

天然气长输管道定向钻穿越卵石层的处理方法

梁术清（河南省天然气管网伊薛有限公司，河南 洛阳 471000）

摘要：在面对复杂的地质条件和地形起伏时，工程团队的协作配合至关重要。他们通过基坑开挖、预设套管、分段接管和钻机调度等一系列措施巧妙地应对挑战，最终成功地完成了高压天然气管道定向穿越任务。这些措施不仅有效降低了工程风险，也保障了工程的顺利实施。洛阳伊川-郑州薛店天然气输气管道工程的顺利进行，离不开工程团队的智慧和勇气。他们克服了各种困难，展现了专业技能和团队协作的重要性。这个成功案例不仅为类似工程提供了宝贵经验，也展示了工程团队在面对挑战时的应变能力和执行力。通过这次经历，他们不仅实现了工程目标，更打下了团队合作和技术创新的基础。

关键词：天然气；长输管道；卵石层；定向钻技术

天然气作为清洁能源的重要组成部分，其长输管道的建设与运营对于国家能源安全具有重要意义。在长输管道建设过程中，遇到卵石层的穿越是一个复杂的技术难题。卵石层具有颗粒大小不均匀、硬度较高等特点，对于传统的穿越方法提出了挑战。因此，研究天然气长输管道定向钻穿越卵石层的处理方法具有重要意义。

1 工程概况

洛阳伊川-郑州薛店天然气输气管道工程（下称“伊薛线”）西起伊川分输站东至薛店中心站，途经伊川县、登封市。为伊薛线一期工程，即伊川至登封段输气管道工程，西起伊川分输站，东至登封分输站，途径伊川县和登封市，线路水平长度约 62.7km，管径 D711mm，设计压力 6.3MPa，管道采用埋弧焊钢管，材质为 L450M。沿线设置站场 2 座：伊川分输站和登封分输站；阀室 2 座：江左阀室和石道阀室。根据岩土工程勘察报告显示，基土可分为耕表土层、粉土层、卵石层和砂岩层四个工程地质层，其中砂岩层又可细分为强风化砂岩、中风化砂岩和微风化砂岩三个亚层，各层结构组成和主要特征已经清晰描述在报告中。这些详细的地质资料对于今后的工程设计和土地利用规划至关重要。在工程建设过程中，必须对地基土的成因和特征有充分的了解，以便有效地应对可能存在的地质灾害风险。通过科学的勘察和分析，可以更好地保障工程的稳定性和持续性，确保港口的安全运营和开发利用。因此，在未来的工程规划中，需要充分考虑这些岩土工程勘察报告中的重要信息，以确保工程的可持续发展。

2 定向钻技术在卵石层穿越中的应用

定向钻技术是一种能够有效降低卵石层穿越难度的

方法。通过控制钻头的方向和角度，可以有效减少对卵石的挤压和磨损。同时，利用定向钻技术还可以提高穿越的准确性和效率，减少工程对环境的影响。因此，在天然气长输管道建设中，定向钻技术具有重要意义。

2.1 钻具设计

在卵石层穿越中，钻具的设计是至关重要的。一方面，要选择具有足够硬度和耐磨性的钻头，以适应卵石的硬度和密度；另一方面，钻具的强度和稳定性也要得到保障，避免因碰撞石块而导致断裂。此外，钻具的长度和弯度也需要根据穿越深度和曲率来进行调整，以确保钻孔的准确定向。

2.2 分段布管

为了避免因停顿过长而造成回拖阻力增大及塌孔风险，在采用分段预制的方法时，必须控制焊接及检验完毕时间在四小时以内。只有在曲率半径不小于 1 500 D 的前提下，管道才能被成功分段预制。经过测算，原回拖总长度约 800 m，穿越管道需分为两段，每段约 400 m，并在回拖过程中进行整体焊接。通过结合工程经验和地质情况，根据常规定向钻工程泥浆配比，可有效降低回拖阻力增大的风险。综上所述，严格控制焊接及检验的时间，对于“二接一”管段的构建至关重要，以确保整个管道工程的顺利进行。

2.3 参数设计

根据规范要求和勘测资料，穿越管段的设计需要考虑到各种因素的影响。在本穿越工程中，入土角度为 7° ，出土角度为 10° ，曲率半径取为 $1066.5D$ ，确保了钻孔、扩孔和管道回拖的顺利进行。此外，根据《油气输送管道穿越工程设计规范》的相关规定，钻机回拖力应按计算值的 1.5~3 倍考虑，以应对不同的工程情况。因此，在进行定向钻施工时，需要综合

