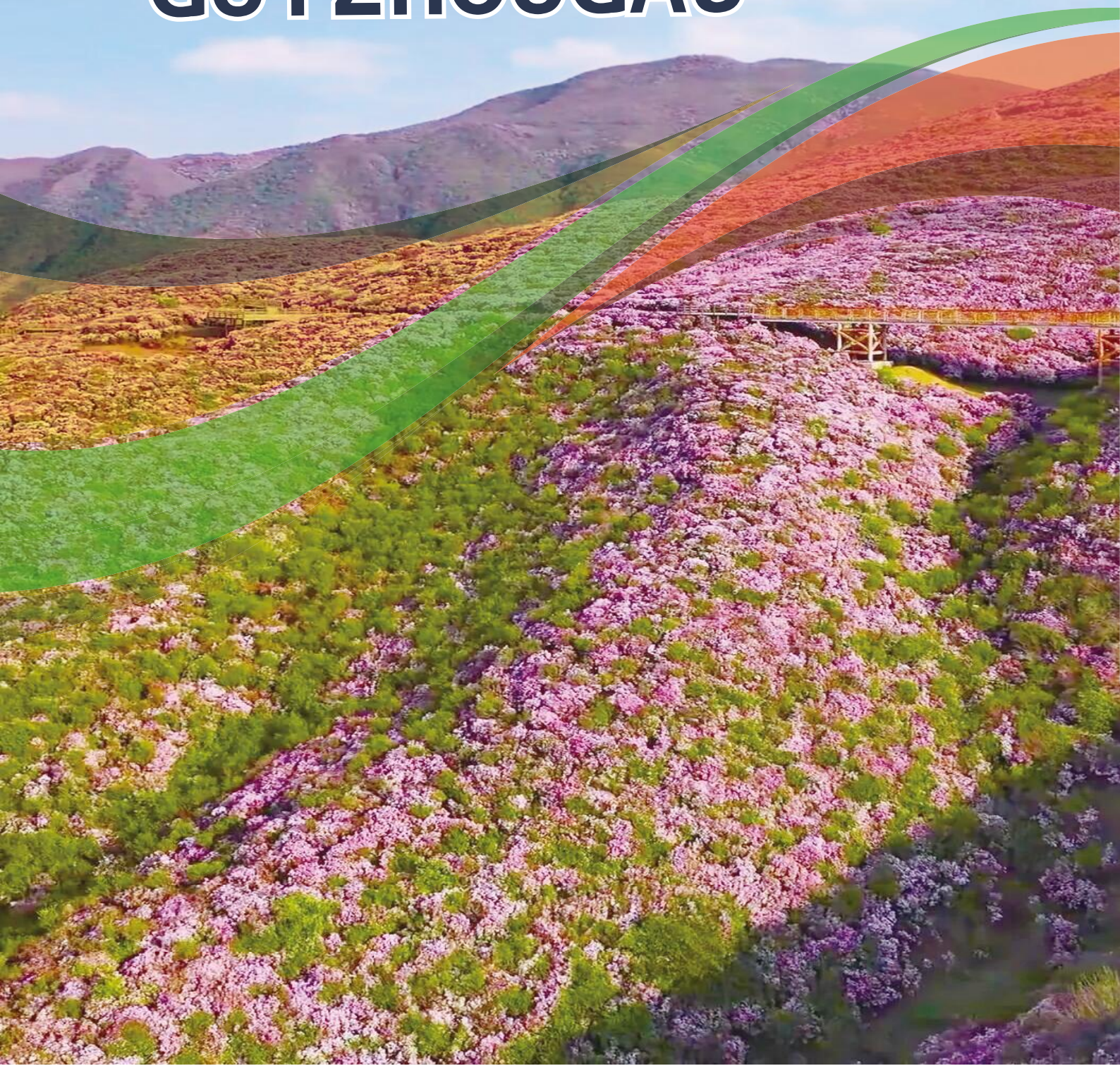
总第105期
2026年01期
（内部资料　免费交流）
准印证号：（黔）字第2025397

贵州燃气

GUIZHOUGAS



目录 CONTENTS

翱翔天下 创造未来

Will hover the world creation future

GUORD CULTURE

贵州燃气

GUIZHOUGAS

2026年01期（总第105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：gzrqxh803@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3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 《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》

3 《燃气服务导则》

5 《石油天然气基础设施规划建设与运营管理办法》解读

02 协会工作

8 中共贵州省住房和城乡建设行业社会组织第十支部委员会开展树立和践行正确政绩观学习教育动员部署会

10 贵州省燃气协会第六届第一次常务理事会会议召开

03 学术交流

12 天然气预混燃烧设置止回阀的技术研究 韦永金 吴文林

19 清镇氧化铝工业天然气掺氢应用研究 晏子宽

25 天然气管道掺氢对天然气分析计量的影响研究 孙国梅

30 光伏发电在城镇燃气智能感知系统中的应用 蒙春艳 李远行

04 简讯

36 2026中国氢能展暨国际氢能大会在北京举行

37 “十四五”贵州完成能源投资超四千二百亿元

38 第六届中国液化天然气大会在天津召开

41 “城镇燃气系统事故隐患排查管控关键技术研究与示范”项目年度工作会议顺利召开

43 习水县年输送3.3亿方天然气储备库将投运

44 清镇首个整村通气 犁倭村天然气入户工程



遵义－吉安天然气管道项目可行性研究评审会



桐梓德润燃气公司液化气储配站

《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》

住房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2025年4期）

4 作 业 管 理

4.1 一 般 规 定

4.1.1 燃气供应单位应对生产作业实施分级管理，并应按常规 作业与特殊作业进行分类管理。

4.1.2 常规作业的安全操作规程应符合下列规定：

1.应明确规程编写、审查、批准、分发、使用、控制、修 改及废止的程序。

2.运行、维护规程应至少包括操作步骤与安全要求、作业 涉及工艺参数的正常控制范围、注意事项等。

3.每年应对规程的适用性和有效性进行确认，必要时应进 行修订。

4.特殊情况下，需要变更规程中的作业参数、操作步骤和 操作方法时，应事先开展评估，经审批后方可实施。

4.1.3 生产作业人员应具备相关作业能力，掌握相关作业安全操作规程，了解作业对象的特性。作业时应正确穿戴个人防护用品，使用检测仪器和作业工器具，按照设备操作规程、作业安全 操作规程或作业方案进行操作。

4.1.4 实施生产作业前，作业管理人员应对作业现场周边环境的危害因素开展辨识，对识别出的风险应采取相应措施，实施管控。作业人员进入作业现场前，应对作业工器具、作业环境等进 行检查和确认。

4.1.5 进入燃气调压室、压缩机房、计量室、瓶组气化间、阀井(室)和检查井等可能存在燃气泄漏的相对密闭环境中作业时，应符合下列规定：

1、进入作业现场前，应先检测可燃气体浓度，确认安全后方可进入。

2、进入地下调压室、阀门井、检查井内作业前，应检测氧气及其他有毒有害气体浓度，确认安全后方可进入。

3、作业过程中应连续监测可燃气体、氧气及其他有害气体的浓度，如不符合要求，应立即停止作业，撤离人员。

4、作业人员应正确穿戴使用劳动防护用具，进入地下场所 作业应系好安全带。

5、维修电气设备时，应切断电源。

4.1.6 作业中发现异常情况应按应急要求进行报告和处置。如 出现作业中断，再次作业前应对环境条件和安全措施进行确认。

4.1.7 作业完成后应清理现场并复查，按规定做好记录。

4.1.8 交叉作业应统一协调管理，并应同时满足每个作业的安 全要求。

4.1.9 没有制定安全操作规程的生产作业应按特殊作业实施 管理。

4.2 常 规 作 业

4.2.1 燃气供应单位应建立运行、维护的常规作业清单，并制 定相应的作业安全操作规程。

4.2.2 燃气厂站、输配管道及设施巡视作业应符合下列规定：

1、 应按照作业安全操作规程和作业周期进行

现场查看，及时发现巡视对象滴、漏及其他不符合要求的现象。

2、现场巡视时，应正确观察并记录仪表的压力、温度、流量、液位等参数显示，及时发现仪表示值异常等情况。

3、管道巡视时，应关注外部因素对燃气设施可能造成的损 坏或影响等情况。

4.2.3 燃气厂站、输配管道及调压设施巡检作业应符合下列 规定 ：

1、应按照作业安全操作规程和作业周期进行现场检测和检查，及时发现巡检对象不符合要求及设备滴、漏等现象。

2、现场燃气泄漏检测时，应按作业安全操作规程要求逐点检测并做好记录。

3、管道及调压设施巡检可通过使用车载燃气泄漏检测装置、 激光燃气泄漏检测仪、调压器性能检测装置等技术手段提高效率。

4.2.4 燃气厂站、输配管道及调压设施的定期专项检查、测试、 检测类作业应符合下列规定：

1、作业前应制定作业计划、部署作业内容、安排作业人员、 准备工器具和物资，采取风险对应的控制措施，作业计划审批后应向作业人员进行交底。

2、作业人员应掌握作业计划内容。

3、应按作业计划开展作业，实施过程中如需调整计划，应 及时进行变更审批。

4、检查测试结果与正常值出现偏差或检查发现故障或隐患，应按本标准第4.2.8条或第4.2.9条的相关规定及时进行维护保养或维修。

4.2.5 燃气厂站、输配管道及调压设施工艺切换、排污、工艺放散、收发球等工艺操作类作业应符合下列规定：

1、作业应根据生产指令进行。

2、应安排两人及以上进行操作和监护，作业人员应能够熟 练操作设备或装置。

3、实施前应核实相关设备或装置的工况是否正常。

4、作业时应按作业安全操作规程规定顺序启闭对应的阀门，并同时更换阀门工况状态标识。

5、作业结束恢复运行前，应检查操作过的设备或装置工况， 相关仪表参数应正常，并应进行泄漏检测。

4.2.6 燃气管道保护范围和控制范围内有施工时，应按管道保 护方案进行监护。施工监护作业应符合下列规定：

1、现场监护人员应掌握施工现场地下燃气管道的运行压力、 材质、管径、埋深、位置，以及控制阀门位置和应急措施等。

2、现场监护人员应知晓施工单位的联系方式，了解施工的进度信息和影响范围。

3、作业过程中，应定时巡视施工影响的燃气管道防护情况， 形成现场监护记录，如遇危及燃气管道安全的施工行为应及时制 止，并及时沟通和报告。

4、作业过程中应关注施工情况，及时采集施工对燃气管道保护和形成隐蔽工程的情况信息，避免形成燃气管道穿越地下密 闭空间或安全间距不足等隐患。

5、施工结束后，应对管道安全状况进行确认。

6、使用视频、智能监控等技术手段提升监护效果。（未完待续）

燃 气 服 务 导 则

（接2005年4期）

1 范围

本文件规定了燃气服务的基本要求 、供气服务 、用气服务 、服务方式 、服务人员 、投诉处理 、应急处 置和突发事件应对以及服务评价 。

本文件适用于燃气服务提供者向燃气用户（简称“ 用户 ”）提供的供气服务和用气服务 ，以及对服 务质量的评价 。

注：供气服务和用气服务的区分是以与用户约定的交付点为界，交付点之前为供气服务范畴，包括：提供用气申请 、 供气合同以及保证供气质量的管道燃气供气服务 ，提供配送 、气瓶管理以及保障充装质量的瓶装燃气供应服 务 ，提供符合充装质量的车用燃气加气服务 。交付点之后为用气服务范畴 ，包括为用户提供的抄表和收费 ，燃 气设施检查，安全装置的销售 、安装和运维检修，燃气设施的建设和改造等服务 。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款 。其中，注日期的引用文 件 ，仅该日期对应的版本适用于 本文 件 ；不注日期的引用文件 ，其最新版本（包括所有的修改单）适用 于本文件 。

CJJ 51 城镇燃气设施运行 、维护和抢修安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件 。

3.1 燃气服务 gas service

燃气服务提供者为满足用户需求而提供的供气服务和用气服务活动 。

3.2 燃气服务提供者 gas service provider

向用户提供供气服务和用气服务的燃气经营企业和其他主体 。

3.3 燃气服务质量 gas service quality

燃气服务提供者满足用户需求和期望的程度 。

4 基本要求

4.1 服务体系

燃气服务提供者应建立具有燃气服务质量保证能力 ，满足用户需求 、与服务规模相适应并持续改进的服务体系 。

4.2 服务方式

燃气服务提供者的服务方式包括窗口服务 、热线服务 、上门服务和信息化平台服务等，燃气经营企 业应建立信息化平台服务方式，利用互联网优化服务流程，提供公开透明 、实时在线互动的服务 。

4.3 服务质量

燃气服务提供者应以用户满意为目标，制定服务质量标准，并确定过程质量指标和结果质量指标；燃气服务提供者应采取相应控制措施保证目标指标的实现，定期开展服务评价工作并持续改进 。

