

石油工人技术培训系列丛书

输气 技术

茹慧灵 主编



石油工业出版社

石油工人技术培训系列丛书

输 气 技 术

茹慧灵 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了输气管道输送的基本原理和实用技术,内容包括天然气的物理化学性质,长输管道工艺输送技术,常用的工艺设备的操作、维护及故障处理等。

本书是长输管道生产运营管理人员、操作人员培训教材,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

输气技术/茹慧灵主编.

北京:石油工业出版社,2010.5

(石油工人技术培训系列丛书)

ISBN 978-7-5021-7699-0

I. 输…

II. 茹…

III. 天然气输送-技术培训-教材

IV. TE83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 048526 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:www. petropub. com. cn

编辑部:(010)64523582 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本:1/16 印张:19.75

字数:360 千字

定价:32.00 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

《石油工人技术培训系列丛书》

编 委 会

主 任：郑 虎

副 主 任：李万余 王永春 孙祖岭 白泽生

刘志华 孙金瑜

委 员：(按姓氏笔画排序)

上官建新 万志强 马卫东 马平凡

马自勤 王立民 王忠仁 尹君泰

申尧民 石桂臣 许 飞 许大坤

朱长根 向守源 百连刚 齐振林

张凤山 张景仁 张 剑 张启英

张晗亮 李储龙 李越强 岳丛林

范卓璞 段世民 钟启刚 侯浩杰

赵益红 郝春生 夏中伏 郭向东

郭跃武 韩 炜

《输气技术》编写组

主 编：茹慧灵

副 主 编：冯春艳

审 稿：高 祁

编写人员：王学东 王立峰 苑立钊

努力造就更多的高技能人才

(代序)

《石油工人技术培训系列丛书》的出版,十分及时,很有必要,对加强中国石油天然气集团公司(以下简称“集团公司”)经营管理、专业技术和操作技能三支人才队伍建设,特别是操作技能人才队伍建设具有重要意义。

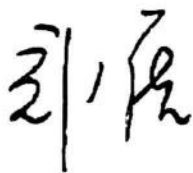
小康大业,人才为本。集团公司员工队伍中的高技能人才,是推动技术创新和实现科技成果转化不可缺少的重要力量,是集团公司三支人才队伍中重要组成部分。集团公司各项事业的发展,不仅需要广大专家的智慧 and 心血,也需要千千万万高技能人才的聪明和才智。长期以来,集团公司高技能人才奋战在油田勘探开发、炼油化工等生产一线,为科技成果的转化、产业结构的升级、企业竞争力的增强,发挥了不可替代的作用。我们要像尊重高级专家那样尊重高技能人才,要像重视高级专家那样重视高技能人才,要像关心高级专家成长那样关心高技能人才的成长。只有三支人才队伍比翼齐飞,各自发挥应有的作用,才能带动集团公司这艘巨轮乘风破浪,扬帆远航。

这些年,集团公司大力实施人才强企战略,坚持三支人才队伍一起抓,紧紧抓住培养、吸引和使用三个环节,不断改进人才工作方式方法,积极营造有利于各类人才脱颖而出的环境,有力推进了三支人才队伍建设,为建设跨国企业集团提供了人才保障。其中,在操作技能人才队伍建设方面,制定了《集团公司加强高技能人才队伍建设的意见》和《技师、高级技师管理办法》,积极组织技师、高级技师培训,全面开展班组长培训,不断提高技能鉴定工作质量,组织开展职业技能竞赛,促进了操作技能队伍素质的不断提高。但是,进一步加强高技能人才队伍建设,尽快形成一支结构合理、技术精湛、一专多能、适应国际市场规模施工作业要求的操作技能人才队伍,仍

是一项十分重要而紧迫的任务。《石油工人技术培训系列丛书》的编写与出版,将为加强操作技能人才队伍培训,造就更多的高技能人才,发挥重要作用。

这套丛书从生产实际出发,以满足需求为导向,以促进员工持续学习为目的,以重点培养员工的学习能力、实践能力和创新能力为目标,内容涵盖勘探、开发、炼化、销售等领域,实践性和针对性都很强。同时,大批专家的参与写作也使教材的权威性有了保证。希望这套丛书的出版发行,能为促进集团公司员工培训工作的深入开展,为促进更多高技能人才的成长,为形成一支门类齐全、梯次合理、素质优良、新老衔接、充分满足集团公司持续有效较快协调发展需要的人才队伍做出积极的贡献。

