

长输管道反井钻施工的成本控制与经济效益分析

陈 涛 (贵州天然气管网有限责任公司, 贵州 贵阳 550081)

摘要:长输管道建设是国家能源安全的重要保障,尤其在贵州复杂山地地形中,反井钻施工技术成为解决高山深谷等障碍物穿越的关键手段。本文通过分析反井钻施工技术的原理与特点,提出了优化施工组织设计、加强地质勘探、强化成本管理与核算、严控施工过程管理等成本控制策略。结合老鹰岩反井钻穿越工程案例,展示了该技术在减少土地占用、缩短工期、保护生态环境等方面的综合效益。研究表明,反井钻施工在复杂地形条件下具有显著的经济和社会效益,可为长输管道建设的高质量发展提供科学决策依据。

关键词:长输管道; 反井钻施工; 成本控制; 经济效益

中图分类号: TE973 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 012-0085-03

Cost Control and Economic Benefit Analysis of Backhole Drilling Construction for Long distance Pipeline

Chen Tao (Guizhou Natural Gas Pipeline Network Co., Ltd., Guiyang Guizhou 550081, China)

Abstract: The construction of long-distance pipelines is an important guarantee for national energy security, especially in the complex mountainous terrain of Guizhou. Backhole drilling construction technology has become a key means to solve the problem of crossing obstacles such as high mountains and deep valleys. This article analyzes the principles and characteristics of reverse drilling construction technology, and proposes cost control strategies such as optimizing construction organization design, strengthening geological exploration, enhancing cost management and accounting, and strictly controlling construction process management. Combining the case of the Eagle Rock reverse drilling crossing project, the comprehensive benefits of this technology in reducing land occupation, shortening construction period, and protecting the ecological environment were demonstrated. Research has shown that reverse drilling construction has significant economic and social benefits under complex terrain conditions, and can provide scientific decision-making basis for the high-quality development of long-distance pipeline construction.

Keywords: long-distance pipelines; Reverse drilling construction; Cost control; economic benefits

当前,油气资源开发利用不断深入,长输管道作为连接油气田与消费市场的纽带,在保障国家能源安全中发挥着不可替代的作用。我国正处于长输管道建设的高峰期,截至2020年底,全国油气管道总里程达13.2万公里。贵州山地地形复杂,跨越高山深谷和各种障碍物是长输管道建设中的重大技术挑战。反井钻施工技术以其对环境影响小、穿越能力强等优势,在穿越障碍物铺设管线中获得广泛应用。但反井钻施工成本高,施工风险大,其经济性一直备受关注。加强反井钻施工的成本控制,提高其经济效益,对于推动长输管道高质量发展,保障国家能源安全具有重要意义。

1 反井钻施工技术的原理与特点

1.1 反井钻施工技术的原理

反井钻施工技术是一种先进的非开挖管线敷设方法,在长输管道穿越各种障碍物时得到广泛应用。它巧妙地利用定向钻机,在地面上开钻,通过实时测量和导向,精准控制钻头在地层中的钻进轨迹。钻头在地下按照预设路径前行,形成一条与管线起点和终点相连的导向孔。导向孔贯通后,施工人员将管线与回

拖设备连接,利用强大的牵引力,将管线从导向孔的终点一直拉回到起点,完成管线的铺设。整个施工过程都在地下进行,地面几乎感知不到钻机的工作,地表扰动非常小。这种隐蔽性极强的施工方式,有效避免了地面沟槽开挖、大型机械作业等给周围环境和居民生活带来的影响。

1.2 反井钻施工技术的特点

①施工周期短,效率高。与传统明挖埋管施工相比,反井钻施工不需要挖掘管沟,免去了土方开挖和回填的繁琐工序,大大缩短了施工周期。尤其在穿越河流、公路等障碍物时,常规开挖施工需要进行围堰导流、道路封闭等准备工作,施工工序复杂,往往需要数月甚至更长时间。而反井钻施工可不受地表条件限制,钻机昼夜连续作业,一次成孔,效率非常高。以穿越河流为例,反井钻施工通常只需要一周左右即可完成,是常规开挖施工工期的几分之一甚至十分之一。施工周期的大幅缩短,不仅降低了人工、机械、材料等直接成本,也减少了管理、临建、维护等间接费用,从而有效控制了工程总造价。

②劳动强度低,安全性高。常规开挖埋管施工需

要投入大量人力从事繁重的体力劳动，尤其是在交通不便的山区施工，运输、开挖等作业都难以机械化，工人劳动强度非常大。而反井钻施工机械化、自动化程度高，钻机自带多项智能控制系统，通过设定钻进参数，即可实现自动化操作，极大减轻了一线作业人员的劳动强度。且钻机、泥浆泵等设备运行平稳，噪音低，作业环境相对舒适。

