



高等院校“十一五”规划教材

油气管道输送技术

张其敏 孟江 主编

中国石化出版社

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

高等院校“十一五”规划教材

油气管道输送技术

张其敏 孟 江 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书为油气储运工程专业的专业课教材, 主要包括: 原油管输技术、天然气管输技术、成品油管输技术、液化气管输技术、油气管道自动控制技术、油气管道安全生产技术。本书力求反映近年来国内外油气管输技术的发展情况, 同时着重突出基本原理及实用技术。

本书可供油气储运工程专业的学生学习使用, 也可供从事油气管道输送工作的科研、教学、设计和运行管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气管道输送技术/张其敏, 孟江主编. —北京: 中国石化出版社, 2008
高等院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-80229-746-3

I. 油… II. ①张…②孟… III. 油气运输: 管道运输 — 高等学校 — 教材 IV. TE832

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 150666 号

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

金圣才文化(北京)发展有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 15 印张 367 千字

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

定价: 28.00 元

前 言

进入 21 世纪以来,随着中国东部和西部地区油气田的进一步开发和国外油气资源的引进,特别是西气东输、陕京二线等天然气管道、中哈原油管道以及兰成渝成品油管道的建成与投产,我国油气管道建设进入了第三个高潮,油气管输技术有了很大的发展,在设计、施工和管理各个领域的技术都日趋成熟,并在科研与生产应用上取得了丰硕成果。油气管输技术作为油气储运专业的主干课程,为适应石油工业教育发展形势的需要,编者在原教材和多次讲义的基础上,编写了本教材。

本书在编写中,一方面力求反映近年来国内外油气管输技术的发展;另一方面着重突出基本原理及实用技术。主要特点是:具有较好的完整性和独立性,对原油、天然气、成品油、液化气的管道输送以及管道检测、安全生产和自动控制等均作了介绍;加强了管输工程技术及生产运行管理方面的内容,弱化了尚不成熟的或工程上应用较少的理论推导。

本书主要内容包括:原油管输技术、天然气管输技术、成品油管输技术、液化气管输技术、油气管道自动控制技术、油气管道安全生产技术。

本书第一章、第三章第一至五节由张其敏编写,第二章第一节由廖柯熹编写,第二章第二节及第六章由严宏东编写,第二章第三、四、六、七节、第三章第七、八节由孟江编写,第二章第五节及第三章第六节由范兆廷编写,第四章由邱正阳编写,第五章及第七章第五节由赵学芬编写,第七章第一至四节、第六节由刘菊梅编写。全书由张其敏、孟江统稿。西南石油大学李长俊教授对全书进行了审阅,并提出许多宝贵意见。

本书在编写过程中,还得到了蒋仕章、李俊峰博士的帮助,重庆科技学院油气储运专业老师和同学们也给予了大力支持,谨此致以谢忱!

由于水平所限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 油气管道输送概况	(1)
第二节 油气管道的勘察设计	(7)
习题	(9)
第二章 原油管道输送技术	(10)
第一节 原油管道输送基础	(10)
第二节 等温输油管道工艺计算	(12)
第三节 热油管道输送	(30)
第四节 易凝高黏原油管道输送	(38)
第五节 输油站及其主要设施	(57)
第六节 输油管道工况分析与调节	(68)
第七节 输油管道的运行管理	(73)
习题	(94)
第三章 天然气管道输送技术	(96)
第一节 天然气物理化学性质	(96)
第二节 天然气管输基础	(111)
第三节 输气管道的水力特性	(114)
第四节 输气管的热力特性	(121)
第五节 压缩机站与输气管道的联合工作	(123)
第六节 输气站及主要设备	(135)
第七节 输气管道工况分析与调节	(145)
第八节 输气管道的运行管理	(153)
习题	(159)
第四章 成品油管道输送技术	(162)
第一节 顺序输送的特点	(162)
第二节 顺序输送中的混油	(163)
第三节 成品油顺序输送管道设计与运行	(171)
习题	(178)
第五章 液化气管道输送技术	(179)
第一节 液化石油气的管道输送技术	(179)
第二节 液化天然气的管道输送技术	(182)
习题	(186)

第六章 油气管道自动控制技术	(187)
第一节 管道检测仪表	(187)
第二节 油气管输设备控制	(189)
第三节 站场的检测与控制	(192)
第四节 长输管道系统的监测与控制	(195)
习题	(203)
第七章 油气管输安全生产	(205)
第一节 油气管道的事故分析	(205)
第二节 油气管道危害因素辨识	(206)
第三节 油气管道安全生产管理	(210)
第四节 防火、防爆、防中毒技术	(211)
第五节 油气管道泄漏防治技术	(216)
第六节 油气管输系统的安全保护	(226)
习题	(231)
参考文献	(232)

