

中华人民共和国国家军用标准

FL 0110

GJB 151C—2024
代替 GJB 151B—2013

军用设备和分系统 电磁发射和敏感度要求与测量

Electromagnetic emission and susceptibility requirements and measurements
for military equipment and subsystems

2025—01—07 发布

2025—03—01 实施



中央军委装备发展部 颁布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义、代号和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 代号	2
3.3 缩略语	2
4 一般要求	3
4.1 剪裁	3
4.2 非测试方面的要求	3
4.3 测试要求	3
4.4 测试结果的评定	12
5 详细要求	12
5.1 项目分类	12
5.2 项目适用性	12
5.3 项目说明	12
5.4 CE101 25Hz~10kHz 电源线传导发射	14
5.5 CE102 10kHz~10MHz 电源线传导发射	18
5.6 CE106 10kHz~40GHz 天线端口传导发射	20
5.7 CE107 电源线尖峰信号(时域)传导发射	24
5.8 CS101 25Hz~150kHz 电源线传导敏感度	26
5.9 CS102 25Hz~50kHz 地线传导敏感度	30
5.10 CS103 15kHz~10GHz 天线端口互调传导敏感度	32
5.11 CS104 25Hz~20GHz 天线端口无用信号抑制传导敏感度	35
5.12 CS105 25Hz~20GHz 天线端口交调传导敏感度	38
5.13 CS106 电源线尖峰信号传导敏感度	41
5.14 CS109 50Hz~100kHz 壳体电流传导敏感度	43
5.15 CS112 静电放电敏感度	46
5.16 CS114 4kHz~400MHz 电缆束注入传导敏感度	50
5.17 CS115 电缆束注入脉冲激励传导敏感度	56
5.18 CS116 10kHz~100MHz 电缆和电源线阻尼正弦瞬态传导敏感度	58
5.19 CS117 电缆和电源线雷电感应瞬态传导敏感度	62
5.20 RE101 25Hz~100kHz 磁场辐射发射	67
5.21 RE102 10kHz~18GHz 电场辐射发射	70
5.22 RE103 10kHz~40GHz 天线杂散输出辐射发射	76
5.23 RS101 25Hz~100kHz 磁场辐射敏感度	79
5.24 RS103 10kHz~40GHz 电场辐射敏感度	82
5.25 RS105 瞬态电磁场辐射敏感度	87

附录 A (资料性附录)	应用指南	91
附录 B (资料性附录)	输入主电源线线—地电容量的测试方法	99
附录 C (规范性附录)	测量接收机规范	101
附录 D (资料性附录)	各项目对 EUT 的适用性	103
附录 E (规范性附录)	EUT 电源端口传导发射替代法	105
附录 F (资料性附录)	瞬态幅值的测量示例	107
附录 G (规范性附录)	RS101 替代测试法 交流赫姆霍兹线圈法	109
附录 H (规范性附录)	RS103 替代测试法 调谐模式混波室法	112



前 言

本标准代替 GJB 151B—2013 《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量》。

本标准与 GJB 151B—2013 相比，主要有下列变化：

- a) 增加了如下内容：
 - 1) CE107 等项目增加了测试系统检查内容；
 - 2) CS101 项目增加了频域测试法；
 - 3) CS106 项目增加了 10 μ s 测试波形；
 - 4) 新增 CS117 项目；
 - 5) 新增附录 A、附录 B、附录 C 和附录 F。
- b) 删除了 AC 等缩略语。
- c) 修改了如下内容：
 - 1) 引用文件；
 - 2) 术语和缩略语；
 - 3) 一般要求，例如线一地电容、大型机柜或落地式 EUT 的布置等内容；
 - 4) 详细要求，例如 CE101 等项目的适用范围和限值、CS112 等项目的测试方法等内容；
 - 5) 附录 D 等附录。

本标准的附录 C、附录 E、附录 G 和附录 H 是规范性附录，附录 A、附录 B、附录 D 和附录 F 是资料性附录。

本标准由中央军委装备发展部综合计划局提出。

本标准起草单位：工业和信息化部电子第四研究院、东南大学、中国人民解放军 92728 部队、中国船舶集团有限公司第七〇一研究所、中国人民解放军 61569 部队、中国航空综合技术研究所、中国航天科工集团第二研究院二〇三所、中国航空工业集团公司沈阳飞机设计研究所、中国人民解放军陆军工程大学、中央军委联合参谋部频谱管控大队、中国兵器工业集团第二〇一研究所。

本标准主要起草人：陈世钢、汤仕平、项道才、王桂华、胡景森、张 勇、张 炜、徐 慧、王伟科、韩玉峰、雷 虹、朱 赛、石立华、付 君、魏光辉、周忠元、卢西义、李小健。

本标准历次的版本发布情况：GJB 151—1986 和 GJB 152—1986；GJB 151A—1997 和 GJB 152A—1997；GJB 151B—2013。

军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量

1 范围

本标准规定了军用电子、电气及机电等设备和分系统电磁发射和敏感度的要求与测试方法。
本标准适用于军用设备和分系统的论证、设计、生产、试验和订购。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本标准的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本标准，但提倡使用本标准的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1—1部分 无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备

GB/T 17626.21—2014 电磁兼容 试验和测量技术 混波室试验方法

GB/Z 28870—2012 抗电磁干扰软磁铁氧体材料的测量方法

GJB 72B—2023 电磁环境效应术语

GJB 1143A—2017 无线电频谱特性的测量

GJB 5313 电磁辐射暴露限值和测量方法

GJB 8815 电磁兼容测量天线的天线系数校准规范

3 术语和定义、代号和缩略语

3.1 术语和定义

GJB 72B—2023 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1 设备 **equipment**

任何可作为一个完整单元，完成单一功能的电气、电子、机电装置或元件的集合。

[GJB 72B—2023, 定义 3.19]

3.1.2 分系统 **subsystem**

包含两个或两个以上集成单元的系统的一部分。

注：分系统可以单独设计、测试和维护，但不能完全执行系统的特定功能。每一个分系统内的设备或装置在工作时可以彼此分立，安装在固定或移动的台站、运载工具或系统中。为满足电磁兼容性要求，以下均应看作分系统：

- a) 作为独立整体行使功能的许多装置或设备的组合，但并不要求其中的任何一个设备或装置能独立工作；
- b) 设计和集成为一个系统的主要分支，且具有一种功能的设备和装置的集合。

[GJB 72B—2023, 定义 3.18]

3.1.3 内部安装位置 **internal installation**

平台上完全处于屏蔽结构内的设备安装场所。

示例：铝蒙皮飞机中典型的航空电子设备舱、地面车辆金属壳体的内部。

3.1.4 外部安装位置 **external installation**

平台上暴露在外部电磁环境中的设备安装场所。

示例：在座舱盖或风挡上未采取屏蔽处理的飞机驾驶舱、地面车辆金属壳体的外部。

3.1.5 甲板上 **above deck**

舰船外壳外的、持续暴露于外部电磁环境中的所有舰上区域。

3.1.6 甲板下 **below deck**

舰船内周围有金属结构的部位，或对电磁辐射提供足够衰减的部位。

示例：金属船壳、水面舰船的上层结构、潜艇的压力舱以及非金属舰船的屏蔽舱室等。

3.1.7 暴露的甲板下 **exposed below deck**

舰船外壳内具有电大开口的区域，当这些开口打开时，位于这些空间中的设备和电缆将暴露在外部电磁环境中。另外还包括用屏蔽效能不如平台结构的材料所包围的空间，包括并不限于机库、船舱、潜艇压力舱外的上层建筑内部、系泊台、进气室和排气室等。

3.1.8 非开发产品 **non-developmental item**

只需要很少或者不需要再研制即可获得的产品。

3.1.9 安全性关键设备和分系统 **safety critical equipment and subsystems**

性能降级可能导致人员死亡或严重伤害、运载工具或平台损毁的设备和分系统。按订购方的要求来确定设备和分系统是否属于此类产品。

3.1.10 机场维护工作区设备 **flight-line equipment**

飞机起飞前或落地后任何与飞机相连或在飞机旁工作的支持设备。

示例：诊断维护或外场检测设备。

3.1.11 天线端口 **antenna port**

发射机、接收机或放大器用于发射和/或接收射频能量的任何连接器、端子或波导。可以直接连接天线，也可以通过天线耦合器、功率分配器、放大器等间接连接到天线。

3.1.12 互连电缆 **interconnecting cable**

分系统或设备壳体外的所有导线集合，不包括主电源线。

注：互连电缆分类如下：

- a) 电源线：提供电源的导线集合，不包括主电源线；
- b) 信号线：除电源线外的互连导线集合。

[GJB 72B—2023，定义 8.85]

3.1.13 占用带宽 **occupied bandwidth**

发射能量所占用的频带宽度，在低于该带宽的下限频率和高于该带宽的上限频率两端所发射的平均功率均等于给定发射总平均功率的指定百分数。除非另有规定，该百分数取 0.5%。在某些情况下，例如，在多信道分频系统中实际应用占用带宽时，若 0.5%的规定引起困难，允许采用合乎实际需要的其他百分数。

[GJB 72B—2023，定义 6.120]

3.1.14 测试配置边界 **test setup boundary**

测试配置所占区域的边界，测试配置区域内包括受试设备(EUT)的所有外壳、按测试配置要求暴露的互连电缆和主电源线。

3.1.15 军械 **ordnance**

含有一个或多个电爆装置的武器系统、弹药、安全和应急装置及其他设备。

[GJB 72B—2023，定义 7.55]

3.2 代号

本标准中电磁发射和敏感度测试项目用字母和数字的组合 $CE \times \times \times$ 、 $CS \times \times \times$ 、 $RE \times \times \times$ 、 $RS \times \times \times$ 表示，其中 CE 表示传导发射，CS 表示传导敏感度，RE 表示辐射发射，RS 表示辐射敏感度， $\times \times \times$ 表示测试项目序号的三位阿拉伯数字。

3.3 缩略语

ASW ——反潜战；

EUT ——受试设备；

EIRP ——等效各向同性辐射功率；
 ESD ——静电放电；
 FFT ——快速傅立叶变换；
 LISN ——线路阻抗稳定网络；
 SCES ——安全性关键设备和分系统。

4 一般要求

4.1 剪裁

对于在特定系统或平台内使用的设备或分系统，当具体电磁环境和工程分析表明本标准的要求不完全适用时，可对本标准的要求进行剪裁，加严或放宽要求，在满足整个系统性能的前提下，提高费比。剪裁对成本和进度等方面可能会产生影响。当要求被剪裁后，可根据各具体应用对本标准中的测试方法进行相应的调整，但需得到订购方的批准。剪裁的内容应列入设备或分系统的规范、合同或相关订购文件中。有关剪裁方面的信息，参见附录 A。

4.2 非测试方面的要求

4.2.1 滤波(仅适用于海军)

应尽量少用线—地之间的滤波器。当必须使用线—地滤波器时，应对各线—地的电容量进行限制。对于 50Hz 的设备，应小于 $0.07\mu\text{F}$ ；对于 400Hz 的设备，应小于 $0.02\mu\text{F}$ 。对于直流电源供电的设备，在用户接口处，各极性电源线对地的电容量应不超过所连接负载的 $0.075\mu\text{F}/\text{kW}$ ；对于小于 0.5kW 的直流负载，滤波器电容量应不大于 $0.03\mu\text{F}$ 。

有关线—地电容量的测量方法，参见附录 B。

4.2.2 自兼容性

当设备或分系统内所用的单元或装置在其设计要求范围内正常工作时，设备或分系统的工作性能不应降低或出现故障。

4.2.3 非开发产品

4.2.3.1 研制单位自选的产品

当证实研制单位自选的某项产品是造成设备或分系统不能满足本标准要求的主要原因时，应对该产品进行修改、更换或采取干扰抑制措施，以最终满足本标准要求。

4.2.3.2 订购方规定的产品

当研制单位证实订购方规定的某项产品是造成某设备或分系统不能满足本标准要求的主要原因时，在测试报告中应包括不符合本标准要求的数据。未经订购方批准，不应对该产品进行修改、更换或采取电磁干扰抑制措施。

4.2.3.3 订购满足其他电磁兼容性要求的设备或分系统

如果订购的设备或分系统在电气和机械上与以前的相同，则订购的设备或分系统应满足以前的电磁兼容性要求和有关限值，除非订购方另有规定。

4.2.4 可更换模块类设备

可更换模块类设备应与其主机(或母单元)一同试验以评定其是否满足本标准的要求。

4.3 测试要求

4.3.1 概述

应根据本章描述的一般要求以及第 5 章规定的详细测试方法确定军用设备和分系统电磁发射和敏感度的符合性。与本标准偏离的内容应记录在测试报告中。

4.3.2 允差

除非测试项目另有规定，否则允差应满足如下要求：

- a) 距离：±5%；
- b) 频率：±2%；

- c) 幅度：测量接收机，±2dB；测试系统(包括测量接收机、传感器、电缆等)，±3dB；
- d) 时间(波形)：±5%；
- e) 电阻：±5%；
- f) 电容：±20%。

4.3.3 屏蔽室和射频吸波材料

为防止 EUT 和外部环境互相影响，试验通常在屏蔽室内进行。屏蔽室应具有足够的屏蔽效能以满足 4.3.5 的要求；其尺寸应足够大，至少应满足 4.3.9 的 EUT 测试配置要求以及 RE102、RE103 和 RS103 等有关测试方法中对天线布置位置的要求。

当在屏蔽室内进行辐射发射和辐射敏感度测试时，为减小电磁波的反射，提高准确度和重复性，屏蔽室内壁应敷设射频吸波材料。射频吸波材料应位于 EUT 上面、后面和两侧面以及发射和接收天线后面，如图 1 所示。吸波材料的性能如表 1 所示。

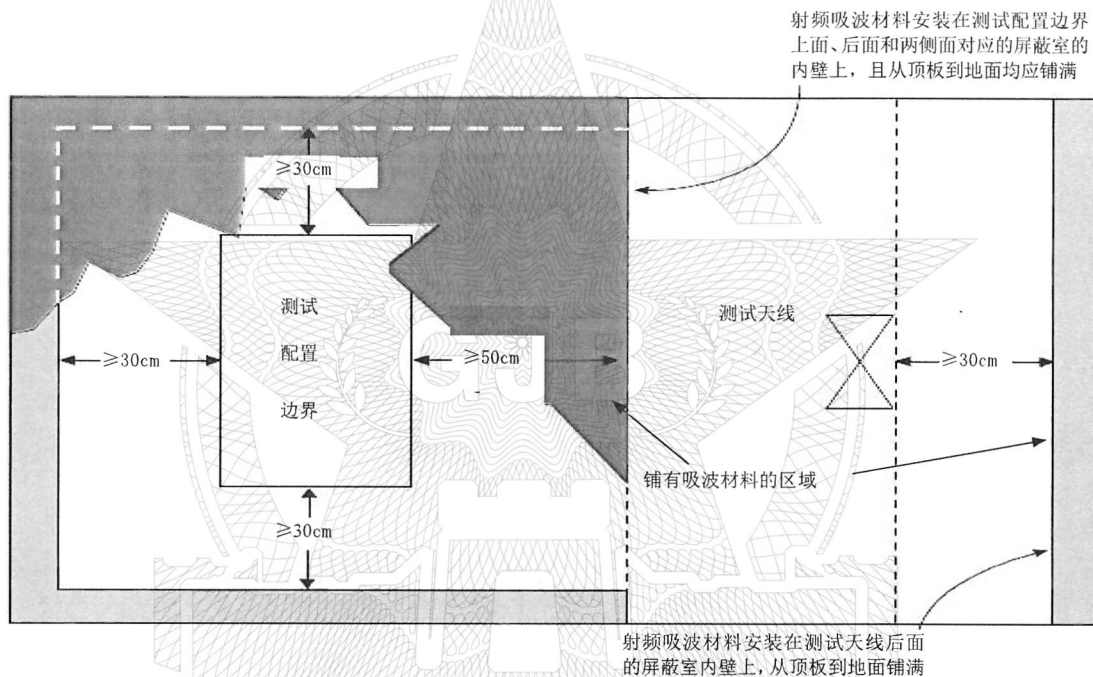


图 1 射频吸波材料安装图

表 1 垂直入射角的吸收损耗

频率 (MHz)	吸收损耗 (dB)
80~250	≥6
>250	≥10

4.3.4 其他测试场地

如果使用其他测试场地，电磁环境电平应满足 4.3.5 的要求。

4.3.5 电磁环境电平

当在屏蔽室内进行发射类项目测试时，在 EUT 断电但所有辅助设备通电时测得的电磁环境电平至少低于规定的限值 6dB。应在断开 EUT 但连接一个电阻性负载的情况下进行电源线上传导环境电平的测量，流经该电阻性负载的电流与 EUT 的额定电流相同。

如果在屏蔽室外进行测试，则应在电磁环境电平处于相对较低点的时间和条件下进行测试，并在测试报告中记录电磁环境电平。电磁环境电平不应影响测试结果。

4.3.6 接地平板

4.3.6.1 概述

EUT 应安装在模拟实际情况的接地平板上。如果实际情况未知，或有多种安装形式时，则应使用金属接地平板。除非另有规定，接地平板的面积不小于 2.25m^2 ，其短边不小于 0.76m 。如果 EUT 安装中不存在接地平板时，EUT 应放在非导电测试台上。

4.3.6.2 金属接地平板

当 EUT 安装在金属接地平板上时，接地平板的表面电阻应不大于 $0.1\text{m}\Omega/\square$ （最小厚度：紫铜板 0.25mm ，黄铜板 0.63mm ，铝板 1mm ）。金属接地平板与屏蔽室之间直流搭接电阻不大于 $2.5\text{m}\Omega$ 。图 2～图 5 所示金属接地平板应搭接到屏蔽室屏蔽壁上或地板上，搭接间隔不大于 1m 。金属搭接条应是实心金属条，长宽比不大于 $5:1$ 。

在屏蔽室外测试时，地面金属接地平板在测试配置边界的每个方向上至少应超过 2.5m 。

注：表面电阻在数值上等于正方形材料对边之间的直流电压与通过电流之比，与正方形大小无关，单位为 Ω/\square ，又称方块电阻。

4.3.6.3 复合接地平板

当 EUT 安装在导电性复合材料的接地平板上时，则本标准中使用的接地平板的表面电阻应与实际安装的材料相同，并用适合于该接地平板材料的搭接方法将其搭接到屏蔽室上。

在金属(铜)或复合材料接地平板上进行的测试表明，二者在电磁耦合测试结果上有差别。因此，应尽可能复现实际的安装条件。在某些情况下，如果同一 EUT 的不同单元分别安装在不同的材料上，则测试配置应按照实际安装情况采用几种接地平板。

4.3.7 电源阻抗

除非另有说明，本标准所有测试方法都使用 LISN 来隔离电源干扰并为 EUT 提供规定的电源阻抗。LISN 的电源端口与试验场地供电电源连接，其 EUT 端口与 EUT 的输入主电源线连接。LISN 不应用于 EUT 的输出电源线。

LISN 应与试验接地平面或设施地面搭接，且直流搭接电阻不超过 $2.5\text{m}\Omega$ 。

LISN 电路应符合图 6，其阻抗特性应符合图 7。LISN 的信号输出端口应端接 50Ω 负载。

对大电流负载、长度较短的电源配电网或高位线自带专门回线(相较利用平台金属结构作为回线而言)等情况，可采用 $5\mu\text{H}$ LISN 进行测试，但需订购方同意。

在下列条件下测量 LISN 阻抗特性：

- 在 LISN 负载端电源输出线与 LISN 金属壳体之间测试阻抗；
- LISN 的信号输出端口端接 50Ω 负载；
- LISN 的电源输入端空载。

因使用 LISN 以致不能为 EUT 正常供电时，需要采取措施(例如使用降压较小的滤波器等)。

4.3.8 一般测试注意事项

4.3.8.1 辅助设备

测试中使用的辅助设备不应影响测试结果。

4.3.8.2 人员及设备

测试区内应没有无关的人员、设备、电缆架和桌子等。只有必须参与测试工作的人员才允许进入屏蔽室内；只有测试必须使用的设备才能放到测试区或屏蔽室内，且辐射测试时，已用过或还没用过的所有设备和附属设备，包括天线，都应从屏蔽室中移除。

4.3.8.3 过载防护

使用前置放大器、无预选器的接收机或有源传感器等设备时要预防过载。为消除过载，可改变测试

仪器的状态或更换测试仪器，例如关掉前置放大器、增大衰减或更换量程更大的仪器等。

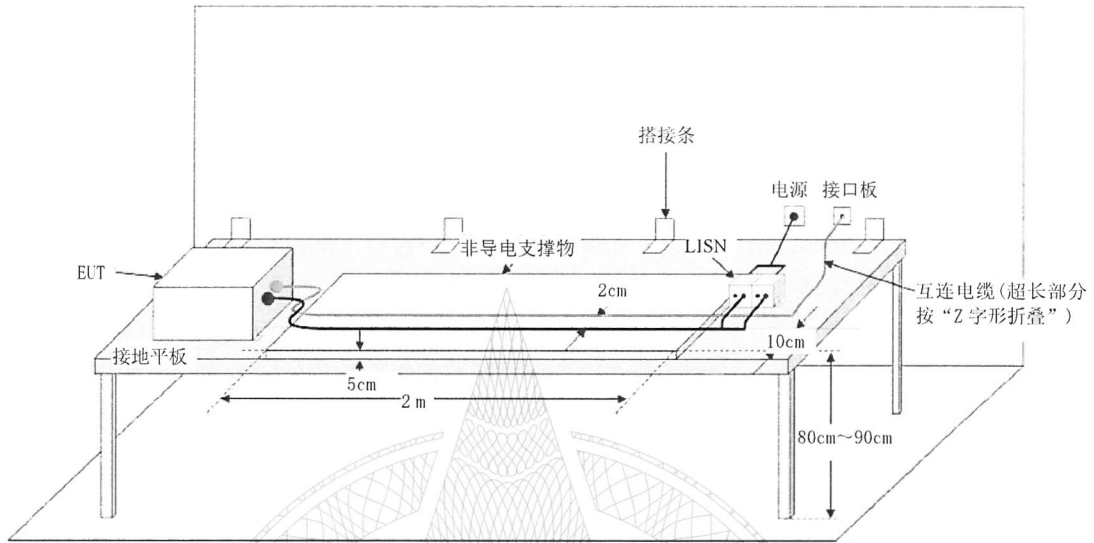


图 2 一般测试配置

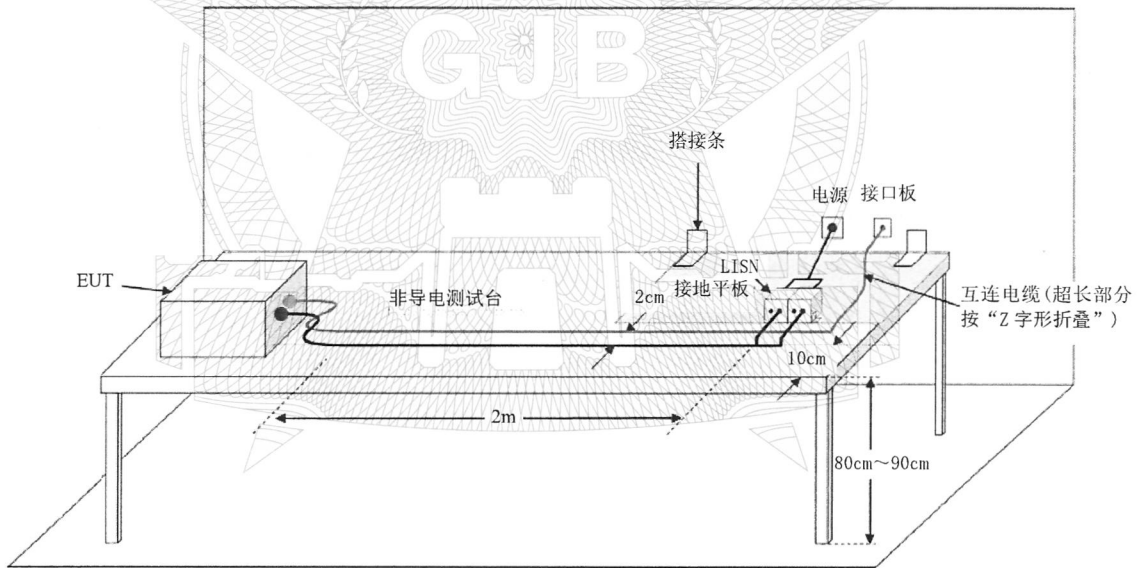


图 3 在非导电表面上放置 EUT 的测试配置

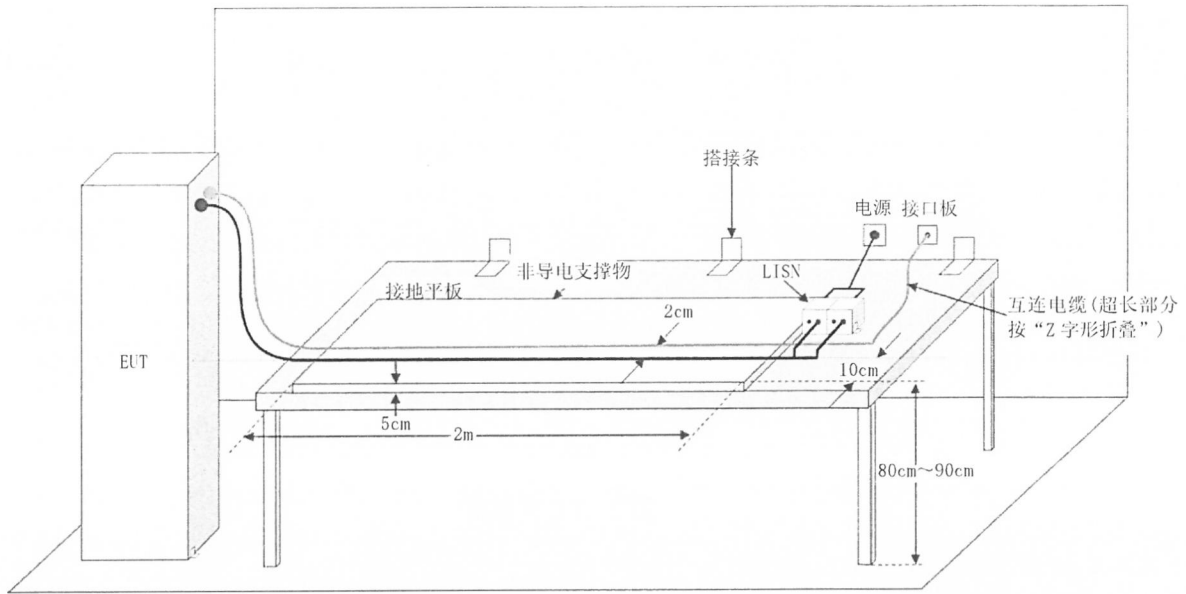
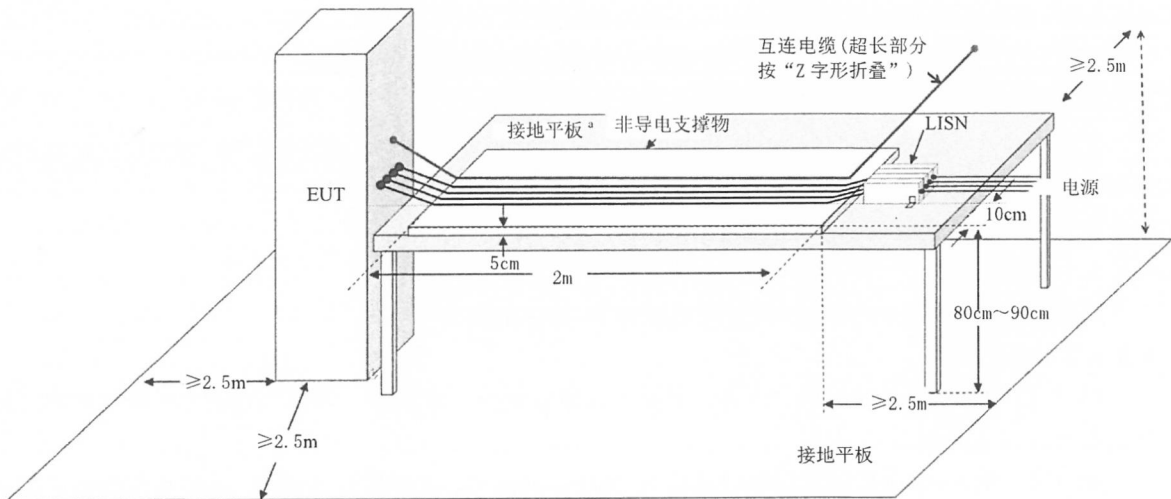


图4 屏蔽室内落地式 EUT 的测试配置



^a 测试台上的接地平板按 4.3.6.2 搭接。

图5 屏蔽室外落地式 EUT 的测试配置

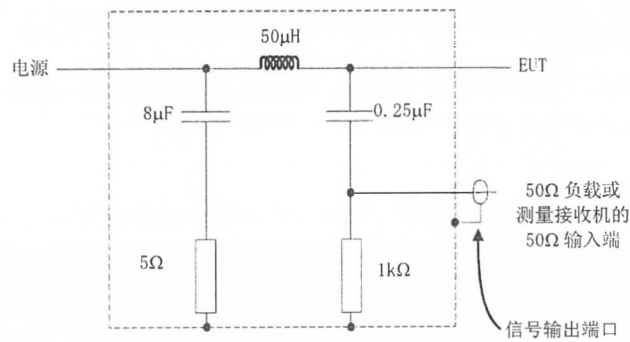


图6 LISN 电路图

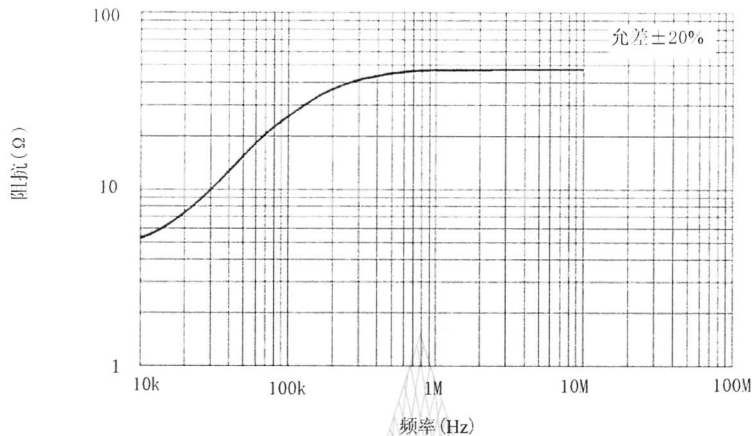


图7 LISN 阻抗

4.3.8.4 射频危害

为防止测试期间人员可能意外遭受射频照射的危害，人员活动区域的电磁辐射应满足 GJB 5313 的要求。否则，应采取安全防护措施。

4.3.8.5 电击危害

对有潜在危险电压的测试项目，参试人员应遵守相关的安全防护要求。

4.3.8.6 频谱管理

当测试中产生的高电平信号可能与频谱管理机构批准的指配频率相互干扰时，则测试应在屏蔽室内进行。当在外场进行测试时，应满足频谱管理的相关规定。

4.3.9 EUT 测试配置

4.3.9.1 概述

除非另有规定，EUT 的测试配置应符合图 1~图 5 的要求。

4.3.9.2 EUT

EUT 的硬件和软件应具有代表性，并处于典型功能的工作状态。可以为软件补充辅助程序以便使其具有性能评估的能力。

测试时针对 EUT 采取的任何临时措施(例如增加滤波器、机壳外部贴铜箔、电缆采用防波套或磁环等)都应记录在测试报告中。

4.3.9.3 EUT 的搭接

只有 EUT 设计和安装说明中有规定时，设备外壳才能与安装基座等搭接在一起或将其搭接在接地平板上。搭接条应与安装说明或设备规范中的规定相符。在测试前，应验证 EUT 的搭接是否符合要求。

4.3.9.4 带减震器的安装架

如果 EUT 安装时使用了带减震器的安装架，则 EUT 应固定在该安装架上。安装架随配的搭接条应搭接到接地平板上。当安装架没有搭接条时，则不应使用搭接条。

4.3.9.5 安全地

当 EUT 具有与安全地连接的外部端子、接头插针或设备接地导体并用于实际安装时，应将其连接到接地平板上。其布置及长度应满足 4.3.9.7.2 的要求。

4.3.9.6 EUT 朝向

应将 EUT 产生最大辐射发射的表面或对辐射信号最易产生响应的表面朝向测试天线。

台式 EUT 应安装在距接地平板前边沿 $10\text{cm} \pm 2\text{cm}$ 处，以便为 4.3.9.7.2 和 4.3.9.7.3 中电缆的敷设提

供足够的空间。

4.3.9.7 EUT 电缆的结构和敷设

4.3.9.7.1 概述

电缆的结构和类型应模拟实际使用情况。仅在安装要求中有规定时才使用屏蔽电缆，或在电缆内使用屏蔽线，但输入主电源线(包括回线和地线)不应屏蔽。按安装要求检查电缆，确定是否按规定使用了电缆，例如双绞、屏蔽和屏蔽端接等。测试报告中应提供电缆的布置信息。

4.3.9.7.2 互连线和互连电缆

单根导线应按实际安装中同样的方式组合成电缆。测试配置中互连电缆的总长度应与实际平台安装的长度一致(电缆长度超过 10m 时至少取 10m 长)。当没有规定电缆长度时，电缆应足够长以满足以下规定的条件：与 EUT 连接的每根互连电缆的至少首个 2m 线段(除非实际安装中的电缆长度比 2m 短)应平行于配置前边界敷线，剩余长度的电缆放在接地平板上方 5cm 处，按“Z”字型折叠，并尽量避免重叠和交叉，然后垂直于 2m 线段向测试区后面布置(需要时接至接口板)(见图 2 和图 3)。

当配置中使用的电缆不止一根时，则各电缆按外表皮间距 2cm 布置。

对于使用接地平板的台式布置，离前边界最近的线缆应放置在距接地平面前边沿 10cm 处的位置；所有电缆都放在接地平板上 5cm 厚的非导电支撑物上。

当 EUT 为大型机柜，电缆从顶部或靠近顶部走线时，电缆应下垂至测试台接地平板，平行于边界前缘走线 2m。当 EUT 为落地式设备，电缆从顶部走线时，应使电缆下垂至测试台接地平板，平行于边界前缘走线 2m；当电缆从底部走线，则应将其向上引至测试台接地平板，平行于边界前缘走线 2m。

4.3.9.7.3 输入主电源线

输入(主)电源是指由系统平台直接提供的电源。输入主电源线指直接与输入(主)电源连接的 EUT 电源线。

2m 长输入主电源线(包括中线或回线)应与测试配置边界前边沿平行，方式同互连电缆。

每根输入主电源线，包括中线或回线都应连接到 LISN 上。

在实际安装中作为互连电缆一部分的电源线应从线束中剥离出后(如果电缆是屏蔽电缆，则其中的受试电源线应从电缆屏蔽层中剥离出来)连接到 LISN。电源线暴露 2m 长度后以最短距离连接到 LISN。从 EUT 连接器到 LISN 的电源线总长度不应超过 2.5m，电缆从大型机柜或落地式 EUT 顶部或者底部走线的除外，其电源线总长度可以超过 2.5m，但需保持最短。

所有电源线都放在接地平板上 5cm 厚的非导电支撑物上。

当电源线在实际安装中为双绞时，则它们在连接到 LISN 以前也应双绞。

对于用外置电源适配器供电的 EUT，外置电源适配器输入主电源线按上述要求布置；其输出电源线也将 2m 长度的电源线(超过 2m 长时，按“Z”字形在中部折叠为 2m 长；不够 2m 长度时按实际长度展开)与测试配置边界前边沿平行布置后接至 EUT 本体。

4.3.9.8 电气和机械接口

所有的电气输入和输出接口，应连接到安装在平台上的实际设备上，或连接到能模拟实际安装中呈现的电特性(阻抗、接地、平衡、功率等)的负载上。应将输入信号施加到有关接口上以使 EUT 所有电路工作。具有机械输出的 EUT 应加载。当在实际安装中存在可变的电气或机械负载时，则应在预期最恶劣情况下测试。当使用有源电气负载(如测试设备)时，应采取措​​施以保证有源负载既满足 4.3.5 的要求，又不对敏感度测试信号产生响应。对天线可拆卸的 EUT，应用屏蔽匹配负载端接其天线端口。

4.3.10 EUT 的工作

4.3.10.1 概述

测试开始前，应先给 EUT 及相关辅助设备通电预热，待其达到稳定工作状态后才开始测试。

对发射测试，EUT 应工作在最大发射的状态；对敏感度测试，EUT 应工作在最敏感的状态。对具

有几种不同状态(包括用软件/固件控制的状态),应对发射和敏感度进行足够的多种状态测试,以便对所有电路进行评估。

4.3.10.2 可调谐射频设备的工作频率

测试应在下述情况下进行:在每个调谐频段、可调谐单元或固定频道范围之内,EUT 都应工作在不少于三个频率上。其中一个是频带的中心频率,另外两个是距每个频带或频道范围高端-5%、低端+5%的频率。

4.3.10.3 扩频设备的工作频率

两种典型扩频设备的工作频率要求如下:

- a) 跳频。测试应至少在 EUT 整个可用频率组 30%的跳频模式下进行。跳频在 EUT 的工作频率范围内等分成低、中和高三段;
- b) 直接序列。测试应在 EUT 以可能的最高数据传输速率处理数据条件下进行。

4.3.10.4 敏感度监测

在敏感度测试期间应监测 EUT 的主要性能是否降低或误动作。监测通常使用机内自检(BIT)、图像和字符显示、声音输出以及其他信号输出和接口的测试来实现。允许在 EUT 中安装专门电路来监测 EUT 的性能,但这些改动不应影响测试结果。

4.3.11 测试设备的使用

4.3.11.1 概述

测试设备应符合本标准各测试方法中的相关规定。

任何选频测量接收机,只要其性能(如灵敏度、带宽、检波器、动态范围和工作频率等)满足本标准规定的要求,都可用于本标准规定的测试。对于使用快速傅立叶变换(FFT)时域测量技术的接收机(以下简称 FFT 接收机),只要其用户界面如步进调谐接收机那样,能对表 2 的参数直接控制和验证,且不能直接控制 FFT 功能时,则也允许使用 FFT 接收机进行测试。表 2 中规定的驻留时间为总的采样时间,不包括任何处理时间。测量接收机应满足附录 C 的要求。

示波器及其探头应具有足够的带宽、取样速率、动态范围等性能参数,能满足测试的需求。

测试开始前,应先给相关测试设备通电预热,待其达到稳定工作状态后才开始测试。

表 2 带宽及测量时间

频率范围	6dB 带宽 kHz	驻留时间		最小测量时间 ^a (模拟调谐式测量接收机)
		步进—调谐式接收机 ^a s	FFT 接收机 (s/测量带宽)	
25Hz~1kHz	0.01	0.15	1	0.015s/Hz
1kHz~10kHz	0.1	0.02	1	0.2s/kHz
10kHz~150kHz	1	0.02	1	0.02s/kHz
150kHz~10MHz	10	0.02	1	2s/MHz
10MHz~30MHz	10	0.02	0.20	2s/MHz
30MHz~1GHz	100	0.02	0.20	0.2s/MHz
>1GHz	1000	0.02	0.02	20s/GHz

^a 可选的扫描技术:在使用最大值保持功能且总扫描时间不小于以上规定的最小测量时间时,可以用多次扫描速度更快的扫描替代。

4.3.11.2 检波器

在频域进行的发射和敏感度测试都应使用峰值检波器。峰值检波器在接收机通带内检测调制包络的

峰值。接收机采用能产生相同峰值指示的正弦波的均方根值定标。当具有其他检波方式的测量仪器(如示波器、非选频电压表或宽带场强仪等)用于敏感度测试时,需对测量值加以修正,以便将读数修正为调制包络峰值的等效均方根值。修正因子可以通过比较检波器对有、无调制情况下具有相等峰值电平信号的响应来确定。

4.3.11.3 计算机控制的仪器

应在测试报告中提供测试软件的制造商、型号、版本。

4.3.11.4 发射测试

4.3.11.4.1 带宽

发射测试应采用表 2 中给出的测量接收机带宽。该带宽是接收机总选择性曲线 6dB 带宽。不应使用视频滤波器限制接收机响应。如果接收机有可控的视频带宽,则应将它调到最大值。

4.3.11.4.2 发射鉴别

所有的发射不管其特性如何,无需对其进行宽窄带信号鉴别,都应采用表 2 中规定的测量接收带宽进行测试,并与本标准中的限值相比较。

4.3.11.4.3 频率扫描

对于发射测试,每个适用的试验都应在整个频率范围内进行扫描。模拟式测量接收机的最小测量时间如表 2 所示。数字式接收机扫频步长应不大于半个带宽,且驻留时间符合表 2 规定。当表 2 的规定不足以捕捉 EUT 的最大发射时,应增加扫频时间。

4.3.11.4.4 发射数据记录

发射数据的幅度—频率曲线应在测试时连续、自动地生成并显示。显示的信息应计入所有的修正因子(传感器、衰减器、线缆损耗及类似的因子)并包括相应的限值。绘制的发射测试曲线应具有被测频率的 1%或两倍于测量接收机带宽的频率分辨率(取大者),最小幅度分辨率为 1dB。

4.3.11.5 敏感度测试

4.3.11.5.1 频率扫描

对于敏感度测试,应对每个适用的试验在整个频率范围内进行扫描。在敏感度扫描测试中,信号发生器的扫频速率和频率步长应不大于表 3 所示的值。速率和步长用信号发生器调谐频率 f_0 的倍乘因子表示。模拟式扫描指连续调谐的扫描,步进式扫描指依次调谐在离散频率点上的扫描。对步进式扫描,在每一调谐频率上至少驻留 3s 或 EUT 的响应时间(取大者)。为观察到可靠的响应,必要时降低扫描速率和步长。

表 3 敏感度扫描参数

频率范围	模拟式扫描最大扫描速率	步进式扫描最大步长
25Hz~1MHz	$0.0333 f_0/s$	$0.05 f_0$
1MHz~30MHz	$0.00667 f_0/s$	$0.01 f_0$
30MHz~1GHz	$0.00333 f_0/s$	$0.005 f_0$
1GHz~40GHz	$0.00167 f_0/s$	$0.0025 f_0$

4.3.11.5.2 敏感度信号的调制

CS114 的敏感度测试信号采用 1kHz、50%占空比的脉冲调制信号和单频连续波信号。RS103 的敏感度测试信号采用 1kHz、50%占空比的脉冲调制信号。脉冲调制信号开/关比不小于 40dB,调制脉冲的上升时间和下降时间不大于 20ns;上升时间和下降时间指脉冲瞬时值分别从脉冲 10%幅值到 90%幅值、从脉冲 90%幅值到 10%幅值所经历的时间间隔。

如果订购方另有规定,可采用订购方规定的调制方式。

注：连续波用上述脉冲调制后，高电平和低电平各占一半时间。高电平时有信号输出，用“开”表示，低电平时无信号输出，用“关”表示。理论上，低电平应为零伏，但实际上会有残余分量。本标准用“开/关比”参数来限制残余分量的大小。

4.3.11.5.3 敏感度判据

应在产品规范或测试大纲中规定敏感度判据。测试报告中应记录敏感度判据。

4.3.11.5.4 敏感度门限电平

应记录测试过程中出现的所有敏感和异常。当 EUT 在测试中出现敏感现象时，应在敏感现象刚好不出现的情况下确定敏感度门限电平。应按如下步骤确定敏感度门限电平并写入测试报告中：

- a) 当敏感现象出现时，降低干扰信号电平直到 EUT 恢复正常；
- b) 在出现敏感的频带内，手动调谐，通过减小步长的方式，确定最敏感频点；
- c) 继续降低干扰信号电平 6dB；
- d) 逐渐增加干扰信号电平直到敏感现象刚好重复出现，此时干扰信号电平即为敏感度门限电平；
- e) 记录敏感度门限电平、频率范围、最敏感的频率及其电平、其他适用的测试参数。

4.3.12 测试设备的计量

4.3.12.1 概述

本标准测量所要求的测试设备和附件应按国家和军队有关规定计量。除非另有规定，天线、电流探头、LISN 等无源装置及测量路径中的其他装置每两年应至少计量一次，杆天线和电场探头等有源装置应每年计量。

4.3.12.2 测量系统的检查

在每次测试开始前，应对测试系统按照各项测试方法的规定，通过注入一个已知信号，监测系统的输出来确认系统是否正常。对于用相同的设备进行多次、不间断的重复性测试，例如对 EUT 不同工作状态的测试，系统只需检查一次。

4.3.12.3 天线系数

测量天线的天线系数按 GJB 8815-2015 校准。

4.4 测试结果的评定

本标准中，对测试结果的评定以直接测试数据为准，不需考虑测量不确定度。

对于电磁发射测试项目，测试结果小于或等于限值时为符合要求。对于电磁敏感度测试项目，施加的干扰信号不小于规定值且 EUT 满足敏感度判据时为符合要求。

5 详细要求

5.1 项目分类

本章规定了电磁发射和敏感度各项目的详细要求、限值和测试方法，并将项目分为 CE、CS、RE 和 RS 四类。各项目的编号及名称见表 4。

5.2 项目适用性

安装在各军用平台上设备或分系统的项目要求见表 5。

如果某设备或分系统可安装于多种平台或有多种安装条件，则应选择其中最严的适用要求和限值。

5.3 项目说明

所有频域限值都用等效正弦波均方根值表示。

通常，测试方法适用于项目规定的整个频率范围，但某些测试项目的频率适用范围和限值取决于特定的平台和安装条件。

试验在 EUT 上的不同部位(例如壳体、输入主电源线、互连电缆等)上进行，各项目对 EUT 的适用性参见附录 D。

表 4 电磁发射和敏感度测试项目

项目编号	名称
CE101	25Hz~10kHz 电源线传导发射
CE102	10kHz~10MHz 电源线传导发射
CE106	10kHz~40GHz 天线端口传导发射
CE107	电源线尖峰信号(时域)传导发射
CS101	25Hz~150kHz 电源线传导敏感度
CS102	25Hz~50kHz 地线传导敏感度
CS103	15kHz~10GHz 天线端口互调传导敏感度
CS104	25Hz~20GHz 天线端口无用信号抑制传导敏感度
CS105	25Hz~20GHz 天线端口交调传导敏感度
CS106	电源线尖峰信号传导敏感度
CS109	50Hz~100kHz 壳体电流传导敏感度
CS112	静电放电敏感度
CS114	4kHz~400MHz 电缆束注入传导敏感度
CS115	电缆束注入脉冲激励传导敏感度
CS116	10kHz~100MHz 电缆和电源线阻尼正弦瞬态传导敏感度
CS117	电缆和电源线雷电感应瞬态传导敏感度
RE101	25Hz~100kHz 磁场辐射发射
RE102	10kHz~18GHz 电场辐射发射
RE103	10kHz~40GHz 天线杂散输出辐射发射
RS101	25Hz~100kHz 磁场辐射敏感度
RS103	10kHz~40GHz 电场辐射敏感度
RS105	瞬态电磁场辐射敏感度

表 5 测试项目对各安装平台的适用性

项目		设备和分系统的安装平台								
		水面舰船	潜艇 ^a	陆军飞机 ^b (包括机场维护工作区)	海军飞机	空军飞机	空间系统 (含航天器和运载火箭等)	陆军地面	海军地面	空军地面
项目适用性	CE101	A	A	A	L	/	S	/	/	/
	CE102	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CE106	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	CE107	S	S	S	S	S	S	S	S	S

表 5(续)

