

《地质碳循环》科学研究课程在中学的探索与实践

董汉文^{1*}, 王丽冰², 张新悦², 程子序², 高 铄³, 马士委⁴, 赵韬夫^{2*}

¹中国地质科学院地质研究所, 深地探测与矿产勘查全国重点实验室, 北京

²首都师范大学附属中学, 北京

³榆林市横山中学, 陕西 榆林

⁴北京亦庄实验中学, 北京

收稿日期: 2025年7月15日; 录用日期: 2025年11月4日; 发布日期: 2025年11月14日

摘 要

科学研究课程对中学教育意义重大, 其能激发学生好奇心与探索欲, 培育科学思维与方法, 助力学生形成科学责任与态度, 为未来投身科学研究奠定基础。文章系统总结了科学研究课程在中学的重要性、目前存在的问题和挑战, 最后介绍了在首都师范大学附属中学开设的《地质碳循环》科学研究课程的探索与实践过程, 以期为其他中小学开发科学研究课程提供借鉴。

关键词

科学研究课程, 中学, 科学普及, 《地质碳循环》

Exploration and Practice of the Scientific Research Course “Geological Carbon Cycle” in Middle School

Hanwen Dong^{1*}, Libing Wang², Xinyue Zhang², Zixu Cheng², Shuo Gao³, Shiwei Ma⁴, Taofu Zhao^{2*}

¹State Key Laboratory of Deep Earth and Mineral Exploration, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing

²Capital Normal University High School, Beijing

³Yulin Hengshan Middle School, Yulin Shaanxi

⁴Beijing ETown Academy, Beijing

Received: July 15, 2025; accepted: November 4, 2025; published: November 14, 2025

*通讯作者。

文章引用: 董汉文, 王丽冰, 张新悦, 程子序, 高铄, 马士委, 赵韬夫. 《地质碳循环》科学研究课程在中学的探索与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(11): 326-332. DOI: 10.12677/ces.2025.1311874

Abstract

Scientific research courses are of great significance to middle school education. There are many benefits for middle school students' growth. For example, they can stimulate students' curiosity and desire for exploration, cultivate scientific thinking and methods, develop scientific responsibility and attitude, and also lay a foundation for their future engagement in scientific research. In this paper, the authors systematically summarize the importance of scientific research courses in middle schools, the existing problems and challenges, and finally, introduce the exploration and practice process of the "Geological Carbon Cycle" scientific research course offered at the Capital Normal University High School, aiming to provide references for other primary and middle schools in developing scientific research courses.

Keywords

Scientific Research Course, Middle School, Popular Science, "Geological Carbon Cycle"

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. 科学研究课程在中学的重要性

科学教育不仅仅是书本知识的累积，它也是一种思维方式的培养，一种对未知世界永不停息的探索精神的点燃，其深远意义超越了传统教育的范畴，成为连接过去与未来、理论与实践、个人与社会的桥梁。

1) 培养科学素养。科学课程作为构建科学素养的基石，其首要任务在于引导学生掌握科学的基本概念、原理和方法论。通过观察、分类、假设、实验等科学探究活动，学生逐步学会运用逻辑与实证的方法来分析问题，这一过程不仅培养了他们的批判性思维，还激发了对自然界奥秘的好奇心。正如新一轮国家科学课程标准，不仅强调科学学习的结果，更强调科学学习的过程，即探究的重要性，所以加强对小学科学课程中探究式教学的研究显得尤为重要[1]。

2) 激发创新思维。科学课程如同一片肥沃的土地，播撒着创新思维的种子。在鼓励学生提出问题、设计实验、验证假设的过程中，使学生学会了如何跳出传统框架，以新颖的角度审视问题。这种思维模式的培养，是科技创新和社会进步的不竭动力，若能同时在课程中创设有效问题，则可以很好地培养高阶思维[2] [3]。历史上无数伟大的发明与发现，皆源自于科学家们敢于质疑现状，勇于探索未知的精神。因此，科学教育在本质上是创新人才培养的摇篮。

3) 促进技术理解和应用。在信息爆炸的时代，科学教育为学生提供了理解复杂技术的钥匙，帮助他们掌握科技背后的基本原理，使之不仅成为技术的消费者，更能成为创造者和革新者。这不仅关乎个人适应快速变化的社会需求，更关乎国家在全球科技竞争中的地位。例如，通过学习编程和机器人技术，学生能够将抽象的算法转化为解决实际问题的工具，为未来的智能时代做好准备[4]。

