

无人机在四川盆地天然气管道巡检中的应用

韦 颖 廖丁辉 李 杨 杨百斌 李瑞嘉

(中国石油西南油气田分公司川中油气矿磨溪开发项目部, 四川 遂宁 629000)

摘 要: 四川盆地天然气管道具有输气量大、压力高、输送介质易燃易爆、途经区域地貌特征主要为水田、山丘、旱地及河流等特点, 传统的管道人工巡检模式存在诸多弊端, 在行业数字化转型升级趋势下, 龙王庙组气藏借鉴无人机巡检先进经验, 将无人机巡检应用到管道日常巡检当中, 通过无人机周期性巡检替代人工巡检, 在无人机配置、巡检参数设置、异常状况识别、应急抢险、影像资料摄取等多方面开展日常应用, 为管道安全平稳运行, 隐患排查、跟踪、整改等提供了有力保障, 为下步无人机技术在石油天然气行业推广应用提供借鉴参考。

关键词: 管道巡护; 无人机

随着石油天然气行业产业结构升级以及数字化转型, 天然气管道巡检这一细分行业也面临着对数字化建设以及技术创新的巨大需求。“十四五”期间, 石油天然气行业以推动石油产业高质量发展为主题, 积极推动能源转型和数字化转型, 响应低碳发展要求, 切实转变发展方式, 推动产业质量变革、运营效率变革、动力变革, 并推动创新转变、精益化发展转变以及生产质量提升的转变, 从而实现能源安全保障、质量效益的提高、运营效率的提升以及发展动能的增强。目前川渝地区油气田生产开发区域的不断扩大, 数字化、信息化技术也随着油气田发展持续深入应用, 部分井站已实现了“无人值守、有人看护”的新的管理模式, 但是在管道巡护等方面还存在一些需要耗费大量人力物力来完成的工作。

目前大部分油气生产单位仍采用人工巡线的方式进行管道巡护, 针对川渝地区天然气管道具有输气量大、压力高、输送介质易燃易爆、途经区域地貌特征主要为水田、山丘、旱地及河流等特点, 传统的管道巡护模式存在部分山丘、水田、河流等人员难以到达的区域不能保证隐患的及时发现, 无法形成连续的监控影像资料, 人工巡线安全风险较高, 人力资源成本较高等诸多不足, 不仅制约了巡护质量和效率, 延长了应急反应时间, 且存在巡护漏洞与安全隐患, 急需引入新的技术手段来提升油气管道巡检质量。

1 无人机巡检可行性

随着无人机应用技术的不断进步, 采用无人机巡检可使传统的巡检管理方式数字化、科技化、实时化, 实现巡检数据的存储、查询、分析、处理及统计, 使巡检管理工作一目了然, 大大增强管线线路巡检效率和巡检效果, 实现管道巡检电子化、信息化、标准化, 为油气管线巡护工作提供一种先进的、有实用价值的技术手段。

1.1 无人机巡检的应用优势

无人机飞行精度高, 速度可控范围大, 智能化程度高, 可实现远程操控、自主飞行及自动返航等多种功能, 能做出长时间悬停、前飞、后飞、侧飞或盘旋等动作, 可搭载的设备丰富, 除了摄影、摄像装备, 还有红外热

像仪和紫外成像仪, 在夜晚、低光照环境下也可使用。在无人机自主飞行过程中, 搭载相关装备进行等距或定时拍照, 可获得大量的影像资料。固定翼无人机能够生成管道地理信息全景图, 图像可以精确展现管道周边建筑、植被或开展的施工作业等情况, 航拍图像能够直观展现管道周边环境变化情况, 帮助管道管理部门快速分辨管道周边潜在安全风险; 多旋翼无人机可以在人员难以到达区域在管道巡检、应急处置、工程施工监控以及勘察规划等多项生产管理业务中发挥积极作用。

1.2 技术可行性

随着航空技术、电池技术、计算机技术、通讯技术以及人工智能技术的迅速发展以及各种数字化程度高、探测精度高的传感器的面世, 如今的无人机系统已经具备了相对成熟的飞控技术、GPS 差分定位技术和遥感载荷技术。由于油气管道具有分布广泛、管道距离较长、穿越不同的气候以及地理环境的特点, 所以油气管道巡检行业对无人机具有较高的性能要求以及差异化的巡检服务需求, 具体来说管道巡检所需要的无人机技术指标包括: 续航能力、环境适应性、载重能力和挂载设备兼容性等。

