

山区农村供水管道施工中地形适应性技术研究与应用

宋稼祥¹ 王海军²

1. 滦平县抗旱服务中心站 河北 承德 068250

2. 滦平县水务局 河北 承德 068250

摘要：山区农村地形复杂，给供水管道施工带来诸多挑战。关键地形适应性技术涵盖路由优化、特殊地形敷设、管材选择与连接等方面。但目前技术应用存在勘察精度不足、集成度低等问题，可通过构建一体化勘察体系等策略优化，未来应朝着智能化、低成本、标准化方向发展，以推动山区农村供水管道工程高质量发展。

关键词：山区农村；供水管道；地形适应性；施工技术；管道运维

引言：山区农村地形复杂多样，高差大、坡度陡、地质结构多变，给供水管道施工带来诸多挑战，如管道受力不均、开挖困难、材料运输受阻等。为应对这些难题，需采用地形适应性技术，涵盖路由规划、特殊地形敷设、管材选择连接等方面。然而，当前技术应用存在勘察精度不足、技术集成度低、运维适配性差等问题。在此背景下，探讨山区农村供水管道地形适应性技术及其发展方向具有重要的现实意义。

1 山区农村地形特征及对供水管道施工的影响

山区农村地形展现出极为显著的复杂性与多样性特征，为供水管道施工带来了诸多挑战。（1）从地形主要特征来看，山区农村地形高差巨大，在同一区域范围内，海拔落差常常可达数百米之多。坡度普遍在 25°以上，部分区域甚至会形成悬崖、陡坡等极端地形，地势起伏极为剧烈。地质结构也异常复杂，既有岩石裸露区，岩石坚硬，开挖难度大；又有松散堆积层，土壤松散，稳定性差；还存在滑坡易发区，安全隐患突出。不同区域的土壤承载力差异明显，这给管道基础的稳定性设计带来了极大困难。地表植被十分茂密，林地、灌木丛广泛覆盖，大大增加了地表清理的工作量和成本。水文条件也较为特殊，雨季时，雨水迅速汇聚形成坡面径流，对地表产生强烈的冲蚀作用；旱季则可能面临水源不足的问题，影响施工用水和后期供水保障。这些特征相互交织、彼此影响，共同构成了山区供水管道施工的复杂环境。（2）地形因素从多个方面对供水管道施工产生制约。高差与陡坡使得管道敷设需要频繁地上坡和下坡，这极易导致管道受力不均匀，增加接口断裂的风险，影响管道的正常使用和供水安全。岩石层的广泛分布让开挖施工变得异常艰难，传统的开挖方式不仅效率低下，还容易破坏山体的稳定性，引发山体滑坡等地质灾害。在松散堆积层区域施工时，边坡坍塌的风险较

高，严重威胁施工人员的生命安全。茂密的植被不仅增加了施工场地的清理成本，而且植被破坏后还可能引发水土流失，间接影响管道基础的稳定性，缩短管道的使用寿命。此外，复杂的地形导致施工材料运输困难重重，大型设备难以进入施工现场，进一步制约了施工进度和施工质量。（3）针对山区地形的这些特点，供水管道施工的地形适应性技术需满足三大核心需求。一是路由规划要具备高度的灵活性，能够在复杂的地形中精心选择最优路径，平衡施工难度与管道安全，确保管道敷设既经济又可靠。二是施工方法要具有很强的针对性，针对岩石、陡坡、沟壑等不同的特殊地形，采用差异化的施工技术，最大程度降低对地形的扰动，保护山区生态环境。三是管道系统要具备出色的稳定性，通过科学合理的管材选型、基础处理等技术手段，确保管道在地形应力（如滑坡推力、不均匀沉降）的作用下能够长期稳定运行。同时，技术还需兼顾经济性与生态性，适应山区农村的经济条件和环境保护要求，实现可持续发展^[1]。

2 山区农村供水管道施工中的关键地形适应性技术

2.1 管道路由优化与勘察技术

在管道工程建设中，管道路由优化与勘察技术至关重要。路由优化技术借助多因素耦合分析来精准选定最优路径，全面考量地形坡度、地质稳定性、水源位置、村庄分布等关键要素。秉持“避险就易”原则，优先选取缓坡、台地等有利地形，最大程度减少穿越陡坡、沟壑的长度，降低施工难度与风险。勘察技术上，创新融合无人机航测与地面勘探手段。无人机航测可快速获取大范围地形数据，地面勘探如轻型触探、地质雷达等能深入探测地质信息，二者结合构建三维地形模型，精准识别滑坡、崩塌等潜在危险区域，为路由规划提供坚实的数据支撑。对于植被茂密区，采用先进的激光雷达（LiDAR）技术，它能穿透植被层，获取高精度的地表

