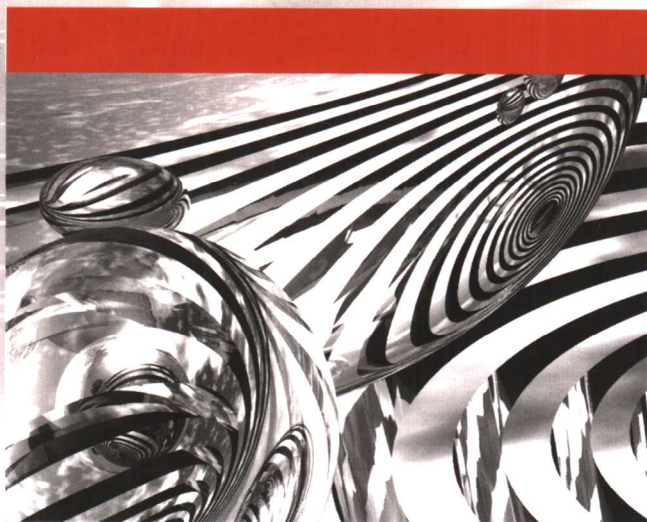


严大凡 翁永基 董绍华 编著

油气长输管道风险评价 与完整性管理



Chemical Industry Press



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

油气长输管道风险评价 与完整性管理

严大凡 翁永基 董绍华 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

油气长输管道风险评价与完整性管理/严大凡, 翁永基,
董绍华编著. —北京: 化学工业出版社, 2005.5
ISBN 7-5025-6978-2

I. 油… II. ①严…②翁…③董… III. ①石油管道:
长输管道-风险管理②液化气管道-长输管道-风险管理
IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 037063 号

油气长输管道风险评价与完整性管理

严大凡 翁永基 董绍华 编著

责任编辑: 杜进祥

文字编辑: 林 媛

责任校对: 吴 静

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 298 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6978-2

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

管道运输是国民经济的五大运输方式之一。近年来，油气管道的安全问题已成为从国家领导到城乡百姓普遍关注的重要事项。这些管道若有破损，不仅影响能源的供应，而且可能酿成事故，造成人员、财产和环境的重大损失。进入 21 世纪以来，各工业发达国家为使油气管道始终处于安全、可靠、受控的工作状态，正在积极推行“完整性管理”的安全策略，并制定了相应的法律、法规和技术标准，逐步走上了依法实施的轨道。

目前，我国也已开始计划建立油气长输管道的完整性管理体系，如陕京输气管道已率先于 2002 年开始实施，2003 年完成了全线的内检测。秦京输油管道也于 2004 年完成了全线的初次风险评价。为适应我国油气管道安全管理的急需，我们组织编写了本书，希望能对推进我国油气管道的完整性管理有所裨益。

本书编写分工如下：第一章，董绍华、徐欣、杨筱衡；第二章，翁永基、徐欣、董绍华；第三章、第四章，姚伟、董绍华、黄维和、常景龙、翁永基；第五章，黄维和、常景龙、杨筱衡；第六章，黄维和、常景龙；第七章，姚伟、董绍华；第八章，张秀文、赵东风。全书由中国石油大学严大凡教授统稿、主编，由闫风元同志打印。

鉴于我国油气管道的完整性管理工作还刚开始，当务之急是要根据实际情况开展不同层次的检测工作，并建立各种事故的数据库，故书中对内外检测和危害分析占用的篇幅较多。同时考虑到读者的专业知识和数理基础各有不同，对失效概率评定中涉及的概率统计、灰色预测和模糊综合评价等方法未展开叙述，已将有关文献列入参考文献中，有兴趣的读者可以参考。

