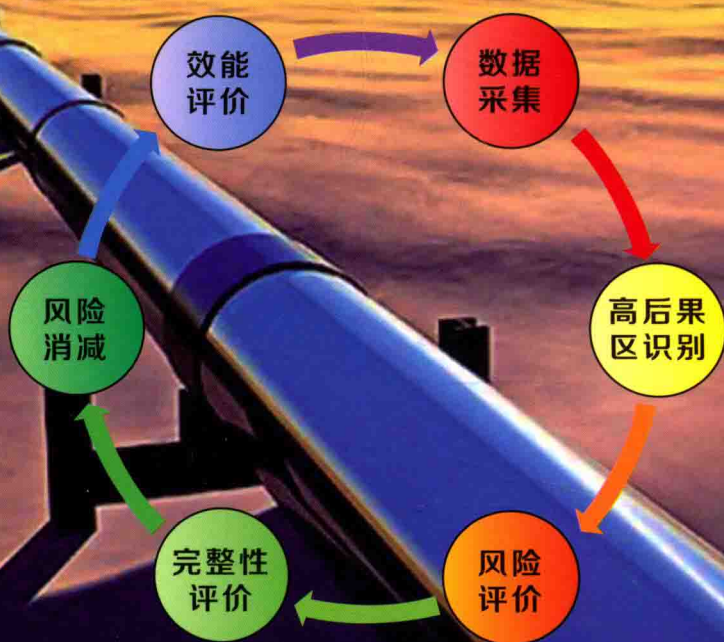


# 油气管道 风险评价与安全管理

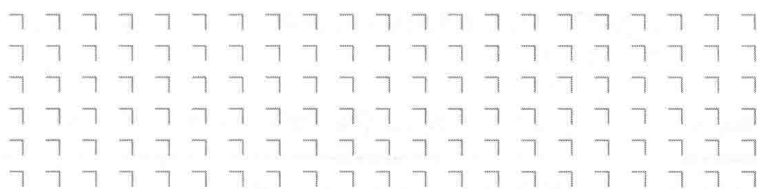
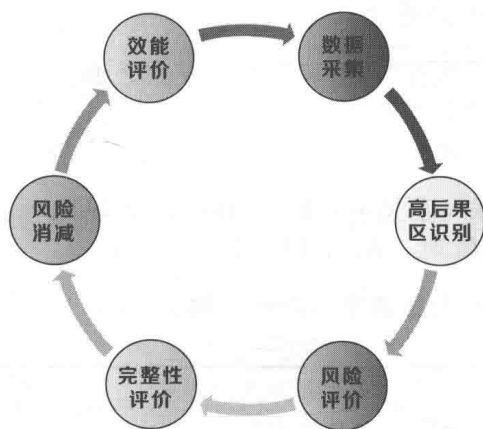
张圣柱 吴宗之 编著



化学工业出版社

# 油气管道 风险评价与安全管理

张圣柱 吴宗之 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

《油气管道风险评价与安全管理》较系统地介绍了国内外油气管道安全法规标准体系及要求,剖析了典型事故案例,统计分析了国内外管道事故原因,介绍了油气管道风险评价方法,着重分析了定量风险评价方法及其应用过程,提出了以事故风险和建设成本为两个优化目标的管道路线多目标优化方法,并对管道完整性管理和事故应急管理预案进行了详细阐述。

《油气管道风险评价与安全管理》涉及安全、油气储运、管理等多个专业领域,可供从事油气管道相关工作的安全管理人员、设计人员、运行管理人员、安全技术人员及其他相关从业人员阅读,也可作为高等院校安全工程及相关专业师生的参考资料。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

油气管道风险评价与安全管理/张圣柱, 吴宗之编著.  
北京: 化学工业出版社, 2016. 6  
ISBN 978-7-122-26720-7

I. ①油… II. ①张…②吴… III. ①石油管道-风险评估②石油管道-安全管理 IV. ①TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 070865 号

---

责任编辑: 杜进祥  
责任校对: 边涛

文字编辑: 孙凤英  
装帧设计: 韩飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印刷: 北京永鑫印刷有限公司  
装订: 三河市宇新装订厂  
710mm×1000mm 1/16 印张 13¼ 字数 255 千字 2016 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

