

无法实施内检测管道建设期 完整性管理智能化技术研究与应用

刘志鹏 郑方杰（中海广东天然气有限责任公司，广东 珠海 519000）

摘要：参照 GB32167-2015《油气输送管道完整性管理规范》，宜优先选择基于内检测数据的适用性评价方法进行完整性评价，但开展漏磁内检测要求配套建设收发球装置，对于未设置收发球装置的支线管道不具备可实施性。文中结合某公司支线天然气管道的特殊工况，提出了在建设期采用管道基础数据采集、无损检测射线照相底片数字化、阴极保护智能监测系统、超声导波永久监测探头、管道应变智能监测系统等综合方法智能分析评价管道危害因素，可用于无法实施内检测天然气管道完整性管理工作，保障管道安全运行，具有借鉴意义。

关键词：无法实施内检测；天然气管道；建设期；完整性管理

0 引言

GB32167-2015《油气输送管道完整性管理规范》第 8.1.4 条规定，“宜优先选择基于内检测数据的适用性评价方法进行完整性评价。如管道不具备内检测条件，宜改造管道使其具备内检测条件。对不能改造或不能清管的管道，可采用压力试验或直接评价等其他完整性评价方法。”

因场地受限部分后建的长度较短的支线管道不具备设置收发球筒的条件，或因下游用户用气特点不具备实施内检测条件，上述情况导致无法满足规范中要求的优先选择基于内检测数据的适用性评价方法进行完整性评价。

本文通过在某支线管道开展管道建设期完整性管理，通过实施风险识别和评价，预判管道在今后运行过程中可能发生的风险，并在建设期采取相应技术手段进行风险消减与减缓，将风险控制在可控范围，保证管道全生命周期的结构和功能完整，确保管道本质安全，从而满足管道安全运行和管理需求。

1 管线概况

风险识别与评价前根据管段的实际工况，收集该段管道基本参数，管道长约 830m，通过工艺改造从已建的 1# 阀室接出并止于 1# 末站，管道途径南方填海区域，共包括 1 处道路定向钻穿越。管径及壁厚为 $\Phi 508 \times 14.3$ ，钢管材质为 L450 直缝埋弧焊钢管，设计压力为 9.2MPa。

2 风险识别与评价

因该段管道无法实施内检测的特殊工况，且该段

管道位于工业厂区道路旁，第三方施工破坏风险相对较小，分析管道主要存在四方面风险：

- 一是管道施工期焊口焊接质量；
- 二是管道外腐蚀风险；
- 三是管道内腐蚀风险；
- 四是管道地质灾害风险。

3 建设期完整性管理智能化技术研究

针对上述风险，在工程建设阶段拟采取风险减缓措施。选取了管道基础数据采集、无损检测射线照相底片数字化、阴极保护智能监测系统、超声导波永久监测探头、管道应变智能监测系统等技术手段。

3.1 管道基础数据采集

良好的地理信息平台和完善的数据采集系统是完整性管理的必备条件，管道相关数据的完整和准确直接决定管道全生命周期完整性管理的成败。基础数据的积累、完善、及时录入等，大部分在管道建设期内完成。^[1]建设期采集的数据包括管道属性数据、管道环境数据、设计文件、施工记录和评价报告等。

①管道专业数据信息采集：按照中海石油气电集团有限责任公司《天然气管网系统数字化技术规范》要求，需采集数据清单见表 1，并按照表 2 开展数据信息整理入库；②管道专业数据信息整理入库；③施工测量技术要求：A 在直管道区域，每道环焊缝定位测量一次，在管道弧度区域，埋深变化处、变坡处进行加密测量；b 明显管线点调查埋深量测限差为： $\pm 5\text{cm}$ 。地下隐蔽管线点的探测精度：水平位置限差 $\delta_{ts}=0.10h$ ；埋深限差 $\delta_{th}=0.15h$ 。h 为管线的中心埋

深,单位为厘米,当 $h < 100\text{cm}$ 时,则以 100cm 代入计算; c 定向钻穿越处采集穿越出、入土点坐标,根据穿越控向图推算坐标及埋深。