4.4 服务环境

服务环境应满足为用户提供服务的相关要求，传递用户关注和需要的各类服务信息 。

4.5 服务承诺

燃气服务提供者应向社会公布服务质量标准 、服务时限 、服务态度等承诺 。

4.6 服务投入

燃气服务提供者应投入与其供气服务和用气服务规模相匹配的人力 、物力及技术支持等方面的 资源 。

4.7 安全性

燃气服务提供者向用户提供燃气服务的过程中 ，应符合国家相关标准的要求 ，在发生突发事件时 应快速响应 、及时处置 。

4.8 信息公开

燃气服务提供者应在各自服务范围内确定主动公开的信息目录和信息公开具体内容，重点公开信 息包括企业概况 、服务信息 、与供用气服务有关的规定标准 、流程等 。

4.9 信息化管理

燃气经营企业应建立用户服务信息化管理系统 ，实现用户实名制和用户信息档案及时更新 ，并对 用户服务和质量监控进行可追溯管理 。

4.10 用户宣传

燃气经营企业应宣传安全用气知识 ，指导用户安全用气 ，通过多种形式向用户发放燃气设施保护 和燃气安全使用宣传资料 。

4.11 特殊群体的服务

燃气经营企业应配合政府和有关部门来保障残 、障 、孤 、老等特殊人群 、特殊服务对象的差异化用 气服务需求 。（未完待续）

《石油天然气基础设施规划建设与运营管理办法》解读

中华人民共和国国家发展和改革委员会令　第 35 号

《石油天然气基础设施规划建设与运营管理办法》已经 2025 年 10 月 28 日第 24 次委务会议审议通过，现予公布，自 2026 年 1 月 1 日起施行。

主 任：郑栅洁

2025 年 10 月 30 日

近日，国家发展改革委修订并颁布《石油天然气基础设施规划建设与运营管理办法》（以下简称《管理办法》），自 2026 年 1 月 1 日起施行。《管理办法》修订全面贯彻党中央部署和改革要求，以落实《能源法》为遵循，广泛听取各方意见，立足我国国情和油气行业发展阶段，进行了系统修订。

（一）服务油气行业绿色低碳发展。加强基础设施领域科技攻关和装备研发，推动基础设施建设运营数字化、智能化，推动油气管网绿色低碳转型，促进新技术、新产业、新业态发展。

（二）完善油气基础设施规划体系。油气基础设施规划单独成章。省级及以下规划要落实国家规划并加强要素保障，加强油气规划与国土空间等规划衔接。加强省际省内规划统筹，各地方不得自行分段规划及审批跨境、跨省（区、市）油气管道项目。

（三）理顺油气管网基础设施投资建设机制。国家管网集团按照规划承担油气干线管网建设主体责任和社会管网联通责任，支持各类社会资本按照市场化原则参股项目。允许国有大型油气企业和各类社会资本按照政府统一规划投资建设非干线等管网设施。鼓励符合条件的社会资本参与油气储备库、液化天然气接收站等投资建设。

（四）立足“全国一张网”优化管网运营机制。严格落实管网改革关于国家干线管网运销分离原则和要求，明确了国家管网集团和上下游竞争性企业禁止从事的业务范围等相关规定。加快推进省级管网运销分离，管输业务实行财务独立核算，具备条件实现产权独立；推进省级管网以市场化方式融入国家管网。完善和规范成品油入网和下载标准，加快顺序输送，逐步推广去标签化输送，探索管输新介质。加强油气基础设施维检修、更新改造、停运封

存等计划衔接。

（五）理顺设施接入使用与公平开放关系。设施接入与使用涵盖油气基础设施规划、建设与运营各方面，省级及以上能源主管部门要全链条履行行业管理和重大事项协调职责，系统思维、因地制宜、精准施策，着力推动行业高质量发展。管网公平开放针对已建成投产并提供公共服务的管网设施，属于设施使用中的特定强制性要求，需严格界定管理对象，严格依法监管。

（六）加强天然气储备，完善储气调峰市场机制。《管理办法》明确了供气企业、国家管网集团、城镇燃气企业三个5%，以及地方政府5天应急储气能力要求。同步配套“大库大站、集约布局、合作共建、租赁购买”的履约路径和市场机制，避免储气责任层层分解，严控小散储气设施遍地开花。

（七）明确法律责任、规范名词解释。针对社会普遍关心的油气干线管网、省级管网等，作出了明确的名词解释。同时，按照国务院《规章制定程序条例》有关要求，全面精简和规范规章用语。党中央、国务院高度重视自然垄断环节监管，《管理办法》与此做了充分衔接，重点做好以下方面：一是遵循行业特点和市场规律，区分自然垄断环节和竞争性环节，有效规范各自经营范围。确保相关企业聚焦主责主业，防止有关企业利用垄断优势向上下游竞争性环节延伸或排除、限制、干预上下游竞争性环节市场竞争。与之对应，竞争性企业除参与项目勘查设计施工，以及作为经营自然垄断环节业务企业的非控股股东财务投资外，不得开展油气干线管道投资建设运营。二是加强油气基础设施规划引领，优化基础设施投资总体布局。全面加强对经营自然垄断环节业务企业落实国家重大战略和规划任务、履行国家安全责任、履行社会责任、经营范围、公平开放、价格、运行和交易等方面的监管。引导经营自然垄断环节业务企业加大科技投入、开展技术创新、提高运行效率。三是坚持系统观念，促进油气管网等基础设施提质增效。《管理办法》坚持硬设施、软环境两手抓，一方面加快设施投资建设，发挥政府和市场、中央和地方、国有资本和社会资本多方面作用联网、补网、强链。另一方面规范设施运营，对油气干线管网等已经实现独立运营的自然垄断环节，强化事前事中事后全链条全领域监管，严格公平开放；对暂未独立运营的，通过健全接入和使用机制等方式，加快推进竞争性环节市场化改革，具备条件的尽快独立运营。四是适应我国油气行业发展阶段，统筹做好自然垄断环节发展、改革、安全、开放大文章。立足行业稳油增气总体形势，石油基础设施以优化存量、完善布局、改造升级、提高负荷为主，加快推进

顺序输送、有序推广去标签化输送，积极探索新介质管输，推动石油管输业务转型升级和绿色低碳发展。今后较长时期国内天然气消费仍将稳定增长，天然气基础设施以发展为主线。一方面强化国家规划引领，压实国家管网集团主体责任，加强国家干线管网投资建设；另一方面，因地制宜、多措并举支持多元主体和各类资本参与天然气支线管道等投资建设。支线管道既可以作为公共服务管道，通过预定管容等方式落实服务需求，由经营自然垄断环节业务的企业投资建设并公平开放，也可以引导资源方或供气方等相关企业通过一体化落实用气合同和管输需求的方式稳定经营预期，支撑新项目投资决策。对此类项目相关政府部门可结合市场情况合理界定管道的公共服务属性，具备条件及时纳入公平开放监管范畴。同时，为规范市场秩序，促进有序竞争，针对油气基础设施服务合同违约，引发供应中断或剧烈波动，严重影响市场稳定运行或供应安全的，明确了罚则条款。国家发展改革委、国家能源局将加强组织协调和宣贯解读，持续规范石油天然气基础设施规划建设与运营管理，加强争议事项协调和违规事项处罚处置，提高行业管理质量和效率，维护市场相关方合法权益和社会公共利益，保障石油天然气安全稳定供应，促进行业高质量发展。近期重点做好两方面工作：一是科学编制“十五五”全国油气发展规划，明确国家油气干线重大工程项目布局，同时加强省际省内规划统筹和协同，加强对省级能源及油气专项规划的指导协调，科学完善“全国一张网”设施布局。二是落实《能源法》和《管理办法》，全面加强设施接入和使用，配套细化制定完善油气设施接入和使用的指导意见。

来源：煤气与热力杂志（2025 年 11 月 14 日）

中共贵州省住房和城乡建设行业社会组织第十支部委员会开展树立和践行正确政绩观学习教育动员部署会

3月14日，中共贵州省住房和城乡建设行业社会组织第十支部委员会召开会议，学习贯彻习近平总书记关于树立和践行正确政绩观学习教育的重要讲话和重要指示精神，传达学习中央、省委党的建设领导小组有关会议文件精神，按照省住房和城乡建设行业综合委员会的要求，部署启动第十支部树立和践行正确政绩观学习教育工作。会议由党支部书记广宏同志主持，省住房和城乡建设行业综合委员会党建指导员柯庆文同志莅临会议并作动员讲话，第十支部全体党员参会，贵州省燃气协会理事长白大勇同志、秘书处工作人员列席。

会议强调，习近平总书记关于树立和践行正确政绩观的重要讲话和重要指示精神为开展学习教育指明方向、提供重要遵循，全体党员干部要提高政治站位，深刻认识开展此次学习教育的重大意义，准确把握"立党为公、为民造福、科学决策、真抓实干"的总要求，在学习中找差距，在落实中见真章，真正让正确政绩观入脑入心，确保学习教育取得实实在在的成效。



会议要求，要全面落实上级党组织关于开展学习教育的工作部署，紧扣燃气协会实际工作，对开展树立和践行正确政绩观学习教育进行全面动员、系统部署，进一步统一思想、凝聚共识、推动学习教育走深走实，以正确政绩观引领燃气协会高质量发展，为行业协会规范有序、安全发展提供坚强政治保障。

全体参会人员集中学习中央党的建设工作领导小组关于印发《习近平总书记地方工作期间坚持正确政绩观生动实践》的通知、《习近平关于树立和践行正确政绩观论述摘编》。广宏同志传达学习习近平总书记关于树立和践行正确政绩观的重要批示精神、党中央及省委省政府有关部署要求，传达省住建厅党组关于开展树立和践行正确政绩观学习教育实施方案，传达学习中共贵州省住房和城乡建设行业综合委员会《关于做好新兴领域开展树立和践行正确政绩观学习教育工作提示》(第一期)。

白大勇同志对开展好本次学习教育提出要求，一是按照要求深刻认识本次学习教育的重要性，自2013年以来，全党开展了七次主题教育，实现了思想、作风、能力、制度、民心的全面提升；二是要结合协会年度工作任务开展好工作，查摆问题从协会的短板和难点方面进入，解决好阶段性的整治整改工作，三是要结合行业协会的四个服务，搭建好企业与政府桥梁力的作用的作用；同时，对上级党组织和庆文同志的帮助和支持表示感谢。结合上级领导讲话要求，广宏同志对此次学习教育工作进行全面部署，按照《中共贵州省住房和城乡建设行业社会组织第十支部委员会党支部树立和践行正确政绩观学习教育工作实施方案》，明确坚持学查改一体推进，确保学习教育落地落实、不走过场。

此次动员部署会议的召开，在上级党组织的直接指导下，为燃气协会党支部开展树立和践行正确政绩观学习教育划定了“路线图”、明确了“任务书”、定下了“总基调”，进一步提升了全体党员对正确政绩观的理解和认识，凝聚了以正确政绩观引领协会发展、服务燃气行业的思想共识。

全体党员纷纷表示，将以此次学习教育为契机，加强理论学习、锤炼党性修养、改进工作作风，切实把正确政绩观转化为履职尽责的实际行动，立足岗位办实事、求实效，以党建引领协会高质量发展。

来源：贵州省燃气协会（2026年3月17日）

贵州省燃气协会第六届第一次常务理事会会议召开

2026 年 3 月 20 日下午，贵州省燃气协会第六届第一次常务理事会在贵阳市燃气大厦召开。协会常务理事 23 人、列席监事 2 人参会，广宏秘书长主持会议，本次会议内容如下：

一、介绍协会党组织成立情况

会上介绍了关于协会党组织的成立情况。协会党组织的正式成立，是协会发展历程中的一个重要里程碑，对于加强党对协会工作的领导，确保协会正确发展方向，引领行业健康有序发展具有重要意义。协会要进一步加强党建工作，充分发挥党组织的政治核心和战斗堡垒作用。

二、审议通过《贵州省燃气协会 2025 年工作总结》

会议审议了《贵州省燃气协会 2025 年工作总结》。总结全面、客观地反映了协会 2025 年在党建引领、行业自律、服务会员、技术交流等方面所做的工作和取得的成绩。经表决，会议一致通过了该总结报告。

三、审议通过《贵州省燃气协会 2026 年工作计划》

会议审议了《贵州省燃气协会 2026 年工作计划》。该计划目标明确、重点突出、措施可行，符合当前行业发展形势和会员单位实际需求。经表决，会议一致通过了该工作计划。

四、审议通过新入会会员单位

会议听取了秘书处关于新申请入会单位基本情况的介绍。根据协会章程有关规定，经审议和表决，会议一致同意吸纳贵州省黎平县天然液化汽有限公司、天越工程设计有限公司、广州柏诚智能科技有限公司 3 家单位为贵州省燃气协会会员单位