由于水平有限，书中不当之处敬请读者批评指正。

编著者

2005 年 2 月

目 录

第一章 油气长输管道安全管理进展	1
第一节 油气长输管道简介.....	1
一、油气长输管道的特点.....	1
二、油气长输管道的组成.....	1
三、油气长输管道的事故概况.....	3
四、事故损失的统计.....	5
五、中国油气管道安全管理面临的挑战.....	5
第二节 油气长输管道安全管理工作进展.....	7
一、国外管道安全管理进展概况.....	7
二、中国油气管道安全管理的进展.....	9
第三节 油气长输管道的完整性管理概述	11
一、油气管道完整性管理的概念和原则	11
二、完整性管理的方法和程序	12
三、管道完整性管理的主要环节	16
四、国外有关管道完整性管理的应用实例	20
第二章 腐蚀管道的检测技术	25
第一节 腐蚀管道检测的必要性	25
第二节 油气管道的内检测技术	26
一、内检测器的分类	26
二、几何形状异常的检测技术	26
三、金属损失检测技术	27
四、裂纹检测技术	28
五、内检测技术的发展及目前存在的问题	31
六、压力试验	32
七、检测的间隔年限	33
第三节 油气管道的外检测技术	33
一、管道外防腐层质量的检测（局部开挖）	33
二、不开挖管道防腐层检漏技术	37
三、防腐层检测方法的比较	42

第四节 管道外部腐蚀的直接评价方法	43
一、直接评价方法简介	43
二、ECDA 目的和主要内容	44
三、预评价的关键问题	45
四、间接检测的关键问题	49
五、直接检查的关键问题	52
六、再评价的关键问题	54
七、ECDA 文档记录	56
第五节 管道的腐蚀速率和腐蚀类型	57
一、腐蚀速率模型	57
二、腐蚀类型和尺寸分布	61
三、管道壁厚的测量	62
第六节 智能内检测技术在国内的应用	63
一、原油管道的在线内检测	63
二、内检测技术在陕京输气管道的应用	64
第三章 油气长输管道线路工程的完整性评价	68
第一节 含平面型缺陷管道的完整性评价	68
一、管道缺陷的分类和量化准则	68
二、新 R6 失效评定曲线法	68
第二节 含体积型缺陷管道的完整性评价	72
一、DNV 方法的基本概念及其计算式	73
二、DNV 方法中的分安全系数法	74
三、许用应力法	83
四、X60 钢管道壁厚与承压能力关系曲线分析实例	87
五、ASME B31.8 推荐的含缺陷管道剩余强度计算法	90
六、管道最小安全壁厚评价法	91
第三节 含缺陷管道的疲劳剩余寿命预测	93
一、管道的疲劳损伤	93
二、估算疲劳裂纹的扩展速率	94
三、临界裂纹深度 a_c 的计算	97
四、缺陷无明显裂纹时的初始裂纹深度 a_0 的确定	100
五、变幅载荷情况下管道剩余寿命预测	101
第四节 工程地质灾害的评价技术	102
一、地质灾害的分类与评价内容	102
二、地质灾害评价的任务与方法	104

三、地质灾害危险性评价·····	107
四、管道地质灾害完整性评价的数值模拟·····	108
五、地质灾害的监测与防治·····	110
第四章 油气长输管道的风险评价·····	122
第一节 风险评价概述·····	122
一、风险评价的概念·····	122
二、风险评价方法的分类·····	122
三、几种常用风险评价方法简介·····	125
四、风险评价方法选择的一般原则·····	127
第二节 油气管道风险评价的特点及危害因素识别·····	128
一、油气管道风险评价的特点及评价方法的选择·····	128
二、油气管道的危害因素识别·····	131
第三节 失效概率的判定·····	135
一、腐蚀穿孔失效概率的定量分析方法·····	135
二、第三方机械损伤非恶意破坏引起的失效概率的计算·····	138
三、因漏损引发的燃烧、爆炸事故的概率分析·····	139
四、易凝高黏原油管道凝管的失效概率·····	143
第四节 失效后果的评估·····	144
一、油气泄漏事故的后果评估·····	144
二、油气泄漏事故的后果评估软件·····	152
三、风险可接受标准的制定·····	158
第五章 油气长输管道风险评价的应用·····	164
第一节 油气管道风险评分法·····	164
一、管道风险评分法的基本假设及特点·····	164
二、管道危害因素的指标及评分依据·····	165
三、泄漏事故的危害后果评分·····	168
四、风险评分与风险等级·····	170
五、应用管道风险评分法的问题讨论·····	171
第二节 秦京输油管道的初次风险评价·····	172
一、秦京输油管道概况·····	172
二、管道穿孔风险分析·····	174
三、凝管风险分析·····	177
四、断裂风险评价·····	179
五、输油站设备风险评价·····	179
六、秦京线风险评价结果·····	181

