

能源行业厂际管廊无人机智能巡检的探索应用

杨昕

中国石油化工股份有限公司天津分公司 天津 300270

【摘要】能源行业厂际管廊分布于各厂区边缘,管廊途径区域周边环境复杂、大部分均在高空,存在巡检盲区、巡检效率低、人工巡检成本高等问题,针对此类现状,积极探索研究无人机与自动机库相结合的方式,实现厂际管廊无人机全自主智能化巡检,提高巡检效率,提升异常响应能力,实现传统人工巡检向智能巡检的转变。

【关键词】无人机;厂际管廊;智能巡检;全自主

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1224

能源行业厂际管廊承担着各装置物料和水、蒸汽、氮气等公用工程的传输任务,分布于各厂区边缘,管廊途径区域周边环境复杂、大部分均在高空,存在巡检盲区、巡检效率低、人工巡检成本高等问题,途径区域又属于各作业部厂区及生活区域,存在高后果区,安全隐患大。传统的巡检工作以人为主,可采用的技术手段非常有限,解决无人值守建设与应用中所面临的瓶颈问题成为日益严峻的重点工作。结合厂际管廊实际场景,天津石化积极探索研究无人机智能巡检系统,利用无人机对厂际管廊进行三维模型的重建,对管线的安全隐患及周围的异常现象进行常态化、高频次、全自主飞行巡检,减少人力的投入,提高巡检效率,提升异常响应能力,实现传统人工巡检向智能巡检的转变。

1. 厂际管廊无人机智能巡检系统设计思路

针对厂际管廊的特点,研究及开发新一代无人机全自主智能巡检系统,以工业无人机为载体,结合全自动机场、四维全息管控平台,融合各类传感器吊舱,实现厂际管廊的全自主、智能化超视距巡检。同时基于人工智能深度学习算法,不断训练算法模型,实现安全隐患的智能分析及自动报警等功能,有效提升作业能力,形成厂际管廊巡检作业的全流程闭环体系,最终建成空中巡检-实时数据回传与处理-远程数据管理-大数据分析-可视化报告-指导消除异常的链条,从根本上解决在当前条件下难以完成厂际管廊无人化、常态化巡检的难题。

2. 厂际管廊无人机智能巡检系统架构及应用

厂际管廊无人机智能巡检系统由1架全自主无人机、3台全自动机场、四维全息管控平台、智能识别软件组成。纯电多旋翼无人机及自动机场采用VPDN通讯方式,通过四维全息管控平台实现协同管控。平台建立四维全息实景模型,通过提前规划航线,预制任务,实现一键式全自主巡检。智能识别软件通过建立特征库,采用AI智能识别技术,对无人机巡检实时回传视频进行智能分析,对管线周围施工作业、大型

占压、工程车辆、异常人员、可见漏油等现象智能识别,通过弹窗提示、声音预警、短信等方式将异常情况及时推送给相关管理人员,巡检全程可达到无人值守的自主巡检与任务监测,从而有效缩短异常事件的响应时间。总体架构如图1

2.1 主要功能

四维全息无人机飞行控制平台集成了可视化三维地图、视频实时回传、飞行信息实时显示、机场信息实时显示、气象站、自主规划航线、一键起飞执行任务、可视上传拍照图片、自主缺陷识别、云台控制等功能,实现无人机全自主巡检作业。

(1) 自主飞行:通过操控四维全息管控平台,对远程全自动机场中的工业无人机一键启动控制,完成工业无人机巡检全自主飞行,结合多台全自动机场,可进行两台机场间的对飞,实现多任务协同巡检,形成区域网格化巡视,最终实现无人机大规模、自动化巡检,减少人力投入,降本增效。