五、讨论 2026 年会员大会召开事宜

会议就 2026 年会员大会的召开时间、地点、组织形式等事宜进行了充分讨论。会议初步议定，拟于 2026 年 4 月 21 日 -22 日在黔西南州兴义市召开会员大会，并要求秘书处根据会议讨论意见，抓紧细化方案，做好各项筹备工作。



六、讨论组织开展行业技能竞赛相关事宜

会议就组织开展全省燃气行业职业技能竞赛的必要性、竞赛项目设置等问题进行了讨论。开展行业技能竞赛是提升从业人员技能水平、弘扬工匠精神、促进行业交流的重要举措。会议原则同意组织开展此项活动，并要求秘书处进一步调研论证，尽快形成具体实施方案。

来源：贵州省燃气协会（2026 年 3 月 23 日）

天然气预混燃烧设置止回阀的技术研究

韦永金[1]，吴文林[2]
（1. 贵州燃气热力设计有限责任公司，贵州贵阳 550001；
2. 贵州燃气集团股份有限公司 贵州贵阳 550001）

摘　要：天然气预混燃烧技术因高效、清洁，在工业与民用领域应用广泛，但其存在回火与混合气倒流风险。国家标准《GB55009-2021 燃气工程项目规范》规定，用鼓风机预混燃烧时要在用气设备前加装止回阀等防护措施，但此条款在适用范围、技术必要性和执行方面引发行业争议。本文梳理了预混燃烧技术原理与安全风险机理，剖析止回阀的防护作用和局限。通过辨析“用气设备”与“燃气燃烧器具”概念差异，结合现代燃烧设备多重安全联锁系统，指出止回阀应作补充性而非核心安全措施。提出基于风险等级的差异化管控策略，给出具体建议，为规范工程实践、保障燃气系统本质安全提供技术支撑。

关键词：天然气；预混燃烧；止回阀；回火风险；技术研究

1 引言

天然气作为清洁高效的能源，在我国能源转型与“双碳”战略中作用关键。预混燃烧技术通过燃气与空气的预先混合，显著提升了燃烧效率并降低了污染物排放，已广泛应用于工业锅炉、商业厨具及民用燃具等领域。然而，该技术固有的安全风险，特别是回火（火焰逆向传播）与混合气倒流，可能引发管道爆燃、设备损毁乃至人员伤亡事故。为防范此类风险，《GB55009-2021 燃气工程项目规范》（以下简称 GB55009）[1] 第 6.2.6 条强制要求对使用鼓风机预混燃烧的用气设备采取加装止回阀等措施。该规定自实施以来，在适用范围、技术有效性及执行责任等方面引发了持续争议，导致实践中出现“一刀切”安装或“应装未装”的混乱局面。因此，开展系统性的技术研究，厘清规范本意、明确技术边界，对统一行业认识、保障安全运行具有紧迫的现实意义。

在预混燃烧安全领域的研究多集中于阻火器优化、燃烧器流场设计及压力控制等方面，普遍认为通过提高流速、优化结构可有效抑制回火[2][3]。关于止回阀的研究则侧重于阀门结构与密封性能，针对其在天然气预混燃烧系统中应用的专项研究相对不足。行业层面，我国现行标准存在不一致：《GB50028-2006 城镇燃气设计规范》[4]（以下简称 GB50028）要求在燃气表后设置止回阀或泄压装置；而《GB/T19839-2005 工业燃油燃气燃烧器通用技术条件》（以下简称 GB/T19839）[5]、《TSG11-2020 锅炉安全技术规程》（以下简称

TSG11）[6]等产品标准则未对外部管路止回阀提出强制要求。标准间的“缝隙”是当前争议与执行困惑的主要根源。

本文主要研究天然气预混燃烧系统中止回阀设置问题，包括相关标准对比与适用边界分析、预混燃烧技术特性、止回阀作用机制、风险分级优化等。研究遵循“理论分析—标准解读—对策提出”思路，运用文献调研与规范梳理等方法，旨在形成科学清晰、具有可操作性的技术指导。

2 现行标准关于止回阀设置的规定解析

2.1 核心标准条款分析

2.1.1 GB55009

第 6.2.6 条第 3 款规定：“当使用鼓风机进行预混燃烧时，应采取在用气设备前的燃气管道上加装止回阀等防止混合气体或火焰进入燃气管道的措施。

核心要点包括：

（1）“适用场景限定为“使用鼓风机进行预混燃烧”，排除引射式预混等无外部动力的预混方式。

（2）适用对象明确为“用气设备”，而非“燃气燃烧器具”。

（3）防护措施采用“止回阀等”的表述，允许采用阻火器、泄压装置等替代或补充措施。

根据该规范术语定义，“用气设备”指以燃气作燃料进行加热或驱动的较大型燃气设备，如燃气锅炉、燃气直燃机、燃气热泵、燃气内燃机、燃气轮机等；“燃气燃烧器具”指以燃气作燃料的燃烧用具的总称，简称燃具，包括燃气热水器、燃气热水炉、燃气灶具、燃气烘烤器具、燃气取暖器等。“用气设备”与“燃气燃烧器具”在规模、结构复杂度及风险等级上存在本质区别。

2.1.2 GB50028

第 10.3.3 条“燃气表保护装置的设置”第 2 款规定：“当使用加氧的富氧燃烧器或使用鼓风机向燃烧器供给空气时，应在燃气表后设置止回阀或泄压装置。”第 10.6 节“工业企业生产用气”第 10.6.7 条规定：“ 燃气燃烧需要带压空气和氧气时，应有防止空气和氧气回到燃气管路和回火的安全措施，并应符合下列要求：燃气管路上应设背压式调压器，空气和氧气管路上应设泄压阀。在燃气、空气或氧气的混气管路与燃烧器之间应设阻火器；混气管路的最高压力不应大于 0.07MPa。”

该标准与 GB55009 的差异在于：

（1）未明确区分用气设备与燃气燃烧器具，适用范围更宽泛。

（2）将止回阀设置位置明确为“燃气表后”。

（3）允许采用泄压装置作为替代措施，体现“风险等效”原则。

2.1.3 设备类标准相关规定

GB/T19839、TSG11 等设备标准未对燃气管路止回阀设置提出明确要求，但强调燃烧器的熄火保护、压力联锁等安全功能。例如，《GB/T16508-2022 锅壳锅炉》[7] 规定，燃气压力低于规定值时，燃烧器应自动切断燃料供应，且主燃气控制阀需配置两只串联的自动安全切断阀，形成双重防护。设备标准未要求止回阀的主要原因在于大型用气设备已具备完善的压力监测与联锁保护系统，正常工况下可有效防范混合气倒流，止回阀的防护作用相对有限。

2.2 标准冲突与行业争议焦点

现行标准关于止回阀设置的规定存在冲突，导致行业实践中争议不断，主要争议内容如下：

2.2.1 适用范围争议

GB55009 将止回阀设置要求限定为“用气设备”，但部分地方标准与监管部门将其扩大至商用大锅灶等燃气燃烧器具。例如，《DB4201/T692-2023 商用燃气燃烧器具及设施安装验收规范》[8] 要求并联安装的蒸汽发生器在支管上安装止回阀。争议核心在于：商用大锅灶等设备虽采用鼓风预混，但属于燃气燃烧器具范畴，是否应参照用气设备要求设置止回阀。

2.2.2 防护有效性争议

部分行业观点认为，止回阀无法有效防范回火，仅能阻止混合气倒流，且止回阀的压损（通常为 400-500Pa）会影响燃烧效率。例如，商业大锅灶的额定燃气压力约为 2000Pa，安装止回阀后可能导致火力不足，影响使用效果。此外，止回阀存在关闭延迟、密封失效等问题，实际防护效果存疑。

3 预混燃烧技术与燃烧设备分析

3.1 预混燃烧技术特性与安全风险分析

3.1.1 预混燃烧的技术原理与分类

预混燃烧[9] 是指燃气与空气在进入燃烧区前预先均匀混合的燃烧方式。根据混合气形成方式，主要分为：

（1）引射式预混：利用燃气射流引射空气，结构简单，混合气压力低、容积小，常见于家用及普通商用灶具。

（2）鼓风式预混：通过鼓风机强制混合，可精确控制配比与流量，混合气压力高、管路长、容积大，适用于工业锅炉、大功率商用设备，是 GB55009 明确针对的情形。

（3）中央预混系统与预混气直供：风险最高，整个输送管网内均为预混气。

3.1.2 安全风险分析

（1）混合气倒流风险：当空气压力高于燃气压力时，空气或未燃混合气倒灌入燃气管道，可能稀释燃气、形成爆炸性混合物，或损坏燃气表、调压器等设备。诱因包括燃气压力骤降、鼓风机异常升压、阀门操作错误等。

（2）回火风险：指火焰传播速度超过混合气流速时，火焰沿管道逆向传播的现象。回火可引发管道内爆燃，产生巨大破坏力。其发生与混合气配比、流速、燃烧器结构及工况稳定性密切相关，在设备启停等瞬态过程中风险最高。

3.2 燃烧设备安全逻辑与止回阀技术分析

3.2.1 现代燃烧设备的安全控制体系

合格的现代燃气锅炉、燃烧器已具备多重、冗余的主动安全控制系统，构成本质安全的主体防线：

（1）双（多）重安全切断阀串联设置。

（2）燃气压力监测与联锁保护（低压 / 超压切断）。

（3）可靠的熄火保护装置（4）程序化启停控制（前 / 后吹扫）。此外，在锅炉燃气进口总管上设置调压器（稳压器），不仅用于稳定燃气压力，在出口压力超限时会自动关闭，从而在系统压力正常时也能防止气体倒流。气体倒流仅可能在调压前管道放空或断裂时发生，但此类异常情况下倒流本身已无实际安全威胁。

这些措施系统性地从源头消除危险条件，或在危险发生时瞬间切断气源。在此逻辑下，对于符合产品标准的设备，在燃气总管上加装止回阀并非其安全运行的“必要条件”。

3.2.2 止回阀的作用机理与局限性

止回阀依靠介质自身流动实现启闭，其理论防护作用为：

（1）物理隔离：在发生倒流或回火时迅速关闭，切断通道。

（2）防止窜混：阻止空气或混合气进入纯燃气管道。

但其局限性显著：被动防护：无法阻止回火本身的发生，仅为事后遏制措施。

（3）性能依赖：对响应速度和密封性要求极高，普通阀门可能无法有效阻断快速传播的火焰或存在泄漏。

（4）影响工况：增加管路阻力（压损可达 400–500Pa），可能严重影响低压燃烧设备的热负荷与效率。

（5）维护需求：增加故障点及必要的维护工作。因此，止回阀不能替代主动安全控制系统，应视为多重防护体系中的补充环节。

3.2.3 止回阀在工程规范中的价值定位

GB55009 提出该要求，其规范本意可能在于：

（1）纵深防御：作为自动控制系统全部失效这一极端小概率事件下的补充机械防线。

（2）保护公共管网：防止事故波及上游公共燃气设施，与 GB50028 的保护思路一脉相承。

（3）覆盖非标与老旧设备：工程规范需具备普适性，覆盖可能存在的非标、老旧或维护不到位的场景。因此，止回阀的设置应被视为安全系统工程中的一个可能环节，而非孤立或万能措施。

3.2.4 止回阀选型技术要求

（1）压力与流量适配：额定压力不低于管道设计压力，压损宜控制于 500Pa 以内。

（2）关闭响应性能：响应时间≤0.1 秒，推荐弹簧式或重力式，避免旋启式 。

（3）密封与耐腐蚀：泄漏量需符合《GB/T 13927–2022 工业阀门 压力试验》[10] 要求，阀体及密封件材质应耐燃气腐蚀。

（4）防爆防火：用于危险环境时应具备相应防爆认证，阀体需能承受爆炸压力。

4 基于风险分级的差异化管控策略与建议

4.1 风险分级管控策略

针对高风险场景，按照国家规范执行止回阀的安装要求。该场景涉及明确属于“用气设备”的大型燃气锅炉、直燃机、工业炉窑等，其典型特征包括额定热负荷较大、采用中压供气、预混管路长且容积大，并与公共管网直接相连。在此类场景下，在设备前燃气管道上加装高性能止回阀（如快速关闭型），并建议配合使用阻火器与泄压装置，同时将其列为安全管理的重点内容。

对于中风险场景，建议采取推荐性或选择性的执行策略。该场景主要包括大功率商用鼓风预混燃烧器具（例如大型蒸箱、炒灶）以及模块化锅炉组，这些设备虽归类为“燃气燃烧器具”，但其功率较高，仍具有一定风险。在措施上，应优先核查设备本体的安全控制装置是否完备，鼓励生产厂家将止回阀等防护装置作为标准配置内置。若在燃气管道上加装止回阀会严重影响设备燃烧性能，则可在进行风险评估后，以加强设备自身的安全认证与定期

