



移动通信天线检测实验室

评审指南

1 目的和适用范围

1.1 为提高移动通信天线能力及场地认可项目申请、现场评审、认可评定的一致性和有效性，进一步规范该领域检测能力评审，促进 CNAS 认可过程更好地为相关方所理解和接受，CNAS 秘书处制定本文件对移动通信天线检测能力及实验室认可给予指导。

1.2 本文件适用于移动通信天线检测实验室认可现场评审指南。

2 能力认可

2.1 认可对象

2.1.1 认可内容集中在两部分：

- a) 天线参数的目击实验和现场能力评审；
- b) 对场地相关要求的评审。

2.1.2 移动通信天线检测能力主要分为方向图测试、互调测试和驻波比隔离度测试。

2.1.3 移动通信天线相关检测场地的类型包括但不限于：1、远场（包含室外远场和室内远场暗室）；2、近场（包含球面近场、柱面近场和平面近场）；3、紧缩场；4、互调暗室；5、驻波比隔离度暗室；6、混响室；7、甚近场；8、平面波发生器等。

2.1.4 测试参数与场地的对应关系如表1所示。实验室可根据自身检测活动情况按上述类别表述，但不限于上述顺序。

表1 检测参数与测试场地对照表

场地 类型 参数	远场场 地	近场场 地	紧缩场 场地	互调暗 室	驻波比 隔离度 暗室	混响室 场地	甚近场 场地	平面波 发生器 场地
----------------	----------	----------	-----------	----------	------------------	-----------	-----------	------------------

方向图	满足	满足	满足	不满足	不满足	不满足	有条件 满足 ^{注1}	满足
互调	有条件 满足 ^{注2}	有条件 满足 ^{注2}	有条件 满足 ^{注2}	满足	不满足	不满足	不满足	有条件 满足 ^{注1}
驻波比、隔离度	有条件 满足 ^{注3}	有条件 满足 ^{注3}	有条件 满足 ^{注3}	满足	满足	不满足	不满足	有条件 满足 ^{注2}
效率	满足	满足	满足	不满足	不满足	满足	不满足	满足
说明	<p>满足表示对应的场地类型可以进行对应参数的测试。</p> <p>不满足表示对应的场地类型不可以进行对应的参数测试。</p> <p>有条件满足见注。</p>							
注	<p>注1: 该系统仅受理天线增益和波束宽度参数测量能力</p> <p>注2: 需要进行屏蔽度、互调稳定度的测试验证, 满足后可以进行相应的测试。</p> <p>注3: 需要进行屏蔽度、驻波比稳定度的测试验证, 满足后可以进行相应的测试。</p>							

2.2 测试能力的项目/参数

2.2.1 对于移动通信天线, 检测项目参数包括以下类别:

2.2.1.1 方向图类: 方向图泛指以天线相位中心为圆心, 在三维空间或者二维切面上, 角度坐标与相对电场强度的对应关系所生成的图形。通过方向图, 可以经过多种定义的算法, 进行多种参数的计算。通过对方向图数据的计算可以得到的参数包含: 增益、水平面半功率波束宽度、垂直面半功率波束宽度、前后比、交叉极化比、上旁瓣抑制、下零点填充、电下倾角等。

参数的定义如下。

增益: 在输入功率相等的条件下, 实际天线与理想的全向辐射单元在空间同一点处所产生的电磁波的功率密度之比。

水平面半功率波束宽度: 天线主瓣的水平截面上的一个角度, 在这个角度区域内天线的辐射功率大于等于最强辐射方向上功率的二分之一。

垂直面半功率波束宽度: 天线主瓣的垂直截面上的一个角度, 在这个角度区域内天线的辐射功率大于等于最强辐射方向上功率的二分之一。

交叉极化比: 给定方向上主极化分量与正交极化分量功率之比。

电下倾角：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。

上旁瓣：在垂直面方向图中，往天顶角正向方向的旁瓣。

上旁瓣抑制：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。

下零点：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。

下零点填充：主瓣和第一旁瓣之间的最小电平值与主瓣最大电平之差。

2.2.1.2 互调：互调是指两个以上不同频率信号作用于非线性电路时，将互相调制，产生新频率信号输出，如果该频率正好落在接收机工作信道带宽内，则构成对该接收机的干扰，这种干扰为互调干扰。标准中的定义如下：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。移动通信天线的生产设计基于移动通信的频谱划分，特定发射频率的特定次数谐波有可能落在其他接收频段内。互调测试系统通常需要包含以下频段的互调测试模块：GSM 900MHz三阶、DCS 1800MHz三阶、WCDMA 2100MHz三阶、900MHz与F频段二阶等。

