

建筑工程中燃气管道布置的智能化规划与施工技术探讨

宗承磊（泰安泰山港华燃气有限公司，山东 泰安 271000）

摘要：随着建筑工程向高密度、复杂化方向发展，作为能源供应核心的燃气管道系统，传统的规划建设模式已难以满足现代工程高效、高安全、高精度的需求。传统方法依靠人工经验，易出现管线碰撞、施工误差大、运行响应滞后等问题，严重影响工程质量与稳定性。本文围绕智能规划与施工，从规划设计、施工管控到运营管理全过程，系统分析BIM、GIS、物联网、人工智能等技术的应用逻辑，探索智能技术对管线规划优化，提升施工精度，强化安全监管。

关键词：建筑工程；燃气管道；智能化规划；施工技术；安全监测

中图分类号：TU996.7 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)030-0097-03

Discussion on Intelligent Planning and Construction Technology of Gas Pipeline Layout in Building Engineering

Zong Chenglei (Tai'an Taishan Ganghua Gas Co., LTD., Tai'an Shandong 271000, China)

Abstract: With the development of construction projects towards high density and complexity, the traditional planning and construction mode of the gas pipeline system, which serves as the core of energy supply, has become difficult to meet the demands of modern engineering for high efficiency, high safety and high precision. Traditional methods rely on manual experience and are prone to problems such as pipeline collisions, large construction errors, and lagging operational responses, which seriously affect the quality and stability of the project. This article focuses on intelligent planning and construction, systematically analyzing the application logic of technologies such as BIM, GIS, Internet of Things, and artificial intelligence throughout the entire process from planning and design, construction control to operation management. It explores how intelligent technologies can optimize pipeline planning, enhance construction accuracy, and strengthen safety supervision.

Key words: Construction engineering; Gas pipeline; Intelligent planning; Construction technology; Safety monitoring

传统的燃气管线规划多采用平面设计+现场人工勘测的模式，受设计人员经验及二维图纸的局限，常存在管线布局不合理、与建筑物及其他管线冲突等问题，造成施工返工费用增加，工期延长，且存在泄漏、爆炸等安全隐患。随着我国城镇化进程的不断推进，高层、商业综合体等复杂结构不断涌现，管网系统规模日益增大，复杂程度越来越高，传统技术手段的弊端日益突出。近年来，随着智能化技术在建筑领域的应用越来越广泛，给管道行业带来了新的机遇。深入研究燃气管道智能化规划方法与建造技术，明晰其技术应用要点与实现路径，对解决传统工程难点，提升燃气管道系统质量，推动我国建筑产业数字化转型，具有重要的理论与现实意义。

1 燃气管道布置智能化规划的核心技术与实现路径

1.1 BIM 技术驱动的精细化规划设计

BIM技术是一种以参数化模型为基础，以多学科协同为核心的技术。在规划设计阶段，设计人员以BIM整体模型为基础，构建包含管线材质、管径、压力等级、接头形式等完整信息的管线三维模型，实现管道布置可视化设计。然后采用BIM参数化特征，对管线走向、管径等设计参数进行快速调整，以实现管

线与梁柱、楼板、给排水、电缆桥架等空间冲突的自动识别，并生成冲突报告，提出优化方案。燃气管道设计小组与土建、结构、机电等多个专业队伍共享数据，实时同步设计变更，确保管线布置与建筑总体设计相一致^[1]。

1.2 GIS 技术支撑的宏观路由优化

针对区域燃气管道系统如建筑小区、工业园区，利用地理信息的整合与分析能力对其进行宏观优化。该系统能够综合分析区域内的地形地貌、地下障碍物分布、地质条件、燃气用气压力等相关信息，建立区域燃气管线空间数据库。在规划阶段，借助GIS空间分析工具，从地质复杂度、避障成本、材料消耗、工期等多个角度，综合评估不同管线方案对周边生态环境及居民生产生活的影响，优选最优路径。在此基础上，结合区域燃气负荷预测模型，采用空间统计分析方法，准确预测区域燃气需求与负荷分布，并据此优化管网管径选择与管网布置，确保管网压力稳定与流量匹配，避免因负荷不均衡引起的供应不足与能源浪费，提高区域燃气供应的稳定性与经济性。

1.3 人工智能赋能的规划方案优化

人工智能技术是一种智能方法，它利用算法迭代、

数据分析等手段，实现天然气管道规划方案的智能化优化，然后以“成本最低、安全风险最小、能量效率最高”为优化目标，采用遗传算法、粒子群算法等智能算法，对管线的路径、管径、压力等进行多目标优化。之后，结合管道设计规范筛选管道的可行性，为设计人员提供科学决策依据。最后利用机器学习算法构建规划设计模型，结合优质工程的管线布局和参数等历史数据，对模型进行训练，实现初步规划方案的自动生成，减少人工设计的工作量^[2]。