1.3 政策可行性

近年来, 我国民用无人机系统正在飞速的发展, 各行各业的管理部門也在顶层政策框架设计上积极地帮助推动民用无人机产业的应用落地, 包括建立空域管制部門、发布适航政策、颁发无人机培训认证等, 无人机管理体系已经初步形成。

2 无人机巡检应用情况

在龙王庙气藏试点开展天然气管道无人机巡检工作, 采用无人机巡检代替人工巡检, 目前针对龙王庙组气藏集输气干线、气田水管线采用1次/周频率开展巡检工作, 巡检内容包括沿线影像资料摄取、异常状况识别、高后果区识别、地质灾害隐患排查、应急响应等内容。2020年7月至2021年11月, 已累计巡检管线7339.68km/次, 发现并确认126处异常情况, 包括管道标志牌倒塌、管线附近重物堆积、第三方施工、管道裸露等问题, 通过无人机巡检有效提高了管线巡检效率及质量。

2.1 无人机配置

巡检采用“固定翼+多旋翼”多机型配合实施的方式进行，固定翼无人机主要用于日常周期性巡检、全线地质灾害分析调查、沿线第三方施工调查、沿线人口活动频繁区域调查、影像图采集等工作。多旋翼无人机主要用于近距离的图像资料采集工作，异常点抵近侦察，应急响应等工作。

表 1 无人机配置应用场景

巡检类型	巡检范围	巡检机型	任务载荷
勘察选线	目标地形地貌、水文气象等信息	多旋翼无人机	高分辨率航拍相机和测绘吊舱
	任务区域测绘拍摄		
管道施工	施工现场的地形、交通、周围环境	多旋翼无人机	搭载可见光和红外双光吊舱、高音喇叭
	施工现场的进度、安全生产的问题、设备布置、管道走向及对周围环境的影响		
管道周边环境调查	管道左右 200m 范围内的地形地貌、社会环境情况	固定翼无人机	搭载可见光和红外双光吊舱
常规巡护	管道附近的人工目标识别，是否有打孔偷盗现象	固定翼无人机+多旋翼无人机	搭载可见光和红外双光吊舱、高音喇叭
	周围是否有违章建筑、违章占压情况，管道附属设施变化		
	标志桩、测试桩、里程桩有无缺损		
	护堤、护坡、护岸有无垮塌		
	工艺场站、阀室的设备、仪表等设备是否完整		
	管道结构配件有无缺损、管道标记是否缺失。管道环境灾害情况（废水、废气、废渣污染）		
应急监测	地上管道是否有锈蚀	多旋翼无人机	搭载可见光吊舱、高音喇叭、LIDAR（天然气：使用甲烷激光探测器；石油：使用红外光吊舱）
	地下管道是否有裸露		
	遭遇洪水、泥石流、地震、山体滑坡等突发自然灾害，无人机可以通过遥感拍摄远程影像，并进入灾害现场进行勘察，了解管道的受损位置、受损情况及周边次生灾害情况；还可挂载相应设备进行扫描测绘，生成灾害现场三维图像，利用数据链将信息传回指挥中心，为抢修方案提供信息支撑，最大程度降低灾害损失		
	自然灾害（山体滑坡、泥石流及洪水等）	多旋翼无人机	搭载可见光吊舱、高音喇叭、LIDAR（天然气：使用甲烷激光探测器；石油：使用红外光吊舱）

2.2 管线标注功能

在无人机巡检视频中用特定颜色的线条标注出管线实际埋设位置，有利于直观了解管线周边地质灾害情况、沿线第三方施工距离、沿线人口活动频繁区域等，

全面促进管线运维部门进行红、黄、蓝三色预警。如示例图 1：



图 1 无人机巡检示意图

2.3 应用案例

2.3.1 日常巡线

管道日常巡线是指利用无人机在管道上方巡逻，识别管道周边机械损伤和自然与地质灾害风险，及时制止威胁管道安全的施工行为，及时发现地形地貌变化，以便能够采取措施预防管道损坏。

