

建设双向泵站形成新型调水引流格局

刘子系¹, 边晓阳¹, 徐 嘉², 周 杨²

(1. 无锡市太湖闸站工程管理处, 江苏 无锡 214000;

2. 无锡市城市防洪工程管理处, 江苏 无锡 214000)

摘要: 新沟河延伸拓浚工程是改善太湖水环境的流域性工程, 也是流域洪水北排长江的流域性骨干工程。工程既能将直武地区 5 年一遇及其以下涝水由南排太湖改为北排长江; 还可通过新沟河外排梅梁湖水体, 改善梅梁湖湖区水动力条件, 提高太湖水环境容量; 具备遇水污染突发事件时, 引长江水入太湖, 扩大“引江济太”规模, 保障梅梁湖等湖湾水源地供水安全, 整个工程具有双向引、排水运行要求。本文以其中的江边枢纽为例, 根据泵站运行特点, 选择合适的机组型式, 兼有排涝、引水功能, 以此在太湖和长江之间形成有效联通通道, 形成新的调水引流格局。

关键词: 水环境治理; 排涝; 调水引流; 双向泵站

中图分类号: TV675

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 06-0054-04

Constructing bidirectional pumping station, forming a new pattern of water diversion and drainage

LIU Zixi¹, BIAN Xiaoyang¹, XU Jia², ZHOU Yang²

(1. Wuxi City Taihu Station Project Management Office, Wuxi 214000, Jiangsu;

2. Wuxi City Flood Control Project Management Office, Wuxi 214000, Jiangsu)

Abstract: The Xingou River dredging project is not only a basin water environment improvement project in Taihu, but also a watershed backbone project of flood north into the Yangtze River. The project can divert the flood of once-in-a-5-years in Zhi-Wu area from south to Taihu to northward into the Yangtze River. The water of Meiliang Lake can be discharged through the Xingou River which improving water dynamic conditions and water environmental capacity of Taihu. When water pollution accident happened, the project can bring water from Yangtze River to Taihu Lake, which guarantees water supply safety of Meiliang Lake. The project has the function of bidirectional diversion and drainage. The riverside hub is taken as an example in this paper, according to the operation characteristics of pump station, appropriate unit type is selected. A new pattern of water diversion and drainage has been formed.

Key words: water environment treatment; drainage; water diversion and drainage; bidirectional pumping station

太湖流域是我国经济发达的地区之一, 也是洪涝灾害比较严重的地区, 流域经济社会快速发展, 水环境治理滞后于社会经济发展需要, 流域

水环境污染日益严重, 严重影响流域广大群众的饮用水安全和经济社会可持续发展。《太湖流域水环境综合治理总体方案》总结了以太湖污染治

收稿日期: 2017-01-16

作者简介: 刘子系 (1989-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事泵站建设与管理工作。

理正反两方面的经验, 在处理大量基础资料、数据的基础上, 厘清了太湖污染的现状和主要问题, 强调了按照科学发展观的要求, 加快太湖流域水环境综合治理的必要性和紧迫性。太湖流域水环境综合治理是一项复杂的、艰巨的、长期的任务, 建设新沟河延伸拓浚工程, 在太湖和长江之间形成有效联通通道, 既能使太湖洪涝水北排长江, 又能引长江水入太湖, 应急水污染突发事件, 形成新的调水引流格局, 提高太湖水环境容量, 完善太湖水体流速流态, 改善梅梁湖和竺山湖湖体水质, 保护太湖水生态环境及提高流域防洪除涝能力是十分必要的。

1 工程概况

新沟河延伸拓浚工程既是《太湖流域水环境综合治理总体方案》安排的水环境综合治理引排工程项目之一, 也是《太湖流域防洪规划》确定的流域洪水北排长江的重点工程之一, 对改善太湖水环境和提高流域、区域防洪除涝能力有重要作用。新沟河工程可有效控制直武地区入湖口门, 减少梅梁湖外源污染入湖, 必要时, 还可通过新沟河外排梅梁湖水体, 改善梅梁湖湖区水动力条件, 提高太湖水环境容量, 保障梅梁湖等湖湾水源地

供水安全。新沟河工程结合区域防洪除涝, 河道主要满足流域 100 年一遇洪水北排、武澄锡虞区 50 年一遇洪水外排、外排梅梁湖水及直武地区 5 年一遇及其以下涝水由南排太湖改为北排长江等要求; 同时, 遇水污染突发事件时, 又可应急引长江水入太湖, 扩大“引江济太”规模。

