



油气管道工程技术丛书

油气管道设计与施工

YOUQI GUANDAO
SHEJI YU SHIGONG

黄春芳 等 编著

油气管道工程技术丛书

油气管道设计与施工

黄春芳 等 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国石化出版社

内 容 提 要

本书阐述了原油管道、成品油管道、天然气管道的设计方法和施工技术。主要介绍了原油、成品油、天然气管道设计工作中的水力、热力计算；原油、成品油、天然气管道初步设计方法和步骤；油气管道的工艺计算与站场布置；油气管道工艺流程设计；油气管道主要设备的设计与选择；油气管道的基本运行与工况调节以及水击事故保护；油气管道干线施工技术；油气管道定向钻穿越、顶管穿越、盾构穿越和开挖施工穿越各种障碍物的施工技术；油气管道站场设备的安装与施工；油气管道清管、试压、管道干燥以及投产试运技术。

本书适用于原油、成品油、天然气集输管道设计、运行、管理人员阅读，也适用于工业管道、公用管道设计、运行、施工技术人员参考，亦可作为职业技术学院(校)、大中专院校的相关专业课和企业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

油气管道设计与施工/黄春芳等编著. —北京:中国石化出版社,2008
(油气管道工程技术丛书)
ISBN 978-7-80229-620-6

I. 油… II. 黄… III. ①石油管道—设计②石油管道—管道施工 IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080730 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

北京密云红光制版公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 509 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定价:50.00 元

中国石化出版社管道类图书及行业标准

书 名	定 价/元
石油管道输送技术	80(估)
提高输油(气)管道综合效率技术研讨会论文集	70
油气管道工程	38
石油化工安全技术与管理丛书——油气管道安全工程	45
缺陷管道适用性评价技术	45
管道工程设计与施工手册	128
地下管线检测技术	80
管道完整性管理与技术	50
甬沪宁进口原油管道工程	150
石油化工装置工艺管理安装设计手册 第一篇 设计与计算(第三版)	150
第二篇 管道器材(第三版)	140
第三篇 阀门(第三版)	100
第四篇 相关标准(第三版)	125
第五篇 设计施工图册	50
石油化工管道设计安装便查手册(第二版)	160
石油化工工艺管道设计与安装(第二版)	78
石油化工厂设备检修手册 第十分册 工艺管线	60
石化工艺管道安装设计实用技术问答(第二版)	30
全国压力管道设计审批人员培训教材	66
压力管道应力分析	30
压力管道技术(第二版)	65
管道安全运行与管理	18
塑料管道及管件加工与应用	38
[英]管道风险评价管理手册(第二版)	60
[美]装置管道系统配置手册(第二版)	158
[美]配管数据手册	125
[美]管道手册(第七版)	280
SH/T 1758—2007 给水管道系统用聚乙烯(PE)专用料	15
SH 3010—2000 石油化工设备和管道隔热技术规范	33.5
SH 3012—2000 石油化工企业管道布置设计通则	16
SH/T 3019—2003 石油化工仪表管道线路设计规范	17
SH 3022—1999 石油化工设备和管道涂料防腐技术规范	28
SH 3034—1999 石油化工给水排水管道设计规范	15.5
SH/T 3035—2007 石油化工企业工艺装置管径选择导则	70
SH/T 3039—2003 石油化工非埋地管道抗震设计通则	13
SH/T 3040—2002 石油化工管道伴管和夹套管设计规范	23
SH/T 3041—2002 石油化工企业管道柔性设计规范	12
SH 3043—2003 石油化工设备管道钢结构表面色和标志规定	21
SH/T 3051—2004 石油化工配管工程术语	56
SH/T 3052—2004 石油化工配管工程设计图例	28
SH/T 3054—2005 石油化工厂区管线综合设计规范	15
SH/T 3055—2007 石油化工管架设计规范	25
SH 3059—2001 石油化工企业管道设计器材选用通则	29
SH 3073—2004 石油化工管道支吊架设计规范	41
SH/T 3122—2000 炼油装置工艺管道流程设计规范	21
SH/T 3129—2002 加工高硫原油重点装置主要管道设计选材导则	17
SH 3401~3410—91 石油化工管道器材标准(合订本)	120
SH/T 3412—1999 石油化工管道用金属软管选用、检验及验收	15
SH/T 3413—1999 石油化工石油气管道阻火器选用、检验及验收	12
SH/T 3501—2001 石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范	26
SH 3502—2000 钛管道施工及验收规范	14.5
SH/T 3517—2001 石油化工钢制管道工程施工工艺标准	64
SH 3518—2000 阀门检验与管理规程	10.5
SH 3533—2003 石油化工企业给水排水管道工程施工及验收规范	30
SH/T 3902—2004 石油化工配管工程常用缩写词	11
SH/T 3905—2007 石油化工企业地下管网管理工作导则	38

前 言

随着西气东输(一线、二线)、陕京(一线、二线)、兰-郑-长、忠武线、甬沪宁管道、仪长原油管道、西部管道、川气东送等一大批长距离输油、输气管道的建成和开工建设,中国正加快油气干线管网和配套设施的规划建设,逐步完善全国油气管线网络,建成西油东送、北油南运管道,西气东输管道及陆路进口油气管道等几大管网。

