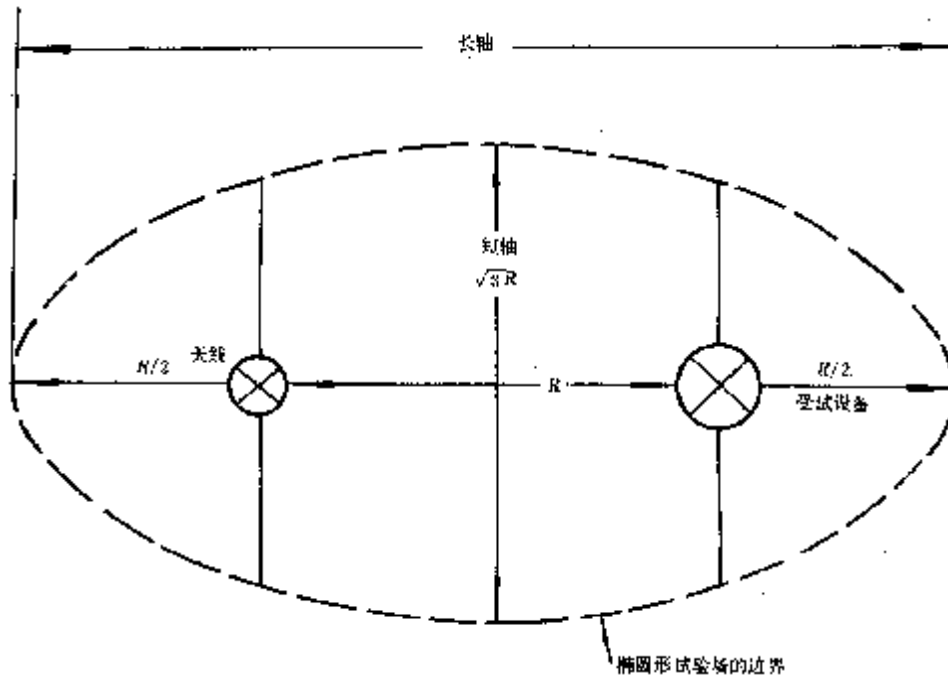


图 16 带有旋转台的无障碍区

对于这个椭圆形区域来说,无障碍区周界上任何物体反射波的路径均为两焦点间距离的两倍。如果安放在旋转台上的受试设备较大,那么就有必要扩展无障碍区的边界。

如果试验场没有配置旋转台,也就是说,受试设备是固定不动的,那么推荐采用圆形的无障碍区。受试设备的边界到试验场边界的径向距离为测试距离的一倍半(见图 17)。这种情况下,测量天线可在距受试设备半径远的位置上环绕受试设备移动。

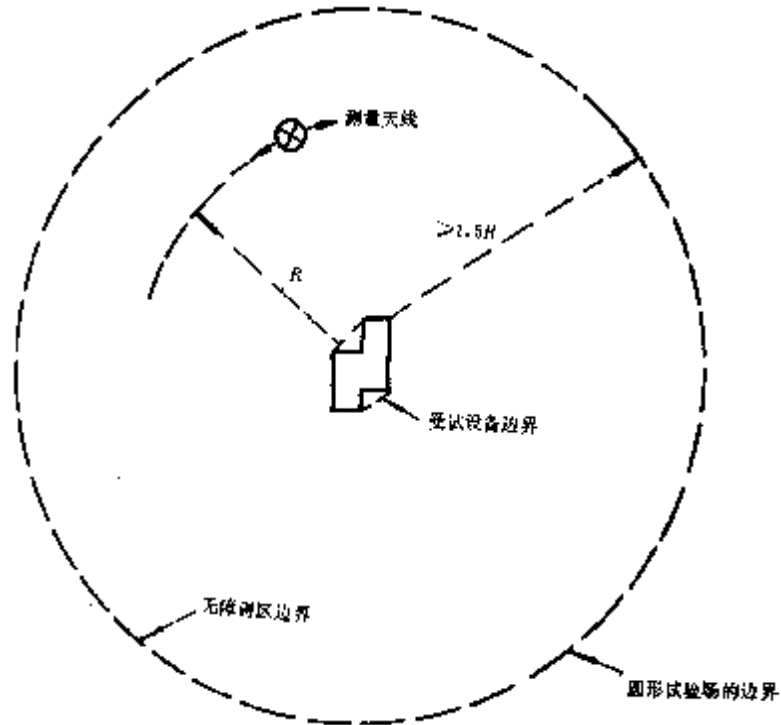


图 17 用于受试设备现场测试的无障碍区

无障碍区的地势应平坦。为了排水的需要,允许地势稍稍倾斜。如果使用金属接地平板,可参见附录 J(补充件)第 J2 章介绍的金属接地平板的平滑度。测量设备和测试人员都应在无障碍区之外。

15.4 试验场周围的射频环境

试验场周围的射频电平与被测电平相比应足够的低,试验场的质量按四级评估。下列按它们的品质级别列出:

- a. 周围发射比测试电平低 6 dB;
- b. 周围有些发射比测试电平低,但差值小于 6 dB;
- c. 周围有些发射在测试电平之上,它们可能是非周期的(即相对于测量来说发射之间的间隔足够长),也可能是连续的,但只在有限的可识别频率上;
- d. 周围的电平在大部分测量频率范围内都在测试电平以上,连续出现。

选择的试验场应确保在给定的环境中的工程技术等级下的测量精度。可以选取一些可行的方法弥补场地的缺陷。

注:为了得到更有效的测量结果建议环境电平低于测量得到的发射电平 20 dB。

15.5 接地平板

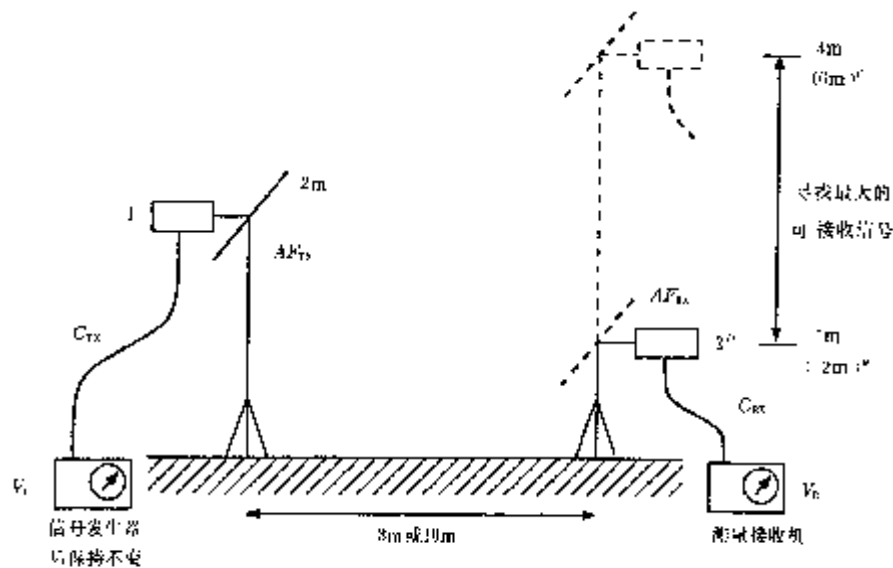
接地平板可以用对地具有高导电率的大面积的金属材料构成。接地平板可以放在地平面上,也可以放在一定高度的平台或屋顶上。最好使用金属接地平板,但对某些设备和应用,有些产品标准并不一定推荐使用金属接地平板。金属接地平板的大小取决于试验是否要满足场地衰减的要求。如果接地平板不用金属材料,则应注意试验场的选择。试验场的反射特性不应随时间、气候或者因为地下存在金属材料(如管道,导管,或不均匀的土地)而改变。这种试验场通常给出不同于金属表面的试验场的场地衰减特性。

15.6 开阔试验场有效性(场地衰减)测量方法

本标准给出了归一化场地衰减要求,用来评定金属接地平板的试验场的质量。对于其他类型的试验场,这种方法不仅能够提供场地衰减特性,通常还能鉴别不规范点以便研究。开阔试验场的有效性测量方法不适用于装有吸收材料的屏蔽室。有关装有吸收材料的屏蔽室的有效性测量方法需要更详细的规范,目前尚在考虑中。

开阔试验场的测量这样进行,如图 18 和图 19 所示。一对天线分别垂直和平行于地面放置。用发射天线的源电压(V_I)减去接收天线终端测得的接收电压(V_R)(dB)即可获得开阔试验场的场地衰减。实现该电压测量的系统为 $50\ \Omega$ 系统。如果 V_I 和 V_R 不是从发射天线输入端和接收天线输出端分别测得的,那么还需要进行适当的电缆损耗修正,然后再用场地衰减(dB)减去两个天线系数(dB),所得结果被称作归一化场地衰减(NSA)。如果水平和垂直测得的 NSA 与相应附录 K(补充件)中的表 K1、表 K2 和表 K3 的值相差不大于 $\pm 4\ \text{dB}$,那么就认为该场地符合要求。如果偏差超出 $\pm 4\ \text{dB}$ 准则,那么必须对照附录 K(补充件)中的第 K4 章检查试验场。

注:附录 L(补充件)给出了 $4\ \text{dB}$ 场地可接受准则的基础。



注:1) 天线相距 30 m 时适用。

2) V_r 为信号发生器和测量接收机(2)相连和不相连时的读数。

图 18 测量水平极化场地衰减的测量设备布置图

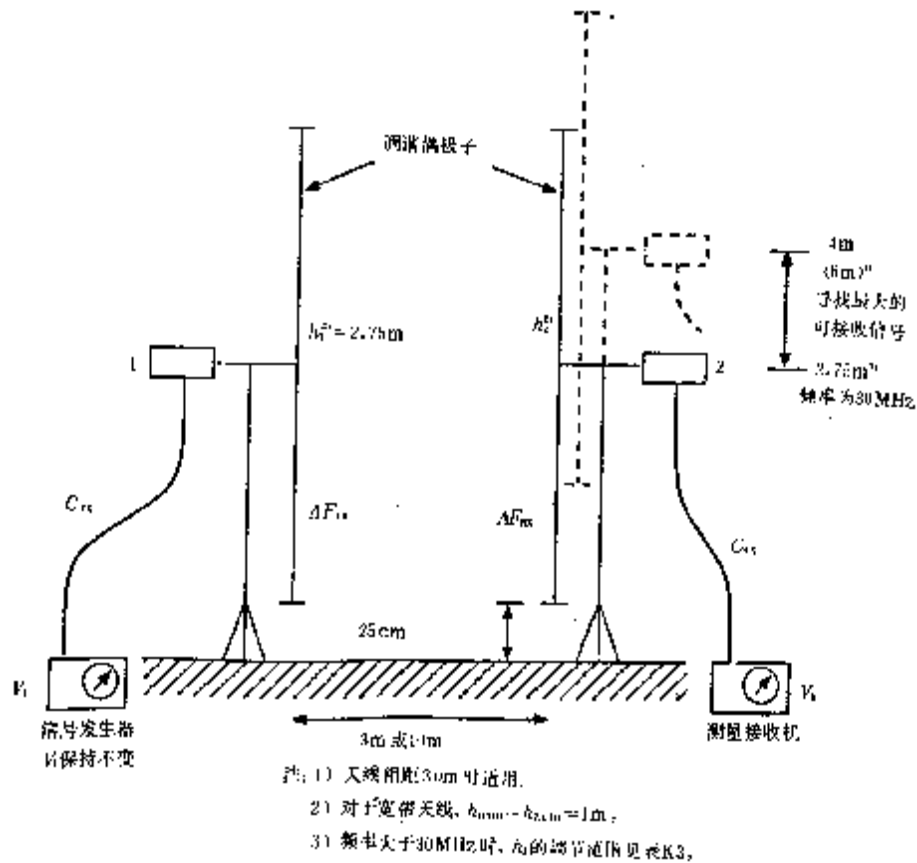


图 19 测量垂直极化场地衰减的测量设备布置图

测量得到的 NSA 值与理论值的偏差不应作为测量受试设备场强的修正值。这种方法仅仅用来检验场地的有效性。

附录 K(补充件)中表 K1 适用于宽带天线(如双锥天线和对数周期天线),包括与地面平行和垂直两个方向。表 K2 和表 K3 适用于调谐半波偶极子,但表 K2 只适用于与地面平行的方向,而表 K3 适用于与地平面垂直的方向。表 K3 中的扫描高度 h_2 是限定的,这是因为接收偶极子天线的低端至少应保持高于地面 25 cm。

注: 表 K1、表 K2 和表 K3 不同的原因是由于相对宽带天线和半波偶极子所选择的几何尺寸的不同,而表 K2 和表 K3 主要是受到实际条件的限制。

对于除了表中列出的其他频率的 NSA ,可以采用在列表数值间线性插值法得到。

推荐首先进行水平的 NSA 测量。因为用这种方法寻找场内的不规范点不象垂直那么敏感,因而测得的 NSA 很容易落入表 K1、表 K2 和表 K3 规定值的 ± 4 dB 以内。如果测量值超出了规定的值,则应重新检查测量方法和测量仪器以及天线系数的校准等。如果测量结果仍然超出 ± 4 dB 的限值,那么在进行垂直极化的 NSA 之前,先要标出场地明显的超差点,使其容易识别并予以修正。

15.6.1 一般的 NSA 测量方法

对于每一种极化测量,要想确定 NSA 就必须知道两次不同测量得到的 V_R (这里 V_R 是指接收天线的终端电压)。 V_R 的第一次读数是指将两根电缆与各自的天线断开,然后用一个转换器将它连接起来之后测量得到的。第二次读数是指将两根电缆分别重新与各自的天线相连后调整天线的高度测量得到的最大值(测量距离为 3 m 和 10 m 时,调节高度为 1~4 m;测量距离为 30 m 时,调节高度为 1~4 m 或 2~6 m)。两次测量中,信号源电压的大小保持不变。第一次读数记为 V_D ,第二次读数记为 V_S 。将它们代入式(8),即可得到 NSA 的测量值 A_N 。

$$A_N = V_D - V_S - AF_T - AF_R - \Delta AF_{TOT} \dots\dots\dots(8)$$

$$V_D = V_I - C_T - C_R \dots\dots\dots(9)$$

式中： AF_T ——发射天线系数，dB；
 AF_R ——接收天线系数，dB；
 ΔAF_{TOT} ——互阻抗修正系数，dB；
 C_T 和 C_R ——电缆损耗，dB。

式(8)前面两项分别代表场地衰减的实测值，也就是说 V_D 减去 V_S 等于经典意义上的场地衰减。这是由传输路径(亦包括所用的两天线的特性)上的插入损耗所致。互阻抗修正系数的理论值由表 K4 给出。 AF_T 和 AF_R 只有经过测量才能得到。 C_T 和 C_R 不需分别测量。另外表 K4 中的互阻抗修正系数只推荐用于 3 m 的试验场水平极化、使用半波偶极子天线的场合。

为了完成 *NSA* 测量，可以采用两种测量方法。这取决于所用的测量仪器以及天线的类型是宽带的还是调谐偶极子。如果正确地使用附录 K(补充件)，那么这两种测量方法得到的结果基本上相同。

a. 离散频率法

这种方法按照表 K1、表 K2 或表 K3 规定的频率依次测量。

接收天线在每一个频率上，在表中规定的可调范围内找出最大的接收信号。将测得的值代入式(8)，进而得到 *NSA*。附录 K(补充件)推荐了一种方法，用于实现数据的记录和 *NSA* 测量值的计算，并以此为基础与理论值进行比较。

b. 扫描频率法

这种测量方法是用宽带天线来实现的。测量时还要使用具有峰值保持(最大保持)和贮存能力的自动测量设备和一台跟踪信号发生器。测量过程中，应在规定范围内扫过天线所有的频率和测量高度。天线频率的扫描速度应比天线升降的速度快得多。其他方面与 a 相同。更详尽的测量方法在附录 K(补充件)中给出。

15.6.2 天线系数的确定

NSA 测量需要精确的天线系数。一般来说，天线附带的天线系数是不精确的，除非它们是用特殊的方法测量得到的。测量使用线性极化天线。附录 K(补充件)给出了一种有用的天线校准方法。制造厂提供的天线系数也许已经考虑了安装在部件之间平衡-不平衡变换器引入的损耗。如果使用了其他平衡-不平衡变换器和电缆，那么就on须考虑它们的影响。附录 K(补充件)也给出了用于调谐半波偶极子的计算公式。

15.6.3 场地衰减的偏差

如果 *NSA* 的测量结果的偏差超出 ± 4 dB，那么应首先检查下述环节：

- a. 测量方法；
- b. 天线系数的精确度；
- c. 信号源的漂移，接收机、频谱分析仪的输入衰减和读数的精确度。

检查完毕后，找出场地的缺陷，并对场地变化可能引起的后果进行详细的研究。附录 L(补充件)给出了 *NSA* 测量中可能出现的误差。

注意因为垂直极化测量通常更为精密，所以与水平极化测量结果相比，采用这种具有更高灵敏度的测量方法更能发现场内的不规范点。需要检查的主要方面包括：

- a. 接地平板的尺寸和结构不合适；
- b. 场地边界附近有可能造成有害辐射的物体；
- c. 气候保护罩；
- d. 当旋转台的表面具有导电性，且与接地平板一样高时，旋转台周围与接地平板的不连续；
- e. 接地平板上厚的电介质覆盖物；

f. 接地平板上用于安放梯子的开口。

16 用于总辐射功率测量的混响室

对于某些工作在微波频段的设备,由于存在着复杂的三维辐射图,因而对设备的工作条件及其所处的环境比较敏感,因此测量总辐射功率更为合理,这一参数与控制骚扰密切相关。测量时,可将受试设备置于带有金属壁的合适的混响室内。为了避免由于驻波效应使得混响室不同位置的能量密度分布不均匀,室内安装了旋转搅拌器。如果尺寸、形状与位置合适,则混响室内任意位置的能量密度在相位、幅度与极化方向按照一个恒定的统计分布规律随机地变化。

16.1 混响室的构成

16.1.1 尺寸和形状

混响室的线尺寸与所感兴趣的最低频率所对应的波长相比应足够的大。它的容积大到足够容纳受试设备、搅拌器和测试天线。受试的微波设备的体积变化范围很大:从大约 0.2 m^3 的台式炉到高为 1.7 m ,底座为 760 mm 的大设备。混响室可以是任意形状的,只要它的三个方向的尺寸为同一数量级,但其尺寸最好有所不同。对于 1 GHz 的最低频率,小室的容积至少为 8 m^3 。实际的尺寸将取决于混响室的物理特性。混响室适用性的试验方法见第 16.1.4 条。

混响室的壁和搅拌器应该是金属的。金属件之间的结合,在机械上是牢固可靠的;在电气上,沿着整个长度方向应是低阻抗,且无表面腐蚀。在混响室内不应放置任何材料,例如木材等。

16.1.2 门、壁孔以及安装托架

混响室的门应足够大以便操作人员和受试设备进入。此门应该向外开,并要配合紧密,以减少能量损耗。

为了便于在混响室内安装发射天线和接收天线,安装托架应固定在墙壁上。

16.1.3 搅拌器

下面给出两种搅拌器的实例,只要搅拌效率满足第 16.1.4 条准则,则允许使用其它形式的搅拌器。

16.1.3.1 旋转翼

为使用旋转翼,应将两个叶片安装在混响室内相邻的壁上,离壁的距离至少应为所用最大波长的四分之一($\lambda/4$);并且应有足够厚度和刚性。叶片应具有小室可能容纳的最大长度,宽度应为长度的五分之一左右。

16.1.3.2 旋转桨

为使用旋转桨,可在混响室的壁上安装两个或三个桨叶。桨叶之间互成直角。桨叶可以是如图 20 所示的形状,叶片围绕着平行于长度方向的轴而旋转。扫描筒空间的直径至少应等于所用最大波长,并且该长度应为屏蔽壁尺寸所容许的最大尺寸。结构应为刚性。

