

库鄯线论文集

主编：孙胜戈

中国石油天然气股份有限公司 管道分公司 编
库鄯输油管理处

新疆人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

库鄯线论文集/孙胜戈主编;中国石油天然气股份有限公司管道分公司库鄯输油管理处编. —乌鲁木齐:新疆人民出版社,2003.5
ISBN 7-228-07989-2

I. 库… II. ①孙… ②中… III. 石油管道—新疆—文集 IV. TE973-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 030946 号

库 鄯 线 论 文 集

中国石油天然气股份有限公司管道分公司
库 鄯 输 油 管 理 处 编
主 编 孙胜戈

出 版:新疆人民出版社
地 址:乌鲁木齐市解放南路 348 号
邮 编:830001
印 刷:塔里木石油指挥部印刷厂
开 本:787×1092 1/16
印 张:11.5
字 数:170 千字
版 次:2003 年 5 月第 1 版
印 次:2003 年 5 月第 1 次印刷
印 数:1—500 册

ISBN7-228-07989-2

定价:50.00 元

《库鄯线论文集》编审委员会

主 编:张建坤 孙胜戈

副主编:王新生 薛 玲 刘小龙

主 审:王惠智

副主审:窦智兴 吴宏朝

李德宝 贺 莉

序

目前,国际石油管道行业逐步向网络化、高度自动化和管理区域化方向发展。随着国有企业改革的不断深入,我国的石油管道事业飞速发展。近年来的石油管道建设大量引进国际先进技术,更多的进口设备应用在国内输油管道。库鄯输油管道是按总公司“高水平、高质量、高速度、高效益”要求建设的一条具有国际领先水平的输油管道,是中国管道建设史上的一座里程碑。

在石油管道输送技术设备水平不断提高的情况下,也存在国外技术的消化吸收,进口设备与国内设备的技术衔接和企业管理模式的适应等问题。

作为库鄯线的建设者和运营管理者,库鄯输油管理处全体员工在管道管理工作中努力钻研业务,积极探索,勇于创新,熟练掌握国际国内先进技术,结合生产实际积极开展技术革新和科技攻关活动,促进本单位技术进步工作不断前进。我们还吸收借鉴国内外先进管理理念,总结探索适合管道行业自身特点的管理模式,努力使各项管理工作科学化、规范化。

通过几年来的工程建设和生产运营管理的磨炼,造就了一支年轻的技术和管理人才队伍。他们积极推广交流新技术、新设备应用情况,大力开展工艺技术改造,总结经验,探索新的适应库鄯线特点的管理方法,著述立说,发表了不少有价值的技术及管理方面的论文。这些论文是他们思想灵感的火花,工作经验的积累和生产实践的结晶,在一定程度上体现了他们的专业技术和管理方面的特长,反映了他们在专业技术和管理工作的成长历程,一些成果已在生产实际中得到了应用,解决了不少生产中遇到的难题,并产生了一定的经济效益。

这些论文是库鄯线乃至石油管道行业的财富,我们有责任对库鄯线建设初期直至现在的优秀论文加以收集整理,供广大技术及管理人员交流和探讨,让这种积极进取的精神在今后的工作中继续发扬光大,充分发挥他们的聪明才智,为祖国的石油事业作出更大的贡献。



前 言

库尔勒—鄯善输油管道是由意大利斯南普吉提公司和管道设计院联合设计的一条常温输送的原油长输管线,于1997年7月建成投产。全线设首站、中间清管站、减压站、末站,管道采用常温密闭输送和SCADA系统,全线实现遥控、遥测、遥调,主泵采用变频调速,达到了安全节能高效的效果。到目前为止,库鄯线仍然是国内现役长输管道中自动化水平和工艺水平最高的。

从库鄯线的设计、建设到运营管理,库鄯线攻克了一个又一个技术难关,取得了一个又一个成果。本书中所收录的论文就是这些成果的直接体现。

库鄯线在取得技术成果的同时,也培养了一批技术骨干。如今,这些技术骨干不仅在库鄯线发挥巨大的作用,更有一些活跃在涩宁兰、兰成渝管线和西气东输管线中。从这点来说,库鄯线的建设已经超越了建设本身,她的建设、管理模式,她所培养的人才,已经对我国管道行业产生了深远的影响。

