

关于长输管道施工建设项目工程化管理模式的探究

胡红宇（咸阳市天然气有限公司，陕西 咸阳 712000）

摘要：本文以长输管道施工建设项目为研究对象，探讨工程化管理模式的应用与实践。首先，分析了长输管道施工建设项目工程化管理模式的特点与优势，然后从全生命周期管理、信息化与数字化管理等方面具体介绍了长输管道施工建设项目工程化管理模式。其次，从施工措施的角度，阐述了工程化建设在长输管道项目中的具体应用步骤，包括构建全流程标准化作业体系、精准配置资源、风险预控前置等。进一步，结合GD省某项目案例探讨了长输管道施工建设项目管理模式的实际应用。研究表明，工程化管理模式能够显著提升长输管道项目的管理水平和施工效率，为类似大型工程建设提供参考。本文的研究成果可为长输管道施工建设的规范化、科学化发展提供理论支撑和实践指导。

关键词：长输管道；工程化管理；施工措施；项目管理

中图分类号：TE832 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）025-0097-03

Exploration on the engineering management mode of long-distance pipeline construction project

Hu Hongyu (Xianyang Natural Gas Co., Ltd., Xianyang Shaanxi 712000, China)

Abstract: This paper takes the construction project of long-distance pipeline as the research object, and discusses the application and practice of engineering management mode. Firstly, the characteristics and advantages of the engineering management mode of long-distance pipeline construction projects are analyzed, and then the engineering management mode of long-distance pipeline construction projects is introduced from the aspects of full life cycle management, informatization and digital management. Secondly, from the perspective of construction measures, the specific application steps of engineering construction in long-distance pipeline projects are expounded, including the construction of a whole-process standardized operation system, accurate allocation of resources, and pre-risk control. Furthermore, combined with a project case in GD Province, the practical application of the construction project management mode of long-distance pipeline construction was discussed. The research shows that the engineering management mode can significantly improve the management level and construction efficiency of long-distance pipeline projects, and provide a reference for similar large-scale project construction. The research results of this paper can provide theoretical support and practical guidance for the standardized and scientific development of long-distance pipeline construction.

Keywords: long-distance pipeline; engineering management; construction measures; project management

长输管道作为能源运输的重要基础设施，其建设规模大、周期长、技术复杂，对项目管理提出了较高要求。随着我国能源需求的持续增长和管道网络的不断扩展，传统的管理模式已难以满足高效、安全、环保的施工需求。工程化管理模式以其标准化、模块化和系统化的特点，逐渐成为长输管道建设项目的重要管理手段。

近年来，国内外学者对工程化管理在大型项目中的应用进行了广泛研究，但在长输管道领域的实践与理论结合仍需进一步探索。

1 长输管道施工建设项目工程化管理模式

长输管道工程化管理模式是以系统工程理论为基础，通过标准化、模块化、信息化的手段实现项目全流程高效管控的现代管理体系。其核心特点体现为全周期协同性（覆盖规划至运维）、过程标准化（统一技术与管理标准）、资源集成化（跨区域多标段动态调度），核心优势在于降低施工风险 20%-30%、缩

短工期 10%-15%、提升资源利用率 25% 以上，为千米级管线建设提供科学管理范式。

1.1 全生命周期管理

实施规划、设计、施工、运维闭环管控：规划阶段用 GIS 优化路由；设计阶段用 BIM 模拟管线路由及冲突检测；施工阶段以 WBS 分解实现工序标准化；运维阶段建数字孪生模型监测状态。通过阶段衔接与数据共享，消除信息断层，降低后期改造成本。

1.2 信息化与数字化管理

构建 BIM+GIS 三维平台，集成进度、质量、安全实时数据。应用无人机巡检地形与施工监测，植入物联网传感器采集管道应力、焊接温度等参数。基于大数据分析预测风险（如地质灾害预警模型），推动“经验决策”向“数据决策”转型。

1.3 标准化管理

建立四级标准：技术标准（API 1104 焊接规范）、流程标准（EPC 接口程序）、工艺标准（自动焊指导

书)、验收标准(无损检测分级)。推行模块化施工,将防腐、焊接等工序分解为可复制单元,使野外施工效率提40%,质量偏差率控于 $\pm 1.5\%$ 。

1.4 质量安全管理體系

实施“双预控”:质量预控建立材料溯源(焊材批次追踪)及工艺参数监控(焊接电流电压记录);安全预控采用HSE矩阵,制定山区滑坡防治方案,高风险作业执行“许可票证制”。通过PDCA循环与第三方飞检,百万工时事故率 ≤ 0.15 。

