

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 4178—2023

9kHz~30MHz 微功率短距离无线电发射 设备射频测试方法

Radio frequency test methods for 9kHz-30MHz micro power short
range radio transmission devices

2023-04-21 发布

2023-08-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 通用测试要求..... 3

 4.1 概述..... 3

 4.2 测试信号要求..... 3

 4.3 测试环境要求..... 3

 4.4 电源要求..... 3

5 射频测试方法..... 3

 5.1 10 米处磁场强度..... 3

 5.2 发射功率..... 5

 5.3 频率容限..... 6

 5.4 6dB 带宽..... 6

 5.5 占用带宽..... 7

 5.6 使用频率..... 7

 5.7 杂散辐射发射..... 7

 5.8 特殊频带辐射发射..... 8

6 传导骚扰发射测试方法..... 9

附录 A（规范性）辐射测试场地..... 10

附录 B（规范性）辐射通用测试方法..... 12

参考文献..... 14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是微功率短距离无线电发射设备系列标准之一，该系列标准结构及名称如下：

- a) YD/T 4178—2023《9kHz~30MHz 微功率短距离无线电发射设备射频测试方法》；
- b) YD/T 4179—2023《30MHz~1GHz 微功率短距离无线电发射设备射频测试方法》；
- c) YD/T 4180—2023《1GHz~40GHz 微功率短距离无线电发射设备射频测试方法》。

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专利的责任。

本文件由中国通信标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：国家无线电监测中心检测中心。

本文件主要起草人：李美丽、刘超、刘晓勇、许巧春、孔祥琦、索仕杰、李钢、管鹏、张明远、付靖、宫剑。

引 言

微功率短距离无线电发射设备（以下简称“微功率设备”）各项技术指标遵照《中华人民共和国工业和信息化部公告 2019 年第 52 号》（以下简称“第 52 号公告”）的规定执行。第 52 号公告所列微功率设备在不同频段、不同领域的射频指标类别、数量有所不同，相对应的测试环境、测试方法也有所不同，综合频率范围、合并相同测试项目，将微功率设备射频指标的测试方法按照 9kHz~30MHz、30MHz~1GHz、1GHz~40GHz 3 个频率范围进行划分，形成微功率设备射频指标测试方法系列标准。

本系列标准将作为第 52 号公告的配套标准，旨在对我国微功率短距离无线电发射设备的研发和生产起到指导和规范作用。

9kHz~30MHz 微功率短距离无线电发射设备射频测试方法

1 范围

本文件规定了 9kHz~30MHz 微功率短距离无线电发射设备（以下简称“微功率设备”）10 米处磁场强度、发射功率、频率容限、6dB 带宽、占用带宽、使用频率、杂散辐射发射、特殊频带辐射发射和传导骚扰发射的测试方法。

本文件适用于 9kHz~30MHz 微功率设备的研发、生产、验收和使用中的管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 9254 信息技术设备的无线电骚扰的限值和测量方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微功率短距离无线电发射设备 **micro power short range radio transmission devices**

提供单向或双向通信、发射功率小、传输距离短，且对其他无线电设备仅具有较低干扰可能性的无线电发射设备。

3.2

磁场强度 **H-field (radiated)**

在设定条件下，测得的某一方向的最大磁场强度。

3.3

有效辐射功率 **effective radiated power**

无线电发射机供给天线的功率和在给定方向上该天线相对于半波偶极振子增益的乘积。

3.4

频率容限 frequency tolerance

发射所占频段的中心频率偏离指配频率，或发射的特征频率偏离参考频率的最大容许偏差。

3.5

指配频率 assigned frequency

指配给一个电台的频带的中心频率。

3.6

特征频率 characteristic frequency

在给定的发射中易于识别和测量的频率。

注：载波频率可被指定为特征频率。

3.7

占用带宽 occupied bandwidth

在其频率下限之下和频率上限之上所发射的平均功率分别等于某一给定发射的总平均功率的规定百分数 $\beta/2$ ($\beta/2$ 值取 0.5%) 的一种带宽。