项目	设备和分系统的安装平台									
	水面舰船	潜艇 ^a	陆军飞机 ^b (包括机场维护工作区)	海军飞机	空军飞机	空间系统 (含航天器和运载火箭等)	陆军地面	海军地面	空军地面	
项目适用性	CS101	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CS102	L	L	S	S	S	S	S	S	S
	CS103	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CS104	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CS105	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	CS106	A	A	A	A	A	S	S	S	S
	CS109	L	L	/	/	/	/	/	/	/
	CS112	L	L	A	A	A	A	A	A	A
	CS114	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CS115	S	S	A	A	A	A	A	A	A
	CS116	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CS117	L	S	L	L	L	L	S	S	S
	RE101	A	A	A	L	/	S	/	/	/
	RE102	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	RE103	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	RS101	L	L	A	L	/	S	L	L	/
	RS103	A	A	A	A	A	A	A	A	A
RS105	L	L	S	L	S	S	S	L	S	
A 表示该项目适用；L 表示该项目有条件适用，具体条件见本标准中的相关条款；S 表示该项目由订购方规定是否适用；/ 表示该项目不适用。 本标准中，陆军、海军、空军不是指订购方，而是依据使用场景确定的平台。										
^a 包括其他水下平台。										
^b 主要指旋翼类飞机。										

5.4 CE101 25Hz~10kHz 电源线传导发射

5.4.1 适用范围

本项目适用于水面舰船、潜艇、陆军飞机(包括机场维护工作区)和海军飞机上的设备输入主电源线,包括回线,这些电源线由 EUT 以外的外部电源供电,其中:

——对陆军飞机(包括机场维护工作区)上使用交流电源的设备,本项目的起始频率从电源频率的二次谐波开始。

——对海军飞机,当其上安装了工作在 25Hz~10kHz 的 ASW 设备,例如声呐或磁异常探测器等时,本项目才适用。对于使用交流电源的设备,本项目的起始频率从电源频率的二次谐波开始。

当订购方有规定时,本项目也适用于空间系统。

对大电流负载、长度较短的电源配电网或高位线自带专门回线(相较利用平台金属结构作为回线而言)等情况,使用 50 μ H LISN 导致 EUT 不能正常工作时,可用附录 E 中的替代方法,但需订购方同意。

5.4.2 限值

电源线传导发射应不超过图 8~图 11 中的限值,其中图 8~图 10 适用于水面舰船和潜艇,图 11 适用于海军 ASW 飞机、陆军飞机(包括机场维护工作区);当订购方有规定时,图 11 还适用于空间系统。

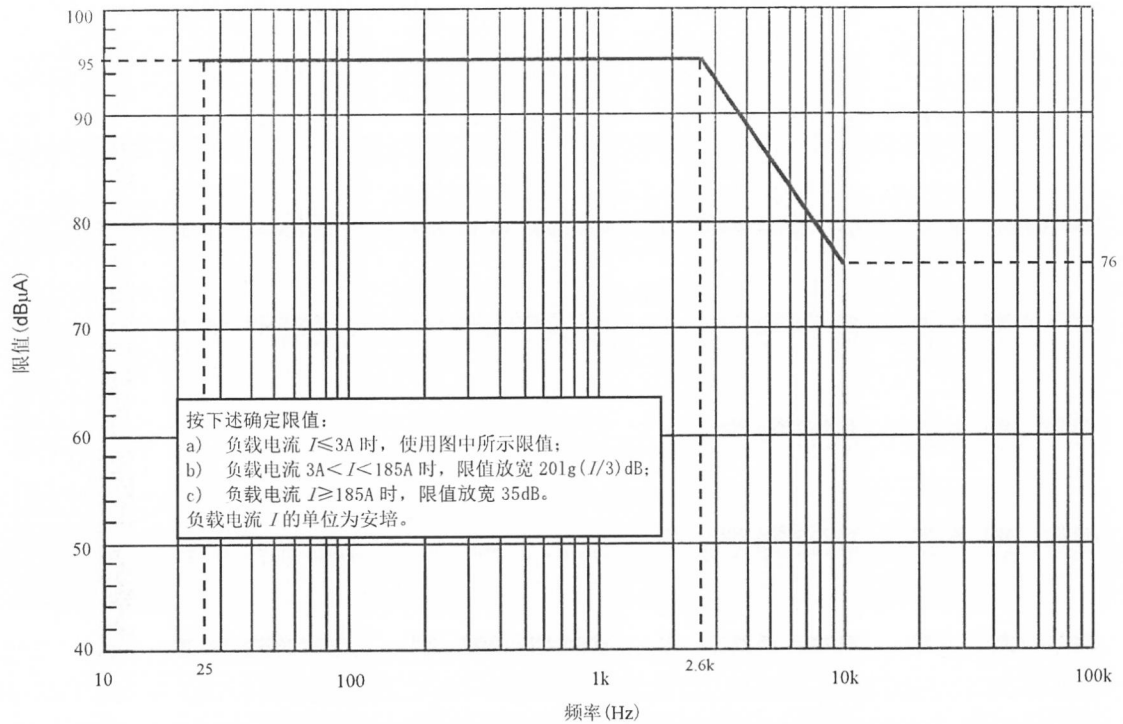


图 8 适用于水面舰船和潜艇的 CE101 限值(直流)

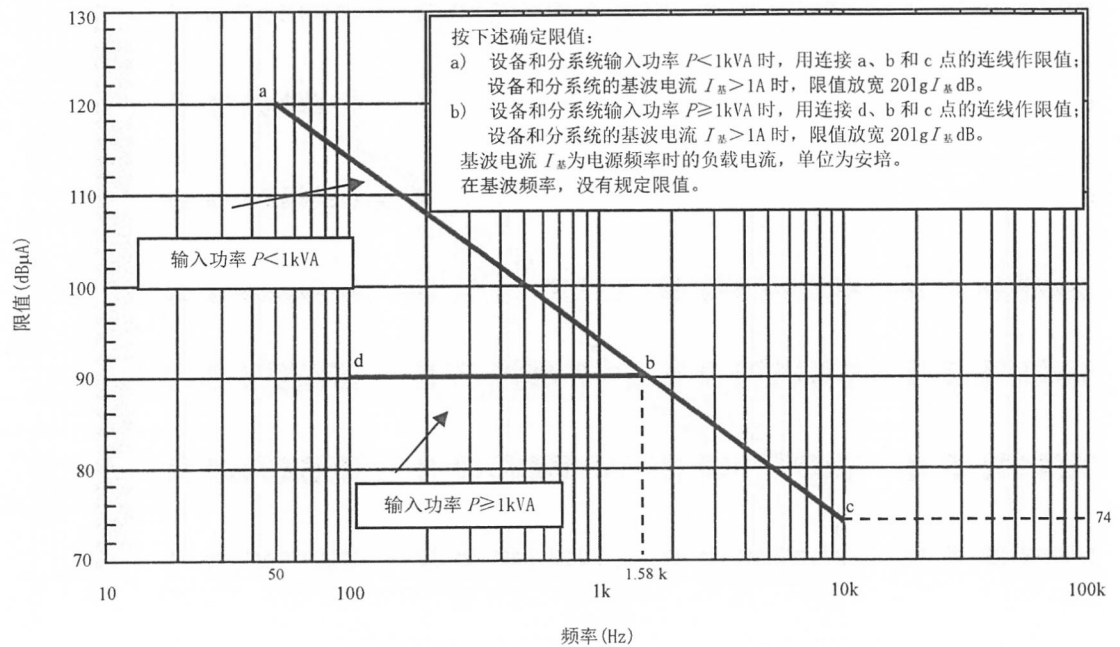


图 9 适用于水面舰船和潜艇的 CE101 限值(50Hz)

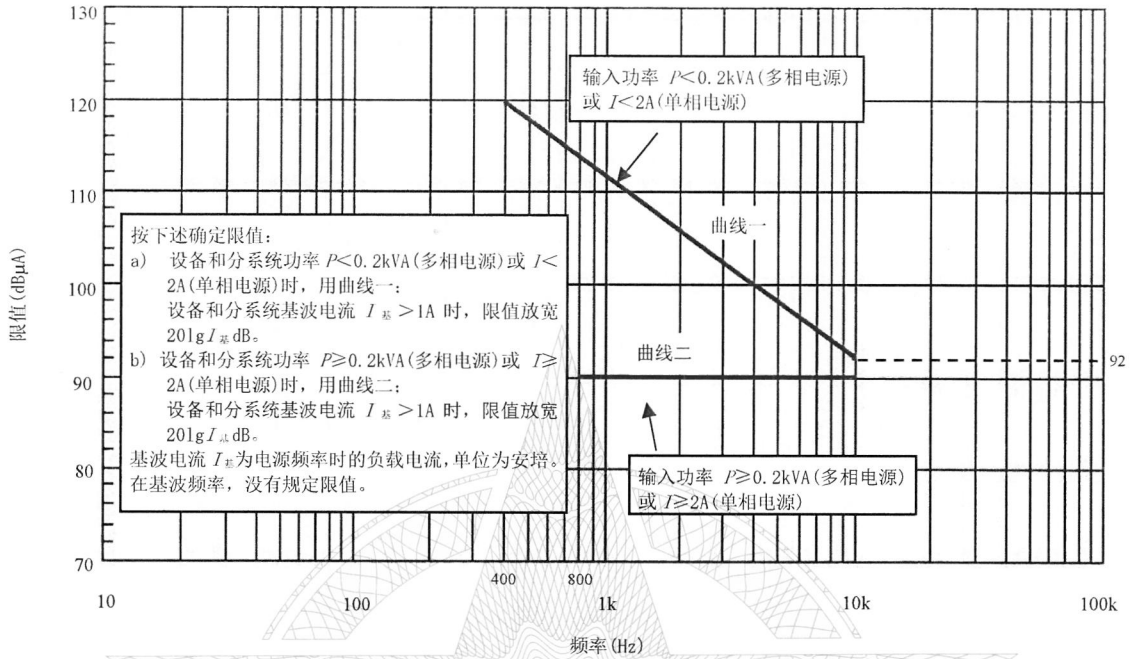


图 10 适用于水面舰船和潜艇的 CE101 限值 (400Hz)

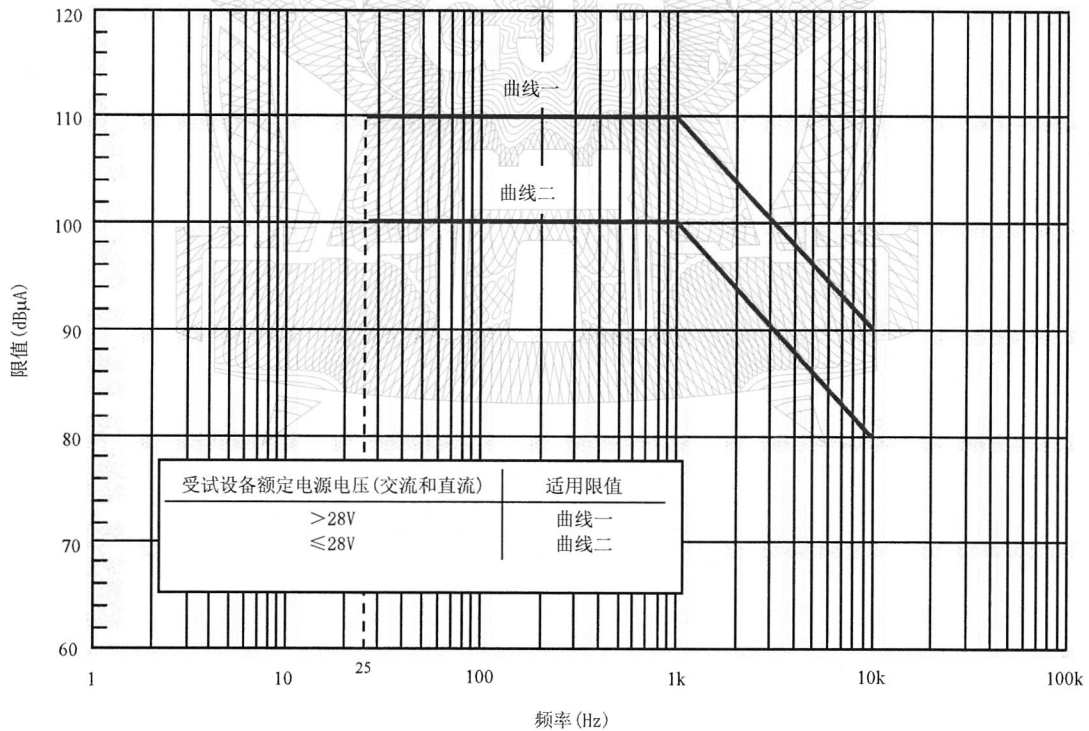


图 11 适用于海军 ASW 飞机、陆军飞机 (包括机场维护工作区) 和空间系统的 CE101 限值

5.4.3 测试方法

5.4.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 测量接收机：

- b) 电流探头；
- c) 信号发生器；
- d) 示波器，高阻输入阻抗；
- e) 电阻器；
- f) LISN。

5.4.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2～图 5 进行基本配置。
- b) 测量系统检查
按图 12 配置。

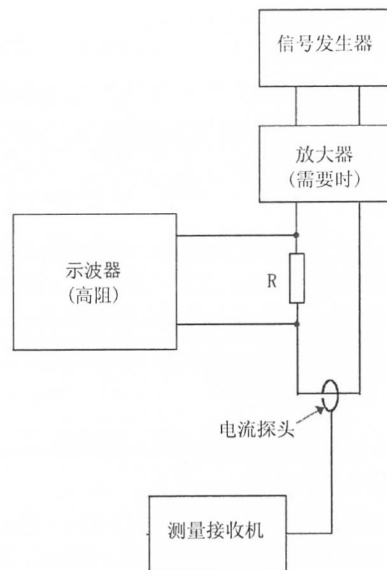


图 12 CE101 测量系统检查配置

- c) EUT 测试
 - 1) 按图 13 配置；
 - 2) 将电流探头置于距 LISN 5cm 处。

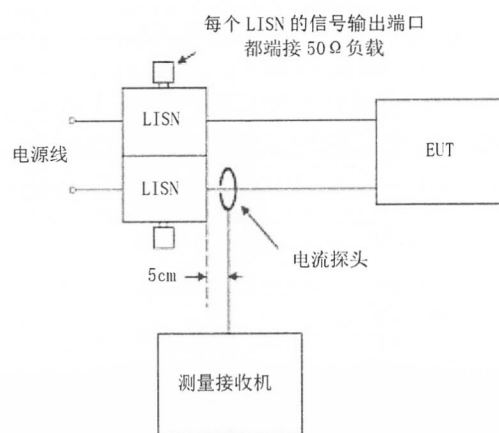


图 13 CE101 测试配置

5.4.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 测量系统检查

- 1) 分别将 1.1kHz、3kHz 和 9.9kHz 检查信号施加到电流探头，信号电平至少低于限值 6dB；
- 2) 用示波器和电阻器测量电流电平，同时检查电流波形是否是正弦波；
- 3) 测量接收机按正常数据扫描方式扫描，确认测量值在示波器电流测量值的 $\pm 3\text{dB}$ 范围之内；
- 4) 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$ ，则要在测试之前找出误差原因并纠正。

b) EUT 测试

- 1) 将电流探头卡在一根待测电源线上；
- 2) 测量接收机按表 2 设置带宽及测量时间，在适用的频率范围内扫描；
- 3) 对其他受试电源线分别重复 5.4.3.3 b)2)。

直接采用图 13 中电流探头在基波上的测量数据作为基波电流 ($I_{\text{基}}$)。对多相电源，使用上述在每根电源线上测得的 $I_{\text{基}}$ 分别计算每根电源线各自的限值。直流负载电流的大小可以用带直流电流测量功能的卡钳类仪表测量。

5.4.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 在 $X-Y$ 坐标上连续、自动地绘出测试数据的幅频曲线图；
- b) 曲线图上显示适用的限值曲线；
- c) 列出所需的超过限值的频率、幅值、超标量及其工作状态。

5.5 CE102 10kHz~10MHz 电源线传导发射

5.5.1 适用范围

本项目适用于所有的设备输入主电源线，包括电源回线。这些电源线直接与平台的电源配电系统连接，由 EUT 以外的外部电源供电。

对大电流负载、长度较短的电源配电网或高位线自带专门回线(相较利用平台金属结构作为回线而言)等情况，50 μH LISN 不能满足测试要求时，经订购方同意，可以采用附录 E 中的替代方法。

5.5.2 限值

电源线传导发射不应超过图 14 的相关限值。

5.5.3 测试方法

5.5.3.1 测试设备

测试设备如下：

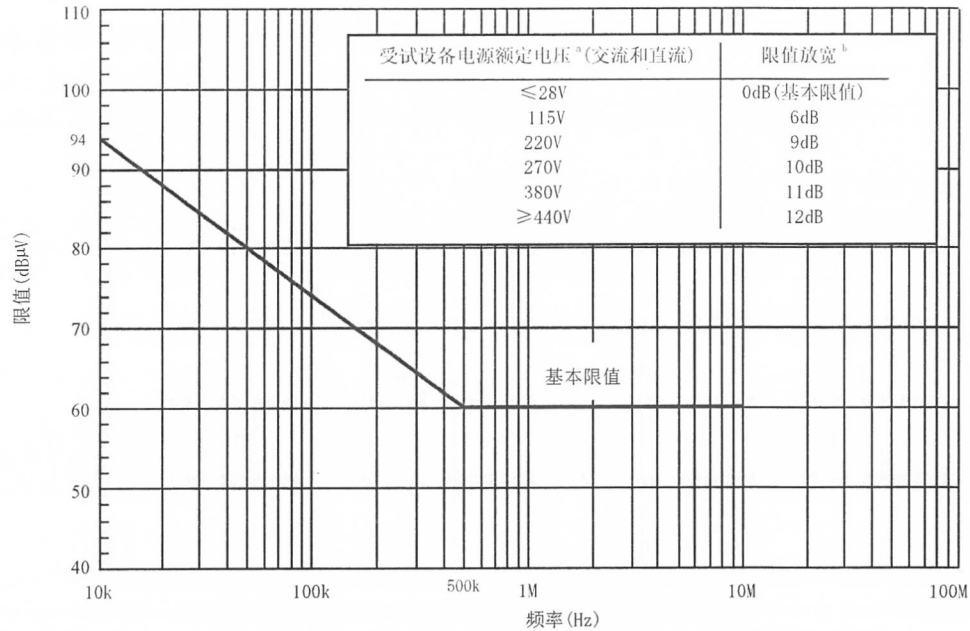
- a) 测量接收机；
- b) 信号发生器；
- c) 20dB 衰减器，50 Ω ；
- d) 示波器；
- e) LISN；
- f) 50 Ω 同轴负载。

5.5.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2~图 5 进行基本配置。
- b) 测量系统检查
 - 1) 按图 15 配置，确保 LISN 输入端电源断开(未通电)；
 - 2) 测量接收机连接到 LISN 信号输出端口的 20dB 衰减器上。
- c) EUT 测试
 - 1) 按图 16 配置；

- 2) 测量接收机连接到 LISN 信号输出端口的 20dB 衰减器上；
- 3) 未连接测量接收机的 LISN 信号输出端口用 50Ω 同轴负载端接。



^a 单相电源时，额定电压指相电压；多相电源时，额定电压指线间电压。

^b 额定电压 $U=28V\sim 440V$ 时，限值在基本限值基础上放宽 $10\lg(U/28)$ dB 后并就近取整， U 单位为伏特。

图 14 CE102 限值 (交流和直流)

5.5.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 测量系统检查

按图 15 和以下步骤检查测试系统：

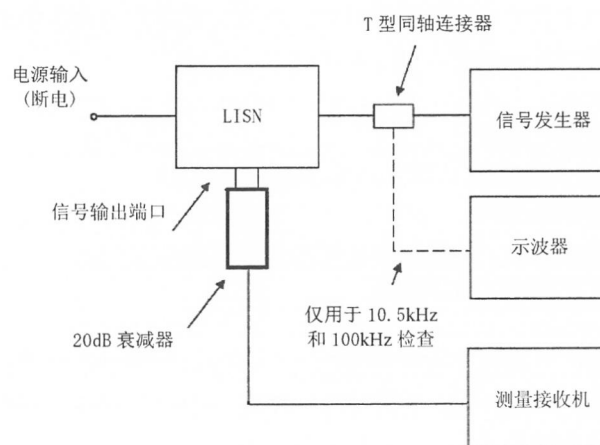


图 15 CE102 测量系统检查配置

- 1) 在 LISN 电源输出端施加频率分别为 10.5kHz 和 100kHz、电平为 90dBμV 的信号电平。用高阻示波器确认信号是正弦波。断开 LISN 与 T 型同轴连接器的连接，使用输入阻抗为 50Ω 的示波器测量 T 型同轴连接器上的电压。示波器在上述有 LISN 时所测电压 (示波器

高阻)与无 LISN 时所测电压(示波器 50Ω)的比值为: 在 10.5kHz 时, 比值等于-14dB (+1dB/-2dB); 在 100kHz 时等于-3dB (+1dB/-2dB);

- 2) 信号发生器输出信号到 LISN 电源输出端, 其频率为 10.5kHz、100kHz、1.95MHz 和 9.8MHz, 电平至少低于限值 6dB。在 10.5kHz 和 100kHz, 用示波器确认其为正弦波并测量信号有效值电平。在 1.95MHz 和 9.8MHz, 直接使用从 50Ω 信号发生器输出的信号电平;
- 3) 测量接收机按正常数据扫描方式扫描, 确认测量值在注入信号电平的±3dB 范围之内。修正因子包括 20dB 衰减器、LISN 中 0.25μF 耦合电容器(见图 6)的电压降;
- 4) 如果测量值偏差超过±3dB, 则要在测试之前找出误差原因并纠正;
- 5) 对其他每个 LISN 分别重复 5.5.3.3 a) 1)~5.5.3.3 a) 4)。

b) EUT 测试

按图 16 和以下步骤扫描发射数据:

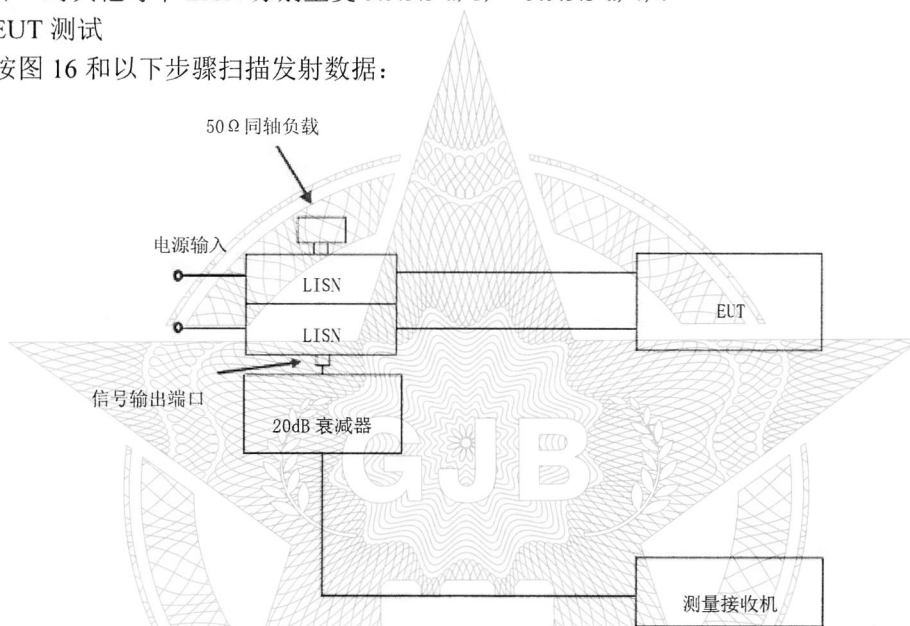


图 16 CE102 测试配置

- 1) 选择一根电源线进行测试;
- 2) 测量接收机按表 2 设置带宽及测量时间, 在适用的频率范围内扫描;
- 3) 对其他受试电源线分别重复 5.5.3.3 b) 1) 及 5.5.3.3 b) 2)。

5.5.3.4 测试结果

试验完成后, 需提供如下测试数据:

- a) 在 X-Y 坐标上连续、自动地绘出测试数据的幅频曲线图;
- b) 曲线图上显示适用的限值曲线;
- c) 列出所需的超过限值的频率、幅值、超标量及其工作状态。

5.6 CE106 10kHz~40GHz 天线端口传导发射

5.6.1 适用范围

本项目适用于发射机、接收机和放大器的天线端口, 不适用于天线不能拆卸的设备和分系统。

对于使用有源天线、天线阻抗不是 50Ω 的设备和分系统, 优先采用 RE103 进行测试。如果按 RE103 进行了测试, 则不再进行本项测试。

本项目中, 有关发射状态部分的内容在 EUT 占用带宽或(基波±5%)的频率范围不适用, 具体范围取二者中的频率范围较大者。

对于水面舰船上峰值发射功率大于 1kW 的发射机, 先将上述(基波±5%)的频率范围按式(1)扩展, 然后取 EUT 占用带宽或 $f_{\#}$ 中的较大者。

$$f_{\#} = \pm f \times (0.05 + (0.001/\text{dB}) \times (P_{\text{TPK}}[\text{dBm}] - 60[\text{dBm}])) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$f_{\text{扩}}$ ——扩展后的频率范围；

f ——发射机的发射频率；

P_{1Pk} ——发射机的峰值发射功率。

依据 EUT 工作频率范围来确定试验的起始频率，如表 6 所示。试验上限频率为 40GHz 或 EUT 最高发射或接收频率的 20 倍，取小者。对于使用波导的设备，本项目不适用于频率低于 0.8 倍波导截止频率的频率范围。

表 6 CE106 试验起始频率

EUT 工作频率范围	起始频率
10kHz~3MHz	10kHz
3MHz~300MHz	100kHz
300MHz~3GHz	1MHz
3GHz~40GHz	10MHz

5.6.2 限值

EUT 天线端口传导发射不应超过以下限值：

- 接收机：34dB μ V；
- 发射机和放大器(待发状态)：34dB μ V；
- 发射机和放大器(发射状态)：除二、三次谐波外，所有的杂散发射至少应比基波电平低 80dB；二、三次谐波应抑制到-20dBm 或低于基波电平 80dB，取抑制要求较宽松者；但对应用于水面舰船的发射机和放大器，二、三次谐波的限值为-20dBm，所有其他杂散发射的限值为-40dBm；当发射的占空比小于 0.2%时，限值可放宽到 0dBm。

5.6.3 测试方法

5.6.3.1 测试设备

测试设备如下：

- 测量接收机；
- 衰减器，50 Ω ；
- 抑制网络(带阻滤波器、高通滤波器等)(需要时)；
- 定向耦合器；
- 模拟负载，50 Ω ；
- 信号发生器。

5.6.3.2 测试配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置。测试配置如下：

- 测量系统检查
使用图 17~图 19 的测量系统检查路径。根据测量设备承受 EUT 发射功率的能力选择图 17 或图 18。
- EUT 测试
使用图 17~图 19 的测量路径。根据测量设备承受 EUT 发射功率的能力选择图 17 或图 18。

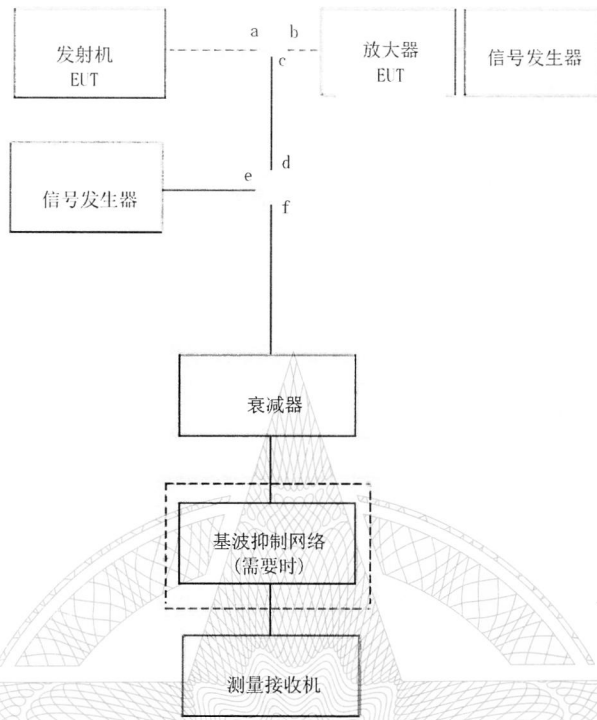
5.6.3.3 测试步骤

5.6.3.3.1 发射机和放大器(发射状态)

5.6.3.3.1.1 测量系统检查

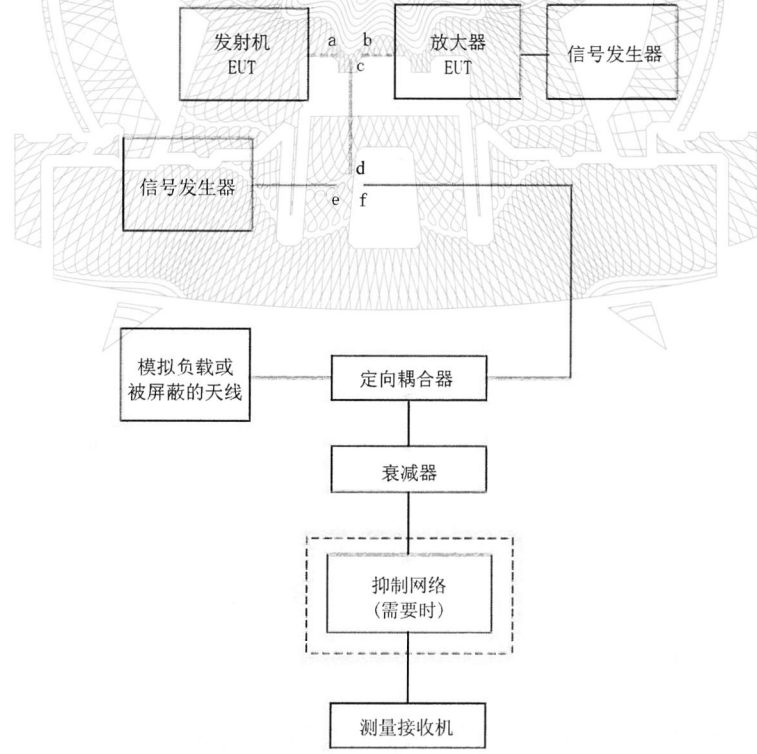
按照如下步骤进行检查：

- 用信号发生器施加一已知电平的检查信号到测量系统检查路径，其频率在中间频段的基波 f_0 上；
- 测量接收机按正常数据扫描方式扫描，确认测量值在注入信号电平的 $\pm 3\text{dB}$ 范围之内；
- 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$ ，则要在测试之前找出误差原因并纠正；
- 对测试频率范围两端的频点分别重复 5.6.3.3.1.1 b)~5.6.3.3.1.1 c)。



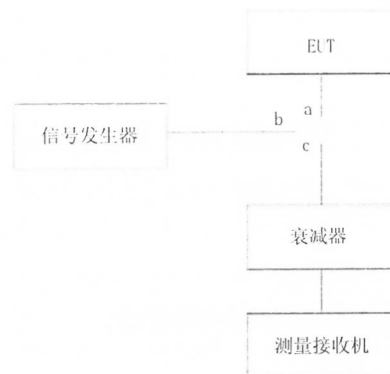
注：测量路径为 a 与 c、d 与 f 相连后的路径（EUT 为发射机时），或 b 与 c、d 与 f 相连后的路径（EUT 为放大器时）；
测量系统检查路径为 e 与 f 相连后的路径。

图 17 小功率发射机和放大器的 CE106 测试配置



注：测量路径为 a 与 c、d 与 f 相连后的路径（EUT 为发射机时），或 b 与 c、d 与 f 相连后的路径（EUT 为放大器时）；
测量系统检查路径为 e 与 f 相连后的路径。

图 18 大功率发射机和放大器的 CE106 测试配置



注：测量路径为 a 与 c 相连后的路径；测量系统检查路径为 b 与 c 相连后的路径。

图 19 接收机、处于待发状态下发射机和放大器的 CE106 测试配置

5.6.3.3.1.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- a) 对发射机，按设备规范将 EUT 调到受试频率并调制；对放大器，按设备规范给其输入一合适频率、幅度和调制的信号，该信号的杂散发射至少比限值低 6dB。对于参数可变的放大器和发射机，应选择可产生最恶劣发射频谱的参数；
- b) 使用测量路径完成以下的测试；
- c) 将测量设备调谐到 EUT 的工作频率 f_0 并获得最大指示值；
- d) 记录基波 f_0 的功率电平和测量接收机带宽；
- e) 需要时，插入基波抑制网络；
- f) 在测试基波以上的频率时，保持 5.6.3.3.1.2 d) 中使用的测量接收机带宽，在测试基波以下的频率时，按表 2 规定的带宽，扫描测试频率范围，记录所有杂散发射电平。测量数据应包括测量路径的衰减因子和插入损耗；
- g) 确认测得的杂散输出来自 EUT 而非测量系统的乱真响应；
- h) 对 4.3.10.2 和 4.3.10.3 要求的其他频率分别重复 5.6.3.3.1.2 a) ~ 5.6.3.3.1.2 g)；
- i) 在各乱真频点按以下步骤确定测量路径的损耗：
 - 1) 用信号发生器替代 EUT；
 - 2) 保留测量路径中的所有耦合器和基波抑制网络；
 - 3) 信号发生器在选定频点输出信号 V_a ，用测量接收机测得读数 V_b ，用 $V_a - V_b$ 即可确定测量路径的损耗。

5.6.3.3.2 接收机、发射机和放大器(待发状态)

5.6.3.3.2.1 测量系统检查

按照如下步骤进行检查：

- a) 在中间测试频率上，用信号发生器施加一幅度低于限值 6dB 的已知电平信号到测量系统检查路径；
- b) 测量接收机按正常数据扫描方式扫描，确认测量值在注入信号电平的 $\pm 3\text{dB}$ 范围之内；
- c) 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$ ，则要在测试之前找出误差原因并纠正；
- d) 对测试频率范围两端的频点重复 5.6.3.3.2.1 a) ~ 5.6.3.3.2.1 c)。必要时，可根据 EUT 的电路组成(例如，一个频段由多个不同的电路实现覆盖)等因素增加检查的频点数量。

5.6.3.3.2.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- a) 将 EUT 调到所需的工作频率并使用测量路径进行测试；
- b) 测量接收机按表 2 设置带宽及测量时间，在测试频率范围内扫描；
- c) 对 4.3.10.2 和 4.3.10.3 要求的其他频率分别重复 5.6.3.3.2.2 a)～5.6.3.3.2.2 b)。

5.6.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 在 $X-Y$ 坐标上连续、自动地绘出测试数据的幅频曲线图；
- b) 曲线图上显示适用的限值曲线；
- c) 列出所需的超过限值的频率、幅值、超标量及其工作状态。

5.7 CE107 电源线尖峰信号(时域)传导发射

5.7.1 适用范围

当订购方有规定时，本要求适用于因 EUT 开关操作(手动或自动)而可能在交流、直流输入主电源线上产生尖峰干扰信号的设备 and 分系统。

当使用不属于 EUT 的外部开关装置(例如开关、接触器等)时，应经订购方批准。

5.7.2 限值

随手动或自动开关操作而产生的持续时间小于 $50\mu\text{s}$ 的尖峰幅值不应超过下列值：

- a) 额定电压有效值的 $\pm 50\%$ (交流电源线)。单相电源时，额定电压指相电压；多相电源时，额定电压指线间电压；
- b) 额定电压的 $+50\%$ 、 -150% (直流电源线)。

尖峰信号的幅值以开关操作瞬间出现在电源电压波形处的电压为基准，而非以示波器纵轴的 0V 为基准。

5.7.3 测试方法

5.7.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 存储示波器或峰值记忆电压表，带宽不低于 50MHz ；
- b) 函数信号发生器，能输出 1kHz 、幅值不小于 1V 、上升时间不大于 $5\mu\text{s}$ 、占空比为 50% 的脉冲；
- c) 电压差分探头， $10\text{kHz}\sim 50\text{MHz}$ 频率范围内幅度均匀度在 $\pm 3\text{dB}$ 之内；
- d) LISN。

5.7.3.2 测试配置

5.7.3.2.1 基本配置

按 4.3.9 及图 2～图 5 进行基本配置。

5.7.3.2.2 测量系统检查

按图 20 配置进行测量系统检查。

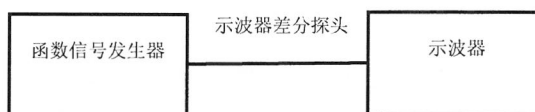
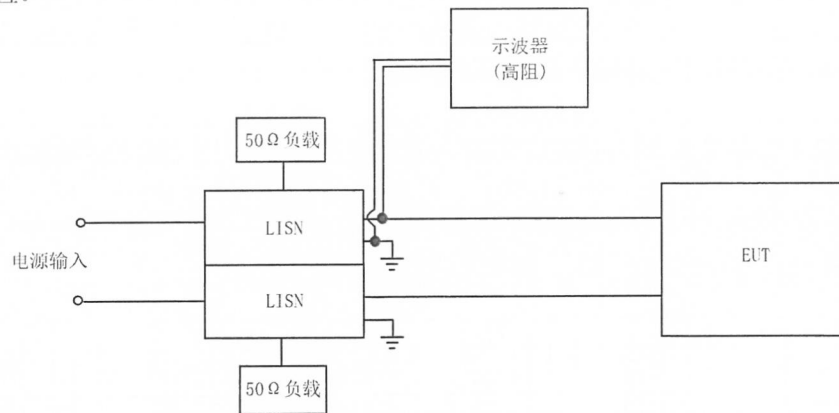


图 20 CE107 测量系统检查配置

5.7.3.2.3 EUT 测试

按图 21 配置。



如果使用外部开关，应将其安装在 EUT 和 LISN 之间。

图 21 CE107 测试配置

将示波器电压探头按如下方式连接，探头距离 LISN 电源输出端子不超过 5cm。

- 对于直流电源，示波器探头分别在正极线与零伏回线之间、正极线与 LISN 接地端子之间、零伏回线与 LISN 接地端子之间连接。
- 对于单相电源，示波器探头分别在相线与零线之间、相线与 LISN 接地端子之间、零线与 LISN 接地端子之间连接。
- 对于三相交流电源，示波器探头分别在各相之间（A—B、A—C、B—C）、各相与 LISN 接地端子之间连接。有中线时，还要在各相与中线之间、中线与 LISN 接地端子之间连接。

5.7.3.3 测试步骤

5.7.3.3.1 测量系统检查

按照如下步骤进行检查：

- 按图 20 将示波器与函数信号发生器（或示波器自带参考源）连接。函数信号发生器输出 1kHz、1V 的脉冲。调整、观察示波器上的脉冲波形，看脉冲的上升沿是否出现过冲和反冲，如果有，对其进行调整、补偿或更换，避免出现过冲和反冲，直至脉冲峰值为平顶；
- 当测量结果在基准信号的 $\pm 5\%$ 内时，即判定示波器及其探头符合标准对测量准确度的要求，可以用于后续测试。否则，分析原因，直至满足要求。

5.7.3.3.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- 将示波器电压探头按 5.7.3.2.3 中的一种适用方式连接；
- EUT 在典型工作状态下通断各种开关（包括状态切换开关和电源开关），每种操作至少重复五次，读取 EUT 在开关操作过程中产生的尖峰信号幅度最大值。当可能同步时，EUT 开关的切换应设在电源电压峰值和零值处；
- 对 5.7.3.2.3 其他适用的连接方式分别重复 5.7.3.3.2 b)。

5.7.3.4 数据提供

提供受试电源电缆信息、产生尖峰时的开关操作状态、尖峰信号的电压幅值、极性、半峰值脉冲宽度和波形图等。

5.8 CS101 25Hz~150kHz 电源线传导敏感度

5.8.1 适用范围

本项目适用于设备和分系统的交流输入主电源线（每相电流不大于 30A）和直流输入主电源线，但不

包括回线。

如果系统的工作频率不超过 150kHz，且工作灵敏度优于 1 μ V(例如 0.5 μ V)，即使每相输入电流大于 30A 本项目也适用。对于交流电源线，测试频率范围为 EUT 电源频率二次谐波至 150kHz；对于直流电源线，测试频率范围为 25Hz~150kHz。

5.8.2 限值

当按图 22 规定的限值进行试验时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。图 23 为在 0.5 Ω 负载上校准时的功率限值。实际测试中，当功率源的输出功率达到按功率限值进行校准时的输出功率时，尽管监测电压还没有达到图 22 规定的限值，但只要 EUT 未出现敏感现象，也视为满足本要求。

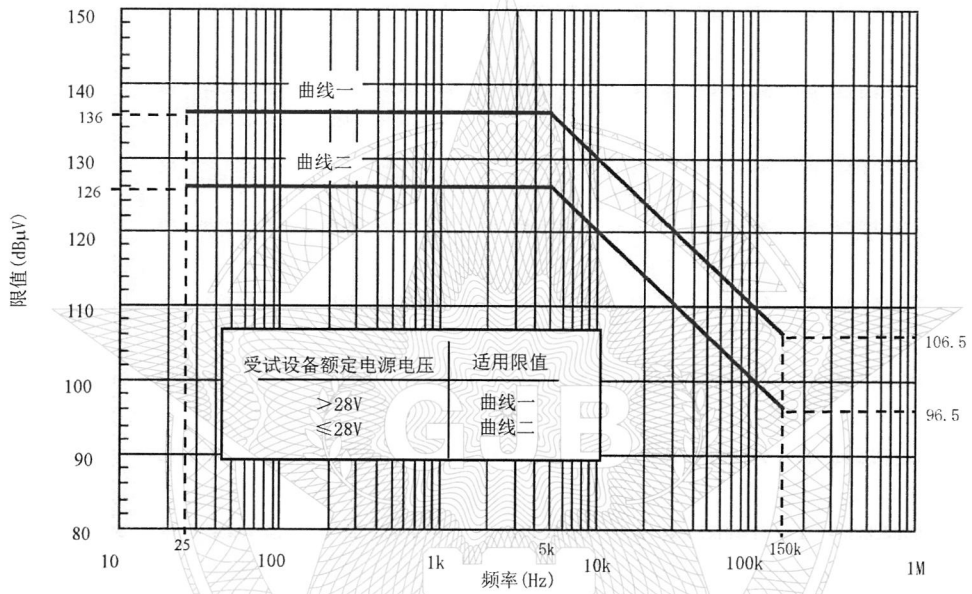


图 22 CS101 电压限值

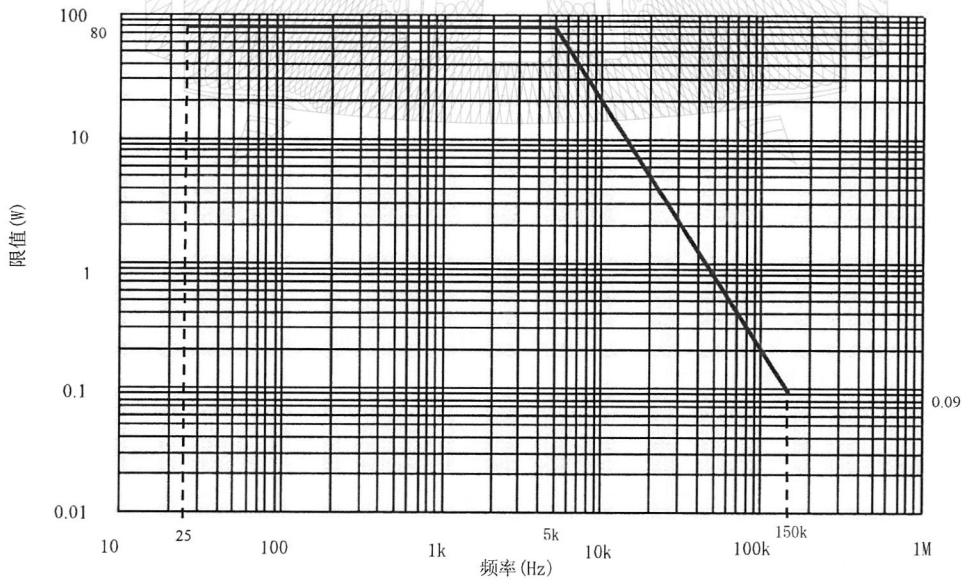


图 23 CS101 功率限值

5.8.3 测试方法

5.8.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 信号发生器；
- b) 功率放大器；
- c) 示波器(高阻输入阻抗)或测量接收机；
- d) 耦合变压器；
- e) 电容器， $10\mu\text{F}$ ；
- f) 供示波器用的隔离变压器或测量接收机用的传感器；
- g) 电阻器， 0.5Ω ；
- h) LISN；
- i) 带阻或高通滤波器(需要时)。

5.8.3.2 测试配置

本标准规定了两种监测注入信号的方法。方法一，时域法，用示波器监测注入信号的大小；方法二，频域法，用传感器(例如纹波探头)和测量接收机监测注入信号的大小，其中的传感器将接收机与 EUT 的电源电隔离，降低电平以保护接收机。相较于交流电源供电的 EUT，时域法更适于用直流供电的 EUT 测试；频域法适用于直流或交流供电的 EUT 测试。

测试配置如下：

- a) 按图 2~图 5 及 4.3.9 进行基本配置；
- b) 发生器电平设定；

按图 24 配置，用示波器或测量接收机监测 0.5Ω 电阻器两端的电压波形。

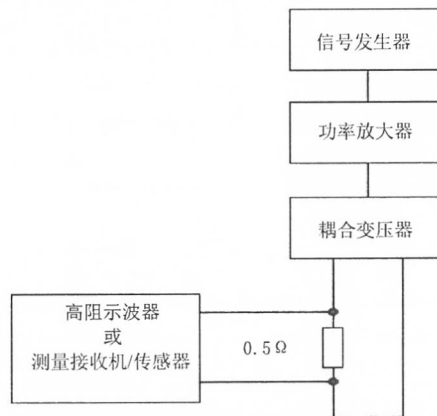


图 24 CS101 发生器电平设定配置

c) EUT 测试：

- 1) 对直流或单相交流电源，按图 25 配置；
- 2) 对三相 Δ 型电源，按图 26 配置；
- 3) 对三相 Y 型电源(四根电源线)，按图 27 配置；
- 4) 需要时，可采用一个等效 EUT 的假负载和一个附加的耦合变压器，以使其感应电压等于注入耦合变压器的感应电压，但相位相反，以保护功率放大器。如果可能，假负载与 EUT 的功率因数相同。两个相同耦合变压器按图 28 连接到放大器输出回路前应测量电压，以

确认两电压抵消连接无误；

- 5) 用时域法测试时，对于交流电源，需要时可采用带阻或高通滤波器抑制电源基波信号。但应用滤波器的插入损耗因子对示波器的测量数据进行修正。示波器的监测点尽量靠近 EUT 端口。

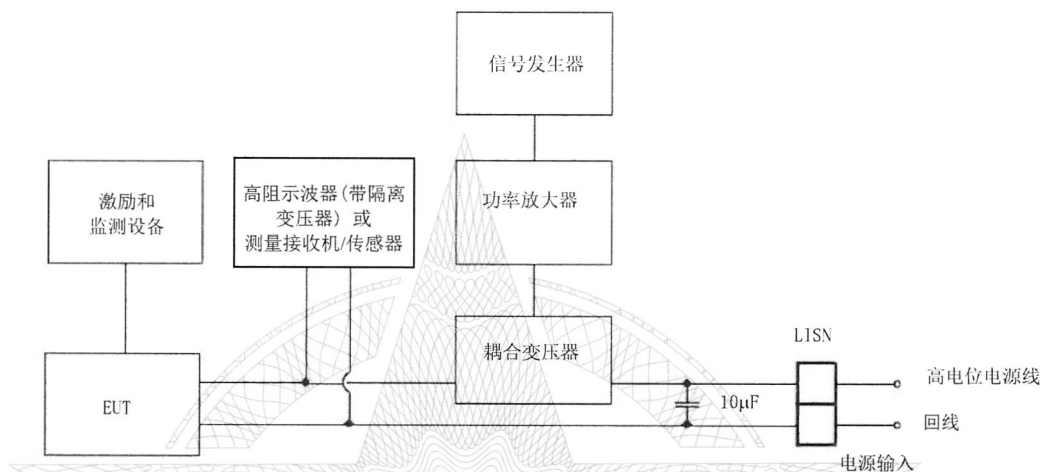


图 25 CS101 测试配置 (直流或单相交流线)

