

Research on the Closed Cycle Cooling System for Technical Water Supply at Huinanzhuang Pump Station

Yujiang Zhu

Huinanzhuang Management Office, Beijing Branc of China South-to-North Water Diversion Middle Route Corporation Limited, Beijing, 102408, China

Abstract

Huinanzhuang Pump Station is a large (I) type first-class project with a designed flow rate of $60\text{m}^3/\text{s}$. It is equipped with 8 horizontal single machine double suction centrifugal pumps and 8 sets of variable frequency speed control drive devices (each set includes 1 input transformer, 1 frequency converter, and 1 asynchronous motor). The single pump flow rate of the water pump is $10\text{m}^3/\text{s}$, and the supporting motor output is 7300kW, with a total installed capacity of 58.4MW. The water pump and electric motor adopt direct drive mode, with a rated speed of 375r/min. The motor generates a large amount of heat during operation, which needs to be carried away by an air cooler (cooling water) to meet the heat dissipation of the motor. This paper conducts in-depth research on the closed cooling water system of the motor.

Keywords

South-to-North Water Diversion Project; Huinanzhuang pump station; closed cooling water

惠南庄泵站技术供水闭式循环冷却系统的研究

朱豫江

中国南水北调集团中线有限公司北京分公司惠南庄管理处, 中国·北京 102408

摘要

惠南庄泵站为大(I)型1等工程,设计流量 $60\text{m}^3/\text{s}$,共安装8台卧式单机双吸离心泵,配套8套变频调速驱动装置(每套包括1台输入变压器、1台变频器和1台异步电动机)。水泵单泵流量 $10\text{m}^3/\text{s}$,配套电动机出力为7300kW,总装机容量为58.4MW。水泵与电动机采用直联传动方式,额定转速为375r/min。电机在运行过程中产生大量热量,需要利用空冷器(冷却水)将热量带走以满足电机散热,论文结合电机闭式冷却水系统进行深入研究。

关键词

南水北调;惠南庄泵站;闭式冷却水

1 引言

南水北调工程是我国一项重大的战略性基础设施,对于优化水资源配置、促进经济社会可持续发展具有重要意义。惠南庄泵站作为南水北调中线工程的重要组成部分,其运行的稳定性和可靠性至关重要。然而,在泵站的运行过程中,电机技术供水系统面临着因水中刚毛藻大量繁殖而导致的堵塞问题,严重影响了电机的正常散热和泵站的安全运行。为了解决这一问题,对惠南庄泵站电机闭式冷却水系统进行深入研究具有重要的现实意义。本研究旨在探讨采用闭式循环水系统对电机进行冷却的可行性和优势,以避免水质问题对电机降温的影响,提高泵站的运行效率和可靠性。通过对原技术供水系统的分析,结合自然冷风冷水机组的应

用,我们对闭式循环水系统的组成、工作原理、电气系统、自控设备控制功能等方面进行了详细的研究,并对其优势进行了深入分析。希望本研究能够为惠南庄泵站及类似工程的优化运行提供有益的参考,为南水北调工程的稳定运行贡献力量。

2 电机闭式冷却水项目背景

惠南庄泵站自2014年10月无水调试完成,2015年7月泵站试运行完成后转为正式加压运行输水。2018年3月,惠南庄泵站由自流的输水工况转为水泵加压供水工况后,几日内多次出现因电机技术供水水质问题造成电机冷却水量减少情况。

经调查发现,南水中水藻(主要是刚毛藻)大量繁殖,堵塞了技术供水系统进水口滤网及水泵前滤水器滤网,造成电机技术供水系统流量下降。

刚毛藻为一年或多年生,藻体为多细胞分支或不分支

【作者简介】朱豫江(1996-),男,中国河南卢氏人,本科,助理工程师,从事闭式循环冷却系统研究。

丝状体。分支为互生、对生型。细胞长筒形，幼体为一个网状叶绿体。可无性生殖或产生游孢子，有性生殖为同配接合，生活史为同型世代交替。

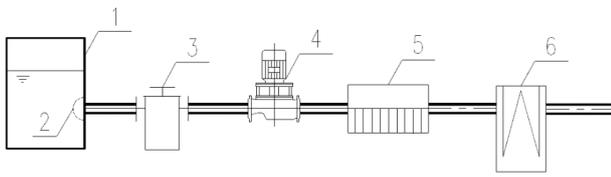
南水中刚毛藻的数量与上游水质、气候、在水体中生活时间长度等因素有关。由于刚毛藻的细网状结构，易缠绕于滤网上，对电机技术供水系统危害较大。