本书共收录库鄯线技术人员近年来撰写的37篇论文,其中大部分是有关库鄯线的。另有库鄯人撰写的一些其他论文也被收录进来。这些论文分门别类地收录到工程建设篇、输油工艺篇、设备篇、企业管理篇之中。

本书中有一些论文讲述的是相同的或相近的问题,但论述的角度和侧重不同,我们仍将这些论文收录到一块,以使读者能够从不同的角度有所了解。

受篇幅和时间所限,未能将每个人的所有好的论文收录进来,在此向这些作者和读者致歉。

在本书的收录和编辑出版过程,得到了尹国耀、张建坤等同志的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢,同时也向各位论文的作者和关心支持本书编辑出版的领导和同志们一并表示谢意。限于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2002年7月

目 录

工程建设篇

库尔勒—鄯善输油管道工程中施工新技术

的应用 尹国耀 杨文友 胡成洲(1)

库鄯线 PE 防腐层与阴极保护

..... 尹国耀 龚胜啟 范志刚(4)

国产 X65 卷板及钢管在库鄯管道

的应用 尹国耀 郝兴国(8)

库鄯输油管道开都穿越工程

经验 陈三强 胡万志 刘 波(13)

输油工艺篇

库鄯输油管道大落差压力控制工艺实践

分析 韩忠晨(21)

库鄯线与轮库复线水力系统合并可行性研究及经济

评价 袁运栋 姜海斌 蔡丽君 屈文理(26)

库鄯管线自动化系统设计参数的优化和

调整 韩忠晨(35)

库鄯输油管道工艺

改造 李 江 侯晓辉(41)

科学技术给马惠宁输油管道增强了

活力 王惠智(45)

论马惠宁线输油生产的安全经济

运行 王惠智(49)

库鄯管道输油主泵能耗

分析 袁运栋(53)

库鄯输油管道清管周期的确定及经济

分析 姜海斌 袁运栋 屈文理 蔡丽君(57)

库鄯输油管道最佳经济运行方式的确定

..... 姜海斌 袁运栋 蔡丽君 屈文理(64)

库鄯线节能降耗措施介绍及经济效益分析

..... 姜海斌 袁运栋 屈文理 郝 征 慕进良(69)

库鄯管道蜡沉积量 的估算	唐应兴	牛麦针	钟卫晋(75)
库鄯输油管道常温输送工艺及所输原油物性 变化	唐应兴	牛麦针	(83)
库鄯线原油分层特性 研究	唐应兴	牛麦针	许占明(88)
库鄯线减压站污油排放 改造			姜永涛(94)
库鄯线减压站清管作业防堵 方案	蔡荣海	王新生	张 冲(97)
库鄯输油管道装车流程改进及经济 分析	范 莉		邵铁民(101)
设备篇			
大容量变频调速系统在库鄯输油管道中 的应用	高顺华	刘图征	朱恩伟(107)
模糊控制在库鄯输油管道中 的应用	孙胜戈	程德发	刘小龙 张建坤(110)
库鄯管道自动化系统通信故障全线保护停运实现的可行性 研究	尹旭东	唐 愚	欧治芬(115)
远程计算机中心在自动化输油管道上的应用 ...	尹旭东	欧治芬	唐 愚(119)
PLC 在库鄯线 的应用	尹国耀	李 江	侯晓辉(122)
长输管道沿线自动化仪表设备的防雷防静电研究与 实践	安 尧	代光洪	康 毅 程德发 刘 颖(127)
库鄯输油管道电液联动调节阀的技术 改造			蔡丽君(130)
库鄯输油管道引进水击泄压阀运行情况 分析	蔡丽君	高 祁	(134)
库鄯输油管道减压阀运行 情况	高 祁	蔡丽君	钱志凡(139)
减压阀在大落差管道上 的应用			薛 玲(143)
基于微波法的储油罐液位 测量	王新生	蔡荣海	吴锦强(150)

Grove 球阀的密封及润滑

保养 王树辉 袁运栋 慕进良 姜海斌 黄一勇(157)

用于石油长输管道的德国鲁尔泵排空线
的改进 杨永和(160)

锅炉给水泵机械密封故障及
排除 胡江锋 杨永和 宋成合 柯兆云(162)

企业管理篇

论企业管理之决策 王惠智(169)

企业标准化在企业管理中发挥着重要
效能 刘奇女(173)

新体制下的管道经营管理理念之
我见 付振东(177)

