

# 九江市第四水厂一期工程取排水设施防洪论证

沈之平, 李会云, 金琨, 郝婕妤

(长江科学院, 湖北 武汉 430010)

**摘要:**对拟建的九江市第四水厂一期工程取排水设施工程所在长江河道河床演变进行了分析。分析结果表明:拟建工程所在的河道受上游新洲影响,河床冲淤变化较为频繁,工程所在河道右岸岸线较为稳定,左岸岸线冲淤较大。工程附近右岸河道-3 m等高线1992年以前淤积幅度较大,1992年以后淤积幅度减小,近年来向稳定方向发展,取水口选址基本满足要求。采取二维水流数学模型计算以及岸坡稳定和堤防渗流计算,结合工程所在边界条件,对工程所在的河段河势、行洪、防洪方面进行了综合研究,研究结果表明:工程建设不会对工程河段河势、行洪及堤防工程产生明显影响。

**关键词:**九江市第四水厂;取排水设施;河演分析;数学模型;防洪论证

**中图分类号:**TV83;TV8;TV671

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2017)增2-0109-04

## 1 概述

拟建九江市第四水厂一期取排水口工程设施位于长江下游龙坪河段右岸徐家湾附近。近年来,江西省九江市随着国有企业改制工作的推进,有些原有自备水厂的企业相继进行了辅业分离;同时,现有新港镇自来水厂也即将拆除,其生活供水改由市政供给;加之九江市供水自身存在一些问题:供水高峰时段压力不足,居民安全用水得不到保证;现有供水设施无法满足日益提高的供水水质要求。随着城市发展,九江市必将面临供水紧张的局面。为解决九江市即将面临的缺水问题,九江市水务公司决定投资建设九江市第四水厂,加大供水量,以保障国民经济和社会的可持续发展。

为研究九江市第四水厂一期取排水口工程设施对长江河势及防洪影响,相关单位开展了九江市第四水厂一期取排水口工程设施的防洪论证工作,研究工程修建后对工程河段河势、河道行洪、防洪工程的影响,为有关部门决策提供依据。

## 2 工程的基本情况

### 2.1 河道概况

拟建工程位于长江下游龙坪河段右岸徐家湾附近,龙坪河段上起码头镇,下至大树下,长约31.6 km,系一般治理河段,属鹅头型双分汉河段,右汉为主汉,左汉为支汉。该河段上承鲤鱼洲汉道段,下接九江河段鳊鱼滩汉道段。河段右岸为山岩控制,自上而下分布有狗头矶、三尾山、火

焰山、葫芦山等山体;左岸为冲积平原,两岸堤外滩地较窄,河段内有鸭儿洲心滩和新洲,潜洲形态较为稳定,潜洲两侧的深槽亦基本稳定。

龙坪汉道长期以来均保持着左汉为支汉,右汉为主汉的稳定格局,近期内支汉略有衰退,主汉冲深发展。多年来,新洲右汉分流比约为75%~90%左右。左右汉水流在鸭蛋洲处汇合下行,主流经过渡段后在大树下贴右岸下行至九江河段(图1)。

### 2.2 工程概况

拟建工程由取水和排水等工程组成。

取水工程:

(1)取水头部:1座,桩架式钢管结构。二个喇叭进水口,口径为DN1 400×2 800 mm,管口标高为3.4~4.6 m。

(2)取水自流管:DN1 400长江取水钢管2根,采用顶管法以及水下埋管法施工,顶管部分长度(平面距离)为156.5 m,水下桩架埋管部分长度约为36 m。自流管采取顶管方式穿堤,坡降为1.5%,管头处管中心标高为-1.17 m,出大堤与进水井衔接处管中心标高为+1.2 m,自流管总长度为193.7 m。

(3)取水泵房:1座,取水泵房为钢筋混凝土沉井结构,配电间为钢筋混凝土框架结构,整个取水泵站占地面积约为3 739.15 m<sup>2</sup>,配电间建筑面积为300 m<sup>2</sup>。为减小其对航道、海事、防洪等方面的影响,取水泵房拟建在赤心大堤堤内,距赤心