第六章 完整性维护决策系统的建立	183
第一节 穿孔事故的维护决策系统	183
一、完整性维护决策的总体构想	183
二、腐蚀穿孔事故的维护决策系统	183
三、打孔盗油风险控制决策树	187
第二节 凝管事故的维护决策系统	188
一、凝管风险控制决策树	188
二、输油生产中避免凝管的措施	189
第三节 管道断裂事故的维护决策系统	189
一、管道断裂风险控制决策树	189
二、外力破坏引起的断裂风险控制	191
三、外力造成的管道缺陷的修复	194
第七章 陕京输气管道完整性管理实践	196
第一节 含缺陷管道本体的完整性管理	196
一、实施管道内检测	196
二、管道工程地质灾害与周边环境的完整性管理	197
三、防腐有效性的完整性管理	198
第二节 站场及专业设施的完整性管理	200
一、实施管网优化运行管理	200
二、设备及站场管道的完好率管理	200
三、实施压缩机优化运行管理	201
四、实施储气库注采一体化管柱技术, 保证注采井的安全	201
第三节 建立完整性管理体系	202
一、实施完整性评价	202
二、建立完整性管理体系	203
第八章 储油库的危害识别及评价	205
第一节 储油库简介	205
一、油库的分类	205
二、油库的构成及设施	206
三、油罐区的重要设施	207
四、安全设施	209
五、工艺流程	210
六、自动控制系统	211
七、消防设施	212
八、油库安全的重要性	213

第二节 储油库危险、有害因素识别.....	214
一、储运介质的危险因素.....	214
二、油罐及其附属设施的危险因素.....	215
三、安全设施失效.....	219
四、其他辅助设施的危险因素.....	220
五、自然环境及地质条件的危险因素.....	220
六、严防库区的火源.....	220
七、事故统计.....	221
第三节 储油库的危险性评价.....	222
一、危险性评价的应用.....	222
二、安全检查表.....	223
三、预危险性分析 (PHA) 简介	223
四、危险度评价方法简介.....	227
五、火灾爆炸危险性分析评价.....	230
六、易燃、易爆重大危险源火灾爆炸危害评价.....	235
七、输油泵房火灾事故树分析.....	237
八、沸腾液体扩展为蒸气爆炸伤害模型.....	240
九、危险性矩阵分析.....	240
参考文献.....	242

第一章 油气长输管道安全管理进展

第一节 油气长输管道简介

一、油气长输管道的特点

输油管道按所输油品种类可分为原油管道与成品油管道两种。原油管道是将油田生产的原油送至炼厂、港口或铁路转运站，具有管径大、运距长、分输点少的特点。成品油管道将炼厂生产的各种油品送到油库或转运站，具有输油品种多、批量多、分输点多的特点。一般采用一条管道顺序输送多种油品的工艺。以大庆-铁岭-大连，铁岭-秦皇岛原油管道为例，两条管径 720mm 的管道总长 2181km，年输油量 4×10^7 t。2002 年投产的兰成渝成品油管道最大管径 508mm、干线总长 1250km，年输油能力 5×10^6 t。前苏联友谊管道最大管径 1220mm，南、北干线长度各为 5500km 和 4412km，年输原油超过 1×10^8 t。美国科洛尼尔成品油管道系统最大管径 1020mm、干线总长 4613km，年输油能力 1.4×10^8 t，顺序输送 118 种成品油。

