

“十一五”重点图书出版规划·石油天然气储运工程

大型油气储运 设施施工

何利民 高 祁◎编著

中国石油大学出版社

大型油气储运 设施施工

这是一本指导大型油气储运设施设计、施工和运行管理的工具书。

系统地介绍了大型油气储运设施建设的工程启动、施工组织设计和工程管理方面的内容,管线钢、钢管、土石方爆破的基本知识,长距离输油气管道的线路工程、穿跨越工程、站场工程和水工保护工程的施工方法,球形储罐、立式圆筒形储罐和储气柜的制造与安装等,具有很高的学术价值和实用价值。

可供从事各类管道、联合站和油库设计、施工、监理和管理的人员参考,也可作为高等院校油气储运工程、建筑环境与设备工程、市政工程及相关专业的教学参考书。

封面设计:  中国石化工程院 陈 斌
China Petroleum Engineering Design Institute

ISBN 978-7-5636-2375-4



9 787563 623754 >

定价: 160.00元

“十一五”重点图书出版规划·石油天然气储运工程

大型油气储运 设施施工

何利民 高 祁◎编著

中国石化大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大型油气储运设施施工/何利民,高祁编著. —东营:中国石油大学出版社,2007.7

(石油天然气储运工程)

ISBN 978-7-5636-2375-4

I. 大... II. ①何... ②高... III. 石油与天然气储运—工程施工 IV. TE8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108345 号

书 名: 大型油气储运设施施工

编 著 者: 何利民 高 祁

责任编辑: 刘 云 邵云飞 路庆良

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: suzhijiaoyu1935@163.com

排 版 者: 中国石油大学出版社排版中心

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546-8391809)

开 本: 210×285 印张: 53.375 字数: 1 610 千字

版 次: 2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 160.00 元



何利民 男，山东郓城人，中国石油大学（华东）储运与建筑工程学院院长、教授、博士生导师。1982年毕业于华东石油学院石油储运专业，获工学学士学位；1990年获华东石油学院北京研究生部油气储运工程专业硕士学位；2002年获西安交通大学动力工程与工程热物理专业博士学位。现任中国工程热物理学会多相流专业委员会委员、中国石油学会油气储运专业委员会委员、山东省石油学会油气田地面工程专业委员会副主任。



高 祁 男，甘肃玉门人，1971年在中国石油天然气管道局第二工程公司从事输油管道施工工作，1981年进入廊坊管道职工学院学习线路工程，1985年毕业后历任管道二公司第二工程处处长兼技术负责人、管道二公司副总工程师兼“轮—库输油管线”项目经理。现任中国石油天然气管道局副总工程师、中国石油天然气集团公司高级专家。



前

言

PREFACE

西气东输、陕京二线、涩宁兰、忠武和川气东输等一大批长距离输气管道的建成或开工建设,标志着我国骨干输气管网即将建成;兰成渝、大西南、鲁皖和珠三角成品油输送管道的建成或开工建设,标志着我国成品油骨干管网已具雏形;西部管道、中哈、永沪宁、沿江输油管道的建成,把我国原有的东北、华东、华北和西部输油管网连成一体,形成了我国原油骨干管网;我国四个国家级战略石油储备基地的开工建设,标志着国家级石油战略储备工程已经启动。伴随着这些大型油气输送与储存设施的建设,长距离输油气管道和储罐的施工技术正不断发展,施工设备与施工机具在不断更新与完善,施工组织、施工管理理论与理念也在不断进步。纵观国际、国内已出版的图书,目前还没有系统介绍大型油气输送和油气储存设施施工技术的专业书籍,本书的编写弥补了该方面的不足。

