

王绍周 编著

GUANDAO YUNSHU GONGCHENG

管道运输工程

GUANDAO YUNSHU GONGCHENG

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



管道运输工程

王绍周 编著



机械工业出版社

本书集中了作者几十年从事管道输送的设计研究成果，并将作者已发表和未发表的论文加以系统化整理，辑成专著。包括粉粒状物料的水力输送和气力输送，原油、成品油和天然气的管道输送，深海锰结核的气力提升，供水、供热、供煤气管道运输的开源节流等。

本书共 16 章，涉及管道运输的理论和实践方面的新论点和新见解，力求对管道运输工程的安全可靠、经济合理运行，在理论上具有一定创新，在实践上具有一定的指导和参考价值。

本书可供从事管道运输专业的设计、研究、施工、管理工作以及教学工作的广大科教人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

管道运输工程/王绍周编著. - 北京: 机械工业出版社, 2004.1
ISBN 7-111-13094-4

I. 管… II. 王… III. 管道运输: 油气运输 IV. TE832

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 083947 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 沈 红 版式设计: 冉晓华 责任校对: 陈延翔
封面设计: 陈 沛 责任印制: 闫 焱
北京瑞德有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
1000mm × 1400mm B5 · 12.375 印张 · 480 千字
0001—4000 册
定价: 38.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

前 言

管道运输是继铁路、公路、水运、空运方式之后，发展起来的新型运输方式，是对前四种运输方式的拓展。管道运输方式具有投资少、能耗低、运输成本便宜、建设速度快、不占地或少占地、安全可靠、便于管理，以及无铁路、公路运输方式的空载回程和某些物料的途中损耗等诸多优点，特别适宜于大宗物料的长距离运输，与其他运输方式共同构成了国民经济综合运输体系。它们之间是“相辅相成和互为补充”的关系，因而引起了各国的广泛重视。管道运输已经成为一门新兴学科。

我国随着石油、天然气的能源开发和煤炭矿业的开发，管道运输产业也得到了迅猛的发展。管道运输工程的投资越来越大，输送距离越来越长，在西部大开发中将大显身手，成为近几十年崛起的技术科学。“十五”计划期间以及以后，将有更多的管道运输工程开工建设，不仅在内陆建设各种管道运输工程，而且在沿海和公海还将大力开发石油、天然气以及深海海底多种金属资源。如何用科学的理论和先进的技术，指导管道运输业的开发与建设，这是摆在我国理论研究和科学技术工作者面前的历史任务，是科教兴国、振兴中华的需要。

有鉴于此，作者在几十年工作期间以至退休以后，长期从事管道运输技术的设计研究，致力于广泛的管道运输技术探索，包括粒状物料的浆体管道输送、粉粒状物料的气力输送、膏体管道输送、深海锰结核的气力提升、以及原油、成品油和天然气的管道运输等国家建设中热点课题，并取得了若干成果，相继发表在有关刊物。作者本着不断发展、与时俱进的宗旨，将自己的论文加以整理并系统化，写作了本书，如果本书能够为我国管道运输业的建设和发展有一定的裨益，作者将感到欣慰。

本书共 16 章，介绍了管道运输技术的历史、现状和发展前景，研究了一相流、两相流、三相流的水力计算、气力计算和热力计算等理论基础问题，论述了各种物料管道运输的应用。包括：

- 1) 原油、成品油、天然气的管道输送，属于一相流范畴。
- 2) 煤炭、精矿、尾矿的高浓度浆体管道输送，特高浓度的膏体管道输送，属于两相流范畴。
- 3) 深海海底多金属矿（锰结核）的气力提升，属于三相流范畴。
- 4) 公用及民用设施的管道输送，包括城市供水、供热和供燃气、公用设施的开源与节流、余热利用、太阳能的利用、乡镇的沼气生态技术等，以节约水资

