

Origin7.0 在电磁学实验数据处理中的应用

曾碧芬, 程敏熙

(华南师范大学 物理电信工程学院, 广东 广州 510631)

摘要:用 Origin7.0 对“用电流场模拟静电场”和“亥姆霍兹线圈测磁场”两个实验的数据进行了分析处理、拟合和作图,具体说明了基本操作步骤和方法。展现了该软件在物理实验数据处理和分析中直观、快捷、高效、精度高等特点。

关键词:Origin7.0; 物理实验; 数据处理

中图分类号:TP319,04-39 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7167(2007)04-0037-03

The Application of Origin7.0 in Data Processing of Electromagnetics Experiment

ZENG Bi-fen, CHENG Min-xi

(School of Physics and Telecommunication Eng., South China Normal Univ., Guangzhou 510631, China)

Abstract: The great function of Origin7.0 software in the data processing, linear fitting and plotting was studied with two examples such as the simulation of static electric field with the steady current field and the measurement of magnetic field using Helmholtz coils. Origin is illustrated to be suitable for data analysis in physics experiment.

Key words: Origin7.0; data processing; electromagnetics experiment

CLC number: TP319,04-39

Document code: A

Article ID: 1006-7167(2007)04-0037-03

本文对“用电流场模拟静电场”和“亥姆霍兹线圈测磁场”两个实验所测得的数据用 Origin7.0 进行了分析处理。对前一个实验数据的处理主要介绍了 Origin7.0 的数据计算、线性拟合功能,对后一个实验主要介绍了多图层图形绘制的用法。

1 “用电流场模拟静电场”实验数据处理

1.1 用电流场模拟静电场的实验原理

当一种物理状态或过程不易于实现或测量时,可以用另一种易于实现或测量的物理状态或过程来模拟,这就是实验方法中的重要方法之一的模拟法。但模拟法的运用有一定的条件和范围,即需要这两种状态或过程有一一对应的两组物理量,且满足相似的数学形式及边界条件。由于稳恒电流场和静电场具有一

一对应的物理量、且描述其分布的函数及边界条件都相同,再加上稳恒电流场易于实现和测量,所以可以用稳恒电流场模拟静电场^[2,3]。

这里用同轴电缆的静电场分布和用稳恒电流场进行模拟的模型来说明其等效性。同轴电缆的静电场分布及其模拟模型如图 1 所示。根据电学知识^[4]可以推导出这两种物理场具有相同的分布函数,即:

$$U_r = U_0 \frac{\ln(r_b/r)}{\ln(r_b/r_a)} \quad (1)$$

$$E_r = -\frac{dU_r}{dr} = \frac{U_0}{\ln(r_b/r_a)} \cdot \frac{1}{r} \quad (2)$$

由(1)式可得:

$$\ln r = \ln b - \frac{U_r}{U_0} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3)$$

由(3)式可知 U_r 与 $\ln r$ 为线性关系,说明等位线是以内电极为圆心的同心圆。

1.2 数据输入和计算

该实验采用 GVZ-3 型导电微晶静电场描绘仪进行实验。在这里所用的实验数据是测绘同轴电缆的静电场分布所测得的数据。给定的物理量有:内圆柱的半

收稿日期:2006-06-29

作者简介:曾碧芬(1979-),女,广东汕头人,研究生。Tel: 13828403859; E-mail: efen102@163.com

通信作者:程敏熙(1962-),男,广东四会人,副教授,博士研究生,从事光电技术与系统、物理实验教学与管理、物理实验的设计与研究。Tel: 13380017863; E-mail: chengmx@senu.edu.cn

