



国外油气勘探开发新进展丛书  
GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU



# PIPELINE PLANNING AND CONSTRUCTION FIELD MANUAL

## 管线规划及现场施工手册

【美】E. Shashi Menon 著  
李洪波 译

石油工业出版社

国外油气勘探开发新进展丛书(十一)

# 管线规划及现场施工手册

[美] E. Shashi Menon 著

李洪波 译

石油工业出版社

ISBN 978-0-12-383807-4  
2012年  
787 x 111  
32开  
北京

## 内 容 提 要

本书详细介绍了管道系统规划、设计和建设的基本知识,主要包括管道设计基础、管道线路选择、管道管理和环境许可、通行权、管道材料、液体和气体管道的水力学分析、串并联管道压力计算、泵站和压缩机组、管道腐蚀、管道泄漏检测、管道清管和内部检查、相关法规、焊接和无损检测(NDT)、管道完整性、调试和运营等。同时给出大量计算实例,内容全面、系统和实用。

本书适合从事管道设计、施工、运营及管理的工程技术人员阅读,对于石油院校相关专业师生具有重要的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

管线规划及现场施工手册/(美)梅农著;李洪波译.

北京:石油工业出版社,2015.11

(国外油气勘探开发新进展丛书;第11辑)

书名原文:Pipeline Planning and Construction Field Manual

ISBN 978-7-5183-0885-9

I. 管…

II. ①梅…②李…

III. ①管道工程-工程设计-技术手册②管道工程-工程施工-技术手册

IV. U17-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第216865号

*Pipeline Planning and Construction Field Manual*

*E. Shashi Menon, Ph. D., P. E.*

ISBN:978-0-12-383867-4

Copyright © 2011 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2015 by Elsevier(Singapore) Pte Ltd.

All rights reserved.

Published in China by Petroleum Industry Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macau and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier(Singapore) Pte Ltd. 授予石油工业出版社有限公司在中国大陆地区(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)出版与发行。

未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2013-9045

---

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.com

编辑部:(010)64523583 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:24.5

字数:600千字

---

定价:136.00元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

# 《国外油气勘探开发新进展丛书(十一)》

## 编 委 会

主 任：赵政璋

副主任：赵文智 张卫国

编 委：(按姓氏笔画排序)

马 纪 冯 定 吕 鹏 刘玲莉

刘德来 李 勇 李洪波 何保生

周家尧 章卫兵

中国石油天然气集团公司勘探院编



## 序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺,推动中国石油上游业务技术进步,本着先进、实用、有效的原则,中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量,对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进,并翻译和出版。

从2001年起,在跟踪国外油气勘探、开发最新理论新技术发展和最新出版动态基础上,从生产需求出发,通过优中选优已经翻译出版了10辑50多本专著。在这套系列丛中,有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平,有些非常具有实用性,也是生产中所亟需。这些译著发行后,得到了企业和科研院校广大科研管理人员和师生的欢迎,并在实用中发挥了重要作用,达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。部分石油单位统一购买并配发到了相关的技术人员手中。同时中国石油天然气集团公司也筛选了部分适合基层员工学习参考的图书,列入“千万图书下基层,百万员工品书香”书目,配发到中国石油所属的4万余个基层队站。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可,三次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”,形成了规模品牌,产生了很好的社会效益。

2014年,在前10辑出版的基础上,经过多次调研、筛选,又推选出了国外最新出版的6本专著,即《油气勘探与生产——储量、成本及合约》、《产量递减曲线分析》、《实用钻井循环系统——水力学模型和计算》、《管道风险管理指南——理念、技术及资源》、《管线规划及现场施工手册》、《泵和泵站实用技术指南》,以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中,中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员,使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版,并和广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产 and 科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气集团公司副总经理

## 作者简介

**E. Shashi Menon** 美国亚利桑那州 SYSTEK 技术股份有限公司副总裁,从事油气和制造业方面的研究超过了 37 年。同时拥有设计工程师、项目工程师、工程经理以及美国油气公司首席工程师等身份。编写了 4 本技术类书籍并且合作开发超过 12 项工程应用软件。同时还在美国以及南美各地主持气液两相管道水力学的培训工作。

**Barry G. Bubar** 毕业于加州大学机械工程专业,曾经在石油管道工业方面从事区域工程师、项目工程师以及主管工程师等工作,并且在石油、天然气和电力公司工作超过 35 年。同时还执教管道水力学和管道焊接课程,目前是一名机械工程顾问。

