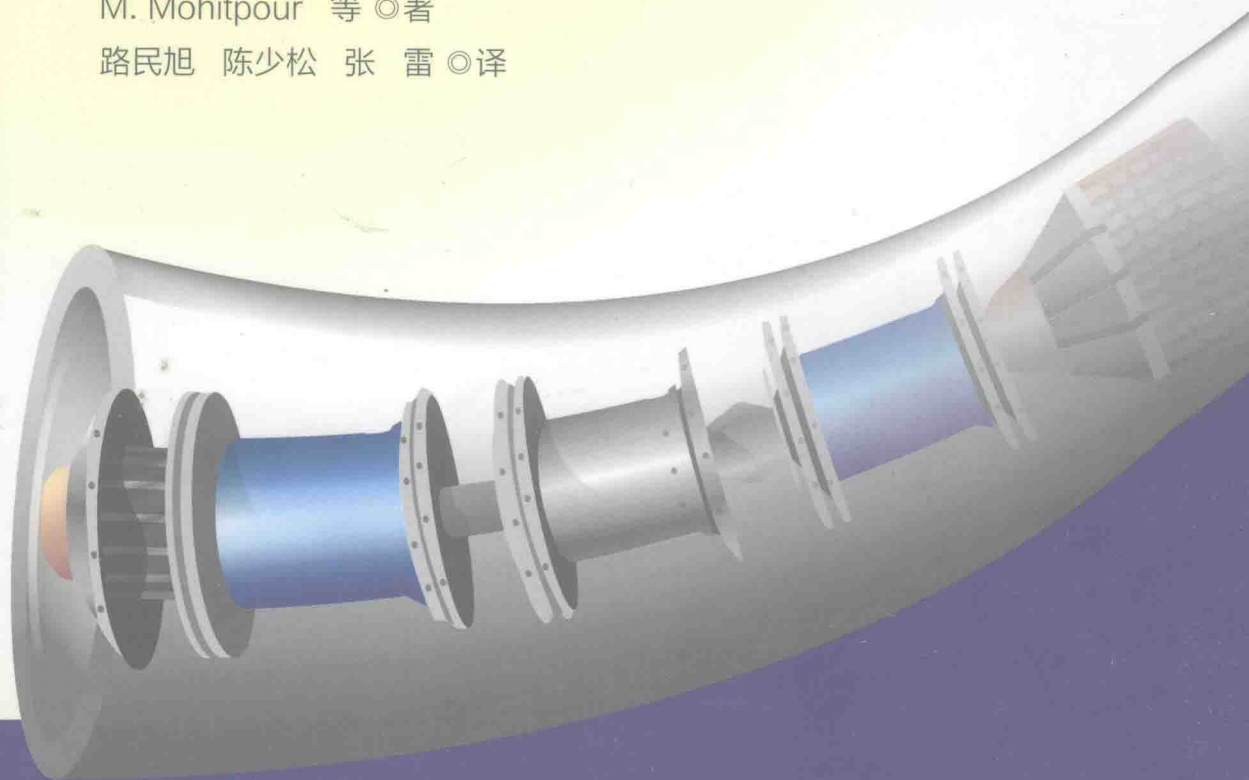


# 管道完整性保障 —— 实践途径

PIPELINE INTEGRITY ASSURANCE  
A PRACTICAL APPROACH

M. Mohitpour 等 ©著

路民旭 陈少松 张 雷 ©译



石油工业出版社

# 管道完整性保障 ——实践途径

M. Mohitpour 等著

路民旭

陈少松 译

张 雷

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了管道事故发生的历史记录、完整性管理系统及其发展、管道涂层的基本知识、阴极保护的知识和、有效的管道现状评估方法、缺陷评估、管道修复及完整性管理相关的完整性技术支持、应急响应规划与事故管理、管道风险管理等相关内容。

本书适合管道行业的专业人员阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

管道完整性保障：实践途径/（美）莫希特普尔（Mohitpour M.）等著；路民旭，陈少松，张雷译．

北京：石油工业出版社，2014.3

书名原文：Pipeline Integrity Assurance: A Practical Approach

ISBN 978-7-5021-9766-7

I. 管…

II. ①莫… ②路… ③陈… ④张…

III. 油气运输-管道工程-完整性

IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 215119 号

著作权合同登记号 图字：01-2013-4214

Original Edition (in English), Copyright 2010 by ASME,

Three Park Avenue, New York, NY 10016, USA.