形态数据,有效提升勘察效率与精度,确保管道路由规划的科学性与合理性。

2.2 特殊地形管道敷设技术

在管道敷设工程中,面对复杂多样的特殊地形,需针对性地开发专项敷设技术。(1)对于陡坡地形,采用“分段开挖+锚固支撑”技术。沿等高线有序敷设管道,开挖过程中设置临时挡土墙,有效防止土体滑落。同时,在管道外侧运用锚杆或锚索进行固定,最大程度减少对山体的扰动,保障施工安全与周边环境稳定。

(2)在岩石区,应用非爆破开挖技术,如利用液压破碎锤、静态破碎剂等,避免传统爆破对山体结构的破坏。配合小型隧道掘进设备,如微型盾构,实现管道的地下穿越。(3)沟壑地形则采用架空管道与埋地管道结合的方式。浅沟区域采用沟埋敷设,并做好防冲刷处理;深沟区域采用桁架式架空管道,确保跨越结构稳固。针对松散坡积层区域,通过换填碾压(如碎石垫层)或土工格栅加固技术,增强管道基础的承载力,保障管道长期稳定运行^[2]。

2.3 管材选择与连接适应性技术

管材选择与连接适应性技术是保障管道系统安全稳定运行的关键环节,需综合考量地形适应性与经济性。在高差显著、坡度陡峭的区域,要选用抗冲击与耐压性能卓越的管材。聚乙烯(PE)管凭借其良好的柔韧性,可有效适应一定程度的局部地形变形,降低因地形起伏导致的管道破损风险;球墨铸铁管则具备强大的抗剪切能力,尤其适用于岩石区等复杂地质环境。在易发生沉降的松散层区域,优先采用具有柔性接口的管材,像橡胶圈密封的PE管或承插式球墨铸铁管,它们允许管道产生微小轴向位移与转角,避免因地基沉降引发管道断裂。连接技术上,PE管采用热熔对接,确保接口严密无渗漏;球墨铸铁管运用机械接口。对于振动较大的区域,如坡脚,在接口处增设防震橡胶垫,进一步提升管道系统的抗振性能,保障长期稳定运行。

3 地形适应性技术应用中的问题与优化策略

3.1 技术应用现存问题

在地形适应性技术的实际应用过程中,目前暴露出三方面较为突出的短板。(1)勘察精度严重不足。在部分山区,地形复杂多变,然而在勘察环节仍过度依赖传统经验判断地形状况,缺乏高精度的三维建模技术支持。这使得路由规划缺乏科学依据,不够合理。在后续施工及使用过程中,常常出现管道暴露在外、基础沉降等不良情况,不仅影响管道的正常使用寿命,还可能引发安全事故,造成资源浪费和经济损失。(2)技术集

成度处于较低水平。各单项技术,如开挖、支护、管材连接等,往往是独立应用,未能形成一个有机的系统性解决方案。在面对复杂地形时,各技术之间难以协同配合,容易出现“技术盲区”,无法全面有效地解决实际问题。(3)运维适配性较差。在施工阶段,没有充分考虑后期维护的需求,导致特殊地形区域的管道检修通道缺失,一旦发生漏水等问题,检测与修复难度极大,严重影响供水的连续性和稳定性。

3.2 技术优化策略

为有效解决地形适应性技术应用现存问题,可从以下三个关键方面进行优化。(1)构建“空-地-钻”一体化勘察体系。充分融合无人机航测、LiDAR(激光雷达)以及地质钻探等多源数据,通过先进的数据处理与分析技术,建立高精度的地形地质模型。该模型可实现路由规划的可视化与量化分析,使规划人员能直观、精准地掌握地形地质信息,从而制定出更为科学合理的路由方案,从源头上避免后期出现管道暴露、基础沉降等问题。(2)开发模块化技术集成方案。依据不同地形类型,如陡坡型、岩质型、沟谷型等,将路由规划、特殊地形施工、管材适配等技术进行系统整合,形成标准化模块。这种模块化设计可提升技术应用的系统性,避免“技术盲区”的出现。(3)推行“施工-运维”一体化设计。在施工阶段预留检修井、检测通道,如沿管道敷设光纤传感器;对架空管道设置检修平台,埋地管道采用可探测管材,降低后期维护难度,保障供水连续性。

