淮安三站机组启动困难原因初析

万乾山,张平易,许宗喜,章劲秋,王　煦,朱正伟

(江苏省水利勘测设计研究院,江苏 扬州　225009)

摘要:为提高淮安第三抽水站机组启动的成功率,从改善机组启动条件出发,对淮安三站运行存在的问题进行分析,提出改善启动条件的方案:①降低上游胸墙顶部高程;②在闸门上开设小拍门加大闸门过水面积;③改卷扬式快速闸门启闭机为液压启闭机,提高启门速度.

关键词:淮安抽水站;贯流泵;机组启动;泵站

中图分类号:S277.9　　文献标识码:B　　文章编号:1006-7647(2005)S1-0150-03

1　存在问题

淮安第三抽水站(简称淮安三站)位于江苏省淮安市楚州区南郊的苏北灌溉总渠与京杭大运河交汇处,与淮安第一、第二抽水站以及即将兴建的淮安第四抽水站共同构成江苏省江水北调第二梯级泵站,抽引从江都抽水站、宝应抽水站送来的长江水入灌溉总渠,当淮河丰水时可结合向里运河南部送水,同时反向发电.

淮安三站是我国第一座大型贯流泵站,站身为堤身式块基型结构,采用平直管进、出水流道,快速闸门断流.全站安装可逆式灯泡贯流泵机组 2 台套,设计总流量 66 m^3/s,设计站下水位 6.0 m,站上水位 9.7 m.水泵水轮机型号为 32GWN-42,叶轮直径 3.19 m.淮安三站结构布置见图 1.

淮安三站于 1997 年 6 月建成投运以来,已安全运行 50 671 台·h,累计抽水运行 21 570 台·h,抽水 26.96 亿 m^3,发电 930 万 kW·h.为淮北地区的工农业生产、城乡人民生活和大运河航运发挥了巨大的作用.但淮安三站在运行中也存在一些问题,主要表

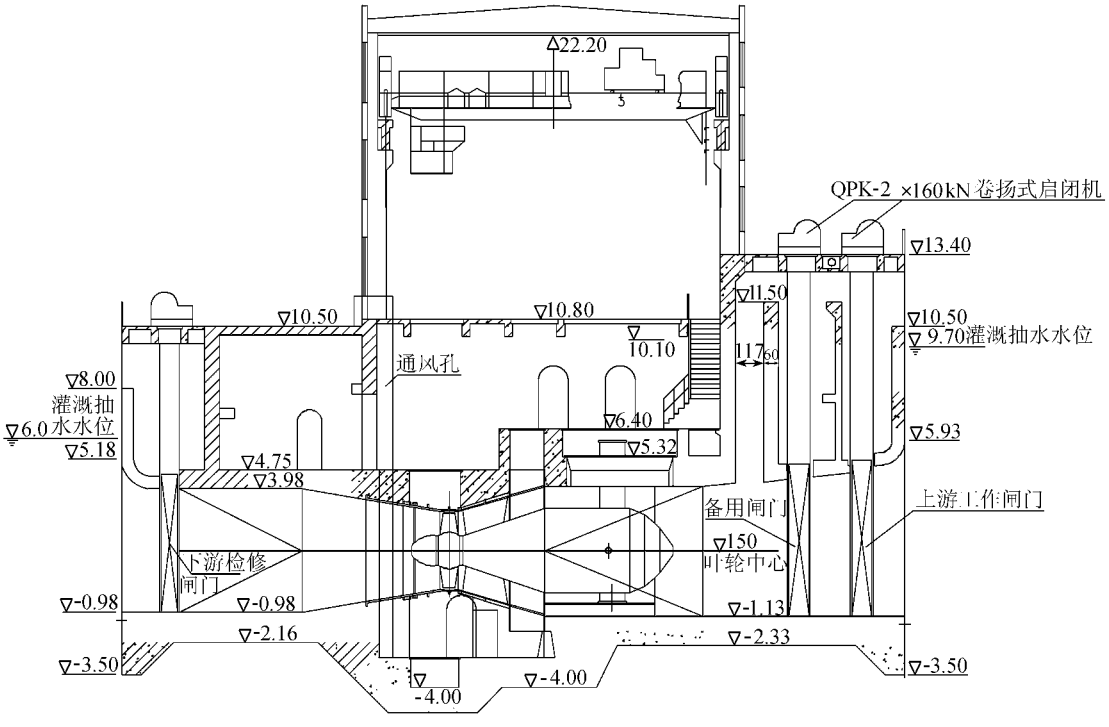

图 1　淮安三站站身剖面

作者简介:万乾山(1964—),男,江苏扬州人,高级工程师,从事水利工程设计工作.