3.8

6dB 带宽 6dB bandwidth

超出其下限和上限的任何离散频谱成分至少比预先确定的 0 dB 参考电平低“6 dB”的一种带宽。

3.9

杂散辐射发射 spurious emission

必要带宽之外的一个或者多个频率的发射。

注：杂散辐射发射包括谐波发射、寄生发射、互调产物及变频产物，但带外发射除外。

3.10

特殊频带辐射发射 spurious emission in specific frequency range

在特定频带内的一个或者多个频率的发射。

3.11

传导骚扰发射 conducted disturbance emission

电子、电气设备或系统内部的电压或电流通过信号线、电源线或地线传输出去而形成的对其他电子、电气设备或系统的电磁干扰。

4 通用测试要求

4.1 概述

微功率设备的环境条件由设备制造商声明，环境条件应至少包含设备使用时的温度和电压，同时制造商应声明正常使用环境和极限环境。如无特殊说明，标准环境和电源要求见 4.3、4.4。

4.2 测试信号要求

测试时，所使用的信号应能够代表被测设备正常使用时的情况，被测设备应提供连续发射模式，如果不能提供，那么测试时的调制信号应为发射周期固定信号。

4.3 测试环境要求

测试所需的标准温度和湿度的条件，适用范围如下：

- 温度：15℃～35℃；
- 湿度：20%～75%。

4.4 电源要求

微功率设备供电应符合以下要求：

- a) 在测试过程中，被测设备应使用能够提供额定工作电压的测试电源供电；
- b) 对于使用直流电源供电的设备，在测试过程中，直流电源的电压应保持在额定电压 $\pm 1\%$ 范围内；
- c) 对于使用交流电源供电的设备，在测试过程中，交流电源的电压应与额定电压一致，交流电源的频率范围 49Hz～51Hz。

5 射频测试方法

5.1 10 米处磁场强度

采用附录 A.1 所描述的测试场地。

应以 10 米的标准距离对设备所产生的磁场强度进行测试。如果因为设备的物理尺寸（包括天线或使用特殊场相消天线）等导致无法实现此距离，则可以使用其他距离。测得的信号强度应比环境噪声电平高至少 6dB。使用其他距离时，应通过以实际测试距离测得的值推断 10 米的值。

测试步骤如下：

- a) 将被测设备（EUT）放置在半电波暗室转台中心的低导电介质桌上，按照要求连接，如需外接直流电源，注意先设置好电压，输入无误后方可接通电源；
- b) 被测设备应放置于桌子的边缘处（此边缘正下方所对应的是转台的正中心位置）；
- c) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级下；
- d) 按照表 1 设置接收机（或频谱仪），将中心频率设置到被测设备的工作频率；

表 1 接收机参数设置

频率范围 ^a	检波类型	接收机带宽	频谱仪带宽 ^b
9kHz~150kHz	准峰值	200Hz	300Hz
150kHz~30MHz	准峰值	9kHz	10kHz
^a 进行频段 6.765MHz≤f≤6.795MHz 和 13.553MHz≤f≤13.567MHz 的测量，测量带宽须是 200Hz 和 300Hz；			
^b 不具备接收机时可以使用频谱仪进行测试			

- e) 转台旋转 360°，找出信号最大值并记录；
- f) 当使用 3 米距离测试时，使用公式（1）进行计算，图 1 为转换系数值；

$$H_{10m}=H_{3m}-C_3$$

(1)

