

管道科学研究

论文选集

(2004—2008)

中国石油天然气管道科学研究院 编

石油工业出版社

管道科学研究论文选集

(2004—2008)

中国石油天然气管道科学研究院 编

石油工业出版社

内 容 提 要

中国石油天然气管道科学研究院作为国内唯一的长输油气管道工程建设专业研究机构,引领着管道行业的科技进步。本文集汇编了该院在2004—2008年期间,在管材、焊接、检测、施工机具、防腐、信息等专业方面的论文60篇,总结了近5年来科学研究、技术开发、新技术推广和技术服务的丰硕成果,也广泛深入地展示了技术水平与实力,反映了管道科技的最新进展。

本书可供地面工程专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

管道科学研究论文选集. 2004~2008/中国石油天然气管道科学研究院编.
北京:石油工业出版社,2010.5

ISBN 978-7-5021-7749-2

I. 管…

II. 中…

III. ①石油管道-管道工程-2004~2008-文集

②天然气输送-管道工程-2004~2008-文集

IV. TE973-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第067396号

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

编辑部:(010)64523533 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:23.75

字数:606千字 印数:1—1000册

定价:68.00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

《管道科学研究论文选集(2004—2008)》

编 委 会

主 任：薛振奎

委 员：张亭耀 陶勇寅 李维国 白世武 冯 斌

王 勤 黄福祥 陈 江 焦如义 刘方明

杨天冰 刘全利 曾惠林

编 审 组

主 编：白世武

副主编：杨天冰 孙 晶

成 员：胡通年 韩钟琴 隋永莉 刘建伟 袁欣然

岳莎莎

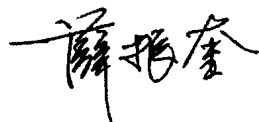
序

伴随着国民经济奋进的历程,油气管道输送行业又走过了不平凡的5年。饱含管道科技人员睿智和心血的《管道科学研究论文选集(2004—2008)》是中国石油天然气管道科学研究院5年来科研成果的凝聚。如今,这些优秀论文的和盘托出,恰似学生期末考试所交出的答卷,无论老师给予什么样的褒奖和批评,都将是对我们莫大的鞭策。

回首多年来油气管道建设所取得的辉煌业绩,我们更能深刻地领悟到管道科技工作的核心价值与所焕发出的勃勃生机。伴随着新一轮油气管道建设的进程,对科技创新的需求也愈发迫切。中国石油天然气管道科学研究院秉承“博学、求是、厚德、远志”的理念,践行“创造无极限,奉献无极限”的意识,一如既往,勇立潮头,不辱使命,承担责任,尽心竭力地开拓创新。

在您品读这本文集的同时,恳请提出今后管道科技创新的建议,我们将精心梳理、研讨,珍视为智者给予的导论,并诚意感激您与我们在科技创新路上并肩同行。

艰辛成就伟业,奋斗铸就光荣。油气管道大业伴随国民经济发展前行,管道科技创新必将一路先行。



2010年4月15日

目 录

国内外长输管道焊接技术标准对比分析	薛振奎 尹长华(1)
H ₂ S 浓度对国产 X70 管线钢及其焊接接头应力腐蚀性能的影响	陶勇寅(14)
国产管线钢硫化氢应力腐蚀影响因素研究	陶勇寅(19)
LNG 低温储罐用 9% Ni 钢性能与焊接工艺研究	冯斌 刘宇 刘方明(26)
X70 级管线钢焊接热裂纹模拟研究	冯斌 刘宇 刘方明(35)
07MnNiCrMoVDR 钢焊接粗晶热影响区的韧化机理 ...	白世武 李午申 邱新杰 武强(42)
高强度管线钢焊接接头韧性参数 CVN 的神经网络预测系统研究	白世武 童莉葛 刘方明 王立(47)
国产 X80 钢焊接冷裂敏感性的插销试验研究	黄福祥 杜则裕 隋永莉 曾惠林 郭晓疆(52)
φ1219mm 带铜衬垫管道气动内对口器研制.....	梁君直 吴江桥 曾惠林(57)
采用 DSP 控制的高效管道双焊炬全位置自动焊机研究	闫政 梁君直 陈江(62)
大口径热煨弯管内涂敷技术及装备研究	焦如义 刘艳利 刘小利 郭奇超 周号(71)
X80 管线钢焊接热影响区组织的模拟研究	刘方明 李午申 刘哲 薛振奎 梁斌 白世武(79)
新型管道环焊缝相控阵超声检测设备的研制	刘全利 白世武 李佳 薛岩(85)
管道环焊缝数字射线检测技术研究	刘全利(91)
石油天然气金属管道焊接工艺评定标准对比分析	隋永莉 薛振奎 赵海鸿(96)
西气东输二线管道工程的焊接技术特点	隋永莉 薛振奎 杜则裕(103)
管道环焊缝多焊炬自动内焊机关键技术分析	曾惠林 杜则裕 黄福祥(108)
西气东输二线冬季焊接施工技术	曾惠林 苏戡朋 黄福祥(113)
不断创新的中国油气管道技术	杨天冰 姚士洪(121)
X70 管道环焊缝接头残余应力数值模拟	杨天冰 郭瑞杰(127)
-30℃ 低温环境下大口径 X70 级钢管的焊接	尹长华 祁励春 张春合(137)
Nb - Cr X80 级管线钢冷裂敏感性分析	尹长华 薛振奎 闫臣(145)
00Cr22Ni5Mo3N 双相不锈钢热影响区组织转变规律	赵海鸿 黄福祥 祁励春 程学兰(153)
印度东气西输工程自动焊工艺	赵海鸿 崔相国 靳红星(159)
一种新型管道内环缝自动清渣机的设计及应用	张锋 陈江 梁君直 闫政(165)
大口径双焊炬管道全位置自动焊机研究	张锋 詹华 于金柱(171)

