

数据中心开式水冷系统水质调控管理

肖鑫, 孟庆鹏, 宣依彤

(成方金融信息技术服务有限公司)

【摘要】水冷系统作为集中式冷却的重要方式之一,其运行的安全性对于数据中心而言至关重要,水质的安全稳定调控则是水冷系统安全运行的重要方面。文章以水质调控系统升级改造实践为基础,分析了水质调控系统常见问题,并提出了先进的升级方案;同时对水质调控的综合性管理理念进行了着重阐述,以实现保障水体和管道系统整体安全运行的目标。

【关键词】数据中心;水质;水冷系统;调控管理

中图分类号: TU852

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.04.042

Water Quality Control and Management of Open Cooling Water Systems in Data Centers

XIAO Xin, MENG Qing-peng, XUAN Yi-tong

(Chengfang Financial Information Technology Services Co., Ltd.)

【Abstract】As one of the important ways of centralized cooling, the safety of water cooling system is very important for data center, and the safe and stable control of the water quality is critical for the safe operation of cooling water system. Based on the upgrading practice of water quality control system, this paper analyzes the common problems of water quality control system, and puts forward the advanced upgrading scheme; At the same time, it focuses on the comprehensive management concept of water quality control, in order to achieve the goal of ensuring the overall safe operation of water bodies and pipeline systems.

【Keywords】data center; water quality; water cooling system; control management

1 引言

水冷系统换热效率高、节能效果好的特点使其在PUE要求越来越严苛的趋势下成为数据中心制冷系统的优先选择之一。闭式水冷系统^[1]循环利用冷却水,水量损失很小、水质较为稳定,而开式水冷系统由于蒸发、排污等客观因素导致耗水量大,水质调控指标精准度和及时性要求都比较高,且水质调控管理的效果直接影响制冷系统的安全性,如管道的结垢和腐蚀、微生物的滋生等。我单位运维的某数据中心,是10年前建成投产的自然冷却水冷型系统,建设过程中配套安装的水质调控装置功能单一、监控指标少,经常需要人工投药,不具备远程实时监控能力,无法满足制冷系统水质调控精准化管理需求。经过充分调研和技术论证,成功换装了新的水质调控装置,全面优化了药剂投放控制逻辑,不仅提升了冷却水运行的稳定性和现场管理效率,也带来了环境效益和经济效益,为打造高效、绿色机房提供了有力支撑。

2 水系统基本情况

2.1 水系统运行构架

四台板式换热器是一次水和二次水换热的主体,一次水通过板换给二次水降温后,再通过开式冷却塔将热量散出;二次水供精密空调用于机房降温。一次水系统保有水量50m³,循环水量约1000m³/h,进出水温差3℃。一次侧的冷却水系统属于典型的高循环量/保有量比值的系统,也是数据中心较为常见的一种设计。

2.2 水系统水源主要参数

数据中心位于北京市,制冷系统补充水应为南水北调水源,从实测水质数据看明显属于典型长江流域水质,水质数据见表1。该水质具有中等钙硬度和碱度,在循环水系统中浓缩后属于结垢性水质,浓缩4.5倍时在该系统运行条件下饱和指数LSI约为2.7,属于高结垢压力。

表1 补充水水质指标实测值

指标项	数值
pH (25℃)	7.35
电导率/(μs/cm)	324

续表

指标项	数值
总硬度 $\times 10^{-6}$ (以 CaCO_3 计)	160
钙硬度 $\times 10^{-6}$ (以 CaCO_3 计)	110
总碱度 $\times 10^{-6}$ (以 CaCO_3 计)	105
氯离子 $\times 10^{-6}$ (以 Cl 计)	12.4
总铁($\times 10^{-6}$)	<0.1

3 水质调控功能的不足及升级改造方案

3.1 调整投药的控制方式

系统的循环量/保有量比值约20,正常负荷下系统药剂停留的半衰期时间指数HTI为22小时。若每天投加一次阻垢缓蚀剂,则每次投加前系统药剂浓度不足峰值的50%。为保证系统水质的稳定运行,需要确保药剂谷底浓度满足水质稳定运行要求,这会导致峰值药剂浓度过高,一方面造成药剂的浪费,另外过高药剂浓度也会带来腐蚀及结垢/沉积的风险。对于保有量小、循环量大的系统,系统药剂浓度受气温影响也较大,季节的不同,甚至白天或夜间都会明显影响药剂浓度,故定时投药的方式很难稳定控制系统中药剂的浓度,系统水质容易出现较大的波动。为保持药剂浓度的稳定,尽量减少水质波动^[2],必须将按时投药的落后控制方式调整为按需投药方式。

