

长输油气管道线路巡检模式与智能化转型探讨

张 涛 翟雨露 生家佩（国家管网集团山东分公司枣庄作业区，山东 枣庄 277100）

摘要：长输油气管道是关键的能源输送管道，在保障其顺利运行方面具有非常重要的意义。现有的管道巡检模式大多采用人员巡检与部分自动化模式巡检，已经基本满足初级的巡检要求，但面对繁重的任务量、多样的巡检环境和有限的人员数量等现实情况，这样传统的巡检模式很难做到高频率、高精准、高安全的巡检。随着科学技术的进步，智能化正在逐步渗透到石油天然气管道巡检事业中，特别是无人机、智能机器人等类似产品的出现、卫星遥感、物联网等设备的应用，已极大提升了巡检效率和精准程度、安全程度。本文将围绕长输油气管道巡检传统的弊端以及迈向智能化所带来的优势，论述智能化巡检对油气管道安全管理水平提升的必要性，并对其未来趋势做出一定的分析。

关键词：长输油气管道；巡检模式；智能化转型；无人机；智能机器人

中图分类号：TE88 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)024-0097-03

Discussion on the Inspection Mode and Intelligent Transformation of Long-Distance Oil and Gas Pipeline Lines

Zhang Tao, Zhai Yulu, Sheng Jiapei(Shandong Branch of National Pipeline Network Group Zaozhuang Operation Area,Zaozhuang Shandong 277100,China)

Abstract: Long-distance oil and gas pipelines are key energy transmission pipelines and are of great significance in ensuring their smooth operation. Most of the existing pipeline inspection modes adopt personnel inspection and partial automated mode inspection, which have basically met the basic inspection requirements. However, in the face of the heavy workload, diverse inspection environments and limited number of personnel, such traditional inspection modes find it difficult to achieve high-frequency, high-precision and high-safety inspection. With the advancement of science and technology, intelligence is gradually penetrating into the inspection of oil and gas pipelines. Especially the emergence of similar products such as unmanned aerial vehicles and intelligent robots, as well as the application of devices like satellite remote sensing and the Internet of Things, have greatly enhanced the efficiency, accuracy and safety of the inspection. This article will focus on the drawbacks of traditional long-distance oil and gas pipeline inspection and the advantages brought by the move towards intelligence, discuss the necessity of intelligent inspection for improving the safety management level of oil and gas pipelines, and make certain analyses on its future trends.

Key words: Long-distance oil and gas pipelines; Inspection mode; Intelligent transformation; Unmanned aerial vehicle;Intelligent robot

随着人工智能、大数据、物联网等新型科学技术的发展，石油天然气管道巡检正在不断趋向更高级的智能化、自动化转型，新型技术能够极大提升巡检精准度与效率、降低人力失误率、减轻作业人员劳动压力。通过无人机、机器人、卫星影像分析技术、互联网技术及各种传感器技术的应用，长输管道石油天然气管网巡检技术获得较大优化。智能化巡检技术的应用能够进一步提升管道安全平稳运行的保障力度，还为能源行业良性长久发展提供了更多的技术支撑点。本文通过对传统油煤气管道巡护作业技术的优点、不足之处的分析，归纳出了主要的智能化变革技术，并对未来油煤气管道巡护发展做出了展望，以期能为相关领域研究与实践工作提供一定的借鉴。

1 长输油气管道线路传统巡检模式及问题分析

1.1 人工巡检模式

人工巡检方式属于运输石油天然气的传统管道维

护方式，其是按照规定路线和频率，对实际现场进行的实地勘察，主要借助肉眼观察，判断管道可能出现的各种问题，比如管道出现破损或是腐蚀、泄漏等情况。人工巡检具备很强的现场感知效果，能够在短时间内发现许多科技仪器不容易发现和查知的问题和情况，优势明显，但同时也存在着许多不足，主要表现在以下几个方面：首先，大部分的长输油气管道分布在地理空间面积比较广的范围内，这就使巡检任务量和工作量比较大和复杂，巡检人员需要在复杂的地理环境中连续工作很多天。其次，人工巡检受环境气候、道路等多种因素影响，会使巡检频次和质量出现不确定因素。此外，由于人的身体和心理能力有限，会影响巡检的效果，会出现一定的误判和判断误差。最后，人工巡检成本高昂，并浪费了较多的人力和财力。

1.2 半自动巡检模式

半自动巡检方式是在传统纯人的巡检方式的基础

上结合一系列自动化技术，一般而言，半自动巡查系统会结合一系列的自动化设备，比如照相机、感应器等，辅助工作人员进行管道巡查。这些自动化设备能够对管道进行定期的检测，将相关的数据如温度、压力、速度等传送到调控中心，便于工作人员进行分析并作出判断。

