

大型立式轴流泵泵站金属结构设计与研究

管义兵, 王振红, 施巍巍

(江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215128)

摘要:结合新沟河延伸拓浚工程江边枢纽泵站金属结构布置与设计进行论述,特别对单、双向泵站快速闸门的布置方案及设备选型进行分析,结合近年来水利工程中金属结构设计研究与发展趋势,进一步探讨了新材料、新技术在本工程的应用。

关键词:立式轴流泵; 液压启闭机; 快速闸门; 回转式清污机

中图分类号:TV675 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2019)06-0024-04

Design and research on metal structure of large vertical axial - flow pump station

GUAN Yibing, WANG Zhenhong, SHI Weiwei

(Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Suzhou 215128, Jiangsu)

Abstract: The arrangement and design of the metal structure of Jiangbian hub pump station in the extension of Xingou River were discussed, especially the arrangement scheme and equipment selection of the rapid gate of the single and two-way pump station were analyzed, and the application of new materials and new technologies in this project was further explored combined with the research and development trend of metal structure design in water conservancy projects in recent years.

Key words: vertical axial flow pump; hydraulic hoist; quick gate; rotary trash-cleaning machine

1 概述

新沟河江边延伸拓浚工程是国务院批复的提高太湖西北部湖湾水环境容量、优化引江济太工程布局、改善梅梁湖湾水流条件的需要、补充太湖水资源量、应对水源地突发水污染事件、保证水源地供水安全、统筹兼顾流域区域防洪排涝的重要工程,江边枢纽位于江阴市新沟河入江口门处,是新沟河拓浚延伸工程通江口门的重要组成部分,枢纽工程建成后,充分利用长江潮汛特点,满足改善水环境、挡潮防洪、除涝、引水及航运等综合功能的需要。江边枢纽工程由1座 $180\text{ m}^3/\text{s}$ 泵站、净宽 48 m 节制闸以及V级航道船闸($16\text{ m}\times 180\text{ m}\times 3\text{ m}$)组成,其中泵站单机设计流量 $30\text{ m}^3/\text{s}$,共6台机组,总

排涝设计流量 $180\text{ m}^3/\text{s}$,引水流量 $90\text{ m}^3/\text{s}$,单、双向泵各3台,水泵为开敞式立式轴流泵。

根据水泵的工作特点,单向泵采用钟形进水、箱涵式出水流道,双向泵采用“X”型箱涵式进出水流道,按规范要求并结合已确定的进出水流道,在单向泵出水口侧设置1道快速工作闸门及1道快速事故闸门,双向泵上下层流道进、出水口侧各设置1道快速闸门(通过闸门的启闭切换来实现水泵双向引排水的启动和断流)。金属结构设计是本工程设计的重要组成部分,也是泵站安全运行、发挥效益的重要保障。金属结构设计过程中,在充分了解了工程总体布置、任务与标准、工程的运行条件与要求等前提下,选用正确可靠的基础资料及数据,依据国家现有相关规范、标准及强制性条文,利用

收稿日期:2019-03-16

作者简介:管义兵(1988—),男,本科,工程师,主要从事水工金属结构设计工作。

成熟的新材料、新技术,选择安全可靠、经济合理的设备或设计方案开展泵站工程金属结构的布置与设计工作。新沟河江边枢纽泵站金属结构主要包括:内河侧清污机、长江侧拦污栅、泵站单双向泵快速工作闸门、快速事故闸门、单向泵检修闸门以及相应的埋件及启闭设备。

2 快速闸门布置与设计

单向泵共3台,主要任务为:泵站排涝时利用水泵从新沟河侧往长江侧排水,泵站出水口侧设置了1道快速工作闸门及1道快速事故闸门,布置如图1所示。考虑水泵启动时的溢流,在泵站快速工作闸门两主梁间设置了2道小拍门,为便于3台水泵机组的保养维护及故障检修,内河侧设置了1道共用的检修闸门,通过泵站厂房内的桥式起重机对检修闸门进行起吊。

单向泵快速工作闸门、事故闸门及检修闸门均为平面悬臂定轮钢闸门,主要材质为Q345B,孔口平面尺寸为 $9.0\text{ m} \times 4.4\text{ m}$,闸门采用双主梁设计,支承方式为滚动支承^[1],配套 QPKY- $2 \times 320\text{ kN}$ 液压启闭机对快速闸门进行启闭^[2]。快速工作闸门及检修闸门采用单向止水,快速事故闸门采用双