油气储运系统包括油气田的油气集输系统、长距离输油气系统、油气储存系统、城市燃气输配系统和海上油气生产系统等。这些系统的共性是各系统都是由管道、储罐和站场仪表设备组成的。因此,本书的编写内容主要包含长距离输油气管道施工、站场施工和储罐施工。海上油气生产设施施工具有一定的特殊性,因此没有被纳入本书的编写内容。本书在内容编排上共分为三大部分,分别为油气储运工程建设的基本知识与建设程序、油气管道建设、储罐施工。全书共分十五章:第一章绪论,主要介绍了国内外管道与油罐施工技术的发展概况;第二章主要介绍了从项目立项、可行性研究、勘察设计到开工建设的大型油气储运设施建设程序;第三章介绍了施工组织设计与工程管理;第四章介绍了管线钢和钢管的基本知识;第五章介绍了土力学基本知识;第六章为土石方爆破;第七章、第八章为本书的核心内容,全面介绍了长输管道线路工程施工工艺和管道穿跨越施工技术;第九章介绍了水工保护技术;第十章介绍了站场施工基本知识;第十一至十四章为储罐施工内容,分别介绍了储罐结构、储罐设计、储罐基础处理,球罐、立式圆筒形储罐和储气柜的施工工艺;第十五章介绍了油气管道输送工艺和自动化方面的基本知识。全书基本涵盖了各种油气储运设施施工领域的最新技术。

本书由中国石油大学(华东)何利民教授与中国石油天然气管道局高祁高级工程师组织编写。第一、二、五、七、八、十、十一、十二、十三、十四章由何利民、高祁、罗小明、齐建波、陈振瑜编写,第三章由马骅教授级高级工程师编写,第四章由王茂堂教授编写,第六章由中国人民解放军理工大学韩秋善教授、齐世福教授编写,第九章由王宏高级工程师编写,第十五章由邵国泰高级工程师、安尧高级工程师编写。全书由何利民、高祁统稿。

本书编写过程中使用了大量的管道技术标准和施工技术总结,在此向这些资料的作者表示感谢。中国石油天然气管道工程有限公司(管道设计院)张怀法教授、中国石油规划设计总院张加林教授在百忙之中对书稿进行了审阅,在此表示深深的谢意。本书编写过程历时一年,编写期间康淑芳、侯苏伟同志一直为编者提供后勤服务,在此表示感谢。感谢中国石油大学(北京)张劲军教授在本书编写过程中提供的帮助。

油气储运工程施工技术在不断发展,书中涉及的内容也在不断更新,但书的更新速度永远赶不上技术的发展速度,本书介绍的施工技术有可能与实际施工方法有所差别,望读者见谅。鉴于编者水平有限,书中谬误难免,望读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月



第一章 绪论	(1)
第一节 油气储运设施施工的任务和分类	(1)
第二节 长输管道施工的特点和内容	(2)
第三节 国内外油气储运设施施工的技术现状	(4)
第二章 工程启动	(7)
第一节 项目立项	(7)
第二节 勘察与数字化管道	(7)
第三节 可行性研究	(17)
第四节 设计阶段和设计要求	(19)
第五节 招标、投标	(20)
第三章 施工组织设计与工程管理	(26)
第一节 施工组织理论和方法	(26)
第二节 施工过程和施工程序	(30)
第三节 施工组织设计	(32)
第四节 工程管理	(41)
第四章 管线钢、钢管	(53)
第一节 管线钢、钢管概论	(53)
第二节 管线钢管材质的要求	(58)
第三节 管线钢物理冶金和金属学	(71)
第四节 管线钢的成分设计	(75)
第五节 油气输送用钢管生产简介	(82)
第五章 土力学和混凝土的基本知识	(93)
第一节 土的结构与分类	(93)
第二节 土的基本性质	(94)
第三节 土的物理特性	(96)
第四节 土的渗透系数和土的抗剪强度	(99)

第五节	混凝土与混凝土的配合比	(102)
第六章	土石方爆破施工技术	(119)
第一节	爆炸基础知识	(119)
第二节	炸药与火工品	(132)
第三节	起爆技术	(147)
第四节	土石方爆破施工	(161)
第五节	爆破施工安全	(185)
第七章	管道线路基本施工工艺	(205)
第一节	施工准备工作	(205)
第二节	线路交桩与测量放线	(208)
第三节	管道伴行路、施工通道与施工作业带	(215)
第四节	管沟开挖	(223)
第五节	防腐管运输与布管	(244)
第六节	弯管、弯头与现场弯管	(252)
第七节	管口清理与坡口加工	(255)
第八节	组装与焊接	(258)
第九节	焊缝检查与探伤	(272)
第十节	管线防腐与补口补伤	(282)
第十一节	管道下沟与管沟回填	(296)
第十二节	管道的清扫、测径、试压、干燥	(303)
第十三节	阴极保护	(311)
第十四节	阀室安装	(318)
第十五节	管线的试运投产	(322)
第八章	管道穿跨越工程	(332)
第一节	定向钻敷管穿越	(332)
第二节	顶管施工法	(348)
第三节	盾构施工	(379)
第四节	大开挖施工	(388)
第五节	跨越工程	(408)
第九章	管道水工保护	(443)
第一节	概述	(443)
第二节	支挡防护	(446)
第三节	冲刷防护	(453)
第四节	坡面防护	(459)

