

目 次

前 言		6 焊接材料的验收、储存、运输及使用.....	22
1 范围	1	6.1 一般规定	22
2 规范性引用文件	1	6.2 验收	22
3 术语	2	6.3 储存及运输	23
4 总则	4	6.4 焊材使用	23
5 焊接工艺评定	5	7 焊工资格.....	24
5.1 一般规定.....	5	7.1 一般规定	24
5.2 基本规定.....	5	7.2 资格审定	25
5.3 工艺规程.....	6	7.3 资格认定	25
5.3.1 概述.....	6	7.3.1 一般规定	25
5.3.2 规程说明.....	6	7.3.2 资格认定考试	25
5.4 焊接工艺规程的变更.....	8	7.3.3 外观检查	27
5.4.1 概述.....	8	7.3.4 无损检测	27
5.4.2 基本要素.....	8	7.3.5 破坏性试验	27
5.5 对接焊接接头的试验	10	7.3.6 补考	30
5.5.1 准备	10	7.3.7 资格证书	30
5.5.2 拉伸试验	13	7.3.8 考试报告及档案	31
5.5.3 刻槽锤断试验	14	7.4 记录	31
5.5.4 背弯和面弯试验	15	7.5 有效期	31
5.5.5 侧弯试验	17	8 现场焊接.....	31
5.5.6 低温冲击韧性试验	18	8.1 一般规定.....	31
5.5.7 宏观组织检验	19	8.2 焊前准备.....	32
5.5.8 焊接接头硬度测定	20	8.2.1 一般要求.....	32
5.5.9 抗 HIC 性能试验	21	8.2.2 设备要求.....	33
5.6 评定报告	21	8.2.3 坡口要求.....	33
		8.3 预热要求.....	33
		8.4 施焊工艺.....	34
		8.5 操作规程.....	35
		8.6 修补.....	36
		8.7 返修.....	37

8.7.1 返修权限.....	37
8.7.2 返修规程.....	37
8.7.3 返修焊接.....	37
8.7.4 验收标准.....	37
9 焊缝检验及验收.....	37
9.1 一般规定.....	37
9.2 外观检验.....	38
9.3 无损检测.....	38
附录 A (规范性附录) 焊接工艺规程	39
附录 B (规范性附录) 焊接工艺评定报告	42
附录 C (规范性附录) 焊工考试记录	48
编制说明	51

前 言

西气东输管道工程是国家重点工程，也是我国前所未有的大口径、大壁厚、高压力的长输天然气管道工程。鉴于此，我国原有的施工规范已不能满足西气东输管道工程的需要。需要制定一套全新的、高质量的施工标准，保证西气东输工程的顺利施工。

本标准是在总结以往施工经验的基础上，结合西气东输管道工程特点，借鉴目前国内外先进技术和经验编写而成。其主要内容按照 API1104—99 相关条文非等效采用编制，其中部分内容还参照 GB50236、SY4103、陕京管线的焊接施工及验收规范、陕京管线 X70 试验段的焊接工艺评定与施工经验。经过大纲评审、征求意见稿评审和送审稿评审修改而完成。

本标准由中国石油天然气股份有限公司西气东输管道分公司提出并归口。

本标准由中国石油天然气管道**工程公司负责解释。

本标准起草单位：中国石油天然气管道**工程公司。

主要起草人：

西气东输管道工程焊接施工及验收规范

1 范围

本规范适用于西气东输输气管道线路工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 4159 金属低温夏比缺口冲击试验方法
- GB/T 4340.1 金属维氏硬度试验第一部分：试验方法
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 低合金钢焊条
- GB/T 8110 气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB/T 10045 碳钢药芯焊丝
- GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- SY/T 0443 常压钢制焊接储罐及管道渗透检测技术标准
- Q/SY XQ13 西气东输工程用直缝埋弧焊管技术条件
- Q/SY XQ14 西气东输工程用螺旋埋弧焊管技术条件
- Q/SY XQ1 输气管道线路工程施工及验收规范
- Q/SY XQ6 管道对接环焊缝射线检测
- Q/SY XQ7 管道对接环焊缝全自动超声波检测
- AWS A5.1 碳钢药皮电弧焊焊条
- AWS A5.5 低合金钢药皮电弧焊焊条
- AWS A5.18 气体保护电弧焊碳素钢焊条及焊极规范

