

浅析潜水贯流泵在大型泵站中的应用

戴明亮

(上海市市政工程设计研究总院集团第六设计院有限公司, 上海市 230031)

摘要:以安徽省怀宁县中兴河闸站枢纽工程为例,充分考虑城市排涝泵站流量大、扬程低的特点,从机组选型(对方案进行工程布置、工程施工、机组装置效率、运行维护管理、工程投资等方面的比选)和运行效率等方面,系统分析了大型潜水贯流泵的技术优势,对推动大型潜水电泵技术在江淮山丘地区应用具有重要意义。

关键词:机组选型;运行效率;结论分析

中图分类号:TV61

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2022)02-0147-03

1 工程概况

安徽省怀宁县中兴河闸站抽排设计流量 $55.0\text{ m}^3/\text{s}$,设计扬程 2.6 m ,共安装6台潜水贯流泵,总装机功率 $4\,260\text{ kW}$ 。根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252—2017)和《泵站设计规范》(GB 50265—2010)规定,确定中兴河泵站工程等级为Ⅱ等,大(2)型泵站,站前闸、站身、出水涵等主要建筑物级别均为2级。

2 泵站机组选型

本站为大型泵站,因机组较大,机组及结构布置对站身基础的整体性和稳定性要求高,通常采用块基型泵室。为确保项目建成后排涝效益优越、结构稳定安全、运行管理方便,在站身总体布置上,宜将堤后式布置作为首选方案。

考虑潜水泵具有安装快捷方便、上部土建结构较为简单、运行对周围环境影响较小等特点,且安庆地区已建泵站多数采用潜水泵,对该型泵的运行维护经验相对较为丰富,对站身机组布置结合土建进行综合比较,选择6台潜水轴流泵与6台潜水贯流泵两种机组布置方案进行比选。

2.1 方案一:6台潜水轴流泵布置方案

选用6台1600QZ-100潜水轴流泵,配YQGN 1180-20型电机,单机容量 710 kW ,总装机容量 $4\,260\text{ kW}$ 。泵室采用正向进、出水,7台水泵机组在平面上呈一列式布置。根据水泵进水流道的长度、水泵的尺寸及安装检修等要求,站身顺水流向长 30.0 m ,垂直水流向长 30.6 m 。泵室采用簸箕形

收稿日期:2021-04-26

作者简介:戴明亮(1983—),男,本科,高级工程师,从事工程设计工作。

进水流道,泵室底板高程 3.70 m ,出水流道采用蜗壳式,出水中心线高程 11.5 m ,泵室检修层高程 16.8 m ,如图1、图2所示。各流道进口设置检修闸门,出口设置快速事故闸门。

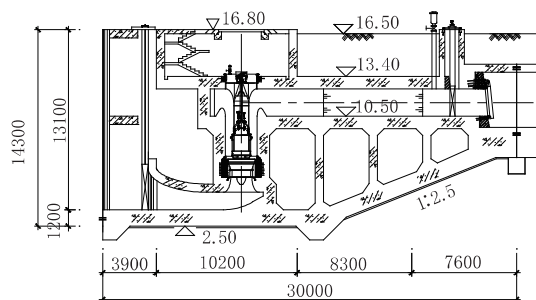


图1 潜水轴流泵剖面图(单位:mm)

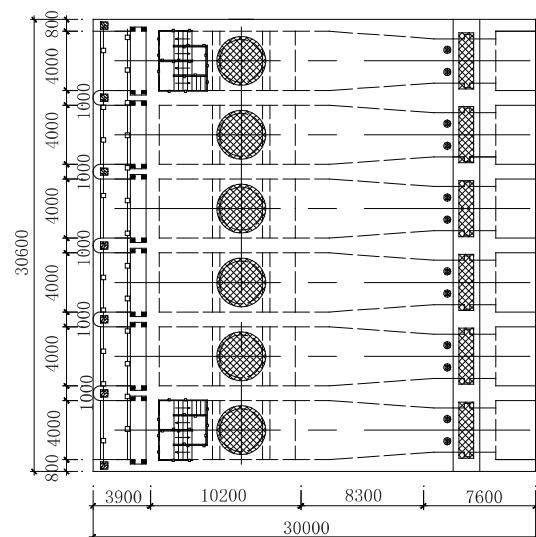


图2 潜水轴流泵平面布置图(单位:mm)

2.2 方案二:6台潜水贯流泵布置方案

选用6台1540GZBW型潜水贯流泵,配YQGN 850-6型电机,单机容量 630 kW ,总装机容量 $4\,260\text{ kW}$ 。6台机组在平面上呈一列式布置,根据水泵进水流道的长度、水泵的尺寸及安装检修等要求,站身顺水流向长 29.0 m ,垂直水流向长 33.2 m 。泵室采用直管

