

教育研讨

2026年4月第8卷第4期

电磁弹射在安培力教学中的应用探究

曾家豪 李奇云 喻彬彬 吴琴琴

湖南理工大学物理与电子科学学院，岳阳

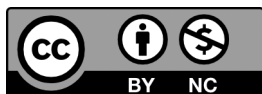
摘要 | 本研究以福建舰电磁弹射技术为教学载体，探讨其在高中物理“安培力”教学中的应用。通过设计并制作简易电磁发射装置，直观展示“大国重器”蕴含的物理原理，结合马伟明院士团队的科研攻关事迹，培养学生的民族自豪感与爱国情怀。研究探索爱国主义教育 with 物理教学的融合路径，为高中物理落实“立德树人”根本任务提供实践参考。

关键词 | 电磁弹射；安培力；爱国主义教育；物理教学

Copyright © 2026 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



《普通高中物理课程标准（2017年版2020年修订）》提出，物理教育需注重培育学生的民族自豪感与责任感^[1]。通过查阅、分析相关文献发现，当前高中物理教学存在与国家前沿科技结合不紧密、爱国主义教育融入不足等问题。福建舰电磁弹射技术融合安培力核心原理与爱国奋斗精神的“大国重器”，既包含具象化的物理规律，又承载着我国科技工作者攻坚克难、科技报国的责任担当，为突破上述困境提供了优质教学素材。本研究解析电磁弹射的基本物理原理，利用自制简易电磁发射装置进行探究实验，在展示电与磁相互作用规律的同时，结合马伟明院士及其团队的探索历程，激发学生的科学探究兴趣和爱国主义情感。

1 电磁弹射中的基础物理原理

电磁弹射系统由分段布置的双边直线感应电机产生电磁力，实现对物体的逐级加速，包括储能发电子系统、动力调节子系统、发射电机和控制系统^[2]，其典型应用为电磁飞机弹射系统（EMALS）（如图1所示）。

统、动力调节子系统、发射电机和控制系统^[2]，其典型应用为电磁飞机弹射系统（EMALS）（如图1所示）。

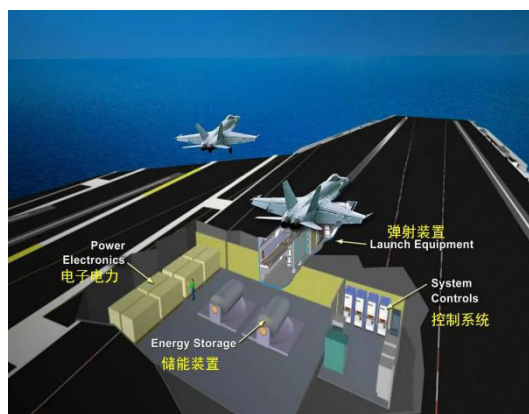


图1 弹射系统结构示意图

Figure 1 Schematic of the catapult system architecture

作者简介：曾家豪（第一作者）（2001-），男，硕士，研究方向：中学物理教学研究；李奇云（通讯作者）（1972-），男，讲师，研究方向：物理课程与教学论研究。

文章引用：曾家豪，李奇云，喻彬彬，等. 电磁弹射在安培力教学中的应用探究 [J]. 教育研讨, 2026, 8 (4): 359-363.

<https://doi.org/10.35534/es.0804065>

电磁弹射的核心工作原理对应高中物理中“磁场对通电导体的作用力”，即安培力，其运行动力通过安培力提供持续动力。电磁弹射系统的弹射装置由定子和运动电枢组成^[3]（如图2所示），定子可产生稳定的匀强磁场，运动电枢为与舰载机相连的通电导体部件，当通电的运动电枢处于定子磁场中时，就会受到持续的安培力作用，推动运动电枢不断加速，进而使舰载机在短距离内达到起飞所需的速度。