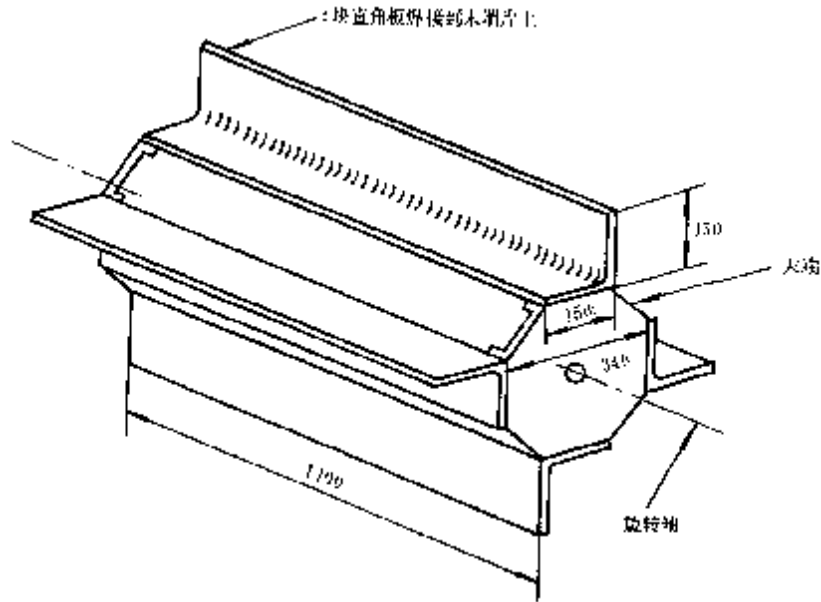


图 20 典型搅拌器示例

16.1.3.3 旋转速度

搅拌器的旋转速度应该不一样。搅拌器旋转一周的最长时间应比测量仪表积分时间的五分之一短。对于第 16.1.5 条所描述的测试设备,合适的速率介于 50~200 r/min 之间。用于旋转搅拌器的电动机和减速齿轮,最好都放在室壁的外面。

16.2 混响室的性能

16.2.1 搅拌效率的试验

混响室内部能量分布的均匀性用耦合衰减(见 16.1.5 条)随频率的变化的平滑度表示。在低频端,由于波长较长,要做到能量分布均匀是困难的,因而出现明显的最大值和最小值。如果搅拌效率越高,随频率变化的最大值和最小值之差就越小,因此可用频率就越低。

在混响室可用频段内测量耦合衰减。在可观察最大值和最小值的低频段,测量大约在间隔为 100 MHz 的频率上进行。此时,接收天线保持固定,发射天线按 45° 间隔旋转,而且要求对于每一个位置,每一个频率重复此试验。在接收天线旋转 90° 以后,再重复一次。符合下述条件,则可认为是满意的。

- a. 发射天线在任何位置上,峰、谷起伏包络的波动不得超过 2 dB;
- b. 4 条曲线的平均值应不偏离 2 dB 包络线。

图 21 给出了典型的试验结果。

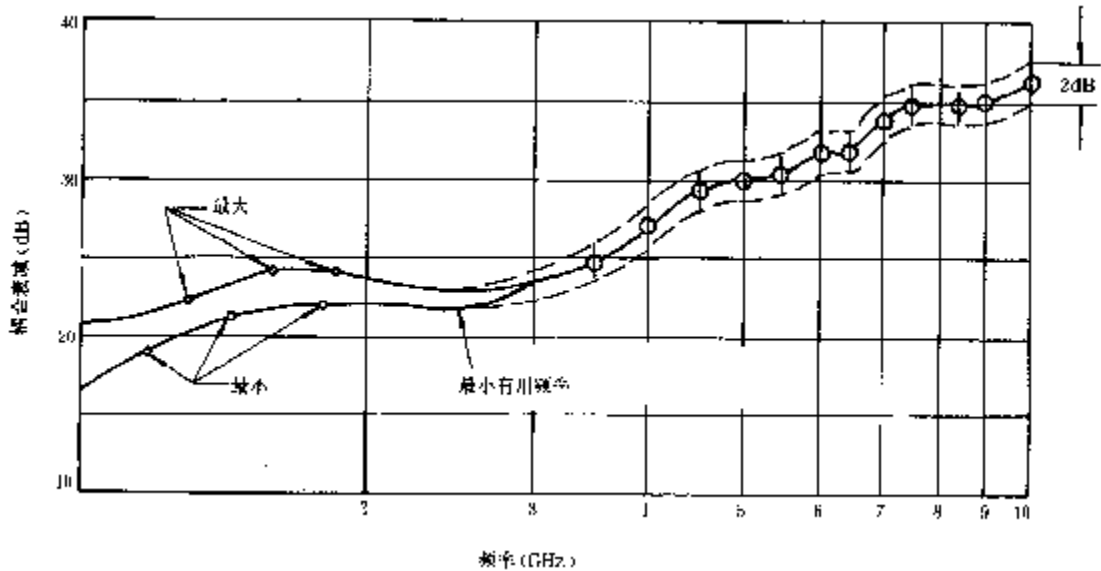


图 21 使用图 20 所示的搅拌器的混响室均匀性

注：所有测量点都应落入虚线所标出的 2 dB 包络。

16.2.2 耦合衰减

混响室的耦合衰减是指在发射天线和接收天线之间测得的插入损耗。测量方法是把一个能够精确标定输出的标准信号源馈给一个放置在一个混响室或混响室壁上的低损耗发射天线(例如喇叭天线)。然后,把接收天线放置在混响室内距离壁至少为四分之一波长($\lambda/4$)的任意一点,但不允许指向发射天线或临近的室壁与混响室的任意轴相一致。

把一个低噪声射频放大器经过高通滤波器接到接收天线,其输出经过带通滤波器接到二极管检波器。带通滤波器应调谐到感兴趣的频率上,并应选择规定的带宽。检波器的输出接到一个具有规定峰值保持时间(保持时间取决于被测设备)的峰值电压表,也可以用频谱分析仪进行这种测量。记下发射天线所吸收的功率 P_1 ,然后,把信号源的输出连接到噪声放大器的输入端,调节其功率输出 P_2 ,使电压表指示相同读数,记下低噪声放大器所吸收的功率,则耦合衰减为 $10 \lg(P_1/P_2)$ dB。

17 用于传导电流抗扰度测量的耦合单元

耦合单元用于将骚扰电流注入到受试引线上,并把来自与受试设备相连的其他引线和设备的电流影响隔离开来。至少在 30 MHz 以下采用 150 Ω 源阻抗,可使下面两个量存在良好的对应关系,即作用于实际装置的射频骚扰场强和用注入方法产生同样的影响所必须施加的电动势值。设备传导电流的抗扰度用电动势来表征。附录 L(补充件)和附录 K(补充件)给出了各种类型的耦合单元的工作原理和示例及其结构。

17.1 特性

耦合单元的性能,在 0.15~30 MHz 频率范围内用阻抗来检验,在 30~150 MHz 频率范围内用插入损耗来检验。

17.1.1 阻抗

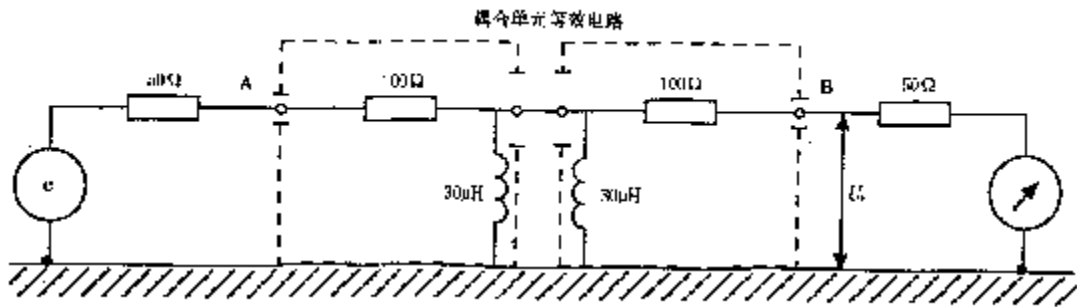
在 0.15~30 MHz 频率范围内,受试设备的骚扰信号注入点与耦合单元地之间总的非对称阻抗(射频扼流圈与 150 Ω 电阻的骚扰源阻抗并联)的模为 $150 \pm 20 \Omega$,相角不得超过 $\pm 20^\circ$ (该阻抗与 150 Ω 的

V 型人工电源网络的阻抗相同,见第 10.5 条)。

例如:对于 A 型和 S 型耦合单元,其注入点是指输出连接器的屏蔽层,对于 M 型和 L 型的耦合单元,其注入点是指公共输出端。

17.1.2 插入损耗

在 30~150 MHz 频率范围,两个相同的耦合单元串联后的插入损耗应在 9.6~12.6 dB 范围内。测试布图见图 22。



按照此图测得的一列耦合单元的插入损耗 L_2/L_1 , 在 30~150MHz 范围内应介于 9.6~12.6dB 之间。
 (1) 为信号发生器与测量接收机直接相连时, 从测量接收机得到的读数;
 (2) 为接入耦合单元后, 从测量接收机得到的读数。
 注: 两个单元之间的连接线应尽可能短 (< 1cm)。

图 22 检验耦合单元插入损耗的测量装置
 频率范围: 30~150 MHz

18 用于辐射抗扰度测量的横电磁波(TEM)小室

待定。

19 长途通信网络

待定。

附录 A
准峰值测量接收机和均方根值
测量接收机对重复脉冲响应的确定
(补充件)

A1 概述

本附录给出了确定重复脉冲响应曲线的步骤以及计算过程所需的数据,同时说明了在运算过程中的一些假设。

计算依次分为三步:

A2 检波器前各级的响应

一般来说,检波器前各级的脉冲响应完全是由规定接收机总选择性的几个中频级确定的。

习惯上认为,将两个临界耦合调谐变压器级联即可获得这个选择性,从而在-6 dB处产生符合要求的宽带。为了计算,可将任何其它的等效电路归纳为上述情况。实际上,由于该选择性曲线通常是对称的,所以可以使用等效低通滤波器来计算脉冲响应的包络,而由此产生的误差可以忽略不计。

脉冲响应的包络可写成下式:

$$A(t) = 4\omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin \omega_0 t - \omega_0 t \cos \omega_0 t) \quad \dots\dots\dots (A1a)$$

式中: G ——调谐频率处总增益;

ω_0 —— $\frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot B_6$ 的角频率。

从上述方程中可得到两个临界耦合调谐变压器对于强度为 $v\tau$ 的脉冲响应的包络为:

$$A(t) = (v\tau) \cdot 4\omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin \omega_0 t - \omega_0 t \cos \omega_0 t) \quad \dots\dots\dots (A1b)$$

对于 $\tau \ll 1/\omega_0$, 等效低通滤波器相应的总响应曲线可写成:

$$F(f) = G \left[\frac{2\omega_0^2}{(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2} \right]^2 \quad \dots\dots\dots (A2)$$

式中: $\omega = 2\pi f$

带宽 B_3 和 B_6 分别为:

$$B_3 = \frac{(\sqrt{2} \cdot \sqrt[4]{(\sqrt{2} - 1)})\omega_0}{\pi} = 0.361 \omega_0 \quad \dots\dots\dots (A3a)$$

$$B_6 = \frac{\sqrt{2} \cdot \omega_0}{\pi} = 0.450 \omega_0 \quad \dots\dots\dots (A3b)$$

包括与实际接收机具有相同均方根值的理想矩形滤波器的接收机,其有效带宽等于功率带宽 Δf , 定义为:

$$\Delta f = \left(\frac{1}{F_0^2} \right) \int_{-\infty}^{\infty} F^2(f) df \quad \dots\dots\dots (A4)$$

式中: $F(f)$ ——总选择性曲线;

F_0 —— $F(f)$ 的最大值(假设为单峰选择性曲线)。

对于 $F_0=1$, 功率带宽为

$$\Delta f = \int_{-\infty}^{\infty} F^2(f) df \quad \dots\dots\dots (A5)$$

将方程(A2)代入方程(A5),且令 $G=1$,得:

$$\Delta f = 2 \int_0^{\infty} \left[\frac{2\omega_0^2}{(\omega_0 + j\omega)^2} + \omega_0^2 \right]^4 df \quad \dots\dots\dots(A6)$$

由此可得:

$$\Delta f = 0.265 \sqrt{2} \cdot \omega_0 = 0.375 \omega_0 \quad \dots\dots\dots(A7)$$

于是:

$$B_6 = 0.963 \Delta f \quad \dots\dots\dots(A8)$$

A3 准峰值电压表检波器对前置各级输出的响应

计算是在下述条件下进行的:假定检波器电路接到最后一级中频输出端并不会影响中频输出信号的幅度和波形,换言之,这一级的输出阻抗与检波器的输入阻抗相比可忽略不计。

任何一个检波器,都可简化为这种形式(实际或等效的):一个非线性元件(例如二极管)与一个电阻(总正向电阻 S)相联,随后再接一个由电容 C 和放电电阻 R 并联组成的电路。

充电时间常数 T_c 取决于 S 和 C 的乘积,而放电时间常数 T_D 取决于 R 和 C 的乘积。

T_c 和乘积 SC 之间的关系可以这样确定:突然施加幅度恒定的射频信号,当时间 t 等于 T_c 时,使得指示电压达到最后稳定值的 0.63 倍。

电容器两端的电压 ΔU 与施加于检波器上射频信号幅度 A 之间的关系,可用下列方程式表示:

$$\frac{dU}{dt} + \frac{\Delta U}{RC} = A \frac{(\sin\theta - \theta\cos\theta)}{\pi \cdot SC} \quad \dots\dots\dots(A9)$$

式中: θ ——导通角($U = A\cos\theta$)。

这个方程式不能直接积分。由于所选的时间常数满足上述条件,所以 SC 乘积的大小可用近似方法求得。例如:

A 频段:

$$T_c = 45 \text{ ms}$$

$$T_D = 500 \text{ ms}$$

$$2.81 SC = 1 \text{ ms}$$

B 频段:

$$T_c = 1 \text{ ms}$$

$$T_D = 160 \text{ ms}$$

$$3.95 SC = 1 \text{ ms}$$

C 频段和 D 频段:

$$T_c = 1 \text{ ms}$$

$$T_D = 550 \text{ ms}$$

$$4.07 SC = 1 \text{ ms}$$

进而,把得到的值代入方程(A9),由第A2条中的方程(A1)所给定的函数 $A(t)$ 取代恒定幅度 A ,则可求出(用近似方法)施加孤立脉冲或重复脉冲时方程的解。

实际中,重复脉冲的响应也可以这样求得:只要任意假设每一个脉冲开始时检波器输出电压的电平,再确定由脉冲引起的电压增量 ΔU ,于是就就可求得两脉冲之间必须存在的间隔,从而重复假设初始条件。

A3.1 指示仪表对检波器输出信号的响应

为了简化起见,合理地假设检波器输出电压的上升部分是陡峭的。

然后,求解下列特性方程:

$$\frac{d\alpha^2}{dt^2} + \frac{2}{T_M} \frac{d\alpha}{dt} + \frac{1}{T_M^2} \alpha = \frac{1}{T_M^2} \exp\left(-\frac{t}{T_D}\right) \quad \dots\dots\dots(A10)$$

式中： $\alpha(t)$ ——指示器的偏转。

T_D ——准峰值电压表的放电时间常数。

T_M ——临界阻尼指示器的机械时间常数。

相对来说在响应曲线两端求解这个方程要简单些。一方面，因为脉冲之间具有足够间隔使脉冲起始点为零，并且是已知的；另一方面，因为脉冲具有足够高的重复频率，所以指示器的惯性不会使其完全随着振幅摆动。而在响应曲线的中间，计算就变得较为复杂。此时每个脉冲起始时，指示器指针都在摆动，所以只有计及了指针的起始位置和速度的情况下才能求解此方程。

A4 均方根值检波器对前置各级的输出电压

均方根值检波器对前置各级的输出电压可以从下式求出：

$$U_{\text{rms}} = \left[n \int_0^{\infty} \left(\frac{A^2(t)}{2} \right) dt \right]^{1/2} \dots\dots\dots(\text{A } 11)$$

式中： n ——脉冲重复频率，Hz。

输出电压也可以由频率响应曲线从下式求出：

$$U_{\text{rms}} = \left[n \int_{-\infty}^{\infty} \left(2v\tau \cdot \frac{F^2(f)}{2} \right) df \right]^{1/2} \dots\dots\dots(\text{A } 12)$$

式中： $v\tau$ ——具有均匀频谱的脉冲面积。

由此得：

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot v\tau \cdot \sqrt{n} \left(\int_{-\infty}^{\infty} F^2(f) df \right)^{1/2} \dots\dots\dots(\text{A } 13)$$

由方程(A5)，上式可简化为：

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot v\tau \cdot \sqrt{n} \sqrt{\Delta f} \dots\dots\dots(\text{A } 14)$$

由方程(A14)，取 $U_{\text{rms}}=2 \text{ mV}$ ； $n=100 \text{ Hz}$ ，于是得：

$$v\tau = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{\Delta f}} \dots\dots\dots(\text{A } 15)$$

由方程(A8)得：

$$v\tau = \frac{139}{\sqrt{B_3}} \dots\dots\dots(\text{A } 16)$$

式(A15)和式(A16)中 $v\tau$ 的单位为 $\mu\text{V} \cdot \text{s}$ 。

A4.1 过载系数的计算

脉冲重复频率为 n 所对应的过载系数计算如下：

由方程(A14)得：

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot v\tau \cdot \sqrt{n} \sqrt{\Delta f}$$

由方程(A1)，且令 $G=1$ ，得：

$$A(t)_p = 0.944 \cdot v\tau \cdot \omega_0$$

于是求得过载系数：

$$\frac{A(t)_p}{\sqrt{2}} \cdot U_{\text{rms}} = 1.28 \left(\frac{B_3}{n} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(\text{A } 17)$$

A5 均方根仪器指示和准峰值仪器指示之间的关系

方程(A16)表明了均方根值电压表的幅度关系。当正弦波信号的大小为 2 mV 时，等效的脉冲强度 $(v\tau)_{\text{rms}}$ 应为：

$$(v\tau)_{\text{rms}} = \frac{139}{\sqrt{B_3}} \quad \mu\text{V} \cdot \text{s}$$

对于方程(A2)引用的选择性曲线,当以 6 dB 带宽为基准时,相应的幅度关系为:

$$(v\tau)_{\text{rms}} = \frac{155}{\sqrt{B_6}} \mu\text{V} \cdot \text{s}$$

对于准峰值接收机来说,与 2 mV 正弦波信号等效的脉冲强度 $(v\tau)_{\text{qp}}$ 如下:

在 0.15~30 MHz 频率范围:

$$(v\tau)_{\text{qp}} = 0.316 \mu\text{V} \cdot \text{s}$$

在 30~1 000 MHz 频率范围:

$$(v\tau)_{\text{qp}} = 0.044 \mu\text{V} \cdot \text{s}$$

因此,如果测量接收机的通带特性符合方程(A2),并且 6 dB 处的带宽与第一篇中规定的额定带宽相符,那么 $(v\tau)_{\text{rms}}$ 与 $(v\tau)_{\text{qp}}$ 存在如下关系:

在 0.15~30 MHz 频率范围:

$$\frac{(v\tau)_{\text{rms}}}{(v\tau)_{\text{qp}}} = 14.3 \text{ dB}$$

在 30~1 000 MHz 频率范围:

$$\frac{(v\tau)_{\text{rms}}}{(v\tau)_{\text{qp}}} = 20.1 \text{ dB}$$

上述关系只有当重复频率为 100 Hz 时才成立。对于其他的重复频率,必须使用相应的脉冲响应曲线。

附录 B

脉冲发生器频谱的确定

(补充件)

B1 脉冲发生器

为了检查测量接收机是否符合第一篇的要求,需要脉冲发生器。采用脉冲发生器技术可以测试测量接收机与第 4.4 条、第 5.4 条、第 6.4 条和第 7.4 条要求的一致性。

相应于被测测量接收机的每个频段,脉冲发生器应在规定的重复频率范围内产生具有表 B1 所规定的脉冲强度。脉冲强度变化不得大于规定值的 $\pm 0.5 \text{ dB}$,重复频率的变化不得超过 1%。

表 B1 脉冲发生器特性

频率范围	脉冲强度 $\mu\text{V} \cdot \text{s}$	重复频率 Hz
9~150 kHz	13.5	1,2,5,10,25,60,100
0.15~30 MHz	0.316	1,2,10,20,100,1 000
30~300 MHz	0.044	1,2,10,20,100,1 000
300~1 000 MHz	(见注)	1,2,10,20,100,1 000

注:脉冲发生器应能产生足够幅度的脉冲,并且在 1 000 MHz 以下的频段有一个尽可能均匀的频谱。

B1.1 脉冲的频谱

脉冲的频谱用随测量接收机调谐频率变化的曲线来定义。它表示在具有恒定带宽的测量设备输入端等效电压的变化规律。

脉冲频谱在接收机频段上限以下应基本恒定。在该频段内,如果频谱幅度的变化相对其低频段来说,不大于 2 dB,那么就可以认为脉冲发生器的频谱在该频段内是满足均匀性要求的,测量频率处脉冲强度的变化不会超过±0.5 dB。

为了检查接收机与第 4.6 条要求的一致性,必须对高于频段上限的频谱加以限制(在两倍于上限频率处,幅度下降 10 dB)由于调谐频率所分隔的所有各频谱成分的交调产物会对响应产生影响,所以试验的严格程度必须有一个统一的标准。

B2 一般测量方法

附录 C(补充件)给出了精确测定脉冲频谱幅度绝对值的方法。

可使用下列方法测量频谱幅度随频率的变化。

把脉冲发生器连接到一台高频接收机上,接收机之后接一个示波器,用来指示放大器末调谐电路端子的射频脉冲。

在接收机的每个调谐频率点进行下述测量:

