

智慧燃气背景下燃气安全运行风险防控研究

王建新

灌云中石油昆仑燃气有限公司, 江苏 连云港 222200

[摘要]智慧燃气建设为城镇燃气安全运行风险防控提供了技术赋能路径,但也带来了信息系统脆弱性、数据治理等新型风险。当前燃气安全风险防控面临监测预警体系不完善、数据融合分析能力不足、应急联动机制待优化、管理制度与人员能力存在短板等现实问题。研究提出构建智慧化监测预警平台、完善设施全生命周期风险管理、健全应急协同管理体系、强化数字化安全管理与人才保障的优化路径,为智慧燃气安全治理体系完善提供参考。

[关键词]智慧燃气; 燃气安全; 风险防控

DOI: 10.33142/sca.v9i8.20203

中图分类号: TU996

文献标识码: A

Research on Risk Prevention and Control of Gas Safety Operation under the Background of Smart Gas

WANG Jianxin

Guanyun PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222200, China

Abstract: The construction of smart gas provides a technological empowerment path for risk prevention and control of urban gas safety operation, but it also brings new risks such as information system vulnerability and data governance. The current gas safety risk prevention and control is facing practical problems such as an imperfect monitoring and early warning system, insufficient data fusion and analysis capabilities, need to optimize emergency linkage mechanisms, and shortcomings in management systems and personnel capabilities. The research proposes to build an intelligent monitoring and early warning platform, improve the risk management of the entire life cycle of facilities, establish a sound emergency collaborative management system, strengthen digital security management and talent guarantee, and provide reference for the improvement of the smart gas safety governance system.

Keywords: smart gas; gas safety; risk prevention and control

引言

伴随着物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的深度融入燃气行业当中,智慧燃气的创建成了改进城市燃气安全治理效能的关键方向。2024 年中共中央办公厅、国务院办公厅印发关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的指导意见,提出推进数字化、网络化、智能化城市基础设施建设,提高城市风险防控和治理能力。有关统计数据显示,目前我国燃气管网总长度已经达到 90 万公里左右,存在着规模大、结构复杂、管理难度大等问题。智慧燃气技术给管网安全监测、风险预警提供新的手段,但是它深层次的应用也会产生新的信息系统安全、数据治理等风险。怎样在智慧燃气的大背景下创建出符合技术改变的安全运行风险防控体系,已经成为迫切需要解决的问题。

1 智慧燃气与燃气安全运行风险防控概述

智慧燃气是用物联网感知、大数据分析、人工智能决

策、数字孪生仿真等技术为基础,实现燃气系统全流程智能化管控的现代燃气运营模式。其要义是依靠感知层、网络层、平台层、应用层的协同运作,实现燃气管网运行状况可以被感知、分析、预知并加以操控。清华大学公共安全研究院袁宏永教授认为,用 AIoT 技术建立起来的燃气风险早期识别和预警系统,可以大大提高城市燃气管网的主动安全保障水平,是智慧城市安全运行的技术支撑。燃气安全运行风险防控就是找出管网设施、运营管理、用户端等环节的致险因素,用技术与管理双管齐下方式达到风险的事前预防、事中控制和事后应急。智慧燃气给风险防控赋予了实时监测、智能预警、辅助决策等能力支撑,也对传统的安全管理观念和方式提出变革要求。

2 智慧燃气背景下燃气安全运行面临的主要风险

2.1 管网设施运行风险

城镇燃气管道处于人口密集区,一旦出现泄漏,后果

十分严重,主要失效形式为微泄漏或者渗漏,很难被管道自身的监控系统及时察觉,一旦泄漏的气体在密闭空间中积聚形成爆炸性混合物,就极易引发爆炸,造成严重的损失。由于老旧管网存在腐蚀、材质老化等问题,造成安全风险不断增大,成为燃气安全治理的重中之重和难点^[1]。第三方施工破坏属于另一个重要的风险源,在城市化进程当中,各种建设工程的数量不断增多,地下燃气管线被施工“误伤”的风险也随之增大。另外管网末端用户在用气高峰期经常会出现压力低、供气不足的情况,这就是末端用气难的现象,反映了供气调度的精准度不够。智慧燃气虽然加强了感知能力,但是如果没有对传感器进行合理的布设密度控制,并且不能对整个管网的运行风险形成有效的捕捉,那么其管理效果仍然会大打折扣。

