

天然气管道水平定向钻穿越黄河下游地上悬河段的施工技术研究

鲍元飞 崔宁 姜峰 孟进 付琳 (山东港华燃气集团有限公司, 山东 济南 250101)

摘要: 近几年, 山东港华燃气集团投资建设了环绕济南市的高压燃气管网, 引入多个上游气源, 提升了管网供气保障能力。其中, 济南市区北部高压燃气管道的穿越黄河控制性工程更是其中的关键节点, 为济南市跨河发展提供了保障。该工程依据穿越点附近黄河大堤的内外高差, 采用了“堤外布管、越堤回拖”的定向钻施工方案, 通过“小管段预拖+整体连头回拖”两段式回拖方案, 成功完成了定向钻一次性穿越黄河工程, 为后续类似工程积累了经验。

关键词: 定向钻; 黄河穿越; 地上悬河; 防洪评价; 旋喷桩

0 前言

随着国内“双碳”目标的逐步落地, 以及济南市“携河北跨”发展战略的推进, 济南市燃气利用规模也在不断扩大, 山东港华燃气集团在济南市域范围内逐步建设了高压燃气环网及场站^[1], 以满足城市发展的能源需求。其中, 济南市区北部高压燃气管道的穿越黄河控制性工程尤为关键。本文通过对黄河下游济南地区地上悬河段^[2]的水文地质情况分析, 选用了“堤外布管、越堤回拖”的定向钻施工方案, 保障了工程顺利实施, 为后期类似工程提供参考。

1 工程概况

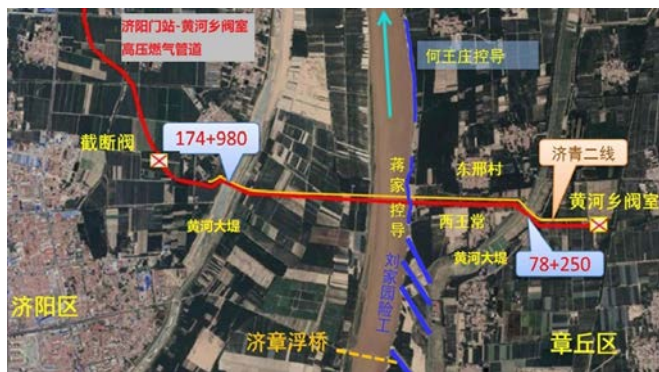


图1 穿越黄河控制性工程管道走向卫星图

本次穿越黄河的高压燃气管道管径为 DN700, 设计压力为 6.3MPa, 设计输气能力 20 亿 m³/年, 全线采用 L415M 埋弧焊钢管, 穿越黄河的管道壁厚为 14.2mm。该穿越黄河工程采用定向钻穿越方式, 一次性穿越黄河主河槽、河槽两侧大部分滩地 (图 1)。由于两侧大堤内空间限制无法完整布管, 因此工程采用“堤外布管、越堤回拖”的施工方案, 并结合“小

管段预拖+整体连头回拖”两段式回拖, 一次性完成约 2.2km 的管道回拖入洞。

2 河道情况及防洪评价要求

2.1 河道情况分析

该穿越黄河工程位于黄河下游弯曲性河段, 两岸堤距为 2200 米~3500 米, 降雨集中在 6 月~9 月, 冬春季节降雨较少, 适宜工程施工。穿越处河道基本顺直, 两岸地形平坦、开阔。河槽南岸 (右岸) 为抛石岸坡, 北岸 (左岸) 为自然岸坡, 以粉土、粉砂为主。根据地质勘察成果, 场区地层要主要为粉土及粉质粘土, 无不良地质存在, 适宜采用定向钻穿越。同时根据勘察测量数据, 穿越段地下水埋深为 5m~7.6m, 属于潜水, 主要受河水渗透补给, 季节性变幅为 1.0m 左右。