- a. 接收机 6 dB 带宽 $B_6(\text{Hz})$;
- b. 标准信号发生器输出的均方根值 E_0 ,此信号发生器的源阻抗与脉冲发生器的源阻抗相同,并调谐到接收机频带的中心频率,使示波器上产生的偏转幅度等于射频脉冲的峰值。

每个频率上频谱的相对幅度取为:

$$S_r(f) = \frac{E_0}{B_6} \quad \dots\dots\dots(B1)$$

在所考虑的频段中,对于各种试验频率,该测量应重复进行。脉冲频谱由与测量频率有关的 $S(f)$ 曲线给出。

所用的测量接收机对于所用信号的峰值电平应该是线性设备。

寄生响应,尤其是镜频响应和中频响应的抑制至少应为 40 dB。

如果在一系列测量过程中,脉冲重复频率保持不变,那么就可以用准峰值指示器代替示波器,用符合本标准规定的测量接收机进行测量。

附 录 C

纳秒脉冲发生器输出的精确测量

(补充件)

C1 脉冲强度的测量

C1.1 概述

理论和实践研究表明精确的测量方法全部包含在第 C1.2 条至第 C1.5 条的内容当中。

C1.2 面积法

被测脉冲通过窄带滤波器馈送,滤波器通带的中心频率设置在具有对称幅度特性和不对称相位特性的频率 f 处(只要放大器工作在线性范围即可使用)。

测出带通滤波器输出包络线 $A(t, f)$ 以下的总面积(将其各个部分的符号也考虑进去),便可计算此积分方程。

$$2IS = S(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(t, f) dt \quad \dots\dots\dots(C1)$$

式中: IS ——脉冲强度;

$S(f)$ ——频谱密度;

$A(t, f)$ ——单个孤立脉冲所引起包络线的幅度。

在使用这个公式时,要求低频接收机或骚扰测量接收机的中频放大器与一系列变频器一起使用,以便在整个脉冲频谱内调谐。将末级中频放大器的输出接到示波器输出端测量面积。

从这种测量方法的变量中可以看到:当脉冲的持续时间比频率 f 的周期短得多时,只要使用合适的示波器(例如,对纳秒脉冲需用取样示波器),并将各部分的符号考虑进去,则可直接由积分面积测量脉冲强度。

C1.3 标准传输线法

长度与传输时间 τ 相对应,充电至电压 V 。的传输线向一个负载电阻放电,其电阻值与传输线的特性阻抗相等。在这里,传输线被认为既包括了实际线路,又包括开关外壳内的充电线路。在脉冲频谱低频部分,当频谱密度 $S(f)$ 为 $2v\tau$ 时,其幅度不随频率而变化,也不受存在于传输线和负载电阻之间的某些杂散阻抗(如电感或电阻)或有限开关的影响。

C1.4 谐波测量

这种测量方法可以用于这样的脉冲发生器,它们所产生的脉冲序列具有足够高的重复频率和稳定性。

如果脉冲的重复频率 F 超过测量接收机带宽,那么测量接收机可在脉冲频谱中选一条谱线,这种情况,可按式确定:

$$IS = \frac{V_k}{2F} = \frac{V\sqrt{2}}{2F} \dots\dots\dots (C2)$$

式中 IS ——脉冲强度;

V_k —— k 次谐波的峰值。

于是可使用脉冲发生器校准测量接收机的脉冲响应特性。测量接收机的带宽应足够的宽,以便接收许多谐波分量(在 6 dB 带宽内约可接收十个或十个以上的谐波分量)。

C1.5 能量法

目前正在研究的另一种方法是把一个热源(电阻器)所产生的功率与脉冲发生器所产生的功率进行比较,然而,与上述三种方法相比,这种方法的测量精度要低一些。在频率约为 1 000 MHz 时,可以使用这种方法。

C2 脉冲发生器频谱

C2.1 为了检查测量接收机与第 4.4.1 条,第 5.4 条,第 6.4.1 条和第 7.4.1 条要求的一致性,脉冲强度的误差不应超过 ± 0.5 dB。

C2.2 脉冲重复频率的误差不得超过 1%。

C2.3 为了检查测量接收机与第 4.4.2 条,第 5.4 条,第 6.4.2 条和第 7.4.2 条要求的一致性,脉冲强度不应受其重复频率的影响。

C2.4 为了检查测量接收机与第 4.4 条,第 5.4 条,第 6.4 条和第 7.4 条要求的一致性,脉冲发生器的频谱在测量接收机的通带范围内应是均匀的。在下列情况下,就可认为已满足了此要求:

a. 如果频谱随频率的变化在测量接收机的频率通带内基本是线性的,并且在测量接收机 6 dB 通带内,频谱的不平坦度不超过 0.5 dB;

b. 如果频谱在测量接收机调谐频率处的两侧均匀递减,那么 -6 dB 电平处的频谱宽度至少应比测量接收机在相同的 -6 dB 电平处的带宽大 5 倍。

上述两种情况,都假设脉冲强度等于在调谐频率上的幅度。

附 录 D
准峰值测量接收机特性对脉冲
响应的影响
(补充件)

重复频率高时,脉冲响应曲线电平基本上取决于带宽的大小,而重复频率低时,时间常数则起重要作用。由于时间常数的允差尚未规定,所以推荐允差为 20%。

频率很低时,应特别重视由于过载系数不足而引起的效应。利用前述的带宽和时间常数对孤立脉冲进行精确测量时所需的过载系数必须满足。

通过检验仪表指示范围两端的脉冲响应曲线,可以查出检波器可能出现的非线性现象。关于这一点,最临界的重复频率很可能在 20~100 Hz 频率范围内。

附 录 E
平均值测量接收机和峰值测量接收机的响应
(补充件)

E1 检波器前各级的响应

已经证明:具有对称频率特性的窄带电路对脉冲的响应,其包络线下的面积与带宽无关,并可按下式求出:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(t)dt = 2v\tau G_0 \quad \dots\dots\dots(E1)$$

式中: v —— $B_{imp}\tau \ll 1$ 时矩形脉冲的幅度;

τ —— $B_{imp}\tau \ll 1$ 时矩形脉冲的持续时间;

G_0 ——该电路在中心频率的增益。

严格地说来,只有在包络线不振荡的情况下,这个定理才成立。振荡的包络线具有双调谐电路的特性;如果不用相敏检波器,则可能需要通过校准来补偿响应所引入的误差。在临界耦合的情况下,包络线的第二峰值约为第一峰值的 8.3%。

只要脉冲在中频放大器的输出中不发生重叠,那么平均值就与脉冲重复频率 n 成正比。

所以,平均值电压等于 $2v\tau G_0 n$ 。

由方程(E1)看来,为平均值测量接收机规定有效带宽看来是没有意义的。

E2 过载系数

为了计算过载系数和在峰值测量接收机中使用,将检波器前各级有效脉冲带宽的量值规定如下:

$$B_{imp} = \frac{A(t)_{max}}{2G_0} \quad \dots\dots\dots(E2)$$

式中: $A(t)_{max}$ ——施加一个单位脉冲时中频级输出包络的峰值;

从方程(A17)(见附录 A(补充件))运算中可以得到:

$$B_{imp} = (0.472)\omega_0 = 1.05 B_6 \text{ 或 } 1.3B_3 \quad \dots\dots\dots(E3)$$

式中 B_6 和 B_3 已在第 3.1 条中定义。

对于其他类型的调谐电路,如果 B_{20} 和 B_3 之比为已知,就可以用图 E1 来估计 B_{imp} 和 B_6 之比。

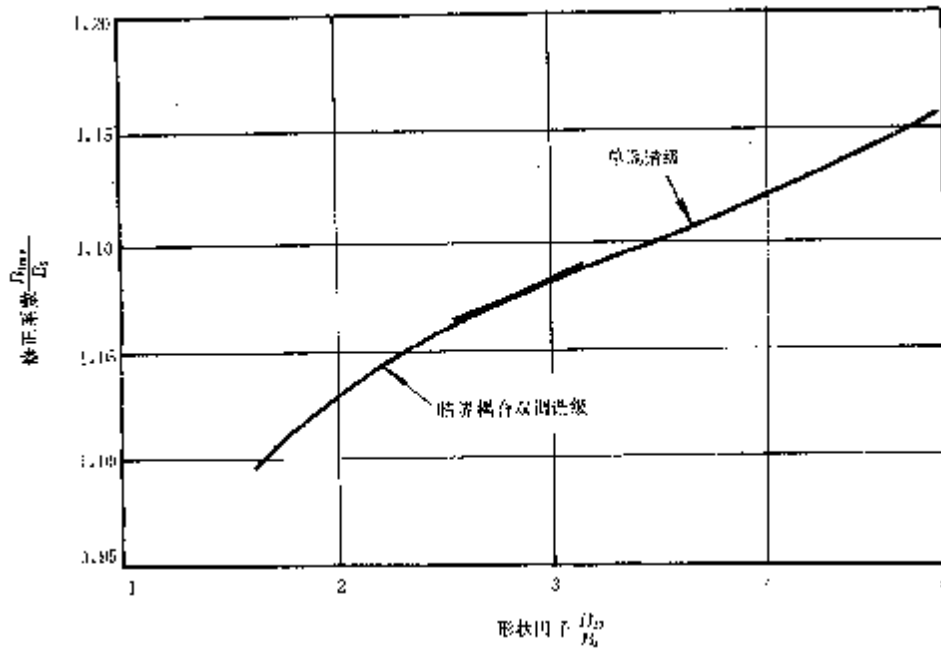


图 E1 具有估值为 B_{imp}/B_0 之比的其他调谐电路的修正系数

E3 平均值仪表指示与准峰值仪表指示之间的关系

如果要求重复频率为 n Hz 的脉冲在平均值仪表上产生的响应与正弦波信号发生器(其输出阻抗与脉冲发生器的相同)所产生的未调制的 2 mV(均方根值)信号在调谐频率上的响应相同,则产生这种响应所需要的脉冲强度为:

$$v\tau = \frac{1.4}{n} \dots\dots\dots(E4)$$

式中: $v\tau$ 的单位为 mV · s。例如,当重复频率为 100 Hz 时,脉冲强度为 14μV · s。

所以,根据附录 A 第 A5 条产生相同指示时 $(v\tau)_{ave}$ 与 $(v\tau)_{qp}$ 之比为:

在 0.15~30 MHz 频率范围:

$$\frac{(v\tau)_{ave}}{(v\tau)_{qp}} = 32.9 \text{ dB}$$

在 30~1 000 MHz 频率范围:

$$\frac{(v\tau)_{ave}}{(v\tau)_{qp}} = 50.1 \text{ dB}$$

以上假设对于所讨论的重复频率有足够的过载系数,并且所用的这些带宽分别与第一篇中那些带宽相对应。当重复频率为 1 000 Hz 时,相应的比值分别为 17.4 dB 和 38.1 dB。

E4 峰值测量接收机

如在接收机内采用直读式仪表,对时间常数的要求可由图 E2 中的曲线来确定。该曲线表示随参数 α 而变化的真实峰值读数的百分数,此曲线还包括时间常数比,带宽 B_0 以及脉冲重复频率。使用这个曲线时应注意:

$$\frac{R_c}{R_D} = \frac{1}{4} \cdot \frac{T_c}{T_D} \dots\dots\dots(E5)$$

式中: T_c ——充电时间常数;

T_D ——放电时间常数。

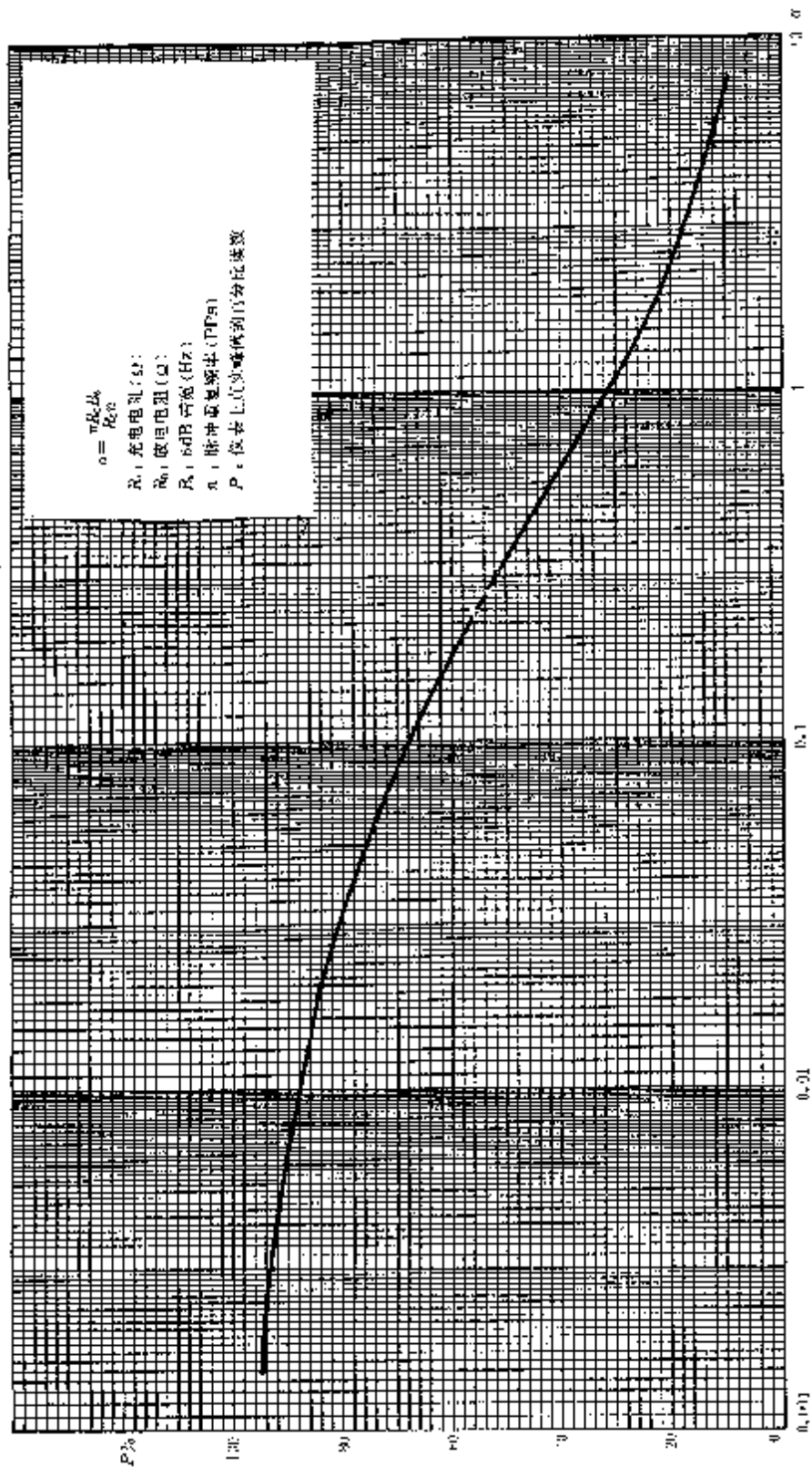


图 E2 脉冲检波系数 P

例如：若要求仪表读数在重复频率为 1 Hz 时，至少是真实峰值的 90%，则放电时间常数对充电时间常数的比值必须做到：

- 在 0.15~30 MHz 频率范围为 1.25×10^6 ；
- 在 25~1 000 MHz 频率范围为 1.67×10^7 。

E5 峰值测量接收机仪表指示和准峰值测量接收机仪表指示之间的关系

见表 6。

附录 F 人工电源网络 (补充件)

本附录进一步给出了用于射频电压测量的人工电源网络的有关资料和数据。人工电源网络的工作频率范围为 9 kHz~100 MHz，载流能力为 500 A。其中包括用于测量每根电源线与参考地之间的骚扰电压不对称的 V 型网络，和用于测量每根电源线之间的骚扰电压(对称的)及电源线电气中点与参考地之间的骚扰电压(非对称)的 Δ 型网络。

F1 概述

人工电源网络首先必须在其工作频率范围内提供规定的阻抗，其次必须对电网中的乱真信号提供充分的隔离(至少应比测量接收机的测量电平低 10 dB)，还必须阻上电源线电压加到测量接收机的输入端。对每根电源线(单相两线制和三相四线制)都应做这样的处理：在用开关把测量接收机与受试电源线连接的同时，应为其它电源线提供正确的终端。下面给出的电路都具备这些功能。这些电路适用于单相两线制。至于三相四线制使用的扩展电路也容易实现。

F2 50 Ω/50 μH+5 Ω V 型人工电源网络示例

图 10 给出了一个适用电路。图中 L_1, C_1, R_1, R_4 和 R_5 规定了网络阻抗， L_2, C_2 和 R_2 将电源乱真信号和电源阻抗的变化隔离开来， C_3 用来去除测量接收机和电源电压之间的耦合。这种结构使用时最大电流容量为 100 A。

表 F1 50 Ω/50 μH+5 Ω V 型人工电源网络的元件值

元件	数值
R_1	5 Ω
R_2	10 Ω
R_3	1 000 Ω
R_4	50 Ω
R_5	50 Ω(测量接收机的输入阻抗)
C_1	8 μF
C_2	4 μF
C_3	0.25 μF
L_1	50 μH
L_2	250 μH

在 9~150 kHz 频率范围内的最低端，电容 C_3 的阻抗值 0.25 μF 不可忽略。除非另有规定，否则必

须对该阻抗进行修正。

由于 C_1 和 C_2 的电容量很大,所以,网络盒壁应牢固焊接到参考地或者使用一个电源隔离变压器。

在 $9\sim 150\text{ kHz}$ 频率范围内,电感 L_2 的 Q 值不得低于 10。实际中,把相线和中线支路的两个电感线圈按相反的方向串联耦合(公用铁芯扼流圈)比较有利。

第 F7 章给出了电感 L_1 的实用结构。对于工作电流大于 25 A 的设备, L_2 的结构也许不满足要求。这种情况下,隔离部分 L_1, C_2 和 R_2 都可以省去。频率低于 150 kHz 时,网络的阻抗特性可能会超出第 10.2 条中的规定,并且电源噪声的隔离也不够充分。

这种电路同样可以满足第 10.3 条中对 $50\ \Omega/50\ \mu\text{V}$ 型人工电源网络规定的要求。

F3 $50\ \Omega/50\ \mu\text{H}$ V 型人工电源网络示例

表 F2 列出了图 F1 电路图中的元件值。 L_1, C_1, R_2 和 R_3 规定了网络阻抗。与图 10 示例不同,由于这个电路能够满足阻抗特性,所以没有隔离部分。然而,在电网噪声电平高的情况下,需用一只滤波器以减少乱真信号电平。

这样构造的网络,使用时最大的电流容量达 100 A 。

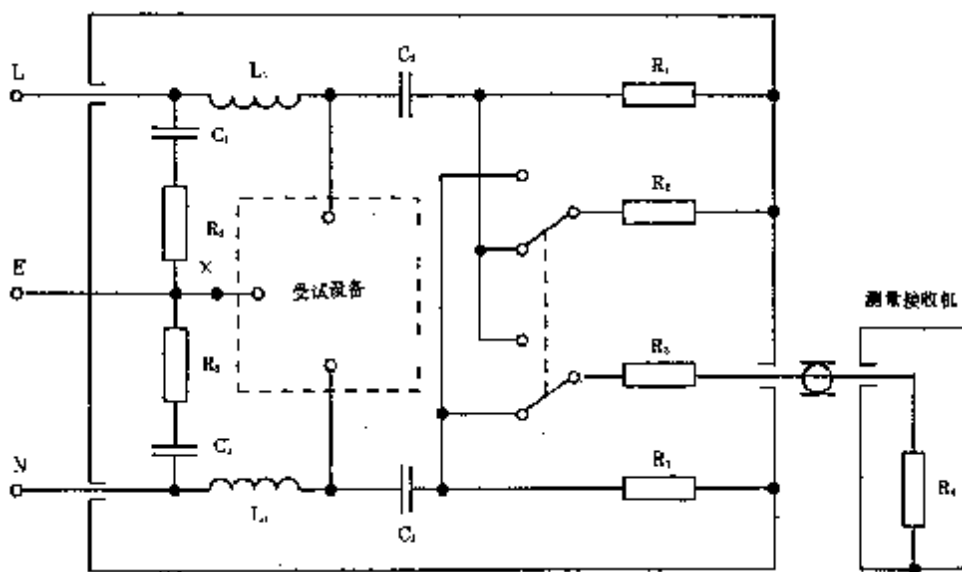


图 F1 $50\ \Omega/50\ \mu\text{H}, 50\ \Omega/50\ \mu\text{H}+1\ \Omega$ 或 $150\ \Omega$
V 型人工电源网络电路图示例

