

● 高等学校教学用书

● 冯叔初 郭揆常 王学敏编

# 油气集输



石油大学出版社

高等学校教学用书

# 油 气 集 输

冯叔初 郭揆常 王学敏 编

石油大学出版社



524599



## 内 容 提 要

本书系石油储运专业第一次公开出版的主要教材之一。其内容包括油气集输流程；油气分离；矿场集输管路；原油的净化和稳定；伴生天然气的净化和轻烃回收。此外，对油田开发与石油的开采也作了简要介绍。

本书除作为高校、职大、函大石油储运专业学生的教材外，还可供采油专业和从事油田油气集输系统设计、生产管理技术人员学习参考用。

### 油 气 集 输

冯叔初 郭揆常 王学敏 编

石油大学出版社

山东省 东营市

石油大学印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 23.125印张 590千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷

印数 1—6000册

ISBN7—5636—0000—0/TE01

定 价：4.55元

# 前 言

石油及天然气储运专业油气集输课程的第一本教材是张英教授于1964年编写，在北京石油学院出版的。十一届三中全会以后，随着课程的恢复，虽曾在校内出版了多次讲义，但远不能满足教学的需要，更适应不了现场工程技术人员的要求。本教材是应石油工程教育的急需，在校内各次教材和多年来教学经验的基础上，吸收了近年来国内外油气集输领域内的新技术、新工艺编写而成。

考虑到油气集输方面教材及参考书短缺的现状，在本书编写过程中，力求用较通俗的文字阐明某些基本概念，较详细地列出了某些公式的推导过程，以满足多层次读者的需要。在教材内容的取舍方面，既考虑本教材的完整性和独立性，又尽量避免同已公开出版的储运专业教材内容重复。书中提供了较多的经验相关式，便于用计算机求解工程实际问题。本书可兼作本科、职大、函大石油储运专业学生的教材，也可作为采油专业学生和油田工程技术人员的参考用书。本书的计划授课时数为60—70学时。在学习本课程前，学生应具备高等数学、流体力学、工程热力学和物理化学等基础知识。

本书主要内容包括：油气集输流程、油气分离、矿场集输管路、原油净化和稳定、伴生天然气的净化和轻烃回收。此外，对油田开发和石油开采也作了简要介绍。

胜利油田规划处王学敏为本书编写了绪论和第一章；石油大学储运教研室冯叔初编写第二章至第五章；江汉油田设计院郭揆常编写第六章至第八章。全书由冯叔初统稿。

石油大学严大凡为本书主审。其中第二章由朱恩灵审阅，第六章由寿德清审阅，第七、第八章由李沛明审阅。他们对本书提出了许多宝贵意见，对编者有很大帮助。

在本书的编写过程中，得到许多领导和校友的关心和支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不少缺点和错误，望读者批评指正。

编 者

1988年3月

# 目 录

绪论	1
第一章 油气集输流程	4
第一节 集输流程设计	4
第二节 集输流程的基本内容	5
一、建设规模的确定	5
二、能量利用问题	6
三、集输流程的分散和集中程度	7
四、系统的密闭程度	10
五、管网	11
六、自动化问题	11
第三节 矿场油气集输流程选例	11
一、萨尔图油气集输流程	11
二、单井进站、集中计量、油气混输、集中分离流程	12
三、单井进站、伴热保温、集中计量、油气混输、集中分离流程	13
四、掺水降粘流程	15
五、密闭集输流程	16
第二章 油田的开发和开采	19
第一节 石油由地层向井底的流动	19
一、油田、油层、油藏	19
二、储油岩石的物理性质	23
三、油藏流体的物理性质	27
四、油藏的地质储量和可采储量	29
五、油藏的驱动能量及驱动方式	30
六、石油向井底的流动	32
七、油井的增产措施	35
八、提高油藏采收率的措施	38
第二节 油气在井筒中的流动	39
一、自喷井采油	39
二、深井泵采油	45
参考文献	50
第三章 原油和天然气的分离	51
第一节 原油和天然气的相平衡	51
一、烃系的相特性	51
二、相平衡计算	57
第二节 分离方式和操作条件的选择	73

一、分离方式	73
二、多级分离的效果	73
三、分离级数和分离压力的选择	77
第三节 油气分离器	77
一、分离器的类型和分离器质量的检验标准	77
二、从气体中分出油滴的计算	80
三、从原油中分出气泡的计算	88
四、分离器的工艺计算步骤	93
五、按制造商提供的图表选择分离器	93
六、油气水三相分离器	98
七、几种典型的分离器结构	100
参考文献	109
第四章 矿场集输管路	111
第一节 原油输送管路	111
一、等温输油管的工艺计算	111
二、热油管路的工艺计算	116
三、含蜡原油流变特性的基本概念	117
四、等温含蜡原油管路的压降	120
五、输油管路计算中的各项参数	123
第二节 简单输气管	126
一、水平输气管的基本方程式	126
二、水力摩阻系数和常用输气管计算公式	128
三、输气管的压力分布和平均压力	129
四、输气管的温度分布和平均温度	130
五、输气管路计算中的各项参数	130
第三节 油气混输管路	136
一、气液两相混输管路的流动参数和术语	136
二、气液两相管流的特点和处理方法	140
三、水平气液两相管流的压降计算	142
四、倾斜气液两相管流的压降计算	164
五、两相管路计算公式的评估和组合算法	174
六、油、气、水三相混输管路	176
七、两相混输管路的局部摩阻	177
八、两相管路中油气物性的计算	181
参考文献	186
第五章 原油净化	189
第一节 原油乳状液	190
一、原油乳状液的类型和鉴别方法	190
二、原油乳状液的生成机理	191
三、原油乳状液的性质	195