# 前言



## FOREWORD

油气管道是连接油气资源和生产、生活的桥梁纽带，是保障能源供应的主要通道，事关国家能源安全；油品、天然气等管输介质具有易燃易爆特性，事关人民群众生命安全健康。近年来，随着我国经济的快速发展，我国对能源的需求日益增长，油气输送管道高速发展。据统计，我国陆上油气输送管道总里程已超过12万公里（不含油气田集输管道），覆盖全国31个省（自治区、直辖市），形成了横跨东西、纵贯南北、连通海外的油气管网格局。油气管道在推动经济发展、造福社会民生的同时，事故也屡有发生，反映出当前我国油气管道安全管理方面存在的不足。做好油气管道风险评价，及时采取预防控制措施，加强安全管理，有助于保障油气管道安全平稳运行。

编著者在张圣柱博士博士论文课题和中国安全生产科学研究院相关科研项目的基础上，撰写了本书，较系统地介绍了国内外油气管道发展现状、法规标准体系、事故风险因素、风险评价方法、路线优化方法、管道完整性管理以及应急管理等内容，希望能为从事油气管道风险研究、运行监管及相关从业人员提供依据和参考。

本书共分为七章，第1章是绪论，介绍了管道的分类和分级、油气管道发展现状、系统组成及特点；第2章阐述了国内外油气管道法规标准体系；第3章剖析了油气管道典型事故案例，统计分析了国内外管道事故原因，系统辨识了油气管道系统内外部风险影响因素；第4章介绍了油气管道主要的风险评价方法，并举例进行了说明；第5章提出了以事故风险和建设成本为两个优化目标的管道路线多目标优化方法；第6章全面介绍了油气管道完整性管理体系；第7章阐述了油气管道事故应急管理预案。

本书编写过程中，得到了魏利军、王如君、多英全、王旭、江世超的支持与帮助，谨此致以谢忱。

本书涉及安全、油气储运、管理等多个专业领域，由于编著者的知识和水平有限，书中不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

2016年1月

1	<b>绪 论</b>	<b>1</b>
	1.1 管道运输特点 .....	1
	1.2 管道的分类和分级 .....	1
	1.2.1 管道的分类 .....	1
	1.2.2 管道的分级 .....	2
	1.3 油气管道发展概况 .....	4
	1.3.1 国外油气管道发展概况 .....	4
	1.3.2 国内油气管道发展概况 .....	6
	1.4 油气管道组成及其特点 .....	8
	1.4.1 原油管道 .....	8
	1.4.2 成品油管道 .....	10
	1.4.3 天然气管道 .....	12
	1.5 油气管道事故特征与安全管理 .....	13
2	<b>油气管道法规标准体系</b>	<b>15</b>
	2.1 国外油气管道法规标准体系 .....	15
	2.1.1 国际标准化组织 .....	15
	2.1.2 美国 .....	16
	2.1.3 加拿大 .....	21
	2.2 我国油气管道法规标准体系 .....	27
	2.2.1 法律法规 .....	27
	2.2.2 标准体系 .....	29
3	<b>油气管道事故风险辨识</b>	<b>31</b>
	3.1 油气管道事故分析 .....	31
	3.1.1 油气管道典型事故案例 .....	31

3.1.2	欧洲油气管道事故统计分析	35
3.1.3	美国油气管道事故统计分析	39
3.1.4	我国油气管道事故统计分析	40
3.2	储运介质风险	42
3.2.1	储运介质的组成	42
3.2.2	储运介质的特性	44
3.3	储运工艺风险	45
3.3.1	腐蚀失效	45
3.3.2	设计缺陷	51
3.3.3	施工缺陷	52
3.4	环境风险	53
3.4.1	地质灾害	53
3.4.2	气象灾害	56
3.5	第三方损害风险	58
3.5.1	无意损害	58
3.5.2	蓄意破坏	59
3.6	管理因素	59

