新技术、新材料赋能中学物理传统实验的升级改造

——以“磁场对电流作用力”实验为例

褚 军 （淮南市中小学教学研究室 安徽 232001）
刘长君 （淮南市田家庵区民生中学 安徽 232001）

摘 要 在传统实验的基础上，借助新技术、新材料对传统物理实验进行再设计，扩大原实验的任务范围，以期达到更好的实验效果，充分挖掘实验中蕴含的学科育人价值，更好地助力中学物理教学改革。通过对传统实验“磁场对电流作用力”的导轨实验装置的改进设计与实施，例证说明新技术、新材料在中学物理实验中的应用。

关键词 新技术 新材料 磁场对电流作用力 升级改造
文章编号 1002-0748(2025)8-0029 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

许多传统的中学物理实验装置因其设计原理简单、易于操作、效果明显，被长期收录在中学物理教材中作为实验教学的范例。笔者在保留原有实验装置基本结构（模型）的基础上，通过引用新技术和新材料对实验装置进行改进，使实验目标、实验效果和实验的育人价值有新的提升。本文以“磁场对电流作用力”的实验装置为例，详细展示利用新技术、新材料对传统实验的升级改造。

1 磁场对电流作用力的实验电路及装置的改进

1.1 原教材的实验设计

初中和高中物理教材中，在安排磁场对电流作用力的教学内容时，均设置了如图1、2所示的两种实验装置：一种是悬吊导体棒（或矩形线圈）型的（见图1）；另一种是导轨型的（见图2）。

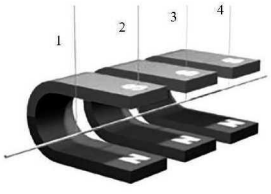

图1 悬挂式安培力演示

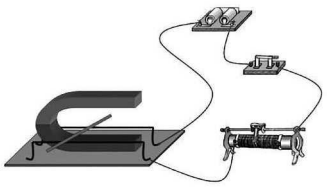
图2 导轨型安培力演示

通过这两种实验装置，可以较直观地演示通电导体棒在磁场中的运动，从而证明通电导体棒受到磁场的作用力（安培力），并明确力的方向。以上实验均属于定性实验，且由于原实验所用的蹄形磁铁磁性较弱，实验效果不太明显。

1.2 改进后的实验设计

笔者对这一传统实验进行了改进，改进后的设计图如图3所示。

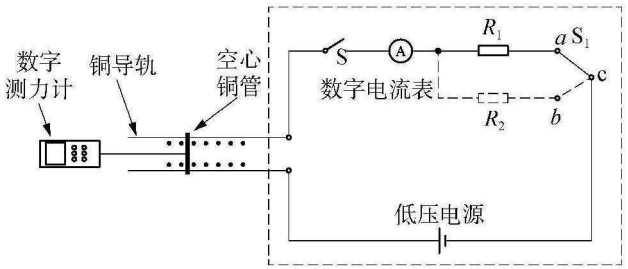

图3 测定安培力实验电路

笔者在原有实验装置中加装了数字测力计（精度为0.001 N，量程为0～5 N）和数字高斯计，用于测量铜棒的受力大小和磁场的磁感应强度。采用新型材料制成的矩形强磁铁（规格分别为：100 mm×50 mm×25 mm，100 mm×50 mm×20 mm，100 mm×50 mm×15 mm，100 mm×50 mm×10 mm）替代原装置中的蹄形磁铁，既增加磁场的磁感应强度又可实现导体棒处的磁感应强度大小的改变。在电路中加装了两个阻值分别为$R_1=5\,\Omega$、$R_2=3\,\Omega$的大功率限流电阻（用一根3 000 W规格的新电炉丝截取部分炉丝制成），转换开关S_1，数字式电流表（精度为0.01 A，测量范围为0～10 A）。两根导轨用铜焊条制成，直径为5 mm、长度为40 cm。导体棒用的是空心铜管（外径8 mm、内径7.5 mm、长11 cm）。实验室用低压电源的输出电流为0～6 A，输出电压为1～18 V。装置实物图见图4（正面实物图）、图5（背面连接图）。

