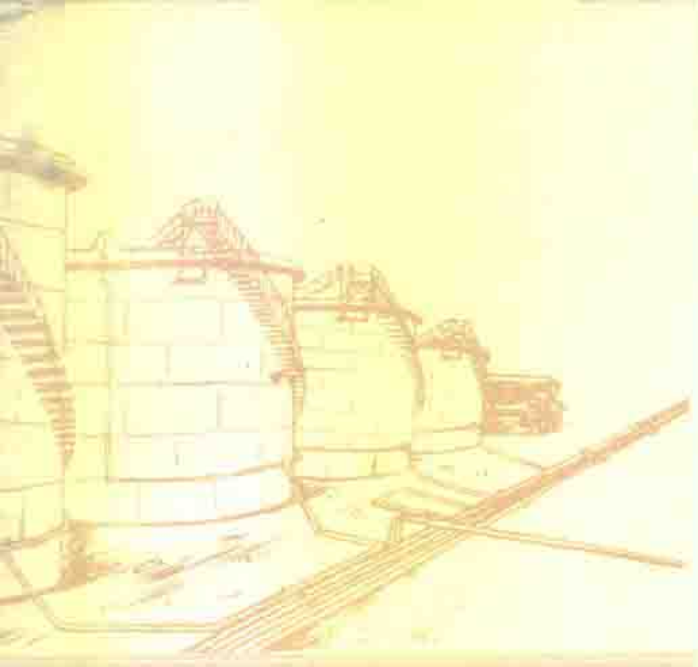




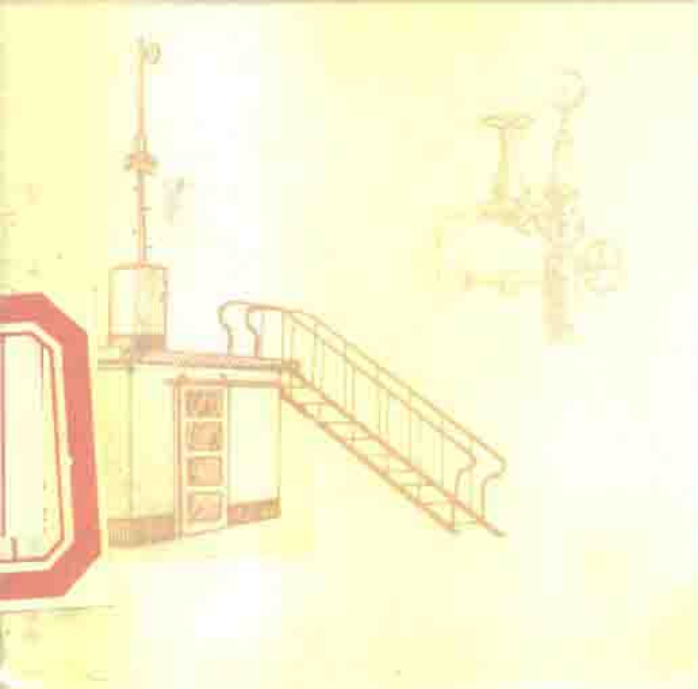
石油职工
继续学习丛书

石油储运

(二)

石油管道建设与维护

〔美〕得克萨斯大学 编



石油工业出版社

石油职工继续学习丛书

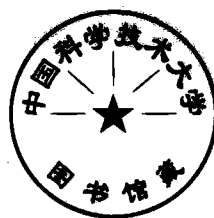
石油储运

(二)

石油管道建设与维护

〔美〕得克萨斯大学 编

王 喆 译



石油工业出版社

内 容 提 要

《石油管道建设与维护》系石油职工继续学习丛书石油储运部分之二。此部分内容共分：《石油管道工业导论》、《石油管道建设与维护》、《石油管道泵站操作与维修》以及《油罐结构、标定、计量与维修》等四册。

本书结合美国石油管道工程的丰富实践经验和资料，全面系统地介绍了石油管道设计的基本理论、建设施工、管材规范、腐蚀控制及管道维护等方面的内容，并对输油管道的经济管理作了论述。

本书可供从事输油专业的广大工人、干部学习使用，也可作为中等专业技校及职工培训教材。

OIL PIPELINE CONSTRUCTION AND MAINTENANCE

Issued by
PETROLEUM EXTENSION SERVICE
The University of Texas at Austin
Second Edition
Third Impression 1977

*

石油职工继续学习丛书

石油储运

(二)

石油管道建设与维护

〔美〕得克萨斯大学 编

王 喆 译

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外外馆东后街甲36号)

