

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.11.007

# 深圳市城中村管道天然气改造设计与运营的协同优化研究

朱神平, 曹祝贵, 沈文侠  
深圳市燃气集团股份有限公司

**摘 要:** 设计工作的好坏会直接影响项目运营情况, 而运营期问题的反馈又可优化设计方案。本文分析了城中村燃气改造项目的特点、设计与运营协调优化的机制, 提出了用户需求前置、采用先进设计技术、选用智能化设备、本质安全设计等优化措施, 以提高城中村燃气运营能力。实践证明, 通过设计与运营的协同优化可显著提升城中村管道燃气运营管理能力。

**关键词:** 城中村; 管道天然气; 设计; 运营管理; 协同优化

## 1 引言

据统计, 深圳共有1 877个城中村, 其居住人口超过1 200万, 占全市人口的60%以上<sup>[1]</sup>。城中村普遍存在建筑密度高、基础设施落后、安全隐患突出等问题。为提高居民生活质量, 从2018年开始, 深圳市开展了包括燃气安全、生活污水、用电安全等10项城中村综合治理工程, 其中燃气安全治理主要是对城中村住房和底商安装天然气管道以替代液化石油气的使用(即“瓶改管”)。2024年底“瓶改管”工程结束时, 深圳市管道燃气普及率得到极大提升, 但项目运营过程中发现因设计阶段工作不到位造成的工程质量缺陷或管理纠纷, 不仅提高了燃气公司管理难度, 也给用户带来较大安全隐患, 这些问题若在设计阶段识别并解决, 将会大大减轻燃气公司在运营期的管理压力。因此进行项目设计与运营管理的协同研究, 通过优化项目设计来提升运营期管理能力, 是十

分必要的。

## 2 城中村燃气改造项目的特点

### 2.1 空间条件限制

城中村在建设的过程中缺少规划, 普遍存在建筑间距窄、结构复杂、村路狭窄且占道设施多、地下管线交错等问题, 这些地上、地下空间条件限制导致燃气管道设计与施工困难重重。例如光明区某项目, 庭院管道需在仅2m宽的巷道敷设, 为避让既有地下管线, 被迫设计为“地上+地下”的敷设方式, 增加了运营期安全风险。

### 2.2 户型结构复杂

城中村大量房屋不符合燃气管道安装条件, 且户型结构复杂多样, 为落实政府部门“能改尽改”的要求, 城中村燃气改造项目与非城中村小区的设计、施工和运营管理工作相比需投入更多资源。例如光

[第一作者简介] 朱神平, 工程专家, 工程师, 从事燃气管道建设与运营管理工作。

明区玉律社区某村，约20%的房屋厨房为暗厨房或厨卫一体，设计人员需根据现场情况对不可安装和整改后可安装燃气管道的户型进行统计分类，工作量巨大。

### 2.3 房屋产权不清

城中村房屋多为自建房，无报建手续、未取得产权证明<sup>[2]</sup>，且存在小产权房买卖情况，产权关系复杂，导致管理关系混乱，同一栋楼不同的业主、房东（或二房东）出于自身利益考虑对燃气改造有不同意见，为项目设计、施工、运营期间的沟通协调带来极大阻碍。

### 2.4 运营风险因素多

因城中村居民点火意愿低，同一项目点火时间跨度一般在3年以上，期间部分房屋长期无人居住，无法正常进行安检；城中村租客流动性大，租客退租时拆走灶具，造成管道末端未封堵而有漏气风险；部分用户在项目通气后提出改管需求会导致停气作业，完成作业后通气可能会导致停气时未正常关闭的灶具漏气。这些风险因素导致运营期管理难度大，为保证管道运行稳定和用户用气安全，项目设计阶段和运营阶段需考虑得更加细致全面。

### 2.5 运营管理困难

因城中村的特殊环境，相比非城中村而言其运营成本更高、更繁琐。例如城中村住户多为上班族，导致安检时入户困难；城中村楼梯房多，管道安检、维护时需花费更多时间；城中村无专业的物业管理，燃气公司需直接面向业主进行管理。

## 3 设计与运营的协同矛盾

### 3.1 设计阶段的局限性

设计阶段的局限性在于无法准确预测项目实施阶段、运营阶段的特殊需求和新增需求。

#### 3.1.1 经验不足导致设计僵化

部分设计单位缺乏城中村燃气改造项目经验，沿用常规小区燃气管道设计模式，未考虑城中村环境的特殊性。比如设计方案未考虑楼栋外立面因空调外机、防盗窗等设施而无法进行高空作业的情况。