表 F2 $50\ \Omega/50\ \mu\text{H}$ V 型人工电源网络的元件值

元件	数值
R_1	$1\ 000\ \Omega$
R_2	$50\ \Omega$
R_3	$0\ \Omega$
R_4	$50\ \Omega$ (测量接收机的输入阻抗)
R_5	$0\ \Omega$
C_1	$1\ \mu\text{F}$
C_2	$0.1\ \mu\text{F}$
L_1	$50\ \mu\text{H}$

由于 C_1 具有较大的电容量,所以,为安全起见,网络盒壁应与参考地可靠连接或者使用电源隔离变

压器。

第 F7 条给出了适用于电感 L_1 的结构图。

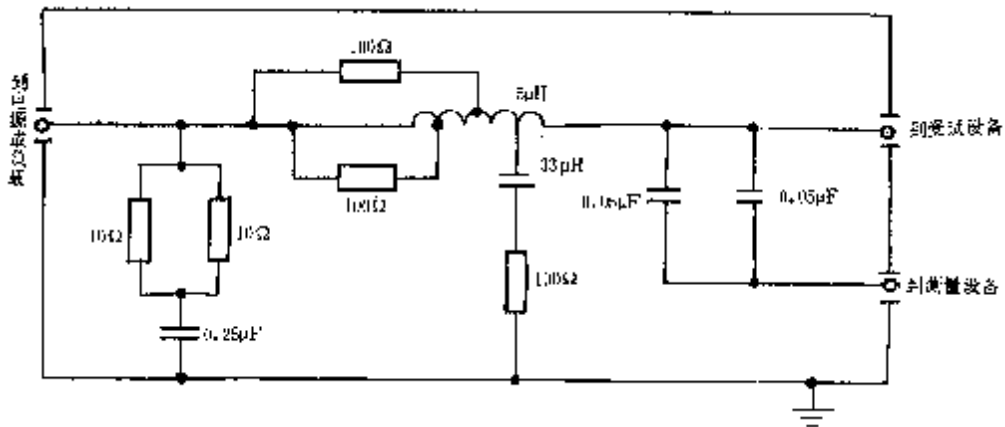
F4 50 Ω/5 μH+1 Ω V 型人工电源网络示例

表 F3 列出了图 F1 所示电路的元件值,适用于 150 kHz~30 MHz 频率范围,电流最大容量可达 400 A。

表 F3 50 Ω/5 μH V 型人工电源网络的元件值

元件	数值
R_1	1 000 Ω
R_2	50 Ω
R_3	0 Ω
R_4	50 Ω(测量接收机的输入阻抗)
R_5	1 Ω
C_1	2 μF(最小值)
C_2	0.1 μF
L_1	5 μH

图 F2 给出了另外一种 50 Ω/5 μH+1 Ω V 型人工电源网络的电路图适用于 150 kHz~100 MHz 频率范围。电流最大容量为 500 A。



5 μH 电感用 φ6 mm 的导线在 φ50 mm 的骨架上绕 18 匝,抽头在 3.5 匝,9 匝和 13.5 匝处。

图 F2 用于低阻抗电源装置的 50 Ω/5 μH+1 Ω V 型人工电源网络电路图示例

F5 150 Ω V 型人工电源网络示例

图 F1 给出了该网络的电路图。表 F4 给出了组成该电路的元件值。

表 F4 150 Ω V 型人工电源网络元件值

元件	数值
R_1	1 000 Ω
R_2	150 Ω
R_3	100 Ω

续表 F4

元件	数值
R_4	50 Ω (测量接收机的输入阻抗)
R_5	0 Ω
C_1	1 μF
C_2	0.1 μF
L_1	能够达到规定阻抗的适当的值

F6 150 Ω Δ 型人工电源网络示例

图 F3 给出了一个适用的电路。表 F5 给出了电路的元件值。

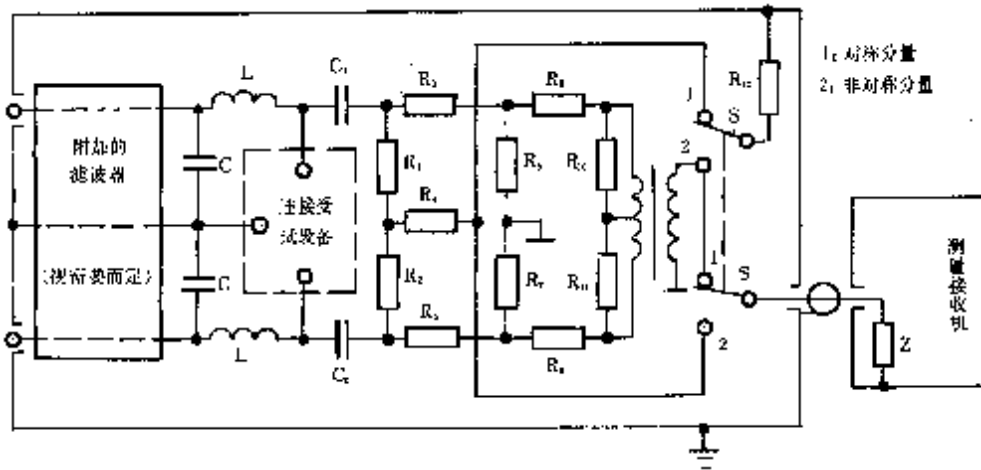


图 F3 用于具有非平衡输入的测量设备的 Δ 型人工电源网络示例

表 F5 150 Ω Δ 型人工电源网络元件值

元件	数值
R_1, R_2	118.7(120) Ω
R_3, R_5	152.9(150) Ω
R_4	390.7(390) Ω
R_6, R_7	275.7(270) Ω
R_8, R_9	22.8(22) Ω
R_{10}, R_{11}	107.8(110) Ω
R_{12}	50 Ω
C_1, C_2	0.1 μF
L, C	能够达到规定阻抗的适当的值

按电路图中的电阻值(括号内的数)计算出的网络性能如下:

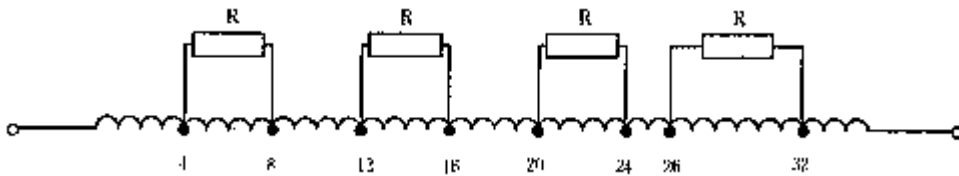
衰减:	对称	20(20) dB
	非对称	20(19.9) dB

网络阻抗:	对称	150(150) Ω
	非对称	150(148) Ω

F7 用于人工电源网络的 50 μH 电感线圈的设计

F7.1 电感线圈

组成电感的螺线管线圈示于图 F4。它是由 35 匝直径为 6 mm 的单层铜线以 8 mm 的间距缠绕在一个绝缘材料的线圈架上构成的,金属壳外和金属壳内的感抗大于 50 μH。



总电感量:50 μH±10%;阻尼电阻:430 Ω±10%

图 F4 50 μH 电感电路示意图

电感线圈的直径为 130 mm,为了改善电感线圈缠绕的电气稳定性,在线圈支架上刻有 3 mm 深的螺旋槽,并将金属线置于槽中。

为了改善电感线圈的高频特性,可以采用将线圈分段的方法。每段四匝,且每段与 430 Ω 的电阻并联。这样能够抑制线圈内部的谐振,否则谐振将会在一定频率范围内导致输入阻抗偏离规定的数值。

F7.2 电感线圈盒

电感线圈以及网络中其他的元件都要安装在一金属盒中,然后将其用金属罩扣紧。底部和侧面的金属罩应打孔,以增加热耗散。盒子的机械尺寸为 360 mm×300 mm×180 mm。图 F5 给出了结构示意图。

注:建议网络负载终端应尽可能靠近线圈盒的一角,以便在两个或两个以上的网络之间可用短线将它们的终端与用于连接受试设备的电源插座连接起来。

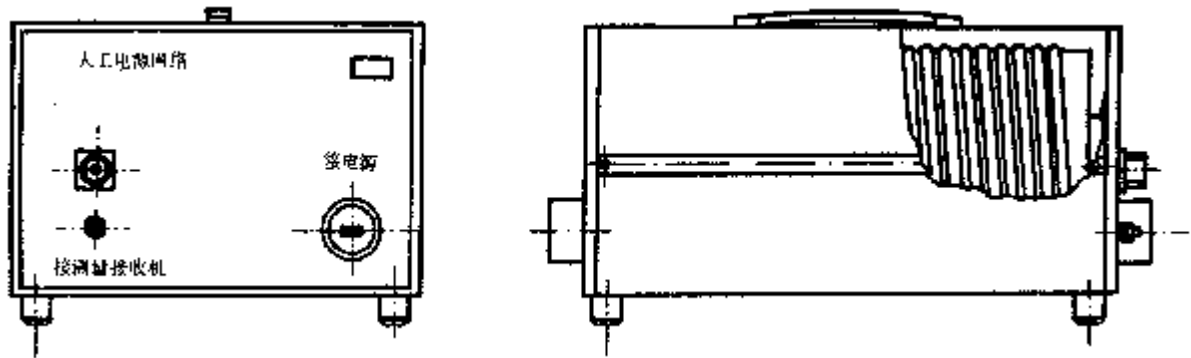
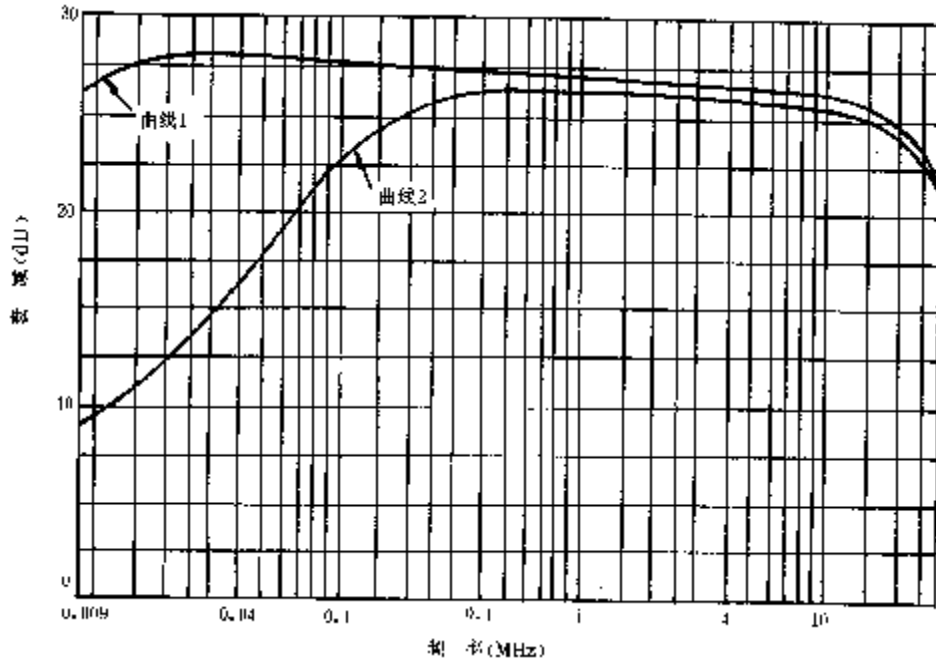


图 F5 人工电源网络的结构示意图

F7.3 电感线圈的隔离

当图 10 中的电路采用电感线圈,且又省去隔离部分 L_2 、 C_2 和 R_2 时,电网上的信号衰减如图 F6 所示。此衰减曲线是在电源终端与无线电骚扰测量设备的终端之间测定的。曲线 1 表示电源终端信号发生器的内阻抗为 50 Ω 的情况,曲线 2 表示信号发生器的内阻抗随人工电源网络(见图 7)输入阻抗模的标称值而变化的情况。



曲线 1—— $Z_{\text{gen}} = R_{\text{gen}} = 50 \Omega$

曲线 2—— $Z_{\text{gen}} = |Z_{\text{inAMN}}|$

图 F6 人工电源网络滤波器的衰减特性

附录 G

电流探头的构造和频率范围及其校准

(补充件)

G1 电流探头物理和电气方面的考虑

电流探头的物理尺寸应能容纳被测的最粗电缆,电气上应能承受流经电缆的最大功率电流并满足被测信号的频率范围。

电流探头通常呈环状,被测导线应放置在环的中心位置。现有的要求和制造厂的规范表明电流探头的环内径为 2 mm~30 cm。把次级线圈放置在环体内,以此来实现卡式电流钳的各种功能。把环形铁芯和线圈屏蔽起来,以阻止静电耦合。屏蔽的间隙应不致使传感器中匝数缩减太多。

用于骚扰测量的典型电流探头的次级匝数为 7~8 匝。它是一个最佳匝数比,能够获得最宽的平坦频率范围和 1 Ω 或更低的插入阻抗。在 100 kHz 以下的频率范围,应使用叠片硅钢铁心。在 100 kHz~400 MHz 频率范围,使用铁氧体心;在 200~1 000 MHz 频率范围,使用空心,并配有平衡-不平衡 50 Ω 输出变换器。图 G1 示出了典型电流探头的结构示意图。

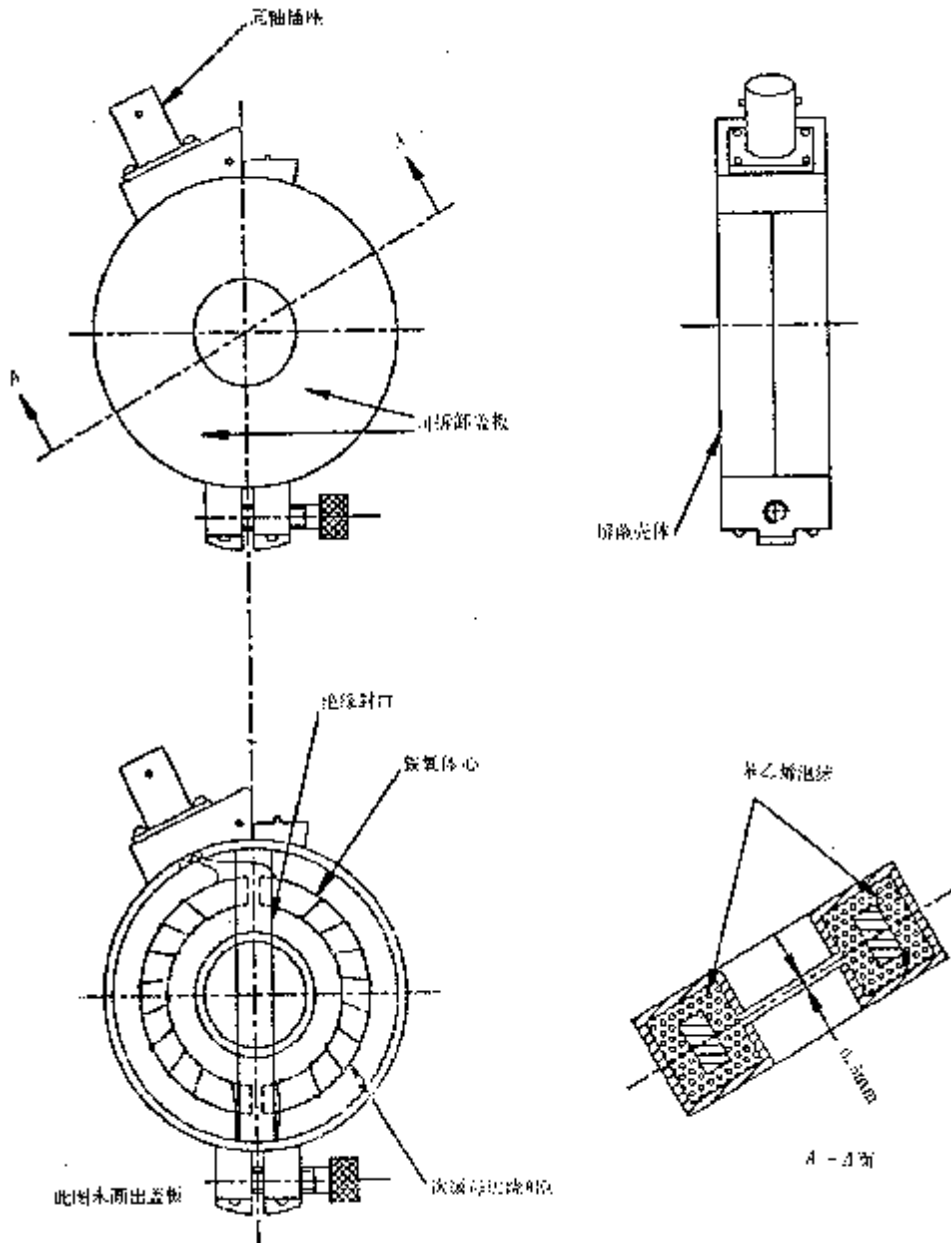


图 G1 典型电流探头结构示意图

电流探头通常作为骚扰测量的传感部件。因此,电流探头被设计成将骚扰电流转变成测量接收机可以检测的电压。电流探头的灵敏度可方便地用传输阻抗表示。传输阻抗定义为次级电压(一般跨接 $50\ \Omega$ 电阻负载)与初级电流之比,有时也用传输导纳表示。

电流探头的传输因子通常的规定使得:用分贝表示的传输因子加上从测量接收机得到的测量值即可得到所需的值(电流电平)。这意味着用分贝表示的传输导纳更为实用。

电流探头和测量接收机的总灵敏度也是测量接收机灵敏度的函数。导线中最小可测骚扰电流为测量接收机灵敏度(V)与电流探头传输阻抗(Ω)之比。例如:如果使用灵敏度为 $1\ \mu\text{V}$ 测量接收机,传输阻抗为 $10\ \Omega$ 的电流探头,那么最小可测电流为 $0.1\ \mu\text{A}$ 。然而,如果使用灵敏度为 $10\ \mu\text{V}$ 测量接收机,传输

阻抗为 $1\ \Omega$ 的电流探头,则最小可测电流为 $10\ \mu\text{A}$ 。为了得到最高灵敏度,传输阻抗应尽可能的高。

为了使用方便,无线电骚扰测量中常以 $\text{dB}\Omega$ 作为传输阻抗的单位。存在如下换算关系:

$$Z_T(\text{dB}\Omega) = 20\lg Z_T(\Omega)$$

G2 电流探头的等效电路

根据一般变压器的理论,电流探头可以用精确的等效电路表示。经过对精确电路及其导出方程大量简化,传输阻抗可以从下述方程求出:

高频时:

$$Z_T = \frac{\omega M}{\left[\left(\frac{\omega L}{R_L}\right)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2\right]^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(\text{G1})$$

中频时:

$$Z_T = \frac{MR_L}{L} \quad (\text{当 } \omega^2 LC = 1 \text{ 时}) \quad \dots\dots\dots(\text{G2})$$

低频时:

$$Z_T = \frac{\omega M}{\left[\left(\frac{\omega L}{R_L}\right)^2 + 1\right]^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(\text{G3})$$

式中: Z_T ——传输阻抗;

M ——初级和次级线圈之间的互感;

L ——次级线圈电感;

R_L ——次级负载阻抗(通常 $50\ \Omega$);

C ——次级分布电容;

ω ——角频率。

从上述方程可以得出如下结论:

- a. 负载恒定时,中心频率最大传输阻抗直接正比于互感与次级感抗之比(R_L 为常量)。
- b. 当次级分布电容容抗与负载相等时,出现高频半功率点。

G3 电流探头测量中的有害效应

因为电流探头基本上是一个环形变换器,所以次级阻抗会反射到初级。对于匝数为 8,负载为 $50\ \Omega$ 的次级线圈,典型的插入阻抗约为 $1\ \Omega$ 。只要源和被测电路的负载阻抗之和大于 $1\ \Omega$,那么电流探头的应用不会明显改变初级电流。然而,如果电路源阻抗和负载阻抗之和小于其反射阻抗,那么电流探头的使用就会明显地改变初级电流。

期望一种电流探头设备能够测量初级电源线上的骚扰电流,其载流范围可达直流 $300\ \text{A}$ 或者交流 $100\ \text{A}$ 。电流探头也可以用来测量产生于器件外部周围的强磁场。电流探头的传输阻抗必须不受电源电流或磁通密度的影响。因此,磁电路的设计应不使其出现磁饱和。由于交流电源电流的频率可能在 $20\ \text{Hz}\sim 15\ \text{kHz}$ 范围,所以在这些频率上,电流探头的输出很有可能损坏与其相连的接收机的输入电路。可行的解决办法是在电流探头与接收机之间插入一个电源频率的带阻滤波器。图 G2 示出了一个截止频率为 $9\ \text{kHz}$ 高通滤波器。

