

浙江大學

本科生实验报告



课程 电磁场与电磁波实验

姓名

学号

专业 电子科学与技术

实验内容 CST 仿真

实验二 CST 仿真实验

1. 实验目的

了解波导喇叭天线的常用参数指标及其分析方法；了解 CST 软件的操作流程，运用 CST 对特定的微波器件和电路进行建模仿真分析。

2. 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 1 所示。



图 1 实际天线

喇叭天线可以分为以下几种：

(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 (a) - (c) 所示。

(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 3 所示

实验中采用的是矩形波导馈电的角锥喇叭天线。

2.2. 矩形波导馈电角锥喇叭天线理论分析

(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 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 8.2~12.4GHz。根据工作的频段，选择 X 波段的标准矩形波导作为馈电波导，因此有： $a = 22.86mm$ ， $b = 10.16mm$ ， $\lambda = 29.1mm$ 。同时选择合适的角锥参数： $D_H = 141mm$ ， $D_E = 105mm$ ， $L = 200mm$ ，以获得良好的天线增益。

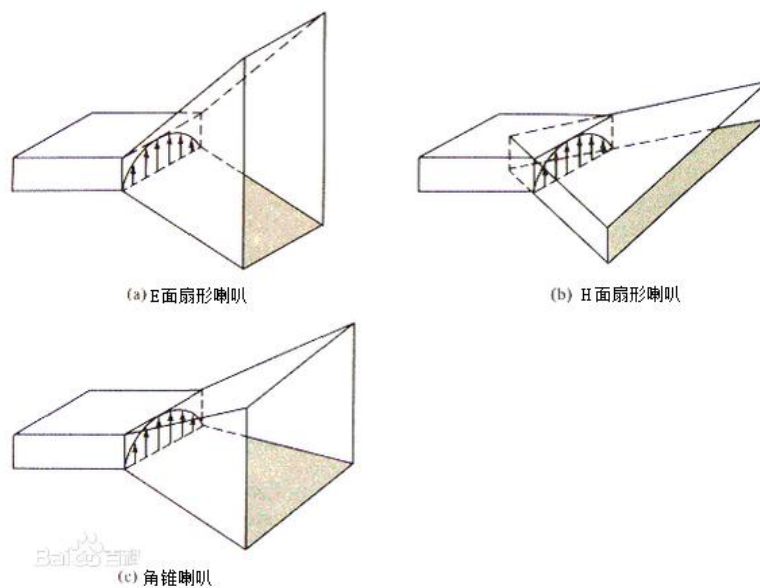


图 2 三种矩形波导馈电角锥喇叭天线结构示意图

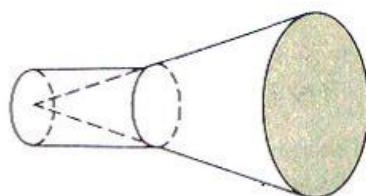


图 3 圆波导馈电圆锥喇叭天线结构示意图

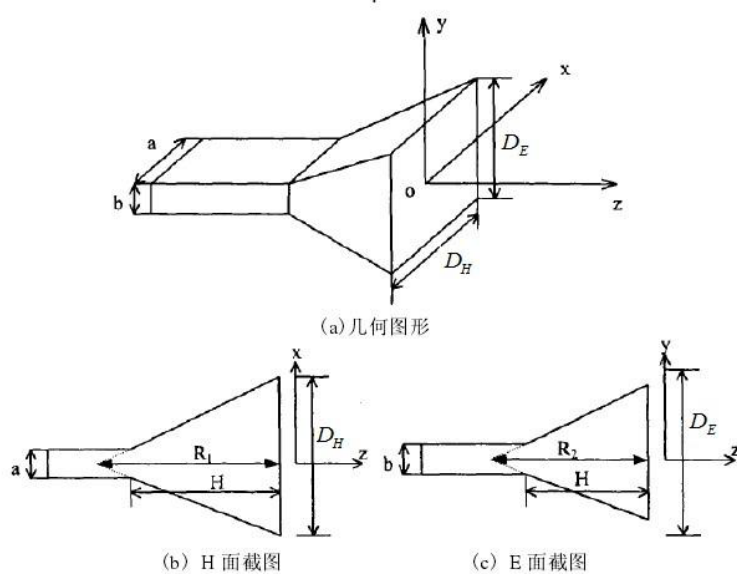


图 4 角锥喇叭天线的结构示意图

(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 $A = D_H \times D_E$ ，喇叭高度为 L 的角锥喇叭天线，可以用下式来估算该天线的增益。

