

# 电磁场仿真实验说明

## 实验报告内容

完成《实验1报告+班级+姓名+学号》电子报告中的内容

## 教师安排及答疑群

班级	指导教师及提交邮箱	答疑qq群
电气81-86	王 超：51926988@qq.com	948483421
电气87-812	高昕悦：563923060@qq.com	981306435
电气813，电测控81， 越杰，钱班	沈 瑶：691639828@qq.com	1092079764

## 提交时间：

**2020.4.5日前**将实验1电子报告发送至各班对应指导教师邮箱

**注意：**邮件名称和附件名称格式固定为：实验1报告+班级+姓名+学号

## 电磁场仿真实验验收说明

特殊时期，目前仅开设计算机编程及仿真实验，实测部分实验等开学后补上。

- 1、仿真电子版报告分为优、良、中、差四个等级；
- 2、实验报告不得抄袭他人,若发现实验报告雷同者,雷同实验报告一律做零分处理；
- 3、未按规定时间、规定格式、规定邮件及报告名称提交报告，将影响实验得分；
- 4、**增加现场考核**。开学后，教师对每个学生的仿真实验技能进行现场考核，内容为已完成仿真实验内容，故希望每个学生认真完成仿真实验内容，熟练掌握仿真技巧，有疑问及时请教老师。



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

# 应用有限差分法求解 接地金属槽内部的电位分布

电工电子教学实验中心  
2020年3月24日

1

实验任务和要求

2

有限差分法编程

3

学习ANSYS Maxwell电磁仿真软件

1

**编程任务：**用你熟悉的语言编写程序，应用有限差分法求解接地金属槽内的电位分布（P71页，编程任务（1）-（4））。

2

**仿真任务：**用ANSYS Maxwell软件仿真接地金属槽内的电位分布（P71页，仿真任务（5）-（7））。

## 编程任务具体要求 ( P71 ) :

- (1) 采用有限差分法，求解接地金属槽内部电位的计算机程序。
- (2) 求迭代收敛解，求相邻两次迭代值的指定的最大允许误差小于 $10^{-3}$ 。
- (3) 采用步距 $h=1$ 的正方形网格将场域离散，然后应用有限差分法求电位 $\varphi$ 的数值解。
- (4) 确定超松弛迭代的最佳收敛因子 $\alpha$ 。

右图的二维静电场边值问题可描述为：

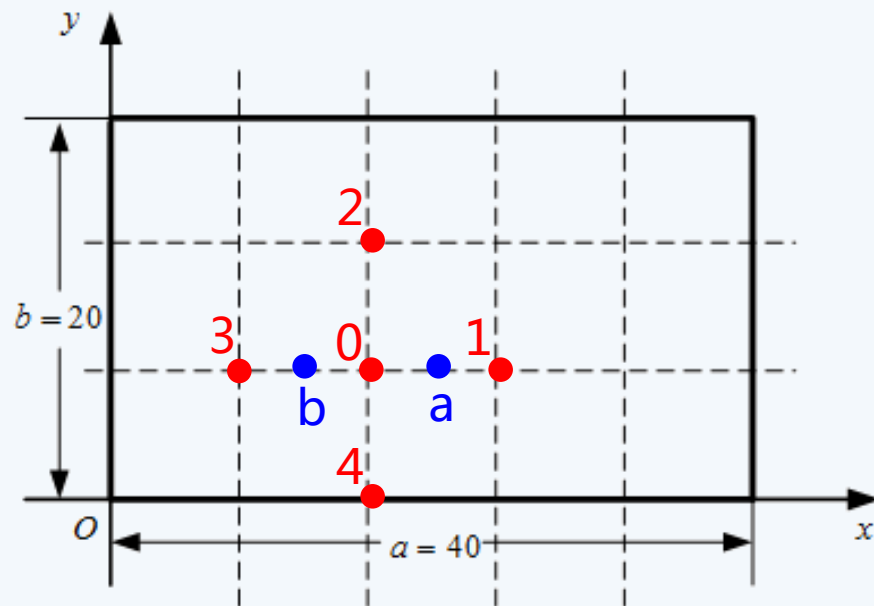
$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 & (\text{在矩形槽内}) \\ \varphi|_{0 < x < 40, y=0} = 0; \varphi|_{0 < x < 40, y=20} = 100 \\ \varphi|_{0 < y < 20, x=0} = 0; \varphi|_{0 < y < 20, x=40} = 0 \end{cases}$$

## 01 场域离散化

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=a} = \frac{\varphi(1) - \varphi(0)}{h} \quad \left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=b} = \frac{\varphi(0) - \varphi(3)}{h}$$

$$\left. \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right|_{x=0} = \frac{\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=a} - \left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=b}}{h} = \frac{\left( \frac{\varphi(1) - \varphi(0)}{h} \right) - \left( \frac{\varphi(0) - \varphi(3)}{h} \right)}{h} = \frac{\varphi(1) - 2\varphi(0) + \varphi(3)}{h^2}$$

$$\left. \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right|_{x=0} = \frac{\varphi(2) - 2\varphi(0) + \varphi(4)}{h^2}$$



## 02 差分格式

$$\varphi(1) + \varphi(2) + \varphi(3) + \varphi(4) - 4\varphi(0) = 0$$

## 02 差分格式

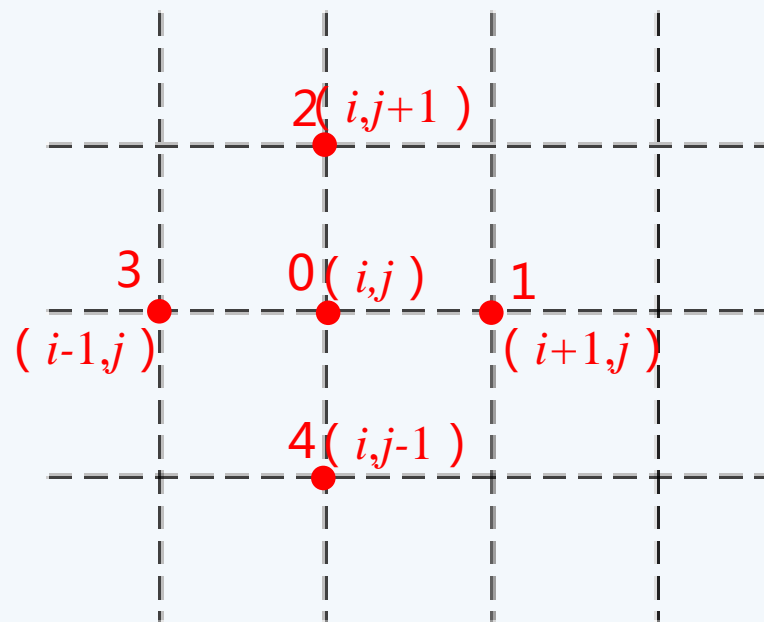
$$\varphi(1) + \varphi(2) + \varphi(3) + \varphi(4) - 4\varphi(0) = 0$$

## 03 差分方程组的求解

$$\varphi(i+1, j) + \varphi(i, j+1) + \varphi(i-1, j) + \varphi(i, j-1) - \underline{4\varphi(i, j)} = 0$$

### ☆ 高斯赛德尔迭代法

$$\varphi(i, j) = \frac{1}{4}(\varphi(i+1, j) + \varphi(i, j+1) + \varphi(i-1, j) + \varphi(i, j-1))$$



## 04 迭代收敛条件

$$\left| \varphi_{(i,j)}^{(n+1)} - \varphi_{(i,j)}^{(n)} \right| < 10^{-3}$$



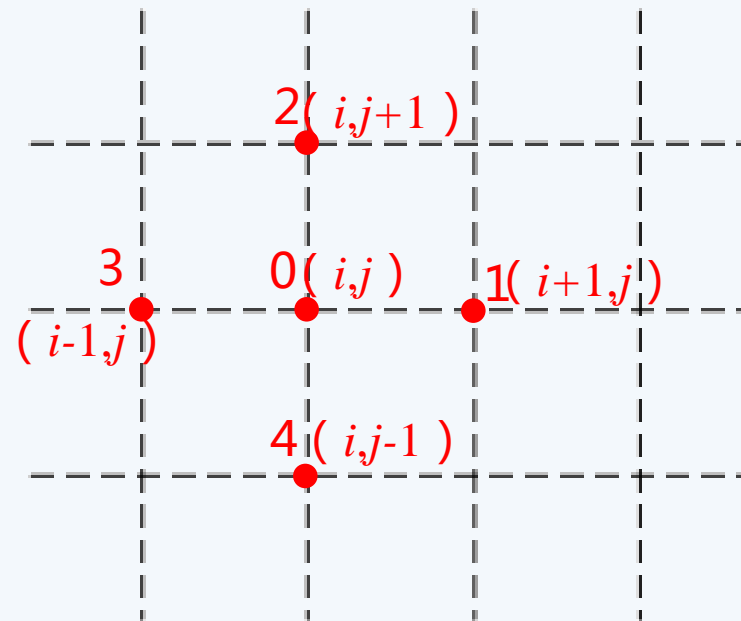
## 05 差分方程组的求解

**超松弛迭代法** ( $1 \leq \alpha < 2$ )

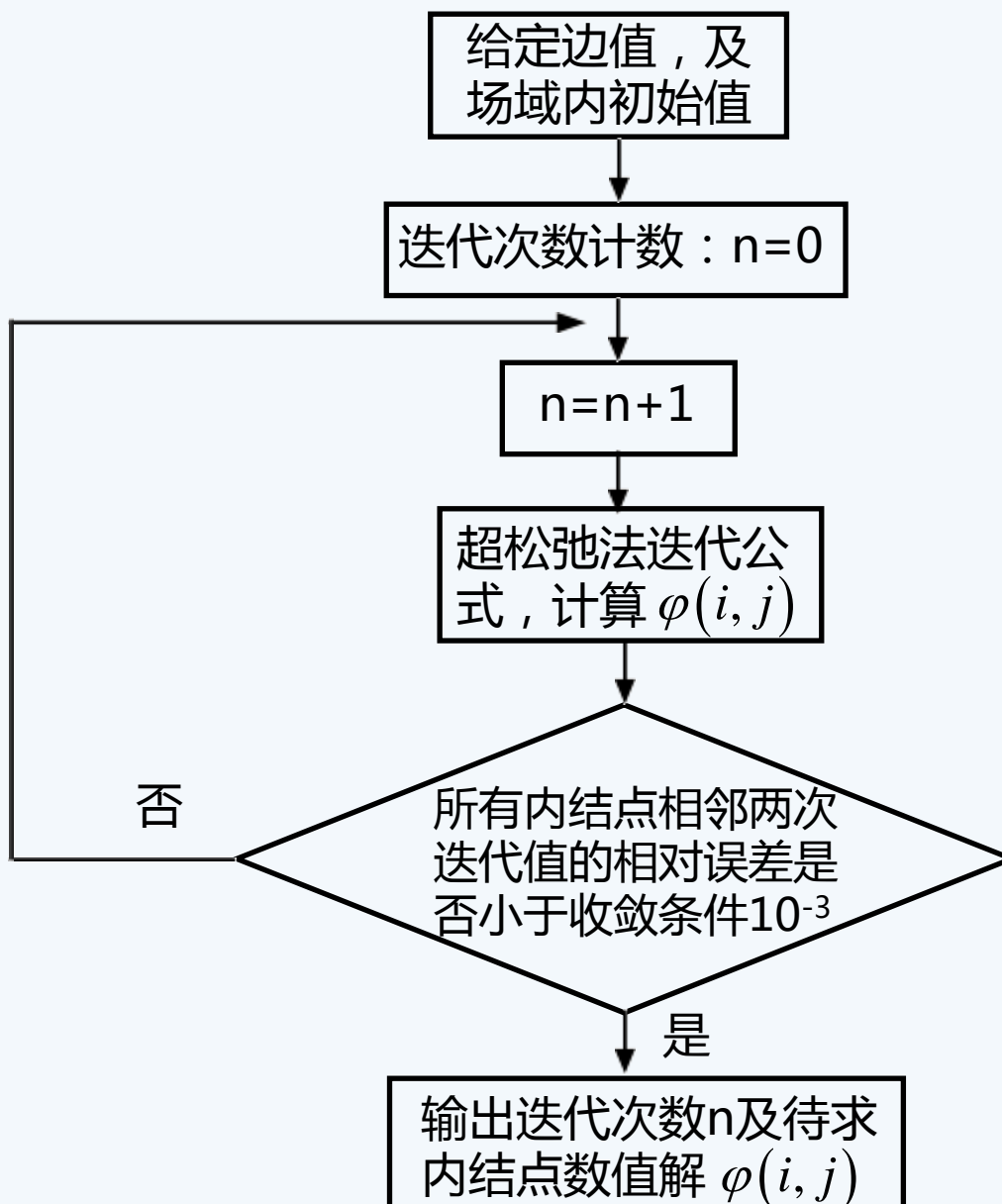
$$\begin{aligned}\varphi(i, j) = & \varphi(i, j) + \frac{\alpha}{4} (\varphi(i+1, j) + \varphi(i, j+1) \\ & + \varphi(i-1, j) + \varphi(i, j-1) - 4\varphi(i, j))\end{aligned}$$