第一章 概 述

第一节 油气管道输送概况

管道运输是石油天然气最主要的运输方式。目前,世界管道总长度已超过了铁路总里程,达到 230 多万公里,其中输气管道占近 60%,原油和成品油管道各占 15% 有余,化工和其他管道不足 10%。管道运输与铁路、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起着十分重要的作用。

一、管道运输特点

与铁路运输、公路运输、水路运输和航空运输相比,管道运输具有如下特点:

① 运输量大,一条 $\phi 720\text{mm}$ 管道年输量约 2000 万吨, $\phi 1220$ 的管道年输量约 1 亿吨,分别相当于一条铁路及两条双轨铁路的年运输量;

② 管道大部分埋于地下,占地少,受地形地物限制小,能够缩短运输距离;

③ 安全密闭,基本上不受恶劣气候的影响,无噪声,油气损耗小,对环境污染小;

④ 便于管理,易实现全面自动化,劳动生产率高;

⑤ 能耗少,运费低,经济性好;

⑥ 灵活性较差,适于运输单向、定点、量大的石油、天然气类流体货物。

相对管道运输而言,水运最经济,但受地理条件限制;公路运输量小且费用高,只能作为短途运输的辅助手段;铁路运输成本高于管道运输,在管道未建成前,它往往是主要的陆路运输方式,但当运输量增大到一定程度后,铁路运输不仅不经济,而且也将因运力有限导致输送任务无法完成。

二、油气管道分类

油气管道分类方法很多,按输送介质可分为油气混输管道、原油管道、天然气管道和成品油管道等;按铺设方式分为架空管道、地面管道和地下管道,其中以地下管道应用最为普遍。按制管工艺分为无缝钢管和焊接钢管,其中焊接钢管按焊缝的形式分为直缝焊管和螺旋焊管。

油气管道按输送距离和经营方式可分为两类:一类属于企业内部,如油田内短距离的油气集输管道,炼厂、油库内部的输油管,城市配气管道等,一般距离短,管径小,输量小,不是独立的经营系统;另一类是长距离输送油气及石油产品的管道,如油田将原油送至较远的炼厂或码头的外输管道,将矿场附近净化厂出来的天然气输送到较远城市门站的输气干线。长距离管道一般管径大、运输距离长、输量大,有各种辅助配套工程。长距离管道是一个独立的企业,有自己完整的组织机构,单独进行经济核算。本书仅讨论长距离油气管道。

三、管道发展概况

1. 世界油气管道概况

管道运输始于 19 世纪中叶,1865 年美国宾夕法尼亚州建成第一条原油管道,直径 50mm、全长 10km,管身为丝扣连接的铸铁管。20 世纪初,由于出现了钢管和焊接技术,

管道运输有了进一步发展,但真正具有现代规模的长距离管道建设则始于第二次世界大战。由于战争的需要,美国政府资助建设了一条直径 630mm、全长 2240km 的原油管道,以及一条直径 529mm,全长 2360km 的成品油管道,显示了大型管道在经济效益方面的优越性。战后,随着石油工业的发展,一些长距离输油管道在世界各地相继建成。

石油勘探中早期发现的天然气,由于运输问题往往放空烧掉。1872 年美国第一次使用铁管建成管径为 50.8mm、长 8km 的天然气管道,年输量为 $11 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。由于热值高、环境污染小,天然气的使用规模不断扩大,尤其是在发达国家。经过 100 多年的努力,以煤炭为主的燃料结构转变为以天然气为主,天然气管道也随之有了突飞猛进的发展,从 20 世纪 80 年代开始,天然气管道建设占据了主导地位。

与此同时,成品油管道也获得迅速发展。成品油管道采用密闭和顺序输送方式,沿途多处收油和发油,故多建成区域性管网系统。

据统计,到目前为止,世界石油及天然气长输管道总长度为 200 多万公里,其中美国、前苏联、中东地区、西欧占有管道长度较大。美国干线总长约 50 多万公里,其中输油干线 10 多万公里,输气干线 40 多万公里。前苏联约 20 多万公里,其中输油干线约 10 万公里,输气干线 10 万多公里,世界上比较著名的几条长输管道的情况如表 1-1 所示。

