

TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

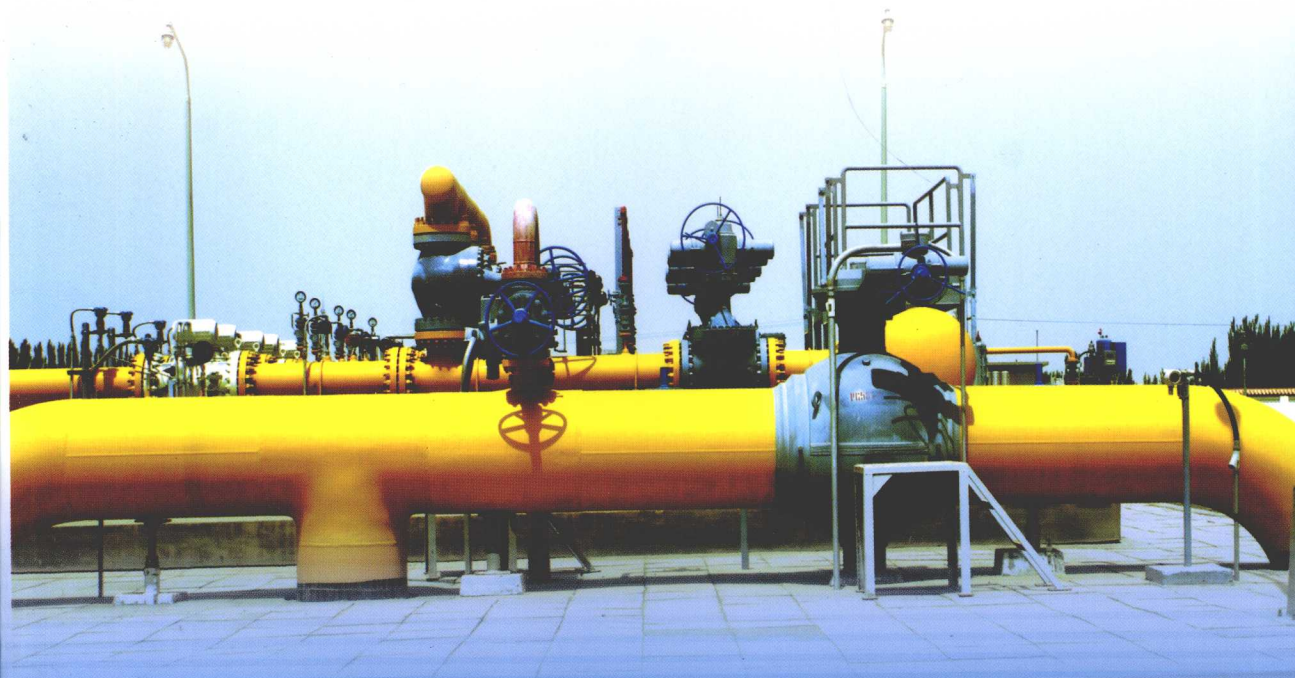
高等学校教材

# 输气管道设计与管埋

The Design and Management of  
Gas Transmission Pipeline

第二版

李玉星 姚光镇 主编



中国石油大学出版社



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

# 输气管道设计与管埋

(第二版)

李玉星 姚光镇 主编

中国石油大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

输气管道设计与管理/李玉星,姚光镇主编.—2版.  
东营:中国石油大学出版社,2009.8  
ISBN 978-7-5636-2895-7

I. 输… II. ①李…②姚… III. ①液化气管道—设计—  
高等学校—教材②液化气管道—技术管理—高等学校—  
教材 IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 145771 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 输气管道设计与管理(第二版)  
作 者: 李玉星 姚光镇

---

责任编辑: 李 锋 秦晓霞(电话 0546—8392791)

封面设计: 赵志勇

---

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营, 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: [shiyoujiaoyu@163.com](mailto:shiyoujiaoyu@163.com)

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)

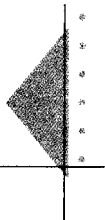
开 本: 180×235 印张: 22.5 字数: 474 千字

版 次: 2009 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

# 前 言

## Preface



近年来,随着我国国民经济的迅速发展,城市和城镇建设步伐逐渐加快。为了改善生态环境并实现国民经济的可持续发展,天然气的需求量日益增长,天然气在一次能源中所占的比例逐渐增大。在这样的形势下,对天然气相关人才的需求越来越多。基于此,中国石油大学(华东)油气储运工程专业在课程体系建设方面逐步加大与天然气有关的课程,以适应社会的需求。这些课程主要包括输气管道设计与管理、液化天然气技术、天然气综合利用技术、天然气集输、城市燃气输配、城市液化气供应等。输气管道设计与管理已列为油气储运工程专业的必修课和学位课,形成了上下游一体的、与天然气相关的课程体系。

《输气管道设计与管理》(第一版)是姚光镇教授于1992年编写的,2005年开始进行再版工作。在教材重新编写的过程中,充分考虑了石油储运专业的教学计划和课程设置,油气并重,努力与国际接轨,并增加例题,以使教材阐述的理论与工程实践结合得更加紧密。

