

AIGC 赋能水分析化学“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式研究

闫喜凤 吕朋 柯平超 卢玢宇
东华理工大学水资源与环境工程学院

摘要 针对水分析化学课程教学中存在的理论与实践脱节、教学内容滞后、产教融合不畅及评价方式单一等问题,本研究基于建构主义学习理论和情境学习理论,融合工程教育认证的 OBE 理念,构建 AIGC 技术赋能的“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式。该模式以“问题导向”与“目标导向”为外部“双驱”动力,系统整合“知识图谱—能力图谱—素质图谱”作为育人目标内核,通过“教学链—实验链—实践链—创新链”协同作为实施路径。本研究为 AIGC 赋能水分析化学课程教学改革提供了理论框架和实践案例,对环境类专业课程教学创新具有参考价值。

关键词 水分析化学; AIGC; 三谱融合; 四链协同

DOI <https://doi.org/10.6938/iie.08020305> 文章编号 2664-5327.2026.0803.30-37

引言

水分析化学是环境工程、给排水科学与工程等专业的重要核心课程,对学生水质分析能力、工程实践素养及创新思维培养具有重要作用^[1]。随着新工科建设的深入推进以及工程教育认证的广泛实施,传统课程教学逐渐暴露出理论与实践脱节、教学内容更新滞后、产教融合不足以及评价方式单一等问题^[2-3],难以满足新时代环境类专业高素质创新人才培养需求。

近年来,生成式人工智能(AIGC)迅猛发展,为教育数字化转型提供了强大动力^[4]。AIGC 不仅可作为辅助教学工具,更具备驱动课程结构与教学模式系统性重塑的潜力^[5]。国际上, AIGC 已从辅助教学工具逐渐演进为驱动课程改革的核心力量,尤其在化学实验教学领域,虚拟仿真与远程实验已得到广泛应

基金项目: 江西省本科教改项目“三谱融合·四链协同”驱动下水分析化学课程改革与实践研究(项目编号: BKJG-2026-6-18)、新质生产力背景下基于人工智能驱动的创新创业特色课程的规划与探索(项目编号: JXJG-24-6-21); 江西省研究生教改项目“四维三级·双轴驱动: 资源与环境专业研究生实践创新能力培养机制研究”(项目编号: YJSJG-2026-06-07); 东华理工大学教改项目“基于中西部矿业类高校虚拟教研室建设创新环境工程专业人才培养模式”(项目编号: DHJG-25-21)。

作者简介: 闫喜凤, 女, 1980 年生, 吉林长春人, 东华理工大学水资源与环境工程学院副教授, 研究方向为环境分析与监测。联系地址: 江西省南昌市经济开发区广兰大道 418 号, E-mail: 48106490@qq.com。

© The Author(s) 2026. **Article History:** Received: 05 December 2025; Accepted: 10 February 2026; Published: 15 June 2026 (online), (print). CC BY-NC-ND 4.0.

产教融合研究 (Chanjiao ronghe yanjiu) *Integration of Industry and Education*, ISSN 2664-5327 (Print), ISSN 2664-5335 (Online). Published by Creative Publishing Co., Limited 开元出版有限公司 (CPCL®). <https://iie.hk>, <https://cpcl.hk>, Email: cpcl@cpcl.hk.

用^[6]。在国内,高校与教育主管部门积极推动智慧教育和教育数字化战略,强调构建以“知识图谱、能力图谱、素质图谱”为核心的育人新范式^[7]。

然而,当前 AIGC 赋能教学仍存在若干亟待解决的问题:一是教学模式缺乏系统整合,“三谱”未贯穿课程教学过程全链条;二是虚实教学平台脱节,虚拟仿真平台与真实工程训练衔接不足;三是产教资源协同效能不足,产业需求与人才培养目标存在脱节;四是科学化评价机制建设滞后,缺乏对实践创新能力的过程性监测与多维度量化评估^[8]。

在此背景下,本研究以 AIGC 技术为关键赋能手段,紧扣工程教育认证的 OBE 理念和区域发展战略,构建“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式,旨在系统破解水分析化学课程教学面临的瓶颈问题,实现育人质量的全面提升,并为同类课程改革提供可资借鉴的范式。

一、研究理论与研究模式

本研究的理论基础主要包括建构主义学习理论、情境学习理论以及工程教育认证的 OBE (Outcome-Based Education) 理念。建构主义学习理论强调学习是学习者主动建构知识的过程,教学应创设有利于学生主动探索的学习环境^[9]。在本模式中, AIGC 技术通过生成个性化学习路径和资源,为学生提供自主探索的知识建构空间。