《油气管道设计与施工》一书正是适应油气管道的飞速发展而诞生的,本书力求以简洁的语言概括原油、成品油、天然气和城市燃气管道的设计理论、设计方法、运行技术及施工工艺和投产试运步骤。

《油气管道设计与施工》一书包含四个方面的内容,第一部分(前六章和第十章)主要讲述原油和成品油管道的设计与管理技术,包含以下内容:输油管道的线路选择与勘察设计;原油和成品油管道的水力计算、热力计算;原油和成品油输油管道的工作特性和运行管理;等温和加热输油管道的工艺计算和泵站布置;管道的强度设计和稳定性校核;原油和成品油管道输油工艺流程;输油管道主要工艺设备的设计与选择;管道水击和保护等。第二部分(第七章~第九章)介绍输气管道的设计与管理,主要包括以下内容:输气管道水力、热力计算;输气管道设计与运行;压缩机选择和压气站设计;输气管道的调峰技术;输气管道工艺流程与操作;压气站的辅助系统等。第三部分(第十一章~第十三章)讲述油气管道施工技术,主要包括以下内容:油气管道干线施工技术;油气管道站场施工技术;泵、阀、罐的安装;油气管道穿越障碍物施工,如定向钻、顶管、盾构穿越江河障碍物和开挖法穿越技术等。第四部分(第十四章和第十五章)主要讲述石油天然气管道清管、试压、干燥技术和原油、成品油、天然气管线投产试运技术。

本书适用于原油、成品油、天然气集输管道设计、运行、管理人员阅读,也适用于工业管道、公用管道设计、运行、施工技术人员参考,亦可作为职业技术学院(校)、大中专院校的相关专业课和企业培训教材。

本书由中国石油天然气管道学院副教授黄春芳、讲师冯春艳编著。其中第八章、第九章、第十章由冯春艳编写,其余章节由黄春芳编写,并由黄春芳统稿。本书由中国石油天然气管道局管道特级专家、管道局副局长刘为民,中国石油天然气管道分公司副总经理、高级工程师王惠智,中国石油天然气管道局局长助理、高级工程师王文彦审定。

由于编著水平有限,书中涉及的技术内容不断更新,书中缺点和错误在所难免,恳请使用本书的读者和教师提出宝贵意见,并欢迎读者就本书中的问题和工作中的新技术和作者进行探讨。

目 录

第一章 输油管道概况和勘探设计	(1)
第一节 输油管道的组成及主要输油工艺	(1)
第二节 输油管道的线路选择与勘察设计	(3)
第三节 设计阶段及主要内容	(7)
第二章 石油管道水力计算	(10)
第一节 水力学基本概念	(10)
第二节 水静力学	(13)
第三节 水动力学基本方程	(19)
第四节 液流阻力和水头损失	(25)
第五节 串联管路和并联管路的水力计算	(33)
第三章 低黏低凝石油输送管道的设计	(35)
第一节 输管道的工作特性和工作点	(35)
第二节 等温输送管道的工艺计算和泵站布置	(39)
第四章 高黏易凝原油管道输送设计	(53)
第一节 热油管道的温降计算	(53)
第二节 热油管的水力计算与泵站布置	(61)
第三节 热油管路的工作特性	(65)
第五章 油气管道强度设计	(69)
第一节 油气管道的荷载和作用力	(69)
第二节 油气管道壁厚的计算	(70)
第三节 管道的强度、刚度和稳定性校核	(72)
第四节 管道材质、管件、弯头	(77)
第六章 输油站场及其主要设备	(81)
第一节 输油气站站址选择与布局	(81)
第二节 输油站工艺流程	(88)
第三节 输油管道主要工艺设备的设计与选择	(92)
第七章 输气管道的水力、热力计算	(99)
第一节 管内气体流动的基本方程	(99)
第二节 稳定流动的气体管流的基本方程	(104)
第三节 水平输气管道的基本公式	(105)
第四节 地形起伏地区输气管道的基本方程	(108)
第五节 水力摩阻系数与常用输气公式	(110)
第六节 输气管基本参数对流量的影响	(116)
第七节 输气管道压力分布与平均压力	(117)

第八节	复杂输气管道的计算	(120)
第九节	输气管温度分布和平均温度	(127)
第八章	输气站与管线联合工作	(130)
第一节	压缩机组的选型及工作特性	(130)
第二节	压缩机站与管道的联合工作特性	(138)
第三节	输气管道的末段储气	(141)
第四节	输气管道沿线的压气站布置	(144)
第九章	输气站工艺流程	(146)
第一节	输气站的平面布置与工艺流程	(146)
第二节	压气站的变工况运行及调节	(153)
第三节	压气站的辅助系统	(155)
第十章	输油管道的水击和保护	(157)
第十一章	油气管道线路工程施工	(164)
第一节	线路施工准备	(164)
第二节	线路交桩、测量放线及施工作业带清理	(166)
第三节	材料、防腐管的运输、保管及布管	(171)
第四节	管口组对、焊接及验收	(175)
第五节	管沟开挖	(181)
第六节	管道防腐的补口、补伤	(184)
第七节	管道下沟及回填	(189)
第十二章	油气长输管道穿越障碍物施工	(193)
第一节	定向钻敷管穿越施工	(193)
第二节	管道定向钻穿越施工工程设计	(203)
第三节	顶管穿越设计与施工	(209)
第四节	管道盾构穿越障碍设计与施工	(221)
第五节	油气管道传统方法穿越障碍施工	(237)
第十三章	油气管道站内工程施工	(248)
第一节	站内管道安装	(248)
第二节	阀门安装	(251)
第三节	泵机组安装	(254)
第四节	储罐施工	(260)
第十四章	油气管道清管、试压与干燥	(273)
第一节	大口径油气管道干线清管与试压	(273)
第二节	小口径干线管道和站场管道清扫	(280)
第三节	天然气管道干燥技术	(286)
第十五章	油气管道试运投产	(298)
第一节	热油管道的试运投产	(298)
第二节	成品油管道的试运投产	(307)
第三节	天然气管道气体置换与试运投产	(310)
参考文献		(317)