第二节 原油脱水的基本方法	198
一、化学破乳剂脱水	199
二、井口加药与管路破乳	202
三、重力沉降脱水	204
四、利用离心力脱水	211
五、利用亲水固体表面使乳化水粗粒化脱水	212
六、电脱水	213
第三节 原油脱水流程举例	220
参考文献	221
<b>第六章 原油稳定</b>	<b>223</b>
第一节 概述	223
第二节 原油稳定方法	224
一、原油稳定原理	224
二、闪蒸分离法	227
三、分馏稳定法	237
第三节 工艺选择	239
一、工艺方法的确定	239
二、主要工艺参数的选择	241
第四节 原油稳定设备	243
一、稳定器	243
二、气体压缩机	247
参考文献	248
<b>第七章 气体净化</b>	<b>249</b>
第一节 概述	249
第二节 天然气脱水	250
一、天然气含水量及水化物的生成	250
二、吸附操作原理	252
三、吸附法脱水	258
四、甘醇吸收法脱水	260
五、脱水工艺选择	264
第三节 酸性气体的净化	265
一、吸收操作原理	266
二、化学吸收法气体净化工艺	269
三、物理溶剂吸收法气体净化工艺	271
四、分子筛法	274
参考文献	275
<b>第八章 轻烃回收</b>	<b>276</b>
第一节 概述	276
第二节 汽液平衡	279
一、双组分溶液的汽液平衡	279

二、烃类系统的汽液平衡.....	282
三、平衡分离计算.....	298
第三节 精馏.....	303
一、精馏原理.....	303
二、精馏计算.....	306
第四节 制冷原理和方法.....	312
一、蒸汽压缩制冷.....	313
二、节流膨胀.....	320
三、气体的等熵膨胀.....	322
第五节 轻油回收工艺方法.....	324
一、流程组织.....	324
二、冷凝分离.....	325
三、凝液的稳定和切割.....	329
四、工艺评价.....	330
第六节 工艺设备.....	334
一、塔器.....	334
二、压缩机.....	341
三、膨胀机.....	342
参考文献.....	345
附 录.....	346
附录一 烷烃的平衡常数.....	346
附录二 应用杜克勒法计算混输管路时 $R_L-R_e-H_L$ 关系图的回归.....	359



# 绪 论

## 一、油气集输工作的对象和任务

油气集输研究的主要对象是油、气田生产过程中原油及天然气的收集和输送问题。我国每年的原油、天然气产量中油田生产的原油及其伴生天然气占的份额很大，本教材仅以油田的油气集输为主要研究对象。

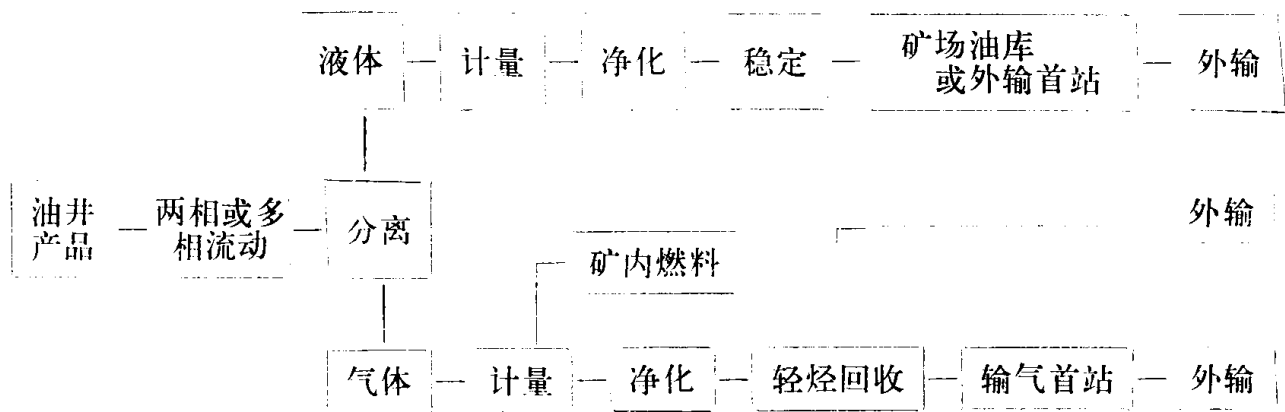
就油田的生产全局来说，油气集输是继油藏勘探、油田开发、采油工程之后的很重要的生产阶段。如果说油藏勘探是寻找原料，油田开发和采油工程是提供原料，那么油气集输则是把分散的原料集中、处理使之成为油田产品的过程。这一过程从油井井口开始，将油井生产出来的原油、伴生天然气和其他产品，在油田上进行集中、输送和必要的处理、初加工，将合格的原油送往长距离输油管线首站外输，或者送往矿场油库经其它运输方式送到炼油厂或转运码头；合格的天然气则集中到输气管线首站，再送往石油化工厂、液化气厂或其他用户。所以概括地说油气集输的工作范围是指以油井为起点，矿场原油库或输油、输气管线首站为终点的矿场业务。

