



石油高职高专规划教材

油气管道输送

王光然 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书共分为七章，主要介绍了等温输油管道、加热输油管道、顺序输油管道及天然气输送管道的输送工艺以及管道的腐蚀防护、检测、维修等内容。本书突出了应用能力培养的特点，加强了专业标准、规范，工程案例等在教学中的应用，设置了例题分析、训练与思考等内容，兼顾了教学、培训、工程应用的需要。

本书既可作为油气储运专业的高职教材，又可作为油气管道企业的员工培训用书，也可作为从事油气管道输送工作的技术人员、管理人员和操作人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气管道输送 / 王光然主编 .

北京 : 石油工业出版社, 2012.7

(石油高职高专规划教材)

ISBN 978-7-5021-9132-0

I . 油…

II . 王…

III . 油气输送 - 管道输送 - 高等职业教育 - 教材

IV . TE832

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 134280 号

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 : pip.cnpc.com.cn

编辑部 : (010) 64251362 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

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本 : 1/16 印张 : 16.5

字数 : 416 千字

定价 : 28.00 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

前 言

本书是由石油工业出版社组织编写的石油高职规划教材,是根据2010年12月召开的石油高职院校油气储运技术专业和城市燃气工程技术专业教学与教材规划研讨会的精神,按照2011年5月召开的《油气管道输送》编写大纲审定会确定的编写大纲编写的。

本书在内容的取舍上突出了应用性,在难点处,通过引入专业标准、规范,工程案例等在教学中的应用,帮助读者理解和应用;在重点处,通过例题分析协助教学;每节后设置的思考题和训练题,可帮助读者及时对本节内容进行复习总结和应用训练;例题与训练题均选取于工程案例,并尽量使两者相互联系,以加强教学与训练的实用性。

在内容的编排上,既考虑了全书内容的完整性,又考虑了各章内容的相对独立性,以便于不同教学需求的选用。第一章较系统地介绍了国内外油气管道输送发展的历史和现状、油气管道输送的特点及构成;第二章至第五章分别介绍了等温输油管道、加热输油管道、顺序输油管道和天然气输送管道的工艺参数计算和生产运行管理等内容;第六章和第七章分别介绍了油气输送管道的腐蚀与防护、检测与维修等内容。各章均可作为独立的教学单元使用。

由于本书兼顾了教学、培训、工程应用的需要,所以可作为油气储运技术及相关专业的教学用书,又可作为油气管道企业的员工培训用书,也可作为从事油气管道输送工作的技术人员、管理人员和操作人员的参考书。

本书共七章,第一章、第四章由山东胜利职业学院王光然编写,第二章由天津工程职业技术学院孙晓娟编写,第三章由天津石油职业技术学院倪善鑫编写,第五章由山东胜利职业学院高文伟编写,第六章由延安职业技术学院高静编写,第七章由胜利油田纯梁采油厂彭松水编写。全书由王光然主编并统稿,由教授级高级工程师蔡春知担任主审。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点甚至谬误,真诚地希望读者批评指正。

编者

2012年3月

目 录

第一章 油气管道输送概述	(1)
第一节 油气管道输送简介.....	(1)
第二节 油气管道输送的特点.....	(6)
第三节 油气输送管道的构成.....	(8)
思考题与训练题.....	(14)
第二章 等温输油管道	(15)
第一节 工艺计算.....	(15)
第二节 投产与运行.....	(42)
思考题与训练题.....	(62)
第三章 加热输油管道	(65)
第一节 工艺计算.....	(65)
第二节 投产与运行.....	(82)
思考题与训练题.....	(103)
第四章 顺序输油管道	(105)
第一节 工艺计算.....	(105)
第二节 生产运行管理.....	(117)
思考题与训练题.....	(131)
第五章 天然气输送管道	(133)
第一节 工艺计算.....	(133)
第二节 运行管理.....	(164)
思考题与训练题.....	(185)
第六章 油气输送管道的腐蚀与防护	(187)
第一节 腐蚀类型.....	(187)
第二节 外防护层防腐.....	(193)
第三节 电化学防护.....	(199)
思考题与训练题.....	(216)
第七章 油气输送管道的检测与维修	(219)
第一节 油气管道输送的风险管理.....	(219)
第二节 油气输送管道的检测.....	(223)
第三节 油气输送管道的维修技术.....	(227)
思考题与训练题.....	(235)
附录	(236)
附录一 油气管道输送部分标准、规范.....	(236)

附录二	国产螺旋缝埋弧焊钢管部分规格	(238)
附录三	API 标准钢管部分规格	(245)
附录四	指数积分表	(253)
参考文献		(255)

第一章 油气管道输送概述

第一节 油气管道输送简介

一、油气管道输送的产生

我国是世界上最早使用管子输送流体的国家，早在秦汉时代就用打通了竹节的竹筒连接起来输送卤水和天然气。这种管子叫“筩”或“椀”——中间挖空的竹子或木头，外面缠上竹篾条，用桐油和石灰把缝隙涂上，作为连接、加固和防止渗漏。

现代油气管道输送是伴随着石油与天然气工业的发展应运而生的。1859年8月，美国在宾夕法尼亚州利用机械打出了世界上第一口工业化油井，所生产的原油装入木桶、用马车送至河边装驳船或火车站装火车外运。这种运送方式运送量小，受天气、环境影响大，运送费用高（运费为2.5~5美元/bbl*），显然不能适应石油大量生产的需要。采油生产商于1865年10月在油区里铺设了第一条输油管道。该管道直径50mm，采用熟铁管，螺栓连接，从油田到火车站，全程长9756m，埋入地下0.5m深。管道起点用2台蒸汽机带动往复泵压送，日输油800bbl，运费降至1美元/bbl。于是，这种输油管道在宾夕法尼亚州的油田内得到快速推广。管材既有铁制的，也有木制的。

