



本资料非正式出版物，其目的在于促进行业交流，供中国城市燃气协会会员和城镇燃气行业内人士免费阅读。

SMART GAS

智慧燃气



主管单位：中国城市燃气协会

主办单位：中国城市燃气协会智能气网专委会

2023年04月 第1期 总第6期

06

2023年 第1期 总第6期

国家能源局：加快推进能源数字化智能化发展

深圳燃气5G+智慧燃气数字赋能超大城市公共安全

中国科学院院士褚君浩：
智能时代背景下的数字经济技术

GAS-INDUSTRY INTERCHANGE

凝聚智慧

卷首语

敏言励新

燃气是经济社会发展的重要物质基础，也是协同推进减污降碳的主战场。习近平总书记提出了“四个革命、一个合作”能源安全新战略，党的二十大报告对推动绿色发展、促进人与自然和谐共生作出了全面部署，为推进燃气事业转型发展指明了方向、提供了遵循。近年来，受新冠疫情、上游价格持续上涨等多重因素的共同影响，目前许多城市燃气企业经营出现困难，已引起国家有关部门的高度关注，正在积极采取措施予以解决。我相信依靠全行业的信心和力量，城市燃气企业必将战胜各种困难，确保城市燃气正常运行、老百姓生活水平逐步提高、积极促进我国的经济发展。

在国家油气体制改革深入推进和“双碳”目标战略的新形势下，城市燃气行业迎来了大变局。如何协力拓展新能源、研发新技术，推动行业市场化、法治化、国际化、数字化转型，实现能源高质量融合发展，这是能源行业的重大课题，也是城市燃气保供、优供、安供的时代使命。城市燃气行业目前正处于发展阶段上的重要节点，城市燃气行业进入更加注重存量、提质增效的阶段，如何提升企业的精细化管理能力，需要思考；“双碳”目标大势所趋，化石能源空间越来越被压缩，城市燃气如何定位、充分发挥其所长，需要思考；国家能源安全越来越受重视，天然气对外依存度超过 40%，如何提升应对国际环境巨变能力，需要思考；城市燃气管线进入“老龄化”，如何消除安全隐患、防范安全事故，需要思考；信息赋能、智慧赋能，如何借助科技力量在城市燃气服务中提升附加值，需要思考。沧海横流，方显英雄本色，城市燃气行业聚集了众多人才，相信只要大家集思广益，汇聚智慧，行业未来依旧值得期待，明天会更加美好。

刘贺明

中国城市燃气协会理事长



中国城市燃气协会理事长刘贺明在 2023 年中国燃气发展论坛上的致辞



主管单位：中国城市燃气协会

主办单位：中国城市燃气协会智能气网专业委员会

主 编：高顺利
副 主 编：陈文健、韩 鹏、蒋映晖、刘建伟、杨 光、张铁军、赵晔青
编 委 会：陈荣华、迟国敬、符海芳、焦建瑛、李伟锋、李长缨、林建芬、刘贺明、刘 波、马长城、闵行政、潘永花、彭红平、齐研科、秦朝葵、孙 齐、王东华、王亚慧、王超群、阳志亮、杨 磊、严益剑、叶庆红、尹卫东、赵 梅、赵 勇、郑 孚、郑 强
(排名不分先后,按姓氏拼音排序)

执行主编：邵 华、王一君、熊桂平、徐 彬、马瑞莉、张佳妮

责任编辑：何 婧、刘兴伟、王 俊、伍国飞、夏新宇、徐丹旗、张婷婷、张晓瑞

编辑部：010-64252638
广告部：15921916512 (同微信)

欢迎广大同仁踊跃投稿、订阅！

目录

CONTENTS

卷首语..... 01

业界资讯

[政策动态]

《2023年能源工作指导意见》发布.....	05
国家能源局：加快推进能源数字化智能化发展.....	05
中共中央国务院印发《数字中国建设整体布局规划》.....	05
济南市燃气专项规划发布.....	05
《河南省城乡建设领域碳达峰行动方案》印发.....	06
《广州市城市燃气发展规划（2021-2035）》印发实施.....	06

[各地新闻]

昆仑数智数字化转型创新能力再提升.....	06
国家能源集团与中信集团签署战略合作协议.....	06
航天智慧技术保护城市燃气管网安全运行.....	07
港华智慧运行平台正式上线.....	07
中国石化与卡塔尔能源公司签署北部气田扩能项目（NFE）参股协议.....	07
杭州城市燃气事业可持续发展蓝皮书发布.....	07

[协会信息]

2023年中国燃气发展论坛顺利召开.....	09
中国城市燃气协会2023年工作会成功召开.....	09
《天然气管道掺氢输送及终端利用可行性研究》成果发布会召开.....	10
中燃协安全委委员大会暨燃气安全交流研讨会举行.....	10
中燃协智能气网专委会2023年度主任委员会议暨“走进中燃”活动顺利召开.....	10
《城镇燃气系统智能化评价规范》团体标准正式发布实施.....	10

政策解读

《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》对城镇燃气行业的影响浅析.....	11
--	----

管理创新

深圳燃气5G+智慧燃气数字赋能超大城市公共安全.....	14
港华燃气智慧运行平台（TOP）.....	16
燃气报警器管理平台提高用户安全保障.....	19

领军人物

中国科学院院士 褚君浩：智能时代背景下的数字经济技术.....	20
---------------------------------	----

企业专访

合众慧燃.....	24
航天能源.....	26

技术论文

雄安新区大规模综合管廊燃气运行难点及智慧运行方式探讨.....	28
燃气行业工业互联网安全防护体系建设的探究与实践.....	33

热点聚焦

燃气一网统管.....	40
液氢产业发展现状分析.....	42

News

港华智慧运行平台正式上线

3月8日，港华智慧运行平台（简称“TOP平台”）成功上线，标志着港华在推动行业安全管理数字化转型，建设信息化标准，优化服务体系方面实现新的突破。该平台由航天能源承建。.....

7

33

燃气行业工业互联网安全防护体系建设的探究与实践

随着两化融合的深入开展，特别是“互联网+”、“中国制造2025”等国家战略的提出，网络空间的边界向关键基础设施领域不断延展，工业互联网正面临着严重的网络安全威胁。国家非常重视网络安全，相继出台《网络安全法》.....



中国领先的基础设施智能化综合服务提供商

数字决策 智慧调度

打造城市燃气“智慧大脑”，融合贯通气源、输配、服务、应急各大环节

实现气量预测、调峰输配、智能派单、应急抢修等综合管理

全面助力企业调度升级，加快燃气企业/集团数字化、智能化进程



合作客户



中国石油



中国石化



国家管网
PipeChina



ENN新奥



CHINAGAS
中国燃气



港华燃气
Towngas



武汉市天然气有限公司
Wuhan Natural Gas Company Limited



煤气



嘉兴市燃气集团股份有限公司
JIAXING GAS GROUP CO., LTD.

《2023年能源工作指导意见》发布

4月12日，国家能源局发布《2023年能源工作指导意见》（以下简称《意见》）。

《意见》指出，供应保障能力持续增强。全国能源生产总量达到47.5亿吨标准煤左右，能源自给率稳中有升。原油稳产增产，天然气较快上产，煤炭产能维持合理水平，电力充足供应，发电装机容量达到27.9亿千瓦左右，发电量达到9.36万亿千瓦时左右，“西电东送”输电能力达到3.1亿千瓦左右。

结构转型深入推进。煤炭消费比重稳步下降，非化石能源占能源消费总量比重提高到18.3%左右。非化石能源发电装机容量占比提高到51.9%左右，风电、光伏发电量占全社会用电量的比重达到15.3%。稳步推进重点领域电能替代。

质量效率稳步提高。单位国内生产总值能耗同比降低2%左右。跨省区输电通道平均利用小时数处于合理区间，风电、光伏发电利用率持续保持合理水平。新设一批能源科技创新平台，短板技术装备攻关进程加快。

中共中央国务院印发《数字中国建设整体布局规划》

2月27日，中共中央、国务院印发了《数字中国建设整体布局规划》（以下简称“《规划》”）并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。《规划》指出，要全面赋能经济社会发展。做强做优做大数字经济。培育壮大数字经济核心产业，研究制定推动数字产业高质量发展的措施，打造具有国际竞争力的数字产业集群。推动数字技术和实体经济深度融合，在农业、工业、金融、教育、医疗、交通、能源等重点领域，加快数字技术创新应用。支持数字企业发展壮大，健全大中小企业融通创新工作机制，发挥“绿灯”投资案例引导作用，推动平台企业规范健康发展。

国家能源局：加快推进能源数字化智能化发展

3月31日，国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》。

《意见》指出，到2030年，能源系统各环节数字化智能化创新应用体系初步构筑、数据要素潜能充分激活，一批制约能源数字化智能化发展的共性关键技术取得突破，能源系统智能感知与智能调控体系加快形成，能源数字化智能化新模式新业态持续涌现，能源系统运行与管理模式向全面标准化、深度数字化和高度智能化加速转变，能源行业网络与信息安全保障能力明显增强，能源系统效率、可靠性、包容性稳步提高，能源生产和供应多元化加速拓展、质量效益加速提升，数字技术与能源产业融合发展对能源行业提质增效与碳排放强度和总量“双控”的支撑作用全面显现。

《意见》强调，推动共性技术突破。推动能源装备智能感知与智能终端技术突破，推动能源系统智能调控技术突破，推动能源系统网络安全技术突破。增强能源系统网络安全保障能力，推动能源数据分类分级管理与共享应用，完善能源数字化智能化标准体系，加快能源数字化智能化人才培养。

济南市燃气专项规划发布

2月27日，济南市住房和城乡建设局发布了《济南市燃气专项规划（2021-2035年）》（以下简称“《专项规划》”）征求意见稿，《专项规划》可以进一步引导、规范市域内燃气设施建设，统筹市域燃气供需平衡，保障燃气供应的安全性和可靠性，促进燃气项目落地实施。《专项规划》中提到了智慧燃气管理系统规划，近期搭建市政府及各区县燃气监管平台；完善企业自动化管理及管线预警系统，实现智能化、数字化管理及光纤安全预警等功能。中远期完善优化企业智慧燃气管理系统，完善负荷预测、水力模拟仿真、管网调度等信息化功能。



公众号



抖音号



027-87968318



www.ecitychina.com



湖北省武汉市东湖新技术开发区武大科技园航域二区B3栋12层



18086442944 (同微信)



marketing@ecitychina.com

《河南省城乡建设领域碳达峰行动方案》印发

2月28日，河南省住房和城乡建设厅、省发展改革委等8部门联合印发《河南省城乡建设领域碳达峰行动方案》的通知。《方案》指出，引导建筑电气化发展，引导建筑供暖、生活热水、炊事等向电气化发展，到2030年建筑用电占建筑能耗比例超过65%。引导新建公共建筑全面电气化，到2030年电气化比例达到20%。推广热泵热水器、高效电炉灶等替代燃气产品，推动高效直流电器与设备应用。推动智能微电网、“光储直柔”、蓄冷蓄热、负荷灵活调节、虚拟电厂等技术应用，探索建筑用电设备智能群控技术，实现电力少增容、不增容。

昆仑数智数字化转型 创新能力再提升

2月27日，昆仑数智梦想云数据湖研发项目负责人黄文俊介绍了基于连环湖架构实现管理上的多级数据治理管控系统，目前，基于该技术形成的梦想云数据湖“梦溪”系列产品，在中国石油油气业务中广泛应用，连环数据湖覆盖12家单位，入湖数据达22亿条，已建成亚洲油气行业最大连环数据湖。昆仑数智正在加快数字科技创新步伐，聚焦业务孪生、信创、数字平台、工业互联网应用四大科技研发方向，全力推进数字化智能化技术研究，构建油气行业业务纵深技术高地。



《广州市城市燃气发展规划（2021-2035）》印发实施

近日，《广州市城市燃气发展规划（2021-2035）》印发实施。《规划》将广州市民对美好生活的向往作为规划出发点和着力点，加快推动城镇燃气高质量发展，保障城市燃气能源安全。

根据《规划》，到2025年，全市城镇燃气实现高质量发展，天然气利用水平显著提升，满足实现老城市新活力用气需求，形成气源供应多元、城市内部互联互通、储气设施充足、供需关系平衡、用气结构合理、运行安全可靠的燃气供应保障体系；用气营商环境持续优化，基本建立公平开放、竞争有序、行为规范的市场环境；基本建成以智慧燃气平台为支撑的综合管理体系，城镇燃气事业良性发展态势明显。



国家能源集团与中信集团 签署战略合作协议

4月4日，国家能源集团与中信集团在京签署战略合作协议。根据协议，双方将在能源、金融、战略新兴产业、能源技术、智能城市、国际市场等多领域开展合作，增强国家金融和能源产业创新能力，提升国家核心竞争力，推动中央企业做强做优做大。



航天智慧技术保护 城市燃气管网安全运行

北京市燃气集团、中国石油大学、中国航天科工二院203所等几家单位联合完成的“智慧燃气管网安全运行保障关键技术与装备及工业化应用”项目，近期获得北京市科技进步奖一等奖。

该项目将航天物联网感知技术应用到城市燃气管网管理中，研究了基于多源感知、异构同步、信息适配、动态耦合的地下管线物联网技术，研制了30多款传感设备，实现对燃气管线的运行状态实时监测；将航天高新技术中的故障诊断、预测与健康健康管理技术应用到管线设施安全运行的多因素分析中，研究了地下管线运行环境、本体、介质安全风险因素，进而综合评估管线运行健康度，形成多场景下管线故障、致灾风险的科学评估能力，构建完整的市政管线安全风险预警模型体系，能够实现对事故的故障预测、原因分析、辅助决策等功能。

中国石化与卡塔尔能源公司 签署北部气田扩能项目(NFE) 参股协议

4月，中国石化与卡塔尔能源公司在卡塔尔首都多哈签署北部气田扩能项目（NFE）参股协议。该项目是目前全球规模最大的液化天然气（LNG）项目，根据协议，卡塔尔能源公司将向中国石化转让北部气田扩能项目1.25%的股份。这是双方继2022年11月签署北部气田扩能项目LNG长约后的又一个里程碑，标志着双方在北部气田扩能项目上实现了一体化合作。

卡塔尔北部气田扩能项目，吸引了道达尔能源、埃尼、康菲、埃克森美孚、壳牌等一众国际油气巨头相继签约持股。中国石化此次入局，不仅成功加入了这一国际油气天团项目，也从天然气进口来源方面为国家能源安全增加了保障。

港华智慧运行平台正式上线

3月8日，港华智慧运行平台（简称“TOP平台”）成功上线，标志着港华在推动行业安全运营管理数字化转型，建设信息化标准，优化服务体系方面实现新的突破。该平台由航天能源承建。

作为国内燃气行业首个一体化设计的集团级综合生产系统云平台，TOP平台以准确完备的管网、设备设施数据库为基础，依托地理信息系统（GIS）和物联网（IoT）、视联平台为能力底座，构建涵盖GIS、设备物联、设施管理、视频聚合的一体化业务平台，并通过运维业务的移动化、图形图标可视化、数字化，实现数据融合、风险评估分析、隐患管理、综合研判决策、预警应急响应与高效联动处置等功能，提供强大的数据、模型分析展现能力，为深度数据挖掘和指导决策构建智慧运维及安全管理长效机制。



