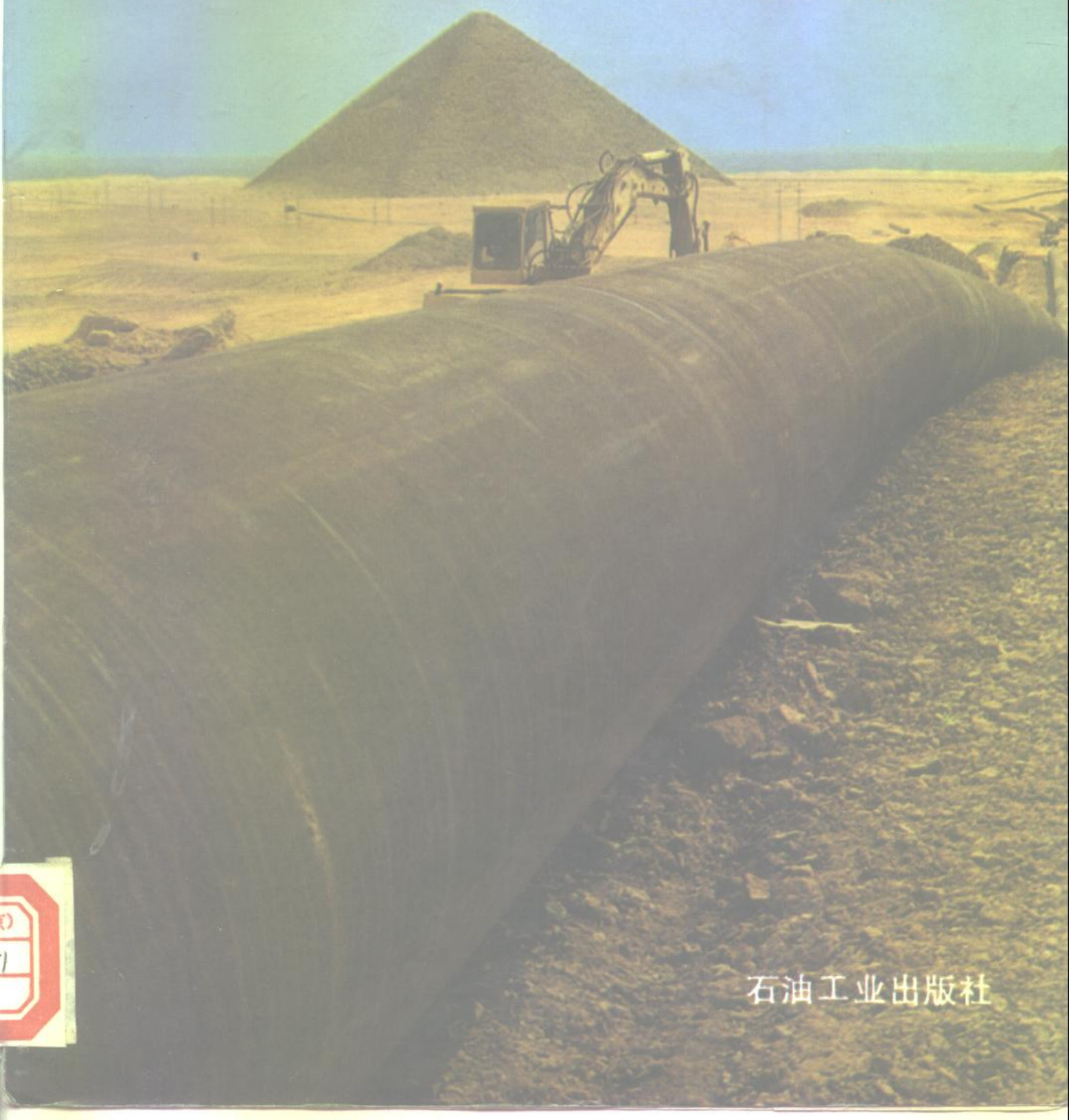


油气管道工程丛书

世界著名管道工程

梁翥章 唐智圆 编著



石油工业出版社

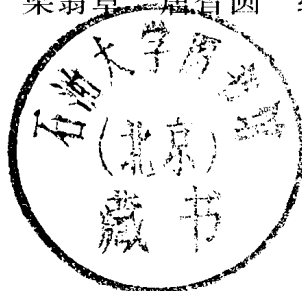


登录号	087294
分类号	TE 832-51
种次号	201

油气管道工程丛书

世界著名管道工程

梁翕章 唐智圆 编著



石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 提 要

本书详细地介绍了世界上最具代表性的四项大型油气管道工程,其中包括著名的阿拉斯加原油管道、科洛尼尔成品油管道、阿意输气管道和乌连戈依—中央输气管道。书中追述了各条管道建设的历史背景和决策规划过程,对管道筹建、前期准备、线路选择、工程设计、施工组织与技术、验收到运行管理等逐一进行了介绍。

本书有助于管道工作者了解油气管道工业的历史、现状和发展,吸取和借鉴国外管道工业的经验和教训。

本书可供从事油气管道工作的领导干部、工程技术人员和大专院校师生阅读参考。

油气管道工程丛书

世界著名管道工程

梁翥章 唐智圆 编著

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 $27\frac{1}{2}$ 印张 690 千字 印 1—1500

1994 年 3 月北京第 1 版 1994 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-1015-1 / TE · 944

定价: 13.10 元

出版说明

“油气管道工程丛书”是为从事石油及石油产品长距离管道输送的工程技术人员，提供的一套再学习专业读物。本丛书的出版也为新走上工作岗位的大专院校毕业生，提供一个从事实际工程的向导和指南。读者可以通过丛书的学习，详尽地了解国内外油气管道工程各领域的发展状况、先进的工程技术和独自的特点，较好地掌握油气管道的设计、施工和优化运行等工程方法，解决实际工程问题。

本丛书包括：《世界著名管道工程》、《原油管道工程》、《成品油管道工程》、《天然气管道工程》、《管道线路工程》以及《海洋管道工程》等分册。丛书各分册将陆续出版发行，以满足广大读者需要。

编 者 的 话

本书介绍了世界最著名的4项大型油、气管道工程。这4条管道包括：跨越北极圈，年输8500万吨原油，在竣工投产的1977年被誉为当年世界投资最大的工程的阿拉斯加原油管道；年输9000万吨，输送118种石油产品，总长8000公里，投产后持续20年不断改造的著名的科洛尼尔成品油管道；穿越600米深的地中海，沟通北非与欧洲，年输气120亿米³的第一条跨越洲际和迄今为止穿越最深海域的著名的阿意输气管道；由6条1420毫米管道组成的，总长20000公里，年输天然气2000亿米³的原苏联乌连戈依中央输气系统。这4条著名油气管道工程足以代表当今管道运输的水平。

