

长距离大口径输气管道山体定向钻穿越技术的应用与研究

薛 琳 (国家管网集团山东分公司青岛作业区, 山东 青岛 266000)

张 松 (北京东方华智石油工程有限公司, 北京 100101)

摘要: 随着能源需求的不断增长和环保意识的日益提高, 长距离大口径输气管道的建设需求愈发迫切, 山体定向钻穿越技术的应用与研究也愈发受到重视。因此, 本文对长距离大口径输气管道的特点进行分析, 重点强调山体定向钻穿越出、入土点场地优化布置, 并以山体定向钻穿越技术在长距离大口径输气管道中的应用措施作为切入点, 包括前期准备与规划、建立完善的安全管理制度、建立应急处理机制以及管线回拖与质量控制, 期望能够为相关人员提供参考。

关键词: 长距离; 输气管道; 山体定向钻穿越技术

中图分类号: TE832.3 文献标识码: B 文章编号: 1674-5167 (2025) 019-0099-03

Application and Research of Long-Distance Large-diameter Gas Pipeline Mountain Directional Drilling and Crossing Technology

Xue Lin(National Pipeline Network Group Shandong Branch Qingdao Operation Area ,Qingdao Shandong 266000,China)

Zhang Song(Beijing Dongfang Huazhi Petroleum Engineering Co., LTD, Beijing 100101,China)

Abstract: With the increasing demand for energy and the increasing awareness of environmental protection, the construction of long-distance large-caliber gas pipelines is becoming more and more urgent, and the application and research of directional drilling through mountain technology is also getting more and more attention. Therefore, this paper analyzes the characteristics of long-distance large-caliber gas transmission pipeline, focuses on optimizing the site layout of mountain directional drilling through the exit and entry points, and takes the application measures of mountain directional drilling through technology in long-distance large-caliber gas transmission pipeline as the entry point. Including preliminary preparation and planning, the establishment of a sound safety management system, the establishment of emergency treatment mechanism and pipeline towing and quality control, hoping to provide reference for relevant personnel.

Key words: long distance; Gas pipeline; Mountain directional drilling through technology

传统的开挖铺设方式不仅施工难度大、成本高, 而且往往会对生态环境造成不可逆的破坏。而山体定向钻穿越技术通过精确控制钻头的行进轨迹, 实现管道在山体内部的非开挖穿越, 不仅大幅降低了施工难度和成本, 而且有效保护了山区的生态环境。

1 长距离大口径输气管道的特点

1.1 输送距离长与管径大

这种管道可横跨辽阔的区域, 将天然气从遥远产地高效、可靠地输送到需求旺盛的消费地带。输送距离远, 一般横跨数省或跨越国界, 具有强大的远程传输实力, 并且为了满足大规模天然气输送的需求, 管道设计运用了大口径设计, 管径普遍偏大, 有效提升了管道的输送能力, 还保证了天然气在管道中的顺畅流动, 降低了输送进程中的能耗及损耗程度。长距离大口径输气管道的这一综合特性, 极大提升了天然气的传递效率, 还促进能源资源实现优化配置, 对保障国家能源安全、推动经济社会发展意义重大, 还展现出较好的环境适应能力, 可在复杂多变的地质条件下

稳定运行, 为天然气稳定供应提供了可靠支持。

1.2 输送压力高

在设计及运行这类管道时, 采用了较高水平的输送压力, 通常在数兆帕以上, 该特点保证了天然气可以在管道内部以更高流速稳定输送, 从而极大提升了管道的输送能力。并且较高的输送压力减少了天然气在管道输送时的摩擦阻力, 增高了输送效率, 还可以降低能耗以及运营成本。

高输送压力还增强了管道储气能力, 使管道在需求出现波动时起到缓冲与调节作用, 进而提高了天然气供应的稳定性与可靠性。同时, 长距离大口径输气管道的高输送压力特点, 不仅满足了大规模、远距离天然气输送的要求, 还促进天然气资源的充分利用以及能源结构的优化改善, 对促进经济社会发展、保障国家能源安全意义重大, 高输送压力还要求管道设计及施工具备更高的技术标准和安全性。

1.3 系统复杂性与协调性

这类管道系统包含了管道本体的设计及建造, 还

关联压缩机站、分输站、调控中心等众多附属设施的建设与运行,需要建立一个规模庞大且精细的动力与控制系统,使各组成部分间保持高度协调配合,以保证天然气能够连续、稳定、高效地传至目的地。系统复杂性体现在各个环节的相互关联与制约,以及应对多变地质、气候状况时的适应性考验;而协调性则要求管道系统实时响应上游气源的供应情况、中游管道的输送状况及下游用户需求的变化,经由智能化的调度与把控,实现资源的优化搭配和供需满足。长距离大口径输气管道系统的复杂性与协调性,不只是对工程技术与管理水平的重大考验,更是保障国家能源安全、推动经济社会发展的关键。