检测作为等效替代手段。

在低风险场景中，一般不强制要求安装管道止回阀。该场景主要指采用引射式预混方式的家用及普通商用燃烧器具，其结构简单、混合腔小，风险相对较低；安全管理的重点应转向确保产品自身符合安全标准（如具备 CCC 认证、熄火保护功能等），并严格监督其安装过程是否符合规范，从而在保障安全的前提下避免不必要的技术措施与成本投入。

4.2 对规范制定与行业管理的建议

为实现燃气预混燃烧系统的科学规范管理，应从多方面协同推进。

（1）在标准体系层面，建议通过修订现行规范，进一步明确“用气设备”与“燃气燃烧器具”的划分界限，例如依据额定功率、工作压力等具体参数，并提供典型设备示例清单，以消除执行中的理解歧义。

（2）在责任界定方面，应在相关标准中清晰规定止回阀的供应、安装与维护责任主体，原则上设备内置的止回阀由生产厂家负责，而外部加装的止回阀则宜由设备安装单位或工程施工单位承担。在技术发展层面，应积极推动将止回阀等安全防护措施集成于设备本体的“一体化”设计理念，从源头提升安全性，开发适用于低压工况的低流动阻力专用止回阀。

（3）在管理实践层面，管理部门需转变工作重点，从简单检查“是否安装止回阀”转向深入核查设备本体安全控制系统（如熄火保护、压力联锁等）的完整性与有效性，推行基于安全性能的合规性审查模式，同时加强行业从业人员的技术培训并建立严格的产品质量监督抽查机制。

5 结论

（1）GB55009 第 6.2.6 条的规定具有明确的适用对象与范围，主要针对的是“用气设备”。若将其要求不加区分地扩大至所有“燃气燃烧器具”，属于对规范条款的误解与不当延伸，可能导致工程实践中出现不必要的技术措施与执行偏差。

（2）止回阀在预混燃烧安全体系中应被定位为补充性措施，而非核心安全手段。其功能主要体现在发生危险时的被动隔离，但无法替代基于自动控制的安全联锁系统的主动防护作用；符合现行标准的现代燃烧设备已通过多重主动安全防护设计（如双重切断、压力监控、熄火保护等）实现了系统的本质安全。

（3）在工程实践中，应采取基于风险等级的差异化管控策略。对于大型工业用气设备，按照国家规范执行止回阀等防护装置的安装要求；对于商用燃烧器具，则应依据其具体风险特征进行评估后作出相应决策；而对于采用引射式预混的普通燃具，一般不强制要求加装，从而避免“一刀切”式的管理方式，实现安全性与经济性的合理平衡。

（4）燃气系统安全的根本保障在于构建系统性的安全体系。核心在于选用符合标准、安全性能完备的设备产品，严格执行规范的安装流程，并落实定期的检查与维护。止回阀仅是该安全体系中一个可能的辅助环节，不应将其孤立视为安全与否的唯一判断依据。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部，国家市场监督管理总局．燃气工程项目规范：GB 55009-2021[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021.

[2] 杨琨，田泽民，刘重阳，等．基于模型燃烧室的回火过程数值模拟和机理 [J]. 航空动力学报，2024,39(11):284-297.

[3] 沈永训．基于特斯拉阀结构的阻火单元火焰淬熄特性研究 [D]. 中国矿业大学，2024.

[4] 中华人民共和国建设部，国家质量监督检验检疫总局．城镇燃气设计规范（2020 年版）：GB 50028-2006[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2020.

[5] 中华人民共和国国家质监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会．工业燃油燃气燃烧器通用技术条件：GB/T 19839-2005[S]. 北京：中国标准出版社，2005.

[6] 国家市场监督管理总局．锅炉安全技术规程：TSG 11-2020[S]. 北京：新华出版社，2020.

[7] 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会．锅壳锅炉：GB/T 16508.1~16508.8-2022[S]. 北京：中国标准出版社，2022.

[8] 武汉市市场监督管理局．商用燃气燃烧器具及设施安装验收规范：DB4201/T692-2023[S].

[9] 彭超．燃气热水器全鼓风式部分预混燃烧器的设计与实验研究 [D]. 重庆大学，2017.

[10] 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会．工业阀门压力试验：GB/T 13927-2022[S]. 北京：中国标准出版社，2023.

作者简介：韦永金，高级工程师，主要从事燃气技术研究工作。吴文林，正高级工程师，主要从事燃气生产运行管理工作。

通讯地址：贵州省贵阳市国家高新区金阳科技产业园惠邦商务中心 1 号楼燃气公司，邮编：550081。联系电话：18085083059；E-mail:weiyongjin008@sina.com。

清镇市氧化铝工业天然气掺氢应用研究

晏子宽

（清镇华润燃气有限公司 贵州清镇 551400）

摘　要：针对贵州省贵阳市清镇市氧化铝工业天然气价格持续走高、企业用气成本承压问题，本文提出以甲醇制氢为氢源、在城镇燃气系统中掺氢燃烧的降本增效方案。结合清镇铝业生产工况，开展掺氢工艺设计、硬件适用性评估、全维度安全分析与经济性测算，明确10%－15%体积掺氢比例为最优区间；论证现有管网与焙烧炉、燃烧器在低掺氢比下的适配性，识别氢脆、泄漏、回火等风险并提出防控措施；建立成本模型，量化年节约费用、投资回收期与碳减排效益。研究可为清镇及同类铝工业基地燃气掺氢落地提供技术依据与实施路径。

关键词：城镇燃气　天然气掺氢　甲醇制氢　氧化铝　安全分析　经济性

1 引言

1.1 研究背景与意义

清镇市是贵州省重要铝工业基地，集聚多家大型氧化铝生产企业，氧化铝产能规模大、天然气消耗集中。近年来，受国际气源价格、国内供需结构及管网运输成本多重因素影响，贵阳清镇地区非居民天然气价格持续走高，大工业用气价格长期处于高位运行，直接推高氧化铝企业生产总成本，对企业经营效益和市场竞争力形成明显压力。

氧化铝生产工艺中，焙烧、烘干、热力供应等环节均需大量稳定热源，天然气是当前主流清洁燃料，用量大、负荷连续、对燃烧稳定性要求高。在天然气价格居高不下的背景下，企业亟需寻找低成本、易落地、安全性高的替代燃料或节能改造方案，以降低燃料采购成本、提升经济效益。

天然气掺氢是近年来国内大力推广的低碳供能技术路线，通过在现有城镇燃气中按一定体积比例掺入氢气，实现氢气与天然气协同燃烧，可在基本不改动原有管网和主要设备的前提下，实现燃料结构优化、能耗下降与碳排放降低。氢气来源中，甲醇制氢具有装置紧凑、就地制氢、储运安全、成本可控等优势，特别适合工业用户分布式制氢、就近掺混使用。本文以贵州省贵阳市清镇市氧化铝行业为具体应用场景，围绕甲醇制氢 — 燃气掺混 — 终端燃烧全流程，开展工艺方案、硬件适用性、安全风险与经济性分析，形成一套可直接落地的城镇燃气掺氢应用方案，为区域氧化铝企业节能降碳、降本增效提供参考。

1.2 国内外研究现状

在天然气掺氢输送与应用方面，国外已开展多项管网掺氢示范工程，欧盟、美国、日本等均出台相关规划与标准，重点研究低、中比例掺氢条件下管道材料兼容性、燃烧特性变化、泄漏与安全控制等内容。国内近年来也加快天然气掺氢技术研究与试点示范，多项团体标准、行业规范陆续发布，对掺氢比例、材料要求、安全设施、运行管理等作出明确规定。

在燃烧设备适配性方面，国内外学者针对锅炉、窑炉、工业燃烧器开展大量掺氢燃烧试验，结果表明，低比例掺氢可提升火焰传播速度、改善燃烧效率，但需关注回火、脱火、氮氧化物排放变化等问题。氧化铝焙烧炉属于高温工业窑炉，热负荷大、工况稳定，对燃气组分波动具有一定适应性，具备开展天然气掺氢应用的良好条件。

甲醇制氢技术已实现工业化大规模应用，主要采用甲醇水蒸气重整制氢工艺，技术成熟度高、氢气纯度高、运行稳定，与电解水制氢相比，在就地小规模、分布式制氢场景中具备明显成本优势，可为天然气掺氢提供稳定、经济的氢源保障。

1.3 研究内容与技术路线

本文以清镇市氧化铝企业为研究对象，围绕城镇燃气掺氢应用开展系统性研究，主要内容包括：

（1）分析清镇氧化铝行业天然气使用现状、价格压力及掺氢改造必要性；

（2）设计基于甲醇制氢的天然气掺氢工艺路线，确定适宜掺氢比例；

（3）评估现有城镇燃气管网、计量调压设备、焙烧炉燃烧器等硬件适用性；

（4）开展全流程安全分析，识别关键风险点并提出防控措施；

（5）建立经济性模型，测算改造成本、运行成本与投资回收期；

（6）形成结论与工程化实施建议。

整体技术路线为：现场现状分析→工艺方案设计→硬件适配评估→安全风险分析→经济性测算→结论与建议。

2 清镇氧化铝行业燃气使用现状与掺氢需求

2.1 用气结构与成本压力

清镇市氧化铝企业生产流程长、能耗强度高，天然气主要用于焙烧炉加热、蒸汽锅炉产汽、热媒炉供热等环节，用气负荷连续稳定，年天然气消耗量巨大。

在氧化铝生产成本构成中，燃料成本占比较高，天然气价格每上涨 0.1 元 /m^3，都会对企业整体效益产生明显影响。在气源结构短期内难以大幅改变的前提下，通过燃料结构优化、提高能源利用效率、引入低成本清洁替代燃料，是企业控制燃气采购成本的现实路径。

2.2 生产工况与掺氢适配性

氧化铝焙烧温度通常在 1000℃以上，焙烧炉采用专用工业燃烧器，热负荷大、调节范围宽、自动化控制水平较高，对燃气热值、华白数波动具有一定耐受能力。按照天然气互换性相关标准，低比例掺氢条件下，混合气热值与华白数变化较小，可实现与纯天然气的燃烧互换，基本不影响正常生产与产品质量。

同时，布置撬装式甲醇制氢装置、氢气缓冲罐、掺混设备等，无需大规模征地与土建施工，改造周期短、见效快，具备开展天然气掺氢改造的现场条件。

2.3 掺氢应用目标

本次清镇氧化铝行业城镇燃气掺氢应用设定目标如下：

（1）成本目标：在保障生产稳定前提下，降低天然气采购量与总燃料成本；

（2）技术目标：采用成熟可靠的甲醇制氢与掺混工艺，不影响焙烧等关键工序；

（3）安全目标：风险可控，满足国家及行业安全规范要求；

（4）环保目标：减少二氧化碳排放，助力企业绿色低碳转型。

3 甲醇制氢与燃气掺氢工艺设计

3.1 甲醇制氢原理与工艺流程

甲醇制氢采用甲醇水蒸气重整制氢工艺，核心总反应为：

$$CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 3H_2$$

实际过程主要包括甲醇汽化、重整反应、变换反应、变压吸附提纯等步骤。甲醇与脱盐水按比例混合后，经加压、换热汽化进入重整反应器，在催化剂作用下生成氢气、二氧化碳为主的混合气，再经变压吸附（PSA）提纯，可获得纯度 99.9% 以上的氢气产品，满足天然气掺混要求。装置可采用撬装集成化设计，占地面积小、自动化程度高、启停方便，能够根据企业用气负荷调节制氢量，实现按需制氢、稳定掺混。

3.2 天然气掺氢方案与掺混比例

掺混点设置在厂区天然气调压站之后、炉前总管之前，采用动态连续掺混方式，通过流量计精确控制天然气与氢气流量，实现稳定比例掺混。综合考虑材料安全、燃烧稳定性、设备适配性及经济性，推荐体积掺氢比例 10%，条件成熟时可逐步提升至 15%，一般不建议超过 20%。该比例范围内，混合气燃烧特性与天然气接近，现有设备改造量小，安全风险可控。

3.3 掺混气燃烧性能

在 10% 体积掺氢比例下，混合气热值略有下降，但火焰传播速度加快，燃烧更加充分，

炉膛换热效果有所提升。通过合理调整空燃比，可保证焙烧炉温度场稳定，满足氧化铝生产工艺要求。同时，混合气华白数波动在允许范围内，符合燃气互换性要求，无需对燃烧系统进行颠覆性改造。

4 硬件适用性评估

4.1 城镇燃气管网适用性

清镇氧化铝企业现有工业燃气管网多采用 20# 无缝钢管、L245 等碳钢材质，运行压力以中低压为主。在掺氢比例≤15%、中低压运行条件下，氢脆风险较低，现有管道材料基本兼容。改造重点为：将部分密封垫片更换为氟橡胶、聚四氟乙烯等抗氢渗透材料；对关键管道、阀门、法兰进行气密性检测与完整性评估，必要时进行补强或更换，确保长期安全运行。

