

江都三站综合技术改造初探

汤正军 雍成林

TV 625

18/
59-61.66

(江苏省江都水利工程管理处 江苏江都 225200)

摘要 针对 1969 年建成的江都三站存在主泵空蚀破坏严重、电动机效率下降、电气设备老化、进水流态紊乱、出水流道发生沉陷等问题,结合江都三站工程设施的实际情况,对主泵、电机、进水前池、进出水流道及电气设备等提出了改造建议,供泵站改造及泵站建设设计时参考。

关键词 泵站;水泵;技术改造;电动机;流道

江都三站自 1969 年建成以来,已为江苏的南水北调,解决苏北地区的灌溉、排涝、航运作出了重要贡献。该站装有 ZL13.5—8 型立式轴流泵 10 台,叶轮直径 $D=2000\text{ mm}$,配 TDL1600/250/125 大型立式同步电动机,年均抽水 2700 h,9.96 亿 m^3 。该站为可逆式机组,可利用上游余水进行发电。江都三站也是我国首次建成的叶轮直径为 2 m 的大型泵站,建站设计时采用了许多新技术、新工艺,为推动大型泵站建设作出了有益的尝试和探索。江都三站自建成投用 30 年以来,亦暴露出一些问题,亟待解决。

1 存在问题

1.1 设备老化严重

江都三站的主要设备生产于“文革”期间,在材料和质量上均达不到设计要求,经 30 年的运行,问题逐渐暴露。

a. 主泵空蚀破坏严重。由于主泵的空蚀性能欠佳,加之不良进水流态的影响,江都三站水泵叶片及转轮室发生大面积空蚀破坏,呈蜂窝麻面状,叶片的主要空蚀部位位于正面和背面端部,空蚀面积达 0.176 m^2 ,最大空蚀深度达 $10\sim 15\text{ mm}$ 。按水轮机空蚀损坏标准计算,空蚀侵蚀系数 $K=1.85\times 10^{-4}\text{ mm/h}$,达标中的最高级 V 级,属严重空蚀。约 10 年需修补一次,由于叶片较薄,几经处理已导致变形。

b. 电动机由于老化、损耗增大等原因,效率大大降低,在 1500 kW 时,实际效率低于设计值 2.6%,在低扬程区运行时,由于功率较小,效率差异则更大。

c. 电气设备陈旧,老化严重。江都三站电气设备主要为 1967 年、1968 年产品,质量较差;电路设计

受当时条件限制,存在一定的缺陷;设备安装拥挤,不利于运行管理和故障检修。经 30 年运用,设备老化严重,故障率高,备件缺乏,维护困难。部分电气设备虽经更新改造,但未能根本改变设备老化严重的状况,已难以确保江都三站工程设施的安全运用。

其中,主电机经鉴定,介损及电容增加率的测试值已超过导值中的规定值。高压断路器 1985 年更换为 GFC—10A 型手车式少油断路器,无五防装置,现断路容量偏小。集中控制系统原采用弱电方式,故障频繁。6 kV 主系统采用现场机旁设置,400 V 配电系统采用集中设置,安装场地狭小,设备拥挤,操作、检修极为不便。

1.2 进水流态紊乱

进水流态紊乱主要表现在两个方面:一是进水流道内的涡带;二是进水前池内水流的回漩。前者的影响更加直接和明显,当涡带进入水泵时,引起机组的振动,叶轮进口的流速分布不均匀,对水泵的效率和空蚀性能亦有很大的影响。后者主要引起进水前池内泥沙的淤积,因而进一步恶化流态。如当排涝时,东侧 1 号、2 号机进水流道前侧向进水明显,电机功率亦明显高于其它机组;当灌溉时,则西侧 9 号、10 号机侧向进水明显,功率明显偏大。

1.3 出水流道沉陷

出水流道由于沉陷严重,影响泵站安全运用。同时不均匀沉陷导致出水流道上升段接头处漏水,驼峰接头处漏气,使水泵工作扬程大于实际扬程,功率消耗增大。

上述问题涉及面比较广,这些问题的存在必将制约泵站工程效益的发挥。

2 技术改造初探

2.1 主泵技术改造

泵是泵站的核心,主泵改造的原则是增加流量、提高效率和改善空蚀性能,经反复调研,认为设计流量比原设计值增加 10%~20%是可能的,装置效率(模型)在 72%以上,使振动、噪音明显下降。