#### 3.1.2 未预留设备改造条件

物联网设备的使用，能远程监控管网运行状况<sup>[3]</sup>，

提升管道运行的安全性，节约人工巡检成本，但已有燃气设备大多未预留物联网接口或改造条件。如未考虑调压柜新增压力监测设备时的接电需求，导致运营期改造成本和改造难度增加。

#### 3.1.3 用户需求预见性不足

城中村大部分改管源于设计时未考虑运营阶段用户房屋装修、改造、底商用气等情况，在设计阶段预留管道接口数量不足或设计管径太小，不能满足新增用气需求。

### 3.2 运营阶段的反馈滞后

大部分设计阶段的问题，需项目进入运营阶段才能暴露出来。例如以下几方面。

#### 3.2.1 设计深度因项目而异

城中村燃气改造项目因房屋数量巨大，受人力、物力和工期的限制，设计阶段无法做到百分百入户勘察，因此不同的项目由于现场情况入户勘察率不同，无法统一设计标准，到了运营阶段才能知道项目设计深度是否满足需求。由于项目设计深度不足导致点火期间平均整改率仅为15%<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.2 设计问题暴露迟

因设计工作的疏忽，设计阶段的小问题会变成运营期难以整改的大问题，而此类问题往往在运营阶段才暴露出来。例如部分房屋因设计遗漏未被纳入改造范围，后期单独补装时的高空作业和停气作业不仅费用高、风险高，还极易被用户投诉。

#### 3.2.3 用户需求多样化

城中村业主往往不会关注项目设计和施工过程，但会在使用期间提出不同的需求，导致运营期改管多、投诉多，此类问题归根于设计期间对用户需求了解不足。例如某项目竣工后，有房东进行窗户改造时要求将穿过玻璃入户的燃气管道改为穿墙入户；也有房东认为墙洞影响墙面美观，要求管道穿玻璃入户。

## 4 设计和运营的协同机制

### 4.1 设计对运营的影响机制

设计作为项目实施的重要环节，设计工作的科学性与前瞻性直接决定了项目运营阶段的管理效率与使用安全性。结合深圳市城中村燃气改造项目实践，设计对运营期的影响机制主要体现在以下方面。

#### 4.1.1 管网布局影响运营维护效率

城中村地下管网设计需兼顾空间条件限制、项目经济性、供气稳定性，合理的管网布局可减少项目投资，降低运营成本。例如，城中村项目若采用区域调压，受气源点和调压柜安装位置限制，埋地燃气管道敷设可能面临路由绕行、与既有管线冲突、与其他工程争抢施工作业面等问题，导致施工复杂且维护成本高。此情况下，采用“楼栋调压”的方式，不仅可降低埋地管道长度，优化施工工艺，也可以减少调压设备故障对整体区域供气的影响，提升维护效率。

#### 4.1.2 材料设备影响运营期成本

材料和设备的选用直接影响运营期的管理维护成本，选择合适的材料设备不仅能降低安全风险，也能降低运营成本。例如，深圳市“718”工程用PE管替代传统钢管，能显著降低埋地管道泄漏风险，降低后期维护成本。

#### 4.1.3 本质安全管控运营期风险

项目的本质安全设计是防止运营期发生安全事故的基础，用户的燃气安全知识和使用习惯、管道设备的维护情况、城中村的环境、管理制度的执行情况均会直接影响到燃气运营安全，而城中村的不可控因素太多，项目本质安全设计可有效降低人为操作或环境影响造成的安全风险。例如，沈阳市和平区太原南街“10.21”爆炸事故直接原因为法兰未有效密封且未进行严密性检查，若管网具备泄漏自动检测及切断功能则可避免事故发生。

#### 4.1.4 信息化技术提升运营能力

使用BIM技术进行燃气管道三维管网设计，通过对管网信息、设备参数与用户数据的整合，为运营阶段的高效管理和智能调度提供重要基石。物联网技术和大数据分析的应用<sup>[5]</sup>让燃气公司可以从多维度了解各区域、各时段用气需求，调整燃气资源分配。

