

基层作业区管道线路巡护通道建设优化与实践

李永刚（国家管网集团西北公司山西输油气分公司，山西 太原 031000）

摘要：输管道是能源输送关键设施，其安全稳定关乎能源供应、国家安全与民生。本文围绕国家管网集团管道巡护通道建设，分析规范建设的重要性，针对巡护道路不畅等问题，探讨原因，结合地形选路线、依巡护方式定参数，应用新技术提升智能化水平，提出优化方案，以提升通行能力与效率，及时发现异常，保障管道安全运行。

关键词：管道巡护通道；建设优化；实践；安全管理

中图分类号：TE832 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）028-091-03

Optimization and Practice of Pipeline Route Patrol Passage Construction in Grassroots Work Areas

Li Yonggang(Shanxi Oil and Gas Transportation Branch of Northwest Company of National Pipeline Network Group, Taiyuan Shanxi 031000, China)

Abstract: Pipeline is a key facility for energy transmission, and its safety and stability are related to energy supply, national security, and people's livelihood. This article focuses on the construction of pipeline patrol channels in the National Pipeline Network Group, analyzes the importance of standardized construction, and explores the reasons for problems such as poor patrol roads. Combining terrain selection and parameter setting according to patrol methods, new technologies are applied to improve the level of intelligence, and optimization plans are proposed to enhance traffic capacity and efficiency, timely detect abnormalities, and ensure safe operation of pipelines.

Keywords: pipeline patrol channel; Construction optimization; Practice; safety management

国家管网集团承担着全国油气输送的核心任务，管道线路总里程长、覆盖地域广，穿越地形复杂多样。巡护通道作为保障长输管道安全运行的基础，其重要性不言而喻。它为巡护人员提供了便捷的通行路径，使得巡护人员能够及时、全面地检查管道的运行状况。通过定期巡查，巡护人员可以及时发现管道存在的潜在隐患，如腐蚀、泄漏、第三方破坏等问题，从而采取有效的措施进行处理，避免事故的发生。而有了完善的巡护通道，巡护人员能够轻松到达管道的各个部位，及时发现并解决安全隐患，维护管道的稳定运行，确保能源的安全输送。

1 管道巡护通道建设现状与问题

畅通的巡护通道使巡护人员能够更便捷地在管道沿线进行巡查，及时发现管道周边的动土、施工等可能威胁管道安全的行为，以及管道泄漏等异常迹象。相比其他巡护方式，徒步巡护在发现细微异常方面具有独特优势，能够做到早发现、早处理，避免问题扩大化。随着能源需求的增长与管道建设规模的扩大，巡护通道建设逐渐注重路线规划，开始考虑地形地貌因素，以提升巡护效率。这一时期，机械施工设备逐渐应用于通道建设，使得通道的开辟速度与质量有所提高。近年来，随着科技的飞速发展，巡护通道建设在技术手段上也迎来重大变革。随着工业 4.0 时代的到来，“智能管道”、“智慧管网”已成为大势所趋，

逐步由数字管道向智能管道和智慧管网演进，天地一体化巡护是智能管道的重要组成部分。

1.1 规划设计层面

①标准体系不完善：缺乏针对不同地形（山区、沙漠、农田）的差异化设计规范，部分通道宽度仅满足单人通行，难以支持应急设备或车辆进入。无人机、光纤预警系统与智能视频监控还不能完全融合，执行标准还不统一。目前在部分区域实现了光纤预警与视频监控联动。

②与管道布局协同不足：部分新建管道未预留巡护通道空间，或通道走向与管道交叉角度过大，增加巡护人员往返距离。无人机区域受限于空中管制、视频监控受限于山区通讯信号不良等不利因素。

1.2 施工建设层面

①材料与工艺落后：部分通道采用简易碎石或土质路面，雨季易出现泥泞、塌陷，北方地区冻融后路面破损严重。尤其是通道在一些陡峭、易发生滑坡、泥石流等地质灾害的区域穿行，不仅增加了巡护人员的安全风险，而且在灾害发生时，通道极易受损，影响巡护工作的正常开展。

②施工监管缺位：部分工程存在路基压实度不足、排水设施缺失等问题，导致通道使用寿命缩短。由于巡护通道还需要占用一定面积的土地，在征用过程中常常面临与地方政府、村民等的利益协调问题，特别

是一些历史遗留问题较复杂。

1.3 运维管理层面

①权属责任不明确：部分通道位于集体土地或第三方用地，维护时需多方协调，导致问题处理滞后，日常巡查和维护还需要投入大量的人力和物力。飞行受空域和恶劣天气影响较大，同时服务公司受限于空中管制还不能全面掌控飞机飞行时间，并且无人机成本高、一次性投入大。

②动态监测缺失：缺乏对通道状态的实时监测手段，无法及时发现侵占、损坏等情况。同时由于自然环境的侵蚀以及人为因素的破坏，通道损坏频率较高，维修难度大，如山区通道受地质灾害影响损坏后，修复工作十分复杂；同时通讯信号不良，无人机飞行区域存在盲区无法进行飞行等。

