

# 引水工程大管径顶管穿越慈江施工技术研究

顾新刚

上海勘测设计研究院有限公司 上海 200434

**摘要:** 宁波至杭州湾新区引水工程引水管道DN1620顶管上穿成品油管道及天然气管道与成品油管道高差最近净距为6.02m, 下穿慈江江底, 顶管设计穿越慈江覆土厚度约3.5m。引水工程穿越慈江精度要求高、安全风险大、社会影响面大, 采取有效措施确保了顶管工程精准、安全的穿越慈江。

**关键词:** 引水工程; 大管径; 顶管; 穿越; 慈江; 技术

## Research on construction technology of large diameter pipe jacking across Cijiang River in Water Diversion Project

Xingang Gu

Shanghai Survey, Design and Research Institute Co., Ltd. Shanghai 200434

**Abstract:** The water diversion pipeline DN1620 of the Water diversion project from Ningbo to Hangzhou Bay New Area goes through the refined oil pipeline and the nearest net height difference between the natural gas pipeline and the refined oil pipeline is 6.02m and goes through the bottom of Cijiang River. The pipe jacking design is about 3.5m thick across Cijiang overlying soil. The water diversion project across the Cijiang river requires high precision, high safety risk, and a large social impact. Effective measures are taken to ensure that the pipe jacking project across the Cijiang River is accurate and safe.

**Keywords:** water diversion project; large diameter pipe; jacking; through; Cijiang river; technology

宁波至杭州湾新区引水工程, 位于浙江省宁波市中北部, 输水线路起始于宁波市海曙区, 途径宁波市江北区、余姚市、慈溪市、杭州湾新区到达终点杭州湾新区新城水厂。工程输水主线总长69.2km, 其中主线引水隧洞长28.777km, 引水管道长40.423km; 支线引水隧洞长170m。工程等别为Ⅲ等, 主要建筑物级别3级。

宁波至杭州湾引水工程Ⅱ标段总长度11113m, 起于1号引水隧洞出口, 经江北分水口后铺设管道至慈城郭塘蚕进2号引水隧洞, 在江北连接线东侧垂直穿越慈江, 管线总体成南北走向, 引水管道采用DN1820~DN1620钢管。

### 1 工程地质条件及周围管线情况

引水工程本段线路位于宁波平原上, 分布有全新统(Q4)地层、上更新统(Q3)地层、侏罗系上统b段组(J3b)熔结凝灰岩, 根据土层的沉积年代、沉积环境、岩性特征及物理力学性质, 结合野外勘探结果, 将具有相同沉积年代的地层划归为同一工程地质土层, 在同一

工程地质层中, 对成因类型相同, 岩性、结构、构造特征及物理力学性质基本相似的地层作为同一工程地质亚层, 按沉积的先后顺序分别编号。

引水管线穿越慈江两岸地质、现有管线及建筑物复杂, 是本段输水线路重要节点。输水管道周边存在江北连接线(高架)、安仁闸、水文观测台及慈江等建筑物。管道沿江北连接线东侧约15米(江北连接线与安仁闸之间)由南往北穿越慈江, 影响范围内主要管线有石油管及高压燃气管。安仁水闸位于慈江南岸堤防约26米, 位于本输水管道东侧。慈江为Ⅵ级航道, 不允许断流断航, 两岸堤防50米范围内为地下文物保护区且慈江是京杭大运河的最南端, 是世界文化遗产的重要组成部分。<sup>[1]</sup>慈江南岸堤脚约20~30米处有东西走向DN508石油管、DN813高压燃气管及控制光缆, 与本工程输水管道垂直交叉。引水工程穿越慈江精度要求高、安全风险大、社会影响面大, 需采取有效措施确保顶管工程精准、安全的穿越慈江。

引水工程与慈江岸边油气管道及光缆相对位置关系表

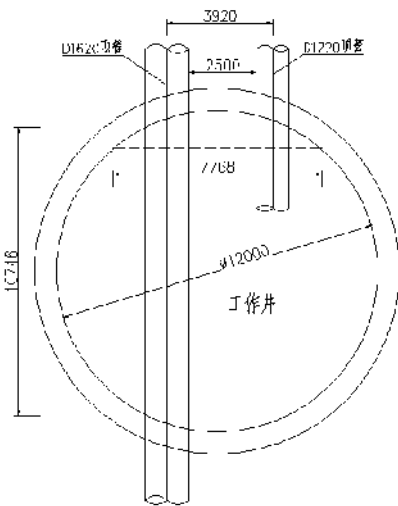
具体范围	管线、构筑物	交叉形式	油气管线标高	引水管线标高	油气管线与顶管净距	所涉管线埋深
穿越慈江段	DN508成品油管道	顶管上穿	-13.03m (管顶)	6.81/-7.01m (管底)	6.02/6.22m	15.09m
	DN813天然气管道	顶管上穿	-19.13m (管顶)	-6.81/-7.01m (管底)	12.12/12.32m	21.39m
		改迁后顶管下穿	-6.56m	与引水管道高程冲突需提前改迁		7.91m

2 穿越慈江引水工程的沉井及顶管设计参数

宁波至杭州湾新区引水工程采用双钢管顶管穿越慈江(一备一用), 钢管材料采用Q235B, 引水主管道D1620×20mm(管径×壁厚)、备用管道D1220×14mm(管径×壁厚), 采用机械顶管, 顶管每节管道按6m计。

