

天然气工程丛书

天然气输送 与储存工程

宋德琦 苏建华 任启瑞 等编著

石油工业出版社

天然气工程丛书

天然气输送与储存工程

宋德琦 苏建华 任启瑞 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

《天然气工程丛书》共分8个分册,《天然气输送与储存工程》是其中之一。

本书全面系统地阐述了天然气管道输送、储存工程建设和生产运行管理技术。主要内容
包括天然气输气管道对气质的要求、天然气管道的输送工艺、天然气管道线路和场站、商品
天然气计量要求、天然气输送管道用管材要求、天然气管道输送增压技术、天然气地下储存
技术、天然气管道的腐蚀与防护技术、生产过程自动控制和 SCADA 系统的应用,以及安全
生产、职业卫生和环境保护等。

本书可供从事天然气管道输送、储存工程建设和生产管理及相关专业技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

天然气输送与储存工程/宋德琦等编著.

北京:石油工业出版社,2004.12

(天然气工程丛书)

ISBN 7-5021-4923-6

I. 天…

II. 宋…

III. 天然气-油气集输

IV. TE86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 145566 号

天然气输送与储存工程

宋德琦 苏建华 任启瑞等编著

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

2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷

889×1194 毫米 开本:1/16 印张:23.25

字数:680 千字 印数:1—5000 册

定价:103.00 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

《天然气工程丛书》

编 委 会

主 任 黄 炎

副主任 王乃举 刘宝和 胡文瑞 夏鸿辉 魏宜清

茹 克 王志刚

成 员(以姓氏笔画为序)

马新华 王全生 王道富 冉新权 孙龙德 许可方

张卫国 李安琪 李海平 李鹭光 杜志敏 宋顺琼

沈 琛 孟慕尧 金忠臣 胡朝元 黄立功 阎存章

编辑组成员

组 长 孟慕尧

组 员 冉新权 张卫国 咸玥瑛

《天然气工程丛书·天然气输送与储存工程》

编写组

主 编 宋德琦

副主编 苏建华 任启瑞

成 员(按姓氏笔画排列)

丁国生	于 达	马晓明	王洪声	王晓峰	丘 恺	刘永茜
刘 琪	向 波	林秀芝	李洪训	任启瑞	牟 健	张 平
张昱文	张维臣	苏建华	李 唯	李 峰	李建中	陈 凤
陈 静	陈彰兵	陈赓良	杨 帆	杨光大	郭佳春	郭成华
姜 放	秦兴述	黄 敏	黄 和	黄春蓉	章 磊	章申远
龚树鸣	姬忠礼	游明定	谭明星			

序一

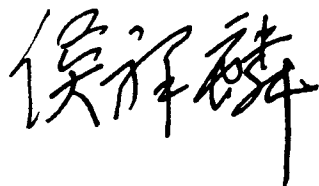
近年来,我国天然气工业取得了很大的发展,已逐步进入了工农业生产和日常生活的方方面面,成为国民经济生活中的重要内容。经过几代人的努力,我国目前已经初步形成了四川、塔里木、鄂尔多斯、柴达木和海洋在内的五大气区基本格局,建设了以“西气东输”为代表的一批陆地及海上输气干线。“西气东输”宏大建设工程的实施,不仅是落实“西部大开发”战略的重要举措,而且也是我国在天然气生产建设能力和技术等方面的综合体现,标志着我国天然气的发展进入了一个新的阶段。

经过几十年的生产实践,我国在天然气的勘探、开发、储运和综合利用等方面,已经积累了丰富的经验,技术达到了较高的水平。认真总结这方面的经验和技術,展示我国天然气工业的成就和进步,指导和促进技术水平的提高,是一件十分有意义的工作,本套丛书的编写实现了这一愿望。

《天然气工程丛书》是一套按系统工程要求编写的丛书,它全面系统地总结了我国历年来在天然气方面的实践经验和成果,借鉴了国外有关天然气方面的先进理论和技术。编著者大多来自多年从事现场和科学研究有经验的专家、学者,在编写方法上强调了科学、实用及可操作性的特点,并有相当部分实例可供借鉴,使丛书成为一部信息量大、内容充实、涉及面广、有一定理论深度的技术专著。

