

科研反哺教学的实践探索

——以西北大学地质学系研究生新课纳米地球科学为例

宋文磊^{1,2} 白 杨^{1,2} 安 芳^{1,2} 黄康俊^{1,2} 张 超^{1,2}

(1. 西北大学地质学系 陕西·西安 710069;

2. 西北大学大陆动力学国家重点实验室 陕西·西安 710069)

摘要:2019年,教育部发布《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》,明确提出“推动科研反哺教学”。该文以西北大学地质学系研究生新课纳米地球科学为例,依托国家重点实验室等科研实验平台开展课程教学改革与创新,通过实践探索科研成果向教学资源转化的有效路径,旨在助力高校实现科研平台优势向教学优势的转化,优化人才培养体系,为构建具有行动力、创新力和高素养的研究型人才培养模式提供实践支撑。

关键词:科研反哺教学;纳米地球科学;实践能力;创新意识;国家重大需求

中图分类号:G644 **文献标志码:**A **DOI:**10.16871/j.cnki.kjwh.2025.17.030

0 引言

古语有云:“工欲善其事,必先利其器。”在当代高新技术快速发展的背景下,此处“器”指代创新思维、方法与技术。对成长于此时代的研究生而言,在解决学术与实践问题时,他们更倾向于接受并应用新兴技术方法。这些新技术方法的运用已成为研究生创新的重要途径;相较而言,理论创新通常需要深厚积累,这对科研初学者而言挑战显著。近年来,教育部先后出台《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》《关于深化本

科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》等文件,明确强调要强化科研育人功能,及时将最新科研成果转化成教学内容。因此,探究科研平台如何反哺教学、科研成果如何转化为教学资源,对实现教学与科研的良性互动及提升人才培养质量具有重要价值。

德国教育家洪堡在19世纪初提出了“教学与科研统一”的理念,对现代大学制度影响深远^[1]。为促进科研成果向教学资源转化,一些高校已经采取了积极的措施,如开放重点实验室、研究基地等科研机构辅助教学,鼓励学生参与科研活动^[2]。然而

基金项目:陕西省教师教育改革与教师发展研究项目(SJS2023YB031);陕西省师德师风建设基地教师思想政治和师德师风建设研究课题(XD2024SD11);第二批陕西省课程思政示范课程和教学团队(研究生教学类)项目。

作者简介:宋文磊(1984—),男,博士,副教授,研究方向为矿床学;白杨(1992—),女,硕士,助理工程师,研究方向为矿物学、岩石学、矿床学;安芳(1984—),女,博士,教授,研究方向为矿床学;黄康俊(1985—),男,博士,教授,研究方向为地球化学;张超(1982—),男,博士,教授,研究方向为岩石地球化学。

在高校中,科研与教学之间仍存在若干突出问题,例如:教师因时间与精力有限难以兼顾二者,个人偏好导致二者失衡^[3],还有部分教师对科研反哺教学的重要性认识不足等。在政策上,高校的激励机制与奖惩制度往往将科研与教学割裂,也易导致教师偏向科研,忽视教学^[4-5]。

本文以笔者在西北大学地质学系(以下简称我系)开设并讲授的研究生新课程纳米地球科学为例,重点阐述了如何将学术问题的探索过程、实验平台的建设和技术应用经验以及取得的具有重要价值的科研成果转化成研究生教学资源。这一过程不仅实现了科研成果反哺教学的目标,而且对学生的实践能力、探索能力和创新能力的培养也具有重要意义。同时,它有助于解决教学与科研之间的矛盾,推动科研与教学的协同发展。

