

循环水系统防腐蚀质量与安全管理措施

王爱红

国能包头煤化工有限责任公司，中国·内蒙古 包头 014010

摘要：循环水系统作为工业生产的核心公用配套系统，其防腐蚀管控的质量与安全水平，直接决定了整套生产装置能否实现长周期稳定运行。本文结合循环水系统运行阶段的水质动态波动、腐蚀隐患隐蔽潜伏、故障影响渐进累积等核心特征，深入剖析了系统防腐蚀管理的现实价值，并从硬件设施升级、药剂精准投加、人员专业管理等多个维度，提出针对性管控策略，为工业循环水系统的防腐蚀实践提供技术参考。

关键词：循环水系统；防腐蚀；质量管控；安全管理

Quality and Safety Management Measures for Corrosion Prevention of Circulating Water Systems

Wang Aihong

Guoneng Baotou Coal Chemical Co., Ltd., China Inner Mongolia Baotou 014010

Abstract: As a core utility supporting system in industrial production, the quality and safety level of corrosion prevention and control of the circulating water system directly determines whether the entire set of production equipment can achieve long-term stable operation. Combined with the core characteristics of dynamic water quality fluctuation, hidden corrosion hazard potential, and gradual accumulation of fault impacts during the operation of the circulating water system, this paper deeply analyzes the practical value of system corrosion prevention management, and puts forward targeted control strategies from multiple dimensions such as hardware facility upgrading, precise chemical dosing, and professional personnel management, so as to provide technical reference for the corrosion prevention practice of industrial circulating water systems.

Keywords: Circulating water system; Corrosion prevention; Quality control; Safety management

0 引言

在现代化工业生产架构中，循环水系统肩负着为各工艺单元输送冷却介质的关键使命。该系统普遍采用敞开式运行模式，在长期水循环过程中，极易出现水质劣化、金属构件腐蚀等问题，且受生产连续性限制，此类故障无法像常规设备那样随时停机检修。一旦因腐蚀问题引发换热器渗漏、管道破损等故障，不仅会造成水资源浪费与能耗攀升，更有可能导致整套生产装置非计划停机，给企业带来巨额经济损失，甚至诱发安全生产事故。基于此，必须高度重视循环水系统的防腐蚀质量与安全管理工作，通过科学化、精细化的管控手段，保障系统稳定可靠运行。

1 循环水系统防腐蚀质量与安全管理的意义

循环水系统防腐蚀管理是工业生产安全保障体系的重要组成部分。随着工业装置规模化、复杂化程度的不断提高，系统内部的换热器、输送管道等金属部件，长期处于水介质的浸泡与冲刷环境中，若防腐蚀管控工作不到位，极易引发金属构件的腐蚀失效。

从安全生产层面分析，高效的防腐蚀管理能够有效规避设备因腐蚀导致的泄漏、爆裂等安全隐患，切实保障生

产人员的生命安全与企业的财产安全。从经济效益层面考量，科学的防腐蚀管控可显著延长设备使用寿命，降低设备维修与更换成本，减少因非计划停机造成的产能损失；同时还能优化循环水水质，提升换热效率，助力企业达成绿色低碳发展目标。因此，企业必须将防腐蚀管理列为安全生产的核心环节，投入充足的人力、物力与财力资源，全面落实各项管控措施，从源头防范腐蚀风险^[1]。

2 循环水系统防腐蚀工作的基本特征

2.1 必然性与可逆性

循环水介质中普遍含有溶解氧、氯离子等具有腐蚀性的离子，加之系统采用敞开式运行模式，与空气充分接触，这就决定了金属部件的电化学腐蚀具有客观必然性。

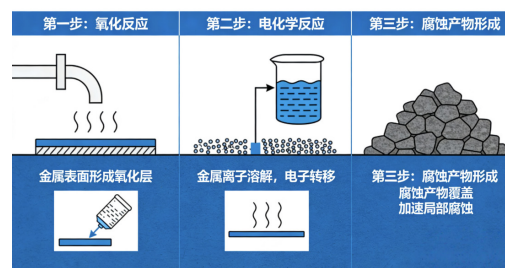


图1 循环水环境下金属电化学腐蚀机理示意图

而腐蚀管控工作则具备可逆性：在腐蚀发生初期，通过及时调整水质指标、精准投加缓蚀药剂等手段，能够有效抑制腐蚀反应速率，甚至修复金属表面的钝化保护膜；在系统检修过程中，还可对已出现轻微腐蚀的部件进行打磨、防腐涂层补涂等处理，验证并优化既有防腐措施的应用效果，如图 1 所示。

