

成品油管道完整性管理体系建设与实践

田中山*

中国石化销售有限公司华南分公司, 广州 510620

* 通信作者, tianzs@sinopec.com

收稿日期: 2016-11-15

摘要 完整性管理体系是确保企业高效有序开展管道完整性管理各项工作的重要基础和保障。本文以华南管网为研究对象, 建立一套适用于成品油管道完整性管理的体系文件, 主要包括体系总则、数据标准、高后果区识别标准、风险评价标准、完整性评价标准、维修维护标准、效能评价标准、建设期管道完整性及管道报废管理标准等, 对管道完整性管理的各个环节进行详细规定、给出具体可操作的方法和标准。开发包含高后果区管理、风险评价、完整性评价、完整性业务管理等功能的成品油管道完整性管理软件, 为全面高效开展完整性管理工作提供技术支持和软件平台, 探索了一条“技术研发+软件开发+体系建设”的完整性实施路线, 为完整性管理的全面推行、管道安全管理水平的提升提供有力保障。

关键词 成品油管道; 完整性管理; 华南管网; 风险评价

0 前言

管道安全问题一直是油气管道行业普遍存在并公认的一道难题, 也是管道企业重点关注并竭力确保的关键问题。经过多年实践探索, 管道完整性管理模式被认为是当前管道安全管理的高效模式, 成为大多管道企业管理模式变革的直接诱因与目标。管道完整性管理技术起源于20世纪70年代, 欧美国家为了应对大量老龄期油气长输管道事故频发的情况, 借鉴经济学和其他工业领域中的风险分析技术来评价油气管道的风险性, 以期最大限度地减少油气管道的事故发生率和尽可能地延长重要输油输气管道的使用寿命。随着国外管道完整性管理技术的蓬勃发展, 我国也在不断探索管道完整性管理技术及应用实践。2005年发布了针对输气管道完整性管理的行业标准SY/T 6621《输气管道系统完整性管理》, 2006年发布了输油管道完整性管理标准SY/T 6648《危险液体管道的完整性管理》。2009年我国颁布了《中华人民共和国石油天然

气管道保护法》, 从法律法规层面进行了管道管理的约束。2014年, SY/T 6975《管道系统完整性管理实施指南》发布, 为完整性管理的实施给出了指导性准则。2016年国家标准GB 32167《油气输送管道完整性管理》正式颁布并强制实施。尽管相关法规、标准给出了完整性管理的总体要求和技术规范, 提出开展管道完整性管理的目标、流程、工作内容和总体要求, 但是缺乏适于企业自身发展的完整性管理体系是制约管道完整性管理发展的瓶颈之一^[1]。如不能与企业现有规章制度紧密融合, 将使得完整性管理涉及的工作无法顺利开展, 甚至会与现有管理体制相冲突而无法推进。因此, 建立企业管道完整性管理体系, 是企业改变传统管道管理模式, 开展管道完整性管理的关键所在。

1 企业状况分析

销售华南分公司负责中国石化华南地区成品油管

引用格式: 田中山. 成品油管道完整性管理体系建设与实践. 石油科学通报, 2016, 03: 376-383

TIAN Zhongshan. Construction and uses of a refined oil pipeline integrity management system. Petroleum Science Bulletin, 2016, 03: 376-383. doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2016.03.032

网的运营管理,在役管道累计总长达 5 278 km,在建管道 758 km,站场 57 座。该企业所辖管道普遍存在管道运距长、站点多、工艺运行复杂、操作条件苛刻等特点。管线途经地域地质条件复杂,地形、地貌多变,环境敏感且抢修难度大。部分管线经过自然灾害多发地段,有管道经过经济发达地区,沿线第三方施工作业频繁、杂散电流干扰复杂多变、管道占压问题较为严重。新建、在役、改扩建多种管道并存,对建设、生产过程必须实施全生命周期管理,企业面临的管道安全管理挑战巨大。近年来,该片区管道虽未发生过重大管道安全事故,但多次发生管道渗漏、泄漏、起火等险情,管道安全形势不容乐观。管道完整性管理作为保障管道安全可靠运行的重要手段,在企业内部全面推行与应用,是有效提高企业管道安全管理水平和行业竞争力的重要前提和保障。企业所辖管道预计 2020 年达到 8 000 km,发展速度较快,但员工业务素质有待提高,必须采用新技术,改变传统管理模式,以保证管道管理质量与效率。

