

天然气海底管道底穿输水管道施工技术

陈汝蒋 程 潇 帅永太 陈嘉俊

浙江省天然气开发有限公司, 浙江 杭州 310027

摘 要:为防止海流冲刷、保证海底管道的稳定,避免船舶抛锚和渔船捕鱼对海底管道造成损害,埋设海底管道时通常有埋深要求。海底管道与其他管道交叉时,通常采用上穿方式跨越其他管道,同时采取保护措施。在一些特殊情况下,为确保当地唯一输水管道和航线通航安全,降低工程对附近海堤、港口及码头的影响,海底管道采取底穿海底输水管道的方式。施工过程中制定特殊的打钢板桩工艺对输水管道进行加固防护,再进行管沟预开挖,管道穿越采用浮拖与底拖穿越结合方式,最后进行管道的回填交叉防护。文章以甬台温工程龙湾电厂支线成功实施底穿为例,介绍了海底管道底穿输水管道的施工方法以及可采取的一些技术措施。

关键词:海底管道;底穿;输水管道保护;联排钢板桩;底拖浮拖穿越;交叉防护

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2015.05.003

0 前言

海底管道在选择路由时应尽量避免穿(跨)越已建管道和海缆。但是,随着管道建设的蓬勃发展,海底管道不可避免穿(跨)越已建管道或海缆。当海底管道同已建管道、电缆发生交叉时,普遍采用穿越形式为新建管道从已建管道、电缆上方跨越,跨越区域用支撑物将管道支撑至相对高度,支撑物保证管道的稳定性^[1]。支撑的高度满足新建管道和被穿越管、电缆的最小间隙要求^[2]。受航道通航、管道埋深等要求,海底管道往往不允许采用上方跨越的方式,针对上述情况,本文采用了一种新的海底管道底部穿越技术方案,即海底管道底穿输水管道。

1 工程简介

在甬台温龙湾电厂支线工程中,为确保当地输水管道安全,保护当地甬江的通航航道,降低工程对附近海堤、港口及码头的影响,经多方多次论证,决定管道在距海堤300~400 m处敷设并从底部穿越输水管道。

本次穿越工程位于浙江省温州市龙湾区境内,输水管道位于灵昆大桥下游约140 m位置,输水管道规格 $\Phi 1\ 020\ \text{mm} \times 14\ \text{mm}$,材质Q 345 B,管顶埋深0.7~1.5 m,

管道海床面标高-2.5 m,设计高水位5.8 m,设计低水位-0.3 m;海底管道规格 $\Phi 457\ \text{mm} \times 14.3\ \text{mm}$,L 450 MO直缝埋弧焊接钢管(SAWL),防腐涂层采用加强级三层PE防腐层,设计45 mm厚混凝土配重层,设计高潮位+3.33 m,设计低潮位-2.73 m。因输水管道为当地唯一供水线,天然气海底管道需从原有输水管道下部穿越,管沟总深5.5 m,沟底宽4 m,按设计要求管道间距大于2.5 m;海底管道与已建输水管道穿越角度为70°。

本穿越工程地层为黏土、淤泥质土,管沟深度5.5 m,自然回淤快,管沟难以成型。输水管道运行近10年,作为当地唯一生命线,既脆弱又不容有誤,管道连续穿越灵昆大桥,底穿输水管道方式在国内无先例可参考,工程难度极大。