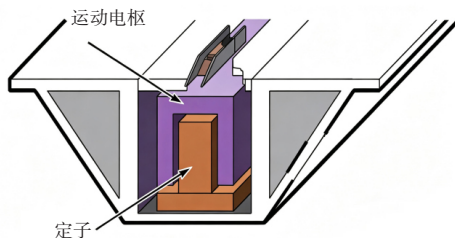


图2 弹射装置示意图

Figure 2 Schematic diagram of the electromagnetic launcher

1.1 安培力的大小与关键影响因素

当导体中电流方向与所处磁场方向相互垂直时，安培力大小遵循以下公式： $F = BIL$ 。

各个物理量的含义及对弹射效果的影响如下： B 表示磁场的磁感应强度，单位为特斯拉（ T ）。磁感应强度越强，安培力越大，舰载机获得的推力就越大。 I 表示导体中的电流强度，单位为安培（ A ），电流越大，安培力越大，加速效果越明显。 L 表示通电导体在磁场中的有效长度，单位为米（ m ），导体垂直于磁场方向的有效长度越长，所受安培力也会越大。

通过此公式，便可得到电磁弹射装置的基本的设计思路：通过技术手段提升磁感应强度（如采用高场强磁体结构）及电流强度（如采用超级电容），就能获得足够大的安培力，满足舰载机短距离弹射起飞的需求。这一理论设计思路，也与教学过程中“增大电流、增强磁场可提升弹射速度”的现象完全契合。

1.2 安培力的方向与运动规律

在电磁弹射装置中，由于定子产生的磁场方向固定，故可通过高精度的控制系统控制运动电枢中的电流方向，确保其所受安培力方向始终与舰载机的起飞方向一致。这里安培力方向和电流方向的关系，在简易实验模型中就可利用安培左手定则判断，但在实际工程问题中，由于涉及更多复杂原理，应具体问题具体分析。

根据牛顿第二定律 $F = ma$ ，安培力作为舰载机加速的合外力，能为舰载机提供恒定的加速度（当然实际上完整的电磁弹射装置可根据不同型号的舰载机产生不同加速度，此处以恒定加速度进行分

析）： $a = \frac{F}{m} = \frac{BIL}{m}$ 。

在加速过程中，舰载机做匀加速直线运动，根据运动学公式 $v^2 = 2ax$ （初速度为0），只要保证足够的安培力（以提供加速度）和合适的加速距离 x ，就能使舰载机达到起飞所需的末速度 v 。

2 电磁弹射在教学中的应用设计

2.1 情境导入

播放福建舰电磁弹射舰载机的高清实测视频（如图3、图4所示）。结合视频内容讲解福建舰正式入列的重要意义：福建舰是我国首艘配置电磁弹射系统的航母，我国采用中压直流技术路线，具有稳定性好、效率较高等技术特点，相关技术达到国际先进水平。福建舰的入列，标志着人民海军正式迈入三航母时代，整体作战能力实现了质的飞跃。

提问：“电磁弹射系统作为航母输出战斗力的核心装置，它是如何让如此庞大的战斗机快速起飞的？背后蕴藏着怎样的物理原理？它的诞生经历了怎样的艰难历程？”



图3 弹射歼-35舰载战斗机

Figure 3 Catapult launch of a J-35 carrier-based fighter



图4 弹射歼15T舰载战斗机

Figure 4 Catapult Launch of a J-15T carrier-based fighter

设计意图：以“大国重器”的震撼场景激发学生学习兴趣，通过提问引发学生思考，为后续爱国主义教育融入教学奠定情感基调。

2.2 原理探究

(1) 旧知唤醒：安培力的基础认知

教师引导学生回顾：“磁场对通电导体的作用力称为安培力，当导体垂直于磁场时，其受力大小 $F = BIL$ ，受力方向可由安培左手定则判断。”

模拟实验：简易电磁发射装置

实验器材：U形强磁铁（模拟弹射磁场）、铜质导体棒（模拟弹射滑块）、电源、光滑铝制导轨、毫秒计时器、刻度尺。

(2) 实验过程

演示导入：教师将已搭建完成的简易电磁发射装置（如图5所示），接通电源后提示学生：“请同学们注意观察铜棒的运动变化——大家发现了吗？通电瞬间，铜棒被快速弹射出去了！”

