



油气管道工程技术丛书

油气管道检测与评价

YOUQI GUANDAO
JIANCE YU PINGJIA

何仁洋 主 编
修长征 副主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

油气管道工程技术丛书

油气管道检测与评价

何仁洋 主 编

修长征 副主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书比较全面系统地介绍了油气管道检测、监测、直接评价和安全可靠性评价技术。详细阐述了油气管道腐蚀防护系统检测技术、管体腐蚀和焊接缺陷检测技术、管道泄漏检测技术、管道内检测技术和压力试验、油气管道腐蚀监测技术、阴极保护监测技术和泄漏监测技术,并介绍了油气管道外腐蚀直接评价技术、内腐蚀直接评价技术、应力腐蚀检测评价技术、腐蚀防腐系统评价技术以及油气管道安全可靠性评价等相关技术。

本书可供管道运行、维护、管理人员使用,也可作为高等院校油气储运专业或企业培训教材,并可供广大石油工程技术、科研及管理人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气管道检测与评价/何仁洋主编. —北京:中国石化出版社, 2009
(油气管道工程技术丛书)
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0103 - 8

I. 油… II. 何… III. ①石油管道 - 检测②天然气管道 - 检测 IV. TE973. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 181316 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 15.75 印张 384 千字

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定价:40.00 元

《油气管道检测与评价》

编 委 会

主 编：何仁洋

副主编：修长征

编 委：孟 涛 秦先勇 刘长征 杜顺学 杨绪运

杨 永 周德敏 肖 勇 石秀山 赵世佳

黄 辉 李秀峰

主 审：寿比南 林树青



随着我国经济的高速发展，管道运输已经成为继铁路、公路、水运、航空之后的第五大运输产业。根据国务院《特种设备安全监察条例》规定，输送涉及生命安全、危险性较大的易燃、易爆、有毒介质的压力管道属于特种设备，由政府实施强制性的安全监察。根据本条例，压力大于0.1MPa、公称直径大于25mm的油气管道也属于压力管道。加强压力管道安全监管，特别是加强油气管道的安全检验检测工作，对于确保压力管道等特种设备的安全运行至关重要。

本书以油气管道检测与评价技术为主线，充分结合编著者所在单位的检验检测经验以及所承担的国家重点科技支撑计划成果，围绕管道安全完整性管理的六大核心技术中的检测、监测与评价技术，描述了基于失效模式的检验检测技术以及管体腐蚀监测、阴极保护参数监测和泄漏监测技术，并对油气管道检测评价技术与安全可靠性评价技术进行了详尽阐述。

总之，本书内容丰富、翔实、生动，是业内人士不可多得的参考资料。本书的出版，对于用户掌握新技术，对于政府实施安全监察，对于确保压力管道及相关特种设备的安全运行，都具有重要的参考价值。

国家质检总局特种设备安全监察局局长

傅 钢

前言

油气管道主要用于原油、成品油、天然气、燃气和工业用危险介质的输送,被誉为五种运输方式之一。油气管道广泛应用于城市发展、能源供应、石油化工的基础设施和人民生活的基础条件等领域。鉴于油气管道在国民经济中占有极为重要的战略地位,被誉为国家重大生命线。

随着油气管道运行时间的增长,由管道初始缺陷以及运行期间腐蚀穿孔、第三方破坏、误操作、自然灾害等因素造成的管道泄漏、穿孔、爆炸等事故时有发生;对人民生命财产、周边环境造成极大的危害,给社会经济、企业生产和人民生活带来重大损失。

目前,我国已有油气长输管道约7万公里,由于使用时间长、分布广、技术资料不完整、事故隐患多、危险大,必须开展以完整性管理理念为基础的检验检测。我国新建管道发展迅猛,“十一五”期间,管道新增数量将为34000公里,如西气东输二线、川气东送管道工程等国家重点工程正在建设,届时将带动下游支线和沿线城市埋地燃气管道的迅猛发展。

自2002年美国颁布了HR3609《管道安全改进法》以来,管道完整性管理得到了广泛认可,它指对管道系统采取一系列的检测、评价和维护措施,使管道系统的事故率降低至社会公众、管道企业可接受的水平。完整性管理的核心技术包括:基于国家地理信息系统的完整性管理平台、风险评估、检测评价、监测技术、维抢修与补强技术、完整性管理质量体系等。