为了加快石油的生产，1879年5月，宾夕法尼亚产油区的一部分石油生产商又联合建造了“潮水”（Tide Water）管道。该管道管径150mm，从格里维尔到威廉港，翻越了阿列汉尼山脉，全长145km，日输油10000bbl，是真正意义上的长距离输油管道。这标志着管道输油工业的开始。

二、油气管道输送的发展

1. 焊接与制管技术的提高为油气管道输送的发展创造了条件

1928年电弧焊技术的问世以及无缝钢管的应用，为油气管道输送的发展创造了技术条件，使管道输油、输气得到较快的发展。

2. 第二次世界大战的需要促进了油气管道输送的发展

第二次世界大战期间，为了战争的需要，美国急需将西南部生产的石油、天然气运往东海岸，但由于德国潜艇对油轮的袭击，海上运输受到严重威胁。于是，美国于1942年先后抢建了从美国西南部到东海岸的输油、输气管道。其中，原油输送管道长2000多千米，管道直径600mm，年输量 1500×10^4 t。成品油输送管道，长2700多千米，管道直径500mm，年输量 1300×10^4 t。天然气输送管道，长2000多千米，管道直径600mm。

1942年，苏联军队为了列宁格勒保卫战的需要，在拉多加湖铺设了一条湖底成品油管

*1bbl=0.159m³。

道。该管道长 35km，管道直径 100mm。

1944 年 8 月，美英联军在英吉利海峡和多佛尔海峡铺设了 10 多条海底成品油输送管道，保障了诺曼底登陆战役的燃料供应。

这些输油、输气管道的建设，保障了战时的能源供给，对第二次世界大战的胜利起到了重要作用。同时，也对输油、输气管道技术的发展起到了极大的推动作用。

3. 世界经济的发展为油气管道输送的发展带来了机遇

第二次世界大战后的 60 多年中，随着世界范围内石油天然气工业的快速发展，油气管道输送得到了前所未有的发展。据统计，到 2010 年底，全世界已建成的输油、输气管道干线总长度达 250 多万千米，超过了铁路总里程，可绕地球赤道 60 多圈，最大管径达 1420mm，最高工作压力达 16MPa。

三、世界著名油气输送管道介绍

1. 距离最长的原油输送管道

前苏联的“友谊”输油管道是目前世界上距离最长的原油输送管道。该管道分南北两线，南线起于俄罗斯南部，经白俄罗斯、乌克兰进入斯洛伐克、匈牙利和捷克；北线起点与南线相同，经白俄罗斯进入波兰、德国。南、北线的年总输送能力约为 1×10^8 t，设计输送压力 6MPa，全长 9912km，管道直径 1020 ~ 1220mm。管道投产于 1964 年。

2. 第一条进入北极地区的输油管道

美国的阿拉斯加原油输送管道是世界上第一条进入北极地区的输油管道。该管道起于普拉德霍湾首站，止于瓦乐迪兹港末站，全程 1287km。由于管道处于长年冻土地带，大部分采用架空保温铺设，沿途设 11 座增压站，不设加热站，管道直径 1220mm，设计输送压力 8MPa，年输送能力 1×10^8 t，介质流速达 3m/s，利用摩擦热保持输送温度。该管道投产于 1977 年。

3. 第一条穿越沙漠地带的输油管道

沙特阿拉伯的东-西原油输送管道是世界上第一条穿越沙漠地带的输油管道。该管道起于靠近东海岸的阿卜凯克，横贯沙特阿拉伯中部沙漠地带，止于西海岸港口城市延布，全程 1202km，管道直径 1220mm，设计工作压力 5.88MPa，年输送能力 1.1×10^8 t。该管道投产于 1983 年。

4. 规模最大的成品油管道输送系统

美国科洛尼尔成品油管道系统是目前规模最大的成品油输送系统。该系统全长 8413km，管道最大直径 1020mm，年输送能力 1.4×10^8 t。全线设有 10 个供油点和 281 个出油点，顺序输送汽油、煤油、柴油、燃料油等 118 个品牌的油品。

5. 规模最大的天然气管道输送系统

俄罗斯输气管道系统是目前规模最大的天然气管道输送系统。该系统连接 500 多个气田，46 座储气库，300 多个天然气处理厂，有 900 座压气站，4500 座配气站，管道最大直径 1420mm，全长 49000 多千米，年输送能力超过 10000×10^8 m³。

四、我国油气管道输送的发展

新中国成立后，随着新疆、四川等地石油、天然气的发现与开采，我国于 1958 年建成

了新中国第一条原油输送管道。该管道从新疆克拉玛依油田到独山子炼油厂，全长 147km，管道直径 150mm。

随后，又于 1963 年建成了第一条长距离天然气输送管道。该管道从重庆市巴县的九龙坡至巴南区，全长 84.18km，管道直径 400mm。

1976 年，建成了格拉成品油输送管道。该管道起于青海省的格尔木市，终于西藏自治区的拉萨市，位于世界屋脊的青藏高原，是海拔最高的成品油管道。管道全长 1080km，管径 150mm，设计工作压力 6.4MPa，设计年输送能力 25×10^4 。

我国输油、输气管道，伴随着石油天然气工业的发展，从无到有，从少到多，截至 2010 年底，我国已建油气管道总长度约 8.5×10^4 km，其中天然气管道 4.5×10^4 km，原油管道 2.2×10^4 km，成品油管道 1.8×10^4 km。初步形成了横跨东西、纵贯南北、覆盖全国、连通海外的油气管网格局。到 2015 年，我国油气管道总里程将达到 15×10^4 km。

