

“双碳”背景下《水文地质学基础》 课程内容教学改革探讨

杨明星¹, 唐勇¹, 曹振东², 曾成³

1. 贵州理工学院 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550025
2. 贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队, 贵州 贵阳 550081
3. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550081

DOI: 10.61369/SDME.2025120028

摘要 : 本文基于“双碳”背景下岩溶碳汇理论知识教学的实际需求, 深入剖析了水文地质学基础课程教学中岩溶碳汇与“双碳”背景教学内容存在的问题, 通过全面梳理课程教学现状、阐述岩溶碳汇与“双碳”背景的内涵及联系, 明确了水文地质学教学内容缺乏岩溶碳汇逻辑联系缺失的具体表现, 创新性地将水文地质学研究内容归纳为6个研究问题, 并将课程内容逐一地与“双碳”、岩溶碳汇机理过程进行对应, 取得了较好的实践教学成果, 为后续“双碳”工作培育储备人才提供有力理论教学支撑。

关键词 : 水文地质学; 教学改革; 岩溶碳汇; “双碳”理念; 学科融合

Exploration on the Teaching Reform of "Fundamentals of Hydrogeology" under the Background of "Dual Carbon"

Yang Mingxing¹, Tang Yong¹, Cao Zhendong², Zeng Cheng³

1. College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou Institute Of Technology, Guiyang, Guizhou 550025
2. No. 111 Geological Brigade, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang,
Guizhou 550081
3. Institute of Geochemistry,Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550081

Abstract : Based on the actual teaching needs of karst carbon sink theory under the "dual carbon" background, this paper deeply analyzes the problems existing in the teaching content of karst carbon sink and "dual carbon" background in the basic course of hydrogeology. By comprehensively sorting out the current situation of curriculum teaching, expounding the connotation and connection between karst carbon sink and "dual carbon" background, it clarifies the specific manifestations of the lack of logical connection between hydrogeology teaching content and karst carbon sink. Innovatively, the research content of hydrogeology is summarized into 6 research issues, and the curriculum content is corresponding to the "dual carbon" and the mechanism process of karst carbon sink one by one, which has achieved good practical teaching results and provided a strong theoretical teaching support for the cultivation and reserve of talents for the subsequent "dual carbon" work.

Keywords : hydrogeology; teaching reform; karst carbon sink; "dual carbon" concept; disciplinary integration

引言

2020年9月, 中国提出二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和, 把我国绿色发展之路提升到了新高度, 将极大地推动我国经济社会发展全面绿色转型^[1-2]。高等学校作为基础研究主力军和科技创新策源地, 应主动将课程内涵与碳中和理念融合, 为“双碳”目标的实现提供人才保障和科技支撑。2021年7月, 教育部印发了《高等学校碳中和科技创新行动计划》, 指出高等学校应发挥人才培养、学科建设、基础研究等方面的优势, 加快构建高校碳中和科技创新体系和人才培养体系, 着力提升科技创新能力和创新人才培养水平^[3-4]。

基金项目: 1. 贵州省高等学校教学内容和课程体系改革项目(编号: 2023223); 2. 贵州理工学院教育教学改革研究项目(编号: XJJG-2022-22533); 3. 贵州省科技计划项目(编号: 黔科合基础-ZK[2022]一般186)。

第一作者: 杨明星(1986-), 男, 贵州金沙人, 工学博士, 贵州理工学院资源与环境工程学院教授, 主要从事岩溶水文地质方面的研究工作。

通讯作者: 曹振东(1984-), 男, 甘肃会宁人, 博士研究生在读, 贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队总工办主任, 主要从事地下水资源保护方面的研究工作。

实现“双碳”目标的途径，可分为“减排”和“增汇”，“减排”即通过改进生产工艺，达到减少CO₂排放的目的^[5]；“增汇”是通过自然和人为途径，将大气中的CO₂捕获、存储下来，达到减少大气CO₂的目的。在保障国家经济发展的同时，我国“减排”工作“难度大，任务重，时间紧”，仅仅依靠“减排”是难以实现碳中和的。因此，越来越多的目光投入到“增汇”途径上。

碳汇指的是从大气中去除温室气体（主要是CO₂），主要包含林业碳汇、岩溶碳汇、草地碳汇、土壤碳汇等类型。据估算，我国岩溶地质碳汇通量为0.3亿吨/年~0.72亿吨/年，是陆地植被的50.5%、森林的68%、灌草丛的2.68倍，与林业碳汇处于相同数量级，是一种具有重要潜力的新型碳汇，也是全球碳汇研究的重点和热点^[6]。水文地质学课程中的岩溶作用过程及岩溶水运动内容，是岩溶碳汇理论的基础知识点，该部分内容的学习，将从根本上解决喀斯特地区岩溶碳汇理论局限的窘境。

