

P 94

备案号: 29752—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 4117—2010

高含硫化氢气田集输管道焊接 技术规范

**Technical code for welding of gathering and transmission
pipeline in highly hydrogen sulfide gas field**

2010-08-27 发布

2010-12-15 实施

国家能源局 发 布

中华人民共和国石油天然气行业标准

高含硫化氢气田集输管道焊接技术规范

Technical code for welding of gathering and transmission pipeline
in highly hydrogen sulfide gas field

SY/T 4117—2010

主编部门：中国石油天然气集团公司

批准部门：国家能源局

石油工业出版社

2010 北京

国家能源局 公 告

2010 年 第 3 号

按照《能源领域行业标准化管理办法（试行）》的规定，经审查，国家能源局批准《高含硫化氢气田集输场站工程施工技术规范》等 111 项行业标准（见附件），其中包括石油天然气标准（SY）94 项、电力标准（DL）10 项和能源标准（NB）7 项，现予以发布。

附件：行业标准目录（节选）

国家能源局
2010 年 8 月 27 日

附件：

行业标准目录

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY 4118—2010	高含硫化氢气田集输场站工程施工技术规范			2010—08—27	2010—12—15
SY 4212—2010	石油天然气建设工程施工质量验收规范 高含硫化氢气田集输场站工程			2010—08—27	2010—12—15
SY 4213—2010	石油天然气建设工程施工质量验收规范 高含硫化氢气田集输管道工程			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 0441—2010	油田注汽锅炉制造安装技术规范	SY/T 0441—2001		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 0442—2010	钢制管道熔结环氧粉末内防腐层技术标准	SY/T 0442—1997		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 0457—2010	钢制管道液体环氧涂料内防腐层技术标准	SY/T 0457—2000		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 0460—2010	天然气净化装置设备与管道安装工程施工技术规范	SY/T 0460—2000		2010—08—27	2010—12—15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 0510—2010	钢制对焊管件规范	SY/T 0510—1998 SY/T 0518—2002		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 0544—2010	石油钻杆内涂层技术条件	SY/T 0544—2004		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 0556—2010	快速开关盲板技术规范	SY/T 0556—1999		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 4117—2010	高含硫化氢气田集输管道焊接技术规范			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 4119—2010	高含硫化氢气田集输管道工程施工技术规范			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5141—2010	石油钻机用离心涡轮液力变矩器	SY/T 5141—2002 SY/T 5716.9—1995		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5216—2010	钻井取心工具	SY/T 5216—2000 SY/T 5414—2002		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5251—2010	油气井录井项目内容及质量基本要求	SY/T 5251—2003		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5358—2010	储层敏感性流动实验评价方法	SY/T 5358—2002		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5362—2010	生产测井油气水流量模拟试验装置技术规范	SY/T 5362—1995		2010-08-27	2010-12-15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 5643—2010	抽油杆维护和使用推荐作法	SY/T 5643—1995	API RP 11BR:2006, IDT	2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5676—2010	石油钻采机械产品用高压锻件 技术条件	SY/T 5676—1993		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5699—2010	提升短节	SY/T 5699—1995		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5723—2010	山地地震钻机	SY/T 5723—1995		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5757—2010	油田注入水杀菌剂通用技术 条件	SY/T 5757—1995 SY/T 5890—1993		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5782—2010	岩性油（气）藏探明储量计算 细则	SY/T 5782—1993		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5794—2010	钻井液用沥青类评价方法	SY/T 5794—1993		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5819—2010	陆上重力勘探技术规程	SY/T 5819—2002		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5889—2010	除氧剂性能评价方法	SY/T 5889—1993		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5912—2010	牙形石分析鉴定方法	SY/T 5912—1994		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5940—2010	储层参数的测井计算方法	SY/T 5940—1994		2010-08-27	2010-12-15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 5367—2010	石油可采储量计算方法	SY/T 5367—1998 SY/T 6193—1996		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5386—2010	裂缝性油（气）藏探明储量计算细则	SY/T 5386—2000		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5454—2010	垂直地震剖面法勘探技术规程	SY/T 5454—2003		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5486—2010	非常规地层测试技术规程	SY/T 5486—1999		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5504.5—2010	油井水泥外加剂评价方法 第5部分：防气窜剂			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5504.7—2010	油井水泥外加剂评价方法 第7部分：加重剂			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5518—2010	石油天然气井位测量规范	SY/T 5518—2000		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5532—2010	石油钻机绞车	SY/T 5532—2002		2010-08-27	2010-12-15
		SY/T 5465—2005 SY/T 5941—1994 SY/T 5600—2002 SY/T 6180—1996 SY/T 6181—2005 SY/T 6413—1999			
SY/T 5600—2010	石油电缆测井作业技术规范			2010-08-27	2010-12-15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 5965—2010	油气探井地质设计规范	SY/T 5965—2000		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 5991—2010	套管、油管、管线管及钻杆螺纹保护器	SY/T 5991—1994		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6055—2010	石油重力、磁力、电法、地球化学勘探图件编制规范	SY/T 6055—2002		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6082—2010	石油地震勘探车装钻机使用和维护	SY/T 6082—1994		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6098—2010	天然气可采储量计算方法	SY/T 6098—2000		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6107—2010	油藏热物性参数的测定方法	SY/T 6107—2002		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6117—2010	石油修井机使用与维护	SY/T 6117—2003		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6124—2010	气举排水采气工艺作法	SY/T 6124—1995		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6156—2010	气枪震源使用技术规范	SY/T 6156—2003		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6218—2010	套管段铣和定向开窗作业方法	SY/T 6218—1996		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6234—2010	埋地输油管道总传热系数的测定	SY/T 6234—2003		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6257—2010	蒸汽吞吐注采工艺方案设计	SY/T 6257—1996		2010-08-27	2010-12-15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 6269—2010	石油企业常用节能节水词汇	SY/T 6269—2004		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6378—2010	油水井取套回接工艺作法	SY/T 6378—1998		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6415—2010	油气探井录井资料质量评定与归档项目	SY/T 6415—1999		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6451—2010	探井测井数据处理与资料解释技术规范	SY/T 6451—2000		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6464—2010	水平井完井工艺技术要求	SY/T 6464—2000		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6472—2010	油田生产主要能耗定额编制方法	SY/T 6472—2000		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6530—2010	非腐蚀性气体输送用管线管内涂层	SY/T 6530—2002	API RP 5L2: 2002, MOD	2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6544—2010	油井水泥浆性能要求	SY/T 6544—2003		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6567—2010	天然气输送管道系统经济运行规范	SY/T 6567—2003		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6569—2010	油田注水系统经济运行规范	SY/T 6569—2003		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6737.3—2010	生产测井下井仪系列通用技术条件 第3部分：工程			2010—08—27	2010—12—15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 6790—2010	过套管电阻率测井作业规范			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6791—2010	油气井射孔起爆装置通用技术条件及检测方法			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6792—2010	钻进式井壁取心技术规范			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6793—2010	油气输送管道线路工程水工保护设计规范			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6794—2010	可盘绕式增强塑料管线管的评定		API RP 15S:2006, IDT	2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6795—2010	石油天然气工业用钢骨架增强热塑性树脂复合连续管及接头			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6796—2010	油气田开发图例及编图规范			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6797—2010	注水井分层流量实时测调仪			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6798—2010	石油岩石孔隙体压缩系数测定仪			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6799—2010	石油仪器和石油电子设备防雷和浪涌保护通用技术条件			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6800—2010	阵列感应成像测井仪			2010—08—27	2010—12—15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 6801—2010	石油钻机液压盘式刹车安装、使用与维护			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6802—2010	油田套管补贴用膨胀管总成			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6803—2010	海洋修井机			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 6804—2010	海洋平台钻机设施布置规范			2010—08—27	2010—12—15
SY/T 10019—2010	海上卫星差分定位测量技术规程	SY/T 10019—1998		2010—08—27	2010—12—15
SY 5445—2010	石油机械制造企业安全生产规范	SY 5445—1999		2010—08—27	2010—12—15
SY 6355—2010	石油天然气生产专用安全标志	SY 6355—1998		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 0087.3—2010	钢质管道及储罐腐蚀评价标准 钢质储罐腐蚀直接评价	SY/T 0087—1995		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 0320—2010	钢制储罐外防腐层技术标准	SY/T 0320—1998		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 10037—2010	海底管道系统	SY/T 10037—2002		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 4084—2010	滩海环境条件与荷载技术规范	SY/T 4084—1995		2010—08—27	2010—12—15
SY/T 5502—2010	石油物探标准劳动量折算方法	SY/T 5502—1992		2010—08—27	2010—12—15

