

浙江大学

本科实验报告

喇叭天线的幅射特性测量及 CST 仿真

课程名称： 电磁场与电磁波

姓 名： 姚桂涛

学 院： 信息与工程学院

专 业： 信息工程

学 号： 3190105597

指导老师： 王子立

2021 年 7 月 5 日

浙江大学实验报告

专业： 信息工程
姓名： 姚桂涛
学号： 3190105597
日期： 2021 年 7 月 5 日
地点： 东 4-221

课程名称： 电磁场与电磁波 指导老师： 王子立 成绩： _____
实验名称： 喇叭天线的辐射特性测量及 CST 仿真 实验类型： _____ 同组学生姓名： 华天择

矩形波导馈电的角锥喇叭天线 CST 仿真

一、 实验目的

- (1) 了解并掌握波导喇叭天线的常用参数指标和分析方法.
- (2) 了解熟悉 CST 软件的基本使用方法, 学会运用其进行建模、仿真。

二、 实验任务

用 CST 软件对特定的巨型波导喇叭天线进行建模、仿真, 分析其辐射特性, 并与喇叭天线辐射特性测量实验进行比较。

三、 实验过程与结果

1. 模型建立

1.1 建立工程

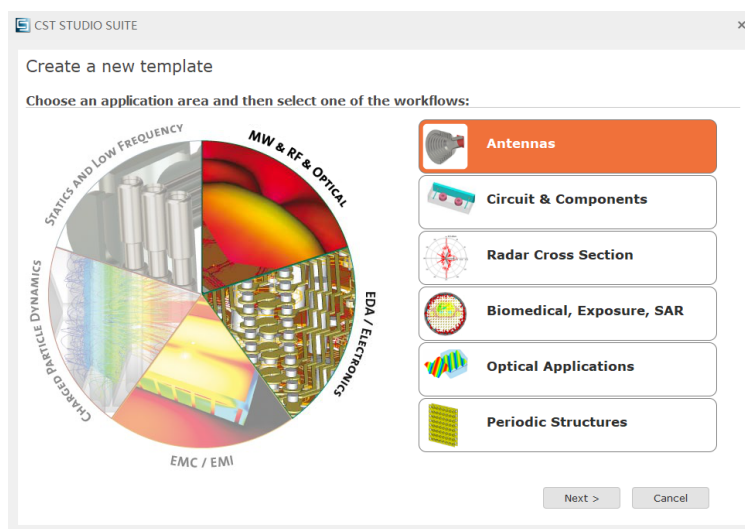


图 1

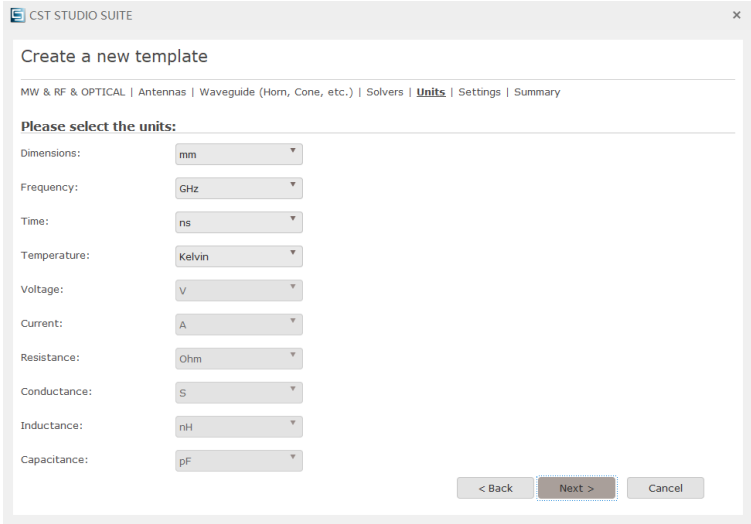


图 2

1.2 参数设置

Parameter List					
Name	Expression	Value	Description	Type	
a	= 22.86	22.86		None	▼
t	= 1	1		None	▼
b	= 10.16	10.16		None	▼
Lambda	= 29.1	29.1		None	▼
DH	= 80	80		None	▼
DE	= 38	38		None	▼
L	= 80	80		None	▼

