基于OBE理念的“海洋地球化学”课程重构与实践
——以海洋碳循环章节为例

吕晓霞，刘恩涛，杨　义，上官云飞，刘秀娟，吕万军
中国地质大学（武汉） 海洋地质资源湖北省重点实验室，湖北 武汉 430074

摘要：笔者基于成果导向教育理念，对“海洋地球化学”课程进行系统重构。以“海洋碳循环”章节为例，构建了“反向设计、正向实施、持续改进”的整体教学框架。通过精准设定知识、能力与素养三维预期成果，将教学内容整合为理论、应用与前沿三大模块，并实施以项目式学习为主线的多元教学与全过程性评价机制。实践结果显示，该改革显著激发了学生的学习兴趣、提升了其解决复杂环境问题的综合能力与素养，有效支撑了国家“双碳”战略的人才培养要求。

关键词：成果导向；海洋地球化学；课程重构；海洋碳循环
中图分类号：G642　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1006-9372（2026）05-0076-06

Title: Curriculum Reconstruction and Practice of the Course Marine Geochemistry Based on OBE Concept: A Case Study of Marine Carbon Cycle

Author(s): LYU Xiaoxia, LIU Entao, YANG Yi, SHANGGUAN Yunfei, LIU Xiujuan, LYU Wanjun

Keywords: OBE concept; marine geochemistry; curriculum reconstruction; marine carbon cycle

随着我国“碳达峰、碳中和”战略目标的深入推进，海洋作为全球最大的活跃碳库，其增汇潜力与调控机制已成为国际科学研究的前沿焦点及气候博弈的核心。在此背景下，迫切需要具备扎实海洋地球化学知识、能深耕“蓝碳”事业的高素质创新人才。高校作为人才培养的主阵地，亟须改革相关课程体系与教学模式，以精准回应国家战略对海洋碳汇领域专门人才的新要求。成果导向教育（Outcome-Based Education, OBE）强调以学习成果为核心，通过“反向设计、正向实施”对接人才培养目标[1]，其倡导“以学生为中心、以产出为导向、持续改进”的原则，能有效提升教育教学质量[2-4]。近年来，国内高校在工科及理科教学改革中引入OBE理念，在目标达成度和学生能力培养方面取得了显著成效[5-7]。

“海洋地球化学”作为海洋科学专业的核心课程，虽已通过案例教学和科研前沿引入等手段改善了教学效果，但在培养学生利用理论知识解决复杂实际问题的综合能力方面仍显不足。海洋碳循环章节紧密关联全球气候变化与国家“双碳”战略[8]，科学内涵深厚，是理论联系实际的绝佳切入点。鉴于此，笔者在OBE理念指导下，对海洋碳循环章节进行从目标设定、内容重构、教学实施到评价反馈的系统化设计，旨在形成可复制、可推广的改革范式，以此驱动“海洋地球化学”全课程体系的重构与升级，最终有效提升人才培养质量，服务国家战略需求。

一、OBE理念下“海洋地球化学”课程重构的整体设计框架

为保障教学改革的系统性与导向性，本研究遵循OBE理念“反向设计、正向实施、持续改进”的核心逻辑，构建了“海洋地球化学”课程重构的闭环整体框架（图1）。该框架以产出为目标驱动教学设计，确保教学各环节与预期学习成果的高

收稿日期：2026-01-06；**修回日期：**2026-03-13。
基金项目：中国地质大学（武汉）本科教学改革研究项目（2025162）；湖北省教学改革研究项目（2025130）。
作者简介：吕晓霞，女，教授，主要从事海洋地球化学的教学与科研工作。

投稿网址：www.chinageoeducation.net.cn　　*联系邮箱*：bjb3162@cugb.edu.cn
引用格式：吕晓霞，刘恩涛，杨义，等．基于OBE理念的“海洋地球化学”课程重构与实践：以海洋碳循环章节为例[J]. 中国地质教育，2026，35（5）：76-81.