标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
SY/T 5805—2010	输配线路安装工程劳动定额	SY/T 5805—1996		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6455—2010	陆上石油工业安全词汇	SY/T 6455—2000		2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6775—2010	滩海堤坝坝体检测规程（瑞雷波法）			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6776—2010	海上生产设施设计和危险性分析推荐作法			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6777—2010	滩海人工岛安全规则			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6779—2010	高含硫化氢气田集气站场安全规程			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6780—2010	高含硫化氢气田集输管道安全规程			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6783—2010	石油工业计算机病毒防范管理规范			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6784—2010	钢质储罐腐蚀控制标准			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6787—2010	水溶性油田化学剂环境保护技术要求			2010-08-27	2010-12-15
SY/T 6788—2010	水溶性油田化学剂环境保护技术评价方法			2010-08-27	2010-12-15

前 言

根据国家发展和改革委员会办公厅文件《国家发展改革委办公厅关于印发 2008 年行业标准计划的通知》(发改办工业[2008]1242 号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范的主要技术内容是:总则、术语、焊接的一般规定、焊接工艺评定、焊工、现场焊接、焊缝检验、带缺陷焊缝的返修、焊后热处理等方面的规定。

本规范由石油工程建设专业标准化技术委员会归口管理。由四川石油天然气建设工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送四川石油天然气建设工程有限责任公司安全环保质量部(地址:四川省成都市华阳镇龙灯山,邮编:610213)。

本规范主编单位:四川石油天然气建设工程有限责任公司。

本规范参编单位:中国石油西南油气田分公司、中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司。

本规范主要起草人:杨燕、何洪勇、吴立斌、张忠蜀、黄正、姜放。

本规范主要审查人:杜泽裕、隋永莉、张琴、刘润昌、张广齐、高伟利、李秀琴、陆军、魏家斌、郑玉刚、李丽君。

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	焊接的一般规定	3
3.1	基本要求	3
3.2	焊接设备	3
3.3	材料	3
4	焊接工艺评定	5
4.1	一般要求	5
4.2	焊接工艺规程	5
4.3	焊接工艺规程的变更	6
4.4	对接焊的焊接接头试验	7
4.5	返修焊焊接工艺评定	15
5	焊工	17
5.1	焊工资格认定	17
5.2	上岗考核	17
6	现场焊接	19
6.1	一般要求	19
6.2	组对	19
6.3	接地	19
6.4	对口器的使用	20
6.5	气候条件	20
6.6	作业空间	20
6.7	层间清理	20
6.8	预热	21
6.9	焊道层间温度及冷却速度控制	21

6.10 焊口标记	21
7 焊缝检验	22
7.1 一般要求	22
7.2 外观检查	22
7.3 无损检测	22
8 带缺陷焊缝的返修	24
9 焊后热处理	25
9.1 一般要求	25
9.2 温度控制设备	25
9.3 绝热保温	26
9.4 焊缝热处理质量检查	26
附录 A 焊接工艺评定报告样表	27
附录 B 焊接工艺规程样表	36
本规范用词说明	39
引用标准名录	40
附件 高含硫化氢气田集输管道焊接技术规范 条文说明	41
参考文献	55

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	The general rules of welding.....	3
3.1	Basic requirements	3
3.2	Welding equipment	3
3.3	Materials	3
4	Welding procedure qualification.....	5
4.1	General requirement	5
4.2	Welding procedure specification	5
4.3	Change of welding procedure specification	6
4.4	Testing of Welded Joints-Butt welds	7
4.5	Welding procedure qualification of the repair welding	15
5	Welders	17
5.1	Qualification certification of welders	17
5.2	Operation test	17
6	Field site welding	19
6.1	General requirement	19
6.2	Fitting-up	19
6.3	Grounding	19
6.4	Ftting-up	20
6.5	Weather conditions	20
6.6	Clearance	20
6.7	Cleaning between beads	20
6.8	Preheating	21
6.9	Temperature control of interpass and cooling	21

6.10 Identification of welds	21
7 Inspection of welds	22
7.1 General requirement	22
7.2 Appearance inspection	22
7.3 Nondestructive testing	22
8 Repairing for poor welds	24
9 Postheat treatment	25
9.1 General requirement	25
9.2 Temperature controlling equipment	25
9.3 Insulation	26
9.4 Weld heat treatment quality inspection	26
Appendix A Sample table of welding procedure qualification report	27
Appendix B Sample table of welding procedure specification	36
Specification of word using	39
Normative standard	40
Attached Clause explanation	41
Refenerences	55

1 总 则

1.0.1 本规范规定了石油天然气工业中高含硫化氢 (H_2S) 天然气管道输送系统中的碳钢和低合金钢管焊缝的焊接施工要求。

1.0.2 本规范适用于天然气中 H_2S 体积分数大于或等于 5% 的天然气管道输送管道的焊接施工, 本规范不替代与天然气集输、净化装置工艺管道焊接有关的其他技术标准和规范。

1.0.3 高含硫化氢气田集输管道的焊接除应符合本规范规定外, 尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 氢致开裂 (HIC) hydrogen induced cracking

当氢原子扩散进钢铁中并在陷阱处结合成氢分子 (氢气) 时, 所引起的在碳钢和低合金钢中的平面裂纹。

2.0.2 硫化物应力开裂 (SSC) sulfide stress cracking

在有水和 H_2S 存在的情况下, 与腐蚀和拉应力 [残留的和 (或) 外加的] 有关的一种金属开裂。

3 焊接的一般规定

3.1 基本要求

3.1.1 本规范适用的焊接方法为焊条电弧焊、非熔化极气体保护焊、熔化极气体保护焊、药芯焊丝半自动焊或它们的任何组合工艺。

3.1.2 所有焊缝均应进行焊后热处理。

3.1.3 所有焊缝均应具有抗 SSC 和抗 HIC 能力，该能力应通过焊接工艺评定得到验证。

3.1.4 焊接工艺评定应由业主指定的专业焊接技术单位进行。从事焊接工艺评定的人员应为相关专业的技术人员和技能熟练的焊工。采用的焊接工艺，在进行施工前，应按本规范第 4 章的要求进行评定。

3.1.5 应根据评定合格的焊接工艺编制焊接工艺规程。焊接工艺规程应经试验单位焊接工程师审核和技术负责人审批后报业主批准。管道工程的焊接作业应符合焊接工艺规程的规定。

3.1.6 无损检测人员应由国家授权的专业考核机构考核并取得Ⅱ级资格，且具有酸性气田工程经验的人员担任，应按考核合格的项目及权限从事检测工作。审核人员应具有Ⅲ级资格证。

3.2 焊接设备

3.2.1 所使用的焊接设备应能满足焊接工艺的要求，能准确地显示相关工艺参数，具有良好的工作状态和安全性。

3.3 材料

3.3.1 管材和管件应符合下列规定：

1 管道材质和规格应符合设计文件要求。

2 管材及管件应有材料质量证明书，其技术参数不得低于国家现行标准的规定。

3 管材和管件应进行抗 SSC 和抗 HIC 试验，评定合格后方可使用。

3.3.2 焊接材料必须具有制造厂的质量证明书和抗 HIC、抗 SSC 试验报告。焊接材料使用前，应对不同批号的焊接材料化学成分和力学性能进行复验，其结果应符合相关标准规定。

3.3.3 焊接材料的外观应满足下列要求：

1 焊条的偏心度不应超出规定的要求，药皮应均匀紧密地包裹在焊芯周围。焊条药皮不应有裂纹、气泡、杂质、剥落、凸节、空洞等缺陷。

2 焊丝的包装应密封完好，焊丝表面应光滑、洁净，无油污和其他脏物。

3.3.4 焊接材料使用前应按规定进行烘干。

3.3.5 施工现场的焊接材料储存场所及烘干、去污设施，应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的规定，并建立保管、烘干、发放及回收制度。