★ **最佳收敛因子：迭代次数最少**

$$\alpha = 2 - \pi \times \sqrt{2} \sqrt{\frac{1}{p^2} + \frac{1}{q^2}}$$

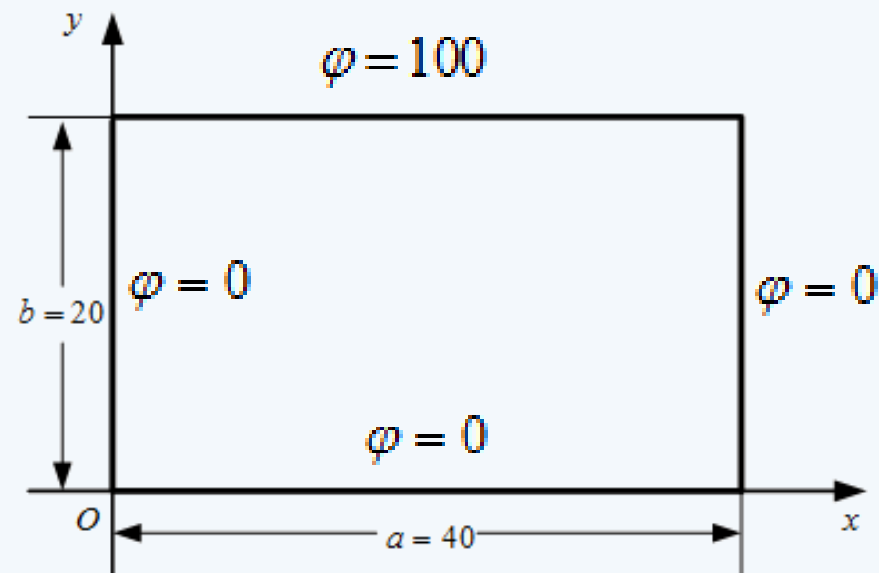


## 05 程序框图



## 仿真任务具体要求 ( P71 ) :

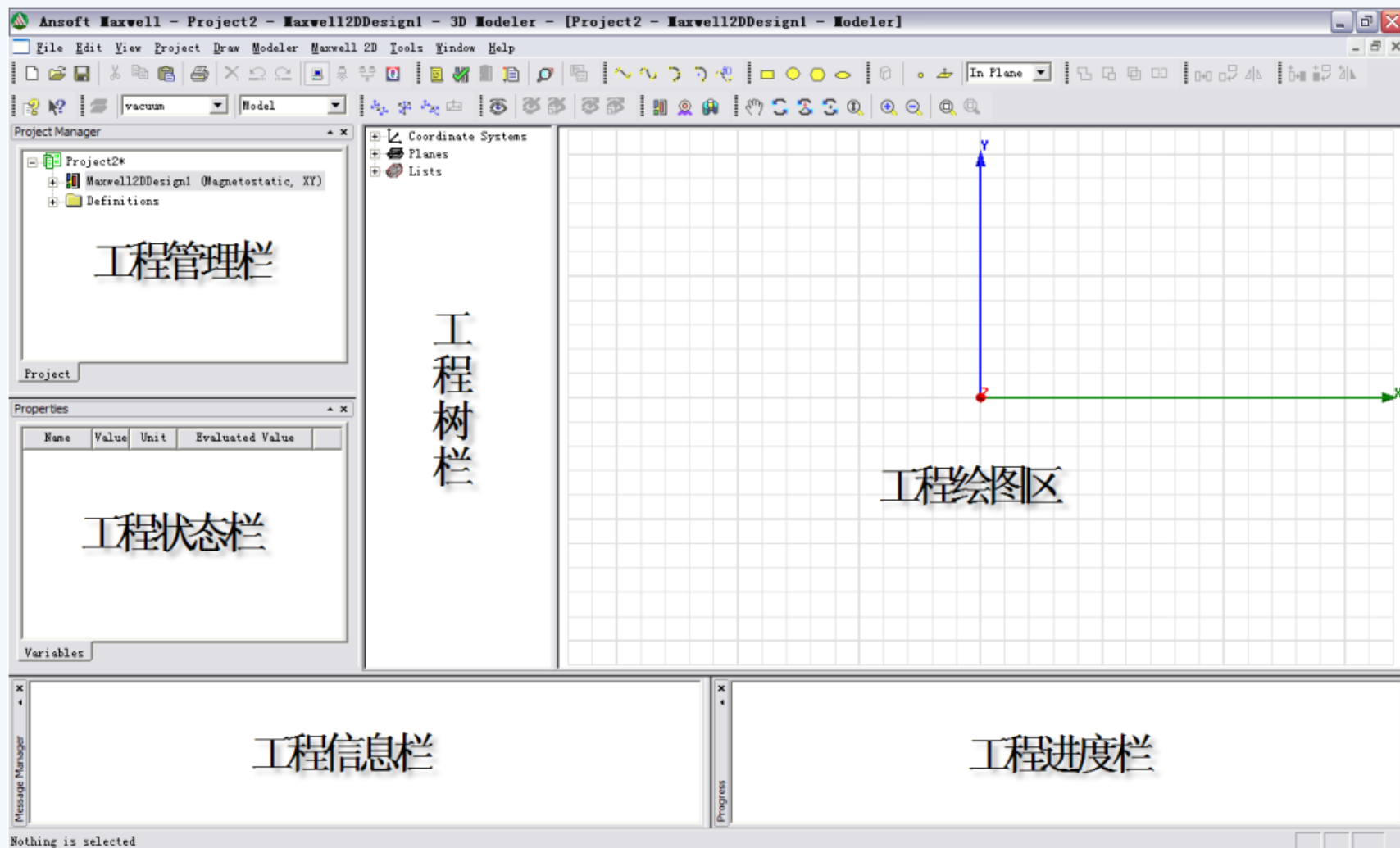
- (5)用仿真软件画出槽内等位线分布。
- (6)用ANSYS Maxwell 2D工程软件对问题求解，**取第10行，第N列的电位**，验证程序的正确性。（N为**学号最后一位**）
- (7)比较上面这个点的电位解析解与数值解，进行误差分析。



# ANSYS仿真步骤



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



Maxwell 2D 界面环境

## 步骤1. 打开软件。

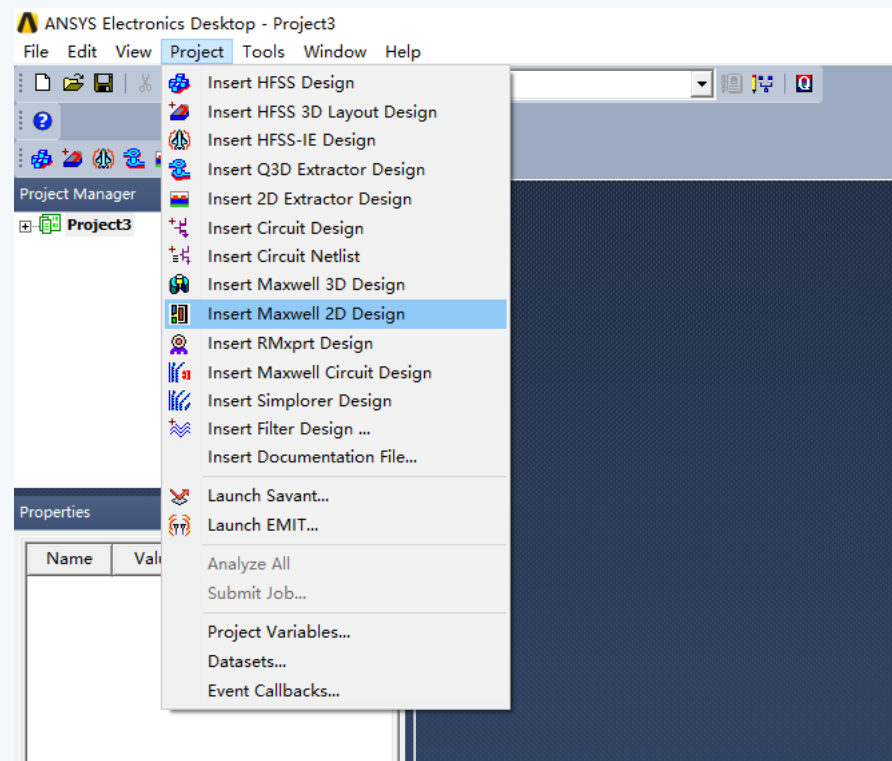
双击**ANSYS Electronics Desktop**图标，  
打开一个新的工程**Project1.aedt**。



## 步骤2. 嵌入新Maxwell2D设计文件，并保存在桌面。

菜单栏选择【**Project**】|【**Insert Maxwell 2D Design**】，

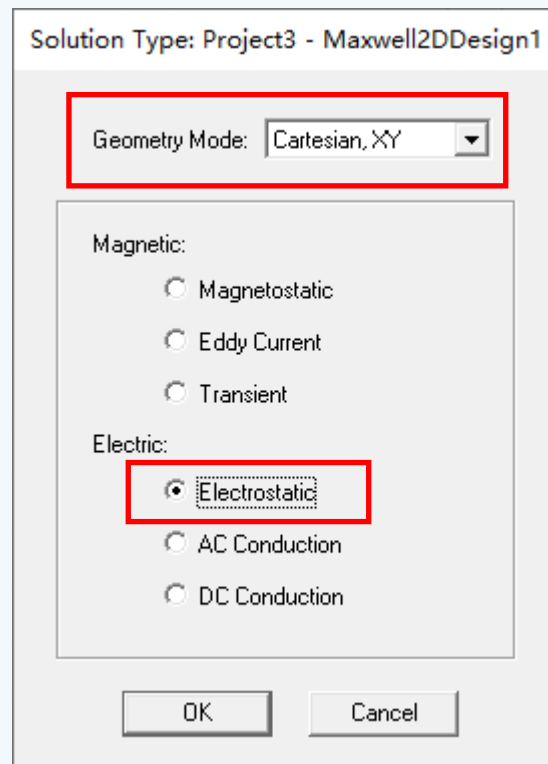
菜单栏选择【**File**】|【**Save**】，弹出另存为对话框，  
自定义工程名或选择默认**project1**，保存在桌面即可。