式中：

H_{10m} ——10 米处磁场强度；

H_{3m} ——3 米处磁场强度；

C_3 ——3 米转换系数。

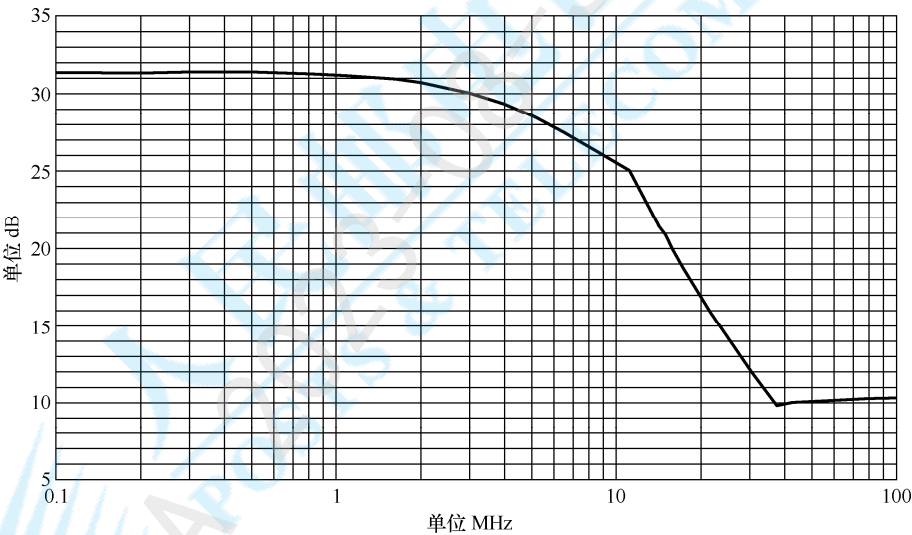


图 1 3 米转换系数

- g) 当使用 30 米距离测试时，使用公式（2）进行计算，图 2 为转换系数值；

$$H_{10m}=H_{30m}-C_{30m}$$

(2)

式中：

H_{10m} ——10 米处磁场强度；

H_{30m} ——30 米处磁场强度；

C_{30m} ——30 米转换系数。

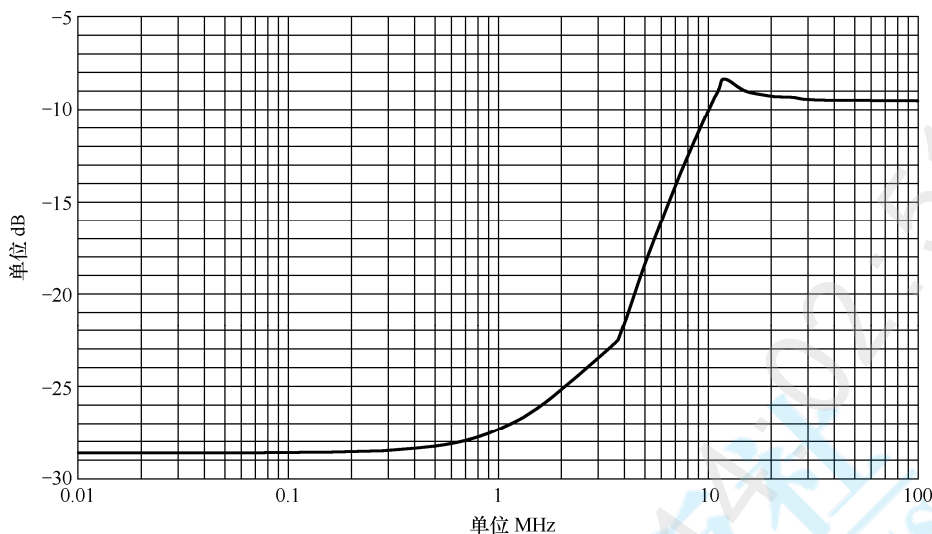


图 2 30 米转换系数

h) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ～g) 的测试过程。

仪表读数以 dBμV/m 为单位，数值减去 51.5 后得到以 dBμA/m 为单位的结果；

对于使用连续宽带扫描载波的发射机，测量时扫描功能应关闭。无法关闭扫描功能时，应在扫描功能开启的情况下进行测量，并应在测试报告中说明。

5.2 发射功率¹⁾

仅适用于 27MHz 频段海模/车模遥控设备。

采用附录 A.2 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- a) 按照附录 B.1 设置被测设备、转台、天线位置；
- b) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级状态下发射调制波信号；
- c) 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- d) 将频谱仪中心频率设置为被测设备的工作频率，使用有效值检波方式，测试带宽设置为信号带宽的 1%～5%，视频带宽设置为测试带宽的 3 倍；
- e) 频谱分析仪测量信道功率，积分带宽应不小于 8kHz 或 5.5 中最大值；
- f) 按照附录 B.2 获得辐射功率；
- g) 如被测设备发射连续信号，发射功率按照公式（3）计算。