2.2.1.3 驻波比：指驻波波峰电压与波谷电压幅度之比，又称为驻波系数、电压驻波比。驻波比等于1时，表示馈线和天线的阻抗完全匹配，此时没有能量的反射损耗；驻波比为无穷大时，表示全反射，能量完全没有辐射出去。移动通信天线通常要求驻波比小于等于1.5。

2.2.1.4 隔离度：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。移动通信天线各端口之间的隔离度通常都大于28dB。

2.2.2 现场检验项目/参数评审

现场实验的评审需要考察下面的要点，以确认实验室能够以符合要求的方式完成测试工作。

1、方向图测试

具备满足标准要求的测量仪表和测量系统，如电波暗室、标准天线、信号发生器、接收机、矢量网络分析仪、机械伺服装置等。除此之外还应当重点关注：

a) 天线转台的承重应满足移动通信基站天线的要求，建议承重不小于

100kg。

- b) 转台精度不大于 0.1 度。数据采集分辨率建议不大于 0.5 度。
- c) 转台抱杆应是非金属，低电介常数的材料，推荐玻璃钢材质。
- d) 天线的定位、架设应可靠、便捷、牢固。架设完成后，可以利用十字光标等标记性手段，直接地观察天线定位的准确性，在测试过程中天线位置应确保不会发生变化。
- e) 标准增益数据应输入至测试系统中。
- f) 具有完备的数据处理软件，能够准确的分析出天线相关指标。

2、互调测试

- a) 互调测试暗室内部，测试区域上方不能有照明、烟感等装置。
- b) 测试线缆建议采用波导管的方式引入暗室内部。以减少转接头的互调产物对测试系统的影响。
- c) 应配备力矩扳手进行互调测试系统电缆安装和拆卸。

3、驻波比隔离度测试

- a) 驻波比隔离度测试设备不得放置在被测天线的主辐射区域（主波束 3dB 瓣宽范围）内，以不对测试结果产生影响。
- b) 测试场应配备经过计量的校准件，定期对测试系统进行校准。

2.3 实验场地设施评审

2.3.1 天线测试场地的类型和对应的技术要求见表2。应根据所申请认可的场地设施类型，建立相应的评审方案。如无特殊说明，对于每一类场地，所有标出黑色实心圆点的项目都应进行审查。

表2 暗室种类与参数要求对照表

项目	屏蔽度	标准天线增益及不确定度	静区尺寸	静区反射电平	水平垂直极化电平差	增益测试误差	增益稳定度	探头幅度均匀性 ^{注4}	探头相位均匀性 ^{注4}	探头交叉极化隔离度	纹波 ^{注2}	场地电压驻波比	场地互调	场均匀性	关键仪表计量要求
远场	● ^{注1}	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●	○	○	○	●
近场	●	● ^{注3}	●	●	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	●
紧缩场	●	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	●
混响室	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
驻波暗室	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	●
互调暗	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●

室																
甚近场 ^{注5}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
备注:	<p>注1, 室外远场测量环境接收电平噪声;</p> <p>注2, 仅适用进行终端产品OTA性能测试的场地;</p> <p>注3, 包括开口波导的增益和不确定度;</p> <p>注4, 适用于多探头系统。</p> <p>注5, 平面甚近场天线测量系统是近年来出现的一种新型快速、紧凑型测量系统, 这种系统不依赖屏蔽室与微波暗室, 目前装备量不多, 如此种系统申请能力认可, 仅受理天线增益和波束宽度参数测量能力。且需要申请实验室提供该测量系统与远场测量的比对技术文件。</p>															

评审项目分为以下多个指标。本章规定了如何审查机构提供的计量/检测报告, 以验证场地和系统的性能要求。

2.3.2 屏蔽度

屏蔽度: 此指标考察暗室对一定频率范围内的电磁波强度屏蔽的能力, 以信号通过屏蔽室相应位置后能量的衰减量来表示, 以dB为单位。检查检验报告, 测试点位应全面覆盖暗室的各个面, 测试频率要求覆盖天线测试能力的所有频段, 相应频点上的最差值应满足该频段内的要求。YD/T 2868-2015中规定的屏蔽度不小于100dB, 在场地设施周边没有明显电磁骚扰源的情况下可以适当降低为不小于90dB。