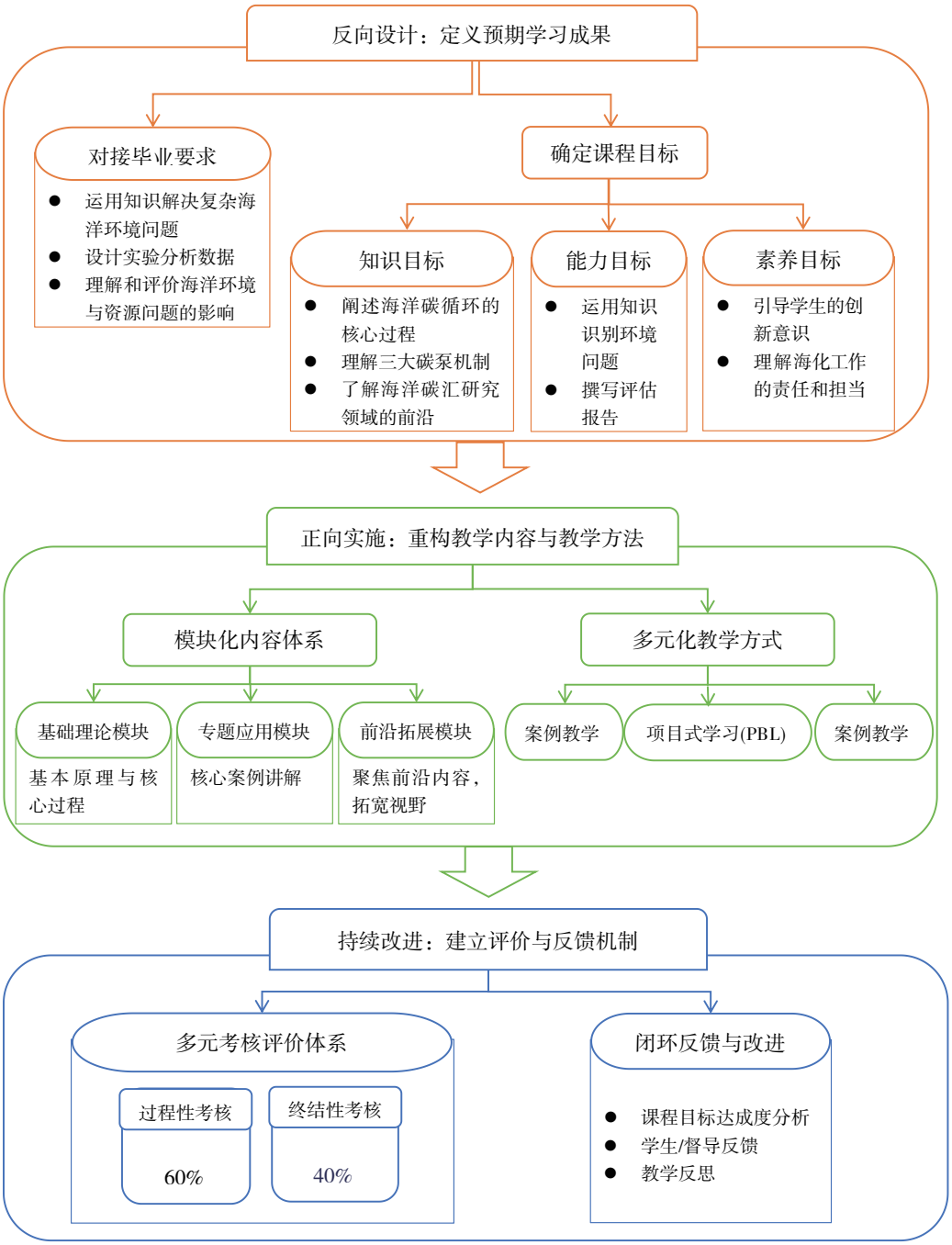


图 1　基于 OBE 理念的“海洋地球化学”课程重构整体框架

度一致性。

1. 反向设计：定义预期学习成果

反向设计是课程重构的基石，其核心逻辑是以学生毕业后应具备的能力为导向，倒推设计课程框架与教学内容。本课程精准对接以下毕业要求。

（1）跨学科解决问题的能力。能够运用化学、物理、生物、地质学等多学科基本原理解决复杂海洋环境问题。

（2）科研实践能力。能够自主设计实验、分析与解释数据，并通过信息综合得到合理有效的结论。

（3）社会责任感与使命感。能够理解和评价复杂的海洋环境和资源问题对气候环境、社会可持续发展的影响等。

通过对宏观毕业要求的解构，本课程构建了具体化、可衡量的三维教学目标。

（1）知识目标。学生能够系统掌握海洋碳循环中各储库的容量与通量、海气交换、海洋垂向输送等核心过程；深刻理解“生物泵”“碳酸盐泵”

和“微型生物碳泵”等科学机理；并能敏锐跟踪海洋碳汇领域的国际前沿与学术争议。

（2）能力目标。重点培养学生运用地球化学原理诊断“海洋酸化”或“蓝碳生态系统退化”等实际问题的能力；使其具备初步设计特定海域碳汇的评估方案、提出增汇对策以及撰写高水平技术报告的专业素养。