3.3.6 氩弧焊所采用的氩气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842 的规定，且纯度不应低于 99.99%。

3.3.7 二氧化碳气体保护焊所采用的二氧化碳气体纯度不应低于 99.5%，含水量不应超过 0.005%。当瓶内气体压力低于 0.98MPa 时，应停止使用。

4 焊接工艺评定

4.1 一般要求

4.1.1 高含硫化氢条件下管道焊接施工前, 应进行焊接工艺评定。工艺评定的内容应包括抗硫化物应力腐蚀开裂试验 (SSC) 和抗氢致开裂 (HIC) 试验。

4.1.2 应对各项焊接工艺评定进行详细记录, 焊接工艺评定报告可参照附录 A 编制。

4.1.3 对接试件评定合格的焊接工艺亦适用于角焊缝试件。

4.2 焊接工艺规程

4.2.1 焊接工艺规程应包括以下内容, 焊接工艺规程可参照附录 B 编制。

1 应指明是使用焊条电弧焊、非熔化极气体保护焊、熔化极气体保护焊、药芯焊丝半自动焊或它们的任何组合方法。

2 应指明电流种类和极性, 并规定使用焊条或焊丝的焊接电流和电弧电压的范围。

3 管材及管件材料。

4 直径和壁厚。

5 接头设计应画出简图。简图应指明坡口角度、钝边尺寸及根部间隙等。

6 应指明填充金属的种类和规格、焊缝最少层数及焊道顺序。

7 应指明是旋转焊或是固定焊, 固定焊应指明水平焊接位置 5G、垂直焊接位置 2G 或 45° 倾斜固定位置 6G。

8 应指明焊接方向是上向焊或是下向焊。

9 应规定完成根焊道之后至开始第二焊道时的最长时间间隔。

15 应规定焊接热输入的范围。

或从垂直固定焊接位置 (2G) 变为水平固定焊接位置 (5G), 或反之; 45° 固定管焊接位置 (6G) 可替代水平固定焊接位置 (5G) 和垂直固定焊接位置 (2G)。

6 壁厚超出表 4.3.1 范围的变更。

表 4.3.1 评定合格的焊接工艺的厚度适用范围 (mm)

评定试件母材厚度 T	焊件母材厚度适用范围	
	最小值	最大值
$1.5 \leq T < 8$	1.5	$2T$, 且不大于 12
$T \geq 8$	$0.75T$	$1.5T$

7 焊接材料生产厂家和牌号的任何变更。

8 从下向焊改为上向焊, 或反之。

9 一种保护气体换成另一种保护气体。

10 电流类型和极性的改变 [直流 (正极性、负极性)、交流或脉冲]。

11 预热温度比焊接工艺评定时预热温度低 50℃ 以上。

12 焊后热处理的恒温温度、时间和加热与冷却速度范围与评定试验认定不相同。

4.3.2 当焊接工艺规程有 4.3.1 以外的变更时, 应修订焊接工艺规程, 但不必对焊接工艺重新评定。

4.4 对接焊的焊接接头试验

4.4.1 试样应从能满足外观检查、无损检测验收标准和模拟实际焊后热处理的试件上采集。若试件不能满足取样数量的要求, 应增加试验焊口的数量。试样取样应按图 4.4.1 指定的位置进行, 试样的最少数量及试验项目应符合表 4.4.1 的规定, 试样应按图 4.4.1 ~ 图 4.4.6 的要求准备。对于直径小于或等于 33.4mm 的管材, 可用一个完整管段 (全截面) 试样进行拉伸试验。

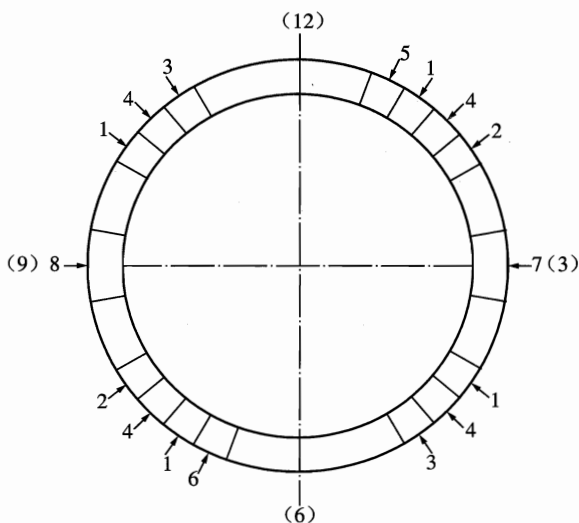


图 4.4.1 对接接头焊接工艺评定试验的试样位置

- 1—拉伸试样；2—面弯或侧弯试样；3—背弯或侧弯试样；4—刻槽锤断试样；
 5—抗氢致开裂试样；6—抗硫化物应力开裂试样；7—冲击试样；
 8—金相、硬度、化学分析试样；
 (12)，(3)，(6)，(9) —水平固定位置时的定位标记

表 4.4.1 焊接工艺评定试验的试样类型及数量

试件母材厚度 T (mm)	拉伸 (个)	刻槽 锤断 (个)	面弯 (个)	背弯 (个)	侧弯 (个)	化学 分析	硬度 (个)	金相 (个)	冲击		抗 SSC	抗 HIC
									焊缝	熔合线		
$1.5 \leq T < 10$	2	2	2	2	—	1 组	1	1	1 组	1 组	1 组	1 组
$10 \leq T < 20$	2	2	2	2	—	1 组	1	1	1 组	1 组	1 组	1 组
$T \geq 20$	2	2	—	—	4	1 组	1	1	1 组	1 组	1 组	1 组

注：当 $10 \leq T < 20$ 时，可采用 4 个侧弯试验来代替 2 个面弯和 2 个背弯试验。化学分析可从焊缝任意位置取样，金相、硬度可取同一个试样；壁厚小于 6mm 的试件可免做冲击试验。

4.4.2 拉伸试验应符合下列规定：

1 试样制作：拉伸试验试样如图 4.4.2 所示，试样应采用机械加工方法除去焊缝余高。对于全截面小直径管材进行试验时，焊缝余高可不去除。

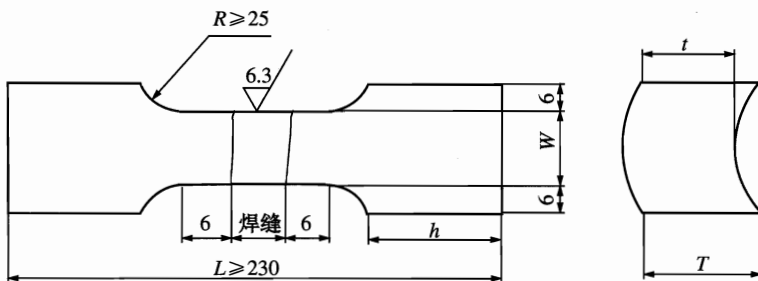


图 4.4.2 拉伸试样

T —试件厚度； t —试样厚度； h —夹持部分长度，根据试验机夹具需要；
 W —试样拉伸面宽度，大于或等于 20mm； R —圆角半径； L —试样长度

2 方法：拉伸试样应在拉伸载荷下拉断。使用的拉伸试验机应能测量出拉伸试验时的最大载荷。以拉伸试验的最大载荷除以试样在拉伸前测定的最小截面积，即可测定出抗拉强度。拉伸试验应符合现行国家标准《焊接接头拉伸试验方法》GB/T 2651 的有关规定。

3 要求：每个试样的抗拉强度应大于或等于管材规定的最小抗拉强度。如有一个试样是在低于管材规定的最小抗拉强度下断裂，则此试验为不合格。

4.4.3 弯曲试验应符合下列规定：

1 试样制作：面弯和背弯试验试样如图 4.4.3-1 所示，横向侧弯试验试样如图 4.4.3-2 所示。试样长边缘应磨成圆角，应采用机械方法除去内外表面的焊缝余高，至与试件表面齐平。试件在试验前不应压平。面弯和背弯试样拉伸面应保留至少一侧母材的原始表面，加工刀痕应轻微并垂直于焊缝轴线。横向侧弯试样应机加工，切割表面应光滑、平行。

