

90年代江苏泵站工程技术的新进展

黄海田¹, 龚维民¹, 魏强林¹, 郝春明²

TV675

(1. 江苏省江都水利工程管理处, 江苏江都 225200; 2. 江苏省太湖地区水利工程管理处, 江苏吴江 215128)

摘要: 90年代, 江苏陆续兴建了9座大型泵站, 共装机43台套, 总抽水能力1017 m³/s, 总容量62.5 MW。本文对这些泵站的水工、机电和建设管理进行分析, 总结出结构形式丰富多样、技术含量增大、投资渠道多元化、投资强度大, 基建程序与国际接轨等三个方面的特点, 并指出江苏省90年代泵站建设中存在的问题。

关键词: 水泵站; 泵站技术; 综述; 江苏省

中图分类号: TV675

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2000)01-0024-03

1 江苏原有泵站工程概况

江苏水资源的时空分布很不均匀, 年平均降雨量由北向南为800~1100 mm, 其中60%~70%集中在6~9月份, 特别是淮河和沂沭泗流域, 雨量分布差异很大, 丰水年雨量达1400 mm, 而枯水年仅400 mm, 且淮沂等河流客水丰枯变化也很大, 使得这一地区既经常遭受洪涝灾害, 有时又出现大面积干旱, 在同一年份也有可能出现先涝后旱或先旱后涝、旱涝交错的情况。针对苏北地区水资源分布严重不均的情况, 在时间和空间上平衡水资源, 从1961年起, 沿京杭运河苏北段建设江水北调工程。到1982年, 建成从长江至徐州的8级泵站, 总抽水能力为1120 m³/s; 1983~1987年, 新建、扩建了9处泵站, 新增抽水能力670 m³/s。这样, 初步形成了扎根长江, 江淮沂沭泗诸河统一调度, 利用洪泽湖、骆马湖作调节, 由8个梯级、17座泵站构成的江水北调系统, 向西北翻入微山湖, 供水至徐州的丰、沛境内。同时, 江都、淮安、皂河等泵站还具有强大的排涝功能。

2 90年代江苏新建泵站概况

尽管经过30年的努力, 江苏已经建成比较完整的江水北调和局部排涝体系, 但由于: ①工农业生产和人民生活对水资源需求不断增长, 原有抽水能力已不能满足要求; ②80年代以前建设的泵站, 有些是临时泵站, 这些泵站装置效率低, 保证率不高; ③个别梯级抽水能力不足, 形成“卡脖子”现象; ④局部地区, 如太湖地区的抗旱排涝能力不足等四个方面的原因, 在原有泵站基础上, 新建、改建一批泵站就显得非常重要和迫切了。从1993~1999年, 陆续建成沙集站、刘老涧站等9座抽水站(见表1), 共装机43台套, 总抽水能力1017 m³/s, 总装机容量62.5 MW。在7年时间内建成9座泵站, 尤其是除沙集站以外的6座泵站是集中在1996和1997两年建成的, 其建设强度之大在国内是罕见的。9座泵站的功能、土建结构、机组形式都不相同, 极大地丰富了江苏的泵站技术。

a. 徐洪河的开通和沙集站的建成, 为徐州市增

表1 90年代江苏新建大型泵站基本情况

站名	运用性质	所在河流	机组型号		台数	抽水能力 (m ³ ·s ⁻¹)	装机容量 (kW)	设计扬程 (m)	投产时间
			电机	水泵					
沙集站	抗旱发电	徐洪河	TL1600-20/2150	1800HLB-10.5	5	50	8000	10.5	1993年6月
泗阳二站	抗旱发电	大运河	TD1325/56-40	2.8ZLQ-7.0	2	66	5600	6	1996年6月
刘老涧站	抗旱发电	大运河	TL2200-40/3250	3100QLZ-38-4.2	4	150	8800	3.5	1996年5月
淮安三站	抗旱发电	大运河	TDFWG1700/400-44/3250	32GWN-42	2	66	3400	4.2	1996年6月
常熟站	抗旱排涝	望虞河	TL900-40/2600	2500ZLB20-2.4	9	180	8100	3.0	1997年10月
新夏港站	排涝	新夏港河	TDXZ800-8	2000ZXB-2.8	3	45	2400	2	1996年6月
魏村站	抗旱排涝	德胜河	TL800-32/2150	2000ZLQ-15-2.8	4	60	3200	2.8	1996年3月
白屈港站	抗旱排涝	白沙河	TL1000-40/2600	2500ZLB20-3	5	100	5000	2.5	1999年8月
泰州高港站	抗旱排涝	泰州引江河	TL2000-40/3250	3000ZLK-125	9	300	1800	3.53	1999年9月

作者简介: 黄海田(1962—), 男, 高级工程师, 从事大型泵站管理工作。

加了一条调水的复线,该站直接抽洪泽湖水北送,比运河调水减少两个梯级.同时,使水资源的地理分布和使用更为合理,改变了原来邳、睢、铜地区 6.7 万 hm^2 耕地无补给水源,而依赖骆马湖和不牢河的高水低灌的不合理局面.

b. 刘老涧原有一座临时站,抽水能力 $100\text{m}^3/\text{s}$. 永久站建成后,临时站拆除,抽水能力扩大到 $150\text{m}^3/\text{s}$,同时,骆马湖南堤加固后,刘老涧站可直接送水至皂河站下,省去了井儿头一级翻水.

c. 泗阳二站建站前也有一座临时站,抽水能力为 $30\text{m}^3/\text{s}$. 二站建成后,临时站拆除,连同泗阳一站,泗阳梯级的总抽水能力提高到 $166\text{m}^3/\text{s}$.

d. 淮安一站、二站的抽水能力为 $180\text{m}^3/\text{s}$,与总抽水能力为 $508\text{m}^3/\text{s}$ 的江都站不相配套,制约了江都站效益的发挥,淮安三站的建成,使淮安梯级的总抽水能力提高到 $246\text{m}^3/\text{s}$.

e. 望虞河常熟枢纽是望虞河连接长江的控制建筑物,常熟泵站的建成,有效地提高了望虞河乃至太湖的灌排能力.

f. 新夏港站和白屈港站主要解决武澄锡低片的引排问题.当长江水位高于内河水位时,开机运行,提高了武澄锡低片的排涝能力.

g. 魏村枢纽是太湖湖西引排水工程之一,泵站设计流量 $60\text{m}^3/\text{s}$,该站的建成提高了湖西常熟地区的灌排能力.

h. 泰州引江河的开挖及高港枢纽的建成,新增自流引江能力 $600\text{m}^3/\text{s}$,增加抽引江水和抽排里下河腹地涝水能力 $300\text{m}^3/\text{s}$,这将极大地改善里下河地区的引灌排能力.泰州引江河、新通扬运河、泰东河、通榆河全面贯通后,将为江苏省实施开发海上苏东战略提供充足可靠的淡水资源.

3 90 年代江苏新建泵站的特点

80 年代以前,江苏大型泵站的建设取得了举世瞩目的成就,泵站工程成为江苏特别是苏北国民经济发展的基础工程.但限于当时的经济技术条件,从数量上讲,抽水能力和保证率不足,制约了国民经济的发展.从技术上讲,一是结构单一,除南京新河站外,均为立式直联泵站;二是泵型单一,除皂河站外,均为轴流泵;三是流道单一,绝大部分泵站为肘形进水流道、虹吸或平直管出水流道;四是叶型单一,所用叶型基本雷同,设计扬程与实际扬程偏差较大;五是功能单一,除江都三站和泗阳一站外,均为单一抽水站.

90 年代江苏兴建的泵站工程,呈现了三个显著特点:一是结构形式丰富多样,技术含量增大;二是投资渠道多元化,投资强度大;三是基建程序与国际接轨.

3.1 泵站结构形式丰富多样,技术含量增大

a. 沙集站是江苏扬程最高的立式混流泵站.在 10m 扬程以上时,混流泵表现出良好的特性.皂河站是我国单机容量最大的混流泵站,属特大型机组,这种特大型机组并无明显优势.

b. 刘老涧站是我国学习荷兰技术建造的第一座井筒式无水泵层泵站.这种结构土建投资节省 15% 以上,同时节约了排水泵等设备,日常运行维护工作量也较小,其优越性相当明显.该站还是国内首次采用变频机组发电的泵站,变频发电技术的应用,为建在行洪河道上的低水头泵站反向发电开辟了新的途径.该站的进水流道为簸箕形^[1],这在我国大型泵站中尚属首次采用.簸箕形流道高度较小,这样开挖深度较小,与钟形流道相比,不易产生涡带,流态好.

c. 泗阳二站站区地表(16.0m)以下 8~1.5m 的土质软弱,承载能力低.承压水丰富,水位达 15.5m.为减小承压水降水范围和基坑开挖量,有效处理软基,设计采用沉井群基础^[2],其中站身主沉井平面尺寸为 $30.3\text{m} \times 17.8\text{m}$,自重 4300 t,下沉深度 11.5m.这是江苏泵站首次采用沉井法施工,比常规施工方案节省工程经费近 300 万元.

泗阳一站具有抽水、发电两种工况^[3],根据对泗阳梯级的水资源分析,除满足一站发电外,二站年均可全站发电 27 d,单机发电 35 d.江苏已有泵站仅江都三站、泗阳一站具有发电工况,均采用变极方式.当时二站电机已经制造,且每台变极电机要比不变极电机贵 50 万元.通过分析研究,该站在全国率先采用了同转速反向发电技术,仅增加投资 35 万元.模型研究还发现,当发电水头高于某一值时,不变极运行比变极运行的输出功率要高.

d. 淮安三站是国内第一座大型全封闭灯泡贯流式可逆轴流泵装置.贯流泵在国外得到广泛应用,而国内直到 80 年代中期才生产出 2 台叶轮直径为 2.3m 的贯流泵,后因故没有安装投产.淮安三站的建设和运行表明,贯流式泵站工程造价低,抽水和发电的效率均比较高.横向比较,淮安一站用 6400 kW 换取 $64\text{m}^3/\text{s}$,而淮安三站仅用 3400 kW 换取了 $66\text{m}^3/\text{s}$.该站在全省率先采用了无刷励磁技术,无刷励磁具有稳定、可靠和日常维护工作量小的优点.

e. 常熟泵站是江苏第一座开敞式矩形流道的泵站.矩形后壁的开敞式流道结构简单,施工方便,技术要求易于掌握.采用直径为 2.5m 的立式开敞式轴流泵,这种水泵的结构简单.泵站为上下层流道,每台机组设有 4 道快速闸门,通过上下游闸门的组合控制,实现双向抽水,达到灌溉或排涝的目的.该站还可利用底层流道,实现自引或自排,当水

位差为 0.05 m 时,流量为 $125 \text{ m}^3/\text{s}$,即使泵站得以综合利用,又减小了节制闸的规模,节约了工程投资,这在江苏省泵站中是绝无仅有的。

f. 新夏港站采用 30° 斜式轴流泵方案^[4]。斜式轴流泵站具有站身结构简单、开挖深度小的特点,便于闸站结合的总体布置,且厂房的通风、防潮条件更好。斜轴泵在江苏是首次使用,而 30° 斜轴式轴流泵在国内是首次使用。江苏大型泵站的传动方式无一例外均采用直联式,其原因是软齿面齿轮减速器噪音高、寿命短。我国 80 年代中期引进的 ZY 系列硬齿面圆柱齿轮减速器,具有噪音低、承载力大、传动效率高的特点。该站选用 ZDY500-4-I 型硬齿面圆柱齿轮减速器,每台套机组比直联电机节约 31.7 万元。另外,直联电机体积大,出水水道不能做成平直管,须做成弯曲管,使水道损失增大,造价高,施工也不方便。

g. 魏村站和白屈港站为双向 X 型流道,以实现灌排结合、综合利用,采用传统 ZLQ、ZLB 系列水泵,具有技术成熟、性能优越的特点。两站综合分析了江苏其它双向 X 型流道的特点,进行了优化设计,使得流态更好、效率更高。白屈港闸站工程基础采用“射水地下成墙”的方法施工,这在对非整板的处理上,使不能凑成整倍数的墙体,利用移动成形器及控制操作参数,放慢洗孔速度的方法作出适当处置,既达到调整的目的,又确保了工程质量。

f. 开挖泰州引江河并相应建设高港枢纽,是 90 年代江苏最大的单项水利工程,也是江苏省向国庆 50 周年献礼的两大工程之一。高港枢纽泵站集江苏 30 多年泵站建设、管理的经验于一体,从规划、设计到施工、安装,采用了大量的新技术、新材料、新工艺、新设备,其具体情况将另文介绍。现在,泰州引江河及高港枢纽,已成为江苏水利的标志性工程。

此外,这 9 座泵站与江苏原有的泵站相比,还具有如下普遍特点:①综合功能得到加强。除新夏港站外,其余泵站或灌溉与排涝结合,或灌溉与发电结合,做到一站多用,综合发挥工程效益。②大量采用新技术。如真空断路器、六氟化硫开关的应用,微机数据采集系统、微机保护装置、BKL 励磁装置的应用等。③综合配套好。一是工程本身的配套,如拦污捞草设施、检修试验设备;二是管理生活设施给予比较充分的考虑;三是在规划、建设时,就尽可能考虑到水利经济的发展。

3.2 投资渠道多元化,投资强度大

江苏省委、省政府制定了增加水利投入的一系列政策措施,先后出台了筹集防洪保安资金和农业开发建设资金的政策;作出了省、市、县按当年本级可用财力的 2%~4% 安排水利投资的规定,完善了

以工建农、以工补农的政策;坚持水利劳动积累制度;明确了粮食发展专项资金、黄淮海开发资金等都要划出较大比例用于水利。省水利投资在“九五”期间每年递增 1500 万元,同期省财政将预备费结余基本用于水利建设。

与此同时,开始利用外资搞水利建设,使水利投入有了较大幅度的增加。沙集站、刘老涧站、泗阳二站、淮安三站、常熟站均是江苏省利用世界银行贷款加强灌溉农业项目的骨干工程。

3.3 基建程序与国际接轨

沙集闸站是江苏省第一个利用世界银行贷款建设的大型水利工程。外资的引进,不仅使水利投入有了较大幅度的增长,而且,在引进外资的同时,引进并推行了在国际上普遍采用的工程建设业主负责制、招投标制和项目监理制,使水利基本建设从计划经济模式过渡到市场经济模式。不仅使我们继续注重水利的社会效益,更促使我们用市场的观念和商业原则,去研究水权、水价、水市和投入产出比、资金偿还能力。在泵站建设中,从项目的评估到项目的确定,从项目的实施到项目的验收,均按国际惯例 FIDIC 条款,实行业主、监理、承包商三元制衡体制。

4 几点思考

如前所述,90 年代江苏泵站建设的强度之大,技术含量之高,建设管理模式之先进,在全国泵站建设史上是罕见的。但是,我们还必须清醒的看到,在这些工程的建设过程中,尚存在一些不足。

a. 按照世界银行惯例,在各投标人的商务、技术均能实质性响应招标文件要求的情况下,则由标价最低的投标人中标。从几个世界银行贷款兴建的泵站来看,最低标中标,从一定程度上带来了施工和设备质量偏低的负面影响。有鉴于此,在其后的水利工程建设中,一般都规定了合理标范围(-8%~5%),且越接近标底的得分越高,这样,就可能选择到水平较高的承包人和先进、高质量的设备。

b. 水利工程大都规划时间较长,而一旦立项开工,则要求的工期又很紧。从 90 年代兴建的几座泵站看,普遍存在招标图设计深度不够的问题,施工图设计都是在确定了承包商后才进行,今后应逐步向施工图招标过渡。

c. 工程监理的地位还不高。工程监理负责对工程的质量、工期、造价进行控制,但目前还很难做到工程监理负全责,大部分技术、造价、工期问题还得依赖行政体系来协调、解决。我们应研究如何根据《中华人民共和国建筑法》的规定,来完善工程监理制。

(下转第 57 页)

d. 墙体搭接处理工艺. 在造第Ⅰ序孔时, 由于孔壁四周均是泥土和砂砾石, 故成形器只打开底部喷嘴向下冲击土层, 而侧向喷嘴封闭, 以保持侧向稳定, 在造第Ⅱ序孔时应在第Ⅰ序孔混凝土浇筑后 48~72h 内建造, 这时要将侧向喷嘴打开, 侧向射流水可以清洗Ⅰ序孔墙侧面, 并在不同高程部位处成形器微幅上下且加大射流水压力可将Ⅰ序孔混凝土侧面冲出一凹槽, 不需要凹槽的部位射流水压力保持正常值, 成形器宽幅上下只对墙侧起清洗作用, 这种Ⅰ序孔与Ⅱ序孔混凝土凹凸衔接比平接更牢固. 此接缝的成功已在开挖出的墙体接缝处很清晰地观察到, 这也是该技术取得的又一重大突破. 当然, 要保证搭接准确, 还必须保持Ⅰ序孔与Ⅱ序槽孔偏差小, 孔斜率小于 1/300. 为了达到这一要求, 首先必须使造孔机在钢轨上行走轴线尽量无偏差, 这取决于钢轨本身质量及安装牢固程度, 造孔机底盘轮子与钢轨接触应尽量无偏差; 其次必须使成形器和连杆造孔时垂直, 这就要求连杆机械手来控制成形器摆动, 并且必须利用底盘上的千斤顶调整机座成水平. 这样就可保持两序孔搭接准确, 使搭接取得成功.