本书经 ASME 授权翻译出版, 中文版权归石油工业出版社所有, 侵权必究。

---

出版发行：石油工业出版社

（北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011）

网 址：<http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部：(010) 64243803 发行部：(010) 64523620

经 销：全国新华书店

印 刷：北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本：1/16 印张：35.25

字数：860 千字

---

定价：120.00 元

（如出现印装质量问题，我社发行部负责调换）

版权所有，翻印必究

## 致

将本书献给以下管道工业的巨人们：

John F. Kiefner

Carl Jaske

Andrew Palmer

Winston Revie

Willard A. Maxey

Pat. H. Vieth

Bob Coote

Alan Glover

Brian Rothwell

Phil Hopkins

Michael J. Rosenfeld

.....

多年来，这些巨人们通过自己毕生的努力以及卓越的贡献一直捍卫着管道系统的完整性及其运行的安全可靠。通过设计可靠的管道完整性管理系统，进行调查并实践有效的维护和监测方法，他们引领着管道行业的发展，从而使得管道系统在其服役期内远离失效危险。

我们正是受到他们的启迪完成了本书。比较而言，出版本书就谈不上是什么贡献了。但是，通过整合管道完整性保障的所有技术，我们希望本书能向管道行业的新手们传达一些重要信息，并同时能给予管道行业的老手们一些先知，从而保障管道网络持续运行的安全性、有效性、可靠性以及经济可行性，并尽可能对公众和环境造成的影响最小。

通过本书也向管道完整性技术的领导者和开拓者们致敬。

还将本书献给我们整个管道能源界以及持续繁荣的整个工业界。

M. Mohitpour

A. Murray

M. McManus

I. Colquhoun

# 前言

《管道完整性保障——实践途径》一书是由 ASME 出版社出版、我们几个作者从 2000 年开始撰写的一系列书籍的补充。

管道是现已知最安全最经济的运输烃类产品的方法。将这些产品在管道内进行运输，可以保证公众安全并保护环境。这几乎是管道完整性保障的唯一的了。这一观念十分简单但实践起来却是一项非常复杂的任务。本书意在涵盖管道服役整个生命周期内的完整性管理各方面的内容，包括如何进行设计、危险识别、运行监测、风险评估、缺陷评价、维护修理以及紧急状况处理等。在对管道系统面临的重大危险进行检测和实施减缓措施时，本书主要遵循的是如今广为熟悉的 ASME B31.8S（《输气管道系统完整性管理》）和 API 1160（《危险液体管道系统的完整性管理》）方法进行完整性管理的。

本书面向的读者群可以是经验丰富的管道专业人士，也可以是刚进入管道行业的新手。既然我们是面向如此广泛的读者群体，那么从内容上讲，本书不仅包括介绍性的基础知识，还包括当下管道工业内使用的更先进的技术方法。我们出版本书的主旨是，当读者在承担各种不同的管道完整性管理的任务时，仅用一卷的篇幅就不但能提供日常需要的参考知识材料，而且能提供实用的知识和思维。因此，有些读者可能会发现这本书还是一本有用的培训工具书。

