

基于MATLAB的物理实验数据处理教学改革与实践

俞绍文¹, 俞霏扬¹, 张 孟^{2*}

¹华东理工大学数学学院, 上海

²华东理工大学物理学院, 上海

收稿日期: 2025年9月28日; 录用日期: 2025年11月11日; 发布日期: 2025年11月20日

摘 要

在人工智能和教育数字化背景下, 高等教育对理工科学生的数智素养、数据处理能力与编程实践能力提出了更高要求。传统大学物理实验课程中, 数据处理常依赖手工绘图与经验判断, 效率低、精度差, 难以满足新时代教学目标。文章以“静电场模拟实验”为案例, 设计并实施了一种融合最小二乘法与MATLAB编程的实验数据处理教学新模式。通过引导学生利用MATLAB平台实现圆形等势线拟合、误差分析与可视化呈现, 不仅有效提升了实验数据处理的科学性与准确性, 也增强了学生在数学建模、程序实现和实验分析方面的综合能力。实验结果显示, 最小二乘法在拟合精度方面显著优于传统均值法, 拟合结果更接近理论值。该研究初步构建了“理论建模-数据采集-编程分析-图形展示”一体化的教学流程, 为物理实验课程的数字化转型与工程能力培养提供了可行路径和实践参考。

关键词

静电场模拟, 教学方法改革, 最小二乘法, MATLAB编程, 数智素养

Teaching Reform and Practice of Physical Experiment Data Processing Based on MATLAB

Shaowen Yu¹, Feiyang Yu¹, Meng Zhang^{2*}

¹School of Mathematics, East China University of Science and Technology, Shanghai

²School of Physics, East China University of Science and Technology, Shanghai

Received: September 28, 2025; accepted: November 11, 2025; published: November 20, 2025

*通讯作者。

文章引用: 俞绍文, 俞霏扬, 张孟. 基于 MATLAB 的物理实验数据处理教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(11): 445-455. DOI: 10.12677/ces.2025.1311889

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence and educational digitalization, higher education places increasing emphasis on students' digital literacy, data analysis, and programming skills. In traditional university physics laboratory courses, data processing often relies on manual plotting and empirical estimations, which are inefficient and inaccurate, failing to meet the goals of modern STEM education. This study takes the electrostatic field simulation experiment as a case and introduces an instructional model that integrates the least squares method with MATLAB programming. Students are guided to perform curve fitting, error analysis, and visualization of equipotential circles using MATLAB, enabling them to bridge mathematical modeling with practical data processing. Experimental results show that the least squares method significantly outperforms the traditional mean-value method in fitting accuracy and alignment with theoretical values. This study constructs a comprehensive teaching workflow, spanning theoretical modeling, data acquisition, numerical fitting, and graphical presentation, providing an effective pathway for reforming physics laboratory instruction and cultivating students' engineering competence and digital intelligence in the context of emerging technologies.

Keywords

Electrostatic Field Simulation, Teaching Method Reform, Least Squares Method, MATLAB Programming, Numerical Literacy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人工智能、大数据与数字孪生等新兴技术的迅猛发展，高等教育领域对理工科学生数智素养、工程实践能力及跨学科应用能力提出了更高要求。传统以手工计算和静态实验记录为主的教学模式，已难以满足新工科背景下高效、精准、创新性实验教学的需求。科学实验作为探究自然规律、验证理论模型和支撑创新研究的重要手段，实验数据的准确处理则是保证实验质量的核心环节。数据处理过程通常包括数据记录、整理、计算、可视化与综合分析，贯穿于整个实验教学体系之中，是培养学生科学思维、批判性分析与自主研究能力的重要基础。

在大学物理实验课程中，引入 MATLAB 等现代数值计算与数据可视化工具，成为提升实验数据处理效率、深化学生理解和应用能力的重要改革方向。通过编程实践与自动化分析，能够有效克服传统手工处理的低效与易错问题，同时为学生提供面向智能时代的数据思维训练平台，推动基础实验教学的数字化转型与深度创新。