### 4.2 运营反馈对设计的改进机制

运营阶段的实践经验为设计优化提供了依据，形成“设计-运营-再设计”的闭环迭代机制。

#### 4.2.1 用户行为驱动设计优化

城中村项目集中点火期间零散户报装数量会呈上升趋势。可能原因是最初不愿参与燃气改造的用户在城中村大规模点火通气时改变了安装意愿。据此，设计阶段可采取“分户预留接口”方案，将支管引入入

户处预留接口，便于后期接入新用户。

#### 4.2.2 管理经验指导设计优化

运营期管理经验能有效指导设计优化，可基于城中村管道燃气改造项目梳理风险清单，要求在设计阶段对风险予以管控。比如针对地上公共管道未设置放散置换接口或放散位置操作不便，导致楼宇供气及抢修无法正常放散置换的问题，要求设计阶段充分考虑放散置换接口及设置。

#### 4.2.3 运营需求改进设备选型

城中村楼梯房多、入户困难，运营维护效率远低于商品房小区，促使设计阶段选用新型设备。例如，为降低人工抄表成本、提高抄表效率，促使带远程抄表系统的流量计快速普及。

#### 4.2.4 运营促使沟通机制改进

燃气改造项目与社区（用户）沟通不足导致运营期纠纷频发，促使“瓶改管”工程建立了“政府（住建局和街道）-燃气企业-村股份公司（用户）”三方协作模式。由此催生“参与式设计”机制：在设计前期引入居民代表协商会，将运营阶段常见的问题（如立管美观性争议、燃气表安装位置）前置解决，降低后期施工阻力，减少管理阶段纠纷。

## 5 设计与运营的协同改进措施

针对设计和运营的协同影响机制，从以下几方面提出改进措施。

### 5.1 用户需求前置

商业需求预判：联合社区开展底商燃气需求普查，对意向商户所在楼栋提升管道设计运行能力，预留DN40以上管道接口。

装修协同设计：对有房屋装修计划的户型，按其装修计划进行管道接口预留。

方案协商优化：针对施工条件受限的情况，通过社区协调、提前沟通，优化设计方案和施工方案。

### 5.2 采用先进设计技术

BIM协同设计：对复杂区域（如管线交汇密集区）进行三维建模，优化管线路由，为运营期应急处置提供有效支撑。

调压模式优化：基于SCADA系统数据优化调压点布局，选择最优的管网布局，减少庭院管道长度，解

决调压柜安装选址难题。

### 5.3 选用智能化设备

远程监控系统采用带压力远传功能的成品调压柜和成品调压箱，燃气公司从后台实时检测管道运行压力，实现压力异常实时报警，减少人工巡检工作量。选用带远传功能燃气表，减少运营期抄表工作量。

### 5.4 本质安全设计

#### 5.4.1 防止碰撞设计措施

(1) 在设计阶段明确楼宇间的跨越管道应满足车辆等通行需求，并设计限高警示标识；在管道出地阀、跨楼栋管道或沿墙敷设的管道等存在被车辆冲撞损坏风险的关键位置，设计时应明确防撞设施加装的位置和高度；