图 3

1.3 创建矩形

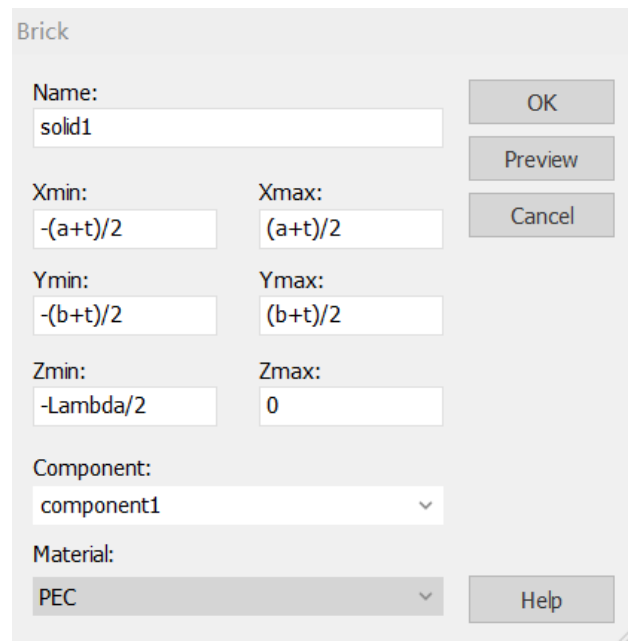


图 4

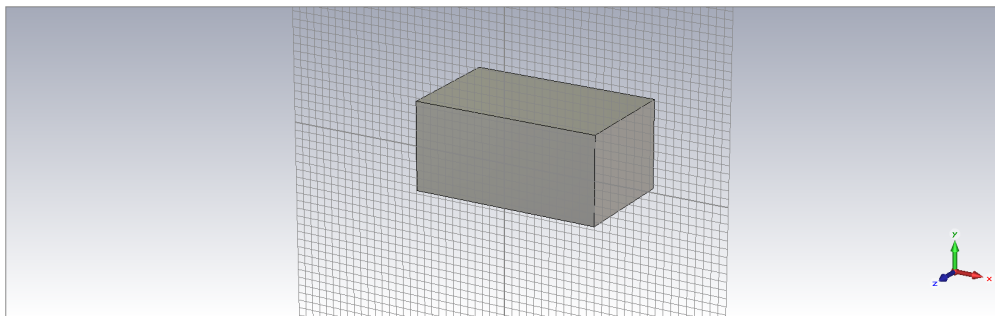


图 5

1.4 建立喇叭模型

建立喇叭口径面

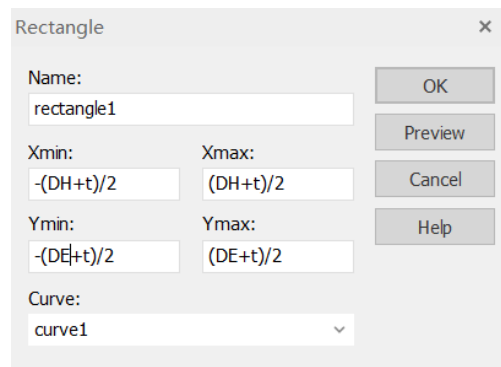


图 6

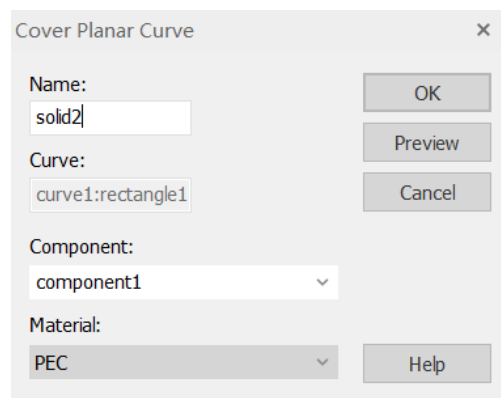


图 7

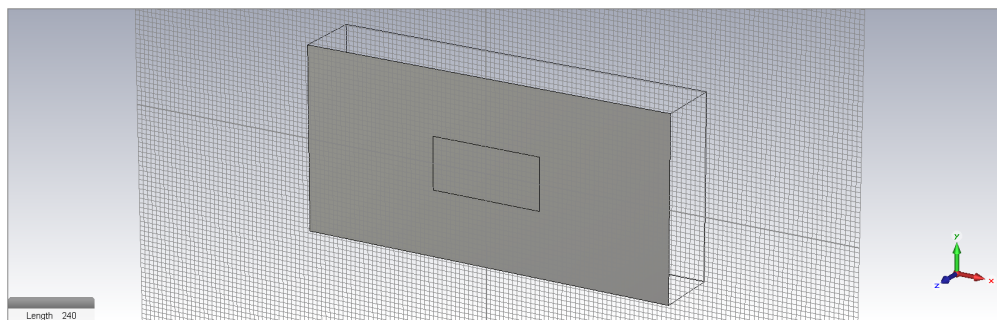


图 8

设置喇叭口径面的空间位置

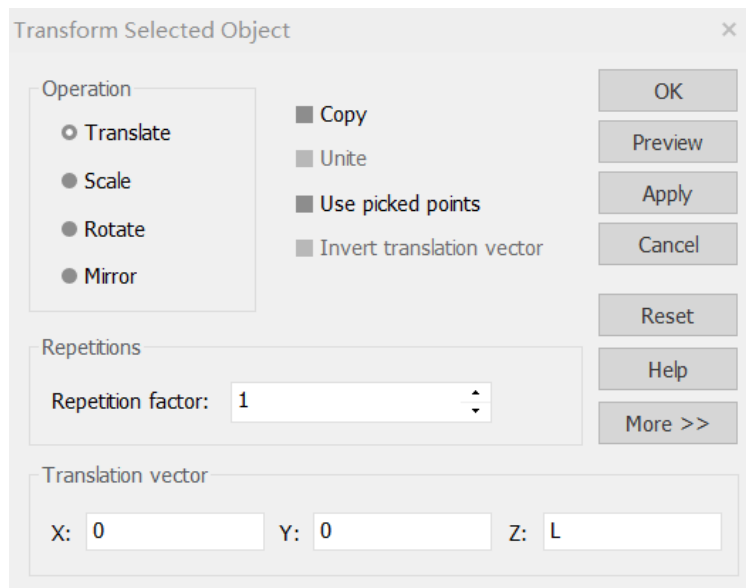


图 9

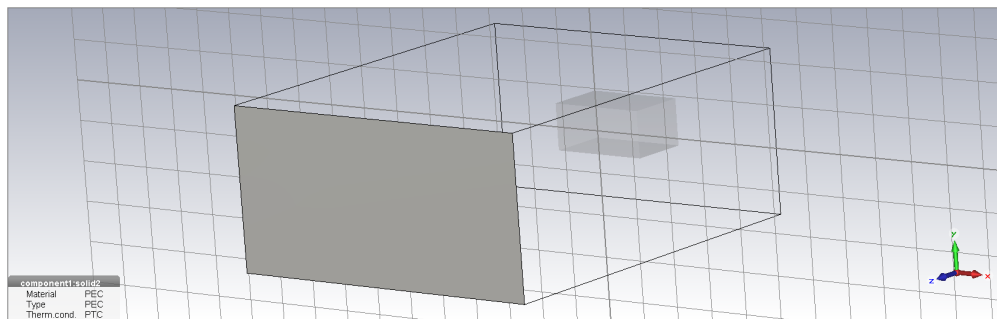


图 10

创建喇叭侧壁

