



当代石油和石化工业技术普及读本

# 油气集输与储运系统

(第二版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

宫 敬 翁维琬 吴明胜 执笔



中国石化出版社

当代石油和石化工业技术普及读本

## 油气集输与储运系统

(第二版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写  
官 敬 翁维琬 吴明胜 执笔

中国石化出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

油气集输与储运系统/中国石油和石化工程研究会  
组织编写. —2版.

—北京:中国石化出版社,2005  
(当代石油和石化工业技术普及读本)

ISBN 7-80043-964-X

I.油… II.中… III.①油气集输—普及读物  
②石油与天然气储运—普及读物 IV.TE8-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 126948 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

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

\*

850×1168 毫米 32 开本 4.375 印张 79 千字

2006 年 3 月第 2 版第 2 次印刷

定价:10.00 元

## 前 言

《当代石油和石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版于1999年组织编写,2000年完成全部出版工作。第一版《普及读本》共出版了11个分册,其中上游4个分册,包括勘探、钻井和完井、开采、油气集输与储运系统;下游7个分册,包括石油炼制——燃料油品、石油炼制——润滑油和石蜡、乙烯、合成树脂、合成橡胶、合成纤维、合成氨和尿素。

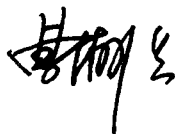
从一开始组织编写《普及读本》,我们就把这套书的读者对象定位在管理人员和非本专业技术人员,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业技术的概貌有一个整体了解。这套丛书列入了新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版规划;出版后在社会上,尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响;为了满足读者的需求,部分分册还多次重印。《普及读本》的出版发行,对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用,并荣获2000年度中国石化集团公司科技进步三等奖。

近年来,石油石化工业又有了快速发展,先进技术不断涌现;海洋石油勘探开发、天然气开发与利用在行业发展和国民经济中的地位越来越重要;随着时间推

移，原有分册中的一些数据已经过时，需要更新；各方面读者也反映，要求继续补充编写一些新的分册等。在征求各方面专家意见的基础上，我们决定对原先出版的11个分册进行修订，并补充编写9个新的分册，包括海洋石油勘探、海洋石油开发、天然气开采、天然气利用、石油沥青、炼油催化剂、炼油助剂、加油站、绿色石油化工。这9个分册分别邀请中海油、中石油、中石化以及中国石油和石化工程研究会相关领域的专家进行编写。原有分册的修订工作主要是补遗、更新、完善，不做大的结构性变动。

《普及读本》第二版修订、增补工作得到了中国石油化工股份有限公司的大力支持；参与丛书修订、编写工作的离退休专家、教授，勤勤恳恳、兢兢业业，其奉献和敬业精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士



二〇〇五年八月八日

# 《当代石油和石化工业技术普及读本》

## 第二版

### 编 委 会

主任：曹湘洪

编委：(按姓氏笔画为序)

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘镜远	孙梦兰	孙殿成
孙毓霜	陈宝万	陈宜焜	张广林
张玉贞	李润清	李维英	吴金林
吴明胜	法琪瑛	庞名立	赵 怡
宫 敬	贺 伟	郭其孝	贾映莹
徐喙东	秦瑞岐	翁维琬	龚旭辉
黄伯琴	梁朝林	董恩环	程曾越
廖谟圣			

# 目 录

绪论	( 1 )
第一章 油田油气集输	( 6 )
第一节 油气集输工艺	( 7 )
第二节 原油处理	( 27 )
第二章 气田集输	( 38 )
第一节 气田集输工艺	( 40 )
第二节 天然气净化处理	( 44 )
第三章 输油管道	( 51 )
第一节 概述	( 51 )
第二节 输油管道的水力、热力特性	( 59 )
第三节 输油管道方案设计的经济比较	( 66 )
第四节 输油管道的运行与控制	( 68 )
第五节 易凝高黏原油的输送工艺	( 74 )
第六节 不同油品的管道顺序输送	( 77 )
第七节 油气管道的腐蚀与防护	( 82 )
第四章 天然气输送管道	( 86 )
第一节 概述	( 86 )
第二节 天然气的管输气质要求	( 90 )
第三节 输气管段的水力、热力特性	( 92 )
第四节 压缩机组与压气站	( 93 )

第五节	供气调峰	( 96 )
第六节	天然气计量与标定	( 98 )
第七节	天然气输送方法及其经济性分析	( 100 )
<b>第五章</b>	<b>油气储存系统</b>	<b>( 104 )</b>
第一节	原油和成品油的储存	( 104 )
第二节	天然气的储存	( 117 )
参考文献		( 128 )



# 绪 论

## 一、油气集输与储运系统的任务

石油和天然气是主要能源之一。到目前为止，已开发的油气田大多远离消费地区。要把油气井的产物变成国民经济建设和人民生活可用的产品，需采用各种加工处理技术及运输手段将产品送交用户。

油气集输和储运就是油和气的收集、储存与运输。包括矿场油气集输及处理，油气的长距离运输，各转运枢纽的储存和装卸，终点分配油库(或配气站)的营销，炼油厂和石化厂的油气储运等。