1.4 安全可靠

这类管道通过密闭输送的方式,能在极端气候以及复杂地质条件中长久稳定运行,保障了天然气输送的持续性与安全性。管道系统搭载了先进的监控及预警系统,可以实时对管道压力、流量及周边环境的变化加以监测,一旦发现存在异常,便可以立即启动应急处置机制,以此来防范并应对潜在的安全威胁。

此外,由于大部分管道埋在地下,不仅减少了对地面的占用,还减少了对生态环境的破坏,从而加大了管道的隐蔽性与防护力度,进一步提升了整体的安全系数。长距离大口径输气管道的安全可靠性,既保持了天然气供应的平稳,给经济社会发展与民生需求提供了坚实的能源支持,还体现了对环境保护与可持续发展的高度重视,是能源传输领域技术与管理的标杆。

2 山体定向钻穿越出、入土点场地优化布置

2.1 上石圈定向钻穿越出土点场地优化

山区地形的高低起伏情况明显,入口出口一般设在山沟的狭窄部分。如设计在河流定向钻场地范围进行,并采取规矩的四边形布局,会导致场地位于坡地地形,地面高差变化在十几米到几十米。以上石圈定向钻穿越出土点为例。主管道在山脚下的碎石路上,光缆套管出口位在山丘最高点。该场地约一半坐落在坡度较陡、坡面侵蚀明显的山丘地带,不仅施工条件欠佳,而且存在明显的安全隐患。因此,依据现场的地形分布,对坡脚平坦土地进行深度开发,场地被设计为不规则的多边形构造,光缆套管的地面接入点调整至山丘边缘以外,施工地点的合理性得到显著改善^[1]。

2.2 上石圈和石圈定向钻穿越入土点布置

山区沟谷内降雨时往往伴随山洪。为了应对这一情况,一般铺设地下排水管道及铺设道路。在山区场地配置初期,需要对山洪的冲击进行全面预判,保持泄洪通道的畅通无阻,从而降低对交通线路的阻碍程度。本工程所采用的上石圈及石圈定向钻穿越均为连续山体的定向钻穿越形式。两条定向钻的入土点均布

置在同一沟谷内。

并且为了减少相互影响并充分利用现有谷地,本文将两条定向钻的导线交错安置,实施定向钻轴线与沟壑的斜向交叉式排列。从而挖掘谷地现有资源的价值,道路旁的土质点,将地点选定在沟谷较宽敞的部位。努力实现钻机施工空间的拓展,本文在上石圈定向钻入土点位置进行了部分坡脚开挖。为保护钻孔道路上方铺设了临时钢板和角钢。保障道路通行无障碍,道路的这一侧坐落在坡道底部地带,配置了必要的安全栏。溪沟这边埋设了排水管道设施,有效降低洪水冲击。

现场施工场地布置异常紧凑,泥浆池和钻杆已分别安置妥当。由在施工期间山洪发生的不可预见的特性,在山坡上指定了紧急疏散的集合区域。

2.3 河口定向钻穿越入土点场地优化

山体定向钻场地布置需综合考虑两侧山体的高度和不良地质分布,需要采取相应的安全防护措施。场地内的高低起伏部分需进行削平与土石回填作业。以河口定向钻穿越工程为示范样本,钻探作业从峭壁下方的月牙状积水凹地开始。峭壁上分布着众多易崩塌的岩石,月牙湾的地形不高,容易生成积水。在对场地调整时,一般线路管道在地下接入点需穿越一座16m高的矮山。为了方便场地布局,对矮山进行整体削平,并运用渣土对月牙湾进行填实,进而扩充施工空间宽度。此外入土点应避开坡脚危岩落石区边缘,在山坡底部设置防护栏及被动防护网。

3 山体定向钻穿越技术在长距离大口径输气管道中的应用措施

3.1 前期准备与规划

在项目实施前期,应开展全面详细的地质勘查,掌握穿越区域山体的岩石类别、硬度大小、裂隙分布状况及地下水情形等关键信息,为后续导向孔钻进、扩孔以及管道回拖等施工提供科学依据,依照地质勘查的成果,精细规划施工方法,保证穿越轨迹避开地质构造复杂区域,降低施工难度与安全隐患。规划阶段还要高度重视生态环境保护,制定严苛的环保办法,就像采用泥浆处理反循环技术,保证施工泥浆完成循环利用与妥善处理,防止出现对山体生态环境的破坏,由于山体地势高危、磁场测量布置难度较高,应预先开展磁场校核,保证导向施工精度达标。

在施工准备期间,需要整合施工队伍,配备先进的定向钻穿越设备,并对设备开展全面的调试以及试运行,保证设备性能稳定靠谱,依照穿越距离与管道口径,制定周全的施工方案,涉及导向孔钻进参数、扩孔级数与泥浆配比等核心环节,以保证施工过程顺利实施,还需预先把施工场地平整以及临时设施搭建

