

库外输油管道智能化管控现状与管控措施研究

徐晓伟（东营港有限责任公司，山东 东营 257000）

摘要：本文简要阐述了库外输油管道智能化管控的现状情况分析，对长输管道与高后果区存在的风险分析与预警手段进行剖析，通过具体的研究，结合数字化、智能化转型带来的应用场景，文章详述了库外输油管道智能化管控的措施，并结合无人机巡检、AI智能识别与边缘计算，对管道风险进行及时的预警并处置。

关键词：库外输油管道；高后果区；AI智能识别；预警

0 引言

库外输油管道时常受到外部人为活动及自然因素（如第三方交叉施工、管道被占压及被围蔽、重型车辆入侵、道路隔断、水土流失、地质灾害以及不法偷油盗油等）的干扰甚至破坏，为了及时预警管道外部风险，提高管道高后果区人防、物防和技防的融合度和可靠性，基于政府相关法规要求、管道安全管理需求，对库外输油管控措施进行研究分析。

1 现状分析

1.1 库外输油管道的发展历程与法律法规、指南要求

据统计截止到2020年末，国内油气输送管网规模已经达到约17万公里，功能细分介质主要为原油、成品油、LNG，里程规模分别为3.2、3.4、10.4万公里。预计2025年，全国油气输送管网规模将达到24万公里。输送场站阀室、管道线路（高后果区）、调度指挥中心是三个重点管控场景，随着国家的政策、前沿技术的发展，管道企业正在往边缘计算、智能化转型。随着管道的长度的不断增长，屡有发生的泄漏事故，并造成不可控制的损失，这就要求需要对管道完整性不断进行研究，并持续改进。

企业在项目建设上，要着重考虑在设计上实施以工业互联网体系，建设全面感知、网络化连接、灵敏化响应和智能化调配能力，实现各级部门与不同层级之间的互动联动，全面开展安全生产风险研判、应急演练和隐患排查，推动安全生产“三个转变”，实现场站阀室、管道线路（高后果区）、调度指挥中心智能化管控。

1.2 库外输油管道管控情况现状

依据《油气输送管道完整性管理规范》（GB32167-2015）要求，管道需进行周期性的高后果区识别，识别时长间隔最长不能超过18个月。当管道与周边环境发生变化时，要及时进行高后果区更新并重新识别。

库外输油管道的管控传统意义上各企业依赖于巡检人员进行周期性巡线工作，在规定的时间内对管道进行专项检查工作。人工巡检的缺点在于企业需要耗费大量的人力物力，随着用人成本的增加，包括机具的使用都不断的增长这一部分费用支出。其次是巡检的时效性无法得到有效保证，特别是特殊天气，单纯借助人工巡线，隐蔽位置与关键位置无法得到有效的巡检实施，包括人员巡检的身心状态与工作场景的实时环境，都影响到巡检的质量，导致在特殊时期无法有效保证巡检的时效性。

经过对储运企业与LNG输送站场的调研，特别是原油输送管道，地方设计院一般采用阴极保护对管道进行腐蚀监测管控，采用敷设振动光纤或“负压波”技术进行管道泄露检测。通过一定的算法模型实现泄露点的定位，从而进行预警。但结合输油管道的特性，一般管道走向不规律，穿越道路、河流以及居民区等复杂地貌，无法对人员施工、工程车辆等场景进行预警；一旦第三方施工无法进行有效控制，埋地管道一旦裸漏、碰撞破损或泄露，将会对自然环境以及企业造成无法控制的损失。

2 库外输油管道智能化管控的要点分析

库外输油管道的完整性是一个在延续开发的过程，如果设计阶段不能有效的进行基础设计管控，管道的完整性管理就转变成从设计、施工到生产运行期不断完善的一个工作，针对管道不同的使用时期，不同的侧重点与关注点将会有许多新增的需求需要进行优化升级；以下将从管道生产运行期进行库外输油管道的智能管控几个要点进行分析。

2.1 高后果区（HCAs）识别

高后果区（HCAs）识别传统意义上，采用外业调查、地质测绘手段对收集管道周边地理信息数据整理成电子资料，并对管道周边1Km距离内所有构筑物、学校等人员密集区、道路跨穿越、河流穿跨越等数据

信息进行细分疏理，借助 GIS 地图模型、无人机航空倾斜影像资料建立基于该管道的空间信息数据。同时对管道桩点（三桩一牌）信息收集，形成完整的底层空间数据，再通过管道完整性要求，结合相关政府规范要求对管道进行人工定级。在此过程中，基础数据收集占据了识别定级工作 70% 的时间。