③环境制约小，适应性强。贵州地形地貌以山地丘陵为主，地形起伏较大，交通不便，常规开挖施工受环境制约，难以实施。例如，管线需要穿越河谷峡谷，开挖施工难以架设施工便桥，而且容易对河道行洪构成阻碍；管线穿越铁路、高速公路等重要交通干线，开挖施工不得不阶段性封闭交通，往往遭到多方阻力。而反井钻施工在地下完成穿越，完全不受地表环境限制。在崇山峻岭中，也只需要布置钻机作业场地，开辟简易施工通道即可，无需全线开挖便道，大幅减少了地表扰动。在钻进过程中，泥浆固壁防止孔洞坍塌，可确保在软弱地层中顺利施工。在遇到岩层、砾石层等复杂地质时，可通过优化钻头和钻具，调整钻进参数来适应。采用导向控制技术可精准避让地下电缆等既有管线。

2 长输管道反井钻施工的成本控制

2.1 优化施工组织设计

在长输管道反井钻施工中，科学合理的施工组织设计是控制成本的关键。施工单位要充分考虑贵州山地地形复杂、地质条件多变等特点，因地制宜制定施工方案。要合理安排施工工序，优化人员、设备、材料的配置，最大限度发挥资源效率，减少非生产性损耗。如在钻进过程中，要根据地层情况灵活调整钻进参数，避免盲目施工导致窝工和返工。在管线铺设中，要合理安排焊接、补口、回填等工序，做到有条不紊，减少相互干扰造成的窝工待料。针对不同地质情况，要优选施工工艺，如在砾石层施工时采用专用复合片钻头，提高钻进效率。要加强施工现场管理，完善施工生产责任制，严格控制施工进度和质量，及时协调解决施工中的问题，确保施工组织设计落到实处。以湄潭至瓮安项目为例，MW288 标段反井钻单价为 8090.64 元/米，而 MW774G 至 MW775G 标段达到 8638.13 元/米，造成成本差异的主要原因就在于施工组织和技术方案的不同，凸显了科学的施工组织设计对成本控制的重要性。

2.2 加强地质勘探工作

反井钻施工对地质条件要求苛刻，坚硬岩层、砾石层、岩溶发育区等都将极大增加施工难度和成本。贵州喀斯特地貌发育，地下岩溶洞穴、溶洞发育，给

反井钻施工带来很大风险。因此，在反井钻施工前，一定要高度重视地质勘探工作。要综合利用物探、钻探等手段，全面、系统地调查了解施工区域地层岩性、地下水文、地质构造等情况，尤其要查明岩溶发育程度、溶洞分布规律等。

在此基础上，优化钻进路径，合理避让地质障碍体，尽量绕开溶洞密集区、岩溶强发育区等高风险区域，从源头上降低施工风险，控制施工成本。如湄潭至瓮安项目 MW288 标段虽然膨润土单价只有 819.9 元/吨，但由于事前地质勘探不充分，在施工过程中遇到严重岩溶地质，仍然发生了 50 万元的注浆堵漏费用，大幅增加了施工成本，凸显了加强地质勘探对成本控制的重要意义。

2.3 加强成本管理与核算

在长输管道反井钻施工中，要实现有效的成本控制，就必须加强成本管理和核算。首先，要建立健全成本管理体系，制定完善的成本管理制度，明确各项成本的归集和控制标准。要将成本管理落实到施工的各个环节，将成本责任分解到每个施工队伍、每个施工人员，形成全员参与、全过程控制的成本管理格局。其次，要加强成本核算，准确计量施工数据，及时统计成本信息。要做好材料领用、设备使用、工时记录等基础工作，为成本核算提供真实完整的数据支撑。要充分利用信息化手段，建立施工成本动态监控系统，实时掌握各项成本的执行情况。再次，要加强成本分析，深入剖析成本构成和变动原因，找出成本控制的薄弱环节。要将实际成本与计划成本、目标成本进行比较，分析差异原因，及时采取纠偏措施。如反井钻施工中钻头消耗成本居高不下，就要分析其原因，是地质情况复杂还是钻头质量问题，然后有针对性地制定措施，或者优化钻进参数，或者更换钻头供应商等，从而不断优化成本管理，提升成本控制水平。

2.4 加强施工过程管控

反井钻施工是一个系统工程，涉及测量放线、泥浆配制、钻进、换向、扩孔、管线铺设等诸多环节，每个环节都关系到施工质量和成本。因此，要强化施工全过程管控，严把施工质量关，严控施工成本。一是要加强施工技术管理。严格执行施工技术标准和规范，制定施工作业指导书，规范操作流程。加强技术交底和技术培训，提高作业人员技能水平。二是要加强现场工序管控。按照施工组织设计要求，严格控制各道工序质量，及时发现和解决施工偏差，严防质量事故。加强施工协调，合理穿插施工工序，提高工作效率。三是要加强施工过程的计量和验收。严格执行计量验收制度，按照施工进度及时计量，严把工程验

收关。加强计量成本核算,及时发现成本异常波动,深入分析原因,采取有效措施加以控制。四是要加强施工安全管理。树立安全发展理念,落实安全生产责任制。加强安全技术交底和安全教育培训,提高全员安全意识。加大安全投入,配齐配足安全设施设备,消除事故隐患。