本书主要包括输气系统的组成与特点、输气管道发展方向、天然气物性、天然气净化、输气管道水力与热力计算、输气站、压缩机站与管路的联合工作、天然气储存与调峰、城市燃气输配等内容。

在本书编写过程中,正值我国天然气管道的大规模建设时期,西气东输管道已经建设并投产,川气东送管道与西气东输二线工程正在设计与建设,因此本书的编写得到了相关设计人员和生产运行人员的大力支持与帮助。他们对本教材提出了许多宝贵意见,无私地提供了积累的技术资料,使编者受益匪浅。本书还得到了许多领导和校友的关心与支持,在此一并表示衷心的感谢。

在编写过程中,研究生李旭光、吴玮、沈孝风做了大量辅助工作。

由于编者水平有限,教材中难免存在缺点和错误,恳请读者斧正。

李玉星 于青岛

2008年12月

# 目 录

## Contents



绪 论	1
第一节 天然气的定义与用途	1
第二节 天然气工业发展情况	1
第三节 输气系统的组成与特点	6
第四节 天然气管道运输的发展概况	10
第一章 天然气的物理化学性质	15
第一节 天然气的组成	15
第二节 气体的状态方程式	22
第三节 天然气物理性质及其计算	42
第四节 气体的热物性及其计算	54
第五节 天然气的节流效应	63
第二章 天然气净化	71
第一节 概述	71
第二节 分离和除尘	73
第三节 天然气脱水	77
第四节 脱硫和脱二氧化碳	85
第三章 气体管流的基本方程	94
第一节 连续性方程	95
第二节 运动方程	96
第三节 能量方程	98
第四章 输气管的水力计算	101
第一节 稳定流动的气体管流的基本方程	101
第二节 水平输气管的流量基本公式	102
第三节 地形起伏地区输气管的流量基本公式	104
第四节 摩擦阻力系数与常用的输气管流量公式	108



第五节	输气管基本参数对流量的影响	112
第六节	输气管的压力分布和平均压力	115
第七节	等流量复杂管计算	118
第八节	集气管网的水力计算	126
<b>第五章</b>	<b>输气管的热力计算</b>	<b>130</b>
第一节	输气管的温度分布	130
第二节	输气管的平均温度	133
第三节	总传热系数	133
第四节	水合物	135
<b>第六章</b>	<b>输气管静态与动态仿真模拟</b>	<b>153</b>
第一节	稳态水力、热力计算的数值解法	153
第二节	非稳态水力、热力计算的数值解	158
<b>第七章</b>	<b>输气站</b>	<b>176</b>
第一节	压缩机的工作原理	176
第二节	压气站的工作特性	184
第三节	离心式压缩机的性能调节	195
第四节	输气站的主要设备与工艺系统	198
第五节	输气站的平面布置与工艺流程	221
<b>第八章</b>	<b>压缩机站与输气管联合工作</b>	<b>229</b>
第一节	单个压气站与管路的联合工作	229
第二节	多个压气站与干线输气管的联合工作	234
第三节	参数变化对干线输气管工况的影响	237
第四节	各种运行工况对干线输气管道的影响	240
第五节	输气管道泄漏检测方法	246
<b>第九章</b>	<b>输气系统的调峰与末段储气</b>	<b>254</b>
第一节	输气系统的调峰及天然气的储存	254
第二节	输气管道末段储气	272
<b>第十章</b>	<b>干线输气管压气站的布置与参数优化设计</b>	<b>281</b>
第一节	预先不固定站址的压气站布置	281
第二节	预先固定某些站址的压气站布置	287
第三节	输气管线工况的计算机仿真	288
第四节	增加输气管输气能力的措施	294
第五节	最优工艺参数选择与压缩机站压缩机配置优化	296
<b>第十一章</b>	<b>城市配气系统</b>	<b>305</b>
第一节	配气系统的设计流量	305
第二节	配气站	307

第三节	配气管网	310
第四节	管网水力计算公式	313
第五节	管网各段的计算流量	315
第六节	树枝状配气管网的水力计算	318
第七节	环状配气管网的水力计算	321
第八节	应用计算机进行环状配气管网的水力计算	329
附录一	概率积分函数	343
附录二	一维可压缩气体流动的特征方程	344
参考文献		349

# 绪 论

## 第一节 天然气的定义与用途

对天然气的定义,在《中国大百科全书》和《天然气工程手册》、石油词典中不完全相同,但大体内容是一致的,系指:从地层内开发生产出来的、可燃的烃和非烃混合气体。这种气体有的基本上是以气态形式从气井中开采出来的,称为气田气;有的是随液体石油一起从油井中开采出来的,称为油田伴生气。习惯上把这两类气体都称为天然气。气田气约占世界天然气总量的 60%,油田伴生气约占 40%。

天然气的热值很高(平均达  $33 \text{ MJ/m}^3$ ),不含灰分,容易燃烧完全,不污染环境,运输方便,价格低廉,是理想的工业和民用燃料。天然气用在发电方面,可使火力发电站的投资比燃煤减少 20%左右,而且管理方便,易于实现自动化,发电成本大大降低;用在炼铁上,可使焦比下降 15%以上,获得更好的经济效益;用在民用方面,可提高炉灶热效率,煤炉热效率一般不大于 40%,而结构良好的天然气炉灶热效率可达 60%以上,且使用方便、卫生,很受居民欢迎。