本书以基于风险的油气管道检测评价为重点,借助中国特种设备检测研究院累计12000公里的油气管道检验检测经验、国家“十五”重点科技攻关课题“城市埋地燃气管道及工业特殊承压设备安全保障关键技术研究”、国家“十一五”科技支撑计划项目“生命线工程与特种设备安全保障关键技术与工程示范”的研究成果,在参考了国内外同行专家的著作和提供的资料基础上编著而成。本书主要有以下特点:

① 提出基于失效模式的检验检测。这有利于确保检验检测手段的针对性,对不同类型失效模式的管道提出有效的检测技术与方法。

② 具体介绍并研究了油气管道检测技术,包括腐蚀防护系统、管体腐蚀、焊接缺陷、泄漏检测技术,并介绍了内检测技术和压力试验。

③ 详细研究了油气管道监测技术,包括腐蚀状况监测、阴极保护参数监测与泄漏监测技术等。

④ 详细介绍了油气管道外腐蚀直接评价、内腐蚀直接评价、应力腐蚀直接

评价以及腐蚀防护系统的评价技术。

⑤ 针对检测结果，提出了基于合于使用的管道安全可靠评价技术与方法。重点介绍了国内外合于使用评价标准，并针对带机械凹坑、河流漂管、面积缺陷与体积缺陷等几种典型缺陷的合于使用评价方法。

⑥ 在编著过程中，重点考虑了油气管道安全管理人员与监察人员的技术需求，并充分结合了国家质检总局即将颁布的安全技术规范《压力管道定期检验规程：长输（油气）管道》、《压力管道定期检验规程：公用管道》的要求。

本书由中国特种设备检测研究院压力管道事业部主任、高级工程师何仁洋担任主编，国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局管道气瓶处处长、高级工程师修长征担任副主编。参加本书编写的人员有：中国特种设备检测研究院压力管道事业部何仁洋、孟涛、秦先勇、刘长征、杨绪运、杨永、周德敏、肖勇、石秀山、赵世佳、黄辉、李秀峰；国家质检总局特种设备安全监察局修长征、杜顺学。全书由何仁洋、修长征统稿。

本书由中国特种设备检测研究院总工程师、全国锅炉压力容器标准化委员会秘书长、研究员寿比南，中国特种设备检测研究院院长、中国特种设备检验协会理事长、研究员林树青担任主审。

感谢国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局局长、研究员陈钢在百忙中为本书作序。

由于编者专业技术水平有限，错误之处在所难免，恳请批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 管道检测与评价的重要性	(1)
一、管道失效原因分析	(2)
二、国内外油气管道事故分析	(4)
第二节 管道检测与评价的必要性	(6)
一、国家法律法规要求	(6)
二、有效延长管道使用寿命	(8)
三、开展有针对性的运行维护,降低运行管理与维护成本	(8)
四、降低管道企业安全事故风险	(8)
第二章 油气管道检测技术	(9)
第一节 油气管道腐蚀防护系统检测技术	(9)
一、油气管道腐蚀概述	(9)
二、油气管道腐蚀防护系统简介	(14)
三、油气管道腐蚀防护系统的检测	(17)
第二节 油气管道管体腐蚀和焊接缺陷检测技术	(28)
一、传统无损检测技术	(28)
二、管体腐蚀和焊接缺陷检测新技术	(34)
第三节 油气管道泄漏检测技术	(58)
一、巡线观察法	(58)
二、空气采样法	(58)
三、热红外成像法	(58)
四、激光检测法	(59)
五、气体成像法	(59)
六、超声导波检测法	(59)
七、声波法	(59)
第四节 油气管道内检测技术	(61)
一、管道变形检测技术	(61)
二、漏磁内检测技术	(62)
三、超声内检测技术	(70)
四、电磁超声内检测技术	(75)
五、管道内检测技术现状	(76)
第五节 油气管道压力试验	(78)
一、压力试验用介质	(78)
二、试验压力	(79)
三、压力试验的程序	(80)