数字化时代的到来，就需要借助工业互联网为基础的平台，对基础数据整合。

将 AI 技术和高分辨率卫星影像的地物细节信息深度融合，建立 AI 深度学习模型、量化准则及建立 AI 识别模型，辅助 GIS 的缓冲区分析和线性参考技术，实现地理信息与 AI 相结合的高后果区管理平台，具有空间分析、自动识别报警和高后果内地理信息管理等功能。摆脱陈旧的纸质资料束缚，建立完善的数据通讯网络平台，借助手持移动终端 APP 或微信小程序实现外业调查或巡检人员上传管道周边相关情况，包括周边院落、第三方施工、探测信息和问题点等，通过平台的定期排查机制或相关提醒机制，辅助管理人员对管道周边高后果区进行常态化管理。

通过高后果区智能识别平台，对基础数据进行整合。基础数据包含字段完整，主要包括以下几点：

①管线管段信息管理：管线数据包括普通属性信息字段和专业空间数据信息字段，管线空间数据采用标准地理空间坐标系；

②场站阀室信息管理：场站阀室信息采用面状空间表进行管理，包括阀室关键特征点位置信息，属性信息包含所属场站、阀室名称等信息；

③三桩一牌信息管理：三桩一牌通过点状空间表进行管理，空间信息表示三桩一牌所在位置，普通属性信息应包含桩类别、桩编号、所属管段等基本信息，并且可以对单个桩进行其相关多媒体文件和文档的挂载；

④具有第三方管线和管线穿跨越台账识别管理：利用外业探测和调查的方式建立管线周边 500m 带状区域内第三方管线和管线穿跨越台账，第三方管线台账涵盖了通信、工业、燃气、电力、排水和供水等第三方关键信息，通过线状空间化表格进行管理；同时穿跨越台账包含河流、道路等管线穿跨越地物，穿跨越地物采用面状空间化表格进行管理；

⑤不断的维护和管理高后果区内识别点位，识别报警后可以根据识别种类和等级联合平台数据进行空间分析处理联动，系统自动判别报警点影响范围，并

触发预警处理流程，自动下发排查任务到手持移动终端，识别报警排查流程应全程跟踪记录，为管线高后果区管理提供管理依据。

基于以上信息管控，实现高后果区识别自动定级，放弃冗杂的人员调研测绘工作，通过对周边地物信息的实时更新，随时对高后果区进行划段定级识别。

2.2 高后果区智能视频监控

对于企业而言，对于库外输油管道的管控一直存在短板，受限于管道距离长，对监控系统的建设使用期间无法进行实时管理，导致设备设施上线使用过程中会导致认为破坏，或者随着周边地质与自然灾害的发生无法有效的去及时管理。

随着应急管理部办公厅关于印发《化工园区安全风险智能化管控平台建设指南（试行）》和《危险化学品企业安全风险智能化管控平台建设指南（试行）的通知》下发，对各企业安全风险智能化管控建设进行指导进行标准化设计；同时，随着算法识别率的准确率提升以及识别模型的多样化，通过智能监控识别管道周边风险，并实现预警进行推送。

高后果区智能视频监控系统通过采用 AI 人工智能的深度学习模型，辅以 360 度摄像头旋转，通过边缘计算前端动态识别地质勘探钻机、水平定向钻机、工程挖掘机、重型车辆等高危机械自动监测并自动告警，应用终端响铃提示。市面上的算法模型准确率能达到 94% 以上，包括海康威视、华为以及大华等都有相应的成熟 AI 算法；并且算法集成到边缘端，一般可以通过前端识别算法盒子实现动态识别，有的甚至可以通过集成在枪机内部，做成整体化设备。

平台通过大数据分析系统实时根据人工智能图像识别结果，分析目标图片中需检测的异常情况，抓住特征因素，对指定目标在同一位置产生的异常行为进行主动告警；在国产替代的大形势下，各大平台对国产操作系统（OPENEULER、鸿蒙等）的兼容性也不断完善，同时 Arc GIS 国内也有完整的替代产品，比如超图 GIS 等。高后果区智能视频监控具备的功能有以下几点：

①平台具有智能识别、录像存储和视频管理等功能，可完成前端设备、图像传输、告警联动智能化管理，实现平台管理、分层查看和权限分级设置；

②算法模型具备自动训练功能，具备更新和升级功能，并且对前端边缘计算模型能实现远程维护、管理等功能；

③平台配置功能满足全天候、全时段、全视角的监控条件，智能识别模块具备能智能识别发生在管道中心线两侧左右至少各10m和前后两端至少各100m的设防监控区域内的人员、挖掘机、地勘钻机、水平定向钻机及重型车辆等目标物；