考虑各项因素的影响，确保施工的顺利进行和工程质量的保证。通过严格遵守规范和细致勘测，可以有效提高工程的安全性和稳定性，为工程的顺利完成打下坚实的基础。

3 管道建设中的卵石层穿越实践

在实际的管道建设中，卵石层的穿越是一个常见的技术难题。针对这一问题，工程师们采取了多种方法来解决。比如，通过钻头的选用、注浆材料的优化、工艺参数的调整等手段，可以有效降低对卵石层的影响，提高穿越的成功率。

3.1 各种复杂的地质条件预设套管

为了保证管道回拖前的顺利成孔，阻隔卵（砾）石塌陷而破坏已成形的导向孔或预扩后的孔洞，本项目采取套管施工方式，在入土点夯进，总共 120m，利用套管度过入土点卵石层，降低穿越风险。通过处理方法，可以有效地考虑到两岸地形的差异，保障出入土点、出入土角、曲率半径和江底埋深符合规范。定向钻最深需达到中风化砂岩层，采用钢性套管穿过各层直至进入中风化砂岩层，确保施工顺利进行。详见图 1。

3.2 选择合适的穿越工具和设备

面对卵石层穿越的挑战，工程师和施工人员采取了一系列有效的应对措施和实践经验。首先是选择合适的穿越工具和设备。针对卵石层的特点，工程师会选用更强大的钻机和刀具等设备，以确保能够有效地穿越这种地层。

3.3 对地质条件进行详细的勘察和预测

在进行管道建设前，工程师会对卵石层的性质和分布进行详细的调查和分析，以便制定合理的施工方案和措施。最后是加强现场监理和施工质量控制。在管道建设过程中，工程师会加强对施工现场的监理和管理，确保施工质量和安全性，避免发生事故和问题。

3.4 卵石层穿越的实践经验

在实际的管道建设中，卵石层穿越的实践经验可以总结为以下几点。首先是根据地质条件合理设计和

选择穿越工具和设备，确保能够有效穿越卵石层。其次是加强对地质条件的勘察和分析，做好施工前的准备工作。同时，要加强施工现场的监理和管理，确保施工质量和安全性。最后是及时处理和解决在施工过程中遇到的问题和困难，保障工程顺利进行。

4 改进方案

为了进一步提高长输管道在卵石层的穿越效率，可采取以下改进方案：

4.1 优化定向钻技术

通过改进钻头的设计、提高定向钻机的控制精度等手段，提高在卵石层穿越过程中的钻进效率和准确性。随着科技的不断进步，定向钻技术也在不断优化和提升。近年来，随着油气勘探开采的需求不断增加，对于提高定向钻技术的要求也越来越高。为了在卵石层穿越过程中实现更高的钻进效率和准确性，需要不断改进钻头的设计以及提高定向钻机的控制精度。

首先，改进钻头的设计是提高定向钻技术效率和准确性的关键。传统的钻头设计在穿越卵石层时容易受到阻力的影响，导致钻进效率低下和钻孔精度不高。为了解决这一问题，钻头设计需要具备更好的适应性和抗阻能力，能够更有效地穿过卵石层并保持稳定的钻进状态。通过采用先进的材料和加工工艺，可以提高钻头的耐磨性和抗压能力，延长其使用寿命，并且提高钻进效率和准确性。

其次，提高定向钻机的控制精度也是优化定向钻技术的重要方向之一。定向钻机在穿越卵石层时需要保持稳定的方向控制和垂直度，以确保钻孔的准确性和质量。传统的定向钻机在控制精度方面存在一定的局限性，无法实现对钻进过程的实时监测和调整。为了提高控制精度，可以采用先进的传感器技术和自动化控制系统，实现对钻机运行状态的实时监测和调整，并且根据具体的地质条件和钻孔要求进行智能化的钻进控制。通过提高控制精度，可以有效降低钻进风险，提高钻进效率和准确性。

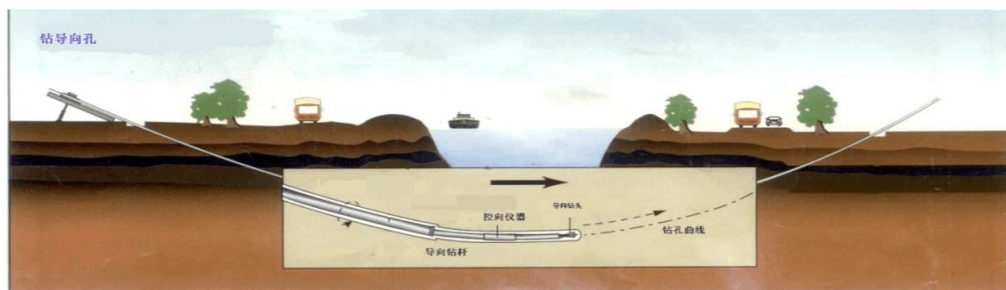


图 1 定向钻施工示意图

4.2 加强材料研发

研发出更加抗磨损的钻头材料，提高钻头的寿命和穿越效率。随着现代石油勘探技术的不断发展，钻进作业的要求也越来越高。传统的钻进技术已经不能满足勘探的需求了，因此如何提高钻头的寿命和穿越效率成为了钻进技术发展的关键。为了解决这一问题，石油勘探领域的科研人员们开始提出了优化定向钻技术，加强材料研发的方案。