管道气动内对口器衬垫材料筛选试验研究	吴江桥	梁君直	靳海城	(178)
长输油气管道激光焊接技术	郭瑞杰	杨天冰	白世武	薛振奎(183)
Nb - Cr X80 钢管不同强度匹配下的接头组织与性能研究				
.....	靳海成	刘文虎	李广民	(187)
在役条件下焊接热循环的研究	靳海成	隋永莉	刘文虎	黄志辉(192)
西部管道 $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 储罐焊接工艺评定	闫臣	隋永莉	刘文虎	祁立春(197)
X70 管线钢焊接热影响区的连续冷却转变组织				
.....	刘宇	李烨铮	郭晓疆	张明 冯宝华(203)
加热温度对 X80 热煨弯管组织与性能的影响研究				
.....	李烨铮	刘方明	冯斌	张明旭 肖寒 刘宇(208)
X100 高强度管线钢冲击韧性分析	范玉然	刘宇	李烨铮	郭晓疆(212)
站场埋地管道的腐蚀与接地体材料	韩钟琴	张鹏	谢涛	李建忠 李海坤(219)
“埋地管道外腐蚀控制管理与评价系统”应用软件的研制				
.....	韩钟琴	刘建伟	李建忠	叶春艳(226)
低温固化熔结环氧粉末的研究及应用	白树彬	李海坤	何岚	(232)
无溶剂环氧涂料的抗阴极剥离性能研究	李建忠	孙晶		(239)
低温(-30℃)环境下热收缩带性能研究	李建忠	李海坤	董彬	(245)
低温管道改性聚脲补口涂料的研制	孙晶	廖有为	周庆军	李维绪(253)
低温环境管道 3PE 防腐补口技术研究	孙晶	何金昆	袁欣然	(259)
EIS 法测量管道外防腐层的失效	叶春艳	韩钟琴	李建忠	(263)
铝合金长寿命高温抗氧化涂层	乔宁	黄春良	潘晓龙	李争显(268)
油气管道可接受风险标准值的界定研究	赵忠刚	姚安林	李又绿	李大全(272)
油气管道风险因素的权重赋值方法研究	赵忠刚	邓建明	姚安林	(278)
湿天然气计量方法及其分析	毕研军	邵云巧		(287)
成品油管道泄漏扩散规律研究	李大全	姚安林		(294)
山区管道维抢修简易快装索道研究	孙玉高	焦如义	张国权	郭奇超 刘小利(304)
SDYG - 1 型软轨式山地运管车的研制				
.....	张国权	孙玉高	刘小利	郭奇超 江 勇 刘艳利(308)
工况信息数据采集系统在水平定向钻穿越施工中的应用				
.....	周号	刘全利	焦如义	张国权 孙玉高 安志彬(314)
环保型大型储罐除锈机的研制				
.....	郭奇超	刘艳利	焦如义	赵 辉 张国权 刘小利(321)
浅谈我国长输油气管道施工装备面临的主要问题	张宝强	江勇	张国权	(328)

