

# 浙江大学实验报告

实验名称：矩形波导馈电的角锥喇叭天线 CST 仿真

实验日期：2023/4/16

## 一、实验目的和要求

1. 记录建模步骤和仿真结果图或曲线。
  - 1) 分析喇叭天线的方向图，和理论计算的异同。
  - 2) 分析喇叭天线  $S_{11}$  和驻波比特性曲线。
  - 3) 分析说明喇叭天线和波导口的电场情况。
2. 实验的收获与体会。

## 二、实验原理

### 2.1 喇叭天线概述

喇叭天线是一种应用广泛的微波天线，其优点是结构简单、频带宽、功率容量大、调整与使用方便。合理的选择喇叭尺寸，可以取得良好的辐射特性：相当尖锐的主瓣，较小副瓣和较高的增益。因此喇叭天线在军事和民用上应用都非常广泛，是一种常见的测试用天线。喇叭天线的基本形式是把矩形波导和圆波导的开口面逐渐扩展而形成的，由于是波导开口面的逐渐扩大，改善了波导与自由空间的匹配，使得波导中的反射系数小，即波导中传输的绝大部分能量由喇叭辐射出去，反射的能量很小。实际的矩形波导馈电的角锥喇叭天线如图 2-1 所示。



图 2-1

### 2.2 喇叭天线的分类

#### 1 矩形波导馈电的喇叭天线

根据喇叭扩展的形式不同分为：

E 面扇形喇叭，由扩展其窄边形成；

H 面扇形喇叭，由扩展其宽边形成；

角锥喇叭，由宽边、窄边同时扩展形成。

三种类型的矩形波导馈电的喇叭天线示意图如图 2-2 (a) - (c) 所示

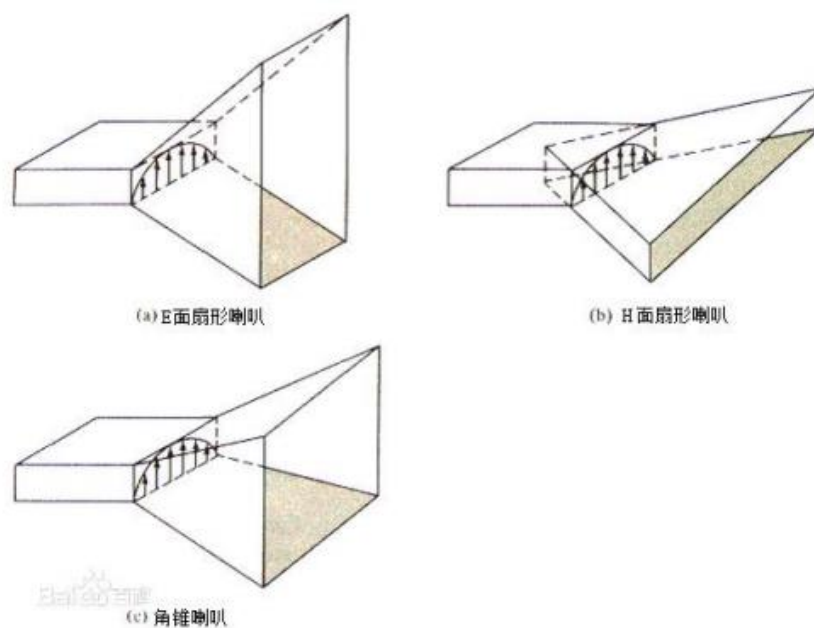