IV

源开发城乡能源，全面建设小康社会。

5) 应用正确的强度理论进行压力容器和压力管道的强度计算，以确保安全生产。

6) 设计中优化设计的方法和技术经济方面的内容。

7) 用一定篇幅介绍了施工组织设计、施工技术，以及设计和施工质量管理、施工和生产维修安全技术方面的内容。

鉴于目前在管道运输设计工程的实际应用中，经验公式应用很普遍，而且仍然沿用“浓度”，故在本书中为能和实际相结合及有延续性，对“浓度”没有做处理，包括附录 C 的换算表。请读者引用参考时注意。

本书可供设计、施工和管理工作的广大科教人员参考。本书集中反映了作者的学术技术观点，对现有文献以至规范、规程中的部分内容提出了作者的观点和建议，供设计参考。为了抛砖引玉，书中可能存在纰漏，敬请专家学者和读者不吝赐教与指正。

作者 王绍周

2003年6月

目 录

前言

第一章 概论 1

第一节 管道运输工程的兴起
和发展 1

第二节 管道运输方式的特点
与其他运输方式的
关系 3

第三节 我国管道运输工程的
发展概况与前景 4

第四节 勘察与设计 9

第二章 理论基础 11

第一节 概述 11

第二节 流型及其特征 12

第三节 摩阻损失 24

第四节 流体流变参数与温度
的变化规律 30

第五节 伯努利方程 34

第六节 输送介质的热工
计算 35

第三章 输油管道的的设计 44

第一节 石油的生成、预处理
及其流型 44

第二节 油品的加热 49

第三节 油品的降凝与
减阻 54

第四节 输油管道的的设计
计算 58

第五节 输油泵站 63

第六节 运行制度与无级
调速 70

第四章 输气管道工程的 设计 73

第一节 输气管道工程
概况 73

第二节 天然气的净化 75

第三节 若干可燃气体的理化
特性 80

第四节 气力计算概论 82

第五节 输气管道的的压降
计算 89

第六节 压气站 94

第七节 运行制度与无级
调速 99

第五章 粉粒状物料与流体的 相对运动 101

第一节 概述 101

第二节 球形颗粒重力沉降
速度的计算 102

第三节 非球形颗粒重力沉降
速度的计算 107

第四节 非球形颗粒离心力沉
降速度的计算 109

第五节 载体的性质与沉降速
度的应用 111

第六节 浆体浓缩池的表面

	负荷与浓缩机的 固体负荷	116			
第七节	群体颗粒的集合 沉降	124		第二节	经济混合比与输送 流速
第六章	浆体压力管道与无压 自流输送	128		第三节	输送管道压降的 计算
第一节	浆体管道的临界流速 与输送流速	128		第四节	旋风分离器的工作 原理
第二节	浆体管道的摩擦 损失	134		第五节	附加压降的计算
第三节	节能浓度与经济 浓度	137		第六节	气力输送装置与 设备选择
第四节	运行制度与异 重流	139	第九章	公用及民用设施的管道 输送	198
第五节	泵的额定压力与额定 功率	144	第一节	概述	198
第六节	泵型选择	146	第二节	提高水的重复利 用率	200
第七节	浆体无压自流 输送	150	第三节	供热工程的开源 节流	208
第七章	特种物料管道输送	159	第四节	沼气生态技术的 应用	215
第一节	海底锰结核的气力 提升	159	第五节	水力计算与管材 选择	222
第二节	膏体管道输送	166	第十章	压力容器和压力管道的 强度计算	224
第三节	密封容器的管道 输送	170	第一节	概述	224
第四节	多种物料浆体的 顺序输送	174	第二节	强度理论介绍	225
第五节	其他物料管道输送的 应用	177	第三节	不同理论的壁厚 计算	228
第八章	粉粒状物料的气力 输送	181	第四节	对强度理论的评述与 推荐意见	233
第一节	概述	181	第五节	设计壁厚与泄压 装置	239
			第六节	输送管道的强度与 刚度验算	242
			第七节	固定点的受力	