目前销售华南实行“公司-管理处-输油站”三级管理模式,其中公司级主要负责公司业务整体的统筹规划与管理,管理处和输油站负责所辖管道各项安全管理措施的落实。在此基础上建立了较为全面的管道安全管理体系,各项管理制度文件较为齐全,但要全面开展管道完整性管理,还需进一步解决以下几个关键问题:

(1)企业目前基本还处于传统的事故后被动式应对处理阶段,都是在发现泄漏或发生事故时才采取措施。虽有隐患排查与治理相关制度,但不排除基层人员交差式应付。

(2)完整性管理包括数据收集管理、高后果区识别评价、风险评价管理、完整性评价、维护维修、效能评价等 6 个核心环节^[2],各业务模块专业分工明确。企业当前并未设置针对性较强的专业部门及相关技术支持机构,专业分工缺乏合理性,不利于工作的有效部署和顺利开展,工作效率有待提高。

(3)数据是完整性管理的关键与基础。目前企业所辖管道普遍存在数据信息大量缺失问题,尤其是在役管道的基础类数据。此外,企业并未将已有数据进行有效关联与管理,数据利用率低,很多数据在存档后便不再查阅。

(4)管道检测工作存在一定的盲目性,未能有计划、分重点地进行。检测完成后不重视检测结果的深入分析,检测结果的指导价值未得到充分体现和利用。

(5)管道缺陷修复决策依据不足,缺乏针对性,普

遍采用大面积开挖修复方式^[3],修复经济性和安全可靠度存在较大提升空间。

针对以上问题,销售华南重点围绕管理体系建设、核心技术研发、数据集成利用及信息平台开发等 4 项内容,通过专项公关、试点应用、有序推行的实施路线,扎实推进完整性管理的实施工作。

3 管道完整性管理模式构建

为有效实现由传统管理模式向完整性管理模式的过渡,并在企业内部全面推行管道完整性管理,结合管道系统特点及管理现状,初步构建了以组织机构为保障、文件体系为根基、关键技术为支撑、典型业务活动为核心、管理平台为手段的完整性管理体系,总体框架如图 1 所示。

(1)组织机构

基于企业原有三级管理模式,在公司级层面建立一个完整性管理中心,与机关部门并行,作为企业管道完整性管理的职能部门,全面负责组织、协调和推进企业管道完整性管理各项工作。完整性管理中心下设数据管理、风险评价、完整性评价、维护维修、应急及综合管理等若干管理和技术岗位,并按需配备岗位人员,明确岗位职责。

公司层面指定一名管道完整性管理主管领导,成立领导小组,从战略层面引导管道完整性管理工作的部署与实施。同时,各管理处和输油站设置专职完整性管理岗,配合完整性管理中心开展完整性管理各项具体工作。企业完整性管理组织机构设置如图 2 所示。

(2)文件体系

企业原有内控文件和制度较为齐全,但考虑管道完整性管理工作的系统性和高度协调性,重新构建并编排企业完整性管理文件体系。文件体系采用 1 个总则、9 个程序文件和 47 个作业文件的三级结构形式,全面涵盖建设期、运营期、报废期的全生命周期,并发布为企业标准,如图 3 所示。

总则作为完整性管理的纲领性文件,全面提出完整性管理方针、目标及总体要求,规定完整性管理总体内容及实施流程。程序文件和作业文件充分利用或借鉴公司现有管理制度,结合完整性管理业务需求,在原有制度基础上进行补充与完善。针对开展管道完整性管理的关键性实施要素,如数据收集整理与管理、高后果区识别评价、风险评价管理、效能评价等原有制度中的空白部分,结合企业所辖管道系统特点,重新编制相应的程序文件和作业文件。

