

基于在线监测的脱盐水水质稳定控制系统设计

任文丽

河南神马氯碱发展有限责任公司 河南 平顶山 467000

摘 要: 脱盐水水质的稳定状态是脱盐水制备工艺可靠运行的重要保障, 传统管控模式难以适配连续化生产的水质调控需求。本文围绕脱盐水水质稳定控制需求, 搭建完善的在线监测参数体系与点位布局模式, 构建分层的数据采集传输架构, 规范数据预处理标准。同时设计分级水质判定机制与多单元联动调控逻辑, 优化协同控制时序, 解决工艺运行中的水质波动问题。配套搭建系统化的运维管理框架, 明确设备巡检、异常处置及档案管理规范, 全方位提升脱盐水制备系统的运行稳定性与水质管控规范性。

关键词: 脱盐水水质; 在线监测; 数据传输; 协同控制; 运维体系

引言: 脱盐水广泛应用于各类精密生产与净水工艺场景, 水质的稳定性与均匀性直接影响生产工况与成品质量。工业化脱盐水制备具备流程连续、工况动态变化的特点, 生产过程中易受进水状态、设备运行、管路工况等多重因素干扰, 引发水质参数波动。常规人工抽检与固定参数调控方式, 存在数据滞后、管控片面、调控滞后等问题, 无法实现全流程、精细化的水质管控。依托在线监测技术搭建智能化水质稳定控制系统, 可实现水质数据实时感知、动态调控与长效运维, 有效适配现代化脱盐水制备的运行管控需求。

1 脱盐水水质在线监测点位与参数体系设计

1.1 全流程监测节点布设逻辑

脱盐水制备流程包含多级处理单元, 不同工艺段的水质状态存在明显差异。监测节点布设需要依托脱盐水制备的工艺流程结构, 顺着原水预处理、深度净化、终端提纯、储水输送的完整链路展开布设。布设工作需要区分工艺段的功能属性, 针对水质变化幅度较大的关键工艺段增设监测节点。水质状态相对稳定的工艺区域, 可简化节点布设数量。节点布设贴合介质流动路径, 精准捕捉流程内部水质动态变化, 全面覆盖脱盐水制备各环节的水质波动区间^[1]。

1.2 核心监测参数筛选规则

脱盐水水质受杂质、离子、微生物等多种物质影响, 参数筛选需要依托脱盐水使用的基础水质要求开展。筛选工作优先选取能够直观反映水质纯净程度的指标, 剔除对水质状态影响微弱、辨识度较低的监测参数。筛选过程结合脱盐水制备工艺的污染风险特征, 锁定各类工艺异常对应的关键水质参数。参数体系兼顾水

质基础属性与工艺运行状态, 留存高灵敏度、高辨识度指标, 精准对应脱盐水水质的实际变化状态。

1.3 监测点位适配性布局要求

监测点位布局需要适配脱盐水设备的结构特征与管路布局, 避开管路弯道、接口、紊流区域等易造成数据偏差的位置。点位安装区域需要满足传感设备的运行环境条件, 保障设备可以长期稳定采集数据。布局规划需要考虑后期设备检修、校准与维护的操作空间, 简化日常运维工作。各工艺段监测点位采用独立布局方式, 隔绝区域间水流与水质的交叉影响, 确保单点采集数据具备有效参考性。

1.4 监测频率动态设置机制

脱盐水水质的波动状态存在时段差异性, 固定监测频率无法适配全程水质监测需求。动态监测频率需要依据工艺运行状态进行调整, 工艺启停、负荷变动阶段调高监测频次, 精准捕捉短时水质波动。工艺稳定运行阶段可适度降低监测频次, 减少无效数据采集。频率设置机制关联工艺运行工况, 按照水质波动幅度划分多级采集档位, 完成监测频次的智能调节。

2 脱盐水水质在线数据采集与传输架构设计

2.1 前端传感单元适配配置

脱盐水水质监测对传感设备的检测精度与稳定性有着严苛标准, 前端传感单元是整个数据系统的基础感知载体。传感设备选型匹配脱盐水制备的工艺环境, 适配低杂质、高纯净度的水体检测场景。设备配置围绕不同水质监测指标开展, 对应布设针对性的检测传感组件, 覆盖水质核心监测维度。传感单元安装完成后, 开展量

