

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2827.6-2015

无线通信射频和微波器件无源互调电平 测量方法 第 6 部分：天线

Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement
Part6: Measurement of passive intermodulation in antennas

2015-04-30 发布

2015-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 PIM 测量方法	1
附录 A (资料性附录) 本部分与 IEC 62037-1:2013 相比的结构变化情况	5
附录 B (资料性附录) 天线的设计和架设	6
附录 C (资料性附录) PIM 测试实验室的设计	7

前 言

YD/T 2827《无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法》分为6个部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：同轴电缆组件；
- 第3部分：同轴连接器；
- 第4部分：同轴电缆；
- 第5部分：滤波器类器件；
- 第6部分：天线。

本部分为 YD/T 2827 的第 6 部分。

本部分按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草

本部分使用重新起草法修改采用了 IEC 62037-6:2013, “Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement: Part6 Measurement of passive intermodulation in antennas”。

本部分与 IEC 62037-6: 2013 相比, 在结构上有较多调整, 附录 A 中列出了本部分与 IEC 62037-6:2013 章条编号变化对照一览表。

本部分做了下列技术性修改：

- 为明确天线无源互调的测量步骤, 增加了测试步骤 (见 4.5.4) ；
- 因 IEC 62037-6:2013 第 5 章为非规范性内容, 将此章移到了附录 B (资料性附录) “天线的设计和架设”。

本部分做了下列编辑性修改：

- 删除了 IEC 62037-6:2013 中第 3 章 “缩略语 (Abbreviations)” ；
- 删除了 IEC 62037-6:2013 第 4 章第 3 条 “有源天线 (Active antenna)”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电信研究院、中国移动通信集团公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国电信集团公司、中国移动通信集团设计院有限公司、华为技术有限公司、京信通信系统（中国）有限公司、三维通信股份有限公司、南京纳特通信电子有限公司。

本部分主要起草人：吴 翔、马 欣、李新中、高 峰、刘 罡、彭建华、卜斌龙、张需溥、李荣明。

无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法

第 6 部分：天线

1 范围

本部分规定无线通信系统中天线的无源互调电平的测量方法，包括测试装置和测试步骤。本部分涉及的天线均指无源天线。

本部分适用于确定天线在低互调应用中的使用条件和测试方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

YD/T 2827.1-2015 无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法 第 1 部分：通用要求（IEC 62037-1:2012，MOD）

YD/T 2827.3-20X15 无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法 第 3 部分：同轴连接器 IEC 62037-3:2012，IDT）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天线 Antenna

一种将电磁导行波（如同轴电缆传输 TEM 波）和空间自由电波进行相互转换的装置。

天线是由一系列元件构成的。这些元件包括：单个或多个辐射单元，单个或多个射频接口，分布式或合并式馈电网络，内部支撑结构，控制或调整辐射单元振幅/相位的装置，滤波器，双工器，正交模变换器，极化产生器，波导或印刷电路等。此外，附件也可能影响天线的互调性能。这些附件包括但不限于安装支架，安装五金天线罩，天线罩紧固件，热绝缘材料和接地件等。

3.2

被测天线 Antenna under Test (AUT)

由于靠近天线的所有测试附件对整个天线的性能有影响，因此被测天线应包含天线及其配件。

3.3

天线无源互调 Antenna PIM

天线本身所产生的、在参考平面或射频接口处测量得到的无源互调 PIM。无源互调可以传输或反射的模式下进行测量。

4 PIM 测量方法

4.1 测试条件要求

在对天线进行无源互调测试时为了提高测试准确性，确保测试的安全性，提出以下条件要求，这些要求有助于将测试系统内的误差减到最低程度。

YD/T 2827.6-2015

4.2 测量精度

无源互调测试的准确性会受到测试系统外部或内部很多因素的影响。影响天线产品的无源互调测试结果的因素包括但不限于以下几个方面：

- a) 暴露在 AUT 辐射场中的导电材料；
- b) AUT 的安装附件出现松动、损坏或腐蚀；
- c) 暴露在 AUT 辐射场中的松动或腐蚀的附件；
- d) 来自外部的无线电射频信号；
- e) 有缺陷或性能很差的同轴接电缆；
- f) 接口连接处存在肮脏、污染、磨损；
- g) 接口连接不当；
- h) 射频连接接口屏蔽较差；
- i) 来自于测试设备的未经滤除的有源互调信号；
- j) 应考虑传输线损耗；
- k) 受污染的吸波材料。