**Bill Bauer** 已经从事路权有关征用项目超过了 35 年,管理管道征地、监管许可等事宜并负责美国大陆,阿拉斯加、欧洲和俄罗斯之间联系工作。毕业于得克萨斯州博蒙特的拉马尔大学,是一名数学专业硕士。他编写了大量关于路权的书籍、文章以及制作了相关视频资料。同时,他也是国际路权组织认证的讲师。

**Hal S. Ozanne** 机械工程学士学位,美国科罗拉多州丹佛 ENGlobal 工程股份有限公司副总裁。他已经从事石油和天然气行业超过 42 年。他的经历包括在一家提供石油和天然气工程服务的咨询公司担任部门主管,担任美国各种管道工程的项目经理。

**Glenn A. Wininger** 1984 年毕业于俄克拉荷马州立大学的土木工程专业,1990 年获得俄亥俄州立大学生物学学士学位。他在许多家大型管道工程公司工作过,这些公司重点承担一些横跨全国的管道建设。他还担任一家工程公司与地方天然气输配公司相关的顾问。他的工作主要是天然气公司的工程和建设管理以及运营方面。他协助一些公司收集数据以便联邦能源管理委员会使用,同时为环境影响报告草案和最终环境影响声明提供技术支持。他在 1986 年到 1990 年期间还持有注册专业土地测量员资格证书。

# 原书前言

目前世界上有成千上万条管道纵横交错,遍布陆地和海洋。设计、建造并运行这些管道及附属设施,专业技术和丰富经验必不可少。然而每个区域的设计标准和建设规范却不尽相同,掌握获取这些规范标准的渠道对于管道从业人员来说至关重要。

本书拟为工程技术人员提供管道系统规划、设计和建设的应用知识。本书的构想源于 Elsevier 出版公司的高级策划编辑 Kenneth Mcconbs 和 Shashi Menon 是美国油气技术行业有着 37 年工作经验的专业工程师。另外,本书还集合了工程实践经验累计长达 180 年的海内外专家,共同合作完成了这本管道规划及建设规范相关的参考手册。

第 1 章涵盖了设计基础,形成了组成管道系统的管道、泵、压缩机、阀门和其他设施的设计基础。第 2 章介绍了在选择一条管道线路和如何选择线路以及随着发展需要的改变中各种必须考虑的事情。第 3 章评析了管道管理和环境许可。包括大量必须从州、联邦和地方机构获得的许可和批准。第 4 章涵盖了通行权的相关方面,通行权小组为管道建设提供连续构成的土地和所有相关的地面设施,包括持续的管道通行权,所有额外的工作空间,以及压缩机站、泵站、仪表、阀门和库区的地面场所。第 5 章描述如何准备管道校准表,以及它们所包含的信息和它们的用途。第 6 章是管道材料的概述。这一章描述了综合考虑管道服务、运行条件和相关规定后如何选择管道材料。第 7 章是关于受限于管道内部压力条件下的管道强度的讨论和管道所需壁厚的计算。第 8 章阐述了液体和气体管道的水力学分析。这章综述了不同类型的流动、雷诺数、由于摩擦导致的压降和泵输送压力的要求以及泵站和压缩机站的布置。第 9 章涵盖了串并联的管道所需压力的计算。此外,讨论了长距离输送管线所需的泵送功率以及泵站或压缩机站的数量。第 10 章综述了沿着管道多个阀站间设置必要隔离段的要求,以便进行维修工作和防止管道泄漏、损坏或破裂。此外,讨论了用于输送或接收主干道产品的阀门在管道分支连接处的安装。第 11 章阐述了泵站和泵的配置在液体管道液压平衡的最佳位置。对离心泵和容积式泵及其性能特征进行了综述。讨论了为节省泵功率,变速泵在不同的操作条件下的使用。第 12 章阐述了天然气管道压缩机站的分级方法。对压缩机站的最佳位置和压力进行了综述。参照离心式和容积式压缩机在天然气运输中的表现特点和成本,对它们进行了比较。第 13 章讨论了管道腐蚀,腐蚀的发生,以及用来防止液体和气体管道腐蚀损坏的方法和相关设施。第 14 章介绍了管道泄漏检测的规定。管道运营商必须采取必要措施消除或减少管线系统发生泄漏的可能性。第 15 章讨论了管道清管和内部检查。清管是管道有效且高效运行和维护必不可少的措施。清管工作可提高管道运行效率,延长管道使用寿命。第 16

