

# 非开挖定向钻进牵引拖拉埋管技术 在南水北调工程中的应用

尹德战<sup>1</sup>, 张先军<sup>2</sup>

(1. 安徽省煤田地质局第一勘探队, 安徽 淮南 232052; 2. 济宁市南水北调工程局, 山东 济宁 272000)

**摘要:**济宁市截污导流工程是南水北调东线干线的重要工程, 该工程从济宁市污水处理厂铺设管道 5.9 km, 再利用明渠输水, 把中水引到蓄水区, 确保南水北调调水期间中水不进入干线。其中管道施工需穿越济宁南部的老运河、洸府河。因洸府河为行洪河道, 采用非开挖定向钻进拖拉埋管技术, 不影响河道原有功能, 较好地解决了管道穿越河道问题。结合该工程实例, 介绍了非开挖定向钻进牵引拖拉埋管施工技术。

**关键词:**南水北调; 定向钻进; 拖拉管穿越河道

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2014)08-0073-03

**Application of Pipe Traction and Burying Technology in Trenchless Directional Drilling in South to North Water Transfer Project/YIN De-zhan<sup>1</sup>, ZHANG Xian-jun<sup>2</sup>** (1. The Prospecting Team of Anhui Coal Geology Bureau, Huainan Anhui 232052, China; 2. Jining City Bureau of South to North Water Diversion Project, Jining Shandong 272000, China)

**Abstract:** Jining city sewage interception diversion is an important project for south to north water transfer trunk in the east line, 5.9km pipelines should be laid from the Jining City sewage treatment plant first, then by the open-channel hydraulic system, to diverse reclaimed water into the water storage area to ensure no reclaimed water entering the trunk during south to north water transfer. The pipeline is constructed through the old canal and Guangfu River of southern Jining. Guangfu River is a flood channel, pipe traction and burying technology in trenchless directional drilling was used without affecting the original function of the channel. Combined with the engineering example, this paper introduces the pipe traction construction technology in trenchless directional drilling.

**Key words:** south to north water transfer; directional drilling; pipe traction passing through channel

## 1 工程概况

南水北调东线山东济宁市截污导流工程是保证干线水质要求稳定达到Ⅲ类水的关键工程, 工程主要解决调水期间济宁污水处理厂 12 万 t/d(需拦截 927.0 万 m<sup>3</sup>)和高新区污水处理厂 7 万 t/d(需拦截 217 万 m<sup>3</sup>)的中水, 共需拦蓄中水 1144 万 m<sup>3</sup>。

本工程利用兖矿集团 3 号井煤炭塌陷区修建中水蓄水区, 蓄存除进入洸府河、老运河人工湿地以外的全部中水。工程在洸府河支流蓼沟河上建节制闸, 拦蓄来自济宁污水处理厂和高新区污水处理厂的中水。拦蓄后的中水利用现有蓼沟河、小新河进行输水, 疏通小新河与幸福河支沟之间输水通道, 中水流经幸福河自流到汛末腾空的蓄水区。

主要工程建设内容: 铺设 5.9 km 管道, 开挖明渠 3.5 km, 蓄水区疏挖, 新建 1 座中水加压站等。

## 2 管道穿越洸府河设计

### 2.1 洸府河地质特点

洸府河位于山东省西南部, 属淮河-南四湖水系。河道宽 425 m, 河槽淤泥厚 2~4 m。地层主要分布: ①碎石土、壤土、淤泥; ②砂壤土; ③粘土; ④壤土夹姜石; ⑤粘土夹姜石; ⑥壤土夹姜石(中部夹粉细砂); ⑦粘土夹姜石(中部为壤土夹姜石)。因汛期施工, 方案采用非开挖定向钻进牵引拖拉埋管技术。

### 2.2 管道设计

洸府河倒虹吸工程采用 DN1000 三层防腐钢管, 管道最大埋深 14 m, 入射角 7°, 出土角 5°, 设计穿越长度 415 m, 曲率半径 1500D(其中 D 为钢管外径)。倒虹吸东西横跨洸府河, 持力层选在④层壤土夹姜石上, 设计底标高 31.5 m。如图 1 所示。

### 2.3 设计考虑

管道铺设需穿越较宽河流(洸府河), 汛期施工,

收稿日期: 2014-04-22; 修回日期: 2014-08-06

作者简介: 尹德战(1969-), 男(汉族), 安徽淮南人, 钻探专业, 安徽省煤田地质局第一勘探队钻探副总工程师、高级工程师, 探矿工程专业, 安徽省淮南市谢家集区卧龙山路。

