

“十一五”重点图书出版规划·石油天然气储运工程

天然气输送与 城镇燃气

陆 忠◎主编

中国石油大学出版社

“十一五”重点图书出版规划·石油天然气储运工程

天然气输送与 城镇燃气

陆 忠◎主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

天然气输送与城镇燃气/陆忠主编. —东营:中国石油
大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-5636-2437-9

I.天… II.陆… III.天然气输送 IV.TE83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 130359 号

书 名: 天然气输送与城镇燃气
主 编: 陆 忠

责任编辑: 付晓云(电话 0546—8395745)

封面设计: 大象设计工作室

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: suzhijiaoyu1935@163.com

排 版 者: 中国石油大学出版社排版中心

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8391809)

开 本: 210×285 印张: 38.875 插页: 1 字数: 1 148 千字

版 次: 2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 180.00 元

《天然气输送与城镇燃气》

编写委员会

主 编：陆 忠

副主编：尹文柱 王志伟

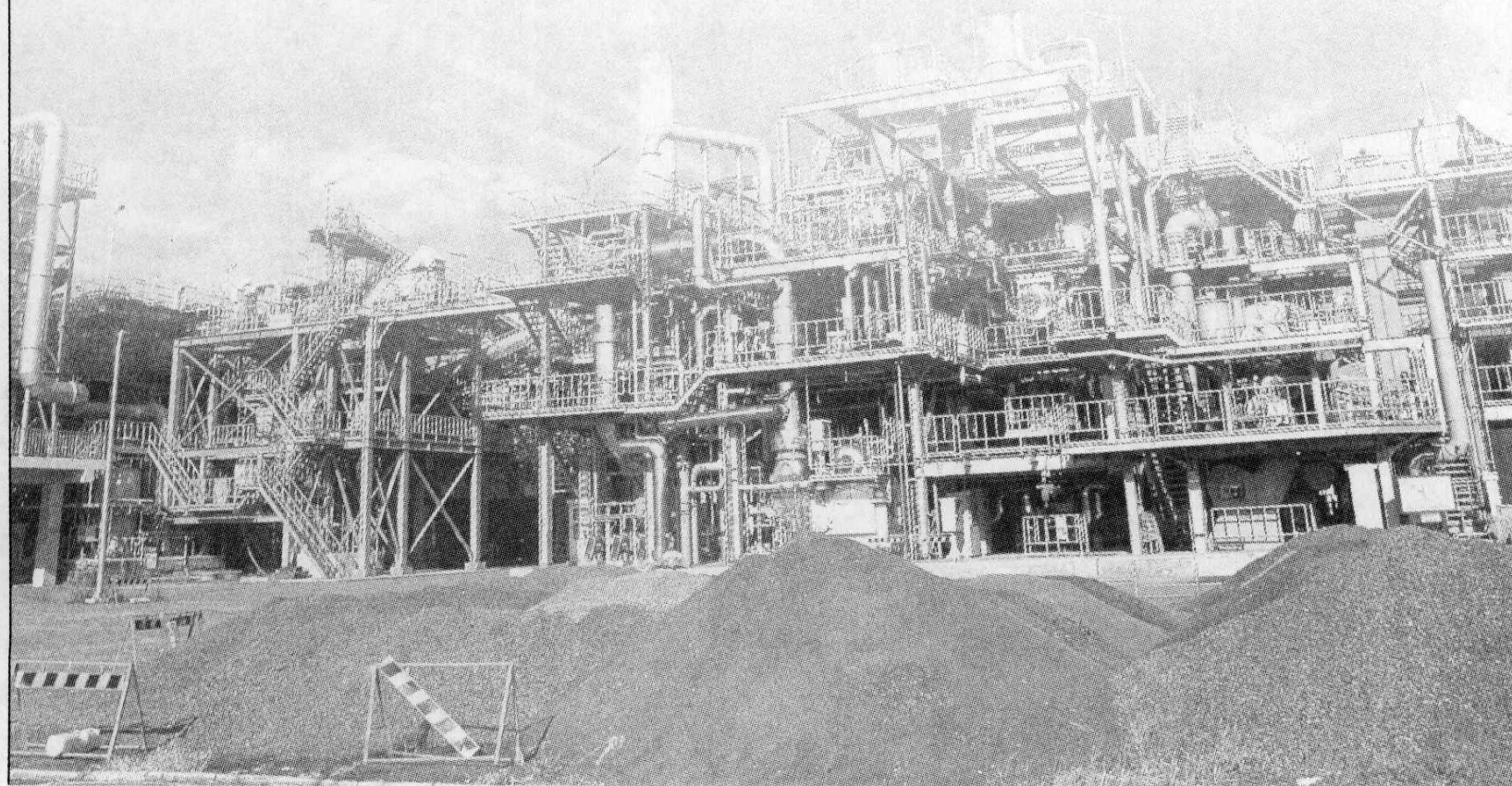
编 者：陶志刚 吴中林 刘德田

陈晓红 李春民 李玉坤

陈 刚 张国兴 史家旭

马秀云 王树军 路太辉

杨 滨



致读者

近十几年来,天然气管道事业在我国发展迅速,陕京一线于1997年建成投产以后,涩宁兰管道、西气东输管道、忠武管道、陕京二线等重要输气管道亦相继建成,并已投产运营。这些长距离天然气管道的建成投产为国民经济和沿线各省、市、县经济的快速、稳定发展与环境保护提供了强有力的保证;同时,也为各地区城镇燃气的迅速发展创造了良好的条件。

天然气是一种易燃易爆的混合性气体。作为天然气管道的运行人员,必须熟悉并掌握天然气管道运行知识和技能,才能降低各种风险,确保管道安全运营。

