

油气长输管道伴行光缆安全运行管理探讨

满建彬（国家管网集团东部原油储运有限公司合肥输油分公司，安徽 合肥 230000）

摘要：油气长输管道伴行光缆作为SCADA系统的重要组成部分，承担管道通信、安全运行、生产调度等多种功能。管道伴行光缆的安全运行管理是确保油气长输管道通信系统稳定、可靠运行的重要保障。但管道伴行光缆因穿越地貌环境复杂、走向及埋深不容易测量等因素，容易受到第三方施工破坏。文章全面识别设计期、建设期和运行期管道伴行光缆所面临的风险，探讨安全防护措施，以便对油气长输管道伴行光缆安全运行提供理论指导。

关键词：长输管道伴行光缆；第三方施工；风险；安全防护

作为五大交通运输方式之一，管道运输是用管道作为运输工具的一种长距离输送液体或气体介质的运输方式，即一种专门由生产地向市场输送石油、煤和化学产品的运输方式。管道伴行光缆为油气长输管道实时传送压力、流量、温度等生产数据，同时承担着站场设备远程监控和通信功能^[1]，是油气长输管道必不可少的配套工程，也是打造智慧管网的硬件条件。

管道伴行光缆本身存在质地脆、机械强度差等缺点，长期埋设在地下，也可能因土壤腐蚀、老化等原因导致衰减增大，影响通信质量。同时，建设期未按照国家标准规范施工造成伴行光缆偏离管道或埋深不足，运营期安全监管工作不到位受到第三方施工破坏，严重影响伴行光缆安全运行。同时，油气长输管道伴行光缆穿越沙漠、大江、大河等地貌环境较为复杂，极易受到山洪、泥石流、坍塌等自然灾害的影响，无疑也给伴行光缆安全运行带来了极大的挑战。管道伴行光缆一旦遭到破坏会导致通信中断，使油气调控中心失去对整个管网系统的掌握，甚至延误对突发事件的控制，造成严重后果^[2]。因此，应从设计期、建设期和运营期对伴行光缆所面临的风险进行识别分析，研究安全防护措施，提升伴行光缆安全运行管理水平。

1 油气长输管道伴行光缆风险识别

光缆是为了满足光学、机械、环境的性能规范而制造的，是利用置于包覆护套中的一根或多根光纤作为传输媒介并可以单独或成组使用的通信线缆组件。光缆一般是由线芯、加强钢丝、填充物和护套等四部分组成，另外根据需要还有防水层、缓冲区、绝缘金属导线等构件^[3]。光缆按敷设方式分为直埋光缆、架空光缆、管道光缆和海底光缆四种^[4]。油气长输管道伴行光缆属于直埋光缆，是按照一定设计规范要求，沿着油气长输管道路由埋于地下敷设，特点是敷设距

离远、穿越地貌环境复杂、易受第三方施工和地质灾害点的破坏、面临外部风险较大。

1.1 设计期风险识别

可研设计阶段作为一个项目的前生命周期，设计的合理与否对一个项目能否顺利实施至关重要。管道伴行光缆项目在设计期主要面临以下风险：没有遵循国家和行业相关标准规范开展伴行光缆的路由设计，未开展地质勘探或地质勘探不仔细又或对地质资料分析不充分，导致未能根据现场地形地貌进行规划伴行光缆路由，致使施工时伴行光缆浅埋、偏离管道等安全隐患，对运行期的安全运行管理和整改带来了较大困难；设计方案未明确伴行光缆选型、未充分考虑后期运行维修维护需要，导致后期施工单位为节约成本采用普通无金属芯光缆当作伴行光缆而非铠装光缆，致使运营单位管理人员无法利用探测仪器精准探测伴行光缆走向及埋深，无法有效防控第三方施工对伴行光缆的破坏。

1.2 建设期风险识别

油气长输管道伴行光缆建设期施工的合理性和安全性直接影响后期光缆的通信效果和维修维护难易度。建设期，伴行光缆面临的风险主要有以下几方面。

①施工时未进行路由复测，未复核设计施工图纸是否与现场实际相符进行盲目敷设，或实际路由与设计施工图不符时未经监理和设计单位确认擅自变更路由，为后期安全运行管理埋下隐患。

