

苏州城市防洪工程东风新枢纽供水系统改造分析

李长江, 项明洋, 王长亮

(南水北调东线江苏水源有限责任公司宿迁分公司, 江苏 宿迁 223800)

【摘要】城市防洪枢纽工程中供水冷却系统的稳定性和可靠性是机组安全运行的重要保障, 强制内循环供水系统在泵站工程中作为重要的辅机系统, 通过提供稳定、高效的冷却用水, 确保泵站机组在长时间、高负荷运行下仍能保持良好的工作状态, 从而有效防止因设备过热而导致设备故障或损坏。枢纽工程的冷却系统在不断优化和改进, 智能化监测控制模块在供水系统中的应用, 使得轴瓦冷却器配套的循环系统能够实时监测和智能化控制, 同时还提高了远程集中控制泵站工程的运行稳定性和安全性。

【关键词】防洪枢纽; 供水系统; 轴瓦冷却器; 技术改造

【中图分类号】TV732

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-06-0005-04

Renovation Analysis on Water Supply System of Dongfeng

New Hub for Urban Flood Control Project in Suzhou

LI Changjiang, XIANG Mingyang, WANG Changliang

(Suqian Branch, Jiangsu Shuiyuan Co., Ltd. for the East Route of the South-to-North

Water Diversion Project, Suqian, Jiangsu 223800, China)

Abstract: The stability and reliability of the water supply cooling system are essential guarantees for the safe operation of units in urban flood control hub projects. As an important auxiliary system in pumping station projects, the forced internal circulation water supply system ensures smooth operating conditions of pumping station units under long-term and high-load operation by providing stable and efficient cooling water, thereby effectively preventing equipment failure or damage caused by overheating. With the continuous optimization of cooling systems in hub projects, the application of intelligent monitoring and control modules in water supply systems enables real-time monitoring and intelligent control of the circulating system matched with bearing coolers, and improves the operation stability and safety of pumping stations under remote centralized control.

Key words: Flood control hub; Water supply system; Bearing cooler; Technical renovation

东风新枢纽是苏州市中心区防洪工程(大包围)控制建筑物之一, 位于苏州市中心城区西面的里双河上, 距离京杭大运河与里双河交汇口约80 m, 工程于2008年6月正式通水运行, 主要应用为苏州市主城区防洪排涝和水环境改善, 有效控制主城区内河水位。安装4台1500WBS5-0.88双向平面“S”型卧式轴流泵, 水泵叶轮直径1.5 m, 设计扬程1.19 m, 设计流量5 m³/s, 水泵转速218 r/min, 传动方式为齿轮减速传动, 配套电机为YKS450-6异步电机, 电机功率250 kW, 电机额定转速为990 r/min, 泵站设计流量20 m³/s, 年

运行8 000台时, 年运行最大输水量1.5亿m³, 总装机容量1 000 kW。

在建站时原机组技术供水系统采用自来水循环冷却系统, 配合内河冷却排形式进行系统河道水冷; 内河冷却器采用DN200无缝钢管连接, 敷设在进水池翼墙边, 距离河面最低水位约深1 m的地方, 经过电动机冷却后的热水通过供水管网与河水冷热交换, 再用管道泵抽至冷却水母管供电机、齿轮箱、推力轴承等设备冷却, 然后再回到

收稿日期: 2025-10-13

作者简介: 李长江(1989—), 男, 工程师

冷却管中,如此循环进行冷却。由于河道内聚集污染严重,内河冷却器和管道在水中长期受到污染水质严重腐蚀,冷却器损坏后更换导致热冷却水中断。冷却器装在河水中难以检修,无法满足主机组长期运行需求。2015年1—2月对内河冷却器换热系统进行改造,循环冷却系统中增加一套河水泵、换热器冷却排热交换的冷却系统,废除原有内河冷却器;河水泵换热系统从4台主机组进水口接入河水泵供水母管,2台河水泵一用一备,且进水管道上安装过滤设备,便于随时人工拆卸清污。

1 存在的问题

1.1 进水口滤网经常堵塞

由于河水泵从主水泵进水口取水,进水管道路和过滤设备内沉积大量泥沙和杂物,过滤设备经常发生堵塞和出水不足现象,需要人工定期检修清淤,且河水泵供水中断易发生水泵振动,干磨损坏机械密封和填料,这些不稳定因素对长期运行的机组存在较大安全隐患。