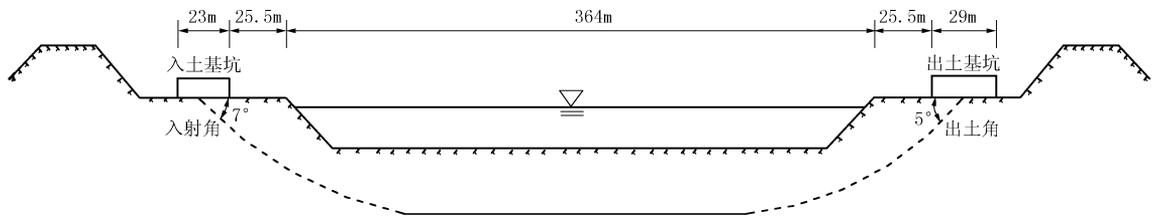


图1 洗府河拉管断面图

无法直接开挖施工。顶管施工考虑河道淤泥较厚,易垮塌,安全系数小,同时需建钢筋混凝土工作井、接收井等,工序多,工期长,造价高。采用非开挖定向钻进技术拖拉管施工,能有效缩短工期,降低工程成本,可在不影响河道通航,不破坏地表土壤的情况下进行。导向孔采用随钻仪定向钻进,控制钻头方向,使钻孔轨迹沿设计轴线延伸,导向孔施工完成,再经5次逐级扩孔达到设计孔径,最后利用钻机回拉铺管就位,完成管道敷设的施工。

#### 2.4 定向轨迹设计

导向孔设计的重要参数关键在于:定点、入射角、出土角确定。定点,确定铺设管道的入、出土孔口位置,严格测量标定铺管出、入土点的坐标,备齐完整资料存档。入射角即钻机导轨与地面夹角,入射角度应控制在 $5^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 之间,本工程选择 $7^{\circ}$ 。出土角即钻头钻出地面的斜度(钻头出土时的钻孔轴线与水平面的夹角),铺设钢管时出土角常取 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。本工程是大直径钢管拖拉,钢管柔性差,综合考虑到水文地质、地面环境、铺设管道的管径、材质、穿越长度深度、钻机的性能参数等因素,选择出土角为 $5^{\circ}$ 的方案施工。严格控制水平穿越段各点标高。标高控制以每根钻杆为一个控制点,按照设计管道水力坡度计算出钻进轴线上轨迹标高。严禁高低起伏较大,确保钻孔轨迹曲线平缓。充分利用好泥浆,保护润滑孔壁,减小回拉阻力,有利于管道顺利回拖。

### 3 拖拉管主要施工工艺

#### 3.1 施工主要设备及拖拉管材料选择

该工程采用德国普莱姆 PD-250/90RP 型履带式水平导向钻机。采用 DN1000 三层防腐钢管,管材的强度及圆直度必须满足设计和施工阶段的荷载要求。

#### 3.2 施工准备

入钻点周围  $50\text{ m} \times 40\text{ m}$  计  $2000\text{ m}^2$  范围内清理征用,出钻点  $40\text{ m} \times 30\text{ m}$  计  $1200\text{ m}^2$  征用,挖体积为  $180\text{ m}^3$  泥浆池,池子周围修封闭式阶梯型护堤,防治

泥浆渗漏。在出土点施工现场顺轴线挖一条穿越管道的发送沟,沟断面  $1.5\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 。根据管道穿越出土角 $5^{\circ}$ ,在纵向上将发送沟沟底挖成相应坡度。如图2所示。

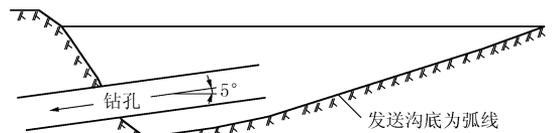


图2 出土点发送沟示意图

#### 3.3 导向孔钻进施工

##### 3.3.1 开挖工作坑

根据设计的地下管线位置,开设  $1.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$  的样洞确定管位。在距离工作井  $20 \sim 25\text{ m}$  处设一个造斜工作坑,在距末井  $25 \sim 30\text{ m}$  处设一个拖管坑(结合发送沟开挖),保证水平导向钻机作业的穿越深度和长度。

检查测量仪器,探头电池的绝缘性能,以防漏电。

##### 3.3.2 钻前准备

将探头装入探头盒内,打开接收机和同步显示器,检查转动探头盒。将探头盒与造斜钻头接好并连接在钻杆上,开机输送钻井液,检查钻头喷嘴和仪器显示是否正常。

##### 3.3.3 钻进

钻杆接入水平导向钻机,就位,使钻杆在设计轴线上。逐根钻进,直至钻头从拖管坑露出,导向孔施工结束。

钻进过程中用手持式无线测量仪跟踪监测,严格控制钻头轨迹沿设计轴线前进,如偏差大于规定要求立即纠偏调整。

钻杆线性直接关系到钻进的速度及孔外压力变化,控制好钻压,避免压力过大,钻杆弯曲回转时敲打孔壁,造成孔壁失稳和钻具折断。施工中保持钻杆线性并控制钻进速度,控制地面沉降量在容许范围内。