第五节	黄土沟蚀及微地貌的防护·····	(467)
第十章	站场施工·····	(471)
第一节	场区平面施工·····	(471)
第二节	设备(机泵等)的安装·····	(472)
第三节	工艺管道安装·····	(477)
第四节	设备吊装·····	(488)
第五节	起重机的安装·····	(505)
第六节	静设备施工·····	(508)
第七节	钢结构工程施工·····	(511)
第八节	热力系统施工·····	(513)
第九节	消防系统施工·····	(517)
第十节	电气工程施工·····	(521)
第十一节	仪表工程施工·····	(526)
第十二节	防腐绝热工程施工·····	(537)
第十三节	输油气站场工艺管线的试压、清管、干燥·····	(539)
第十一章	储罐的基础知识·····	(545)
第一节	储罐的分类及构造·····	(545)
第二节	储罐基础设计与施工·····	(564)
第三节	储罐地基处理·····	(579)
第四节	储罐用钢·····	(616)
第十二章	球形储罐的施工·····	(622)
第一节	球形储罐散装法施工工艺·····	(622)
第二节	球形储罐分带组装机施工·····	(653)
第三节	球形储罐施工中的问题及解决办法·····	(656)
第十三章	立式圆筒形钢制焊接储罐的施工·····	(667)
第一节	浮顶储罐罐底施工·····	(668)
第二节	浮顶储罐罐壁的施工程序·····	(676)
第三节	浮顶储罐罐顶的施工程序·····	(687)
第四节	浮顶储罐附件的施工·····	(690)
第五节	浮顶储罐的充水试验·····	(693)
第六节	立式圆筒形固定顶储罐施工·····	(694)
第十四章	储气柜的施工·····	(717)
第一节	气柜钢水槽的施工·····	(717)
第二节	气柜塔体的施工·····	(725)

第三节	顶架和顶板的施工.....	(738)
第四节	各塔斜梯和导轮施工.....	(740)
第十五章	输油气管道工艺与自动化概述.....	(742)
第一节	天然气输送管道.....	(742)
第二节	成品油顺序输送管道.....	(772)
第三节	原油输送管道.....	(795)
第四节	长输管道现场检测与控制仪表基础.....	(802)
第五节	长输管道自动化系统工程的相关知识.....	(804)
第六节	流量检测仪表.....	(816)
第七节	SCADA 系统	(823)
第八节	长输油气管道自动化系统实例.....	(836)
参考文献		(844)



第一章

绪论

第一节 油气储运设施施工的任务和分类

一、油气储运设施施工的任务

油气储运设施施工的目的是,根据该设施或单体的设计要求,在施工、验收规范的指导下,高效、低耗、优质、高速地完成设施建设,以达到投产的要求。油气储运设施的建设,要经过设计与施工两个阶段。

在设计阶段,主要完成工艺设计和结构设计两部分内容。对长输管道来讲,工艺设计主要是解决输送方案,即确定线路走向、管道长度、管径,确定泵站(压气站)规模、形式和数量,选取较佳的输送参数(压力、流量、温度)等。对工艺站场和油库来讲,工艺设计主要包括站场(油库等)的总图设计、工艺流程设计、设备选型、油气水处理系统工艺设计等。结构设计主要完成油气储运工程中有关结构和构筑物设计的工作,这些工作包括:油罐与管道的强度问题、支撑问题和热应力的补偿问题,防腐绝缘材料及结构,穿跨越工程和泵站(压气站)设计等。