贵州省作为全球岩溶地貌发育最为典型的区域，喀斯特（出露）面积109084平方千米，占全省国土总面积的61.9%，境内岩溶分布范围广泛，形态类型齐全，地域分异明显，岩溶碳汇潜力巨大。然而，目前与岩溶碳汇相关的课程体系尚未形成，甚至没有一门明确的关于岩溶碳汇内容的课程，严重制约了该项工作的未来发展前景。本文依据碳达峰碳中和政策指导以及教育教学改革要求，基于岩溶碳汇及“双碳”政策在水文地质学教学过程中缺失的现实问题，创新性地将水文地质学研究内容归纳为6个研究问题，并将课程内容逐一地与岩溶碳汇机理过程进行对应，将是对《水文地质学基础》课程教学融入“双碳”人才培养和教学理论的一次重要提升。

一、《水文地质学基础》教学中岩溶碳汇知识存在的问题

（一）教学内容传授的碎片化

在水文地质学基础课程教学中，岩溶碳汇与“双碳”背景相关知识的传授呈现出明显的碎片化特征。教师在讲解课程内容时，往往将岩溶碳汇的原理、过程以及“双碳”目标的相关概念分散在不同的章节和知识点中，缺乏系统性和连贯性的讲解。在讲解地下水的化学成分时，会提及岩溶水中的碳酸氢根离子与岩溶碳汇的关系，但只是简单一带而过，没有深入阐述其在整个岩溶碳汇过程中的作用和地位。在介绍全球气候变化时，虽然会提到“双碳”目标，但未能将其与岩溶碳汇在应对气候变化中的具体作用紧密联系起来，导致学生难以形成完整的知识体系。这种碎片化的知识传授方式，使得学生无法全面理解岩溶碳汇与“双碳”背景之间的内在逻辑联系。学生在学习过程中，只是孤立地掌握了一些零散的知识点，无法将这些知识融会贯通，形成一个有机的整体。这不仅增加了学生的学习难度，也影响了学生对知识的深入理解和应用能力的培养。

（二）教学过程缺乏逻辑联系

逻辑联系缺失使得学生在理解岩溶碳汇与“双碳”背景相关知识时面临诸多困难。由于知识传授的碎片化，学生难以把握知识之间的内在关联，无法形成完整的知识体系。在学习岩溶碳汇的原理时，学生只是孤立地了解到碳酸盐岩与二氧化碳、水之间的化学反应，却不明白这一过程与全球碳循环以及“双碳”目标之间的紧密联系。他们不清楚岩溶碳汇在减缓全球气候变化中所发挥的作用，也难以理解为什么要在“双碳”背景下重视岩溶碳汇的研究和开发。这种对知识理解的片面性和表面性，导致学生在面对复杂的实际问题时，无法运用所学知识进行深入分析和解决。

（三）学生实践缺乏学科融合

水文地质学基础课程教学中，未能充分融合地质学、生态学、环境科学等多学科知识，这是一个较为严重的问题。岩溶碳

汇是一个涉及多学科领域的复杂过程，其形成和演化受到地质构造、岩石特性、气候条件、植被覆盖以及人类活动等多种因素的综合影响。然而，在教学过程中，教师往往只从水文地质学的角度讲解岩溶碳汇，没有充分考虑到其他学科的相关知识和研究方法。在讲解岩溶碳汇的影响因素时，没有将生态学中关于植被与土壤碳循环的知识进行融合，导致学生无法全面理解植被对岩溶碳汇的重要作用。这种忽视学科交叉融合的教学方式，限制了学生的思维视野和综合分析能力的培养，不利于学生全面掌握岩溶碳汇与“双碳”背景的相关知识，也无法满足未来社会对跨学科复合型人才的需求。

二、基于岩溶碳汇模式的水文地质学教学内容设置

（一）岩溶碳汇理论与水文地质学相关性分析

具体地，岩溶碳汇整个机制包含三个部分，即：（1）碳的捕获，主要通过碳酸盐岩风化碳汇实现，将CO₂转化为DIC（Dissolved Inorganic Carbon，溶解性无机碳，主要为HCO₃⁻，CO₃²⁻和CO₂（水溶解态））^[7]；（2）碳的稳定：形成的DIC是不稳定的，因此，在水生植物光合作用下，将DIC转化为OC（Organic Carbon，有机碳），形成较为稳定的有机碳^[8]；（3）碳的储存：形成的稳定有机碳随着沉积作用被埋藏到底部或随着地表水体迁移至海洋中^[9]。因此，岩溶碳汇过程是水—岩—土—气—生相互作用的结果。具体地，《水文地质学基础》回答6个问题（如图3所示），展示出了该课程研究内容与岩溶碳汇之间的相互关系，充分说明，该课程是学习岩溶碳汇基础理论必备课程，也是开展碳达峰碳中和教育教学必备的关键基础。