较详细地介绍这4条著名管道工程的目的，是试图说明大型油气管道建设的普遍规律及其应用的技术，为此本书尽可能介绍管道营运与管理的内容。

管道是输送大量石油与天然气最基本的手段，石油与天然气是重要的能源，它们紧密地关系到国家的工业化、国防实力与人民生活。这样大规模的管道建设，不仅是由多家石油公司通力组织力量建设，更重要的是国家政府给予了直接支持帮助，并组织了专门机构监督工程建设，在受到国际上的关注的同时也受到国际风云变幻的影响。因此，大型管道的建设都带有明显的政治、经济、资源和技术背景。

为了表述清楚著名管道工程建设与管理的内涵，较为便捷的方法是对每条管道跟踪追述其自建设直到投产管理的全过程。整个过程就阶段可划分为管道筹建、前期准备、线路选择、工程设计、工程研究、施工组织与技术、工程验收与投运、生产运行、维护管理以及体现工程特点的重大事故等。为此本书在对阿拉斯加原油管道追踪了16年（1971~1986）文献；科洛尼尔管道34年（1962~1986）文献；阿意管道15年（1971~1986）文献的基础上，进行了论述。

本书对阿拉斯加原油管道分为两章介绍，第一章中介绍阿拉斯加原油管道建设，它是根据《800 MILES TO VALDEZ》（800英里至瓦尔迪兹）一书编译的，此书较详实地记述了阿拉斯加原油管道建设的全过程；第二章是将管道的技术问题列为专题加以说明，作为第一章的补充。

在选材方面除了选择最有代表性的油气管道外，还考虑到海下管道特别选择了阿意输气管道。本书第四章在介绍该输气管道的同时，侧重介绍管道穿越深海的技术。

对乌连戈依中央输气管道系统，主要介绍原苏联建设大口径输气管道的施工技术。这里感谢罗富绪同志提供有关乌连戈依管道的全部资料并协助共同完成第五章的编写工作。

梁翥章 唐智圆
一九九二年七月

目 录

第一章 阿拉斯加原油管道建设	(1)
第一节 时代的成果.....	(1)
第二节 1968 年 建设管道可能吗?	(4)
第三节 1969 年 在踌躇中起步	(8)
第四节 “阿拉斯加在觉醒”人们所意识到的地方.....	(18)
第五节 为何必须修建阿拉斯加管道?	(19)
第六节 1970 年 管道建设中断	(23)
第七节 政府听证会及土著民族控告.....	(26)
第八节 1972 年 政治解冻	(28)
第九节 1973 年 授权建设管道	(31)
第十节 1974 年 管道投入建设	(33)
第十一节 管道设计完成.....	(37)
第十二节 一项特殊工程.....	(45)
第十三节 阿拉斯加面貌在改变.....	(46)
第十四节 1975 年 管道建设完成近半	(47)
第十五节 1976 年 接近完成	(52)
第十六节 环境问题.....	(60)
第十七节 普拉德霍湾油田在期待原油增产.....	(64)
第十八节 1977 年 竣工投产转入新阶段	(67)
第十九节 今后石油将来自边远地区.....	(72)
参考文献.....	(74)
第二章 阿拉斯加原油管道技术	(75)
第一节 北极气候与交通运输.....	(75)
第二节 永冻土区铺设热油管道的综合技术.....	(78)
第三节 阿拉斯加管道的科研工作.....	(98)
第四节 阿拉斯加管道的设计工作.....	(114)
第五节 管道施工技术.....	(136)
第六节 管道通信系统.....	(160)
第七节 管道投产、运行与管理.....	(164)
参考文献.....	(182)
第三章 科洛尼尔成品油管道	(185)
第一节 科洛尼尔成品油管道系统概况.....	(185)
第二节 管道筹建过程及背景.....	(188)
第三节 线路选择与获得通过权.....	(195)
第四节 科洛尼尔管道设计.....	(199)
第五节 输入站的油源与结点站布局.....	(211)

第六节	各种类型站的基本流程·····	(215)
第七节	科洛尼尔管道施工·····	(230)
第八节	管道试压、通油及运行原则·····	(265)
第九节	扩建泵站及带来的运行故障·····	(271)
第十节	大输量的成品油计量技术·····	(283)
第十一节	编制运行程序·····	(287)
第十二节	科洛尼尔管道的监控系统·····	(313)
第十三节	管道事故处理与环保·····	(334)
	参考文献·····	(337)
第四章	阿意输气管道·····	(339)
第一节	阿意输气管道概况·····	(339)
第二节	建设阿意输气管道的背景·····	(341)
第三节	探索穿越地中海的路线·····	(343)
第四节	意大利天然气需求增长·····	(345)
第五节	进口阿尔及利亚天然气的方案选择·····	(346)
第六节	墨西拿海峡试验段施工·····	(348)
第七节	海洋管道勘察施工所用船只及作业简介·····	(350)
第八节	穿越西西里海峡管道试铺工作·····	(354)
第九节	新一代的铺管船·····	(360)
第十节	西西里海峡管道线路勘测与修整·····	(363)
第十一节	两海峡正式穿越管道施工·····	(366)
第十二节	阿意输气管道陆上工程·····	(368)
第十三节	沿线压缩机站·····	(371)
第十四节	深海管道的支撑架·····	(377)
第十五节	穿越地中海管道的维护与管理·····	(380)
第十六节	建设深海管道的新思路·····	(384)
	参考文献·····	(389)
第五章	乌连戈依—中央输气管道系统·····	(392)
第一节	建设输气管道系统的背景·····	(392)
第二节	乌连戈依—中央输气管道系统概况·····	(394)
第三节	输气管道系统的建设·····	(400)
第四节	钢管·····	(404)
第五节	管道焊接·····	(405)
第六节	管道防腐绝缘·····	(407)
第七节	管道水下穿越·····	(408)
第八节	沼泽地区管道的全年施工·····	(419)
第九节	压缩机站的建设·····	(421)
第十节	建成输气管道系统的经济效益·····	(423)
	参考文献·····	(424)
附录	世界部分主要输油管道一览表·····	(426)

第一章 阿拉斯加原油管道建设

第一节 时代的成果

当开始看这本书时，觉得关于阿拉斯加原油管道已经在各种管道刊物上报导很久了，但是究竟是什么样的一项工程？管道建设上发生了什么问题，又解决了什么问题？何以称这项工程是世界上 70 年代企业投资最大的工程？本章基本上解答了这些问题。相信读了这一章以后，了解了这条纵贯阿拉斯加南北的原油管道建设，将是十分有益的。