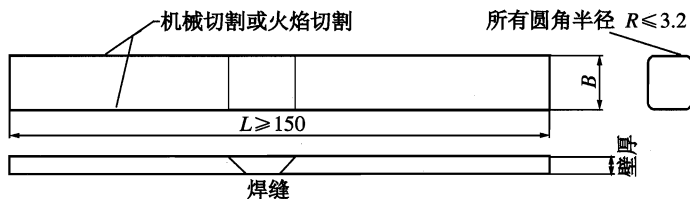


图 4.4.3-1 面弯和背弯试样

B —试样宽度； L —试样长度

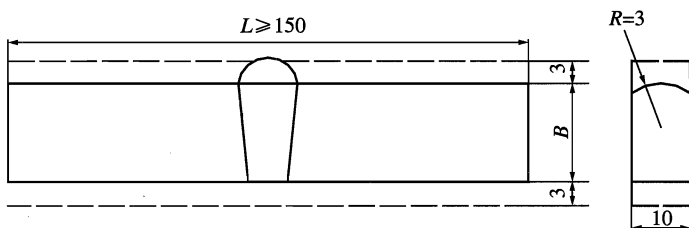


图 4.4.3-2 横向侧弯试样

B —试样宽度， $B=t+\phi/20\text{mm}$ ，且 $10\text{mm} \leq B \leq 38\text{mm}$

[式中， ϕ —管子外径 (mm)， t —试样厚度 (mm)]

2 方法：弯曲试验应在弯曲试验机上进行，相同材质接头或不同材质接头试验所用的弯轴直径均应符合表 4.4.3 的规定，弯曲试验方法应符合现行国家标准《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653 的有关规定。

表 4.4.3 弯轴直径 (mm)

试样厚度	弯轴直径	支座间距离
t	$4t$	$6t+3$

3 要求：弯曲试验的弯曲角度为 180° ，弯曲角度应以试样承受载荷时测量为准。弯曲试验时，试样上的焊缝中心应对准弯轴轴线，焊缝和热影响区应全部在试样受弯范围内。当试样绕轴弯曲到规定角度后，试样拉伸面的任何方向上不得有长

度大于 3mm 的裂纹或缺陷，试样的棱角开裂不计，但确因焊接缺陷引起的试样棱角开裂的长度应进行评定。

4.4.4 刻槽锤断试验应符合下列规定：

1 试样制作：刻槽锤断试验试样如本规范图 4.4.4-1 所示，可通过机械切割方法制取试样，两侧应光滑且相互平行。为保证断口在焊缝上，可在焊缝外表面余高上刻槽，但深度从焊缝表面算起不得超过 1.6mm。

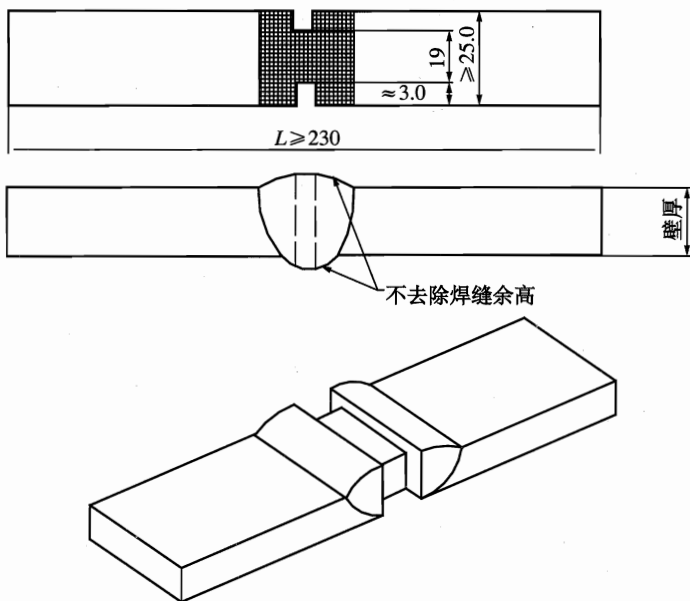


图 4.4.4-1 刻槽锤断试样

2 方法：刻槽锤断试样可在拉伸机上拉断；或支撑两端，打击中部锤断；或支撑一端，打击另一端锤断。焊缝断裂的暴露面应至少为 19mm 宽。

3 要求：每个刻槽锤断试样的断裂面应完全焊透和熔合。任何气孔的最大尺寸不应大于 1.6mm，且所有气孔的累计面积不应大于断裂面积的 2%。夹渣深度应小于 0.8mm，长度不应大

行，试验采用 A 溶液 / 模拟现场腐蚀条件，试样数量为 1 组（每组 3 个），试验时间为 96h。每个试样三个断面的平均值应符合表 4.4.7 的规定，试验结果还应满足现行行业标准《天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐蚀开裂的金属材料要求》SY/T 0599 和现行国家标准《石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 1 部分：选择抗裂纹材料的一般原则》GB/T 20972.1 和《石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 2 部分：抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁》GB/T 20972.2 的要求。

表 4.4.7 抗氢致开裂（HIC）性能试验指标规定值

性能试验指标	规定值
裂纹长度率 <i>CLR</i>	≤ 10%
裂纹厚度率 <i>CTR</i>	≤ 3%
裂纹敏感率 <i>CSR</i>	≤ 1%

4.4.8 抗硫化物应力开裂（SSC）试验应按现行国家标准《金属在硫化氢环境中抗特殊形式环境开裂实验室试验》GB/T 4157 的要求进行，试验加载应力是材料实际屈服强度的 80% ~ 90%，按 A 溶液 / 模拟现场腐蚀条件进行四点弯曲试验，试验结果应符合现行行业标准《天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐蚀开裂的金属材料要求》SY/T 0599 和现行国家标准《石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 1 部分：选择抗裂纹材料的一般原则》GB/T 20972.1 和《石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 2 部分：抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁》GB/T 20972.2 的要求。

4.4.9 焊缝金属化学成分分析可根据现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 或《碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分析方法（常规法）》GB/T 4336 进行。

4.4.10 宏观金相检验应符合下列规定：

国家标准《焊接接头冲击试验方法》GB/T 2650 的有关

冲击试验的合格指标应符合设计文件规定。

应符合下列规定：

按本规范图 4.4.1 的试样位置截取试样，试样应经机械抛光，对焊缝横截面进行浸蚀，分清焊缝、热影响区及母材的位置见图 4.4.6。图中硬度压痕应完全在焊缝与热影响区之间的熔合线附近，且与 2 和 6 点压痕与最后一条轮廓线一致。



《焊接

1 试样制作：按本规范图 4.4.1 试样位置截取试样，试样的一个断面打磨抛光后作为检验面。

2 方法：用浸蚀剂对试样检验面浸蚀后，进行宏观金相分析。

3 结果：不得出现未熔合和裂纹。

4.5 返修焊焊接工艺评定

4.5.1 返修焊规程可参照本规范第 4.2 节和第 4.3 节内容执行，并应增加缺陷的清除和认定。

4.5.2 返修焊焊接工艺评定应包括以下内容：

1 返修焊位置应为 3 点～6 点以及 6 点～9 点。当返修焊缝长度达不到取件数量要求时，应增加返修焊缝长度或焊口数量。返修焊位置及取样要求见图 4.5.2。

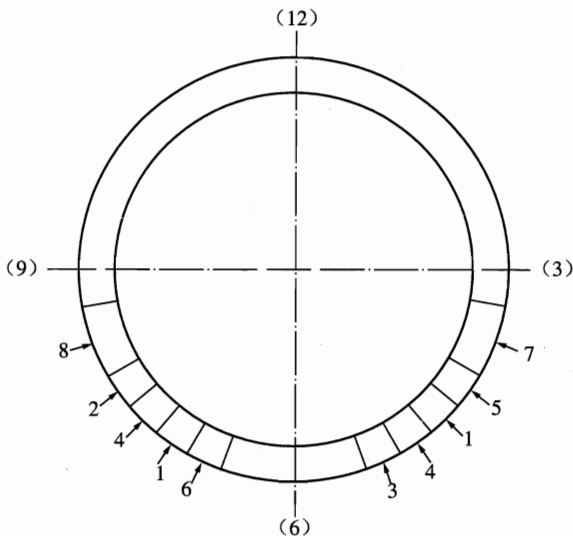


图 4.5.2 返修焊焊接工艺评定试验的试样位置

- 1—拉伸试样；2—面弯或侧弯试样；3—背弯或侧弯试样；
4—刻槽锤断试样；5—抗氢致开裂试样；6—抗硫化物应力开裂试样；
7—冲击试样；8—金相、硬度、化学分析试样；
(12)，(3)，(6)，(9) —水平固定位置时的定位标记