2.2 信息系统与安全管理风险

智慧燃气的应用使得燃气企业对信息系统是否稳定有着非常高的要求。物联网终端设备、数据传输网络、云平台构成了一个复杂的端、网、云系统,任何一个环节受到网络攻击、设备故障或者数据中断的影响都会造成监测失效或者控制失灵。目前城镇燃气管道完整性管理存在全生命周期规范标准还没有完全建立起来、先进的检测和评价技术缺乏、监测和预警技术发展滞后等现实问题。在智慧化转型的过程中,传统运营经验同数字化工具之间存在着衔接断层的情况,一些企业过于看重硬件投入而轻视系统的集成,重技术的采购而轻管理的适配,造成信息系统效能不能得到充分发挥。由于数据标准不统一、接口不兼容所造成的信息孤岛现象,也就导致了对于安全风险的综合研判能力受到影响。

就网络安全而言,很多部署在户外无人值守场站的物联网感知终端缺少物理防护以及加密通信手段,存在被非法入侵之后植入恶意指令或者篡改监测数据的风险,一旦攻击者利用漏洞劫持关键设备,就会对管网调控安全造成直接威胁。燃气企业普遍存在 SCADA 系统、GIS 系统、客户管理系统、巡检系统等并行运行但是互相不联通的情况,同一个管网设施在不同的系统中编码规则、属性字段不一样,造成跨系统调用时数据不能自动匹配和融合,风险分析所要求的综合信息大多依靠人工手动汇总,效率低且容易出错^[2]。从管理适配的角度来看,部分企业采购的智慧燃气平台功能模块齐全,但是缺少与之相匹配的组织架构调整和流程再造,系统预警工单推送之后仍然沿用传统的电话通知方式流转,信息化手段仅仅起到辅助作用而不是核心管理载体,造成信息系统投资没有真正转化为安

全管理效能的提升。以上各方面的风险相互交织,加大了智慧燃气运行的脆弱性以及不确定性。

3 智慧燃气背景下燃气安全运行风险防控存在的问题

3.1 风险监测预警体系建设不完善

目前燃气安全风险监测还存在着测不到、报不准、反应慢的缺陷。燃气管道泄漏点检测精度低,高精度泄漏检测技术一直被国外所垄断。传感器布置没有系统的规划,一些老旧的管网以及重要的区域缺少监测设备的覆盖。燃气管网存在规模大、结构复杂、管控难的问题,缺陷检测难、泄漏定位难、风险防控难等问题还没有得到彻底解决。预警模型的准确率较低,误报、漏报现象时有发生,造成企业对于预警信息的不信任以及不积极的反应。AI 识别施工行为的准确率可以达到 80%以上,但是仍然存在识别盲区。由被动应对转为主动预判还未得到彻底实现。

在感知层建设上,现有的监测设备大多依靠经验来布置,而不是根据风险评估的结果来进行设置,高风险的管段以及人员密集的地方没有得到传感器资源的倾斜,造成资源配置同风险等级不匹配的情况。另外,已安装的传感器普遍存在着校准周期长、故障率高、传输不稳定等状况,部分设备由于维护不善长期处于失效状态却并未被及时发现,造成表面上看起来覆盖了实则缺少的假性监测盲区。目前大多数预警模型都是单参数阈值触发报警,没有把压力、流量、气象等各种数据综合起来进行判断,不能很好地识别出复杂的工况下发生的泄漏和异常事件,误报率过高,一线人员会因为警报疲劳而选择性地忽略预警信息,从而大大降低了预警系统实际应用的价值。以上问题互相交错,使得监测预警体系不能起到风险防控的第一道防线的作用。