四、压力试验的优缺点	(82)
第三章 油气管道监测技术	(83)
第一节 油气管道腐蚀监测技术	(83)
一、油气管道腐蚀监测技术概述	(83)
二、国内外管道腐蚀监测技术	(83)
三、管道腐蚀速率预测模型	(87)
四、典型的管道腐蚀监测系统简介	(88)
第二节 油气管道阴极保护系统监测技术	(90)
一、管道阴极保护系统监测技术概述	(90)
二、管道阴极保护技术	(90)
三、阴极保护参数测试技术	(95)
四、阴极保护参数监测系统建立	(98)
第三节 油气管道泄漏监测技术	(100)
一、管道泄漏监测技术概述	(100)
二、国内外管道泄漏监测方法	(101)
三、管道运行工况的动态模拟	(105)
四、管道泄漏监测的关键技术	(111)
五、国内某成品油管道泄漏监测系统简介	(114)
第四章 油气管道直接评价技术	(121)
第一节 外腐蚀直接评价技术	(121)
一、外腐蚀机理	(121)
二、外腐蚀直接评价方法	(129)
三、外腐蚀直接评价案例	(149)
第二节 内腐蚀直接评价技术	(155)
一、内腐蚀机理	(155)
二、内腐蚀直接评价方法	(157)
三、内腐蚀直接评价案例	(164)
第三节 应力腐蚀直接评价技术	(167)
一、应力腐蚀的特征	(167)
二、应力腐蚀直接评价方法(SCCDA)	(171)
第四节 油气管道腐蚀防护系统的评价	(180)
一、防腐层的评价	(180)
二、阴极保护系统的评价	(182)
三、环境腐蚀性的评价	(185)
第五章 油气管道安全可靠评价技术	(189)
第一节 “合于使用”评价概述	(189)
一、“合于使用”评价的来源和构成	(189)
二、“合于使用”评价的发展	(190)
三、管道缺陷的类别	(190)
第二节 油气管道缺陷合于使用评价方法	(191)

一、AGA NG - 18	(191)
二、ASME B31G	(192)
三、API RP579	(193)
四、DNV - RP - F101	(195)
五、其他合于使用评价方法	(196)
第三节 有限元方法	(198)
一、机械损伤形成的凹坑大变形缺陷	(198)
二、河流漂管引起的塑性大变形	(200)
第四节 一种新的含缺陷油气管道评定方法	(203)
一、压力管道面积性缺陷安全评定方法	(203)
二、压力管道体积性缺陷安全评定方法	(204)
第五节 油气管道剩余寿命预测方法	(204)
一、油气管道剩余寿命预测基本思路	(205)
二、油气管道疲劳剩余寿命预测方法	(205)
三、油气管道腐蚀剩余寿命预测方法	(208)
附录 压力管道定期检验规则——长输(油气)管道	(221)
参考文献	(241)

第一章 绪 论

管道运输是继铁路运输、公路运输、水路运输、航空运输后的五大运输方式之一，成为原油、成品油、燃气、蒸汽和工业用危险介质的最主要运输方式。管道广泛应用于城市发展、能源供应、石油石化的基础设施和人民生活的基础条件等领域。鉴于管道在国民经济中占有极为重要的战略地位，被誉为国家重大生命线。

管道完整性管理是一种新的管理理念，指对管道系统采取一系列的检测、评价和维护措施，使管道系统的事故率降低至社会公众与管道企业可接受的水平。2002 年，美国颁布《管道安全改进法》，提出了埋地管道完整性管理的新理念、新方法，并形成了一整套基于管道安全性的完整性管理标准体系。2006 年，美国又颁布了 S. 3961《2006 年管道检测、保护、执法安全法令》，进一步强化了管道完整性管理。管道完整性管理是以管道安全为目标的系统管理方法，管道的完整性是指管道始终要处于完全可靠的受控的工作状态，管理人员可不断采取措施防止管道事故的发生，它与管道的设计、安装、运行、维护、检修的各过程密切相关，贯穿于管道运行全周期。在管道完整性管理流程中，需要有六种核心技术，分别是：①基于地理信息系统(GIS)的管道完整性管理(PIM)管理系统平台技术；②风险评估技术；③完整性检测与评价技术(含合于使用评价技术)；④管体腐蚀监测、泄漏监测、阴极保护参数监测技术；⑤完整性管理质量控制体系技术；⑥管道不开挖、不动火维修补强技术。