从内容来看，本书集合了作者在管道行业内三四十年来所收获的知识和经验，以及许多其他的技术文献。第 1 章介绍了本书的主题以及管道事故发生的一些历史记录。第 2 章详述了完整性管理系统（Integrity Management System）以及该系统是如何发展起来的。鉴于腐蚀问题对管道行业存在的重大威胁，第 3 章主要阐述了作为管道的第一道防线——涂层的基本知识，而作为第二道防线——阴极保护（cathodic protection）的知识则是第 4 章的主题。第 5 章重点介绍了许多有效的评估管道现状的方法。第 6 章的主题则是如何确定缺陷管道继续服役的适合性。在确定并评估了缺陷对管道服役可能性存在的影响之后，就很有必要对某个管段进行维修或更换，完成这项任务的各种方法包括在第 7 章的内容里。许多管道运营公司都有自己的内部小组来负责制订并执行完整性管理相关的各项任务，他们的职能在第 8 章中予以介绍。即使拥有最完美的计划，事故免不了还会发生，如何以有效的方式应对事故，这一点考虑对于将任何可能的损害程度降至最小是非常关键的，第 9 章从事故管理和紧急应对的角度探讨了这一议题。最后，由我们的同事 Iain Colquhoun 博士用一章的篇幅对管道风险评估进行了总结。

我们已经非常谨慎以确保任何内容、得到的允许、参考文献/网址以及各种名字

的正确性。但对于一些技术、例子甚至是应用实例的随意使用或拷贝却并不是有意为之。我们鼓励读者在使用之前检查并评估所有这些细节。作者以及 ASME 出版社也欢迎各种形式的更正说明、删改意见等。

M. Mohitpour 于加拿大不列颠哥伦比亚省白石镇  
Alan Murray、Mike McManus、Iain Colquhoun 于加拿大阿尔伯达省卡尔加里  
2010 年

# 序言 1

## ——Enbridge International Inc.

《管道完整性保障——实践途径》一书是纽约 ASME 出版社出版的这些作者的一系列书籍的自然而然的续作。该系列书籍的第一本《管道设计与建设——实践方法》(Pipeline Design and Construction—A Practical Approach) 于 2000 年面世, 紧接着陆续是《管道运行与维护——实践方法》(Pipeline Operation and Maintenance—A Practical Approach)、《管道泵送与压缩系统——实践方法》(Pipeline Pumping and Compression Systems—A Practical Approach) 以及《能源供应与管道运输——挑战与机遇》(Energy Supply and Pipeline Transportation—Challenges and Opportunities)。这些书指导着我们如何进行管道和相关设施的设计及运行。

而本书《管道完整性保障——实践途径》给予我们的指导在于, 如何对我们已经设计、建设并正在运行的有形资产进行维护, 从而确保投资资本的安全及长期的经济效益。成功的管道系统在进行构思设计时就考虑了贯穿设计、建设及运行整个周期内相关影响因素的所有方面。特别是在运行阶段, 必须涉及一个全面的完整性计划, 这包括对管道失效进行预测和预防所必需的活动。在当今多数的管道公司内, 这些活动被整合在总体的运行及维护程序内, 而且与称作完整性管理方案的框架工作相关。

管道完整性管理方案, 虽然不是设计工作的影响因素, 但却是确保管道在服役期内安全可靠运行的方法, 可以称得上是投资资本的保险。《管道完整性保障——实践途径》一书, 对于理解并开发能够安全可靠运行的管道系统而言, 是一本非常有价值的工具书。

本书从以下几个方面集合反映了几个作者超过 100 多年的实践经验, 包括管道的设计、建设、运行、维护、合规性以及完整性保障。我在此祝贺 Mohitpour 博士、Murray 博士、Colquhoun 博士以及 McManus 先生成就了这本非常全面的实用参考书, 这本书对于负责工程和运行的工作人员也可以使用。在我看来, 这项成就从实践意义上讲是前所未有的。

Bill Trefanenko, P. Eng  
Director, International Operations  
Enbridge International Inc.