3.2 数据融合与智能分析能力不足

智慧燃气建设产生了大量的运行数据,但是存在着数据孤岛现象。目前全国正在推进城市生命线和燃气管网数据接入工作,但是数据采集标准、数据接口以及安全等问题没有统一的规划,数据孤岛和多源数据融合的目标还没有实现。燃气企业内部的生产运行数据、用户数据、安全监测数据被各个不同的部门所管理,没有形成跨系统的数据共享机制。另外燃气管网全生命周期数据共享机制还没有形成,信息壁垒影响了风险精准诊断的能力。AI 分析大多只是停留在事后统计上,缺少依靠多源数据融合进行预测预警的能力。燃气管网数字孪生等技术的使用还处在起步阶段,不能达到泄漏风险评价、管网优化等科学决策

的要求。

3.3 应急联动与事故处置机制有待优化

智慧燃气应急管理普遍存在着平台有而机制无的现象。第三方施工监护虽然已经实行分级管理，用人工监护加设置临时视频监控的方式，但是发现、推送、处置、反馈的闭环机制在不同的地区、不同的企业之间存在较大的差异。事故处理过程中，信息传递环节出现迟缓情况，缺少依靠智能手段的调度辅助。天津市智慧燃气安全防控体系是由燃气安全生命线系统、铁塔智能巡检系统、高精度燃气泄漏检测系统和易巡检系统组成的，但是多系统协同联动机制还需要进一步完善。应急演练的数字化、常态化程度不高，部分预案缺少对智慧燃气场景的专项设计。

3.4 安全管理制度与人员能力存在短板

城镇燃气管道完整性管理体系整体上还处在起步阶段，安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制还没有完全落实。部分企业的数字化转型存在着重建设、轻管理的倾向，智能化系统上线之后配套管理制度的更新速度跟不上^[3]。安全教育培训模式不能随着技术升级而更新，一线人员对于新设备、新系统操作能力欠缺。过去燃气行业只需要把气送到用户就足够了，新的范式要求安全、经济地把综合能源送到用户，对从业人员的能力提出了更高的要求。复合型人才缺乏，既懂燃气业务又会使用数字化技术的人才严重不足，从而影响到智慧燃气安全管理工作效能的不断发挥。

4 智慧燃气背景下燃气安全运行风险防控优化路径

4.1 构建智慧化燃气安全监测预警平台

依靠物联网终端设备创建起覆盖门站、调压站、管网节点以及用户端等全部环节的感知网络，从而达成对压力、流量、温度、泄漏浓度这些关键参数的全天候 24 小时不间断采集并加以动态展示的目的。加快高精度泄漏检测设备的国产化研究和规模化使用，主要解决城镇燃气管网自驱动超高清内检测、泄漏点精确定位、风险预估预警等技术问题。部署 AI 视频识别系统，对第三方施工行为实行全天候自动识别和预警，创建起“线索收集-自动推送-线下落实-线上回复”的闭环治理体系。创建分级预警响应模型，依照风险等级自动挑选处置方案，达成由“人防”向“技防”的根本改变。从表 1 可知智慧燃气安全监测预警平台主要包含感知采集、智能分析、预警处置这三个层次的功能。

表 1 智慧燃气安全监测预警平台核心功能

功能层次	核心内容	关键技术支持
感知采集层	管网压力/流量/泄漏浓度监测、施工行为识别	物联网传感器、AI 视频识别、卫星遥感
智能分析层	风险评价、泄漏定位、负荷预测、数字孪生仿真	大数据分析、AI 模型、数字孪生
预警处置层	分级预警、工单派发、应急调度、闭环跟踪	智能决策系统、移动端 App