由于大型气田往往远离消费中心，陆地大量输送天然气的惟一方式是管输，而长距离管输只有大口径、高压才能提高输气量并降低单位投资、能耗及运行费用，从而具有良好的经济效益。现代天然气管道的特点是：长运距、大口径、高压，形成大型供气管道系统。目前国外输气管道有多条长达数千公里，最大管径 1420mm、最大工作压力 15MPa。前苏联、美国、加拿大、欧洲均有多气源、多通道的大型供气系统。中国在 20 世纪 90 年代以前天然气管道主要集中在四川省境内，干线总长一千多公里，最大管径 720mm，形成了全川的环形供气管网。1992 年在南海建成了长 797km、管径 700mm 的崖 13-1 气田至中国香港的海底输气管道。1997 年建成的陕京输气管道长 840km、管径 660mm、设计压力 6.4MPa。2004 年底全线投运的西气东输管道干线长 3900 多公里、管径 1016mm、设计压力 10MPa，设计输气能力可达 120×10^8 m³ (标准)/a。90 年代以来我国输气管道建设进入了高速发展阶段，输气管道的水平有了大幅度提高。

二、油气长输管道的组成

(一) 输油管道

输油管道由输油站、干线线路工程及其附属设施组成。

输油管道起点的输油站称首站，它的任务是收集原油或石油产品，经计量后向下站输送，首站的主要组成部分是油罐区、输油泵房和油品计量装置。有的为

了加热油品还设有加热系统。输油泵从油罐汲取油品经加压（有的也经加热）、计量后输入干线管道。

油品沿着管道向前流动，压力不断下降，需要在沿途设置中间输油泵站继续加压，直至将油品送到管道终点。为了继续加热，则设置中间加热站。加热站与输油泵站设在一起的，称为热泵站。

输油管道的终点又称末站，它可能是属于长距离输油管道的转运油库，也可能是其他企业的附属油库。末站的任务是接受来油并向用油单位供油。所以有较多的油罐与准确的计量系统。

为了满足沿线地区用油，可能在中间输油站或中间阀室分出一部分油品，输往它处。也可在中途接受附近矿场或炼厂来油，汇集于中间输油站或干管，输往管道的终点。

长距离输油气管道的线路部分包括管道本身、干线阀室、清管站，通过河流、山谷、铁路、公路的穿（跨）越构筑物，阴极保护设施，以及沿线的简易公路。

输油（气）管道由钢管焊接而成，除跨越段外全线一般都埋地敷设。为防止土壤对钢管的腐蚀，管外包有防腐绝缘层，并采用外加电流阴极保护措施。长输管道上每隔一定距离设有截断阀门，进、出站处及大型穿（跨）越构筑物两端也有。一旦发生事故可以关阀，及时截断管内介质流动，防止事故扩大和便于抢修。

调度控制中心及 SCADA 系统是输油（气）管道的神经中枢，通常由全线中心控制、站场控制和就地控制三级组成。它对全线各个站场、关键设备进行远距离数据采集、传输和记录、处理，对管道运行进行监控、统一调度和控制。具有报警、连锁保护、紧急关断等安全保护功能。

输油（气）管道的配套辅助设施，如通讯系统、道路、水电供应系统、维修中心等是不可缺少的设施。有线及无线通讯系统是其中之一，它是生产调度和指挥的重要工具。近年来，通讯卫星和光缆被广泛应用，使通讯和信息传输更加快捷和可靠。

成品油管道和原油管道的上述组成是类似的，其主要不同点是：成品油管道一般均采用顺序输送工艺，即用一条管道连续地按一定顺序输送若干种产品，如各种牌号的汽油、柴油、燃料油等，也有轻质原油与成品油一起顺序输送的。由于在两种油品交接处会形成混油，故在各输油站上必须设置混油浓度检测及界面跟踪设施。除了首、末站必须有储存各种油品的庞大的储罐外，末站还必须有混油处理装置，以保证将合格的油品供应用户。