通县印刷厂排版

通县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 8³/₄印张 208千字 印1—4,000

1982年10月北京第1版 1982年10月北京第1次印刷

书号：15037·2362 定价：0.76元

出 版 说 明

美国得克萨斯大学有关部门受美国石油学会和美国国际钻井承包商协会的委托，从六十年代起，陆续编写了一套为刚从事石油工作的人员学习的丛书，这套书经多次修订再版，已逐步完善，并日益受到石油工作者的重视。据我们目前了解，这套丛书包括石油钻井、石油和天然气开采、油井的维护和大修、石油储运、海洋操作技术和基础知识方面的内容。这套丛书适于新工人自学，也可以作为培训技工的教材，有的内容则可作为初学者的入门指导。

我们现将拿到手的部分陆续翻译出版，并统称为《石油职工继续学习丛书》，以供我国石油工作者，特别是石油厂矿工人学习参考用。我们相信，随着我国石油工业的发展，以及与国际间石油技术交流活动的开展和新设备的不断引进，将这套丛书介绍给我国的石油工人，对我们的工作是有一定的益处的。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 用管道运送商品	(1)
第二节 管道的类型	(1)
第三节 他种商品的管道系统	(8)
第二章 新管道的经济规划	(5)
第一节 经济分析	(5)
第二节 管道规模	(6)
第三节 管道的产权	(6)
第四节 技术考察	(7)
第五节 选择线路的费用因素	(7)
第六节 影响费用的其它因素	(7)
第七节 盈利的估算	(9)
第八节 经济规划中计算机的应用	(9)
第九节 经济分析的结果	(10)
第三章 管道内液体流动的原理	(11)
第一节 物理状态	(11)
第二节 液体的参数和特性	(11)
第三节 液体的流体力学	(15)
第四章 输油管道设计和建设规范	(19)
第一节 原油的物理性质	(19)
第二节 管道内油的流动	(24)
第三节 管内重力流	(39)
第四节 管道内的流速	(40)
第五节 水力设计一站间距	(42)
第六节 流量图表的形式	(43)
第七节 系统设计	(44)
第八节 承包人的规范	(50)
第九节 一般性规范	(53)
第五章 管道的建设程序	(59)
第一节 清理及平整通行带	(59)
第二节 管子的卸车、储存、搬运及布管	(60)
第三节 开沟	(62)
第四节 弯管	(63)
第五节 铺管	(64)
第六节 保护涂层的涂敷	(69)
第七节 下沟	(72)
第八节 碰头	(73)

第九节 回填	(74)
第十节 特殊构筑物	(74)
第十一节 管道的水压试验	(79)
第十二节 通行带的清理及复原	(79)
第六章 干线用管和管件	(81)
第一节 近代管材	(81)
第二节 制管法	(81)
第三节 管子标准	(87)
第四节 特殊条件用干管	(91)
第五节 接头	(91)
第六节 阀	(93)
第七章 输油管道的腐蚀控制	(100)
第一节 腐蚀的性质	(100)
第二节 腐蚀控制的方法	(108)
第三节 管子的内腐蚀	(119)
第四节 管道以外的建筑物的腐蚀	(120)
第八章 输油管道的维护	(121)
第一节 管道维护的历史	(121)
第二节 方法的适用范围	(123)
第三节 维护组织	(123)
第四节 维护工作的类型	(124)

第一章 绪 论

管道这个词有多种含意。狭义地讲，可以只指用来建造输送流体状态的物品的管子和管件设施。广义地讲，除了管子和管件外，还包括由接货点到交货点输送物品用的全部设施。

交货设施包括：运输公司的保管部门与货主或收货人交接货物时使用的计量、控制以及数量、质量检验、计量设备等。

设施中还包括为运送货物提供动力的设备，以及调节、控制这种动力的设备。调节和控制又常常需要使用通讯设备，它也是管道的一部分。

质量控制有时需要在各个点上备有储存设施，特别是在管道的收货和发货点。为了进行质量控制，还需要许多其它监控仪表和进行操作。质量控制另一个常要求达到的性能是，在交货时，运送的货物的成分要全部和接收时相同，即各质量指标都在预定的限度之内。石油及其炼制产品常常是沸点、蒸汽压力及其它性质各不相同的成分的混合物。各设施的设计、建设、维护和运行都必须使挥发成分能保持在常规的或货主与运输公司间的协议要求的限度之内。

上面谈到的所有这些事都要求有一个公司机构进行计划编制，组织投资、设计、建造，搞好管道的管理、运行和维护，并负责收受和支付资金。具有资产和人员的公司就形成了最广义的管道的概念。