中国石油天然气集团公司党组成员、副总经理



2005 年 1 月 28 日

前 言

天然气是一种优质的气体燃料,它具有高效、清洁、方便等特点。专家预测,在 21 世纪的能源结构中,天然气将占主导地位,我国天然气资源非常丰富,是今后一个时期国民经济发展的的重要因素之一。

《输气技术》一书,主要是根据输气管道操作工人和输气站技术管理干部的需要和要求所写的,本书尽量避免太深的理论推导,根据现场操作和管理的要求,介绍了相关知识。

本书力求通俗易懂,联系实际,图文并茂。把重点放在培养具有实践能力的操作人员身上,主要介绍实际操作技术和技能,多数设备原理、结构均来自输气站场的实际。

全书由茹慧灵主编,冯春艳为副主编,主要编写人员有王学东、王立峰、苑立钊;全书由高祁主审。在编写过程中,中国石油管道学院油气储运教研室的所有老师都给予了关心和支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点甚至错误和不妥之处在所难免,敬请读者予以批评指正。

编 者

2010 年 1 月

目 录

绪论 我国输气管道工程概况	(1)
第一节 输气系统	(1)
第二节 天然气管输的技术水平和发展趋势	(8)
第一章 天然气基础知识	(10)
第一节 天然气的主要性质	(10)
第二节 天然气节流效应	(16)
第三节 水合物的形成及防止	(17)
第四节 气体状态方程	(21)
第五节 管输天然气的气质标准	(23)
第二章 输气管道的工艺计算	(28)
第一节 稳定流动的气体管流的基本方程	(28)
第二节 常用输气管道流量计算公式	(29)
第三节 输气管基本参数对流量的影响	(33)
第四节 输气管道压力分布与平均压力	(36)
第五节 输气管温度分布和平均温度	(38)
第三章 输气站的工艺流程	(41)
第一节 输气站的设备、仪表及管线组成	(41)
第二节 输气站的工艺流程及工艺流程图	(42)
第四章 输气管道系统的运行管理	(62)
第一节 管道系统试运投产	(62)
第二节 输气管道系统的运行管理	(63)
第三节 输气管道的调度管理	(70)
第四节 生产运行中的 QHSE 管理	(76)
第五章 输气管道的安全生产管理	(77)
第一节 安全生产管理制度	(77)
第二节 管道及设备管理制度	(87)

第六章 压缩机	(90)
第一节 离心式压缩机的主要构件及工作原理	(92)
第二节 离心式压缩机的主要参数及性能	(100)
第三节 离心式压缩机的调节	(111)
第四节 压缩机的喘振与防喘振	(113)
第五节 燃压机组	(117)
第六节 离心式压缩机的操作维护和故障处理	(122)
第七节 往复压缩机	(141)
第七章 阀门	(167)
第一节 阀门的分类	(167)
第二节 阀门的基本知识	(168)
第三节 输气管道常用阀门	(171)
第八章 分离除尘设备	(198)
第一节 分离器	(198)
第二节 气体过滤器	(204)
第三节 多管干式气体除尘器	(207)
第四节 分离器的操作与维护	(209)
第九章 调压器	(213)
第一节 燃气调压器	(213)
第二节 常用的调压装置	(222)
第十章 清管	(237)
第一节 清管工艺	(237)
第二节 清管器	(241)
第三节 清管器收发装置	(246)
第四节 清管器检测仪	(251)
第五节 清管球运行故障和处理	(252)
第十一章 天然气流量计量	(254)
第一节 天然气流量测量的特点	(254)
第二节 流量测量方法	(255)
第三节 天然气体积流量测量	(257)
第四节 天然气取样系统	(266)