浅谈我国主要天然气长输管线压缩机使用概况 江勇 张宝强 焦如义(333)

机械分瓣式多功能钢管切割机的研制 江勇 张宝强 焦如义(337)

管道施工“碰死口”管端防腐层打磨专用设备 刘艳利 申湘琳 周号 张宝强(341)

大口径管道山区运管设备的选择及应用 田艳玲 孙丽华(345)

俄罗斯油气管道现状概述 金坤(353)

浅谈国际工程中的质量保证与质量控制 曹晓燕 续理(357)

一种远程多点监控装置的实现 郭瑞杰 付桂英 尤向巍(364)

降低计算机网络故障率 詹春秋(368)

国内外长输管道焊接技术标准对比分析[●]

薛振奎 尹长华

摘 要 本文主要针对国内外 SY/T 4103—1995、API 1104—1999、AS 2285.2—1995、EN 14163:2001 等四个指导长输管道工程焊接工艺评定和现场焊接施工的焊接技术标准的主要不同之处进行了罗列,并通过详尽的对比分析形成了 EN 14163—2001 标准针对焊接工艺评定的规则制定及现场焊接基本要求包括返修焊接的基本要求相关规定较为全面、合理和明确一些,而 API 1104—1999 标准关于焊接接头无损检测的验收规定较为系统、科学和苛刻一些的重要结论。

关键词 长输油气管道 焊接技术标准 对比分析

1 引言

目前,国内外指导长输管道工程(包括配套站场工程)焊接工艺评定和现场焊接施工的焊接技术标准主要有石油行业标准 SY/T 4103—1995《钢质管道的焊接》、SY/T 0452—2002《石油天然气金属管道焊接工艺评定》、国家标准 GB 50236—1998《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》、美国石油学会标准 API 1104—1999《管道及相关配件的焊接》、澳大利亚标准 AS 2285.2—1995《油气管线的焊接》、欧洲标准 EN 14163:2001《石油天然气运输系统—管道焊接》、美国标准 ASME IX—2001《焊接和钎焊评定标准》等。

此外为指导长输管道工程尤其是中间站场焊接工艺评定与现场焊接施工,还有以下辅助标准:国家标准 GB 50251—1994《输气管道工程设计规范》、GB 50253—1994《输油管道工程设计规范》、美国标准 ASME B31.8—1999《输气和配气管道系统》、ASME B31.4—1998《液态烃和其他液体管线输送系统》。

上述标准中,国内长输管道工程焊接施工经常用的 SY/T 4103—1995 标准在技术内容上与 API 1104 第 17 版等效。各章的内容不变或稍有改变,根据我国的国情和实际应用情况,其删除 API 1104 第 17 版中第 10 章“无填充金属的自动焊”和附录“环焊缝的附加验收标准”,同时引用或部分引用了国家或行业标准。

另外长输管道站场焊接工艺评定用 SY/T 0452—2002 标准、GB 50236—1998 标准都是参照 ASME IX 标准进行编制的,内容上基本一致。

而 GB 50251—1994 标准则是参照 ASME B31.8—1999 标准进行编制的,GB 50253—1994 标准则是参照 ASME B31.4—1998 标准进行编制的。

2 SY/T 4103—1995 与 API 1104—1999、AS 2285.2—1995、EN 14163:2001 标准差异性对比分析

指导长输管道工程焊接工艺评定和现场焊接施工的焊接技术标准在应用中各有侧重,究

● 本文源自:焊接,2006,(10):37~45。

竟哪个标准规定内容较为科学,哪个标准执行起来较为合理,哪个标准某方面款规定较严谨,下面仅将 SY/T 4103—1995 与 API 1104—1999、AS 2285. 2—1995、EN 14163: 2001 标准主要不同之处进行对比分析,具体情况见表 1。

