

JJF(电子)

中华人民共和国信息产业部电子计量校准规范

JJF(电子) 30805—2007

电波暗室

Anechoic chamber

2007-04-16 发布

2007-05-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

电波暗室校准规范

Calibration Specifications of
Anechoic chamber



本规范经中华人民共和国信息产业部2007年04月16日批准,并自2007年05月01日起施行。

归口单位:信息产业部电子计量管理办公室

主要起草单位:信息产业部电子第五研究所
(信息产业部电子601计量站)

本规范技术条文委托起草单位负责解释。

本规范主要起草人:

赵 敏 (信息产业部电子第五研究所)

王 勇 (信息产业部电子第五研究所)

李胜海 (信息产业部电子第五研究所)

参加起草人:

余 帆 (信息产业部电子第五研究所)

张 成 (信息产业部电子第五研究所)

目 录

| | |
|----------------------|-----|
| 1 范围..... | (1) |
| 2 引用文献..... | (1) |
| 3 概述..... | (1) |
| 4 计量性能要求..... | (1) |
| 5 校准条件..... | (1) |
| 6 校准项目和校准方法..... | (2) |
| 7 校准结果..... | (7) |
| 8 复校时间间隔..... | (7) |
| 附录 A 校准记录内页参考格式..... | (8) |

电波暗室校准规范

1 范围

本规范主要适用于电磁兼容实验中 3m 法电波暗室的校准。5m 及 10m 法暗室可以参照本规范进行校准。

2 引用文献

GB 9254-1998 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB/T 17626.3-1998 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 6113.1-1995 无线电干扰和抗扰度测量设备规范

注：使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

电波暗室 (Anechoic chamber)，是为模拟开阔试验场而建造的，是电磁兼容试验中用到的主要的试验场地。电波暗室分半电波暗室和全电波暗室，全电波暗室是六个面均贴有吸波材料的暗室，半电波暗室是除了地面外的其他五个面贴有吸波材料的暗室。

4 计量性能要求

4.1 屏蔽效果(FE)

频率 30MHz~18GHz，屏蔽效果 $\geq 100\text{dB}$ 。

4.2 归一化场地衰减(NSA)

频率 30MHz~18GHz，测得值与标准值之差小于 $\pm 4\text{dB}$ 。

4.3 场地均匀性(FU)

在规定的 16 点测试平面内，剔除 4 个点，剩余 12 个点中最大和最小的差值小于 6dB。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度： $(23\pm 5)^\circ\text{C}$

5.1.2 相对湿度： $(65\pm 15)\%$

5.1.3 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械震动。

5.2 对标准设备的要求

5.2.1 频谱分析仪 (内置跟踪源)

频率范围: 30MHz~18GHz;

跟踪源输出功率: $\geq 0\text{dBm}$;

参考电平准确度: $\pm 0.3\text{dB}$ 。

5.2.2 电场探头

频率范围: (30~1000)MHz;

场强测量范围: (1~30) V/m, 测量不确定度: 0.5dB。

5.2.3 信号发生器

频率范围: (30~1000) MHz;

输出功率: $\geq 0\text{dBm}$ 。

5.2.4 微波信号发生器

频率范围: (1~18) GHz;

输出功率: $\geq 0\text{dBm}$ 。

5.2.5 宽带天线

频率范围: 30 MHz~18GHz, 可以由几种天线组合而成, 如双锥天线、对数周期天线、喇叭天线等;

天线系数经过严格校准。

5.2.6 功率放大器

频率范围: 30 MHz~18GHz;

功率: 能在规定的均匀域产生 3V/m~10V/m 的场强。

5.2.7 前置放大器

频率范围: 30 MHz~18GHz;

放大倍数: $> 20\text{dB}$ 。

6 校准项目和校准方法

6.1 外观及结构检查

6.1.1 被校电波暗室结构应完好无损, 吸波材料粘贴完好。

6.1.2 被校电波暗室各部分的控制器 (天线升降、转台转动、监视系统) 能够正常工

作。

6.2 屏蔽效果的校准

屏蔽效果的校准方法按照国标《GB/T 12190-1990 高性能屏蔽室屏蔽性能的测试》。暗室在屏蔽壳体建造完成后, 尚未添加吸波材料之前应先进行屏蔽效果的校准。