妥当，为施工队伍打造良好的作业环境^[2]。

3.2 建立完善的安全管理制度

在长距离大口径输气管道的建设中采用山体定向钻穿越技术时，建立完善的安全管理制度是保障施工安全、人员生命财产安全以及环境生态平衡的关键。这一制度必须全面覆盖施工前的风险评估、施工开展中的实时监控以及施工收尾阶段的隐患排查与整改等多个环节。在施工前，要召集专家团队对穿越区域的地质、水文、生态等条件做全面评估，查找潜在的安全漏洞，并结合评估内容制定具有针对性的安全防范手段，对施工人员执行严格的安全教育及技能培训活动，保证他们熟悉施工步骤、掌握安全操作要领，提升应对突发情况的能力。

在施工过程中，应建设完善的安全监控体系，实时掌握施工动向，包含钻机的运行状况、泥浆系统的稳定程度、地下水位的起伏等，一旦发现异常情形，即刻开启应急预案，采用有效的应对手段，阻止事态进一步恶化，还得把施工现场的安全管理工作加强，使施工人员作业行为规范化，绝对禁止进行违章操作，保障施工活动按序顺利进行。在施工结束后，要组建专业的安全检查团队对穿越区域实施全面排查，及时查找并纠正潜在的安全隐患，保障施工的质量与安全，处理好施工过程中产生的废弃物，防止对周边生态环境造成污染^[3]。

3.3 建立应急处理机制

在长距离大口径输气管道建设采用山体定向钻穿越技术的时候，构建高效且全面的应急处理机制是保证施工安全、推动工程顺利开展的关键要点，该机制需包含施工前对事故的预防、施工中的应急反应以及施工后的恢复与总结等多个层面。在施工前，要组织专业队伍对穿越区域实施全面的风险评估，查出潜在的安全隐忧，并依照评估内容制定周全的应急预案，包含应急队伍的组织格局、应急物资的储备与调配策略、应急通讯的保障措施等内容，保证在突发事情发生时可以迅速地做出响应，为施工人员组织应急演练及培训，增强他们的应急观念与自救互救能力。

在施工过程中，要建立实时监控的应急处理机制，实时掌握施工动态，一旦发现有异常情形，即刻开启应急预案，调集应急队伍赶紧抵达现场，按照预案实施处置，防止情况进一步升级，加强与相关部门的沟通衔接，保障在紧急时刻能快速取得外部的支援。在施工结束后，要对施工期间出现的突发事件开展总结分析，审视应急预案的实施效果，找出实际存在的问题与不足，迅速开展整改及完善工作，以此增强应急处理机制的针对性及实效性，对施工区域进行恢复性复原，去除施工对环境造成的影响，保证工程实现安

全与环保目标。总之，建立高效、全面的应急处理机制，是山体定向钻穿越技术在长距离大口径输气管道建设中得以安全、顺利进行的重要保障。通过这一机制的建立和实施，可以有效降低施工风险，提高应对突发事件的能力，为天然气能源的稳定传输提供有力支撑，同时也为推动我国能源事业的可持续发展贡献力量，使其发挥出应有的作用和价值，促进其发展，提高输气管道的经济价值。

3.4 管线回拖与质量控制

在管线往回拖拉的阶段，必须严格依照预先设定的穿越轨迹开展，保证管道在扩好的孔洞中呈悬浮状态，管壁四周与孔洞的间隙由泥浆进行润滑，进而降低回拖的阻力，保护管道壁体，回拖作业得连续实施，防止因停工造成阻力升高，回拖前需用心检查各连接部位是否牢固紧实，保证回拖进程不会出现连接部位脱落或损坏，在回拖的操作过程中，依旧要密切关注钻头的倾斜角度与深度，以及泥浆的流速与压力，保证回拖工作顺利开展。

从质量控制角度，要从施工准备阶段开启，做详细的地质勘探以及穿越轨迹的规划，确保施工方案既合理又可行，在进行施工操作期间，要严格依照设计要求开展导向孔钻进、扩孔以及管线回拖等各环节操作，保障施工质量符合既定标准，还需对泥浆配制、使用严格把关，依据地层状况挑选恰当的泥浆配比与工艺参数，以提高泥浆成孔、固壁及润滑的性能，降低施工碰到的风险。

还需强化施工过程当中的监测与检测工作，例如：定期对钻头实际位置进行测量操作，迅速调整钻进方向，保证导向孔曲线精度符合要求；实时监测泥浆的性能，保证泥浆既稳定又适用；对回拖后的管道开展质量检验，涉及焊缝强度检测、防腐涂层柔韧性检测等，保障管道的质量与安全性。

4 结论

长距离大口径输气管道山体定向钻穿越技术的应用与研究具有深远的现实意义和广阔的发展前景。未来，需要继续关注该技术的最新进展和应用情况，不断推动技术创新和实践探索，为能源行业的可持续发展贡献更多的智慧和力量。

参考文献：

- [1] 尹利强,曾志华,王丽等.长距离大口径输气管道山体定向钻穿越技术[J].石油工程建设,2025,51(1):80-84.
- [2] 杨波.同孔回拖技术在嘉陵江水平定向钻穿越工程中的应用[J].非开挖技术,2024(6):8-13.
- [3] 贾雷,李静涛.定向钻法长距离穿越岩石山体难点分析及应用[J].城市燃气,2022(4):4-9.