4.2 计量与调压设备

天然气掺混氢气后，混合气密度、热值发生变化，传统容积式流量计可能产生计量偏差，建议改用超声波流量计或热式质量流量计，具备组分适应性强、计量精度高等优点。

调压器、阀门等设备应检查内部构件耐老化、抗氢性能，确保压力调节稳定、关断可靠，必要时更换为适配掺氢燃气的专用设备。

4.3 燃烧设备适用性

氧化铝焙烧炉、锅炉等工业燃烧设备，在 10% 掺氢比例下基本可直接使用，只需对空燃比、风量、火焰监测等参数进行优化调整。为防止回火、脱火等现象，可适当优化燃烧器喷头结构，强化火焰稳定性控制，同时完善火焰检测、紧急熄火保护等安全联锁。

总体来看，在低比例掺氢条件下，清镇氧化铝企业现有燃气管网、计量、调压、燃烧系统整体适用性良好，仅需局部改造与参数优化，改造成本低、实施难度小。

5 安全分析与防控措施

5.1 主要安全风险识别

（1）氢脆风险：氢气分子易扩散进入金属材料内部，长期可能导致材料塑性下降，但在低掺氢比例、中低压条件下风险可控；（2）泄漏与爆炸风险：氢气密度小、易扩散、爆炸极限宽（4%~75%），泄漏后在受限空间内积聚可能形成爆炸隐患；（3）燃烧安全风险：掺氢后火焰传播速度加快，存在回火、脱火、燃烧脉动等风险；（4）甲醇制氢站工艺安全：涉及甲醇储存、高温反应、高压吸附等环节，存在火灾、烫伤、超压等风险。

5.2 安全防控措施

（1）材料与管网安全，临氢设备及管道优先采用抗氢碳钢或不锈钢；密封件、垫片选

用耐氢材料；建立管道定期检测制度，开展壁厚、焊缝、气密性检查，防范氢致开裂与泄漏。

（2）泄漏监测与防爆，在制氢站、掺混间、管沟、阀门组等区域设置氢气泄漏探测器，安装于设备上方，报警阈值设置在 25% LEL 以下，并与紧急切断阀、通风系统、报警系统联动。厂区按防爆区域划分，电气设备满足防爆等级要求，设置可靠防雷、防静电接地。

（3）燃烧系统安全，完善火焰检测、熄火保护、燃料快速切断等联锁；优化空燃比控制，设置防回火、防脱火逻辑；实时监测炉膛压力、温度、氧含量，保证燃烧过程稳定可控。

（4）甲醇制氢站安全，甲醇储罐设置防火堤、泄漏收集池、喷淋冷却系统；重整装置设置超温、超压、欠压自动保护；PSA 系统设置程控升降压与紧急泄压功能，杜绝超压运行。

5.3 应急与运维管理

编制天然气掺氢专项应急预案，包括氢气泄漏、火灾、爆炸、停气、设备故障等场景；定期开展应急演练；操作人员经培训考核合格后上岗，建立设备巡检、维护、标定台账，实现全流程安全闭环管理。

6 经济性分析

6.1 基础参数

以清镇地区典型氧化铝企业为例，设定主要参数如下：

天然气价格：采暖季 3.78 元 /Nm^3，非采暖季 3.53 元 Nm^3，全年 3.63 元 / Nm^3

甲醇价格：2600 元 / 吨　制氢综合电耗：2.8kWh/Nm^3–H_2，电价 0.55 元 /kWh

掺氢比例：10%（体积比）企业天然气用量：8000Nm^3/h，年运行 8000h

6.2 成本测算

年天然气消耗量：6400 万 Nm^3　掺氢 10% 后，年替代天然气量：640 万 Nm^3

年节约天然气费用：23232 万元

氢气综合成本按 2 元 /m^3 估算，年氢气总成本：1280 万元

年净节约成本：10432 万元

6.3 投资与回收期

撬装式甲醇制氢装置、掺混系统、仪表安全系统等总投资约 800–1000 万元。

静态投资回收期约 3~5 个月，经济效益十分显著。

6.4 碳减排效益

1 Nm^3 天然气（CH_4）完全燃烧 ≈ 1.96 kg CO_2，总 CO_2 = 12544000 kg = 12544 吨，甲醇制氢的典型碳排放：生产 1Nm^3 H_2 → 约 0.95 kg CO_2（制氢过程排放，氢气燃烧本身无碳），总 CO_2=6080000kg=6,080 吨。天然气：12544 吨 CO_2，甲醇制氢：6,080 吨

CO_2，甲醇制氢的总碳排放 ≈ 天然气的 48.5%，也就是比天然气少一半左右碳排放。

天然气掺氢后，单位热值二氧化碳排放量下降，按替代天然气量计算，每年可减少大量 CO_2 排放。有助于企业完成节能降碳指标，提升绿色工厂、低碳产品竞争力。

7 结论与建议

1. 以甲醇制氢为氢源的城镇燃气掺氢技术，在清镇氧化铝行业应用技术可行、工艺成熟，采用撬装式甲醇制氢 + 掺混一体化方案，10% 掺氢比例可实现稳定燃烧与安全运行。

2. 现有管网、计量、调压、燃烧设备整体适用性良好，仅需局部改造与参数优化，改造成本低、实施难度小。

3. 通过完善材料选型、泄漏监测、燃烧联锁、应急管理等措施，安全风险可控，满足国家及行业安全规范。

4. 项目经济性突出，年净节约成本超 2000 万元，投资回收期仅 3–5 个月，可显著降低企业天然气采购成本，兼具降本与减碳双重效益。

5. 与城镇燃气公司、应急管理、市场监管等部门沟通，履行备案与告知程序。建立数字化监控平台，实时监测氢浓度、流量、压力、泄漏、温度等关键参数，实现智能化安全运行。

参考文献

[1] 贵州省发展改革委。关于联动调整非居民用气价格有关事项的通知 [Z]. 2025.

[2] 清镇市人民政府。关于调整清镇市非居民用气价格的通知 [Z]. 2026.

[3] T/CECS 1585–2024, 城镇民用氢气输配工程技术规程 [S].

[4] T/CITS 458–2025, 天然气掺氢输送管道系统安全技术规范 [S].

[5] GB/T 33440–2021, 天然气互换性一般要求 [S].

[6] GB/T 29729–2022, 氢系统安全的基本要求 [S].

[7] 郝树仁，程玉春，王志亮。甲醇蒸汽转化制氢技术 [J]. 石油化工，2005.

[8] 孔莹莹，胡若炜，秦子康。掺氢天然气燃烧特性与应用研究 [J]. 油气储运，2025.

[9] 中铝青海分公司。焙烧炉天然气掺氢燃烧技术应用实践 [J]. 中国铝业，2024.

作者简介：晏子宽，男，清镇华润燃气有限公司 副总经理，高级工程师，长期从事城镇燃气工程建设、运营管理与技术研发工作。

联系方式：13888646183 E-mail：yanzikuan@crcgas.com

天然气管道掺氢对天然气分析计量的影响研究

孙国梅

（贵州燃气集团股份有限公司 贵州贵阳 550001）

摘　要：传统的化石能源使用导致大量温室气体排放，全球环境日益严峻，为了有效应对这一挑战，越来越多的国家开始探索可再生能源和清洁能源。氢能作为一种清洁且高效的能源载体及应用前景广阔。将氢气与天然气混合，通过现有的天然气管网进行输送，实现氢能的大规模应用，基于此，对掺氢天然气管道运输进行分析能够提高其经济效益的同时降低风险出现。

关键词：天然气管道；掺氢；天然气分析计量；影响研究

随着全球能源结构的进一步转型，氢气作为常见的清洁能源，其潜力逐渐被人们所了解、重视，而将氢气掺入天然气管道中，不仅可以提高能源的利用效率，与此同时，还能够进一步减少温室气体的排放。掺氢对天然气的计量分析带来了较大挑战，开展该项内容的探索，能更好地了解天然气管道掺氢输送所存在的风险，了解掺氢天然气成分的变化以及其对计量设备所带来的影响，提高天然气管道的输送质量，降低风险的同时增强社会效益与经济效益。

1 天然气管道掺氢的现状

氢气一直以来都是公认的绿色、清洁、零碳排放的重要能源，也是我国碳中和进程中不可忽略的一部分。由于光电，水电，风电本身具有较强的波动性，间歇性，其对社会发展而言具有较大的波动性，进而给电力并网带来了很大的挑战。当前普遍的气势，而当前普遍的弃水、弃光、弃风现象也出现的频率相对较高。如果在电网管理时无法消化可再生电能转化为绿氢，给我国社会发展会带来一定的负面问题。当前以一定比例混入现有的天然气管网输送至终端用户或是储气设施，可以有效地解决目前我国再生资源消纳问题，这也是实现氢气长距离输送和规模化使用的重要途径之一。

1.1 掺氢天然气运输的风险

将氢气一定量的掺入到天然气中，会引发管道在进行天然气运输过程中的一系列运行工况，无论是对设备性能或者安全维护等方面均会带来显著变化，这些影响也是在分析天然气管道掺氢运输过程中不可忽略的一部分。其中具体风险主要包括了以下几点：第一，在天然气中掺加适当的氢气时，如果天然气管道中的氢气没有办法迅速且均匀地分布，则

会导致管道内局部地区的氢气浓度过高，进而引发氢气失效风险。第二，由于氢气和天然气本身存在的密度差相对较大，一旦天然气管道在进行运输后停止一段时间，则会出现气体分层这一现象。例如，氢气快速地聚集在管底处，导致气体失效。第三，由于氢气本身的分子质量较小，管道在长时间的管道运输过程中很容易出现微渗漏现象，特别是长输管道中常见的螺纹接头，阀门和法兰连接处等，加之氢气本身的点火能量小，自然温度较低，很容易出现在长输管道运输中自燃现象，进而导致管道在使用中，存在的安全隐患相对较大。第四，在掺氢天然气投产或检修之前，在空管的长输管道会加热气体，进而导致管道内的掺氢天然气出现自燃或爆炸现象，加之氢气浓度越高发生自燃或爆炸的风险就越大。在这一阶段就更需要做好掺氢天然气对天然气计量分析的影响，研究降低其安全隐患的同时，确保天然气在长输管道运输时运输质量能够得到提升，让运输质量满足目前我国工业发展的需求。

1.2 掺氢天然气的物性参数

掺氢天然气无论是在运输存储或者各个环节过程中，与管材的相容性与设备的适用性、运输的安全性与水利工况的特异性，均可以满足社会建设和发展的实际需求，加之天然气的各类不同的物性参数。例如，压缩因子，声速等均需要计量，这也是天然气能量计量的必要参数。以压缩因子为例，在分析掺氢天然气的压缩因子时，通过实际测量工况、体积流量进而转换形成的标准参比条件，这也是整个天然气长输管道运输过程中的最重要参数之一。声速大多数用于检查工况，是保证天然气流量的最重要参数之一，当前从理论和实际两个角度分析掺氢天然气物性变化的规律，并且讨论其不同的变化规律，对天然气计量设备以及发热量测定仪等一系列不同设备所带来的影响，明确现行天然气产品的标准以及不同地区天然气管道的运输方式，确保掺氢天然气在运输过程中其运输质量的运输质量能够满足社会建设，减少其危险事故的出现。

2 天然气管道掺氢对天然气分析计量的影响研究

2.1 分析计量标准适应性

（1）数据内容

针对天然气分析计量标准对氢气浓度、天然气相对密度和高位发热量的适用范围进行分析，当标准为 GB 17820—2018，标准名称为天然气，高位发热量为一类气≥34.0MJ·m^{-3} 二类气≥31.4MJ·m^{-3}；当标准为 GB/T 37124—2018，标准名称为进入天然气长输管道的气体质量要求，氢气浓度为 0% ~ 3.0%，高位发热量为≥34.0MJ·m^{-3}；当标准为 GB/T 13610—2020，标准名称为天然气的组成分析气相色谱法，氢气浓度为 0% ~ 10.0%；

当标准为GB/T 17281—2016,标准名称为天然气中丁烷至十六烷烃类的测定气相色谱法,氢气浓度为0% ~ 10.0%；当标准为GB/T 27894.3—2011，标准名称为测定组分第3部分利用气相色谱法,在测量的过程中用两根填充柱测定氢、氦、氧、氮、二氧化碳和直至C8的烃类，氢气浓度为0% ~ 0.5%；当标准为GB/T 27894.6—2012，标准名称为天然气在一定不确定度下用气相色谱法测定组成第6部分,氢气浓度为0% ~ 0.5%。