4) 培养环保意识。科学课程中的生态学、气候科学等内容，不仅让学生认识到自然界的脆弱与和谐，更激发了他们保护地球家园的责任感[5]。通过实地考察、模拟实验等活动，学生亲身体验到环境变化的影响，从而在心中种下绿色的种子，形成节约资源、减少污染的生活习惯。这是培养未来领导者对环境负责态度的关键一环，对于实现可持续发展目标具有不可估量的价值。

5) 为未来职业规划铺路。在青少年时期接触广泛的科学知识，不仅能够帮助学生发现自己的兴趣所

在,更为他们未来的学术追求和职业道路提供了丰富的选项。科学课程通过展示各种科学领域的魅力,激发学生对特定领域的热爱,无论是投身科研、工程技术,还是医学、环境保护等领域,科学教育都是他们职业旅程的起点[6]。即便学生最终选择非科学领域,科学方法论和逻辑思维能力也将成为他们职业生涯中宝贵的财富[7]。

因此,科学课程在中小学教育体系中扮演着无可替代的角色,它不仅关乎知识的积累,更是个人能力、社会责任感以及创新能力培养的全面体现。通过科学教育,我们不仅在为社会输送知识型人才,更是在培育未来世界的探索者、创新者和守护者。在这个充满未知与挑战的新时代,科学课程的价值与意义,显得愈发重要。

2. 当前科普教育在中学存在的问题

当今,尽管科普教育已成为中学教育体系中不可或缺的一部分,但同时也面临着诸多挑战和问题,尤其是学生的参与度不高、教育深度不够、缺乏探索精神以及科普知识体系不成体系等问题尤为突出。

1) 学生参与度不高。在当前的科普教育中,一个显著的问题是学生的参与度不高。这主要表现为学生对科普知识缺乏兴趣[8],认为这些内容与他们的考试和升学无关,因此不愿意投入时间和精力去学习。同时,一些教师也缺乏科普教育的专业知识和技能,难以有效地引导学生进行科普学习。

2) 教育深度不够。当前,部分科普教育的内容过于简单,只停留在表面现象的描述,没有深入探讨科学原理和应用[9]。许多科普教育课程缺乏实验、观察和实践活动,导致学生难以理解科学知识的实际应用,这种浅尝辄止的教学方式导致学生难以真正理解和掌握科学知识。

3) 探索精神的缺失。在科普教育中,探索精神的培养至关重要。然而,目前的情况却令人担忧[10]。学生往往被动地接受科普知识,缺乏主动探索和发现新知识的意愿。同时,由于缺乏探索精神和实践经验,学生的创新能力也受到了限制。这种情况不仅影响了科普教育的效果,也阻碍了学生个人能力的提升。

4) 科普知识架构不成体系。当前科普教育的另一个问题是知识架构不成体系[11],这主要表现在内容分散、缺乏系统性和连贯性。学生难以将所学的科普知识串联起来,形成完整的知识体系。

因此,中学科普教育亟待加强与科研院所的合作与交流,提供更多科研参与机会和平台、完善科学探究课程的安排、增加师资力量投入;加强科普教育内容的系统性和连贯性,更新知识内容;培养学生的探索精神和创新能力,鼓励他们主动参与科研活动和实验。

3. 科学研究课程的共性问题与挑战

随着全球气候变化挑战加剧,以及中国“双碳”目标的提出,近年来,多所中小学以及一线教师开设“双碳”科学探索类课程[12]-[14]。这类课程的建设不仅响应了国家可持续发展的号召,还能有效培养学生的环保意识、科学素养和创新精神[15]。然而,中小学和一线教师在实施“双碳”主题科学探索课程的过程中仍旧存在许多问题和挑战。

3.1. 课程关于“双碳”的内容过于宽泛,知识深度不足

当前的“双碳”教育往往涵盖了从能源转型、减碳到生态恢复等多个领域,但由于课程时间和资源的限制,这些内容往往只能浅尝辄止,无法深入探究[16]。而对于“双碳”的本质问题,比如碳循环,尤其是如何从地质学的角度从根本上分析“双碳”,在一线教学中缺少相关的探索。然而,这部分内容对于高中的地理学习来说是非常关键的。