$$G = 0.51 * \frac{4\pi D_H D_E}{\lambda^2}$$

可以估算本次实验使用的矩形波导馈电的角锥喇叭天线的理论增益约为 112.04 倍，即 20.5dB。

3. 实验设备

计算机、CST 仿真软件。

4. 实验内容

- (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。

5. 实验过程及数据记录

5.1.喇叭天线建模

完成的喇叭天线模型如图所示：

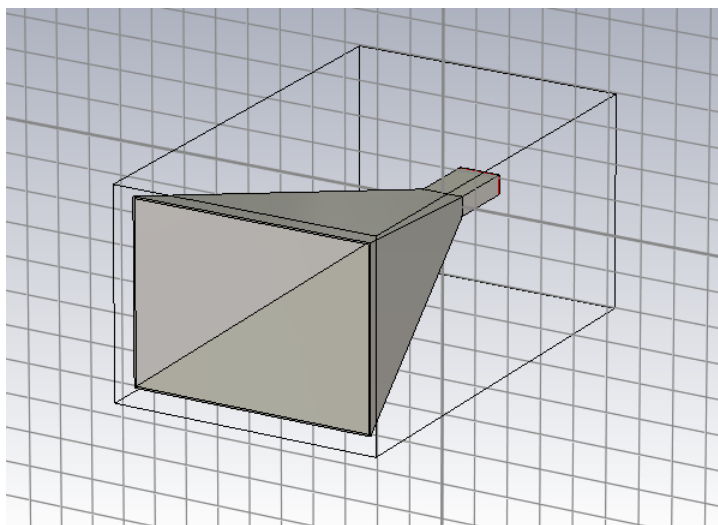


图 5 喇叭天线模型

建模时，先新建一个立方体作为基座，再建立一个矩形作为喇叭口所在的面，将矩形平移到合适的位置后，选中基座面和矩形，以此建立喇叭口的侧壁，最后再进行掏空操作。所有的参数选择均应根据预设参数进行设置，材料均选择 PEC。