在这个过程中，工作人员可以利用这些设备获得更多有用的信息，加强巡查的工作效率和准确率。相对于单纯人工进行巡查来讲，半自动巡检方式具有一定的优势，可以在一定程度上提升巡查的效率和降低人工的支出，但仍然存在一定的局限。一方面，尽管半自动巡检方式进行了自动化设备的应用，其工作还是需要人来进行操作，仍不能实现百分之百的自动，从而容易受到人性的干扰；另一方面，有些自动化设备在实际工作中存在一定的缺憾，并不能对整段管道进行探测或是不会考虑全面性，不能考虑到所有可能出现的状况，对于比较复杂的情况，设备实际并不一定能发挥出其作用。其次，采用半自动巡检对技术要求较高，如果设备运行故障或者维护不善，就可能导致巡检任务受阻，提升管道巡检管理复杂程度与成本投入。

2 长输油气管道线路智能化巡检技术及优势

2.1 无人机巡检技术

无人机巡检技术的优点是巡检效率高、准确性高、安全性好。首先，无人机巡查所花费的时间较人力巡检少，进而提高巡检效率；其次，安装有高清相机、传感器的无人机能够清楚地观测到管道发生的异常情况，并可以及时发现危险，比如发生破裂、腐蚀、泄露等情况；另外，无人机不需要工作人员直接接触管道，在巡查过程中安全风险更小，甚至是在高温、高压、易燃易爆等环境下巡检时，无人机可以很好地胜任这项工作，保证巡检工作人员的安全。

2.2 智能机器人巡检技术

智能化机器人在长输油气管线巡检中的应用已是未来发展的必然趋势。其通常都搭载了一些感知和监控传感器，在体外、体内分别进行巡检工作。此类机器人对于一些传统的巡检方法难以到达的区域如地下管线区域、埋地管线等，可以通过其自动寻迹、辨识障碍及探测的功能实现全面的巡检，同时可以通过及时的数据传送，将管线的状况信息传输给调度中心，使管线管理者获得一线真实有效的信息。智能化机器人的主要优势在于在管内进行连续性的检测工作，在一些传统的巡检方法力所不及的区域，可提供更详细、有效的巡检结果。

智能化机器人既节约了人力巡检的要求，又降低

了工作人员的安全性风险，还通过对信息数据的分析实现智能化判断，找到可能存在的问题，以及提供相关预警信息，大大提升了检测的精准性及速度。

2.3 卫星遥感监测技术

遥感卫星检测方式是借助卫星搭载的检测仪器采集地球表面信息并对其分析的一种方式，目前广泛应用于环境保护、自然资源研究等诸多领域。对于管道天然气运输线路巡查而言，遥感卫星技术可以用于进行大规模、高效率的巡查。遥感能够采集管道上方大气环境、地面及植被等数据，为管线运行提供支持信息，根据遥感图图像，结合管道地理信息系统（GIS），可以辨别可能存在问题的区域，进行遥感观测。

遥感卫星检测法具有幅宽大、时效性强、高效等优势，遥感提供的海量实时数据可以用于长输管道石油天然气检测，可以使我们对整条管道的动态进行基本把握。同时，遥感卫星还可以与管道其他检测方法结合，实现更高层次的智能管道检测，如将遥感和互联网技术结合，提前获取管道安全隐患等。

2.4 物联网与传感器监测技术

结合物联网与传感检测技术的使用，在对长距离的石油天然气运输管线巡检中，可以实现智能化管理。可以在石油天然气管道中部署不同的传感装置（如：温湿度、压强、泄露等），并将获得的数据及时上传至互联网终端中，对数据进行整合分析。通过传感装置对管道运行状态进行持续的检测，包括压力、温度、流速、振幅等多种检测指标，进而及时发现出现的问题并且提前发出警示。

借助于物联网和传感技术，在管道运作的全流程中均可做到实时监测、自动控制，同时在管道内外的任何位置放置传感设备采集出准确的信息内容，为工作提供准确数据，通过物联网平台的即刻接受与分析，保障管道安全作业。利用物联网技术进行智能化的判断和远程操作，如系统检测到管道出现问题则自动进行报警或紧急处理。

3 长输油气管道线路巡检智能化转型策略

3.1 技术升级策略

首先是无人机 UAV/ 机器人代替管道传统徒步巡检人员进行高效、全方位的工作，尤其是难以到达区域的全面调查，巡检的覆盖面和精准性大大提高。利用无人机搭载高分辨相机、传感器能实现管道的实时监护，实现管道状况问题的扫描，对管道表面状况进行扫描并可以进行问题定位；机器人进入管道对管道进行内观检测和排查，并可以达到隔绝风险的保障。