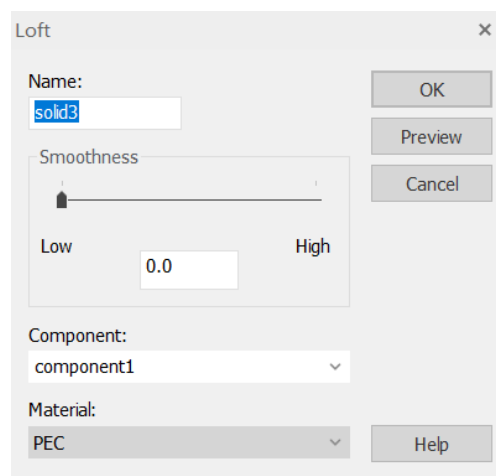


图 11

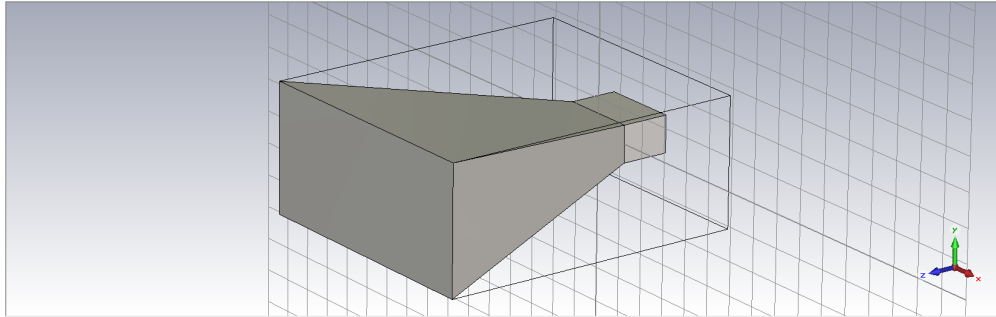


图 12

掏空

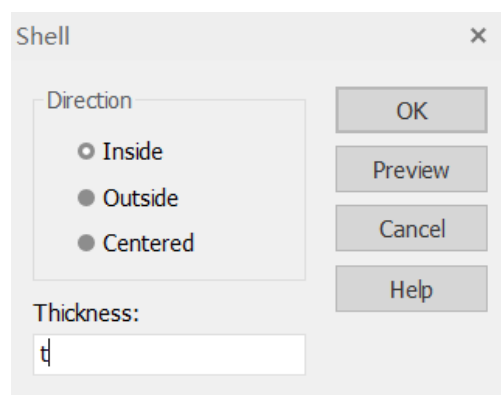


图 13

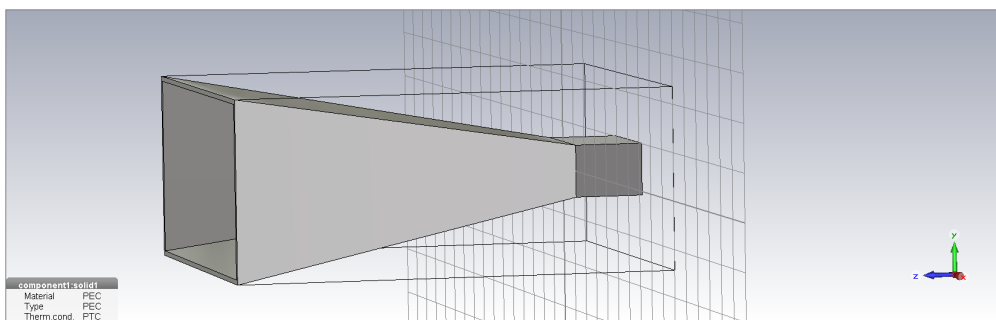


图 14

2. 仿真分析

2.1 仿真条件设置

仿真频率

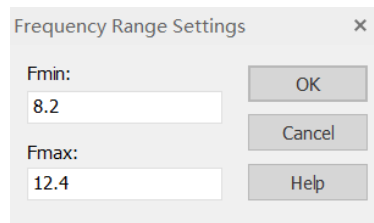


图 15

仿真边界条件

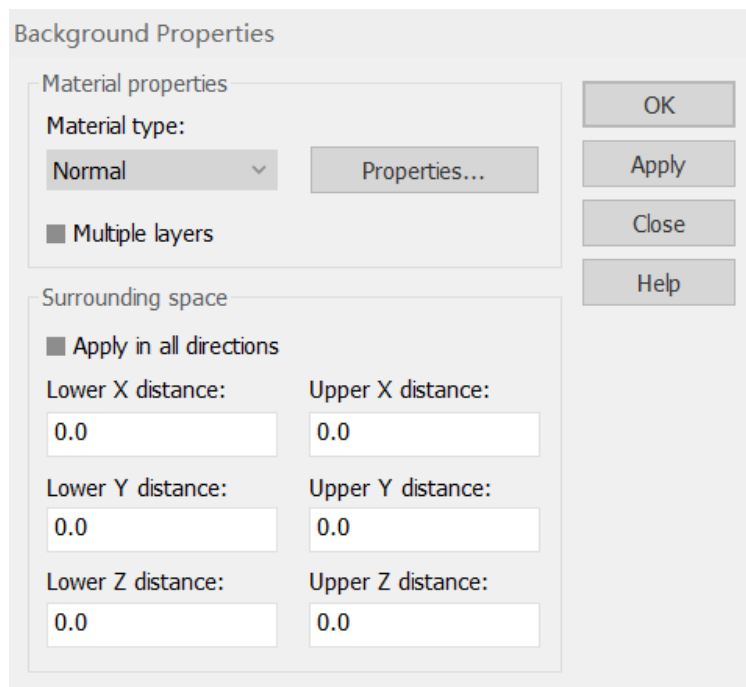


图 16

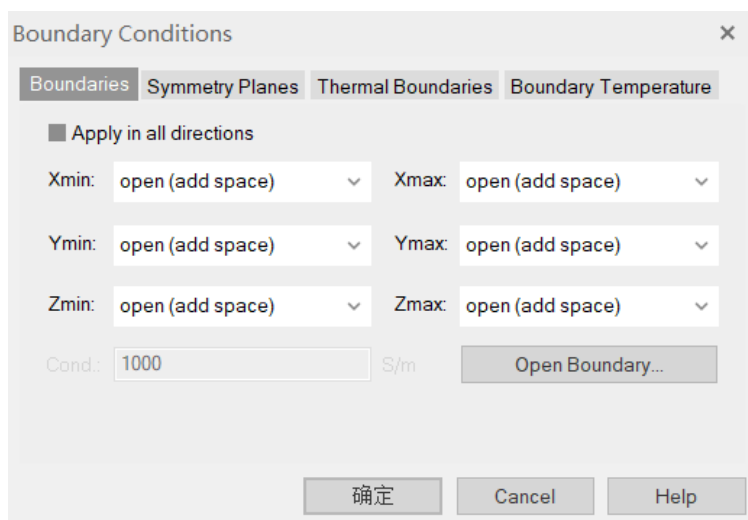


图 17

端口设置