章讨论了管道施工所需参照的联邦、州、地区和地方的法规。第 17 章讨论了气液管道的焊接和无损检测(NDT)。对管道焊接程序、双焊缝焊接、焊工资格、自动焊接、射线照相、焊缝合格标准进行了综述。第 18 章讨论了在检修阶段通过水压试验确保管道的完整性的方法。对美国联邦法规,例如第 49 章 Part 195 部分对危险液体管道的规定和第 49 章 Part 192 对天然气管道的规定,进行了阐述。第 19 章描述了调试或投入运营一条管道所需的准备和步骤。第 20 章涵盖了说明书编写、数据表制作、征用开发和管道材料和设备的报价分析。第 21 章描述了运行及维修手册中的信息以及编写手册的准备。

作者很感谢审阅部分手稿的同行提出的许多建议和建设性的评论。特别感谢 David W. Sinclair 协助审阅本手册第 3 章和第 4 章。Sinclair 是一名超过 30 年经验的通行权执行者,国际通行权协会(IRWA)会员。另外,作者想要感谢他们的家人对他们长时间写作、修改和校对手稿以及后续校样的理解。

我们想借此机会感谢 Elsevier 出版公司的高级策划编辑 Kenneth McCombs 为此书提供主题和设计版式。我们喜欢和他一起工作,以及其他 Elsevier 出版公司员工,如 Jill Leonard(编辑项目经理)和 Heather Tighe(副项目经理)。

作者已经尽力联系版权持有者以获取相关参考资料出版使用的许可,我们也努力工作以消除错误和遗漏。我们希望读者在他们的项目中使用本手册之前,独立检查计算并验证结果。我们欢迎在后续版本能收到关于这本现场手册的修正和改进的建议。

# 目 录

第1章 设计基础 .....	(1)
1.1 计量单位 .....	(1)
1.2 液体和气体的物理性质 .....	(3)
1.3 总结 .....	(31)
参考文献 .....	(31)
第2章 选线 .....	(32)
2.1 社区和当地管理机构 .....	(33)
2.2 人口密度 .....	(33)
2.3 技术及项目必备 .....	(34)
2.4 施工可行性 .....	(34)
2.5 土地征用权 .....	(35)
2.6 环境问题 .....	(36)
2.7 线路的起点及终点 .....	(36)
2.8 连接点 .....	(37)
2.9 测绘系统 .....	(37)
2.10 现场调查 .....	(37)
2.11 并行 .....	(38)
2.12 完整性 .....	(38)
2.13 公共走廊 .....	(38)
参考文献 .....	(42)
第3章 管道管理及环境许可 .....	(43)
3.1 州际管道管理 .....	(43)
3.2 州属管道管理 .....	(44)
3.3 州际管道环境许可 .....	(44)
3.4 州属管道环境许可 .....	(45)
3.5 地方许可 .....	(45)
第4章 地役权 .....	(48)
4.1 地役权交付物及要求 .....	(48)
4.2 项目规划 .....	(49)
4.3 征地预算 .....	(50)

4.4	土地征用数据库及记录 .....	(50)
4.5	现场支持 .....	(53)
4.6	地役权的协商与土地征用 .....	(53)
4.7	建设支持 .....	(54)
4.8	项目完工及管道运营 .....	(54)
<b>第5章</b>	<b>平面图 .....</b>	<b>(56)</b>
5.1	使用 .....	(56)
5.2	平面图的制备 .....	(56)
5.3	平面图数量 .....	(58)
5.4	定位 .....	(58)
5.5	勘测 .....	(58)
5.6	图纸发行 .....	(59)
5.7	路线调整 .....	(59)
5.8	FERC(联邦能源管理委员会)要求 .....	(63)
5.9	现存系统 .....	(63)
	参考文献 .....	(65)
<b>第6章</b>	<b>管材概述 .....</b>	<b>(66)</b>
6.1	标准 .....	(66)
6.2	输送的产品 .....	(66)
6.3	操作压力 .....	(66)
6.4	操作温度 .....	(67)
6.5	装卸及焊接 .....	(67)
6.6	输量 .....	(67)
6.7	规范与条例 .....	(67)
6.8	涂层 .....	(71)
6.9	接头涂覆 .....	(71)
6.10	配件 .....	(72)
	参考文献 .....	(72)
<b>第7章</b>	<b>管道强度与壁厚 .....</b>	<b>(73)</b>
7.1	允许操作压力 .....	(73)
7.2	计算内压的巴罗方程式 .....	(74)
7.3	巴罗方程式的引出 .....	(75)
7.4	巴罗方程式的修正 .....	(76)
7.5	气体管道:分类敷设 .....	(77)
7.6	厚壁管道 .....	(79)