针对现有高等学校相关教材存在的知识陈旧、理论与实际生产脱钩等现象,我们结合现在陕京线、西气东输等在役管道最先进的设备及管理经验编写了本书。本书对天然气输送理论进行了介绍,但更注重理论联系实际,对目前在用的设备和技术进行了详细的讲解。

本书涵盖了天然气干线输送中设备、仪表、自控、计量、电气、通讯、信息、线路、安全等各专业的技术及城镇燃气的相关内容,并对压气站、地下储气库和液化天然气进行了简要介绍。本书具有较高的学习和使用价值,可作为大中专院校输气专业的教材,更适于作为输气管道运行人员的培训教材。

第一篇 输气工艺基础知识

第一章 天然气输送简介/2

- 1 天然气输送方式/2
- 2 天然气长距离管道输送/2

第二章 天然气的物性/4

- 1 天然气的特点与组成/4
- 2 天然气的热值/4
- 3 天然气的可燃性限和爆炸极限/4
- 4 天然气输送过程中的节流效应/5

第三章 天然气的输送要求及天然气的净化/6

- 1 天然气的输送要求/6
- 2 天然气的净化/7

第四章 天然气的水合物/11

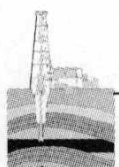
- 1 水合物及其形成条件/11
- 2 输气管道中气体含水量的变化/11
- 3 形成水合物的温度、压力条件/12
- 4 输气管道内水合物可能形成的区域/12
- 5 防止水合物形成的方法/13

第五章 清管工艺/15

- 1 清管器的分类及特性/15
- 2 清管的工艺参数/16
- 3 清管流程/17
- 4 清管球运行故障及处理/18

第六章 液化天然气(LNG)/20

- 1 LNG 的运输/20
- 2 典型 LNG 管道简介/22



第七章 压缩机组与压气站/27

- 1 压缩机组/27
- 2 压气站/31
- 3 压气站与管路的匹配/33

第八章 地下储气库/36

- 1 各种类型的地下储气库的特性/36
- 2 地下储气库设计储量的确定/39
- 3 储库储气量计算及校核/40
- 4 注采气速度的选择/41
- 5 地下储气库实例介绍/42

第二篇 工艺设备

第一章 阀门/44

- 1 阀门概述/44
- 2 阀门的分类/44
- 3 阀门常用的重要参数/46
- 4 常用类型阀门介绍/46
- 5 阀门执行机构/59
- 6 阀门的维护保养/68
- 7 阀门维护用工具及材料/70