$$P=E-2.15 \tag{3}$$

式中：

P ——发射功率，单位为 dBm；

E ——辐射功率，单位为 dBm。

如被测设备发射周期信号，则按照步骤 h) 测量发射功率。

h) 使用示波器或频谱仪时域（频宽设置为 0），按照公式（4）计算发射信号的占空比。

¹⁾ 发射功率在本文件中指 9kHz～30MHz 微功率设备的有效辐射功率（e.r.p）。

$$X = T_{on} / T \quad (4)$$

$$DC = T_{on} / T$$

式中：

X —— 被测设备发射信号的占空比；

T_{on} —— 被测信号一个周期内的高电平时间，单位为秒（s）；

T —— 被测信号的周期，单位为秒（s）。

发射功率按照公式（5）计算。

$$P = E + 10 \times \lg(1/X) - 2.15 \quad (5)$$

式中：

P —— 发射功率，单位为 dBm；

E —— 辐射功率，单位为 dBm。

i) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~ h) 的测试过程。

5.3 频率容限

采用附录 A.1 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- 被测设备、转台、天线位置同 5.1 的最大磁场强度位置；
- 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级状态下发射单载波信号，设备无法发射单载波信号时，采用步骤 g) 描述方法；
- 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- 将频谱仪中心频率设置为被测设备的工作频率，使用有效值检波方式，适当调整频率扫宽和测试带宽数值；
- 使用接收机频谱仪模式读取信号包络的最大值 f，按照式（6）计算频率容限。

$$\Delta f = \frac{f - f_0}{f_0} \quad (6)$$

式中：

Δf —— 频率容限；

f —— 信号包络最大值处的频率；

f_0 —— 标称中心频率。

f) 设备无法发射单载波时，按照 5.4，记录 -6dB 左右两处频率，将两频率的平均值视作载波频率；

g) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~ f) 的测试过程。

5.4 6dB 带宽

采用附录 A.1 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- a) 被测设备、转台、天线位置同 5.1 的最大磁场强度位置；
- b) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级状态下发射调制波信号；
- c) 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- d) 将频谱仪中心频率设置为被测设备的工作频率，使用有效值检波方式，测试带宽设置为信号带宽的 1%~5%，视频带宽设置为测试带宽的 3 倍；
- e) 使用接收机频谱仪模式读取信号包络-6dB 处 f ，按照式（7）计算 6dB 带宽。

$$B_{-6} = f_H - f_L \quad (7)$$

式中：

B_{-6} ——6dB 带宽；

f_H ——下降 6dB 的频率最高边界；

f_L ——下降 6dB 的频率最低边界。

- f) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~e) 的测试过程。

5.5 占用带宽

采用附录 A.1 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- a) 被测设备、转台、天线位置同 5.1 的最大磁场强度位置；
- b) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级状态下发射调制波信号；
- c) 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- d) 将频谱仪中心频率设置为被测设备的工作频率，使用有效值检波方式，测试带宽设置为信号带宽的 1%~5%，视频带宽设置为测试带宽的 3 倍；
- e) 使用接收机频谱仪模式读取 99% 能量的带宽；
- f) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~e) 的测试过程。

5.6 使用频率

采用附录 A.1 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- a) 按照 5.5 进行占用带宽测试；
- b) 读取占用带宽对用的上下限功率处的频率；
- c) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~b) 的测试过程。

5.7 杂散辐射发射

5.7.1 30MHz 以下频段

30MHz 以下频段杂散辐射发射采用附录 A.1 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- a) 按照 5.1 放置被测设备；
- b) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级或待机的状态下；

- c) 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- d) 按照表 2 设置频谱分析仪杂散起止频率（30MHz 以下）、检波方式、测量带宽，视频带宽应不小于测试带宽；

表 2 发射机杂散辐射发射测试仪表参数设置

频率范围 ^a	测试带宽	检波方式
9kHz~150kHz	200Hz（6dB）	准峰值
150kHz~30MHz	9kHz（6dB）	准峰值
30MHz~1GHz	100kHz（3dB）	有效值
^a 杂散辐射与带外辐射的分界点为载波频率±2.5 倍的信道带宽		

- e) 转台旋转 360°，在各个测试频段搜索杂散信号并记录；
- f) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~e) 的测试过程。

5.7.2 30MHz 及以上频段

30MHz 及以上频段杂散辐射发射采用附录 A.2 所描述的测试测试场地。

测试步骤如下：

- a) 按照附录 B.1 设置被测设备、转台、天线位置；
- b) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级或待机的状态下。
- c) 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- d) 按照表 2 设置频谱分析仪杂散起止频率（30MHz 及以上）、检波方式、测量带宽，视频带宽应不小于测试带宽；
- e) 转台旋转 360°，在各个测试频段搜索杂散信号并记录；
- f) 按照附录 B.2 获得杂散信号辐射功率；
- g) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ~f) 的测试过程。

