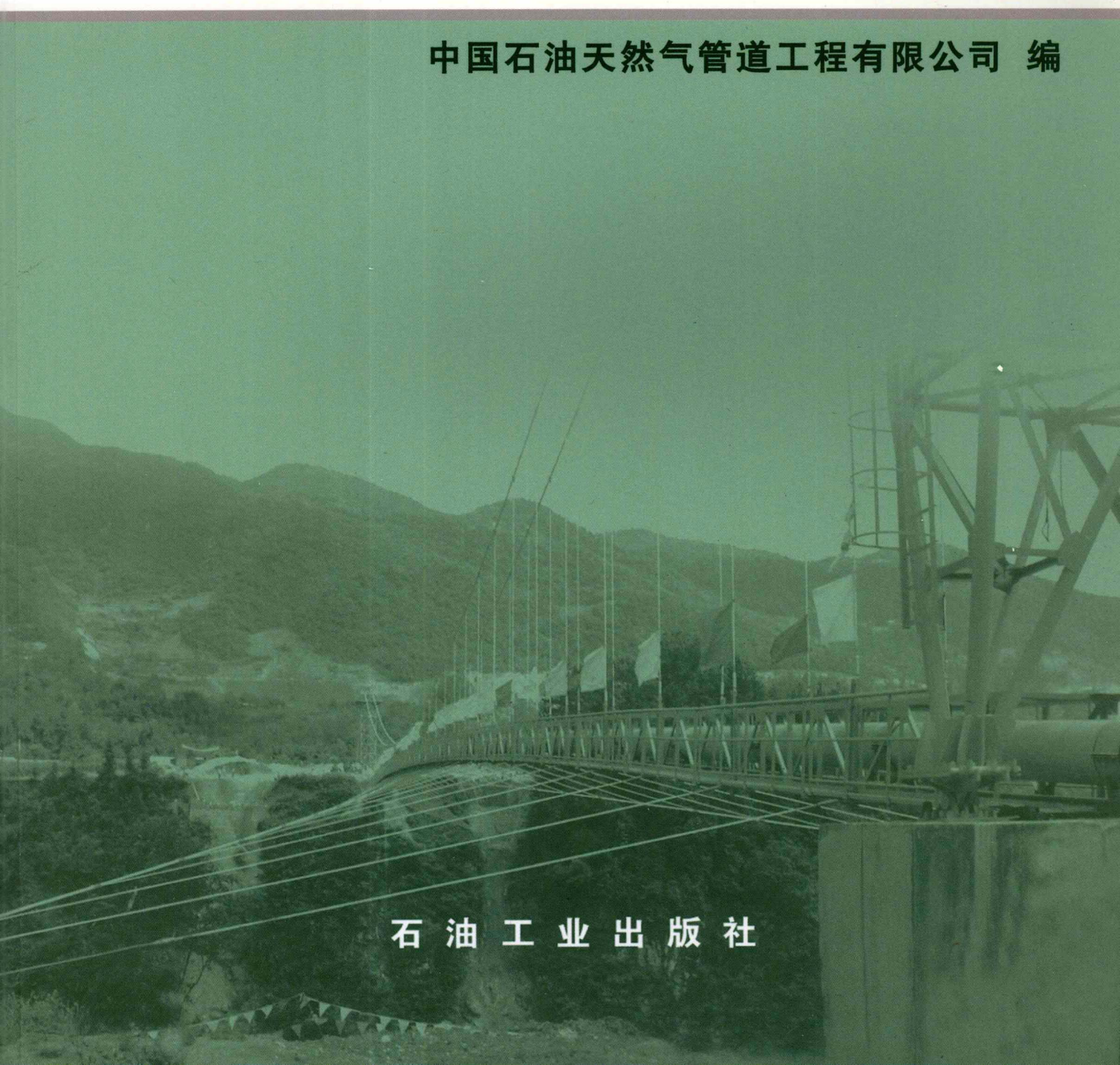


油气储运技术论文集

(第四卷)

中国石油天然气管道工程有限公司 编



石油工业出版社



中国石油

油气储运技术论文集

(第四卷)

中国石油天然气管道工程有限公司 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本论文集收集了中国石油天然气管道工程有限公司员工在工作、科研、学习中的技术总结、新技术研究、新工艺应用和管理创新理念的论文 134 篇。作者从工程咨询、工程勘察、工程设计、工程施工等方面研究了管道、油气田地面建设的新技术、新工艺、新管理和新发展,介绍了管道工程、油气库、滩海油气田开发、油气加工、自动控制、商务、管理以及科研等方面取得的成果、经验和最新信息。

本论文集可以为油气储运和管道工作者提供有益的帮助与创新的思维,有助于推动油气储运和管道行业的快速发展,也可供石油院校师生阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气储运技术论文集. 第4卷/中国石油天然气管道工程有限公司编.
北京:石油工业出版社,2008.9

ISBN 978-7-5021-6701-1

I. 油…

II. 中…

III. 石油与天然气储运-文集

IV. TE8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 111158 号

油气储运技术论文集(第四卷)