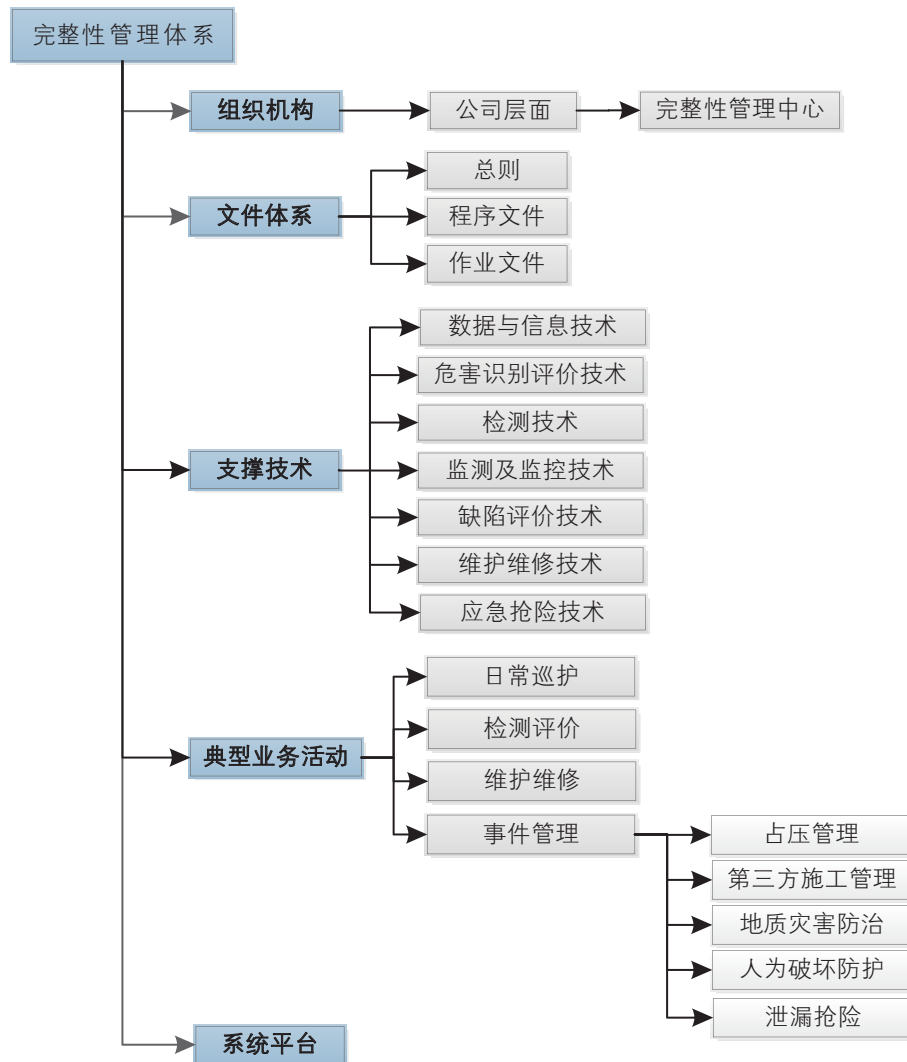


图1 完整性管理体系总体架构

Fig. 1 The overall structure of the integrity management system

(3) 支撑技术

管道完整性管理是一项涉及多学科的系统工程，需要多学科技术作为支撑。目前企业在阴保系统管理、巡线管理、日常维修与抢修等方面做了一定工作，但仍需开展大量的相关技术研究与攻关，以支持管道完整性管理工作的全面推进。

通过管道完整性管理体系建设的统筹规划，企业计划从数据与信息技术、危害识别评价技术、检测技术、监测监控技术、缺陷适用性评价技术、维护维修技术、应急抢险技术等方面着手，搭建完整性管理支撑技术服务平台，组建完整性管理关键技术研发团队，并与外单位建立长期合作机制，打造适应企业完整性管理需求的技术体系。在建立基础支撑技术体系基础上，结合企业开展管道完整性管理实际需求及现有实力，确定完整性管理所需突破的技术关键和难点，进

行重点攻关。

(4) 典型业务活动

典型业务活动是企业实现管道系统安全的重点工作，主要包括，管线的日常巡护、检测与评价、维护维修及常见事件管理，如第三方施工管理、地质灾害防治、人为破坏防护、占压管理、泄漏抢险等。针对该企业所辖管道系统运行与管理特点，确定企业典型业务活动的统一管理机制，细化各项典型业务活动开展方式和总体要求，使完整性管理做法在典型的业务活动中得以充分体现和贯彻执行。

