

山区输气管道施工技术与经济性分析

夏孝财（中石化石油工程设计有限公司成都分公司，四川 成都 610031）

亚奥松（天津宝坻区中油昆仑燃气有限公司，天津 301800）

摘要：本文旨在探索山区输气管道施工技术与技术优化带来的经济效益。文章概述了山区输气管道施工常见风险，总结了山区输气管道施工的技术要点，并针对常见风险和施工要点提出了一系列的山区输气管道施工技术优化策略，针对优化策略本文也从设计成本节约、施工成本控制、运维长期收益、环境成本减少等角度进行了全面的经济性分析。

关键词：山区输气管道；管道施工技术；经济性

0 引言

随着我国天然气需求的持续增长，山区输气管道作为能源运输的重要基础设施，其施工技术和经济性分析显得尤为重要。山区地形复杂，地质条件多变，对施工技术提出了较高要求，同时也带来了较大的施工成本压力^[1]。因此，探索有效的施工技术和优化策略，平衡技术可行性与经济性，成为当前研究的热点和难点。

1 山区输气管道施工常见风险分析

山区输气管道施工面临多种风险，特别是在复杂的自然环境和地质条件下，施工中常常遇到各种不可预见的挑战，主要可分为地质、环境、施工和安全四个方面。

1.1 地质风险

山区的地质条件复杂多变，常伴随软土、岩溶、崩塌和滑坡等不利因素，这些问题对管道的施工和稳定性构成严重威胁^[2]。软土区域可能因地基沉降，岩溶地貌地下空洞可能导致管道悬空，从而导致管道变形或断裂；而滑坡区的风险尤为突出，滑坡不仅在管道建设期影响施工进度和安全，在运营期，还会增加管道失稳风险，造成人员伤亡和经济损失。因此，准确的地质勘察和地灾风险评估是确保项目顺利进行的关键。

1.2 环境风险

山区生态环境脆弱，施工过程中容易对植被、水源等造成破坏。机械作业和土方开挖可能导致大面积植被破坏，增加水土流失的风险，进而影响水源和生态平衡。暴雨、冻雨等极端山区气候，可能导致施工延误、设备损坏和安全隐患^[3]。此外，施工过程中若未妥善处理试压废水等，水源污染也可能对周边环境产生严重影响。因此，施工团队必须高度关注气候变化，采取措施减少施工对环境的负面影响。

1.3 施工风险

山区地形起伏不平，施工现场通常较为狭窄且坡度陡峭，不利于设备运输和施工场地布置。尤其在高海拔地区，特种设备和技术是确保管道精确安装的必要条件^[4]。地形限制可能影响管道安装和焊接施工质量。此外，山区的交通状况差，材料运输困难，增加了施工风险。

1.4 安全风险

山区施工环境复杂多变，滑坡和崩塌等地灾风险高。在高陡坡段，施工人员需要进行高空作业或操作大型机械设备，安全隐患较大，若防护措施不到位，易发生滑坠或摔伤事故。因此，施工过程中必须加强安全培训和规范操作，确保施工人员具备应对各种安全风险的能力。

2 山区输气管道施工技术要点

山区输气管道施工面临的技术难题主要来源于地形复杂、地质条件不稳定以及环境因素的多变。为了确保工程质量与安全，施工技术必须针对实际情况进行优化调整，涵盖勘察设计、地基处理、地灾隐患治理、管道组焊、防腐保护和施工组织等多个关键环节。

2.1 勘察与设计

施工前的地质勘察至关重要，必须深入了解岩层结构、岩溶发育情况和水文地质等因素。这些信息为管道设计提供基础数据，帮助规避软土或岩溶等不良地质带来的风险。设计应根据地质勘察结果采用合理的设计方案，确保管道能够适应山区复杂的地质环境，避免地面沉降、滑坡等地质灾害的影响。管道的走向、埋深和水工保护要灵活调整，具有针对性。

2.2 地基处理

软弱地基和不良地质条件对管道的稳定性构成威

胁，需要采用有效的地基加固技术。对于软土或松散土层，可通过换填或加固法提高地基承载力；对于水文条件复杂的区域，注浆加固或防水处理能够有效防止地基沉降或水流冲刷^[5]。此外，应合理设置截排水措施，避免水流积聚和地下水侵蚀。

2.3 焊接与安装

山区施工的特殊地形要求管道的焊接与安装必须精确无误。由于作业空间狭小，自动化焊接设备的使用能够提高效率并减少人工误差。同时，使用射线、超声等检测技术对焊缝检测，能够及时发现并据此修复焊接缺陷，确保管道焊接的可靠性。在安装过程中，应严格控制管道的对接角度和错边量，严禁强行组对。

