

模拟法描绘静电场实验中数据处理方法比较*

付芳芳

[中国地质大学(北京)长城学院地球科学与资源学院 河北保定 071000]

李庆明 侯双印

[中国地质大学(北京)长城学院工程技术学院 河北保定 071000]

(收稿日期:2016-04-08)

摘要:文章通过具体的实验数据,采用不同的实验数据处理方法进行了计算和比较,发现用文中的方法2更好些,并建议师生参考使用。

关键词:静电场 数据处理 相对误差

用模拟法描绘静电场实验中,除根据电场线与等势线处处正交原理描绘电场线分布外,往往还进行某种数据处理,或是用来作理论验证,或是进行某种对比.在不同的实验教材中,所做的要求不同.到底哪种方法更好,更适合教学需求,我们通过实验数据作一比较.

1 实验条件及数据获得

实验采用JD-LE-I型静电场描绘仪,使用圆柱形电极,电极中心圆柱体半径 $R_1 = 5.00 \text{ mm}$,电极外圆环内半径 $R_2 = 50.00 \text{ mm}$,极间电压为 $U = 10.0 \text{ V}$,导电介质为自来水.

首先确定柱形电极的中心位置,对每一等势线通过同步探针在纸上打点(一般不少于9个),点分布尽量均匀.然后从中选择9个点.实验中取等势线

的电势 U_r 依次为 $1.0 \text{ V}, 2.0 \text{ V}, 3.0 \text{ V}, 4.0 \text{ V}, 5.0 \text{ V}, 6.0 \text{ V}$.

2 实验数据处理

方法1:分别量出同一等势线上9个点相对电极中心的半径取平均值,计算 $\ln \bar{r}_i$,根据公式

$$U_{r\text{理}} = U \frac{\ln\left(\frac{R_2}{\bar{r}_i}\right)}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

计算出每条等势线对应的理论值电势 $U_{r\text{理}}$,再通过公式

$$E = \frac{U_{r\text{实}} - U_{r\text{理}}}{U_{r\text{理}}} \times 100\%$$

计算相对误差并进一步计算出 E 的标准差 σ_E ,结果见表1.

表1 方法1计算出的相对误差及标准差 σ_E

U_r/V	r_i/mm									\bar{r}_i	$\ln \bar{r}_i$	$U_{r\text{理}}/\text{V}$	$E_i/\%$	$\sigma_E/\%$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	36.8	36.5	36.4	37.2	38.2	39.0	39.5	40.0	39.6	38.1	3.64	1.18	15.3	2.51
2	29.3	28.5	28.8	29.2	30.3	31.5	31.8	31.5	30.5	30.2	3.41	2.19	8.68	
3	22.5	22.3	23.2	24.2	25.3	26.0	25.8	26.0	23.8	24.3	3.19	3.13	4.15	
4	19.0	17.6	17.5	18.2	19.2	20.6	20.9	20.7	20.5	19.4	2.97	4.11	2.68	
5	14.9	14.0	13.9	14.2	15.5	16.5	17.0	16.8	16.4	15.5	2.74	5.08	1.57	
6	12.2	11.1	11.0	11.4	12.5	13.5	13.8	13.7	13.3	12.5	2.53	6.02	0.33	

方法2:从同一等势线上的9个点中选择3个点(尽量互成 120°)作三角形,通过确定圆心的方法得

到1个半径,同样再作两个三角形分别找圆心测得2个半径,3个半径取平均值.计算 $\ln \bar{r}_i$,根据公式

* 河北省教育厅教学改革研究与实践项目,项目编号:2015GJJG302

通讯作者:侯双印(1956-),男,教授,主要从事应用物理技术方面的教学与研究工作.

$$\ln r = \ln R_2 - \frac{U_r}{U} \ln \frac{R_2}{R_1} = 3.90 - 0.23U_r, r = e^{3.90 - 0.23U_r},$$

计算出表中所列电势对应等势线半径的理论值 $r_{理}$,

再通过公式 $E = \frac{r_{实} - r_{理}}{r_{理}} \times 100\%$ 计算相对误差并进

一步计算出 E 的标准差 σ_E 见表 2.

