

总第106期

2026年02期

(内部资料 免费交流)

准印证号: (黔)字第2025397

# 贵州燃气

## GU I ZHOUGAS





# 目录 CONTENTS

翱翔天下 创造未来

Will hover the world creation future

**GUORD CULTURE**

**贵州燃气**

**GUIZHOU GAS**

**2026年02期（总第106期）**

编委会主任：白大勇 程跃东

编委会顾问：朱家禄 单晓刚

主编：广 宏

副主编：余中刚 杜 娟

法律顾问：曾庆福

编辑：祝爱平 吕燕萍 童罗华 杨 亮

肖 剑 谭 莲 杭 洪 郑 滔

姚佳忱 周小珊 苏人杰

编印单位：贵州省燃气协会

编委会邮箱：gzhqxh803@163.com

编委会电话：0851-85817948

编委会地址：贵阳市云岩区中华中路  
178号燃气大楼7楼

印刷：贵阳云岩新盛印刷装订厂

印刷厂电话：13985153451

印刷日期：2026年6月

印数：350册

发送对象：主管部门及行业内有关单位

准印证号：（黔）字第2025397

## 01

### 政策法规

- 1 城市更新“十五五”规划部署建设改造城镇燃气管网 同步推进智慧化改造
- 3 《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》
- 5 《燃气服务导则》

## 02

### 协会工作

- 7 科技赋能智慧燃气 共筑行业高质量发展新篇  
——贵州省燃气协会2026年会员大会在兴义顺利召开
- 10 凝心聚力启新篇 贵州省燃气协会召开第一届工会会员大会

## 03

### 学术交流

- 12 无人机巡检在黔北山地天然气长输管道中的应用研究 邓 笛 陈良倩
- 21 降低管道焊接质量缺陷的管控方法及应用实践 师海斌 余东亮  
胡德超 王大磊
- 27 燃气老旧管网改造项目成本控制与造价优化分析 李 茜
- 33 城市燃气分布式发电自供电技术研究 陈 浩

## 04

### 简讯

- 40 我国超深层页岩气田诞生
- 42 全省首个BOG提氮示范工程实现高纯气体生产领域零的突破
- 43 聚力技术攻坚 贵州省非常规油气与新能源技术研讨会在贵阳召开
- 45 汇川区推进燃气“瓶改管”惠民工程 筑牢安全幸福民生底色



5月21日，第十二届智慧燃气发展论坛在北京开幕



贵州省燃气协会2026年会员大会4月22日在兴义召开



## 城市更新“十五五”规划 部署建设改造城镇燃气管网 同步推进智慧化改造

2026年5月15日召开的国务院常务会议，审议通过《城市更新“十五五”规划》，并作出一系列重要部署。会议指出，当前我国城市发展正从大规模增量扩张阶段转向存量提质增效为主的阶段；要把城市更新摆在突出位置。这为我国高质量开展城市更新锚定了方向。

“十五五”规划纲要提出，在地下管网建设改造方面，要建设改造城镇燃气管网约20万公里、排水管网约17.5万公里、供水管网约17.5万公里、污水管网约10万公里、供热管网约12万公里，同步推进智慧化改造。因地制宜建设综合管廊。

**《城市更新“十五五”规划》审议通过——**城市更新“任务书”来了，5月15日召开的国务院常务会议，审议通过《城市更新“十五五”规划》，并作出一系列重要部署。会议指出，当前我国城市发展正从大规模增量扩张阶段转向存量提质增效为主的阶段；要把城市更新摆在突出位置。这为我国高质量开展城市更新锚定了方向。

**改造城镇危旧房约50万套（间）**城市更新是推动城市高质量发展、不断满足人民美好生活需要的重要举措。“十四五”时期，我国城市人居环境质量进一步提升，人民群众在城市生活得更方便、更舒心、更美好。具体来看，“十四五”时期，我国加装电梯12.9万部，增设停车位340多万个、养老托育等社区服务设

施6.4万个；更新改造供水、燃气、供热等地下管网84万公里；打造口袋公园1.8万多个、城市绿道2.5万公里。

### 今后五年，城市更新有哪些重点任务？

“十五五”规划纲要提出，在地下管网建设改造方面，要建设改造城镇燃气管网约20万公里、排水管网约17.5万公里、供水管网约17.5万公里、污水管网约10万公里、供热管网约12万公里，同步推进智慧化改造。因地制宜建设综合管廊。在宜居安居水平提升方面，要以国有土地上C、D级危险住房等为重点，改造城镇危旧房约50万套（间）。改造老旧小区约11.5万个。在老旧街区厂区改造方面，要推动老旧街区功能转换、业态升级、活力提升，以市场化方式盘活利用闲置低效厂区、厂房和设施，更新改造约1500个老旧街区厂区。此次会议明确，要把城市更新摆在突出位置，坚持远近结合、突出重点，有力有序推进各项工作，建设创新、宜居、美丽、韧性、文明、智慧的现代化人民城市。上海易居房地产研究院副院长严跃进表示，会议对城市更新的相关部署，意味着城市更新工作将进入提速阶段。预计接下来各地将进一步加大相关工作力度，持续推进城市更新各项任务。

**营造高品质城市生活空间**会议提出要落实好城市更新重点任务，培育壮大城市发展新动能，营造高品质城市生活空间，推动城市发展

绿色低碳转型，增强城市安全韧性，促进城市文化繁荣发展，提升城市治理能力水平。要健全城市更新实施机制，完善政策支持体系，构建可持续的城市更新模式。培育壮大城市发展新动能。近年来，全国多个城市积极培育新产业、新业态，以市场化方式推动老旧厂区更新改造。例如，老旧厂区变身文创园区、废弃铁路成为创业街区，城市更新与产业升级深度融合，为城市发展注入新动能。营造高品质城市生活空间。老旧小区加装电梯、完善“一老一小”服务设施、织密口袋公园和绿道网络，眼下正在稳步推进的一系列民生工程，着眼于提高居民生活品质、提升居民的幸福感。推动城市发展绿色低碳转型。存量建筑节能改造、推广绿色建材等，我国的城市更新工作始终将“绿色”放在重要位置。中国建筑材料联合会数据显示，今年一季度绿色建材营收规模突破610亿元，继续保持12%的较快增长。增强城市安全韧性。根据中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于持续推进城市更新行动的意见》，我国将加快拆除改造D级危险住房，通过加固、改建、重建等多种方式，积极稳妥实施国有土地上C级危险住房和国有企事业单位非成套住房改造。分类分批对存在抗震安全隐患且具备加固价值的城镇房屋进行抗震加固。促进城市文化繁荣发展。《关于持续推进城市更新行动的意见》明确，落实“老城不能再拆”的要求，全面调查老城及其历史文化街区，摸清城镇老旧小区、老旧街区、老旧厂区文化遗产资源底数，划定最严格的保护范围。

**更多政策举措加快出台落地**《关于持续推进城市更新行动的意见》提出，到2030年，城市更新行动实施取得重要进展，城市更新体制机制不断完善，城市开发建设方式转型初见成效等。今年以来，城市更新工作正在稳步推进。1月，自然资源部联合住房和城乡建设部发布《关于进一步支持城市更新行动若干措施的通知》，推出增强详细规划适应性、优化过渡期支持政策等举措。财政部、住房和城乡建设部日前发布通知，2026年中央财政继续支持部分城市实施城市更新行动。今年一季度，城市更新相关专项债券发行接近1200亿元。

根据全国住房和城乡建设工作会议部署，2026年我国将高质量开展城市更新，抓好城市体检、更新试点，实施一批民生工程、发展工程、安全工程。近期，住房和城乡建设部透露，地级及以上城市和县级市今年要全面开展城市体检工作，加快实现住房、小区、街区、城区4个维度体检全覆盖。全国多省份已陆续发布地方“十五五”规划纲要，划定未来五年城市更新发展目标和实施重点。截至目前，至少有27个省份对城市更新作出部署。近期，各地城市更新相关政策相继出台，涉及公布实施城市更新条例、印发未来五年城市更新行动方案、推出城市更新政策激励工具箱等多个方面，加快推进城市更新行动落地见效。

来源：煤气与热力杂志（2026年5月21日）

## 《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》

### 住房和城乡建设部关于发布国家标准《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》的公告

(接2026年1期)

4.2.7 燃气装卸车、气瓶充装等操作类作业应符合下列规定：

- 1、作业前，作业人员应检查确定移动式压力容器在检定有效期内并处于安全状态下，应对作业对象进行静电接地。
- 2、作业过程中，作业人员应对液位、流量、压力、温度等参数进行动态监控，不得离开。
- 3、作业完成后，应恢复工艺系统充装作业前的状态，并应对作业对象进行泄漏检测。
- 4、燃气装卸车作业还应符合下列规定：

1) 作业时车辆应放置防溜装置；

2) 作业前，现场操作人员应与中控室监控人员对储罐内及槽车的压力、液位值进行核实确认，确定进液方式；

3) 液化天然气装卸车作业前，应按规定对装卸车管进行吹扫；

4) 液化天然气装卸车作业结束，待连接管或装卸车臂恢复至常温后，应对其接口采取封口防护措施。

5、气瓶充装作业还应符合下列规定：

1) 充装前应对气瓶进行检查，在用气瓶内应保持正压，不符合要求的气瓶不得进行充装；

2) 充装作业中，应保持充装场所通风良好，操作人员应观察有无异常结霜、结露及异响现象，液化天然气和液化石油气充装量不得超过规定的最大允许充装量，严禁使用槽车或气瓶充装气瓶；

3) 液化石油气气瓶充装前，气瓶内残液量

不符合规定的，应进行倒残处置，残液应由专用残液储罐单独储存；

4) 液化天然气和液化石油气气瓶充装后，应对充装重量和气密性进行逐瓶复检，压缩天然气气瓶充装后，应对充装压力和气密性进行逐瓶复检；复检合格的气瓶应贴合格标志，复检不合格的气瓶应采取有效处置措施。

4.2.8 燃气厂站、输配管道及调压设施的维护保养应符合下列规定：

1、作业人员应按设备操作规程规定的维护保养周期和方法，以及维护保养作业安全操作规程开展作业。

2、加臭装置维护作业应由受专项培训的人员进行。

3、燃气设施维护保养作业时，应使用防爆工具操作或做好防爆处理，作业前应释放静电，作业区域严禁产生火花。

4、作业结束恢复运行后，应核实维护保养过的设备或装置工况，相关仪表参数显示应正常，并在正常工况下进行泄漏检测。

4.2.9 燃气厂站、输配管道及调压设施的维修作业应符合下列规定：

1、应安排两人及以上开展作业。

2、作业人员应按维修作业安全操作规程开展作业。

3、正常情况下，作业应在停气状态下实施。

4、特殊情况需带气状态实施燃气设施维修作业时，应使用防爆工具操作或做好防爆处理，作业前应释放静电，作业区域严禁产生火花。

5、作业结束恢复运行前，应核实维修设备或

装置的情况，并进行对应的检测和试验。

6、作业结束恢复运行后，应检查核实维修设备或装置工况，相关仪表参数显示应正常。应在正常工况下进行泄漏检测，并在24h~48h内进行一次复检。

4.2.10 对燃气用户的安全检查、抄表、维修类作业应符合下列规定：

1、应定期按照作业安全操作规程的要求对各检查点进行现场检测和检查，及时发现存在的问题。

2、对检查发现的安全隐患，应告知用户，按规定的责任划分进行整改，并按用户燃气设施隐患整改及跟踪管理要求实施管理。

3、当检查发现燃气泄漏时，应切断气源并及时处置。

4、当发现隐患对人身和公共安全构成危害时，应在履行告知义务后采取暂停供气的措施。

5、对燃气用户拒绝入户安全检查、不签收整改通知书、存在安全隐患拒不整改等问题，应采取专项处置措施。

6、用户燃气设施的维修作业应采用仪器检测或检查液检漏。维修完成后，应在确认无燃气泄漏并正常工作后方可结束作业。

4.2.11 单户居民户内通气点火作业应符合下列规定：

1、燃气表前管道应已完成验收和置换。

2、用气场所和燃气设施应符合现行工程建设强制性国家标准《燃气工程项目规范》GB 55009和国家现行有关标准的规定。

3、燃气燃烧器具及其附件等应符合相关要求。

4、燃气表及表后管道气密性试验应合格。

5、点火前应进行燃气置换，置换放散的气体

应安全地排至室外。

6、点火后应检查供气系统和燃气燃烧器具工作情况，供气系统应无泄漏，燃气燃烧器具应工作正常。

7、相关记录应在现场由用户签字确认，相关信息应录入信息管理系统。

4.2.12 瓶装燃气户内配送作业应符合下列规定：

1、配送人员应负责气瓶、调压器及燃气软管等安装。

2、配送人员应对用气场所和燃气设施进行安全检查。

3、相关记录应在现场由用户签字确认，相关信息应录入信息管理系统。

4.3 特殊作业

4.3.1 特殊作业前应进行风险分析、制定作业方案、办理方案审批、签发许可票证，按方案要求开展作业，作业应明确现场负责人、安全员、作业人员和监护人及职责。

4.3.2 特殊作业方案应包括作业基本情况、作业环境、风险分析及注意事项、人员安排与职责、作业程序步骤、作业时限、应急措施、工器具清单和现场安全检查清单等内容。

4.3.3 特殊作业前，作业审核批准人应组织人员对作业现场及作业涉及的设备、设施、工器具等进行检查，同时对参加作业的人员进行资格核查和安全措施交底，在作业条件符合作业方案要求后签发许可票。（未完待续）



# 燃气服务导则

(接2006年1期)

## 5 供气服务

### 5.1 一般要求

#### 5.1.1 供气质量及可靠性

燃气经营企业应向用户持续、稳定、安全供应符合国家质量标准的燃气。应向社会公布所供应燃气的组分、热值和供气压力等信息。所供应的燃气应具有当其泄漏到空气中并在发生危险之前，嗅觉正常的人可以感知的警示性臭味。当供应的燃气不符合以上要求时应进行加臭。燃气经营企业应定期对加臭剂浓度进行抽样检测。