梳理典型业务活动管理流程，在原有管理制度基础上进行改进和优化，同时明确界定业务活动管理中各部门职责，使企业典型业务活动管理规范化、标准化，进一步实现管理的信息化和智能化。

(5) 系统平台

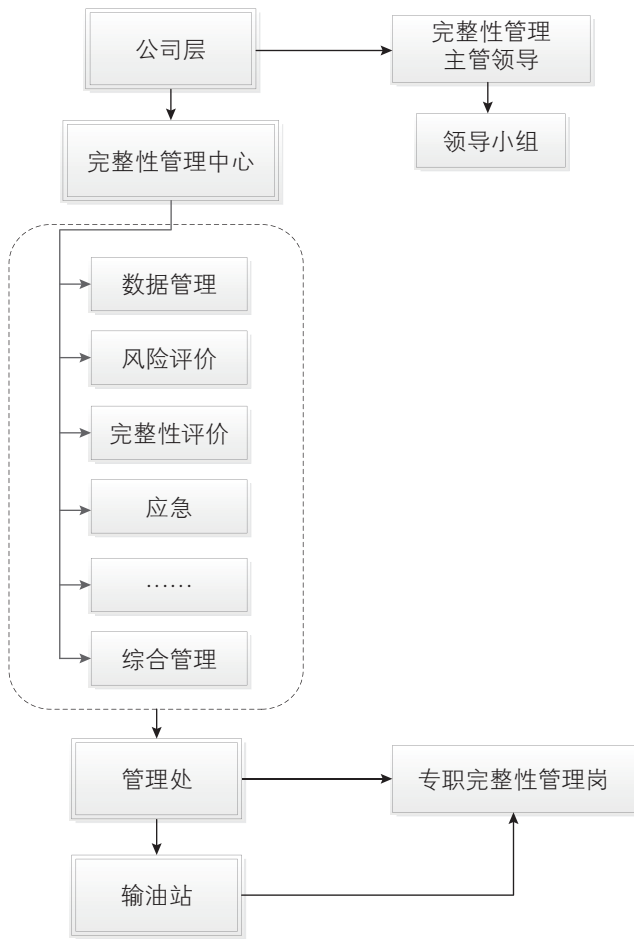


图2 完整性管理组织机构
Fig.2 Integrity management organization

依托智能化管线管理系统建设的完整性管理系统平台是一个集成的信息化系统，包括GIS(地理信息系统, Geographic Information System或 Geo-Information System)展示、数据管理、高后果区管理、风险评价管理、内/外检测、第三方施工、占压、改线等重点管道业务活动。通过开展线上管理实践，有效提高了管理效率和质量，为成品油管道完整性管理与决策分析提供信息化手段。管道高后果区识别方法、风险评价方法、地质灾害风险评价方法及完整性管理软件系统在“智能化管线系统”得到集成应用。通过GIS系统与管道地理特征的结合应用、完整性管理流程的实施、完整性修复的决策等基本功能，最终实现管道完整性管理的智能化，如图4。