第一章 输油管道概况和勘探设计

第一节 输油管道的组成及主要输油工艺

管道运输是石油工业中应用最广的运输方式之一。大体分为两类，一类是油气田矿场内部的集输管道等；另一类是长距离输送原油、天然气及其产品的管道，称为长距离输油（气）管道。

一、长距离输油管道的组成

长距离输油管道由输油站和线路两大部分组成。

输油站是长输管线的两个组成部分之一，它的基本任务就是供给油流一定的能量（其中包括压力能、热力能），以使油品保质保量、安全经济地输送到目的地。不同类型的输油站，担负着不同的输油任务。

输油站按其所处的位置分为首站、中间站和末站，中间站还可按照其所担负的任务不同，分为加热站（只提供热能）、加压站（只提供压能）及热泵站（既提供热能，又提供压能）。

输油管道的起点输油站也称首站，其任务是接收原油（计量、储存），经加压或加温后向下一站输送。由于来油和输油的不平衡及计量的需要，首站除了输油机泵和加热装置以外，还必须设置较大容积的储油罐，以满足计量以及调节来油与输油之间不平衡的需要。

原油沿管道不断向前流动，压力不断下降，就需在沿途设置中间输油站（其中包括泵站、加热站和热泵站），继续向管中原油提供所需的能量，直至原油送到终点。中间站的设施相比首站要少得多，特别是储油罐少。在管线沿途，有时为了供给其他单位用油或接收沿途油田的来油，还需要加设分输站以及在中间站或中间阀室考虑接收来油的措施。

输油管道的终点，又称末站，末站的任务是接收来油和把油品输给用油单位，或以其他运输方式，如公路、铁路、水路运输等转运给用户。由于来油不平衡及转运的不平衡（例如用户用油量变化、海运遇台风停运等），所以末站也需要设有较大容量的储油罐和相应的计量、化验及转运设施。

二、输油管道的输送工艺

长距离输油管道的输送方式有等温输送和加热输送两种。目前常用的输油工艺有“旁接油罐”和“从泵到泵”两种，见图 1-1-1 示。

1. “旁接油罐”输油工艺的特点

“旁接油罐”方式输油工艺是上站来油可进入泵站的输油泵也同时进入油罐的输油工艺，油罐通过旁路连接到干线上，当本输油站与上下两站的输量不平衡时，油罐起缓冲作用。其特点是：

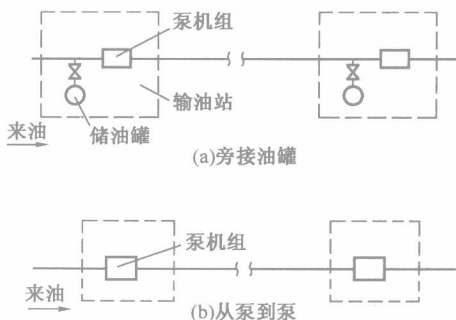


图 1-1-1 输油管道输送方式示意图

- (1) 各管段输量可以不相等,油罐起调节作用。
- (2) 各管段单独成为一水力系统,有利于运行参数的调节和减少站间的相互影响。
- (3) 与“从泵到泵”方式相比,不需要较高精度的自动调节系统,操作简单。

2. “从泵到泵”输油工艺的特点

“从泵到泵”输油也称为“密闭输送”工艺,在这种输油工艺中,中间输油站不设供缓冲用的油罐,上站来油全部直接进泵。其特点是:

(1) 可基本上消除中间站的轻质油蒸发损耗。

(2) 整个管道构成一个统一的水力系统,可充分利用上站余压,减少节流损失。它要求各站必须有可靠的自动调节和保护装置。

(3) 工艺流程简单。

三、输油管道输送工艺设计的一般规定

(1) 输油管道工程设计计算输油量时,年工作天数应按 350 天计算。

(2) 应按设计委托书或设计合同规定的输量(年输量、月输量、日输量)作为设计输量,设计最小输量应符合经济及安全输送条件。

(3) 输油管道设计宜采用密闭输送工艺。如果用其他输送工艺,应进行技术经济论证,并说明其可行性。

(4) 同一管道输送多种油品,宜采用顺序输送工艺。若采用专管专用输送工艺,应进行技术经济论证。

(5) 输油管道输油工艺方案应依据设计内压力、管道管型及钢种等级、管径、壁厚、输送方式、输油站数、顺序输送油品批次等,以多个组合方案进行比选,确定最佳输油工艺方案。

(6) 管输原油质量应符合国家现行标准《出矿原油技术条件》的规定;管输液态液化石油气的质量应符合现行国家标准《油气田液化石油气》或《液化石油气》的规定;管输其他成品油质量应符合国家现行产品标准。