其次，互联网技术实现管道设备、传感器所获取数据的实时获取和上传，从而保证管道健康状态始终

处于监测状态，以便及时发现管道可能发生的风险因素；再借助大数据分析和人机智能交互技术实现大批量信息巡检数据的快速处理，以便做出故障预警和维修解决方案，提高了管道管理的预见性和科学性。所以，随着新技术的引进与应用，对长途油气管道进行巡检其效果和安全运行状况都将得到显著提升。例如将红外分辨率 640*512 的载荷更换为红外分辨率 1280*1024 的高清载荷，增加爆闪灯，增加无人机飞行过程中联动的功能。再例如，自动巡检系统软件进行升级：除当前 120m，载荷 -45° 下的识别外，增加不同飞行高度、载荷不同角度的识别算法，对当前存在的部分区域重复告警、部分类别误检的问题进行优化，提高识别有效率至 95% 以上。

3.2 管理优化策略

在推进长途石油燃气管道巡线智能化转型的同时，对管理的优化具有关键价值。发挥智能化技术并不是仅仅依靠先进的设备，还需要先进科学的管理模式加以辅助才能发挥最大效用。首先，构建完整的信息化管理系统，将管道巡检、维修、监控等工作打包在一起，通过数据共享和数据的交互，提高协作效率；其次，智能化巡查系统需要与目前管道运行管理系统统一整合，使巡查数据与管道运行数据无缝对接，以便实施巡查数据与运行数据实时监督和危险性报警。最后，管理者还要强化工作人员培训，提高专业技术人才的专业素养，使其可以自如运用并维修智能化巡检设备。

3.3 协同合作策略

管道智能化转型是远油长输油气管道巡检工作的趋势，而不单单是某一家企业的作业，应该由整个行业团结起来通力合作，以达到普遍的使用和推广。

第一，石油和天然气管道企业要积极地寻找高校、研究院所和科技企业等合作，集合各方面的优势，研发适用于管道巡护的智慧化产品及装备。如可与无人机企业联合研发可应对各类复杂工况的无人机巡检系统、与传感器生产商联合研发探测精度更优、可靠性更佳的管道监测装备等。

第二，国家政府也应该积极支持石油和天然气管道行业的智能化发展，制定相关政策、标准，鼓励科技发展和技术成果的分享，让所有各方面都有机会辅助该类发展的智能化提升。

3.4 数据安全保障策略

石油和天然气管道智能巡检中大数据的应用使得数据成为了工作最重要的工具，因此我们要重点关注如何保证数据的安全性与隐私性。

首先从采集数据源头的设备开始加强防护工作，

确保使用不同的传感器、无人飞行器所获得的数据不会发生篡改、泄露的行为。运用加密技术与身份认证手段来确保在传输信息时数据传输的可靠与安全。

其次就要制定完整的数据管理的安全体系，同时还应制定严格的访问管理，同时要采取分类管理的措施，允许的人有权限接触到机密信息。定期完成数据的备份工作，以防止数据丢失、失真的现象。

对于可能产生的数据泄露事件，建立有效的应急预案，及时对数据泄露进行应急处理，以减少损失。例如成立攻防演练工作小组，由管道部牵头对各作业区光纤预警、视频监控、无人机等技防措施预警能力提升情况抽查验证，同步对综合监控室及各级人员闭环处置效果进行验证。开展抽查验证不少于 5 轮次，并对验证效果进行考核监督。

4 结语

长输油气管道智能化巡线改造对提高其运行安全性和优化生产经营管理极为重要，通过科技成果推广、运营管理模式的改进、合作联动及数据信息安全防护措施的应用，可有效提升其巡检时效和准确率，降低突发性风险事件的发生，延长使用寿命。未来，在科技手段的推广和行业日益增长的需求下，石油及天然气管道智能化巡线必定在石油天然气生产经营过程中发挥越来越重要的作用，届时，石油及天然气相关企业、政府部门需要更多科研攻关投入和合作，联合开展油气田集输管道的智能化升级，为产业的可持续发展提供强有力的技术支持和保障。

参考文献：

- [1] 王建华, 张国庆. 长输油气管道线路巡检模式与智能化转型研究 [J]. 石油工程技术, 2024(02):12-15.
- [2] 李俊杰, 陈飞扬. 基于智能化技术的长输油气管道巡检模式优化 [J]. 油气管道与工程管理, 2023(07):24-28.
- [3] 刘佳宁, 高文彬. 长输油气管道智能化巡检模式的现状与发展趋势 [J]. 能源科技与管理, 2023(05):18-21.
- [4] 张怡婷, 赵雪婷. 长输油气管道智能巡检系统的设计与应用 [J]. 石油与天然气输送, 2023(09):22-25.
- [5] 王怡婷, 李建国. 长输油气管道智能化巡检技术的发展与挑战 [J]. 石油工程与技术, 2023(08):29-32.
- [6] 陈建华, 王志强. 长输油气管道智能化巡检模式的转型与创新探讨 [J]. 石油管道管理与技术, 2024(01):19-22.

作者简介：

张涛 (1973.10—)，男，回族，山东济宁人，大学本科，助理工程师，职务：管道管理，研究方向：管道保护。