AWS A5.28 气保护电弧焊低合金钢填充金属

AWS A5.29 低合金钢药芯电弧焊焊丝

NACE TM0284 标准试验方法评定管线和压力容器用钢抗氢诱发裂纹性能

3 术语

3.1 业主

工程的主管单位或建设单位，或由其委派或授权的单位或代表。在本标准范围内，特指西气东输管道分公司。

3.2 承包商

负责本标准中所述工程任务的承包单位和施工单位。

3.3 自动焊

是指借助设备进行电弧焊，全部焊接过程无须焊工对电弧或焊丝（条）进行操作，焊工只起引导作用。

3.4 半自动焊

借助设备进行电弧焊，但设备只控制填充金属的给进，焊接速度由人工控制。

3.5 固定焊

焊接时，管子或管件固定不动。

3.6 焊接工艺规程

用经过评定合格的焊接工艺编制的用于工程施工的一整套详细的焊接技术规定和程序。

3.7 焊接工艺指导书

按照工程设计要求，根据焊接试验结果或其它类似工程经验，由焊接试验单位编制的供业主委托单位工艺评定用的焊接工艺指导性文件。

3.8 焊接工艺评定

在工程焊接前，根据焊接工艺指导书对焊接工艺进行的鉴定性试验。

3.9 根焊

为管与管，管与管件，管件与管件之间焊接时的第一层焊道。

3.10 热焊

根焊完成后,立即进行的第二层焊道。

3.11 填充焊

在根焊或热焊完成后,盖面焊之前的焊道。

3.12 立填焊

下向焊时,在立焊部位补填的焊道。

3.13 盖面焊

最外面一层的成型焊道。

3.14 多道焊

熔敷两条或两条以上的焊道而完成一层焊道所进行的焊接,俗称排焊。

3.15 连头焊

指对坡口形式为非机械加工标准坡口、焊缝不能自由收缩的焊口进行的焊接,俗称碰死口。

3.16 缺陷

达到本标准拒收要求的缺欠。

3.17 缺欠

按本标准中的检测方法检测出的不连续或不规则性。

3.18 内凹

完成的焊缝边缘已良好熔合和焊透,但焊缝表面焊道中部比管壁表面稍低,形成的凹陷即为内凹。该凹陷的尺寸定义为管壁表面的轴向延伸线和该焊道表面最低点之间的垂直距离。

3.19 修补

对发现的表面非裂纹缺陷进行的修复。

3.20 返修焊接

对发现的表面裂纹缺陷及经无损检测发现的缺陷进行的修补焊接。

3.21 合格焊工

按本标准第七章的要求考核合格的焊工。

3.22 焊工资格审定

按照本规范规定的方法,使用焊接工艺规程,对焊工指定项目的焊接技能进行的考核鉴定。

3.23 焊工资格认定

按照本规范规定的方法,施工单位使用焊接工艺规程,对通过焊工资格审定的焊工进行的上岗资格确认。

4 总则

4.1 在焊接施工过程中,必须符合职业安全卫生、环境保护等方面的要求。

4.2 焊接材料的使用应符合下列规定:

- a) 应使用经焊接工艺评定试验合格的焊接材料;
- b) 根焊和热焊可以使用非低氢型焊条,药芯焊丝不得采用非低氢型;
- c) 所有焊接材料应按本标准第6章的规定验收合格后方可使用。

4.3 在不同的作业环境下可以使用不同的焊接方法(手工电弧焊、半自动焊、自动焊),但必须经业主同意且在具有经业主批准的焊接工艺规程的情况下才可以施焊。

4.4 由业主委托具体单位统一进行焊接试验对焊接工艺进行评定,编制焊接工艺规程,焊接工艺规程需要经过业主的批准。焊接工艺规程应能覆盖整个工程施工的需要。工程焊接时应严格执行焊接工艺规程。

4.5 焊工应根据实际工作内容,按照本标准第7章的规定通过资格审定、资格认定。资格审定由地方技术监督局监督进行或其认可的焊工考试委员会组织进行,并颁发焊工资格证书。资格认定由施工单位组织进行,并由工程监理现场监察。焊工考试合格,颁发上岗证,焊工持证上岗。