## 序言 2

### ——TransCanada Pipelines

管道技术的进步在 ASME 出版社先前的一系列书籍中得到了很好地介绍，这些书包括：

(1) 《管道设计与建设——实践方法》(Pipeline Design and Construction — A Practical Approach), Mohitpour, Golshan, Murray;

(2) 《管道运行与维护——实践方法》(Pipeline Operation and Maintenance — A Practical Approach), Mohitpour, Szabo, Van Hardeveld;

(3) 《能源供应与管道运输——挑战与机遇》(Energy Supply and Pipeline Transportation — Challenges and Opportunities), Mohitpour;

(4) 《管道泵送与压缩系统——实践方法》(Pipeline Pumping and Compression Systems — A Practical Approach), Mohitpour, Botros, Van Hardeveld.

这一书系集合性地总结了管道系统在设计、建设、运行及能源供应等方面的基本原则，其内容是作者们在管道工业内多年来大量知识与经验的积累和收集。

管道是我们当今社会的生命线，是烃类能源实现安全、可靠、经济运输的基本结构。然而，无论管道设计、建设、运行并维护得有多么好，它们仍然受到来自运行环境和第三方破坏的威胁。因此，成功的管道系统不仅必须经过合适地构想、研究、设计、建设并实现运行，而且其运行必须由包括预测及预防管道失效必需的所有活动在内的一个强大的资产管理体系作辅助。

《管道完整性保障——实践途径》一书使得作者的这一书系得到了完善。它涉及了管道完整性管理的整个范畴，包括数据收集（工具及方法）、评估技术（条件及风险确认）、管道维修以及应急响应（包括事故管理）。

本书还向对管道系统的安全和完整性感兴趣的人或者负责这方面工作的人提供了额外许多有用的信息。

我们非常高兴继续支持 ASME 出版社的这一书系，并承诺尽努力累积对我们这个行业重要的知识。

Andrew Jenkins

Vice President, TransCanada Pipelines Limited



TransCanada

## 序言 3

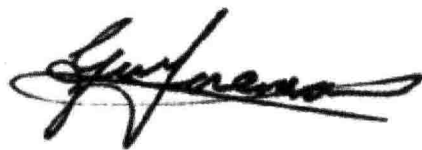
### —— GE Oil & Gas-PII Pipeline Solutions

维护管道系统及基础设施的完整性是非常重要的，这一重要程度已经由涉及人员伤亡以及财产和环境遭到破坏的悲惨事故凸显出来了。这些事故还造成了生产损失、运输中断以及运行公司面临的法律诉讼程序。管道运行的环境决定了管道面临着随时间变化或与时间无关的一些威胁，这些威胁均可导致其结构完整性遭到破坏。管道完整性管理的目的就是要确保管道不会对公众和环境造成伤害，而同时能在其整个服役期内向管道运营商和客户提供可靠安全的服务。当管道能合理地得到维护时，其寿命无疑会延长。

毫无疑问，管道是实现当今社会非常依赖的许多烃类产品运输的最安全、最可靠、最有效的方式。然而，从可靠性和有效性的角度出发，管道运营商必须时刻保持警惕，以维护其资产的完整性、功能性和安全性。

《管道完整性保障——实践途径》是一本很有价值的工具书，其内容包含确保管道系统安全可靠运行所必需的复杂程序和评估方法。通过实践与作者在书中介绍的相一致的活动，GE Oil & Gas-PII Pipeline Solutions 致力于在世界范围内作出努力以维护其管道资产的安全可靠。

Geoff Foreman B. Eng  
Global Growth and Strategy Leader  
GE Oil & Gas-PII Pipeline Solutions



## 致 谢

正是 ASME 出版社、作者、审阅者以及业内领导者和同行之间的紧密合作成为了这本书初创、准备并最终完稿的支柱力量。也正是由于这个合作过程，对于我们作者来说，撰写本书是一件非常快乐的事。

首先，我们非常感谢 ASME 出版社的出版团队（特别是 Phillip Di Vietro 先生、Mary Grace Stefanchik 女士、Tara Smith 女士及其他员工）以及市场发行团队（Craig Backhus、Annette Missouri 及其他员工），是他们的支持、鼓励和耐心实现了本书的出版。

在他们努力为本书联络收集材料并审阅各种手稿的过程中，我们作者也结识了许多管道行业内的同行并受惠于他们的鼓励、知识和经验。在此，我们作者向所有这些同仁们作出的重要贡献表达诚挚的感谢。特别地，要感谢：

Chad Bunch, National Energy Board (NEB)

Ms. Sarah Jane Dawson, GE Oil & Gas-PII Pipeline Solutions

John Kazakoff, Silver Fox Engineering Consultants Ltd.