向止水。

双向泵机组共3台,主要任务为:①泵站排涝时开启长江侧上层流道闸门及新沟河侧下层流道闸门,即可实现利用水泵从新沟河侧往长江侧排水;②泵站引水时开启新沟河侧上层流道闸门及长江侧下层流道闸门,即可实现利用水泵从长江侧往新沟河侧引水。双向泵上下层流道进、出水口侧各设置1道快速闸门,布置如图2所示。由于同步电机的启动力矩较小,牵入同步需要 $6 \sim 7\text{ s}$ 的时间,当水头差较大时,为避免发生机组启动失败的情况,可将机组进水侧的快速闸门、事故闸门均开启至合适的高度,然后启动机组,待机组运行平稳后,关闭进水侧工作闸门,同时打开出水侧的工作闸门进行切换,不仅提高了机组的一次开机成功率,也有有效的延长了机组的使用寿命。

双向泵快速工作闸门、事故闸门均为平面悬臂定轮钢闸门,3台双向泵机组共设置了12扇快速闸门,主要材质为Q345B,上层流道孔口平面尺寸为 $9.0\text{ m} \times 4.4\text{ m}$,下层流道孔口平面尺寸为 $9.0\text{ m} \times 4.3\text{ m}$,双向泵快速闸门同样采用双主梁设计,支承方式为滚动支承,为达到更佳的止水效果,上下流道层快速闸门均采用双向止水,配套 QPKY- $2 \times$