第二章 天然气输送中的分离设备/74

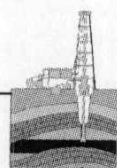
- 1 多相流分离概述/74
- 2 目前天然气管线常用的分离设备/74

第三章 调压设备/81

- 1 调压器的作用及组成/81
- 2 调压器的工作原理/81
- 3 压力自动调节系统的过渡过程/82
- 4 影响过渡过程动特性的因素/83
- 5 调压器分类/84
- 6 调压器的选择/87
- 7 轴流式负载控制型调压器——FL 调压器介绍/89
- 8 调压系统切断阀/92
- 9 调压系统的典型配置/94

第四章 传热及换热设备/96

- 1 换热器的分类与结构形式/96
- 2 工业换热方式/102
- 3 换热器传热过程的强化/102
- 4 天然气加热水套炉/103



第五章 输气设备管理及维修策略/111

- 1 设备管理的定义/111
- 2 设备维修策略和维修模式/111
- 3 天然气管道设备维修策略/114

第三篇 输气工艺常用检测仪表

第一章 仪表概述/122

- 1 自动化仪表及其发展概况/122
- 2 电动单元组合仪表及其控制系统的组成/123
- 3 仪表的基本技术指标/124

第二章 温度检测仪表/127

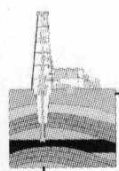
- 1 温度的基本概念/127
- 2 温度的表示方法/127
- 3 温度关系式/127
- 4 测量温度的主要方法/128
- 5 双金属温度计/128
- 6 热电偶/129
- 7 热电阻/131
- 8 半导体热敏电阻/133
- 9 热电偶温度变送器的基本结构/133
- 10 3144P 智能温度变送器/136
- 11 644 智能温度变送器/139
- 12 温度计导热套管/141

第三章 压力检测仪表/142

- 1 压力的基本概念/142
- 2 弹性式测压元件及其变送器/144
- 3 压力表/152
- 4 3051 智能压力变送器/154
- 5 3051S 系列变送器/158
- 6 压力表检定过程/160
- 7 智能压力变送器应用及校准/161
- 8 仪表阀/164

第四章 流量检测仪表/170

- 1 节流式流量计/170
- 2 容积式流量计/173
- 3 涡轮流量计/174
- 4 电磁流量计/175
- 5 旋涡式流量计/176



第五章 成分分析仪表/178

- 1 热导式气体分析仪/178
- 2 红外线气体分析仪/180
- 3 色谱分析仪/182

第四篇 输气工艺自动控制系统

第一章 可编程序控制器 PLC/188

- 1 PLC 基础知识介绍/188
- 2 PLC 程序设计语言/190
- 3 陕京线在用 PLC 简介/192

第二章 SCADA 自动控制系统/197

- 1 油气长输管道 SCADA 系统概述/197
- 2 SCADA 自动监控系统软件/201
- 3 SCADA 在我国输油气管道中的应用/201
- 4 油气管道 SCADA 系统发展动态/205

第三章 安全控制系统介绍/208

- 1 安全控制系统概述/209
- 2 站场安全控制系统实例/213
- 3 站控系统 HMI 监控画面/219

第四章 可燃气体火灾报警系统/221

- 1 危险气体检测报警系统/221
- 2 火灾报警系统/232

第五章 电气防爆基本知识/239

- 1 相关标准/239
- 2 危险场所划分/239
- 3 防爆标记/241
- 4 防护等级/244
- 5 主要防爆认证机构/245

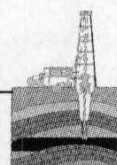
第五篇 输气计量

第一章 计量基础知识/248

- 1 基本概念/248
- 2 流量测量的不确定度/253

第二章 天然气流量计量基础知识/256

- 1 天然气流量测量常用的流体参数/256
- 2 天然气流量测量常用的物性参数/261
- 3 计量单位制/263



第三章 天然气流量计量/269

- 1 流量测量与仪表分类/269
- 2 流量计的选型原则/272
- 3 天然气计量系统技术要求(GB/T 18603—2001)/273
- 4 天然气计量标准发展简介/274
- 5 气体超声流量计简介/278
- 6 撬装计量系统概述/282
- 7 流量计算机/282