# 4

## 油气管道风险评价

61

4.1	风险评价的目的	61
4.2	风险评价方法的分类及选择	62
4.3	主要风险评价方法	64
4.3.1	安全检查表	64
4.3.2	预先危险性分析	65
4.3.3	危险与可操作性分析	66
4.3.4	肯特评分法	73
4.3.5	火灾爆炸危险指数评价法	78
4.3.6	事件树分析法	82
4.4	定量风险评价	85
4.4.1	风险识别	87
4.4.2	事故概率计算	88
4.4.3	事故后果计算	89
4.4.4	风险计算	95
4.4.5	风险可接受标准	96

# 5

## 油气管道路线优化

103

5.1	油气长输管道选线基本问题 .....	103
5.1.1	选线问题的说明 .....	103
5.1.2	选线遵循的原则 .....	104
5.1.3	选线的步骤 .....	104
5.1.4	管道分段的依据 .....	105
5.2	油气长输管道选线模型的建立 .....	106
5.2.1	管道选线的目标 .....	106
5.2.2	选线的约束条件 .....	107
5.2.3	两个优化目标的计算方法 .....	107
5.2.4	优化模型的建立 .....	111
5.3	油气长输管道选线模型的求解 .....	112
5.3.1	地形地貌矩阵的建立 .....	112
5.3.2	潜在死亡人数矩阵的建立 .....	114
5.3.3	和函数矩阵的建立与编程求解 .....	114

# 6

## 油气管道完整性管理

116

6.1	油气管道完整性管理概况 .....	116
6.1.1	完整性概述 .....	116
6.1.2	完整性管理技术法规与标准体系 .....	117
6.1.3	国内外现状及发展趋势 .....	122
6.2	完整性数据采集 .....	126
6.2.1	管道建设期数据采集 .....	127
6.2.2	管道运行期数据采集 .....	131
6.3	高后果区分析 .....	132
6.3.1	高后果区识别 .....	132
6.3.2	高后果区管理 .....	135
6.4	完整性评价 .....	137
6.4.1	完整性评价方法 .....	137
6.4.2	管道缺陷评价 .....	145
6.5	效能评价 .....	151
6.5.1	效能评价流程 .....	152
6.5.2	效能测试的特点 .....	155
6.5.3	效能测试方法 .....	156
6.5.4	效能改进 .....	158

7.1	应急预案概述 .....	159
7.1.1	应急预案的定义及功能 .....	159
7.1.2	主要内容 .....	159
7.1.3	分类与分级 .....	160
7.1.4	编制依据 .....	161
7.2	应急组织机构与职责 .....	162
7.2.1	应急组织体系 .....	162
7.2.2	应急组织机构及职责 .....	162
7.3	风险分析 .....	164
7.3.1	风险辨识与评价程序 .....	164
7.3.2	事故分类及事件分级 .....	164
7.4	预防与预警 .....	166
7.4.1	预防与应急准备 .....	166
7.4.2	监测与预警 .....	167
7.4.3	信息收集与通报 .....	167
7.5	应急响应 .....	168
7.5.1	应急响应流程 .....	168
7.5.2	响应级别 .....	168
7.5.3	主要响应程序 .....	169
7.5.4	恢复与重建 .....	171
7.5.5	应急联动 .....	171
7.6	应急保障 .....	172
7.6.1	应急保障计划 .....	172
7.6.2	应急资源保障 .....	172
7.6.3	应急通信保障 .....	173
7.6.4	应急技术保障 .....	174
7.6.5	其他保障 .....	174
7.7	应急预案的编制与管理 .....	175
7.7.1	应急预案的编制 .....	175
7.7.2	应急预案培训 .....	176
7.7.3	应急预案演练 .....	177
7.7.4	应急预案实施 .....	179
7.7.5	应急预案修改和修订 .....	179



1 评价指标体系 .....	183
2 评价指标 .....	185
2.1 第三方破坏评价指标 (100分) .....	185
2.2 设计指标 (100分) .....	186
2.3 误操作指标 (100分) .....	188
2.4 腐蚀 (100分) .....	191
2.5 泄漏影响系数 (38分) .....	193

