

扬州市安墩闸站 S 形轴伸泵装置选择及应用

张 松¹，黄佳卫²，罗秀娜¹，李建平³，林 川³

(1. 扬州市勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225009; 2. 扬州大学 水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225009; 3. 扬州市涵闸河道管理处, 江苏 扬州 225009)

摘要:分析原安墩闸站运行资料,并结合移址改建后安墩闸站的设计运行管理要求,选择 S 形轴伸泵装置,排涝标准为 20 年一遇。土建工程量减小,工程运行耗能显著降低,每年节省电量约 960 MWh,闸站运行管理更加便捷。同时应用 CFX 对安墩闸站 S 形轴伸泵装置性能进行预测,结果显示 S 形轴伸泵装置内部流态平顺,水流运动十分合理。水泵叶片最佳安放角为 -2° ,最高运行效率可达 76%,设计工况下运行效率可达 75%。

关键词:移址改建; S 形泵装置; 工程分析; 性能预测

中图分类号:TV675 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2019)10-0052-03

Selection and application of S – shaped shaft extension pump device in Andun Sluice – pumping Station of Yangzhou City

ZHANG Song¹, HUANG Jiawei², LUO Xiuna¹, LI Jianping³, LIN Chuan³

(1. Yangzhou Surveying and Design Institute of Water Resource Co. , Ltd. , Yangzhou 225009, Jiangsu; 2. College of Hydraulic, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu; 3. Yangzhou Culvert, Gate, Channel Management Office, Yangzhou 225009, Jiangsu)

Abstract:Based on the analysis of the operation data of the original Andun Sluice – pumping Station and the design, operation and management requirements of the relocated and reconstructed Andun Sluice – pumping Station, the s – shaped shaft extensor pump was selected, and the drainage standard was once in 20 years. The amount of civil engineering was reduced, the energy consumption of project operation was significantly reduced, and the annual electricity saving was about 960MW. h. The operation and management of the Sluice – pumping Station was more convenient. Meanwhile, CFX was applied to predict the performance of S – shaped shaft extension pump device at Andun Sluice – pumping Station. The results showed that the internal flow pattern of s – shaped shaft extender was smooth and the water flow movement was reasonable. The optimal setting Angle of the pump blade was -2° , the maximum operating efficiency was up to 76%, and the operating efficiency under the design condition was up to 75%, indicating that the pump device ran very efficiently.

Key words:relocation and reconstruction; S – shaped pump device; engineering analysis; performance prediction

0 引言

江苏省位于江淮流域,地势平坦,经济发达,但旱涝灾害较为严重,影响了江苏省的经济可持续发

展以及人民的生命财产安全。为此,江苏各地均建设了不同类型的低扬程泵站,在排涝、灌溉、跨流域调水以及城市水环境改造等方面发挥了巨大的作用。自 20 世纪 60 年代以来,江苏建设了成百上千

座的泵站^[1],但随着国民经济的发展,泵站装置效率低、常年失修、运行管理不规范等,导致大量泵站达不到安全高效标准,不能适应当今社会经济发展要求。因此,根据泵站实际的运行情况,对原泵站工程进行改建或重建。

原安墩闸站建于20世纪70年代,位于老安墩河与古运河交汇处,由安墩东站与安墩西站组成,是扬州城区最重要的排涝泵站之一。由于安墩西站机泵及电气设备老化严重,抽水能力下降,已不能满足城区防洪排涝要求,给城区安全度汛带来了较大的安全隐患,为此安墩闸站经历了扩建、移址改建。

1 工程规模及标准

原安墩闸站总装机8台套,泵站装机总容量为640 kW,设计总抽排流量 $11.4\text{ m}^3/\text{s}$ 。其中安墩东站抽排能力为 $9\text{ m}^3/\text{s}$,采用6台800ZLB-100立式轴流泵,单机抽排能力为 $1.5\text{ m}^3/\text{s}$,单机配套功率80 kW;安墩西站抽排能力为 $2.4\text{ m}^3/\text{s}$,采用2台800ZLB-100立式轴流泵,单机抽排能力 $1.2\text{ m}^3/\text{s}$,单机配套功率80 kW;自排流量为 $20\text{ m}^3/\text{s}$ 。