天然气的主要成分是甲烷及少量的乙烷、丙烷、丁烷等。甲烷除用作燃料外,还可直接用于生产氢氰酸、二硫化碳、卤化甲烷、炭黑等;甲烷裂解得到乙炔,进而可以生产塑料、化学纤维、合成橡胶及多种有机合成产品的中间体;甲烷经转化生成一氧化碳和氢气,可生产甲醇、合成氨和尿素,是制造化肥的理想原料。乙烷、丙烷、丁烷也是重要的化工原料,裂解后得到乙烯、丙烯和丁烯,也可生产合成橡胶、合成纤维及其他产品。

天然气中有的还含有少量的硫化氢、二氧化碳、氮、氦等,也是极有用途的原料。硫化氢可用于生产硫磺、硫酸和硫酸铵,二氧化碳可以制造干冰,氦更是国防和原子能工业所需要的产品。

总之,天然气作为能源和化工原料,涉及工业、农业、国防和日常生活的各个领域,对国民经济的可持续发展具有重要意义。

## 第二节 天然气工业发展情况

### 一、我国的能源结构

据统计,2006年中国一次能源总产量为 10.9 亿 t 标准煤,居世界第三位。同时,中



国也是能源消耗大国,2006年中国一次能源消耗达12.8亿t标准煤,居世界第二位。

受价格因素和地理条件的影响,长期以来我国城市煤气、工业窑炉、发电都以燃煤为主。燃烧产物中的硫化物、二氧化碳、氮氧化物以及大量烟尘污染,使城市空气质量严重恶化。

作为名列世界第二的能源消耗大国,中国能源结构不是很合理,现将2002年和2006年国际能源机构(IEA)成员国与中国能源结构的对比列于表0-1。

表0-1 IEA成员国与中国能源结构的对比

国别	年份	能源					总计/%
		石油/%	天然气/%	煤/%	核能/%	其他/%	
IEA 成员国	2002年	40.3	21.8	20.5	11.7	5.7	100
	2006	40.03	24.72	24.98	7.64	2.63	100
中 国	2002	23.4	2.7	66.1	0.7	7.1	100
	2006	27.7	2.7	62.1	0.5	7	100

由表0-1可以看出,近几年来,我国煤在能源结构中所占的比例有所下降,但相对于其他发达国家,煤占的百分比仍然过大。天然气所占比例仅为IEA成员国的10%。面对严重污染的现象,扩大国内天然气生产,加速引进国外天然气和液化天然气,改变我国能源结构已成为需要认真研究和亟待解决的重要课题。

在20世纪80年代中期,中国开始出现经济起飞的势头时,就有许多专家提出要逐步改变能源结构的建议,但未能引起足够的重视,至90年代中期空气污染非常严重。据权威部门检测显示:70%的烟尘排放量,90%的二氧化硫均来自烧煤的结果。按我国目前烧煤比例高达65%的能源结构测算,估计二氧化硫的排放量为世界第一位,达到2370万t/a。另外,全国30%~40%的面积上曾降过酸雨,烟尘排放量约为2100万t/a,二氧化碳加上氮氧化物( $\text{NO}_x$ )达1500万t/a,环境污染非常严重。

## 二、我国的资源情况

至2000年底,我国共有气田350个,平均每个气田的地质储量为73.1亿 $\text{m}^3$ (接近我国规定的中型气田下限),可采储量为46.8亿 $\text{m}^3$ 。而我国平均每个油田的地质储量为3815.3万t,相当于381.53亿 $\text{m}^3$ 气当量,油田平均规模为气田的5.22倍。

按2000年底的统计,我国有大中型气田(地质储量大于100亿 $\text{m}^3$ )56个,占全国气田数的16%,占总地质储量的75%,平均储量为338.8亿 $\text{m}^3$ ,略超过我国规定的大型气田下限。大型气田主要分布在中部和西北部的鄂尔多斯、四川、塔里木3个盆地,海上的大型气田主要分布在南海北部陆架上的莺琼盆地。小型气田主要分布在东部和中部的四川盆地。

由图0-1可以看出,天然气资源主要分布在我国的中部和西部,各占全国的1/3,而经济发达的东部区仅占7.98%。在西部区内,新疆(主要指塔里木和准噶尔两大盆地)