# 1

# 绪论

## 1.1 管道运输特点

管道是与铁路、公路、水运和航空并列的五大运输方式之一。对于石油及天然气行业而言，管道运输是最佳选择，原油、成品油、天然气等各种具有常温状态下呈现流体性质的物质的运输主要依靠管道运输方式来实现。利用管道将原油及其产品和天然气从产地输送到炼厂或用户已成为最经济、最高效和最安全的运输方式。目前，全世界 85% 以上的原油和 99% 的天然气通过管道进行运输，油气管道总里程已超过 380 万公里。据统计，截至 2014 年年底，我国陆上油气管道总里程已达 12 万公里（不含油气田管道），管道与铁路、公路、水运、航空一起构成了我国五大运输行业体系，在国民经济和社会发展中发挥着十分重要的作用。

与铁路运输、公路运输、水路运输和航空运输相比，管道运输具有以下几个方面的特点：

① 高效率。一条  $\Phi 1220\text{mm}$  的管道年输量约为 1 亿吨，相当于两条双轨铁路的年运输量。

② 低成本。输送同等量的石油产品时，其费用不及铁路运输的一半。

③ 连续性强。采用密闭输送，能够实现长时间连续稳定运行。

④ 便于管理。易于实现远程集中控制，系统自动化程度高，设备维修量小。

管道运输也有其局限性，主要是不如车、船等运输方式更加灵活便捷以及可运输产品更加多样，所以主要适用于大量、单向、定点运输的流体货物。

## 1.2 管道的分类和分级

### 1.2.1 管道的分类

管道根据不同的特性有不同的分类方法。根据管道承受内压的不同，可以分为真空管道、中低压管道、高压管道、超高压管道；根据输送介质的不同，可以分为输油管道、输气管道、蒸汽管道、工艺管道等；根据管道材质的不同，可以

分为碳钢管道、低合金钢管道、不锈钢管道、有色金属管道、复合材料管道、非金属管道等。

根据《特种设备安全监察条例》，压力管道是指利用一定的压力，用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa（表压）的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25mm 的管道。按照《压力管道安全管理与监察规定》的要求，从压力管道的安全管理和监察角度出发，将压力管道分为长输管道（GA 类）、公用管道（包括燃气管道和蒸汽管道，GB 类）和工业管道（GC 类）。

长输管道是指产地、储存库、使用单位之间的用于运输商品介质的管道。长输管道根据所输送介质的不同可以分为输油管道、输气管道等。

公用管道是指城镇范围内用于公用或民用的燃气管道和热力管道。公用管道主要集中在城镇建设等公用事业行业。

工业管道是指工业企业所属的用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道和其他辅助管道。工业管道主要集中在化工、石油炼化、冶金、电力等行业。

《工业金属管道设计规范》（GB 50316）将管输流体分为 5 类，输送这 5 类流体的管道类别与流体类别大致对应，如表 1.1 所示。

表 1.1 管输流体类型分类

流体类别	适用范围
A1 类	某种剧毒流体，相当于《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ 230)中 I 级(极度危害)的毒物
A2 类	相当于《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ 230)中 II 级及以下(高度、中度、轻度危害)的毒物
B 类	能点燃并在空气中连续燃烧的流体，这些流体在环境或操作条件下是一种气体或可闪蒸产生气体的液体
C 类	不包括 D 类流体的不可燃、无毒的流体
D 类	设计压力不大于 1.0MPa 和设计温度为 $-20\sim 186^{\circ}\text{C}$ 之间的不可燃、无毒流体

## 1.2.2 管道的分级

### 1.2.2.1 按设计压力分级

管道输送流体的设计压力和设计温度是管道工程检验、施工和竣工验收的必要条件。《工业金属管道工程施工规范》（GB 50235）以设计压力为主要参数将管道分为 4 级，如表 1.2 所示。这种分级方法主要用于管道组件检验、管道加工、管道安装、管道系统试验和工程验收等方面，各种级别的管道分别有不同具体要求。