（二）输气管道

天然气从气井开采出来后，经过矿场集输管道集中到净化厂处理后，由长输

管道送至城市管网，供给工业或民用的用户。由气井至用户，天然气都在密闭状态下输送，形成一个输气系统。长输管道是连接气田净化处理厂与城市门站之间的干线输气管道，它具有输气量大、压力高、运距长的特点。

输气管道是由输气站场、干线线路工程及其附属设施组成。

首站是输气干线的起点，它接受气田处理厂来的天然气，经过升压、计量后输往下一站。在气田开发初期，地层压力较高而输气量较小，当地层压力足以输气至下一站时，首站可暂不设压缩机组。

输气过程中沿程压力不断下降，一定距离后需设中间压气站增压。末站为终点配气站，将天然气计量、调压后供给城市配气管网及大工业用户。为满足沿线地区用气，常在中间压气站或分输站引出支线分气，也可能接收其他气田的进气支线。

由于天然气的消费量在一天、一个月或一年之内有很大的不均衡性，特别是城市居民用气量更是如此，而输气干线的输量却应维持在其设计输量范围附近，才能安全、经济地运营。为了季节性调峰的需要，常在大城市附近设有储气库，夏季天然气供应过剩时，管道向储气库充气，冬季用气高峰时，再抽出补充供气。目前大型地下储气库大多采用枯竭的油气田及盐穴、岩洞等建造。也有采用液化天然气低温储存供调峰供气用。长距离输气干线常连接由多个地下储气库及一系列输入或输出支线，形成统一的供气系统。

三、油气长输管道的事故概况

(一) 输气管道

1. 事故统计

可以从有关的事故统计中了解管道事故的主要原因，见表 1-1～表 1-3。

表 1-1 欧洲燃气管道的事故统计 (1970～1998 年)

破坏原因	外部干扰	材料缺陷	腐蚀	地表移动	抢修错误	其他
比例/%	50	18	15	6	5	6

表 1-2 美国天然气管道的事故统计 (1970～1984 年)

破坏原因	外部干扰	材料缺陷	腐蚀	结构	其他
比例/%	53.5	16.9	16.6	5.6	7.4

表 1-3 中国四川输气管道的事故统计 (1969～1990 年)

破坏原因	外力损伤	材料缺陷	腐蚀	施工	地表移动	其他
比例/%	14.2	12.3	27.7	26.5	5.4	3.9

2. 输气管道事故案例

1989年前苏联乌拉尔山区一条输气干线泄漏，附近火车引起的地火花引爆了漏出的天然气，造成600多人死亡，烧毁森林数百公顷。

1994年3月23日在美国新泽西州，一条0.91m (36in)天然气管道破裂引发火灾。着火后形成的火球高152.4m (500ft)，方圆91.44m (300ft)处的建筑物受到辐射热的影响，毁坏了128套房屋，撤离了1500人。共有50多人受伤，无人死亡。

1995年7月29日，横贯加拿大管道公司的一条1067mm天然气管道在Rapid市附近破裂起火，50多分钟后距爆破口7m远的另一条914mm气管也爆裂着火。两条管道分别停输了15天、4天。后来查明第一条管道是外部腐蚀裂纹引起的延性断裂，后一事故是因火灾没有及时扑灭引发的次生性灾害。

2000年8月9日发生在新墨西哥州的0.76m (30in)天然气管的腐蚀破裂事故造成12人死亡，爆炸后留下宽6.6m (20ft)、长达26.2m (86ft)的大坑。EI Paso天然气管道公司由于违反安全规定而遭受 252×10^4 美元的刑事处罚。

美国运输部安全办公室(NTSB)关于天然气管道的重大事故调查资料中，13次事故均着火，6次发生爆炸。调查的数据范围如下：输气管的管径0.15~0.91m (6~36in)；运行压力3.38~7.01MPa (490~1016psi)；燃烧半径、面积；是否着火及爆炸等。该研究得出以下结论：

