

喇叭天线辐射特性测量实验报告

卢泽熙 3220102478

1 实验目的

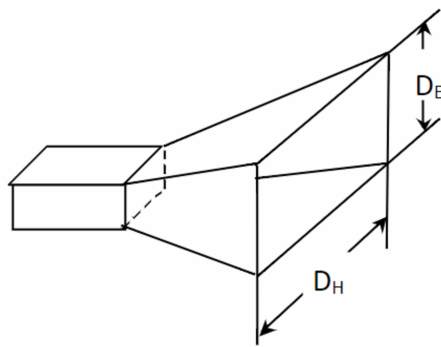
(1) 揭示喇叭天线的辐射特性；

(2) 掌握以下基本概念：

- 天线辐射方向图
- 波束宽度
- 天线的极化特性
- 电磁波在空间传播中与距离的关系

2 实验要求

本实验用 3 公分波段 8-12GHz 喇叭天线测量天线方向性、波束宽度、极化特性等参量；角锥喇叭天线尺寸如下：



尺寸	发射天线	接收天线
D_E	3.7cm	10.5cm
D_H	8.2cm	14.1cm

3 数据记录及分析

3.1 天线驻波比测量

实验中测量了两组数据：测量频率 1-8.5GHz、测量频率 4-8.5GHz。测量结果如下图所示：

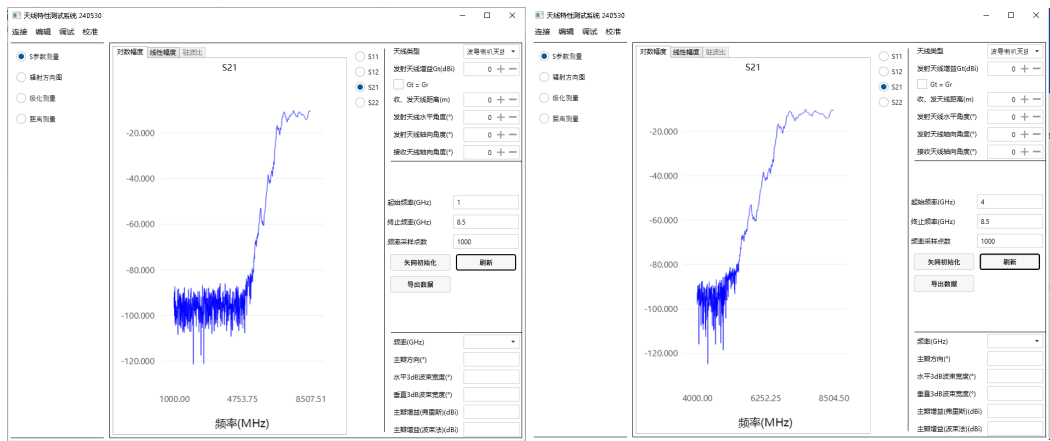


驻波比测量过程中可能存在以下误差：

- 连接器和电缆可能引入额外的损耗，影响测量结果。
- 周围环境中的反射信号可能会干扰测量结果，导致驻波比值不准确。
- 发射天线和接收天线的位置和对准不精确，可能导致测量误差。

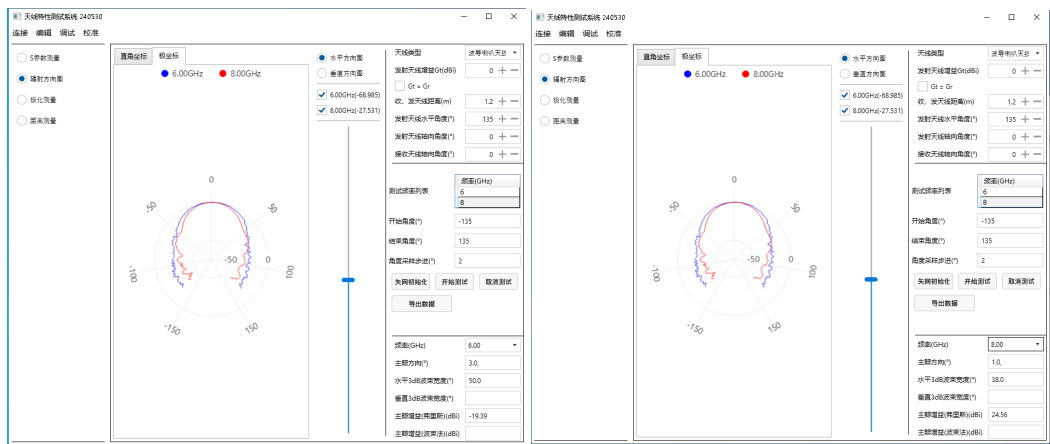
为了提高驻波比测量的准确性，可以选择低损耗、高质量连接器和电缆，减少损耗引入的误差；同时在进行测量时，尽量选择无反射的环境或使用吸波材料减少反射干扰；还可以多次重复测量绘制驻波比曲线，以减少偶然误差的影响。