3.2. 学生缺少“双碳”相关的科学探索体验和认识

目前,多数学生对于“双碳”目标的科学背景、意义及实施路径缺乏深入了解,导致他们在参与相

关课程时难以形成系统的知识体系。除此之外，受限于教学资源和环境条件，学生往往难以获得直接的“双碳”科学探索实践机会，无法将理论知识与实际操作相结合。因此，后续的课程设计应考虑组织学生参与“双碳”相关的科学探索实践活动，比如参观相关科学实验室等，让学生亲身体验和认识“双碳”科学探索的过程。

3.3. 学生关于“双碳”主题的科技创新成果不足

当前，许多“双碳”类科学探索课程仍停留在理论教学的层面，缺乏足够的实践项目让学生参与。这导致学生难以将理论知识应用于实际，从而难以产生科技创新成果[13]。由于传统教育模式的影响，许多学生的创新意识较为薄弱，他们习惯于接受现成的知识，而缺乏主动探索和创新的精神。这导致在“双碳”类科学探索课程中，学生难以提出创新性的观点和解决方案。除此之外，一些学校由于教育资源有限，难以提供足够的实验设备和场地供学生进行科技创新实践。这限制了学生在“双碳”类科学探索课程中的创新活动。因此，通过增加实践项目、开展实验课程、完成微课题等方式，来培养学生的实践能力是很有必要的。

3.4. 教师对于“双碳”相关知识的专业素养不足

在“双碳”类科学探索课程中，许多教师面临着对“双碳”相关知识专业素养不足的问题。这主要源于“双碳”目标作为一个新兴且跨学科的领域，要求教师具备环境科学、地质学、能源技术等多方面的专业知识。然而，当前许多教师的知识体系主要集中在某一特定学科，缺乏对“双碳”目标的全面了解和深入研究。这导致在授课过程中，教师难以准确、深入地讲解“双碳”相关知识，也无法有效地引导学生进行科技创新实践。因此，提升教师对于“双碳”相关知识的专业素养，成为推动“双碳”类科学探索课程发展的关键。

因此，在“双碳”科学探索课程的推进过程中，目前面临着内容宽泛、学生体验不足、科技创新成果缺失以及教师专业素养有待提高等多重问题和挑战。

4. 《地质碳循环》科学研究课程在首师大附中的探索与实践

随着全球气候变化挑战加剧，以及中国“双碳”目标的提出，《地质碳循环》课程作为科学研究课程的典型代表，在中学教育中的探索与实践具有重要意义。基于上述背景，作者紧密围绕国家“双碳”战略计划，创新性地将科研院所研究一线团队与中学教师团队联合在一起，通过地质学的视角，开发适合中学生的《地质碳循环》科学研究课程。本课程周期涵盖3月至6月，共计10次课程(表1)，旨在让学生深入了解地质领域碳循环的相关知识与科学研究方法。

Table 1. Course schedule for the “Geological Carbon Cycle”

表 1. 《地质碳循环》的课程安排

次数	日期	课程负责	授课内容
1	3月5日	地质所	地球碳循环概览
2	3月12日	首师大附中	从矿物到岩石
3	3月19日	首师大附中	地质构造与碳循环
4	3月26日	首师大附中	典型地貌与碳循环
5	4月9日	地质所	虎峪地质考察与样本采集
6	5月14日	首师大附中	全球变暖与碳循环
7	5月17日	中国地质大学(北京)地质学国家级实验教学示范中心	观察分析典型三大岩石手标本和对应薄片显微镜
8	5月21日	首师大附中	温室效应模拟实验
9	6月2日	地质所	地质视角下的“双碳”路径
10	6月11日	首师大附中和地质所	课程总结与未来展望

4.1. 课程各阶段具体实施

4.1.1. 理论知识学习阶段(第 1~4 次课程)

在第 1 次课程中,地质所的授课人员为学生带来地球碳循环概览,通过生动的讲解、丰富的案例和岩石手标本,让学生对地球碳循环有了初步且全面的认识,激发了学生对地质碳循环领域的兴趣。第 2~4 次课程由首师大附中负责,分别讲解从矿物到岩石、地质构造与碳循环、典型地貌与碳循环等内容,逐步构建学生的地质碳循环知识体系,使学生了解到矿物、岩石、地质构造、地貌等与碳循环之间的紧密联系,将零散的地质知识与碳循环主题相融合。

4.1.2. 野外实践与实验分析阶段(第 5~8 次课程)