2. 长输管道发展趋势

从世界范围看,长距离油气管道的总体发展趋势是:大口径、高压,采用高强度、韧性及可焊性良好的管材,运行监控高度自动化。同时,对不同的输送介质有相应的发展重点。

在原油管输技术方面,针对现役管道输量逐年下降、稠油开采量的增加以及原油开采向深海发展的现状,世界各国尤其是盛产含蜡高黏原油的大国,都在大力进行高黏、易凝原油长距离管道常温输送工艺及流动保障技术的试验研究。同时,以提高管道运行安全性、节能降耗为目的的各种新技术、组合工艺的研究已成为研究热点,包括物理场处理(磁处理、振动降黏)、水输(液环、悬浮、乳化)、气输(滑箱、膜袋)、充气降黏(充饱和气增加输量)、混输和顺序输送等多种工艺的研究,有些已进入工业性试验与短距离试输阶段。

天然气管道技术发展方向是大口径、高压与超高强度管材相组合。对于运行压力为 10~15MPa 的陆上高压输气管道,研究成果表明,当管道长度为 5000km、输量为 $100 \times 10^8 \sim 300 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 时,采用高压输气比传统方式节省运输成本 20%~35%。高压输气可减小管径,通过高钢级管材的开发和应用可减小钢管壁厚,进而减轻钢管的重量,并减少焊接时间,从而降低建设成本。例如,采用管材 X100 比采用 X65 和 X70 节约管道建设成本 10%~12%。另外,复合材料增强管道正在开发,即在高钢级管材外部包敷一层玻璃钢或合成树脂,可进一步提高输送压力,降低建设成本,同时可增加输量,提高管道抵抗各种破坏的能力和安全性。高压富气输送是指在输送过程中采用高压使输送气体始终保持在临界点上,保证重组分不呈液态析出。这种输气方式经济效益高,但是由于输送时天然气的热值较高,对管材的要求也很高。因此,深入研究高钢级钢管的断裂控制是未来以低成本建设管道的前提。据专家预测,世界上天然气水合物所含天然气的总资源量约为 $1.8 \times 10^{16} \sim 2.1 \times 10^{16} \text{ m}^3$,能源总量相当于全世界目前已知煤炭、石油和天然气总储量的两倍,被认为是 21 世纪最理想、最具商业开发前景的新能源。天然气水合物储运技术亦成为发展方向。

表 1-1 国际上几条著名长输管道概况

序号	管道名称	建成时间	输送介质	全长/km	管径/mm	最高设计压力/MPa	输送能力	特 点
1	前苏联“友谊”管道:起 点苏联阿尔梅季耶夫斯克, 北线到波兰,南线到捷克和 匈牙利	1973 年	原油	北线 4412 南线 5500	分别为 1220, 1020,820,720, 529,426	4.9~6.28	$1.0 \times 10^8 \text{ t/a}$	①距离最长、管径最大的输油管道 ②全线密闭输送 ③泵站采用自动化与遥控管理
2	美国阿拉斯加管道:阿拉 斯加北部普拉霍湾到该州 南部瓦尔迪兹港	1977 年	原油	1287	1210	8.23	$1.0 \times 10^8 \text{ t/a}$	①伸入北极圈 ②12 座泵站,1 个末站 ③全线集中控制 ④较完善的抗地震和管线保护措施
3	沙特东—西管道:自近东 海岸的阿卜凯克到西海岸 延布市	1983 年	原油	1202	1219	5.88	$1.37 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$	①11 座泵站 ②燃气轮机带动离心泵 ③全线集中控制
4	美国西—东管道:从西部 圣巴巴拉到休斯敦	1988 年	原油	2731	762		$4770 \text{ m}^3/\text{d}$	①输送高黏原油,为世界最长热油 管道 ②21 座泵站及加热站,其中 6 座用 燃气轮机带离心泵,其他站用电机带 离心泵
5	美国科洛尼尔成品油管 道系统	1979 年	100 多个品级 和牌号的 成品油	4613	1020,920, 820,750		$1.4 \times 10^8 \text{ t/a}$	世界上最大的成品油管道系统
6	美、加合建阿拉斯加输气 系统		天然气	主干线 总长 7800	914~1420	9.8	$66.63 \sim 90.6$ Mm^3/a	为保护永久冻土层,将天然气降温 至 -17°C 后输送

