

内蒙古工业大学物理实验报告

姓名	杨昊泽	班级	材20-2班	教师签字	21.9.7
学号	202010401061	组别		成绩	
日期	2021.9.24	题目	用模拟法测绘静电场		

[实验目的]

1. 学会恒定电流场模拟法测绘静电场的原理和方法
2. 加深对电场强度和电势概念的理解
3. 测绘点状电极、同心圆电极、聚焦电极的电场分布情况

[实验仪器]

1. DZ-2型静电场描绘仪
2. DC-A型导电微晶静电场测试仪

[实验步骤]

一、用DZ-2型描绘仪测量静电场

1. 取点状水槽电极盛水放入电极架下层,接好线后,通电
2. 令同步探针的下探针分别与水槽电极的两极接触,调节电压,使两极间的电势差为12V,找出2V、4V、6V、8V、10V电压值对应的电势等势点,每个电压值取10个,记录其坐标
3. 将电势相等的点连接起来,成为一条等势线,标出电压值,根据电场线与等势线正交的关系,画出电场线及方向,即得到一张两点电荷的静电场分布图
4. 将水槽电极改为同心圆水槽电极,重复2、3过程,得到一张同轴电缆的静电场分布图
5. 将水槽电极改为聚焦水槽电极,重复2、3过程,得到一张聚焦电极的静电场分布图

二、用DC-A型导电微晶测绘仪测绘静电场

1. 将导电微晶上同轴电缆的两个电极分别与直流电源输出端正负极相连,输入端正负极分别同同步探针及电源输出端负极相连
2. 移动探针测绘等势线簇,要求相邻两等势线间电势差为1V,共测八条等势线,每条线测定10个以上均匀分布的点
3. 根据电场线与等势线正交的关系,画出等势线和电场线,指出电场强度方向,标出电压值,得到一张完整的同轴电缆静电场分布图
4. 再用相同方法描绘出两点电极、聚焦电极的静电场分布图

[实验原理概述]

一、模拟的理论依据

为了克服直接测量静电场的困难,可以仿造一个与待测静电场分布完全一样的电流场,用容易直接测量的电流场去模拟静电场。

静电场与恒定电流场本是两种不同的场,但是两者之间在一定条件下具有相似的空间分布,即两种场在数学形式上相似。引入电势 U ,则电场强度 $\vec{E} = -\nabla U$,电场强度 $\vec{E}$ 和电流密度 $\vec{j}$ 都遵从高斯定理及环路定理。对于静电场,电场强度在无源区域内满足以下积分关系:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

对于恒定电流场,电流密度 $\vec{j}$ 在无源区域内也满足类似的积分关系:

$$\oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \oint_L \vec{j} \cdot d\vec{l} = 0$$

由此可见, $\vec{E}$ 和 $\vec{j}$ 在各自区域中所遵从的物理规律有同样的数学表达形式。若恒定电流场空间均匀充满了电导率为 σ 的不良导体,不良导体内的电场强度 $\vec{E}'$ 与电流密度 $\vec{j}$ 之间遵循欧姆定律:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}'$$

因而, $\vec{E}$ 和 $\vec{E}'$ 在各自的区域中也满足同样的数学规律。因此,可以用恒定电流场来模拟静电场。

二、模拟条件

1. 恒定电流场中电极形状应与被模拟静电场中的带电体几何形状相同
2. 恒定电流场中的导电介质应是不良导体且电导率分布均匀,并满足 $\sigma_{\text{电极}} \gg \sigma_{\text{导电介质}}$ 才能保证电流场中的电极表面也近似是一个等势面
3. 模拟所用电极系统与被模拟静电场的边界条件相同

[实验数据记录]