	计算	249		第七节	伴热保温	320
第八节	压力容器常用 材料	251	第十四章	检测仪表及自动 控制	324	
第十一章	储油、储气、储浆 设施	253	第一节	概述	324	
第一节	概述	253	第二节	检测仪表与控制 仪表	328	
第二节	储油罐的形式与 设计	256	第三节	数据传输系统与 通信	337	
第三节	储气罐的形式与 设计	262	第十五章	勘察设计与施工	341	
第四节	地下储油库与地下 储气库	270	第一节	管线路径选择	341	
第五节	浆体调节设施	272	第二节	优化设计	344	
第十二章	两种泵型的选用与液 击保护	277	第三节	设计施工监理与 施工组织设计	348	
第一节	概述	277	第四节	管道工程的安装 施工	351	
第二节	往复泵的整流 稳压	280	第五节	管道的连接	356	
第三节	液击保护的原理	287	第六节	清管、试压和竣工 验收	359	
第四节	液击保护措施	293	第十六章	质量检查与安全 技术	363	
第十三章	管道运输工程的防腐 与保温	299	第一节	综述	363	
第一节	概述	299	第二节	设计与施工质量的 保证	364	
第二节	金属腐蚀的防护	300	第三节	管道运输工程的典型 安全事故	366	
第三节	管道的阴极保护与 杂散电流防护	305	第四节	防火安全措施	369	
第四节	金属管道的内壁 涂层	309	第五节	防止超压性破坏的 安全措施	370	
第五节	管道和设备的 保温	313	第六节	管道施工中的安全 技术	371	
第六节	保温计算	318	第七节	管道维修中的安全		

技术	373	附录 B 各国常用筛制	381
第八节 防腐保温工程的安全		附录 C 各种浓度含量、稠度的	
技术	377	换算关系式	383
附录 A 浆体层流函数 K 值	380	参考文献	384

第一章 概 论

第一节 管道运输工程的兴起和发展

一、管道运输的历史与现状

管道运输工程系指用加压设施加压流体（液体或气体）或流体与固体混合物，通过管道输送到使用地点的输送系统。我国古代为了灌溉农田和冶炼金属，发明了水车和唧筒这类原始的流体机械来提升水或鼓风，输送管道多用竹木管。早在秦汉时期就用竹木笕（一种竹木管）输送卤水，在明末清初还用竹木笕输送天然气。进入近代和现代，随着生产力的发展，城市建设也有了极大的发展，供水、供热和供煤气等公用设施也随之发展，并形成管网，以满足城市居民生活的需要。但真正意义的作为运输产业的管道运输，则始于19世纪石油天然气的开发与利用。美国于1865年在宾夕法尼亚建立了世界上第一条输油管道，直径50mm、长度9km。该州于1874年又建立了一条直径100mm、长度96km的输油管道。石油和天然气由于地质成因，往往是油气伴生的，在开采石油的同时，也开采了天然气，建立了长距离输气管道，石油和天然气逐渐成为各国的重要资源和能源。到目前为止，全世界大型石油和天然气管道总长度已超过200万公里，石油天然气的开采与运输得到了蓬勃发展。许多长输管道跨越多国，最大管径达1220mm，最长距离达5500km，石油和天然气管道几乎遍及世界各大洲，越来越引起世界各国的关注。

我国发展石油天然气工业主要是在建国后，特别是改革开放以后。1958年我国克拉玛依油田首先开发建立了两条从克拉玛依至独山子炼油厂的输油管道，管径150mm，全长约300km。1958年建立了从四川省永川黄瓜山气田直至永川化工厂的第一条天然气管道，管径150mm，全长20km。到1996年底为止，全国已建成输油、输气管道395条，总长度达1.723万km，初步形成了东北、华东、西南和西北广大地区的油气管道运输网络。

二、管道运输业的拓展

随着油气管道运输的发展，各国注意到管道运输方式的诸多优点，因而促进和刺激了粒状物料的浆体管道运输，从而加快了矿产资源的开发、降低了运输成本、避免了精矿的输出设施（铁路或公路）的昂贵投资。粒状物料的浆体管道输送，是以水为载体输送粒状物料的。

1957年美国建成了世界上第一条输煤管道——俄亥俄州输煤管道，管径254mm、全长173km；1967年澳大利亚建成了世界上第一条铁精矿输送管道——萨瓦奇河铁精矿输送管道，管径244mm，全长85km；1964年英国格拉比建成了世界上第一条石灰石输送管道；1978年巴西建成了世界上第一条磷酸盐矿浆输送管道——瓦列普磷精矿输送管道，管径229mm，全长91km。近年来国外又发展了密封容器（Capsule）管道输送，它仍以水为载体，物料装于密封容器中，利用水的浮力减小摩擦力，靠水力进行管道输送。