然而，由于我国油田分布很广，每个油田所处的自然环境、社会环境不同，油藏性质、油藏能量、开发部署、工艺条件、油井产品构成、原油物理性质、油气组分等等都有很大差别。矿场的油气集输要根据这些客观条件，适应它们的特点，利用其中的有利因素，采取不同的集输流程和工程措施，生产出符合国家质量指标要求的油、气产品。虽然各油田油气集输研究的对象千差万别，但最终都要生产出符合国家需要的原油和天然气。

尽管如此，各油田的油气集输仍有着很多共同之处。例如，要把油井产品中的液体和气体分开才能进行计量、加工和运输。这种分离液体和气体的过程称为油气分离。油气在分离之前，油井产品在管线中呈油、气两相流动状态，如果产品中含有水和砂子，则管线中呈多相流动状态。含水含砂原油在交付运输之前，需进行脱水、脱砂的净化处理。又如，为了减少原油的蒸发损耗，增加原油收率，在矿场上还要对原油进行稳定处理。同样，天然气在交付外输之前，也要做净化处理，脱除其中的水蒸气，使气体的露点低于输送过程中的环境温度，从而保证输气管线畅通。对气体中的二氧化碳、硫化氢等有害气体也要做脱除处理，以达到规定的气质要求。在净化处理过程中要尽量回收其中的轻烃（乙烷、丙烷、丁烷等），扩大我国石油化工的原料来源。

这些具有共同性质的工作大体上可以用下面的框图来表示。

为了把分散在油田各处的油气逐渐集中起来，会因各地的具体情况而有不同的集输方案，相应地会有不同的流程。例如，油井产品的计量可以在井场上实行单井计量，也可以把适当数量的油井通过管线集中在一处实行多井集中计量。油、气在油田集输管网中流动的动力，可以利用地层能量、可以利用地形高差自流、也可以在适当的环节靠水力机械补充能量。总之，框图中分离、计量、净化、稳定、加压等过程可有多种不同的工艺实施方案和多种不同形式的设备可供选择。每个过程又有密闭和非密闭之分。这就决定了集输方案和集输流程的多样性。每种方案及其相应的流程有其各自的适应范围和条件，也决定了它们各自的



技术指标、经济指标和对油田开发的适应能力。为了更好地完成矿场的油气集输业务，在确定集输流程之前，人们总要做出多种集输方案，相互比较，权衡利弊，择优选取。

综上所述，矿场油气集输的工作内容可概括归纳为：

- (1) 确定油田各油井产物的集输方案，根据集输方案设计相应的集输流程；
- (2) 确定分离、计量、净化、稳定等过程的工艺实施方案，设计或选择实现这些过程的设备，并配置管网；
- (3) 对油气集输的各种设施进行日常的运行管理和维护，保质、保量、均衡地向国家提供商品原油和天然气。

## 二、油田生产对集输工作的要求

如前所述，油气集输是油田生产中很重要的生产阶段，无论新油田的开发建设，还是已开发油田的调整改造，油气集输必须适应油田生产全局的需要，满足以下几点要求：

(1) 满足油田开发和开采的要求。油田的一切工作都应该围绕着把油、气资源多快好省地开采出来，以满足国家对能源的需要。根据油田的地质资源，油藏工程将提出合理的开发设计，采油工程将提出并实施相应的工艺措施以保证油田按开发设计投入生产，而油气集输则要根据这些条件确定本系统的生产规模、工艺流程、总体布局以及相应的工程内容，从而保证采输协调，生产平稳，促进油田的开发和开采。

然而，油田的生产特点既是连续的，又是不均衡的。油井要根据开发要求调整工作制度、生产参数，个别采油井可能转为注水井，以及平时的修井作业、生产维护等等都可能造成局部的、区域的或者全局的生产不均衡，形成产量波动。在油田开发的全过程中，油井数量会不断增加，油井含水率将逐年上升，携砂量也会越来越多，原来的自喷井可能成为间歇自喷井或改为抽油井，原来的高产井会逐渐成为低产井。随着开发层系的调整，油井产物的油气组成、气油比、原油物性等也会发生变化。总之，油田开发和开采的变化，反映到地面集输系统中就不仅仅是数量（液量或油、气产量）的变化，也会发生质量的变化。油田的这一生产特点，要求油气集输系统的工程设施随之作出相应的调整，要考虑能以地面设施的少量变动去适应油田开发不同时期、不同阶段的要求，而不是推倒重来。

(2) 要贯彻节约能源和保护环境的原则。油田是能源生产基地，也是耗能很大的用户。集输方案、流程、管网布置、设备选型等应该在不影响油田产量的前提下，尽量高效地利用自然的或人工补给的能量；提高从井口直到矿场油库或外输首站的密闭程度，采取相应的工艺措施，把集输过程中油、气损耗降到最低；提高油气初加工水平，把不同品质的原油和气体中的轻烃组分，分别用于最有价值的加工方向。总之，在油气集输生产过程中，“开源”和