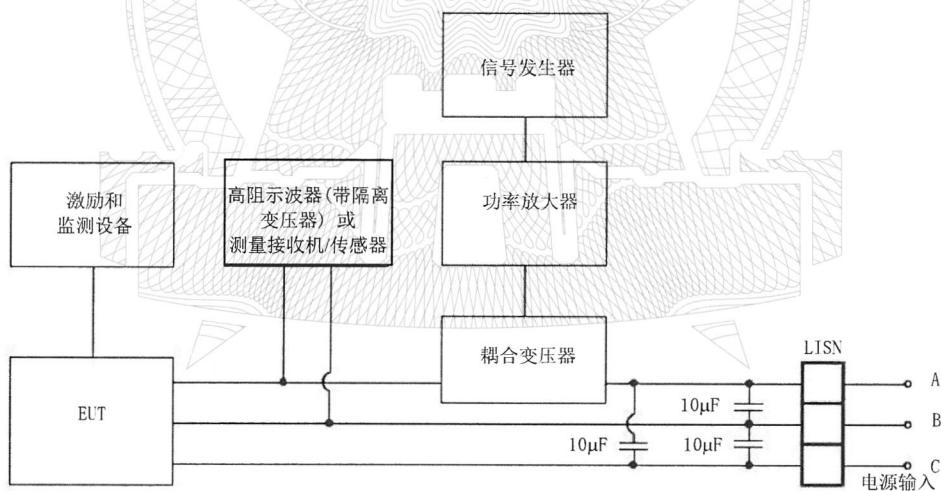


图 26 CS101 测试配置 (三相△型电源线)

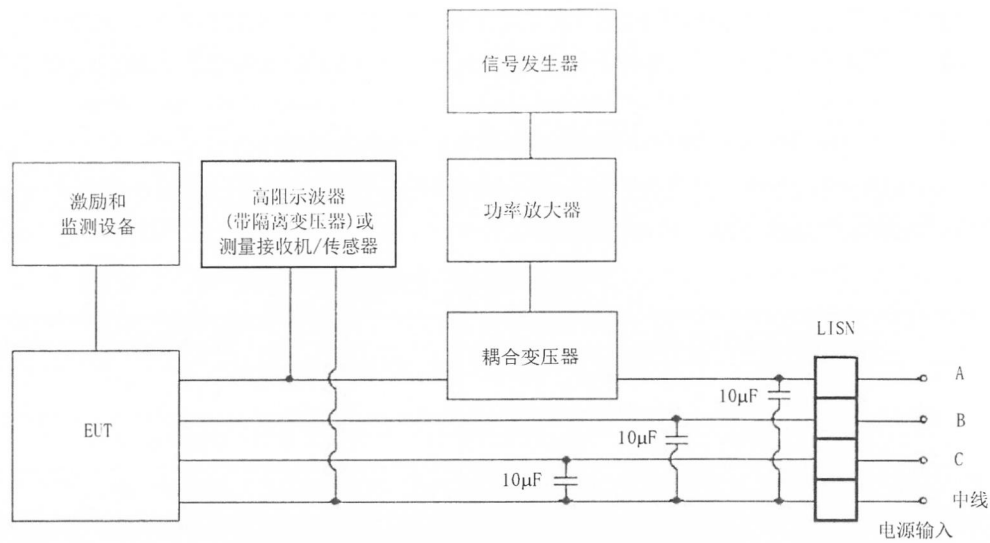


图 27 CS101 测试配置 (三相 Y 型电源线)

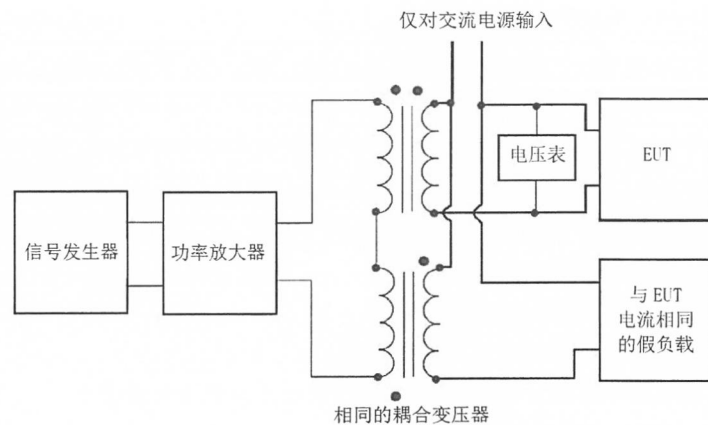


图 28 CS101 功放的保护

5.8.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 发生器电平设定

- 1) 将信号发生器调到最低测试频率；
- 2) 增加信号电平直到示波器或测量接收机指示电压对应于图 23 中在该频点上的功率限值。用时域法测量时，还要检查输出波形是否是正弦波；
- 3) 记录信号发生器的设置值；
- 4) 重复 5.8.3.3 a)2) 和 5.8.3.3 a)3)，在要求的频率范围内扫描，记录维持功率限值所需要的信号发生器设置值 V_C 。

b) EUT 测试

注意：用示波器进行此项测试时要特别小心，因为示波器的“安全接地线”被断开，可能存在电击危害。

- 1) 选择一根电源线进行测试；
- 2) 将信号发生器调到最低测试频率，增加信号电平，直到要求的信号电平 V_T ， V_T 取电压限值 V_L 和 V_C 先到达者时的电平，此即为要求的信号电平 V_T ；

- 3) 保持信号电平不低于要求的信号电平 V_T ,按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描;
- 4) 监视 EUT 性能是否降低。如果出现敏感,按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平;
- 5) 对其他受试电源线分别重复 5.8.3.3 b)2)~5.8.3.3 b)4)。对三相△型连接电源,按表 7 测试;对三相 Y 型连接电源(四根电源线),按表 8 测试。

在图 25~图 27 中,允许使用差分探头进行测试。此时示波器既可以不通过隔离变压器供电,又可以继续保持地线连接,避免电击危害。

表 7 三相△型电源

耦合变压器所在的线	电压测试位置
A 相	A 相—B 相
B 相	B 相—C 相
C 相	C 相—A 相

表 8 三相 Y 型电源

耦合变压器所在的线	电压测试位置
A 相	A 相—中线
B 相	B 相—中线
C 相	C 相—中线

5.8.3.4 测试结果

试验完成后,需提供如下测试数据:

- a) 限值、实际施加的幅频曲线或数据表;
- b) 各受试电源线是否满足敏感度要求的说明;
- c) EUT 发生敏感的电源线、频率、敏感度门限电平及其工作状态。

5.9 CS102 25Hz~50kHz 地线传导敏感度

5.9.1 适用范围

本项目适用于水面舰船、潜艇上对低频干扰信号敏感且带地线的设备和分系统。

当订购方有规定时,本项目也适用于工作在其他平台上且带地线的设备和分系统。

5.9.2 限值

当在 EUT 的地线上注入 25Hz~50kHz、1V 的开路电压信号时,EUT 不应出现故障、性能降低或超出产品规范中规定的指标允差。

5.9.3 测试方法

5.9.3.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 信号发生器;
- b) 功率放大器(需要时);
- c) 示波器或电压表,高阻输入阻抗;
- d) 耦合变压器;
- e) 隔离变压器;
- f) LISN。

5.9.3.2 测试配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置。测试配置如下:

- a) 测量系统检查
按图 29 配置。

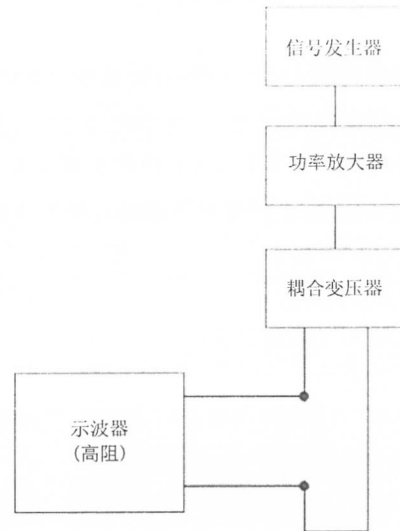


图 29 CS102 测量系统检查配置

- b) EUT 测试
按图 30 配置，测试期间 EUT 和辅助设备均应浮地。

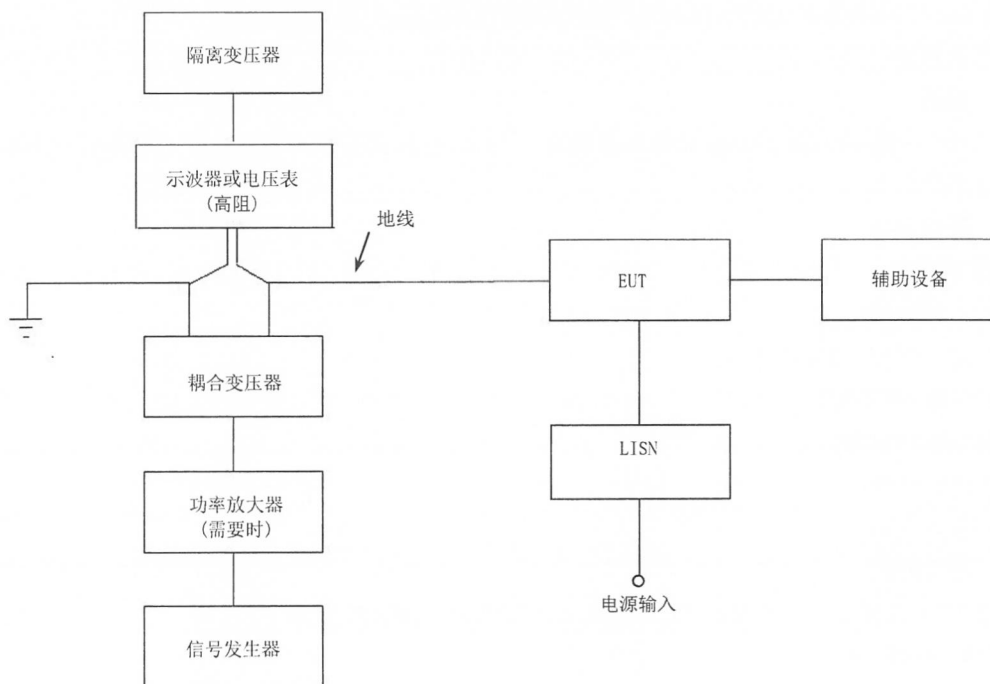


图 30 CS102 测试配置

5.9.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

- a) 测量系统检查
- 1) 将信号发生器调到最低测试频率；

- 2) 调整信号电平直到示波器指示电压为 $1V_{rms}$ ，并确认输出波形是正弦波；
- 3) 在要求测试的频率范围中间和高端各选一个频点重复 5.9.3.3 a) 2)。

b) EUT 测试

注意：进行此项测试要特别小心，因为示波器的“安全接地线”被断开，可能存在电击危害。

- 1) 将信号发生器调到最低测试频率，增加信号电平，直到示波器或电压表的读数值为 $1V_{rms}$ ；
- 2) 保持要求的信号电平，按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描；
- 3) 监视 EUT 性能是否降低。如果出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平。

5.9.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 限值、实际施加的幅频曲线或数据表；
- b) 是否满足敏感度要求的说明；
- c) EUT 发生敏感时的频率、敏感度门限电平及其工作状态。

5.10 CS103 15kHz~10GHz 天线端口互调传导敏感度

5.10.1 适用范围

当订购方有规定时，本要求适用于接收设备和分系统，例如通信接收机、射频放大器、无线电收发信机、雷达接收机、声学接收机以及电子对抗装备接收机等。

5.10.2 限值

当按订购方提供的限值要求进行试验时，EUT 不应出现超过规定允差的任何互调产物。

注：由于接收设备和分系统设计的多样性，所以本标准没有提出统一的限值要求。

5.10.3 测试方法

5.10.3.1 概述

由于 5.10.3 中提供的测试方法可能不是最适合 EUT 的测试方法，所以应优先使用订购方提供的测试方法进行测试。

5.10.3.2 测试设备

测试设备如下：

- a) 信号发生器；
- b) 三端口网络，20dB 隔离；
- c) 滤波器(需要时)；
- d) 衰减器(需要时)；
- e) 输出监测器；
- f) 测量接收机。

5.10.3.3 测试配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置，测试配置如下：

- a) 测量系统检查
按图 31 配置。

b) EUT 测试

按图 32 配置。对于没有接收到信号，接收机就不能提供干扰指示的情况，可使用信号发生器 C 产生基波信号 f_0 。

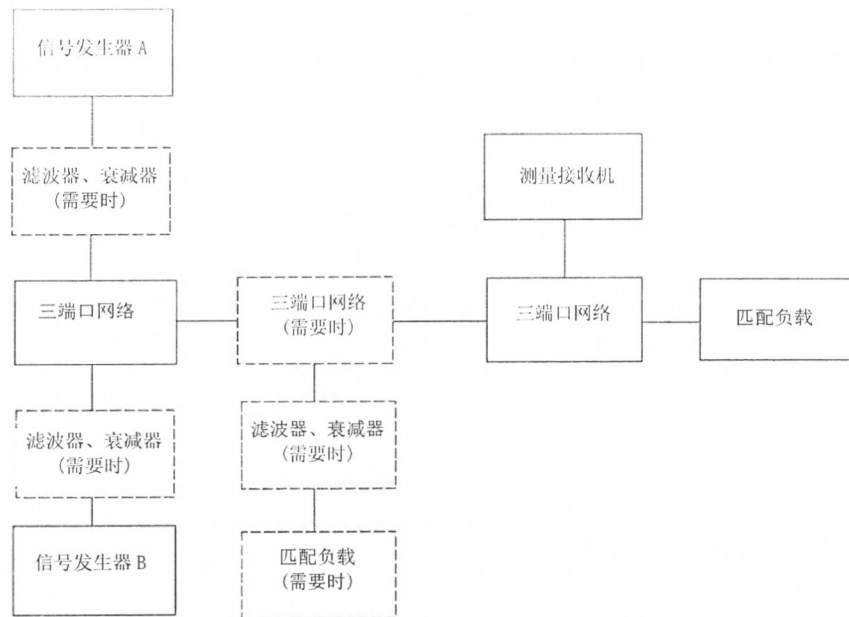


图 31 CS103 测量系统检查示意图

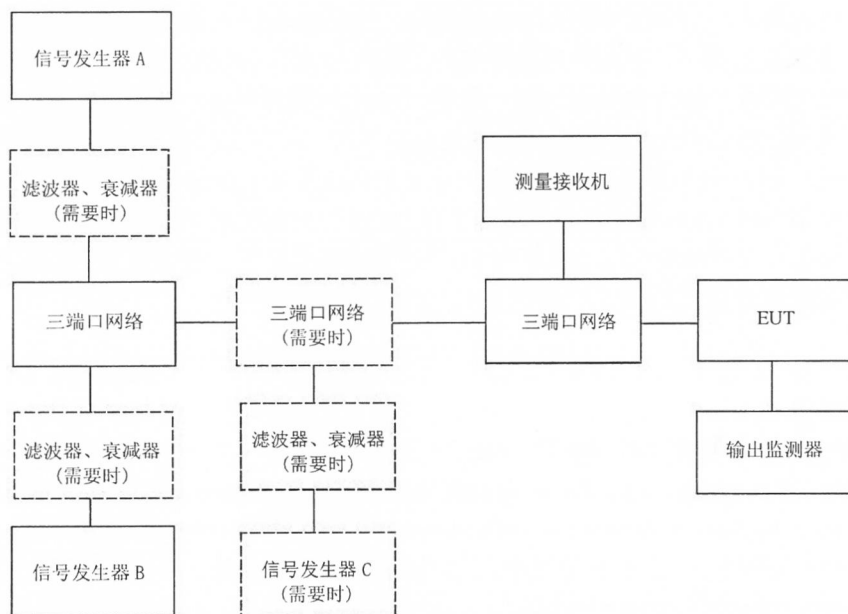


图 32 CS103 测试配置

5.10.3.4 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 测量系统检查

- 1) 关闭信号发生器 B 的输出。在测试频率范围中间附近，调整信号发生器 A 的输出，使接收机测量的结果（已加入相关修正因子）为 $10\text{dB}\mu\text{V}$ 左右（记为 $V_{\text{查}10}$ ）；
- 2) 增大信号发生器 A 输出电平，净增值等于互调限值 $L_{\text{限值}}$ ，此时接收机测量的结果为 $V_{\text{查}1}$ ；
- 3) 比较 $V_{\text{查}1} - V_{\text{查}10}$ 的差值是否在 $L_{\text{限值}} \pm 3\text{dB}$ 范围之内；如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$ ，则要在测试之前找出误差原因并纠正；

- 4) 确认信号发生器 A 输出的杂散发射足够小(例如低于基波 $L_{\text{限值}}$ dB);
- 5) 对调信号发生器 A 和 B 的设置, 重复步骤 5.10.3.4 a) 1)~5.10.3.4 a) 4), 对信号发生器 B 进行检查(注意: 相应的下角标, 例如“ $V_{\text{查}10}$ ”改为“ $V_{\text{查}20}$ ”, “ $V_{\text{查}1}$ ”改为“ $V_{\text{查}2}$ ”);
- 6) 对测试频率范围两端的频点重复上述步骤 5.10.3.4 a) 1)~5.10.3.4 a) 5)。

b) EUT 测试

- 1) 使信号发生器 B 的输出为零, 按 4.3.10.2 规定将信号发生器 A 调谐至 EUT 调谐频率 f_0 , 并按 5.10.3.5 a) 的规定进行调制。调节其输出电平, 使 EUT 产生标准参考输出电平, 记录信号发生器 A 的输出电平 V_{10} 与频率 f_0 。使信号发生器 A 的输出为零, 对信号发生器 B 重复上述步骤, 记录其输出电平 V_{20} ;
- 2) 使信号发生器 B 的输出为零, 信号发生器 A 按 5.10.3.5 a) 的规定进行调制, 调节其输出电平, 使其等于产品规范规定的互调限值电平与 5.10.3.4 b) 1) 所得电平 V_{10} 之和, 并保持此输出电平不变, 然后逐渐增加信号发生器 A 的频率, 直到 EUT 没有响应为止, 记录该频率 f_1 , 并使信号发生器 A 保持在 f_1 , 记 $\Delta f=f_1-f_0$;
- 3) 使信号发生器 A 的输出为零, 信号发生器 B 不进行调制, 将信号发生器 B 的频率调至 $f_2=f_1+\Delta f=f_0+2\Delta f$, 然后使信号发生器 A 的输出电平等于产品规范规定的互调限值电平与 V_{10} 之和, 使信号发生器 B 的输出电平等于产品规范规定的互调限值电平与 V_{20} 之和, 观察互调产物。此时若 EUT 无明显响应则逐步等量增加两台信号发生器的输出电平, 直到 EUT 出现响应为止, 保持该输出电平不变, 对信号发生器 B 的频率进行微调, 使 EUT 响应最大, 记录信号发生器 B 的频率。为观察 m 阶互调产物, 从 f_2 开始逐渐增加信号发生器 B 的频率, 保持恒定输出电平, 直到 $10f_0$ 或 10GHz(取小者), 同时观察互调产物;
- 4) 使信号发生器 A 的输出为零, 如 EUT 的响应仍然存在, 则说明该产物不是互调引起的; 如响应随之消失, 则说明该响应是互调产物。用图 32 中的测量接收机能鉴别互调产物是来自 EUT 对当前测试频率的响应还是来自信号发生器的杂散或测试装置;
- 5) 如果 5.10.3.4 b) 4) 检查结果说明 5.10.3.4 b) 3) 出现的响应是由互调引起的, 则等量降低两台信号发生器输出电平, 直到 EUT 达到标准参考输出电平为止, 记录此时两台信号发生器的输出电平 V_1 和 V_2 , 并按式 (2) 计算互调抑制电平:

$$S_{\text{im}}=(V_1-V_{10}) \text{ 或 } (V_2-V_{20}) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

S_{im} —— m 阶互调抑制电平, dB;

V_1 、 V_2 ——由 5.10.3.4 b) 5) 得到的信号发生器 A 和信号发生器 B 的输出电平, dB μ V;

V_{10} 、 V_{20} ——由 5.10.3.4 b) 1) 得到的信号发生器 A 和信号发生器 B 的输出电平, dB μ V。

- 6) 将信号发生器 A 和信号发生器 B 的频率分别调节到 $f_1=f_0-\Delta f$ 和 $f_2=f_0-2\Delta f$, 重复 5.10.3.4 b) 2)~5.10.3.4 b) 5);
- 7) 为观察 m 阶互调产物, 慢慢降低信号发生器 B 的频率并保持恒定电平直至 $0.1f_0$ 或 15kHz(取大者)。

5.10.3.5 注意事项

注意事项如下:

- a) 用于本项测试的信号发生器的调制与测试 EUT 灵敏度时的调制相同, 该方法应在 EUT 产品规范中规定。若没有这方面的规定, 则应采用下述调制:
 - 1) 调幅接收机
信号发生器用 400Hz 正弦波进行幅度调制, 调制度为 30%。
 - 2) 单边带接收机

信号发生器不调制。

3) 调频接收机

信号发生器用 1kHz 正弦波进行频率调制，频偏为 10kHz。

4) 脉冲接收机

调节信号发生器调制脉冲使其频谱能量的 80% 处于受试接收机 3dB 带宽内。

b) 应在 EUT 产品规范中规定标准参考输出电平；如未规定，则应采用下述标准参考输出：

1) 调幅接收机： $(S+N)/N=10\text{dB}$ ；

2) 单边带接收机： $(S+N)/N=10\text{dB}$ ；

3) 调频接收机：

调制： $(S+N)/N=10\text{dB}$ ；

不调制：静噪电平为 10dB。

4) 脉冲接收机： $(S+N)/N=10\text{dB}$ 。

S 表示信号大小， N 表示受试接收机的噪声。

c) 测试中信号发生器频率可能漂移，需要对其频率进行微调，以确保测到最大响应；

d) 对跳频接收机，一种可行的方法是在跳频范围内选择一个 f_0 ，再按上述方法配置信号发生器，然后接收机按跳频来评估；

e) 对在天线组件中具有前端混频和滤波的接收机，试验可能需要用辐射的方式进行。所有的信号通过辐射方式提供。要保证观察到的任何互调产物是由被测接收机而非测试场地上的设备造成。此时测试可能需要在暗室内进行；

f) 三阶互调产物是接收机最普遍观察到的较重要响应，为观察此物， f_1 和 f_2 也可在整个期望的频率范围内按 $f_0=2f_1-f_2$ 关系扫描和步进。

5.10.3.6 测试结果

提供的典型数据应包括接收机灵敏度、信号发生器电平、扫描频率范围、接收机工作频率以及任何与响应有关的频率和敏感度门限电平。

5.11 CS104 25Hz~20GHz 天线端口无用信号抑制传导敏感度

5.11.1 适用范围

当订购方有规定时，本要求适用于接收设备和分系统，例如通信接收机、射频放大器、无线电收发信机、雷达接收机、声学接收机以及电子对抗装备接收机等。

5.11.2 限值

当按订购方提供的限值要求进行试验时，EUT 不应出现超过规定允差的任何不希望的响应。

注：由于接收设备和分系统设计的多样性，所以本标准没有提出统一的限值要求。

5.11.3 测试方法

5.11.3.1 概述

由于 5.11.3 中提供的测试方法可能不是最适合 EUT 的测试方法，所以应优先使用订购方提供的测试方法进行测试。

5.11.3.2 测试设备

测试设备如下：

a) 信号发生器；

b) 三端口网络，20B 隔离；

c) 滤波器(需要时)；

d) 衰减器(需要时)；

e) 输出监测器；

f) 测量接收机。

5.11.3.3 测试配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置，测试配置如下：

a) 测量系统检查

按图 33 配置。

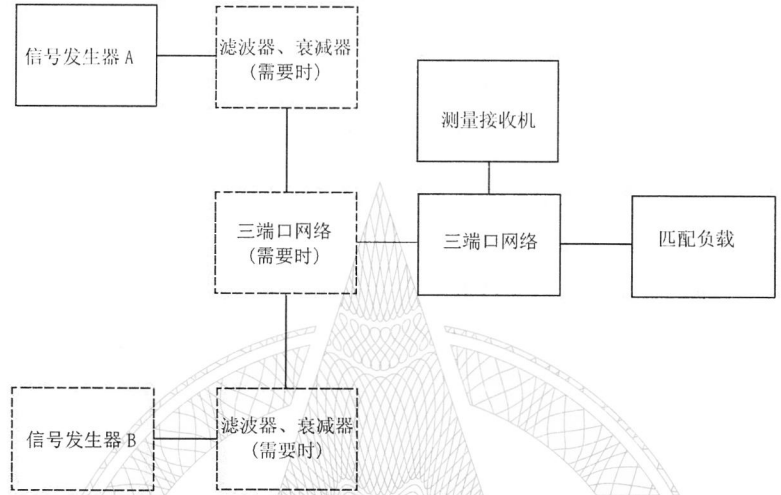


图 33 CS104 测量系统检查示意图

b) EUT 测试

按图 34 配置。

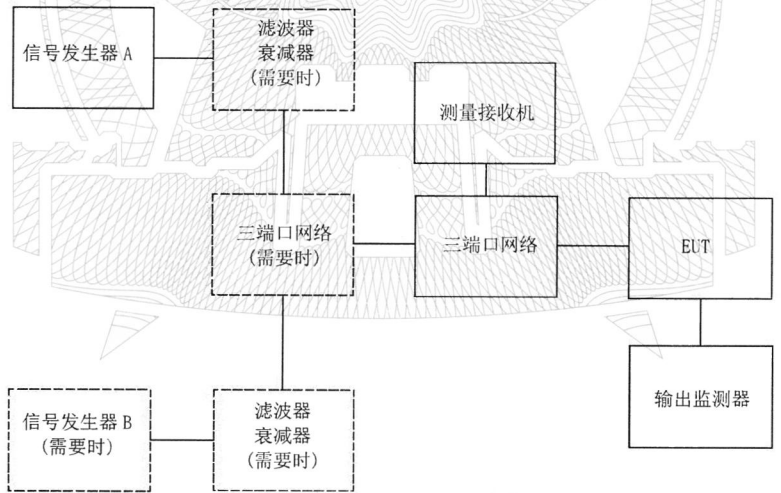


图 34 CS104 测试配置

5.11.3.4 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 测量系统检查

- 1) 关闭信号发生器 B 的输出。在测试频率范围中间附近，调整信号发生器 A 的输出，使接收机测量的结果(已加入相关修正因子)为 $10\text{dB}\mu\text{V}$ 左右(记为 $V_{\text{查}10}$)；
- 2) 关闭信号发生器 A 的输出。在测试频率范围中间附近，调整信号发生器 B 的输出，使接收机测量的结果(已加入相关修正因子)为 $10\text{dB}\mu\text{V}$ 左右(记为 $V_{\text{查}20}$)；
- 3) 增大信号发生器 B 的输出电平，净增值等于乱真响应抑制限值 $L_{\text{限值}}$ ，此时接收机测量的

结果为 $V_{\text{查}2}$;

- 4) 比较 $V_{\text{查}2} - V_{\text{查}20}$ 的差值是否在 $L_{\text{限值}} \pm 3\text{dB}$ 范围之内; 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$, 则要在测试之前找出误差原因并纠正;
- 5) 确认信号发生器 B 输出的杂散发射足够小 (例如低于基波 $L_{\text{限值}} \text{dB}$);
- 6) 对测试频率范围两端的频点重复 5.11.3.4 a) 1) ~ 5.11.3.4 a) 5)。

b) EUT 测试

- 1) 使信号发生器 B 的输出为零, 按 4.3.10.2 规定将信号发生器 A 调谐至 EUT 调谐频率 f_0 , 并按 5.11.3.5 a) 进行调制。调节其输出电平, 使 EUT 产生标准参考输出电平, 记录信号发生器 A 的输出电平 V_{10} 与频率 f_0 。使信号发生器 A 的输出为零, 对信号发生器 B 重复上述步骤, 记录其输出电平 V_{20} ;
- 2) 接通两台信号发生器, 信号发生器 A 按要求进行调制, 信号发生器 B 不调制;
- 3) 将信号发生器 A 调到 5.11.3.4 b) 1) 得到的电平 V_{10} , 信号发生器 B 调到等于产品规范规定的限值与 V_{20} 之和;
- 4) 用信号发生器 B 在所需测试频率范围内扫描检查所有响应;
- 5) 为确保测量的是 EUT 的乱真响应, 而不是信号发生器的杂散输出, 可利用图 34 中的测量接收机来鉴别乱真响应是来自 EUT 还是来自信号发生器的杂散和测量装置;
- 6) 当得到一个真实的乱真响应时, 应降低信号发生器 B 的输出电平, 直到 EUT 重新获得标准参考输出为止, 记录信号发生器 B 的输出电平 V , 并按式 (3) 计算乱真响应抑制电平:

$$S_s = V - V_{20} \dots \dots \dots (3)$$

式中:

$S_{s\#}$ ——乱真响应抑制电平, dB;

V ——由 5.11.3.4 b) 6) 得到的信号发生器 B 的输出电平, dB μ V;

V_{20} ——由 5.11.3.4 b) 1) 得到的信号发生器 B 的输出电平, dB μ V。

- 7) 如按 5.11.3.4 b) 3) 施加信号发生器 B 的输出电平, 按 5.11.3.4 b) 4) 扫描时, EUT 无响应, 则允许增加信号发生器 B 的输出电平, 再按 5.11.3.4 b) 4) 扫描, 直至 EUT 出现乱真响应为止。再重复 5.11.3.4 b) 6) 以确定乱真响应抑制电平。

5.11.3.5 注意事项

注意事项如下:

- a) 用于本项测试的信号发生器的调制与测试 EUT 灵敏度时的调制相同, 该方法应在 EUT 产品规范中规定。若没有这方面的规定, 则应采用下述调制:
 - 1) 调幅接收机
信号发生器用 400Hz 正弦波进行幅度调制, 调制度为 30%。
 - 2) 单边带接收机
信号发生器不调制。
 - 3) 调频接收机
信号发生器用 1kHz 正弦波进行频率调制, 频偏为 10kHz。
 - 4) 脉冲接收机
调节信号发生器的调制脉冲使其频谱能量的 80% 处于受试接收机 3dB 带宽内。
- b) 应在 EUT 产品规范中规定标准参考输出电平; 如未规定, 则应采用下述标准参考输出:
 - 1) 调幅接收机: $(S+N)/N=10\text{dB}$;
 - 2) 单边带接收机: $(S+N)/N=10\text{dB}$;
 - 3) 调频接收机

调制: $(S+N)/N=10\text{dB}$;

不调制: 静噪电平为 10dB 。

4) 脉冲接收机: $(S+N)/N=10\text{dB}$ 。

5.11.3.5 b) 1)~5.11.3.5 b) 4) 中, S 表示信号大小, N 表示受试接收机的噪声。

c) 测试频率范围如下:

- 1) 放大器: 信号发生器 B 应在 $0.05f_1 \sim f_1$ 和 $f_2 \sim 20f_2$ 扫描, f_1 和 f_2 分别为放大器的下限频率和上限频率。
- 2) 接收机: 信号发生器 B 按表 9 所示的频率范围扫描, 在接收机通带选择性曲线上两个 80dB 点之间的频率范围内可免除此项测试, 下限频率为 A 栏中的最低值, 上限频率为 B 栏中的最高值。当测试多级变频接收机时, 表 9 中 A 栏的中频应是最低中频, B 栏中的中频和本振频率是与接收机有关的最高频率。

表 9 信号发生器扫频范围

A	B
中频/5	5 倍本振频率+中频
$0.05f_0$	$20f_0$

3) 具有波导输入的接收机, 要求的频率范围从 $0.8f_c$ (f_c 表示波导截止频率) 到 B 栏中的最高频率。

d) 所有信号发生器都可能输出相当数量的杂散信号, 必要时, 可用滤波器滤除;

e) 对跳频接收机, 可采用单信号发生器法。它更适用于搜索信号加以捕捉的接收机。双信号发生器法更适合大多数接收机, 某些接收机可能要求采用两种方法来对其测量, 以便完整地说明其特性;

f) 对在天线组件中具有前端混频和滤波的接收机, 试验可能需要用辐射的方式进行。所有的信号通过辐射方式提供。要保证观察到的任何互调产物是由被测接收机而非测试场地上的设备造成。此时测试可能需要在暗室内进行。

5.11.3.6 测试结果

提供的典型数据应包括接收机灵敏度、信号发生器电平、扫描频率范围、接收机工作频率、抑制电平 (dB) 以及任何与响应有关的频率和敏感度门限电平。

5.12 CS105 25Hz~20GHz 天线端口交调传导敏感度

5.12.1 适用范围

当订购方有规定时, 本要求仅适用于通常处理调幅射频信号的接收机。

5.12.2 限值

当按订购方提供的限值要求进行试验时, EUT 不应因交调而出现超过规定允差的任何不希望有的响应。

注: 由于接收设备和分系统设计的多样性, 所以本标准没有提出统一的限值要求。

5.12.3 测试方法

5.12.3.1 概述

由于 5.12.3 中提供的测试方法可能不是最适合 EUT 的测试方法, 所以应优先使用订购方提供的测试方法进行测试。

5.12.3.2 测试设备

测试设备如下:

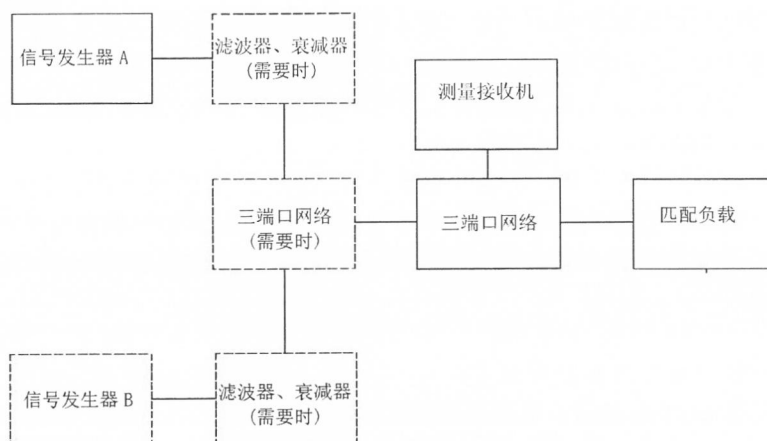
- a) 信号发生器;
- b) 三端口网络, 20dB 隔离;
- c) 滤波器(需要时);

- d) 衰减器(需要时);
- e) 输出监测器;
- f) 测量接收机。

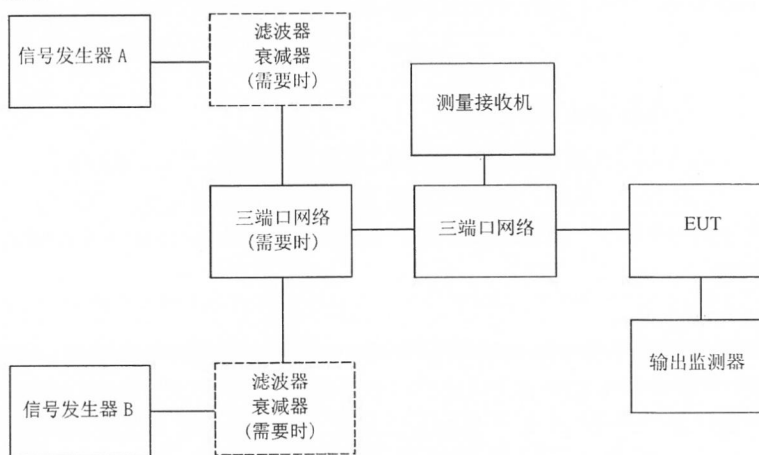
5.12.3.3 测试配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置, 测试配置如下:

- a) 测量系统检查
按图 35 配置。



- b) EUT 测试
按图 36 配置。



5.12.3.4 测试步骤

按照如下步骤进行测试:

- a) 测量系统检查
 - 1) 关闭信号发生器 B 的输出。在测试频率范围中间附近, 调整信号发生器 A 的输出, 使接收机测量的结果(已加入相关修正因子)为 $10\text{dB}\mu\text{V}$ 左右(记为 $V_{\text{查}10}$); 再增加信号发生器 A 输出电平 10dB , 此时接收机测量的结果为 $V_{\text{查}1}$;
 - 2) 关闭信号发生器 A 的输出。在测试频率范围中间附近, 调整信号发生器 B 的输出, 使接收机测量的结果(已加入相关修正因子)为 $10\text{dB}\mu\text{V}$ 左右(记为 $V_{\text{查}20}$);

- 3) 增大信号发生器 B 的输出电平, 净增值等于交调抑制限值 $L_{\text{限值}}$, 此时接收机测量的结果为 $V_{\text{查}2}$;
- 4) 比较 $V_{\text{查}1} - V_{\text{查}10}$ 的差值是否在 $10\text{dB} \pm 3\text{dB}$ 范围之内; 比较 $V_{\text{查}2} - V_{\text{查}20}$ 的差值是否在 $L_{\text{限值}} \pm 3\text{dB}$ 范围之内; 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$, 则要在测试之前找出误差原因并纠正;
- 5) 确认信号发生器 B 输出的杂散发射足够小(例如低于基波 $L_{\text{限值}} \text{dB}$);
- 6) 对测试频率范围两端的频点重复 5.12.3.4 a) 1) ~ 5.12.3.4 a) 5)。

b) EUT 测试

- 1) 使信号发生器 B 的输出为零, 按 4.3.10.2 规定将信号发生器 A 调谐至 EUT 调谐频率 f_0 , 并按 5.12.3.5 a) 的规定进行调制。调节其输出电平, 使 EUT 产生标准参考输出电平, 记录信号发生器 A 的输出电平 V_{10} 与频率 f_0 。使信号发生器 A 的输出为零, 对信号发生器 B 重复上述步骤, 记下它的输出电平 V_{20} ;
- 2) 接通两台信号发生器, 信号发生器 B 按 5.12.3.5 a) 的规定进行调制, 信号发生器 A 不调制。调节信号发生器 A 的输出电平, 使其比 5.12.3.4 b) 1) 所得电平 V_{10} 高 10dB ;
- 3) 把信号发生器 B 的输出电平调到等于产品规范规定的交调抑制限值电平与 5.12.3.4 b) 1) 所得电平 V_{20} 之和;
- 4) 从 EUT 响应曲线(或选择性曲线)右边沿上电平等于 5.12.3.4 b) 3) 所得电平的频率开始, 调节信号发生器 B 的频率直到 $f_0 + f_{\text{fr}}$ 为止, 同时监测 EUT 输出情况。此时, EUT 应无输出; 若 EUT 有输出, 则说明发生了交叉调制;
- 5) 当找到响应时, 去掉信号发生器 B 的调制, 如响应消失, 则是由交调产生的。用图 36 中的测量接收机也能鉴别交调产物是来自 EUT 对当前测量频率的响应还是来自信号发生器的谐波和测量装置的杂散信号。若 EUT 没有输出, 则 EUT 交调响应满足规定限值要求, 若 EUT 有输出, 应降低信号发生器 B 的输出电平, 直到 EUT 没有输出为止, 记录信号发生器 B 的电平 V 和频率, 并按式 (4) 计算交调抑制电平 S_{cm} 。

$$S_{\text{cm}} = V - V_{20} \dots \dots \dots (4)$$

式中:

S_{cm} —— 交调抑制电平, dB;

V —— 由 5.12.3.4 b) 5) 得到的信号发生器 B 的输出电平, $\text{dB}\mu\text{V}$;

V_{20} —— 由 5.12.3.4 b) 1) 得到的信号发生器 B 的输出电平, $\text{dB}\mu\text{V}$ 。

- 6) 重复 5.12.3.4 b) 3) ~ 5.12.3.4 b) 5), 但将 5.12.3.4 b) 4) 中的 $f_0 + f_{\text{fr}}$ 用 $f_0 - f_{\text{fr}}$ 替换。

5.12.3.5 注意事项

注意事项如下:

- a) 用于本项测试的信号发生器的调制与测试 EUT 灵敏度时的调制相同。该方法应在 EUT 产品规范中规定。若没有这方面的规定, 则信号发生器用 400Hz 正弦波进行幅度调制, 调制度为 30% ;
- b) 标准参考输出电平应在 EUT 产品规范中规定, 如产品规范未规定, 则应采用 $(S+N)/N=10\text{dB}$ 。其中, S 表示信号大小, N 表示受试接收机的噪声;
- c) 测试中信号发生器频率可能漂移, 需要对其频率进行微调, 以确保测到最大响应;
- d) 对跳频接收机, 一种可行的方法就是在跳频范围内选择一个 f_0 , 再按上述方法配置信号发生器, 然后接收机按跳频来评估;
- e) 对在天线组件中具有前端混频和滤波的接收机, 试验可能需要用辐射的方式进行。所有的信号通过辐射方式提供。要保证观察到的任何互调产物是由被测接收机而非测试场地上的设备造成。此时测试可能需要在暗室内进行。

5.12.3.6 测试结果

提供的典型数据应包括接收机灵敏度、信号发生器电平、扫描频率范围、接收机工作频率以及任何与响应有关的频率和敏感度门限电平。

5.13 CS106 电源线尖峰信号传导敏感度

5.13.1 适用范围

本项目适用于水面舰船、潜艇和飞机上设备和分系统的交流和直流输入主电源线，不包括地线和回线。
当订购方有规定时，本项目也适用于表 5 中其他平台上的设备和分系统。

5.13.2 限值

将图 37 和表 10 所示波形的尖峰信号加到 EUT 的电源线上时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

水面舰船和潜艇：峰值电压 V_L 为 400V，持续时间 t_d 为 5 μ s；

飞机：峰值电压 V_L 为 200V，持续时间 t_d 为 10 μ s；

其他：由订购方规定。

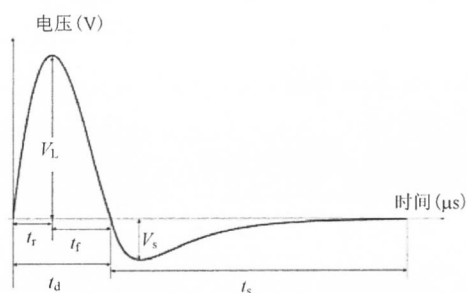


图 37 CS106 尖峰波形

表 10 CS106 尖峰波形参数

参数	平台	
	水面舰船和潜艇	飞机
V_L	400V	200V
t_r	1.5 μ s \pm 0.5 μ s	/
t_f	3.5 μ s \pm 0.5 μ s	/
t_d	5.0 (1 \pm 20%) μ s	10.0 (1 \pm 20%) μ s
V_s	$\leq 30\% \times V_L$	/
t_s	$\leq 20\mu$ s	/

5.13.3 测试方法

5.13.3.1 测试设备

测试设备如下：

- 尖峰信号发生器，5 μ s 发生器的源阻抗不大于 2 Ω ；10 μ s 发生器的源阻抗不大于 1 Ω ；
- 电容器，10 μ F；
- 示波器，高阻输入阻抗；
- 无感电阻器，5 Ω ；
- 隔离变压器；
- LISN。

5.13.3.2 测试配置

测试配置如下：

- 按 4.3.9 及图 2~图 5 进行基本配置；
- 发生器电平设定；

按图 38 配置。用示波器监测 5Ω 无感电阻器的电压波形，连接 5Ω 无感电阻器的导线尽量短，电感尽量小。

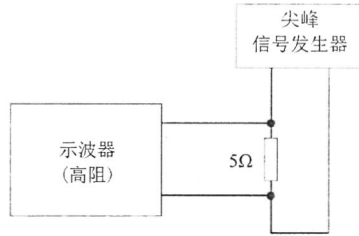


图 38 CS106 发生器电平设定配置

c) EUT 测试

对直流或单相交流电源，按图 39 配置；

对三相△型电源，按图 40 配置；

对三相 Y 型电源(4 根电源线)，按图 41 配置。

5.13.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 发生器电平设定

- 1) 将尖峰信号发生器调到最小输出；
- 2) 增加信号电平直到示波器指示的电压达到限值 V_L ，确认其输出波形和脉冲宽度；
- 3) 记录尖峰信号发生器的设置值 V_C 。

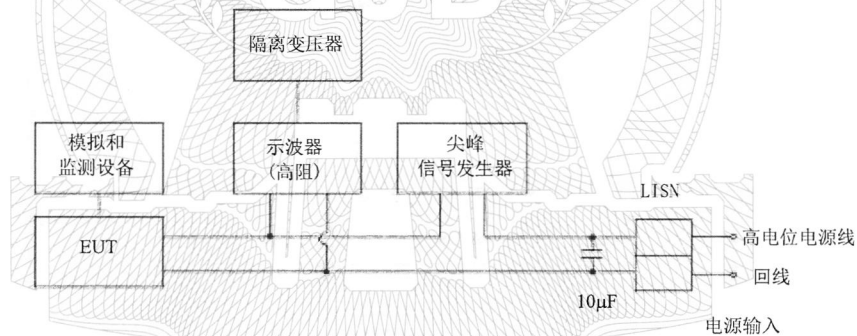


图 39 CS106 测试配置(直流或单相交流电源线)

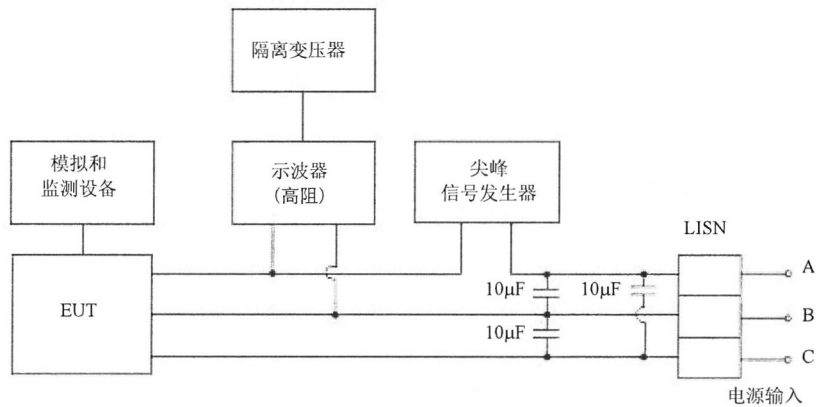


图 40 CS106 测试配置(三相△型电源线)