(7) 输油管道系统输送工艺总流程图应标注首站、中间站、末站的输油量,进出站压力及油温等主要工艺参数,并注明线路截断阀、大型穿跨越、各站间距及里程、高程(注明是否有翻越点)。

(8) 输油管道系统输送工艺设计应包括水力和热力计算,并进行稳态和瞬态水力分析,提出输油管道在密闭输送中瞬变流动过程的控制方法。

(9) 应根据被输送原油的物理化学性质及其流变性,通过优化比选,选择最佳输送方式。加热输送的埋地原油管道,应优选加热温度,应进行管道保温与不保温的技术经济比较,确定管道是否需保温的合理方案。

(10) 成品油管道输油工艺应按设计委托书或设计合同规定的成品油输量、品种与各品种的比例,以及分输、输入数量进行成品油管道系统输送工艺设计。

(11) 输送多品种成品油时,宜采用单管顺序输送。油品批量输送的排列顺序,应将油品性质相近的紧邻排列。

(12) 应在紊流状态下进行多品种成品油的顺序输送,成品油顺序输送管道的沿程摩阻损失按油品等温输送摩阻计算。对于高流速的成品油还需进行温升计算和冷却计算。

(13) 在顺序输送高黏度成品油(如重油)时宜使用隔离装置。

(14) 成品油顺序输送管道,在输油站间不宜设置副管。

(15) 多品种成品油顺序输送管道, 应采用连续输送方式, 当采用间歇输送时, 应采取以减少混油量。

(16) 成品油如采用旁接油罐输送工艺, 当多种油品顺序输送混油界面通过泵站时, 应切换成泵到泵输送工艺。

(17) 应根据油罐区的建设和营运费用与混油贬值造成的费用损失两个方面进行综合比较后, 确定最佳循环次数。

(18) 液态液化石油气(LPG)管道系统输送应按设计委托书或设计合同规定的液态液化石油气输量、组分与各组分比例进行液态液化石油气管道系统输送工艺设计。

(19) 输送液态液化石油气管道的沿程摩阻损失, 应按油品等温输送公式计算, 并将计算结果乘以 1.1 ~ 1.2 的流态阻力增加系数。当管道内流速较高时, 还应进行温升计算和冷却计算。

(20) 液态液化石油气在管道中输送时, 沿线任何一点的压力都必须高于输送温度下液化石油气的饱和蒸气压。沿线各中间泵站的进站压力应比同温度下液化石油气的饱和蒸气压力高 1MPa, 末站进储罐前的压力应比同温度下液化石油气的饱和蒸气压力高 0.5MPa。

(21) 液态液化石油气在管道内的平均流速, 应经技术经济比较后确定, 但要注意因管内摩阻升温而需另行冷却的能耗, 可取 0.8 ~ 1.4m/s, 最大不应超过 3m/s。

第二节 输油管道的线路选择与勘察设计

一、选线原则

选线是输油管道勘察设计中的一项重要工作。线路的走向、长短和通过的难易程度, 对整个输油管道工程的材料消耗、投资和施工都有很大影响。选线又是一项政策性很强的工作, 要正确处理工业和农业、石油工业和其他工业以及中央和地方等各方面的关系。同时, 选线还是一项工作量大、劳动强度高而又艰苦的工作。随着新技术的发展, 航空摄影以及近年来出现的卫星摄影及遥测、遥感技术和大型电子计算机的应用, 为勘察选线提供了强有力的技术手段, 为获得准确详尽的资料和进行线路选择最优化的数学分析提供了可能。

路由选择就是确定管道由起点站到达终点站的基本走向, 即确定管道平面位置。站间管道是整体密闭的承压系统, 我国石油管道输送压力一般为 4 ~ 7MPa, 国外高的达 10MPa。单相油、气管道的线路走向通常不受地形坡度的限制。管道走向选择的基本原则是:

(1) 线路尽可能短, 一般以不超过航空直线长的 5% 为宜。

(2) 满足管道输送工艺的要求。

(3) 选择适宜的站址; 尽量不经过低洼易积水地带、盐碱地及其他对管道腐蚀性强的地区。

(4) 大型穿跨越工程要尽可能少, 选择工程量小、技术上可能而又安全、施工方便的地点, 这往往是确定管道走向的重要依据。

(5) 沿线有充分的动力、水和建筑材料供应条件; 综合考虑通过地区的规划和开发需要, 考虑与相关工程和后续工程的关系。

(6) 尽可能避开不良地质地段、地震区和有矿藏的地区; 线路应避开军事禁区、国家重

点文物保护单位、自然保护区、城市水源地。

(7) 有利于安全, 线路与铁路干线、城镇、工矿企业等建(构)筑物应保持一定距离, 宜远离直流电干扰源, 与交流高压线保持一定距离, 以减少杂散电源对管道的腐蚀。