新沟河工程中的江边枢纽泵站就是兼有排涝、引水功能的双向泵站, 设计总排涝流量为 180 m³/s, 即具有排涝功能的单机流量为 30 m³/s 的单向泵 3 台和具有排涝、引水功能的单机流量为 30 m³/s 的双向泵 3 台, 同时 3 台双向泵具有引水流量为 90 m³/s。根据沿江枢纽工程运行特点, 综合考虑枢纽工程的功能要求, 满足枢纽安全运行需要, 对确定的工程特征水位, 按照苏水计 [1997]203 号文《关于确定湖西引排、武澄锡引排沿江枢纽有关水位设计标准的通知》、苏水计 [1997]210 号文《关于江苏省长江远期防洪 (潮) 设计水位及沿线建筑物设计标准的通知》要求进行水位组合, 泵站运行水位组合及特征扬程见表 1。

2 泵型选择

《泵站设计规范》规定^[1]: 机组台数以 3 ~ 9 台为宜。机组台数少, 运行调度不灵活; 机组台数

表 1 泵站运行水位组合表

			单位: m	
运行工况		说 明	水位	扬程
排涝工况	设计	外河 频率 5% 的最高连续 7 d 高潮平均水位 6.53 m, 站前雍高 0.2 m	6.73	3.03
		内河 腹部设计排涝水位推算至站前水位 3.9 m, 站前落低 0.2 m	3.70	
	校核	外河 频率为 1% 的最高连续 7 d 高潮平均水位 6.73 m, 站前雍高 0.2 m	6.93	3.53
		内河 防汛警戒水位 3.6 m, 站前落低 0.2 m	3.40	
排水工况	设计	外河 多年平均高潮位 4.15 m, 站前雍高 0.2 m	4.35	1.35
		内河 常水位 3.2 m, 站前落低 0.2 m	3.00	
	校核	外河 多年平均高潮位 4.15 m, 站前雍高 0.2 m	4.35	2.05
		内河 内河控制低水位 2.50 m, 站前落低 0.2 m	2.30	
引水工况	设计	外河 1971 年型 4 ~ 10 月份引水期平均低潮位 2.68 m, 站前落低 0.2 m	2.48	1.55
		内河 腹部引水适宜水位推算至站前水位 4.03 m	4.03	
	校核	外河 95% 保证率 4 ~ 10 月份引水期低潮位 1.48 m, 站前落低 0.2 m	1.28	2.99
		内河 腹部引水高限水位推算至站前水位 4.27m	4.27	

注: 最低扬程为零扬程, 不予计入。

过多, 泵房尺寸较大, 土建工程量大, 机电设备造价较高。因规划河道不宽, 本枢纽在泵站厂房两侧还需布置节制闸与之连接。因此, 泵站机组台数不宜过多, 机组台数为 6 台, 其中 3 台为双向泵, 3 台为单向泵, 单机流量均为 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

江边枢纽泵站是兼有排涝、引水功能的双向泵站, 特点是低扬程、大流量, 年运行时间少。从泵站运行水位组合表中可知本泵站正反向运行的设计净扬程均在 3 m 以下, 属于特低扬程泵站, 这就增加了选择装置形式的难度。对于具有双向运行功能的泵站, 目前主要有以下三种装置型式可供选择: (1) 单向泵配单向流道; (2) 单向泵配双向流道; (3) 双向泵配单向流道。结合装置型式, 主要对开敞式轴流泵、斜式轴伸泵、灯泡贯流泵三种方案进行技术经济综合比选。

经分析可知, 斜 15° 轴伸泵、灯泡贯流泵和开敞式轴流泵都有可取之处。斜 15° 轴伸泵的轴承受力情况复杂, 轴承易磨损问题比较突出。灯泡贯流泵方案水泵装置性能较好, 但制造技术要求高、难度大。开敞式轴流泵结构简单, 运行可靠, 维修方便, 正、反向运行效率一致, 而且可利用流道进行泄流, 从而大大提高了泵站的经济效益和综合利用性能^[2]。此外, 经过多座泵站的施工实践, 开敞式轴流泵积累了较丰富的制造、安装、运行等方面的经验, 这些都是该方案优于其它两个方案的优点; 缺点是机电设备较笨重, 断流设备数量较多, 机电设备费用较高。但是机电设备费用在工程总投资中占的比例较小, 故工程总投资是最省的。因此, 经综合比较, 江边枢纽采用单机流量均为 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 的开敞式轴流泵 6 台, 其中 3 台双向泵