G4 电流探头典型的频响特性

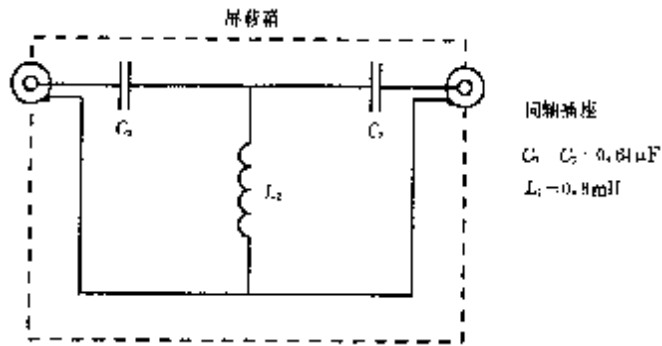


图 G2 截止频率为 9 kHz 的高通滤波器

图 G3 示出了电流探头典型的频率特性,在通带 100 kHz~100 MHz 和 30~300 MHz 以及 200~1 000 MHz 范围内具有平坦的特性。

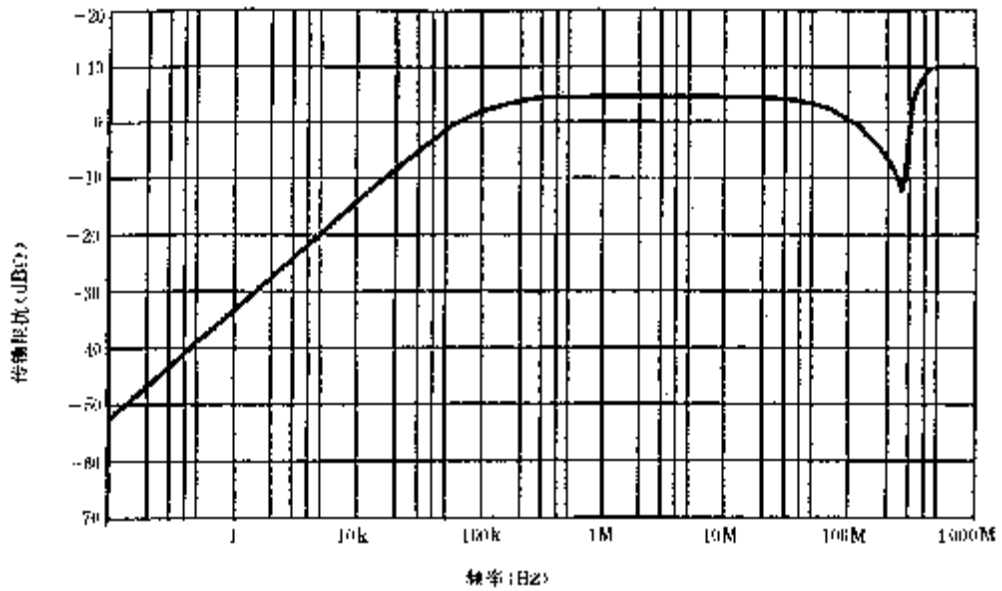


图 G3a 典型电流探头的传输阻抗
 频率范围 100 kHz~100 MHz

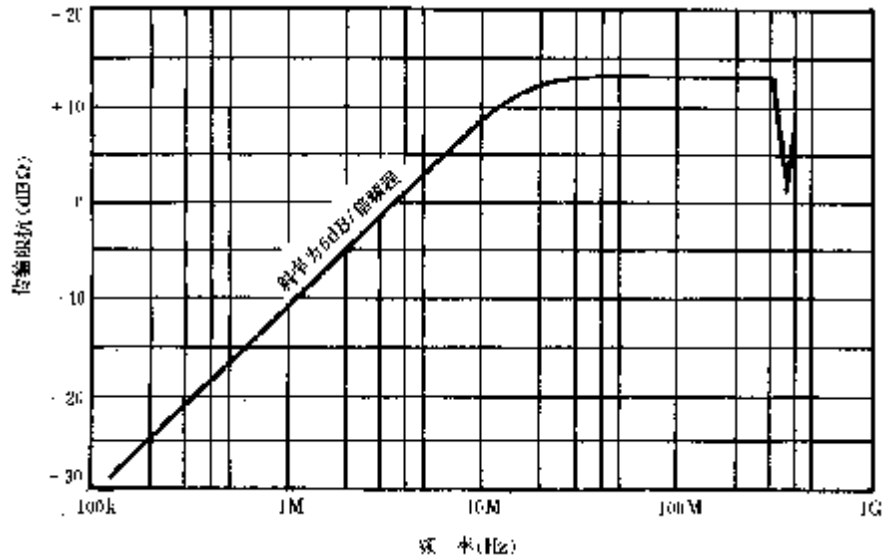


图 G3b 典型电流探头的传输阻抗, 频率范围 30~300 MHz

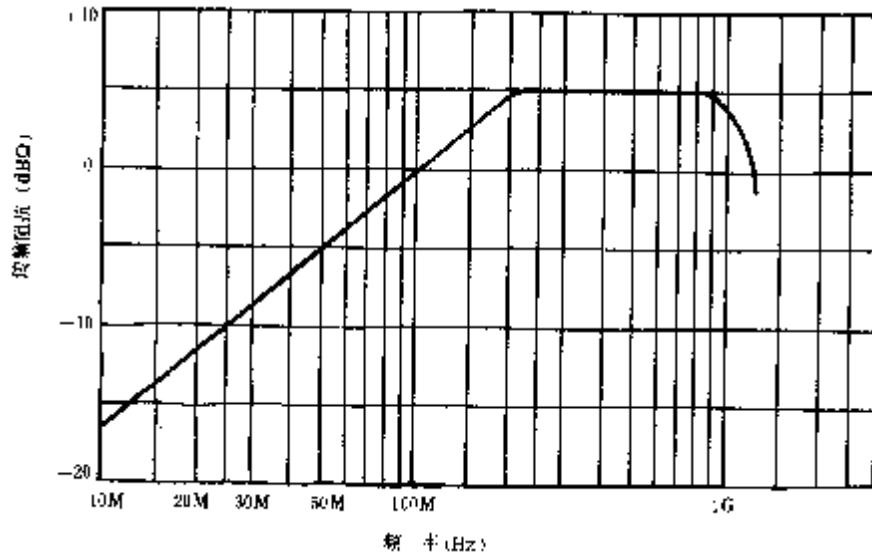


图 G3c 典型电流探头的传输阻抗, 频率范围 200~1 000 MHz

G5 电流探头的屏蔽结构

带有导电(铜和黄铜)屏蔽结构的电流探头可以用来测量两线(相线或中线)电路中的非对称(共模)和对称(差模)骚扰电流。这种方法适用于 100 kHz~20 MHz 频段,其基本特性就是一个改进了的含有高通滤波器的射频电流探头。高通滤波器的目的是为了保证在电流探头的输出端有效地抑制电源频率电流。

G5.1 理论模型

图 G4a 给出了用于电流测量的人工电源网络装置。

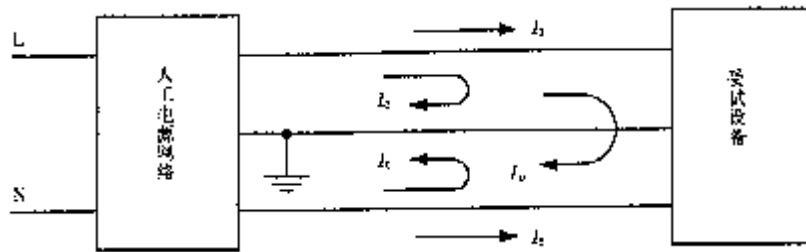


图 G4a 骚扰电流测试电路

骚扰电流的分量： I_1 为电源线相线电流， I_2 为电源线中线电流， I_C 为非对称电流， I_D 为对称电流。从图 G4a 可以看出上述电流之间存在如下关系：

$$2I_C = I_1 + I_2 \quad \dots\dots\dots(G4)$$

$$I_D = I_1 - I_2 \quad \dots\dots\dots(G5)$$

注：假设 I_1 和 I_2 之间的相角为零。在这种情况下，导线长度小于 1 m，频率低于 30 MHz。

因此，若只想得到非对称电流，则环线导线的卡式电流钳的输出应为 I_1 与 I_2 之和，而 I_1 与 I_2 之差仅为对称电流的输出。由于方程中的系数 2，所以，非对称电流的测量值应加上 6 dB 的修正值（见图 G4b）。

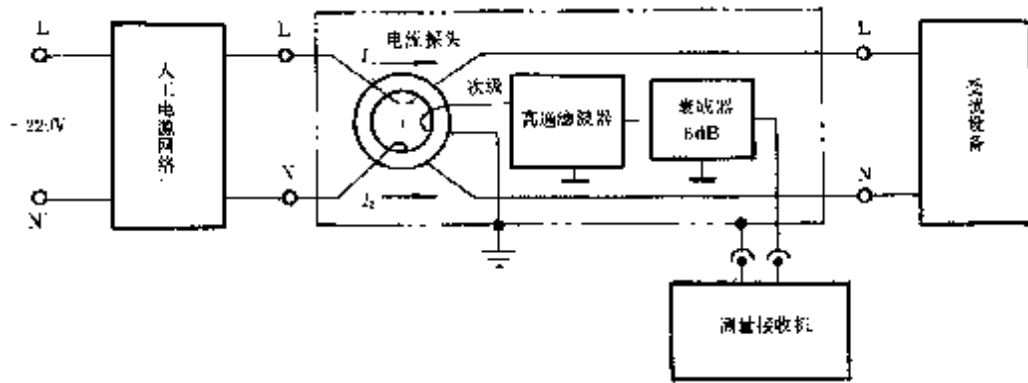


图 G4b 非对称电流测试电路示意图

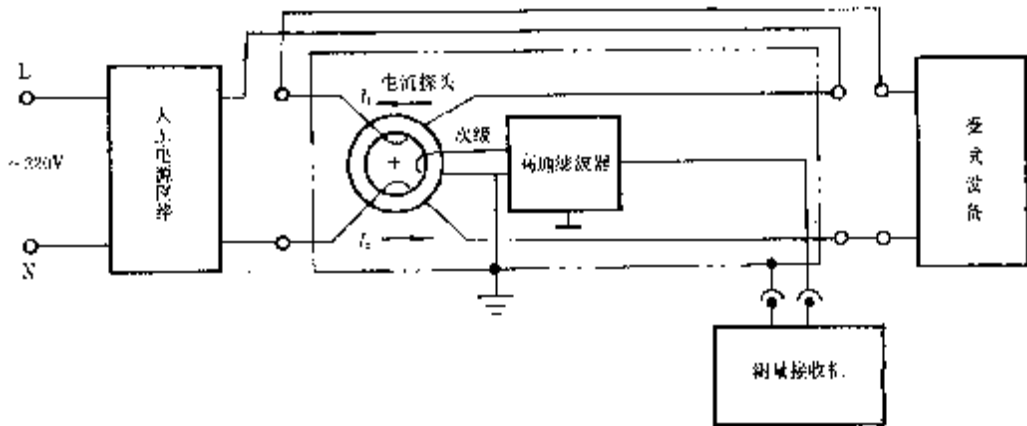


图 G4c 对称电流测试电路示意图

G5.2 屏蔽结构

所需的附加屏蔽如图 G5，应采用高导率的材料，如铜或黄铜，其尺寸大小是相对于具有直径为 51 mm 的磁芯的电流探头标出的。对于其他的电流探头，其尺寸应相应地标出。

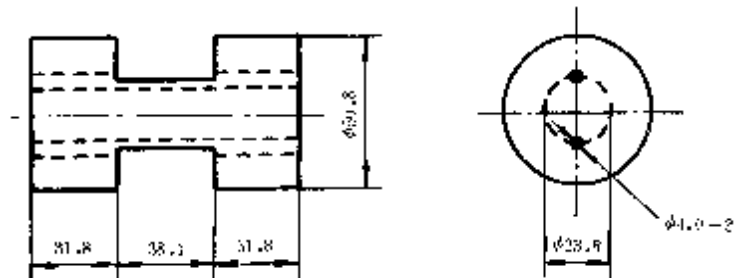


图 G5 用于电流变换器的屏蔽结构图

这种结构用来放置通过电流探头的未屏蔽导线，并且当电流探头输出单点接地时，它可以阻止外部耦合。将绝缘的绞合线 0.75 mm^2 穿过铜屏蔽上的孔洞，并用接线柱固定在两端。其中一端与来自人工电源网络的屏蔽引线相连，另一端与来自受试设备的屏蔽引线相连。屏蔽体的中心孔径由绝缘胶带构成，以便绞合线能紧固在截槽中，于是，当电流探头被扣紧时，使得屏蔽体的这一部分能够与电流探头紧密结合。屏蔽体的放置应使引线垂直于探头一分为二的截面。此外，保证图 G5 所示的屏蔽结构与电流探头壳体的绝缘，以防止电流探头壳体中的气隙被短路也是很重要的。

G5.3 高通滤波器

在电流探头的输出与测量接收机之间插入(如果需要的话)一个高通滤波器，该滤波器可以是测量接收机的一个组成部分。

G6 电流探头的校准

电流探头的校准可以用一个夹具来进行。该夹具由两个半截的同轴转换器组成。当将电流探头装配其上时，便形成了一根同轴线；包裹着电流探头的为外导体，穿过探头口径的为内导体。

校准电路示于图 G6。当同轴线匹配良好时,流经内导体的电流可通过测量线上的电压 V_1 来计算。如果探头用金属体作为屏蔽体就应考虑将夹具设计成性能良好的同轴线。如果电流探头的电压输出为 V_2 , 传输导纳可由下式算出:

$$Y_t = V_1 - V_2 - 34 \quad \dots\dots\dots(G6)$$

式中, Y_t ——传输导纳,dBS;

V_1 ——同轴线上的射频电压,dB μ V;

V_2 ——探头输出的射频电压,dB μ V;

系数 34 相对于 50 Ω 的负载阻抗。

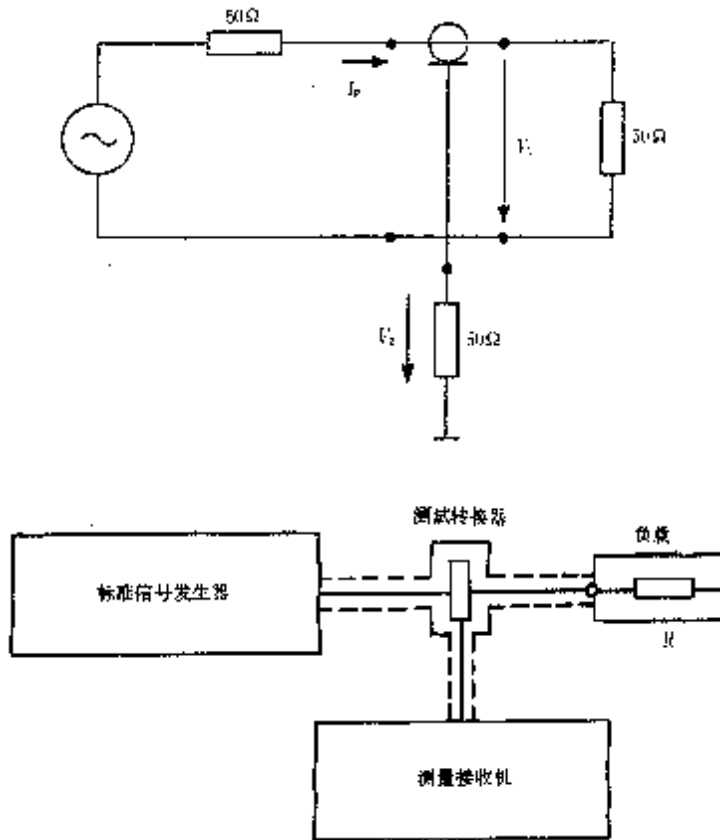


图 G6 带有同轴转换器和电流探头的校准电路和测试连接图
传输导纳 Y_t 通常用来计算被测电流 I_P 的值(单位为 dB μ A), 公式如下:

$$I_P = V_2(\text{dB}\mu\text{V}) + Y_t \quad \text{dB}\mu\text{A} \quad \dots\dots\dots(G7)$$

图 G7 示出了典型的校准结果。图 G8a 和图 G8b 分别示出了同轴变换器夹具的反射损耗和外形。

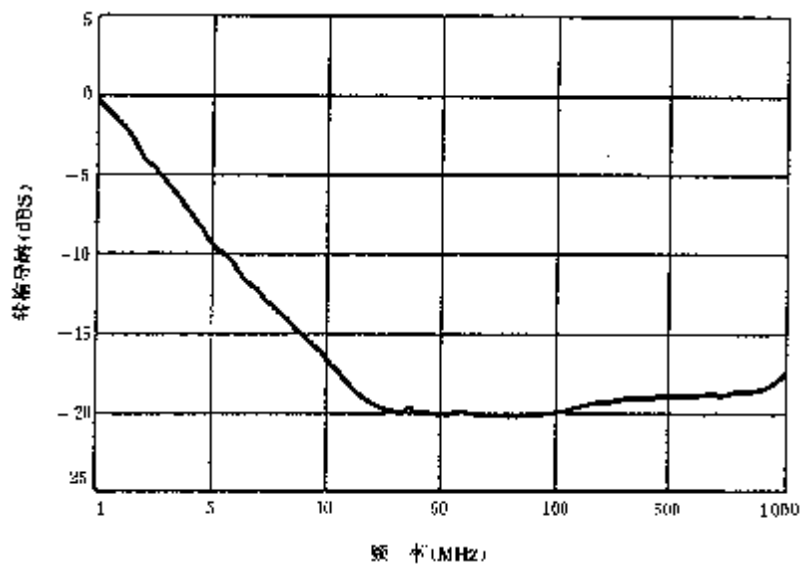


图 G7 典型的电流探头系数 Y_t

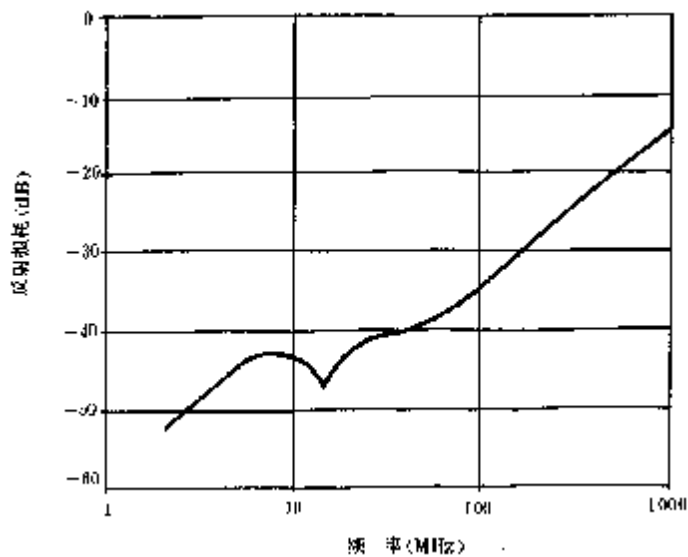


图 G8a 同轴变换器和电流探头同时端接 50Ω 电阻,且
电流探头夹在里面时的反射损耗特性

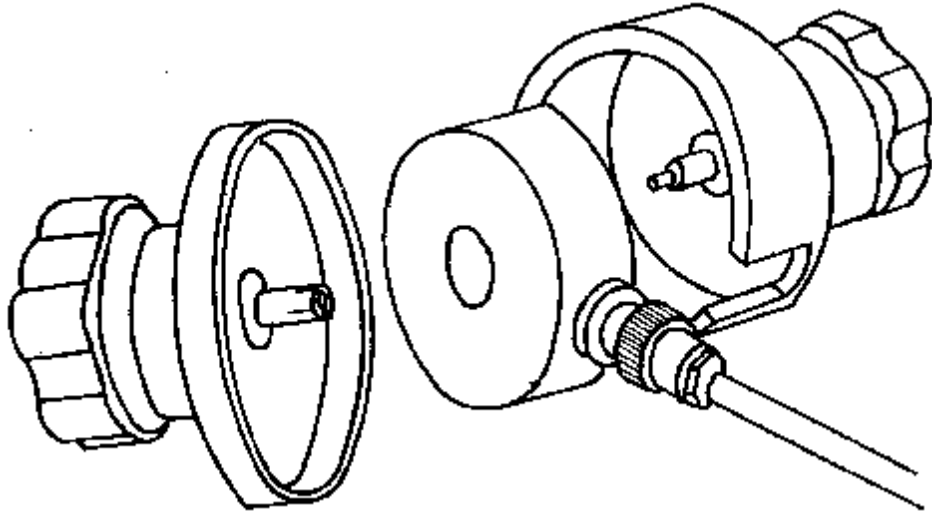


图 G8b 电流探头放置在同轴变换器夹具中示意图

附录 H

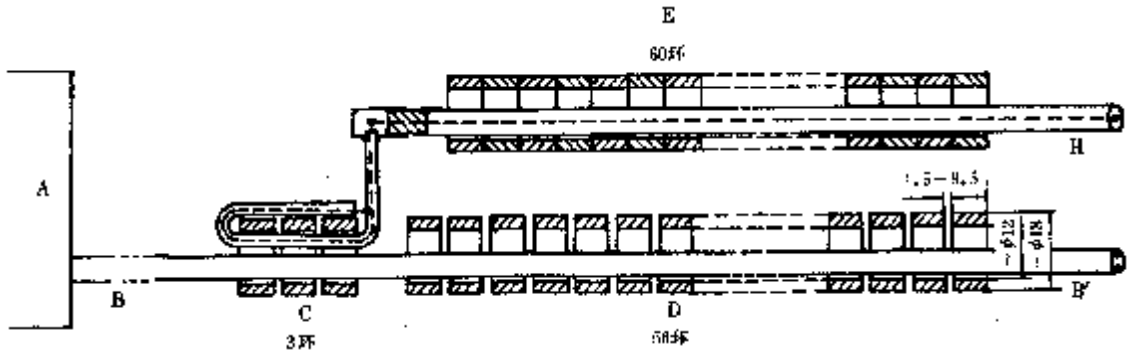
吸收钳的结构 (补充件)