②施工单位偷工减料，部分管段伴行光缆无金属测试芯或金属加强芯，后期无法准确测试光缆走向、埋深^[5]。

③施工单位对伴行光缆施工重视程度不够，未按设计施工规范进行光缆敷设、回填，导致伴行光缆偏离管道、埋深不足，容易被第三方施工破坏。

④施工时光缆断点或断线较多、光缆接线盒进水，导致损耗值较大无法测试光缆位置。

⑤未埋设光缆监测标石或埋设不规范（间距过大或偏离光缆实际位置），导致无法测试光缆位置或误判光缆位置。

⑥竣工验收资料不全，光缆走向、埋深等关键信息缺失或不准确。

⑦建管分离（光缆建设单位与运营单位不是一个单位）致使光缆建设单位对光缆施工过程中敷设、回填等关键环节监督力度不够，导致施工质量达不到设计要求。

1.3 运营期风险识别

运营期主要面临安全监管不力导致第二方或第三方施工破坏风险，具体体现在以下几方面。

①当前，大部分管道都是建管分离，一些附属工程如伴行光缆通信工程未能与主体工程同步移交，光缆走向、埋深等关键信息运营单位无法获取，容易导致后期伴行光缆维修维护被挖断的情况。

②因管道检修或管道保护需要将管道伴行光缆开挖暴露，擅自使用机械开挖导致光缆挖断；或开挖放坡不符合标准要求造成管沟坍塌，进而拉断光缆。

③管道巡护力量和技术力量有限，不能实时监控管道周边异常情况，存在一些第三方施工单位在管道附近盲目施工导致管道伴行光缆挖断。

④已告知第三方施工方管道伴行光缆具体位置，施工人员为赶工期私自机械开挖或其他锋利工具开挖导致光缆挖断。

⑤管道穿越山坡落差较大，发生塌方等地质灾害导致光缆拉断。

⑥管道和伴行光缆浅埋，正上方有堆土或有重型机械碾压，强大冲击力导致光缆拉断。

2 油气长输管道伴行光缆安全防护措施

2.1 设计期安全防护措施

遵循“安全第一、环保优先、质量至上、以人为本、经济适用”的原则，严格落实现场勘探，根据现场实际充分考虑光缆与管道的相对位置、埋深、走向等因素，确保光缆与管道同沟敷设或保持安全距离。同时也要充分考虑后期伴行光缆运行维护需要，在设计方案中明确伴行光缆型号、规格、纤芯数、敷设方式等关键信息^[5]。遵循国家和行业相关标准规范编制管道伴行光缆设计方案，确保设计方案的合理性和可行性，并经专家充分论证，报相关部门审核，审核通过后方

实施。

2.2 建设期安全防护措施

运营单位提前介入工程建设，从管理和技术等多方面加强对施工单位的监管，能够有效减少伴行光缆建设期所面临的风险，为后期管道伴行光缆安全运行提供便利。

①伴行光缆敷设前，对照设计方案对光缆规格型号进行检查，避免施工单位偷工减料，未采用设计方案规定型号光缆。

②监督施工单位严格按照设计施工图纸对路由进行复测，通过对施工人员的培训、安全技术交底、协同作业等方式，尽量避开大江大河、水稻田等不利于光缆敷设的地方，为运营期光缆的维修维护带来方便。

③加强对光缆敷设、回填等关键工序的现场监护。监督施工单位按照光缆敷设设计规范进行光缆敷设。通常情况，伴行光缆应沿管道输送介质前进方向的右侧敷设，无特殊情况，光缆与油气输送管道间最小净距为0.3m。光缆下沟后，先用细土回填至与管顶平齐；待硅芯管敷设结束后，再用细土回填0.3-0.5m，然后铺设警示带，再进行回填。这样可以避免伴行光缆埋深不足、偏移等情况的发生。

④按照几百米到两公里的距离进行吹缆，尽量减少因工序交叉等原因被迫剪断已吹好的光缆，减少光缆接续修复，避免接续太多导致光衰，给后期光缆测试带来困难。

⑤在光缆安装与固定时预留足够的空间以供光纤进行弯曲绕行，并采用“1+1”保护模式等措施提高光纤的可靠性^[6]。

⑥做好伴行光缆相关技术资料、施工期间隐蔽工程影像、光缆敷设竣工图纸等建设期资料的收集与留存，为后期光缆运行维修维护提供资料帮助。

2.3 运营期安全防护措施

运营期伴行光缆主要面临施工破坏和地质灾害风险，应从人防、物防、技防、信息防等四方面降低伴行光缆所面临的风险。

2.3.1 人防

人防主要是以人为主，发挥人的主观能动性，防止施工对伴行光缆的破坏。一是建立管道伴行光缆巡护制度，加强对光缆的定期巡护与检查，严格落实巡护外包人员对伴行光缆线路的一日一巡或一日多巡，及时发现伴行光缆潜在的安全隐患或周边异常情况，将风险消灭至萌芽状态。二是重视隐患排查，结合伴

