

煤制油循环水系统水质超标原因质检溯源及整改管控措施

白海涛

国家能源集团宁夏煤业公司煤制油化工质检计量中心

DOI:10.32629/btr.v8i12.5164

[摘要] 煤制油开放式循环水系统工况复杂、污染物富集快,普遍存在含盐超标、油品混入、微生物超标等问题,易引发设备结垢腐蚀、装置波动及环保超标风险。本文立足质检岗位视角,结合现场检测与隐患排查数据,明确循环水水质超标危害,从工艺源头、系统运维、监测管理三维度甄别超标诱因,构建适配煤制油工况的闭环质检溯源体系,制定分级整改与长效管控方案。研究可有效解决水质检测滞后、渗漏溯源难、运维管控粗放等问题,稳定水质指标,保障核心生产工段平稳运行。

[关键词] 煤制油; 循环水; 水质超标; 质检溯源; 质控管理; 整改措施

中图分类号: TQ085.4 文献标识码: A

Quality Inspection Traceability and Rectification and Control Measures for Causes of Excessive Water Quality Indicators in Coal-to-Liquid Circulating Water Systems

Haitao Bai

Quality Inspection and Metrology Center, CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd.

[Abstract] The open circulating water system in coal-to-liquid plants has complex operating conditions and rapid pollutant accumulation, with common problems such as excessive salt content, oil contamination, and excessive microbial levels. These issues may lead to equipment scaling and corrosion, process fluctuations, and environmental compliance risks. From the perspective of quality inspection, this paper combines field testing and hidden-risk investigation data to clarify the hazards associated with excessive circulating water quality indicators. The causes of excessive indicators are identified from three dimensions: process sources, system operation and maintenance, and monitoring management. A closed-loop quality inspection traceability system adapted to coal-to-liquid operating conditions is established, and graded rectification measures and long-term control strategies are formulated. The research can effectively address problems such as delayed water quality testing, difficulties in tracing leakage sources, and extensive operation and maintenance management, thereby stabilizing water quality indicators and ensuring the stable operation of core production units.

[Key words] coal-to-liquid; circulating water; excessive water quality indicators; quality inspection traceability; quality control management; rectification measures

引言

煤制油装置开放式循环水承担气化、费托合成等核心工段换热降温任务,相较于普通化工循环水,存在水温高、介质含油、杂质复杂、浓缩速率快等特点,质控难度更大。目前行业普遍存在溯源手段单一、检测布点不全、应急处置滞后等问题,水质反复超标,不仅加速设备劣化、影响产品纯度,还增加环保管控压力。本文依托现场质检工作经验,剖析水质超标机理,搭建标准化溯源体系,配套落地整改措施,为循环水水质长效达标提供支撑。

1 煤制油循环水系统水质特征及超标质控危害

1.1 循环水系统工艺结构与质控运行特征

煤制油开放式循环水系统主要由冷却塔、循环水泵、换热管组、旁滤装置、加药装置及储水池组成,覆盖全生产流程换热降温工作。系统运行分为取水换热、降温浓缩、过滤调质、回流复用四大环节,高温工艺介质经换热管束换热后,热水进入冷却塔风冷降温,通过旁滤除杂、药剂调质后循环复用。现场标准运行参数为水温32~42℃、浓缩倍数3.5~5.0、管网流速1.2~2.0m/s。其中冷却塔浓缩区、气化细管径换热管路、旁滤出水端污染物富集最快、水质最易劣化,是日常质检重点管控点位。

1.2 核心水质质控指标及达标判定标准

依据《工业循环冷却水处理设计规范》及企业内控标准,

确定七项核心水质管控指标：pH值7.8~9.2、浊度 $\leq 10\text{NTU}$ 、钙硬度+总碱度 $\leq 1100\text{mg/L}$ 、氯离子 $\leq 700\text{mg/L}$ 、硫酸盐 $\leq 1800\text{mg/L}$ 、总铁 $\leq 1.0\text{mg/L}$ 、异养菌 $\leq 1000/\text{mL}$ 。结合煤制油高温含油特殊工况，企业增设设备内控指标，碳钢管道年均腐蚀速率 $\leq 0.075\text{mm/a}$ ，换热管壁年结垢增量 $\leq 0.2\text{mm}$ ，任意指标超标即判定水质异常，需启动溯源整改。