表 2 方法 2 计算出的相对误差及标准差 σ_E

U_r / V	$r_{实} / mm$			$\bar{r}_{实} / mm$	$\ln \bar{r}_{实}$	$r_{理} / mm$	$E_i / \%$	$\sigma_E / \%$
	1	2	3					
1	38.0	38.5	37.6	38.0	3.64	39.25	3.18	0.35
2	33.2	30.8	30.4	31.5	3.45	31.19	0.99	
3	24.0	24.1	24.3	24.1	3.18	24.78	2.74	
4	19.0	19.0	19.4	19.1	2.95	19.69	3.00	
5	15.5	15.5	15.3	15.4	2.73	15.81	2.59	
6	12.5	12.6	12.9	12.7	2.54	12.43	2.17	

方法 3: 根据实验所得数据, 利用最小二乘法求得关系式 $y = \frac{U_r}{U} = -\frac{1}{\ln(R_2/R_1)} \ln r + \frac{\ln R_2}{\ln(R_2/R_1)} = kx + c$ 中的截距 c 和斜率 k , 解方程组理论计算出 R_1 和 R_2 , 再与由游标卡尺测得的 R_1 和 R_2 值进行比较,

利用公式 $E = \frac{R_{理} - R_{测}}{R_{测}} \times 100\%$ 求出相对误差(对方方法 1 和方法 2 中所得 $\ln \bar{r}$ 数据分别进行计算和比较) 见表 3.

表 3 方法 1 和方法 2 结果比较

$\frac{U_r}{U}$	$\ln \bar{r}$		$R_{1理} / mm$		$R_{2理} / mm$		$R_{1测i} / mm$	$R_{2测i} / mm$	$\bar{R}_{1测} / mm$	$\bar{R}_{2测} / mm$	$E_{R_1} / \%$		$E_{R_2} / \%$	
	方法 1	方法 2	方法 1	方法 2	方法 1	方法 2					方法 1	方法 2	方法 1	方法 2
0.1	3.64	3.64	5.13	5.02	47.38	48.08	5.01	49.83	5.01	49.92	2.40	0.20	5.09	3.69
0.2	3.41	3.45					5.00	49.86						
0.3	3.19	3.18					5.02	49.88						
0.4	2.97	2.95					5.01	49.96						
0.5	2.74	2.73					5.01	50.00						
0.6	2.53	2.54					5.02	49.97						

3 几种方法比较

(1) 从 $\ln \bar{r}_i$ 数据看: 方法 1 与方法 2 相差很小.

(2) 从相对误差方面看: 方法 2 较方法 1 小 2.99 个百分点, 相对减小 55.0%.

(3) 从标准差方面看: 方法 1 为 2.51%, 第 2 种方法为 0.35%, 说明方法 1 所得数据较分散, 精度较低; 而方法 2 明显好得多.

(4) 在第 3 种计算相对误差的结果中也可看出: 方法 2 较方法 1 相对较好.

4 结论

通过上述对实验数据分析, 在获得等势线半径的平均值 \bar{r} 进一步描绘等势线和电场线; 计算 $\ln \bar{r}$ 进一步作 $\ln \bar{r} - U_r$ 曲线时, 采用方法 1 或方法 2 均可, 无明显差异. 但在进行数据分析比较, 计算相对误差

时, 采用第 2 种处理数据的方法效果更好些, 且运算相对简单、快捷.

参考文献

- 侯双印. 大学物理实验. 北京: 高等教育出版社, 2013. 135 ~ 140
- 魏四群. 关于静电场模拟实验中导电介质形状的选择问题. 河北师范大学学报, 1989(01): 12 ~ 13
- 付芳芳, 侯双印, 等. 模拟法描绘静电场实验中导电液体的选择与研究. 物理通报, 2013(2): 63
- 王应德, 等. 模拟静电场实验中导电介质的选择. 物理实验, 2001(08): 40 ~ 45
- 欧阳红, 等. 改进“用模拟法测绘静电场”实验. 大学物理实验, 2001(01): 20 ~ 21
- 郭文祥. 静电场模拟实验应当明确的几个问题. 物理通报, 1994(12): 4 ~ 5
- 岳开华, 等. 用自来水做模拟静电场实验. 楚雄师范学院学报, 1989(03): 16 ~ 17