

浙江大学

本科实验报告

偶极子天线仿真

课程名称:	天线理论与设计
姓名:	湛梓轩
学院:	信息与电子工程学院
专业:	电子科学与技术
学号:	3210105209
指导老师:	

October 9, 2023

一、实验目的

1. 学习使用 HFSS 仿真软件，对其基本操作步骤学习/掌握
2. 理解偶极子天线建模及激励，得到正确的仿真结果

二、仿真步骤

1. 偶极子天线建模

新建工程文件，并设置求解类型“Solutuion Type”，之后定义设计变量如下所示：

$$\lambda = 100\text{mm} \quad (1)$$

$$length = 0.48 * \lambda \quad (2)$$

$$gap = 0.24\text{mm} \quad (3)$$

$$dip_length = length/2 - gap/2 \quad (4)$$

$$dip_radius = \lambda/200 \quad (5)$$

$$rad_radius = dip_radius + \lambda/4 \quad (6)$$

$$rad_height = dip_length + gap/2 + \lambda/10 \quad (7)$$

之后进行设计建模，选取并绘制圆柱体模型，将其更名为“dipole”并更改材料为 PEC，最后更改圆柱的位置和大小，如图 1所示：

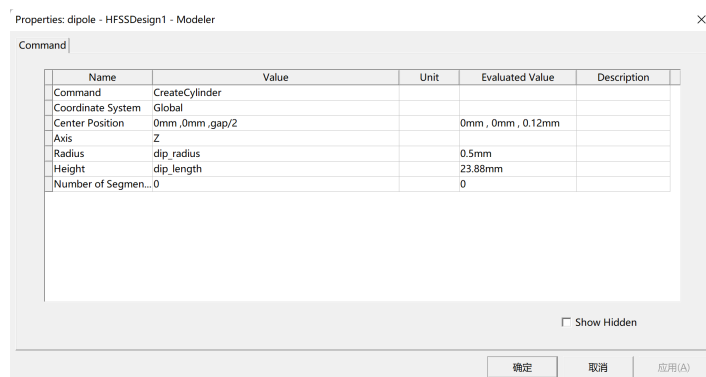


Figure 1: dipole 尺寸设置

将该圆柱复制，并沿 x 轴旋转 180° 即可得到偶极子天线的模型，如图 2所示：

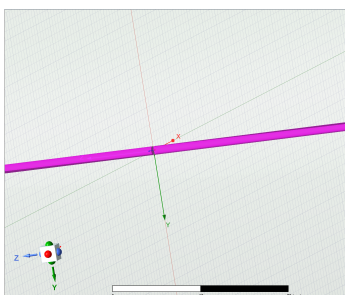


Figure 2: dipole 建模

2. 设置端口激励

半波偶极子天线由中心位置馈电，设置端口的激励方式为集总端口激励，设置结果如图所示：

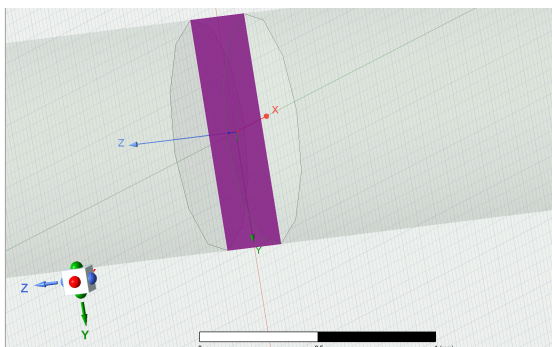


Figure 3: 激励端口建模

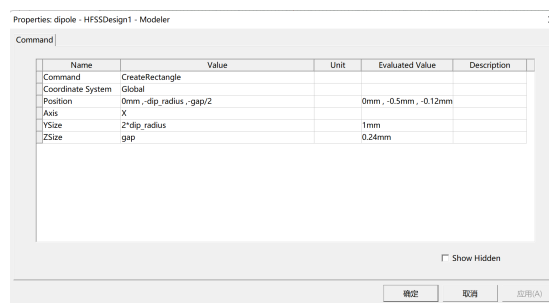


Figure 4: 激励端口设置

3. 设置辐射边界条件

