

GUANDAOSHEJIYUSHIGONG
SHIYONGFANGFA

管道设计与 施工 实用方法

M.Mohitpour H.Golshan A.Murray 著
吴宏 译

石油工业出版社

管道设计与施工

实用方法

M. Mohitpour

H. Golshan 著

A. Murray

吴 宏 译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了当今世界油气输送管道设计及施工等方面的一些新概念和新方法,对于全面了解石油天然气管道输送系统提供了一种实用的学习方法,也对设计、施工、调试和评估管道及相关设施提供了一种合理的方法。

本书对于涉及本行业的人们来说是一份参考资料,对于刚开始从事此行业的人来说是一种工具,对于专业人员来说它将会起到更新知识的作用。

图书在版编目(CIP)数据

管道设计与施工实用方法/吴宏译. —北京:石油工业出版社,2004.3

书名原文:Pipeline Design & Construction: A Practical Approach

ISBN 7-5021-4576-1

I. 管...

II. 吴...

III. ①油气集输-集输管道-设计②油气集输-集输管道-管道施工

IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 008797 号

版权合同登记号 图字:01-2004-0619

Pipeline Design & Construction: A Practical Approach

M. Mohitpour, H. Golshan, A. Murray

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004年3月第1版 2004年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:35

字数:896千字 印数:1—3000册

定价:86.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

译者序

西气东输工程的实施使我国长输天然气管道建设进入了一个新的发展时期,在西气东输管道的建设中,我们也面临诸如设计、施工和管理上的许多挑战。一位美国朋友,西气东输管道工程施工的总监 Buster Gray 先生向我介绍了《管道设计与施工实用方法》这本书,建议我将这本书推荐给国内其它从事管道行业的管理和技术人员。

《管道设计与施工实用方法》这本书介绍了当今世界油气输送管道设计及施工等方面的一些新概念和新方法,对于全面了解石油天然气管道输送系统提供了一种实用的学习方法,也对设计、施工、调试和评估管道及相关设施提供了一种合理的方法。正如本书作者所说的“它对于涉及本行业的人们来说是一份参考资料,对于刚开始从事此行业的人来说它是一种工具,对于专业人员来说它是一种更新知识的工具”。

希望这本书能为我国从事管道行业的同仁提供帮助。

从此书的翻译、校对到最终出版,我得到了朋友和同事的大量帮助,在此我对他们的辛苦工作表示衷心的感谢,感谢他们在繁忙的工作之余抽出时间协助我完成此书的翻译。同时还要感谢我的夫人与女儿在此书的翻译中给我的支持与鼓励。

由于时间仓促,翻译难免有不足之处,欢迎大家批评指正。

致 谢

有许多撰稿人对本书的出版准备提供了帮助,作者谨对所有下列人员表示感谢。首先是赞助人及最初撰稿人,如果没有他们也就不会有本书的出版。本书的主干来自作者 M. Mohitpour 为加拿大阿尔伯达卡尔加里大学继续教育系的“管道设计和施工”课程所编写和准备的材料。这门课程是由 TransCanada 的前身 NOVA 天然气国际有限公司(由于 NOVA 与 TransCanada 于 1988 年 7 月合并)于 1988 年 10 月设立的,从那时起每年都举办。作者由这门课程的设立而得到的资金成为在美国机械工程师学会(ASME)OMAE 卡尔加里分会赞助下设立于卡尔加里大学的奖学基金。

主要赞助者

作者对于赞助整个项目的 TransCanada 表示感谢,尤其是从它那里所接受到的服务、财政支持以及对于使用内部开发材料的许可。特别感谢 TransCanada 的领导层,尤其感谢 TransCanada 的 Shelagh Ricketts 女士,Ardean Braun,Andrew Jenkins,David Montemurro, Dave Cornies 先生一直对项目所提供的支持。

项目撰稿人

TransCanada 的作者和同事以及前 NOVA 的作者,以多种方式对于本书资料的准备和提供做出了贡献,在此一并表示感谢。感谢 Marezban Canteenwalla, Iain Colquhoun 博士, Dave Detchka, Bob De Wolff, John Kazakoff, Michael McManus, Cliff Mitchel, Mark Wright, Neal Russell, Tom Slimmon, Rick Spittal, William Thompson, Bill Trefanenko, Trent Van Egmond, Doug Waslen, Robert Worthingham 以及 Chuck Middleton。没有他们最初的撰稿,即在卡尔加里大学最初的演讲系列,就不会有本书的最终成稿。