3.2 增加科学的监控指标

水质监控参数只有电导率和PH值,也不具备对历史数据进行对比查阅的功能,现场运维人员无法及时掌握水质和药剂波动状态,对于水质波动带来的潜在结垢、腐蚀或微生物风险也不可预判和有效控制。而结垢和微生物是换热器换热效率降低的主要原因之一,会导致能耗和维护成本的增加;另外,水质波动带来的腐蚀风险则会影响管道系统的稳定运行,进而威胁到数据中心运营的安全性。经反复研究,在电导率和pH值监控基础上,增加了药剂浓度、水体腐蚀性和氧化还原电位指标以及水流监控报警,提高水质调控系统的适用性和实用性。

3.3 升级水质调控药剂

传统液体药剂用量大、占地多且存在挥发性,在投药、更换药桶等操作过程中难免产生药剂滴漏情况,对环境安全和人身健康产生不利影响,频繁地药

剂接收、搬运也占用了很多人力资源。为提高工作效率和操作安全性,本项目将原来的液体药剂升级为全固体无磷药剂,且药剂自身带有荧光成分可有效提高浓度检测精度。

3.4 升级水质调控综合管理功能

原有调控装置集成度低、管理功能少、数据提取和展示不便的缺点也给运维人员带来了极大的困扰。新的调控装置在需求调研阶段就充分进行了针对性讨论,选配了高清晰彩色显示屏、本地与远程参数监控和调整功能、历史数据查询和曲线展示等运维管理必需的功能。另外,新的调控装置还具备原厂通讯直联功能,甲方授权后可实现原厂实时监控接管,为紧急情况下原厂及时远程分析系统运行状态、判断装置运行故障提供了便捷渠道。

4 水质调控装置升级效果评估

4.1 系统运行稳定性有了保障

在实现药剂浓度精准监测的基础上,将按时投药的落后控制方式调整为按需投药,确保系统中药剂浓度满足阻垢、防腐、杀菌等综合需求,避免水质指标受室外温度、湿度、风力等因素而大幅波动,各种药剂实现智能化全自动投放,自动控制排污,确保水质指标的安全、稳定和科学控制。

从图1和图2可以看到,通过新的水质智能调控装置可以精确、稳定地控制药剂投加量,将系统药剂浓度、电导率两个核心指标始终稳定控制在合理区间内,为系统的稳定运行打好基础。

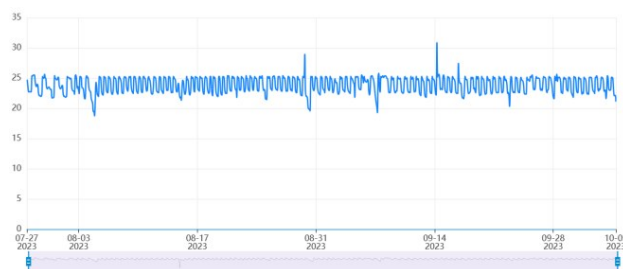


图1 药剂浓度历史曲线

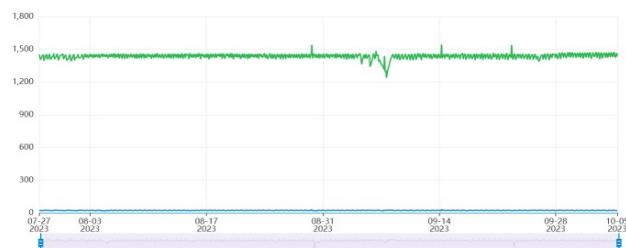


图2 电导率历史曲线

4.2 水系统运行整体安全水平得到提升

新的水质调控装置在2023年5月安装使用,整个夏秋季节循环水系统未发生绿藻滋生情况;装置本地实时显示的水质监控数据与取水样后专业实验室检测结果高度一致,充分反映了水质调控装置的可靠性。增加水体腐蚀性、氧化还原电位指标以及水流监控报警功能(详见图3),为管道安全运行、预防水体微生物滋生和及时发现水泵异常停机提供了依据。2023年9月例行板换装置清洗过程中,板换装置换热片之间和供水/回水管道口内壁的检查结果显示,水系统结垢和腐蚀情况控制效果良好。以上实际使用效果的核验,充分反映了我们选用的水质调控装置和药剂方案对水系统运行整体安全水平的提升产生了积极作用。