1.3水质超标引发的系统性质控风险与危害

水质超标会形成“水质异常-设备劣化-生产波动-环保超标”的连锁隐患。硬度、碱度超标会造成换热管结垢，降低换热效率，导致合成反应器温控失衡，影响油品纯度。氯离子、总铁超标会引发管网点蚀、均匀腐蚀，造成管束微渗漏，诱发装置非计划停机。微生物超标滋生的生物黏泥会堵塞管路、增加泵体能耗，加剧微生物腐蚀。超标废水外排会加重污水处理负荷，造成水土污染，提升企业运维与环保合规成本^[1]。

2 基于质检排查的水质超标核心成因溯源分析

2.1原料与工艺外源污染

煤制氧化气、费托合成、油品精制工段工况复杂，原料杂质迁移与工艺波动是循环水主要外源污染，存在持续污染、难降解、指标骤变特征，为外源排查重点。原煤携带钙镁盐、硫化物、黏土与微量重油，气化不完全时煤粉、油性副产物随尾气进入冷却塔，同步抬升浊度、含盐量与有机物；高硫煤会升高水中硫酸盐，破坏酸碱平衡，诱发多指标同步超标。装置启停、调峰带来温压剧烈波动，油气易从管路微孔、焊缝微量渗漏；气化洗涤回用水除油除盐不达标，杂质直供循环系统，造成硬度、含油量、微生物指标突发异常。

2.2系统运行质控缺陷

补水、排污、加药、设备运维管控疏漏，是水质长期超标、指标反复波动的核心内因。（1）补水处理粗放，原水、再生水、中水混合补水，中水氨氮、药剂残留及季节性硬度波动未经预处理，经系统浓缩后腐蚀、结垢离子持续累积。（2）排污管控不合理，为节水缩减排污量与频次，浓缩倍数超标，盐分、黏泥无法排出；排污点位设计缺陷造成池底淤泥反复溶出，持续恶化水质。（3）药剂匹配度差，通用药剂不适配高温含油水环境，药效衰减快，人工定时投加滞后工况，药剂配伍、投加时序混乱，易生成絮状物提升悬浮物含量。（4）换热管束隐性渗漏，长期高温腐蚀形成管壁微缺陷，微量油气持续渗入，常规抽检难以察觉，长期累积造成水质劣化^[2]。

2.3监测与管理漏洞

环境扰动叠加管理短板，易形成复合型水质超标。开放式冷却塔易受外界干扰：高温高湿环境滋生微生物，扬尘带入煤粉抬高浊度，雨水径流裹挟泥沙油污稀释药剂，破坏水质平衡。现有监测体系存在点位与检测项目盲区，仅固定点位常规取样，未针对池底、支管、排污口加密布点，缺少胶体、微量油分专项检测，局部异常难以及时发现。设备运维工作执行缺位，清淤、管路冲洗、管道探伤周期落实不到位，池底黏泥大量堆积；水质超标后无分级溯源分析流程，仅依靠药剂临时调节，无法根除隐患；生

产工况调整与循环水管理不同步，跨部门协同不足，水质异常反复出现。

3 煤制油循环水水质超标质检溯源体系构建

3.1溯源技术筛选与工况适配

选取水质指纹图谱、离子组分分析、介质荧光示踪、换热渗漏在线监测四类溯源技术，结合现场工况择优搭配，弥补单一检测手段短板，淘汰适用性不足的单一微生物溯源方法。离子组分分析可常态化排查盐分、硬度等指标超标，明晰盐类富集诱因；介质荧光示踪可检出换热管束微量油气隐蔽渗漏，弥补常规检测盲区；水质指纹图谱能够区分原煤粉尘、外来工艺废水两类外源污染，精准判别污染类别。采用多技术联用方案，兼顾检测时效、现场操作便捷性与数据精度，适配煤制油水质组分复杂的检测工况。