表 1.2 工业管道设计压力分级

级 别	设计压力/MPa	级 别	设计压力/MPa
真空管道	$<0$	中压管道	$1.6 < p \leq 10.0$
低压管道	$0 < p \leq 1.6$	高压管道	大于 10.0

### 1.2.2.2 按管道用途分级

《压力管道安全管理与监察规定》将长输管道划分为 GA1 级和 GA2 级，将公用管道划分为 GB1 级和 GB2 级，将工业管道划分为 GC1 级、GC2 级和 GC3 级。按照《压力容器压力管道设计许可规则》(TSG R1001—2008)，各类管道分级如下：

#### (1) 长输管道

符合下列条件之一的长输管道为 GA1 级：

① 输送有毒、可燃、易爆气体介质，最高工作压力大于 4.0MPa 的长输管道；

② 输送有毒、可燃、易爆液体介质，最高工作压力大于等于 6.4MPa，并且输送距离（指产地、储存地、用户间的用于输送商品介质管道的长度）大于等于 200km 的长输管道。

GA1 级以外的长输管道为 GA2 级。

#### (2) 公用管道

① GB1 级：城镇燃气管道；

② GB2 级：城镇热力管道。

#### (3) 工业管道

符合下列条件之一的工业管道为 GC1 级：

① 输送现行标准《职业接触毒物危害程度分级》(GBZ 230) 中规定的毒性程度为极度危害介质（苯除外）、高度有害气体介质（包含苯）和工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质的管道；

② 输送现行标准《石油化工企业设计防火规范》(GB 50160) 及《建筑设计防火规范》(GB 50016) 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体（包括液化烃），并且设计压力大于等于 4.0MPa 的管道；

③ 输送流体介质并且设计压力大于等于 10.0MPa 或设计压力大于等于 4.0MPa，并且设计温度大于等于 400℃ 的管道。

符合下列条件的工业管道为 GC2 级：

除本规定 GC3 级管道外，介质毒性危害程度、火灾危害（可燃性）、设计压力和设计温度低于 GC1 级的管道。

符合下列条件的工业管道为 GC3 级：

输送无毒、非可燃流体介质，设计压力小于等于 1.0MPa 且设计温度高于  $-20^{\circ}\text{C}$  但不高于  $186^{\circ}\text{C}$  的管道。

### 1.3 油气管道发展概况

#### 1.3.1 国外油气管道发展概况

全世界最早的原油输送管道建成于 1865 年，是美国宾夕法尼亚州一条从油田敷设通向火车站的管径为 2in (50.8mm)、全长 9754m 的管道。1928 年，前苏联建成格罗兹内至图阿普赛的焊接式钢制长输原油管道，揭开了现代管道工业发展的序幕。目前，世界管道运输工业，特别是美国等发达国家，已经在设计、材料、设备、制管、施工、输送工艺、自动控制 and 运行管理等方面取得了长足的进步，油气管道在世界运输业中发挥着越来越重要的作用。与此同时，与管道输送有关的各种新技术、新材料、新工艺、新设备和新产品层出不穷，特别是从 20 世纪 60 年代开始，管道工业进入了快速发展时期，各国管道公司着重加强对管道相关技术和工艺的研发，许多管道在设计建设时就大量采用最新的研究成果。高度自动化技术的应用，不仅保证了管道运行的安全可靠，同时减少了操作人员，大大降低了运行费用。

##### (1) 原油管道

目前，全世界范围内的高黏、易凝原油管道长距离输送基本上采用加热和稀释两种工艺。针对现役管道输量逐年下降、稠油开采日益增多的现状，以提高管道运行安全性、节能降耗为目的的各种新技术、组合工艺的研究成为热点，对物理场处理（磁处理、振动降黏）、水输（液环、悬浮、乳化）、器输（滑箱、膜袋）、充气降黏、混输和顺序输送等多种工艺的研究，已取得较大进展。总体上，国外原油管道的输送工艺正朝着多元化和新型化的方向发展。