当考察场地类型为室外天线远场时, 应使用全向天线(若没有全向天线, 则使用定向天线, 按照半功率波束宽度为步进, 多次测试, 以覆盖360度范围)对环境电平噪声强度进行测量。接收到的电平(使用定向天线则在多个接收电平值中选取最大值)与源天线正常工作情况下的接收电平(使用定向天线时选择收发天线极化匹配的电平值)均应当妥善记录, 环境电平噪声与源天线正常工况下接收电平相比, 应当小若干个数量级。

2.3.3 标准天线增益及不确定度

标准天线增益及不确定度: 天线在给定方向上的辐射强度与馈入天线的净功率被沿各个方向均匀辐射所得到的辐射强度之比为天线该方向上的增益。当不指明方向时, 默认为天线最大辐射强度方向, 单位为dBi或者dBd。计量证书中给出的标准天线频段应覆盖暗室的测试频率范围, 给出的标准天线增益值应带入计算公式。提供使用该场地进行天线测量的不确定度评定报告。

2.3.4 静区尺寸

静区尺寸: 指满足规定静区反射电平的空间的尺度, 这个空间主要指被测天

线放置的空间。检查检验报告，静区尺寸应大于被测天线尺寸。

2.3.5 静区反射电平

静区反射电平：指多径反射电平和直射路径电平的比值。检查检验报告，规定区域内的反射电平，反射电平应满足标准的要求。由于静区反射电平是天线方向图参数测量的重要不确定度来源之一，如天线检测实验室就静区反射电平引入的天线方向图参数不确定度分量进行了全面、合理的分析，且该不确定度分量的具体数值得到了客户的书面认可，则评审活动中对静区反射电平的要求可以在标准的基础上适当放宽。客户书面认可的形式包括具有签字盖章的合同、协议、技术确认书，及其评审前三个月内使用工作单位官方邮箱发出、具有签名档的正式电子邮件。

为了方便实验室不确定度的评估工作，本指南附录1给出了“静区反射电平对天线方向图测量不确定度贡献量的评估”作为参考。

紧缩场需要对静区的锥削度和幅度起伏进行考察。其中锥削度应小于0.5dB，幅度起伏满足 $\pm 0.30\text{dB}$ 。在小型紧缩场的条件下，允许放宽至锥削度应小于1dB，幅度起伏满足 $\pm 0.50\text{dB}$ 。

2.3.6 水平垂直极化电平差

水平垂直极化电平差：由于暗室结构、材料方面的原因，水平极化与垂直极化电磁波的传输损耗不同，以dB为单位的差值表述为水平垂直极化电平差。检查检验报告，测试频点应覆盖测量范围，所有频点上的指标应满足标准要求。

2.3.7 增益测试误差

增益测试误差：测试系统在一定时间内对标准天线的增益的测量准确度，它定量的描述测试系统的测试准确性。检查检验报告，测试频点应该覆盖暗室的检测频率范围，系统测试增益与标准增益的误差应当满足标准中的要求。

2.3.8 增益测试稳定度

增益测试稳定度：测试系统在一定时间内对标准天线的增益重复测量的结果，它定量的描述测试系统的可重复性。检查检验报告，测试频点应该覆盖暗室的检测频率范围，系统多次测试增益的可重复性应当满足标准中的要求。

2.3.9 探头幅度均匀性

探头幅度均匀性：多探头测试系统的探头对相同的输入信号的幅度响应的一

致性，它定量的描述测试系统的探头之间的差异性。检查检验报告，被考察的所有探头，其幅度值的总体波动应满足标准中的要求。

2.3.10 探头相位均匀性

探头相位均匀性：多探头测试系统的探头对相同的输入信号的相位响应的一致性，它定量的描述测试系统的探头之间的差异性。检查检验报告，被考察的所有探头，其相位值的总体波动应满足标准中的要求。