第五节	天然气计量管理	(270)
第十二章	管道输气生产安全	(278)
第一节	防火	(278)
第二节	防爆	(287)
第三节	防毒	(292)
第四节	防触电和防静电	(295)
第五节	应急医疗救护	(297)
参考文献		(301)

绪论 我国输气管道工程概况

国内的天然气管道运输是 20 世纪 50 年代末从四川省发展起来的。1963 年建成的从巴县到重庆的巴渝输气管道,管径为 426mm,长度为 55km,是国内第一条大口径长距离输气管道。20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 80 年代末期是四川省输气管道建设发展较快的时期,在此期间,建设了一批较大口径的输气干线和连接城市 and 大型化工厂的输气支线,形成了以卧龙河和渠县脱硫净化厂为起点,成都为终点的南、北两大环形干线。目前,全川的输气管道比较发达,已连接成网,管道总长度达 1600km。

除四川输气管道的发展外,20 世纪 80 年代在国内的华北和中原地区的油气田地区,建设了连接附近城市和化工厂的输气管道,如华北至北京线、大港至天津线、中沧线(濮阳至沧州)、中开线(濮阳至开封)、天沧线(天津至沧州)等。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,国内迎来了输气管道建设快速发展时期。先后建成了陕京线(陕西靖边至北京石景山)、靖西线(靖边至西安)和靖银线(靖边至银川)、新疆塔里木至上海的“西气东输”管线等输气管道工程。

“西气东输”输气管道管径 1016mm,输气量 $200 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,是国内迄今为止建设的距离最长、管径最大、压力最高、输气量最大、技术含量最高的输气管道。从新疆到上海管道途经 9 个省市,总长约 4000km,2004 年全线贯通。第一期工程年输气 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$,然后逐步建设中间压气站,将供气能力增加到 $200 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

“西气东输”工程,除建设新疆塔里木—上海输气管道外,还包括“青海—西宁—兰州”输气管道,管道全长 953km。重庆—武汉输气管道,全长 695km,管径 711mm,设计压力 6.14MPa。

第一节 输气系统

一、管输系统的组成

天然气密度小、体积大,管道输送几乎成了唯一的输送方式。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,如图0-1所示。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。

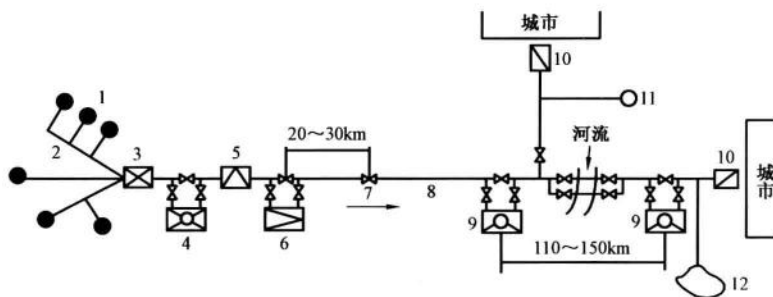


图0-1 输气系统示意图

- 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—阀室截断阀;8—干线管道;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

(一)矿场集气

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。矿场集输系统包括井场、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,且每口气井有独立完整的一套。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、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,节约劳动力,便于实现自动化管理,经济效益高。

集气管网通常分为枝状管网、环状管网和放射状管网,如图0-2所示。枝状管网[图0-2中(a)]形同树枝状,它有一条贯穿于气田的主干

线,将分布在干线两侧气井的天然气通过支线纳入干线,由干线输至集气总站或净化厂。该集气管网适于长条状气田。四川卧龙河气田即采用这种管网布局。

环状集气管网[图0-2(b)]是将集气干线布置成环状,承接沿线集气站的来气。在环网上适当的位置引出管线至集气总站。这种集气流程调度气量方便,气压稳定,局部发生事故时影响面小。一般用于构造面积较大的气田。

放射状集气管网[图0-2(c)]适于井位相对集中的气田。按集中程度将若干口气井划为一组,每组中设置一集气站,各井天然气通过采气管线纳入集气站。该集气管网在四川气田中应用较为广泛。大庆的汪家屯气田、大港的板桥气田也采用这种管网。该管网布局便于天然气和污水的集中处理,也可减少操作人员。