有些物料怕吸湿和变质，不能采用水力输送，因而出现了气力输送，即以气体（一般为空气）为载体输送粉粒状物料的管道输送，例如粮食的气力输送与装卸，粮食加工的气力输送与提升，散装水泥的气力输送与装卸，干式除尘物料的回收与利用，甚至工业原料和城市垃圾等散体物料的气力输送。它们不仅是输送物料的方式，而且是简化生产工艺流程的手段，是生产工艺的重要组成部分。气力输送在若干工业领域都得到了广泛应用，例如粮食加工厂的气力输送、铸造车间铸造用砂的气力输送、木材工业的气力输送、卷烟工业中的气力输送等。

为了扩大管道运输的应用范围，国外已出现了以气体为载体的容器管道输送系统，它利用带有轮子的“容器列车”在管道内运行，物料在装载站自动定量装入容器内，在装卸站自动卸除。英国和德国利用这种输送方式运送邮件，哈萨克斯坦利用这种输送方式输送粮食，已建成了70条总长650km的容器粮食输送管道。

由于容器管道具有污染小（尤其是输送石灰、水泥等易扬尘物料）、有利于环境保护、占地少、动力消耗少等优点，预计在将来会有一定的发展前途。

我国在发展石油、天然气管道运输的同时，也发展了粒状物料的浆体管道输送，以减轻铁路运输的压力、降低开发矿业的投资和运营费。我国1997年建成了从山西省太钢尖山铁矿到太原钢铁公司的铁精矿输送管道，管径229.7mm，全长102km，年运精矿200万t，克服了没有精矿输出手段的困难。如若新建铁路专用线输送精矿，不仅投资高，运营费也高。1998年建成了从辽宁省鞍钢调军台铁矿到鞍山钢铁公司的铁精矿输送管道，管径243mm，全长约20km，年运精矿约310万t，克服了现有环市铁路运输能力不足的困难。1996年建成了从贵州省瓮福磷矿区兴隆坝选厂到杨柳坪的磷精矿输送管道，管径228.6mm，全长45.6km，年运磷精矿200万t。此外，我国正在着手建设由山西省孟县、经河北省至山东省潍坊和青岛的孟—潍—青输煤管道，年运精煤700万t，全长720km。这条输煤管道是为今后建设更多输煤管道取得经验，起示范作用，从而减轻我国铁路运输的压力。总之我国管道运输业正处在蓬勃发展中，各种物料包括石油、天然气、精矿、矿石、煤炭的长距离管道输送，以及短距离的气力输送，都将得到迅猛的发展，应用前景极为广阔。

第二节 管道运输方式的特点与其他运输方式的关系

一、管道运输方式的优点

管道运输方式特别是长距离管道运输方式，与其他运输方式相比，具有下述优点：

(1) 运营费低、能耗小 管道运输方式是流体和浆体的输送方式，不存在铁路或公路运输方式所需的牵引机车、汽车和车厢的非物料额外能耗，只要克服流体或浆体在管道内的摩擦阻力和提升，即可完成运输作业，没有铁路或公路所需的车辆维护检修费用，以及铁路、公路的维护检修费用，因此管道运输方式的能耗最小、运营费最低。

(2) 输送系统简单、基建投资少 管道运输系统最简单，主要包括加压设施（泵站或压气站）、输送管道（干线管道和分配管网）和辅助设施（原油加热、气体净化、调节储罐、浆体制备、浆体脱水），因而基建投资少。

(3) 建设速度快、施工周期短 由于输送系统简单、工程量相对其他运输方式较少，设备重量轻，管道由厂家订货，输送管道多为埋设，主要是土方施工，采用分段施工方式，因此建设速度快、施工周期短。

(4) 受地形条件的限制少 管道运输方式不同于铁路或公路运输方式，对地形没有严格的限制，甚至没有限制，因而管线线路没有铁路或公路的迂回曲折问题，易于克服地形障碍，输送路径最短，从而可为节约投资、加快建设进度创造有利条件。