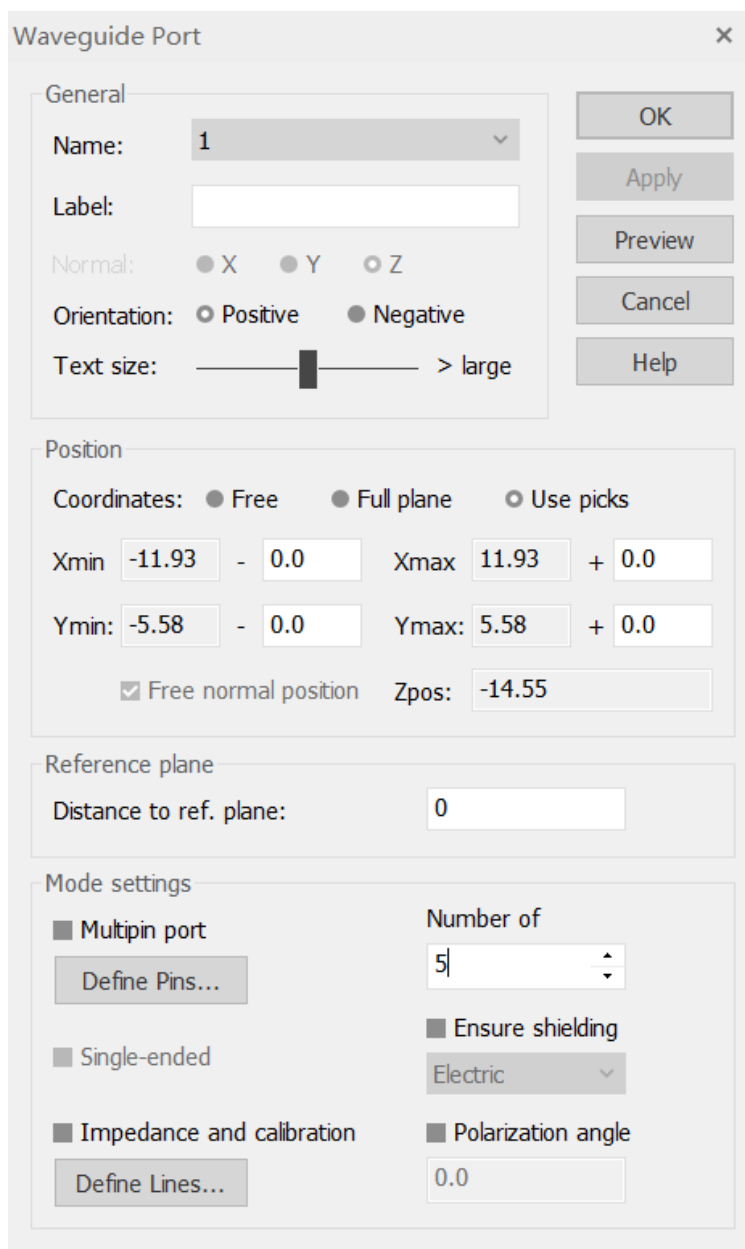


图 18

设置监视器

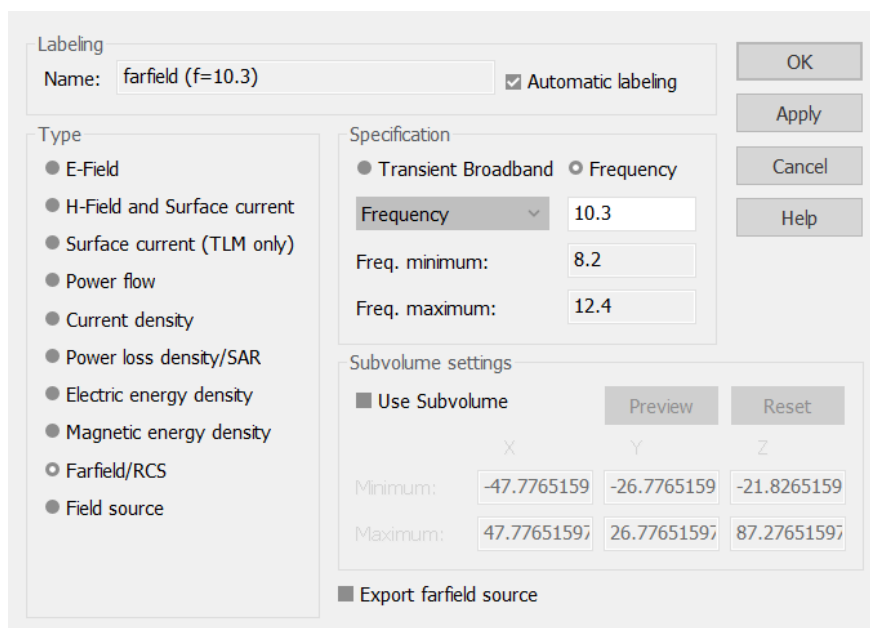


图 19

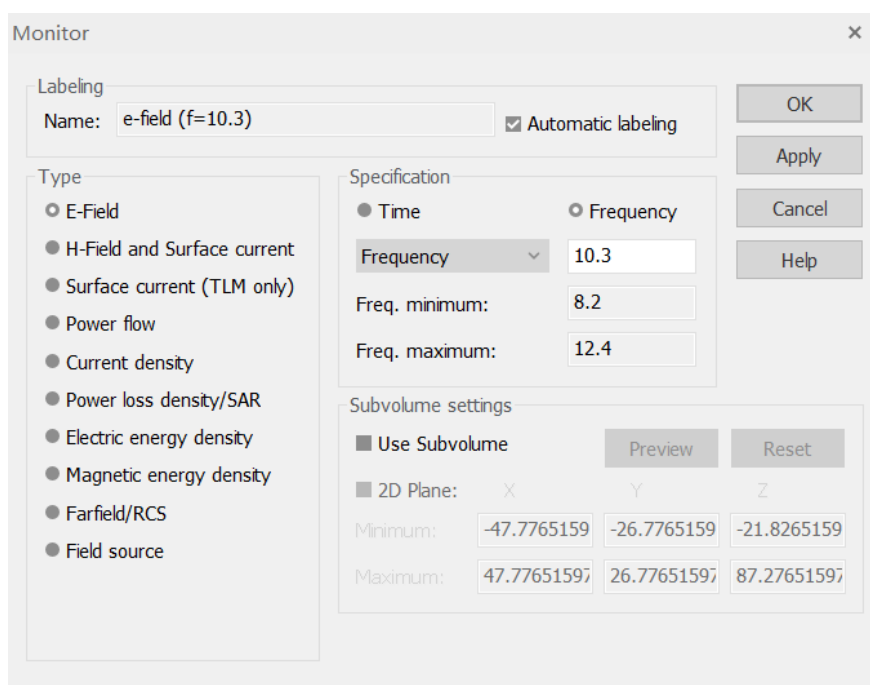


图 20

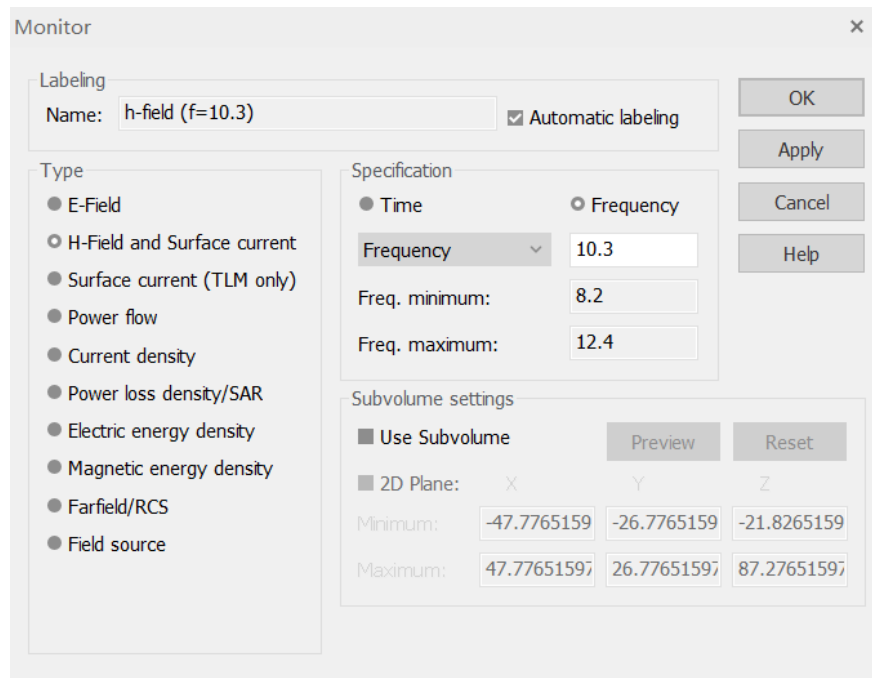


图 21

2.2 模式分析

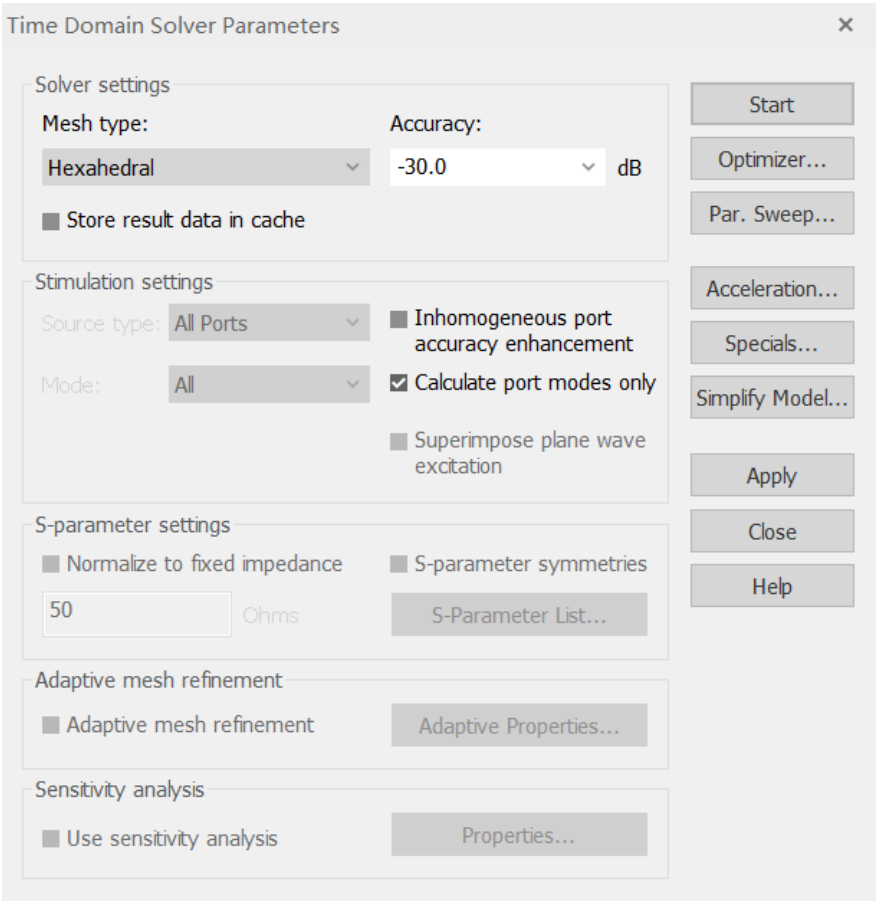


图 22

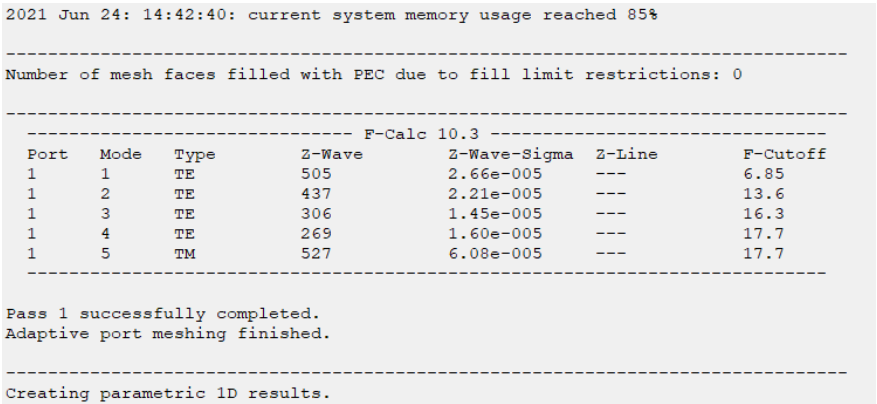


图 23

由于仿真最高频率为 12.4GHz，所以在这种结构的喇叭天线中只传输 1 种模式的波，设置的吸收的模式数只要大于 1 就可以了。

2.3 仿真设置