3 完整性管理关键技术研究与应用实践

3.1 技术研究

(1) 成品油管道高后果区识别及分级管理方法

开发成品油管道高后果区分类识别方法，制定高后果区识别分级准则及高后果区识别表，在此基础上编制高后果区识别管理程序文件和作业文件，为高后果区分级管理提供依据。

针对不同级别高后果区确定高后果区填报及监管要求，编制高后果区登记卡、高后果区管理维护记录

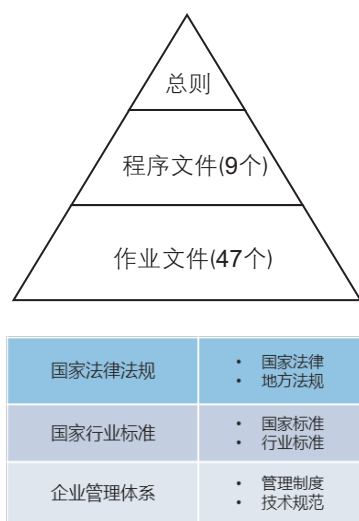


图3 完整性管理文件体系
Fig.3 Integrity management document system



表、高后果区汇总表,明确严重高后果区“一区一案”管理要求,为高后果区管理提供指导。

在销售华南全面开展高后果区识别及分级管理的技术培训和体系文件宣贯,在全公司内实现方法统一、流程统一、数据统一、文档统一。

(2) 成品油管道风险评价方法

开发基于集成权重的风险评价模型和评分指标体系,编制管道风险评价与管理程序文件和作业文件,为管道全面风险管控提供技术指导。

开发针对高后果区的定量风险评价方法,通过对管道泄漏事故的统计和分析,建立管道失效概率计算模型和危害半径计算模型,确定高后果区管段的个人风险和社会风险,明确风险可接受程度,为管道风险管理提供依据。

开发涵盖斜坡类地质灾害、水毁、地面变形、极端天气等典型地质灾害类型的识别和评价方法,建立包含地质灾害易发性和管道易损性的评价指标体系,并应用于管道地质灾害隐患排查,全面规范地质灾害识别与评价工作,实现对地质灾害隐患的合理评价。

(3) 含缺陷管道的适用性评价及维修决策技术

开发基于内检测数据的含缺陷管道适用性评价方法,包括缺陷数据统计与致因分析,剩余强度评价和剩余寿命预测,管道安全运行及维修决策等,为管道安全运行提供保障。

开发基于缺陷尺寸与失效压力关系曲线图的管道

承压能力快速评定方法,可根据缺陷几何参数、管材规格和性能参数快速判定含缺陷管道的安全承压能力、失效压力,并可用于预测腐蚀管道的剩余寿命(如图5所示)。

开发缺陷维修响应判定准则,按严重程度将腐蚀、凹陷及其他缺陷响应级别划分为三级:立即响应、计划响应和监测,明确缺陷维修响应级别判定准则,为制定缺陷维修计划提供依据。

开发基于ERF(Estimated Repair Factor, 预估维修比)曲线图、失效压力分布图、响应时间决策图等的缺陷维修响应决策方法,全面直观判断缺陷维修响应级别,明确管道整体完整性状况,并快速确定缺陷计划响应时间和再检测周期,或适时调整管道运行工况(如图6所示)。

3.2 应用实践

(1) 完成高后果区识别与分级管理,明确管道完整性管理重点

完成销售华南分公司3 842 km管线高后果区识别、填报、统计分析,对识别出的916处高后果区制定管理对策,形成高后果区识别管理的成套方案,实现高后果区管理的科学化和标准化。明确了华南成品油管道巡查、风险管理及评价工作的重点,为应急资源配置优化、应急响应级别及预案制定提供了科学依据。开发的高后果区识别管理方法为智能化管线系统