结合原技术供水系统弊端，研究采用闭式循环水系统对电机进行冷却，避免水质问题导致电机不能正常降温。

3 电机闭式冷却系统的必要性分析

南水中“刚毛藻”的大量繁殖，是导致电机技术供水系统水流量下降的根本原因，而电机技术供水系统的运行状态，直接影响泵站输水泵的安全运行。

原电机技术供水系统原理图如图1所示。



1—泵站前池；2—进水口滤网；3—初级过滤器；
4—技术供水泵；5—二级过滤器；6—电机空水冷却换热器

图1 原电机技术供水系统原理图

原电机技术供水系统为开式系统，该系统从前池1上游取水，冷却水经进水口滤网2、初级过滤器3过滤后，由技术供水泵4加压，进入二级过滤器5再次过滤，过滤后的冷却水进入电机空水冷却换热器换热后排至前池1下游。

电机技术供水系统冷却水流量减少的根本原因是水中絮状藻类（刚毛藻）对进水口滤网2、初级过滤器3、二级过滤器5的堵塞。由于进水口滤网2位于泵站前池水面以下，除了反冲洗方法外无其他清理措施；初级过滤器3可采用反冲洗或人工机械清理；二级过滤器5清理方式为自动冲洗和机械清理。从目前对初级过滤器3的人工清理来看，过滤器内部堵塞情况较重，细丝网状藻类无法采用反冲洗措施清除。

南水中藻类的繁殖、爆发具有不可预见性，且一旦爆发，很难在短期消除，使泵站运行存在严重隐患。因此，对原有的技术供水系统进行改造是必要的。

4 自然冷风冷水机组在闭式循环水系统的应用

4.1 自然冷却风冷水机组

自然冷却风冷水机组由冷凝器、蒸发器、压缩机、膨胀阀、氟泵等部件组成，其原理图如图2所示。

自然冷却风冷水机组有两种工作模式：压缩机工作模式，氟泵工作模式。当室外温度较高时，冷凝压力与蒸发压力相差较大，采用压缩机工作模式制冷；当室外温度较低时，冷凝压力与蒸发压力相差较小，采用氟泵工作模式制冷。

氟泵与压缩机功率相差较大，通常氟泵功率仅2~3kW，冬季、过渡季节采用氟泵工作模式，节能效果明显。

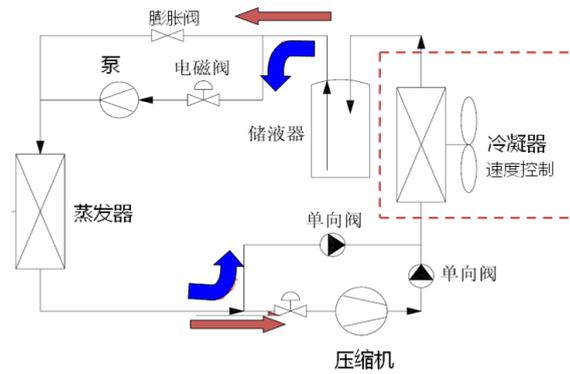


图2 自然冷却风冷水机组原理图

自然冷却风冷水机组采用低压缩比压缩机，压缩机运行界限的范围广，机组采用高温出水模式，冷冻水出水温度最高可达30℃。机组高温出水时，COP较高。

系统采用自然冷却风冷水机组4台，3用1备，机组单台制冷量为460kW，额定COP为7.6，单台最大用电功率为83kW。

自然冷却风冷水机组供回水温度为26/30.2℃（可通过参数设定进行修改），压缩机工作模式和氟泵工作模式的切换温度为21℃（可通过参数设定进行修改）。

4.2 电气系统介绍

新技术供水供电系统采用分段式供电方式，1~2号冷水机组采用400V一段供电；3~4号冷水机组及阀控柜采用400V二段供电，循环水泵及LCU控制柜采用双电源供电方式，双电源分别采自400V一段和二段。冷水机组在运行时分别运行1~2号及3~4号中其中一台，一是保障供电系统的均衡性；二是保障冷水机组运行的安全性。分段供电方式保障了电机技术供水系统供电系统的安全可靠性。

4.3 自控设备控制功能介绍

4.3.1 循环水泵

循环水泵共有4台，循环水泵控制分本地控制，上位机手动控制，上位机自动控制三种控制方式。上位机自动控制模式为水泵自动轮切控制模式，系统能根据主机组运行数量自动判断需求循环水泵数量，同时按上位机设定的时间间隔自动切换备用水泵。主机组运行数量与循环水泵启动数量对应关系为1~2台主机组运行启动一台循环水泵；3~4台主机组运行启动两台循环水泵；5~6台主机组运行启动三台循环水泵；第7台主机组闭阀增压试验时启动四台循环水泵。