4.6 焊缝检测应由具有检测资格的专业人员进行。专业检测人员的资格证书应在业主备案。应由二级及以上资格人员承担无损检测结果的评定。检测单位应向业主书面报告结果。

4.7 业主有对有争议的焊口进行处理的权利。

4.8 西气东输管道工程现场焊接及验收应执行本规范外,对未尽事项应符合国家及行业现行有关标准的规定。

5 焊接工艺评定

5.1 一般规定

5.1.1 工程焊接前,应制定详细的焊接工艺指导书,并使用工程用材料对

此焊接工艺按照本章规定的方法和要求进行评定。工艺评定的目的在于验证用此工艺能否得到具有合格的焊接接头。

5.1.2 应使用破坏性试验检验焊接接头的质量和性能。应依据评定合格的工艺编制焊接工艺规程。除了业主特别通知变更 5.4 中所列的项目外, 这些焊接工艺规程应予以遵守。

5.2 基本规定

5.2.1 用于焊接工艺评定的钢管和焊接材料应有出厂质量证明书或复验报告, 且符合本标准第 6 章的规定。

5.2.2 焊接工艺评定试验的焊接位置应能代表现场焊接作业位置。

5.2.3 试验所用的焊接设备应处于完好状态, 试验与检验设备和量具应经计量鉴定合格。

5.2.4 从事焊接工艺评定的人员应是焊接专业技术人员和获得相应资格的技能熟练焊工。

5.2.5 焊接工艺评定程序应满足下述要求:

- a) 根据焊接工艺指导书(其内容应参照本标准附录 A), 并结合现场作业的实际情况, 制定方案和初拟焊接工艺;
- b) 对母材和焊接材料的类型、牌号、成分及性能进行确认;
- c) 进行焊接工艺评定试验。若不合格, 应对焊接工艺进行适当修改, 直至评定合格;
- d) 按试验记录整理试验数据, 并经焊接工程师审核, 由评定单位技术负责人审批, 报业主批准;
- e) 以焊接工艺评定报告(其内容及格式应参照本标准附录 B) 为依据, 结合焊接施工经验和实际焊接条件编制焊接工艺规程(其内容及格式应参照本标准附录 A)。焊接工艺规程应详细规定焊接程序、工艺参数、检验方法和合格标准。

5.3 工艺规程

5.3.1 概述

工艺规程应包含本标准 5.3.2 条规程说明中的适用部分。

5.3.2 规程说明

5.3.2.1 焊接方法

应指明是使用手工焊、半自动焊、自动焊或它们的任何组合方法。

5.3.2.2 管子及管件材料

应指明工艺规程所适用的管子和管件材料范围。符合 Q/SY XQ13 和 Q/SY XQ14 规范的管子和管件材料可进行分组, 见本标准 5.4.2.2 条。评定试验应选择该组材料中规定最小屈服强度最高的材料进行。