当前设置中，辐射边界和天线之间距离为 $1/4$ 个工作波长。我们依然通过圆柱体来建模，并将材质设置为“air”，透明度为 0.8，设置结果如图所示：

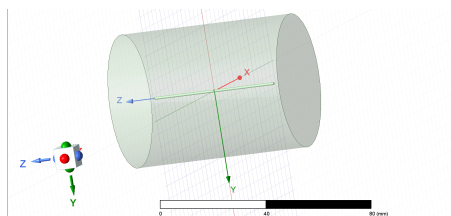


Figure 5: 辐射边界

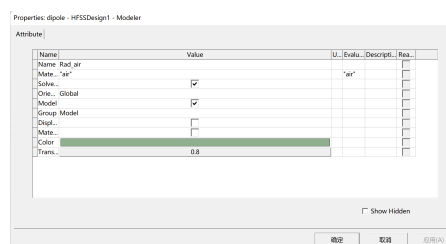


Figure 6: 辐射边界设置

4. 求解设置

设置求解频率为 3GHz，自适应网络剖分的最大迭代次数为 20，收敛误差为 0.02。添加 2.5GHz 到 3.5GHz 的扫频设置，步长为 0.001GHz。

5. 设计检查和运行仿真运算

在进行仿真之前，要对设计进行检查，运行 HFSS 提供的“Validation check”，得到如图所示的结果吗，即证明可以进行仿真操作。

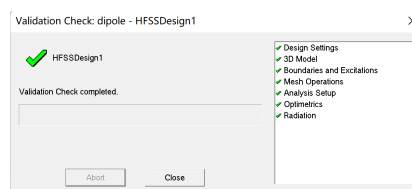


Figure 7: 设计检查

6. 数据后处理

在 result 工程节点下，打开报告设置对话框，选取相应的指标及单位，即可生成其仿真结果。

三、 仿真结果及分析

1. 回波损耗

回波损耗 RL (Return Loss) 指的是射频输入信号反射回来的功率与输入信号功率的比值，即 $R_L = -10\lg(P_0/P_1)$ 。该偶极子天线的回波损耗（输入匹配）仿真结果如图 8所示：

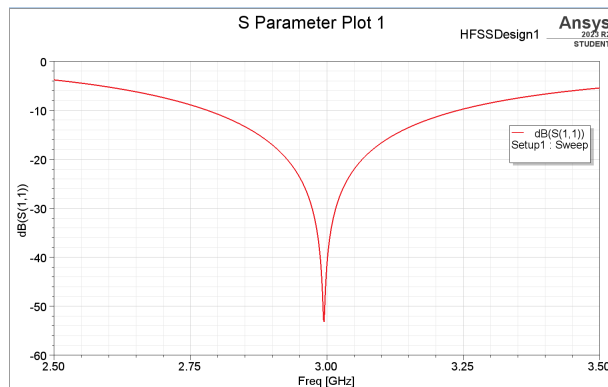


Figure 8: 回波损耗

工作 3GHz 的天线，一般设计要求其回波损耗（输入匹配）在 14dB 以上，而根据仿真结果，在 2.85GHz 和 3.15GHz 附近的回波损耗为-14dB，因此该天线是充分满足该回波损耗设计要求的。

2. 驻波比

驻波比 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) 是电压驻波比的简称，指的是反射波波幅与入射波波幅的比值。当理想情况下阻抗完全匹配时，驻波比的值是 1。在实际工程上，必然存在反射，此时的驻波比是大于 1 的，反射越大时驻波比也越大。因此对驻波比这个技术参数，数值越低越接近 1 越好。