《天然气工程丛书》的出版,对我国天然气的勘探、开发和综合利用具有很大的技术指导和推动作用,在此我表示衷心地祝贺。藉该书出版之际,我祝愿广大的科技工作者不断创新,不断进步,为促进我国工业技术水平的提高和发展做出更大的贡献。

中国科学院院士
中国工程院院士



序二

在我担任中油股份公司总裁期间，油气田开发方面的几位老同志，建议编写出版一套“天然气工程丛书”，以适应我国天然气迅猛发展的需要，我非常赞同和支持这件事。

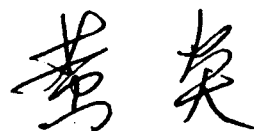
三年来，在中石油、中石化、中海油、石油院校等部门的数十名专家和上百名工程技术人员辛勤努力下，克服了专业门类多、地域跨度大、编著人员不稳定等诸多困难，完成了丛书的编写出版任务。

本“丛书”的内容涵盖了全国各主要产气区，按照上下游一体化的总体思路，从资源勘探到综合利用，编辑为8个分册，约500万字。它凝结着我国从事天然气工作的几代人的辛劳和智慧，并把丰富的实践经验与近代科技进步相结合，是目前国内较为全面系统又有一定理论概括的系列丛书。

进入新世纪以来，我国天然气发展形势很好。预期在不久的将来，天然气在国民经济和社会生活中的地位和影响将越来越大，从事天然气工业的各个领域的工程和管理人员也将越来越多，他们迫切需要站在一个更高的起点上，了解和掌握比较系统的天然气技术；石油院校师生，也需要有更更新的教材。我认为丛书的出版，一定能够给予他们以有力的帮助，并为促进天然气勘探、开发、采气工程、气田建设、管道输送、天然气综合利用等技术的发展与创新做出贡献。

在“丛书”出版的时候，特向参与编著和出版的各位专家、教授、工程师及全体工作人员致以衷心的感谢！

丛书编委会主任
中国石油学会理事长



编 著 说 明

我国是世界上发现和利用天然气历史最悠久的国家之一。新中国成立以来,经过半个多世纪的努力,在天然气的勘探、开发、储运和综合利用等方面,积累了丰富的实践经验,有了一套适合于中国天然气工业发展特点的技术和理论。特别是“九五”、“十五”期间,天然气得到了迅猛发展,目前已初步形成四川、塔里木、鄂尔多斯、柴达木和海洋五大气区格局的天然气现代工业体系,“西气东输”——国家西部大开发战略序幕性工程的实施,标志着中国天然气的发展进入了一个新的阶段。

我国天然气的勘探和开发,有其自身的特点。气田的地质条件复杂,开采的技术难度较大,绝大多数气田的储层为低渗透、低孔隙,具有边、底水,非均质性严重;气田规模多为中小型且地域分散;有些主力气田含硫,这就使气藏工程、采气工程、地面工程及综合加工利用等,面临一系列技术难题。正是在这种复杂和困难的条件下,我国的科技人员,经历了多年的探索和实践,研究和利用新技术、新方法和新装置,加深了对我国天然气工业勘探、开发和加工基本规律的认识,发展了天然气上、下游工程,使我国天然气工业得到了迅速的发展。这些成就包含着从事天然气工作的广大工程技术人员、生产经营管理者的辛劳和智慧。

国民经济的快速增长和天然气工业的大发展,要求我们必须系统总结中国天然气工业丰富的实践经验,同时借鉴国外天然气工业先进的理念与技术,编辑出版一套既有理论指导又有现实可操作性的科技论著,给这一方兴未艾的大好形势以有力的技术指导。

1999年,经中国石油天然气集团公司原开发生产局局长王乃举、总工程师孟慕尧和石油工业出版社张卫国等同志提议,成立“天然气工程丛书”编写筹备组,同时将这一想法向当时担任中国石油天然气股份有限公司总裁的黄炎作了汇报,得到了黄炎同志的大力支持,组建了“丛书”编委会。经与多方协商,由黄炎担任编委会主任,王乃举、刘宝和、胡文瑞、夏鸿辉、魏宜清、茹克、王志刚任编委会副主任;编委有:马新华、王全生、王道富、冉新权、孙龙德、许可方、张卫国、李安琪、李海平、李鹭光、杜志敏、宋顺琼、沈琛、孟慕尧、金忠臣、胡朝元、黄立功、阎存章。