第 5 次课程,地质所组织学生前往虎峪进行地质考察与样本采集。学生们走出教室,亲身感受地质环境,在专业人员的指导下,学习如何观察地质现象、采集样本,培养了学生的野外实践能力和对地质研究的直观认识。第 7 次课程在中国地质大学(北京)地质学国家级实验教学示范中心开展,学生们通过观察典型三大岩石手标本和对应薄片显微镜,深入了解岩石的微观结构与特征,将课堂上的理论知识与实验室的微观观察相结合,提升了对岩石与碳循环关系的理解。第 8 次课程,首师大附中开展温室效应模拟实验,学生们通过实验操作,直观感受温室效应的原理与影响,进一步认识到碳循环与全球气候的关联,增强了对“双碳”目标重要性的认识。

4.1.3. 总结与展望阶段(第 9~10 次课程)

第 9 次课程,地质所从地质视角讲解“双碳”路径,为学生揭示地质领域在实现“双碳”目标过程中可发挥的作用,拓宽学生的视野,让学生认识到地质科学与国家战略的紧密联系。第 10 次课程由首师大附中和地质所共同指导学生,让学生们结合课程内容和研究兴趣进行分组选题(如图 1 所示),最终提交总结报告,同时对地质碳循环领域的未来发展进行展望,激励学生在未来继续关注和探索相关科学问题。



Figure 1. Students conducting the carbon dioxide greenhouse effect experiment in groups
图 1. 学生分组进行二氧化碳温室效应实验现场

4.2. 科学课程实施的成效

通过《地质碳循环》课程的实施,成效显著,显示科研与教育融合的价值之所在,具体表现在以下几方面。

4.2.1. 科研资源深度赋能,构建专业严谨的课程体系

地质所研究团队与首都师大附中的合作,打破了科研与基础教育的壁垒,为《地质碳循环》课程注入了前沿且扎实的专业内核。地质所研究团队依托《全国地质碳汇碳储评价》等国家级项目经验,将地

球系统科学理论、深部碳循环过程等核心科研内容转化为适合中学生理解的课程模块，同时以译著《碳如何玩转地球》《地质碳汇 100 问》等优秀科普成果为载体，让抽象的地质碳循环知识变得具象可感。学生不仅能学习理论知识，还能初步接触科研级别的精密仪器，理解地壳物质熔融、地幔岩浆作用与碳循环的关联，这种“从科研一线到课堂”的内容转化，既保证了课程的科学性与前沿性，又帮助学生建立起宏观地球系统与微观碳循环过程的认知框架，为后续深入探究奠定了专业基础。

4.2.2. 名校课程体系与硬件加持，打造多元实践的教学场景

首都师大附中的课程开发能力与硬件资源，为《地质碳循环》课程的落地提供了优质教育生态。作为北京市重点高中，附中成熟的“四修课程体系”能精准对接《地质碳循环》课程的个性化教学需求，将其融入地理学科特色课程模块，既符合学校课程建设的整体规划，又能满足不同兴趣学生的深度学习需求。而 2018 年建成的“地理信息与空间技术创新应用实验室”，作为北京市中学地理学科创新实验室的标杆，为课程提供了专业实践平台，学生可借助实验室设备开展碳循环相关的模拟实验、数据观测与分析，比如通过地理信息系统(GIS)呈现不同区域的地质碳汇分布，或结合实验室工具模拟冻土碳汇变化，这种“理论学习 + 实践操作”的模式，有效弥补了传统地理教学中“重理论、轻实践”的不足。此外，附中地理组此前开发的《成达校园农耕课程》等获奖特色课程，积累了丰富的实践课程开发经验，能为《地质碳循环》课程的活动设计、评价体系构建提供参考，确保课程在实践环节的可操作性与趣味性。

4.2.3. 师生协同发展显成效，实现科研素养与教学能力双向提升

《地质碳循环》课程的实施，不仅推动了学生科研素养的培养，也促进了教师团队专业能力的进阶，形成了“师生共成长”的良好成效。对学生而言，课程通过科研级内容与实践场景的结合，让他们跳出课本局限，学会用地球系统科学思维分析碳循环问题，比如在探究西太平洋俯冲带碳循环时，能初步运用实验室模拟工具推导结论，这种经历不仅提升了观察、分析与创新能力，更培养了关注全球碳循环与生态保护的科学视野。对教师团队而言，与地质科研人员的合作成为专业发展的重要契机，附中地理组 80% 以上的硕士、博士教师，可借助科研团队的项目经验与理论成果，拓展自身在地质碳循环领域的知识边界，而课程开发过程中的跨领域协作，也进一步提升了教师将科研内容转化为教学资源的能力，为后续开发更多地球科学类特色课程积累了经验。同时，课程的实施也为学校地理学科建设注入新活力，有望延续《基于学校四修课程体系的地理实践活动建设》《成达校园农耕课程》的获奖优势，成为附中又一标志性的学科课程成果，进一步巩固其在北京市基础教育课程建设中的领先地位。