用稳恒电流场模拟静电场是电磁学模块中的核心实验内容，实验过程中涉及大量等位面坐标数据的测绘与处理。合理、高效地拟合和分析这些实验数据，对于揭示实验规律、验证理论模型、提升实验教学质量具有重要意义[1]-[4]。目前，常用的数据处理方法包括指数拟合法、二元线性回归法等，通常辅以 COMSOL、Ansys、FDTD Solution 等商业仿真软件进行辅助分析[5][6]。然而，这类方法依赖昂贵专用软件，且操作复杂，不利于在基础教学层面广泛推广。已有研究，如毕升等人[7][8]，基于 MATLAB 对电位线和电场线的微分方程进行数值求解，虽具有理论模拟指导价值，但缺乏与实际测量数据结合的动手

实践环节, 未能充分发挥实验教学培养创新实践能力的功能。

针对上述问题, 本文以稳恒电流场模拟静电场实验为例, 设计了“理论推导 - 数据采集 - 数值拟合 - 可视化分析”一体化的实验教学模式。通过引导学生基于实际测量数据, 采用最小二乘法进行曲线拟合, 并借助 MATLAB 平台进行数据处理与可视化展示, 不仅提升了数据处理的准确性与效率, 还培养了学生的编程思维、数智素养与工程创新能力。研究探索表明, 本方法可作为物理实验教学改革中推进数智融合、跨学科协同育人的有益实践, 为新时代理工科人才培养体系建设提供了有效的参考路径。

2. 实验原理

在研究静电场分布特性及电子束在电场中运动规律的过程中, 准确了解带电体周围的电场分布情况至关重要。然而, 采用纯理论计算方法求解静电场分布通常较为复杂, 难以在本科阶段直接掌握。因此, 在实验教学中, 常通过实际测量手段进行静电场分布的研究与测绘[9]。这不仅能帮助学生更直观理解电场特性, 还能有效培养其理论联系实际的能力, 契合新工科教育对实验与工程实践深度融合的培养目标。

由电磁场理论可知, 稳恒电流的电场和相应的静电场的空间形式是一致的。对于无限长、均匀带电的圆柱体周围的静电场, 可以通过在导电介质中放置同心圆形电极 A 和环形电极 B, 并在其间施加稳恒电压的方法来模拟其电势分布及等势线形态。题目: 如图 1 所示, 一根无限长直导线通有电流 I , 它的右边共面放一个半圆导线, 求这种情况下半圆导线的电动势。

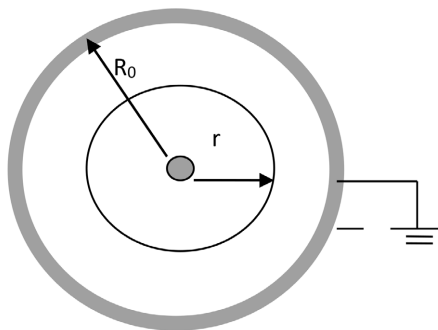


Figure 1. Electrostatic field of coaxial cable
图 1. 同轴电缆的静电场

如图 1 所示, 圆柱导体 A 和圆柱壳导体 B 同轴放置, 分别带等量异号电荷, 其半径为 r 处的各点电场强度为:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

$$U = \int E \cdot dl = \int_r^{R_0} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \cdot dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \ln \frac{R_0}{r}$$

设内圆柱与同轴柱面间的电势为 U_0 , 则

$$U_0 = \int_{r_0}^{R_0} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \cdot dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \ln \frac{R_0}{r_0}$$

$$U = \frac{U_0}{\ln \frac{R_0}{r_0}} \cdot \ln \frac{R_0}{r} \quad (1)$$

图 2 所示为同轴电缆模拟电极, A 和 B 分别与电池的正极和负极相连, A 和 B 之间形成径向电流,

建立了一个恒定电流场。设 A 和 B 之间任意处的电流密度为 j ，电阻率为 ρ ，则该处场强为：

$$E = \rho j = \rho \frac{I}{2\pi r t} \quad (\text{其中 } t \text{ 为电纸厚度})$$

$$U' = \int E \cdot dl = \frac{I\rho}{2\pi t} \int_r^{R_0} \frac{dr}{r} = \frac{I\rho}{2\pi t} \ln \frac{R_0}{r}$$

设加在 A、B 两极间的电势差为 U'_0 ，则

$$U'_0 = \frac{I\rho}{2\pi t} \int_{r_0}^{R_0} \frac{dr}{r} = \frac{I\rho}{2\pi t} \ln \frac{R_0}{r_0}$$