在施工阶段,施工的任务就是要按照设计要求进行油气储运设施中各单体设备、工艺管道的施工和仪表安装,达到试运、投产一次成功。为达到这个目的,作为一个设计人员、施工管理人员和工程技术人员,不仅要掌握一定的工艺和结构设计知识,更重要的是要有较丰富的施工知识和经验。

随着科学技术的发展,油气储运工程施工面临着如何选用最佳的工程结构和新材料,如何选择最合理的施工方案和使用最先进的施工方法,以及如何提高施工管理水平等问题。这就要求人们不仅要在实践中去不断总结经验,而且要在理论研究中不断探索,提出更先进的工艺结构和提供具有现代化水平的施工管理、施工组织与施工技术。本书就是从采用先进的科学技术、提高施工水平、改善施工组织和施工管理方法等三个方面入手,来介绍施工的基本知识和基本方法,达到在油气储运设施施工中不断提高劳动生产率、保证工程质量、加快施工速度、提高施工水平的目的。

二、油气储运设施施工的分类

油气储运设施主要包括工艺站场、长距离输油气管道和大型油气储存设施等。

1. 工艺站场施工的分类

按工艺站场的用途不同,可分为:油气田计量站、联合站、接转站和污水处理站施工,油气输送管道的首站、中间站、末站和线路阀室的施工,海上油气生产系统的生产平台与处理平台施工,炼油厂、化工厂的施工,以及城市燃气系统的门站、降压站和计量站施工等。

按工艺站场所处的地理环境不同,可分为:陆上工艺站场施工、海上工艺站场施工和沙漠工艺站场施工。



按所处理(输送)的介质不同,可分为:油田工艺站场施工、气田工艺站场施工、原油管道工艺站场施工、成品油管道工艺站场施工、天然气管道工艺站场施工和城市燃气工艺站场施工等。

2. 长输管道施工的分类

对于管道施工来讲,按照管道的布置方式不同,可以分为:埋地管道施工、管堤埋设管道施工(又分为半埋地敷设和地面敷设)和架空管道施工,如图 1-1-1 所示。

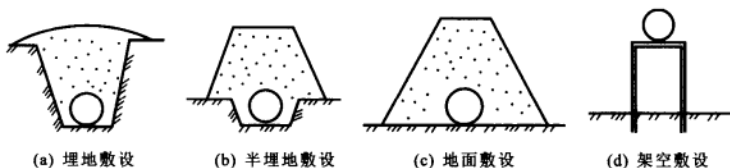


图 1-1-1 管道的布置方式

按照管道所处的地理环境来划分,管道施工可以分为:陆上管道施工、海上管道施工和沙漠管道施工。

按照管道的施工位置来划分,管道施工可以分为:站(库)内管道施工与设备安装和干线管道施工。

按照管道内所输送的介质来划分,管道施工可以分为:原油管道施工、天然气管道施工、成品油管道施工、蒸汽和压缩空气管道施工等。

3. 大型油气储存设施施工的分类

按储存介质的类别不同,可分为:原油储存设施施工、成品油储存设施施工、储气设施施工等。

按油气储存设施所处的位置不同,可分为:陆上、海上、沙漠、地上、地下和半地下油气储存设施施工。

第二节 长输管道施工的特点和内容

2

一、长输管道施工的特点

长距离输油、输气管道工程属于线型工程,线型工程施工的工作量沿线分布,工作线成为一条线。线型工程的工作线是开阔的,因此,长输管道施工具有以下特点。

1. 施工作业的单一性和连续性

单一性是指长输管道施工工作量的 70%~80% 是管道敷设,它的作业内容(如挖沟、布管、组对焊接和防腐绝缘等)比较单一。连续性是指以上各工序的衔接非常紧密,便于使用机械进行连续作业,即各项作业按照施工程序一环扣一环地进行。