6.3 归一化场地衰减的校准

6.3.1 (30~1000)MHz 归一化场地衰减校准

归一化场地衰减校准的场地布置图(图 1)

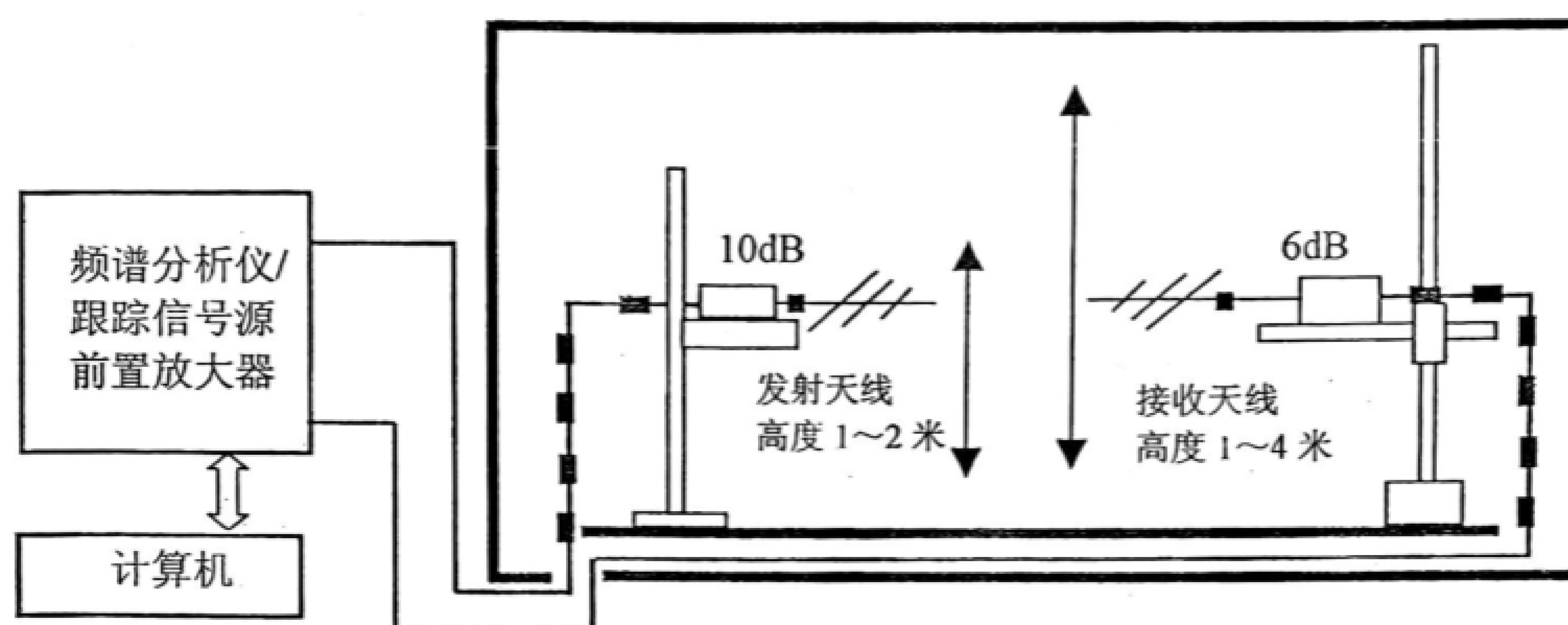


图 1 (30~1000)MHz 归一化场地衰减校准系统组成

6.3.1.1 在电波暗室中, 在旋转台周围确定一个 1.5 米×1.5 米的“测试空间”, 将发射天线首先放置在“测试空间”的中间, 接收与发射天线首先置于水平极化方式, 高度定为 1 米。接收与发射天线均为对数周期天线。

