

施工与监理

# 长距离大口径自流管道施工关键技术探讨

袁 煦<sup>1</sup>, 郑全兴<sup>2</sup>

(1. 苏州科技大学 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215011; 2. 江苏长江水务股份有限公司, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 扬州第一水厂取水口迁建工程采用河床式取水方式, 规模为  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。取水泵房设有两根钢管自流管道, 管径为 DN1 800, 两根自流管道施工方法相同, 靠近泵房侧利用吸水井作为工作井顶管施工, 靠近取水头部的钢管采用水下开槽铺设施工方法。在顶管施工中, 掌握了穿墙出洞、注浆减阻、勤纠微纠等关键技术, 使顶管对周边环境影响较小; 注浆加固大堤, 安全度过了几个汛期; 取水头部施工, 掌握了打桩、吊运安装等关键技术, 使取水头部准确就位。经检测, 自流管道的施工质量满足《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008) 的要求。

**关键词:** 顶管; 开槽铺设; 取水头部; 关键技术

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)20-0114-04

## Discussion on the Key Technology of the Construction of Long-distance and Large Diameter Self-flow Pipeline Construction

YUAN Xu<sup>1</sup>, ZHENG Quan-xing<sup>2</sup>

(1. School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, China; 2. Jiangsu Yangtze River Water Co. Ltd., Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** The mode of riverbed type water intake was utilized to the transfer project of water intake in Yangzhou First Water Treatment Plant, with a scale of  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . The water intake pump house was provided with two self-flow steel pipes, with diameter of DN1 800. The construction method of these two pipes was the same, close to the side of the pump house, using suction well as working well for pipe-jacking construction. In addition, the construction of the steel pipe was near the head of the water intake, and the construction method of underwater slotting was adopted. The key technologies such as piercing through-wall and out of the hole, drag reduction by injecting as well as frequently and micro revised were utilized during the pipe-jacking construction, which was good to reduce the adverse impact on the environment; the technology of grouting reinforcement was used to keep the safety during several flood seasons. Additionally, some critical technologies (such as pilling, lifting installation, etc.), were used for keeping accurate installation for intake head. After construction testing, these pipes could meet the requirement of *Code for Construction and Acceptance of Water Supply and Drainage Pipelines* (GB 50268-2008).

**Key words:** pipe-jacking; under-water groove laying; intake head; key technology

扬州市廖家沟水源地达标建设取水口迁建工程 位于扬州市湾头镇万福村境内, 规模为  $60 \times 10^4$

$\text{m}^3/\text{d}$ ,其中取水泵房设有两根取水自流管,直径均为DN1 800,钢管,壁厚为20 mm,设计长度分别为612.7 m和611 m。两根取水自流管均划分为顶管和沉管两段进行施工,其中1#取水管顶管段长度为574.7 m,2#取水管顶管段长度为573 m,两根自流管理管段长度均为38 m,管道中心高程为-6.5~-6.4 m;取水头部采用桩架式取水,桩型为钢管桩。

顶管利用取水泵房作为工作井,平行顶进,中心间距为6.8 m,主要穿越中沟河、中沟河闸坝管理用房和廖家沟岸堤,向廖家沟河床底延伸315 m,管线以0.26%坡度向下顶进,前后高差约为1.6 m,顶管顶部最小覆土厚度约为4.7 m,两根顶管的长度均超过400 m,属于长距离顶管。沉管采用水下开槽铺设及水下沉管的施工方式,DN1 800的钢管,其中水下埋管由 $D530\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 钢管桩支撑,桩长约28 m,共8根。

## 1 地质概况

根据地质报告,顶管穿越的土质主要为③、④层粉土。

③层:粉土,青灰色,夹粉质黏土薄层,局部互层,稍密~中密,摇振反应迅速,无光泽反应,干强度、韧性低,中~中偏低压缩性,层厚3.3~27.3 m,场地普遍分布。

④层:粉土,青灰色,局部粉砂,夹粉质黏土薄层,中密,摇振反应迅速,无光泽反应,干强度、韧性低,中~中偏低压缩性,层厚3.6~22.0 m,仅水源厂部位分布。

## 2 顶管设计

### 2.1 泥水平衡工具头

工程钢管顶管主要在粉土层中施工,首选泥水平衡式顶管机。这种工具头在顶管施工时,对施工周围土体影响小,工人又在井外操作,可连续出土,在顶管机下方设有2根进水及排泥管,其工作过程是一定压力、流速的水流,通过进水管进入泥水仓稀释、搅拌泥浆,并将泥浆水通过排泥管带到地面的沉淀池,往返循环工作。工具头前端采用合金材料,具有一定的强度,能穿越强度较低的障碍物;同时工具头还可以利用千斤顶调整顶管方向。

### 2.2 中继间布置

在顶管工程中,根据《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)的要求,一次性顶进距离 $>100\text{ m}$ 时,应该设中继间<sup>[1]</sup>。中继间的合