5.2.对喇叭天线仿真

先进行模式计算，如图 6：

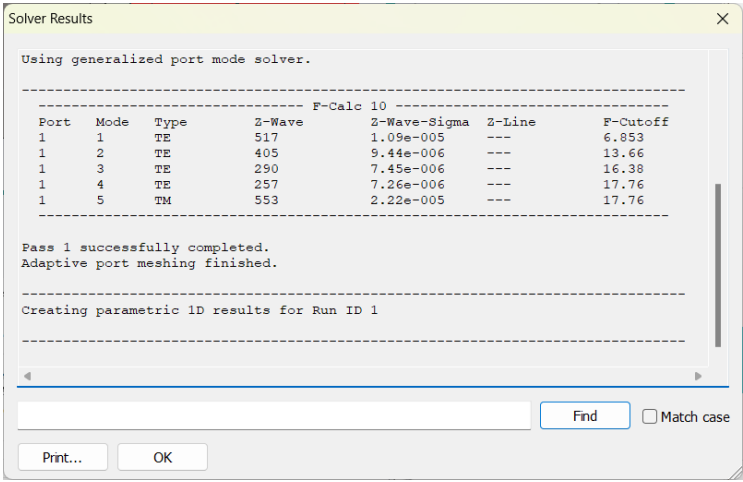


图 6 模式计算

选择 12GHz 以下的模式（仅有 1 个），进行仿真。

（1）方向图（3D 与极坐标模式）

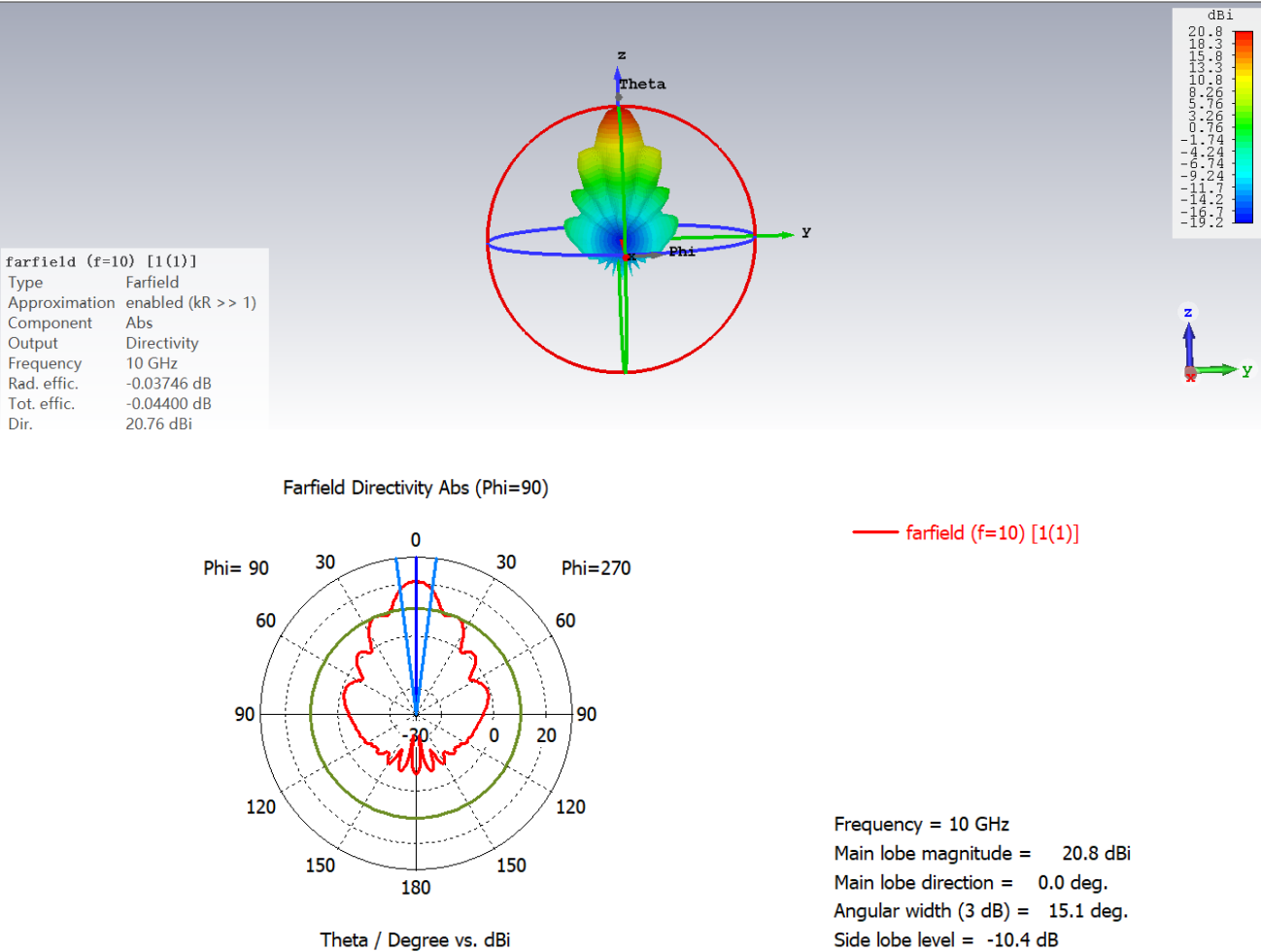


图 7 方向图

可以看到喇叭天线在 xz 平面上的方向性比 yz 平面要好。从图中可以看出，天线主瓣的最大增益为 20.8dB ，最大增益下降 3dB 角度 $\theta_{0.5} = 15.1\text{rad}$ ，主瓣半角宽度 $\theta_0 = \frac{\pi}{3}$ 。增益的仿真值和理论值基本一致。