2.2 防洪评价要求

按照批复的穿越黄河防洪评价计算结果及要求, 设计洪水频率为百年一遇, 该工程穿越段的主河槽冲刷线高程为 5.22 米, 滩地至大堤内侧堤脚处冲刷线高程为 17.04 米 (图 2), 滩地地面高程约为 24.5 米, 也即滩地的洪水冲刷线在地表面以下 7.5 米左右。

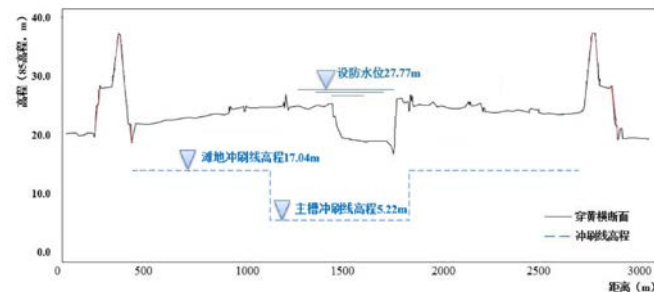


图2 穿越段主河槽及滩地洪水冲刷线示意图

按照防洪要求,管道埋设深度应在洪水冲刷线以下,而定向钻出入土点至大堤内堤脚的管道埋深较浅,若采用大开挖方式将管道埋设至洪水冲刷线以下,则管沟挖掘深度将近10米,受到地下水干扰,管沟放坡量和管沟成形难度巨大,影响大堤安全及施工安全。因此,最终采用旋喷桩方式对定向钻出、入土点至大堤内堤脚的水平段管道进行防护,旋喷桩底部深度低于洪水冲刷线1米,上部高度应高于埋地管道,管道顶部覆土厚度不小于2米,如图3。

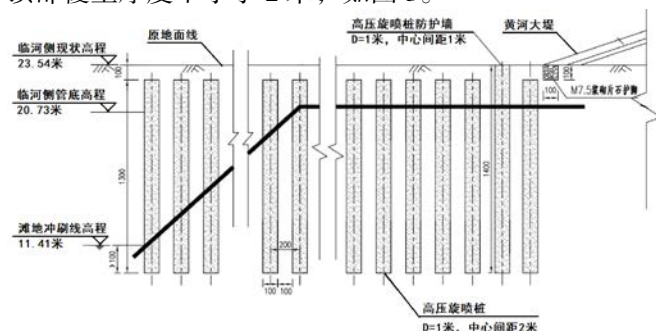


图3 冲刷线以上管道采用高压旋喷桩防护剖面图

高压旋喷桩在管道两侧水平布置,旋喷桩桩长9米,桩径1米,中心间距为2米,旋喷桩中心距离管道中心3米,旋喷桩端顶位于地面以下1米。

3 穿越设计方案分析

在穿越黄河的工程中,大部分采用定向钻穿越^[3]。同时,随着穿越黄河工程防洪评价要求的提高,除在黄河上游段允许穿越黄河大堤^[4],黄河中下游的穿越工程几乎不允许穿越大堤,大都采用爬越方式翻越黄河大堤^[5]。在黄河下游的河南地区,河面及滩地宽度可达10km,穿越工程采用多次定向钻穿越主河槽及滩地+基坑连头的方式^[6],由于大堤内滩地宽阔,定向钻管道布管相对方便,仅在大堤内即可完成布管、

回拖工作。在黄河下游的济南地区济阳、章丘段,虽然穿越黄河工程同样采取定向钻穿越主河槽+爬越大堤的方式^[7],但是两岸堤距较小,堤内布管无法实现,同时堤防高度较高,堤顶至堤脚高差可达10米以上,需要重点考虑如何实施管道布管及回拖。

本次穿越黄河工程采用“堤外布管+越堤回拖”的施工方式,一次性将管道回拖穿越。最后,采用爬越方式,管道直埋通过两侧大堤。北岸(左岸)入土角为12°,距离大堤内堤脚为78米;南岸(右岸)出土角为10°,距离大堤内堤脚为73米,管道穿越方向与黄河流向几乎成90°夹角。定向钻曲率半径为1500倍管径,穿越水平长度约为2200米,如下图4所示。