中国知网 https://www.cnki.net

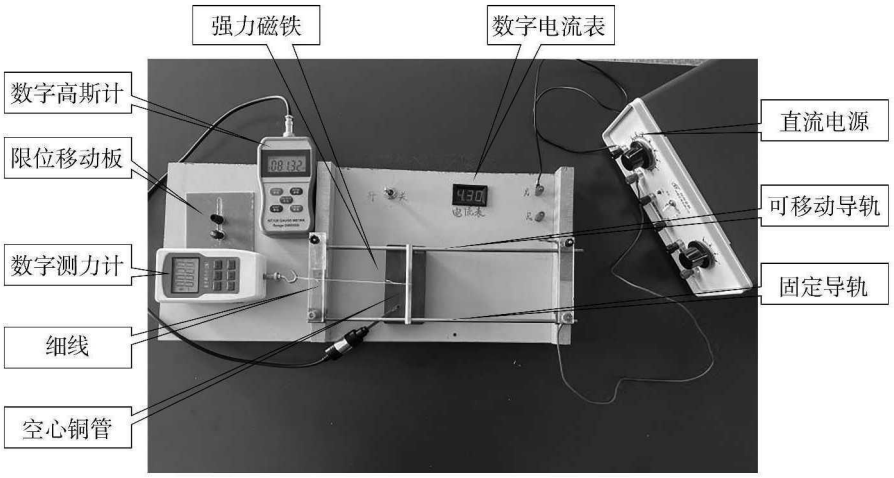

图4　测定安培力实验改进装置(正面)

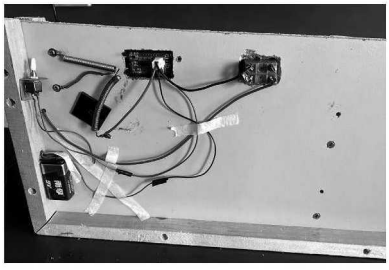

图5　测定安培力实验改进装量(反面)

2　实验原理

2.1　定性实验

如图4所示装置,空心铜管上不系细线,闭合开关S,通电铜管沿平行导轨运动,间接证明铜管受到磁场力的作用。实验装置中由于采用了强磁体,矩形磁体的面积较大,增加了受磁场力的磁场区域,实验的效果比改进前的原实验(见图2)显著。改变电流方向,铜管的运动方向相反,也即受力方向相反。

2.2　定量实验

探究通电铜管受到的磁场力(安培力)与电流、导体棒有效长度、磁感应强度大小之间的关系。

实验装置如图4所示,很轻的细线一端连接数字测力计的挂钩,另一端连接铜管。电路通电后,铜管受到磁场力使得细线被拉紧,拉力等于磁场力,这样就可以通过转化的方法间接地测出铜管受到的磁场力大小。

3　实验过程

3.1　探究通电导体在磁场中受力F与电流I大小的关系

实验装置如图6所示,平行导轨间距设定为10 cm(导轨间距大小可调节),在平行导轨下方放置厚度为25 mm的矩形强磁体,在导轨上放置空心铜管作为导体棒,在装置左侧放置一个数字测力计,用细线连接铜管与数字测力计。由于铜管与导轨间存在很小的摩擦力,实验时将整个装置的左侧略微垫高一点,以平衡铜棒受到的摩擦力。用高斯计测量磁铁表面上方铜管处的磁感应强度大小(测量值为65 mT)。通过改变稳压电源的直流电压大小或通过转换开关接入不同的限流电阻,使电路中的电流大小发生改变,利用面板上的数字电流表和数字测力计分别测出电流值和对应的安培力大小。测量数据见表1,用Excel画出$F-I$关系图线(见图7)。由图可知,当B和L一定时,安培力F与导体棒的电流I成正比。

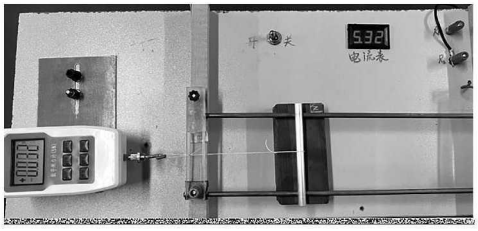

图6　改变电流测定安培力的大小

表1　F与I的测量数据($B=65$ mT, $L=10$ cm)

序数	电流大小I/A	安培力F/N
1	2.30	0.012
2	2.53	0.017
3	3.64	0.022
4	4.22	0.027
5	5.32	0.032