(2) S_{11} 曲线和驻波比曲线

S_{11} 曲线和驻波比曲线如图 8、图 9 所示。根据理论知识，反射系数越小，驻波比越接近于 1，表示天线在该频段下反射的信号越少，该频段越适合于天线工作，理想情况下，反射系数为 0，驻波比为 1。从图中可以看出，在 8.20GHz 、 8.75GHz 、 9.40Hz 、 10.10GHz 这几个频段下，其反射情况较好。

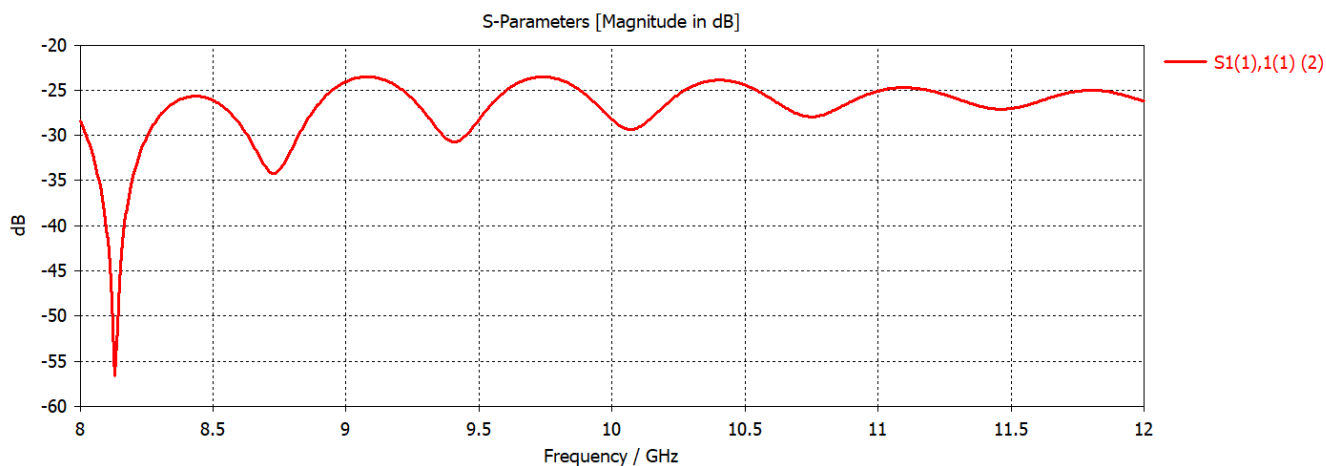


图 8 S_{11} 曲线

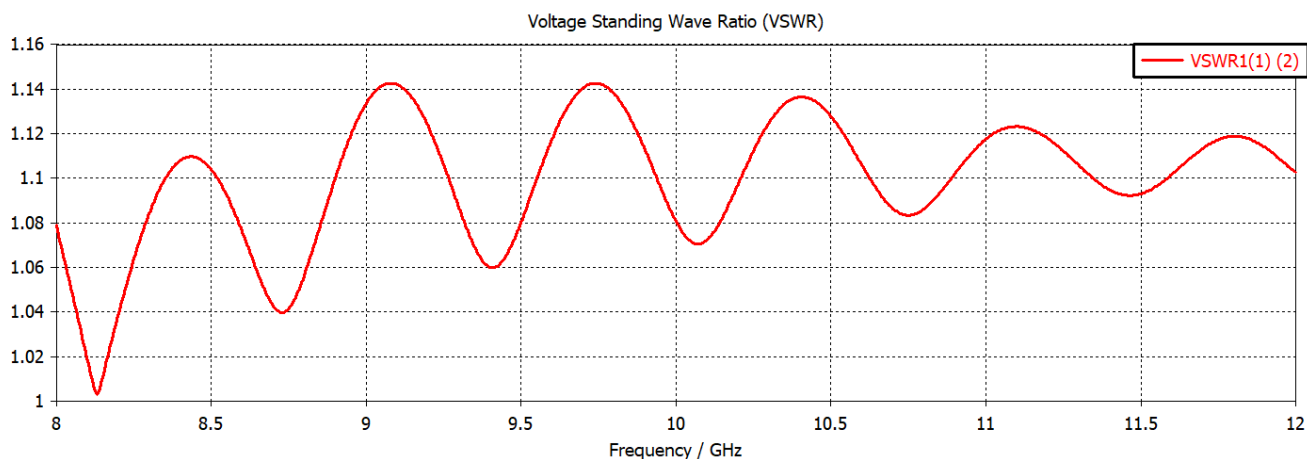


图 9 驻波比曲线

(3) 端口处的电场和磁场分布

激励端口处的电场和磁场分布如图 10、图 11 所示。从图中可以看出，端口每一处的电场仅在 yz 平面上有分量，且整体电场分布关于 x 轴对称分布，这与激励信号的接入方式有关，即激励信号的正负极在上下两个断面；端口每一处的磁场仅在 xz 平面上有分量，且整体磁场分部门关于 y 轴对称；根据麦克斯韦方程组，电场和磁场显然相互正交。