Gordana Mesar, National Energy Board (NEB)

Carl Mikkola, Enbridge Energy Company, Inc.

Rafael Mora, National Energy Board (NEB)

Hal Oliver, P. Eng

Joe Paviglianiti, National Energy Board (NEB)

Edmund Seiders PE., Willbros Tulsa Oklahoma

Bill Trefanenko, Enbridge International Inc.

Mo. Mohitpour, Ph. D. , P. E. , P. Eng. , F. I. Mech. Eng. , FASME, FEIC  
mo. mohitpour@shaw. ca

Alan Mathew Murray, Ph. D. , P. Eng.  
ma-murray@shaw. ca

Michael McManus, P. Eng.  
m. mcmanus@shaw. ca

Iain Colquhoun, Ph. D. , P. Eng.  
iain. colquhoun@ge. com

## 致谢（给授予出版准许的机构）

我们作者在此向准予我们在本书中使用并复制其图片、数据和其他资料的所有机构表示感谢。这些引用的内容来自他们的网站以及出版的技术资料。在此我们还向可能被忽略了一些参考源表示歉意，我们很乐意接受在后续的版本中作出修正。

我们作者非常感激给予我们准许的以下机构：

American Petroleum Institute (API)

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

BJ Pipeline Inspection Services

BJ Process and Pipeline Services

CFER Technologies

Corrpro

CRC Press

Enbridge Pipelines Inc.

GE Oil & Gas-PII Pipeline Solutions

Hyundai Heavy Industries

JFE Steel Corporation

Kent Muhlbauer NCF Industries Inc. CA

NDT Systems & Services AG

PensPen Integrity

Pergam Suisse

Petersen®

PetroSleeve®

Pigging Products Services Association (PPSA), UK

Pipeline Products and Services Inc. , Edmonton, AB.

Prentice Hall Inc. , Englewood Cliffs, NJ

ROSEN Group

RTD Inc.

Strategic Maintenance Solutions Inc.

T. D. Williamson

TMS Sumas

TransCanada PipeLines Limited

Via<sup>+</sup>

Western Instruments Inc.

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第 1 章 总论与历史信息           | 1   |
| 1.1 引言                  | 1   |
| 1.2 管道系统的发展趋势           | 13  |
| 1.3 管道腐蚀保护的 trend       | 18  |
| 1.4 管道完整性检测及修复技术的 trend | 22  |
| 1.5 缺陷评估                | 31  |
| 1.6 维修及修复技术             | 33  |
| 1.7 管道完整性及安全            | 34  |
| 1.8 管道运行问题/规章要求         | 36  |
| 1.9 管道完整性管理 (PIM) 方案    | 38  |
| 1.10 管道风险评估及安全性         | 46  |
| 参考文献                    | 54  |
| 第 2 章 管道完整性管理方案         | 57  |
| 2.1 引言                  | 57  |
| 2.2 管道完整性的工业标准及文件       | 59  |
| 2.3 管道完整性的法规            | 62  |
| 2.4 完整性管理方案的构成要素        | 69  |
| 2.5 角色与职责               | 76  |
| 2.6 后果严重区 (HCA) 的识别     | 81  |
| 2.7 威胁识别及风险分析计划         | 84  |
| 2.8 基准数据评估计划            | 86  |
| 2.9 完整性评估/风险减轻计划        | 89  |
| 2.10 性能测试计划             | 100 |
| 2.11 沟通计划               | 104 |
| 2.12 变更管理计划             | 105 |
| 2.13 文档制订计划             | 106 |
| 2.14 完整性管理的结论性评注        | 117 |
| 参考文献                    | 118 |
| 第 3 章 管道涂层              | 119 |
| 3.1 引言                  | 119 |
| 3.2 管道涂层概述              | 120 |
| 3.3 管道涂层性质及检验的法规要求      | 124 |
| 3.4 管道涂层的失效模式           | 125 |