3.2　探究通电导体在磁场中受力F与磁感应强度B的关系

实验装置如图8所示,在平行导轨下方,分别放

中国知网　https://www.cnki.net

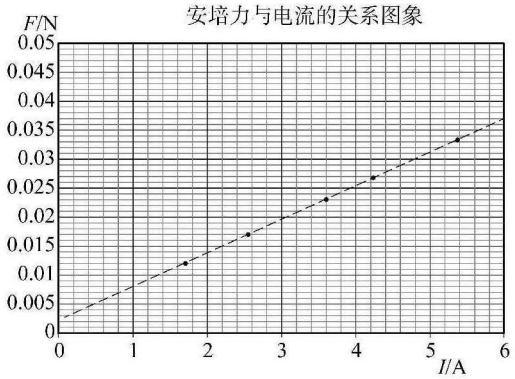

图7　F与I的关系

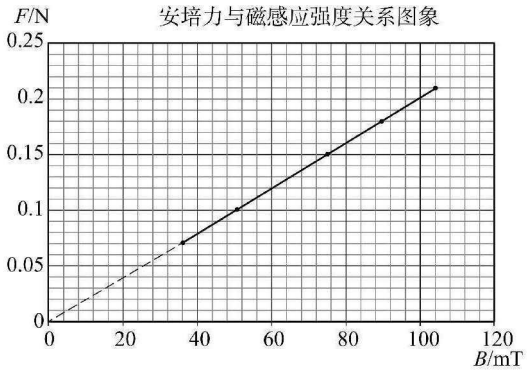

图9　F与B的关系

置厚度为10 mm、15 mm、20 mm、25 mm、30 mm的强磁体(规格为100 mm×50 mm)。同样的磁性材料,磁铁表面附近的磁感应强度与磁铁的厚度有关,磁铁越厚,其表面处的磁性越强。用高斯计测得磁感应强度分别为:35 mT、50 mT、75 mT、90 mT和105 mT。保持通过铜管的电流大小一定(3.8 A),平行导轨间距为10 cm。用数字测力计测量在不同磁感应强度的磁场中铜管受到的安培力大小,并记录在表格中(见表2)。用Excel画出$F-B$关系图线(见图9)。由图可知,当I和L一定时,安培力F与磁感应强度B成正比。

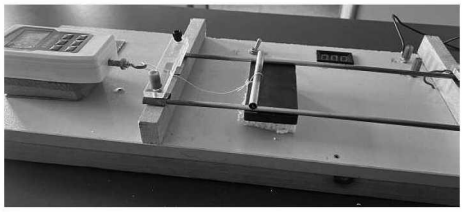

图8　测量铜管在不同磁场中的受力

表2　F与B的测量数据(I=3.8 A, L=10 cm)

序数	磁感应强度B/mT	安培力F/N
1	35	0.07
2	50	0.10
3	75	0.15
4	90	0.18
5	105	0.21

3.3　*探究磁场力F与通电导体棒有效长度L之间的关系*

通电导体棒的有效长度为平行导轨的间距大小,为此在设计上,让一根导轨固定,另一根活动导轨两端的下方均用长5 cm、宽1.5 cm的铜片铺垫,上方用长11 cm的有机塑料片固定在两个接线柱上,活动导轨可在下方铜片的区域内移动。用刻度尺测量导轨间距,定好导轨间距后,旋紧接线柱的螺母使导轨与下方铜片接触良好。数字测力计下方连接板设计了只能沿一个方向移动的限位槽,测力计可沿限位槽方向平行移动,使细线对导体棒的拉力作用线始终处于铜管的中点位置(见图10)。

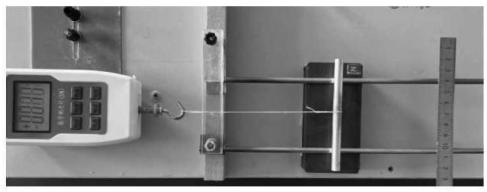

图10　测量不同导轨间距的安培力大小

实验过程中,保持磁感应强度和电流不变(磁感应强度为60 mT,电流为3.8 A),改变平行导轨的间距大小,即改变通电导体棒的有效长度。用数字测力计测量细线的拉力(等于安培力),并记录在表格中(见表3),利用Excel画出$F-L$图线(见图11)。由图可知:当B和I一定时,安培力F与导体棒有效长度L成正比。

表3　F与L的测量数据(B=60 mT, I=3.8 A)

序数	L/mm	F/N
1	65	0.015
2	70	0.016
3	75	0.017
4	80	0.018
5	85	0.019
6	90	0.021

综合上述实验结论,得到磁场中通电导体棒所受安培力的定量表达式:$F=BIL$。(说明:本实验只探究磁场方向与电流方向垂直的情况)