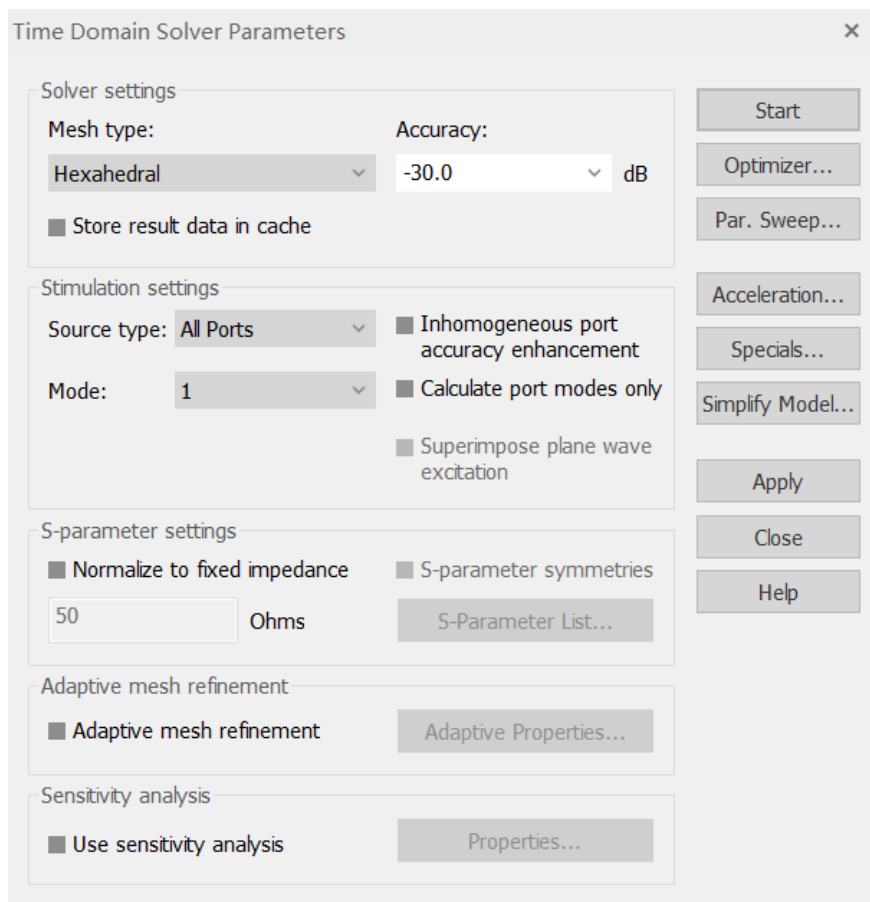


图 24

3. 仿真结果

3.1 S_{11} 曲线

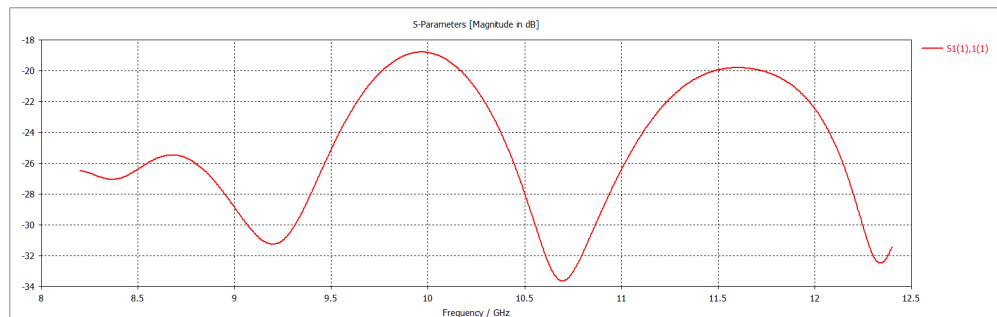


图 25

3.2 驻波曲线

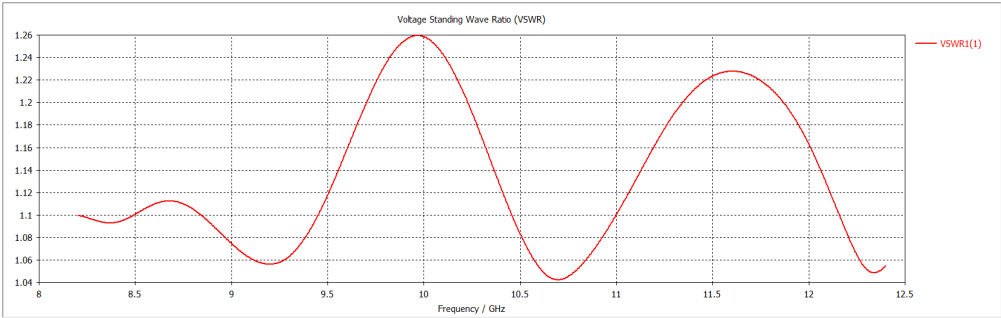


图 26

3.3 方向图

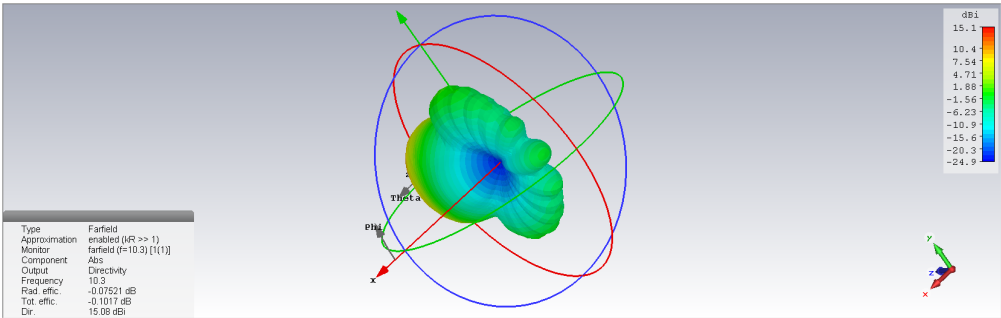


图 27

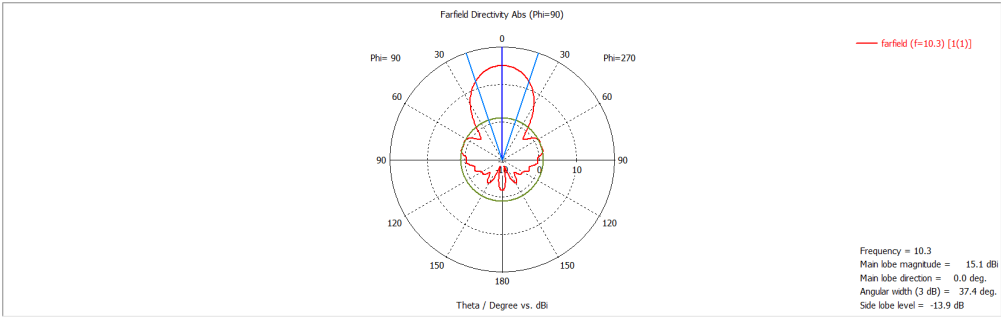


图 28

3.4 增益图

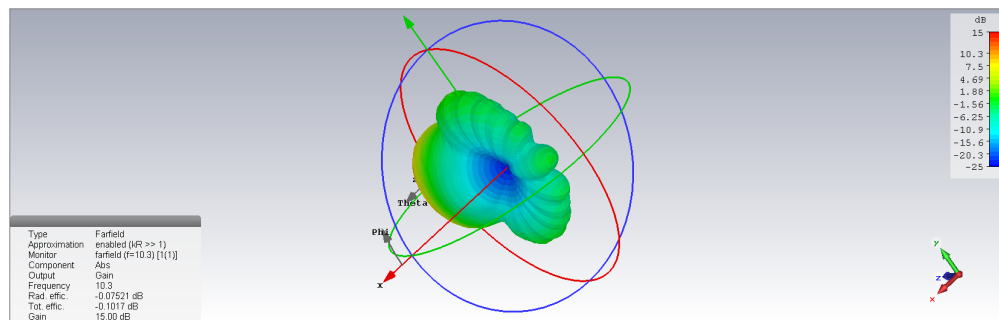


图 29

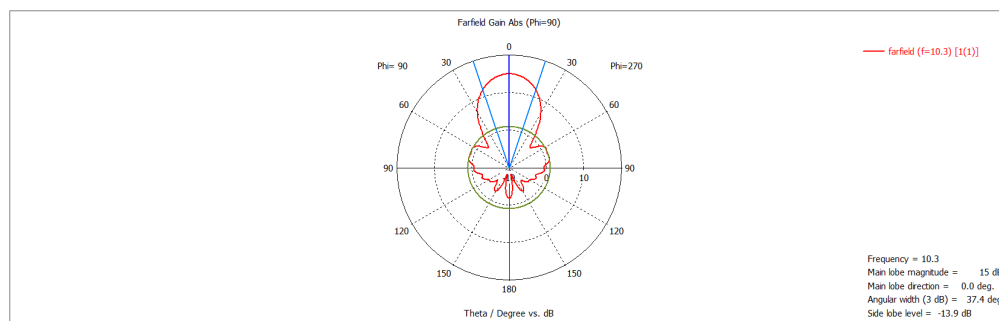


图 30