我国输油、输气管道的发展经历了 4 个阶段。

1. 东北输油管网的建设

1959 年 9 月 26 日 16 时许，在松嫩平原上一个叫大同的小镇附近，从一座名为“松基三井”的油井里喷射出的黑色油流改写了中国石油工业的历史，松辽盆地发现了世界级的特大砂岩油田。当时正值国庆 10 周年之际，时任黑龙江省委书记的欧阳钦提议将大同改为大庆，将大庆油田作为一份特殊的厚礼献给成立 10 周年的新中国。从此，“大庆”这个源于石油、取之国庆的名字，响遍全国，传扬世界。

1960 年 3 月，大庆油田投入开发建设。

1970 年，大庆油田年产能已超过 2000×10^4 t，但由于铁路运力紧张，原油无法及时外运，储油罐爆满，被迫“以运定产”。周恩来总理多次召集国务院和中央军委的有关领导开会研究，最后决定以会战的形式集中人力和物力，力争用最短的时间修建一条从大庆通往抚顺的大口径输油管道，以缓解铁路运输的紧张问题。由于该工程是国务院 1970 年 8 月 3 日批准建设的，所以称“八三”工程。

该工程历时 5 年，相继建成了大庆至铁岭、铁岭至大连、铁岭至秦皇岛，连接抚顺、锦州、锦西、大连等炼油厂和秦皇岛油港、大连新港以及朝鲜人民共和国的 8 条原油输送管道，总长达 2471km，东北输油管网基本形成。

大庆至铁岭输油管道为复线，简称庆铁复线，管道公称直径 700 mm，设计年输量 4000×10^4 t，设计压力 4.36MPa，干线总里程 524.51km，沿途设 7 座中站热泵站。该管道于 1974 年 9 月 20 日投产。

铁岭至大连输油管道，简称铁大线，管道公称直径 700 mm，设计年输量 2000×10^4 t，设计压力 4.61MPa，起自铁岭中转站，干线总里程 460.3km，沿途设 5 座中间热泵站，终于大连新港末站（油库）。该管道于 1975 年 9 月 1 日投产。

铁岭至秦皇岛输油管道，简称铁秦线，管道公称直径 700mm，设计年输量 2000×10^4 t，设计压力 4.41MPa，起自铁岭中转站，干线总里程 454.25km，沿途设 5 座中间热泵站，止于秦皇岛末站。该管道于 1972 年 9 月 30 日投产。

“八三”工程是中国管道发展史上的重要里程碑，该管道的建设，带动了油港建设和与管道相关的管线材料以及大口径制管机、大型输油泵、电动机、阀门等输油专用设备的开发，为管道运输的发展奠定了基础。

2. 华东、华北输油管网的建设

1961年4月16日，由石油工业部华北石油勘探处32120钻井队施工的位于广饶县东营村（现属东营市东营区）东1500m处的华八井喜获日产8.1t的工业油流。这是华北地区的第一口见油井。

1964年1月25日，经中共中央正式批准，展开了继大庆石油会战之后又一次大规模的华北石油勘探会战。华北石油勘探会战相继发现了胜利、大港、华北、冀东、中原等大油田。

为了适应华北石油勘探会战的需要，解决华北、华东地区各油田原油的外输问题，1974年，我国掀起了第二次油气管道建设的高潮。相继建成了秦皇岛至北京、临邑至南京、东营至黄岛、东营至临淄、东营至临邑、濮阳至临邑、沧州至临邑、任丘至北京等连接胜利、大港、华北、冀东、中原等油田和秦皇岛、北京、沧州、天津、东营、青岛、淄博等城市的多条输油管道，管道里程达3400多千米。

至此，华东、华北输油管网基本形成，并实现了东北管网与华东、华北管网的连接，我国东部地区的原油输送管网已见雏形。

秦皇岛至北京输油管道，简称秦京线，管道公称直径500mm，设计年输量 750×10^4 t，设计压力4.5MPa，起自东北管网的铁秦线秦皇岛站，干线总里程324.29km，沿途设三座泵站和两座热泵站，止于北京房山区石楼镇。该管道于1975年6月19日投产。

临邑至南京输油管道，简称鲁宁线，管道公称直径700mm，设计年输量 2000×10^4 t，设计压力4.2MPa，起自山东省临邑首站，干线总里程665.37km，沿途设11座中间热泵站，止于南京仪征末站。该管道于1978年7月15日投产。

濮阳至临邑输油管道，简称濮临线，沧州至临邑输油管道简称沧临线，东营至临邑输油管道简称东临线。临邑首站通过濮临线，沧临线，东临线汇中原、华北、任丘、胜利油田的原油一并进入鲁宁线外输。

东营至黄岛输油管道，简称东黄线，管道公称直径500mm，设计年输量 1000×10^4 t，设计压力4.2MPa，起自东营首站，干线总里程248.93km，沿途设5座热泵站，止于青岛市黄岛区黄岛末站（油库）。该管道于1974年7月投产。

3. 西部输油、输气管道的建设

1987年，我国西部油气勘探获得重大突破，首先是轮南1井钻获工业油气流，后来轮南2井发现良好的油气显示，到11月，轮南2井完钻测试，获日产原油682m³、天然气 11×10^4 m³的高产油、气流。塔里木石油会战正式开始，西部石油大开发的大幕徐徐拉开。

塔里木石油会战累计探明26个油气田，累计探明石油地质储量 7.3×10^8 t，天然气地质储量 1.21×10^{12} m³，先后建成国内第一个超深高产高丰度海相砂岩油田——东河塘油田，第一个沙漠腹地油田——塔中4油田，第一个亿吨级海相砂岩油田——哈得逊油田，国内最大的凝析气田群——牙哈—英买力凝析气田群。