7.7 主线阀 .....	(80)
7.8 泄压计算 .....	(80)
7.9 确定管道的质量 .....	(81)
7.10 总结 .....	(83)
参考文献 .....	(84)
<b>第8章 管道水力分析 .....</b>	<b>(85)</b>
8.1 液体管道中流体的流速 .....	(85)
8.2 液体流动的雷诺数 .....	(86)
8.3 液体的压力和压力水头 .....	(88)
8.4 液体流动的压降 .....	(91)
8.5 摩擦因子 .....	(92)
8.6 克尔布鲁克—怀特方程 .....	(93)
8.7 穆迪图 .....	(94)
8.8 黑曾—威廉斯方程 .....	(97)
8.9 局部阻力损失 .....	(104)
8.10 气体在管道中的流动 .....	(106)
8.11 腐蚀速度 .....	(109)
8.12 气体流动的雷诺数 .....	(111)
8.13 气体流动的摩擦因子 .....	(113)
8.14 气体流动的克尔布鲁克—怀特方程 .....	(113)
8.15 传输因子 .....	(115)
8.16 气体流动的压降 .....	(118)
8.17 管道高程的影响 .....	(119)
8.18 气体平均压力 .....	(120)
8.19 总结 .....	(122)
参考文献 .....	(122)
<b>第9章 管道串并联和动力要求 .....</b>	<b>(124)</b>
9.1 输送液体所需要的总压力 .....	(124)
9.2 液体的水压梯度 .....	(126)
9.3 液体管道的串联 .....	(129)
9.4 液体管道的并联 .....	(130)
9.5 高蒸汽压液体的输送 .....	(132)
9.6 液体管道的泵功率要求 .....	(133)
9.7 液体管道系统水头曲线 .....	(135)
9.8 液体管道的集输与分流 .....	(136)

9.9	液体管道的环状连接	(137)
9.10	气体管道	(138)
9.11	气体管道的压力梯度	(139)
9.12	气体管道的串联	(140)
9.13	气体管道的并联	(140)
9.14	总结	(142)
	参考文献	(142)
<b>第10章</b>	<b>阀站</b>	<b>(143)</b>
10.1	目标	(143)
10.2	阀的用途	(143)
10.3	API 6D 中没有列出的阀	(145)
10.4	阀门的压力等级	(146)
10.5	管线设计和阀的选择	(146)
10.6	主线阀的位置	(146)
10.7	阀站的设计	(147)
10.8	地下阀室	(147)
10.9	阀门的直接埋地	(149)
10.10	天然气管道阀	(149)
10.11	气体管道上阀的布置	(149)
10.12	气体输送管线上的截止阀间距	(150)
10.13	气液管线阀的维修规范	(150)
10.14	常用的阀站保护方法	(151)
10.15	管道阀的选择(球阀还是闸阀?)	(151)
	参考文献	(152)
<b>第11章</b>	<b>泵站</b>	<b>(153)</b>
11.1	多泵站管线	(153)
11.2	水力平衡和所需要的泵站	(153)
11.3	变管道壁厚	(155)
11.4	管道等级的变化(等级降低)	(156)
11.5	松弛流动和明渠流	(156)
11.6	批量输送不同油品	(157)
11.7	离心泵和往复泵	(158)
11.8	离心泵的水头和效率与流量的关系	(161)
11.9	流量—BHP 曲线	(163)
11.10	NPSH—流量曲线	(164)

11.11	比转速	(164)
11.12	离心泵的相似定律	(165)
11.13	相对密度和黏度对泵性能的影响	(167)
11.14	泵的串联和并联	(169)
11.15	泵水头曲线和系统水头曲线	(170)
11.16	多台泵与系统水头曲线	(171)
11.17	所需要的 NPSH 和可利用的 NPSH	(171)
11.18	泵站配置	(173)
11.19	控制压力和节流	(174)
11.20	变速泵	(174)
11.21	VSD 泵与控制阀	(174)
11.22	总结	(176)
	参考文献	(177)
<b>第 12 章</b>	<b>压缩机站</b>	<b>(178)</b>
12.1	压缩机站的选址	(178)
12.2	水力平衡	(183)
12.3	等温压缩	(183)
12.4	绝热压缩	(184)
12.5	多变压缩	(186)
12.6	压缩气体的出站温度	(186)
12.7	所需的压缩功	(187)
12.8	压缩机最优位置	(190)
12.9	压缩机的串并联	(194)
12.10	离心式和容积式压缩机	(197)
12.11	压缩机性能曲线	(198)
12.12	压缩机能头和气体流量	(199)
12.13	压气站的管道水力损失	(200)
12.14	压气站示意图	(201)
12.15	总结	(201)
	参考文献	(201)
<b>第 13 章</b>	<b>防腐</b>	<b>(202)</b>
13.1	管道中的腐蚀现象	(202)
13.2	管道失效的原因	(202)
13.3	腐蚀的类型	(204)
13.4	腐蚀的控制	(205)