3.2多维度溯源指标判定体系搭建

选定氯离子、钙镁硬度、总铁、含油量、硫酸盐、异养菌作为核心溯源指标，构建污染来源、扩散路径、污染程度三维量化判定体系。（1）污染来源区分，依托原煤特征离子、油相组分、胶体含量判别内源运维污染与外源工艺污染；（2）污染路径定位，借助管网分段浊度、药剂残留、点位离子浓度差锁定污染始发位置与扩散区间；（3）污染程度分级，依据离子富集倍数、垢体组分占比、微生物总量划分超标等级。配套分光光度法、离子色谱仪、便携式水质检测仪联合检测，依托企业内控标准完成超标诱因定性、定量双重判定。

3.3标准化溯源作业流程规范

搭建“超标预警—分区布点采样—实验室检测校核—污染源锁定—台账归档”全闭环溯源流程。划定冷却塔底部、换热支管、补水口、排污口四大关键取样点位，针对各点位制定专属采样规范，统一采样时长、样品封存、送检时限要求。实验室增设平行样比对机制，降低检测系统误差；完整留存采样影像、原始检测数据、超标分析记录，建立标准化溯源档案，实现水质超标事件全程可追溯、复核与责任界定，为装置整改、水质长效管控提供完整数据依据^[3]。

4 水质超标分级整改与闭环管控措施

4.1源头精准质控，阻断外源污染汇入

聚焦原煤进料、工艺运行、换热设备三大外源污染端口，优化前置质控工序，从源头削减污染物汇入，防范水质突发性超标。（1）原煤进料分级质控。优先选用低硫、低灰分原煤作为气化原料，严控原料硫化物、黏土杂质含量；在原煤破碎筛分环节加装三级水洗装置，截留细煤粉与可溶性钙镁离子；严格管控高杂质原煤掺烧比例 $\leq 15\%$ ，杜绝高盐组分大量进入工艺系统。同时在气化尾气端加装前置过滤装置，拦截油性副产物、未燃煤粉，避免污染物沉降进入循环水池。（2）工艺工况联动调控。建立气化、费托合成、油品精馏工段负荷联动质控机制，装置升降负荷、启停检修前，提前调控换热介质温度、管路承压，缩小管路内外压差，从工艺层面降低油气介质渗漏风险。抬高回用工艺废水水质控标准，为气化洗涤回水增设超滤+离子交换预处理单元，硬性

管控回水含油量 $\leq 5\text{mg/L}$ 、总硬度 $\leq 150\text{mg/L}$,不合格废水严禁接入循环补水系统。(3)换热设备源头防渗整改。对油气侧薄壁换热管束实施聚四氟防腐涂层处理,分批将老旧碳钢管更换为双相不锈钢管材,提升管束耐腐蚀性能;在各工段换热分界点位加装介质隔断阀,设备检修时独立排空工艺介质,杜绝检修混料引发的短时水体污染。

