江都站优化运行的系统分析

黄 海 田

摘 要:通过对水情、工情的全面分析,提出了改造邵仙控制、提高东闸上游控制水位、提高三站挡水高程、兴建捞草桥等工程措施和改变西闸控制运用方式、建立江都站优化调度模型等非工程措施,可显著提高江都站的经济效益和社会效益。

关键词:泵站 优化运行 分析

1 概况

江都4座抽水站共装设轴流泵机组33台套,装机容量53 MW,设计抽水能力508 m^3/s,是目前我国最大的机电排灌站。4座抽水站主要与西闸、东闸、芒稻闸、邵仙闸相配合,形成强大的排灌功能。图1为江都站工程布置示意图。从1963年江都一站建成到1998年底,江都站已抽水北送7.95×10^{10} m^3,抽排涝水2.56×10^{10} m^3,东闸自流引江8.47×10^{10} m^3。

江都站主要有3种运行方式。

1、打开西闸、邵仙闸,关闭东闸、芒稻闸,抽江水沿大运河北送。

2、在方式1的基础上,打开东闸,自流引江至里下河地区。

3、关闭西闸、邵仙闸,打开东闸、芒稻闸,抽里下河涝水,经芒稻闸送入长江。

2 问题的提出

2.1 三站、东闸及西闸控制运用方式在抗旱期间对下游水位的影响

抗旱时,站上水位处在某一稳定值;站下水位,从理论上讲,可以与西闸上游长江水位相同,但实际情况并非如此。

1、受三站电缆沟高程的影响,江都站下水位必须控制在4.50 m以下。若超过4.60 m,电缆沟将进水;超过4.90 m,水将倒灌进主厂房。据1988~1992年抗旱时16个月的统计,西闸上游有12个月的最高水位超过4.50 m。

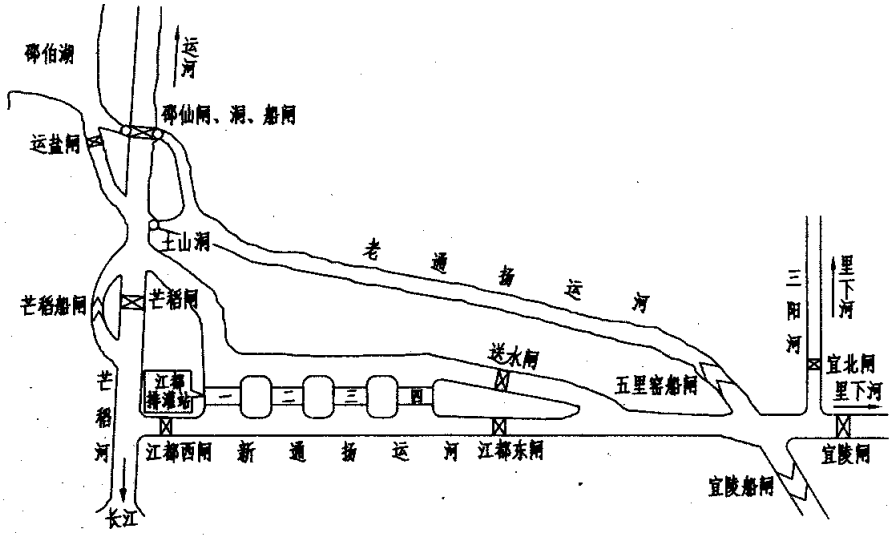


图1 江都站工程布置示意图

万方数据

黄海田:男,高级工程师,江苏省泰州引江河工程管理处(江苏省泰州市高港区,225421)。

2、目前在抗旱期，即使是在西闸上游水位低于 4.50 m，甚至在较低潮位时，西闸闸门也实行了控制，在西闸形成了一级水位差，人为降低了江都站的下游水位。

3、东闸的设计上游水位为 4.50 m，因此，正常情况下将东闸上游水位控制在 4.50 m 以下。同时，由于受闸门启闭机启闭能力的影响，开关闸时，水位差须分别小于 1.50 m、0.50 m。这也是西闸人为控制下游水位，以利东闸控制运用的主要原因。