2 返修焊时，返修焊焊接工艺评定试验项目和取样数量应符合表 4.5.2 的规定。

表 4.5.2 返修焊焊接工艺评定试验项目和取样数量

试件母材厚度 T (mm)	拉伸 (个)	刻槽 锤断 (个)	面弯 (个)	背弯 (个)	侧弯 (个)	化学 分析	硬度 (个)	金相 (个)	冲击		抗 SSC	抗 HIC
									焊缝	熔合线		
$1.5 \leq T < 10$	1	1	1	1	—	1 组	1	1	1 组	1 组	1 组	1 组
$10 \leq T < 20$	1	1	1	1	—	1 组	1	1	1 组	1 组	1 组	1 组
$T \geq 20$	1	1	—	—	2	1 组	1	1	1 组	1 组	1 组	1 组

注：当 $10 \leq T < 20$ 时，允许采用 2 个侧弯试验来代替 1 个面弯和 1 个背弯试验；化学分析可从焊缝任意位置取样，金相、硬度可取同一个试样，壁厚小于 6mm 的试件可免做冲击试验。

5 焊 工

5.1 焊工资格认定

5.1.1 从事高含硫化氢天然气管道焊接的焊工，应持有按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》[国质检锅（2002）109号]进行考试并由国家或省级技术监督部门签发的特种作业操作证。

5.1.2 业主或监理单位应进行焊工资格审查。

5.2 上 岗 考 核

5.2.1 资格认定合格的焊工，应进行上岗考核，合格后方可进入施工现场焊接。

5.2.2 上岗考核应在业主指定的单位进行，并由业主或监理单位监督执行。

5.2.3 上岗考核应符合下列要求：

- 1 上岗考核可按单人考核，或按机组组合方式进行考核。
- 2 单人考核时，每个焊工应使用评定合格的焊接工艺规程，焊接三个完整的管接头作为考试焊口，并按本规范第7.2节和第7.3节的要求进行外观检测和无损检测。
- 3 机组组合方式考核时，应明确根焊焊工、填充焊焊工及盖面焊焊工，每个机组的焊工应使用经评定合格的焊接工艺规程，焊接三个完整的管接头作为考核焊口，并按本规范第7.2节和第7.3节的要求进行外观检测和无损检测。
- 4 三个考核焊口经外观检测和无损检测均合格后，应随机抽取一个焊口进行力学性能试验，试验合格后方可给该焊工或机组组合焊工签发相应项目的上岗证。

5 机组组合焊工考核应按机组评定合格或不合格，不得分别按根焊焊工、填充焊焊工、盖面焊焊工评定合格或不合格。

6 三个考核焊口中，若外观检查、射线探伤、超声波探伤、力学性能试验中有任意一项不合格，单人焊工或机组组合焊工可重新焊制三个焊口补考一次，并按本规范进行检测和试验。若结果均合格，则上岗考试合格。

7 当对某个合格焊工或机组组合焊工的能力有疑问时，可要求其重新进行上岗考核。

8 应对每个焊工或机组组合焊工的考核过程进行记录。

6 现场焊接

6.1 一般要求

6.1.1 现场管道焊接应由合格的焊工根据评定合格的焊接工艺规程进行施焊。

6.1.2 当现场焊接条件与焊接工艺规程规定不符时，不应进行焊接生产。

6.1.3 组焊中必须对管端进行封堵。

6.2 组 对

6.2.1 两相邻管的制管焊缝（直焊缝、螺旋焊缝）在对口处应相互错开，距离不应小于 100mm。焊接作业时，制管焊缝宜在钢管周长的上半部。

6.2.2 相邻环焊缝间的距离应大于一倍的钢管直径。

6.2.3 对接端的组对应尽量减小对接空间的偏移，相同公称壁厚的对接钢管，最大许可错边量为 1.6mm，且该错边应沿管子圆周均匀分布。

6.2.4 不等壁厚钢管对接时，必须按焊接工艺规程要求开制过渡型坡口。

6.2.5 开始根焊道后，不应移动钢管，不得敲打焊接接头。

6.3 接 地

6.3.1 应安全接地，避免电弧烧伤，接地电极不应焊在钢管管材或管件上。

6.4 对口器的使用

- 6.4.1 使用的对口器应符合焊接工艺规程的要求。
- 6.4.2 使用内对口器时，在根焊道未施焊完毕前不得撤除内对口器。
- 6.4.3 使用外对口器时，应在根焊道均匀对称完成 50% 以上后方可撤除。对口支撑和吊具应在根焊道全部完成后方可撤除。

6.5 气候条件

- 6.5.1 施焊环境温度、湿度，必须符合焊接工艺规程的规定。
- 6.5.2 在下列任何一种环境下，若无有效防护措施，不得施焊。
 - 1 下雨、下雪。
 - 2 低氢型焊条电弧焊：风速大于 5m/s。
 - 3 药芯焊丝半自动焊：风速大于 8m/s。
 - 4 气体保护电弧焊：风速大于 2m/s。
 - 5 环境温度低于 0℃ 的极端条件。

6.6 作业空间

- 6.6.1 在管沟内焊接时，应有足够的作业空间。
- 6.6.2 焊接架空管线时，焊缝的作业空间不得低于 400mm。

6.7 层间清理

- 6.7.1 应采用手动或电动工具清除每一焊道的熔渣及起弧点、收弧点和焊道中的局部高凸处。
- 6.7.2 采用自动焊或半自动焊焊接时，焊道点蚀坑群和局部凸起都应在熔敷下一金属层前磨平。
- 6.7.3 除焊接工艺规程另有说明外，前一焊道完成前不得开始新焊道。两个焊道起弧、收弧处不应在圆周同一位置。
- 6.7.4 盖面焊完成后，应清理焊缝熔渣及飞溅物。焊缝的整个

圆周长余高应均匀，余高超出部分可用电动工具磨除，但必须圆滑过渡。

6.7.5 每一个焊缝宜在当天连续施焊完成。当天无法完成的焊口，熔敷金属厚度至少应为壁厚的 50% 且不得少于 6mm，并应对整个焊口进行防雨包扎。

6.7.6 在重新焊接前，应按规定进行预热，达到规定的层间温度。

6.8 预 热

6.8.1 预热的方法及温度应按焊接工艺规程进行。

6.8.2 预热时应均匀加热，如整个根部焊道作业期间层间温度低于规定的最低温度值，应重新预热。预热可采用任何适宜的方法。

6.8.3 应采用测温仪器检测预热温度。

6.9 焊道层间温度及冷却速度控制

6.9.1 多焊道焊接期间应保持焊接工艺规程规定的层间温度。当层间温度低于焊接工艺规程规定的温度时，可在焊道间重新加热。

6.9.2 应采取措施控制焊缝任一焊道焊接完成后的冷却速度。

6.10 焊 口 标 记

6.10.1 焊口完成后，应按规范要求的标示方法做焊口标识，不得采用打钢印的方法进行标识。

7 焊缝检验

7.1 一般要求

7.1.1 焊缝应经外观检查合格后方可进行无损检测。

7.1.2 有延迟裂纹倾向的焊缝，宜在焊接完成 24h 后进行无损检测。有再热裂纹倾向的材质，应在热处理后增加一次无损检测。

7.1.3 检验前应认真清除焊缝及其两侧 50mm 范围内的熔渣、飞溅物和其他污物。

7.2 外观检查

7.2.1 焊缝应进行外观检查，焊缝外观应整齐、均匀，无裂纹、表面气孔、表面夹渣等缺陷。

7.2.2 焊缝外表面不应低于母材表面，焊缝余高不宜大于 1.6mm，局部焊缝余高不应大于 2.5mm，且连续长度不大于 50mm。余高超过部分应进行打磨，打磨时不得伤及母材，打磨后应与母材圆滑过渡。