第一节 用管道运送商品

有许多商品是用管道输送的。这种输送方式效率高、经济、安全，可用于多种商品。管道的类型也在不断增多。经由溪流、河道及运河等自然或人工通道输水不现实时，一般水就成了由一个地方“管输”到另一个地方的物品了。虽然全世界制造的管子大多数用在水的输送上，但管道这个词却很少用于水道。

用管道将天然和人造燃料气体由产地送到用户已有一千多年的历史了。第一次世界大战以来，用管道输送天然气在世界上已成为一个主要的工业部门了。除用作燃料外，天然气也已成为制造许多其它物质的原料。虽然天然气是类似于石油的碳氢化合物，而且是以同样的方式由地下储藏中取得并加以输送的；但天然气的管道输送却是不同于原油、其它石油液体以及各种其它液体、气体、固体及其混合物的管道输送的独立工业。

可以用管道输送多种石油。最常见的是原油。在许多国家中用管道输送原油是一个主要工业。可以由管道输送的吨-英里数和其它运输方式的吨-英里数的统计对比看出各个国家、地区，在不同的时期内管道的重要性。

第二节 管道的类型

管道系统有三种基本类型(见图 1-1)。石油及其产品必须加以聚集、输送和分配。由

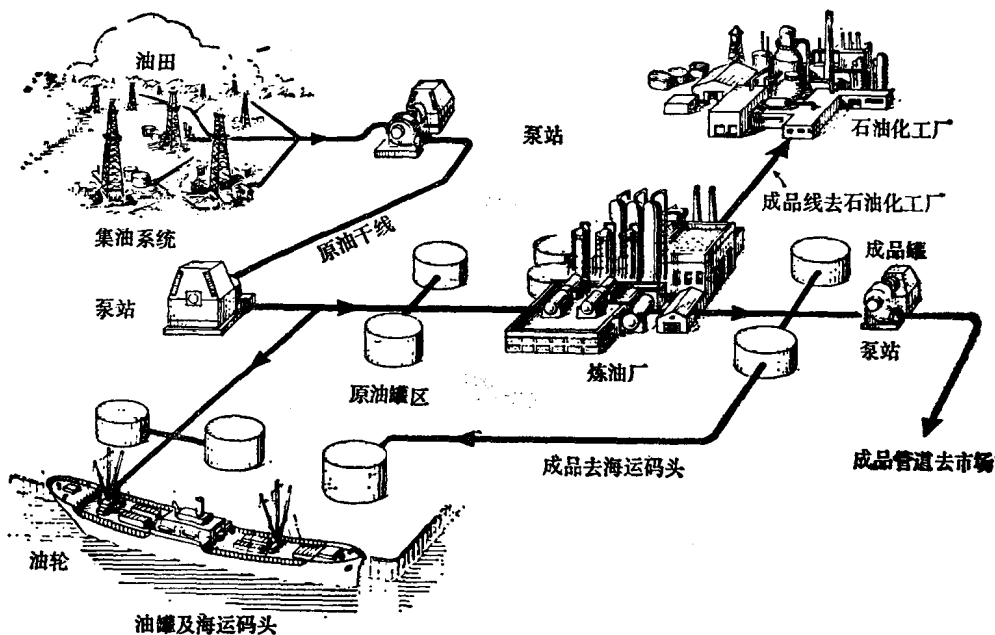


图 1-1 用管道聚集原油，将其送到炼油厂，然后将产品分配给加工厂、零售市场或转送给其它运输方式

各个矿区油罐及其它生产单位将原油输送到中心位置叫聚集。随即用干线系统把原油送到加工点及市场。产品炼成后，用分配系统完成输送任务。

一、集油系统

由各个矿场油罐和其它生产单位向中心地点输送原油的管道及其它设备叫集油系统。这些集油系统一般包括流向干线站的支线或流向通往主干系统其它地点的分支管线。这些支线最常用到的管径为4英寸 (Dg100) ① 到12英寸 (Dg300)。也使用一定数量更小或更大口径的管道。一个集油系统一般收集单一油田生产的油，但规模可能很大，而且会有泵站(常用油田这个词将油田管道和油田泵站与干线及干线设施区别开来)。集油系统的管道比干线短，其长度由几英尺到几英里。但集油管道的总里程仅稍短于原油干线的总里程。在支管网的大量终端站测量各个生产厂商的各种油品的数量和质量，是集油系统的一项主要工作。这种测量是监控各个油矿输送的每“批”油的基础。这些批量都要计算和安排得使每个货主及分货主对他们那份油能信得过才行。完成原油聚集业务的公司收取集输费。许多小的原油聚集系统加在一起形成巨大的整体，这些系统构成了管道工业的一个主要方面。

