

# 浙江大学



## 电磁场与电磁波实验 实验报告

实验名称 喇叭天线辐射特性测量

实验地点 东四 221

姓 名 陶泓宇

学 号 3200103929

实验日期 2022 年 6 月 1 日

指导老师 王子立

成 绩

# 目录

1 实验目的和要求	1
2 实验原理	1
3 测量结果	2
3.1 电磁波传播与距离的关系曲线 . . . . .	5
3.2 发射喇叭天线极化曲线 . . . . .	6
4 分析与计算	6
4.1 问题回答 . . . . .	6
4.2 对发射天线计算远区场距离 . . . . .	6
4.3 计算收、发天线理论增益, 半功率波束宽度 . . . . .	7
4.4 发射喇叭天线在水平面上、垂直面上的方向图 . . . . .	8
4.5 比较半功率波束宽度的计算值与实测值 . . . . .	9
5 思考题	9
5.1 解释在 $90^\circ$ 时辐射方向图测量值 . . . . .	9
5.2 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	9
6 实验总结与心得体会	10

## 1 实验目的和要求

揭示喇叭天线的幅射特性。

覆盖的基本概念：

- 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 实验原理

本实验用 3 公分波段（8-12GHz）喇叭天线揭示天线方向性、波束宽度、波的极化特性。实验装置包括三部分：分别是信号发射端、接收端和天线移动架。

发射端由固态振荡源、微波衰减器、小喇叭天线连接组成，并装在一个旋转云台上。发射端喇叭天线可以绕矩形波导轴向旋转，由此可以改变发射电磁波的极化方向，其极化角度可从指示刻度盘读出；发射功率的大小可用微波衰减器来调节。

云台可在垂直面和水平面上转动，用于测量发射天线的方向性特性；发射端还装有一个可移动的金属栅网；天线移动架可以使发射端沿着移动架轨道平移，从而改变收、发喇叭天线之间的距离，其测量值可以从移动架上的刻度尺读取。接收端将喇叭天线与微波晶体检波器连接在一起固定不动

用到的方程：

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

R 为收发天线间的距离，本实验 R 取收发天线喇叭口之间的图距离

最佳角锥喇叭天线增益

$$G = 0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2}$$

$$H : 2\theta_{0.5} = 1.18 \frac{\lambda}{D_H}$$

$$E : 2\theta_{0.5} = 0.89 \frac{\lambda}{D_E}$$

$$: R >> \frac{2D_H D_E}{\lambda}$$

### 3 测量结果

天线距离与接收功率关系表如下

距离R	实验测量值	相对归一化功率
1.0	40	0db
1.1	41.4	-1.4db
1.2	42	-2db
1.3	43.9	-3.9db
1.4	44.4	-4.4db

图 1: 天线距离与接收功率

发射喇叭天线极化特性表如下

发射喇叭天线角度 $\theta$	实验测量值	相对归一化功率
0	40	0db
10	41.1	-1.1db
20	41.8	-1.8db
30	43	-3db
40	44.6	-4.6db
50	46.8	-6.8db
60	49	-9db
70	52.4	-12.4db
80	57.5	-17.5db
90	66.3	-26.3db

图 2: 发射喇叭天线极化特性

极化栅网极化特性表如下

极化栅网角度	实验测量值	相对归一化功率
0	40.1	-0.1db
90	68	-28db
45	46.5	-6.5db

图 3: 极化栅网极化特性

天线水平方向图测量数据如下

天线水平方向 转角 (272.5)	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
实验测量值	71	73.5	75.3	74.5	77	65.8	61.8	59.2	50	40
相对归一化功率	31db	33.5db	35.3db	34.5db	37db	25.8db	21.8db	19.2db	10db	0db

图 4: 天线水平方向图

	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	50	40	39.2	39	44.2	52.4	59.5	62.8	67.5	80	76
db	10db	0db	-0.8db	-1db	4.2db	12.4db	19.5db	22.8db	27.5db	40db	26db

图 5: 天线水平方向图

天线垂直方向图测量数据如下

天线垂直方向转角	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
实验测量值	76	70.5	61.1	52.6	48	42.8	40	40.2	42.2	47.9	52
相对归一化功率	36db	30.5db	21.1db	12.6db	8db	2.8db	0db	0.2db	2.2db	7.9db	12db

图 6: 天线垂直方向图

-20	-10	0	10	20	30	40	50	60							
48	42.8	40	40.2	42.2	47.9	52	60.7	79							
8db	2.8db	0db	0.2db	2.2db	7.9db	12db	20.7db	39db							

