

关于长输天然气管道施工管理详述

李 波

国家石油天然气管网集团有限公司建设项目管理分公司 河北 廊坊 065000

摘 要：长输天然气管道施工管理涉及多环节与复杂目标，涵盖从设计到竣工验收的全流程。管理需聚焦安全、质量、进度与成本四大核心，通过精准风险评估、严格质量标准把控、PERT/CPM 进度计划编制、动态成本核算及生态保护举措等，应对地质灾害、技术难题与多参建方协调等挑战，以实现管道安全稳定运行与经济效益、环境效益的统一。

关键词：长输天然气管道；施工管理；优化策略

引言：长输天然气管道作为能源输送的“生命线”，其施工管理直接关系到国家能源安全、区域经济发展及生态环境保护。随着管道建设向长距离、大口径、复杂地质条件方向发展，施工管理面临技术要求高、安全风险大、协调难度强等多重挑战。本文系统阐述长输天然气管道施工管理的核心目标、关键环节及优化策略，旨在为提升施工效率、保障工程质量、实现绿色低碳建设提供理论支撑与实践参考。

1 长输天然气管道施工管理概述

1.1 长输管道工程特点

(1) 线路长、跨度大、地质条件复杂。管道通常跨越多省市、多地貌单元，涵盖山地、丘陵、河流、湿地等多种地形，部分区域地质稳定性差，易受自然灾害影响，给线路规划和施工实施带来极大挑战。(2) 施工周期长、技术要求高、安全风险大。工程建设涉及勘察、设计、施工、验收等多个环节，整体周期通常长达数月甚至数年；焊接、防腐、试压等关键工序对技术参数和施工工艺要求严苛，直接影响管道运行安全性；同时，施工过程中涉及高空作业、动火作业等高危环节，易发生人员伤亡、设备损坏或天然气泄漏等安全事故。

1.2 施工管理核心目标

(1) 安全目标：保障施工全过程人员生命安全、设备完好，避免对周边生态环境造成破坏，杜绝重大安全事故和环境污染事件。(2) 质量目标：严格把控管道本体材质、焊接接头强度、防腐层耐久性等关键指标，确保工程质量符合设计规范和行业标准，保障管道长期稳定运行。(3) 进度目标：科学制定施工计划，合理调配人力、物力、财力等资源，有效控制各阶段施工进度，确保工程按期完工。(4) 成本目标：严格执行预算管理，优化施工方案，降低物资采购、施工损耗等成本，在保障安全和质量的前提下实现经济效益最大化。

1.3 施工管理主要阶段

(1) 设计阶段管理：重点开展可行性研究论证、初步设计优化及施工图审查工作，确保设计方案兼顾技术可行性、经济合理性和安全可靠。(2) 施工准备阶段管理：完成工程招标、合同签订工作，统筹推进物资采购储备、施工队伍组建及岗前培训等筹备工作，为施工顺利开展奠定基础。(3) 施工阶段管理：强化现场协调调度，严格落实技术方案实施要求，对施工质量、进度、安全进行动态监控，及时解决施工过程中出现的各类问题。(4) 竣工验收阶段管理：组织开展管道试压、通球清管等专项检测工作，完成工程资料整理归档，做好投产前的各项准备工作，确保工程顺利交付使用^[1]。

2 长输天然气管道施工管理的关键环节

2.1 施工安全管理

(1) 安全风险识别与评估。全面排查施工沿线地质灾害（如滑坡、泥石流、地震活跃带）、第三方破坏（如周边施工扰动、人为挖掘）、焊接缺陷（如未焊透、裂纹）、高压作业泄漏等潜在风险，采用定性与定量结合的方法开展风险评估，划分风险等级并建立动态风险台账。(2) 安全管理体系构建。建立健全HSE（健康、安全、环境）管理体系，明确各岗位职责与考核标准；制定针对性应急预案，涵盖火灾、爆炸、天然气泄漏、地质灾害等突发事件的处置流程、人员疏散方案及物资保障清单；定期开展安全培训教育，重点强化高危作业人员操作规范、应急处置能力培训^[2]。(3) 典型案例分析。以某山区管道工程坍塌事故为例，其核心诱因是前期地质勘察不充分，未识别出边坡不稳定风险，施工中扰动坡体导致坍塌。对应预防措施包括：强化前期地质详勘精度，对高风险边坡采取支护加固措施，施工中实时监测坡体位移，严禁违规超挖作业，建立边坡风险预警机制。