## 步骤3. 指定求解类型。

菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Solution Type】，  
打开Solution Type窗口设置：

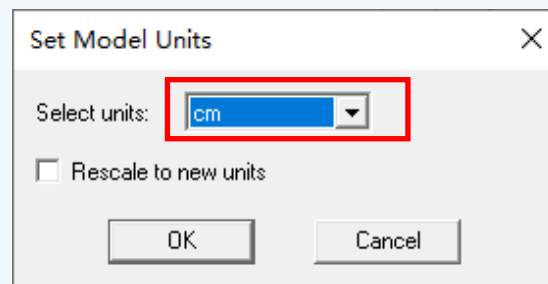
- 1) 在Geometry Mode下拉菜单中选择直角坐标系：Cartesian, XY；
- 2) 选择静磁场求解器：Electrostatic单选按钮；
- 3) 单击【OK】。



## 步骤4. 设置绘图单位。

菜单栏选择【Modeler】|【Units】，打开Set Model Units窗口，设置：

- 1) 在Select units下拉菜单中选择单位“cm”；
- 2) 单击【OK】。



## 步骤5. 绘制模型。

1. 绘制一个矩形，长为40cm，高为20cm。

1) 菜单栏选择【Draw】|【Rectangle】，在屏幕右下角弹出的坐标输入框中输入矩形一个顶点的坐标， $X=0$ ， $Y=0$ ， $Z=0$ ，单击Enter键；

X:	0	Y:	0	Z:	0	Absolut	Cartesian	cm
----	---	----	---	----	---	---------	-----------	----

2) 在坐标输入框中输入矩形对角点的坐标， $dX=40$ ， $dY=20$ ， $dZ=0$ ，单击Enter键确定；再次单击Enter键退出绘图模式

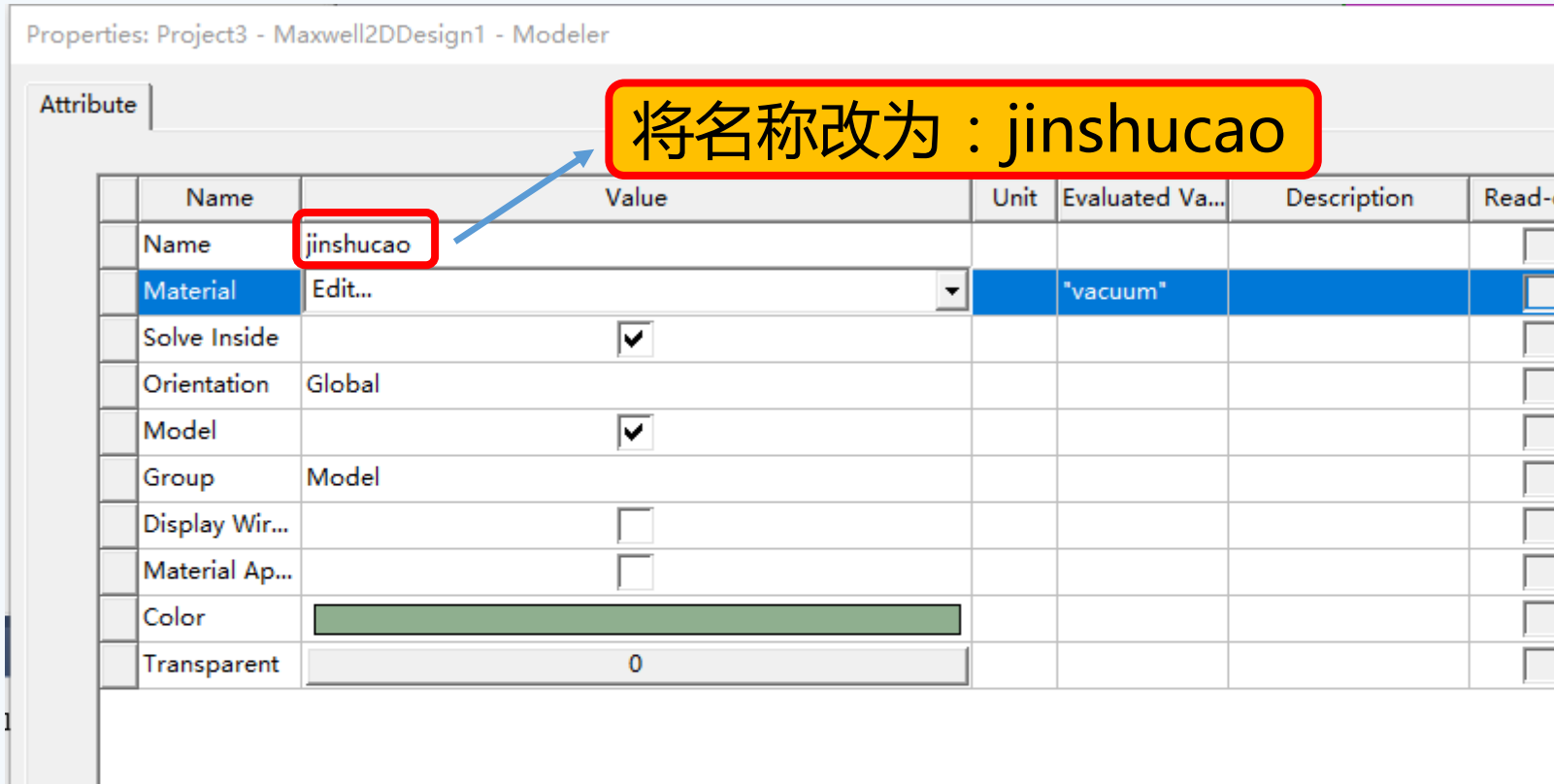
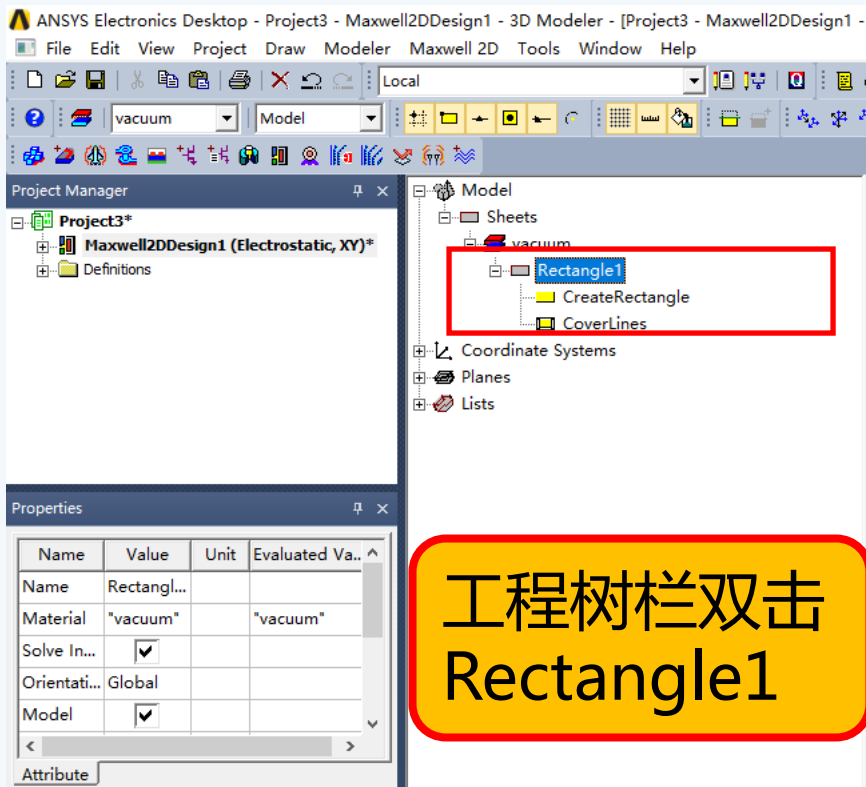
dX:	40	dY:	20	dZ:	0	Relative	Cartesian	cm
-----	----	-----	----	-----	---	----------	-----------	----

3) 在工程树栏，双击矩形模型Rectangle1，打开Properties窗口，见下页。

## 步骤5. 绘制模型。

4) 修改名称属性。在工程树栏，双击矩形模型Rectangle1，打开Properties窗口，将【Name】属性修改为“jinshucaao”；

5) 修改颜色属性在Properties窗口，单击【Color】属性，打开颜色窗口，选择需要的颜色，单击【ok】；

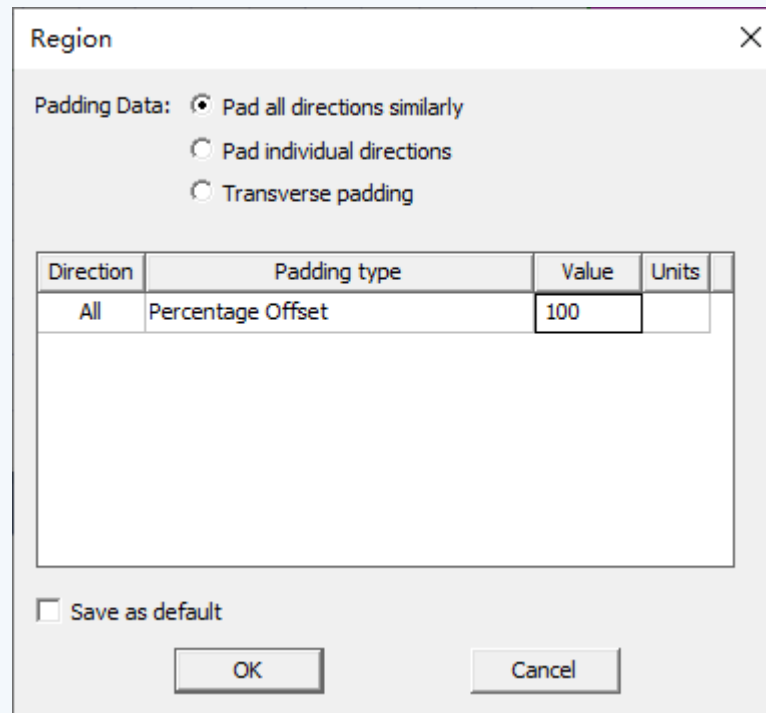




## 步骤5. 绘制模型。

2. 绘制求解域。菜单栏选择【Draw】|【Region】，打开Region窗口，设置：

- 1) 在Padding Data栏，单击“Pad all directions similarly”单选按钮；
- 2) 在表格中，Padding type下拉菜单中选择Percentage Offset，Value栏输入100；
- 3) 单击【OK】。