2. 野外作业、作业线长

长输管道绵延数百到数千千米,工作线比较长,使得施工过程中人力和物力比较分散,其施工组织和后勤保障工作较为复杂。

3. 施工作业速度快、流动性大

长输管道施工可以采用快速流水施工,每一个综合施工队日推进速度可以达到 1~3 km。因此,各种施工设备必须具有轻便和适宜快速搬运的特点。

4. 自然障碍多

除了大型穿跨越工程外,管道还可能穿过众多的小型沟渠和道路,以及森林和沼泽。这些区域都可能影响管道施工的推进速度,必要时必须采用专门的施工队伍提前清理这些障碍。

二、长输管道施工的内容

长输管道的施工一般应包括开工前的准备工作、工程施工,以及试运、投产和交工。下面重点介绍工程

施工的过程及内容。

基本工程施工包括以下 17 项内容,图 1-2-1 是施工示意图。

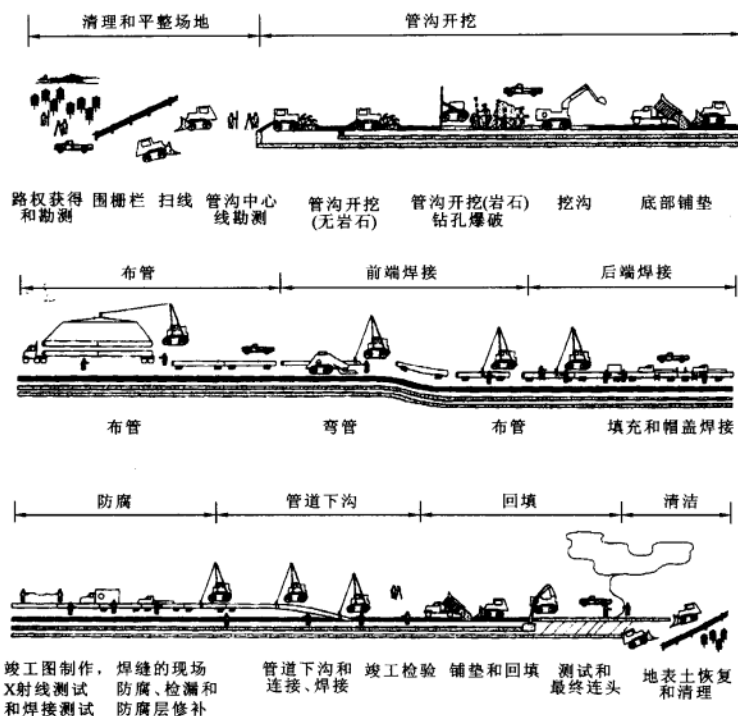


图 1-2-1 管道施工示意图

- (1) 测量放线——确定管道实地安装的中心线位置,并画出施工带界限。
- (2) 扫线——开拓、清理沿线施工作业带,为管道安装作业创造运输和安装的场地条件。
- (3) 开挖管沟——完成埋地管道土石方开挖作业。
- (4) 运管——把钢管从预制厂或车站、码头装运至施工现场。
- (5) 预制弯管——根据设计要求和现场条件,预制各种曲率和角度的弯管。
- (6) 布管——把钢管一根接一根地布置在管道安装作业线上。
- (7) 管道组装——把待焊的钢管按要求对口并焊接固定。
- (8) 管道焊接——把单根钢管焊接成管道。
- (9) 焊缝探伤——用各种手段检查环形焊缝的质量。
- (10) 防腐绝缘——在钢管外壁和/或内壁涂覆防腐绝缘层。
- (11) 补口——管道环形焊缝处的防腐绝缘层施工作业。
- (12) 检漏与补伤——检查管道防腐绝缘层破损处,并按规范要求进行修补。
- (13) 下沟——把管道或焊好的管段吊放在管沟内预定安装埋设的位置上。
- (14) 回填——把沟内已就位的管道掩埋起来。
- (15) 试压——利用液体或气体介质,将规定的压力施加于待试管道上,以检验管道的强度和严密性。



