

面向水利类专业的水质监测课程核心价值探讨 与全过程数据意识培养

徐晶*, 金璐瑶, 陶士勇, 洪思, 潘国艳

武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年5月5日; 录用日期: 2026年6月7日; 发布日期: 2026年6月16日

摘要

随着水环境问题日益复杂, 水利类专业对学生水质指标理解与数据判读能力提出更高要求。《水质监测》作为该类专业重要实践性课程, 以分析化学原理为支撑, 服务于水环境评价、水资源管理等。然而, 水利类专业学生大多不直接从事分析检测岗位, 易对课程产生“学而无用”的认知偏差。这与学生对课程核心价值理解不深、现有教学对水质数据测定获取全链条强调不足有关。本文结合一线教学、行业反馈及典型监测场景, 明确课程核心价值为保障水质数据可靠、支撑水环境科学决策, 探讨通过课程体系重构与案例教学强化学生数据意识的改革路径, 以期水利类相关课程建设提供参考。

关键词

水质监测, 水利类专业, 核心价值, 全过程数据意识, 教学改革

Core Value Exploration and Whole-Process Data Awareness Cultivation of Water Quality Monitoring Course for Water Resources Majors

Jing Xu*, Luyao Jin, Shiyong Tao, Si Hong, Guoyan Pan

School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

Received: May 5, 2026; accepted: June 7, 2026; published: June 16, 2026

Abstract

As water environment problems become increasingly complex, water resources majors have raised

*第一作者。

文章引用: 徐晶, 金璐瑶, 陶士勇, 洪思, 潘国艳. 面向水利类专业的水质监测课程核心价值探讨与全过程数据意识培养[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 587-594. DOI: 10.12677/ae.2026.1661167

higher demands for students' understanding of water quality indicators and ability to interpret data. Water Quality Monitoring, as an important practical course for these majors and supported by the principles of analytical chemistry, serves water environment assessment, water resource management, etc. However, most students in water resources majors do not directly engage in analytical testing positions, making them prone to the cognitive bias that the course is "useless for their future work." This is related to students' insufficient understanding of the course's core value and the lack of emphasis in current teaching on the whole chain of water quality data acquisition. Based on front-line teaching practice, industry feedback, and typical monitoring scenarios, this paper clarifies that the core value of the course lies in ensuring the reliability of water quality data and supporting science-based water environment decision-making, explores reform paths to strengthen students' data awareness through curriculum restructuring and case-based teaching, and hopes to provide a reference for the construction of related courses in water resources majors.

Keywords

Water Quality Monitoring, Water Resources Majors, Core Value, Whole-Process Data Awareness, Teaching Reform

Copyright © 2026 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. 引言

近年来,在科技与产业变革的推动下,多学科交叉融合成为高等教育发展与科研创新突破的重要趋势[1]。在此背景下,以分析化学核心原理为基础、紧密结合工程应用场景的专业分析课程,其重要性日益凸显[2]。以水利类专业为例,《水质监测》等相关课程系统融入水文与水资源工程、水利水电工程、港口航道与海岸工程等本科教学体系,成为培养具备水环境监测与数据判读能力的复合型工程技术人才的关键组成部分。

然而,水利类专业学生的职业发展主要面向水文监测、水资源评价、水利工程管理等岗位,直接从事水质分析检测工作的比例较低。加之自动化水质监测设备的普及,不少学生对该类课程产生“学而无用”的认知偏差,将这门能够支撑理解水环境数据产生全过程的核心课程视为负担。这种偏差在于学生未能认识到水质数据的可靠性受到多个环节的影响,误以为操作仪器即可解决一切问题。究其根源,在于现有课程内容未能充分契合水利类专业学生的实际需求,教学安排与职业情境之间存在一定脱节[3]。

从现代工程教育认证(如 ABET 认证、中国工程教育专业认证 CEEAA)的宏观视角来看,工科教育的核心已全面转向以学生为中心、以成果为导向(Outcome-Based Education, OBE)的能力培养[4][5]。工程认证标准明确要求,学生必须具备解决复杂工程问题、评估数据可靠性以及进行工程决策的能力。这意味着,传统的知识灌输与机械操作类的课堂,已无法满足现代工科人才培养的需求。李志义等学者指出,工程教育必须从“低阶的知识记忆”走向以批判性思维为核心的“高阶能力培养”[4]。在此视角下,《水质监测》课程不应仅仅是一门技术操作课,更应是培养学生数据素养与批判性思维的核心载体。