现为机组启动困难和电机超功率运行、机组装置效率偏低.

1.1 机组启动困难

淮安三站自1997年投运至1999年9月,在设计工况下(机组启动时站上水位在9.7 m以下,站下水位在6.0 m以上,电网电压调整在6.4~6.9 kV),1号机抽水启动38次,成功13次,启动成功率仅34%;2号机抽水启动30次,成功19次,启动成功率63%;1999年9月21~24日,在最优启动工况下(站上水位9.4 m、站下水位6.4 m、电网电压调至6.9 kV)且2号机已投入运行并调高2号机组的励磁电流,向1号机补偿无功电流,1号机仅能偶尔成功启动.当站下游水位下降到6.0~6.2 m时,无论有无无功电流补偿,1号机均不能成功启动;2004年6~7月,站下水位在6.0 m上,站上水位仅9.5 m,两台机抽水工况均不能正常启动;2005年1月4~5日,在1号机组大修后试运行时,两台机均出现不能启动现象.最终通过提高电网电压,并首先将2号机成功启动后,增大其励磁电流,1号机组才启动成功.

1.2 电机超功率

主机在抽水状态下,超功率现象较为严重,据不完全统计,1号机抽水超功率台时占到总运行台时的75.3%,2号机抽水超功率台时占到总运行台时的94%.在抗旱紧张时刻,为服从大局,有时主机功率在高达2 300 kW(额定功率1 700 kW,超额定功率30%以上)仍然坚持运行.机组超功率运行情况见表1.

表1 2001~2002年机组抽水超功率运行统计

机号	运行功率/kW	超功率运行台时/台·h	超功率运行总台时/台·h	运行总台时/台·h	超功率台时比例/%
1号	1 700~1 800	2 148	7 841	5 922	75.53
	1 800~1 900	1 657			
	1 900~2 000	1 386			
	2 000以上	731			
2号	1 700~1 800	623	5 409	5 086	94.03
	1 800~1 900	833			
	1 900~2 000	1 324			
	2 000以上	2 306			
两台机组			13 250	11 008	83.08

1.3 装置效率低

根据《淮安三站运行管理工作报告》,淮安三站抽水运行净扬程2.8~3.89 m,平均3.3 m,1号机电机输入功率范围1 600~2 150 kW,平均1 834.3 kW,泵站装置效率45.5%~65.4%,平均56.5%;2号机电机输入功率范围1 800~2 250 kW,平均2 036.9 kW,泵站装置效率45.2%~58.9%,平均51.5%.若电机效率按92%计算,水泵装置效率约为59%.

2 原因分析

目前淮安三站启动过程为:电机采用异步启动,牵入同步时间为8~10 s,电机启动后,延迟1.2 s后提升快速闸门,闸门提升速度为2.23 m/min.

导致淮安三站正常运行工况下泵站装置效率偏低、电机超功率运行的原因是多方面的,如:水泵效率、电机效率的影响;水泵装置中的管形柱、进人孔、基础支墩支撑等结构造成的流道变化影响(目前尚难以从定量上对装置效率的影响进行分析);流量测量、仪表等测量误差的影响.

机组启动困难主要与机组启动过程中上游水位雍高,实际机组功率损失较大,导致电机过载运行、温升较高等有关.笔者在此主要从改善机组启动困难的外部条件进行分析,对于如何提高机组装置效率,减少流道水力损失,提高测量精度,减小机组正常运行功率,改善机组超功率运行状况等,还有待于专门的研究与分析.

