

输油管线的的设计与管理

华东石油学院储运教研室编

石油工业出版社

本书系石油及天然气储存和运输专业的专业教材之一。书中结合国内外生产实践和科研成果，系统地介绍了采用不同输送工艺时，长距离输油管设计的基本理论、工艺流程、设计方法以及长距离输油管投产、运行中若干生产管理问题。其主要内容包括输油管的线路勘察；地下管道的强度计算；等温输送管和热油输送管的工艺计算；热油管的投产及运行管理；密闭输送管线的控制及调节；高凝、高粘原油的不加热输送；顺序输送；以及输油管的腐蚀与防腐等。

本书亦可供从事输油管设计和生产管理的工程技术人员学习参考。

输油管线的设计与管理

华东石油学院储运教研室编

*

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 20 $\frac{3}{8}$ 字数514千字 印数1—5,700

1979年7月北京第1版 1979年7月北京第1次印刷

书号15037·2003 定价2.10元

限 国 内 发 行

目 录

第一章 输油管概况和勘察设计	1
第一节 输油管概况	1
第二节 输油管的勘察设计工作概述	4
第三节 选线原则	5
第四节 勘察程序和要求	6
第五节 设计阶段和深度	11
第二章 地下管道的强度计算	13
第一节 地下钢管道的应力状态	13
第二节 管壁厚度的选择	14
第三节 轴向力校核	16
第四节 地下管道出土端的热变形	17
第五节 地下管道的固定墩	19
第六节 管道的稳定性计算	22
第七节 地下管道的抗震计算	23
第三章 等温输油管的工艺计算	27
第一节 输油泵站的工作特性	27
第二节 输油管路的压能损失	36
第四章 热油输送管的工艺计算	56
第一节 热油管的温降规律	56
第二节 热油管的摩阻计算	69
第三节 热油管的设计方案比较及参数选择	75
第四节 热油管的保温	76
第五节 液化气输送管的工艺计算	82
第五章 热油管的投产及运行管理	87
第一节 正常运行中散热情况的变化	87
第二节 管路中的石蜡沉积	93
第三节 热油管线的试运投产	104
第四节 热油管线的停输及再启动	114
第六章 密闭输送管线的控制及调节	127
第一节 “从泵到泵”密闭输送过程中的水击压力变化规律	127
第二节 密闭输送管线的事故保护	144
第三节 密闭输送管线的自动调节	149
第四节 长输管线的集中控制	157
第七章 输油站	161
第一节 输油站的平立面布置	161

第二节	输油站主要生产单体的工艺流程	164
第三节	输油站的工艺流程	169
第四节	输油用的泵和原动机	173
第五节	泵机组的辅助系统	179
第六节	输油站的加热炉	184
第八章	高凝、高粘原油的不加热输送	189
第一节	含蜡原油的流变性	189
第二节	含蜡原油的热处理	200
第三节	非牛顿流体的压降计算	204
第四节	含蜡原油的降凝、降粘工艺	213
第九章	顺序输送	220
第一节	概述	220
第二节	混油过程和混油量的计算	221
第三节	混油段在管路终点的切割	236
第四节	工艺设计中的几个问题	242
第五节	减少混油的措施	245
第六节	混油段浓度的测量	250
第十章	腐蚀和防腐	255
第一节	防腐的意义及概况	255
第二节	金属腐蚀基本原理	255
第三节	防腐绝缘层	267
第四节	管路的阴极保护	272
第五节	杂散电流的腐蚀及防护	290
第六节	腐蚀的勘察与测量	298
第七节	管路的内防腐	304
附录	幂积分函数表	307
	参考书目	320

第一章 输油管概况和勘察设计

第一节 输油管概况

管道运输是石油工业中应用最多的运输方式。输油管有两类：一类，如油田的油气集输管道，炼厂、油库内部的输油管等，都属于企业内部的输油管。另一类是长距离输送原油、石油产品和天然气的管道，称为长距离输油（气）管。长距离输油管是一个独立的企业，有自己完整的组织机构，单独进行经济核算。

长距离输油管输送距离可达数百公里以上，管径多数为 200~1000 毫米，有的超过 1 米以上，每年输油量也很大，从数百万到几千万吨，它的起点和终点分别与其它石油企业相连，例如，长距离原油输送管，起点大多是油田，终点是炼厂或转运油库，长年连续地从起点向终点输油。

解放前我国没有一条长距离输油、输气管。解放后，由于石油工业的飞速发展，我国逐步建设了一批长距离输油、输气管。一九五八年，我国建成了第一条长距离输油管，克拉玛依—独山子输油管。近十年来，我国石油储运事业又有很大发展，只用二年多一点的时间建成了大庆—秦皇岛输油管，全长1152公里，随后又建成了秦皇岛—北京输油管，从此大庆原油就可以用管道源源不断地输送到我们伟大的首都。在第五个五年计划期间，我国的管道事业将有更大的发展，不但要继续完善已建成的东北输油管网，还将建设其它地区的输油管网。这些管网的建成，将使我国的石油储运事业发生根本的改观。对改变我国的燃料构成和扭转北煤南运都有极为重要的影响。

长距离输油管由输油站和线路两大部分组成（图1-1）。输油管起点有起点输油站，也称首站，它的任务是收集原油或石油产品，经计量后向下一站输送。首站的主要组成部分是油罐区、输油泵房和油品计量装置。有的为了加热油品还有加热系统。输油泵从油罐吸取油品经加压、计量后（有的也经加热）输入干线管道。