中国石油天然气管道工程有限公司编

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. cn

发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

印 刷:北京晨旭印刷厂

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

889×1194 毫米 开本:1/16 印张:40

字数:1200 千字 印数:1—900 册

定价:140.00 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

编 委 会

名誉主编：

董 旭 李 强

主 编：

张文伟

副主编：

陈 枫

编 委(以姓氏笔划为序)：

丁洪兵	王冰怀	付景龙	刘树武	宋 鹏	孟凡彬
单煜炎	祝宝利	赵 蕊	袁满仓	简朝明	

前 言

中国石油天然气管道工程有限公司在“十一五”期间先后承揽了西部管道、西气东输增输、西气东输二线、冀宁联络线、中亚天然气输送管道工程、岢山国家石油储备库、兰银输气管道、兰郑长成品油管道工程、涩宁兰天然气管道复线工程、中哈原油站场、乐东气田开发项目陆上终端、汇鑫储油库、陕京二线地下储气库、俄罗斯原油改造、东北管网改造等一大批国内外重点项目。在这些工程项目中应用了许多新技术、新工艺和新的项目管理模式,同时也积累了丰富的经验和资料。

中国石油天然气管道工程有限公司在 2005 年、2006 年、2007 年先后编写了《油气储运技术论文集》第一卷、第二卷、第三卷,这些论文集的发表为员工学术研究和技术成果提供了平台。

本论文集共收集了公司员工撰写的论文 134 篇,分类编设专业栏目六个。向读者提供了油气开发储运的勘察、设计、工程项目管理等方面的研究成果、经验和最新信息。

在本论文集出版过程中得到中国石油天然气管道工程有限公司领导和有关部门的支持与帮助,姜宇澄在本书编辑中做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限、时间仓促,在编写过程中难免有不妥之处,希望广大读者及时提出宝贵意见。另外,本书中部分使用了非法定计量单位,请广大读者在阅读时注意。

编委会

2008 年 8 月 10 日

目 录

· 安全与站场设计 ·

西部管道工艺设计特点及分析	朱坤锋 (1)
变频调速泵在成品油管道中的优势	桑广世 (7)
长输管道冷弯管设计	余志峰 (12)
放空火炬计算方法研究	齐建波等 (15)
西气东输二线管道工程阀室放空系统设置研究	齐建波等 (22)
有转输泵的支线输油管道水击保护系统优化设计	徐水营等 (30)
LNG 接收站工艺流程浅析	曹书荣等 (38)
管输混油情况分析	秦 琴等 (42)
基于灰色神经网络模型的天然气消费量预测研究	李 宁 (46)
火车装车现状及密闭装车自控系统简介	王 梅 (52)
油气回收技术简介	王 梅 (56)
输气管道设计中月不均匀系数的选取和应用	张 磊等 (60)
水套炉天然气燃烧数值模拟	徐 栋等 (63)
干气密封在天然气压缩机中的应用	陈小宁等 (70)
关于成品油管道贸易交接计量系统的论述	聂中文等 (74)
管道泄漏检测技术及应用	单富强等 (80)
光学界面检测仪应用及探讨	聂中文等 (85)
广东 LNG 输气管道自动化系统设计	张 衡等 (89)
开路式红外可燃气体探测系统在天然气露天站场的应用探讨	周 娟等 (94)
一种测量油水饱和度的电容式传感器设计	徐建辉等 (98)
结合 ISO 11064 规范浅谈廊坊备用调度控制中心的人类工程学和科学人性化设计	吴兆鹏等 (104)
中沧线 SCADA 系统在廊坊调控中心数据整合工程中的实现	李小睿等 (111)
陕京二线输气管道 SCADA 系统介绍	汪金满 (116)
自动化仪表系统的干扰防护	赵 勇 (119)
挤密碎石桩在液化土地基中的应用	顾宗昂等 (122)
静压预应力管桩施工中常见的质量问题及防治对策	刘忠昊等 (126)
预防地基变形的建筑结构措施	魏成国等 (130)
浅谈深基坑变形机理与支护设计	韩 勇等 (133)

论湿陷性黄土地基处理	梁久正	(137)
管道工程设计中 UPS 系统蓄电池的选择	董昭暘等	(140)
长输管道阀室太阳能供电系统	杨金刚等	(145)
变频调速系统在长输管道中的应用	柴芬义	(149)
旋风分离器在高压天然气管道工程中的应用	王 成等	(153)
浅谈统一通信	刘桂志	(159)
SCPC 点对点卫星通信系统在中亚管道中的应用	唐 盛等	(164)
光缆(硅芯管)与管道同沟敷设位置的探讨	渠忠强等	(168)
西部油气站场取水方式探讨	李德权等	(173)
浅谈输油气站场空压站设计	周长才等	(176)
几种泡沫比例混合装置的比较及运用	陈 诚等	(182)
中倍数泡沫灭火系统在储罐中的应用与分析	陈 诚等	(186)
浅析城市燃气常用气源的互换性	杨卫东等	(191)
浅谈西气东输电驱压气站循环冷却水系统设计	史玉峰等	(196)
哈萨克斯坦 9 号站工程给水排水消防设计中的体会	王小强等	(199)
浅谈城市燃气的调峰方式	曹 雄等	(203)
西气东输管道增输工程设计回顾	郭 伟等	(210)
俄罗斯原油与大庆原油顺序输送方案探讨	张 鑫等	(214)
太平庄—沈阳石蜡厂输油管线改造计算分析	武化宇等	(222)
原油储罐维温负荷的计算	滕大志等	(228)
混凝土构件的裂缝类型及裂缝宽度验算	关学强	(236)
蜂窝式压弯构件平面内稳定有限元分析	谢志刚	(241)
金属原油储罐的腐蚀与防护	赵 宇等	(247)
水套炉加热盘管传热特性实验研究	蔡丽韞等	(250)
强夯置换碎石墩在油罐地基处理中的应用	许 敏等	(259)
混合原油凝点模型研究	赵玉洁	(266)
底片数字化信息管理系统的应用	李晨侨等	(273)

