

关于油气输送管道J型定向钻穿越技术的思路构建

赵杰(山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 满足油气资源的正常输送,则需要加强油气输送管道工程建设。因为中国油气输送路线很长,需要经过许多复杂的地形,途径公路时常存在高陡的边坡,给管道工程施工建设带来了不容小觑的困难。对此,可以采用油气输送管道J型定向钻穿越技术方案,这样能够克服管道工程施工困难,满足油气输送需求,促进社会经济发展。本文将举例分析油气输送管道J型定向钻穿越技术方案,希望能为油气输送管道工程建设工作提供借鉴。

关键词: 油气输送管道; J型定向钻; 穿越技术

在本世纪,国家西气东输工程建设进一步发展,将西部地区丰富的石油、天然气资源输送到了需要的城市,这对提升西部开发效益,促进国家经济发展起到了重要的推动作用。我国境内地形条件复杂,多丘陵山地,这在很大程度上导致油气输送管道工程建设要克服许多复杂的障碍物。

从整体上看,油气输送管道穿越方式有六种:第一,开挖;第二,顶管;第三,定向钻;第四,跨越;第五,盾构;第六,山体隧道。

相比之下,运用定向钻穿越技术更简单,可以节约成本与工期,提高工程经济效益。本文将简单介绍兰州-定西输气管道工程,系统分析该项工程所处地理条件与设计方案,并综合探讨油气输送管道J型定向钻穿越技术特征。

1 兰州-定西输气管道工程

兰州-定西输气管道工程的起始地是甘肃省西固区,兰州市作为首站,截止点在定西市安定区,因此,末站被称为定西站。兰州-定西输气管道工程全线所设计的压力是4.0MPa,在兰州首站与途径的和平分输站,油气管道直径是D508mm,所选定的钢级是L360。从和平分输站到定西站,油气管道直径是D273mm,所选定的钢级是L290。兰州-定西输气管道从西北方向到东南方向,经过两座城市、三个区和一个县,管道工程采用了油气输送管道J型定向钻穿越技术方案,309国道J型定向钻穿越位置在榆中县和平镇祁家坡村,本地的等级是三级,所选用的穿越管段属于无缝钢管,型号是D273×7.1 L290。

在我国,309国道是主干道路之一,为东西走向,起始地在山东荣成,终点在兰州,全程长达2208km,路经六个省区,分别是山东省、河北省、山西省、陕西省、宁夏回族自治区与甘肃省。因为本项目工程穿

越断面处于309国道的深路堑位置,从坡顶到路面,最长距离是22.8m,两边的村庄和管道路距离比较近,管道直径只有273mm。如果使用顶管开展施工作业,两侧的施工竖井较深,工作井施工周期较长,工程投资较高,施工难度很大。根据所处地形条件来看,选用输气管道工程J型定向钻穿越技术方案能够降低难度,节省成本,减轻施工作业负担,克服施工困难,在具体施工中,兰州-定西输气管道工程采用J型定向钻穿越309国道,从另一侧边坡脚出土,成功完成了309国道J型定向钻穿越。

2 兰州-定西输气管道工程所处地理条件

从地理条件来看,甘肃省分为陇南山地、陇中黄土高原、甘南高原、祁连山地、河西走廊、北山山地等地形区,属于温带大陆性季风气候,植被、土壤地带性分布明显。河流大致以冷龙岭、乌鞘岭至景泰长岭一线为界,西北部属内流区,东南部属外流区。内流区有哈尔腾河、疏勒河、黑河、石羊河等,均源于祁连山。外流区分属黄河与长江水系。兰州市地处黄土高原、青藏高原、内蒙古高原的交汇地段,兰州盆地为核心地带。

定西市处于陇中地区,黄土面积广布。由此可以说兰州-定西输气管道工程所处地理环境在黄土高原区,黄土高原是中国四大高原之一,也是世界著名的大面积黄土覆盖的高原,横跨青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南等多个区域,面积多达 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$,西北向东南倾斜,海拔在1000-2000m,大部分是厚层黄土覆盖。

太行山、吕梁山和六盘山把黄土高原分隔成了山西高原、陕甘黄土高原和陇西高原。黄土是不成层的、地质年代比较近的粉砂质或者亚粘土质沉积物,颜色通常是浅黄色、黄褐色或者牛皮黄色等,主要是风成

沉积的。黄土大多是由松散地胶结的碳酸钙粉砂颗粒组成的沉积层，通常质地均匀，孔隙度比较高，有垂直的毛细管穿过，因此有可能会造成沉积物断裂，进而形成陡崖。309 国道穿越勘察报告显示，在兰州—定西输气管道工程所处区域，J 型定向钻穿越黄土层可分为四种地质层：