成品油管道技术发展方向是大流量、多油源、多品种、多分支；采用紊流密闭输送及减阻工艺；采用计算机进行批量跟踪、界面位置和运行状况检测；采用管道优化运行、自动化管理系统，合理安排各批次油品交接时间，在极短的时间内该系统可自动生成调度计划，对管内油品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。

四、我国油气管道现状与发展

1. 我国油气管道现状

我国是世界上最早生产天然气的国家之一，也是最早用管道(竹木管)输送流体的国家。但直到解放前，全国没有建设一条真正现代意义的长距离管道。解放后，随着克拉玛依油田的开发和独山子炼油厂的扩建，于1957年建设克拉玛依到独山子的输油管道，全长147km，管径150mm，这是我国第一条长距离管道。

半个世纪以来，中国管道工业先后经过三次建设高潮。第一个建设高潮是在20世纪70年代——伴随大庆、辽河和胜利等东部大型油田的开发，中国建成了连接东北、华北和华东地区的东部输油管网。第二个建设高潮是在20世纪80~90年代——伴随新疆、塔里木、吐哈、长庆等西部油气田的开发，中国在西部地区建成了连接油气田和加工企业的长输油气管道和川渝输气管网。进入21世纪以来，随着中国东部和西部地区油气田的进一步开发和国外油气资源的引进，特别是天然气工业的快速发展，中国油气管道建设进入了第三个高潮。随着西气东输、陕京二线等天然气管道、中哈原油管道以及兰成渝等成品油管道的建成与投产，我国已基本实现了“北油南运”、“西油东进”、“西气东输”、“海气登陆”的油气输送格局，形成多个区域性管网系统，标志着我国管道工业的发展速度和技术水平跨入了世界先进行列。

截至2006年末，全国输油(气)管道里程为48226km，居世界第六位，其中输油管24136km，输气管24090km，管道输油(气)能力为66948万吨/年。其中输油能力57530万吨/年，输气能力9418千万立方米/年。我国主要油气管道见表1-2。

2. 我国油气管输技术发展任务

2008年1月7日，国务院审议通过了《天然气、原油、成品油管网布局及“十一五”发展规划》，根据规划，2006~2010年，我国将基本形成覆盖全国的天然气基干管网，到2010年，我国拥有油气管道总里程将超过10万公里；到2015年，我国投产的管道将达270000公里，实现优化配置油气资源、发展现代能源产业的良好局面。

我国油气管道的发展目标主要包括以下内容：①在易凝高黏含蜡原油管输工艺方面保持世界领先水平；②具备保证大型油气管网安全、经济、优化运行能力；③新建干线管道实现高水平的设计、施工和运营管理，达到世界先进水平；④提高成品油管道输送工艺水平，2015年成品油输送运量比例提高至30%；⑤2015年新建油气管道各项指标达到世界平均水平。

随着油气管道输送技术的发展，今后我国将攻关、推广应用和超前研发43项技术，包括需要重点攻关的技术26项，推广应用的新技术10项和超前研究的储备技术7项。通过这些重点技术项目的实施，逐步形成油气输送技术、油气储存技术、管道工程技术、管道完整性评价及配套技术、油气管道运行管理与信息技术五大管道技术系列，以全面提升管道技术水平。

表 1-2 国内主要长输管道概况

序号	管道名称	建成时间	输送介质	全长/km	管径/mm	最高设计 压力 /MPa	输送能力	特 点
1	克拉玛依—独山子炼油 厂(两条并行)	1958 年	原油	300	159		100Mt/a	①我国第一条原油管道 ②主要利用油田剩余压力输送 ③我国自行设计
2	铁大线(铁岭—大连)	1970 年	原油	460	720		1200 Mt/a	①部分引进国外技术,全线集中控制 ②16Mn 螺旋焊管
3	铁秦线(铁岭—秦皇岛)	1970 年	原油	454	720		1700Mt/a	①自行研制计算机控制系统 ②16Mn 螺旋焊管
4	格尔木—拉萨	1977 年	成品油	1080	159×6	6.4	694.4t/d	①我国最长成品油管道,年输送能力 25 万吨 ②国内首次采用顺序输送工艺 ③海拔最高(最高处达 5281m),其中 560km 处在常年冻土地带
5	川北输气管网(若干线 组成)	1987 年	天然气	330	720	4.0	$20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$	④沿线设泵站 11 座,分输站 1 座 ①计算机程控计量 ②密闭正反输流程、不停输程控清管 ③大型电动球阀、气液联动操作、事故自动截断 ④数字微波通信
6	东黄线(复线)	1990 年	原油	248.9	711.2	0.7	2000Mt/a	⑤计量站、清管站、阴极保护站、截断阀室共 18 座 ①国外引进技术、全线远距离监视、中间站可无人值守 ②超前水击保护,密闭输送,变壁厚设计,热输送 ③首末站各一座,间站两座 ④ X—60 直缝焊管
7	库鄯线(库尔勒—鄯善)	1995 年	原油	491				①国内首次采用高压力、大站距方案 ②全线集中控制、首站变频调速 ③首次采用钢级为 X65 的钢管 ③密闭输送、水击控制 ④微波、光纤、卫星、UHF 通讯