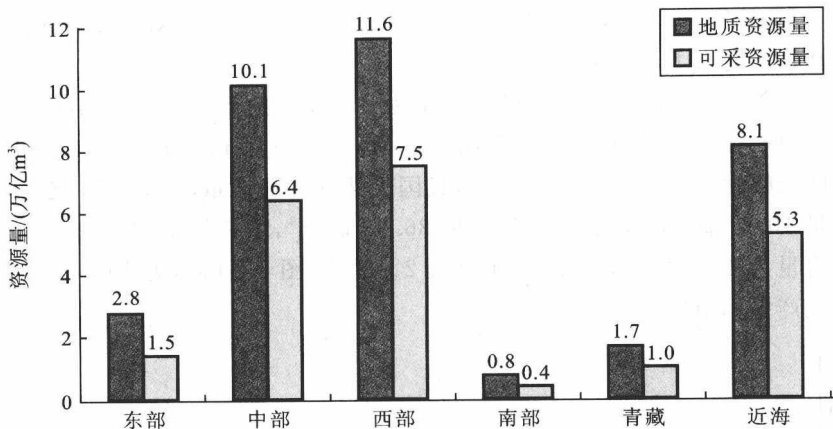


图 0-1 中国天然气资源分布图

占全国的 33%，青藏占全国的 4.8%。从资源分布上看，天然气资源明显集中在北方，松辽、渤海湾、鄂尔多斯等盆地和西北的资源量为 29.8 万亿 m<sup>3</sup>，占全国的 84.9%。

2008 年，我国油气资源评价结果表明，天然气远景资源量为 56 万亿 m<sup>3</sup>，地质资源量为 35 万亿 m<sup>3</sup>，可采资源量为 22 万亿 m<sup>3</sup>，勘探处于早期；煤层气地质资源量为 37 万亿 m<sup>3</sup>，可采资源量为 11 万亿 m<sup>3</sup>。评价结果表明，我国石油储量产量进入平稳增长阶段，天然气储量产量进入快速增长阶段。到 2030 年，石油产量可以保持在 2 亿 t 水平，天然气产量可以达到 2 500 亿 m<sup>3</sup>，形成油气当量“二分天下”的格局。同时，煤层气资源潜力可观，未来可以对常规油气资源逐渐形成重要的补充。

### 三、我国天然气工业大发展情况

我国是世界上最早生产和应用天然气的国家之一。公元前便有“火井”的文字记录。到明末清初，天然气的开采和利用才有了新的发展。但由于长期的封建统治，我国的天然气工业长期处于落后状态，直到新中国成立后才获得较大的发展。特别是“八五”以来，所发现的天然气储量快速增长，天然气工业进入高速发展时期。1987 年，我国生产天然气 135.4 亿 m<sup>3</sup>，比 1982 年增长了 12%，为 1949 年的 1 800 倍；1999 年，我国天然气产量达 234.37 亿 m<sup>3</sup>，较 1998 年增长了 12.2%；2000 年，我国天然气产量达到 264.6 亿 m<sup>3</sup>。由于天然气具有良好的发展前景，我国和世界许多国家一样，大力开发利用天然气资源，并把开发利用天然气作为能源发展战略的重点之一。2001 年，我国天然气产量达到 303.02 亿 m<sup>3</sup>，较 2000 年有大幅增长，增幅达 11%；2002 年继续高速增长，达到 328.14 亿 m<sup>3</sup>，较 2001 年增长 8.29%；2003 年，我国天然气产量约为 341.28 亿 m<sup>3</sup>（其中包括地方产量 3.28 亿 m<sup>3</sup>）；2004 年我国天然气产量保持稳定增长态势，全年产量达到 356 亿 m<sup>3</sup>，创历史最高纪录。

2005 年，我国累计探明天然气可采储量达到 3.5 万亿 m<sup>3</sup>，比 2004 年增长了 25%。2005 年，我国天然气工业产量约为 499.5 亿 m<sup>3</sup>，比 2004 年增加 143.5 亿 m<sup>3</sup>，增长幅度

约为 40%。截至 2005 年底,全国天然气管道总长度约为 2.8 万 km,其中管径大于 426 mm 的管道总长度为 1.7 万 km。

2006 年,全国累计探明天然气可采储量为 3.84 万亿  $\text{m}^3$ ,比 2005 年增长了 10%。截至 2006 年底,全国剩余天然气可采储量约为 3.09 万亿  $\text{m}^3$ ,比 2005 年增加了 0.24 万亿  $\text{m}^3$ ,增长幅度约为 8.4%。2006 年,我国天然气工业产量为 585.53 亿  $\text{m}^3$ (其中包括地方产量 10.67 亿  $\text{m}^3$ ),比 2005 年增加 86.03 亿  $\text{m}^3$ ,增长约 17.2%。2006 年,我国天然气销售量为 491 亿  $\text{m}^3$ ,比 2005 年增长 21.8%。图 0-2 所示为 1960—2005 年我国历年天然气产量示意图。