（3）素养目标。引导学生树立严谨创新的科学精神；深刻理解海洋地球化学在保障国家生态安全与实现“双碳”目标中的责任，激发其科技报国的家国情怀与使命担当。

2. 正向实施：重构教学内容与教学方法

在明确预期学习成果后，本课程打破传统教材的线性章节结构，围绕课程目标将教学内容系统重构为三大有机模块：（1）基础理论模块。聚焦海洋地球化学的核心原理与演化过程，为后续高阶学习奠定坚实的理论基础。（2）专题应用模块。以“海洋碳循环”为轴心，嵌入“蓝碳计划”“海洋酸化”“海洋缺氧”等真实案例，引导学生利用理论工具解决复杂环境问题。（3）前沿拓展模块。引入全球碳循环模型、前沿探测技术及“海洋施肥”等气候工程的伦理争议，旨在拓宽学生视野，激发学生的批判性思维。

在教学实施中，通过多元化教学方法的综合运用，驱动学生从被动接收知识向主动建构知识转型。

案例教学：以“南海碳汇的时空演化”或“红树林固碳效益评估”等真实科研课题为载体，通过深入讨论加深学生对碳循环理论与技术手段的内化。

项目式学习（PBL）：作为教学深度的延伸，设计如“特定海域碳汇能力评估”等驱动性问题，组织学生以小组形式完成从文献调研、方案设计到成果答辩的全过程。系统锻炼其解决实际问题的思维和能力。

小组研讨与辩论：针对海洋酸化、海洋缺氧等前沿热点或技术争议开展专题辩论，培养学生的思辨能力与跨学科表达技巧。

3. 持续改进：建立评价与反馈机制

建立以持续改进为目标的评价反馈机制，是实现OBE教学闭环的关键。本课程废除单一的考核模式，构建了过程性考核（60%）与终结性考核（40%）相结合的多元评价体系。

过程性考核：侧重评估学生的学习历程与能力成长，涵盖课堂测验、研讨参与度、实验操作规范性及数据处理的科学性等指标。

终结性考核：以项目报告为核心，重点考查学生对核心知识体系的内化程度及综合解决问题的能力。两者的权重分配可根据年度教学目标的侧重灵活调整，确保评价体系全方位覆盖知识、能力与素养三维目标。

在每个教学周期结束后，通过定量达成度分析与定性多方反馈驱动教学优化。

定量计算：基于考核数据精准计算各项课程目标的达成值，量化识别教学薄弱环节。

主管反馈：通过匿名问卷、学生座谈会及教学督导听课报告，多渠道收集主观改进建议。

闭环优化：综合达成度分析和反馈意见进行深度反思，剖析问题根源。针对性地优化下一年级的项目任务、更新教学案例、强化薄弱环节的讲解训练，从而构建一个科学、动态、循环上升的教学质量保障体系。

二、海洋碳循环章节的OBE教学设计与实施

在完成课程整体框架重构的基础上，本研究系统展示OBE理念在海洋碳循环这一核心章节中的具体应用。

1. 预期学习成果的精准设定

基于课程整体目标，本章节从知识、能力和素养三个维度设定了具体、可衡量的预期学习成果。

（1）知识层面。学生须准确阐述海洋碳循环的关键过程，包括海–气交换机制、垂向输送过程，以及生物泵（BP）、碳酸盐泵（CP）与微型生物碳泵（MCP）的作用机理；掌握主要海洋碳库的分布特征及碳循环的时间尺度演变。

（2）能力层面。培养学生运用碳循环原理分析复杂环境问题的能力，如评估海洋酸化对珊瑚礁生态系统的影响；具备自主设计实验验证海水碳酸盐体系变化的能力；并能基于文献调研撰写高质量的学术综述。