4.2.4. 资源与模式双轮驱动，具备跨校推广的可复制价值

《地质碳循环》课程的可复制性体现在科研资源、课程经验与协作模式的普适性上：地质所研究团队的《碳如何玩转地球》等科普成果可直接作为基础教材，其积累的科研案例经标准化整理后能适配不同学情。且实验室专业工具也可通过简化流程、提供操作指南适配中学条件，降低资源获取门槛；首都师大附中的“四修课程体系”框架可被其他学校借鉴，将课程分解为必修与选修模块融入自身课程结构，其地理实验室建设经验也能指导其他学校通过配置基础器材而非复刻高端设备搭建实践平台，减少硬件投入。更关键的是“科研团队 + 中学”的合作闭环可跨地域复制，其他学校只需对接本地高校地质系、地方地质调查院等机构，结合当地地质特色设计本土化模块(如区域土壤碳汇观测)，即可在降低协作难度的同时提升课程贴合度，打破地域与条件限制，具备大范围推广潜力。

基金项目

本文受国家自然科学基金项目(42442068、42472285 和 42172261)和深地国家科技重大专项课题(2024ZD1001006)联合资助。

参考文献

- [1] 徐卫, 罗晓媛. 小学科学课程中的探究式教学研究[C]//高教科研 2006 (中册: 教学改革). 黑河: 黑河学院, 2006: 675-681.
- [2] 吴永. 创设有效问题培养高阶思维——以“图形的旋转”复习课为例[J]. 中学数学研究, 2024(1): 12-13.
- [3] 肖柳. 基于高阶思维的图形变化教学要素建构——以“矩形的折叠”专题复习课为例[J]. 上海中学数学, 2021(Z1): 92-95.
- [4] 向斌. 中学生机器人编程在教学中的运用[J]. 电子元器件与信息技术, 2018(11): 128-129.
- [5] 杨冰. 高中化学教学与环保意识的培养综述[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013(10).
- [6] 毕克祥. 发展科技从中学生抓起[J]. 大观周刊, 2012(47): 266.
- [7] 陈慧. 浅谈中学生科技创新能力发展培养的途径[J]. 中外交流, 2018(21): 54.
- [8] 张凌云. 项目式翻转课堂教学模式下学生参与度研究——以华师一附中信息技术课为例[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2015.
- [9] 杨柳, 路元巧. 浅析青少年科普教育存在问题及对策[J]. 海峡科学, 2012(3): 42-43.
- [10] 吴建国, 鲍荣龙, 章奇特. 青少年科普教育模式创新探索[C]//中国科学技术协会, 天津市人民政府. 第十三届中国科协年会第 21 分会场-科普人才培养与发展研讨会论文集. 2011: 61-65.
- [11] 吴春明, 朱镇, 杨程. 内容可视化方法对科普效果影响的比较研究——以中学生地学科普为例[J]. 科普研究, 2022, 17(4): 16-22, 101.
- [12] 梁晓雨, 张建珍. 中学地理教学中渗透“双碳”教育的探究——以“碳排放与国际减排合作”为例[J]. 地理教学, 2022(21): 27-30.
- [13] 孙晓敏, 孙子琦, 龚倩. “双碳”目标融入中学地理教学的路径探索——基于“三路综合、四举并进”模式[J]. 中学地理教学参考, 2023(1): 16-21.
- [14] 孙欢, 黎泓波, 梁莹莹, 等. “双碳”背景下课程思政与中学化学融合式教学——2022 年北京冬奥会中的绿色与化学[J]. 化学教育(中英文), 2023, 44(11): 129.
- [15] 陈佳. 高中化学教学中渗透“双碳”教育的现状及策略研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2023.
- [16] 李平卫, 冯士季, 龚佳玲, 等. “双碳”教育融入初中地理教学的路径探索[J]. 中学地理教学参考, 2023(6): 8-11.