#### 5.1.2 供气条件

燃气经营企业应根据当地燃气发展规划确定的燃气气源、种类、供气方式和规模、燃气设施布局和建设时序、燃气设施建设用地、燃气设施保护范围、燃气供应保障措施和安全保障措施等内容及要求，完善供气条件，在其经营范围内提供供气服务。

#### 5.1.3 供用气合同

燃气经营企业应与符合用气条件的用户签订供用气合同。

### 5.2 管道燃气供气服务

#### 5.2.1 受理用气申请

##### 5.2.1.1 用气申请包括新增用户申请和既有用户用气需求调整申请；对于需要施工许可证的新增建设项目，用户可自施工许可证核发之日后申请报装；对于既有和无需施工许可证的建设项目用户可随时申请。

5.2.1.2 燃气经营企业应公示用气申请业务的信息：

- a) 办事流程、办结时限、办理部门和地点；
- b) 申请不同供气服务方式的资料清单与要求；
- c) 服务范围内的燃气工程设计、施工单位的资质要求；

d) 服务收费项目和依据；

e) 用气条件。

5.2.1.3 燃气经营企业受理用气申请应提供一站式服务，并符合下列要求：

a) 当场核验用气申请资料，符合受理条件的当场受理，不符合受理条件的应告知原因并给出解决方案的建议；

b) 对新增用户自受理申请之日起，完成现场勘查、接气方案确定和通气验收的累计时间不应超过16个工作日，其中接气方案确定的技术论证和非燃气经营企业原因造成的耗时不计算在内；

c) 对不符合用气条件的申请应一次性书面回复。

#### 5.2.2 供气

5.2.2.1 管道燃气经营企业应组织或参与燃气工程通气验收，验收合格后方可供气。

5.2.2.2 燃气经营企业应与用户签订供用气合同，合同至少应包括下列内容：

- a) 供气方式、燃气种类及质量、供气压力；
- b) 燃气价格、计量和结算方式；
- c) 燃气设施运行维修、更新改造的责任，明确双方安全责任；
- d) 供停气条件和流程；
- e) 安全须知。

5.2.2.3 燃气经营企业应保证供气连续可靠，用户调压装置出口压力应在设定范围内。

5.2.2.4 临时降压、中断供气和恢复供气应按规定及时通知用户并采取措施保证安全，尽量减少对用户的影响。

5.2.2.5 燃气经营企业应保证燃气供应设施处于良好工作状态，并及时受理燃气管道设施故障的报修并进行处置。

### 5.3 瓶装燃气供应服务

#### 5.3.1 燃气经营企业

5.3.1.1 瓶装液化石油气供应站的设置应根据用户用气分布特点确定，安全距离应符合规范要求

求，需要 撤销或者搬迁瓶装液化石油气供应站的，应制定方案保障用户用气。

5.3.1.2 燃气经营企业应根据要求提供气瓶配送、入户安装、安全检查和宣传等服务。

5.3.1.3 燃气经营企业应建立瓶装液化石油气供应服务信息化管理系统，利用物联网等技术实现充装、储存、销售、配送、入户安检、气瓶检验与报废等可追溯管理。

5.3.1.4 燃气经营企业应使用本企业自有产权气瓶向用户销售瓶装液化石油气，不应向不具备安全使用条件的用户供气；充装完成的气瓶应无超量、欠量和泄漏现象。

#### 5.3.2 配送服务

5.3.2.1 燃气经营企业应按约定的时间为用户 提供配送服务，并将相关合法收费凭证随同送达。

5.3.2.2 气瓶的配送车辆和运输应符合有关规定。

5.3.2.3 配送人员应负责气瓶、调压器及燃气软管等的安装，并对用气场所和用户燃气设施进行安全检查，记录存档，相关记录应现场签字确认。

5.3.2.4 配送人员、配送车辆和安全检查结果应实时录入信息化管理系统。

#### 5.3.3 气瓶

5.3.3.1 燃气经营企业应向用户提供符合国家标准的合格气瓶。

5.3.3.2 燃气经营企业应对气瓶实施全生命周期可追溯管理。

5.3.3.3 燃气经营企业应在气瓶（含检修、检测合格）首次投用前，对其进行抽真空处理，并做好记录。

5.3.3.4 气瓶出入库时，检查气瓶外观应符合有关要求。出库气瓶应无泄漏，并保持清洁；入库气瓶有腐蚀、损伤或缺陷对其安全可靠 性有影响时，应立即停止使用并进行处置。

5.3.3.5 库存和停用超过一个检验周期的气瓶，启用前应进行检测。

#### 5.4 车用燃气加气服务

##### 5.4.1 燃气经营企业

5.4.1.1 燃气经营企业应保障车辆充装所需燃气的正常供应。

5.4.1.2 燃气经营企业使用的加气机应符合国家计量检定规程要求，并定期进行检定。

5.4.1.3 燃气经营企业应建立信息化管理系统，实现加气、销售及车辆等可追溯管理。

5.4.1.4 燃气经营企业不应从事超出经营范围的充装业务，不应向不具备安全使用条件的燃气汽车加气。

5.4.1.5 燃气经营企业应向燃气汽车驾驶员宣传安全用气知识，提高燃气汽车驾驶员的安全意识和应急处置能力。

##### 5.4.2 加气服务

5.4.2.1 加气站的加气车辆进、出通道应有明确标识。服务人员应引导加气车辆有序进站和出站。

5.4.2.2 加气前，应提醒并确认燃气汽车驾驶员熄灭发动机、拉好手刹，并引导驾驶员和乘客到候车区等候。

5.4.2.3 加气前，操作人员应对车辆燃气设施完好性、燃气泄漏情况以及气瓶定期检验有效合格证件等进行检查，符合要求方可为汽车加气；加气后，应对气瓶进行检查且无燃气泄漏现象。

5.4.2.4 加气前应问清加气数量，将加气机显示归零并向用户告知；加气结束，应唱收唱付。

5.4.2.5 对临近气瓶检验期限的气瓶，应提醒司机进行检测。对检查不合格、存在安全隐患的车辆和 气瓶，加气站应停止燃气充装服务。

5.4.2.6 加气站遇到特殊情况停止加气服务时，应在加气站明显位置进行公告，并尽快恢复加气服务；对于设备设施检修等计划性停止加气服务，应提前 48 h 予以公告。

5.4.2.7 加气站不应拒绝向符合规定的燃气汽车加气，不准许用户使用加气设施自行加气。

（未完待续）



## 科技赋能智慧燃气 共筑行业高质量发展新篇

——贵州省燃气协会 2026 年会员大会在兴义顺利召开

4月22日，以“科技赋能·智慧燃气”为主题的贵州省燃气协会2026年会员大会暨智慧燃气发展论坛，在黔西南州兴义市富康国际酒店隆重举行。贵州省住房和城乡建设厅、黔西南州住房和城乡建设局等行业主管部门领导，协会会员单位、技术专家、全省燃气企业代表、优秀论文作者及特邀嘉宾齐聚兴义，共商行业安全发展、智慧燃气新路径。



本次大会由贵州省燃气协会主办，黔西南州住房和城乡建设局、贵州燃气集团股份有限公司支持，贵州鸿创智能能源技术服务有限公司承办，贵阳市燃气协会、黔西南州燃气协会、贵州斯克诗科技有限公司、兴义港华燃气有限公司、贵州燃气集团安龙县燃气有限公司、贵州坤源工贸发展有限公司、汉威科技集团股份有限公司等单位联合协办。

上午9时，会员大会正式开幕，协会理事长白大勇致欢迎词，全面回顾协会在党建引领、行业服务、安全督导、技术推广等方面的工作成效，并表示未来将以科技创新为驱动、以安全发展为底线，持续发挥桥梁纽带作用，推动全省燃气行业提质增效、转型升级。

黔西南州住房和城乡建设局副局长夏家祥在致辞中强调，城镇燃气是保障城市运行与民生福祉的“生命线”，本次大会为行业交流搭建了优质平台，将有力推动智慧燃气技术落地实施，助力区域及全省燃气事业高质量发展。



贵州省住房和城乡建设厅二级调研员喻军在讲话中指出,燃气安全事关千家万户切身利益与社会和谐稳定,全行业要紧扣安全整治、智慧升级、标准建设三大重点,强化技术创新与风险防控,全力推动燃气运营管理数字化、智能化、规范化发展。

协会秘书长广宏作《2025 年工作总结及 2026 年工作计划(草案)》报告,系统梳理年度工作成效,明确 2026 年将以党建引领为核心,聚焦智慧升级、安全整治、标准建设、会员服务四大方向,推动行业持续健康发展。大会还审议通过 2025 年度财务报告、监事会工作报告及理事、监事会成员调整议案,公布新入会会员名单,吸纳多家优质企业加入协会大家庭。

为鼓励行业技术创新与理论研究,大会对 2026 年度优秀论文进行表彰,共评选出一等奖 4 篇、二等奖 9 篇、三等奖 14 篇,论文内容涵盖管道安全、智慧巡检、数字化管理、老旧管网改造、低碳转型等领域。与会领导为获奖作者颁发证书,充分肯定行业同仁在技术攻关与管理创新工作中取得的突出成果。

主旨演讲环节,兴义港华燃气有限公司总经理龙运海以《聚力同行·笃行致远,携手共促行业新未来》为题,分享企业运营管理与区域协同发展经验;龙岩市新发智能燃气有限公司技术总监华广发围绕“好房子中有好燃气”,详细讲解智慧燃气安全解决方案,为行业高质量发展提供了可借鉴的实践思路。

下午,智慧燃气发展论坛如期举办,黔西南州住建局燃气管理服务科科长陈国文以根植安全生产“十零”理念为核心,创新提出城镇燃气“012345”监管模式;省内多位行业权威专家、技术大咖、企业精英,围绕规范运营、老旧管网改造、液化石油气在农村推广应用、智慧检测、数字化转型等核心议题展开深度分享,推出一批可复制、可推



广的数字化管理方案。凝聚行业共识、共享先进经验、共促贵州燃气事业高质量发展。会议期间也集中展示智能监测、安全防护、新型管材等先进装备,进一步促进行业供需对接与技术交流。



此外,大会先后召开了贵州省燃气协会第二次秘书长联席会议、第六届第二次理事会,并与黔西南州燃气协会签订战略合作协议,为各地市(州)燃气协会协调发展奠定了坚实的基础。

协会白大勇理事长在总结讲话中表示,本次大会凝聚行业共识、明确了全省燃气行业向安全、绿色、智慧、高效转型的发展方向。下一步,协会将带领全体会员单位牢记使命、实干笃行,强化科技创新、深化交流合作、严守安全底线,全力推动贵州省燃气行业迈上新台阶,为全省民生保障与地方经济社会发展注入强劲动能。

本次大会的成功举办,既是对贵州燃气行业过往成绩的全面总结,更是对未来发展的精准擘画,为全省城镇燃气高质量发展注入强大动力。

来源:贵州省燃气协会(2026年4月28日)



## 凝心聚力启新篇

### 贵州省燃气协会召开第一届工会会员大会

为进一步健全协会组织架构,完善内部治理体系,切实维护职工合法权益,凝聚干部职工干事创业合力,助推全省燃气行业安全、规范、高质量发展,近日,贵州省燃气协会顺利召开了第一届工会会员大会,标志着贵州省燃气协会工会组织正式成立,协会以党建带群团组织建设迈入规范化发展新阶段。

本次大会严格按照《中华人民共和国工会法》和《中国工会章程》及上级工会工作要求规范开展。会上宣读了贵州省建设工会委员会关于同意成立贵州省燃气协会工会小组的批复文件,以及同意贵州省燃气协会召开工会会员大会的批复,全面通报工会前期筹备、会员登记、会务组织等工作情况,明确大会各项议程合法合规、程序严谨规范。

会议期间,全体参会会员严格遵守选举工作纪律,本着民主、公开、公正的原则,通过无记名投票方式,选举产生协会第一届工会小组组成人员。其中,周小珊同志当选为工会小组组织委员,李易富同志当选为经费审查委员会委员,为协会今后工会工作有序开展夯实了组织基础。



新当选的工会小组组织委员周小珊同志作表态发言。她表示,将始终坚守工会政治属性与服务职能,紧紧围绕协会中心工作和行业发展大局,认真履行维护、建设、服

务、培训四项职能。持续畅通职工诉求渠道，切实维护和保障职工合法权益，扎实开展职工关怀帮扶、权益保障、文体建设和队伍凝聚等工作，着力打造有温度、有担当、有活力的职工之家，团结带动全体职工立足岗位担当作为，为全省燃气行业安全稳定、提质增效贡献力量。

协会党支部书记、秘书长广宏同志对本次大会的顺利召开及协会工会小组的正式成立表示祝贺，并对下一步工会工作提出工作要求。一是强化政治引领，牢牢把握正确政治方向，团结带领全体职工听党话、跟党走；二是聚焦主责主业，充分发挥工会桥梁纽带作用，用心用情服务职工，助力协会高质量发展；三是夯实基础建设，健全完善工作制度，规范日常管理，持续提升工会工作规范化、专业化水平；四是服务发展大局，紧扣行业自律、服务提升等重点工作，充分激发队伍活力，汇聚行业发展合力。



协会工会小组的成立，补齐了协会群团工作短板，进一步完善了协会治理架构，对加强协会队伍建设、文化建设和作风建设具有重要意义。下一步，贵州省燃气协会工会将以本次大会为新起点，扎实有序推进各项工会工作，常态化开展暖心服务、文化建设、技能提升和权益保障工作，不断增强职工的归属感、幸福感和凝聚力，全力推动协会各项工作提质增效，为全省燃气行业健康平稳、安全高质量发展注入新动能。

来源：贵州省燃气协会（2026年6月3日）

# 无人机巡检在黔北山地天然气长输管道中的应用研究

邓笛 陈良倩

(贵州燃气集团天然气支线管道有限公司)

**摘要:** 针对黔北山区天然气管道人工巡检效率低、风险高等问题,本文以遵义至仁怀天然气管道为例,研究了无人机智能巡检技术的应用。提出了数据层、调度层、应用层三层系统架构,制定了“多旋翼无人机+自动化机库+仿地飞行”的山地巡检策略,完成了机库部署与航线规划。系统运行结果显示:累计巡检 1041 架次,覆盖管道 80.53km,隐患识别准确率 98.5%,作业效率提升 81.3%,显著提升了巡检效率,大幅降低了运营成本和高危地段人员作业风险,有效解决了山地“地形高差大、信号盲区多”的巡检难题。