采用箱涵式进出水的流道方案, 3 台单向泵采用钟形进水、箱涵式出水流道方案。

2.1 原型水泵技术参数

江边枢纽泵站是兼有排涝、引水功能的双向泵站, 排涝流量 $180 \text{ m}^3/\text{s}$, 引水流量 $90 \text{ m}^3/\text{s}$, 以排涝为主, 且排涝最大净扬程大于引水最大净扬程, 故泵选以排涝工况为主, 即保证在排涝工况的设计扬程下水泵装置获得最高的效率和设计流量, 在最高扬程下机组仍能稳定运行。根据江边枢纽工程泵站的泵型和运行要求, 已建成的望虞河枢纽、泰州引江河高港泵站与江边枢纽泵站的水泵装置类型相同, 且泵站运行工况相似, 选取模型试验报告中推荐方案的综合特性曲线进行原型换算。换算到原型叶轮直径 $D=3150 \text{ mm}$, 叶片安放角 $\Psi=0^\circ$, 水泵转速 $n=125 \text{ r/min}$ 时, 满足江边枢纽泵站的运行要求。

换算后的原型装置性能曲线见图 1, 主要技术参数见表 2。

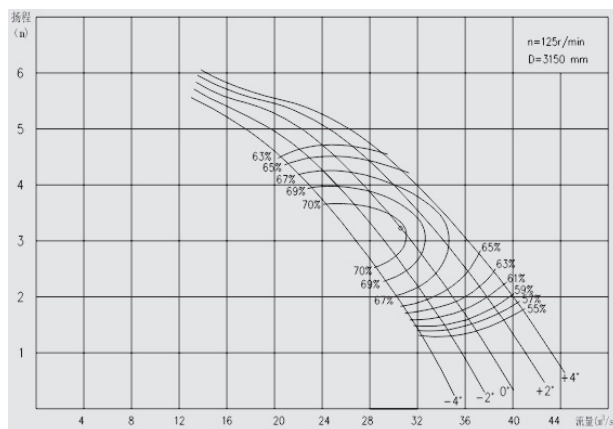


图 1 原型装置性能曲线图

表 2 原型装置特征扬程下的性能参数表

运行工况	装置扬程		叶片角度	流量 $Q (\text{m}^3/\text{s})$	水泵装置效率 (%)	轴功率 $N (\text{kW})$
	特性	总扬程 (m)				
排涝 (正向)	设计	3.23	0°	30.60	70	1385.1
	最大	3.73	0°	28.19	69.1	1492.8
排水 (正向)	设计	1.55	0°	36.13	59.6	921.8
	最大	3.25	0°	29.45	69.9	1343.3
引水 (反向)	设计	1.75	0°	35.40	62.5	972.4
	最大	3.29	0°	30.29	70	1396.6

注: 总扬程中考虑拦污栅及门槽损失 0.2 m 。

2.2 配套电机功率

比较表 2 中各种工况下的轴功率可知, 排涝最大扬程工况下的轴功率最大, 主电机的容量应按水泵运行可能出现的最大轴功率选配, 并留有一定的储备, 储备系数宜为 1.10 ~ 1.05, 按排涝工况下的最大轴功率计算则电动机功率为 1642.1 kW。双向泵站排涝工况下轴功率大于引水工况。因此, 双向、单向泵站均选用配套电机功率 2000 kW 的 48 极同步电机, 电机额定转速约为 125 r/min。

2.3 流道型式与断流方式

双向泵站流道分上下两层, 底层采用箱涵式进水流道, 上层采用锥形管轴向管口四周出水方式。箱涵式进水流道类同后壁距很大的单向钟形进水流道, 其在箱涵式双向进水流道中设置导水锥占据漩涡、涡带可能发生的空间, 防止漩涡产生, 导水锥下部直径同喇叭口, 上部直径同轮毂, 进水为环形进水, 型线设计合理的平面蜗壳式双向进水流道中无明显回流和漩涡^[4]。进出口断面的尺寸定为 4.3 m×9.3 m, 正向设计工况下进水口断面流速约 0.75 m/s。根据本机组的特点及流道形式, 采用 4 道快速闸门的断流方式, 通过切换流道来实现双向抽水的功能。