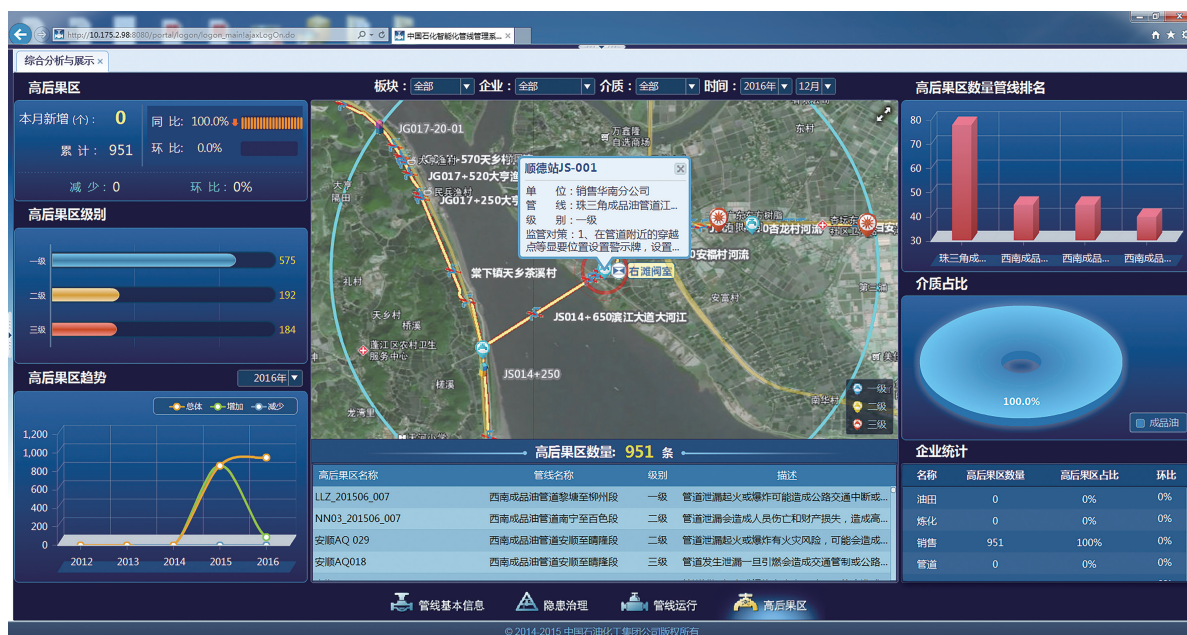


图4 智能化管线管理系统

Fig. 4 Intelligent pipeline management system

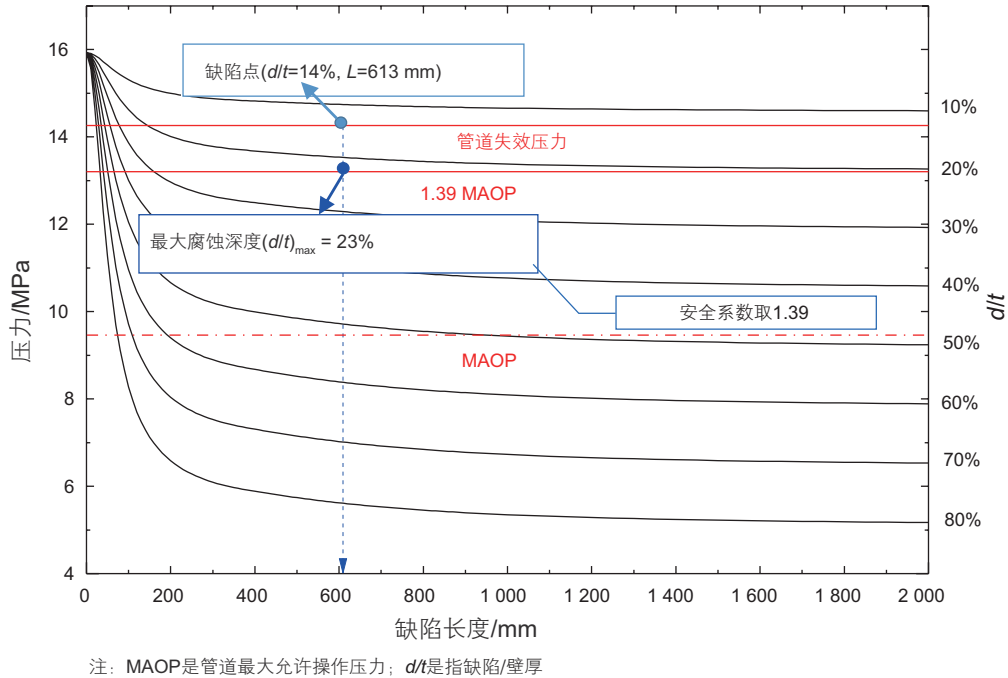


图5 管道承压能力评定图

Fig. 5 Evaluation of pressure bearing capacity of pipelines

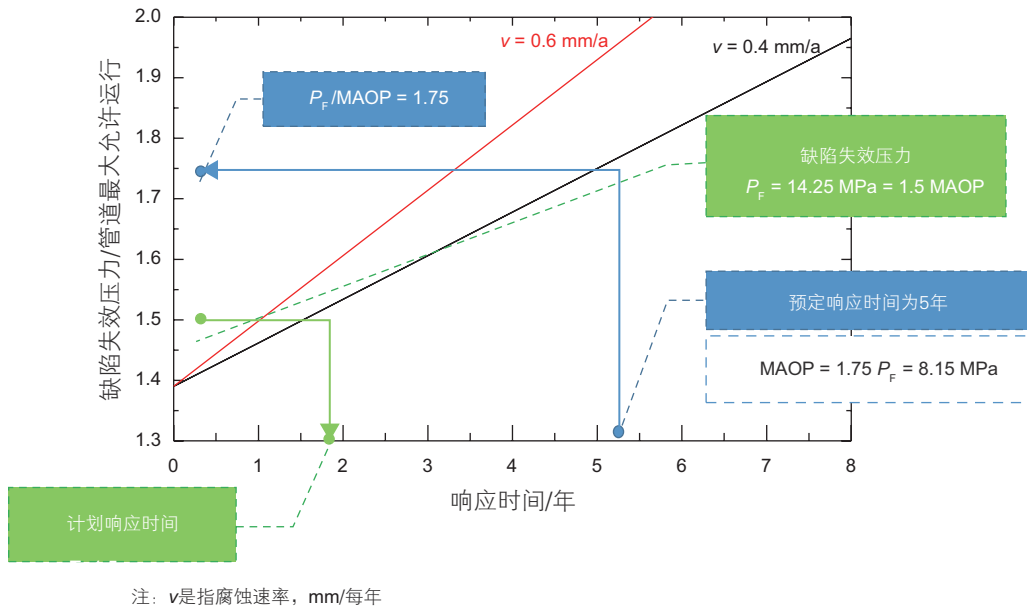


图6 管道缺陷腐蚀速率 - 响应时间图

Fig. 6 Corrosion rate of pipeline defects - response time map

提供了技术支持，同时为智能化管线建设项目中视频影像及全景影像等提供了数据支持和科学依据。

(2)完成西南管道等管段风险评价，建立基于风险评价的管理模式。

完成销售华南 786 km 管道的风险评价，确定管道

风险敏感因素，对高风险管段制定管理对策，针对高后果区实施定量风险评价，确定个体风险和社会风险水平，形成以管道风险、地质灾害风险以及高后果区定量风险管理为核心的管道风险管理模式。开展管道风险评价的技术培训和体系文件宣贯，指导技术人员

掌握管道风险评价方法。开发的管道风险评价方法、地质灾害风险评价方法为智能化管线系统建设提供了技术支持,为全面风险评价和管控提供保障。

(3)完成湛江段管道完整性评价,明确管道完整性状况及维修响应计划。