（2）标准数据的适应性分析

想要的更好地去探索现行部分天然气产品及分析计量标准对天然气中氢气浓度、相对密度和高位发热量的适用范围，应对其进行统计分析，了解不同规定内容对不同品类天然气高位发热量的最低要求,在进行天然气掺氢的过程中,应满足一类气高位发热量的要求,在GB/T37124—2018中针对长输管道的天然气气体质量要求有明确的规定，氢气浓度的上限为气体总含量的3%。在GB/T13610—2020、GB/T27894.3—2011等对氢气浓度范围要求为最高不超过10%,如果发现天然气本身的掺氢浓度高于标准方法推荐的氢气浓度范围时，首先要确定的就是该方法是否可以应用在更高掺氢浓度天然气的分析测试。在对天然气的物性参数进行计算的过程中,基于GB/T11062—2020进行计算,能发现适用于参比压缩因子大于0.9气体物性参数的计算。如果天然气中本身的掺氢浓度介于0% ~ 100%时,均可适用；GB/T17747系列标准适用的氢气浓度范围为0% ~ 10%。

2.2 对天然气分析设备的影响

（1）不同气体的导热系数分析

当前大部分的场站天然气组成分析所选择的载气均为氦气，利用在线气相色谱仪检测。通过TCD检测器分析天然气中10余种常见组成。在检测前应熟知氦气与氢气的导热系数比较接近,为此,如果单一使用TCD检测原理难以快速地分析出以氦气为载气的天然气中H_2含量。探索天然气管道掺氢含量的过程中当前大多在用的在线气相色谱无法完全满足天然气管道掺氢的检测需求,其中应对天然气主要组分导热系数进行分析,N_2的导热系数为0.026[W·(m·K)$^{-1}$]；CO_2的导热系数为0.017[W·(m·K)$^{-1}$]；CH_4的导热系数为0.034[W·(m·K)$^{-1}$]；C_2H_6的导热系数为0.021[W·(m·K)$^{-1}$]；C_3H_8的导热系数为0.019[W·(m·K)$^{-1}$]；nC_4的导热系数为0.017[W·(m·K)$^{-1}$]；iC_4的导热系数为0.017[W·(m·K)$^{-1}$]；nC_5的导热系数为0.111[W·(m·K)$^{-1}$]；iC_5的导热系数为0.016[W·(m·K)$^{-1}$]；nC_6的导热系数为0.119[W·(m·K)$^{-1}$]；H_2的导热系数为0.187[W·(m·K)$^{-1}$]；He的导热系数为0.156[W·(m·K)$^{-1}$]；Ar的导热系数为0.018[W·(m·K)$^{-1}$]。如

果选择不同的载气气体则可以改变这一情况，由于氩气的导热系数与氢气和氦气的差异较大，利用氩气检测出氢气的含量，在气相色谱仪中额外增加一路以 Ar 为载气的分离检测流程，实现对掺氢天然气中氢气浓度的分析与检测。

（2）分析设备的影响

近几年随着我国针对天然气能量的计量实施工作在不断推进，加之行业的改革与进一步发展，与其相关的物性关联法、测量技术也在业内不断地被应用。其中常见技术的原理包括了光超声联动式、激光吸收式等等，这些仪器设备在运行过程中普遍具有运行设备运行速度快、维护保养周期长等一系列特点，满足行业建设发展的实际需求，但是这一系列仪器均无法单独地将氢气含量进行分析，对掺氢天然气的发热量以及相对密度、物性参数测试质量相对较差。为此，需要选用相应的标准对并对其压缩因子进行计算，最终了解其天然气中的氢含量，对氢能量进行计算并解决，可以根据不同地区的标准不同，明确其限制创新天然气在使用时的整体质量。

2.3 天然气管道掺氢对天然气分析计量影响

（1）天然气掺氢对物性参数的影响显著

与传统的不掺氢天然气相比较而言，无论是高位发热量、相对密度、沃泊指数、黏度等一系列参数在这一阶段均有着明显的下降，其中如果管输常规天然气的掺氢浓度为 40%，则上述参数下降为：27%、35%、10% 和 20% 左右。当环境条件为 10MPa、20℃常规的天然气参数中压缩因子、声速分别上升 18% 和 34%，在其中加入适当的氢气，其中氢气浓度每增加 1%，天然气的体积能量密度就会明显的下降，降低程度约 1%。由此可见，在天然气中掺氢能够确保储运使用环节的技术经济性。要求相关工作人员在确保天然气运输的安全性、稳定性的大前提下，综合考虑各参数对输送能量和增压能耗等各方面的整体影响，确定天然气掺氢浓度的合理性。

（2）根据现行指标明确掺氢浓度

对现阶段的天然气产品标准指标进行分析，明确现行的指标限制了天然气掺氢浓度的上限。对当下的指标进行分析，发现长输管道的天然气气体质量要求的氢气浓度上限为 3%。目前我国常见的天然气在掺氢的过程中，考虑到自身的高位发热量，如果发热量相对较低则允许的掺氢浓度将更低。在进行掺氢浓度的确定过程中，应该结合各方面不同的影响因素，适当地考虑在修订过程中的相关指标，引领掺氢天然气的规模发展。

（3）现有设备的掺氢检测能力

纵观目前的天然气分析标准、设备适用需要考虑到其一定程度上限制了掺氢天然气的

准确分析。目前常见的天然气分析方法能够测量的最高氢气浓度为 10%，需要对该方式进行进一步的检测了解其工作开展过程中的具体方式方法，拓宽方法的适用范围。其中常见的天然气计量场站在用绝大多数在线气相色谱仪，无法检测氢气的问题，针对这一问题，当前应该额外增加以氩气为载气的分离气路，确保在进行检测的过程中掺氢天然气的浓度检测数据更加准确。根据现行的天然气流量计标准分析，发现在适用氢气浓度方面较低，导致在实际掺氢的过程中其对天然气本身的准确性带来了较大的影响和限制。目前我国所使用的天然气流量计方法标准需要考虑到其适用的相对密度范围为 0.55 至 0.80，其中最高的氢气浓度大约为 10%，应该进一步开展各类针对性实验，其目的是验证相应的试验标准是否符合我国密度较低的掺氢天然气的准确计量，目前在进行掺氢天然气的压缩因子和声速计算的过程中，选择的计量方式为 ISO20765-2:2015 作为流量计算仪的计算方法标准。

3 结语

综上所述，随着全球经济发展的改变，当前社会的经济发展逐步在向低碳经济转型，天然气管道掺氢将成为未来工业建设的重要发展方向。这一过程中的技术挑战是最不可忽视的一部分，深入研究掺氢对天然气分析与计量带来的影响，采取有效措施提升相关技术水平，为后续社会发展以及推动清洁能源的建设提供最重要的支持。结合新兴技术的发展动态，积极参与国际标准制定，为实现我国可持续发展、绿色环保建设的目标贡献力量。

参考文献

[1] 徐晴晴，张璇，赵瑞东，等 . 基于贝叶斯网络的掺氢管道泄漏风险评价方法 [J]. 化工进展，2024,43(S1):61-70.

[2] 冯其栋，陈淑贤，罗义郎，等 . 掺氢天然气管道泄漏危险介质激光检测扫描方案研究 [J]. 化工自动化及仪表，2024,51(05):830-836.

作者简介：孙国梅，工程师，贵州燃气集团股份有限公司

联系电话：18798005084。

光伏发电在城镇燃气智能感知系统中的应用

蒙春艳，李远行
（贵州思远工程科技有限公司 贵州 贵阳 550081）

摘　要：旨在解决城镇燃气智能感知更换电池的难题，采用光伏发电系统，使智能感知设备实现可持续供电，既降低运维成本，又实现“气－光互补”的可持续能源供给体系。

关键词：光伏发电；智能感知；气电协同；可再生资源

1、引言

城镇燃气系统作为城市能源基础设施的核心组成部分，正在经历从传统人工监控向智能化感知网络的转型升级。在城镇燃气输配环节中，智能感知设备（如压力传感器、流量计、气体泄漏检测仪、远程控制阀等）构成了燃气系统的“神经末梢”，其持续可靠运行对保障供气安全具有决定性影响。然而，这些设备在部署中面临着两大挑战：一是传统电网供电在偏远管线段、调压站等区域存在覆盖盲区；二是目前智能感知设备采用蓄电池供电，为了延长续航时间，采用长心跳上报数据，随着设备数量激增，更换电池将成为企业的运营的负担。

在“双碳”目标背景下，燃气行业亟需探索清洁能源供给方案。分布式光伏发电凭借其就近供电特性、模块化部署优势及持续下降的建设成本，为燃气智能感知系统提供了理想的能源解决方案。

本文从技术适配性、系统集成方案、应用场景创新和经济环境效益四个维度，深入剖析光伏发电系统在城镇燃气智能感知领域的应用价值和实施路径，为构建绿色低碳的城镇燃气体系提供理论支持和技术参考。

2 理论基础

2.1 燃气智能感知系统架构

现代城镇燃气智能感知系统由数据采集层、网络传输层和平台应用层构成有机整体。在数据采集层，压力、流量、气体浓度、阀门状态传感器构成基础监测单元，其中压力、流量、阀门状态传感器每 5 分钟采集一次管网压力数据，可燃气体检测仪需保持 24 小时连续运行。网络传输层依赖 NB-IoT、LoRa 等低功耗广域网络，每公里管网部署 2-3 个通信中继节点。平台应用层则实现数据分析与预警功能，需持续运行的服务器集群带来显著能耗

需求。

系统能耗结构呈现空间分散与时间连续双重特征：管网监测点单点日耗电0.5-1.2kWh(电池供电),用户智能终端(调压箱)年均耗电15-20kWh。这种能耗特征要求新能源供电方案必须具备分布式部署能力和稳定输出特性。

2.2 光伏发电技术原理与系统组成

光伏发电基于半导体光生伏特效应，通过光伏电池将太阳辐射能直接转化为电能。典型分布式光伏系统包含三大核心组件：

光伏阵列：由高效单晶硅组件（转换效率≥21.5%）或多晶硅组件（转换效率≥18.9%)构成，通过串联/并联形成所需电压电流参数。在燃气场景中优先选用防火等级达Class A的防爆型组件。

储能单元：采用锂电储能系统(循环寿命≥6000次)或铅碳电池(适用-40℃环境),容量配置需满足72小时连续阴雨天的供电需求。

智能控制系统：MPPT太阳能控制器,具备充电接口、放电接口。

调压稳压模块：智能感知设备工作电压各有不同，压力传感器（DC3~5V），流量计(DC24V),气体泄漏检测仪(DC24V),阀门控制(DC24V)。需要配置合适的调压稳压模块进行调压。

2.3 技术适配性分析

光伏发电与燃气智能感知系统存在天然的技术互补性：一方面,智能感知单节点用电量不大,安装于城镇道路,旁为光伏安装提供了合适空间；另一方面,燃气系统负荷曲线与光伏发电曲线呈现时段匹配特征，白天用气高峰恰逢光伏高效发电时段，夜间燃气负荷低谷则由储能系统供电。

表1：光伏发电与燃气智能感知系统技术适配性矩阵

燃气系统要素	光伏技术特性	协同价值
场站屋顶空间资源	需大面积安装平面	屋顶利用率提升至85%
管网监测点分散性	模块化灵活部署	解决偏远节点供电难题
白天用气高峰	日照充足时段发电	自然匹配负荷需求
燃气设备恒温要求	组件隔热效应	降低站内制冷能耗30%

3 光伏系统在燃气智能感知中的应用分析

3.1 燃气管网监测节点场景

城市燃气管网沿途部署的压力监测点、智能阀门控制站等关键节点，常因地处偏远而面临供电困境。光伏－储能微系统在此场景展现显著优势：

（1）独立供电单元：200–500W 光伏板搭配 5–10kWh 储能电池，形成离网供电模块

（2）智能调控机制：根据设备功耗自动切换供电模式（晴天直供＋充电，阴天电池供电）

（3）远程状态监控：搭载 4G/NB–IoT 通信模块，实时回传发电数据及设备状态

在山东青岛老旧小区改造中，这种光伏微系统成功为新增的 368 处管网监测点提供稳定电源，使监测点覆盖密度提升 3 倍。通过光伏供电替代传统电池更换方案，维护周期从 3 个月延长至 2–3 年，单点年均维护成本由 1200 元降至 300 元以下。

3.2 用户终端应用场景

用户数据采集终端正与光伏系统深度融合，形成“光燃气一体化”服务网络：

（1）终端智能调压箱供电：采用屋顶安装微型光伏板（50–100W）供电。

通过用户屋顶光伏的安装，不仅保障了乡村地区用户数据采集终端的稳定运行，更构建起“燃气业务＋光伏运维”的双重服务体系。

3.3 系统安全增强机制

光伏系统的引入显著提升了燃气智能感知系统的安全等级与故障应对能力：

（1）应急备用电源：光伏储能系统可在电网故障时提供 8 小时持续供电，确保监控系统不间断运行

（2）智能安全联动：燃气泄漏报警与光伏供电联动，触发响应时间缩短至 15 秒

表 2：不同燃气场景的适用光伏供电方案比较

应用场景	典型需求特性	推荐光伏供电方案	技术优势
管网监测	分散式低功耗（<1kW）野外环境部署	微型离网系统+胶体电池储能	免维护设计、宽温域适应性
用户终端	分布式中低负荷（1-5kW）与用户系统融合	屋顶租赁模式+EMC 合同管理	用户零投资、能源消费闭环