2012年实施了安墩西站的扩建工程,将安墩西站的排涝设计标准提高至20年一遇,并由原来的2台机组增至4台机组,采用1000ZLB-4立式轴流泵,单机抽排能力 $2.5\text{ m}^3/\text{s}$,单机配套功率180 kW。至此,安墩闸站总装机10台,共1200 kW。

由于安墩闸站受大学路南延的影响,安墩河出口段将被填埋近500 m,原安墩闸站也在填埋区域,故2018年移址改建安墩闸站,另辟安墩河排涝出口通道,以恢复安墩河水系功能。改建安墩闸站排涝设计标准为20年一遇,泵站设计流量 $21\text{ m}^3/\text{s}$,水闸单孔净宽4.5 m,安装4台机组,装机总容量800 kW,采用1550ZWB5.25-1.8平面S形卧式单向轴流泵,单台电机功率为200 kW。

2 工程运行调度

安墩闸站是安墩河与古运河交叉口门控制建筑物,其主要运行任务为汛期排涝以及改善内河水质,故根据不同的实际情况,执行不同的工程调度。

(1)在正常情况下,视古运河水位情况,开启水闸闸门,相机进行自流排水或活水;

(2)在内河水质较差的情况下,开启安墩闸站部分机组与西沙河闸站机组,抽排内河劣质水体,同时配合黄金坝闸站向内河补充优质水源,加快主城区河网活水的速度;

(3)在汛期期间,关闭节制闸挡洪。若预告小于20年一遇降雨时,提前开启安墩闸站2台机组与西沙河闸站1台机组,预降内河水位至4.5 m左右;当预告20年一遇暴雨时,提前开启安墩闸站4台机组和西沙河闸站2台机组,预降内河水位至4.0 m左右;

(4)当古运河水位达到或超过5.5 m时,关闭水闸闸门,防止古运河洪水倒灌城区,进入防洪戒备状态。

3 泵型选择和工程分析

对于城市防洪排涝泵站,普遍具有扬程较低、流量较大的特点,立式轴流泵装置效率较低,故而常采用竖井贯流泵装置、潜水贯流泵装置以及S形轴伸泵装置。其中,竖井贯流泵装置效率较高,但厂房跨度较大,导致土建工程费与行车设备费较多,且电机等设备在潮湿的竖井内,容易生锈,维修较多^[2]。对于潜水贯流泵装置,其水力性能优良,结构紧凑,但其对设计、制造工艺及设备制造的依赖性较高,在实际工程中很难保证泵装置性能,且维修不便。而S形轴伸泵装置应用较早,其结构简单、维修方便,且随着学者对S形轴伸泵装置的深入研究与改进,研发了结构简单、损失更小的S形轴伸泵系统流道,使得S形轴伸泵装置效率得到较大提高,最高效率超过83%^[3],解决了泵装置性能欠佳的问题。

考虑到安墩闸站的设计扬程仅为1.8 m,而单机流量达到 $5.25\text{ m}^3/\text{s}$,属于典型的低扬程防洪排涝泵站,同时鉴于安墩闸站与黄金坝闸站运行条件相似的特点,结合黄金坝闸站平面S形轴伸泵装置的高效运行情况^[4]。因此,安墩闸站采用平面S形轴伸泵装置。

3.1 平面S形泵装置性能分析

一般来说,在同样的工况下,平面S形轴伸贯流泵性能比立式轴流泵的最高效率高2~3个百分点^[5],同时由于平面S形轴伸贯流泵装置进水流道为直管流道,不仅能更有效地保障叶轮进口水力条件,而且装置内部流动形态更加平顺。如图1是对平面S形轴伸贯流泵装置内部水流运动流动数值模拟的结果。



