

智能水质检测系统在油田污水中的应用分析

陈子文¹, 张旭¹, 李志强², 张胜然³, 代晓东^{1*}

1. 山东石油化工学院, 山东 东营 257061

2. 北京锦华洲新能源环保科技有限公司, 北京 101200

3. 东营市科技创新服务中心, 山东 东营 257200

摘要：随着石油工业的快速发展，油田的安全稳定性日益重要。本文通过智能水质检测系统在油田污水中的应用分析，验证其在油田污水应用中的高效性、准确性。通过高精度在线监测与化学分析技术，研发出一套由各分析模块组成的智能水质检测系统。应用该系统实时监测油田内各模块运行状态及油田污水的各项参数，通过多项实验数据的整理与分析表明，这一系统提高了油田化学分析中的时效性和准确性，增强了故障预警与应急响应能力，为油田的安全高效运行提供了保障。

关键词：油田安全；化学分析；智能水质检测系统

Analysis of the Application of Intelligent Water Quality Detection System in Oilfield Sewage

Chen Ziwen¹, Zhang Xu¹, Li Zhiqiang², Zhang Shengran³, Dai Xiaodong^{1*}

1. Shandong Institute of Petroleum and Chemical Technology, Dongying, Shandong 257061

2. Beijing Jinhua Zhou New Energy Environmental Protection Technology Co., Ltd. Beijing 101200

3. Dongying Science and Technology Innovation Service Center, Dongying, Shandong 257200

Abstract：With the rapid development of the petroleum industry, the safety and stability of oil fields are becoming increasingly important. In this paper, the application analysis of the intelligent water quality detection system in oilfield wastewater is used to verify its efficiency and accuracy in the application of oilfield wastewater. Through high-precision online monitoring and chemical analysis technology, a set of intelligent water quality detection system composed of various analysis modules has been developed. The system is used to monitor the operation status of each module in the oilfield and the parameters of oilfield wastewater in real time, and the collation and analysis of multiple experimental data show that the system improves the timeliness and accuracy of oilfield chemical analysis, enhances the fault early warning and emergency response capabilities, and provides a guarantee for the safe and efficient operation of the oilfield.

Keywords：oilfield safety; chemical analysis; intelligent detection system

当前油气管道运输对油气品质要求苛刻，智能化技术是其数字化转型关键。借数据采集与传感器可实时监测油田污水，油气管道在能源运输体系中地位举足轻重，智能低价检测系统研发意义非凡^[1-2]。然而我国油田污水监测面临建设投资及运维成本高、精度波动、监管薄弱等问题，制约行业发展，亟待攻克以契合能源战略与行业发展需求。

智能化检测系统有强大技术支撑，智能检测仪器集化学分析与多场景监控于一体，单台可同时检测两条管道共 34 项次。它融合实验室精度与在线便捷性，替代众多传统仪表并减手工化验量。其性能优、适用广，涵盖油田水质、热电与余热锅炉水汽、循环水检测等领域^[5-7]，提供高效精准水质监测方案。

一、智能检测模块

智能检测仪器集化学分析与多场景监控，核心含多高精尖模

块，以分析主机为核心，有 pH、电导率等多模块及远程控制模块。各模块协同，高精度监测复杂场景，于多领域水质监测中彰显强大效能与技术优越性，高效且精准。

基金项目：山东石油化工学院大学生创新创业训练计划项目资助 (DC2024001)；2024 年山东石油化工学院教学改革研究项目 (JGYB202404)；

课题成员：陈子文，张旭，苑子航，高宇心，马全岭，李志强，张胜然，李洪言，陈思辰，代晓东

作者简介：陈子文 (2004-)，男，山东泰安人，学生，油气储运工程专业。邮箱：E-mail: 3508077922@qq.com。

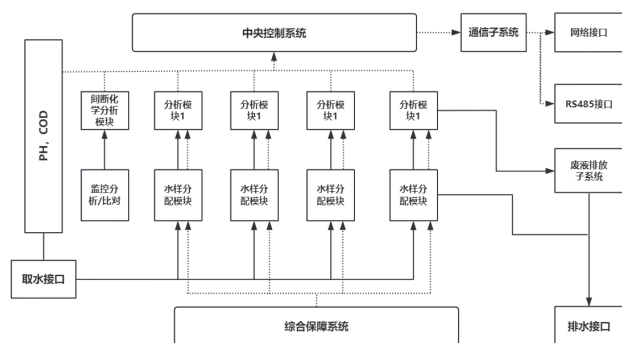
通讯作者：代晓东 (1980-)，男，辽宁瓦房店人，教授，博士，主要从事油气储运和炼油方面的研究工作。邮箱：E-mail: xiaodongdai1980@163.com。