2.3.11 探头交叉极化隔离度

探头交叉极化隔离度：多探头测试系统的探头，给定方向上主极化分量与正交极化分量功率之比。检查检验报告，所有考察的探头，其交叉极化比指标均应满足标准要求。

2.3.12 纹波

纹波用于验证场地静区性能，衡量全电波天线暗室的反射引起的性能变化，其结果可以描述包括定位器和支撑结构在内的整个测试系统特性，其结果经分析后计入整个测试系统总的不确定度。检查检验报告，检测报告中提供的纹波的测量值应覆盖所有检测频段，且测量值代入了系统不确定度的评定公式中。

2.3.13 场地电压驻波比

场地电压驻波比：场地电压驻波比的稳定性，它描述在场地内不同位置多次测量被测物的电压驻波比的波动性。检查检验报告，其所有方向上的测量值波动情况，应满足标准中的要求。

2.3.14 场地互调

场地互调：场地互调的稳定性，它描述在场地内不同位置多次测量被测物的互调的波动性。检查检验报告，其所有方向上的测量值波动情况，应满足标准中的要求。

2.3.15 场均匀性

该指标仅适用于混响室，混响室目前仅推荐做天线效率测试。混响室的场均匀性用特定采样次数下，工作区域内场强测量的标准差表示。检查计量证书或检验报告，在工作区域，场的均匀性应满足指标要求。

2.3.16 关键仪表计量和场地检验要求

测试系统的关键仪表，如信号发生器，接收机，网络分析仪等设备，要求由

有资质的计量机构定期进行计量。其计量证书内容需要满足测试系统标称的测量频率范围。其中仪表的计量周期建议不超过1年，场地设施的检验周期建议不超过3年。

2.4 检测标准

2.4.1 对于同一个项目/参数，可依据多个检测标准，标准顺序应按照国家标准、行业标准、国际标准和国外标准、非标准方法的顺序表述。

2.4.2 检测依据应按标准/方法名称、标准/方法编号及年代号的顺序表述。

2.4.3 每项检测项目/参数依据的标准/方法中均应包含对应的检测方法标准。限量标准和判定标准原则上不能作为单独的能力认可，可与相关的检测标准合并表述。

2.4.4 如检测对象超出检测标准/方法规定的适用范围，应按照实验室自制方法或非标准方法进行表述，或在限制范围栏中对检测标准/方法的使用范围和对象进行限定。

2.5 限制范围和说明

2.5.1 可用“只测”或“不测”对部分项目/参数以及对检测方法等方面进行限制。

2.5.2 应注明限制的具体项目/参数及检测范围，如需对某些检测标准/方法的部分条款进行限制，应注明被限制条款的条款号及具体名称。

2.5.3 如需对产品标准中的某些条款或指标加以限制，限制范围表述应明确具体参数/项目。

2.5.4 一个检测标准涉及多个具体参数的，具备全部检测能力可不展开；不具备全部参数检测能力的应将其具备检测能力的参数展开表述或在限制范围栏中对不具备的能力参数予以限制。

附录 1

静区反射电平对天线方向图测量不确定度贡献量的评估

静区反射电平是天线方向图参数测量的一个重要不确定度来源，此处旨在以探索其不确定度数学模型和定量关系。

1. 不确定度模型

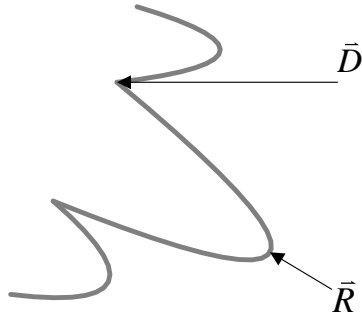


图 1 天线测量中的直射波和反射波

从静区反射电平的定义和测量过程可知，天线远场的静区反射电平是在天线正面增益方向上定义的相对电平值，如图 1 所示， \bar{D} 代表直射波的电场矢量， \bar{R} 代表反射波的电场矢量。在归一化方向图中，最大增益显然是 0dB，假设被测的某个天线参数预期值是 A dB，显然 A 是一个负数，假设静区反射电平是 Q dB。那么此时在天线接收端口形成的反射波和直射波的电压幅度比值是可以称为反射直射比，为：