阿拉斯加北部普拉德霍湾油田是 1968 年早期发现的，现在它仍然是美国最大的石油聚积区。从靠近北冰洋岸边的普拉德霍湾（Prudhoe Bay）油田经长达 800 英里，直径 48 英寸的输油管道将原油从北向南输至阿拉斯加海湾，威廉王子海峡的瓦尔迪兹港（Valdez in Prince William Sound）的油轮中。阿拉斯加管道的位置见图 1-1 所示。

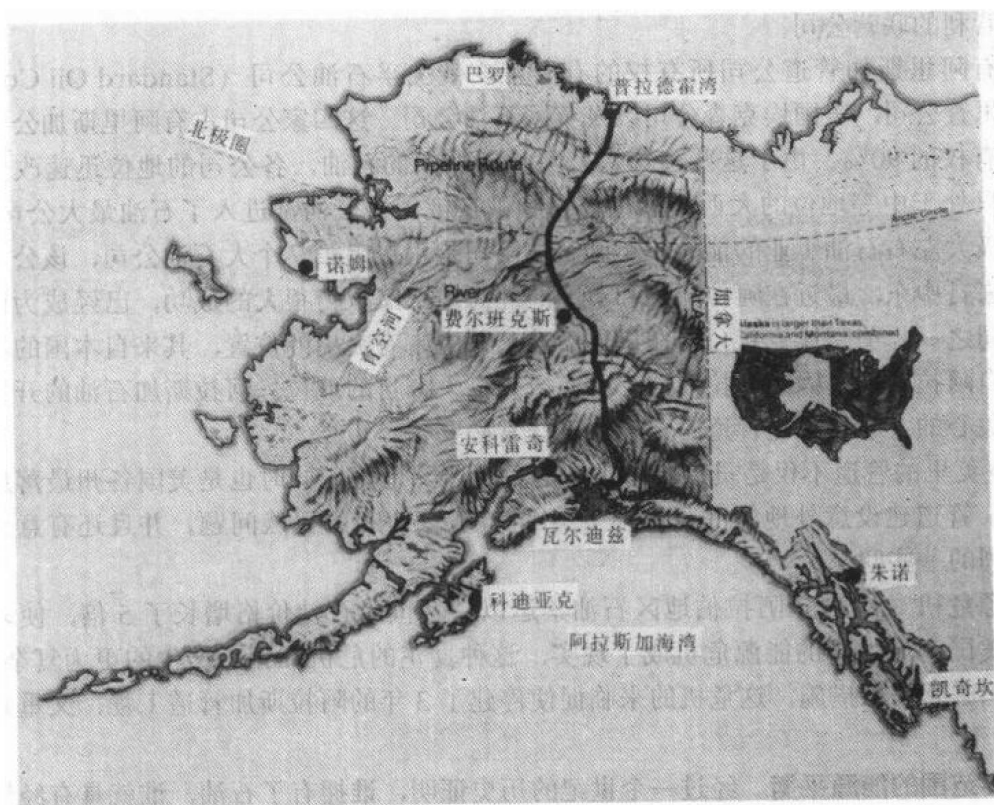


图 1-1 阿拉斯加管道位置图

自阿拉斯加的北坡油田经 800 英里到达瓦尔迪兹油港，管道翻越 3 道主要山脉，也是世界第一条穿越北极圈的管道

这项工程原定用 4 年时间完成，但实际上用了将近 10 年的时间才建成管道，将原油输至美国市场。阿拉斯加管道花费了将近 80 多亿美元——相当于油田开发所需支出的两倍，其中管道施工建设所需费用约占一多半。这条管道是规模最大，也是耗资最多的私人投资的

工程项目。从建设开始到 1977 年投产运行，将近有 70000 人来自世界各地参加这项工程建设。从管道的技术性、系统性和管理性以及立法方面都反映出是近代化的新篇章。

这项工程差不多所有世界各大石油公司都参加了建设。仅阿拉斯加管道的总投资就相当于 8 个投资公司中三个公司的资本总和。

管道的规划始于 1968 年，由大西洋里查菲尔德公司 (Atlantic Richfield Company) (以下简称大西洋里查公司，常用英文缩写为 ARCO 亦称阿科石油公司) 和汉堡石油与炼制公司 (Hamble Oil and Refining Company) (以下简称汉堡石油公司)——即现在的美国埃克森石油公司 (Exxon Company) 建议的。以后这两家公司又共同与北坡的其他先行开发的公司，英国石油公司 (British Petroleum Ltd.) 联合起来成立纵贯阿拉斯加管道系统公司 (The Trans Alaska Pipeline System) (缩写为 TAPS 简称为阿拉斯加管道公司或管道公司)。后来又有莫比尔石油公司 (Mobil Oil Company)；菲利普石油公司 (Phillip Petroleum Comp.)；加利福尼亚联合石油公司 (Union Oil Company of California)；阿梅拉达赫斯公司 (Amerada Hess Company) 加入了管道公司。

1970 年由于又有新的石油公司入股加入管道公司，由原来名为“阿拉斯加管道系统公司”改名为“阿里斯加管道服务公司” (Alyeska Pipeline Service Company) (简称阿里斯加管道公司)。不论是初期成立的阿拉斯加管道公司，还是后期改名的阿里斯加管道公司，都是一个无营利的联营公司。

拥有阿里斯加管道公司所有权的有：俄亥俄美孚石油公司 (Standard Oil Co. Ohio)，大西洋里查公司，美国埃克森公司以及英国石油公司。这四家公司占有阿里斯加公司和北坡石油所有权的 90%。由于这些公司占有阿拉斯加州的石油，各公司的地位迅速改变。原来在美国只处于中等地位的大西洋里查公司和俄亥俄美孚公司都进入了石油最大公司的行列，并拥有极大左右石油工业的能力。英国石油公司是世界上第 7 个大石油公司，该公司的石油主要是来自中东，最近在阿拉斯加和英国的北海地区又取得很大的成功，已经成为国际三大石油公司之一。美国埃克森公司在世界石油公司中占有突出的位置，其来自本国的石油有一半将输自阿拉斯加。因此阿拉斯加一跃而成为令人瞩目的地位。阿拉斯加石油的开发也就成为全国关心的大事。随之管道的建设也就非常必要了。

800 英里的管道不仅是贯穿自古以来的荒野严寒地区，同时也是美国各州最落后的民族所在地。管道建设意外地解决了差不多美国 70 年来存在的民族问题。并且还有意无意地解决了下列的一些问题。

能源危机 1973 年阿拉伯地区石油禁运以后，世界石油价格增长了 5 倍，使多年以来笼罩着美国和全世界的能源危机成了现实，这种真正的危机和相应产生的更为复杂的情况，迫使美国必须采取措施。这危机的来临促使停建了 3 年的阿拉斯加管道工程，又重新地活跃起来。