6.3.1.2 按图 1 连接仪器。将频谱分析仪的跟踪信号源输出经过 10dB 衰减器连接到发射天线, 接收天线接收到的信号经过 6dB 衰减器连接到前置放大器的输入端, 前置放大器的输出端输入到频谱分析仪的输入端。

6.3.1.3 频谱分析仪的扫频步长的设置: (30~200)MHz 时为 1MHz, (200~1000)MHz 时为 5MHz。调整信号发生器的输出电平, 使其高于周围和频谱分析仪的噪声电平至少 20dB, 并得到一个适宜的接收电压指示。频谱分析仪频率的扫描速度应远大于天线升降速度。

6.3.1.4 利用天线控制台使接收天线在(1~4)米的范围内升降, 利用频谱分析仪的最大值保持模式(Max Hold)记录接收信号的最大值 U_s 。

6.3.1.5 断开与各自天线相连的发射和接收电缆,用转接器直接将两根电缆(包括衰减器)连接起来,记录连接后频谱仪的电平值 U_{dir} 。

6.3.1.6 归一化场地衰减(NSA)的测量值 A_N 可按下式计算:

$$A_N = U_{dir} - U_s - AF_T - AF_R \quad (1)$$

式中: U_{dir} —两根电缆(包括衰减器)直接相连时频谱仪的读数;

U_s —两根电缆(包括衰减器)分别接发射天线和接收天线时频谱仪的读数;

AF_T —发射天线的天线系数;

AF_R —接收天线的天线系数。

6.3.1.7 测得的 A_N 与理论值相减,其差值应不超过 $\pm 4\text{dB}$ 。理论值在 GB9254-1998 或 GB/T 6113.1-1995 中已给出。

6.3.1.8 要分别在“测试空间”的中间和前、后、左、右(距中心 0.75 米)五个不同位置,并分别进行垂直、水平极化方向及发射天线在两种不同高度(垂直极化时 1 米和 1.5 米,水平极化时 1 米和 2 米)进行校准,共 20 种组合。

6.3.2 (1~18) GHz 归一化场地衰减校准

6.3.2.1 场地布置图如图 2

在 (1~18) GHz 频段,测试场地应该尽量满足无反射条件,例如全电波暗室或者是地面使用吸波材料的半电波暗室。对于 3 米的测试距离,吸波材料的最小区域是 1.3 米 \times 1.3 米,将它们放置在发射天线的前面 0.4 米 m 处。