2. 管道线路巡护通道建设优化策略

随着社会经济的飞速发展，城市建设速度逐步加快，管道线路第三方损坏、打孔盗油等风险尤为突出，管道保护形势持续严峻，实践证明在当下紧紧依赖人的主观能力来保障管道安全明显不足，提升技防预警精准性迫在眉睫。按照集团公司智能化巡护统一要求，为实现精准识别管道打孔盗油、施工损坏风险，快速进行现场溯源排查及闭环管理，通过光纤预警与视频监控、无人机巡查多方式巡护的实现，不断为管道安全保驾护航。

2.1 优化规划设计

结合国家管网集团管道线路的特点和巡护工作实际需求，制定统一、科学的巡护通道规划设计标准。明确通道的宽度、坡度、路面材质等技术指标，确保通道的安全性、舒适性和实用性。在规划时，对于山区，应选择地势相对平缓、地质条件稳定的区域作为巡护通道路线，尽量避开陡峭的山坡、悬崖以及易发生滑坡、泥石流等地质灾害的地段，以降低施工难度与后期维护成本，同时保障巡护人员与设备的安全。

2.2 规范运行期巡护通道建设

①严格施工质量管理：建立健全巡护通道施工质量管理体系，加强对施工过程的监督管理。从施工材料采购、施工工艺控制到工程验收等各个环节，严格把关，确保施工质量符合设计要求和相关标准。对施工单位进行资质审查和信誉评价，选择具备良好施工能力和信誉的单位承担建设任务。积极推广应用先进的施工技术和工艺，提高巡护通道的建设质量和效率。

②先进技术应用优化：无人机在巡护通道勘察与监测中具有显著优势。其能够快速飞跃复杂地形，获取高分辨率的影像数据，帮助管道训话人员全面了解巡护通道及周边环境状况，如地形变化、植被覆盖、

建筑物分布等，为通道规划与建设提供详细的数据支持。利用GPS系统、光纤预警、视频监控等信息化技术，能够极大提升巡护通道管理的智能化水平。GPS则可用于实时定位巡护人员与设备的位置，监控其巡护轨迹，确保巡护工作按计划进行，同时便于在紧急情况下快速定位与救援。

3 管道线路巡护通道建设实践

为规范和加强基层作业区管道线路巡护通道的多样化，一方面通过在管道上方进行徒步巡护，巡护人员能够近距离、直观地检查管道本体是否存在变形、腐蚀、破损等情况，及时发现潜在的安全隐患，从而采取有效的维护措施，降低管道泄漏、破裂等事故发生的概率，保障管道安全稳定运行。另一方面在传统巡护方式的基础上增加无人机、光纤预警系统、视频监控等智能技防设施应用管理，明确管理要求和责任，在日常管道巡护当中大幅提高了线路风险事件响应速度。

3.1 巡护通道打通实践案例

3.1.1 台田地打通方式

在推进巡检通道建设的进程中，为切实保障巡检工作能够高效、安全地开展，我们紧密结合作业区域独特的地形地貌特征，因地制宜地制定了多样化的踏步台阶修筑方案。土质台阶是在地势相对平缓、土质较为坚实稳定地段进行修筑，单个台阶规格0.5m*0.8m。砖砌台阶选用质地坚固、耐久性强的砖块，按照标准的砌筑工艺精心搭建，灰缝均匀饱满，以保证整体结构的稳定性。同样遵循0.5m*0.8m的规格要求，不仅为巡检人员提供平稳的落脚点，外观上也显得整齐有序。生态袋台阶是将生态袋层层堆叠、交错排列，使台阶与周边自然环境完美融合，实现了巡检功能。

3.1.2 山坡形式打通方式

巧妙地利用了山坡的自然地形，采用一字型、S型、L型多方式设计，以路牙石、红砖、石板三种材料为基础铺设台阶，规格为0.2m*0.5m，粉刷黄色底漆，明黄警示，安全随行。具体长度结合地形开展铺设，这种方式不仅有效地减缓了坡度，使得管道铺设更加平稳、安全，而且还单侧增设1.2米镀锌钢管扶手，刷黄色漆，黄色作为一种明亮且醒目的颜色，能够很好地吸引人们的注意力，保障工作人员的安全。

3.1.3 高台形式打通方式

在挡墙单侧修筑踏步台阶，使用0.2m*0.5m路牙石、石板进行错台设计，台阶高度为0.2m，长度根据挡墙地形设定，坡度有30度、50度以上，长度可以设置为3米、5米，同时单侧还增设1.2米镀锌钢管扶手，

兼顾安全性与环境协调性。介于挡墙高度超过 5 米的特殊地方,利用铁艺爬梯作为通道使用,设置宽度为 0.6m、0.8m 两种高度为 3m,同时利用膨胀螺栓与地面结合固定爬梯,保障巡检人员安全,为杜绝无关人员通过增加专用锁具,避免出现意外跌落风险。