则

$$U = \frac{U'_0}{\ln \frac{R_0}{r_0}} \cdot \ln \frac{R_0}{r} \quad (2)$$

比较式(1)与式(2)可知，在任意离中心轴距离 r 处，稳恒电流场与静电场的电势分布具有完全相同的数学表达式。

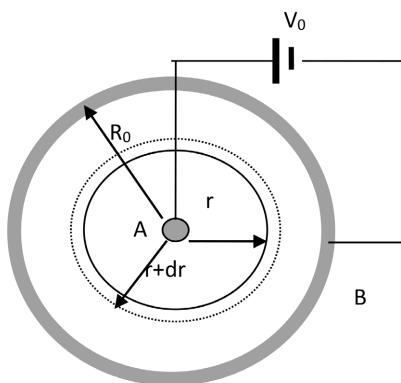


Figure 2. Current field of coaxial cable
图 2. 同轴电缆的电流场

实验原理环节的这种等效性为实验教学提供了创新的模拟手段，使得静电场分布的测绘可以通过稳恒电流场实验实现，大大简化了实验设计与数据采集的难度。同时，学生在实验过程中不仅巩固了电磁场理论基础，也获得了基于实际测量数据进行建模分析的实践机会，符合当前高等教育深化实验教学、强化数理结合与应用导向的新趋势。

3. 原始数据记录

本实验测绘同轴电缆(模拟同轴圆柱带电体)的等势线簇，选取电势值 $U=1\text{ V}$ 、 3 V 、 5 V 共三组数据。每组数据包含 8 个测量点，这些测量点均匀分布在 8 个不同的方位上，并记录其坐标 (x, y) 。通过系统采集与规范记录，确保了数据的完整性与代表性。实验测量结果详见表 1，其详细列出了实验测量数据。

依据表 1 所提供的测量数据，可进一步绘制出同轴带电圆柱体的等势圆，并分别测量每组等势圆的拟合半径 R_p 。同时，根据理论计算公式，求得各等势圆的理论半径 R_r ，并计算实验测量值与理论值之间的相对误差 E ，以评估实验拟合的准确性和数据处理方法的优劣。

本环节通过严谨的数据采集和后续基于最小二乘法的曲线拟合，不仅验证了理论模型的合理性，也

在教学过程中强化了学生对数据处理规范性与精准分析意识的培养，体现了现代实验教学对高质量数据管理的新要求。

Table 1. Mapping equipotential circles of the electrostatic field of coaxial cylindrical charged bodies simulated by the current field in coaxial cables

表 1. 同轴电缆电流场模拟同轴圆柱带电体静电场的等势圆测绘数据

序号	坐标	1 V 等势点坐标		3 V 等势点坐标		5 V 等势点坐标	
		x_1/cm	y_1/cm	x_3/cm	y_3/cm	x_5/cm	y_5/cm
1		1.00	5.60	2.80	6.75	3.95	6.65
2		2.55	2.35	4.15	3.65	6.55	4.10
3		5.65	0.95	8.05	3.20	8.30	4.75
4		10.70	2.80	9.75	4.60	9.20	6.60
5		12.15	7.45	10.30	6.65	8.50	8.40
6		10.70	10.45	8.85	9.65	7.30	9.20
7		8.25	12.15	6.50	10.65	6.25	9.25
8		3.30	11.30	4.20	9.75	4.65	8.45

4. 数据处理

在实验数据处理过程中，采用科学有效的数学方法对测量数据进行拟合与分析，是提升实验精度和教学效果的重要环节。本工作引入最小二乘法(Least Squares Method)，通过最小化测量误差的平方和，寻找与实验数据最优匹配的圆形函数模型，从而准确确定圆心和半径。该方法不仅简化了复杂数据处理流程，还有效培养了学生运用数值计算工具解决实际问题的能力，体现了新工科教育对数据分析素养和工程应用能力培养的要求。

最小二乘法(Least Squares Method)是一种通过最小化误差平方和来寻找最佳拟合函数的数学方法。在本研究中，我们采用最小二乘法对实验数据进行圆拟合，以找到最符合实验测量数据的圆心和半径。具体而言，假设测得的一系列数据点为 (x_i, y_i) ($i=1, 2, \dots, n$)，目标是确定圆心 (a, b) 和半径 r ，使得这些点到拟合圆的误差平方和最小。