第一作者简介 (183)

库尔勒—鄯善输油管道工程施工新技术的应用

尹国耀 杨文友 胡成洲

摘 要 库尔勒—鄯善输油管道是国内第一次使用 API 5L X65 管材的长距离输油管道。这种管材强度高、焊接工艺复杂。本文归纳了该管道工程的施工特点,并介绍了在焊接工艺、防腐结构等方面采用的新技术、新工艺。

主题词 输油管道 施工 工艺 技术

一、库鄯管道工程特点

库鄯管道是目前我国西北地区距离最长、口径最大、沿线地形最复杂、自动化程度最高的一条长输管线。该管道工程有如下特点:

(1)第一次在国内长输管道中使用 API 5L X65 管材,其强度高且焊接工艺复杂。

(2)根据管线工作压力变化,采用进口直缝(UOE)管和国产螺旋管两种管材,每种又分为 7.1~11.1mm 六级壁厚,每级相差 0.8mm,肉眼难以分辨。施工中要严格控制管子的对号率。

(3)管线落差大,最高点 1560.2m,最低点 -99.3m,二者之间距离仅 105km,给管线试压和运行带来一定的难度。

(4)国内长输管道首次采用三层 PE 防腐结构。为保证管道的稳定性,在沼泽地和冲刷地区段分别有连续几公里的混凝土覆盖层,合计长度 16.705km。

(5)管线运行压力为 8.0MPa,压力高、强度裕量小。

(6)主要设备大部分从国外引进,自动化程度高。

(7)管线依次经过山前平原、山区石方段、盐渍土段、季节性沼泽地、大卵石段、山区冲刷段、沼泽地、坎儿井、排碱渠等地段,还多次穿越铁路和公路干线。

(8)施工工期紧,质量标准高,施工队伍多。引入建设监理、第三方质量监督等新的建设项目管理机制。

二、施工新技术新工艺

1. 焊接工艺。

管线焊接采用手工电弧下向焊和手工焊打底、半自动焊填充盖帽两种方式。其中手工焊管线长度 316km,半自动焊管线长度 160km。

手工下向焊使用日本公司生产的 E7010S、E8010S 两种牌号、直径 3.2mm、4.0mm、4.8mm 三种规格的焊条。以 E7010S 根焊、E8010S 填充和盖帽焊,根据管材不同壁厚,焊道层数分别为 4~8 层。焊前对管口进行预热,预热温度为 100℃~120℃,焊后用喷灯将石棉被烤至 80℃以上,包裹在焊口上对焊缝进行保温缓冷。在施工过程中采用中频电感应加热方式对焊口预热,管口加热速度快且受热均匀。采用红外线测温计测量预热温度,测量精度高,避免了测量误差对焊接施工质量的影响。

半自动焊接工艺是采用一种连续管状药芯焊丝,在焊接过程中形成气体和焊渣来保护熔敷金属,不需外加任何气体和焊剂的一种先进焊接工艺。该技术具有工作效率高、抗风能力强、焊接质量好、易于掌握等特点。参加管道线路工程施工的管道一、二、三公司的焊工经现场培训后都采用了这种焊接技术。全线有 160km 采用药芯焊丝半自动保护焊。

管道焊缝检验执行西北石油管道建设指挥部的“管道线路环焊缝焊接施工及验收规范(Q/XGGJ-0013)”,采用超声波探伤和 X 射线探伤两种方法。一般地段对焊缝进行 100%超声波探伤,X 射线探伤抽检 10%;穿跨越和沼泽等地段对焊缝均进行 100%超声波探伤和 100%X 射线探伤;各种碰死口的焊缝也进行 100%X 射线探伤。对检验出的不合格焊缝,按规范要求进行了修补和切除。

2. 熔结环氧挤塑聚乙烯三层防腐结构。

根据库部线的土壤类型和腐蚀性状,要求管道防腐涂层既具有良好的防腐性能,又具有良好的抗机械损伤性能。经过大量调研分析,确定采用聚乙烯三层复合结构防腐层和阴极保护站相结合的管道防腐系统。

聚乙烯三层复合结构是目前世界上最先进的一种管道防腐方式,防腐涂层由环氧粉末、聚合胶、聚乙烯三层组成。环氧粉末喷涂于经严格除锈的钢管表面起到防腐作用,聚合胶层的作用是粘结下层环氧粉末与上层聚乙烯,聚乙烯层主要起机械保护作用,三层之间结合牢固,使防腐性能和机械性能达到良好的统一。