二、干线系统

第二个方面是用干线输送原油。用主干管道输送原油能使远离加工点和市场的地区生产原油在经济上合理。有一句老话：“在你找到石油的地方有石油。”一般只能在少数地点找到大量的石油。这些地方和油田，一般距离需要油的地区都很远。

用主干线输送原油已经有了很大的进展，而且将继续有所发展。这些进展包括管道材质

①括号内为公制，下同。——译者注

及制管方法的改进,更好的管道和泵站的设计和建造方法。由于转由器械及控制设备完成精确、单调、劳累的工作,克服了人工控制的许多先天局限性和繁重的操作,操作方法已出现了重大变化。器械及控制设备不知疲倦、动作迅速、灵敏,而且能在人类不能忍受的环境下工作。拥有和管理许多主干管道的公司的组织形式也有了变化。常常是由两个或更多的公司共同拥有一个干线系统的所有权。这种改变是认识到了输油单位成本反比于管径和输量这一水力学自然规律而取得的。每个具体情况都存在各种不同程度的限制因素,需要周密的研究和预测,以确定最优管径、最佳通过量以及各公司的投资比例等事项。

三、分配系统

由炼油厂及海港等货源将成品油输送到使用地区,多由管道分配系统来完成,这种系统一般叫成品管道。主要的成品油是各种规格的汽油、喷气发动机燃料、煤油及柴油。还要输送用作燃料,或用作炼油厂及化工厂的原料的大量液化石油气(LPG)。管道工业的这一部分比原油管道发展晚得多,但在许多技术进展上却处于领先地位。与原油相比,不同规格和牌号的成品燃料油要求在批量间有更精确的分隔,这个要求促进了液体性质微小变化的快速检验及油流精确切换设备的发展,以防止不必要的混油。由于成品油价格较高,而且必须满足最终使用的严格的规格要求,因此需要有更为精确的计量和批量间更精确的分隔。例如,将少量汽油混入煤油或柴油罐,会使成千桶的煤油或柴油的闪点降低,使之不能符合规格要求,难于售出。

成品油及其它物质的分配管道与原油管道的不同点还在于:在起始点它是个大容量的系统,到终端则分支为分处于很多地方的小交货系统。在成品油管道的情况下,燃料是输送到人口高度密集区的用户使用的,管道必须向这些地方铺设并深入其中;在设计、建设、运行、维护中,保证公共安全的要求就极其重要了。

第三节 他种商品的管道系统

输送原油的公司常常也兼输成品油。原油及成品油的货主常常会发现用管道输送其它商品也是有利的,当然这需要在另一个管道系统中输送。管道工业在这个方面发展迅速,现在已可用管道系统输送固体物质(以水作输送介质)、液体无水氨、氮气、二氧化碳气、盐水、酸、碱以及其它物品。许多物质(如乙烯)是在一个工厂中生产,需要用管道送到另一工厂去制造其它产品,管输此种石油化工原料的业务正在增多。现在许多管道公司备有高蒸汽压商品的储罐作为附加业务。这种储罐库常常是利用地下盐矿的洞穴。把部分盐溶解或浸出,并将盐水泵出,即形成了这种洞穴。还可以利用在石灰岩、花岗岩及其它岩石构造中开凿的洞穴。这些商品在性质上差别很大,要求设计和建造各种不同的管道,例如在腐蚀性、毒性、腐蚀性和易燃性等方面就各不相同。即使是合乎要求,看上去无害的性质(如惰性)也会造成困难。例如,高纯氮漏入空气时,少量的泄漏就很难发现,因为空气中就有五分之四是氮。纯度的要求又不允许加增嗅剂,或其它可以帮助证实管道漏氮的东西。

有些管道主要用于输送原油,但气体物质有时也通过同一管道加以输送。这种多相流管道在设计、建造、运行及维护上存在特殊的问题。一个常见的例子是:海上油井生产几种类型的原油,易于液化的石油气,以及处于或接近于地球表面自然存在的温度不能液化的天然气,盐水,新鲜水及少量砂子和其它固体物质时即出现多相流。配备海上设施来分离这些物

质，再分批或分别输送不总是可行的。混合物在管内流动时要发生相的变化。设计和运行这种管道时问题就多了。因此要求设计工程师在设计和建造这种系统时，要能防止这种变化，或发生变化时能切实加以解决。这确实给设计工程师提出了一个真正的难题。