(8) 交通比较方便, 便于施工和维护; 管道应尽量靠近和利用现有公路和电网, 以少建专用公路和电力线路。

(9) 注意自然环境保护。

路由选择涉及的因素很多, 目前选线工作尚较多地依靠经验。常规的路由选择方法是根据规定的管道起点和终点位置, 首先在适当比例的地形图上选出多条可能的线路走向方案, 再经初步分析对比, 选出几个较优的方案, 并绘制出线路纵断面图, 同时在图上初步布站, 然后进行现场踏勘。在踏勘时, 按照上述的选线原则收集自然地理、工程和水文地质、地区规划等各种资料, 作进一步综合分析比较, 提出最优的走向方案。对于线路较长、穿跨越点多、线路条件复杂和投资大的工程, 需要进行综合性的多次反复对比。对线路中大型穿跨越工程也要提出细致的施工方案, 从工程量和投资两方面进行对比, 有的甚至还需要进行工程试验, 才能选定最终方案。

第二次世界大战后相继出现的航空摄影和卫星遥感技术, 可为选择线路走向提供准确、详细的资料。近年来, 还用图论或动态规划的方法, 借助于电子计算机选择最佳线路走向。

二、勘察中收集资料的内容

输油管道勘察中收集资料的主要内容有:

1. 地理、气象及水文地质方面

(1) 1:50000、1:500000 或 1:1000000 地形图、交通图和行政区域图。

(2) 气象资料: 如气温、地温、气压、风向、风速、降雨量、蒸发量、土壤冻结深度等。

(3) 水文资料: 主要河流的长度、水位变化幅度(洪水位、枯水位、正常水位)、洪水特性及延续期、洪水淹没范围、河水冻结与开冻期等。

(4) 水文地质资料: 通过地区的主要含水层、供水量、地下水流动规律、地下水对管道的影响等。

(5) 区域性的地质剖面图和地质构造、地层岩石特性等资料。沿线地形地貌主要类型及其与地质构造的关系, 地形的险峻程度, 土石方分布情况等。

(6) 滑坡地带及山体崩塌地区的形态和发育情况, 以及与风和水有关的地质现象: 风丘、岩溶、河流侵蚀作用、河岸冲刷、河道变迁、山洪冲积、泥石流等。

(7) 地震资料: 地震的震级、烈度、震源及震中等。

(8) 耕地及沿线植物覆盖情况等。

(9) 管道沿线土壤腐蚀状况和沿线土壤电阻率。

(10) 推荐最佳线路方案。绘线路平面图, 比例尺 1:500000 ~ 1:100000。

(11) 带状地形图(图 1-2-1), 比例尺视管道的长度和地形复杂情况而定, 一般为 1:2000 ~ 1:10000 或更小。宽度为线路中心线左右各 50 ~ 100m, 其中中线左右各 50m 为正规的地形图, 而外侧之 50 ~ 100m 仅测地物。图内标明线路的走向、转角、测量桩和变坡桩的坐标、里程、自然标高、自然和人工障碍(河流、湖泊、山谷、冲沟、公路、铁路等)、沿线的地物、建筑物和电力、通讯线, 并注明河流流向, 距线路最近的公路、铁路的里程和

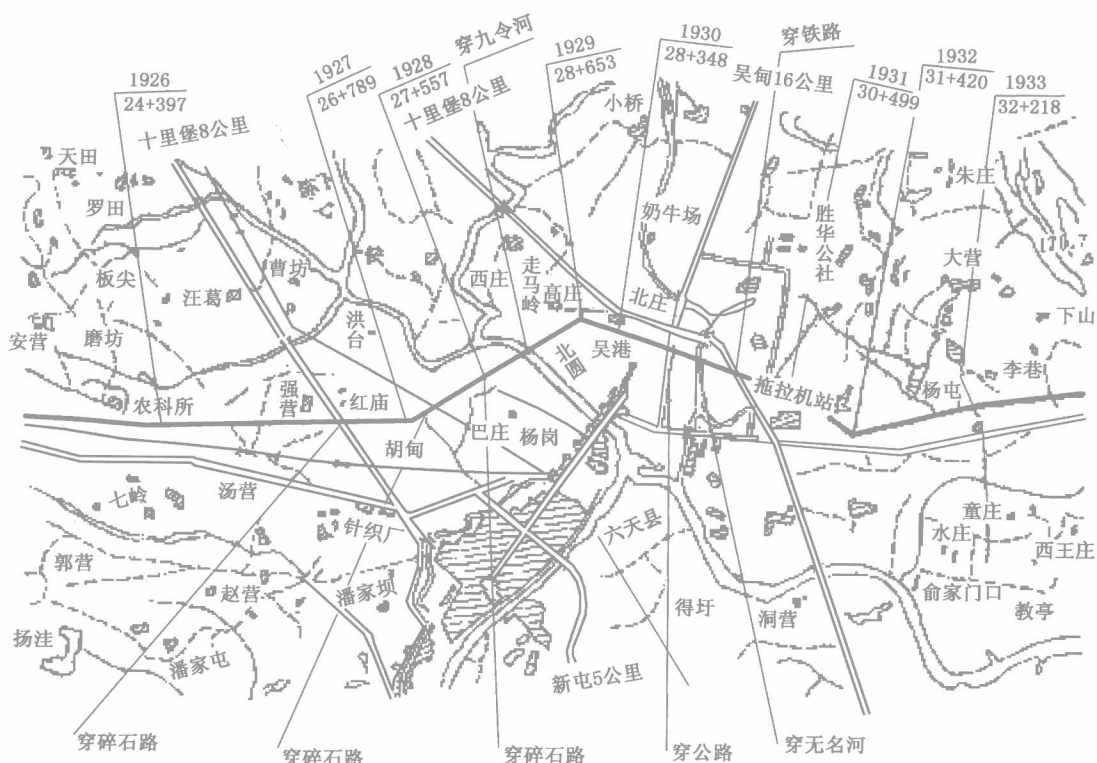


图 1-2-1 输油管道带状地形图(1:50000)