图片设计者及技术内容的作者和编辑

当然,这样一个项目应将其完成归功于技术内容的作者和编辑人员以及审阅者,他们对于内容是否符合时宜以及内容所包含信息的精确性一直进行着质量检验工作。

因此,作者谨在此向 ASME 出版社表示感谢,尤其是 Philip DiVietro 先生, Mary Grace Stefanchik 女士以及 Tara Smith 女士对本书的完成所做出的大量的鼓励及贡献。

我们也非常感谢 Daphne McIntyre 女士以及 Karla Ferbey 女士为准备本书文本所做出的勤奋努力及拥有的技术。感谢 Camilla Robinson 女士(卡尔加里大学)对本书内容的详细审阅,以及 Joel Brimacombe(萨斯喀彻温大学)创制了本书中出现的许多图片。

销售

作者由本版书籍的销售及分销所得到的资金将交付给加拿大阿尔伯达卡尔加里大学作为 ASME 管道奖学基金。

M. Mohitpour, Ph. D. , P. E. , F. I. Mech. Eng, Fellow, EIC
mo.mohitpour@home.com
H. Golshan, Ph. D, P. Eng
hossein_golshan@transcanada.com
A. Murray, Ph. D, P. Eng
ma-murray@home.com

对于所给予的许可表示感谢

对于所有许可将示意图及表格重新印刷于本书内的组织、作者均表示感谢。项目详情及正式感谢如下:

第 3 章、第 4 章、第 8 章 McGraw-Hill 公司

图 3-3、图 4-14 以及图 4-26: 摘自《天然气工程手册》, 作者 D. Katz 等人, 版权 1990。图 8-14 摘自《获利采购策略》一书, 1998。这些示意图“在 McGraw-Hill 公司的许可下重新印制”。

第 5 章 Marcel Dekker 公司

图 5-7: 由《化学工程流体力学》重新印制, p. 239, 作者 R. Darby, 得到 Marcel Dekker 公司的许可。

第 7 章、第 11 章 CSA 国际

第 7 章表格(表 7-1、表 7-2、表 7-3、表 7-4)及图 7-18 以及第 11 章图 11-6 及图 11-7 取得了 CSA 国际的许可, 资料重新印制于 CSA 标准 CAN/CSA—Z662—1999, 石油及天然气管道系统, 版权所有 CSA 国际, 安大略湖 Etobicoke, Rexdale 大道 178 号, M9W 1R3。

第 12 章 Elsevier 科学

图 12-35(a)和图 12-35(b): 重新印制于 PHYSICA, 第 25 卷, 作者 Michels 等人, “烃为等温压缩系数……”, T—S 图, 第 25 页, 版权 1959, 获得 Elsevier 科学的许可。

作者同时也对以下组织对文中多项重新印制的许可表示感谢:

美国天然气学会——PRCI

美国石油学会

CRC 新闻 LLC

Crane 公司

加拿大丹尼尔工业

大卫·布朗联合泵业(加拿大)有限公司

天然气制造商及供应商学会(GPSA)

水力学会

John M. Campbell 公司

天然气技术学会

材料学会

国家防火学会

管道及天然气杂志, 石油工程出版公司

澳大利亚焊接技术学会

献 辞

谨以此书献给那些正在为管线事业而辛勤工作着的人们。他们是真正对我们的技术进步做出了贡献的人,没有他们,管道行业的进步会非常有限。在有最先进的管网的地方,管道技术发展的进步也最大。也以此书献给具有广泛技术种类的管道行业和管道行业的未来。

序

M. Mohitpour 在他的论文“管道系统设计、施工及运行合理化”(Proc. ASME 第 14 届 OMAE 大会, 1995, 第 V 卷, 管道技术第 459~467 页)中得出的结论是: 输送管道已经从临时技术、工具和方法的简单应用发展到对高级技术、工业研究和发展的使用。

本书源自由于管道行业的需要而于 1988 年设立的一门培训课程, 课程设立的目的是对涉足本行业的各级人员开展教育培训。课程由作者在全球范围内讲授, 反映了目前管道技术、设计与施工的一种真正实用的方法。