江都三站原泵型(泵段)的比转速为 $n_s = 814$, $nD = 500$,根据江都站 30 余年来较长系列的水位统计,平均扬程为 5 m 左右,若考虑流量在原有基础上增加 15%,则改造选用的泵型其装置比转速约为 1000,若考虑流道损失,则要求泵段比转速为 900 左右,从目前的研究资料来看,比转速 $n_s = 900$ 的水泵其最高效率可达 84%~85%,考虑流道损失及叶轮进口流速分布不均对泵性能影响因素,模型装置效率(含进出水流道损失)最高值可望达 75%左右,甚至更高,换算至原型可达 85%左右。

江都三站的 nD 较高,达 500,这在国内是为数不多的,这也正是水泵叶型空蚀和间隙空蚀的主要原因。因此,江都三站改造若泵的空蚀性能没有较大突破,就不能套用江都一站增大叶轮直径的改造方法。过高的 nD 值,必将加重空蚀,加剧叶片、叶轮室的空蚀破坏。因此,江都三站的改造必须将水泵抗空蚀性能的改善列为重点之一。

空蚀的影响一般有三个方面:一是引起空蚀破坏;二是降低水泵效率;三是引起振动噪音。从大量的空蚀试验的观察结果来看,由于轴流泵叶槽比较宽阔,轻微的空蚀对轴流泵性能几乎没有影响,只有当汽泡区发展到一定程度时才有明显的效率下降。因此,可以允许轻微的空蚀存在。抗空蚀破坏可以通过叶片及叶轮室采用抗空蚀材料或采用喷涂高强材料的方法解决,这在目前已有成功的先例。

在水泵设计时,提高效率与提高空蚀性能是相互制约的。提高效率,往往要在空蚀性能上作出一定牺牲,因此,对于江都三站这样一个高 nD 值而且年运行时间又相对较长的泵站来说,有必要对新的水

力模型,并结合装置进行研究,根据试验结果,选择最佳叶型,确定主泵改造方案,力争在能量和空蚀性能上均有大的提高,这对老站的改造和新站的建设均具有重要的现实意义。

2.2 进水流道技术改造

江都三站为平面蜗壳(钟型)进水流道,如图 1 所示,其主要参数为 $H/D = 1.50$, $B/D = 2.59$,这也是在国内大型泵站中首次采用,就当时的设计水平而言,可以说达到了国内先进水平。近年来的研究表明,进水流道内的流态对泵站的安全、高效运行有很大的影响,这不仅仅是水力损失问题。相反,对于流态紊乱的进水流道,其本身引起的水力损失与流态对装置性能的影响相比则显得较为次要。江都三站现场运行的振动现象表明,流道内流态紊乱,有涡带产生,特别是在低扬程大流量工况下更为严重。现在已将流道进行了局部改造,即在流道后部用块石和混凝土填补,并在吸水口下设置了一块消涡板,如图 1 所示,另有 3 台改成了肘形进水型式,但效果仍不明显。因此,进水流道必须进行进一步的优化试验,使流道内流态平顺,消除涡带。对于流道内的涡带,最新研究表明,专利成果消涡防涡栅可将其消除或加以防止,并已在泰兴泵站模型试验中得到验证,但这一措施的采用并不能明显提高装置效率。随着计算机的发展和计算方法的不断突破,采用数值计算方法结合模型试验可望得到较为满意的优化结果。

2.3 出水流道技术改造

江都三站出水流道如图 2 所示,与江都一站、二站相比,由于泵站采用堤后式泵房形式,使得三站出水流道较为顺直,转弯少,但流道截面偏小,流速偏大,在设计流量时上升段及驼峰处的流速值已大于 2.5 m/s,低扬程情况时则更大,若考虑改造后流量进一步增大,则出水流道的损失应值得重视。

江都三站出水流道目前的主要问题是流道的沉陷,已严重影响泵站的安全运用。其主要原因是:出水流道上升段与主厂房、驼峰下降段不属同一支承结构,如图 2 所示,主厂房、驼峰段支承在专设的混

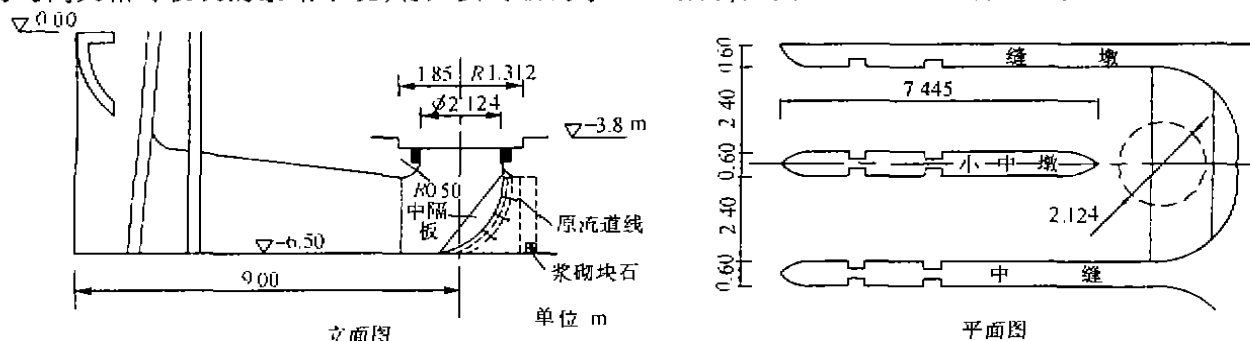


图 1 江都三站进水流道示意图

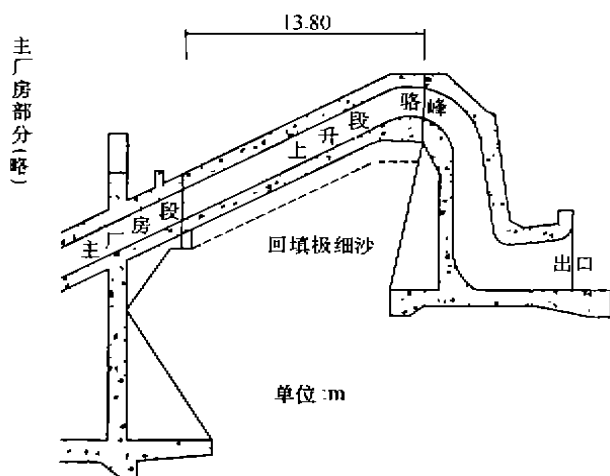


图2 江都三站出水流道示意图

凝土基础上,而上升段则支承在粉砂质回填土上,因而导致不均匀沉陷,接头处密封破坏。目前接头处的不均匀沉陷值最大已达 12 cm。密封破坏引起大量的漏水、漏气,漏水使出水流道上升段支承粉砂质回填土流失,引起更严重的沉陷,漏气使水泵扬程增加,引起额外的能量损失。为防止出水流道进一步沉陷和漏水、漏气对效率的影响,可通过基础灌浆、修补的方法来解决。但根据江都三站厂房基础结构状况,要根本消除这一隐患,尚需进一步认真探讨。

2.4 前池水流流态的改善

为了给水泵进水创造良好的水流条件,江都三站进水流道前设有进水前池,以便与引水渠道有良好的过渡。但是,如果前池的形式、尺寸确定得不合理,容易在池内形成不良流态,一方面在前池内形成泥沙淤积,另一方面会导致水泵进水性能的恶化,降低泵站装置效率,引起机组甚至泵房振动,造成水泵的启动困难。在侧向进水泵站中,这类问题显得尤为突出。

江都三站在灌溉、排涝两种运行情况下前池的流态情况如图 3 所示。大尺度回旋产生在靠引水渠道的来流侧,其环流强度、分布范围取决于来流流速、引渠与前池中心线交角以及前池进口形状。回流区