$$RDR[dB]=Q-A \quad (1)$$

将其转换为幅度量纲有：

$$M_{RDR} = 10^{\frac{RDR[dB]}{20}} \quad (2)$$

由于反射波的存在，实际的接收信号和理想情况相比，是存在误差的，假设理想情况下的接收信号电压矢量是 1，那么存在反射波情况下接收信号的电压矢量是：

$$V_r(\varphi) = 1 + M_{RDR} \exp(j\varphi) \quad (3)$$

(3) 式的几何意义如复平面上的矢量图图 2 所示。

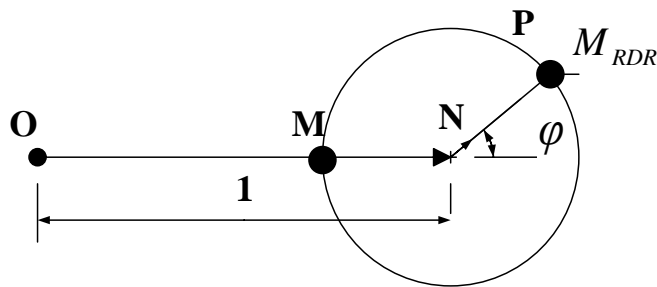


图 2 存在反射波情况下接收信号的电压矢量

则显然实际测量功率的误差是：

$$E_r(\varphi) = 20 \lg |1 + M_{RDR} \exp(j\varphi)| \quad (4)$$

反射波的电压相位 φ 是一个随机量，可以认为其在 $0 \sim 360^\circ$ 范围内均匀分布，则通过数值计算得到两例误差的概率密度曲线，如图 3、图 4 所示。

