

安全数智化在燃气管网运营管理中的应用

白永锋（上海万事红管道燃气经营有限公司，上海 201501）

摘要：随着中国城镇燃气不断快速发展，近年来燃气事故多地频发，燃气安全形势严峻。安全数智化指的是以数智技术革新传统安全生产管理体系，通过在燃气管网、附属设施及人员装备上加装大量物联感知设备，实时采集前端设备的运行状态和人员操作行为数据，并对数据进行分析，结合人工智能、算法及阈值设置等，进行示险、告警。

关键词：安全数智化；燃气管网；物联感知；应用

1 引言

作为城市能源和城市基础设施的重要组成部分，城市燃气在我国城市现代化进程中起着重要作用。随着中国城镇燃气不断快速发展，近年来燃气事故多地频发，燃气安全形势严峻。

根据中国城市燃气协会安全管理工作委员会、中国燃气安全杂志社、燃气安全与服务微信公众号《全国燃气事故分析报告（2022年·全年综述）》可知。2022年全年国内燃气事故共计802起，其中居民用户事故457起，死亡35人，受伤307人；工商户事故123起，死亡28人，受伤153人，其中，餐饮用户事故104起，死亡28人，受伤143人；管网事故212起，死亡3人，受伤26人；厂站事故10起，受伤1人。随着数智技术不断发展以及大量应用，燃气企业已开始致力于将工作场景数智化，通过数字化技术、物联技术以及AI智能技术，利用算法和数据模型打造数智平台，解决燃气企业本质安全问题。

2 燃气管网运营存在的安全问题

2.1 燃气管道锈蚀

天然气管道的金属防腐层暴露在土壤环境的过程中，经常会因为管外的外部容易受到局部的腐蚀而造成天然气管道被腐蚀。近年来除了传统施工方式可能对管线造成破坏外，地铁工程建设和城市供电网络逐渐密集，这些工程在日常运行中溢出的杂散电流，对环境的影响导致埋地钢管的腐蚀也随之越来越严重。

杂散电流来源是因高压输电线路和电气化铁路产生的杂散电流直接影响钢管的老化锈蚀，钢管外防腐层破损点是杂散电流通过的主要途径。

2.2 燃气管道泄漏

城市燃气输送方式主要有管道燃气、液化燃气等，在这些输送方式中，管道输气方式相较于其他方式虽然安全性较高，但由于燃气管道输送气源具有开放

性（铺设在城市的大街小巷）、隐蔽性（埋设地下）、危险性（燃气泄漏后极易造成事故）和长期性（使用时间长）的特点，燃气管道的腐蚀、焊接等原因可能会引起燃气事故。燃气管道泄漏的原因主要包括：

2.2.1 管道受第三方破坏

违章施工破坏燃气管道，引发燃气泄漏。随着城市建设步伐的加快，城市道路及旧城改造建筑施工频繁，再加上城区通信电缆、电力电网地改造给燃气管线安全运行带来了很大的安全隐患，燃气管线及设施被施工挖断及损伤的现象时常发生，屡见不鲜，少数施工单位不按规范施工，破坏了燃气管线隐瞒不报，也不通知燃气企业维修，仍将被损坏的燃气管线掩埋地下，给燃气管线运行留下了安全事故隐患。

2.2.2 燃气管网老化

城市燃气管网老化现象比较严重，这是全国各大、中城市都普遍存在的问题，有部分管道从投入使用至今，已使用十几、几十年从未进行检测维修，其安全可靠无法确定，随时都有发生事故的可能性。

2.3 燃气阀门井泄漏

燃气阀门井遍布城乡道路周边，现场情况复杂多样，野蛮施工、肆意占压、井盖被破坏、酸碱腐蚀、接口密封件老化等，会导致燃气阀门井天然气泄漏，一方面形成不断扩大的易燃易爆危险区域；另一方面周边存在火源很容易导致火灾或爆炸事故。

2.4 燃气企业安全管理环节的问题

人的安全意识薄弱、管理工具缺乏、设备设施不智能等问题，是城市燃气企业在安全管理上的难题。有的燃气企业没有认真组织开展隐患排查整治工作，对隐患排查整改不到位；有的燃气企业对检查人员检查不到位，调查结果不实，弄虚作假的情况不严格考核。有的燃气企业安全管理制度不健全，安全检查及隐患整改不到位，导致发生事故。

3 安全数智化的应用

安全数智化指的是以数智技术革新传统安全生产管理体系，其基本逻辑，是“物联感知+后端预警”。通过在燃气管网、附属设施及人员装备上加装大量物联感知设备，实时采集前端设备的运行状态和人员操作行为数据，并将数据源源不断传输给智能运营中心。智能运营中心对数据进行分析，结合人工智能、算法及阈值设置等，进行示险、告警，并派发处置工单。