油品沿着管道不断向前流动，压力不断下降，就需要在沿途设置若干个中间输油站，继续加压，直至将油品送到终点。为了继续加热，则设置中间加热站。加热站与输油站设在一起的，称为热泵站。

输油管的终点，又称末站，它可以是一个属于长距离输油管的转运油库或其它企业的附属油库。末站的任务是接受来油和向用油单位输转，所以末站有较多的油罐和准确的计量系统。

有时为了满足沿线地区用油，可在中间输油站或中间阀室分出一部分油品，输往它处。也可以在中途接受附近矿区或炼厂来油，汇集于中间输油站或干管，输往终点。

长距离输油管的线路部分，包括管道本身，沿线阀室，通过河流、铁路、公路、山谷的穿（跨）越构筑物，阴极保护设施，以及沿线的简易公路、通讯线路、自动控制线路、巡线人员住所等。

长距离输油管，由于输油压力大，管道本身都由钢管焊接而成。为防止土壤对钢管的腐

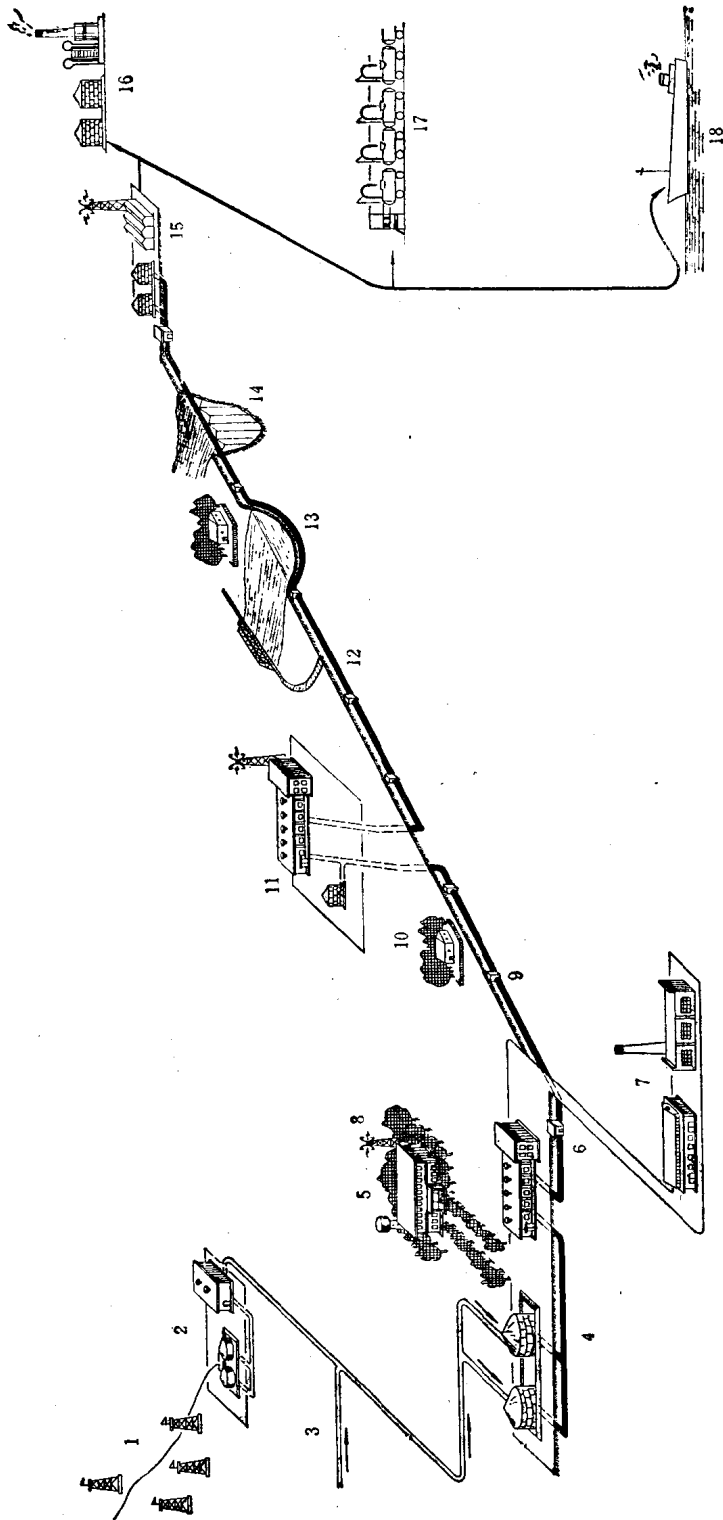


图 1-1 长距离输油管概况

1—井场；2—转油站；3—来自油田的输油管；4—首站的罐区和泵房；5—全线调度中心；6—清管器发射室；7—首站的锅炉房、机修厂等辅助设施；8—微波通讯塔；9—线路阀室；10—管线维修人员住所；11—中间输油站；12—穿越铁路；13—穿越河流的弯管；14—跨越工程；15—末站；16—炼厂；17—火车装油栈桥；18—油轮装油码头