杭州城市燃气事业 可持续发展蓝皮书发布

1月10日，中国经济信息社与杭燃集团共同编制的《杭州城市燃气事业可持续发展蓝皮书》在浙江省杭州市发布。报告认为，作为我国城市燃气企业的典型代表，杭燃集团拓宽燃气渠道，畅通燃气管道，定位综合能源大道，通过补链、延链、强链，推动杭州燃气事业实现高质量发展。48年来，杭燃集团累计供应天然气142亿立方米，减少二氧化碳排放1877万吨；服务用户达175万户，杭州市主城区的气化率达到95.1%；形成了“主城成环、支线成网”的高压供气网；向上游延链，与嘉兴燃气共同投资建设了浙江嘉兴LNG应急调峰储运站。

2023年中国燃气发展论坛 顺利召开

4月25日,由中国城市燃气协会主办、深圳市燃气集团股份有限公司协办的2023年中国燃气发展论坛在深圳开幕。政府、金融、能源等各界专家学者汇聚一堂,以“新时代燃气事业转型发展”为主题,共议燃气行业新发展。

论坛开幕式由深圳市燃气集团股份有限公司党委书记、董事长李真主持。

深圳市住房和建设局一级调研员钟晓鸿、中国城市燃气协会理事长刘贺明等发表致辞。中国宏观经济研究院能源战略中心副主任田磊、国际燃气联盟2022-2025年任期主席李雅兰、原应急管理部综合协调司副司长赵瑞华等领导作主旨演讲。

来自国内外政府、金融、能源企业等各界500余名专家学者与代表参与本次论坛,论坛的成功举办,将有助于推动我国城市燃气行业在新时代背景下的成功转型发展,促进业界协同应对全球能源新形势、新格局,推进天然气供应安全和能源低碳转型,助力实现天然气行业高质量发展。

同日,2022年(第25届)中国国际燃气、供热技术与设备展览会在深圳会展中心一同开幕。



中国城市燃气协会 2023年工作会成功召开

3月24日,中国城市燃气协会2023年工作会在贵阳召开。来自中国城市燃气协会秘书处,23个省、自治区、直辖市燃气协会秘书长及代表,13个中燃协分支机构主任共66人参加了会议,会议由中燃协秘书长赵梅主持。

中燃协理事长刘贺明首先对前来参加此次会议的代表表示了欢迎和感谢。接着,回顾了2022年的工作情况并对2023年工作进行了部署。最后,对今年几件具体工作进行安排:一是换届工作;二是精心组织安排第25届中国国际燃气、供热技术与设备展览会展会和论坛活动;三是举办“燃气杯”第五届全国行业职业技能竞赛;四是发布《城市燃气配气成本暨行业情况调查统计分析报告》。

中燃协秘书处通报进一步规范管理分支机构的有关事宜和汇报中国城市燃气协会财务制度执行要点。

中燃协各分支机构及各省、自治区、直辖市燃气协会分别发言,介绍了2022年的重点工作计划、遇到的问题以及2023年的工作计划安排。

中燃协理事长刘贺明在作总结发言时强调,今年是行业很重要的一年,大家要做好桥梁工作,积极反映会员诉求;同时,协会要明确未来发展方向,力争成为行业的、政府的智库;其次,协会还要加强工作人员建设,提高自身能力,加强学习,做任何工作都要合法合规;最后,中燃协将会继续加强与各省、自治区、直辖市燃气协会的合作,研究解决一些重大的、共性的问题,推动信息资源共享,积极为地方燃气发展服务。



《天然气管道掺氢输送 及终端利用可行性研究》 成果发布会召开

3月22日,《天然气管道掺氢输送及终端利用可行性研究》成果发布会在北京顺利召开。

据了解,该课题是在住房和城乡建设部2022年科学技术计划项目支持下,由中国城市燃气协会组织,汇聚了50多家天然气上中下游企业、科研院所、设计院等单位的研究力量,由18家单位共同编制完成。

中国城市燃气协会理事长刘贺明进行了开幕致辞,他表示该研究明确了天然气掺氢技术对未来能源体系构建的重要意义,厘清了我国发展天然气掺氢的难点和重点,提出了我国天然气掺氢的发展路径。研究成果可推动更多的天然气掺氢示范项目建设落地,为相关国家能源规划的制定提供支撑,助力我国天然气掺氢产业健康发展,早日进入商业化发展阶段。

中燃协安全委委员大会 暨燃气安全交流研讨会召开

3月16日,中燃协安全委委员大会暨燃气安全交流研讨会在浙江嘉兴召开。

会议以“重创新 补短板 提升本质安全”为主题,深入贯彻落实国务院安委会、住房和城乡建设部、应急管理部、市场监督管理总局等部门燃气安全布署,助力“十四五”国家安全生产规划目标和燃气“事故零死亡”目标的早日实现,共同分享燃气行业安全管理最新研究和实践成果,探讨行业热点难点问题的解决方案和应对措施,同时总结中燃协安全委工作、安排今年重点任务、汇报燃气安全方面成果,以此切实提升行业本质安全水平。



中燃协智能气网专委会 2023年度主任委员会议 暨“走进中燃”活动顺利召开

3月3日,中燃协智能气网专委会2023年度主任委员会议暨“走进中燃”活动在安徽芜湖顺利召开。

专委会秘书长张铁军主持会议,中国城市燃气协会理事长刘贺明受邀出席并为会议致辞。

会议审议通过了《智能气网专委会2022年度工作报告》、《智能气网专委会2022年财务决算报告》、《智能气网专委会2023年工作规划》、《智能气网专委会2023年财务预算报告》、《第九届中国智慧燃气发展论坛专项工作报告》、《智能气网专委会部分委员单位调整提案》等。

会上隆重举办了副主任委员单位颁发证书仪式、智能气网专委会智库专家增补聘任仪式。



《城镇燃气系统智能化评价规范》 团体标准正式发布实施

3月1日,《城镇燃气系统智能化评价规范》正式实施。规范由中燃协智能气网专委会牵头发起,中燃协标准工作委员会立项组织,北京燃气、昆仑能源、北京煤热院、上海燃气、航天能源、华为、金卡等42家燃气企事业单位共同起草编制。

该规范是第一部以城镇燃气智能化为评价对象的团体标准,对于规范行业智能化发展,引领智慧燃气发展方向具有非常重要的意义。

规范将城镇燃气智能化程度划分为L0~L5六个等级并给出相应的特征描述,提出智能设施、智能化平台、数据、信息安全、发展机制、行业引领、用户体验和政府评价共8类一级评价指标。



秦川物联网
QINCHUAN IOT

科创板上市
股票名称：秦川物联
股票代码：688528

政策解读

城市燃气管道等老化更新改造实施方案(2022—2025年)》 对城燃行业的影响浅析

■ 博轶咨询 杨常新



杨常新，生于1978年。重庆大学热能工程学院本科，北京大学光华管理学院硕士（全日制MBA）。曾就职于深圳燃气集团总部、港华燃气集团总部，现为深圳市博轶咨询有限公司总经理。杨常新是深圳市创业导师、中国城市燃气协会培训委专家、《中国燃气安全》杂志编委、广东省燃气培训委专家。

政策要点概述

2022年6月上旬，国务院办公厅发布《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》（以下简称“方案”），文号为“国办发〔2022〕22号”，成文时间是2022年5月10日。

方案提出的工作目标是：加快开展城市燃气管道等老化更新改造工作，彻底消除安全隐患。2022年抓紧启动实施一批老化更新改造项目。2025年底前，基本完成城市燃气管道等老化更新改造任务。

制定本方案的根本目的是：加强市政基础设施

体系化建设，保障安全运行，提升城市安全韧性，促进城市高质量发展，让人民群众生活更安全、更舒心、更美好。

方案明确了四大工作原则：聚焦重点、安全第一；摸清底数、系统治理；因地制宜、统筹施策；建管并重、长效管理。

方案不仅针对城市燃气管道，还包括供水、排水、供热管道和设施。本文仅对与城燃有关的内容进行分析。

方案明确界定了**必须更新的四大类城燃管道和设施**：（1）市政管道与庭院管道。全部灰口铸铁管道；不满足安全运行要求的球墨铸铁管道；运行年限满20年，经评估存在安全隐患的钢质管道、聚乙烯（PE）管道；运行年限不足20年，存在安全隐患，经评估无法通过落实管控措施保障安全的钢质管道、聚乙烯（PE）管道；存在被建构筑物占压等风险的管道。（2）立管（含引入管、水平干管）。运行年限满20年，经评估存在安全隐患的立管；运行年限不足20年，存在安全隐患，经评估无法通过落实管控措施保障安全的立管。（3）厂站和设施。存在超设计运行年限、安全间距不足、临近人员密集区域、地质灾害风险隐患大等问题，经评估不满足安全运行要求的厂站和设施。（4）用户设施。居民用户的橡胶软管、需加装的安全装置等；工商业等用户存在安全隐患的管道和设施。

方案要求各省级政府按照国家统一部署尽快开展管道老化更新改造**标准确定、底数普查、编制实施方案**等工作，并将此项工作纳入国家和各省的“十四五”重大工程。

方案特别明确了专业经营单位要“切实承担项目实施主体责任、落实出资责任”。对于城燃管道，“专业经营单位”指的就是城燃公司。

物联物心联心

安全切断型物联网智能燃气表



家用可燃气体探测器



中国授权发明专利

物联网智能燃气表及其控制系统
专利号:ZL2011 1 0025763.8

安全用气 | 公平用气 | 智慧用气

成都秦川物联网科技股份有限公司

网址: www.cdqckj.com

邮箱: qinchuankeji@163.com

电话: 028 - 84868511

地址: 成都龙泉驿区经开区南四路931号

方案还在组织实施、政策支持、配套措施等方面提出了具体要求。

方案出台背景

直接原因。2021年湖北十堰“613重大燃气爆炸事故”是国家高度重视城燃安全管理的导火线。而且，在十堰事故之后，2021年和2022年，在建党百年、“二十大”等重大历史节点的前后，在每年6月“安全生产月”中，在国家已经三令五申严管燃气安全、杜绝重大事故的背景下，全国仍发生多起燃气事故。这些燃气事故整体成为了国家下决心狠抓燃气安全的直接原因。

根本原因。我国城燃产业，从改革开放后算起，已发展40多年；从2004年全国城燃陆续进入天然气时代算起，也高速发展了近20年。各地的城市燃气管道，运行年限、管道材质、建设标准等参差不齐。从主要燃气设施的物理状态看，运行时间超过20年的设施，客观上也进入了隐患、事故高发期。城燃产业发展的大周期，是近年事故多发的客观因素，也是国家高度重视城燃管道老化更新工作的根本原因。

老旧管道更新系列政策

自2021年6月之后，关于城燃老旧管道更新的国家政策文件不单有前述国务院发布的方案。方案是总体工作要求，还有几份重要专项文件，与方案共同组成系列政策，主要包括：

2022年6月21日成文，国家住建部和发改委联合发布的《城市燃气管道老化评估工作指南》（建办城函〔2022〕225号）。本文件明确和细化了方案的要求，对城燃管道老化评估工作给出了非常具体的指引，可执行度非常高。

2022年6月14日成文，国家发改委发布的《城市燃气管道等老化更新改造和保障性安居工程中央预算内投资专项管理暂行办法》（发改投资规〔2022〕910号）。本文件是中央财政支持的具体办法。补贴大原则有：按省切块，省里分配，上报国家主管部门备案；不可重复申请；不可用于已完

工项目。**中央财政支持只适用于三类设施更新改造：**（1）居民红线内庭院管、立管等共有设施。（2）居民户内软管更换、加装报警装置等。（3）政府所属市政燃气公用设施。另外，保障性安居工程配套燃气基础设施可用此补贴，但需与旧改项目分开立项。为防止地方政府理解和实施有偏差，本文件中特别写明“不可用于产权属于专业化经营单位和工商用户的设施”，也就是属于城燃公司的资产是不能使用中央财政支持资金来更新改造的。

另外还有国家发改委发布的《“十四五”新型城镇化实施方案》（发改规划〔2022〕960号）、国家住建部发布的《“十四五”全国城市基础设施建设规划》（建城〔2022〕57号）等文件，都将城燃管道更新改造作为“十四五”期间的重点工作。

对城燃行业的影响

方案及其配套文件有几个特点：

一是细。几份文件结合起来，在国家层面已经把哪些燃气设置需要彻底更新；地方政府、城燃公司、各类用户的责任是啥；更新改造的资金从哪儿来、中央财政预算资金可用和不可用情形等问题都规定的非常清晰，甚至连排查摸底用的表格都给设计好了，各地方政府基本照着国家文件干活儿就可以了。

二是严。几份文件都一再强调各地方政府是城燃管道更新的主要责任人，负责普查摸底、建立清单、拟定计划、组织督促城燃公司等各方主体负责实施。各省的情况在事前、事中、事后都要向国家主管部门上报进度或备案，如果是申请了中央财政预算支持的项目，那更是要上报项目清单、定期检查实施进度的。一句话，到2025年，关于此项工作，国家首先考核的是地方政府。

三是广。从行业看，方案主要针对燃气，但也包括了供水、排水和供热的管道等设施。从地域看，方案明确要求各省级政府都要尽快出台类似的、更加具体的实施方案。截至2023年1月，已有超过半数的省级政府出台各自的《城市燃气管道等老化更新改造实施方案》，内容基本和国家方案一

致，只是改造任务量、进度时间安排更加具体和细化。

四是实。从2021年下半年开始，国务院安委会已经赴多省开展以燃气隐患排查为主的安全巡查，而且一般都是先查一轮，一年内再“回头看”一次，相当于两次检查。从已公开的部分省份的巡查报告看，发现的问题不少，都是具体的细致的问题，工作扎实。

老旧管道更新改造系列政策对城燃行业的影响主要有以下几个方面：

从长期看，有利于城燃行业持续健康发展。如前所述，部分投运时间超过20年的燃气管道等基础设施确实到了该彻底“体检”并更新维护的阶段。国家层面从未像现在这样高度重视城燃安全管理问题，一年左右先后发文近10份，国务院安委会多次召开专题会议，国家巡查组在多省开展燃气安全大检查等。各级政府主管部门的高度重视，为城燃公司加快隐患排查和整改提供了很多便利条件，比如施工建设手续办理等。安全供气，是城燃行业生存和发展的底线和生命线。在国家高度重视和大力推动下，在2025年之前，对全国范围的所有燃气设施开展彻底排查，消除隐患，一定是有利于整个行业的持续健康发展的。

从短期看，给城燃公司带来一定经营压力。在方案和中央财政预算支持办法中都明确指出：更新改造的出资原则的“谁的资产谁出资”，资产属于城燃公司的市政公用管道和设施的出资责任人就是城燃公司，且中央财政资金不可用于此类管道更新改造。近年，随着国家对城燃行业的配气价、工程费监管日益严格，加上持续两年购气成本维持高位，城燃公司收入侧的压力普遍很大。而老旧管道更新改造又要在相对集中的时间内增加较大的支出，一进一出，对现金流的压力很大。当然，具体到各城燃公司情况会千差万别，主要是看更新改造的任务量和公司营收能力的对比。一般而言，对于经营年头较长的、单体中小民营燃气公司压力会更大，甚至面临生存问题。