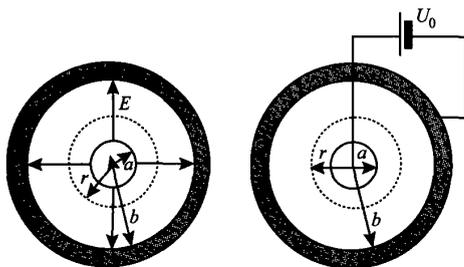


图 1 同轴电缆的静电场分布及其模拟模型

径 $a = 0.50 \text{ cm}$, 外圆柱的半径 $b = 7.50 \text{ cm}$, 圆柱间的电压为 $U_0 = 10.00 \text{ V}$, 需要测量的物理量有: 实际的电压 $U_{\text{实}}$, 等位线的半径 r , 需要计算的物理量有: $\ln r$, 理论上的电压值为 $U_{\text{理}} = U_0 \frac{\ln(b/r)}{\ln(b/a)}$ (由(1)式可得), 相对误差 $\left| \frac{U_{\text{理}} - U_{\text{实}}}{U_{\text{理}}} \right|$ 。为了说明等位线是以内电极为圆心的同心圆, 需要 $U_{\text{实}}$ 与 $\ln r$ 关系为线性拟合, 接着从直线的截距和斜率求出内外圆柱的半径, 并与给定值作比较, 求出相对误差。

在 Origin 中能方便地嵌入 Excel 工作簿是其一大特色。选择菜单 File 的 Open New 选择 Excel 文件类型, 或单击工具栏的快捷按钮新建 Excel 工作簿。如图 2 所示, 将实际的电压 $U_{\text{实}}$ 、等位线的半径 r 的数据输入前两列 A 和 B。计算 $\ln r$ 时, 在 C_2 中输入等号 “=”, 选择函数 ln, 用鼠标选中 B_2 之后按回车, 即可生成运算结果 C_2 。最后选中 C_2 , 在其右下角按着鼠标, 将会出现符号 +, 这时将鼠标往下拉就可以生成 C 列其他的数据。其他两列数据的生成方法如同 C 列, 只要在 f_x 中输入以上相应的公式即可。数值的形式和小数位数均可通过点击右键的快捷菜单中选“设置单元格格式”中进行修改。数据处理结果如图 2 所示。这里要特别说明的是, 见 E 列的数据形式是百分比, 而在 Origin 的工作表 (Worksheet) 中却没有这种形式的数值。Excel 比 Worksheet 的数值形式多, 这正是选择 Excel 工作簿的原因。

	A	B	C	D	E
	$U_{\text{实}}/\text{V}$	r/cm	$\ln r/\text{cm}$	$U_{\text{理}}/\text{V}$	相对误差/%
1	1.00	5.73	1.746	0.9940454	0.60
2	2.00	4.44	1.491	1.9359256	3.31
3	3.00	3.42	1.230	2.8997876	3.46
4	4.00	2.60	0.956	3.9120812	2.25
5	5.00	2.01	0.698	4.8625122	2.83
6	6.00	1.53	0.425	5.8701451	2.21
7	7.00	1.16	0.148	6.8924779	1.56
8	8.00	0.83	-0.186	8.1286285	1.58

图 2 在 Excel 工作簿中处理数据

1.3 线性拟合

点击菜单 Plot 的 Scatter, 在弹出的对话框中设置万方数据

好 x 轴和 y 轴。然后点击 Analysis 的线性拟合 FitLinear. 此时 Origin 自动调用内置的最小二乘法线性拟合工具. 图中新增一条拟合出来的直线, 同时弹出结果窗口 ResultLog, 显示拟合结果, 包括线性回归方程系数 α 、 β 、标准差 SD、相关系数 R 等参数。

如图 3 所示, 右边的结果窗口给出了几种参数: 截距 $\alpha = 2.04048$, 斜率 $\beta = -0.27269$, 标准差 $SD = 0.02519$ 。根据这些参数可计算出圆柱的内外半径 a 和 b 。由(3)式可得 $\alpha = \ln b = 2.04048$, 所以 $b' = 7.694 \text{ cm}$ 。再由斜率 $\beta = -\frac{\ln(b/a)}{U_0} = -0.27269$ 可算得 $a' = 0.503 \text{ cm}$ 。所以 a 与 b 的相对误差分别为: $\left| \frac{a' - a}{a} \right| = 0.6\%$, $\left| \frac{b' - b}{b} \right| = 2.6\%$ 。