世界范围的能源平衡 经过一个世纪的历史证明，谁拥有了石油，谁就具有经济与政治上强大的实力。十年前阿拉斯加的石油与天然气在世界能源格局的棋盘上，还远不是重点，但是今天已经是举足轻重的能源重点了。

经过第二次世界大战以后，美国控制与生产的石油比任何一个国家或国家集团的都多。30 年后，美国已落到世界石油大国的第 5 位了。在世界范围内各国或地区的石油生产水平不断提高的情况下，美国的石油生产在下降，其下降的速度还在加快。在 1968 年以前，阿拉斯加的石油和天然气在美国政府的任何一种有关的统计表中，其位置总是排在后面。从现

在起它将是美国产油最多的州，也是具有最大油田的州，有产油量最大的油田。不论从哪一方面来说，这将是事实，阿拉斯加的能源供给美国的主要市场是很方便的。使美国的能源有希望达到自给。

环境保护问题 是阿拉斯加州政府与管道建设之间争议的焦点。无疑是基于考虑保护和生态学方面的问题引起的。1969年，管道建设已经颁布之后，当时国会正准备通过一项国家环境保护法，管道建设正是首当其冲。因此管道建设是在国家严格执行环境保护法的监督和强制下进行建设的。这是过去任何重大建设工程所未遇到的。看来今后不论是工业界或是由政府建设任何大型工程，都不可能再重复走过去的老路了。

北极区施工 管道建设的成果和经验向环境保护专家们证明，北极地区并不是所有一切都是那么脆弱的。自然条件对施工队伍来说，是强大的对手。若大的管道工程建设，对环境的破坏也是必然的。可是阿拉斯加的自然条件和其它的地方一样，不论是由于人类给予的或是自然界自己产生的干扰，大自然都有恢复它原来面貌的能力，这是在北极管道施工后验证了的。

从阿拉斯加最北部到南部的阿拉斯加海的整块大地上，早年都曾经历过巨大的军事工程，施工建设积累了很多的可贵的建设经验，不论是成功的或是失败的，这些经验都被管道建设科研工作者所采纳并加以验证。管道建设的成功，使所有的施工公司都懂得了管道建设者们是如何对付像北极地区那样恶劣的自然条件的。

管道技术 在任何一种门类的巨大工程建设中，必然会推动和发展它自己的技术，这是个自然规律。阿拉斯加管道建设可以与过去任何一项重大工程相媲美，如美国第一条横穿美国东西的铁路，相继修建的2500英里的加拿大太平洋铁路；前一世纪修建的巴拿马运河；第二次世界大战期间修建的阿拉斯加到加拿大的公路；以及20年以后的空间计划，将人类送上月球。阿拉斯加管道建设的实践提高了北极地区建设管道的技术，那么这些成就更加能应用到其他任何地区的管道建设和操作技术上。

开发其他资源 资源不光是石油，不能以能源代替天然资源。资源带有世界性质的，是世界的财富。美国的资源问题，是因为美国消耗大量的多种资源而产生的。阿拉斯加的资源是丰富的，不仅是石油与天然气，在阿拉斯加南部的木材，沿海地区有丰富的鱼产资源，还有尚待开发的丰富的煤炭、铜、铁、镍、金和多种其它矿藏资源。80年前曾掀起过一次淘金的热潮，但是仍然还有很多是未开发的。在世界资源感到缺乏的今天，阿拉斯加的资源成了注视的焦点。但是要开发那里的资源，就必须学会适应艰苦而简朴的生活，并且能远离家乡到第一线去。在阿拉斯加修建管道，不仅涉及那里的资源的开发，还必然要涉及到那里的社会、政治和经济。

土著民族的权利 谁能想到一个工程建设，如铺设一条管道能直接解决土著民族的权利的问题？但结果确是如此。阿拉斯加土著民族的土地要求已经持续了几个世纪，自从俄国和欧洲及以后的美国。首先是开发阿拉斯加的西北太平洋沿岸的地区，后来推进到开发北坡的石油。这些开发工作给最后为解决土著民族的土地要求提供了条件，结果美国政府在1971年颁布了“解决阿拉斯加土著民族土地要求的法令”。这个法令为土著的阿留申、印第安和爱斯基摩等共70000土著人提供了4400万英亩土地，并给予长期现金投资。这些投资大部分出自政府收缴的开发北坡石油的租赁费中。在工程建设中，还可以从阿拉斯加土著人中直接招募劳动力就业和签订合同承包部分管道工程。使长久居住在其祖先的土地上，接近贫困的人民有机会提高知识并成为有熟练技术的工人。

州政府的权利 阿拉斯加是美国 50 个州中最年轻的，州政府有权向中央政府争取州际应有的权利，这个问题被搁置已经很长久了。建设管道和石油产地的租赁费用，使阿拉斯加的经济情况大为好转。长期以来，州政府的开支是依靠中央政府拨给的经费以及依靠旅游事业。近十年来为了开发北坡的石油给边远地区稀少的人民打开了走向富裕的道路。州政府的核心任务是要使阿拉斯加州长期稳定地保持富裕，现在已具备能力与美国其他丰产石油的州相竞争，甚至可以与一些石油出口国的产量相媲美。也可以说是石油输出国组织把西方人首先赶到这块冰冷的王国来寻找石油的，迫使他们向北坡的石油开战。开发阿拉斯加海湾的石油时，州政府就对抗美国政府所制定的大陆外基础租赁法。阿拉斯加人他们喜欢并强烈要求独立于美国本土之外（称美国本土为“下 48 州”或称“外边”）。他们认为阿拉斯加远离中央政府，使他们的社会陷于雕萎，甚至于自 1867 年到 1959 年一直没有被承认为州的地位，也根本没有全部的领土支配权。直到现在能开发出大量的石油，支援了“下 48 州”，这时阿拉斯加才开始有权讲话了。

类似的问题可以罗列很多。总之阿拉斯加它固有的陈旧的面貌就好像冰河一样，受到各种势力历经几个世纪的冲击，冰河开始缓慢地融化，面貌在改变。特别是近几年，由于管道工程的十年建设，形成了一股综合力量，推动了阿拉斯加面貌改变的步伐。