收稿日期:2017-02-10



图1 工程附近河段河势图

堤背水面堤脚距离约 60 m。

泵房内设三台水泵,二用一备,取水泵房选择卧式单级双吸离心泵。泵房采用圆形,泵房外径为 28 m,泵房内径为 25 m,取水泵房位置处地形标高为 17.8~18.5 m,采用半地下式布置。

排水工程:

正常运行情况下,厂区的生产污水和废水均排入市政污水管道,分别接入规划的市政污水管。考虑到近期水厂建设完成后厂区的规划道路仍未建设完成或市政污水管出现事故时第四水厂仍能正常排泥,因此而增加了第四水厂应急排水配套管网。应急排水管经污泥调节池的潜污泵提升后,经厂区敷设管道后穿过长江大堤边。

### 3 工程附近河段近期演变分析

#### 3.1 拟建水厂工程附近岸线平面变化

拟建工程位于长江右岸徐家湾附近,工程所在长江右岸 10 m 等高线自 1965 年以来一直较为稳定,拟建工程对岸 10 m 等高线受上游新洲左汊出流影响,左右冲淤往复变化相对较大。工程附近 5 m 等高线心滩于 2004 年和 2006 年时还是右边滩,仅尾部偏向江心,2011 年 10 月时滩体脱离右岸,向江心移动,形成心滩。

右岸的 -3 m 等高线岸线以 1992 年为界,分两个阶段逐年淤积左移。1992 年以前,左移幅度较大,1992 年以后,淤积左移幅度减小,近年来向

稳定方向发展。

#### 3.2 深泓线变化

拟建工程所在河道正处于上游新洲汉道汇流区及过渡段,深泓线左右摆动比较频繁,2006 年新洲左、右汊深泓线在工程附近河道中间略靠左岸侧汇流,到 2011 年新洲右汊出口深泓受右岸下游大树下附近 5 m 等高线边滩的影响,左右两汊深泓经心滩左右两汊下行,心滩右汊深泓贴右岸河道下行。

#### 3.3 取水口河床高度变化

统计数据表明:2004~2011 年期间拟建取水口处河床冲淤往复变化,最低高程为 2011 年的 -1.4 m,最高高程为 2009 年的 2.2 m。

综合河演分析得知:拟建工程所在的河道受上游新洲影响,河床冲淤变化较为频繁,工程所在河道右岸岸线较为稳定,左岸岸线冲淤较大。工程附近右岸河道 -3 m 等高线 1992 年以前淤积幅度较大,1992 年以后淤积幅度减小,近年来向稳定方向发展。取水口选址基本满足要求。

### 4 平面二维水流数学模型基本方程和计算条件

#### 4.1 平面二维水流数学模型

##### 4.1.1 一般曲线坐标系基本方程

模型采用有限体积法进行计算。为适应不规则河道边界,首先需对基本方程进行曲线变换,得到与之对应的一般曲线坐标系下方程:

$$J \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial FM}{\partial \xi} + \frac{\partial FN}{\partial \eta} = Jq \quad (1)$$

式中  $\xi, \eta$  为曲线坐标;  $J = x_{\xi}y_{\eta} - x_{\eta}y_{\xi}$ , 其中  $x_{\xi}, x_{\eta}, y_{\xi}, y_{\eta}$  分别为笛卡尔坐标  $x, y$  在曲线坐标  $\xi, \eta$  方向的偏导数。 $FM, FN$  为曲线坐标中单宽流量在  $\xi$  和  $\eta$  方向的分量;  $z$  为水位,  $m$ ;  $t$  为时间,  $s$ ;  $q$  为单位面积上水流的源汇强度,  $m/s$ 。

#### 4.1.2 数学模型计算中有关问题的处理

##### (1) 计算网格的划分。

计算河段选取码头镇上游附近(进口)至小池镇(出口)长约 49.9 km 的河段作为二维数学模型验证和工程影响计算河段。二维计算网格采用河道边界贴体曲线网格形式, 网格节点数为  $525 \times 211$  个, 水流向网格间距为 4.5 ~ 300 m, 垂直水流方向网格间距为 2.5 ~ 85 m。

