

甬台温输气管道河流穿越的勘察难点及对策

李志华

中石化石油工程设计有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v3i2.583

[摘要] 大型河流穿越往往是天然气长输管道的控制性工程,制约着项目建设总工期。甬台温输气管道中大型河流穿越多,形式多样,本文总结了勘察中的难点及应对措施,对其他长输管道勘察工作具有借鉴意义。

[关键词] 勘察; 河流穿越; 沼气; 暗礁; 静力触探

Difficulties and Countermeasures of Geotechnical Investigation for River Crossing in Ningbo-Taizhou-Wenzhou Natural Gas pipeline

lizihua

Sinopec Petroleum Engineering Design Co. Ltd.

[Abstract] Large river crossings are usually keypoint of long-distance natural gas pipelines, which restrict the total construction period of the project. There are many large river crossings in the ningbo-taizhou-wenzhou natural gas pipeline, the types of crossing are various. The difficulties and countermeasures of geotechnical investigation are summarized in this paper, and there is reference significance for other long-distance pipeline survey.

[Key words] investigation; river crossing; biogas; submerged reef; cone penetration test

引言

甬台温天然气输气管道工程是我国东南沿海目前已建成单体里程最长、地质条件最为复杂、大型河流和定向钻穿越数量最多的天然气管道。管道平行浙江东海岸线敷设,沿线地形复杂,多山地、多河流、不良地质较发育。

沿线大型河流穿越控制性工程多,穿越了浙江八大主要水系中的瓯江、灵江、飞云江、鳌江四大水系干流及部分支流,涵盖江底“盾构+钻爆”隧道、海底管道、定向钻、盾构顶管、泥水平衡顶管、大开挖等多种水域穿越形式。水域穿越总长度118.3km,定向钻穿越140余处,大型定向钻穿越工程多达26处,飞云江、瓯江南支穿越长度超过3km,连续刷新 $\Phi 813\text{mm}$ 管道定向钻穿越长度的世界纪录。瓯江隧道为浙江省第一条天然气管道“盾构+钻爆”隧道,瓯江北支穿越处地质条件极复杂,瓯江口水文特征复杂,采用海底管道方式敷设。控制性穿越工程数量多,形式多样,不同的施工工法、不同的地层结构对勘察工作提出了特殊的技术要求。

本文总结了甬台温输气管道大中型河流穿越勘察中的重点、难点及应对措施,对其他长输管道勘察工作具有较强的借鉴意义。

1 工程概况

甬台温天然气输气管道是浙江省天然气管网的重要组成部分,是浙江省“多气源一环网”战略的重要环节。管道平行浙江东海岸线敷设,北起浙江省宁波市鄞州区的春晓首站,南至温州市苍南县的苍南末站,贯通宁波、台州和温州三市。工程设计输气量为 $95 \times 108\text{m}^3/\text{a}$,设计压力为6.3MPa,全长463.6km,包括两条干线和两条支线,干线及苍南支线管径为813mm,龙湾电厂支线管径为355.6mm。全线包含山体隧道13处,江底“盾构+钻爆”隧道1处,水下盾构顶管1处,海底管道1处,站场15处,阀室20处,定向钻穿越140余处。

2 大中型河流穿越特点分析及勘察难点

2.1 瓯江“盾构+钻爆”隧道: 穿越处地层性质差异大,沉积物类型复杂多样,厚度变化大,左岸为英安玢岩及凝灰岩,基岩起伏大,岩石最大抗压强度达189MPa,河床岩性主要为中砂、卵石和含砾石粉质黏土,粒径不均

匀,卵石硬度高,钻探及隧道施工难度大。地层透水性强,且地下水具有承压性,与江水具有密切水力联系,隧道开挖涌水量大,隧道施工安全隐患大,对勘察工作精度要求高^[1]。如何准确查明河床地层分布、性质和水文地质特征,评价地层结构对钻爆施工和盾构掘进的影响,预测隧道开挖后洞体涌水量,准确划分隧道围岩等级,评价沉井的稳定性和施工适宜性,是勘察的重点和难点^[2]。