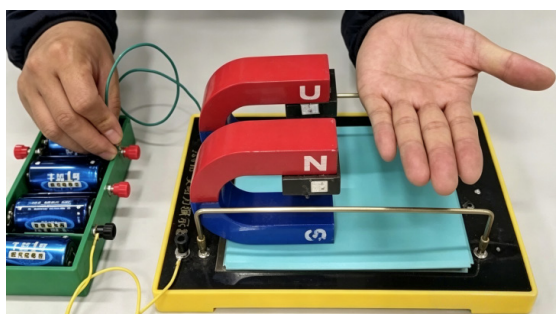


图5 实验装置

Figure 5 Experimental setup

提问：“为什么通电瞬间铜棒会被弹射出去呢？”

回忆旧知：“铜棒能获得向前的动力，本质是磁铁产生的磁场对通电导体产生了作用力，这个力就是安培力。”

原理分析：“结合装置示意图，磁铁提供的磁场方向竖直向下，与铜棒垂直；其中蓝色导线接电源正极，可判断铜棒中的电流方向是从里往外流。运用安培左手定则：让磁感线垂直穿过手心，四指指向电流方向，大拇指指向外侧，铜棒便会沿导轨向外弹出。”

猜想与验证①：“根据刚才的分析，如果我们增大电流，铜棒的运动速度会不会随之加快呢？”

实验验证：调节电源，通过毫秒计时器测量铜棒弹出导轨的时间，对比初始数据后发现：电流增大，铜棒运动速度明显加快。

猜想与验证②：“根据安培力公式 $F = BIL$ ，除电流外，磁场大小也会影响安培力。如果我们增大磁场，是否能铜棒弹射的速度更快？”

实验验证：在U形强磁铁上叠加额外强磁块以增强磁场磁感应强度，再次用毫秒计时器测量铜棒滑出时间，结果显示磁场增强后，铜棒的弹射速度显著提升。

结合两次实验现象，思考两个问题：①哪些物理量

的改变能提升弹射速度？②这一规律对真实电磁弹射装置的设计具有怎样的启发？

设计意图：通过直观的对照实验与验证，帮助学生正确认识安培力大小与电流强度、磁场磁感应强度的正比关系，理解“增大电流或磁场强度可提升弹射动力”的核心技术逻辑，为后续讲解电磁弹射装置的工作原理奠定认知基础。

拓展提问：“通过这个实验我们直观地看到了通电导体在磁场中的受力情况，那电磁弹射技术的背后是否也运用了电磁感应的相关原理呢？如果突破器材和技术的限制，能否推动巨大的战机起飞呢？”

(3) 技术解码：从实验到实战

展示电磁弹射系统结构示意图，讲解：“电磁弹射装置通过定子产生强磁场，运动电枢通入超大电流后受到安培力作用，带动舰载机加速。我国采用中压直流供电技术，稳定性和弹射效率得到大幅提升。”结合安培力公式讲解：“要产生足够大的推力，需同时增强磁场强度与增大电流，这对材料和供电系统的要求极高。马伟明院士带领团队，成功在相关技术难点上实现自主突破，形成了具有自主知识产权的技术方案。”

设计意图：将实验探究延伸至真实技术应用，帮助学生认识到“大国重器”的核心离不开基础物理原理，感受物理知识的实践价值。

2.3 精神浸润

播放马伟明院士在实验室工作的片段及他发表获奖感言的视频。

教师讲述：“电磁弹射技术的突破，离不开马伟明院士带领的团队的无私奉献。面对国外的技术封锁和质疑，马伟明院士立下了坚定的誓言‘国家有需要，我们就必须要把它给攻克下来’，他带领着整个团队经过十多年的艰苦攻关，突破多项关键核心技术，形成了完整技术体系，创造性地提出中压直流供电的方案，实现了我国电磁发射技术的自主创新与工程应用突破，直接带动我国海军装备的全面升级。”

提问：“马伟明院士团队的奋斗历程，让大家对爱国和学习物理是否有了新的认识？”

学生：“爱国不是嘴上说说，要像马伟明院士那样，为国家做出实际贡献；学好物理，就是掌握了报国的‘硬本领’，未来才有机会为国家科技进步贡献力量。”

教师：“从钱学森、邓稼先到马伟明，我国无数物理科研工作者用毕生心血诠释了科技报国的初心。作为新时代青年，我们既是物理知识的传承者，更是国家科技未来的建设者。学好物理知识、掌握物理原理的应用，不仅是为了应对考试，更是为了将来能像马伟明院士那样，在祖国需要的领域发光发热。”