理布置不但关系到管道的正常顶进,还会影响到工程的经济性。因此,应兼顾工程施工的安全性与经济性,设计中继间的安装位置。经过计算第一个中继间布置在工具头后80 m处,后续的中继间间距均为120 m,共设有3个中继间,其千斤顶顶力均为5 000 kN。

## 3 施工关键技术

### 3.1 穿墙出洞<sup>[2]</sup>

顶管能否顺利出洞是顶管得以成功的基础。顶管施工前进行土体加固处理,在取水泵房井外侧与防护搅拌站之间进行压密注入水泥砂浆,加固范围:宽出洞边3 m、纵向长度为4 m,同时在洞口10 m范围内沿轴线方向两侧各布置2口大口径深井降水,降水深度低于顶管管底以下0.5 m,形成封闭的出洞条件。工具头出工作井时,首先清理洞口封堵材料,清理完毕之后安装止水橡胶圈,采用钢套环穿墙双道橡胶圈法兰止水。

#### 3.1.1 工具头出洞防磕头措施

工具头出洞时可能造成工作井洞外泥水流失过多,导致工具头因工作井洞外侧承载力不够而下磕,为防止这一现象产生,采取以下措施:

① 施工前在洞外侧进行了加固处理,防止泥土随水流失进入工作井内,增大土体的承载力。

② 调整后座主推千斤顶的合力中心,出洞时观察工具头的状态,一旦发现下磕趋势,立即用后座千斤顶调整合力及时进行纠偏。在刚开始顶管距离较短时,这一方法效果会非常明显。

③ 由于工具头自身较重,且处于砂质粉土层中顶进,工具头完全顶进后尾部若没有配重容易下磕。故在工具头尾部采用了6 m钢管用于配重,同时后续6 m钢管顶进后还可增大与土体的接触面,以防下磕。

#### 3.1.2 初始顶进防止管道后退

在初始钢管顶进阶段,工具头正面水土压力远大于管周围的摩擦阻力,如果没有止退措施,焊接下一根管道时,主推千斤顶油缸缩回前,钢管可能后退,临时可用合适的小钢板把钢管与导轨焊接起来防止管道后退,直至钢管外壁摩阻力大于工具头正面水土压力为止。

#### 3.1.3 沉降控制措施

沉降控制主要监控目标是闸坝管理用房和防洪设施(廖家沟岸堤)。顶管通过该区域时正常情况

下地面的观测点每天进行2次沉降跟踪观测,对数据进行处理分析后作为及时调整工具头参数的依据,以减小地面沉降量。为确保地面沉降量降到最低,可把顶管开始顶进后的30 m作为一个试验段进行顶管施工参数的确定,试验段设置地面沉降报警值为2 cm。

### 3.2 注浆减阻

由于一次顶进距离较长,为了减小顶管阻力,注浆在整个顶管过程中起到非常重要的作用。首先确定泥浆的配比、注浆量及压力,利用螺杆泵输送泥浆,在管外壁与土体之间的间隙形成稳定、连续的泥浆套,减小摩阻力。刚开始顶进时,先注浆后顶管,随顶管随注浆、及时补充泥浆,根据施工环境确定注浆压力,开始注浆时压力过高会产生冒浆,不易形成泥浆套,影响减阻效果。注浆过程中注意观察螺杆泵上的压力表和注浆总管前端压力表上的读数,在闸坝管理用房和廖家沟岸大堤下顶进时注浆压力控制在0.2~0.3 MPa,在廖家沟河下顶进时注浆压力控制值为0.08~0.15 MPa。

### 3.3 取水头部施工

取水头部为钢结构,选用Q235钢,取水头部半径为4.65 m,格栅顶标高为-2.28 m,底标高为-3.68 m。取水头共2个,中心距离约6.8 m。取水头采用D530 mm×8 mm螺旋卷制焊接钢管桩桩基支承,桩长32 m,共8根。

#### 3.3.1 基槽开挖与工具头打捞

根据管道基槽轴线及底边线位置,用经纬仪定出基槽轴线和开挖边线,在岸边布设定位桩标记,在水中打设定位桩。

采用2 m<sup>3</sup>抓斗式挖泥船开挖沟槽,开挖顺序从取水头部向岸边进行。基槽开挖按设计断面超宽每边控制1 m,超深控制在0.5 m以内,开挖时按设计边坡再结合泥砂回淤情况进行现场修正,确保基槽满足设计要求。

顶管工具头开挖暴露出来后,由潜水员用水下专用切割工具进行工具头的切割,水上浮吊配合将其吊出水面,送至岸上。水下露出的钢管端部由潜水员安装好密封橡胶圈,以便日后管道连接时哈夫卡的安装。