4.3.2 冷水机组出口电动阀门

冷水机组冷冻水出口电动阀门的现地控制设置在泵站外冷水机组旁的新增阀控配电柜内，冷水机组出口电动阀采用本地手动控制及远程手动控制方式。运行冷水机组前必须打开相应出口电动阀。

4.3.3 定压补水机组

定压补水机组控制方式分为本地手/自动控制,远程画面手/自动控制四种控制方式。

本地手动模式能单独启停任何一台补水泵,本地自动模式根据电接点压力表上下限信号进行补水启停泵控制。本地手/自动模式下,超压泄放利用超压泄放电接点压力表控制,达到 350kPa 时超压泄放阀动作泄压。

远程手动模式能通过上位机单独启停任何一台补水泵,远程自动控制根据定压补水出口压力变送器信号判断控制,压力低于 77.5kPa 时自动补水,压力高于 120kPa 时自动停止补水,压力高于 350kPa 时超压泄放阀动作泄压。

水箱补水装置采用浮球阀装置自动补水。

4.3.4 自然冷却风冷冷水机组

每套自然冷却风冷冷水机组自带一套完整的自控设备,可独立完成冷水机组的操作控制运行,冷水机组 PLC 与电机技术供水系统 PLC 采用 Modbus_tcpip 通信协议。冷水机组设置本地/远程控制转换开关,冷水机组远程控制命令由电机技术供水系统 PLC 通过 Modbus_tcpip 通讯向冷水机组发送控制指令,本地控制不受远程控制制约,只受本地 PLC 控制。

5 系统的优势分析

闭式循环水系统冷水机组采用国际上先进的自然冷却与压缩机制冷结合方式,室外温度不高于 35℃ 时单台冷水机组运行功率为 62.59kW,室外温度不高于 42℃ 时单台冷水机组运行功率为 76.81kW,在相同制冷量下比传统螺杆式压缩机制冷机组运行功率降低近 70kW。闭式循环水系统冷水机组运行功率符合国家节能降耗,绿色低碳要求,符合国家碳达峰碳中和远景目标要求。

闭式循环水系统管路及管件采用 316L 不锈钢材质,室外埋地不锈钢管采用聚乙烯外护管,聚氨酯保温材料填充,埋地管路与地上管路采用软连接,防止管路沉降导致产生附加应力。地面管路支架采用可调节式支架,防止地面沉降导

致的管路支架倾斜,进而导致地面管路产生附加应力。地下管路设计高位排气低位排水管路及排水排气井,防止系统管路积气。

闭式循环水系统 LCU 控制系统采用施耐德 M580 系列冗余 CPU 控制,控制系统安全可靠。PLC 与 Smardt 冷水机组采用 Modbus_tcpip 通信,通信稳定,通信速率高。将冷水机组关键运行参数上传至上位机画面展示,同时实现了上位机远程启停冷水机组,进一步提高了系统运行的可靠性。循环水泵采用自动周期轮切启动控制方式,相比传统手动切换循环水泵,降低了误操作导致的停机事故,同时循环水泵启动与主机组预开机采用联动方式,控制方式符合泵站高效自动化控制理念。

闭式循环水系统配电盘柜供电采用两段供电方式,1~2 号冷水机组采用一段供电方式;3~4 号冷水机组采用二段供电方式;循环水泵及 LCU 控制柜电源采用一、二段双电源供电方式,供电可靠性高,避免了因单段供电故障导致的全厂停机事故。

6 结语

新电机技术供水闭式循环系统投入后,一是避免了因“刚毛藻”堵塞导致的机组停机事故;二是降低了维修工人工作强度,不用再频繁清理原技术供水过滤器及 ABB 电机空冷器;三是大大提高了主机组运行的可靠性。闭式循环水系统的应用符合中线工程高效稳定运行要求,符合中线工程向首都稳定供水的要求。

参考文献

- [1] 赵泽锦,周斌,吴巍,等.蒙开个地区河库连通工程泵站机组组合研究[J].中国农村水利水电,2023(2):160-164.
- [2] 赵文军,仇宝云,吉庆伟,等.大型立式水泵机组供排水系统改造[J].流体机械,2022,50(11):69-77.
- [3] 徐向东,王锋.新疆奎屯河新龙口水电站水系统供水方式优化设计[J].电力系统装备,2021(4):93-94.
- [4] 沈才山.闭式循环技术供水系统在八盘峡水电厂的应用[J].兰州工业高等专科学校学报,2005,12(4):8-11.