(2) 设计时充分考虑立管、环管等燃气管道设施的安装位置；

(3) 对行人经过可能发生碰撞的角钢支架和管道，采用软质防护材料包覆。

#### 5.4.2 防止漏气设计措施

(1) 室内燃气管道旋塞阀前增设自闭阀，管道漏气时自动切断供气；

(2) 将燃气金属软管和带熄火保护装置的灶具纳入设计要求，防止胶管被老鼠咬破或用户疏忽造成的漏气；

(3) 在城中村管网中增设压力监测点及地下空间燃气泄漏监测装置，通过设计阶段的监测网络布局，对运营期的风险实时预警，预防燃气安全事故发生。

#### 5.4.3 供气稳定保障措施

(1) 城中村燃气管道设计两路或多路供气，增设备用调压设备；

(2) 城中村燃气管道形成环状供气；

(3) 优化城中村庭院管地下管道控制阀门设置，避免因突发事件导致停气影响过大。

## 6 案例实践与分析：光明区某社区管道燃气改造项目

### 6.1 项目特点

光明区某社区管道燃气改造项目覆盖9个村，分3个标段实施，纳入改造范围的有1 432栋居民楼，共31 879户。经过初步设计，该项目面临以下核心问题。

施工工序颠倒：因不同类型的城中村综合治理工程同期进行，为避免地面重复开挖，地上与地下燃气管道由不同单位建设，且地上管道先行施工，导致地上、地下管道施工衔接困难。

调压设施选址困难：初步设计确定的调压柜安装位置存在土地使用权纠纷。

地下管线敷设困难：设计燃气管道与既有地下构筑物冲突，且部分构筑物因年代久远缺少相关资料。

碰口点设计过多：旧村片区环境过于复杂，同一条路上庭院管与气源管碰口点达4处，远超狭窄村路的施工承载力。

设计标准化低：房屋建设年代跨度大、杂乱无规则、高度差异显著（2层—15层）、外立面设施多；户型结构复杂，同楼栋户型差异率最高达40%以上，导致燃气管道设计标准化程度低。

### 6.2 运营期分析

通过前述措施改进项目方案后，项目运营期分析如下。

#### 6.2.1 经济效益分析

(1) 相比同类项目改管需求减少50%以上，且缩短了后期城中村底商燃气管道建设周期，节约了底商用户燃气改造成本；

(2) 先进技术优化管道路由，不仅减少管道长度，节约了投资，加快了施工进度，也降低了运营期管理成本；

(3) 新型设备的使用提升了运营期管理效率，不仅能实时监测管道运行压力，提升事故响应速度，还降低70%以上抄表成本。

#### 6.2.2 社会效益分析

(1) 通过设计优化降低了施工对居民的影响，因扰民被投诉数量相比同类项目下降72%，用户满意度达99%；

(2) 项目设计方案与用户需求契合度高，运营期内未发生燃气安全事故和私接私改事件；

(3) 项目充分考虑用户需求且安全、顺利完成提高了居民对管道天然气的接受度。

## 7 结论与展望

城中村特殊环境、设计阶段的局限性和运营阶

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.11.008

# 燃气站箱管道 检验检测过程中的质量管理策略研究

张罡迪, 沙得江, 赵志强, 赵卓远  
北京北燃特种设备检验检测有限公司

**摘 要:** 本文主要研究燃气站箱管道检验检测过程中的质量管理策略。通过对现有的宏观检验与无损检测技术进行分析, 总结燃气站箱管道检验检测现存的质量管理问题, 并从技术、流程、人员以及结果评估等方面提出一系列优化策略, 具有一定的参考价值。

**关键词:** 燃气站箱管道; 检验; 检测; 质量

## 1 引言

燃气站箱管道作为城镇燃气输配系统的关键节点, 承担着衔接长输管道、门站与城镇终端调压设施的核心功能, 通过精准调压、稳流控量, 将燃气安全

高效地输送至千家万户及各类用能场景, 是保障民生用气与工业生产的“生命线”。随着我国城镇燃气用量、用户规模持续扩大, 燃气站箱管道随之增多, 应用场景日益复杂, 高温、高压、易燃、腐蚀性介质等极端工况对管道完整性构成严峻挑战。当前检验检测

段反馈问题的滞后性为管道燃气改造项目带来了一定难度, 本文通过深圳市城中村管道燃气改造项目研究与实践, 分析了设计与运营的协同机制, 证明了从用户需求、设计技术、设备选用、安全设计等方面实施协同优化措施, 可提升城中村燃气运营能力。

基于深圳市燃气改造项目实践经验和本文研究, 未来建议从以下几方向提升城中村燃气设计与运营能力: 一是建立城中村燃气专项设计标准(如最小巷道宽度、立管防护等级), 针对握手楼、暗厨房等典型场景发布专项设计指南; 二是充分利用GIS+BIM技术, 推广“数字化预施工”; 三是构建“设计-施工-运营”数据共享平台, 实现故障预警与资源调度联动。

### 参考文献

- [1]杨镇源,胡平,刘真鑫.村城共生:深圳城中村改造研究[J].住区,2020(03):81-86.
- [2]深圳市城中村燃气供气建设方案(讨论稿),深圳市燃气行业协会,2014
- [3]杜维泉.城市燃气信息化建设与信息安全——以深圳城中村管道燃气改造工程为例[J].移动信息,2024,46(7):236-238.
- [4]王自辰.深圳市城中村管道天然气改造项目建设实践[J].城市燃气,2022(07):38-40.
- [5]张明明,刘芳.城市燃气系统中的智能化管理与调度技术[J].石化技术,2025,32(03):447-448.

[第一作者简介]张罡迪, 技术员, 助理工程师, 从事燃气管道检验检测工作。