两侧大堤内堤脚与定向钻出、入土点之间采用大开挖方式敷设管道,黄河左岸管沟开挖深度4.07m~4.81m,黄河右岸管沟开挖深度2.77m~3.39m。管道爬越大堤处,采用钢筋混凝土套管,套管顶部覆土厚度为1.2米。

4 定向钻穿越施工方案及效果

4.1 定向钻导向及扩孔方案

经设计计算,定向钻管道回拖力 $F=2365\text{KN}$,由于本次穿越地层为粉土或粉质粘土,取2倍的安全系数,则主管道定向钻设计回拖力取值不小于4730kN。据此,本次施工采用推拉力为5000kN的GD-5000L水平定向钻机。本次定向钻采用一次导向、5级扩孔(DN500、DN700、DN850、DN1000、DN1150)、三次洗孔造腔(DN850一次、DN1150两次)的成孔方案,并一次回拖入孔完成。

4.2 管道布管及回拖方案

本次穿越黄河段左岸堤外附近为村居,布管场地

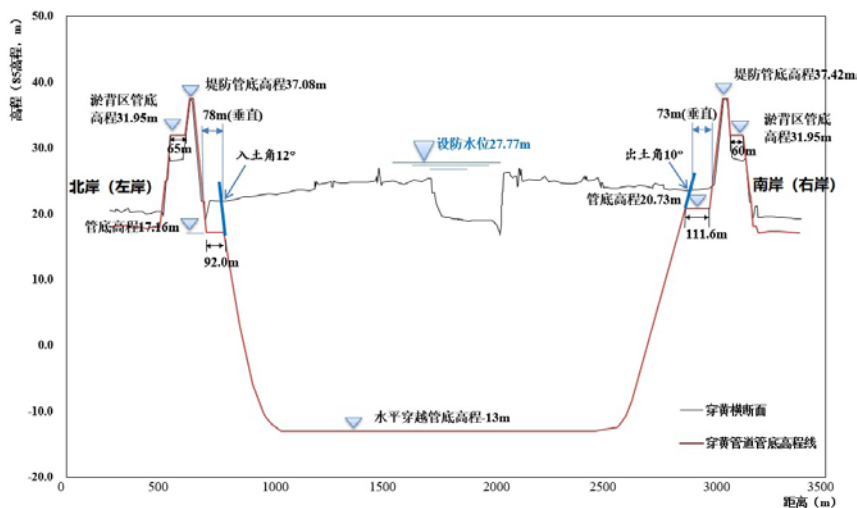


图4 定向钻穿越黄河设计方案示意图

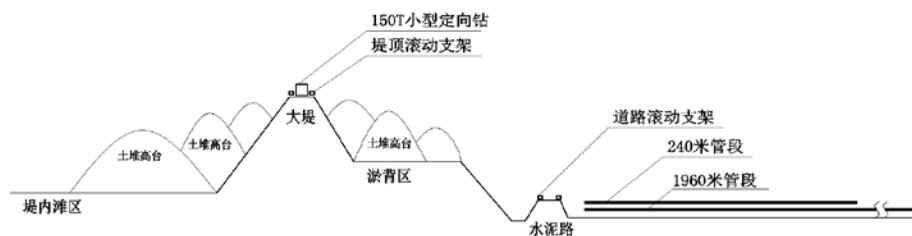


图5 两段式布管回拖方案示意图

受限；右岸堤外为农田地，且地势平坦，适合布管。因此，定向钻导向装置布置在黄河左岸，设置循环泥浆池和振动筛，将扩孔过程中的泥浆循环利用，并在入土点附近设置废弃泥浆池，将洗孔造腔过程中的杂质泥浆、管道回拖时的泥浆收集到废弃泥浆池中，最后集中处理。管道布管设置在右岸，并利用右岸大堤外侧的阶梯状淤背区，采用土堆高台的方式修筑缓坡道，以满足管道回拖时角度准确、管道处于弹性敷设状态。同时为便于管道回拖时翻越大堤，采用“小管段预拖+整体连头回拖”的两段式回拖方案，小管段长度约为240米，第二段长度约为1960米。