- ① 事故管道运行压力与着火燃烧的半径有关，燃烧半径随压力增高而增大；
- ② 若发生爆炸，同样的压力下燃烧范围较小；

③ 燃烧半径和管径没有直接关系，还有许多因素影响燃烧范围，如周围的地形、风力和风向、管道的埋深及裂缝形状、泄漏气体量等。

上述事故表明，输气管道破裂一般均会着火，多数发生爆炸，若扑救不及时就会引发次生灾害，往往损失巨大。新泽西州的上述输气管道爆炸和火灾引发了关于发达国家人口稠密地区输气管道安全距离的讨论，美国、加拿大等国对此进行了相关研究。

(二) 输油管道

1. 事故统计

由欧盟各石油公司成立的“空气与水保护组织”(CONCAWE)统计的1971~1995年间西欧及美国输油管道事故统计见表1-4。

表 1-4 西欧及美国输油管道事故统计 (1971~1995 年)

地区	比 例/%					
	外力损伤	腐蚀	机械损伤	操作失误	自然灾害	其他
西欧	33	30	25	7	4	1
美国	34	33	18	2.5	4.5	8

中国东部输油管道多建在 20 世纪七八十年代, 当时采用的设备、管材质量较差, 管道的自动化水平不高, 造成设备腐蚀、操作失误较多 (见表 1-5)。近年来输油管道上打孔盗油的恶性事故呈上升趋势, 给管道和环境安全带来极大的危险。

表 1-5 中国东部输油管道的事故统计 (1970~1990 年)

破坏原因	外部干扰	设备故障	腐蚀	违规操作	施工管材	其他
比例/%	8.3	30.3	21.3	20.5	8.5	11.1

2. 输油管道事故案例

1999 年 6 月 10 日, 美国 Bellingham, WA. 一条 0.41m (16in) 汽油管道因外力损伤断裂。6600 桶未加铅汽油流入了穿过该城市的小河并着火, 造成 3 人死亡、8 人受伤。

1976 年、1984 年因地震、山洪暴发分别使中国秦京线、铁秦线管道断裂跑油, 经济损失巨大, 环境污染严重。

1999 年 2 月 9 日, Colonial 管道公司运营的成品油管道在位于田纳西州 (Tennessee) 东部的诺克斯维尔 (Knoxville) 发生了一起破裂溢油事故, 泄漏了 1785t (2027m³) 的高硫燃料柴油, 财产损失达 700×10⁴ 美元。

输油管道特别是成品油管道破裂事故着火的危险性更大, 油品污染环境将危害公众健康并对环境有长期不良影响。

四、事故损失的统计

据美国天然气协会 (AGA) 的统计, 1986~2003 年各类油气管道的事故损失见表 1-6。

表 1-6 AGA 统计事故损失

管道类型	统计起止时间 (年/月/日)	事故次数 /次	死亡人数 /人	受伤人数 /人	财产损失 /万美元
输气管道	1986/1/1~2003/8/31	1371	59	224	32833
配气管网	1986/1/1~2003/8/31	2357	295	1346	29425
危险液体管道	1986/1/1~2003/8/31	3270	251	251	84549
总计	1986/1/1~2003/8/31	6998	1821	1821	145807
年平均	—	373.2	20.9	97.1	7776.4

五、中国油气管道安全管理面临的挑战

用管道长距离输送原油、成品油或天然气是安全、经济的运输方式, 但由于油气的易燃、易爆及毒性等特点, 一旦系统发生事故, 容易引起火灾及爆炸、中毒、污染环境等恶性后果, 特别在人口稠密地区, 此类事故往往会造成严重伤亡

及重大经济损失，同时带来恶劣的社会及政治影响。随着社会对环境及公共安全的重视和要求的日益增长，在经济全球化日益发展的今天，其影响程度也在增大。无事故运行已成为管道行业追求的目标。