· 油田与储库设施建设 ·

三塘湖油田 110kV 长距离供电线路的电容效应分析及对策	孙玉雪等	(278)
配电系统自动化在油气场站中的应用	邵长娟等	(280)
微机自动化系统在油田变电站的应用及设计探讨	刘庆红	(284)
接地知识概述	刘 娜等	(288)
埋地硬聚氯乙烯排水管道浅谈	郭 伟等	(294)
玻璃钢储罐的技术特点及其在我国油田应用前景	李凤舞等	(299)

大型外浮顶油罐加顶盖问题探讨	牟彦霖等	(302)
浅谈不同类型地下储气库地面工艺技术	王东军	(305)
浅谈 LNG 气化站的工艺设计	周长才	(313)
苏丹液化石油气储罐消防设计	郭守德等	(319)
浅论大型油库消防系统的反应时间	吴建平	(323)
LNG 接收站制氮方案的选择研究	吴凤荣等	(327)
应急电源(EPS)在舟山国家石油储备基地工程中的应用	胡春丽等	(331)
大型储罐防腐涂料的使用	许乃迪等	(338)
铁岭原油商业储备库工艺管网设计方案	于大勇等	(343)
大型储罐地基基础的设计与研究	孙云颢	(346)

· 线路勘察与工程 ·

现役管道带弯头弯管段不停输沉降的设计与施工	陈文国等	(351)
长输管道线路设计与环境保护问题	张振永等	(359)
地下储油洞库工程岩体分级的一致性对比	郭书太等	(364)
中高分辨率卫星数据在中缅管道线路优化中的应用	苏兰茜等	(370)
多年冻土区埋地加热输油管道周围土壤热响应非线性分析	何树生等	(379)
河床冲刷深度与河流凹岸局部冲刷深度的确定和计算方法研究	王洪波等	(389)
长输管道滑坡与危岩(崩塌)的工程治理及防治措施的选择	王洪波等	(393)
冻土中输气管道的管—土相互作用分析	王洪波等	(399)
地理信息系统在油气管道工程中的应用	李宝华等	(405)
管道穿越公路径向稳定计算	陆江等	(409)
水下盾构隧道环片结构力学分析	韩桂武等	(413)
岩土特性差异对管道受力的影响	韩桂武等	(418)
不同倾角节理对地下储油岩洞稳定性影响分析	苏卫锋等	(423)
海底管道的后挖沟分析	刘其民等	(429)
熔结环氧粉末在管道防腐中的应用与发展	郑安升等	(434)
浅议沙漠地区管道伴行道路的防沙设计	何伟等	(438)
兰郑长跨越防洪评价实际运作过程	詹胜文	(441)
VI级围岩半圆形直墙拱隧道稳定性计算分析	曾志华等	(443)
浅谈中点单觇法三角高程测量	袁顺新	(447)
印度东气西输工程 Ambika 河顶管隧道出口地基改良	何宝锋等	(450)
GPS/全站仪组合测量地形图中距离计算的研究	郭先锋	(455)
StarFire 星站差分系统在管道测量中的应用	迟凤明等	(461)
构造节理理论在黄土隧道勘察中的应用	江丛刚等	(465)

海洋地质灾害研究的基本问题	周劲松等	(470)
GPS - RTK 在长输管道施工测量中的应用	罗伟国	(477)
小型定向钻穿越公路的应用	周立飞等	(481)
小型隧道在管道穿越山体中的应用	罗 赣等	(485)
兰郑长项目水工保护在河南西段中的应用概述	迟继元等	(489)
打套管结合定向钻在建国河穿越中的应用	赵 钊等	(493)
悬索管桥锚碇设计	徐晓霞	(499)

· 项 目 管 理 ·

工程总承包(EPC)项目的风险管理	宋彤琴	(502)
做好国际工程设计及设计管理工作	吴原骏等	(506)
浅谈咨询工作成果的定义和评价	蔡宏业等	(509)
分包管理的探讨	孙志伟等	(512)
国际工程的风险分析和风险管理	刘贤娟等	(515)
国际工程施工索赔管理	刘贤娟等	(520)
国际 EPC 工程进度控制的探讨	武惠永等	(527)
如何做好国际 EPC 工程费用控制	武惠永等	(530)
浅谈施工行业中的 HSE 管理	邵 强	(533)
浅谈工程总承包项目审计	梁英威等	(536)
论工程量清单计价模式与定额计价模式的区别	赵 霞等	(540)
浅谈管道工程的项目管理模式	韩 玲等	(544)
浅析对采购分包商的索赔	李尔敏	(548)
国外 EPC 项目采办清关问题浅析	黄引萍	(551)

· 企 业 管 理 ·

浅谈现代企业制度下国有企业的企业文化	王 梅等	(554)
加强企业文化建设 提升公司核心竞争力	付 婧	(557)
改进设计方式 适应核准制需要	钱 锋等	(561)
浅谈设计咨询业知识产权保护	张 洋等	(565)
有限责任公司股权转让的相关法律问题浅析	靳永收等	(568)
论不动产善意取得	靳永收等	(573)
自认效力相关问题初探	靳永收等	(578)
企业管理信息化实践浅析	王 鹏等	(582)
石油石化施工企业多项目管理系统研究	李晨侨等	(589)
结合工会工作谈求真务实	刘 洋	(593)
基于协同设计管理平台归档电子文件的安全与质量控制	田淑玲等	(596)