1.2 换热器内管道堵塞,换热效果差

换热器内部铜管在长期使用过程中,管道内部积累较多污垢,污垢堵塞管道会影响水的流动,导致换热效率降低,无法满足循环供水系统热交换需求。原供水系统所采用的供水泵都是根据4台机组所需冷却能力的最大值来选型,扬程、流量、管道压力都是固定的,无论开1台机组还是多台机组组合运行,供水系统的能耗都是固定的,导致供水换热系统的能耗无法调节,能耗损失较大。

1.3 供水管道锈蚀渗漏水

自来水循环供水系统管道经过16年的运行,循环管道腐蚀严重,出现较多砂眼渗漏水现象;另外由于内河水质污染,加剧河水腐蚀性,河水泵供水系统管道也同样腐蚀严重,管道砂眼渗漏水频发,部分供水管壁锈蚀非常严重,随时有可能发生管壁破裂情况,对设备的安全运行产生严重影响。

1.4 供水系统水压与流量达不到机组冷却要求

主机组电机冷却器、齿轮箱、推力轴承和填料函要求工作水压控制在0.15~0.25 MPa之间,最低不能低于0.10 MPa,循环供水系统母管压力

可以维持在0.25 MPa左右,但主机组冷却工作水压维持在0.08~0.11 MPa,机组供水和回水管内部锈蚀严重,基本处于淤堵状态,电机内冷却器铜管有堵塞,管道出水压力很小,回水流量也达不到机组冷却要求^[1]。

1.5 供水变频器自动停机,缺少远程监控功能

循环供水系统抽引蓄水池的自来水,供水泵出口的逆止阀内部腐蚀严重,阀板无法正常反转经常发生堵塞,引起供水泵负荷过载,触发变频器自动停机故障;供水泵控制柜内电气元件老化,且控制系统无远程控制和监测功能,无法实时监测供水系统运行状态,又因供水系统电源线路上电压不稳定、交流接触器电源接触不良、三相电流不平衡和变频器内部软故障等问题也时常导致变频器自动停机故障,危及主机组安全运行。

1.6 机组供水冷却效果差

对循环供水系统冷却主机组各设备温度数据整理分析,如图1所示,使用统计分析法研究主机组各设备温度变化方差和标准差,数据的方差和标准差可以反映温度变化的波动情况。

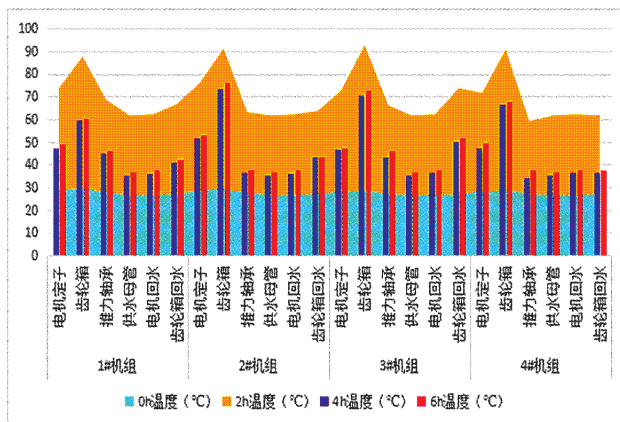


图1 主机组温度变化统计图表

1)以1#机组的电机定子为例计算。温度数据:[28.5℃, 45.0℃, 47.5℃, 49.0℃];时间点:[0h, 2h, 4h, 6h];计算方差为67.375;计算标准差为8.21℃。

2)统计整理方差和标准差结构分析。泵站主机组所有设备温度方差和标准差计算结果如图2所示。1#机组于2022年9月完成机组大修,从图2中看整体冷却效果较好;3#机组于2023年8月完成机组大修,除了齿轮箱温度偏高外,其他温度也在正常范围内;2#、4#机组未进行大修,机组