2.1 机组启动阶段上游雍高水位

淮安三站机组启动后,牵入同步前的流量与转速近似按照线性关系估算.机组启动后,水泵向上游抽水,闸门(延迟电机主开关合闸时间1.2 s)提升后,由于胸墙上游水位高,上游水体由闸门底部向下游输水,导致胸墙后水位升高.当胸墙下游水位高于上游水位时,水流改变流动方向,门底过流量小于水泵流量之前,胸墙后水位仍会进一步升高,直至闸门底流量大于水泵流量时,雍高水位开始回落,跌落至上游水位后进入稳定运行状态.经计算,淮安三站启动阶段上游水位雍高水位达12.01 m,超过设计水位2.31 m.

2.2 机组运行功率损失

淮安三站机组启动成功进入稳定运行状态后,水泵有效功率与电机实际输入功率相差较大.根据目前已有的运行记录分析,电机最大输入功率为2 200 kW,超出额定值29.4%.据估算,1号机组正常运行平均损失功率779.37 kW,2号机组正常运行平均损失功率968.61 kW,远大于此前估计的功率损失.

2.3 启动困难原因

水泵机组启动过程中,机组负荷转矩包括电动机启动时的摩擦转矩、机组损耗转矩及水泵转矩,数值上呈'大—小—大'的变化过程,牵入同步时达最大值后进入稳定运行状态.理论上讲,启动过程中的机组负荷转矩小于正常运行转矩,故可以采用正常运行状态下的损耗功率进行机组启动过程中的最大损耗功率估算.目前淮安三站启动运行模式,胸墙后水位最高雍高至12.01 m,此时水泵有效功率约2 200 kW,加上机组损失,经估算,启动过程中电机的

最大输入功率约需 3 000 kW. 虽然淮安三站装置效率达不到设计要求的原因目前尚难分析清楚,但就机组启动困难来看,原配套电机功率偏小,加之上游快速闸门提升太慢,导致上游水位雍高,增加了启动扬程是启动困难的主要原因之一.

3 改善启动条件

3.1 基本思路

淮安三站启动困难,既有电机的启动力矩问题,又有水泵装置的设计问题. 一方面电机启动力矩的余量偏小;另一方面由于该站机组采用平直管进、出水流道,采用平板快速门断流,闸门开启高度较小,出水管上游段雍水过高,机组启动扬程较大. 再则现状水泵叶片不具备原设计的角度调节功能,难以通过调节叶片角度减小水泵启动阶段的流量. 在尚不具备彻底改造电机及电气设备的条件下,通过降低启动阶段上游水位雍高,减小启动扬程,减小电机的启动阶段所需功率,不失为改善淮安三站启动条件的有效措施.

一般来说,对于采用平直管出水流道、快速门断流的水泵机组装置,在快速门上增设小拍门,当出水管上游段水位高于上游水位,利用闸门上下游侧水位差,使拍门张开,加大了闸门出水面积,可以减小上游水位门前雍高,有利于改善机组的启动条件. 如果进一步加大闸门的提升速度,提高闸门开度,则可以进一步增加闸门出水面积,可以更大地减小上游水位的雍高,进而达到减小电机的启动力矩,提高机组的启动成功率. 因此可考虑如下方案:①将上游第 1 和第 2 道胸墙顶部高程降为 9.80 m,高于抽水水位 9.70 m 以上 0.1 m(见图 1);②闸门上开设小拍门加大闸门过水面积;③改卷扬式快速闸门启闭机为液压启闭机,提高闸门启门速度,由现状 2.23 m/min 提高为启动时段为 0.15 m/s(启门速度不宜太大,过大的启门速度易引起机组的震动).

由此计算,在机组启动阶段,站身上游水位雍高可由原 12.01 m 降低到 10.35 m,减小机组启动扬程 1.66 m,水泵有效功率约为 1 740 kW,加上机组总损耗功率,机组启动过程中达到最大功率值约为 2 700 kW,可以减少机组启动阶段功率 549 kW,大大改善了机组的启动条件.