第二章 新管道的经济规划

有一个时期新原油管道的经济规划是很简单的。在有秩序的生产业务普及以前，发现一个油田立即需要用管道将油输到或输向炼油厂。加速给油找出路是极其重要的事情。选择油田与最近的适当管道、炼油厂、海港或河港之间的实际可能的最短线路。订购可能取得的少数几种标准口径的管子，并尽快地把管道建起来。由于油田的规模及需要输送的油量都不能很好地加以肯定，而且只能供应口径8及10英寸(Dg200及250)以下的高压管，最优管径的选择是很不准确的。工作压力一般也多限于每平方英寸几百磅。往往是先建一根4、6或8英寸(Dg100, 150, 200)的管道，在需要时再铺设平行管道或副管。有时候采用在系统的低压部分铺设大口径管道，如12英寸(Dg300)的管道，在高压部分用铺设小口径副线平衡输量来增大输送量。还常常从拆除的旧管道获得管材以建设新管线。某些系统把几个站的排量合并在一块，通过两到六根或更多一些的8英寸(Dg200)管输送15~30英里(24~48公里)后再通过一、二或更多根12英寸(Dg300)管线送到下站。约到1930年，普及了强度较高的管子，现场接缝的焊接工艺也完善了，能建成大口径的管道并在较高的压力下运行。这些变化再加上其它一些变化使改进管道的设计有了可能，使之不但能满足现有的条件，而且仅需极少的调整和增设工作即可适应预见到的通过量的变化。

因为某些1930年以前建造的系统仍在使用，故要谈谈这段历史。这些简单的管道系统在协助提供大量、经济的燃料及润滑油，保证国家发展的需要上很有作用。它们是现在正在使用的和将来设计的完善系统的先驱。

第一节 经济分析

一个地区的油田或一组油田所能生产的原油比现有的设施能输送的或有关炼油厂需要的原油多时，就会需要新的原油管道系统，或需将现存系统作较大的扩建。在这种情况下，计划中的管道的起点已经定下来了。经济规划人员必须找寻合适的输送目的地，以求对货主、运输公司及收货人提供经济利益。探寻合理的经济目标可能需要较大而费钱的系统的建设，把管道修到市场的需要基本上还没有得到满足的远方地区。从经济的观点看，最近的市场并不总是最有利的。例如，人口高度密集，因而也高度需要石油产品的地区可能与原油产地隔着高山、沙漠或遥远的距离。位于该地区的炼油厂愿意付出支持管道建设、维护及运行所需的高额费用。而邻近于新油源的消费区则可能已有了适当的产品供应。在这种情况下，推动经济研究的动力则为需要更有效地输送更多的原油。新系统的建设或老系统大的扩建的另一原因是现存的或计划的炼油厂可能需要更可靠或更大量的原油供应。

总之，有时需要用新管道系统供应新市场或取代一个或几个原有系统。某些老系统无法进行现代化改进，以达到新系统那么经济、安全及控制精确。在这种情况下原有系统转为其利用或加以处理，就成为经济分析的一部分。

第二节 管道规模

一旦认为需要建设管道系统，最重要的是确定合理的最大管径。由于建设费用约随管径的增大成直线增加，而管道的能力则按指数增加，故最大口径是有利的。在本章中将更全面地讨论这个关系。增大管径及运送量，单位运输成本将降低，故希望能取得可以提供的最大托运油量。单位建造、运行及维护费用低，运输费率可以订得低，从而可以降低货主的运费。这样即常常可克服在让许多公司联合起来建造和使用大的管道系统时产生的阻力。这些阻力是由单一产权的实际好处引起的，例如单一产权在计划活动中有可能只考虑货主及管道公司的需要等等。

第三节 管道的产权

原油的运输者一般都是生产原油或购买原油以供应他们的炼油厂的公司。他们当然应该拥有和操作输送石油的管道。事实上，由于管道运输的性质，政府法令对利润的限制以及竞争等，故除货主外，投资者一般没兴趣向原油及成品管道公司投资。在多数原油管道的经济论述中，可以认为对此有兴趣的是拥有独资管道子公司的石油公司。