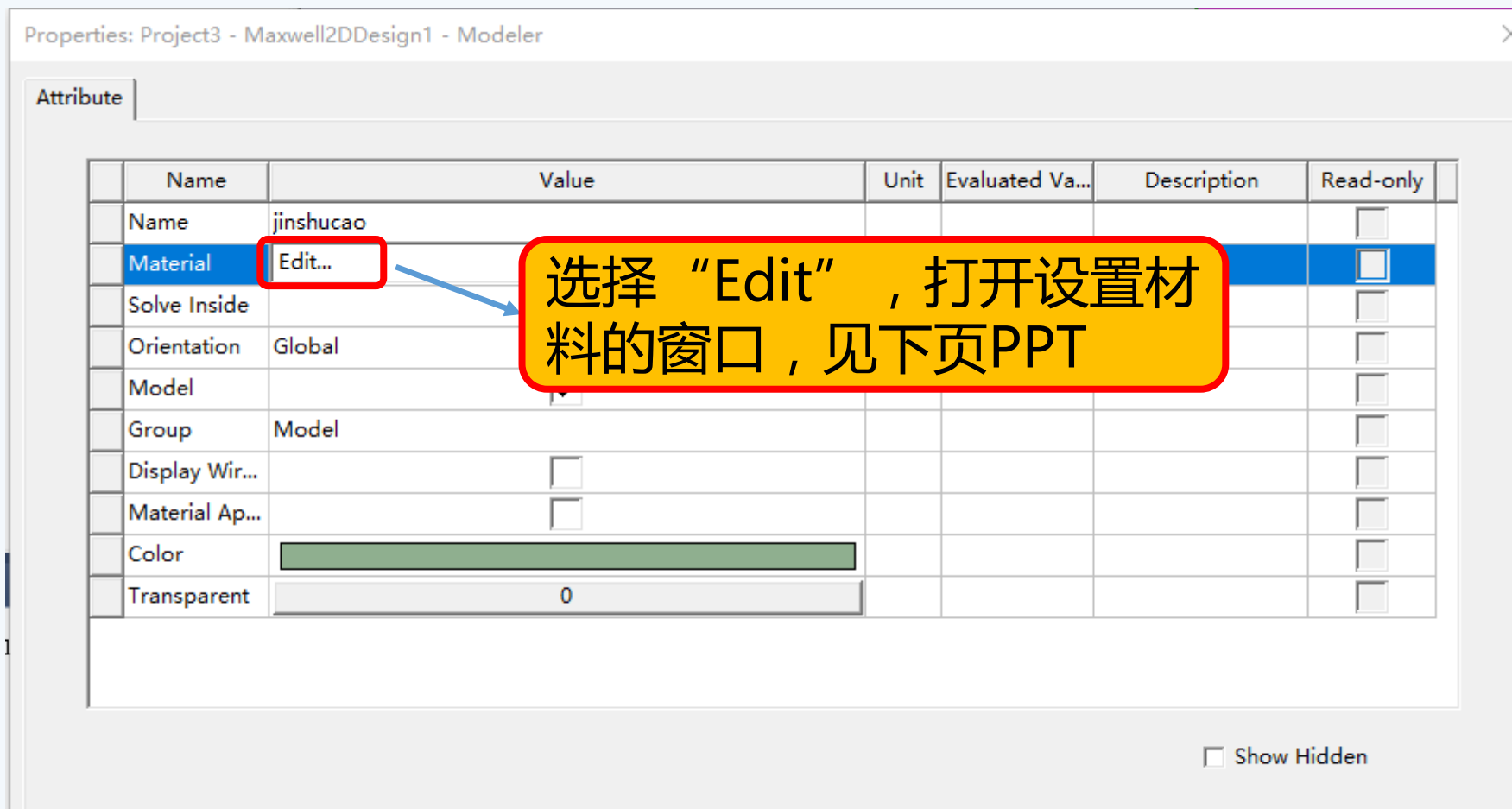


4) 菜单栏选择【View】|【Fit All】|【All Views】，可使整个模型显示在屏幕内，菜单栏选择【File】|【Save】，保存绘制的模型。

## 步骤6. 添加材料。

1. 设置矩形jinshucaao的材料为air。在工程树栏，双击矩形模型jinshucaao，打开Properties窗口：

1) Material栏：选择“Edit”，打开Select Definition窗口，见下页PPT。



## 步骤6. 添加材料。

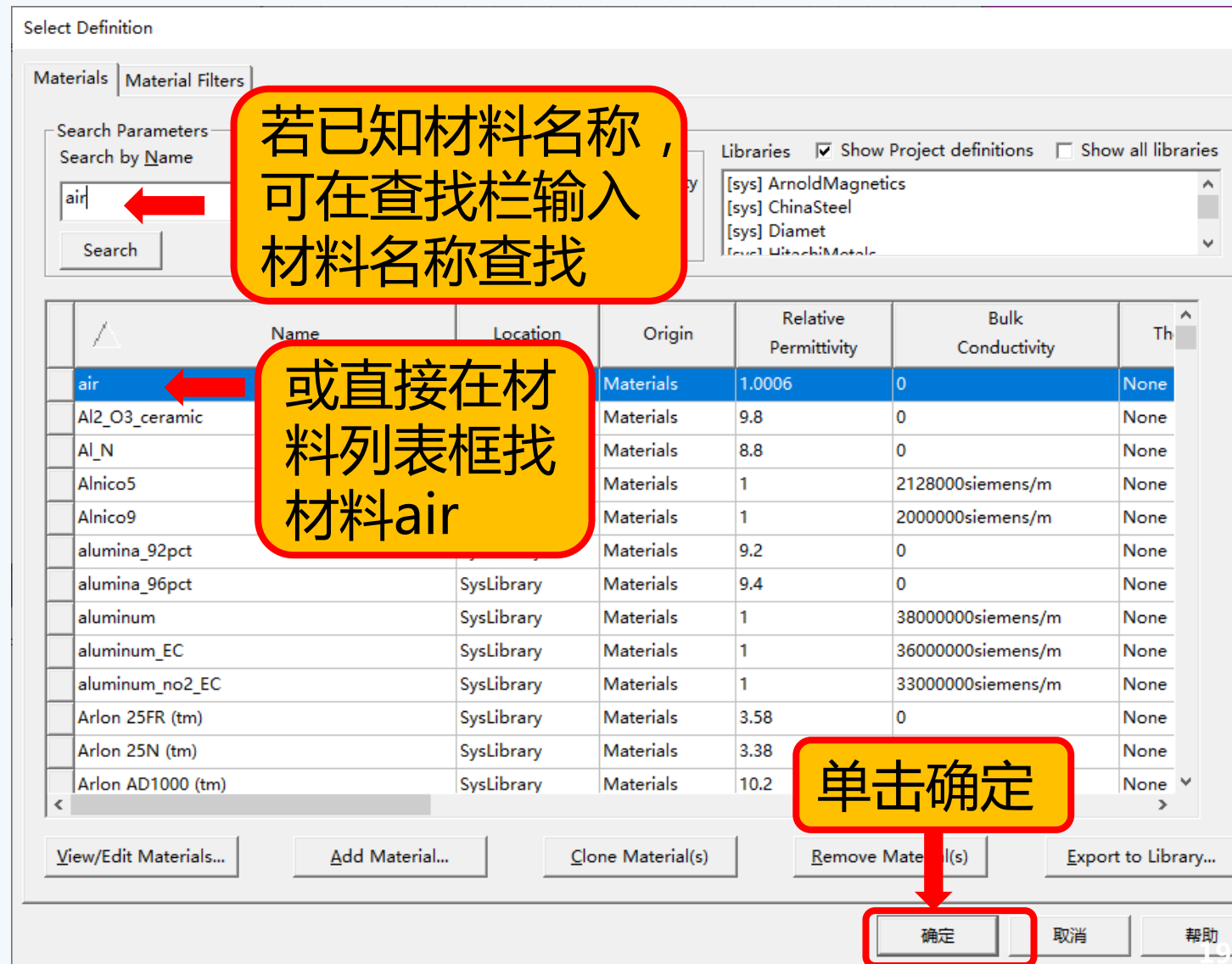
1. 设置矩形jinshuca的材料为air。

2) 在“Select Definition”窗口材料列表框选择材料air；

3) 单击“确定”；

4) 在“Properties”对话框单击“确定”，关闭属性窗口。

2. 设置求解域Region的材料也为air。



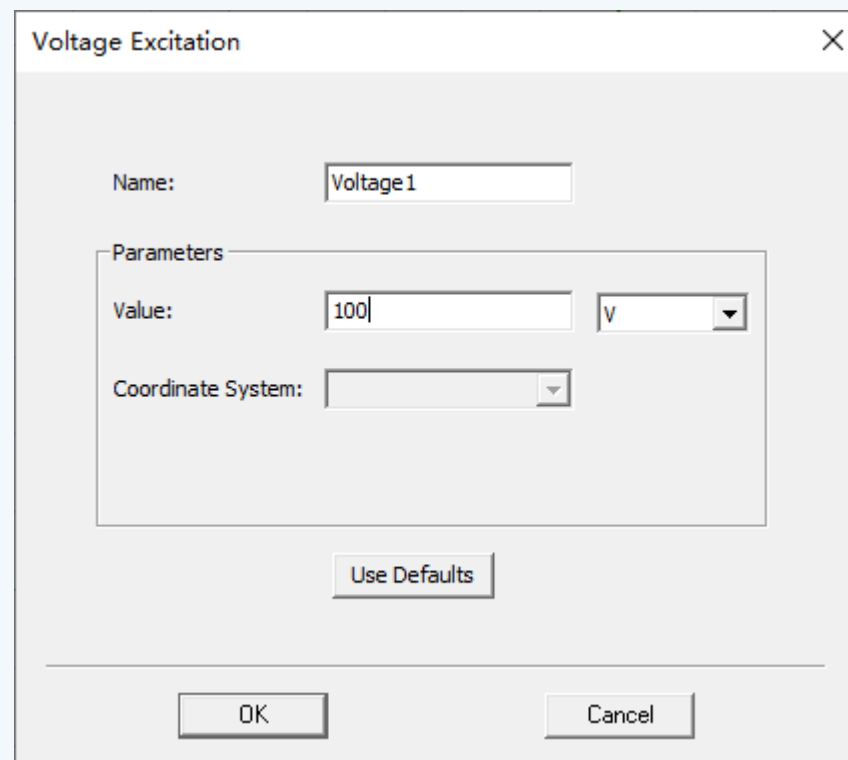
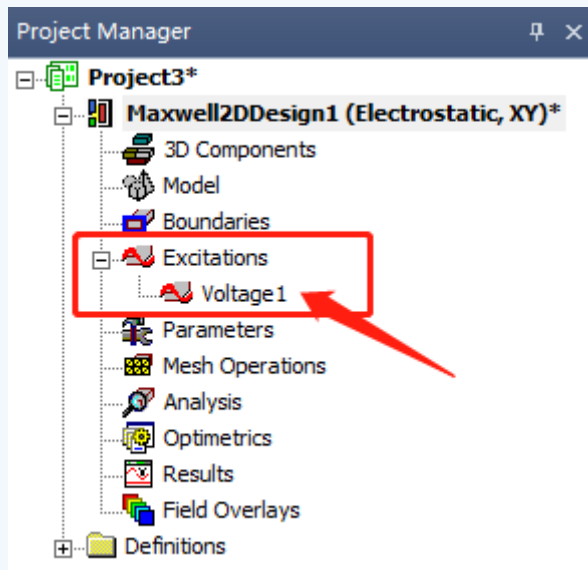
## 步骤7. 添加激励和边界条件。

1.设置矩形槽的上边界电压为100V，矩形槽的左、右和下边界电压为0V。

- 1) 在菜单栏选择【Edit】|【Select】|【Edges】，用鼠标单击选中矩形槽的上边界；
- 2) 菜单栏选择【Maxwell 2D】|【**Excitations**】|【Assign】|【Voltage】，打开Voltage Excitation窗口设置：