点状电极								平板电极							
2V		4V		6V		8V		2V		4V		6V		8V	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
13.2	5.7	17.3	1.8	21.5	4.7	24.5	6.3	3.9	4.8	5.3	4.9	6.9	2.8	9.5	1.2
14.8	6.1	17.7	3.1	21.1	5.7	23.4	6.6	3.7	3.2	5.3	4.7	6.9	3.2	9.3	1.9
15.9	7.0	17.9	4.4	20.8	6.9	22.6	7.3	3.7	3.7	5.3	5.1	6.8	4.1	8.9	2.5
16.4	8.3	18.1	5.5	20.7	8.1	22.2	8.1	4.0	4.0	5.2	5.8	6.9	5.0	8.5	3.2
16.3	9.2	18.3	6.8	20.8	9.3	22.4	8.6	3.9	5.0	5.2	6.3	6.9	5.6	8.2	3.8
15.6	10.4	18.3	7.6	21.1	10.8	22.8	9.3	3.9	5.1	5.1	6.9	6.9	5.9	8.2	4.0
14.8	11.0	18.4	9.1	21.6	11.9	23.2	9.9	3.7	5.6	5.1	7.7	7.1	7.7	8.2	4.8
14.2	11.3	18.2	11.2	21.7	12.6	23.8	10.2	3.4	6.2	5.2	8.9	7.1	8.3	8.7	6.2
13.7	11.4	18.0	13.2	22.2	13.3	24.2	10.2	3.3	6.7	5.2	10.3	7.0	10.1	9.1	7.6
13.0	11.6	17.6	14.4	23.0	14.7	25.2	10.4	3.9	12.1	5.4	11.4	6.8	12.4	9.3	8.3
同心圆电极								针板电极							
2V		4V		6V		8V		2V		4V		6V		8V	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
5.2	7.6	7.2	7.5	8.3	8.3	9.7	7.5	14.8	5.2	17.8	4.5	19.9	4.1	21.8	3.8
4.8	8.3	7.4	8.2	8.3	9.3	9.8	8.5	16.4	6.0	18.2	5.3	20.1	4.7	21.9	5.1
5.1	8.9	7.3	8.7	7.6	10.3	8.8	11.2	17.3	6.8	18.5	5.9	20.2	5.4	21.9	6.6
5.5	9.2	6.8	9.5	7.2	10.6	7.3	12.2	17.9	7.2	19.1	7.3	20.3	6.1	21.9	7.8
6.0	9.2	6.2	9.9	6.5	10.8	6.1	12.4	18.4	8.0	19.2	8.3	20.5	6.9	22.1	8.7
6.5	9.1	5.9	10.0	5.5	10.9	5.1	12.0	18.4	8.6	19.3	9.1	20.6	8.4	22.0	9.6
6.7	8.8	5.4	9.9	4.8	10.6	8.4	10.1	17.9	9.3	19.0	9.4	20.5	9.2	22.0	10.2
6.8	8.5	4.8	9.5	4.6	10.2	2.1	8.4	17.2	9.9	18.8	10.2	20.4	9.9	21.9	11.0
6.7	7.9	4.3	8.7	3.7	9.1	3.2	5.8	16.4	10.6	18.2	11.1	20.2	10.9	22.0	12.2
6.3	7.5	4.9	7.2	6.2	6.1	5.5	4.7	15.4	11.3	17.7	12.0	19.9	12.0	21.9	13.6

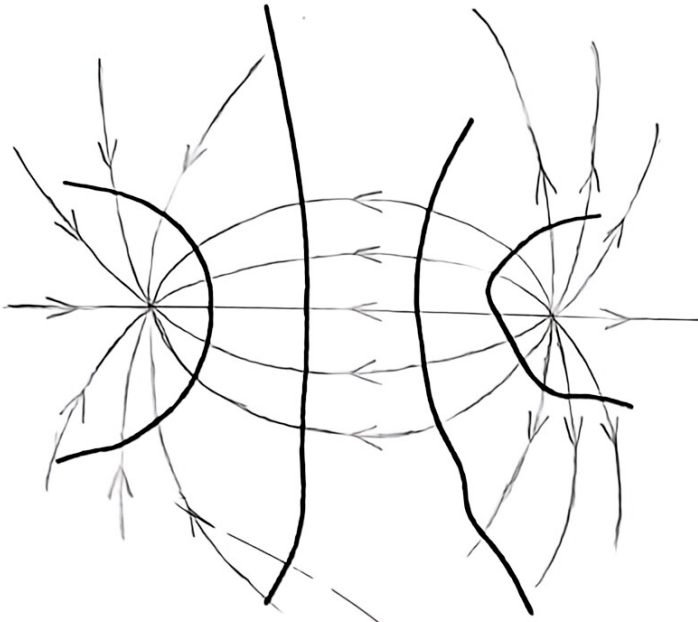
说明：实验报告共 50 分。其中前实验目的、实验仪器和实验步骤共 5 分；这三项要求课前完成；实验原理概述 15 分（课后完成）；数据记录 5 分（课上完成）；数据处理及结果表达 10 分（课后完成）；思考题 5 分（课后完成）；实验心得 5 分（课后完成）；报告整洁度 5 分。上课迟到扣 10 分，未按时交实验报告扣 10 分，补做实验扣 10 分。每人必须准备一个“原始实验数据记录本”，实验数据首先记录于此，经教师检查确定后再誊抄到实验报告上，无“原始实验数据记录本”扣 20 分。