7.2.3 焊缝外表面宽度应比外表面坡口宽度每侧增加 0.5 ~ 2.0mm。

7.2.4 当母材厚度 $T < 8\text{mm}$ 时，咬边深度不得超过 0.3mm；当母材厚度 $T \geq 8\text{mm}$ 时，咬边深度不得超过 0.5mm。每个咬边长度不得超过 30mm，且焊缝两侧咬边的累计长度不应大于焊缝全长的 10%。

7.3 无损检测

7.3.1 所有环焊缝均应进行 100% 射线和 100% 超声波检测。

7.3.2 焊缝的射线和超声波检测合格级别应符合设计要求。

7.3.3 根焊不得内咬边。射线检测应进行内咬边判定。

8 带缺陷焊缝的返修

8.0.1 焊缝返修前，应采用砂轮打磨法消除缺陷，并确认缺陷已经完全清除。

8.0.2 焊缝的返修应按返修焊焊接工艺规程进行。

8.0.3 返修焊前必须对整个管口进行预热。

8.0.4 焊缝同一部位只可返修一次，一次返修不合格的焊缝应采用机械方法切除。

8.0.5 焊缝返修焊的最小长度不应小于 50mm，最大返修长度不应大于钢管周长的 30%。

8.0.6 根焊缺陷不得返修。

8.0.7 裂纹性缺陷不得返修。

8.0.8 返修处应使用原来的检测方法重新进行检验。

9 焊后热处理

9.1 一般要求

9.1.1 热处理设备及其附件，应具有良好的工作状态和安全性，并在检定有效期内使用。

9.1.2 焊接工作全部结束并经无损检测合格后，宜采用电加热法进行焊后热处理。

9.1.3 热处理应按焊接工艺规程规定的焊后热处理工艺进行升温、恒温和降温的操作。

9.1.4 在缺乏有效防护的情况下，不得在雨雪天气进行热处理。

9.1.5 热处理后，应进行硬度检测；当硬度检测不合格时，可再进行一次热处理。进行第二次热处理后应按规定进行硬度检测。如硬度仍不合格，则该焊口应从管线上割除。

9.1.6 凡经二次热处理的接头，均应再次进行超声波检测。合格级别应符合设计要求。

9.1.7 当不能及时进行焊后热处理时，宜对该接头进行 300℃ 以上焊后保温。

9.1.8 从事热处理工作的人员必须经过专业技术培训。

9.2 温度控制设备

9.2.1 热处理自动控制应选用可编程序输入方式的控制设备。温度控制和加热电源输入宜选用智能温控装置，输入热处理工艺参数后，整个热处理过程按输入的参数自动完成。热处理温度数据及曲线可打印输出。

9.2.2 热处理所使用的仪器、仪表、热电偶等，在使用前应到具有检验资格的单位进行校验，校验合格后方可使用。

9.3 绝热保温

- 9.3.1** 保温材料宜选用硅酸铝纤维棉，厚度不应小于 50mm。
- 9.3.2** 保温材料应防潮保管。
- 9.3.3** 热处理的加热范围为焊缝两侧各不小于焊缝宽度的 3 倍，且不少于 25mm。加热区以外 100mm 范围内应予以保温，且管端应密封。

9.4 焊缝热处理质量检查

- 9.4.1** 热处理完成后，应按现行行业标准《高含硫化氢气田地面集输系统设计规范》SY/T 0612 要求进行母材、热影响区和焊缝的硬度检测，其结果应符合设计要求。
- 9.4.2** 硬度检测宜采用带有打印功能的便携式硬度检测仪器。

附录 A 焊接工艺评定报告样表

焊接工艺评定报告

报告编号:

工艺名称:

焊接位置:

焊接方向:

焊接方法:

× × × × 单位

× × 年 × × 月 × × 日

焊接工艺评定报告		编号：								
批准单位名称			负责人			年 月 日				
评定单位名称			负责人			年 月 日				
试验用钢管材料：										
收货单位				验收标准						
钢 号				钢管名称						
管材规格				批 号						
生产单位				证书号						
管材化学成分 (%)										
钢 号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	
管材力学性能										
钢 号	屈服点 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 <i>E.L</i> (%)	屈强 比 <i>Y/T</i> (%)	冲击试验					
					温度 (℃)	冲击功 (J)	平均冲击功 (J)			
试验用焊接材料										
焊 材	焊材类别	生产厂家		验收标准		批号	牌号	型号	规格	
焊接材料（熔敷金属）化学成分 (%)										
焊材牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu
特殊要求										

焊接工艺评定报告 编 号:							
焊接材料力学性能							
焊材牌号	屈服强度 σ_s (MPa)	抗拉强度 σ_b (MPa)	延伸率 δ (%)	冲击试验			
				温度 (°C)	冲击功		
特殊要求							
备 注							
焊 接 准 备							
试 件 位 置			组 对 方 式				
环 境 温 度			环 境 湿 度				
预 热 温 度			预 热 方 法				
根 焊 设 备			填充、盖面焊设备				
试件下料方法			坡口加工方式				
焊 前 清 理			固 定 方 式				
喷 嘴 直 径			保 护 气 体				
焊 接 设 计							
接头及坡口形式							
钝 边			坡 口 角 度				
间 隙			错 边				
余 高			单道或多道焊				
焊 缝 层 数			盖面焊缝宽度				

焊接工艺评定报告		编 号：								
焊 接 要 求										
焊 接 方 法					焊 接 方 向					
每层焊工数					根焊与填充焊间隔					
层 间 温 度					环 境 风 速					
焊接工艺参数：										
焊口代号										
焊 道	焊条 (丝)		焊 接 方 法	电 流 种 类 和 极 性 (正、反)	电 流 范 围 (A)	电 压 范 围 (V)	焊 接 速 度 (cm/min)	热 输 入 (kJ/cm)	保 护 气 体 流 量 (L/min)	层 间 温 度 (℃)
	型 (牌) 号	规 格								
根 焊										
填充焊										
盖面焊										
说 明										
焊 工					记 录				日 期	

焊接工艺评定报告		编 号：			
非 破 坏 性 试 验					
外 观 检 验					
检验结果		检验单位		评定标准	
报告日期		报告编号		管口编号	
焊缝余高 (mm)	焊缝余高差 (mm)	焊缝宽度 (mm)	焊缝宽度差 (mm)	咬 边 (mm)	
咬边长度 (mm)	焊后错边量 (mm)	裂 纹 (mm)	未 熔 合	表面气孔 (mm)	
背面焊缝余高 (mm)	表面夹渣	有害焊瘤	背面凹坑	其 他	
无 损 探 伤					
检验结论		检验单位		检验标准	
试件编号		评定报告日期		报告编号	
I 级片张数		II 级片张数		合格级别	
备 注					
焊 后 热 处 理					
设备型号		检验单位		热处理方式	
报告日期		报告编号		管口编号	
热处理工 艺参数及 曲线			热处理曲线		

焊接工艺评定报告		编 号：			
破 坏 性 试 验					
拉 伸 试 验					
试验结论		检验单位		评定标准	
				试验标准	
报告日期		报告编号		管口编号	
试样编号					
抗拉强度 (MPa)					
拉断位置					
备 注					
弯 曲 试 验 (面弯、背弯或侧弯)					
试验结论		检验单位		评定标准	
报告日期		报告编号		弯曲角度	
试样编号					
弯曲面缺陷					
检验结果					
备 注					
刻 槽 锤 断 试 验					
试验结论		试验单位		评定标准	
报告日期		报告编号		试件编号	
试样编号					
断面缺陷					
检验结果					
备 注					