第一节 管道检测与评价的重要性

油气管道主要为钢管，发生事故的概率曲线(图 1-1)可以划为三个阶段：①初始阶段(埋设完成之后的 3~5 年之内)，此阶段事故发生概率高；②正常使用阶段，此阶段事故概率较低；③失效阶段，此阶段事故发生概率高。这三个阶段通常被称之为管道失效概率的“浴盆”曲线。在初始阶段，由于制造缺陷、材料缺陷、安装缺陷(含焊接)在制造、安装过程中未被充分发现，上述缺陷导致的事故概率高。在正常使用阶段，这也是三个阶段中持续时间最长的阶段，由于上述缺陷已充分显露，并得到了相应的维护，管道处于平稳安全可靠运行期，管道失效概率维持在较低水平，但一些损伤缺陷以及腐蚀缺陷也在逐步积累，安全可靠性能逐渐降低。在失效阶段，腐蚀损伤、材料老化以及其他缺陷导致管道安全性能降低，承载能力下降，失效概率又逐渐增大。

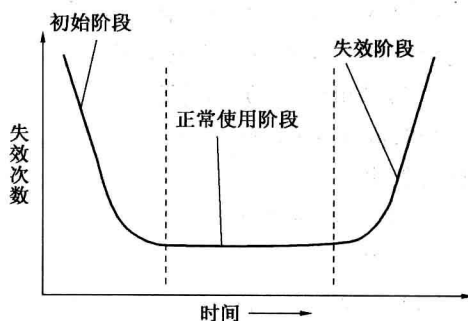


图 1-1 管道事故概率(浴盆)曲线

针对初始阶段失效概率高的危险，《石油天然气管道安全监督与管理暂行规定》(原国家经贸委 17 号令)规定，新建管道必须在一年内检测，以后视管道安全状况每一至三年检测一次。管道运营后期，由于管道老化严重，此时检测与评价周期与正常使用阶段相比大大缩短。

一、管道失效原因分析

国际管道研究委员会(PRCI)对输气管道失效事故数据进行了分析,并划分成22个根本原因。22个原因中每一个都代表影响管道完整性的一种危险。运营公司报告的原因中,有一种原因是“未知的”,就是说,是找不到根源的原因。对其余21种,按其性质和发展特点,划分为9种相关事故类型,并进一步划分为与时间有关的3种缺陷类型。这三种类型分别为与时间有关的危险、与时间无关的危险、固有因素造成的危险。

(一) 与时间有关的危险

与时间有关的危险主要为腐蚀,包括外腐蚀、内腐蚀和应力腐蚀开裂。这些危险随着时间的推移,腐蚀量逐渐增大,达到一定的临界尺寸后发生失效。腐蚀给人类造成的损失是惊人的,全球每年因腐蚀导致经济损失约10000亿美元,占各国国民生产总值的2%~4%,腐蚀损失为综合自然灾害,即地震、台风、水灾等损失总和的6倍。据有关部门统计,2000年我国年腐蚀损失达5000亿元,约占国民生产总值的5%,目前仍有加大的趋势。而美、英、德等国的年腐蚀损失分别只占国民生产总值的2.7%、3.5%和3%。

下面是一些管线腐蚀造成的事故例子:

2002年1月1日,大庆市一个体洗浴中心因天然气管道爆炸,造成6人死亡、5人受伤。经调查发现,天然气爆炸是由于洗浴污水下水管道泄漏后导致的地下天然气管线腐蚀穿孔,随后天然气泄漏并发生爆炸。

2004年4月25日,天津市某艺术学校门卫室附近管道发生泄漏,造成3人死亡。该管道于2000年6月开始安装,2002年6月投运;该管道位于马路便道,埋深约1.5m,输送介质为煤制气,距学校门卫室2m。经对泄漏管段进行调查,发现管子上部和侧面有多处外力导致的管道防腐层严重损伤,管体上发生两处腐蚀穿孔,造成煤气泄漏。两处泄漏点中一处长180mm,另一处长20mm。

2004年5月29日傍晚,四川省泸州市某居民楼人行道下发生天然气管道爆炸,造成5人死亡、35人受伤,11间门面被毁、10余户居民家园被毁。现场调查发现,在距排污沟右侧1.4m处的天然气管线上有一椭圆形穿孔(长轴20mm、短轴12mm,为腐蚀穿孔),泄漏的天然气经街道混凝土界面和泥土缝隙扩散到排污沟上方,经三角形洞口窜入排污沟,经过排污沟窜入17幢楼地下一楼与街面堡坎构成的夹墙内空间聚积,与夹墙内的空气形成爆炸性混合气体,经人行道盖板缝隙扩散,遇不明火种引起爆炸。