该偶极子天线的仿真结果如图 9所示：

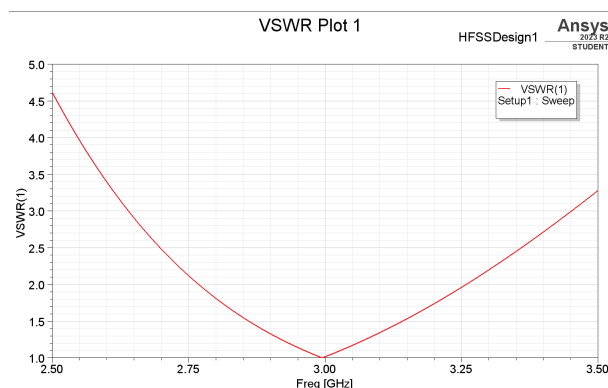


Figure 9: VSWR

通过仿真结果，我们可以看出，在改天线工作频率 3GHz 附近，其驻波比近乎为 1，说明其充分满足该指标。

3. smith 图

史密斯图是复反射系数的极坐标图，它在数学上定义为 1 端口散射参数 s 或 s11。对于该偶极子天线，其仿真得到的 smith 图如图所示：

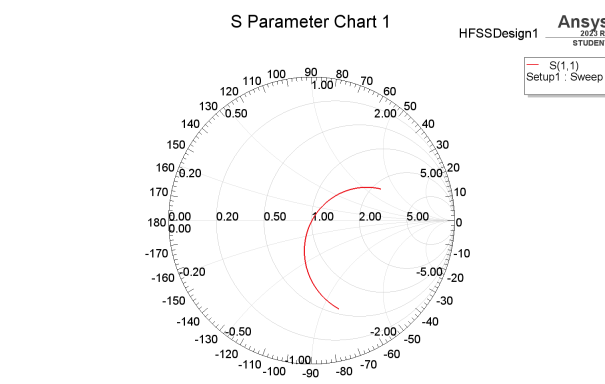


Figure 10: S11 smith chart

4. 输入阻抗

输入阻抗可以表示为： $Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = R_{in} + jX_{in}$ ，在该偶极子天线中，我们设置了其值为： $73.2\Omega + j0$ ，其仿真结果为：

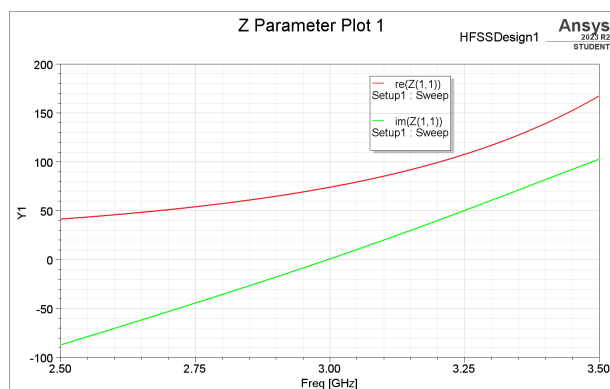


Figure 11: 输入阻抗

从图中，我们可以得到，该仿真值，在 3GHz 处，同我们的设计值是相同的。而在其他频率时，阻抗发生变化，小于 3GHz 时呈现感抗，大于 3GHz 时呈现容抗。

5. 方向图

增益方向图表示改天线在不同方向上的增益大小，该偶极子天线的增益方向图如图所示：

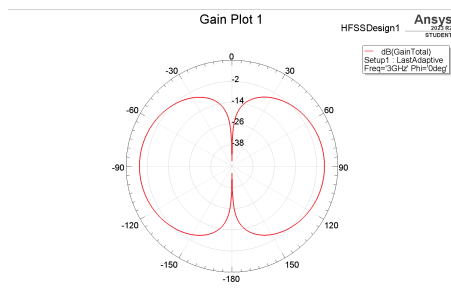


Figure 12: 方向图 2D

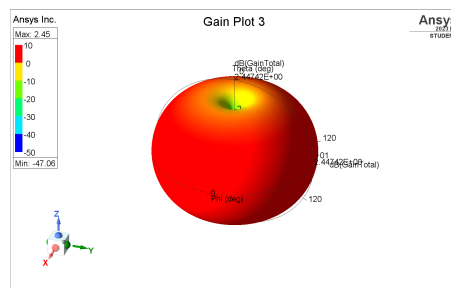


Figure 13: 方向图 3D

从图中可以看出，在 $\phi = 90^\circ$ 时，偶极子天线并没有明显的方向性，其增益有很强的对称性，也没有主副瓣之分，说明偶极子天线的方向性并不强。同时，其最大增益也只有 -2dB，在多数情况下，增益是不够的，因此，从增益方向图的角度来说，偶极子天线的效果并不好。

四、 结论及总结

偶极子天线的阻抗匹配和损耗都比较理想，但是其增益较低，方向性较差。通过对偶极子天线的仿真，我掌握了 HFSS 的基本操作方式，对建模等操作都较为熟悉，也对天线的各项指标也有了进一步的理解。