二、油田水质智能监测系统

图1展示了智能水质检测系统的技术实施路径。智能水质检测系统针对油田水质监测复杂需求，采用整体设计与模块化开发并行策略，融合湿化学与电极分析技术。它集成多通道自动取样、高灵敏度光学检测、智能数据处理算法及自动化控制等核心模块，解决油田污水化验人工操作繁、成本高，在线仪表投资大、可靠性低、效率低等问题。

水质在线监测系统融合前沿技术，集多种功能于一体，优化了采配水、化学分析等流程，既提升监测质效，又削减运营成本，助力油田水质管理。技术创新方面，独特的液路结构使单仪器内六个分析模块自动运作，无延迟与污染，增强分析精准度。自动化控制技术让子系统自主运行，关键信息实时回传，达成信息高效共享与管理。

系统为水质自动监测站提供配套信息化软件，核心功能包括自动采集水质监测设备数据并远程实时在线采集，依据采集数据对监测区域地表水水质实时监测，如实时数据预警、历史数据存储备份查询分析及数据图形化展示等^[8]。这些技术创新凸显系统先进性，为油田水质监测带来极大便捷与高效。



> 图1 智能检测仪器系统方案示意图

三、油田水样预处理系统

(一) 化学分析模块

该模块运用间断取样与直读比色技术，借机械进样臂将样品和试剂间歇注入比色皿盘，自动混匀、反应与比色。同一模块可并行检测 COD、氨氮等多水质参数，达成“一机多用”，有效提升分析效率，增强检测系统多功能性与高效性。

该系统满足油田水样高精度检测等需求，具高度灵活性，可依需调参数与范围，减试剂样品用量，降废液量，解环保成本难题。因样品采集保存影响监测数据^[9]，故需质控^[10]。此模块以高效、灵活、环保特性，革新油田水质监测领域。

(二) 多通道自动取样技术

该模块专为油田污水点样样品分布广且散的难题打造，融合机械自动取样与三位进样装置，达成从采样到全自动分析的连贯流程。借精密高效机械运作，自动完成采样、切换、加试剂等操作，既提效率，又保高精度，让多样品连续检测成真，为油田污水监测给出更优解^[11]。

(三) 水样预处理技术

该模块集物理沉淀、超声乳化与在线清洗技术，抗复杂水质与油污干扰，具有冷却减压功能，确保水样达标、延长运维周期^[12]。专注解决多模块交叉干扰，优化至无延迟无污染，结果精准，创新提升系统性能，为油田污水监测献高效方案。

此模块为综合性装置，含水样引入、预处理等小模块。水样引入后经预处理入核心分析模块测定，液体流路传输水样，清洗维护机制护设备，控制与信息处理模块收发指令及处理结果，各模块协同实现高效精确水样处理分析。