编委会的具体组织领导工作由王乃举、孟慕尧同志负责。为了加强经常性的工作指导,还成立了编辑工作组,组长为孟慕尧,成员有冉新权、张卫国、咸玥瑛。

在“丛书”编写期间,编委会先后组织了多次研讨会,邀请各油气田、石油院校、研究院所的领导、专家、工程技术人员参加,确定了“丛书”的框架结构和编写提纲。每一分册都组建了各自的主编及编辑小组,聘请了一大批著名专家撰稿,他们都做了大量艰苦细致的文献查阅、专题研究及亲临现场调研工作。中国石油天然气集团公司、中

国石油化工集团公司、中国海洋石油总公司、西南石油学院、石油大学等单位，在编写资料、编写人员等方面积极给予协调帮助；中国石油天然气股份有限公司、西南油气田分公司、长庆油田分公司在经费上给予了支持，保证了“丛书”编写工作的正常运行。石油工业出版社在稿件审查、编辑加工和组织出版方面高度重视，将该套“丛书”列入了石油工业出版社“十五”重点丛书，并上报国家新闻出版总署，将此“丛书”作为精品图书出版。

本套“丛书”是系列性科技专著，共分8个分册，约500万字，分别为《天然气资源勘探》、《气藏地质》、《气田与凝析气田开发》、《气藏工程分析方法》、《采气工程》、《天然气矿场集输与处理》、《天然气输送与储存工程》、《天然气综合利用》。“丛书”既有理论概念，但更多地偏重于适用的工程技术方法的阐述。它是天然气勘探、开发、集输、储运、综合利用系统有代表性的专家和技术人员的集体创作，主要面对从事天然气工业的中高级科技人员和经营管理者，也可作为大专院校及企业在职教育培训的参考教材。

在本“丛书”出版的时候，编委会对所有参加本“丛书”的编写、研讨、出版和曾经给予大力支持的各界人士，谨致衷心的感谢！

前 言

天然气作为清洁的优质能源和化工原料,在支持国民经济可持续发展、改善人民生活和保护大气环境质量方面已开始发挥越来越重要作用。随着陕京管线和西气东输等多条全国性天然气供气管道工程的相继建成投产,中国的天然气工业已步入快速发展的新阶段。

天然气输送与存储是天然气应用过程中的必不可少的重要环节,天然气输送与存储工程建设的技术水平、工程质量、建设投资、生产运行费用、生产中的安全和环境保护等,将直接关系到用气安全和用户的切身利益。

本书是《天然气工程丛书》的一个分册,在全面总结了近年来天然气管道工程建设和运营管理经验的基础上,对工程的各项技术原理、一般做法和应用作了比较全面的叙述。可供从事天然气输送与存储工程建设、生产操作和管理人员阅读,也可供石油院校师生和其他从事燃气输配的人员参考。

本书由宋德琦主编,苏建华、任启瑞为副主编。全书共分十二章,各章的编写人如下:

第一章 章 磊 章申远

第二章 陈赓良

第三章 杨 帆 杨光大 任启瑞 郭成华 陈彰兵

第四章 牟 健 陈 静 谭明星 任启瑞 秦兴述 王洪声 李洪训 王晓峰

第五章 郭佳春 刘永茜 秦兴述 于 达

第六章 姬忠礼 陈 凤 向 波 李 唯

第七章 游明定 黄 和 张维臣

第八章 姜 放 黄 敏 金裕方

第九章 李 峰 林秀芝 刘 琪 魏廉敦

第十章 张昱文 丁国生 李建中 马晓明

第十一章 龚树鸣 黄春蓉 张 平

第十二章 苏建华 丘 恺

在编写过程中,得到了中国石油天然气集团公司、中国石油大学、中国石油集团工程设计有限责任公司等相关单位、专家和技术人员的大力支持和帮助。王乃举、孟慕尧、李建民、许可方、金裕方、金忠臣、章申远、游开诚等同志在本书编写的过程中提出了许多宝贵的意见,魏廉敦、张乐长等同志参与了本书编写中的部分工作,丘恺为本书的