2.1 全新统 (Q4^{al+pl}) 黄土状土

这种黄土层为第四系全新统黄土，土质比较轻，颜色呈黄褐色，属于中压缩性土，为中密度，受气候条件和水文条件影响，这种黄土有点湿，其地表 0.6m 的范围富含植物根茎，在局部结构内有砾石，含量比例在 30%—35% 之间，从土石等级普氏分类来看，这种黄土层为 II 级。黄土层的厚度在 3.8—4.5m，其层底的标高在 1908.5—1909.7m 的范围内，在沟底 ZK1 和 ZK2 会有揭露。

2.2 晚更新统 (Q3^{col}) 马兰黄土

这种黄土层为第四系晚更新统黄土，土质均匀，颜色呈浅黄色，其湿陷性与自重湿陷性很明显（湿陷性为 IV 级），为中压缩性土，呈垂直节理发育，受气候条件和水文条件影响，这种黄土有点湿，也稍密，其结构内部有白色钙质菌丝和虫孔，用镐可挖，从土石等级普氏分类来看，这种黄土层为 II 级。黄土层的厚度在 20—22m，其层底的标高在 1941.1—1956.1m 的范围内，其中表层 0—0.6m 的结构区域属于耕植土，颜色依然是浅黄色，内部含有较多的植物根系。晚更新统 (Q3^{col}) 马兰黄土除了沟底 ZK1 和 ZK2 以外，均会有揭露。

2.3 晚更新统 (Q3^{col}) 离石黄土

这种黄土层为第四系晚更新统黄土，土质均匀，颜色呈黄褐色，为中压缩性土，呈垂直节理发育和孔隙稍发育，受气候条件和水文条件影响，这种黄土有点湿，为密实土，其结构内部有少量的白色钙质菌丝和蜗牛壳，用镐可挖，从土石等级普氏分类来看，这种黄土层为 III 级。当前的 ZK5 与 ZK6 钻孔尚未进行揭穿，ZK3 和 ZK4 的揭露黄土层厚度在 13—18m，其层底的标高在 1923.1—1936.9m 的范围内。ZK3 的钻孔在 1923—1927.5m 的高度范围内含有比例为 35% 的碎石，粒径在 35—87mm 之间。晚更新统 (Q3^{col}) 离石黄土除了沟底 ZK1 和 ZK2 以外，均会有揭露。

2.4 晚更新统 (Q3^{al+pl}) 卵石

这一层的颜色很杂，等级是 IV 级，因为是土石共同组成，所以有密实结构，也有中密度结构，卵石呈

颗粒亚圆状，级配不佳，卵石所占比例在 70%—75% 之间，粒径在 20—60mm，为交错排列。从该结构层的母岩成分来看，主要是砂岩，风化等级为中等，有砂砾填充，目前尚未揭穿。

3 兰州—定西输气管道工程 J 型定向钻穿越技术方案

在兰州—定西输气管道工程施工期间，各参与方加强合作，共同拟定了 J 型定向钻穿越技术方案，在正式施工前，对整个施工区域实施了全面勘察。为了确保勘察结果的准确性，勘察技术人员采用了原位测试技术，谨遵以下四项基本要点实施勘察工作：

①在触探过程中，必须充分确保触探位置的精度，将误差控制在 2% 以内；

②在锤击贯入过程中，必须控制好探测杆的角度，保持连续性贯入操作，不能出现间断问题；

③当贯入的深度发生改变后，就要随之调整探测杆的旋转角度。简而言之，如果贯入的深度是 1m，探测杆的旋转角度就是 540°，如果贯入深度在 1m 以上，每增加 0.2m，就要对探测杆实施 360° 的旋转；

④如果贯入深度在 0.15m 以下，在完成 50 次锤击之后，就要停止测试，以最终获取的力学标准为本次地质结构勘察结果。

在运用原位测试技术开展施工区域地质工程勘察和取样工作中，勘察技术人员紧密结合实际地质结构情况科学界定勘察深度。在勘察区域内，如果所处地质和地形条件较为良好，没有较大的埋藏深度，就可以设置较小的勘探孔实际深度。反之，如果勘察区域内有湿陷性黄土、松散的杂土、软土地基、淤泥地质等，就要适当增加勘探孔的深度。在布设勘探点的具体位置和控制间距时，也要紧密结合现场实际情况，做好相关布设工作。

整理好勘察报告后，兰州—定西输气管道工程施工参与方对勘察结果进行了全面分析，结合勘察资料，对揭露深度范围进行准确认知，在本工程定向钻穿越区域，穿越深度范围内所揭露的地层结构以马兰黄土与离石黄土为主，这些地层结构适合开展定向钻施工作业。

设计人员会协同施工人员根据所处地形与两侧村庄环境特征来合理选择出入土点的位置，在本次施工过程中，因为地理环境的限制，所以无法再调整土点位置。设计师为了确保埋于公路下面的油气输送管道能够保持充足的安全距离，协同各合作方制定了定向