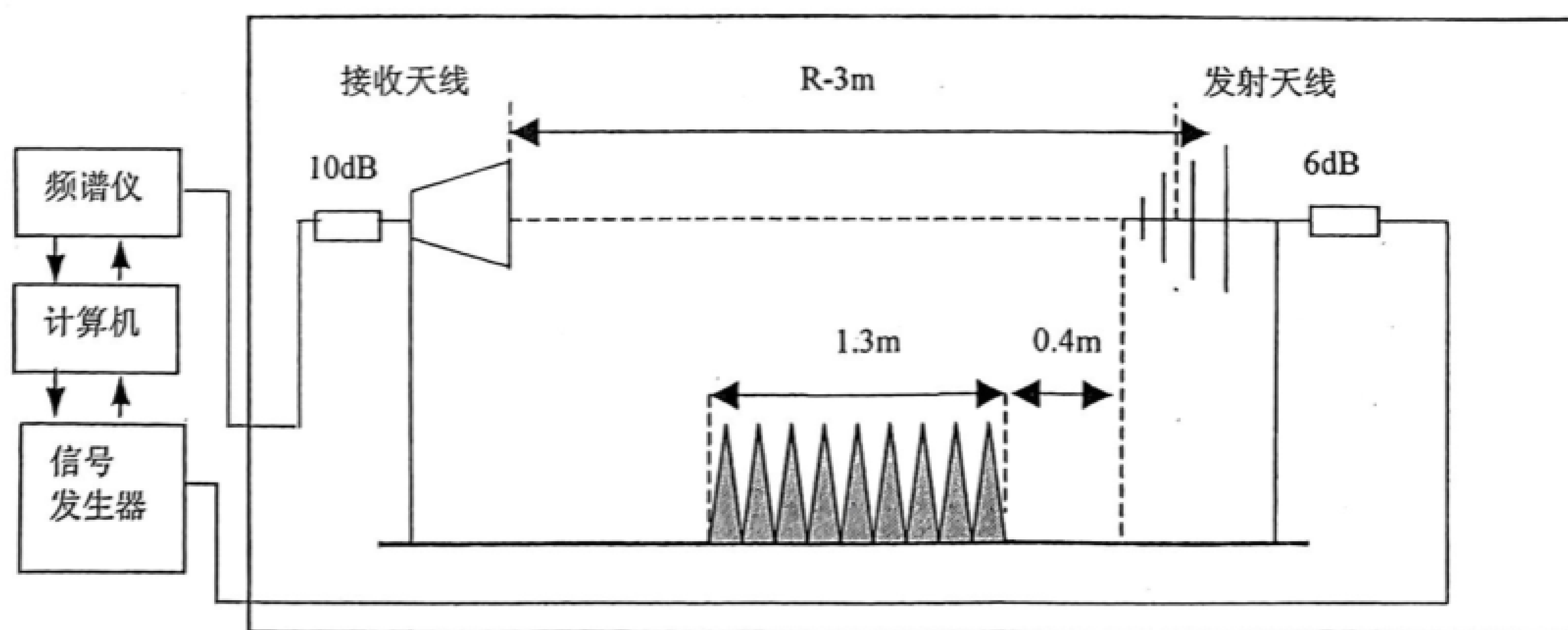


图 2 (1~18)GHz * 归一化场地衰减校准系统组成

6.3.2.2 计算归一化场地衰减理论值 (A_N)

(1~18) GHz 之间的归一化场地衰减理论值可以用下面的公式计算。

$$A_N(\text{dB})=20\log(R)-20\log(f)+32 \quad (2)$$

式中: R —在接地平板上发射和接收天线的投影之间的水平间隔距离(用 m 表示);

f —频率(用 MHz 表示);

A_N —归一化场地衰减(用 dB 表示)。

在(1~18) GHz 频段,在接收天线处没有连续的高度扫描,发射和接收天线始终处于相同的高度 h 。为了尽可能接近 EUT 测量条件,发射天线应该是一个低指向性的线形极化天线,例如对数周期或者偶极子天线。如果天线的 3dB 波束宽度大于 40° ,该天线被认为具有低指向性。

6.3.2.3 按图 2 连接好仪器。

6.3.2.4 调整信号发生器的输出使接收到的电压显示超过环境噪声和频谱分析仪噪声电平至少 20dB。

6.3.2.5 记录每个频率点的接收电压值,该值是公式(1)中的 U_s 。建议频率步长为 250MHz。

6.3.2.6 从天线处断开发射和接收电缆,用一个直通适配器直接连接这两根电缆(包括衰减器),记录每个频率点的实际电平值 U_{dir} 。

6.3.2.7 通过公式(1)可以计算出对应每个频率点的场地衰减 A_N 。

6.3.2.8 理论值减去第 6.3.2.5 步测得的实测值,结果应在 $\pm 4\text{dB}$ 之内。

6.3.2.9 要分别在“测试空间”的中间和前、后、左、右(距中心 0.75 米)五个不同位置,并分别进行垂直、水平极化方向及天线在两种不同高度(垂直极化时 1 米和 1.5 米,水平极化时 1 米和 2 米)进行校准。

6.3.2.10 注意事项

假如 NSA 测量结果的偏差超出 $\pm 4\text{dB}$,那么首先应检查下述环节:

- 1) 测量方法;
- 2) 天线系数的准确度,排除天线的影响;
- 3) 电缆和使用的连接器;
- 4) 所用仪器的准确度。
- 5) 1GHz 以上如校准失败,应当适当的增加地面吸波材料的面积。增加的顺序首先沿着两个天线之间的轴线,然后与它垂直。当测试距离在 2 米以内时,地面可能