(5) 可以实现连续输送 铁路运输或公路运输存在牵引机车、汽车和车厢的空载回程，而管道运输是连续不断地进行输送，不存在空载回程，因而劳动生产率高、运输量大。

(6) 安全可靠、作业率高 管道运输方式几乎可不停顿地进行全年输送，不受气候的影响，不存在铁路运输或公路运输物料的损耗，可实现封闭式输送。对于输送气体，采用管道输送方式几乎是唯一可行的输送方式。管道输送方式隐蔽性强，比较安全可靠。管道运输方式是连续输送，事故机率小，作业率高。

(7) 占地少、有利于环境保护和生态平衡 长输管道绝大部分为埋设，占地少，受气候变化的影响小，不污染环境，有利于生态平衡。

二、管道运输方式的局限性

(1) 只能输送特定的物料 管道运输系统只能输送特定的物料，例如特定的石油、天然气、特定的粉状或粒状物料（精矿、矿石、煤或其他固体物料），运输功能比较单一，不如铁路和公路运输可以进行任何物资的运输以至客运，从这个意义上来说，管道运输不能带动和促进地方经济的全面发展。

(2) 只能进行定向定点运输 一般只能运输大宗、特定、适宜于管道运输的物料, 不如铁路和公路运输, 可以进行双向不定点多种物资的运输。不论是输送石油、天然气、粉粒状物料, 对物料的质量均有严格的要求。特别是粒状物料的浆体管道输送, 对粒状物料的粒度、密度、输送浓度和输送流速均有严格的要求。管道输送系统的敏感性高、应变能力低, 因此要求严格控制物料的特性, 浆体管道运输的物料, 只允许输送与水混合后不会产生物理性质和化学性质变化的颗粒状物料。

所谓定向定点运输, 是根据用户对物料的质量、品位和需求量要求, 按合同要求确定。根据用户的分布情况, 确定一个或几个输送系统, 每个输送系统可以向一个或几个用户输送物料, 这要根据市场调查, 通过技术经济比较合理确定。

(3) 管道运输系统的输送能力不易改变 每个管道运输系统的输送能力一经确定, 输送系统的设备和管道就是确定的, 不能改变的。如果要增加输送能力, 就必须增加设备和管道的输送能力, 通常是很困难的。因为要增加输送能力, 管道的承压能力就需提高, 设备的输送压力也随之提高, 采用原有的设备和管道在技术上是通不过的, 只好另建管道运输系统, 这一点不如铁路运输。为提高铁路输送能力, 可通过提速、改变机车等措施解决。

(4) 浆体脱水处理 浆体管道输送物料到达终点后, 须进行脱水(过滤甚至干燥), 以供用户使用。

三、管道运输方式与其他运输方式的关系

随着生产力的发展, 交通运输业也获得相应的发展。工业和农业的现代化, 必然带动和促进交通运输业的现代化。运输方式也越来越多样化, 在传统的铁路、公路(包括高速公路)、水运(包括内河航运和海运)、空运方式之后, 近几十年又出现和发展了石油、天然气、粒状物料的浆体等管道运输方式。管道运输方式是异军突起的第五种运输方式。这五种运输方式, 以其各自不同的特点共同承担着国民经济对交通运输业的要求, 构成了当代综合运输体系。它们之间是相辅相成、互为补充的关系, 而不是互相替代互为排斥的关系, 因此都需要大力发展, 形成有机的整体, 发挥各自的特长。

第三节 我国管道运输工程的发展概况与前景

一、发展概况

我国建国以来, 特别是改革开放以来, 管道运输技术得到了长足的发展。首先在冶金工业和电力工业中, 建成了一大批尾矿、灰渣管道输送系统, 这主要是短距离管道输送系统。1970年以前, 我国仅有三条油、气长输管道, 全长不足