2.2 施工质量管理

(1) 质量标准与规范。严格执行《输气管道工程设计规范》《天然气管道运行规范》等国家标准，契合行

业专项技术规范要求,同时结合企业内部质量管控标准,形成“国标+行标+企标”的三级标准体系,明确各工序质量验收指标。(2)关键工序质量控制。焊接工艺需提前开展工艺评定,严控焊接电流、电压、焊接速度等参数,避免出现气孔、夹渣等缺陷;防腐涂层施工前需彻底清理管道表面锈蚀,确保涂层附着力与厚度达标,重点管控接口处防腐处理;穿越河流、公路等关键段工程,需强化基坑支护、管道铺设精度及回填压实质量,防范后期沉降损坏管道。(3)质量检测与验收。采用射线检测、超声波检测等无损检测技术,对焊接接头进行100%检测,确保缺陷及时整改;严格开展压力试验,采用水压或气压试验验证管道密封性与强度;引入数字化监控技术,通过视频监控、传感器实时采集施工数据,实现质量问题可追溯、可预警^[3]。

2.3 施工进度管理

(1)进度计划编制。结合工程规模、工艺要求及资源条件,采用PERT/CPM网络图明确各工序逻辑关系与关键路径,精准测算各阶段工期;借助甘特图直观呈现施工进度节点,清晰标注里程碑事件(如管线贯通、试压完成),为进度管控提供可视化依据。(2)进度动态控制。建立进度定期核查机制,对比实际进度与计划进度偏差,分析偏差原因(如资源短缺、天气影响、设计变更),及时采取纠偏措施;通过优化资源配置,合理调配施工人员、机械设备及材料供应,保障关键路径工序顺利推进;针对工期延误风险,制定备选施工方案,预留工期缓冲时间。(3)信息化管理工具应用。引入BIM技术构建三维管道模型,实现设计与施工的协同对接,提前规避施工冲突;利用GIS技术对管道沿线地形、周边环境进行空间分析,优化施工路线;借助专业项目管理软件(如Project、PrimaveraP6)实现进度数据实时更新、多部门共享,提升进度管控效率。

2.4 施工成本管理

(1)成本预算与控制。基于工程量清单开展精准预算编制,明确人工、材料、机械、管理等各项费用标准;建立动态成本核算机制,实时跟踪实际成本与预算的偏差,对超支项目及时预警,严格控制非必要开支。(2)成本优化策略。材料采购采用集中采购、招标竞价模式,降低采购成本,同时严控材料损耗率;优化机械调配方案,提高设备利用率,减少闲置成本;规范设计变更与现场签证管理,严格执行变更审批流程,评估变更对成本的影响,避免无序变更导致成本超支。

2.5 施工环境管理

(1)生态保护措施。施工前开展沿线生态勘察,避

开自然保护区、珍稀野生动物栖息地等敏感区域;施工中采取水土保持措施,如设置排水沟、挡土墙、植被缓冲带,减少土方开挖对地表的扰动;施工完成后及时开展植被恢复工作,选用本土植物进行绿化,恢复沿线生态原貌;针对迁徙野生动物,设置临时通道或避让施工窗口期。(2)污染防控。施工现场采取洒水降尘、覆盖裸露土方等措施,控制扬尘污染;设置沉淀池处理施工废水,经达标处理后再排放,避免污染周边水体;合理安排施工时间,选用低噪声设备,对高噪声作业采取隔音措施,减少噪声对周边居民及野生动物的影响。

3 长输天然气管道施工管理的挑战与对策

3.1 自然环境挑战

(1)地质灾害应对策略。前期开展高精度地质勘察,建立滑坡、冻土、地震带等风险数据库;滑坡区采用抗滑桩、锚杆支护,施工中实时监测坡体位移;冻土区选用保温材料包裹管道,避开冻土融化期施工;地震带提升管材韧性,采用柔性接口设计,降低地震破坏风险。(2)极端天气施工调整。高温天气错峰作业,配备防暑物资并为设备防晒降温;严寒天气做好设备防冻,选用低温适配材料,必要时搭建保温棚;暴雨天气暂停露天及沟下作业,排查排水系统、加固临时设施,雨后核查边坡与地基稳定性后方可复工。

3.2 技术与管理挑战

(1)复杂地形施工技术应对。山区采用“分段开挖、阶梯推进”模式,利用索道运输材料;河流穿越优先选用定向钻技术,精准控制钻孔轨迹;海洋穿越强化地质勘察,采用铺管船作业,配套海底防腐与定位监测技术,保障施工安全与精度。(2)智能化施工技术应用。引入自动化焊接设备提升效率与质量稳定性;采用无人机对长距离、山区等区域开展巡检,实时反馈现场情况;搭建智能化管理平台,整合施工数据与巡检信息,实现参数实时监控与远程调控,提升管理效能。