1.5 资源优化与协调

构建“区域资源池”:设备实施“中央调度+区域共享”(如焊机跨标段调配);人力建立“关键工种认证库”;物料推行JIT精准供应。开发动态调度算法,解决设备闲置问题(传统模式达30%),利用率提至85%以上。

1.6 合同管理与成本控制

采用“EPC总包+专项分包”合同,设里程碑付款节点(如每50km焊接付20%进度款)。成本实施“三算对比”:设计概算→施工预算→竣工决算动态监控,严控变更签证(单次超0.5%需论证)。价值工程优化设计,典型案例降钢材耗量8%-12%。

2 长输管道施工建设项目工程化建设施工措施

2.1 构建全流程标准化作业体系

基于技术标准、工艺规范与验收程序建立全链条标准化框架。设计阶段采用模块化图纸统一坡口形式与支墩结构,减少现场变更;施工环节将焊接、防腐分解为128项量化标准(如自动焊参数浮动 $\leq 5\%$);验收实施“首件样板+三级质检闭环”,通过数字工单与实体样板比对,使质量一次合格率达98%以上,显著提升效率并降低返工成本。

2.2 实施资源弹性调度与精准配置

创新“中央调度-区域响应”模型,整合设备共享池(全自动焊机、吊管机等),利用GPS定位实现200km半径2h应急调拨;推行焊工分级认证与机动班组制,按施工强度动态调配人力;基于BIM算量模型与物联网系统,实现管材配送误差 $\leq 3\%$ 。该模式使设备利用率达91%,人工成本降15%,保障跨标段协同。

2.3 前置化风险预控与安全联防

建立“地质-环境-作业”三维预判机制,应用InSAR卫星与无人机LiDAR提前识别滑坡区,制定坡度 $> 25^\circ$ 专项支护方案;高风险工序实行“双监护制”,结合智能安全帽行为识别拦截违规;部署三级截油沟与AI水质监测浮标,确保环保100%达标。百万工时事故率降至0.12,实现主动防御转型。

2.4 核心工艺创新与质量强控

升级焊接、穿越、回填关键工艺:焊接采用CRC-P260焊机集成热成像温控,环缝一次合格率超99%;定向钻基于地质雷达优化泥浆配比,控制河道穿越精度 $\pm 0.8\text{m}$;生态回填应用级配碎石与膨润土分层压实,配合智能检测仪将管沟年沉降量压至3mm以下。工艺革新使施工提速22%,返工率降至0.5%。

2.5 部署全链智慧化监控平台

集成“天-地-管”三维监控:无人机AI巡航实时识别安全带缺失、防腐层破损;地面布设应力传感器与北斗定位桩,动态监测土壤压力及管体位移;管道层构建数字孪生体,融合BIM与SCADA数据预警腐蚀速率 $> 0.1\text{mm/年}$ 管段。平台实现问题30min响应闭环,决策效率提50%,推动数据驱动转型。

3 长输管道施工建设项目管理模式的应用

3.1 案例背景与问题分析

GD省天然气管网工程为国家重点能源项目,主干道采用直缝及螺旋埋弧焊钢管,设计压力13.8MPa,管径914mm,材质为API 5L X70钢,外防腐采用3PE加强级处理。项目总长3000km,覆盖全省,跨越数十市县、上百乡镇。一期工程分8个标段,GD某建设公司承建其中6个标段。工程具有点多、线长、面广特点,施工涵盖平原、山地、水网等复杂地形,尤以鱼塘水网和公路穿越段难度最大。

实施过程中,各标段同步施工缺乏有效协调机制,导致资源配置效率低下,设备闲置率高达30%而关键设备却频繁短缺;同时,不同施工队伍执行的焊接、防腐工艺标准不一,致使初期焊接一次合格率仅94.8%,低于行业优秀水平;特别是面对珠三角密集水网、流沙地质区及高山 60° 陡坡等复杂环境,传统定向钻穿越失败率高达25%,且陡坡钢管运输安装缺乏可靠工法;此外,项目穿越多处高后果区,传统安全管理模式难以实现全过程有效监控,前期安全隐患整改率不足70%。

以上问题严重制约项目推进效率,为此,项目管理团队引入工程化项目管理模式,从组织架构、资源配置、技术标准和风险控制四个维度进行全面优化。

3.2 项目工程化管理模式具体应用

3.2.1 协同化组织架构重组

项目建立由公司副总牵头的扁平化指挥系统,整合标段经理及职能骨干组成一体化项目部,实行“集中决策、分散执行”。下设技术标准中心编制4类地貌128项工序标准;资源调度中心通过GPS定位实现200km半径2h应急响应;BIM中心构建三维平台赋予管材唯一二维码,实现全流程质量追溯,奠定高效