图1 装置内部三维流线

由图 1 可以看出,平面 S 形轴伸贯流泵装置内部水流运动十分合理,进水流道内部流线十分顺直,由于导叶出口的水流环量较大,使得水流在出水流道 S 形弯管内呈螺旋形向出口运动,同时随着环量的减小,在出水流道直段内的流线也逐渐顺直。总体来说,泵装置内部流态十分良好,无不良旋涡和脱流情况。

根据模型泵装置数值模拟计算得到的数据,遵照水泵相似准则(等效率换算),转换为原型泵装置数据,图 2、图 3 是预测的平面 S 形轴伸贯流泵装置的性能曲线。

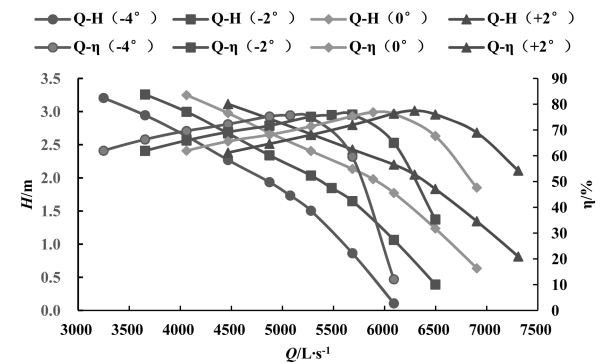


图 2 原型泵装置扬程、效率与流量关系曲线

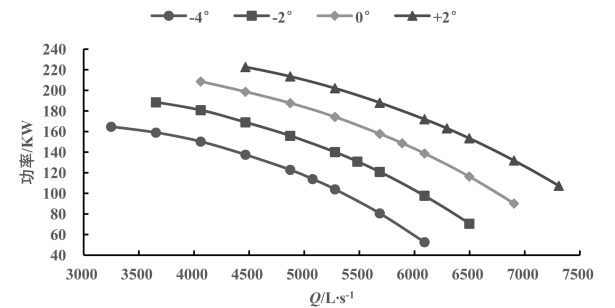


图 3 原型泵装置功率与流量关系曲线

由图 2、图 3 可知,随着叶片角度增大,泵装置性能曲线向大流量偏移。叶片角度为 -4° 时,设计工况十分接近最高效率点,但考虑到大流量效率下降过快,若遇比设计标准更高的降雨,即大流量情况下,泵装置性能较差;叶片角度为 -2° 时,设计工况位于最高效率点左侧,效率约 75%,比最高效率低约 1 个百分点,性能较好,且应对相对更大的降雨时,能保证良好的运行效益;当叶片角度为 0° 时,设计工况较为远离最高效率点,效率较低,且功率十分接近电机功率,在一定保障措施下,可以选用;当叶片角度为 $+2^{\circ}$ 时,设计工况不在高效区范围,效率较低,且在设计工况下,电机过载,不应采用。

为了更加清楚的比较不同叶片安放角下泵装置在设计工况下的性能,取出设计工况的运行数据

进行分析,数据见表 1。

表 1 设计工况下泵装置性能

叶片安放角	扬程(m)	效率(%)
-4°	1.512	74.95
-2°	2.046	75.09
0°	2.413	71.32
$+2^{\circ}$	2.666	67.96

由表 1 可以看出,泵装置效率随叶片安放角的增大呈抛物线变化,当叶片安放角度为 -2° 时,泵装置性能最优,效率达 75.09%,同时 -2° 的叶片安放角是泵装置最佳叶片安放角。

3.2 土建工程量

原安墩闸站采用立式轴流泵型式,泵室土建结构均为钢筋混凝土 U 形结构。安墩西站的站身顺水流向长度 15 m、垂直水流向总宽度 22.2 m。安墩东站的站身顺水流向长度 12 m、垂直水流向总宽度 19.4 m。即安墩闸站站身垂直水流向总宽度合计为 41.6 m。