从政府监管角度看，多地开始提倡“一城一

企”整合城燃公司。因历史原因，很多城市有多家合法合规、有经营区域的管道燃气公司，体量和经营管理水平各异。十堰6·13事故后，多份国家政策文件都提到：从提升安全管理水平的角度出发，鼓励和提倡由大型城燃集团整合分散的中小燃气公司。浙江省最早提出“一城一企”概念，已有十多个初步整合案例，广东、河南、云南等省份近期也提出鼓励城燃公司整合。笔者认为，从安全的角度提倡“一城一企”出发点是好的，逻辑也是对的。但是，城燃行业的投资并购已经市场化运作了30年，比较成熟，五大燃气就是通过买买买才有今天的体量。现在，如果各地政府强行或半强行要求每个城市必须在一定时间内完成整合，可能反倒会增加整合的难度，扭曲标的公司的市场价格。其实，在城燃项目并购整合方面，地方政府只要不阻拦、不设置障碍就行，不用插手太深。

老旧管道更新改造系列政策还有一些附加效应。一是短期内有利于燃气管道、波纹管、智能燃气表、报警器、自闭阀等产品的销售，2025年前会有一波集中的需求高峰。二是会加速智慧燃气发展进程。在方案中有一项重点工作是“同步推进数字化、网络化、智能化建设。结合更新改造工作，完善燃气监管系统，将城市燃气管道老化更新改造信息及时纳入，实现城市燃气管道和设施动态监管、互联互通、数据共享”。三是有助于提升全社会的安全用气意识和水平。四是各地方政府日益重视和支持燃气安全相关工作。

最后，给城燃公司一点建议：要认真学习国家政策，更要认真学习本省、本地市的相关政策，如果能提前参与地方政策的制定或征求意见会更好。国家政策是大方向，实际执行时还是以地方政策为准。比如财政支持这事儿，中央财政资金是明确说了不能用于城燃公司的资产改造，但是地方财政如果有实力且愿意支持，也是没问题的。现实中，已有一些地方政府对市政燃气设施的更新改造给与一定比例的资金扶持。

一家之言，仅供城燃同仁参考，欢迎批评指正。

深圳燃气5G+智慧燃气数字赋能超大城市公共安全

(国家能源局、工信部优秀案例)

■ 深圳燃气 蔡育

随着能源革命的持续深入和城镇化规模的持续扩张，燃气行业急速增长的燃气管道规模与安全要求及规范监管的矛盾、庞大的信息与落后的管理方式的矛盾、传统的客户服务模式与用户数字化体验需求升级的矛盾等已成为产业发展道路上的阻碍，同时伴随市场竞争压力的进一步加剧，利润空间也受到明显挤压。为了有效应对燃气行业日益严峻的安全运营压力，深圳燃气积极实施科技强安，推动5G、AIoT、大数据、CIM、BIM等新兴技术与城市燃气的深度融合，推行无人化、机器人、数字化决策等，部署百万级智能终端，覆盖燃气从生产端、运营端、客户端到政府端多场景5G应用，打造了一套5G+智慧燃气数字赋能提升城市燃气安全运营水平的一体化解决方案（以下简称“5G+智慧燃气”）。

一、打造技术引领型的 5G+ 智慧燃气整体解决方案

深圳燃气以城市燃气三大安全主体（管网侧、场站侧、用户侧）运营领域提质增效为目标，打造的5G+智慧燃气实现多种生产运营数据（GIS、SCADA、第三方工地、管网巡查等数据）与住建局、应急局等政府监管部门共享。方案总体可概括为“1+X+N”立体化升级方案，包含“1个深燃大脑、X个运营场景、N类数据赋能城市公共安全”，构建5G+NB-IoT全城一张网、燃气数字孪生管网全城一张图，实现无人机、机器人、AI监控、压力及泄漏监测、移动作业终端、智能表具等超百万感知设备与燃气运营的深度融合应用，以“5G信息流”支撑“燃气能源流”安全高效运行。

二、深圳燃气 5G+ 智慧燃气应用场景建设

深圳燃气通过建设城市级5G专网，打造智慧化管控平台，部署百万级感知设备，完成“云-网-边-端-景”整体建设，构建“地-空-天”一体化智慧燃气解决方案，实现深圳本地燃气运营全场景广覆盖，可在行业快速复制推广，全面促进城市燃气运营管理“可感知、可运控、快处置”。

（一）智慧化平台：全城一张网、一张图，支撑数字化运营

深圳燃气打造了城市级5G燃气专网、智慧物联网平台，就近接入5G核心网，部署MEC实现多样应用场景AI分析，提供超500万各类终端管理与接入承载能力，有效提升了城市燃气运营的数字化监控水平。基于CIM、BIM技术构建覆盖深圳全域的燃气数字孪生管网，精准建设深圳市三维燃气管线与重点场站设备设施，融合多维度的用户数据分析能力，实现立体式“一屏感知全局”的燃气运营一体化智慧管理。



图1. 深圳燃气 5G+ 数字孪生管网加强精细化安全管理水平

（二）数字化运营：多场景部署5G终端，赋能高质量运营

1、燃气场站侧数字化升级

——机器人巡检、AI监控，保障燃气供应中枢安全高效

利用5G、AI等技术，深圳燃气在5座核心燃气场站部署5G巡检机器人与AI视频监控，建立异常风险数据模型，解决了燃气场站运营存在人工巡查效

率低、潜在泄漏风险点量大、事故后果严重等安全运营管理痛点。机器人巡检已实现数万个潜在泄漏风险点自动化巡查、数据抄录与系统信号智能比对，视频监控已实现场站烟、热、火灾、燃气泄漏、人员违规行为、外部入侵等隐患的24小时在线AI监管，提升了城市燃气核心设施智慧化运营与安全运行水平。



图2. 深圳燃气 5G+ 机器人与 AI 监控实现燃气场站 24h 安全可控

2、燃气管网侧数字化升级

——无人机飞巡、管网感知监测终端，提高隐患发现能力

利用5G大带宽等特性，深圳燃气采用5G无人机对180公里山地、市政管线进行巡查，对管线周边第三方施工、管线边坡等区域加大巡查频次和力度，解决了人工山地管线安全巡查存在道路崎岖巡查难、蛇虫鼠蚁风险高、巡查周期长、隐患发现及时率低等痛点，实现山地管线1天1巡，及时发现管线周边的非法施工、地质灾害等异常情况。



图3 深圳燃气 5G+ 无人机巡查实现管线周边异常情况及时预警与处置

城中村人口居住密集、事故后果影响大，深圳燃气利用5G大连接、低延时等特性，在燃气管网、调压箱（柜）、重点用户等区域安装智能压力监测设备，实现管网压力感知，充分掌握管网运行态势。通过采集管网压力数值可有效反映并判定管网运行情况，并能够对管网设计、负荷计算、健康程度分析等提供数据支撑，将重点供气设备的定期巡查提升至24h在线监测。

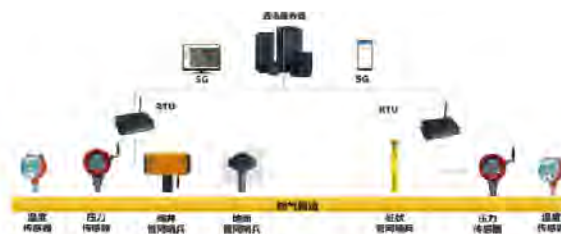


图4 深圳燃气 5G+ 管网监测终端实现管网运行状态实时感知

3、燃气用户侧数字化升级

——智能表具与数据分析，提高用户侧安全管理水平

利用5G高并发等特性，深圳燃气部署了百万级智能表具，远程监控用户用气数据，可及时发现气量异常并处置；利用AI客服机器人、OCR自动识别、人脸识别等先进技术，对接政务系统，打造互联网一站式自助服务平台，实现客户“零资料、零跑腿、零费用、零审批”的“四零”线上服务管理。



图5 深圳燃气自主研发的安全加密通讯模组及定制化智能燃气表

三、深圳燃气 5G+ 智慧燃气建设成效

深圳燃气持续利用技术手段提升安全运营水平，加速了智慧燃气与智慧城市的融合发展，实现全城、全网、全场景5G应用，全面提高了生产效率及人员效能，促进企业运营提质、增效、降本。深圳燃气“5G+智慧燃气”项目先后斩获工业和信息化部第四届5G“绽放杯”全国一等奖、全球开放数据创新大赛赛道一等奖、深圳质量标杆等重要奖项，入选国家能源局、工业和信息化部《2022年度能源领域5G应用优秀案例集》，排名“智能油气+5G”领域全国第一；建设项目先后纳入国家5G新基建专项计划、工业和信息化部创新发展工程（连续两年）及网络安全技术试点示范、深圳市发展改革委5G创新应用计划等，深燃特色的“5G+智慧燃气”品牌已获得各级政府和行业的认可，为我国城市燃气行业智慧化发展树立了标杆。

港华燃气智慧运行平台(TOP)

(一) 基本情况

应用场景：平台建设与数据应用
提供单位：上海航天能源股份有限公司
建设单位：港华燃气集团
建设时间：2022 年 6 月

(二) 建设必要性

历经 20 多年发展，港华燃气集团在全国拥有 130 余家燃气企业，在燃气生产运行管理环节集团虽然建立了完备的管理制度和预防机制，但各企业受制于自身发展现状及现实所需，配套生产运行相关系统建设为分批、分期逐步建设。从集团整体生产运行的角度而言，面临一系列的问题与挑战：

(1) 各企业系统建设水平层次不齐，受制于经营条件、自身发展、定位认知等各方面因数，导致了港华集团有着不同业务类型、不同数据类型、不同应用类型的各类生产运行系统，同时，各企业间的同类型系统也有较大差别；

(2) 信息孤岛现象严重，各系统之间相对孤立，业务信息无法交互与共享，特别在解决综合业务方面，多个系统操作，麻烦不方便，需要消耗大量人力物力等资源，工作效率低；

(3) 部分企业系统的运行维护没有足够的专业人才和运维能力，系统不但没有发挥出应有的功能，反到成为自身信息化发展的绊脚石；

(4) 随着国家网络及信息系统安全等级保护要求的进一步强化，各企业对网络安全管理能力不足的问题进一步凸显，等保评定投入成本高、管理成效较低、效果不明显。

(5) “数据赋能”困难，大量数据沉睡在各企业的服务器里，无法有效利用，数据对企业生产运行业务的提升相当有限；同时，对集团和港华各区域来讲，多家企业数据有效整合、统计分析等管理困难，无法发挥出大数据的真正威力。

因此，急需搭建一套统一入口、统一管理、统

一评价的生产运行信息化系统来辅助企业运营管理。

(三) 解决方案

(1) 建设目标

为打破这一格局，港华燃气集团自 2019 年起即对建设燃气生产安全领域相关信息化系统所必须的相关技术、建设范围、管理要求、实施条件等一系列环节做了深入的调研及论证，确立了建立以集团为中心，以时空数据管理应用为手段，以完整性管理为目标的港华燃气智慧运行平台（TOP），平台通过集成成熟的平台化软件产品，依托专业的信息化拓展能力对贴合各项目公司业务发展所必须的功能进行量身定制，最终形成以图形化和物联网、视联网平台为能力底座，构建 GIS、设备物联、设施管理、视频聚合一体化业务平台。实现运行业务的移动化、图形化、数字化，并需要提供较为强大的数据、模型分析展现能力，做深度数据挖掘及指导决策。

(2) 总体功能架构

项目总体架构设计以“大集成设计、微服务架构、模块化开发、容器化部署”为主要技术思路，围绕燃气生产运营，以设备资产管理为核心，以数据汇聚管理为主要出发点，通过对 GIS、物联网、视联网等基础平台产品数据的整合，建设形成港华集团智慧运营管理平台，依托主数据标准体系打造集团统一运维管理体系。

系统总体功能架构如下：



(3) GIS 系统

GIS 系统内，地图及以下资源在集团统一部署，覆盖全集团所有港华企业的地级市、区、县，并长期按照集团要求统一更新。地图坐标系为 CGCS2000，并支持地方坐标系。电子地图精度为 1:500。以季度为周期进行更新。地图能提供的建筑外缘和管网本身坐标，判断管网、设施是否存在被占压的可能性。地图同时提供稳定人口、实时路况、实时 / 历史天气、实时 / 历史风速、泛天气类数据如紫外线指数、强对流天气预警、地质灾害预警等实时数据，以用于动态评估管网周边环境状况，及时分析管网设施占压隐患风险。

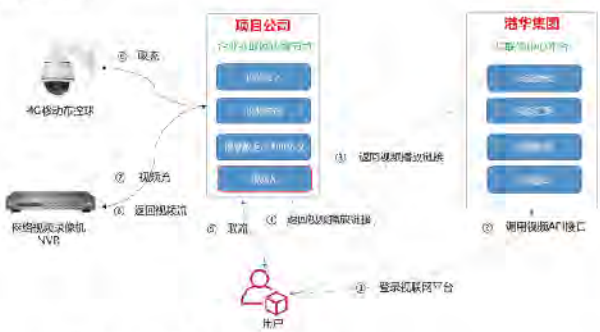
在 GIS 移动端将项目档案与工程系统同步，将移动设备（手机 / 平板）与 RTK 设备连接，在系统移动端内选择须测量的项目做测量，取 RTK 的测量值。以此实现按工程项目对管线、设备做精确定位测量，将资产做图形化的交付。RTK 打点时，除了坐标（同时记录经纬度及 CGCS2000 平面坐标）之外，还可记录属性字段，如压力等级、管径、材质、是否成线、设备分类等。



(4) 视联网平台

企业厂站多数安装有本地视频安防系统，如监控系统视频信号、门禁识别设备、入侵报警等设备、喊话系统监控系统等；平台通过在项目公司和集团中心分别部署视频节点，将视频流统一汇聚，对视频流、图片流进行统一接入及接入认证，在关键业务节点使用时进行随时调取使用。平台支持对视频流按需进行分发，按照各类业务的协议需求进行输出播放、回看、时移回看。平台支持各类摄像头的视频流的接入协议，主要包括 GB/T28181、ONVIF、RTMP、RTSP 等，针对 AI 摄像头支持抓拍图片流接入。支持各类业务的调用查看需求，可以将实时视频流、录像视频、图片按需分发到各种终端，实现全终端

的覆盖。



(5) 智慧风险监测系统

以物联网为能力基座，建立集团级站、厂、网一体化监测系统，实现对厂网设施运行状况的安全风险监测。统一物联网通讯协议规约，将各类如物联网传感器、DTU 设备进行定型、现场视频监控设备，实现设备联合采购，以高质量、高速度在集团推广应用。

提供设备统一接入协议、数据交互规范、接入工具（SDK），将存量设备、新增设备以云云（系统）对接、直联平台、网关接入方式通过内部网络、专线、4G/5G 等传输方式接入平台对设备生命周期、数据统一管理、统一开放。云云对接打通已有多个 SCADA 系统进行统一管理，同时提供新增设备接入规范、标准。同时考虑数据传送的安全性。



(6) 设备设施管理系统

设备设施管理系统从港华燃气设备管理的需求出发，以实现设备全面信息化管理为目标，综合运用创新的管理理念和先进的信息技术，在充分了解企业各设备管理部门业务的基础上，抓取准确的基础数据和统计数据，深度整合内外部各种相关资源，通过精细化完善燃气企业的厂网管理业务，对涉及厂网生产运行管理中的设备巡查、保养、检修、抢修、测量、监护等全过程进行标准化流程定义，