情境学习理论认为学习是学习者参与实践活动、与环境互动的过程,知识处在情境中并被不断发展^[10]。为此,本模式通过引入真实行业案例和项目,创设逼近真实工作情境的学习环境,促进学生对知识的深层次理解和迁移应用。OBE 教育理念强调以学生最终获得的能力结果为导向,反向设计课程体系和教学活动^[11]。本模式中的“三谱”体系正是基于 OBE 理念,将毕业要求细化为可观测、可评估的具体指标,贯穿于教学全过程。

本模式的核心内涵在于以 AIGC 技术为支撑,实现“双驱”“三谱”与“四链”的有机贯通与协同,形成一个完整的教学生态系统。“双驱”机制指“问题导向”与“目标导向”的双重驱动。其中,“问题导向”主要针对课程教学中的核心矛盾,如学用脱节、虚实脱节、产教脱节;“目标导向”则对接国家战略与产业创新人才培养要求,确保改革方向的正确性。双驱机制为教学模式提供了持续改进的外部动力^[12]。

“三谱”融合是指“知识图谱、能力图谱、素质图谱”的有机融合^[13],这是对传统“知识、能力、素质”育人目标的系统化、结构化与可视化升级。具体而言,知识图谱按照“核心知识—支撑知识—拓展知识”三级结构组织课程内容,明确知识点间的逻辑关联和应用场景;能力图谱基于“基础技能—核心技能—综合技能”三阶递进框架,量化能力标准并绑定具体训练场景;素质图谱则从“职业素养—科学素养—社会素养”三个维度,将抽象素质目标转化为具体可观测的行为指标。

“四链”是指“教学链—实验链—实践链—创新链”的环环相扣与协同促进^[14]。其中,教学链是基于“三谱”的系统化知识建构过程,强调理论知识的系统性和前沿性;实验链通过虚实结合的实验项目,培养学生的基本操作技能和科学探究能力;实践链借助真实项目和案例教学,强化学生的工程实践能力和解决复杂问题能力;创新链则依托科研项目和学科竞赛,激发学生的创新思维和创业精神。四链之间并非简单的线性关系,而是相互渗透、相互促进的网状结构,共同支撑学生实践创新能力的系统提升^[15]。

二、AIGC 技术在模式中的赋能与框架

AIGC 技术在本模式中扮演着“赋能者”与“催化剂”的角色，其赋能作用主要体现在五个方面。第一，个性化学习路径生成。基于学生学习数据和行为分析，AIGC 可动态生成符合个体差异的学习路径与资源推荐，实现“因材施教”。第二，智能教学资源开发。AIGC 可协助教师快速开发虚拟仿真实验、案例库、习题库等教学资源，显著提升资源建设效率。第三，虚实融合实验设计。通过 AIGC 技术可以设计高度逼真的虚拟实验环境，让学生在零风险条件下进行探索性学习，并与实体实验形成互补。第四，智能评价与反馈。AIGC 能够实现对学生学习过程的全程数据采集与分析，提供及时、精准的学习反馈和个性化指导。第五，教学决策支持。基于大数据分析，AIGC 可为教师提供教学效果评估和教学模式优化的数据支持，推动教学持续改进。

基于上述理论基础与内涵解析，本研究构建“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式，其总体框架如图 1 所示。该框架将 AIGC 的各类赋能作用有机融入教学全过程，以实现个性化、情境化与成果导向的工程教育目标。