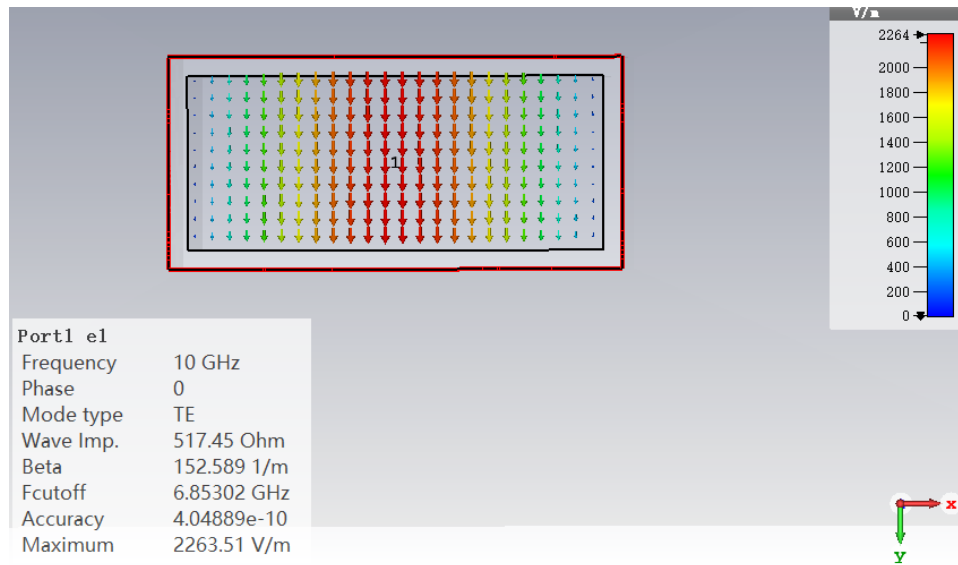


图 10 激励端口处的电场分布

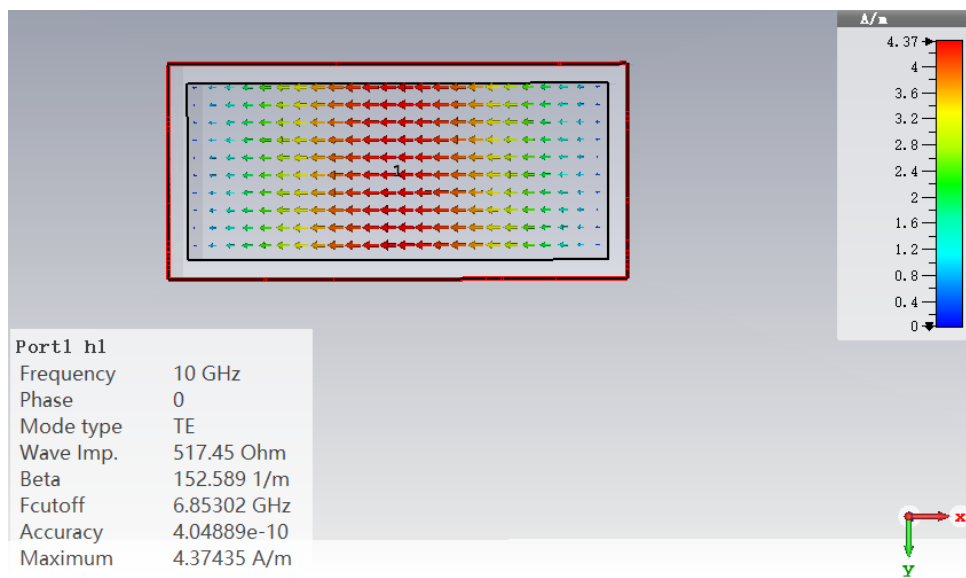


图 11 激励端口处的磁场分布

(4) 喇叭天线的电场分布和磁场分布

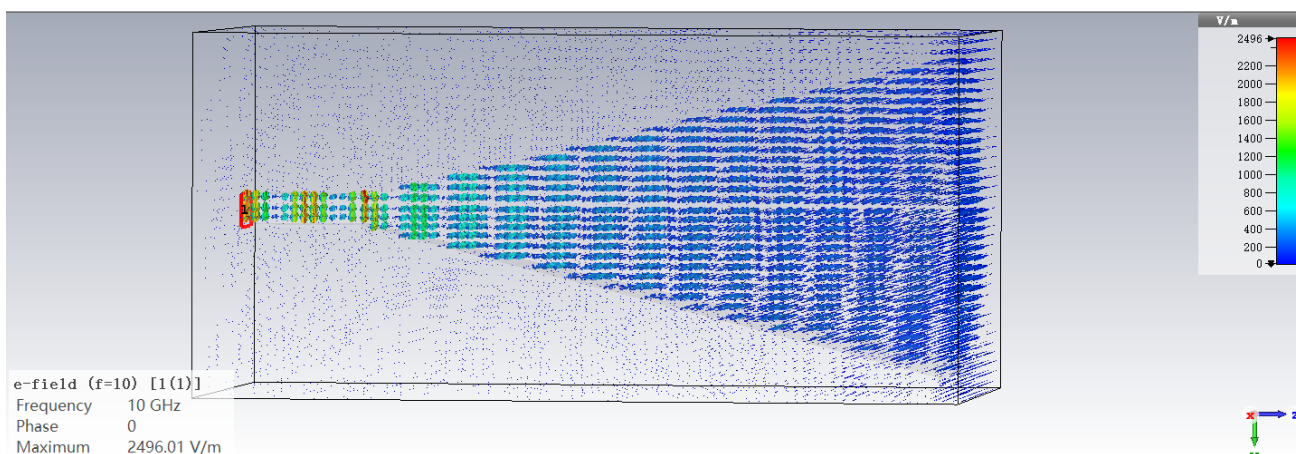