5.3.2.3 直径和壁厚范围

应确定焊接工艺规程适用的直径和壁厚范围, 其分组见本标准 7.3.2.2 条的 d) 和 e)。

5.3.2.4 接头设计

应画出接头的简图(如 V 型或 U 型)。简图应指明坡口形式、坡口角度、钝边尺寸和根部间隙。填角焊缝应指明形状和尺寸。

5.3.2.5 焊口要求应指明焊口外形尺寸要求。

5.3.2.6 填充金属和焊道数

应指明填充金属的种类和规格, 焊缝最少层数及焊道顺序。

5.3.2.7 电特性

应指明电流种类和极性, 规定使用焊条或焊丝的电弧电压和焊接电流的范围。

5.3.2.8 焊接位置

应指明水平固定(5G)、垂直固定(2G)和 45 度倾斜固定(6G)。

5.3.2.9 焊接方向

应指明是上向焊或是下向焊。

5.3.2.10 焊道之间的时间间隔

应指明根焊结束与热焊开始间隔时间要求以及其他焊道之间的时间间隔。

5.3.2.11 对口器

应指明是否使用对口器, 使用内对口器或外对口器。如果使用对口器, 在拆移对口器时应规定完成根焊道长度的最小百分数。

5.3.2.12 焊道的清理及打磨

应指明要求的接头或层间的清理方法和指明清理、打磨焊道时使用的

工具（电动工具、手工工具、或二者组合）。

5.3.2.13 手工焊焊工人数

应指明每层焊道所要求的最少焊工人数。

5.3.2.14 预热和焊后热处理

应指明预热和焊后热处理的加热方法、温度和温度控制方法和预热宽度，开始焊接时的最低温度以及需预热和焊后热处理的环境温度的范围。

5.3.2.15 层间温度要求

应指明焊接时层间的最低温度和最高温度。

5.3.2.16 环境条件要求

应指明在无有效的防护措施下或强制性停止施焊的环境条件要求。

5.3.2.17 保护气体及流量

应指明保护气体的成分、纯度、干燥度要求及流量范围。

5.3.2.18 焊接速度

应指明各焊道的焊接速度范围（cm/min）。

5.3.2.19 焊接设备要求

应指明满足工程需要的手工焊、半自动焊（包括送丝机）、自动焊设备类型。

5.3.2.21 其它参数

应指明所有保证正确操作和焊接质量的其它参数（如干伸长度及电弧摆动的宽度和频率等）。

5.4 焊接工艺规程的变更

5.4.1 概述

当焊接工艺规程有本标准 5.4.2 条中规定的基本要素变更时，应对焊接工艺重新评定。当焊接工艺规程有除本标准 5.4.2 条中规定的基本要素以外的变更时，应修订焊接工艺规程，但不必对焊接工艺重新评定。

5.4.2 基本要素

5.4.2.1 焊接方法

焊接工艺规程中焊接方法的变更（见本标准 5.3.2.1 条）；

5.4.2.2 管材

焊接工艺规程中管材组别的变更；

当被焊管材分属于两个不同组别时，工艺规程的制定应服从于强度级别较高的材料；

本标准将所有碳钢及低合金钢进行以下分组：

- 规定最小屈服强度小于或等于 290MPa；
- 规定最小屈服强度高于 290MPa，但小于 448MPa；
- 对最小屈服强度为 448MPa 或高于此值的各级碳钢及低合金钢均应进行单独的评定试验。

注：5.4.2.2 条的分组并不表示上述每组中所有的管材可任意代用已做过焊接工艺评定的管材或填充材料，还应考虑管材和填充金属在冶金特性、力学性能以及对预热和焊后热处理的要求的不同。

5.4.2.3 接头设计

接头设计的重大变更（如 V 型坡口改为 U 型坡口）。坡口角度、间隙及钝边的变更不属于基本要素。

5.4.2.4 焊接位置

焊接工艺规程中焊接位置的变更（见本标准 5.3.2.8 条）。

5.4.2.5 壁厚

从一个壁厚分组到另一个壁厚分组的变更（见 7.3.2.2 条的 e）。

5.4.2.6 填充金属

填充金属的下列变更：

- 从一组填充金属变为另一组填充金属（见表 1）；
- 对于规定最小屈服强度大于或等于 448MPa 的管材，变更其填充金属 AWS 型号。

在本标准 5.4.2.2 条规定的分组内，可按填充金属分组范围变更填充金属，但应从力学性能的角度保持母材和填充金属的一致性。

表 1 填充金属分类

组别	规范	焊接材料
1	GB/T 5117	E4310,E4311
	GB/T 5118	E5010,E5011
	AWS A5.1	E6010,E6011
	AWS A5.5	E7010,E7011

2	GB/T 5118 AWS A5.5	E5510,E5511 E8010,E8011 , E9010
3	GB/T 5117 或 GB/T 5118 GB/T 5118 AWS A5.1 或 AWS A5.5 AWS A5.5	E5015,E5016,E5018 E5515,E5516,E5518 E7015,E7016,E7018 E8015,E8016,E8018,E9018
4	GB/T 14957 AWS A5.18 AWS A5.28	H08Mn2MoA ER70S-G ER80S-D2 , ER90S-G
5	AWS A5.29	E71T8-K6 E71T8-Ni1
6	AWS A5.29	E91T8-G