1 科研反哺教学的方法——以纳米地球科学为例

地质学科是实践性相对较强的理工科大类。纳米地球科学是一个新兴的跨学科领域,它将纳米科学与地球科学相结合,探索地球及其组成部分在纳米尺度上的性质及作用^[6-7]。纳米地球科学是地球科学研究向更微观层面深入的自然延伸。得益于科技进步,特别是纳米技术和纳米尺度分析技术的进步,科学家能够以前所未有的细节水平(达原子尺度)研究地球的微观世界。纳米地球科学的研究过程可以用“见微知著”和“眼见为实”来概括,即通过对地球物质的纳米至原子尺度特征的研究,揭示宏观现象的微观基础和深层次运行机制。教师在向学生传授相关知识时,也将为学生提供科学探究的系统方法,有利于培养学生的科学思维,并实现科研成果反哺教学的目标。基于对纳米地球科学课程备课、教学实践及学生反馈的分析,本文认为可通过以下路径实现科研反哺教学:

1.1 将科研技术与平台转化为教学资源

将前沿科研成果总结并转化为教学资源,是科研反哺教学的重要方法之一。这一过程将最新的科学发现和技术创新直接引入教学过程,从而提高教学的质量和学生的实践能力。具体可以通过以下几种方式进行:

1.1.1 将技术应用整合融入教学资源

纳米地球科学所采用的许多研究方法和技术,如扫描电镜、透射电镜、(纳米)离子探针、原子力显

微镜、原子探针和同步辐射等技术,广泛应用于多学科领域,不仅在地球科学领域中发挥重要作用,还普遍应用于材料科学、电子物理学、生命科学等实验学科。这些技术在微观世界探索中具有关键作用,其功能类似于显微镜之于生物学,或望远镜之于天文学。学生通过掌握这些先进的技术,能够获取了解基础科学的钥匙,并获得认识世界的新视角。

1.1.2 将科研平台整合融入教学资源

高水平的科研平台可以为教学提供有力支持。许多高校配备了先进的实验设备和研究工具,但在传统的教学中,这些先进的平台设备往往与经典的专业知识脱节,导致它们在教学中的应用受到限制。纳米地球科学课程的开发依托我系大陆动力学国家重点实验室的显微—超显微分析技术平台。通过整合科研平台资源,学生可获得实际操作机会,体验科学家认识世界的过程,在真实科研环境中学习探索,从而深化对知识的理解与掌握。

将技术与平台融入教学,能够丰富教学的形式和内容。传统的教学方式依赖于书本和课堂讲授,而科研成果的转化则为教学提供了更多的选择。例如,众多科学概念与原理均源自野外实践积累与实验观测。教师通过将先进技术方法及高水平科研平台融入日常教学,使学生能够更直观、形象地理解这些科学概念的来源及其基本原理。这不仅提高了教学的趣味性和互动性,还有助于学生构建更加全面和深入的知识体系。此外,通过对前沿仪器与技术的学习,学生得以突破“地质学仅依赖野外工作”的刻板认知,认识到地质学科与物理、化学及生命科学相似,均需要通过严谨的实验观测与精细模拟,揭示地球及其他天体的起源与演化规律。

1.2 通过科研思维和方法的引入培养学生的科学思维和创新意识

培养科学思维、提升科学素养是科学学习过程中至关重要的一环。根据国际学生评估项目(PISA)的要求,大学生应具备评估和设计科学探究的能力,包括掌握科学调查的核心方法(例如变量与条件的控制、因变量的测量等),并能识别适合开展科学探究的课题。^[8]高校的教育目标是培养学生利用科学思维解决现实世界问题的能力。高校教师不仅是科学知识的传播者,也是学生走向科学的研究道路的引导者。

1.2.1 优质文献案例引入,培养科学思维

在纳米地球科学课程中,笔者首先通过总结Nature、Science等顶级科研期刊中报道的新方法、新技术以及这些技术方法所解决的关键科学问题,从而将这些前沿的科研成果转化成教学案例,为学生构建科研框架。在具体讲授过程中,在学生掌握了相关仪器的基本结构和原理后,重点结合研究实例讲述该技术方法在解决实际问题中的应用。通过梳理文献中的科学问题,引导学生基于现有技术方法提出解决方案,继而系统讲解文献的研究思路、技术方法及最终解决的科学问题。例如,在传统金矿研究中,金常以极微细形态赋存于砷黄铁矿等硫化物中,常规技术难以观测,故被称为“不可见金”,这一现象长期制约其成因研究与资源开发。近年来的研究借助透射电镜与原子探针技术,可在载金矿物的纳米至原子尺度上识别金的赋存状态(如晶格金、纳米包体等),使“不可见金”可视化,进而深化学生对其成矿机制的理解。^[9-10]由此可见,通过优质文献案例教学,学生能够学习到如何从实际问题出发,提出科学假设,设计实验方案,收集分析并解释数据,并将研究结果转化为实际应用。