图 2-2

## 2 圆波导馈电的喇叭天线

圆波导馈电的喇叭一般是圆锥喇叭，如图 2-3 所示

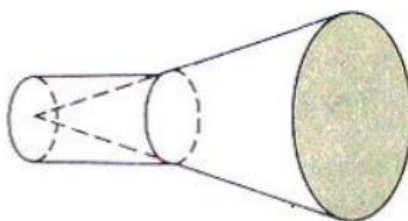


图 2-3

实验中采用矩形波导馈电的角锥喇叭天线。

## 2.3 矩形波导馈电角锥喇叭天线理论分析

### 2.3.1 尺寸确定

角锥喇叭天线是对馈电的矩形波导在宽边和窄边均按一定的角度张开的，结构示意图如图 2-4 所示。矩形波导的尺寸为  $a \times b$ ，喇叭口径尺寸为  $D_H \times D_E$ ，喇叭高度为  $L$ ，其 H 面（xz 面）内虚顶点到口径中点的距离为  $R_1$ ，E 面（yz 面）内虚顶点到口径中心的距离为  $R_2$ 。根据实际矩形波导馈电角锥喇叭天线，该天线工作在 X 波段，工作频段为 8.2 -12.4 GHz。

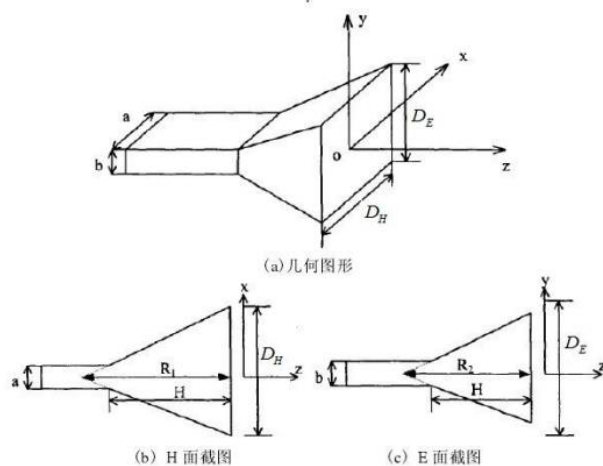


图 2-4

### 2.3.2 矩形波导馈电的角锥喇叭天线的增益理论值

对于矩形波导的尺寸为  $a \times b$ ，喇叭口径尺寸为  $A_p = D_H \times D_E$ ，喇叭高度为  $L$  的角锥喇叭天线，可以用以下公式来估算该天线的最佳增益。

$$G = 10 \lg(0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2}) \quad (dB)$$