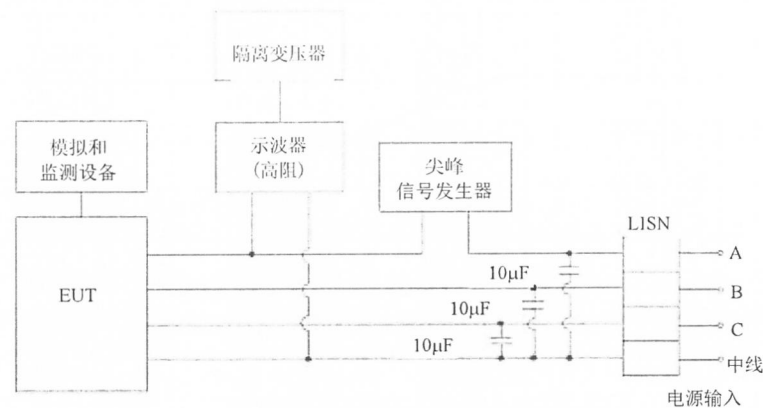


图 41 CS106 测试配置 (三相 Y 型电源线)

b) EUT 测试

注意：进行此项测试要特别小心，由于使用了隔离变压器，示波器的“安全接地线”被断开，可能存在电击危险。

- 1) 选择一根电源线进行测试；
- 2) 将尖峰信号发生器的输出调到最小。增加信号电平，直到要求的信号电平 V_T ， V_T 取 V_L 和 V_C 中的先到达者，此即为要求的信号电平；
- 3) 保持信号电平不低于要求的信号电平 V_T ，以 5Hz~10Hz 脉冲重复频率、正负两种极性对 EUT 被测电源线进行测试，每种极性测试时间不少于 5min；
- 4) 监视 EUT 性能是否降低。如果出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平以及在交流波形上的相位；
- 5) 对其他受试电源线和测试条件分别重复 5.13.3.3 b)2)~5.13.3.3 b)4)。

在图 39~图 41 中，允许使用差分探头进行测试。此时示波器既可以不通隔离变压器供电，又可以继续保持地线连接，避免电击危害。

5.13.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 按 5.13.3.3 a)2) 测得的示波器波形图；
- b) 注入到受试电源线上的示波器波形图；
- c) 各受试电源线是否满足敏感度要求的说明；
- d) EUT 发生敏感的受试电源线、敏感度门限电平及其工作状态。

5.14 CS109 50Hz~100kHz 壳体电流传导敏感度

5.14.1 适用范围

本项目适用于水面舰船和潜艇上工作频率不高于 100kHz 且工作灵敏度等于或优于 $1\mu\text{V}$ (例如 $0.5\mu\text{V}$) 的设备和分系统。本项目不适用于手持式设备。

5.14.2 限值

当按图 42 限值进行试验时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

5.14.3 测试方法

5.14.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 信号发生器；
- b) 放大器(需要时)；
- c) 隔离变压器；
- d) 电流探头；

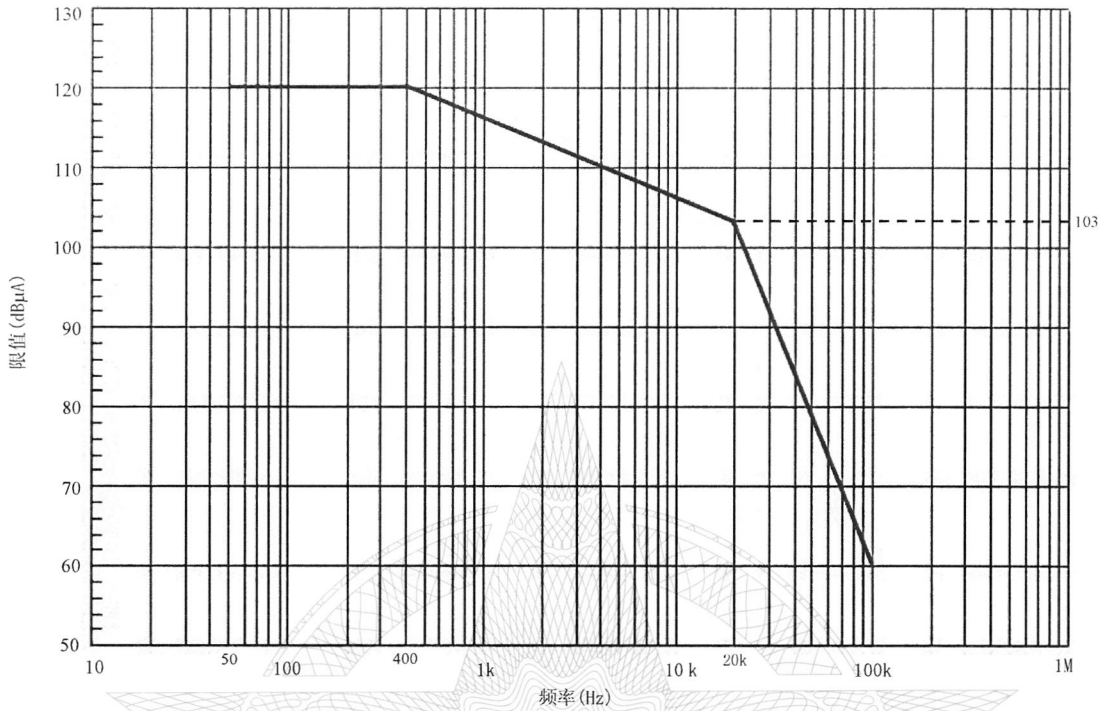


图 42 CS109 限值

- e) 测量接收机;
- f) 电阻器, 0.5Ω ;
- g) 耦合变压器。

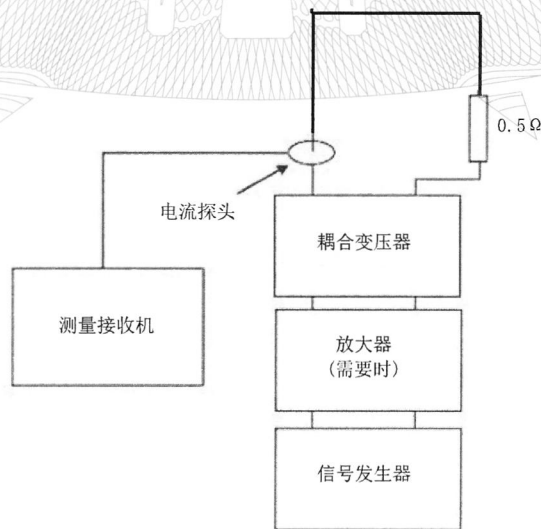
5.14.3.2 测试配置

5.14.3.2.1 基本配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置。

5.14.3.2.2 测量系统检查

按图 43 配置。



用 2m 长的导线将负载与耦合变压器次级连接。导线特性与测试中用的导线特性相同。

图 43 CS109 测量系统检查示意图

5.14.3.2.3 EUT 测试

- a) 按图 44 配置 EUT 及测试设备(包括信号产生设备、电流监测设备、EUT 运行或性能监测设备), 确保测试配置单点接地。
- 1) 用隔离变压器隔离 EUT 和所有测试设备的交流电源。对直流电源供电的 EUT, 隔离变压器不适用;
 - 2) 断开所有输入主电源线的安全接地线;
 - 3) 将 EUT 和测试设备放在非导电平面上以实现单点接地。
- b) 注入电流的测试点如下:
- 1) 工作台设备: 仅在安放表面的对角线端点上;
 - 2) 机架安装设备: 设备所有表面的对角线端点上;
 - 3) 甲板固定设备: 设备所有表面的对角线端点上;
 - 4) 壁挂设备: 设备壁挂表面对角线端点上;
 - 5) 电缆(所有安装方式): 端接到 EUT 的电缆铠甲和测试配置的单点接地点之间。本项目也适用于电缆屏蔽层和导管, 除非它们单点接地。
- c) 将信号发生器和 0.5Ω 电阻器接到所选择的一组测试点上, 连接到测试点的导线应垂直于测试表面至少 50cm。

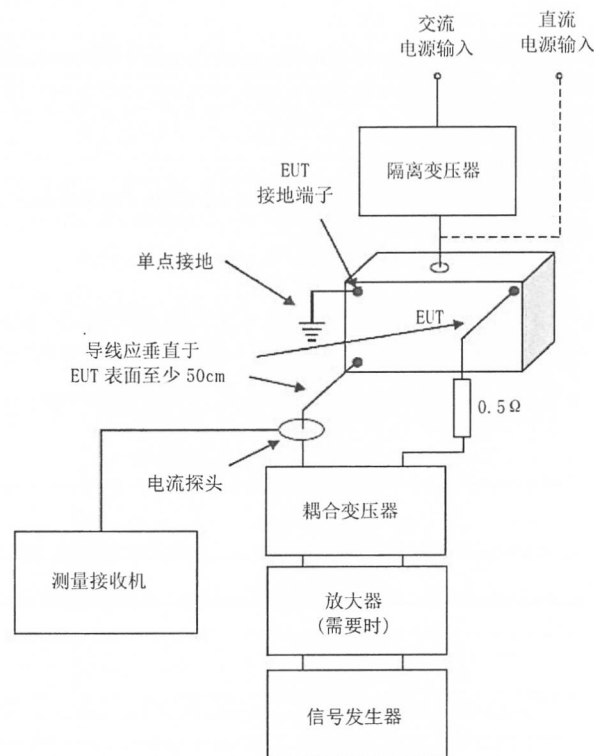


图 44 CS109 测试配置

5.14.3.3 测试步骤

5.14.3.3.1 测量系统检查

按照如下步骤进行检查:

- a) 将信号发生器调到最低测试频率;
- b) 调整信号电平直到测量接收机指示值(含电流探头转移阻抗修正值)对应于 CS109 电流限值;
- c) 在要求测试的频率范围中间和高、低端各选一个频点, 重复 5.14.3.3.1 b), 确认系统能输出和

监测到对应于 CS109 电流限值的电流。

5.14.3.3.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- a) 信号发生器调到要求的最低测试频率，用电流探头和接收机监测电流，增大信号发生器的输出直至监测电流达到限值要求；
- b) 保持监测电流值不低于限值，按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描；
- c) 监视 EUT 性能是否降低。如果出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平；
- d) 对 EUT 每个受试面的每个对角线测试点分别重复 5.14.3.3 a)～5.14.3.3.2 c)。

5.14.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 电流限值、实际施加的幅频曲线或数据表；
- b) 在 EUT 上选择的每组测试点的位置示意图或文字说明；
- c) 每组测试点是否满足敏感度要求的说明；
- d) EUT 敏感时的测试点、频率、敏感度门限电平及其工作状态。

5.15 CS112 静电放电敏感度

5.15.1 适用范围

本项目适用于工作在容易产生人体静电放电的环境中(例如沙漠、装有空调的房间、使用人造纤维、塑料的环境等)并与人体可能接触的电子、电气和机电设备和分系统，不适用于非工作状态的军械、加电工作后人员不能接触的军械。

需要时，应对军械进行必要改装，去掉易燃易爆的传爆序列，仅保留首级点火元件。改装应不改变和/或破坏军械原有的电磁特性。

5.15.2 限值

当按表 11 指示的电平并使用 150pF 电容通过 330Ω 电阻及不超过 5μH 电感的电路实施放电时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。对导电表面，用接触放电模式。空气放电模式只在接触放电无法应用时使用。

表 11 ESD 测试等级

等级	测试电压 kV	方式
1	±2	接触/空气
2	±4	接触/空气
3	±8	接触/空气
4	±15	空气

5.15.3 测试方法

5.15.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) ESD 发生器，至少在 ±2kV～±15kV 内可调，电路特性见表 12 和图 45；
- b) ESD 网络，电容 150pF，放电电阻 330Ω；
- c) 接触放电头，见图 46；
- d) 空气放电头，见图 46；
- e) 静电电压表；

- f) 示波器，单次带宽 $\geq 1\text{GHz}$ ；
- g) ESD 电流靶，输入电阻 $2(1\pm 5\%)\Omega$ ，见图 47；
- h) 衰减器，20dB；
- i) 同轴电缆， 50Ω ， $\leq 1\text{m}$ ；
- j) 金属接地板；
- k) 离子发生器或 $1(1\pm 10\%)\text{M}\Omega$ 电阻。

表 12 ESD 发生器规格

参数	数值
输出电压，接触放电模式 ^a	至少(2~8)kV
输出电压，空气放电模式 ^a	至少(2~15)kV
输出电压允差	$\pm 5\%$
输出电压极性	正极性和负极性
保持时间	$\geq 5\text{s}$
操作放电模式	单次放电 ^b

^a 在 ESD 发生器的放电电极处测得的开路电压。
^b 考虑到预测需求，发生器应具备至少 20 次/s 放电速率的能力。

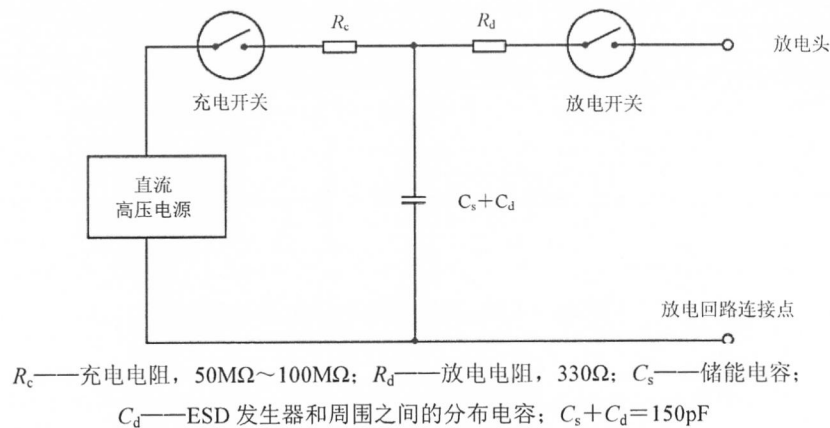


图 45 ESD 发生器简图

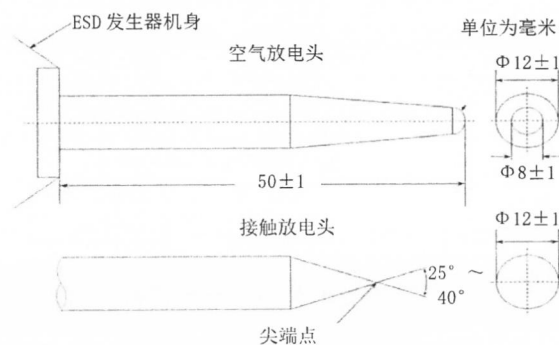


图 46 ESD 发生器的放电头

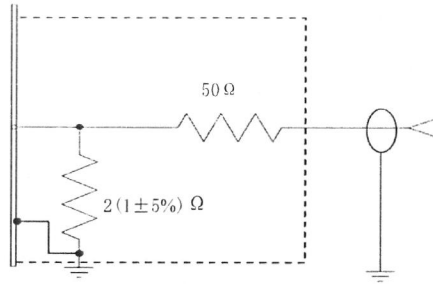


图 47 ESD 发生器电流靶图示例

5.15.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2～图 5 进行基本配置。

在空气放电试验的情况下，气候条件应在下述范围内：

- 环境温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：30%～60%；
- 大气压力：86kPa～106kPa。

- b) 测试点选择。静电放电应施加于在正常使用 EUT 中可被操作人员/安装人员接触到的点和面，至少应包括各外表面。如果适用，测试点应包括以下位置：控制区或键盘区域的任何导电或不导电点，其他人体可能接触的开关、旋钮、按钮、LED 指示灯、缝隙、孔、连接器外壳及其他可接触区域。

- c) 测量系统检查

按图 48 进行电压检查配置，按图 49 进行电流检查配置。

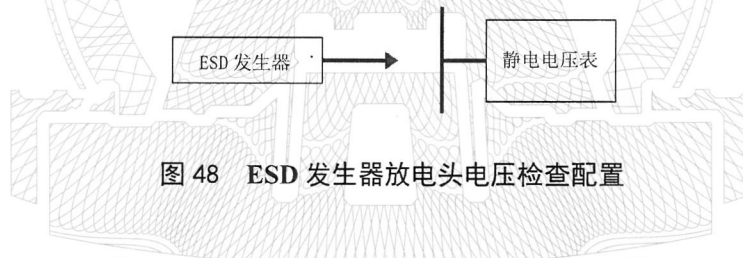


图 48 ESD 发生器放电头电压检查配置

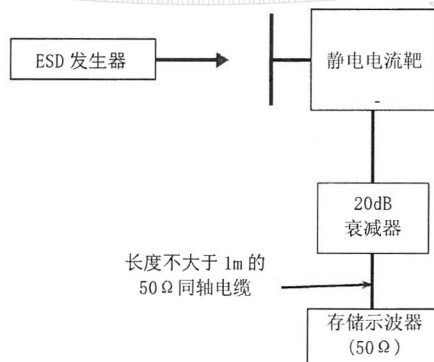


图 49 ESD 发生器放电电流检查配置

5.15.3.3 测试步骤

5.15.3.3.1 测量系统检查

按照如下步骤进行检查：

- a) 在 ESD 发生器上安装 150pF/330Ω 的 RC 阻容网络；
- b) ESD 发生器电压检查：
- 1) 给 ESD 发生器装上空气放电头，按图 48 配置测试设备。设定静电电压表以检查 ESD 发生器电压；
 - 2) 将 ESD 发生器调到空气放电模式，输出设置为+2kV；
 - 3) 使用静电电压表验证 ESD 发生器的输出电压在期望值的±10%范围内；
 - 4) 按表 11 中每个 ESD 测试等级对两种极性的电压重复 5.15.3.3.1 b) 1) ~5.15.3.3.1 b) 3)。
- c) 放电电流检查：
- 1) 按图 49 配置静电电流靶、衰减器和示波器；
 - 2) 将 ESD 发生器调到接触放电模式，并将 ESD 空气放电头换为接触放电头；
 - 3) 将 ESD 模拟器的放电头紧抵电流靶后放电，用示波器测量波形。检查表 13 和图 50 中的每个参数都满足要求。

表 13 ESD 模拟器接触放电电流参数

指示电压 kV	最大峰值电流 ±15% A	上升时间 ^a ns	30ns 时的电流 I_{30} ±30% A	60ns 时的电流 I_{60} ±30% A
±2	7.5	$0.6 \leq t_r \leq 1.0$	4	2
±4	15	$0.6 \leq t_r \leq 1.0$	8	4
±8	30	$0.6 \leq t_r \leq 1.0$	16	8

^a 上升时间定义为从电流波形最大峰值的 10% 上升到 90% 所用的时间。

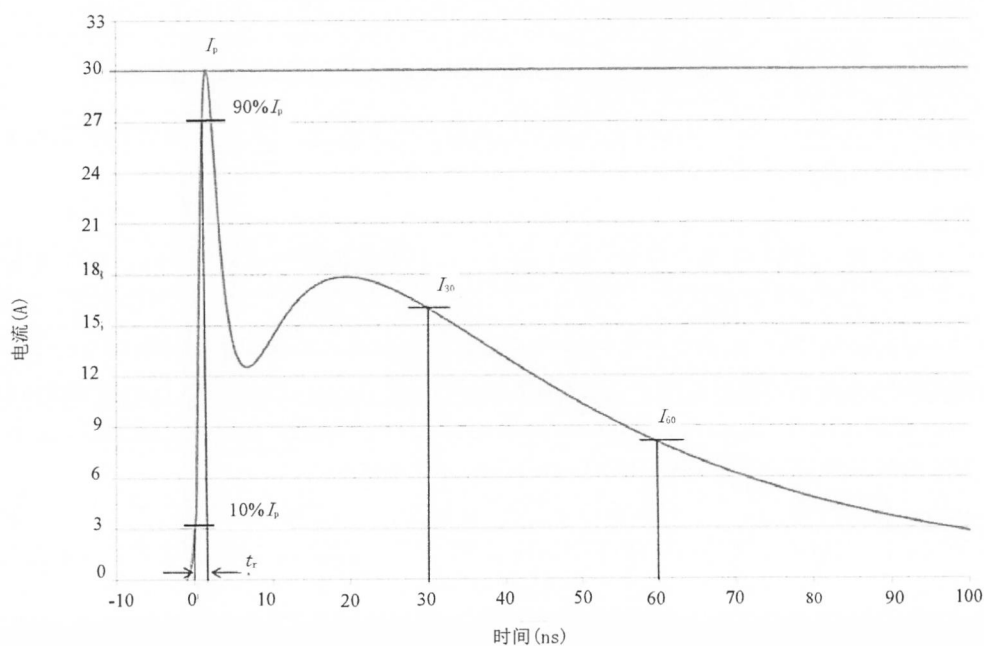


图 50 8kV 时的理想接触放电电流波形

5.15.3.3.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- a) 保持 ESD 发生器的接地线长度，并将其与 EUT 的外壳接地点连接；
- b) 按表 11 最低测试等级设置 ESD 发生器的放电头电压；
- c) 在选择的每个 EUT 测试点上施加 5 次正极性放电后再施加 5 次负极性放电；
- d) 放电方法：
 - 1) 对于接触放电，将 ESD 发生器放电头直接置于测试点上后再按下放电开关；
 - 2) 对于空气放电，在距离测试点一定远处按下 ESD 发生器放电开关，此处还不足以发生空气放电现象。然后使放电头与测试部位保持垂直，以小于 0.3m/s 的速度缓慢接近测试点直至发生放电或接触到放电点。在两次放电之间，通过使用 1MΩ 电阻将测试点短暂接地、离子发生器或等待电荷自行消散方法去除残余电荷。

注意：不是所有的电压等级都能导致对绝缘表面的放电。如果测试点可以承受该电压，则认为该测试点满足要求。
- e) 监测 EUT 在测试期间性能是否下降；
- f) 对表 11 中的其他测试等级，按从低到高逐级增加的顺序，重复 5.15.3.3.2 c)～5.15.3.3.2 e)，直至完成所有的测试等级。

5.15.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

测试点、使用的放电头类型、EUT 上施加的电压（包括幅度和极性）、放电类型（空气或接触）、测试结果（是否放电）和运行结果表现。

5.16 CS114 4kHz~400MHz 电缆束注入传导敏感度

5.16.1 适用范围

本项目适用于所有的互连电缆和输入主电源电缆。

本项目适用范围如下：

- a) 4kHz~10kHz 水面舰船和潜艇；
- b) 10kHz~200MHz 全部适用；
- c) 200MHz~400MHz 由订购方选用。

除水面舰船和潜艇外，对于与接收机天线端口连接的同轴电缆，在 EUT 接收机调谐频率及接收机通带范围内本项目不适用。

5.16.2 限值

当给注入探头输入按图 51 预先设定并按 5.16.3.3 c)2) 要求调制的测试信号时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。根据表 14 选取图 51 中的适用限值曲线。在整个频率范围内，当定向耦合器上监测的正向功率电平在低于预先设定的值时就在受试电缆上分别感应出如下电流（未调制）时，即 $I_{1\text{最大}}=83\text{dB}\mu\text{A}$ ， $I_{2\text{最大}}=89\text{dB}\mu\text{A}$ ， $I_{3\text{最大}}=95\text{dB}\mu\text{A}$ ， $I_{4\text{最大}}=103\text{dB}\mu\text{A}$ ， $I_{5\text{最大}}=115\text{dB}\mu\text{A}$ ，如果此时 EUT 不敏感，也认为它满足要求。称上述这 5 个电流值为各曲线的最大限值 $I_{n\text{最大}}$ ，其中 $n=1、2、3、4$ 或 5。

对于安装在水面舰船或潜艇上的设备和分系统，针对 EUT 完整输入主电源电缆（高电位电源线+回线，共模）在 4kHz~1MHz 还增加了限值为 77dBμA 的要求。必要时，订购方还可以将频率向 4kHz 以下扩展。

在 200MHz~400MHz，由于可能出现谐振，测试结果的重复性可能存在问题。在该频段是否测试，由订购方规定。

在测试期间，在 EUT 接收机调谐频率及接收机通带范围上允许 EUT 的性能降低，除非另有规定；试验结束后，EUT 接收机应能满足其性能要求。

表 14 CS114 限值曲线编号和限值

频率范围		平台							
		飞机 (外部或 SCES)	飞机 (内部)	舰船 (甲板上和暴 露的甲板下) 和 水下 (外部) ^a	金属 舰船 (甲板下)	非金属 舰船 (甲板下) ^b	水下 (内部)	地面	空间 系统
4kHz~1MHz	海军 ^c	/	/	77dB μ A	77dB μ A	77dB μ A	77dB μ A	/	/
10kHz~2MHz	陆军	五	五	二	二	二	—	三	三
	海军 ^c	五	三	二	二	二	—	二	三
	空军	五	三	/	/	/	/	二	三
2MHz~30MHz	陆军	五	五	五	二	四	—	四	三
	海军	五	五	五	二	四	—	二	三
	空军	五	三	/	/	/	/	二	三
30MHz~ 200MHz	陆军	五	五	五	二	二	二	四	三
	海军	五	五	五	二	二	二	二	三
	空军	五	三	/	/	/	/	二	三
200MHz~ 400MHz	陆军	五	五	五	二	二	—	四	三
	海军	/	/	五	二	二	—	二	三
	空军	五	三	/	/	/	/	二	三

不同编号的限值曲线见图 51。

^a 对潜艇压力舱以外、上层结构之内的设备，使用“金属舰船(甲板下)”。

^b 对位于航空母舰飞机库甲板上的设备，使用“非金属舰船(甲板下)”。

^c 对输入电源电缆进行 1MHz 以下的测试时，在每个测试频点比较 77dB μ A 和相应曲线在该频点对应值的大小，选较大者为限值。

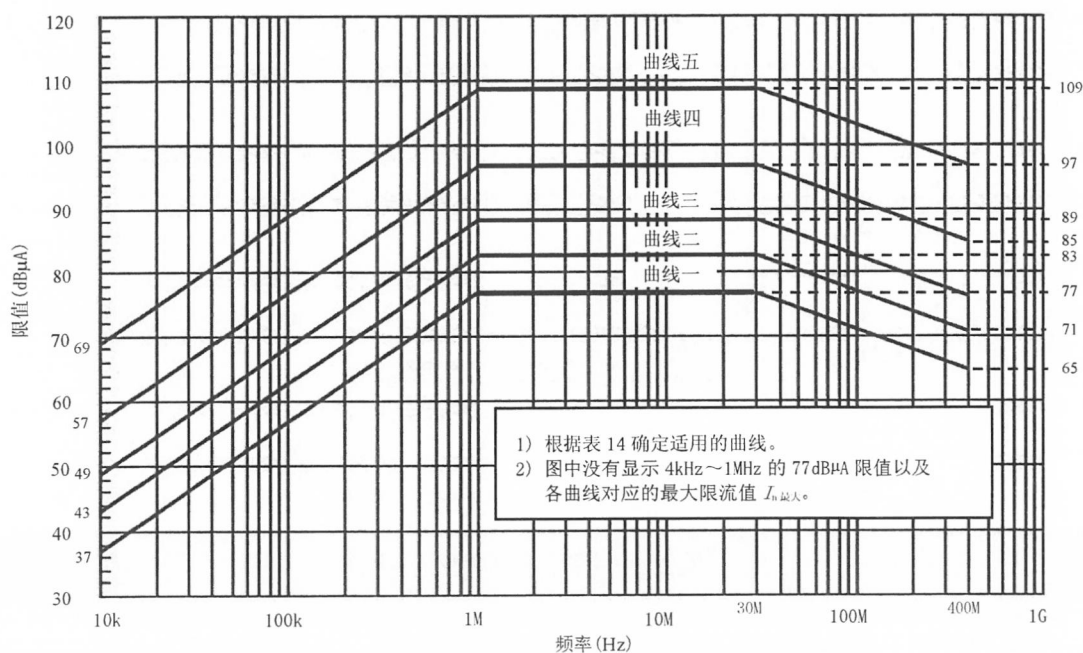


图 51 CS114 电流限值

5.16.3 测试方法

5.16.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 测量接收机；
- b) 注入探头(插入损耗的要求见图 52，测试方法见图 53)；
- c) 监测探头；
- d) 校准夹具：具有 50Ω 特性阻抗的同轴传输线。其两端为同轴连接器，中心导体周围为注入探头留有足够的空间；
- e) 定向耦合器；
- f) 信号发生器；
- g) 衰减器， 50Ω ；
- h) 同轴负载， 50Ω ；
- i) 功率放大器；
- j) LISN。

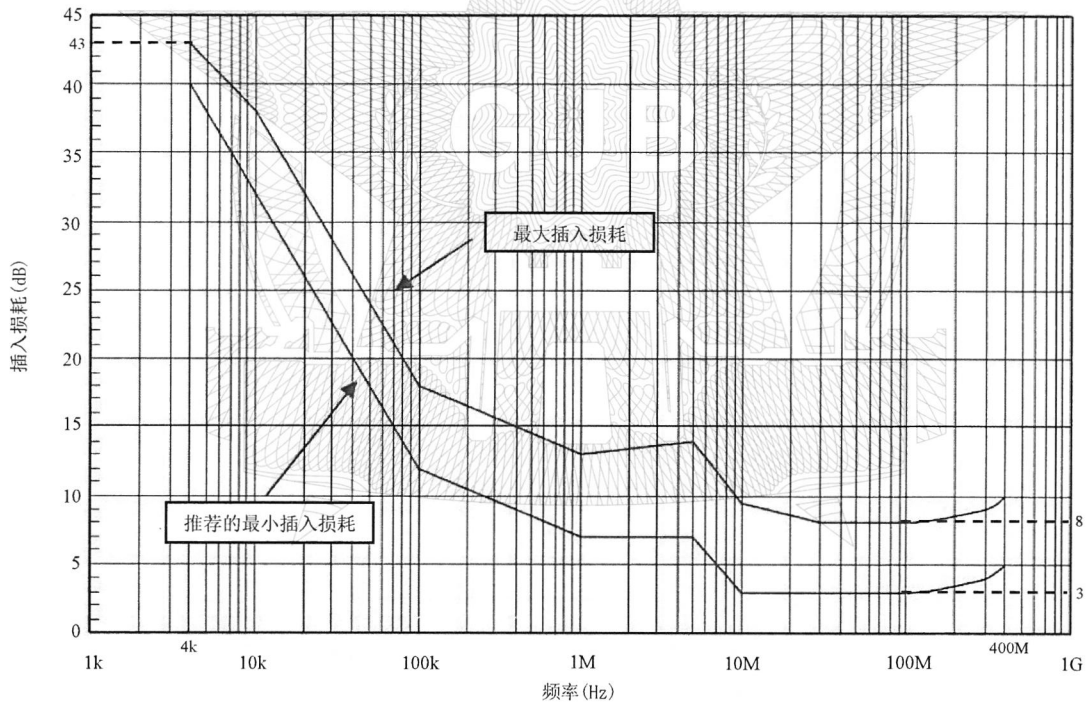
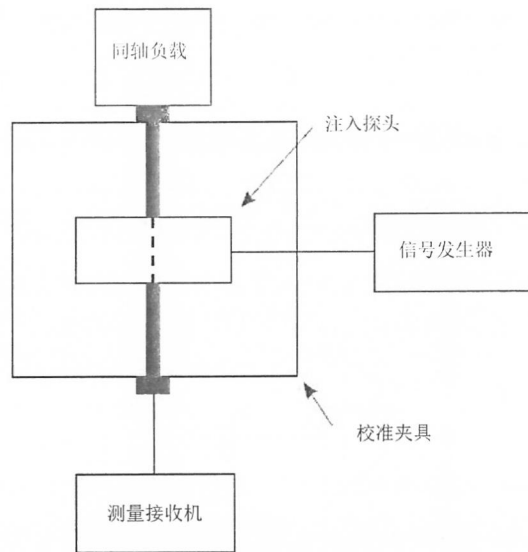


图 52 CS114 注入探头的插入损耗要求



注入探头的插入损耗=注入探头的输入功率-测量接收机输入功率。

图 53 CS114 注入探头插入损耗的测量

5.16.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2~图 5 进行基本配置。
- b) 发生器电平设定

按图 54 配置测试设备：

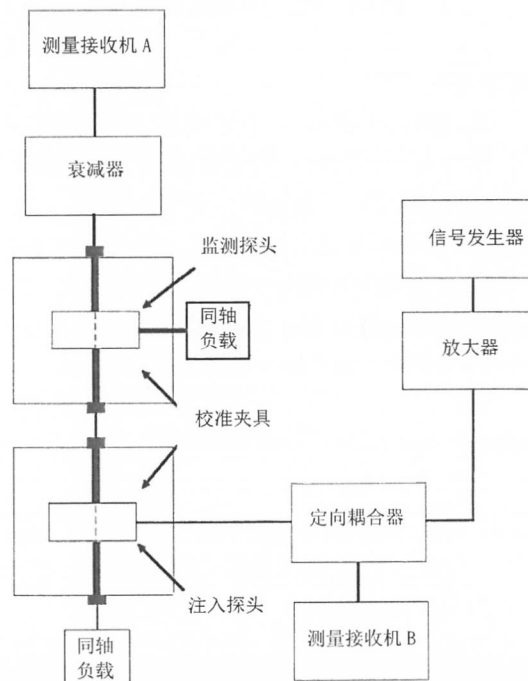


图 54 CS114 发生器电平设定配置

- 1) 将两个校准夹具用同轴连接器或短同轴电缆连接。将注入探头卡在校准夹具的中心导体上，将监测探头卡在另一个校准夹具的中心导体上，并用 50Ω 负载端接监测探头；

- 2) 校准夹具的一端端接 50Ω 负载，另一个校准夹具的另一端通过衰减器连接到测量接收机 A 上。
- c) 测量系统检查
按图 55 配置测试设备，将图 54 中校准夹具端接的(衰减器+测量接收机 A)与监测探头端接的同轴负载对调。

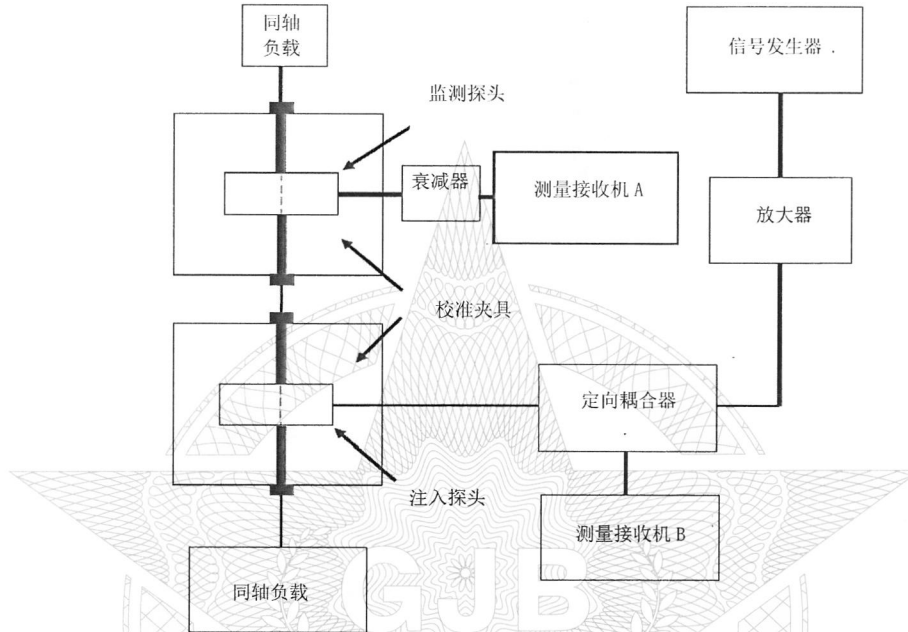


图 55 CS114 测量系统检查配置

d) EUT 测试

按图 56 配置测试设备：

- 1) 将注入探头、监测探头卡在与 EUT 连接器连接的电缆束上；
- 2) 为减少误差，用与电平设定时相同的测试配置（接收机、同轴电缆、馈通连接器、额外的衰减器等）连接到监测探头。需要时，可增加衰减；
- 3) 将监测探头置于距 EUT 连接器外端面 5cm 处。如果连接器和外壳总长超过 5cm ，则监测探头应尽可能靠近连接器的外壳；
- 4) 将注入探头置于距监测探头 5cm 处。

对于未使用连接器的电缆束，也参照上述方法进行测试。

5.16.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 发生器电平设定

- 1) 在表 14 和图 51 中选择适用的电流限值。将信号发生器调到最低测试频率，不调制；
- 2) 增加信号电平，用接收机 A 监测流经校准夹具中心导体的电流，直至规定的电流限值；
- 3) 记录接收机 B 测得的馈入注入探头的正向功率；
- 4) 在测试频段内扫描，并记录达到要求电流时所需的正向功率 P_C 。

b) 测量系统检查

探头仍放在电平设定设置中，按图 55 检查测试系统。按与测试 EUT 电缆相同的方式进行扫描。

- 1) 将信号发生器调到最低测试频率；
- 2) 将 5.16.3.3 a) 4) 下确定的正向功率电平 P_C 加到注入探头，测量监测探头上的感应电流；

- 3) 以表 2 的最小驻留时间和两倍于表 3 的频率步长扫描所需的频率范围, 期间保持 5.16.3.3 a) 4) 确定的正向功率电平 P_C 。确认监测的电流在电流限值的 3dB 范围内。
- c) EUT 测试
按图 56 配置设备。对 EUT 上每个电连接器端接的每个电缆束都按表 15 和以下步骤进行测试:

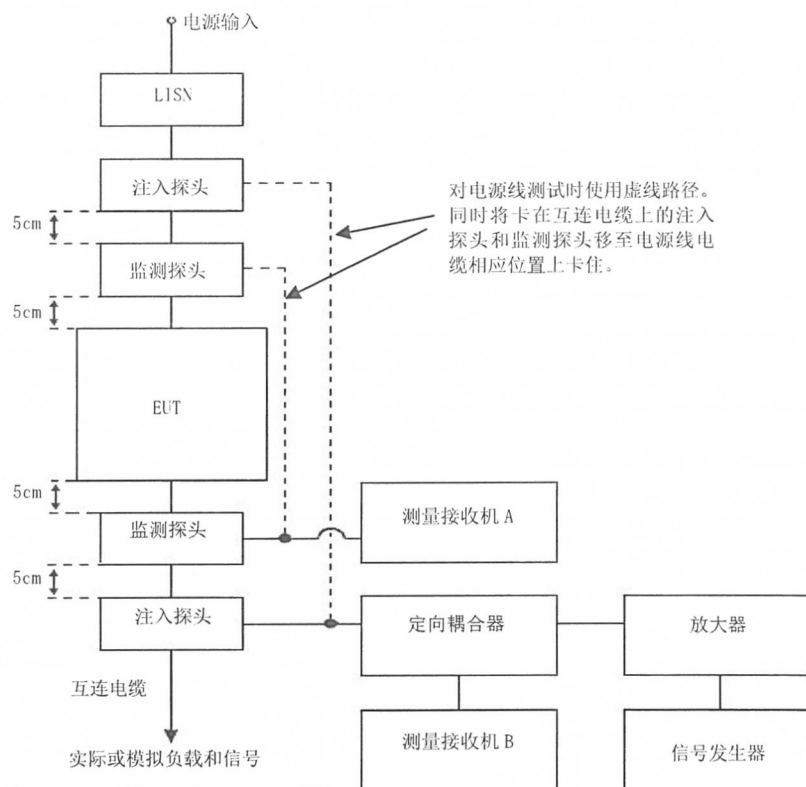


图 56 CS114 测试配置

表 15 CS114 受试电缆束

连接器端接的电缆束类型	电流探头每次卡住的电缆束
互连电缆	完整的互连电缆
输入主电源线电缆	完整的电源线(包括高电位线、回线和地线)
	所有的高电位线(不包含电源回线和地线)
同时包括互连线和输入主电源线的电缆	完整的电缆
	所有的电源线(包括输入高电位线、回线和地线)
	所有的高电位电源线(不包含电源回线和地线)

- 1) 设定信号发生器调制方式为单频连续波;
- 2) 将信号发生器调到最低测试频率(例如 4kHz 或 10kHz);
- 3) 向注入探头注入未调制信号, 同时用监测探头监测感应电流。对于屏蔽电缆或低阻抗电路, 宜逐渐增加信号。逐渐增加信号电平至 P_T , P_T 取 $I_{n\text{最大}}$ 和 P_C 先到达者时的功率, 其中 $I_{n\text{最大}}$ 为相应电流限值曲线对应的最大限流值; P_C 为 5.16.3.3 a) 4) 中确定的正向功率。确保信号调制方式及参数设置正确;
- 4) 按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描, 重复 5.16.3.3 c) 3);

- 5) 监测 EUT 性能是否降低。如果出现敏感,按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平;
- 6) 设置信号发生器调制方式为脉冲调制,按照 4.3.11.5.2 要求进行调制,重复 5.16.3.3 c)2)~5.16.3.3 c)5)。若调制信号参数超过一种,则应依次设置并重复 5.16.3.3 c)2)~5.16.3.3 c)5)。
- 7) 对与 EUT 其他各连接器连接的每个电缆束按表 15 重复 5.16.3.3 c)1)~5.16.3.3 c)6)。
- 8) 对因安全原因而具有冗余电缆的 EUT,例如多路数据总线,可用 1 个探头将多个电缆卡在一起同时进行测试。

对于未使用连接器的电缆束,也参照上述方法进行测试。

注:对屏蔽电缆或低阻抗电路逐渐增加信号的原因是避免出现过电流。

5.16.3.4 测试结果

试验完成后,需提供如下测试数据:

- a) 限值、实际施加的幅频曲线或数据表;
- b) 各受试电缆束是否满足敏感度要求的说明;
- c) EUT 发生敏感的电缆束、频率、调制方式及参数、敏感度门限电平及其工作状态。

5.17 CS115 电缆束注入脉冲激励传导敏感度

5.17.1 适用范围

本项目适用于所有飞机、空间、地面设备和分系统的互连电缆和输入主电源电缆。当订购方有规定时,本项目也适用于水面舰船和潜艇的设备和分系统。

5.17.2 限值

当按图 57 规定的信号以 30Hz 重复频率进行试验 1min 时,EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值,或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

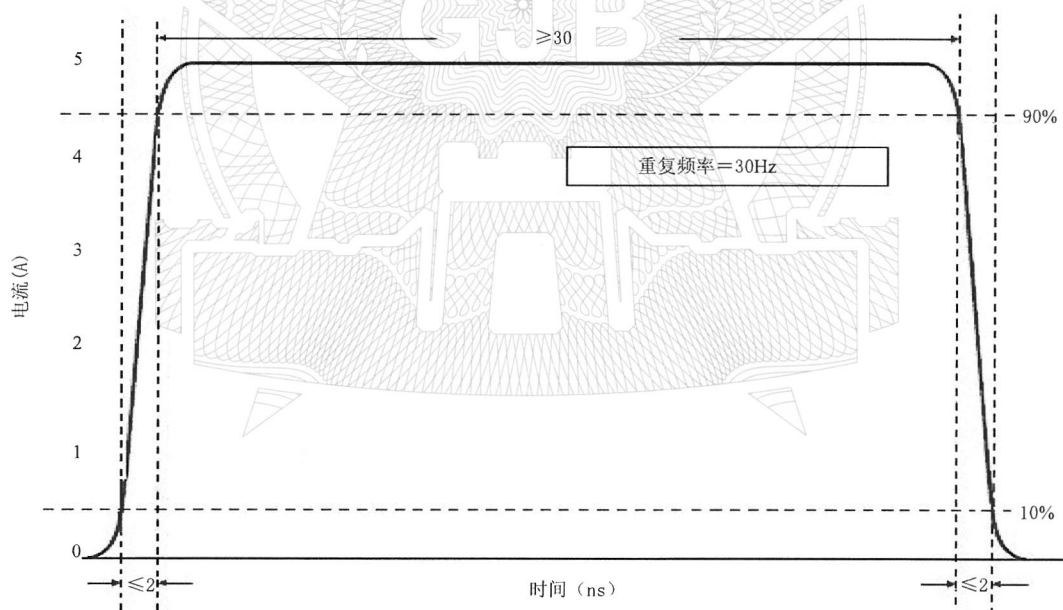


图 57 CS115 波形

5.17.3 测试方法

5.17.3.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 脉冲信号发生器, 50 Ω ;
- b) 注入探头;
- c) 激励电缆, 50 Ω , 2m 长, 在 500MHz 具有不大于 0.5dB 的插入损耗;
- d) 监测探头;

- e) 校准夹具：具有 50Ω 特性阻抗的同轴传输线。其两端为同轴连接器，中心导体周围为注入探头留有足够的空间；
- f) 存储示波器， 50Ω 输入阻抗；
- g) 衰减器， 50Ω ；
- h) 同轴负载， 50Ω ；
- i) LISN。

5.17.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2～图 5 进行基本配置。
- b) 发生器电平设定

按图 58 配置测试设备：

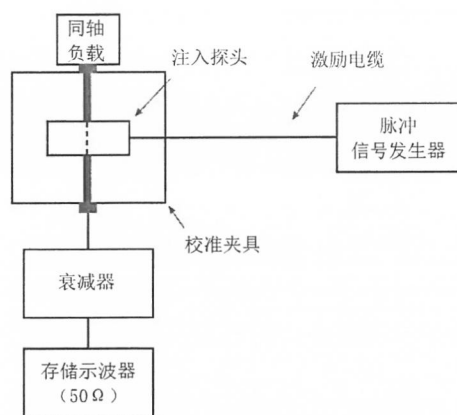


图 58 CS115 发生器电平设定配置

- 1) 将注入探头卡在校准夹具的中心导体上；
 - 2) 校准夹具的一端接 50Ω 负载，另一端通过 50Ω 衰减器连接到 50Ω 示波器上。
- c) EUT 测试
- 按图 59 配置测试设备：
- 1) 将注入探头和监测探头卡在与 EUT 连接器连接的一个电缆束上；
 - 2) 为减小误差，用与电平设定相同的测试配置(示波器、同轴电缆、馈通连接器、额外的衰减器等)连接到监测探头。需要时，可增加衰减；
 - 3) 将监测探头置于距 EUT 连接器外端面 5cm 处，如果连接器及其外壳总长度超过 5cm ，则监测探头应尽量靠近连接器外壳；
 - 4) 将注入探头置于距监测探头 5cm 处。
- 对于未使用连接器的电缆束，也参照上述方法进行测试。

5.17.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

- a) 发生器电平设定
 - 1) 按要求规定的上升时间、脉宽和脉冲重复频率调整脉冲信号发生器；
 - 2) 增加信号电平，用示波器监测流经校准夹具中心导体的电流，直至标准规定的电流；
 - 3) 确认脉冲波形的上升时间、下降时间、脉宽以及重复频率。由于是感性耦合，所以脉冲波形不能精确复现；
 - 4) 记录脉冲信号发生器的幅度设置值 I_C (或 V_C ，当脉冲信号发生器幅度用电压标识)。

注：有关脉冲测量的信息，参见附录 F。
- b) EUT 测试

对 EUT 上每个连接器端接的每个电缆束，都按表 15 和以下步骤进行测试：

- 1) 脉冲信号发生器至少输出 5.17.3.3 a)4) 的幅度 I_C (或 V_C ，当脉冲信号发生器幅度用电压标识)，用监测探头监测施加信号的峰值；
 - 2) 按规定的脉冲重复频率及测试持续时间施加测试信号；
 - 3) 监视 EUT 是否性能降低；
 - 4) 如 EUT 出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平；
 - 5) 记录示波器测得的电缆束感应峰值电流；
 - 6) 按表 15 对 EUT 其他各连接器连接的每个电缆束分别重复 5.17.3.3 b)1) ~ 5.17.3.3 b)5)。
- 对于未使用连接器的电缆束，也参照上述方法进行测试。