不需使用吸波材料。

6.4 场均匀性的校准

场均匀性校准的场地布置图 (图 3)

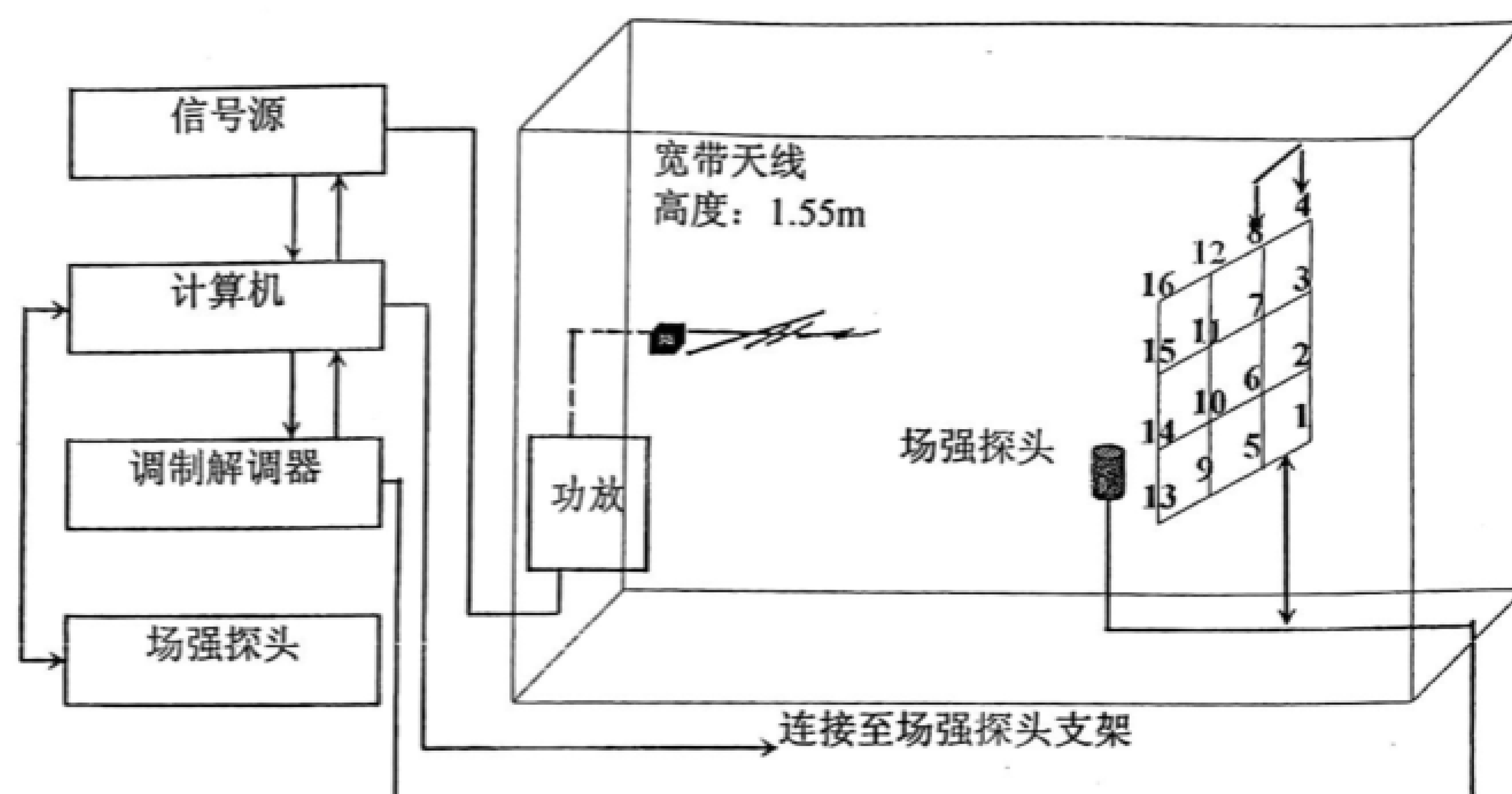


图 3 场均匀性校准系统组成

6.4.1 在“测试空间”建立一个“均匀域”平面，测试架就放置在这个平面。平面内均匀划分为 16 个点，每个点之间的距离是 0.5 米，最低点离地面的高度为 0.8 米 (如图 4)。发射天线高度定为 1.55 米。

