

以兰炭废水为例的水环境监测实验课程改革

刘燕 陈庆 郗元帅

神木职业技术学院, 陕西神木, 719300;

摘要: 在“双碳”目标和生态文明建设协同推进的时代背景下, 水环境质量的保障已然成为了环境科学领域的核心议题, 兰炭作为我国富油煤清洁高效利用所产出的关键产物, 其在生产过程里产生的高浓度有机废水, 由于含有酚类、多环芳烃、氨氮等多种有毒有害的物质, 有成分复杂、难以降解、污染负荷较高等特点, 这便对周边水体生态系统以及人类健康形成了潜在的威胁。本文把前沿监测技术与课程教学深度融合, 提出了以兰炭废水作为例子水环境监测实验课程改革创新的路径, 以此为我国水环境治理与保护事业培育出高素质的应用型人才。

关键词: 兰炭废水; 水环境监测; 实验课程; 改革

DOI: 10. 64216/3080-1494. 25. 03. 016

引言

传统的水环境监测实验课程大多将重点放在常规污染物指标上, 实验内容和实际工业废水处理场景相脱节, 教学手段主要是验证性实验, 很难培养学生应对复杂环境问题的实践能力以及创新思维, 兰炭废水有特殊的污染特性, 这对环境监测技术提出了更高的要求, 同时也为实验课程改革提供了非常有价值的实践载体。把兰炭废水作为研究对象来开展水环境监测实验课程改革, 这是对接产业需求、强化专业实践教学的一项关键举措, 也是落实新工科教育理念、提升环境类专业人才培养质量的必然选择。

1. 兰炭废水对水环境造成的影响

1.1 水体生态系统遭到严重破坏

兰炭废水产污主要包括低温干馏、荒煤气洗涤净化和兰炭成品熄焦三个环节。荒煤气净化废水和兰炭熄焦水占兰炭废水水量的主要部分, 兰炭废水中含有的酚类化合物以及多环芳烃有较高毒性, 一旦流入自然水体, 便会对水生生物造成直接危害, 酚类物质可使蛋白质凝固, 干扰水生生物的细胞代谢以及酶活性, 致使鱼类等水生动物的鳃、肝、肾等器官出现病变, 对其呼吸、摄食以及繁殖功能产生影响, 多环芳烃有致癌、致畸以及致突变的效应, 会在水生生物体内依靠食物链进行富集, 从浮游生物直至大型鱼类, 每个营养级的生物都无法避免受到影响。这种毒害作用会打破水体原本的生态平衡, 使得生物多样性大幅减少, 一些敏感物种甚至走向灭绝, 水生生态系统的结构与功能遭受严重破坏^[1]。

1.2 水质恶化引发连锁反应

兰炭废水中存在高浓度氨氮以及有机污染物, 这些

是致使水质恶化的关键所在, 氨氮于水体里会耗费大量溶解氧, 引发水体富营养化, 一旦氨氮浓度过高, 水体中的藻类便会快速繁殖, 形成水华现象, 水华爆发之时, 会遮挡阳光, 抑制水下植物的光合作用, 致使其死亡腐烂, 消耗溶解氧, 而且还会释放藻毒素, 对其他水生生物以及人类健康造成危害。另外废水中的有机污染物在降解进程中同样会消耗大量溶解氧, 使得水体处于缺氧或者厌氧状态, 引发黑臭现象, 水质恶化还会对水体的感官性状产生影响, 降低其作为饮用水源、灌溉水源以及工业用水水源的可用性, 对周边地区的供水安全以及农业生产构成威胁。

1.3 地下水污染风险加剧

倘若兰炭废水没有经过有效的处理就直接排放, 或者是借助渗漏的方式进入到土壤当中, 那么就会对地下水造成十分严重的污染, 废水中含有的污染物有比较强的迁移性, 其中一部分污染物像是小分子酚类、氨氮等可穿透土壤的孔隙, 然后随着地下水流进行扩散, 一旦地下水遭受了污染, 其修复的难度是非常大的, 而且污染所产生的影响有长期性以及隐蔽性。地下水受到污染会让地下水资源的质量有所下降, 影响居民的饮用水安全, 还可能会借助地下水与地表水之间的交互作用, 将污染扩散到周边的河流、湖泊等水体当中, 形成恶性循环, 另外地下水污染还会对土壤生态系统产生间接的影响, 改变土壤的理化性质以及微生物群落结构, 对土壤肥力以及农作物生长造成影响, 对整个区域的生态环境安全以及可持续发展构成威胁。

2 针对兰炭废水水环境监测实验课程改革的重要性

2.1 优化教学体系，推动课程创新

传统的水环境监测实验课程主要是以验证性实验作为主体，其实验内容比较陈旧，而且重复性较高，使得学生处于被动参与的状态，很难激发他们的创新思维，若以兰炭废水作为研究对象来开展课程改革，可引入一些前沿的监测技术以及分析方法，像利用生物传感器快速检测酚类物质，借助高光谱遥感技术监测水体污染扩散等^[2]。借助设计综合性以及设计性的实验项目，促使学生自主去设计监测方案，选择检测手段，并分析实验数据，以此推动实验课程从“知识验证”朝着“创新实践”进行转型，优化课程体系结构，提升教学内容的时代性和实践性，构建出更为科学且更具活力的实验教学体系。