第四章 常用其他天然气流量计量仪表/284

- 1 差压式流量计/284
- 2 涡轮流量计/286
- 3 涡街流量计/288

第五章 天然气流量仪表的检定/291

- 1 检定和校准/291
- 2 天然气贸易计量法规/292
- 3 计量管理概论/293
- 4 天然气计量管理/294
- 5 计量交接管理/294

第六篇 供、配电系统

第一章 供、配电概论/298

- 1 电工基础知识/298
- 2 输电与配电的形成/299
- 3 输配电电磁与环境影响/299

第二章 输气站场配电系统/300

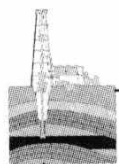
- 1 用电负荷级别划分/300
- 2 高、低压配电装置/301
- 3 电力变压器/301
- 4 低压配电网/303
- 5 保安电源/305

第三章 UPS 不间断电源系统简介/306

- 1 UPS 电源分类/306
- 2 UPS 不间断电源系统特点/308
- 3 UPS 电源的日常维护和检查/309
- 4 蓄电池系统/309

第四章 天然气发电机/311

- 1 天然气发电机组系统简介/311
- 2 步进电机简介/317



3 天然气发电机调试运行 /321

第五章 电气接地/325

- 1 概念解释/325
- 2 接地装置/325
- 3 工作接地/326
- 4 保护接地/326
- 5 重复接地/327

第六章 用电安全和防护技术/329

- 1 用电安全技术/329
- 2 电气安全用具/332
- 3 用电防护技术/334
- 4 触电急救/335
- 5 电气防火技术/337
- 6 静电防护技术/338

第七章 热电发电机(TEG)/340

- 1 名词解释/341
- 2 运行原理/341
- 3 TEG 组成/341
- 4 燃料情况/346
- 5 数据板/347
- 6 燃料供给/347
- 7 点火与启动步骤/348
- 8 维修与保养/350
- 9 故障排除指南/351
- 10 6720 型限压器/352

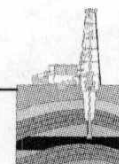
第七篇 管道通信与信息技术

第一章 管道卫星通信/355

- 1 VSAT 卫星通信网发展概况/355
- 2 VSAT 卫星通信网网络拓扑及组网形式/359
- 3 VSAT 网的传输体制/360
- 4 数据 VSAT 网中的通信协议/362
- 5 长输管道卫星通信现状/362
- 6 卫星常用术语解释/366
- 7 卫星通信网设备的维护/367
- 8 应急卫星通信车/367

第二章 管道光纤通信/373

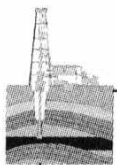
- 1 光纤通信基础知识/373



- 2 通信设备的光传输系统的 SDH 原理概述/377
- 3 长输管道光纤通信系统简要介绍/379
- 第三章 管道 GPRS 技术/384**
 - 1 GPRS 的概念、历史、发展与应用/384
 - 2 GPRS 技术在 SCADA 系统终端的应用/385
 - 3 GPRS 应用涉及的几个概念/387
 - 4 陕京输气管道中的 GPRS 系统介绍/387
- 第四章 信息技术与企业管理/390**
 - 1 信息技术的定义/390
 - 2 信息技术与企业管理/390
- 第五章 网络/395**
 - 1 硬件组成/395
 - 2 软件组成/397
 - 3 通信子网和资源子网/398
 - 4 计算机网络的分类/398
 - 5 网络组成结构实例介绍/400
- 第六章 管理信息系统/403**
 - 1 管理信息系统概述/403
 - 2 信息/403
 - 3 系统与信息系统/404
 - 4 管理信息系统/406
- 第七章 管理信息系统实例介绍/409**
 - 1 EAM 系统/409
 - 2 地理信息系统/411
 - 3 视频系统/414

第八篇 线路管理

- 第一章 线路完整性管理/422**
 - 1 线路管理的目的和方法/422
 - 2 线路管理常识/422
 - 3 管道线路完整性管理/425
- 第二章 水工保护/430**
 - 1 地形地貌特征/430
 - 2 规范性引用文件/430
 - 3 术语/430
 - 4 信息施工法/431
 - 5 水工保护的一般方案/431
 - 6 水工保护工程一般施工步骤/432