将相关依托对空间数据、时序数据运用科学的程序和模型，形成各个实用的子系统，为各级管理部门提供有力的支持。

设备设施管理系统主要实现了设备在全生命周期内的信息采集、存储、传递、查询、维保计划的制定、巡检与报表生成等基本功能，以及设备台账的分类、汇总、统计、分析等处理功能，为单位相关人员提供完整、准确、及时的设备管理信息，保证设备能够长周期稳定运行。

(7) 运维管理系统

平台提供完备的运维监测体系，对于影响系统业务运行的可能的故障提供自动化的诊断功能，提供相应的解决办法。并能够持续的进行完善，统一的异常编码，与异常信息。每种异常提供全面可能的问题解决办法。监控系统关键服务状态，对于异常情况，进行醒目的方式提醒，并提供应对办法。



(四) 主要成效

依托 TOP 平台的建设和使用给港华集团带来的成效无论从技术层面还是从业务层面都是显而易见的，其表现形式如下：

(1) 多系统融合、云端赋能

TOP 平台以“大集成设计、微服务架构、模块化开发、容器化部署”的技术思路为牵引，将物联网、视联网、GIS、设备设施管理多系统融合，构建集团统一的厂网运行、设施管理、风险管控、气源管理，可视化、数智化业务系统，为集团 130 余家企业提供生产运行业务的数智化云端服务。

(2) 生产运营管理标准化，燃气安全生产能力

大幅提升

TOP 平台应用强化了集团在生产运营管理过程中的标准化能力，原来集团发布一项标准化方案，受制于不同公司的生产运营信息化管理能力，木桶效应明显，TOP 平台将相关数据、相关标准形成统一管理指引，无论是大型项目公司还是小型项目公司，生产运营管理能力都能保持与集团要求相一致的水平，大幅提升各公司安全生产能力，加快促进了集团标准化管理和推广能力。

(3) 集团统一建设，整体运维，降本增效

TOP 平台由集团统一建设，集中部署，整体运维，依托集团整体信息化集成和建设技术能力为成员企业保驾护航，从投资规模上能有效控制整体成本，帮助集团开源节流。同时，大大释放了集团下属各成员企业的信息化运维压力，在确保集团信息化等保要求的前提下，更为各成员企业节约了运维成本。

(4) 数据集中管理，数据资产价值凸显

TOP 平台的成功应用真正让集团所有点、线、面、时空数据形成一张网的管理格局，数据资产价值凸显，为企业的各类业务提供高质量的业务载体和管理抓手，同时，为集团强化后期的规划布局、管理密度奠定坚实的基础。

(5) 顺应政府燃气数字化发展要求，落实政府监督，提升企业形象

TOP 平台建设顺应政府燃气数字化发展的监管要求，强化风险预警，安全管控，并能提供统一、标准、丰富的可视化展现窗口，提升港华集团和下辖各企业的形象。

燃气报警器管理平台提高用户安全保障

(一) 基本情况

应用场景：安全管理

提供单位：北京中天九五科技发展有限公司

建设单位：西安秦华燃气集团有限公司

建设时间：2021 年 10 月

投入使用时间：2022 年 02 月

(二) 建设必要性

2021 年 9 月 1 日起实施的《中华人民共和国安全生产法》第三十六条第四款规定，“餐饮等行业的生产经营单位使用燃气的，应当安装可燃气体报警装置，并保障其正常使用。”受 6.13 十堰爆炸事故、沈阳爆炸事故影响，政府层面要求加强燃气报警装置监管，创新监管模式，建立长久有效保障机制。

燃气用户采购、安装、使用可燃气体报警装置两个主要问题。第一，可燃气体报警装置产品市场比较混乱，价格差异化大，服务水平参差不齐。生产厂家送检产品均达到国标要求，但实际生产对外出售的产品是否完全达标缺少有效的、持续的监督手段。第二，可燃气体报警装置要求每年强制检定，燃气用户基本没有能力完成，报警装置过期未及时检定现象大范围存在，无法保障报警装置可靠工作。

(三) 解决方案

燃气公司作为主导方、专业厂家配合建设燃气报警器管理平台，支持接入多个厂家的燃气报警产品。同时，建立燃气安全产品指标库，通过故障率、误报率、服务满意度等多维指标对燃气报警产品与厂家进行评价，促进优胜劣汰。燃气公司基于管理平台开展监督指导工作，推动报警器定期检验工作。

(四) 主要成效

目前，该平台应用于已接入居民用户 1000 户、工商业用户 400 户。



智能时代背景下的数字经济技术

——中国科学院院士褚君浩



褚君浩，中国科学院院士，红外物理学家、半导体物理和器件专家，中国科学院上海技术物理研究所研究员，东华大学理学院院长。他是我国培养的第二个红外物理博士，从20世纪70年代末开始，他就专注于红外探测器的研究，并与汤定元、徐世秋两位科学家研究了一种全新的半导体材料，创造性地提出了测算这种材料特性的公式，该公式最终以三位中国科学家的名字命名，被称为CXT公式，成为判断红外探测器新材料、新结构的参照标准。他的专著《窄禁带半导体物理学》，被国外20多个研究机构作为相关材料和器件研究的理论依据。

2月18日，科创中国数字经济技术创新峰会在上海召开，会上中国科学院院士褚君浩发表了《智能时代背景下的数字经济技术》主体演讲。以下为演讲内容：第一个问题先讲一下智能时代大趋势。实际上我们几次工业革命，第一次就是蒸汽机，先有一个蒸汽机，瓦特把这个改成飞轮，改成轮子转动，后来就工业革命了，从牛车、马车到火车，轮船，蒸汽机，第一次工业革命是机械化革命。

第二次工业革命是电气化，就是中学里面我们学的电磁学的规律，然后有了发电机，有了电动机，生产率大幅度提升。那么这两次工业革命各有不同，第一次工业革命是先有技术，再改进技术，改进蒸汽机，科学在里面起了作用。从技术到科学到技术往返。第二次工业革命完全是实验室出来的，就是法拉第电磁感应、电磁学的规律，然后有电动机、发动机。所以它完全是从科学再到技术的不断提升。但是两次工业革命共同点就是科学与技术交叉推动进行。

第三次工业革命，就是信息化，这就是我们现在电子技术、微电子技术、原子能技术、光学技术等的发展。第一次机械化，第二次电气化，第三次信息化。

这一次工业革命也是科学技术交叉推动，因为有了量子力学，所以有固体能带理论。所以有半导体技术，所以有集成电路，手机相机等等所有的一切。最大的根源就是量子力学。后面又有通讯，计算机等等。所以这些都是科学与技术交叉推动，来推动我们第三次工业革命。

如果说第四次工业革命是什么呢？就是智能化，把智慧融入到一个物理实体系统里面，把数字融合到实体的产业发展里面去。智能时代的最核心的，就是智能化的系统。智能化的系统，你看我们上面那个守球门的机器人，它就是一个智能化的系统，它可以看得见球，它可以分析这个球到哪里去，第三个它把球拦住。

所以这一个系统很简单的就是一个智能化的系统。三大要素，第一，动态感知，动态看到这个球。第二，智慧识别，它要看球到哪里去。第三计时反应，把这个球接住。最近出来的聊天机器人ChatGPT也是这个系统，你提几个主题词，它能分析出来，和给你对话。这样一个智能化的系统，动态靠传感器，智慧设备靠大数据，物理模型算法，自动反应靠控

制，后面一些信息化的基础都是要的。

现在的ChatGPT我也试了一下，比如让它写一篇文章，它写得头头是道。再比如，我让它写一下褚君浩在半导体领域的贡献，它写的文章就经不起推敲，因为它数据采集到2022年，数据有限，新的东西还不知道。

但是它又有一个厉害之处：可以能理解上下文，能连贯进行，并且有连贯对话的能力和上下文理解的能力，这就非常厉害。当然它有一些问题，比如知识产权问题、技术性的问题等。

我们今天的互联网、物联网、光通讯、5G、6G。如何实现数字化，为什么要实现数字化呢？它重要性是什么？根本原因是只有数字化才能量化，才能精准化，才能规律化，才能智能化，所以我们有人工智能，有智慧城市。

现在智能的技术趋势大概有五个方面：一是智能化分布式的能源系统，低碳技术，能源互联网；二是智能化复杂体系，人工智能、智慧城市，包括现在的ChatGPT；三是智能化的制作技术，先进材料、极端制造；四是智能化诊断、修复技术、智慧医疗；五是智能化升级传统工业；这都是数字化推动数字经济。第二个问题，物理大数据的获取与认知。这里有两个关键的重要技术，一个是大数据的分析，大数据靠什么来分析呢？靠模型靠算法。然后需要有人工智能、物联网、互联网、大数据的应用。这个大数据是哪来的呢？一类是文本大数据，另外一类是靠传感体实时捕获的。这个非常重要。刚才那个足球守门员，它就是看见你球从哪里来的，靠传感器。

ChatGPT也是要接受你讲的话，它来理解。所以实时传感非常重要。这里面两个核心技术非常重要，一个是智慧识别技术，第二个是传感器的灵敏度。传感器就是一个器件。光、声、热、电磁。实际上不同波长的光都可以变成电。比如电磁波的波谱，这个就是红外向，这个照片是谁？这个照片就是我，如果把灯全部关掉。用手机上面装一个红外探头，就可以对外拍照了。现在你们看我是反射可见光。把灯光关掉，反射可见光就没有了。但是

我有红外辐射出来，你用一个红外摄像头，就可以看得见了。当然这个红外摄像头不是很灵敏，灵敏的是光子型红外探测器，这里面有个物理原理。

把这个红外探测器，做好了红外摄像机，放在飞机上，那就是对地航空遥感，放在卫星上，就是航天遥感。

刚刚倪会长说了，如果把红外传感器放在马桶上，又是一种分析手段了。我们现在气象报告非常准，就是因为有风云卫星。风云卫星，15张图，每一张图都是一个通道。现在我们风云卫星可以白天看云，晚上看云，所以气象报告非常准。可以对于我们大气做CT，XYZ温度湿度都可以做出来。这个水平我们非常高的，这个技术比国际上还要再领先一点。因为他们这个卫星还没有放，我们是2016年就放上去了。这个里面核心技术就是要把不同波段的传感器都做出来。你看苹果，它可见光，用红外摄像就可以看出来这个苹果是坏的。红外摄像，可以看出来这个报纸里面有一把刀。

对所有企业来说做到极致是最最重要的，比如技术做到极致，你的产品就有市场，做不到极致，就会被淘汰掉。第二个要根据新的需求的驱动。还有基础研究的拓展。最后它是有用的，能够有用的，你要想办法拓展起来，这里面有很多的要求。这是我们新发展的规律。它的新材料、新结构、新功能。

传感器有很多，刚才说的红外传感器，光电传感器，许许多多传感器。汽车里面有很多传感器，手机里面有很多传感器。各种各样的传感器。美国开过一个传感器峰会，万亿传感器覆盖地球，现在他们星链，四万颗卫星，还有很多的通讯设备，各种设备获取各种信息。

有了传感器，就要有大数据，得到了很多信息，医疗的各种大数据，这个就要分析了。现在我们有很多波，红外电磁波，得到很多信息，这些信息可以分析，分析医疗的，分析地球的，我们这个里面有个非常重要的就是光谱分析。现在我们有指纹识别，还有人脸识别，还有一个光谱识别。光谱识别就是看不同的材料，不同的物质发出来的光谱是不一样的。比如我看你衣服，我知道这个衣服里面有



低功耗数字调压站控制器 (SG-TCU)

城镇燃气中低压管网安全管理专家！
成功应用于国内外50多家知名燃气企业！



- | | | | | |
|--|--|--|--|---|
| <p>① 航天品质
自主研发
拥有26+专利
20+软件著作权</p> | <p>② 质量保障
拥有18道严苛质量控制点，完备质量测试装备</p> | <p>③ 产品特点
低功耗、长寿命
高防护性能
高度集成化
可连续监测压力、温度、差压、设备状态等参数</p> | <p>④ 管理平台
同时支持PC端管理模块 (SG-Pas) 和移动端管理模块 (SG-MPas)</p> | <p>⑤ 应用场合
区域调压站 (箱) 专用站
楼栋调压箱
管网不利点等</p> |
|--|--|--|--|---|

多少成分是毛，多少成分是棉，多少成分是涤纶，可以分析出来。当然先要做数据库，这是数字工程师的事情。做了数据库之后就可以分析了。比如这个水稻，亩产多少斤，先无人机飞一飞，采集光谱，然后进行分析。

月球车在月亮表面搜集信息，火星上也有这个，分析火星表面上有什么东西。比如马桶上安装光谱仪搜集臀部的光谱，可以得到很多人类的信息。这个也是可以做的。还有地震。这个要在地下埋传感器，进行分析，当然这个也很难。地震前一定有异常信息的。

第三个技术。智慧城市两个核心技术，三大信息技术，五大应用场景。最后通过互联网物联网，加上模型跟控制，最后得到数字。

现在数字技术有四个面向：一个是面向科技前沿，一个是面向产业发展，第三个面向智慧城市框架建设，四个面向生命健康。

第一是科技前沿，传感器要灵敏，就像孙悟空一样，一看就知道这个是妖怪还是什么，要非常灵敏，各个方面都能做。第二是产业，发展传感器和光电器件产业等。电磁波有很多很多的应用场景，

比如无人驾驶、北斗分析。第三个是智慧城市，包括智慧医疗、智慧政务、智慧交通、智慧社区等等。第四个是生命健康，应用数字技术。我们这一次抗疫过程中，发挥了很大作用，所有的测温等等，信息的传递。现在我们的医疗设备都是成像，毛玻璃多少尺寸，样子怎么样。将来还要通过光谱来分析里面的特点。上海联影做的 3T 的核磁共振，非常清晰，最近做了一个 5T 的，这个水平很高。

另外多维度信息感知技术。比如定义这个人有忧郁症，但是能定量吗？不能定量。有个科学家叫胡斌，他做了一个定量的机器，他一测，可以知道你忧郁程度是 70% 还是 30%，通过大数据分析，多维度信息处理。通过瞳孔、表情、影像、行为、全部数字化，分析得出来一个模型。现在人体有很多可穿戴设备，就是搜集人体信息，把这个信息，通过物联网传到中心，进行分析判断，采取措施。

结语：在智能时代背景下，科技创新不断提升信息传感分析和数字技术水平，促进传感器、物联网、智慧城市数字城市建设，从而推动数字经济发展，提高人民的生活水平。

■ 本文来源：上海区块链技术协会

合众慧燃

重庆合众慧燃科技股份有限公司成立于2016年，由国内多家燃气行业上市公司强强联手共同组建，以“互联网+”为核心的新一轮科技革命和能源产业变革，以引领燃气行业信息技术、智能技术发展为方向，着力智慧燃气建设，为城市燃气企业提供全方位、一体化的专业解决方案的智慧燃气企业。公司核心团队均具有燃气行业信息化及自动化等相关从业经验10年以上。公司以在创新共赢、健康发展中，使客户持续受益为经营目标，并致力成为燃气行业信息化、智能化的专家型综合服务提供商。目前，公司已经取得国家高新技术企业认证，“专精特新”企业，并获得多项专利、软件著作权、ISO体系认证、CMMI3认证……