管线补口采用从美国瑞侃公司和日本宇部公司进口的聚乙烯热收缩套。

3. 大型油罐底圆弧形板国产化。

与库部输油管道配套的油库工程,共建造 7 台 5 万 m³ 单盘浮顶金属储罐。为了节省资金,工程指挥部决定大罐底圈壁板委托国内加工并委托管道勘察设计院油罐公司负责。该公司与日本新日铁株式会社进行技术合作。由日方提供技术保证和进行生产监督及出厂验收。燕山石油化工公司机械厂承担加工任务,对主要设备进行技术改造,新日铁提出弧形板成型、热处理及开孔焊接工艺指导书,为弧形板加工提供技术保证。

7 台储罐共 49 张弧形板均按期交货,质量符合国家标准 GB128-90 要求。据

油罐公司和燕山石化机械厂工程技术人员测定,国内加工的弧形板运抵现场后,其成型指标高于在日本加工后运到现场的技术指标。

三、冬季施工管理和技术措施

1996年入冬前,正是库鄯线各单项工程施工全面展开的紧张阶段。为了保证管道按期投产,必须坚持冬季施工。在建设单位的统一组织下,通过加强冬季施工管理,制定详细周密的冬季施工技术措施,使工期和质量目标都得到了保证。各施工单位采取了可行的冬季施工技术措施,从站场工程的土建、工艺设备安装、电缆敷设到线路工程的管道焊接、补口补伤、下沟回填以及通信工程的光缆敷设等都有明确的施工技术要求和措施。同时,加强执行规范措施的力度。在施工现场除施工单位自检外,各专业监理人员也跟班作业,实行傍站监理。建设单位和第三方质量监督单位也定期或不定期地对工程质量情况进行检查和抽查,发现问题要求施工单位立即整改,问题较严重则停止施工作业进行整改。采取这些措施有效地控制了冬季施工质量。

库鄯管道沿线大部分为山区和戈壁地带,人烟稀少、水源缺乏。为了进行管道通球、扫线、试压,利用首末站已建的储油罐储水,用首站上水泵、末站装车泵分别从两端向管线注水,由各标段施工单位用试压车补水试压。采取这种措施解决了现场水源缺乏的矛盾。

注:本文发表在1999年4月《石油工程建设》第2期上

库鄯线PE防腐层与阴极保护

尹国耀 龚胜旻 范志刚

摘 要 由于库鄯线(476km)沿线地形复杂,土壤性质差异大,腐蚀性强,所以采用了三层PE防腐层加强制电流和牺牲阳极保护。在石方段沿管道埋设柔性阳极、镁带和镁块作为牺牲阳极。经调试,只开3个阴极保护站,全线保护效果良好。

关键词 管道 防腐 阴极保护

一、引言

库鄯输油管道首起新疆库尔勒市西轮库末站,终止于鄯善火车站,干线总长度476km,管径610mm,设计年输量 $500 \times 10^4 \sim 1000 \times 10^4 \text{t}$,管道输送压力为8.0MPa,设首站、中间泵站(一期不建)、减压站、末站各一座。全线设SCADA管道集中监控系统,中间站、减压站无人值守,在库尔勒首站设控制中心统一进行调度管理。

管道线路跨越了4个大的地貌单元,从库尔勒首站出站的天山山前倾斜平原出发,进入焉耆盆地,接着进入觉罗塔格山地,最后经过吐鲁番末站,土壤分布除大部分为岩石段外,尚有荒漠土、草甸土、沼泽土、灌淤土及盐土盐泥等。既有腐蚀性极强的地段,又有腐蚀性较弱的地段。

管道防腐采用亚东防腐厂生产的熔结环氧挤塑聚乙烯三层结构防腐层,补口采用聚乙烯热收缩带,其体积电阻率均大于 $1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{m}$,电场强度达到25mV/m以上,可以保证管道既有良好的防腐蚀效果,又有良好的抗机械损伤性能。阴极保护采用强制电流和牺牲阳极两种保护方式,并且根据土壤情况采用了柔性辅助阳极和带状镁阳极等新技术。