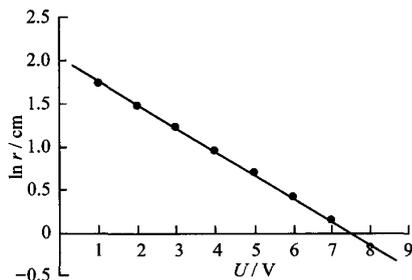


图 3 线性拟合结果

至此为止, 完成了数据输入计算、线性拟合和图示化表征. 如果在线性拟合中出现异常值, 只要根据一定的剔除法则, 利用 Origin 中的 LabTalk 编程进行异常值剔除^[5]。

2 “亥姆霍兹线圈测磁场”实验数据处理

2.1 验证磁场叠加原理

根据毕奥-萨法尔定律, 载流线圈在轴线上某一点的磁感应强度为:

$$B = \frac{\mu_0 \bar{R}^2}{2(\bar{R}^2 + x^2)^{3/2}} NI \quad (4)$$

式中 μ_0 为真空磁导率, \bar{R} 为线圈平均半径, x 为圆心到该点的距离, N 为线圈匝数, I 为通过线圈的电流强度。所以圆心处的磁感应强度为:

$$B_0 = \frac{\mu_0}{2R} NI \quad (5)$$

亥姆霍兹线圈是一对彼此平行且连通的共轴圆形线圈, 两线圈内的电流方向一致, 大小相同^[6]。设 z 为亥姆霍兹线圈中轴线上某点离中心点处的距离, 则亥姆霍兹线圈轴线上任意一点的磁感应强度为:

$$B' = \frac{1}{2} \mu_0 NI \bar{R}^2 \left\{ \left[\bar{R}^2 + \left(\frac{\bar{R}}{2} + z \right)^2 \right]^{-3/2} + \left[\bar{R}^2 + \left(\frac{\bar{R}}{2} - z \right)^2 \right]^{-3/2} \right\} \quad (6)$$

则在亥姆霍兹线圈上中心处的磁感应强度为:

$$B'_0 = 0.71 \frac{\mu_0 NI}{R} \quad (7)$$

将半径 R 为 10.00 cm,相距 d 为 10.00 cm 的两个完全相同的线圈对放在刻有 1 cm × 1 cm 方格的大理石台面上,组成亥姆霍兹线圈。取电流值 $I = 100$ mA,利用 95A 型集成霍尔传感器分别测量线圈 a 和线圈 b 单独通电时,轴线上各点的磁感应强度值 $B(a)$ 和 $B(b)$,然后再通同样的电流测量亥姆霍兹线圈轴线上的磁感应强度值 B 。将所得数据如表 1 所示。

表 1 相距 $d = R$ 时亥姆霍兹线圈轴线上的磁感应强度的测量值 (单位: 10^{-6} T)

	z/cm												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
B(a)	306	311	307	295	274	252	228	199	173	152	130	110	98
B(b)	96	112	131	152	174	198	225	250	275	292	305	306	292
B(a+b)	404	425	437	447	450	451	452	451	449	444	438	424	406

将以上数据输入工作表(Worksheet)的相应列,每一列分别定义为 $x(X)$ 、 $Ba(Y)$ 、 $Bb(Y)$ 、 $B(Y)$,再添加一列用于计算 $B(a) + B(b)$,并定义为 $BaBb$ 。点击下面工具栏按钮即可描出曲线。接着对图形进行修改,还可添加作图时间,结果如图 4 所示。从图象上可以看到表示磁感应强度的测量值 $B(a+b)$ 与计算值 $B(a) + B(b)$ 的曲线几乎是重叠的,可见两者的相对误差是很小的,由此可以验证了磁场的叠加原理。另外还可以从图像上分析磁场的分布特点。