2.2 瓯江北支定向钻穿越: 穿越处地貌单元差异大,沉积物厚度变化大。左岸为最大抗压强度达230MPa的熔结凝灰岩,基岩面陡倾,钻探及定向钻施工难度大,其余地段均为欠固结软土,地层性质变化强烈,软土与岩石交界处定向钻穿越极困难;零星分布有沼气泡,压力不均匀,分布无规律,探测难度大,对定向钻施工安全有较大影响。查清软硬岩土层的性质和分界面,查明沼气分布特征和不利影响,是工程勘察一大难题。

2.3 瓯江海底管道: 海底地貌及地层分布受人工建设活动扰动强烈,变化复杂。路由区海洋开发活动活跃,附近人工建设活动多,分布有漫水堤、桥桩、海底管线等多种人工地物类型。

所在海区属于强潮流海区,潮差大,径流和潮流作用较强,涨、落潮流速较大,波浪的反复冲刷导致路由区微地貌复杂。瓯江口外岛屿林立、滩槽交替,受周围岛礁及水下地形影响,明显的浅水效应增加了外业勘探难度。落潮后管道路由区全部出露为滩涂,钻探取样与海底地貌调查、浅地层剖面探测作业时间受限。海区受台风影响频繁,夏季时强对流天气多,极端天气对波浪、潮汐、海流设计影响大。如何考虑台风影响,准确计算不同重现期下波浪、潮汐、海流设计要素,进而评价对管道安全的影响,为管道路由和埋深设计提供依据,是勘察中的重点和难点。

2.4 长距离定向钻穿越: 工程沿线第四纪沉积物成因类型复杂多样,厚度变化大,有坡积、冲洪积、冲积、冲海积、海积、冲湖积与湖沼积等多种类型,在低山丘陵和平原交界地带沉积混杂,有交叉尖灭现象,软土、卵石和基岩相间分布。

工程沿线定向钻穿越水域140余处,大型定向钻穿越工程26处。穿越处多数为软土或软土下伏卵石的双层结构,穿越较困难;白溪、楠溪江等

穿越处分布有厚层卵石,厚度变化大,最大厚度34m,最大粒径达60cm,钻探施工及定向钻穿越困难;永乐河等在稀软的淤泥下隐伏暗礁,最大抗压强度高达180MPa,硬度高,钻进困难,暗礁分布不规律,探查难度大。如何在软土+卵砾石、厚层卵石、淤泥+隐伏暗礁等不利地层中选择定向钻穿越层位,为合理确定穿越方案提供基础勘察资料,是工程勘察的重点难点。

2.5大型河流穿越勘察作业:大型河流穿越多位于入海口附近,是显著的强潮海区,潮差大,受台风影响频繁。受潮汐影响,水上作业时水流湍急,水位起伏变化大,勘探点测放及钻探船定位困难,涨、落潮时均无法作业,勘察作业时间受限^[3]。瓯江等大型河流均为地方水系干流,水面宽度大,航道繁忙,需要与水利、港口、海事、航道等多个部门协调。白溪等河流卵砾石层厚度大,最大粒径可达60cm,钻进困难,并且白溪为一级水源保护地,钻探施工环保要求高。

3 应对措施

针对不同穿越形式、不同地质条件,勘察过程中采用了不同的技术手段,总结如下:

3.1瓯江“盾构+钻爆”隧道:综合利用钻探、孔压静力触探、扁铲侧胀、十字板剪切和水文试验等多种技术手段,查清了瓯江“盾构+钻爆”隧道处的工程地质和水文地质情况,查明深层承压水和瓯江地表水间的水力联系,用孔压静力触探成果估算承压水头,减少了承压水观测孔数量,节省勘察成本;综合分析极硬岩石、砂层和深厚卵石层组成的复杂地层结构对“盾构+钻爆”隧道的影响,提出了合理的岩土参数与技术方案。

3.2瓯江北支定向钻穿越:综合应用静力触探与钻探查清瓯江北支穿越处沼气的分布特征,为定向钻施工规避含气层位提供准确依据,大幅节省勘察成本。应用静力触探和自制探头,查明沼气分布的位置、规模、压力、成分,总结出瓯江入海口复杂沉积环境下沼气分布规律;分析沼气分布对穿越的影响,提出合理建议,为后期定向钻施工合理规避含气层位提供了准确的依据。沼气探测技术方法先进,采用的技术手段相比同类工程节约勘察成本约100万元。