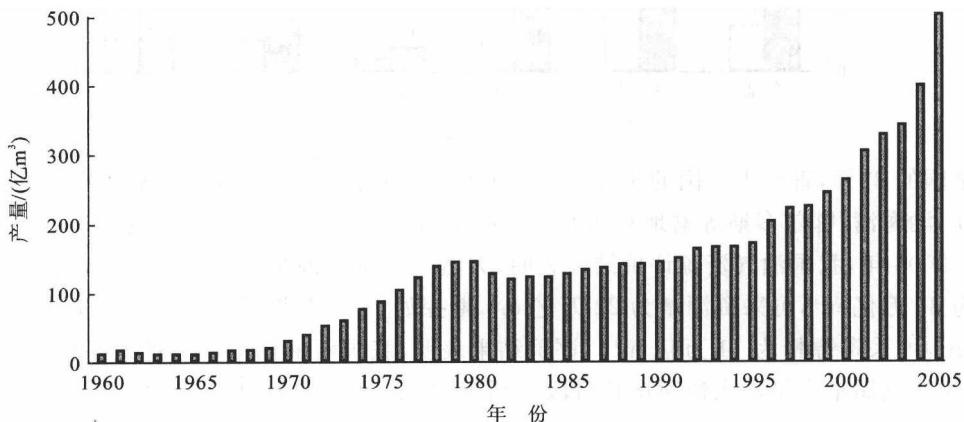


图 0-2 1960—2005 年我国历年天然气产量

预计未来 20 年我国的能源消费弹性系数为 0.45~0.50,其中煤炭为 0.3,石油为 0.5,天然气为 1.4~1.5,一次电力为 0.5~0.6。由此可见,天然气的消费增长速度最快,天然气市场在全国范围内将得到发展。随着西气东输等工程的建设 and 投入运营,我国对天然气的需求增长将保持在每年 15% 以上,未来 20 年天然气需求增长速度将明显超过煤炭和石油。预计到 2010 年,天然气在能源需求总量中所占比例将从 2006 年的 2.7% 增加到 6%,到 2020 年则将进一步增至 10%。届时天然气产量和需求量估计将分别达到 938 亿  $\text{m}^3$  和 2 037 亿  $\text{m}^3$ 。

#### 四、我国天然气发展形势

2007 年能源蓝皮书《2007 年中国能源发展报告》指出,从国家天然气发展总体规划看,在现有的 60 多个已通天然气城市的基础上,2010 年将发展到 270 个城市。到 21 世纪中期,全国 65% 的城市都将通上天然气。预计到 2010 年,天然气需求量将达到 1 000 亿  $\text{m}^3$ ,产量约为 800 亿  $\text{m}^3$ ,缺口将达到 200 亿  $\text{m}^3$  左右;到 2020 年,天然气需求量将超过 2 000 亿  $\text{m}^3$ ,而产量仅有 1 000 亿  $\text{m}^3$ ,另外的 50% 将依赖进口。

近年来,我国政府和广大人民群众非常关注环境保护,强调人与自然的和谐。在能源结构方面,要在石油、煤炭、天然气共同发展的同时逐步增加天然气的比例,减少煤炭所占

的比例。有关我国能源结构的粗略预测见表 0-2。

表 0-2 我国能源结构预测

年 份 \ 能 源	煤/%	石 油/%	天然气/%
2010 年	60	20.6	10
2020 年	58	21.8	13.5

国家发展和改革委员会提出我国天然气发展策略是：立足国内、利用海外、西气东输、北气南下、海气登陆、就近供应，走国内生产与国外进口相结合的液化天然气（LNG）发展道路。预计至 2020 年将投资 2 200 亿人民币用于天然气基础设施建设，也就是建设 5 万 km 天然气管线，引进千万吨级液化天然气接收站，形成百万吨级的液化天然气运输能力。将在长三角地区、环渤海地区、泛珠三角地区建设 10 个左右的液化天然气接收站，到 2020 年形成进口 5 000 万 t 规模的液化天然气接收设施，使天然气在一次能源消费中所占比例达到 12%。

我国天然气储量比较丰富，但其主要分布在西部和中部，而气源的主要消费群却又集中在东部沿海，单靠长输管线的输量根本满足不了人们的需求，因此开拓创新天然气的制取方法便成了眼下亟需解决的一个新问题。

#### 1. 利用天然气水合物

天然气水合物被誉为 21 世纪的新能源。1 m<sup>3</sup> 天然气水合物的能量相当于 164 m<sup>3</sup> 天然气的热值。据称在世界大洋中，天然气水合物的总量换算成甲烷气体将高达 2 × 10<sup>16</sup> m<sup>3</sup>，其含炭量比迄今世界上所有已知石油、天然气、煤炭矿产总量多 2 倍。

2007 年 5 月 1 日凌晨，在我国南海北部成功钻获天然气水合物样品。此项工作由国土资源部中国地质调查局统一组织，由广州海洋地质调查局具体实施，委托辉固国际集团公司 Bavenit 号钻探船承担钻探。初步估计我国南海北部陆坡天然气水合物远景资源可达上百亿吨油当量。

我国海域面积为 470 多万 km<sup>2</sup>、海水平均深度为 961 m，具有非常好的天然气水合物开发前景。除海上外，经初步勘测在我国青藏高原也有着极为丰富的天然气水合物资源。有专家估计，发达国家 2015 年将会用上由天然气水合物制成的天然气，估计我国数年之后也将会大量使用由天然气水合物制成的天然气。

目前世界消耗的能源中，石油占第一位，天然气占第二位，估计不久天然气将占首位，石油位居第二。从全球来看，天然气资源远比石油丰富，我国更是如此。

我国近年来先后做过三次全国性油、气资源评估：第一次在 1986 年进行；第二次在

与石油相反,我国天然气资源的情况十分乐观,天然气资源量达 47 万亿  $\text{m}^3$ ,可储量预测可达 14 万亿  $\text{m}^3$ 。从世界范围来看,我国天然气资源在世界上名列前茅。我国天然气产区在陆上主要位于塔里木、四川、陕甘宁、准噶尔、柴达木等高原边远地区,在海上则位于南海、东海、渤海等海域。