4.2 完善燃气设施全生命周期风险管理机制

参考长输油气管道完整性管理的经验，把城镇燃气管道的完整性管理贯穿于规划、设计、施工、运行、维护、报废的全过程，形成一套管理制度、管理指南、管理手册的制度体系。制定管道数据采集、管道测绘、密闭空间识别等基础标准，创建本体+周边综合性基础数据库，完成新建管道全部数字化交付，完成在役管道全面信息采集。采用半定量的风险评价方法，根据管道的属性以及周围环境进行在线的精确评价，得到 GIS 风险分布图。建立老旧管网改造专门台账，实行年初定计划、每月跟进度、改完即销号的闭环管理，依靠数字化手段推进老旧带病运行管网动态清零。对风险隐患进行评价并加以控制，建立安全风险分级管控和隐患排查治理的双管齐下机制，对不可接受的风险隐患立刻采取措施予以清除。

就制度落实而言，应当确定出总部、区域、基层三个层次的管理主体以及其职责界限，把完整性管理的要求转化为可以衡量的绩效指标，防止出现制度文件和实际执行相脱离的现象。数据建设期间要制订数据质量校验准则，保证数据库的信息正确、及时、可追溯。老旧管网治理时，要依照管道服役年限、腐蚀速率、泄漏历史、周边环境敏感程度等指标创建动态风险评价模型，合理判定改造先后次序，把有限的资金准确地用在风险最大、后果最严重的地方，达成由被动整改向主动治理的转变。

4.3 健全智慧燃气安全应急协同管理体系

依托数字化平台，打通城市管理、市场监管、交通运输等各方面的涉燃气治理壁垒，贯通省、市、区（市）、企业四级管理链条。依靠城市生命线安全工程的建设，使燃气管网的数据进入城市统一的管理平台，从而达到“一张图”统筹调度的目的。完善第三方施工分级监护制度，用人工监护加临时视频监控的方式，在发现施工事件到施工结束、现场验收的整个过程中，用系统来完成闭环管理。编制智慧燃气场景专项应急预案，设置区域关阀分析、应急资源查询等功能模块。统筹做好数字管道和城市生命线工程的衔接，以省级及以上政府为主建立统一管理平台，对数据采集标准、数据接口、安全等进行统筹规划，实现

数据孤岛打通、多源数据融合的目标。定期开展数字化应急演练,提高多部门协同响应速度。

4.4 强化数字化安全管理与人才保障能力建设

不断健全完善管道基础数据,推进线上管理转型和标准流程固化,使体系文件在实际管理中得到充分的应用。以风险控制为主导,用数字化的风险分析方法来减少人为的失误,保证评价结果的准确性。创建“燃气管家”网格化服务模式,依靠企业微信、App、小程序等数字化手段,达成一人专属、一次上门、一呼即应的服务感受,把安全管理工作拓展到用户端。加快培养既懂燃气业务又会运用数字技术的复合型人才,建立管理人员、技术人员、一线操作人员三层次的培训体系。以智能维保为入口,创建用户画像体系,不断改善智能维保模块,达成由能源供应商到生态构建者的转变。

5 结语

智慧燃气给燃气安全运行风险防控赋予了技术支撑,但是它的效果体现需要技术同管理两方面互相促进。燃气

行业的中心始终是管道和用户,人工智能只是提高效率、保证安全的辅助手段。坚持技术为用、管理为本的原则,推进智慧燃气建设由点到面、由局部到全局的全面结果,创建起感知全覆盖、数据全融合、预警更精准、应急更高效的城市燃气安全风险防控体系,保证城市燃气生命线的安全稳定运行。

[参考文献]

- [1]马季林,汪团结,吴世发,等.天津市智慧燃气安全防控体系构建与应用[J].煤气与热力,2024,44(8):30-34.
 - [2]伍爱群,王超群.城镇燃气数字化智能预警系统建设研究[J].情报工程,2025,11(4):40-49.
 - [3]徐哲,刘永滨,张季娜,等.基于文献计量的城镇燃气管道安全风险研究进展及热点可视化分析[J].中国安全生产科学技术,2024,20(12):90-96.
- 作者简介:王建新(1986—),男,汉族,江苏建湖人,助理工程师,大学本科,中国石油大学(华东)/土木工程专业,目前从事场站运行/调压站技术员工作。