2.3 提升人才质量，增强就业竞争力

如今环境行业对于人才的实践能力以及综合素养方面的要求持续提高，围绕兰炭废水展开的课程改革，可促使学生于真实的污染场景当中锻炼自身解决问题的能力，学生在进行实验时，需要综合运用化学、生物学以及环境工程等多学科的知识，来解决兰炭废水监测里存在的如干扰物质如何去除、痕量污染物怎样精准检测等复杂问题。如此这般培养出来的跨学科实践能力，可提升学生的专业素养以及创新能力，那些拥有兰炭废水监测实践经验的学生，在求职的时候更可符合企业的需求，于就业市场中崭露头角，提高自身的就业竞争力。

2.4 助力生态保护，服务可持续发展

若兰炭废水处理不得当，那么将会对生态环境造成无法逆转的破坏，经由课程改革来培养更多掌握兰炭废水监测技术的专业人才，可提升对兰炭废水污染的预警以及防控能力，学生在学习期间，可深切认识到兰炭废水污染的严重程度，树立起生态保护意识，在未来，这些人才投入到环境监测与治理工作中，可以精确掌握兰炭废水排放动态，为污染治理提供科学的依据，可区域生态环境得到改善，推动兰炭产业朝着绿色转型方向发展，实现经济发展与生态保护的协同共同进步，为生态文明建设以及可持续发展贡献出一份力量。

3 兰炭废水为例的水环境监测实验课程改革的建议

3.1 优化课程内容，强化实践针对性

当下水环境监测实验课程的内容和兰炭废水处理的实际需求之间存在着比较大的脱节情况，急需构建起以兰炭废水为核心的特色教学内容体系，在基础实验模块当中，应当紧紧围绕兰炭废水的典型污染物来设置实验项目，就拿酚类物质监测来说，可以引入 4-氨基安

替比林分光光度法，详细讲解显色反应的原理、标准曲线绘制的方法以及干扰物质消除的技巧，让学生熟练掌握酚类物质的定量检测技术，对于氨氮指标的测定，除了传统的纳氏试剂分光光度法之外，还可引入离子色谱法，对比这两种方法的优缺点，以此让学生理解不同检测手段的适用场景^[3]。在综合实验环节，可以设计从水样采集、预处理一直到多指标联合分析的全流程实验项目，例如模拟兰炭废水处理厂出水监测的场景，要求学生依据《地表水和污水监测技术规范》确定采样点以及采样频率，运用固相萃取、液液萃取等预处理技术去除水样中的杂质，再综合使用气相色谱-质谱联用仪、高效液相色谱仪对多环芳烃、酚类、氨氮等十余项指标进行定性定量分析，并且结合水环境质量标准对监测结果进行评价。依靠这类综合性实验，培养学生运用多学科知识解决复杂环境监测问题的能力，课程应当及时引入行业前沿技术，像是生物毒性检测技术中的发光细菌法，这种方法可快速评估兰炭废水对生物体的综合毒性，以及基于物联网的在线监测系统，学生可学习如何凭借传感器网络实时采集水质数据，并且利用云计算平台进行数据分析与预警。

3.2 创新教学模式，提升学生参与度

传统那种“教师演示-学生模仿”的教学模式如今已没办法契合培养创新型人才的需要了，迫切需要采用把项目式教学、翻转课堂以及虚拟仿真实验结合起来的多元化教学模式，在项目式教学里，教师可设定像“某兰炭企业周边流域水环境质量评估”这样的真实项目，就拿陕西榆林的某兰炭园区来说，学生分组以后要实地去调研园区的生产工艺、废水排放状况，自己设计采样方案，利用地理信息系统也就是 GIS 来确定采样点的布局。在数据分析阶段，要对监测数据做统计分析，也要建立污染物扩散模型，以此预测污染的趋势，依靠完整的项目实践，学生可在真实场景中掌握监测技能，同时还可以提升团队协作以及项目管理的能力，翻转课堂的实施可以借助在线教学平台，像中国大学 MOOC、雨课堂等，教师提前上传兰炭废水监测的理论知识视频，例如 GC-MS 仪器原理与操作教程，以及文献资料，也就是最新的兰炭废水监测技术研究论文以及预习测试题，让学生在课前完成学习并且提交测试反馈。在课堂上，教师针对学生普遍存在的难点问题重点讲解，并且组织小组讨论，例如探讨“怎样降低兰炭废水中复杂基质对多环芳烃检测的干扰”。