表 1 SY/T 4103—1995 与 API 1104—1999、AS 2285. 2—1995、EN 14163: 2001 标准差异性对比分析

主要不同技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285. 2—1995 标准要求	对比分析
缺欠和缺陷术语	仅有缺陷这一概念表述	对缺欠和缺陷(符合尺寸要求的缺欠)进行了概念上的区分	仅有缺陷这一概念表述	对缺欠和缺陷进行了概念上的区分	API 1104 标准和 AS 2285. 2—1995 标准对缺欠和缺陷进行了概念上的区分,符合工程实际情况
焊接接头的试验内容	试验内容包括拉伸试验、刻槽锤断试验、弯曲试验(包括面弯、背弯、侧弯)	与 SY/T 4103—1995 标准规定相同	试验内容包括拉伸试验、夏比冲击试验、宏观金相及硬度检验	试验内容包括拉伸试验、弯曲试验(仅要求做侧弯)、宏观金相及硬度检验	应综合考虑这四个标准的试验内容
拉伸试验	要求 $\sigma_{b\text{试样}} \geq \sigma_{b\text{管材名义}}$, 若 $\sigma_{b\text{试样}} < \sigma_{b\text{管材名义}}$, 则该焊口不合格, 需重新试验	与 SY/T 4103—1995 标准规定相同	要求 $\sigma_{b\text{试样}} \geq 95\% \sigma_{b\text{管材名义}}$, 若 $\sigma_{b\text{试样}} < 95\% \sigma_{b\text{管材名义}}$, 执行破坏性试验复测规定	与 SY/T 4103—1995 标准规定相同	EN 14163 标准规定符合焊接工艺评定实际情况
刻槽锤断试验	本标准对刻槽锤断试样做出了相应的验收规定	与 SY/T 4103 标准规定相同但增加白点不做为不合格的原因这一规定	不要求做刻槽锤断试验	不要求做刻槽锤断试验	刻槽锤断试验旨在反映接头熔合情况, 间接反映焊接工艺参数的合理性, 应予以采纳。API 1104—1999 将白点不作为不合格的原因较为合理
弯曲试验	弯轴直径为 88.9mm, 弯曲角度 180°。试样表面出现以下情况, 则合格: (1) 不起源于试样边缘的裂纹长度 $l \leq 1/2T \cap 3.2\text{mm}$ (T 为公称壁厚); (2) 起源于试样边缘的裂纹长度 $l \leq 6.4\text{mm}$	与 SY/T 4103 标准规定基本相同	不要求做弯曲试验	弯轴直径与材质、壁厚有关, 弯曲角度 180° 弯曲试样表面出现以下情况, 则不合格: (1) 出现的裂纹不起源于试样的边缘。 (2) 起源于试样边缘的裂纹长度 $l \leq 3\text{mm}$	弯曲试验旨在反映焊缝区、母材和熔合线变形的一致性情况, 间接反映工艺匹配的合理性, 应予以采纳。AS 2285. 2—1995 标准要求要合理一些

续表

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285. 2—1995 标准要求	对比分析
夏比冲击 试验	不明确要求进行 冲击试验	不明确要求进行 冲击试验	对低温冲击试验作 出了相应的规定	不明确要求进行冲 击试验	冲击试验旨在反映接 头抗冲击破坏的能力和 止裂能力,间接反映 选材的合理性,应 以采纳
宏观金 相检验	不要求进行宏观 金相检验	不要求进行宏 观金相检验	对于 PG、PF、H - L045 和 J - L045 焊 接位置,一个试样取 在 3 点位,一个试样 取在 6 点位。 取样应避开裂纹及 未熔合缺陷,并且该 部位无损检测满足 本标准要求	宏观金相试样出现 以下情况,则合格: (1)焊道的顺序及数 量符合焊接工艺的 要求。 (2)无裂纹及其他不 合格缺陷。 (3)无超过焊层厚度 的缺陷	宏观金相试验旨在反 映接头的熔合情况, 间接反映焊接工艺的 合理性,应予以采纳, 其验收规定应综合考 虑 EN 14163: 2001 标 准和 AS 2285. 2— 1995 标准要求
硬度 检验	不要求进行硬度 测试	不要求进行硬 度测试	本标准对不同介质 环境、不同壁厚、不 同焊接工艺、不同位 置的焊接接头硬度 值作出了相应的验 收规定	本标准对不同介质 环境下的焊接接头 硬度值作出了相应 的验收规定,其验收 值与 EN 14163 标准 规定不同	硬度试验旨在间接反 映焊缝微观组织状态 和焊接工艺参数的合 理性,应予以采纳,EN 14163 标准关于硬度 值的验收规定较合理
角焊刻 槽锤断 试验	角焊验试样 4 件。 试样的断裂表面 应完全焊透和熔 合且满足以下 要求: (1) $\phi_{\max} \leq 1.6\text{mm}$ $A_{\text{累计}} \leq 2\% A_{\text{断裂}}$ 。 (2) $h_{\text{夹渣}} \leq 0.8\text{mm}$, 且 $l_{\text{夹渣}} \leq 1/2T$ $\cap 3\text{mm}$	与 SY/T 4103 标准规定相同	$\phi \leq 168.3\text{mm}$ 2 件; $\phi > 168.3\text{mm}$ 4 件。 试样的断裂表面应 完全焊透和熔合且 满足以下要求: (1) $\phi_{\max} \leq 1/5T \cap$ 3mm 。 $A_{\text{累计}} \leq 5\%$ $A_{\text{断裂}}$ 。(2) $h_{\text{夹渣}}$ $\leq 1\text{mm}$, 且 $l_{\text{夹渣}} \leq$ $1/2T \cap 3\text{mm}$	不要求进行角焊刻 槽锤断试验	SY/T 4103 标准要求 较苛刻一些
破坏性 试验复测	无相应规定	无相应规定	因试样存在缺欠使 破坏性试验结果不 合格时,允许加倍取 样试验。 若因其他原因使试 验结果不合格时,需 重新评定	无相应规定	EN 14163 标准规定符 合焊接工艺评定实际 情况