1.2.2 科研和仪器软件助力教学

随着各种测试分析仪器技术的发展,许多相关的设备操作和数据处理软件也向着可视化和智能化不断升级迭代。部分数据处理软件能精准表征研究对象的各项参数,其功能相当于模拟测试分析流程,可有效提升学生的实践操作能力与观测分析能力。因此,笔者在纳米地球科学教学中,让学生使用相关软件读取并分析典型样品的各种参数。例如,基于高分辨率场发射扫描电镜—多能谱系统及计算机图形处理技术发展而来的矿物自动定量分析系统(TIMA),可实现对复杂地质样品从厘米到微米尺度的矿物(和元素)种类、含量、成分、粒度、形态、共生关系和元素赋存状态等矿物化学参数微区原位的快速识别、统计和分析。透射电子显微镜(TEM)能够揭示纳米和原子尺度下矿物的成分和结构关系,其数据处理软件Digital Micrograph可以通过电子衍射图测量晶面间距、衍射斑点和透射斑的距离及角度,从而判断矿物的物相、晶体取向、层错和位错、结晶度等。与传统矿物学研究方法相比,上述观测技术具有更高的直观性与精确性,其生动形象的呈现方式可为学生提供全新的多维视角,助力其理解地球物质的性质。学生不仅能够通过此类技术积累宝贵的实践经验,更能深入掌握

矿物学、材料科学及地球科学中的复杂概念。

1.2.3 跨学科和交叉学科训练,培养创新意识

纳米地球科学课程的核心理念在于跨学科交叉融合,其本质是一套突破学科壁垒的物质世界研究方法论。通过文献调研与资料分析,笔者发现纳米分析技术能够深度整合地质学与材料科学、医学、环境科学、化学及物理学等学科,为人类面临的科学与现实问题提供创新性解决方案。例如,地质学家对肾结石的精细矿物学研究,为临床干预措施和治疗靶点提供了重要参考^[11]。对自然界多种钙钛矿(主要用作太阳能电池板)结构和性质的研究也为新能源产业发展提供了一些新的视角^[12-13]。此外,针对火山喷发尘埃、沙尘暴颗粒及地下水沉积物等开展的纳米矿物学研究^[14],与人类健康密切相关。通过此类案例教学,学生能够接受跨学科交叉研究的系统训练,培养其多学科融合研究的意识与能力,从而在未来学术与科研工作中创新性地提出并解决科学问题。

1.3 通过面向国家重大需求,科研教学协同发展

随着科技飞速发展与国际竞争日趋激烈,高校作为人才培养与科技创新的核心阵地,其科研和教学工作与国家重大战略需求的紧密结合至关重要。新时代,国家提出新要求。党的二十大报告提出要“实施科教兴国战略,强化现代化建设人才支撑”,强调“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”。地球科学是支撑人类社会可持续发展的基础科学之一,与国家的可持续发展、资源管理、环境保护、灾害预防和缓解以及科技创新等方面密切相关。科学研究应紧密对接国家重大需求,解决“卡脖子”的技术难题。因此,在课程体系设计中,笔者将教学内容与国家重大科学计划及战略需求背景相融合,凸显知识的应用价值,以此激发学生的学习兴趣与热情,并引导其基于学术志向与个人理想选修相关课程。例如,在纳米地球科学课程内容设计中,笔者讲授了与国家重大需求相关的几个研究方向:

1.3.1 嫦娥工程返回月壤科研样品

月球样品研究不仅对揭示月球起源与演化机制具有重要科学价值,更为未来太空探索与资源开发提供了关键依据。笔者所在单位申请到嫦娥五号月壤科研样品后,所在实验室利用矿物自动定量分析系统(TIMA)和透射电镜(TEM)等显微—超显微分析技术,对这些月壤进行了详细的矿物学研

究,相关成果已发表。^[15]将此类研究的意义与技术路线融入课程教学,可使学生近距离体验国家重大科学工程的科研实践。

1.3.2 国家重大战略关键金属资源的勘探与开发

关键金属资源是指在全球范围内分布非常稀缺但在现代工业和国防科技中扮演着至关重要的角色的金属资源。我国对锂、钴、镍等关键金属资源的外依存度极高,这严重制约相关产业发展^[16]。这类金属常以“稀、散、细”的形态赋存于地质样品中,传统研究方法难以奏效,需要跨学科整合材料科学的分析测试技术。纳米地球科学课程所涵盖的先进方法(如前述“不可见金”可视化技术)可有效研究此类金属,不仅能够助力金矿资源勘探与开发,更关乎国家黄金储备能力与经济安全。

1.3.3 高纯石英研究(制造芯片)

高纯石英是制造半导体芯片和光纤等高科技产品的关键材料。长期以来,我国高纯石英高端产品被美国、德国等国家垄断,它是我国被“卡脖子”的矿产资源,这致使高纯石英制品产业链上下游多个环节国产化率较低。因此,我国急需开展高纯石英矿产的资源勘探和开发利用研究。高纯石英矿石原材料的评价要借助于扫描电镜、透射电镜、(纳米)离子探针等纳米尺度分析技术,查明石英晶格杂质组成和对石英纯度的影响^[17]。纳米地球科学课程教师也对相关工作进行了讲解。

除上述方式方法,教师还可以采用多种融合科研的教学方法和手段,进一步提高科研反哺教学的效果。可以组织学生参与科研项目、实验室实践、学术讲座和研讨会等活动,让学生有机会与科研人员交流,了解科研前沿动态;鼓励学生参与科学竞赛、创新项目及学术论文发表,既可锻炼其实践能力,又能提升其学术素养与创新能力。

2 结语

本文结合地质学专业实践性强的特点,通过研究生纳米地球科学课程实践,探讨如何充分利用高校优质科研平台资源,尤其是国家及省部级重点实验室,创新教学模式和内容。首先,将科研技术和平台转化为教学资源。将先进的实验技术与平台融入教学,让教学走进实验室,丰富教学的形式和内容。其次,对优质的科研成果和方法技术进行总结、整理和吸收,并转化到教学资源中,这有助于培养学生的科学思维和创新意识。最后,将课程核心

内容与国家重大科学工程及战略需求紧密结合,可有效激发学生的内在学习动力与社会责任感,使其在服务国家科技发展与资源安全保障的研究中实现自身价值。总之,科研平台反哺教学的研究有助于帮助学生提升应用素养,并激发学生对科技的兴趣和学习热情,为学生未来研究方向和发展目标提供有力支持。同时,这也为教师提供了改进教学模式的契机,推动教师探索新型教学方式,发挥科研优势,提高教学质量,形成“科研与教学相辅相成”的良性循环。