3.2 无损检测射线照相底片数字化

参照 GB26141-2010《无损检测射线照相底片数字化系统质量鉴定》开展管道环焊缝无损检测射线照相底片数字化工作。

①工业射线检测工业胶片的专用数字化系统,需采用 MII-900plus 或者高强度观片灯,进行射线底片数字化,并将其分别单独转化为 330mm 的单个文件;
②色彩深度为 $8\text{bit}/16\text{bit}$ 灰阶(256 灰阶层/ 65536 灰阶层);
③光学分辨率为预设每英寸 300 点(300dpi),最大应能达到 2400dpi ;
④焊缝扫描黑度需达到 2.5 以上,最大黑度能达到 4.7 。

3.3 阴极保护智能监测系统

建设阴极保护智能监测系统,主要包括智能测试桩采集数据要求、智能测试桩数据采集装置主要技术指标、智能测试桩数据采集装置安全性能要求。

智能测试桩采集数据种类:

①采集仪工作状态;②管道交流感应电压;③管道通电电位;④管道断电电位;⑤管道自然电位。

智能测试桩数据采集装置主要技术指标:

①须集成到测试桩内;②电位采样范围: $5.000\text{V} \sim -5.000\text{V}$;③电位误差:小于 $\pm 5\text{mV}$;④供电方式:一次性电池/充电电池(可自行拆卸更换);⑤通讯方式:自带通讯天线,支持 4G 通讯方式,通讯协议 TCP/IP ;⑥绝缘电阻:大于 $10\text{M}\Omega$;⑦具有滤波功能,能够在 30V 以下的交流干扰电压环境下正常工作;⑧电

表1 管道专业数据信息采集表

所处阶段	涉及单位	数据类型	详细内容
建设期	设计单位	勘察设计资料	线路、穿跨越等设计资料,以及七项评估报告等
	钢管、防腐厂	采办数据	钢管、弯头信息及防腐信息等
	施工单位	施工数据	焊口焊接记录、焊口返修记录、补口记录、穿跨越施工记录、水工保护施工记录、三桩埋设记录等
	施工单位	检测数据	防腐层检漏记录、清管检查记录、管道测径记录、试压检查记录等
	施工单位、测量单位或承建方	施工测量	控制点记录、焊口测量记录、弯点测量记录、套管测量记录、补伤测量记录、地下障碍物测量记录、穿跨越测量记录
	检测单位	无损检测数据	焊缝射线检查报告
应急资源	应急考察区	医疗机构、公安队伍、救灾队伍、敏感点或敏感目标(学校、医院、电影院、大型商场等人口密集点)、疏散安置地点及通往以上各地点的道路信息和通行能力	途径地级市行政区划

表2 管道专业数据信息整理入库清单

序号	工作内容	数据类型	详细内容
1	管道本体数据整理入库	结构化数据	钢管、焊口、弯头、套管等信息及防腐信息结构化处理
2	设计资料整理入库	电子文档数据	线路、穿跨越等设计资料,以及评估报告整理入库
3	竣工资料整理入库	电子文档数据	施工数据(跨越施工记录、水工保护施工记录、三桩埋设记录等)、检测数据(防腐层检漏记录、清管检查记录、试压检查记录等)、施工测量(控制点记录、焊口测量记录、弯点测量记录、套管测量记录、补伤测量记录、地下障碍物测量记录、穿跨越测量记录)等整理入库
4	竣工资料结构化处理	结构化数据	中线点、纵断面图、穿越信息、地下障碍物等结构化处理
5	管线路由数据更新	结构化数据	根据焊口测量记录、弯点测量记录生成管线路由数据
6	X光片扫描	电子版	管道无损检测X光片扫描成电子版,录入系统并与焊口进行关联

池总容量应大于 20Ah, 电池寿命不下于 5~8 年; ⑨在每天采集并上传 1 组数据的条件下, 电池设计使用时间不短于 2 年; ⑩采集仪本体使用寿命应不小于 10 年。

智能测试桩数据采集装置安全性能要求:

①采集仪印刷电路板应采取防潮、防盐雾、防细菌的措施, 满足在沿海潮湿环境中使用要求, 防水等级可达到 IP68; ②抗交流干扰: 具有滤波功能, 能够在 30V 以下的交流干扰电压环境下正常工作, 电位采集精度应满足要求; ③采集仪管地电位输入端应能承受 15kV 瞬时直流高压, 且能正常工作; ④防雷性能: 采集仪应能满足 GB/T3482 中第 4 级或 GB/T17626.5 中第 4 类安装类别的防雷要求; ⑤在防爆区安装的采集仪应采用防爆安装套件, 防爆安装套件的防爆等级满足 GB3836《爆炸性气体环境中的电力设备》的技术要求。