- Name：Voltage1，默认值不变；
- Value：100，并选择单位为“V”；单击【OK】。

3) 添加的电压激励Voltage1可在工程管理栏的Excitations部分看到，如下图所示。



## 步骤7. 添加激励和边界条件。

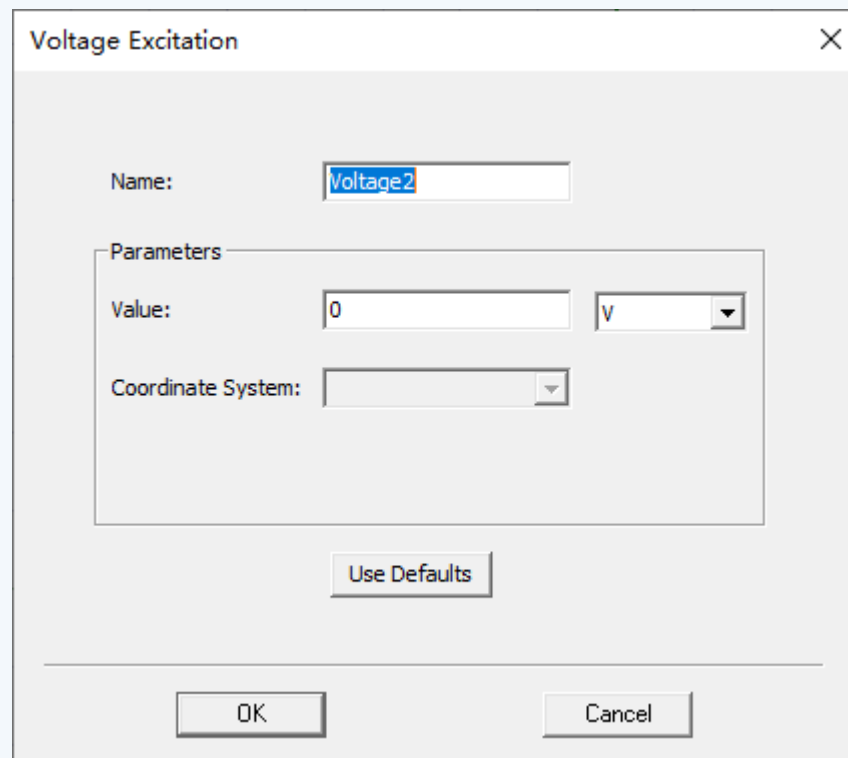
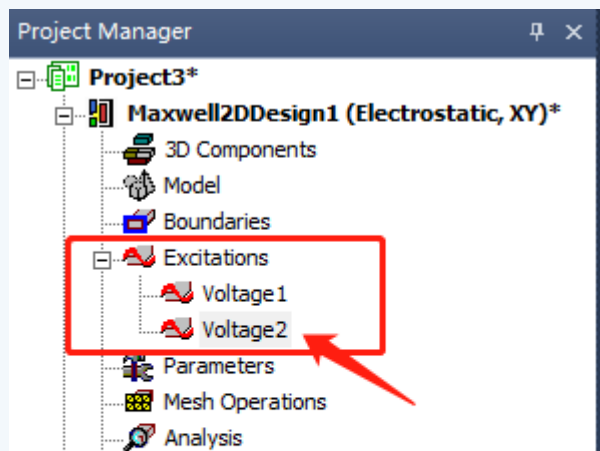
### 2. 设置矩形槽的左、右和下边界电压为0V。

1) 在菜单栏选择【Edit】|【Select】|【Edges】，按下Ctrl按键可以选择多个边，用鼠标单击选中矩形槽的左、右和下边界；

2) 菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Excitations】|【Assign】|【Voltage】，打开Voltage Excitation窗口设置：

- Name : Voltage2，默认值不变；
- Value : 0；
- 单击【OK】。

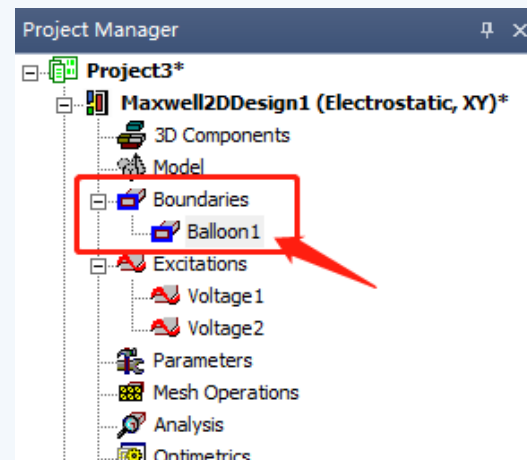
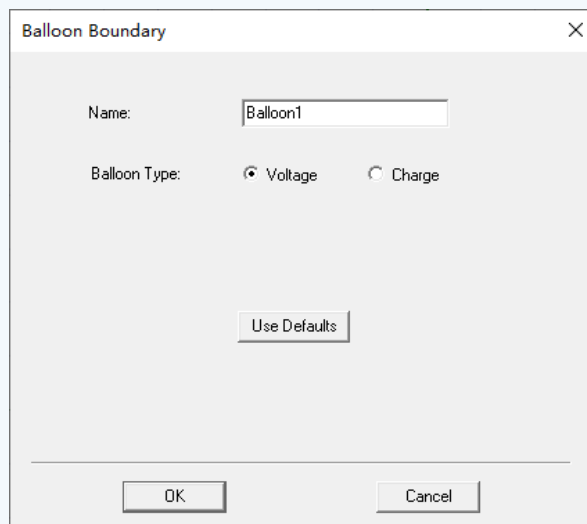
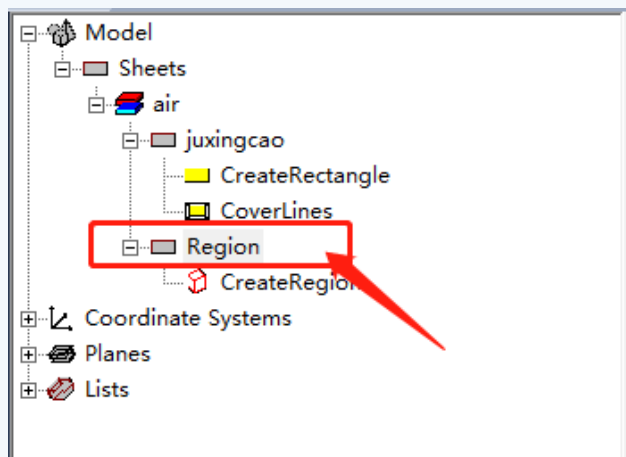
3) 添加的电压激励Voltage2可在工程管理栏的Excitations部分看到，如下图所示。



## 步骤7. 添加激励和边界条件。

### 3. 设置求解域Region的边界为气球边界。

- 1) 在工程树栏单击Region，即选中Region模型，在菜单栏选择【Edit】|【Extend Selection】|【All object Edges】，选中Region的所有边；
- 2) 菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Boundaries】|【Balloon】，打开Balloon Boundary窗口设置：
  - Name：Balloon1，设置Region的边界为Balloon边界；
  - Balloon type：Voltage；
  - 单击【OK】，
- 3) 添加的气球边界Balloon1可在工程管理栏的Boundaries部分看到。



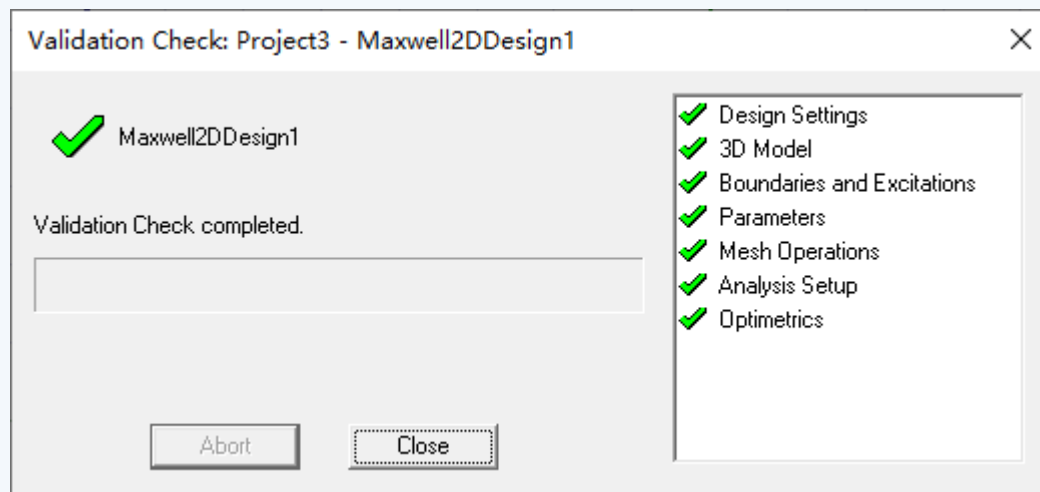
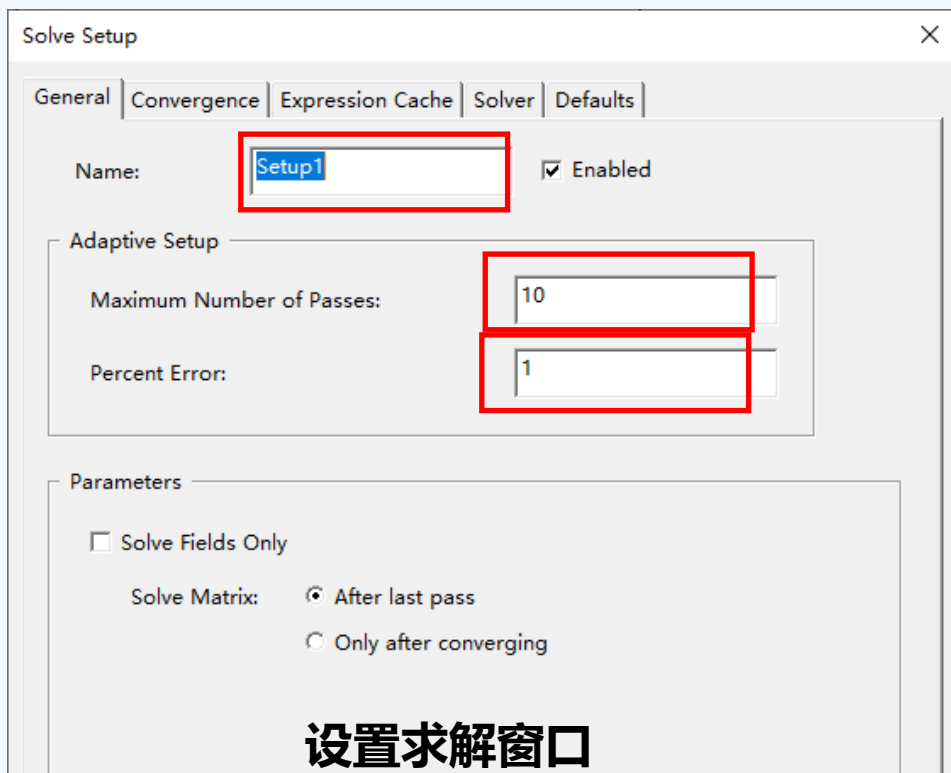
注意：1. Balloon边界有两种，一种是Voltage气球边界，模拟无穷远处电压为零的情况；一种是Charge气球边界，模拟无穷远处的电荷域求解域内的电荷相等的情况，即强制总电荷为零。

**步骤8.设置网格剖分。** 由于模型比较简单，直接采用系统默认网格划分，故此处可省略设置。

## 步骤9.求解计算

1：设置求解选项，在菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Analysis Setup】|【Add Solution Setup】，打开求解设定对话框，保持默认设置不变，单击【确定】。

2：检测模型，菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Validation Check】，系统会自动检测模型，模型各项前都是绿色的勾号，表明模型正确，单击【Close】。