程校准与零点标定作业,规避设备自身产生的检测偏差^[2]。结合工艺现场的温度、湿度及管路运行工况微调设备参数,匹配脱盐水生产连续运行的工艺特性。

2.2 数据采集链路搭建

数据采集链路承接前端传感单元输出的检测信号,是水质数据向内传导的核心载体。链路搭建依托系统硬件拓扑结构,规划层次分明的信号传输路径。采集链路区分模拟信号与数字信号的传输特性差异,搭配专属信号接收模块,兼容各类传感设备的信号输出形式。链路结构内置信号防护设计,抵御现场电磁、设备振动等外界环境带来的信号干扰。合理规划链路节点与线路铺设方案,最大限度降低传输损耗,有效保障采集数据质量。

2.3 数据传输通道搭建

数据传输通道负责将采集后的水质数据输送至主控单元,搭建标准适配脱盐水系统不间断运行的工作特性。结合工业现场复杂的作业环境,选用适配的传输介质与通信模式,搭建稳定性强的传输体系。通道架构划分独立传输区间,分隔水质监测数据与设备控制数据,杜绝不同类型数据互相干扰。采用标准化通信协议,统一数据传输格式与传输速率,规范数据上传秩序。优化通道负载性能,适配多点位、多参数的数据批量传输工况。采用工业以太网与无线备份双传输模式,保障24小时不间断传输,通过分区传输机制杜绝数据串扰,提升系统数据传输的安全性及高效性。

2.4 原始数据预处理规则设定

工业现场采集的脱盐水原始水质数据混杂噪声信号与异常数值,无法直接应用于水质判别与设备调控。针对原始数据存在的各类缺陷,建立规范化的预处理执行规则。通过阈值判别方式剔除数据采集阶段产生的突变异常值,过滤无效数据。设置梯度化数据平滑处理标准,削弱细微噪声波动对数据序列的干扰效果。对不同类型的监测参数进行格式统一,完成异构数据的标准化转换。细化数据筛选与修正的执行标准,形成规范的预处理执行流程。

3 脱盐水质稳定控制逻辑与联动机制设计

3.1 水质状态分级判定规则

脱盐水质工况存在动态波动特性,不同波动幅度对应不同的生产运行状态。搭建标准化的水质状态分级体系,是实现精准调控的基础前提。分级工作依据各类水质参数的允许波动范围划定等级区间,结合脱

盐水生产的工艺运行要求设置梯度化判定阈值。针对水质小幅波动、临界波动、异常偏移等不同工况设置独立的判定标准,细化各等级对应的水质运行状态。区分常规波动与故障性波动的差异,对参数偏移程度进行精细化划分。匹配生产工艺的运行耐受能力设置等级边界,让判定标准适配净水设备的调控能力^[3]。通过量化标准区分不同水质工况,精准界定各类波动对应的运行状态等级。

3.2 各净水单元联动控制逻辑

脱盐水制备系统由多个功能不同的净水单元组成,单一单元的运行状态变化会改变整体出水水质。联动控制逻辑针对各净水单元的工艺功能进行统筹规划,梳理预处理、深度净化、终端提纯等单元的工艺关联关系。依据上下游工艺的递进影响关系,制定单元间的联动调控规则。单个净水单元出现运行参数偏移时,对应上下游单元进行适配性调整,抵消水质波动带来的影响。区分主次调控单元,明确不同水质工况下的调控主体与辅助单元。规范各模块信号交互方式,搭建完整的数据交互通路,支撑单元间的相互配合调控。

3.3 水质偏离时的动态调控流程

脱盐水生产过程中,进水水质变化、设备工况波动、管路运行状态改变都会引发水质参数偏离标准区间。动态调控流程针对各类水质偏离工况设计分层处置模式。系统识别到水质参数偏移后,优先判定偏离类型与偏离程度,区分常规工况波动与异常工况偏移。针对轻微水质偏移,启动微调式调控模式,小幅修正设备运行参数,平稳拉回水质状态。针对重度水质偏移,触发层级化调控流程,逐级调整净水单元运行负荷。依据偏离发展趋势实时更新调控力度,避免固定调控参数引发的过度修正或修正不足问题。分层次开展调控作业,针对性化解不同程度的水质偏移问题。

3.4 多单元协同控制时序设计

多净水单元开展协同调控存在动作时差,无序的调控时序会加剧水质波动,影响系统运行稳定性。协同控制时序结合各单元的响应速度与工艺滞后特性进行规划。按照工艺处理先后顺序排布调控动作节点,匹配净水工艺的处理时延特性。针对快速响应单元与慢速响应单元设置差异化触发时机,错开各类调控动作的执行节点。规划时序间隔标准,规避密集调控动作造成的系统工况震荡。结合水质变化的演化节奏调整时序排布方式,适配不同调控场景的运行需求。细化调控动作的执行次序与间隔规范,规避多单元作业