3.1 智能阴极保护桩

智能阴极保护桩由 CP3 采集器、测试桩、底座和保护电位检测仪组成，也叫 GPRS 智能电位采集仪，是一种 3 通道模拟量采集无线传输终端设备，可用于阴极保护实时数据远程监测。它主要用于因高压输电线路和电气化铁路产生的杂散电流直接影响钢管的老化锈蚀，钢管外防腐层破损点是杂散电流通过的主要途径。系统功能可实现自动同步测量、实时监测、智能分析及及时预警、现场人机交互、自适应调整。

系统运营的特点：①实时监测无线传输：利用现代通信技术，将埋地燃气管道阴极保护在线监测系统实现了各个阳极点与监控中心的实时、无线数据传输；②智能分析自动处理：采集的数据通过 4G 无线传输方式上传到监控中心，监控中心通过 Internet 接收数据并对数据进行分析、处理；③人机互动位置导航：实时监测发现故障自动报警以及在手机通讯网络中广播发布故障信息，请求故障人工干预；实现对阴极保护站点的位置导航；④主动发现检验效果：计算机自动分析，主动发现杂散电流腐蚀区域，以及检验杂散电流防护措施效果。

智能阴极保护桩每天定时自动采集通电电位、断电电位、腐蚀电流、智能测试桩自身电池电压等数据，通过 4G 定时上传智能运营中心，一旦出现异常情况，系统立刻示警并发起维修。通过智能阴极保护桩，运维人员可以及时掌握管道阴极保护和腐蚀情况，降低管道因腐蚀而泄漏的风险。

3.2 激光甲烷泄漏巡检系统

3.2.1 车载系统

车载激光甲烷泄漏巡检系统是基于激光光谱吸收技术（TDLAS）开发的高性能、全功能的车载管线泄漏巡检平台。由顶置云台激光遥测和前置泵吸激光检测两部分组成。其中顶置云台激光遥测具有业界最高的响应速度（0.025s）和最远的检测距离（150m），前置泵吸激光检测具备 0.5ppm 的灵敏度，检测速达

30km/h，是人工检测速度的 10 倍。非常适合城市道路、绿化带、人行道等埋地管线的高效率巡检。

根据巡检管网位置情况，既可以成套配置顶置和前置，也可以单独配置顶置或前置系统。系统支持装载于任何车型，无需对车辆进行深度改装。系统通过车载 12V 点烟器供电，无需改装电路系统。

3.2.2 顶置激光甲烷泄露巡检系统

顶置系统是高性能激光遥测仪、全向云台、高清相机的结合。能够指向巡检目标，可视化的实施远距离检测，尤其适合绿化带、人行道下管线以及其他疑似目标。

顶置云台采用平衡力矩支撑结构，无惧颠簸过载，支持 360° 连续旋转，有效避免电缆拖拽老化故障。

3.2.3 巡检报告

巡检车对泄漏隐患高精度监测，并进行可视化呈现，自动记录检测数据，巡检完成后自动生成巡检报告，上传平台。

3.3 阀门井智能监测系统

地下井室（阀门井）智能监测系统用于解决燃气管网阀门井、相邻空间以及综合管廊等密闭空间燃气泄漏、压力异常等问题。它是集燃气泄漏、压力、水浸、井盖位移等监测于一体系统。TL- 甲烷气体传感器采用光学原理，无需氧气反应、不中毒、无零漂、易维护。定时性能自检、自我诊断，因水淹、潮湿、温差大等原因造成的数据异常，系统可自修复。

①监测终端：检测终端主要包括气体监测终端、井盖异动监测终端、无线多参数采集终端；②监管平台：系统借助 GIS、大数据、云计算及物联网传感技术，对城市各类阀井（室）等不易监管的密闭空间区域实现 24h 在线安全监测。终端设备一旦监测到超高气体浓度、超高水位、井盖异常等情况，第一时间上传报警信息到智能运营中心，系统自动通过设定的隐患处理流程通知公司运营部门进行相应的告警处理。系统支持与 GIS 管网巡检系统、抢险调度系统进行联动，从而达到完善和提升城市燃气管网、阀井设施的预警、报警能力，杜绝爆炸、水溢及设施丢损等恶性事故的发生。

3.4 调压箱（柜）智能监测系统

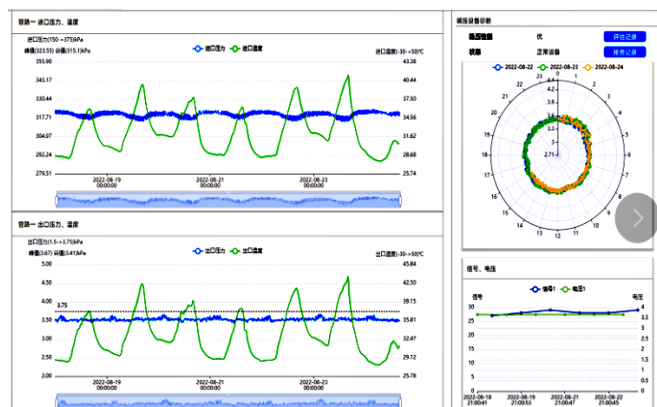
调压箱（柜）智能监测系统是保障城市燃气供应安全及稳定的智能化工具，系统针对城燃企业的调压箱、调压柜等设备进行智能化监测，利用传感和物联网技术，实现对燃气管网压力（出口、进口及压差）、