图 13 喇叭天线电场分布

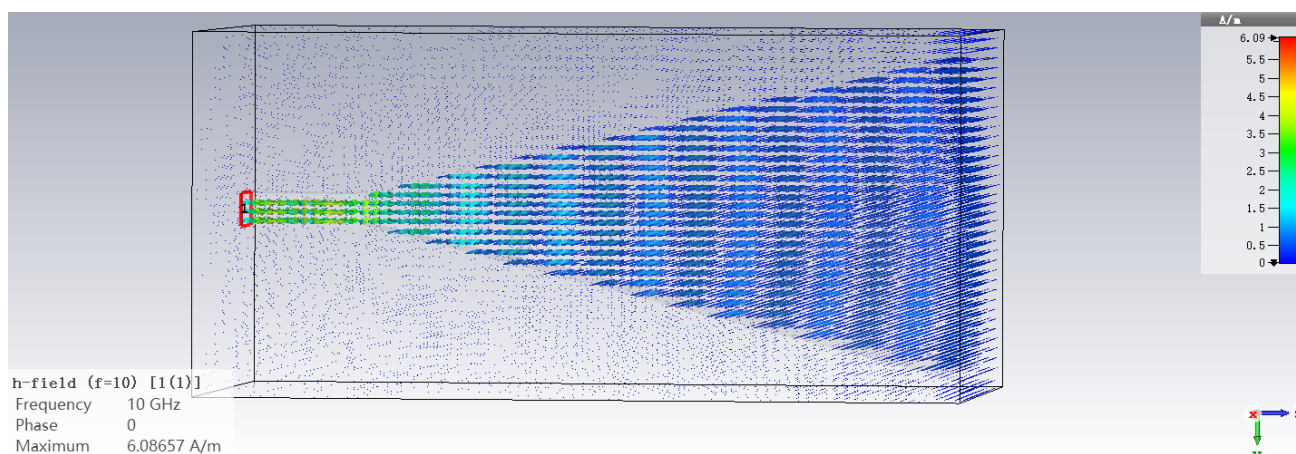


图 12 喇叭天线磁场分布

由图 12~13 可知，天线内部电磁场分布方向性与端口相同，但随着与端口距离的增加，电磁场逐渐衰减，这与天线传输的实际场景相符。

(5) 喇叭天线表面电流分布

由图 14 可知，喇叭天线的表面电流沿着天线表面呈螺旋环形分布。