5.8 特殊频带辐射发射

仅适用于 13553kHz~13567kHz 频段的微功率 C 类设备。

采用附录 A.1 所描述的测试场地。

测试步骤如下：

- a) 按照 5.1 放置被测设备；
- b) 配置被测设备，使其工作在最大输出功率等级或待机的状态下。
- c) 使用频谱分析仪（或接收机频谱仪模式），调整内部衰减器，确保其工作在线性动态范围内；
- d) 按照表 3 设置频谱分析仪杂散起止频率、检波方式、测量带宽，视频带宽应不小于测试带宽；

表 3 特殊频带辐射发射参数设置

频率范围	测试带宽	检波方式
13413kHz≤f≤13553kHz	9kHz（6dB）	准峰值
13567kHz≤f≤13707kHz		

- e) 转台旋转 360°，在各个测试频段搜索杂散信号并记录；
- f) 根据测试要求，改变被测设备发射频率，重复 a) ～e) 的测试过程。

6 传导骚扰发射测试方法

传导骚扰发射测试方法应按照 GB/T 9254 执行。

附录 A
(规范性)
辐射测试场地

A.1 半电波暗室

半电波暗室应符合 GB/T 9254 对测试场地的相应要求。

测量天线与被测设备距离为 3 米或 10 米。被测设备架高或替代用天线架高要求为 1.5 米，测量天线架高要求在 1 米至 4 米范围内调整。

为确保因测试场地附近有障碍物而产生的反射波信号对测试结果没有影响，测试场地应满足如下条件：

- a) 测试场地近处不应有直径大于测试最高频率 $\lambda/4$ (λ 为电波波长) 的导电物体存在；
- b) 连接电缆应沿铺设在地板下面，低阻抗电缆应采用屏蔽电缆。

典型的测试布置如图 A.1 所示。

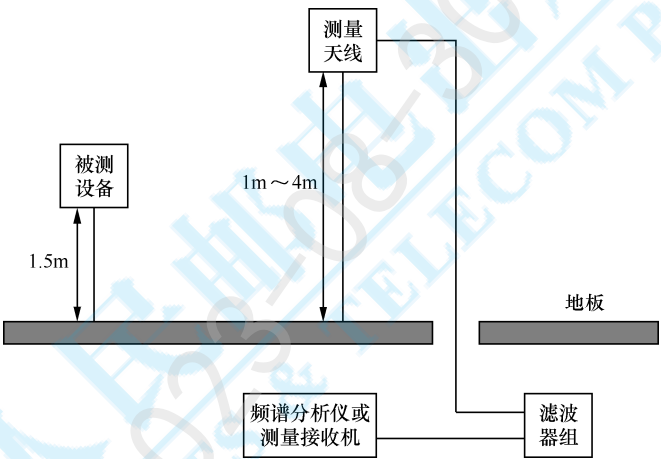


图 A.1 测试布置示意

A.1.1 测量天线

测量天线的物理尺寸不应超过测试距离的 20%。测量天线应适合于极化波的接收，应安装在水平臂的末端，应允许天线能按测量电场的水平分量或垂直分量来定位安装。当按垂直极化取向及在最低位置安装时，天线的低端应至少离地 0.3 米。

A.1.2 替代用天线

替代用天线的增益精度在 $\pm 1\text{dB}$ 以内。

A.2 全电波暗室

A.2.1 综述

全电波暗室是一种室内装有射频吸收材料的全屏蔽室，用来模拟电磁波传播的自由空间环境，它是完成设备辐射发射测试的替换场地。测量天线、被测设备及其替代用天线的测试布置同开阔测试场相似，但它们离地板的架设高度是固定的。

关于全电波暗室屏蔽效能和墙面反射损耗的指标应符合表 A.1、表 A.2 的要求。要求全电波暗室内被测设备到测量天线的空间传输损耗与在自由空间环境下的传输损耗的偏差在 $\pm 4\text{dB}$ 以内。

表 A.1 全电波暗室屏蔽效能指标要求

频率范围	屏蔽效能最低限值 (dB)
10kHz~100kHz	60
100kHz~30MHz	80
30MHz~1GHz	105

表 A.2 全电波暗室墙面反射损耗指标要求

频率范围	反射损耗最低限值 (dB)
30MHz~100MHz	10
100MHz~300MHz	22
300MHz~1GHz	30

A.2.2 测试天线

测量天线的物理尺寸不能超过测试距离的 20%。测量天线应适合于极化波的接收，应安装在水平臂的末端，应允许天线能按测量电场的水平分量或垂直分量来定位安装。当按垂直极化取向及在最低位置安装时，天线的低端应至少离地 0.3 米。