**关键词:** 无人机巡检; 天然气; 长输管道

## 1 引言

在国家低空经济<sup>[1]</sup>战略推动下,依托 5G 技术、AI、人工智能和物联网等高新技术融合应用,传统能源行业正逐步转向信息化和智能化。其中,油气管道巡检的传统运维模式正式向“无人化”方向发展。例如,采用无人机结合 AI 智能识别的智能巡检模式,其方便快捷、灵活多变的高质量巡检特性已成为油气企业进行数字化转型、智能化发展、运营成本控制和效率提升的关键支撑<sup>[2]</sup>。

遵义至仁怀天然气管道(遵仁支线)位于贵州省黔北山区,该地区主体位于我国第二梯级,地势起伏大,平均海拔为 982.43 米<sup>[3]</sup>。管道线路全长约 118.53 公里,是黔北地区重要的天然气输送通道。管道线路巡检是进行管道保护的重要手段之一,现有的管道巡检方式主要依靠人工徒步巡检,存在效率低下等问题。在黔北地区,遵仁支线途径高原山地,其陡坡道路及复杂多变的极端天气给人工巡检带来了巨大挑战,从而影响了管道巡检质量。

本文先通过研究现有无人机发展和应用现状,并结合遵仁支线管道公开地理信息,提出了在黔北山地实现无人机智能巡检平台的系统架构;其次,以遵仁支线天然气管道的实际部署为例,阐述了在山地进行无人机机库部署和航线规划的一般思路和方法;最后,通过系统实际运行的效果和分析,提出无人机在山地进行管道巡检的未来展望。

## 2 无人机现状概述

### 2.1 国内外研究现状



无人机经过长期发展和技术突破,近年来逐渐成为国内外讨论的重点方向。赵海彬等人<sup>[4]</sup>全面综述了无人机在石油和天然气管道中的现有和潜在应用,回顾了各种类型无人机的作业适用场景和对应局限性,讨论了经济与环境效益以及应用过程中面临的挑战和前景;许涛等人<sup>[5]</sup>针对复杂山地环境无人机路径规划难题,提出基于混沌映射与混合变异扰动的冠豪猪优化算法(CPO-CH),利用混沌映射技术提升飞行路径分布质量;张军等人<sup>[6]</sup>从结构材料、定位导航、自主智能三方面分析了低空无人机技术现状,提出了仿生构型、多源融合定位等技术方向及政策建议,为我国低空经济发展提供战略参考;Aromoye等人<sup>[7]</sup>系统综述了延长无人机续航时间的技术方法以及AI在油气管道监测中的应用,提出了一种轻于空气与重于空气相结合的混合无人机设计方案,为油气管道自主巡检提供了技术路线图。

上述国内外研究从多个维度讨论和总结了无人机技术的发现方向和研究成果,共同推动了无人机在油气管道巡检与低空经济中的理论发展与技术应用。

## 2.2 行业应用现状

随着无人机技术的融合发展,无人机在油气管道巡检、电力巡检方面逐渐凸显优势。在石油天然气行业,田明亮<sup>[8]</sup>以定点飞行技术、图像识别技术和4G通信技术为基础,提出一种基于无人机的山区天然气管道智能巡检系统,将管道周围危险因素作为特征样本库,通过对比无人机航拍图片与样本库资料发现危险源;胡仲瑞等人<sup>[9]</sup>利用神经辐射场构建精细的三维环境模型,设计了一种用于油气管道巡检场景中的四旋翼无人机路径规划策略,通过改进的粒子群优化算法求解最优控制输入。王辛楼等人<sup>[10]</sup>研究了无人机机库在油气管道线路的智能化应用,包括无人机自主起降技术、云平台控制技术、数据实时回传技术、故障智能诊断定位技术等,实现“无人机智能巡检+自动识别+人工现场处置”的转变。

以上行业应用表明,在采用无人机巡检已经取得了重要进展,但仍然存在研究空白,上述只针对一般巡检情况,实现了管道巡检的通用的解决方案,但对于山地管道巡检的特殊需求关注不足。因此,本文以黔北山地天然气长输管道无人机巡检为例,针对山地“地形高差大、信号盲区多”的特殊应用场景,开展适应性强、可靠性高的无人机巡检技术应用研究,为山地天然气管道智能化巡检提供理论参考与实践借鉴。

## 3 巡检系统架构

### 3.1 架构设计

遵仁支线无人机巡检系统架构如图1所示。该架构从下至上分为三层结构:数据层、调度层及应用层。其中数据层使用无人机及负载设备采集巡检基础数据,随后数据通过网

络链路传输至调度层,调度层是无人机巡检系统的核心,负责巡检任务分发、数据处理、设备状态检测等核心功能,应用层实现了人机交互的终端接口,实现了可视化配置、画面监控及报告生成等功能。

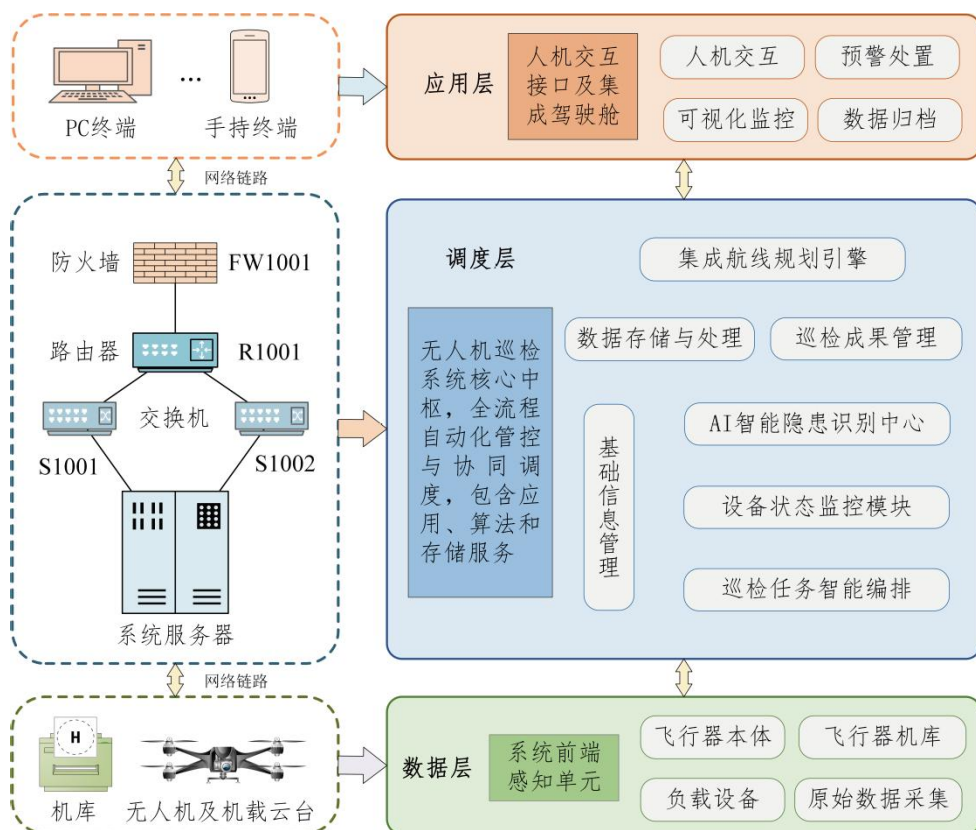


图 1 无人机巡检系统架构

### (1) 数据层

数据层作为系统的前端感知单元,主要由无人机本体、机库及负载设备(可见光相机)组成,负责采集管道沿线的基础巡检数据,并通过网络链路将原始数据实时回传至调度层,为后续智能分析提供多源异构数据<sup>[11]</sup>支撑。

### (2) 调度层

调度层是无人机巡检系统的核心中枢,集成航线规划引擎、AI智能识别中心及设备状态监控模块,承担巡检任务的智能编排与动态优化、多源异构数据的实时处理与智能分析、无人机及载荷设备的全生命周期状态监测与故障预警等关键职能,实现对无人机巡检全流程的自动化管控与协同调度。

### (3) 应用层

应用层面向用户提供人机交互接口,集成驾驶舱可视化监控、预警处置与成果管理功

能,基于 GIS 地图<sup>[12]</sup>实现管段状态实时呈现、隐患闭环处置及巡检数据归档回溯。

三层架构相互融合协作,最终形成“无人机自动巡检+隐患自动识别+人机交互闭环处置”的三位一体协同巡检模式,为管道智能运维提供数据支撑。

3.2 相关参数

本文 3.1 所述架构已在遵仁支线实现并运行,相关硬件、软件主要参数如表 1 所示。

表 1 遵仁支线无人机巡检系统相关参数

| 名称      | 型号或版本                                  |
|---------|----------------------------------------|
| 服务器硬件信息 | Intel Xeon Silver 4311, 32G, 20TB SATA |
| 显卡      | RTX 4060 8G                            |
| 多旋翼无人机  | M300 RTK                               |
| 自动化机库   | 大疆机场 2                                 |
| 机载云台    | H20N                                   |
| 数据传输    | 4G, 千兆网, DJI SDR                       |
| 服务器操作系统 | CentOS 7.8                             |

4 策略与部署实现

4.1 巡检策略

为实现该部分管段无人机覆盖巡检,本文采取“数据层设备选型、飞行高度模式确定,航线规划与部署”进行巡检策略设计。

多旋翼无人机与固定翼和直升机在线路巡检方面有明显优势,且搭载云台负载设备配合自动化机场进行巡检,可以解决山地“地形高差大、信号盲区多”的问题。主要原因是在复杂山地,固定翼无人机实现了垂直起降、全向移动、空中悬停等功能,可以实现全方位巡检覆盖;再配合机场采用私有协议进行实时数据或中继传输,可以解决山区信号环境弱的缺点。

无人机的飞行高度模式如表 2 所示。三种模式中,采用模式 1 会导致无人机实际离地距离过低,甚至撞击山体<sup>[13]</sup>;而模式 2 需要进行作业区海拔数据换算,操作复杂;山区飞行作业应采用模式 3 进行仿地飞行<sup>[14]</sup>,可根据地形实时调整飞行高度,实现云台对地高度相对一致,以达到最佳的航拍状态。

表 2 无人机飞行高度模式

| 模式   | 名称           | 适用场景     | 山区建议          |
|------|--------------|----------|---------------|
| 模式 1 | 相对起飞点高度      | 地势平坦     | 无法反应作业高度      |
| 模式 2 | 相对海拔高度       | 地势高低落差大  | 操作复杂易出错       |
| 模式 3 | 相对地形高度(仿地飞行) | 精确已知海拔数据 | 对地高度一致,实现最佳航拍 |



航线规划与机库部署是巡检策略的重要一环。根据现行法规,以真高(无人机与地面实际高度)120米作为轻型无人机限高<sup>[15]</sup>,即优先选择山顶或地势较高的位置作为机库部署点,可以合规拓展作业高度范围;巡检航线则应按照管道实际走向进行航点设置,在此过程中重点在于进行穿山/穿楼检查、飞行高度检查和返航高度设置。

根据对以上分析,遵仁支线无人机巡检策略如下:

(1)采用轻型四旋翼无人机配合机库完成飞行作业,无人机搭载高清云台进行数据采集,使用 DJI SDR+4G 模式实现无人机与机库数据交换;

(2)采用仿地飞行模式执行作业任务;

(3)单套无人机设备以机库为中心作为起降点,按照多任务、多航线进行巡检作业,单线航程可覆盖约 8.5 公里管道。若以机库为圆心,8.5 公里为半径的范围内有  $n$  段管道,理论可覆盖巡检里程为  $n \times 8.5$  公里,若单段管道长度为  $l$ ,管道巡检总里程  $L_g$  的计算公式为:

$$L_g = l_1 + l_2 + \cdots + l_n$$

综上所述,根据机库巡检半径可确定遵仁支线需机库数量,根据机库数量将遵仁支线巡检线路划分为若干个巡检单元,最后按照优先场站、阀室,再综合考虑地势较高位置进行机库部署和航线优化。

遵仁支线机库部署及航线规划见 4.2 节。

## 4.2 部署实现

遵仁支线沿线含有 3 个天然气场站和 5 个阀室,在约 118.53 公里管道中,部分管段(35 公里)处于民航机场禁飞区内,剩余 80.53 公里管道可实现无人机巡检。依据 4.1 中巡检策略,首先,将遵仁支线无人机可巡检管段划分为 5 个巡检单元,可满足全部非禁飞区内管道巡检覆盖;其次,在巡检单元内单独进行机库选址和航线规划;最后,依次进行首期验证和优化调整后实现全线部署。

部署时间线如图 2 所示。

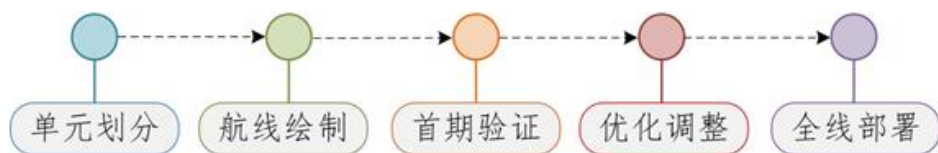


图 2 部署时间线

遵仁支线第一个巡检单元为例:根据巡检策略,机库优先选择场站或者阀室进行部署,保证稳定供电、网络稳定的同时也保证运维的良好交通条件,但同时需要考虑场站、阀室的实际地形高度,若场站、阀室地形不适宜进行机库部署,则需要考虑租用地形较高的民房进

行机库部署,该单元内机库部署于民房。其次是进行航线规划,遵仁支线第一巡检单元航线规划示意图如图 3 所示。

以机库作为无人机起降点,管线走向即为无人机有效巡检点,该巡检单元内共有东、西两条航线(部分航点有删减)。无人机可先到达该段管道最远端航点(西航线),在沿管道路径依次设置航点进行巡检,巡检完成后返回机库完成一次巡检任务,也可将上述顺序倒置进行巡检(东航线)。