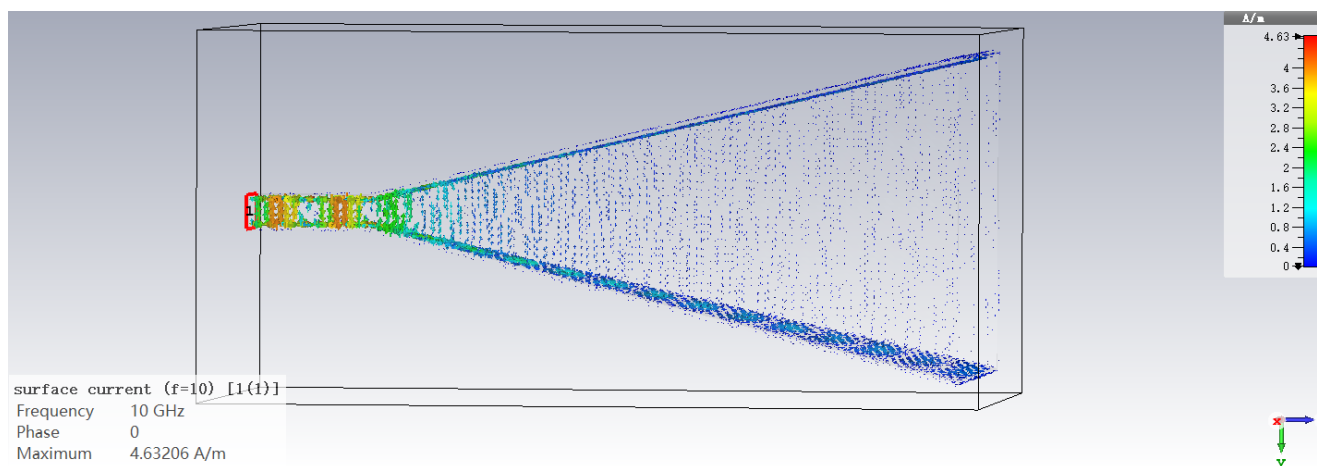


图 14 喇叭天线表面电流分布

6. 实验收获与体会

通过本次实验，我了解了 CST 仿真软件的使用，并理解了天线设计 and 应用时反射系数、驻波比与工作频率的选择之间的关系，了解了天线方向图的使用方法，巩固了在理论课上学习的基础知识。

7. 建议与意见

无