位于鄂尔多斯盆地的长庆油田，在20世纪80年代还是一个油气当量年产量不到 200×10^4 t的小油田，之后，2011年产量又创 4000×10^4 t的新高，正朝着2015年实现油气年产量 5000×10^4 t的目标迈进。

2006年4月3日，中国石油化工集团公司宣布，在川东北地区发现普光气田。经审定，2005年末该气田累计探明可采储量为 2510.75×10^8 m³，技术可采储量为 1883.04×10^8 m³。

普光气田是迄今为止中国规模最大、丰度最高的特大型整装海相气田，也是中国目前发现的 5 个 $2000 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上的大气田之一。

为了适应西部石油大开发的需要，解决西部油气资源的外输问题，自 1974 年起，我国掀起了第三次油气管道建设的高潮。这期间相继建成了陕西至北京输气管道、西气东输管道、川气东送管道、榆林至济南输气管道、青海涩北经西宁至兰州的输气管道、重庆忠县至武汉输气管道、兰州经成都至重庆成品油输送管道和西南成品油输送管道，基本形成了我国西部油气资源向东部经济发达区输送的格局。

其中，陕西至北京的输气管道目前有 3 条，分别简称陕京一线、陕京二线和陕京三线。

陕京一线管道直径 660mm，设计年输量 $33 \times 10^8 \text{m}^3$ ，设计压力 6.4MPa，起自陕西靖边首站，沿途设站场 9 座，止于北京衙门口，干线总里程 1098km。该管道于 1997 年 10 月投产。是我国当时陆上距离最长、管径最大、所经地区地质条件最为复杂、自动化程度最高的输气管道。

陕京二线管道直径 1016mm，设计年输量 $120 \times 10^8 \text{m}^3$ ，设计压力 10MPa，起自陕西靖边首站，途经陕西省、山西省和河北省，沿途设站场 11 座，止于北京市大兴区采育镇，干线总里程 935.4km。该管道于 2005 年 7 月 1 日投产。

陕京三线管道直径 1016 mm，设计年输量 $150 \times 10^8 \text{m}^3$ ，设计压力 10MPa，起自陕西榆林首站，穿越太行山、吕梁山、黄河和汾河等山川河流，止于北京西南良乡分输站，干线总里程 896km。该管道于 2011 年 1 月 4 日投产。

西气东输工程的管道西起新疆塔里木轮南，东至上海市西郊白鹤镇，途经新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、安徽、江苏和上海市等 9 个省（自治区）市，干线总里程 4200km。该管道直径 1016mm，设计压力 10MPa，设计年输量 $120 \times 10^8 \text{m}^3$ ，2004 年 1 月 1 日正式向上海供气，2004 年 10 月 1 日全线投产。

川气东送是国务院批准建设的重点工程，管道直径 1016mm，设计压力 10MPa，设计年输量 $120 \times 10^8 \text{m}^3$ ，干线西起四川普光气田，经四川、重庆、湖北、安徽、浙江、江苏，沿线设站场 19 座，东止于上海，干线总里程 2170km。该管道 2010 年 3 月 29 日投产。

青海涩北经西宁至兰州的输气管道，简称涩宁兰输气管道。该管道西起青海油田的涩北首站，东输经西宁至兰州，全长 953km，管径 660mm，设计工作压力 6.4MPa，年输送能力达 $20 \times 10^8 \text{m}^3$ 。管道投产于 2001 年 9 月。

重庆忠县至武汉输气管道，简称忠武输气管道。该管道由一条干线和三条支线组成，西起重庆忠县，东至湖北武汉，辐射四川、湖北、湖南等 3 省 15 市，全长 1375.4km，最大管径 720mm，设计工作压力 7.0MPa，年输送能力 $30 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

兰州经成都至重庆成品油输送管道简称兰成渝管道，管道起于甘肃省兰州市北滩油库，经甘肃、陕西、四川三省，终于重庆市伏牛溪油库，管道直径 580mm，设计工作压力 10MPa，设计年输送能力 $500 \times 10^4 \text{t}$ ，干线总里程 1250km，沿途设分输泵站 3 座，分输站 10 座，独立清管站 1 座，全线共有 18 个油库，总库容量为 $79.2 \times 10^4 \text{m}^3$ 。是一条大口径、长距离、高压、大落差、自动化程度高、多介质顺序密闭输送的成品油管道。该管道投产于 2002 年 9 月。

西南成品油输送管道东起广东茂名市，西至云南昆明市，途经广东、广西、贵州、云南四省区 37 个市县全长 1691km，管径 508mm，设计工作压力 8MPa，设计年输送能力

1000×10⁴t。管道投产于2005年9月。

4. 涉外输油、输气管道的建设

随着我国经济的持续增长，对油气资源的需求也急剧增加，油气需求依赖进口的程度也越来越严重。2010年，我国石油消耗量4.41×10⁸t，其中进口2.39×10⁸t；天然气消耗产量达到1083.3×10⁸m³，其中进口管道气44×10⁸m³，进口液化天然气934×10⁴t。

2011年前10个月，我国进口原油2.0885×10⁸t，同比增长8.6%；进口天然气250×10⁸m³，同比增长86.5%。

国际能源机构（IEA）预测，2020年我国石油对外依存度将超过60%，2030年可能达到80%。

为了应对日益严峻的能源形势，我国进入了涉外油气管道建设的阶段。

已经建成或在建的涉外输油、输气管道有中哈输油管道、中俄输油管道、中缅输油、输气管道、中亚输气管道（国内部分为西气东输二线）等。

中哈管道是中国第一条跨国原油管道，管道西起哈萨克斯坦的阿塔苏，东至中国阿拉山口，管道总里程962.2km，管道公称直径800mm，设计输送压力6.3MPa，设计年输油量2000×10⁴t。管道投产于2005年12月。