完成湛江站-茂名站 106 km管道内检测数据分析,确定缺陷类型、数量及分布。采用ASME B31G、DNV RP F101和Shannon方法对6 713处缺陷剩余强度进行评价,并对6 325处金属损失进行剩余寿命预测。通过完整性评价实施,全面掌握管道完整性状况,基于ERF曲线图和管道里程-压力图,采用缺陷尺寸-压力关系图快速图形决策方法,制定缺陷维修响应计划,针对典型缺陷提出适当的缺陷维修方法与措施,建立基于内检测的管道完整性管理模式,极大地提升了管道安全管理水平和管理效率。

4 结论与展望

开展中国石化成品油管道完整性管理体系建设,编制由总则、程序文件、作业文件组成的企业完整性管理体系文件,填补中国石化成品油管道完整性管理体系空白。体系标准与企业现有制度充分融合并且规范了现有业务活动,关键技术适合企业实际,通过技术鉴定,建议在中国石化13 000 km成品油管道上推广应用。

在全面开展管道完整性管理工作的同时,应循环提升,不断完善核心管理技术,并加大信息化平台开发力度。

(1)管道完整性管理体系需要在实践中不断完善和

改进^[7]。完整性管理是一个持续改进的过程,企业应重视完整性管理效能评价环节,通过总结实践经验,发现改进空间,不断丰富和完善管道完整性管理体系内涵。

(2)重视有关新技术、新工艺的引进和应用。管道完整性管理是通过获取管道系统完整性信息,进而有针对性地采取措施确保管道安全运行的管理方式。信息获取与处理的准确性和全面性直接影响完整性管理效果。企业应重点关注国内外先进检测监测技术、缺陷评价技术等。