续表

序号	管道名称	建成时间	输送介质	全长/km	管径/mm	最高设计压力/MPa	输送能力	特点
8	鄯乌线(鄯善—乌鲁木齐)	1997年	天然气	301.625	457	3.4	$6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$	①国内自动化程度较高的输气管道 ②国内首次采用环氧粉末喷涂防腐 ③国内首次采用同沟敷设通信光缆 ④S360螺旋焊缝钢管 ⑤開啟保护站9座,通信站点10座,快速截断阀室6座
9	涩宁兰线(青海省涩北气田—西宁—甘肃)	2001年	天然气	953	660	6.4	$20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$	①X—60螺旋焊缝钢管 ②煤焦油瓷漆防腐和三层PE防腐 ③自动化控制
10	崖城13—1气田—香港		干气	778	711.2	15.5		①我国最长的海底输气管道,深水段为707m,长度居世界第二 ②材质X—65
11	陕京线(长庆油田靖边—北京)	2000年	天然气	918.4	660	6.4	$33 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{a}$	①20世纪国内陆上距离最长和自动控制水平最高管线 ②X—60螺旋焊缝钢管和部分直缝钢管
12	兰成渝管线(兰州—成都、重庆)	2002年	成品油	干线1250	508 457 323.9	10	$500 \times 10^4 \text{ t/a}$	①是国内目前线路最长、管径最大、输量最多、运行工况条件最复杂、自动化程度最高的成品油管线 ②支线11条,总长78.19km,均为双线或三线同沟敷设 ③穿越隧道28条,共计21.4km
13	重庆忠县—武汉	2004年	天然气	干线718.9	711.2	6.3~7	$30 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{a}$	①全线包括3条支线,全长1375.4km ②国内天然气管道首次采用全线高强度抗硫管道钢 ③全线采用国际先进的超声波流量计、涡轮流量计 ④全线采用SCADA系统,实行自动控制管理
14	西气东输(库尔勒—上海)	2004年	天然气	3856	1016	10	$120 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{a}$	①主干线是迄今为止国内距离最长、管径最大、管材等级最强和设计压力、输气能力、自动化控制程度最高 ②辐射地域最广、中下游支线最多 ③系统构成从优化和施工工艺等各方面都达到了当今国际上天然气管道设计、建设的先进水平

需要重点攻关的 26 项技术包括：① 7 项油气输送技术：东北管网安全经济运行、进口俄罗斯原油输送工艺及配套、西部油田及进口原油管道输送、原油管道新型化学添加剂的研制与应用、多品种顺序输送工艺及配套、原油流变性研究及 LNG 技术；② 2 项油气储存技术：原油低温储存与储气库建设技术；③ 4 项管道工程技术：国家石油储备地下库建设工程、 $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 储罐工程建设、管道水土保持与大口径管道高清晰度漏磁内检测装备技术；④ 4 项管道完整性评价及配套技术：管道完整性评价、油气管道泄漏检测、地质灾害及特殊地段监测与防护、储运设备安全检测及评价技术；⑤ 9 项油气管道运行管理与信息技术：数字管道、天然气管网安全优化运行、成品油管道优化运行、天然气气质评价、天然气贸易计量、管道快速抢维修、管道节能与环保、油气管网规划研究、天然气经济研究技术。

推广应用的 10 项新技术为：管道自动焊接和超声波检测等集成、大型河流穿越、仿真、天然气管道内涂层、管道生产信息系统、地理信息系统、管道安全评价与风险管理、站区阴极保护、大口径 X-70 高钢级管线钢管件制造装备及工艺、大口径输气管道干燥技术。

将要进行超前研发的 7 项储备技术为：富气管道输送、超稠油管道输送、天然气减阻剂研制与应用、X-80 以上高强度管线钢管制管与施工、管道防腐新技术、海洋管道工程与永冻土地带工程施工技术。