《智慧燃气》：在智慧燃气的道路上，合众慧燃做了哪些具体工作？

合众慧燃：成立的七年以来，不忘宗旨，以智慧燃气产品研发为基石，建设了公司产品体系。在深耕本地市场的同时，着力拓展全国市场，目前已在全国二十多个城市实现了业务突破。除历年来的主营产品 WTCU 无线传输控制单元外，新研发的以下产品，在提升燃气用气安全指数的同时，进一步推动燃气行业管理信息化。

（1）燃气多维数据采集器

近年来，城市燃气行业里议论最多的莫过于燃气安全类的事情，即便是在当前经营压力巨大的情况下，安全的投入仍然在逐渐增加。城市燃气基础设施作为城市生命线的重要组成部分，其安全运行关系到人民生活质量、生命财产和社会经济发展。

城市燃气管网、燃气调压箱（柜）、阀门井是城市燃气基础设施的重要组成部分。随着燃气行业的快速发展，燃气运行的安全问题日益严峻。为了城市燃气运营安全，提高输配供气运营水平，对压力、温度、泄露等运行数据进行监测是一种重要的手段。

燃气多维数据采集器适用于燃气管网、燃气调压箱（柜）、阀门井及管网附近的电缆井、排水井等环境。主要功能包括：采集环境的可燃气体浓度；采集调压柜进、出口运行压力及温度；采集调压柜

中计量装置运行数据；监测阀门井水位等。产品采用低功耗设计，通过 4G 或 NB-IoT 网络上传采集数据

（2）物联网智能温压采集器

为助力保障燃气管网安全，合众慧燃推出物联网智能温压采集器，一种基于单片机、嵌入式软件技术以及无线网络通信技术的数据采集和传输设备，设备采用内置锂电池供电，定时及超阈值上传数据的方式将燃气管网的压力及温度数据定时发送到后台系统，形成温压数据自动监测网络，为城市用气安全提供可靠的数据支撑。

物联网智能温压采集器可以安装在调压箱、调压柜进出口，实时监测压力及温度的变化情况，重点监测燃气管网末端及重要用气场所调压箱、调压柜进出口压力及温度。并与分散在各地的调压箱、调压柜形成一张完整的温压监测网。

（3）合众慧燃软件共享社区

合众慧燃软件共享社区是一款整合了统一架构体系、标准化服务体系、持续构建体系以及前后端低代码开发平台、DevOps 平台、行业服务共享平台的基于燃气行业的综合性软件 PaaS 平台，旨在助力燃气行业的软件开发团队高效搭建行业应用，提高燃气行业技术资产的利用率和复用度，促进燃气行业的软件发展和技术创新。

平台融合了对服务端应用、管理后台应用、移

动应用、报表应用和大屏应用等低代码、配置化开发平台，以及用户体系服务、物联网设备接入服务、日志分析服务、服务治理服务、测试服务和 workflow 服务等应用服务平台，从底层框架的建立到上层复用组件的开发，利用轻量级的敏捷开发思路构建起一套完整的应用服务支撑体系。

在 2022 年，我司向全软件行业以共享开放的方式免费提供了 PaaS 平台服务，这一举措对整个燃气行业管理信息化的软件开发有极大的意义。

《智慧燃气》：对于城市燃气行业的未来发展有什么看法？

合众慧燃：当今世界，随着云大物移智链等新技术的出现，全球从信息化时代进入数字经济时代。数据作为一种新的重要生产资料，已经成为驱动全球经济发展日益重要的新动能。国家对数字经济发展越来越重视，提出建设数字中国，数字中国是新时代国家信息化发展的新战略。数据已经成为一种公认的资源，甚至是一种通用的新语言，重构着每

一个行业的模式和每个人的生活。

数字化的本质是把现实世界的问题重新描述成计算机能够处理的问题，对于城市燃气行业而言，数字化运营便是做到全要素量化感知，实时联网在线，智能分析处理。“以数据驱动”和“问题为导向”的预防性维护的运营，通过大数据与 AI 智能分析重构业务流程及管理范式，利用数字孪生体技术，针对管线、站场、调压柜箱、计量仪表和环境等，在数字孪生体平台上进行数据分析和模拟，最终以数字化技术助推管理范式迁移。

未来，城市燃气将不再是仅仅由我们现在理解的传统物理世界构成，而是由物理世界和数字世界共同组成的。因此，数字化转型是城市燃气发展增长的必经之路。同时，合众慧燃也将在未来的发展运营中，实现公司从燃气行业信息化、智能化的专家型综合服务提供商到燃气行业数据服务提供商的转变。



航天能源

上海航天能源股份有限公司隶属于中国航天科技集团有限公司第八研究院（上海航天技术研究院），是中国航天十大主推主抓民品企业之一，致力于将航天器的能源管理技术应用于清洁能源和绿色能源行业。公司投资控股上海飞奥燃气设备有限公司和上海航天智慧能源技术有限公司。

航天能源主要聚焦气态能源智慧运营领域领域，围绕燃气生产管理、管网安全管理、气量管理和负荷调度管理开展智能化管理系统开发和智能设备关键技术研究，业务领域主要涵盖智能气网、物联网仪表、PE管道（管件）等。在“十四五”规划深入实施阶段，《智慧燃气》有幸与航天能源做深度对话，探讨能源低碳转型之路。

《智慧燃气》：作为国内著名的智慧能源装备制造企业，航天能源是如何实现新技术与能源行业相融合？

航天能源：事实上，我们一直在不停的探索和创新。1995 年，我们携手意大利飞奥公司，以产品供应商的角色提供燃气采输设备（天然气减压站）切入了天然气能源赛道。通过采输设备、减压站设备等核心产品，为国内起步阶段的燃气行业带来了许多新的产品理念及运营标准。迄今为止，多达近 20 万台在营调压站，为城市燃气的高速发展奠定了坚实基础。

2005 年起，我们对业务方向进行了优化，成为分布式能源的开路先锋并大力推广“能源站”。能源站系统主要可应用于煤层气、生物质、畜牧粪污、垃圾处理发电领域，可以将天然气一部分高品质的化学能转换成电能，其余低品位的化学能用于采暖 / 生活热水 / 工业蒸汽或制冷，实现能量的梯级利用。截至目前，这种综合性的能源站标准化产品在国内外市场中还是唯一。

《智慧燃气》：燃气行业数字化转型是实现未来可持续发展的必经之路，航天能源在这方面做了哪些努力？

航天能源：燃气行业必须数字化转型、高质量

发展已成为共识。2008 年，我们开始智慧能源数字化布局，以数字赋能实现智慧化和低碳化发展。我们加速推进由“一表”（物联网仪表覆盖于整个城市中的站、箱、井、线、表这些数字化的物联终端）和“一平台”（管控平台）构成的“智能气网”。通过管控平台获得所有物联网终端数据，经过分析判断及相应的仿真支持、健康诊断，向相应的燃气公司告知风险点的存在并提供预警解决方案，实现地下管线精细化管理和智能化管控。

最近，由航天能源承建的港华燃气智慧运行平台（TOP）首家试点单位在中山港华成功上线。TOP 平台是国内燃气行业首个一体化设计的集团级综合生产系统云平台，平台以准确完备的管网、设备设施数据库为基础，依托地理信息系统（GIS）和物联网（IoT）、视联平台为能力底座，构建涵盖 GIS、设备物联、设施管理、视频聚合的一体化业务平台，并通过运维业务的移动化、图形图标可视化、数字化，实现数据融合、风险评估分析、隐患管理、综合研判决策、预警应急响应与高效联动处置等功能，提供强大的数据、模型分析展现能力，为深度数据挖掘和指导决策构建智慧运维及安全管理长效机制。

这个项目是我们和港华、百度、北京迅腾智科、武汉众智鸿图公司强强联合打造的标杆项目。后续，

我们还将进一步深化合作，围绕燃气安全和信息化系统所需的一体化管理模式，探讨出一套适合燃气行业发展所需的软件项目管理模式，为燃气行业的数字化转型创造更多价值。

《智慧燃气》：创新是引领发展的第一动力。近几年，航天能源在科技研发与创新工作方面有什么动作？

航天能源：我们始终秉承“保障城镇燃气安全运行”的理念，持续在物联网仪表终端产品发力。我们对物联网仪表终端产品的研发已有 10 多年的时间。去年，我们新研发了一款阀井智能气体探测装置（SG-TCU/SLD-UL），主要用于城镇燃气阀井、密闭空间内的甲烷气体浓度不间断监测和预警，采用了高性能激光气体传感器和微电脑技术，结合卓越的低功耗技术设计而成，具有节省电源、重复性

良好、使用寿命长、容易安装、维护简便、操作方便等优点。还有一款泄露监测型多通道数字控制器（SG-TCU/EDL-MD），主要适用于调压站（箱）压力、温度、差压、阀位监测和切断阀、门禁、泄漏等监测。其中，泄漏传感器采用了可调谐半导体激光吸收光谱式（TDLAS）气体传感器，不受水汽、灰尘、背景气体等影响，无零点漂移，不需要标定，可全量程测量，维护成本低；使用寿命长。

目前，我们还在探索绿色制氢，创新氢能发展模式，积极探索管道掺氢及加氢调压站等技术与产品，研讨氢能在电力、工业、交通、建筑等领域的应用，形成公司新的增长极。后续，我们将围绕“碳达峰”、“碳中和”等国家重点战略，布局 PEM 制氢、管道掺氢以及氢气增压等新能源技术，将科技创新与产业创新紧密结合，推动公司高质量发展。



雄安新区大规模综合管廊 燃气运行难点及智慧运行方式探讨

伍 飞（北京燃气集团河北雄安冀京燃气有限公司）

摘 要：为确保雄安新区“千年大计，国家大事”智慧未来之城顺利推进，雄安新区容东片区与高铁片区目前已建成超大规模综合管廊，其中燃气主干管道单舱纳入综合管廊，入廊燃气管线共计50余公里。在国内如此大规模燃气管廊建设应用尚属首次，是一次全新的探索和挑战，对于整个工程建设和运行要求及其严格。由于没有超大规模管廊管线的管理经验，对于如何有效开展管廊管线的运维，保证管线及人员的安全是一项非常严峻的任务。

本文以雄安新区综合管廊燃气舱为研究对象，根据燃气管廊特点及运行现状深入分析燃气管廊目前运行难点，开展综合管廊燃气管线智慧运行方式研究。通过配合搭载一套硬件系统及相应智能软件平台，实现燃气管廊内人员位置信息的实时采集和通信、巡检路线的记录、管道位移实时在线监测及安全状态监测报警等功能。通过初步探索智慧城市燃气管网运维系统以及无人机、机器人各种新产品、新技术的使用，实现科技智慧运维、近距离智控智慧运维方式，使燃气运维本质安全达到全方面质的提升。

关键词：雄安新区 综合管廊 燃气 智慧运行

1 概述

雄安新区综合管廊采用多层多舱结构，满足未来城市燃气、能源、电力、信息、物流等传输需求。其中燃气主干管道设立独立舱，位于最底层纳入综合管廊。雄安新区已建成容东片区和高铁站片区燃气管廊达 30 余公里，是中国大规模燃气管廊智慧

建设和应用的重要试点 [1-2]。

2 雄安新区燃气管廊（专属舱）特点

雄安新区燃气管廊为全国首次大规模建设应用，与各地燃气管廊有较大区别，以北京为例，主要参数对比如下：

地区	管廊名称	是否成环	入廊管线长度（公里）	管廊埋深范围（米）
北京	新机场管廊	否	3	1.0-6.5
	副中心管廊	否	3.6	2.5-10
	延庆世园会管廊	否	1.3	6.0-10.0
雄安	高铁片区	是	23	6.0-20.0
	容东片区	是	19	5.0-13.0

表1 北京与雄安新区（容东和高铁片区）燃气管廊特征对比

从上表可以看出，与北京现有管廊相比，雄安燃气管廊具有以下特点：

（1）入廊管线长：雄安综合管廊入廊燃气管线总长是北京的十余倍；

（2）管廊埋深较深：管廊层数多，舱室多，铺设方式多，呈并行、纵向铺设，燃气舱在最下层，最高埋深达 20 余米。

此外，管廊管线整体成环布置，管廊燃气管线型号多、压力级制多，压力涉及次高压，中压，管径有 DN400、DN300、DN200 多种规格。

3 雄安新区燃气管廊运行难点分析

目前雄安新区燃气管廊主要采用传统人工运维模式，通过运行人员携带四合一检测仪、激光检测仪及有限空间相关防护设备来对入廊管线、管线附件和配套的监控系统进行巡视、维护、检修和记录。每次入廊运行人员不少于 2 人，地面设专人进行监护，日常巡查周期每月不少于 1 次。日常巡查完成后填写燃气管廊运行日志，并与综合管廊管理单位共同签字确认。

尽管燃气管道并入到综合管廊内具有较大优势，主要包括：

- （1）优化城市布局，不受地质条件的限制，集约利用地下空间；
 - （2）可有效减少第三方破坏；
 - （3）可降低化学腐蚀风险，延长使用年限等。
- 但大规模燃气入廊也有其不可避免的缺陷和后续运营难题，主要包括：

（1）施工后容易出现的问题。一方面燃气管道受地下管廊沉降会产生变形，容易产生管道变形开裂，管道砖墩数量不足或砖墩质量问题易对燃气管道产生集中应力；另一方面，由于管廊埋藏较深，处于地下水位较浅的位置，若管廊进出舱口密封不严，易在管廊内部形成积水（地下水、管廊上部的渗水），管道在管廊内会产生锈蚀情况，且不易开展防腐层检测工作。

（2）管廊运维涉及大规模地下受限空间作业。人员运行过程易造成中毒、缺氧、窒息情况发生；

若遇到突发事件，逃生困难；管廊内部任何无线信号都无法传输到地面，长时间在管廊内作业，会影响作业人员的心理健康；运维作业时，所需携带的防护用品、运维工具较多，影响作业人员行动；受限空间作业难度大，维修时间长，安全作业风险高，施工保障措施也需进一步加强。

（3）管廊埋深较深（5-20m），上下管廊时属于危险作业（高空作业），容易摔伤，容易产生高空坠物。

（4）管廊发生泄漏时，在受限空间内容易引发着火、爆炸事故。管廊内双线燃气管线（次高压，中压）发生燃气泄漏时，第一时间无法准确识别漏气设施和漏气部位，泄漏燃气积聚浓度在密闭燃气舱内快速上升，极易形成易燃、爆炸环境。在管廊内发生爆炸的风险及爆炸造成的危害程度大大增加，泄漏的燃气还有可能会通过管廊的变形缝、施工缝和预制构件接缝等部位进入其他相邻舱室引发次生灾害。

（5）在地下综合管廊这种小断面空间内运维抢修，大型动力机械难以进入，管道运转、组装、焊接等施工效率较低，后续施工技改难度较大；管廊内空气流通性差，焊接产生的烟雾和粉尘对施工人员的伤害很大，吸入后可导致职业性尘肺等多种疾病；不利于多班组同时施工，且较地上施工采取更多的消防、施工环境监测等措施，廊内燃气设施开关断气复杂，增加了管道施工安装及抢修作业的难度。