4.3 测试环境

外场测试：如果条件允许，无源互调测量可在室外完成，在进行这种测试时，应满足政府规章中允许的射频辐射电平要求。另外，AUT 辐射的射频能量，可能在周围物体上新产生无源互调，并重新反射到天线中，导致天线无源互调测试结果存在误差。另外来自于外部的射频信号也可能会影响互调测试结果，因此需要在测试前测量本地频谱使用情况。

电波暗室测试：电波暗室能提供一个低无源互调测试环境进行测试，可减少或消除很多影响因素。无源互调测试暗室的建造信息参见附录 C。

4.4 安全

天线产品的无源互调测试可能存在危险。AUT 和测试环境中可能产生高电压和高辐射能量，因此应妥善安放 AUT，保证工作人员不会暴露在超过政府部门允许的辐射之中。

4.5 测试连接及测量步骤

4.5.1 测试同轴电缆的连接

使用同轴电缆进行无源互调测试，需要反复连接或断开同轴连接器。测试过程中应注意以下几点：

- a) 应去除连接器接口的密封 O 型环，这些 O 型环会聚集接头拧紧过程中产生的碎屑，成为另外一个产生无源互调的源头。
- b) 连接前应先检查连接器、绝缘体、接口表面或法兰有无污染，尤其不能有金属碎片。此外，检查连接器的接口表面是否有毛刺，刮伤，凹陷或者电镀层被破坏。妥善安装和旋转附件，使 AUT 内部产生的无源互调达到最低值。
- c) 在每次断开连接后，建议使用压缩空气来清洁连接器接口，去除金属碎屑。
- d) 确保电缆没有被压或损坏，电缆绝缘表皮内的外导体和内导体的损坏不能通过肉眼进行识别，但会产生间歇性互调信号。检测这种情况的一个方法是在仪表自身互调测试时弯曲或轻拍电缆，如果 PIM 信号有波动，电缆可能是损坏的，应予以更换。

4.5.2 低互调负载

良好的低互调负载可以用一长段（单向衰减值大于 10dB）低互调连接器的高品质同轴电缆制成。此连接器应焊接到同轴电缆的内、外导体上。整个电缆应该通过夹具进行固定，以便没有任何因弯曲导致的金属疲劳裂纹出现。

4.5.3 测试装置和测试场地无源互调本底测试

在天线测试之前，需要使用低互调负载检查互调测试系统的自身残余互调电平。在残余互调测试中应检查电缆和连接器对弯曲、机械应力和形状改变的敏感性。

除对测试系统进行评估外，也应对测试场地进行评估，保证测试场地不产生影响测试的互调产物或确定不存在其他潜在干扰源。如果使用微波暗室，应满足附录 C 的技术要求。在场地确认过程中，尽可能使用与 AUT 辐射特性相近的低互调参考天线进行测试，确保空间各点电磁波能量密度相同或相近。

在对 AUT 进行实际测试时，应保证测试装置与前面提及的评估测试一致：尽量少移动器件，不额外增加器件，使测试环境变化最小化。测试完成之后，将本次测试系统及场地评估测试结果与此前结果比较，及时发现测试环境恶化的迹象。

4.5.4 无源互调测量步骤

4.5.4.1 应使用天线工作频段对应的无源互调分析仪，分析仪设置到反射式互调测试模式，推荐使用“扫频”测试。

4.5.4.2 测试电缆损耗应低于 1dB，否则连接测试电缆，将功率计接到电缆输出端，开启仪器发射功率，调整功率输出，使测试电缆输出端的功率达到规定的要求；（基站天线 43dBm，室内分布天线 33dBm）。

4.5.4.3 在测试过程中，测试电缆在所需的移动或弯曲的状态互调指标应保持稳定，可以通过在电缆一端接入一个低互调负载来验证。

4.5.4.4 关闭仪器发射功率，将被测天线几何中心放置田字格中心点，被测天线端口与测量系统相连接，并保证接触可靠；

4.5.4.5 开启仪器发射功率，在无源互调分析仪界面上直接读出互调电平。

4.6 PIM 的测试配置

天线反射互调测试配置如图 1 所示，天线传输互调测试配置如图 2 所示，根据不同的场景可以选择不同的测试配置。天线既可以在外部开阔场地环境进行测试，也可以在微波暗室进行测试，微波暗室设计应满足附录 C 技术要求行。对于天线传输互调测试，需要在接收端接一个低互调天线，这样在对测试系统和场地进行评估时需要两个低互调天线。