我国的能源结构与世界能源结构相比还比较落后，世界能源结构比例是：煤炭、石油、天然气、电力各占 22%、43%、25%、10%，而我国分别是 74%、19%、2%、5%，这种结构造成空气污染严重，热效率低。显然，在今后若干年内，石油天然气工业仍将大力发展，而且要优先发展天然气，由此推断长输管道事业也将随之有更大发展。作为管道科技工作者，我们需要进一步提高施工水平、改进输送工艺、拓宽输送领域，进一步与国际接轨，并积极参与国际竞争，寻求合作，开拓国际市场，使我国的管道工业跨入世界先进行列。

第二节 油气管道的勘察设计

一、油气管道建设程序

长距离油(气)管道建设的规模大、投资多，往往是国家的重点工程，对国民经济发展有重大影响。而从勘察设计、施工，直到投产后的长期安全稳定运行都很复杂，必须慎重对待。

是否建设油气管道和在什么地区建设一条什么样的油气管道，这是在国民经济发展计划指导下，在可行性研究的基础上需要解决的问题。勘察设计的任务是将国民经济发展计划确定的项目具体规划出来，并做出科学的设计。

管道建设必须严格遵守国家规定的基本建设程序，它是保证工程顺利进行和确保投资综合效益的重要条件。大型长距离油气管道建设要认真遵守以下程序：

① 根据资源条件和国民经济长期规划、地区规划、行业规划的要求，对拟建的油气管道进行可行性研究，并在此基础上编制和审定设计任务书。

② 根据批准的设计任务书，按初步设计(或扩大初步设计)、施工图设计两个阶段进行设计。初步设计必须有概算，施工图设计必须有预算。

③ 工程完毕，必须进行竣工验收，做出竣工报告(包括竣工图)和竣工决算。

一个好的设计必然是符合国家的方针政策、切合实际情况、技术先进、经济合理、安全

适用的设计。做这样的设计,要求我们认真贯彻执行国家的方针政策,加强科学研究,努力吸取国外一切适用的先进技术成果,深入现场,精心设计,精心施工。

为保证设计工作正常进行,获得高质量的成果,必须遵循一定的程序。勘察是广义设计工作的一部分,它不仅为设计准备资料,也参与设计方案的确定。勘察与设计两者需要密切配合进行。勘察工作必须走在设计的前面(必要时可有合理交叉),及时为设计提供资料。

勘察分为踏勘、初步设计勘察(初测)和施工图勘察(定测)三个阶段。较小的管道或沿线自然条件简单或工期紧迫时也可简化为踏勘与详细勘察两个阶段。设计可分为可行性研究、初步设计、施工图设计三个阶段。

二、选线原则

选线是油气管道勘察设计中的一项重要工作。线路的走向、长短和通过的难易程度,对整个管道工程的材料消耗、投资和施工都有很大的影响。选线又是一项政策性很强的工作,要求正确处理工业和农业、石油工业和其他工业以及中央和地方等各方面的关系。同时,选线还是一项工作量大、劳动强度高而又艰苦的工作。随着新技术的发展,航空摄影以及近几年出现的卫星摄影及遥测、遥感技术和大型电子计算机的应用,为勘察选线提供了强有力的技术手段,为获得详尽的资料和进行线路选择最优化的数学分析提供了可能。

为选择一条合理的线路一般要遵循下列原则:

① 线路选择应满足油气管道施工、安全、维护和管理的要求,进行多方案的调查、分析比选,确定最优线路。

② 通过山谷、公路、铁路、江河、湖泊、沼泽地、居民区的大型穿跨越工程要尽可能少,如果一定需要,则选那些工程量小、技术上可能而又安全、施工方便的地点。

③ 尽可能避免不良地质条件地段、强地震区和影响其他矿藏开采的地区。

④ 尽可能避开军事禁区、国家重点文物保护单位、自然保护区、城市水源地和飞机场、火车站、海港码头等区域。

⑤ 有利于安全,线路与铁路干线、城镇、工矿企业等建(构)筑物应保持一定距离,宜远离直流电干扰源,以减少杂散电流对管道的腐蚀。

⑥ 为便于施工、物资供应、动力供应和投产后管道的维修和巡线,管道应尽可能靠近现有公路和电网,以少建专用公路和电力线路。

⑦ 综合考虑通过地区的规划和开发需要,考虑与相关工程和后续工程的关系。

⑧ 尽量不经过低洼易积水地带、盐碱地及其他对管道腐蚀性强的地区。

⑨ 注意生态平衡、三废治理和环境保护。

大型穿(跨)越地点和站址的确定是选线中最重要的工作之一,可以认为,油气管道线路就是起点、终点、站场和各穿(跨)越点之间的连线。所以,大型穿(跨)越点和站址的选择应服从线路的总走向,在这个前提下,线路的局部走向应服从穿(跨)越点和站址的确定。