6.4.2 信号发生器输出频率从 (80~1000) MHz，建议步长为 1%。经过功率放大器放大的信号通过发射天线在这个测试平面产生规定的场强 (3~10) V/m，用各向同性的场强探头分别测量每个点的场强，取数值最接近的 12 个值，剔除另外 4 个。12 个值中，最大和最小的差值小于 6dB，就认为测试平面是均匀的。

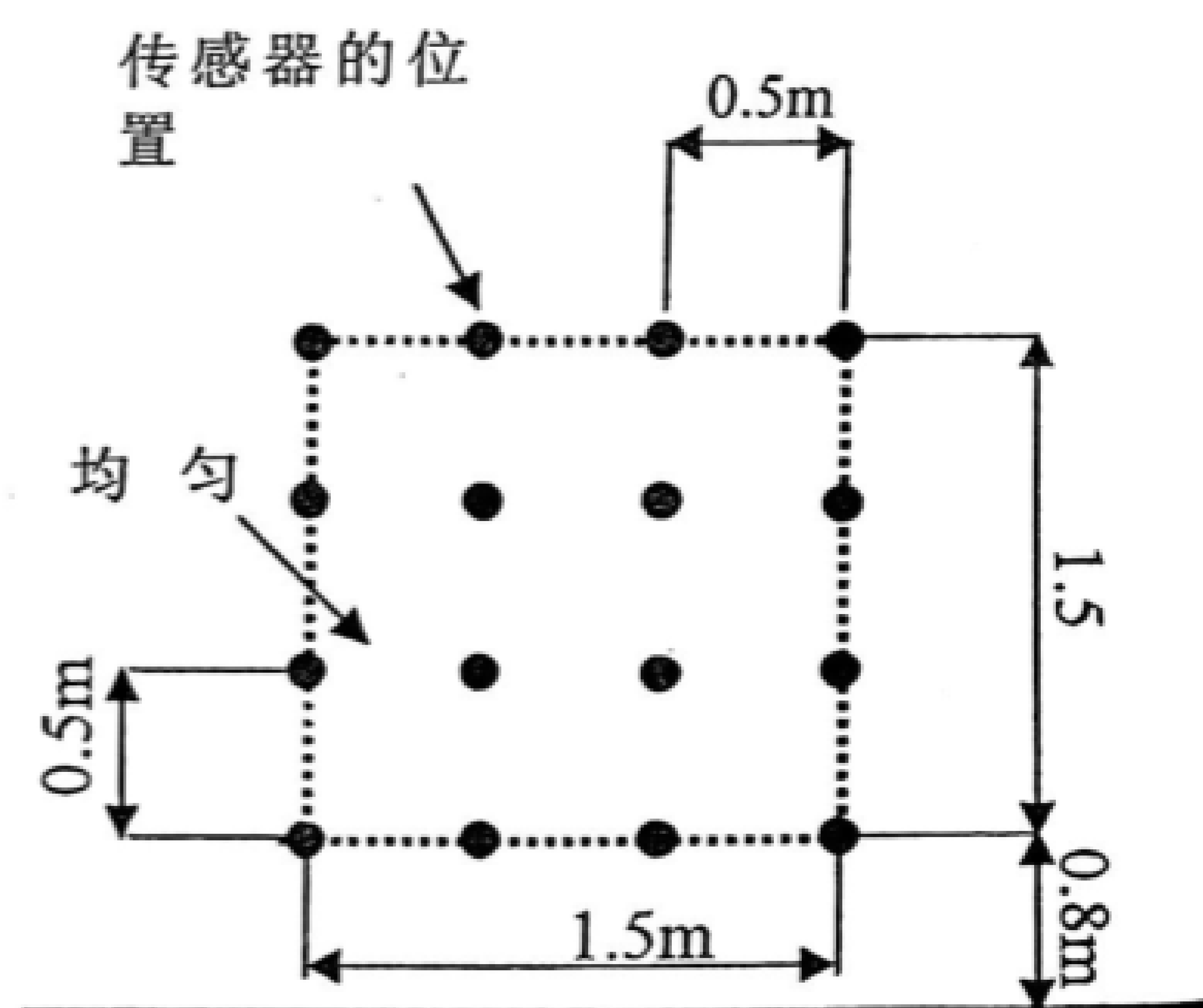


图 4 场校准均匀域尺寸

6.4.3 分别在发射天线水平极化和垂直极化两种极化方式进行校准。

6.4.4 由于在场均匀性校准中取点要求很密集 (最大 10% 步长)，测试数据量很大，所以需要计算机进行自动校准并计算结果。可以利用计算机将校准结果绘制成曲线，非常直观和容易作出判断。

6.4.5 (1~18) GHz 场均匀性的校准可以参照 (80~1000) MHz 场均匀性的校准方法。

7 校准结果

经校准后的电波暗室应出具校准证书。证书应包含足够信息,如委托单位、被校准暗室名称、型号、编号、校准日期、校准地点、校准实验室名称、校准结果及其测量不确定度等。如委托单位要求,可给出符合性的结论。

8 复校时间间隔

用户根据使用情况自行决定,建议复校时间间隔两年。

附录 A

校准记录内页参考格式

名 称_____

型 号_____

编 号_____

校准日期_____

温 度_____

湿 度_____

1. 外观及结构检查 _____
2. 归一化场地衰减(频率：30MHz~1000MHz, 水平极化, 天线高度 1 米)

| 频率 | 位置 | 理论值 | 天线系 数 | 电缆 直通 | 原始数据 | | | | | 归一化场地衰减（计算） | | | | |
|-------|--------|-------|----------|------------------|----------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|
| | | | | | 中 | 前 | 后 | 右 | 左 | 中 | 前 | 后 | 右 | 左 |
| Freq | P/TxHt | Theor | AF | V _{dir} | RAWC | RAWF | RAWB | RAWR | RAWL | NSAC | NSAF | NSAB | NSAR | NSAL |
| (MHz) | | (dB) | (dB) | | (dB μ V) | | | | | (dB) | | | | |