3.2 改善方案

3.2.1 土建改造

降低上游第 1 和第 2 道胸墙的顶部高程至 9.80 m,第 2 道胸墙底部凿除底部长度 0.8 m,加大胸墙顶部过流能力,凿除上游第 1 道胸墙底部圆弧段,利于张开拍门,见图 1.

3.2.2 金属结构改造

金属结构改造包括在现状闸门上开设小拍门和改卷扬式启闭机为液压启闭机.

a. 在工作闸门上开设小拍门. 根据现有工作闸门的结构布置,在保证原闸门挡水工况具有足够强度的前提下,根据拍门支铰和止水的布置要求,每扇原闸门上可安装 8 扇拍门(共 4 排. 每排 2 扇),从上至下拍门孔口尺寸分别为:1.2 m × 0.95 m,1.2 m × 0.8 m,1.2 m × 0.7 m,1.2 m × 0.6 m,拍门面积共 7.32 m^2.

b. 将原卷扬式启闭机改造为液压启闭机. 工作闸门原启闭机型号为 QPK-2 × 160 kN 卷扬式启闭机,启门速度为 2.23 m/min,闭门速度为 4.1 m/min,电机功率为 11 kW. 虽为快速启闭机,其快速仅仅体现在闭门速度上,电机牵入同步时闸门开启高度仅为 0.37 m. 虽然从控制原理来讲,液压启闭机的启闭速度取决于液压油缸的供油量,只要加大油泵电机组的功率和油泵的排量,即可满足启门速度要求. 但原闸门为双吊点,若采用双吊点液压启闭机,启闭机同步控制较为困难,因为启闭机开度仪从信号采集开始到完成一次纠偏动作须 2 ~ 3 s,所以在 10 s 内若要求闸门开启 1.5 m 以上,无法通过开度仪对双吊点进行同步控制,易发生闸门在启闭过程中卡阻现象. 若将闸门启闭机改造为单吊点方式,采用单吊点液压启闭机,通过对原闸门吊点进行改造,加焊三角架,重新加工安装吊耳,配备一定数量的铸铁配重块,防止闸门重心位置的偏移,可以避开液压启闭机同步控制问题.

由上分析,对闸门启闭机可作如下改造:采用单吊点液压启闭机,控制机组启动 10 s 电机牵入同步时,闸门开启高度大于 1.5 m,然后通过关停液压泵站油泵电机组的数量和控制阀组,控制液压启闭机的流量,逐步降低启闭机启门速度;在需要闸门快速下降断流时,闸门能快速下降,闭门速度达 5.0 m/min.

液压启闭机选用 QPKY-40 kN-6.8 m. 主要技术参数为:油缸缸径为 220 mm,活塞杆杆径 110 mm,工作系统压力为 14 MPa,启门时需要的实际流量为 5 801 L/min,设计选用 3 台 250SCY14-1B 油泵电机组,电机总功率为 75 kW.

3.2.3 电气改造

按液压油泵电机的总功率核算,原低压系统 S7-250 35/0.4 kV 变压器尚能满足容量要求,液压油泵电机电源由淮安第三抽水站 2 号低压开关柜的"上闸门"馈电回路供电,将该回路断路器更换为 DZ20-250/330(160 A),上游备用闸门卷扬启闭机的电源由 6 号低压开关柜的第 3 备用回路供电.

(下转第 156 页)

单位 IC 卡系统管理页面,图 5 为全市地表水质监测断面管理页面,图 6 为全市重点地表水质监测断面水质分析评价.