|            |                             |            |
|------------|-----------------------------|------------|
| 3.5        | 涂层性能 .....                  | 129        |
| 3.6        | 与管道运行有关的重要涂层属性 .....        | 132        |
| 3.7        | 与管道建设和安装相关的重要涂层属性 .....     | 141        |
|            | 参考文献 .....                  | 167        |
| <b>第4章</b> | <b>管道腐蚀与阴极保护 .....</b>      | <b>169</b> |
| 4.1        | 引言 .....                    | 169        |
| 4.2        | 腐蚀的定义 .....                 | 169        |
| 4.3        | 阴极保护的机理 .....               | 170        |
| 4.4        | 阴极保护的要求 .....               | 171        |
| 4.5        | 适用的标准及程序 .....              | 172        |
| 4.6        | 管道腐蚀的影响因素 .....             | 173        |
| 4.7        | 阴极保护方法 .....                | 174        |
| 4.8        | 牺牲阳极的特征 .....               | 180        |
| 4.9        | 阴极保护设计考虑 .....              | 186        |
| 4.10       | 电干扰效应 .....                 | 213        |
| 4.11       | 阴极保护年度调查/检验概述 .....         | 215        |
| 4.12       | 整流器及关键跨接简介 .....            | 221        |
| 4.13       | 维修方案 .....                  | 224        |
| 4.14       | 设备保护及安全事项 .....             | 225        |
|            | 参考文献 .....                  | 226        |
| <b>第5章</b> | <b>用于完整性评估的数据采集工具 .....</b> | <b>228</b> |
| 5.1        | 管内检测 .....                  | 228        |
| 5.2        | 管内检测工具 .....                | 234        |
| 5.3        | 电磁声学传感器 .....               | 244        |
| 5.4        | 工具精度 .....                  | 247        |
| 5.5        | 位置精度 .....                  | 248        |
| 5.6        | 工具数据验证方法 .....              | 249        |
| 5.7        | 直接评估 .....                  | 255        |
| 5.8        | 外腐蚀直接评估 .....               | 256        |
| 5.9        | 内腐蚀直接评估 .....               | 256        |
|            | 参考文献 .....                  | 257        |
| <b>第6章</b> | <b>缺陷评估 .....</b>           | <b>258</b> |
| 6.1        | 引言 .....                    | 258        |
| 6.2        | 一般缺陷类型 .....                | 259        |
| 6.3        | 管道应力 .....                  | 266        |
| 6.4        | 材料属性 .....                  | 272        |
| 6.5        | 缺陷评估中的断裂力学 .....            | 280        |
| 6.6        | 缺陷定量 .....                  | 296        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 6.7 缺陷评估方法 .....             | 298 |
| 参考文献 .....                   | 324 |
| <b>第7章 管道修复</b> .....        | 327 |
| 7.1 管道修复规范 .....             | 329 |
| 7.2 修复程序 .....               | 329 |
| 7.3 封堵和旁通 .....              | 342 |
| 7.4 封堵和带压开孔程序 .....          | 346 |
| 7.5 管道封堵 .....               | 348 |
| 7.6 修复规划 .....               | 352 |
| 7.7 修复方法选择 .....             | 353 |
| 7.8 管道修复相关问题 .....           | 361 |
| 7.9 热输入 (HI) 示例 .....        | 366 |
| 参考文献 .....                   | 367 |
| <b>第8章 完整性技术支持</b> .....     | 368 |
| 8.1 引言 .....                 | 368 |
| 8.2 支持完整性管理方案 .....          | 368 |
| 8.3 确定再检验和再试验间隔 .....        | 381 |
| 8.4 适用性评估 .....              | 385 |
| 8.5 事故/失效调查 .....            | 393 |
| 参考文献 .....                   | 406 |
| <b>第9章 应急响应规划与事故管理</b> ..... | 408 |
| 9.1 背景 .....                 | 408 |
| 9.2 紧急情况定义 .....             | 411 |
| 9.3 应急响应合作基本要求 .....         | 412 |
| 9.4 应急响应要素 .....             | 413 |
| 9.5 应急管理的作用 .....            | 414 |
| 9.6 管道输送中的紧急情况 .....         | 414 |
| 9.7 什么是 ERP? .....           | 414 |
| 9.8 应急响应指南手册 .....           | 414 |
| 9.9 事故指挥系统 .....             | 418 |
| 9.10 应急响应步骤和成功因素 .....       | 426 |
| 9.11 紧急事故分类 .....            | 427 |
| 9.12 管道施工的健康、安全和环境方面 .....   | 428 |
| 9.13 管道施工的工业安全指南 .....       | 433 |
| 9.14 管道施工期风险——影响安全性的因素 ..... | 437 |
| 9.15 紧急事故发生率 .....           | 443 |
| 9.16 管道事故管理 .....            | 444 |
| 9.17 应急响应、安全性和风险相关术语 .....   | 472 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 9.18 缩略语.....                       | 478 |
| 参考文献.....                           | 479 |
| <b>第 10 章 管道风险管理</b> .....          | 482 |
| 10.1 引言.....                        | 482 |
| 10.2 风险评估.....                      | 484 |
| 10.3 作为完整性管理方案一部分的风险评估.....         | 491 |
| 10.4 风险缓解措施.....                    | 512 |
| 10.5 风险接受标准和沟通.....                 | 512 |
| 10.6 管道安全风险.....                    | 514 |
| 10.7 总结.....                        | 520 |
| 参考文献.....                           | 521 |
| <b>附录</b> .....                     | 524 |
| IPC2006 - 10032 管道液化石油气 (LPG) ..... | 524 |
| 术语表.....                            | 537 |
| 测量单位.....                           | 545 |