7 各种结构水工保护工程介绍/432

8 砌体工程简单常识/444

第三章 管道防腐/446

1 腐蚀概念/446

2 管道腐蚀的防护/447

3 管道外防腐层/448

4 阴极保护/453

5 阴极保护准则/463

6 管道外防腐系统的运行维护/465

7 管道内腐蚀防护/468

8 杂散电流腐蚀及防护/469

第四章 管道检测/471

1 管道内检测/471

2 超声导波检测技术/477

3 管线检测仪/482

4 超声波测厚仪/487

第九篇 管道安全管理

第一章 HSE 管理体系介绍/492

1 国外 HSE 管理体系的发展/492

2 国内 HSE 管理体系的发展/493

3 HSE 管理体系的特点/493

4 天然气管道输送企业 HSE 管理体系/494

5 HSE 管理体系在输气企业的实施/494

第二章 输气投产安全管理/497

1 天然气管道的投产过程/497

2 输气管道投产前的干燥/498

3 输气管道的气体置换/500

4 输气管道投产的安全/501

第三章 输气运行安全管理/503

1 气质监控/503

2 线路维护/504

3 站场的安全管理/506

4 输气管道运行管理/508

5 输气管道运行清管作业的安全要求/508

6 输气管道水合物的防治/509

7 输气管道维修及动火的安全管理/511

第四章 天然气管道事故应急预案/516

1 天然气管道事故应急预案的制定/516

2 天然气管道事故应急救援体系/521



第五章 典型安全事故剖析材料/526

- 1 某天然气田分公司某站“1.20”泄漏爆炸事故/526
- 2 某天然气分公司“6.16”触电死亡事故/527
- 3 某天然气田分公司运销部“4.16”亡人事故/527
- 4 某石油管理局某输气站“7.18”爆炸事故/528
- 5 某天然气干线管道遭第三方破坏事故/528
- 6 某凝析油管线遭打孔事件/529

第六章 管道第三方破坏风险评价/530

- 1 第三方风险/530
- 2 第三方破坏/532
- 3 某输气管道某段遭第三方破坏风险评价实例/542
- 4 第三方风险指数评分情况/546

第十篇 城镇燃气

第一章 燃气基本知识/558

- 1 燃气的性质/558
- 2 燃气燃烧理论基础/561

第二章 城镇燃气输配的基础知识/570

- 1 城市燃气输配系统的组成和分类/570
- 2 燃气供气方式和管网系统压力级制/572
- 3 城市燃气需用量及供需平衡/575
- 4 高、中、低压燃气管道的水力计算/580
- 5 大同城市燃气简介/583

第三章 城镇燃气机构设置与考核标准/586

- 1 燃气管理部门机构设置的模式/586
- 2 城镇燃气的管理机构/587
- 3 城镇燃气考核标准/588

第四章 燃气安全技术/592

- 1 防止火灾/592
- 2 防止爆炸/594
- 3 防止中毒/595

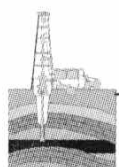
第五章 燃气突发事件的抢修预案/598

- 1 突发事件发生的原因及种类/598
- 2 燃气设施突发事件的抢修方案/599
- 3 管网抢修组织机构及职责/600
- 4 管网事故类型及抢修分类/601
- 5 抢修工作程序/601
- 6 抢修人员及设备材料/601
- 7 处理突发事件预案/602

第一篇

输气工艺基础知识

天然气是一种易燃易爆的混合气体,其主要成分为甲烷。在进入长输管道输送之前,必须对天然气进行脱水、脱硫等净化处理,以达到管输要求和满足下游用户的需求。在管道运行期间,需要进行清管、天然气加压、储存等工作,并应做好工艺设备、仪表、自控、计量、电气、通讯、线路、防腐等各专业的设备和设施的检查、维护工作,以确保输气管道安全、平稳运行。本篇主要介绍天然气的物性与净化、清管工艺、压缩机、地下储气库以及液化天然气(LNG)等输气工艺基础知识。