4 系统集成设计框架

4.1 整体架构设计

光伏－燃气智能感知融合系统采用“云－边－端”三层架构（图 1）。终端层由光伏组件、

储能单元及智能感知设备构成物理基础；边缘层部署光伏控制器和能源网关，实现本地能量管理与设备控制；云端平台则进行大数据分析与远程调度。在深圳燃气项目中，该架构使分布式能源利用率提升 35%，故障响应时间缩短至 5 分钟内。

系统集成需重点解决两大技术问题：一是采用时间序列预测算法实现光伏出力与负荷需求的精准匹配（预测精度达 90%）；二是建立多协议转换网关兼容 Modbus、MQTT 等工业通信协议。

4.2 关键设计参数

（1）地理位置分析：基于 NASA 卫星数据与实地辐照测量，确保年有效发电小时 >1200h。

（2）系统容量规划：遵循“N+1”冗余设计准则，光伏装机容量 = 负荷峰值 ×1.2/ 当地日均有效日照时数

（3）组件选型策略：优先选用双玻单晶组件（效率 >21%，温度系数 -0.35%/℃），倾斜角按当地纬度 ±10° 优化设计

（4）阴影规避方案：采用无人机三维扫描，建立屋顶障碍物投影模型，规避 9：00-15：00 时段阴影。

4.3 安全防护设计

燃气场景的特殊性要求光伏系统实施强化安全措施：

（1）电气隔离保护：直流侧配置 II 类防雷模块，交流侧安装隔离变压器（如徐水门站项目）。

（3）防爆结构设计：在爆炸危险 1 区采用 Ex d IIC T6 Gb 级防爆逆变器。

（4）智能消防联动：温度传感器实时监测组件温度，异常升温时自动切断电路并启动喷雾降温。

表 3：光伏系统主要设计参数与实施要点

设计维度	关键技术参数	实施要点
地理位置分析	年有效发电小时>1200h，最佳倾角=纬度±(5°-15°)	使用卫星数据+实地测量，规避周边高大障碍物
系统容量规划	装机容量=1.2×负荷峰值/日均有效日照时数，储能容量≥3 天自持力	采用模块化扩容设计，预留 20%升级空间
组件选型	效率>21%，温度系数绝对值<0.4%/℃	双玻组件防爆设计，防 PID（电势诱导衰减）工艺
安全防护	防雷等级 Class II，防爆等级 Ex d IIC	等电位联结燃气管道，安全隔离距离≥0.6m

5 挑战与发展趋势

5.1 现存技术瓶颈

尽管光伏－燃气融合应用前景广阔，当前仍面临多重技术挑战：

（1）能量密度限制：单位面积光伏功率（约 200W/㎡）难以满足高密度感知节点的需求，如激光检漏设备（瞬时功率 >500W）仍需辅助电源。

（2）转换效率制约：商用光伏组件理论效率上限约 29%，实际效率受温度影响显著（温度每升 1℃效率降 0.4–0.5%）。

（3）系统协同复杂度：光伏发电的波动性与燃气负荷的时序变化需精细匹配，深圳项目初期因预测算法偏差导致弃光率达 12%。

5.2 创新发展方向

未来技术突破将聚焦三大方向：

（1）高效光伏技术应用：钙钛矿－硅叠层电池（理论效率 >35%）在燃气场站示范应用，如河北在建项目实测效率已达 28.5%

（2）智慧管理系统升级：结合人工智能的预测算法（如 LSTM 神经网络）使光伏出力预测精度提升至 95%；数字孪生技术实现系统虚拟调试

（3）多能互补系统集成：形成“光伏＋储能＋燃气”的微电网架构，通过优化调度使综合能源利用率提升至 90% 以上

5.3 政策与产业协同

光伏－燃气融合应用需要政策与产业链的双重支持：

（1）政策机制创新：推广 EMC（深圳模式）和屋顶租赁（河南模式）等商业创新，将光伏减碳量纳入燃气企业碳排放考核指标。

（2）标准体系建设：制定《燃气设施光伏供电系统技术规范》等标准，明确防爆、接地等关键技术要求。

（3）产业链协同：光伏企业与燃气设备制造商联合开发一体化解决方案（如光伏板内嵌式传感器）。

6 结论

本研究系统论证了光伏发电系统在城镇燃气智能感知领域的应用价值和实施路径。通过构建“气－光互补”能源供给体系，可有效解决燃气智能感知设备的供电难题，同时推动燃气行业绿色低碳转型。

在技术层面，研究证实分布式光伏系统在燃气场站、管网监测点和用户终端三大场景

中具有显著适配性。深圳燃气、天伦燃气等示范项目表明，光伏供电使智能感知系统可靠性提升至 99.9% 以上，供电成本下降 30%–40%。创新性的系统集成方案解决了防爆安全、电磁兼容等关键技术难题，如徐水门站项目的防雷接地共享设计成为行业标杆。

在经济效益方面，光伏 – 燃气融合模式创造了多重价值：燃气企业降低运营成本并拓展新能源业务；用户享受更可靠的供气服务；光伏企业获得稳定的屋顶资源。环境效益同样突出，按当前推广规模测算，全国燃气行业若全面应用光伏供电，年减碳量将超过 300 万吨。

未来发展趋势指向高效率、智能化、多能互补的技术路线。随着钙钛矿电池等新型光伏技术的商业化，以及人工智能算法在能源管理中的深度应用，光伏供电在燃气领域的渗透率将持续提升。建议通过政策引导、标准制定和商业创新，加速这一融合进程，为城镇燃气系统的安全、高效、低碳运行提供坚实保障。

参考文献：

[1] 天伦燃气 . 气电协同模式推进乡村能源转型实践 [J]. 能源创新评论，2023(2): 45–49.
[2] 国家能源经济研究院 . 燃气企业新能源跨界发展白皮书 [R]. 北京：能源出版社，2025.
[3] 深圳燃气集团 . 分布式光伏在燃气系统的应用技术报告 [Z]. 2024.
[4] 李任戈等 . 老旧小区改造中智能监测技术应用 [J]. 建筑科学，2025, 41(3): 112–118.
[5] 朱宇婷 . 国内首个天然气门站光伏项目投运 [N]. 中国能源报，2019–12–09(3).
[6] 深圳市科技创新委员会 . 深圳燃气分布式光伏项目案例研究 [EB/OL]. 2023.
[7] 昆仑能源 . 徐水门站光伏项目技术总结 [Z]. 2025.
[8] 光伏发电系统设计关键因素分析 [M]. 北京：电力出版社，2024.

作者简介：蒙春艳，男，本科，电气工程师，贵州思远工程科技有限公司电仪室，负责自动化版块业务、主导公司的信息化开发，联系电话：13809451840。
李远行，男，本科，电气工程师，贵州思远工程科技有限公司电仪室，联系电话：13644878589。

2026 中国氢能展暨国际氢能大会在北京举行

3 月 25 日至 27 日，2026 中国氢能展暨国际氢能大会在北京召开。有来自 14 个国家的 500 多家海内外企业与机构参展，3500 多名参展商与 77 个国家和地区的近 9 万名专业观众参会。国家能源局能源节约和科技装备司副司长边广琦在致辞中高度肯定了“十四五”期间我国氢能在技术装备自主化、基础设施建设及多元应用场景上取得的显著成绩。他强调，今年政府工作报告明确指出，培育氢能绿色燃料等成为新的经济增长点。他寄语全行业持续强化智库支撑、发挥平台桥梁作用、深化协同攻关，为构建新型能源体系作出更加积极的贡献。



联合国开发计划署 (UNDP) 驻华代表处高级顾问 Vineet Bhatia 强调，根据国际能源署数据，截至 2025 年，绿氢在全球氢产量中的占比仍不足 1%，发展潜力极其巨大。中国作为全球氢能技术的引领者，自 2003 年起便与 UNDP 开展长期合作，如今已建成全球最大的燃料电池汽车规模与加氢站网络，这些成就为全球实现能源转型提供了重要支撑。

中国氢能联盟理事长，国家能源集团董事、总经理、党组副书记冯来法在开幕致辞中指出，氢能发展是全球能源变革、助力能源强国大势。面向“十五五”，国家能源集团将以“绿色氢能产业链”与“氢能创新服务链”为双轮驱动，聚焦电力新能源、重载交通、绿色化工等核心场景，加快布局建设万吨级绿色氢氨醇产业基地，深化氢能与集团内部煤电化运融合创新，高标准建设国家级氢能创新与氢能装备中试平台基地，全力突破全链条关键技术，为新型能源体系建设提供坚实支撑，携手全球业界伙伴共筑优势互补、开放共融的氢能产业生态。

来源：中国新闻网 北京 王梦瑶（3 月 25 日）

“十四五”贵州完成能源投资超四千二百亿元

1月12日，记者从省政府召开的新闻发布会上获悉，“十四五”期间，我省深入践行“四个革命、一个合作”能源安全新战略，聚焦“富矿精开”“电动贵州”等战略部署，新型综合能源基地和西南地区煤炭保供中心建设成效显著，累计完成能源投资超4200亿元，为中国式现代化贵州实践提供了坚实能源支撑。

产业升级成效凸显，能源经济规模持续壮大。“十四五”时期，贵州坚持把能源产业作为全省战略性支柱产业来打造。2025年，贵州新型综合能源基地产值预计达3100亿元，占全省六大产业基地总产值的35%。煤炭产业结构优化升级，2025年产能达2.16亿吨/年，调度原煤产量突破1.83亿吨，较2020年分别增长30.1%和48%，大中型煤矿产能占比提升至87.1%。新型电力系统加快构建，“水、火、风、光、储”多能互补格局持续巩固，全省电源装机达1.05亿千瓦，其中新能源装机3891万千瓦，占比达37%；非常规天然气产量达5.85亿立方米，是2020年的13倍，能源供给结构更趋多元。

基础设施提质扩容，惠民利民成色十足。电网网架持续完善，“三横两联一中心”500千伏电网骨干网架全面建成，220千伏电网实现县域全覆盖，配网供电可靠率达99.91%，农村户均配变容量提升至2.77千伏安/户。充电网络实现市州县乡及高速服务区全覆盖，累计建成充电基础设施超25万个、换电站59个，推广电动重卡超6600辆。油气管道总里程达5158公里，67个县区接通长输天然气管道，能源服务可达性显著提升。

保供能力稳步增强，供需平衡态势良好。“十四五”期间，贵州累计保障电煤3.86亿吨，电煤中长期合同履约率保持90%以上；全社会用电量年均增长5.22%，累计外送电量约3300亿度，圆满完成“西电东送”任务。2025年天然气消费量超35亿立方米，是2020年的两倍以上，成品油消费量达829.7万吨，全程未发生短供断供情况，民生与产业用能需求得到充分保障。

改革创新纵深推进，发展动能持续释放。贵州出台全国首个省级电力需求响应方案，完成南方区域首次县域级模拟交易、全国首批跨省绿电交易等创新实践。“十四五”时期，市场化交易电量增长57.8%，2025年新能源市场化交易电量达136亿千瓦时。在西部地区率先实现“刷脸办电”“一证办电”，与重庆达成用电报装“跨网通办”，行业管理机制不断健全，市场活力持续迸发。

来源：贵州日报（2026年01月13日）

第六届中国液化天然气大会在天津召开

中国经济网讯，3月19日，第六届中国液化天然气大会在天津召开，大会以“合作共赢，智创未来——引领LNG产业迈向可持续未来”为主题，吸引了来自全球30余个国家和地区的1100余名代表与会，围绕全球液化天然气（LNG）产业动态、政策标准、低碳液化工艺、超大型储罐建造、航运储运、数字孪生应用、核心装备研发等关键议题深入探讨，为全球LNG产业突破复杂环境瓶颈、迈向可持续发展注入新动能。



会议现场（主办方供图）

大会由中国石油学会石油储运专业委员会、全国天然气标准化技术委员会、国家能源液化天然气技术研发中心、中国石油天然气销售分公司、中国石油化工股份有限公司天然气分公司、中海石油气电集团有限责任公司、国家管网集团液化天然气有限公司共同主办。天津市人民政府副市长翟立新，中国石油学会理事长焦方正，国家石油天然气管网集团有限公司党组成员、副总经理刘金玉等出席会议并为大会开幕致辞。中国石油学会石油储运专业委员会主任丁建林主持开幕式。