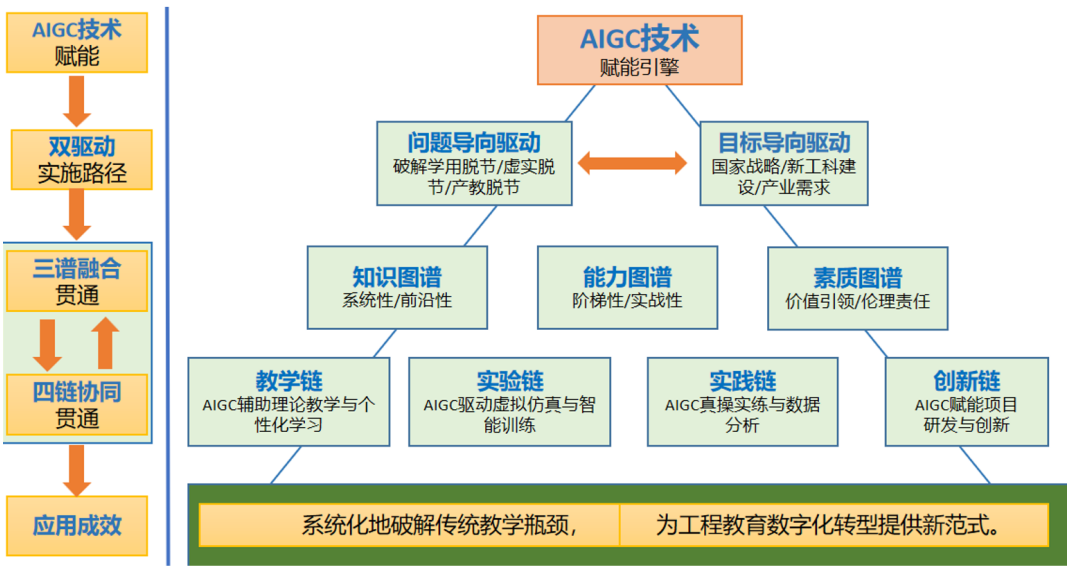


图 1：“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式总体框架

该框架体现了“双驱”外力牵引、“三谱”目标内核与“四链”实施路径之间的内在逻辑关系。AIGC 作为赋能层，渗透至“三谱”构建与“四链”运行的各个环节，形成一个内外联动、双向赋能的有机整体。

三、教学实践与实施路径

以化学需氧量（COD）测定这一核心教学单元为例，阐述“三谱”对教学内容的系统性重构。传统教学目标与“三谱”体系的详细对比如表 1 所示。

通过“三谱”构建，将宏观课程目标分解为微观、可观测、可评估的具体指标，为 AIGC 支持下的精准教学与评价奠定了基础。这种系统化重构不仅解决了传统教学目标“宏观抽象、难以落地”的问题，还为课程内容的动态更新和个性化适配提供了结构化框架。

“四链协同”机制是实现“三谱”育人目标的核心路径，四链之间相互关联、层层递进，形成完整的能力培养闭环。基于“三谱”体系，对水分析化学课程内容进行模块化重构，形成“基础理论—核心技能—综

表 1: 传统目标体系与“三谱”图谱体系的比较

对比维度	传统目标体系	图谱化体系（三谱）	核心改进
知识维度	以知识点罗列为主，强调 COD、氨氮等指标测定原理，知识间关联性弱，缺乏行业应用导向	构建“核心知识—支撑知识—拓展知识”三级知识图谱，明确知识逻辑关系与工程应用场景	由“碎片化知识”转向“系统化知识网络”
能力维度	强调基本实验操作能力，但缺乏量化标准与真实场景训练	构建“基础技能—核心技能—综合技能”递进式能力图谱，并绑定工程实践场景与能力指标	由“模糊能力培养”转向“阶梯化能力生成”
素质维度	注重科学态度与环保意识培养，但目标较抽象，缺少评价依据	构建“职业素养—科学素养—社会素养”素质图谱，将素质要求转化为可观测行为指标	由“抽象素质要求”转向“显性化素质评价”

合应用—创新拓展”四大模块。在教学过程中，充分利用 AIGC 工具动态组织教学内容，例如利用 ChatGPT 生成个性化习题，利用 DALL-E 生成化学反应机理可视化图示，利用虚拟仿真平台创建交互式学习环境等。特别是在“水中新兴污染物分析”专题中，AIGC 辅助生成了一系列基于真实场景的案例，如“区域水体抗生素污染特征及风险评估”“微塑料在不同水环境中的迁移转化行为”等，极大丰富了教学内容的前沿性和实用性。

针对传统实验教学受限于设备、场地、安全等因素的问题，课程开发了“COD 虚拟仿真测定”“重金属在线监测虚拟实验”“水质自动监测系统仿真”等系列虚拟实验项目。学生首先在 AIGC 辅助的虚拟平台上进行模拟训练和方案优化，如通过调整不同实验参数观察 COD 测定结果变化，探索最佳实验条件；然后再进入实体实验室进行操作，有效降低实操风险，提高实验效率。虚拟实验与实体实验的学时比例优化为 1:2，既保证学生基本操作技能培养，又拓展实验内容的深度和广度。