蚀, 管外都包有防腐绝缘层, 并采用电法保护措施。为了防止含硫原油 (对天然气来说, 则是硫化氢) 对管内壁的腐蚀, 往往采用内壁涂层。内壁涂层在某些情况下, 还作为降低管壁粗糙度, 提高输送量的措施。

长距离输油管上每隔一定距离设有截断阀门, 大型穿 (跨) 越构筑物两端也有。一旦发生事故, 可以及时截断管道, 防止事故扩大和便于抢修。

有线或无线通讯系统是长距离输油管不可缺少的设施之一, 是全线生产调度和指挥系统的重要工具。近年来微波技术被广泛地用于输油管的通讯系统和生产自动化的讯号传输系统, 使通讯和讯号传输更加可靠和现代化。

随着石油开采量的增加, 世界各国的输油管建设日益增多, 成为经济上和军事上的重要工程。为了节约钢材, 减少动力消耗和投资, 输油干管建设的特点是朝着大口径、长距离、高压、薄壁管的方向发展。生产管理自动化水平也日益提高, 从泵站的就地自动控制到应用电子数字计算机进行集中控制、测量和调节, 实现了生产管理的全面自动化。

据不完全统计, 目前国外大型长输管道的总长度已超过一百八十五万公里, 每年大约递增四至五万公里。以美国为例, 到一九七三年为止, 美国原油和成品油管道各有十万公里左右, 占原油运量的百分之八十, 成品油运量的百分之二十到三十。我国目前长输管道的技术水平和国外相比, 差距主要表现在:

1. 管材方面。国外多用可焊性好的低合金高强度钢材, 如美国阿拉斯加管线, 直径1220毫米, 所用钢号为API x-60、x-65和x-70号钢, 输送压力达84.5公斤/厘米², 壁厚为11~14毫米。我国目前使用的16锰钢, 约相当于API x-52号钢。在制管方面, 我国以螺纹焊接管为主, 由于制管工艺还不够先进, $\phi 720 \times 9$ 毫米钢管的工作压力仅47公斤/厘米²。因而泵站间距较短, 耗钢量也较多。

2. 输油工艺方面。国外原油大都是低凝固点的, 一般都是常温输送。对易凝原油, 国外多采用加热输送, 有加热炉直接加热、换热器间接加热和高流速摩擦加热等方式, 印度的纳霍卡蒂雅原油管线, 是唯一的经热处理后常温输送的长输管线。国外的输油工艺流程多采用泵到泵密闭输油。油品计量则采用容积式流量计, 用U型体积管精确标定, 并配合计算机工作。

我国原油大都是高凝固点、高含蜡、高粘度的“三高”原油, 目前多采用加热炉直接加热, 旁接油罐输油的工艺。并联泵的泵到泵密闭输油工艺已试验成功, 正在部分泵站上试用。容积式流量计和U型标定管也正在试用中。长输管线常温输送“三高”原油的问题, 国内外都正在研究中, 还有待大力攻关。

3. 机、泵和阀门等方面。国外的大型输油泵大都是离心泵, 互相串联工作。目前每级的扬程较高的为500~600米, 效率为70~80%。其发展方向为单级、高扬程、大排量和高效率, 借助于高转速来达到上述目的。如美国阿拉斯加原油管线用13500马力的燃气轮机带动11500轴马力的单级离心泵, 该泵的排量为4910米³/时, 扬程为610米, 转速为5000~7900转/分, 重量仅5.5吨。

泵的原动机除了电动机外, 在缺电的地区也有用柴油机、双燃料发动机和燃气轮机的。当用电动机为动力时, 某些泵站还设有调速装置。

国外长输管道上的截断阀普遍采用球阀或平行滑板闸阀, 最大口径为1200毫米, 工作压力为20~100公斤/厘米², 阀门的执行机构大部分为电动或电液联动。压力调节阀则大都为球形, 全关时不泄漏, 全开时压降小, 调节特性好。安全泄压阀则多采用橡胶挠性管式结构,

反应迅速，全开时间只有万分之几秒。我国目前的截断阀仍以楔形闸板阀为主，球形截断阀的密封装置还有待改进。

4. 自动化。国外新建的输油管线均按全线集中控制设计，旧管线也在逐渐改造中。集中控制的泵站上大都设有小型电子计算机或远动装置。泵站实现自动程序控制，可独立处理本站的操作，也可根据中央控制室的指令进行操作。中央控制室和各泵站间的信号传输大都采用微波数模通道。中央控制室一般设有两台较大型的计算机，一台用于收集各泵站的主要操作参数，并进行检查、运算，发出指令使各站操作均衡。另一台“离线”计算机则负责制定输油计划，统计各站消耗指标，编制输油成本和各项报表，及进行某些专题计算等。

我国目前正在部分泵站上试验自动程序控制，并开始试用微波通信。但距离以计算机为中心的全线自动化，尚有较大差距。

5. 防腐技术。国内外普遍采用阴极保护和管道涂层相结合的管道防腐技术。国外以往大都采用煤焦油沥青，近年来开始大量采用现场机械化包扎的聚乙烯胶粘带和工厂预制的高密度聚乙烯涂层。我国目前仍以沥青玻璃布防腐层为主，正在试验聚乙烯胶粘带和环氧煤焦油沥青涂层。

长输管线在我国还是一门新兴工业，在管道输送技术方面还存在着如上一些差距，为了适应祖国现代化的需要，为了适应创建十来个大庆的需要，必须迅速改变我国输油技术落后的现状。为此，我们输油工作者必须奋发图强，努力为我国输油事业赶超世界先进水平而奋斗！