“节流”并重。在提高综合经济效益的前提下，采取相应的节能技术措施，为国家提供更多的宝贵能源。把单位原油、天然气产量的能耗降到最低，这是衡量油气集输系统设计水平和管理水平的重要指标。

在油田生产过程中必然要产生一些废液（含油污水、污油）、废渣（含油泥砂、污垢）、废气（加热设备排放气、特殊情况下的放空天然气）等。这些“三废”如不加以治理，随意排放，必然对环境造成污染，甚至破坏生态平衡。在制定集输方案的时候，首先要考虑消除污染、保护环境的工程措施。在管理过程中要注意监测对环境的影响，发现问题及时采取补救措施。国家规定，在重大项目可行性研究阶段，要提出该项目对境影响的评价报告，提请国家环保部门审批，并做为可行性论证的依据和前提。

(3) 要贯彻方便管理和安全运行的原则。油藏开发动态及其变化，将直接反映在油气集输生产过程中。为了监视油井的乃至区块的开发状况，集输系统应该正确地提供反映这些状况的各种数据和资料，以便根据油藏工程的安排，采取相应的工艺措施适时地进行调整。集输系统中的分离、计量、净化、稳定、储存、输送等工艺环节和生产过程要便于操作工人掌握、管理和维护，这是油田实现科学管理和文明生产的重要保证。一些新工艺、新技术的采用既要有助于操作工人技术水平的提高，又要考虑他们的实际技术水平。

集输系统的生产运行是连续的，无论哪一环节发生故障都会或多或少地对全局生产产生影响。但是，油田地面设施相当分散，经常性的检查和事故抢修、抢救都比较困难，因而除在生产管理中配备检查、抢修、抢救的队伍和装备以外，在集输系统的设计和布局上还应严格遵守国家有关安全、防火的规定，甚至要考虑一旦发生非常情况时整个系统生产有调整的余地，以保证全局的正常生产运行。

(4) 要贯彻“少投入，多产出”提高经济效益的原则。油气集输只是油田生产地面工程的主体系统，还必须与供水、供电、通讯、道路、排水、含油污水处理等系统配合才能构成油田生产的地面总系统工程。它们之间是相辅相成的，也是互相制约的。在考虑集输系统布局的同时，还要考虑其它系统的配套；在制定集输方案的同时，一定要制定其它系统的方案。在总体上各系统方案同时参加比选，争取做到总体优化布局，而不能有所偏颇。油田开发和开采有一个发展过程，油气集输及其配套系统要做到统筹规划、统一设计、分期建设、分批投产，尽快发挥投资效益。由于油井分散，油田地面工程往往是“点多、线长、面广”，看来很小的节约和浪费，总起来则是很大的数字。油田开发周期很长，从开采初期到完全枯竭，往往需要几十年时间，如果总体布局不合理，不仅管理不便，生产运行费用偏大，还会造成无法挽回的经济损失。

# 第一章 油气集输流程

## 第一节 集输流程设计

油气集输流程是油、气在油田内部流向的总说明，即从生产油井井口起直到外输、外运的矿场站库，油井产品经过若干工艺环节最后成为合格油、气产品全过程的总说明。每个工艺环节的功能和任务、技术要求和指标、工作条件和生产参数、各工艺环节的相互关系，以及连结它们的管路特点等，都要在集输流程中给以明确地规定。显然，集输流程是每个工艺环节及其连结管路的设计依据和原则。在这个原则指导下，各工艺环节内部的油气流向则由这个工艺环节的局部流程加以规定。

设计油气集输流程，一般要收集、研究并综合考虑以下几个基本条件。

第一，油气集输系统是构成油田生产总系统的分系统，因而集输流程设计是以确定的油气储量为基础，以油藏工程和采油工程的方案和措施为前提的。在集输流程设计过程中应充分收集和分析勘探成果所提供的油藏面积、构造类型、油藏性质、油气储量、油气物性等必要的基础资料。对于油藏工程和采油工程提出的开采设计和工艺措施，如井网设计、开发方式、井身设计、开采特点、采油方式、稳产年限等，以及油井含水变化、递减规律、井下作业特点、井内液面变化规律、从油层到井口的压力分布等，都应该予以认真考虑并且与之相适应。这样做的目的是保证油田处在最佳的开发状态和取得最好的开发效果；同时也是为了恰当地确定集输流程的建设规模和适应能力，避免出现由于规模过小或过大而出现集输地面系统连年不断地扩建或投资积压浪费的现象。正因为这样，要按照一个油田总体设计的要求，把构成油田生产的油藏工程、钻井工程、试油工程、测井工程、采油工程、油气集输工程和地面各系统配套工程，看做是相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的统一整体，既要保证它们各自的特殊要求，更要强调它们之间的横向关系，用系统工程的思想对每项工程的方案进行综合比选，从而产生油田开发建设总体设计的最佳方案。

第二，按照集输流程配置集输系统的地面工程，因而油田所处的地理位置、气象条件、地形地物、水文和工程地质、地震烈度等自然条件，和油田所在地区的工业基础、农林牧渔发展状况、动力来源、交通运输、居民区及其配套设施布局等社会条件，都将直接影响集输流程设计和工程布局。了解、研究并充分考虑这些自然条件和社会条件，扬长避短，权衡利弊，对提高集输流程设计水平和使工程布局更加合理是十分重要的。