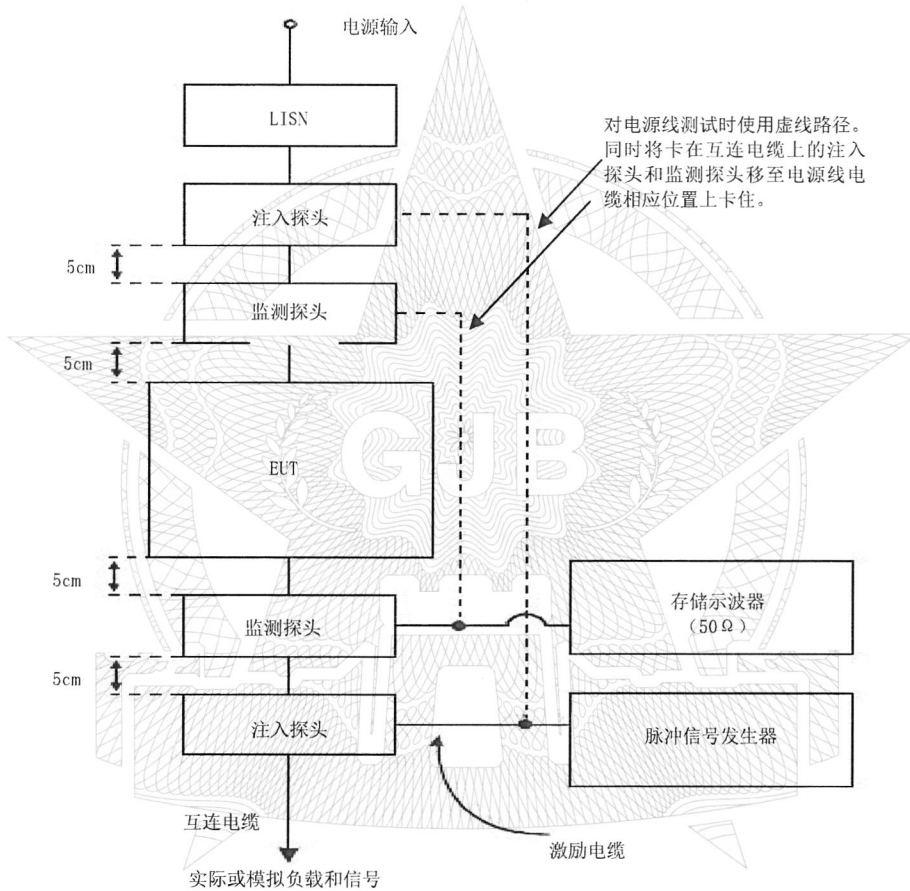


图 59 CS115 测试配置

5.17.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 电流限值、用示波器实测的电缆束感应电流波形和数据；
- b) 各受试电缆束是否满足敏感度要求的说明；
- c) EUT 发生敏感的受试电缆束、敏感度门限电平及其工作状态。

5.18 CS116 10kHz~100MHz 电缆和电源线阻尼正弦瞬态传导敏感度

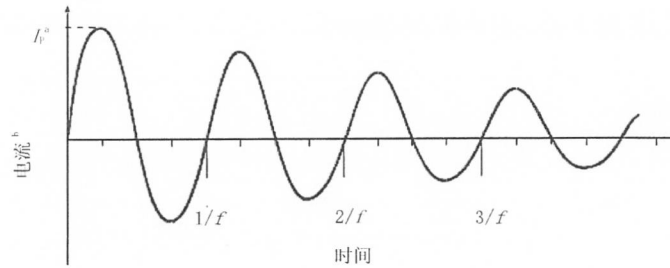
5.18.1 适用范围

本项目适用于所有互连电缆、输入主电源电缆及其每根高电位线。电源回线无须单独进行测试。

5.18.2 限值

当按图 60 规定的信号波形和图 61 规定的峰值电流进行试验时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备或分系统规范中给出的指标允差。至少应在 0.01MHz、0.1MHz、

1MHz、10MHz、30MHz 和 100MHz 频点上进行测试。如果还有其他已知的可能对安装设备造成影响的频率，例如平台谐振频率，则在这些频率上也要进行测试。测试信号重复率为 0.5 个脉冲/s~1 个脉冲/s。在每个频率点应施加脉冲 5min。



- a I_p 按图 61 确定。
- b 电流的归一化波形为 $e^{-(\pi t)/Q} \sin(2\pi ft)$ ；
 式中：
 f ——频率，Hz；
 t ——时间，s；
 Q ——阻尼因子， 15 ± 5 。

按下述确定阻尼因子：

$$Q = \frac{\pi(N-1)}{\ln(I_p / I_N)}$$

- 式中：
- Q ——阻尼因子；
- N ——周期数(例如： $N=2、3、4、5、\dots$)；
- I_p ——第 1 周期峰值电流；
- I_N ——最接近衰减 50%的周期峰值电流；
- \ln ——自然对数。

图 60 CS116 典型的阻尼正弦波

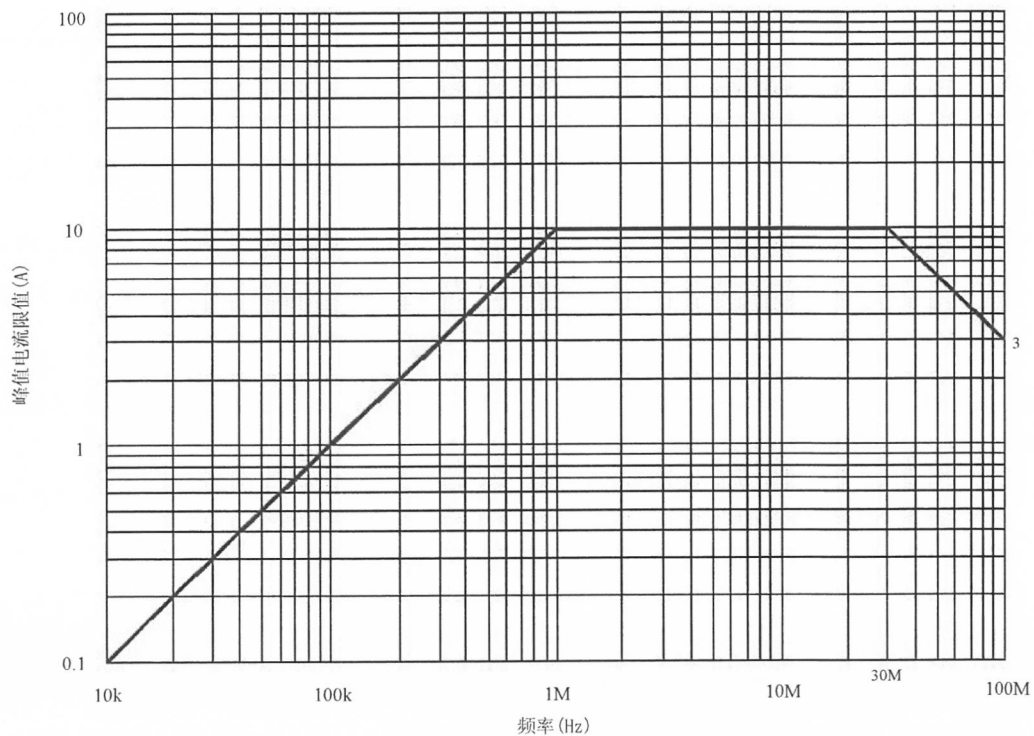


图 61 CS116 限值

5.18.3 测试方法

5.18.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 阻尼正弦瞬态信号发生器，输出阻抗 $\leq 100\Omega$ ；
- b) 注入探头；
- c) 存储示波器， 50Ω ；
- d) 校准夹具：具有 50Ω 特性阻抗的同轴传输线。其两端为同轴连接器，中心导体周围为注入探头留有足够的空间；
- e) 监测探头；
- f) 衰减器， 50Ω ；
- g) 同轴负载， 50Ω ；
- h) LISN。

5.18.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2~图 5 进行基本配置。
- b) 发生器电平设定
按图 62 配置。

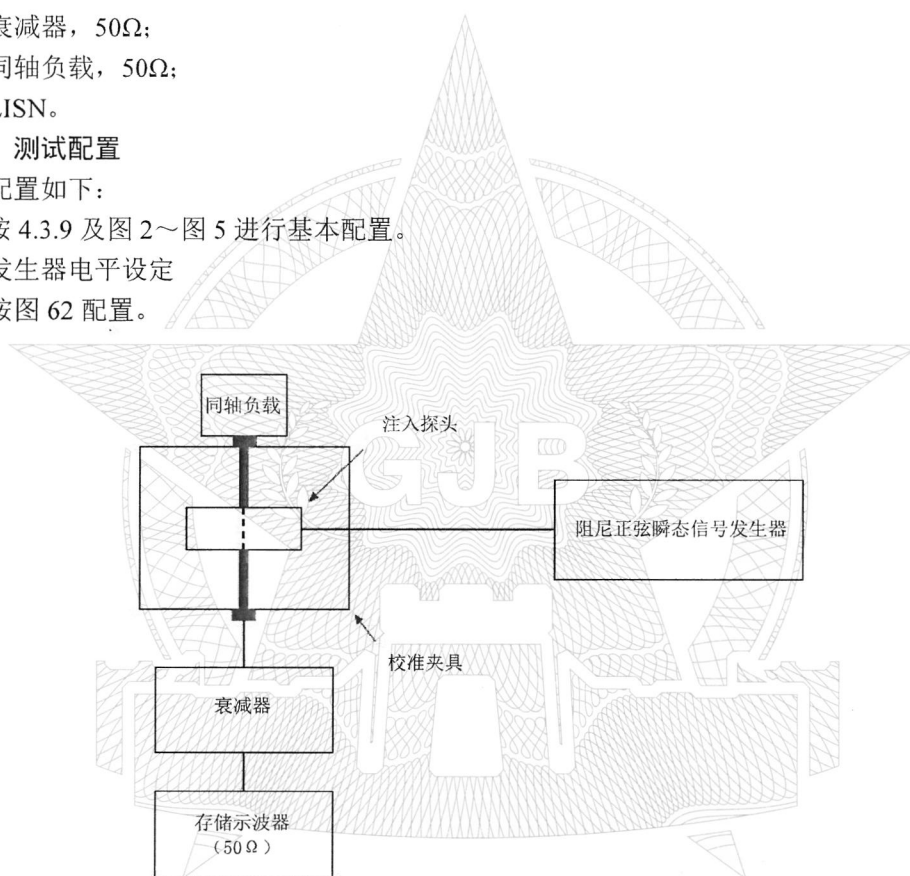


图 62 CS116 发生器电平设定配置

c) EUT 测试

- 1) 按图 63 配置；
- 2) 为减小误差，连接到监测探头的电路(示波器、同轴电缆、馈通连接器、额外的衰减器等)与电平设定时的电路相同。如果需要，可增加衰减；
- 3) 将注入探头和监测探头卡在与 EUT 连接器连接的电缆束上；
- 4) 将监测探头置于距连接器外端面 5cm 处。如果连接器和外壳总长超过 5cm，则监测探头应尽可能靠近连接器的外壳；
- 5) 将注入探头置于距监测探头 5cm 处。

对于未使用连接器的电缆束，也参照上述方法进行测试。

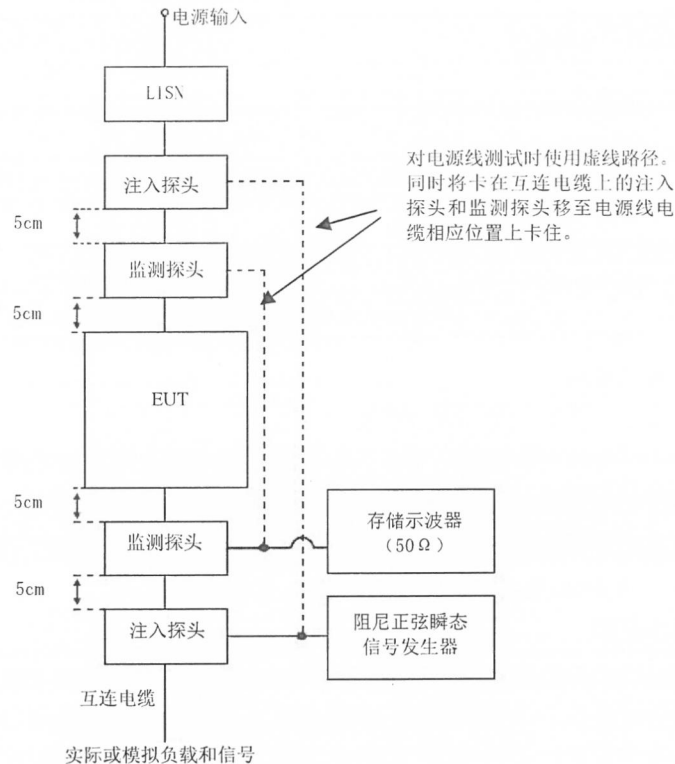


图 63 CS116 测试配置

5.18.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 发生器电平设定

- 1) 将阻尼正弦瞬态信号发生器的频率设置为 10kHz；
- 2) 逐渐加大阻尼正弦瞬态信号发生器信号幅度直至峰值电流限值 I_L 产生；
- 3) 记录阻尼正弦瞬态信号发生器的设置值 I_C (或 V_C ，如果阻尼正弦瞬态信号发生器幅度用电压标识)；
- 4) 确认波形满足要求；
- 5) 对每个要求的频率分别重复 5.18.3.3 a) 2) ~ 5.18.3.3 a) 4)。

b) EUT 测试

对 EUT 上每个互连电缆和输入主电源线，都按表 16 和以下步骤进行测试：

- 1) 将阻尼正弦瞬态信号发生器调到 10kHz；
- 2) 按表 16 对 EUT 的每根互连电缆或输入主电源线依次施加测试信号。用监测探头监测施加信号的峰值，逐渐增加阻尼正弦瞬态信号发生器输出电平至 I_T (或 V_T ，如果阻尼正弦瞬态信号发生器幅度用电压标识)， I_T (或 V_T) 取峰值电流限值 I_L 和 I_C (或 V_C) 先到达者时的电平；记录测得的峰值电流；
- 3) 监测 EUT 是否性能降低。如出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平；
- 4) 对要求的其他频率分别重复 5.18.3.3 b) 2) ~ 5.18.3.3 b) 3)。

对于未使用连接器的电缆束，也参照上述方法进行测试。

注：有关脉冲测量的信息，参见附录 F。

表 16 CS116 受试电缆

连接器端接的电缆类型	电流探头每次卡住的电缆
互连电缆	完整的互连电缆
输入主电源线电缆	完整的电源电缆(包括高电位线、回线和地线)
	单根高电位线(不包含其他高电位线、电源回线和地线)
同时包括互连电缆和输入主电源线的电缆	完整的电缆
	所有的电源线(包括高电位线、回线和地线)
	单根高电位电源线(不包含其他高电位线、电源回线和地线)

5.18.3.4 测试结果

试验完成后,需提供如下测试数据:

- a) 测试频率和电流限值、用示波器实测的电缆感应电流波形和数据;
- b) 各受试电缆是否满足敏感度要求的说明;
- c) EUT 发生敏感的受试电缆、频率、敏感度门限电平及其工作状态。

5.19 CS117 电缆和电源线雷电感应瞬态传导敏感度

5.19.1 适用范围

本要求适用于所有安全性关键设备的互连电缆、完整的输入主电源电缆及其所有的高电位电源线。它也适用于与安全性关键设备相连的非安全性关键设备互连电缆及电气接口。当设备订购方有要求时,也可用于执行非安全性关键功能的设备。本要求还适用于电缆敷设在舰船甲板上的设备。

5.19.2 限值

当按表 17 所示雷电瞬态电平、图 64~图 66 所示时域波形施加信号时, EUT 不得出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值,或超出单个设备或分系统规范中给出指标允差。

5.19.3 测试方法

5.19.3.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 雷电瞬态信号发生器;
- b) 注入变压器;
- c) 示波器;
- d) 电流探头;
- e) 衰减器, 50Ω (当电流探头需要时);
- f) 电压探头, 高阻;
- g) 监测环, 低阻抗的导线环路;
- h) 检查环, 低阻抗的导线环路;
- i) 电容器, 用于直流电源输入端时, $\geq 28000\mu\text{F}$; 用于交流电源输入端时, $10\mu\text{F}$;
- j) LISN。

5.19.3.2 测试配置

测试配置如下:

- a) 按 4.3.9 及图 2~图 5 进行基本配置。对于直流电源,在 LISN 电源输入侧的高电位电源线和回线间应连接 1 个不小于 $28000\mu\text{F}$ 的电容;对于交流电源,在 LISN 电源输入侧的高电位电源线—接地平板间、回线—接地平板间应分别连接 1 个 $10\mu\text{F}$ 电容。
- b) 测量系统检查

按图 67 配置，以检查测试设备短路电流和开路电压的波形。

c) EUT 测试

- 1) 测试设备按图 68~图 70 配置；
- 2) 将注入变压器和电流探头卡在与 EUT 连接器相连的电缆束上；
- 3) 将电流探头置于离连接器 5cm~15cm 的地方，如果连接器与后壳的总长超过 15cm，则电流探头应尽可能靠近连接器的后壳；
- 4) 将注入变压器置于距电流探头 5cm~50cm 处；
- 5) 将监测环路置于注入变压器中并与电压探头相连。

表 17 CS117 多重回击和多重脉冲组雷电的测试和限值电平

多重回击			
适用性	测试波形	内部设备电平 ^a	外部设备电平 ^a
所有设备	波形 2/波形 1 ^b	首次回击： $V_L=300V$ (波形 2) $I_T=600A$ (波形 1), $I_T=60A^c$ 后续回击： $V_L=150V$ (波形 2) $I_T=150A$ (波形 1), $I_T=30A^c$	首次回击： $V_L=750V$ (波形 2) $I_T=1500A$ (波形 1), $I_T=150A^c$ 后续回击： $V_L=375V$ (波形 2) $I_T=375A$ (波形 1), $I_T=75A^c$
所有设备	波形 3 (1MHz 和 10MHz)	首次回击： $V_T=600V$ (波形 3) $I_L=120A$ (波形 3), $I_L=24A^c$ 后续回击： $V_T=300V$ (波形 3) $I_L=60A$ (波形 3), $I_L=12A^c$	首次回击： $V_T=1500V$ (波形 3) $I_L=300A$ (波形 3), $I_L=60A^c$ 后续回击： $V_T=750V$ (波形 3) $I_L=150A$ (波形 3), $I_L=30A^c$
在复合材料蒙皮/结构区域安装的设备	波形 4/波形 5A ^b	首次回击： $V_L=300V$ (波形 4) $I_T=1000A$ (波形 5A), $I_T=300A^c$ 后续回击： $V_L=75V$ (波形 4) $I_T=200A$ (波形 5A), $I_T=150A^c$	首次回击： $V_L=750V$ (波形 4) $I_T=2000A$ (波形 5A), $I_T=750A^c$ 后续回击： $V_L=187.5V$ (波形 4) $I_T=400A$ (波形 5A), $I_T=375A^c$
多重脉冲组			
适用性	测试波形	内部设备电平 ^a	外部设备电平 ^a
所有设备	波形 3 (1MHz 和 10MHz)	$V_T=360V$ (波形 3) $I_L=6A$ (波形 3)	$V_T=900V$ (波形 3) $I_L=15A$ (波形 3)
使用短、低阻线束的设备	波形 6	$V_L=600V$ (波形 6) $I_T=30A$ (波形 6)	$V_L=1500V$ (波形 6) $I_T=75A$ (波形 6)
^a 所有波形的幅值允差为+20%，-0%，但后续回击的允差为+50%，-0%。 V_T 表示测试电压电平(V)， I_T 表示测试电流电平(A)。 V_L (V)和 I_L (A)是防止对EUT进行过测试的限值。 ^b “波形 2/波形 1”是两个相关的波形。测试时，对被测电缆施加的波形既可能是波形 1，也可能是波形 2，取决于被测电缆的阻抗。如果被测电缆为低阻，波形 1 可能适用，为高阻时波形 2 可能适用。例如，在拟按测试电平($I_T=600A$ ，波形 1)逐渐增大施加的信号时，当被测电缆阻抗高，使得限值电平($V_L=300V$ ，波形 2)先达到时，则试验从最初的波形 1 改为现在的波形 2 了，这样可避免对 EUT 进行过电压测试。“波形 4/波形 5A”的情况与此类似。 ^c 这些电平适用于单根电源线或导线数量较少的线束。当多线一起测试时，此电流应增加到全束电平或者导线数与相应单根电流测试值/限值的乘积，取两者中的小者。			

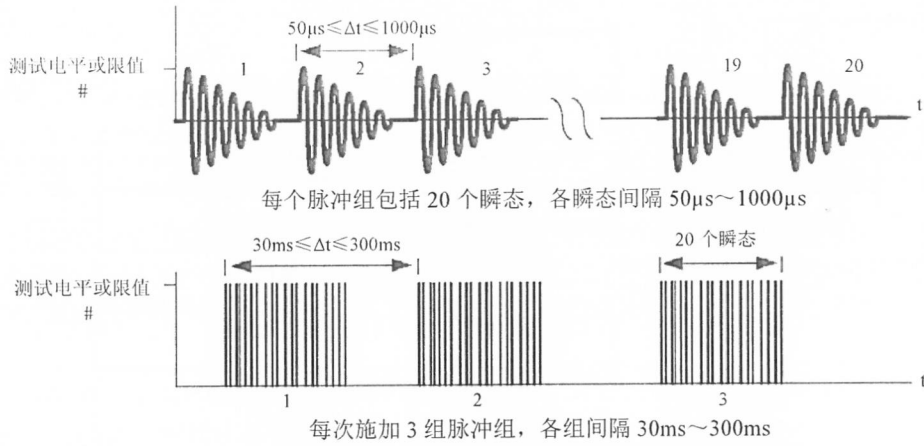


图 66 CS117 多重脉冲组 (以波形 3 为例)

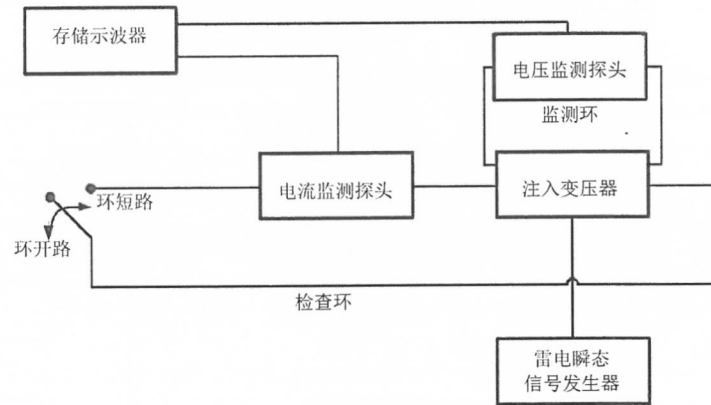


图 67 CS117 雷电波形测量系统检查配置

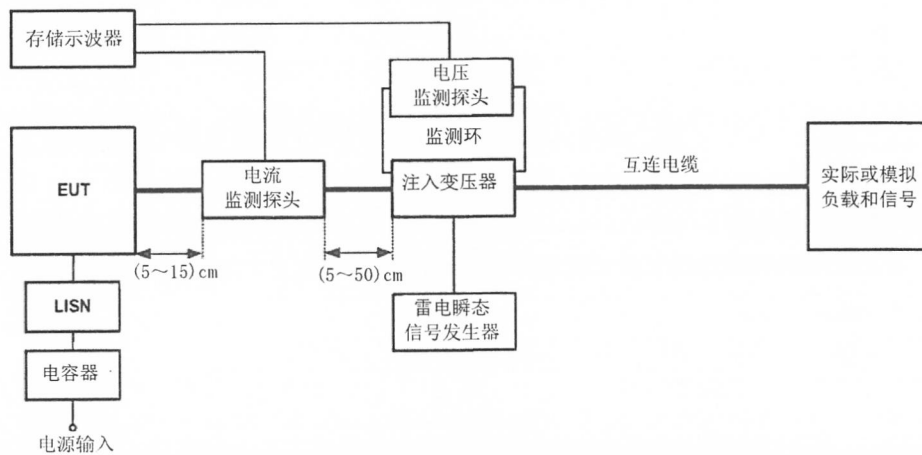


图 68 CS117 完整互连电缆束雷电瞬态测试配置

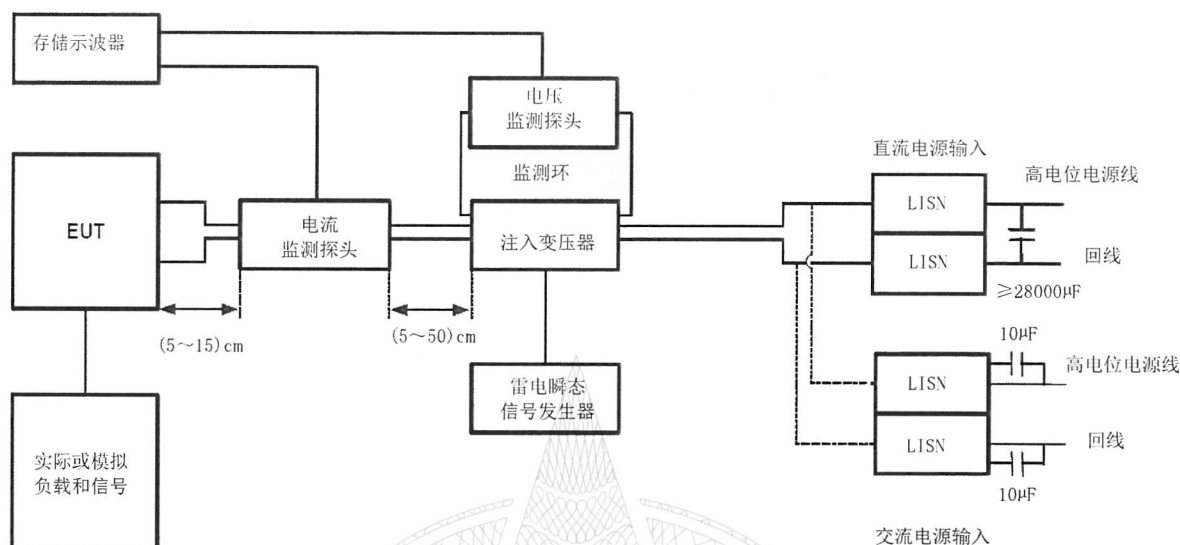


图69 CS117完整输入电源电缆(高电位线和回线)雷电瞬态测试配置

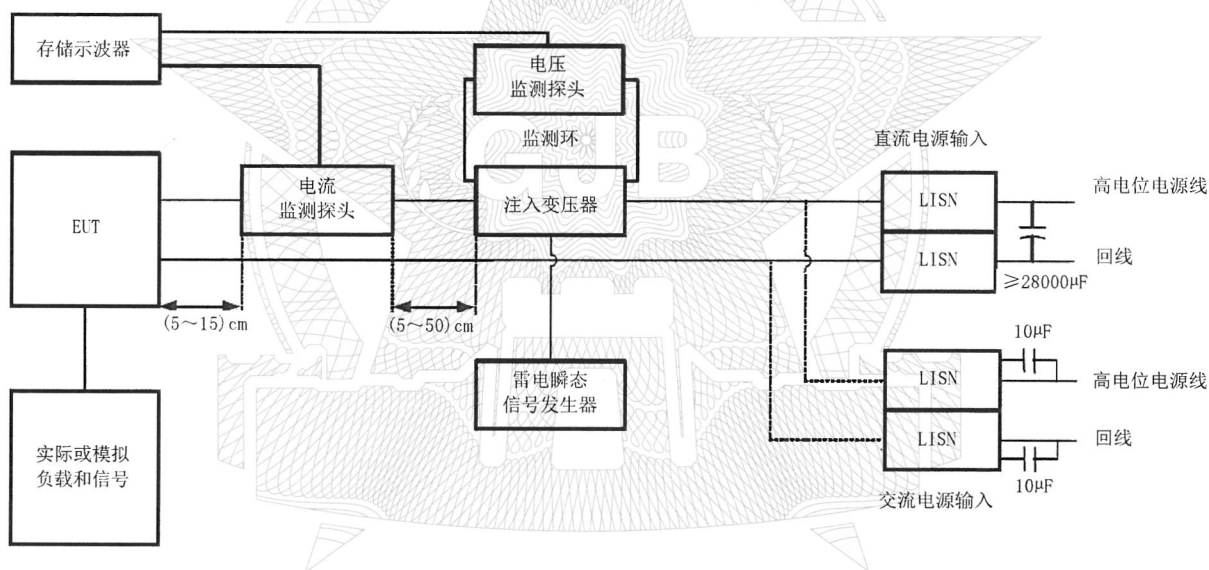


图70 CS117输入电源电缆中剔除回线和地线后的雷电瞬态测试配置

5.19.3.3 测试步骤

5.19.3.3.1 测量系统检查

注意：本试验所用的瞬态信号发生器能产生致命的电压和电流，应小心人员伤亡。

按照如下步骤进行检查：

- a) 将雷电瞬态信号发生器连接到注入变压器的初级输入端；
- b) 对于每个波形，在指定的测试电平 (V_T 或 I_T) 下，记录检查环开路时的电压波形和短路时的电流波形，确认各波形符合图 64 所示的相关波形参数要求。不要求雷电瞬态信号发生器能产生相应的限值电压、限值电流电平 (V_L 或 I_L) 和波形。然而，如果雷电瞬态信号发生器可以达到指定的限值电平 (V_L 或 I_L)，则验证并记录在此雷电瞬态信号发生器设置下的波形；
- c) 对于多重回击和多重脉冲组测试，还应根据图 65 和图 66 验证适用的脉冲波形和时间参数；
- d) 改变雷电瞬态信号发生器极性重复 5.19.3.3.1 a) ~ 5.19.3.3.1 c) 的测试。

5.19.3.3.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- a) 增加雷电瞬态信号发生器的输出直至指定的测试电平 (V_T 或 I_T) 或限值电平 (V_L 或 I_L)。需要时，调整雷电瞬态信号发生器的设置和/或注入变压器的配置，以便在受试电缆中得到所需的测试电平 (V_T 或 I_T)，除非相应的限值电平 (V_L 或 I_L) 已首先达到。若注入变压器的配置发生了变化，则应重新进行验证，记录波形和得到的幅值电平。如果在取得测试电平 (V_T 或 I_T) 之前就达到了限值电平 (V_L 或 I_L)，则应按如下方法重新评估以确定测试是否可以接受：

- 1) 测量系统检查期间，如果雷电瞬态信号发生器产生的限值波形 (幅值和波形) 符合要求，则测试可接受；
- 2) 测试期间，如果获得的指定限值波形处于图 64 所示波形的允差范围内，则测试可接受；
- 3) 如果以上两条均未做到满足，则用能产生满足限值波形要求的雷电瞬态信号发生器替换上述产生测试电平的雷电瞬态信号发生器，重新对该电缆束进行测试。这种情况下，相关的限值电平 (V_L 或 I_L) 变为测试电平 (V_T 或 I_T)，测试电平变为限值电平。应对更换的雷电瞬态信号发生器重新进行测量系统检查。

当测量电压或电流波形电平时，应剔除测量波形中由仪器噪声、开关瞬态或负载效应导致的短时尖峰或高频噪声。有关脉冲测量的信息，参见附录 F。

- b) 对于多重回击测试，在 5.19.3.3.2 a) 中雷电信号发生器输出设置的基础上，最少施加 10 次多重回击并同时监测 EUT 的运行。每个多重回击瞬态之间的最大时间间隔应不大于 5min；
- c) 对于多重脉冲组测试，在 5.19.3.3.2 a) 中雷电瞬态信号发生器输出设置的基础上，连续施加多重脉冲组，每 3s (每 3 个脉冲一组的起点间隔为 3s) 施加一个多重脉冲组，最少持续 5min；
- d) 改变雷电瞬态发生器极性，重复 5.19.3.3.2 a) ~ 5.19.3.3.2 c)；
- e) 对 EUT 上每个电连接器的电缆束按表 15 重复 5.19.3.3.2 a) ~ 5.19.3.3.2 d)。

对于未使用连接器的电缆束，也参照上述方法进行测试。

5.19.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 提供各电缆和电源线的波形和幅度清单；
- b) 提供测量系统检查波形图；
- c) 提供各受试电缆及电源线的测试波形图，每个极性对应一个图例；
- d) 提供每个接口连接器是否满足 5.19.3.3.2 中确定的敏感度评估要求。

5.20 RE101 25Hz~100kHz 磁场辐射发射

5.20.1 适用范围

本项目适用于水面舰船、潜艇和陆军飞机 (包括机场维护工作区) 平台上的设备、分系统壳体及其电缆接口的辐射发射，不适用于天线辐射。当海军飞机平台上安装了工作在 25Hz~10kHz 的 ASW 设备，例如声呐或磁异常探测器 (MAD) 等时，本项目适用于预期安装在海军飞机上设备、分系统及其电缆接口的辐射发射。

当订购方有规定时，本项目也适用于空间系统上的设备和分系统。

5.20.2 限值

测试距离为 7cm 时，磁场辐射发射不应超过图 71 和图 72 的限值。

5.20.3 测试方法

5.20.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 测量接收机；
- b) 接收环天线：
 - 1) 直径：13.3cm；

- 2) 匝数: 36;
 - 3) 导线: 直流电阻 $5\Omega\sim 10\Omega$;
 - 4) 屏蔽: 静电屏蔽;
 - 5) 转换系数: 用于将测量接收机的读数转换为以 dBpT 为单位的数据。
- c) LISN;
- d) 信号发生器。

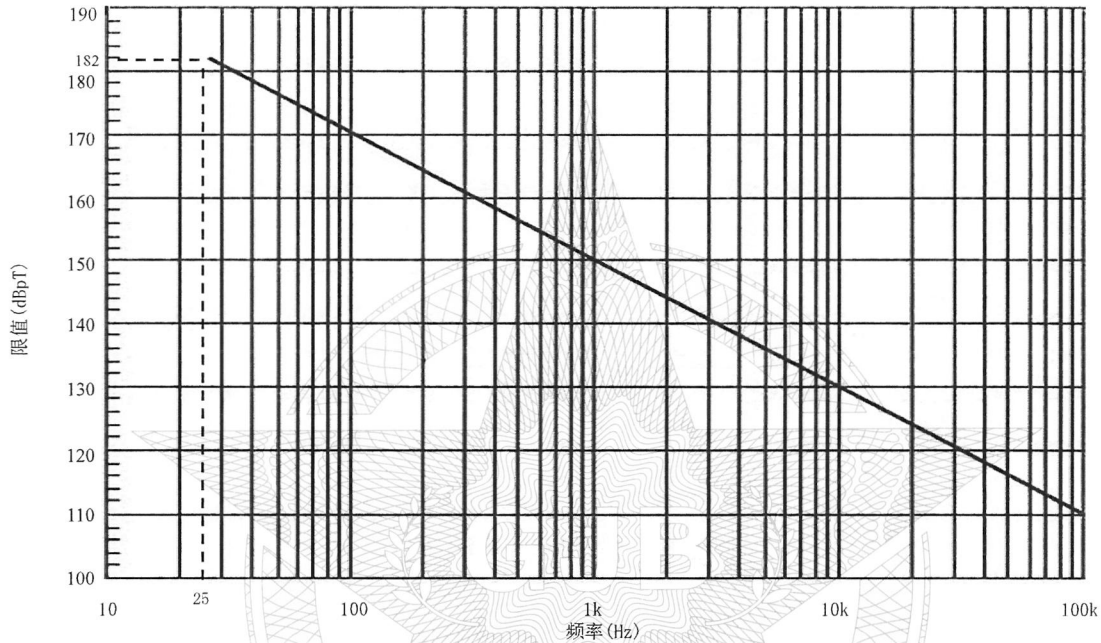


图 71 适用于陆军的 RE101 限值

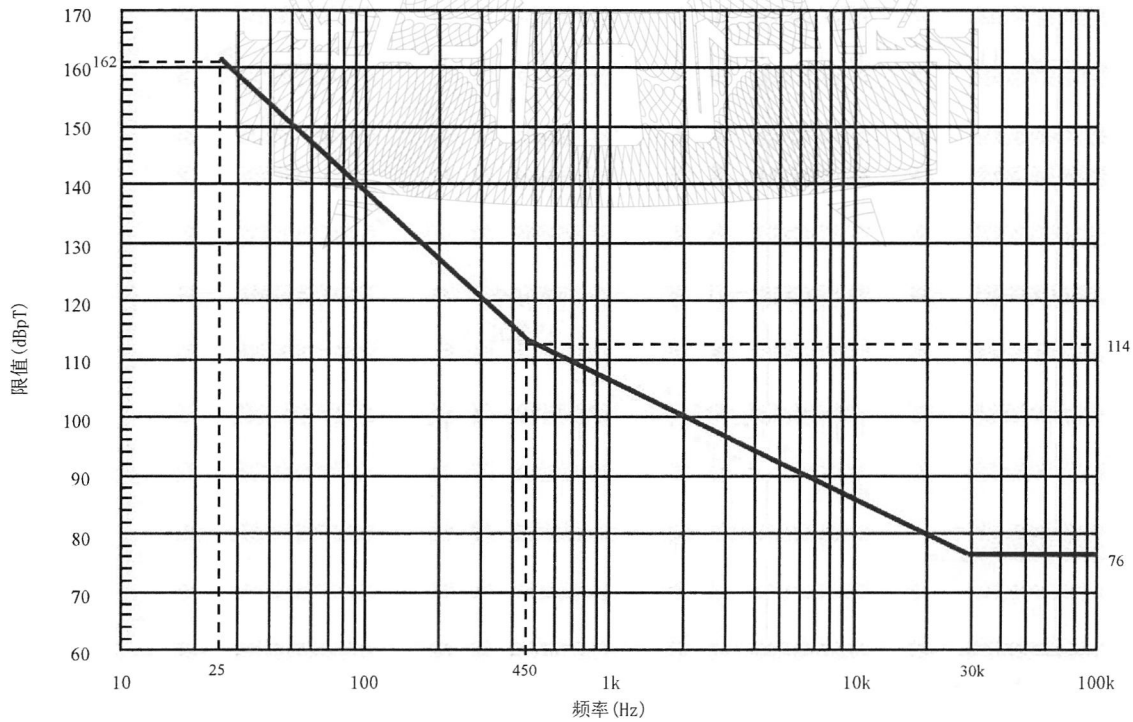


图 72 适用于海军的 RE101 限值

5.20.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2~图 5 进行基本配置。
- b) 测量系统检查
按图 73 配置。
- c) EUT 测试
按图 74 配置。

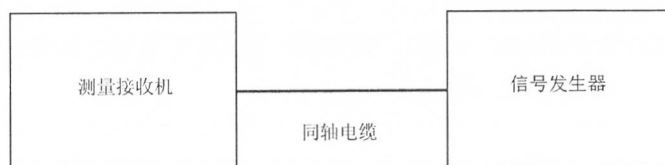


图 73 RE101 测量系统检查配置

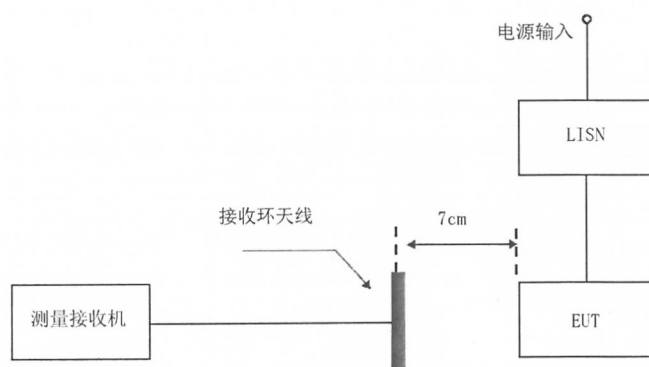


图 74 RE101 测试配置

5.20.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

- a) 测量系统检查
 - 1) 施加 50kHz 信号，幅度至少比限值与环天线转换系数的差值低 6dB，将测量接收机的中心频率调到 50kHz，记录测得的电平；
 - 2) 确认测量接收机的测量值是否在注入信号电平的 $\pm 3\text{dB}$ 内；
 - 3) 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$ ，则要在测试之前找出误差原因并纠正。
- b) EUT 测试
 - 1) 将环天线放在距离 EUT 表面或电连接器 7cm 处，并使其平行于 EUT 表面或电连接器的轴线；
 - 2) 测量接收机按表 2 设置带宽及测量时间，在适用的频率范围内扫描，找到最大辐射的频点或频段；
 - 3) 将测量接收机调到 5.20.3.3 b)2) 确定的频点或频段；
 - 4) 在 EUT 表面或电连接器附近移动环天线（保持 7cm 距离）的同时，监测测量接收机的输出。注明 5.20.3.3 b)3) 确定的每个频率的最大辐射点；

- 5) 在距离最大辐射点 7cm 处, 调整环天线的方向以便在测量接收机上获得最大读数并记录;
- 6) 200Hz 以下每倍频程至少选两个最大辐射频点, 200Hz 以上每倍频程至少选 3 个最大辐射频点, 重复 5.20.3.3 b)3)~5.20.3.3 b)5);
- 7) 对 EUT 的每个面、每个电连接器分别重复 5.20.3.3 b)1)~5.20.3.3 b)6)。

5.20.3.4 测试结果

试验完成后, 需提供如下测试数据:

- a) 在 $X-Y$ 坐标上连续、自动地绘出测试数据的幅频曲线图;
- b) 曲线图上显示适用的限值曲线;
- c) 列出所需的超过限值的频率、幅值、超标量、测试部位及其工作状态。

5.21 RE102 10kHz~18GHz 电场辐射发射

5.21.1 适用范围

本项目适用于设备和分系统的壳体、所有互连电缆、输入主电源线以及安装在 EUT(接收机和处于待发状态下的发射机)上不可拆卸天线的电场辐射发射。当订购方有规定时, 本项目也适用于不可拆卸天线的发射机的发射状态。

对于不可拆卸天线的设备和分系统, 本项目不适用于发射机的基波和发射信号的占用带宽。

适用要求如下:

- a) 水面舰船: 10kHz~18GHz;
- b) 潜艇: 10kHz~18GHz;
- c) 飞机(陆军和海军): 10kHz~18GHz;
- d) 飞机(空军): 2MHz~18GHz;
- e) 空间系统: 10kHz~18GHz;
- f) 地面系统: 2MHz~18GHz。

5.21.2 限值

电场辐射发射不应超过图 75~图 78 的限值。在 30MHz 及以下, 垂直极化场应满足限值要求; 在 30MHz 以上, 水平极化场和垂直极化场均应满足限值要求。

5.21.3 测试方法

5.21.3.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 测量接收机;
- b) 天线
 - 1) 10kHz~30MHz, 具有阻抗匹配网络的 104cm 杆天线。信号输出连接器的外导体应与天线匹配网络壳体搭接。当阻抗匹配网络包括预放(有源杆天线)时, 要注意 4.3.8.3 中的过载防护。使用正方形地网, 每边至少 60cm。
 - 2) 30MHz~200MHz, 双锥天线, 两顶部间距 137cm。
 - 3) 200MHz~1GHz, 双脊喇叭天线, 口径典型尺寸: 69.0cm×94.5cm。
 - 4) 1GHz~18GHz, 双脊喇叭天线, 口径典型尺寸: 24.2cm×13.6cm。
- c) 信号发生器;
- d) 短棒辐射器;
- e) 电容器, 10pF;
- f) LISN;
- g) 衰减器, 需要时;

h) 抑制网络(带阻滤波器、高通滤波器或预选器), 需要时。

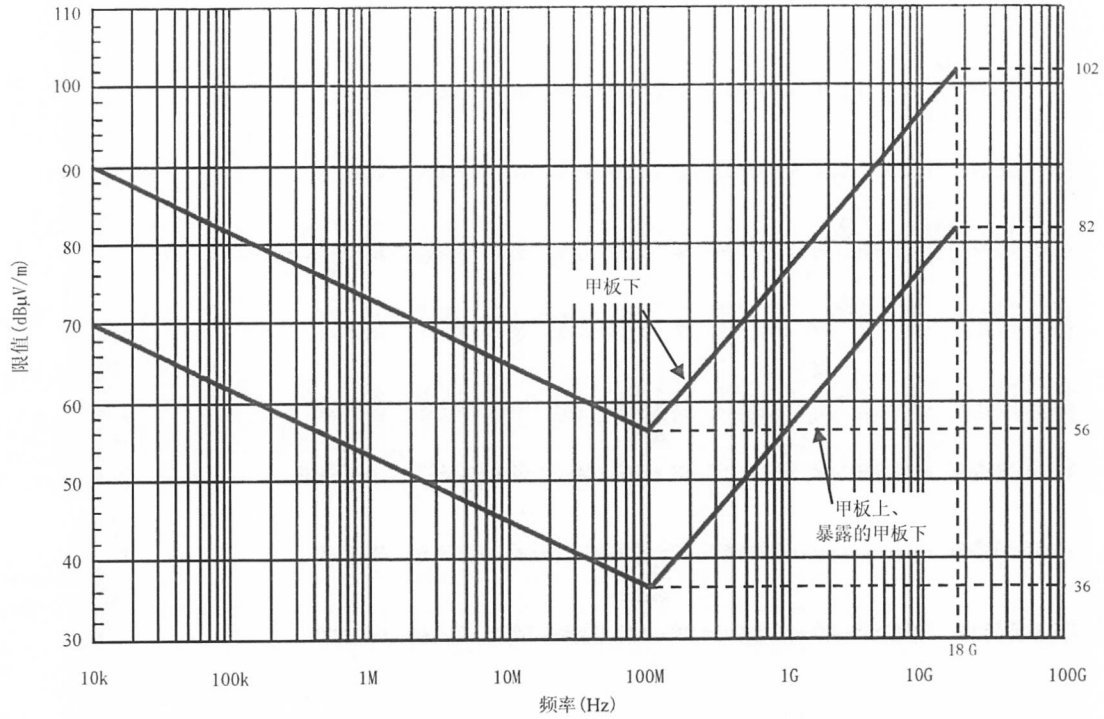


图 75 适用于水面舰船的 RE102 限值

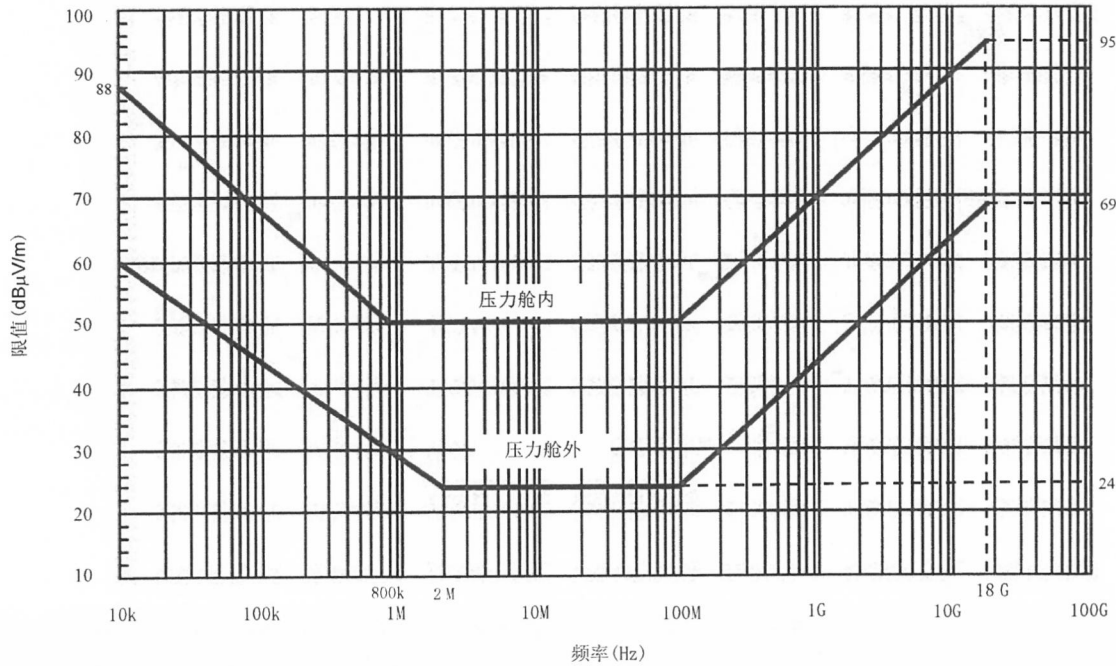
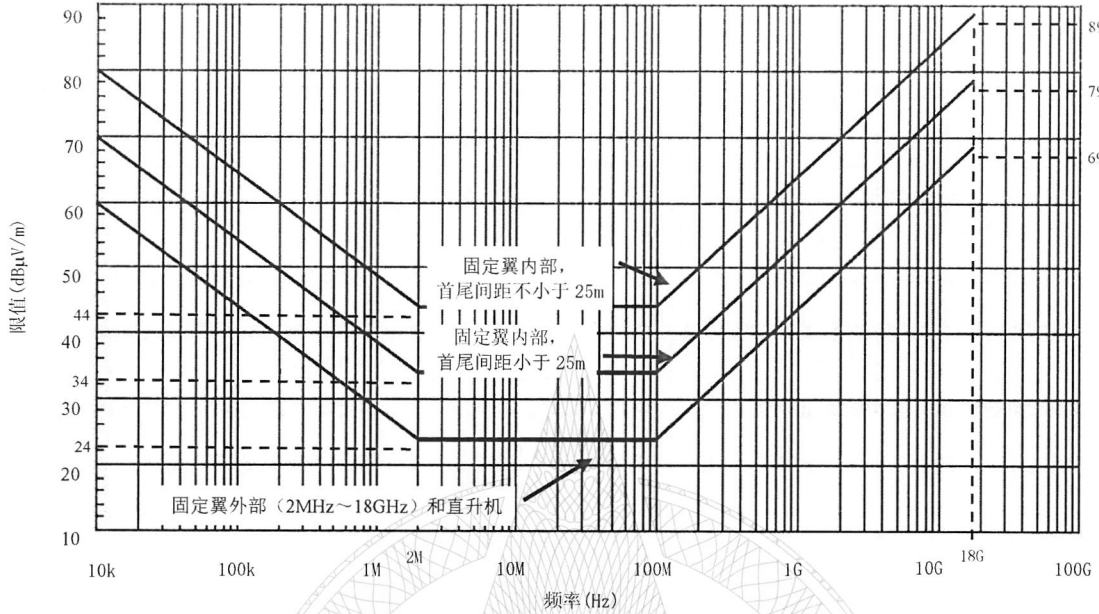