（6）对于燃气管道大规模敷设在管廊内的长期安全运行经验尚不足，仍需完善科学运行管理制度，需在今后的实践中持续吸取国内外的成功运行经验。

4 雄安新区燃气综合管廊智慧运维方式探讨

现在仍然采用人工 + 监控的运营模式，国内暂未有先进智慧运行方式先例。基于雄安新区大规模长距离综合管廊特点和运行难题，为响应雄安新区数字化智慧城市建设，解决雄安新区燃气管线涉及大量入廊管线人为运维困难的问题，探索利用智能

手段开展运维工作的方法势在必行，可以考虑打造智慧能源运行平台来有效保障运行人员和管道设备安全。

智慧能源综合管理平台建设将充分利用物联网技术，运用大数据、云计算、移动互联网等新一代的高新科技技术 [3]，实现对燃气综合管廊设施进行物联网化改造，并统一接到综合能源管理平台进行集中监管。平台实时监测综合管廊环境、设施运行状态，提前感知管廊安全隐患，从而搭建本质安全、智慧综合安全管理体系，满足雄安新区数字化智慧城市建设需求。

针对目前存在可能发生的安全隐患，以及进一步强化在安全稳定工作中开展对突发事件应急处置能力，实现燃气管廊安全管理与可视化、数字化、智能化和精细化管理，可以考虑建设以下内容。

4.1 硬件系统

4.1.1 激光泄漏监测系统：

激光泄漏监测系统主机可以安装在调度数据中心，管廊监测区域、管廊连接处、焊接处只需安装布置多个光感终端（纯光学设备，无需供电，主要通过光纤将气体浓度信号传输至系统监控设备），实时监测管廊环境燃气浓度。通过网络及数据处理实现设备探测点报警、故障及恢复等的状态推送，实现多点、实时、连续的远程在线监测，也符合廊内安全防爆的措施要求。

4.1.2 燃气管道压力监测系统：

通过在管道连接处、管道末端、不利点安装无线压力传感器，实现对燃气管道压力实时监测。系统通过分析数据信息方式，快速发现系统异常及故障，为燃气管道检查、维护、保养带来巨大的帮助。可有效减少运维人员现场检查次数、降低工作强度。

4.1.3 水位监测系统：

在管廊低位、易积水处安装电子水尺，实时了解燃气管廊积水情况，快速发现异常隐患，避免因长时间积水导致管道生锈。

4.1.4 有毒气体监测系统：

在管廊均匀分布安装有有毒气体探测器，通过平

台、手机 APP 实时查看燃气管廊周围环境有毒气体浓度。做到危险提前预知，避险作业人员长时间井下工作造成人员中毒。

4.1.5 视频监控联动系统：

通过在监测区域、管道连接处、积水处等其它位置新建安防监控系统，实现综合管理平台报警信息与安防监控系统联动，实现统一可视化管理。

4.1.6 智能巡检系统：

利用物联网、互联网、云计算、无线射频等信息化技术对设施设备的日常维护管理工作进行监督。通过准确全面掌握设备设施的运行状态来实现自动监测和运行的高效数字化模式。

4.2 软件平台

4.2.1 物联网值守系统：

物联网值守系统主要是提供给值守角色一张图数据展示，可以从一张图直观了解到燃气管廊的整体数据，包含事件统计、告警展示、处置事件处置进度、过程及结果。实时展示燃气管廊的整体安全态势。

4.2.2 三维可视化：

采用三维可视化展示燃气管廊整体设施状态，通过大屏管理，人员实时了解燃气管廊的安全综合态势。通过设备标点，可在图中实时查看物联网设备安装位置，设备一旦告警，可直观了解报警位置，并查看报警设备状态。

4.2.3 大应急建设：

建设大应急体系，拓展地震地质、洪涝等自然灾害功能，实现危险提前预知，及时预警处置。从基础燃气管廊综合管理，向大应急的方向扩展。

4.2.4 应急预案：

平台可提前设置应急预案及三维应急预案，支持预案细分，根据不同层级绑定相应的处置预案。当燃气管道发生泄漏时，平台根据不同角色，下发相应的处置预案到每个工作人员的手机 app，系统支持预案语音播报，提示工作人员事故处置流程。整体提高了工作人员对危害的处置能力。

4.2.5 危害预警分析：

系统通过对各子系统业务数据分析、设备报警处置情况及燃气管廊历史事故统计，智能评估燃气管廊安全等级，预警研判管廊风险。

4.2.6 巡检管理：

巡检功能包含巡检管理和故障管理。巡检管理用于单位日常对管廊设施设备巡检工作管理，包含制定巡检计划、巡检任务处理、巡检记录查询。故障管理用于管廊故障、及设备故障的处理流程管理，包含故障上报和故障处理等功能。形成闭环处理机制，落实安全责任管理。

系统采用电子标签进行人员定位，自动形成巡检轨迹，及时查看巡检进度。

4.2.7 设备管理：

设备管理功能用于单位对燃气管廊设备的集中管理（添加或删除设备信息），实时查看管廊内设备运行状态（在线或离线设备状态），可分类筛选设备类型，查看设备报警统计。做到对设备的精准管理。

4.2.8 数据对接：

系统通过与燃气总部已建成的调度数据中心进行对接，同步已有数据信息，将已有燃气管廊数据信息上传，协助完善调度中心对下级单位整体安全态势评估。

4.2.9 手机 app：

手机 APP 配套智慧能源综合管理平台 web 端使用，APP 可获取管廊设备状态数据，并具备告警统计展示、分析，巡检功能管理、故障信息上报、设备信息管理等功能。

4.3 组网方式

为保证管廊数据安全，可采用本地部署的方式来实现对燃气管廊的整体设施状态感知。由于管廊设施均布在地下，为保证通讯正常，可采用防爆级 lora 组网的方式进行数据通讯。

4.4 系统优势

4.4.1 全方位感知：通过搭载智慧能源综合管理平台，实现对燃气管廊设施设备、管廊环境全方位感知，形成综合安全监管态势。

4.4.2 及时预警，快速响应：系统采用物联网加可视化建设，通过互联网消息推送，快速进行事故定位，实现事故及时处置，减少单位损失。

4.4.3 大应急扩展：通过建设大应急体系，提前感知地震地质、洪涝灾害等信息，做好自然灾害提前预警、处置，避免重大事故发生。

4.4.4 群防群治，牢筑防火墙：将单位管理人员、安全负责人、工作人员等统一纳入系统管理。同时通过手机 APP 实现全体参与，及时发现安全隐患，落实安全监督体系。

5 配合智慧运维系统方式示例探讨

在传统管廊运维方面，运维单位通过与管廊管理单位协同配合后，共同研究安全运维的方案，一般仍采用人员定周期方式对环境监测、燃气浓度、设备信息等数据信息进行采集。通过对燃气管廊进行全方位硬件及软件设备升级改造后，可考虑搭配新型科技产品进行前期试验，以满足精度报警，对位差、位移进行精度监测，预知管廊下沉，支墩位移，预判焊口开裂等突发情况，做到对管廊内部的实时监测。



图1 燃气管廊人工巡检模式

（1）使用无人机可以沿途对管廊内有毒有害气体进行检测，能精确识别除泄漏位置。可尝试探索使用隔爆型防爆无人机代替工作人员进入管廊危险区域进行危险有害因素辨识，提升运维效率，实现无人自动化巡检模式。



图2 防爆型防爆无人机（图片来源于网络）

(2) 通过建立管廊监控中心,推进轨道机器人、智能防爆巡检机器人检测,定制管廊运维单车等方式代替人工进行日常运维和泄漏检测,实现燃气管廊内氧气、泄漏气体、有毒有害气体和排风设备等无人监控管理,实现管廊环境与设备实时全方位无死角监控,提高管廊安全性,降低运维成本,实现无人化运行。



图3 轨道/巡检机器人检测（图片来源于网络）

(3) 智能运维方案需考虑的问题。

- ①管廊内环境复杂,地下空间狭小,密闭空间,无人机如何精确定位,按既定轨迹飞行是一个挑战。
- ②地下管廊由于信号传输问题,无法通信,需要在长距离管廊中沿途布置信号点。
- ③受限于管廊地形因素,对综合管廊巡检机器人运维整个管道及其成本问题还需要进一步思考。
- ④在国内,采用无人机巡检智慧运行方式目前暂没有可借鉴的成功案例,缺乏相关的实践经验,

但轨道、爬行巡检机器人目前在电力、石油石化等行业已有小范围应用,基本具备跨越小幅度沟壑、台阶等越障功能,具备一定的先期试用条件。

⑤雄安新区在试用智能运维方案时应提前考虑谋划管廊出现紧急状况时如何做好应急处置,确保安全稳定供气,断气条件下如何进行管廊管道维修,防止次生灾害等一系列问题。运营单位需要与规划单位相互配合,在规划设计阶段便要进行全面深入参与进去,将智慧运营理念先行植入到规划和设计之中。

6 结论

雄安新区燃气工程特点是管廊长,情况复杂,若出现燃气泄漏等安全事故,不仅会影响燃气的供应,大面积停气,危及人员安全,还有可能造成综合管廊的坍塌以及其他管线的破坏,对于片区内管廊燃气可持续运行造成不可估量的损失。本文通过对雄安新区综合管廊燃气舱特点对燃气管廊运维方式进行分析,建立了针对雄安管廊的运维思路,提出一套针对综合管理中燃气管理的硬件系统和软件平台,提出智能管道机器人和防爆无人机智能巡检两种试验性方式。下一步,根据《河北雄安新区容东片区控制性详细规划》及启动区、起步区、容西、容东等片区控制性详细规划,在综合管廊运维方面,雄安新区将实现实体综合管廊和数字综合管廊同步规划建设,统一建设综合管廊智能运维管理系统,来实现新区智慧管廊的智能监控和运维管理。通过打造全国燃气管廊“雄安样板”,为推进雄安“数字城市”进程贡献力量。

参考文献

[1] 陈志伟,刘晓蕾. 浅谈燃气智慧管网技术在雄安新区的应用 [J]. 科学与信息化, 2020 (29):2.

[2] 王凤兵,王岩,王志明. 雄安新区多层综合管廊施工技术 [C]// 第26届华东六省一市土木建筑工程建造技术交流会.

[3] 赵欣,吴喻西. 城市综合管廊智能化管理系统建设方案研究 [J]. 智能建筑, 2021 (12):3.

燃气行业工业互联网安全防护体系建设的探究与实践

刘攀, 张静(深圳市燃气集团股份有限公司信息中心)

摘要: 分析燃气行业工业互联网安全现状,梳理行业典型工业互联网安全问题,探究行业工业互联网安全综合防护体系建设思路,对深圳燃气工业互联网安全防护体系建设实践进行归纳总结。

关键词: 关键信息基础设施 网络安全法 纵深防御 监测预警 安全接入 自主可控

1 概述

随着两化融合的深入开展,特别是“互联网+”、“中国制造 2025”等国家战略的提出,网络空间的边界向关键基础设施领域不断延展,工业互联网正面临着严重的网络安全威胁。国家非常重视网络安全,相继出台《网络安全法》[1-2]、《数据安全法》[3]、《关键信息基础设施安全保护条例》[4]、《工业控制系统信息安全防护指南》[5]、《等保 2.0》[6] 等,要求对燃气等关系国计民生的关键信息基础设施行业进行重点保护。

燃气工业互联网作为典型的传统网络、工控网络和物联网的融合体,涉及国计民生,属于国家关键信息基础设施,目前燃气行业普遍尚未建立完备的网络安全综合防护体系,网络安全保障能力相对薄弱,安全事件应急处置能力相对较差,亟需进一步加强网络安全防护能力建设。

基于目前工业互联网安全形势和国家法律法规要求,结合燃气行业工业互联网安全实际防护需求,深圳燃气率先在燃气行业开展了工业互联网安全防护体系建设。2019 年 4 月,深圳燃气与工信部网络安全产业发展中心签订了部企战略合作协议,三年来完成开发具有自主知识产权的 SCADA 安全防护系统、NB-IoT 智能燃气表安全接入系统、基于国密技术的安全通信模组、国产安全 PLC 和 RTU 等,做到燃气工控系统的内生安全,建成了国内首家燃气行

业工控安全实验室并被授予工信部重点实验室燃气行业分实验室,搭建了面向燃气行业的网络安全综合防护平台,申请了 20 余项专利等知识产权。目前已经基本形成了相对完备的面向燃气行业的工业互联网安全综合防护体系。

2 燃气行业工业互联网安全现状

2.1 国内外工业互联网安全形势

近几年的网络安全事件表明,水、电、气、热等工控行业已经成为黑客攻击的主要对象,工控网络越来越容易遭受攻击,物理隔离并不能完全杜绝工控安全事件的发生。特别是 2021 年 5 月,美国最大的燃油运输管道商受勒索软件攻击被迫暂停输送业务,对美国燃油供应造成了严重影响。这也再次对油气管道运输的信息安全提出了警示。如何保障网络与信息安全,已成为燃气行业长效、安全发展的关键问题。如图 1 所示。

在国家法律法规及相关政策方面,《网络安全法》[1-2]、《数据安全法》[3] 等法规陆续颁布,工信部根据国务院印发《关于发展工业互联网的指导意见》,于 2018 年 6 月、2020 年 12 月印发了两个 3 年期的《工业互联网发展行动计划》,扶持我国工业互联网建设,工业互联网安全建设是行动计划的重要组成部分。



图1 近年来国内外主要工业互联网安全事件

在新技术发展层面，随着计算机技术、网络技术和通信技术在燃气行业的深入应用，使得系统面临着网络嗅探、边界渗透、病毒入侵、数据篡改和泄露等越来越多的安全威胁，加之攻击技术手段日新月异，燃气调度网络面临的安全威胁形势日趋严峻，安全风险日益突出。

2.2 燃气行业工业互联网典型安全问题

(1) 缺乏工业互联网安全防护体系建设

尚未开展或还未完善针对燃气工业互联网安全防护体系建设，当前所采用的仍然是传统的针对IT系统的安全防护理论与防护体系，这在面对工控网络和物联网安全防护特殊要求面前显得力不从心。包括人员岗位、安全制度、技术手段、应急预案、攻防演练、技能培训等方面都需要加强。

(2) 缺乏工业互联网分区分域防护机制

缺少足够强度的安全分区、分域技术手段以确保大区之间的隔离、内部的安全域划分，在攻击发生时无法有效避免攻击效果的“蔓延”。

(3) 缺乏工控安全监测审计手段

缺少内部的网络流量、数据库、运维操作、系统日志等监测与审计手段，一旦发生安全事件，工控系统安全责任人很难判断事件对生产造成的影响，以及事件的危害范围，事故溯源能力非常薄弱。

(4) 缺乏工控主机安全防御机制

大多数燃气业务门站、调压站的工程师站、操作站、HMI都是基于Windows平台运行的，为保证控制系统的相对独立性和稳定运行，通常不会对Windows系统安装任何补丁，存在被攻击的可能。近年来勒索病毒已经造成了多起重大工控安全事件。另外，外设接入、违规外连互联网、远程运维

等都会造成对防护体系的破坏。

(5) 缺乏工控安全漏洞分析能力

两化融合和物联网的快速发展使TCP/IP、Modbus、OPC等协议广泛应用在工控网络中，随之而来的通信协议漏洞问题也日益突出。同时，工控私有协议大量被破解，安全隐患也越来越大。因此确保使用通讯协议的工控系统的安全性和可靠性给工程师带来了极大的挑战。