2 施工方法及技术措施

海底管道底穿越输水管道施工主要分为四个阶段:输水管道防护加固,管沟预开挖,天然气管道穿越以及回填交叉防护。

2.1 输水管道防护加固

采用底拖法穿越^[3-4]输水管道,即从输水管道下部

底拖。在管沟预开挖以及管道穿越前需完成输水管道穿越段的防护,并采用橡胶板对裸露输水管道进行多重保护,防止外防腐层损伤^[5]。

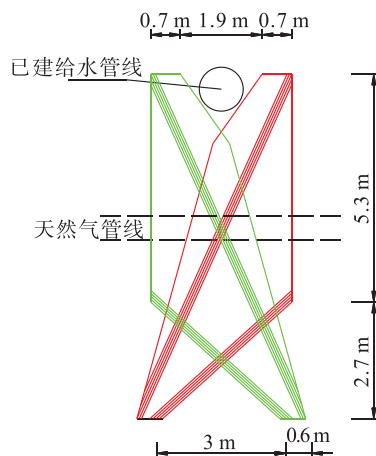
2.1.1 输水管道底部挡泥封堵

钢板桩距离输水管道外壁 0.2 m,管沟一旦开挖,则输水管道底部存在宽 1.4 m、深 3 m 的悬空间隙,需采用特殊的缺口封堵措施。本工程通过对异形钢板加固处理、接触面用 20 mm 厚橡胶板贴面进行软化处理,施工时选择最低潮位,先局部开挖淤泥,确定管道位置后再进行定位、沉桩、送桩,将封堵结构打在输水管道底部起到挡泥封堵的作用,输水管道底部缺口封堵示意图 1。

2.1.2 钢板桩打桩及连接

为起到挡土挡水,并防止管沟预开挖时,开挖段输水管道大幅悬空,采用打钢板桩施工方式^[6-7]。钢板桩高度选择分为 25、17 m 两种规格,打设宽度为沿输水管道方向 25 m,分布在水管道两侧 1.6~8.3 m 范围内。钢板桩与输水管道相交,夹角为 15°,既有利于增加钢板桩的强度,减少海床面对输水管道的挤压,又有利于海水向管沟汇聚,保证天然气管道回拖时落在中心位置。沿输水管道方向 20 m 范围内,采用 25 m 长钢板桩,桩顶标高露出海床面 1 m;延伸 5 m 范围内,采用 17 m 钢板桩。钢板桩分布示意图 2。

为保证联排钢板桩的强度,需把所有的钢板上口用工字钢采用螺栓连接方式连成一排;两排钢板之间采用钢拉杆拉紧,钢拉杆间距为 1.4 m,靠近管沟中心线 10 m 范围内



说明:

- 1: 12 mm 厚铁板在钢板内侧进行封堵;
- 2: 钢板面复2根加强筋,提高钢板强度,采用20#槽钢制作,长度分别是8.8 m、4.2 m;
- 3: 沉桩时角度按理论计算;
- 4: 钢板四周用12 mm 厚橡胶板贴面,用于封堵淤泥;
- 5: 在钢板桩施工前完成该封堵方案;
- 6: 在最低潮位时进行施工,先局部开挖淤泥,确定管线位置后再进行定位、沉桩、送桩;
- 7: 封堵钢板依靠钢板桩、钢管桩、支撑来阻隔。

图1 输水管道底部缺口封堵示意图

均需做钢拉杆,钢板桩之间采用钢拉杆连接紧固,见图3。

2.1.3 钢管桩施工及加固横向支撑

为防止因管沟壁背面淤泥过重造成联排钢板倾倒,可在距离联排钢板起点打设 4 根固定桩,固定桩的规格为 $\Phi 813 \text{ mm} \times 17 \text{ mm}$,桩身长度为 27 m,入泥深度 25 m。通过钢丝绳连接联排钢板上部的工字钢,起斜拉固定的作用^[8],钢管定位桩布置见图 4。