紊乱引发的工况震荡。

4 系统运行维护与管理框架设计

4.1 监测单元日常运维流程

监测单元是脱盐水水质在线控制系统的核心感知模块,设备运行精度直接决定水质数据的可靠程度。日常运维工作围绕传感设备、采集组件及配套辅助器件展开常态化作业。每3天检查监测单元的安装固定状态,排查管路连接处的松动、渗漏等常见问题,稳固设备整体安装结构。每7天针对传感探头开展清洁作业,清除表面附着的微量水垢、杂质,避免污染物遮挡检测区域影响采集精度。每30天开展设备校准工作,对照标准参数修正检测偏差,保障数据采集的准确性。定期核查监测单元的供电线路、信号线路完好状态,排查线路老化、破损、接触不良等隐患。根据设备运行时长,制定组件轮换检修计划,对损耗较高的核心部件进行专项检查与养护^[4]。常态化、周期性运维模式可提前排查设备隐患,延缓组件损耗速度,保障监测单元长期高精度稳定运行。

4.2 控制链路巡检规则

控制链路承载系统数据传输与调控指令执行的核心功能,链路运行稳定性直接影响水质控制效果。结合脱盐水系统连续运行的工作特性,制定常态化、标准化的链路巡检规则。巡检范围覆盖数据采集链路、信号传输链路、设备控制链路全部结构模块。排查链路接口连接状态,紧固松动接口,清理接口位置积攒的粉尘杂物,保障信号传输通畅。检测链路信号传输质量,排查线路干扰、信号衰减等问题,定位链路运行隐患。区分硬件线路巡检与程序链路巡检,硬件层面核查线路布局、防护结构,软件层面查验指令传输、数据交互状态。依据链路重要程度划分巡检频次等级,核心控制链路缩短巡检周期,普通辅助链路实行常规周期巡检。

4.3 异常状态处置流程

系统长期运行过程中,会出现设备故障、信号中断、水质调控失效等各类异常状态。规范异常处置流程,能够快速处理运行故障,缩减水质波动时长。系统捕捉到异常信号后,第一时间完成异常类型甄别,区分设备硬件故障、程序运行故障与工艺工况异常。针对不同异常类型匹配专属处置方案,硬件故障优先关停对应模块设备,开展故障排查与部件检修。程序故障锁定代

码运行漏洞、通信故障点位,重启对应程序模块或重置通信配置。工艺工况异常调整净水单元运行参数,稳定现场生产工况。故障处置完成后,对系统运行状态进行复测,确认水质参数与设备运行参数恢复标准区间。记录异常发生特征、处置方式与恢复状态,积累系统运维数据。

4.4 系统运行档案管理规则

系统运行档案是记录设备工况、运维作业、异常故障的核心资料,可为系统优化、设备养护提供有效参考。建立标准化档案管理规则,统一各类运行数据的记录标准与存储规范。归档内容包含日常运维记录、设备巡检台账、异常故障处置记录、设备校准与部件更换记录。细化档案记录的填写规范,明确记录内容、填写标准、归档时限,保证档案内容完整、信息真实。分类搭建电子档案与纸质档案体系,实现双向留存,规避资料丢失问题。设定档案查阅、调用、更新的管理权限,规范资料使用流程^[5]。定期整理归档数据,梳理系统运行过程中的高频问题,为系统运维方案优化提供数据支撑。

结束语

整套脱盐水水质稳定控制系统从监测体系、数据传输、控制逻辑及运维管理多个维度完成整体设计,覆盖脱盐水制备全流程管控环节。系统通过科学化的点位布局与参数筛选,保障水质数据采集的精准性,依托多单元协同联动控制模式,实现水质波动的动态调节。标准化的运维管理框架,可为系统长期平稳运行提供坚实支撑,有效改善传统脱盐水管控模式的短板,为工业脱盐水稳定生产提供可靠的技术框架与运行方案。

参考文献

- [1] 黄明柱,陈伟,邱杰,等.低功耗农饮水水质在线监测系统[J].化学分析计量,2026,35(5):130-135.
- [2] 张留忠,董明如,胡永涛.全国产化水质在线监测系统[J].河南工学院学报,2026,34(2):20-24.
- [3] 石增峰.河流水质污染在线监测系统的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2026,7(3):174-176.
- [4] 冉英.地方病检验科水质多参数在线监测系统的设计与实现[J].实验室检测,2025,3(2):104-106.
- [5] 黄欣.水质氨氮在线监测系统的技术实现[J].福建电脑,2025,41(12):28-33.