A.2.3 替代天线

替代用天线的增益精度在 $\pm 1\text{dB}$ 以内。

附录 B
(规范性)
辐射通用测试方法

B.1 辐射测试

辐射测试应在全电波暗室内按照图 B.1 的布置进行。测试中保持测量天线正对被测设备的最大辐射电平方位。

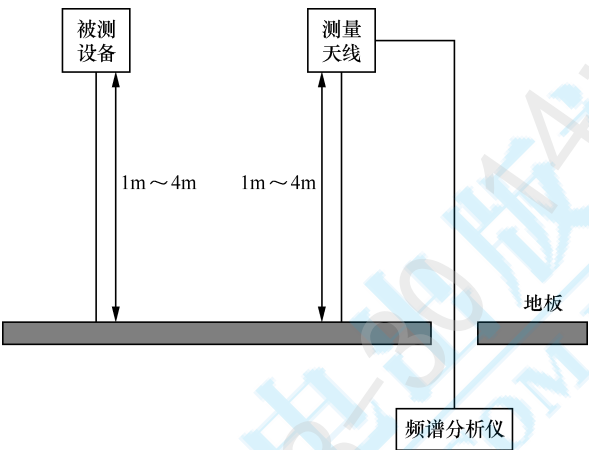


图 B.1 测试布置示意

辐射测试步骤如下：

- a) 测试场地应满足指定测试频段的测试要求，被测设备放置在标准转台（或支架）上，除非特别要求，测量天线应垂直极化正对被测设备，天线高度与被测设备高度相同；
- b) 设置频谱分析仪（或接收机频谱仪模式）为峰值或有效值检波方式，在规定的频段内进行扫描；
- c) 转台旋转 360°，使频谱分析仪获得最大电平读数；
- d) 操作天线在较小范围内进行升降，使频谱分析仪获得最大电平读数，记录垂直极化下转台角度和天线高度；
- e) 将天线设置为水平极化位置，重复 b) ~ d) 过程，记录水平极化下转台角度和天线高度；
- f) 找出步骤 d) 和 e) 中电平较大者，记录其转台位置和天线高度；
- g) 设置转台位置和天线高度，使其与步骤 f) 一致。

B.2 替代测试

用 B.1 的测试方法获得的测试数据之后，应用已知的信号发生器替代被测设备，定量给出被测设备产生的各个信号的发射电平，测试连接如图 B.2 所示。替代用天线替代被测设备放置在原位置处，并且是垂直极化方式，信号发生器频率调谐至 B.1 测试过程中的各个信号的测试频率。调整信号发生器输出功率大小，使得测量频谱分析仪获得与在 B.1 测试过程中记录的测试电平相同。则对应被测设备频率信号的辐射发射功率即为信号发生器输出电平与替代用天线的增益之和减去连接电缆损耗后的计算值，得到各个频率信号的实际辐射功率。

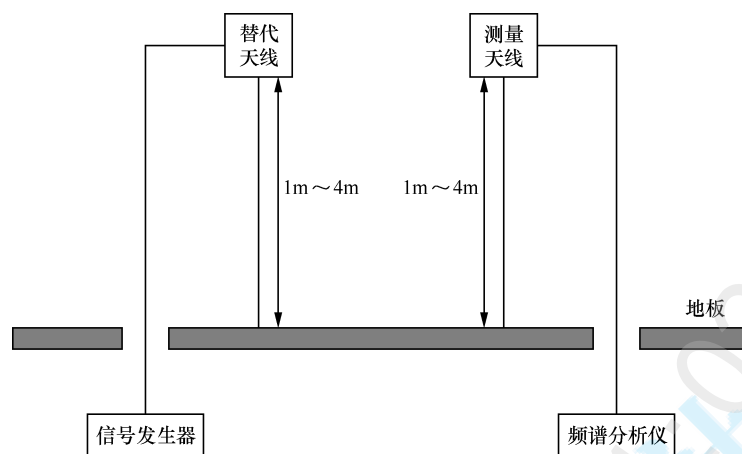


图 B.2 测试布置示意

参 考 文 献

- [1] ANSI C63.10-2013 American National Standard of Procedures for Compliance Testing of Unlicensed Wireless Devices
 - [2] ETSI EN 300 330 Short Range Devices (SRD); Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU
 - [3] ITU-R SM.328 Spectra and bandwidth of emissions
-