- (16) 通球扫线——用水或压缩空气推动清管球从管道内通过,以排出管道内的污染物。
- (17) 恢复地貌——清理施工现场和恢复沿线原地貌。

第三节 国内外油气储运设施施工的技术现状

一、国内外长输管道施工技术现状

最近几年是我国长输管道建设蓬勃发展的时期,管道直径增大、输送压力提高,使得管道壁厚增大、钢材钢级提高,这就要求有更高水平的管道施工技术,从而加大了施工的难度。

世界级的大型管道工程——西气东输工程,西起新疆,东到上海,横跨中国大陆,干线全长约 4 000 km,经过各种复杂的地形、地貌;管径大(1 016 mm)、设计压力高(10 MPa)、钢级高(X70)、管壁厚(最大厚度 26.2 mm,最小厚度 14.6 mm);全线采用 3 层 PE 外防腐层和内减阻涂层;一类地区采用螺旋焊管,二、三、四类地区采用直缝埋弧焊管;并首次采用管道全位置自动焊、自动超声波(AUT)检测、盾构等技术和符合国际标准的 HSE 管理。该工程大型穿跨越工程多;隧道穿越长江、黄河各 1 次,大型顶管加定向钻穿越黄河 1 次,定向钻穿越淮河 1 次,穿越其他大型河流 12 次,穿越中型河流 80 处,跨越黄河 1 次,穿越公路 648 处,穿越铁路 46 处,建设陆上隧道 14 条,沿管道建设伴行路 1 105 km。线路工程共建设站场 35 座,阀室 138 座,其中压气站 10 座(燃驱压气站 6 座,电驱压气站 4 座);通信系统采用卫星通信。

先进的施工技术保证了大型长输管道建设的成功,下面分别介绍各种新技术的现状。

1. 线路规划

我国现已成功应用遥感技术进行管道设计,优化了线路方案,提高了选定线效率和对穿越方案的精细解释分析;利用数字高程模型(DEM)和数字线划地图(DLG)及遥感影像,生成三维地面立体景观,在计算机上实现了空中漫游观察线路。

2. 管道自动焊

伴随着长输油气管道建设事业的发展,国内管道焊接技术也得到了迅速发展。20 世纪 70 年代及以前采用传统手工焊;20 世纪 80 年代初,中国石油天然气管道局引进了美国、欧洲的手工下向焊工艺,并逐步推广到大部分施工企业;20 世纪 90 年代初,我国从美国引进了自保护半自动焊接设备和工艺,1995 年在突尼斯管道工程首次使用,在庫都线、苏丹一期等管道工程得到完善,之后,广泛应用于涩宁兰、兰成渝和西气东输等管道工程建设;“九五”末期开始进行管道自动焊(填充、盖面焊)的引进、研制和试验工作,先后在郑州一义马工程、陕京线、涩宁兰线等管道工程施工中,对从国外引进的管道自动焊设备及施工技术进行消化吸收,对中国石油天然气管道局管道科学研究院研制的国产管道自动焊及配套设备进行了工业化现场试验。2001 年从英国 NOREAST 公司引进的管道全位置自动焊接内、外焊机和对中国石油天然气管道局管道科学研究院研制的 PAW2000 全位置自动焊机,成功地应用于西气东输工程建设。

在西气东输工程中,采用了两种全位置自动焊接方式:一种是 NOREAST 内焊机根焊+PAW2000 国产外焊机热焊、填充、盖面焊,或 NOREAST 内焊机根焊+NOREAST 外焊机热焊、填充、盖面焊接方式;另一种是 PWT 自动外焊机根焊+PAW2000 国产外焊机热焊、填充、盖面焊接方式。运用这两种焊接方式共完成管道焊接约 670 km。可以说,国内已经全面掌握了管道全位置自动焊内、外焊接技术。

3. 自动超声波(AUT)探伤

从 20 世纪 70 年代的手持式超声波检测到 20 世纪 80 年代的 X 射线检测,一直到现在的 X 射线(管内爬行者)和 AUT(多通道相控阵超声波)无损检测技术的综合运用,充分体现了管道焊缝检测技术的不断提高。目前,以相控阵超声波检测技术为代表的管道全自动超声波检测技术在国外已经进入实用阶段,代表了管道焊缝检测技术的发展方向。



4. 管道防腐

目前,国内外一般采用聚乙烯三层结构作大管径埋地管道外防腐层,双层熔结环氧作弯头防腐层,热收缩套(带)作补口防腐层。另外,为了减小管道内壁粗糙度,减少摩擦阻力,提高输送效率,常采用液体环氧涂料作内壁涂装。