设计意图：物理学家的光辉形象和爱国精神，能激发学生的自豪感和国家认同感，培养学生的核心素

养,为国家培养现代化建设的有用人才^[4]。

3 电磁弹射应用的教学价值

3.1 激活课堂,提升实效

电磁弹射作为国之重器,比很多传统教学案例更具时代感和科技感,能有效激发学生的学习兴趣。通过开展模拟实验和解码技术原理,将课本中抽象的安培力相关知识,转化成可以被直观感受、能深度探究的实践内容;借助控制变量这一常用研究方法,帮助学生更透彻地理解公式中每个变量对应的物理意义。通过对电磁弹射的学习,不断深化学生对知识的理解,有效培养学生的科学思维和探究实践能力。

3.2 开拓视野,明确目标

电磁弹射技术作为国防科技和物理原理深度融合的成果,突破了知识仅存于书本的局限性,有着远超传统教学框架的应用价值。通过引入该技术的研发背景、应用场景及未来发展趋势,让学生直观感受基础物理知识如何在“大国重器”中落地生根,拓宽学生的科技视野,帮助学生正确认识物理学科的应用价值和发展潜力。在这一系列认知积累的基础上,潜移默化地引导学生主动探索各种科学难题,更愿意投身于科技强国的建设,最终为自己未来的学业规划和职业选择,树立明确清晰的方向。这些实实在在的收获,都会伴随学生走过漫长的学习旅程。

3.3 培育精神,彰显本质

物理教育的最终目标是立德树人,在培养学生科学素养的同时,也要塑造学生的健全人格。电磁弹射技术与马伟明院士的事迹在教学中的应用,既能帮助学生理解物理知识,还能培育学生的爱国精神和时代担当。这种教学模式将物理学习与国家需求关联,有利于形成物理学科文化,培养学生以爱国主义为核心的科学态度与责任意识,为物理教学赋予灵魂^[5]。

4 结束语

福建舰电磁弹射系统作为我国自主研发的“大国重器”,为高中物理安培力教学提供了优质的实践载体。将其应用于课堂教学,既能激发学生的学习兴趣、提升学生的科学素养,又能通过马伟明院士团队的爱国事迹,厚植学生的家国情怀。未来还可通过引入虚拟仿真实验、补充科研细节丰富教学内容,结合政治、历史等跨学科实现跨科融合,为不同层次的学生设计分层任务;还可进一步挖掘中国环流三号、C919大飞机、嫦娥探月工程等“大国重器”中的物理素材,构建“技术展示—原理分析—实验探究—爱国践行”的教学模式,让爱国主义教育在物理课堂上生根发芽,引导学生在学习物理知识的同时,树立“科技报国”的理想信念,为国家科技自立自强贡献力量。

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] 马伟明. 电磁弹射技术的创新发展与工程实践[J]. 中国科学:技术科学,2021(5):521-529.
- [3] 马伟明,鲁军勇. 电磁发射技术的研究现状与挑战[J]. 电工技术学报,2023,38(15):3943-3959.
- [4] 杨开勇. 在物理教学中进行爱国主义教育的探讨[J]. 中学物理教学参考,2017,46(2):8-9.
- [5] 陈朋,彭朝阳. 在中学物理教学中进行爱国主义教育[J]. 湖南中学物理,2021,36(8):32-33,36.

An Exploration of the Application of Electromagnetic Catapult in Teaching Ampère's Force

Zeng Jiahao Li Qiyun Yu Binbin Wu Qinqin

School of Physics and Electronic Science, Hunan Institute of Science and Technology, Yueyang

Abstract: Taking the electromagnetic catapult technology of the Fujian aircraft carrier as a teaching carrier, this study explores its application in the teaching of "Ampère's Force" in high school physics. By designing and constructing a simplified electromagnetic launcher, the physical principles behind this "national heavyweight equipment" are intuitively demonstrated. Integrating the research breakthroughs achieved by the team led by Academician Ma Weiming, this approach is intended to cultivate students' national pride and patriotic feelings. Furthermore, the study explores the pathways for integrating patriotism education into physics teaching, thus providing practical references for implementing the fundamental mission of "fostering virtue through education" in high school physics courses.

Key words: Electromagnetic catapult; Ampère's Force; Patriotism education; High school physics teaching