2.2 邵仙控制对江都站排涝、抗旱效益的制约

邵仙控制由邵仙闸、运盐闸、邵仙洞组成，其中邵仙闸是主体建筑物。江都至邵伯的高水河是运河入江的一条航运支线。由于邵仙控制原规划的船闸未及时建成，加之江都站送水规模不断扩大，导致航运与送水、防洪、里下河排涝的矛盾愈来愈突出。

1、邵仙闸航运现状严重影响向北送水和航运安全。邵仙闸是按江都 1～3 站抽水能力 250 m^3/s 确定孔径。而目前江都站的设计抽水能力已达 508 m^3/s，最大可达 560 m^3/s，闸孔流速、横向流速较大，流态恶劣，每年送水期都要发生沉船。当发生通航险情时和沉船后，经常要求江都站减少流量或停机。

2、邵仙闸通航严重影响江都站为里下河地区排涝。根据规划，排涝时需关闭邵仙闸，以降低站上水位，但为了不中断通航，邵仙闸必须开通闸。同时为了保证邵伯至淮安的运河水位，江都站上水位必须超过 7.00 m，造成江都站排涝期间以高扬程运行。

3、由于邵仙闸为通航而不能关闭，一方面京杭运河无法保持高水位，对高邮湖东堤构成危害；另一方面邵仙闸至芒稻闸水位始终在 7.00 m 以上，而江都市区地面高程只有 4.50～5.00 m，使江都镇全年处在高水位之下。

2.3 因无捞草设施，严重影响排涝效益和安全运行

江都站排里下河地区涝水时，大量的水草和杂物随水流涌向抽水站。目前虽采取了通过宜陵闸和东闸两级用闸门挡草的措施，但抽水站的进水池，特别是四站、三站进水池，常集结大量的水草和杂物，拦污栅前后的最大水位差达 2.50 m 左右。这样，由于宜陵闸、东闸、站前 3 级水位差，导致下游水位过低，增加了能耗，减小了抽水能力。同时，由于水位过低，导致叶轮淹没深度不够，机组振动。从 1996～1997 年，四站共发生推力轴瓦烧损事故 11 台次，均是在排涝期发生的。

2.4 由于受自动控制水平的限制，未能按最优运行模式对抽水站机组及相关工程进行实时调节

江都站的 33 台机组均为全调节机组，这为实施实时优化调度创造了基础。但目前整个江都站仍停留在人工调度的水平上，影响了效益的发挥。

3 江都站优化运行的技术措施

3.1 全面提高抽水站下游控制水位

3.1.1 近期提高站下控制水位至 5.00 m

(1)改造三站下游电缆沟。三站下游工作桥的高程为 5.30 m，可将电缆沟封堵和改造，使三站下游的挡水高程提高到 5.30 m。

(2)改变西闸控制运用方式，提高站下运行水位。鉴于西闸已装设了可靠的计算机自动控制装置，因此，当西闸上游水位低于 5.00 m 时，闸门开至最大高度，此时，仅在西闸损失一个自然落差；而当西闸上游水位超过 5.00 m 时，闸门进行控制，使下游水位控制在 5.00 m 以下。

(3)兴建三站下游挡水墙，以保证安全运用。当西闸上游水位超过 5.30 m 时，如抽水站因故紧急停机，而西闸未跟踪作出自动关闸反应，经 3～10 min，站下水位将升高到 5.30 m，导致三站主厂房进水。为此，必须在三站下游侧兴建一道高 1.40 m、长 300 m 的挡水墙，使三站下游可承受 6.70 m 的水位。其它 3 座抽水站满足挡水要求。

(4)东闸与宜陵闸等工程联合运用，保证东闸安全。当站下控制水位提高到 5.00 m 后，应注意当东闸水位差有可能超过 4.00 m 时，可适当控制东闸下游水位，以确保东闸水位差不超过 4.00 m，保证东闸安全。