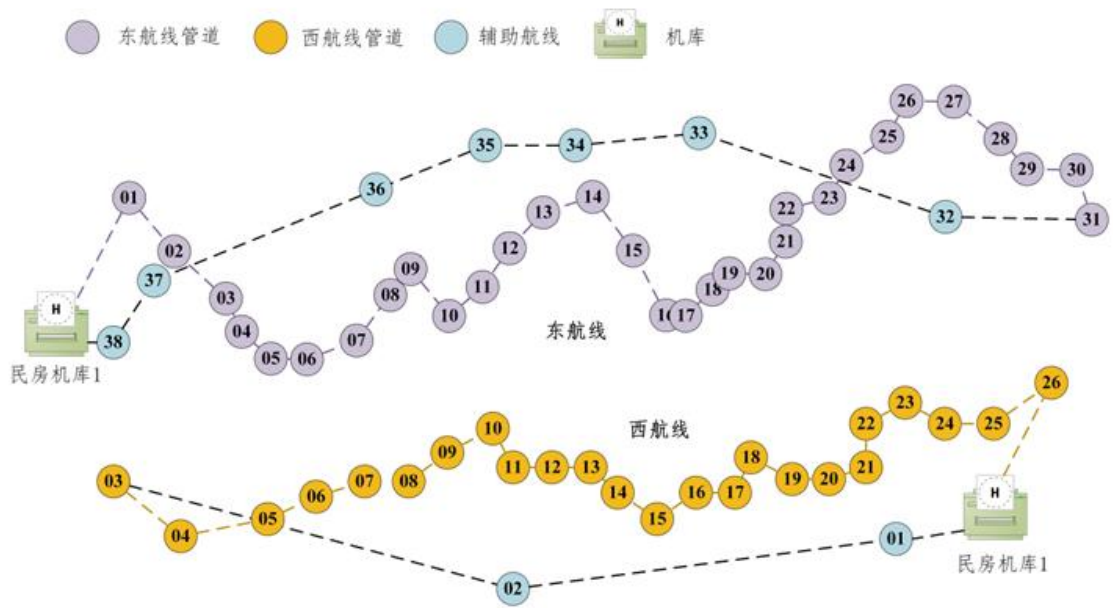


图 3 第一巡检单元航线规划示意图

巡检航点设置完毕后,需进行仿地飞行的航点高程及无人机返航高度相关检查和确认。以第一巡检单元东航线为例,其飞行高度与对应地形高度对照如图 4 所示。

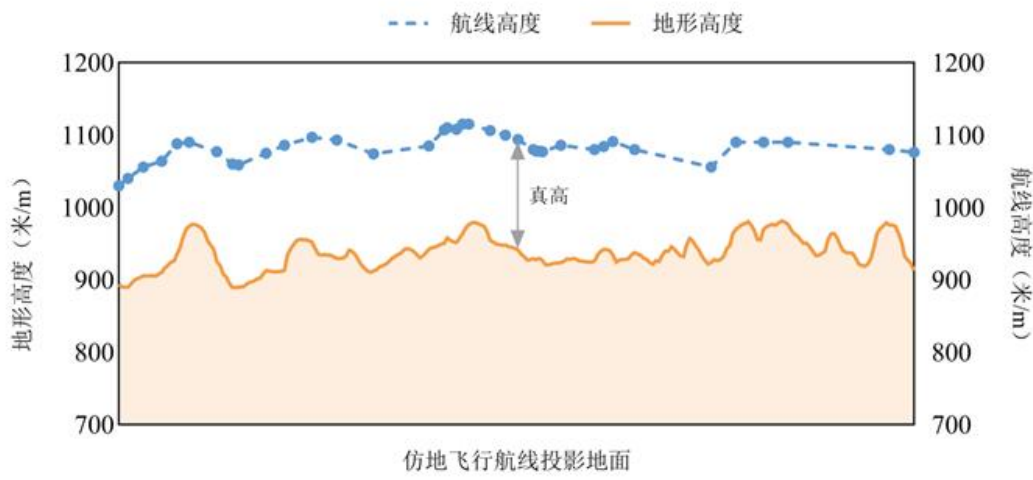


图 4 第一巡检单元东航线飞行高度对照图

为确保无人机不存在穿山 / 穿楼风险。根据该巡检飞行路线地理信息，将各航点高度调整为真高 120 米左右，若飞行下方地理环境中存在障碍物，应保证航线与障碍物最高点至少保持 50 米以上垂直距离<sup>[14]</sup>，保证作业质量和合规飞行。最后，当无人机触发返航时，会在当前位置沿直线返航机库，故需要进行无人机返航高度设置，该高度应参考机库与航线轨迹所有连线辐射投影下的地图内最高障碍物高度，确保无人机正常飞行或紧急返航时均不存在穿越障碍物的风险。

参照第一巡检单元的部署方式和多方客观因素对其余单元进行部署实现，最终遵仁支线无人机巡检部署示意图如图 5 所示。遵仁支线沿线 3 个场站均未部署机库，原因为场站 2 和场站 3 处于民航机场禁飞区内，场站 1 则将机库部署在场站和阀室之间民房，以使机库达到最大利用率。部署的 5 台机库中，其中 3 台位分别位于阀室 2、阀室 3 和阀室 5，阀室 1 和阀室 4 由于地理条件限制，不宜部署机库；另外 2 台则部署于租用民房 1 和民房 2，共计覆盖 80.53 公里管道线路巡检。

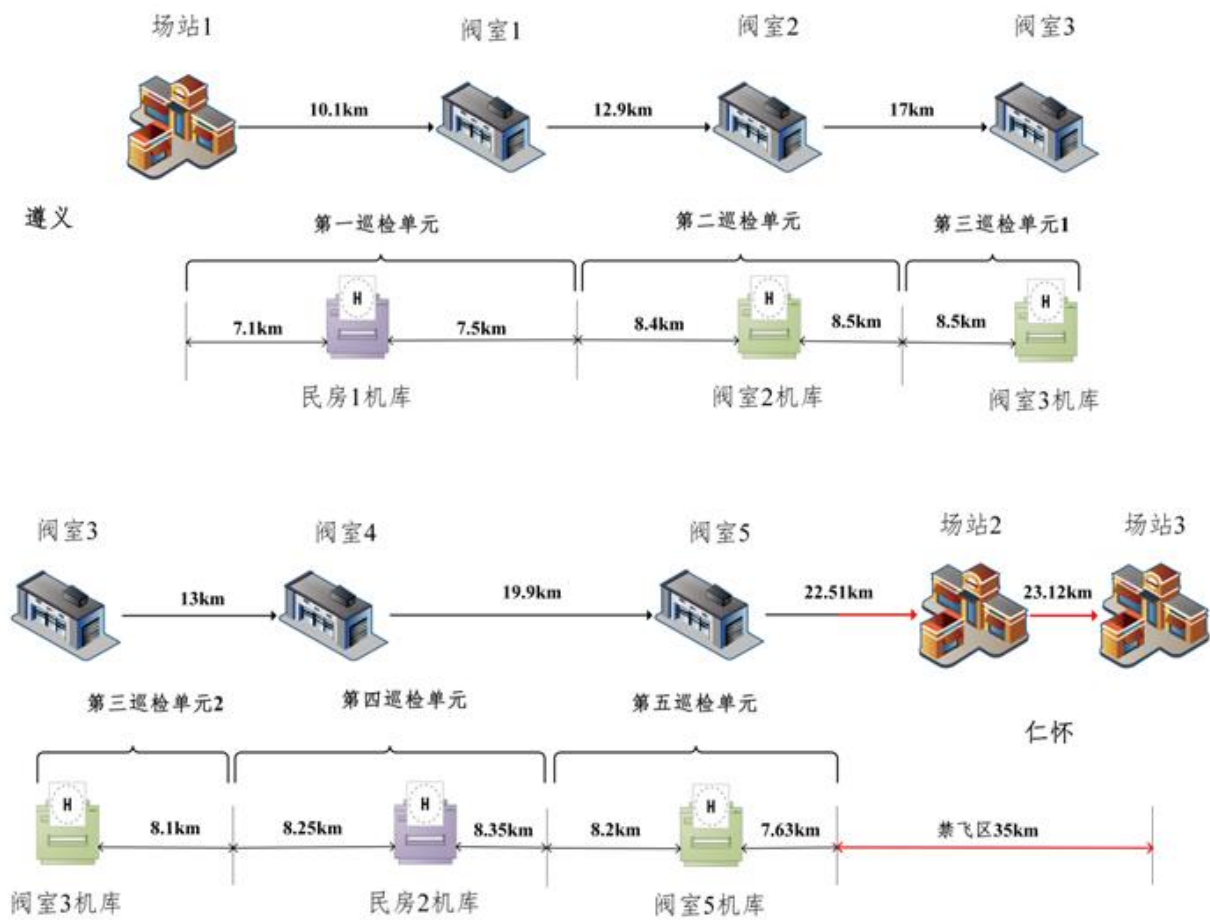


图 5 遵仁支线无人机巡检部署示意图



### 4.3 运行效果

遵仁支线无人机巡检系统于 2025 年 6—12 月执行作业期间,系统运行稳定。累计执行巡检 1041 架次,飞行 6207.71 km,覆盖管道 80.53km,可进行无人机巡检管段覆盖率 100%;识别隐患 76 处,识别准确率 98.5%。较传统人工巡检,作业效率提升 81.3%,成本可降低 67.4%,高危地段人员巡检风险归零;系统任务成功率 96.8%,有效验证了该系统在山地复杂环境下的适应性与可行性。

## 5 结语

本文研究了无人机在特定行业中应用现状,提出并实现了基于遵仁支线天然气长输管道无人机巡检系统,运行结果表明该系统有效解决了山地“地形高差大、信号盲区多”的无人机巡检难题,为在山地实现无人机巡检提供了实践依据。然而,该巡检系统还面临两点挑战:一是低空经济新政策下,无人航空器持证飞行、限高空域及航线审批的合规性衔接问题;二是与现有 SCADA、光纤预警等系统的多源数据融合难题,需构建山地管道的一体化智能平台。

### 参考文献

- [1] 王姣娥,杜德林,陈卓等.中国低空经济发展指数评估与未来展望[J].中国科学院院刊,2025,40(10):1867-1877.
- [2] 温镜冉.无人机技术在天然气长输管道巡护管理的应用[J].化工设计通讯,2019,45(10):68-69.
- [3] 贵州省地质调查院.中国区域地质志·贵州志[M].北京:地质出版社,2017.
- [4] 赵海彬,张佳琦,董绍华等.油气管道无人机技术应用综述[J].油气储运,2024,43(11):1201-1212.
- [5] 许涛,张璐,刘刚等.复杂山地环境无人机路径规划方法研究[J/OL].计算机仿真,2026(网络首发).<https://link.cnki.net/urlid/11.3724.TP.20250331.1435.002>
- [6] 张军,朵英贤.低空无人机技术研究现状与展望[J].中国工程科学,2025,27(2):1-15.
- [7] AROMOYE I A, LO H H, SEBASTIAN P, et al. Significant advancements in UAV technology for reliable oil and gas pipeline monitoring[J]. Computer Modeling in Engineering & Sciences, 2025, 142(2): 1155-1197.
- [8] 田明亮.基于无人机的山区天然气管道智能巡检系统设计与应用[J].仪器仪表用户,

2023, 30(8): 35-38.

[9] 胡仲瑞, 杨建, 吴海龙等. 油气管道巡检场景中基于神经辐射场的无人机路径规划研究 [J/OL]. 计算机仿真, 2026(网络首发).

[10] 王辛楼, 王晶, 张博宁等. 无人机机库在油气管道线路的智能化应用研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(8): 9-12.

[11] 赵建昊, 刘振武, 吴俊峰等. 基于多源异构无人机的精巡调度平台研究及应用 [J]. 电气应用, 2025, 44(6): 40-47.

[12] 一种基于 GIS 地图的变电站视频巡检路径规划方法: 中国, CN201610988250.8[P]. 2016-11-08.

[13] 张云燕, 魏瑶, 刘昊, 等. 基于深度强化学习的端到端无人机避障决策 [J]. 西北工业大学学报, 2022, 40(5): 1055-1064.

[14] 大疆创新. DJI Mavic 3 Enterprise/Thermal 用户手册 [Z]. 2024-06-06.

[15] 国务院, 中央军委. 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例 [Z]. 2024-01-01.