本实验装置的主要改进之处:①将数字化的测量工具引入本实验。例如,数字测力计、高斯计、数

中国知网　https://www.cnki.net

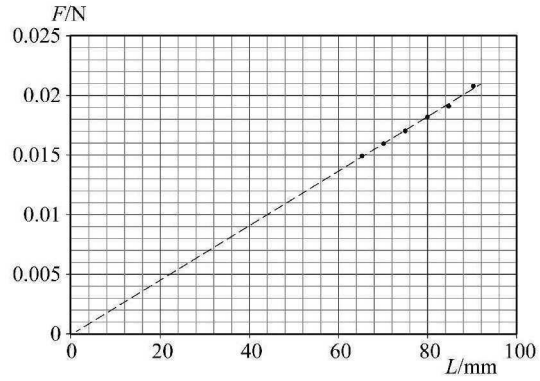

图 11　F 与 L 的关系

字式电流表。由于数字化测量工具具有高精度、高灵敏度的特点，为完成本实验的定量测量提供了保证。②用新型的钕铁硼材料制成的强磁铁代替原实验用的蹄型磁铁，增大了磁感应强度和磁场区域，使得实验效果更加明显。用材料相同厚度不同的强磁铁，可实现探究安培力与磁感应强度关系的定量实验。③将原实验装置固定间距的平行导轨改为间距可调的平行导轨，从而可实现探究安培力与通电导体棒长度的关系。④在实验电路中，加入了两个自制的大功率电阻，既可起到限流作用，又可起到改变电流大小的作用，电路中的电源使用的是功率较大的直流可调节稳压电源。通过对实验装置的改进，较好地实现了由原来的定性实验到定量实验的升级改造，且实验的效果较为理想。

4　结　语

当今，科技突飞猛进，新技术、新材料大量涌现，极大地推动了社会的进步，同时，对中学物理实验教学也带来了机遇和挑战。中学物理实验涉及的新技术主要包括：数字技术，互联网技术、5 G 通信技术、人工智能、图像识别技术、虚拟现实（VR）技术、3 D 打印技术等。涉及的新材料主要包括：纳米材料、碳纤维材料、新型轻质合金材料、记忆合金材料、压电材料等。将新技术、新材料应用于传统的中学物理实验的升级改造，与时代同步，对提高实验教学的效果（实验数据更为精确、可视化程度及实验效率更高等等），培养学生的创新精神，促进教学改革的深入，均会起到较显著的作用。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京：人民教育出版社，2020.
[2] 李志峰，马云霞. 探究“磁场对电流作用力”试验改进[J]. 物理教师，2020(2)：57　59.
[3] 关菲，彭朝阳. 深度学习视域下以创意教具赋能科学教育 以“安培力定量探究演示仪”为例[J]. 物理教学，2024(8)：28　34.
[4] 范旭. 创新实验装置，培养探究能力　　定量探究影响通电导线受力的教学改革[J]. 物理教学探讨，2021(4)：9　11.
[5] 任竟陵. 探究影响通电导线在磁场中受力因素的实践研究[J]. 中学物理教学参考，2022(5)：58　61.

（上接第 39 页）

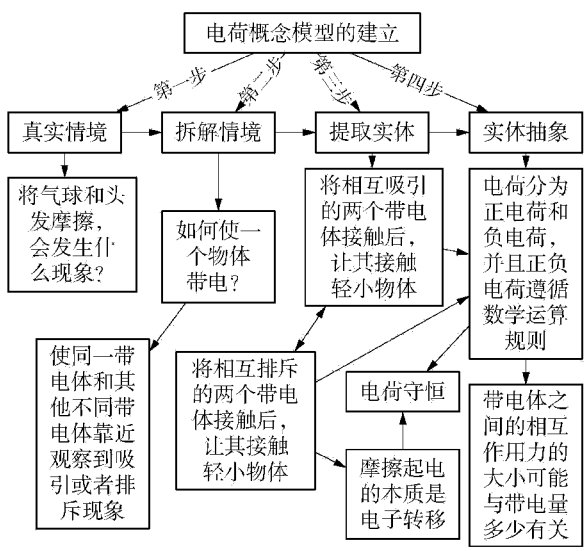

图 9　建立电荷概念的问题图谱

出，通过物理建模教学，学生可以将物理概念与真实情境联系起来，发展更深层次的科学思维。随着学习阶段的推进，这种基于模型的思维方式将提高学生的创新能力，为其未来的科研打下坚实的基础。

参考文献

[1] 蒋守霞. 基于初中物理教学角度下的初高中物理衔接教学的策略研究[D]. 苏州：苏州大学，2013.
[2] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022.
[3] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京：人民教育出版社，2020.
[4] Hestenes D. Modeling methodology for physics teachers [C]// AIP conference proceedings. American Institute of Physics, 1997(1)：935－958.
[5] 唐黎明. 科学思维素养方面“模型建构”5 级水平的表现性任务设计[J]. 物理教师，2019(7)：34　38.
[6] 黄冠. 基于学习进阶的初、高中物理衔接教学策略[J]. 中学物理，2022(16)：14　17.
[7] 陈泓敏，钟鸣. 初高中衔接视角下的初中内阻概念教学分析[J]. 中学物理，2024(6)：48　51.

中国知网　https://www.cnki.net