

ICS 33.060.20

M 36



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2868-2015

移动通信系统无源天线测量方法

Testing methods of passive antennas in
mobile communication system

2015-07-14 发布

2015-10-01 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 | 2 |
| 4 场地要求 | 2 |
| 5 电性能测量方法 | 5 |
| 6 一般结构要求试验方法 | 10 |
| 7 环境可靠性试验方法 | 10 |

前 言

本标准与YD/T 2866《移动通信系统室内分布无源天线》和YD/T 2867《移动通信系统多频段基站无源天线》共同构成移动通信系统无源天线标准体系。

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

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。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国信息通信研究院、中国联合网络通信集团有限公司、中国移动通信集团公司、中国电信集团公司、中国移动通信集团设计院有限公司、京信通信系统（中国）有限公司、华为技术有限公司、深圳国人通信股份有限公司、武汉邮电科学研究院、三维通信股份有限公司。

本标准主要起草人：吴翔、卜斌龙、李科、刘罡、陈新明、赵杰、高峰、李新中、张申科、庞伟、李艳芬、孙凯、余永昌、文伟东。

移动通信系统无源天线测量方法

1 范围

本标准规定了移动通信系统无源天线的测试场地及环境的要求、辐射参数及电路参数的测量方法及步骤，还规定了对测试数据的获取处理及判断的要求。

本标准适用于工作频段为 698MHz~806MHz、806MHz~960MHz、1710MHz~1880MHz、1920MHz~2170MHz、2300MHz~2700MHz 的移动通信系统无源天线的测量。其他频段的无源天线可参照使用。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验规程 试验 A：低温试验方法
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验规程 试验 B：高温试验方法
- GB/T 2423.3 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca：恒定湿热试验方法
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db 交变湿热（12h+12h 循环）
- GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击
- GB/T 2423.6 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Eb 和导则：碰撞
- GB/T 2423.8 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ed：自由跌落
- GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc 和导则：振动(正弦)
- GB/T 2423.16 GB/T 2423.16-2008 GB/T 2423.16-2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 J 及导则:长霉
- GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第 2 部分 试验方法 试验 Ka:盐雾
- GB/T 2423.22 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 N:温度 变化
- GB/T 2423.24 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Sa:模拟地面上的太阳辐射
- GB/T 2423.37 电工电子产品基本环境试验规程 试验 L:砂尘试验方法
- GB/T 2423.38 电工电子产品基本环境试验规程 试验 R：水试验方法
- GB/T 2423.56 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Fh:宽带随机振动(数字控制)和导则
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
- GB/T 3482 电子设备雷击试验方法
- GB/T 9410 移动通信天线通用技术规范
- YD/T 828.22 数字微波传输系统中所用设备的测量方法 第 2 部分：地面无线接力系统的测量通 第

2 节：天线

YD/T 1710.1 2GHz TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信网智能天线 第 1 部分：天线阵列
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

交叉极化比 Cross Polar Ratio

给定方向上主极化分量与正交极化分量功率之比。

3.2

电下倾角 Electrical Downtilt

采用改变天线辐射单元电性能参数的方法使天线最大辐射方向下倾，在垂直面上偏离法线方向，其 3dB 波束宽度中心指向与天线法线方向之间的夹角。

3.3

隔离度 Isolation

多端口天线的一个端口上的入射功率与该入射功率在其他端口上可得到的功率之比。

3.4

上旁瓣 The Upward Side-Lobe

在垂直面方向图中，往天顶角正向方向的旁瓣。

3.5

上旁瓣抑制 The Upward Side-Lobe Suppression

在规定范围内，上旁瓣的电平最大值与主瓣最大增益之差，即上旁瓣抑制。

3.6

下零点 The Downward Null

在垂直面方向图中，往地面方向的波瓣与波瓣之间的最小电平值。

3.7

下零点填充 The Downward Null Fill

主瓣和第一旁瓣之间的最小电平值与主瓣最大电平之差。

3.8

互调 Intermodulation

当两个或多个频率信号经过天线时，由于天线的非线性而引起的与原信号频率有和差关系的射频信号。

4 场地要求

4.1 远场测量场地

辐射参数测试场地及设备要求（直接远场）要求见表 1。

表1 辐射参数测试场地及设备要求（直接远场）

| 类型 | 项目 | 测试场地指标要求 | 标准增益天线和源天线性能 校准场地指标要求 |
|----------|---|--|--|
| 基本要求 | 远场测量条件 | $L > 2D^2 / \lambda$ 与 $L > 10\lambda$ 两者之中取较大值。 D 表示被测天线口径 | $L > 4D^2 / \lambda$ 与 $L > 20\lambda$ 两者之中取较大值。 D 表示被测天线口径 |
| | 场地屏蔽要求（仅对室内场地要求） | 优于-100dB（含吸波材料） | 优于-100dB（含吸波材料） |
| | 源天线增益 在鉴定周期内，源天线的尺寸和辐射特性与场地鉴定所使用的源天线一致 | $15 \pm 3\text{dB}$ （参考） | $15 \pm 2\text{dB}$ （参考） |
| | 源天线交叉极化 | 优于-35dB | 优于-40dB |
| | 标准增益天线增益不确定性 | $< \pm 0.25\text{dB}$ | 由严格的三天线法在本场地中测试获得，或者在更高级的场地中标校 |
| 口径场要求 | 静区尺寸（长宽高） | 大于被测天线口径 | 大于被测天线口径 |
| | 静区反射电平 | 698MHz~960MHz 优于-40dB， 1710MHz~2690MHz 优于-43dB | 698MHz~960MHz 优于-45dB， 1710MHz~2690MHz 优于-48dB |
| | 口径场幅度锥削度 | $< 0.50\text{dB}$ | $< 0.25\text{dB}$ |
| | 口径场幅度起伏 | $< \pm 0.30\text{dB}$ | $< \pm 0.20\text{dB}$ |
| | 水平/垂直极化电平差 | $< 0.50\text{dB}$ | $< 0.25\text{dB}$ |
| 辐射性能测试要求 | 增益的测试误差（参考） | $< \pm 0.50\text{dB}$ | $< \pm 0.25\text{dB}$ |
| | 增益测试稳定度 | $< \pm 0.25\text{dB}$ | $< \pm 0.15\text{dB}$ |
| | 方向图测试误差 | | |
| | -10dB 电平 | $< \pm 0.50\text{dB}$ | $< \pm 0.25\text{dB}$ |
| | -15dB 电平 | $< \pm 0.80\text{dB}$ | $< \pm 0.40\text{dB}$ |
| | -25dB 电平 | $< \pm 2.0\text{dB}$ | $< \pm 1.0\text{dB}$ |
| | -30dB 电平 | $< \pm 3.0\text{dB}$ | $< \pm 1.5\text{dB}$ |

4.2 近场测量场地

辐射参数测试场地及设备要求（多探头近场）见表2。

表2 辐射参数测试场地及设备要求（多探头近场）

| 基本要求 | 技术要求 | 多探头球面近场测量 |
|-----------|--------------|---|
| | 屏蔽要求 | 优于-100dB |
| | 标准增益天线增益不确定性 | 小于 $\pm 0.25\text{dB}$ |
| | 静区尺寸 | 大于被测天线口径的球体 |
| | 静区反射电平 | 698MHz~960MHz 优于-40dB， 1710MHz~2690MHz 优于-43dB |
| | | |
| 探头性能一致性要求 | 幅度均匀性 | $< \pm 0.15\text{dB}$ |
| | 相位均匀性 | $< \pm 2^\circ$ |
| | 交叉极化（校准后） | $> -35\text{dB}$ |
| 辐射性能测试要求 | 增益的测试误差（参考） | $< \pm 0.5\text{dB}$; |
| | 增益测试稳定度 | $< \pm 0.25\text{dB}$; |
| | 方向图测试误差 | |
| | -10dB 电平 | $< \pm 0.5\text{dB}$; |
| | -15dB 电平 | $< \pm 0.8\text{dB}$; |
| | -25 dB 电平 | $< \pm 2.0\text{dB}$; |
| | -30dB 电平 | $< \pm 3.0\text{dB}$ |

4.3 电路测试场地及仪表要求

电路测试场地及仪表要求见表 3。

表 3 电路测试场地及仪表要求

| | |
|----------|---|
| 屏蔽要求 | 互调场地优于-100dB，隔离度驻波比场地优于-60dB |
| 测试区域尺寸 | 大于稳定性检测过程中移动天线的外轮廓范围，有如图 1 所示的标识线。 |
| 场地驻波比稳定性 | 将驻波比小于 1.35 的被测天线，前后左右各半个波长范围按田字方式移动，以中心位置为基准值，其余 8 个位置的测试最差值与基准值的偏差小于±0.02 |
| 场地互调稳定性 | 1. 测试系统连接低互调负载，测试结果优于产品规范 10dB 以上。 2. 测试系统连接标准值-110dBm 标准件，测试结果在规格±3dB 范围内。 3. 将三阶互调约为-110dBm 的被测天线，前后左右各半个波长范围按田字方式移动，以中心位置为基准值，其余 8 个位置的测试值相对于基准值恶化小于 3dB |