第一作者简介: 邓笛, 男, 硕士, 工程师, 贵州燃气集团天然气支线管道有限公司从事天然气长输管道管理工作, 联系电话: 15284691807。

# 降低管道焊接质量缺陷的管控方法及应用实践

师海斌 余东亮 胡德超 王大磊

(国家管网集团西南管道贵阳输油气分公司, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:** 焊接是天然气管道建设的关键工序,其质量直接决定管道的本质安全与运行寿命。针对长输管道焊接质量缺陷频发、传统“平均用力”式管控效率低下的问题,本文以贵州黔南地区某天然气管道建设项目为例,系统分析了焊接质量问题的分布规律与成因机理。通过引入帕累托图法对 218 项焊接质量检查数据进行统计分析,发现气孔和未熔合两个 A 类因素累计占比达 78%,是影响焊接质量的主要矛盾。按照帕累托图质量管控原理实施针对性管控措施后, A 类因素问题数量降幅达 85.3%,一次焊接合格率大幅提升,在天然气管道工程焊接质量管控中具有重要的推广应用价值。

**关键词:** 天然气管道; 焊接质量; 帕累托图; A 类因素; 质量管控

## 1 引言

### 1.1 研究背景

天然气管道是连接资源地与消费市场的能源大动脉,其建设质量直接关系到能源供应安全和公共安全。截至 2024 年底,我国天然气长输管道总里程已突破 12 万公里,在建管道规模依然庞大。在管道建设过程中,焊接是最关键、最核心的工序之一,焊接质量从根本上决定了管道的结构完整性和长期运行可靠性。

由于野外施工环境复杂、焊工技能水平参差不齐、焊接工艺控制难度大等多种因素,焊接缺陷时有发生。传统的质量管理方式往往采取“全面排查、平均用力”的策略,对所有质量问题投入同等的管理资源,导致重点不突出、效率低下,难以在有限的人力条件下实现质量的实质性提升。因此,探索一种能够精准识别主要矛盾、集中资源重点突破的科学管控方法,具有重要的现实意义。

### 1.2 研究意义

焊接质量缺陷不仅影响管道建设阶段的验收合格率,更会埋下长期的运行安全隐患。如何在有限的监管资源下,快速、准确地识别影响焊接质量的关键因素,并采取针对性措施加以控制,是管道工程建设质量管理面临的紧迫课题。本文旨在通过工程实例,验证帕累托图法在焊接质量缺陷分析及管控中的有效性,为同类工程提供一种简便、实用、高效的质量



管理工具。

## 2 焊接质量缺陷对天然气管道安全的影响

天然气长输管道焊接中常见的质量缺陷主要包括气孔、未熔合、夹渣等,不同类型的缺陷对管道安全的影响机理和危害程度有所差异,但均可能对管道的本质安全构成严重威胁。

### (1) 气孔

气孔是焊缝金属中因气体未能逸出而形成的空洞缺陷。在高压天然气输送工况下,气孔周边的应力集中可能诱发疲劳裂纹萌生和扩展。研究表明,当焊缝中气孔率达到一定阈值时,管道的爆破压力可降低 15%~25%<sup>[1]</sup>。

### (2) 未熔合

未熔合是指焊缝金属与母材之间或焊道与焊道之间未能完全熔化结合而形成的面状缺陷。在管道服役过程中,循环压力载荷作用下,未熔合缺陷极易扩展为裂纹,进而导致焊缝开裂。据统计,在天然气管道运行事故中,由未熔合缺陷引发的焊缝失效案例占比最高<sup>[1]</sup>。

### (3) 夹渣

夹渣是焊道中残留的非金属夹杂物。夹渣不仅削弱焊缝的有效截面,其与母材热膨胀系数的差异还会在温度变化时产生附加应力。在酸性环境或潮湿土壤中,夹渣周围容易发生电化学腐蚀,逐步发展为局部腐蚀坑,最终导致穿孔泄漏<sup>[2]</sup>。

### (4) 裂纹

裂纹是最严重的焊接缺陷,往往在很短时间内导致焊缝完全断裂,引发灾难性事故。因此,焊接裂纹在质量检验中被列为“一票否决”的缺陷。

焊接质量缺陷对管道安全的影响具有隐蔽性、累积性和长期性特征,从源头上控制焊接质量缺陷,是保障管道全生命周期安全的最经济、最有效的途径。

## 3 某于某天然气管道工程的焊接质量管控原理及实例剖析

### 3.1 焊接质量管控原理

帕累托图 (Pareto Diagram) 又称主次因素排列,由一个双直角坐标系和一个横坐标构成。左纵坐标为频数,即某影响因素发生的次数;右纵坐标为频率,即各影响因素发生的频率累计;横坐标为各种影响因素,并按照影响的程度从左到右依次排列<sup>[3]</sup>。

通常,将累计频率曲线的累计百分比数分为三个等级,频率 0~80% 的为 A 类因素,它们是影响问题的主要因素,频率 80%~90% 的为 B 类因素,他们是影响问题的次要因素,频

率 90%~100% 的为 C 类因素,他们是影响问题的一般因素。

3.2 工程实例应用

3.2.1 项目概况及焊接质量问题

某天然气管道建设项目位于贵州黔南地区,项目新建管道约 60 km,管径 610 mm,设计压力 10 MPa。首次焊接质量检查共发现问题项 218 个,质量管控压力较大,具体见表 1。

表 1 某长输天然气工程第一次焊接质量检查问题统计表

| 序号 | 焊接质量问题 | 问题频数/个 | 问题频率 | 累计问题频率 |
|----|--------|--------|------|--------|
| 1  | 气孔     | 95     | 44%  | 44%    |
| 2  | 未融合    | 75     | 34%  | 78%    |
| 3  | 夹渣     | 21     | 10%  | 88%    |
| 4  | 其他     | 11     | 5%   | 93%    |
| 5  | 咬边     | 9      | 4%   | 97%    |
| 6  | 未焊透    | 4      | 2%   | 99%    |
| 7  | 裂纹     | 3      | 1%   | 100%   |
| 合计 |        | 218    | 100% | —      |

3.2.2 管控过程

1)确定影响该项目焊接质量的 A、B、C 类因素

针对本项目焊接质量问题,引入帕累托图法分析及管理,分析过程如下:

首次焊接质量问题统计显示,气孔、未融合、夹渣、咬边、未焊透、裂纹等为主要缺陷。采用帕累托法明确:气孔和未融合为 A 类因素(累计频率 0 ~ 80%),夹渣为 B 类因素(80% ~ 90%),其余为 C 类因素,如图 1 所示。

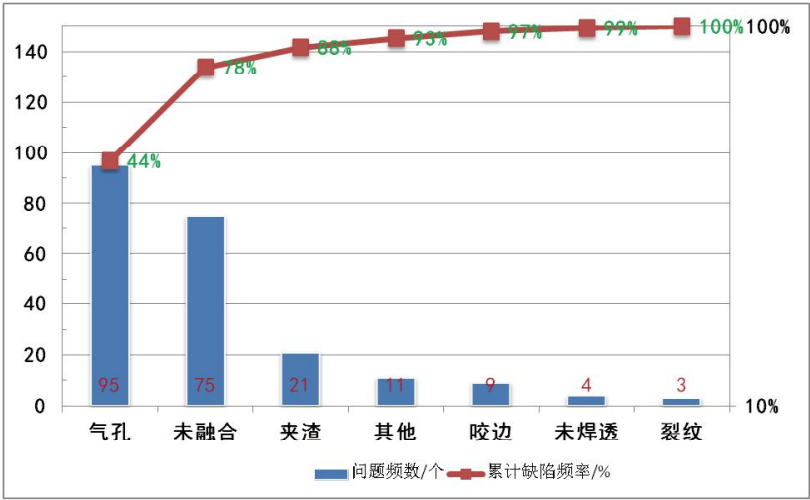


图 1 第一次焊接质量检查问题帕累托图

## 2)气孔质量问题主要影响因素分析

(1)项目所在地黔南州雨季长,环境湿度大,焊工在施工过程中未对坡口边缘进行清洁,残留有水分。

(2)焊接作业过程个别焊工未按焊接工艺纪律和管理规范要求对焊条烘烤,雨天室外焊接作业未采取遮挡措施。

## 3)未熔合质量问题主要影响因素分析

(1)在管口组对质量不符合要求下作业,造成管道组对间隙不均匀、坡口角度大或错边量大。

(2)焊接作业时,焊条与焊接方向夹角不当,焊接电弧偏弧造成一侧金属产生未熔合。

(3)个别焊工施焊速度过快,焊件坡口表面氧化膜等没有清除干净,或熔渣妨碍了金属间的熔合。

## 4)控制措施

针对 A 类因素管控措施如下:

(1)焊接作业时要清除坡口处的氧化皮和油污,将管道垫平,仔细调节对口间隙,检查对口间隙与坡口打磨尺寸,提高管口打磨、坡口加工、管道组对的质量。

(2)焊接速度严格按焊接工艺规程执行,运条摆动要适当,密切注意坡口两侧的熔合情况。

(3)采取对 A 类问题高发的焊口实施 100% 视频监控覆盖;技术人员和监理人员旁站监控主要作业因素,对违章行为立查立罚。

针对 B 类及 C 类因素的管控措施如下:

对于 B 类因素(夹渣),规范清根工序,要求采用角向磨光机对根部进行彻底清根,加强层间清理检查。对于 C 类因素,通过加强班前技术交底和日常巡检维持质量稳定。

## 5)管控效果

通过应用帕累托图法对某长输天然气管道焊接质量主要因素进行重点管控,并在同等条件下对管控效果进行监测,发现在未增加建设单位管理人员情况下,焊接质量问题总体呈下降趋势,如图 2 所示,特别是第七次检查焊接质量问题累计降低至 55 次,如图 3 所示,影响该焊接质量问题由管控前的 170 项降至 25 项,一次焊接合格率大幅提升。



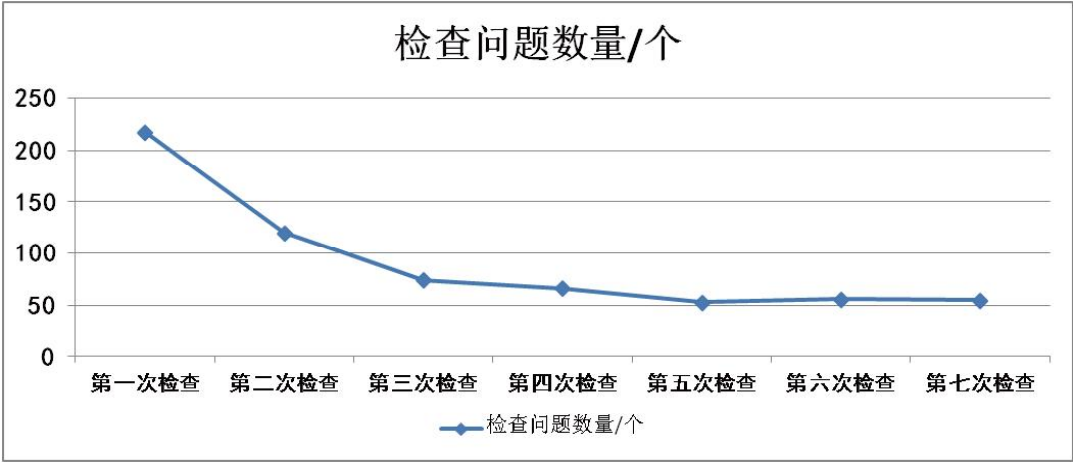


图 2 采用帕累托图法管控前后焊接质量问题数量统计

通过应用帕累托图法对焊接质量主要因素进行重点管控，并在同等条件下对管控效果进行持续监测。共进行了 7 次焊接质量检查，检查批次间隔约 2 周，施工条件、检测标准保持一致，焊接一次焊接合格率稳定。

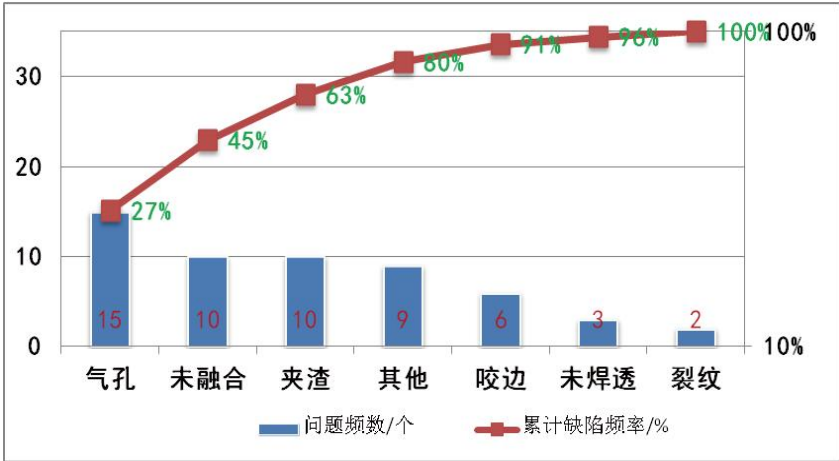


图 3 第七次焊接质量检查问题帕累托图

4 结论与展望

4.1 结论

本文通过对长输天然气管道焊接质量管理痛点的分析，引入帕累托图法进行质量管控研究，得出以下主要结论：

- (1)帕累托图法能够有效从繁杂的质量数据中剥离出核心影响因素。本案例中，气孔和未熔合两个 A 类因素占比达 78%，是焊接质量的主要矛盾，这一发现为精准管控提供了科学依据。
- (2)针对 A 类因素实施的靶向管控策略成效显著。通过环境控制、焊材管理、组对质量控制、焊接操作规范等针对性措施，A 类因素问题数量由 170 项降至 25 项，降幅达 85.3%，整体问题总数降幅达 74.8%。

(3)帕累托图法能够在管理人员不增加的情况下实现焊接质量的显著提升,具有简便、实用、高效的特点,在天然气管道工程质量管控中具有重要的推广应用价值。

(4)本案例还表明,焊接质量缺陷的管控需要建立持续改进机制。随着施工推进和管控措施的落实,需定期更新帕累托图,动态调整管控重点,形成 PDCA 持续改进循环。

## 5.2 展望

本案例的应用实践表明,帕累托图法在天然气管道焊接质量管理中具有以下应用价值:

(1)快速定位核心问题。通过数据统计和帕累托图绘制,能够在短时间内从大量质量检查数据中精准识别出影响质量的主要矛盾,避免了盲目投入和资源分散。

(2)显著提升管控效率。将 80% 的管理精力集中到 A 类因素(气孔、未熔合)的管控上,实现了“用 20% 的努力解决 80% 的问题”的效果,在管理人员未增加的情况下实现了质量的大幅提升。

(3)形成可复制的管理范式。该方法操作简便、成本低廉,仅需对日常质量检查数据进行统计分析即可实施,易于在同类工程中推广应用。

(4)建立持续改进机制。通过定期更新帕累托图、动态跟踪 A 类因素的变化趋势,形成了“分析—施策—验证—再分析”的 PDCA 循环,使质量管理从静态管控走向动态优化。

帕累托图法作为一种经典的质量管理工具,其应用前景广阔:

(1)拓展至其他工序。该方法可推广应用于长输管道的防腐补口、管沟开挖、回填夯实等关键工序的质量管控,也可用于油气站场工艺管道、城市燃气管网的焊接缺陷管理。

(2)与智能化技术融合。未来可结合 AI 图像识别技术,自动采集和分析焊接缺陷数据,构建实时质量预警系统,实现从“事后统计”到“实时预警”的跨越。

(3)构建全生命周期质量数据平台。将帕累托图法与 BIM 技术、物联网技术相结合,建立从设计、采购、施工到运行维护的全生命周期质量追溯体系,进一步提升管道工程质量管理数字化、智能化水平。

## 参考文献

- [1] 张勇. 油气长输管道焊接质量控制与缺陷返修技术 [J]. 焊接技术, 2020, 49(05): 68-71.
- [2] 陈明. 复杂地质条件下长输管道焊接质量风险评估与控制 [J]. 石油工程建设, 2021, 47(03): 22-25.
- [3] 约瑟夫·M·朱兰. 朱兰质量手册 [M]. 焦叔斌, 等译. 北京: 中国人民大学出版社, 2014.