(2) 航线规划:基于激光点云规划的自主飞行航线能进行多次编辑,可根据巡检需要增加或删除拍照点位,航线制定灵活。同时,无人机作业航线具备存储功能,航线中巡检点位及相关数据可完美记录,工作人员可根据作业效果随时复查并修改航线细节,不断提高巡检精度及效果。支持悬停回看功能,在巡检过程中发现异常点时可以暂停航线,操控无人机返回查看异常点情况,确认后可继续进入航线执行未完成任务。

(3) 自动更换电池:全自主无人机系统的全自动机场可为工业无人机自动更换电池,更换下的电池在全自主机场中充电。解决了飞行中能源问题,是实现无人机全自主智能巡检的必要环节。

(4) 自动更换吊舱:基于30倍光学变焦吊舱、红外热成像吊舱等多元传感器吊舱,根据长输油管线巡检任务需要,搭配全自动机场,实现工业无人机自动更换吊舱功能。

(5) 人工智能识别:通过图像缺陷AI识别系统,对自主巡检拍摄的照片进行智能识别、分析、审核,及时有效发现机库入侵现象及人、车、施工作业场景、占压、可见漏油等人工巡检难以发现的细微缺陷,保障设备巡视质量与巡检时效性。

(6) 智能管控:实现从巡检任务的制定、巡检全过程实时监控,到巡检成果的汇总形成工作闭环,智能化生成巡检报告,实现长输油管线巡检的综合管控。

(7) 支持远程数据管理、查询:通过四维全息管控平台对所有设备及数据进行统一集中管理。

(8) 操作管理:四维全息管控平台提供完善的后台管理功能,口令验证及权限验证;所有操作有详细记录,并存入历史数据库。每个远程用户的登录时间、用户名及修改系统



图1 无人智能巡检系统总体架构示意图

配置、控制设备运行等操作均可完整记录，高级系统管理员可以随时检查每个用户所作的操作。

(9) 设备预警：无人机、全自动机场、吊舱等设备的监控与异常报警，能对异常情况如起飞异常、无人机离线、降落异常、机场断电断网等情况进行实时报警；异常报警的呈现形式需要包含弹窗识别报警、语音播报、短信推送等方式；可根据情况的异常程度可分类分级别报警，并可分级推送给不同管理人员。此外，系统对报警历史具备查询、统计功能，能查询得各设备历史报警信息，并能按照报警类型分类统计、分类查询。

2.2 技术架构

无人机机场系统采用的是蜂窝网络VPDN的方式进行通信，因此处于同一网络里的设备可以互联互通，实现立体物联网的效果。在多个地点部署四维全息管控系统，只要处于同一个网络中，均可进行查看和控制。为了无人机的安全，会为每个控制点分配不同的权限，高优先级的用户占有优先权。处于同一网络中的石化平台，将通过API的方式，将无人机及全自动机场的数据及视频信息发送到云平台，在云平台上进行展示。



2.3 关键技术

(1) 无人机+自动机场蛙跳式结合技术

纯电多旋翼无人机采用IMU技术，RTK差分、GPS双冗余备份、北斗等技术确保飞行安全。通过搭载30倍光学变焦吊舱、红外热成像吊舱等多元传感器吊舱，当变换巡检场景时，无人机可飞至机场自动更换传感器吊舱，有效应对复杂环境，实现白天和夜间不间断多功能巡检。当无人机电量低时，可自动飞往距离最近的机场自动更换电池，自动机场作为无人机的中途停靠站，通过机械臂等设备为无人机体重自动更好电池和吊舱等，为无人机提供稳定续航。通过无人机与全自动机场的一体实时联动与协同管控，实现无人机巡检长距离稳定续航。