基于此,本文旨在深化现有教学改革的理论维度,提出有别于传统操作改良的系统性教改思路。本研究的理论贡献在于:突破了以往分析化学教学中“重操作、轻思维”与“重单一仪器、轻系统质控”

的局限, 构建了以“全过程数据意识”为内核的工科数据素养培养框架。依托该框架并结合水利类专业的行业需求, 本文强调《水质监测》课程应实现定位转型: 从侧重操作技能与规范记忆, 转向以理解分析原理为核心、以掌握水环境数据产生全过程为导向的数据素养培养, 并探讨相应的教学改革路径。通过重构教学目标、内容与方法, 旨在使学生建立起从采样到数据解读的全链条质控意识, 并运用批判性思维去审视数据的科学性与局限性, 从而在未来的工程实践中做出科学可靠的判断。

2. 认知偏差的现实风险与成因剖析

2.1. 潜在的专业风险

水利类专业学生若对《水质监测》课程持有“学而无用”的认知偏差且未得到及时纠正, 可能会在未来的职业实践中转化为具体风险。水利工程技术人员虽不直接从事分析检测工作, 但作为水质数据的最终使用方和责任主体, 仍有可能承担采样方案制定、样品采集与保存、数据质量评估和工程决策等关键职责。

以水库富营养化监测中的叶绿素 a 测定为例: 学生若只关注最终数值, 却忽略采样时应避开水体表层藻类聚集区、样品需在冷藏避光条件下运输、过滤前不可反复冻融等关键细节, 则可能导致数据严重偏离真实值; 若样品未在 24 小时内过滤或未加入碳酸镁悬浊液保护, 叶绿素降解会使测定结果偏低, 从而低估藻类暴发风险。又如在地表水重金属污染评估中, 从采样方案设计、样品保存与预处理, 到仪器分析与质量控制, 任一环节的疏漏都可能导致数据严重失真(如图 1 所示)。

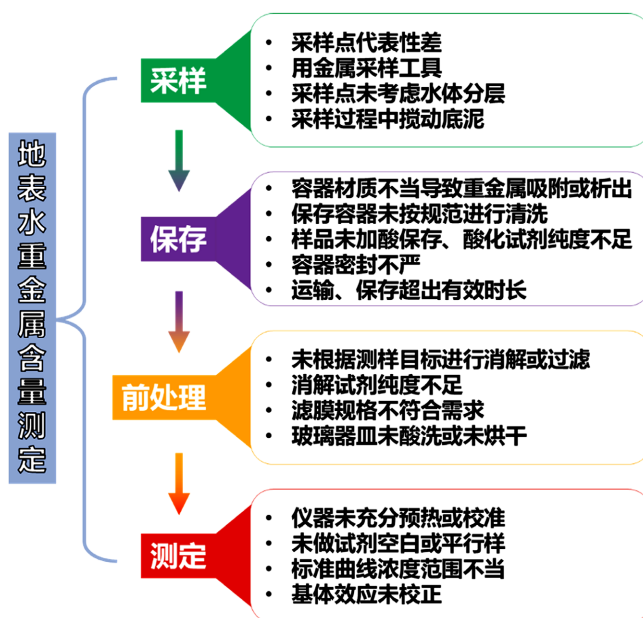


Figure 1. Schematic diagram of key risk points in the whole process of determining heavy metal content in surface water
图 1. 地表水重金属含量测定全过程中关键风险点示意图

这些风险可能会在未来工作场景中发生。担任项目负责人时, 可能因缺乏质控意识而设计出采样频率不足、缺少现场空白或平行样的监测方案。作为水资源管理部门监管者, 可能难以识别第三方检测报告因前处理不当导致的数据失真。在与分析化学或环境监测专家协作时, 若对数据产生链条(采样→保存→前处理→分析→质控)缺乏系统理解, 将难以准确提出技术需求、有效采纳专业建议, 在涉及水质数据的跨学科合作中始终处于被动地位。

2.2. 认知偏差的成因

那么,这一认知偏差究竟是如何形成的?该现象并非简单来自于学习态度问题,而是学生主体因素、课程设计缺陷与评价导向偏差三者交互作用的结果[6][7]。

在水利类专业繁重的课业压力下,部分学生倾向于将主要精力投入水力学、水文预报、水利工程设计等核心专业课,相对弱化对《水质监测》课程的投入,仅以满足通过为学习目标。这种功利主义学习态度在一定程度上源于对课程价值的误判。由于缺少水环境监测的工程或科研实践,学生难以预见水质数据在未来职业中的关键作用,易认为只需按部就班完成实验操作即可,忽视了背后的方法学体系与全流程质量保证[8]。若缺乏对分析流程的系统理解,极易在工程实践中产生误判。