二、沿线土壤腐蚀环境

1. 土壤电阻率。

根据土壤电阻率测试结果,土壤电阻率的最大值超过 $1000 \Omega \cdot \text{m}$,最小值为 $1.38 \Omega \cdot \text{m}$,它们相差三个数量级,按照土壤电阻率对土壤腐蚀性分级,整个线路可分为弱腐蚀段,较强腐蚀段和强腐蚀段。即艾丁湖属于强腐蚀区,焉耆盆地属于较强腐蚀区,其余地段均是弱腐蚀区。大部分地区的土壤电阻率都很大,这主要是由于土壤的含水量极低所致,沿线土壤的含盐量普遍较高,最高的可达3%以上,

有明显的积盐倾向,在雨季到来时,土壤的腐蚀性也会随之而提高。

土壤电阻率高对管线的腐蚀性小,这是有利的一面,另一方面过高的电阻率又不利于形成阴极保护回路。管线沿途各测点土壤电阻率和土壤电导率测试结果见表 1。

表 1 各测点土壤电阻率和电导率测试结果

测点 位置	土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	土壤电导率 mV/cm	测点 位置	土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	土壤电导率 mV/cm	测点 位置	土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	土壤电导率 mV/cm
1	超量程 *	1.64	10	31.4	0.14	19	超量程	2.25
2	超量程	0.60	11	18.84	2.62	20	157.0	2.20
3	100.18	0.92	12	超量程	0.07	21	超量程	4.15
4	113.04	0.78	13	40.19	0.08	22	超量程	0.91
5	15.07	7.10	14	200.96	1.92	23	超量程	2.20
6	超量程	6.50	15	超量程	0.73	24	1.38	7.50
7	17.58	3.90	16	超量程	0.09	25	38.93	1.18
8	6.91	7.00	17	超量程	1.90	26	超量程	0.07
9	7.54	6.75	18	65.94	2.82	27	超量程	1.32

* 土壤电阻率测试仪的最大量程是 $1256\Omega \cdot m$

2. 沿线钢管电极电位。

不同部位间存在的电位差是引起钢管表面在土壤中腐蚀的主要原因。不同部位间的电位差越大,腐蚀电池反应就越强烈,引起的腐蚀破坏也就越严重。左图示出了沿线电极电位的变化曲线。从图中可以看出,钢管电极电位在焉耆盆地和艾丁湖电位较负,在觉罗塔格山区及鄯善等地的电位较正,从库尔勒首站出山的山前平原至阿无塔格山地段属中等水平。在焉耆盆地和艾丁湖

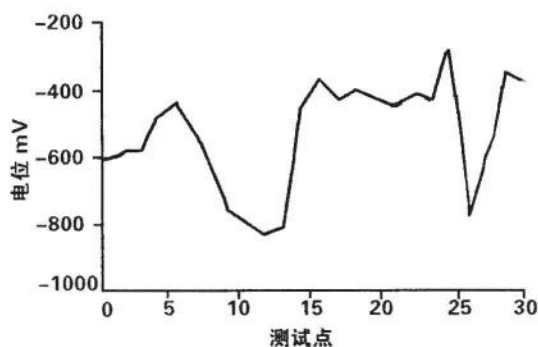


图 1 库鄯管道线路测点钢管电极电位曲线

前后,钢管电极电位发生急剧变化,因此在这些地段有明显的宏电池腐蚀倾向。

3. 杂散电流测试。

对 19 个测试点的对地电位梯度和直流杂散电流进行了测试,其结果是测点的对地电位梯度均在 $5 \sim 100.46 mV/m$ 。根据埋地钢质管道直流排流保护技术标准,在对地电位梯度小于 $5 mV/m$ 的情况下,可以不考虑直流杂散电流对管道的危害。

三、阴极保护

根据库鄯线土壤情况,采用熔结环氧挤塑聚乙烯三层结构防腐层防腐,补口采用聚乙烯热收缩带,其体积电阻率大于 $1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{m}$,电气强度达到 25MV/m 以上,可以保证管道既有良好的防腐蚀效果,又有良好的抗机械损伤性能。

阴极保护采用强制电流和牺牲阳极两种方式。在管道线路里程 267~307km 处,由于土壤电阻率很高,常规浅埋阳极地床将无法正常工作,因地质条件所限,又不具备安装深井地床的条件,采用与管道同沟敷设 40km 的柔性阳极作为辅助阳极,柔性阳极用粒径小于 $3\mu\text{m}$ 的碳粉作为填料,用量为 5kg/m,镁块 50kg/m。以减少阳极接地电阻、降低阳极体的消耗率。