国外先进的原油管道普遍采用密闭输送工艺、高效加热炉和节能型输油泵，运用高度自动化的计算机仿真系统模拟管道运行和事故工况，进行泄漏检测，优化管道的调度管理，对现役管道定期进行安全检测和完整性评价。例如，美国的全美原油管道是世界上最先进的热输原油管道之一，全长 2715km，管径为 760mm，全线采用自动监控和管理系统，调度人员在控制中心通过计算机可实现管道流量、压力及泵、炉、阀等设备的自动控制，模拟软件具有泄漏检测、定位、设备优化配置、运行模拟、培训模拟等功能。

##### (2) 成品油管道

美国的成品油管道运输处于世界领先地位，其干线管道长度约占世界成品油管道总长度的一半以上，其次是加拿大、俄罗斯等国家。国外的成品油管道是面

向消费中心和用户的多批次、多品种、多出口的商业管道，管道运行自动化管理水平较高，已实现运行参数、泄漏检测、混油浓度监测、界面跟踪和油品切割的自动控制，其发展趋势主要有以下几个方面：

① 大口径、大流量、多批次。除输送成品油外，管道还可输送其他液态烃类化合物，利用率高。例如，美国最大的成品油管道系统——科洛尼尔管道，复线建成后其输量是原设计的3倍，双线可顺序输送不同牌号的成品油118种，一个顺序周期仅为5d。

② 广泛采用运行管理软件系统。合理安排各批次油品交接时间，在极短的时间内系统可自动生成调度计划，对管内油品的流动过程进行动态图表分析，远程自动控制泵和阀门的启停，实现水击的超前保护。

③ 混油界面超声探测。成品油顺序输送中混油界面的检测以超声检测法为发展趋势，美国等国家在此方面拥有技术领先优势。

### (3) 天然气管道

20世纪50年代，前苏联就开始了长输天然气管道的建设，至20世纪80年代，前苏联建成了6条超大型中央输气管道系统，全长近20000km，管径为1220~1420mm，是目前世界上最宏大的管道工程。经过几十年的发展，国外长输天然气管道在设计、施工、运行管理，以及管材、压缩机、原动机、储库调峰技术等方面均取得长足发展，其发展趋势主要有以下几个方面：

① 大管径。国外干线天然气管道直径一般在1000mm以上，例如，前苏联通往欧洲的干线天然气管道管径为1420mm，阿意输气管道（Algeria-Italy gaspipeline）管径为1220mm，同时大口径管道的施工技术也非常成熟。

② 高压力。从20世纪70年代开始，国外建造的天然气管道设计压力都在10MPa以上，例如，阿意输气管道最高出站压力达21MPa（穿越点处），挪威国家管道（Statepipe）输气压力13.5MPa，美加联盟管道（Alliance）最大许用运行压力为12MPa。目前，在55.2MPa压力下，日输送大流量（1.7亿立方米）天然气已得到论证。

③ 升级管材。随着输气管道输送压力的不断提高，输送钢管也向高钢级发展。采用高钢级管材，可以减薄钢管壁厚，进而减轻钢管重量，缩短焊接时间，降低工程成本。研究表明，每提高一个钢级可降低建设成本7%。目前，X70、X80级管材已得到普遍应用。随着输送压力的进一步提高，日本和欧洲已开发出X100级钢管，并开展了管径为1420mm、输送压力为15MPa的X100级钢管断裂行为研究。同时，日本还在开展X120、X125钢管的研制工作。

④ 完善调峰技术。为保证可靠、安全、连续地向用户供气，发达国家都采用金属储气罐和地下储气库进行调峰供气。目前，西方国家季节性调峰主要采用孔隙型和盐穴型地下储气库，而日调峰和周调峰等短期调峰则多利用管道末端储气及地下管束储气来实现。天然气储罐以高压球罐为主。

此外,国外油气管道在管道运行仿真技术、管道地理信息系统、现役管道完整性评价与风险管理技术、管道泄漏检测技术、复杂地质地段管道施工技术、高度智能化清管检测器等领域的研究也取得积极进展。