中俄原油管道起自俄罗斯远东原油管道斯科沃罗季诺分输站，穿越中国边境，途经黑龙江和内蒙古，止于黑龙江大庆末站，管道总里程999km，管道公称直径800mm，设计输送压力6.4MPa，设计年输油量1500×10⁴t。管道投产于2011年1月。

中亚天然气管道是连接土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦三国与中国上海、广州、南宁、香港等地的跨国长距离输气管道。管道干线公称直径1200mm，设计输送压力12MPa，设计年输气能力300×10⁸m³。该管道境外部分为中亚天然气管道，全长2018km；境内部分为西气东输二线，全长8794km。是世界上输气距离最长（10812km）、输气管压力最大（12MPa）、钢级最高（X80级）的大口径输气管线。

中缅天然气管道起于缅甸西海岸的皎漂，途经若开省、马圭省、曼德勒、木姐进入中国云南瑞丽，再经保山、大理、楚雄、昆明、曲靖进入贵州，最终到达广西南宁，管道全长2806km。管道公称直径1000mm，干线设计压力10MPa，设计年输气能力120×10⁸m³。

中缅原油输送管道起点位于马德岛，经瑞丽进入我国，国内部分长771km，管道公称直径800mm，设计输量2200×10⁴t/年。中缅油气管道工程已于2011年10月全面开工。

中缅油气管道是我国四大油气战略通道之一。该管道的建成将有效破解马六甲海峡能源运输瓶颈，降低我国对海上原油运输的依赖程度。

第二节 油气管道输送的特点

一、优点

从第一节的介绍可知，油气管道输送在世界范围内，特别是在经济比较发达的油气生产与消费的大国中，得到了快速的发展。这是因为管道输送与铁路、公路、水路等其他运输方式相比，有着其不可比拟的优越性。

1. 连续运送, 运送量大

管道输送可以连续运行, 其运送量比较大。表 1-1 提供了不同管径和压力时, 管道输油量的参考数据, 且在管径相同时, 提高输送压力, 输油量还可再增大。

表 1-1 输油管道在不同管径和压力条件下的输送量

公称管径, mm	500	700	900	1000	1200
输送压力, MPa	5.4 ~ 6.5	5.0 ~ 6.0	4.6 ~ 5.6	4.6 ~ 5.6	4.4 ~ 5.4
年输量, 10 ⁴ t	800	2000	3600	5000	8000

以年输量为 3600×10^4 t, 公称直径为的 900mm 的输油管道为例, 若用铁路油罐车运输相同的油品, 以每列火车带 40 个油罐, 每个油罐装油 50t 计算, 每年需有 18000 列、每昼夜需有 50 列、不到半小时就需有一列火车出站。可以想象, 这将是一个多么庞大的铁路运输系统。

2. 运费低, 损耗少

运送成本是指运送每吨·千米油品的价格。运送损耗率是指运送过程中, 油品的损耗量占运送油品量的百分数。根据统计资料, 几种运送方式的运送成本与油品损耗率见表 1-2。从表中数据可知, 管道输送的油品损耗率最低, 运送成本略高于水上运输。

表 1-2 我国四种方式运输油品的成本与损耗率

运输方式	管道	铁路	水运	公路
成本, 元 / (t·km)	0.008	0.01	0.007	0.156
损耗率, %	0.25	0.71	0.45	0.45

3. 占地少, 环境影响小

管道大部分埋地敷设, 施工过程中临时占用的土地, 在投产后有 90% 的可以耕种, 永久占地只有铁路的 1/9。在施工, 运行过程中对环境的影响也较小。

4. 运行平稳, 安全可靠

管道运行, 受环境、气候、人为等因素的影响较小, 运行平稳, 安全可靠。

二、其他特点

1. 输气管道产、运、销一体化的特点

由于天然气的密度小, 难以大量储存, 所以输送管道的输送量必须与天然气用户的用量基本平衡。天然气产、运、销一体化的特点是指在确定长距离输气管道的建设方案时, 必须同时考虑气源的开发和用户市场的开发。例如, 在西气东输管道的建设时, 必须同时考虑西部气源的供应能力和东部天然气用户的消费能力, 管道的输送能力必须与两者一致。

2. 输油管道的输量一定性特点

输油管道的输量一定性特点表现在两个方面: 一是从经济性考虑, 对一定直径的管道, 有一定的经济输量范围, 如表 1-1 列出的公称直径 900mm 的管道, 其经济年输油量为 3600×10^4 t。输量高于或低于此数值都会使运输成本增加。本书关于管道运输成本低的结论

都是基于经济输量而言的。为了使管道具有较高的运行效益，应使管道的运行输量尽可能接近设计输量。

二是从安全性考虑，对于已建成的管道，其最大输量受到输油泵的性能、管子强度等的限制。对于加热输送的管道，又受到由温降确定的最小安全输量的限制。

3. 输送地点的单一性特点

由于管道输送具有单向、定点、品种相对单一的特点，所以，主要用于输量大、用户相对固定情况下的运输，使用起来不如车、船运输灵活、多样。

第三节 油气输送管道的构成

一、油气输送管道的类型

(1) 按经营方式，油气输送管道可分为两大类：

一类是油气田或油气加工、销售企业所属的管道，如油气田内的集输管道，炼油厂自备成品油管道等。这类管道一般较短，输送量也较小。

另一类是独立运营的长距离油气输送管道。例如，鲁宁输油管道、西气东输管道等。这类管道的输送量一般较大，距离较长，具有各种辅助配套工程。

(2) 按输送介质的类型分类，油气输送管道可分为原油输送管道、成品油输送管道、天然气输送管道及油气混输管道等。

(3) 按输送介质的性质分类，油气输送管道可分为低凝、低粘油品输送管道和高凝、高粘油品输送管道等。

(4) 按输送过程中是否加热分类，油气输送管道可分为加热输送管道和不加热输送管道等。

(5) 按管道所处的位置分类，油气输送管道可分为陆上输送管道和海底输送管道等。

(6) 按管道敷设方式分类，油气输送管道可分为埋地敷设管道和架空敷设管道等。

二、长距离输油管道的结构构成

一条长距离输油管道少则几百千米，多则数千千米，甚至上万千米，是一个复杂的系统工程，由输油站、线路工程以及辅助配套工程等部分构成，如图 1-1 所示。

线路部分主要包括管道主体，沿线阀室，沿线穿、跨越工程等。辅助设施主要包括供电、通信、供热、供排水、维修、生活服务等。输油站的主要功能就是给被输送的油品加压、加热。根据所处的位置不同，输油站可分为首站、中间站和末站。