续表

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285.2—1995 标准要求	对比分析
管材	管材组别变更时应 对焊接工艺重新 评定。 本标准将所有碳 钢及低合金钢进 行以下分组： (1) $\sigma_{s名义} \leq 289\text{MPa}$; (2) $289\text{MPa} < \sigma_{s名义} < 448\text{MPa}$; $\sigma_{s名义} \geq 448\text{MPa}$ 的各级碳钢及低 合金钢均应进行 单独的评定试验	与 SY/T 4103 标准规定相同	管材发生以下变化 时应重新评定。 (1) 钢级。除非 $\sigma_{s名义} \leq 290\text{MPa}$, 则 焊接工艺规程只能 适用于同钢级的 材料。 (2) 化学成分。C_E 值的增加值应不大 于 0.030。P_{cm} 增 加值应不大于 0.020。 对于酸性介质, 应适 当降低该数值。 (3) 供货条件。焊接 工艺规程只在相同 供货条件下才能被 批准	管材出现以下变更 时应重新评定。 (1) 管材 $\sigma_{s名义}$ 由小 于 413MPa 变更为不 小于 413MPa, 或 反之; (2) $\sigma_{s名义} \geq 413\text{MPa}$ 的各级碳钢及低合 金钢均应进行单独 的评定试验。 (3) 碳当量 $C_E < 0.35\%$ 时, 碳当量 C_E 增加值超 过 0.05%; (4) 碳当量 $C_E \geq 0.35\%$ 时, 碳当量 C_E 增加值超 过 0.03%	重新进行焊接工艺评 定时管材分组 SY/T 4103 标准合理些; 关 于化学成分和供货条 件的变化带来是否重 新进行焊接工艺评定 的问题 EN 14163 标 准规定要苛刻一些
壁厚	壁厚分组变更需 重新评定。管壁 厚分组如下: (1) $T < 4.8\text{mm}$; (2) $4.8\text{mm} \leq T \leq 19.1\text{mm}$; (3) $T > 19.1\text{mm}$	与 SY/T 4103 标准规定相同	对于焊缝焊接, 许可 壁厚为 $(0.75 \sim 1.5) T$ 。对于支管焊接和 角焊接, 许可壁厚范 围根据 ISO 9956—3 确定	焊接接头两侧较厚 母材壁厚许可范围 为 $(0.5 \sim 1.25) T$ 。 壁厚超出此范围需 重新评定	四个标准规定均合 理, 进行焊接工艺评 定时应综合考虑
管外径	管外径分组变更 需重新评定: (1) $\phi < 60.3\text{mm}$; (2) $60.3\text{mm} \leq \phi \leq 323.9\text{mm}$; (3) $\phi > 323.9\text{mm}$	与 SY/T 4103 标准规定相同	评定管 $\phi \leq 168.3\text{mm}$ 时许可管外径 $(0.5 \sim 2.0)\phi$。 评定管 $\phi > 168.3\text{mm}$ 时许可管外径不小 于 0.5ϕ。	与 SY/T 4103 标准 规定相同	上述标准要求均可 借鉴
焊接位置 与焊接 方向	焊接位置由旋转 焊变为固定焊, 或 反之。 焊接方向从下向 焊改为上向焊, 或 者反之。 发生上述变化需 重新评定	与 SY/T 4103 标准规定相同	对环对接焊、支管焊 及角焊, 其合格的焊 接工艺规程适用的 焊接位置及方向进 行了明确规定。 对于钢管每种位置 角度变化接近 25° 也 可以适用	本标准对环对接、支 管连接、角接及套袖 连接, 其合格的焊接 工艺规程适用的焊 接位置及方向进行 了明确规定	EN 14163—2001 标准 和 AS 2285.2—1995 标准规定的要合理 一些