根据顶管技术规程穿越江河水底时, 慈江规划河道高程-1.87m, 现状河道高程最低点-1.50m, 江底淤泥层较厚, 本次顶管设计穿越慈江覆土厚度考虑不宜小于3.5m。故D1620顶管中心高程-1.87-3.5-0.81=-6.18m(管顶高程-5.37m, 管底高程-6.99m), D1220顶管中心高程同样为-6.18m(管顶高程-5.57m, 管底高程-6.79m), 顶进土层为淤泥质粉质黏土或淤泥质黏土。

顶管沉井的形式一般有圆形、矩形及多边形三种。由于本引水工程底表以下存在深厚淤泥及淤泥质土, 地质条件差且顶管井深度较大。<sup>[2]</sup>施工时采用圆形井形状对称, 挖土容易, 下沉不易倾斜, 受力性能较好。



按双排顶管工作井最小宽度确定时可按下列公式计算:  $B=D_1+D_2+d+(2\sim 2.4)m$ ; 式中: B—工作井的内净宽度(m);  $D_1$ —宁波至杭州湾引水工程管道外径, 取1.62m;  $D_2$ —宁波至杭州湾引水工程备用管道外径, 取

1.22m; d——双管管壁外净距, 取2.5m。本工程工作井深度较大且考虑到双排顶管同时顶进施工的相互干扰, 工作井内径定为12m。

顶管工作井底板面深度按照下式确定:  $H=H_s+D_1+h$ , 式中: H——工作井底板面最小深度(m);  $H_s$ ——管顶覆土层厚度, 取7.6m; h——管底操作空间(m), 取1.0m。经计算, 本工程工作井底板面最小深度10.22米。

3 穿越慈江引水工程的沉井及顶管施工

3.1 工程安全监测

顶管穿越慈江安全监测主要包含: 堤防安全监测、地下石油及天然气管线监测、工作沉井沉降监测、相邻桥梁及建筑物的监测。慈江堤防安全监测主要监测堤防挡墙或边坡竖向位移和水平位移, 防止顶管顶过造成堤防坍塌。

对慈江南岸埋设有DN813高压天然气管道、DN508成品油管道及专用光缆进行安全监测。根据管线布设形式, 监测点宜布置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位, 监测点平面间距宜为15~25m。在无法埋设直接监测点的部位, 可利用埋设套管法设置监测点, 也可采用模拟式测点将监测点设置在靠近管线埋深部位的土体中。对顶管工作井及相邻桥梁建筑物的监测主要包含沉井和相邻建筑物的水平位移、沉降监测。

3.2 顶管施工

泥水平衡顶管掘进机采用计算机闭环控制的泥水平衡机理, 全部操作在地面控制台控制。顶进千斤顶, 观察工作仓的泥水压力表, 控制顶进速度, 出土量保证舱内、舱外压力平衡。由于过慈江顶管顶部包含河底淤泥层在内约4.2m, 覆土层厚度较薄。为防止在顶管穿越慈江时触变泥浆从江底冒浆或发生顶管机头上浮等情况, 在顶管机尾端增加一套二次纠偏设备, 能更好的做好顶管顶进过程中轴线精度控制。顶管穿越慈江堤岸即将经过江底时, 应降低顶管顶进速度、随时观察机身姿态变化、控制轴线偏移情况。顶进过程中安排专人对堤防和石油管线进行安全监测, 观察河面机头位置出现冒气泡、进出泥触变泥浆管流量的变化情况。



顶管机机头及正常管节顶进工作图

顶管穿越慈江顶进过程中的注意事项: ①采用全机械化顶管掘进机施工。正式顶进前需先进行试顶, 再根据相关监测数据合理设置顶进面压力值, 防止超挖和欠挖; 设置可靠的组合洞口止水装置, 确保洞口不漏泥浆; 顶管顶进向严格按照红外线放样的监控点进行控制, 及时纠偏。②在顶管穿越期间, 加强对管外壁触变泥浆参数和工艺的管理。使管外壁形成完整的泥浆润滑套, 减少顶进过程中管外壁与土体之间的扰动, 从而减少地表沉降。密切注意洞口的注浆, 防止管道入土以后被包裹的现象。<sup>[3]</sup>机头尾部的同步注浆非常重要, 应使得泥浆套随顶进过程不断向前延伸。顶进过程中沿线的补浆, 应定时对管道沿线按照顺序补浆, 避免管外壁出现背土现象; 在开挖面用膨润土泥浆形成泥膜, 稳定正面土体, 并加强对开挖面的泥浆参数的管理; ③顶管穿越油管上方时, 降低推进速度, 严格控制顶管掘进机方向, 减少纠偏, 特别是大量值纠偏; 顶进作业时需连续推进, 减少掘进停顿次数。

#### 4 结束语

宁波至杭州湾新区引水工程首先对石油及天然气管线位置及高程进行精确探测方式成果, 在满足石油天然气行业规范要求的情况下, 同时控制穿慈江顶管顶部最小覆土厚度能够满足顶管施工工艺要求。因引水管线与天然气专用光缆交叉相遇, 需对该光缆提前进行改线处理。在采取增设一套二次纠偏设备、采取激光系统精确定位, 顶进过程中做好触变泥浆控制、安全监测及平稳压力的泥水平衡顶管机推进下, 宁波至杭州湾新区引水工程采用顶管方式从慈江江底、石油管线顶部穿越, 成功到达接收井。

#### 参考文献:

- [1]李静雄.大管径长距离顶管施工要点.建筑设计及理论, 2018-12
- [2]高扬, 王超.大管径管道顶管施工工艺.建筑设计及理论, 2019-09
- [3]袁洪宾, 董泰志.供水工程管材管径比选方法.文化科学, 2019-09