第三，就油田地面工程而言，集输系统中各项工程是集输流程的工程保证和具体体现，而集输系统与地面其它系统之间又是主体工程 and 配套工程的关系。由此看来，集输流程的设计带有总体设计的性质，它对油田地面工程的布局有着举足轻重的作用。从事集输流程设计首先要掌握本系统各工艺环节的基本特点、工艺要求和工艺过程，处理好集输流程和各工艺环节局部流程的相互关系；同时还要了解地面工程中其它配套系统的生产特点和布局的特殊要求，协调好各专业之间的配合关系。

第四，要加强技术储备和技术情报信息的交流与消化吸收。注意技术资料的积累，特别是收集、分析和研究国内外同类型油田所选集输流程的特点和发展过程，他们对每个工艺环

节处理的原则，以及所选择的工艺流程给油田生产带来的经济效益和社会效益。借鉴他人的经验，积极稳妥地引进国内外先进的工艺技术，解决本油田当前或将要出现的技术难题，无疑是一条捷径。针对本油田集输流程中的特殊问题、普遍问题和长远问题，有必要列出专题，开展应用技术研究工作，同时要组织好这些专题的技术配套，使得这些问题解决之后整个集输流程能够全面地提高到一个新的水平。

## 第二节 集输流程的基本内容

为了更好地进行具体油田的集输流程设计，有必要把已有流程进行概括，认识其本质和共性，用以指导新油田流程的研究、设计。分析集输作业各工艺环节，不外是油气计量、油气分离、油气净化、油气加压等几项。流程是这些工艺环节间的关系及其管路特点的说明，诸如规模的确定、能量的使用、集输流程的集中或分散程度、系统的密闭程度、管网情况等，这些都是任何集输流程都要遇到和需要解决的普遍问题。这些问题将在下面逐一讨论。

### 一、建设规模的确定

设计集输流程遇到的第一个问题是确定流程的建设规模。这是因为一经确定了流程中的管径、容器、设备等，就只能在一定的产液量范围内工作，而油田开发和开采的特殊性决定了各油田产液量上升速度差别很大。如果流程的一次规模定得太大，将长期达不到设计能力，发挥不了应有的投资效益，甚至可能因热力条件不够而不能正常运行；反之，如果一次规模定得太小，而产液量上升速度又太快，流程的水力工况不能适应生产要求，必然在短时间内就要改建、扩建，同样给国家造成损失，给生产带来影响。

同时，流程中管道、容器、设备等都有一定的使用年限，在此期间它们有一个从新到旧直至完全报废的过程。确定流程的建设规模，要本着物尽其用、充分发挥投资效益的原则，在固定资产报废之前的使用年限内充分发挥它们的作用，超过这一年限后再进行改建、扩建去适应新的规模，这种做法才是经济的。我国规定油（气）井和注水井折旧年限为5年，油（气）田地面建设的固定设施为15年，油（气）田储运设施为8年。由此看来，集输系统中各项设施的适应年限按5~10年来考虑是做到了物尽其用的。

综合上面的分析，如果油田投产初期不含水，则流程建设规模  $G$  可用下式计算：

$$G = \frac{G_0}{1 - (\tau - \tau_1)v_w} \quad (1-1)$$

式中  $G_0$ ——开发设计提出的产油量，吨/日；  
 $\tau_1$ ——开发设计提出的无水采油年限，年；  
 $\tau$ ——集输设施的使用年限，年；  
 $v_w$ ——开发设计提出的年平均含水率上升速度，%/年；  
 $G$ ——流程适应的液量，吨/日。

如果油田投产初期含水，则流程建设规模  $G$  可用下式计算：

$$G = \frac{G_0}{1 - (\tau v_w + B)} \quad (1-2)$$

式中  $B$ ——油田投产时含水率，%。

流程的建设规模确定以后，集输流程的设计就可以进入定量的设计计算和设备的设计选型了。

## 二、能量利用问题

油井产物从井口流到油库，总要依靠某种形式的压能和热能来完成，集输中可以利用的能量有：地层剩余压能和热能、水力机械和加热设备提供的能量、地形起伏造成的势能能量。这里着重研究压能的利用问题。

地层剩余压能是自喷井把油气混合物送到井口后还剩余的能量，这能量中的一部分可以用于集输系统。其合理利用问题将在后面专题讨论。

集输系统中可供利用的水力机械能量，有抽油井的抽油机、潜油泵、地面泵和压缩机提供的能量。当自喷井和抽油井的可利用能量消耗殆尽，就只能靠地面泵和压缩机补充的能量把油气转输到目的地。

当油区地形有起伏时，如果各工艺环节的位置安排适当，可以利用地形的势能通过自流的方式把原油转送到目的地，象玉门油矿就比较充分地利用了这部分能量。

### (一) 自喷井剩余压力及其应用

油气流向井底的量是和地层压力与井底压力之差成函数关系的。在开发的某一阶段内，地层压力可以认为是不变的，因此油井产量只是井底压力的函数，其关系如图1-1中地层工作曲线1所示。在一定时期内它是一条固定的曲线。

油气从井底通过油管、油嘴和地面管线，最后进入油罐。当油罐为常压罐，通过油管、油嘴和地面管线的流量则是井底压力的函数，其关系如图1-1中管线系统工作曲线2、3所示。改变油管、油嘴或集输管路的直径，都会改变管线系统工作曲线的形状。图1-1中曲线2、3就是使用不同油嘴时的情况。