图 4　各自备水单位 IC 卡系统管理页面

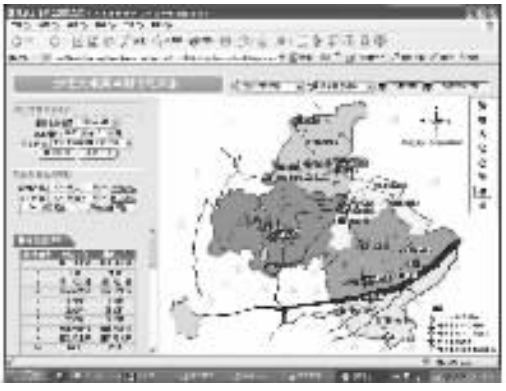

图 5　全市地表水质监测断面管理页面

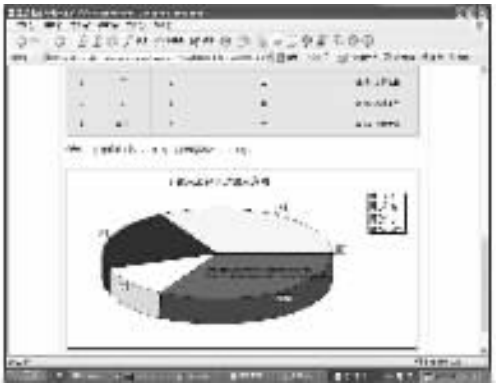

图 6　全市重点地表水质监测断面水质分析评价

5　结　语

随着水利现代化的发展,水资源管理决策支持系统在水资源管理中扮演了越来越重要的角色.连云港市水资源管理决策支持系统在系统逻辑功能设计中充分反映了水资源管理和决策实际工作的特点和流程;在技术上采用高起点,先进的 IC 卡智能水表系统、信息采集系统、通信网络系统和数据库系统的运用,保障信息采集安全可靠,传输快速、顺畅,存储查询方便、快捷;软件系统开发使用了最新的 Asp.net Web Form技术和 Web GIS 技术,使系统运行稳定可靠、信息交互安全高效、系统维护更加便捷、GIS 查询无处不在.系统以自动监测的各类水资源信息为基础,同时耦合和挖掘了其他行业和部门的多元相关信息,不仅对获取信息进行整理、查询,同时还提供对分析、评价、预测、配置和决策支持等功能,其功能基本涵盖了水资源管理的各个方面.该系统的成功开发将使连云港市水资源的业务和管理水平达到一个新的高度,也将对该地区的水利工作产生积极的促进作用,对于各地类似系统的开发具有较好的借鉴意义.

参考文献:

[1] 尚彩霞,李会安.水资源管理决策支持系统开发与应用[J].河南师范大学学报:自然科学版,1998,26(2):78-81.

[2] 曾宪波.水资源管理决策支持系统总体构想[J].人民珠江,2002(4):58-60.

[3] 梁季阳,蒋业放,成立,等.柴达木盆地水资源决策支持系统的设计与开发研究[J].自然资源学报,2000,15(1):80-85.

[4] 罗云启,曾琨,罗毅.数字化地理信息系统建设与 MapInfo 高级应用[M].北京:希望电子出版社,2001:419-443.

[5] 张文明,朱成涛,梁忠民,等.Web GIS 在水资源管理信息系统开发中的应用研究[C]//段尔焕,郑源,王鸿武.水利水电技术新进展.北京:原子能出版社,2005.9-13.

[6] 陈刚,陈植华,李门楼,等.基于 GIS 的水资源管理信息系统[J].水文地质工程地质,1998(6):4-6.

[7] 杨永德,林雁宏,李英,等.长江水利委员会水资源管理决策支持系统规划[J].人民长江,2003,34(2):47-48.

[8] 朱荣辉,朱新银,朱慧玲.一体化 IC 卡水表[J].计算技术与自动化,2001,20(3):74-78.

[9] 黄永基,马滇珍.区域水资源供需分析方法[M].南京:河海大学出版社,1990:1-257.

[10] 张文增,赵冬斌,孙振国,等.ASP.NET—动态网页开发趋势[J].计算机工程,2002,28(3):7-9.

(收稿日期:2005-09-05　编辑:骆　超)

(上接第 152 页)

4　结　语

淮安三站启动困难、机组运行超额定功率、装置效率低等问题与上游水位的雍高、下游水位低于设计水位以及机组方面等因素有关.因缺乏完整的实际运行过程的记录数据、检测资料,目前只能进行初步分析.按照本文方案,实施改造后可减小机组启动扬程 1.66 m,由此可以改善机组启动条件,能否彻底解决启动困难问题尚需运行实践验证.

(收稿日期:2005-03-08　编辑:马敏峰)