(二) 与时间无关的危险

与时间无关的危险包括以下三类,共计8项因素。这些危险与时间没有关系,事故的发生具有随机性。

1) 第三方/机械损坏

- (1) 甲方、乙方或第三方造成的损坏(瞬间/立即损坏);
- (2) 以前损伤的管子(滞后性失效);
- (3) 故意破坏。

2) 误操作

操作程序不正确。

3) 与天气有关的因素和外力因素

- (1) 天气过冷;
- (2) 雷击;

(3) 暴雨或洪水;

(4) 土体移动。

管道的第三方损坏主要指在第三方外力的作用下使管道或设备受到的破坏。这类事故在我国管道事故总数中所占比例较大。误操作主要原因是上岗人员责任心不强,安全意识淡薄,没有认识到严格执行操作规程的重要性。还有部分事故是由于技术人员及工人的业务素质不高所致。操作失误只能从健全规章制度和加强监督管理的角度加以限制。雷击主要对站场设施造成危害,站场设施接地必须可靠,可靠接地的一个重要指标就是接地电阻。因而在设计、施工中应使用多种手段以保证可靠连接和接地电阻在允许范围内,如采取焊接连接、使用降阻剂等。

下面是一些与时间无关的危险造成事故的例子:

2000年,重庆某地一座SCADA控制的输气站发生雷击事故造成自控系统瘫痪,中断计量达2天;2002年,四川某地一座输气站发生雷击事故造成自控系统瘫痪、值班室照明系统、现场仪表损坏等,中断计量达1天。

2000年2月19日,山东某公司将厂房建在输气管线上,导致天然气爆炸的恶性事故,造成15人死亡、56人受伤。

2003年12月19日,几名犯罪嫌疑人在兰成渝管线上打孔盗油,导致管线泄漏,停输14h,附近的宝成铁路中断运行近6h,近百对列车被阻,108国道被迫封锁,附近的清江河水石油类物质超标7951倍。

2004年10月6日,陕西省神木县一挖掘机挖裂陕京天然气管道,4000余人被紧急疏散。此次事故共造成50万 m^3 天然气泄漏,输气管道近24h停止供气。

(三) 固有因素

固有因素造成的事故主要与管道本身制造质量、安装过程中产生的缺陷有关,主要由三类原因造成。

1) 与制造管子有关的缺陷

(1) 管体焊缝缺陷;

(2) 管体缺陷。

2) 与焊接/制造有关的缺陷

(1) 管体环焊缝缺陷;

(2) 制造焊缝缺陷;

(3) 折皱弯头或翘曲;

(4) 螺纹磨损、管子破损、管接头损坏。

3) 设备因素

(1) O形垫片损坏;

(2) 控制/泄压设备故障;

(3) 密封/泵填料失效;

(4) 其他。

下面是与时间无关的危险造成事故的例子:

2009年6月,涩宁兰管道乌兰站进站DN650球阀与主管线焊接处由于焊缝缺陷出现了天然气泄漏现象,所幸无人员伤亡。经X射线探伤检测,发现该焊缝在6点钟至7点钟方向处出现长度为35mm的延迟贯通裂纹,是此次漏气的主要原因。

二、国内外油气管道事故分析

目前我国拥有油气输送管道约 7 万 km, 管道工业发展至今已经有 50 余年的历史, 经历了从无到有、初具规模的发展阶段。特别是在第三个管道建设阶段, 随着西气东输、陕京二线、冀宁联络线、甬沪宁原油管道、西南成品油管道、兰成渝成品油管道、西部原油及成品油管道等大型管道工程的建设投产, 我国油气管道工业得到了极大发展。

目前我国国内管道建设能力约为 12000km/a (中石油系统 8000km/a、中石化系统 4000km/a), 管道建设能力进入鼎盛时期。据有关资料, “十一五”期间, 管道新增数量将为 34000km; 其中中石油将建设 20000km 管道, 中石化在南方各省规划了近万公里的油气管道, 中海油利用进口 LNG 和海气上岸的平台也规划了近 4000km 的管网。