3.3 协调与沟通挑战

(1)多参建方协同管理。建立业主、监理、承包商、政府多方联动机制,定期召开协同会议明确职责界面;搭建共享信息平台,实现进度、质量、安全等数据实时共享,减少信息壁垒,强化工序衔接。(2)利益相关者冲突解决。梳理沿线居民、企业等诉求,建立诉求登记与响应机制;针对土地征用、生态影响等矛盾,提前沟通协商并制定合理补偿方案;引入第三方调解机构处理复杂冲突,兼顾施工推进与利益相关者权益。

3.4 政策与合规挑战

施工前深入研读项目沿线地区环保法规与土地政策,

结合政策要求优化施工方案,避开生态保护红线与永久基本农田;提前办理环境影响评价、土地征用审批等合规手续,确保审批流程完整;施工中严格落实环保措施,建立环保合规台账,定期开展合规自查,主动接受政府部门监管;针对政策调整情况,及时优化施工计划与合规方案,保障工程全程符合政策要求。

4 长输天然气管道施工管理的优化策略

4.1 管理机制优化

(1) 全生命周期管理理念的应用。打破传统分段管理壁垒,构建覆盖项目规划、设计、施工、验收、运维全阶段的管理体系,将前期风险评估与后期运维需求前置融入施工管理;建立全周期数据追溯机制,整合各阶段技术参数、质量检测、安全记录等数据,为施工决策与后期运维提供数据支撑,实现各环节无缝衔接与协同管控。(2) 标准化与模块化施工流程。梳理核心施工工序,制定统一的标准化操作手册,明确各工序的技术要求、质量标准、安全规范及验收流程,减少人为操作差异;推行模块化施工模式,将管道焊接、防腐、穿越等关键环节拆解为标准化模块,实现工厂预制与现场组装高效衔接,提升施工效率与质量稳定性。

4.2 技术创新驱动

(1) 数字化施工管理平台建设。搭建集进度管控、质量监测、安全预警、资源调度于一体的数字化管理平台,整合BIM、GIS、物联网等技术,实现施工场景可视化、数据实时化、管理智能化;通过平台实现多参建方数据共享与协同办公,实时跟踪施工进度偏差、质量缺陷等问题,自动生成预警信息并推送责任人,提升问题处置效率。(2) 新型材料与工艺的推广。大力推广非开挖技术,如定向钻、水平螺旋钻等,减少对地表环境的破坏,降低复杂地形施工难度;引入高性能防腐材料、新型管材等,提升管道耐久性与抗风险能力;推广智能监测技术,在管道关键部位安装应力传感器、泄漏监测设备等,实现施工过程与后期运行的实时监测,提前规避安全隐患^[4]。

4.3 人才培养与团队建设

(1) 复合型管理人才的培养模式。建立“理论培训+

实践历练+跨领域交流”的复合型人才培养体系,重点强化管理人员的技术专业能力、安全管理能力与协同协调能力;开展校企合作与内部导师制,邀请行业专家授课,安排骨干人员参与重大项目历练,培养兼具施工技术、项目管理、政策解读等综合能力的复合型人才。(2) 团队协作与激励机制设计。搭建跨部门、跨参建方的协同工作场景,通过定期团建、技术研讨等活动提升团队协作意识;建立科学的激励机制,将施工质量、安全绩效、进度管控等指标与薪酬福利、晋升机会挂钩,设立创新奖励基金,鼓励团队与个人提出管理优化、技术创新建议,激发团队积极性与创造力。

4.4 政策与标准完善

结合新能源发展、生态环保升级等行业趋势,推动现有施工技术规范、质量标准、安全规程的更新完善,弥补新兴技术应用与复杂场景施工的标准空白;积极对接国际先进标准,借鉴国外长输管道施工管理的成熟经验,推动国内标准与国际标准兼容互认,提升我国长输管道工程的国际化竞争力;同时,加强政策与标准的宣传贯彻培训,确保施工管理全过程合规达标。

结束语

长输天然气管道施工管理是一项系统性工程,需以安全为基石、质量为生命、效率为追求、绿色为导向。通过构建全生命周期管理体系,融合数字化技术与创新工艺,强化多方协同与人才支撑,可有效应对复杂环境与高标准要求。未来,随着行业标准不断完善与技术迭代升级,施工管理将向智能化、精细化迈进,为保障国家能源安全与推动行业可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]彭玉,杜俊,曹勇.天然气长输管道施工关键技术研究[J].化工管理,2022(12):151-153.
- [2]安志强.天然气长输管道材料及施工质量对运行安全的影响分析[J].石化技术,2024,31(04):134-136.
- [3]尹建全,刘文祥,金哲,等.关于长输天然气管道施工管理详述[J].内蒙古石油化工,2023,49(09):25-28.
- [4]魏世泽.天然气长输管道施工技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(16):172-174.