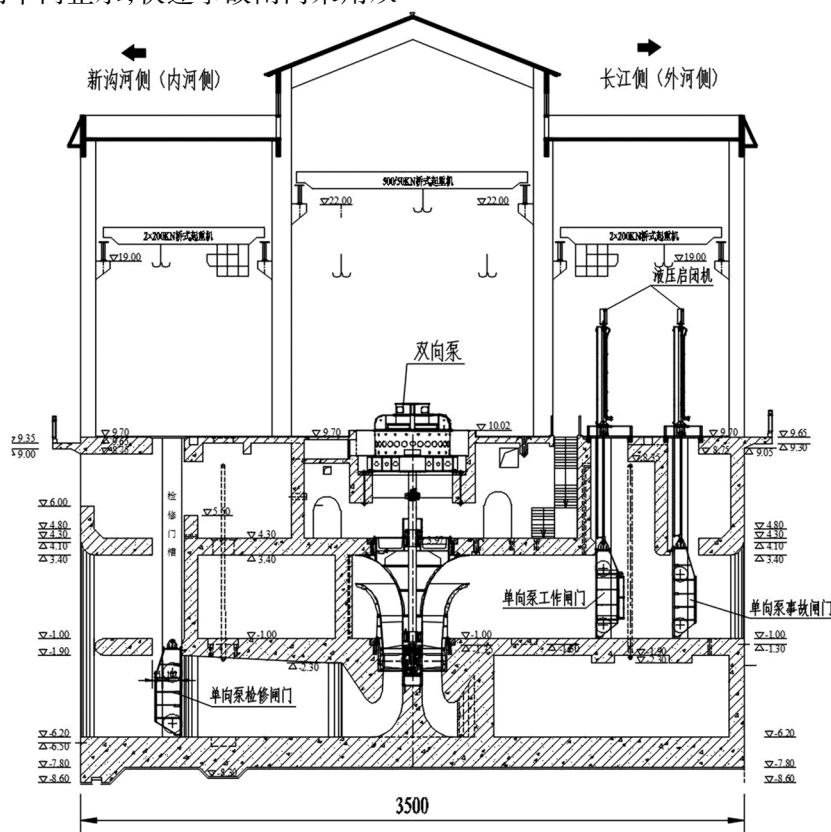


图1 单向泵闸门及启闭设备布置

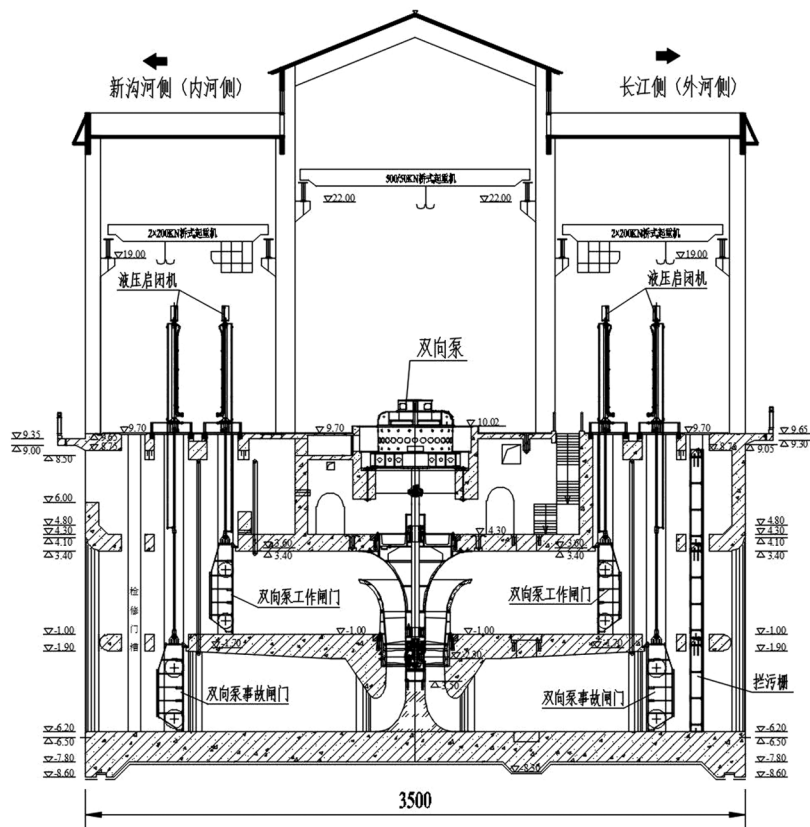


图2 双向泵闸门及启闭设备布置

320 kN 液压启闭机对快速闸门进行启闭,为达到快速闭门要求,快速闸门主梁上布置了适当的铸铁配重块。

为便于双向泵机组的检修,在设计闸门时考虑了机组的检修工况(为兼顾不利因素,并尽可能经济合理,本文所述工程以引排水设计工况作为检修条件)。当机组检修时,4扇闸门关闭挡水,利用配套的集中检修排水系统,排除流道内积水,从而实现泵站机组的检修。

泵站闸门埋件采用焊接组合件,材质选用Q345B,埋件外露表面采用了同闸门一样的喷锌+封闭油漆防腐,与混凝土接触表面采用涂刷改性水泥浆的方式进行防腐^[3]。为达到更好的止水效果及降低快速闸门在启闭过程中的止水摩阻力,在止水橡皮的工作位置贴焊6 m厚不锈钢钢板作为止水贴面。同时为减小水泵运行过程中冲击水流对闸门造成的震动,在闸门全关时下滚轮中心停留位置的外河侧轨道表面贴焊一块楔形钢板,楔形钢板厚度经现场实测后进行加工、定位和焊接,要求下滚轮中心接触面与楔形钢板间隙在4 mm左右,这样既保证了闸门的安全运行,又减小了闸门在水泵运行过程的震动和挡水期间的渗漏水量。

闸门行走支承方式采用悬臂式滚轮行走支承,双向泵下层流道快速闸门及单向泵检修闸门滚轮直径为1000 mm,双向泵上层流道快速闸门及单向快速工作、事故闸门滚轮直径为800 mm,滚轮材质选用ZG270-510,选用45#钢作为主滚轮轴材料,轴套作为滚轮装置重要部件,本工程选用FZ-8系列高强度钢基铜塑自润滑滑动轴承,相较于NGA等尼龙材质轴套具有强度高、温湿度影响变形小、抗蠕变等特点^[4],工程位置处于新沟河长江口,针对长江口水质多泥沙的特点,轴套选用了两侧自带密封圈的滑动轴套,可以有效防止泥沙进入到轴承及轴之间的空隙,延长主滚轮系统的使用寿命。

3 泵站快速闸门启闭设备

为了保证快速闸门在水泵及其电机在出现事故时能够迅速切断流道内的水流,防止水流倒灌对水泵电机造成叶轮反转飞逸,从而造成对水泵电机的破坏,泵站快速工作闸门、快速事故闸门均涉及选用QPKY-2X320kN液压启闭机,启闭机工作行程为5.0 m,共18台套,其中单向泵6台套,双向泵12台套,液压站共2台套,分别为新沟河侧及长江侧液压启闭机提供液压动力,液压站布置在泵站临

土侧检修空箱内。液压启闭机控制系统具有“现地/远方”“自动/分步”控制功能,液压泵站旁设有集中控制柜,启闭机旁设有现地控制柜,无论是在手动还是自动控制方式下,液压控制系统都能执行关门优先,即不管是开机失败、故障停机、系统失电,还是正常停机等,都可快速、依序关闭快速工作闸门、事故闸门。