到 2010 年, 我国的天然气骨干管网将由现在的 2.8 万 km 发展到 4.4 万 km, 达到“西气东输、北气南下、海气登陆、就近供应”的天然气供应目标, 覆盖全国的主干天然气管网将基本建成, 形成“横跨东西, 纵贯南北, 连通国外”的全国天然气骨架管网。而到 2020 年, 我国天然气的使用量在一次性能源中所占的比例, 将由现在的 3% 提高到 10%。一个天然气的时代正向我们走来。我国陕京线、崖港线、涩宁兰、西气东输、忠武线、陕京二线、东海外输线等重要基干管道已建成, “西气东送”基干管道已形成。冀宁线、淮武线等联络线的相继建成和基干管道彼此联络线的在建, 为川渝、华北等区域性管网的形成奠定了基础。川渝区域管网主要包括西南天然气管网和忠武线; 华北区域管网则主要包含了西气东输、陕京线和陕京二线等管线。在这些基干天然气管线中, 只有崖港线和东海外输线是从海上输往内陆的。

因此, 油气管道和燃气管道数量还在持续增加, 预计 2010 年我国拥有油气管道总里程将超过 10 万 km。

无论是老管道还是新建管道, 在服役期间都存在失效带来的各种风险, 如安装和材料缺陷、腐蚀、第三方损伤、地质灾害、人为误操作等因素导致的管道运行失效、泄漏, 并导致发生爆炸、火灾等事故, 带来严重的财产损失甚至人员伤亡。为了比较我国与国外发达国家存在的差距, 有效防止管道事故的发生, 下面对中美两国油气长输管道的严重事故情况进行对比分析。PHMSA(管道和危险材料安全管理局)将严重管线事故定义为引起死亡或者受伤程度需要住院治疗的安全事故。

美国长输管道分为危险液体输送管道和天然气输送管道两大类, 危险液体输送管道 27.5

万 km, 天然气输送管道 47.5 万 km, 两者总计约 75 万 km。我国长输管道主要指产地、储存库、使用单位间的用于输送商品介质的油气管道。两者范围基本相同, 我国长输管道里程约 7 万 km。

(一) 油气长输管道严重事故数量对比

据不完全统计, 2004 年至 2008 年我国油气管道发生事故 4 起, 美国发生事故 39 起。相应的事故发生率(单位: 起数/10 万 km·a)美国为 1.0, 我国为 1.6, 我国比美国略高, 见表 1-1 和图 1-2。

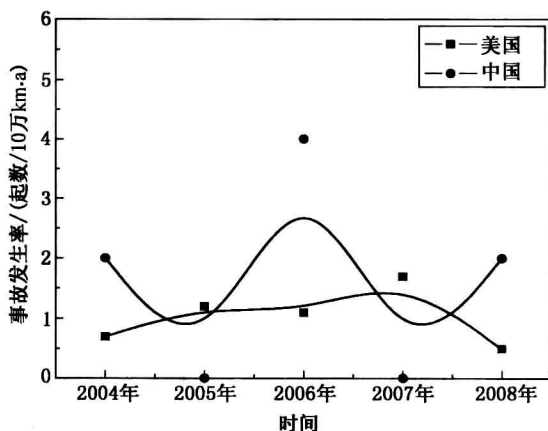


图 1-2 我国与美国油气长输管道严重事故率对比曲线

表 1-1 2004~2008 年我国与美国油气长输管道严重事故率

年 份	我国事故起数	事故发生率/ (起数/10 万 km·a)	美国事故起数	事故发生率/ (起数/10 万 km·a)
2004	1	2	5	0.7
2005	0	0	9	1.2
2006	2	4	8	1.1
2007	0	0	13	1.7
2008	1	2	4	0.5
5 年内平均事故	0.8	1.6	7.8	1.0

(二) 油气长输管道伤亡率对比

2004 年至 2008 年我国长输管道死亡人数为 13 人, 受伤人数 71 人; 其间美国长输管道死亡人数为 16 人, 受伤人数 48 人; 可见, 美国为 0.4, 我国为 5.2, 我国比美国高。见表 1-2 和图 1-3、图 1-4。

表 1-2 2004~2008 年我国与美国长输管道严重事故伤亡率

年 份	我国死亡 人数	我国受伤 人数	人员死亡率/ (人数/ 10 万 km·a)	人员伤害率/ (人数/10 万 km·a)	美国死亡 人数	美国受伤 人数	人员死亡率/ (人数/ 10 万 km·a)	人员伤害率/ (人数/10 万 km·a)
2004	0	0	0	0	5	18	0.7	2.4
2005	1	18	2	36	2	7	0.3	0.9
2006	12	53	24	106	3	6	0.4	0.8
2007	0	0	0	0	6	17	0.8	2.3
2008	0	0	0	0	0	4	0.0	0.5
5 年内平均	2.6	14.2	5.2	28.4	3.2	10.4	0.4	1.4