续表

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285. 2—1995 标准要求	对比分析
接头型式	接头设计的重大变更(如 V 型坡口改为 U 型坡口)。坡口角度或钝边的变更不属于重要因素	与 SY/T 4103 标准规定相同	对接焊接工艺评定支持角接,反之不可。带背衬垫对接工艺评定不支持不带背衬垫对接接头焊接	接头型式发生以下变化需重新评定: (1)坡口角度变化; (2)钝边尺寸变化; (3)对接接头,在无特殊要求前提下根部间隙超出 0.8 ~ 2.0mm 的范围	AS 2285. 2—1995 规定过于苛刻, SY/T 4103—1995 与 EN 14163—2001 两标准的规定合理
填充金属	填充金属的下列变更需重新评定: (1)填充金属组别变更; (2)管材 $\sigma_{s,名义} \geq 448\text{MPa}$ 时,其填充金属型号的变更; (3)在管材 $\sigma_{s,名义} \leq 289\text{MPa}$ 或 $289\text{MPa} < \sigma_{s,名义} < 448\text{MPa}$ 分组内变更填充金属,但应从力学性能的角度保持母材和填充金属的一致性	与 SY/T 4103 标准规定相同,但填充金属的类型进行了拓展	填充金属的下列变更需重新评定: (1)焊接材料厂商或品牌的变更,其他特殊规定除外。 (2)需要做冲击和全焊缝金属拉伸试验时,可对指定的厂商或品牌作修改。 (3)无衬垫单面焊的前两层焊道的焊接中焊条/焊丝直径不能改变,其他情况下,焊条/焊丝直径范围为评定试验用焊条/焊丝直径的低一级到比其高的一级	填充金属的下列变更需重新进行焊接工艺评定: (1)填充金属组别的变更。 (2)单面焊双面成型对接焊缝及角接焊缝的根焊用焊条(焊丝)直径或型号的变更。 (3)强度高于 E4110 的纤维索型焊条焊芯的合金元素或制造商的变更	EN 4163—2001 与 AS 2285. 2—1995 规定较切合工程实际情况。事实上,同一型号不同牌号的填充金属所形成的接头力学性能有些情况下会存在较大差异。应综合考虑这四个标准关于填充金属的相应规定
焊接线能量	无相应规定	无相应规定	要求冲击试验时线能量适用范围可比评定试验时线能量低 15%。 要求硬度试验时线能量适用范围可比评定试验时线能量高 15%。对于酸性介质,线能量不能低于评定试验时的记录值	手工电弧焊时根焊线能量低于评定试验时线能量的 10% 以上,或进行其他焊层焊接时线能量低于评定试验时线能量的 20% 以上。 其他方法焊时线能量超出评定试验时线能量的 $\pm 15\%$	EN 14163 标准规定较合理一些

续表

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285. 2—1995 标准要求	对比分析
预热与 层温	没作为重要因素 进行明确表述	降低焊接工艺 规程中的最低 预热温度,应重 新进行焊接工 艺评定	预热温度适用范围 为不得低于评定试 验时预热温度但增 加值不大于 50℃。 层间温度的适用范 围为预热温度到评 定试验时层间温度 的最大值。 此外对加热范围和 测温与加热源去除 时间间隔进行了明 确规定	预热温度和层间温 度低于焊接工艺评 定时相应预热温度 和层间温度 25℃ 以 上,或高于焊接工艺 评定时相应预热温 度和层间温度 50℃ 以上	EN 14163 标准规定较 合理和明确一些
后热处理	没作为重要因素 进行明确规定	没作为重要因 素进行明确 规定	后热处理加热的次 数和持续时间应与 评定试验时的规范 相同或更高	没作为重要因素进 行明确规定	EN 14163 标准规定较 合理和明确一些
焊后 热处理	没作为重要因素 进行明确表述	增加焊后热处 理,改变焊接工 艺规程中焊后 热处理的范围 或温度,应重新 进行焊接工艺 评定	本标准对加热宽度、 加热带的边缘温度、 保温覆盖区宽度、保 温时间、炉加热时钢 管放入和取出温度、 炉或现场热处理升 温或降温要求及支 管加热等作出了明 确规定	焊后热处理制度的 变更	EN 14163 标准规定较 合理和明确一些
焊道之 间的时 间间隔	根焊热焊之间的 最大时间间隔的 增加	与 SY/T 4103— 1995 标准规定 相同	采用非低氢型焊接 材料和非低氢性焊 接方法焊接时,根焊 和第二道焊之间的 间隔不应大于焊接 工艺评定时的时间 间隔	无相应规定	EN 14163 标准规定较 为合理
重要因素— 保护气体 和流量	一种保护气体换 成另一种保护气 体,或一种混合气 体换成另一种混 合气体,或保护气 体流量范围较大 地增加或减小	与 SY/T 4103— 1995 标准规定 相同	保护气的种类与成 分须与评定试验的 相同,且保护气体露 点不大于 - 30℃。 对于含有指定添加 成分的混合气,添加 成分的变化范围不 超过工艺评定采用 的气体成分的 ±10%。 GMAW、GSFCAW 及 GTAW,气体流量范 围在评定试验记录 值的 ±15% 之内	保护气体的下列变 更需重新评定: (1)一种保护气体换 成另一种保护气体, 或一种混合气体换 成另一种混合气体, 或保护气体流量增 加或减小超过 10%。 (2)单面焊双面成型 对接焊保护气体中 惰性气体比例的 变更	EN 14163 标准对保护 气体和流量的规定较 为明确、全面