### 2. 酒精沼气制天然气

一般民用燃料的天然气中  $\text{CH}_4$  含量在 90% 以上, $\text{CH}_4$  的热值为  $37 \text{ MJ}/\text{m}^3$ ,因此将酒精沼气中的  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  脱至《天然气》GB 17820—1999 中规定的民用燃料的天然气  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  的含量指标,即通过净化可将酒精沼气制成作为民用燃料的天然气。作为民用燃料的天然气的主要成分为  $\text{CH}_4$ 。

酒精沼气是利用酿酒过程产生的下脚料发酵产生的。我国的酿酒企业众多,面对众多的酿酒企业所产生的下脚料,制造酒精沼气的原料是有充分保证的,同时其生产成本低廉,并且能大规模工业化生产,因此采用酒精沼气制造天然气是一个节能环保与经济效益兼具的项目,项目发展前景极为广阔。

### 3. 煤制天然气技术

煤制天然气技术能够从廉价的含碳原料中生产替代性天然气(简称 SNG)。SNG 中富含甲烷,可以与天然气相互替代并且以相同的方式进行输送。过程主要是进行甲烷化,将一氧化碳和氢气转变成为 SNG,然后将 SNG 产品进行干燥并尽可能压缩,以适应管道条件。目前此项技术已在美国伊利诺伊州的工厂得到应用。

## 第三节 输气系统的组成与特点

### 一、输气系统的组成

由于天然气密度小、体积大,因此管道几乎成为其唯一的输送方式。从气田的井口装置开始,经矿场集气、净化、干线输气,直到通过配气管网送到用户,形成了一个统一的、密闭的输气系统(图 0-3)。整个系统主要由矿场集气管网、干线输气管道(网)、城市配气管网和与这些管网相匹配的站、场装置组成。

气田集气从井口开始,经分离、计量、调压、净化和集中等一系列过程,到向干线输气为止。包括井场、集气管网、集气站、天然气处理厂、外输总站等。

气田集气有两种流程:单井集气和多井集气。单井集气的井场除采气树外,还将节流(包括加热)、调压、分离、计量等工艺设施和仪表都布置在井口附近。每口气井有独立完整的一套设施和仪表。气体在井场初步处理后,经集气管网汇集于总站,进一步调压、处理、计量后外输。

多井集气流程在井场只有采气树,气体经初步减压后送到集气站。一个集气站汇集不超过 10 口井的气体,在站上分别对各井的气体进行节流(包括加热)、调压、分离、

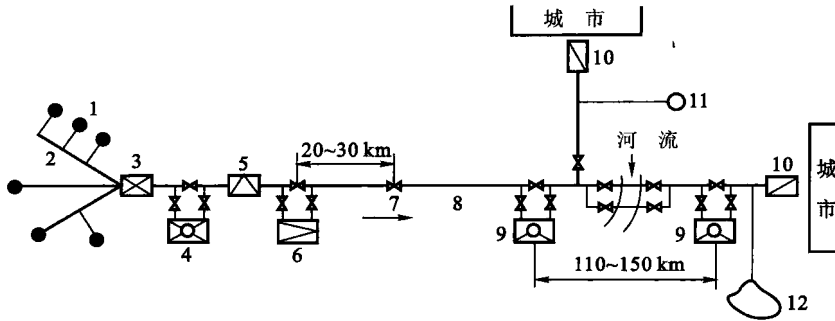


图 0-3 输气系统示意图

1—井场装置；2—集气管网；3—集气站；4—矿场压气站；5—天然气处理厂；6—输气首站；7—截断阀；8—主干管道；9—中间压气站；10—城市配气站及配气管网；11—地上储气库；12—地下储气库

计量和预处理，然后通过集气管网集中于总站，外输至净化厂（处理厂）或干线。多井集气流程主要用于气田大规模开发阶段，它处理的气体质量好，节约劳力，便于实现自动化管理，经济效益高。

无论是单井还是多井集气都可以采用枝状或环状集气管网。环状管网可靠性好，但投资较大。

一个气田究竟采用何种集气流程和管网，要根据气田的储量、面积，构造的大小、形状、产层数，产层特性、产气量、井口压力和气体的组成与性质以及采用的净化工艺，通过综合技术经济比较来确定。

### 1. 井场

由于气井压力较高，从气井流出的气体往往需经过多级节流才能进入采气管线。如图 0-4 所示，气体先经采气树针形阀，再经一级节流阀控制气井产量，由二级节流阀控制阀后采气管线的压力。当气藏压力较高时，采气管线压力常由气体处理厂商品天然气所需压力确定。为防止生成水合物，在节流阀间设有加热炉，以使气体升温，或在采气树针形阀后注入水合物抑制剂替代加热炉。