组稿、编写做了大量的组织协调工作，在此一并表示深切的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和不足之处，恳请读者批评指正。

本书编写组

2005 年 10 月

目 录

第一章 中国输气管道工程概况	(1)
第一节 中国输气管道建设概况	(1)
第二节 中国输气管道工程技术现状	(3)
第三节 中国输气管道工程的发展	(5)
第二章 天然气气质指标	(7)
第一节 天然气气质指标的制定	(7)
第二节 天然气气质指标项目的比较与分析	(11)
第三节 天然气分析测试方法及其标准化	(14)
第四节 天然气输配系统的气质管理及其方案	(17)
参考文献	(26)
第三章 天然气管道输送工艺	(27)
第一节 概述	(27)
第二节 输气管道的水力计算	(29)
第三节 主要工艺参数的确定	(36)
参考文献	(42)
第四章 天然气输送管道线路工程	(43)
第一节 线路选择	(43)
第二节 线路工程勘察和测量	(45)
第三节 管道敷设	(51)
第四节 管道穿、跨越	(68)
参考文献	(80)
第五章 天然气管道工程中的场站	(81)
第一节 场站的分类和布点的要求	(81)
第二节 首站	(83)
第三节 分输站	(88)
第四节 末站	(91)
第五节 清管站	(91)
第六节 线路截断阀室	(97)
第七节 输气站场常用工艺设备	(98)
参考文献	(101)
第六章 增压	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 常用增压机组	(103)
第三节 增压机组的选择、配置和工艺计算	(110)
第四节 压气站工艺流程	(117)
第五节 压缩机与管路工作特性	(122)
第六节 压缩机辅助系统	(127)

第七章 天然气输配的流量计量	(132)
第一节 天然气流量计量的基本知识	(132)
第二节 天然气输配流量测量	(145)
第三节 天然气输配用流量计	(154)
第四节 天然气流量量值溯源校准	(183)
参考文献	(188)
第八章 天然气管道工程用钢管和管件	(189)
第一节 钢管和管件的工作特点和一般要求	(189)
第二节 钢管的常用型式、材质及其他选择	(194)
第三节 管件的种类、型式和材质的选择	(199)
第四节 钢管和管件的产品标准和质量监督	(202)
第九章 天然气管道工程的自动控制及 SCADA 系统的应用	(208)
第一节 概述	(208)
第二节 管道检测仪表	(209)
第三节 站场的检测与控制	(216)
第四节 输气管道工程 SCADA 系统	(223)
参考文献	(233)
第十章 天然气储气库	(234)
第一节 概述	(234)
第二节 地下储气库主要设施、地面流程及建设步骤	(241)
第三节 枯竭油气藏改建地下储气库方案设计	(245)
第四节 盐穴储气库的研究与设计	(267)
第十一章 腐蚀与防护	(292)
第一节 概述	(292)
第二节 埋地钢质管道外防腐涂层	(295)
第三节 阴极保护的基本概念	(300)
第四节 阴极保护设计	(305)
第十二章 安全生产、职业卫生和环境保护	(318)
第一节 天然气管道建设和运行中的安全生产	(318)
第二节 职业卫生	(344)
第三节 环境保护	(349)

第一章 中国输气管道工程概况

第一节 中国输气管道建设概况

中国是世界上最早生产天然气的国家之一，也是最早用管道（竹管）输送天然气的国家。早在秦汉时期就有用竹木笕输送卤水的史料记载，在明末清初，这种竹木笕连接成较长的管道用来输送天然气，成为最原始的输气管道。但真正的长距离输送天然气的管道还是1963年在四川建成的第一条巴—渝输气管道。

中国输气管道建设历程大致可分成以下三个阶段：

(1) 1958年至20世纪60年代中期为起步阶段。

在此期间除建成了巴—渝线（从重庆巴县石油沟到重庆孙家湾配气站）外，还建成了中国第一条输送净化气的东—石输气管道（从綦江东溪气田至石油沟）及川南地区长恒坝构造带至泸州天然气化工厂的长—纳输气管道等。

这个时期建成的管线都是小口径（ $\phi 273 \sim \phi 426\text{mm}$ ）、短距离（每条只有几十千米）、低压力（4MPa以下）的输气管线，管材质量较差、输气工艺简单，大部分输送含硫气，线路上安装有分水器，没有清管设施，站场设备仪表简单。