第二节 1968 年 建设管道可能吗？

1968 年 1 月中旬，大西洋里查公司（当时大西洋里奇公司尚未与汉堡公司合营，合营是在 1968 年 4 月），在普拉德霍湾 1 号井勘探获得成功，取得工业油流，并声称这口探井在 8500 英尺深处发现了强大的天然气流。2 月份取出了饱和石油的岩心。3 月份试油时进一步取得鼓舞人心的成果，在 9505 英尺至 9825 英尺之间，每日产油 1152 桶，天然气 1.32 百万立方英尺，证明北坡地下蕴藏着大量石油。后又继续钻深到 13000 英尺，目的是探明油田的深部。在这口井南 7 英里，靠萨加文尼克托克河（Sagavenirktok R.）附近，大西洋里奇公司和汉堡公司开始钻第 2 口探井。时间仅仅过了 5 个月，就意识到修建管道的必要性了。

到了 6 月份，对 1 号井进行了更细致的研究后，弄清在 8656~8670 英尺深度之间，每天可产油 2415 桶，可以称得上达到较高的工业生产油流。在 8210~8250 英尺之间，每天产天然气 4000 立方英尺。第 2 口探井是萨加文尼克托克河 1 号井，也在同一深度发现油流，日产原油 2300 桶。基于这两口探井，达拉斯公司的地质顾问认为：这是一个重要发现，从而可以判断可采的原油储量将达到 50~100 亿桶，这将是世界上已知的最大集聚的油田。普拉德霍湾油田是美国从来未发现过的大油田，如从单个油田来对比，要比以往在阿拉斯加发现的任何一个油田大 100 倍。

这一消息传出后，纽约的证券交易所的这几家参加开发北坡石油公司的股票价格飞涨。同时谣言四起，说某些石油公司也占有北坡的石油开采权。远在英国伦敦的证券交易所，英国石油公司的股票价格也受到影响。实际英国石油公司已苦战了 8 年而一无所获。当普拉德霍湾油田发现后，英国石油公司立即组成一个工程小组返回普拉德霍湾地区，并计划在其获得租赁权的地区内，制定一个冬季的行动计划。

在这世界瞩目的普拉德霍湾油田发现的同时，汉堡公司和大西洋里查公司的几位公司主要负责人都云集到阿拉斯加来。在资源基本肯定的情况下，大西洋里查和汉堡公司即派出了一个从事原油管道强有力的工作组来到阿拉斯加，此外还有一批技术专家在得克萨斯州待命

出发。同时，已经开始了室内的工作和准备。实际上早在 1966 年汉堡和大西洋里查公司在普拉德霍湾打那几口不成功的油井时，已经派遣法兰克·撒雷尔（Frank Thernel）到加拿大访问卡里格瑞（Calgary）的皇家石油公司的 L.A.凯恩斯托克（Kenstock），他是对永冻土方面知识最权威的人士。从那时起，也就可以说开始管道的前期准备工作了。这里着重提到法兰克·撒雷尔，是因为他从头到尾参加了阿拉斯加管道工作时间最长的人员之一。开始他任工程经理，后来任工程项目经理，直到工程完成，前后在北极地区为这条管道建设苦战了 8 年之久。

阿拉斯加的夏季是短暂的。1968 年夏季，对管道工作人员是个忙碌的季节。要从两个方面在管道设计中必须尽快做出解答：一是走哪条路线？二是在哪个港口装油轮？此外还有很多有待深化解决的问题，如最初输油管的输量和最终输量的问题，原油输送温度；需要多少泵站？这些泵站用何种动力？建在北极地区的这条管道要用何种管材？而这些管材又从哪里能得到……。很多问题是需回到总部去解决。可是前面提出的两个方面的问题，则只能在现场才能得到解决。线路选择和确定终点位置的工作承包给管道技术公司。

1968 年 8 月份，由汉堡、大西洋里查和英国石油公司三家达成协议，共同分担管道工程可行性研究费用，并将总部设在安科雷奇。由于夏季时间很短，对现场的研究工作马上就得开始。汉堡公司派了乔·吉布尔，大西洋里查公司派了巴迪·莫尔贝尔，作为两个公司的工程项目经理和现场工程师。他们认为：“现在一切工作必须立即开始，要研究线路走向，对土壤的研究和港口设置的研究”。为此就提出如何派出踏勘人员，到哪里租用直升机，哪里去借营地设施。在 8 月份的第一周，就派出了 5 个踏勘小组分布在 800 英里线路走向上。北起普拉德霍湾，南到阿拉斯加海湾，除了线路走向之外还要沿着阿拉斯加海湾察看几处港口位置。在开始地面工作的同时，还开始了航空选线工作。

在同一周内，安科雷奇总部还派了两位负责人到阿拉斯加大学去访问哈尔·贝顿博士（Hal Peyton）。他是个土木结构工程师，到 1968 年他已经在北极地区进行了 12 年有余的研究工作；他曾经住在北极协助汉堡公司、大西洋里查公司和其他石油公司设计钻机平台的基础；还参加过库克（Cook）河口处的码头设计，那里是阿拉斯加最早期的石油中心。现在他又承担管道现场顾问，后来又承担了工程部门的经理。

总部还派人到阿拉斯加极北部，北冰洋岸边的巴罗角（Barrow Point）美国海军北极研究所访问。目的是商讨在该地区进行第一个管道对土壤影响的试验，观察管道埋于永冻土中将会出现什么问题。因为从来没有人像在普拉德霍湾这样高纬度地区做过埋地管道的试验。

研究建设这样一条管道的工作是极其复杂的，概括的范围也非常广，并且有许多是从未做过的。上述这些石油公司曾花了几年的时间在北坡地区寻找石油，他们最了解在如此寒冷的北极气候和土壤条件下进行测量和工程地质作业的艰苦性和严酷性。建设这条由北往南的管道要经过北极圈以北的地区就占总长度为 $1/3$ ，所涉及的问题都是新的大难题。要在短期内求得问题的全部解决，是很困难的。为了解决这些问题，首先是收集当地有关北极地区工程建筑和管道建设等方面的文献资料，其中最宝贵的资料是“第一次国际永冻土会议文献”，这次会议是 1960 年在珀迪（Purdue）大学召开的，讨论的内容是巴罗角海军试验室的报告。其他资料来源于设在汉诺威（Hanover）和新罕布什尔（New Hampshire）的美国陆军寒冷地区试验室和工程试验所，以及阿拉斯加大学的北极环境工程试验室等科研单位，提供了北极地区的工程资料。这些单位在第二次世界大战中为建筑防御工事取得了建筑经验，他们都是管道工程的顾问单位。

但是这些早期的经验，在目前实际应用中可取的太少了。在北极圈内的问题，比来到这以前所设想的要多得多，很多都是前所未见的。两个公司于 1966 年曾到加拿大考察过，但所见到的管道大多建在北极圈以外的沼泽地带，也曾翻译了苏联修建管道的文献，但都无济于事。