5. 定向钻穿越施工技术

中国石油天然气管道局自20世纪80年代引进大型定向钻穿越设备以来,已经进行了近30年的管道穿越工程实践。目前已经掌握除卵石含量大于20%以外的各种地质条件下的管道穿越施工方法,可穿越大、中、小型河流。到目前为止,共完成302条河流的穿越,总长度达150 km,创下10多项国内外定向钻穿越纪录。代表工程有:钱塘江、黄浦江、吴淞江、淮河、长江、黄河、尼罗河穿越等,2002年7月完成的钱塘江定向钻穿越以2308 m的穿越长度载入吉尼斯世界纪录。

6. 泥水平衡盾构穿越技术

盾构(SHIELD)是一个既可以支承地层压力又可以在地层中推进的活动钢筒结构。盾构法施工是以盾构这种施工机械在地面以下暗挖隧道的一种施工方法。中国石油天然气管道局在忠一武输气管道红花套长江江底隧道工程中采用了泥水平衡盾构穿越技术。

7. 卫星通信技术应用

西气东输管道通信系统以卫星通信系统为主,不仅承担管道生产运行、维护等调度用语音通信业务,同时还承担着温度、压力和流量等参数的传输,实现上海调控中心对全线各站场、阀室的集散型控制。西气东输主干管道全线共安装了181套卫星通信设备,其中站场内安装43套,阀室内安装138套。西气东输工程分东、西两个阶段进行,东段于2003年10月1日投产运行,西段于2004年9月1日投产运行。

二、管道施工技术的发展趋势

西气东输工程涵盖了我国绝大部分地质、地貌条件下管道施工的环境条件,为参加建设的管道施工队伍提供了开发、研究管道施工技术并付诸实施的绝佳机会。该工程的实施使管道施工队伍掌握了一批新技术,如管道自动焊、AUT检测、大型顶管穿越、盾构穿越以及江南水网地区施工等,使国内管道施工技术水平有了质的飞跃,有些技术已经达到或接近国际先进水平,但有些方面与国际水平还有较大差距。

根据国际管道施工技术的发展现状和我们与之存在的差距,今后国内应向以下几方面发展。

1. 管道自动焊技术、施工装备应不断完善和国产化

管道自动焊技术的先进性,使得采用这种焊接工艺施工更具人性化,施工效率高,能够很好地保护环境,适应社会发展的需要。因此,今后国内管道工程建设,在条件允许的情况下,应尽可能多地采用自动焊技术,使其不断发展和完善;同时,随着自动焊机及配套装置的不断更新,完全实现国产化,将会对自动焊技术的发展起到极大的推动作用。

2. 水网地区管道施工装备标准化和施工技术完善

西气东输江南水网地区的地基承载力低、施工条件恶劣,给管道施工带来很大困难,经过参建队伍的努力,创新了多种施工方法,比较顺利地完成了管道建设任务。但回顾施工过程,作业环境非常差,多数作业设备不能正常发挥作用,施工效率低,经济效益差,这些都对施工企业的发展不利。因此,需要根据水网地区的地质、地貌特点,研发与之相适应的标准化作业设备及配套的施工技术,以减轻施工作业人员的劳动强度,提高作业效率和工程质量。

3. 探索、完善大型顶管和盾构穿越技术

大型顶管和盾构穿越技术均是国内新引进的大型河流穿越技术,我国目前虽然掌握了操作工艺,但复杂地质条件下的施工技术,尤其是各相关工序配套施工技术还需进一步探索和完善,以提高穿越的成功率和施工效率。



4. 施工新技术的开发

为了提高管道设计、运营管理水平,油气运输管道正向数字化方向发展,与之相配套的施工作业也要满足数字管道的要求,因此需要研究数字管道施工技术和装备。新型 LNG、LPG 管道,需要研究新的焊接工艺及焊接方法。中俄管道的建设需要研究冻土地区的管道施工技术和装备,以及新型防腐材料及其施工技术和装备。