3.3瓯江海管穿越:利用波浪数学模型,建立高低潮位线性关系,解决了瓯江口复杂海域强对流天气下波浪、潮汐、海流等对海底管道设计影响大的难题。考虑台风的影响,利用波浪数学模型推算波浪由外海向瓯江海管穿越水域的传播变形,计算出不同重现期和主方向的波浪、潮位组合下各重现期的瓯江南口波浪要素;通过对潮位观测资料的回归分析,建立了龙湾水文站与大门验潮站之间高、低潮位间的线性关系,应用插值法计算出穿越海域不同重现期设计潮位,为设计施工提出了合理建议。

联合应用侧扫声纳及浅地层剖面仪,实时差分GPS定位导航、控制测深,查明瓯江海管穿越处自然微地貌、人工地物分布和海底10m以浅的地层性质,为合理确定管道埋深提供了依据^[4]。

3.4长距离定向钻穿越:应用工程钻探、地震折射波法、高密度电法等综合勘察技术,查清大型河流穿越的淤泥下隐伏暗礁分布特征,消除除

向钻施工隐患。应用综合勘察技术,采用小极距、大数据采集,提高了电法基础数据的水平向和垂直向分辨率,通过折射波时距方程及实测时距曲线对基岩面追踪勘探,查清了永乐河等穿越淤泥下隐伏暗礁的分布,绘制出基岩分布的等深度线成果,为设计施工提供了丰富可靠的勘察成果资料。

3.5大型河流穿越勘察作业:采用厚壁多层套管、八锚定位等钻探施工措施,抵御海浪、潮汐的不利影响,解决了复杂水域勘探船只定位难、勘探质量要求高的技术难题。

采用“三重套管+植物胶加固”方法,解决了巨厚层卵石地层的泥浆流失严重、钻探与取样困难等问题,大幅提高卵石采取率,杜绝了环境污染,保证了勘察质量^[5]。

4 社会效益和经济效益

勘察过程中开展大型定向钻、“钻爆+盾构”隧道等穿越工程的地形、地质适宜性技术攻关研究,为优化穿越方案提供依据^[6]。根据勘察报告揭露的工程地质特征,瓯江北支由盾构隧道改为定向钻穿越,瓯江南支由海底管道改为定向钻穿越,大溪穿越由盾构隧道改为顶管穿越,节约工期一年以上,节省工程投资数亿元。

沿线大型河流穿越控制性工程多,制约着工程建设周期,大型穿越的顺利贯通是工程顺利建设的关键因素。本工程的建成,满足了管道沿线地区居民、工业企业、电厂对天然气的需求,符合地方发展的需要,为打造“绿色浙江”奠定坚实的基础。

5 结语

甬台温输气管道控制性穿越工程数量多,形式多样,地质条件复杂,勘察过程中针对不同的施工工法、不同的地层结构采取了有效的应对措施,良好的完成了勘察任务,为设计优化穿越方案提供了依据。本文总结了该工程大中型河流穿越勘察中的难点及应对措施,对其他长输管道勘察工作具有较强的借鉴意义。

【参考文献】

- [1]彭兴文,李启航,田利民.武汉地铁线地下工程有害气体勘察与防治技术研究[J].工业安全与环保,2013,39(4):37-39.
- [2]王继立,黄潘阳,胡俊涛,等.浅地层剖面仪在海底管道检测中的应用[J].船海工程,2013,42(3):161-163.
- [3]侯志民,张昇彪,蔡春麟,等.舟山东极岛东侧海底浅层气特征[J].海洋石油,2015,35(3):27-32.
- [4]秦磊,蔡运胜,许钦环,等.高密度电法技术在牡蛎礁勘察中的应用效果[J].地质找矿论丛,2008,(2):305-309.
- [5]朱向华,马建林,潘国富,等.多波束测深技术在海底管道检测中的应用[J].海洋工程,2006,24(3):68-73.
- [6]朱向华,潘国富,苟铮慷,等.侧扫声纳系统在海底管道检测中应用研究[J].海洋工程,2011,29(3):118-121.