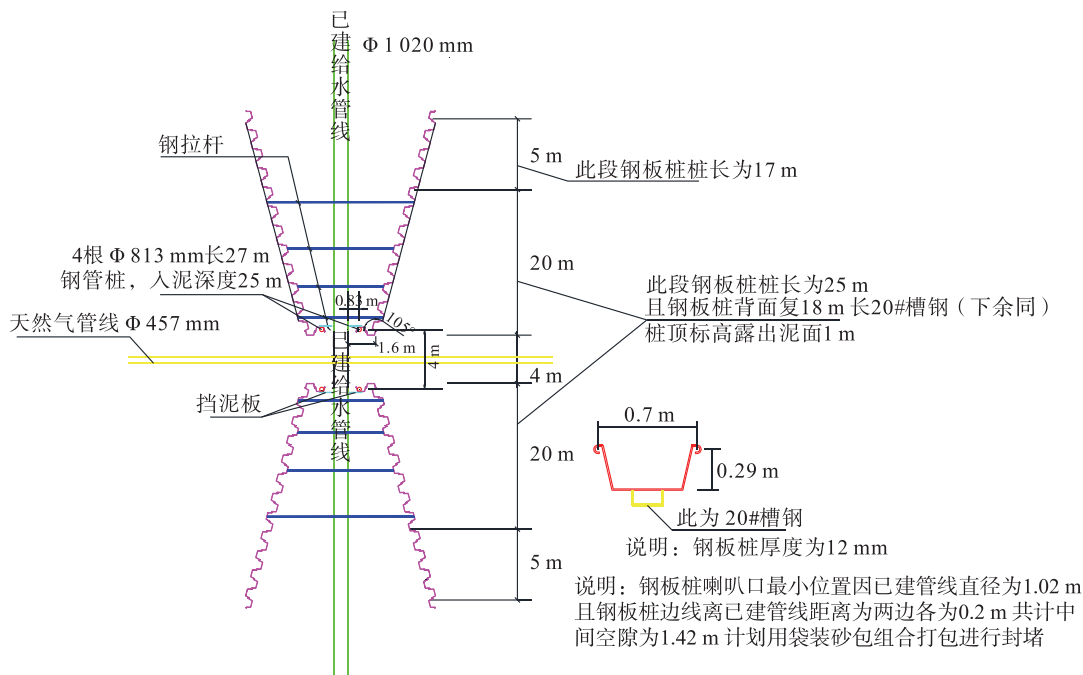


图2 钢板桩分布示意图

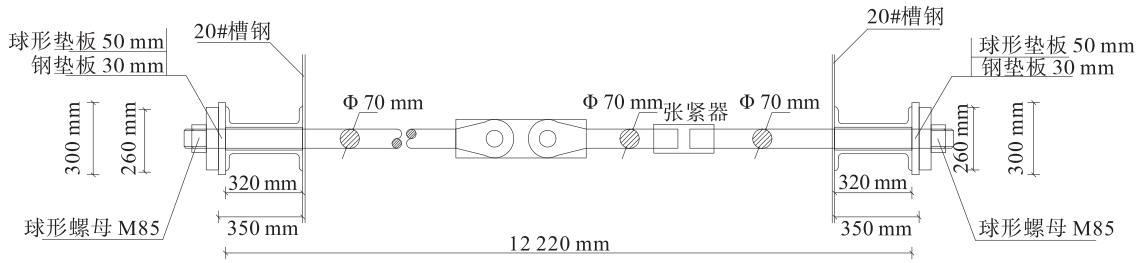


图3 钢板桩之间采用钢拉杆连接紧固

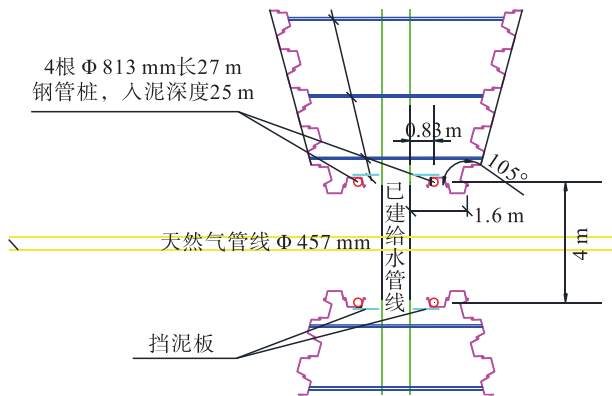


图4 钢管定位桩布置图

4根钢管桩顶部采用工字钢连接,提高钢管桩、钢板桩之间的稳定性。为防止管道在回拖过程中,牵引缆绳对水管道外防腐层造成影响,输水管道附近两侧各1 m位置采取加固横撑的方式进行保护。