在高电阻率的觉罗塔格山区段(约 50km),采用带状镁阳极加快状镁阳极的牺牲阳极保护方式,在该段中每公里设置一段 50m 的带状镁阳极和一支重约 14kg 的块状镁阳极,镁带及块状镁阳极通过测试桩与管道连接。将 35% 的硫酸镁、15% 的石膏粉、50% 的膨润土均匀混合作为阳极填料,起到改善阳极周围土壤环境、降低阳极接地电阻,防止土壤对阳极的钝化等作用。填料用量为镁带 10kg/m、镁块 50kg/支。这一段实际是强制电流和牺牲阳极双重保护。

所有带套管穿越管段均在油管上缠绕镁带做为牺牲阳极。

干线无市电地区的阴极保护站,采用太阳能供电方式。与光缆通信站合建的阴极保护站,通过数据信道将阴极保护参数远传至控制中心。干线阴极保护设站及设备配置情况见表 2。

表 2 干线阴极保护设站及设备配置情况表

序号	阴极保护站名	里程, km	保护方式	辅助阳极	备 注
1	首站阴极保护站	0.00	强制电流	高硅铸铁 20 支	市电电源, 阴保数据远传
2	开都河阴极保护站	61.4	强制电流	高硅铸铁 20 支	太阳能电源, 数据远传
3	中间站阴极保护站	153	强制电流	高硅铸铁 20 支	太阳能电源, 数据远传
4	1 号阴极保护站	215	强制电流	高硅铸铁 20 支	太阳能电源, 独立阴极保护
5	2 号阴极保护站	287	强制电流	柔性阳极 40km	太阳能电源, 独立阴极保护
6	307~357 管段	307~357	牺牲阳极		50m/km 镁带、14kg/km 镁块
7	减压阴极保护站	339	强制电流	高硅铸铁 30 支	柴油发电机供电
8	3 号阴极保护站	400	强制电流	高硅铸铁 20 支	太阳能电源, 独立阴极保护
9	末站阴极保护站	476	强制电流	钢管 40 根	市电电源, 阴保数据远传

对首末站 50000m^3 金属油罐、 6500m^3 消防水罐和站内消防水管线也进行强制电流和牺牲阳极保护。

四、阴极保护投运效果

从工程施工过程中阴极保护系统的调试及投产后的运行情况看,整个阴极保

护系统的设计和施工是成功的。全线只需开通 3 个站,即首站、中间站和末站管线即可达到阴极保护电位要求(最低保护电位相对地于铜—硫酸铜参比电极为 1.01V,最高保护电位对于铜—硫酸铜参比电极为 1.48V)。说明防腐层质量良好,并且在补口、施工等过程中的施工质量得到了很好的控制。同时也给予我们一个启示,近年来的输油管道趋向于采用性能优良的防腐层,如三层 PE 防腐结构,施工管理水平和质量控制水平也在不断提高,施工过程中可能产生的防腐层缺陷减少了。因此在进行阴极保护站设计时,对防腐层面电阻和最高保护电位等参数的取值应通过试验进行测定,对施工过程中可能出现的防腐层损伤而考虑的保护余量也应进行探讨。另外,库鄯线是长输管道首次对站内管网进行阴极保护,站内是否会对其他未保护设施产生影响以及影响程度如何,有待现场进行测试。

注:本文发表在 1999 年《防腐保温技术》第 2 期上

国产 X65 卷板及钢管在库鄯管道的应用

尹国耀 郝兴国

摘 要 通过对宝钢产 X65 高强度、高韧性卷板的化学成分和力学性能的检验,证明其产品化学成分及机械性能稳定、波动范围小,具有良好的低温冲击韧性和低温抗动态撕裂能力,且各项理化检验指标均满足“库鄯输油管道工程补充订货热轧卷板技术条件的要求”,制管后在线使用情况良好。

主题词 高强度 韧性 钢带 化学成分 力学性能 焊管 应用

一、概况

库鄯(库尔勒—鄯善)输油管道所需卷板钢材 X65 4.3×10^4 t, 由于美国 NUCOR 钢厂在成品供货中有 3600t 不符合规定要求,在工程用管急需解决的情况下,采用上海宝钢产 X65 板卷钢材,经多方论证完全符合 API5L 标准。X65 钢材在力学性能、化学成分等方面均达到国际水平,填补了国内高强度、高韧性管道用钢的空白。