若直接使用标准圆方程 $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$ ，在计算误差项时涉及平方根运算，增加了计算复杂度。因此，为简化计算，本文采用圆的一般方程表示形式： $x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0$ ，其中参数关系如下： $D = -2a$ ， $E = -2b$ ， $F = a^2 + b^2 - r^2$ 。

此时，误差可以定义为该表达式与零的偏差平方，从而将最小二乘拟合问题转化为寻找最优参数 D 、 E 、 F 以最小化所有测量点的误差平方和。具体计算步骤如下：

1) 建立一般圆方程

$$x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0 \quad (3)$$

其中圆心为 $(a, b) = \left(-\frac{D}{2}, -\frac{E}{2}\right)$ ，半径 $r = \sqrt{\frac{D^2 + E^2}{4} - F}$ 。

2) 构建误差函数：对于每个数据点 (x_i, y_i) ，定义误差为：

$$e_i = x_i^2 + y_i^2 + Dx_i + Ey_i + F \quad (4)$$

最小化所有点的误差平方和为：

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (5)$$

3) 求偏导并构建线性方程组

对 D 、 E 、 F 求偏导并令导数等于零, 得到以下方程组:

$$\begin{cases} \sum (x_i^3 + x_i y_i^2) + D \sum x_i^2 + E \sum x_i y_i + F \sum x_i = 0 \\ \sum (y_i^3 + y_i x_i^2) + D \sum x_i y_i + E \sum y_i^2 + F \sum y_i = 0 \\ \sum (x_i^2 + y_i^2) + D \sum x_i + E \sum y_i + F n = 0 \end{cases} \quad (6)$$

4) 解线性方程组: 将方程组改写为矩阵形式 $Av = b$, 其中

$$A = \begin{pmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i \\ \sum x_i y_i & \sum y_i^2 & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum y_i & n \end{pmatrix}, \quad v = \begin{pmatrix} D \\ E \\ F \end{pmatrix}, \quad b = - \begin{pmatrix} \sum (x_i^3 + x_i y_i^2) \\ \sum (y_i^3 + x_i^2 y_i) \\ \sum (x_i^2 + y_i^2) \end{pmatrix}$$

解此方程组得到 D 、 E 、 F 。

5) 计算圆心和半径:

$$a = -\frac{D}{2} \quad (7)$$

$$b = -\frac{E}{2} \quad (8)$$

$$r = \sqrt{\frac{D^2 + E^2}{4} - F} \quad (9)$$

作为对照, 我们也给出了用均值法求解圆心和半径的表达式:

圆心估计:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (10)$$

半径估计:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2} \quad (11)$$

最终得到的 (a, b) 和 r 即为最优拟合圆的圆心坐标和半径。

在数据处理环节中, 结合最小二乘法拟合与 MATLAB 编程实践, 形成了“理论推导 - 数据测量 - 数值拟合 - 结果分析”的完整链条式教学流程。该方法相较传统的手工计算和经验法处理模式, 体现了以下新的人才培养思路和成效。

首先, 强调数理结合与工具应用, 推动学生在真实实验情境中综合运用数学建模与程序编写技能, 提升了其数据建模与算法实现能力; 其次, 通过引导学生独立完成数据拟合与误差分析, 培养了严谨的数据处理意识和批判性分析思维, 强化了对科学数据可靠性与准确性的理解; 第三, 基于 MATLAB 的可视化绘图功能, 促使学生能够直观呈现数据规律与模型拟合结果, 提升了信息化表达与多维数据解读能力; 最后, 实验整体设计强调自主探究与结果验证, 鼓励学生主动思考问题、分析偏差来源, 显著提升了其实验设计能力与创新实践能力。

本实验探索的这一数据处理教学新方法, 有效契合了新时代理工科教育对高阶能力培养的目标要求, 为培养具有数智素养、工程思维和跨学科融合能力的应用型人才提供了切实可行的实践路径。