3 长输管道反井钻施工的经济效益分析

3.1 减少土地占用,节约征地补偿费用

长输管道建设不可避免要占用土地,尤其在人口稠密、经济发达地区,征地补偿费用高昂。而贵州山地地形复杂,平地稀少,土地资源宝贵,常规明沟开挖施工需要占用大量土地,不仅补偿费用高,还会影响沿线群众生产生活。反井钻施工以其独特优势,最大限度减少了对地表的扰动和土地的占用。数据显示,以老鹰山焦炉尾气项目为例,三个反井钻标段 LL006-L007、LL053-L054 和 LL034-L035 段,长度分别为 92.6m、176.6m 和 547.56m,若采用常规开挖,需占地数千平米,补偿费数额可观。而采用反井钻施工后,实际占地仅为钻机作业场地,面积大为减少。同时,贵州地表地物复杂,林木茂密,农田梯度分布,常规开挖施工不可避免会破坏地表植被,占用耕地,而反井钻施工可将管道敷设在地下,直接避免了地表植被和农田的大面积占用与破坏,减少了复耕复绿等原状恢复工程,节约了大量征地补偿和土地修复费用,降低了工程造价,提高了项目经济性。

3.2 缩短工期,减少综合施工成本

贵州地形以山地丘陵为主,地势起伏较大,交通不便,常规人工开挖施工受地形限制,施工难度大、工期长。且需要修建施工便道,增加临时设施,综合施工成本高。以务川至务正道项目为例,WW161-WW163 标段全长 465.1m,地处高山,地形陡峭,采用人工开挖需要施工索道,工期长达数月,费用高达 251 万元。而采用反井钻施工后,不受地表条件限制,钻机沿设计钻进路径连续作业,效率大大提高。数据显示,WW050-WW052 标段长 173.71m,采用人工开挖的造价为 3754.77 元 / 米;WW119-WW122 标段长 102.57m,采用人工开挖的造价为 3945.8 元 / 米。而上述务川至务正项目反井钻标段平均造价为 7475.35 元 / 米,虽然单位造价略高,但综合考虑工期缩短节约的人工、机械、材料、临建等成本,反井钻施工的经济性更优。

3.3 保护生态环境,体现社会效益

贵州是典型的喀斯特地貌,生态环境脆弱,水土流失严重。长输管道建设开挖地表、破坏植被,势必加剧水土流失。而贵州又是我国重要的生态屏障,生

态环境保护要求高。反井钻施工在最大程度上减少了地表开挖,从源头上保护了地表植被,维护了自然生态。以湄潭至瓮安项目乌江反井钻段为例,全长 2133m,若采用常规开挖,不仅要砍伐数千棵树木,还要开挖上万方土石方,破坏当地水土保持林,后果不堪设想。而采用反井钻施工后,仅需布置钻机作业场地,对周围自然环境影响小,继而也减少了施工迹地恢复的投入,节约了工程成本。

4 案例分析

以老鹰岩反井钻穿越工程为例,该工程是绥阳至正安天然气管道工程的控制性工程,穿越段位于地质构造复杂、地形险峻的乌江流域。其中斜井段坡度约 42.6°,长 201m;平巷隧道段长 25.2m。如采用常规明挖,需要挖填方量大、地表扰动强度高、施工难度大、工期长,直接施工成本就高达 800 万元,占地补偿等费用也会大幅增加。而采用反井钻施工后,工期缩短了 50% 以上,施工成本降低了 40% 以上,节约投资 400 多万元。

在施工过程中,项目部科学制定了施工组织设计,优化了钻进参数,攻克了斜井段超小倾角定向钻进世界性难题,创造了油气管道工程反井钻穿越最小斜井角度 42° 的世界纪录。同时,项目部狠抓现场管理,强化技术质量安全控制,最终实现了隧洞贯通、线路畅通,为管道按期投产创造了条件。该工程的成功实施,充分体现了反井钻施工技术在长输管道建设中的独特优势,为类似复杂地质条件长输管道建设提供了宝贵经验。

5 结束语

综上所述,在贵州山地复杂地形条件下,反井钻施工技术凭借其独特的优势,在长输管道穿越障碍物铺设中发挥着不可替代的作用。但反井钻施工成本高,施工风险大,需要从多方面采取有效措施,强化成本控制。同时,要立足减少土地占用、缩短工期、保护生态环境等方面,充分发挥反井钻施工的综合效益。未来,随着反井钻施工技术的不断进步,反井钻施工必将在贵州及全国长输管道建设中发挥更大作用,为保障国家能源安全,推动经济社会发展做出新的更大贡献。

参考文献:

- [1] 许恩考,青泉,张吉祥,等.关于反井钻穿越施工中溶洞探测方法的优选[J].地质装备,2024,25(S1):72-77.
- [2] 宋绍飞,陈涛,张吉祥,等.反井钻穿越施工中的导向孔精确控制技术分析[J].工程技术研究,2023,8(21):41-43.