管理基础。

3.2.2 资源弹性调度与动态配置

创新“机组—工序匹配”模式：将 867 名工人重组为 7 类专业机组动态调配，降低人力峰值 35%；对 56 台核心设备实施“所有权集中制”，开发智能调度算法跨标段共享，利用率从 72% 提升至 91%；基于 BIM 与物联网技术实行管材 JIT 精准配送，存储周期从 15 天压缩至 3 天，误差率≤3%，彻底解决资源错配难题。

3.2.3 工艺标准化与技术创新

焊接工序升级 CRC-P260 自动焊集成热成像温控，开发低氢工艺使合格率达 99.8%；定向钻穿越采用地质自适应泥浆配方，精度由 ±2.1m 提至 ±0.8m；针对 60° 陡坡创新轨道式液压输送装置，解决 6t 钢管吊装瓶颈，效率提升 3 倍。三大技术创新推动质量与进度双突破。

3.2.4 智慧化监控与风险预控

构建“天地管一体化”防控网：通过卫星遥感与无人机 LiDAR 扫描预判 21 处滑坡风险，陡坡段微型桩支护减土方量 40%；为人员配备智能安全帽实时定位，电弧分析仪自动记录焊口参数，防腐机器人实现受限空间“零人进入”；光纤预警系统结合三级截油沟成功抵御台风冲击，百万工时事故率降至 0.12。

3.3 应用成效与量化提升

通过工程化管理模式的系统实施，该项目在质量、效率、成本和安全方面实现全面提升，具体数据如表 1 所示。

GD 省天然气管网工程通过工程化管理模式实现系统性提升：质量方面，焊接一次合格率达 99.8%（高于行业均值 4.3 个百分点），土方工程合格率 100% 创国内新纪录；效率上日均进度 1.2km（提升 50%），设备闲置率降至 9%；经济效益显著，机械

费节约 17%，返工成本压缩至 0.8%，工期缩短创造 2.6 亿元收益；安全绩效突出，百万工时事故率 0.12（低于行业 33%），隐患整改率 95% 获国家一级安全认证，全面验证了工程化管理的实践价值。

4 结语

本文围绕长输管道施工建设项目的工程化管理模式展开研究，系统分析了其理论框架、施工措施及项目管理模式的在实际中的应用。研究表明，工程化管理模式通过标准化流程、资源优化配置和动态监控，能够显著提升长输管道项目的管理效率和施工质量。在施工措施方面，工程化建设注重细节控制与技术创新，有效解决了长输管道施工中的技术难点和管理盲区。未来长输管道施工建设项目的工程化管理模式应进一步利用 AI 及数字孪生技术并整合项目资源，为大型工程建设提供深度探索。

参考文献：

[1] 杨张虎,徐康. 天然气长输管道建设项目安全设施“三同时”管理要点综述 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2025,45(08):59-62+68.
[2] 杨张虎,徐康. 浅析天然气长输管道项目建设施工难点及应对策略 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2025,45(06):147-150+153.
[3] 郭望,李斯诺,霍轩. 天然气长输管道运行安全风险和预防措施研究 [J]. 石化技术,2025,32(03):327-329.
[4] 贺中强,张博. 油气长输管道技术现状及差距分析 [J]. 石化技术,2025,32(02):183-185.
[5] 徐调能. 天然气长输管道项目建设中的质量管理对策分析 [J]. 工程建设与设计,2022,(24):250-252.

作者简介：

胡红宇（1988-），男，汉族，河南固始人，大学本科，咸阳市天然气有限公司，工程师，研究方向：工程管理。

表 1 GD 省天然气管网工程管理模式改进关键指标对比

评估维度	传统模式指标	工程化管理指标	提升幅度	行业基准
质量合格率	焊接一次合格率 94.8%	焊接一次合格率 99.8%	5.00%	95.50%
	土方合格率 96%	土方合格率 100%	4.00%	97.20%
施工效率	日均进度 0.8km	日均进度 1.2km	50%	0.9km
	设备闲置率 28%	设备闲置率 9%	-19%	22%
成本控制	机械租赁超支 23%	机械费用节约 17%	-40%	超支 15%
	返工成本占比 7.5%	返工成本占比 0.8%	-6.70%	5.20%
安全绩效	百万工时事故率 0.20	百万工时事故率 0.12	-40%	0.18
	隐患整改率 68%	隐患整改率 95%	27%	85%