起迄点。

(12) 纵断面图(图 1-2-2), 比例尺横向为 1:2000 ~ 1:10000 或更小, 纵向为 1:200 ~ 1:1000。图上应标明土壤名称、工程分类和腐蚀等级、地面自然标高、里程、线路转角桩号和测量桩号, 包括中心线左右 25m 内地物的平面示意图。纵断面图上还应留管沟沟底标高、绝缘层等级、管材和土石方工程量等栏, 为设计线路施工图提供方便。

(13) 穿(跨)越地点的地形图和纵断面图, 比例尺根据穿(跨)越的障碍大小决定。穿(跨)越点的工程地质报告和工程地质剖面图。

(14) 大型油罐罐区工程地质勘察报告。

(15) 输油站的地形图(比例尺 1:500 ~ 1:2000)和地质资料。

2. 经济建设方面

(1) 交通运输: 公路、铁路、航道的线路质量、桥梁情况, 运输量, 可能通过能力, 车站和码头的吞吐量, 车、船数量及当地可能使用的小型运输车辆情况等。

(2) 动力供应: 电站位置、电网性质、供电能力、电力负荷以及沿线地区其他燃料的供应情况等。

(3) 通过地区的重要工程建筑物及大型工矿、城市建设及各种工程的规划。

(4) 劳动力情况。

(5) 生活资料供应能力。

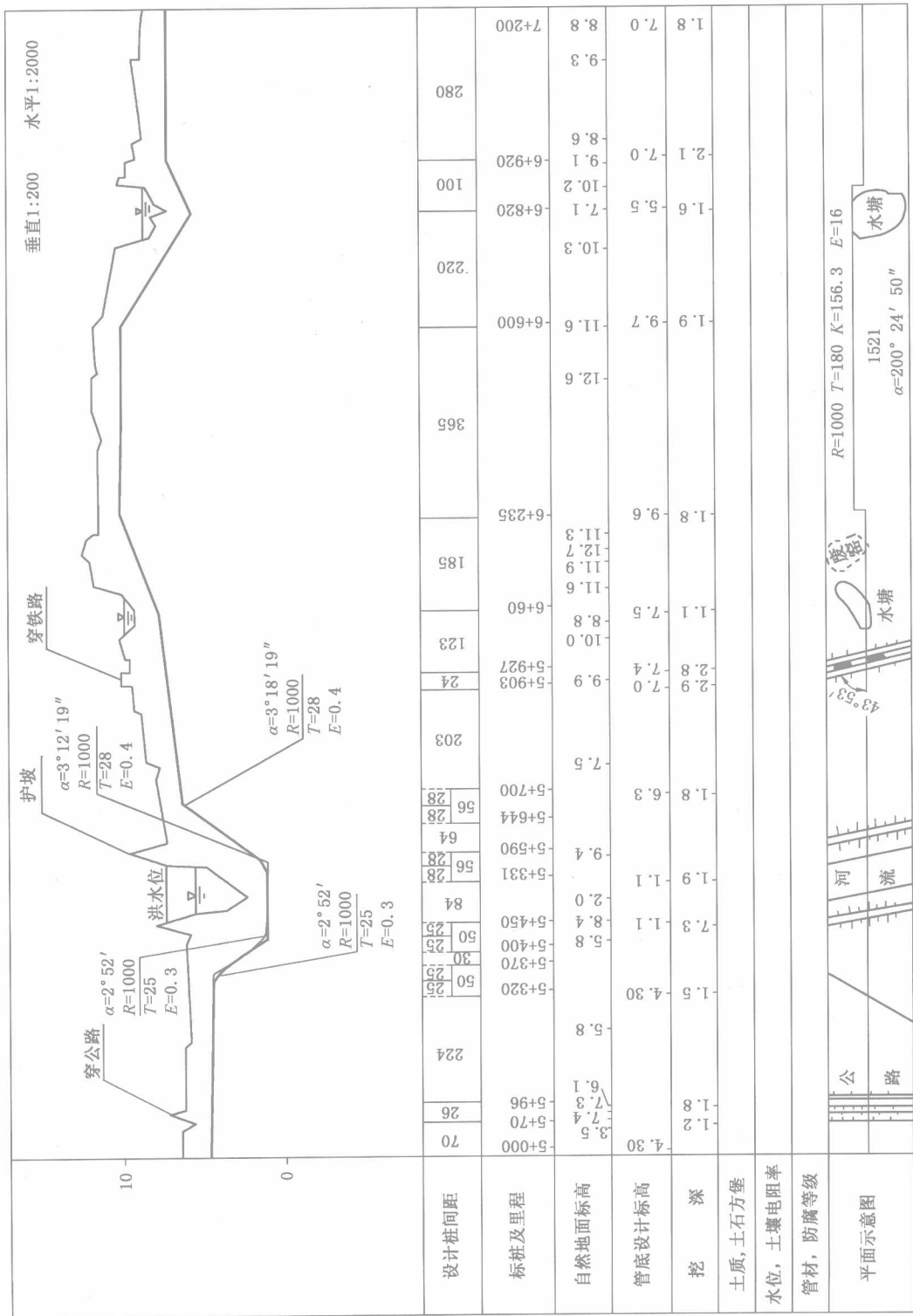


图 1-2-2 输油管道线路纵断面图

第三节 设计阶段及主要内容

设计工作包括编制设计文件、配合施工和参加验收、进行总结的全过程。大型输油管道建设的前期工作包括由上级主管部门或管道建设单位委托设计或咨询单位进行可行性研究、编制设计任务书。根据批准的设计任务书,按初步设计和施工图设计两个阶段进行设计。

