

油气长输管道定向钻穿越施工技术研究

李 凯 (中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

摘要: 随着油气资源开发的深入, 如何实现资源调配成为一项重要工程, 油气长输管道的建设逐渐成为能源输送的重要手段。在管道建设过程中, 穿越河流、公路、铁路等障碍物是常见的问题, 传统的开挖施工方法往往对地表扰动大、施工效率低。定向钻穿越施工技术作为一种新型的施工方法, 具有施工效率高、对地表扰动小等优点, 逐渐在油气长输管道施工中得到广泛应用。本文详细介绍了定向钻穿越施工的前期准备、钻导精度控制、扩孔和回拖施工以及风险防控管理等具体措施, 为相关工程提供了参考。

关键词: 油气长输管道; 定向钻穿越; 地质勘察; 导向精度; 风险评估

油气长输管道是能源领域的重要基础设施, 承担着将油气资源从产地运输至消费地的关键任务。由于地理环境的多样性和地下条件的复杂性, 油气长输管道的建设和维护常常面临挑战, 特别是在需要穿越复杂地质地段、跨越障碍物或在城市地区施工时, 传统的施工方法可能不再适用。定向钻穿越施工技术作为一种新型的施工方法, 具有施工效率高、对地表扰动小等优点, 逐渐在油气长输管道施工中得到广泛应用^[1]。本文将对油气长输管道定向钻穿越施工技术进行深入研究, 分析技术难点, 并探讨应用中的关键策略, 为油气长输管道建设提供有力的技术支持, 以确保项目的安全和成功进行。

1 油气长输管道定向钻穿越施工难点分析

油气长输管道定向钻穿越施工技术面临着地质条件复杂、导向精度控制难度大、扩孔回拖施工难和施工风险大等多个技术难点。克服难点需要高度的专业知识、严密的计划和现场管理, 以确保施工的顺利进行和管道的安全性。

1.1 地质条件复杂

在油气长输管道定向钻穿越施工中, 地质条件的复杂性是影响施工顺利进行的主要因素之一。不同的地质条件对钻进设备的选择、钻进参数的设定以及钻进过程中的控制要求都不同。例如, 在硬岩地层中, 需要选择具有高强度和耐磨性的钻头, 同时需要调整钻进参数, 以保证钻头的寿命和钻进效率。而在软土地层中, 则需要选择适合软土层的钻头, 并调整钻进参数, 以防止钻头堵塞和孔壁坍塌等问题。

1.2 导向精度要求高

在定向钻穿越施工中, 导向精度控制是保证管道穿越准确性和安全性的关键。由于地层的变化、钻头的磨损等因素的影响, 钻头的导向精度难以保证。因

此, 需要采用先进的导向系统和钻机设备, 通过精确的测量和控制, 确保钻头的方向和深度符合设计要求。同时, 还需要对施工过程中的数据进行实时监测和分析, 及时发现并调整钻进参数, 以保证导向精度控制的准确性和可靠性。

1.3 扩孔和回拖施工难度大

在定向钻穿越施工中, 扩孔和回拖施工是保证管道顺利穿越的关键环节。扩孔施工需要保证孔洞的直径和形状符合设计要求, 以避免在回拖过程中出现卡钻、堵孔等问题。同时, 回拖施工需要保证管道在回拖过程中不受损坏, 以确保管道的质量和安全性。因此, 在扩孔和回拖施工过程中, 需要选择合适的施工设备和参数, 并严格控制施工过程中的各项指标, 以保证施工的顺利进行。

1.4 施工风险点多

油气长输管道定向钻穿越施工涉及到多个环节和因素, 如地质条件、设备选择、施工参数设置等, 任何一个环节出现问题都可能导致施工风险。在施工过程中需要全面考虑各种因素, 制定有效的风险控制措施。例如, 在施工前需要进行详细的地质勘察和风险评估, 制定针对性的施工方案和应急预案。同时, 在施工过程中需要加强现场管理和监控, 及时发现并解决问题, 以确保施工的安全性和稳定性。

2 定向钻穿越施工技术在油气长输管道中的应用

2.1 施工前期准备

2.1.1 地质勘察和地下障碍物检测

地质勘察旨在获取有关地下地质结构和地层特征的详细信息, 以确保施工过程的精确性和安全性。地质勘察和地下障碍物检测为定向钻穿越施工提供了关键的基础信息, 帮助工程团队规划施工路径、选择适当的钻孔工具和决策施工参数。技术的综合应用有助