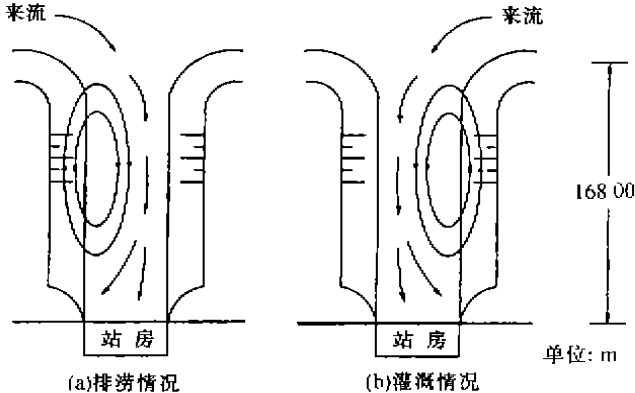


图3 灌溉、排涝两种运行工况下前池的回流情况

对主流产生压迫,进一步导致偏流。回流的回旋强度和位置取决于前池首端入口速度和前池尺寸,流速越大,回流越向泵房推移,对回旋侧的边侧机组正常运行影响越大,并常在这些机组的流道前产生吸气漩涡。当漩涡将空气带入泵内,会降低水泵的吸水性能,诱发、加剧水泵的空蚀和振动。

为改善前池的流态,扬州大学水利学院排灌研究所曾进行过多次试验研究,提出了采用底坎和立柱的整流方法,并在徐州市郑集、范楼、梁寨泵站得到了实际应用。这种整流措施整流效果好,水力损失小,结构简单,施工方便,值得江都三站改造时借鉴,但仍需通过试验,确定整流措施的布置位置和尺寸,以期取得最佳的整流效果。

2.5 电动机技术改造

江都三站的电机效率较低。由于原水泵选型时设计扬程偏高,致使实际运行时电机功率偏离设计值,一般为 1100 kW 左右,这时电机运行效率约为 87.5%,低于设计值 3%~4%。经过 30 年的发展,电机的科研和制造有了长足的进步,技术水平不断提高。目前该类电机效率可达 94%~95%,其它指标亦有较大提高,鉴于目前的使用情况,电机应进行更新。

2.6 电气设备技术改造

鉴于江都三站目前电气设备的状况,应对其进行全面的更新改造。其改造的设计,首先应提高设备运用的可靠性,采用新设备、新技术、新工艺,确保江都三站主设备的安全运用。其次应具有一定的先进性,尤其是江都抽水站在全国水利系统的地位,应率先在应用现代科学技术实现泵站自动化管理、提高泵站运用效率方面作出示范作用。由此,全面应用微机控制、监视技术,实现泵站优化自动调控运行,使工程设施安全、可靠、高效、低耗运用。

a. 根据江都三站的运用经验,主设备用 6 kV 主接线采用单母线制,选用手车式高压开关。此方式投资较少,能满足泵站对供电可靠性的要求。高压开关可选用真空开关或六氟化硫开关,以减少维护检修工作量和符合电力系统发展要求。

b. 辅助设备用 400 V 主接线采用单母线分段制。主机运行时,由站用变压器供给 I 段、II 段母线电源;主机停运时,由变电所供给 I 段母线电源,电源实行手动、自动切换。站用变压器由两台变压器并列运用,400 V 配电装置采用抽屉式动力控制中心,使用空气开关作断路保护,以提高供电的灵活性、可靠性和运用的经济性。

c. 主电机励磁系统选用可不停电检修、带微机控制的可控硅励磁装置,以克服励磁装置故障对主机泵安全、可靠运用的影响,以及满足泵站优化调控的要求。

(下转第 66 页)