3.4 超声导波永久监测探头

3.4.1 监测技术选择

出于对管道本体安全风险的管控需求, 需采取技术手段对管道安全状态进行监测。目前, 超声导波技术正在被广泛地用于管道检测中, 其主要优势为从某个检测点可对很长的一段无法接近的管线进行检测, 同时, 在管道本体表面加设超声导波永久监测探头后, 可实现对管道本体安全状况进行定期监测。

3.4.2 监测技术要求

①采用压电陶瓷型超声导波永久监测探头, 检测灵敏度为 1% 以上管壁横截面积改变; 监测横截面积改变灵敏度为 0.15% 管壁横截面积改变; 缺陷定位精度为轴向 60mm, 环向 22°; 双向检测长度范围为 30~100m; 接线长度须大于 10m。系统预留的检测接口必须能够满足英国导波公司 GUL Wavemaker G4 系统检测要求; ②由于该设备安装现场位于珠三角地区, 属于亚热带海洋性季风气候, 地下水位较高, 雨季湿热, 埋地设备应至少具有 25 年使用寿命, 终身现场免维护; ③需从超声导波永久监测探头处引出测试线, 在现场合适位置安装测试箱, 方便后期数据采集。

3.5 管道应变智能监测系统

3.5.1 监测点设置

选取 1# 阀室出站 2 处 (地上、地下各 1 处) 和 1# 末站绝缘接头前 1 处 (地下)、进站绝缘接头后 2 处 (地上、地下)、出站绝缘接头前 1 处 (地上), 共计 7 个监测截面, 完成管道应变智能监测系统建设。

3.5.2 预警阈值设置与计算

根据 GB 50251-2015《输气管道工程设计规范》和美国标准 ASME B31.8-2007 Gas Transmission and Distribution Piping Systems 的规定, 埋地管道的轴向应力合计和组合当量应力不应大于管材最低屈服强度的 90%。针对本项目的三级预警阈值设置原则如下:

管体附加应力超过允许附加应力的 30%, 发布三级预警。管体附加应力超过允许附加应力的 60%, 发布二级预警。管体附加应力超过允许附加应力的 81%, 发布一级预警。

4 技术应用成果

①完成建设期管道完整性管理基础数据采集与整理入库。通过完整、准确、时效的基础数据, 实现对管道本体基础数据的管理; ②完成 87 道焊口, 共计 522 张 X 光片扫描整理入库。通过数字化的环焊缝底片, 可借助复评等手段, 实现对管道环焊缝质量风险的管控; ③全线加设共计 6 路超声导波永久监测探头, 总有效监测距离达 340m, 基本覆盖穿越公路段、进出站管段等重点管段。实现智能化开展重点区段管道内腐蚀及管道本体安全风险管控; ④完成进出站共计 7 个监测界面应变监测系统建设。覆盖进出站、地质条件较差、沉降风险较高区域。实现智能化开展管道地质灾害风险管控; ⑤完成全线智能阴极保护系统建设。实现智能化开展管道地质灾害风险管控。

5 结语

根据该管段的特殊工况, 开展了风险识别与评价, 完成了建设期管道完整性管理技术研究与应用, 通过研究并应用管道基础数据采集、无损检测射线照相底片数字化、阴极保护智能监测系统、超声导波永久监测探头、管道应变智能监测系统等技术, 实现对管道环焊缝焊接质量、内腐蚀、外腐蚀、地质灾害等风险的智能化管控, 保障管道安全运行, 相关技术及应用成果可推广应用于类似工况管道的管理工作。

参考文献:

- [1] 陈向新. 管道建设期实施完整性管理的核心问题 [J]. 管道保护, 2017(5):45-48.
- [2] 谭钰山. 浅谈建设期长输管道完整性管理 [J]. 管道保护, 2020(2):33-36.

作者简介:

刘志鹏 (1990-), 男, 汉族, 浙江人, 本科, 研究方向: 管道完整性管理。