式进、出水流动,泵室底板高程 6.5 m,进、出水中心线高程 8.0 m,如图 3、图 4 所示。流动进口设置检修闸门,出口设置快速事故闸门。

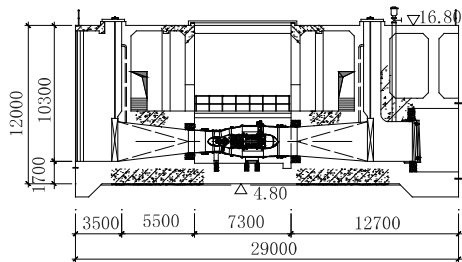


图 3 潜水贯流泵剖面图(单位:mm)

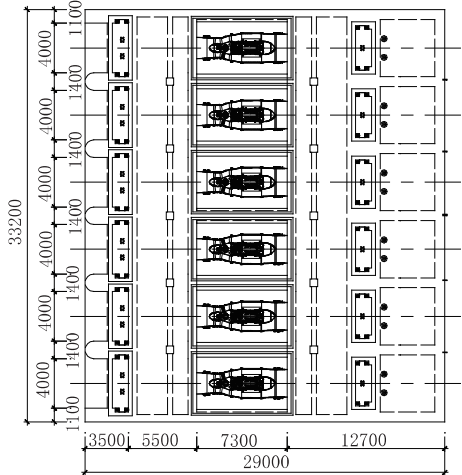


图 4 潜水贯流泵平面布置图(单位:mm)

上述方案布置功能上均满足设计要求,现对比分析如下:

(1)工程布置方面

方案一、方案二排涝引渠、进水闸、排涝涵洞结构尺寸均相同,前池、站身和压力水箱结构尺寸变化较大。平面布置上,两个方案泵室结构布置都比较紧凑,方案一机组总布置宽度略小,但顺水流向长度略大。竖向高程上,方案一底板底高程较方案二抬高了 2.3 m,两方案底板均坐落在⑥₁层全风化岩层。方案一由于泵室底板开挖较深,导致前池、压力水箱开挖都较深,与上下游衔接长度加长。

因此,在工程布置方面,方案二优于方案一。

(2)工程施工方面

方案一由于基础开挖较深,位于⑥₁层全风化岩层以下 3 m,施工降水、基坑支护等施工难度较大,且泵室内进、出水流动道结构复杂,泵室施工立模、混凝土浇筑难度相对较大。同时,方案一前池、压力水箱等施工难度也进一步加大。

方案二泵室结构相对简单,且基础开挖较浅,泵室混凝土浇筑总量相对较小,总体施工难度相对较小,施工进度易控制。同时,方案二前池、压力水箱等

施工难度也降低。

因此,在工程施工方面,方案二优于方案一。

(3)机组装置效率方面

方案一、方案二规划设计条件相同,水泵装置^[1]型式不同。根据厂家提供资料,方案一、方案二水泵运行效率分别为 87.6%、86.4%,两种方案设计净扬程均为 2.3 m,在进出水建筑物相同的前提下,方案一流道水头损失大于方案二,从而方案一的管路效率小于方案二。经计算,方案一、方案二的总装置效率约分别为 63.3%、75.0%。方案一的总装置效率低于方案二。

因此,在机组装置效率方面,方案二优于方案一。

(4)运行维护管理方面

两种方案均为潜水泵,仅仅是装置方式不同,机组均为整体集成式,运行调度都比较灵活,维护管理相对简单。对于潜水泵,机组安装可不设厂房,通过吊车直接吊装;机组应定期进行维护,检修直接运送至厂家进行返修。

(5)工程投资方面

两个方案的机组布置不同,对主体建筑工程、主机设备、金属结构等方面的工程量影响较大,各方案可比投资见表 1。从可比投资看,方案一总体土建工程量较大,方案二较省。

表 1 潜水轴流泵与潜水贯流泵方案投资对比

序号	比较项目	方案一:6 台潜水轴流泵机组方案		方案二:6 台潜水贯流泵机组方案	
		工程量	造价 / 万元	工程量	造价 / 万元
一	土建工程				
1	土方工程				
	土方开挖 / m ³	42 219.8	50.7	36 476.2	43.8
	土方回填 / m ³	18 384.9	18.4	9 922.0	9.9
2	混凝土工程				
	C30 混凝土泵室 / m ³	8 217.0	509.5	7 312.0	453.3
	C30 混凝土汇水箱 / m ³	1 984.0	123.0	2 102.0	130.3
	C30 混凝土前池 / m ³	2 476.0	153.5	1 970.0	122.1
	钢筋制安 / t	1 267.7	722.6	1 138.4	648.9
二	机电设备及安装				
	机泵设备 / 台(套)	6.0	960.0	6.0	1050.0
	电气设备 / 套	6.0	660.0	6.0	600.0
三	金属结构工程				
	检修门及埋件 / t	66.6	95.6	36.8	52.8
	检修门启闭设备 / 套	1.0	15.0	1.0	70.0
	事故门及埋件 / t	111.6	160.2	99.8	143.2
	事故门启闭机 / 台	6.0	810.0	6.0	840.0
	可比造价 / 万元		4 278.3		4 164.3