在实践链环节，课程与江西省生态环境监测中心、本地污水处理厂等机构合作，引入“区域水体新污染物筛查”“污水处理厂出水水质评价”“饮用水源地季节性水质变化分析”等真实项目。学生以小组形式参与项目全过程，从方案设计、样品采集、实验分析到报告撰写，全面体验实际工作流程，并利用所学知识对水质数据进行分析，识别主要污染源和关键污染因子。

在创新链环节，课程依托学院现有国家级与省级创新实践平台，以及与英国 PRIMA 公司共建的“水处理创新实验室”，鼓励学生在实践基础上开展创新研究。近两年来，学生先后获国家级大学生创新创业项目立项，5 项获省级奖项，申请专利 2 项。AIGC 技术在创新链中主要发挥文献调研辅助、实验方案优化、数据分析支持等作用。

“四链”之间并非线性顺序，而是相互交织、协同促进的网状关系。例如，在实践链中遇到的问题可以反馈至教学链，促进教学内容更新；在创新链中产生的成果可以转化为实验链的教学资源，形成良性循环。这种协同机制共同支撑学生实践创新能力的阶梯式成长。

从课程实践效果看，“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式有助于改变以往水分析化学教学中过度依赖教材章节推进、实验训练与工程问题衔接不足的状况。在知识学习层面，学生不再只是按照章节顺序记忆分析原理和检测步骤，而是通过知识图谱理解不同水质指标、分析方法和工程应用场景之间的关系；在能力培养层面，学生能够围绕真实水环境问题开展样品采集、指标检测、数据判断和报告撰写，逐步形成从实验操作到工程解释的完整能力链条；在素质发展层面，学生在项目实践中更加直观地理解环境监测工作的规范性、责任性和社会价值。

在教学组织方式上，该模式也推动教师角色由“知识讲授者”转向“学习设计者”和“过程指导者”。教师需要在课前依据“三谱”体系确定教学重点、资源类型和能力达成标准；在课中根据学生学习数据和任务完成情况进行动态指导；在课后依据评价结果对教学内容、实验项目 and 实践任务进行迭代优化。AIGC

在这一过程中不是简单增加课堂技术元素,而是通过资源生成、问题设计、学习诊断和反馈优化,帮助教师提升教学设计的精准性和教学改进的及时性。

在产教融合层面,实践项目的引入使课程内容能够与区域生态环境监测、污水处理运行、水质安全保障等行业需求保持联系。学生在真实项目中理解检测指标背后的工程意义和治理价值,能够将课堂中的标准方法、实验规范和数据分析迁移到实际问题解决之中。企业和行业机构则可以通过项目任务、案例素材和评价反馈参与课程建设,使课程改革不再局限于校内教学环节,而是形成学校、行业与学生共同参与的育人共同体。

该模式对于环境类专业其他实验实践课程也具有一定迁移价值。对于环境监测、环境工程微生物学、污染控制工程等课程而言,均可根据课程特点构建相应的知识图谱、能力图谱和素质图谱,并通过教学链、实验链、实践链和创新链的协同设计,将AIGC技术嵌入课程资源建设、实验训练、项目实践和评价反馈之中。由此可以形成以课程为基本单元、以专业能力培养为主线、以数字技术赋能为支撑的课程改革路径。

四、“多维评价”保障教学持续改进

构建基于PDCA循环的多维立体化教学评价体系,可以实现对学习效果的全过程、多维度、精准化评估。该评价体系首先强调评价内容的多维化,覆盖“三谱”各项指标,包括理论知识掌握度、实验操作规范性、工程实践能力、创新思维水平、职业素养表现等。

在评价主体与方式上,体系注重多元参与和多种方法结合。评价主体引入教师评价、学生自评、小组互评、企业导师评价等,确保评价结果的全面性和客观性。评价方式综合运用课堂表现、虚拟实验报告、项目成果、创新作品、期末考试等多种形式,特别强化过程性评价与能力考核。

评价过程强调数据化与反馈及时化。利用学习管理平台和AIGC工具采集全过程数据,如虚拟实验操作轨迹、项目参与度、创新成果质量等,进行学习分析与能力画像。基于数据分析结果,为学生提供个性化学习反馈和改进建议,为教师提供教学策略调整的依据。

在具体实施中,课程设计了水分析化学课程能力达成度评价表,将“三谱”中的关键指标转化为可量化的评价标准,并设定不同能力水平的描述符。例如,在“COD测定”能力评价中,区分“初级(能完成基本操作)”“熟练(能独立完成测定并控制误差)”和“能手(能解决复杂问题并优化方法)”三个水平,使评价更加科学和精准。通过这一评价体系,形成“监测—评估—反馈—优化”的闭环管理机制,为教学模式持续改进提供有力支撑。每一轮教学结束后,基于评价结果对教学模式进行针对性优化,如调整四链的协同方式、更新三谱的具体指标、优化AIGC的应用策略等,实现教学质量的螺旋式上升。