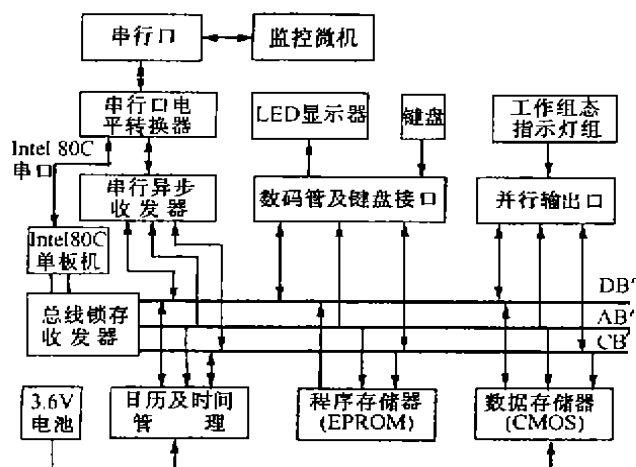


图3 通讯控制器工作原理

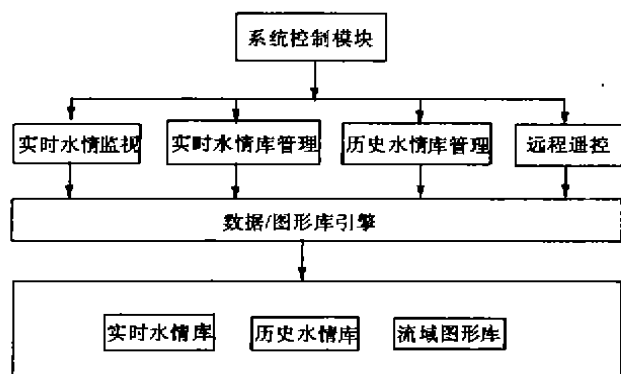


图4 实时水情监控及水情信息管理工作原理

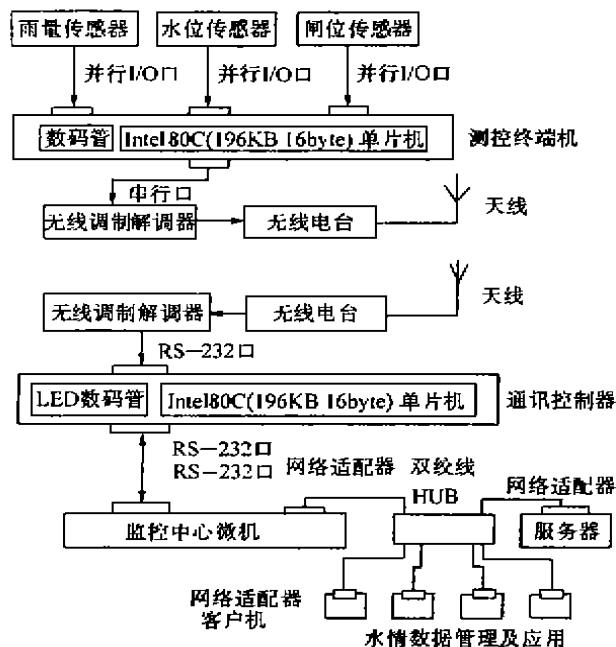


图5 东牙溪流域水管理计算机系统的组成及体系结构

4 结 语

东牙溪流域水管理计算机系统不仅可以实时监控整条河流的水情及东牙溪水库的运行状态,而且整条

河流水情变化的历史数据均被永久性地记录并保存下来,这些历史水情数据通过计算机网络可以实现共享,并可应用于对水资源的调度(如发电和城市供水)以及防洪决策,因此,东牙溪流域水管理计算机系统对三明的城市供水和防洪将起重要作用。

三明市水资源非常丰富,贯穿全市的就有沙溪、尤溪、金溪三条主要河流,这三条河流除了蕴藏着丰富的水资源等待开发、利用外,在汛期也潜在着极大的洪水隐患,因此,如何有效、准确地监测水情,实时了解水情变化以及建立可靠的历史水情库,都是水资源开发利用及防洪减灾的重要前提,也是一项基础建设,东牙溪虽然只是沙溪的一条支流,但其水管理方法和技术完全可以应用于其它河流的水管理中。

(收稿日期:1999-03-22 编辑:张志琴)

(上接第 61 页)

d. 电气设备布置采用集中方式,增建部分电气设备用房,以便于运行操作、监视、维修,同时解决厂房设备拥挤现象。

e. 集中控制、测量、信号、通讯及保护采用微机控制、监视系统,根据流量、水位、功率对叶片角度、励磁、功率因数、开机台数实行优化自动调控,对设备运用状况实行集中闭路电视监视,同时为实现整个江都泵站最优工况运行提供技术保证。

3 结 语

江都三站目前存在的问题较多,涉及面较广,因而其改造是一项复杂而艰巨的工作,必须在认真调研、科学设计、精心组织、严格施工的基础上才能达到预期目标。

参考文献

- 1 沈日迈主编,江都排灌站,第三版,北京:水利电力出版社,1986.101~106
- 2 刘竹溪主编,水泵及水泵站,第二版,北京:水利电力出版社,1986.206~256
- 3 华东水利学院主编,抽水站,上海:上海科技出版社,1986.252~303
- 4 华东水利学院主编,水工设计手册 第八册,北京:水利电力出版社,1984.120~190
- 5 丁成伟,离心泵与轴流泵,北京:机械工业出版社,1982.225~226

(收稿日期:1998-11-10 编辑:马敏峰)