1. 首站

首站位于管道起点，其任务是接收油田集输联合站或炼油厂油品车间或港口油轮等处的来油，经计量、升压、增温后输入管道。首站通常具有较多的储油设备，加压、加热设备、完善的计量设施和清管器收发设施等。

2. 中间站

油品在沿管道的输送过程中，由于摩擦、散热、地形变化等原因，其压力和温度都会

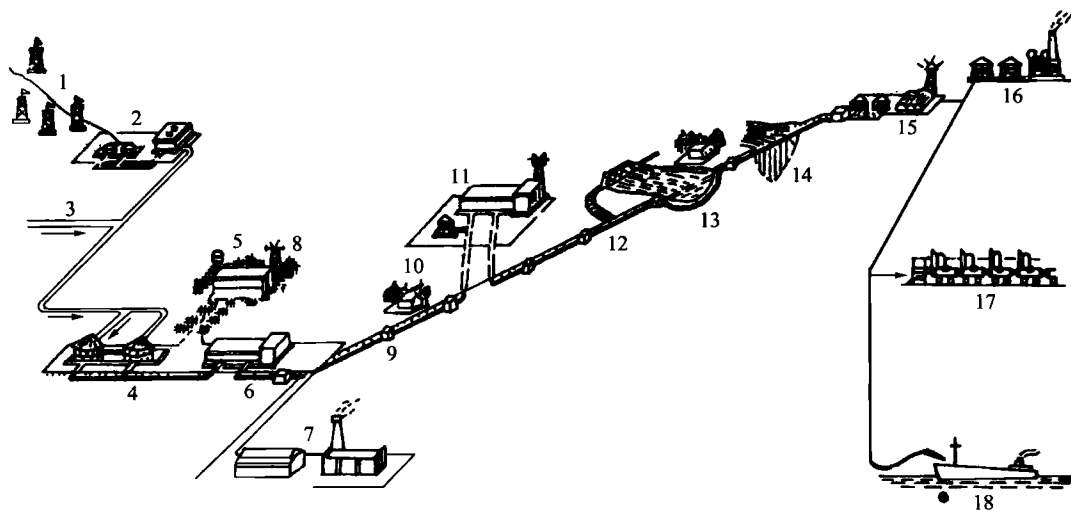


图 1-1 长距离输油管道的构成示意图

1—井场，2—集输联合站，3—矿区集输管道，4—首站储油罐区；5—管道调度中心；6—首站清管设施；
7—首站加热设施；8—首站通信设施；9—线路阀室；10—巡线工住所；11—中间站；12—穿越铁路；13—穿越河流；
14—跨越障碍；15—末站；16—炼油厂；17—火车栈桥；18—油港

不断地下降。当压力和温度降到某一数值时，为了使油品继续向前输送，就必须设置中间输油站，给油品增压、升温。单独增压的称为中间泵站；单独升温的称为中间加热站；既增压又升温的称为热泵站。根据功能的不同，中间站通常设有加压、加热设施，一定的储油设施，清管器收发设施等。中间站间应设有越站流程。

(1) 常用的油品通过中间泵站的流程有旁接油罐流程和从泵到泵流程，从泵到泵流程也称为密封输送流程。

旁接油罐流程如图 1-2 所示，在中间站输油泵的吸入管上并联着一个储油罐，该储油罐称为旁接油罐，故称为旁接油罐输油流程。工作时，旁接油罐的进（出）口阀门常开。上站来油在当前站泵入口处的压力与旁接油罐的液位高度产生的压力相等时，当前泵的输量与管道来油量相等，来油全部进泵，旁接油罐既不进油，也不出油；上站来油在当前站泵入口处的压力高于旁接油罐的液位高度产生的压力相等时，当前泵的输量小于管道来油

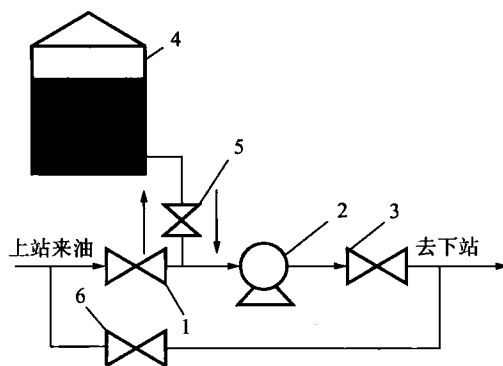


图 1-2 旁接油罐输油流程

1—进站阀；2—输油泵；3—出站阀；4—旁接油罐；5—旁接油罐进（出）油阀；6—越站旁通阀

量，管道来油部分进泵，其余部分进旁接油罐；上站来油在当前站泵入口处的压力低于旁接油罐的液位高度产生的压力相等时，当前泵的输量大于管道来油量，来油全部进泵，不足部分从旁接油罐补充。旁接油罐起着暂时调节两站间输量差额的作用。采用“旁接油罐”流程的输油管道，在两站旁接油罐的液面间构成一个水力系统，整条管道被分割为若干独立的系统，不便于实现全线统一的参数调节和自动控制。由于旁接油罐的容量是有限的，全线的输量受最小输油量站间的控制。