第二节 输油管的勘察设计工作概述

长距离输油管建设的规模大、投资多，往往是国家的重点工程。例如，大庆—秦皇岛输油管，北起黑龙江，纵贯吉林、辽宁两省，南到河北，全长一千一百五十二公里。它象一条地下长龙，穿过江河、山岭、铁道，从松嫩平原一直伸到渤海之滨。东北地区是我国重工业基地之一，又是木材、粮食的一个重要产地。这条输油管的建成，有利于减轻东北地区铁路运输的压力，加速其它各种物资的运输，保证大庆油田的进一步开发，促进我国社会主义经济建设的发展。建设这些输油管，仅大口径钢管就需近二十万吨，十九个泵站需要大电机、大油泵、大阀门、大变压器等主要设备三千七百多台。全线土石方工程达一千四百一十多万立方米。穿（跨）越工程五百多处。因此，长距离输油管的建设反映了石油工业和国民经济蓬勃发展的大好形势，同时，输油管的建成又有助于石油工业的新跃进；增加铁路运输其它物资的能力，有利于加速钢铁、煤炭等工业的发展；有利于开发管道通过地区，对促进我国的社会主义建设具有重要意义。

是否建设输油管和在什么地区建设一条什么样的输油管是国民经济发展计划中需要解决的问题。勘察设计的任务则是将国民经济发展计划已确定的项目具体规划出来，做出正确的设计。

进行基本建设必须按照一定的程序办事，它是保证工程顺利进行的重要条件。长距离输油管建设要认真遵守以下程序：

1. 根据资源条件和国民经济发展计划的要求，制订设计任务书。
2. 按初步设计（或扩大初步设计）、施工图两个阶段进行设计。设计必须有概算，施工必须有预算。
3. 工程完毕，必须进行竣工验收，做出竣工报告（包括竣工图）和竣工决算。

一个好的设计必然是符合党的方针政策，切合实际情况，技术先进，经济合理，安全适用的设计。做这样的设计，要求我们认真贯彻执行党的方针、政策，加强同生产和科学研究等单位的密切配合，努力学习国内外一切先进技术成果，深入现场，精心设计，精心施工。

正确的设计来源于对客观事物的正确认识，来源于实践和群众的智慧。整个勘察设计过程就是不断实践和对客观事物反复认识的过程。取得了勘察成果，做出了设计，对于整个认识过程来说只是完成了一半，还有待于施工和生产的实践来验证勘察和设计是否正确。由于人们认识的局限性和其它条件的限制，在施工和生产中改变原来的设计，使之更切合于不断变化的客观实际，总是常有的。所以，设计人员要参加施工和投产，不断认识和解决出现的新课题，确保输油管的顺利投产。在投产一段时间以后，原设计人员还要回访，认真总结经验，以利再战。

勘察和设计要按一定程序进行。勘察分为踏勘、初步设计勘察（初测）、施工图勘察（定测）三阶段。设计则分为方案设计（调查报告）、初步设计（或扩大初步设计）、施工图设计。两者密切配合工作。

第三节 选线原则

选线是输油管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，石油工业和其它工业，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，对工程技术人员与工农相结合、联系实际都有好处。要求我们根据鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线，以农业为基础、工业为主导和备战、备荒、为人民的战略方针，通盘考虑，以一不怕苦、二不怕死的革命精神，为选择一条合理的线路而工作。选线一般要遵守下列原则：

1. 线路尽可能取直，坡度小，施工条件好；
2. 通过山谷、公路、铁道、江河湖泊、沼泽地、居民区的大型穿（跨）越工程要尽可能少。如果势必需要，则选那些工程量小，技术上可能而又安全，施工方便的地点；
3. 不占或少占耕地，不破坏或尽量少拆迁已有的建筑物和民房，并有利于改土造田，发展农业；
4. 有利于战备和安全，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；
5. 为便于施工、物资供应、动力供应和投产后的维修与巡线，管线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；
6. 综合考虑通过地区的开发、油气供应和对地方工农业的支援；
7. 尽量不经过低洼易积水地带、盐碱地及其它对管路腐蚀强的地区，而走高而平坦的地带。

大型穿（跨）越地点和输油站址的确定是选线中最重要的工作之一。大致可以认为，一条线路就是起点、终点、输油站址和各穿（跨）越点之间的连线。所以，大型穿（跨）越点和输油站址的选择应服从线路的总走向，在这个前提下，线路的局部走向应服从穿（跨）越点和站址的确定。

第四节 勘察程序和要求

勘察工作包括地形测量和水文地质、工程地质勘察。输油管勘察的目的在于经过调查研究,选择一条技术上可能、经济上合理、战备上允许的线路和站址,并为设计提供基础资料。坚持勘察工作程序,是保证勘察质量的重要环节。勘察工作要分阶段进行。长距离输油管工程一般分为踏勘、初步设计勘察(初测)和施工图勘察(定测)三阶段。较小的管道可以根据需要适当简化勘察阶段。但是,不论大小工程,勘察工作都必须走在设计工作的前面(必要时可有合理交叉),同设计紧密配合,及时为设计提供资料。