移址拆建后,安墩闸站采用平面 S 形轴流泵型式,泵室土建结构为钢筋混凝土箱式结构,闸站站身顺水流方向全长 27.75 m,垂直于水流方向宽度 31.2 m,

与原安墩闸站相比,移址拆建的安墩闸站站身土建总宽度减少了 10.4 m,减少了建筑物占地面积,节约了土地资源。

3.3 运行管理及景观

现今闸站工程的运行管理人员素质参差不齐,而闸站的运行管理对工程能否充分发挥效益起到了巨大的作用。因此,工程的运行管理应尽可能的简单,便于管理人员操作。同时,随着我国近年来的社会经济的蓬勃发展及现代化进程的加快,人们对水利工程建设提出了新要求,水利工程除了满足防洪、安全的要求之外,还要作出改善以适应美化环境的要求,使环境得到保护、生态得到平衡、人们的生活更舒适^[6]。

现状安墩闸站分为东站与西站,安装 10 台水泵机组,且东站建于 20 世纪 70 年代,设备较老,故工程存在明显的缺陷,其运行管理和景观环境有如下几个特点:

(1) 装机台数较多,管理程序复杂;

(下转第 60 页)

(上接第 54 页)

- (2) 自动化设备落后,不利于智慧调度运行;
- (3) 工程布置分散,占地较大,管理区分散零乱;
- (4) 站址位于城中村,景观环境较差,站区出入交通不便。

移址改建安墩闸站建成后,安装 4 台水泵机组,明显弥补了现状安墩闸站的缺陷,其运行管理和景观环境优点为:

- (1) 装机台数较少,管理程序简单;
- (2) 自动化设备先进,利于智慧调度运行;
- (3) 工程布置紧凑,占地较小,管理区集中整齐;
- (4) 结合城市建设规划,站区按开放式公园模式建设,景观环境较好,建设交通道路及桥梁,出入交通便利。

3.4 运行能耗

泵站的装机功率与泵站建成后的运行成本息息相关,在满足泵站使用功能的情况下,泵站的装机功率越小,泵站运行成本越低。原安墩闸站总装机功率为 1200 kW、设计抽排流量 $19.0 \text{ m}^3/\text{s}$,而移址改建后安墩闸站总装机功率 800 kW、设计抽排流量 $21.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 。与原安墩闸站相比,新闻站设计抽排流量规模增加了 $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$,但总装机功率反而减少了 400 kW。按每年运行 120 d、每天运行 20 h 计算,改建安墩闸站比原安墩闸站节约用电量为 960 MWh。泵站运行耗能大幅度降低,节约了运行成本费用。

4 结论

- (1) 改建工程的运行调度更满足扬州城区的防

洪排涝要求,减小了工程占地面积,运行管理更加便捷,工程环境景观更优。

(2) 平面 S 形轴伸贯流泵装置内部流态平顺,泵装置最高运行效率达 76%,远高于原工程泵装置效率,同时工程装载功率明显小于原工程,工程能耗大大减小,每年约节省用电量 960 MWh。

(3) 在选定的电机功率、转速以及水泵运行工况,当叶片角度为 -2° 时,泵站设计运行工况位于高效区,运行效率达 75%,不仅电机不过载,且有一定的安全余量;同时能应对更大流量的运行工况,能有较高的运行效率,是最适合选用的叶片角度。

参考文献:

- [1] 戴启璠. 大型低扬程泵装置现状及发展方向[J]. 江苏水利, 2018(6): 54-58.
- [2] 方桂林, 谢伟东. 大型潜水贯流泵装置设计与应用[J]. 中国水利, 2010(16): 8-10.
- [3] 徐磊, 刘超, 王芃也, 等. 平面 S 形轴伸泵装置变转速水力特性[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(11): 74-79.
- [4] 刘超, 张松, 谢传流, 等. 高效平面 S 形轴伸泵装置优化设计与模型试验[J]. 农业机械学报, 2017, 48(12): 132-140.
- [5] 刘超. 轴流泵系统技术创新与发展分析[J]. 农业机械学报, 2015(6): 49-59.
- [6] 王鑫. 探讨水利工程中的景观规划与设计[J]. 水利建设, 2013: 80.