H1 吸收钳的结构示例

图 H1a 和图 H1b 示出了吸收钳的两个实例。第 12.2 条中介绍了吸收钳的三个主要部分：电流变换器 C，功率吸收体和阻抗稳定器 D，以及吸收套筒 E。D 由数个铁氧体环组成。E 由铁氧体环或管构成。传感器 C 的铁心用两三个 D 中使用的那种铁氧体环。电流传感器的次级线圈由单匝环绕铁氧体环的小型同轴电缆组成并按图所示连接。电缆通过套垫 E 至吸收钳上的同轴终端，C 和 D 紧密安装在一起，并沿着同一轴线方向，使其能够沿着被测引线 B 移动。由于某些实际原因，套垫 E 通常沿着吸收体 D 一侧安装。D 和 E 都用来衰减流经引线上的非对称电流。

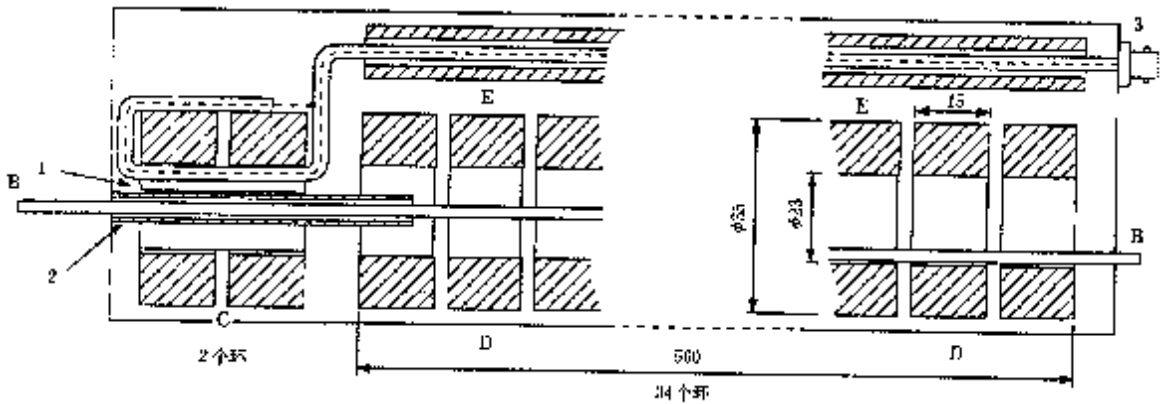
图 H1b 示出了性能经改进后的吸收钳的某些特征。一对金属半圆筒 1 贴在变换器 C 的磁环内侧壁，起静电屏蔽作用。绝缘管 2 把被测导线架在磁环中央，绝缘管从变换器的输入端一直延伸到吸收体 D 的第一个铁氧体环，它主要用于吸收钳的校准和测量线径较小的被测导线。为了便于卡入被测导线，铁氧体环、金属半圆筒和绝缘管都要对半剖开。

使用合适的铁氧体制成的吸收钳，应能覆盖 30~1 000 MHz 频率范围。



A—受试设备；B—受试引线；C—电流变换器；
D—功率吸收体和阻抗稳定器部分；E—吸收套筒

图 H1a 吸收钳结构示意图



B—受试引线；C—电流变换器；D—功率吸收体和阻抗稳定器部分；
E—吸收套筒；1—对金属半圆筒；2—绝缘管；3—同轴连接器

图 H1b 性能改进后的吸收钳结构示意图

附录 I 吸收钳的校准 (补充件)

吸收钳的连接和布置图如图 13 所示。引线 W 是由有效截面为 $1\sim 2\text{ mm}^2$ 的绝缘导线组成的。其一端连接到 $50\ \Omega$ 的连接器芯上。该连接器安装在金属屏蔽壁上，使其只有中心接头伸出。屏蔽壁可以是屏蔽室的外表面或者是一大块金属板 ($2.5\times 2.5\text{ m}^2$)，引线的另一端连接到电流变换器的另一端，如图 13 所示。

在低频段，特别是在低于 50 MHz 的频率上校准时，如果实际的吸收钳不能提供充分的射频隔离，那么就应将第二个吸收钳环绕引线放置在被校准的吸收钳之后，其位置大约固定在离引线起始点 4 m

远处。

通过一只 $50\ \Omega$ 、 $10\ \text{dB}$ 的衰减器将具有 $50\ \Omega$ 阻性源阻抗的信号发生器连接到连接器的另一端,将测量接收机连接到吸收钳射频端。吸收钳与测量接收机之间的同轴电缆应以铁氧体吸收环或套管固环绕其两端。

所谓校准就是测量同轴连接器 C_1 和 C_2 之间的吸收钳和导线装置的插入损耗。如图 13 所示,按实线用两根同轴电缆 a 和 b 连接,吸收钳沿着导线移动,从屏蔽壁开始到半波长的距离为止,记下测量接收机的最大指示 α ,保持信号发生器的恒定电平,再将上述两根同轴电缆按虚线连接,如图 13 中 a' 和 b' 所示。记下接收机指示 α' 。于是,得到插入损耗 $L(\text{dB})$ 为:

$$L = \alpha' - \alpha \quad \dots\dots\dots(11)$$

在吸收钳所需的频率范围都应这样进行。图 11 给出了校准曲线的实例。正常情况下,测得的插入损耗值应在 $14\ \text{dB} \sim 22\ \text{dB}$ 之间。

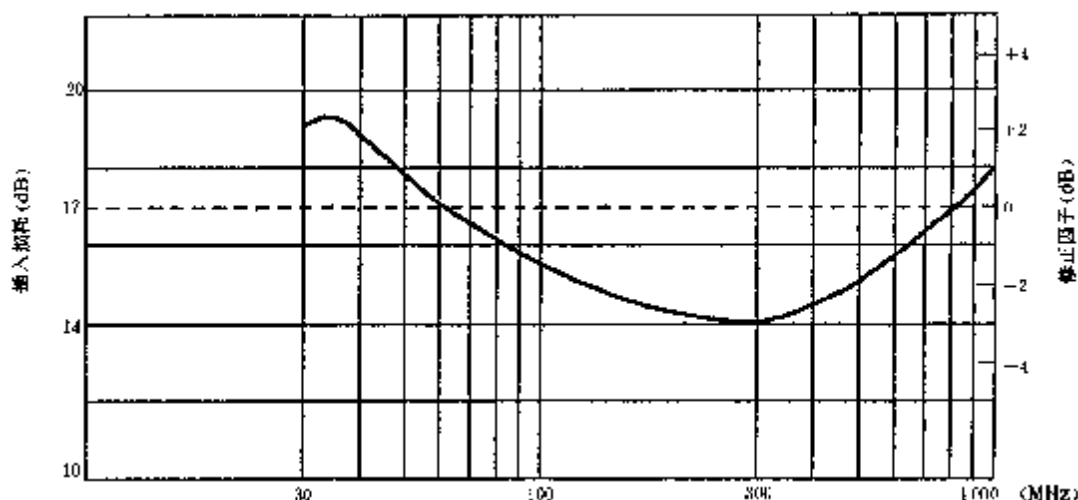


图 11 吸收钳校准曲线举例

由于本标准规定的测量接收机具有 $50\ \Omega$ 的输入阻抗。因此可以得出:

如果输入功率为 P ,输入电压为 V ,那么:

$$10\lg P = 10\lg\left(\frac{V^2}{50}\right) = 20\lg V - 10\lg 50 = 20\lg V - 17 \quad \dots\dots\dots(12)$$

如果功率以皮瓦表示,则等效电压 V 以微伏表示。从以分贝表示的电压值 V 中减去 $17\ \text{dB}$ 便可得到以分贝表示的功率值。因此,如果从插入损耗中减去 $17\ \text{dB}$,所得差再加上仪表的读数 $\text{dB}\mu\text{V}$,就可直接给出骚扰功率 dBpW 。

这就是图 11 用 dB 表示修正刻度的原因。用 dB 表示的修正刻度给出的系数加上用 $\text{dB}\mu\text{V}$ 表示的测量接收机的指示,就能转换成功率分贝数 dBpW 。

通常用吸收钳找到的波点不止一个,而以离 $50\ \Omega$ 连接器导线端最近的波峰点给出的接收机指示为最大。实践证明,与第一个波峰相比,第二个波峰给出的插入损耗大 $1\ \text{dB}$ 左右。

对于某些实际情况,测量第二个波峰很方便,这种情况也适于吸收钳的校准。图 12 中曲线 A 和曲线 B 分别为测量第一个峰值和第二个波峰时校准吸收钳的曲线实例。

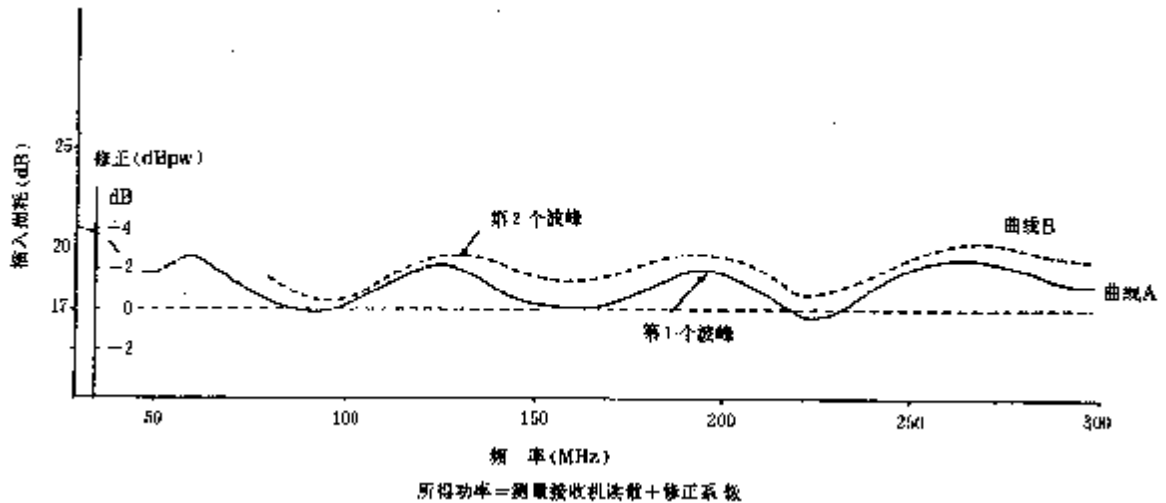


图 I2 吸收校正曲线

附录 J

开阔试验场的详细结构, 频率范围 30~1 000 MHz
(补充件)

J1 概述

第二篇第 15.0~15.5 条主要介绍了有关开阔场地结构上的一些考虑。本附录将给出一些更详细的资料, 以助于确保一个构造良好的试验场和气候保护罩。保证实施的适用性的可靠方法是按 15.6 条进行 *NSA* 测量。

J2 接地平板的构造

J2.1 材料

用于场强测量的试验场, 推荐使用金属材料。然而由于某些实际原因, 金属接地平板并不能适用所有设备的测量。金属接地平板的一些实例包括: 实心金属薄片、金属箔、穿孔金属板、拉制网板、编织网、编结金属帘和金属网格栅等。接地平板应无线性尺寸达到最高测试频率所对应波长的几分之一(的)的缝隙和孔洞。对于编结帘、穿孔金属板、金属格栅、拉制金属网板等类型的接地平板, 推荐金属网孔口径的最大尺寸为波长的十分之一($\lambda/10$) (1 000 MHz 时, 大约为 3 cm)。如果接地平板采用金属板料、管料或棒料拼接而成, 所有接缝处都要连续可靠地钎焊或熔焊, 绝不能有大于十分之一波长的间隙。接地平板上厚的电介质涂料, 如沙子、沥青或木屑可能会破坏试验场的衰减特性。

J2.2 平坦性

瑞利粗糙度标准对估价接地平板的最低可接受的 rms 粗糙度¹⁾是很有用的(见图 J1)。对于大多数实际的试验场来说, 特别是测量距离为 3 m 时, 从测量的角度看, 优于 4.5 cm 的粗糙度是没有意义的, 对于 10 m 和 30 m 的场地, 更差的粗糙度也是可以接受的。无论如何, 总是应按照第 15.6 条进行场地衰减测量以确定其场地的粗糙度是可接受

注: 1) rms 粗糙度是对接地平板起伏的总体描述, 见图 J1。和表 J1。

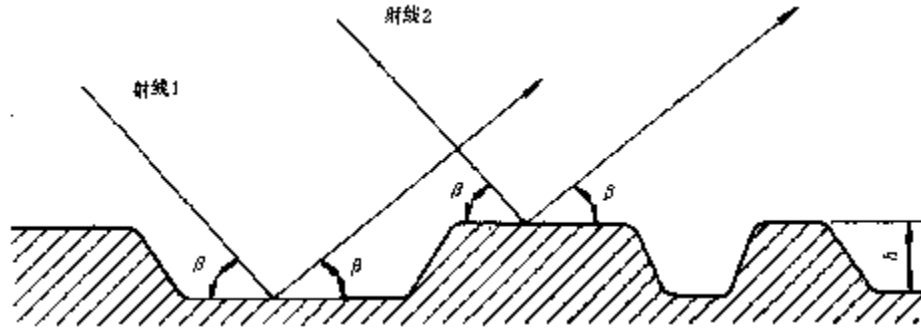


图 J1 瑞利准则

表 J1 试验场地的均方根粗糙度

测量距离 R m	发射天线高度 h_1 m	接收天线最大高度 h_2 m	最大均方根粗糙度 b	
			波长 λ	1 GHz 时的 b 值 cm
3	1	4	0.15	4.5
10	1	4	0.28	8.4
30	2	6	0.49	14.7

粗糙度 b 值是按下面公式计算得到的：

$$b = \frac{\lambda}{8 \cdot \sin \beta}$$

J3 受试设备的服务设施

受试设备的电气服务设施即电源的走线应在接地平板下面，并尽可能在大范围内与测试轴成直角。所有引线、电缆以及到转台（即安放受试设备的装置）的导管也应在接地平板下面走线。如果不可能，就将受试设备的服务设施贴在接地平板上，不必与接地平板等高，但要与接地平板搭接。

J4 气候保护罩的构造

J4.1 材料和紧固件

对于 1 000 MHz 以下的频率，薄的纤维玻璃、大多数塑料，经过特殊处理的木头和纤维材料都不会对受试设备的发射造成明显的衰减。然而有些材料（例如木头和尼龙）受潮后，就会造成发射损耗，尤其是测量受试设备的发射要穿过这些材料时，衰减就会变得更为严重。应该谨防在构架上即组成结构的材料之间聚集着导电颗粒的空气、水和冰。对外界物体也要进行周期性的检查，它们有可能堆积在结构上导致测量误差。

在接地平板上方应尽可能少用金属。尽可能采用塑料或纤维紧固件。所有的拉桩、基桩及其类似基座都应远离试验区，以免影响测量。

J4.2 内部的布置

所有结构的组件都应无反射。用于供暖和冷却换气的吹风机和通风道及其支承设施都应在试验区以外即结构外安装，除非它们用非导电材料制成或在金属接地平板下面，或在远低于非金属接地平板的下方运行。为了使设备正常工作，也许需要对温度和湿度进行控制。所有的隔层即窗户都应采用非金属框架。安装在地面上的导轨和梯子也应是非导电性的。

J4.3 尺寸

气候保护罩的大小取决于受试设备的尺寸,而且还取决于是否要覆盖包括天线在内的试验场,或者只是覆盖受试设备和测量设备以及接受天线(包括接收天线架和所进行垂直极化测量时接收天线的最大高度)。

J4.4 随时间和气候变化的均匀性

推荐对归一化场地衰减进行周期性测量,以便检测出场内的不规范点。它们是由气候状态(如潮湿吸收)或者是保护罩材料遭受污染而引起气候保护罩性能降低造成的。这种测量同时也可以检查射频电缆和测量仪器的校准。通常每隔六个月测量一次便足够了,除非物理特性表明性能衰退太快。例如由于空气带来的污染改变了材料的颜色。

J5 旋转台

为了能方便地测量受试设备所有方向的辐射发射,推荐使用旋转台。测量落地式的受试设备时,应使用金属覆盖的且与接地平板等高的旋转台,并将其与接地平板导电连接。测量台式受试设备时,可以使用置于接地平板之上的非金属旋转台,或者组合式旋转台,它是由金属转台上放置一个非金属桌子组成的。测量落地式的受试设备时,允许非金属旋转台比接地平板略高一些。

J6 接收天线底座的安装

接收天线应安装在一个高度可调的非金属支架上,测量距离等于或小于 10 m 时,应在 1~4 m 范围内调节,测量距离大于 10 m 时,应在 1~4 m,或者 2~6 m 范围内调节。天线水平极化时,电缆应连接到天线的平衡-不平衡变换器,并且为了保持与地面的平衡,电缆应垂直降落到接地平板上。该接地平板与接收天线的平衡-不平衡变换器的距离应大于 1 m。从电缆与接地平板相交的那点起,电缆的以某种方式继续在接地平板下面走线,以免影响测量。天线和骚扰测量设备之间的电缆应尽可能地短,以保证 1 000 MHz 时的可接收信号电平。

使用偶极子天线进行垂直极化测量时,连接到骚扰测量设备的电缆应保持水平,即与接地平板平行。在降到接地平板之前大约离接收天线(远离受试设备)有 1 m 或更长的平行距离。要求天线电缆横向托架大约有 1 m 长。剩余部分的电缆走线与水平极化的情况相同。

上述两种情况,天线系数的校准都不应受天线架或同轴电缆到天线的布局的影响。

附 录 K**开阔区域试验场有效性测量方法****频率范围 30~1 000 MHz**

(补充件)

K1 概述

第 15.6 条给出了用归一化场地衰减测量确定场地有效性的总要求和测量方法。本附录给出了实现 *N_{SA}* 测量的具体步骤。

K2 离散频率测量法**K2.1 测量装置**

图 18 和图 19 示出了测量装置的布置图。用一根长度适宜的传输线将信号发生器和发射天线连接起来。把发射天线放在要求的位置上,天线高度设置在 h_1 (见表 K1,表 K2 和表 K3 中 h_1 的值)并选择所

需的极化方向。如果使用调谐偶极子天线,就应针对所需频率调整其长度。

表 K1 归一化场地衰减¹⁾
(相对宽带天线推荐的几何尺寸)

极化	水平	水平	水平	水平	垂直	垂直	垂直	垂直
R	3 m	10 m	30 m	30 m	3 m	10 m	30 m	30 m
h_1	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
h_2	1~4 m	1~4 m	2~6 m	1~4 m	1~4 m	1~4 m	2~6 m	1~4 m
f_m	A_N							
MHz	dB							
30	15.8	29.8	44.4	47.8	8.2	16.7	26.1	26.0
35	13.4	27.1	41.7	45.1	6.9	15.4	24.7	24.7
40	11.3	24.9	39.4	42.8	5.8	14.2	23.6	23.5
45	9.4	22.9	37.3	40.8	4.9	13.2	22.5	22.5
50	7.8	21.1	35.5	38.9	4.0	12.3	21.6	21.6
60	5.0	18.0	32.4	35.8	2.6	10.7	20.1	20
70	2.8	15.5	29.7	33.1	1.5	9.4	18.7	18.7
80	0.9	13.3	27.5	30.8	0.6	8.3	17.6	17.5
90	-0.7	11.4	25.5	28.8	-0.1	7.3	16.6	16.5
100	-2.0	9.7	23.7	27	-0.7	6.4	15.7	15.6
120	-4.2	7.0	20.6	23.9	-1.5	4.9	14.1	14.0
140	-6.0	4.8	18.1	21.2	-1.8	3.7	12.8	12.7
160	-7.4	3.1	15.9	19	-1.7	2.6	11.7	11.5
180	-8.6	1.7	14.0	17	-1.3	1.8	10.8	10.5
200	-9.6	0.6	12.4	15.3	-3.6	1.0	9.9	9.6
250	-11.9	-1.6	9.1	11.6	-7.7	-0.5	8.2	7.7
300	-12.8	-3.3	6.7	8.8	-10.5	-1.5	6.8	6.2
400	-14.8	-5.9	3.6	4.6	-14.0	-4.1	5.0	3.9
500	-17.3	-7.9	1.7	1.8	-16.4	-6.7	3.9	2.1
600	-19.1	-9.5	0	0	-16.3	-8.7	2.7	0.8
700	-20.6	-10.8	-1.3	-1.3	-18.4	-10.2	-0.5	-0.3
800	-21.3	-12.0	-2.5	-2.5	-20.0	-11.5	-2.1	-1.1
900	-22.5	-12.8	-3.5	-3.5	-21.3	-12.6	-3.2	-1.7
1 000	-23.5	-13.8	-4.5	-4.4	-22.4	-13.6	-4.2	-3.5