经过长时间的研究和试验，科研人员们终于研发出了一种全新的钻头材料。这种材料不仅具有更高的硬度，更好的耐磨损性能，还具有更强的穿透力和稳定性。通过使用这种新型材料制造的钻头，勘探人员们发现，钻进作业的效率和质量得到了显著的提升。

除了优化钻头材料，科研人员们还对定向钻技术进行了深入的研究和改进。传统的定向钻技术存在着许多问题，比如定向误差大、精度低、穿越效率低等。为了解决这些问题，研究人员们对定向钻技术进行了全面的优化和改进。他们引入了先进的定向控制系统，通过计算机辅助设计和数值模拟技术，实现了钻进过程的精准控制。同时，他们还改进了钻进液的配方，提高了钻进液的循环效率和性能，减少了钻进过程中的摩擦阻力，进一步提高了穿越效率。

通过优化定向钻技术和加强材料研发，科研人员们成功地提高了钻头的寿命和穿越效率，为石油勘探作业带来了巨大的便利和效益。未来，他们将继续不断努力，探索更先进的钻进技术和材料，为石油勘探行业的发展做出更大的贡献。相信在他们的努力下，石油勘探行业将迎来更加美好的明天。

4.3 提高施工人员技能

加强施工人员的技能培训，提高他们在卵石层穿越中的操作水平，减少事故发生的概率。为了提高施工人员的技能和操作水平，公司决定加强培训工作。首先，公司将制定一套系统全面的培训计划，包括理论知识学习、实际操作演练、现场模拟练习等多种形式，以确保施工人员能够全面掌握卵石层穿越的技术要领和操作规程。同时，公司还将邀请行业内的专家学者进行现场指导和讲解，对施工人员进行定期考核和评估，及时发现问题并进行纠正。

公司将购买先进的施工设备和工具，提供给施工人员使用。这些设备将大大提高施工的效率和质量，同时也能够减少操作中的安全隐患，降低事故发生的概率。公司还将鼓励施工人员积极参加各种技能比赛和培训交流活动，提高他们的专业水平和团队合作意

识，从而增强整个团队的凝聚力和执行力。

公司将建立健全的安全管理制度，严格执行各项安全规定，强化施工现场的安全监管。公司将定期组织安全教育培训，加强施工人员的安全意识和责任意识，确保他们时刻保持警惕，做到安全第一。同时，公司还将建立事故预警机制和应急救援预案，提高处理危机事件的能力和应对措施，及时采取有效的应急措施，最大限度地保护施工人员的生命财产安全。

4.4 强化现场管理

加强现场管理，规范操作流程，确保施工安全和质量。在现代社会，建筑业是一个非常重要的产业，而施工现场管理是建筑工程中不可或缺的一环。为了确保施工安全和质量，加强现场管理显得尤为重要。在施工现场，工人们要严格遵守操作规程，打破迷信、超负荷作业、弊端掩饰等行为要杜绝，保证施工质量和工程进度。

在现场管理中，关键的要素包括管理人员的素质、操作规程的执行情况、施工设备的完好程度等。管理人员要具备专业技能和责任心，能够及时解决问题和做出决策。同时，施工现场的操作规程必须得到严格执行，不能有任何马虎的态度。另外，施工设备的安全性和完好性也至关重要，因为一旦设备出现故障，不仅会影响工程的进度，还会影响到工人们的生命安全。

为了加强现场管理，规范操作流程，施工单位应该建立一整套完善的管理制度，包括组织结构、管理流程、责任分工等。只有建立了这样的管理制度，才能确保施工现场的安全和质量。同时，施工单位还要不断加强对现场工作人员的培训和教育，提高他们的职业素养和安全意识，让他们能够熟练掌握操作技能，确保施工质量。

5 结论

天然气长输管道定向钻穿越卵石层是一个复杂的技术问题，需要采取有效的处理方法。定向钻技术是一种有效的解决方案，可以提高穿越效率和准确性。同时，工程师们也应该不断提高自身技术水平，研发更加适合的材料，加强现场管理，实现长输管道在卵石层的稳定穿越。

参考文献：

- [1] 颜慧明, 常威, 郭绪磊, 等. 岩溶水流系统识别方法及其在引调水工程隧洞选线中的应用 [J]. 地质科技通报, 2022, 41(1): 127-136.
- [2] 魏琦. 大口径管道水平定向钻穿越大型河流施工风险控制研究 [J]. 铁道建筑技术, 2024(3): 188-192.