国际燃气联盟（IGU）副主席李雅兰、周守为、孙丽丽、张来斌、陈掌星、杨涛，以及埃尼集团、匈牙利国家能源集团、巴西国家石油运输公司等国际企业200余位中外院士、行业专家知名专家、学者从政策解读、技术创新、市场趋势、工程实践等多维度剖析产业发展痛点与突破方向作主旨及专题报告，为“十五五”开局之年LNG产业高质量发展提供高价值决策参考。助力LNG产业在变局中开创新局，为全面构建清洁低碳、安全高效的新型能源体

系提供关键支持。

据悉，会议同期举办的中国液化天然气（LNG）设备与材料技术成果展，国家管网、中国石化、中海石油气电集团、东方电气、沪东中华造船、大船集团、沈鼓、陕鼓、太钢、宇树科技、海康威视等230余家行业头部企业携多项重磅技术成果亮相，为产业链上下游打通资源链路、深化创新合作提供有力支撑。

作为国际能源领域极具影响力的行业盛会，中国液化天然气大会每两年举办一届，迄今已成功举办六届。未来，大会将持续依托行业盛会的桥梁作用，凝聚产业共识、汇聚发展力量，为构建自主可控、安全高效、绿色低碳的现代能源体系贡献更多行业智慧与力量。

来源：中国经济网（2026年03月23日）

天然气走向未来能源结构的核心位置

在3月19日于天津举办的第六届中国液化天然气(LNG)大会上，多位与会专家提出，天然气并非“过渡能源”，其增长也不是昙花一现。与之相反，天然气正在用能扩张、地缘冲突、绿色转型的三重博弈中，走向未来能源结构的核心位置。

全球能源结构深度调整天然气消费量“逆流而上”

过去十年，天然气是全球能源结构占比中唯一实现“逆势增长”的化石能源。“虽然全球可再生能源实现了爆发式增长，在能源结构中的占比从13%跃升至18%，但化石能源仍占据主导地位，比例达到80%。”国际燃气联盟(IGU)副主席李雅兰表示，“煤炭从28%降至26%，石油从32%降至29%，只有天然气逆势而行——从22%升至25%。从2015年至2025年，全球天然气消费量从3.5万亿立方米增长到4.3万亿立方米，十年间消费量增长了22%，贸易总量增长了16%。”

国内天然气消费占比同样引人关注。过去十年间，我国能源结构中煤炭占比从64%降至52%，石油占比稳定在18%，天然气占比则从6%提升至9%。中国工程院院士周守为表示，到2030年，预计我国天然气消费总量为5600亿立方米，其中自产气达2800亿立方米，进口LNG约1.3亿吨，进口气1000亿立方米，可替代4亿吨标煤。

用能扩张成必然趋势清洁性灵活性能源优势凸显

在这一进程中，天然气被众多专家长期看好。李雅兰列出三个理由。

一是天然气可用于替代高碳能源，减少碳排放。天然气主要由气态低分子烃和非烃气体混合组成，具有高热值、低污染的特点，以天然气替代煤炭等高碳能源是我国实现“双碳”目标的重要手段之一。她表示，在城市中推广使用天然气可减少50%~55%的碳排放，在发电领域可减少40%的碳排放，替代重卡和海事运输船可减少20%的碳排放。

二是天然气可为电网提供灵活性。“风电、光电等可再生能源很好，但都有波动性、间歇

性，且设备利用率逐年下降的问题尚待攻克，与之配套的储能也普遍成本高、规模小。因此我认为，在大规模、长时间、季节性、商业化的储能技术成熟之前，气电是支撑高比例可再生能源消纳的必然选择。”她说。

三是用于保障能源安全。她指出，LNG 可实现跨区域调配，快速补位。过去十年，全球 LNG 出口国从 4 大洲的 17 个国家增至 5 大洲的 23 个国家。随着 LNG 出口国的增加，进口国可通过多元化采购，降低地缘政治导致的供应风险。

“因此，我不认为天然气是一种用于‘过渡’的能源，它就是未来的一部分，将继续在全球能源体系中占据核心地位。”李雅兰说。

挑战与机遇并存“十五五”有望站上新高度

当前，天然气与 LNG 产业还面临诸多挑战，但挑战中也暗藏机遇。

随着全球能源转型和碳中和目标推进，LNG 全生命周期碳排放问题逐渐显现。特别是欧盟碳边境调节机制 (CBAM) 落地生效，可能会对 LNG 产业造成一定影响。在此背景下，中国石油学会理事长焦方正提出，我国 LNG 行业可通过智能化、绿色化技术的深度融合，积极培育新质生产力，紧扣关于“绿色燃料”与“碳排放双控”的政策导向，加快绿色 LNG、生物 LNG 等技术发展，通过碳捕集利用与封存、清洁能源替代等技术手段，在天然气勘探开发、液化处理、远洋运输、再气化及终端应用等 LNG 全生命周期实现碳排放最小化。

天然气在国内的市场空间究竟有多大？李雅兰测算，若我国天然气在能源结构中的占比达到世界平均水平的 25% 上下，用量大约为 1.2 万亿立方米。“我们分析了国内 GDP 排名前 12 名的城市，发现每年总的煤炭消费量高达 3 亿吨。其中，有 7 座城市的煤炭消费量在 2000 万吨以上、煤炭在能源结构中的占比超 30%。这些城市都是有经济基础的，由此可见，国内煤改气的空间依然很大。”她说。

展望“十五五”，李雅兰表示，我国天然气相关基础设施必将更加完善，市场需求也将保持强劲。目前，我国已建成 39 座 LNG 接收站，总接收能力 1.6 亿吨 / 年，预计 2030 年将突破 2 亿吨 / 年，2035 年将达 2.5 亿吨 / 年。“未来我国天然气与 LNG 的发展潜力巨大，需要行业共同努力，力争在‘十五五’期间登上新高度。”在表达期许的同时，她也呼吁行业共同思考，是否应在国内建设天然气战略储备，进一步保障用气安全与能源安全。

来源：中国化工报 赵欣婕（2026 年 3 月 24 日）

“城镇燃气系统事故隐患排查管控关键技术研究与示范”项目年度工作会议顺利召开

近日，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司（简称中国市政华北院）牵头承担的国家重点研发计划“城镇燃气系统事故隐患排查管控关键技术研究与示范”项目年度工作会议在天津顺利召开。住房和城乡建设部城市建设司燃气处领导张中秀、周航，中国市政华北院党委副书记、总经理张旭，副总经理李文秋及华北院科技质量部、项目负责人、各课题及子课题负责人与技术骨干共70余人出席会议。



会议现场

首先，中国市政华北院党委副书记、总经理张旭致欢迎辞，对莅临会议的领导、专家及项目团队表示欢迎与感谢，介绍了牵头单位在组织管理、质量管控、协同攻关等方面的前期工作部署，强调各参与单位需进一步压实主体责任、加快研发节奏，希望各方持续深化协同联动、凝聚攻坚合力，推动项目成果高效落地。

该项目聚焦燃气隐患排查管控行业痛点，围绕理论研究、关键技术、核心装备与标准体系四大方向开展集中攻关。项目负责人、全国工程勘察设计大师李颜强从项目研究内容、应用示范、考核指标及经费执行情况等方面作总体汇报，并表示针对项目执行过程中存在的问题，后续将深化理论研究、推进装备迭代、加快标准编制、强化全过程管控，确保2026年9月中期考核与里程碑节点目标圆满完成。



项目负责人李颜强汇报项目进展

各课题负责人分别汇报工作进展：课题一负责人哈尔滨工业大学教授谭羽非、课题二负责人中国特种设备检测研究院强教授级高工王俊强、课题三负责人西南石油大学教授岑康、课题四负责人中国市政华北院教授级高工高文学、课题五负责人润智科技有限公司总经理苏文戟，分别聚焦燃气风险分级管控、隐患排查、老化评估、用气建筑设施监测预警、燃气隐患排查管控集成系统研发与应用示范等内容，结合各自课题执行情况与阶段性成果进行了详细介绍。

住建部城建司领导张中秀根据汇报内容发表讲话，充分肯定项目阶段性成效，并对后续工作提出明确要求，要保障项目高质量推进，全面提升城镇燃气安全保障能力。

随后，专家组对项目年度研究进展进行点评与讨论。本次会议专家组由项目跟踪专家、责任专家及咨询专家共 12 名成员组成，对项目总体进展与阶段性成果给予充分肯定，围绕设备研制、标准编制、成果示范、项目管理等方面提出指导性意见与建议，强调要严把指标底线、强化全系统关联与验证闭环。当天下午，项目组召开内部工作会议，明确下一步工作计划，并针对科研经费管理及应用示范对接等事宜开展专题讨论。

会议最后，项目负责人李颜强大师总结会议并部署下步工作，全面梳理会议共识、住建部工作部署及专家组指导意见，针对项目后续推进作出工作安排，明确各课题的核心任务、责任分工与时间推进要求。他强调，各单位要进一步统一思想、凝聚共识，强化协同、狠抓落实，全力推进研发任务落地，确保项目按期高质量完成，产出高质量、实用性强的科研成果。

来源：中国市政华北院 煤气与热力杂志（2026 年 3 月 26 日）

习水县年输送3.3亿方天然气储备库将投运

隆冬时节，走进习水县温水镇的天然气液化调峰储备库项目现场，曾经焊花飞溅、机器轰鸣的繁忙景象已悄然切换——这座总投资约10亿元的“能源粮仓”，已基本完成全部建设与设备调试，静待正式“上岗”。



习水县温水镇天然气液化调峰储备库

项目主要投资建设日处理能力100x104Nm³天然气液化装置一套，2.9万液化天然气（LNG）储罐一座，配套建设原料气处理量300Nm³/h和氦气产量30Nm³/h的高纯氦气提取装置。这座LNG储备库能储存约2000万立方米天然气，供应充足时存储天然气，用气紧张时输出天然气，从习水辐射至云南、广西的500公里范围内，无论是百姓灶台的火苗，还是企业生产线运转，都将感受到它带来的稳定保障。

这份底气，源自建设过程中对技术的极致追求。在项目中控室，工作人员通过智能监测系统实时紧盯储罐压力、冷剂压缩机运行参数，这是一套覆盖“储存—输送—应急”的全链条技术保障体系。

“投运后，每年将向云南、贵州、广西周边地区输送约3.3亿立方米天然气。目前，已与中石化等多家企业、用户签订了供应意向书。”贵州胜利油田熙瑞能源有限公司总经理杨喆表示，这座LNG储备库将成为推动习水经济高质量发展的重要力量。

来源：习水县融媒体中心习水发布 （2025年12月23日）

清镇首个整村通气 犁倭村天然气入户工程

“以前烧煤又脏又麻烦，现在拧开开关就能做饭，冬天取暖也省心！”近日，清镇市犁倭镇犁倭村村民江玉平看着家中崭新的天然气灶台，脸上笑意满满。在市人大常委会牵头协调、相关部门协同支持、华润燃气公司高效推进下，犁倭村天然气入户工程圆满落地，不仅让全村多年的“用气梦”照进现实，更成为清镇市首个实现全村推进天然气入户的村庄，让村民告别旧有燃煤模式。



目前，犁倭村19个村民小组已全部完成天然气主管网铺设，191户村民率先实现通气使用，另有132户正在加紧推进安装工作，惠民红利持续落地。长期以来，犁倭村村民日常生活多依赖燃煤、液化气，不仅使用成本居高不下，还存在火灾、一氧化碳中毒等安全隐患，燃煤废气更给人居环境带来污染。随着生活水平不断提升，用上清洁、安全、便捷的天然气，成为全村群众最迫切的民生期盼。镇人大代表主动倾听民意、积极提交议案，为工程启动筑牢民意根基。

为把惠民实事办实办好，犁倭村村“两委”全程靠前服务、筑牢保障防线。通过逐户走访征集意见，赢得全村800余户村民一致支持；成立监督小组，全程紧盯管道铺设、设备安装各环节，严把施工质量关；华润燃气公司优选优质材料、规范施工流程，确保供气安全稳定。通气投用后，24小时服务热线全天候响应村民需求，技术人员定期上门检修维护、普及安全用气知识，还针对老年村民提供一对一操作指导，让民生工程既有速度更有温度。

“这是实实在在的民生工程！”犁倭村党支部书记李翔表示，下一步，犁倭村将持续加快剩余农户天然气安装进度，推动清洁能源全覆盖，以燃气入户为契机，持续改善人居环境、提升生活品质，让村民的获得感更足、幸福感更浓。

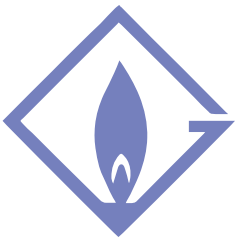
来源：清镇市融媒体中心 微观清镇 （2025年12月27日）



遵义天然气液化调峰储备站及综合利用一期
项目2.98万立方米全容罐



习水县温水镇液化天然气调峰储备库2.9万立方米储罐



贵州省燃气协会

GAS ASSOCIATION OF GUIZHOU PROVINCE