5. 代码实现

为提升实验数据处理的效率与准确性，增强学生在实际问题中运用编程工具分析数据的能力，本研究采用 MATLAB 软件对静电场模拟实验中的测量数据进行数值处理和拟合分析。MATLAB 是一款功能强大的科学计算与可视化平台，广泛应用于工程与科研领域，特别适用于矩阵运算、曲线拟合、数据建模与图形输出。在本实验教学中，学生通过编写 MATLAB 程序完成从数据导入、拟合计算到误差分析和图形可视化的完整过程，有效实现了“工具融入、知识迁移、能力提升”的教学目标。

具体的编程实现分为以下四个步骤：

1) 数据读取

首先，通过 MATLAB 的 `readmatrix` 或 `xlsread` 函数，从 Excel 文件中逐步读取多组实验数据。假设每组数据存储在不同的工作表中，内容为实验中测得的等势点坐标 (x, y) 。程序自动遍历所有工作表，并将数据存储于结构数组中，便于后续处理。

2) 最小二乘法拟合圆

针对每组实验数据，分别采用最小二乘法与传统均值法对等势点进行圆形拟合。在最小二乘法部分，构建一般圆方程的线性形式，通过求解参数 D 、 E 、 F ，进而计算拟合圆的圆心 (a, b) 和半径 r 。均值法则以所有点的平均值估算圆心，并取其平均半径作为对照，便于后续比较两种方法的精度与差异。

3) 计算理论点、绝对误差与相对误差

为评估拟合质量，程序基于拟合圆的参数计算各实验点至圆心的距离，并与拟合半径进行比较，从而得到每个测量点的绝对误差与相对误差百分比。同时，还可计算各组数据的平均误差和最大误差，为最终分析提供量化依据。

4) 输出结果与图形可视化

所有计算结果，包括每组数据的拟合圆心、半径、误差统计指标等，均通过命令行输出，并以图形方式展示。程序绘制原始实验点、拟合圆曲线及理论点位置，使拟合效果直观可见，进一步增强学生对数据与模型关系的理解能力。

通过完整的代码编写与分析过程，学生不仅掌握了 MATLAB 在科学实验中的实际应用，还提高了程序逻辑构建、数据可视化、误差分析等综合能力。本环节有效推动了传统物理实验向“数据驱动、工具支撑、素养导向”的新型教学模式转变，为培养学生的数值计算素养与工程实践能力提供了实效支持。

6. 实验结果与分析

图 3 和图 4 展示了使用 MATLAB 软件输出的 $U=1\text{ V}$ 、 3 V 、 5 V 三组等势圆的拟合结果。图 3 为基于最小二乘法拟合得到的等势圆，图 4 为传统均值法处理结果，便于对照分析。

从图 3 和图 4 可直观观察到，采用最小二乘法拟合后的三组等势圆在几何形态上更为接近理想圆形，拟合曲线准确覆盖了各组 8 个测量点，且拟合圆心位置一致性较高，圆弧光滑、闭合良好。相比之下，均值法生成的等势圆在视觉上明显存在偏差，部分曲线与测量点偏离较大，圆心位置也存在不一致现象，反映出该方法对数据噪声更为敏感，拟合精度较低。

基于公式(7)~(11)以及 MATLAB 程序计算结果，进一步得到了每组等势圆的拟合圆心坐标和半径，详见表 2。为定量评估拟合精度，本文依据公式(12)计算理论半径 R_T ，并利用公式(13)计算拟合半径 R_P 与理论值之间的相对误差：

$$R_T = \frac{b}{\left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{U_r}{U_a}}} \quad (12)$$

其中 U_r 为距离轴心 r 处的电势, U_a 为中心电压, a 和 b 分别为正、负电极的半径, 本实验中设定 $a = 1.00$ cm, $b = 7.00$ cm。

相对误差的计算公式为:

$$E = \left| \frac{R_P - R_T}{R_T} \right| \times 100\% \quad (13)$$

其中, R_P 为实验拟合半径, R_T 为理论半径。

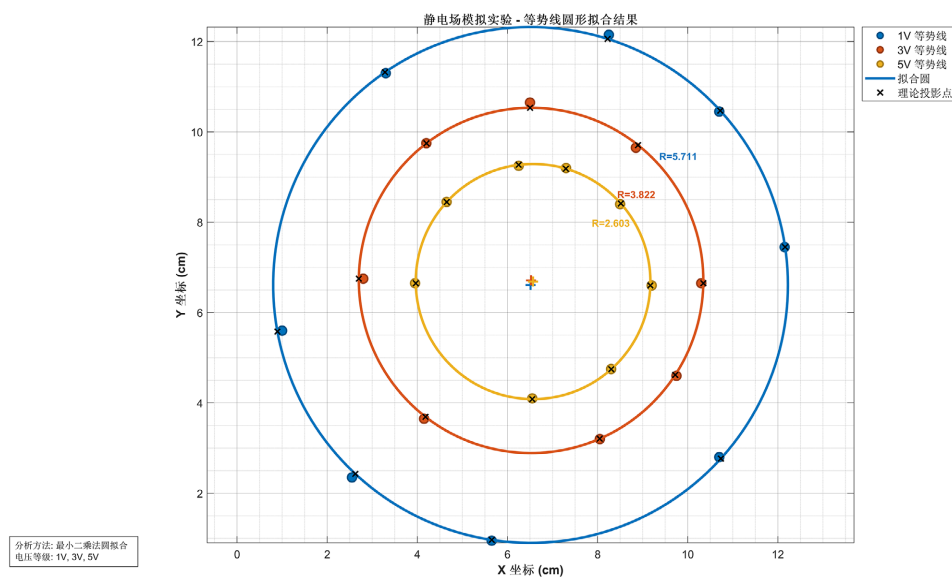


Figure 3. Electrostatic field simulation experiment—least squares circular fitting result

图 3. 静电场模拟实验——最小二乘法圆形拟合结果

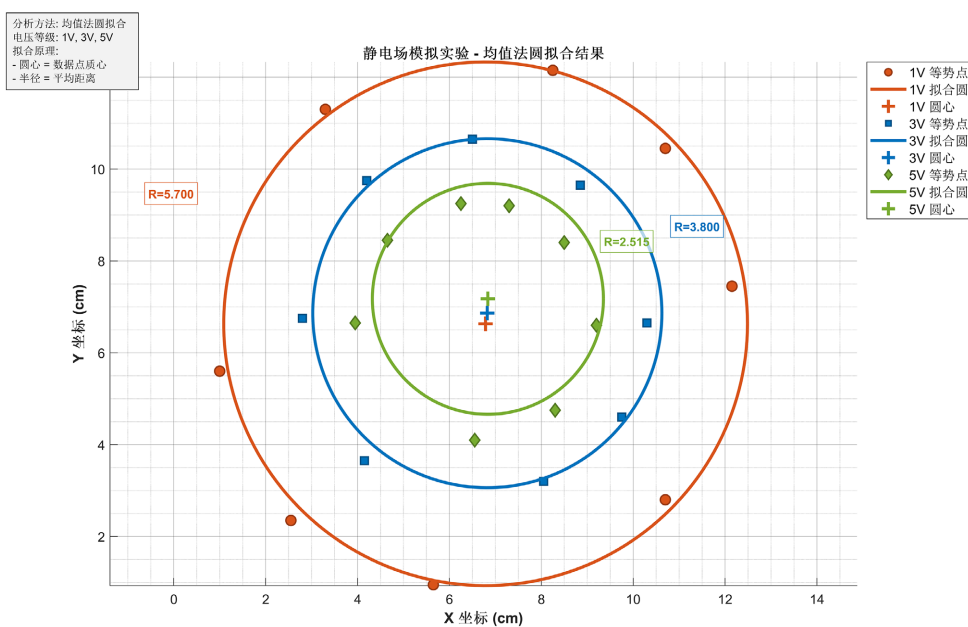


Figure 4. Electrostatic field simulation experiment—circular fitting result using the mean value method

图 4. 静电场模拟实验——均值法圆形拟合结果

Table 2. Comparison of the calculated results for the center coordinates and radii of equipotential circles: the left side shows the results obtained using the least squares method, while the right side shows the results obtained using the mean value method
表 2. 各等势圆的圆心坐标及半径计算结果对比: 左侧为最小二乘法计算结果, 右侧为均值法计算结果

电势值/V	1.00		3.00		5.00	
x_0/cm	6.51	6.79	6.52	6.83	6.57	6.84
y_0/cm	6.61	6.63	6.71	6.86	6.69	7.18
R_p/cm	5.71	5.70	3.82	3.80	2.60	2.51
R_r/cm	5.76	5.76	3.90	3.90	2.65	2.65
$E\%$	0.87%	1.09%	2.05%	2.68%	1.61%	5.13%
RSS/cm^2	0.0025	0.0036	0.0064	0.0100	0.0025	0.0196