泄漏、流量等实时监测和预警。

调压箱(柜)智能监测系统适合应用于燃气管道调压箱、调压柜、调压站、阀站等场景,除了可对燃气管道中的调压设备进行压力监测外,还支持对燃气泄漏进行监测(替代人工巡检),支持对主流流量计的数据采集和远传。

多功能调压箱(柜)智能监测系统,由 TLJJ001-W1A 物联网关(5 路接口,支持压力、泄漏、流量监测,可对其他设备供电和数据采集)和压力传感器(可选低压、中压、高压和温压一体,支持十几种不同螺纹接口)组成,可用于监测调压箱(柜)进口/出口压力、压差、气体泄漏,可对其他仪表(如流量计)进行供电和数据采集。

监控平台:可在城市管网的起点、末端、重要客户的调压箱(柜)安装智能化监测设备,对调压箱(柜)进口压力、温度、出口压力、温度实时监控,并可设置压力的低估值和高谷值,当低于低估值或高于高谷值时,系统将发出告警。对数据采集设备信号、电压实时监控,了解设备是否正常工作。对提调压设备的稳定性能、工作状态进行诊断。通过曲线图和饼状图了解压力的变化情况,判断调压设备工作稳定性,为设备维护提供依据。



3.5 云台式激光甲烷遥测系统

云台式激光甲烷遥测系统采用激光探测技术实现对厂站等燃气设施甲烷泄漏的遥测,其主要设备是激光甲烷遥测仪。激光甲烷遥测仪安装在云台上,可以主动发射激光,当激光通过天然气气团时,甲烷气体对该激光产生吸收,吸收后的激光经过实体壁面漫反射后被激光甲烷遥测仪接收,经过数据采集和处理得出甲烷体积分数。激光甲烷遥测仪可实现全自动运行,将视频监控技术与激光甲烷泄漏监测技术融合,提高

了自动化监测水平。

通过搭建智能厂站和无人站安全卫士,配置激光云台和红外热成像云台及电子围栏,可以 24h 不间断地轮回工作。全天不间断巡视,能够及时发现漏点和隐患,精准定位、及时处置,巡检周期大大缩短。

3.6 户内物联燃气泄漏报警系统

燃气泄漏是居民用气最大的安全隐患,特别是如果发生燃气泄漏时却无人在家,存在极大风险。针对如燃气泄漏、户内抢险、安检质量等安全隐患,公司一方面通过推广安装家用物联燃气泄漏报警器,在发生泄漏时电磁阀可自动切断燃气阀门,系统将自动生成漏气检修订单,就近派工由专业人员上门紧急处置,并电话及短信告知用户。另一方面对用户端用气设备设施进行智能管理,若燃气具不合格或即将达到报废年限,系统将自动弹窗告警,自动派单由专人跟进用户燃气设备更换。同时可向用户和主管部门推送相关信息,多方联动彻底消除燃气具安全隐患。

户内物联燃气泄漏报警系统解决了普通民用燃气泄漏报警器只支持漏气后的报警和切断,当用户不在现场时无法第一时间知晓现场情况,运行状态无法做到可监测、可预知、可管控,不能联动用户同时采取有效措施预防事故发生的问题。对老旧小区的安全极具意义,而且 2023 年上海市将“为高龄独居老人加装燃气报警器”列为政府为民办实事项目。

4 结束语

安全数智化体系的构想是安全生产的创新,而安全数智化技术本身也在不断迭代创新。面对越来越复杂的情况,保障安全需要不断创新。

目前,燃气行业在各个城市都是一个庞大的体系,仅靠传统的管理手段已不能满足需求,燃气企业须推行安全数智化,力求通过安全数智化手段筑牢城市燃气安全管理“防火墙”,利用安全数智化技术,守护燃气管网安全,保障人民群众生命财产安全。

参考文献:

- [1] 李琼,秦庆阳,房招,王文化.城镇燃气输配系统智慧化运营方案[J].煤气与热力,2023(3):43.
- [2] 何鑫,李媛,刘正雄等.重庆某输气管道地铁杂散电流干扰检测评价与防护案例研究[J].腐蚀科学与防护技术,2019(3):263-271.

作者简介:

白永锋(1979-),男,汉族,河南巩义人,本科,主要从事城市燃气运营管理及安全工作。