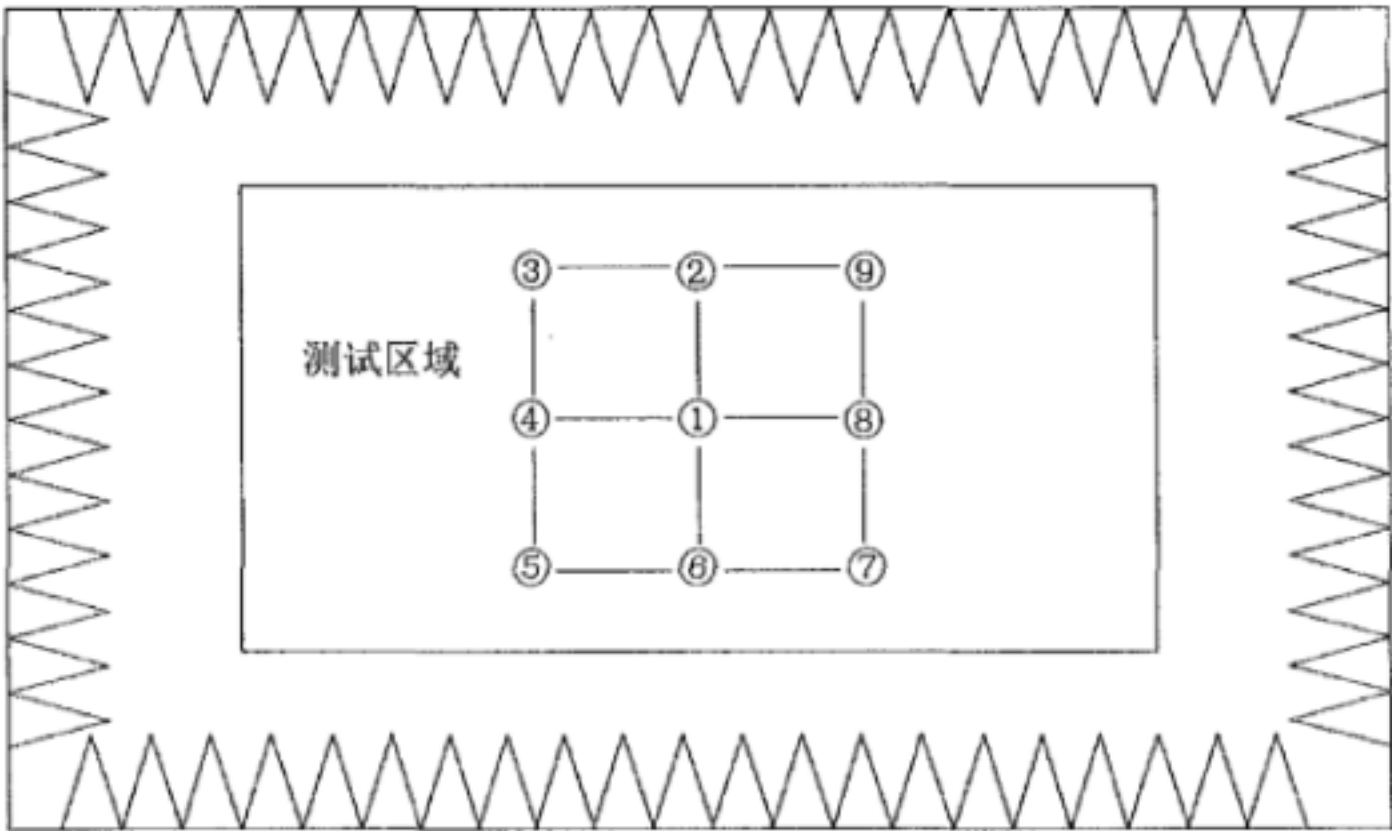


图 1 电路参数测试场地测试区域及田字格示意

4.4 环境及可靠性场地及仪表要求

环境及可靠性场地及仪表要求见表 4。

表 4 环境及可靠性场地及仪表要求

| 设备名称 | 设备功能 | 设备参数 |
|-------|---|---|
| 高低温箱 | 高温、低温存贮； 高温、低温工作； 恒定湿热和交变湿热。 | 箱体尺寸大于被测天线尺寸； 低温：-55℃； 高温：85℃； 湿度：98% R.H.； 温变速率≥1℃/min |
| 振动台 | 正弦振动、随机振动 | 振动台满足 1 吨以上推力； 能满足最小 5Hz 的起振频率； 具备水平或垂直方向的振动功能； 空载支架距支架中心距离 1m 处响应误差满足 GB/T 2423.10，最大±50% |
| 淋水实验房 | 顶部侧面都能喷水； 可调节水量； 天线在实验房保证淋水均匀一致 | 参照 GB/T 2423.38-2008 试验设备要求。 淋雨房高度尺寸满足被测天线尺寸要求； 安装操作灵活 |
| 大功率试验 | 天线端口输入功率实时检测； 天线发射电平信号实时检测； 实时监测天线驻波比变化 | 1GHz 以下频段平均输出功率可达 500W，1GHz 以上频段平均功率可达到 400W |

表 4 (续)

| 设备名称 | 设备功能 | 设备参数 |
|------------|--|--|
| 盐雾试验箱 | 盐雾试验 | 试验箱尺寸大于被测对象 |
| 塑料材料老化测试设备 | 1. 紫外线加速老化, 紫外光强度可控; 2. 具备冷凝功能, 露水加速老化; 3. 有喷水功能, 潮湿环境加速老化 | 设备具备荧光紫外灯或氙灯辐照功能; 紫外光 340nm 波段; 设备温度可达到 60℃ 以上; 设备辐照功率能满足 1.0W/m ² |
| 风载测试支架 | 具有静态模拟风载试验的载荷 (沙包); 支架和抱杆 | 载荷: 沙包推荐重量 10kg/个, 最大不超过 20kg/个; 抱杆长度满足被测对象安装要求, 推荐直径 50 mm~115 mm |

5 电性能测量方法

5.1 远场测量方法

5.1.1 远场测量条件

5.1.1.1 场地基本条件及性能指标满足 4.1 要求。

5.1.1.2 测量使用的信号发生器/接收机、或者网络分析仪等测量设备和仪表应具有良好的稳定性、可靠性、动态范围和测量精度, 以保证测量数据的正确性。测量使用的仪表应具有计量合格证, 并在校验周期内。

5.1.1.3 优选扫频测试方式, 按照实际需要设置测量频点。

5.1.1.4 转台系统要确保接收天线的指向及极化能够对准源天线的指向及极化, 极化对准精度优于 $\pm 0.1^\circ$, 方位和俯仰的对准/步进精度优于 $\pm 0.1^\circ$ 。

5.1.1.5 要有激光仪对准设备, 对转台及收发天线的指向状态进行校准, 当客户有明确要求是按客户要求的频次校准, 否则每周至少校准一次, 并且用标准增益天线来复核增益。

5.1.1.6 更换源天线时要用标准增益天线复核增益, 记录接收电平为 P_s (dBm), 确保在 6.1.1.5 规定的周期内增益变化小于 ± 0.1 dB。

5.1.1.7 测量示意图见图 2。

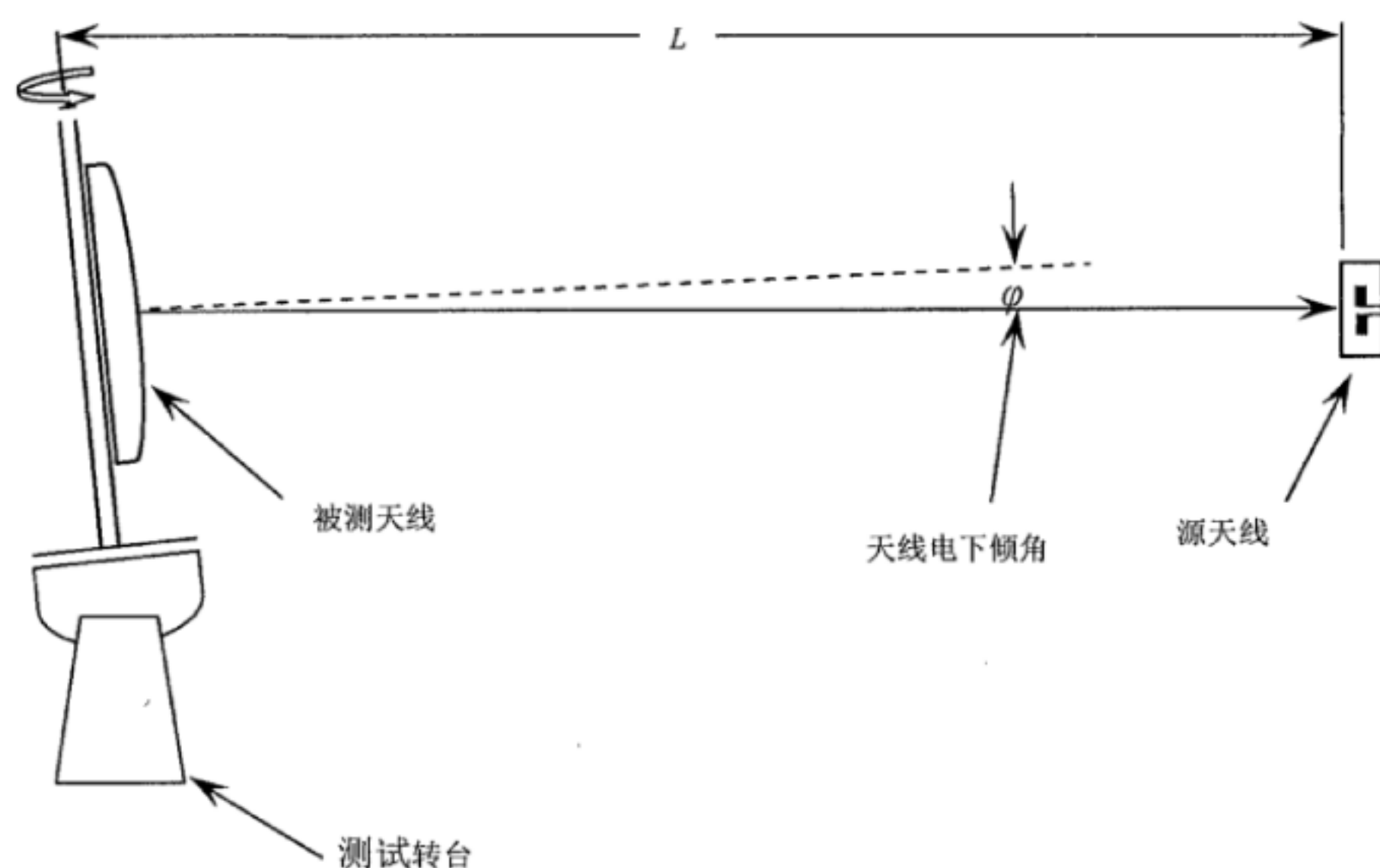


图 2 天线方向图测量示意

5.1.2 测量步骤

步骤1) 被测天线垂直安装, 使标称波束指向 θ_n 对准源天线, 并与源天线的极化对准, 记录轴向接收电平值;

步骤2) 测试转台上方位旋转 180° 作为测试起点, 开始测试, 测试转台上方位沿相反方向旋转 360° , 记录对应的角度值和接收电平值, 得到天线水平面同极化方向图 $F_H(\varphi)$;

步骤3) 对于单极化天线转到步骤5), 对双极化天线, 被测天线使标称波束指向 θ_n 重新对准源天线, 核对轴向接收电平与步骤1) 状态下的接收电平一致, 再将源天线极化旋转 90° , 并微调极化使被测天线在该位置接收电平最小;

步骤4) 重复步骤2) 测试过程, 得到天线水平方向交叉极化方向图 $f_{H1}(\phi)$ 。

步骤5) 计算水平面辐射参数:

对于定向天线, 在主极化方向图 $F_{H1}(\varphi)$ 数据中找出最大接收电平值 H_1 及其角度 φ_1 , 由最大接收电平点向正方向找出电平下降 3dB 点 φ_2 , 向负方向找出电平下降 3dB 点 φ_3 , $+60^\circ$ 接收电平值 H_2 , -60° 接收电平值 H_3 , $180^\circ \pm 30^\circ$ 范围内找出最大接收电平值 H_4 , 则:

水平面半功率波束宽度 $\theta_{3dB} = \varphi_2 - \varphi_3$

水平面波束指向角 $\theta_t = (\varphi_2 + \varphi_3) / 2$

主方向倾斜度 $= \theta_t / \theta_{3dB}$

$+60^\circ$ 边缘功率下降 $= (H_1 - H_2)$

-60° 边缘功率下降 $= (H_1 - H_3)$

主极化前后比 $F/B = H_1 - H_4$

水平面增益 $G_H = G_0 + (H_1 - P_s) + N$

以上各式中:

G_0 ——标准增益天线的增益, 单位为 dB;

N ——接收机输入端分别到被测天线和标准增益天线输出端通路衰耗的修正值, 单位为 dB。

对于单极化天线转到步骤 g), 对于双极化天线, 在交叉极化方向图 $f_{H1}(\varphi)$ 数据中找出轴向接收电平值 H_5 , $180^\circ \pm 30^\circ$ 范围内找出最大接收电平值 H_6 , 则:

轴向交叉极化比 $= F_H(0) - f_{H1}(0)$;

$\pm 60^\circ (\pm 30^\circ)$ 范围内交叉极化比 $= \text{Min}(F_H(\theta) - f_{H1}(\theta))$;

交叉极化前后比 $F/B = H_1 - H_6$;

双极化天线的前后比 $= \text{Min}[(H_1 - H_4), (H_1 - H_6)]$

步骤6) 更换另一个极化的端口, 重复步骤2) ~5), 得到主极化和交叉极化方向图分别为 $F_{H2}(\theta)$ 和 $f_{H2}(\theta)$, 步骤5) 总的方向图函数更换为 $F_{H2}(\theta)$ 和 $f_{H2}(\theta)$, 则:

$\pm 60^\circ$ 范围内方向图一致性 $= \text{Max}[|F_{H1}(\theta) - F_{H2}(\theta)|]$;

对于全向天线, 在测试数据中找出最大值 H_7 和最小值 H_8 。则方向图圆度 $= \pm (H_7 - H_8) / 2$ 。

步骤7) 被测天线水平安装, 被测天线法线正向对准源天线, 并与源天线同极化对准;

步骤8) 测试转台上方位旋转 180° 作为测试起点, 开始测试, 测试转台上方位沿相反方向旋转 360° , 记录对应的角度值和接收电平值, 得到天线垂直面同极化方向图 $F_V(\varphi)$;

步骤9) 在方向图 $F_V(\theta)$ 数据中, 找出天线轴向最大接收电平 V_1 及其角度 φ_1 , 由最大接收电平点向正方向找出电平下降 3dB 点 φ_2 , 向负方向找出电平下降 3dB 点 φ_3 , 则:

垂直面半功率波束宽度 $\theta_{3dB} = \varphi_2 - \varphi_3$

垂直面波束指向角 $\theta_t = (\varphi_2 + \varphi_3) / 2$

下倾角精度 = θ_t - 标称波束指向 θ_n

按照客户要求规定的范围内找出最大电平值 V_2 ，上旁瓣抑制 = $V_1 - V_2$ 。垂直面增益 $G_V = G_0 + (V_1 - P_s) + N$

步骤10) 对于单极化天线转到步骤 11)，对于双极化天线，更换到另一极化的端口，重复步骤 7) ~9)；

步骤11) 每个极化的增益 $G = \text{Max}[GH, GV]$ 。

5.2 近场测量方法

5.2.1 近场测量条件

5.2.1.1 场地基本条件及性能指标满足 4.2 要求。

5.2.1.2 接收(发射)探头采取双极化宽带天线。

5.2.1.3 探头的安装方式优选采用“十”字形。

5.2.1.4 被测天线和接收探头之间测量距离、探头间距及转台水平旋转步进应满足：

$$\Delta\theta \cdot D_{AUT}/2 < \lambda/2 \quad (1)$$

$$\Delta\varphi \cdot D_{AUT}/2 < \lambda/2 \quad (2)$$

$$D_{AUT} < \text{Min}(D_{arch} - 4\lambda, \lambda/\Delta\theta, 0.65D_{arch}) \quad (3)$$

式中： $\Delta\theta$ — 包含了过采样的相邻探头之间的夹角（弧度）；

D_{AUT} — 被测天线最大口径（m）；

D_{arch} — 探头阵环面内径(m)；

$\Delta\varphi$ — 转台水平旋转步进（弧度）；

λ — 测试频率波长（m）。

5.2.2 增益及方向图测量

5.2.2.1 测量系统示意

球面多探头测试系统示意图见图 3。球面多探头测试系统对 $\Delta\theta$ 和 $\Delta\varphi$ 定义见图 4。

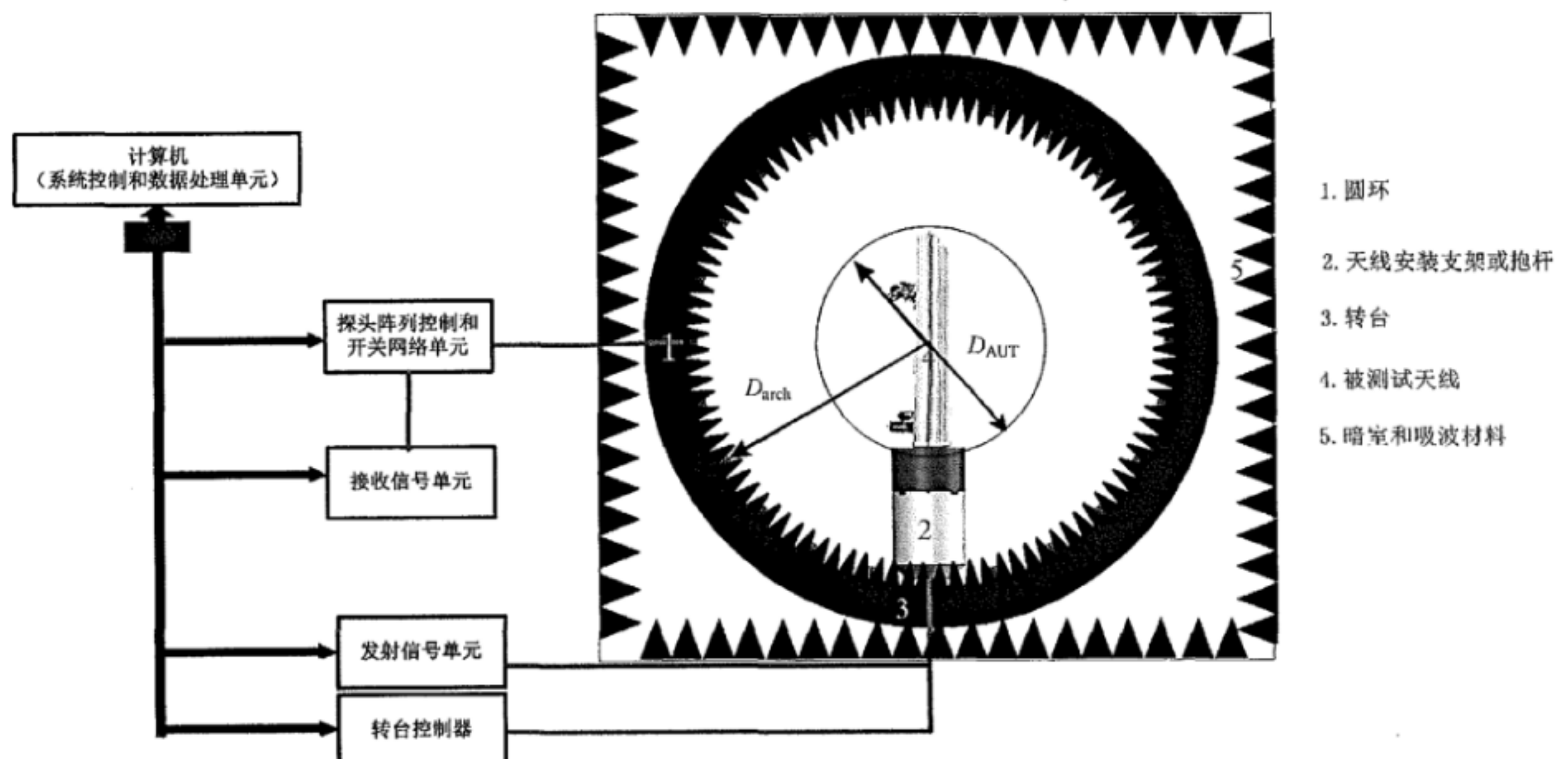
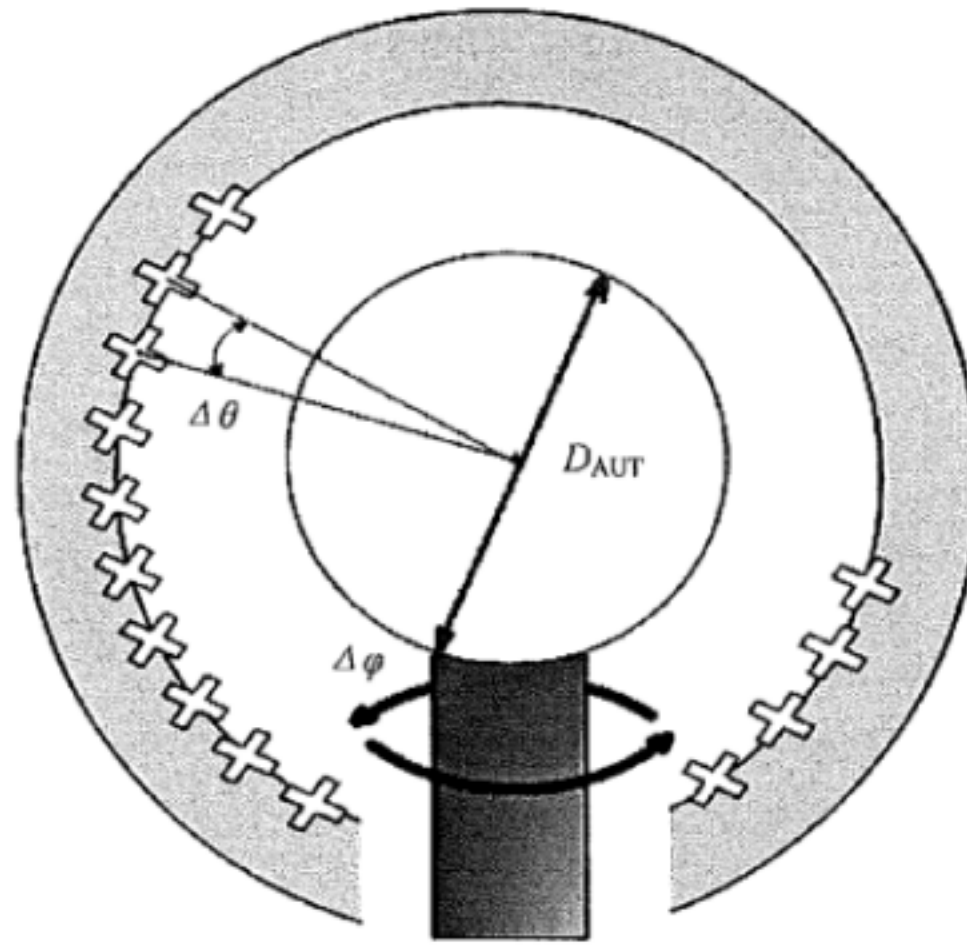