钻施工方案,合理规划“J”型穿越曲线。为了确保施工质量,规避离石黄土下面的卵石层,施工人员按照设计方案的要求,使得穿越曲线经过卵石层的顶部,以此减少施工作业难度,提高施工质量。在兰州-定西输气管道工程施工设计工作中,设计师协同施工技术人员将南侧的入土角控制为 18° ,同时,将北侧的出土角设计成 0° ,在定向钻施工中,从离石黄土层内实施钻进作业。定向钻线形为“J”型,这样施工技术人员会从入土点沿着J型曲线开展施工作业,一直到出土点,本次施工曲线段弹性敷设纵向曲率的半径均为409.5m,根据设计方案中相关要求,曲率半径采用“1500D”。

油气输送管道J型定向钻穿越的309国道为一级公路,其路面之下1-1.5m的结构均属于硬化层,施工技术人员在设计师的指导下,采用了完善的铺筑方案,将灰土、水泥稳定碎石与两层沥青混凝土材料配置在一起进行铺筑,这样有助于提高承重能力,维护结构的完整性。在本次工程项目施工中,公路路面以下的管道定向钻最小埋深度是25.6m。初步完成所有施工作业后,施工技术人员为定向钻孔洞填充了足量的粉质粘土。最终,监理企业、工程项目管理人员对施工质量进行了检测,编写了完整的项目报告与检测文件。

4 兰州-定西输气管道工程J型定向钻穿越技术特征

兰州-定西输气管道工程J型定向钻穿越技术施工区域地理环境特殊,黄土高原地区地质结构较为松软,黄土本身的湿陷性很严重,穿越区域会受到公路两边村庄的限制,在穿越过程中,必须充分确保公路与两边民房的安全。因为兰州-定西输气管道工程出入土点的高差很大,为57m,这就给泥浆控制工作带来了不容小觑的难度,万一控制不好,就会污染环境。在定向钻孔洞施工中,时常容易形成汇水通道,这会给公路安全造成负面影响。如果入土点的回填密实度不足,就会使水流汇集在一起,同时沿着管道流进钻孔,这样不仅影响施工质量,而且会危害公路路基。对于这一系列困难问题,在兰州-定西输气管道工程J型定向钻穿越技术施工过程中,施工企业配合各合作方严格落实以下工作:

第一,对于黄土湿陷性问题,施工人员在施工现场开挖了排水沟,企业配置了防水土工布,将其平铺在施工区域,这样能够处理好地表水。

第二,因为地形环境和两边民房建筑有所限制,所以会固定好出土点和入土点的位置,确保公路下面的油气输送管道能够保持安全的距离,严格遵循“J”型曲线,将有限穿越距离控制为415.3m,油气输送管道在路面以下的埋深度是25.6m,是从卵石层顶上经过。在施工期间,施工企业会配合监理企业严加控制定向钻轴线的走向,避免影响公路和民房建筑安全。

第三,对于泥浆问题,施工技术人员会谨遵施工方案的标准要求,对泥浆用量进行严格控制,在出土点铺好防水土工布,提前挖好泥浆回收坑,以此避免泥浆外流引起的环境污染问题。

第四,在定向钻孔洞,施工企业安装了鼓风机和PE管,这样有助于做好粉质粘土的充填工作,避免产生过水通道。

第五,在入土点,施工技术人员会认真完成钻孔充填工作,做好弯管连头作业,然后夯填三七水泥土,提高封闭处理效果。

第六,对于出土点的坡脚位置,施工技术人员会严加防护,避免因为水流汇集引起的坡脚湿陷问题。在坡脚防护工作中,施工技术人员会选用挡土墙+墙后夯填三七水泥土这一方案实施防护,对出土点进行封闭管理,同时,对墙后水泥土实施夯填,从而使坡面的坡度比例为1:4,这样有助于做好排水工作。

5 结束语

综上所述,和常规施工技术方案相比,选用输气管道工程J型定向钻穿越技术方案能够降低施工难度,减少对植被的破坏,节省成本,减轻施工作业负担,克服施工困难,避免影响公路与附近民居建筑安全。在输气管道工程J型定向钻穿越技术施工过程中,施工技术人员会谨遵施工方案的标准要求,对泥浆用量进行严格控制,在出土点铺好防水土工布,提前挖好泥浆回收坑,以此避免泥浆外流引起的环境污染问题。完成施工作业后,施工企业和监理企业会共同进行质检,充分确保施工质量。

参考文献:

- [1] 李谦益. 定向钻敷设大坡度输气管道穿越深沟壑的应用[J]. 煤气与热力, 2019, 37(11): 60-64.
- [2] 杨长健. 浅议石油定向斜井钻探工艺[J]. 陕西煤炭, 2020, 29(2): 90-91.
- [3] 张朝辉. 黄土山区单边定向钻斜井穿越技术探讨[J]. 能源科技, 2019(4): 256.