第一章

天然气输送简介

1 天然气输送方式

正常状态下的天然气以气体状态存在于自然界中,对于气态物质而言,管道输送是最有效的输送方式。自从天然气被开采利用以来,一直是利用管道从开采地输送到用户。由于天然气的广泛使用以及开采地与用户距离越来越远,有的甚至要越洋过海才能将天然气送到用户,这就给管道建造带来了极大的困难。20 世纪 70 年代以后,由于深冷技术的发展,天然气的液化输送得以实现,这就是把天然气在低温和一定压力下变成液体,然后用特殊的船舶或槽车进行运输。到目前为止,大量的天然气的主要运输方式有两种,即管道运输和液化气船(车)运输。

从运输的地理环境分,天然气运输又可分为陆上运输和水路运输。陆上运输主要采用管道运输,这是最大量、最普遍的运输方式;此外,也采用压缩天然气槽罐车运输,这是少量的、短距离的运输。压缩天然气并无严格的定义,通常指高压的天然气(最高压力达 25 MPa)。陆上运输还可以采用液化运输方式。

天然气水路运输主要指海路运输,有两种运输方式:

(1) 液化气船运输。这是长距离海路运输的主要方式,如从中东、东南亚运送到欧洲、亚洲各地均采用此方式。

(2) 海底管道运输。这是海上气田和近海大陆架气田输送到陆上的最主要方式,如我国从崖—13 气田运送到香港、从东海春晓气田运送到上海均采用此方式。

天然气管道可分为矿场集输管道、长输管道和城市输配管网。本书主要介绍天然气长输管道和城市输配管网的各种技术。

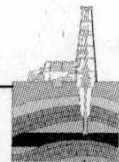
2 天然气长距离管道输送

2.1 天然气长输管道的概念和特点

天然气从地层开采出来,经过矿场集输管道集中输送到净化厂处理后,由长输管道输送至城市管网,供给工业用户或民用。由气井至用户,天然气都在密闭状态下输送,形成一个输送系统。

天然气长输管道是连接气田净化处理厂与城市门站之间的干线输气管道。它在我国压力管道分类中属 GA 类,它的设计应遵循国标《输气管道工程设计规范》(GB 50251)。

天然气长输管道具有口径大、压力高、输气量大、运距长等特点。以西气东输管道为例,从新疆轮南至



上海市,全长4 000多千米,管径 $\phi 1\ 016\text{ mm}$,最高设计输送压力10 MPa,年设计输气量120亿立方米,相当于我国目前天然气总输量的40%左右。

2.2 天然气长输管道的组成和功能

输气管道工程由输气管道、输气站场、管道穿(跨)越及辅助生产设施组成。根据用户情况和管线距离,输气管道设有压气站、分输站、计量站及清管站等,通过分输站(计量站)将天然气调压后输往城镇配气管网或直接输往用户。

输气首站是输气管道的起点站,一般具有分离、调压、计量、清管等功能。它接受气田净化厂来气,经过升压、计量后输往下一站。在气田开发初期,由于地层压力较高而输气量较小,地层压力足以输送至下一站,因此,首站一般不设压缩机组。

在输气过程中,沿程压力会不断下降,为了提高输气量,必须在一定距离后设置中间压气站增压。输气末站为输气管道的终点站,一般具有分离、调压、计量、清管、配气等功能。输气末站将天然气计量、调压后供给城市配气管网及大工业用户。为满足沿线地区用气,常在中间压气站或分输站引出支线分输,也可以接受其他气田(或管道)的进气。

天然气的消耗在一天、一个月或一年之内有很大的不均衡性,城市居民用气量更是如此,如北京市日高峰用气量是低谷用气量的几倍至十几倍。干线的输量应维持在其设计输量范围内才能安全、经济地运营。为了满足季节性调峰的需要,常在大城市附近设储气库,夏季天然气供应过剩时,管道向储气库注气,冬季用气高峰时,再采出用以调峰。长距离输气干线和一个或多个地下储气库及一系列输入、输出支线,形成一个统一的供气系统。

2.3 天然气长输管道的发展

国外天然气管道有近120年的发展历史。20世纪七八十年代是全球输气管道建设高峰期,世界上几条著名的输气管道大都是这一时期建成的。北美、俄罗斯、欧洲的天然气管道已形成地区性、全国性乃至跨国性的大型供气系统。目前,全球输气管道总长度超过140万千米,其中直径1 m以上的管道超过12万千米。