##### (2) 有关参、系数取值。

二维水流数模计算涉及的主要参、系数有河道糙率、紊动粘性系数等。

河道糙率实际上是一个综合阻力系数, 反映了计算河段的河床河岸阻力、河道形态变化、水流阻力及河道地形概化等因素的综合影响。计算所采用的河道糙率主要由实测水流资料率定计算确定。经率定调试得到该河段河道深槽糙率为 0.018 ~ 0.021, 滩地为 0.029 ~ 0.034。

紊动粘性系数采用  $v_1 = au_* h$  公式计算。

式中  $a$  为常数, 取 0.5;  $u_*$  为摩阻流速;  $h$  为水深。

#### 4.2 模型验证

模型地形采用武穴至九江 2011 年实测地形, 根据 2009 年 8 月和 2010 年 1 月的实测水文资料进行率定和验证。

##### (1) 水位验证。

验证结果表明: 水位计算值与实测值符合较好, 计算水位值与实测值误差大部分在 4 cm 以内。由此可见: 水面线验证较好。

##### (2) 流速过程及断面流速分布验证。

验证结果表明: 计算断面流速分布与实测值符合较好, 河道主流位置一致。经统计, 各测流垂线计算值与实测值误差一般在 0.1 m/s 以内, 个别点误差稍大, 为 0.15 m/s 左右。

##### (3) 分流比验证。

模型对 2009 年 8 月和 2010 年 1 月测流时新洲汉道和单家洲汉道分流比进行了验证。结果表明: 计算与实测的分流比误差不大, 绝对误差均在 1% 以内。

水位、流速过程及分流比验证结果表明: 所采用的河道平面二维数学模型能较好地模拟整个计算河段的水流运动, 且验证计算精度较高。因此, 该数学模型可用于拟建工程对河道水位及流场影响的计算分析。

#### 4.3 工程对计算水流条件的影响

工程对计算水流条件的影响如表 1 所示。

表 1 工程影响计算水流条件表

序号	计算条件	进口流量 / $m^3 \cdot s^{-1}$	下边界水位高程 /m
1	防洪设计洪水	76 100	21.17
2	1998 年洪水	67 300	20.94
3	平滩流量	45 000	17.23

#### 5 工程建设对防洪、河势等影响分析

##### 5.1 工程建设对河势的影响分析

拟建工程位于龙坪河段出口段右岸。河段右岸为山岩控制, 自上而下分布有狗头矶、三尾山、火焰山、葫芦山等山体, 左岸为冲积平原, 多年来该河段河势基本稳定。

河道演变分析结果表明: 龙坪河段河势基本稳定, 拟建工程取水口选址处的右深槽常年保存; 二维数学模型计算表明: 拟建工程建成后对工程附近的水位和流速影响不大, 范围有限, 不会导致工程附近水流主流线和流态发生较大变化, 不会引起河床发生较大范围的冲淤变形, 具备拟建工程建设的水域条件。

##### 5.2 工程建设对河道行洪的影响分析

拟建取排水工程仅在河道内设置取水设施。对水流有影响的水工建筑物主要为取排水口岸头, 其取水设施的阻水面积很小且设在水下深槽中, 工程修建后, 取排水建筑物对工程河段附近水位影响较小, 工程的修建对该河段的行洪不致产生明显的不利影响。

在设计洪水条件下, 工程实施后水位的变化值及变化范围最大, 水位壅高最大值为 0.38 cm, 水位降低最大值为 0.36 cm, 水位变化值大于 0.5 cm 的最大影响范围位于工程上游约 205 m

和工程下游约 344 m 的区域内。

拟建工程实施后,取水头部前沿局部区域水流流速增加的最大值为 0.055 m/s,工程上、下游流速减小的最大值为 0.034 m/s,影响范围位于工程上游约 183 m 及工程下游约 810 m 的范围内。