焊接工艺评定报告		编 号:											
冲 击 试 验													
试验结论		检验单位		评定标准									
				试验标准									
报告日期				报告编号				焊口编号					
试样尺寸 (mm)				试样类型				试验温度 (℃)					
缺口位置				冲击功 A_{kv} (J)		断口缺陷		平均冲击功 (J)					
焊 缝 区													
热影响区													
硬 度 试 验													
试验结论		检验单位		评定标准									
				试验标准									
报告日期				报告编号				硬度类型					
测点位置		母材		热影响区								焊缝	
维氏硬度													
平 均 值													
测点位置简图													
备 注													

焊接工艺评定报告				编 号：							
宏 观 金 相											
试验结论				检验单位					试验标准		
报告日期				报告编号					试件编号		
实验结果：											
焊接接头化学成分分析											
检验单位									试验标准		
报告编号					报告日期						
元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Ti
含量 (%)											
备注											
抗硫化物应力腐蚀破裂性能检测											
试验单位				管口编号					报告编号		
试验压力 (MPa)				试验溶液					试验周期		
执行标准									试验日期		
试件编号		试验应力 σ (MPa)			屈服强度比 $\sigma / R_{t0.5}$ (%)				试验结果 (F 裂 /NF 未裂)		
1											
2											
3											
备 注											

焊接工艺评定报告		编 号：			
抗氢致开裂性能检测					
试验单位		管口编号		报告编号	
试验压力 (MPa)		试验溶液		试验周期	
执行标准		试验日期			
试样编号	断面号	试验结果			
		CLR (%)	CTR (%)	CSR (%)	
	平均				
	平均				
	平均				
氢鼓泡描述					
备 注					
评 定 结 果					
焊接工艺评定结论：					
焊工姓名：		钢印号：		级别：	
批准		审核		编制	
日期		日期		日期	

附录 B 焊接工艺规程样表

×× 工程焊接工艺规程 (WPS ××-××)

共 3 页 第 1 页

适用工程:			
编制单位:			
执行标准:			
焊接方法:			
焊接工艺规程编号:		批准人签字:	
焊接工艺评定报告编号:			
适用母材材质及规格			
材质:			
钢管规格:			
焊接材料			
标准号	型号	牌号	规格
根焊焊材			
填充焊材			
盖面焊材			
特殊要求:			
接头设计			
接头形式:		坡口形式:	钝边:
坡口度数:		对口间隙:	焊缝表面宽度:
焊缝余高:			
组对错边:			
接头设计			
焊接层数:			
壁厚 (mm)	根焊	填充焊	盖面焊

××工程焊接工艺规程 (WPS ××-××)

共3页 第2页

焊接准备

焊接位置：水平固定

对口方式：内对口器或外对口器组对

焊接设备：下降外特性直流弧焊电源（根焊设备需带高频或高压引弧功能）

工艺要求

焊接方法：

焊接方向：

每层焊工数：

预热温度：

加热方法：

层间温度：

根焊与填充焊时间间隔：

保护气体种类：

气体纯度：

焊条烘烤：

焊接工艺参数

焊道名	焊材牌号 (型号)	规格 (mm)	电源 极性	焊接 电流 (A)	电弧 电压 (V)	气体 流量 (L/min)	焊接速度 (cm/min)	热输入量 (kJ/cm)

焊接措施：

×× 工程焊接工艺规程 (WPS ××-××)

共 3 页 第 3 页

焊后热处理					
热处理工艺参数:					
焊后热处理措施:					
适用条件:					
施焊环境要求:					
审核		校核		编制	
日期		日期		日期	

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“应符合……规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法
- GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
- GB/T 4157 金属在硫化氢环境中抗特殊形式环境开裂实验室
试验
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分
析方法（常规法）
- GB/T 4842 氩
- GB/T 8650 管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评定方法
- GB/T 20972.1 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化
氢环境的材料 第1部分：选择抗裂纹材料的一般原则
- GB/T 20972.2 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化
氢环境的材料 第2部分：抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁
- SY/T 0599 天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐
蚀开裂的金属材料要求
- SY/T 0612 高含硫化氢气田地面集输系统设计规范
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- 锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则 国质检锅
(2002) 109号

附件

高含硫化氢气田集输管道焊接技术规范

条 文 说 明

制 定 说 明

《高含硫化氢气田集输管道焊接技术规范》SY/T 4117—2010 经国家能源局 2010 年 8 月 17 日以第 3 号公告批准发布。

本规范制定过程中，编写组先后多次深入国内已开发的含 H_2S 气田施工现场进行广泛现场调研，总结了我国高含硫化氢气田集输管道焊接工程建设的实践经验，同时参考了国外相关的先进技术法规和技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，本规范编制组按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	44
2	术语	45
3	焊接的一般规定	46
3.1	基本要求	46
3.3	材料	46
4	焊接工艺评定	48
4.1	一般要求	48
4.2	焊接工艺规程	48
4.3	焊接工艺规程的变更	48
4.4	对接焊的焊接接头试验	48
4.5	返修焊焊接工艺评定	49
5	焊工	50
5.1	焊工资格认定	50
5.2	上岗考核	50
6	现场焊接	51
6.1	一般要求	51
6.2	组对	51
6.5	气候条件	51
6.9	焊道层间温度及冷却速度控制	51
7	焊缝检验	52
7.1	一般要求	52
7.3	无损检测	52
8	带缺陷焊缝的返修	53
9	焊后热处理	54
9.1	一般要求	54
9.4	焊缝热处理质量检查	54

1 总 则

1.0.1 本条中“高含硫化氢(H_2S)天然气管道输送系统”是指高含硫化氢气井处理站、场间的集输管道及站、场内和净化装置间的工艺管道。

1.0.2 本条规定了本规范对天然气中硫化氢含量的适用范围。

2 术 语

2.0.1 HIC 的裂纹是由于氢的聚集点压力增大而产生的。氢致开裂的产生不需要施加外部的应力。能够引起 HIC 的聚集点常位于钢中杂质含量较高的地方。这是由于杂质偏析和在钢中合金元素形成的具有较高密度的平面型夹渣和（或）具有异常显微组织（如带状组织）的区域。这种类型的氢致开裂与焊接无关。

2.0.2 SSC 是氢应力开裂（HSC）的一种形式，它与在金属表面的因酸性腐蚀所产生的原子氢引起的金属脆性有关，在硫化物存在时，会促进氢的吸收。原子氢能扩散进金属，降低金属的韧性，增加裂纹的敏感性。高强度金属材料 and 较硬的焊缝区域易发生 SSC。

3 焊接的一般规定

3.1 基本要求

3.1.2 在输送高含硫化氢 (H_2S) 天然气介质条件下应最大限度降低硫化物应力开裂 (SSC) 及氢致开裂 (HIC) 的外部条件。消除综合残余应力, 降低金属硬度是有效而可行的办法。以降低接头硬度、消除综合残余应力为主要目的, 焊后热处理是达到上述目的最有效的手段。因此, 本规范要求所有的焊缝均应进行焊后热处理。

3.1.3 本条指焊接工艺评定时, 需对焊接接头进行抗 SSC 和抗 HIC 性能评价, 并用评定合格的焊接工艺指导现场焊接作业。

3.1.6 本条要求无损检测审核人员应为Ⅲ级, 是因为标准规定根焊道不准许内咬边, 也不准许对根焊道进行返修。所以, 为确保减少对高含硫化氢管道焊缝缺陷的误判及漏判, 需要有丰富的工程检测实践经验的无损检测人员担任无损检测审核人员, 故将无损检测审核人员级别定为Ⅲ级人员。

3.3 材 料

3.3.1 重点强调管材和管件应进行抗 SSC 和抗 HIC 试验, 评定合格后方可使用。

3.3.2 在工程实践中已充分证明, 虽同牌号但批号不同的焊接材料, 其熔敷金属的化学成分及力学性能差异较大。所以, 重点强调焊接材料使用前, 应对不同批号的焊接材料进行化学成分和力学性能进行复验。必须具有“抗 SSC 和抗 HIC 试验报告”, 考虑是高含硫介质条件下, 焊接材料是否具有抗 SSC 和抗 HIC 的性能是决定焊接接头抗腐蚀性能的最重要的因素之一,