图 7: 天线垂直方向图

### 3.1 电磁波传播与距离的关系曲线

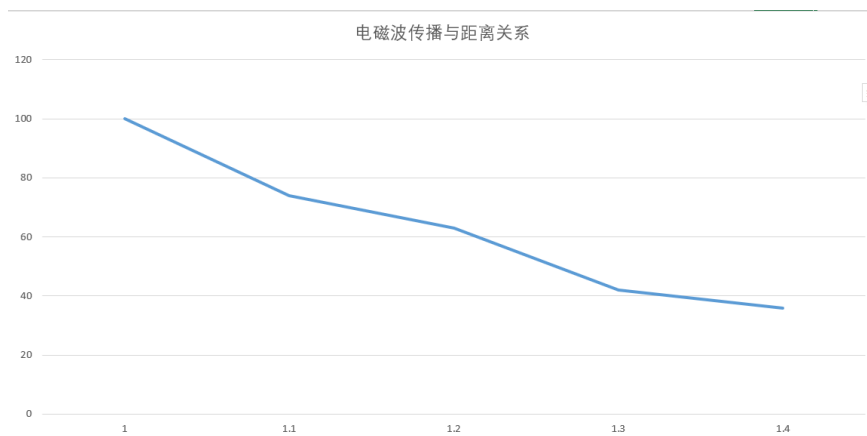


图 8: 电磁波传播与距离的关系曲线

更接近  $\frac{1}{R^2}$

### 3.2 发射喇叭天线极化曲线

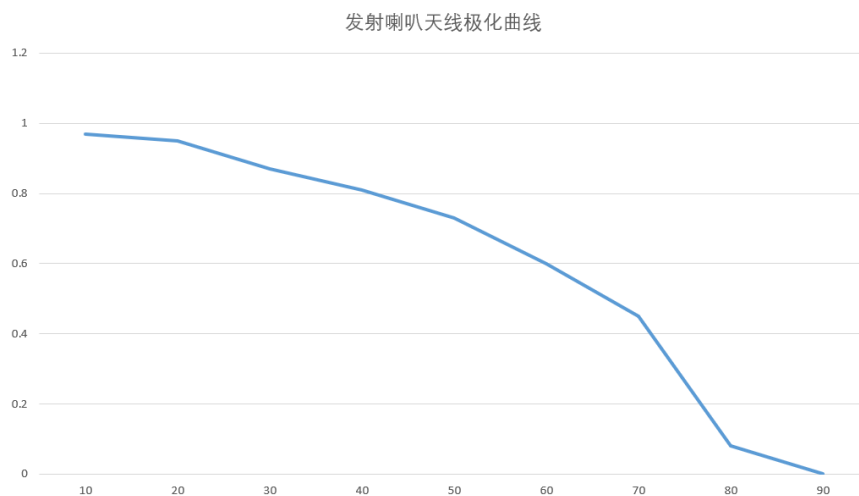


图 9: 发射喇叭天线极化曲线

## 4 分析与计算

### 4.1 问题回答

(1) 从发射喇叭天线极化特性曲线看，接收喇叭天线所接收到的功率与发射喇叭天线极化角度的关系是符合  $\cos\theta$  还是  $\cos^2\theta$  关系？

更接近于  $\cos^2\theta$  关系

(2) 如果发射喇叭天线和接收喇叭天线的极化角相差  $90^\circ$ ，而极化器相对于发射喇叭天线的极化角度为  $45^\circ$ ，极化器对系统的影响如何？

但是当极化器相对于发射喇叭天线的极化角度为  $45^\circ$  时，极化器可以增强接收天线接收电磁波的能力

### 4.2 对发射天线计算远区场距离

对发射天线计算远区场距离（工作频率  $9.375\text{GHz}$ ），实验中是否符合远区场条件？



$$\frac{2D_H D_E}{\lambda} = \frac{2 * 3.7 * 8.2}{3.2} = 19cm \ll R$$

满足远区场条件

### 4.3 计算收、发天线理论增益，半功率波束宽度

发射喇叭天线:

$$G = 0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2} = 18.98$$

H 面:

$$2\theta_{0.5} = 1.18 \frac{\lambda}{D_H} = 0.46rad$$

E 面:

$$2\theta_{0.5} = 0.89 \frac{\lambda}{D_E} = 0.77rad$$

接收喇叭天线:

$$G = 0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2} = 92.66$$

H 面:

$$2\theta_{0.5} = 1.18 \frac{\lambda}{D_H} = 0.27rad$$

E 面:

$$2\theta_{0.5} = 0.89 \frac{\lambda}{D_E} = 0.27rad$$

结论: 口径越大增益越大, 接收、发射天线的理论增益和半功率波束宽度均比实际测量值大。

#### 4.4 发射喇叭天线在水平面上、垂直面上的方向图

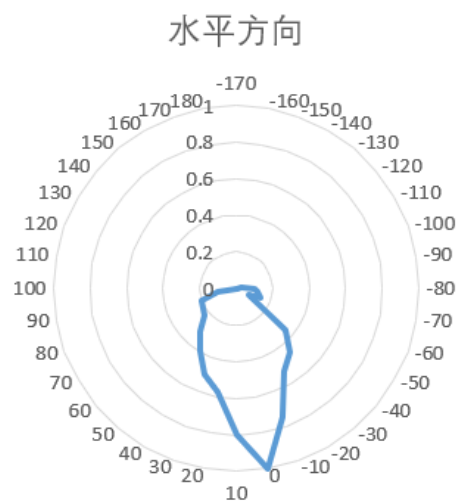


图 10: 水平方向

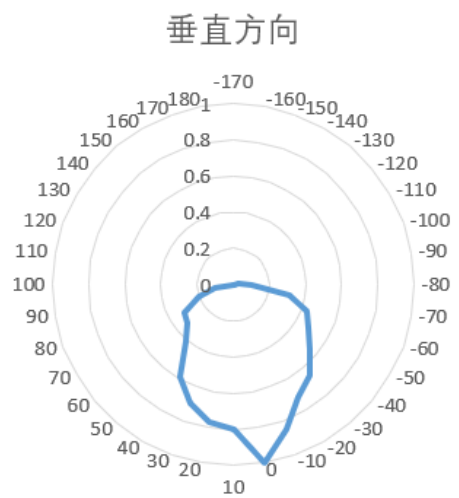


图 11: 垂直方向

#### 4.5 比较半功率波束宽度的计算值与实测值

发射喇叭天线在水平面上半功率波束宽度的理论值是  $0.46\text{rad}$ , 即  $26.36^\circ$ , 实测值约为  $13^\circ$

发射喇叭天线在垂直面上半功率波束宽度的理论值是  $0.77\text{rad}$ , 即  $44.12^\circ$ , 实测值约为  $33^\circ$

实测值比理论值小, 可能是因为实验存在外部干扰或者实验器材干扰

### 5 思考题

#### 5.1 解释在 $90^\circ$ 时辐射方向图测量值

在  $90^\circ$  时理论上接收喇叭天线是接收不到电磁波的, 但实际测量时却接收到了电磁波, 这是可能是因为存在背景噪声。

#### 5.2 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

CST 仿真时得到的方向图如下, 可以看到仿真得到的方向图与实际测量的方向图相差较大, 但与理论计算值较为吻合。这可能是实验时存在误差干扰因素以及实验测量时因为操作不规范测量到了几组误差较大的数据导致的

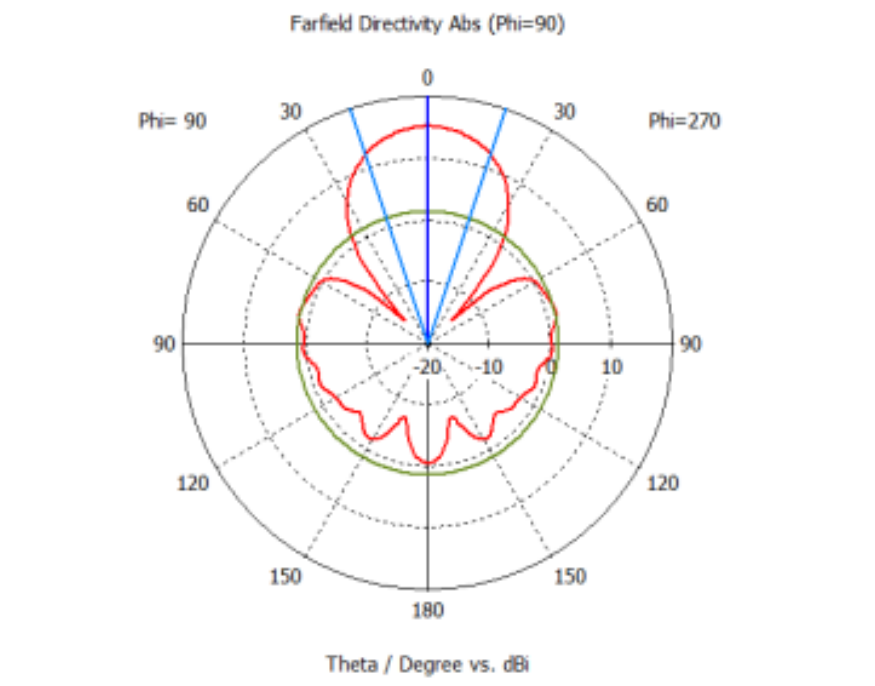


图 12: 仿真方向图

## 6 实验总结与心得体会

通过结合之前做的 CST 仿真实验, 我对于喇叭天线辐射特性有了更深入的了解, 实验与仿真相结合也让我更好地学习到了实验中可能产生误差的地方, 以及对应的误差的形式