(2) 三维数字化建模

采用无人机激光点云及倾斜摄影建模技术，构建厂际管廊的高精度三维模型。倾斜摄影技术是国际测绘遥感领域近年发展起来的一项高新技术。倾斜摄影测量的技术是自动化的方法构建三维模型，很大程度上提高了三维建模的效率。倾斜摄影的五相机方案中一台获取垂直影像，另外四台从前后左右4个方向同时获取地物的侧视影像。相机倾斜角度在40°~60°之间，因此可以较为完整地获取地物侧面的轮廓和纹理信息。倾斜摄影系统可以搭载在有人飞机或者无人机上，可以快速获取地物三维模型且成像效果好，是大场景三维建模的重要选择之一。机载激光雷达优化技术提取的地面三维坐标，满足高精度影像微分纠正的需要，使得数字正摄影像图(DOM)的生产变得相当容易。激光雷达技术一次测量

可以获得高精度的大面积的数字高程数据(DEM)。激光雷达具有穿透植被的能力，可以测量植被覆盖下的地形。

(3) 基于YOLO V5的巡检目标物人工智能识别分析

采用YOLO V5技术，通过应用类似EfficientNet的channel和layer控制因子来灵活配置不同复杂度的模型，并且在正负样本定义阶段采用了跨邻域网格的匹配策略，从而得到更多的正样本anchor，加速收敛。结合电子围栏，对巡检目标进行智能识别。基于算法，通过提前提取现场数据，对隐患位置进行标注后导入到模型进行巡检并对参数进行优化，部署后可实现漏油冒油的现场隐患识别及监控报警。

(4) 基于Pointnet++的三维激光点云语义分割技术

采用PointNet++网络作为点云数据分割与分类的模型。在构建完网络结构后进入三维点云分割和分类训练阶段，利用先前无人机自主采集的三维点云数据输入至网络模型中，对模型权重进行初始化，并将分割后的类别设置为四大类，分别对应地面目标物，线路，杆塔，绝缘子。随后对模型进行反向传播改变网络参数权重，直到损失函数逐渐收敛完成训练。利用训练好的网络模型对无人机自主采集的三维点云数据进行推断，获得四大类点云的分类情况进而发现当前管网是否存在故障风险及电网是否存在树障风险。

3. 应用效果

通过在天津石化厂际管廊全部部署全自主无人机巡检系统，实现无人化高精度巡检，解决厂际管廊架设位置高，人工巡检可能造成的缺检、漏检等情况；能够大力缓解人工巡检成本高、效率低的现状，无人机自主巡检基于大数据分析和AI识别技术，对无人机实时回传视频进行分析处理，对异常现象进行实时识别，对管线接缝处的异常如胀线现象进行实时预警报警，并生成巡检报告，保障线路安全。厂际管廊实施无人机巡检后，实现了天津石化14km的厂际管廊物料、公用工程等管线巡检业务进行整合，无人机智能巡检每天可巡检8次，按照人员后台监控和应急响应的模式，减少出行比例80%以上，按照优化节约20%人员，人员年平均工资按照15万元/人计算，预计每年节约成本为： $(28+14) \times 20\% \times 15$ 万元/人 ≈ 120 万元。

4. 结束语

厂际管廊无人机智能巡检系统能够实现无人机一键式自主巡检，可自动更换电池、充电，满足了长距离巡检续航能力的要求，一旦发现异常和安全隐患可实时识别报警，管理人员可在第一时间做出响应。有效降低劳动强度，大大降低作业安全隐患，提高巡检作业效率，提高巡检作业质量，实现了传统人工巡检模式升向智能巡检模式的转变。

参考文献

[1]艾慕阳.大型油气管网系统可靠性若干问题探讨[J].油气储运,2013(12):1265-1270.
 [2]马大中,胡旭光,孙秋野.基于大维数据驱动的油气管网泄漏监控模糊决策方法[J].自动化学报,2017(8):1370-1382.
 [3]王芬芬.长输管道应用无人机巡检技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2018-16-079.
 [4]武佳贺,许冰,程小良.人工智能在石化企业的应用和展望[J].中国管理信息化,2019(21):106-107.
 [5]王馨玉,赵大伟,席宇昂.炼化行业飞行器巡检装置的研究[J].大庆师范学院学报,2018(3):58-60.