### 1.3.2 国内油气管道发展概况

我国于1958年建成了第一条原油管道,即新疆克拉玛依至独山子管道,20世纪70年代起建设大口径管道,90年代后油气管道建设速度明显加快,随着我国油气战略西北通道(从中亚及俄罗斯西西伯利亚等地进口油气资源,在我国西北地区入境)、东北通道(从俄罗斯东部进口油气资源,在我国东北地区入境)、西南通道(从中东和缅甸进口油气资源,经过缅甸在我国西南地区入境)和海上通道(指我国沿海地区进口油气通道,如江苏LNG项目、大连LNG项目、唐山LNG项目等)的建成并投入运行,共同构成了我国油气输送的四条能源动脉,我国现有70%的石油和99%的天然气通过管道进行输送。随着从中亚诸国和俄罗斯、缅甸、卡塔尔、伊朗、澳大利亚等境外进口油气资源的进一步落实,西气东输三线、四线、五线的构思与建设,以及北油南运、川气东送等规划,未来几年仍将建设一批油气管道。

#### (1) 原油管道

我国建成最早的原油管道是克拉玛依—独山子原油管道,简称克-独原油管道。该管道长147.2km,管径为159mm,设计压力为7.0MPa,年输送能力为53万吨,于1959年1月建成投产。随着克拉玛依油田产量的增加,分别于1962年、1991年并行建设第二条和第三条克-独原油管道。目前“二线”、“三线”仍在工作,“一线”已停输。这条管道的建设有力地配合了克拉玛依油田的开发,为国内输油管道的建设积累了宝贵经验。

东北地区,大庆至抚顺原油输送管道于1970年开始建设,于1971年10月底正式输油,管径为720mm,年输油能力为2000万吨,是我国第一条长距离、大口径、输送“三高”原油的管道。随后,又建设了铁岭至大连、铁岭至秦皇岛和大庆至铁岭(复线)输油管道,干线长度超过2000km,形成了以铁岭站为枢纽,连接大庆至抚顺、大庆至秦皇岛和大庆至大连的3条输油大动脉,构成了东北输油管网,对于保证20世纪70年代原油产量逐年大幅度增长起到了重要作用。华东和华北地区,自胜利油田投入开发后,于1965年和1972年分别建成了东营至辛店和临邑至济南两条管道,直接向齐鲁和济南的两个炼厂输油。1974年东营至黄岛管道建成后,原油开始从黄岛油港下海转运。1975年后,建设了山东至仪征、东营至临邑输油管道,逐步形成了华东输油管网。沧州至临邑、濮阳至临邑输油管道建成后,华东油田和中原油田的部分原油也进入了华东输油管网。这些管道把几个大油田与华北地区的炼油厂以及秦皇岛、黄岛和仪征等港口



连成一体,形成了华东输油管网。西北地区,长庆油田于1978年建设了从马岭经惠安堡至中宁的输油管道;20世纪80年代,陆续建设了多条中小管径的输油管道并扩建了几条复线管道;20世纪90年代,建设了花土沟至格尔木、轮南至库尔勒、塔中至轮南、库尔勒至鄯善等多条输油管道。西部原油管道于2007年6月建成投产,该管道起于乌鲁木齐王家沟首站,止于兰州末站,干线长1858km,管径为813mm,设计压力8MPa,年设计输量2000万吨,是我国最长的原油管道。该管道建成投产后,与中哈原油管道共同组成“西油东送”战略通道,将塔里木、新疆、吐哈3个油田的原油和进口哈油输往下游炼厂,结束了50年来兰州石化原油进厂依靠铁路的历史,并与其他管道共同构成了西北输油管网。