2.2 累积性

循环水系统的腐蚀影响具有渐进累积性。金属部件的腐蚀是一个缓慢的渐进过程，初期的腐蚀损伤通常较为轻微，难以通过常规巡检及时察觉。随着系统运行时间的推移，局部点蚀会逐步发展为缝隙腐蚀，最终演变为穿孔、开裂等严重故障。在此过程中，若出现缓蚀剂投加量不足、旁滤系统运行效率下降等管控疏漏，会进一步加速腐蚀损伤的累积进程，进而引发连锁反应，例如换热器管程腐蚀泄漏会造成工艺介质污染，管道内壁腐蚀产物脱落则会堵塞流道、影响水流量，诱发更多部位的腐蚀。

2.3 偶然性与隐蔽性

循环水系统的腐蚀故障具有突发偶然性：即便系统处于正常管控状态，原水水质突变、药剂投加设备故障、极端天气导致水温骤升等突发因素，都可能打破系统的腐蚀平衡状态，引发局部区域的严重腐蚀。与此同时，腐蚀隐患还具有极强隐蔽性：换热器管束、管道内壁等关键构件多处于封闭或半封闭状态，日常巡检难以直接观察其表面状态；部分腐蚀隐患还会被水垢、生物黏泥等覆盖，只有在设备解体检修时才能发现；而金属表面钝化膜的局部破损等微观腐蚀现象，更是无法通过常规水质监测手段及时识别，极易发展为严重的腐蚀故障^[2]。

3 循环水系统防腐蚀质量与安全管理的有效措施

为系统性破解循环水系统腐蚀防控难题，结合系统运行特征与现场管理实践，构建了涵盖多维度的闭环式防腐蚀管理体系，如图 2 所示。

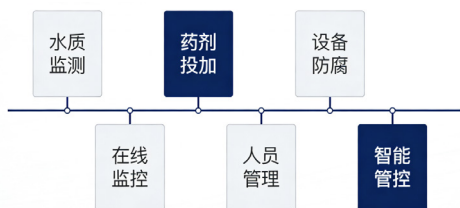


图2 循环水系统防腐蚀质量与安全管理体系框架

3.1 加强专业人员培养，提升防腐蚀管控水平

循环水系统防腐蚀管理属于技术密集型工作，对从业人员的专业素养有着较高要求。随着新型高效缓蚀剂、高

精度在线监测设备的不断迭代应用，管理人员必须及时更新知识储备，以适应技术发展需求。

企业应定期组织开展水质分析检测、缓蚀药剂作用机理、腐蚀故障诊断排查等专题培训，邀请行业内资深专家分享实践管控经验。在人员招聘环节，优先录用具备水处理、金属腐蚀与防护等相关专业背景的人员，并对入职人员开展全面系统的岗前培训，确保其熟练掌握系统运行原理与标准化操作规范。同时，注重从业人员的职业道德与责任意识培养，促使其在日常工作中保持严谨细致的态度，及时发现并处置潜在的腐蚀隐患。

3.2 完善考核机制，强化人员责任意识

科学的考核激励机制是保障防腐蚀管控措施落地见效的关键抓手。企业需建立健全循环水系统防腐蚀专项考核体系，将水质达标率、设备腐蚀速率、药剂消耗定额等核心指标纳入考核范围。

考核工作由安全管理部门牵头组织，通过现场实地检查、历史数据比对、管控台账查阅等方式，定期开展内部审核，全面评估各项管控措施的实际执行效果。将考核结果与员工的绩效工资、评优评先资格直接挂钩，对及时发现重大腐蚀隐患、提出合理化管控建议的人员给予物质奖励与精神表彰；对因工作疏漏导致腐蚀故障的人员，严格按照企业规章制度进行问责。考核结果需向全体员工公示，接受全员监督，确保考核工作的公平性与公正性，充分调动员工参与防腐蚀管理的积极性与主动性。

3.3 加大资金与技术投入，优化防腐蚀硬件配置

硬件设施是循环水系统防腐蚀工作的物质基础，企业应加大资金投入力度，持续优化系统硬件配置。在设备选型阶段，优先选用不锈钢、玻璃钢等耐腐蚀性强的材质，对换热器管束等易腐蚀构件进行专业防腐涂层处理，从源头提升设备的抗腐蚀能力。

针对旁滤系统，在现有全自动浅层砂过滤器的基础上，优化反冲洗控制逻辑，根据循环水实时浊度指标切换反冲洗水源：当浊度 $> 10\text{NTU}$ 时，改用新鲜水进行反冲洗，确保系统悬浮物去除效率稳定保持在 90% 以上；定期对滤料进行检查与更换，维持滤料厚度标准，避免因滤料板结堵塞影响过滤效果。加药系统、在线监测系统等关键设备，优先选用技术先进、运行稳定的产品，配备高精度 pH 计、电导率仪、腐蚀速率监测仪等设备，实现水质指标的实时在线监控与药剂投加的自动化调节。企业需设立专项设备维修升级基金，用于老旧设备的技术改造，及时更换因腐蚀失效的部件，杜绝设备“带病运行”；同时加强