(6) 缺乏针对国外产品的防护手段

燃气行业工控网络目前大量采用了国外品牌的控制器或数据采集设备，如德国西门子S7系列PLC、美国Sixnet RTU等，这些设备都是专用设备，在设计之初主要强调对功能、性能的要求，没有考虑自身的安全防护，加之我们没有自主知识产权，无法进行快速的加固处理，导致安全漏洞难于发现、安全防护难度加大。

(7) 缺乏控制指令的通信保密措施

燃气行业调度中心与场站之间往往基于Modbus等协议进行明文通信，数据的采集尤其是调压等指令的下发缺少纵向数据加密措施，容易被攻击者篡改造成严重问题。

(8) 缺乏关键数据的备份恢复机制

重要系统、关键数据、组态程序、文档等备份恢复机制不完善，将会导致快速恢复机制减弱，无法及时应对出现的安全事故。

(9) 缺乏关键岗位的安全运维人员

关键生产岗位人员的工控安全意识还比较薄弱，真正懂网络或信息安全的人员缺乏，也缺少针对网络安全的应急预案和日常演练，无法在安全事件发生时做出正确而快速的响应。

(10) 缺乏针对新兴智慧化应用的安全防护

近年来大量新兴智慧化技术应用到燃气行业，包括大数据、云计算、移动互联网、区块链、人工智能、5G、NB-IoT等，但是主要还是考虑应用的快速验证和推广，并未考虑因为这些技术的使用给行业的网络安全防护带来的严峻挑战。

3 燃气行业工业互联网安全建设思路

3.1 建设安全管理体系

制度引领，做好顶层设计，明确保护等级，信息化与自主安全保护同步建设，确保合法合规。组织架构方面建立网络安全人员组织架构，明确责任；制度方面，梳理完善网络安全相关制度，做到合法合规。如图2所示。



图2 燃气行业工业互联网安全管理体系建设思路

3.2 建设安全自评机制

通过建设燃气企业统一的测评加固机制：具备网络安全自评、自加固能力；负责对企业整体工业互联网进行事前的、定期的安全测评，发现漏洞和攻击路径，进行漏洞修补和系统加固；涵盖信息网、物联网、工控网、大数据中心等；要具备对工控、物联网未知漏洞的挖掘能力。如图3所示。



图3 燃气行业工业互联网安全测评体系

3.3 建设安全防护体系

针对燃气行业智慧化发展过程中出现的典型安全问题，尤其是大量新型技术和应用如5G、NB-IoT智能燃气表等投入使用所带来的安全威胁，基于燃气工控、物联网等网络特点，构建“合规测评、应急演练、纵深防御、安全接入、数据保护、统一管理、国产替代”的总体安全防护体系，建设燃气工业互联网安全综合防护平台，并基于国产安全PLC、RTU等产品实现燃气行业的国产化替代，做到“内生安全”。平台可实现和国家工业互联网安全态势感知与风险预警等平台对接，获取最新的安全威胁情报，上报燃气行业安全事件。

通过本套安全防护体系的实施，燃气企业将建

成网络安全综合防护能力，覆盖燃气行业网络安全各方面，可大幅提升行业工业互联网安全防护水平，解决燃气企业智慧化进程中的网络安全问题，推动NB-IoT智能燃气表等新型技术的应用，推进国产自主可控燃气行业控制系统的替换应用工作，避免“断供”风险，促进企业的转型升级，提升我国城市基础设施网络安全水平，大力支持国家“十四五”安全发展，产生巨大的社会和经济效益。如图4所示。



图4 燃气工业互联网安全综合防护平台功能架构图

3.4 建设安全人员培养环境

搭建工业互联网安全仿真、测评与培训平台，构建虚实结合的燃气行业典型业务场景，服务于安全研究、安全评测、应急演练等工作，开展安全人员培训和网络安全技能竞赛等，为工业互联网安全人才提供培养服务。

4 深圳燃气工业互联网安全建设实践

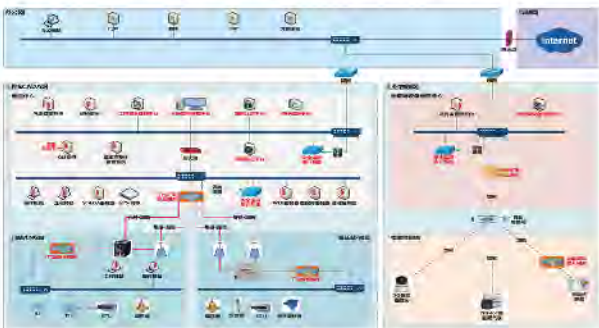


图5 深圳燃气工业互联网网络安全纵深防御方案

如图5所示，深圳燃气按照“完善网络安全综

合管理机制，增强网络维护人员安全意识，提高网络安全隐患发现能力，提高网络安全威胁防护能力，提高网络安全应急处置能力”的思路，设计“分区分域、边界防护、监测预警、终端管控、安全接入、统一认证、数据保护、态势感知”[7-8]的三十二字网络安全纵深防御方案，目前已形成了事前安全检测预防、事中安全监测告警、事后快速应急处置于一体的全生命周期工业互联网安全防护能力。

4.1 分区分域

对工业互联网进行分区分域管理，划分为信息网、工控网、物联网等大的安全区，其中工控网大区中又可以根据职能和地理位置分为不同的安全域，如调度中心安全域、场站安全域。对网络进行安全区、安全域的划分是为了减少在攻击发生的时候向其他区域的效果蔓延，尽可能减少损失。如图6所示。

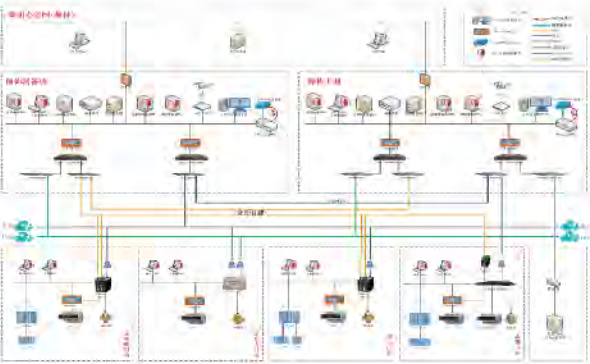


图6 深圳燃气工业互联网分区分域架构图

4.2 边界防护



图7 在深圳燃气的场站实地运行的工业安全网关

如图7所示，合理划分了安全区域之后，在大

区边界应该部署工控网闸类型的物理隔离设备，在大区内部安全域边界应该部署工控安全网关（或工控防火墙）类型的逻辑隔离设备，做好边界的安全防护。比如，针对工控网络的边界防护，深圳燃气采用的是在调度中心侧部署工控汇聚安全网关，在场站侧部署场站工控安全网关的方式。这里的工控安全网关是由深圳燃气自主研发的一款专门针对工业控制系统的安全网关，支持OPC、MODBUS、MMS、DNP3、S7、Profinet等插件以对工控协议进行深度报文检测并阻断不合规数据通讯，是真正意义上的工控协议防火墙。同时，也具备ARP等网络攻击防护、工业特种病毒木马防护、国密安全通信等插件以应对网络攻击、工控病毒、特种木马、数据篡改等多种安全威胁，为工控系统提供定制化的边界防护手段。目前该网关已覆盖深圳燃气主、备调度中心和数十个场站及阀室，通过了实战检验。

4.3 监测预警

在调度中心、物联网安全接入边界、门站等大型场站的关键网络节点进行网络流量、数据库操作、运维行为等的监测与审计，实时发现非可信设备接入、异常操作行为和网络安全攻击等，发现勒索病毒传播等安全事件，并做好原始审计数据的长时间留存，做到事中的及时告警，事后的溯源分析和取证，甚至事前的安全预警。安全监测预警与审计机制一方面可以从技术层面发现各种异常行为或安全事件，另一方面也是对管理制度的一种技术实现或监督，除了可以及时了解整个网络的安全态势，还可对相关操作人员起到一定的威慑作用。如图8所示。



图8 在深圳燃气的场站实地运行的安全监测系统

4.4 终端管控

在操作员站、工程师站、现场HMI、服务器（包括Linux服务器）等安装主机安全管控软件，监测随意的U盘插拔、文件拷贝、无线上网等违规事件。并对维护终端接入工控网络进行实时监控，对于数据的拷贝采用安全U盘方式进行。从而在主机侧实现对安全事件的及时告警甚至预警，对违规行为进行阻断或管控，确保工控主机全生命周期的安全运行。如图9所示。



图9 深圳燃气自主研发的工控主机防护软件

4.5 安全接入

在NB-IoT智能燃气表通信模组中内置国密硬件加密芯片，实现了对物联网终端设备的身份认证和数据加密传输，解决了燃气智慧化终端的安全接入问题，并实现了低功耗、长时间续航运行。自研的燃气物联网安全通信模组，基于国产化器件实现自主可控，可有效解决“卡脖子”问题。自主研发的安全接入网关，支持GPRS、3G、4G、5G、NB-IoT、北斗短报文等各类网络通道。依托相关研究成果，于2021年1月开始生产并接入了1300只安全智能表，通信成功率为100%。如图10所示。



图10 深圳燃气自主研发的安全网关与安全模组

4.6 统一认证

基于国密算法与国密证书建立统一认证平台，满足用户对加强内部运维安全日益迫切的需要，支持对企业运维人员进行统一身份认证、统一授权、

统一审计、统一监控，消除传统运维过程中的盲区，实现运维简单化、操作可控化、过程可视化。如图11所示。



图11 深圳燃气自主研发的终端统一认证方案

4.7 数据保护

在燃气行业，调度中心和门站、LNG站、调压站之间往往有几十公里的遥远距离，其目前使用的还是明文Modbus TCP协议传输方式，数据通信的安全性和可靠性无法得到保障。深圳燃气创新性提出基于工控安全网关系统的燃气专用协议纵向加密解决方案，在调度中心和场站边界的工控安全网关中，基于国密算法的PKI身份认证和加解密传输机制，建立了安全可靠的数据传输通道，可保障燃气调度管理数据的加密传输，避免了数据的被篡改、丢失和信息泄密等风险。目前该方案已经在深燃阀室开展了数月的技术测试，表现良好。如图12所示。



图12 深圳燃气工业互联网数据保护方案

4.8 态势感知

深圳燃气通过建设工控安全管理平台、物联网安全管理平台、数据安全平台与全网态势感知与预警平台实现对各种安全防护产品的集中管控、统一资产管理、设备监控、日志采集、安全分析、策略下发等，提高安全事件响应速度与安全可视化

感知能力，更加主动、弹性地去应对新型复杂的网络威胁和未知多变的安全风险，实现了对安全事件的事前预警、事中处置和事后回溯，帮助企业从全局上把握整体网络安全态势，建设网络安全管理闭环。如图13所示。



图 13 深圳燃气工业互联网安全态势感知平台

4.9 工业控制设备自主可控

深圳燃气与工信部网安中心合作研发了具有自主知识产权的、基于国产芯片和国密算法的、面向燃气行业的新一代智能安全PLC和RTU产品，用以替换目前大量使用的进口控制和采集设备，实现完全的国产自主可控，真正做到端到端安全，从本质上提升燃气行业控制设备的自主性和安全性，可以有效避免“断供”风险。目前，自研PLC和RTU已经通过权威机构的第三方测评认证，并且在深圳燃气的调压站等场站运行超2年时间，效果良好。如图14所示。



图 14 在深圳燃气场站实地运行的 PLC 和 RTU

4.10 建成行业首家工控安全实验室

深圳燃气与工信部网安中心合作建成了燃气行业首家工控安全实验室，目前已经成为工信部重点实验室的燃气行业分实验室。实验室引入虚实结合的工业互联网仿真环境和工业互联网安全研究工具/平台，从设备安全、控制安全、网络安全、数据安全和应用安全角度建设安全研究能力，可以模拟各种网络攻击，承担燃气场景仿真、攻防演练、人员培训、测评认证等职责。如图15所示。



图 15 深圳燃气工控安全实验室环境

5 燃气行业工业互联网安全建设效益分析

5.1 经济效益分析

燃气作为典型的关键信息基础设施行业，其综合安全防护能力的提升，可以很大程度提升国家整体关键信息基础设施的保护能力，为燃气生产正常运营网络提供强有力的安全保障，极大减免燃气生产、运营各环节安全事故的发生，避免对国家、人民和企业造成大的经济损失，具有极大的经济效益。以全国200个城市、每个城市投资2500万计算，全国燃气行业工业互联网安全市场容量将达到50亿元。

5.2 社会效益分析

燃气行业安全防护体系的建立将有助于燃气企业符合国家和行业的各项法律法规，可增强燃气企业的高效、稳定运行的能力，有效避免网络安全攻击事件对人民生活造成的影响。此外，有助于解决智慧燃气在发展过程中引入的新型技术和应用的安全使用问题，这些安全的、创新的物联网技术在城市燃气的应用，极大提高了用户服务水平和人民生活满意度。

6 结语

在目前燃气行业智慧化的大背景下，燃气工业互联网安全建设是一项系统工程，燃气企业应做好工业互联网安全的顶层设计，明确清晰的组织架构，制定详细的管理制度，构建成熟的安全监管体系，在企业内部形成具有包容性的建设环境。在具

体建设上，应符合国家自主创新方向，利用国内自主创新的优势安全产品，规避“断供”风险。同时，企业应积极培养内部工业互联网安全技术与管理人才，建成内部安全技术支撑体系。

目前，国内燃气企业开始逐渐重视工业互联网安全的建设，重庆燃气、深圳燃气、国内一些网络安全设备厂商提出了针对燃气行业的工控安全防护方案，相对来说深圳燃气的方案比较完整，值得行业企业借鉴。深圳燃气经过多年的工业互联网安全建设，积累了丰富的科技创新和实践经验，培养了一批行业技术专家，现阶段的技术水平和人才储备情况，基本具备了对外开展技术输出和产品商业化的能力，可以开展对外市场化的技术、产品输出、科技成果转化与服务。

参考文献

[1] 中华人民共和国，中华人民共和国网络安全法，2017年6月1日。
[2] 国家互联网信息办公室，关于修改《中华人民共和国网络安全法》的决定（征求意见稿），2022年9月12日。
[3] 中华人民共和国，中华人民共和国数据安全法，2017年6月1日。
[4] 中华人民共和国国务院，关键信息基础设施安全保护条例，2021年9月1日。
[5] 工业和信息化部，工业控制系统信息安全

全防护指南，2016年10月17日。
[6] 公安部，《网络安全等级保护基本要求》2.0版本（GB/T 22239-2019）公安部，2019年12月1日。
[7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会，《电力监控系统安全防护规定》（14号令），2014年9月1日。
[8] 国家能源局，《关于印发电力监控系统安全防护总体方案等安全防护方案和评估规范的通知》（国能安全〔2015〕36号文），2015年2月4日。