几个公司均对同一个新管道工程有兴趣时，出现的问题是：什么是进行建设的最好组织形式？组织形式可能是一个整体投资系统，或一个独立的公司或每个公司各自建设自己的管道。

整体投资系统可理解成这样的一个管道系统：每个成员拥有一定百分数的管道输送能力，并分摊相应百分数的投资及固定运行费用。动力费及其它可变费用则按输量摊派。成员之一是管道系统的运行经理，在固定费用加直接费的基础上付给报酬。经理排定管道的全部运输批量，每个成员负责向经理提供月度计划，交付款项，收集收入并付税和付保险金。每个成员拥有的百分数是系统中属于该参与者的那一部分，是用来处理会计、折旧、估价、并用以分配收益的。

以独立的公司来拥有及运转多投资系统时，各母公司的股份占有额约与其预计使用管道的比例大致相同。这种公司可以用代理人或全部雇用人员管理。通过系统的运输均要收费。按照它是一个独立的企业实体进行登记，其收益以股息的形式分配给股票持有者。

整体投资系统的收益是通过每个成员自己付款的运输产生的，是与其它收益或损失混在一起的。在这种系统中每个成员可以用他选择的任何方式提供投资。股份公司可以用贷款的方式取得资本或其它需要的资金；每个股票持有者保证他的成比例的部分。

独立的公司必须有输量协议，以保证其连续性。协议一般规定，如果收入不能满足债务，每个股票持有者要负责亏损中成比例的部分。因每个成员可以按他自己的选择来随意使用派定的容量，就象全部是自用系统一样，所以整体投资系统没有输量协议。

多业主系统组织形式的选择受很多因素的影响，有些因素随时在变化。如1973年，多数管道公司的收益状况均使整体投资系统在财政上处于有利地位。

第三种“组织”形式是每个公司建造他自己的系统。某些情况下货主有足够的油可以装满实际上能建造的最大管道。管径和容量的实际上限在不断上升，现在最大管径约为48英寸

(Dg1200)，流通能力约为每日二百万桶(316000米³)。仅仅在几年前这个极限就要低得多，其结果是建造了许多将一个货主的油由他的货源直接输送到使用地点的系统。现在的情况是，在几百英里的长途运输中，建造单根、多业主、由主要生产区到主要消费区的大容量系统常常是更为实用的。当然也还需要有小的支线系统来收集原油供运输之用，并以小支线将原油分送到各个终点去。

第四节 技术考察

本章前一部分研究了影响原油输送干线的经济条件，这些条件都是石油公司管理部门必须考虑的事情，就是根据这个来确定必须要进行的，更详细的经济研究课题。经济研究是费时间又费钱的，只应该包括与研究状况有关联的各因素，因此即使在上述初始阶段也只需要考虑某种程度的技术细节。在实际工作中，在工程的经营和技术研究中，经济研究和技术考虑两者在时间、力量和人员上都有相当的重叠。

在经济规划中，还要由经营角度的考虑过渡到不同方案的技术分析，在本书中设想的是由某一地点到另一不同的特定地点的某一原油输送管道的研究。在某种情况下，也可以设想为在经营工作中也有技术人员在分析研究其它的运输方式，如油轮或驳船运输。

本章的下一部分讨论特定设施经济规划中需要考虑的因素。以后各章再讨论这些因素中的技术问题。

经济规划的第二个方面，或技术方面，是对概略计划更为细致的研究。提出各种不同的方案加以比较，提出一定的建议供管理部门批准。要更为精确地确定经由本系统输送的石油的数量和输送的地点。由可以提供的最好资料和预测确定每种油的数量，以及在工程寿命中这些数量可能发生的变化。确定油的粘度、比重、蒸汽压及腐蚀性等特性。还必须回答油是否可以混在一起在同一油流中输送，或者某些油必须分开，用批量法输送的问题。选择主干管道起点位置时，需要有油的数量及地点的数据。在确定集油管道最优管径、线路及工作压力时，对影响油的流动性质的特性，各地高程等地形条件，经常发生的气候条件，与主干管道的距离等都必须加以考虑。这些问题在第三章中再更加详尽地加以论述。

第五节 选择线路的费用因素

主干管道的线路选择是规划中的主要项目。理想的线路——即由起点到终点基本上是直线——偶尔也是可行的。使线路偏离直线的因素是地形。如高山，高山的建设费用高，加上泵油的能量费用也高，绕山而过的长线路反而更为经济。通行权费用高，取得通行权很困难时，也会使费用超过另一个较长线路的费用。希望管道经由或接近中间供油点或分输点，以及各种其它因素均影响线路的选择。生态条件对管道设计及通行带选择的影响正在不断增长。