| 30 | H1 | 15.8 | | | | | | | | | | | | |
| 35 | H1 | 13.4 | | | | | | | | | | | | |
| 40 | H1 | 11.3 | | | | | | | | | | | | |
| 45 | H1 | 9.4 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | H1 | 7.8 | | | | | | | | | | | | |
| 60 | H1 | 5.0 | | | | | | | | | | | | |
| 70 | H1 | 2.8 | | | | | | | | | | | | |
| 80 | H1 | 0.9 | | | | | | | | | | | | |
| 90 | H1 | -0.7 | | | | | | | | | | | | |
| 100 | H1 | -2.0 | | | | | | | | | | | | |
| 120 | H1 | -4.2 | | | | | | | | | | | | |
| 140 | H1 | -6.0 | | | | | | | | | | | | |
| 160 | H1 | -7.4 | | | | | | | | | | | | |
| 180 | H1 | -8.6 | | | | | | | | | | | | |
| 200 | H1 | -9.6 | | | | | | | | | | | | |
| 250 | H1 | -11.9 | | | | | | | | | | | | |
| 300 | H1 | -12.8 | | | | | | | | | | | | |
| 400 | H1 | -14.8 | | | | | | | | | | | | |
| 500 | H1 | -17.3 | | | | | | | | | | | | |
| 600 | H1 | -19.1 | | | | | | | | | | | | |
| 700 | H1 | -20.6 | | | | | | | | | | | | |
| 800 | H1 | -21.3 | | | | | | | | | | | | |
| 900 | H1 | -22.5 | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | H1 | -23.5 | | | | | | | | | | | | |