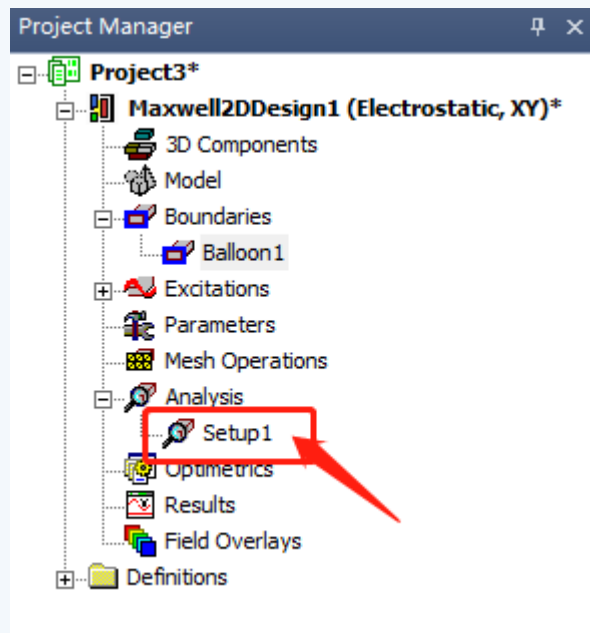


检测模型窗口

## 步骤9.求解计算

3：启动分析。在工程管理栏右键单击Setup1，选择Analyze启动分析。

或菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Analyze All】也可以启动分析。



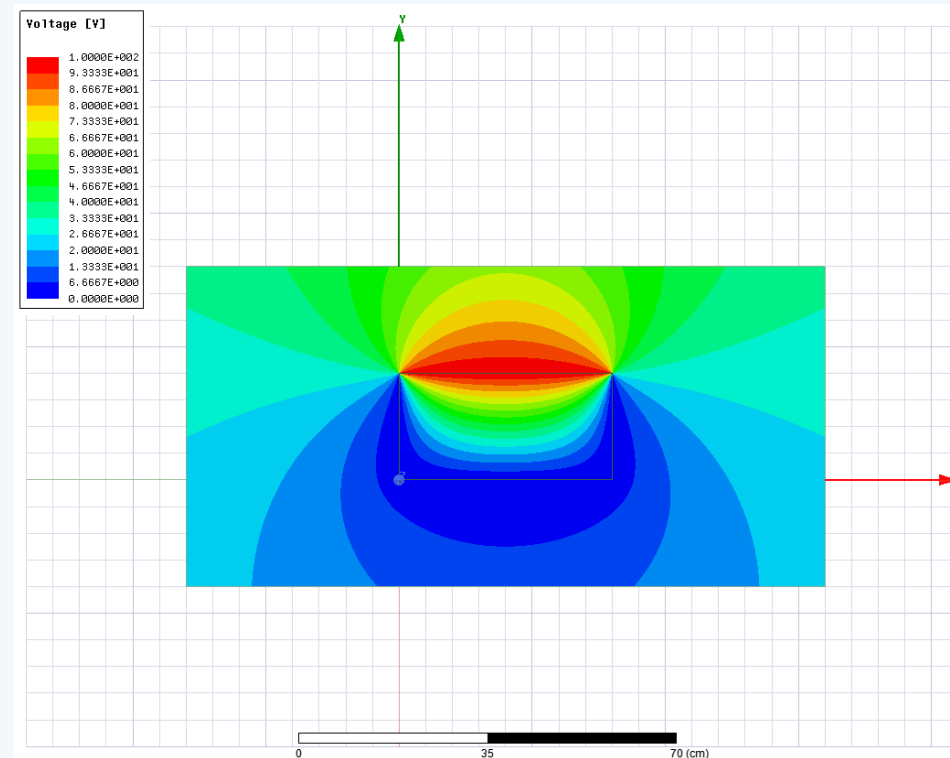
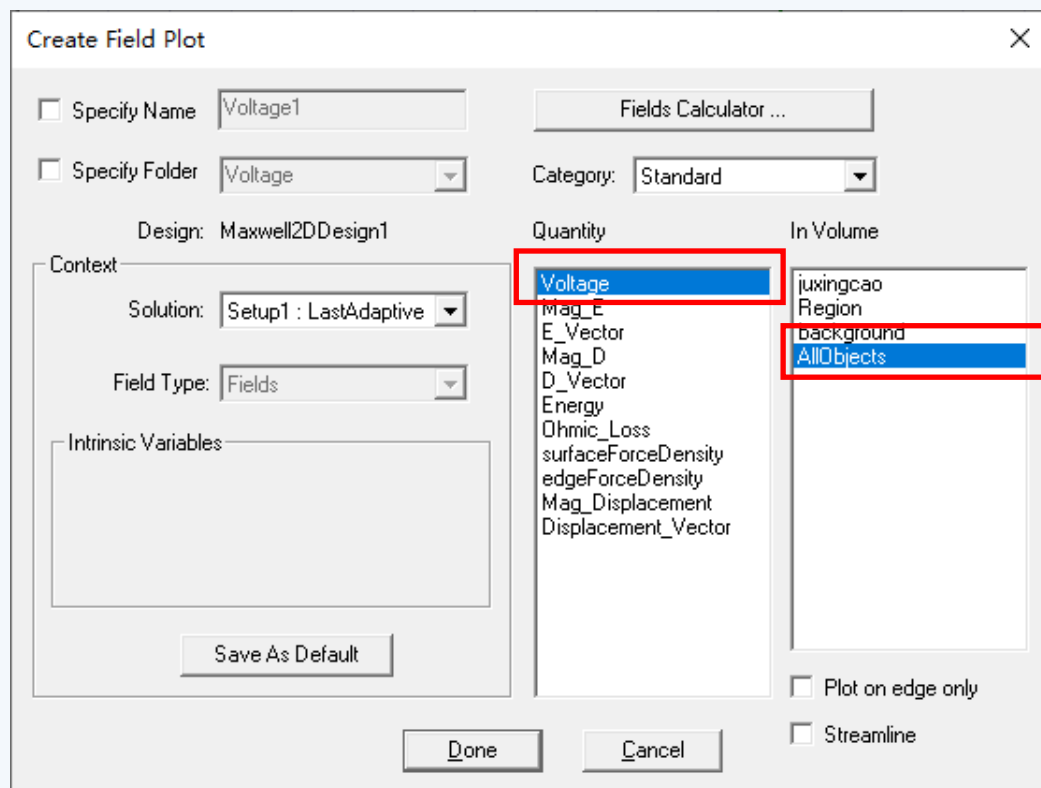


## 步骤10.后处理。

### 1.查看金属槽内的电位分布。

1) 在菜单栏选择【Edit】|【Select all】选中所有模型，菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Fields】|【Fields】|【Voltage】，打开Create Field plot对话框，单击【Done】。

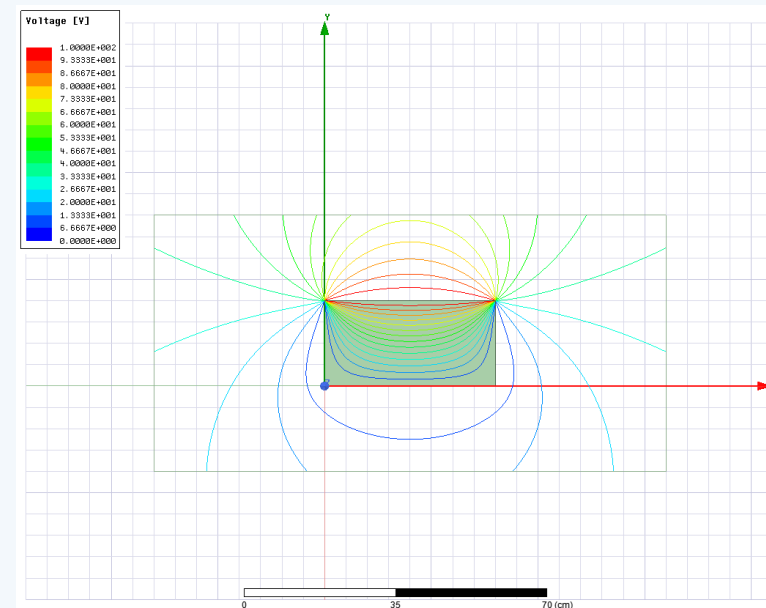
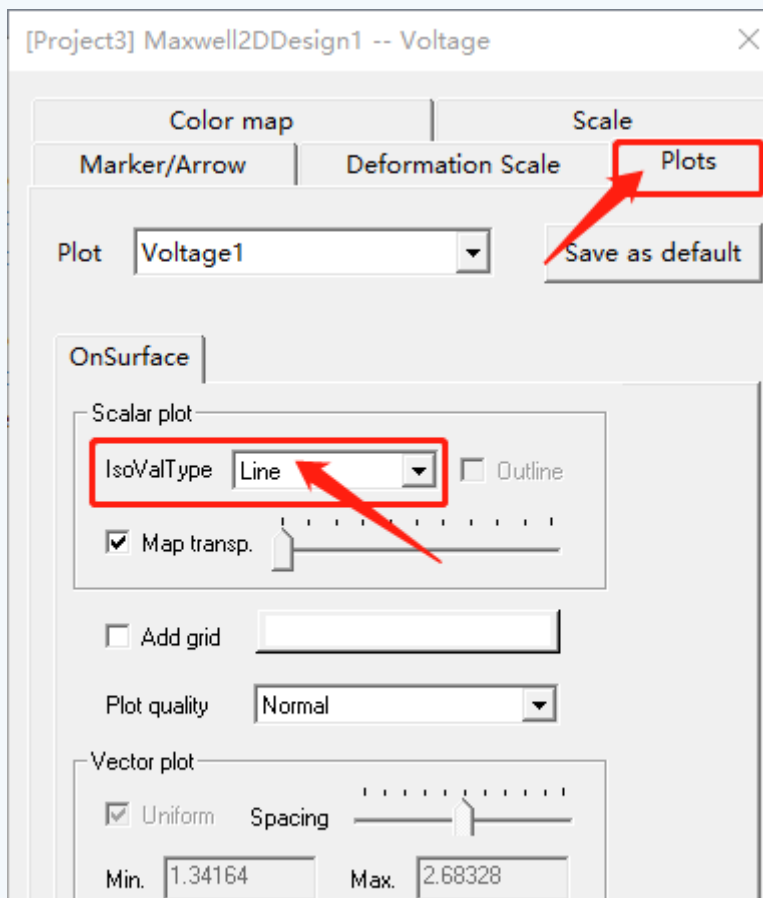
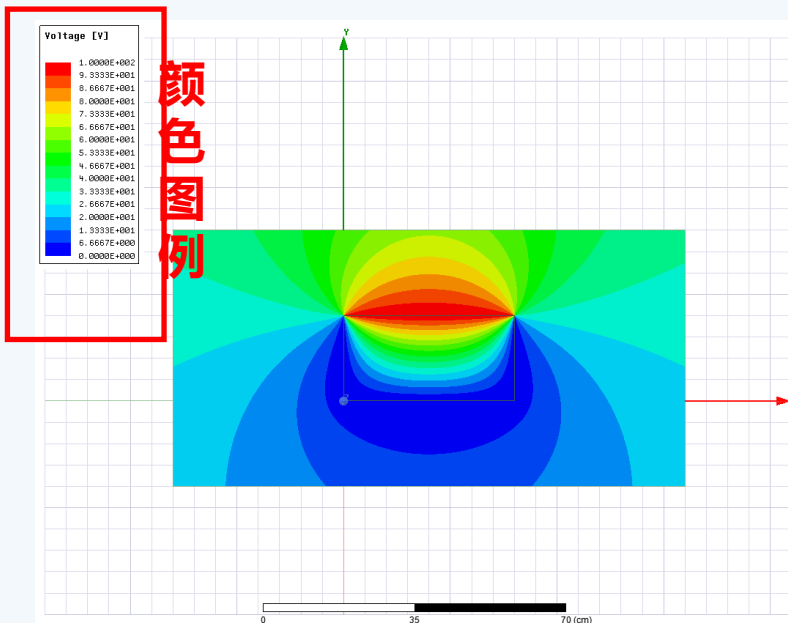
2) 菜单栏选择【Edit】|【Copy Image】复制图形。