宝钢产 X65 高强度、高韧性管道用钢卷,适用于制造长距离高压输送石油、净化天然气等流体的螺旋埋弧焊焊管。该钢种为低碳 MnNbVTi 系微合金控轧控冷钢,通过碳、锰元素的固溶强化,铌、钒、钛微合金元素的晶粒细化、沉淀等强化机制以及控轧控冷工艺获得细晶粒贫珠光体组织的综合作用,并以微钛处理工艺改善焊接热影响区的冲击韧性和以低硫钙处理工艺提高板卷的横向冲击韧性,从而使该钢种具有高强度、高韧性及良好的焊接性能。

X65 卷板的生产流程为:铁水预脱硫→LD 转炉冶炼→炉外精炼→板坯连铸→板坯再加热→控制轧制→控制冷却→卷取→性能检验→入库→出厂

库鄯管道,采用的管径为 610mm、壁厚为 7.1mm 和 8.7mm 的螺旋埋弧焊钢管,钢级为 X65、输送压力为 8.0MPa,是我国目前采用钢级最高、输送压力最大的长距离输油管道。关于上海宝钢为库鄯输油管道工程生产的 2400t,宽度为 1300mm 的 X65 高强度、高韧性管道用热轧卷板的质量检验介绍如下。

二、质量检验

1. 化学成分。

上海宝钢生产的 2400t X65 高强度、高韧性管道用热轧卷板共冶炼了 9 炉钢,

其熔炼成分及统计值如表 1 所示。

由表 1 中的结果可知产品的化学成分均能很好地满足“库鄯输油管道工作补充订货热轧卷板技术条件”(以下简称“技术条件”)的要求。

碳当量 $Ceq = (C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15)\%$;

冷裂纹系数 $Pcm = [C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B]\%$ 。

最大值 $Ceq = 0.340\%$, $Pcm = 0.169\%$;

最小值 $Ceq = 0.309\%$, $Pcm = 0.149\%$;

平均值 $Ceq = 0.327\%$, $Pcm = 0.160\%$;

技术条件 $Ceq \leq 0.40\%$, $Pcm \leq 0.20\%$ 。

表 1 X65 管道用钢化学成分(wt%)

化学	平均值	最大值	最小值	标准差	技术条件
C	0.0740	0.0860	0.0660	0.0060	≤ 0.110
Si	0.2360	0.2620	0.2140	0.0170	≤ 0.350
Mn	1.4100	1.4900	1.3500	0.0500	≤ 1.550
P	0.0150	0.0190	0.0130	0.0020	≤ 0.022
S	0.0033	0.0040	0.0024	0.0005	≤ 0.010
Al	0.0320	0.0420	0.0250	0.0050	
Nb	0.0380	0.0420	0.0350	0.0030	≤ 0.080
V	0.0510	0.0550	0.0450	0.0030	≤ 0.080
Ti	0.0180	0.0230	0.0150	0.0030	≤ 0.060
Cr	0.0200	0.0300	0.0200		
Ni	0.0300	0.0300	0.0200		
Cu	0.0200	0.0200	0.0100		
Mo			0.0100	0.0000	
N	0.0038	0.0050	0.0020	0.0009	≤ 0.009
Nb+V+Ti	0.1100	0.1250	0.1000	0.0070	≤ 0.140
Ni+Cr+Cu	0.0700	0.0700	0.0500	0.0100	≤ 0.300

2. 力学性能。

(1)拉伸性能、夏比冲击性能和硬度, X65 卷板 45°方向的拉伸性能和横向夏比冲击性能及硬度 Hv5 检验统计结果参见表 2。检验结果表明 X65 卷板性能均满足技术条件要求,且有一定的富余量。在生产批量不大的情况下 $\sigma_{0.5}$ 的波动范围已控制在 50MPa 内, ($\sigma_{0.5}/\sigma_s$) 可小于 0.90, -40℃冲击横向韧性大于 105J。

(2)落锤动态撕裂试验,对 X65 卷板抽样进行 -20℃横向试样的落锤动态撕裂(DWTT)试验,其试验结果见表 3。