本书的内容来自于作者大量的知识及经验, 并溶入了 TransCanada 及其它来源所提供的当前业内实践作法。

很高兴这些经验和技能现在能够通过本书提供给管道行业来利用。

作者承诺将本书的收益提供给卡尔加里大学的 ASME 管道奖学金, 反映了他们希望促进这一行业的未来收益及发展的愿望。

TransCanada 副总裁: Ardean Braun

前 言

《管道设计与施工实用方法》编写的目的是协助那些对于管道设计、建设及管理感兴趣的人们开展教育与学习。本书对于了解输送液体和气体的管道系统提供了一种实用的学习方法,也对设计、施工、调试和评估管道及相关设施提供了一种合理的方法。它对于涉及本行业的人们来说是一份参考资料,对于刚开始从事此行业的人来说是一种工具,对于专业人员来说是一种更新知识的工具。用于编纂本书的资料来自作者在本行业 65 年的服务中积累起来的经验,涵盖天然气和液体传输的各个方面。同时也利用了作者从外界所得到的研究资料以及由作者所服务的公司 TransCanada 所开发的资料。

总的来说,本书的布局以一种逻辑化的方式,按顺序提供了管道设计、施工以及完整性维护的步骤。

在可能之处,提供了由作者开发或来自其它资料的以基本原理为基础的数学模式。为了说明,对一些示例及案例研究进行了详细的描述。在某些章节中提供并讨论了一些从应用出发的示例,并附有简图及系统说明,并为读者提供了参考文献及书目提要指南,作为额外信息。

在本书中,混合使用了英制计量单位和公制计量单位,但为英制单位提供了相应的公制换算方法。使用两种计量体制是有道理的,因为在业内这两种计量方法是交替使用的。

作者仔细地与版权持有人取得了联络并获得了许可和参考资料,避免失误和疏漏,并充分地提供信息,作者不希望读者使用时将特定的示例或应用照抄照搬。建议读者在使用之前对公式和其它细节予以检查。作者欢迎读者对本书的缺点、疏漏予以指正。

目 录

第1章 管道设计基本要素	1
引言	1
流体特性	2
环境	2
压力和温度的作用	3
供需情况 路由选择	7
规则 and 标准	7
环境和水文方面的考虑	10
经济学	12
材料与施工	15
运行	16
管道保护	16
管道完整性监测	18
参考文献	19
第2章 管道路由选择、勘测及土工技术指南	21
引言	21
初选路由	21
路由选择的关键因素	22
工程勘测	28
法定勘测	32
施工与竣工勘测	32
土工技术设计	39
参考文献	47
第3章 天然气输送	48
引言	48
一般流动方程——稳态流动	48
气体相对分子质量和压缩系数对流通能力的影响	59
流动流态	61
广泛采用的稳态流动方程式	65
不同气体和管道参数对气体流动效率的影响总结	68
串联与并联管道的压降计算	69
管道中的气体流速	76

冲蚀速度.....	77
最佳设计压力降	79
管道中的气体充填 (PIPELINE PACKING).....	79
采用压力降方法确定气体的泄漏量	80
管子壁厚和管子强度等级	82
温度分布	87
最优化过程	90
气体输送管道问题解决示例	97
参考文献	104
第 4 章 气体压缩和冷却器	106
引言	106
压缩机的类型	106
压缩机驱动器	108
压缩机站的配置.....	111
等温和气体绝热压缩的热力学.....	113
气体绝热压缩中的温度变化	117
气体多变压缩的热力学	120
压缩机串联	122
离心压缩机的马力	130
焓熵图(莫里尔图)	131
离心式压缩机的性能曲线	135
管道阻力对离心式压缩机性能的影响	138
往复式压缩机	142
气体压缩问题解答	143
气体冷却器	162
空冷式换热器	162
冷却器的传热方程式	164
风扇的质量流量.....	167
需求的风扇功率.....	168
冷却器中气体的压力降	168
根据未知数 T_2 进行计算的迭代程序	171
参考文献	172
第 5 章 液体和泵	174
引言	174
管中完全形成的层流	174
紊流	177
泵的分类	183
离心泵	185

离心泵设计运行工况的改变(径流式)	201
泵站控制	201
泵站管汇设计	202
参考文献	203
第6章 液体管线和气体管线的瞬变流动	204
瞬变分析的目的	204
背景	204
理论基础和求解方法	205
应用	208
计算机应用	220
参考文献	249
第7章 管线机械设计	251
引言	251
规范及标准	251
管线所处地区的分类	251
管线设计公式	252
膨胀和挠性	257
不等壁厚管子的焊接设计	268
阀门安装	289
清管器取出装置	297
浮力控制	304
穿越	312
覆盖层深度	319
架空标志	319
警示标志	319
参考文献	320
第8章 材料选择及质量管理	323
引言	323
设计要素	323
材料选择标准	339
质量管理	342
总结	349
参考文献	350
第9章 管道建设	352
引言	352
施工	353
调试	382

