

天然气长输管道建设中的穿越工程技术难点及解决方案

田龙彪 李 樑 (山东港华燃气集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘 要: 本文详细阐述了天然气长输管道建设中穿越工程的技术难点, 并针对不同类型的穿越情况提出了相应的解决方案。重点分析了河流穿越、铁路公路穿越、山体穿越等典型场景下的技术挑战, 包括地质条件复杂、施工空间受限、安全风险高等问题。通过对这些难点的深入研究, 结合实际工程案例, 探讨了诸如盾构法、顶管法、定向钻穿越等技术在穿越工程中的应用及优化措施, 旨在为提高天然气长输管道穿越工程的质量和效率提供理论依据和实践指导, 保障天然气长输管道建设的顺利进行。

关键词: 天然气长输管道; 穿越工程; 技术难点; 解决方案

随着能源需求的增长和天然气资源的广泛开发利用, 天然气长输管道建设日益增多。在管道建设过程中, 穿越工程是其中的关键环节, 它直接关系到整个管道工程的完整性和安全性。穿越工程涉及到不同的地理环境和复杂的地质条件, 如河流、铁路、公路、山体等, 这些特殊的穿越场景给施工带来了诸多技术难点。如何有效克服这些难点, 确保穿越工程的顺利实施, 是天然气长输管道建设领域需要深入研究的课题。本文将围绕天然气长输管道建设中的穿越工程技术难点展开分析, 并提出相应的解决方案。

1 天然气长输管道穿越工程概述

1.1 穿越工程的类型

天然气长输管道穿越工程根据穿越对象可分为河流穿越、铁路公路穿越、山体穿越等。河流穿越包括大型河流、中型河流和小型河流穿越, 其特点是水流情况复杂、河床地质多样。铁路公路穿越要考虑交通的正常运行, 对施工的时间和空间限制较大。山体穿越则面临复杂的地质构造, 如岩石层、断层等, 施工难度大。

1.2 穿越工程的重要性

穿越工程是天然气长输管道建设的关键部分, 它保证了管道的连续性。若穿越工程处理不当, 可能导致管道泄漏、破裂等安全事故, 影响天然气的稳定供应。同时, 合理的穿越工程方案能够降低建设成本, 减少对周边环境的影响, 提高管道的使用寿命。

2 天然气长输管道穿越工程的技术难点

2.1 河流穿越技术难点

①水流冲刷与河床变化。大型河流往往水流速度快、流量大, 对管道的冲刷作用明显。在不同季节, 河流的水位和流量变化大, 可能导致河床的冲淤变化, 影响管道的埋深和稳定性。例如, 在汛期, 河水上涨

可能使管道暴露或遭受漂浮物撞击, 增加管道损坏的风险。②水下地质条件复杂。河流河床的地质条件复杂多样, 可能有淤泥、砂卵石、岩石等不同地层。在穿越施工中, 如采用定向钻穿越, 遇到岩石地层会增加钻进难度, 降低钻进速度, 甚至可能损坏钻具。而在淤泥质地层, 容易出现塌孔现象, 影响钻孔质量。③施工安全风险高。在河流中进行穿越施工, 尤其是在通航河流, 要保障施工人员和船舶的安全。施工过程中产生的废弃物可能污染河水, 影响水生生态环境。同时, 水下作业对施工设备的密封性和可靠性要求高, 设备故障可能导致严重的安全事故。

2.2 铁路公路穿越技术难点

①交通影响与施工空间限制。铁路和公路是重要的交通要道, 穿越施工不能长时间中断交通。施工时间窗口短, 需要在有限的时间内完成穿越作业, 这对施工组织 and 进度安排提出了很高的要求。而且, 铁路和公路下方的施工空间有限, 大型施工设备的进出和操作受到限制。②地层扰动与结构安全。在铁路公路下方进行穿越施工, 如采用顶管法或盾构法, 施工过程中的地层扰动可能影响铁路轨道或公路路面的平整度和结构安全。若施工引起的地层沉降或隆起超过允许范围, 可能导致铁路轨道变形、公路路面开裂等问题, 影响交通运行安全。③地下管线干扰。铁路公路周边通常有各种地下管线, 如给排水管、通信电缆等。在穿越施工过程中, 需要准确探测地下管线的位置, 避免在施工中对其造成破坏, 否则可能引发停水、停电、通信中断等事故, 影响周边居民和单位的正常生活 and 生产。