三、勘察中收集资料的内容

收集有关资料是勘察工作中的一项重要内容,只有详细占有资料,摸清情况,才能做出正确的分析和判断。油气管道勘察中需收集资料的主要内容有:

1. 地理、气象及水文地质资料

① 1:50000、1:500000、1:1000000 地形图、交通图和行政区域图。

② 气象资料:如气温、地温、气压、风向、风速、降雨量、蒸发量、土壤冻结深度等。

③ 水文资料：主要河流的长度、水位变化幅度（洪水位、枯水位和正常水位）、洪水特征及延续期、洪水淹没范围、河水冻结与开冻期等。

④ 水文地质资料：通过地区的主要含水层、供水量、地下水流动规律、地下水对管道的影响等。

⑤ 区域性的地质剖面图和地质构造、地层岩石特性等资料。沿线地形地貌主要类型及其与地质构造的关系，地形的险峻程度，土石方分布情况等。

⑥ 滑坡地带及山体崩塌地区的形态和发育情况，以及与风和水有关的地质现象：风丘、岩溶、河流侵蚀作用、河道变迁、泥石流等。

⑦ 地震资料：地震的震线、烈度、震源及震中等。

⑧ 耕地及沿线植物覆盖情况等。

2. 经济建设资料

① 交通运输：公路、铁路、航道的线路质量，桥梁情况，运输量，可能通过力，车站和码头的吞吐量，车、船数量及当地可能使用的小型运输车辆情况。

② 动力供应：电站位置、电网性质、供电能力、电力负荷，以及沿线地区其他燃料的供应情况等。

③ 通过地区的重要建筑物及大型工矿、城市建设及各种工程规划。

④ 劳动力情况。

⑤ 生活资料供应情况。

习 题

1. 在五大运输行业中，管道输送有何特点？
2. 油气管道有哪些分类方法？
3. 比较输油（气）干线与矿场集输管道各自特点。
4. 简述油气管道的发展趋势。
5. 简述我国西气东输管道概况。
6. 我国油气管道输送技术的发展目标是什么？

第二章 原油管道输送技术

第一节 原油管道输送基础

一、长距离原油管道的组成

长距离原油管道由输油站与线路两大部分组成(见图2-1)。

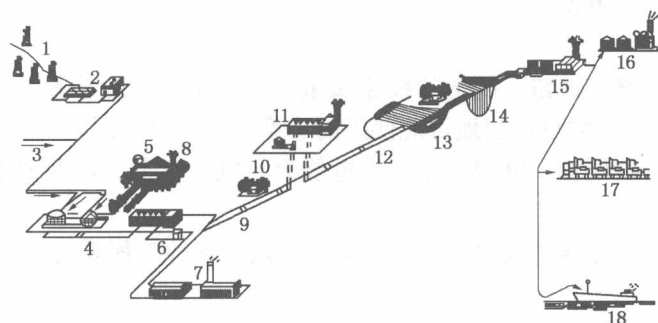


图2-1 长距离原油管道

- 1—井场；2—转油站；3—来自油田的输油管；4—首站罐区和泵房；5—全线调度中心；
6—清管器发放室；7—首站的锅炉房、机修厂等辅助设施；8—微波通讯塔；9—线路阀室；
10—管道维修人员住所；11—中间输油站；12—穿越铁路；12—穿越河流的弯管；
14—跨越工程；15—末站；16—炼厂；17—火车装油栈桥；18—油轮装油码头

输油站的基本任务就是供给油流一定的能量(其中包括压力能、热能)，以使油品安全经济地输送到目的地。不同类型的输油站，担负着不同的输油任务。

输油站按其所处的位置分为首站、中间站和末站，中间站还可按照其所担负的任务不同，分为加热站(只提供热能)、加压站(只提供压能)及热泵站(既提供热能，又提供压能)。

首站是输油管道的起点输油站。其任务是接收原油(计量、储存)，经加压或加温后输向下一站。首站除了输油泵和加热装置以外，还必须设置较大容积的储油罐，以满足计量以及调节来油与输油之间不平衡的需要。