于降低地质风险，确保施工过程的准确性和可控性，从而成功地实现油气长输管道的建设。

地质勘察包括多种专业技术，如钻探、地质地球物理调查和岩心采样。通过方法，工程团队可以获取关于地下地质结构、土层特性、地下水位、地下岩石类型和地下水文地质情况的数据。数据有助于识别潜在的地质障碍，如软土、坚硬岩石、断层带和地下水源。地下障碍物检测使用一系列现代技术设备，如地质雷达、地下扫描仪和地下管线检测仪器，来定位并识别地下障碍物。障碍物包括已存在的管道、电缆、地下设施以及天然岩石和树根。通过高精度的地下障碍物检测，施工团队可以避免与障碍物的干扰和碰撞，从而确保施工的安全性和效率。

2.1.2 灵活调整施工参数

在油气长输管道定向钻穿越施工中，灵活调整施工参数是确保施工成功和安全的关键，要求工程团队根据实际地质条件和工程需求，即时地对施工参数进行适度的变更和调整，以应对不同的挑战和情况。

一方面，地层的特征可能会在施工区域内变化很大，包括土壤类型、岩石硬度、地下水位等。为了应对地质变化，工程团队必须具备深入的地质知识，并能够根据实际情况选择合适的施工参数。例如，在遇到坚硬岩石地层时，可能需要更强大的钻头和增加钻井液的压力，以确保稳定的前进速度。另一方面，钻穿越的深度和方向也可能需要随时调整。这涉及到导向系统的准确控制，以确保钻孔路径在地下精确地达到目标点。导向系统可能包括全球定位系统（GPS）、激光测距仪和惯性导航系统，设备提供了实时的位置和方向信息，使工程团队能够对钻头的运动进行调整和校正。在整个施工过程中，工程团队必须密切监测各种参数，包括钻头的位置、深度、角度、速度和地质反馈数据。监测数据为实时调整提供了依据，以确保钻穿越过程的准确性和安全性。总之，灵活调整施工参数是在复杂的地质环境中确保油气长输管道定向钻穿越施工的成功的关键要素。通过深入的地质知识、高精度的导向系统和实时监测，工程团队能够适应不断变化的条件，从而实现工程目标的顺利完成。

2.2 导向精度控制

2.2.1 高精度导向系统

高精度导向系统是油气长输管道定向钻穿越施工中关键，它采用多种先进的装置和传感器，以确保钻头的精确导向和控制。系统包括全球定位系统（GPS）、

激光测距仪、惯性导航系统和数据处理软件等要素。

首先，全球定位系统（GPS）是高精度导向系统的基础组成部分。GPS接收器安装在钻头上，通过接收来自卫星的信号，能够精确计算钻头的三维位置和方向。数据提供了地下施工现场的实时坐标，允许工程团队监测和调整钻头的位置，确保其沿着设计路径前进。其次，惯性导航系统是另一个关键元素，通过使用陀螺仪和加速度计等传感器，监测钻头的运动和方向。传感器能够探测细微的钻头变化，并提供实时的导向数据，用于纠正钻头的轨迹。激光测距仪是高精度导向系统的另一重要部分，用于测量钻头到目标点的距离。通过发射激光束并测量返回的激光信号的时间，激光测距仪能够确定精确的距离，以确保钻头准确导向。数据处理软件将实时采集的导向数据与三维地图和地下模型数据相结合，包括地层、地下障碍物和管道等信息。数据处理软件用于实时比对导向数据和地图数据，从而指导钻头沿着预定路径前进。高精度导向系统的综合应用使工程团队能够对钻头进行实时监测和调整，确保钻穿越施工的准确性和安全性，系统的高度精度和可靠性对于处理复杂的地下环境和地质条件至关重要，从而成功完成管道建设任务。

2.2.2 实时监测和校正

实时监测和校正确保了导向精度控制的持续性和准确性。通过及时检测和纠正偏差，工程团队能够确保钻头按照计划的路径准确导向，降低了与管道穿越地下障碍物和复杂地质条件相关的风险，从而提高了施工的成功率和安全性。实时监测涵盖了多个方面，包括：

①导向系统数据：全球定位系统（GPS）、惯性导航系统和激光测距仪等设备提供了实时的导向数据，包括钻头的位置、深度、姿态和速度。数据与预定的路径进行比对，以检测任何偏差；②地层反馈数据：地层反馈数据包括有关地下地质条件的信息，如地层硬度、地下水位和岩石类型。通过钻孔和传感器获取数据，用于识别地下环境的变化；③实时校正措施：一旦检测到钻头路径的偏离或不准确性，工程团队会采取实时校正措施。通过调整导向系统的参数，改变钻头的轨迹，或者调整钻井液的流量和压力，以恢复到预期的路径。