3.2 扫频测量

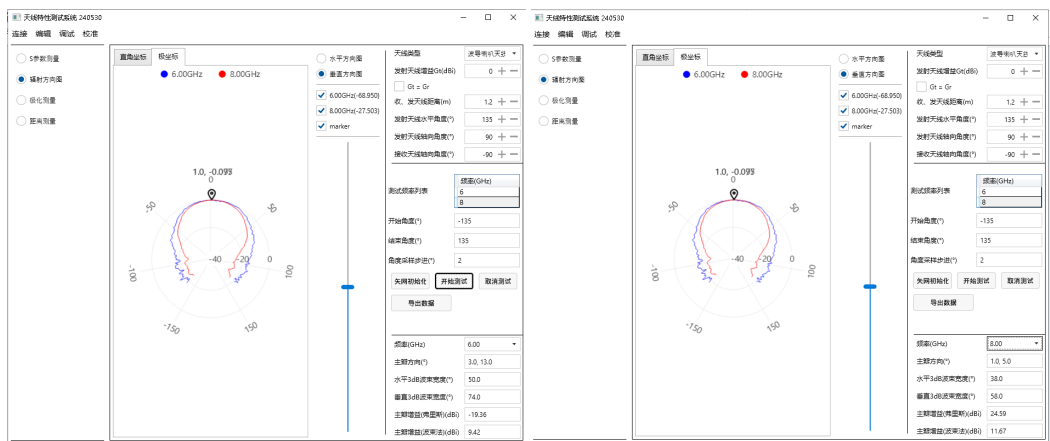


3.3 辐射方向图测量

水平方向图测量结果极坐标如下所示：

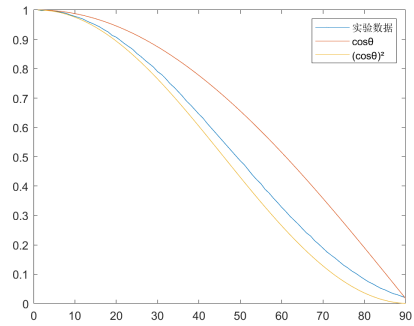
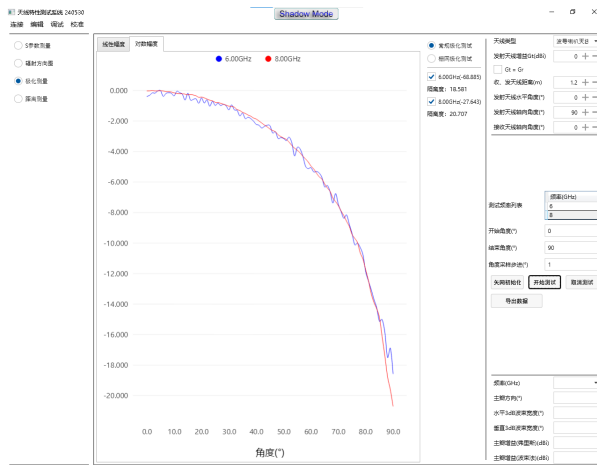