第一作者简介: 师海斌, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事长输管道工程管理、电气管理等工作。联系电话: 13639078607, woziqingfeng@163.com。

# 燃气老旧管网改造项目成本控制 与造价优化分析

李 茜

(贵州燃气集团凯里公司)

**摘 要：**城镇老旧燃气管网频繁出现使用时间过长、管道老化、负压能力差等问题，是对燃气供应安全产生影响的主要原因。此外，诸多因素都会对燃气老旧管网改造项目产生影响，如地理环境复杂、地下管线密集、现场协调难度大等，较之常规燃气工程，在成本管理上难度明显偏大。笔者针对贵州燃气集团凯里市阳光帝苑改造工程、阳光山庄二期老旧管网改造工程这两项案例加以研究，尝试对影响造价的诸多因素展开研究，总结项目在造价管理过程中普遍存在的一些问题，并针对前期布局、设计优化、审核结算等环节提出具有可操作性的改善建议，以促进贵州燃气及省内同类燃气企业公司提升自身对老旧管网改造项目的管理能力，帮助它们控制成本，提升资金的使用效率，确保改造工作安全有序推进。

**关键词：**老旧燃气管网；改造工程；成本控制；造价优化；

## 引言

随着城镇燃气普及范围不断扩大，我国早期建设的燃气管网已逐步进入老化高发期，管道腐蚀、接口松动、泄漏等问题频发，严重威胁公共安全。贵州地处山区，地形起伏大、地质条件复杂、城区建筑密集、地下管线交错，加之潮湿气候与道路改扩建影响，燃气管网老化速度更快，改造任务更为紧迫。老旧管网改造项目具有点多、线长、面广、不可预见因素多等特点，造价控制直接关系项目经济效益与改造进度。做好成本控制与造价优化，既能守住安全底线，又能提升资金使用效率、降低企业运营负担，具有重要现实意义。国外燃气行业多从全生命周期角度开展成本管理，重视前期检测与方案比选；国内研究多集中于单一环节管控，结合贵州山区特点的全过程造价优化研究较少。本文以凯里地区两个典型项目为实例，采用案例分析、数据对比、归纳总结等方法，明确成本构成、识别影响因素、补齐管理短板、形成优化方案，为贵州燃气老旧管网改造提供可复制、可推广的管理思路。

## 1 燃气老旧管网改造项目成本构成与影响因素

### 1.1 项目成本主要构成



燃气老旧管网改造项目的成本涉及工程实施的所有流程,依照费用性质和发生环节,把它划分成三个部分:前期准备成本、工程建设成本、相关配套成本。由于各类费用所占比率不同,管控的重点也有所侧重。前期准备成本属于项目运转过程中的基础费用,占总成本5%—8%的比例,涵盖勘察设计费、手续管理费,这部分费用所占比率较低,但对工程造价起到了源头把控的作用。项目总造价以工程建设成本为核心,所占比率约为80%,是成本控制的重点,具体由几部分内容构成:人工费在改造成本中所占份额最高,约占总成本的一半以上,它的价格波动对于总造价影响较为明显。此外,还包括材料费,机械使用费、辅材费等。辅材主要包括防腐材料及密封材料,整体单价不高,但极易造成浪费,需要完成对损耗率的严格控制。其他配套材料的成本约占总成本的15%以内,主要涵盖内容企业管理费、规费、税费及其他不可预见的费用。

## 1.2 造价影响因素分析

### 1.2.1 客观影响因素

一是受地域限制和施工环境限制。贵州地区沟壑较多,给施工增加了难度,材料运输距离较长,道路条件恶劣;老旧城区地下管线密布,适合空间小,易存在扰民及协调风险,导致人力成本、设备成本增加。

二是管网现状及改造情况。管道受腐蚀明显,各处管材类型、埋藏深度、运行压力不同,改造方案也存在差异。改造范围涉及庭院、街巷等多个区域,工程量不同,造价也呈现明显的波动状态。

三是材料设备市场管理。PE管及钢管均会受原油价格及钢材价格影响。供需关系的调整也会作用到主材单价,导致其价格有所上涨,造成项目成本增加。

四是政策及外部协调因素,如占道施工、绿化迁移、物业调配等,这些都会导致工程的额外费用增加,工期有所延长,无形中增加了管理成本。

五是工期及季节管理。如在雨季施工,需要额外配置防水、防滑设备,冬季施工则需要花更多时间投入焊接工作中,造成工期延长,设备投入费用增加。

### 1.2.2 主观影响因素

一是设计方案存在疏漏,设计内容缺乏深度,路由选择不恰当,管材成本偏高,不符合现场户型,导致具体施工阶段频繁变更,需要多次签字办理,工程造价超出预算值。

二是施工组织管理不细致,工期安排失当,人员、设备调度较为混乱,进场材料不符合施工标准,导致窝工、返工、二次搬运等问题出现,造成成本浪费。

三是现场过程把握不精准。存在无计划领取材料、浪费辅材、任意切割管材、施工流程不规范等情况,导致损耗率过高,材料成本也随之增加。

四是签证与变更流程缺乏规范性,难以为员工及时办理签证,数据不精确,流程冗长,甚至出现了虚假签证的现象,导致结算流程长,争议较多。

五是结算审核把控失当。工程核算失误,收费标准不统一,套用公式缺乏规范性,材料价格参考标准缺乏足够依据,导致结算成本增加。

## 2 贵州燃气老旧管网改造典型项目案例分析

### 2.1 案例一:阳光山庄二期老旧管网改造燃气管道安装工程-2

#### 2.1.1 项目概况

项目的具体位置处于凯里市宁波路,是低压燃气干线老旧管网改造工程的项目内容之一,具体包括 DN50、DN25、DN40、dn63 等多个尺寸的管道铺设,钢套管制作安装、管道支架制作安装及防腐刷油等工作。项目模式为包工包料,工程预算总价 10117.16 元(含税),审定结算价 8691.39 元,工程造价控制较为稳定。在工程安装成本中,主材费 3093.55 元,约占总成本的 36%;人工成本 5229.42 元,约占总成本的 60%;机械成本 154.46 元;规费、税费及额外费用约占成本的 4%;人工成本占比偏高,与该项目施工点位分散、管线规格多的改造特点相匹配。

#### 2.1.2 成本控制亮点和问题

合同明确了施工管线的管径及长度标准,干线管径 DN50 长度 0.015 千米、DN25 长度 0.055 千米,全部为 DN300 以下燃气管道,避免了施工期间因管线规格界定产生冲突和矛盾;签证费用 2400.88 元,并通过了现场代表、监理、施工方的确认,确保流程顺畅,资料齐备。然而,材料运输费较之预算增加了 24.1%,主要原因在于施工点位不够集中,运输路线绕行次数增加;小型施工机械受老旧小区场地限制较为明显,使用时间延长,效率低下,机械费用成本增加。

### 2.2 案例二:阳光帝苑立管老旧管网改造工程

#### 2.2.1 项目概况

项目的具体位置处于凯里市友庄路,主要工作为完成小区楼栋燃气立管老旧管网改造,涉及 DN40、DN15 等规格燃气管道改造,实际施工管道安装量为 DN40\*137.2m、DN15\*17.6m,主要施工内容为燃气管道更换、管道支架制作安装、钢结构防腐刷油、阀门安装等。审定工程预算价 140675.79 元,竣工结算价 13211.19 元,属于特征较为鲜明的小区燃气立管改造项目类型。项目工程造价中,主材费 43113.02 元(预算),占预算总比率的 31%,高耐候防腐管占主材费比例超出总成本的一半;安装费 70544.94 元(预算),涵盖人工、机械、辅材等各类费用,发生材料的运输费按预算费率 2% 计取,社会保障费、住房公积金等规费 13428.47 元(预算),增值税 11615.43 元(预算),人工及配套费用投入成本最多。

### 2.2.2 成本控制亮点和问题

完成高耐候防腐管、型钢、阀门等主材的批量采购工作,主材采购单价依托集团集采优势有 8%—12% 的下降;在小区楼栋立管改造中开展分层流水作业,明确施工人员安装、防腐、支架制作等岗位职责,提升工作效率,以达到有效控制人工成本的目的。然而,由于老旧小区建筑结构老旧,部分立管铺设点位需现场调整,管道走向有所改变,产生了相应的签证费用;设计阶段并未及时判断现场老旧建筑的施工场景,部分防腐漆、辅材配件的型号与现场施工需求匹配度不足,损耗率偏高,超出预算 4 个百分点,存在浪费问题。

### 2.3 案例共性问题总结

借助项目分析,笔者发现,贵州燃气老旧管网改造在项目管理方面存在的问题具体表现在以下几方面:

在设计初期,现场勘察不够细致,并未精准判断地形、户型、地下管线分布情况,导致施工过程中存在较多变更;在具体施工期间,对材料并未进行细致统筹,机械调度失当,辅材损耗率增加,整个过程管理不够细致;在结算过程中,签证材料办理不及时,归档粗放,部分工程量核算不够精准,导致结算时易产生矛盾。

## 3 燃气老旧管网改造项目成本控制与造价优化措施

结合贵州地区的地理位置,完成老旧城区的施工,优化工程项目管理,使造价覆盖前期的施工、设计、结算等流程,实现动态的闭环管理,确保从源头到项目中端均实现管控举措。

### 3.1 前期规划阶段优化:精准测算,源头控价

首先是全面勘察,科学评估,借助管道内窥检测、腐蚀检测、抗压性测试等方式,判断管道内部情况,是否存在泄漏风险或过度改装、改装失当等问题。针对当地的地理环境,详细勘察当地的气象、水文等,掌握道路通行数据,了解周边障碍物,提前完成施工风险识别,并形成较为系统的书面报告,为后续方案的调整提供数据参考。

其次是对预算进行科学化管理,提前预留出可调整的空间,完成对工程量清单的细化管理,确立设备尺寸、管道规格、土方量等,避免方案有所疏漏。可以针对主材单价确立信息库,时刻关注市场价格变更情况,并结合以往数据研究它的市场波动情况,在预算中提前预留较为合理的差价。需要充分考虑到恶劣条件下施工所造成的影响,合理计算协调费用、防护费用等,提升预算的精确度。

最后,完成前期流程的协调管理,提前和城管、园林等部门的负责人员对接,优化管理流程,避免因沟通时间过长造成成本增加。在社区内部施工时,需要提前和物业、居民联系,确立合理的施工时间,避免施工过程扰民,和用户产生矛盾。

### 3.2 设计阶段优化：方案最优，限额控价

首先开展经济评选，改善自身的设计方案。在选择管道类型时，要优先选取性价比较高、维护成本偏低的产品。例如，在中低压管网中选取PE燃气管，降低防腐维护成本。针对高压或特殊路段选取高耐候防腐钢管，充分考虑其安全经济的性能；并对管道走向加以改善，在施工过程中尽可能规避风险路段，如岩石区、交通繁忙区域、绿化区等；缩短管道尺寸，降低开挖量。在户内改造过程中，采取标准化施工，针对户型结构开展标准化设计，避免后期发生变更；其次，严格落实限额设计机制，充分把握成本预算，把造价指标落实到具体的设计环节中去，如管材类型选择、设备分配、路由选择等。一旦施工完成，需要组织技术部门、造价部门等组织机构加以审核，其中，方案的合理性、造价的合规性、工程量的科学性是核查的重点。管理者需要借助这种方式规避风险，从源头上减少变更频率，最后是对设计交底与现场配合等流程的优化。设计者需要将施工重点、控制事项、材料标准等内容告知施工方、监理人员、造价人员。同时，在施工中，设计者需要赶赴现场，解答施工中可能产生的质疑，避免因双方沟通不畅导致成本浪费。

### 3.3 施工阶段优化：精细管控，过程控价

首先优化施工组织与工期安排，合理安排施工顺序与作业时间，避开雨季、汛期、交通高峰、居民休息时段施工，减少窝工、返工、二次搬运与防护成本。针对山区地形选用小型化、灵活化施工机械，统一调度、集中使用，提高机械利用率，缩短租赁时间。推行流水作业与分段施工，提高人员效率，减少人工投入。其次强化材料设备全流程管理，推行集团集中采购或区域联合采购，扩大采购规模、降低采购单价，稳定材料供应。建立材料计划、进场、验收、领用、回收制度，按需领用、限额发料，严格控制辅材损耗率，将管材损耗率控制在2%以内。材料运输实行统一配送、多点统筹、路线优化，减少重复运输与空载运输，降低运输成本。其三规范签证与设计变更管理，明确签证办理时限、审批权限、资料要求，所有签证必须附现场照片、测量记录、三方确认签字，做到“一事一签、及时办理、资料齐全”。严格控制非必要设计变更，确需变更的，坚持“先核算、后审批、再施工”，同步评估造价影响，超预算部分履行追加审批程序，杜绝“先施工、后补签”。此外，加强现场质量与安全管控，严格按照规范施工，强化焊接、试压、防腐、回填等关键工序管控，减少因质量问题造成的返工损失。落实安全文明施工措施，避免安全事故带来的额外成本与工期延误。

### 3.4 结算阶段优化：严格审核，闭环控价

第一规范结算审核流程，对照施工图纸、竣工图、签证单、隐蔽工程记录、材料合格证、验收报告等完整资料，逐项核对工程量，防止多算、重复计算、错算。严格按照贵州省安装工



程定额(2016版)套用子目,准确执行费率、价格、取费标准,确保结算真实合规。第二建立争议协调与案例参考机制,对结算中出现的分歧,建立建设、施工、监理、造价四方沟通机制,及时核对依据、明确标准、化解争议。整理典型项目结算数据与争议处理案例,形成结算审核参考库,提高审核效率与准确性。第三完善资料归档与复盘总结,结算完成后及时将合同、图纸、签证、验收、审核报告等资料归档,建立项目成本台账,对比预算与结算数据,总结超支原因与控制经验,为后续项目提供参考。