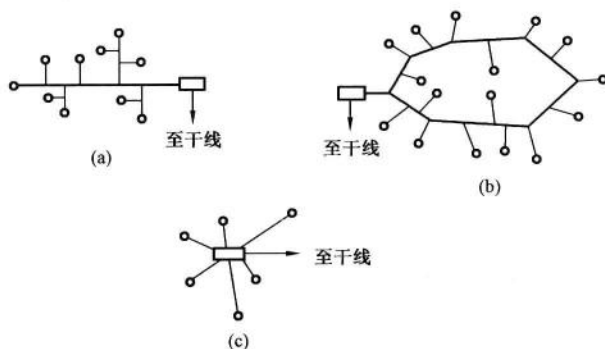


图0-2 集气管网的类型

(a) 枝状单井集气管网;(b) 环状单井集气管网;(c) 放射状单井集气管网

○—单井集气站;□—多井集气站或输气干线首站;

——集气支线;——集气干线

在实际工程中,集气管网的类型并不都是单一典型的某一种类型的管网,而常常是其中的两种,甚至三种的组合,如四川磨溪气田集气管网便是放射状管网和枝状管网的组合(图0-3)。

管网的类型主要取决于气田的形状,井位布置,所在地区的地形、地貌以及集输工艺诸多方面的因素。因此,管网的布局是一个较为复杂的“系统”问题。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。

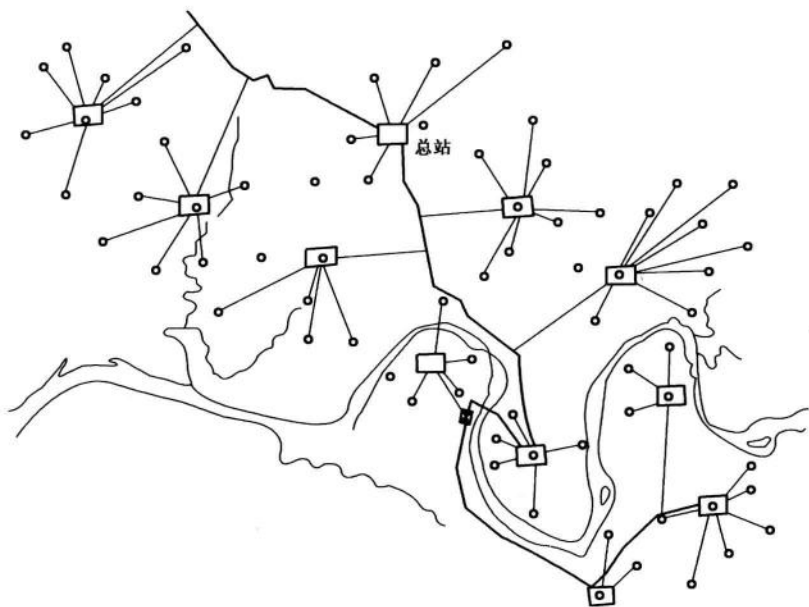


图0-3 放射状与枝状组合的集气管网图

○—气井；□—集气站；—集气干线

(二)干线输气

干线输气管道是指把经脱硫、脱水净化处理后的天然气输送到城市，连接净化厂与城市输配气站（惯称城市门站）之间的输气管道，它输送距离长（从几百至几千公里），管径大（直径一般在400mm以上），压力高（4.0~10MPa），是天然气远距离运输的工具。

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，距离可达数千公里，年输气量高达数百亿立方米，是一个复杂的工程系统，也是一个独立经营的企业。

长距离输气管道与压缩机站组成一个复杂的动力系统，由于它所输的气量大，通常采用大口径高压力的输送系统，与矿场输气管和城市管网有很大差别，其主要特点为：

(1)长输管道是天然气长距离连续运输系统，它不需要常规的运输工具和设备，也不需要大量的建筑和占用大片土地，可以利用自身运输的物质消耗克服其摩擦阻力，迅速地将天然气运达目的地，所以是最有效、最大规模的运输系统。由于这些突出优点，不但用它来运输气体和液体，国外已经开始用它来输送固体物质，如水煤浆。