续表

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285.2—1995 标准要求	对比分析
保护焊剂	保护焊剂型号的 变更需重新评定	与 SY/T 4103— 1995 标准规定 相同	焊剂必须与评定试 验采用的焊剂相同	保护焊剂的下列变 更需重新评定： (1) 保护焊剂型号、 类别、规格、制造商 的变更 (2) 导致不同类别的 焊丝和焊剂组合的 变更	EN 14163 对保护焊剂 的适用要求较严
电特性	仅将焊接速度范围 的变更作为重要 因素	直流焊时极性 变更,或在直流 与交流之间进 行变更需重新 进行焊接工艺 评定	电特性的下列变更 需重新评定： (1) 焊接速度范围超 出评定试验记录值 的 $\pm 10\%$ 。 (2) 焊接电压范围超 出评定试验记录值 的 $\pm 10\%$ 。 (3) 送丝速度和电流 超出评定试验记录 值的 $\pm 10\%$ 。 (4) 焊丝干伸长的范 围超出评定试验记 录值的 $\pm 5\%$	电特性的下列变更 需重新评定： (1) 电弧形态(喷射 过渡电弧形态、滴状 过渡电弧形态、脉冲 电弧形态、短路过渡 电弧形态)的变化。 (2) 直流电源脉冲电 流增加或减小。 (3) 导电嘴至工件距 离的变化。 (4) 焊接材料使用超 出制造商说明书认 可的范围	EN 14163 对焊接速 度、焊接电压、电流、 送丝速度、干伸长的 允许范围规定相对 合理
焊工数量	未作为重要因素 进行明确规定	未作为重要因 素进行明确 规定	未作为重要因素进 行明确规定	在焊接施工过程中, 和焊接工艺评定时 焊工数量相比,减少 根焊或热焊时的焊 工数量,需重新进行 焊接工艺评定	焊接施工过程中,根 焊或热焊时减少焊工 数量少时,焊道冷却 速度会增大,焊缝含 氢量增加。从这一点 看来,AS 2285.2 标准 规定较为合理
返修焊接 工艺规程	应单独进行返修 焊接工艺评定,编 制相应的返修焊 接工艺规程	与 SY/T 4103— 1995 标准规定 相同	除以下几种返修焊 接方式需单独作评 定外,其他焊接工 艺规程可用于返修 焊接。 (1) 单道焊返修; (2) 内部返修; (3) 对接母材的规定 最小屈服强度超 过 360MPa	对返修打磨及打磨 处的检查提出了具 体要求	EN 14163 标准规定较 为合理。但 AS 2285.2 标准对返修打 磨及打磨处的检查要 求可以借鉴