(3)新建管道从规划到投产应贯彻执行完整性管理的方法或做法^[8],充分考虑完整性管理体系中的各项要求,所有决策以管道安全为首要依据。如设计阶段应进行高后果区识别和风险评价,尽量使管道避开高后果区,尽量避免高风险因素,进行针对性风险预控设计,从本质上保证管道安全^[3]。

(4)调研国外事故统计和失效数据库建设经验,结合管道企业事故管理要求,分析统计管道失效案例,明确失效原因和危害后果,建立管道失效原因分类方法,采用统计学方法建立基于历史数据的管道失效概率模型,建立管道失效后果定量评估方法。

(5)调研国内外管道内检测技术,对比分析国内外管道内检测标准规范,提出内检测技术要求和数据模板。依托信息化平台建立基于环焊缝的管道特征物定位及表征方法,将内、外检测得到的特征物与环焊缝沿管道轴向线性对齐、环向精确表征。对于不同检测批次数据,根据基于环焊缝的定位系统线性对齐、环向对齐,通过开挖验证校核数据对齐模型。

参考文献

- [1] 杨祖佩,王维斌.油气管道完整性管理体系研究进展[J].油气储运,2006,25(8):7-11. [YANG Z P, WANG W B. Research progress of oil and gas pipeline integrity management system[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2006, 25(8): 7-11.]
- [2] American Petroleum Institute. API 1160-2013 Managing system integrity for hazardous liquid pipelines[S]. New York: API Standards, 2013.
- [3] 冯庆善.管道完整性管理实践与思考[J].油气储运,2014,33(3):229-232. [FENG Q S, WANG W B. Practice and thinking of pipeline integrity management[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2014, 33(3): 229-232.]
- [4] 史建峰,王晓霖,帅健,等.长输管道完整性数据模型及其建立[J].油气储运,2015,34(4):362-367. [SHI J F, WANG X L, SHUAI J, et al. Data model of long distance pipeline integrity and its establishment[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2015, 34(4): 362-367.]
- [5] 杨祖佩,王维斌.我国油气管道完整性管理体系发展与建议[J].油气储运,2006,25(9):1-6. [YANG Z P, WANG W B. Development and suggestion of oil and gas pipeline integrity management system in China[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2006, 25(9): 1-6.]
- [6] 董绍华.管道完整性管理技术与管理[M].北京:中国石化出版社,2007. [DONG S H. Pipeline integrity management technology and management[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2007]

- [7] 黄维和, 郑洪龙, 吴忠良. 管道完整性管理在中国应用 10 年回顾与展望[J]. 天然气工业, 2013, 33(12): 1-5. [HUANG W H, ZHENG H L, WU Z L. 10 years review and prospect of pipeline integrity management in China[J]. NATURAL GAS INDUSTRY, 2013, 33(12): 1-5.]
- [8] 董绍华. 管道完整性管理体系与实践[M]. 北京:石油工业出版社, 2009. [DONG S H. Pipeline integrity management system and practice[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2009.]

Construction and uses of a refined oil pipeline integrity management system

TIAN Zhongshan

SINOPEC Sales Co., Ltd., South China Branch, Guangzhou 510620, China

Abstract An integrity management system is an important protection for the efficient and orderly conduct of pipeline integrity management. The South China pipe network is the research object in this paper and a set of refined pipeline integrity management system documents is proposed. These include general rules, data standards, high consequence area identification standards, risk assessment standards, integrity assessment standards, maintenance and maintenance standards, performance evaluation standards and construction period and retirement period pipeline integrity management standards,. The detailed provisions, specific operational methods and standards of pipeline integrity management are all aspects listed in these documents. Integrity management software has been developed. This includes the functions of high consequence area management, risk assessment, integrity assessment and integrity business management. The established documents and developed software provides technical support and a software platform for comprehensive and efficient integrity management. An integrity implementation route of "R & D + software development + system construction" is explored in this paper, to provide strong support for the full implementation of integrity management and enhancement of pipeline safety management.

Keywords refined oil pipelines; integrity management; South China pipeline network; risk assessment

doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2016.03.032

(编辑 马桂霞)