表中的文字说明如下:

R ——发射天线和接收天线在地平面上投影之间的水平距离, m ; 对于对数周期振子天线, 该距离 R 是指每个天线长轴中点在地面上投影之间的距离。

h_1 ——发射天线中心离地平面高度, m ;

h_2 ——接收天线中心离地平面高度, m ;

f_m ——频率, MHz ;

A_N —— NSA (见第 15 章式(8))。

注: 1) 表 K1 中给出的数据适用于天线垂直极化时, 天线中心距地面 1 m , 天线低端至少距离地面 25 cm 的场合。

表 K2 归一化场地衰减
(相对于调谐半波偶极子水平极化推荐的几何尺寸)

极化 R h_1 h_2	水平 $3\text{ m}^{1)}$ 2 m 1~4 m	水平 10 m 2 m 1~4 m	水平 30 m 2 m 2~6 m
f_m MHz	A_N dB		
30	11.0	24.1	38.4
35	8.8	21.6	35.8
40	7.0	19.4	33.5
45	5.5	17.5	31.5
50	4.2	15.9	29.7
60	2.2	13.1	26.7
70	0.6	10.9	24.1
80	-0.7	9.2	21.9
90	-1.8	7.8	20.1
100	-2.8	6.7	18.4
120	-4.4	5.0	15.7
140	-5.8	3.5	13.6
160	-6.7	2.3	11.9
180	-7.2	1.2	10.6
200	-8.4	0.3	9.7
250	-10.6	-1.7	7.7
300	-12.3	-3.3	6.1
400	-14.9	-5.8	3.5
500	-16.7	-7.6	1.6
600	-18.3	-9.3	0
700	-19.7	-10.6	-1.3
800	-20.8	-11.8	-2.4
900	-21.8	-12.9	-3.5
1 000	-22.7	-13.8	-4.4

表中文字说明同表 K1。

注：1) 对于相距 3 m、水平极化的调谐半波偶极子天线，应用测得的 NSA 值减去互阻抗系数(见表 K4)，再与本表给出的理想场地的 NSA 的理论值进行比较。

表 K3 归一化场地衰减
(相对于调谐半波偶极子垂直极化推荐的几何尺寸)

f_m MHz	$R=3\text{ m}$ $h_1=2.75\text{ m}$		$R=10\text{ m}$ $h_1=2.75\text{ m}$		$R=30\text{ m}$ $h_1=2.75\text{ m}$	
	h_2 m	A_N dB	h_2 m	A_N dB	h_2 m	A_N dB
30	2.75~4	12.4	2.75~4	18.8	2.75~6	26.3
35	2.39~4	11.3	2.39~4	17.4	2.39~6	24.9
40	2.13~4	10.4	2.13~4	16.2	2.13~6	23.8
45	1.92~4	9.5	1.92~4	15.1	2~6	22.8

续表 K3

f_m MHz	$R=3m$ $h_1=2.75m$		$R=10m$ $h_1=2.75m$		$R=30m$ $h_1=2.75m$	
	h_2 m	A_N dB	h_2 m	A_N dB	h_2 m	A_N dB
50	1.75~4	8.4	1.75~4	14.2	2~6	21.9
60	1.50~4	6.3	1.50~4	12.6	2~6	20.4
70	1.32~4	4.4	1.32~4	11.3	2~6	19.1
80	1.19~4	2.8	1.19~4	10.2	2~6	18.0
90	1.08~4	1.5	1.08~4	9.2	2~6	17.1
100	1~4	0.6	1~4	8.4	2~6	16.3
120	1~4	-0.7	1~4	7.5	2~6	15.0
140	1~4	-1.5	1~4	5.5	2~6	14.1
160	1~4	-3.1	1~4	3.9	2~6	13.3
180	1~4	-4.5	1~4	2.7	2~6	12.8
200	1~4	-5.4	1~4	1.6	2~6	12.5
250	1~4	-7.0	1~4	-0.6	2~6	8.6
300	1~4	-8.9	1~4	-2.3	2~6	6.5
400	1~4	-11.4	1~4	-4.9	2~6	3.8
500	1~4	-13.4	1~4	-6.9	2~6	1.8
600	1~4	-14.9	1~4	-8.4	2~6	0.2
700	1~4	-16.3	1~4	-9.7	2~6	-1.0
800	1~4	-17.4	1~4	-10.9	2~6	-2.4
900	1~4	-18.5	1~4	-12.0	2~6	-3.3
1 000	1~4	-19.4	1~4	-13.0	2~6	-4.2

表中文字说明同表 K1。

接收天线安装在一个可在 $h_{2min} \sim h_{2max}$ 高度范围内升降的支架上,它距发射天线的距离为 R ,并用长度适宜的电缆连接到测量接收机(或频谱分析仪上),使其极化方向与发射天线相同。如果使用调谐偶极子天线,则应按所需的频率调整天线的长度。垂直极化时,偶极子离地面高度不得小于 25 cm(见表 K3)。

用调谐偶极子进行全面的 NSA 测量时,天线在包括 30~80 MHz 频率范围内都要调谐在各自的频率上。

K2.2 测量步骤

应按下述步骤对表 K1、表 K2 和表 K3 标定的每一个频率进行测量。测量时,接收天线应与发射天线保持同一极化方向。测量应先在水平方向进行,然后再在垂直方向进行,此时发射天线的高度设置在 h_1 。

a. 调整信号发生器的输出电平,使其高于周围和测量接收机(或频谱分析仪)的噪声电平,并得到一个适宜的接收电压指示。

b. 按表 K1、表 K2 和表 K3 相应标定的 h_2 来改变支架上接收天线的高度。

- c. 记录最大信号电平,该值即为第 15. 6. 1 条式(8)中的 V_s 。
- d. 断开与各自天线相连的发射和接收电缆,用转接器直接将两根电缆连接起来。
- e. 记录发射和接收电缆连接后的信号电平,该值即为第 15. 6. 1 条式(8)中的 V_D 。
- f. 对每一个频率的每一种极化,都要重复步骤 c~e,然后将每次测得的值依次代入第 15. 6. 1 条中的式(8)。
- g. 将各个频率相应的发射和接收天线系数依次代入第 15. 6. 1 条中的式(8)。
- h. 将表 K4 中给出的互阻抗修正系数 ΔAF_{TOT} 依次代入第 15. 6. 1 条中的式(8)(表 K4 中的值只适用于特定的条件:测量天线为调谐偶极子,极化方向为水平,测量距离为 3 m。除此以外 $\Delta AF_{TOT}=0$)。
- i. 第 15. 6. 1 条中的式(8)得到 A_N ,此即为该测量极化方向测量频率上的 NSA 。
- j. 用表 K1、表 K2 和表 K3 中给出的 A_N 值相应减去第 i 步中得到的 NSA 值。
- k. 如果第 j 步得到差值不超过 ± 4 dB,就被认为开阔试验场在该频率,该极化方向上是有效的。
- l. 每测量一个新的频率点,都要在两种极化方向上重复步骤 a~k。

表 K4 互阻抗修正系数
(水平极化调谐半波偶极子,相距 3 m)

一对调谐偶极子天线的架设尺寸: $R=3$ m, $h_1=2$ m, $h_2=1\sim 4$ m。

频率 f_m MHz	互阻抗修正系数 ΔAF_{TOT} dB
30	3.1
35	4.0
40	4.1
45	3.3
50	2.8
60	1.0
70	-0.4
80	-1.0
90	-1.0
100	-1.2
120	-0.4
125	-0.2
140	-0.1
150	-0.9
160	-1.5
175	-1.8
180	-1.0
200	0.1

K3 扫描频率法

K3.1 测量装置

扫描频率的测量装置与第 K2.1 条所述的测量装置相似,不同的只是使用了宽带天线。由于宽带天线的物理尺寸小,所以对垂直极化方向的天线测量不做严格的要求。

K3.2 测量步骤

使用具有峰值保持(最大保持)存贮能力的自动测量设备和跟踪发生器,按下述步骤进行测量。这种方法应能在所要求的频率范围内对接收天线的高度 h_2 和测量频率进行扫描,该频率范围通常取决于所用宽带天线的类型。频率扫描的速度一定要比天线高度的扫描速率快得多。发射天线的高度设置在 h_1 。

- a. 调整信号发生器的输出电平,使其高于周围环境和测量接收机(或频谱分析仪)的噪声电平,并得到一个适宜的接收电压显示。
- b. 按照表 K1、表 K2 和表 K3 相应标定的扫描范围,将支架上的接收天线升高到最大高度。
- c. 设置频谱仪扫过所要求的频率范围,应该确保调整后的分析仪能够在相同幅度刻度上将超过 60 dB 的相似信号显示出来,这样就可以与第 e 步记录的电平相对应。
- d. 慢慢降低接收天线的高度直至表中相应于该试验场的几何尺寸所列出的试验场扫描高度的最低点。存贮或记录最大的接收电压显示 V_R (dB(μ V)) (降低天线所用的时间应比频谱分析仪的扫描时间长得多)。
- e. 断开与各自天线相连的发射和接收电缆,用转接器直接将两根电缆连接起来。存贮或记录此时电压的显示结果。
- f. 对每一个测量频率,用第 e 步得到的电压值减去第 d 步得到的电压值,然后再分别减去发射天线和接收天线的系数 AF_1 (dB/m) 和 AF_2 (dB/m) (作为频率连续函数的天线系数可以从用离散天线系数连接成的简单线性曲线中得到)。该结果即为所用频率范围的 *NSA* 测量值。应将它们绘成曲线。表 K1 给出了理想场地的归一化场地衰减的理论值。
- g. *NSA* 的理论值与其测量值之差应落入 ± 4 dB 的范围内。

注:对于上述两种 *NSA* 测量方法,无论是信号源的输出阻抗还是测量接收机(或频谱分析仪)的输入阻抗的失配都能引起反射,从而导致测量误差。这可以通过使用 10 dB 的衰减器来避免。将衰减器分别连接在发射天线和接收天线电缆的信号输出端。在整个 *NSA* 的测量过程中,每根电缆的输出端都要保留这样的衰减器。

K4 超出场地可接受极限值的一些可能原因

如果偏差超出 ± 4 dB 的限值,就需进行如下调查:首先应检查场地系统的校准。如果在测量过程中信号发生器和测量仪器无漂移,那么着重检查天线系数。因为天线也可以形成反射,如果上述疑点都已排除,再重新进行测量。如果偏差仍超出 ± 4 dB,那么就需检查试验场和其周围的区域。一般来说,垂直极化的场地衰减对场地异常最为敏感。倘若如此,便可基于测量场地的垂直衰减找出问题之所在。下述诸方面都有可能出现问题:接地平板不合理和场地不充足;由于物体(如篱笆、建筑物、灯塔等等)相距太近而引起的反射;全天候保护罩的性能降低。后者是由于结构不完备,维修技术不完善,以及空气中携带的导电性污染的剩余物长期渗透所致。

K5 天线校准

用于场地衰减测量的宽带天线校准系数可由国家计量部门给出。由制造厂提供的天线系数也许并不十分精确,因而很难获得归一化场地衰减的测量值与理论值良好的一致性。通常天线系数已把平衡-不平衡变换器的损耗包括在内。如果使用单独的平衡-不平衡变换器,其影响也必须考虑。经验表明:只要发射天线离接地平板高度大于 1 m,各种 EMC 测量的通用的宽带天线(如双锥、粗偶极子和对数周期天线),当频率低于 1 GHz 时,天线系数随几何尺寸和极化方向的变化就可忽略不计。如果怀疑由于在测量中使用了不常用的天线或场地尺寸,或者由于天线之间的互耦合或垂直极化天线传输线的散射效应引起的天线系数的变化,则应首先校准在这些几何位置上的天线系数,尤其当测量距离为 3 m 时更应注意。

通常,场地衰减都是在 50 Ω 系统中测得的,也就是说,信号发生器和测量接收机都具有 50 Ω 源阻抗,且发射天线和接收天线的辐射阻抗也已通过平衡-不平衡变换器实现了平衡和匹配。

制造厂提供的天线系数通常也是相对 50 Ω 阻抗给出的。也就是说,为了实现无损耗匹配,50 Ω 阻抗与天线辐射阻抗的转换系数(如果适用的话)以及所用平衡-不平衡变换器的损耗也应包含在天线系数里。

如果使用半波偶极子,那么系数可由下列方程计算:

$$AF = 20 \lg \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) + 10 \lg \left(\frac{73}{50} \right) \dots\dots\dots (K1)$$

$$= 20 \lg f - 31.9 \text{ (dB)} \dots\dots\dots (K2)$$

式中： f ——频率，MHz。

注：实际上，由于偶极子天线与其镜象天线之间存在互阻抗，所以，天线系数会受天线架设高度的影响。

对于设计良好的调谐半波偶极子，其平衡-不平衡变换器的平均损耗大约为 0.5 dB，因此式(K2)变为：

$$AF = 20 \lg f - 31.4 \dots\dots\dots (K3)$$

在平衡-不平衡变换器安装进壳体之前，应将发射天线和接收天线的平衡-不平衡变换器相连，测量其损耗。其中每个平衡-不平衡变换器的损耗为测得的总损耗之半。

在用规定的调谐偶极子进行 *NSA* 测量时，重要的是检查这些计算值是否能够代表它们的校准系数。最简单的检查方法是对装配好且调谐好的半波阵子进行 *VSWR* 测量。天线在地面上的放置高度至少应为 4 m(如果可能，还应更高些)，以尽可能减少地面的耦合，同时半波阵子也要按照表 K3 的要求进行调谐。在天线工作频率范围的两端和中点上只需检查天线的 *VSWR* 就足够了。在频率低于 100 MHz 时，按下述方法检查平衡-不平衡变换器：移去平衡-不平衡变换器，将 70 Ω 电阻跨接在框架上安装振子的两个端子之间，然后测量端接平衡-不平衡变换器的 *VSWR*。该值应小于 1.5。

附录 L

4 dB 场地可接受准则的基础

(补充件)

L1 概述

本附录给出了第 15.6 条所要求的 *NSA* 测量的 ±4 dB 场地可接受准则。

L2 误差分析

表 L1 中的误差分析适用于第 15.6 条 *NSA* 的测量方法。总的误差估算是以 ±4 dB 场地可接受准则为基础的。其中包含大约 3 dB 的测量不确定度和由于场地不完善造成的附加允许的 1 dB。表 L1 中的误差估算不包括信号发生器、跟踪信号发生器以及所用的任何一个放大器的幅度稳定性误差，也不包括测量技术中的潜在误差。大多数信号发生器和跟踪发生器的输出电平不应随时间和温度漂移，放大器的增益也不应随温度漂移。重要的是要使误差源限制在一定范围，或使其能够在测量中得到修正，否则就会仅仅因测量仪器的问题，导致场地不满足可接受准则。

表 L1 误差估算

	测量方法	
	离散法	扫描频率法
发射天线系数(AF_T) ¹⁾	±1 dB	±1 dB
接收天线系数(AF_R) ¹⁾	±1 dB	±1 dB
电压表	0	±1.6 dB ²⁾
衰减器	±1 dB	0
场地不完善	±1 dB	±1 dB
总计	±4 dB	±4.6 dB

注：1) 频率高于 800 MHz，天线系数的误差可能达到 ±1.5 dB。

2) 由所用仪表的操作手册给出。

例如,假如能够从自动频谱分析仪的操作指令中尽可能地去掉或补偿各项潜在的误差源,那么就只剩下幅度误差:

- a. 校准器的不确定度, ± 0.2 dB;
- b. 频率响应的平滑度, ± 1.0 dB;
- c. 输入衰减器, ± 1.0 dB;
- d. 射频和中频增益的不确定度, ± 0.4 dB。

上述潜在误差的总和为 ± 2.6 dB。但没有包括 ± 0.05 dB/°C 的温度漂移。实际上,当进行替代测量时,与频响平滑度和输入衰减相关的误差通常要小于 1 dB,所以作为双端子电压表使用的频谱分析仪,其总误差不会大于 ± 1.6 dB,该值用于表 L1 中。

衰减器的绝对精确度大都很差,但还是有些较好的。因此,在离散测量中误差估算有可能偏大或偏小。如果采用扫描频率法测量,将外部用的衰减器与自动频谱分析仪一起使用,那么误差估算可能还要大些。

这些误差估算中不包括由于时间和温度引入的误差,诸如测试设备的增益和输出电平的漂移,即幅度响应。这些误差也许存在,所以每一步测量都应尽快进行,以免引起误差。

实际中,上述计及的误差总体上是微小的,对于一个结构良好的固定试验场,满足 ± 4 dB 准则意味着实际上允许异常试验场与理想试验场的偏差大于 ± 1 dB。

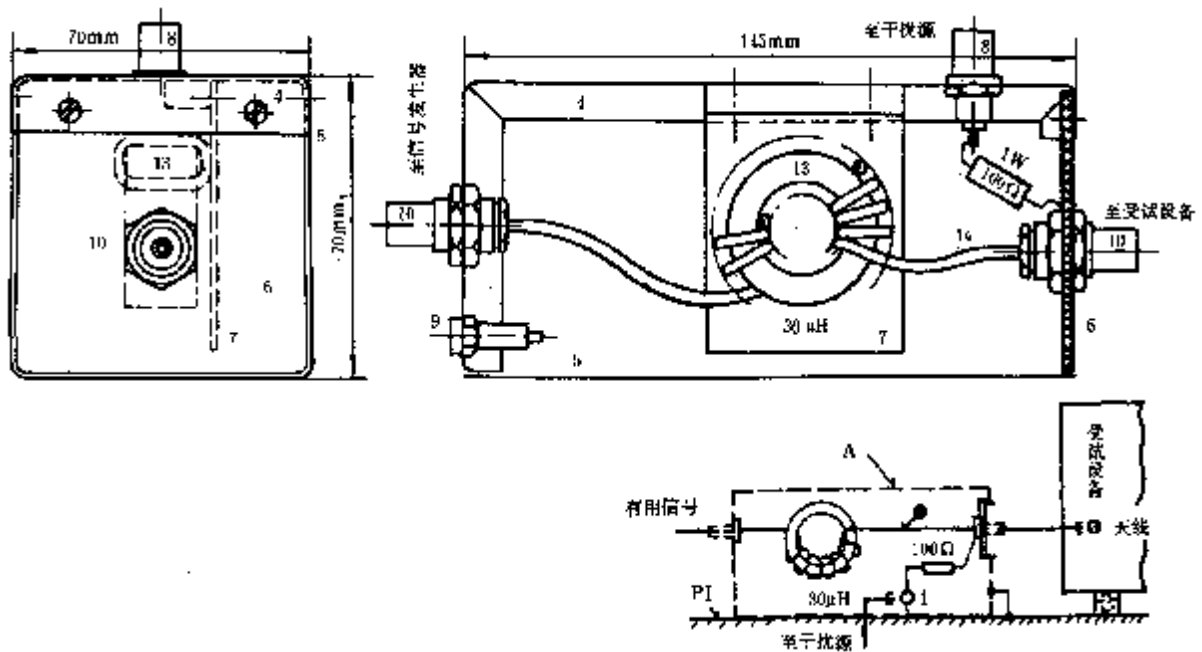
附录 M

电流注入耦合单元的结构,频率范围 0.15~30 MHz

(补充件)

M1 用于同轴天线输入的 A 型耦合单元

A 型耦合单元的电路和结构示意图与图 M1 所示的 A 型单元相似,只是所用的电感值为 280 μ H。



4、5—金属盒(145 mm×70 mm×70 mm);6—前面板(绝缘材料);7—扼流圈的支架板;8—同轴连接器,50 Ω;9—接地插座;10—同轴连接器;13—NiZn250型铁氧体环(φ36×φ23×15 mm),外径1.4 mm,用同轴电缆缠绕40匝;14—同轴电缆,外径2.4 mm;PI—接地平板