图 76 适用于潜艇的 RE102 限值



图中的固定翼内部和固定翼外部也包括空间系

图 77 适用于飞机和空间系统的 RE102 限值

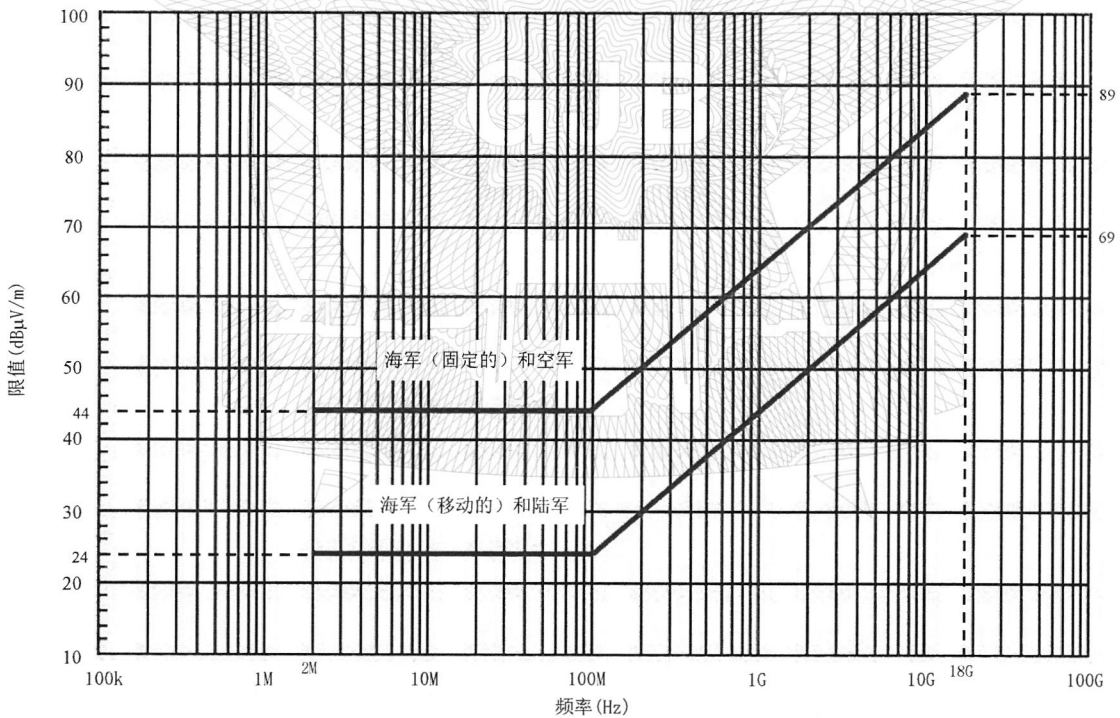


图 78 适用于地面系统的 RE102 限值

5.21.3.2 测试配置

5.21.3.2.1 基本配置

按 4.3.9 及图 1~图 5 进行基本配置。确保 EUT 产生最大辐射发射的面朝向测试配置边界的前沿。对安装了不可拆卸天线的 EUT，如果需要采用 RE102 代替 RE103，则需要将接收天线的主瓣与 EUT 的发射天线主瓣对准；否则，测量天线的主瓣应尽量避免 EUT 天线的发射方向，必要时可采取相应的措施。

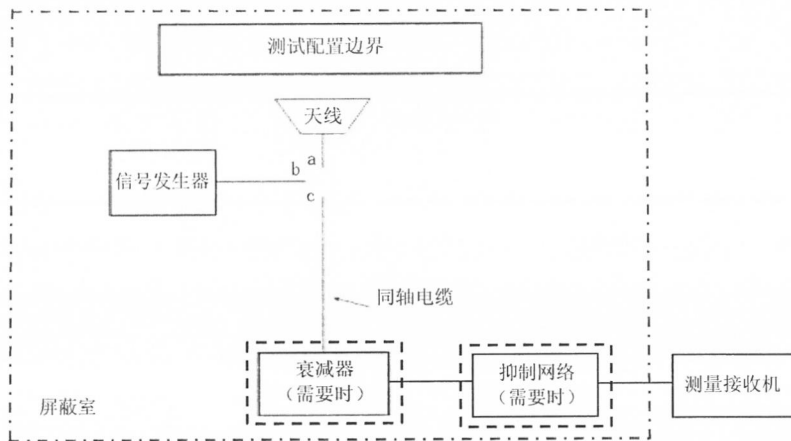
5.21.3.2.2 测量系统检查

按图 79 配置。

5.21.3.2.3 EUT 测试

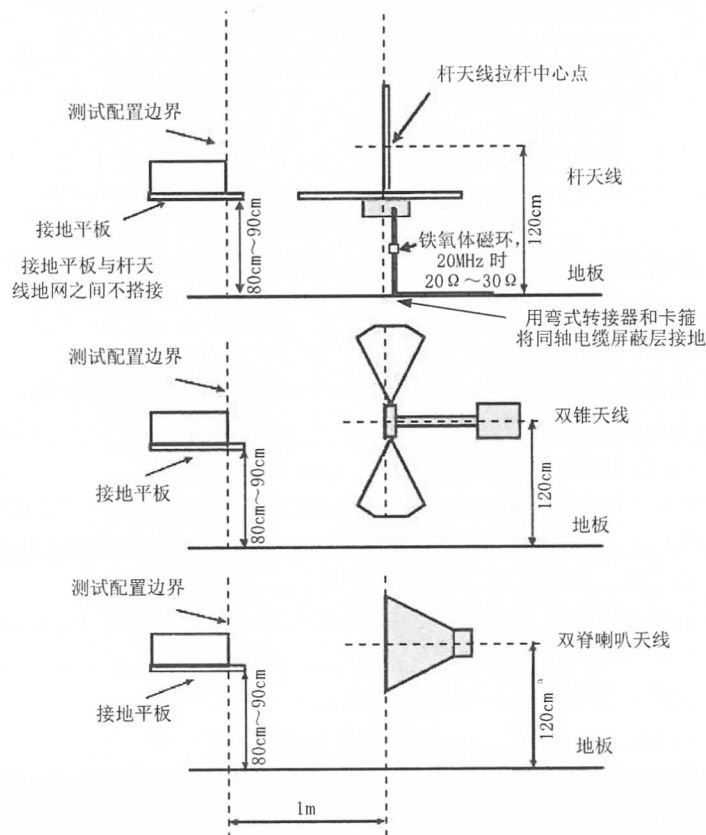
按如下要求配置：

- a) 对于杆天线测试，禁止天线地网与接地平板电气搭接。按图 80 配置。杆天线匹配网络同轴电缆的屏蔽层应该以尽量短的距离(超长部分不超过 10cm)电气搭接到接地平板上。在天线匹配网络和接地平板之间同轴电缆中段附近套上一个铁氧体磁环，它在 20MHz 频率阻抗为 $20\Omega \sim 30\Omega$ 。铁氧体磁环的阻抗测量方法见 GB/Z 28870—2012 中 5.3.4 a)~5.3.4 d)。



测量路径——a 与 c 相连后的路径；测量系统检查路径——b 与 c 相连后的路径

图 79 RE102 测量系统检查和测试配置



^a 可调整天线高度以满足 5.21.3.2.3 c)2) 和 5.21.3.2.3 c)3) 中的区域波束宽度的要求。

图 80 RE102 天线布置

b) 天线定位

- 1) 确定 EUT 及其电缆的测试配置边界以便天线定位。
- 2) 使用图 81 中所示天线上的几何参考点来确定天线的高度以及距测试配置边界的距离：
 - 对所有布置，天线应距测试配置边界前沿 1m；
 - 天线高于地面接地平板 120cm，但对于落地式 EUT，天线高度应按 5.21.3.2.3 c)2) 和 5.21.3.2.3 c)3) 要求确定；
 - 确保天线的任何部位离屏蔽室壁面的距离不小于 1m，离天花板的距离不小于 0.5m。

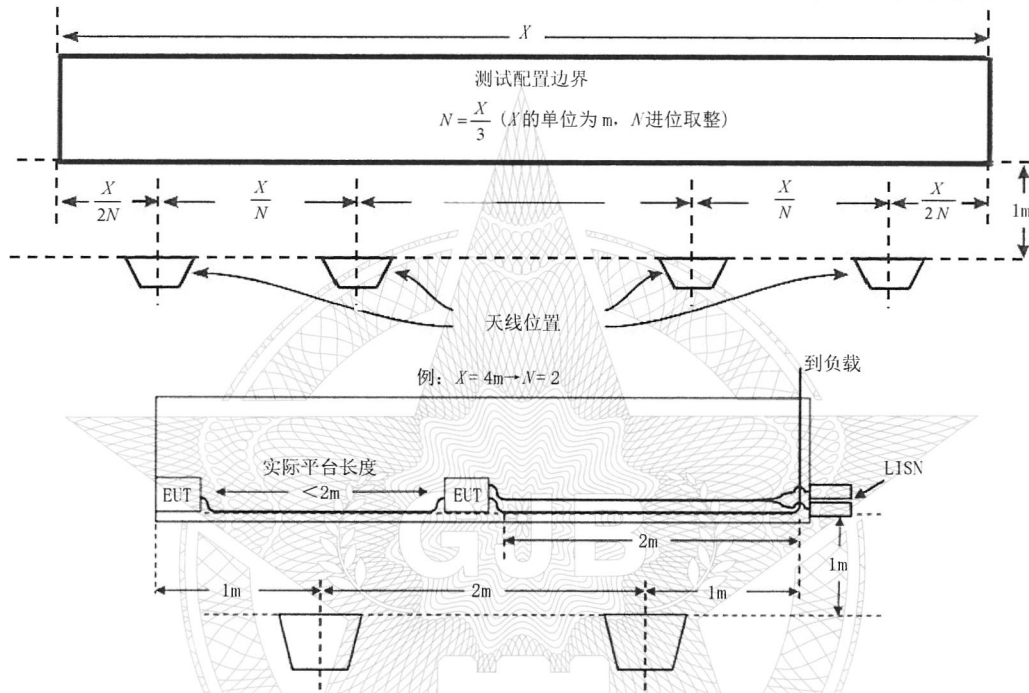


图 81 RE102 多天线布置

c) 天线放置位置的数量取决于 EUT 测试配置边界尺寸的大小、EUT 包括的分机数量以及天线的方向图：

- 1) 对于 200MHz 以下测试，按下述确定天线位置：
 - 测试边界宽度不大于 3m 时，天线位于测试边界宽度的中垂线上；
 - 测试边界宽度大于 3m 时，按图 81 中所示的间隔采用多个天线位置。用测试边界宽度(单位为 m)除以 3 并进位取整，得到天线位置数。
- 2) 对 200MHz~1GHz 的测试，天线的放置位置应足够多，以使每个 EUT 壳体的整个侧面(包括高度和宽度)、端接电线/电缆的首个 35cm 线段都处在天线的 3dB 波瓣宽度内；天线在每个测量位置时，使其轴线与地面保持平行。
- 3) 对不低于 1GHz 的测试，天线的放置位置应足够多，以使每个 EUT 壳体的整个侧面(包括高度和宽度)、端接电线/电缆的首个 7cm 线段都处在天线的 3dB 波瓣宽度内，天线在每个测量位置时，使其轴线与地面保持平行。

注：35cm 接近 200MHz 的 1/4 波长；7cm 接近 1GHz 的 1/4 波长。

5.21.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

- a) 确定环境电平满足 4.3.5 的要求。
- b) 用图 79 的系统检查路径，在天线(杆天线除外)的最高使用频点，对从连接天线的同轴电缆端口到接收机的整个测试系统在如下频点进行评估：对有源杆天线，在 10.5kHz(如需测量

10kHz~2MHz 频段)、2.1MHz、12MHz 和 29.5MHz 进行评估；在 197MHz 对双锥天线、在 990MHz 对大双脊喇叭、在 17.5GHz 对小双脊喇叭天线进行评估。对使用无源匹配网络的杆天线，在每个频段的中心频率进行评估。当针对特定天线改变了测量路径时(如同轴电缆、前置放大器的增减、使用了测量接收机上的不同端口)，应在受影响频带的高端附近进行检查。

评估方法如下：

- 1) 施加一信号到天线连接点处的同轴电缆上，其电平低于限值与天线系数的差值至少 6dB；
- 2) 对 104cm 杆天线，卸掉拉杆，通过连接到杆天线基座的 10pF 电容器向天线匹配网络施加信号，如图 82 所示。不应使用商用校准夹具或注入网络；
- 3) 测量接收机按正常数据扫描方式扫描，确认测量值在注入信号电平的 $\pm 3\text{dB}$ 范围之内；
- 4) 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$ ，则要在测试之前找出误差原因并纠正。

注：商用校准夹具或注入网络可能带来额外的分布电容。

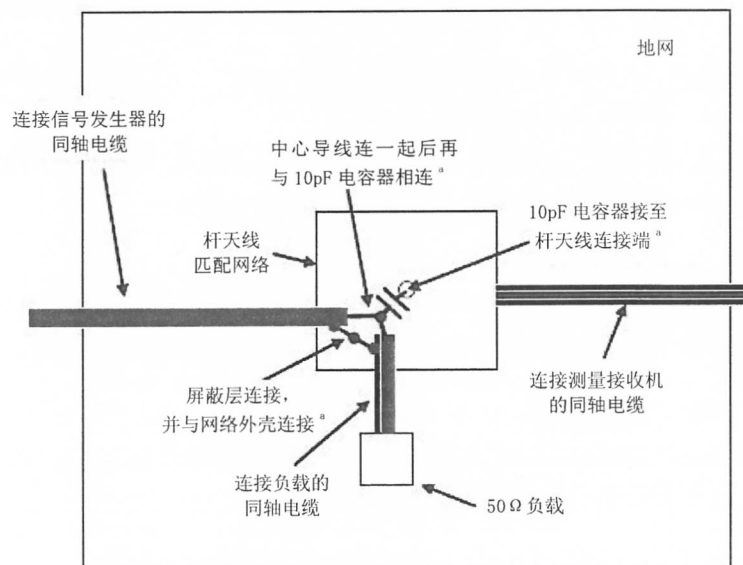
c) 用图 79 中的测量路径和下述方法验证每个天线处于正常工作状态：

- 1) 目检各天线，看是否有物理性破坏。在每种天线的最高使用测试频率点上使用天线或短棒辐射器辐射信号；
- 2) 将测量接收机调谐到施加信号频率上，检查接收到的信号是否合适。

注：此处的测试为非精确测试，目的是确认天线是否工作正常。

d) 用图 79 中的测量路径，确定 EUT 及其有关电缆的辐射发射：

- 1) 测量接收机按表 2 设置带宽及测量时间，在适用的频率范围内扫描；
- 2) 30MHz 及其以下，天线取垂直极化方向；30MHz 以上，天线取水平极化和垂直极化两个方向；
- 3) 在 5.21.3.2.3 c) 确定的每个天线位置上进行测试。



测量注入信号电平时，可用 50Ω 测量接收机替代 50Ω 负载。

某些天线匹配网络中可能已经包含了 10pF 电容器。

^a 连接线长度不超过 5cm。

图 82 RE102 杆天线系统检查

5.21.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 在 $X-Y$ 坐标上连续、自动地绘出测试数据的幅频曲线图;
- b) 曲线图上显示适用的限值曲线;
- c) 列出所需的超过限值的频率、幅值、超标量、极化方向及其工作状态。

5.22 RE103 10kHz~40GHz 天线杂散输出辐射发射

5.22.1 适用范围

本项目适用于连有预期使用天线的发射机，可作为 CE106 的替代方法。

当 EUT 在发射状态时的杂散发射低于 RE102 的适用限值时，也认为它满足本项目的要求。

本项目在发射机的占用带宽或(基波 $\pm 5\%$)的频率范围内不适用，具体范围取二者中的频率范围较大者。

对于水面舰船上峰值发射功率大于 1kW 的发射机，先将上述(基波 $\pm 5\%$)的频率范围按式(1)扩展，然后取 EUT 占用带宽或扩展后的频率范围中的较大者。

试验的起始频率应根据 EUT 的工作频率范围确定，如表 18 所示。试验上限频率为 40GHz 或 EUT 最高发射或接收频率的 20 倍，取小者。对于使用波导的设备，本项目不适用于频率低于 0.8 倍波导截止频率的频率范围。

表 18 RE103 的试验起始频率

EUT 工作频率范围	起始频率
10kHz~3MHz	10kHz
3MHz~300MHz	100kHz
300MHz~3GHz	1MHz
3GHz~40GHz	10MHz

5.22.2 限值

除二、三次谐波以外，杂散发射至少应比基波电平低 80dB。二、三次谐波应抑制到 -20dBm (EIRP) 或低于基波电平 80dB，取抑制要求较宽松者。

对于水面舰船，除非订购方另有规定，二、三次谐波的限值为 -20dBm ，其他杂散发射的限值为 -40dBm ；如果发射的占空比小于 0.2% 时，则限值可放宽到 0dBm。

5.22.3 测试方法

5.22.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 测量接收机；
- b) 衰减器， 50Ω ；
- c) 天线；
- d) 抑制网络(带阻滤波器、高通滤波器或预选器)；
- e) 信号发生器；
- f) 功率监测器。

5.22.3.2 测试配置

无须按 4.3.9 及图 2~图 5 保持 EUT 的基本测试配置。测试配置如下：

- a) 测量系统检查
按图 83 或图 84 中的测量系统检查路径配置。
- b) EUT 测试
按图 83 或图 84 中的测量路径配置。

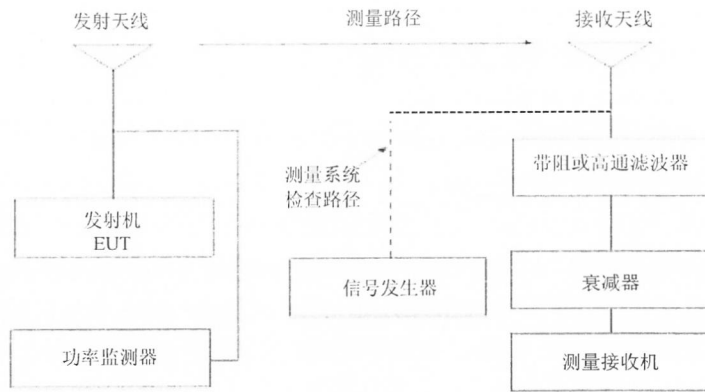


图 83 RE103 杂散辐射发射测量系统检查和测试配置 (10kHz~1GHz)

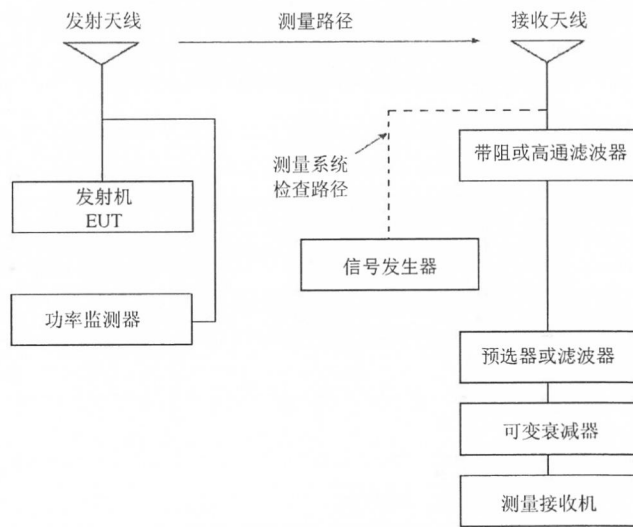


图 84 RE103 杂散辐射发射测量系统检查和测试配置 (1GHz~40GHz)

5.22.3.3 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

- a) 测试应在发射频率的远场条件下进行。测试前，按式(5)~式(8)计算远场测试距离 R；测试时，发射天线和接收天线间的距离应不小于 R。

发射频率不高于 1.24GHz 时，按式(5)和式(6)计算并取大者：

$$R = \frac{2D^2}{\lambda} \dots\dots\dots (5)$$

$$R = 3\lambda \dots\dots\dots (6)$$

发射频率高于 1.24GHz 时，按式(7)和式(8)计算：

$$\text{当 } d < 2.5D \text{ 时, } R = \frac{2D^2}{\lambda} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{当 } d \geq 2.5D \text{ 时, } R = \frac{(D+d)^2}{\lambda} \dots\dots\dots (8)$$

式(5)~式(8)中:

- R ——发射天线和接收天线间的距离, m;
- D ——发射天线的最大物理尺寸, m;
- D ——接收天线的最大物理尺寸, m;
- λ ——发射机发射频率的波长, m。

b) 测量系统检查

- 1) 用信号发生器施加一已知电平信号到测量系统检查路径, 其频率在中间频段的基波 f_0 上;
- 2) 测量接收机按正常数据扫描方式扫描, 确认测量值在注入信号电平的 $\pm 3\text{dB}$ 范围之内;
- 3) 如果测量值偏差超过 $\pm 3\text{dB}$, 则要在测试之前找出误差原因并纠正;
- 4) 对测试频率范围的两个端点频率分别重复 5.22.3.3 b)2)~5.22.3.3 b)3)。必要时, 可增加检查的频点数量。

c) EUT 测试

- 1) 将 EUT 调谐到所需要的工作频率, 在测量路径完成下列步骤;
- 2) 将测试设备调到 EUT 的工作频率 f_0 , 并调谐到最大值;
- 3) 发射机发射时, 用功率监测器测试已调制的发射机输出功率 P , 并将该功率电平的单位转换为 dBW 。该值与 EUT 天线增益之和即为等效各向同性辐射功率 ($EIRP$), 记录结果并与 5.22.3.3 c)5) 比较;
- 4) 发射机按规定调制, 在发射频率点将测量接收机调谐到最大值。如果收、发天线之一或两者具有方向性, 则要调整天线的仰角和方位以得到最大值。测试场地之间可通过无线电话联络以便测试。记录测量接收机的最大读数 and 带宽;
- 5) 根据式(9)计算发射机的 $EIRP$ (单位为 dBW):

$$EIRP = V + IL + 20\lg R + AF - 135 \dots \dots \dots (9)$$

式中:

- V ——测量接收机上的读数, $\text{dB}\mu\text{V}$;
- IL ——从接收天线到接收机之间的插入损耗, dB ;
- R ——发射机天线和接收机天线间的距离, m;
- AF ——接收天线的天线系数, $\text{dB}(1/\text{m})$ 。

把此处计算出的 $EIRP$ 值与 5.22.3.3 c)3) 记录的值相比较, 差值应在 $\pm 3\text{dB}$ 以内。如果相差超过 $\pm 3\text{dB}$, 则要检查测试配置中测试距离、幅度、发射机功率监测、频率调谐或漂移、天线对正与否。如果相差在 $\pm 3\text{dB}$ 以内, 则将此 $EIRP$ 作为杂散发射幅度比较的基准, 从而确定是否满足限值要求;

- 6) 接上抑制网络以滤除 f_0 , 使测量接收机在整个测试频率范围内扫描, 以寻找杂散发射。对每个杂散发射频率, 可能需要调整测试系统天线的仰角和方位, 以确保接收到最大值。在测试发射机基波以上的频率时, 保持 5.22.3.3 c)4) 中使用的测量接收机带宽; 在测试发射机基波以下的频率时, 按表 2 规定的带宽扫描测试频率范围;
- 7) 确认杂散输出由 EUT 产生, 而非测试系统的乱真响应或测试场地背景信号;
- 8) 计入电缆损耗、放大器增益、滤波损耗、衰减器因子等修正因子后, 计算每个杂散输出的 $EIRP$;
- 9) 对 EUT 的其他 f_0 分别重复 5.22.3.3 c)1)~5.22.3.3 c)8)。

对天线不可拆卸因而不能按图 83、图 84 和 5.22.3.3 c) 步骤测得有效辐射功率 $EIRP$ 的 EUT, 应按 GJB 1143A—2017 中 5.4 辐射发射功率测试方法测得 EUT 的 $EIRP$ 。

注：在屏蔽室外进行的测试通常在夜间进行，以尽量减小环境的影响。在正式测试之前，通过分析 EUT 电路和在屏蔽室内的预测来确定可能的发射频率，然后在屏蔽室外对所选频率进行正式测试。只需在所选频率观察环境电平和限值之间是否满足 6dB 余量的要求。更多的信息可参见 GB/T 6113.203—2020《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 2—3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量》附录 A(资料性附录)存在环境发射时的骚扰测量。

5.22.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- 所有测得的基波、谐波及相对较大的其他杂散发射频率；
- 功率监测器的功率测量值，基波、谐波及其他相对较大的杂散发射的 $EIRP$ 计算值；
- 谐波及其他相对较大的杂散发射低于基波的分贝值(等于 5.22.3.3 c)8)与 5.22.3.3 c)5)两者 $EIRP$ 之差值)。

5.23 RS101 25Hz~100kHz 磁场辐射敏感度

5.23.1 适用范围

本项目适用于设备和分系统的壳体及电缆接口，不适用于 EUT 的天线。对于水面舰船和潜艇，本要求仅适用于工作频率不超过 100kHz、工作灵敏度优于 $1\mu\text{V}$ (如 $0.5\mu\text{V}$)的设备和分系统。对于海军飞机，本要求适用于安装在具有反潜能力飞机上的设备和分系统，以及被电磁弹射系统弹射起飞飞机的外部设备和分系统。对陆军地面和海军地面，本项目仅适用于具有扫雷或探雷能力的设备和分系统。

当订购方有规定时，本项目也适用于被电磁弹射系统弹射起飞的舰载飞机的内部设备和分系统、空间系统的设备和分系统。

5.23.2 限值

当按图 85 和图 86 所示的磁场进行试验时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

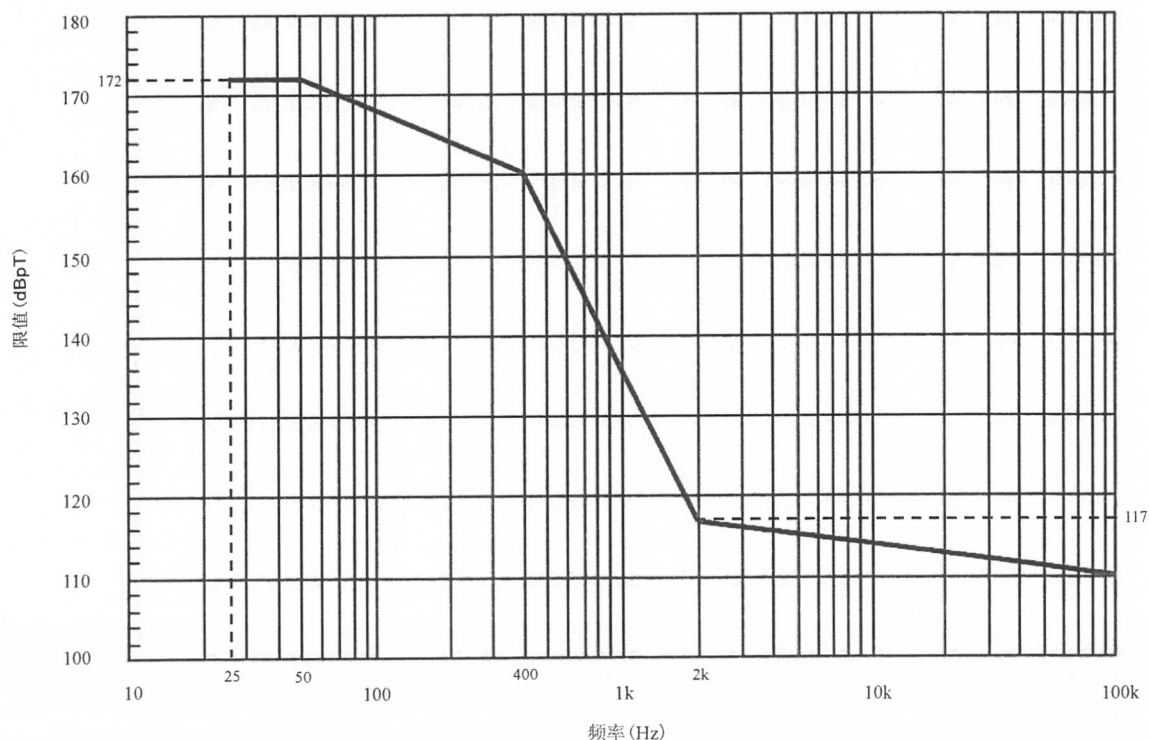


图 85 适用于海军的 RS101 限值

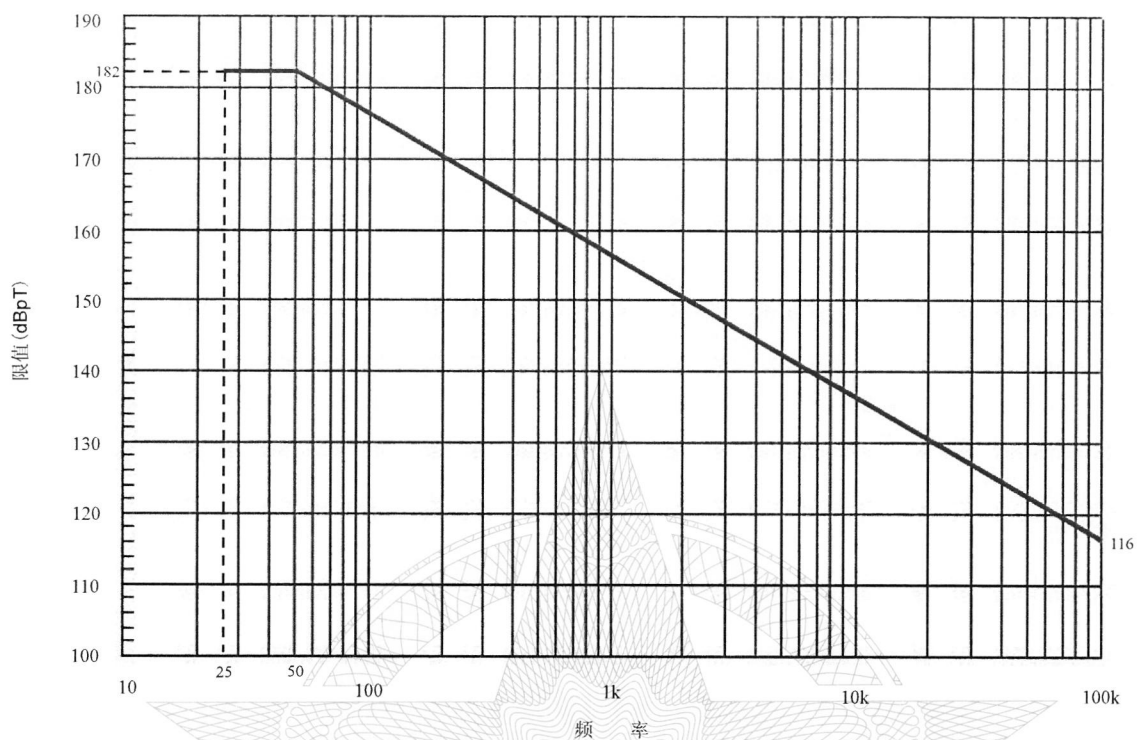


图 86 适用于陆军的 RS101 限值

5.23.3 测试方法

按下述测试方法进行测试。

如果订购方同意，也可以采用交流赫姆霍兹线圈法进行测试，见附录 G。

5.23.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 信号发生器；
- b) 辐射环天线：
 - 1) 直径：12cm；
 - 2) 匝数：20；
 - 3) 导线规格：单股漆包线 $\Phi 2\text{mm}$ ；
 - 4) 发射天线系数： $9.5 \times 10^7 \text{pT/A}$ ，距离磁环平面 5cm。
- c) 监测环天线：
 - 1) 直径：4cm；
 - 2) 匝数：51；
 - 3) 导线规格：7 股漆包线 $7 \times \Phi 0.071\text{mm}$ ；
 - 4) 屏蔽：静电屏蔽；
 - 5) 接收天线系数：将测量接收器读数转换为 dBpT 的系数。
- d) 测量接收机或窄带电压表；
- e) 电流探头；
- f) LISN。

5.23.3.2 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2～图 5 进行基本配置。
- b) 测量系统检查

- 按图 87 配置。
- c) EUT 测试
按图 88 配置。

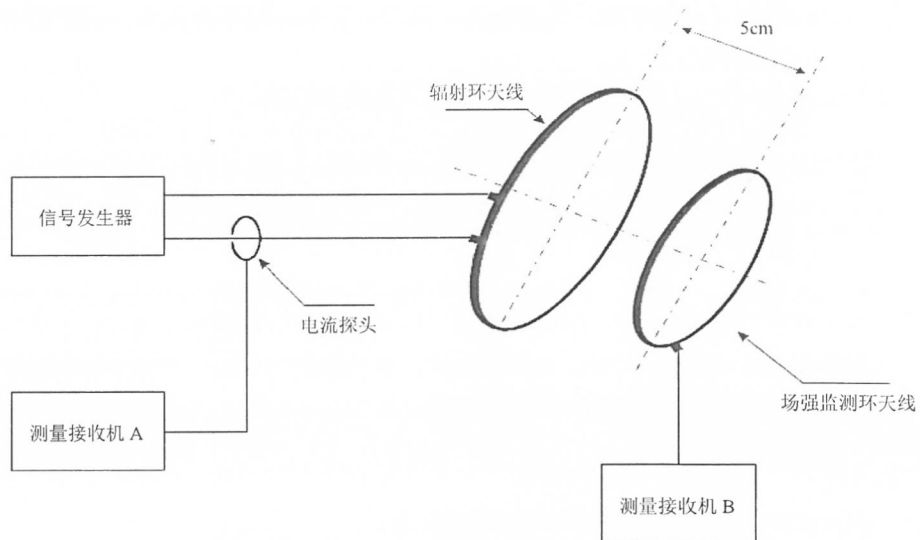


图 87 RS101 测量系统检查配置

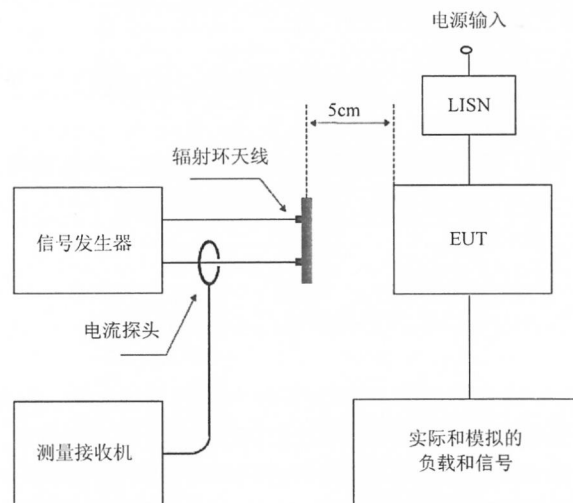


图 88 RS101 测试配置

5.23.3.3 测试步骤

5.23.3.3.1 测量系统检查

按照如下步骤进行检查：

- 将信号发生器调到 1kHz，调节其输出，以产生 110dBpT 的磁通密度，该场强用测量接收机 A 的测量值和 5.23.3.1 c) 5) 中给出的转换系数确定；
- 用测量接收机 B 测试监测环天线的输出电压；
- 确认测量接收机 B 的输出值在期望值的 $\pm 3\text{dB}$ 以内并记录；期望值为 110dBpT 与监测环天线的天线系数的差值。

5.23.3.3.2 EUT 测试

按照如下步骤进行测试：

- a) 选择测试频率如下：
 - 1) 将辐射环天线置于离 EUT 某表面或电连接器 5cm 处，环的平面应平行于 EUT 表面或电连接器的轴线；
 - 2) 给辐射环天线施加足够的电流，以产生至少比选用限值大 10dB 的磁通密度，但不超过 19A (185dBpT)；
 - 3) 按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描；
 - 4) 如果出现敏感，则在那些存在最大敏感指示的频率点上每倍频至少选择 3 个测试频率点；
 - 5) 改变辐射环天线的位置，使其在 EUT 每个面上的不同区域移动，每个区域的大小为 30cm×30cm；对每个接口连接器也进行测试；重复 5.23.3.3.2 a)3)～5.23.3.3.2 a)4) 以确定敏感频率及位置；
 - 6) 在 5.23.3.3.2 a)3)～5.23.3.3.2 a)5) 测试中记录的所有敏感频点中，每倍频程选择 3 个频点。
- b) 对 5.23.3.3.2 a)6) 中确定的每个频点，分别施加对应限值的电流到辐射环天线。在保持环面与 EUT 表面、电连接器间距 5cm 的同时，移动辐射环天线，寻找可能出现敏感现象的位置，尤其要注意 5.23.3.3.2 a)5) 中确定的位置。

5.23.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 磁场限值、实际施加的幅频曲线或数据表；
- b) EUT 是否满足敏感度要求的说明；
- c) EUT 发生敏感的频率、敏感度门限电平、测试部位及其工作状态。

5.24 RS103 10kHz~40GHz 电场辐射敏感度

5.24.1 适用范围

本项目适用于设备和分系统的壳体、互连电缆及输入主电源线。

适用要求如下：

- a) 10kHz~2MHz 陆军飞机(包括机场维护工作区)适用，其他选用；
- b) 2MHz~30MHz 陆军、海军适用，其他由订购方选用；
- c) 30MHz~18GHz 全部适用；
- d) 18GHz~40GHz 由订购方选用。

本项目不适用于连接天线的接收机调谐频率及接收机通带范围，但水面舰船和潜艇除外。

5.24.2 限值

当按表 19 列出的并按 4.3.11.5.2 要求调制的辐射电场进行试验时，设备不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备或分系统规范中给出的指标允差。在 30MHz 及其之下，应满足垂直极化场限值要求；在 30MHz 以上，应满足水平和垂直极化场限值要求。圆极化场不适用。

对天线不可拆卸的接收机，除非系统规范另有规定，否则在试验期间，在接收机的调谐频率及接收机通带范围上允许 EUT 的性能降低；试验结束后，接收机应能满足其性能要求。

表 19 RS103 限值

单位为伏/米

频率范围		平台							
		飞机 (外部或 SCES)	飞机 (内部)	舰船(甲板上 和暴露的甲 板下)和水下 (外部) ^a	金属舰船 (甲板下)	非金属 舰船 (甲板下) ^b	水下 (内部)	地面	空间 系统
10kHz~2MHz	陆军	200	200	10	10	10	5	20	20
	海军	200	20	10	10	10	5	10	20
	空军	200	20	/	/	/	/	10	20

表 19 (续)

单位为伏/米

频率范围		平台							
		飞机 (外部或 SCES)	飞机 (内部)	舰船(甲板上 和暴露的甲 板下)和水下 (外部) ^a	金属舰船 (甲板下)	非金属 舰船 (甲板下) ^b	水下 (内部)	地面	空间 系统
2MHz~30MHz	陆军	200	200	200	10	50	5	50	20
	海军	200	200	200	10	50	5	10	20
	空军	200	20	/	/	/	/	10	20
30MHz~1GHz	陆军	200	200	200	10	10	10	50	20
	海军	200	200	200	10	10	10	10	20
	空军	200	20	/	/	/	/	10	20
1GHz~18GHz	陆军	200	200	200	10	10	10	50	20
	海军	200	200	200	10	10	10	50	20
	空军	200	60	/	/	/	/	50	20
18GHz~40GHz	陆军	200	200	200	10	10	10	50	20
	海军	200	60	200	10	10	10	50	20
	空军	200	60	/	/	/	/	50	20

^a 对潜艇压力舱以外、上层结构之内的设备,使用“金属舰船(甲板下)”。

^b 对位于航空母舰飞机库甲板上的设备,使用“非金属舰船(甲板下)”。

5.24.3 测试方法

5.24.3.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 信号发生器;
- b) 功率放大器;
- c) 接收天线
 - 1) 1GHz~10GHz, 双脊喇叭天线;
 - 2) 10GHz~40GHz, 喇叭天线或订购方认可的其他天线。
- d) 发射天线;
- e) 电场传感器(物理尺寸、电尺寸、各向同性偏离应尽量小,频响曲线尽量平坦);
- f) 测量接收机;
- g) 功率计;
- h) 定向耦合器;
- i) 衰减器;
- j) LISN。

5.24.3.2 测试配置

5.24.3.2.1 基本配置

按 4.3.9 及图 1~图 5 进行。EUT 如果有接收天线,其主瓣应尽量避免测试用发射天线的主瓣。
10kHz~1GHz, 用电场传感器测量电场; 1GHz 以上, 用电场传感器或接收天线测量电场。

注意：试验前应确定潜在射频危害区域并采取必要的预防措施以确保测试人员的安全。

如果订购方同意，也可以采用调谐模式混波室法进行测试，见附录 H。

5.24.3.2.2 测量系统检查(适用于电场传感器法)

按如下要求配置：

- a) 按图 89 配置测试设备；
- b) 电场传感器的位置。电场传感器对准发射天线，电场传感器、EUT 与发射天线之间的距离相同，如图 89～图 91 所示。不高于 1GHz 时，电场传感器至少在接地平板上方 30cm；高于 1GHz 时，将其放置在 EUT 被照射区域的高度上。不要把电场传感器放在偏离天线主瓣的边沿上。

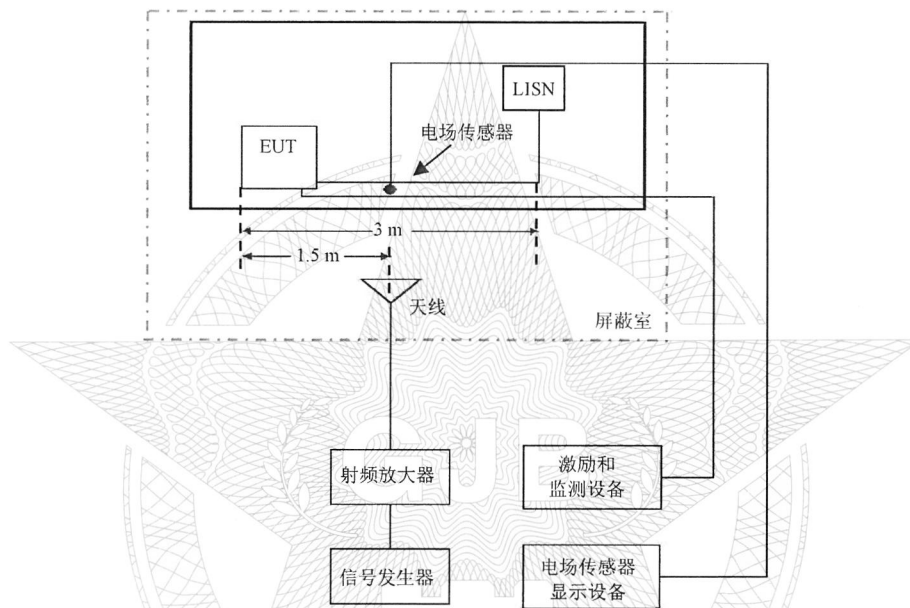


图 89 RS103 测试配置

5.24.3.2.3 发生器电平设定(适用于接收天线法)

按如下要求配置：

- a) 按图 92 配置测试设备；
- b) 接收天线的位置。在放置 EUT 之前按图 92 所示将接收天线放在绝缘介质支架上，其高度与 EUT 的中心相同。

5.24.3.2.4 EUT 测试

按如下要求配置：

- a) 发射天线的位置。天线应按下述要求放置在距离测试配置边界 1m 或更远处：
 - 1) 10kHz~200MHz
 - $D \leq 3\text{m}$ 时，天线放在测试配置边界边缘的中心线上，该边界包括所有 EUT 壳体及按 4.3.9.7 要求暴露的 2m 长互连电缆和电源线。如果在平台实际安装中互连电缆短于 2m，则允许使用长度短于 2m 的互连电缆；
 - $D > 3\text{m}$ 时，按图 90 所示的间隔使用多个天线位置 N ，天线的位置数 N 用边界宽度(单位为 m)除以 3 并进位取整。

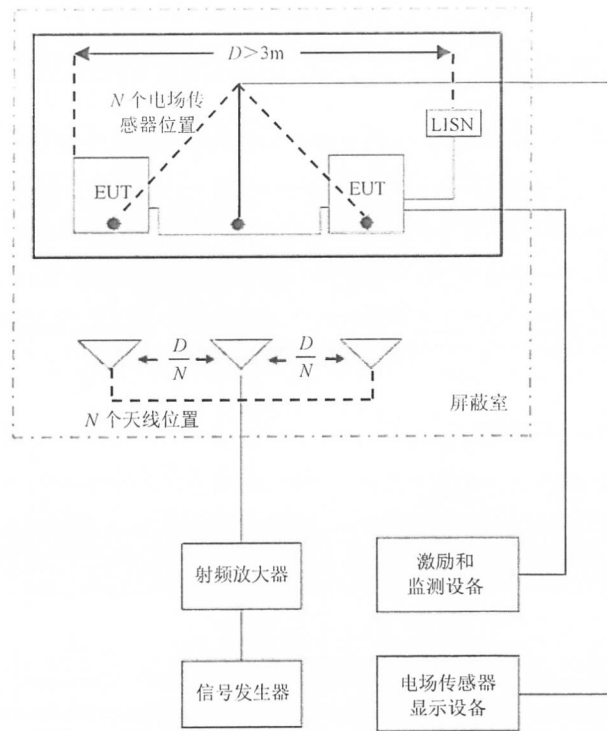


图 90 RS103 多天线布置(测试配置边界 $D > 3m$)