· 探索与发展 ·

管道光通信技术发展的考虑	邬俊华	(598)
管道项目 SCADA 和通信 EPC 工程之我见.....	王 刚等	(602)
XM 在线振动监测和保护系统在长距离输油管道泵站的应用前景探讨	黄 丽等	(606)
膜结构的设计施工现状与应用前景	顾宗昂等	(611)
总图运输在油气厂(站)设计中的发展探讨	司利旋等	(614)
海外油气勘探开发项目风险分析	史玉峰等	(617)
论电气工程师的现代设计意识	王欣欣等	(623)
论我国装备制造业的发展	东志红等	(626)

西部管道工艺设计特点及分析

朱坤锋

(中国石油天然气管道工程有限公司工艺室)

摘 要 西部原油管道和成品油管道均采用顺序输送工艺,本文概括介绍了西部原油管道和成品油管道顺序输送工艺的主要技术特点,同时分析了原油管道和成品油管道顺序输送工艺存在的差异,指出了在顺序输送工艺设计中应注意的问题;并总结了设计过程中遇到的原油成品油双管同沟敷设温度场影响、原油加热和综合热处理顺序输送工艺确定、大输量高压输油泵优化选型等主要工艺技术难题的解决方法。

西部原油管道、成品油管道工程(简称“西部管道”)是中国石油为保证国家能源安全、实施西部大开发战略,加快构建中国石油“北油南调、西油东送、逐步递推”格局的又一标志性工程。西部管道于2004年开工建设,成品油管道于2006年7月建成投产,原油管道于2007年6月建成投产。西部管道的建成投产标志着中国石油西部地区能源运输大通道的形成。

一、西部管道工程简介

西部管道起始于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市,终点位于甘肃省兰州市,包括成品油管道和原油管道两部分,成品油管道设计输量为 $1000 \times 10^4 \text{ t/年}$,主要输送90号、93号汽油和0号柴油(-10号柴油),设有6条分输支线和1条注入支线;原油干线管道设计输量为 $2000 \times 10^4 \text{ t/年}$,输送塔里木原油、吐哈原油、北疆原油和哈萨克斯坦原油,设有玉门分输支线1条,吐哈注入支线1条;管道干线(双管)全长1858km,管材为X65(L450),设计压力8.0MPa,局部最高设计压力为14.0MPa,途经沙漠、戈壁、山地、黄土塬,地形复杂。原油管道采用 $\phi 610$, $\phi 813$, $\phi 711$ 变径管设计,成品油管道采用 $\phi 559$, $\phi 508$ 变径管设计,两条管线同沟敷设,管线净间距为1.2m,工艺站场和线路阀室合并建设,公用工程共用;成品油管道采用常温密闭顺序输送方式,原油管道根据季节性不同采取常温、加热和综合处理顺序输送方式。管道采用SCADA控制系统,达到在调度控制中心对全线进行自动监控的技术水平;采用光纤通信为主数据通信信道,公网DDN备用。

二、原油管道和成品油管道顺序输送工艺主要技术特点

西部原油管道和成品油管道同沟敷设,均采用顺序输送工艺,工艺系统设计主要有以下特点:

(1)西部原油管道输送塔里木原油、吐哈原油、北疆原油和哈萨克斯坦原油,为满足不同炼厂的需求,实现优质优价,采用顺序输送工艺,以提高管道的经济效益,由于原油的物性差别较大,根据季节不同采用常温密闭顺序输送、加热和加剂综合处理密闭顺序输送工艺。

(2)全线主要工艺系统高度自动化,可以达到无人操作的控制水平;原油管道和成品油管道均采用在线模拟仿真系统,实现批量计划、批量跟踪、顺序输送、油罐及输油泵的优化运行,保证了顺序输送安全、平稳、高效地运行。

(3) 成品油管道采用调速泵和定速泵联合匹配,满足管道输送过程中压力和流量时时变化的特点,实现管道顺序输送的批量控制;为适应原油管道输量台阶变化的特点,原油管道输油泵采用更换叶轮的方法保证外输泵在各输量条件下具有较高的效率。低输量时采用小叶轮,大输量时更换为大叶轮。大、小叶轮一次采购,统一试验。

(4) 原油管道和成品油管道同沟敷设,管道运行管理方便,减少站场用地,减少人员设置,同时考虑到节约工程投资,在原油管道和成品油管道的工艺设计时综合考虑两条管道的不同水力条件,工艺站场和线路阀室合并建设,统一布置,公用工程统一设置。

(5) 采用以压力控制为主的控制模式,通过多参数控制回路的选择来完成管线的安全保护控制,利用压力调节阀、减压阀、调速泵对管道的进出站的压力或流量进行调节,满足管道的安全、平稳输油。

(6) 采用变径管设计和设立减压系统解决原油管道和成品油管道新堡站至兰州末站间管道 1291m 大落差地形的压力控制问题。

(7) 成品油管道改变在分输点设置分输站的设计模式,单独分输点均设计成分输阀室,采用集中分输/注入的方式;原油的分输和注入采取集中间歇分输/注入方式,对于高凝点原油的分输和注入,采取低凝点原油置换的工艺方法防止支线管道凝管。