由此可见:拟建工程实施后,对河道水位及流场的改变不大,影响范围有限,不会对工程河段河道行洪带来明显不利的影响。

### 5.3 工程建设对防洪工程的影响分析

根据《中华人民共和国防洪法》和《中华人民共和国河道管理条例》,修建工程设施不得危害堤防安全。

#### (1) 对大堤防洪标准的影响。

拟建工程所在的大堤为 2 级堤防。根据二维水流数学模型计算分析结果可知:取排水口建筑物对工程河段附近水位影响很小。因此,工程的建设基本上不会影响工程所在江堤的防洪标准。

#### (2) 工程与堤防的关系及影响分析。

取水工程引水钢管穿堤采用顶管法施工,穿越长江大堤堤基 -1.53 m 高程土层,所穿越的土层主要为粉质壤土与粉砂互层。引水顶管在大堤段范围顶进过程中需采用内壁向外压力注浆加固周围土体,并在堤身部位设置高压注浆防渗墙进行防渗,防止沿管壁渗流。堤岸边坡稳定计算分析结果表明:在目前的天然状态下,取水管穿越处九江大堤堤防边坡各工况的抗滑安全系数均满足规范要求;堤防渗流计算结果表明:工程兴建后,取水工程河段江堤内外坡及外滩岸坡边坡最小安

全系数均能满足规范要求。工程修建后,堤基出逸比降均可满足渗透稳定要求。因此,在采取一定的补救措施后,工程兴建后对堤防等防洪工程影响不大。

## 6 结语

九江市第四水厂一期工程取排水设施防洪论证结果表明:九江市第四水厂一期取排水口工程设施建设对工程河段河势、河道行洪、现有防洪工程等影响较小。工程的建设将提高九江市公共基础设施、服务、产业的全方位融合,加大供水量以保障国民经济和社会的可持续发展,必将产生显著的经济和社会效益。为安全起见,工程实施过程和建成后,应加强对工程河段上下游范围河道地形和水文的观测与分析,以确保现有河势稳定不变。

### 参考文献:

- [1] 余文畴,卢金友.长江河道演变与治理[M].北京:中国水利水电出版社,2005.
- [2] 董耀华,河势贴体河道平面二维正交网格生成方法的研究及应用[J].长江科学院院报,2001,18(4):14-17.
- [3] 崔占峰,胡德超.取水工程附近河床冲淤规律数值模拟研究[J].人民长江,2015,46(9):14-17.

### 作者简介:

沈之平(1959-),男,浙江嵊州人,高级工程师,从事河流泥沙专业研究工作;

李会云(1969-),女,浙江嵊州人,工程师,从事河流泥沙专业研究工作;

金 琨(1959-),男,湖北武汉人,高级工程师,从事河流泥沙专业研究工作;

郝婕妤(1990-),女,湖北襄阳人,助理工程师,从事河流泥沙专业研究工作。(责任编辑:李燕辉)

## 世界最重机组座环在乌东德水电站吊装

继尾水管全面安装完成之后,6月8日,乌东德水电站工程左岸地下电站迎来又一重大施工节点,一台重约445吨、目前为世界最重的水轮机组座环被成功吊装于6号机窝中。座环是水轮发电机组埋件施工中最重要的部件之一,必须具备足够的强度和刚度,以确保其能够承受传递到座环上的发电机、水轮机等旋转部件的重量,以及蜗壳最大内水压力和土建结构载荷。乌东德水电站工程左岸地下电站机组座环由上下环板、固定导叶、鼻端导叶等部件组成,上下环板均采用高等级抗撕裂钢板制成。囿于场内交通运输限制,座环分4瓣运至地下厂房安装间,组装焊接为最大外径约14.2米、最大高度约4.2米的整体,经验收合格后,再实施吊装。鉴于座环重量之大,本次吊装启用了目前世界上单钩起重量最大的桥式起重机。该桥机单钩起重量为1300吨,由太原重工股份有限公司供货并安装调试,不仅为乌东德地下电站土建施工和机电安装提供了可靠的吊装手段,同时,将单钩起吊能力正式提高到1300吨,进一步提升了我国水电行业起重设备的制造能力,彰显了“中国制造”的力量。为满足总体工期进度要求,乌东德左岸地下厂房1号至6号机组座环计划于2018年2月全部安装完成,单台座环组圆、安装工期约3个月。