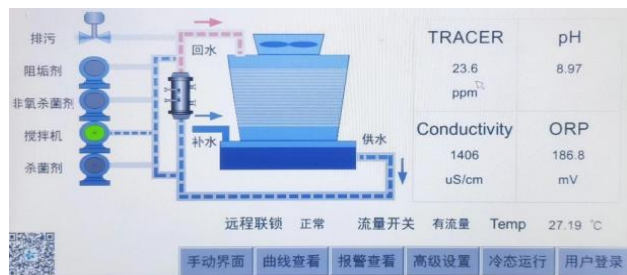


图3 主界面显示的各种监控内容

4.3 操作安全和环保方面没有后顾之忧

全新固体无磷药剂方案的使用,既实现了循环水更绿色环保的排污要求,又实现危险废弃物的零产生,现场变得整洁、美观,现场实景对比见图4。固体药剂方案避免了液体化学品带来的场地泼溅、操作强度大、搬运及储存不便等问题,大大提升了现场操作和工作环境的安全性。2022年和2023年药剂使用对比数据最能说明问题:2022年液体药剂用量约3126kg,产生空桶125个,2023年系统升级后只需10个纸箱包装的固体药剂即可满足使用需求。纸箱包装可按一般废弃物回收再利用,避免了传统液体化学药剂桶须由专业企业回收处置的问题,降低了处理难度并节省了处置费用。



图4 水质调控装置升级前(左)后(右)对比

4.4 水系统运行更加经济高效

在升级改造前,为降低运行风险,日常运行的电导率控制在1200 μ S/cm左右,节水效果不佳。随着水质调控能力的提升,运维团队逐步将系统电导率设定值从1200 μ S/cm提升到1450 μ S/cm,浓缩倍数相应从3.7倍上升到4.5倍左右,水系统运行在更加经济高效的区间。经对比实际用水数据,2023年水系统较上一年减少了约3%的自来水用量,全年减少自来水用量1009t。考虑2023年极热天气现象和机房用电功率的增长客观上增加了用水量,故合理推断同等条件下2023年减少的用水量应在1009t基础上再增加数百吨。下一步拟通过增加一套排污水回收装置,将含药剂的排污水去除高浓度离子^[3]后回注到水系统中,进一步提升节水效果。

5 结语

综上,作为目前数据中心主要制冷方式之一的水冷系统,在开式运行过程中实现循环水水质的精准控制和安全经济运行,必须关注水质调控系统的功能指标和药剂选配方案,使其既适合当地自来水水质又达到保障水体和管道系统整体安全运行的目标。而且,在运维过程中要尤其重视水质调控管理工作的综合性特点,应通过自来水水质指标和循环水水质指标变化、过滤器过滤效果、冷塔塔盘腐蚀情况、加湿装置运行状态、板换装置换热片结垢情况和换热效果变化、补水量与排污量变化情况等综合评估水质调控效果,适时采取有针对性的检测、检查措施。功能强大的水质调控设备和优良的药剂方案,能为运维人员提供有力支持,但不可以只依赖水质调控设备,必须从综合的角度客观、全面分析水系统运行的整体安全性,才能确保达到维持整个水循环系统长期安全稳定运转的目标。

参考文献

- [1] GB/T 513—2018. 数据中心基础设施运行维护标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [2] 赵鹏瑞, 傅烈虎, 花雨, 等. 数据中心湿膜加湿的水质管理[J]. 制冷与空调, 2023 (10): 80-85.
- [3] 肖新文. 数据中心空调系统加湿水处理应用刍议[J]. 制冷与空调, 2021 (2): 8-12.