(2) 20世纪60年代中后期至80年代末是输气管道建设技术成熟、设备、材料配套完善，区域性输气管道逐渐联网建设阶段。

1966年底四川地区以威远—成都输气管道的建成至1987年北干线（渠县脱硫厂—青白江）投产为标志，建成了一批较大口径（ $\phi 720\text{mm}$ ）的输气干线和连接城市及大型化工厂的输气支线，并形成了以卧龙河和渠县脱硫净化厂为起点，成都为终点的南、北两大输气干线。

除四川外的其他地区也建成了各种口径的输气管道约4000km，分布在大庆、辽河、华北、胜利、大港、中原、新疆等油气田，主要管线有：华北油田至北京的输气管线；大港油田至天津的管线；中—沧线（濮阳至沧州）；中—开线（濮阳至开封）；天—沧线（天津至沧州）等。大部分用来输送油田气，经增压后输送给化工厂和城市使用。

这些管道技术水平大致与四川相近，其中中—沧线在中国第一次采用燃气轮机驱动离心式压缩机对油田伴生气进行增压，输送压力为2.5MPa。

在这一时期中国的输气管道工程建设有了质的飞跃。无论从规模上或技术水平上都大大地向前迈进了一步，在这一时期建成的输气管道有以下几个特点：

① 形成了从集气、脱硫净化处理、输气干线及支线到用户的天然气供气网络。

② 输气管直径不断扩大，输送距离不断增长，压力不断提高。输气干线多为 $\phi 700\text{mm}$ 管线，四川北干线的线路长达298km，四川卧龙河—两路口线的输气压力为6.3MPa。

③ 管输气体的质量不断提高，所以进入输气干线的天然气大部分是经脱硫、脱水处理的净化气（ H_2S 含量小于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ），后期建设的输气干线不再设置分水器，而且都能实施不停气清管。线路截断阀门引进了气液联动自动紧急关断球阀，采用清管器清管。

④ 输气站实行半自动控制，站用设备、仪表、阀门进行了更新换代。线路用钢管管材由 TS52K、X52 替代了 A3、16Mn。制管质量也有较大提高。

(3) 20 世纪 90 年代以来，采用国内外新工艺、新技术、新设备、新材料建设高压、大口径、长距离输气管道，进入快速发展阶段。

这一时期先后建设了陕—京一线、涩—兰线、西气东输、陕京二线等一批管道工程。这些管道工程均代表了中国目前管道技术的最新水平。各条管道的技术参数见表 1-1。

表 1-1 中国几条输气管道技术参数

工程名称	陕京一线	涩兰线	忠武线	西气东输	陕京二线
长度, km	853 (干线)	929.6	695	3900	850
管径, mm	660	660	711	1016	1016
设计压力, MPa	6.3	6.3	6.3	10	10
输气能力, $10^8 \text{ m}^3/\text{a}$	36 (扩建后)	20 (不加压) 30 (加压)	30	120	120
钢级	X60	X60	X60	X70	X70
建成时间	1997 年	2001 年	2004 年	2004 年	2005 年

上述管道工程从以下几个方面展示了中国输气管道建设的技术水平：

(1) 综合利用遥感、地震、工程地质、环境评价、工程设计、技术经济等多学科的新技术，对线路走向进行多方案优化，选择安全可靠、经济合理的线路走向。

(2) 采用计算机仿真技术对输气工艺系统进行多方案比选，对管道的运行参数、事故工况进行模拟分析，提出最优工艺方案、最佳运营参数、最有效快速的事故应急措施。

(3) 高压大口径管道用高钢级管线钢的国产化水平大大提高。已能生产 X70 DN1000mm 直缝埋弧焊管及螺旋缝埋弧焊管。

(4) 自动化控制和信息系统用于管道的管理。信息、监控和数据采集 (SCADA) 以及电子商务三大系统的采用减少了管理人员、优化运行管理、提高管理水平和供气的安全可靠性。