2.4 防腐与保护

山区的湿润环境和腐蚀性较强，管道需要采取有效的防腐措施。管道外防腐与阴极保护相结合，可以有效延长管道的使用年限。此外，山区地形变化大，防护设施如护坡和防坠措施必须到位，以避免损坏管道防腐层。

2.5 施工组织

施工组织好坏直接影响工程进度与质量。在山区，交通条件差，物资运输和设备调度需要特别优化。施工顺序的科学安排，避免各环节交叉作业，提高施工效率。同时，运输路线和作业设备的配置要根据山区的地形特征进行调整，确保物资及时到达，保障施工的顺利进行。

3 山区输气管道施工技术优化策略分析

针对山区输气管道施工中遇到的技术难题与风险，可以采取优化策略来提升施工效率、确保工程质量，同时减少环境影响和安全隐患。通过合理运用信息技术、设备优化、绿色施工以及人员培训等手段，可以有效提高施工的综合水平，为山区复杂环境下的管道建设提供强有力的保障。

3.1 综合应用信息化技术

信息化技术的引入为山区输气管道施工提供了新的解决思路。GIS（地理信息系统）和BIM（建筑信息模型）技术的结合，可以在项目初期就对施工方案进行全面数字化设计与模拟。GIS技术提供了地形、地质、气候等方面的空间数据支持，帮助建设方进行科学决策，确保管道路由、埋深等关键设计参数合理。同时，BIM技术通过三维建模，能够精确呈现施工过程中的各类细节，减少设计误差和施工过程中的冲突。在施工阶段，无人机的实时监测技术也能发挥重要作用，利用无人机对施工进度进行实时监控，及时掌握

现场情况，减少人工巡查带来的误差，并通过数据反馈调整施工计划，从而提高工程效率和施工质量。信息化技术的集成应用，不仅能提升施工精准度透明度，还为施工管理的优化决策提供了强有力的数据支持。

3.2 提升设备适应性

山区输气管道施工的地形条件复杂，传统施工设备常常难以适应狭窄、陡峭的环境。为此，引入适应山区地形轻型、便携式施工设备显得尤为重要。小型挖掘机、便携式焊接设备等不仅能够满足在复杂地形中的作业需求，还能显著减少设备运输和安装的难度。此外，这些设备通常具备较高的机动性和较短的安装时间，可以在施工过程中快速调配，保证施工进度的连续性与稳定性。同时，采用新型设备不仅有助于提高施工效率，减少施工难度，还能降低因设备故障而产生的安全隐患，进一步确保施工的顺利进行。

3.3 推进绿色施工

山区的生态环境相对脆弱，施工过程中若不注重环保，将对自然环境造成不可逆的破坏。因此，推进绿色施工成为现代山区输气管道建设的重要目标。在施工过程中，应尽可能减少对环境的干扰，避免使用过多的爆破作业，转而采用机械开挖或其他更为环保的施工方式，降低噪声、震动及扬尘对周围环境的影响。此外，植被恢复和水土保持措施的推广，能够有效保护山体的生态环境，防止水土流失和土地退化。通过优化弃渣场设置、作业带土石方倒运等绿色施工技术，有助于保护施工区域的生态环境。绿色施工不仅是对环境的保护，也体现了施工企业的社会责任感和可持续发展意识。

3.4 加强人员培训

山区输气管道施工的复杂性和危险性要求施工人员具备多领域的知识和技能。为了确保施工质量与安全，必须加强对施工人员的岗前培训。通过定期组织技术培训、专业讲座和模拟演练，能够有效提升施工人员的专业素养和应急处理能力。在地质勘察与风险评估方面，人员需要熟练掌握山区特有的地质结构和潜在危险，能够及时发现和应对不同地质环境下可能出现的问题。焊接技术的培训则能够提高焊接人员对不同焊材和焊接工艺的操作水平，确保焊接质量。此外，安全管理方面的培训则着重强化施工人员的安全意识，特别是在高风险区域如悬崖、陡坡等地带作业时，严格遵循安全操作规程，杜绝因人为疏忽造成的安全事故。通过系统的培训和演练，施工团队能够应对各种复杂和突发的施工环境与风险，提升团队的整体