三、油罐施工的技术现状与发展趋势

自 20 世纪 50 年代末发现大庆油田以来,我国的石油储罐建设得到了迅速发展,不但建造了较多小直径的油罐,而且为适应当时社会环境的要求还建造了地下油罐和半地下油罐。20 世纪 70 年代后期到 20 世纪 80 年代,我国政治经济形势发生了翻天覆地的变化,石油工业迅猛发展,储罐建设也随之发生了巨大的变化。首先,从地域分布上来看,原来的油气田及炼油厂、石油化工厂均建在内地,油罐也建在内地。随着改革开放政策的实施,我国石油进出口量增大,再加上上海石油的开采,这使石油储罐建设在我国沿海地区得到迅速发展。其次,储罐的容积也不断向大型化发展。自 1985 年从日本引进 $100\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐的设计和施工技术并在秦皇岛建成之后,陆续又引进建成了 40 多座 $100\,000\text{ m}^3$ 浮顶油罐。国内第一座 $150\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐近期在江苏仪征建成并投入使用,并且开始研制大型储罐用国产钢材。从我国现有油罐来看,绝大部分油罐的容积不超过 $50\,000\text{ m}^3$,而且 $50\,000\text{ m}^3$ 油罐所用的大部分钢材是从日本或其他国家进口的。国产钢材主要成分是 16MnR,因其强度较低,使得 $50\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐下部第一节壁板厚达 34 mm,这给大型储罐的建造带来了很大的困难。

从施工角度来看,尽管近几年我国的储罐施工队伍不断发展,但自动焊技术水平和设备国产化程度还不高。总的来看,目前我国的储罐建设,不论是储罐的容积、数量,还是国产化水平,均处于起步阶段。

根据我国石油及化工企业的发展状况,今后储罐的发展方向是大容积、国产化、自动焊(包括与国产钢材、进口钢材的焊丝匹配以及焊接设备)等。

1962 年美国首先建成了 $100\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐;1967 年委内瑞拉建成了 $150\,000\text{ m}^3$ 的浮顶罐;1971 年日本建成了 $160\,000\text{ m}^3$ 的浮顶罐,其直径达 109 m,高 17.8 m;沙特阿拉伯建成了 $200\,000\text{ m}^3$ 的巨型储罐,其直径达 110 m,高 22.5 m。根据有关资料分析,储罐容积越大,单位容积的钢材耗用量越低,建罐投资相应减少,同时罐区总占地面积也越小。从经济性角度考虑,建造 $125\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐最为经济,建造 $150\,000\text{ m}^3$ 和 $100\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐次之, $50\,000\text{ m}^3$ 储罐的经济性最差。因而,我国的储罐建造容积应以 $125\,000\text{ m}^3$ 为首选对象,尽可能避免建造 $50\,000\text{ m}^3$ 或更小容积的储罐。

建造大容积储罐,需用高强度钢板,目前我国所使用的高强度钢板,大多是日本生产的 SPV490Q 钢。由武汉钢铁设计院、北京燕山石化公司、合肥通用机械厂、中国石化北京设计院组成的攻关小组,对 07MnCrMoVR 钢进行了研究开发,并成功用于北京燕山石化公司 3 台 $100\,000\text{ m}^3$ 浮顶罐。今后,为了满足我国大型储罐建设发展的需要,应进一步研制高强度钢材,提高国产高强度钢材的质量和产量。

从施工角度来看,尽管我们根据日本及有关国家的规范,结合我国具体情况,首创了各种大型储罐的施工方法。但是,在大型储罐的自动焊接设备方面,目前尚存在不足之处,特别是与引进的高强度钢材相匹配的自动焊丝,尚依赖进口,这是今后我们建造大型储罐所必须解决的课题。

大型油罐单罐占地面积大,若油罐所在位置地质条件差别较大,会给油罐基础设计和基础处理工作带来一定难度。如何解决复杂地质条件和沿海、沿江河等承载力差的地区的油罐基础设计和基础处理问题,是建造大型油罐必须研究的课题。同时,LNG 等低温储罐的钢材与焊接技术也是必须研究的课题之一。

总之,随着国家石油战略储备工程的开工建设,我国大型油罐的数量会有大幅度增加,油罐设计、研究和建造工作者将面临更大的机遇与挑战。