3.1.4 圈占类打通方式

在巡检通道的进出口,两侧使用 10m*1.8m 玻璃钢护栏进行围挡,围挡内增加绿色防护网,同时制作铁艺巡检门,悬挂“巡检通道”标识,进一步提升安全防护等级,确保巡检通道的规范使用。内部田埂处,使用红砖做基础 0.2m*0.5m 进行夯实修筑台阶,即方便巡检人员的上下通行,又提高了工作效率。围挡、台阶的设置也考虑到了梨园的整体美观性,使其与周围环境相协调。此外,还配备巡检专用锁具,对巡检大门进行加锁管理,防止无关人员的进入。

3.2 巡护通道视频监控数字化

为提升管道安全技防水平,强化高风险管段实时监控能力,利用视频监控技术、智能 AI 识别技术、物联网技术等,实现部署全天候、实时感知预警的油气管道重点地段视频监控平台,预防重点地段管道遭受外来人员、车辆、大型机具、管面施工等第三方的损坏,提高公司重点地段管控水平,避免泄漏、打孔盗油、着火爆炸事故在高后果区发生,极大地提高工作效率。同时通过采用玻璃钢材质,构筑长度 1m、宽度 1m、高度 1.5m 的标准化监控围栏,利用 1m*0.3m 铝塑板标牌,展示公安部门联合的警示标语及联系电话,以围栏、监控杆与防盗标识形成立体防护体系,通过结合摄像头功能开发高精度目标和危害行为识别模型,并将其部署在摄像机前端,实现管道沿线机械高质量智能视频识别,对可能伤害管道的危害行为进行报警,并尽量减少误报,提升管道风险智能防控水平。目前长治作业区在高后果区已安装 13 套智能摄像头,通过智慧监控高效应用,不断强化管道高风险段安全威慑。

3.3 巡护通道光纤预警系统应用

管道光纤预警系统主要应用于检测油气管道第三方施工及周界防护等方面,工作原理是基于:相干瑞利散射(Φ -OTDR)的分布式光纤传感器利用光纤对振动敏感的特性,当外界振动作用于传感光纤时,光纤的折射率、长度将产生微小变化,从而导致光纤内传输信号的相位变化,使得光强(信号强度)发生变化。通过检测振动前后的瑞利散射光信号的强度变化(差分信号),即可实现振动事件的检测,并具备多振动事件同时精确定位。长治作业区已于 2024 年 12 月完成全覆盖光纤预警系统的投入运用,日常巡线过程中

通过站控值班监屏、管道人员微信群接收报警信息、现场确认反馈完成闭环。

3.4 巡护通道无人机巡护技术应用

管道无人机飞行主要采取专业无人机技术服务+基层站队自主飞行两种模式。无人机管道巡护主要由无人机飞行平台、地面站系统、无人机指挥车辆、飞行指挥大厅(监控中心)四部分组成。工作内容包包括:无人机视频巡检、二维/三维建模、图像比对等。实现无人机飞行数据以及巡护视频画面的远程实时传输,利用图像智能处理平台对管线周边的第三方施工、打孔盗油、机械停留等进行智能检测和定位,并将检测数据和实时画面传到无人机智能化管控平台,监控人员可第一时间获取异常情况,及时安排就近管道巡护人员到现场处理。作业区定期对管道两侧 200m 范围做常态化巡检飞行,重点监测管道两侧有无第三方施工、工程车辆、地表破坏、违章占压、可疑院落等风险,分析比对周边环境变化情况。长治作业区 2025 年计划安装 4 库 2 机,安装完成后可以通过每天进行无人机确定飞行任务后,人工巡检根据无人机飞行时间灵活调整出勤时间,最大限度地实现无人机与人工巡检的错时错峰,飞行过程中发现异常信息如人员、机械、车辆等会自动报警并推送至 APP 端,并安排专人负责报警信息的处置闭环。

4 结论

通过在基层作业区管道巡护通道建设的开展,取得了一系列优化方法与实践成果。展望未来,还可以聚焦于复杂地质条件下巡护通道的建设技术与长期稳定性评估,深入挖掘人工智能、大数据等新技术在巡护通道规划、建设与管理中的潜在应用,例如利用大数据分析优化巡护通道布局,借助人工智能实现智能巡检与故障预警。此外,加强管道企业与地方政府等行业各方的协同研究,共同推动巡护通道建设在绿色环保、资源节约等可持续发展方向取得更大进展。

参考文献:

- [1] 蒋林林,那骥宇,等.长输油气管道运维中存在的问题分析及建议[J].石油工程建设,2022,48(4):67-71.
- [2] 沈大鸣.原油管道保护需解决深层次问题[J].中国石化,2017,0(1):52-54.
- [3] 季寿宏;宋祎昕.长输天然气管道巡线管理探讨[J].企业管理,2016,0(S1):190-191.
- [4] 艾力群,魏祥和,闵文茜,等.油气管道无人值守站及区域化管理创新与实践[J].石油工程建设,2024,50(2):86-92.
- [5] 邹永胜.山地油气管道智能化建设实践与展望[J].油气储运,2021,40(1):6-6.