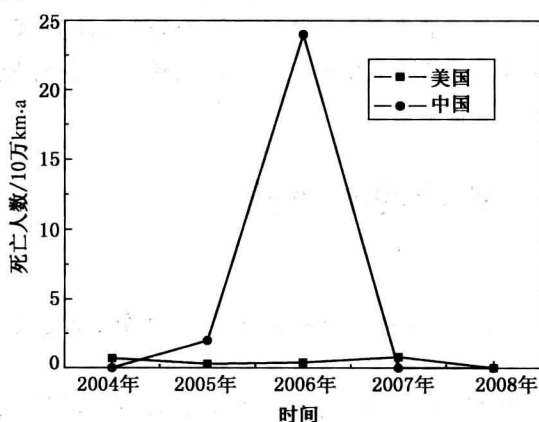


图 1-3 我国与美国油气长输管道事故死亡率对比

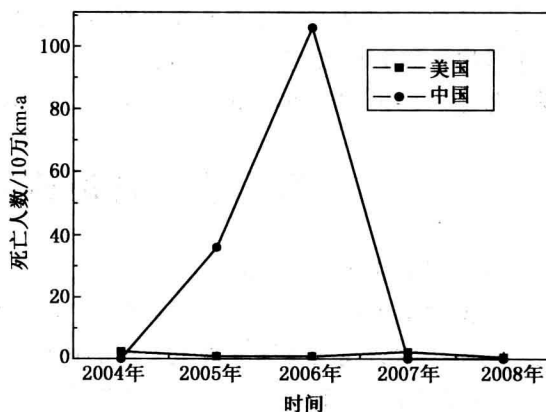


图 1-4 我国与美国油气长输管道事故受伤率对比

(三) 事故原因分析对比

根据 ASME B31.8S 的事故分类方法, 将管道失效原因分为腐蚀、第三方破坏等几个类别。以下是我国与美国事故原因的详细数据(表 1-3~表 1-4)。

表 1-3 美国油气长输管道 5 年(2003~2007 年)事故原因

事故原因	2004	2005	2006	2007	2008	五年内之和	百分比
腐蚀	1	1	1	2	0	5	13.2%
开挖损伤	2	2	3	4	1	12	31.6%
人为失误操作	0	2	1	2	0	5	13.2%
材料失效	2	0	0	0	1	3	7.9%
自然灾害	0	0	0	0	0	0	0.0
其他外力	0	1	1	2	1	5	13.2%
其他原因	0	3	1	3	1	8	21.1%

表 1-4 我国油气长输管道 5 年(2004~2008 年)严重事故原因

事故原因	2004	2005	2006	2007	2008	五年内之和	百分比
腐蚀	0	0	0	0	0	0	0.0
开挖损伤	1	0	0	0	0	1	20.0%
人为失误操作	0	0	1	0	0	1	20.0%
材料失效	0	0	0	0	0	0	0.0
自然灾害	0	0	0	0	0	0	0.0
其他外力	0	1	1	0	1	3	60.0%
其他原因	0	0	0	0	0	0	0.0

我国长输管道事故样本较少,上述数据代表性不强,但大致能反映出事故概况。我国油气长输管道与美国油气长输管道的事故原因的一个显著共同点是开挖损伤(第三方破坏)造成的事故较多。美国开挖损伤造成的事故占 31.6%,我国占 20%。我国油气长输管道事故中违章占压引起的外力损伤事故占大多数,约占所有事故原因的 60%。例如,2005 年 9 月 6 日发生在重庆市九龙坡区井口镇陈堡社的一起管道爆炸事故就是由于占压引起的。美国外力破坏造成的事故仅占 13%。

针对不同的管道失效模式,应采用有针对性的检测方法。检测方法的选择,取决于管道所受的威胁。如对于材料的失效和制造、安装过程产生的缺陷,可采用压力试验方法发现;对于外腐蚀缺陷以及部分第三方破坏损伤,可采用外腐蚀检测评价方法进行确定。各种检测、监测、评价方法将在第二章、第三章、第四章详细介绍。