中国已建成长输油气管道 2 万多公里，其中东部许多管道已运行接近或超过 20 年，逐步进入后期事故多发阶段。由于建设当时的技术经济条件所限，设计、施工水平、材料缺陷、多年运行的损伤等原因，管道安全存在不少隐患。受到内检测技术及检测费用的限制，大多数管道尚未全面检测，更缺乏完整性评价。迄今为止只有陕京输气管线做了全线内检测。秦京及庆铁两条输油管线在部分区间做了内检测。近年来第三方故意破坏引发的泄漏事故呈上升趋势，更给管道安全造成严重威胁。2003 年底在兰成渝线广元段，因打孔盗油造成汽油喷射泄漏的恶性事故就是典型的例子。

由于上述原因，中国油气管道事故率比发达国家要高很多倍。据统计，近 30 年来，欧洲、前苏联、美国的输气管道事故率 [单位：次/($10^3\text{km} \cdot \text{a}$)] 分别为 0.42、0.46、0.60，总平均值大致为 0.5。据 20 世纪 90 年代统计，中国四川地区 12 条输气管的事故率为 4.3。西欧 17 国输油管道泄漏事故率 2000 年为 0.25。中国东北和华北地区输油管道自运行以来，粗略统计事故率要超过 2.0。

新建成的西气东输管道、兰成渝成品油管道、陕京输气管道及建设中的陕京二线、大西南成品油管道等都是大口径、长距离、高压力的大型管道系统，是西部大开发的重点工程。这些管道经过沙漠、高山，通过湿陷性黄土区域及多条地震断裂带。沿线地形地貌复杂，地质灾害类型多、频率高。管道下游是中国人口稠密、经济发达的省市，沿线自然环境及社会环境变化较大。它们的安全运行对国民经济有重大意义。特别是输气管道，担负着大中城市居民生活供气的重任，一旦中断，将影响千家万户的生活，造成巨大的社会影响和经济损失。刚投产的甬沪宁原油管道又是建在人口及城镇最密集的华东沿海地区。管道一旦泄漏或发生火灾爆炸事故将产生重大损失及恶劣影响，安全运行的重要性和紧迫性更为突出。

新中国成立以来特别是十一届三中全会后，党和政府非常重视安全生产和劳动保护的立法，建立健全了国家的安全管理及监察机构。1989 年 3 月国务院颁布了《石油、天然气管道保护条例》。2000 年 4 月 24 日原国家经贸委发布了《石油及天然气管道安全监督管理规定》，明确了对油气管道系统的安全监督管理规则。

国际标准化组织 1996 年发布了 ISO/CD14690《石油天然气工业健康、安全 and 环境管理体系》。这是近年来出现在国际石油天然气工业的保障健康、公众安全和环境保护的管理体系，是突出预防为主、领导承诺、全员参与、持续改进的现代化安全管理体系。这一标准得到了世界各大石油公司的认可。中国石油天然

气总公司于1997年发布了SY/T 6267—1997《石油天然气工业健康、安全和环境管理体系》(HSEMS),并从2000年开始,用三年时间建立和实施HSE管理体系,按照先国外、后国内、先试点、后推广的原则开展工作。

中国石油天然气总公司下属各部门在长期的安全管理中积累了丰富的经验,包括建立健全安全管理体系、建立各项规章制度、安全教育和培训、安全技术措施、安全检查、总结评比、事故管理等方面。这种传统的安全管理方法及工作程序有方法简单、容易掌握、出结论所需时间短的优点,但它着重在总结、评价过去,往往是以是否发生重大事故或事故多少来评价安全性。实际上在一定条件下,事故隐患存在,但事故可能发生,也可能不发生,它具有偶然、随机的性质。目前没有出事故不一定该系统很安全。另一方面,随着生产技术发展及环境变化,新的不安全因素又会出现,仅仅从以前的事故中总结找出的预防措施往往可能滞后,且难以预测今后的事故发生概率及严重程度。运用安全系统工程理论、方法,实施油气管道的完整性管理,提高管道系统整体安全,是当前安全管理的重要任务。