2.3.1.1 管道周边机械损伤防控巡护

由于第三方施工具有临时性、偶发性，且许多施工周期短，单次飞行经过管道上方时间短，不容易发现管道周边第三方施工迹象。针对这一情况，设计了以下巡线方式：优化巡线时间与巡线频率，管理经验表明，上午 8:00 至 11:00，下午 14:00 至 17:00 管道周边第三方施工最频繁，在上述时段开展无人机巡线，提高发现第三方施工的概率。

2.3.1.2 管道自然与地质灾害防控巡护



A. 发现堡坎塌方

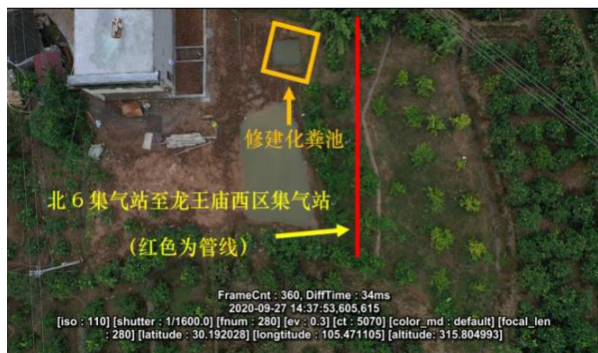


B. 发现管道标识牌倒塌

图 2 日常巡线异常点识别对比图

洪水、滑坡、泥石流等自然与地质灾害往往与降水

有着密切的关系,因此管道自然与地质灾害防控无人机巡护可采取每月1次,汛期每半月1次的巡检频率。暴雨过后,可及时启动无人机巡线,对山区、丘陵、黄土塬等地段查看,以便及时发现管道周边的地质灾害风险(见图2,图3)。



A. 管线上方5m范围内动土



B. 管线上方路面塌陷

图3 日常巡线异常点抵近侦察图

2.3.2 应急抢险

在遭遇洪水、泥石流、地震、山体滑坡等突发自然灾害中,利用多旋翼无人机低空悬停的特点观察管道周边实时情况,为抢险指挥部提供实时、高清、可靠的周边区域地形地貌、滑坡监测、现场录像等服务。还可挂载相应设备进行扫描测绘,生成现场三维图像,利用数据链将信息传回检查站和指挥中心,为制定维护抢修方案提供情报支撑,同时定位引导后续救援维护,最大程度降低灾害的影响。



图4 多旋翼无人机配合管道巡护工抵近河道隐患进行侦察

2.3.3 正射影像

无人机低空摄影相对于传统航空摄影来说优势颇多,作为遥感数据获取源,应用日益广泛。在天然气管

道应用上,可通过无人机航空摄影技术制作管线的正射影像图来获取管道周边环境信息,还可以利用软件对影像进行栅格矢量化,从而快速得到目标地区的矢量图。无人机航测获取影像周期较短,时效性较强,有利于快速获取影像数据。借鉴油气管道完整性管理规范对风险识别时间间隔的要求,并结合公司管道地处人类活动频繁地区的特点,建议周边环境调查以每年一次为宜。



图5 管道正射影像示意图



图6 管道正射影像局部放大图

3 结束语

近年来,国家和企业层面都高度重视信息化工作,将无人机技术与信息化、工业化进行高度结合,是油田企业提升生产管理效率的重要途径。按照集团公司的统一部署,智能化管线管理系统、勘探开发业务协同平台和油气生产信息化建设正在深化推进,通过无人机智能化巡检,将获取的数据、影像、视频与管道完整性、运营管理、风险管控、应急救援等模块相结合,必将进一步提升可视化、数字化、自动化、智能化水平,实现提高生产效率、转变生产管理方式的目的。无人机多功能集成是未来的发展方向,随着无人机技术的发展,无人机所带来的使用效能,必将为油气企业的转型升级与安全管控水平提升提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 杨伟,杨帆.无人机在长输管道常规巡检中的应用[J].能源与节能,2015,11(6):132-133.
- [2] 刘蕾,赵清,洪建伟,侯政.浅析无人机航拍技术在四川盆地天然气管道巡护中应用前景[J].天然气勘探与开发,2018,41(1):85-89.
- [3] 吕金光.天然气管道巡护面临的形势与对策[J].环保·安全,2017(04):53-55.
- [4] 刘宗涛.无人机在管道巡护过程中的应用实践[J].化工管理,2017(12):230,238.
- [5] 睦峰,黄瑞锋,孙春良,等,王晓清.油气管道无人机巡护技术应用[J].石油规划设计,2017,28(3):48-51.