因此，在选择焊接材料时，除了必须满足化学成分、机械性能等要求之外，还必须具有抗 SSC 和抗 HIC 的试验报告，以保证焊接质量。

4 焊接工艺评定

4.1 一般要求

4.1.1 焊接工艺评定的目的是验证拟定的焊接工艺能否获得符合工程设计的合格的焊接质量、合格的力学性能和合格的抗 SSC 和抗 HIC 性能的焊接接头。

4.1.2 焊接工艺评定报告可参照附录 A 进行编制，也可采用其他格式编制，但应包括附录 A 中的所有试验内容。

4.2 焊接工艺规程

4.2.1 焊接工艺规程可参照附录 B 进行编制，也可采用其他格式编制，但应包括 4.2.1 的所有内容。

4.2.1 第 15 款 焊接热输入的计算为：焊接电流 (A) × 焊接电压 (V) × 60/ 焊接速度 (cm/min)。

4.3 焊接工艺规程的变更

4.3.1 第 3 款 坡口角度、钝边和间隙的变更不属于基本要素的变更。

4.4 对接焊的焊接接头试验

4.4.1 对接焊应按图 4.4.1 的位置要求取样，其中化学分析试样可不限定取样位置。

4.4.2 无论拉断于母材或焊缝，只要试样的抗拉强度大于或等于母材的标准最小抗拉强度均为合格。

4.4.4 可适当增加刻槽锤断试件宽度，保证试件断在指定位置。

4.4.5 对于壁厚小于 6mm 以下的焊接接头，无法加工冲击试件

时, 是否需要进行冲击试验, 应按设计文件的要求进行。

4.4.6 应根据设计要求确定是否可采用其他硬度试验进行换算得到维氏硬度值。

4.4.7 对于小管径、薄壁的管接头, 当不能加工抗氢致开裂试件时, 其抗氢致开裂试验应根据设计文件要求进行。

4.4.8 对于小管径、薄壁的管接头, 当不能加工抗硫化物应力开裂试件时, 其抗硫化物应力开裂试验应根据设计文件要求进行。

4.4.9 化学成分分析试验结果仅作为工艺评定的参考数据。

4.5 返修焊焊接工艺评定

4.5.2 返修焊焊接工艺评定前, 应采用主线路焊接工艺焊接完整个焊口, 再用机械方法打磨 3 点~6 点以及 6 点~9 点位置。再用返修焊工艺焊接完 3 点~6 点以及 6 点~9 点位置, 当取件数量达不到要求时, 应增加返修焊口数量。

5 焊 工

5.1 焊工资格认定

5.1.1, 5.1.2 焊工首先应取得由技术监督部门签发的相应项目资格证书, 业主或监理部门进行资格审查认定后, 才能进行上岗考核。

5.2 上 岗 考 核

5.2.3 本条之规定是根据高含硫化氢的气质条件, 及在工程焊接实践中证明焊工在执行“焊接工艺规程”的焊接参数和条件时具有较大的随意性, 对确保焊缝具有必须的力学性能非常不利。为减少考核中获取合格的偶然性, 故对焊工的考核规定为焊接出三个完整的焊口, 在外观、无损检测合格的基础上, 抽取一个考核焊口进行力学性能检测的严格要求, 以真正反映出焊工认真执行并按照“焊接工艺规程”焊制出无超标缺欠的焊缝, 同时又能保证焊缝的致密性及相应的力学性能。

6 现场焊接

6.1 一般要求

6.1.1 现场焊接的焊工应取得相应项目的资格证和上岗证后，方可依据评定合格的焊接工艺规程进行施焊。

6.1.2 现场焊接必须满足工艺规程规定的风速、温度、湿度等条件，才能进行焊接工作。

6.1.3 组焊中对管道的起始端进行封堵，其目的是为了防止焊接时的穿堂风造成对根焊的质量影响。

6.2 组 对

6.2.3 焊件组对时的错边量的规定，主要是从能否保证焊接质量来考虑，同时也考虑管材制造本身允许的壁厚误差。

6.2.5 本条规定的目的是为了避免接头应力过大产生裂纹等缺陷。

6.5 气候条件

6.5.2 第5款 在环境温度低于0℃焊接时，焊道可能急速冷却，造成空淬，从而出现高硬度焊缝。极速冷却也不利于焊缝中游离氢的逸出。

6.9 焊道层间温度及冷却速度控制

6.9.1 ~ 6.9.2 如果层间温度不足，就相当于预热温度偏低而达不到预热的目的；但若层间温度过高，易引起过热或产生塑性和冲击功的下降。因此，需要严格控制层间温度。

7 焊缝检验

7.1 一般要求

本规范并不只限于采用射线、超声波进行无损检测，业主可选用其他无损检测手段，只需在协议中给出明确的规定及要求。

7.1.2 有再热裂纹倾向的焊缝，有可能在热处理时出现新的裂纹，所以应在热处理后各增加一次无损检测。

7.3 无损检测

7.3.1 基于射线对三维缺陷（如气孔、夹杂等）更为敏感，而超声波对二维缺陷（如裂纹、未熔合等）更为敏感，为最大限度检测焊接中产生的各类缺陷，本规范要求所有焊接接头均应进行 100% 射线和 100% 超声波检测。

7.3.3 内咬边的出现，会使接头产生应力集中，导致其抗腐蚀性能能力下降，所以本规范规定根焊不得内咬边。又由于管道焊缝外观检查中，无法判定是否出现了内咬边。故射线检测时，必须进行内咬边的判定。

8 带缺陷焊缝的返修

8.0.1 因为返修的目的就是要消除原有的超标缺陷，因此，焊缝返修前必须要消除缺陷，并可用“着色法”等确认缺陷已经完全消除。

8.0.4 由于返修次数过多，会导致焊缝金相组织和显微硬度值发生改变，因此，焊缝同一部位只可进行一次返修，一次返修不合格就必须割除。

8.0.6 如根焊道准许返修，在清除缺陷时必须将原根焊道局部磨透，在修补焊接时的约束应力、焊接应力、局部热应力都很大，这些应力都是可以相加的，其值极大足以成为问题源。而且由于加热部位局限，热量也极易使修补处成为高硬度焊缝，其局部的力学性能会与整条焊缝极不匹配。因此，对高含硫化氢管道的焊缝根部焊道不准许返修。

8.0.8 返修处与正式焊接接头承受同样的工作载荷和工作介质，因此，其焊接质量的要求也同于正式焊道，故必须用原来适用的检测方法重新进行检验。

9 焊后热处理

9.1 一般要求

9.1.2 焊后热处理的目的是降低焊接接头残余应力，是改善焊缝与近缝区力学性能的有效方法。焊后热处理利用金属高温下强度的降低而把弹性应变转变成塑性应变以达到消除残余应力的目的。在施工现场的焊后热处理，系指对焊接接头进行高温回火，主要作用是降低接头残余应力，不包括其他形式的热处理，如固溶处理、调质及正火处理等。

9.1.4 硬度不合格的焊缝，允许进行二次热处理。同一焊接接头热处理次数不应超过两次。

9.1.5 由于进行了再次热处理，可能发生热处理再热裂纹，因在原超声波或 X 射线检测时在灵敏范围外的微裂纹可能在反复加热、冷却中发育扩展，成为可检出的裂纹缺陷，所以再次热处理后应进行一次超声波检测。

9.1.6 对不能及时进行焊后热处理的焊缝进行焊后保温的作用是：尽可能使焊缝中的游离氢逸出，减少焊缝中氢的有害影响。

9.4 焊缝热处理质量检查

9.4.1, 9.4.2 焊缝热处理质量检查是通过硬度检测进行控制的。

参 考 文 献

- [1] GB 50236—1998 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- [2] SY/T 0452—2002 石油天然气金属管道焊接工艺评定
- [3] SY/T 4083—1995 电热法消除焊接应力工艺规程
- [4] SY/T 4103—2006 钢质管道焊接及验收
- [5] ISO 3183-3—2005 石油和天然气工业 管道用钢管的技术交货条件 第3部分：C级要求的钢管
- [6] ISO 13847—2000 石油和天然气工业 管道输送系统 管道的焊接
- [7] API Std 1104—1999 管道及相关配件的焊接