5 施工中几个应注意的问题

a. 造孔过程中保持泥浆浓度大于 1.2, 粘度 18~25 s, 泥浆面高于地下水位 1.8 m 和高于孔口 0.3 m, 确保孔壁稳定.

b. 防止渗漏通道漏浆. 槽孔固壁主要是确保孔内泥浆水位高于地下水位, 形成正压力压住槽孔孔壁使其不致塌陷. 如遇地下水渗漏管涌通道, 泥浆水会突然下降, 此时用事先准备好的粘土球(用优质粘土制作)及时抛入填塞通道, 防止漏浆.

c. 确保排碴通畅. 其关键在于控制好反循环砂泵系统正常运转, 保证射流造孔顺利进行(喷嘴不堵塞、射流泵运转正常、循环水沟有足够的泥浆供射流泵吸入等).

d. 单槽板之间做好搭接. 单槽板本身的质量只要混凝土浇筑工艺按混凝土施工规范施工即可确保, 技术的关键是接缝质量, 要使接缝处的防渗指标达到设计要求, 必须在建Ⅱ序孔过程中, 保证侧向喷嘴通畅及射流泵提供足够的射流压力, 控制相邻槽孔的水平偏差和孔斜率, 改平接为凹凸接缝.

6 结 语

现在宜春地区普遍应用在圩堤、大坝防渗处理方面的技术主要有冲抓钻套井回填粘土心墙、高压喷射灌浆和射水造墙法等. 从经济方面来看, 这三种垂直防渗技术的单位造价依次是: 冲抓钻套井回填

粘土心墙最低, 射水造墙法中等, 高压喷射灌浆最高. 从应用范围来看: 冲抓钻套井回填粘土心墙主要应用于坝身的风化料、壤土层, 对于堤基及坝基砂砾石层厚超过 2.0 m 的就易造成塌孔, 不宜使用; 高压喷射灌浆和射水造墙法用于大坝圩堤上部及其基础防渗处理, 但此两种各有不同特点, 当钻孔深度在 30 m 以内, 且砂砾石层厚均超过 2 m 时, 射水造墙法造价比高压喷射灌浆更低; 但当钻孔深超过 30 m, 且砂砾石层超过 2 m 时, 由于射水造墙法操作中的导管安装和拆除更花费时间, 成本增加, 且由于管过长易造成孔倾斜度大, 很难保证搭接质量, 高压喷射灌浆却更简单些. 从以上比较可以看出, 高压喷射灌浆和射水造墙法均适用于坝身坝基、堤身堤基防渗处理, 在砂砾石层超过 2.0 m 时均适用, 当孔深在 30 m 以内时, 射水造墙法更优, 当孔深超过 30 m 时高压喷射灌浆更优. 目前宜春地区圩堤和大坝基础多数孔深在 30 m 以内, 且砂砾石层厚在 2.0 m 以上的险段较多, 采用射水造墙法经济、简单、质量可靠, 其应用前景广阔.

参考文献:

- [1] 《地基处理手册》编写组. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989. 231~371.
- [2] 阎明礼. 地基处理技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 267~314. (收稿日期: 1998-11-02 编辑: 熊水斌)

(上接第 26 页)

5 结 语

90 年代沙集等 9 座泵站的建成和临洪东续建工程的完工, 将使江苏在 90 年代新增抽水能力 $1292 \text{ m}^3/\text{s}$, 这些工程的建成并投入使用, 必将极大地提高江苏的抗旱和排涝能力. 分析和研究这些泵站建设的经验和教训, 将对今后江苏乃至全国的泵站建设起到一定的借鉴作用.

参考文献:

- [1] 陆林广, 张仁田. 泵站进水流道优化水力设计[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 82~91.
- [2] 陆国平, 黄海田. 泗阳第二抽水站沉井群施工技术[A]. 见: 水利科技的世纪曙光[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1977. 592~595.
- [3] 黄海田, 莫岳平, 周济人. 泗阳第二抽水站反向发电可行性研究[J]. 水利水电技术, 1995(9): 18~21.
- [4] 谢伟东. 新夏港抽水站水泵装置设计[J]. 水泵技术, 1998(1): 38~40.

(收稿日期: 1998-06-18 编辑: 熊水斌)