

文章编号:1009-0258(2001)06-0047-04

\*

# 鹊山水库输水穿黄工程中 沉井和顶管技术的应用

张兴鹏<sup>1</sup>, 黄曰祥<sup>1</sup>, 徐桂珍<sup>2</sup>, 李祥<sup>1</sup>

(1. 山东黄河勘测设计研究院, 山东 济南 250033; 2. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014)

**摘要:** 鹊山水库输水穿黄工程系济南市引黄供水鹊山水库工程的重要组成部分。本文介绍了沉井、顶管施工工艺在输水穿黄工程中的应用;分析了输水穿黄工程存在的主要工程地质问题及施工中采用的主要技术措施。

**关键词:** 输水穿黄工程;沉井技术;顶管技术;山东济南

**中图分类号:** TV672<sup>+</sup>.2;TV673<sup>+</sup>.1 **文献标识码:** A

## 1 工程概况

济南市鹊山水库输水穿黄工程系鹊山引黄供水调蓄水库工程的重要组成部分,工程主要由工作井、接收井及输水穿黄管线组成,工作井、接收井均采用沉井施工工艺,输水穿黄管线采用顶管施工工艺。

工程位于济南市洛口上游约 6km 处。工作井位于黄河南岸临黄大堤外老徐庄引黄闸上游约 100m 处,接收井位于黄河北岸临黄大堤外丁口村西,两井的中心距离为 1115m,由输水穿黄管线将二者连接起来,该输水管线是黄河流域第一条大口径超长距离超深顶管,是目前国内穿越黄河最长的地下管道不开槽施工工艺。

## 2 工程地质条件

穿黄工程地处黄河弯曲河道,两岸大堤之间河道宽约 600~800m。大堤堤顶高程约为 37.0m(黄海标高,下同),堤外淤背高程 30~35m。两岸淤背区外为背河洼地:北岸地形平坦,向北微倾,高程 24m±;南岸为济南市区,高程 23~24m。河床近年枯水季节干枯,高程为 25~27m,最低点为 22.5m,两侧滩地高程为 29~30m,主流线偏向左(北)岸。

穿黄处地层岩性为典型的黄河冲积地层,具有结构复杂、相变大的特点。钻孔揭露

\*收稿日期:2001-05-28;修订日期:2001-10-16;编辑:柴永昌

作者简介:张兴鹏(1969-),男,山东济南人,工程师,从事工程地质勘察工作。

为第四系,据岩性由老到新可分为6层:为新近沉积壤土、砂壤土,多呈软塑状态;为中细砂、粗砂,夹有贝壳碎片及小砾石和粘土球,呈软塑、可塑状;为棕红色粘土,局部有次生结核,呈可塑状;为粉细砂,含泥质;为含钙质结核壤土或粘土,呈硬塑状;主要为壤土,局部粘粒含量高而相变为粘土,该层呈硬塑—坚硬状。

### 3 沉井及顶管的主要工作原理、技术关键、技术指标

#### 3.1 工作原理

采用顶管技术铺设地下穿黄输水管线的主要工作原理为:利用高压千斤顶,依靠黄河一岸工作井的支撑,在黄河主槽(最大冲刷深度)以下逐段将钢制管道顶进到黄河另一岸的接收井中,并完成止水密封工作。

#### 3.2 技术关键

钢管应用期及施工期承载能力的确定;工作井、接收井(沉井法施工)结构、施工期下沉性、封底结构、抗浮稳定性的确定;密封止水的可靠性、耐久性,并具有适应变形能力;管道系统运用期的抗震措施;管线适用温度及其变形的技术措施。

#### 3.3 技术指标

项目主要技术指标:工程等级为2级;设计使用年限为30年;设计流量为 $5.14\text{m}^3/\text{s}$ ;出口水位标高大于或等于28.5m。

沉井的主要技术指标:分三节制作,三次下沉;下沉系数(K)大于或等于1.25;抗浮稳定系数(K)大于或等于1.05。

顶管的主要技术指标:设计最大顶力为1200t(12MN);管线比降(i)为3‰;防水等级为2级;刚度( $f_D$ )小于或等于 $0.02D_0$ ;稳定( $k_w$ )大于或等于2.5;管线适应温度(T)大于或等于-12而小于或等于30。

## 4 工程总体布置及施工工艺

#### 4.1 总体布置

经多方案分析比较,确定工程布置在黄河窄河段,采用顶进法敷设穿黄管道。按施工工艺要求,两岸设工作井和接收井。工作井设于黄河南岸临黄大堤淤背区外,距老徐庄引黄闸上游约100m,接收井设于黄河北岸临黄大堤淤背区外的丁口村西。

工程采用顶进法敷设输水穿黄管道,需要有相对稳定的地质构造条件,并能满足黄河防洪要求。设计采用直径1800mm、总长1113.6m的钢制输水管道。根据工程地质勘察报告及方案比较:设计穿越处管线长度较短,另外,该处历史上最大冲刷深度大致在7.55m高程,其下为地质构造较为稳定的第四系河流冲积壤土层,输水管道在该壤土层土内顶进敷设,坡度为3‰,可避免与河道行洪的相互影响,工作井处管道中心高程4.50m,接收井处管道中心高程7.83m。

#### 4.2 施工工艺

(1)顶管主要采用液压千斤顶或具有顶进、牵引功能的设备,将管子按设计高程、方

位、坡度逐根顶入土层直至接收目的地。

(2) 顶管前端采用工具管, 设置高压水枪, 以水力冲击土体, 形成泥浆, 高压泥浆泵将其输送至预设排泥场; 后端采用大功率千斤顶提供动力, 边顶进边破土, 不断推进。