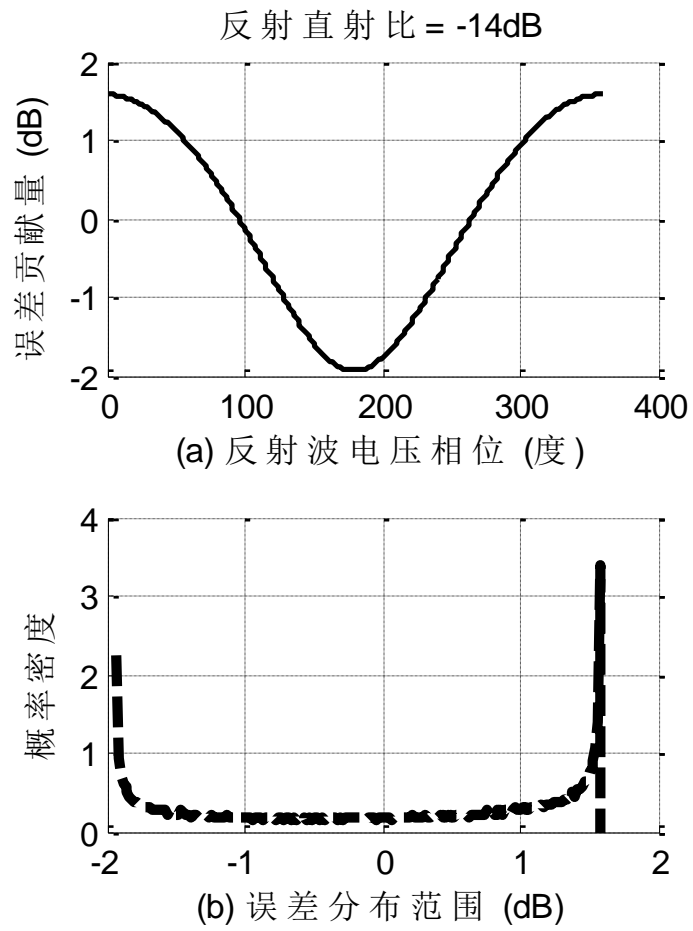


图3 误差贡献量及其概率密度曲线（反射直射比=-14dB）

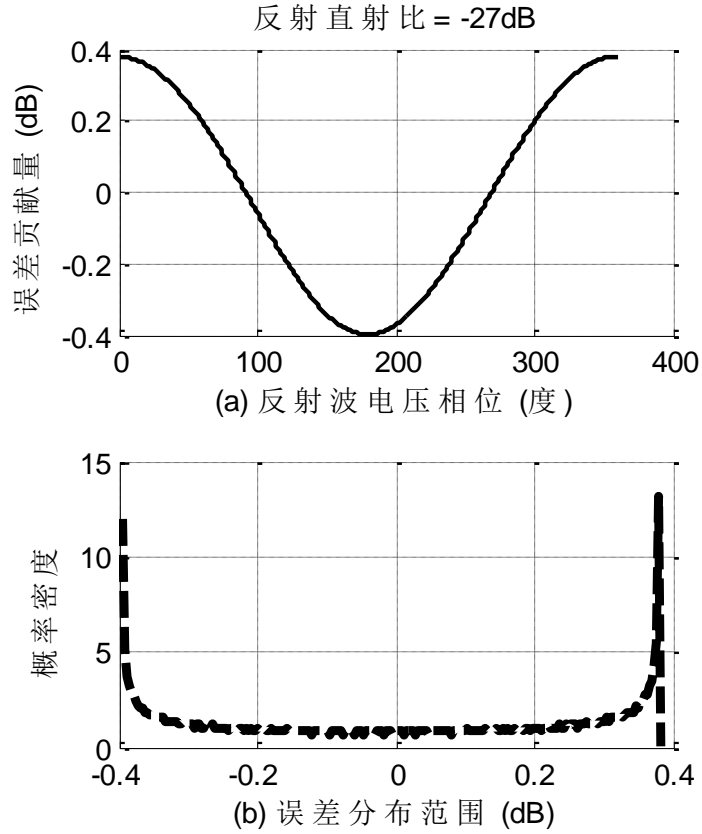


图4 误差贡献量及其概率密度曲线（反射直射比=-27dB）

显然，这种误差贡献量的概率分布曲线不是以 y 为轴对称的，由图 2 可知，其误差的最大值和最小值分别是：

$$E_{r-\max} = 20\lg|1 + M_{RDR}| \quad (5)$$

$$E_{r-\min} = 20\lg|1 - M_{RDR}| \quad (6)$$

显然：

$$E_{r-\max} \neq -E_{r-\min} \quad (7)$$

图 4 的曲线就是 (7) 式的例证，不过数学上可以证明，在反射直射比 RDR 较小的情况下有：

$$E_{r-\max} \approx -E_{r-\min} \quad (8)$$

图 4 的曲线就是 (8) 式的例证，此时其误差的概率分布近似为 U 型分布，可以取扩展因子 $k = \sqrt{2}$ ，熟悉无线电计量的读者可知，该模型类似于阻抗失配造成的接收功率测量误差模型。在实际工程中的很多不确定度计算中可能不一定严格满足 RDR 小于 -20dB 的数学条件，我们可以做如下考虑，分析其绝对值有：