其次,水利类专业学生的大学化学基础相对薄弱,但现行《水质监测》课程体系不少仍沿用分析化学或环境监测专业的教学框架,导致内容设置出现两极化困境:一是偏重仪器原理与化学反应机理,超出学生接受能力;二是简单罗列采样点布设、保存剂添加、测定步骤等操作条目,却未深入剖析“为何选择该采样频率”“为何使用特定保存方法”“为何进行空白与平行样测定”等原理性问题。这种教学设计无法引导学生形成“原理指导操作、全程把控数据”的思维方式,学生只能依赖死记硬背应付学习[9]。

此外,单一的评价方式进一步固化了上述问题。当课程考核以概念默写、操作步骤简述、标准曲线绘制与浓度计算为主,而相对忽视对分析原理的理解、全流程质控意识的考察时,往往会在一定程度上强化学生的应试策略。其结果是在系统思维、异常数据溯源、数据可靠性判断等核心素养方面形成一定欠缺。

3. 从操作技能到数据素养培养的教学策略重构

针对上述认知偏差及潜在职业风险,结合水利类专业学生的发展需求,《水质监测》课程的教学策略有待重构。其核心在于跳出单纯的操作技能训练局限,转向以水环境数据产生全过程意识为中心的数据素养培养。水质数据的获取依赖从采样点位布设、现场采集、样品保存与运输、实验室前处理、仪器分析到数据处理与报告审核构成的完整链条,任一环节的疏漏都可能引入显著误差。因此,课程教学理念需实现以下三个方面的重心转移。

3.1. 从操作技能训练转向对数据测定过程的理解

针对水利类专业学生,课程目标应侧重理解水质数据的测定机制及关键影响因素,而非机械记忆操作步骤。重点涵盖采样环节的代表性设计(断面、垂线、点位的选择逻辑)、样品保存与运输环节的失效风险(保存剂、容器材质、温度控制)、前处理环节的误差来源(消解、过滤、萃取)、仪器分析环节的方法适用性与干扰识别(浊度、盐度对信号响应的影响)等。教学中需突出采样方案设计、保存条件选择、前处理方法确定、标准曲线建立、质控样品使用、方法检出限与灵敏度等核心概念,使学生认识到可靠水质数据不仅依赖仪器精度,更取决于全流程的规范操作。

3.2. 从孤立实验教学转向全过程质量控制意识的培养

打破围绕单台仪器开展孤立实验教学的认知局限,将课程内容系统融入完整的水质数据生成链。通过引入水利工程环境评价、水源地调查等真实场景,帮助学生掌握从采样方案设计到数据审核的全流程技术要点,深入理解质量控制体系对数据有效性的支撑作用。通过综合性项目训练,培养学生全过程质量管理意识与能力。

3.3. 建立数据使用者视角,强化批判性评估能力

培养学生作为水质数据使用者和工程决策者所必需的专业素养,使其具备评估数据适用性、识别误

差来源、判断方法兼容性与结果可比性的能力。教学中引导学生从职业视角提出针对性质疑：采样点位是否具有代表性？样品保存与运输是否符合规范？质控样品是否完备？方法检出限是否满足需求？平行样偏差与加标回收率是否可接受？通过此类训练，帮助学生建立批判性思维习惯。

4. 教学内容与方法的创新探索

为实现上述教学策略的重心转移，《水质监测》课程需要在教学内容组织与教学方法上开展系统性创新(图 2)。以下结合水利类专业特点与行业实际需求，提出若干相互补充、协同推进的教学策略。



Figure 2. Schematic diagram of the teaching reform strategy for the Water Quality Monitoring course shifting from knowledge imparting to ability cultivation

图 2. 水质监测课程从知识传授到能力培养的教学模式改革策略示意图

4.1. 案例教学

不同于传统灌输，案例教学法通过呈现实际问题来驱动学生参与，强调教师在此过程中的设计与引导作用[10]。教学中可引入典型实例：某水库富营养化调查中因水样未酸化保存导致总磷数据偏低，延误了藻类防控决策；某河流突发污染事件中因水样色度干扰未做前处理，导致氨氮测定结果虚假偏高，引发不必要的应急响应；某地下水污染场地因采样容器材质不当且未加保存剂，导致重金属铅测定结果显著低于实际值，污染范围被严重低估。组织学生以小组形式研讨这些案例中的关键失误环节及其可能引发的工程后果，能够使学生在真实情境中理解抽象操作规程背后的逻辑，在反思中深化对数据全流程管理重要性的认知。