## 三、实验内容

角锥喇叭天线尺寸数据如下：

$$D_H = 80mm, \quad D_E = 38mm, \quad L = 80mm$$

波导尺寸  $a = 22.86mm, b = 10.16mm, \lambda = 29.1mm$ ，铜壁厚  $t = 1mm$ ，

用 CST 软件建模并仿真，观察方向图和喇叭中电场等情况。

## 四、实验结果和分析

### 4.1 建立模型和仿真条件

通过 CST 建模。

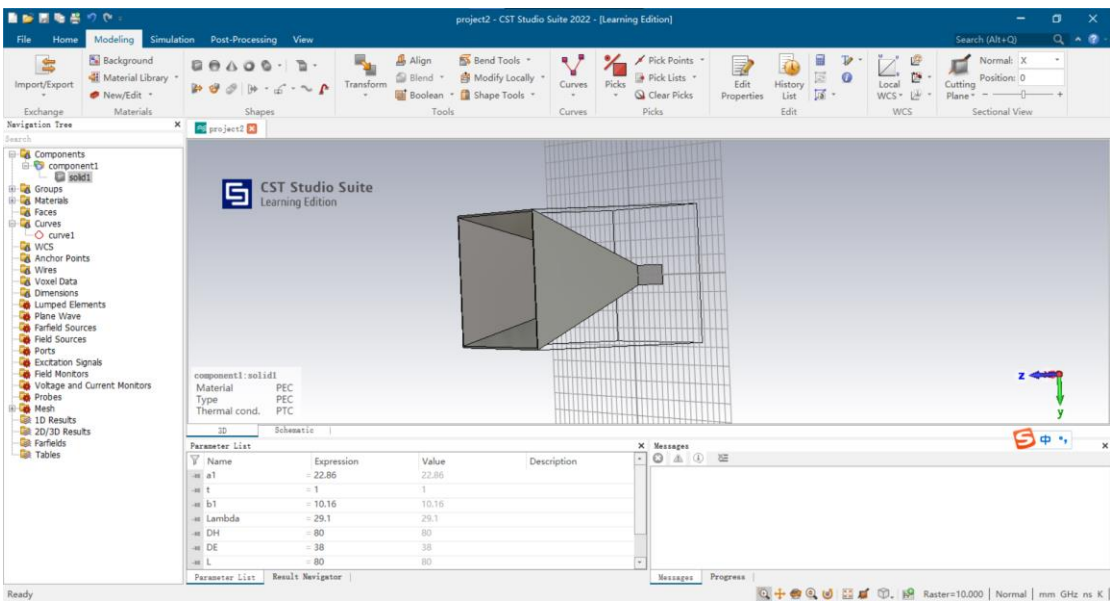


图 4-1

参数如图 4-2 所示。

Parameter List				
Name	Expression	Value	Description	
a1	= 22.86	22.86		
t	= 1	1		
b1	= 10.16	10.16		
Lambda	= 29.1	29.1		
DH	= 80	80		
DE	= 38	38		
L	= 80	80		

图 4-2

设置仿真频率范围：8.2 - 12.4 GHz；确定输入端口如下：

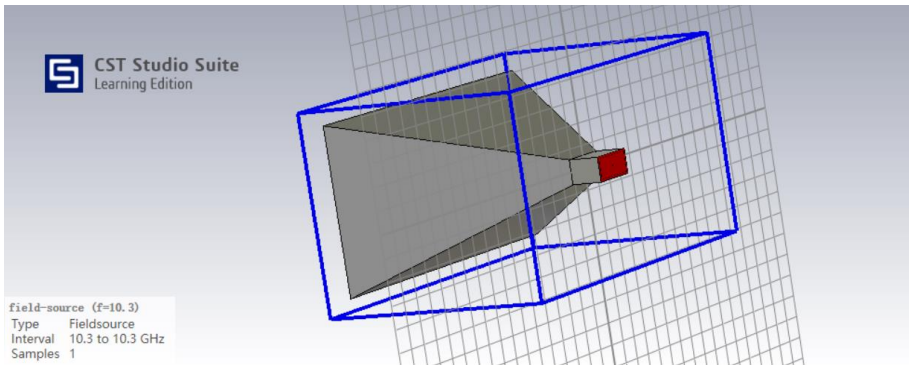


图 4-3

## 4.2 模式分析

设置模式分析预仿真如下：

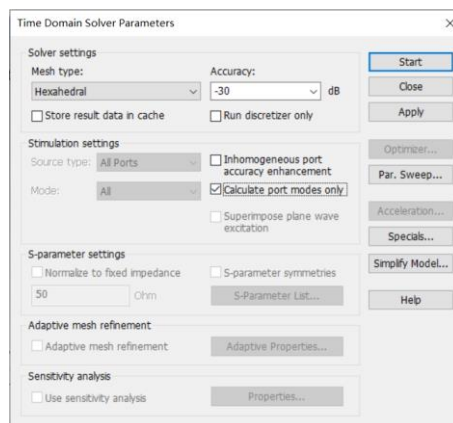


图 4-4

预仿真结果如图 4-5:

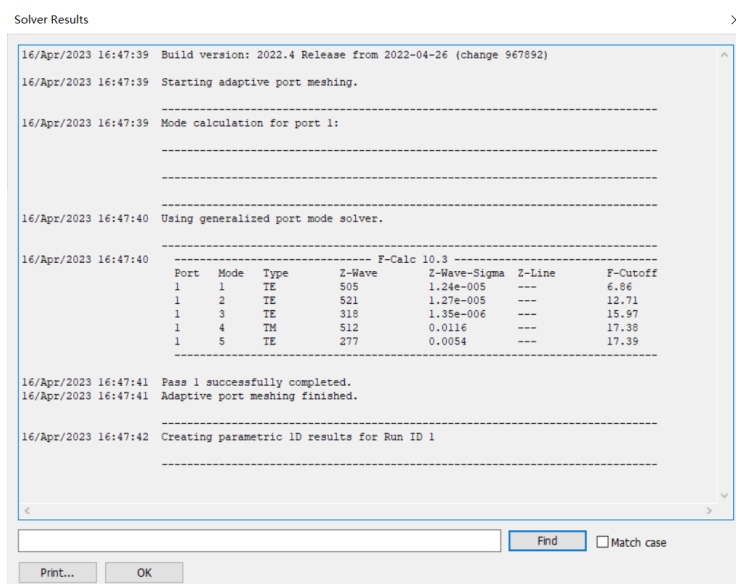


图 4-5

由于仿真最高频率为 12.4 GHz，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设置为 1 即可，见图 4-6。

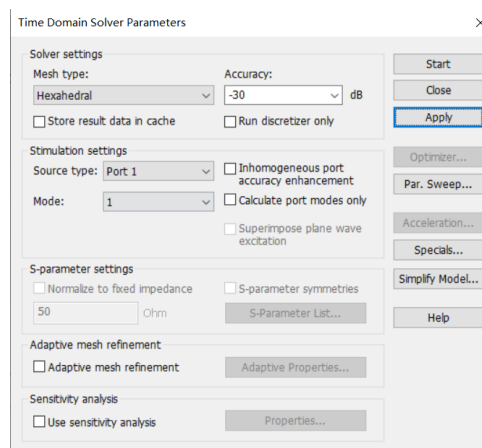


图 4-6

仿真结果如下：

1D Results:

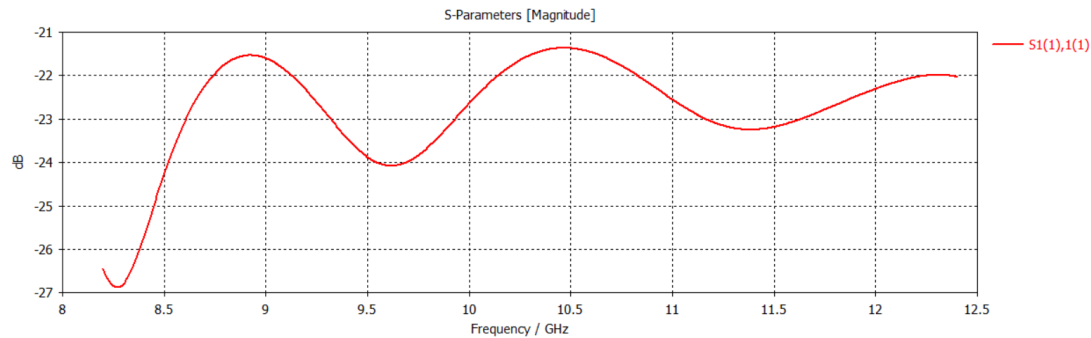


图 4-7 S11 曲线

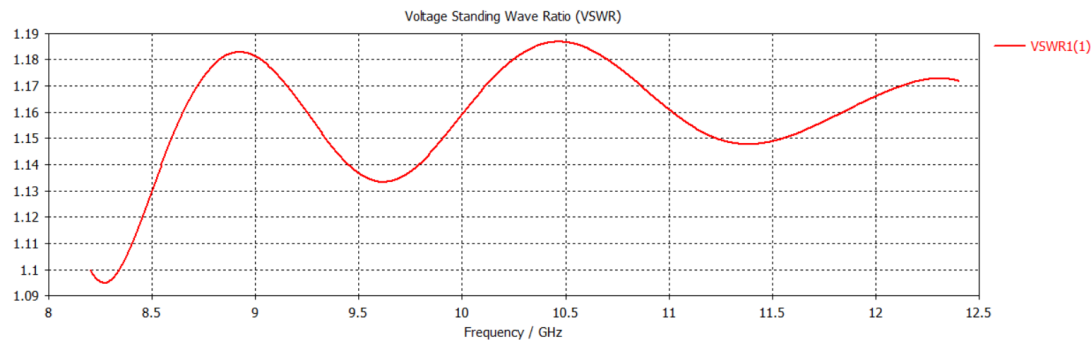


图 4-8 驻波系数曲线

可见在 8.3、9.6 和 11.4 GHz 左右驻波系数（或 S11 参数）达到极小值，这些位置天线反射系数更小，工作效果更佳。

Far Fields:

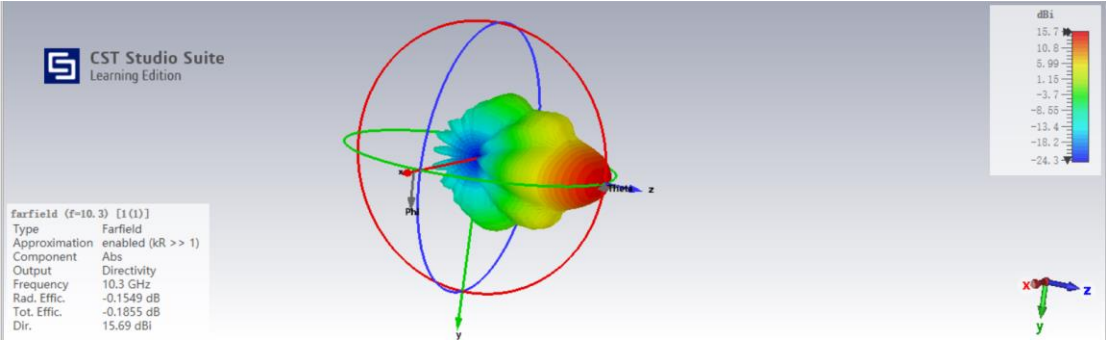


图 4-9 3D 方向图

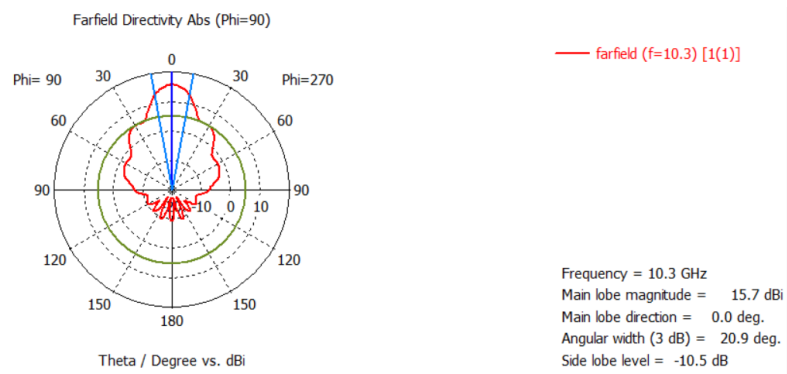


图 4-10 极坐标方向图

可见天线在  $z$  轴方向性比其他轴更好，这和天线口径的方向一致。

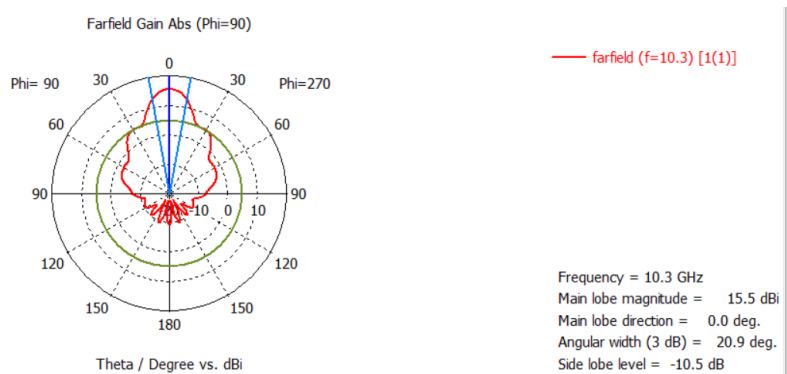


图 4-11 增益图

由图可得，喇叭的主瓣方向为  $0^\circ$ ，主瓣最大增益为 15.5 dB，3 dB 波束宽度为  $20.9^\circ$ 。根据公式  $G = 10 \lg(0.51 \frac{4\pi A_p}{\lambda^2})$ ，得理论最大增益为 13.62 dB，理论值与实际值接近。