归一化场地衰减(频率：30MHz~1000MHz, 垂直极化, 天线高度 1 米)

| 频率 | 位置 | 理论值 | 天线 系数 | 电缆直 通 | 原始数据 | | | | | 归一化场地衰减（计算） | | | | |
|-------|--------|-------|----------|------------------|---------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|
| | | | | | 中 | 前 | 后 | 右 | 左 | 中 | 前 | 后 | 右 | 左 |
| Freq | P/TxHt | Theor | AF | V _{dir} | RAWC | RAWF | RAWB | RAWR | RAWL | NSAC | NSAF | NSAB | NSAR | NSAL |
| (MHz) | | (dB) | (dB) | | (dB μV) | | | | | (dB) | | | | |
| 30 | V1 | 8.2 | | | | | | | | | | | | |
| 35 | V1 | 6.9 | | | | | | | | | | | | |
| 40 | V1 | 5.8 | | | | | | | | | | | | |
| 45 | V1 | 4.9 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | V1 | 4.0 | | | | | | | | | | | | |
| 60 | V1 | 2.6 | | | | | | | | | | | | |
| 70 | V1 | 1.5 | | | | | | | | | | | | |
| 80 | V1 | 0.6 | | | | | | | | | | | | |
| 90 | V1 | -0.1 | | | | | | | | | | | | |
| 100 | V1 | -0.7 | | | | | | | | | | | | |
| 120 | V1 | -1.5 | | | | | | | | | | | | |
| 140 | V1 | -1.8 | | | | | | | | | | | | |
| 160 | V1 | -1.7 | | | | | | | | | | | | |
| 180 | V1 | -1.3 | | | | | | | | | | | | |
| 200 | V1 | -3.6 | | | | | | | | | | | | |
| 250 | V1 | -7.7 | | | | | | | | | | | | |
| 300 | V1 | -10.5 | | | | | | | | | | | | |
| 400 | V1 | -14.0 | | | | | | | | | | | | |
| 500 | V1 | -16.4 | | | | | | | | | | | | |
| 600 | V1 | -16.3 | | | | | | | | | | | | |
| 700 | V1 | -18.4 | | | | | | | | | | | | |
| 800 | V1 | -20.0 | | | | | | | | | | | | |
| 900 | V1 | -21.3 | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | V1 | -22.4 | | | | | | | | | | | | |

归一化场地衰减(频率：1GHz~18GHz, 水平极化, 天线高度 1 米)

| 频率 | 位置 | 理论值 | 天线系 数 | 电缆 直通 | 原始数据 | | | | | 归一化场地衰减（计算） | | | | |
|-------|--------|-------|----------|------------------|----------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|
| | | | | | 中 | 前 | 后 | 右 | 左 | 中 | 前 | 后 | 右 | 左 |
| Freq | P/TxHt | Theor | AF | V _{dir} | RAWC | RAWF | RAWB | RAWR | RAWL | NSAC | NSAF | NSAB | NSAR | NSAL |
| (MHz) | | (dB) | (dB) | | (dB μ V) | | | | | (dB) | | | | |
| 1000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1500 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1750 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2500 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2750 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 3250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 4000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 4250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 5000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 5250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 5500 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 5750 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 6000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 6250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 6500 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 6750 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 7000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 7250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 7500 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 7750 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8500 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8750 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 9000 | H1 | | | | | | | | | | | | | |
| 9250 | H1 | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 10000 | HI | | | | | | | | | | | | | |
| 10250 | HI | | | | | | | | | | | | | |
| 10500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17250 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18000 | | | | | | | | | | | | | | |

3. 场地均匀性(以 30MHz~1000MHz 为例，步长 1%，发射天线极化方式：水平)

| 频率 | 场强探头位置 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Freq | TP1 | TP2 | TP3 | TP4 | TP5 | TP6 | TP7 | TP8 | TP9 | TP10 | TP11 | TP12 | TP13 | TP14 | TP15 | TP16 |
| (MHz) | (V/m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 41.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 59.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 68.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 76.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 77.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 81.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 82.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 82.8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 83.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 84.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 86.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 88.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 89.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 91.4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 92.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 93.3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 94.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 96.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 97.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 98.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 99.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |