

设计经验

## 长江流域沙洲地区大型取水工程设计

李祖鹏<sup>1</sup>, 陈伟<sup>2</sup>, 林四发<sup>2</sup>

(1. 中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国市政工程西北设计研究院有限公司 福建分院, 福建 福州 610017)

**摘要:** 池州市供排水责任有限公司江口水厂取水工程设计取水规模为  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 为近年来长江流域沙洲地区大型取水工程。工程取水头部采用了两根 DN1 400 桩架式取水头部, 伸入江中达 29 m, 较好地避免了取水水质受岸边泥沙的影响; 针对取水点岸边水流急、岸线冲刷严重的特点, 取水头部管道入岸处采取了软连接、桩基大体积镇墩、大面积抛石、上下游护岸及设置浮标等多项防护措施, 确保取水工程顺利施工及安全运行; 针对取水管道路埋设深度深、长度较长、沿线地质条件差及地形复杂、常规开挖基坑支护费用且施工风险高等特点, 设计通过多段长距离顶管接入取水泵站, 缩短了工期及工程造价。该项目 2013 年通过验收, 项目运行之初, 长江行洪期间曾发生船只碰撞取水头部事故, 未对取水头部造成破坏, 验证了取水工程的安全性。工程建成至今运行情况良好, 每年为池州地区供应约  $3\,600 \times 10^4 \text{ m}^3$  原水。

**关键词:** 长江流域; 大型取水工程; 桩架式取水头部; 顶管; 取水安全; 取水头部设计

中图分类号: TU991 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2019)22-0036-05

## Design of Large Scale Water Intake Project in Shazhou Area of Yangtze River Basin

LI Zu-peng<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>2</sup>, LIN Si-fa<sup>2</sup>

(1. CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Lanzhou 730000, China; 2. Fujian Branch, CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Fuzhou 610017, China)

**Abstract:** In recent years, the water intake project of Jiangkou Waterworks of Chizhou Water Supply and Drainage Co., Ltd. was one of the large scale water intake project at Yangtze River basin with a design capacity of  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . For averting the influence of shoreside sediment on the water quality, two DN1 400 pile-type water intake heads were used, which stretched into river about 29 m. According to the fact that rushing shoreside flow and serious riverbank erosion, many items of protective measures were used on near-shore segment of water intake heads to guarantee the safety of construction and operation of the water intake project, such as flexible connection, bulk anchorage block of pile foundation, large area rock dumping and revetment, buoy. With regard to the problem of deep burial depth and long distance of pipeline, complex geological conditions and terrain, high cost and high risk of common retaining structure in foundation pit, long distance pipe jacking was used to connect pipeline with the pump station, by which the construction period and costs were reduced. This project had passed the acceptance in 2013, at the beginning of project operation, an accident that water intake head was collided by a ship happened

during the flood season, which did not cause damage on the water intake head and verified the security of the project. Up to now, this project has been running normally, it supplied  $3\,600 \times 10^4 \text{ m}^3$  raw water for Chizhou every year.

**Key words:** Yangtze River basin; large scale water intake project; pile-type water intake head; pipe jacking; water intake security; design of water intake head

## 1 工程概况

随着安徽省池州市经济的快速发展,经济开发区的迅速崛起,现有的民生水厂已处于满负荷运转的状态,无法满足近期需水量快速增长的需求。为满足目前和将来以池州市经济开发区为主的东部地区需水量快速增长的需求,保障给水基础设施建设满足城市发展需要,新建江口水厂及水源工程是十分必要的。江口水厂建成后不仅能大大改善城乡居民生活水平和城市发展的基础条件,且可使池州市形成双水源供水体系,提高池州市供水系统的供水安全性和应对突发事件的能力。

江口水厂一期工程主要建设内容包括取水部分:取水头部、取水管、取水泵房;输水部分:输水管线采用两根 DN900 球墨铸铁管,单根长度为 2 955 m;净水厂部分:净水工艺流程为“机械混合 + 折板絮凝反应池 + 平流式沉淀池 + V 型滤池 + 液氯消毒的常规处理工艺”,污泥处理采用重力浓缩 + 污泥干化工艺,上清液回用。构筑物包括絮凝沉淀池、V 型滤池、清水池、加药间、排泥水调节池、回用水池、二级泵房、污泥浓缩池、综合楼、变配电房、传达室、机修车间等。

江口水厂厂址位于东部经济园区滨江大道与东外环路(牧之路)交口东侧。工程服务范围包括:池州旧城区、站前区、东部经济园区、江南产业转移集中区起步区(包括九华山机场)。该项目 2013 年通过验收,工程建成至今运行情况良好。

取水工程总设计规模为  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,一期取水规模为  $7.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。取水口、取水管按远期规模  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  一次性设计建设,取水泵房土建按远期规模一次性建设,取水泵等设备按一期  $7.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  进行配置。项目建成后,在今后较长时间内可有效解决池州城区、东部经济区及江南产业转移集中区原水供应问题。

## 2 取水口位置选择

取水口在距江口预留岸线上起点 1 300 ~ 1 400 m 范围内,使用岸线长度控制在 50 m 左右。该处位

于凤凰洲中汉与南汉汇流段的尾部,同时也是长沙洲尾部南侧段。多年来由于中汉不断发展而南汉逐渐淤积衰退,中汉水流惯性顶冲到工程段,岸线存在一定程度冲刷,工程段水深条件能满足取水口建设的要求,既可以保证能够取到长江干流的水,又可避免受老秋浦河河水的影响。对取水点采取一定的防护措施后,适宜建设取水口。

## 3 取水泵房位置选择

一般情况下取水泵房的位置选择在取水口附近,本项目取水点位置较为特殊,位于区域防洪堤及沙洲外侧,若直接设在取水口附近,施工及运行管理较为不便,故取水泵房的设置为本工程重中之重,应结合取水点位置、地质条件、交通等各方面情况,进行全面对比分析,以选择最优方案。通过现场调查,较为可行的取水泵房位置有二个方案。图 1 为两方案位置示意图。



图 1 取水泵房位置

Fig. 1 Location of water intake pumping station

方案一:清溪河大堤与长江大堤围成的圩区内。方案二:在取水口岸边的泥洲上。两方案分析选择见表 1。通过全方面分析比较,认为虽然方案一原水取水管长度较长,但可结合原水管道理深大的特点,采用顶管方式进行施工;相比方案二,方案一具有施工及建设条件好、交通方便、运行管理简

单的优点,经与水利及河道部门协商,确定方案一为最终方案。

表 1 取水泵站位置选择分析比较

Tab. 1 Analysis and comparison of location selection of water intake pumping station

项 目		方案一	方案二
泵 站 位 置	距取水口、长江大堤的距离	取水口设置在距南岸泥洲 100 m 处,取水泵站距取水口直线距离约为 850 m、距长江大堤直线距离约 100 m、现状地面平均标高 12 m	取水口同方案一,取水泵站距取水口直线距离为 150 m、距长江大堤直线距离约 800 m、现状地面平均标高 12 m
	取水形式	河床式取水	同方案一
取水、引水、输水	取水头部形式	桩架式取水头部	同方案一
	设计规模	$30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	同方案一
	取水距离	850 m,管道还需穿越清溪河 225 m	150 m
	引水方式	重力自流	重力自流
	管径及管材	按远期规模实施,拟采用 2 根 DN 1 400 钢管引水	同方案一
	泵站输水管敷设	输水管按近期规模实施,预留远期规模管位,本次实施规模为 $7.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,输水至净水厂,穿越长江大堤处,考虑江堤安全,拟采用由洪水位以上穿越	输水管规模等同方案一,比方案一长约 850 m,需穿越清溪河,考虑管道安全,暂按倒虹方式穿越,穿越长江大堤同方案一
交通及建设条件		方案一位于清溪河大堤与长江大堤围成的圩区内,场地目前无道路,圩区也有被洪水淹没的风险,方案为拓宽部分清溪河大堤,并提高标高可作为泵站与大堤连通的道路。交通采用栈桥连通的方案,4 m 宽,长约 100 m。方案一位于长江大堤的外侧,清溪河堤的内侧,且清溪河堤与长江大堤在工程位置附近勾通,施工和生活条件相对较好	方案二位于长江南岸的泥洲上,距长江大堤 800 m,且还需跨越清溪河,目前泥洲上无现状道路,也无规划道路,汛期由于水位上涨,泥洲也会被水淹没,需修建由长江大堤至取水泵房的栈桥,长度约 800 m。施工人员生活条件较差,且由于完全处于大堤保护范围之外,施工期间的防汛安全需要保障
防洪标准		池州市百年一遇洪水位标高 15.16 m,取水泵房地坪标高取 17.4 m	同方案一
工程投资及运行费用		约 4 200 万元,且运行费用低	约 4 800 万元,运行费用高于方案一

4 引水方式选择

为保证枯水期水厂能够供水,确保供水保证率,进水管可采用自流和虹吸两种取水方式。技术经济比较见表 2。

表 2 取水方式分析比较

Tab. 2 Analysis and comparison of water intake mode

项目	虹吸引水	自流引水
管长、管道埋深	两根 DN1 400 钢管,管长 870 m,平均埋深约 4.0 m	两根 DN1 400 钢管,管长 870 m,平均埋深约 10.0 m
敷设形式	开挖铺设	顶管加局部开挖
设备配置	需装设一套真空管路系统	无需配置设备
运行状态	当水位低于 6.0 m(黄海高程)时启动真空吸水装置	重力自流
运行维护	管径为 DN1 400,总长 870 m,启动时间较长;存在设备检修问题	基本不需要维护
施工要求	管道施工要求管内严密不漏气	顶管施工,施工进度较快
取水头部工程投资/万元	1 300	1 600
泵站投资/万元	750	900

采用自流方式从工艺角度来看最安全,但自流管埋深较大,造价较高;而采用虹吸方式取水,则可以大大减少管道埋深而降低工程造价,能够节省投资约 450 万元,但需要设置真空系统,运行管理较为麻烦。本工程从最大限度保障取水安全的角度,经比选后采用自流方式取水,项目建成后数年来取水状况良好。

5 取水工程设计

5.1 取水口设计

根据取水口河段水文河床及水下地形资料和《江口水厂一期工程河势可行性分析报告》,取水口处最低水位(97%保证率)为 2.61 m,水下地形标高为 7.3~7.5 m,取水深度较大,水位涨幅大,且工程河段河床呈冲刷趋势。因此,从取水水深、河床冲刷趋势以及泥沙含量等方面分析,设计采用清理更方便的管式喇叭口取水头部,桩架支承进水方式,实现原水重力自流进入泵站,取水可靠性高。

取水口由岸边镇墩、桩架取水头部及保护桩组成(见图 2)。岸边镇墩尺寸为 12.7 m×7.4 m×2.4 m,为钢筋混凝土镇墩,基础设计 12 根  $\varnothing 1\,000$



mm 冲孔灌注桩;桩架取水头部由取水喇叭口、取水管道及桩架组成:取水喇叭口<sup>[1]</sup>为 DN1 400/DN1 880,钢格栅间距为 40 mm;取水管道为双根 DN 1 400 钢管,中心间距为 5.0 m;桩架由 8 根  $\varnothing 1\,000$  mm 冲孔灌注桩组成,通过槽钢及抱箍固定取水管道;保护桩为 2 根  $\varnothing 1\,000$  mm 冲孔灌注桩,桩上固定航道专用浮标。

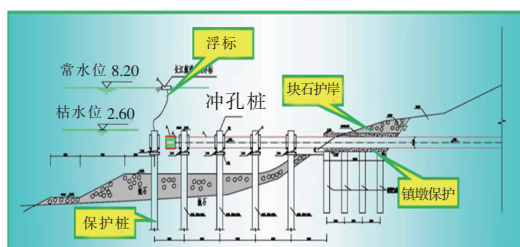


图2 取水头部设计示意

Fig. 2 Design schematic diagram of water intake head

由于取水头部水深大,伸入江面长度达 29 m,设计采用在岸边设工作井,将管道由工作井向江中顶出,采用软接头与水下施工的江中取水管道对接,大大降低了施工难度和工程造价。

取水工程保护措施:针对长江水流急、岸线冲刷特点,设计采取“大面积抛石”“上下游护岸”“设置保护镇墩”等防护措施;针对长江边漂浮物、通航船只较多等特点,设计“桩架式结构支撑系统”“防冲撞保护桩系统”“设置河道专用警示浮标”等安全措施,最大程度保障取水头部安全。

取水头部施工情况及建成后的现场情况如图 3 所示。



图3 取水头部施工情况及建成后现场照片

Fig. 3 Construction of water intake head and scene photos after completion

## 5.2 取水管道设计

取水管道设计见图 4。取水点和取水泵房距离 800 多米,设计采用 2 根 DN1 400 重力管进水,管顶覆土 8~12 m。管道沿程共分 5 段顶管,共设计 2 座顶管工作井(10.0 m×7.0 m)及 2 座接收井(4.0 m×7.0 m)<sup>[2]</sup>,单段最长顶管距离为 200 m。

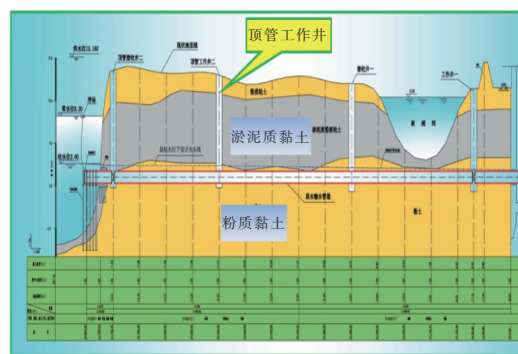


图4 取水管道设计示意

Fig. 4 Design schematic diagram of water intake pipeline

考虑到沙洲地质条件差、管道埋设深度大的特点,工程通过设计分段顶管<sup>[3]</sup>,设置舟桥,采用 600 多米超长距离混凝土泵送等方式,解决了江边构筑物施工难度大的问题。

## 5.3 取水泵房设计

取水泵房土建按远期  $30 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d 建设,设备按一期  $7.5 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d 安装。吸水井、泵房采用合建形式,平面尺寸为直径  $\varnothing 25$  m。泵房远期共设计 6 台水泵,双排错位布置:其中一期配备卧式离心泵 1 台,  $Q = 1\,100$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 300$  kPa,  $N = 132$  kW;卧式离心泵 2 台(1 用 1 备),  $Q = 2\,200$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 300$  kPa,  $N = 200$  kW,配备 1 台变频器。水泵出口设置多功能缓闭阀,对水泵进行水锤防护,并在管道垂直上弯处设置支墩。由于取水泵房设计直径达 25 m,总高度达 31.0 m。为便于枯水期快速施工,设计采用受力条件较好的圆形沉井泵房形式。同时,结合取水泵房工程规模大、埋深大,施工难度大的特点,泵房内部设计采用双排水泵紧凑型布置,尽量减少泵站尺寸,较常规泵站减少占地面积约 30%,减少抗浮压力的同时,又有效降低了工程造价及施工难度。取水泵房施工过程及完工后现场见图 5。

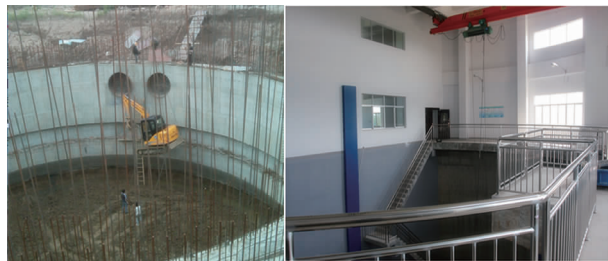


图5 取水泵房施工过程及完工后现场照片

Fig. 5 Construction process of pumping station and scene photos after completion

## 6 施工方式

取水头部:由于取水点水深大,水流急,采用传统围堰施工方法难度大,设计统筹考虑以下三种措施:①取水头部采用船上连接水中就位潜水焊接固定<sup>[4]</sup>;②取水管道出岸段由岸边工作井将管道由工作井向江中顶出,采用软接头与水下施工的江中取水管道对接;③保护桩系统采用水上打桩、水下浇筑混凝土方式进行施工。

取水管道:分段设计顶管工作井及接收井,全管道采用顶管方式施工。

取水泵房:采用分节制作排水下沉井施工方式<sup>[5]</sup>。

## 7 结语

本取水工程克服了各种复杂条件,成功完成并顺利实施了长江地区大口径、超高水深的取水头部;超大埋深、超长距离顶管的取水管道工程以及大直径、超高高度的取水泵房工程设计。项目于2013年通过验收,项目运行之初笔者曾进行设计回访,了解到长江行洪期间曾发生船只碰撞取水头部事故,未对取水头部造成破坏,验证了取水工程安全性。2015年再次回访,发现项目上下游岸线由于冲刷存在不同程度后退,但项目护岸范围内未受到较大影响,验证了工程设计防护措施的可靠性。

工程建成至今运行情况良好,每年为池州地区供应约 $3\,600 \times 10^4 \text{ m}^3$ 原水,在今后较长时间内可有效解决池州城区、东部经济区及江南产业转移集中区原水供应问题,项目已成为附近地区新建水厂在长江边取水工程的样板工程,有较好的示范作用。

## 参考文献:

- [1] 季本银. 对小型取水口格栅的改造[J]. 中国给水排水, 2004, 20(2): 53.  
Ji Benyin. Transformation of small water intake grille [J]. China Water & Wastewater, 2004, 20(2): 53 (in Chinese).
- [2] 张伟立. 复杂环境下顶管工作井的设计与实践[J]. 城市道桥与防洪, 2016(6): 249-253, 256.  
Zhang Weili. Design and practice of pipe jacking working

well under complex environment [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2016(6): 249-253, 256 (in Chinese).

- [3] 杨宝国,尹秋成. 长距离顶管技术[J]. 水科学与工程, 2013(3): 73-75.  
Yang Baoguo, Yin Qiucheng. Technical measures of long distance pipe jacking [J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2013(3): 73-75 (in Chinese).
- [4] 李峻. 浅析水下大型取水管道施工技术[J]. 城市建设理论研究, 2012(23): 1-4.  
Li Jun. Construction technology of underwater large water intake pipeline [J]. Urban Construction Theory Research, 2012(23): 1-4 (in Chinese).
- [5] 肖荣美. 江滩涂泥上的沉井施工技术[J]. 山西建筑, 2011, 37(17): 91-93.  
Xiao Rongmei. Construction technology of shaft in intertidal zone [J]. Shanxi Architecture, 2011, 37(17): 91-93 (in Chinese).



作者简介:李祖鹏(1963-),男,山东泰安人,大学本科,教授级高级工程师,注册公用设备(给排水)工程师,现任中国市政工程西北设计研究院有限公司给排水专业副总工程师、科技管理部副部长、研发中心主任,主要从事给排水工程及综合管廊工程的规划设计、咨询、研究及管理工作。曾主编、参编多项给排水工程、综合管廊工程标准图集、规范、规程等,曾获省部级等奖项17项、专利13项。

E-mail: lizupeng6@163.com

收稿日期: 2019-01-30