从表 2 可知, 采用最小二乘法处理实验数据后, 三组等势圆的拟合半径与理论值之间的相对误差分别为 0.87%、2.05% 和 1.61%, 均低于均值法对应的误差(1.09%、2.68%、5.13%), 且由最小二乘法处理的三组数据的残差平方(0.0025 cm^2 、0.0064 cm^2 、0.0025 cm^2)均小于由均值法处理的相应残差平方(0.0036 cm^2 、0.0100 cm^2 、0.0196 cm^2)。这充分说明最小二乘法在处理非精确实验数据时具有更强的抗干扰性和拟合精度, 特别适用于等势线形状敏感度较高的模拟实验场景。

此外, 从教学效果角度来看, 最小二乘法的引入不仅提高了实验数据分析的准确性与科学性, 也为学生提供了将数学理论应用于实际问题的训练平台。通过拟合结果与图形输出的对比, 学生能够更加直观地理解“数据 - 模型 - 理论”三者之间的内在联系, 从而深化对电场分布规律的认知, 提高实验建模与结果评估能力。

本研究结果再次证明, 最小二乘法在处理常规实验数据时确实具有高效且简便的显著优势。然而, 任何数学模型都有其适用边界。最小二乘法的核心优化目标是 최소화误差的平方和, 这一机制导致它对异常值(Outliers)极为敏感。在实验教学中, 个别因测量疏忽、环境干扰或装置缺陷等导致的粗差, 可能会被最小二乘法赋予过高的权重, 从而使拟合结果产生显著偏差, 严重影响模型的解释力与可靠性。

为了培养学生的批判性思维, 并为其应对更复杂的真实数据场景做好准备, 进阶教学中应简要引入稳健回归(Robust Regression)的概念。与最小二乘法不同, 稳健算法的设计目标是在存在异常值或数据分布非理想时, 仍能获得可靠且稳定的模型参数估计。

以下是几种具有代表性的稳健拟合算法, 可作为进阶教学内容:

RANSAC (随机采样一致性): 该算法通过“随机抽样 - 模型构建 - 一致性评估”的迭代循环, 有效识别并排除数据中的离群点, 最终根据内点集构建最优模型。它特别适用于数据中包含大量粗差的场景, 在计算机视觉和几何拟合中应用广泛。

M-估计(M-Estimators): 作为最小二乘法的广义形式, 通过使用更缓和的损失函数(如 Huber 或 Tukey 的双平方函数)来代替平方损失函数, 从而有效降低了大误差项在优化目标中的权重, 使其对异常点不敏感。

LTS/LMS (最小截断/中值平方和): 这类算法通过基于残差排序的思想, 只利用残差最小的一部分数据来拟合模型, 从而根本性地避开异常值的干扰, 是高度稳健的回归方法。

在基础教学阶段, 最小二乘法因其概念清晰、计算简便, 是培养学生数据建模思想的理想工具。而在后续的拓展教学或项目实践中, 引入上述稳健算法, 可以引导学生深入理解“没有万能模型, 只有最适模型”的数据分析哲学。通过对比不同算法在同一数据集上的表现, 学生不仅能学会如何选择工具,

更能学会如何诊断数据质量、评估模型风险，从而全面提升其数据分析素养与工程实践能力。

7. MATLAB 与 Python 在物理实验教学中的比较

近年来，随着计算思维与信息化教学理念的普及，越来越多的研究开始探索基于编程语言的物理教学模式创新。特别是 Python 语言，凭借其开源、易学和可扩展的特性，在中学与高校物理教学中被广泛应用。例如，高彤等将 Python 模拟仿真与高中“电流的磁场”教学相结合，通过可视化展示通电直导线、圆环与螺线管的磁感线分布，显著提升了学生对抽象物理概念的理解能力[10]。李波等则以“行星运动”为例，构建基于 Python 的教学可视化模型，实现了教学过程的直观化与交互化[11]。王明浩提出在大学物理教学中引入 Python 科学计算工具，不仅可以降低学生对高等数学的依赖，还能有效培养其计算思维[12]。牛相宏等进一步将 Python 用于大学物理实验数据处理，通过脚本实现数据的自动化拟合与图像可视化，显著提高了数据分析的准确性和教学效率[13]。