一、可行性研究

可行性研究的任务是根据国民经济长期规划和地区规划、行业规划的要求,对建设项目在技术、工程和经济上是否合理和可行,进行全面分析、论证,作多方案比较,提出财务评价与国民经济评价,为编制和审批设计任务书提供可靠依据。财务评价是从工程项目本身财务角度,根据国家现行财税制度和现行价格,分析测算项目的效益和费用,考察项目的获利能力、清偿能力,据以判别项目财务上的可行性。国民经济评价则从国家整体角度考察项目的效益和费用,用影子工资、影子汇率和社会折现率,计算和分析项目给国民经济带来的净效益,据以评价项目在经济上的合理性从而确定投资行为的宏观可行性。

可行性研究是分析、评价各种建设方案和生产经营决策的一种科学方法。它要对新建、扩建项目的一些主要问题,如市场需要、资源条件、燃料动力供应条件、建设规模以及设备选型等,从技术、经济和工程等方面进行调查研究,分析比较,并对项目建成后可能取得的技术经济效果作出预测,从而提出该项目可否建设和如何进行建设的意见,为项目决策提供可靠的依据。

可行性研究报告是项目决策的依据,应按规定的深度做到一定的准确程度。投资估算与初步设计概算的出入一般不得大于 10%,否则将对项目重新决策。

1. 可行性研究报告的内容

输油管道工程项目可行性研究报告一般应包括以下主要内容:

- (1) 总论、工程概况、依据与原则。
 - (2) 论述建设该输油管道的必要性,并与其他运输方式比较。
 - (3) 油源、油品去向的近期、远期规划。
 - (4) 线路情况,包括走向、线路长度、大型穿(跨)越方案、沿线地形、地质概况、气象、水文地质情况、管道保护与防腐、人文与交通条件等。
 - (5) 输油工艺方案,包括输送工艺、输量、管径、管材规格、输送温度、输送压力、输油站数、主要设备等。
 - (6) 自动控制、通信、供水、供电、热工、机修等设施的论述,管理机构及人员编制等说明。
 - (7) 环境保护与劳动保护。
 - (8) 经济分析(财务评价、国民经济评价、结论与建议),最后确定推荐方案。
- 可行性研究除以说明书阐明上述问题外,还应附上工艺流程图和概算表。

2. 设计任务书的内容

根据可行性研究报告及其审批意见编制设计任务书。设计任务书是编制设计文件的主要依据。一般包括以下主要内容:

- (1) 工程项目的依据。
- (2) 管道的起、终点,主要走向及中间进、出油点。

- (3) 所输油品品种、年输量(近期与远期)。
- (4) 对输油管道技术水平及某些技术指标的要求。
- (5) 建设进度与投资估算。
- (6) 各设计阶段的期限。

二、初步设计

初步设计文件应依据合同、批准的可行性报告(或方案设计)、专项评价报告、地方政府或规划部门对管道路由的初步意向、顾客委托书及设计基础资料进行编制。

初步设计文件的编制应遵循国家和上级机关有关建设方针和技术政策,执行有关规程、规范和标准。

初步设计文件的深度应达到设计范围明确。在此范围内所需建设的单项工程应考虑齐全;主要技术方案应经过比选确定;应确定主要设备的选型与材料的选择;设计概算投资应在要求的控制范围内。初步设计批准后,应满足下列要求:

- (1) 编制施工图(详细)设计。
- (2) 确定土地征用和建(构)筑物拆迁范围。
- (3) 进行主要设备和材料的订货。
- (4) 进行施工准备工作。
- (5) 进行生产准备和人员培训工作。
- (6) 编制建设计划,据此控制基建投资(设计无法估计的影响因素除外)。
- (7) 据此编制工程承包(EPC)招投标文件。

输油管道初步设计通常包括以下文字材料与图纸:

(1) 总论:包括前言,设计依据,设计原则,遵循的规范和标准,工程设计范围和设计分工,初步设计文件构成,工程概况,主要工程量与技术经济指标,初步设计对可行性研究的变化情况,存在的主要问题及建议。