④数据整合管理，平台通过定期或实时或按需求列表输出报警信息的类型、时间、等级、处理等数据，统计分析大数据功能，具备对报警量多的监控点自动监控和自动显示弹窗功能。

通过平台系统软硬件上实现了国产替代，也实现了对库外输油管道完整性的不断优化完善。

2.3 库外输油管道智能监控的全覆盖

库外输油管道在更多的场景下处于无法实时监控的状态，单纯的对高后果区进行智能视频识别，无法对管道风险管控全覆盖，对于企业而讲，这将是困扰管道完整性管理的一大痛点。基于管道中心线周边100m范围内，不管人群、车辆以及第三方施工均无法得到实时的监控监管，对于即发性的风险无法有效监管。所以，这需要采用一套完整的巡检系统进行高效巡检，无人机巡检就发挥了它独有的特点。

随着国内无人机市场解决方案的不断成熟，以及智能AI识别算法的迭代，无人机巡检已经成为了企业、工厂与消防应急等机构的有效方式。对于库外输油管道而言，无人机巡检的加持，将会消除管道监控死区的风险，对于库外输油管道无人机智能巡检应具备以下几点功能：

①无人机解决放案是通过库外输油管道的走向情况，现场合理设置无人机站场，将无人机、无人机场、管线信息等资源统一整合，并制定详细的自动化巡检方案，实现对公司库外管道全面覆盖；

②无人机通过桩点信息的收集整合，对航线进行部署。必要时挂载外设，包括甲烷遥测、对讲话站等，并整合预警悬停功能，对沿线管道全程拍摄高清视频远程巡检画面直播、AI风险分析、预警快速推送、发现跟踪并实时抓拍高清图片、空中喊话交流及喊话驱离以及巡护报告自动生成等功能；

③算法模型的识别类型主要针对管线、库外输油管道，算法主要识别类型包括民用车辆、工程车辆、建筑物、管道裸露等；

④无人机巡检航线通过对管道路由定位并辅以管道中心线、周边300m警戒线叠加，在回传画面实时直播，并根据巡检路径内的自然环境规划仿地航线管

理，结合当地地理高程信息，进行实施仿地飞行；

⑤管理人员可对无人机站场设备进行实时监控，机场本身自带的健康管理系统，具备对机场的空调、主控、停机坪、舱盖、温度等信息参数实时监测，一旦出现故障情况下，无人机机场会自动报警并及时终止任务执行。

借助无人机智能巡检的方式对库外管道实现管段内信息全覆盖，预警信息的及时推送，以达到库外输油管道的智能化管控。

2.4 管道模型与数字孪生体系

企业对库外输油管道管理系统上建设了高后果区识别、高后果区智能视频监控以及无人机智能巡检，单纯的来讲三套模块都是相对独立的运行机制，无法对突发的预警信息整合；同时，每个系统的相对独立就暴露了每个系统针对问题发现以及预警等手段存在部分死区。这里就需要对资源整合，消除每个模块的信息孤岛。

通过对企业库外输油管道模型的建设，借助前期设计资料、外业调查将重点信息进行标注，将高后果区“一区一案”资料进行管理，结合高后果区定级结果，对智能视频监控预警信息结合，通过轮巡的方式每日推送高后果区巡检报告。一旦在高后果区周边存在情况，可进行一定的喊话驱离；数字孪生平台可进行推送信息，人为干预，及时启动无人机到指定地理点位进行实时直播。同时，数字孪生平台可以超链接的形式接入每个视频画面，同时对管道泄漏管理系统、阴极保护等腐蚀检测系统相融合，形成一套完整性的体系。

3 结论

总的来说，每个企业针对库外输油管道的完整性都有不同的差异化管理方式，这与管道周边地理信息相关联，既要从源头上解决问题，又要在智能化管控上下手。借助数字化、智能化的平台，辅以底层识别系统、智能监控识别与合理高效的将库外输油管道高后果区、全路径全覆盖无缝进行管控。

参考文献：

- [1] GB 32167-2015. 油气输送管道完整性管理规范 [S]. 北京：国家质量监督检验检疫总局 ,2015.
- [2] 张晓哲 . 试论电力工程勘探中地质雷达的应用 [J]. 科学与信息化 ,2020(01):24-25.
- [3] 高宝元 . 输油管道智能化腐蚀泄漏在线监测系统研发应用 [J]. 腐蚀与防护 ,2022(09):109-111.