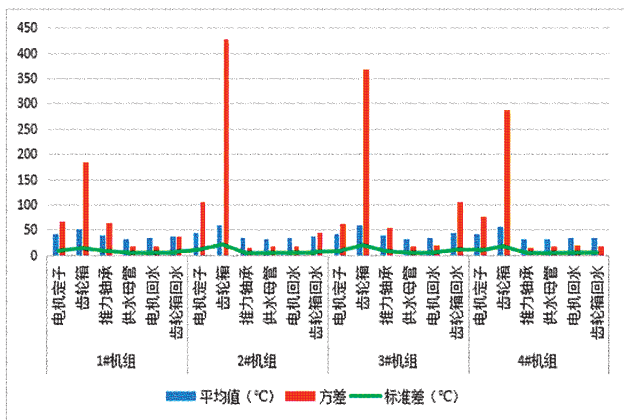


图2 主机组所有设备温度方差和标准差计算结果

整体温度偏高,部分管道有堵塞。根据图2结果分析方差和标准差较大的设备,可以看出齿轮箱内部温度变化波动较大,存在过热风险,齿轮箱的回水管道堵塞严重,无法通过循环供水系统进行冷却,冷却效果差。方差和标准差较小的设备,电机定子、推力轴承、供水母管和回水温度波动变化情况较为平稳,运行状态稳定。

2 风冷空调机组供水系统改造

泵站原供水系统由供水泵系统和河水泵系统组成,供水泵系统通过循环水池供给冷却用水,河水泵系统抽送内河水通过换热排对供水泵系统的供水母管进行换热冷却,降低循环供水温度。为了解决供水系统一次改造后存在问题,于2024年8—9月对循环供水系统进行二次改造,拆除原有供水系统和河水泵系统所有设备,弃用循环水池,选用ZWLQ-20模块化风冷冷暖型轴瓦冷却器,冷却器采用模块化设计,由多个独立的、可互换的模块组成,冷却系统设备的灵活性和可扩展性特点适应现场供水系统二次改造。此次供水系统管道改用不锈钢管进行改造,避免镀锌钢管长期使用后产生内部锈蚀、砂眼渗漏水、堵塞管道等情况。该系统采用纯净自来水封闭循环,轴瓦冷却器可设定水温,根据机组冷却系统回水温度自动投运和切换冷却机组,同时冷却器使用空气作为冷却介质,通过风扇或自然对流,空气被引入冷却器内部,吸收热量后再排出,现场2台轴瓦冷却器安装在室外,可由控制器的CPU按设置母管回水温度参数来调控供水系统的制冷量,实现闭环管理和自动控制,提高系统的安全可靠性。

3 冷却供水系统工作原理

冷却供水系统主要功能是按泵房设备要求提高每台主机组电机、齿轮箱和推力轴承等所需要冷却水量、水压并使冷却水循环使用。泵站选用ZWLQ-20模块化风冷冷暖型轴瓦冷却器和配套设备组成一套内循环自冷却、自控流量、温度和压力的稳定完整系统。改造中共设置了2套轴瓦冷却器,2套变频供水泵,供水母管上设置1套高位压力水箱,自动为供水管网系统补水,回水母管上设置1套Y型过滤器和1套无负压稳流罐。

1)正常状态下,轴瓦冷水机组一组工作另外一组备用,为确保主机组正常运行,通常需要设置一个适当防止管壁出现冷凝水的温度区间,以实现稳定输出恒温、恒流量的冷却用水效果。供水母管至单台机组的回水母管段,电机、齿轮箱、推力轴承设备回水管处均安装有示流器和流量计,便于分别观测每个设备的用水量和供水效果,满足远程集中控制运行管理的要求。

2)每台变频供水泵上都配有一组冷却风扇,可实现变频供水泵电机长期运行的正常冷却,变频供水泵可按PLC程序设置的温度、压力、流量等要求,自动控制切换一台或两台变频供水泵的投运,确保供水系统的稳定性和高效性,能够根据实际需求灵活调整供水泵的运行状态。

3)安装调试时对变频供水泵电机自动调节频率进行设置,满足一台或多台机组同时冷却用水需求,运行人员只需要根据季节的不同,设置不同时期的供水压力、温度、流量等参数,变频供水泵自动控制实现经济用水,尽量减小机组投运台数的调整而影响供水压力和流量起伏变化,降低冷却用水的功率损失。

4)供水泵出口段设置一套高位压力水箱,为供水管网系统和轴瓦冷却机组提供稳定的供水量和供水母管压力。水箱侧面安装有透明水位管,可观测水箱内水质情况,发现水质较差时便于定期更换自来水,保证供水管网系统内的水质良好。

5)无负压稳流罐是供水管网无负压供水重要设备,具有消除负压、过滤沉淀管网泥沙、防止水质二次污染和智能补偿用水流量的作用。循环系统内部循环水量出现渗漏水或明显减少时,无