3.1.2 远期结合改造东闸，将站下控制水位提高到 5.50 m

除了东闸的设计水位组合制约了江都站效益的发挥以外，东闸还存在以下的问题：①闸门分上、下扉门，下扉门为平面钢闸门，上扉门为混凝土梁格、钢丝网水泥面板平面直升门。现上扉门的梁格及面板大量裂缝。②上、下扉门均为滑动支承，摩擦阻力大，因此，在引潮过程中，必须与西闸、江都站配合控制，既不安全，又不及时。故需将闸门改为滚轮支承。③东闸公路桥已成为联系江

万方数据

都市新、老城区的一个重要纽带,而东闸的公路桥净宽只有5.00 m,不适应交通的要求。因而,远期应改造东闸。

(1)东闸上游控制水位的确定。

西闸上游历史最高潮水位为6.67 m。若西闸不实行控制,则江都站可完全利用长江潮位,降低抽水扬程。但对东闸来讲,设计标准提高过多,则工程改造将比较复杂,且在效益上也不经济。抗旱期西闸上游水位超过5.50 m的历时较短,年平均6 d。因此,将东闸上游控制水位提高到5.50 m,基本上可以充分地利用长江潮位。故水位组合确定为上游5.50 m、下游1.00 m。

(2)加固改造。

针对东闸存在的问题,并根据新的水位组合,对东闸的渗透、稳定、结构强度等方面进行验算,提出加固改造方案。

①闸门更新加固。根据新的水位组合,对下扉门局部补强,上扉门更换为平面钢闸门。将滑动支承改造为滚轮支承。②门槽改造。改变闸门的支承行走方式后,门槽亦需作相应的改造。由于在运用期底板基底压力偏向下游侧,故在门槽改造时,可将门槽向下游移0.50 m。③公路桥拓宽。东闸上游闸墩长11.00 m,因此,公路桥可拓宽为双车道。将闸墩加高1.00 m,以增加上部结构重量,增加闸身的抗滑稳定,并有利于东闸通航。

公路桥拓宽、加高后,一块底板可增加重量200 T,加上门槽位置改变后增加的水重75 T,总重增加275 T,已超过提高上游水位后,保持闸身稳定所需增加的垂直荷载。

3.2 兴建邵仙船闸,解决邵仙控制制约江都站效益发挥和通航问题

为了充分发挥江都站的抽水效益,扩大向北送水能力,解决通航安全问题,必须兴建邵仙船闸,从而恢复邵仙闸的控制功能。船闸规模为16×160×2.5 m。邵仙控制改造后,各工程的运行方式如下。①邵仙闸。当抽水北送时,闸门打开;当运盐闸行洪或江都站排涝及高水河不送水时,邵仙闸关闭,控制运河水位在7.00 m左右,高水河水位在5.50 m以上。从而降低江都站排涝扬程和江都城的高水位压力,提高高邮湖东堤的防洪能力。②运盐闸。当运盐河需分泄淮河洪水入江时,打开运盐闸;平时关闭,以控制高水河、运盐河两级水位。③邵仙船闸。当运盐闸行洪时,关闭船闸断航。当江都站向北送水400 m^3/s以下时,船闸开通闸过船,并可协助邵仙闸送水70 m^3/s;当江都站向北送水400 m^3/s以上,或江都站排里下河涝水,或高水河不送水时,船闸正常控制运用。

3.3 兴建捞草桥,保证江都站排涝效益的发挥和排涝期机组的安全运行

目前,关于捞草桥的选址问题,共有两个方案,一是在东闸以西、四站以东建桥的西方案。该方案的优点在于可以关闭东闸、西闸,无需打坝即可施工。但是,由于建桥处河面比较狭窄,又靠四站太近,势必使本已较差的四站进水条件更加恶劣。同时,江都站已成为江都市的中心地带,因此,大量水草、污物外运和处理非常困难。二是在五里窑船闸以西的新通扬运河上建捞草桥的东方案。该方案没有西方案的缺点,唯建桥的难度和工程量较大。综合比较以采用东方案为宜。

3.4 实施自动化改造,最大限度地提高运行效益

抽水站的优化运行就是在某一确定的条件下,选择某运行方式,以较小的费用获得最大的效益。一般有两种情况。一是在保证一定抽水流量的条件下,以最小的费用来获得最大的经济效益;二是在抽水量一定的情况下,以最短的时间抽完。前者以效益最高为准则,后者以抽水量最大为准则,由此建立整个江都站的优化运行方案。由于目前仅四站和西闸装设了自动控制系统,还需对1~3站、东闸等工程进行自动化改造。

在实施优化控制时,需处理好以下两个因素。一是扬程与装置效率的关系。江都站的扬程变幅比较大,在扬程较低时,装置效率可能并不高,但低扬程是天然能量,应当充分利用,这时总的来说效益是高的,而不应该过分追求装置的高效区。二是要充分利用目前电力相对供大于求和实行峰谷电价的优势,在用电低谷和高潮位时尽量多抽水。

4 效益分析

4.1 经济效益

江都站下游控制水位提高到5.00 m后,将使江都站抗旱期的平均扬程降低0.50 m。扬程降低后,在抽水量相同的情况下,平均年减少能耗3.83×10^6 kW·h。以0.30元/kW·h计,年平均节省抽水电费115.9万元。江都站在1976~1998年的23年中,年均耗电7.676×10^7kW·h。扬程降低0.50 m后,23年总节电量可达8.827×10^7 kW·h。

(下转第44页)

万方数据

(上接第 29 页)

邵仙控制改造后,江都站排涝期的上游水位由 7.50 m 左右,降至 5.50 m～6.00 m。在 1980～1995 年的 16 年中,江都站抽排里下河地区涝水年均 47 d、1.17×10^9 m^3。降低上游水位后,在抽水量相同的情况下,年平均可减少能耗 4.00×10^6 kW·h,节省电费 120 万元。实行优化运行以后,在抽水量相同的情况下,年均可节约电费 150 万元。邵仙船闸年过闸费收入可达 500 万元。

4.2 社会效益

下游水位提高后,消耗同样的能量,年均可增加抽水能力 17 m^3/s。邵仙控制改造工程结束后,将显著提高江都站向北送水的能力。因此,由于提高下游水位、降低扬程所增加的抽水能力,将得以发挥作用。特别是在夏种大灌溉期和干旱年份,所增加的抽水量,将取得较大的社会效益。

排涝时上游水位降低后,年均可多抽水 1.22×10^8 m^3。1991 年夏季,苏北地区遭受了百年一遇的特大洪涝灾害,这一年,江都站为里下河地区排涝运行 77 d,抽涝水 2.9×10^9 m^3,上游水位降低后,相同时间内可多抽水 2×10^8 m^3 左右,或者可提前 6 d 左右的时间抽完涝水,这对减轻洪涝灾害是非常重要的。同时,捞草桥兴建后,也将有效地提高江都站的排涝能力。

万方数据

4.3 安全效益

邵仙船闸建成后,对于确保通航安全,减轻江都市的防洪压力,保证高邮湖东堤的安全,都是十分有益和无法替代的。

站下水位提高或站上水位降低后,对于减小水泵的汽蚀和振动,减小电机的功率和所有电气设备的负荷,减小推力轴承的荷载,从而保证机电设备的安全,对于提高 1～4 站及西闸的稳定性,都是十分有益的。

5 结语

如将本研究成果在江都站实施,将显著提高江都站的社会效益和经济效益。同时,本研究也说明,在水利工程的规划、设计和管理过程中,应该更充分地考虑各种因素,从而最大限度地利用资源的自然优势,最大限度地提高水利工程的社会效益和经济效益。ST