2.2 管沟预开挖

确定管道位置、联排钢板桩打设完成、水管道防护完成并经验收合格后,对输水管道进行标识,每5 m设置1个浮标在输水管道顶部,并采用其他浮标标识本工程管道的精确位置,标识误差小于 ± 0.5 m。开挖区域重点包括机械开挖区和非机械开挖区。机械开挖区:在低潮位期间,水陆两用挖掘机进入输水管道两侧,精确测量挖掘机开挖位置,偏离输水管道5 m,专人专机指挥。非机械开挖区管沟预开挖:离输水管道5 m以内的淤泥,采用多台高压水枪冲刷,直至管道露出,待淤泥稀释后,泥浆泵抽出淤泥,完成5 m范围内管沟预开挖。管沟预开挖平面布置见图5。

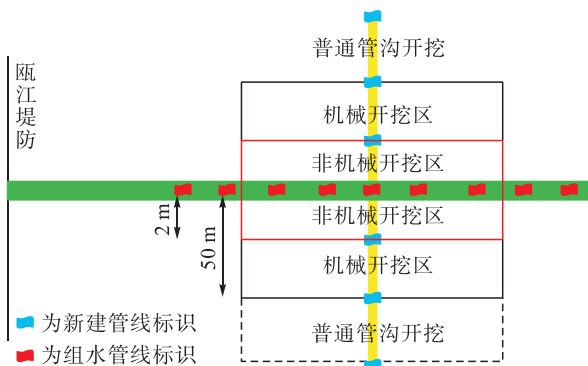


图5 管沟预开挖平面布置示意图

2.3 管道穿越

管道穿越采用先浮拖再底拖^[9-10]的方式,由铺管船及牵引驳船配合完成。铺管船托管架与牵引泊船就位于输水管道两端,牵引泊船上安装卷扬机,用钢丝绳连接铺管船上的管道牵引头,两艘船均保持原来的位置不动,当铺管船上完成1根管道的组对焊接时,牵引泊船上的卷扬机往回收缆12 m(由阻焊管道长度决定),再继续下1根管子的组对焊接,如此往复。

管道牵引头入水后,通过浮筒的浮力,保证管道处于浮拖状态^[11],漂浮在水面上。当管道牵引头穿越灵昆大桥,距输水管道20 m,每隔2个浮筒解除1个浮筒,解除范围为200 m,确保管线100~150 m处于水平状态,入水管道由浮拖改为底拖,并保证前部管道150 m处于水平底拖状态。输水管道穿越方法见图6。

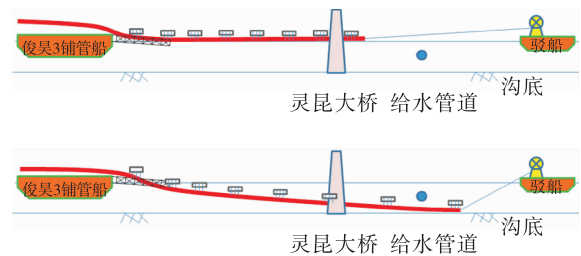


图6 输水管道穿越示意图

2.4 回填交叉防护

管道敷设完成后,经过调查,海底管道在位状态良好,符合设计要求,即对管沟进行回填和防护作业^[12-13]。考虑到洋流冲刷、海域通航等影响,工程采用三层回填方式。第一层进行2 m深度的粗砂回填;第二层采用碎石回填,回填至输水管道底部;第三层,将输水管道用沙袋包覆,直至与海床面平齐^[14]。

3 结论

被穿越输水管道防护加固,管沟预开挖,新建海底管道穿越以及回填交叉防护是整个海底管道底穿作业顺利实施的关键。在苛刻的条件下,该海底管道底穿输水管道技术应用在国内尚属首次,整个工程的圆满实施,质量满足设计要求,证明了底穿技术的切实可行。海管底穿技术延伸了海管施工的可实施范围,为海管穿