负压稳流罐内液位控制器配合自来水电磁自动补水阀用以实现供水管网自动补水功能,确保供水系统的稳定性和可靠性。

4 轴瓦冷却器供水系统优势

轴瓦冷却循环供水系统通过变频控制 2 台循环供水泵、1 个高位压力水箱、无负压稳流罐及相应自动测控元件组成,与 2 台轴瓦冷却器以 Modbus RS485 通信方式连接,采用一套 PLC 模块和组态触摸屏自动控制系统进行远程监测控制。具有以下优点:

1) 系统运行模式分为正常单冷型模式和冬季智能防冻除霜模式,循环冷却水通过流量和压力,同时监测总回水温度用来实现自动控制,满足多台主机组安全可靠平稳运行要求。

2) 设备由全自动智能化控制器控制,按设定的供水量自动调节,配合供水泵出口母管和回水母管在线压力监测传感器智能对比供水系统内压力差,以及按需要智能选择是否投运轴瓦冷却器机组,实现负反馈补差恒流量、恒压力、恒温度调节,比原供水系统更高效、更节能。

3) 系统设备全封闭强制自循环运行,且管网全选用优质不锈钢无缝钢管,内部充满纯净水或自来水,从源头上消除水源污染、垃圾、泥沙等影响安全运行的问题^[2]。

4) 供水循环系统的电控设备采用 PLC 模块、微机控制器等自动控制元件,动作响应灵敏可靠,自动监测和自动保护智能化程度高,具有供水管网高低压、水源缺水 and 断水监测,以及电气设备过压、欠压、过载、短路、缺相等保护功能;在集中远程控制的大背景下,设备能够及时监测异常故障信号,通过采集运行参数和信号实现循环自检、故障判断、报警、自动切换和旁路、停运故障设备等能力^[3]。

5 应用效果

2024 年 10 月,供水循环系统完成技术改造,调试运行也全部完成。供水循环系统投入调水运行以来,经收集、观测和分析改造前后的资料对比冷却效果:

1) 供水循环系统试运行后 4 台机组定期轮

换运行,清除主机组内部冷却器残留的附着物,通过供水管网多次沉淀、过滤和更换内部循环水,彻底清除管网系统内部的泥沙和杂质,彻底杜绝供水管网内杂物堵塞管道故障问题。

2) 系统在运行前设定供水流量、压力和管道回水温度等参数,智能控制单元采集回水母管温度,当回水温度不高于设定温度时,轴瓦冷却器不工作;改造后的冷却系统具有温升均匀、能耗低、噪音小和供水压力、流量稳定等优点,特别是通过比较,当系统温度设定为 27℃ 时,消耗电量相比较改造前降低了 35% (以 12 h 耗电量计算),改造前供水泵和河水泵流量合计为 100 m³/h,改造后流量为 50 m³/h,节能降耗效果明显。

3) 经过一段时间运行,主机组电机、齿轮箱、推力轴承温度均有明显降低,电机定子和齿轮箱均维持在 48℃ 左右,推力轴承温度稳定在 30℃ 左右,供水和回水母管温度均维持在 27℃ 和 29℃ 左右,供水泵出口压力恒定在 0.25 MPa,供水母管和单台机组供水压力恒定在 0.15 MPa,机组冷却循环管网示流器和流量计运行正常,未发生管道堵塞等故障现象。

6 结 语

轴瓦冷却器循环供水系统在枢纽工程中的应用,解决了改造前供水系统管道锈蚀、砂眼渗水、管道堵塞、供水压力不足和供水泵频繁停运故障等问题。通过强制内循环供给恒流量、恒压力、恒温度的冷却水,杜绝供水水质受污染的影响,极大降低了各设备的运行温度,改善了主机组运行环境,智能化的控制系统在节能降耗方面表现出色。东风新枢纽供水系统优化改造后,主机组运行效率有效提升,设备故障率大幅降低,运行更加安全可靠;同时也为远程集控和智能化泵站在提高效率、降低成本等方面提供了保障。

参考文献

- [1] 白建俊.300MW 机组凝结水泵轴瓦冷却器冷却能力的改善[J].能源与节能,2011(2):78-79.
- [2] 陈广明,詹雪舰.大型泵站循环冷却技术供水系统研究[J].水利水电快报,2021(6):45-48.
- [3] 武春辉,朱淮明,仲子夜.淮安抽水一站供水系统改造分析[J].中国水能及电气化,2022(7):12-14.

(责任编辑 赵其芬)