阿拉斯加管道的要害问题是世界其他大型管道所没有考虑过的。因为一般管道都是建设在较为温和的气候条件下。阿拉斯加管道要经过漫长的冻土地带，不仅是在北极圈以北的地区，而且大部分线路所经过的地区都有永冻土存在。永冻土的正规定义是：土壤终年是冻结的，在自然条件下，最少连续两年保持在零度以下。当然并不是只有在北极地区才有永冻土。问题在于北坡的原油自井下喷到地面上的温度为华氏 160 度，虽然经过储存温度会有些下降，但是原油在管道中产生的水力摩阻和经过泵送加压，油温又会再次回升。热油加热了管壁，这样一条热管道长期埋设在永冻土中，必然会使永冻土融化。

为了防止永冻土的融化，在 1968 年首先设想的是将管道设计为冷管道，使油流在管道中的温度保持在华氏 30—35 度。为了解决这个问题，在巴罗角海军科研所建设了一个不寻常的试验场。用 1000 英尺的 40 英寸的管子，弯成了上下的垂直弯和水平的左右弯，并埋在不同深度的永冻土中，观察管子与土壤间的相互作用，同时还埋了很多小口径的管段，用来观察北极地区永冻土和各种自然产生的特殊现象对管道所产生的影响。例如观察阿拉斯加地表所产生的直立的冰楔对管子所产生的应力。冰楔是存在于地下的竖向“小冰山”，它是由于自然的地下水，受到长期和每年周期性的融化与冻结循环所形成的。竖向的称为冰楔；水平的称为冰镜。由于季节的温度变化，产生地表面的升高与碎裂，这种作用将使管道产生很强的应力，甚至导致管子被破坏，因此就必须在沿管道所经过的路线上弄清是否潜在着这种物体。同样也要寻找出古代冰川所遗留下的冰块。在巴罗角试验场具有进行冰楔对管道影响的试验条件。此外在该试验场还生长着多种植物和覆盖着冻原的土地。冻原又称冻苔，是大自然覆盖在永冻土上的保温层。利用有冻原的地带来试验管道在施工时，破坏了地表面的冻原究竟会造成什么样的后果，以及破坏了的冻原又如何才能恢复植被并还原到本来的自然面貌。

开始时认为采用冷输是个好方法。但是由于技术和经济问题很难落实，并不是所想象的那样简单，原因是由井下生产出来的热原油需要储存在油罐中使之自然冷却，这就要花费很大的投资来建设大量油罐。每一油罐区要用 100000 马力作为冷冻的动力，且这些油罐和冷冻设施及厂房要占据北坡油田的很大面积。特别是北坡油田是分区租赁给各石油公司分别进行开发的，因此各区都必须分别建设罐区，然后用集油系统将原油输送至管道的首站。

冷输原油不仅进入管道以前要冷却，而且当原油在管道中流动时还会使油温升高，这样沿线的泵站也要设有冷冻系统。冷冻以后的原油变稠，输送很稠的冷油，比输送热油所需的泵站多二至三倍，此外还要加添加剂以保持冷油的流动性才能用泵输送。同时还要考虑到一旦发生事故管道停输，稠油可能很快凝结就很难再次起动。而最大的问题还是所有各区的原油都含蜡，当原油冷却以后，石蜡就从原油中析出来，沉淀在油罐里和管道的内壁上。因此必须经常投放清管器，清除管中的积蜡。预计每天所沉积的蜡有 1400 吨。按上述冷输方法将使管道建设比输热油的建设投资要高出 $2/3$ 。由于建设与操作费用都高，最终北坡原油在市场上的价格也将增加。因此，考虑仍是采用常规的热油管道的方案为好。

在研究输送工艺的同时，选线工作也在进行。冷输与热输方案对最后选定线路有些影响，而决定港口的位置则对选定线路影响更大。如港口选在西北海岸，虽然管道长度最短，

但是会遇到复杂的北极工程上的各种技术问题。较好的方案是在南部阿拉斯加湾寻找一个港口，这港口的位置将决定管道的长度。选在南部的阿拉斯加湾意味着管道长达 800 英里。纵贯阿拉斯加南北；要翻过 3 座东西走向的山脉，即在北部要翻越布鲁克斯山 (Brooks Mt.) 南部要翻越阿拉斯加山脉，临海处要翻越楚加奇山 (Chugach Mt.)。

实际这次选线并非第一次。在第二次世界大战期间，阿拉斯加抵抗指挥部就有一支由阿拉斯加土著民族和印地安人组成的部队，那时美国海军第一次在北坡地区进行了艰苦的石油勘探。这个部队当时就负责由巴罗角到费尔班克斯的选线工作。1960 年以后，英国石油公司和其他石油公司进入北坡，又研究了多次管道线路走向。这些早期的工作无疑是这次线路踏勘工作的基础。

管道的选线人员，对线路北段选择了两条基本路线，每条路线都有多种方案，目的是降低最高的翻越点。第 1 方案是沿北坡西侧的科尔维尔河 (Colville R.) 翻过布鲁克斯西侧 2400 英尺的阿纳克图沃克 (Anaktuvuk) 峡谷；第 2 方案是沿着图利克河 (Toolik R.) 到阿纳克图沃克峡谷。这两个方案都经过很长一段积冰和裂缝发育区。第 3 方案是沿着萨加文尼克托克河的泛滥淹没区；由于这一区都是卵石堆积层，是稳定的地层。然后沿着阿蒂根河 (Atigun R.) 到阿拉斯加大陆的分水岭，沿河的右侧能躲开很长的一段积冰裂缝区。缺点是阿蒂根分水岭高程达 4790 英尺，这要比翻越阿纳克图沃克峡谷高出 1 倍。翻越这一高点需要耗用更多的动力，如采用冷输则这一问题更为突出。

线路无论如何也避不开永冻土区和其他条件恶劣的土壤地区。因此又提出了第二个大课题；能不能部分管道采用架空而代替埋设？当时规划人员就认为干线有 5%~10% 是不能埋设的，约有 40~50 英里的管道是需要分段采用架设。

从阿蒂根河分水岭向南也有几个方案：一是从阿纳克图沃克沿着约翰河 (John R.) 下坡向南，或是从阿蒂根河沿着科尤库克河 (Koyukuk R.) 向南，这样管道穿过北极圈，过育空河 (Yukon R.)。在北极圈南北两侧，这一带永冻土的情况并没有显著变化，甚至南侧还要差些。选线人员的目的是尽可能的选在卵石层区、石方区和融化以后的永冻土壤尚属稳定的土壤区。

在早期曾考虑管道由育空河下面穿越，可是育空河在春季开化时期，是条难以驯服的河流，从加拿大携带大量浮冰汹涌而下，直冲向西去，进入白令海。冰凌严重地冲刷着弯曲河道的两岸，由河下穿过，两岸的管道难以处理，只能改为架设。