从泵到泵流程如图 1-3 所示。这种流程全线各站依次密闭相连，输量相等，能量叠加，构成统一的水力系统，便于实现全线统一的参数调节和自动控制。

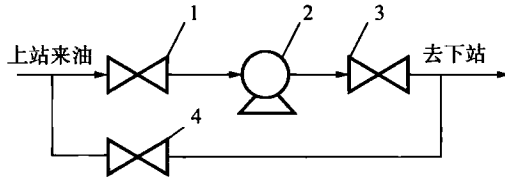


图 1-3 从泵到泵输油流程

1—进站阀；2—输油泵；3—出站阀；4—越站旁通阀

(2) 油品通过中间热泵站的流程有先泵后炉和先炉后泵两种。

先泵后炉流程如图 1-4 所示。这种流程的特点是：上站来油先进输油泵，容易保证输油泵的吸入性能，需要的进站压力比较低。泵在较低的温度下工作，密封效果好，密封材料的使用寿命长，但油品的粘度高，通过泵时的摩阻大，泵的效率低；加热炉在高压下工作，不易出现炉管偏流，但安全性较差。

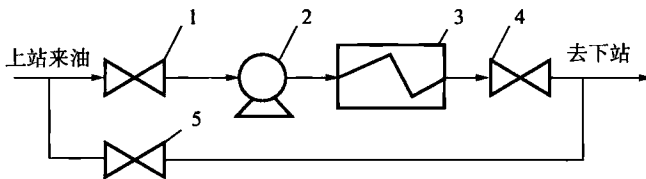


图 1-4 先泵后炉输油流程

1—进站阀；2—输油泵；3—加热炉；4—出站阀；5—越站旁通阀

先炉后泵流程如图 1-5 所示。这种流程的特点是：上站来油先进加热炉，加热炉在低压下工作，安全性较好，但易出现炉管偏流；进输油泵的油品温度高，粘度小，通过泵时的摩阻小，泵的效率，但泵的密封效果差，密封材料的使用寿命短，为了保证泵的吸入性能，需要的进站压力比较高。

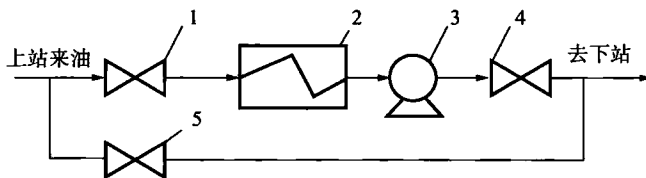


图 1-5 先炉后泵输油流程

1—进站阀；2—加热炉；3—输油泵；4—出站阀；5—越站旁通阀

3. 末站

末站是位于管道终点的站(库),其作用是接收管道来油,储存或向用户销售、转运(输)。末站一般设有较多的储油设备、准确的计量设施、转输油设施和收发清管器设施。

三、长距离输气管道的结构构成

长距离输气管道的结构构成与长距离输油管道类似,也包括首站、中间站、末站、干线管道以及辅助设施等部分,如图 1-6 所示。

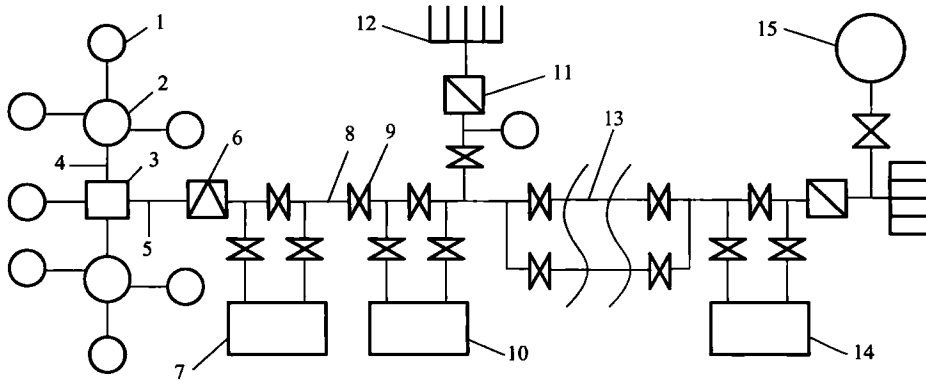


图 1-6 长距离输气管道的构成示意图

1—气井, 2—集气站, 3—集气总站, 4—集气支线, 5—集气干线, 6—天然气处理厂, 7—首站, 8—输气干线, 9—线路截断阀, 10—中间站, 11—配气站, 12—城市配气管网, 13—线路穿(跨)越, 14—末站, 15—储气库

1. 首站

长距离输气管道首站工艺流程如图 1-7 所示,其主要功能是接收天然气处理厂的来气,分离(干燥,除尘),调压,计量后送入输气干线。由于采气井的压力都比较高,且天然气采出、处理、输送的各环节都是密闭的,为了充分利用气井压力,通常情况下,长距离输气管道的首站大都不设增压设备,而是靠气井余压将天然气送入管道,如陕西榆林至北京输气管道的第一个增压站就设在离管道起点 100km 处。