## 步骤10.后处理。

### 2.设置等位线的显示方式。

1) 双击图形显示区的颜色图例，打开图形属性设置对话框，在Plots选项卡中的Scalar plot栏，选择等值线类型为：Line。

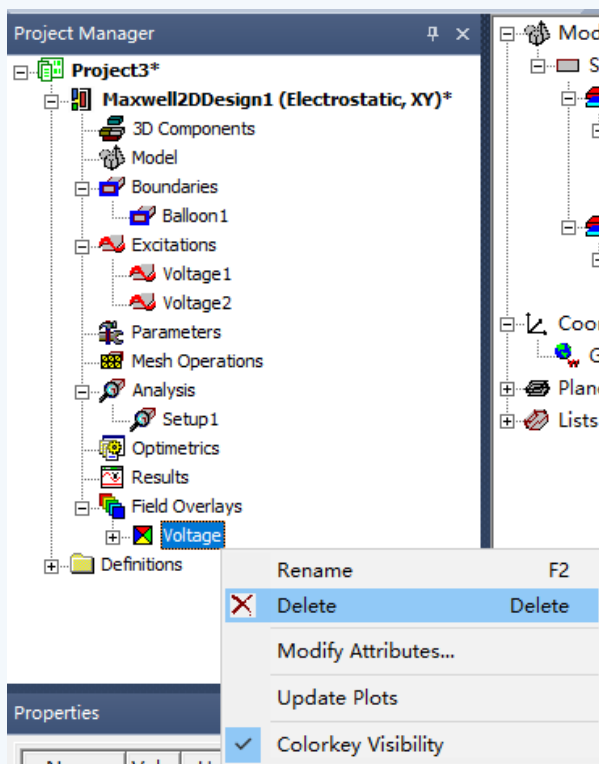


等位线分布图

## 步骤10.后处理。

### 3.删除已绘制的图形。

- 1) 在工程树管理栏单击Field Overlays，将其展开，选择需要删除的图形，如Voltage。
- 2) 单击右键，在快捷菜单中选择Delete。



## 步骤10.后处理。

### 4.查看某一点的电位。

#### 1) 创建一个点 ( 10,10 ) 。

- 菜单栏选择【Draw】|【Point】。
- 在屏幕右下角的坐标输入框输入点的坐标，如：X=10，Y=10，Z=0，单击Enter键确定。

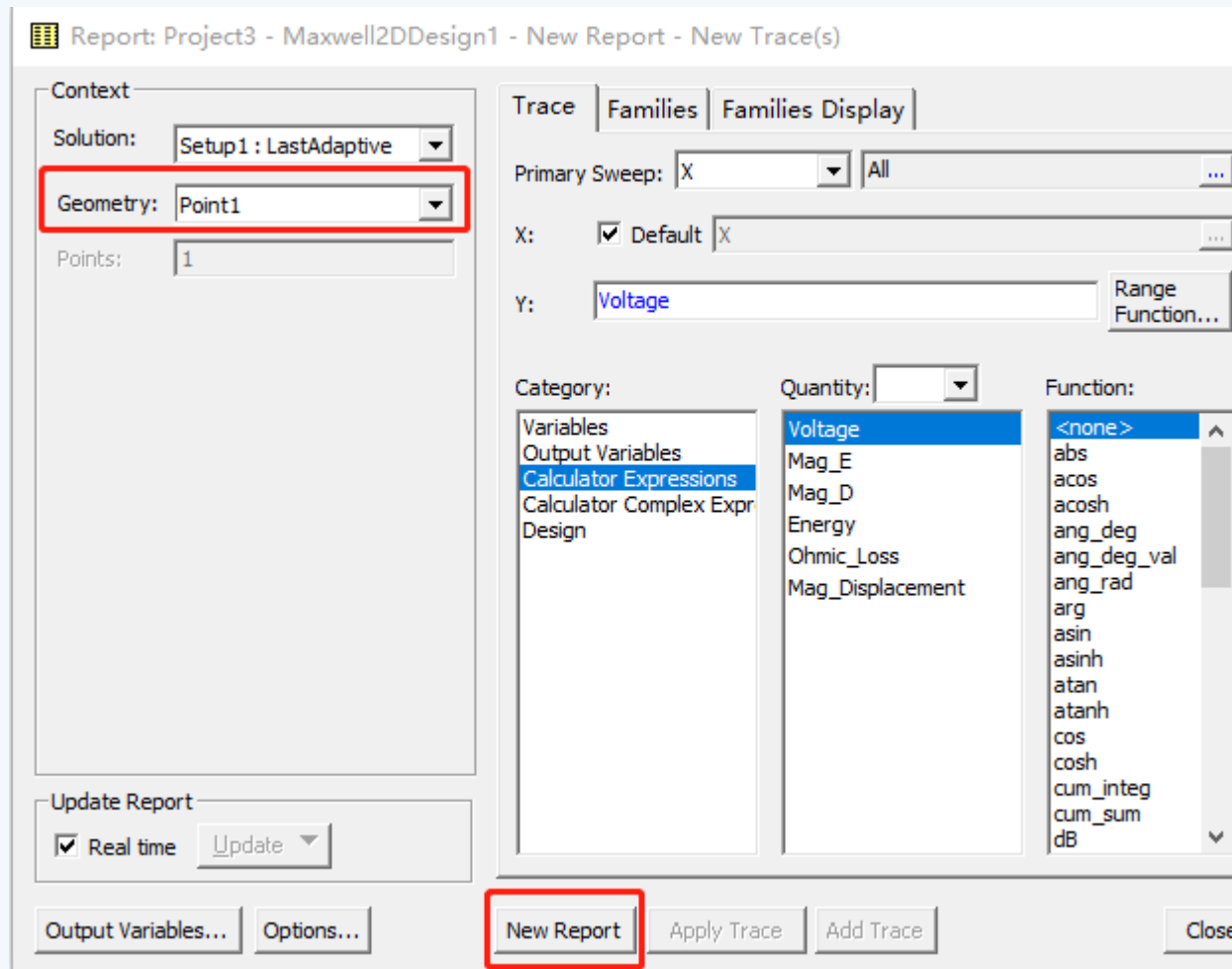
#### 2) 查看点上的电位。

菜单栏选择【Maxwell 2D】|【Results】|【Create Fields Report】|【Data Table】，打开Report窗口，设置：

- 1) Geometry : Point1 ;
- 2) 单击【New Report】。

所创建点 ( 10,10 ) 的电位为36.4V。

	X [mm]	Voltage [V] Setup1 : LastAdaptive
1	0.000000	36.405648

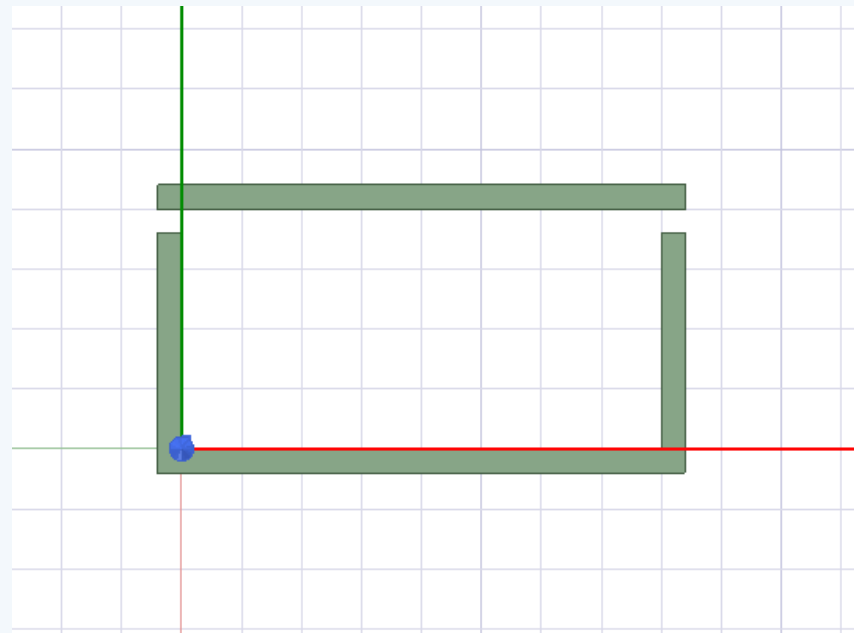


## 补充说明



实际建模时，要考虑盖子和槽体之间存在一定缝隙，如右图所示，有兴趣的同学可按照右图对金属槽重新建模仿真：

- 金属槽的厚度应尽量薄；
- 槽内尺寸为40cm\*20cm；
- 顶盖与槽体缝隙尽可能小。



**建模提示：**可通过对象之间的布尔操作进行建模，菜单栏【Modeler】|【Boolean】|【Unite】命令可将对象进行组合，【Subtract】命令可实现对象相减。

## 1) 课堂验收

- ① 用ANSYS软件验证自编程序的计算结果。  
取i行j列对应点的电位值。行号为10，列号为你的学号最后一位。
- ② 超松弛迭代法不同收敛因子时的迭代次数？最佳收敛因子？
- ③ 比较高斯赛德尔迭代法和的超松弛迭代法的迭代次数。

## 2) 下次实验前提交实验报告

实验目的，内容，仿真结果（包括电位分布，电场强度分布）  
及 分析，自编程序(程序框图，程序及变量说明)。

## 第3章 电磁场仿真实验



### 3.1 计算机编程实验

#### 3.1.1 应用有限差分法求解接地金属槽内部的电位分布

##### 一、实验目的

- (1) 掌握有限差分法的原理与计算步骤。
- (2) 理解并掌握求解差分方程组的高斯迭代法和超松弛迭代法。
- (3) 分析超松弛迭代法中加速收敛因子  $\alpha$  的作用。
- (4) 学习应用有限差分法求解接地金属槽问题,并编制计算程序。

##### 二、方法原理

有限差分法是以差分原理为基础的一种数值计算方法。应用有限差分法通常所采取的步骤是:

- (1) 采用一定的网格分割方式对求解场域离散化。
- (2) 进行差分离散化处理。用离散的、只含有限个未知数的差分方程组,来近似代替场域内具有连续变量的偏微分方程以及边界上的边界条件(也包括场域内不同媒质分界面上的衔接条件)。
- (3) 结合选定的代数方程组的解法,编制计算机程序,求解由上面所得对应于待求边值问题的差分方程组,所得解答即为该边值问题的数值解。

现在,以二维静电场边值问题为例,说明有限差分法的应用。二维静电场边值问题可描述为

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 & \text{在 } D \text{ 中} \\ \varphi|_L = f(s) \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$