(8) 成品油管道采用高精度、高分辨率的在线密度计和光学界面检测仪相结合的方式,实时检测管内油品界面变化,进行混油界面跟踪。采用光学界面检测仪对不同牌号汽油之间的混油界面进行检测,提高混油切割的精度;原油管道采用以模拟仿真计算为主、原油物性检测为辅的混油界面检测方法。

(9) 根据原油管道和成品油管道顺序输送不同要求,分别采用经济合理的混油处理方式,成品油管道顺序输送所产生的混油均依托兰州炼油厂处理;原油管道顺序输送所产生的混油不进行处理,混油界面按照 50% 切割,不进行混油处理。

(10) 原油管道采用了站内循环的方法进行停输再启动。在每个中间站泵的出口汇管上设超声波流量计、流量调节阀,然后与越站旁通管线连接。在停输再启动时,当出站管线内的原油因屈服值高无法启动时,原油可在站内循环,直到外输管道内的原油被“顶动”为止。采用了站内原油循环的方法进行停输再启动比设置专门的停输再启动螺杆泵的投资低,同时提高了管道的可操作性和安全性。

三、西部管道设计中解决的主要工艺技术难题

长距离、大口径原油管道和成品油管道同沟敷设在我国管道建设史上属于首次,同时原油管道干线采用加热和综合热处理顺序输送,在我国首次实现了多种原油长距离顺序输送。西部管道设计过程中有以下难题得以解决。

1. 原油成品油双管同沟敷设温度场影响分析

西部原油管道采用加热和综合处理顺序输送工艺,成品油管道采用常温顺序输送工艺,两条管道同沟敷设,管道净间距 1.2m(保证线路段施工、焊接等的最小间距)。原油管道是国内第一条与成品油管道并行同沟敷设的热油管道,双管同沟敷设可以节省占地、节约工程投资、方便运行管理等优点,但是,由于原油加热输送管道会在管道周围土壤层形成稳定的温度场,在两条管道间距较近的情况下,温度较高的土壤会对常温输送的成品油加热,从而使成品油带走部分原油的热量,使原油管道周围的温度场遭到破坏,不利于原油管道的安全运行。

由于加热输送原油管道的温度是关系到管道是否安全运行的重要因素之一,简单分析是不够的,必须对双管同沟敷设管道的温度场进行模拟计算分析。

在设计过程中,为了分析研究双管同沟敷设温度场的影响,专门设立“同沟敷设成品油管道对原油管道热影响区域”的研究课题。设计模拟计算了同沟敷设的成品油管道对原油管道的温度场的影响,以确定原油管道输送合理的工艺参数。分析可知,成品油管道对热原油管道的温度场影响较小,为同沟敷设方案的确

定提供了设计依据。

设计模拟了成品油管道对原油管道的温度场的影响,包括对稳态运行原油管道及冷热交替输送原油管道的油温的影响,模拟结果表明成品油管道对热原油管道的散热量和进站温度的影响都较小。

在模拟计算中,以鄯善—四堡站间距 240km 为例,对原油管道和成品油管道的温度场进行模拟分析,图 1 是管道沿线温度变化曲线,图 2 是四堡中间泵站进站原油温度曲线。

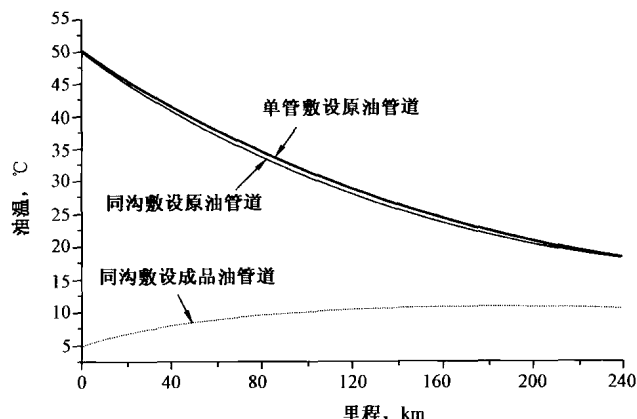


图 1 双管同沟敷设管道温度变化曲线

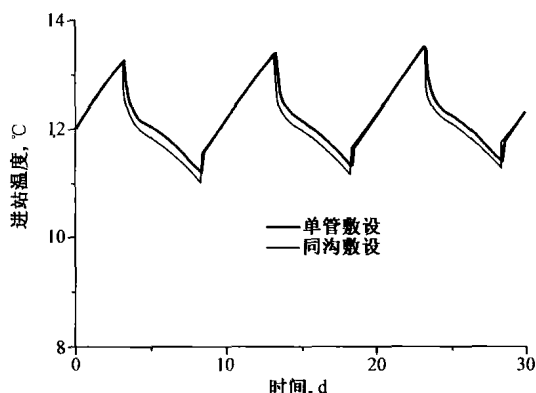


图 2 四堡中间泵站进站原油温度曲线

根据图 1 和图 2 的结果,可以得出以下结论:

- (1) 西部原油管道和成品油管道净间距 1.2m 时,常温输送的成品油管道对加热输送的原油管道影响较小,原油管道沿线温降曲线和单管相比降低较小。
- (2) 双管同沟敷设原油管道进站温度比单管敷设低 0.3℃。
- (3) 热原油管道对成品油管道影响较大,但不会影响成品油管道的安全输送。
- (4) 成品油管道对热原油管道的散热量和进站温度的影响都较小。