续表

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285. 2—1995 标准要求	对比分析
焊工资格范围	本标准明确规定取单项资格的焊工在发生焊接方法及组合、焊接方向、管径组别、壁厚组别、填充金属组别、焊接位置、坡口形式等因素变更时,或取全项资格的焊工在发生焊接方法及组合、焊接方向、填充金属组别等因素变更时需重新进行资格考试	本标准例外规定取全项资格的焊工进行多种焊接方法组合焊接时,若焊工具有该组合工艺中各项焊接方法的资格证,则无需重新考试。其他规定与SY/T 4103标准相同	本标准明确规定焊工在发生壁厚适用范围、管径范围、焊接方法、焊接方向、接头型式、焊接材料类型、保护气体种类及焊接设备等要素变更时需重新进行资格考试	本标准明确规定取单项资格焊工发生壁厚适用范围、管径范围、影响熔滴过渡的电弧形态、坡口角度、根部间隙及钝边高度等基本参数变更时,或取全项资格的焊工在发生单面焊时是否背部衬垫板或在坡口中预置填充金属及电弧形态等要素变更需重新进行资格考试	这四个标准考虑各有侧重,应全面考虑这四个标准的要求。其中,AS 2285. 2 标准考虑全面且苛刻些
管口组对	组对同一公称壁厚的管口时,其错边量应不大于1.6mm。如果由于尺寸偏差造成一个较大的集中错边,应沿管口圆周均匀地将其分布	与SY/T 4103—1995标准规定相同	相邻两管埋弧焊缝应错位不小于50mm,直缝应位于3点到9点之间的上部。 错位应均匀分布,且不大于3mm或管外径的1%的较小值。 当管端被打磨或机加工成坡度不大于1:4椎形,且满足最小规定管壁厚时,允许大尺寸的错边	关于错变量和错边放置无明确规定	应综合考虑SY/T 4103—1995标准和EN 14163—2001标准的相关规定,最大错边量应从严要求
气候条件	无相应规定	无相应规定	当钢管表明有湿气或当环境温度低于5℃时,应预热不小于50℃ 当环境温度低于-20℃时,经过批准才允许继续焊接	无相应规定	EN 14163标准对焊接许可的环境温度有明确规定,这一规定较为合理。其他标准均未明确提及

主要不同 技术内容	SY/T 4103—1995 标准要求	API 1104—1999 标准要求	EN 14163—2001 标准要求	AS 2285. 2—1995 标准要求	对比分析
部分完成 焊缝 的要求	无相应规定	无相应规定	尽可能完成整口焊接,管件的焊接应至少完成一周。 中止焊接之前必须完成焊接工艺规程要求的最小焊道数,如规程无规定,则协商确定。 部分完成的焊接接头应保温覆盖。 未完成3层而中止的焊道将视为不合格,如果允许,需做额外检测	无相应规定	EN 14163 标准对部分完成的焊缝提出的相应规定较为合理
外观检查	焊缝内外咬边深度不大于 12.5% $T \cap 0.8\text{mm}$ 。深度大于 (6% ~ 12.5%) T 或大于 (0.4 ~ 0.8mm), 取二者较小值,要求 300mm 的连续长度中,累计咬边长度应不大于 50.8mm。咬边深度小于 6% $T \cap 0.4\text{mm}$,任何长度均为合格。余高应不大于 1.6mm。相邻焊层引弧点应相互错开。焊缝宽度应大于坡口表面宽度 3.2mm	与 SY/T 4103—1995 标准规定相同。	焊缝余高不大于 3mm。 焊缝内外表面的咬边深度不大于 10% $T \cap 1.0\text{mm}$ 。 咬边在以下情况下是不可接受的: (1) 在任何 300mm 的连续焊道上,咬边在内外焊道的总长度超过 50mm。 (2) 咬边在内外焊道的总长度超过焊道总长度的 15%。 焊缝宽度要求设定量规定	深度大于 0.8mm 的单个咬边(包括外咬边和内咬边)或在连续 300mm 焊缝长度内咬边(包括外咬边和内咬边)累计长度超过 50mm。 深度大于 0.8mm 的单个咬边(包括外咬边和内咬边)或咬边(包括外咬边和内咬边)累计长度超过焊缝长度的 20%	SY/T 4103 标准对咬边的相应规定要严一些
未焊透	本标准将未焊透区分为根部未焊透和错边未焊透,并提出了相应的验收指标。且错边未焊透验收指标要求松些	本标准增加中间未焊透的划分并提出相应的验收指标。其他要求与 SY/T 4103—95 标准规定相同	本标准未将未焊透进行细分,除例外规定在 300mm 的双面焊道上,未焊透总长超过 50mm 或占焊道长度的 15% 之外,其他验收指标与 SY/T 4103—1995 标准中根部未焊透验收指标一致	本标准允许存在错边未焊透,除非该处同时存在未熔合缺欠。其他规定与 SY/T 4103—1995 标准要求一致	应综合考虑 API 1104—1999 标准和 EN 14163—2001 标准要求