### 3.5 全生命周期成本管理:长期最优,全面控价

在改造方案选择时,不仅要考虑建设投资,还要兼顾后期运行、维护、更换成本,优先选用使用寿命长、维护简单、更换频率低的管材与设备。建立项目全周期成本跟踪制度,定期分析运行维护费用,持续优化改造与维护策略,实现建设成本与长期运营成本综合最优。

## 结论

在调查了贵州燃气凯里地区两个典型项目后,笔者认为,当前老旧管网改造工作存在的问题集中表现在施工方式粗放、材料耗损率高、前期勘察失误等方面,在开展优化的过程中,需要确保进行细致化勘察、集中采购、精细施工、严格结算,对整个流程加以动态化的监督,借此降低成本,避免材料浪费,有效控制预算。后期伴随着燃气行业数字化、精细化管理水平的提升,老旧管网改造成本控制工作也将日趋精细化、环保化。借助持续优化造价管理机制,管理者将不断提升项目管控能力,促使贵州燃气如期完成老旧管网改造任务,保障民生用气安全,为企业的稳步发展及城镇化工作的安全开展夯实基础。

## 参考文献

- [1] 马良涛主编.燃气输配.北京:中国电力出版社[M],2004.
- [2] 孙萍.长春燃气公司管道工程改造项目的成本管理研究[D].吉林大学,2014.
- [3] 田志刚.ERP系统中成本管理研究[D].江苏大学 2003
- [4] 王欣.ERP环境下成本管理模式研究[D].西安科技大学 2004
- [5] 王立丽.大发供热公司蒸汽管网工程项目成本管理研究[D].吉林大学 2013

作者简介:李茜,女,本科,工程会计,凯里市新能燃气有限公司从事工程项目预结算审核及账务核算工作,联系电话:15885847717。

# 城市燃气分布式发电自供电技术研究

——为阀门井智能化设备提供24V直流电源的解决方案

陈 浩

(贵州燃气集团盘州市燃气有限公司)

**摘 要：**本文针对城市燃气输配管网中阀门井内阀门远程启闭控制、在线泄漏监测、振动感知、水位预警等设备供电难问题，提出利用天然气在输配过程中流动产生的动能进行分布式发电的技术方案。以 24V 直流电压输出为目标，适配阀门井泄漏检测传感器、电动阀门执行机构等低功耗设备，多余电能储存于蓄电池供低流量时段使用。论文系统阐述了天然气输送动能发电的技术原理，分析了小型叶片涡轮机在小口径中压管道条件下的发电功率，提出了“天然气驱动涡轮转动—发电机发电—交直变换—电池储能—阀井供电”的系统架构。在工艺设计方面，研究了并联支路取气方案、防爆电气设计以及发电机与储能系统的匹配问题。通过对典型工况的能量计算表明，DN63 中压管道式发电机理论发电功率可达 133W，可满足阀门井监测设备的全年不间断供电需求。研究还探讨了系统中的安全风险等技术问题，分析了中压燃气管道分布式发电系统的经济性与社会效益。本研究可为燃气管网智能化建设中解决前端感知设备供电问题提供理论参考与技术路径。

**关键词：**天然气动能发电 分布式能源 阀门井监测 自主供电 微型管道发电机

## 1 引言

### 1.1 研究背景与意义

近年来燃气事故多发频发，燃气阀门井作为城镇燃气输配系统的关键节点，其安全运行直接关系公共安全与供气可靠性。传统的人工巡检与机械操作模式存在响应滞后、数据盲区、防范被动等突出问题，难以应对日益复杂的城市运行环境，为提升燃气管网安全运行能力，城燃企业急需提升燃气管网的智能化水平。

城市燃气管网输配系统管线长、管网分布广泛，沿途遍布大量阀门井，内设泄漏检测传感器、压力监测装置、电动阀门执行机构等设备，存在显著的供电需求。

在此背景下，利用天然气输配过程的动能进行分布式发电，为阀门井监测设备提供

24V直流自主供电，具有显著的技术经济价值。该方案以“即产即用、富余储电”的模式运行，充分利用天然气输送流动的特性实现持续供电。

## 1.2 主要研究内容

本文围绕利用天然气输送过程中的动能为阀门井监测设备发电这一核心目标，开展以下研究：（1）简述天然气输送动能发电的技术原理；（2）设计适用于小口径管道、防爆要求的发电系统工艺方案；（3）计算理论发电功率并分析影响因素；（4）研究发电—整流—储能—供电的电气系统架构；（5）以典型案例为基础，评估系统的经济性和推广价值。

## 2 中压燃气管道天然气流体动能发电的技术原理

### 2.1 动能转化的物理基础

城市燃气在输配管网中保持一定流速和压力运行，当天然气流体流经设置在管道内的微型涡轮机时，涡轮机叶片在流体冲击作用下产生旋转机械能，进而带动发电机转子旋转，通过电磁感应原理产生感应电动势，实现从流体动能到电能的高效转换。整个能量转换过程无需消耗额外燃料，完全利用中压燃气管网固有的流动能量。

### 2.2 微型管道发电机的工作机制

适用于阀门井场景的微型管道发电机，其核心结构包括置于管道内的驱动叶轮和外置的发电机主体。叶轮与发电机动力输入轴通过传动机构配合，利用管道内燃气的流速冲击叶轮旋转，带动发电机转子与定子发生电磁作用产生电流。

## 3 微型管道发电系统设计

在结构设计上，转子在管道内与气流接触，而定子和电源输出部分与气流完全隔离，通过法兰与发电机一体化设计，采用通用法兰尺寸，具有良好的安全性和安装便捷性。

### 3.1 系统总体架构

面向阀门井监测设备供电的分布式管道发电系统由以下五大功能模块组成：

3.1.1取气动力模块：从中压燃气主干管道上引出分流支路，通过前置过滤器去除天然气中的杂质和凝液，过滤后的天然气驱动管道内置微型涡轮机叶轮旋转。

3.1.2发电模块：内置微型叶轮将天然气的压力能和热力学能转化为机械能，驱动小型防爆发电机旋转，发出交流电。该模块是系统的能量转换核心。

3.1.3电气处理模块：发电机输出经整流、滤波、稳压处理后，转换为稳定的24V直流电。由于发电机输出功率随天然气流量和压差波动而动态变化，需要配置稳压器，以适应发电端电压的变化。

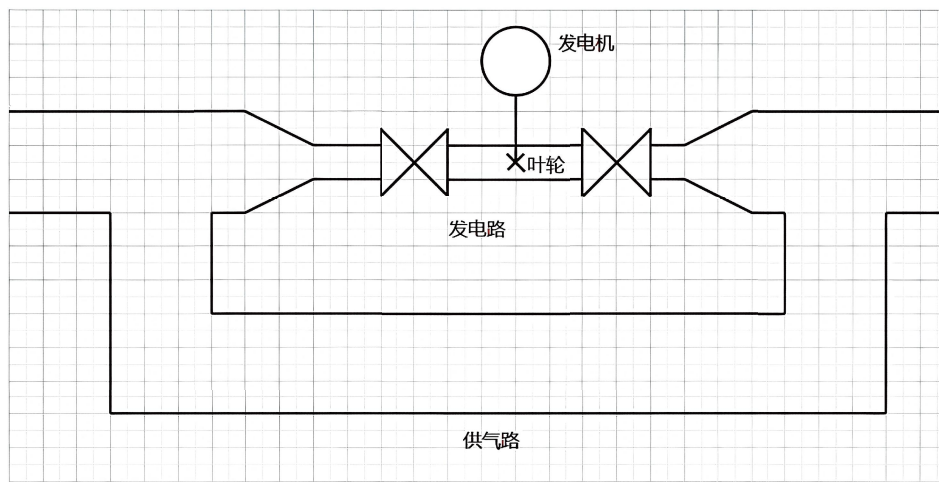
3.1.4储能管理模块：采用磷酸铁锂电池组存储多余电能。储能管理单元负责电池充放电控制、过充过放保护，在负载用电低谷时段充电储能，在发电不足或负载高峰时段放电补充。

3.1.5负载供电模块：向阀门井内的气体泄漏检测传感器、压力变送器、电动阀门执行机构、数据远传单元等设备提供24V稳定电源。

五大模块协同工作，形成“取气驱动—发电—整流储能—稳定供电”的完整能源供应链条。系统采用旁路并联设计，当发电模块需要检修或发生故障时，天然气可直接通过旁路供气管路进入下游管网，确保下游用户的用气不受影响。

### 3.2 工艺设计方案

考虑到埋地管道空间有限、防爆要求严格的现场条件，同时最大程度上减小由于发电影响天然气输送能力和节约发电系统制造成本，本系统采用紧凑型撬装设计，并联运行模式：发电路与供气路并联布置。发电路与原管路同轴布置并通过变径成小尺寸管径，大部分天然气经过旁路输送，仅小部分天然气经发电路输送。这种设计的优势有以下方面：第一节约发电系统制造成本；第二发电路对原输气管路供气能力影响极小又同时保证天然气有效流经发电路，即使检修时关闭发电路，主输气系统仍可通过供气路无间断供气，保障了供气安全。



紧凑型撬装并联发电装置



## 4 发电功率计算与管径选用

本发电机系统仅用于阀门远程启闭及井内检测等设备供电,经市场调研,上述设备加在一起用电总功率在25~85w之间,用电功率非常小,为节约成本尽量选用小尺寸的管道式发电机,因此选用小管径DN63管道作为本次管道式发电研究对象。发电功率的理论估算,采用城燃企业中压燃气管道常见工况计算。

(1) 基础数据,管道尺寸:DN63,内径取 $d=60\text{mm}=0.06\text{m}$ ;流速 $v$ :经查中压燃气管道流速一般6~20m/s,取10m/s;压力 $p$ :《城镇燃气设计规范》中的中压燃气管道A级范围0.2~0.4Mpa,取0.35Mpa(表压);密度 $\rho$ (20℃,101.325kPa,工程常用):0.70~0.75kg/m<sup>3</sup>,取0.72kg/m<sup>3</sup>。

(2) 截面积与流量计算: $A=\pi \cdot r^2=3.14 \times (0.06/2)^2=0.002826\text{m}^2$ ;体积流量计算: $Q=A \cdot v=0.002826 \times 10=0.02826\text{m}^3/\text{s}$ ;工作状态天然气密度估算: $\rho=0.72 \times 0.35 \times 10=2.52\text{kg}/\text{m}^3$ ;质量流量计算: $m=\rho \cdot Q=2.52 \times 0.02826 \approx 0.0712$ 。

(3) 确定允许的压力降,为不影响天然气输送效率同时保证天然气在发电路的正常流通,本系统允许管道压力有5%~10%的局部损失,允许压降 $\Delta P$ 取21kpa(约为0.35Mpa的6%)。

(4) 输入涡轮叶片的功率估算, $P=\Delta P \cdot Q=21000\text{pa} \times 0.02826\text{m}^3/\text{s}=593.46\text{w}$ 。

(5) 发电功率估算,小型涡轮效率:0.40~0.55;微型发电机效率:0.70~0.85;传动损失:0.8~0.9。由于小型发电装置效率一般都低,因此我们取最小值计算最终发电功率 $P=0.4 \times 0.7 \times 0.8 \times 593.46 \approx 133\text{w}$ 。

(6) 能量平衡,由于城燃每日天然气输送有波峰、波谷,存在不连续稳定输送情况,因此每日仅按照正常稳定输送10小时计算,日均发电量1.3kw,阀门井日耗电量0.5kWh计算,储能系统每日可富余存储约0.8kWh电量,足以覆盖连续数日无流动或低流量时段的用电需求(如节假日夜间用气量显著下降的情况)。储能容量建议按3天备用电量配置,即约1.5kWh的蓄电池组。

## 5 电气系统与储能设计

### 5.1 发电机与电源管理

涡轮机驱动的小型发电机输出为交流电,电压和频率均随天然气流量波动而变化。因此,需要在发电机输出端配置AC-DC整流电路和DC-DC稳压器。

5.1.1 整流稳压部分：采用整流电路将交流电转换为直流电，再经滤波电路平滑处理后输入DC-DC稳压模块。稳压模块选用宽输入电压范围的降压型变换器，能够适应输入电压的波动范围，稳定输出24V直流电。

5.1.2 功率匹配：发电机额定功率应与涡轮机输出功率相匹配。考虑到涡轮机输出的间歇性波动（源于天然气流量和压力波动），发电机宜选用永磁同步发电机，无需励磁系统，结构简单、可靠性高，且在小功率场景下效率优势明显。

## 5.2 储能系统选型与控制

储能系统在管道式发电应用中承担三重功能：平滑发电端的功率波动、调节供用电平衡、在发电中断时维持供电。

5.2.1 电池选型：综合考虑安全性、寿命、能量密度和维护便利性，建议选用磷酸铁锂电池。磷酸铁锂电池具有循环寿命长（ $\geq 2000$ 次）、安全性高（热失控风险低）、工作温度范围宽（ $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ）等优点，适用于户外无人值守场合。

5.2.2 充放电管理：配置专用电池管理系统，实时监测单体电池电压、温度和电流，实现均衡充电、过充保护、过放保护和温度补偿等功能。储能管理策略采用“优先直供、多余储存”模式：当发电机输出功率大于负载需求时，多余电量经DC-DC变换器降压后为蓄电池充电；当发电机输出功率不足以满足负载时，蓄电池自动放电补充，确保负载端电压稳定在24V。

5.2.3 系统冗余设计：在储能容量设计上，建议配置至少2-3倍的日均耗电量，以应对连续数日发电量不足的极端情况。同时预留外部充电接口，当蓄电池因长期低流量而电量过低时，可通过便携式充电设备临时补电。

## 6 防爆与安全设计

天然气属易燃易爆介质，整个发电系统必须具备本质安全性。关键安全设计要点包括防爆电气设备：发电机、整流器、DC-DC变换器、控制器等电气设备均选用Exd II BT4及以上防爆等级的防爆型产品，机箱外壳采用304/316L不锈钢材质，密封橡胶选用耐候性优异的橡胶，工作温度覆盖 $-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ 。