4.2. 对比实验教学

对比实验教学通过直观呈现规范与不规范操作的结果差异，强化学生的规范意识。以水样中氨氮测定为例，可设计对比实验：规范组样品按标准要求冷藏保存、使用聚乙烯瓶加酸固定、在规定时间内完成分析并经过滤前处理；非规范组样品则室温放置、使用普通玻璃瓶、未加保存剂且不进行前处理。通过对比两组测定结果的显著差异，学生能够直观认识到样品保存与前处理环节的操作偏差对数据可靠性的重大影响。教师可进一步引导学生计算相对误差、分析误差来源，从而将规范要求内化为自觉行为。

4.3. 工程情境任务驱动

工程情境任务驱动是培养学生综合应用能力的重要载体。教师可设计基于真实水利场景的综合性任务，例如“某饮用水源地水库水质状况评估”，要求学生以小组协作形式完成从监测目标解读、指标筛选、采样方案设计、样品保存与运输方案制定、分析方法选择到质量控制措施设计的全流程工作，并撰写方案报告进行公开答辩。以下通过表格形式，从任务背景、学习目标、任务分解、教师指导要点、分组方式及评分细则六个方面予以系统呈现(见表 1)。

Table 1. Teaching design for the task “Water Quality Assessment of a Drinking Water Source Reservoir”

表 1. “某饮用水源地水库水质状况评估”任务教学设计

要素	具体内容与要求
任务背景	某中型水库为城市集中式饮用水水源地出现藻类增殖迹象，需开展系统水质监测与评估，为水厂处理工艺调整提供依据。
学习目标	<ol style="list-style-type: none"> ① 结合水利工程实际，独立设计科学合理的水质监测方案； ② 正确选择采样点位、频次及保存运输方法，理解各环节对数据可靠性的影响； ③ 合理选用分析方法和质控措施，评估数据质量； ④ 以团队协作方式完成技术报告与答辩，具备工程沟通与规范应用能力。
任务分解	<p>子任务一(监测方案设计)：确定监测断面、垂线与采样点，选定指标及采样频次。</p> <p>子任务二(样品采集方案)：制定保存、运输与预处理方案。</p> <p>子任务三(分析方法确定)：选择适宜分析方法，说明检出限及干扰消除措施等。</p> <p>子任务四(报告撰写与答辩)：整合形成完整监测方案报告，公开答辩并回应提问。</p>
教师指导要点	<ol style="list-style-type: none"> ① 解读水库背景及行业标准(GB 3838-2002、HJ 493-2009 等)； ② 讲解采样设计原则，引导学生讨论点位布置依据； ③ 示范保存及质控常见疏漏，强调易错点； ④ 指导答辩 PPT 制作，强调规范依据； ⑤ 总结阶段结合专家反馈点评共性问题，深化全流程质控认识。
学生分组方式	采用异质分组，兼顾化学基础、水利专业背景及组织协调能力。
评分细则 (总分 100 分)	<p>方案科学性(40 分)：采样方案合理性 15 分，样品保存与运输规范性 10 分，分析方法与质控措施得当 15 分。</p> <p>报告质量(30 分)：结构完整逻辑清晰 10 分，标准引用与术语规范 10 分，数据审核与误差分析深入 10 分。</p> <p>团队协作与答辩表现(20 分)：分工明确协作高效 5 分，答辩陈述条理清楚 10 分，回答问题准确有据 5 分。</p> <p>创新性与工程适用性(10 分)：规范前提下提出优化建议或成本控制措施 5 分，对异常情况的预案 5 分。</p>

通过上述表格化教学设计，学生得以在模拟真实职业场景中强化全过程数据意识，并为同行教师提供一套可直接迁移的完整教学案例。在此过程中，还可邀请水利部门或水质监测中心的行业专家参与评审，从实用性、经济性与规范性等角度提供专业反馈。通过模拟真实职业场景，学生能够提前适应行业工作流程，锻炼运用多学科知识解决复杂工程问题的能力。

4.4. 标准规范解读

标准规范解读环节将行业实际工作依据引入课堂。教师可将《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)¹、

¹https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/shjhb/shjzlbz/200206/t20020601_66497.htm

《水质采样技术指导》(HJ 494-2009)²、《水质样品的保存和管理技术规定》(HJ 493-2009)³等国家与行业标准融入教学,引导学生自主查阅并解读与技术关键点相关联的条款。课堂中可选取某一具体规定,如测定重金属的水样应加酸至 $\text{pH} < 2$,组织学生讨论其科学依据及未遵守的后果。这一过程不仅有助于学生建立标准化、规范化的职业意识,也为未来快速适应行业准则奠定基础。