2.3 扩孔和回拖施工

2.3.1 精确的扩孔工艺

精确的扩孔工艺需要综合考虑多个因素，包括地

质条件、钻头类型、钻进参数、孔洞直径和形状等。通过合理的选择和调整，可以提高定向钻穿越施工的效率和质量，为油气长输管道的建设提供重要的技术支持。

①钻头类型和选择：扩孔过程中需要选择合适的钻头类型，以适应不同的地质条件。常见的钻头类型包括刮刀钻头、牙轮钻头等，每种钻头都有其适用的地质条件和钻进参数；②钻进参数调整：钻进参数包括钻进压力、钻进速度、泥浆泵量等，需要根据地质条件和钻头类型进行调整。合适的钻进参数可以提高钻头的寿命和钻进效率，同时也可以保证孔洞的稳定性；③孔洞直径和形状控制：扩孔过程中需要控制孔洞的直径和形状，以确保管道可以顺利回拖。孔洞直径需要根据管道的外径和扩孔系数进行计算，而孔洞形状则需要根据地质条件和钻进参数进行调整；④扩孔深度和精度控制：扩孔深度需要根据设计要求进行控制，同时还需要保证孔洞的精度。这需要采用先进的测量设备和技术，如激光测距仪、陀螺仪等，对施工过程中的各项参数进行实时监测和记录。

2.3.2 管道回拖控制

在油气长输管道定向钻穿越施工中，管道回拖控制是确保管道安全穿越地下的中重要步骤，合理的施工方式能够保证预制管道引导至钻孔中并确保其在穿越过程中不受损坏，以下是有关管道回拖控制的详细步骤：

①回拖装置：管道回拖通常依赖于专门设计的回拖装置，如回拖绞盘。装置提供了足够的牵引力和控制力，以将管道引导至钻孔中。回拖绞盘通常与润滑系统和张力传感器配合使用，以确保适当的管道回拖速度和张力控制；②回拖速度控制：回拖速度需要根据地质条件和管道材质等因素进行调整。在软土地层中，回拖速度可以适当加快，而在硬岩地层中则需要降低速度。同时，还需要根据管道的材质和直径等因素进行速度调整，以确保回拖过程中的稳定性和安全性；③回拖力度控制：回拖力度需要根据管道的重量和摩擦力等因素进行计算和控制。过大的拉力或压力可能会对管道造成损坏，因此需要精确控制回拖力度。这可以通过调整液压回拖系统的压力和流量等参数来实现；④管道保护：在回拖过程中，需要对管道进行保护，以避免管道与孔壁或地面产生摩擦或碰撞。可以采用专业的管道保护装置，如润滑剂和防撞垫等，以减少管道受到的摩擦和冲击。

2.4 风险防控管理

2.4.1 风险评估和预防

在长输管道定向钻穿越施工中，风险评估和预防是确保项目安全性和成功的必要环节，包括对地质条件、钻进设备、施工参数等因素进行全面的分析和评估，识别可能出现的风险和安全隐患。同时还需要制定应急预案，确保在出现风险时能够及时采取措施，减少损失。

首先，进行全面的风险评估，包括地质、环境、技术和人员因素。这有助于识别潜在的风险源，如地质不稳定、地下障碍物和气候条件。根据评估结果，制定风险缓解计划，明确控制措施和应急响应策略。同时定期更新评估以反映项目进展和新的风险因素。此外，预防措施包括确保施工人员严格遵守安全规程和操作规程，以及采取工程控制措施，如地质勘察、障碍物检测和设备维护，以减少潜在风险。通过全面的风险评估和预防措施，可以降低事故和意外事件的风险，确保施工进度的顺利推进。

2.4.2 安全标准和培训

安全标准和培训是确保施工人员在工作中充分了解安全程序和最佳实践的关键因素。建立严格的安全标准，包括施工现场安全、设备操作和紧急情况响应规程。标准应遵循行业规定和法规，并与风险评估一致。培训是必不可少的，操作员应接受培训以了解安全规程和操作规程，并获得应对紧急情况的能力。培训应包括风险意识培养、紧急撤离程序、设备操作培训等。此外，定期的安全培训和演练有助于保持操作员的安全意识和技能水平。通过建立严格的安全标准和提供全面的培训，可以最大程度地减少施工中的潜在风险，确保工作人员的安全，同时提高项目的成功率。

3 结语

通过对油气长输管道定向钻穿越施工技术的研究和分析，探讨了该技术的难点和应用。从施工前期准备、导向精度控制、扩孔和回拖施工以及风险防控管理等方面提出了相应的解决方案和措施。研究结果表明，定向钻穿越施工技术能够提高施工效率和质量，降低施工风险，为油气长输管道的建设提供了重要的技术支持。

参考文献：

- [1] 孙晓宇. 油气长输管道定向钻穿越施工技术探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(07): 16-18.