由于 3 台单向泵和 3 台双向泵分两块底板相邻而建, 钟形进水流道(单侧)的土建尺寸与箱涵式流道较为接近, 且与肘型进水流道相比较, 钟形进水流道的底板高程可以和箱涵式进水流道的相同, 为使整座泵站结构统一, 单向泵站采用钟形进水流道和箱涵式出水流道。进出口断面的尺寸与双向泵站的相同。根据单向机组的流道形式, 采用 2 道快速闸门的断水方式。

2.4 机组安装高程

根据最大扬程下模型装置的汽蚀余量 $NPSH_{rm}=9.5\text{m}$, 按相似理论换算到原型, 由计算结果, 叶轮淹没深度为 0.62 m, 考虑出水侧最低运行水位 4.05 m 及出水流道顶缘淹没的要求并留有一定的余量, 确定水泵叶轮中心线在进水池最低运行水位以下 3.01 m, 即叶轮中心线安装高程为 -2.3 m。

2.5 原型机组参数

江边枢纽泵站本阶段按原型机组主要参数表中采用的原型机组主要参数进行设计。见表 3。

3 主要电力设备选择

表 3 原型机组主要参数表

机组型式	立式轴流泵
主水泵台数	6
主水泵叶轮直径	3150 mm
主水泵转速	125 r/min
配套主电机功率	2000 kW
主电机转速	125 r/min
水泵电机联接方式	直联
叶片调节方式	液压全调节
流道型式	单向泵: 钟形进水流道, 箱涵式出水流道 双向泵: 箱涵式进进出水流道
断流型式	快速闸门断流

3.1 变压器选择

按水泵最大轴功率 1492.8 kW 计算, 电机效率 $\eta=94\%$, 功率因数 0.9, 负荷视在功率 $S=6\times1492.8/0.94/0.9=10587\text{VA}$ 。另外考虑 630 kVA 站变容量, 同时为使变压器保持一定负荷率, 选取主变容量为 12500 kVA。故主变采用 2 台二圈干式变压器。

3.2 站变选择

枢纽站用电主要有本站快速闸门启闭系统、节制闸、船闸、直流系统、供排水泵、风机以及管理所办公楼、辅助用房、生活宿舍区用电等, 合计容量为 560.5 kVA, 故选配 630 kVA 干式变压器。

4 自动化系统

本枢纽设置中央控制室, 建立枢纽微机监控系统, 集测量、控制、保护、型号、管理等功能于一体, 主要包括对电气设备、泵站主机运行参数的监视、测量、控制、保护; 相应辅机设备的控制、监视, 以及水情数据的收集处理; 实现集控室内集中数据显示、分析、处理; 实现集中和分散控制; 通过计算机网络将枢纽运行数据和状态实时、真实地展示在各级管理人员面前, 满足“无人值班、少人值守”的要求。

5 结语

综上所述, 江边枢纽泵站 3 台单向泵采用钟
(下转第 62 页)

（上接第57页）

形进水流道和箱涵式出水流道,根据单向机组的流道形式,采用2道快速闸门的断水方式;3台双向泵分上下两层流道,箱涵式进出水,根据本机组的特点及流道形式,采用4道快速闸门的断流方式,通过切换流道来实现双向抽水的功能,对改善太湖水环境和提高流域防洪除涝能力有重要作用。本工程结合区域防洪除涝,将直武地区涝水由现状入湖改为北排入长江,提高了防洪能力;遇水污染突发事件时,又能配合引江济太等其他工程的运用,通过双向泵站引长江水入太湖,促进太湖水体有序流动,提高太湖水环境容量,保障供

水安全。

参考文献:

- [1] GB/T50265-97,《泵站设计规范》[S].
- [2] 张仁田.双向轴流泵模型装置对比试验研究[J].流体机械,2003,31(10):1-5.
- [3] 关醒凡,商明华,谢卫东,等.望虞河双向开敞式轴流泵装置模型试验研究[J].水泵技术,2010(2):8-10.
- [4] 李大亮,张晓芳,陈松山.泵站出水流道的优化试验[J].排灌机械工程学报,2007,25(4):30-33.

(责任编辑:王宏伟)