2. 原油加热和综合热处理顺序输送工艺确定

原油管道输送塔里木原油、吐哈原油、北疆原油和哈萨克斯坦原油,由于塔里木原油、北疆原油以及哈萨克斯坦原油的物性相差较大,考虑不同炼厂原油加工工艺的要求,并根据原油优质优价的原则,原油采用顺序输送工艺。

1) 原油顺序输送工艺难点

如果原油管道输送的各种原油均是低凝点原油,可以常温输送,则原油顺序输送工艺和成品油顺序输送工艺差别不大;当所输送原油物性存在较大的差异,特别是高凝原油和低凝原油的顺序输送时,需要对原油物性进行分析,考虑管道的热力系统的优化配置,以确定原油顺序输送的可行性。

西部原油管道输送的各种原油中,只有塔里木原油和哈萨克斯坦原油的物性较好、凝点较低,塔里木原油的凝点为 -11.6°C ,哈萨克斯坦原油(库姆科尔油:西西伯利亚油为 50:50)倾点为 -3°C ,均低于管道埋深处的地温(沿线最低地温为 2.1°C),可实现常温输送。

北疆油的凝点为 9°C ,吐哈油的凝点为 11°C ,根据规范要求,原油输送的温度应至少高于凝点 $3^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$,应根据不同地温采取不同的输送方式,当夏季低温在 16°C 以上,可常温输送,其他月份必须进行加热或进行改性,降低其凝点输送。

当冬季原油顺序输送时,如果采用塔里木原油和哈萨克斯坦原油常温输送而北疆原油和吐哈原油加热或综合热处理输油,这样在管道内形成“冷热油”交替输送的情况,不加热输送的塔里木原油和哈萨克斯坦原油会影响加热输送北疆原油和吐哈原油,管道周围土壤不能形成稳定的温度场,影响北疆原油和吐哈原油管道输送的安全性,因此原油顺序输送对塔里木原油和哈萨克斯坦原油也需进行加热输送。

由于原油管道在可研和初步设计前期阶段采用混输工艺,混油原油的凝点为 -3.0°C 以下,可以实现常温输送,原油管道和成品油管道工艺布站均只考虑水力条件,受西部管道沿线多处大落差地形影响,站间距不均,出现鄯善—四堡和玉门—张掖两个超过240km的大站间距。原油管道改为顺序输送工艺后,受管道建设的影响,工艺站场不能调整,因此在大站间距即使采取加热输送时的热力条件也不满足要求。在设计过程中,对增加热站和综合处理进行了比较分析,北疆原油和吐哈原油采用综合热处理凝点降至 0°C 以下,因此设计在大站间距采用综合热处理工艺。

为了降低能耗,可以对塔里木原油和哈萨克斯坦原油进行部分加热,即对冷油的“油尾”进行加热,以对冷油破坏的温度场进行恢复,满足北疆原油和吐哈原油的输送要求。这些具体的运行方案还有待于管道的运行中进一步优化研究。

2) 原油管道输送次序的确定原则

西部原油管道顺序输送高凝原油和低凝原油,其顺序输送次序主要考虑以下几个方面的因素:

(1) 各种原油的输送量,所占输量比例较大的原油应尽量增加输送次数,以减少首、末站储罐的罐容,输量较小的原油应尽量减少输送次数,方便运行管理。

(2) 所输油品的物性,应尽可能地按照油品物性相接近程度来安排输送次序。

(3) 高粘低凝原油顺序输送时,应重点考虑其最后一批次原油的物性,以解决分输/注入支线的防凝问题。

(4) 其他影响因素,如分输和注入的需要等。

玉门分输点向玉门石化主要分输吐哈原油和少量塔里木原油,由于原油管道干线采用顺序输送,玉门分输只能在吐哈原油和塔里木原油经过玉门分输泵站才能分输,而在北疆原油和哈萨克斯坦原油经过玉门分输泵站时,玉门分输支线必须停输,玉门分输支线只能采用间歇分输的方式进行分输作业,但是由于吐哈原油凝点较高(11°C),玉门分输支线分输完吐哈原油后,必须采用低凝点的塔里木原油置换吐哈原油,分输支线停输时不存放吐哈原油。

吐哈输入支线将吐哈油田的原油输送到鄯善首站,采用间歇输送方式,为了解决吐哈原油在支线停输时的防凝问题,也采用了在停输时用塔里木原油替换的方法。

综合以上各因素,在安排次序时,应将塔里木原油放在吐哈原油之后,因此原油管道顺序输送次序确定为:哈萨克斯坦原油—北疆原油—吐哈原油—塔里木原油。

3. 原油输油泵方案优化

西部原油管道鄯善—兰州干线线路长,全线设10个泵站,而且输量范围为 $1000 \times 10^4 \sim 2000 \times 10^4 \text{ t/年}$,输量范围宽,输量台阶多。如何保证全线输油泵在各种输量台阶下高效节能是一个非常重要的问题,是本次设计难点,主要表现如下几点:

(1) 输量范围宽,输量台阶多。

(2) 管道线路长,地形高差起伏大,各站所需泵的扬程在各输量台阶变化大。

(3) 输送原油品种多,顺序输送塔里木原油、吐哈原油、北疆原油和哈萨克斯坦原油物性各异,其中北疆原油和吐哈原油的凝点较高。

(4) 采用了常温或加热密闭输送工艺。

1) 串联系更换叶轮方案的确定

根据所输原油的物性及输量特点,本管道应选择高效离心泵。输油泵的运行方式为串联和并联,串联运行方式可适应管路扬程变化,但无法适应流量的大范围变化;并联运行方式适合于流量的大范围变化,但如果管路扬程变化大,节流损失将很大。本管道输量范围为 $1000 \times 10^4 \sim 2000 \times 10^4 \text{ t/年}$,输量还有可能更低,根据水力计算结果,在各输量工况下,各泵站管路需要的扬程变化较大,即本管道输量和管路扬程均变化很大,如采用泵串联运行的方式将无法适应输量变化,而如果采用并联运行方式,泵的节流损失大,无法满足节能降耗的要求。

通常情况下,由于输油泵功率较低,不需要设置单独的润滑油站就可满足电机自润滑要求,但当输油泵

的功率增大到一定程度后,电机功率超过 2400kW 时,电机必须采用强制润滑方式,因此需要配置润滑油站,使得整个系统非常复杂。而为了避免电机采用强制润滑,又需要降低单台泵的功率而增加泵的台数,又会给操作维护造成困难。因此,泵台数的确定应按台数尽可能少,电机尽量不采用强制润滑的原则进行。经过计算,为避免强制润滑,原油干线管道应考虑配 5 台泵,4 用 1 备。

鄯善—兰州干线采用密闭输送工艺,对于密闭输送管道,即使某一泵站泵提供的扬程大于管路需要的扬程,只要未超过该站出站的设计压力,该站就不需要通过调节阀节流,而可以将余压传递到下站利用。如采用并联运行方案,由于并联运行的每台泵的扬程均按设计压力确定,即使上站有余压,由于设计压力的限制,也无法累积到下站使用。如果采用变频调速电机,全线各站每台泵均需要采用变频调速电机,投资非常大,因此,在不采用变频调速电机的情况下,余压只有通过调节阀节流损失掉。如采用串联运行方案,由于每个站可以通过多开或少开泵来适应管路扬程的变化,如上站有余压,余压可传递到下站,不需要节流损失掉,经过一个或几个站的累积传递后,在后面的某个站就可以少开泵,从而避免了节流损失,降低了能耗,因此,串联运行泵站可以避免节流损失。另外,由离心泵的结构特性可知,低扬程高流量泵比高扬程低流量泵效率高,因此,采用串联泵应比并联泵更加节能。

因此,在不采用变频调速电机的情况下,泵串联运行比并联运行更加节能,只要解决了串联泵无法适应宽范围流量的问题,本工程选用串联泵应更合理。通过与泵厂家技术交流,目前在国外很多长输管道上采用了更换泵叶轮的方法来适应宽范围任务输量变化,即在低输量工况下,采用小叶轮,当输量增加到一定量后,更换为大叶轮。大小叶轮的动平衡和性能试验已在工厂内完成,泵轴与叶轮的配合采用间隙配合,通过轴套将叶轮固定在轴上。在更换时,只需移走上半泵壳,取出叶轮和扩流器,更换叶轮,更换工作简单易行。

综合上述,由于串联泵效率高,可通过多开或少开泵,并采用大小扬程泵匹配来避免节流损失,不需要设置变频调速装置,另外,更换叶轮的方法也解决了串联泵无法适应宽范围流量工况的问题,因此,本工程可在全线各站采用泵串联运行的方式。

2) 原油输油系优化设计

泵串联运行换叶轮方案在技术上是可行的方案,但是否最优方案,还需要进行技术经济比选,通过工艺计算分析,对鄯善—兰州全线输油泵拟采用以下 3 种方案:

方案 1:全线各站的输油主泵串联运行(自润滑、换叶轮)。

方案 2:全线各站的输油主泵串、并联运行(自润滑)。

方案 3:全线各站的输油主泵串、并联运行(强制润滑、大泵方案)。

方案 1 和方案 2 相比,两个方案泵的台数一样,泵的功率相差不大,一次性投资相差不大。因此,对这两个方案进行运行费用的比选。从能耗上比较,方案 2 的能耗比方案 1 增加很多,因此,方案 1 明显优于方案 2,如图 3 所示。

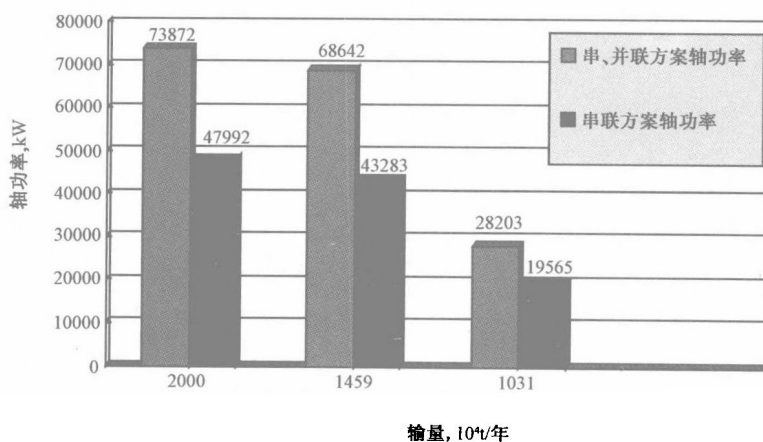


图 3 方案比较

方案3和方案1相比,方案3(大泵方案)投资3644万美元,方案1(大小泵串联)投资2023万美元,方案1的投资较低,因此采用方案1。

本管道选择高效离心泵,根据管道的任务输量和管路特性来选择和匹配泵机组,使输油泵机组在低输量和最高输量运行时,均处在泵的高效率区内;全线尽量选用同类型的输油泵,以便维修和运行管理。