2.3 山体穿越技术难点

①复杂地质构造。山体穿越面临复杂的地质构造, 如断层、褶皱、岩石破碎带等。这些地质条件增加了

隧道开挖的难度,容易出现塌方、冒顶等安全事故。在破碎带地段,岩体的稳定性差,支护难度大,需要采取特殊的支护措施。②地下水处理。山体中往往存在地下水,地下水的水量和水压对隧道施工影响很大。在开挖过程中,如果不能有效排水,可能导致隧道内积水,影响施工进度和施工人员的安全。而且,地下水可能对隧道衬砌产生侵蚀作用,降低衬砌的耐久性。③通风与照明困难。山体隧道一般较长,施工过程中的通风和照明问题突出。通风不良会导致隧道内有害气体积聚,影响施工人员的健康。照明不足则增加了施工的安全隐患,容易发生人员碰撞、设备损坏等事故。

3 天然气长输管道穿越工程技术难点的解决方案

3.1 河流穿越解决方案

①稳管措施。针对水流冲刷问题,可采用加重块、混凝土连续覆盖层等稳管措施。对于河床变化较大的区域,可以设置管道支墩或采用桩基础固定管道。例如,在一些易冲刷的河床上,通过打入钢桩,将管道固定在钢桩上,提高管道的抗冲刷能力。②穿越方法选择与优化。对于水下地质条件复杂的情况,根据地质勘探结果选择合适的穿越方法。在岩石地层较多的河流穿越中,可采用盾构法或大口径定向钻穿越技术。在定向钻穿越时,可使用新型的岩石钻头和钻进液,提高钻进效率和质量。对于淤泥质地层,可采用套管保护等措施防止塌孔。③安全保障措施。在通航河流施工时,设置明显的警示标志,安排专人进行水上交通疏导。施工船舶配备必要的安全设备,如救生衣、消防器材等。对于施工废弃物,设置专门的收集和处理装置,避免污染河水。同时,在施工前对水下环境进行评估,制定应急预案,应对可能出现的安全事故。

3.2 铁路公路穿越解决方案

①合理安排施工时间和组织。根据铁路公路的交通流量情况,与交通管理部门协商,选择在交通流量低谷时段进行关键施工工序。采用分阶段、分区域施工的方法,减少对交通的影响。例如,在铁路穿越施工中,可以利用铁路的“天窗”时间进行轨道下方的管道顶进作业,其他辅助工序在不影响铁路运行的时间和区域进行。②地层加固与监测。在施工前,对铁路公路下方的地层进行加固处理,可采用注浆加固等方法,提高地层的稳定性。在施工过程中,实时监测地层的沉降和隆起情况,设置合理的沉降控制值。一旦发现沉降或隆起超过允许范围,及时调整施工参数或采取补救措施,如增加支撑或调整顶进速度。③地

下管线保护措施。在施工前,采用先进的地下管线探测技术,如雷达探测、电磁感应探测等,准确确定地下管线的位置和走向。在施工过程中,对靠近地下管线的区域采取人工开挖等谨慎的施工方法,避免对管线造成破坏。同时,与管线权属单位保持密切沟通,制定管线保护方案和应急预案。

3.3 山体穿越解决方案

①超前地质预报与支护措施。在山体隧道开挖前,利用地质雷达、超前钻探等超前地质预报手段,提前了解前方地质情况。对于复杂地质构造地段,如断层、破碎带,采取超前支护措施,如超前锚杆、超前小导管注浆等,增强岩体的稳定性。在开挖过程中,根据地质情况及时调整支护参数,采用钢拱架、喷射混凝土等联合支护方式。②地下水处理方法。根据地下水的水量和水压情况,采用合适的排水措施。对于水量较小的地段,可以在隧道底部设置排水沟和集水坑,采用水泵排水。对于水量较大的地段,可采用井点降水、帷幕注浆止水等方法。同时,对隧道衬砌采用防水混凝土,并设置防水层,防止地下水对衬砌的侵蚀。③通风与照明设计。根据山体隧道的长度和断面大小,设计合理的通风系统。可采用压入式通风、抽出式通风或混合式通风方式。选择合适的通风设备,如通风机、通风管道等,确保隧道内空气流通,有害气体浓度符合安全标准。在照明方面,采用高效节能的照明灯具,合理布置照明位置,保证隧道内照明均匀、充足。

4 天然气长输管道穿越工程案例

4.1 某大型河流穿越工程案例

①工程概况。某天然气长输管道需要穿越一条大型河流,河流宽度约800m,水深平均10m,水流速度较快,河床地质为砂卵石和岩石混合地层。该河流为通航河流,航运繁忙。②技术难点及解决方案应用。在施工过程中,面临水流冲刷和水下复杂地质的问题。针对水流冲刷,在管道两侧设置了加重块,并在河底采用了混凝土连续覆盖层进行稳管。对于水下地质条件,采用了大口径定向钻穿越技术,在遇到岩石地层时,使用了特制的岩石钻头和高性能钻进液,成功完成了穿越施工,且保证了管道的埋深和稳定性,未对河流航运造成影响。