（3）素养层面。强化学生应对全球气候变化的责任意识，树立严谨求实的科研态度，并深刻理解海洋碳循环研究在支撑国家“双碳”战略中的核心地位与社会价值。

2. 以项目式学习为主线的教学流程设计

本章节以“滨海湿地蓝碳生态系统评估”为核心驱动项目，将理论知识深度融入项目实施的全过程。

项目启动阶段：情景导入，确立目标。通过

剖析我国滨海湿地退化的现实案例，凝练出“如何科学评估湿地蓝碳功能”的核心问题，激发学生学习兴趣。

知识建构阶段：理实融合，夯实基础。紧扣项目需求，系统梳理海水二氧化碳碳酸盐系统、初级生产过程及沉积物埋藏等核心理论，强化理论知识对实际应用的支撑作用。

方案实施阶段：自主设计，强化实践。指导学生分组完成调查方案的全流程设计，涵盖样点布设逻辑、碳通量测算模型及数据处理体系，提升学生的实践执行与严谨科研能力。

成果展示阶段：综合评估，拓展升华。通过研究报告答辩，要求学生运用所学理论合理解释调查数据，并针对性提出生态保护对策，实现从知识内化到综合表达的跃迁。

3.“学研一体”的教学策略创新

为克服传统教学的局限性，本章节构建了“实验探究—野外实训—前沿引领”三位一体的实践教学体系，实现了理论与科研的深度耦合。

实验室探究：开设“海水碳酸盐体系参数测定”与“浮游植物光合作用速率测量”等实验，培养学生的基础实验技能，夯实学生对碳循环过程的定量表征理解。

野外实训：依托生产实习，组织学生深入长江等典型滨海湿地，通过现场观测将抽象的蓝碳生态系统结构具象化，建立理论模型与现实生境的直观联结。

科研反哺教学：动态引入“长江口－东海连续体碳汇研究”及“南海不同海域碳循环”等最新科研成果，将前沿课题转化为鲜活的教学案例，引导学生在解决真实科学问题的过程中，完成科研素养的进阶。

4.多元化考核与评价设计

本章节考核评价紧密对接教学目标，构建了“过程评价与结果评价并重”的多维度考核体系，具体权重分配及评价标准如下。

项目综合报告（40%）：考查知识迁移与综合应用：重点评定调查方案的科学性、逻辑结构的完整性以及应对复杂环境问题的创新性，综合评估学生对知识体系的深度理解及运用能力。

实验操作实践（20%）：考查操作规范与实证素养：从实验设计的逻辑性、仪器操作的规范性及原始数据处理的准确性出发，量化评估学生的实践与动手能力。

专题研讨表现（20%）：考查高阶能力与团队协作：依托小组合作与成果汇报，评价学生的沟通表达、协作意识以及对学术前沿问题的批判性思维能力。

知识测验（20%）：考查理论支撑与逻辑储备：通过课堂考核或阶段性考试，客观检验学生对海洋碳酸盐系统、生物地球化学循环等核心概念和基本原理的掌握程度。

通过上述系统化重构，海洋碳循环章节的教学实现了从“知识传授”向“能力塑造”的范式迁徙，确立了“以学生为中心”的教学逻辑。这种教学模式不仅通过实战项目深化了学生对专业理论知识的理解，更在解决复杂环境问题的过程中，显著提升了其系统思维和科研素养，为课程整体优化提供了示范性实践范式，精准支撑了毕业要求的高质量达成。

三、教学成效分析与持续改进

本研究遵循OBE教育理念，采用定量数据分析与定性参与者反馈相结合的方法，对海洋碳循环章节的教学实效进行多维度评估，并以此驱动后续教学的持续改进。

1.教学成效评估

（1）学习成果达成度分析。

通过分析2023—2025连续两个学年（共80名选课学生）的考核数据进行加权计算，本章节三大维度的目标达成度评价如下。

知识目标（78%）：学生对海洋碳循环底层逻辑的掌握情况良好，基本功扎实。

能力目标（75%）：整体表现良好，但其中“设计解决方案”子项的达成度稍低（71%），折射出学生在将理论知识向实践转化方面仍存在薄弱点。

素养目标（82%）：达成度最高，证实了教学改革在强化学生科学精神、社会责任感及生态文明意识方面成效最为显著。

（2）学生评价与主观反馈。

课程结束后的匿名问卷（有效回收率100%）与深度访谈结果。

提升了学习兴趣：93%的学生认为“项目式教学（PBL）”显著提升了课堂参与感与学习兴趣。

能力赋能：89%的学生肯定了“蓝碳评估”实战项目对自主学习及解决复杂问题能力的锻炼作用。

认知跃迁：更有学生于访谈中提到：“碳循环

不再是书本上枯燥概念和公式，而是身边可测量、可评估、可保护的真实存在。”这一反馈表明，改革成功破除了“纸上谈兵”的隔阂，实现了抽象理论与现实生境的深度链接。

（3）代表性高阶成果展示。

教学改革催生了一批高质量的创新成果，充分展现了学生的学习成效。例如，第一小组完成的《舟山群岛湿地蓝碳现状评估与生态修复策略》项目报告，不仅准确测算了该区域的碳储量，还结合环境经济学原理，提出了具有创新性的“碳汇+社区共管”修复模式。另一份关于《东海近海溶解氧2011—2024年分布规律及影响因素》的报告，学生通过对2011—2024年长序列、多要素（温度、盐度、pCO_2、营养盐、叶绿素和海流）等数据的综合解构，探讨了大气中CO_2升高与海洋缺氧的耦合关系。这些直接证明了在OBE理念模式下，学生已具备从数据分析向策略建议转化的综合科研能力。