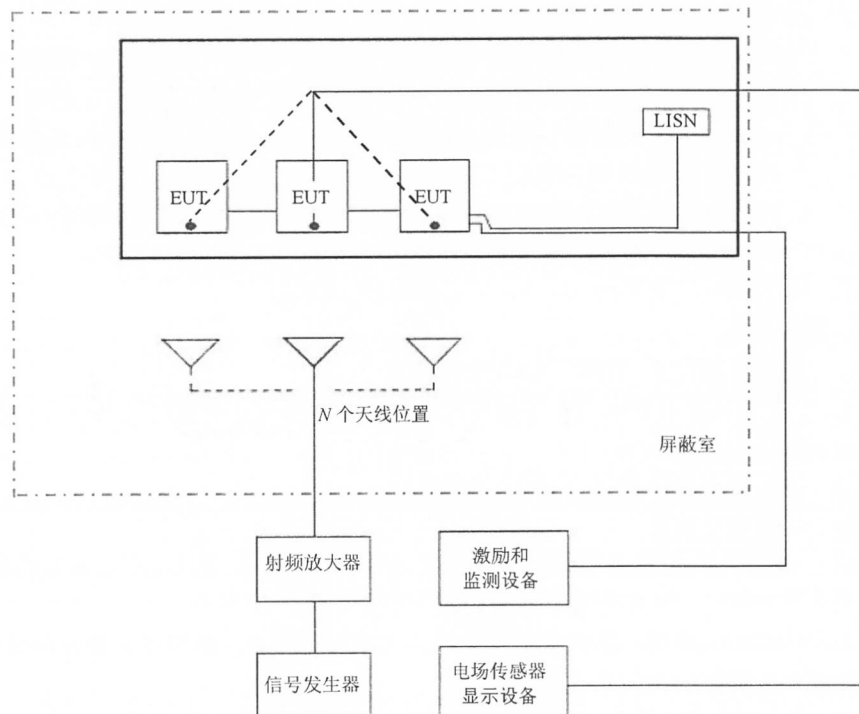
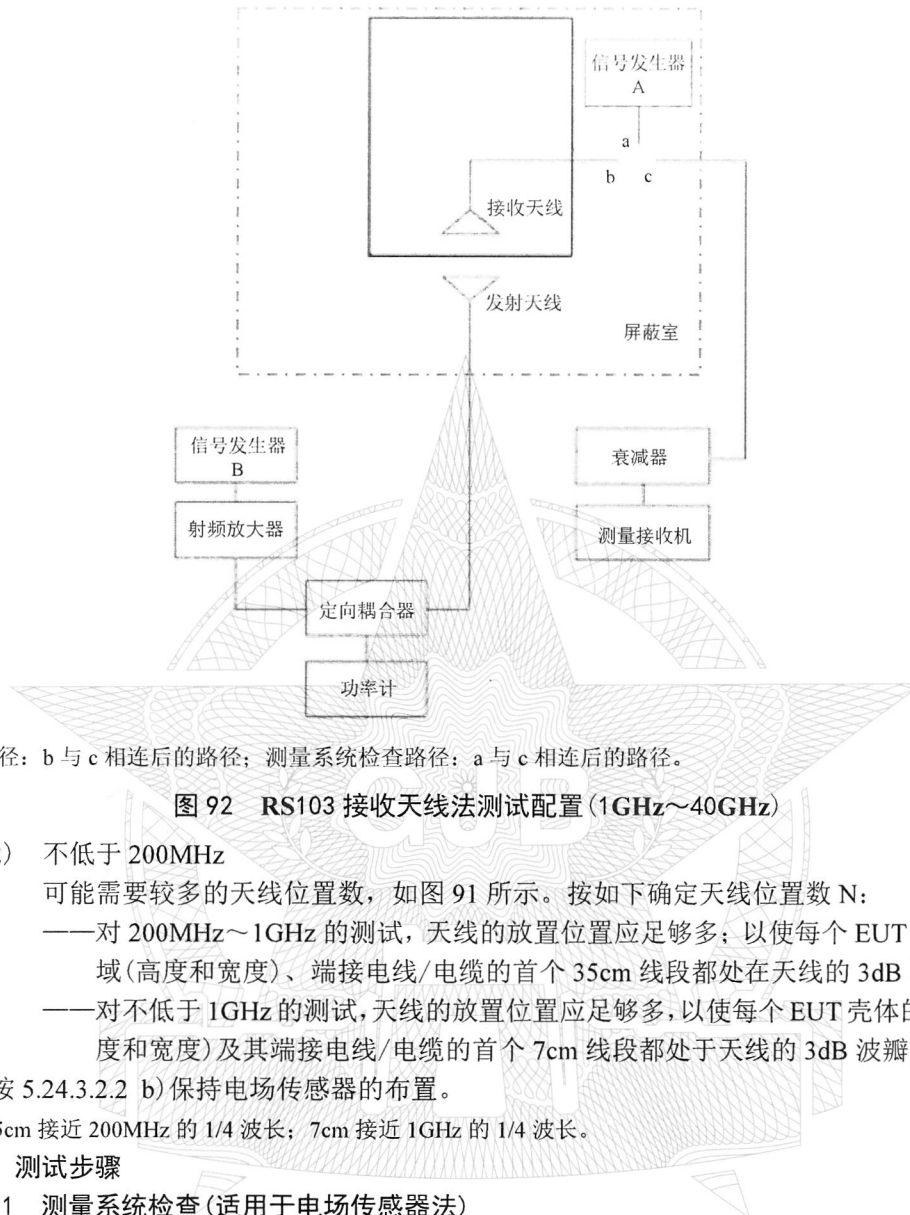


图 91 RS103 多天线布置($\geq 200MHz$)



测量路径：b 与 c 相连后的路径；测量系统检查路径：a 与 c 相连后的路径。

图 92 RS103 接收天线法测试配置 (1GHz~40GHz)

2) 不低于 200MHz

可能需要较多的天线位置数，如图 91 所示。按如下确定天线位置数 N：

- 对 200MHz~1GHz 的测试，天线的放置位置应足够多，以使每个 EUT 壳体的整个区域(高度和宽度)、端接电线/电缆的首个 35cm 线段都处在天线的 3dB 波瓣宽度内；
- 对不低于 1GHz 的测试，天线的放置位置应足够多，以使每个 EUT 壳体的整个区域(高度和宽度)及其端接电线/电缆的首个 7cm 线段都处于天线的 3dB 波瓣宽度之内。

b) 按 5.24.3.2.2 b) 保持电场传感器的布置。

注：35cm 接近 200MHz 的 1/4 波长；7cm 接近 1GHz 的 1/4 波长。

5.24.3.3 测试步骤

5.24.3.3.1 测量系统检查(适用于电场传感器法)

记录 EUT 的辐射发射在电场传感器显示器上显示的幅度，必要时改变电场传感器的位置，直到该幅度小于测试场强限值的 10%。

5.24.3.3.2 发生器电平设定(适用于接收天线法)

按照如下步骤进行设定：

- a) 信号发生器 A 替换接收天线并连接到同轴电缆上，在测试所要求的最高频点上将信号调到输出电平 0dBm，将测量接收机调谐到信号发生器 A 的频率；
- b) 考虑所有的损耗后，确认测量值在注入的信号电平 $\pm 3\text{dB}$ 以内。如果测量值偏差超出 $\pm 3\text{dB}$ ，则要找出引起误差的原因并纠正；
- c) 将接收天线连接到同轴电缆，如图 92 所示。信号发生器 B 设置为 1kHz、50% 占空比的脉冲调制。使用适当的发射天线及放大器，在测试起始频点建立电场。逐渐加大场强直至限值。此时要注意避免接收机过载或损坏；
- d) 在测试频段范围内扫描，并记录为保持要求的电场强度所需馈给发射天线的功率电平；
- e) 更换天线或配置发生变化后，重复 5.24.3.3.2 a) ~ 5.24.3.3.2 d)。

5.24.3.3.3 EUT 测试

按如下步骤进行测试：

- a) 电场传感器法
 - 1) 信号发生器设置在最低测试频率，用 1kHz、50%占空比的脉冲调制，并确保调制频率、波形和深度(从峰值到底线至少 40dB)正确。使用适当的发射天线及放大器，发射天线设置为垂直极化。在测试起始频率产生电场，逐渐加大直至限值；监视 EUT 是否敏感；
 - 2) 按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描，保持电场达到限值要求，监视 EUT 是否敏感；
选择电场探头的摆放位置时，应尽量避免 EUT 反射带来的影响。保证电场传感器的场强应由基波而非谐波和其他乱真发射产生。是调制波形的峰值与规定的试验电平对应一致，而不是调制波形的平均电平与试验电平一致。当使用电场传感器监测调制后的测试信号时，其读数小于峰值检波的读数，应注意将测量指示值折算为峰值；
 - 3) 如出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平。
- b) 接收天线法
 - 1) 移去接收天线，按 5.24.3.2.1 重新布置 EUT；
 - 2) 信号发生器 B 用 1kHz、50%占空比脉冲调制，并确保调制频率、波形和深度(从峰值到底线至少 40dB)正确。使用适当的发射天线及放大器，发射天线设置为垂直极化。在测试起始频率产生电场。逐渐加大注入功率直至 5.24.3.3.2 d) 的记录值；监视 EUT 是否敏感；
 - 3) 按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描，按 5.24.3.3.2 d) 的记录值调整馈给发射天线的输入功率大小；
 - 4) 如出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平。
- c) 将发射天线的极化方向改变为水平极化，在 30MHz 以上频率范围重复 5.24.3.3.3 a) 或 5.24.3.3.3 b) 测试。
- d) 对 5.24.3.2.4 要求的各天线位置分别重复 5.24.3.3.3 的测试。

注：在微波测试频段，应注意发射天线波瓣的覆盖范围。

5.24.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) 电场限值、实际施加的幅频曲线或数据表；
- b) EUT 是否满足敏感度要求的说明；
- c) EUT 发生敏感的频率、敏感度门限电平及其工作状态；
- d) 将电场传感器读数修正为与调制波形峰值相等的修正参数。

5.25 RS105 瞬态电磁场辐射敏感度

5.25.1 适用范围

本项目适用于暴露在外部电磁环境中的设备和分系统壳体，包括水面舰船、潜艇、海军飞机、海军地面平台上的设备和分系统。订购方有规定时，本项目也适用于其他平台上的设备和分系统。

5.25.2 限值

当按图 93 所示试验信号的波形和幅度进行试验时，EUT 不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值，或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

至少施加 5 个脉冲，重复频率不超过 1 个脉冲/min。

5.25.3 测试方法

5.25.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 横电磁波(TEM)小室、吉赫兹横电磁波(GTEM)小室、平行板传输线或等效装置；
- b) 瞬态脉冲发生器，单脉冲输出，正、负极性；
- c) 存储示波器，单次触发带宽不小于 700MHz，采样率 1GSa/s；

- d) 终端保护装置;
- e) 高压探头, 带宽不小于 1GHz;
- f) 电磁脉冲电场探头(也称作 \dot{B} 传感器探头), 带宽不小于 1GHz;
- g) 电磁脉冲磁场探头(也称作 \dot{D} 传感器探头), 带宽不小于 1GHz;
- h) LISN;
- i) 积分器, 时间常数是脉冲宽度的 10 倍。

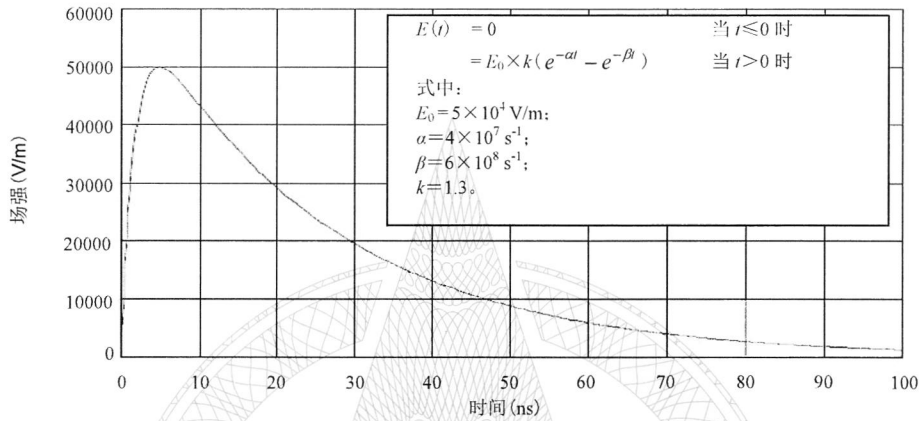


图 93 RS105 限值

5.25.3.2 测试配置

按下面的要求配置 EUT:

- a) 发生器电平设定
按图 94 配置。
 - 1) EUT 放入测试区之前, 将电磁脉冲电场探头或电磁脉冲磁场探头放在 A-A 垂直面五点栅格的中心点, 见图 94;
 - 2) 将高压探头接在瞬态脉冲发生器的输出端口和辐射系统的输入口之间, 并将高压探头连接到存储示波器上。

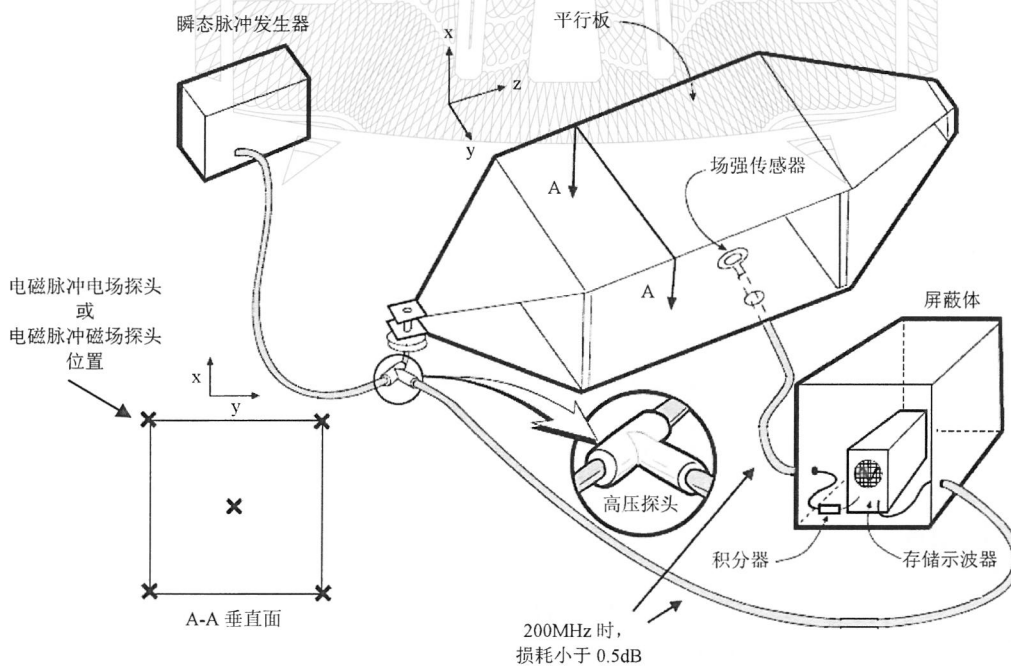


图 94 RS105 平行板辐射系统发生器电平设定配置

b) EUT 测试

按图 95 配置。

- 1) 将 EUT 的受试面放在 A—A 垂直面上，中心线对准辐射系统的中心线。EUT 不超出辐射系统可用测试区(在 x 、 y 、 z 方向上分别为 $h/3$ 、 $B/2$ 和 $A/2$) (h 是金属板之间最大垂直间距)，如图 95 所示。如果 EUT 在实际安装时放在接地平板上，则 EUT 也应放在辐射系统的接地板上。EUT 按实际安装方式搭接到接地平板。否则，应用对电磁场影响最小的介质材料支撑 EUT；
- 2) EUT 的朝向应能最大耦合电磁场。这可能需要在 EUT 的几个朝向都测试后才知道；
- 3) EUT 工作和监视电缆应按感应电流或电压最小的方式敷设。电缆应与电场矢量垂直，与磁场矢量垂直的环路面积尽量小。进出平行板测试区的电缆应与电场矢量垂直，长至少 $2h$ ；
- 4) 辐射系统的底板搭接到大地参考点上；
- 5) 辐射系统的顶板离最近的金属至少 $2h$ ，包括天花板、建筑结构、金属通风管、屏蔽室墙等等；
- 6) 当使用开放式辐射体时，应将 EUT 的实际或模拟负载和接口电信号放在屏蔽体里；
- 7) 在靠近外部电源的 EUT 电源线加上终端保护装置，以保护电源；
- 8) 将瞬态脉冲发生器连接到辐射系统。

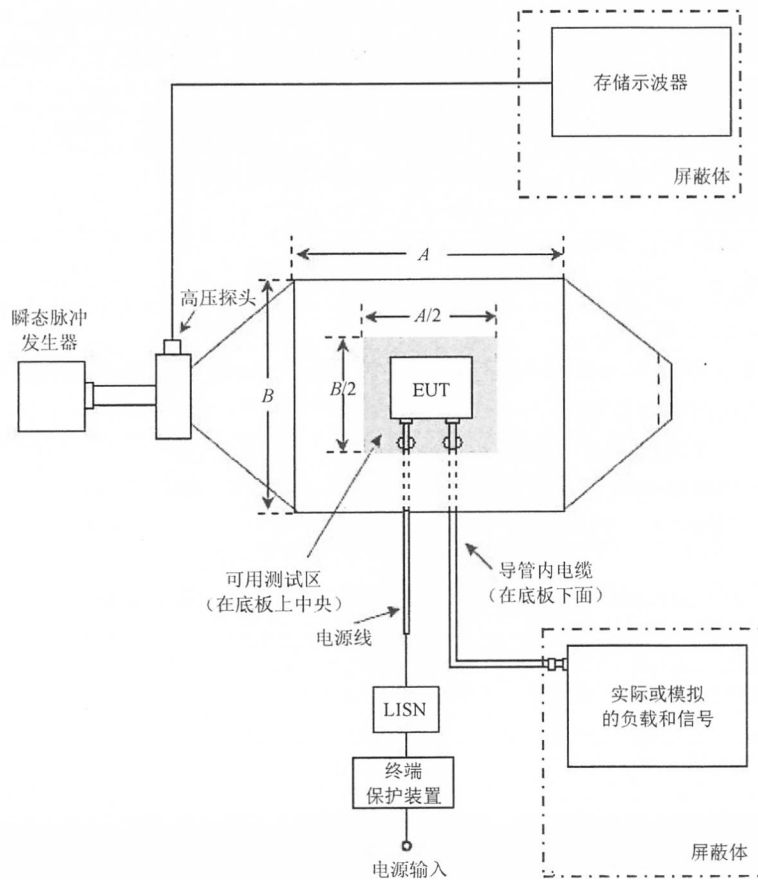


图 95 RS105 平行板辐射系统测试配置

5.25.3.3 测试步骤

注意：使用的高压有致命危险。如果使用开放式辐射系统，试验时应小心强电磁场对人体的辐射。按照如下步骤进行测试：

a) 发生器电平设定

按图 94 进行电平设置。

- 1) 瞬态脉冲发生器产生脉冲场，用电磁脉冲电场探头或电磁脉冲磁场探头测量，场强的峰值、上升时间和脉冲宽度应符合要求。记录示波器上显示的脉冲波形；
- 2) RS105 限值的允差及特性如下：
上升时间(10%~90%)：1.8ns~2.8ns；
半峰值脉冲宽度：23ns±5ns；
栅格点上的电场或磁场峰值，高于限值 0dB~6dB；
对于大型模拟器，脉冲的上升时间可以是脉冲电压源的上升时间，但需得到订购方的同意；
- 3) 对图 94 上的其他四个测试点分别重复 5.25.3.3 a) 1) ~5.25.3.3 a) 2)；
- 4) 确定 5 个栅格点场强同时满足要求时脉冲发生器的设置及相应的脉冲驱动幅度。

b) EUT 测试

采用测试配置进行下面的测试：

- 1) 尽可能在 EUT 的正交方向对其测试；
- 2) 先施加 5.25.3.3 a) 4) 确定脉冲幅值的 10%，然后分两到三步增加脉冲幅度直至要求的值；
- 3) 在要求的测试电平上，确认脉冲波形特性与 5.25.3.3 a) 2) 的一致；
- 4) 以不超过 1 个/min 的速率施加要求数量的脉冲，至少施加 5 个脉冲；
- 5) 在施加每个脉冲的过程中或结束后监视 EUT 是否敏感；
- 6) 如果 EUT 在低于规定幅度时就发生故障，停止测试并记录此值；
- 7) 如果 EUT 出现敏感，按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平。

5.25.3.4 测试结果

试验完成后，需提供如下测试数据：

- a) EUT 及电缆方位照片；
- b) EUT 配置的详细说明；
- c) 在 EUT 各方位施加脉冲的示波器图，包括峰值、上升时间及脉冲宽度数据；
- d) 为每个记录的脉冲波形编号；
- e) 适用时，记录每个 EUT 的失效恢复时间；
- f) 是否满足相应敏感度要求的说明；
- g) EUT 发生敏感的敏感度门限电平及其工作状态。

附录 A

(资料性附录)

应用指南

A.1 概述

按照本标准 4.1，本标准允许对相关的项目要求进行剪裁。

对于大多数设备和分系统，为了保证其电磁兼容方面的降额设计充分有效，降低系统测试、平台使用敏感问题风险，提高平台在实际电磁环境条件下的可靠性保障水平，一般不建议在设备和分系统设计、研制及验收阶段就降低本标准统一规定的敏感度限值要求。如果已经预计到设备和分系统在实际平台安装中受到的干扰高于限值要求，则应在标准规定统一限值的基础上对限值进行相应的调整，以适应更严酷的电磁环境。

对涉及多平台的设备和分系统，例如设备安装在飞机内部，同时飞机的平台是舰船的情况，需要考虑这两种平台的所有适用项目，对同一项目，从中选择最严酷的要求。

以下对部分项目的限值设定情况进行了说明，列出了剪裁时主要考虑的因素。

A.2 CE101

本要求适用于从配电系统而非从 EUT 获取电能的电源输入线。由于有电源质量标准控制电源的输出特性，所以对 EUT 电源输出线没有必要单独提出电磁兼容性要求。

舰船限值：控制电源配电系统的电压总谐波电压畸变在 5% 以内，单次谐波的贡献小于 3%。

陆军飞机限值：控制平台上电源汇流条的电源质量(允许的电压畸变)。相对于 GJB 181B《飞机供电特性》的限值，留有 20dB 左右的裕量。

海军飞机限值：保护海军飞机上的 ASW 设备。EUT 的发射电流可能会影响磁异探测(MAD)设备和声呐传感器系统的探测和处理能力。

剪裁时考虑的因素：

- a) 平台上是否安装了需要保护的灵敏设备，其工作频率范围如何。例如，如果海军飞机上没有安装 ASW 设备，则海军飞机上的设备可以豁免 CE101；
- b) 平台供电系统专门的电源品质特性，例如总谐波畸变率等。

对具有大电流负载、长度较短的电源配电网或高位线自带专门回线(相较利用平台金属结构作为回线而言)的情况，可用 5 μ H LISN 替换 50 Ω /50 μ H LISN，以减小电感过大带来的供电线路压降或更好地模拟配电网阻抗。此时，需要将 CE101 和 CE102 合并一起考虑，并按附录 E 的限值进行考核。

A.3 CE102

在本项目频率范围里的较低频段，本项目的目的是保证多个 EUT 同时工作时，它们的传导发射不破坏平台电源总线的电源质量(允许的电压畸变)；在较高频段，控制传导发射通过电源线无意产生辐射，对灵敏的接收设备造成干扰。

相关的电源质量标准示例有：GJB 181B—2012、GJB 298—1987 和 HJB 34A—2007。

剪裁时考虑的因素：

- a) 安装在平台上灵敏接收机的工作频率范围。例如，如果平台上没有工作在较高频段的连有天线的接收机，则可减小较高频段的频率测试范围；如果要求在更高的频率进行测试，则 CE102 的测试布置需要调整，将电源线的长度缩短，以避免测试在或接近电源线谐振情况下进行。
- b) 平台供电系统的电源品质特性，例如，总谐波畸变率等。调整限值线以更接近特定电源质量标准的频谱曲线。

另外，如果 CE101 按附录 E 调整限值并进行了测试，则 CE102 也需要按附录 E 进行。

A.4 CE106

发射状态的发射机限值设定在大部分本类设备都能合理实现的电平上。要想避免所有潜在的电磁兼容问题，通常需要更严酷的抑制电平，但这可能给设计带来沉重的负担。发射机谐波落入接收机频带导致干扰的问题需用频谱管理的方式解决。

接收机、待发状态的发射机限值设定在能合理保证与其他设备兼容的电平上。

可以根据辐射源的特性和安装布局对本要求的电平、频率范围、驻留时间和调制方式等进行剪裁：

- a) 平台上天线到天线之间的隔离度，例如间距、视距方向上电磁遮挡物、方位角、极化方式、天线方向图等带来的影响；
- b) 发射机的发射功率。对于大功率发射机，按标准限值提要求可能导致过设计。例如，10kW HF 发射机的滤波器可能会非常笨重，对基波也会有明显的衰减，此时需要对其进行工程折衷考虑。

A.5 CE107

如果 EUT 内部没有开关操作，无论是手动的操作还是设备自动的操作，都可以提出本项目豁免。

差模限值针对电源品质保护，共模限值针对对周边敏感设备的传导和辐射干扰防护。

由于开关元件对于产生的瞬态影响很大，所以，应使用 EUT 自身的开关来进行试验。如果使用了一个不是 EUT 自身的开关元件作为替代开关来进行本试验，如果使用的开关类型再不同，则其结果有可能差别很大。

A.6 CS101

类似 CE102，CS101 限值基于电源质量标准(例如 GJB 181)允许的电压畸变频谱曲线，规定的测试电压幅值高于典型电源品质限值约 6dB，以使限值和电源品质要求之间留有一定的裕度。

剪裁时考虑的主要因素是平台的电源质量标准，可根据平台供电特性的具体要求调整限值。

A.7 CS102

本项目引用了 HJB 34A CS01.2 “接地地线传导敏感度”的限值和测量方法。

对于海军平台，要求的限值通过对潜艇和水面舰船地电位不等所引发问题和地电位差异实际测试结果综合分析得出，不建议进行剪裁。其他平台参考使用时，订购方可根据平台特定情况对开路电压幅度和频率范围进行适应性调整。

A.8 CS103、CS104、CS105

三项试验目的为测量设备和分系统对于经由天线端口耦合的干扰信号的抑制能力，一般情况下适用于有前端敏感度要求的接收设备和分系统接收机，如通信接收机、射频放大器、无线电收发信机、雷达接收机、声学接收机以及电子对抗装备接收机等。

但是由于此类和分系统设计的多样性，不能提出统一的限值。例如抗干扰能力强的跳频接收机与定频接收机的要求会有明显不同。具体 EUT 的限值通常由订购方在产品规格书等订购文件中提出。

本要求和方法最适用于固定频率的、可调谐的超外差接收机，如接收机、RF 放大器、收发机和从调幅载波中提取信息的应答机。对其他类型接收机(如捷变频或跳频)，仅在部分工作时间适用。对具有抗干扰能力的接收机，有条件选择使用。

同样由于 EUT 的技术多样性，本标准规定的方法不完全适用于所有接收机，例如带相控阵天线或其他不可拆分天线的接收机。有些产品规定有与信号处理特性一致的方法，这些方法以行业或企业标准或评审的方式获得认可，用这些方法获得的数据同样是有用的。对于其他接收机，本标准规定的方法可以作为参考，通过对注入部位、注入方式、频率范围、驻留时间和带宽等进行裁剪来得到适用的方法。

A.9 CS106

所有平台的配电系统均会发生电源瞬变，例如在潜艇和水面舰船上，感性负载开关、断路器或继电器的动作等都能在配电系统中引起瞬变，瞬变持续时间(宽度)主要分布在 $1\mu\text{s}\sim 10\mu\text{s}$ 范围，无论是 115V 还是 380V 的配电系统，90%以上瞬态的峰值电压都在 50V~500V 之间。这些瞬变可能使对电压瞬变敏感的单信号触发电路等形成干扰。

剪裁时考虑的因素：

- a) 对于海军平台上的 EUT，一般不建议进行剪裁，因为限值是基于对电源电压瞬态所引发问题和平台瞬态实际测试结果综合分析得出的；
- b) 对其他平台上的 EUT，可根据平台特定情况，例如 EUT 所处平台配电网的线缆长度、负载特性等，对瞬态幅度和持续时间进行相应调整。

A.10 CS109

流经平台构件或 EUT 壳体的电流会产生磁场。这些磁场在环路中的感应电压可用法拉第定律计算得出。对于垂直于环路(此时耦合效率最高)的恒定交变磁场，感应电压为： $V = -2\pi fBA$ ，其中 f 为频率、 B 为磁通密度、 A 为环路面积。

20kHz 时本要求规定的测试电流为 103dB μA ，如果该电流在周长为 10cm 的横截面内均匀流动，则表面感应的磁场强度为 1.41A/m，大气条件下对应的磁通密度为 $1.77 \times 10^{-6}\text{T}$ 。若该磁场在壳体内 0.001m^2 (如 $20\text{m} \times 0.5\text{cm}$) 的电路环路上均匀分布，用法拉第定律估算的感应电压为 222 μV 。根据图 42 规定的限值，在 400Hz 和 100kHz 进行类似估算，感应电压分别为 31 μV 和 8 μV ，这已有可能对潜艇低频调谐接收机造成干扰了。

本要求限值基于 a) 设备壳体传导电流所引发的问题，b) 对一些接收机响应特性的测量这两者综合分析设定，通常不建议剪裁。

A.11 CS112

本项目模拟人体对设备的静电放电。

当人体活动或作业时，由于与其他物体发生接触和分离，会发生电荷转移，导致人体产生静电。静电数量与人体周围环境(例如温湿度、气压)、是否采取了保护措施、人体接触的物品(例如地毯、衣物、鞋等)等多个因素相关。在采取防静电措施时(例如带防静电腕带，站在防静电地面上)，人体的放电电压较低；反之，放电电压较高，最高能高到几十 kV。静电放电不是连续存在，是间歇性发生的。

剪裁时考虑的因素：

- a) EUT 是否是安全性关键设备；
- b) EUT 所处的环境等，当所处环境(例如潮湿的海洋)不容易产生静电时，可以豁免本项目。

调整参数：静电放电的测试电压、放电的次数。

CS112 与 GJB 1389B—2022、GJB 8848 中的静电放电项目不同，不能互相替代。

A.12 CS114

CS114 和 RS103 都是模拟平台内外天线发射的电磁场对设备和分系统产生的影响，其中 CS114 以传导的方式模拟电磁场对设备和分系统产生的影响，RS103 直接模拟电磁场对设备和分系统产生的影响。

注：对于 4kHz~1MHz 频率范围内适用于海军的 77dB μA 限值，它针对的是平台上固态电源工作时通过传导方式在平台上产生电磁干扰的电磁现象。

线缆(包括金属平台结构)作为无意形成的天线，其耦合效率随信号频率改变，图 51 CS114 电流限值曲线图反应了此特性。在频率低端，随着频率的升高，线缆的耦合效率逐渐提高，线缆的耦合量按

20dB/10 倍频程增加，在第一个频率拐点达到最大后进入谐振频率范围。左拐点的频率可以按 $f_c=300/(2*L)$ 计算，其中 f_c 的单位为 MHz， L 为线缆的长度，单位为 m。

在谐振频率范围，线缆的耦合量随频率呈周期性的峰谷变化，最大峰值包络呈水平直线状。在谐振范围高端拐点，限值曲线基于对各种飞机最恶劣情况下的实测，将限值按每 10 倍频程减小 10dB 设定。低端频率拐点通常发生在平台最大尺寸对应 1/2 波长频率的附近。

5 个最大的固定限值针对的是低阻受试电缆(例如两端电搭接良好的屏蔽电缆)，5 条曲线限值针对的是其他阻值的受试电缆。

例如，CS114 限值曲线中拐点 1MHz 处对应的平台大小是 150m(即 1MHz 的半波长，这通常是舰船的尺寸)。如果 EUT 所在的平台大小是 15m(例如飞机)，按上式可计算得知 $f_c=300/(2*15)$ MHz=10MHz，则拐点频率可调整到 10MHz(即 10MHz 的半波长)。如此，10MHz 以下的限值放松了大概 20dB，见图 A.1 中下面的斜线。

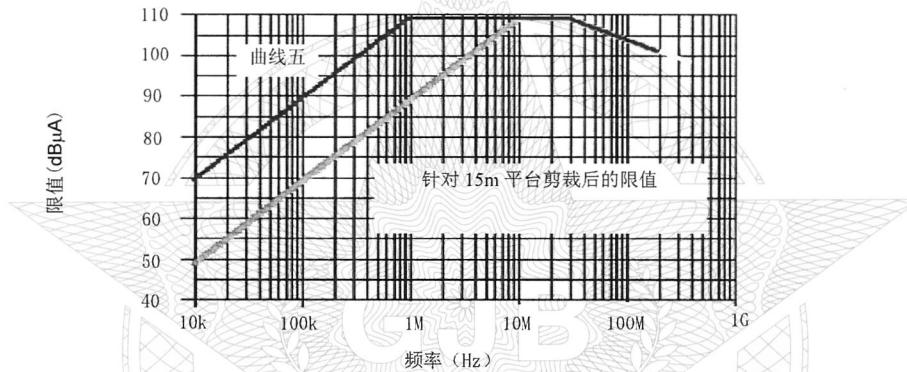


图 A.1 CS114 限值剪裁示例

按照第 4 章规定的 EUT 及其线缆布置时，场强和电流通常有 1V/m 对应 1.5mA 的关系。所以，CS114 的 5 条限值曲线就分别对应 RS103 的几个试验等级，例如 109dBμA (281.8mA) 对应于 200V/m ($\approx 281.8 \div 1.5=188$ V/m) 试验等级。

平台提供的屏蔽保护，导致平台内外的限值不同。例如，对于空军飞机，考虑到飞机机体通常具有 20dB 的屏蔽效能，所以飞机平台的限值分为飞机内外两个限值，两个限值之间相差 20dB。如果机体的屏蔽效能与此不同，则可对限值相应的进行调整。其他平台也可参考这个做法对限值进行剪裁。

基于对多类设备的电磁敏感度测试表明，采用数字化处理、编码纠错、抽样判决等技术的设备，电磁敏感度门限电平与干扰激励信号占空比具有较大相关性，通常对 50% 占空比、1kHz 重复频率的脉冲调制信号的敏感性低于对单频连续波的敏感性；对于其他设备，脉冲调制信号具备较强的敏感激发能力；同时考虑到电磁环境复杂性等因素，选择脉冲调制信号和单频连续波信号作为试验信号。

设备所采用的信号处理技术会影响敏感信号的类型，订购方可根据设备最易产生敏感的信号对试验信号进行剪裁。

剪裁考虑的因素：

- 安装位置的场强(考虑平台结构提供的保护，例如屏蔽等)；
- 平台结构的最低谐振频率，以使其与特定平台最低谐振频率更加一致；
- 平台内外天线辐射设备的工作频率；
- 设备的工作机理决定的最易敏感的信号。

调整的参数：限值的幅值、频率范围、调制特性、调制参数和/或频率拐点。

对于在良好电磁环境中使用的设备，甚至可以提出对本项目豁免。

A.13 CS115

本项目模拟平台内部开关操作、外部雷电和电磁脉冲产生的、具有快速上升和下降时间瞬态的影响。

2ns 的上升时间与感性装置开关动作所产生波形的上升时间一致。30ns 的脉宽将单个脉冲的能量标准化，并隔离脉冲的上升和下降部分，使各部分独立发挥作用以检验对不同电路造成的影响。5A 的幅度覆盖了瞬态环境中飞机系统级测试时所观测到的大多数感应电平。30Hz 的脉冲重复频率可确保施加足够的脉冲，提高测试结果的可信度。

剪裁时考虑的因素：预期的平台瞬态环境。

调整的参数：波形的幅值，脉冲的宽度。

A.14 CS116

该限值曲线的形状与 CS114 相同，都反映了电缆被辐射场照射后，干扰信号由场转变为电流的情况。

平台内部开关操作、外部雷电和电磁脉冲等激励信号通过平台内的谐振作用，常在平台电缆上产生阻尼正弦电流和电压。谐振可以由电缆自身产生，也可以由平台内的其他谐振导致。考虑到发生条件的广泛性，规定了较宽的频率范围，以评估不同类型的电路，有些电路可能对峰值幅度产生响应，有些电路则可能对总能量或上升速率产生响应。

设定的电流限值覆盖了系统级外部瞬态环境测试时在平台内部所测得的大多数感应电平。低端频率拐点为平台谐振最严重的频率，从该频率往下，限值按每 10 倍频程下降 20dB。高端频率拐点为瞬态环境频谱分量开始下降的频率。

剪裁时考虑的因素：

- a) EUT 及其互连电缆所处平台区域的防护等级；
- b) 平台的尺寸大小。

调整的参数：限值的幅值、频率范围和/或频率拐点。

注意，不要期望设备能提供全部的保护，平台设计人员也应提供降低平台内部应力的措施，以减轻平台外部激励带来的影响，以及平台内部瞬态带来的影响。

A.15 CS117

变化的电磁场主要在设备电缆上产生感应电流。

本项目针对 GJB 1389B—2022 规定的雷电环境(尤其是其图 2 和表 7 所指的环境)，规定了设备层级的雷电间接效应试验。并非所有的设备都需要按此项目进行测试，主要针对的设备是飞行安全性关键设备。

根据这类设备所处的安装位置、飞行器结构/屏蔽类型，规定了不同的测试电平。如果能确定更具体的飞行器雷电威胁电平，则可对设备级测试电平进行调整，以匹配飞行器的威胁电平(并留有适当的裕量)。

对于设备位于机舱内但与外部线束连接的情况，该设备与外部线束连接的端口需要满足外部设备电平限值。对部分结构(例如用复合材料制作的尾翼或整流罩)是用非导电材料建造的飞行器，应将安装在这种结构内的设备或线束按外部设备电平限值要求。通常在飞行器的轮舱、弹舱和机翼前缘区域都有布线，这些区域在某些飞行阶段暴露于外部威胁，因此这些区域的设备或线束也需要满足外部设备电平限值。

波形组的适用性高度依赖于 EUT 电缆线束的位置、场线耦合路径和设计，参见表 A.1。

当 EUT 满足 HB 6167.24—2014 的相关要求时，如果其限值和本标准可比，可考虑对本项目进行剪裁。

表 A.1 波形的适用性

波形(组)	电缆所处位置	耦合路径	备注
2/1	金属蒙皮舱内	磁场通过孔径耦合	电缆、屏蔽层端接到平台结构
3	所有位置	平台结构谐振、线缆谐振	—
4/5A	含复合材料蒙皮的舱内	复合材料的电阻、孔径	电缆是屏蔽电缆。 由于电阻，波形宽度增加
6	电磁暴露的舱外，如起落架区域、发动机、飞行控制面、翼尖或尾翼区域	直接的场—线耦合	电缆是屏蔽电缆，且屏蔽电缆两端的屏蔽层 360°良好端接。

A.16 RE101

海军的限值主要基于以下两个考虑：防止在 RG264—A/U 导线形成的 4.19cm^2 环面积上感应出大于 $0.5\mu\text{V}$ 的额定电压，并防止在 50Hz 处产生最大感应电压为 $5\mu\text{V}$ 的电压。目的是避免海军舰船上电子、电气设备(不含诸如磁发射器、磁武器及其类似用途装备)产生的磁场对低频声呐系统、灵敏度在 nV 级别的 ELF、VLF、LF 通信系统和传感器产生干扰。

陆军 RE101 限值的考虑：防止在直径为 12.7cm (5 英寸) 的环内产生高于 2.5mV 的感应电压。目的是避免对发动机、飞行器及武器的转台控制系统、毫伏级传感器产生干扰。对单独使用的设备可以放松限值，甚至豁免本要求，因为可以通过加大设备与敏感系统之间的距离来避免干扰。

海军的限值比陆军限值更严酷，说明对海军平台内的磁场环境要求更高。

对于空军，某些应用场合需要考虑 RE101 要求，主要考虑的是在飞行器上将分系统安装在紧靠带有天线的甚低频和低频接收机的场合。可根据设备和天线之间的距离来选择适用的限值。

A.17 RE102

本项目限值基于接收机在平台上使用时暴露出的问题、接收天线与设备及连接电缆之间的典型遮挡量、接收天线的接收效率而设定。针对不同平台不同安装位置的各类设备，规定了不同的限值。

接收天线谐振时，其接收效率最高。由于调谐天线 ($G\lambda^2/(4\pi)$) 孔径尺寸随频率增大而减小(按 $-40\text{dB}/$ 十倍频程变化)，场强随频率成正比变化(按 $+20\text{dB}/$ 十倍频程变化)，综合两者的作用 ($-40\text{dB}/$ 十倍频程 $+20\text{dB}/$ 十倍频程 $= -20\text{dB}/$ 十倍频程)，所以设定 100MHz 以上的限值曲线以 20dB/10 倍频程斜率上升，这样可以使得来自全向调谐天线并进入接收机的耦合功率电平保持不变。之所以将限值曲线的拐点设定在 100MHz，是因为在 100MHz 频率以下，天线难以保持谐振(天线的物理尺寸太大)，且频率越低，接收天线的耦合效率也越低。

对舰船，设定限值的依据是大量机壳和电缆辐射耦合至接收机天线的事例，以及平台是否提供了 20dB (水面舰船) 和 26dB (潜艇) 的屏蔽保护。

对固定翼飞行器，考虑到飞行器的屏蔽未经有效设计，平台结构按 10dB 屏蔽效能取值，所以，固定翼飞行器内外设备的限值相差 10dB。对直升机，由于其结构基本不能提供屏蔽保护，所以其设备的限值与固定翼飞行器外部设备的限值相同。对首尾尺寸不小于 25m 的固定翼飞机，由于机舱内的空间允许通过增大间距提供额外的保护，所以，针对安装在首尾尺寸不小于 25m 固定翼飞机内设备的限值比小于 25m 情况时的限值放松了 10dB (用增加 3m 左右的保护距离即可获取 10dB 的衰减)。对空军固定翼飞机内部的设备，2MHz 以下没有规定限值，尽管有些飞机上的天线工作频率低于 2MHz，但这些天线通常是带有静电屏蔽的环天线，对电场几乎不产生响应。

海军移动设备和陆军地面设备的限值相同，海军固定设备和空军地面设备的限值相同。海军移动设备主要配备给海军陆战队，其使用情况类似陆军，设备经常会非常靠近未经防护的天线，如安装在吉普车上、帐篷内或小型直升机上。海军固定地面设备和大多数空军地面设备很少出现临界性的天线耦合情

况。对固定安装，其位置可以选在远离天线的地点，因此设备的辐射发射限值高于移动设备(20dB；对应10m的保护距离)。

剪裁仅适用于压力舱外安装在水线上的设备。

关于限值的剪裁：可根据平台上带天线接收设备的类型，以及设备、相关电缆、天线之间的距离和屏蔽隔离度进行剪裁。例如，如果设备及其连接电缆全部布置在具有已知屏蔽效能的屏蔽体内，可以考虑放宽对该设备的辐射发射要求。

也可以只针对需保护接收机频段的频率范围提要求。不过，这需考虑到今后平台上是否会增加接收设备的问题。例如，随着任务使命的变化，在飞机上加载新的通讯设备(如HF电台)等是很常见的。

另外，如果机载设备RE102低频段的限值与现有的相关电源类国军标(如GJB 181B—2012)在限值要求上有冲突时，可以视情况对机载电源类设备放宽RE102低频段限值。

A. 18 RE103

除了A.4针对CE106项目的剪裁说明，还可以根据辐射源的特性和安装布局对本要求的电平、频率范围、驻留时间、带宽和调制方式等进行剪裁。裁剪的基本原则是平台的总体性能功能不受过大影响。考虑的因素包括并不限于：

- a) 平台上天线到天线间的隔离度，例如间距、视距方向上的电磁遮挡物、相对方位、极化方式、天线方向图、工作区域及工作方式等带来的影响；
- b) 被干扰设备的数量及重要级别；是否有功能可替代设备；
- c) 频谱管理的有效性及其可行性，主要考虑被测发射机与接收机(被干扰设备)的频谱资源，信号带宽等；
- d) 是否可采用无源抗干扰措施；
- e) 进行时域管理的有效性及其可行性；如信号脉冲宽度、重复频率等。

例如：某EUT有多个工作频率，只有一个或少量工作频率的谐波干扰导航雷达的一个工作频率，且EUT脉宽低于 $1\mu\text{s}$ ，占空比低于1%，进行时分复用的管理只会造成导航雷达很小的“盲区”，频谱管理及时域管理均可行且有效。因此可以对EUT的限值进行适当放宽，但测量时的驻留时间应大于1ms、带宽也应适当加宽以确保测得EUT发射信号的主要幅度。

A. 19 RS101

对于海军限值，主要基于以下两点考虑：

- a) 25Hz~2kHz频段限值的设定依据源于配电系统电源变压器(约170dBpT)及其电缆的最大磁场辐射情况，以及用户设备电源线上的谐波分量和预期的最大功率消耗；
- b) 2kHz以上频段的限值基于海军平台上测得的磁场环境而设定。

对于陆军限值，在50Hz~100kHz，RS101限值按比RE101相应限值高6dB设定。

A. 20 RS103

限值基于设备使用寿命期间预期将遇到的电磁环境电平、平台能提供的屏蔽保护而设定。这些限值不一定代表设备可能遇到的最恶劣环境，但适用于大多数情况，包括射频高功率威胁辐射源引起的“后门”效应(不包括直接耦合到平台天线和安装在外部的装置)。

航母的机库甲板上不完全是封闭区域，因此安装在机库甲板上的设备按照非金属舰船(甲板下)平台要求，在2MHz~30MHz频段应能够承受50V/m的环境电平。

对于地面安装的设备，由于环境多变，对要求可能需要剪裁。例如，安装在大型地面雷达站中或附近的设备，可能受到发射功率超过1MW的天线后瓣的干扰，所以，限值必须加严到一个合适的电平。

对于飞机和舰船，根据设备是否受平台的屏蔽保护来规定不同的限值。例如，如果飞机机体的屏蔽效能是20dB，则舱外的200V/m到舱内时的场强就成为20V/m了。对坦克等陆军系统则不这么规定，

因为在某一结构内使用的设备，常常也用于无结构保护的场所。

根据陆军飞机的使用情况，对陆军飞机全部按 200V/m 要求，而与设备安装位置或是否是安全性关键设备无关。部分陆军飞机的外部环境还高于 200V/m。因为大多数陆军飞机特别是直升机贴地面飞行，会与大功率辐射源更接近，并且接触时间更长，所以通常直升机的合格评定电平要高于固定翼飞机。

对于潜艇平台，RS103 有压力舱内部设备限值和压力舱外部设备限值之分。考虑到压力舱内部有便携式干扰源，所以 30MHz 以上的频段按照 10V/m 要求。而对于压力舱外部设备由于电磁环境更加严酷，相应的限值也更加严格。外部限值电平宜只适用于完全在吃水线以上部位工作的设备。

可以根据辐射源的特性和安装布局对本要求的电平、频率范围、驻留时间和调制方式等进行剪裁：

- a) 发射机等辐射源的特性，包括辐射源的调制方式；
- b) 设备与辐射源之间的距离，两者之间的屏蔽等因素；
- c) 辐射源、设备位置可能发生的变化。

A.21 RS105

可以根据设备所处环境的实际场强、所处位置所能提供的保护对限值的幅值进行增加或减少。



附录 B

(资料性附录)

输入主电源线线—地电容量的测试方法

B.1 范围

本附录为 4.2.1 提供了输入主电源线对地电容量的摸底测量方法。

电源线对地电容量为设计指标，可以通过提交设计文件验证。当需要对设备进行 EMI 滤波器实际对地电容量测量时，可参照本方法进行试验。试验应在其他电磁兼容性试验项目进行。