(5) 三层 PE 外防腐和以减阻为目的内涂层技术普遍应用，使管道涂层技术达到国际先进水平。

(6) 采用管道全位置自动焊焊接技术，提高了管道焊接质量和劳动生产率。

(7) 光纤通信技术提高了管道信息传输的能力和质量。

(8) 采用超声波流量计为商业贸易交接计量提供了精度高、量程范围宽、无压力损失、寿命长、可靠性高的计量系统，提高了管道企业的管理水平和经济效益。

(9) 陕京一线、二线与西气东输等输气干线工程构成国家输气管网的主干线，使单个管道运行向联合网络化优化运行迈出了第一步，管网联合优化运行为事故应急和气量调配提供了条件，使管道管理水平走上一个新的台阶。

到 2003 年底，中国已建成陆上天然气管道约 $2.0 \times 10^4 \text{ km}$ ，海底天然气管道 $0.2 \times 10^4 \text{ km}$ ，天然气管道总长度 $2.2 \times 10^4 \text{ km}$ 。迄今为止，中国先后在大庆油田和大港油田建成 4 座地下储气库。其中，喇嘛甸北块地下储气库有效工作气量为 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，设计注采能力为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，大港油田大张坨储气库、板 876 储气库、板中北高点储气库一期的总有效工作气量为 $11.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，扩建后采气能力达 $1600 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ；大港油田 3 座地下储气库是陕京管道的重要配套设施，为有效解决京津地区的调峰创造了条件。

第二节 中国输气管道工程技术现状

经过 40 多年的努力,随着中国在冶金、制管、通信、自控仪表等方面的技术进步使管道工程技术水平有了很大提高。输气管道建设已有了一套可遵循的标准、规范,技术上具备了建造高压、大口径、现代化输气管线的能力。

一、输气管道设计

西气东输工程建设为管道线路数字化遥感技术与管道数字仿真技术在输气管道设计中的应用起到了推动作用。

输气管道工程是长距离的线形工程体系,工程的勘察、设计、施工以及后期的管理运营涉及的点多、线长。涉及地质灾害类型众多,但管道线路勘察、设计存在着工期短、旧地图的地理信息与现实不符、工程受季节限制大等问题,需要用各种手段查明这些因素和灾害类型,降低管道工程投资成本与风险。

在地形图的基础上应用遥感图像可对复杂地质地貌段线路的方案比选提供更为全面、客观、准确的补充信息,在地形图缺失的地区和其他参考信息不能全面反映管道工程的具体线路环境,应用遥感图像可以全面掌握线路工程环境,进而展开选线。

利用数学方法对管道运行工况进行详细计算。采用计算机仿真技术,模拟管道的瞬态变化规律,提供合理的设计方案或运行方案。

二、输气管道施工

1. 管道全位置自动焊

国内管道焊接技术随着油气长输管道技术事业的发展得到了迅速提高。20 世纪 70 年代及以前采用传统的手工焊;80 年代初,采用手工下向焊工艺,并逐步推广到大部分施工企业;到了 90 年代初,则采用了半自动焊设备和工艺。“九五”末期开始进行管道自动焊(填充、盖面焊)的引进、研制、试验和培训工作。

在西气东输工程中,采用了全位置自动焊焊接技术。其焊接方式是:内焊机根焊+外焊机热焊、填充、盖面焊。全位置自动焊焊接技术是利用内焊机根焊工艺性能好、焊接速度快的特点进行根焊焊道的焊接。利用外焊机焊接效率高的特点进行填充和盖面焊道焊接,管端焊接接头采用复合坡口形式,焊缝机械性能好、节省填充金属、焊接热影响区小、变形小、应力小、焊接效率高。

管道全位置自动焊是管子固定不动,焊接小车绕管子转动来实现管子的全位置(平、立、仰)焊接,焊接过程由机械和微机来控制,受人为的影响因素较小。所以管道全位置自动焊具有焊缝质量好、焊接效率高等优点。

2. 河流穿跨越技术

随输气管道工程不断扩展,管道穿越河流工程遍及全中国,如:嘉陵江、沱江、岷江、黄浦江、钱塘江、松花江、淮河及长江、黄河等。

20 世纪 80 年代前穿越大、中型河流以大开挖施工方法为主。大开挖穿越方法简单,适应各种地质条件。但土石方工程量大,对地表生态环境破坏严重,因河床演变管道安全性较低,施工受限条件