勘察任务开始执行前,一定要编好勘察方案和作业计划,即《工程勘察纲要》。

任务完成后,要写出《勘察报告书》。勘察单位的领导同志,要抓好《工程勘察纲要》和《勘察报告书》的编订和审查工作,要组织和依靠群众,充分发挥技术人员和专家的作用,对勘察质量进行检查和评定,做到数据准确,结论明确、可靠,确保勘察质量。

加强勘察工作,首要的是加强党对勘察工作的领导。各级基建部门要重视勘察工作在基本建设中的作用。在选址、选线时,要重视地形、水源和工程地质条件,要勘察单位派人参加;在定点、定线时,要有必要的勘察资料;在审查设计时,要注意审查勘察报告。坚持没有勘察不能设计,没有设计不能施工的原则。

收集有关资料是勘察工作中的一项重要内容。只有详细占有资料,摸清情况,才能作出正确的分析和判断。输油管勘察中收集资料的主要内容有:

1. 地理及地质方面

(1) 1:5万、1:50万或1:100万地形图,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、地下水对管路的影响等;

(5) 收集区域性的地质剖面图和地质构造、地层岩石特性等资料,了解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。

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、电压质量、电力负荷,以及沿线地区其它燃料的供应情况等;

(3) 通过地区的重要工程建筑物及大型工矿;

(4) 劳动力情况;

(5) 生活资料供应能力。

输油管勘察三阶段的要求分述如下：

一、踏勘

踏勘是在正式设计任务书下达之前，根据上级下达的文件或指示进行的。其目的是为编制方案设计（或调查报告），进而决定是否建设该输油管道和为拟定设计任务书提供必要的资料和素材。

首先拟定踏勘纲要，收集资料，在比例尺尽可能大（一般为1:5万~1:10万）的地形图上选择一条或几条线路方案。求出线路的概略长度、穿（跨）越次数和地点，绘出油（气）田、交通线路、重要电力线路、重大工程建筑（如水库）和工矿的位置。

在室内工作基础上进行实地踏勘，调查研究，选定一条或几条线路。目测记录高山、河流、深沟等地形高差、长度、宽度，进行工程地质测绘和调查，补充收集资料。

室内外工作结束后，将各项资料分析整理、研究讨论，编写出踏勘报告，作为方案报告的依据，其主要内容为：

1. 踏勘工作依据；
2. 工作时间及人员组成；
3. 自然地理概况（地理位置、行政区、交通、气候、山脉、水系）；
4. 线路介绍：各方案的走向和长度，推荐意见，沿线的工程地质概况，土石方分布、水文地质和自然地质现象之描述，沿线植物覆盖情况，占用耕地数量，穿（跨）越工程概况和次数等；
5. 交通及动力供应情况；
6. 水文、气象资料；
7. 附图：踏勘示意图（1:100万~1:200万）；
线路平面图（1:5万~1:20万）；
踏勘像集。

二、初步设计勘察

它是在设计任务书下达以后初步设计开始之前，选择几个线路方案，作技术经济比较确定最优方案。

初步设计勘察工作先在室内进行，即在收集来的地形图、地质图和交通图上根据设计任务的规定和选线原则及其它收集到的基础资料，参照地形及公路、铁路的走向，标出管线可能通过的几个方案，量出各方案的线路长度。然后，再到现场对重点地区进行实地勘察，调整线路走向，并对方案作出技术经济比较。

初步设计阶段的野外勘察工作一般不使用仪器，只当遇到大的山、河等障碍物时才使用仪器，并确定穿越地点。该阶段野外勘察工作包括以下主要内容：

1. 了解沿线地貌（不使用仪器）；
2. 线路工程地质调查和测绘；
3. 沿线每一至三公里测土壤电阻率一次；
4. 穿越枯水期水面宽度在50米以上的大型河流时，在线路中线左右各100~200米范围内进行地形测量和测出穿越处河深及河床纵断面（边界至最大洪水位以上）。若为不稳定冲刷河流，则测量宽度应增加一倍。

在选定穿越中线上进行工程地质钻探工作。搜集有关水文资料，并实测水流流速和水面

坡降等。

5. 线路穿越大冲沟时, 凡确定架空穿越的, 在线路左右各50米内进行地形测量和测出穿越处线路纵断面图。并在线路穿越处进行工程地质调查工作。若穿越的是发展性冲沟, 则上述测量宽度应增加一倍。

输油管初步设计勘察可以不出专门的综合报告书, 有关内容可编在初步设计的总说明部分。编入的内容主要为:

1. 勘察工作的依据、时间和条件;
2. 线路介绍: 走向、起终点、长度、沿线的地形地貌、水文地质和工程地质情况;
3. 沿线农作物及植被情况;
4. 天然和人工障碍物穿(跨)越工程次数统计和描述;
5. 沿线交通情况介绍;
6. 沿线建筑材料产地及价格;
7. 沿线供给施工和生活用的水源与电源, 通信线路及其利用的可能性;
8. 线路平面图, 比例尺1:10万~1:5万。

勘察中收集的资料经整理汇集后, 与测量成果表和工程地质报告书一并存档备用。

三、施工图勘察

施工图阶段勘察又称定测, 它是在初步设计批准后, 施工图设计前进行。主要是根据批准的初步设计和上级审批意见, 对全线进行复查、修改、定线和地形测量, 并作工程地质和水文地质勘察, 尤其要进行输油站和穿(跨)越点的地形测量和地质勘察。取得有关资料, 作为施工设计的依据。