3.5 E-field, H-field, surface current 图

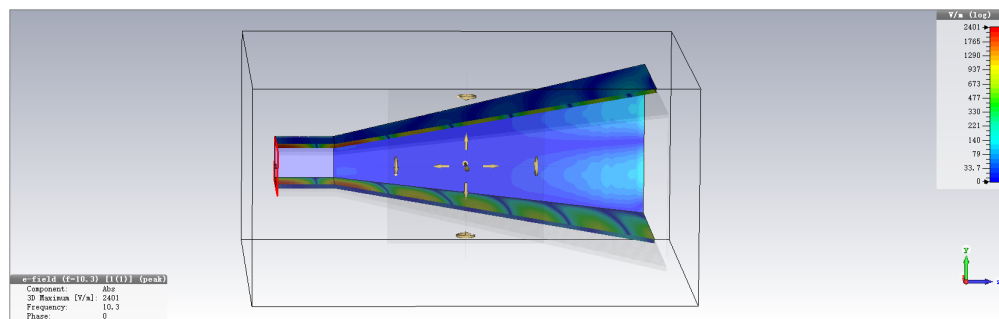


图 31 e-field

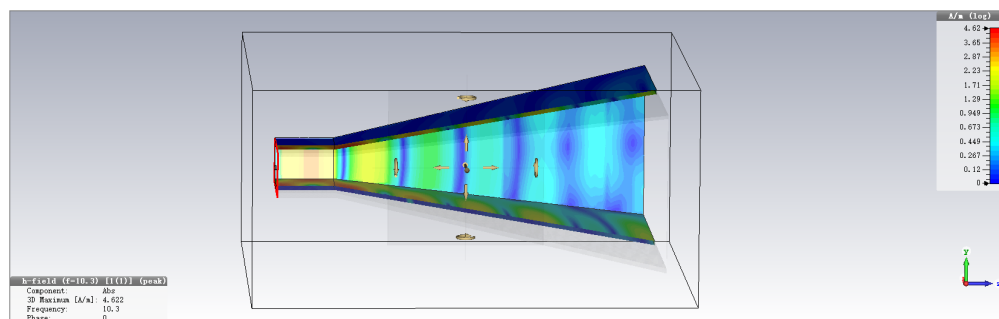


图 32 h-field

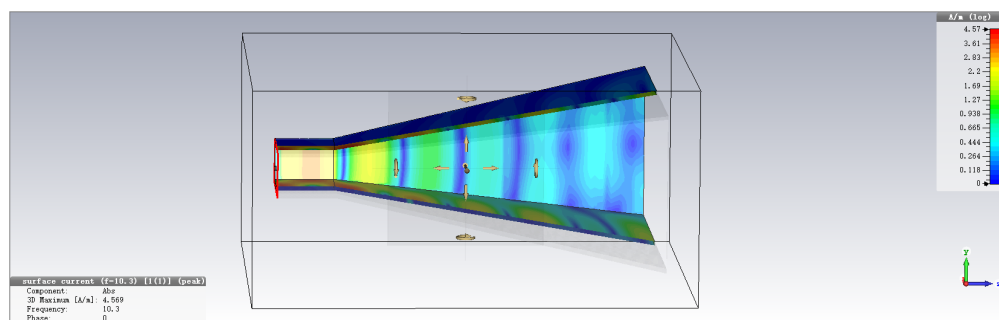


图 33 surface current

4. 分析结论

从仿真结果来看，该矩形波导馈电的角锥喇叭天线的主瓣方向为 $\varphi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ$ ，主瓣宽度为 37.4° ，主瓣的最大增益为 15dB，最大增益的仿真值与理论估计值相近。同时，该天线输入端口的反射系数在工作频段内均在 20dB 以下，能够较好的工作。