从地层到地面油罐是一个统一的水力系统，所以地层工作曲线和管线系统工作曲线的交点就是油井的工作点，交点对应的流量是油井的实际产量，对应的压力是实际的井底压力。

为了获得油田最大采收率，经常要避免溶解气驱采油，所以总要求井底流动压力保持在饱和压力以上。另一方面，为使油井能发挥最大的生产能力，井底压力又不宜过高，一般总是保持在饱和压力附近。

井底压能消耗在以下几个方面：首先是把油井产物举升到井口采油树，这部分压能消耗在井筒。油管直径不变情况下，油井产量越大消耗越大；当含水率上升或油管结蜡时，消耗也会变大。表现在采油树上的剩余压力称为油管压力。其次是消耗在油嘴上，这部分压降在油嘴直径和流量一定情况下很难发生变化。油嘴直径可以更换，用以调节产量从而调整井底压力在饱和压力附近。这是因为随着开采时间的延续，地层压力逐渐下降，地层工作曲线发生变化，或者随含水上升，油管中液柱压降变大，改变了管线系统工作曲线，这些都靠更换油嘴来调整。通常把油嘴以后的剩余压力称作回压，它是驱使油气在集输管路流动的动力。再次，回压消耗在井口油嘴以后的地面集输管线上。这部分压力降受外界影响较大，温度变化、结蜡程度以及几口油井

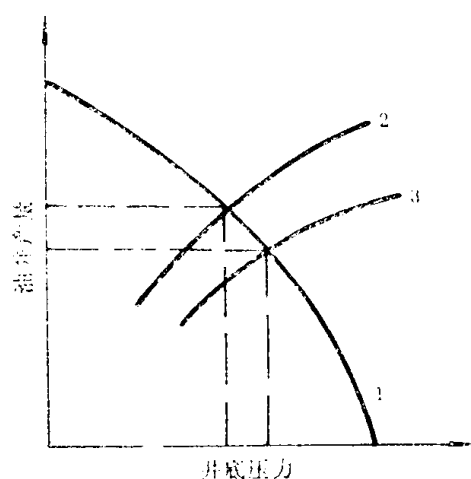


图1-1 地层—管线系统工作曲线  
1—地层工作曲线；2、3—管线系统工作曲线



管线汇在一起流量发生波动等，都会造成井口回压的变化。最后是消耗在油罐的液面高度上。

可见，集输系统充分利用地层能量的起点是井口回压。如果由于某些原因使回压过高而导致油井产量下降，就应当更换适当的油嘴，减少油嘴部分的压力降；当油管压力相当高，而回压相对值不十分大时，回压的波动对产量的影响很小。一般认为，油压与回压之比大于2以上时，回压的变化不会影响油井产量。由于种种原因，我国以往对自喷井的井口回压控制较低，严格限制在0.4~0.6兆帕（表压）。应该注意，若干油井并联到同一管网中去，会互相影响到井口回压，这对低压、低产油井的生产干扰较大，要慎重对待。

## （二）抽油井剩余压力及其应用

开发自喷能力较低和不能自喷的油田，或者某些油田的生产逐渐进入中、后期，抽油机的应用会愈来愈多。只要回压的增高不致加剧井下泵的内漏而影响其效率和检修周期，抽油井的产量基本上不受回压的影响，而且回压在一定范围内变化也不会大幅度地增加抽油机的电耗。抽油井的这些特点为提高集输系统的压力创造了条件。

但抽油井的回压也有一定的限度，回压太高会使抽油机磨损、抽油杆密封部分憋漏，增加维修工作量，也会降低井下泵效，增加电耗。提高集输系统压力，系统的阀门、管线和分离器等压力等级都要相应提高，增加了钢材和投资的消耗。所以我国目前控制抽油井回压不高于1.5兆帕（表压）。

国内外大量的生产实践表明，提高集输系统压力具有明显的优越性：可使伴生气更多的溶解在原油中，减少气量，降低原油粘度，进而减少管线的水力损失和提高油气分离效率；可采用多级分离工艺，使原油和大部分伴生气自压输送，增加分离后原油的稳定程度并增加油、气的采收率；为不加热输送创造条件，可减少油田的自耗燃料。因此，合理确定集输系统的压力是一个复杂的技术经济问题，要根据油田开采方式、油气物性和油气预处理及轻烃回收的要求等做出比较才能确定。

## 三、集输流程的分散和集中程度

集输流程的分散和集中程度主要表现在量油和分离两个环节上。对每口油井单独进行油、气产量的计算，目的是为油藏工程和采油工程提供资料，以观测油井的开发动态和采油曲线对比，判断油井和地层的变化。除了间歇出油井需要专用计量分离器以外，轮流计量一般可以满足开发和开采的要求。油气混合输送还是分别输送是以分离环节为分界点的，分离环节设在什么位置根据集输系统压能大小而定。油井产物较早地分别输送，一定的井口回压可输送较长的距离，但集输管网比较复杂，油气混合输送管网显得简单，但输送距离相对变短。在自喷井口系统中井口回压可利用的程度有限，所以流程的分散和集中问题更应慎重对待。这里就这种系统中的单井计量、单井分离；集中计量、集中分离和单井计量、集中分离的典型流程加以介绍。