注：其他型号的填充金属也可以使用，但需要进行单独的焊接工艺评定。

5.4.2.7 电特性

直流焊时焊条（焊丝）接正变更为接负，或反之；将直流变更为交流，或反之。

5.4.2.8 焊道之间时间间隔

根焊结束与热焊开始的最大时间间隔的增加。

5.4.2.9 焊接方向

从下向焊改为上向焊，或反之。

5.4.2.10 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。

5.4.2.11 焊接速度

焊接速度范围的变更。

5.4.2.12 预热

降低焊接工艺规程中规定的最低预热温度。

5.4.2.13 焊后热处理

增加焊后热处理或改变焊接工艺规程中热处理的范围或温度。

5.5 对接焊接接头的试验

5.5.1 准备

5.5.1.1 试验管接头的焊接

将两个管段按照焊接工艺指导书规定的要求组对和焊接。用于破坏性试验的焊口应按照本标准第 9 章的规定进行外观检验和无损检测且必须合

格。

5.5.1.2 取样

应按图 1 指定的位置进行，试样的最少数量及试验项目见表 2。

表 2 焊接工艺评定试验的试样类型及数量

钢管外径 (mm)	试样数量 单位:(个)									
	拉伸 试验	刻槽锤 断试验	背弯 试验	面弯 试验	侧弯 试验	冲击 试验	宏观 试验	硬度 试验	HIC 试验	总数
	壁厚 12.7mm									
114.3-323.9	2	2	2	2	0	12	3	1	3	27
>323.9	4	4	4	4	0	12	3	1	3	35
	壁厚>12.7mm									
>114.3-323.9	2	2	0	0	4	12	3	1	3	27
>323.9	4	4	0	0	8	12	3	1	3	35

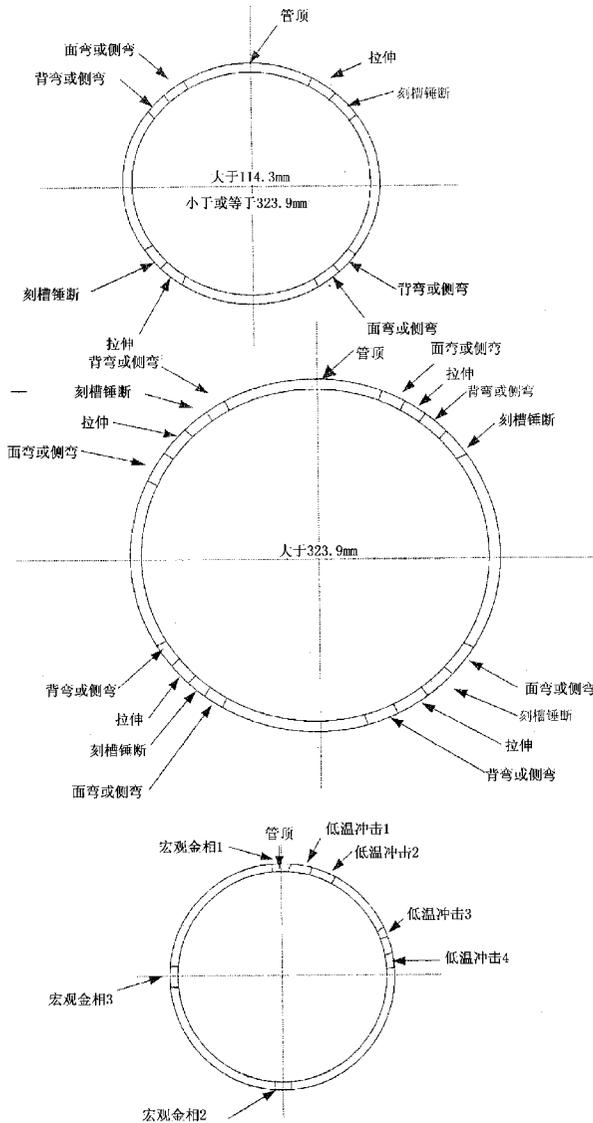


图1 对接接头焊接工艺评定试验的试样位置示意图

5.5.2 拉伸试验

5.5.2.1 准备

拉伸试样(如图2所示)约230mm长,25mm宽,制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。除有缺口或不平行外,试样不要求进行其它加工。如有需要,应进行机加工处理使试样边缘光滑和平行。