原油沿管道不断向前流动，压力不断下降，就需在沿途设置中间输油站(其中包括泵站、加热站和热泵站)，继续向管中原油提供所需的能量，直至将原油送到终点。中间站的设施比首站要少得多，特别是储油罐少。在管线沿途，有时为了供给其他单位用油或接收沿途油田的来油，还需要加设分输站以及在中间站或中间阀室考虑接收来油的措施。

末站是输油管道的终点。末站的任务是接收来油和把油品输给用油单位，或以其他运输方式，如公路、铁路、水路运输等转运给用户。由于来油与转运的不平衡(例如用户用油量变化、海运遇台风停运等)，末站也需要设有较大容量的储油罐和相应的计量、化验及转运设施。

长距离输油管道的线路部分包括管道本身、沿线阀室、通过河流、公路、山谷的穿

(跨)越构筑物、阴极保护设施、通讯与自控线路等。长距离输油管道由钢管焊接而成,一般埋地敷设。为防止土壤对钢管的腐蚀,管外都包有防腐绝缘层,并采用电法保护措施。长距离输油管道上每隔一定距离设有截断阀室,大型穿(跨)越构筑物两端也有,其作用是一旦发生事故可以及时截断管内油品,防止事故扩大并便于抢修。通讯系统是长距离输油管道的重要设施,用于全线生产调度及系统监控信息的传输。通讯方式包括微波、光纤与卫星通讯等。

二、原油管道输送工艺

1. 常温输送和加热输送

原油管道输送工艺根据输送过程中油品是否需要加热,分为常温输送和加热输送。

输送低黏低凝点原油或轻质成品油时,只需对原油加压提供动能即可,沿线不需对油品加热。油品从首站进入管道,输送一段距离后,管内油温就会等于管道埋深处的地温,故称为常温输送,也称等温输送。这种输送方式无须考虑管内油流与周围介质的热交换,汽、煤、柴油等成品油及低凝点、低黏度轻质原油可直接进行常温输送。对于高凝、高黏、高含蜡原油的管道输送,也可采用添加化学添加剂(降凝剂、蜡晶抑制剂等)、热处理、稀释、热裂解和乳化降黏等方式,使其改性后再进行常温输送。

原油的凝点(及反高点)是衡量可否常温输送的依据。因为含蜡量越多,凝点越高,因此也可用与含蜡量有关的指标作为等温输送的依据。在等温输送时管道埋深处土壤的月平均温度应高于原油的凝点。易凝高黏油品当其凝点高于管道周围环境温度,或在环境温度下油流黏度很高,不能直接输送,必须采取措施降黏、降凝。加热输送是目前最常用的方法,即将原油加热、加压后进入管道,通过提高原油输送温度使油品黏度降低,减少管路摩擦阻力损失,或使管内最低油温维持在凝点以上,保证安全输送。原油加热输送管道存在两方面的能量损失,即摩擦阻力损失和热损失,因此需要在沿线设置泵站和热站。

我国生产的原油绝大部分为高凝点、高黏度和高含蜡原油(俗称“三高”原油),因此,国内原油管道大都是热油管道。

2. 开式输送和密闭输送

原油管道输送根据管道与泵的连接方式可分为开式输送和密闭输送。

开式输送也叫非密闭输送,又分为“从罐到罐”和“旁接油罐”两种输送方式。输油管道建设初期,多采用“从罐到罐”的输油方式。采用这种方式时,油品全部通过各中间站的油罐,蒸发损耗大。后来逐步发展为“旁接油罐”,上站来油可直接进入泵站的输油泵也可同时进入油罐,油罐通过旁通管路连接在干线上,当本地输油站与上下两站的输量不平衡时,油罐起缓冲作用。其特点在于:各管段输量可以不相等,油罐起调节作用;每个泵站的进站压力都近似等于缓冲罐液位高度,不会发生全线压力波动;各管段单独成为一水力系统,有利于运行参数的调节和减少站间的相互影响;操作简单,对自动化要求不高,设计和管理容易;但旁接罐会造成轻组分挥发,浪费能源。

密闭输送也叫“从泵到泵”输送,在这种输油工艺中,中间输油站不设供缓冲用的旁接油罐,上站来油全部直接进泵。其特点是:整条管道构成一个统一的密闭的水力系统,可充分利用上站余压,节省能量,还可基本消除中间站的轻质油蒸发损耗;但对自动化程度和全线集中监控要求较高;存在水击问题,需要全线的水击监测与保护。

由于往复泵和离心泵性能和构造上的不同,往复泵只能用于“从罐到罐”或“旁接油罐”