矿场油气集输就是在油(气)田上收集各油、气井产出的油、气及其伴生物，经分离、计量后汇集输送至处理站。在处理站将油气水分离和净化，达到规定质量标准原油和天然气(油、气田的合格商品)，在处理站上或集中到油库或输油首站储存，待外运外输到用户。

原油是重要的石油、化工原料和燃料，需要经过加工处理，再供给用户使用，因此原油外运外输的终点，一般是炼油厂、化工厂的原油库；而天然气是一种清洁而高效的能源，作为燃料和原料应用于工业和民用生

活。天然气需净化处理经输配气系统供给用户使用。

原油的外运外输可以通过火车油槽车、油轮或长距离输油管道运输，根据运量、运距及地理条件的不同而选择经济的运输方式。一般说来，输油管道是最经济最安全的运输方式。

炼油厂的成品油由公路槽车、铁路槽车、油轮或长距离成品油管道运输。作为炼油厂商品外销通道的成品油管道，其工艺技术要比原油管道复杂。这主要是因为每种成品油的量都不会很大，为了提高管输的经济效益，大都采用一条管道顺序输送多种成品油的工艺；其次，成品油管道大都是多个分支、多个出口，以便向管道沿线及附近的各个城市供应油品。在分输站上既可以是支线管道输送，也可以是与铁路或公路联运的转运枢纽。有的管道还可能多个分支入口，接收多个炼油厂的来油。

天然气的输送目前主要有两种方法，一是用管路加压输送，二是将天然气液化(LNG)后用专用的油轮运输。

与输油不同，天然气的生产和集输、外运必然是上下游一体化的，从气田至用户，天然气的开采、收集、处理、运输和分配是在连续密闭的系统中进行的。输气干线沿线往往有多条分输管道，与各用气的城市管网相连，在城市附近往往设有调节输量用的地下储气库，形成巨大的输配气系统。

## 二、油气集输与储运系统在国民经济中的地位

油气集输及储运系统在国民经济中起着重要的作用。由于各油田乃至各区所处的环境不同，油藏性质、开发方案、工艺条件、油气井产品构成、油气性质等千差万别，油气集输系统必须在各种生产情况变化的条件下，安全经济地生产出合格产品。油气集输及储运系统不仅在石油工业内部是联系产、运、销的纽带，在全国乃至国际范围内，也是能源保障系统的重要一环。石油和天然气是世界各国经济发展和人民生活中不可缺少的重要能源，但全球油气资源的分布却很不均衡，以天然气为例，世界已探明的剩余储量中，俄罗斯占 34%，且高度集中在西西伯利亚的远东地区的巨型气田中。人口占世界不到 5% 的中东地区占有 32% 的储量，而人口占世界近 60% 的亚洲，只有约 9% 的探明储量。同样我国石油和天然气主要分布在东北、西北而东南部较少，分布不均衡，与世界类同。

一方面资源大都不均匀分布，一般远离消费中心，另一方面各国和各地区的经济发展不平衡，对油、气资源的需求量差别也很大。不论是国内还是国际，面对这一供需矛盾，都需要一个可靠而庞大的油气集输及储运系统来联系产地和消费中心。油气集输及储运系统的可靠与否不仅影响国家经济建设的可持续发展，也是制约区域经济平衡发展的重要因素。油气储运系统的不完善和出现故障，必然会给油气生产方(国)和消费方(国)带来重大的经济损失。一旦发生战争，油料保障更是

战争胜败的关键因素。

欧美各大石油公司均不惜投入巨资建设油气集输及储运设施，各国政府在油气田地面生产、油气储备、管道安全、输气管网及城市配气的运营等方面均制定了一系列法令、法规，一方面制约大公司的垄断，加强油气供应的能力，另一方面为了提高国家安全的保障能力。

### 三、向市场经济过渡的我国油气集输及储运系统

长期以来，我国的石油、天然气工业在计划经济体制内，只重视产量，不关心销售，生产出来的油气销售是由上级部门安排的。在整个产运销的流通过程中，销售环节占去了利润的大部分，而销售的通畅与否又是与油气集输及储运设施密不可分。在向市场经济过渡的过程中，人们已逐渐认识到销售环节对整体效益的重要性。

随着我国从 1993 年起成为油气净进口国开始，尤其是加入了 WTO，国际形势变化引起的国际油气价格的剧烈波动，不仅会冲击国内油气工业的正常生产，而且会严重影响我国经济的发展。世界各国都是通过建立一套完善的油气集输及储运系统来减小国际油价波动对本国经济带来的不利影响。

随着我国开始实施油气工业国际化经营战略，必须逐步建成一套连接全国且运转灵活的国内油气储运系统，包括油气输送干线网及与其配套相连的储备库、转运枢纽、港口及分配管网等，建设与国际油气市场接轨的跨国油气输送干线的工作步伐也必然会加快。只有这