3.3 加强师资建设，打造专业教学团队

师资队伍所有的水平乃是课程改革取得成功的关

键所在,要借助内培外引以及团队建设等诸多方式,去打造一支理论基础坚实、实践经验颇为丰富的教学团队,针对校内教师而言,应当构建常态化的实践锻炼机制,学校可与内蒙古鄂尔多斯等地的兰炭企业展开合作,每年挑选 3 至 5 名教师进行为期 3 至 6 个月的挂职锻炼,让教师参与到企业的废水监测以及污染治理项目当中。就像教师在挂职期间可参与企业在线监测系统的优化工作,学习怎样去解决实际运行过程里数据异常、设备故障等问题,并且把这些经验转化成为教学案例。定期邀请行业专家举办专题讲座以及开展培训,例如邀请中国环境科学研究院从事兰炭废水处理研究的专家,讲解当下兰炭废水监测技术的发展趋势,邀请企业技术骨干分享在线监测设备的选型、安装以及运维经验。借助培训,帮助教师及时了解行业前沿技术,提升教学内容的专业性和实用性^[3]。在人才引进方面,积极引进有兰炭废水处理工程经验的企业技术人员担任兼职教师,这些兼职教师可以参与课程大纲的修订工作,将企业实际工作中的监测流程、质量控制要点融入到教学内容之中,在实验教学环节,他们可指导学生操作企业常用的监测仪器,像哈希分光光度计、赛默飞离子色谱仪等。另外建立教师教学研讨机制,每月组织一次教学研讨会,鼓励教师分享教学经验,共同开发新的实验项目,例如某高校教师团队依靠研讨,开发出了“兰炭废水处理前后毒性变化评估”这一创新性实验项目,该项目已经在多所高校得到推广应用。

3.4 完善实践平台,拓展校企合作深度

优质的实践平台对于培养学生实践能力而言是极为关键的保障,要从校内实验室建设、校外实践基地拓展以及校企科研合作等多个方面来开展相关工作,在校内实验室建设过程中,高校需要加大资金投入力度,去购置先进的兰炭废水监测仪器设备,除了常规使用的分光光度计、pH 计之外,还应当配备便携式快速检测仪,例如便携式气相色谱仪,它可实现现场快速检测苯系物等污染物,同时还要配备全自动在线监测仪,像氨氮在线监测仪,其可以实时监测废水排放口氨氮浓度的变化情况。兰炭生产过程中产生的废水量有机物浓度很高且成份复杂,含有高浓度石油类、挥发酚、多元酚、氨氮等成分,需要经过预处理后才能进行后续生化处理。要建立智能化的实验室管理系统,以此实现仪器预约、实验数据存储以及共享等功能,提高实验室的使用效率^[4]。在校外实践基地建设方面,要深化与兰炭企业、环境监测公司之间的合作,以山西某大型兰炭企业为例,学校和其共建实践基地之后,学生每学期都可前往企业开展为期 2 周的实习活动。在实习期间,学生参与企业废水

排放口的日常监测工作、厂区周边地下水采样工作、监测数据录入与分析等工作,深入了解企业的生产流程与污染治理现状,企业技术人员也会定期来到学校实验室,指导学生操作企业同款监测仪器,讲解实际工作中的操作技巧以及注意事项,而校企双方还应加强科研合作,围绕兰炭废水监测技术难题联合进行攻关。例如针对兰炭废水中痕量多环芳烃的检测难题,校企合作开发出基于纳米材料的固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱检测新方法,学生可参与科研项目的部分环节,如样品前处理方法优化、标准曲线绘制等,在科研实践中提升自身专业能力。

4 总结

综合来看,把兰炭废水作为切入点来推动水环境监测实验课程的改革,这是顺应行业发展趋势以及提升人才培养质量的必然举措,对课程内容加以优化,对教学模式给予创新,强化师资队伍建设,完善实践平台,改革考核体系,如此有望构建出更具针对性和实用性的教学体系,为我国水环境治理培育出更多理论基础扎实且实践能力出色的专业人才。

参考文献

- [1]陈博坤,曲旋,张荣,等.兰炭废水资源化预处理技术研究进展[J].煤炭加工与综合利用,2023(10):91-101.
- [2]陈团刚.兰炭废水酚氨回收工艺的研究[J].当代化工研究,2023(7):152-154.
- [3]赵萌,景立明,张安龙,等.破乳-混凝-电絮凝预处理兰炭废水的实验研究[J].应用化工,2023,52(8):2358-2361.
- [4]曹琦.兰炭废水中乳化焦油和多元酚的萃取分离技术基础与流程开发[D].华南理工大学,2023.

作者简介:刘燕,女,汉,安徽宿州,学位硕士研究生,职称:副教授研究方向:检测,水处理技术
陈庆,女,汉,陕西西安,学位硕士研究生,职称:副教授,研究方向:分析检测,化工安全技术
郗元帅,男,汉,陕西神木,学位本科学士,职称:讲师。

研究方向:分析检测,化工安全技术

学会课题名称:陕西省职业技术教育学会 2025 年度职业教育教学改革研究课题“基于 OBE 理念的《水环境监测实验》课程项目化教学设计研究——以兰炭废水为例”

课题编号:2025SZX694

主持人:刘燕