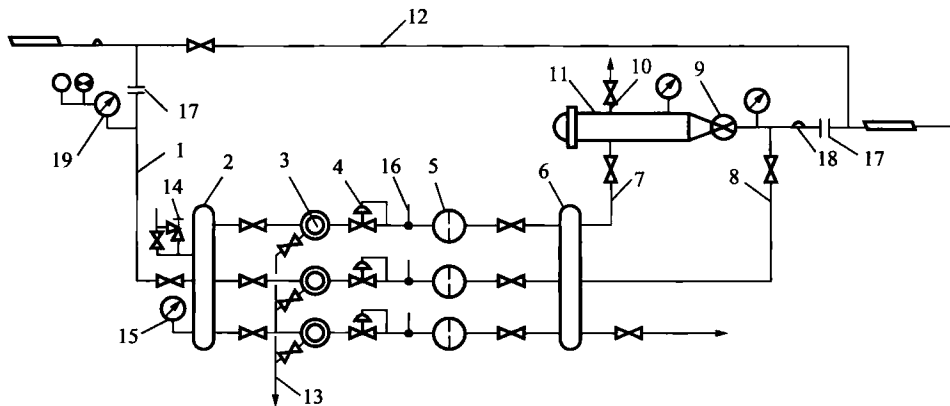


图 1-7 长距离输气管道首站工艺流程图

1—进气管, 2, 6—汇管, 3—分离器, 4—压力调节装置, 5—流量计量装置, 7—清管器发送旁通管, 8—外输气管线, 9—清管器发送球阀, 10—放空管, 11—清管器发送装置, 12—越站旁通管, 13—分离器排污总管, 14—安全阀, 15—压力表, 16—温度计, 17—绝缘法兰, 18—清管器通过指示器, 19—电接点压力表

2. 中间站

根据功能不同，输气管道的中间站可分为分输站、增压站、清管站等。

分输站工艺流程如图 1-8 所示，其主要功能是将干线来气分离（干燥，除尘），调压，计量后分输给沿线用户。

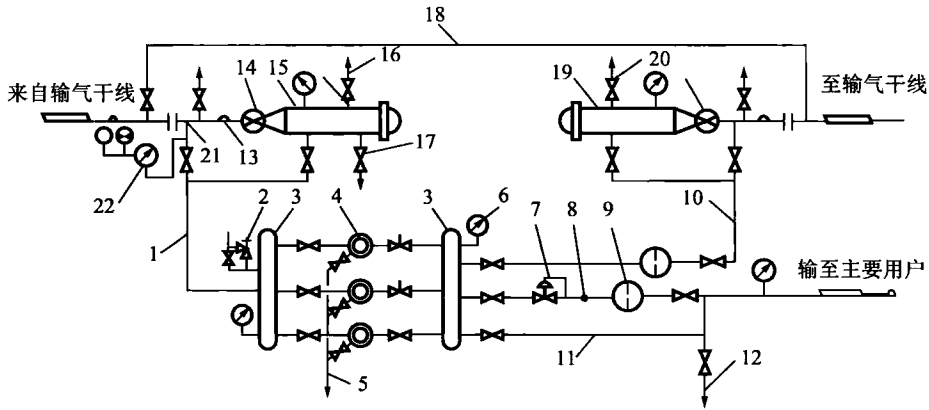


图 1-8 长距离输气管道分输站工艺流程图

- 1—进气管；2—安全阀；3—汇管；4—分离器；5—分离器排污汇管；6—压力表；7—压力调节装置；8—温度计；9—流量调节装置；10—外输管线；11—旁通管；12—放空管；13—清管器通过指示器；14—清管器收发球阀；15—清管器接收装置；16、20—放空管；17—排污管；18—越站旁通管；19—清管器发送装置；21—绝缘法兰；22—电接点压力表

增压站工艺流程如图 1-9 所示，其主要功能是将上站来气增压后送回管道，使其继续向前输送。

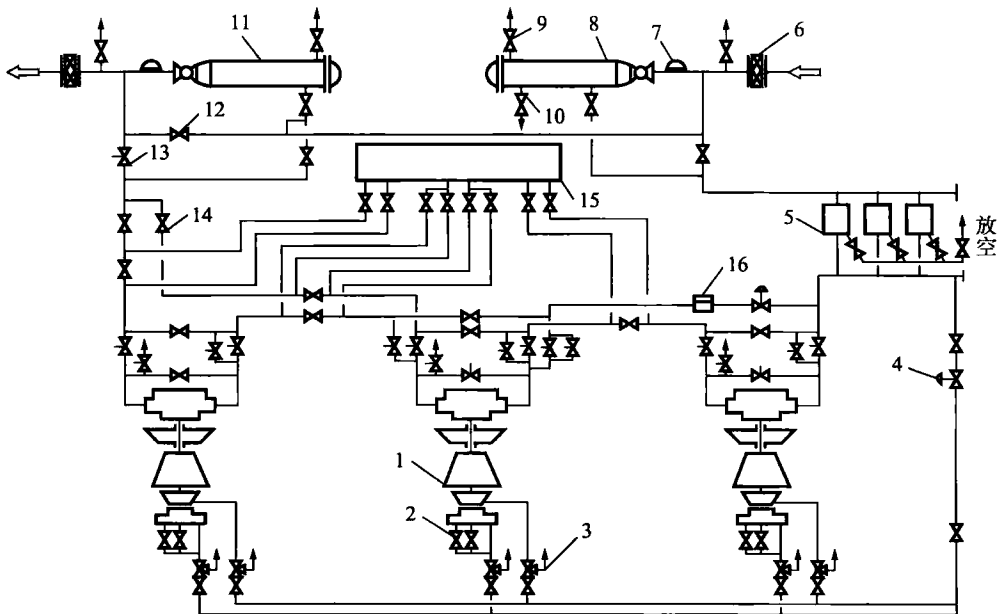


图 1-9 长距离输气管道增压站工艺流程图

- 1—压缩机组；2—压缩机进口阀；3—安全放空阀；4—压力调节装置；5—分离器；6—绝缘法兰；7—清管器通过指示器；8—清管器接收装置；9—放空管；10—排污阀；11—清管器发送装置；12—越站旁通阀；13—遥控阀；14—单向阀；15—气体冷却装置；16—流量调节装置