第二节 油气长输管道安全管理工作进展

一、国外管道安全管理进展概况

20世纪70年代,欧美等工业发达国家在第二次世界大战后兴建的大量油气长输管道使用已达20多年,各种事故频繁发生,造成巨大的经济损失和人员伤亡,大大降低了各管道公司的盈利水平,也严重影响和制约了上游油(气)田的正常生产。为此,美国首先开始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干线管道的使用寿命,合理地分配有限的管道维护费用。经过几十年的发展和应用,许多国家已经逐步建立起管道安全评价与完整性管理体系和各种有效的评价方法。

目前,发达国家对油气管道建设和运行的全过程有系统的安全法规进行安全管理和监督。以美国在工程标准方面为例,美国国家标准ASME B31 压力管道及管件标准的系列中,B31.4《液态烃和其他液体管道输送系统》、B31.8《输气和配气管道系统》,对输油、输气管道从设计、管子和管件材料及制造、管道系统施工、设备安装、管道验收、操作与维修、腐蚀控制等过程中,为防止管道损伤、确保公众安全,提出了明确的技术要求。每个标准都引用了一百多个相关标准。它们是管道建设的技术指南,又是国家有关部门进行建设方案评审和建设过程中进行建设监理和安全监督的法律依据。经过多年管道系统安全管理的经验积累,2001年11月美国颁布了API St.1160《危险液体完整性管理系统》和ASME B31.8S《天然气管道完整性管理系统》两项标准,它提供了改善管道安

全的方法和手段，帮助经营者通过适当的预防性检测、评价，实施减轻风险的措施等来改善管道安全状况，达到减少事故的目的。这两个标准的生效表明其完整性管理已进入依法实施的阶段。

近年来，由于国际反恐形势的严峻，对于如何安全可靠的操作和运行油气管道，成为各国政府及民众关注的焦点。为此，各国政府纷纷出台新的法规或条例以规范管道运行行为，确保民众和生态安全。

在法律法规方面，美国在 2001 年 5 月颁布生效的联邦法规 49CFR192~195 中，已对管道完整性管理提出了要求和详细的规定。2002 年 12 月又由美国参议院通过、总统签字批准的法律——49USC 修正案，即《2002—管道安全改进法》，其中明确规定了管道运行商要在后果严重地区（HCA）实施管道完整性管理计划。这是美国法律对开展管道完整性管理的强制性要求。该法律的出台完善了管道安全的国家法律-行政法规-规范体系。根据美国运输部（DOT）管道安全处（OPS）的新规章，油气管道必须在规定期限内完成识别管道通过的 HCA 地区，制定完整性管理程序。对不同类型、不同条件的油、气管道，规定了不同的基线评价完成时限及完成率。该法规以拥有或承运管道的长度明确界定了三类管道运行者，并分别详细地规定了各类运行者就管道的安全维护所应履行的职责和义务，见表 1-7。OPS 将对业主提供的完整性管理程序进行检查和审核。这说明政府加强了对油气管道完整性管理的要求和监管力度，促使管道公司建立和完善管道完整性管理体系。这一切表明，美国油气管道的完整性管理已进入依法实施的阶段。

表 1-7 美国法规要求

项 目	一类管道业主或承运人	二类管道业主或承运人	三类管道业主或承运人
管道里程/建管时间 (年/月/日)	≥804km(500mile)	<804km(500mile)	2001/5/29 以后在建或改建的管道
提交书面管道完整性管理计划的最后时限(年/月/日)	2002/3/3	2003/2/18	于管道投产运行一年后
第一阶段管道完整性基线评价的完成率及时限 (年/月/日)	2004/9/30 前完成管道长度的 50%	2005/8/16 前完成管道长度的 50%	—
全部完成管道完整性基线评价的时限(年/月/日)	2008/3/31	2009/2/17	管道开始运营之时

西欧和加拿大、澳大利亚等国都制定了管道完整性管理的标准及规范。加拿大 STD. CSA Z662—99 标准中规定，运营公司应定期对系统完整性进行平衡测量，定期对泄漏检测方法进行检查，确定其精度。对于含有缺陷的管道要求进行评价后确定是否可继续使用。