从推广应用看,多维评价体系还需要与课程资源建设、教师能力发展和校企协同机制同步推进。首先,在课程资源建设层面,应围绕水分析化学的核心知识点、典型实验项目和真实工程案例,持续完善案例库、习题库、虚拟仿真实验库和项目任务库,使AIGC生成内容具有稳定的知识来源和应用边界。其次,在教师能力发展层面,应加强教师对AIGC工具、学习分析方法和工程教育认证要求的理解,提升教师将技术工具转化为教学策略的能力,避免技术应用停留在资源生成或课堂展示层面。再次,在校企协同层面,应建立行业导师、企业项目和课程评价之间的常态化接口,使产业需求能够及时反馈到“三谱”指标更新和“四链”任务设计之中。

同时,AIGC赋能课程改革并不意味着以技术替代教师的教学判断。对于水分析化学这类兼具理论性、实验性和工程性的课程而言,教师仍需对生成内容进行专业审查、情境转化和价值引导。尤其在水质监测数据解释、实验误差分析、环境风险判断等环节,学生既要掌握工具使用能力,也要形成基于科学证据的

分析判断能力。因此,在教学组织中应强调“人机协同”而非“机器替代”,通过教师引导、学生探究和 AIGC 辅助之间的合理分工,保障课程改革始终服务于学生综合能力提升。

此外,数据安全与学术规范也是该模式持续运行的重要边界。课程在采集学生学习行为、实验轨迹和项目成果数据时,应明确数据使用目的、范围和权限,保护学生个人信息与学习隐私。在创新链和项目实践环节,还应规范学生对 AIGC 生成文本、图像和方案的使用方式,引导学生标注 AI 辅助过程,强化原创意识和学术诚信意识。只有在技术伦理、数据治理和教学质量保障同步完善的条件下,“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式才能从单门课程经验转化为可复制、可推广的课程改革范式。

进一步而言,该模式在运行过程中还应形成可持续的课程档案机制。教师可围绕每一轮教学建立“问题清单—资源清单—任务清单—评价清单”的过程档案,记录学生在知识理解、实验操作、项目实践和创新成果中的关键表现,并将这些数据反馈到下一轮课程设计之中。通过持续积累课程案例、学生作品、企业评价和 AIGC 辅助生成记录,课程团队能够逐步形成稳定的教学资源库和质量改进证据链,为后续专业认证、课程建设和教学成果推广提供支撑。

五、结论

本研究基于建构主义学习理论、情境学习理论和 OBE 教育理念,构建 AIGC 赋能的“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式。研究形成以下主要结论:

第一,该模式通过“双驱”机制为教学改革提供持续外部动力,通过“三谱”融合实现育人目标的系统化和精细化,通过“四链”协同构建能力培养的完整路径,形成目标体系与能力培养路径协同联动的教学机制。

第二,AIGC 技术在模式中发挥关键赋能作用,特别是在个性化学习路径生成、智能教学资源开发、虚实融合实验设计、智能评价与反馈等方面,显著提升了教学效率和质量。

第三,教学实践表明,该模式有效促进学生知识、能力、素质协调发展,显著提升学生的实验操作规范性、工程实践能力和创新思维水平,同时促进教师教学能力的数字化转型和产教融合的深度推进。

总体而言,“双驱—三谱—四链”教学模式的有效实施,需要学校政策支持、教师能力提升、技术平台支撑、企业资源整合等多方面条件协同配合,是一个系统工程。未来,课程团队将在现有基础上进一步优化模式运行机制,扩大实践范围,深化理论研究,不断提升模式的成熟度和推广价值。

引用本文 闫喜凤,吕朋,柯平超,卢玢宇. AIGC 赋能水分析化学“双驱—三谱—四链”贯通式教学模式研究[J]. 产教融合研究,2026,8(3):30–37. <https://doi.org/10.6938/ie.08020305>.