第二节 管道检测与评价的必要性

一、国家法律法规要求

依据国家现行法律法规和国务院“三定”规定,国家质检部门实施压力管道安全监督管理。具体法律法规以及标准规范方面的依据如下:

《中华人民共和国安全生产法》(2002 年 6 月 29 日中华人民共和国主席令第 70 号)第三十条规定,“生产经营单位使用的涉及生命安全、危险性较大的特种设备,以及危险物品的容器、运输工具,必须按照国家有关规定,由专业生产单位生产,并经取得专业资质的检测、检验机构检测、检验合格,取得安全使用证或者安全标志,方可投入使用。检测、检验机构对检测、检验结果负责。涉及生命安全、危险性较大的特种设备的目录由国务院负责特种设备安全监督管理的部门制定,报国务院批准后执行。”本条规定了特种设备目录的制定

和批准机关,使特种设备的目录管理规范化。2004年1月国家质检总局依法制定特种设备目录,经国务院批准后颁布了《关于公布〈特种设备目录〉的通知》(国家质检总局国质检锅[2004]31号)。该目录明确包括长输(油气)管道、公用管道和工业管道。

《特种设备安全监察条例》(国务院第373号令、第549号令)第二十八条规定,“特种设备使用单位应当按照安全技术规范的定期检验要求,在安全检验合格有效期届满前1个月向特种设备检验检测机构提出定期检验要求。检验检测机构接到定期检验要求后,应当按照安全技术规范的要求及时进行检验。未经定期检验或者检验不合格的特种设备,不得继续使用。”

《国务院对确需保留的行政审批项目设定行政许可的决定》(国务院第412号令)第249项规定,压力管道的设计、安装、使用、检验单位和人员资格认定等行政许可项目,由国家质检总局和县级以上质量技术监督部门负责实施。

《压力管道安全管理与监察规定》(劳部发[1996]140号)第十三条规定,“新建、扩建、改建的压力管道应由有资格的检验单位对其安装质量进行监督检验;在用压力管道应由有资格的检验单位进行定期检验。”

《石油天然气管道安全监督与管理暂行规定》(经贸委17号令)第六章对管道全面检验和一般性检查作了具体的规定。

《原油管道运行规程》(SY/T 5536—2004)第七条规定,应定期检查管道的防腐绝缘层状况,定期对管道沿线进行巡查。

《天然气管道运行规范》(SY/T 5922—2003)第八节规定:新建管线应在1年内进行一般性检测,以后根据管道运行安全状况每1~3年检测1次;新建管线应在3年内进行全面性检测,以后根据管道运行安全状况确定全面检测周期,最多不应超过8年;应分析检测结果,建立管道检测档案,原始数据及数据分析结果应存档;定期对管道年龄、等级位置、应力水平、泄漏历史、阴极保护、涂层状况、输送介质和环境因素的影响进行评价,确定管道修理类型和使用寿命。

《埋地钢质管道干线电法保护技术管理规定》(SY/T 5919—94)对阴极保护系统和防腐层的定期检验作出具体规定。

《含硫天然气管道安全规程》(SY 6457—2000)第9节对含硫天然气管道的定期检验内容和周期作出具体规定。

《石油天然气管道安全规程》(SY 6186—2007)第9节对管道检验项目和检验周期作出具体规定。

《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》(CJJ 51—2006)对阴极保护系统和防腐层的定期检验作出具体规定。

《石油天然气安全规程》(AQ 2012—2007)第7.6.2条规定,应按照国家有关规定对管道进行检测,并根据检测结果和管道运行安全状况,合理确定管道检测周期。

《天然气管道检验规程》(Q/SY 93—2004)规定了天然气管道检验的基本方法,确定了天然气管道一般性检验和专业性检验的一般原则,给出了天然气管道检验的指南。《输气管道系统完整性管理》(SY/T 6621—2005)和《危险液体管道的完整性管理》(SY/T 6648—2006)进一步明确了管道检验项目和检验周期。

此外,国家质量监督检验检疫总局正在制定中的法规:《压力管道完整性管理技术规程》、《压力管道定期检验规程:长输(油气)管道》。与此相配套,正在制定国家推荐标准:《埋地钢质管道腐蚀防护工程检验》、《埋地钢质管道管体腐蚀外检测评价技术规程》、《埋地