思考题]

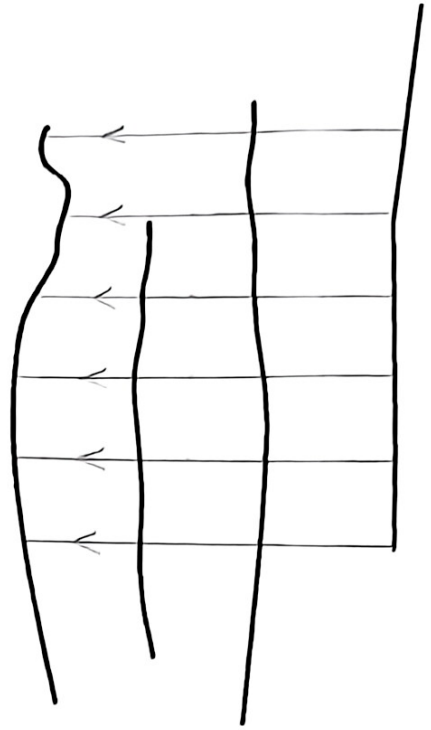
1. 由于电场线与等势线是正交的，因此可以选若干点，作出等势线在这些点的切线，再作出垂直于切线的法线，描绘出法线走向的趋势，即可得到电场线，方向是由高电势指向低电势，即正极指向负极
2. 改变电压，等势线和电场线的形状不会有变化，但分布会发生改变，电压高了会变密，电压低了会变疏

实验心得]

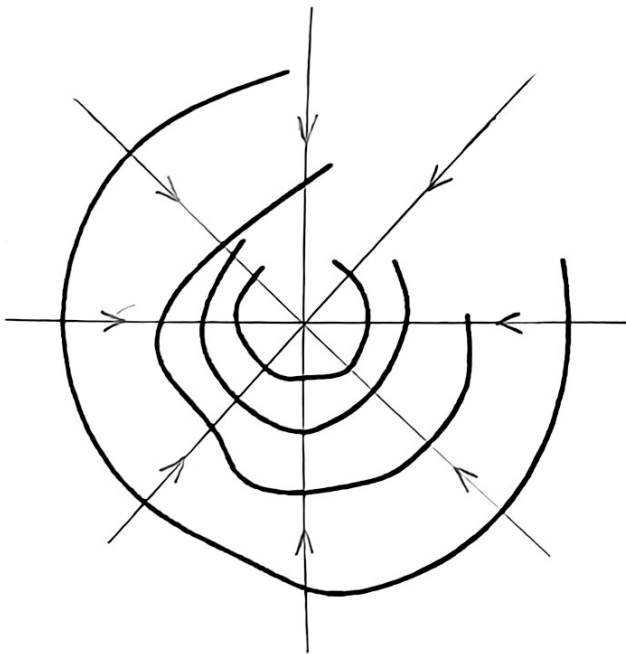
1. 了解了电场的分布与等势线的关系
2. 测数据时要准确、耐心，才能画出更完美的图像
3. 深入了解了电场线分布方程的推导(电场线函数)
4. 锻炼了使用计算机与绘图软件处理问题的能力



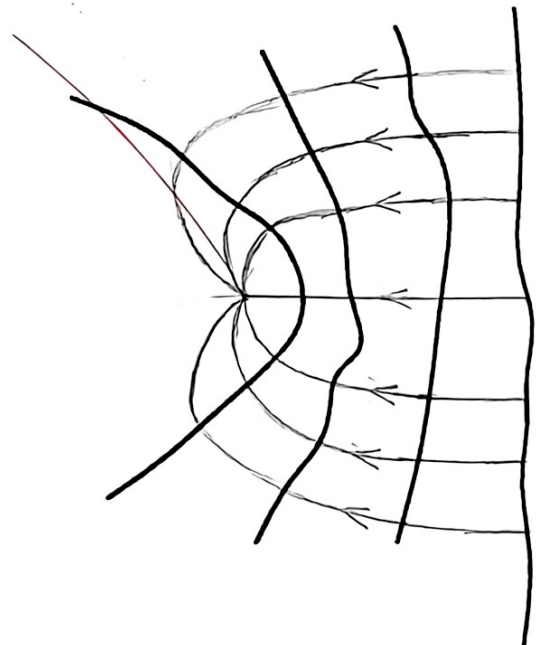
点状电极



平板电极



同心圆电极



针板电极