3.3 生态适应性强化技术

鉴于山区生态敏感的显著特性,强化施工技术与生态环境的兼容性至关重要。(1)在施工环节,大力推行“微创开挖”技术。针对植被茂密区域,运用定向钻非开挖敷设管道,最大程度减少地表开挖面积,有效保护地表植被和土壤结构,降低对山区生态系统的直接破坏。(2)在管道基础处理方面,优先选用本地材料,如片石、夯土等。这不仅降低了外来材料运输过程中的能源消耗与成本,还能减少因材料运输对周边生态造成的扰动。(3)施工结束后,及时开展生态修复工作。对开挖边坡采用喷播植草、生态袋护面等先进技术,快速恢复植被覆盖,防止水土流失,维护山区生态平衡。此外,优化管道走向,精心避让古树、溪流等生态敏感点,从规划层面实现供水工程与山区生态系统的和谐共生、协调发展,确保在满足供水需求的同时,守护好山区的绿水青山。

4 山区农村供水管道地形适应性技术的发展方向

4.1 智能化与数字化技术融合

在未来,地形适应性相关技术将深度向智能化方向迈进,实现智能化与数字化技术的深度融合。(1)借助BIM(建筑信息模型)技术,能够构建起涵盖管道全生命周期的数字模型。该模型可全面整合勘察、设计、施工等各阶段的数据,让技术人员在虚拟环境中对地形适应性技术进行可视化模拟与优化,提前发现并解决潜在问题,避免实际施工中的失误与返工。(2)通过物联网技术,在管道的关键节点合理布设各类传感器,如压力传感器、倾角传感器等。这些传感器能实时、精准地监测管道的运行状态以及周边地形变化,一旦检测到滑坡、沉降等风险迹象,可立即发出预警,为及时采取应对措施争取宝贵时间。(3)引入先进的人工智能算法,基于海量的历史数据和独特的地形特征,自动分析并推荐最优的路由与施工方案,大幅提升技术应用的精准性和科学性,推动管道工程建设向智能化、高效化发展。

4.2 低成本轻量化技术创新

考虑到山区农村相对有限的经济条件,开发低成本且适应性强的技术势在必行。(1)在施工设备方面,着力研制小型化设备。像便携式液压破碎机、轻型定向钻等,这类设备体型小巧、灵活便捷,能够很好地适应山区狭窄的作业场地,克服大型设备难以进入和施展的难题,降低设备转运与使用成本。(2)材料应用上,大力推广本地化材料技术。充分利用山区丰富的石材资源制作管道支墩,既坚固耐用又节省运输费用;采用竹筋混凝土加固边坡,竹子在山区易获取,能有效降低材料成本,同时保障边坡稳定性。(3)管材选择上,依据山区用水量小、高差大的特点,优化管材规格。选用小口径(如DN50-DN150)高压管材,在满足供水需求的同时,减少管材消耗,降低施工难度,从多个环节实现成本控制,推动山区农村管道工程的经济高效建设^[3]。

4.3 标准化与规范化体系建设

为推动地形适应性技术在山区农村供水管道工程中

的科学、广泛应用,构建标准化与规范化体系至关重要。(1)制定全面且细致的山区农村供水管道施工技术规范。针对陡坡、沟壑、岩石等不同地形类型,明确各项关键技术要求,如边坡开挖坡度需精准控制以保障边坡稳定,管道埋深要依据地质条件和冻土层深度合理确定,支护强度应能抵御地形应力与外力冲击,为施工提供明确准则。(2)建立科学的技术评价指标体系。从施工效率、管道稳定性、生态影响、运维成本等多个维度量化技术适用性,通过客观评价筛选出最优技术方案。(3)开展系统的技术培训与推广活动。向山区施工团队普及地形适应性技术要点,提升基层人员的技术应用能力。通过标准化建设,保障技术应用的一致性与可靠性,推动山区农村供水管道工程高质量发展。

结束语

山区农村供水管道地形适应性技术是保障供水安全、推动山区发展的关键支撑。面对复杂地形带来的诸多挑战,从路由优化、特殊地形敷设到管材连接等关键技术不断突破,虽在勘察精度、技术集成和运维适配等方面仍存问题,但通过构建一体化勘察体系、开发模块化技术方案等策略正逐步优化。同时,生态适应性强化、智能化与数字化融合、低成本轻量化创新以及标准化规范化建设等发展方向,为技术升级指明路径。未来,随着这些技术的持续完善与应用,山区农村供水管道工程将实现更高效、安全、经济且生态友好的建设,为山区居民提供稳定可靠的供水保障,助力山区乡村振兴。

参考文献

- [1]任正师.排水管网改造工程短管内衬非开挖修复施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(09):133-135.
- [2]林亚惠.强夯施工在供水管道安全控制范围内的应用[J].中国建设信息化,2020(08):67-69.
- [3]练余波.农村安全饮水供水管道安装工程施工策略[J].农家参谋,2020,No.654(09):13-13.