##### 3.3.4 泥浆压力控制

本工程导向孔施工泥浆压力控制在  $0.5 \sim 0.6$

MPa,以免钻头处压力过大,压穿上部土层造成冒浆,污染河道和地表,可通过改变泵量大小和钻头喷嘴直接来控制,既保证施工效果,又减少地表沉降量。

### 3.4 成孔与泥浆护壁技术

#### 3.4.1 泥浆性能

本工程拖管层地层为壤土夹姜石,必须保持钻井液的润滑性,采用优质泥浆护壁。采用膨润土泥浆,加入适量的  $\text{NaHCO}_3$ ,去除泥浆中的  $\text{Ca}^{2+}$ ,增强膨润土的膨化效果。泥浆的漏斗粘度 42 s, pH 值保持在 8~9 范围内。

#### 3.4.2 配制工序

第一步:在抽用的清水里加一定比例(0.1%~0.2%)的纯碱软化水;

第二步:加入一定比例的膨润土,用机械搅拌使其充分溶于水,且完全分散,一般需搅拌 20 min 左右;

第三步:加入一定比例的添加剂搅拌 3~5 min 即可使用。

#### 3.4.3 泥浆循环

回扩钻进时钻井液会从另一边的孔口返出,这时要对泥浆进行处理,废弃泥浆及时外运妥善处理,处理后的泥浆可采用钻头尾部供浆法,循环利用,减少环境污染。

#### 3.4.4 泥浆净化

泥浆采用振动筛和旋流除砂器进行两级净化,确保泥浆性能良好,减少外排量,重复循环利用,节约成本。

### 3.5 扩孔

导向孔成型后,取下导向钻头,接上反扩钻头、分动器,即可进行回拖扩孔。在拖管坑一端的钻杆上,依次按设计方案装上不同规格的扩孔器,利用导向钻机回拉钻杆进行扩孔,直至将钻孔扩大至设计孔径。根据工程工艺设计要求,本工程扩孔采用 5 次逐级扩孔,直径分别为 350、550、750、950、1200 mm,最后一次用封闭式钻头扩孔,使钻孔直径满足拖管管径要求。扩孔中要注意监控泥浆性能变化,对粘度、密度、固相含量等及时测定,适宜调整。每级扩孔速度适中,扩孔时间每根钻杆 20~30 min 之间。扩孔时冲洗液采用优质膨润土泥浆,并使用钻液宝(液体 Drispac 聚合物)添加剂,保证孔壁完整、光滑;因在扩孔完后会有粗粒的砂沉于孔底,减小孔的有效直径,因此应适当增加泥浆密度,提高泥浆粘度;同时增加钻杆转速,适当减小拉力,即采取快转

慢拉的回扩方式。

### 3.6 拖管控制

(1)用普通热熔焊接技术将每节管材按设计长度 3 m 焊接好。外观焊缝表面不得有裂纹、气孔、弧坑和夹渣等缺陷,不得有熔渣与飞溅物,咬边和焊缝余高应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268-2008)焊接、验收的要求。采用无损检测焊缝内部质量,探伤长度符合超声波二类高强度钢百分数。并用 RT 方法抽检,对每个焊工所焊焊缝按 10% 比例进行抽检,固定管口的抽检不得少于一个焊口,并记下焊口的编号。检验人员及时对无损检测报告以及 RT 底片进行检查。焊缝合格、资料齐全并符合要求后将其前端与钻杆连接牢固,利用导向钻机回拉拖管。

(2)管道顺拖管发送沟摆放,各段一次牵引到位。拖管完成后,钻头由工作井取出。

(3)置换浆。在钻进和拖管结束后,及时将工作坑内的泥浆清理出场。用密度约  $1.65 \text{ g/cm}^3$  的水泥浆液对护壁泥浆进行同步置换,充分填补拖管造成的空隙。

### 3.7 坑底稳定地基注浆加固

基坑底板稳定地基采用双液注浆加固:针对壤土层塑性强、触变差、流变性差的特性,拖管前,在基坑底板下 1~2.5 m 的深度及周边范围内,进行满堂双液注浆加固。

### 3.8 管道变形检测、闭水试验检查

根据《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268-2008),拖拉铺设结束后,采用了类似于通球法的内拖法进行检查,并进行水密性试验检查。

## 4 本工程施工优点和不足

### 4.1 拖拉管施工的特点

(1)采用非开挖技术,不影响地上功能的正常使用,保证河流通畅,不阻断通航,有利于防汛泄洪等。

(2)穿越河道 364 m,地层含淤泥、姜石,易坍塌、卡管,技术工艺要求高。

(3)钢管拖拉,钢管柔性差,不易顺轴线拖进,若入射角、出土角选择不当,钻孔轨迹控制不好,易卡管,造成拉管失败。

(4)环保型施工,缩短工期,节约工程成本,节省劳力,安全可靠。

(下转第 80 页)