### （一）单井计量、单井分离

这种情况是指每口油井都装有量油、生产分离器，计量和分离工作都在井场上进行，油气分离器兼做计量和分离使用。分离后，油、气分别进入集油管线和集气管线，如图1—2所示。

分离器控制压力主要取决于集输管网的压力和对油气分离的质量要求，靠气体出口的压力控制阀控制。井场上的分离器可设一台，也可以设两台，这取决于油井产油量、产气量和允许的最高回压。采用二级分离时，更要注意二级分离器的压力比集油管压力要高，否则不

仅排不出油还可能使原油溢入集气管。

## (二) 集中计量、集中分离

这种情况是指把一个区域中若干油井的计量和分离工作集中在计量分离站进行，由一台生产分离器承担几口井的生产分离工作，把几口井的产物一并分离，一并计量；另一台专做单井计量分离器用，各井轮流计量。分离以后的油、气分别进入站外的集油、集气管线，如图1—3所示。

在同一区域内有压力悬殊较大的油井时，可根据油井压力把井分为两组或几组，进行计量和分离。

油井产物在进入计量分离站前，各井分别有一条混相输送管线进站；分离出站以后，所有各井原油共用一条集油管，而天然气则根据情况，可以采用不同压力系统的两条（或三条）集气管，也可以把气相压力均衡以后进一条集气管。

油井分组分离，一方面是避免各不同压力油井之间的干扰而影响低压井的产量，同时也是为了采油资料中要求有不同油层的产量记录。

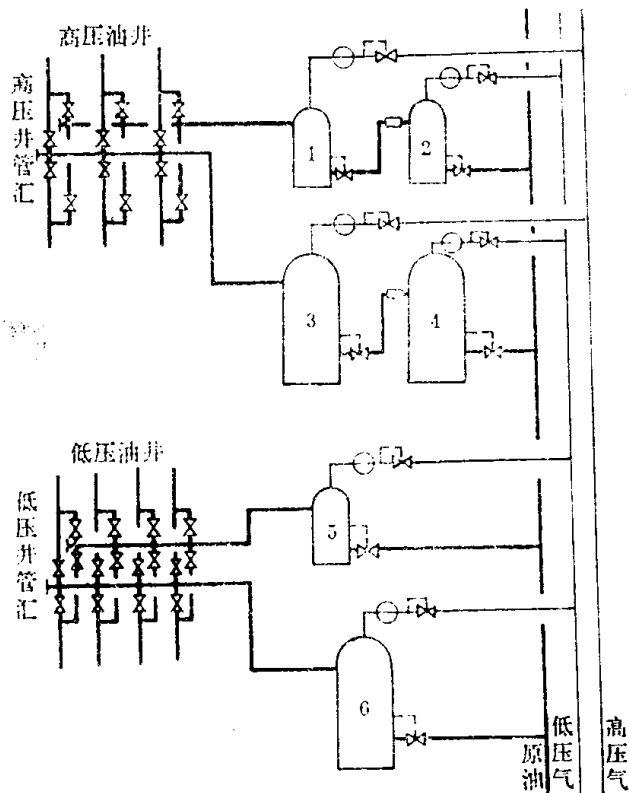


图1—3 集中计量、集中分离流程

- 1—单井计量一级分离器；2—单井计量二级分离器；  
3—生产一级分离器；4—生产二级分离器；5—单井  
计量分离器；6—生产分离器

进行，分离工作集中到分离站上进行。各油井产物分别在井场上计量以后，油、气再进入同一条混相输送的管路，到集中分离站，如图1—4所示。

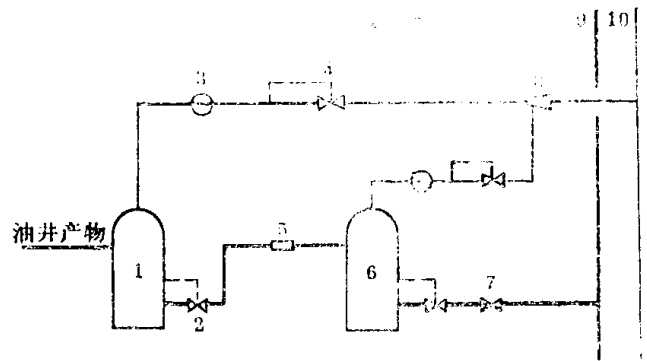


图1—2 单井计量、单井分离流程

- 1—一级分离器；2—液面控制阀；3—流量计孔板；  
4—压力控制阀；5—减压油嘴；6—二级分离器；  
7—止逆阀；8—气体提升器；9—集油管；10—集气管

同组的生产分离器和计量分离器的一级压力一定要保持相等，否则当油井产物由生产分离器改进计量分离器进行计量时，由于两者压力不同，必然引起管路中压力和输量的突变，因而计量就不可能准确。

在制定流程方案时，集中计量、集中分离流程也可能演变成另一种形式：即集中计量设在集中计量站上进行，计量站的位置设在距离几口井适当的地方并兼顾其中的一口井的管理，这样从油井到计量站的距离较短，混相输送管线的热力工况较好，也便于对所辖油井的管理，站内设一台或两台分离器做单井和多井的计量用。计量以后的油、气仍混相输送到集中分离站，在分离站上集中分离。这样做的好处是流程管线比较简单，不同性质的岗位分工明确，但混相输送的管线长，压降大，从而使井口回压升高，因此是否选用这种方案要根据客观条件的允许程度，予以综合考虑。

## (三) 单井计量、集中分离

这种情况是指计量工作在各井井场上进行，分离工作集中到分离站上进行。各油井产物分别在井场上计量以后，油、气再进入同一条混相输送的管路，到集中分离站，如图1—4所示。

井场上的分离计量装置可以是固定的，也可以是车载活动的。采用活动计量装置时，要求油田道路状况要好，而且到井场的道路要配套；活动装置与井场流程管线连接要简便；计量完毕以后整套装置要方便吹扫，以避免局部残油凝固。分离站的工作是把集油管送来的油井产物按组进行油气分离、计量，并记录其总产量。

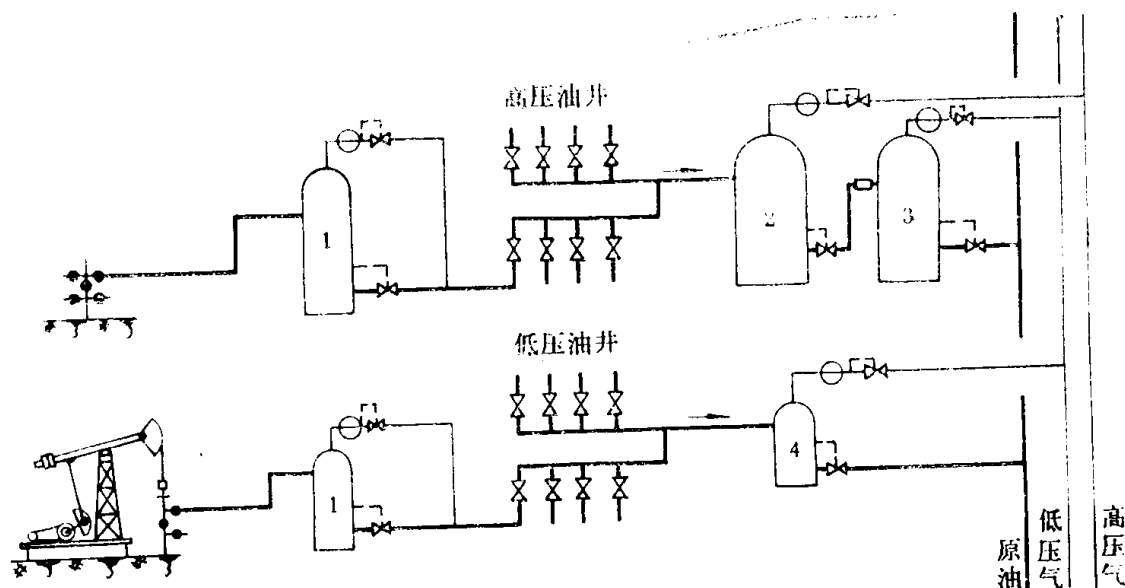


图1-4 单井计量，集中分离流程图

1—井场分离器；2—生产一级分离器；3—生产二级计量分离器；4—生产计量分离器

这种流程节约管路，但要注意进入同一集油管的各油井的回压问题，各井回压会因距分离站远近、管径、液量、气油比等不同而压力降不同。各油井根据采油曲线和油压情况，所要求的回压不同，油压高的油井回压可以适当高些。压力不同的油井进入同一管路，结果使回压平衡在某一个中间压力值上，致使油压高的油井有多余的地层剩余能量未充分利用，而要求回压低的油井会因此达不到规定的产量。对油压较低因回压影响产量的油井，可以更换油嘴使其既达到规定产量又适应这一水力系统。如果油嘴再无更换余地，则应降低分离器压力或使用较大的管径，或调整油井分组。采用哪种方法，需从全面考虑再做决定。

以上几种分离和计量流程各有特点，应采用哪种，须按具体情况，如井距、油井产量、油压、管理等因素综合考虑，分析比较才能决定。应该说明的是上述只是几种典型的流程，并不是集输流程的固定模式，实际上我国各油田采用的流程彼此并不完全相同，都是根据那里的具体情况制定的，或是为了解决某些具体的特殊问题，做了一些颇具特点的安排。有的油田根据其开发状况的变化，对原有的流程做了大规模的变更和调整，这也是应该的。

决定了分离和计量流程，事实上就确定了一系列问题。如集油管网敷设形式，第二种流程总是辐射形的，第一、第三种流程大多数情况是成排的，也有环状的。确定分离站的位置也就确定了哪一段是油气混合输送，哪一段是油、气分别输送。实际上，计量、分离流程的确定和它们建设地点的布局，要考虑管网敷设、输送方式、系统压力降的分布、各油井对回压的要求等因素，还要权衡管理上的利弊并做出技术经济比较之后才能确定。一般倾向采用集中计量、集中分离的流程。

原油需要加热时，加热方式一般是根据流程所规定的管路状态而选定的。热力条件最不利的地方一般在井口和井口到计量分离站这段管线（第二种流程），或集油管中液量最少的端点井部分（第一、第三种流程）。