400km, 随着大庆、辽河等油气田相继开发, 为我国管道运输技术的发展带来了契机, 建成了一批原油输送管道, 提供了丰富的经验。随着胜利、大港、华北、中原、新疆油气田的陆续开发, 以及海上油气田的开发, 目前已建成总长度达 1.723 万 km 的输油和输气管道, 主要送往各主要城市以及相关的炼油厂和化工厂。不仅建成了陆上输油、输气管道, 也建成了海底输油、输气管道; 不仅建成了原油输送管道, 也建成了成品油输送管道。进入 20 世纪 90 年代, 我国油气长输管道每年均以超过 400km 的建设速度递增。与此同时, 也激发和推进了粒状物料的浆体管道输送, 由于我国矿山和煤田大多分布在山区和沙漠地带, 没有现成的铁路运输条件输出精矿和煤炭, 而新建铁路投资高、运营费也高、建设周期长, 不得不向管道运输技术找出路, 通过管道输出精矿和粉煤。目前我国已建成近 170km 的精矿输送管道, 保证了钢铁工业和磷肥工业对原料的需求。

随着管道运输工程建设的发展, 我国管道运输的科技水平也在不断提高, 科研、设计和施工能力已具备了相当的实力, 基本可独立承担管道运输工程的设计, 集国内众多专家、学者经验共同编制的油田油气集输设计规范, 输油、输气钢管道结构设计规范, 输气管道工程设计规范, 浆体长距离管道工程设计规程等一系列管道运输工程设计规范(规程), 已经由国家有关部门批准实施。若干具有较高学术水平和技术水平的专著已经问世, 相当数量的学术技术论文已发表。我国已具备了完成输油输气管道设计和浆体管道输送设计的能力, 主要设备、设施、仪表等均开始了国产化进程。已能用国际质量标准承建大口径、长距离油气输送管道、新型储油罐、储气罐、穿越大型河流以及水下管道施工。已与法国、日本等国家大公司合作, 在国外承建输送管道达 1700km。

二、管道运输的发展趋势

随着我国内陆油气田和海上油气田的开发, 油气田的管道运输已进入一个新的历史时期。海上油气管道、成品油管道、大型供气管道的联网实行网络化, 以满足全国各地对能源不断增长的需要。建在世界屋脊、穿过永冻土带青藏高原上的格尔木—拉萨成品油管道, 管径 150mm, 全长 1080km, 可输送汽油和柴油, 是我国目前最长的顺序输送管道。建在南中国海崖城 13—1 气田至香港的输气管道, 是我国第一条大口径(700mm)、长距离(800km)、高压(8MPa)的海底输气管道。距离最长的陕西靖边—北京的输气管道正在紧张施工中。东北、华东、西南和西北广大地区的输油、输气管道运输网络已初步形成。全国石油天然气产量的 90%, 通过这些管网输往各地用户。按国家计划, 还将继续建设更多的油气管道, 以满足国民经济和人民生活对资源和能源不断增长的需要。

我国的一次能源资源储量中, 煤炭仍占主要地位, 是以煤炭为主的一次能源消费结构的少数国家之一。根据国家统计局的统计, 目前我国煤炭在能源消费总量中仍占主要地位。据预测, 中国 2050 年的能源结构如表 1-1 所示。

表 1-1 中国 2050 年能源结构预测

能源种类	煤炭	石油	天然气	水电	核能	新能源
所占比例 (%)	47.7	16.6	9.6	6.7	6.3	13.1

因此在相当长时间内，还不能改变煤炭是主要消费结构的局面。我国煤炭资源主要分布在内陆和西部地区，而煤炭消耗主要集中在东部沿海地区，产地与用户相距遥远，一般运距均超过 500km，多者达 2000km；出口煤炭的发展目标是每年 1 亿 t 以上，而中国港口均位于东南沿海地区，这就决定了煤炭运输任务的艰巨性。当前铁路运输仍是煤炭运输的主要手段。根据 1994 年的统计，铁路输煤占全国煤炭输送总量的 70.4%。铁路运输不但是制约煤炭工业发展的瓶颈，也是制约国民经济发展的薄弱环节，只能从管道输煤上寻找出路，因此在我国发展管道输煤势在必行。据我国有关部门的调查分析，在孟—淮—青输煤管道建成后，还将建设陕西黄陵—武汉输煤管道、贵州盘江—湛江输煤管道、山西晋东南—南通输煤管道。