### (2) 成品油管道

我国成品油管道相对原油管道而言,建设时间较晚。我国建成最早的成品油管道是格尔木—拉萨成品油管道,该管道起自青海省格尔木市,终于西藏自治区拉萨市,全长1080km,管径为159mm,年输送能力为25万吨,于1977年10月建成投产。该管道是国内首次采用的顺序输送工艺的成品油管道,顺序输送汽油、柴油、航空煤油和灯用煤油4个品种5种型号的油品,也是国内海拔最高的输油管线,所经地区90%处于海拔4000m以上,最高处海拔超过5200m。该管道的建成不仅有利于边防战备,也为世界屋脊的西藏注入了生机。20世纪八九十年代,陆续建设了克拉玛依至乌鲁木齐、抚顺石化至营口鲅鱼圈、天津滨海国际机场至北京首都国际机场等成品油管线。兰州—郑州—长沙成品油管道于2013年11月1日干线全线贯通,是我国距离最长的成品油管道,该管道包括1条干线和15条支线,干线起自兰州首站,途经甘肃、陕西、河南、湖北和湖南等5省67个市县,止于长沙末站,全长2080km,局部管径为660mm,设计压力为10MPa,设计输量1500万吨,该管道的建设是实施“西油东送”战略工程的具体体现,解决了兰州成品油外运问题,降低了运输成本,保障了油品高效运输,也是国内管径最大的成品油管道。随着成品油管道的大量建设,我国成品油管道总里程已超过21000km。

### (3) 天然气管道

国内天然气管道于20世纪50年代末在四川地区开始发展。我国建成最早的天然气管道是从巴县至重庆的巴渝输气管道,全长55km,管径为426mm,20世纪60年代中期以来,四川地区天然气管道建设发展较快,已形成覆盖四川大部分地区的输气管网。20世纪80年代,华北和中原地区的油气田地区,陆续建设了华北至北京、大港至天津、濮阳至沧州、濮阳至开封、天津至沧州等输气管道。20世纪90年代中后期,随着长庆油田和新疆地区天然气的开发,先后建设了陕西靖边至北京石景山、靖边至西安、靖边至银川、西气东输等一大批输气管



道。其中，西气东输管道是我国距离最长、口径最大的输气管道。西气东输一线工程于2002年7月开工建设，于2004年10月1日全线建成投产，主干线西起新疆塔里木油田轮南油气田，东至上海市白鹤镇，东西横贯9个省（自治区、直辖市），全长4200km，年输送能力为120亿立方米，是我国自行设计、建设的第一条世界级天然气管道工程，是国务院决策的西部大开发的标志性工程。西气东输二线工程是我国第一条引进境外天然气资源的战略通道，气源来自中亚进口天然气，于2008年2月开工建设，于2012年12月30日全线建成投产，主干线西起新疆霍尔果斯口岸，东至上海，南至广州、香港，途经14个省（自治区、直辖市），干线全长4895km，加上8条支干线，管道总长度超过9100km，年输送能力为300亿立方米。西气东输三线工程将中亚天然气和新疆煤制天然气输往沿线中西部、“长三角”和东南沿海地区，主供气源为新增进口中亚土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦三国天然气，补充气源为新疆煤制天然气，年输送能力为300亿立方米，全线包括1条干线8条支线，途经10个省（自治区），管道总长度将超过7300km。目前，西气东输三线西段（新疆霍尔果斯—宁夏中卫）已于2014年8月贯通，西气东输三线全线于2015年建成投产。随着天然气管道的大量建设，我国长输天然气管道总里程已超过75000km。

## 1.4 油气管道组成及其特点

### 1.4.1 原油管道

#### (1) 管道的组成

原油管道是将油田生产的原油输送至炼厂、港口或铁路转运站的长距离输油管道，由输油站、线路及附属设施组成，如图1.1所示。

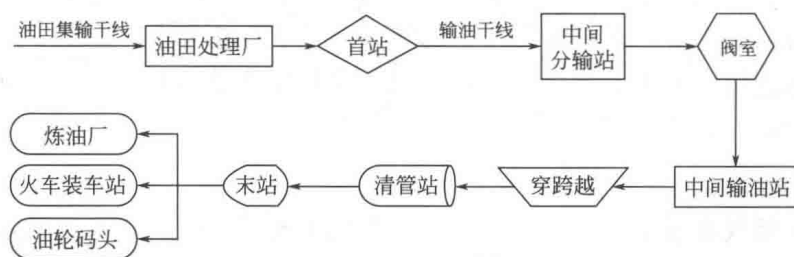


图 1.1 原油管道的组成

输油管道的起点是首站，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。