图 3 球面多探头测试系统示意

图4 球面多探头测试系统 $\Delta\theta$ 和 $\Delta\phi$ 定义示意

5.2.2.2 测量仪表

信号发生器、球面近场测试系统等测量设备和仪表应具有良好的稳定性、可靠性、动态范围和测量精度，以保证测量数据的正确性。

测量用仪表应有计量合格证，并在校验周期内。

5.2.2.3 测量步骤

- a) 开始测量时，在标准增益天线口面中心处标记“十字参考线”；
- b) 将标准增益天线安装于抱杆上，调整天线俯仰及位置，确保天线安装严格垂直，并使天线口面的“十字参考线”与多探头测试系统的激光定位十字重合；
- c) 设置标准增益天线的增益及频点，使用标准增益天线完成增益校准测试；
- d) 安装好被测试天线，配置好端口、下倾角和测试频率；
- e) 使用测试软件进行自动测试并保存电磁场分布的测试数据；
- f) 改变端口、下倾角或测试频点（如果需要），重复步骤 e)，直到所有需要测量的状态数据采集结束；
- g) 将标准增益天线及待测天线测试数据导入数据处理软件，根据近场远场变换算法，计算出增益和三维方向图参数。根据公式 $G = G_0 + (P_2 - P_1)$ 自动计算增益， G_0 是标准增益天线的增益， P_1 是标准增益天线测试得到的最大电平， P_2 是 AUT 测试得到的最大电平。
- h) 由软件计算出水平面方向图指标和垂直面方向图指标。

5.2.2.4 三维方向图的坐标系

三维方向图的数据处理及坐标系要求应符合相对应的产品标准或规范。

5.3 电路参数测量方法

5.3.1 电路参数测量条件

5.3.1.1 场地基本条件及性能指标应满足 4.3 的要求。

5.3.1.2 测量用网络分析仪，互调测试仪、大功率测试设备及辅助仪表和测试电缆、连接器等应具有良好的稳定性、可靠性、动态范围和测量精度，以保证测量数据的正确性。测量用仪表应有计量合格证，并在校验周期内。

5.3.1.3 按照产品标准、规范或客户要求设置测量频点或频段。

5.3.2 驻波比测量

5.3.2.1 测量示意

测量示意图见图 5。

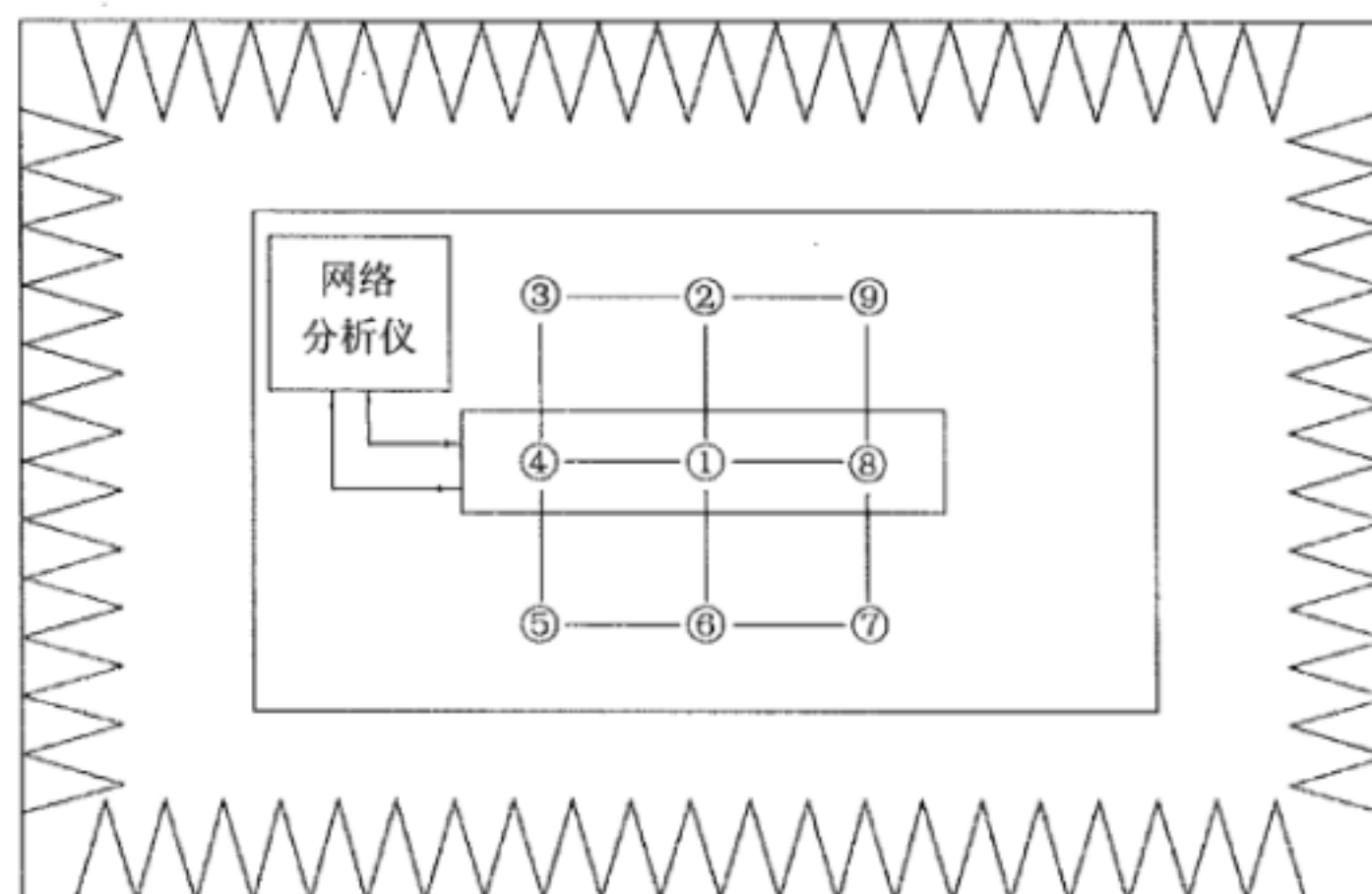


图 5 天线驻波比及隔离度测量示意

5.3.2.2 测量步骤

- 将被测天线几何中心放置田字格中心点；
- 按客户要求的测试频段对网络分析仪进行系统校准；
- 将测量系统与被测天线相连接，在工作频率范围内进行驻波比的测量，测试得的驻波读数就是被测天线端口的电压驻波比。天线驻波比应为工作频带内的最差值。

5.3.3 隔离度测量

5.3.3.1 测量示意

测量示意图见图 5。

5.3.3.2 测量步骤

- 将被测天线几何中心放置田字格中心点；
- 按客户要求的测试频段对网络分析仪进行系统校准；
- 将射频功率送到双极化天线的—个端口，在另一端口的检测接收功率，所测的功率电平值即为所测天线的隔离度。天线隔离度应为工作频带内的最差值。

5.3.4 互调测量

互调测量方法见《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：天线测量方法》中的反射测试方法。

5.3.5 功率容限测量

5.3.5.1 测量条件

测量条件如下：

- 温度：15℃～30℃；
- 气压：86kPa～106kPa；
- 相对湿度：45%～75%。

5.3.5.2 测量步骤

- a) 应使用天线工作频段对应的大功率测试设备，设置为平均功率测试模式，测量示意见图 6。
- b) 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，逐步加大功率输出，直到测试电缆输出端的功率达到规定的要求并仪器显示的功率值 P_0 ；
- c) 逐步降低发射功率到安全值，关闭仪器发射功率，卸下功率计，将电缆输出端连接到被测天线端口，并保证接触可靠；
- d) 开启仪器发射功率，逐步加大输出功率直到 P_0 ，持续时间 0.5h，观察天线本身及驻波比变化。如果驻波比没有变化，天线本体也没有其它响声及异味；
- e) 逐步降低发射功率到安全值，关闭仪器发射功率，断开测试电缆，晃动天线无异常响声，则表明天线功率容量满足要求。否则不满足功率容量的要求。