四、 实验收获与体会

喇叭天线的辐射特性测量

一、 实验目的

揭示喇叭天线的辐射特性。

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

二、 实验过程与结果

1. 电磁波在空间传播中与距离的关系测量

表 1 天线距离与接收功率关系

距离 R(m)	实验测量值 (dB)	相对归一化数值 (dB)
1	-40.0	0.0
1.1	-41.8	-1.8
1.2	-43.6	-3.6
1.3	-45.3	-5.3
1.4	-46.8	-6.8

2. 极化测量

2.1 天线极化测量

表 2 发射天线喇叭极化特性

发射喇叭天线角度	实验测量值 (dB)	相对归一化数值 (dB)	相对归一化功 (dB)
0°	-40.00	0.00	1.00
10°	-40.39	-0.39	0.96
20°	-41.12	-1.12	0.88
30°	-42.89	-2.89	0.72
40°	-45.01	-5.01	0.56
50°	-47.92	-7.92	0.40
60°	-52.40	-12.40	0.24
70°	-58.20	-18.20	0.12
80°	-69.20	-29.20	0.03
90°	-76.20	-36.20	0.02

2.2 极化栅网特性测量

表 3 极化栅网极化特性

极化栅网角度	实验测量值 (dB)	相对归一化功率 (dB)	相对归一化功率
0°	-40.0	0.0	1.00
90°	-69.3	-29.3	0.00
45°	-44.5	-4.5	0.01

3. 喇叭天线辐射方向图测量

表 4 天线水平方向图测量数据

天线水平方向转角 (°)	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
实验测量值 (dB)	∞	∞	-80.0	-73.8	-74.0	-66.8	-57.8	-49.8	-43.0	-40.0	-44.2	-52.6	-61.0	-63.4	-66.8	-70.5	-77.5	-74.4	∞
相对归一化数值 (dB)	∞	∞	-40.0	-33.8	-34.0	-26.8	-17.8	-9.8	-3.0	0.0	-4.2	-12.6	-21.0	-23.4	-26.8	-30.5	-37.5	-34.4	∞
相对归一化功率	∞	∞	0.01	0.02	0.02	0.05	0.13	0.32	0.71	1.00	0.62	0.23	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	0.02	∞

表 5 天线垂直方向测量数据

天线垂直方向转角 (°)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
实验测量值 (dB)	-68.6	-66.2	-65.5	-65.2	-58.6	-51.5	-50.0	-51.5	-57.2	-65.0	-66.0	-66.2	-69.0
相对归一化数值 (dB)	-18.6	-16.2	-15.5	-15.2	-8.6	-1.5	0.0	-1.5	-7.2	-15.0	-16.0	-16.2	-19.0
相对归一化功率	0.12	0.15	0.17	0.17	0.37	0.84	1.00	0.84	0.44	0.18	0.16	0.15	0.11