(2) 工艺系统分析:包括主要工艺参数,输送工艺系统计算及分析,输送工艺系统方案的确定。

(3) 输油(气)线路:包括说明书,图纸和表格。

(4) 管道穿跨越:包括说明书,图纸和表格。

(5) 站场工艺:包括站场设置,站场的功能及规模,站场工艺及工艺流程,工艺站场设计,主要设备选型,图纸和表格。

(6) 防腐、保温及阴极保护:包括管道工程概况及设计基础资料,管道线路防腐及保温,管道线路阴极保护,站场工程防腐及保温,图纸和表格。

(7) 自动控制与仪表工程:包括说明书,图纸和表格。

(8) 通信工程:包括概述,设计依据与原则,设计范围与设计分工,系统设计,主要工程量,存在问题及建议,图纸和表格。

(9) 供配电工程:包括变、配电,送电线路。

(10) 机械:包括储罐,非标设备,管件及管道附件,加热炉。

(11) 公用工程:包括总图与运输,建筑与结构,给排水及消防,供热,采暖通风与空气调节。

(12) 伴行道路:包括概述,道路等级、建设标准及技术参数,伴行道路设计,环境保护的内容,图纸。

- (13) 节能: 包括能耗分析, 节能措施。
- (14) 防火专篇: 包括说明书, 图纸。
- (15) 环境保护专篇: 包括说明书, 图纸和表格。
- (16) 劳动(职业)安全卫生专篇: 包括说明书, 附图。
- (17) 安全专篇: 包括说明书, 附图。
- (18) 组织机构、定员及车辆配置: 包括组织机构, 人员编制, 员工培训, 车辆配置。
- (19) 管道工程维修、抢修与分析化验: 包括管道工程维修、抢修, 分析化验。
- (20) 概算: 包括概算文件, 编制说明, 总概算表, 单项工程综合概算表, 单位工程概算表, 其他费用表, 投资分析。

三、施工图设计

根据批准的初步设计和主要设备订货情况即可进行施工图设计。设计人员应根据初步设计及其审批意见所确定的方案, 利用勘察及调研所搜集的资料, 遵照有关标准、规范, 绘出正确、详细并符合规定的图纸, 满足施工、非标准设备制造的需要。本阶段主要工作内容为:

- (1) 组织施工图阶段的勘察工作, 修改或补充原初步设计。
- (2) 按批准和修改后的初步设计进行线路设计和输油站设计。线路设计主要包括确定各区段管子的壁厚、防腐绝缘层和保温层的结构与厚度、线路变坡与转角结构、管沟挖深、各穿(跨)越工程的结构、线路阀室等。输油站设计主要包括站址和工艺流程的最后确定, 平、立面布置, 各单体(如泵房、罐区、加热炉等)的安装设计与计算。
- (3) 绘制施工图。施工图是发给施工单位组织施工的, 必须详尽至全部工程项目的每一个需要建筑安装的部分。泵站施工图主要包括总平面图、竖向布置图、站内工艺管网安装图、泵房和阀室的平面及立面安装图、油罐制造图及站内各配套工程设施的施工图。线路施工图主要包括线路平面图、纵断面图、各穿(跨)越工程的平、立面图和安装详图、线路阀室安装图、阴极保护及其他附属工程的施工图。各穿(跨)越工程的施工图主要是平面图、纵断面图、结构和安装详图。
- (4) 材料、设备明细表与预算。
- (5) 和施工单位共同编制的施工技术要求和施工组织设计。

四、详细工程设计

详细工程设计除了前述施工图设计类似的内容外, 还要确定操作参数; 提供操作和维修手册, 人员培养计划; 制订各主要项目的采购、制造的详细规格, 拟定安装规程; 提出包括设备及材料的运送、制造、施工、检验等各项工作的全面的进度计划表; 制定财务及成本控制、质量控制及安全监督等的总体计划等。

在详细设计的基础上, 承包施工的单位要订出工程施工程序, 包括安装过程中的应力分析、进度计划、紧急修理和质量控制的措施等。工程完成后要交出全部竣工图。设计、施工单位要负责试运、投产, 直至交付正常运营。

第二章 石油管道水力计算

第一节 水力学基本概念

1. 层流

流体流动时，如果质点没有横向脉动，不引起流体质点的混杂，而是层次分明，能够维持稳定的流束状态，这种流动状态称为层流。

2. 紊流

流体流动时，质点具有横向脉动，引起流层质点的相互错杂交换，这种流动状态称为紊流。

3. 摩阻损失

在管路中流动的流体质点之间和质点与管路之间的摩擦所消耗的能量，称为管道摩阻损失。它有沿程摩阻损失和局部摩阻损失之分，沿程摩阻损失是油流通过直管段所产生的摩阻损失。局部摩阻损失是油流通过阀门、管件及有关的工艺设备等所产生的摩阻损失。

4. 水力坡降

单位长度的管道摩阻损失称为水力坡降，用 i 表示。

$$i = \frac{h_l}{L}$$

式中 i ——水力坡降， m/m (m/km)；

h_l ——沿程摩阻损失， m ；

L ——管长， m 。

5. 雷诺数

用来判别流体在流道中流态的无量纲准数，称为雷诺数，用 Re 表示。

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

式中 v ——管内流体流速， m/s ；

d ——管内径， m ；

ν ——液体运动黏度， m^2/s ；

Re ——雷诺数，无量纲。

其中：当 $Re < 2000$ 时，管内液体流态为层流；当 $Re > 3000$ 时，管内液体流态为紊流；当 $2000 < Re < 3000$ 时，管内液体流态为过渡区。

6. 理想液体

假想的一种既没有黏滞性又不可压缩的液体，这种液体称为理想液体。

7. 实际液体

自然界中存在的具有黏滞性和压缩性的液体称为实际液体。

8. 稳定流

在每一空间点上，液体的全部运动参数都不随时间而变化的液流称为稳定流。