燃气一网统管

“全国一张网”背景大事记

- 2019年3月19日，中央全面深化改革委员会第七次会议审议通过了《石油天然气管网运营机制改革实施意见》，针对我国天然气管网建设和市场化改革的规划，明确提出“地方管网以市场化方式融入国家管网公司”，即正式提出城市燃气“一张网”；
- 2019年12月，国家石油天然气管网集团有限公司已于在北京成立；
- 2020年9月24日，广东省政府与国家官网公司签订了《关于广东省天然气管网体制改革战略合作协议》，广东省天然气骨干管网是首个以市场化方式融入国家管网的省级天然气管网；
- 2020年9月30日，国家管网正式接管了三大石油公司的主干油气管道等资产，开始独立运营，这是国家油气管网改革的第一步，也是全国一张网关键一步；
- 2020年10月-2021年12月，海南、湖北、湖南、福建、甘肃五家代表性省管网企业正式划转并入国家管网；
- 海南：2020年10月1日，海南省天然气管网正式划转至国家管网并成立海南省管网公司；
- 湖北：2020年10月28日，湖北能源集团股份有限公司董事会审议通过了《关于湖北省天然气发展有限公司分立重组的方案》，将公司管输与销售业务分离，分离后的管输公司中中石化参股部分，将划转（出售）给国家管网公司；
- 湖南：2021年1月26日，国家管网集团与湖南省政府签署了《关于天然气管网战略合作协议》，这是又一个以市场化方式融入国家管网集团的省级天然气管网，“省网”融入工作取得新成效。
- 福建：2021年4月25日，国家管网集团与福建省政府在福州签署了《深化天然气管网发展改革合作协议》，标志着构建“全国一张网”工作取得新

进展

- 甘肃：2021年12月30日，国家管网集团甘肃省天然气管网有限公司揭牌仪式在兰州举行；
- 2021年8月21日，国家能源局石油天然气司等部门发布《中国天然气发展报告（2021）》，介绍了天然气“全国一张网”骨架初步形成，主干管网已覆盖除西藏外全部省份，京津冀及周边、中南部地区天然气供应能力进一步提升，有效保障华北、长三角、东南沿海等重点区域天然气供应。我国天然气多元供应体系持续完善，“全国一张网”基本成型。
- 2022年7月12日，国家管网与浙能集团双方合资成立国家管网集团浙江省天然气管网有限公司，作为浙江省天然气管网的唯一建设运营主体。至此，天然气管网“全国一张网”建设又迈出重要一步，标志着国家管网融合省级管网取得重要突破。
- 2022年7月-9月，浙江、安徽、辽宁等省份也已明确提出了“全省一张网”“县县通”“镇镇通”等管网建设方案。

“全国一张网”战略意义

城镇燃气“全国一张网”是实现国家燃气管网高效集输的必要条件，以“全国一张网”为纽带的油气生产运行新机制，将形成保障国家能源安全的常态化和长效化机制。这种机制不但充分结合三大石油公司资源供应和管输计划，也可实时监测全国天然气供需情况，统筹做好产运供储销各环节衔接，及时将天然气资源调度到最需要的地方。在这样的统一模式下，将来我国石油天然气管网系统还将逐步推进智能化、数字化管理，构建开放服务及交易平台，形成精准、快速、全面、立体的资源流通监管大数据体系。

一是有利于形成上游油气资源多主体多渠道供应、中间统一管网高效集输、下游销售市场充分竞争的“X+1+X”油气市场体系；二是有利于天然气

管网互联互通消除输送瓶颈，增强调峰和应急保供能力，保障国家能源安全；三是有利于打破原有的供输销一体化模式，提供全社会共享的公用平台，引入市场化竞争机制；四是有利于推动上下游市场主体做多，从而促进上游勘探开发充分开放，下游销售环节充分竞争，激发上下游活力，形成市场化价格，降低全社会用气成本；五是有利于优化管输路径，提高资源配置效率，提升整个天然气产业的效率 and 生产力。

省内市县城市燃气“一张网”推进

燃气涉及千家万户，燃气的安全稳定供应是行业管理的重中之重，国际上成熟的燃气经营模式，普遍采取“一城一网”的燃气供应格局。省级管网是“全国一张网”的重要组成部分，是实现中间统一管网高效集输的必要条件。没有省网融入，不能真正形成上游油气资源多主体多渠道供应、中间统一管网高效集输、下游销售市场充分竞争的“X+1+X”油气市场体系。从长远来看，此项布局有利于天然气管网互联互通消除输送瓶颈，增强调峰和应急保供能力，保障国家能源安全；有利于打破原有的供输销一体化模式，提供全社会共享的公用平台，引入市场化竞争机制；有利于推动上下游市场主体做多，从而促进上游勘探开发充分开放，下游销售环节充分竞争，激发上下游活力，形成市

场化价格，降低全社会用气成本；有利于优化管输路径，提高资源配置效率，提升整个天然气产业的效率 and 生产力。

目前，省管网在“全国一张网”大背景下基本形成了“一张网”，各省内推动市县城市燃气“一张网”势在必行，也如火如荼。以大连市为例，大连市区内现有27家燃气企业，其中私营燃气企业13家，市场占有率为48.15%，这些企业对抗风险能力较弱。燃气市场“一张网”可以实现统一气源规划和调配，避免管网设施重复建设，提升行业管控能力，实现一域一价。同时，不仅可以提高燃气整体安全管控能力、提升供气品质，也能促进我市燃气市场平稳健康发展。

小结

目前“全国一张网”基本成型。我国天然气产供储销体系建设已取得阶段性成效，4大进口战略通道全面建成，国内管网骨架基本形成，干线管道互联互通基本实现。下一步，将充分利用国内、国际两个市场，坚持立足国内，持续提升国内气田增产增供水平，增强多元化进口能力。同时，引导全社会提高节能意识，积极倡导节约用气，推动高峰期有序用气，多措并举保障我国天然气稳定供应，为全球天然气市场平稳运行贡献力量。



液氢产业发展现状分析

■ 佛燃能源集团股份有限公司业务总监 冯少广

一、国内外液氢产业链发展现状

液氢是通过预冷和膨胀节流等工艺，把氢气降温到-253℃从而变成液体，密度可达普通氢气的780倍，使得氢可以高效地储存和运输。氢与液氧组成的双组元低温液体推进剂的能量极高，已广泛用于发射通讯卫星，宇宙飞船和航天飞机等运载火箭中；同时，液氢还用于微电子、食品、化工等行业。一是液氢的储运高效和经济性优势。液态氢温度低达-253℃，储氢密度高达 71g/L，相同有效装载容积下液氢罐的重量比各类型的高压储氢装备轻巧，更适合远距离运输，具有更高的运输效率和更低的运输费用；氢液化的能耗比氢压缩的能耗高十倍，但随着用氢规模增大，液氢能耗会逐渐降低；且在超过200km运输半径后，液氢运输成本亦低于气氢，因此在大规模用氢和远距离运输情况下，液氢比高压氢具有更好的经济性。二是液氢加氢站低成本扩容优势。液氢储罐占地面积小及高效储氢能力，200kg/d的液氢加氢站最大可扩容至2000kg/d的加氢能力，只需增加液氢泵、高压汽化器等辅助设备；同时，采用液氢泵增压能耗只有高压压缩机能耗的一半。目前，全球约400多座加氢站中，液氢储氢型加氢站占比接近40%，主要集中在美国、欧洲、日本。日本已建成的加氢站中约一半是液氢加氢站。三是液氢是公认的可以大规模获得超纯氢的先进技术。超纯氢在电子工业、冶金工业、石油炼化等行业应用广泛。氢的液化过程中杂质被固化，LH2纯度>99.999%，液氢再气化使用，纯度可提高至6~7N，能满足各种纯氢用户大规模使用。对于氢燃料电池，其性能和寿命受CO等杂质含量影响很大，氢的液化过程中杂质被固化，液氢的方式能很好保障燃料电池所需超纯氢的品质，保障燃料电池寿命。液氢产业链以其潜在巨大的成本优势和技术成熟度，将成为未来燃料电池汽车领域发展的最终形态，更将改变高纯氢市场的产业结构，成为广

义氢能市场的首选。

液氢产业链由制氢、液化、储运和液氢加氢站组成，通过大型低温装备实现氢能从一次能源向目标市场的转移，最终以液氢或高压氢组合形式应用于燃料电池汽车领域，其具体构成如下图所示。



图1 液氢产业链构成

目前，在欧、美、日等地区和国家，液氢技术的发展已经相对成熟，液氢储运等环节已进入规模化应用阶段。在液氢产能方面，为了满足高端制造、冶金、能源、电子和航空航天等领域不断增长的需求，全球已有30余座液氢工厂（如表1所示），总液氢产能超过455t/d，其中北美产能占全球液氢产能总量的85%以上，拥有超过20套液氢制取装置，总生产能力约400t/d，居全球首位；欧洲拥有4套液氢制取装置，总生产能力约20t/d；日本拥有超过5套液氢制取装置，总生产能力约30t/d；中国拥有超过4套液氢制取装置，总生产能力约7.5t/d。此外，美国不仅拥有全球最大的液氢市场，同时也拥有全球最多的液氢储氢型加氢站，而2019年日本川崎重工液氢运输船的下水和2020年神户港液氢海上接收站的即将启用，也预示着液氢国际贸易的新篇章。

我国由于液氢技术仍处于起步阶段，氢液化系统核心设备仍然依赖进口，主要应用于航天领域，且产能较低、成本过高，民用领域应用仍处于空白状态。当前，在中科院理化所等相关科研机构的推动下，我国已基本掌握了氢制冷机循环预冷型大型氢液化器设计制造关键技术，目前已研制出1.5t/d的液氢制取装备，但是单套大于5t/d的仍处于空白。未来，我国将加快完善相关标准法规，推动液氢产业民用、商用化进程转变。

洲/国家	位置	经营者	生产能力/(t/d)	年份	当前是否运行
美洲					
加拿大	萨尼亚	Air Products	30	1982	是
	蒙特利尔	Air Liquide Canada Inc	10	1986	是
	贝康库尔	Air Liquide	12	1988	是
	魁北克	BOC	15	1989	是
	蒙特利尔	BOC	14	1990	是
法属圭亚那	库鲁	Air Liquide	5	1990	是
美国	佩恩斯维尔	Air Products	3	1957	否
	西棕榈滩	Air Products	3.2	1957	否
	西棕榈滩	Air Products	27	1959	否
	密西西比	Air Products	20	1960	否
	安大略	Praxair	20	1962	是
	萨克拉曼多	Union Carbide, Linde Div.	54	1964	否
	新奥尔良	Air Products	34	1977	是
	新奥尔良	Air Products	34	1978	是
	尼亚加拉	Praxair	18	1981	是
	萨克拉门托	Air Products	6	1986	是
	尼亚加拉	Praxair	18	1989	是
	佩斯	Air Products	30	1994	是
	麦金托什	Praxair	24	1995	是
	东芝加哥	Praxair	30	1997	是
欧洲					
法国	里尔	Air Liquide	10	1987	是
德国	英格尔斯塔特	Linde	4.4	1991	是
德国	洛伊纳	Linde	5	2008	是
荷兰	罗森堡	Air Products	5	1987	是
亚洲					
印度	马亨德拉山	ISRO	0.3	1992	是
	—	Asiatic Oxygen	1.2	—	是
	Saggonda	Andhra Sugars	1.2	2004	是
日本	尼崎	Iwatani	1.2	1978	是

表1 全球部分液氢生产装置现状

二、液氢产业标准与安全性分析

（一）液氢装备的制造标准

氢能产业的有序健康发展离不开标准的支撑，各国在大力支持技术开发利用之外，更积极介入技术规范和标准的制定，以求最大程度地影响未来产业的准入门槛。美国、欧盟、日本等发达国家非常注重技术与标准的协调发展，同时加强国际法规和标准的协调合作。目前，美国、欧洲、日本对液氢储存容器的性能、液氢加氢站及相关设备、液氢产品品质的控制检测、液氢燃料电池等进行深入的研究，形成了比较规范的标准和法规。全球现行民用液氢标准22项，其中美国12项，俄罗斯3项，ISO、韩国、丹麦各2项，英国1项。

（二）液氢产业的安全性标准

氢能的安全性是社会各领域关注的重点。国际国内应用实践证明，液氢和气态氢的安全性相似，只要认真执行标准规范的规定要求，正确设置安全设施，全面遵守安全操作规程，大规模工业应用是可以做到安全可控的；液氢的危险性并不比高压氢气及液化天然气的危险性高，从试验与分析的结果来看，甚至更偏安全。用氢安全知识的普及，有助于消除主管部门和公众对用氢安全的担忧，从而促进氢能产业的发展。

在液氢应用过程中，要多方面考虑以保障其安全性。一是液氢在-253℃下储存和运输，储罐、管系、设备等除了需要抵抗氢脆外，尚需具有耐受超低温的能力；二是要考虑温度变化带来的材料膨胀和收缩，如储罐、管系的设计应考虑从室温变化到液氢、温差将近300℃；三是未经加热的液氢蒸发气（BOG）温度约为-150℃，低温的气体也会对非耐低温材料造成伤害，所以一些气相管路也应采用耐低温材料建造。

在氢能产业质量控制方面，日本、美国、欧盟、加拿大等国均建立了能基本满足氢能发展需要的氢安全检测研究基地，如日本福岡氢试验和研究中心（HyTReC）、欧盟联合研究中心（JRC）及美国可再生能源国家实验室（NREL）等，具备了氢与

材料相容性、疲劳、火烧、爆破、泄漏、氢气快速充放等试验能力，并正在通过标准设置技术壁垒。

近年来，中国积极开展氢能安全性研究和相关标准制定工作，陆续开展了材料高压氢相容性、高压氢气泄漏扩散、氢气瓶耐火性能、氢气快充温升、快速充放氢疲劳、量化风险评估、失效预测预防、高压氢喷射火、氢爆燃爆轰、氢泄爆、氢阻火等研究。

在氢能与燃料电池标准体系建设方面，全国氢能标准化技术委员会（SAC/TC 309）、全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会（SAC/TC 342）、全国汽车标准化技术委员会（TC 114）、全国气瓶标准化技术委员会（TC 31）四个组织从氢能基础与管理、氢质量、氢安全、氢工程建设、氢制备与提纯、氢储运加注、氢能应用、氢相关检测等8个方面制定了氢能技术相关标准体系。截至目前，涉及氢能及燃料电池领域的国家标准94项。此外，我国现行国军标和航天系统标准中也有大量与液氢液氢安全性相关的标准法规，如表2所示；但是面向民用领域的液氢标准相对较少，相关工作亟待推进。

序号	标准号	中文名	备注
1	GJB 5405-2005	液氢安全应用准则	军用标准
2	GJB 1474.3-1992	航天发射场推进剂使用规则：液氢	军用标准
3	QJ 3271-2006	氢氧发动机试验用液氢生产安全规程	航天标准
4	QJ 2298-1992	用氢安全技术规范	航天标准
5	GB/T 34584-2017	加氢站安全技术规范	国标
6	GB50516-2010	加氢站技术规范	国标
7	GJB71A-2019	液体火箭发动机用液氢规范	军用标准

表 2 中国液氢产业安全性标准

包括：氢气制取15项，氢能储运基础设施8项，加氢站基础设施8项，燃料电池39项，燃料电池汽车13项，氢能其他方面11项。

【作者简介】

冯少广，博士，佛燃能源集团股份有限公司业务总监，高级工程师。佛山市科技创新团队带头人、认监委（CMA）国家级评审员，《油气储运》杂志青年编委。曾先后荣获省部级奖项6项，管理创新奖3项，授权专利20余件、发表论文30余篇，制修订标准20余项。

感·应·云 为城市生命线安全赋能

SMART智慧市政燃气 MUNICIPAL 为城市安全赋能



汉威科技集团股份有限公司 Hanwei Electronics Group Corporation

郑州高新开发区雪松路169号 0371-67169006 www.hanwei.cn