我国沿海铁路干线的矿山已大部开采，待开发的矿山已转向边远的山区，而且我国的矿藏绝大多数为贫矿。如果仍按传统的铁路运输方式输出精矿，不仅投资大、运营费高、工程量大、建设时间长，从而失去了开采的价值。即使是矿山靠近铁路，受铁路运输能力的限制，也无力承担输送精矿的任务，因此也要从管道运输上寻找出路，这已成为从事开发矿业的建设工作者和企业经营者的共识。

随着陆地资源的濒临枯竭，人类正在转向开发海洋矿产资源，例如在太平洋东北部 5000~6000m 深的海底，即蕴藏着极为丰富的多金属矿石（简称锰结核）。它含有几十种元素，其中以铜、镍、钴、锰的富集为特征，经济价值很高。据测算，以克拉里昂—克里帕顿断裂带为边界的海区，其储量达 150 亿 t。1982 年由 100 多个国家签署的《联合国海洋法公约》，确定了公海底的资源是人类共同财富。目前世界上已有四个国家有能力把海底矿藏提升上船。中国大洋矿产资源研究开发协会于 1991 年获得联合国有关组织批准，成为继日本、俄罗斯、法国、印度之后的第五个深海采矿先驱投资者。海底锰结核的气力提升是深海采矿的重要手段之一，也属于管道运输的范畴。21 世纪将出现开发海洋矿产资源的热点，我国有关部门正在协同各方面的技术力量，联合研究开发深海采矿和提升技术。21 世纪我国将跻身于开发海洋矿产资源的行列。海底锰结核的气力提升，在深海采矿中将大有作为，几乎是唯一可行、经济有效的提升手段。

三、管道运输的发展前景

我国西部地区的油气资源极为丰富，是开发西部地区的支柱产业。国家已把“西部大开发”作为战略方针，号召有志之士投入到开发西部地区的战斗中去，建功立业。其中西气东输管道工程，就是西部大开发中启动的新世纪最大工程。

该工程可将新疆天然气储量巨大的塔里木盆地天然气西起轮南，东穿大漠，过太行，越黄河，跨长江，横贯中国腹地，途经九省市自治区直达上海。输送管道全长约 4000km，总投资达 1396 亿元。管道工程投产后将为新疆以及沿线各省市自治区带来巨大的经济效益，是资源和能源的大动脉，有助于改善我国的能源结构，减少大气污染，实现我国经济的可持续发展。除了发展原油管道运输之外，还要发展成品油管道运输，形成产—运—销相结合的运输网络。除了开发陆上油气资源外，还将开发海底油气资源。随着我国加入 WTO、经济的全球化，一些跨国的油气输送管道也将得到相应的发展，其输送距离更长，投资更大。

为了发展钢铁工业和农业，必须建设可靠的原料基地，包括铁精矿和磷精矿。为了解决边远山区铁矿和磷矿输出精矿的困难，也必须采用管道运输方式。例如云南省昆钢大红山铁矿位于新平县，年运量 100 万吨，输送管道全长 204km，由于地形复杂，大部为崇山峻岭、深沟狭谷，因此采用管道运输是唯一可行经济合理的运输方案，现已完成初步设计和部分施工设计。四川省攀钢白马铁矿位于凉山彝族自治州，是攀西钢铁二基地的主要铁矿石来源，年运量达 560 万吨，输送管道全长 580km，采用管道输送精矿同样是唯一可行经济合理的运输方案，现已完成部分建设前期工作。湖北省宜昌市盛产磷矿，是磷肥工业的重要原料，也将建设磷精矿输送管道，年运量约 200 万 t，输送管道全长约 100km。总之，管道运输在我国具有广阔的应用前景，是一项异军突起的新兴产业，与其他运输方式并驾齐驱的格局不会改变。

四、管道运输技术的发展趋势和发展方向

1. 采用先进的输送工艺和输送技术

1) 石油和天然气矿藏的成因与有机物密切相联，采出时伴有水和多种杂质，在长距离输送前，需要进行一系列加工和预处理。油气集输工作，包括油气的收集、油气中水和其他杂质的初步分离和产品净化，以满足长输管道的安全正常生产要求，并达到原油、天然气的产品质量标准要求。