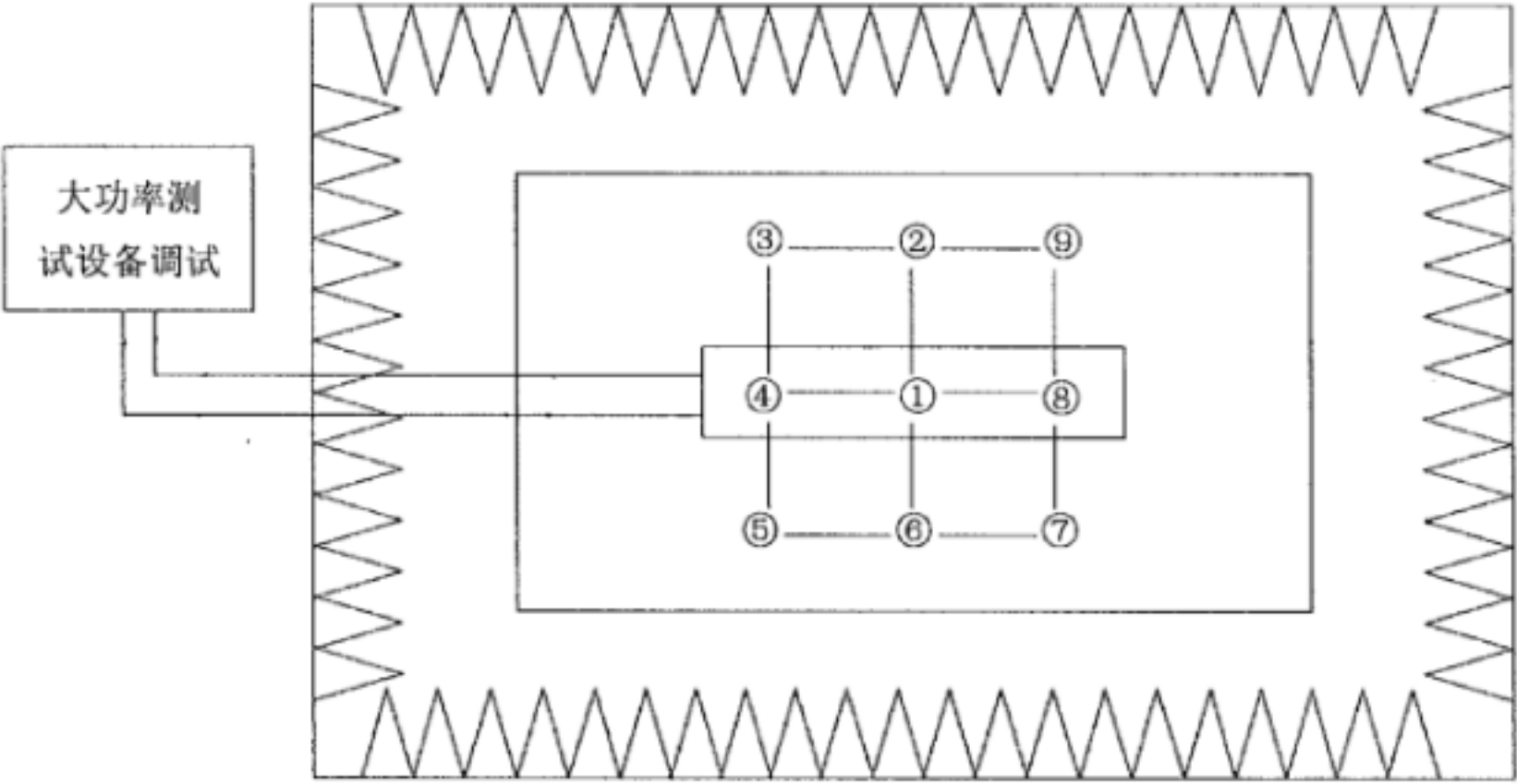


图 6 天线功率容量测量示意

6 一般结构要求试验方法

可以用验算、目测和机械的方法对天线结构进行检查，以验证材料、外形尺寸和结构设计、加工是否符合要求。

7 环境可靠性试验方法

7.1 测试方法

环境可靠性试验的项目、要求和方法见表 5 和表 6。

表 5 环境可靠性试验方法（基站天线）

| 名 称 | 试验项目 | 试验条件 | 方 法 | 测量内容 |
|------------|------------|---|---------------------------------|------------------|
| 低 温 试 验 | 温度 | $-40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ | 按 GB/T 2423.1 中规定的方法进行，见本标准 7.2 | 驻波比 隔离度 互调 |
| | 试验样品温度稳定时间 | 1 h | | |
| | 持续试验时间 | 2 h | | |
| | 恢复时间 | 1 h | | |
| | 温度变化速率 | $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ | | |
| 高 温 试 验 | 温度 | $+60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ | 按 GB/T 2423.2 中规定的方法进行，见本标准 7.3 | |
| | 试验样品温度稳定时间 | 1 h | | |
| | 持续试验时间 | 2 h | | |
| | 恢复时间 | 1 h | | |
| | 温度变化速率 | $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ | | |

表 5 (续)

| 名 称 | 试验项目 | 试验条件 | 方 法 | 测量内容 |
|------------------|--|--|--|--|
| 高低温循环 | 低温限定 高温限定 温度变化速率 持续时间 循环次数 | -40℃ +60℃ ≥1℃/min 高低温平衡点均持续 3h 5 次 | 按 GB/T 2423.22 中规定的图 2 方法进行, 见本标准 7.4 | 驻波比 隔离度 互调 |
| 恒定湿热试验 | 温度 相对湿度 试验时间 恢复时间 | +40℃ ± 2℃ 90%~95% 24 h 1 h | 按 GB/T 2423.3 中规定的方法进行, 见本标准 7.5 | |
| 交变湿热试验 | 高温 低温 湿度 温度变化率 持续时间 循环次数 | +55℃ +25℃ 95±3% ≥1℃/min 12h+12h 1 次 | 按 GB/T 2423.4 中规定的方法进行, 见本标准 7.6 | |
| 振动 (正弦) 测试 | 频率 交越频点 单振幅 三个互相垂直轴上 各振动时间 谐振点驻留振动 谐振点试验时间 | 5~ 200 Hz 9Hz 3.1mm(5~9Hz) 10 m/s ² (9~200Hz) X 和 Y 两个轴向 5 个循环/轴 10 m/s ² 1 min | 按 GB/T 2423.10 中规定的方法进行 | |
| 冲击 试验 | 加速度 冲击脉冲持续时间 冲击次数 | 300 m/s ² 18 ms 18 | 按 GB/T 2423.5 中规定的方法进行 | |
| 碰撞 试验 | 加速度 碰撞脉冲持续时间 每分钟碰撞次数 总碰撞数次 | 200 m/s ² 6 ms 40~80 垂直方向 400 次 前后、左右水平 方向各 300 次 共 1000 次 | 按 GB/T 2423.6 中规定的方法进行 | |
| 接头端面拉伸力试验 | 下端面受拉力长期可靠性 | 将天线按照正常使用状态安装到抱杆上, 保证安装牢固可靠 | 在天线垂直于端面方向上每个接头各加 8kg 重物, 时间 3h, 见 7.8 | 天线与下端盖相连的结构件无变形; 驻波、隔离度以及 PIM 满足规格书要求 |

表 5 (续)

| 名 称 | | 试验项目 | 试验条件 | 方 法 | 测量内容 |
|--------|------------|---|--|--|--|
| 汽车运输试验 | 公路运输试验 | 公路等级 路程 | 三级 200 km | 包装好的产品或对运输敏感的电器部件,按标志“向上”或任意位置放置,汽车装有 1/3 的额定载重负荷,以 20 ~ 40km/h 的速度行驶 | 驻波比隔离度互调 (根据试验条件,公路运输和运输包装随机振动试验可以二选一) |
| | 运输包装随机振动试验 | 频率 功率谱密度 斜率 试验时间 | 5~20 Hz 20~200Hz 1m ² /s ³ -3dB X-Y 2 个轴向 每轴向 30min | GB/T 2423.56 (参照 IEC 60068-2-64 和 ETSI EN300-019-2-2) | |
| 包装跌落试验 | | 跌落高度 跌落次数 | 详细见 8.7 | 参照 GB/T 2423.8 中规定的方法进行此项试验要求各厂家在产品出厂前自检(参数设置参照 ETSI 300-019-2-2 Table 8 T2.3) | 检查外包装,内部减震填充物天线产品外观内部结构驻波比隔离度互调 |
| 风载试验 | | 静压模拟风洞试验风洞试验 | 静压模拟试验: 工作风速为 150km/hr,极限风速为 200km/hr,按 DIN 1055-4、EN1991-1-4 或 DIN 4131 计算风载压力 | 根据计算风载进行 3 个面(正面,背面,两个侧面的任意一面)的压力测试,每个面 48h,见 7.9 | 应力恢复后,外观无严重变形、破损;机械下倾角安装支架变化形变应小于 0.5°;驻波、隔离度及 PIM 指标满足规格书指标要求 |
| 冰负荷试验 | | 冰厚度 | 10 mm | 在自然环境中验证 | 结构要求 |
| 冲水试验 | | 雨强度 倾斜角度 时间 | 4000 mm/h±600 mm/h 45° 2 h | 按 GB/T 2423.38 中规定的方法进行 | 驻波比 防水性能 |
| 紫外线老化 | | 辐照功率 试验温度 辐照时间 冷凝时间 试验总时间 | 0.68W/m ² 55℃ 20 h 4 h 1000h; (辐照和冷凝总计 24h 一个循环) | 参照 GB/T 2423.24-1995 平均抗拉强度变化量 ΔR_m 在 20%以内 详细见 7.10 | 主要针对天线外罩,建议厂家自行检测或者借助国家认可的第三方实验室检测 |
| 盐雾试验 | | 温度 喷雾量 NaCl 浓度 溶液 PH 值 试验时间 | 35℃ 1.0~2.0 mL/80cm ² 漏斗 5% 6.5~7.2 部件 96h,整机(选作)48h | 按照 GB/T 2423.17 Ka 中性盐雾实验方法进行连续喷雾 | 试验结束后实验样品强度无变化,基材无裸露和斑点生锈 若整机试验,需检查驻波、隔离及互调指标满足规格书要求 |
| 霉菌试验 | | 试验温度 试验湿度 菌种培养 试验时间 | 29℃ 90%RH 霉菌孢子悬浮液 28 天 | 按照 GB/T 2423.16-2008 中试验方法进行 | 长霉试验后,满足 1 级要求建议厂家自行检测或者借助国家认可的第三方实验室检测 |

表 5 (续)

| 名 称 | 试验项目 | 试验条件 | 方 法 | 测量内容 |
|-------|--|--|--|---|
| 沙尘试验 | 尘埃颗粒大小 尘埃浓度 气流 气压 试验时间 | 滑石粉 $<75\mu\text{m}$ 的粗粒子 (600 ± 200) g/ m ² .h 20 m/s 样品内气压与环境气压 相同 8h | 按 GB/T 2423.37 中 规定的 L_c 吹沙尘方法进行, IP5X 要求 | 试验后天线驻波隔离 满足指标要求; 建议厂家自行检测或 者借助国家认可的第 三方实验室检测 |
| 防雷试验 | 电流波形 差模 共模 | 8/20us 3kA 5kA | GB/T 3482 | 主要针对 RCU 和 AISG, Bias Tee 等 试验后被测部件未被 击穿和烧坏 |
| 大功率试验 | 700/800/900MHz 1800/1900MHz 2300~2600MHz 试验时间 | 非电调 500W/电调 350W 非电调 350W/电调 300W 非电调 300W/电调 250W 30min | 平均功率 | 试验后天线能正常工 作, 基本参数满足使 用要求 |

表 6 环境可靠性试验方法 (室分天线)

| 名 称 | 试验项目 | 试验条件 | 方 法 | 测量内容 |
|--------------|--|--|----------------------------|------------------|
| 低 温 试 验 | 温度 试验样品温度稳定时间 持续试验时间 恢复时间 温度变化速率 | $-30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 1 h 2 h 1 h 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ | 按 GB/T2423.1 中 规定的方法进行 | 驻波比 隔离度 互调 |
| 高 温 试 验 | 温度 试验样品温度稳定时间 持续试验时间 恢复时间 温度变化速率 | $+45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 1 h 2 h 1 h 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ | 按 GB/T2423.2 中 规定的方法进行 | |
| 高低温循环试验 | 低温限定 高温限定 温变速率 持续时间 循环次数 | -30°C $+50^{\circ}\text{C}$ 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 高低温平衡点均持续 3h 5 次 | 按 GB/T2423.22 中 规定方法进行 | |
| 交变湿热 | 高温 低温 湿度 温度变化率 持续时间 循环次数 | $+50^{\circ}\text{C}$ $+25^{\circ}\text{C}$ 95 \pm 3% $\geq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 12h+12h 5 次 | 按 GB/T 2423.3 中 规定的方法进行 | |
| 恒定湿 热 试 验 | 温度 相对湿度 试验时间 恢复时间 | $+40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 90%~95% 24 h 1 h | 按 GB/T 2423.3 中 规定的方法进行 | |