# 第1章

## 总论与历史信息

### 1.1 引言

总的来讲，自人类早期历史以来，石油和天然气就被用于取火，并用于战争。石油在世界经济中的重要地位演变得比较缓慢（图 1-1）（McKnight, 1998）。最初一般使用木材和煤炭来进行取暖和做饭。后来工业革命引发了不断增加的能源需求，这时主要需求的能源还是煤炭。这一时期，人们发现可以从原油中提炼出煤油用作获取光和热的燃料。到 19 世纪末期，石油的需求量很大，而且其用途也更广（Yergin, 1992）。

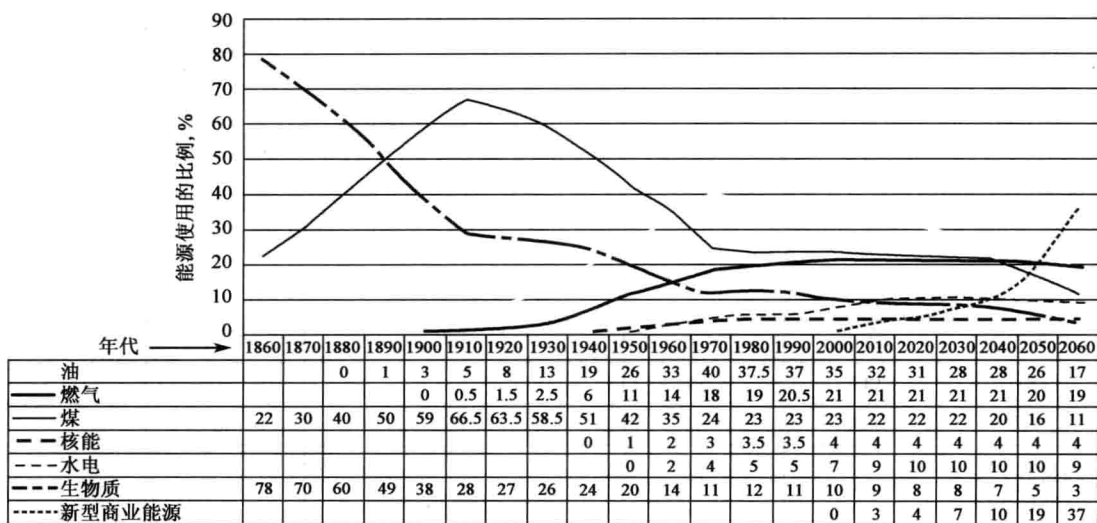


图 1-1 能源使用的演变（McKnight, 1998）

19 世纪见证了技术上最为有效的运输方式的发展, 20 世纪则见证了控制运输资本的争夺战。总体来看, 21 世纪以来能源工业面临的挑战之一是能源产品供应的安全性。特别是对管道行业而言, 作为最有效、环保而且安全的油气输送方式, 该挑战性来自于如何保持管道系统的完整性和安全性。

管道网络是很重要的资产, 一般由不同的管道公司拥有、运行并维护。在任何一个国家, 管道都是将烃类能源产品从供应源输送至市场领域的一种不可取代的核心方式。具有最大管道网络的地方, 其生活标准最高且技术最为进步, 这种现象其实并不是一种巧合。

全世界共有大约两百万千米的输送管线 (CIA, 2009)。这些管线主要输送天然气 (包括天然气凝析液)、石油 (包括重原油和超重原油)、石油产品 (包括凝析油以及凝析油和天然气的混合产品)、精炼产物、液化石油气 (液化天然气) 以及其他副产物 (包括油污水等)。这份统计并未将分配系统包括在内。

表 1-1 总结了世界各国烃类产品管线的统计信息。图 1-2 按照主要运输产品的类别给出了这些管线的百分比统计信息。表 1-1 和图 1-2 并不包括集输管线和专用管线。专用运输管线主要是指用来输送二氧化碳、氢气、浆液、液化天然气以及类似特殊产品的管线。但是, 这里统计在内的液体运输管线已经包括了单一产品以及批次产品的输送管线。图 1-3 给出了世界上管线 (超过 30000km) 的主要市场份额信息。

表 1-1 截至 2009 年世界各国及地区的陆上管道统计

km

| 国 家            | 管 道 类 别 |      |      |                 |      |              |
|----------------|---------|------|------|-----------------|------|--------------|
|                | 天然气     | 石油   | 凝析油  | 液化石油气/<br>液化天然气 | 精炼产品 | 水/油污水/<br>其他 |
| 阿富汗            | 468     |      |      |                 |      |              |
| 阿尔巴尼亚          | 339     | 207  |      |                 |      |              |
| 阿尔及利亚          | 114648  | 7579 | 1937 | 2933            |      |              |
| 安哥拉            | 2       | 87   |      |                 |      |              |
| 阿根廷            | 28138   | 5939 |      | 41              | 3629 | 13           |
| 亚美尼亚           | 2233    |      |      |                 |      |              |
| 澳大利亚           | 27105   | 3258 |      | 240             |      | 1            |
| 奥地利            | 2721    | 663  |      |                 | 157  |              |
| 阿塞拜疆           | 3361    | 1412 | 1    |                 |      |              |
| 巴林             | 20      | 32   |      |                 |      |              |
| 孟加拉国           | 2597    |      |      |                 |      |              |
| 白俄罗斯           | 5250    | 1528 |      |                 | 1730 |              |
| 比利时            | 1330    | 158  |      |                 | 535  |              |
| 玻利维亚           | 4883    | 2475 |      | 47              | 1589 |              |
| 波斯尼亚及<br>黑塞哥维那 | 170     | 9    |      |                 |      |              |
| 巴西             | 9892    | 4517 | 353  | 47              | 4465 |              |