（二）岩溶碳汇教学内容分解

结合长期的《水文地质学基础》教学实践和岩溶碳汇科学的研究积累，本项目将从以下几个逻辑层次，将《水文地质学基础》理论与岩溶碳汇机制一一对应，进行教学内容改革。

（1）什么是岩溶—岩溶碳汇的基础：岩溶碳汇的基础是源于岩溶作用，因此，在《水文地质学基础》课程讲解中，需对原有

的岩溶研究意义进行拓展，用以引出教学内容与时俱进的特征；（2）岩溶发育的基本条件－岩溶碳汇形成背景：岩溶作用是水对可溶岩石的溶解过程，并随后形成岩溶管道、洞穴以及崩塌的一系列机制。其中，具有侵蚀性的水和可溶性的岩石是岩溶作用发生的基础条件，也正是岩溶碳汇发生形成的关键背景；（3）岩溶发育的速率及监测－岩溶碳汇监测依据：国家政策明确提出，要尽快建立碳汇监测体系。《水文地质学基础》中涵盖了岩溶发育速率基础理论及监测方法的教学内容，从政策－工作－技能－理论的逻辑模式对学生进行教学内容的讲解；（4）岩溶发育与其他生态环境的相互作用－岩溶碳汇机制过程：相互作用和相互影响是自然界各要素的基本属性。同样地，《水文地质学基础》教学内容中应强调水循环（降雨－地表水－地下水）与碳循环（大气－地表－地质）的相互过程，通过辩证法的思想，讲解水循环驱动下的碳循环以及相应的碳汇过程；（5）相互作用对岩溶发育的影响－岩溶碳汇的影响因素：明确了相互作用和相互影响机制后，需分析岩溶碳汇过程有哪些影响因素，评价这些影响因素如何影响的？影响是好还是坏？影响程度是大还是小？这些都是从事岩溶

碳汇工作所需的基础理论知识；（6）如何通过水文地质学提升岩溶碳汇－学科融合的探索：从现有的研究表明，虽然岩溶碳汇是重要的碳汇类型，但是，其自然状态下的碳汇总量还是较少，对未来碳达峰和碳中和巨大的碳汇量需求贡献还是有限^[10]。但是，基于《水文地质学基础》关于岩溶过程的基础理论，结合各学科综合优势，寻求碳汇发展方向，实现更大的贡献。

三、结束语

水文地质学作为研究地下水的科学，在“双碳”目标的实现过程中发挥着不可或缺的作用。特别是在碳酸盐岩地区，岩溶碳汇具有巨大的碳汇潜力。《水文地质学基础》作为水文地质学领域的核心课程，其中包含了大量岩溶碳汇基本理论的知识，本文将《水文地质学基础》课程内容与岩溶碳汇的基本理论进行深度融合，提出了具备统一逻辑体系的教学内容改革，使该课程内容更加贴近“双碳”目标的实际需求，提升学生的专业素养和就业竞争力，为培养适应“双碳”工作需求的水文地质人才奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 黄华芳, 胡召芹.“双碳”目标下科技创新赋能能源结构转型路径探析 [J]. 长春师范大学学报, 2023, 42(05): 47–50.
- [2] 苗思雨.“双碳”目标下绿色低碳转型对地勘企业盈利能力的影响研究 [J]. 产业创新研究, 2023, (08): 151–153.
- [3] 教育部发布《高等学校“碳中和”科技创新行动计划》[J]. 新能源科技, 2021,(09):32–34.
- [4] 教育部关于印发《高等学校碳中和科技创新行动计划》的通知 [J]. 中华人民共和国教育部公报, 2021,(10):43–46.
- [5] 王化齐, 李彦斌, 孙芳强, 刘江, 马洪云, 李成柱.“双碳”目标下矿区减排增汇潜力挖掘及路径分析 [J]. 西北水电, 2022, (06): 61–65.
- [6] 曹建华. 岩溶与地球碳循环 [J]. 地球, 2021(04): 40–44.
- [7] 王瑞, 李方红, 燕良东, 等. 非水文地质专业水文地质学基础课程存在问题与改革探索 [J]. 教育教学论坛, 2020,(27):140–141.
- [8] 李识博, 马建全, 段钊, 等. 基于现代工程能力导向的《水文地质学基础》课程教学改革探讨 [J]. 教育教学论坛, 2020,(08):212–213.
- [9] 冶雪艳, 杜新强, 辛欣, 等.“水文地质学基础”课程案例教学模式探索 [J]. 新课程研究, 2019,(17):48–49.
- [10] 赵静, 李志萍, 赵贵章. 水文地质学基础课程教学改革与实践研究 [J]. 河南教育 (高教), 2019,(02):108–113.