**E-field:**

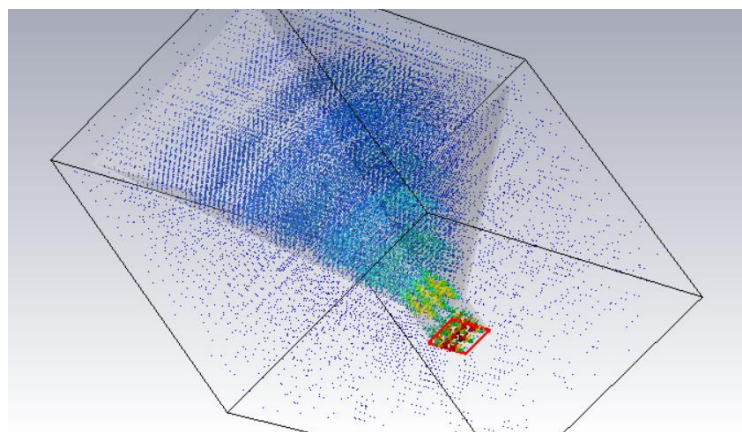


图 4-12 电场全局图



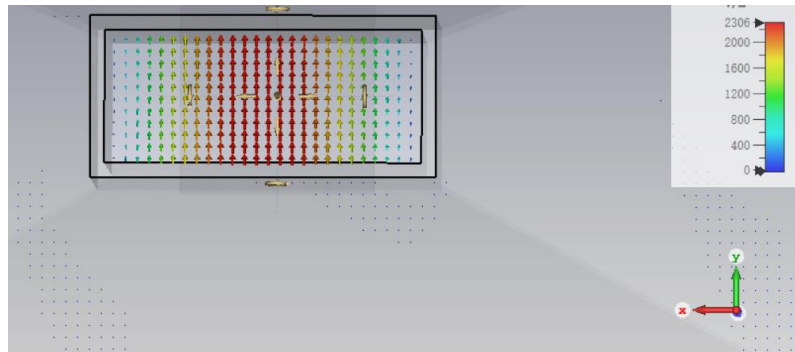


图 4-13 电场端口图

可见，电场关于平面  $Yoz$  对称，越接近中心电场越强。在波导口平面（即  $z=0$  平面）电场沿  $x$  轴方向的梯度下降最快，沿  $y$  轴方向梯度下降最慢。