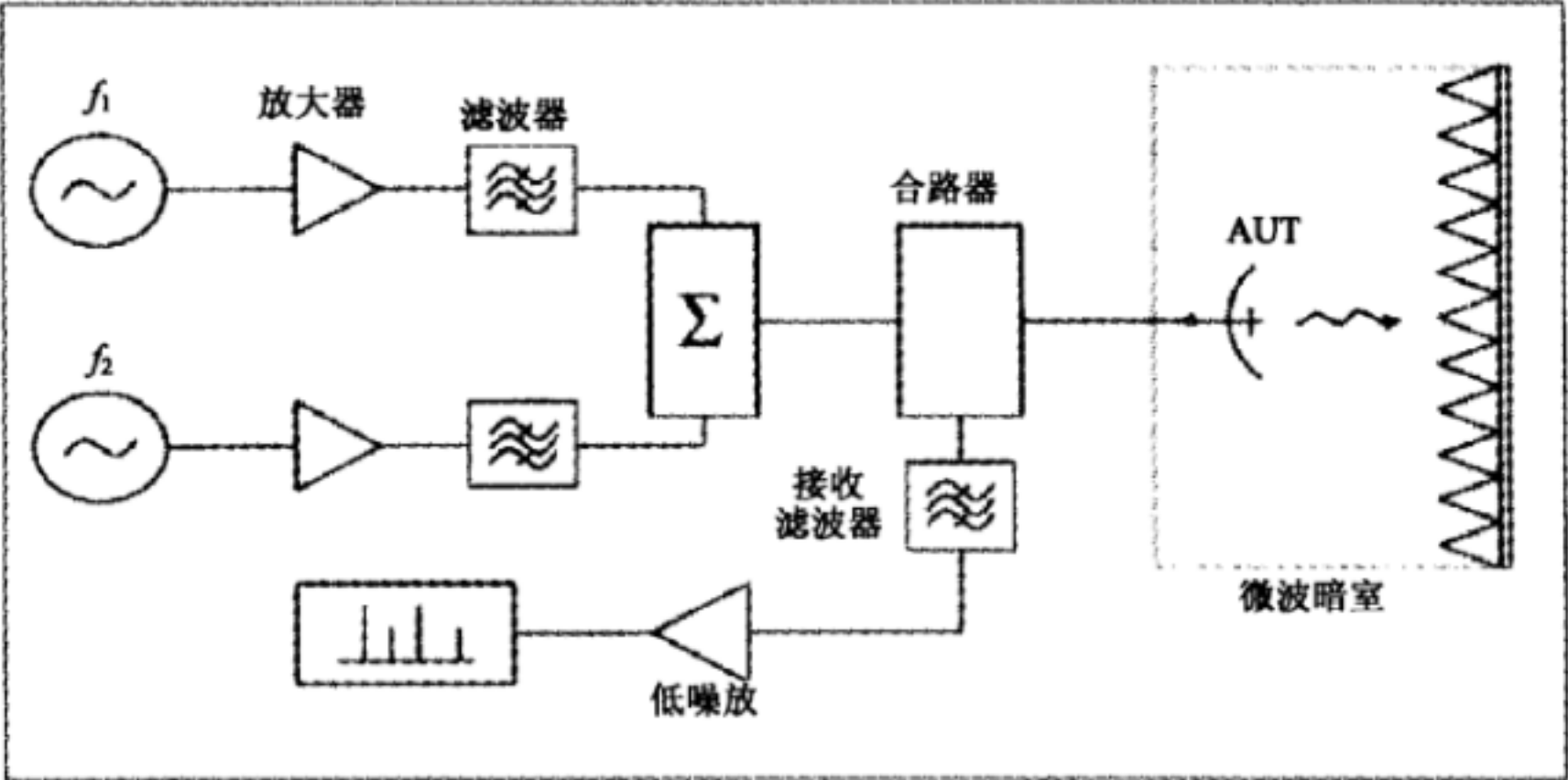


图 1 天线反射 PIM 的测量布置示意图

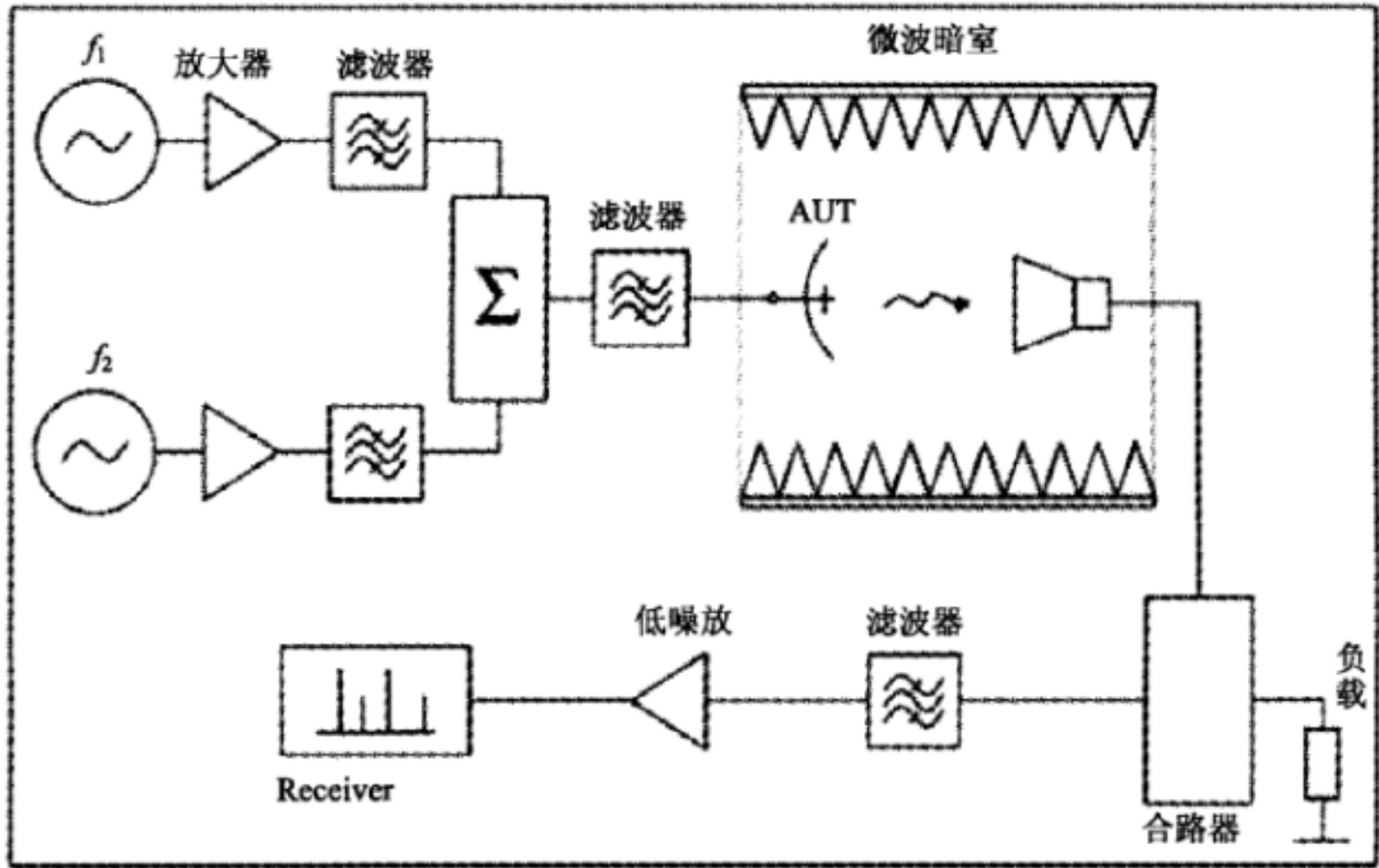


图 2 天线传输 PIM 的测量布置示意图

图 1 中的双工器和图 2 中的滤波器由于靠近 AUT 的输入端口，为了尽可能降低测试系统自身互调，应该具备低互调特性。传输电缆和波导的长度要最小化，使插损最低，从而可以传输更大功率。另外尽可能减少同轴一波导转换接头。

为避免有源互调的产生，每一个测试系统有两个单独合成信号源被单独放大，两载波互调测试设备通过 AUT 时产生离散互调产物，这些互调产物电平被测量。为尽可能增大测试系统灵敏度，互调信号在进入接收机或频谱仪之前往往增加一到两个低噪放。