综上所述,方案二 6 台潜水贯流泵机组布置方案较优,泵房基础开挖深度较浅,工程施工方便,机组运行效率较高,投资相对较省,工程管理方便。因此,本次设计推荐 6 台贯流泵机组方案。

3 运行效率分析

对泵站的整个流道划分计算模型时,将流道分为三个部分来进行数值模拟,分别为潜水贯流泵叶轮前部的进水流道段、从潜水贯流泵导叶后部到拍门后一段的出水流道段,以及三台泵出水最后汇合的汇入段。其中,由于汇入段前三台潜水贯流泵的布置方式与尺寸相同,进水流道段和出水流道段只进行单台泵的计算,简化计算过程。

泵站中的潜水贯流泵进水流道段、潜水贯流泵出水流道段及汇入段的计算边界条件均设置为速度进口条件和压力出口条件^[2]。进水流道段和出水流道段的计算流量按一台泵的设计流量 9.63 m³/s 来计算,汇入段的计算流量为三台泵的总和,经计算进水流道的入口速度为 0.802 5 m/s,出水流道的入口速度为 4.233 8 m/s,汇入段的入口流速为 0.401 25 m/s (见图 5 至图 7)。

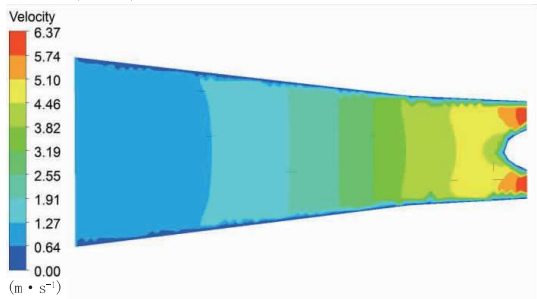


图 5 进水流道段截面速度分布图

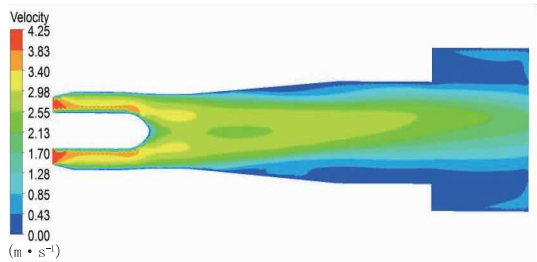


图 6 出水流道段截面速度分布图

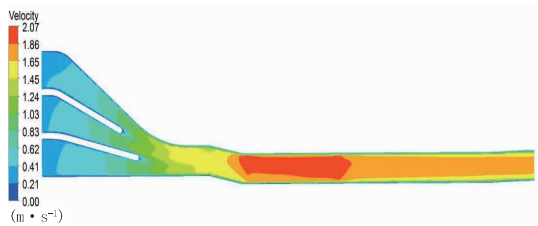


图 7 汇入段截面速度分布图

泵站流道的数值模拟^[3],分别计算得到了各段的水力损失,结果如下:进水流道段,h₁ 损为 0.050 8 m;出水流道段,h₂ 损为 0.101 3 m;汇入段,h₃ 损为 0.037 1 m。由于三台潜水贯流泵为并联,单位质量的液体在泵站中流动的总水力损失等于部分损失之和,即 h_{总损} = h₁ 损 + h₂ 损 + h₃ 损 = 0.189 2 m。

由此可见,整个泵站流道的损失都较小,在叶轮提供的扬程足够的情况下,机组运行参数可以满足要求。其中,出水流道段由于液体速度较快,以及拍门处面积的突然扩散,水力损失相对于其他部分稍大。

4 结 语

综上所述,针对安徽省怀宁县中兴河闸站设计流量大、扬程低的特点,经设计分析比较,选用了潜水贯流泵装置型式,并通过模拟仿真分析对水泵结构进行了优化。泵站机组布置结构简单,开挖深度小,进、出水流道水力性能好,可在较低扬程下获得 75% 以上的装置效率。由此可见,采用较优的机组型式和土建结构,使水泵在特低扬程下,装置效率能达到较高的水平。该泵型在沿海地区应用较多,目前在沿江地区应用相对较少。本项目的实施对推动大型潜水电泵技术在江淮山丘地区应用具有重要意义。

参考文献:

[1] 王海. 全贯流泵抽水装置与半贯流泵抽水装置的综合比较研究[D]. 扬州:扬州大学,2015.
[2] 陆林广,陈坚,梁金栋,等.灯泡贯流泵装置的优化水力设计[J].水利学报,2008,39(3): 355-360.
[3] 郑源,肖玉平.大型竖井式贯流泵装置的数值模拟与性能预测[J].排灌机械,2009,27(6): 393-397.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com