其中,  $f(s)$  为边界点  $s$  的点函数。二维场域  $D$  和边界  $L$  示于图 3.1.1-1 中。



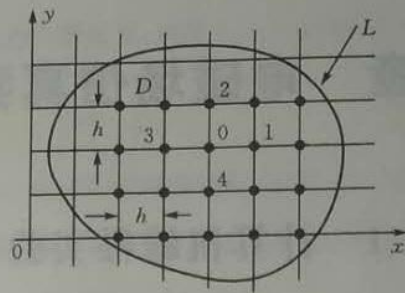


图 3.1.1-1 有限差分的网格分割

### 1. 离散化场域

应用有限差分法时,首先需从网格划分着手决定离散点的分布方式。通常采用完全有规律的方式,这样在每个离散点上可得出相同形式的差分方程,有效地提高求解速度。如图 3.1.1-1 所示,现采用分别与  $x$  轴,  $y$  轴平行的等距(步距为  $h$ )网格线把场域  $D$  分割成足够多的正方形网格。各个正方形的顶点(也即网格线的交点)称为网格的结点。这样,对于场域内典型的内结点 0,它与周围相邻的结点 1、2、3 和 4 构成一个所谓对称的星形。

### 2. 差分格式

造好网格后,需把上述静电场边值问题中的拉普拉斯方程式(1)离散化。设结点 0 上的电位值为  $\varphi_0$ 。结点 1、2、3 和 4 上的电位值相应为  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 、 $\varphi_3$  和  $\varphi_4$ ,则基于差分原理,拉普拉斯方程式(1)在结点 0 处可近似表达为

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 - 4\varphi_0 = 0 \quad (3)$$

这就是规则正方形网格内某点的电位所满足的拉普拉斯方程的差分格式,或差分方程。对于场域内的每一个结点,式(3)都成立,都可以列出一个相同形式的差分方程。

### 3. 边界条件的近似处理

为了求解给定的边值问题,还必须对边界条件以及具体问题中可能存在的分界面上的衔接条件进行差分离散化处理,以构成相应的差分边值问题。这里,我们只考虑正方形网格分割下的边界条件的近似处理。

#### (1) 第一类边界条件

如果网格结点正好落在边界  $L$  上,那么对应于边界条件式(2)的离散化处理,就是把点函数  $f(s)$  的值直接赋予对应的边界结点。







## (2) 第二类边界条件

应当指出,从实际电场问题的分析出发,如图 3.1.1-2 所示,以电力线为边界的第二类齐次边界条件是常见的一种情况,即

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right|_L = 0 \quad (4)$$

这时,可沿着场域边界外侧安置一排虚设的网格结点,显然,对于边界结点 0,由于该处  $\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$ ,故必有  $\varphi_1 = \varphi_3$ ,因此相应于边界条件式(4)的差分计算格式为

$$2\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_4 - 4\varphi_0 = 0 \quad (5)$$

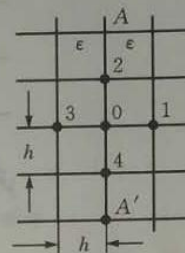
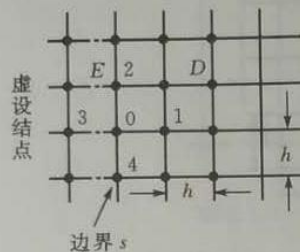


图 3.1.1-2 第二类齐次边界的一种情况

图 3.1.1-3 对称线上结点的差分格式

此外,在许多工程问题中,常常能够判定待求电场具有某些对称性质,这样只需要计算某一对称部分的场就能完全确定整个场的分布。为此,还必须导出位于场的对称线上的结点所满足的差分计算格式。以对称线与网格结点相重合为例(见图 3.1.1-3),设  $AA'$  线为一对称线,对于位于对称线上的任一结点 0,由拉普拉斯方程(因对称性,必有  $\varphi_1 = \varphi_3$ )可得相应的差分计算格式是

$$2\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_4 - 4\varphi_0 = 0 \quad (6)$$

## (3) 媒质分界面上的衔接条件

在此选取两种情况进行差分离散化的处理。

分界面与网格线相重合的情况:设分界面  $L$  与网格线相重合,如图 3.1.1-4 所示,在两种媒质  $\epsilon_a$  和  $\epsilon_b$  中电位都满足拉普拉斯方程。容易导得,两种媒质分界面上衔接条件在结点 0 的差分格式为

$$\frac{2}{1+K}\varphi_1 + \varphi_2 + \frac{2K}{1+K}\varphi_3 + \varphi_4 - 4\varphi_0 = 0 \quad (7)$$

其中  $K = \frac{\epsilon_a}{\epsilon_b}$ 。

分界面对于网格呈对角线形态的情况:如图 3.1.1-5 所示,分界面  $L$  对于网

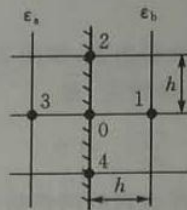
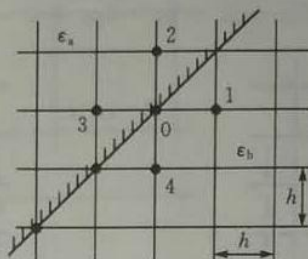


图 3.1.1-4 分界面与网格线相重合

图 3.1.1-5 分界面  $L$  对网格呈对角线形态

格呈对角线形态,在两种媒质  $\epsilon_a$  和  $\epsilon_b$  中电位  $\varphi$  都满足拉普拉斯方程。容易导得,两种媒质分界面上衔接条件在结点 0 的差分格式为

$$\frac{2}{1+K}(\varphi_1 + \varphi_4) + \frac{2K}{1+K}(\varphi_2 + \varphi_3) - 4\varphi_0 = 0 \quad (8)$$

其中  $K = \frac{\epsilon_a}{\epsilon_b}$ 。

总之,类似以上的分析处理方法,可以逐个导得各种类型的边界条件和衔接条件差分离散化的计算格式。限于篇幅,在此不再展开。

#### 4. 差分方程组的求解

在对场域  $D$  内各个结点(包括所有场域内的点和有关的边界结点)逐一列出对应的差分方程,组成差分方程组后,就可选择一定的代数解法,以算出各离散结点上待求的电位值。注意到差分方程组的系数一般是有规律的,且各个方程都很简单,包含的项数不多(最多不超过 5 项),因此,对于有限差分法,通常都采用逐次近似的迭代方法求解。

在本实验中,要求采用高斯赛德尔和超松弛两种迭代方法。对图 3.1.1-6 所示的双下标  $(i, j)$  标号结点,高斯赛德尔迭代的公式为

$$\varphi_{(i,j)}^{(n+1)} = \frac{1}{4}(\varphi_{(i+1,j)}^{(n)} + \varphi_{(i,j+1)}^{(n)} + \varphi_{(i-1,j)}^{(n+1)} + \varphi_{(i,j-1)}^{(n+1)}) \quad (9)$$





超松弛迭代法的公式为

$$\varphi_{(i,j)}^{(n+1)} = \varphi_{(i,j)}^{(n)} + \frac{\alpha}{4}(\varphi_{(i+1,j)}^{(n)} + \varphi_{(i,j+1)}^{(n)} + \varphi_{(i-1,j)}^{(n+1)} + \varphi_{(i,j-1)}^{(n+1)} - 4\varphi_{(i,j)}^{(n)}) \quad (10)$$

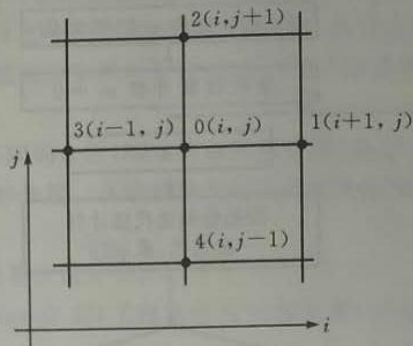


图 3.1.1-6 结点的双下标 $(i, j)$ 标号

式(10)中, $\alpha$ 称为加速收敛因子,其取值范围是 $1 \leq \alpha < 2$ ,当 $\alpha \geq 2$ 时,迭代过程将不收敛。

加速收敛因子 $\alpha$ 有一个最佳取值问题,但随具体问题而异。对由边长为 $h$ 的正方形网格划分的矩形金属槽,若其两边分别为 $ph$ 和 $qh$ ,则最佳收敛因子 $\alpha_0$ 可按下式计算:

$$\alpha_0 = 2 - \pi \times \sqrt{2} \sqrt{\frac{1}{p^2} + \frac{1}{q^2}} \quad (11)$$

在更一般的情况下, $\alpha_0$ 只能凭借经验取值。

应当指出,为加速迭代收敛速度,在迭代运算前,恰当地给定各内点的初始值(即所谓第0次近似值)也是一个有效的途径。

#### 5. 迭代解收敛程度的检验

在迭代法的应用中,还必须涉及迭代解收敛程度的检验问题。对此,通常的处理方法是:迭代一直进行到所有内结点上相邻两次迭代解的近似值满足修正条件

$$|\varphi_{(i,j)}^{(n+1)} - \varphi_{(i,j)}^{(n)}| < W \quad (12)$$

时,终止迭代。即将式(12)作为检查迭代解收敛程度的依据。其中, $W$ 是指定的最大允许误差。

#### 6. 有限差分法的程序框图



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



图 3.1.1-7 程序框图

### 三、编程任务

设有一个长直接地金属矩形槽,  $a=40, b=20$ , 如图 3.1.1-8 所示, 其侧壁与

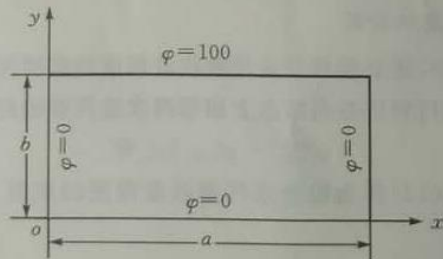


图 3.1.1-8 矩形接地金属槽





底面电位均为零,顶盖电位为 100 V(相对值),求槽内的电位分布。

具体要求:

- (1) 编写一个计算机程序(用你熟悉的程序语言)。
- (2) 求相邻两次迭代值的指定的最大允许误差小于  $10^{-3}$  的迭代收敛解。
- (3) 采用步距  $h=1$  的正方形网格将场域离散,然后应用有限差分法求电位  $\varphi$  的数值解。也可以根据场分布的对称性,以半场域为计算对象,用有限差分法求电位  $\varphi$  的数值解。
- (4) 分别取  $n$  个不同的  $\alpha$  值,求电位  $\varphi$  的数值解,确定出最佳收敛因子  $\alpha_0$ 。以此分析加速收敛因子的作用。从迭代收敛时的迭代次数和最终数值解这两方面总结自己的看法。
- (5) 用计算机描绘等位线分布。
- (6) 用 Ansoft Maxwell 2D 工程软件对问题求解,取点  $P(20, 10)$  处电位,验证程序的正确性。
- (7) 取点  $P(20, 10)$  处电位的精确解(解析解)与数值解进行比较,说明误差范围。

参考文献[1, 2, 20, 23]

### 3.1.2 应用模拟电荷法计算球—板电极系统间的电位分布

#### 一、实验目的

- (1) 掌握模拟电荷法的原理与计算步骤。
- (2) 了解如何通过选择适当的模拟电荷的形状和个数,以及选择匹配点,来获得较高的计算精度。
- (3) 学会应用模拟电荷法计算球—板电极系统的电位分布,并编制计算程序。

#### 二、方法原理

模拟电荷法的基本思想是用离散分布在待求场域外的简单电荷(点、线或环形线电荷等)来等值替代电极表面不均匀而连续分布的电荷。镜像法和电轴法都分别是模拟电荷法中的一种。



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

# Thank you !