对于卫星天线互调测量，由于其互调水平接近系统热噪声，因此需要通过减小分辨率带宽（RBW）进一步提高系统灵敏度，建议用多次平均功能代替最大保持功能，最大保持功能存在测量到峰值噪声的风险。

AUT 应距暗室门口一定距离，建议为 1m 以上。

4.7 环境和互调合成测试

4.7.1 概述

尽可能根据天线典型环境进行在一定环境条件下测量。如果不能，也应该分别测量暴露在特定环境之前和之后的互调特性。

4.7.2 结构考虑

松散的接触会导致无源互调产生。温度变化会带来材料收缩或扩张，不同采购形变比率不同，这种不同会导致在接触点产生应力而造成位移，并最终导致松散连接。一个按照规定力矩拧紧的螺栓在这种情况下会松动，可以通过测量在温度循环条件下的被测件互调衡量结构的可靠性。

振动带来的对 AUT 影响与温度变化相类似。

对于陆地上天线应用，极端温度只出现在个别特定区域，因此极端温度测试更适合航空、航天测试。由风阻引起的振动适合陆地和航空应用，但不适合航天应用，但是由于航天器材移动时可能在天线引入振动，因此对于航空和航天应用需要在振动测试之前和之后都进行互调测试。

4.7.3 测试系统电缆和连接器

在互调测试过程中，用于连接 AUT 的电缆和连接器和天线一样要暴露到相同环境中，因此要选择合适的能够满足环境测试条件的低互调电缆。整个测试装置，包括电缆和连接器，应在测试前进行和天线相同环境的验证测试。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 62037-6:2013 相比的结构变化情况

表 A.1 本部分与 IEC 62037-6:2013 的章条编号对照情况

本标准章条编号	对应 IEC 标准章条编号
3.1	4.1
3.2	4.2
3.3	4.4
4.1	6.1
4.2	6.2
4.3	6.3
4.4	6.4
4.5	6.5
4.5.1	6.5.1
4.5.2	6.5.2
4.5.3	6.5.3
4.5.4	—
4.6	6.6
4.7	6.7
4.7.1	6.7.1
4.7.2	6.7.2
4.7.3	6.7.3
附录 B	5
B.1	5.1
B.2	5.2
B.3	5.3
B.4	5.4
B.5	5.5
附录 C	6.8
C.1	6.8.1
C.2	6.8.2
C.3	6.8.3
C.4	6.8.4

附 录 B
(资料性附录)
天线的设计和架设

B.1 环境对 PIM 的影响

测量时，任何天线附近的物体都会影响 PIM 测量结果。铁磁材料、临近天线的其他物体（如其他天线，支撑物，金属反射物，直流和防静电接地硬件，非紧密的机械连接）不同金属的交接点等，都可能对通信系统的互调性能有不利的影响。

B.2 天线端口的连接

任何通过射频信号的天线端口，都是潜在的无源互调源，应考虑低互调设计方法。应采取措施确保所有接口的表面都是清洁的。无论是同轴还是波导的连接处，都应检查是否存在污垢，金属碎屑，毛刺和其他潜在的污染。任何同轴连接都应按照制造商的规定力矩要求进行，以确保有合适的金属接触压力。如果使用波导，则法兰应按照制造商建议的力矩规范进行连接。一定应注意同轴连接器或波导的法兰边缘对齐。

连接器中的介质和导体，包括电镀层，对无源互调的性能都很重要的。通常在硬基体材料（黄铜，铍铜等）镀上足够厚度（几个趋肤深度）的软电镀材料（如黄金，白银等）。天线端口同轴连接器和适配器的数量应减至最低。这将减少金属接点数量，因此也将减少无源产生的可能性。更多同轴连接器的信息见 YD/T 2827.3《无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法 第 3 部分：同轴连接器》。

B.3 避免无源互调产生的天线架设方法

天线应安全、可靠的安装在测试平台上。确保将天线固定在支持结构上的所有螺栓及卡具根据制造商的要求扣紧和扭紧。天线输入端口的同轴或波导传输线也应安全可靠连接，并禁止摩擦或移动。