4.2 过程闭环运维,规范系统水质管控

针对补水、排污、加药、设备运维全流程质控漏洞,修订标准化作业规程,搭建“监测-调控-排污-复核”闭环运维模式,稳定常态化水质指标。(1)双水源补水分级质控。明确原水和优质再生水、中水双水源管控权责,原水和优质再生水作为基础补水,配套软化预处理装置,控制出厂硬度 $\leq 200\text{mg/L}$;中水作为调峰补水,增设活性炭除油单元,去除有机杂质与药剂残留。固定双水源混合配比,严控混合补水氯离子 $\leq 700\text{mg/L}$,每日早晚两次核验补水水质指标,不合格水源立即切泵停用。(2)排污量化精准管控。结合季节水温、生产负荷动态调整浓缩倍数,高温季控制3.0~3.8,低温季控制3.8~4.5,杜绝人为缩减排污量导致的盐分富集。改造冷却塔集水池,增设低位池底专用排污口,定向排出沉积垢泥与老化黏泥;推行分时定量排污模式,联动在线电导仪实现超标自动排污,替代粗放人工排污方式。(3)工况适配型精准加药。淘汰通用型水处理药剂,选用适配高温含油水体的专用阻垢分散剂、氧化性杀菌剂、黏泥剥离剂;拆除人工定时投加设备,加装智能联动加药系统,根据水体浊度、pH值、总铁含量实时自动调控投药量。规范药剂配伍与投加时序,杀菌剂与阻垢剂投加间隔 $\geq 40\text{min}$,规避配伍絮凝沉淀问题,每月开展药剂效能核验,及时更换失效药剂批次。(4)换热设备全周期防渗管控。执行季度管束壁厚、水压探伤检测制度,重点排查焊缝、弯头等薄弱点位,对微渗漏管束及时封堵、更换;在管网分支加装油气传感探头,实现分区渗漏监测,快速锁定隐性渗漏点位,及时处置隐患^[4]。

4.3 管理体系升级,构建长效质控机制

补齐监测、运维、应急、人员管理短板,抵消工况与环境波动带来的水质干扰,搭建标准化、规范化、长效化的质检管控体系。(1)搭建分层在线监测预警体系。改造原有单点监测模式,在补水口、换热支管、池底、排污口布设全方位监测点位,新增含油量、胶体、硫酸盐在线监测模块,实现水质指标实时采集、上传、分析。设立黄、橙、红三级超标预警阈值,临近限值触发

黄色预警,超标触发红色联动闭锁,自动启动应急加药、排污程序。推行多点平行取样检测制度,每日留存检测台账,每周委托第三方机构开展数据比对核验,消除检测误差,保障数据精准可靠。(2)完善标准化运维管控制度。编制煤制油循环水专属质检运维手册,明确年度池体清淤、季度管路冲洗、月度仪表校准的硬性周期任务;落实工段包干责任制,将设备运维、水质管控责任定岗到人。在冷却塔外围增设防尘围挡,大风扬尘天气加盖防护,阻断煤粉、泥沙入池。(3)建立分级应急处置体系。针对盐分硬度超标、微生物超标、油气渗漏超标三类常见问题,制定专项应急处置预案,实行分级管控处置。常规水质超标立即加大定量排污、精准补加适配药剂;介质渗漏超标第一时间隔离故障换热支路,同步开展溯源检修;专项储备应急药剂与过滤耗材,安排专人台账管理,每季度组织生产、运维、质检班组开展联合应急演练,提升超标问题快速处置能力^[5]。

5 结束语

煤制油循环水水质超标是工艺污染、运维缺陷、管理漏洞叠加形成的复合型问题,单一整改手段无法根治。本文构建的质检溯源体系与分级管控方案,可精准锁定污染诱因,从源头、过程、管理多维度补齐质控短板。该方案落地成本低、实操性强,可有效解决结垢、腐蚀、含油、微生物超标等问题,保障装置平稳运行。后续可依托长期质检数据,持续优化运行参数,提升循环水精细化、长效化质控水平。

【参考文献】

- [1]王力.无磷药剂在煤化工循环水系统中的应用探析[J].中国科技期刊数据库工业 A,2026(6):198-201.
- [2]张磊,师亚文,康学刚.选煤厂循环水管控难点及应对措施[J].洁净煤技术,2023,(S01):51-53.
- [3]段超,王会林,裴蕾,等.多晶硅生产冷却循环水系统及水质控制技术[J].中国有色冶金,2021,(1):45-48.
- [4]简耀先.循环水系统挂片腐蚀率超标原因分析及改进措施[J].中氮肥,2021,(4):67-70.
- [5]徐淑姣,周军,刘军梅.间冷循环水系统水质调控措施探讨[J].电力勘测设计,2021,(7):11-15.

作者简介:

白海涛(1988--),男,汉族,宁夏人,本科,助理工程师,研究方向:应用化学,分析化验。