垂直方向图测量结果极坐标如下所示：



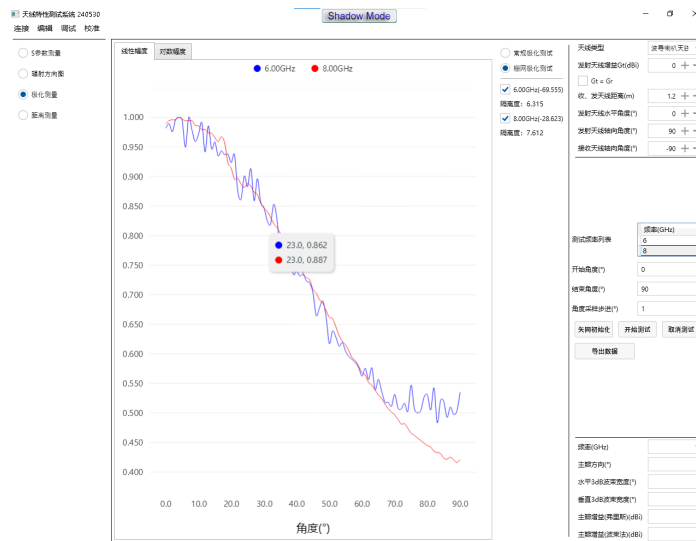
3.4 极化测量

天线极化测量结果如下左图所示：



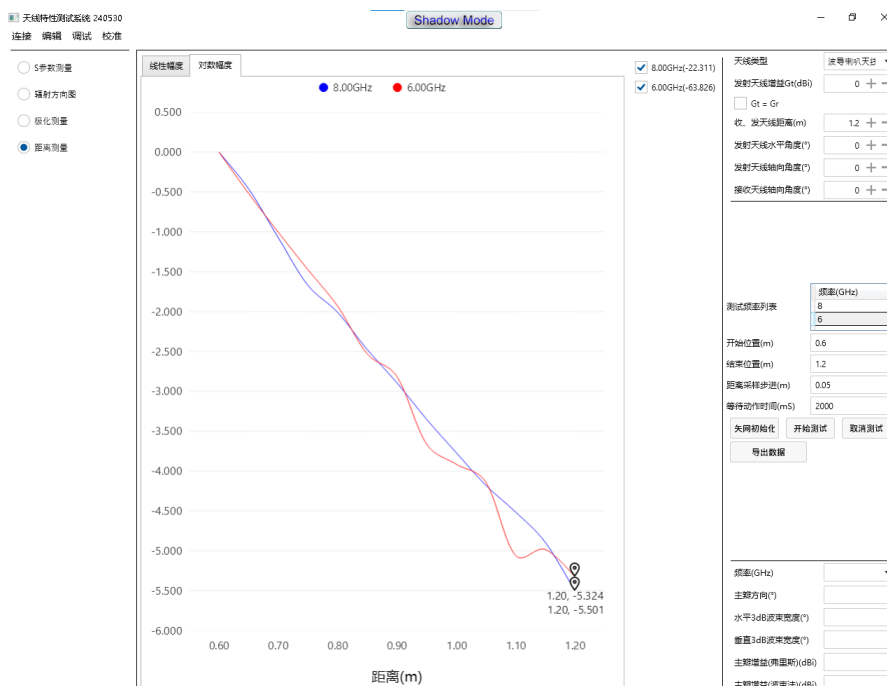
以角度为横坐标，8GHz 频率下测量结果线性幅度为纵坐标做出极化曲线，如上右图所示。极化曲线更符合 $\cos^2 \theta$ 关系。

极化栅网测量结果如下所示：



3.5 电磁波空间传播与距离关系测量

下图为电磁波传播与距离的关系曲线，设定天线工作频率分别为 6GHz 与 8GHz



理论情况下，

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2} (W)$$

图中两曲线大致通过 (0.6, 0) 与 (1.2, -5.4) 两点；坐标取得为对数幅度，因此

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{10^{-5.5/10}}{10^0} = 0.28 \approx \left(\frac{0.6}{1.2}\right)^2$$

所以该曲线接近 $\frac{1}{R^2}$ ，这个结果与理论值符合。

4 思考题

(4) 第二问：极化器的存在会使接收功率下降为原来的 $\frac{1}{2}$

(5) 远场区距离计算如下：

$$l = \frac{2D_E D_H}{\lambda} = \frac{2f D_E D_H}{c}$$

实验中工作频率为 $6-8GHz$ ，取 $f = 8GHz$ ，则 $l = 0.16m$

实验中两天线距离最短为 $0.6m$ ，距离不算特别大，并不能严格满足远场区条件，但可以近似视为远场区。

(6) 天线工作频率按 $8GHz$ 来计算

收发天线理论增益：

$$\text{发射喇叭天线：} G = 0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2} = 13.83$$

$$\text{接收喇叭天线：} G = 0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2} = 67.47$$

收发天线半功率波束宽度：

发射喇叭天线：

$$H\text{面：} 2\theta_{0.5} \approx 1.18 \frac{\lambda}{D_H} = 0.54rad \approx 31^\circ$$

$$E\text{面：} 2\theta_{0.5} \approx 0.89 \frac{\lambda}{D_E} = 0.9rad \approx 52^\circ$$

接收喇叭天线：

$$H\text{面：} 2\theta_{0.5} \approx 1.18 \frac{\lambda}{D_H} = 0.314rad \approx 18^\circ$$

$$E\text{面：} 2\theta_{0.5} \approx 0.89 \frac{\lambda}{D_E} = 0.317 \approx 19^\circ rad$$

根据计算结果可得，喇叭天线口径越大，天线增益越高，半功率波束宽度越小。

(7) 可利用弗里斯公式测量天线增益：

$$G(dB) = 10\lg\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right) - 5\lg\left(\frac{P_t(W)}{P_r(W)}\right)$$

可采用多次测量收发功率取平均的方式减小测量误差。

(8) 该天线在频率大于 $8GHz$ 时驻波比接近于 1， S_{21} 趋向于 $0dB$ ，同时天线增益也较大，因此该天线性能良好。

(9) 发射天线理论水平方向半功率波束宽度约 38° ，垂直方向半功率波束宽度约 58° ，都与实验测量值较为接近。

(10) 理论上在 $\pm 90^\circ$ 处的辐射归一化功率应该为 0，所以实际测到的功率是背景噪声的功率。

(11) 比较波导角锥喇叭天线辐射特性的实验测量结果和 CST 仿真发现，天线特性的定性判断基本一致，主瓣形状大致

相同；但定量测量的值存在较大误差。这是因为实际环境中存在各种干扰，对天线辐射特性的影响较大。

5 建议、收获与体会

通过本次喇叭天线辐射特性测量实验，我不仅深入理解了天线辐射方向图、波束宽度和极化特性等基本概念，还掌握了实际操作矢量网络分析仪和天线测量系统的技能。实验中我使用信号发射端、接收端和天线移动架等器材进行了测量操作，使用 MATLAB 等工具绘制各种图像，实验过程中，从设备连接、数据采集到结果分析，每一步都让我感受到理论与实践相结合的重要性；尤其是在数据分析和极化测量中，通过实际操作验证了理论公式，增强了对电磁波传播规律的认识。同时，实验也培养了我解决问题和团队合作的能力，使我在理论知识和实践技能上都有了显著的提升。