4.2 某铁路穿越工程案例

①工程概况。天然气长输管道需要穿越一条繁忙的铁路干线,铁路下方有多种地下管线。施工空间有限,且要求施工不能影响铁路的正常运行。②技术难

点及解决方案应用。施工面临交通影响和地下管线干扰等问题。在施工时间安排上,与铁路部门协调,利用铁路维修“天窗”时间进行关键施工。采用顶管法穿越铁路,在施工前对铁路下方地层进行了注浆加固,并在施工过程中实时监测地层沉降。通过雷达探测等手段确定地下管线位置,在管线附近采用人工开挖,成功完成了穿越施工,保障了铁路运行安全和地下管线的正常使用。

4.3 某山体穿越工程案例

①工程概况。管道穿越一座山体,山体地质构造复杂,存在断层和地下水丰富的情况,隧道长度约2km。②技术难点及解决方案应用。施工中面临复杂地质构造和地下水处理难题。通过超前地质预报提前掌握地质情况,在断层地段采用超前锚杆和小导管注浆支护。对于地下水,采用了井点降水和帷幕注浆止水相结合的方法,同时在隧道衬砌中采用防水混凝土和防水层。在通风方面,采用混合式通风系统,保证了施工安全和进度。

5 技术创新与发展趋势

5.1 新技术在穿越工程中的应用潜力

随着科技的不断进步,一些新技术在天然气长输管道穿越工程中展现出了巨大的应用潜力。例如,非开挖技术中的水平定向钻与导向钻进相结合的方法,可以更精准地控制穿越轨迹,减少对周边环境的影响。此外,三维激光扫描技术可用于对穿越区域地形、地下管线等复杂环境的精确建模,为施工方案的制定提供更准确的数据支持。

5.2 智能化施工与监测技术

智能化施工是未来穿越工程的一个重要发展方向。通过在施工设备上安装传感器和自动化控制系统,可以实现对施工过程的实时监控和自动调整。例如,在盾构机施工中,利用传感器监测盾构机的姿态、推力等参数,根据反馈数据自动调整盾构机的掘进方向和速度。同时,智能化监测技术可以对穿越工程周边的环境变化、管道应力状态等进行长期监测,及时发现潜在的安全隐患,保障管道的长期安全运行。

5.3 绿色环保技术在穿越工程中的融合

在环保要求日益严格的背景下,绿色环保技术在穿越工程中的应用愈发重要。例如,在河流穿越施工中,采用可降解的稳管材料和无污染的钻进液,可以减少对河水环境的污染。在山体穿越中,优化隧道开挖方案,减少土方开挖量和植被破坏,同时对施工过

程中产生的废弃物进行合理回收利用,降低对山体生态环境的影响。

6 人才培养与技术培训

6.1 专业人才的需求特点

天然气长输管道穿越工程的复杂性和技术创新性,对专业人才提出了很高的要求。这些人才不仅要精通传统的工程施工技术,还要熟悉新兴的智能化、环保等相关技术。他们需要具备跨学科的知识体系,包括地质学、机械工程、自动化控制、环境科学等,以便能更好地应对各种复杂的施工场景和技术难题。

6.2 培训与教育途径

为满足行业对专业人才的需求,一方面,高校和职业院校应加强相关专业课程的设置和优化,增加实践教学环节,培养学生的实际操作能力和解决问题的能力。另一方面,企业应定期组织员工参加技术培训和进修课程,邀请行业专家进行讲座和技术指导,鼓励员工参与科研项目和技术创新活动,提高员工的专业素养和技术水平。

7 结论

天然气长输管道建设中的穿越工程是一项复杂而具有挑战性的工作,面临着河流穿越、铁路公路穿越、山体穿越等不同场景下的诸多技术难点。通过对这些技术难点的分析,采取相应的稳管措施、合理选择穿越方法、加强安全保障、优化施工组织、进行地层加固和地下水处理、完善通风照明等解决方案,可以有效克服这些困难。实际工程案例也证明了这些解决方案的可行性和有效性。在未来的天然气长输管道建设中,随着技术的不断发展和创新,穿越工程的技术水平将进一步提高,为保障天然气的安全稳定输送提供更有力的支持。同时,需要不断总结经验,进一步优化穿越工程的设计和施工方案,以适应更加复杂的地质和环境条件。此外,积极引入新技术、新方法,注重智能化和绿色环保技术的应用,将是提升穿越工程质量和可持续发展能力的关键所在。培养和储备专业人才则是推动行业持续发展的重要保障。

参考文献:

- [1] 李海涛,张明.长输管道工程施工技术与质量控制[J].管道技术与设备,2023(3):45-48.
- [2] 刘建辉,王磊.长输管道建设中的安全管理策略研究[J].安全与环境工程,2022(5):123-128.
- [3] 张晓明,陈丽.长输管道防腐技术的应用与发展[J].腐蚀科学与防护技术,2021(4):493-498.