4.5. 多元化评价机制

为打破传统应试评价模式的局限,需建立过程与结果并重的多元化评价体系,重点考察学生对水环境数据产生全过程的逻辑理解与原理应用能力。具体而言,应减少概念默写、操作步骤简述、标准化计算等题型,增加案例分析、数据评估与方案设计等主观性题目,引导学生结合水利专业实际判断数据可靠性、分析误差来源并设计可行的调查监测方案。同时,可将课堂研讨参与度、小组项目成果质量、实验报告中的反思深度纳入过程性评价,并适时邀请行业专家参与项目答辩,从实用性与严谨性等角度提供反馈^[11]。通过这样的评价机制,切实培养学生解决复杂问题的核心能力,实现数据素养的全面提升。

5. 结语

《水质监测》等相关课程在水利类专业中的设立,其意义不只在传授水质分析的技术知识,更在于培养学生以全过程质量控制为内核的科学数据素养。随着水环境问题日趋复杂和水资源管理要求不断提高,水利工程实践与科学研究日益依赖高可信度的水质数据。能否科学地采集、理解、评估和运用这些数据,已成为衡量现代水利类人才专业能力的重要标尺。面对水源地保护、富营养化防治、地下水污染溯源、水利工程环境影响评价等跨领域复杂挑战,仅掌握单一的仪器操作技能已远不能适应行业发展要求。

在教学中应突破传统操作主义局限,强调从采样点位布设、样品保存与运输、前处理操作到仪器分析与结果解读各环节的规范性,引导学生立足分析原理解操作背后的逻辑,培养批判性思维能力。这种教学模式的转变,对教师也提出了更高要求:教师不再仅是实验操作的示范者,更应成为水环境监测案例的设计者、项目式学习的引导者以及数据思维的激发者。

通过系统重构教学目标与策略,推动教学内容与行业规范及实际工程问题深度融合,使水利类专业学生切实认识到《水质监测》等相关课程在未来职业中的重要支撑作用。最终,学生无论进入水文监测、水资源评价、水利工程管理或水环境科研岗位,都能以严谨的数据意识、扎实的评估能力和高度的专业责任感,成长为能在多学科协作中发挥关键作用的高素质科技人才,从而应对日益复杂的水环境挑战与水利工程需求。

基金项目

2025 年武汉大学实验技术项目(WHU-2025-SYJS-027),湖北省自然科学基金项目(2023AFD204)。

参考文献

- [1] 聂瑾芳, 金文英, 袁亚利. 分析化学跨学科混合式教学模式探索与实践[J]. 大学化学, 2021, 36(9): 25-33.
- [2] 史俊友, 景年华, 赵红艳. 非化学类专业分析化学课程教学思考与探讨[J]. 山东化工, 2017, 46(18): 168+171.
- [3] 袁亚利, 聂瑾芳. 非化学专业分析化学课程教学反思[J]. 教育教学论坛, 2020(36): 321-322.
- [4] 李志义. 适应认证要求推进工程教育教学改革[J]. 中国大学教学, 2014(6): 9-16.
- [5] 唐晶, 夏静芬, 张建. 基于 OBE 教育理念的工科专业教学改革实践——以浙江万里学院环境工程专业为例[J].

²https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/200910/t20091010_162158.htm

³https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/200910/t20091010_162157.htm

社会与公益, 2026(1): 192-194.

- [6] 李京玲, 常丽芳, 张永波. 基于问卷调查的水环境化学实验教学分析[J]. 教育教学论坛, 2019(43): 65-67.
- [7] 赵雪, 姜国玉, 吴海霞. 面向非化学专业学生的分析化学授课实践与改革[J]. 大学化学, 2026, 41(2): 123-130.
- [8] 庄媛, 陶武, 陆慧丽, 等. 将实验室内部质量控制引入分析化学实验教学[J]. 实验室科学, 2018, 21(1): 31-33.
- [9] 曹丽伟. 非化学专业《分析化学》课程教学改革探讨[J]. 广州化工, 2014, 42(12): 243-244.
- [10] 沙鸥, 马卫兴, 李艳辉, 等. 案例教学法在制药工程专业无机及分析化学教学中的应用研究[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(1): 204-206.
- [11] 张苗, 陈高伟, 闫毅, 等. 法国工程师教育对我国国防军工高校高等化学教育的启示[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(22): 124-129.