在育空河以南就进入居民区。其余的线路走向就决定于港口的位置了。港口的位置有几种选择，可以选择在惠蒂尔港 (Whittier) 或是苏厄德港 (Seward)，这两个港口位于安科雷奇市的南部的基奈半岛 (Kenai) 上。这是已建成的在阿拉斯加南方的港口，位于库克海口处，目前油轮经常到这两个海港装油，但是只能满足目前阿拉斯加产油的情况。另一个可能选用的是科尔达瓦港 (Cordova)，它是个渔港，在威廉王子海峡的入口处，距安科雷奇约 100 英里；或是选在海峡的最北部另一个渔港名为瓦尔迪兹 (Valdez) 港。

设在瓦尔迪兹港有几个优点，一是港口是最北的，缩短了管道的里程，港口可以直接与南来的管道相接，并且是个终年不冻港。苏厄德港所处的位置暴露在强大的海风袭击下，并且海上浮冰在库克湾处堆积，长期阻碍来往的油轮航行。港口设在瓦尔迪兹港要注意的是地震和海啸。1964 年地震和海啸袭击了瓦尔迪兹港，当然也不仅是瓦尔迪兹港，受害地区包括阿拉斯加州的南部，也包括苏厄德港。对比之下，瓦尔迪兹港还占有一定的优势，该港的后面紧靠一块面积很大的基岩，形成一个高台地，可供设置管道的末站，还可以不受海啸的

影响。海风和潮汐对这个港口影响也比较小。

这样自育空河到瓦尔迪兹港的线路走向，可以向东偏移绕过费尔班克斯，多少可以沿着阿拉斯加全天候的里查森（Richardson）公路。线路到此再次升高，进入阿拉斯加山区，但是比翻越陡峭的布鲁克斯山区远为平缓。永冻土区的问题仍然存在。测量人员沿着隆起的山脊，在裸露出岩石的地方选择线路，以避免沿着山腰走，这样就可以尽可能的减少管沟内的土壤流失。

费尔班克斯总部暂定的这段走向，是沿着塔纳诺河（Tanana R.）后再沿德尔塔河（Delta R.）峡谷横跨阿拉斯加山区的伊莎贝尔（Isabel）山谷，高程达到 3500 英尺。下一段是穿过或沿着科珀河（Copper R.）盆地边缘到通斯纳河（Tonsina R.）和连续穿越几条小河，就到达了 2500 英尺的汤姆森山口（Thompson），这里已经进入了楚加奇山区（Chagach）下坡段穿过基斯通（Keystone）峡谷就到了瓦尔迪兹港。以上的管道所经的路线是初步选定的走向。

当现场人员将早期的选线资料、港口勘探报告和永冻土地区的分布等资料带回各自的公同，根据这些资料形成了纵贯阿拉斯加管道的雏形后，这时就应该组织设计工作了。在 10 月份晚些时候，由三家石油公司即汉堡、大西洋里查和英国石油公司组成了纵贯阿拉斯加管道系统公司，缩写为 TAPS。这三家公司各投资三分之一，每个公司都分别研究如何将阿拉斯加的原油输出去；能否建成这条管道？大约需要多少投资？什么时候才能建成投产？1968 年冬季召开了一次各公司的联合讨论会，讨论的中心问题是分析管道建设的可行性和估计投资。会议在休斯顿召开，大量补充资料有的是由电话传到休斯顿，有的则是派人去收集线路上的资料；有时一个月内一个人往返阿拉斯加四次之多，工作是十分紧张的。管道的前期准备工作就这样认真的展开了。

此时各公司由北坡带回来的原油性质资料开始进行水力计算，目的是试图从初步计算可以推算出来所需的管子、油泵、动力的大小等，并可以估计出设备材料的费用。

研究在阿拉斯加修建管道的可能性时，提出来很多难以解决问题，如泵机组在该地的运行条件；在大口径管道中输油所产生的热效应；在低温下用何种材质，包括管材、干线阀门、管子配件、法兰和清管器收发筒等材料；考虑到天气条件，要将设备安装在室内；要使泵站全部能独立运转，这些泵站和管道都建在极为荒凉的地区；任何一个部件都要从美国本土运去，又如何运去；另外还有抗震的设计问题和环境保护的要求等。

后两项是新提出的而且是影响全工程的课题。在阿拉斯加冬季来临时，野外的工作队就全部停止了工作。可是在休斯顿，管道设计组的工程师们是在有限时间的要求下，向自己的公司提交第一份工程报告。他们将六个月以来在现场收集的资料和在室内进行的工程计算综合起来，经过加工浓缩得出了最好的结论，那就是公司所希望的工程概貌和合理的投资能符合北极地区的工程建设；提出较好的输送工艺和最快的投入使用的计划。经过努力，于 1968 年 12 月 12 日完成了可行性研究报告。

第三节 1969 年 在踌躇中起步

在 1969 年 2 月 10 日，大西洋里查公司、英国石油公司及汉堡石油公司在安科雷奇宣布：阿拉斯加管道全长 800 英里，管道直径为 48 英寸，起输量为每日 50 万桶。具体的线路走向和终点位置尚在研究。在春季将开始工程测量，预计到 1972 年建成，总投资约 9 亿美

元。

阿拉斯加管道的投资是由三个公司分担的，大西洋里查公司与英国石油公司各持37.5%股权，汉堡公司占25%。今后如有其他公司要将北坡的原油经管道输出，要按所占管道的输量分担管道建设的投资。如果以后北坡的原油产量增加，计划多启动几个泵站就可以将输量由每天500000桶增加到每天1200000桶。到1980年时，最大输量可以达到每天输2000000桶。这条管道只解决输往美国西部海岸的问题。今后还将继续研究解决输往美国中西部和东部的的问题。

建设这条管道，第一项建设项目还远不是建设管道，而是要修建一条全天候的公路，由费尔班克斯通向北坡。但是当时还没有这条公路。阿拉斯加州的现有公路系统，从费尔班克斯向北十几英里，就到了公路的终点。虽然1968年阿拉斯加发现了石油这样使人兴奋的大事，但也没有跨过育空河通向北坡的道路。如要去也只能是乘飞机去或是徒步走去。州政府发展部曾修建一条土路，由莱文古德（Livengood）经育空河下游，跨过阿纳克图沃克山谷到普拉德霍湾。在冬季，这条路尚能勉强通行，但在这样荒漠冻结的原野，通过这样一条路不仅很缓慢，而且是个危险的旅程。所以只能等到春季雪融化以后，这条路才可以用。这条土路必须经过改造，才能成为一条管道施工能用的道路，可供人员、物资和施工装备进入到管道的北段。阿拉斯加管道公司计划在1969年夏季改建这条路，计划于冬季调入管道施工力量，1970年春季气候转好时管道开始施工。这项计划意味着800英里的48英寸管子必须在1969年秋季运到阿拉斯加，这样就有条件将管子分布到沿线各段去。目前的工作，就是寻找合格用于低温下的管子。