参考文献

- [1] 李访正.高校科研成果转化教学资源的现状与改
进路径研究[J].北京教育(高教),2019(12):70–73.
- [2] 陈光宋,张弘钧.“双一流”背景下科研反哺教学的困
境、对策与实践[J].南京理工大学学报(社会科学版),
2019,32(5):67–71.
- [3] 郭卉,姚源.研究型大学教师教学和科研工作关系十
年变迁:基于CAP和APIKS调查[J].中国高教研究,
2020(2):77–84.
- [4] 张中强,唐翔,蒋艳.基于科研反哺教学理念的高校科
教融合机制研究[J].教育探索,2014(1):79–80.
- [5] 王占军,李慧萍,林燕芳.教学学术:高校教学与科研联
结机制研究[M].杭州:浙江大学出版社,2023.
- [6] HOCELLA M F. Nanoscience and technology: the
next revolution in the Earth sciences[J]. Earth &
Planetary Science Letters,2002,203(2):593–605.
- [7] HOCELLA J M F, LOWER S K, MAURICE P A,
et al. Nanominerals, mineral nanoparticles, and Earth
systems[J]. Science,2008,319(5870):1631–1635.
- [8] CHEN Y C, PAN Y T, HONG Z R, et al. Exploring
the pedagogical features of integrating essential
competencies of scientific inquiry in classroom
teaching[J]. Research in Science & Technological
Education,2020,38(2):185–207.
- [9] PETRELLA L, THEBAUD N, FOUGEROUSE D, et al.
Nanoparticle suspensions from carbon-rich fluid
make high-grade gold deposits[J]. Nature Communica-
tions,2022,13(1):1–9.
- [10] ZHANG H, CAI Y, SHA G, et al. Effects of arsenic
on the distribution and mode of occurrence of
gold during fluid-pyrite interaction: A case study
of pyrite from the Qiucun gold deposit, China[J].
American Mineralogist,2022,107(5):914–929.
- [11] CARMEN G, ROSARIO G. Kidney stones: Crystal

- characterization[J].Crystals,2024,14(3):238.
- [12] JIANG Q,ZHU K.Rapid advances enabling high-performance inverted perovskite solar cells[J]. Nature Reviews Materials,2024,9(6):399–419.
- [13] 刘娜,危阳,马新国,等.钙钛矿APbI₃结构稳定性及光电性质的理论研究[J].物理学报,2017,66(5):280–288.
- [14] 陈天虎,谢巧勤,刘海波,等.纳米矿物与纳米矿物资源[J].地球科学,2018,43(5):1439–1449.
- [15] CHEN Q,SONG W L,WANG Z C,et al.Automated fast and quantitative mineralogical characterization of Chang'e-5 lunar soils[J]. Atomic Spectroscopy, 2024,(5):381–390.
- [16] 侯增谦,陈骏,翟明国.战略性关键矿产研究现状与科学前沿[J].科学通报,2020,65(33):3651–3652.
- [17] 张亮,刘磊,朱黎宽,等.关于高纯石英原料矿石地质学评价方法的探讨[J].岩石学报,2024,40(4):1311–1326.

**The practical study of refeeding teaching by scientific research:
Taking the new course Nanogeoscience for graduate students in the Geology Department of Northwest
University as an example**

SONG Wenlei, BAI Yang, AN Fang, HUANG Kangjun, ZHANG Chao

Abstract: In 2019, the Ministry of Education proposed that universities should actively conduct the “refeeding of teaching by scientific research.” Taking the new course Nanogeoscience for geology graduate students in the Geology Department of Northwest University as an example, and relying on scientific research and experimental platforms such as national key laboratories, this paper carries out curriculum teaching reform and innovation. By exploring the practical path of transforming scientific research technologies and achievements into teaching resources, it aims to help colleges and universities transform the advantage of scientific research platforms into the advantage of teaching, and optimize talent training programs, so as to provide support for exploring a university training model for scientific research-oriented talents with action, innovation, and high quality.

Key words: refeeding of teaching by scientific research; Nanogeoscience; practical ability; innovative consciousness; national major strategic needs

编辑:崔 瑞

更正启事

本刊2025年第16期(总第640期)第1–6页刊载了《困境与突围:学前教育专业的现实分析与高质量发展路向》(作者:李会转,张向娜)一文,因编辑失误,将第一作者李会转和第二作者张向娜的刊登单位同时对应为“洛阳理工学院”和“巩义市和平路幼儿园”,现更正如下:第一作者李会转只对应一个刊登单位,即“洛阳理工学院”,第二作者张向娜只对应一个刊登单位,即“巩义市和平路幼儿园”。

特此更正,并向作者致歉!

《科教文汇》编辑部
2025年8月28日