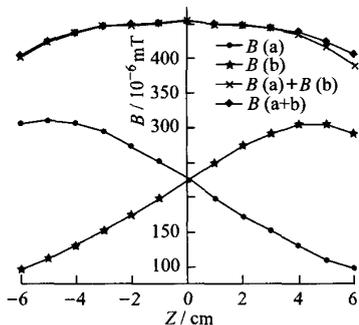


图 4 验证磁场叠加原理的曲线

2.2 多图层图形绘制

该实验还需对相距为 $d = R/2$ 、 $d = R$ 、 $d = 3R/2$ 、 $d = 2R$ 的亥姆霍兹线圈轴线上的磁感应强度进行比较。将数据输入工作表中,这里有 4 个代表 x 轴的列,需要将相应的列定义为 x 轴。选中所有的数据,点击工具栏上按钮,即可绘出曲线,如图 5 所示,这是在一个坐标系中进行绘图。从图像可以分析相距不同的亥姆霍兹线圈轴线上的磁场的分布特点,由图可知,当 $d = R$,即两线圈的距离等于它们的平均半径时所形成

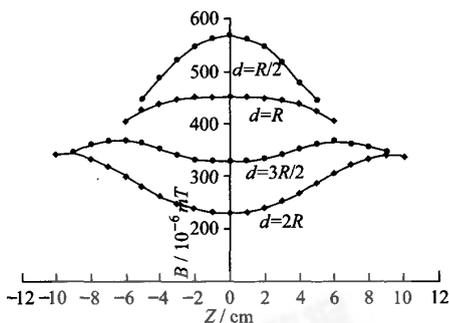


图 5 相距不同的亥姆霍兹线圈轴线上的磁感应强度的比较的匀强磁场范围是最大的,这与理论是符合的^[7,8]。

如果需要将同一个坐标上的曲线分开成几个坐标的曲线,可利用 Origin 的“多图层图形绘制”功能。点击菜单 Tool 的 Layer 进行坐标轴的添加及图层的排列设置即可。另外,若想绘图窗口和工作表窗口的图片都在页面中显示和排序,可用版面页功能(Layout)。点击菜单 File 的 New 选中 Layout,点击右键添加绘图窗口和工作表的图片即可。

Microsoft Excel 的数据处理功能与 Origin 有相似之处,如前面所述的线性拟合在 Excel 中也可实现。在 Excel 工作簿中进行数据计算比在 Origin 的工作表中处理要方便且数值形式较多。但是,在绘制图形的功能上,尤其是有多个数据而需要在同个坐标上绘制不同曲线或利用“多图层图形绘制”等功能时,Excel 就远远比不上 Origin,其操作不便捷,且对图像的描绘与修饰效果也不够理想。Origin 嵌入 Excel,能够吸取其精华,所以更能发挥绘图和数据分析的强大的功能,这也正是科技工作者普遍选择 Origin 的缘由。

参考文献 (References):

- [1] 叶卫平,方安平. Origin7.0 科技绘图及数据分析[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [2] 易正湘. 关于模拟法测量静电场物理模拟条件的讨论[J]. 工科物理,1999,9(3):16-18.
- [3] 郭景. 物理实验中的模拟法[J]. 内蒙古科技与经济,2004(4):94-95.
- [4] 李静,厉志明. 普通物理实验[M]. 广州:华南理工大学出版社,1994.
- [5] 王鑫,吴先球. 用 Origin 剔除拟合中实验数据的异常值[J]. 山西师范大学学报(自然科学版),2003,17(1):45-49.
- [6] 邹志纯. 亥姆霍兹线圈空间的磁场分布[J]. 西安邮电学院学报,2004,9(3):89-91.
- [7] 刘金胜,于江波. 亥姆霍兹线圈磁场均匀区的理论计算[J]. 河北大学学报(自然科学版),1997,17(2):87-89.
- [8] 孟志立,赵保利. 亥姆霍兹线圈最均匀磁场的条件[J]. 物理实验,1996,16(4):185-186.