是该段边坡回填土厚度大,18~26.4 m,挡墙垂直、基础分层设置在回填土上,由于回填土的压缩变形量较大,在一段时间内,挡墙水平及垂直变形量较快增加是必然趋势,经过3年的观测,后期边坡变形量较小,说明该边坡已趋于稳定。

## 5 结论

(1)对于挖方边坡,采用系统锚杆+预应力锚杆+坡面挂网喷射砼进行边坡治理,为了改善预应力锚杆的受力结构,采用压力分散型预应力锚杆,低松弛型无粘结钢绞线,内锚头采用挤压锚,当边坡岩石较好,采用独立锚座,当边坡岩石较破碎,则采用钢筋砼连梁。确保了边坡稳定。

(2)对于填方边坡,采用锚定板式非预应力锚杆护坡,锚杆充分利用被动土压力大的特点,提高了锚固力,减少了锚杆设计工作量30%~50%,降低了成本,起到了事半功倍的效果。

(3)挡土墙基础采用人工挖孔桩作为嵌固段,保

证了挡墙地基承载力及抗滑移、抗隆起稳定,同时与加大挡土墙基础埋深比较,节约了大量钢筋砼,降低了工程造价。

(4)运用扶壁式挡土墙+锚墩式预应力锚杆的复合支挡结构,既弥补了扶壁式挡墙边坡支护高度的局限性,又有效降低了锚杆挡墙的造价。

综上所述,对边坡支护方式的综合应用研究,可对今后类似工程的设计施工提供参考。

## 参考文献:

- [1] GB 50330-2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] 常士骝,张苏民,等.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [3] 朱进康.人工填土边坡稳定性分析与加固设计[J].福建建筑,2005,95(5,6):266-267.
- [4] 张跃亭,胡青峰,雷斌.打入式锚管在高填方边坡中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):60-63.
- [5] 段敏.一个全填土边坡塌滑的计算分析和工程处理[J].广西质量监督导报,2008,(8):121-122.

(上接第75页)

## 4.2 拖拉管施工的不足

(1)拖拉施工结束,铺设管与回扩孔之间的空隙处理,不能象开槽埋管的施工方法回填密实,孔内泥浆固结后,河床可能出现微量下沉。

(2)由于非开挖法施工铺设的管道轴线近似倒虹曲线,管道内淤积污物清洗不便。

(3)钢管施工柔性差,回拖拉力大。

## 5 结语

非开挖拖拉管施工技术在南水北调工程中穿越河流在本地区应用是首次,管线材质全钢管,回拖难度大。现场通过合理安排,科学施工,顺利完成管道铺设。经对导向孔钻进、回扩、回拉量测、水密性等指标控制检验,效果良好,管道顺利地横穿河流,保

证了地面河流汛期排洪、航运,达到了预期的建设目标。

## 参考文献:

- [1] 济宁市截污导流工程初步设计报告[R].山东济南:山东省水利勘测设计院,2008.
- [2] 济宁市截污导流工程可行性研究报告[R].山东济南:山东省水利勘测设计院,2008.
- [3] 济宁市截污导流工程地质灾害危险性评估报告[R].山东济南:山东省地矿工程勘察院,2008.
- [4] 济宁市截污导流工程地质勘探报告[R].山东济南:山东省水利勘测设计院,2008.
- [5] GB 50286-98,堤坊工程设计规范[S].
- [6] 杨军.谈非开挖定向钻进技术拖拉管施工[M].北京:今日科院,2009.
- [7] 李招群.非开挖水平定向钻进技术在管道铺设中的应用[J].福建建筑,2011,(3):118-120.
- [8] GB 50286-98,给水排水管道工程施工及验收规范[S].

# 我国首次完成超深水海域钻探取样

《中国矿业报》消息(2014-08-21) 由中国地质调查局北京探矿工程研究所研制的TK系列取样器具日前在南海北部陆坡1720 m超深水海域圆满完成了钻探取样工作,这是我国首次在超深水海域钻探取样,成为我国超深水取样调查第一钻。

此次钻探取样任务由海洋石油708勘察船钻井队承担,探矿工程研究所提供现场技术支持,所采用的钻井及取样设

备均为我国自主研发。本次超深水钻探取样的成功标志着我国已具备海洋超深水钻探取样作业能力,使我国跻身国际上少数几个可进行深海资源勘探开发的国家之列。

本次作业为我国海洋地质调查及资源勘探开发提供了第一手实物资料,为今后探索更深海域积累了宝贵经验。同时,通过实战构建了一支具备超深水作业能力、基础扎实的人才队伍,成为我国“蓝色国土”资源开发的坚实后盾。