2.反思与持续改进

（1）成功经验总结。

本次教学改革的核心成功经验在于，项目式学习（PBL）作为主线，成功地将离散的知识点融合进解决真实科学问题的情境中，实现了从单一“知识传递”向“能力素质全息培养”的实质性飞跃。

（2）现实挑战分析。

在改革的纵深推进过程中，仍存在以下待优化的挑战。

教学投入的平衡性挑战：项目式教学要求教师投入大量时间进行项目设计、过程动态指导与多元成果评价，同时对学生的课外自主学习效能与团队协作能力也提出了更高要求。

跨学科知识的统摄性挑战：“海洋碳循环”涉及化学、生物、地质、气候等多学科知识交叉，对教师个体的知识边界与教学团队的多学科背景协同授课构成了严峻考验。

时空约束下的感知力挑战：受限于内陆办学条件，现场教学依托于暑期联合实习，导致“课堂理论讲授”与“野外实操感知”之间存在显著的时间间滞，学生容易产生知识遗忘，削弱了项目实施的连贯性与沉浸感，从而对学习成效产生一定影响。

（3）持续改进路径。

针对上述痛点，未来的教学迭代将聚焦于以下三大维度。

梯度化项目重构：遵循“认知进阶”规律，构建由易到难的项目难度梯度，如先进行案例分析，再开展模拟设计，最后进行综合评估，以精准适配不同基础学生的学习节奏。

构建“跨学科教学共同体”：针对跨学科挑战，建立常态化的集体备课机制，整合生物、化学、地质等学科教师共建PBL案例库，并引入数字化虚拟仿真实验室，以数字化手段弥补地理限制，实现多学科知识点的直观可视化展示。

深化“校研企”产教融合：积极对接海洋监测中心、海洋和湿地研究所等科研院所，探索“产学研联合导师制”。通过拓展校外实践基地的深度与广度，将课堂延伸至科研最前沿，以高频次的远程交互或短期集训打破地域藩篱，实现教学成果的持续反哺。

四、结语

本研究立足OBE理念，对“海洋地球化学”课程进行了全方位重构与系统化实践，构建了以“反向设计、正向实施、持续改进”为核心的闭环教学范式。

（1）范式转型的成功验证：以海洋碳循环章节为核心样本，通过深度融合项目式学习（PBL）的沉浸式教学策略，成功实现了教学逻辑从传统的“知识传授”向“能力塑造”的战略性转移，确立了以学生为主体的课堂新生态。

（2）高阶目标的精准达成：实践数据与成果证明，该改革路径显著增强了学生的学习兴趣与自主探究动力，有效提升了其解决复杂环境问题的综合能力，更有效引导学生将个人发展融入国家“双碳”战略大局，强化了新时代人才的社会责任担当。

（3）推广价值与示范意义：本研究证实，基于OBE理念的课程重构是达成海洋学科高阶人才培养目标、回应行业需求的有效路径。其“理实融合、研教一体”的模式具有极强的示范性，为同类课程的教学质量提升与范式革新提供了可借鉴的实战模本。

参考文献：

[1] Spady W G.Outcome-based education:critical issues and answers[M]. Arlington:American Association of School Administrators, 1994.
[2] 顾佩华，胡文龙，林鹏，等．基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式：汕头大学的实践与探索[J]．高等工程教育研究，2014(1):27-37.
[3] 李志义．成果导向的教学设计[J]．中国大学教学，2015(3):32-39.
[4] 纪辉，马仲海，李晓晖，等．基于OBE理念的研究生培养模式创新及实践探索[J]．高教学刊，2025(31):65-68.
[5] 高崇龙，谢庆宾，许涛，等．基于OBE理念的地学类课程多元信息化混合式教学构建与实践[J]．中国地质教育，2025，34(5):88-93.
[6] 王蓓蕾．服务卓越工程师培养的大学英语OBE教学模式探索[J]．中国大学教学，2024(7):38-44.
[7] 博坤，郭威，邹琳琳，等．基于专业认证OBE理念的地质工程专业课程体系建设与实践[J]．中国地质教育，2022，31(1):48-51.
[8] 焦念志，梁彦韬，张永雨，等．中国海及邻近区域碳库与通量综合分析[J]．中国科学：地球科学，2018(48):1393－1421.