参考文献	389
第 10 章 管道防腐	390
引言	390
管道涂层	390
陆地管线阴极保护计算	406
内部腐蚀	411
参考文献	412
第 11 章 管道的完好性	413
引言	413
管道失效的原因	413
制定管道完好性规划的理由	414
管道完好性管理	414
参考文献	430
第 12 章 特殊流体的管道输送	432
引言	432
浆液管道输送	432
高蒸汽压产品和多产品管道输送	443
液体批量输送	448
二氧化碳的管道运输	454
氢气的管道输送	475
参考文献	503
名词术语表	508
单位换算表	512
附录 A 路线选择是管道工程成功的关键:兼论“感情和理解”问题	514
摘要	514
背景	514
当代技术和发展技术	516
选线中的“感情和理解”问题	518
感情和理解问题的解决	518
在南美管道项目上的应用	521
结论	524
致谢	525
参考文献	525
附录 B 不同气体和不同管道参数对管道流率的影响	526

附录 C 液体输送管道中的温度计算.....	531
摘要	531
引言	531
温度计算	532
应用和范围	534
可选程序	535
有限元方法	536
方法和结果	536
结论	538
致谢	538
参考文献	538
附录 D 第 9 章计算示例	540

第 1 章

管道设计基本要素

引言

本章对系统地影响到管道设计、施工、运行和维护的基本要素进行了综述,以后各章将就这些主题进行详细说明。

管道影响到世界多数地区的日常生活,现代人的生活环境中能量起到了某种特殊的作用。石油和天然气是能量供应的主要参与因素,而管道又是输送石油和天然气的主要途径。一条大范围的管网与高标准的生活和技术进步密切相关,这一点绝非偶然。

在石油和天然气的多种用途中,其中一种是用来发电,直接使用电、油和气,可以用于房间取暖、做饭,创造一种舒适的生活环境。石油化学工业也利用石油和天然气来制造有用产品。

为了满足能源生产、再处理加工以及其它用途对于石油和天然气的需要,需要利用管道运输来供给石油和天然气。这些管道多数于地下敷设和运行,不会影响到正常的工作。它们源源不断地运送着大量的天然气、原油和其它产品。

多数管道系统的施工过程可以得到调整,以适应特定的环境条件,并将对环境的影响降至最低限度。

无人值守泵站在高压下输送着大量的石油和石油产品。同样,天然气输送系统,在压缩机站的支持下,将大量的天然气输送给消费者。

在远距离管道的工程和设计需要考虑到多种因素,包括待输送流体的性质和数量、管道的长度、要经过的地形种类以及环境限制。

对于一条管道输送系统,要获得最佳的效果,就必须对经济学及工程学进行综合的研究,以确定管道的直径、材质、压缩或泵送功率要求以及管道路由的地点。

影响管道系统设计的主要因素是:

- (1) 流体特性;
- (2) 设计条件;
- (3) 供需数量和位置;
- (4) 规则 and 标准;

- (5) 路由、地形及通道;
- (6) 环境影响;
- (7) 经济学;
- (8) 水文影响;
- (9) 地震及火山影响;
- (10) 材料;
- (11) 施工;
- (12) 运行;
- (13) 保护;
- (14) 长期完整性。

流体特性

待输送流体的特性对于管道系统的设计有着至关重要的影响。流体的特性或者是为系统设计而提供,或者是必须由设计工程师来确定。对于特定压力和温度下的天然气,必须计算以下特性:

- (1) 比容;
- (2) 超压缩系数;
- (3) 比热容;
- (4) 焦耳—汤普森系数;
- (5) 等熵温度变化指数;
- (6) 焓;
- (7) 熵;
- (8) 粘度。

对于液体(比如油或水)要计算以下特性:

- (1) 粘度;
- (2) 密度;
- (3) 比热容。

环境

环境既会影响到地下管道设计也会影响到地上管道设计。对于地下管道,在系统设计过程中必须确定以下特性:

- (1) 地表温度;
- (2) 土壤传导率;
- (3) 土壤密度;
- (4) 土壤比热;
- (5) 埋层深度。

在多数情况下,只有空气温度和风速会对地上设施的设计产生重大的影响。

对于地上和地下管道,地面稳定性会影响到管道设计和管道支持系统。地面高度变化大