定线和测量就是在沿线打下里程桩、平面转角桩、纵向变坡桩, 测量线路的高程、座标、转角。最后得出沿线带状地形图和纵断面图。

同时, 在沿线每隔一定距离(一般是一公里)挖探坑(深2~3米)取样, 穿越点根据工程大小和地质条件钻孔1~3个, 或3个以上, 进行取样, 以便在穿越中心线连成地质剖面图, 取得工程地质和水文地质资料。沿线每隔500米测取土壤电阻率和导热系数。

勘察之后应交付综合勘察报告, 主要内容如下:

1. 带状地形图(图1-2), 比例尺视管线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50~100米, 其中中线左右各50米为正规的地形图, 而外侧之50~100米仅测地物。图内标明线路的走向、转角、测量桩、转角桩、变坡桩的座标、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、铁路的里程和起迄点。

2. 纵断面图(图1-3), 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, 地面自然标高和距离、里程, 线路转角桩号和测量桩号, 包括中心线左右25米内地物的平面示意图。纵断面图上还应预留管沟沟底标高、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。

3. 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, 参见表1-1。

4. 测量成果及说明。

5. 沿线探坑所得的工程地质及水文地质资料, 沿线土壤的电阻率和导热系数。

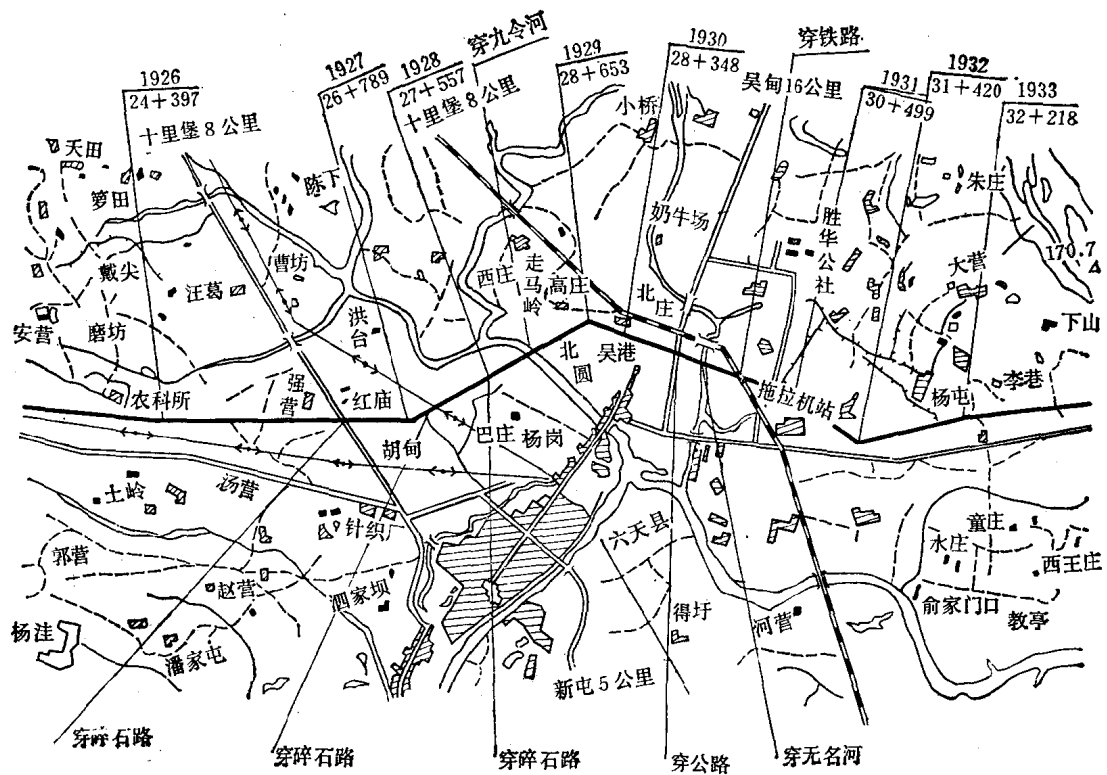


图 1-2 输油管线带状地形图

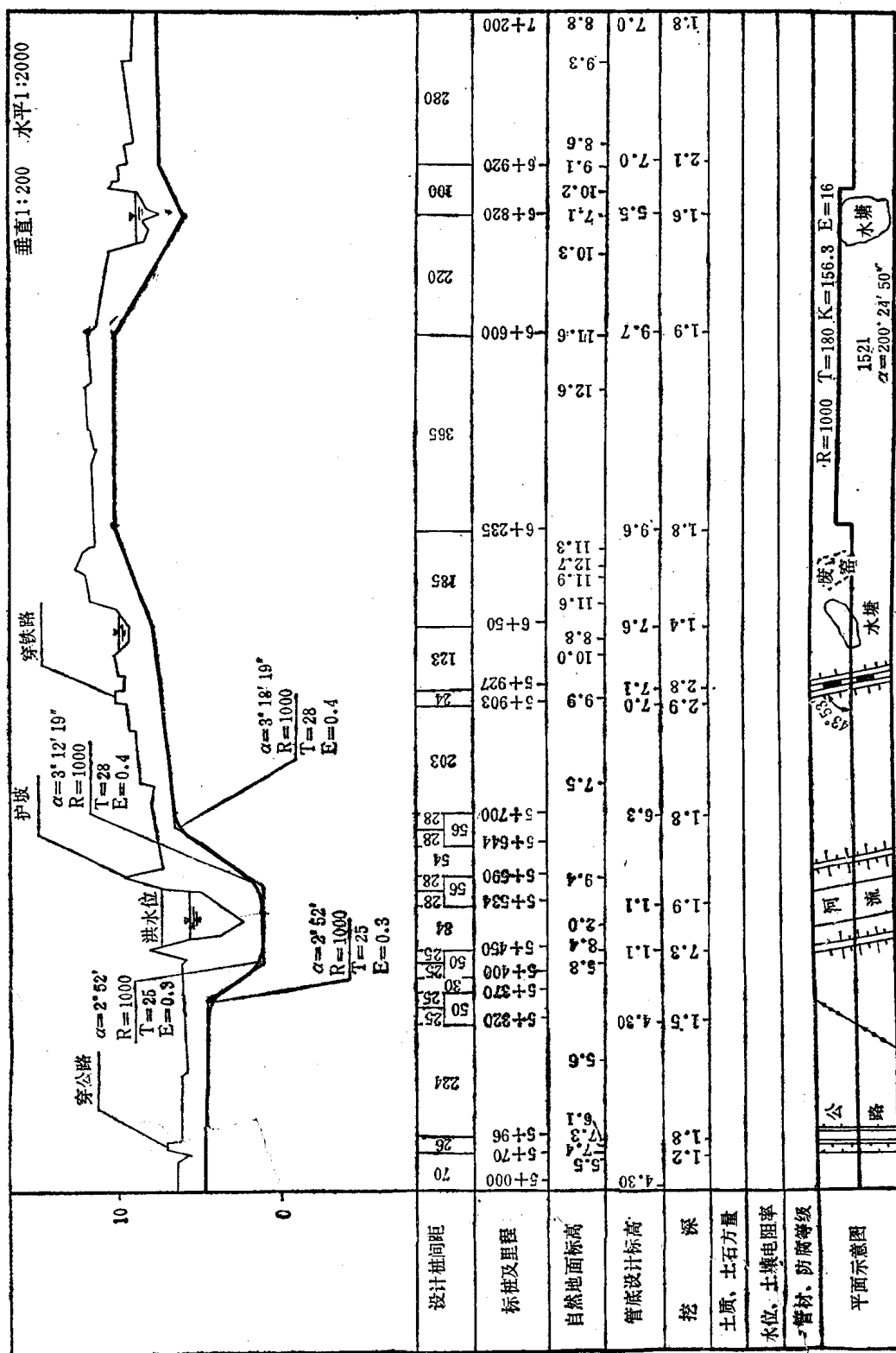
(1:50000)

表 1-1 穿跨越的比例尺选择

穿(跨)越名称	地 形 图			纵断面图比例尺	
	比 例 尺	等高距, 米	范 围	横	纵