本方法适用于海军水面舰船、潜艇及海军 ASW 飞机设备输入主电源线的对地电容量测量。当订购方有规定时，本附录也适用于其他需要控制低频壳体电流干扰的系统或平台安装的设备。

B.2 测试设备

测试设备如下：

- a) 电容表(或阻抗测试仪等其他可测电容的测量仪器)；
- b) 标准电容器。

B.3 测试方法

B.3.1 测试配置

测试配置如下：

- a) 测量系统检查
按图 B.1 配置。
- b) EUT 测试

对不带回线的直流电源，按图 B.2 配置；

对带回线的直流电源或单相交流电源，按图 B.3 配置；

对三相△型电源，按图 B.4 配置；

对三相 Y 型电源，按图 B.5 配置。

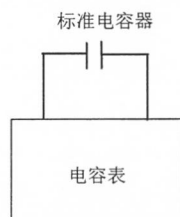


图 B.1 测试系统检查配置

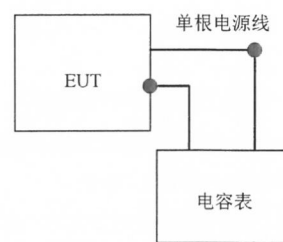


图 B.2 不带回线的直流电源测试配置

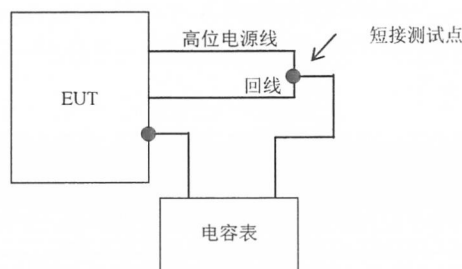


图 B.3 单相交流电源或带回线直流电源的测试配置

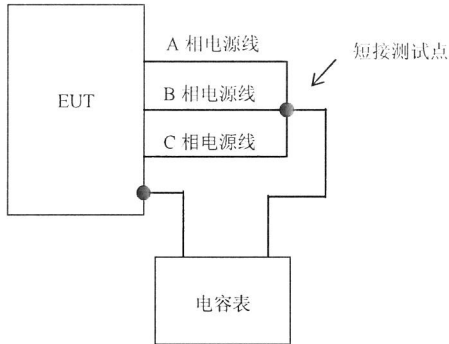


图 B.4 三相△型电源的测试配置

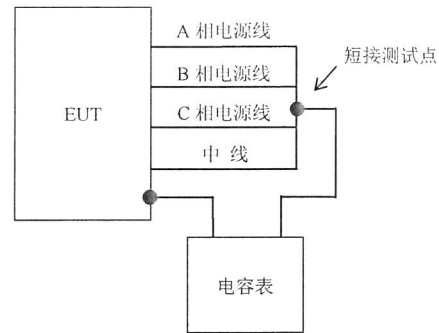


图 B.5 三相 Y 型电源的测试配置

B.3.2 测试步骤

按照如下步骤进行测试：

a) 测量系统检查

- 1) 电容表通电，将其调整到电容测量功能，使其工作稳定；
- 2) 测量标准电容器的电容量；标准电容器应小于要求电容量限值的二分之一；确认电容表测量值在标准电容器电容量的±20%之内；
- 3) 如果测量值偏差超过±20%，应在测试之前找出误差原因并纠正。

b) EUT 测试

- 1) EUT 电源输入端与外接电源断开，保持电源开关处于闭合状态；断开设备含地线在内的其他连接线；
- 2) 根据 EUT 的电制，按图 B.2~图 B.5 中适用的图，将电容表一端接电源线测试点，另一端接设备机壳上导电性良好的金属表面；
- 3) 对于非自动量程的电容表，调整量程开关，使读数尽量接近满量程；
- 4) 读取电容表显示的电容量，记为 $C_{总}$ ，同时记录测试频率；
- 5) 按式(B.1)计算每根电源线的对地电容量。

$$C_n = C_{总} / n \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

C_n ——每根线的对地电容量；

$C_{总}$ ——电容表测得的短接点对地总电容量；

n ——被测电源线总线数。

注： n 仅与供电电源的电制有关，对于不含回线的直流电源， $n=1$ ；单相或含回线的直流电源， $n=2$ ；三相△电源， $n=3$ ；三相 Y 电源， $n=4$ 。舰船及飞机均不提供安全地线，因此 n 不含安全地线。

- 6) 对于多路供电的设备，对每一路电源依次重复步骤 B.3.2 b)2)~B.3.2 b)5)，测量每路电源的对地电容量，并计算每根线的对地电容量。

注：多路电源供电指电制不同的多路电，或同一电制的电源向 EUT 不同单元供电。冗余电源设计也可认为是多路电源供电。

B.4 测试结果

提供每路电源每根被测电源线对地的电容值及测量频率。

附 录 C
(规范性附录)
测量接收机规范

C.1 概述

本附录规定了用于传导发射和辐射发射测量的带有峰值检波器的测量接收机(即电磁干扰接收机和有无预选器的频谱分析仪)的最低要求。本附录仅与测量接收机有关,与天线、线路阻抗稳定网络(LISN)或电流探头等传感器无关,可使用多种仪器来覆盖所需的频率范围和/或检波器功能。

对于发射测量,在测量时间内,基于FFT的测量设备应能连续地对信号进行采样和评估。

C.2 输入阻抗

测量接收机的输入电路应采用非平衡式。输入阻抗的额定值为 50Ω ,且其电压驻波比(VSWR)应不超过表C.1给出的规定值。

表 C.1 测量接收机输入阻抗的 VSWR 要求

频率范围	衰减 dB	VSWR
10kHz~1GHz	0	2.0
10kHz~1GHz	≥ 10	1.2
1GHz~18GHz	0	3.0
1GHz~18GHz	≥ 10	2.0
18GHz~40GHz	0	3.0
18GHz~40GHz	≥ 10	2.5

C.3 正弦波电压允差

测量 50Ω 阻性源阻抗的正弦波信号时,正弦波电压的测量允差应优于: $\pm 2.0\text{dB}$ (10kHz~40GHz)。

C.4 带宽

峰值测量接收机的带宽应符合表C.2的要求。

表 C.2 测量接收机的带宽要求

频率范围	6dB 带宽 kHz	允差
25Hz~1kHz	0.01	$\pm 3\%$
1kHz~10kHz	0.1	$\pm 3\%$
10kHz~150kHz	1	$\pm 3\%$
150kHz~30MHz	10	$\pm 3\%$
30MHz~1GHz	100	$\pm 3\%$
1GHz~40GHz	1000	$\pm 3\%$

C.5 频率调谐允差

测量接收机的频率调谐允差要求为 $\pm 2\%$ 。

C.6 中频抑制比

测量接收机的中频抑制比应满足 GB/T 6113.101 “测量接收机的基本特性——中频抑制比”条款中有关中频抑制比的要求。

C.7 镜像频率抑制比

测量接收机的镜像频率抑制比应满足 GB/T 6113.101 “测量接收机的基本特性——镜像频率抑制比”条款中有关镜像频率抑制比的要求。

C.8 充放电时间常数比

测量接收机的放电时间常数与充电时间常数之比应满足 GB/T 6113.101 “峰值测量接收机——充放电时间常数比”条款中有关充放电时间常数比的要求。

C.9 脉冲响应

测量接收机的脉冲响应应满足 GB/T 6113.101 “峰值测量接收机——脉冲响应”条款中有关脉冲响应的要求，但其中脉冲带宽和脉冲强度应按照本标准表 2 中的 6dB 分辨率带宽进行调整。

C.10 平均噪声电平

当内部预放打开时，测量接收机显示的平均噪声电平(1Hz 带宽)应优于表 C.3 所示数值。

表 C.3 平均噪声电平

频率范围	平均噪声电平(1Hz 带宽) dBm
10kHz~150kHz	-135
150kHz~30MHz	-140
30MHz~300MHz	-150
300MHz~1GHz	-155
1GHz~18GHz	-150
18GHz~26.5GHz	-145
26.5GHz~40GHz	-140

在各频段过渡频点，以较小的平均噪声电平为准。

附录 D
(资料性附录)
各项目对 EUT 的适用性

D.1 概述

本标准各项测试项目都是针对如图 D.1 所示的 EUT 的壳体和线缆提出的。

EUT 通过输入主电源线从主电源中取电。互连电缆包括除输入电源以外的其他线缆，例如天线馈线、信号输入/输出线、控制线、地线等。

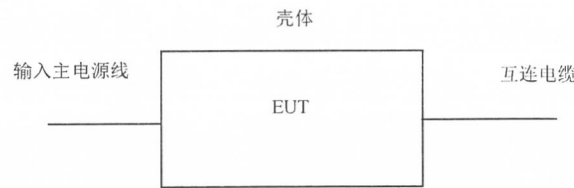


图 D.1 EUT 壳体和线缆示意图

D.2 测试项目的目的及其适用性

各测试项目的目的参见表 D.1。

从概念上讲，本标准电磁发射类测试项目的适用性见图 D.2，敏感度测试类项目的适用性见图 D.3。但各项目是否适用，还以本标准的正文为准。

表 D.1 各项目的目的

项目	目的
CE101	控制 EUT 通过电源线向平台电源母线注入谐波干扰，以达到： a) 提高电源品质； b) 降低船体中的壳体电流(水面舰船和潜艇)； c) 保护飞机上的反潜战设备(对海军飞机)
CE102	控制 EUT 工作时通过电源线以传导或辐射的方式对外造成干扰。在本项目频率范围的较低频段，控制 EUT 工作时通过电源线向公共电网注入传导干扰；在较高频段，控制干扰通过电源线向外辐射，保护灵敏接收机
CE106	控制 EUT 通过天线端口向外发射电磁干扰(例如谐波、乱真发射)
CE107	控制 EUT 在进行开关操作时向供电电源注入尖峰干扰
CS101	考核 EUT 承受电网低频连续波干扰的能力
CS102	考核 EUT 承受地线低频连续波干扰的能力
CS103	考核 EUT 抑制互调干扰的能力
CS104	考核 EUT 抑制无用信号的能力
CS105	考核 EUT 抑制交调干扰信号的能力
CS106	考核 EUT 承受电网尖峰电压干扰的能力。这些尖峰主要由感性负载的切换、电路开关(或继电器)的跳闸等引起
CS109	针对平台结构电流通过 EUT 壳体在 EUT 内产生磁场而导致的电磁干扰现象，考核 EUT 承受壳体电流干扰的能力
CS112	考核 EUT 承受人体静电放电干扰的能力

表 D.1 (续)

项目	目的
CS114	考核 EUT 承受空间电磁场、海军平台上固态电源所产生干扰的能力
CS115	考核 EUT 承受快速脉冲干扰的能力。这些快速脉冲由平台上的开关切换和外部瞬态干扰(例如雷电和电磁脉冲)引起
CS116	考核 EUT 承受因谐振产生的阻尼正弦瞬态干扰的能力
CS117	考核 EUT 承受雷电感应瞬态信号干扰的能力
RE101	控制 EUT 的低频磁场发射以保护对磁场敏感的设备
RE102	控制 EUT 工作时通过壳体、电缆、天线向外辐射无用电场,防止其对灵敏接收设备产生干扰
RE103	控制 EUT 工作时通过天线向外发射电磁干扰(例如谐波、乱真发射)
RS101	考核 EUT 承受低频磁场干扰的能力。电源系统经常产生这类低频磁场干扰
RS103	考核 EUT 承受空间电场干扰的能力
RS105	考核 EUT 壳体承受电磁脉冲干扰的能力

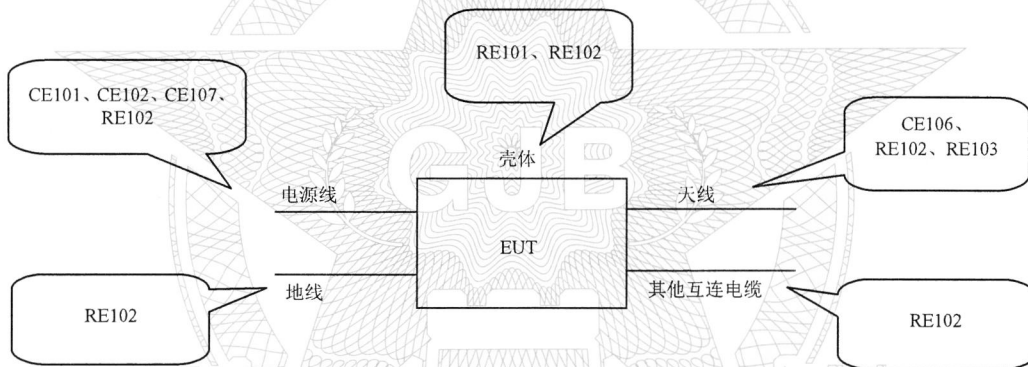


图 D.2 发射类测试项目的适用性

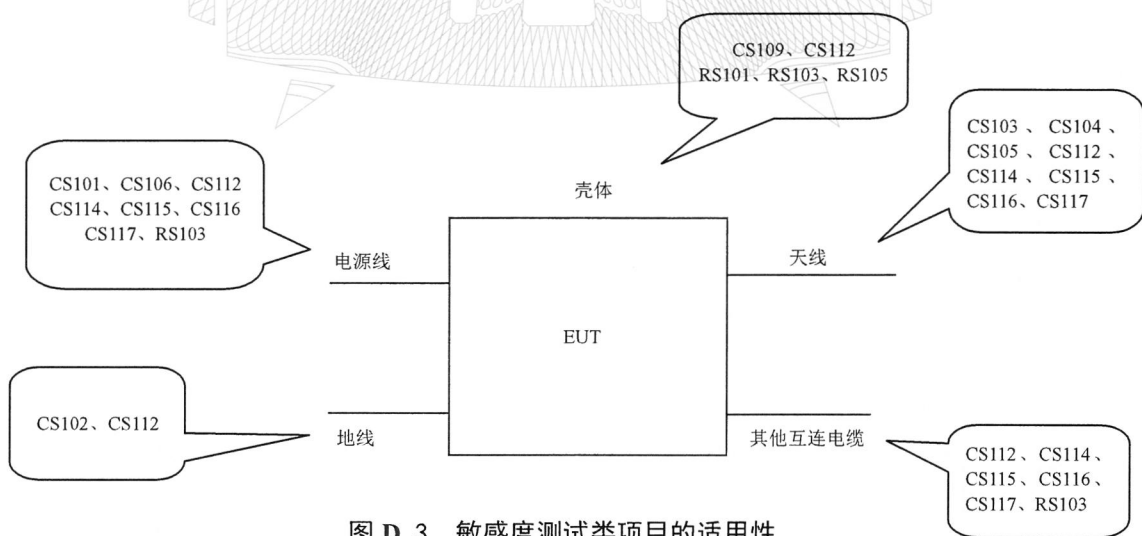


图 D.3 敏感度测试类项目的适用性

附录 E
(规范性附录)
EUT 电源端口传导发射替代法

E.1 概述

对具有大电流负载、变频电源、长度较短的电源配电网或高位线自带专门回线(相较利用平台金属结构作为回线而言)等情况,由于此类供电网的电感不能过大,或电网的电感本身就较小,CE101、CE102中规定使用的50 μ H LISN可能不再适合,此时可使用5 μ H LISN进行测试。本附录提供的方法可以作为CE101、CE102的替代法,但需要得到订购方的同意。

E.2 适用范围

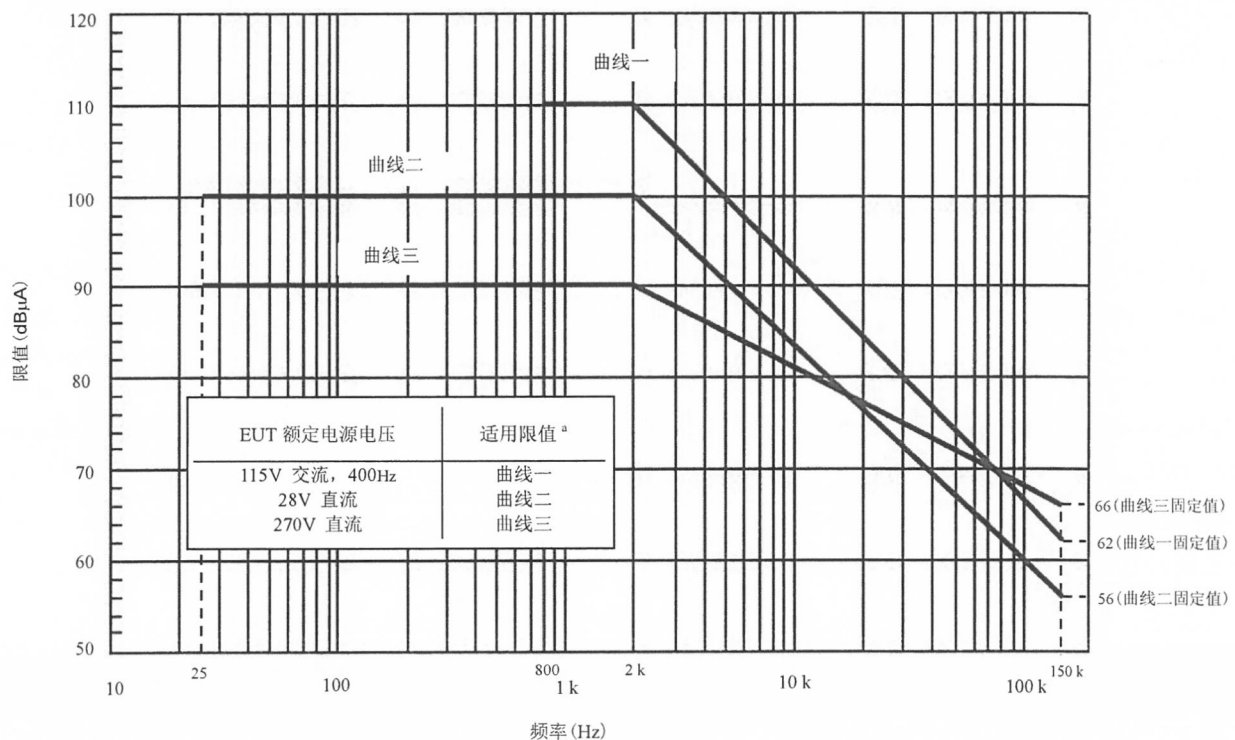
同 5.4.1 和 5.5.1。

E.3 限值

限值的频率范围为25Hz~10MHz。其中25Hz~150kHz的限值如图E.1所示,150kHz~10MHz的限值与图14相同。

对于25Hz~150kHz的限值,每条曲线的低端平坦部分是针对负载在电源频率为1A时的情形。对于更大的电流,将低端平坦部分向上平移 $20\lg I$, I 是以安培为单位的负载电流, I 的含义与5.4子条款中的定义相同。限值的频率上限为150kHz,其限值大小不随电流的变化而变化。2kHz~150kHz之间限值的斜率随电流的变化而变化。

对于交流负载,扫描应从低于400Hz开始,以使用400Hz基波电流计算放松的限值,即使交流限值从二次谐波开始。



^a 2kHz 以下, 限值按 $20\lg I$ 放松, I 表示稳态电流的有效值。

图 E.1 适用于 5 μ H LISN 的 CE101 限值

E.4 测试方法

除了用 $5\mu\text{H}$ LISN 替换 $50\mu\text{H}$ LISN 外, 在 $25\text{Hz}\sim 150\text{kHz}$, 测试方法同 CE101; 在 $150\text{kHz}\sim 10\text{MHz}$, 测试方法同 CE102。

E.5 $5\mu\text{H}$ LISN 框图和阻抗

$5\mu\text{H}$ LISN 框图和阻抗分别见图 E.2 和图 E.3。图 E.2 中 $1\mu\text{F}$ 可以并联 $1\text{M}\Omega$ 的电阻, 以防电击, 但并联电阻后不应影响图 E.3 LISN 的阻抗。

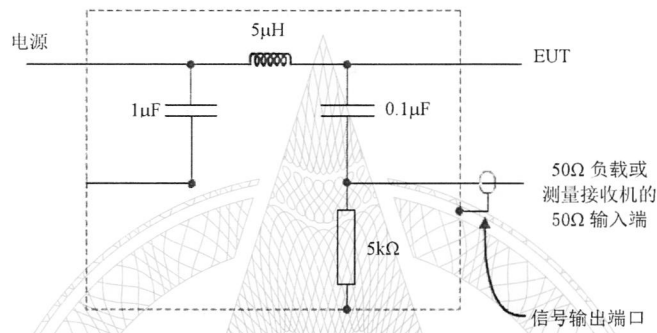


图 E.2 $5\mu\text{H}$ LISN 框图

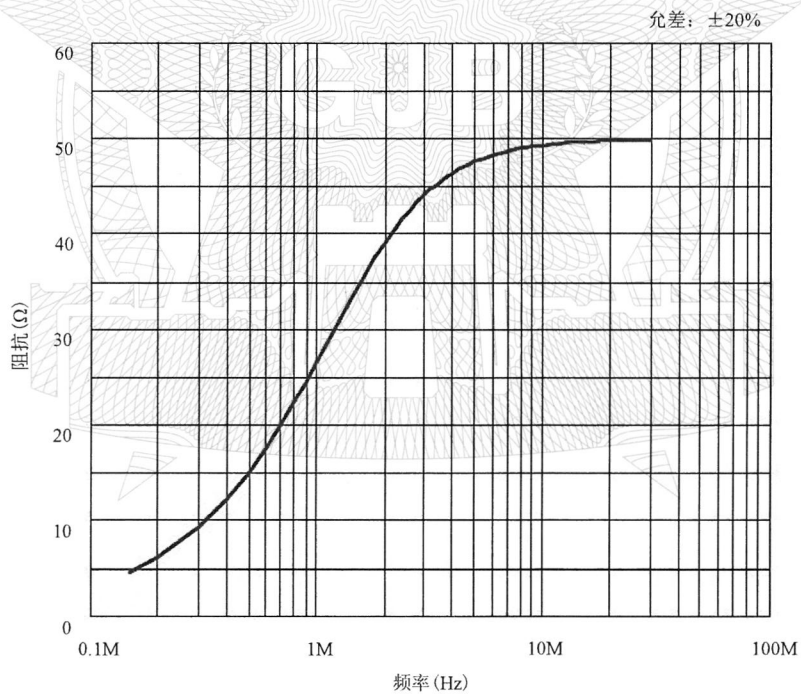


图 E.3 $5\mu\text{H}$ LISN 阻抗

附录 F
(资料性附录)
瞬态幅值的测量示例

由于加载效应，在规定的瞬态测试波形上通常还夹杂有高频噪声(例如窄尖峰、毛刺)、纹波等。测量这种瞬态的幅值时，一般根据峰值以下是否存在可识别的能量来确定瞬态的幅值。高频噪声可以出现在阻尼正弦和双指数波形的前沿和/或峰值，由于几乎没有可识别的能量，所以应忽略不计。而瞬态上叠加的纹波因有能量，所以应予以考虑，此时，瞬态的峰值就是所测瞬态的幅值。

瞬态幅值测量是测试不一致和误差的重要来源。所使用的测量技术不仅决定了 EUT 的敏感度门限电平大小，而且也是发生器校准/验证期间确定波形时间参数是否符合要求的基础。在进行瞬态测量时，正确使用示波器的扫描时间因数和游标对获得正确的测量结果至关重要。

示波器扫描时间因数的选择：在发生器校准/验证期间，扫描时间因数宜选择为能够判定波形参数符合性的最小值。例如，对于大多数示波器， $1\mu\text{s}/\text{格}$ 是显示 CS117 波形 3 在 1MHz 所需波形参数的最小扫描时间因数。根据瞬态发生器的设计和波形的不同，开路电压和短路电流的扫描时间因数可能不同。

游标的放置：电压或电流瞬态幅值的测量决定了施加到 EUT 的电平、发生器的性能验证和测试顺序。峰值的幅值宜通过手动放置示波器的水平游标来确定，而不是使用自动测量功能来确定，以避免欠测试。常见的高频噪声(相对于预期瞬态的频率成分更高)和电感的反冲作用效应导致瞬态的绝对峰值高于实际峰值。

以下以 CS117 波形的测量示例进行说明：

- a) 图 F.1 a) 为测量波形 3 瞬态幅值的示例。该瞬态的第一个周期峰值上的窄峰是确定幅值时应忽略的高频噪声。将游标放在曲线中具有可识别能量的峰值处，剔除高频噪声的影响后即可得到正确的幅值。随着幅值的减小，狭窄的尖峰逐渐展开，需要对游标放置的位置进行主观判断。
- b) 图 F.1 b) 为波形 4 瞬态幅值的测量示例。与图 F.1 a) 的测量类似，也是剔除高频噪声后的测量。在瞬态的上升沿和峰值区域，叠加有很多窄的尖峰；在峰值之后，在波形上夹杂了小的噪声信号。由于测试波形被高频噪声掩盖，所以可用在噪声下人工描绘或想象的平滑曲线峰值做为读数。对被噪声掩盖了的具有能量的曲线，要避免过于保守，误将游标放置在噪声的底部。
- c) 图 F.1 c) 为测量波形 3 瞬态幅值的示例，它考虑了电感反冲作用的效应。由于其引起的纹波通常都具有能量，所以，瞬态的峰值就是幅值。
- d) 图 F.1 d) 为测量波形 5A 瞬态幅值的示例，该波形同时夹杂了高频噪声和纹波。在发生器校准/验证过程中，窄尖峰可能很小或不存在，但在 EUT 测试中，窄尖峰作为加载效应可能不可避免。测量时，剔除没有能量的高频噪声，保留具有能量的纹波，即可测得瞬态的幅值。

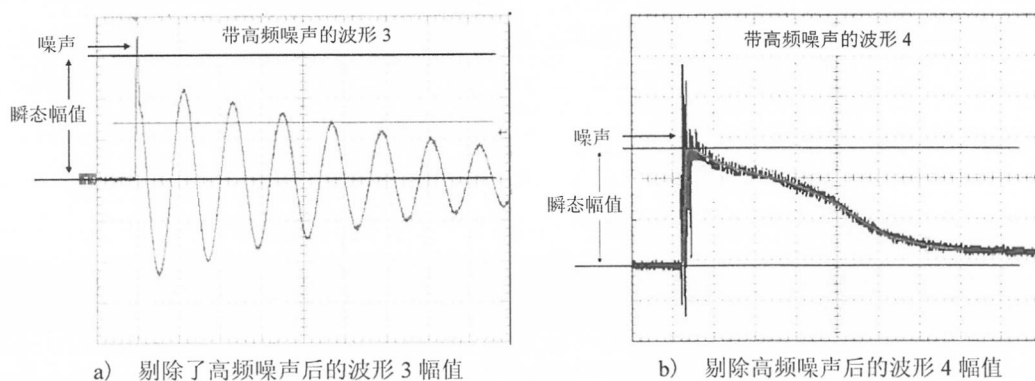
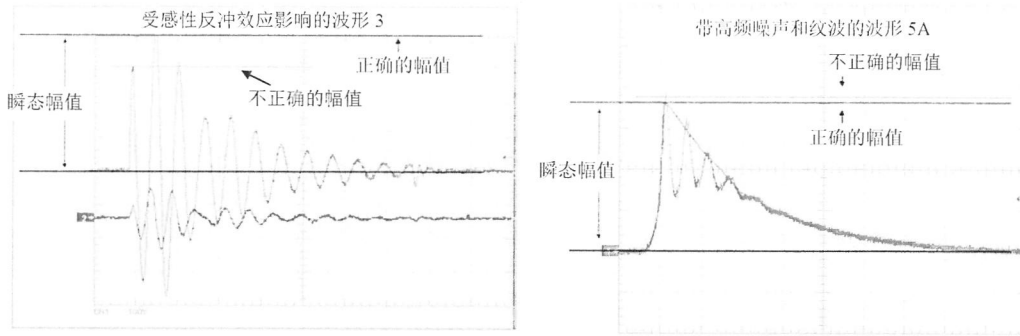


图 F.1 带高频噪声、纹波及受感性反冲效应影响的瞬态幅值测量示例



c) 考虑了感性反冲效应后的波形 3 幅值

d) 剔除了高频噪声但考虑了纹波后的波形 5A 幅值

图 F.1 (续)



附录 G

(规范性附录)

RS101 替代测试法 交流赫姆霍兹线圈法

G.1 概述

当 EUT 和本附录中交流赫姆霍兹线圈之间的尺寸关系满足以下限制条件时，本附录提供的测试方法可以作为 RS101 的替代法，但需要得到订购方的同意。

G.2 测试设备

测试设备如下：

- a) 信号发生器；
- b) 串联绕制的赫姆霍兹线圈；
- c) 监测环天线(与 RE101 的接收环天线相同)；
- d) 测量接收机或窄带电压表；
- e) 电流探头；
- f) LISN。

G.3 测试配置

测试配置如下：

- a) 按 4.3.9 及图 2～图 5 进行基本配置。
- b) 测量系统检查
 - 1) 按图 G.1 配置辐射系统，根据 EUT 的外形尺寸选择线圈的间距；
 - 2) 如果 EUT 外形小于线圈的半径，则使用标准的赫姆霍兹配置(两线圈间距等于半径)，见图 G.1 a)。将监测环天线放在测试空间的中心；
 - 3) 如果 EUT 外形大于线圈的半径，采用可选配置，见图 G.1 b)。EUT 表面与线圈平面的间距不小于 5cm，且两线圈之间的间距不大于半径的 1.5 倍。监测环天线放在任一线圈平面的中心。
- c) EUT 测试
 - 1) 按图 G.2 配置，按 G.3 b) 确定线圈的间距；
 - 2) 调整线圈，使其与 EUT 表面平行。

G.4 测试步骤

测试时，依照如下步骤进行：

- a) 测量系统检查
 - 1) 将信号发生器调到 1kHz，调节其输出，以产生 110dBpT 的磁通密度，该场强用测量接收机 A 测量值和式(G.1)确定：

$$B_z = \frac{\mu_0 N I r^2}{2} \left(\frac{1}{(z^2 + r^2)^{3/2}} + \frac{1}{((d-z)^2 + r^2)^{3/2}} \right) \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

B_z ——磁通密度，T；

μ_0 ——自由空间磁导率，H/m；

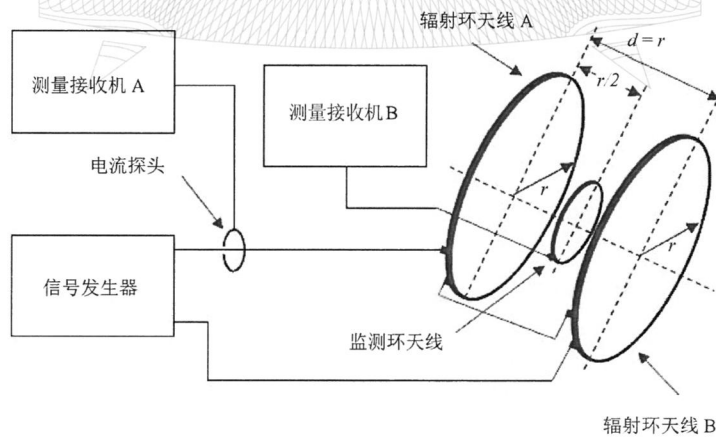
N ——线圈匝数(各线圈的匝数相同);
 I ——电流, A;
 r ——线圈半径, m;
 d ——线圈间距, m;
 z ——沿共轴的距离, m。

- 2) 用测量接收机 B 测量监测环天线的输出电压;
 - 3) 确认测量接收机 B 的输出值在期望值的 $\pm 3\text{dB}$ 以内并记录该值, 期望值为 110dBpT 与监测天线的天线系数的差值。
- b) EUT 测试
- 1) EUT 通电预热并达到稳定工作状态。
 - 2) 测试频率的选择:
 - i) 给赫姆霍兹线圈足够的电流使其产生至少比限值大 6dB 的磁场;
 - ii) 按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描;
 - iii) 如果出现敏感, 在最敏感处每个倍频程上至少选择三个测试频率点;
 - iv) 调整赫姆霍兹线圈, 依次覆盖 EUT 的每个面(三个轴向)和每根电缆, 重复 G.4 b) 2) ii) 和 G.4 b) 2) iii), 确定敏感频率及位置;
 - v) 在 G.4 b) 2) ii) ~ G.4 b) 2) iv) 测试时发现的所有敏感频点中, 在适用的频率范围上每个倍频程选择 3 个频点。
 - 3) 在 G.4 b) 2) v) 中确定的每个频率, 将电流注入到辐射环天线并使得磁场达到限值要求的值。移动辐射环天线寻找可能的敏感位置, 特别是由 G.4 b) 2) iv) 确定的位置。保持 EUT 处在两个环的中间或环与 EUT 表面距离 5cm。

G.5 测试结果

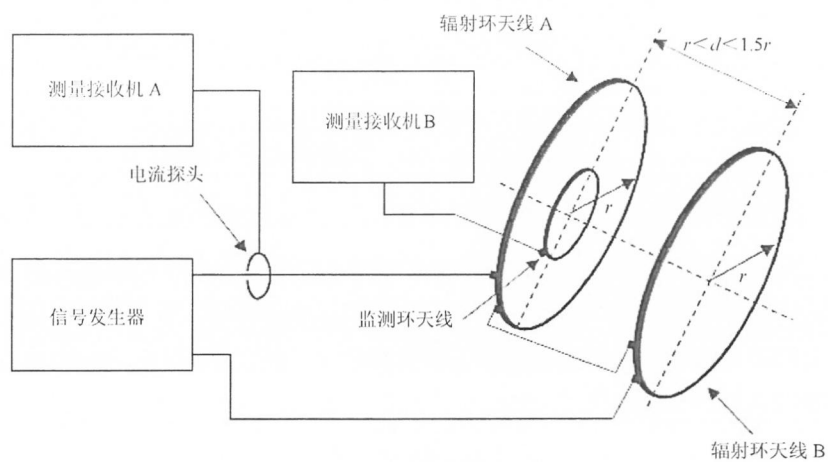
试验完成后, 需提供如下测试数据:

- a) 磁场限值、实际施加的幅频曲线或数据表;
- b) EUT 是否满足敏感度要求的说明;
- c) EUT 发生敏感的频率、敏感度门限电平、测试部位及其工作状态。



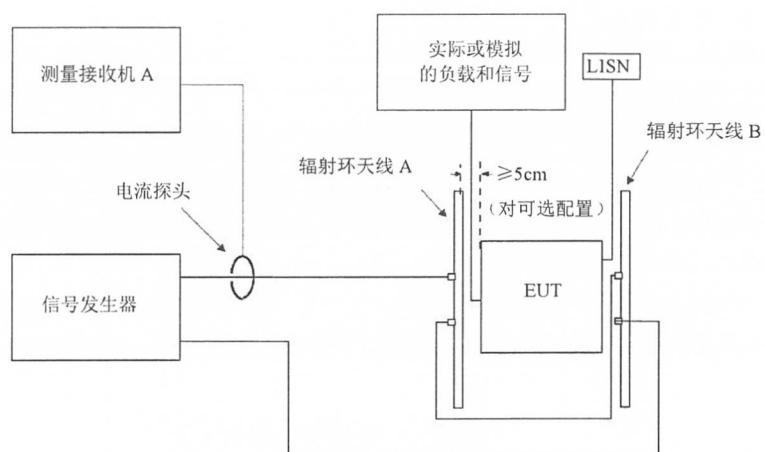
a) 标准配置

图 G.1 赫姆霍兹线圈的测量系统检查配置



b) 可选配置

图 G.1 (续)



注：只显示了一个轴向的位置。

图 G.2 赫姆霍兹线圈测试配置

附录 H

(规范性附录)

RS103 替代测试法 调谐模式混波室法

H.1 概述

在 200MHz~40GHz，本附录提供的方法可作为 RS103 的替代法，但需要得到订购方的同意。

本方法的测量频率下限取决于混波室尺寸。对于给定的混波室，为了确定其频率下限，用式(H.1)计算给定频率上混波室内可能存在的电磁场传输模式数 N 。在给定频率上，如果 N 小于 100，则在低于或等于该频率时混波室法不再适用。

$$N = \frac{8\pi}{3} abd \frac{f^3}{c^3} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

N ——电磁场分布模式数量，个；

a 、 b 、 d ——混波室内尺寸，m；

f ——工作频率，Hz；

c ——波速， 3×10^8 ，m/s。

混波室空载(例如没有安装 EUT、支撑台等)时，在混波室的工作频率范围内，工作空间的场均匀性(包括全向电场探头的 X 、 Y 、 Z 分量及其合成值)应满足表 H.1 的要求。通过工作空间 8 个顶点(在最低可用频率的 10 倍以上，只需要 3 个测量位置)的电场探头测量数据和天线发射功率确定场均匀性，详见 GB/T 17626.21—2014 附录 B 的 B.1.2。

注：按 GB/T 17626.21—2014 中 3.1.16“工作空间”的定义，工作空间指由混波室内距壁面足够远(以避免边缘效应)的 8 个点界定的区域；对于矩形混波室，通常由距最近的壁面四分之一波长的立方体或平行六面体的 8 个顶角所界定。

表 H.1 场均匀性限值要求

频率范围	标准差限值要求
200MHz~400MHz	从 200MHz 时的 3.7dB 线性减小至 400MHz 时的 3dB ^a
400MHz 以上	3dB ^a

^a 每 8 个频点最多可有 3 个频点超过允许的标准差，但不能超过限值要求 1dB。

测试前，应对加载 EUT、支撑台的混波室按 GB/T 17626.21—2014 附录 B.2 进行确认，验证混波室加载因子 CLF 的倒数小于按 GB/T 17626.21—2014 附录 B.1.6 得出的混波室最大加载量。

混波室应具有足够快的时间响应，其时间常数应不大于发射信号调制脉冲宽度的 0.4 倍。

H.2 测试设备

测试设备如下：

- a) 信号发生器；
- b) 功率放大器；
- c) 接收天线：
 - 1) 200MHz~1GHz，对数周期天线或双脊喇叭天线；
 - 2) 1GHz~18GHz，双脊喇叭天线；

- 3) 18GHz~40GHz, 其他由订购方认可的天线。
- d) 发射天线;
- e) 电场传感器(物理尺寸和电尺寸都小), 各轴向分量可独立显示;
- f) 测量接收机;
- g) 功率计;
- h) 定向耦合器;
- i) 衰减器, 50Ω;
- j) LISN。

H.3 测试配置

测试配置如下:

- a) 按 4.3.9 及图 2~图 5 的基本配置要求在混波室内布置 EUT。EUT 及其支撑物应放在混波室的工作空间内。EUT 离壁面、搅拌器、天线至少 1m。混波室内应不含任何可能表现出吸波特性的无关材料, 如桌子、椅子、木地板、架子等。EUT 和所有支撑装置的实物体积占总工作空间的比例不应超过 8%; 例如, 图 H.2 中 EUT 桌子下面的空置空间应不计入实物体积;
- b) 在 20MHz~1GHz, 用电场传感器进行电场测量。在 1GHz 以上, 用电场传感器或接收天线进行电场测量;
- c) 按图 H.1 和图 H.2 配置测试设备, 确定归一化场强和测试 EUT 的配置相同。在确定归一化场强和测试 EUT 时, 发射天线、接收天线、电场传感器都要就位, 并保持位置不变。发射天线不应直接对准接收天线、电场传感器和 EUT, 宜对准混波室的一个角落或搅拌器。未使用的接收天线端接 50Ω 负载。

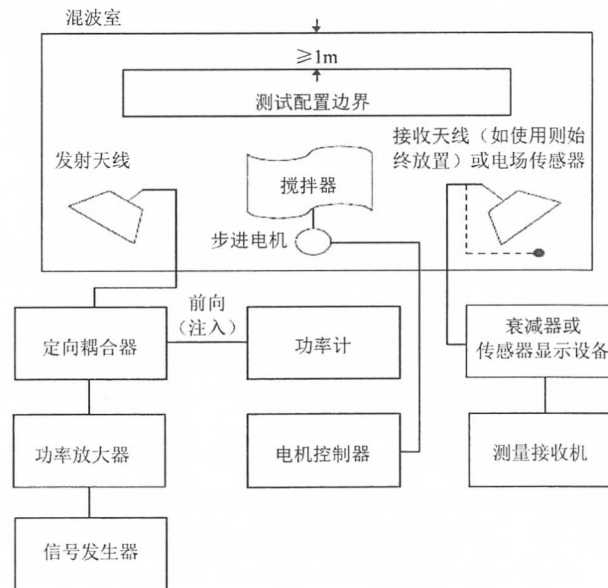


图 H.1 RS103 混波室配置

H.4 测试步骤

H.4.1 归一化场强的确定

用下述方法确定当注入一定大小射频能量到混波室时其内部产生的电场强度。

- a) 接收天线法
- 1) 调整信号发生器, 在测试起始频率向混波室注入合适的正向功率(P_f) (未调制);

- 2) 用测量接收机测量接收天线处的电平;
- 3) 按表 H.2 规定的最小步进数将搅拌器转动 360°。搅拌器在每个位置上的停留时间至少是测量接收机响应时间的 1.5 倍;

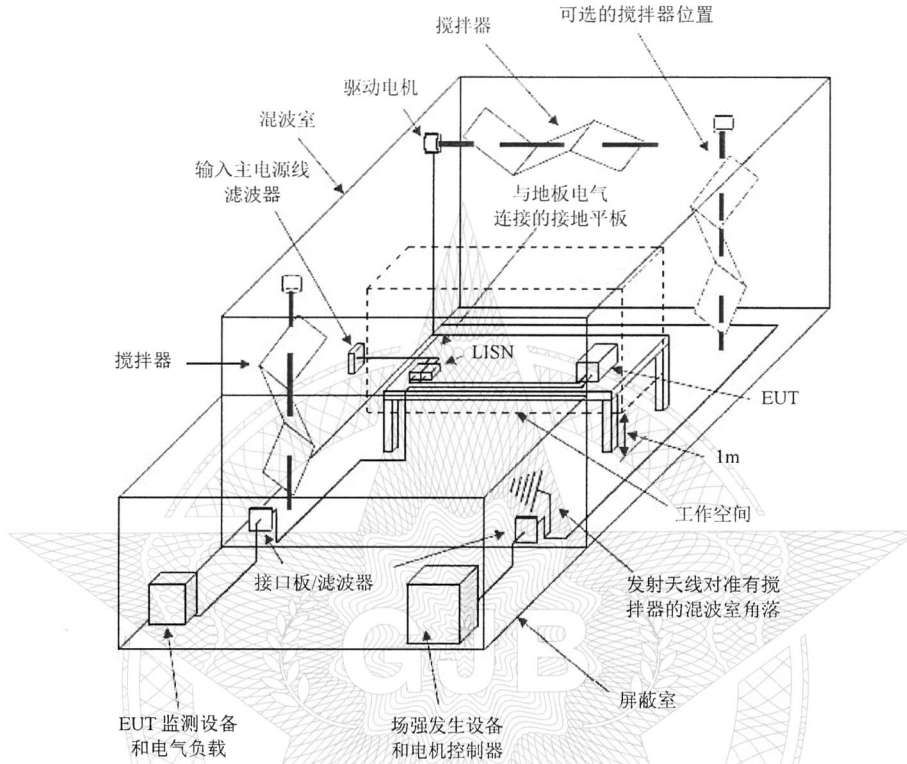


图 H.2 RS103 混波室测试示意图

表 H.2 要求的混波室搅拌器位置数

频率范围 MHz	搅拌器位置数 个
200~300	50
300~400	20
400~600	16
>600	12

- 4) 记录搅拌器转动一周内所有接收信号中的最大功率值 P_{r-max} ，并按式 (H.2) 计算混波室归一化场强 E_n (对平均输入功率的平方根归一化);

$$E_n = \frac{8\pi}{\lambda} \sqrt{5 \times \frac{P_{r-max}}{P_f}} \dots\dots\dots (H.2)$$

式中:

E_n ——混波室的归一化场强, (V/m)/W^{1/2};

λ ——接收信号的波长, m;

P_{r-max} ——搅拌器转动一周内所有接收信号中的最大功率值, W;

P_f ——向混波室注入的前向平均功率, W。

- 5) 按不大于当前频率 2% 的频率步长重复测试, 直至测试起始频率的 1.1 倍。对剩余频段, 按不大于当前频率 10% 的频率步长进行测试。
- b) 电场传感器法
- 1) 调整信号发生器, 在测试起始频率向混波室注入合适的正向功率 (P_f) (未调制);
 - 2) 按表 H.2 规定的最小步进数将搅拌器转动 360° 。搅拌器在每个位置上的停留时间至少是电场传感器响应时间的 1.5 倍;
 - 3) 记录搅拌器转动一周内电场传感器测得的各场强正交分量中的最大值 $E_{x-\max}$ 、 $E_{y-\max}$ 、 $E_{z-\max}$, 并按式 (H.3) 计算混波室的归一化场强 E_n (对平均输入功率的平方根归一化):

$$E_n = \sqrt{\left(\frac{E_{x-\max} + E_{y-\max} + E_{z-\max}}{3} \right)^2} / P_f \dots\dots\dots (H.3)$$

式中:

E_n ——混波室的归一化场强, $(V/m)/W^{1/2}$;

$E_{x-\max}$ 、 $E_{y-\max}$ 、 $E_{z-\max}$ ——搅拌器旋转一周内电场传感器测得的各场强正交分量中各自的最大值, V/m ;

P_f ——注入混波室的前向平均功率, W 。

- 4) 按不大于当前频率 2% 的频率步长重复测试, 直至测试起始频率的 1.1 倍。对剩余频段, 按不大于当前频率 10% 的频率步长进行测试。

H.4.2 EUT 测试

EUT 测试时使用的天线和传感器与确定归一化场强时用的天线和传感器相同。按如下步骤进行:

- a) 将信号发生器设在测试起始频率, 并采用 1kHz、50% 占空比方波调制;
- b) 按式 (H.4) 计算产生测试场强 E_t 所需的输入功率 P_i :

$$P_i = \left(\frac{E_t}{E_n} \right)^2 \dots\dots\dots (H.4)$$

式中:

P_i ——混波室注入的正向平均功率, W ;

E_t ——测试场强, V/m ;

E_n ——混波室归一化场强, $(V/m)/W^{1/2}$ 。

向混波室注入与该计算值相等的前向峰值功率。确定归一化场强所选择频点之间的归一化场强值用内插值确定;

- c) 调整测量接收机或传感器显示设备, 显示接收天线或传感器处测得到的信号, 确认电场已产生;
- d) 按表 H.2 规定的最小位置数将搅拌器转动 360° , 搅拌器在每个位置停留的时间应符合 4.3.11.5.1 和表 3 的规定。当搅拌器转动时, 按公式 (H.4) 确定的前向功率输入信号, 以达到标准限值要求的场强;
- e) 按 4.3.11.5.1 和表 3 要求在测试频率范围内扫描, 监视 EUT 是否敏感;
- f) 如果 EUT 敏感, 按 4.3.11.5.4 确定敏感度门限电平。

H.5 测试结果

试验完成后, 需提供如下测试数据:

- a) 测试频率及对应场强的图或表格数据;
- b) 归一化场强的图或表格数据;
- c) 将非峰值检波功率探头输出读数修正为峰值检波的修正因子 (需要时);

- d) 敏感频率及敏感度门限电平的图表或表格数据；
- e) 含有实际设备配置和相关尺寸信息的图表或照片；
- f) 混波室基本性能在相应频段符合要求的证明；
- g) EUT 是否满足相应敏感度要求的说明。



中华人民共和国
国家军用标准
军用设备和分系统
电磁发射和敏感度要求与测量
GJB 151C—2024

*

国家军用标准出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷
国家军用标准出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 7¼ 字数 255 千字
2025年2月第1版 2025年2月第1次印刷

*

军标出字第 16386 号