三、 实验结果分析

1. 电磁波传播与距离的关系曲线如下图

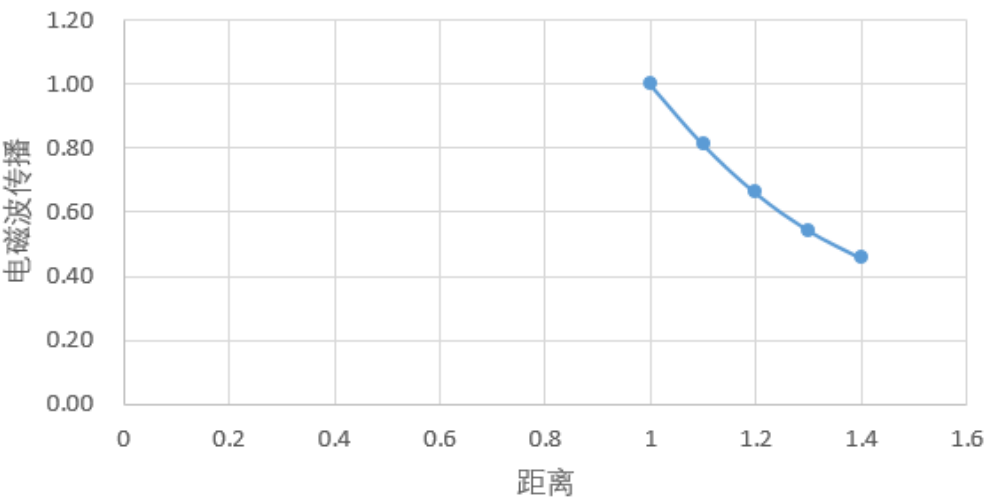


图 1 电磁波传播与距离的关系曲线

2. 从图中可以看出电磁波传播和距离曲线的关系更接近 $\frac{1}{R}$ ，由于测得的数据较少，所以不是很明显。
3. 发射喇叭天线极化曲线如下图

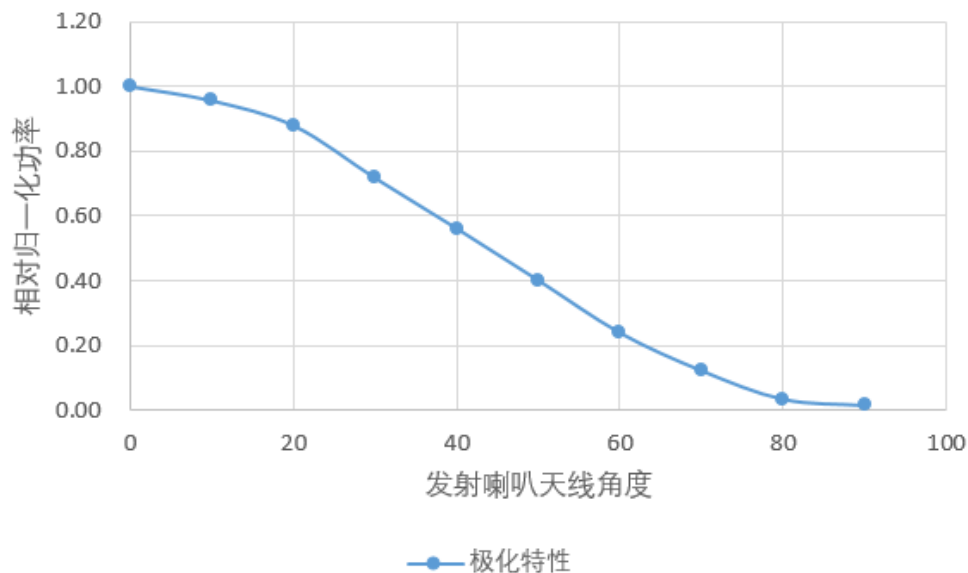


图 2 发射喇叭天线极化曲线

4. 问题回答

- 4.1 从下图可以看出，接收喇叭天线所接收到的功率与发射喇叭天线极化角度 θ 的关系更符合 $\cos^2\theta$ 关系。

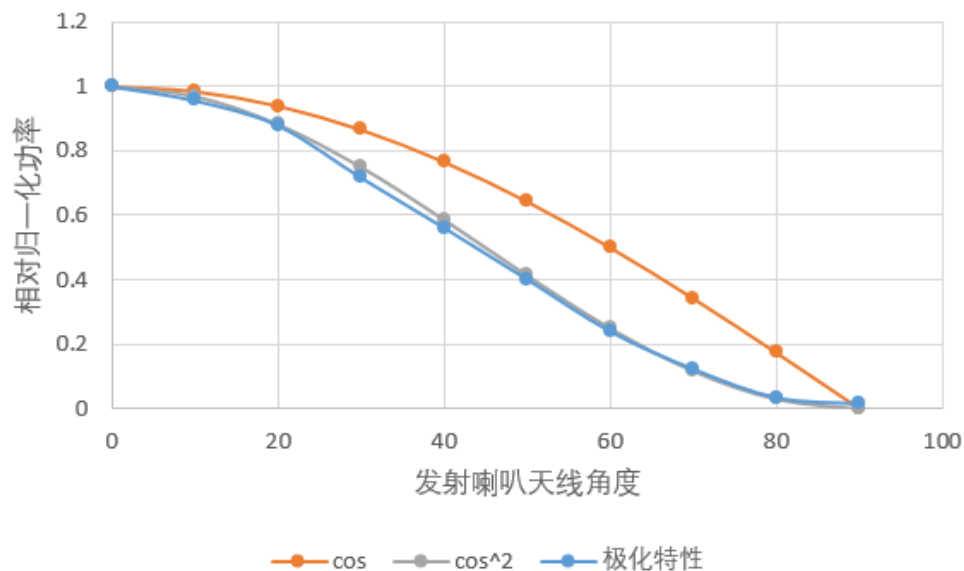


图 3 发射喇叭天线极化曲线比较

4.2 发射的信号经过极化器分解成与极化器平行、垂直的两路等幅信号，最终接收喇叭收到一般的信号。

5. 远区场条件

实验中： $R = 1.2m$, $D_E = 3.7cm$, $D_H = 8.2cm$, $\frac{2D_E D_H}{\lambda} = 18.96cm$, $\therefore R \gg \frac{2D_E D_H}{\lambda}$
所以符合远区场条件。

6. 理论增益、半功率波束宽度计算

6.1 发射喇叭

最佳增益：

$$\lambda = \frac{c}{f} = 3.2cm$$

$$G = 0.51 \frac{4\pi A_P}{\lambda^2} = 0.51 \frac{4\pi \times 3.7 \times 8.2}{3.2^2} = 18.99$$

喇叭天线半功率波束宽度：

$$H \text{ 面: } 2\theta_{0.5} \approx 1.18 \frac{\lambda}{D_H} = 1.18 \frac{3.2}{8.2} = 0.46(\text{rad})$$

$$E \text{ 面: } 2\theta_{0.5} \approx 0.89 \frac{\lambda}{D_E} = 0.89 \frac{3.2}{3.7} = 0.77(\text{rad})$$

6.2 接收喇叭

最佳增益：

$$\lambda = \frac{c}{f} = 3.2cm$$

$$G = 0.51 \frac{4\pi A_P}{\lambda^2} = 0.51 \frac{4\pi \times 10.5 \times 14.1}{3.2^2} = 92.66$$

喇叭天线半功率波束宽度：

$$H \text{ 面: } 2\theta_{0.5} \approx 1.18 \frac{\lambda}{D_H} = 1.18 \frac{3.2}{14.1} = 0.27(\text{rad})$$

$$E \text{ 面: } 2\theta_{0.5} \approx 0.89 \frac{\lambda}{D_E} = 0.89 \frac{3.2}{10.5} = 0.27(\text{rad})$$

结论：喇叭口的面积 A_p 越大，增益越大，半功率波束宽度越小。

7. 方向图

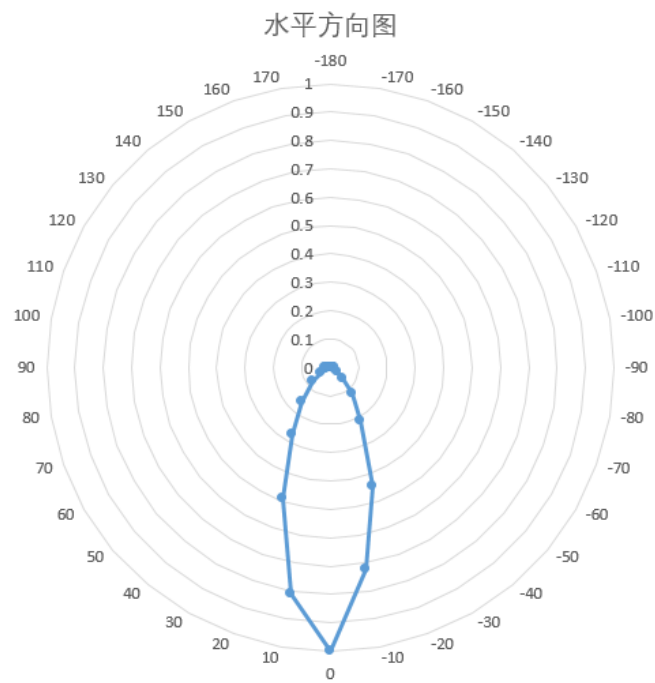


图 4 水平方向图

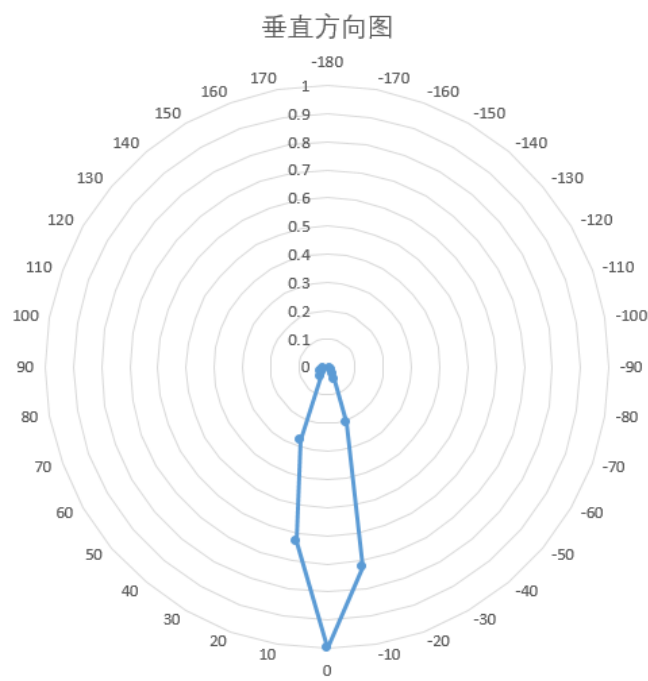


图 5 垂直方向图

8. 比较半功率波束宽度的计算值与实测值

实验测得水平面上波束宽度为 29.5° ，折合为 0.51rad ，与计算值 0.46rad 相比偏大。

9. 解释在 $\pm 90^\circ$ 时辐射方向图测量值

在 $\pm 90^\circ$ 时测得辐射值并非为零，这是因为存在背景噪声的干扰以及发射的电磁波在四周反射后也会被接收。

四、实验收获与体会

通过本次实验，我对理论课上学到的有关天线的知识更加熟悉了。同时也通过实验验证电磁场与电磁波的理论。

实验时我们发现周围环境对实验的干扰很大，所以我们尽量减少走动，以减少实验误差。