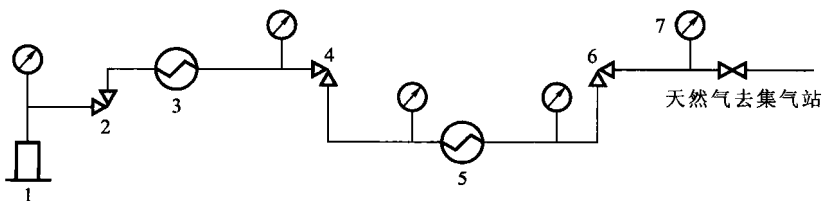


图 0-4 气井井场

1—气井；2—采气树针形阀；3、5—加热炉；4—一级节流阀；6—二级节流阀；7—温度计

的储罐,气体经计量后送往集气干线。通常每口井对应有一个分离器,若气流中只含水或只含凝析液(带微量水),可将三相分离器改为气液两相分离器。每个集气站管辖约5 km 半径地域内的气井,所管辖气井的数量不受限制。

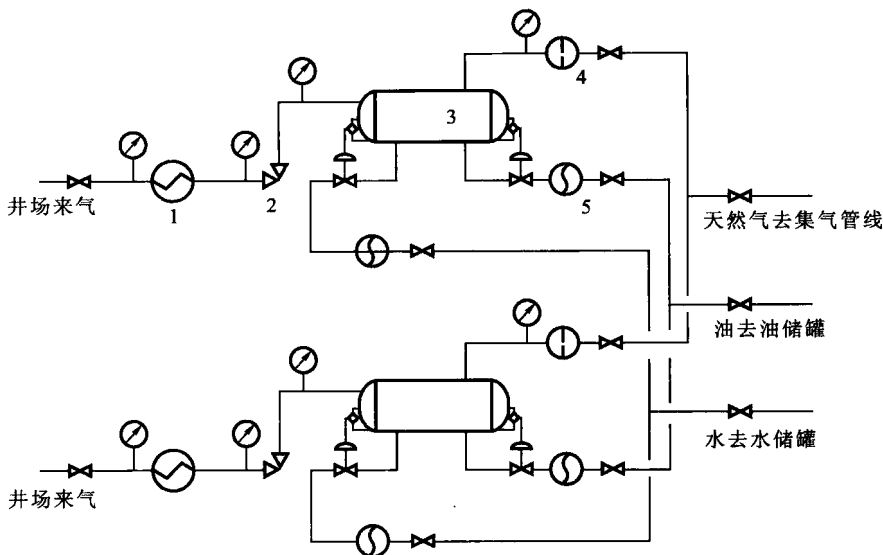


图 0-5 多井集气站

1—加热炉;2—节流阀;3—三相分离器;4—孔板流量计;5—液体流量计

对枝状和环状集气管网,各井产量的计量只能在井场进行,井场需设计量分离器和气液计量仪表。枝状和环状管网具有采气管线长度短、集气压力低、节省钢材等优点,但设备分散,不便于集中管理和自控的实施,在气田生产后期需要对气体增压时,压缩机只能设在井场;放射状集气管网的优缺点与上述两种管网相反,大型气田的集气管网应以放射状为主。

### 3. 天然气处理厂

由各集气站来的天然气在天然气处理厂内进一步脱水、脱硫、脱二氧化碳,使处理后的天然气符合干线输送要求,然后进入输气管首站和干线输气管。

### 4. 干线输气

输气干线从矿场附近的输气首站开始,到终点配气站为止。长距离干线输气管道管径大、压力高,距离可达数千千米,年输气量高达数百亿立方米,是一个复杂的工程系统。

为了长距离输气,需要不断供给压力能,沿途每隔一定距离设置一座中间压气站(又称压缩机站)。输气首站就是第一个压气站。当地层压力足以将气体送到第二个压气站时,首站可暂不建压缩机车间,此时的首站就是一个调压计量站。终点配气站本质上也是一个调压计量站,担负着向城市或用户配气管网供气的任务。

干线输气管网是一个复杂的工程,除了图 0-6 所示的线路和压气站两大部分外,还

有通信、自动监控、道路、水电供应、线路维修和其他一些辅助设施和建筑。

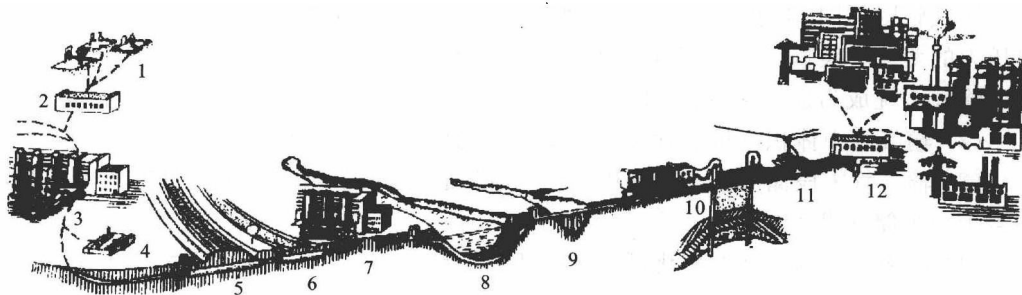


图 0-6 干线输气管网示意图

1—井场;2—集气站;3—有净化装置的压气首站;4—支线配气站;5,6—铁路和公路穿越;7—中间压气站;8,9—河流穿越和跨越;10—地下储气库;11—阴极保护站;12—终点配气站