与 Python 相比，MATLAB 具有更完善的数值计算能力与科学可视化接口，适合开展复杂的数学建模与高精度数据分析工作。其内置函数丰富、计算稳定性高，尤其在矩阵运算、最小二乘拟合和实验数据曲线处理等方面表现突出，能帮助学生建立从实验观测到模型拟合的完整思维链条。相较而言，Python 更具开放性与跨平台兼容性，便于学生在不同计算环境中自主扩展和创新。二者的结合，代表了当前计算物理教育从“工具使用”向“方法整合”的发展趋势。

因此，本研究选择 MATLAB 作为物理实验数据处理的教学工具，不仅关注其在计算精度与图像呈现方面的优势，也探索其在教学改革中的新模式——通过编程与数据分析的结合，培养学生的计算思维、问题建模能力与数智素养。这种方法在高校物理实验教学中具有可推广性，可与 Python 等开源平台形成互补，为新工科背景下的实验教学改革提供参考。

8. 结论

本研究以物理静电场模拟实验为依托，探索将最小二乘法与 MATLAB 编程融合应用于实验数据拟合与分析教学，构建了“理论建模 - 数据采集 - 编程拟合 - 可视化呈现”一体化实验教学新模式。通过与传统均值法的对比分析，验证了最小二乘法在数据拟合精度和误差控制方面的优势，提升了实验结果的准确性与可靠性。更重要的是，该方法为学生提供了编程实践与建模思维训练平台，有效培养了其数据分析能力、数智素养和工程实践能力，契合新时代高校理工类人才培养对复合能力的需求。本研究不仅为大学物理实验课程中的数据处理改革提供了可行路径，也为高等教育在人工智能与数字化背景下的教学创新实践提供了参考案例。

基金项目

2022 年高等教育科学研究规划课题(22LK0304、22LK0403)；2023 年上海高校本科重点教改项目(JGV0124001)；2024 年高等教育科学研究规划课题(24SX0404)。

参考文献

- [1] 翟立朋, 常凯歌, 程琳, 等. 数值差分算法在静电场模拟实验中的设计与应用[J]. 大学物理实验, 2021, 34(6): 49-54.
- [2] 李立, 张皓晶, 张雄, 等. 静电场模拟实验的教学研究[J]. 大学物理, 2020, 39(5): 27-30, 37.
- [3] 乔月凤, 范春风. 静电场模拟实验数据处理问题解析[J]. 物理通报, 2013(2): 51-53.
- [4] 田凯, 蔡晓艳. 一种模拟法测绘静电场的实验装置[J]. 实验科学与技术, 2016, 14(5): 70-73.
- [5] 曾鑫, 闫向宏, 张亚萍. 利用有限元数值模拟技术辅助静电场学习[J]. 物理与工程, 2020, 30(5): 87-91.
- [6] 宫吉祥, 朱海丰, 王华安. 可视化静电场分布实验装置设计开发[J]. 大学物理实验, 2021, 34(1): 73-76.

-
- [7] 毕升, 叶红军. 基于 MATLAB 的静电场模拟[J]. 大学物理实验, 2013, 26(4): 89-91.
 - [8] 刘雅彬, 鲁晓东. MATLAB 对静电场等势线的最小二乘描绘[J]. 大学物理实验, 2013, 26(2): 82-84.
 - [9] 张兆奎, 缪连元, 张立, 钟菊花. 大学物理实验[M]. 第 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
 - [10] 高彤, 陈翔. 基于 Python 软件的信息技术与物理教学的融合[J]. 湖南中学物理, 2022, 37(9): 89-93, 98.
 - [11] 李波, 张研研, 崔畅, 等. Python 助力高中物理教学可视化[J]. 中学物理, 2025, 43(13): 61-65.
 - [12] 王明浩. Python 科学计算在大学物理教学中的应用[J]. 科技风, 2023(1): 76-78.
 - [13] 牛相宏, 潘乘风, 陈伟, 等. Python 语言在大学物理实验数据分析中的应用[J]. 大学物理实验, 2022, 35(6): 101-105.