如图5所示，待扩孔基本完成时，在堤顶位置设置一台150T的小型定向钻设备，将240米长管道回拖至堤顶，然后将两段管道（240米和1960米）进行连头焊接成为整体，做好回拖前准备。具备回拖条件后，将左岸GD-5000L水平定向钻机的钻杆延伸至右岸堤顶管道处，与管道进行连接，在吊车、挖机等设备配合下，开始回拖。同时，为降低管道回拖时的摩擦力，保护管道防腐层，可采用“漂管”的方式，即沿布管方向开挖深度约1.2米的管沟，并充满水，将管道吊装进充满水的管沟内，使管道在回拖时处于漂浮状态。同时，在过路及堤顶处，各设置两个重型滚轮支架，用以降低管道摩擦并保护防腐层。

通过“漂管”措施、重型滚轮支架、设置缓坡道等措施，使得管道在回拖过程中始终处于弹性形变，保障了管道安全。具体如下图6所示。

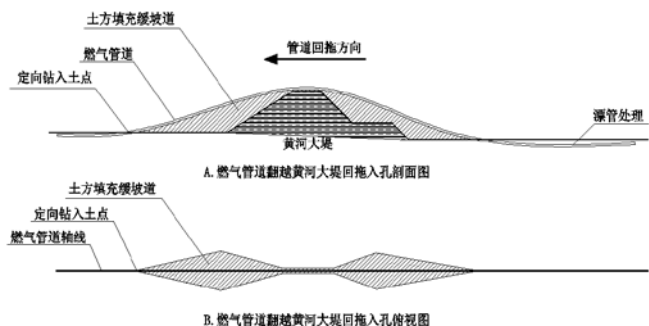


图6 管道回拖示意图

4.3 定向钻穿越黄河效果

按照上述方案实施过程中，在扩孔与洗孔阶段，定向钻拉力为300kN左右，扭矩约为10kN·m；管道回拖时，定向钻拉力为850kN左右，扭矩最大到14kN·m，施工效果明显，管道整体受力情况较为良好。该工程自定向钻导向至回拖完成，施工周期为69天，工期安排较为合理，各施工工序耗时满足要求。

5 结论及建议

定向钻穿越黄河工程应主要解决黄河滩地内是否具备布管条件，针对黄河大堤之间距离小、堤防高、不具备堤内布管的情况，采用“堤外布管、越堤回拖”的施工方案可以实现一次性穿越黄河。同时，通过修筑黄河大堤两侧的缓坡道，配合管道的吊装处理、滚轮、“漂管”等措施，保障了管道回拖质量和效率。

参考文献：

- [1] 鲍元飞, 杨闻宇, 崔宁等. 城市燃气企业重点工程建设管理模式的探讨与实施效果分析 [J]. 城市燃气, 2023, (09): 42-46.
- [2] 钱乐祥, 王万同, 李爽. 黄河“地上悬河”问题研究回顾 [J]. 人民黄河, 2005, (05): 1-6.
- [3] 张兴盛. 长宁输气管道水平定向穿越黄河工程 [J]. 天然气工业, 2002, (03): 84-86+2.
- [4] 曾鹏升. 陕京四线黄河穿越技术研究 [D]. 西南石油大学, 2016.
- [5] 刘玉宝, 姚炜. 成品油管道水平定向钻穿越黄河实践 [J]. 石油工程建设, 2015, 41(05): 62-66.
- [6] 郭清泉. 锦郑线黄河定向钻穿越技术应用简析 [C]//. 2014年非开挖技术会议论文集, 2014: 64-67.
- [7] 朱永辉, 王志会, 黄河, 豆力. 中-曲-济天然气管道黄河穿越施工设计 [J]. 石油规划设计, 2008, (05): 33-34.

作者简介：

鲍元飞 (1988.05-), 男, 汉, 籍贯: 山东日照, 工程师, 研究生, 毕业于中国石油大学 (华东), 油气储运工程专业, 主要从事城镇燃气工程管理及管道腐蚀与防护等工作。