体素质和协同作战能力。

3.5 优化施工组织管理

山区施工的复杂性要求施工组织管理必须具备高度的灵活性和效率。根据山区特殊的地理条件，传统的施工模式往往无法适应实际需求，因此需要调整施工组织结构，采用更为灵活的作业模式。例如，模块化施工和流水作业相结合，可以在确保施工质量的同时提升效率。模块化施工使得陡坡段管道组焊可以在较为平坦的区域预制，再运输到现场安装，从而减少现场安装的难度。而流水作业则通过合理安排施工工序和人员配置，使得各施工环节得以并行推进，从而提高施工效率。此外，良好的沟通与协调机制也至关重要。在山区施工中，由于现场环境复杂，信息流通往往面临障碍，因此建立高效的信息共享平台和沟通机制，可以确保各施工团队和管理部门之间的协作更加顺畅，减少信息滞后或失真，避免协调不当导致的工期延误和资源浪费。

4 山区输气管道施工技术优化的经济性分析

施工技术优化不仅有助于提高工程质量与安全性，其核心目标之一是降低工程整体成本。通过有效的经济性分析，可以更好地实现成本控制，同时确保项目的可持续发展。具体来说，优化设计、施工和运维等各个阶段，都可以通过技术手段减少不必要的开支，并提高资源的使用效率。

4.1 优化设计阶段的成本节约

在设计阶段，通过详细的地质勘察和数字化设计的应用，能够有效避免因设计问题导致现场返工和变更。例如，利用 GIS 技术精确规划管道路由，可以充分考虑地质、气候和地形等因素，避免不合理的线路选择，从而降低后期地灾治理、水工保护等成本。同时，数字化设计平台能够在施工前进行可视化模拟，发现潜在的设计缺陷并进行调整，减少施工过程中未预见的投资，从而在项目前期就实现了成本节约。

4.2 施工阶段的成本控制

在施工阶段，采用轻型设备和自动化技术可以有效降低人力成本和设备运输费用。引入山区段适用的小型设备，能够提高作业灵活性并减少大型设备的运输成本。同时，借助信息化管理系统来监控和调度施工进度，能够提高作业效率，减少资源材料浪费，进而缩短工期并降低间接成本。通过这些技术的应用，施工阶段的成本能得到有效控制，从而提升项目的整体经济性。

4.3 运营阶段的长期收益

高质量的施工和技术优化不仅对建设期至关重

要，也对影响后期管道运营。例如，采用先进的防腐方案和管材可以大大降低管道的维护频率和维修成本。高标准的焊接检验技术，能够确保管道的长期稳定运行，减少因焊缝质量问题导致的修复费用。此外，水工保护和水土保持措施也能有效减少环境治理费用，从而进一步降低项目的总体运维成本。长远来看，优化施工技术不仅为施工阶段带来了短期的成本节约，也为后期的运营提供了经济保障。

4.4 环境成本的减少

绿色施工措施可减少对生态环境的破坏，从而降低环境修复成本和避免相关处罚。在建设期，严格控制施工作业带范围，采取水土保持、植被恢复等环保措施，可以有效减少施工后水土流失及生态破坏的经济损失。通过科学规划施工便道、堆管场等，能够避免对生态环境的过度干扰，减少生态恢复的压力。此外，绿色施工还符合相关环保政策，避免因环保违规而产生的处罚费用。总的来说，绿色施工不仅保护了环境，也从长远来看减少了环境治理相关的高额支出，从而提升了项目的经济性。

5 结语

山区输气管道施工技术的研究具有重要的工程实践意义和经济价值。本文通过分析山区施工的常见风险，提出施工技术要点和优化策略，并从经济性角度进行了全面评估。结果表明，通过科学设计、技术优化和高效管理，不仅可以显著提升工程质量和安全性，还能实现成本的有效控制，为未来山区输气管道建设提供了有益借鉴。今后，应进一步结合实际工程案例，深入研究新技术、新方法，以应对更复杂的工程挑战。

参考文献：

- [1] 马滔. 山区天然气长输管道工程监理风险管控 [J]. 建设监理, 2023,(09):76-78.
- [2] 吴运涛. 浅议滑坡变形对输气管道安全的影响分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023,43(11):139-141.
- [3] 蒲草. 山区地段长输天然气管道安全运行策略研究 [J]. 中国科技投资, 2021,(33):150-153.
- [4] 薛振华. 天然气管道山区地段施工程序概述 [J]. 化工管理, 2015,(25):153-154.
- [5] 任艺靖, 张金锁, 唐海元. 天然气管道施工常见安全问题及防控措施 [J]. 化工管理, 2015,(04):109-110.

作者简介：

夏孝财 (1997-) , 男, 汉族, 四川荣县人, 助理工程师, 本科, 学士, 研究方向: 气田集输设计、天然气长输管道设计。