### H-field:

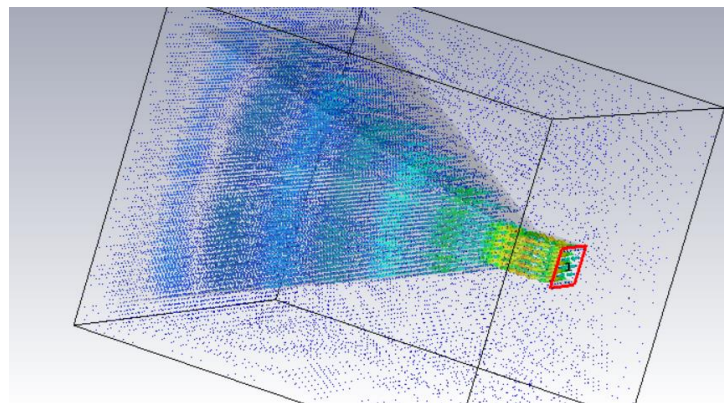


图 4-14 磁场全局图

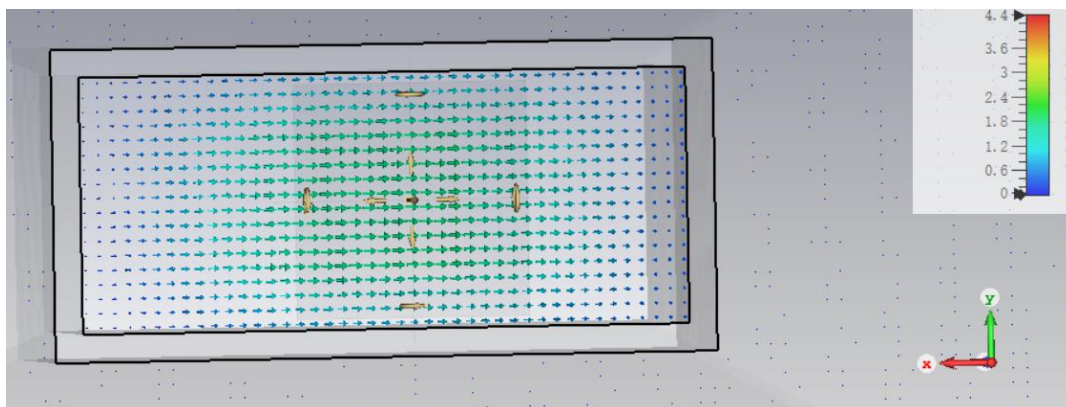


图 4-14 磁场端口图

可见，磁场关于平面  $Xoz$  对称。

### Surface Current:



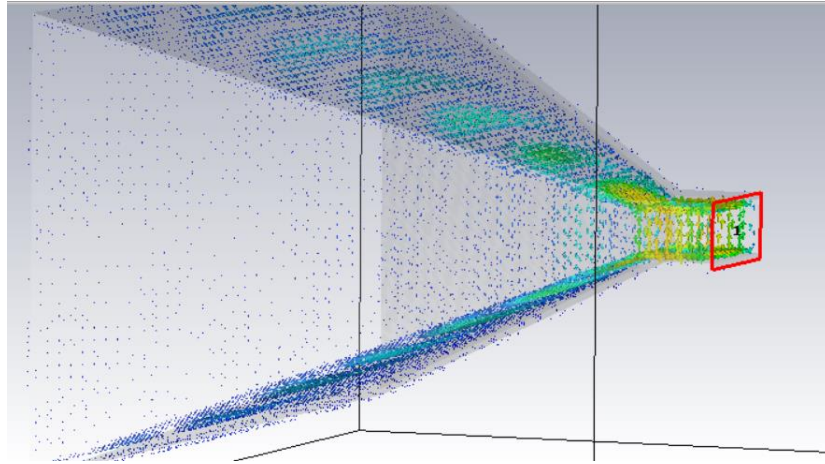


图 4-15 表面电流全局图

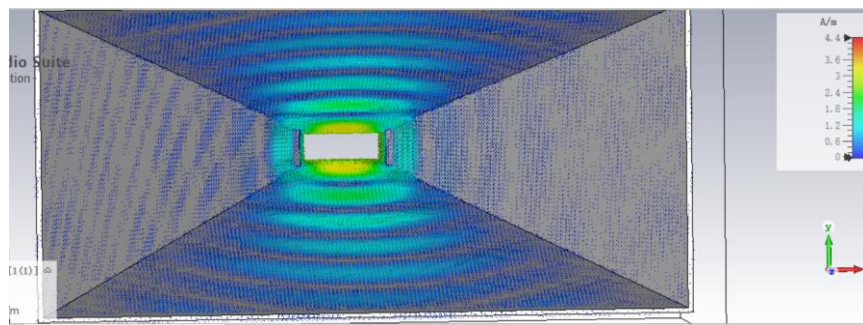


图 4-16 从出口向里看的电流分布图

## 五、实验心得

通过 CST 仿真，我对场波理论课上学的知识有了新的理解。我学会了矩形喇叭天线的增益计算，并学会如何运用公式设计想要的天线。我还学会了 CST 仿真的基本步骤，可以说在理论和实践领域同时得到了锻炼，希望以后能有更多的 CST 仿真实验。

扣分

水平方向图 -4