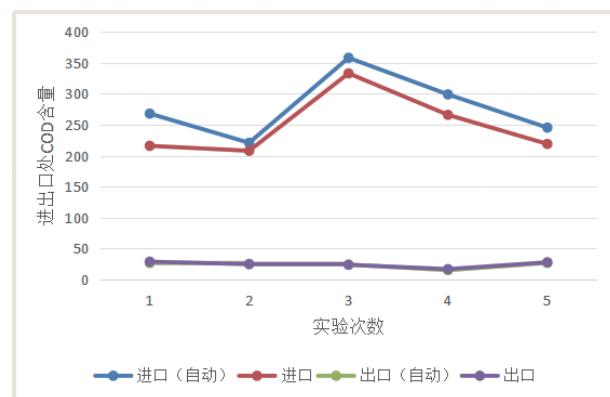
四、水质智能检测应用分析

(一) 检测方法

水质智能监测系统能够针对 COD（化学需氧量）、氨氮等关键水质指标进行精准检测，其检测流程与结果均严格遵循并符合国家相关标准。

(二) 数据分析处理

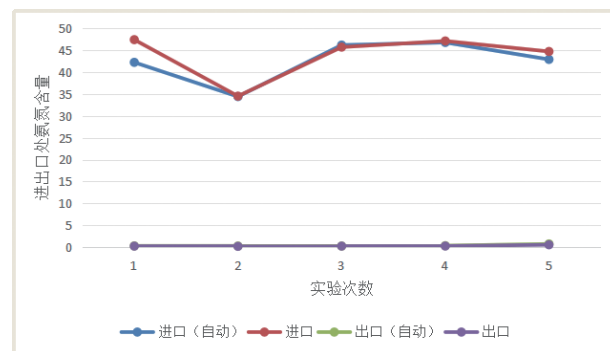
通过 COD 模块分析，检测管道内 COD 含量，实验数据如图所示：



> 图2 COD 部分实验数据

实验数据显示：首次实验自动化机器测进口 COD 比人工测值高 24%，出口低 8%；二次实验进口高 6%，出口高 2%；三次实验进口高 4%，出口高 1%；四次实验进口高 12%，出口低 10%；五次实验进口高 12%，出口低 3%。

通过氨氮模块检测分析^[13-15]，检测管道内氨氮含量，实验数据如图所示：



> 图3 氨氮部分实验数据

实验数据显示：第一次实验自动化机器测进口氨氮比人工测

值低 11%，出口高 22%；二次实验进口无变化，出口高 38%；三次实验进口高 1%，出口高 7%；四次实验进口低 1%，出口高 31%；五次实验进口低 4%，出口高 35%。

数据分析显示智能检测系统的自动化检测模块兼具时效与准确。经多番实验与应用对比，它能快速检测样本，大幅缩短检测周期，且结果与标准化学法高度吻合、误差率低，时效与准确双重优势让其于水质监测领域应用前景广阔且实用价值高。

五、结论

实验表明，智能水质检测系统可自动进行大批量、多参数检

测，大幅提升检测效率与准确性。以化学分析和实时监测为核心，依托自动化与智能化，具备替代人工分析的能力，能缩短检测周期，精准分析参数。作为智能化融合应用的成果，它提高油田污水检测效率与准确性，为企业生产安全、环保助力，推动油田节能减排，降低污水排放。

参考文献

- [1] 王晓, 佟伟, 李晨光, 等. 智能水质检测系统在锅炉水质分析中的应用研究 [J]. 中外能源, 2022, 27(05): 96-100.
- [2] 陈朋超, 马云宾, 张斌, 等. 现代管道运输系统构建与发展 [J]. 前瞻科技, 2024, 3(02): 8-18.
- [3] 刘硕. 基于单片机的智能水质检测系统设计 [J]. 物联网技术, 2021, 11(10): 19-20+23.
- [4] 邢琪. AQ2+ 间断化学分析仪测定水体中氨氮的方法 [J]. 中国高新科技, 2022, (13): 94-96.
- [5] 王晓, 佟伟, 李晨光, 等. 智能水质检测系统在锅炉水质分析中的应用研究 [J]. 中外能源, 2022, 27(05): 96-100.
- [6] 何摇岳, 魏雪倩, 金仁亮. 智能监测系统在工业循环水检测中的应用 [J]. 智能城市, 2024, 10(05): 72-74.
- [7] 龚志军, 谢平, 唐汇涓, 等. 水体富营养化对大型底栖动物群落结构及多样性的影响 [J]. 水生生物学报, 2001, (03): 210-216.
- [8] 王敏峰. 智能化地表水水质自动监测系统设计与研究 [J]. 现代信息技术, 2022, 6(24): 127-130.
- [9] 徐刚, 黄磊. 水质环境监测中样品采集与保存过程的质量控制研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(02): 42-43.
- [10] 温巧艳, 黄肖凤, 林发媚, 等. 水质分析过程中采样与保存的质量控制 [J]. 云南化工, 2022, 49(10): 57-58+63.
- [11] 戴孙放. 多通道水质巡回检测系统的设计 [J]. 中国市政工程, 2005, (04): 46-48.
- [12] 陈科, 胡煜. 应急条件下测定氨氮对水样预处理及浊度色度补偿的探讨 [J]. 清洗世界, 2022, 38(06): 54-56.
- [13] HJ 537-2009, 水质: 氨氮的测定. 蒸馏-中和滴定法 [S].
- [14] HJ/T 195-2005, 水质: 氨氮的测定. 气相分子吸收光谱法 [S].
- [15] 姜笑洋. 关于水中氨氮比色测定中纳氏试剂配制的研究 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(05): 7+33.