与科研院所、专业水处理企业的产学研合作,积极引进电化学防腐、生物抑垢等先进技术,提升系统防腐蚀管控的技术水平。

3.4 强化全过程监管,规范防腐蚀管控行为

企业需构建覆盖循环水系统运行全流程的监管体系,明确各部门的职责分工,形成“岗位自查、班组互查、部门督查”的三级监管机制。

监管内容涵盖水质监测频次、药剂投加量准确性、设备运行参数稳定性、检修记录完整性等多个方面。安全管理部门需定期对系统运行状态进行抽查,重点排查换热器封头、管道弯头、阀门法兰等易发生腐蚀的隐蔽部位,对发现的问题下达整改通知书,明确整改时限与责任人,并跟踪整改落实效果。加强各部门之间的协同配合,推动水质监测数据、药剂投加记录、设备检修报告等信息的共享互通,形成管控合力。此外,建立完善的台账管理制度,对水质分析数据、药剂消耗明细、设备检修报告等内容进行详细记录归档,为后续的腐蚀风险分析提供详实的数据支撑。

3.5 增强安全意识,树立全员防腐蚀理念

循环水系统防腐蚀管理并非某一个部门的独立工作,而是需要全体员工共同参与的系统性工程。企业可通过宣传栏、内部培训会议、安全知识竞赛等多种形式,宣传防腐蚀管理的重要性,普及腐蚀防护的基础知识,增强全体员工的安全意识与责任意识。

定期组织开展“防腐蚀、保安全”主题专题活动,鼓励一线员工分享工作中的实践经验与心得,营造“人人关注防腐蚀、人人参与防腐蚀”的良好氛围。建立健全安全责任制度,将防腐蚀管理责任层层分解,落实到每一个岗位、每一名员工,明确岗位职责与操作规范,杜绝因违规操作引发的腐蚀故障,让防腐蚀理念真正转化为全体员工的自觉行动。

3.6 建立防腐蚀管理数据库,实现智能化管控

企业应依托信息化技术手段,构建涵盖水质历史监测数据、设备腐蚀状态记录、药剂投加台账、故障处理典型案例等内容的防腐蚀管理数据库。

针对点蚀、垢下腐蚀、微生物腐蚀等常见腐蚀问题,制定标准化处置方案并录入数据库,方便技术人员快速查询参考。在日常巡检与设备检修过程中,技术人员需及时将监测数据、设备运行状态信息上传至数据库,借助大数据分析技术,挖掘腐蚀故障的发生规律,预判潜在的腐蚀

风险。对于频繁出现腐蚀故障的设备部位,实施重点跟踪监测,深入分析故障成因,并将相关信息反馈给设备制造商,推动零部件产品质量的优化升级。此外,可依托数据库构建智能化管控模型,实现药剂投加量、系统排污量的自动精准调节,提升系统防腐蚀管控的精细化水平。

3.7 注重细节管理,消除腐蚀隐患

循环水系统的腐蚀故障大多源于日常管控的细节疏漏,因此,防腐蚀管理工作必须注重精细化管控。企业应制定统一、细化的防腐蚀操作标准,明确水质监测的采样点位置、监测频次、分析方法,规范药剂投加的时间节点、剂量标准、操作流程,统一设备检修的打磨工艺标准、防腐涂层厚度要求等。

技术人员在日常工作中需严格执行操作标准:水质采样时确保采样容器清洁无污染;药剂投加时精准控制计量泵流量;设备检修时仔细检查每一个部件的表面状态,不放过任何一处微小的腐蚀斑点。同时,加强对换热器封头、管道弯头、阀门法兰等系统薄弱部位的专项管控,适当增加监测与检修频次,通过精细化的管理手段,将各类腐蚀隐患消除在萌芽状态^[3]。

4 结语

循环水系统防腐蚀质量与安全管理是一项系统性、长期性的工作,直接关系到工业生产的安全稳定与经济效益。企业必须充分认识到其重要意义,结合系统运行的必然性与可逆性、累积性、偶然性与隐蔽性等基本特征,从人员专业培养、考核机制完善、硬件设施升级、全过程监管强化、全员意识提升、数据库建设、细节管理优化等多个维度,全面落实各项管控措施。唯有通过科学、全面、精细化的管理手段,才能有效抑制腐蚀风险,延长设备使用寿命,降低系统运行成本,为企业的可持续发展提供坚实可靠的保障。

参考文献:

- [1] 王强,李军.工业循环水系统防腐蚀技术的应用与发展[J].化工装备技术,2021,42(03):45-48.
- [2] 张海燕,赵明.循环水水质管控对金属腐蚀的影响研究[J].水处理技术,2020,46(08):121-124.
- [3] 刘建国.工业循环水系统智能化防腐蚀管理体系构建[J].工业安全与环保,2022,48(05):78-81.

作者简介:王爱红(1988.09-),女,内蒙古通辽人,蒙古族,本科,助理工程师,研究方向:从事化工厂循环水处理研究。