## 5. 城市配气

城市配气的任务是从配气站开始,通过各级配气管网和气体调压站保质保量地根据用户要求直接向用户供气。配气站是干线的终点,又是城市配气的起点和总枢纽。气体在配气站内经过分离、调压、计量和添味后输入配气管网。城市配气管网也有枝状和环状两种;按压力有高压、次高压、中压和低压四级。上一级压力的管网只有经过调压站调压后才能向下一级管网供气。配气管网的形式和压力等级要根据城市的规模、特点、用户多少、用气量大小及该地区的地形条件等来决定。

储气库一般都设在城市附近,以调节输气与供气之间的不平衡。当输气量大于向城市的供气量时,气体储存起来;反之,则从储气库中取出气体以弥补不足。

## 二、输气系统的特点

### 1. 从生产到使用各环节紧密相连

天然气从生产到使用大约有 5 个环节,即采气、净气(除尘、脱水、脱硫等)、输气、储气、供配气。这 5 个环节由 3 套管网相连,即矿场集气网、输气干线和城市配气网。这 3 套管网形成一个统一、连续、密闭的输气系统。在该系统中,5 大环节密切联系,互相制约,互相影响,如某一环节发生故障,则会影响到整个系统。

正因为整个输气系统是密切联系的,关系到几十亿、几百亿的投资,关系到工业、农业,关系到成千上万人的生活,所以它的设计、施工和管理要求十分严格,须经多方论证而决定。

### 2. 气体可压缩性对输气和储气的影响

(1) 上、下站输量不等时,压力变化较平缓。

输油管中间站往往设旁接罐,用以平衡上站来油和本站输量间的不平衡。如果没有中间罐,当来油和输油量不平衡时,由于液体的不可压缩性会使泵站入口压力骤然升高或降低,使泵站不能正常工作。因而长距离密闭输油管路要有周密可靠的自动保护



装置,以保证流量波动时泵站能正常工作。

输气管则不同,由于气体的可压缩性,上站来气和本站输气量不平衡时,压气站进口压力的变化会缓慢得多,有足够的时间来调整输气量的不平衡,不需设置旁接罐,使整个输气系统成为连续、密闭的水力系统。

(2) 输气管中体积流量沿管长而改变,起始流量小,终点流量大。

(3) 输气管末段储气。末段比中间站间管段长,可调节供气 and 用气量间的不平衡,相当于一个储气设备。

(4) 停输后管内压力的变化可使压力达到均衡。

### 3. 可充分利用地层压力输气

气井的井口压力一般高于油井的井口压力。例如,四川气井井口压力约 100 atm (1 atm $\approx$ 0.1 MPa);大庆油田刚开始生产时,井口压力约 20 atm。这种差别的原因是:一般来讲气层较深,在上覆地层压力下,气层压力较大,地层压力举升天然气的能耗少。

输气系统是连续的、密闭的,因而可利用地层压力输气。我国四川境内的输气管就没有压气站。当气田处于开采后期,压力下降时再建压气站。可见,输气管压气站的建设可分期、分批进行,而且是从尾向前建。

## 第四节 天然气管道运输的发展概况

由于天然气的特性,加上管道运输经济、可靠,陆上天然气的输送几乎全部采用管道,故输气管的发展很快。目前,天然气管道占世界各种管道总长的一半以上,大约在 100 万 km 以上。原油、成品油、CO<sub>2</sub> 等管道约为 85 万 km。

我国是最早使用管道输送天然气的国家之一。大约在公元 1 600 年,竹管输气已有很大发展,从“长竹剖开,去节、合缝、漆布,一头入插井底,其上曲接,以口紧对釜脐”的一井一管一锅的就地使用,到“一井口接数十竹者,并每竹中间复横嵌竹以接之”的分输,输送距离也从“周围砌灶”发展到“以竹筒引之百步千步”的长度,显示了我国古代劳动人民的智慧和管道建设水平。但是,在新中国成立前我国还没有一条真正的近代输气管道,直到 1963 年才于四川建成了我国第一条输气管道——巴渝管线,管径 426 mm,全长 55 km。到 2004 年,我国建成天然气管道 2 万 km(含海上 900 多 km),约占世界的 20%。随着天然气在我国能源结构中所占比重的增加,天然气管道会有更大的发展。

从世界范围看,18 世纪以前天然气主要依靠气井压力利用木竹管道短距离输送;18 世纪后期开始使用铸铁管;1880 年首次采用蒸汽机驱动的压力机;19 世纪 90 年代钢管出现之后,管道建设进入了工业性发展阶段。随着现代科学技术的发展,以及世界对天然气需求的增长,输气管道已有很大发展。据统计,1974 年全世界有输气管道约 740 000 km,其中美国 423 000 km,前苏联 90 000 km,西欧共同市场 84 000 km。到