1963年,我国建成第一条现代输气管线——巴渝线。到20世纪80年代中期,我国输气管道主要分布在川渝地区。从上世纪末开始,我国输气管道建设进入快速发展阶段,近年已建成陕京一线输气管道(如图1-1.1所示)、涩北—西宁—兰州输气管道、西气东输管道、忠县—武汉输气管道、陕京二线输气管道等重要管道。

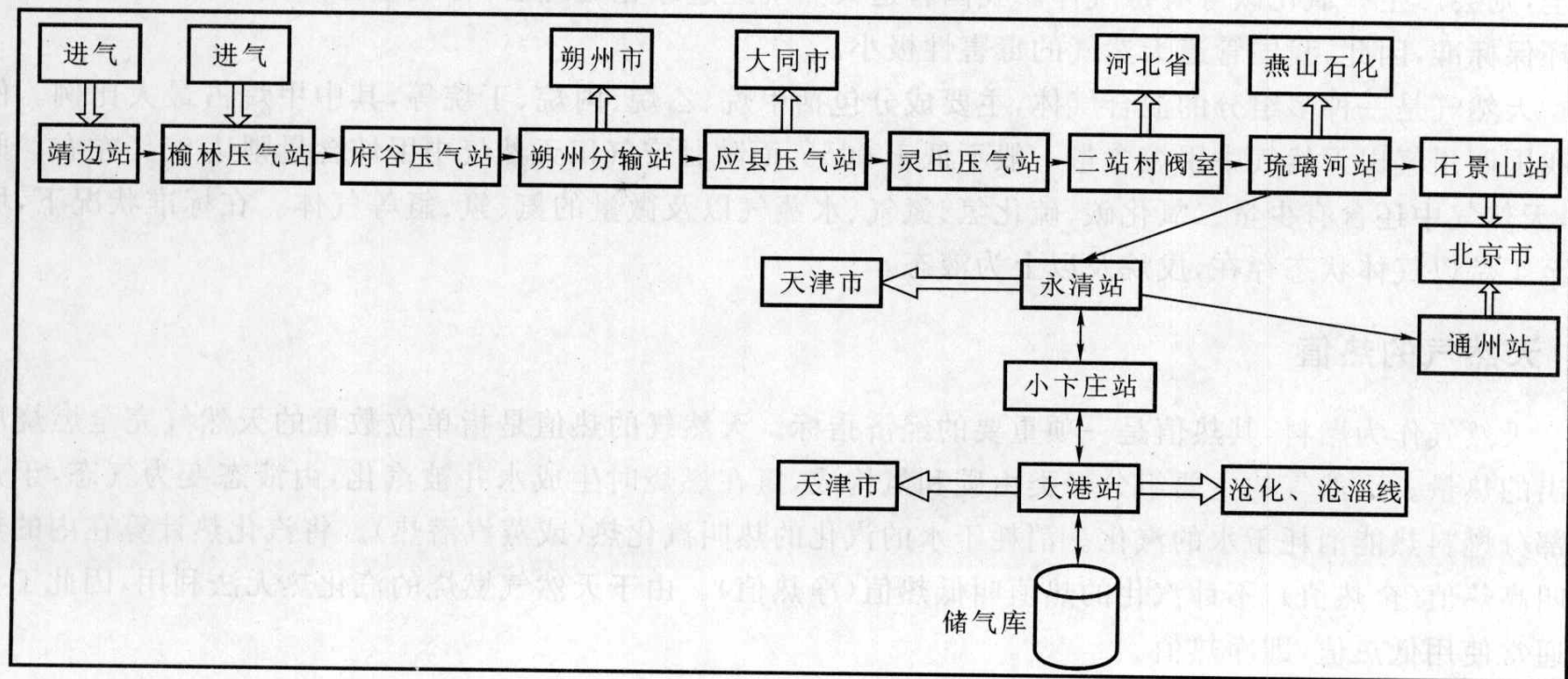


图 1-1.1 陕京一线输气管道结构图