本工程地处长江口岸,传统镀铬活塞杆受限于镀铬工艺及镀铬质量影响,活塞杆易发生氧化腐蚀、电化学腐蚀、生物腐蚀等腐蚀现象,镀层因遭到腐蚀而剥落^[5],基体的锈蚀会引起密封件损坏和密封处漏油,且传统镀铬活塞杆配套的行程检测装置为外置式钢丝绳抽拉结构,故障率高、稳定性差、测量精度低。与行程检测装置结合使用的陶瓷活塞杆正好可以克服这些缺点,该原理包括:陶瓷活塞杆基体由一系列等距离并具有一定深度的环形沟槽组成,利用导磁性基体和非导磁性陶瓷涂层的等距间隔,通过传感器读取这些沟槽形成信息,输出的信号通过 PLC 可以直接转换成为液压启闭机行程。这种集成于陶瓷活塞杆的行程检测装置,可直接检测出活塞杆的位移,累积误差极小,检测精度可以达到 1 mm 以内,且有失电记忆功能。当快速闸门两吊点启闭机行程检测系统输出行程偏差超差信号时,配套的 PLC 控制系统分别对两侧液压控制阀组进行调节控制,从而使两侧液压缸达到同步。

水泵在运行过程中,冲击的水流会造成闸门及连接的启闭机震动。本工程启闭机活塞杆端吊头轴承采用自润滑关节轴承,关节轴承自动调心、轴承受力均匀等特点可以有效减小启闭机在震动过程中所受的冲击力。

4 内河侧清污机及长江侧拦污栅

目前内河水面漂浮物相对较多,为有效清理水面漂浮物、提高机组运行效率、便于工程运行管理,在内河侧设 9 台回转式格栅清污机,清污机桥上配套 1 台皮带输送机用于运送格栅清理的污物;鉴于该段长江口岸的水面漂浮物较少,本着经济合理的原则,在长江侧设置直立式拦污栅,通过泵站厂房内的桥式起重机对拦污栅起吊,定期进行人工清污。

新沟河侧清污机型式在比选了抓斗式和回转

式后,综合分析了设备的清污效率、维护便利等因素后采用回转式格栅清污机。清污机单孔净宽 4.60 m,平台净高 7.50 m,格栅清污机按格栅前后水位差 1.50 m 设计,倾角 70°布置。拦污栅整体框架采用碳素结构钢焊接,框架防腐采用喷锌防腐+封闭漆的防腐措施,对于受到磨损量较大的栅条、套筒板子链等部件材质采用不锈钢材质。为今后清污机便于检修,清污机固定支座采用支铰座设计,检修时通过机脚部件起吊搁置,清污机整体围绕支铰旋转后固定,即可实现对清污机齿耙、套筒板子链等清污机部件进行维修、更换。

长江侧共设置 3 扇直立式拦污栅,拦污栅采用分节设计,栅条间距 100 mm,每扇拦污栅由 3 片栅节通过螺栓连接为一个整体,需要对长江侧拦污栅进行清污时,可通过厂房内的桥式起重机起吊拦污栅进行清污。

5 结语

新沟河江边枢纽泵站工程金属结构设备的设计及选用充分考虑了泵站机组本身和泵站结构布置的特点,满足了本工程开敞式立式轴流泵机组的运行及检修要求,设备布置、设计经济合理,在满足功能的前提下,既节约了投资,又保证了泵站运行安全、可靠。轨道表面贴焊楔形钢板减小渗漏水、开机流程的优化改进、陶瓷活塞杆液压启闭机配套 CPMS-Ⅱ行程检测技术等,可为今后类似泵站工程设计提供一定参考经验。本文对开敞式立式轴流泵泵站金属结构布置及设计优化进行了浅述,限于篇幅,未能一一展开,今后将进一步总结提升。

参考文献:

- [1] 水利部.SL 74-2013,水利水电工程钢闸门设计规范[S].
- [2] 水利部.SL 41-2011,水利水电工程启闭机设计[S].
- [3] 水利部.SL 105-2007,水工金属结构防腐蚀设计规范[S].
- [4] 王煦.钢闸门油尼龙轴套失效研究[J].中国农村水利水电,2002(7):36-38.
- [5] 许旭东,袁尧,彭志芳.陶瓷涂层技术在液压启闭机中的应用研究[J].水利建设与管理,2016(3):70-72.