2 燃气管道智能化施工技术的应用与管控体系

2.1 BIM 技术引领的施工流程数字化管控

高层建筑因自重会产生一定量的沉降量。高层建筑一般采取上行下给方式，即燃气自庭院从上升管到达楼顶成环状或枝状，再通过各下降立管，中压进户调压计量后引至燃具。根据高层建筑管道燃气的供气形式，在设计及施工中应考虑以下措施：在施工阶段，基于前期的 BIM 模型，建立施工模拟系统，实现施工全过程的可视化规划与风险预测。然后借助 BIM 施工模拟软件，将施工过程、工艺参数、人员调配、设备配置等信息融入到三维模型中，通过动画的方式展现全过程，让施工团队对施工顺序及技术要点有一个清晰的认识，对复杂节点的安装、狭小空间的操作等施工难点能提前发现，并提出相应的应对措施，减少现场施工中的混乱与失误。在此基础上，将 BIM 技术应用于工程技术交底模式的优化。传统的施工交底依赖于文字、图纸，易引起理解偏差，导致施工误差，而基于 BIM 模型的可视化交底能直观地显示管道的安装位置、连接方式及与周边结构的关系，使施工人员可通过手机终端实时查阅模型数据，快速掌握技术要求，提高交底效率与精度^[3]。

2.2 物联网技术构建的施工过程实时监测

物联网以“感知—传输—分析”为闭环，实现了施工全过程的人—机—物—环全过程的全过程实时监测。在人员控制方面，为施工人员配备智能定位设备和生命体征监测手环，实时获取施工人员的位置、心率、体温等数据，并通过物联网平台划定高危作业区域，一旦进入危险区域或身体状况有异常，平台将及时报警，确保施工人员的安全。在设备管控方面，在挖掘机、焊机、吊车等施工设备上安装传感器及 GPS 定位设备，实时采集设备的转速、温度、工作压力、工作位置等运行参数，对设备的数据进行分析，判断设备的工作状态，当设备出现故障时，及时通知维修人员进行维修，避免设备因故障而导致施工中断。在材料管控方面，采用 RFID 技术对管道、管件等材料进行识别，从采购到运输，到入库、出库到使用，全

流程记录材料的信息，同时物联网平台也会实时更新库存数据，一旦库存下降到一定程度，就会触发补货提醒，避免材料短缺影响施工。在环境控制方面，通过在施工现场布设温、湿、声、尘等传感器，实时监控施工环境，当噪声、粉尘浓度超过环保标准时，平台发出报警信号，施工团队及时采取降尘降噪措施，满足环保要求，减少对周边环境的影响。

2.3 智能化施工设备与工艺的创新应用

随着智能化施工设备与技术的广泛应用，天然气管线施工的精度与效率有了显著的提高。在铺管工艺中，传统的人工铺管方式不仅劳动强度大，而且精度不高；而全自动铺管机采用数控系统精确控制牵引速度、牵引力，确保管道按设计路线铺设；激光导引铺管装置利用激光定位技术，实时校正铺管位置、铺管高度，使铺管精度达到毫米级。在管道连接上，采用全自动焊机和机器人焊机代替了传统的人工焊接，它能按照设定的电流、电压、速度等参数自动焊接，避免了人工操作容易产生的气孔、夹渣等缺陷。同时，采用传感器对焊接数据进行实时采集，并对焊接质量进行实时检测，及时停机调整，确保焊接质量稳定。管道检测环节，采用安装有高清摄像机和超声传感器的管道检测机器人，深入管道内部，检测管道内壁的腐蚀、裂纹、变形等缺陷，并通过无线方式将检测数据传送至地面控制系统，由现场人员实时分析数据，生成测试报告^[4]。

3 燃气管道智能化运维与安全保障技术

3.1 物联网为核心的运行状态实时监测系统

燃气管道投入运行后，建立基于物联网技术的天然气管道全天候监测系统，能够对管道运行状态进行实时监测。在压力监测方面，通过在主干、分支管等重要节点上安装压力传感器，可以对管道内的压力数据进行实时采集，进而能够对压力数据进行动态分析，当压力过高时，可能会导致管道损坏或过低，影响供水时，会发出报警信号，操作人员可以及时发现阀门故障、泄露等原因，并进行处理。针对泄漏监测，建立“气体传感+光纤传感+声波检测”的多技术融合监测网络。气体传感器安装在管道周围重要位置，对气体浓度进行检测，当浓度超过某一数值时，报警；光纤传感器沿管道敷设，利用泄漏气体引起的温度和压力的变化进行定位；利用声波传感器检测管道泄漏点特有的声波信号，可以快速地识别出管道的泄漏位置。综合运用多种技术，提高了漏检的准确性和时效性，减少了漏损。