Cite This Article Xifeng YAN, Peng LV, Pingchao KE, Binyu LU.(2026). Research on an AIGC-Empowered “Dual-Drive–Three-Map–Four-Chain” Integrated Teaching Model for Water Analytical Chemistry. *Integration of Industry and Education(Chanjiao ronghe yanjiu)*, 8(3):30-37. <https://doi.org/10.6938/ie.08020305>

参考文献

- [1] 刘艳彪,薛罡,谢梦娇,等.“价值塑造、能力培养、知识传授”三位一体的研究生培养模式探索与实践[J]. 高教学刊,2025,11(28):167–170.
- [2] 张欢欢,林婕. 基于 OBE 理念的高职老年保健专业产教融合实践研究[J]. 科技风,2025(30):45–48.
- [3] 张蔚虹,刘思彤,史会斌,等.DeepSeek 赋能高校智能财务人才培养的机理与路径 [J/OL]. 会计之友,2025(22):43–51[2025-10-29].

- [4] 付卫东, 于旭晨. 乡村学生数字教育产品应用风险: 典型表征与化解路径 [J/OL]. 当代教育论坛, 2025: 1–15 [2025-10-29].
- [5] 郭丹. AIGC 技术迭代背景下视觉传达设计专业人机协同课程体系重构研究 [C]//北京中外视觉艺术院, 视觉艺术与人文学科国际研讨会组委会. 第二届视觉艺术与人文学科国际研讨会论文集. 成都: 成都文理学院, 2025: 63–65.
- [6] 郭佳楠. 生成式人工智能助推大学课程创生中面临的机遇、挑战与应对——以 ChatGPT 为例 [J]. 应用型高等教育研究, 2023, 8(4): 43–50.
- [7] 王明舜. 破局与重构: 我国终身教育面临的挑战与机遇 [J/OL]. 高教发展与评估, 2025: 1–11 [2025-10-29].
- [8] 唐绍华. “三高四新” 战略下高职新工科专业课程教学模式研究与实践 [J]. 知识经济, 2025(28): 178–180, 184.
- [9] 郭巧能, 陈秋芳, 宋平新, 等. 面向拔尖创新人才培养的大学物理课程思政教学评价定量分析研究 [J/OL]. 大学物理, 2025: 1–8 [2025-10-29].
- [10] 胡静. 高中物理情境问题解决的策略研究与应用 [D]. 扬州: 扬州大学, 2025.
- [11] 刘淑媛. 专业学位研究生教育评价重塑: OBE 理念引领与新质生产力协同驱动的创新实践 [J]. 黑龙江教育 (理论与实践), 2025(10): 53–57.
- [12] 张根宝, 王春晓, 李卉, 等. 基于学生导航视角的岩土工程课程思政的需求侧诠释 [J]. 科教文汇, 2023(22): 139–141.
- [13] 杨国辉, 邓景文. 基于“大思政课”的大学生社会实践双驱双效育人模式探究 [J]. 湖南科技学院学报, 2025, 46(2): 82–86.
- [14] 黄琳, 周思雨. “红色铸魂智创未来”——第一届大学生红色金融创新创业大赛决赛及学术交流综述 [J]. 领导科学论坛, 2025(6): 158–160.
- [15] 周向峰. “双链耦合、双驱协同”: 职业教育产教融合创新机制 [J]. 江苏教育研究, 2025(9): 44–50.

Research on an AIGC-Empowered “Dual-Drive-Three-Map-Four-Chain” Integrated Teaching Model for Water Analytical Chemistry

Xifeng YAN, Peng LÜ, Pingchao KE, Binyu LU

School of Water Resources & Environmental Engineering, East China University of Technology, Nanchang 330013, China

Abstract To address the problems existing in the teaching of Water Analytical Chemistry, including the disconnection between theory and practice, outdated teaching content, insufficient integration of industry and education, and single-dimensional evaluation methods, this study constructs an AIGC-empowered “Dual-Drive-Three-Map-Four-Chain” integrated teaching model based on Constructivist Learning Theory, Situated Learning Theory, and the Outcome-Based Education concept of engineering education accreditation. In this model, “problem-oriented” and “goal-oriented” approaches serve as the external dual driving forces, while the “Knowledge Map-Competency Map-Quality Map” framework constitutes the core system of educational objectives. Meanwhile, the coordinated “Teaching Chain-Experimental Chain-Practice Chain-Innovation Chain” serves as the implementation pathway for curriculum reform. This study provides a theoretical framework and practical case for the teaching reform of Water Analytical Chemistry empowered by AIGC technologies, offering valuable references for pedagogical innovation in environmental-related disciplines.

Keywords Water Analytical Chemistry; AIGC; Three-Map Integration; Four-Chain Collaboration

〔责任编辑：黄欣 cpcl@cpcl.hk〕