图 M1 用于同轴输入的 A 型耦合单元的电路和结构示例

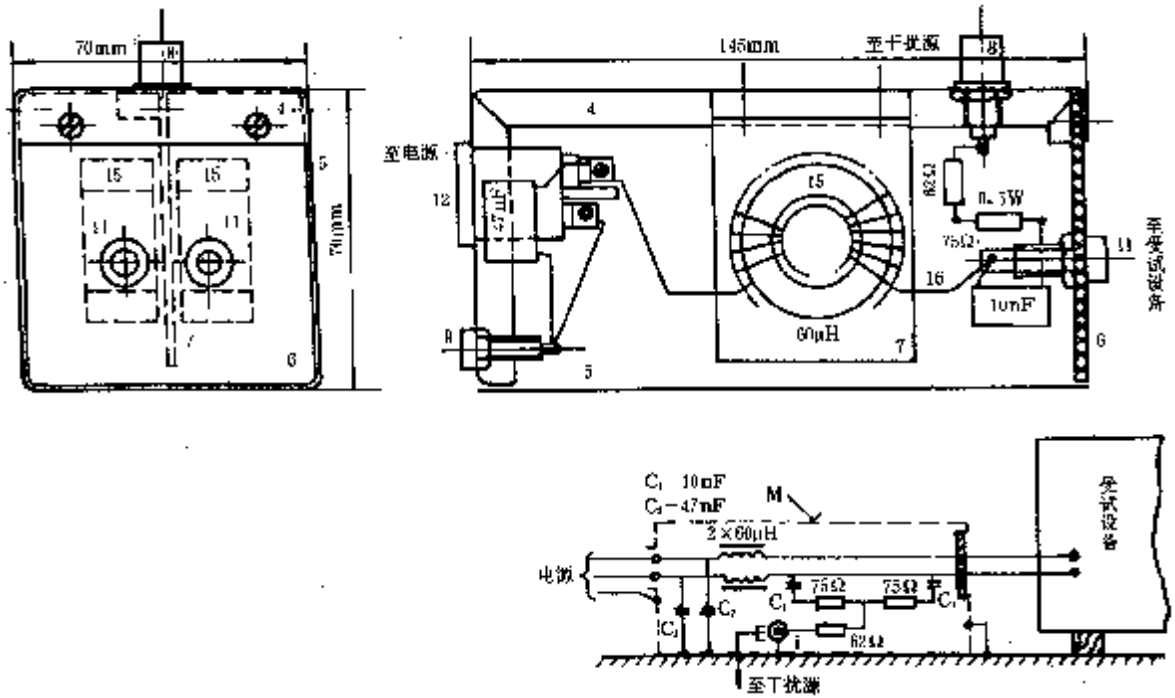
280 μH 电感的结构:

磁芯:将材料为 NiZn250 的(或等效的)2 个铁氧体环叠在一起。其外径为 36 mm,内径为 23 mm,厚度为 30 mm。

绕组:用全屏蔽的小型同轴电缆绕 28 匝。例如线径为 0.9 mm,其外包有外径为 1.5 mm 的绝缘塑料护套的微型同轴电缆。

M2 用于电源线的 M 型耦合单元

M 型耦合单元的电路和结构示意图与图 M2 所示的 M 型耦合单元相似,只是所用的电感值为 560 μH,电容 C₁ 为 0.1 μF,C₂ 为 0.47 μF。



4~9—见 A 型耦合单元;11—受试设备的电源插座(两个绝缘香蕉插头);12—电源插座(2P+地);15—两个 NiZn250 型铁氧体环($\phi 36\text{ mm} \times \phi 23\text{ mm} \times 15\text{ mm}$),每个 20 匝;16—绝缘铜线,外径 $\phi 0.8\text{ mm}$

图 M2 用于同轴输入的 A 型耦合单元的电路和结构示例

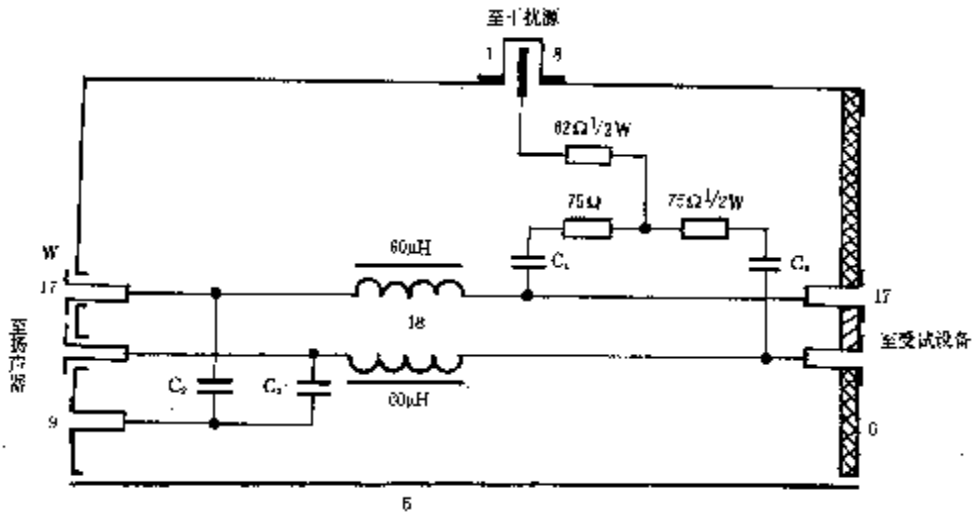
560 μH 电感的结构:

磁芯:2 个材料为 NiZn250 的(或等效的)铁氧体环叠在一起。其外径为 36 mm,内径为 23 mm,厚度为 30 mm。

绕组:用绝缘铜绕线绕 40 匝,线径为 1.5 mm。

M3 用于扬声器引线上的 L 型耦合单元

L 型耦合单元的电路和结构示意图与图 M3 所示的 L 型耦合单元相似,只是使用了两个大小为 580 μH 电感, C_1 为 0.047 μF , C_2 为 0.22 μF 。



4、5、6、8、9—见 A 型耦合单元(包括结构)；

17—绝缘香蕉插座；18—两个 $60\ \mu\text{H}$ 电感，每个电感含有一个 NiZn250 铁氧体芯： $\phi 36 \times \phi 23\ \text{mm} \times 15\ \text{mm}$ ，匝数：20，铜绝缘线外径 $1.2\ \text{mm}$ ，电感安装见 A 型单元；

$C_1=10\ \text{nF}$ ； $C_2=47\ \text{nF}$

图 M3 用于扬声器引线的 L 型耦合单元的电路图

560 μH 扼流圈的结构

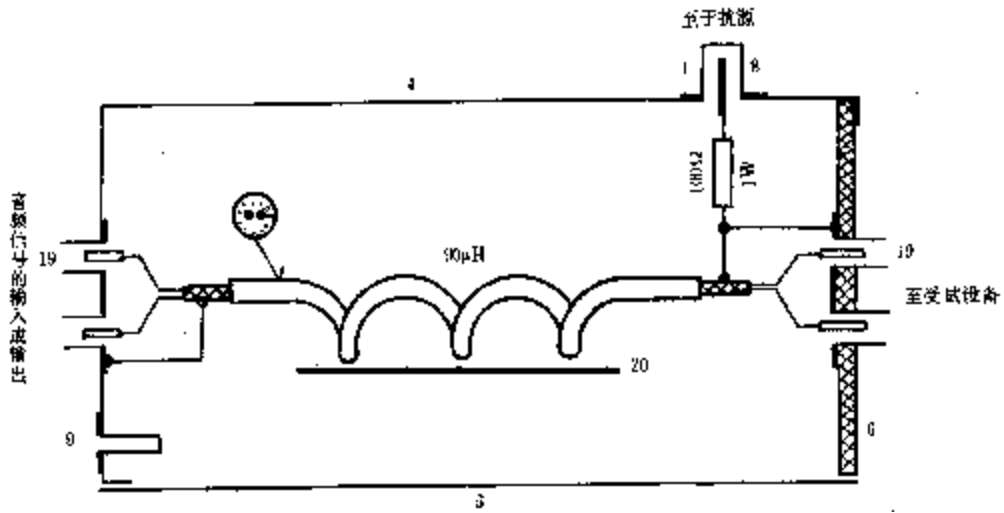
磁芯：一个材料为 NiZn250 的(或等效的)铁氧体环。其内径为 $36\ \text{mm}$ ，外径为 $23\ \text{mm}$ ，厚度为 $15\ \text{mm}$ 。

绕组：用漆绝缘双股并行的绕线绕 56 匝，线径为 $0.4\ \text{mm}$ 。

M4 用于音频信号的 S_w 型耦合单元

S_w 耦合单元的电路和结构示意图与图 M4 所示的 S_w 元相似，只是使用了第 M1 章中所述的 $280\ \mu\text{H}$ 电感。屏蔽电缆可以是音频类型，其直径不应大于 $2.1\ \text{mm}$ 。

注：如果受试设备使用的双声道信号电缆是连在一起的，那么 M1 章中所述的 A 型耦合单元正可用于此。



4、5、6、8、9—见 A 型耦合单元；

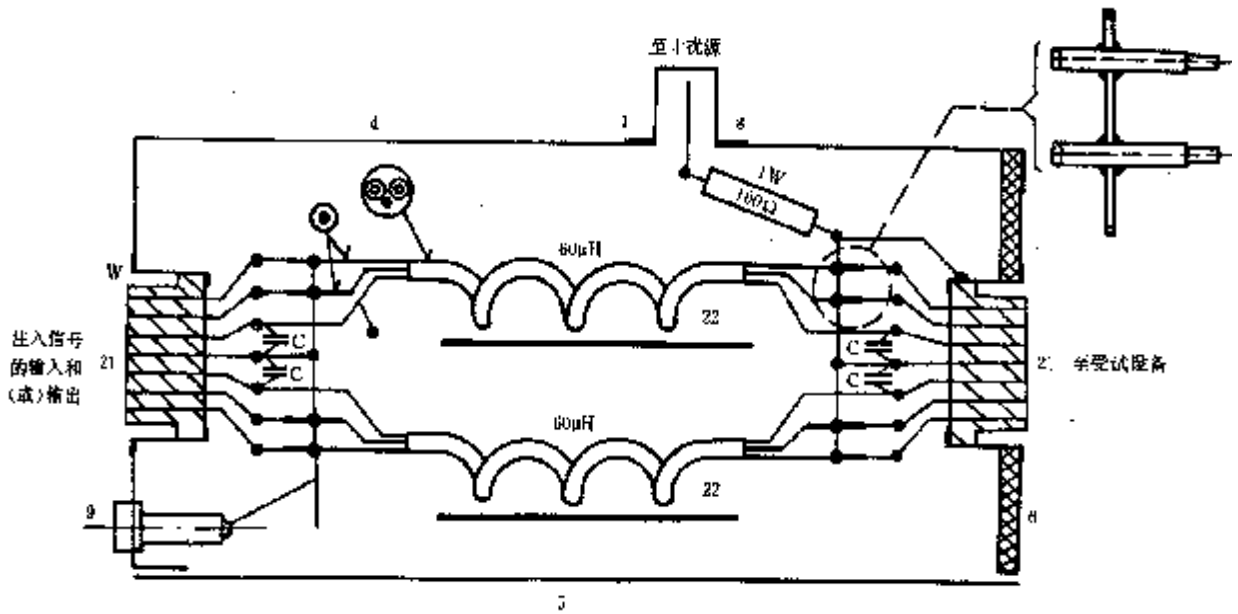
19—插座；

20— $30\ \mu\text{H}$ 电感，铁芯：一个 NiZn250 铁氧体环 $\phi 36\ \text{mm} \times 23\ \text{mm} \times 15\ \text{mm}$ ，线圈：14 匝屏蔽双芯线；电缆绝缘外径： $\phi 2.8\ \text{mm}$ ，电感安装：见 A 型单元

图 M4 用于音频信号的 S_w 型耦合单元的电路图和简化结构示意图

M5 用于音频、视频和控制信号的 S_w 型耦合单元

S_w 型耦合单元的电路和结构示意图与图 M5 所示的 S_w 单元相似，只是使用了第 M2 条中所述的 $560\ \mu\text{H}$ 电感。三线电缆的外径不应超过 $1.5\ \text{mm}$ 。这可用下述方法实现，用 2 根微型同轴电缆（直径为 $0.6\ \text{mm}$ ）和一根直径为 $0.3\ \text{mm}$ 的漆绝缘铜线。



4、5、6、8、9—见 A 型耦合单元；21—多芯插座；

22—两个 $60\ \mu\text{H}$ 电感，每个电感含有一个材料为 NiZn250 的铁氧体环， $\phi\ 36\ \text{mm}\times\phi\ 23\ \text{mm}\times\phi\ 15\ \text{mm}$ ；

线圈：用三线电缆绕 20 圈，三线电缆由两个外径为 $0.9\ \text{mm}$ 的同轴电缆和一根直径为 $0.4\ \text{mm}$ 的漆包线组成，三线电缆的外径为 $2.4\ \text{mm}$ ；

电感安装：见 M 型电感；

$C=1\ \text{nF}$ (如信号源许可，还可更大些)

图 M5 用于音频、视频和控制信号的 S_w 型耦合单元的简化电路和结构示意图

附录 N

用于传导电流抗扰度测量的耦合单元的工作原理和示例 (补充件)

N1 工作原理

图 N1 说明了工作原理。电感 L 对注入电流呈高阻抗。滤波器 L/C_2 用来隔离测试设备(有用信号发生器或辅助设备)；如果是交直流两用的，则可将 C_1 短路， C_2 去除。骚扰电流来自具有 $50\ \Omega$ 源阻抗的信号发生器，并通过 $100\ \Omega$ 的电阻 R_1 和隔直电容 C_1 (如果需要的话)将其注入电源线或同轴电缆屏蔽层。

N2 耦合单元的类型及其结构

使用下面类型的耦合单元：

A 型：射频同轴单元用于射频范围传递有用信号的同轴线抗扰度测量。其结构详图示于图 M1。将

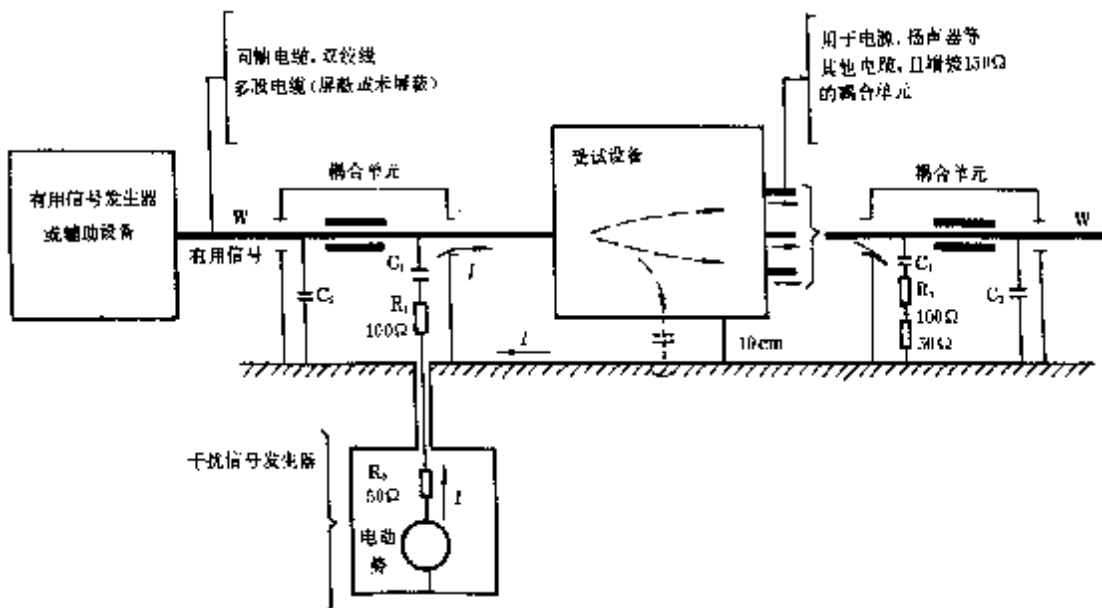
100 Ω 的电阻(与 50 Ω 骚扰信号源形成 150 Ω 的源阻抗)连接到耦合单元同轴输出连接器的屏蔽层上。

M 型: M 型单元用于电源线抗扰度测量。其结构详图示于图 M2。骚扰电流通过连接于两线之间的 100 Ω 等效电阻非对称地注入电源线。这种单元很象 Δ 型人工电源网络,如果从受试设备端看,则呈现 150 Ω 的对称和不对称的等效阻抗。

L 型: L 型单元用于扬声器的引线抗扰度测量,其结构详图示于图 M3。骚扰源阻抗的分布与 M 型单元相同。

S_w 和 S_r 型:这两种类型的耦合单元是为音频、视频和其他辅助设备引线的抗扰度测量而设计的。它们采用多芯型单元,以便适应多种不同芯数、不同结构连接器的测量。如下所述:

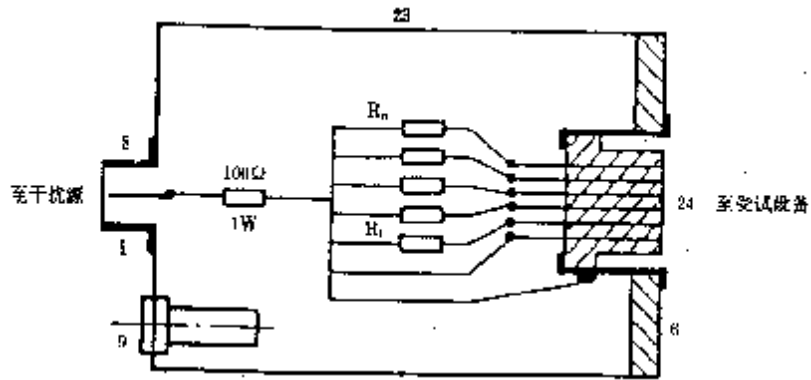
S_w 型:这种单元为音频、射频、控制和其它信号提供通路。这种情况下,为了确保骚扰信号直接注入到受试设备,需要滤波。其结构详图示于图 M4。图中绕在磁环上的屏蔽双芯线,可为音频信号提供简单的滤波。对于多引线电缆,由于结构上的原因,可将引线分成单股后再绕到磁环上(见图 M5)。上述两种情况,骚扰电流通过 100 Ω 的电阻注入到输出连接器屏蔽外壳和接地点以及屏蔽引线的屏蔽层,然后通过电容器注入到其他(未屏蔽的)引线。



1—骚扰电流;L—隔离电缆;C₁、C₂—具有低射频阻抗的电容器
(如果是直流和交流两用的,将 C₁ 短路,C₂ 除去)

图 N1 电流注入方法的一般原理图

S_r 型: S_r 型单元设计用于不要求有信号通路的场合,电缆中所有的引线都应端接匹配的负载阻抗。其结构详图示于图 N2。骚扰电流通过 100 Ω 电阻注入到连接器的接地屏蔽壳和接地插针上,同时也注入到那些接有负载电阻(R₁~R_n)的对应点上。注意图 M4 和图 M5 示出的单元如能正确端接负载也可用于此目的。



6、8、9—见 A 型耦合单元；

23—金属箱 100 mm×55 mm×55 mm；

24—多芯连接器插座；

$R_1 \sim R_n$ —匹配负载阻抗；

例如：用于音频设备的 S_T 型耦合单元的匹配负载阻抗

电磁拾音头：	$2 \times 2.2 \text{ k}\Omega$
晶体拾音头：	$2 \times 470 \text{ k}\Omega$
传声器：	$2 \times 600 \Omega$
调谐器：	$2 \times 47 \text{ k}\Omega$
磁带录音机：	$4 \times 47 \text{ k}\Omega$
音频信号输入/输出端口：	$4 \times 47 \text{ k}\Omega$

图 N2 带有负载阻抗的 S_T 型耦合单元的电路和简化结构示意图

如果骚扰信号发生器的源阻抗不是 50Ω ，就应调整串联电阻的阻值以得到要求的 150Ω 。

图 M1～图 M5 和图 N1、图 N2 示出的射频扼流圈，在 $1.5 \sim 150 \text{ MHz}$ 的频率范围，其电感值为 $30 \mu\text{H}$ ，或 2 个 $60 \mu\text{H}$ 的并联值；在 $0.15 \sim 30 \text{ MHz}$ 频率范围，其电感值为 $280 \mu\text{H}$ ，或 2 个 $560 \mu\text{H}$ 的并联值。附录 M 描述了扼流圈的结构。

为了尽可能地减小耦合单元输出端的分布电容，设计阶段就应引起重视。注意对于那些耦合单元的金属壳体，应采用大截面积铜编织带将其可靠地连接到接地平板。

附加说明：

本标准由全国无线电骚扰标准化技术委员会提出。

本标准由中国电子技术标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人陈俐、王素英、张林昌、蒋全兴、程岗、吴毅、杨盛祥、曲长云、陈义谟。

本标准于 1985 年 6 月首次发布，1995 年 1 月第一次修订。