第六节 影响费用的其它因素

管径-费用关系可用下式表示：

随着直径的加大，费用约呈直线上升，使用适当的计量单位时，

$$C = KD$$

式中： C——费用； K——管道单位成本； D——管道直径。

$$\text{当 } K = \sqrt[1.748]{\frac{156.4P}{V^{0.252}S}}$$

$$Q = DK^{2.716}$$

在直径增大时，容量呈指数增加

$$P = \frac{Q^{1.748}V^{0.252}S}{156.4D^{4.748}}$$

式中： P——压力损失，磅/英寸²/英里； Q——通过量，桶/日； V——运动粘度，厘沲，
S——比重； D——管内径，英寸。

表2-1 1969年美国的管道建设费用

管 径	铺 设 长 度 (英里)	每 英 里 费 用 (美元)		
		最 低	最 高	平 均
8"	58.78	16686	43207	40711
10"	117.20	32424	112616	50207
12"	132.12	27884	172556	59971
16"	32.30	57390	167196	78131
20"	86.64	54961	181872	101803
24"	327.04	81269	381194	171919
26"	358.81	100897	116058	107996
30"	815.27	129121	459330	175169
36"	877.74	169963	350168	216759
42"	504.51	252923	757079	267363

管道建设费用，美国，1969

每英里平均费用及费用范围

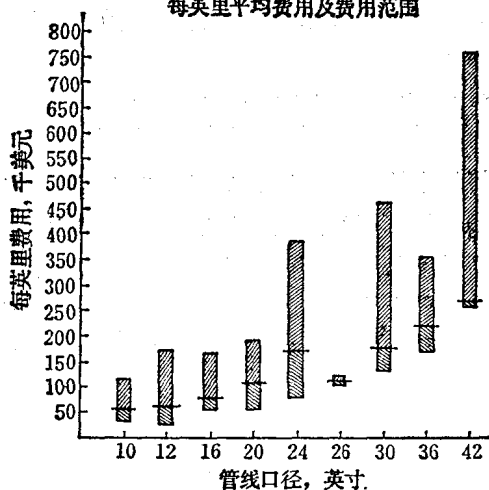


图2-1 管道的建设费用多为管径的线性函数。但由于通行权费、特殊建设问题及其它因素，一个地理位置和另一个地理位置的建设费差别很大

不同的管道工程，通行权费及人工费差别很大。天气条件也影响建设费用。但对给定的线路，建设费用随管径直线上升（见表 2-1）。16 英寸（Dg400）和 10 英寸（Dg250）费用的比例为二比一。24 英寸（Dg600）管线每英里的建设费用高于 26 英寸（Dg650）的管线，可能部分是由于通行权费用高的关系。图 2-1 为表 2-1 资料的柱状图。

第七节 盈利的估算

估算了建设费用并确定了投资额以后，就可以计算让这一事业有利可图所需的收入额。当然收入是来自管道系统的输油费。有时也完成一些存储或调合油品的工作，得到一些附加收入。但这些附加收入有时很少，在估算盈利时一般不计入。

没有单一的、通用的盈利估算方法，下面是一些较重要的指标。

工程的回收期是：当投资累计产生的现金收入相等于原始投资费用时所需的时间。回收期的计算是基于付过美国联邦所得税后的现金数。产生的现金数可规定为缴税、交折旧后的收益。对有恒定现金收入的工程，可用下式计算回收年限：

$$\text{回收年限} = \frac{\text{原始投资}}{\text{年现金收入}}$$

评定收益的回收率和现值收益法是密切相关的。两者均考虑了金钱的时值——即今天投资的一美元，到来年应值更多的钱。管道经济学中的回收率可定义为：工程寿命中，收益占投资未回收部分的百分数。因此也等于原始抵押投资的偿付率。还有其它的回收率概念，在该概念中考虑了投资将来产生的钱，必须贴现后才能等价于投资产生的钱的现值。

现值收益法常与回收率法联合使用，是检验收益较完善的方法。现值收益等于由工程产生的钱的现值减掉投资现值。现值取决于未来的美元折算为今天的美元的贴现（或利）率，故对现值收益的任何谈论必须先设定一个计算中的贴现率（如，8% 贴现率的现值收益）。

贴现率是，随着时间的消逝金钱实值的下降率。贴现率 10% 即一年内一美元投资得到十美分的利息。第二年的利息则按本利和（即 1.1 美元）付给。这个复利过程继续下去，到第三年末投资即值 1.331 美元。由于今年投资一美元，第三年末增加到 1.331 美元，为了在第三年末得到 100 美元，现在必须投资 100 美元 / 1.331，或 75.13 美元。因此，如贴现率为 10%，三年后得 100 美元，其现值为 75.13 美元。