行光缆沿线的实际情况开展隐患排查工作：对伴行光缆所经过的地形地貌进行全面排查，提前识别出浅埋、偏离管道的光缆以及易发生山洪、泥石流、坍塌等地质灾害点，第一时间整治、消除隐患。三是制定伴行光缆中断应急预案，确保在光缆中断时能够迅速响应并恢复通信。四是加强对管道保护工、光缆巡护人员以及施工人员的专业技术培训，提高他们对光缆保护的认识和技能水平。特别是管道保护工，要从中选取技术骨干参加光纤熔接技术培训，提升光缆熔接自主运维一体化能力，当发生断缆时第一时间抢通光缆，避免依托外部力量耽误抢修先机。

2.3.2 物防

物防主要是发挥光缆桩、警示牌、警戒带等物体的警示作用，降低光缆被破坏的风险。一是及时维护字迹不清、歪倒、偏离管道实际位置的光缆桩，确保光缆桩警示信息清晰、笔直准确标识光缆走向。二是在伴行光缆安全范围两侧应设置警戒带，在施工区域伴行光缆上方显眼的地方埋栽色彩醒目的警示牌，警示施工人员谨慎施工，防止破坏伴行光缆。

2.3.3 技防

技防主要是利用技术手段精准探测伴行光缆走向、埋深等关键信息，避免盲区施工对光缆的破坏；或采用技术手段第一时间发现、阻止施工对伴行光缆的破坏。一是采用先进的定位探测技术，如 RD8000 探测仪等，提高光缆定位探测的准确性和效率。二是在伴行光缆沿线安装光纤预警系统或远程视频摄像头，一旦在伴行光缆安全范围内发生施工，报警信号会第一时间传入站控室，当班人员通知外管道管理人员立即赶往现场处置。三是在巡护外包人员巡线的基础上，在伴行光缆穿越苗木、大面积水田、森林、水域等特殊地段增加无人机巡线，全方位无死角的监控伴行光缆周围异常情况。四是管道保护或光缆维修维护施工时要根据土质情况确定放坡系数，避免因放坡系数不当引发塌方等地质灾害拉断伴行光缆的情况。五是针对重型机械在伴行光缆正上方行驶的情况，要根据机械的吨位确定对伴行光缆的防护措施，铺设钢板或采取钢筋混凝土盖板保护。

2.3.4 信息防

信息防主要指通过联防宣传这一手段，提前预知施工信息或提高油气管道沿线居民的光缆保护意识避免对伴行光缆的破坏。一是加强沿线居民、村镇以及发展和改革委员会、国土资源局、自然资源规划局等规划部门的走访，提前得知油气管道周边的各类施工

信息，并与施工方取得联系，及时组织开挖验证油气管道及伴行光缆的走向和埋深等信息，根据规章制度落实油气管道及伴行光缆的保护。二是每月收集油气管道沿线物权人、机械操作手信息，并建立微信群，不定期在微信群里进行联防宣传或现场发放管道保护宣传品，激发他们主动提供施工信息的积极性。三是定期走访施工单位，对施工人员进行安全教育，向他们宣传“管道中心线两侧各 5m 范围内禁止机械开挖”等石油天然气管道保护法知识，提高他们对油气管道及伴行光缆的保护意识。

3 结语

油气长输管道伴行光缆的安全运行管理是一项复杂而重要的课题，它直接关系到油气管道通信系统的稳定性和可靠性，同时它也是一项系统工程，需要贯穿于设计期、施工期、运营期等全生命周期，需从设计审核、施工监管、日常运维管理、保护措施等多个方面入手，形成全方位、多层次的保护体系，有效降低光缆中断的风险，提高管道通信系统的整体安全性和可靠性，确保油气长输管道伴行光缆的安全运行，为油气长输管道的安全运行和通信系统的稳定性提供强有力保障^[7]。同时，还需要不断总结经验教训，完善相关制度和措施，以适应油气管道行业发展的新需求和新挑战。

参考文献：

- [1] 肖华平, 郭存杰, 章跃平, 孙国强等. 管道伴行光缆安全风险与防护措施探讨 [J]. 管道保护, 2018(7):12-14.
- [2] 宋乔, 宋雨等. 天然气长输管道与伴行光缆埋深测量方法研究 [J]. 管道技术与设备, 2016(4):15-17.
- [3] 朱红钧, 李佳男, 陈俊文, 等. 混氢天然气管道放空自燃过程数值模拟分析 [J]. 天然气工业, 2023, 43(9):149-161.
- [4] 王根华, 韩际辉, 孙超等. 智能变电站光缆应用研究 [J]. 中国新通信, 2014(11):91-93.
- [5] 吴昀. 长输管道伴行光缆隐患及维护对策研究 [J]. 石化技术, 2019(7):267-272.
- [6] 龚礼岳. 石油管道通信安全的重要性解读 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2013(14):227.
- [7] 董长青. 研究石油天然气工程地面管道的铺设技术 [J]. 中国化工贸易, 2017(12):175-177.

作者简介：

满建彬 (1988-)，男，汉，山东滕州人，硕士研究生，工程师，研究方向：油气储运。