

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.08.016

临江大型取水泵站工程设计及施工

黄海军

(北京易成市政工程有限公司, 北京 100176)

摘要: 因上游物流码头对嘉鱼县城区水源造成了安全隐患,因此需要迁建取水泵站。拟选位置满足规划、航运、防洪和环保等要求并安全可靠,通过经济比选形成最佳方案。基于江滩地形、地质、规模和景观要求,泵房下部设计为圆筒结构,上部为平台,屋顶为重檐形式。取水管深入江中770 m,取水头部及邻近110 m采用钢管桩和预制钢平台固定支撑,法兰连接,确保取水质量和安全,同时可适应江床的变迁。施工中运用了沉井、沉管、顶管、水下钢管桩和预制钢平台水下安装技术和多种大型专业施工设备。因施工条件复杂多变,故各工序相互制约、穿插进行。目前该工程已建成运行,并经历了枯水期和汛期,取水的可靠性和设施的安全性得到验证。

关键词: 取水泵站; 选址; 施工技术

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)08-0114-07

Design and Construction of Large Riverside Water Intake Pumping Station

HUANG Hai-jun

(Beijing Yicheng Municipal Engineering Co. Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: Because upstream logistics terminal has a security risk to the urban water source of Jiayu County, it is necessary to relocate the water intake pumping station. The optimal site selection is determined through economic comparison, and the proposed site meets the requirements of planning, shipping, flood control and environmental protection and is reliable and safe. Based on the topography, geology, scale and landscape requirements of the river beach, the lower part of the pumping house is designed as a cylinder structure, the upper part is a platform, and the roof is a double eave form. The intake pipe is 770 meters inserted into the river. The water intake head and its 110-meter adjacent part are fixed and supported by steel pipe piles and precast steel platforms, and connected with flange to ensure the quality and safety of water intake and also adapt to the changes of the river bed. The sinking well, sinking pipe, pipe jacking, underwater steel pipe pile and precast steel platform underwater installation technology and a variety of large professional construction equipments were used in the construction. Due to the complex and changeable construction conditions, each process is mutually restricted and alternated. At present, the project has been completed and operated, and the reliability of water intake and the safety of facilities have been verified in dry seasons and flood seasons.

Key words: water intake pumping station; site selection; construction technique

1 项目概况

嘉鱼县地处长江中游南岸,常住人口为31.4万

人。城区现有石矶头水厂,供水规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,先后建成一套 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 和一套 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 净水系

统。原水取自长江,初始建有固定取水泵房一座,取水规模为 $4\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,2014年因取水头部淤积,取水困难,严重影响城区供水。2016年10月新建浮船式取水泵房一座,取水规模 $6\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ (预留 $5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。现有两座取水泵房状况见图1。



图1 现况两座取水泵房

Fig.1 Two existing water intake pumping houses

由于近年取水泵房上游2 200 m处建成物流综合码头,2016年12月湖北环保厅发《省环保厅关于嘉鱼港石矶头港区临江山物流综合码头项目环境管理有关意见函》(鄂环函〔2016〕519号),要求咸宁市政府督促嘉鱼县政府及有关部门、企业抓紧研究解决此问题,关停码头或迁建石矶头取水泵房。

2 项目选址

现有石矶头水厂以长江为水源,建有取水泵房及相应的输水管道且水厂净水工艺对处理长江水源更有安全保障。规划中的白湖和蜜泉湖距离嘉鱼城区较远,引水管线较长(9 km),造成工程投资较高,待二水厂建成后根据实际情况,再启动备用水源的建设。因此,从经济性和供水安全性考虑,本次取水泵房迁址工程仍然采用长江水作为水源。

取水口位置要满足基本要求:位于水质较好的地带;有足够的水深,有良好的工程地质条件;尽可能不受泥沙、漂浮物等影响;尽量靠近主要用水地区,距净水厂较近;不妨碍行洪和通航,并符合河道整治规划的要求;河床冲淤多年平衡,河岸稳定;注意避开河流上的人工构筑物或天然障碍物。经过对易于取水河段的现场踏勘,多方调研查证,最终在石矶头港区上下游各确定了一处拟选点进行比较。两种方案的工程量和经济比较分别见表1、2。方案一位于港区上游4.0 km处,方案二位于港区下游3.7 km处。由表2可见,位于综合码头下游3.7 km(现状取水口下游1.5 km)处的方案二工程费用低、运行费用少,推荐作为本工程取水点。图2是新建取水泵房和现有水厂、规划二水厂的位置关系示

意图。

表1 两种取水口选址方案工程量

Tab.1 Engineering quantity of two kinds of water intake site selection schemes

项 目	方案一:比选方案	方案二:推荐方案
取水泵房	内径 18.5 m、井筒深度 23.85 m 的取水泵房 1 座。共设 5 台泵位,石矶头水厂 2 台(1 用 1 备),近期 2 用,单泵 $Q=1\ 800\text{ m}^3/\text{h}$, $H=340\text{ kPa}$,配用电机功率 200 kW。二水厂 3 台(2 用 1 备),单泵 $Q=1\ 125\text{ m}^3/\text{h}$, $H=380\text{ kPa}$,配用电机功率 160 kW,变频	内径 18.5 m、井筒深度 23.85 m 的取水泵房 1 座。共设 5 台泵位,石矶头水厂 2 台(1 用 1 备),近期 2 用,单泵 $Q=1\ 800\text{ m}^3/\text{h}$, $H=230\text{ kPa}$,配用电机功率 160 kW。二水厂 3 台(2 用 1 备),单泵 $Q=1\ 125\text{ m}^3/\text{h}$, $H=240\text{ kPa}$,配用电机功率 110 kW,变频
取水管	$L=300\text{ m}$,DN1 000 自流引水管 2 根	$L=770\text{ m}$,DN1 000 自流引水管 2 根
栈桥	$B=4\text{ mm}$, $L=72\text{ m}$	$B=4\text{ m}$, $L=72\text{ m}$
原水输水管	至石矶头水厂 DN800 原水输水管, $L=7\ 300\text{ m}$;至二水厂 DN1 000 原水输水管, $L=14\ 200\text{ m}$	至石矶头水厂 DN800 原水输水管, $L=1\ 700\text{ m}$;至二水厂 DN1 000 原水输水管, $L=5\ 500\text{ m}$
外电源	双回路电源外线,总长 18 500 m	双回路电源外线,总长 6 000 m

表2 两种取水口选址方案技术经济比较

Tab.2 Technical and economic comparison of two kinds of water intake site selection schemes

项目		方案一:比选方案	方案二:推荐方案
费用/万元	取水泵房(含取水头部)	1 917.33	1 917.33
	自流引水管	929.84	187
	栈桥	163.59	163.59
	原水输水管	578.6	2 418.6
	电源外线	225	693.75
总工程费用/万元		3 814.36	5 380.27
优点		位于长江顺直河段,引水管距离短,不易堵塞	漂浮物少,水质相对较优;避开了白鳍豚核心保护区,利于前期手续办理;运行电耗相对较低;工程费用少
缺点		漂浮物多,靠近大堤岸边,血吸虫、钉螺较多,水质相对较差;位于白鳍豚核心保护区,前期手续办理困难;运行电耗相对较高;工程费用高	位于护县洲上游,距洲头较近,河床存在淤积,需采用较长自流引水管将取水头部伸向江心



图2 新建取水泵站选址

Fig.2 Site selection of new water intake pumping station

3 泵房设计

新建取水泵房按 $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 取水规模设计,土建一次建成,设备安装分期实施。工程包括三部分:取水管、泵房、输水管道。其中,取水管为 $2 \times \text{DN}1\,000$ 钢管,单根长度为 770 m。泵房为直径 26 m 的圆形钢筋混凝土筒体结构,结构总高度 43.5 m。输水管道为 $2 \times \text{DN}800$ 钢管,单根长度 1.7 km,并预留二水厂输水管 $2 \times \text{DN}1\,000$ 接口。

K0+0 ~ K0+80 表层为粉质黏土夹粉土,管道穿越层为粉土粉砂。K0+80 ~ K0+700 为中细砂。K700+0 ~ K0+767 为钢管桩施工区域,0 ~ -7.0 m 为中细砂,-7 ~ -13.0 m 为粉砂质泥岩。表层覆盖 1.5 ~ 4.5 m 厚黏土,2.0 ~ 5.0 m 厚粉质黏土夹粉土,6.0 m 厚粉土粉砂,10.0 m 厚粉质黏土夹粉土,7.0 m 厚粉质泥岩,7.0 m 厚粉砂质泥岩。

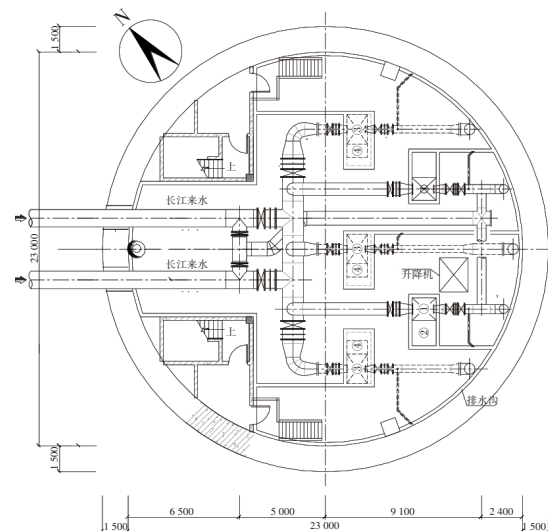
汛期水位 22 ~ 25 m,枯水季节水位 15 ~ 18 m,百年一遇洪水位 31.306 m。

3.1 泵房设计

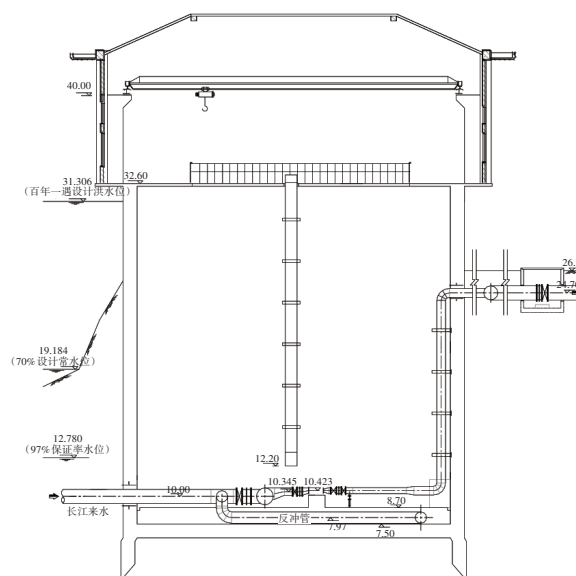
泵房采用圆形筒体结构,由下部结构、平台和上部结构三部分组成。下部结构内径 23 m,壁厚 1.5 m。空间布局是安装水泵及连接管道,两间独立楼梯间。平台直径为 30 m,主要布置高低压配电房、值班室、白鳍豚观察室、楼梯间和设备垂直运输孔洞。上部结构主要是旋转行车轨道和屋顶,为框架结构。图3是泵房示意图。

堤岸标高 32.5 m,江滩地面标高 26.3 m,沉井刃脚底标高 2.40 m,底板顶面标高 8.7 m,平台标高 32.6 m,行车梁标高 40.0 m,屋顶标高 45.9 m。因为建筑滨水而立,且平面体量较大,为了和周围环境相协调,造型上特意采用从下到上两级收分的形式,在视觉上削弱了体量的压迫感,屋顶参考传统建筑,攒尖和露顶相结合,顶部平整,周边斜坡,而立面的收分正好形成了类似重檐的形式,使整个建

筑体现出中国传统楼宇建筑的特点,成为水边独特的景致。



a. 平面图



b. 剖面图

图3 泵房示意

Fig.3 Schematic diagram of pumping house

3.2 设备选型

现况石码头水厂取水系统配置 2 台水泵,单台水泵流量 $1\,350 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程 270 kPa,两台同时工作取水量达到 $60\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,水泵变频控制^[1]。二水厂建成后,石码头水厂取水量减至 $40\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,原水泵保持不变,运行参数为流量 $1\,800 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程 230 kPa,1 用 1 备,变频控制。二水厂取水系统配置 3 台水泵(2 用 1 备),近期单台流量 $1\,125 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程 240 m。远期单台流量 $2\,250 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程 240 kPa,2 用 1 备。

根据常年运行经验,本段江水含砂量较高,选购水泵应重点关注叶轮材质和密封技术。

3.3 引水管设计

取水管采用自流形式,2×DN1 000~1 200,单根长度770 m,材质为螺旋焊缝钢管。其中:K0+0~K0+350段引水管道设计为2×DN1 220×16 mm钢管,管道中心间距3.6 m,埋深为5~12 m。K0+350~K0+770段引水管道设计为2×DN1 020×14 mm钢管,管道中心间距2.0 m。K0+350~K0+697段埋深为0~5 m。取水头部及邻近K0+697~K0+770段属架空段,通过水下钢管桩和预制钢承台支撑并固定引水管道及取水头部。取水头为圆喇叭口形, DN1 350、DN1 000两座,头部设计间隙100 mm格栅网,设计取水能力 $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}^{[2]}$ 。

江床变化的不确定性可能对取水口产生较大的影响。如果右岸江滩逐渐被冲刷,主河道将右移,为了避免处于主航道,取水管需要后撤。因此,K0+697~K0+770段采用法兰连接,便于后期拆改。如果右岸江滩出现淤积现象,取水管需要向江心延伸。因此,在引水管延伸方位设计钢管桩,为后期取水管延伸预留条件。

管道必须进行内外防腐。钢管内、外壁防腐处理前必须要做喷砂除锈,除锈等级应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB 8923—2011)中规定的Sa2.5级。钢管外壁防腐采用环氧沥青防腐涂料,防腐等级为特加强级(六油二布),即底漆—面漆—面漆、玻璃布、面漆—面漆、玻璃布、面漆—面漆,干膜厚度 $\geq 0.6 \text{ mm}$ 。施工要求见《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)中5.4节,电火花试验3 kV。钢管内壁防腐采用GZ-2型高分子防腐涂料,加强级防腐。做成二底二面,二道底漆加两道面漆。涂料平均用量 $0.8 \text{ kg}/\text{m}^2$,干漆膜厚度100~120 μm 。电火花试验2 kV。

3.4 栈桥设计

栈桥架设于泵房与堤坝间,供设备运输和人员出入,长58.08 m,宽5.0 m。上部结构形式为10+3×16 m普通钢筋连续现浇箱梁。下部结构采用桩柱式桥墩,桩接盖梁式桥台,基础采用钻孔灌注桩。

栈桥一端以泵房结构作为承台,泵房和栈桥不均匀沉降会改变栈桥受力形式而产生破坏。如果增设桥柱,栈桥和泵房互不受力,可以解决上述问题,但增加了工程造价。不均匀沉降产生的原因是

泵房主体结构分成上下两部分施工,产生二次沉降,而栈桥已稳定。通过设计特定施工工序的方式予以解决,即:栈桥施工后在泵房段设置临时支撑。泵房上部结构完工后,连续观测沉降,当一周沉降累计值小于1 mm后,再浇筑承台混凝土,混凝土强度达到设计值方可撤除临时支撑,从而保证两者沉降趋于一致。

3.5 输水管设计

按照供水对象不同,设计两套输水管道系统。其中泵房距离石矶头水厂混凝土池1.7 km,采用1根DN800钢管输水管,通过三通连接至现状输水管。泵房距离规划二水厂5 500 m,拟采用2根DN1 000钢管输水管,2根输水管穿越江堤后暂用法兰盲板封堵。

取水泵房至长江大堤段原水管沿现状河床面敷设,并用素混凝土进行包封。穿长江大堤段采用浅埋方式,管顶覆土1.0 m,满足堤坝防洪要求。具体设计见图4。过长江大堤后,至石矶头水厂的原水管采用浅埋方式接至现状原水管上。

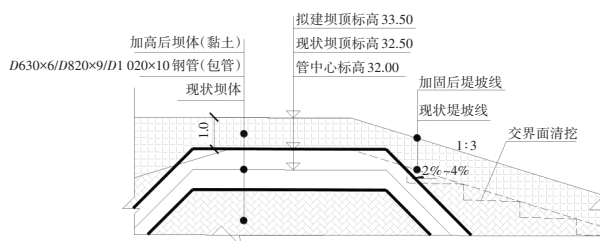


图4 输水管道穿越堤坝剖面图

Fig.4 Cross section of a water pipeline through a dam

3.6 井筒(下部结构)沉井法施工

为防止沉井下沉过程中基坑坍塌和沉井发生较大倾移而失稳,在沉井周围设计高压旋喷桩。沿R15.5 m布置,桩间距不大于0.55 m,桩直径不小于0.70 m,桩底标高1.0 m,水灰比为1:1。高压旋喷桩有一定阻水作用,在江水低水位季节,可能形成一个少水或无水的施工条件,据此可以调整沉井施工方法:将不排水下沉法改为排水下沉,水下封底改为干封底。实际施工过程也验证设计阻水效果良好,缩短了工期,降低了总体造价。

4 关键施工技术

4.1 井筒(下部结构)沉井法施工技术

先将施工场地开挖整平至24.00 m高程。接着铺设砂垫层和浇筑混凝土垫层,开始沉井预制。井

筒(标高26.40 m以下部分)分四次预制,每次预制6.00 m,剩余的泵房结构在沉井底板浇筑完毕后接高。第一节沉井混凝土强度达到设计强度后,凿除沉井刃脚砖胎膜和混凝土垫层,并凿毛内刃脚与底板接合部,并在井外壁堆填滑石粉,三角形堆积高0.8 m、宽0.8 m,将外围土方回填至原地面,高程26.3 m,做好沉井的固基。

在预制沉井混凝土强度达到设计强度后,开始沉井下沉施工。施工预案是分二次下沉,下沉初期采用干沉法,当地下水不能满足干沉施工条件时采用湿沉法施工。实际施工过程中,由于高压旋喷桩对地下水的隔离作用,地下水对沉井施工无影响。因此整个过程采用干沉法,一次下沉到位。

当沉井下沉至设计标高时,干封底前,连续24 h实测累计下沉量不超过10 mm方封底^[3]。混凝土通过套筒入仓,封底完成后即开始混凝土底板施工。

4.2 取水管道顶管施工技术

采用两台泥水平衡式顶管机,前后平行掘进。初始顶进速度控制在20~30 mm/min左右,出土量控制在105%左右。正常顶进速度控制在0~50 mm/min,出土量控制在98%~100%。如遇正面障碍物,应控制在10 mm/min以内。

采取连续触变泥浆减阻措施,摩阻力减少到1~5 kN/m²。工具头后的20 m以内的注浆孔均连接注浆管补充浆液,之后在需要时再接上注浆管注浆^[4]。

顶管机配备有光电自控系统。在顶进初期,使激光基准线和管道中线、坡度一致。顶进过程中,自控系统根据激光信号偏离情况,操控顶进设备按预设的线路顶进。

4.3 取水管道沉管施工技术

采用挖泥船和吸沙船配合开挖沟槽。沟槽底部开挖宽度6.2 m,开挖深度0~4 m,土质为细粉砂。受长江水位和流速影响,水下沟槽只能在枯水季、水流流速≤1 m/s才能形成。清挖的细粉砂沿管槽下游一侧堆放,可作为该管线外空腔和管顶回填料备用。凸凹不平但高差不大的地方采用水下钢轨刮尺法整平,欠挖较大的地方则使用导管提升法抽除。

采用分段沉放、水下对接的铺设方式。取水管K0+490~K0+695分成四段:取水头+35 m、100 m管道、100 m管道、37 m+顶管碰接节。管道水下法兰

对接,沉管与顶管段碰接处留37 m,采用哈夫节碰接^[5]。

投入3艘定位船(75、75、500 t工程船),各船沿管槽中轴线布置,各船之间相距约30 m。另投入一台50 t汽车吊,控制管道的南端。各船准确定位后,即可将沉管浮运拖至设计的管槽中轴线位置,然后利用各船上的卷扬机钢丝绳将沉管绑牢作为管道铺设的起重吊点。沉管管道充水下沉,用一台潜水泵通过沉管北端封板预留注水闸阀注水,并把管道南端封板预留的排气阀门打开。随着注入管道水量增加,管道由取水头部端先下沉至钢制托架支撑点位就位,管内空气由南端排气阀门排出。管线由江中(取水头部)一端至南岸一端逐步下沉直至整管下沉就位^[6]。图5是施工现场照片。



a. 沉管沉放

b. 抛石保护作业

图5 沉管沉放、抛石保护作业

Fig.5 Sinking pipe and riprap protection operation

水下袋装混凝土在岸上装袋,采用75 t起重船及材料运输船舶配合吊至水下。堆码工作由潜水员水下完成。袋装混凝土上方压块石,厚度为500 mm,施工采用的船机设备仍为拼装船舶(挖机上船)及材料运输船舶。

4.4 水下钢管桩施工技术

钢管桩测量定位采用前方交会测量定位。三台经纬仪(含一台全站仪)及一台水准仪实施基桩定位及高程测量控制。水准仪读桩身桩长画线标尺控制桩尖标高。

打桩船桩架高(至甲板)22 m,配置D150振动锤。先将钢管桩沉至江中准确位置,用二台经纬仪对沉管进行校正,确保坐标及螺栓开孔方向符合图纸设计要求,先进行轻打稳固。再次校对位置准确、开孔方向后再进行施打。过程中两台经纬仪对打桩过程进行全程监测。打至设计桩底标高(沉桩最后贯入度≤3 mm),桩底标高、贯入度经现场确认。图6是水下钢管桩施工现场。

采用冲孔桩工艺配合潜水泵清孔。填芯混凝

土浇筑采用串筒进行布料,浇筑至标高要求 -0.5 m 时停止泵机布料,此时复查混凝土浇筑面标高,负差值采用人工填料,如出现正差值,用人工清至设计标高,确保混凝土填芯浇筑完成面符合设计标高^[7]。

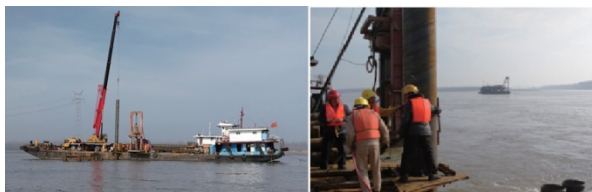


图6 水下钢管桩作业

Fig.6 Working diagram of underwater steel pipe pile

由潜水员实施水下割桩和预制承台梁安装。

4.5 连续箱梁预压施工技术

栈桥采用满堂支架整体现浇施工。满堂式支架和底模安装后,采用土袋预压,推算其弹性数据。预压质量按现浇箱梁自重的1.2倍进行预压。第一级加压至60%总质量;第二级加压至80%总质量;第三级加压至100%总质量,加载顺序为纵向从跨中向支点进行对称布载,横向从结构中心线向两侧对称布载。支架卸载时可均值卸载,按两次卸完,分别为50%。第一次卸载后停4~6 h,观测2次,第二次卸载后48 h内进行6次观测。在横梁处、 $L/4$ 、 $L/2$ 、 $3L/4$ 断面设置观测点,每个断面在中线、横向左右侧底板边缘布3个测点。

5 工程效果

泵房已经竣工验收并于2020年5月正式投入使用,消除了上游物流码头对嘉鱼县城区饮用水造成的安全隐患。一年多来,实现了“无人值守、定期巡检”的运行方式,且运行平稳、零故障、能耗正常、满足取水的水质水量要求。现已经历了一个枯水位季、两个汛期,初步验证了取水的可靠性和设施安全性。

6 经验总结

6.1 设计施工紧密结合

井筒下部结构和上部结构一般分步施工,产生二次沉降过程。沉降量和沉降过程会影响取水管的施工时间安排。井筒结构整体沉降和栈桥的沉降也需要设计提前考虑,施工过程中做好详细的沉降观测和沉降趋势分析。

取水管深埋段采用顶管施工,顶管机需要有后

背提供顶力支持。在设计阶段,复核筒体本身结构强度是否满足要求。如果不能提供足够的顶力,可以考虑其他技术措施,如在旋喷桩和筒体之间加注水泥浆,通过对后背土体的加固,提高后背支撑力,或者通过加注触变泥浆减小顶进阻力。

根据覆土情况,取水管分成三段,选用不同的施工方法。不同施工方法造价差别较大,顶管施工的单价是在一定范围内随着长度增加而降低的。在满足最小覆土要求前提下,尽量增加顶管施工段的长度可以降低工程总投资。

部分取水管浅埋于江床上。为防止江水冲刷,本工程设计采用重压法措施,即分层采用袋装混凝土和抛石保证取水管道周边的江床稳定。采用钢管桩固定取水管也是一种可行的措施。通过比较分析,钢管桩固定法更具有经济性,而且更有利于应对以后江床演变和航道通航要求。

6.2 综合考虑、合理部署

取水泵站的建設主要受制于工程前期手续和各主管部门的具体要求,需要做各种评估和论证,办理繁多的许可证。施工阶段需重点考虑汛期影响和各部位的工序衔接。主要施工任务应该安排在枯水期,汛期不能安排水上和堤内施工。长江低水位一般为10月末—次年3月底,为主管部门允许的可施工时间。高水位一般为5月—9月底。如果安排不合理,未能完工的构筑物,则可能在汛期被损毁,会造成巨大的经济损失。

工程包括土建和设备安装两部分,土建和设备安装交替进行,互为条件。如:行车设备安装必须先于井筒(上部结构)封顶。泵房设备安装必须在栈桥可通行的条件下进行。土建工程分成井筒(下部结构)、取水管(深埋段)、井筒(上部结构)、取水管(浅埋段)、取水头部(架空段)、栈桥等单位工程(部位),各单位工程(部位)施工先后顺序和衔接安排必须合理。

因此,制定工期计划时必须综合考虑管理部门因素、施工环境因素和工序衔接等诸多方面。

7 结语

嘉鱼县城区取水泵站工程,基于江滩地形、地质、规模和景观要求,优化了取水泵站位置,并将泵房下部设计为圆筒结构,上部为平台,屋顶为重檐形式。施工中运用了沉井、沉管、顶管、水下钢管桩

和预制钢平台水下安装技术和多种大型专业施工设备。该工程已成功运行,可为相关工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 吴志成. 取水泵房设计中的误区[J]. 中国给水排水, 2000,16(1):36-37.
WU Zhicheng. Misunderstanding in the design of intake pump station[J]. China Water & Wastewater, 2000, 16(1): 36-37(in Chinese).
- [2] 肖敏杰,高志强,马永恒. 某水厂取水口迁建工程设计案例[J]. 给水排水,2019,45(4):24-29.
XIAO Minjie, GAO Zhiqiang, MA Yongheng. Design case for relocation project of water intake of a water treatment plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2019,45(4):24-29(in Chinese).
- [3] 叶耀东,叶为民. 沉井施工有关问题的探讨[J]. 施工技术,1999,28(9):36-37.
YE Yaodong, YE Weimin. Discussion on related problems in sunk well construction[J]. Construction Technology, 1999,28(9):36-37(in Chinese).
- [4] 中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会. 给水排水工程顶管技术规程: CECS 246:2008[S]. 北京:中国计划出版社,2008.
Committee of Pipeline Structure, China Association for Engineering Construction Standardization. Technical Specification for Pipe Jacking of Water Supply and Sewerage Engineering: CECS 246:2008[S]. Beijing: China Planning Press,2008(in Chinese).
- [5] 王建石. 沉管施工在鸡西、七台河市供水工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技,2019,47(8):161-163.
WANG Jianshi. Application of immerse tube construction in water supply projects in Jixi City and Qitaihe City[J]. Heilongjiang Hydraulic Science and Technology,2019,47(8):161-163(in Chinese).
- [6] 赵志,盛松涛. 大型输水过江沉管水面浮运法施工关键工序研究[J]. 珠江水运,2020(9):108-109.
ZHAO Zhi, SHENG Songtao. Study on key working procedure of surface floating method for large-scale water conveyance across river [J]. Pearl River Water Transport,2020(9):108-109(in Chinese).
- [7] 吕书庆. 栽桩法嵌岩钢管桩在栈桥施工中的应用[J]. 安徽建筑,2016,23(4):165-166.
LÜ Shuqing. Application of rock-socketed steel pipe pile in trestle construction[J]. Anhui Architecture,2016,23(4):165-166(in Chinese).

作者简介:黄海军(1974-),男,湖南邵阳人,大学本科,工程师,项目经理,从事EPC模式下的市政公用工程技术管理工作。

E-mail:13701099025@126.com

收稿日期:2020-10-29

修回日期:2021-10-12

(编辑:孔红春)

贯彻执行《中华人民共和国防洪法》