铁路、公路、大型渠道	1:200~1:500	0.25~0.5	50米×50米~100米×100米	1:200~1:500	1:20~1:50
中小型河流、冲沟	1:200~1:500	0.25~0.5	100米×100米或中心线左右各100米, 中心线前后测至最高洪水位	1:200~1:500	1:20~1:50
大型河流、深沟	1:500~1:2000	0.25~1.0	上游100米~200米, 下游200米, 中线前后测至最高洪水位以外50米	1:500~1:2000	1:50~1:200
滑坡崩塌地区	1:200~1:500	0.25~0.5	视实地情况而定	1:200~1:500	1:20~1:50

6. 输油站的地形图(比例尺为1:500~1:2000)和地质资料。

7. 各项协议文件。



第五节 设计阶段和深度

输油管根据批准的设计任务书或国家计划按初步设计（或扩大初步设计）和施工图设计两个阶段进行设计，初步设计批准后，才能逐步发施工图。重要的长距离输油管在初步设计前，一般由有关上级指定设计单位，先进行线路踏勘和方案设计，它的作用是为上级决定是否建设该输油管和拟定设计任务书提供必要的资料。

一、方案设计

主要内容有：

1. 论述建设该输油管的必要性，并与其它运输方法作比较；
2. 油源概况；
3. 油品的分配原则及分配的近期和远景规划；
4. 油品的物理化学性质，主要包括：不同温度下的比重和粘度、凝固点、初剪力、初馏点、蒸汽压、热处理特性和流变性等；
5. 输油管线走向、长度，大型穿（跨）越方案及该地区的建筑条件；
6. 主要工艺方案（输油量、管径、输油压力、温度、输油站数）；
7. 为输油配套的自动控制、通讯、热工、供水、供电、机修等设施的论述和方案；
8. 主要建筑物和构筑物的名称、面积、结构形式和防火等级；
9. 与输油管有关的新工艺、新技术的研究，发展概况及应用的可能性；
10. 技术经济论证：阐明该输油管在国民经济中的作用和意义，各方案的建设经济效果分析，主要包括总投资、输油成本、投资回收年限、人员组织定额，最后确定推荐方案；
11. 三大材料（钢材和钢管、木材、水泥）和主要设备（机、泵、阀）汇总表；
12. 建设年限和程序。