表 6 (续)

| 名 称 | | 试验项目 | 试验条件 | 方 法 | 测量内容 |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|---|
| 汽车 运输 试验 | 公路 运输 试验 | 公路等级 路程 | 三级 200 km | 包装好的产品或对运输敏感的电器部件,按标志“向上”或任意位置放置,汽车装有 1/3 的额定载重负荷,以 20km/h~40km/h 的速度行驶 | 驻波比 隔离度 互调 (根据试验条件,公路运输和运输包装随机振动试验可以二选一) |
| | 运输 包装 随机 振动 试验 | 频率 功率谱密度 斜率 试验时间 | 5 Hz~20 Hz、 20 Hz~200Hz 1m ² /s ³ -3dB X 或 Y 轴向 每轴向 30min | GB/T2423.56 (参照 IEC 60068-2-64 和 ETSI EN300-019-2-2) | |
| 包装跌落 试验 | | 跌落高度 跌落次数 | 高度参见室外天线要求 6 个面各 1 次 | 参照 GB/T 2423.8 中规定的方法进行 | 检查外包装, 内部减震填充物 天线产品外观 内部结构 电路参数 |
| 接头拉伸力试验 (N 型头) | | 下端面受拉力长期可靠性 | 将天线按照正常使用状态安装到抱杆上,保证安装牢固可靠,详细见 7.8 | 在天线垂直于方向上的 N 型接头加 6kg 重物时间: 3h | 驻波比 隔离度 互调 |

7.2 低温试验

7.2.1 测试条件

满足表 5 和表 6 中相关要求。

7.2.2 测试步骤

步骤1) 初始检验: 试验前在常温条件下对被测天线进行性能测试。

步骤2) 在常温下, 将被测天线放入试验箱内。对于外置 RCU 电调天线, 将 RCU 连接到天线上, 将控制线一端连接到 RCU 上, 并通过穿线孔将控制线另外一端引出到试验箱外。对于内置 RCU 电调天线, 将控制线一端连接到天线上, 同样通过穿线孔将控制线另外一端引出到试验箱外。通过 CCU 对被测电调天线样机进行 RCU 联机性能测试, 并将天线波束指向调整到一个特定的角度上。确认状态正确后关闭试验箱门。

步骤3) 设置试验箱目标温度为-40℃, 按不大于 1℃/min 的温度变化率来降温, 使试验箱内温度达到-40℃并保持 2h。

步骤4) 对被测电调天线, 开启CCU电源, 确认正常启动后进行RCU联机性能测试,确认状态正确后将天线波束指向调整到步骤2) 中的特定角度上。

步骤5) 设置试验箱目标温度为 25℃, 按不大于 1℃/min 的温度变化率来升温, 试验箱达到 25℃后才可打开试验箱门。

步骤6) 对被测电调天线, 确认天线波束指向的特定角度正确后, 再次开启CCU电源, 进行RCU联

机性能测试和特定角度调整,确认状态正确后,将天线移至电路参数测试场地进行电路参数复测。

7.2.3 测试过程温度要求

测试过程中温度变化示意图 7。

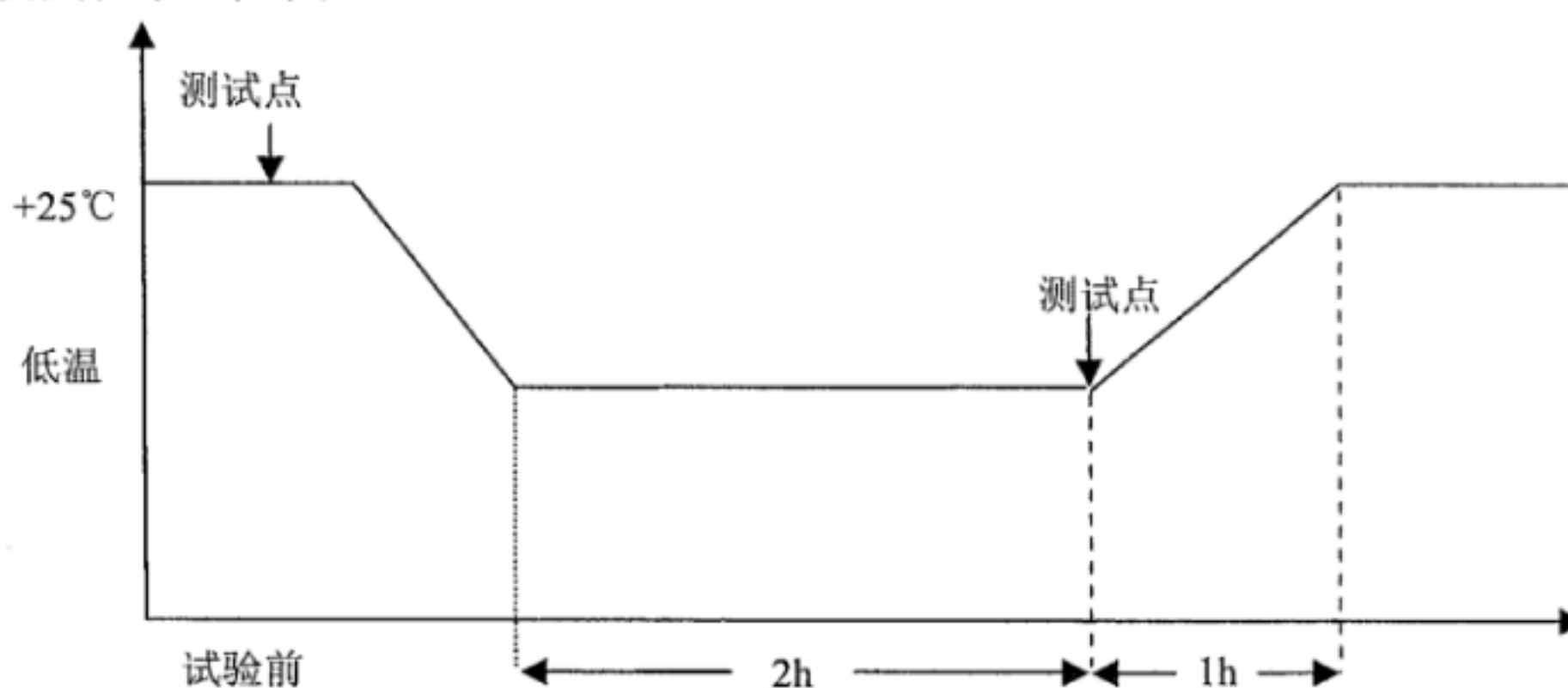


图 7 低温工作试验过程示意

7.3 高温试验

7.3.1 测试条件

测试条件满足表 5 和表 6 中相关要求。

7.3.2 测试步骤

步骤1) 初始检验: 试验前在常温条件下对被测天线进行性能测试。

步骤2) 在常温下, 将被测天线放入试验箱内。对于外置 RCU 电调天线, 将 RCU 连接到天线上, 将控制线一端连接到 RCU 上, 并通过穿线孔将控制线另外一端引出到试验箱外。对于内置 RCU 电调天线, 将控制线一端连接到天线上, 同样通过穿线孔将控制线另外一端引出到试验箱外。通过 CCU 对被测电调天线样机进行 RCU 联机性能测试, 并将天线波束指向调整到一个特定的角度上。确认状态正确后关闭试验箱门。

步骤3) 设置试验箱目标温度为 60°C, 按不大于 1°C/min 的温度变化率来升温, 使试验箱内温度达到 60°C 并保持 2h。

步骤4) 对被测电调天线, 开启 CCU 电源, 确认正常启动后进行 RCU 联机性能测试, 确认状态正确后将天线波束指向调整到步骤2) 中的特定角度上。

步骤5) 设置试验箱目标温度为 25°C, 按不大于 1°C/min 的温度变化率来降温, 试验箱达到 25°C 后才可打开试验箱门。

步骤6) 对被测电调天线, 确认天线波束指向的特定角度正确后, 再次开启 CCU 电源, 进行 RCU 联机性能测试和特定角度调整, 确认状态正确后, 将天线移至电路参数测试场地进行电路参数复测。