如采用开阔场测试，应使外部干扰所带来的影响尽量减小，以满足测量需求。

天线应放置在远离潜在无源互调源的地方，潜在的无源互调源有：其它天线、建筑物、墙、金属反射物等。

B.4 邻近的无源互调源

了解天线安装的射频环境非常重要。应特别注意天线的安装位置，应远离所有可能邻近的无源互调源。举例来说，应避免天线的金属部件接触不紧密或被腐蚀。此外，应注意其他天线发射性信号或其谐波可能落在 AUT 接收频段的情况。

B.5 标准做法和选材

天线设计、选材、处理潜在无源互调源的指导原则参见本标准的第 1 部分附录 B。这对考虑天线的实际应用是非常重要的，因为不同应用场景，可接受的无源互调电平有很大的差异，如航空和陆地天线互调电平要求有很大不同。

附 录 C
(资料性附录)
PIM 测试实验室的设计

C.1 引言

本部分内容为构造天线互调测试微波暗室提供指导性建议。天线的无源互调测量比其他非辐射性元件难度大。在互调测试期间,天线与信号源连接在测试过程中持续发射射频能量,有可能激发测试环境中潜在的互调源。另外在室外开阔地测试时由于可能包含其他辐射的射频信号,会导致此项测试往往无法进行。为了准确地对天线进行无源互调试验,应当建造一间特别为无源互调测试而设计的射频电波暗室。

射频电波暗室的主要组成部分是:

- a) 射频吸波材料;
- b) 支撑结构和墙壁;
- c) 射频屏蔽。

C.2 射频吸波材料

射频吸波材料通常由浸碳泡沫制造。当无线电射频信号通过时,这些材料起到衰减作用。信号衰减(能量吸收)本质上来说相当于天线的一个“负载”。

射频吸波材料有很多类型和尺寸。类型和尺寸的选择要依赖于工作频率和实验室内的布置。建造一个无源互调测试实验室最关键的因素是恰当的选择射频吸波材料。

吸波材料选取原则:

- a) 选择射频吸收衰减大于 30dB 的吸波材料。
- b) 为了得到良好的结果,在天线辐射范围内放置尖劈状吸波材料,优先选择辐射场垂直入射方向使用吸波材料。不过,如果实验室的内部完全被射频吸收材料覆盖时能取得最好的结果。
- c) 铺设的吸波材料面积应足够大,以避免产生反射。另外,为安全起见,吸波材料应具有阻燃性并具有足够的功率容限。

C.3 支撑结构和墙壁

PIM 测试实验室的支撑结构和墙壁应为射频吸收材料提供适宜附着的内表面。支撑结构和墙壁也应有助于控制试验的温度、压力、湿度或者其它的环境条件。

根据具体的应用,材料和施工方法会有所不同。对大部分应用而言,木材和胶合板结构或水泥结构可以达到要求,水泥砖可以提供更好的支撑,缺点是成本较高。设计支撑结构和墙壁需要考虑以下几点:

- a) 尽可能避免使用金属,尤其是重叠金属板的使用。
- b) 木制支撑结构可以使用螺丝连接,螺丝连接比钉子固定更可靠。不允许金属部件相互直接连接,即使在支撑结构内也不允许。
- c) 吸波材料的实际尺寸一定要在结构设计完成之前确定。
- d) 实验室规模应大到使测试天线充分远离任何射频吸波材料,以避免辐射天线和吸收材料相互之间的耦合。

- e) 应对潜在的无源互调的干扰源进行评估，例如合叶、紧固件、灯具、消防洒水器、安装附件等。

C.4 射频屏蔽

是否使用射频屏蔽，要取决于应用需求。射频屏蔽能确保测试人员的电磁辐射安全，也能为测试场地提供很低的射频底噪声。可以通过计算功率密度判断是否需要射频屏蔽。通过计算，可能会发现经过射频吸波材料后的射频电平非常低，因此是安全的。在最终的测试计划或程序通过之前，通常需要对实验室周围射频环境进行调查。

射频屏蔽的使用方法也同样取决于应用。通常是在实验室结构的外部表面粘贴薄铝箔或铝板。铝箔可以用胶粘剂产品安全地粘上。在每个铝板的边缘放置一个塑料绝缘材料，将防止任何铝板之间的直接接触。除与铝板间隙相比波长极小的波之外，铝板之间小间隙不应通过任何射频能量。虽然在射频屏蔽层的射频功率可能极低，但仍然要避免选择可能产生互调的材料，如金属网。