跨越提供了一种新的思路,为将来类似海底隐蔽性工程提供了宝贵的借鉴经验。

参考文献:

- [1] 李爽. 油气长输管道的风险缓解体系研究[D]. 成都:西南石油大学, 2006.
Li Shuang. Research on Risk Mitigation System of Long-distance Oil and Gas Pipelines [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2006.
- [2] 高庆有, 赵刚, 范景涛, 等. 定向钻穿越在海底管线项目中的技术研究[Z]. 厦门: 中国造船, 2012.
Gao Qingyou, Zhao Gang, Fan Jingtao, et al. Technical Study On Directional Drilling in Submarine Pipeline Project [Z]. Xiamen: China Shipbuilding, 2012.
- [3] 柳立群. 大型海底输水管道施工技术[J]. 建筑施工, 2008, 30(9): 817-820.
Liu Liqun. Construction Technology for Large Seabed Water Pipeline[J]. Building Construction, 2008, 30(9): 817-820.
- [4] 严舒, 闫宏伟. 底拖牵引法管道穿越河流施工技术[J]. 石油工程建设, 2008, 34(4): 38-40.
Yan Shu, Yan Hongwei. Construction Technology for Pipeline Crossing River by Bottom-towing Traction Method [J]. Petroleum Engineering Construction, 2008, 34(4): 38-40.
- [5] 毕凤琴. 典型石油石化用低合金钢湿 H₂S 应力腐蚀行为研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2008.
Bi Fengqin. Study on Wet H₂S Stress Corrosion Behavior of Low Alloy Steel for Typical Petroleum and Petrochemical Industry [D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2008.
- [6] 徐世华. 桩基设计浅谈[J]. 天然气与石油, 2000, 18(1): 44-47.
Xu Shihua. Discussion on Pile Foundation Design [J]. Natural Gas and Oil, 2000, 18(1): 44-47.
- [7] 何玉先. 钢板桩围堰在桥梁水中墩施工中的应用[J]. 高速铁路技术, 2013, 4(4): 91-94.
He Yuxian. Application of Steel Sheet Pile Cofferdam in Construction of The Bridge Piers in Water [J]. Journal of High Speed Rail Technology, 2013, 4(4): 91-94.
- [8] 王俊鸿. 新型斜拉悬模设计的试验研究与理论分析[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2013.
Wang Junhong. Experimental Study and Theoretical Analysis on New Cable-stayed Suspension Mould Design [D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2013.
- [9] 毛云龙. 输气工程施工技术[J]. 天然气与石油, 2001, 19(2): 7-11.
Mao Yunlong. Construction Technology for Gas Transmission Project [J]. Natural Gas and Oil, 2001, 19(2): 7-11.
- [10] 王毓民. 天然气管道全裸露管束斜穿长江[J]. 天然气与石油, 1994, 12(3): 1-5.
Wang Yumin. Fully Bare Natural Gas Pipeline Bundle obliquely Crossing The Yangtze River [J]. Natural Gas and Oil, 1994, 12(3): 1-5.
- [11] 郝琦. 长沙引水工程输水管线顶管工程施工及环境影响评价[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
Xi Qi. Changsha Water Transmission Pipeline Jacking Construction and Environmental Impact Assessment [D]. Changsha: Hunan University, 2010.
- [12] 谢云杰. 海底油气管道系统风险评价技术研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2007.
Xie Yunjie. Seabed Oil and Gas Pipeline Syster Risk Assessment Technology Research [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2007.
- [13] 贾鹏军. 西北地区天然气长输管道腐蚀规律及维修方法[D]. 西安: 西安石油大学, 2011.
Jia Pengjun. Corrosion Law of Gas Pipeline in Northwest Region and Maintenance Method Research [D]. Xi'an: Xi'an Petroleum University, 2011.
- [14] 张敏. 滨海新区海河沉管隧道工程施工安全研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.
Zhang Min. Study on Construction Safety of Haihe River Immersed Pipeline Tunnel Project in Binhai New Area [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2013.