四、原油管道和成品油管道顺序输送工艺的差别

西部原油管道顺序输送和成品油管道顺序输送工艺同样具有输油次序确定、批次批量和罐容的优化、混油界面检测、混油切割及处理、分输和注入工艺确定等,但是由于两种顺序输送的要求不同,存在一定的差异。

(1)成品油管道输送次序确定主要考虑各种油品的物性,输送次序应以减少混油量,保证输送油品质量为主要原则,而原油顺序输送混油量不是考虑的主要因素,而要考虑原油在特定物性下对输送工艺的要求及输送的安全性,如西部管道需要考虑玉门分输工艺对输送次序的影响。

(2)成品油管道顺序输送的主要目的是将合格的石油产品输送到消费市场,对油品的质量要求严格,必须采取必要的措施手段对混油界面进行精确检测,而原油不需要对混油段进行精确检测。

(3)成品油管道顺序输送必须要考虑混油量对管道运行的影响,采取合理的方法控制混油量的大小,一般来说通过控制管道中的流速、优化流程、优化管道运行计划等方式来减少混油量,而在管道停输时需要将混油界面分段截断,避免密度较大的油品位于地形高处产生大量的混油;原油管道则应在满足管道安全运行的情况下适当考虑。

(4)成品油顺序输送所产生的混油是一种不合格的产品,不能直接使用,必须进行混油处理,而原油混入少量的其他种类原油对原油的加工工艺影响很小,因此不需要对混油单独处理。

(5)成品油管道顺序输送混油切割和混油处理方案密切相关,不同的混油处理工艺,所采取的混油切割方式不同,总的原则是尽量减少混油处理的费用,必须考虑混油处理方案对管道经济运行的影响;原油管道顺序输送由于混油不需要单独处理无需考虑。

(6)一般成品油管道沿线分输量较小,分输或注入时对管道干线影响较小,而原油管道分输有可能存在一个批次全部下载的可能,对管道的运行影响较大。

变频调速泵在成品油管道中的优势

桑广世

(中国石油天然气管道工程有限公司站场安装室)

摘 要 本文简要叙述了成品油管道的特点,以及由此特点造成的管道流量、摩阻特性,最后提出调速泵能够适应这些特性的三个优势。

随着我国市场经济的快速发展,对成品油的需求量也在大幅度增长,而我国炼油厂相对集中和成品油市场相对分散,这就需要大量的成品油管道把两者连接起来。从 20 世纪末开始建设一条条成品油管道,兰成渝成品油管道、大西南成品油管道、西部成品油管道、兰郑长抚郑成品油管道等相继建成投产或即将投产。谈到管道就离不开泵机组,作为管道的“心脏”,选择一个合适的泵机组在管道设计中具有举足轻重的地位。

在我国 20 世纪 90 年代前的管道中应用定速电机拖动的离心泵(定速电机拖动的离心泵以下简称定速泵,变频调速电机拖动的离心泵以下简称调速泵)较多,这是因为在此之前建设的管道多数是原油管道。原油管道的输量相对稳定,几乎没有分输,管线摩阻也就相对稳定;所需的扬程也就相对稳定,利用调速泵的优势不大。另外,在 20 世纪 90 年代以前变频调速器的性能不十分可靠,并且价格昂贵,不适于管道利用。但现在情况则迥然不同了。

一、成品油管道的特点

成品油管道相对于原油管道具有以下两个特点:

(1)成品油管道一般为多种油品顺序输送,因此管道中油品种类的不同,其密度和粘度也就不同;各种油品在管道中的长度不同都将造成管路摩阻的不同。

(2)成品油管线的走向依赖于市场的位置,管道到达任一市场都可能为此市场分油,也就是说成品油管道为多分输点的管道。同时成品油管道还可能有多多个注入点。这些油品分输或注入都将造成管线中流量和摩阻的变化。

二、成品油管道系统流量和扬程变化情况

管道的摩阻都会随着油品品种和流量的变化以及各种油品在管道中长度的变化(各个混油界面位置的推移)而变化,并且这种变化很大。因此只要管道不存在翻越点,所需泵的扬程就会随着这些变化而不同。下面就以兰成渝成品油管道成都—重庆段为例,举例说明成品油管道的流量、摩阻(泵的流量、扬程)的变化情况。成都—重庆段管道共设成都分输泵站、简阳分输站、资阳分输站、内江分输站、隆昌分输站、永川分输站和重庆末站。成都站相当于此段的首站,设计中控制其出站流量,内江和重庆控制进站压力。此段纵断面及各站位置如图 1 所示。

(1)成都站(首站):成都出站为流量控制,在同一年输量下其管输流量基本恒定,但由于成都以后分输站的分输和油品界面的推移(各种油品在管道中的比例的不同)造成成都至内江段的管路摩阻发生变化,这就造成此段所需的成都站泵扬程(出口压力)的变化。例如:在流量为 $360\text{m}^3/\text{h}$,当柴油进入成都站泵,成