$$|E_{r-\min}| > |E_{r-\max}| \quad (9)$$

则稳妥起见可以取标准不确定度分量为：

$$u_R [\text{dB}] = \frac{|E_{r-\min}|}{k} \quad (10)$$

按照 (10) 式计算不同反射直射比情况下的标准不确定度分量，曲线如图 5 所示。

以 U 形分布

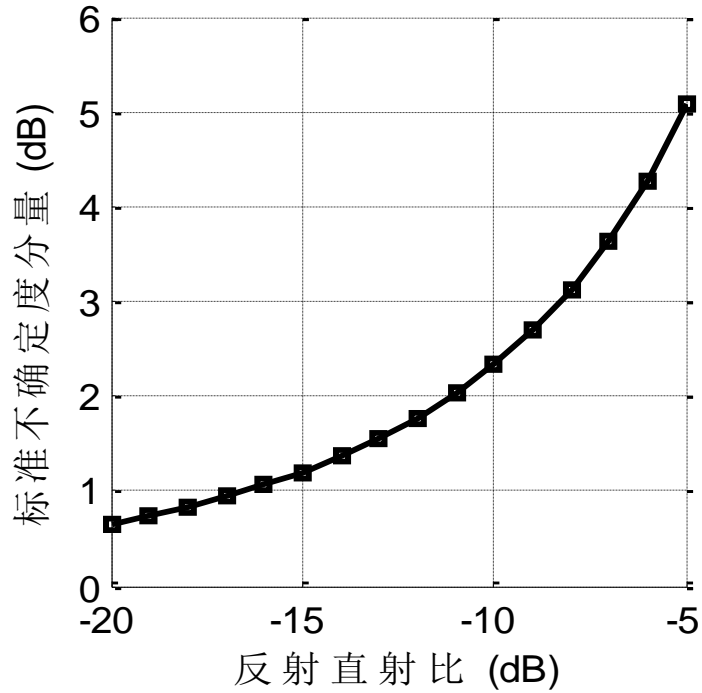


图 5 反射直射比对标准不确定度分量的影响

2. 计算和讨论

按照行业标准中的典型值，前后比取 25dB（对应被测方向图参数预期值-25dB），旁瓣相对电平取-17dB。分别给出两个算例如图 6、图 7 所示。

以 U 形分布，被测方向图参数预期值 -25dB

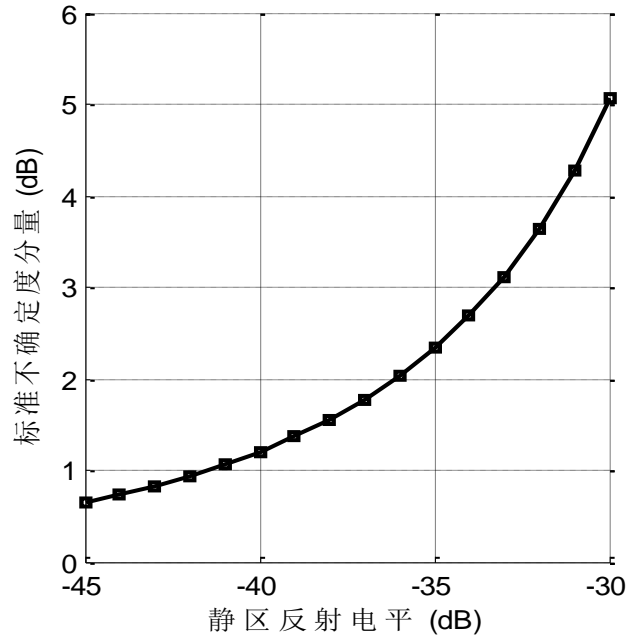


图 6 静区反射电平对标准不确定度分量的影响（被测方向图参数预期值-25dB）

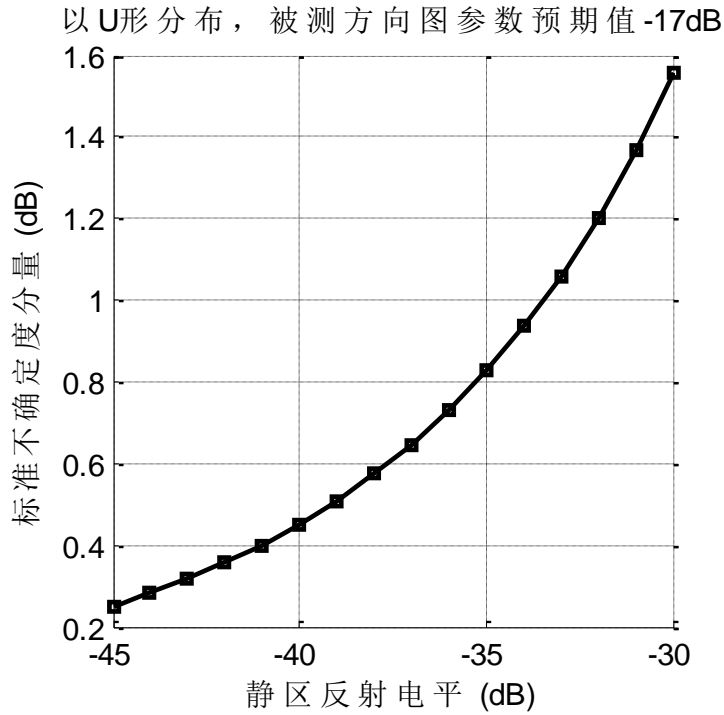


图 7 静区反射电平对标准不确定度分量的影响（被测方向图参数预期值-17dB）

在实际的不确定度工程计算中，可以使用天线方向图的设计值或者直接使用测量值来作为“参数预期值”，一般情况下，这样造成的“不确定度分量的不确定度”在可接受的范围内。

从图 6 和图 7 的计算结果看，被测方向图参数预期值为低电平时，静区反射电平引入的不确定度分量较大。这类指标有前后比，上瓣电平抑制，交叉极化比，零点填充等。静区反射电平越大，对方向图参数的测量误差贡献量就越显著。