(3) 当顶进距离较长时, 为避免摩阻力过大, 顶推力不足, 采用中继环接力顶推装置和触变泥浆减阻顶进技术。

(4) 沉井采用分节制作, 井内取土, 依靠沉井自重逐步下沉。待前节顶部下沉至距地面  $1\text{m} \pm$  时停止下沉, 在上面接着浇筑下一节, 等强度达 70% 后即可下沉。依次逐节下沉至设计标高。

(5) 由于下层土质属硬塑—坚硬状态, 单靠自重难以下沉, 采用触变泥浆减阻助沉措施。

## 5 存在的主要工程地质问题及采用的技术措施

(1) 工作井位于黄河大堤淤背堤坡脚下, 离边坡仅  $10\text{m} \pm$ , 为确保工作井下沉不影响淤背安全, 在下沉过程中采用井壁外注浆助流技术, 在阻止地面塌方及控制工作井偏差方面取得良好效果。

(2) 在接收井施工过程中, 接收井下沉到距标高还有  $4.5\text{m}$  时, 受粉细砂层的影响, 造成砂涌入井内, 井外土体塌方, 下沉效果极差。针对该问题, 采取了以下有效措施: 在井外四周压入减阻泥浆, 减小下沉阻力; 在井顶压重  $150\text{t}$ , 增加下沉系数, 使刃脚插入土体内, 再清除锅底到刃脚土体, 再抽水, 如此重复三次, 使接收井下沉到设计高程, 保证了顶管工程正常进行。

(3) 穿黄管线过黄处主要为第四系含钙质结核壤土或粘土及中粗砂夹层, 钙质结核及中粗砂夹层的存在增大了施工难度, 对顶进速度有一定的影响。根据工程地质的实际情况, 为了使土中的大多数钙质结核能从水力机械吮管中吸走, 将水力机械吮管从通常的  $75\text{mm}$  改为  $100\text{mm}$ , 结果 60% 以上的钙质结核都由水力机械排除。钢管顶进  $700\text{m}$  以后, 水力机械出泥量达到了极限, 用二套水力机械串联, 并使用  $180\text{KW}$  高压泵与  $65\text{KW}$  增压泵串联供水, 解决了管内出土问题。在以往长距离顶管工程中, 中继环布置一般按粘性土每平方米  $0.5 \sim 0.8\text{t}$ , 砂性土每平方米  $1.0 \sim 1.2\text{t}$  考虑其摩阻力, 但本工程却存在以下特点: 从开始到顶进  $1000\text{m}$ , 顶进速度较正常, 平均每天顶进  $10\text{m} \pm$ , 但整个管段总顶力  $900\text{t} \pm$ , 在顶进  $1000\text{m}$  以后, 进入中粗砂夹层, 正面阻力明显增加, 整个管段总压顶力为  $1300\text{t} \pm$ , 顶进速度由原来每天顶进  $10\text{m}$  减到每天  $5\text{m} \pm$ , 砂层中每平方米摩阻力达到  $1.0\text{t}$ 。在使用中继环时, 顶力越大, 管段压缩量也越大, 而有效顶进长度则越短, 所以在钢管顶进时, 中继环的顶力必须按不超过管段的压缩量加以控制。

## 6 结语

该项目是黄河流域第一项大口径、超长距离、超深顶管工程。并在理论研究、总体布局、技术方案比选、关键技术应用等方面合理可行, 作了许多开拓性的研究探索。在

黄河河床下 20m 夹杂大量钙质结核的更新统坚硬地层中进行了成功实施。该项工程还对北方地区穿越江河具有开拓性和指导性的意义。由于国民经济的迅速发展,需跨越江河的各种管线以及城市地下管线施工越来越多,采用该方法将避免对地上建筑物造成危害,施工文明程度高,有利于保护环境,因此具有很好的应用前景。经过近一年的通水运行,该工程达到了预期目标,取得了显著的经济效益和社会效益。

## 参考文献:(略)

# Application of Well - sinking and Pipejack Technology in Queshan Reservoir accrossing Yellow River Project

ZHANG Xing - peng<sup>1</sup>, HUANG Yue - xiang<sup>1</sup>, XU Gui - ling<sup>2</sup>, LI Xiang<sup>1</sup>

(1. Shandong Institute of Yellow River Exploration and Design, Shandong, Jinan 250033, China; 2. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong, Jinan 250014, China)

**Abstract:** The project of water supply accrossing Yellow River from Queshan Reservoir is an important part of Queshan reservoir project which takes Yellow River water to supply Jinan city. Well - sinking and pipejack technology used in the project were introduced in this paper, major geo - engineering problems in the construction and technical countermeasures in accrossing Yellow Reiver transportation analysed as well.

**Key words:** Water transportation accrossing Yellow River project; well - sinking technology; pipejack technology; Jinan in Shandong province

## 欢迎订阅《山东地质》

《山东地质》创刊于 1985 年,是山东省国土资源厅和山东省地质矿产勘查开发局共同主办的学术类期刊,公开发行。本刊以报道山东及相邻地区的地质调查、矿产勘查成果及矿产资源开发利用与保护为主要任务,同时也报道省外、国外学者对山东地质矿产的研究成果,对从事地质科研、教学和矿产勘查、开发的各类专业技术以及地矿行政管理人员有较大的参考价值,欢迎订阅。

本刊为双月刊,每期定价 5.00 元,全年每份定价 30.00 元,自即日起办理订阅手续。

本刊地址:济南市历山路 52 号 邮政编码:250013 电话:(0531) 6403684

汇入单位:山东省地质科学实验研究院

开户银行:中国建设银行济南分行历下支行 帐号:35092173033