#### 3.3.2 水上打钢管桩

打桩船采用150 t浮吊,钢管桩定位采用经纬仪前方交会法,在岸上设置3个经纬仪测站,其中2台

经纬仪采用前方交会法定出桩位,第3台经纬仪进行校核,以确保测量精度。打入钢管桩时,桩顶标高精度要求控制在设计标高±50 mm之内。根据测量结果,对桩帽横梁高度进行一次调整,安装后进行复核,把标高误差控制在±50 mm以内。

#### 3.3.3 取水头部吊放及安装

在沉放取水头部时,为了随时监测取水头部的位移及倾斜度,在取水头部顶部设置了4根露出水面的标杆。

取水头部筒体采用起重能力为150 t的浮吊船进行吊放,同时减少水流对取水头部定位的影响,取水头部的吊放时间选择在平潮时进行,采用陆上2台经纬仪前方交会法进行测控,首先根据起重船的吊钩大致确定取水头部筒体的中心位置,然后用一台经纬仪控制头部的纵向轴线,另一台经纬仪再复核中轴线上两根标杆的坐标位置。在定位完成以后,慢慢地使头部下沉,在离基础面10 cm左右时重新复核中轴线及两根标杆坐标,确认无误后再将头部放到基础面上。同时确保取水头部的倾斜度达到设计要求。经复测,确认取水头部平面位置及轴线正确后,由潜水员解除吊钩与取水头部连接钢丝绳,拆除定位桩标杆,并由潜水员将取水头部与基础桩完成连接。

#### 3.3.4 管道连接及抛石护坡

每根自流管有两个接口连接,顶管与沉管接口用哈夫卡连接,哈夫卡长3 m,钢梁上架设沉管采用刚性基础,顶管段为柔性基础,考虑不均匀沉降可能性,套在钢管上的密封橡胶圈增厚,哈夫卡比平常使用的哈夫卡增长了1 m,沉管与取水头部使用正常的哈夫卡连接,正常的哈夫卡一般长2 m。沉管固定在横梁上,管顶覆土,然后抛石。

水下抛石约1 000 m<sup>2</sup>,抛石厚度0.6 m,抛石前应实地放样,定出抛石范围,并设立岸标,抛石时应根据岸标控制抛石范围。抛石时应勤测水深,控制抛石高程,使抛石高程不得低于设计规定,抛石顺序由堤坡向深处进行。抛石结束后,由潜水员水下找平,空隙处用100~300 mm小块石填塞,平整后块石面允许高差为150 mm。块石直径、硬度应符合设计规定。

### 3.4 大堤加固<sup>[3]</sup>

对于沉降要求比较高的闸坝管理用房和廖家沟岸大堤(防洪设施),不仅要及时进行泥浆置换,还

要针对性地进行压注水泥砂浆加固,避免后期地面沉降。

顶管部位的堤身段采用压密注浆加固,在顶管下方的一定范围由管内向外注浆,注浆宽度与大堤同宽,宽度约 5 m。在顶管上方及其两侧共 50 m 范围内采用高压旋喷注浆法进行大堤加固,高压旋喷桩固结体呈圆柱状,桩径为 500 mm。桩与桩相互搭接,并与周围土体形成复合地基,提高地基的抗剪强度,改善土的变形模量,浆液凝固后旋喷桩体形成防渗墙,同时也有加固地基的作用。

#### 4 结语

每根钢管自流管道采用顶管、水下开槽铺设施工方法。施工前,编制了施工组织设计,针对顶管、开槽铺设、取水头部施工、大堤加固等分项工程编制了专项施工方案,并贯彻执行。在施工过程中,掌握了施工关键技术,施工进展顺利,施工质量满足设计和国家现行规范的要求。该工程自 2015 年 5 月运行以来,已经过几个汛期,通过观测,自流管道结构安全,使用功能可靠。

#### 参考文献:

- [1] GB 50268—2008,给水排水管道工程施工及验收规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.  
GB 50268 - 2008, Code for Construction and Acceptance of Water Supply and Sewerage Pipelines [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008 (in Chinese).

- [2] CECS 246:2008,给水排水工程顶管技术规程[S]. 北京:中国计划出版社,2008.  
CECS 246:2008, Technical Specification for Pipe Jacking of Water Supply and Sewerage Engineering [S]. Beijing: China Planning Press, 2008 (in Chinese).
- [3] 周平,郑全兴,崔超,等. 气压平衡长距离钢管顶管施工方案及技术特点[J]. 中国给水排水, 2009, 25 (18):100 - 104.  
Zhou Ping, Zheng Quanxing, Cui Chao, *et al.* Construction scheme and technical characteristics of air-pressure balance long-distance steel pipe jacking [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25 (18): 100 - 104 (in Chinese).



作者简介:袁煦(1977 - ),女,甘肃兰州人,硕士,副教授,主要从事市政工程与环境工程的研究。

E-mail:653426751@qq.com

收稿日期:2019 - 01 - 27

强化水资源监管,

落实最严格水资源管理制度