用来度量收益的方法一般是这里谈到的方法的综合。由于回收法没有考虑钱的时值，它常用作风险因数。回收率及现值收益法则能给出恰当的长期的利益观点。

用现值收益法来检验几个方案的差别总是有好处的。当然，要使用这种方法则将迫使经济分析人员对投资的某些费用加以规定。这就要求他们对目前及将来的经济状况有一个深入的评价。

第八节 经济规划中计算机的应用

管道的操作运行，特别是运行的控制，多已由手工转为由机械、电力及电子操作装置及控制装置来完成了。用计算机解决经济分析问题更为方便。正确编排了程序的计算机解决问题的速度及精确度，使分析人员有可能考虑多参数的多种结合，选用不同方案中最好的一

个。

现代计算机系统的高速度及大存储容量使得几个使用者可以同时使用一台计算机，每个人都有单独使用的错觉。在一般分时系统中，使用人员用远方电传打字终端与中心计算机联系。不论用什么方法，计算机都能使经济分析中存在的许多复杂问题迅速地得到解决。结果是比用算尺、图表及计算器作为解决问题的主要手段，可以得到更可靠的经济分析结论。

第九节 经济分析的结果

对建议项目的经济研究，给公司的经营部门提供了最可靠的，用以确定最合算的供、需条件的基础。也指明了该项目最合适的组织形式。包括资本需要额、可提供的收入、费率及盈利能力。研究中的许多因素是基于估计和预计。结论的可靠性决定于估计和预计的精确度、完整性及合理性，以及分析能力等。

经理部门用经济分析的结果来确定是否批准该工程项目。即使初步的研究对从事本工业的人们足以说明了该工程在经济上是合算的，常常还需要以更细致的研究证明其有利可图，以取得外部投资，向股票持有人解释公司的行动，以及从政府管理机构取得许可。

第三章 管道内液体流动的原理

对管道内液体流动的原理已研究了好多世纪。但大多数时间，研究的对象仅限于水。最近这个世纪才对其它液体的管道输送，主要是石油及有关物质的管内流动进行了深入细致的研究。同时也对管道内气体的流动原理进行了同样的研究。

为了解决原油及有关液体流动的问题，利用和参考了水在管道内流动的大量知识。原油及有关液体的性质与水的性质极不相同。不同的原油，性质也有很大的差别。输油工业的要求与供水工业的要求也不一样。但现在为输油管道研制的某些措施和设备，反过来却用到水管线上去了。

本章中讨论的这些原理，是基于支配流体流动的自然规律，以及流体参数和特性对流动的影响的。管道本身的性质和特征也影响管内液体的流动，在原理的研究中必须加以考虑。

第一节 物 理 状 态

大多数物料或物质均能以固体、液体及气体等三种物理状态之一存在。人们最熟悉的是水，它可以是固体的冰、液体的水或气体的水汽或蒸汽。本书虽专门研究液体的流动，也需要考虑固态或气态。某些物质易于由一种状态变为另一种状态，在管道输送时也会有这种变化。某些情况下，将物质由固态或气态转化为液态，使之适于管道输送是可行的。

多数固体物质必须悬浮或溶解于液态或气态流体中，才能被流体带走。某些物质，如硫磺，可以加热使之液化，然后通过保温管道加以输送，管道保温控制了热量损失。由于单位容积的液体比同容积气体的质量要多，因此液态比气态更适于管道输送。在地球表面自然温度和压力下，许多物质为气态，但只需加压就可以液化，如丙烷、丁烷等碳氢化合物气体。输送这种液化石油气(LPG)已成为管道工业很大的一个分支。以液体形式管输二氧化碳、无水氨等其它物质也在增多。当然也可以降低温度使许多气体液化，使之在实际管道压力下呈液态。但这种管道需要绝热，以防止液体吸热而汽化。目前，大规模使用这样的绝热管道尚不可行。现在天然气能大量供应，而且有世界性的输送大量天然气的需要，但其临界温度很低(高于这个温度，仅仅靠加压，气体不能液化)，故仅能在 -255°F (-159.4°C) 以下的温度，用特殊结构的油轮或驳船，以液态大规模运输。

可以用一个物质在另一个物质中的溶解特性把固体或气体转化为液体。各种盐类溶于水是以液态运输固体的例子。在第四章里将更全面地论述石油气在石油中的溶解。

第二节 液体的参数和特性

一、流动性

流体这个词表明：该物质在受到重力等自然力或压力等外加力的作用时就会趋于流动。液体和气体都是流体，它们的分子均相对于其它分子作快速运动。在这一点上液体和气体相