7.3.3 测试过程温度要求

测试过程中温度变化示意图 8。

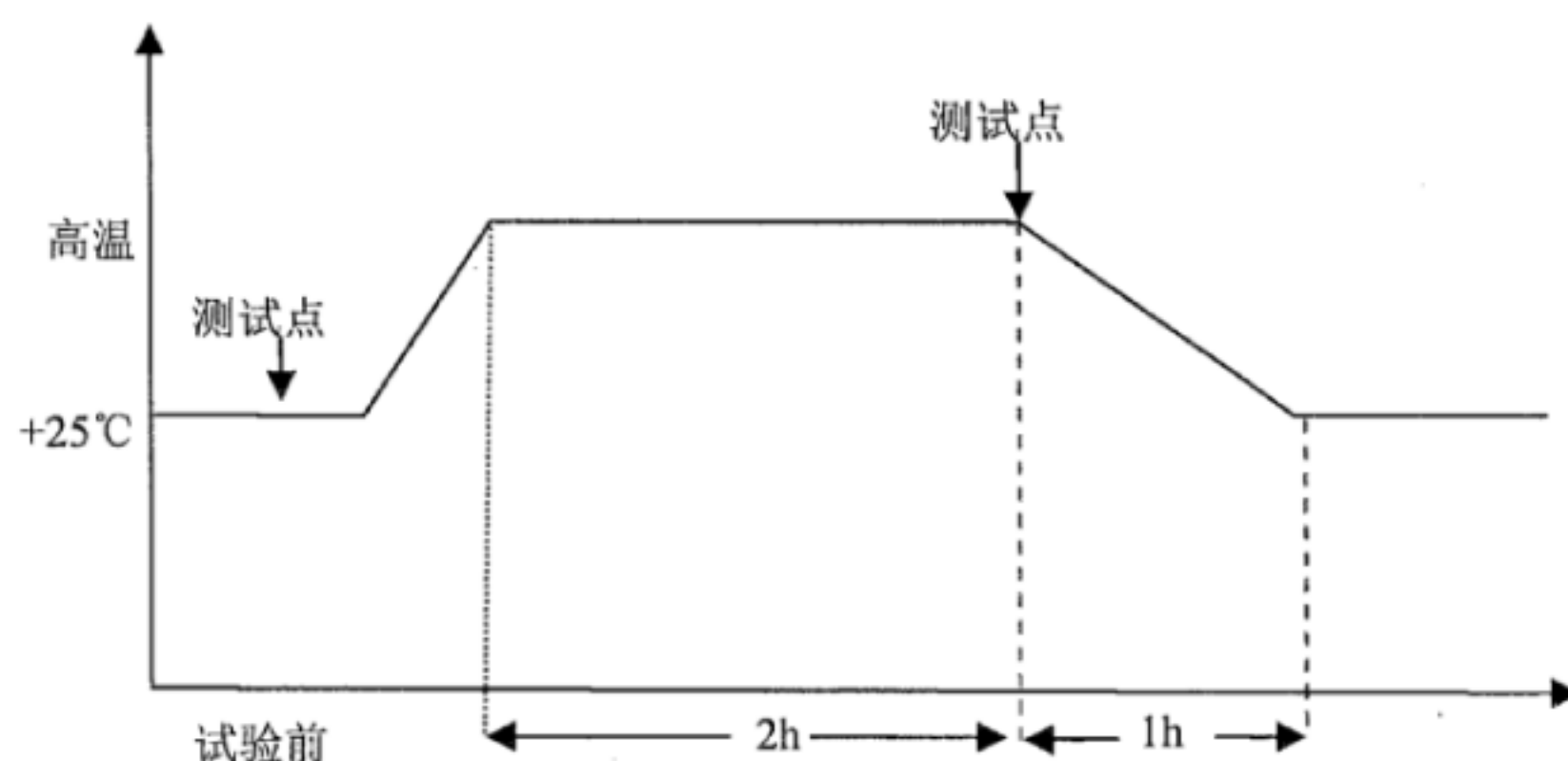


图8 高温工作试验过程示意

7.4 高低温循环试验

7.4.1 测试条件

测试条件满足表5和表6中相关要求。

7.4.2 测试步骤

步骤1) 初始检验: 试验前在常温条件下对被测天线进行性能测试。

步骤2) 将处于常温的天线放入试验箱内, 将试验箱的温度保持在 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, 使天线达到温度稳定, 然后按照图9所示在12h内改变温度, 12h为一个循环, 共进行5个循环。

步骤3) 恢复: 把试验天线从试验箱取出, 在常温条件下保持1h并用抹布去除试验天线表面的潮气。

步骤4) 最后检验: 恢复阶段结束后应立即进行性能检测。

7.4.3 测试过程温度要求

温度变化设置曲线见图9, 通常从试验开始到A点稳定大约1h, A点的温度为 $+25^{\circ}\text{C}$, T_a 为低温温度平衡点, T_b 为高温平衡点, t_1 为每个平衡温度点保持时间, 约3h; 根据试验箱温变速率设定升降温时间, 如果升温 and 降温时间缩短可将 t_1 平衡温度点保持时间加长; 总共5个循环。

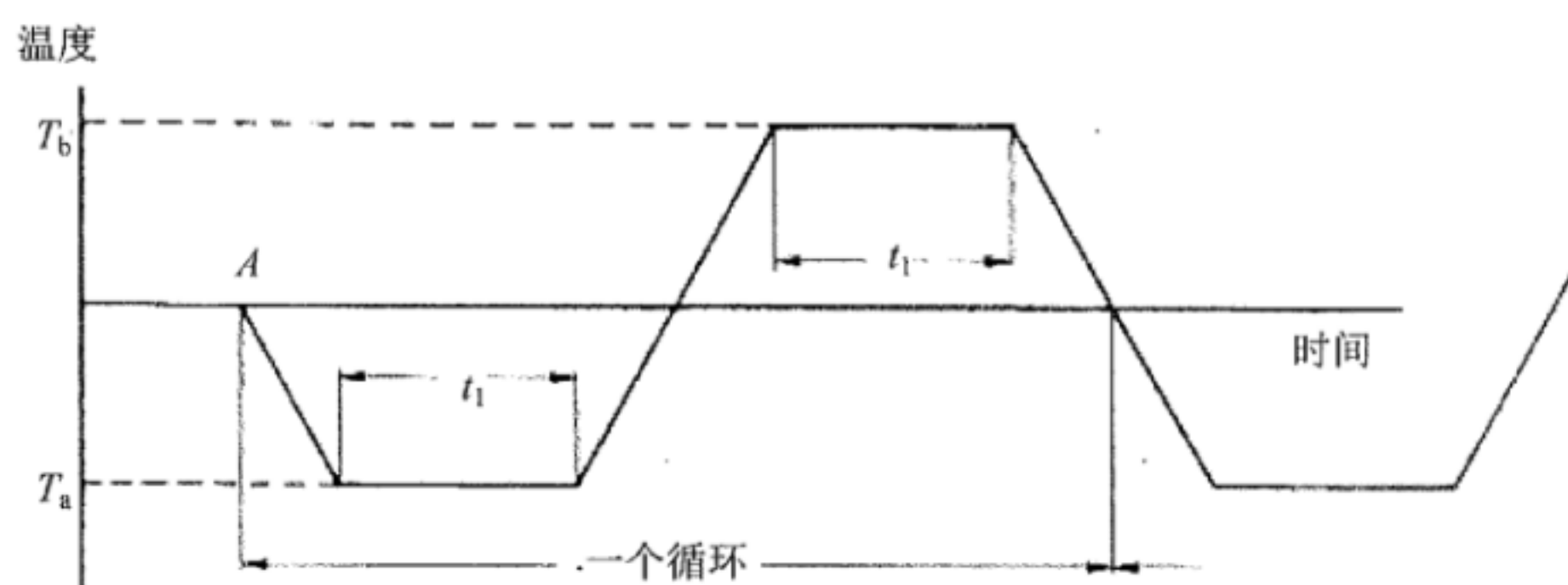


图9 高低温循环试验过程示意

7.5 恒定湿热试验

7.5.1 测试条件

测试条件满足表5和表6中相关要求。

7.5.2 测试步骤

步骤1) 初始检验: 试验前在常温条件下对被测天线进行性能测试。

步骤2) 将处于常温的天线放入试验箱内, 将试验箱的温度保持在 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, 相对湿度保持在45%~75%, 使天线达到温度稳定, 在1h内, 将湿度升高到不小于95%, 最高温度 40°C , 然后保持24h。

步骤3) 恢复: 降温到25℃左右, 烘干到湿度小于75%。把试验天线从试验箱取出, 在常温条件下保持1h, 用抹布去除试验天线表面的潮气。

步骤4) 最后检验: 确认天线状态正确后, 将天线移至电路参数测试场地进行电路参数复测。

7.5.3 测试过程温湿度要求

测试过程中温湿度变化示意图 10。

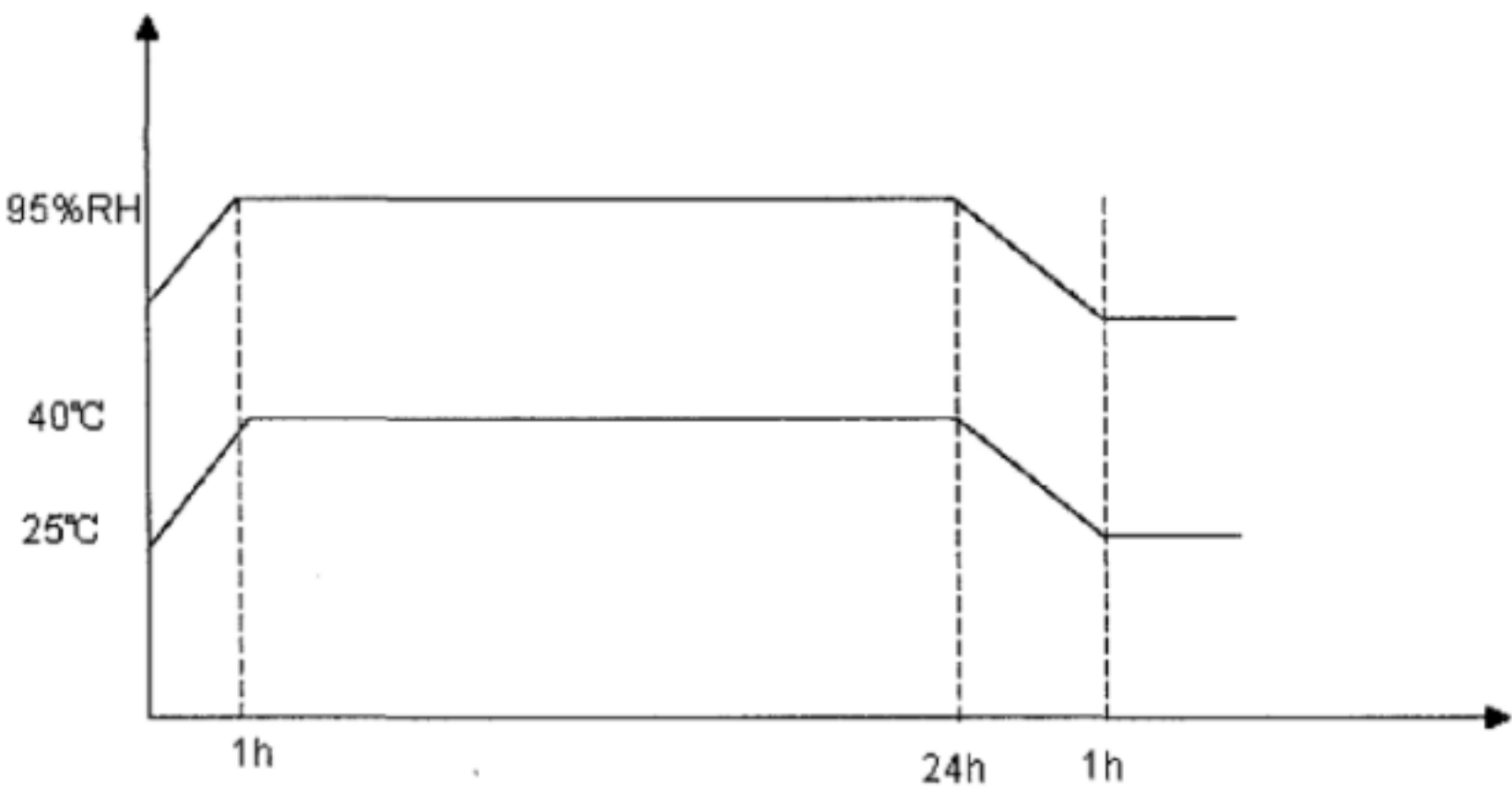


图 10 恒定湿热试验过程示意

7.6 交变湿热试验

7.6.1 测试条件

测试条件满足表5和表6中相关要求。

7.6.2 测试步骤

步骤1) 初始检验: 试验前在常温条件下对被测天线进行性能测试。

步骤2) 将处于常温的天线放入试验箱内, 将试验箱的温度保持在 $25\pm3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度保持在45%~75%, 使天线达到温度稳定, 在1h内, 将湿度升高到不小于95%, 然后按照下图所示在24h内改变温度, 为一个循环。