## 7 工程应用与经济性分析

### 7.1 国内天然气压差发电典型案例

近年来，我国天然气压能回收利用领域涌现了多个具有代表性的示范项目，为分

布式应用提供了可借鉴的实践经验。

海门站天然气余压发电项目：国家管网集团在江苏南通投运的国内首个高压长输管道余压发电项目，创新采用可调节导流技术与3D打印叶轮，以自然通风方式对低温天然气进行高效复热，解决了高压力、小流量等技术难题。项目按“自发自用、余电上网”模式运营，年发电300万千瓦时，减排二氧化碳超2000吨。

蚌埠压差发电示范项目：蚌埠新奥燃气在城市次高压环网建设的压差发电项目，装机容量160kW，以膨胀机替代传统调压阀，所产电能就地并入厂区配电室，形成“压力能回收—发电—就地利用”的闭环体系。年发电量80万kWh，节约标准煤约320吨，减排二氧化碳约800吨。

清远天然气压差发电项目：广东首个天然气门站压差能回收利用项目，装机容量475千瓦，将压差发电与分布式光伏系统相结合，年输出绿电364.5万千瓦时，减少碳排放2262.39吨。

上述项目充分证明天然气压差发电技术已步入规模化应用阶段，但从装机规模来看，这些项目多集中于大流量、高压差的门站和分输站，针对城市中压管网、小口径管道、低功率场景的分布式发电方案仍处于技术探索期，这正是本文研究的着力点。

## 7.2 分布式天然气小尺寸管道发电的经济性评估

面向城燃中压管道的分布式小尺寸管道发电系统，其投资成本主要包括小型涡轮机、防暴发电机、电气控制系统、储能电池以及安装施工费用。根据目前设备价格水平和工程经验估算，单套50-200W等级发电系统的初始投资约为2-5万元。若在单个燃气公司所辖管网内布设20个发电点，总投资约40-100万元。

从经济效益角度，分布式发电产生的主要收益包括：（1）替代原电池供电方案的电池更换成本（包括电池采购和人工巡检费）；（2）提升监测设备供电可靠性带来的安全效益；（3）碳减排效益。天然气发电属于纯物理能量回收，全程零碳排放。单个100W发电机年发电量约876 kWh，折合年节约标准煤约0.30吨、减排二氧化碳约0.7吨，20个发电点每年可贡献约14吨CO<sub>2</sub>的碳减排量。

本方案的经济价值不仅体现在直接的节能效益上，更体现在提高燃气管网智能化水平、降低运维成本、消除“供电盲区”等间接效益方面。随着物联网技术在燃气行业的快速普及，阀门井内感知设备数量日益增加，对电源的需求更加迫切，分布式天然气小

尺寸管道发电技术的推广价值将进一步提升。

### 7.3 推广前景

城市中压燃气管网层面的分布式发电需求，市场潜力可观，全国数以万计的燃气阀门井内感知设备有用电需求，在“双碳”目标和智慧燃气建设双重驱动下，这项技术有望在未来进入规模化推广。

## 8 结论

本文针对城市燃气管网中阀门井监测设备供电难的实际需求，系统研究了利用天然气输送动力进行分布式发电的技术方案，利用天然气输配过程的动力进行分布式发电，为阀门井监测设备提供24V自主供电，在技术原理、装备制造、工程安全性和经济性方面均具备可行性，是解决燃气管网末端设备供电“最后一公里”问题的有效路径，对推动燃气行业节能降碳和智慧化转型具有积极意义。

### 参考文献

- [1] GB 50028-2006《城镇燃气设计规范》
- [2] GB 50584-2010《煤气余压发电装置技术规范》
- [3] GB/T 26680-2011《永磁同步发电机技术条件》
- [4] GB/T 3836《爆炸性环境》
- [5] CJJT 268-2017《城镇燃气工程智能化技术规范》
- [6] 中国城市燃气协会 2025-12-19. 蚌埠新奥燃气. 让“闲置能量”转化为绿色电能——蚌埠积极打造低碳智能燃气管网

作者简介：陈浩，男，本科，中级注册安全工程师，建筑工程消防工程师，贵州燃气集团盘州市燃气有限公司 从事输配运行管理工作，联系电话：15339583426。



## 我国超深层页岩气田诞生

从中国石化新闻办获悉，中国石化“深地工程·川渝天然气基地”再获突破。自然资源部发布找矿成果，由中国石化西南油气分公司提交的四川资阳东峰页岩气田2356.87亿立方米探明地质储量通过自然资源部专家组审定，标志着我国超深层千亿方级页岩气田诞生，成功将页岩气勘探开发推进至埋深超4500米的超深层新领域，实现了我国页岩气从深层向超深层的战略性跨越，对进一步夯实国家能源安全基础、拓展规模增储上产战略接替空间具有里程碑意义。

据悉，资阳东峰页岩气田位于四川盆地，是在寒武系筇竹寺组页岩层系发现的大型整装气田。寒武系页岩是全球已实现规模发现的最古老页岩层系，形成于5.4亿年前，埋深4500至5200米，页岩储层特征不清、成藏富集机理不明，难钻地层厚、高温高压等因素带来的工程挑战极大，其勘探开发是公认的世界级难题。

创新地质理论认识，突破关键核心技术。理论认识方面，攻关团队跳出以往页岩气勘探认识局限，创新形成寒武系筇竹寺组页岩气富集成藏认识，开辟出页岩气全新战略接替阵地。技术攻关方面，将人工智能融入物探技术体系，就像给地层做CT扫描，实现“储层分得清、气藏看得见”，同时攻关超深层页岩气钻井、压裂等技术，形成完全自主的寒武系超深层页岩气勘探开发技术体系。

中国石化西南石油局有限公司董事、党委书记，西南油气分公司代表刘伟介绍，公司经过十余年深耕细作、持续攻关，实现了寒武系筇竹寺组页岩气从“零”到“千亿方规模储量”的跨越，证实了这套页岩层系具备大规模开发潜力，并形成了可复制、可推广的技术路径，大幅拓展我国页岩气资源开发领域。下一步，公司将持续深化油气资源高质量勘探和效益开发，加快推进资阳东峰页岩气田增储上产，为保障国家能源安全贡献力量。



我国“富煤、贫油、少气”的资源禀赋，决定了我国长期为油气进口大国，页岩气的勘探开发对优化中国能源结构具有重要战略意义。近年来，中国石化持续推动我国页岩气产业高质量发展，积极承担起为国争气责任，在2012年发现了涪陵页岩气田，拉开了中国页岩气商业化开发的序幕，使我国成为继美国、加拿大之外第三个实现页岩气商业化开发的国家。2017年，建成我国首个百亿方产能页岩气田——涪陵页岩气田。随后，中国石化不断向深层进军，2018年，探明我国首个储量超千亿立方米的深层页岩气田——威荣页岩气田。2022年，探明超千亿立方米的深层页岩气田——綦江页岩气田。2025年，探明永川、红星两个超千亿立方米的深层页岩气田。同年，部署在资阳东峰页岩气田的评价井测试产量刷新我国页岩气测试产量纪录，进一步证实了该气田效益开发的良好前景，对推动四川盆地超深层页岩气开发具有重要意义。

来源：煤气与热力杂志（2026年5月14日）

## 全省首个 BOG 提氮示范工程实现高纯气体 生产领域零的突破



记者日前从贵州页岩气勘探开发有限责任公司遵义LNG储配库获悉，截至5月12日，该公司建设的全省首个BOG提氮示范工程自今年3月全面运行以来，已累计产出高纯氮气1.4万立方米，日均超200立方米。

高纯氮气作为高端产业的关键材料，广泛应用于电子制造、医疗设备、航空航天等领域。过去，贵州完全依赖外省采购，面临运输周期长、成本高等问题。该项目去年9月底投产并进入调试阶段，标志着贵州在高纯气体生产领域实现零的突破，意味着贵州成功构建从页岩气勘探开采到高纯氮气提取供应的完整产业链，实现了从传统燃料供应向高附加值清洁能源综合利用的提质升级。

据遵义LNG储配库工艺班长郑建松介绍，该项目采用低温提氮技术，通过催化脱氢、低温分离吸附等行业领先工艺，提取出的氮气纯度为99.999%，达到国家高纯氮气5N级标准。彻底解决了贵州高纯氮气长期依赖省外采购、物流成本高、配送周期长的难题。

来源：贵州日报天眼新闻（2026年05月15日）



## 聚力技术攻坚 贵州省非常规油气与新能源 技术研讨会在贵阳召开

5月19日，2026第六届中国贵州国际能源产业博览交易会贵州省非常规油气与新能源技术研讨会在贵阳召开，来自本行业的专家学者、主管部门、企业代表等齐聚一堂，共同围绕“攻坚非常规，赋能富矿精开，实现多能互补，共筑绿色高效能源新体系”这一主题深入研讨，建言献策。



贵州省能源局总经济师张栋在致辞中说，贵州省非常规天然气资源比较优势明显，而且具备快速发展的基础，在“富矿精开”的引领下，把资源优势转化为经济优势，是时代赋予的使命。要凝聚合力，加快突破技术壁垒，创新研发瓦斯地面抽采新技术，攻坚低浓度瓦斯利用技术。2025年，全省非常规天然气产量达5.85亿立方米，是“十三五”末的13倍，实现了从“技术探索”到“工业化规模开采”的质的飞跃。

本次研讨会群英云集、大咖齐聚。中国石油大学（北京）教授/博士生导师，煤与煤层气共采全国重点实验室首任主任、俄罗斯工程院外籍院士张遂安，以煤与煤层气共采及煤矿区煤层气全时空抽采为题作主旨报告；中国矿业大学（北京）周爱桃教授



聚焦矿井瓦斯灾害防控与应急研究进展分享前沿成果；贵州省煤层气页岩气工程技术研究中心、贵州大学高为博士围绕贵州煤层气资源特征及水平井穿层合采技术构想展开深度讲解。现场共计16位行业专家学者依次登台，围绕领域前沿热点、技术难点发表精彩主旨演讲。

据了解，此次研讨会，将成为“技术破壁”的思想库。专家学者聚焦贵州省“复杂地质条件”这一痛点，分享深部煤层气勘探、地质工程一体化、智能化排采等前沿技术，通过技术迭代将过去的“禁区”转化为未来的“产气区”。

将成为“产业协同”的粘合剂。贵州省能源局正大力推进天然气“产供储销”体系和“一张网”建设。各科研院所、生产企业与管网运营方在研讨会上交流碰撞，不仅解决“采得出”的问题，还攻克“送得走”的难题，最终实现“用得好”的成效、让贵州省产出的每一方天然气都能惠及本土企业与百姓。



将成为“绿色转型”的助推器。在追求产能的同时，更需重视生态环境保护。通过瓦斯零排放、风光气储一体化等模式，探索将贵州省非常规天然气开发纳入碳交易市场，推动绿色能源“变现”，提升产业附加值。

来源：贵州日报天眼新闻 姚东 邓泽见（2026年05月19日）

## 汇川区推进燃气“瓶改管”惠民工程 筑牢安全幸福民生底色

燃气“瓶改管”作为重点民生工程，遵义市汇川区城市燃气管网建设改造项目（一期）稳步推进、成效显著，目前整体施工进度已达80%，数万辖区居民即将告别瓶装液化气，用上安全便捷的管道天然气。



据了解，该项目总投资2.81亿元，建设周期12个月，于2025年9月24日正式开工，计划2026年9月23日全面完工。项目核心建设内容包含庭院管道改造约10.68千米，累计覆盖“瓶改管”用户超5.3万户，同步为居民配套安装智能燃气表、燃气泄漏报警器及紧急切断电磁阀等安全设备，全方位升级辖区老旧小区燃气基础设施，从源头破解瓶装液化气使用不便、安全隐患突出等民生难题。

自项目开工以来，汇川区紧盯建设目标、严把建设关口，高效统筹施工进度、安全生产与民生保障。当前项目已覆盖全区178个居民小区，惠及43000户居民。施工现场配置68名专业管理人员，组建30个标准化施工班组、共计663名施工人员全力攻坚，现场施工秩序井然、推进高效。

“该项目是我区重点惠民工程，也是完善城市燃气基础设施、优化人居环境、筑

牢城市安全防线的关键举措。”汇川区综合行政执法局城市管理股工作人员杨豪介绍。项目建设期间，该局持续深化工作部署，聚焦施工安全、工程质量、建设进度三大核心，常态化开展督导监管，严格规范施工流程，全力保障项目高标准、高质量推进。下一步，部门将有序推进项目收尾、管道试压、入户通气等后续工作，确保工程落地见效，为辖区居民提供安全、稳定、便捷的天然气供气服务。

民生工程的扎实推进，切实让群众感受到实实在在的幸福与温暖。在上海路街道红梅小区，随着燃气管道铺设、设备安装工作有序落地，居民们期盼已久的管道天然气生活即将成为现实。“家里用了很多年煤气罐，搬运麻烦，还存在安全隐患，一直盼着能通上管道燃气。”小区居民李建华满脸欣喜地说，“看到工程顺利推进，心里特别踏实，感谢政府倾力办实事、解民忧，今后的生活一定会更加便利舒心。”



项目承建单位贵州瀚聪建设工程有限公司项目负责人韦纯红表示，施工全过程始终坚守安全底线，将安全标准化理念融入每一道施工工序，实现安全培训全覆盖、人人懂安全、人人会操作。同时，项目采用错峰分段施工模式，最大限度减少施工扰民，严格把控材料进场、工序验收双重关口，全方位保障工程品质。汇川区将持续聚焦群众急难愁盼，把燃气“瓶改管”工程打造成为群众满意的民心工程、放心工程，让清洁能源惠及千家万户，持续擦亮辖区民生幸福底色。

来源：贵州广播电视台动静新闻 聚焦汇川（2026年7月1日）





**四川资阳东峰超深层千亿方级页岩气田,埋深超4500米**



**我国首个百万方级盐穴储氢示范工程(河南省平顶山市)航拍图**





贵州省燃气协会  
GAS ASSOCIATION OF GUIZHOU PROVINCE