在腐蚀监测方面，通过在管道内外壁安装腐蚀传感器，实时获取管道内壁腐蚀速率、腐蚀程度等相关

数据，并通过长期追踪与趋势分析，预测管道剩余寿命，从而指导防腐涂层修复，阴极保护系统升级或更换等维护工作，达到延缓腐蚀发展，延长管道使用寿命的目的^[5]。

3.2 人工智能驱动的故障诊断与预警

人工智能技术通过数据分析与模型训练，提高输气管线故障诊断的精度与前瞻性。一是利用压力、流量、温度等历史数据，结合泄漏原因和处理方法，构建故障诊断模型，采用神经网络、支持向量机等算法对模型进行训练，使其具备故障特征识别能力。在运行过程中，通过对物联网采集的实时数据进行实时分析，分析压力骤降、流量波动等异常特征，快速判断系统有无故障如泄漏、堵塞、设备失效等故障类型，并对其进行定位。二是结合气象、地质变化及周边施工环境等数据，构建管线失效预警模型，预测未来因暴雨等导致管线周围土体松动导致的管线形变，为运维人员赢得抢修时间，降低事故发生率。三是采用数据挖掘技术分析故障成因，结合运行环境、设备状态等信息，分析管道老化、第三方损害等问题，并提出加强重点区域巡检、设置防护屏障等有针对性的预防措施，避免类似故障再次发生。

3.3 数字化运维管理平台的构建与应用

数字化运维管理平台的构建可以使操作者能直观地了解管道的布置情况、设备运行情况及监测数据，并能快速找到故障点。同时，平台还能自动生成维修任务（如定期巡检、故障维修等），根据操作人员的位置、技能等因素分配任务，工作人员可以通过移动终端接受任务并反馈，实时跟踪任务的执行情况，确保维修工作的高效开展。在应急管理层次上，建立泄漏、爆炸等突发事件的应急响应机制，自动获取故障信息的位置、类型及影响范围，并制定相应的应急预案，如关闭相关阀门、疏散周边人员、调配抢修设备等，并与消防、医疗等部门联动，实现多部门协同救援。在此基础上，将应急处置过程记录下来，形成案例库，以供后续应急预案的完善和完善，提升应急处置能力。

4 燃气管道智能化技术应用的挑战与对策

4.1 技术应用面临的核心挑战

目前，天然气管线智能技术在天然气管道中的应用仍面临多方面的挑战。一是缺乏技术协作，BIM、地理信息系统、物联网、人工智能等技术属于不同技术体系，存在数据格式不统一、接口不兼容等问题，导致技术间难以有效融合，形成“数据孤岛”，制约着全流程智能化管理。二是成本高，如传感器、智能焊机、BIM 软件、人工智能分析系统等，其购置与维护成本高昂，对中小建筑企业来说难以负担，制约了

该技术的推广。三是缺乏专业人才，既懂燃气管道工程知识，又懂智能技术的复合型人才，使其在实际应用中难以发挥应有的作用。

4.2 应对挑战的关键对策

一是要完善技术标准体系，在政府及行业协会牵头下，制定 BIM 与 GIS 数据交互标准、物联网设备通信标准、人工智能模型数据接口标准等标准，实现技术无缝对接。二是优化成本与政策支持，企业应加大研发投入，提升智能装备性价比；政府应通过财政补贴、税收减免等手段降低技术应用成本；促进行业内信息技术共享，如 BIM 协同设计平台、人工智能分析中心等，减少重复投入，实现资源共享。三是加强人才培养，调整建设工程、油气储运等专业，增设 BIM、物联网、人工智能等课程，培养复合型人才；公司定期开展培训，结合实际操作演练，提高现有员工技术水平；建立激励机制，吸引各行各业的优秀人才加入，完善人才梯队。

5 结语

燃气管道布局智能化规划建设是建筑业应对复杂工程需求、突破传统技术瓶颈的必然选择。将 BIM、GIS、物联网、人工智能等多学科交叉融合，可以从规划设计到运营管理全过程提升燃气管道规划的合理性、精确性和安全性，为建筑能源系统的高效稳定运行提供技术支撑。未来，随着 5G、物联网等智能技术的持续创新，燃气管道智能化将向“全要素数字化、全流程自动化、全周期智慧化”方向发展，进一步提升建筑能耗系统运行效率与安全性，促进我国建筑产业数字化转型与新型城镇化建设，实现能源安全与可持续发展目标。

参考文献：

- [1] 贺学斌 . 燃气管道工程的方案优化和施工技术管理 [J]. 中华建设 ,2025(09):70-72.
- [2] 王峰 . 燃气作业安全技术标准化的重要意义 [J]. 大众标准化 ,2025(16):4-6.
- [3] 倪鸿捷 . 城市燃气管道施工中的微损伤检测与修复技术研究 [J]. 上海煤气 ,2025(04):10-13+20.
- [4] 赵晔青 . 燃气管道第三方破坏风险因素及防控措施分析 [J]. 煤气与热力 ,2025,45(08):58-65.
- [5] 沈建明 , 冉旭东 . 燃气管道泄漏检测中人工智能技术的应用研究 [J]. 现代职业安全 ,2025(08):46-48.

作者简介：

宗承磊 (1986.02-)，男，汉族，山东泰安人，本科，研究方向：主要从事城镇燃气安全管理、安全督导检查，燃气工程安全质量管理验收等工作。