13.5 总结 .....	(208)
参考文献 .....	(209)
<b>第14章 泄漏检测 .....</b>	<b>(210)</b>
14.1 预防 .....	(211)
14.2 压力调节 .....	(211)
14.3 阴极保护 .....	(211)
14.4 腐蚀挂片 .....	(211)
14.5 管道标识 .....	(212)
14.6 智能清管 .....	(213)
14.7 管道安全监测 .....	(214)
14.8 规章制度 .....	(214)
14.9 用途 .....	(214)
14.10 中间截止阀 .....	(215)
14.11 止回阀 .....	(215)
14.12 巡逻 .....	(215)
14.13 检测 .....	(215)
14.14 计量 .....	(216)
14.15 监控和数据采集系统 .....	(216)
14.16 水压试验 .....	(217)
参考文献 .....	(217)
<b>第15章 管道清管和检测技术 .....</b>	<b>(218)</b>
15.1 清管器的运用 .....	(218)
15.2 管道清管系统 .....	(218)
15.3 问题管道 .....	(219)
15.4 可清管的管道系统 .....	(219)
15.5 清管器的推进 .....	(220)
15.6 多功能清管器 .....	(221)
15.7 清管器的选择 .....	(222)
15.8 聚乙烯清管器 .....	(223)
15.9 第一次接触聚乙烯清管器 .....	(223)
15.10 清管器串列 .....	(223)
15.11 智能清管器 .....	(224)
15.12 专家数据评估 .....	(228)
15.13 外部腐蚀 .....	(230)
15.14 内部腐蚀 .....	(230)

15.15	检测后处理细则	(230)
15.16	总结	(231)
	参考文献	(231)
<b>第16章</b>	<b>管道施工</b>	<b>(232)</b>
16.1	管道施工工序	(232)
16.2	施工干扰区恢复	(240)
<b>第17章</b>	<b>焊接与无损检测</b>	<b>(241)</b>
17.1	管道焊接工艺	(241)
17.2	样本制备	(243)
17.3	试验	(243)
17.4	验收标准	(243)
17.5	标准管道焊接	(243)
17.6	双接头管道焊接	(244)
17.7	X系列钢管焊接	(245)
17.8	焊工资质	(246)
17.9	焊工职责	(247)
17.10	全自动焊接	(248)
17.11	自动焊接完整性检验	(249)
17.12	半自动焊接	(249)
17.13	焊接管道强度	(250)
17.14	管道环焊缝无损检测	(251)
17.15	X射线无损检测	(251)
17.16	缺陷修复	(253)
17.17	拒收标准	(253)
	参考文献	(253)
<b>第18章</b>	<b>静水压力测试</b>	<b>(254)</b>
18.1	管道测试	(256)
18.2	服务管道的分类	(256)
18.3	州内管道	(257)
18.4	州内管线预测试计划	(257)
18.5	测试用水的处理	(261)
18.6	测试过程中的安全和设备操作步骤	(261)
18.7	阀门操作	(261)
18.8	训练和判断	(261)
18.9	测试程序	(262)

18.10	增压	(263)
18.11	列举静水压测试设备清单	(263)
18.12	测试	(263)
18.13	后续测试结果	(264)
18.14	测试泄漏分析	(265)
18.15	携入的空气及蒸汽	(266)
18.16	泄漏隔离阀及配件	(266)
18.17	水温影响	(266)
18.18	测试报告	(267)
18.19	泄漏量分析	(267)
18.20	州际液体及天然气输送管线测试	(268)
18.21	测试段 12	(270)
18.22	跨州管道测试	(270)
18.23	管道破裂	(271)
	参考文献	(272)
<b>第 19 章</b>	<b>试运行</b>	<b>(273)</b>
19.1	计划	(273)
19.2	试运行计划流程	(279)
19.3	运行维护手册	(279)
19.4	竣工	(279)
19.5	定径清管器	(279)
19.6	系统检验	(279)
19.7	管道干燥	(280)
19.8	线路利用率	(280)
	参考文献	(280)
<b>第 20 章</b>	<b>说明书撰写、数据表制作、请购单开发及投标分析</b>	<b>(282)</b>
20.1	说明书撰写	(282)
20.2	材料规范	(282)
20.3	施工规范	(291)
20.4	请购单开发	(303)
20.5	投标报价和竞标分析	(303)
<b>第 21 章</b>	<b>运行及维护手册</b>	<b>(306)</b>
21.1	运行手册	(306)
21.2	规程	(306)
21.3	应急程序	(307)