(2)天然气的产供销是由采气、净化、输气和供气等环节组成的,是在完全密闭的管道中完成的。上下游之间紧密相连、互相制约,形成一个庞大而复杂的输送系统,长输管道作为这个系统中的中间环节必须协调好上下游之间的关系,这使得它的设计和操作管理比其他管道更为复杂。

(3)由于长输管道担负着某一城市或地区的供气任务,而且所供应的气量或作为化工原料数目庞大,涉及国计民生和千家万户,一旦中断,将影响整个城市或地区工业生产和人民生活的正常秩序,甚至带来巨大损失,因此必须保证安全、连续、可靠地供气。这就需要在设计和管理上采取特别有效的措施予以保证。

(4)由于采气生产的均衡性和用户用气的波动性,使得长输管道的运行长期处于上游(进口)压力相对稳定而下游(出口)压力不断变化的矛盾之中。这就要求管道有一定储气能力,以适应用气量的变化。当然,用户用气量是随季节和昼夜每小时不断地变化,峰谷差别悬殊,单靠输气管道调节是无法解决的。

(5)一般气田的地层压力在开采初期都比较高,长输管道投产初期可充分利用地层压力进行输送,随着开采程度的提高和地层压力不断下降,输气管道应根据气田压力的变化逐步建增压站,可节约投资和经营费用。

(6)长输管道要求有与之配套的完善的附属设施,尤其是通信和自控系统。在天然气工业迅猛发展的今天,几千公里及跨地区跨省市输送已成常事,因此要求有先进完善的通信调度系统作保证以维持管道的正常运行。

(7)由于现代管道输送在国民经济中的地位日趋重要。如何利用冶金、机械制造、自动控制和施工安装等综合技术来提高运输效率已成为管输工艺研究的中心。

干线输气管网是一个复杂的工程,除了如图0-4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。

(三)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。城市配气管网有树枝状和环状两种,遍布整个城市和近郊,一般总是呈环形布置。

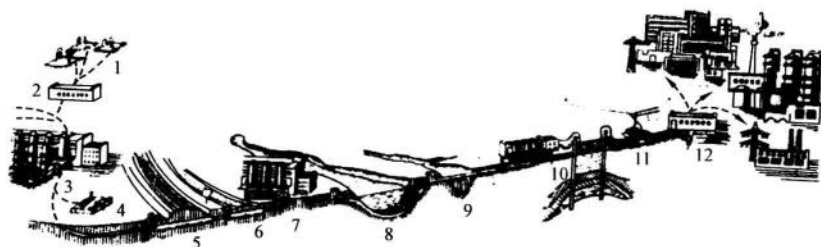


图0-4 干线输气管示意图

- 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

气体从高压力等级的管网输入低压力等级的管网必须经过调压,绝不允许不同压力等级的管道直接连通。城市输气管道的管径小至20mm(户内管),大的可达1m以上(兼有储气功能的高压干环),变化范围非常大。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、该地区的地形条件等来决定。根据压力高低严格区分,按我国的规范共分为七个等级:

高压燃气管道	A	$2.5 < p \leq 4.0 \text{ MPa}$
	B	$1.6 < p \leq 2.5 \text{ MPa}$
次高压燃气管道	A	$0.8 < p \leq 1.6 \text{ MPa}$
	B	$0.4 < p \leq 0.8 \text{ MPa}$
中压燃气管道	A	$0.2 < p \leq 0.4 \text{ MPa}$
	B	$0.01 < p \leq 0.2 \text{ MPa}$
低压燃气管道		$p \leq 0.01 \text{ MPa}$

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供气量时,气体便储存起来。反之,则从储气库中输出气体以弥补不足。

三大管网、各类站场和储气库组成的整个输气系统也是一个密闭的水动力学系统。一处的流量变化、压力波动,或多或少都会影响到其他地方。由于气体的可压缩性,这方面的影响不会像输油管那样严重,也不会有水击,但一处的故障和灾害性事故,可能造成部分甚至整个系统的集气、输气和配气的中断,给城市带来极为严重的影响。由于气体的密度小、体积大、储存困难,这方面的影响比输油管大得多。