方案设计说明书除阐明上述问题外，还应附上工艺流程图和概算表。

根据方案设计拟定的设计任务书一般包括下列内容：

1. 管线的起迄地点及年输送量；
2. 线路的主要走向及必须经过的几个主要地点；
3. 所输油品的品种；
4. 管线直径、主要设备型号；
5. 管线的发展远景；
6. 管线的设计期限和建设期限。

二、初步设计

输油管的初步设计（或扩大初步设计）主要是根据国家建设的总方针和具体政策，以及下达的设计任务书来确定线路走向，选择工艺方案和输油站设方式、保温和防腐措施、管道穿（跨）越各种障碍的建设方案、全线的

初步设计文件要有一定深度，以满足设计审查、主要材料设备订货准备等方面的需要。设计文件除包括说明书和计算书外，还有相应的图、工艺流程图、通讯系统图、各穿（跨）越工程和其它附设工程（如机修、热工等）的方案图等。

初步设计说明书内容一般包括：

1. 设计的指导思想;
2. 设计的依据;
3. 线路走向及沿线地形、地质概况;
4. 管道工艺方案 (流程、管径、压力、温度、埋深等) 的选择和依据, 并说明推荐方案;
5. 水力和热力计算成果;
6. 输油站和加热站的站址确定, 流程和平面布置, 输油泵、原动机和加热设备的选型;
7. 管道敷设原则、特殊地段处理和大中型穿 (跨) 越方案;
8. 管材选择, 管道的强度计算成果, 热应力补偿措施;
9. 管道的保温、防腐绝缘和阴极保护;
10. 自动化、远动化方案;
11. 水、电、道路、通讯、建筑、暖通、机修等有关辅助设施及生活福利设施;
12. 设计所采用的主要新技术、新工艺的成果和经济对比;
13. 组织机构和人员编制;
14. 主要技术经济指标: 每公里管道的投资 (万元/公里), 每公里管道的钢材消耗量 (吨/公里), 输油成本 (元/吨·公里);
15. 占地面积, 改土造田支援农业的措施;
16. 概算;
17. 材料、设备汇总表。

三、施工图设计

初步设计批准后即进行施工图设计, 这一阶段的主要工作为:

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) 越工程的结构设计与计算、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具体组织施工的, 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、阴极保护及其它附设工程的施工图。

平面图是在沿线带状地形图上绘制的。该图上应表示线路走向, 沿线各测量桩、变性的桩号、座标、里程、转角角度, 穿 (跨) 越工程位置和图号, 线路阀室、输油站的位置和图号, 线路里程桩、阴极保护检查桩的桩号、位置和处理设施的图号。

纵断面图是在测量提供的线路纵断面图上绘制的。图上除绘上管沟沟底高程线、管沟挖深、沟底标高、管堤顶标高、各段的管材规格 (材质、管径、壁厚)、保温结构、各穿 (跨) 越工程位置和图号等。在平面示意图上还应标明管号及角度、弹性敷设段落的长度等。

工程的施工图主要是平面图、纵断面图、结构和安装详图。

明细表。

同时编制施工技术要求或施工组织设计。

第二章 地下管道的强度计算

地下管道强度计算的目的是根据管道所受的载荷与工作条件确定管子的壁厚,并对有关的强度问题,如轴向应力、稳定……等进行校核。输油输气管主要以碳素钢和普通低合金钢为材料,故本章仅以地下钢管道作为讨论的对象。

第一节 地下钢管道的应力状态

埋于地下的钢管道在管内流体压力和其它外载荷的作用下将产生复杂的应力状态。如图2-1所示,有径向应力 σ_r ,环向应力 σ_θ 和轴向应力 σ_a 。

一、径向应力 σ_r

内压作用下的地下钢管的径向应力就等于管内流体的压力P

$$\sigma_r = P \quad (2-1)$$

式中 P——管内流体压力,公斤/厘米²。

由于 σ_r 的数值比其它方向的应力或管材的强度小得多,一般计算时可以忽略。

二、环向应力 σ_θ

地下钢管,由于壁厚相对于管径是不大的,由内压引起的环向应力可以象薄壁筒一样来确定。

如图2-2,取管子之半环建立平衡条件:

$$Pd = 2\sigma_\theta \delta$$

$$\sigma_\theta = \frac{Pd}{2\delta} \quad (2-2)$$

式中 P——管内流体之压力,公斤/厘米²

d——管内径,厘米;

δ ——管壁厚,厘米。

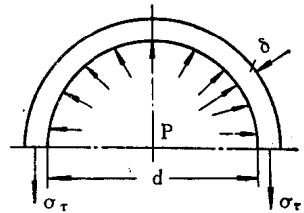


图 2-2 环向应力计算图

当管径与壁厚之比 $\frac{d}{\delta} > 20$ 时,上述公式给出足够精确的结果。

三、轴向应力 σ_a

地下钢管在内压、温差和冷弯的作用下将产生轴向应力。

(一) 内压产生的轴向应力 σ_{ap}

薄壁筒由内压引起的轴向应力为环向应力之半,即 $\sigma_{ap} = \frac{Pd}{4\delta}$

地下钢管道由内压引起的轴向应力则不是此值。埋入地下的钢管道很长,又受土壤约束,不可能产生轴向位移。管道在内压作用,环向将胀大,轴向将收缩,由于土壤的约束作用,轴向收缩受阻,引起了轴向拉应力 σ_{ap} 。