步骤3) 恢复: 把试验天线从试验箱取出, 在常温条件下保持1h用抹布去除试验天线表面的潮气。

步骤4) 最后检验: 恢复阶段结束后应立即进行性能检测。

7.6.3 测试过程温湿度要求

测试过程中温湿度变化示意图 11。

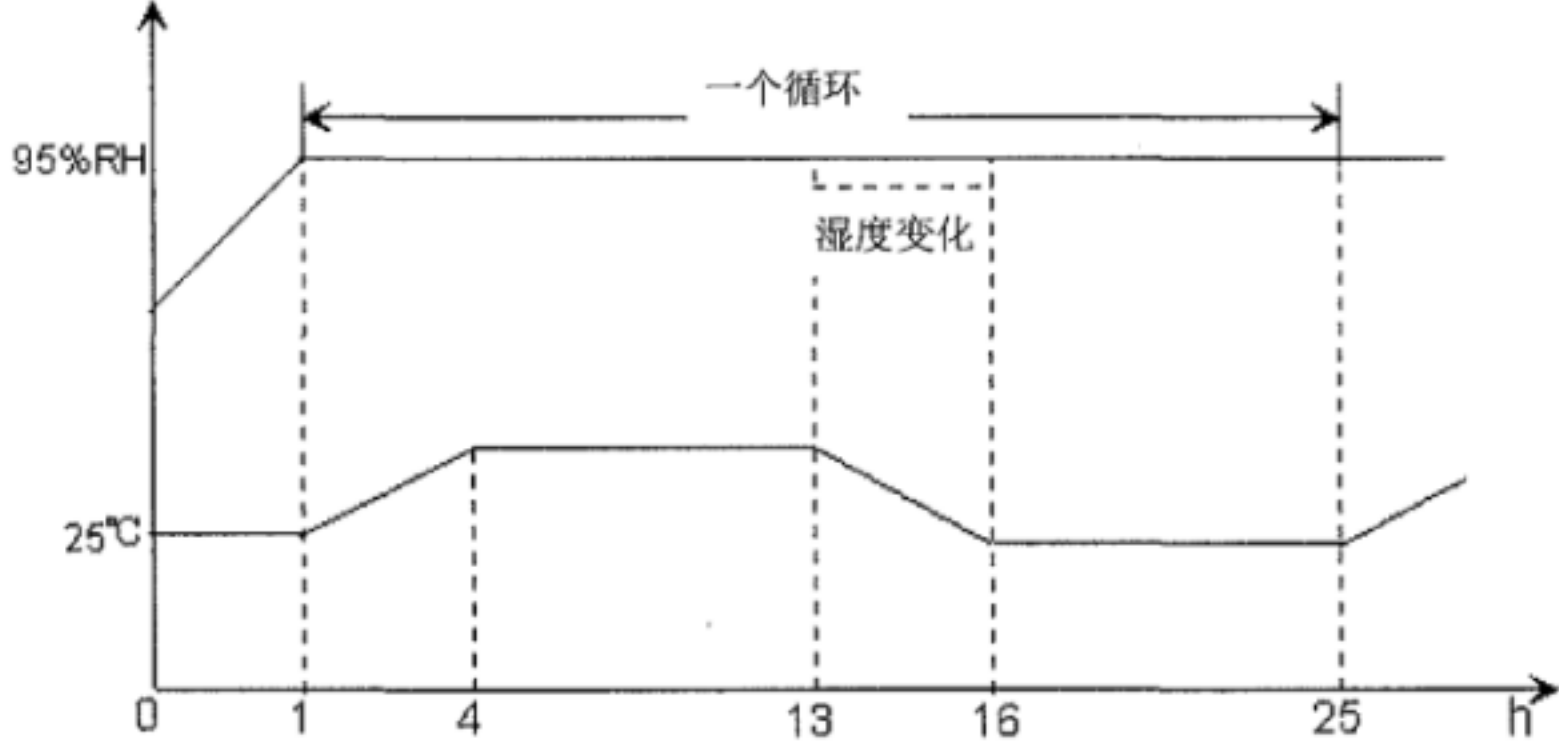


图 11 交变湿热试验过程示意

7.7 跌落

7.7.1 要求

此项试验要求各厂家在产品出厂前自检。

7.7.2 自由跌落试验

7.2.2.1 试验方法

对包装好的天线进行跌落试验，跌落试验的高度根据试验天线的重量而定，见表 7，以试验面为测量基准，水平抬升至所要求的高度，然后自由释放，每面各跌一次。若产品大于 5kg 且指定放置位置，则按照指定的姿态在相应的跌落高度跌落 2 次。

表 7 自由跌落高度

| 天线重量 (kg) | 自由跌落高度(mm) |
|-----------|------------|
| ≤10 | 1000 |
| ≤20 | 800 |
| ≤30 | 600 |
| ≤40 | 500 |
| ≤50 | 400 |
| ≤100 | 300 |
| ≥100 | 100 |

7.2.2.2 检查内容

试验完毕，记录外包装表面状况，然后打开外包装，检查天线产品外观、内部结构及内包装材料的状况，确认是否存在损坏情况；检查天线电路性能（驻波比、隔离度、互调）是否满足指标要求。

7.8 接头拉力试验

7.8.1 主要影响

天线与下端盖相连的结构件变形，驻波、互调以及传动组件的性能指标衰减。

7.8.2 测试步骤

步骤1) 初始检验：试验前对被测天线进行外观检查，在常温条件下对被测天线进行测试，项目包括：隔离度、驻波比，互调，传动组件的传动力矩；

步骤2) 按照天线安装说明书将天线按照正常使用状态安装到抱杆上，应保证安装牢固可靠；

步骤3) 选取若干合适长度的1/2跳线拧紧到天线各端口，并把包装好的重物悬挂在跳线上。每个DIN型接头悬挂重物重量8kg，每个N型接头悬挂重物重量6kg；

步骤4) 至少悬挂天线3h后观察天线下端部分的结构是否发生变化，测试电气指标并记录；

步骤5) 最后检验：重复初始检验的全部测试项目。

7.8.3 结果判定

如果所有指标合格，各测试项目无异常，则判定合格；如果发生问题（包括但不限于DIN头脱离，安装支架断裂，电气指标变差成不合格或力矩大小变化超出要求），则判定不合格。

7.8.4 注意事项

对于使用其它类型连接器的天线，需要根据接头类型电缆组件的特性进行该试验。

7.9 风载试验

7.9.1 主要影响

机械强度减低、紧固部位松脱、天线结构损坏，RET天线的传动力矩变大。

7.9.2 测试步骤

步骤1) 初始检验：试验前，在常温条件下对被测天线进行外观检查及电气性能测试，测试内容包括：隔离度、驻波比；

步骤2) 将天线按照正常使用状态（包括上仰、垂直、下倾）安装于固定台，应保证安装牢固可靠；

步骤3) 按照下述条件对板状定向天线各受风面（包含正面，背面，两个侧面中的任意一面）进行试验：工作风速为150km/hr，极限风速为200km/hr（生存风速，可不工作，但不能损坏）实施风洞风载模拟试验；常用风载静压力转换方法压力分布参考DIN 1055-4、EN1991-1-4或DIN 4131，EIA/TIA-222-C 风载计算公式；

步骤4) 全向天线、圆柱面体外罩天线承载力为以上计算净载荷F的0.61倍（根据风洞相关分析等效值）；测试时间：4h；

步骤5) 最后检验：重复初始检验的全部测试项目。

7.9.3 结果判定

应力恢复后，天线外观无严重变形、破损；安装支架无明显变形；驻波、隔离及互调指标满足规格书要求。

7.10 紫外线老化试验

7.10.1 主要影响

主要针对天线罩等复合材料，认证其材质的抗老化性能。

7.10.2 测试步骤

步骤1) 样品制备：紫外线老化试验样品制备切片，样品尺寸参照 GB/T 1040.2-2006/ISO 527-2:1993 中1A或1B型哑铃尺寸制样，厚度遵照天线罩本体厚度，原则上不超过3mm；圆筒状天线罩需天线罩厂家根据哑铃型特殊制样。制样后确保哑铃形状样品截面光滑均匀。通常推荐制备样品数量不少于6片，测试5片，预留1片结果对照。

步骤2) 老化测试：将被测样品5片按照紫外线老化试验装置固定于测试板上，然后将被测表面对准紫外灯方向，按照表4紫外线老化参数设置，开始试验。240h、500h、720h、1000h、1500h、2000h取出检验色差和表面材质变化；最少试验需720h，推荐1000h（约等效华东地区城市环境户外5年），2000h（约等效华东地区城市环境户外10年）。

步骤3) 拉伸试验：老化试验结束后，5片被测样品和1片预留样品进行拉伸试验（常规拉伸试验设备），慢速匀速拉伸，推荐速度10mm/min，记录试验结果。检查和对比老化样品和预留样品拉力结果。

步骤4) 数据处理：整理和对比老化样品和预留样品拉力试验结果以及老化色差变化。

7.10.3 结果判定

7.10.3.1 常规材料判定标准

接受标准：平均抗拉强度变化量 ΔR_m 在20%以内；色差无明显目视变红，变深褐色，被测表面无明显裂纹等属于可接受范围。

7.10.3.2 玻璃钢材料判定标准

针对玻璃钢天线罩，由于哑铃形状制样困难和拉伸段侧面切割粗糙导致拉伸结果重复性较差，建议方法为制样75mm×150mm小样品，厚度与天线罩一致，进行紫外线老化试验，试验后观察色差变化，表

面填充物裂痕脱水等现象，然后在拉伸试验机进行抗压试验，将样品较长两端垫高，然后拉伸试验机压头接触被测表面，然后设定下压行程，推荐速度10mm/min，对比其抗压力大小等作为结果判定。

7.10.4 备注

对于紫外线老化试验也可采用氙灯老化试验箱进行,参照IEC 60950-22或ISO 4892-2进行相关参数设定和试验。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1040.2-2006 塑料 拉伸性能的测定 第2部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件
 - [2] ISO 527-2:1993 Plastics; determination of tensile properties; part 2: test conditions for moulding and extrusion plastics
 - [3] ISO 4892-2 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 2: Xenon-arc sources
 - [4] ETSI EN 300 019-2-2 Environmental Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 2-2: Specification of environmental tests; Transportation
 - [5] IEC 60068-2-64 Environmental testing; part 2: test methods; test Fh: vibration, broad-band random (digital control) and guidance
 - [6] IEC 60950-22 Information technology equipment - Safety - Part 22: Equipment to be installed outdoors
-

中华人民共和国
通信行业标准
移动通信系统无源天线测量方法
YD/T 2868-2015

*

人民邮电出版社出版发行
北京市丰台区成寿寺路11号邮电出版大厦
邮政编码：100164
北京康利胶印厂印刷
版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16 2016年1月第1版
印张：1.75 2016年1月北京第1次印刷
字数：45千字

15115·778

定价：20元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492