2) 如果原油和天然气输送量较小，以及不便于安装油气分离和油气净化设施的地区，例如沙漠、湖泊、沼泽地、海上油气开采地，往往采用混输管道输送至工业加工区或陆上加工厂，可大大降低陆上管道和海底管道的建设投资和运营费。

3) 我国各油田的原油大多是高粘易凝原油，含蜡量高、凝固点高、粘度高。为了改善原油的流动性，以降低输油成本，一般以原油为燃料，通过热媒炉加热原油，以降低粘度、减小阻力。为了减少燃料油的消耗，现已试验成功复合燃油。它是以添加剂、水、原油按一定比例经复合加工而成，其节油率达 13.2%。此外，为减小输送阻力，国内外试验研究了添加降凝剂、减阻剂、原油液环输送、原油磁处理等先进技术，可显著降低原油粘度、凝固点、降低输送阻力，并

可防蜡、防垢。

4) 与原油管道运输类似, 为了降低煤浆和矿浆的粘度, 以强化沉降、降低摩阻, 已研究试验成功在浆体制备中, 加入高分子聚合物, 在浆体运输中加入减阻剂。统称高分子聚合物和减阻剂为添加剂。此外, 我国学者还试验研究了高浓度浆体水环减阻的先进技术, 已取得了有益的成果。

5) 采用顺序输送, 就是用同一条输送管道输送两种以上产品, 以节约输送管道的投资。例如炼油厂有汽油、柴油产品, 有色金属矿山选矿厂有铜、锌、硫等精矿产品, 如果每种产品都单独铺设管道进行运输, 必然要增加投资和运营费, 不能充分发挥管道运输的优点。在这种情况下, 采用顺序输送方式是最佳选择, 即利用同一条管道, 按设定的合理顺序, 交替输送几种产品, 从而可充分发挥一条管道运输几种产品的功能, 既可降低投资, 又可降低能耗。当然, 在设计中要采取几种产品的混掺措施, 或对混掺的少量产品采取技术措施加以利用。

2. 采用先进的加压设备

不论是液体、浆体或气体, 都需要对所输送的介质进行加压, 以克服输送高差和管道中的摩擦阻力, 达到管道运输的目的。

加压设备包括输油泵、浆体泵和压缩机, 它们是整个输送系统的“心脏”, 是输送系统的关键设备, 关系到输送系统的可靠性、投资和运营费的大小。

泵(包括输油泵和浆体泵)和压缩机按工作原理划分为两类: 一类是离心泵和离心压缩机, 一类是往复泵和往复压缩机。离心泵和离心压缩机的扬程或压力较低、效率较低, 但价格便宜。往复泵和往复压缩机的扬程或压力较高、效率较高, 但价格较贵。工程设计中应根据投资和运营费的大小和使用寿命的高低, 选用合理的机型。

3. 大力提高自控水平

管道运输系统的自控水平是管道运输业现代化的重要标志之一, 既可保证产品的质量, 为安全运行创造条件, 又是实现调度管理现代化的必要手段。

管道的自控是利用各种仪表、监控设施和计算机, 对管道运输系统进行检测、监视和操作, 实行遥控、遥测和遥信。管道运输系统的控制设备选用监控和数据采集系统(Supervisory Control And Data Acquisition System——简称 SCADA), 通过调度控制中心和区域调度中心的计算机, 对整个输送系统进行检测、监视和操作。SCADA 系统包括可编程序控制器、人机接口、监控计算机、打印机、远程数据通信系统, 具有集中监视、操作、管理、控制功能, 能显示流量、压力、温度、液位、浆体浓度、气体密度、设定值、报警值等运行参数, 可定期或随机打印运行记录, 为实现计算机的开环控制和闭环控制创造条件, 实现输送过程的自动在线检测。管道运输系统的输送距离较长, 少则几十公里、几百公里, 多则几千公里。为了实现自动监测和数据传输, 整个输送系统必须采用现代通信手