管子的关键是材质，管子的材质要求是很苛刻的。管子在北极或次北极地区施工焊接，必须能适应特别低温的气候条件。这就要求管子材质的含炭量低，其他的化学成分也必须严格限制。管子要特别有韧性，在温度极度变化时，管子可能有小量变形；但是不能形成永久变形，因此要求钢材金属颗粒要细。近代炼钢使用的氧气，在最后制成成品时必须将氧从钢材中净化掉。管子的壁厚为两种，0.462英寸和0.562英寸。对管子的壁厚和圆度要求都很严格，管子的两端要经过认真的修正，以利于管子的焊接，特别是在施工条件极度苛刻的条件下尤为必要。管子的材质要有很高的屈服强度，要达到每平方英寸60000、65000和70000磅，这要视管子的使用条件及其他因素而定。

这里最困难的是管径的问题。当第一次询价，要求提供36、42和48英寸的管子时，明知道大口径的管子有优先交货的权利，可是自1960年以来，还没有修建过口径为48英寸的长距离管道。向9个美国钢铁公司和几个日本、英国、德国和意大利等国的制管厂询价，就没有一个美国钢管厂能制48英寸的管子，提出要到1976年才能生产。当时美国一些公司说愿为此建设新厂，甚至愿意建在阿拉斯加或其他指定地点来供给这些管材。即使是如此也要一年多的时间才能开始供货，对此管子采购人员只能到日本、德国去寻找制管厂。在1969年2月份发出正式招标，要求一个月答复。美国的管厂要求延长一个月的时间来投标，但是最后既不能满足管子规格的需要，也不能按规定的计划交货。日本的钢管厂则可以。在4月份与日本的住友钢管厂和几家金属工业公司联合签定了定货合同，并签定到9月份开始交付1亿美元的管子。

此时，阿拉斯加管道公司继续进行线路和终点站港口的研究工作。在1969年3月中旬气温转暖时，地面测量队又回到野外，精心地修改他们去年所选择和推荐的路线。队伍在费尔班克斯一座十分简陋的房屋中设立了办公基地，以便督促工作加快进行；然后又派出一组

人沿着土路，携带着生活用具等向北踏勘，其余物资由飞机供应。

选线的工作，在许多方面是在飞机的协助下进行的。除了低空飞机进行反复地飞行观察外，还采用了新技术。由两家工程地质公司承担，由飞机对地面的地貌详细扫描，包括线路的两侧；并用雷达从空中对地面进行热力扫描来探测土壤结构。

地面工作者开始第一次对两条主要路线进行土壤调查。一条路线是经过阿纳克图沃克山，另一条是经阿蒂根山口向北。土壤调查是每隔一英里或几英里钻一个地质孔，采取土样；钻孔要深入土层中，孔径为2英寸。这年春天由费尔班克斯到普拉德霍湾一路共钻了350多个钻孔，每孔取几个土层的土样，将这些资料由这两个公司主持人填写在沿线的地质图上。然后再与航空遥测和扫描的结果相核对，这样就可以标明沿线的各种土壤变化。另外有一个地质公司专门负责研究管道埋设在阿拉斯加山的冻土山坡上和山谷中，管道对土壤造成热影响的问题。

沿线地震历史的研究，是由旧金山的丹马斯与穆尔（Dames & Moore）公司负责，重点研究育空河向南，沿线走向的地震历史。这项研究工作是由纽马克博士（Dr. Nathan M. Newmark）负责指导并与伊里诺大学协作的。纽马克博士是美国高级的研究地震专家，他长期从事于世界范围的大型水坝、高层建筑和原子能发电站等大型工程的抗震研究。

在管道设计人员提出的初步报告以后几个月，就认为采用原油冷输工艺是行不通的。接着在费尔班克斯的阿拉斯加大学的校址内建立起输送热油的试验场，将一长段48英寸的钢管埋在地下。而所埋设的这段土壤基本上综合了沿线路所遇到的各种类型的土壤，有永冻土和风沉积的松散土层，风沉积土层最容易造成水土流失，在各段线路走向方案中多处遇到过这类土。试验方法是用热风通过全段管子产生相似于热油管道的温度。沿埋设管段的土壤中埋置了仪器，测量土壤解冻的温度。在试验场地表面上原来就种有白桦、白杨树和其他种生长于阿拉斯加的植物，可以观察到热油管道对植物的影响。

此时工程人员最后选定了瓦尔迪兹港为管道的终点，并将在那里建设油港。在港口确定以后，就开始了对海域环境的研究。当时邀请了海洋科学研究院、阿拉斯加大学、水力资源研究院和北极生物研究院共同协作，开展这一课题的研究。瓦尔迪兹原来是个安静的渔港，什么工业都很少的小镇，现在将成为世界主要的油轮停靠的港口。从威廉海峡伸入瓦尔迪兹海湾是一个窄长的峡湾的海港，这一段阿拉斯加南部海岸线，就像刀切一样的深入进去。科研人员对今后将经常有淡水流入狭窄的海湾内会有何影响，又对如何减少对海域的污染和如何补给海港的淡水进行了研究。另外对海港的生物进行了普查，如何保持渔业与油码头的活动能相互并存，也作了研究。他们收集了40年来的海风与潮汐的资料和本地的地震历史，在整个海港、油库场地、瓦尔迪兹海湾沿岸、从高台地的基岩到准备建设码头的海域等地都做了钻探。在初夏决定在瓦尔迪兹港建管道的末站，管道公司与福陆工程公司的海洋服务工程公司签定承包瓦尔迪兹港工程的设计和建设的全面合同。

在1968年仅仅几个月的野外调查，只能粗略说明管道从北坡经过何处又如何修建而已。到了1969年环保的问题提到日程上来了。

阿拉斯加管道在586412平方英里的阿拉斯加地图上仅是一条细细长长的线，环境保护工作人员非常谨慎，因为管道的线路要穿过野生动物栖息的地区。这些动物世代生活在这里，从没有受到过人类活动的干扰，现在庞大的工业建设就要进入它们的地区，就犹如鸟巢里住进了猎鹰。施工中必然影响熊类、驯鹿等动物的觅食、迁移和冬眠；对鱼类的回游和繁殖都会有影响。要建设管道又要面面俱到，要维护动物的正常生活将是很困难的。环境保