多, 施工方案、技术措施及费用受施工期河流量影响较大。随着科技发展, 新型管道施工机具的出现, 非开挖穿越因其施工简便、速度快、质量好、对环境影响小等优点已被越来越多地用在各种河流的穿越上, 特别是大、中型河流。目前常用的非开挖穿越方法有: 定向钻、隧道、顶管、盾构等。其中定向钻已穿越 300 多条河流。穿越总长达 150km 以上。

受水文地质、河床工程地质等条件限制的河流也可采用跨越技术跨越河流。采用的管道跨越河流结构形式主要有: 单管拱结构、多跨连续梁结构、桁架式结构、悬挂式结构、斜拉索管桥结构、大跨度非对称混合斜拉索管桥结构等。各种跨越结构形式的采用是根据管径大小、河流宽窄及自然条件等情况而定。

三、制管技术

中国从 1958 年开始建设新疆输油管道, 1965 年开始建设四川输气管道, 所用钢管及钢级至今已有了较大的进步。输气管道所用的钢材从 20 世纪 50 年代到 70 年代主要是 A3、16Mn。当时国内只能生产单面螺旋埋弧焊管。20 世纪 70 年代后期到 80 年代, 管线钢多用 TS52K (相当于 X52), 国内各制管厂陆续将 CO_2 气体保护焊改为自动埋弧焊, 改进了制管工艺并引进相应的技术和设备。进入 20 世纪 90 年代以后, 制管采用的国产热轧板卷主要是 X52、X60、X65, 在此期间中国颁布了钢管制造的国家标准:《石油天然气工业输送钢管交货技术条件》, 使焊管质量逐步接近国际水平。

西气东输管道工程的建设促进了管材国产化和制管水平的提高。目前中国已能生产 DN1000mm、X70 螺旋缝埋弧焊管及直缝埋弧焊管。西气东输则采用了 X70 钢级管线钢。它具有优良的强韧性、较高的形变强化能力、较小包申格效应、良好焊接性及耐腐蚀性能等。

中国现有钢管厂已能生产各种无缝与有缝钢管, 特别是经过严格质量控制的国产 SSAW (螺旋缝埋弧焊管), 其母材、焊缝、热影响区的强度、韧性和抗疲劳性能达到进口 UOE 焊管水平, 采用预精焊及机械扩径工艺后其质量水平 and 安全可靠性能大大提高, 目前国产的 ERW 管可以制造小于 DN500mm 以下规格的管材。ERW 钢管尺寸精度高, 强度与无缝钢管相同, 塑性、韧性更优, 多用在输气支线及城市管网。

随着中国输气管道工程建设发展将会遇到高寒、沙漠、地震、地质灾害等恶劣环境的影响, 长距离、高压、大口径输气管道的建设将会对管线用钢材料提出 X80 以上高强度、有控制断裂性能、有抗拉变形及抗腐蚀的钢管。X80 钢管已经试制成功, 并已经成功用于管道工程中。

四、管道防腐蚀技术

1963 年修建的第一条巴—渝输气管道采用石油沥青玻璃布增强层结构的防腐绝缘层, 1992 年对同期建设的多条管道进行调查, 多数被调查管线的外壁仍光亮无蚀坑。20 世纪中期以后中国新建管道采用的防腐蚀涂层扩展到聚乙烯冷缠胶带、煤焦油瓷漆、熔结环氧粉末、二层或三层聚乙烯复合涂层等。

新型防腐层具有良好的机械性、抗冲击性、绝缘性、强抗渗透性等。产品原料及橇装作业线已全部国产化。

管道防腐采用防腐涂层加阴极保护为最佳的保护方法。阴极保护技术是通过向腐蚀金属提供电子使其产生阴极化而抑制腐蚀。阴极保护又分外加电流法和牺牲阳极法。

中国管道阴极保护始于 1964 年, 目前管道的阴极保护技术已用于所有的油气管道, 阴极保护电源、牺牲阳极材料、区域阴极保护技术等研究都取得了很好的成果。新建的管道通过 SCADA 系统将阴极保护运行参数运送至调控中心。

20 世纪 70 年代初中国开始对地下杂散电流对管道腐蚀所产生的影响展开调查研究, 提出了相应的防范措施并制订了规范。