样，才能使我国的油气集输及储运系统真正成为强有力的能源保障系统。

以往在计划经济体制下，我国油气集输及储运系统的建设往往只重视设备、管网等“硬件”系统，而对管理体制、经营模式等“软件”的建设重视不够。面对石油工业建设的新形势，我们首先必须确定管理体制和经营模式上的法律框架。

本书试图用较通俗的语言，深入浅出地介绍油气的收集、处理、运输和储存技术，力求使读者对油气集输及储运系统有初步的了解，以适应石油工业上下游一体化、走向市场、走向世界的发展过程中，非油气储运专业的技术人员、管理人员的工作需要。

# 第一章 油田油气集输

在油田生产中，油气集输工程投资和运行费用均很大。我国许多油田已进入高含水开采的中、后期，开展了三次采油，增加技术力量，物质力量的投入以及增加油井产出物处理的难度，造成油田生产运行费用和操作成本，不断上升。同时近几年新探明的油藏大多属于复杂油气藏，低产低渗透、稠油超稠油、油气储量品位低，多处在边远地带和物价上涨等因素，地面工程建设投资增长迅速。详见表 1-1。目前油田所面临的形势是如何降低油田开发建设投资、控制生产运行操作成本、提高生产综合经济效益。因此，油田开发领域的技术进步，提高开发建设水平以及加强油田生产管理水平对于提高企业的经济效益有重要作用。

表 1-1 近年来油田百万吨产能开发建设投资 (亿元)

年 度		2000	2001	2002	2003
地面工程	油田开发建设总投资	20.051	23.792	23.424	21.842
	投资	8.49	9.35	8.13	6.80
	其中 新区投资	8.28	7.98	7.65	7.12
	老区投资	8.73	11.02	9.04	6.36

油田地面建设工程主要由油气集输、储运系统、注水系统、供排水、消防系统、供配电系统、含油污水处



构成的庞大系统覆盖着整个油田。由于各油田在形成过程中，油气运移、油藏物性、储存条件各不相同，因此各油田所产石油的物性、产量不同，以及井口的参数（温度、压力等）不一，地貌气候的差异，不同生产阶段油井产物的变化等等，要求油气集输系统要根据这些客观条件，利用其有利因素，使地面管网规划、设备选择及生产流程设计与之相适应达到优化的目的。这就使得各油田的集输系统之间存在诸多差异。

### （一）油气集输系统的工作内容

油田油气集输系统的工作内容包括：油气计量、集油、集气、油气水分离、原油脱水、原油稳定、原油储存、天然气脱水、天然气凝液回收、凝液储存。

#### 1. 油气计量

在生产过程中根据管理内容不同的需要，将油气计量分为三级。

一是油井油气产量计量，即为三级计量，此计量值作为油田开发动态分析管理，监测油田生产的依据；

二是油田管理交接计量，即为二级计量，此计量值是作为接转站至联合站、联合站至油库或外输首站之间在管理上交接的依据；

三是外输外运到用户的一种商业贸易计量，即为一级计量，是油矿油气计量中精度最高的，其准确度要求 $\pm 0.35\%$ 以内。

在《油田油气集输设计规范》中规定了各级油气计量的准确度指标，详见表 1-2。



表 1-2 油田、各级油气计量准确度指标规定表

计量等级		准确度		备注
原油 计量	一级计量	$\pm 0.35\%$ 以内		油田外输原油的交接计量
	二级计量	$\pm 1.0\%$ 以内		油田内部净化原油或稳定原油生产计量
	三级计量	$\pm 5.0\%$ 以内		油田内部含水原油的油量生产计量
天然气 计量 (油气田)	一级计量	$q_{nv} \geq 50000$ 米 <sup>3</sup> /时	A 级 (1.0)	油气田外输气的贸易交接计量
		$5000 \leq q_{nv} < 50000$ 米 <sup>3</sup> /时	B 级 (2.0)	
		$q_{nv} \geq 500$ 米 <sup>3</sup> /时	C 级 (3.0)	
	二级计量	$\pm 5.0\%$ 以内		油气田内部集气过程的生产计量
三级计量	$\pm 7.0\%$ 以内		油气田内部生活计量	

注：天然气一级计量系统的配置要求，详见《油气集输设计规范》GB 50350—2005 的 9.5.2 和 9.5.3 条。

我国各油田主要采用分离法计量，一般 8~12 口油田的油气单井产量汇集到计量站，在计量分离器里进行油气分离，然后进行体积的计量。

随着科技的进步，油气计量技术得到迅速发展，近年来，国内外出现了多相流不分离计量技术、动液面法、功图法等计量技术。不分离计量技术在国内一些油田进行了试用，由于油井生产参数、原油物性等随着生产时间的延长不断变化，是一个不稳定的参数，而目前的一系列不分离计量装置的技术条件要求苛刻，适应不了油井生产参数变化的要求，并且一次投资高，因此制约了它的推广应用。井口功图法计量技术是近年来研制一种新的、简便油井计量技术，简单、实用，利用抽油机功图仪测示来进行计量，减少了地面基建工程量和环节，减轻了采油工