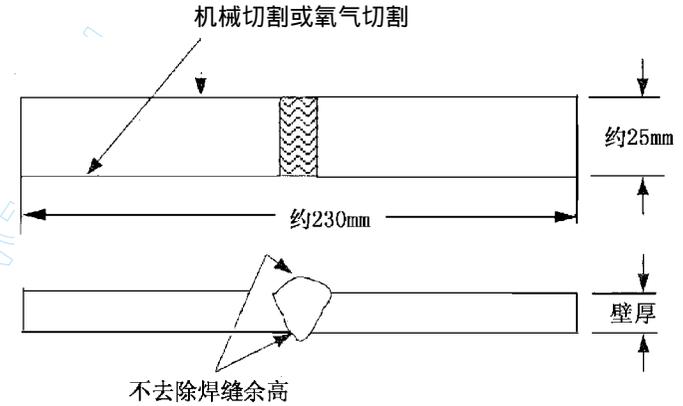


图2 拉伸试样

5.5.2.2 方法

拉伸试样应在拉伸载荷下拉断。使用的拉伸机应能测量出拉伸试验时的最大载荷。以拉伸试验时的最大载荷除以试样在拉伸前测定的最小截面积,就可计算出抗拉强度。

5.5.2.3 要求

每个试样的抗拉强度应大于或等于管材的规定最小抗拉强度,但不需要大于或等于管材的实际抗拉强度。

如果试样断在母材上,且抗拉强度大于或等于管材规定的最小抗拉强度时,则该试样合格。

如果试样断在焊缝或熔合区,其抗拉强度大于或等于管材规定的最小抗拉强度时,且断面缺陷符合本标准5.5.3.3条的要求,则该试样合格。

如果试验是在低于管材规定的最小抗拉强度下断裂,则该焊口不合格,应重新试验。

5.5.3 刻槽锤断试验

5.5.3.1 准备

刻槽锤断试样(如图3所示)约230mm长,25mm宽,制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。用钢锯在试样两侧焊缝断面的中心(以根焊道为准)锯槽,每个刻槽深度约3mm。

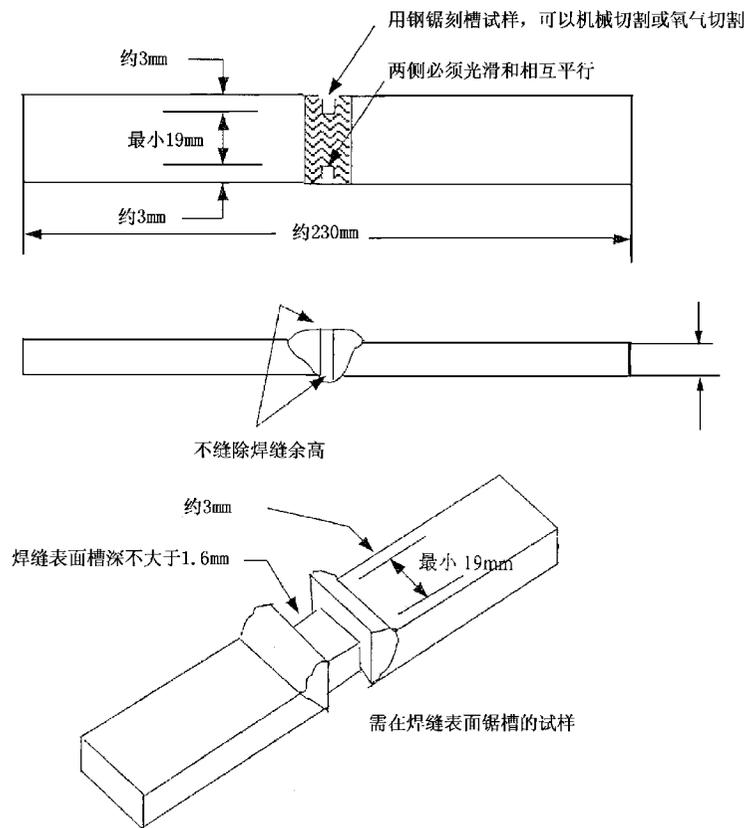


图3 刻槽锤断试样

用此方法准备的刻槽锤断试样,有可能断在母材上而不断在焊缝上。当前一次试验表明可能会在母材处断裂时,为保证断口断在焊缝上,则可在焊缝外表面余高上刻槽,但是深度从焊缝表面算起不得超过1.6mm。

如果业主要求,可以对用半自动焊或自动焊方法进行工艺评定的刻槽

锤断试样在刻槽前先进行宏观腐蚀检查。

5.5.3.2 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。

5.5.3.3 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应不大于1.6mm,且所有气孔的累计面积应不大于断裂面积的2%。夹渣深度应小于0.8mm,长度应不大于钢管公称壁厚的1/2,且小于3mm。相邻夹渣间至少应相距13mm。测量方法如图4所示,白点不做为不合格的原因。

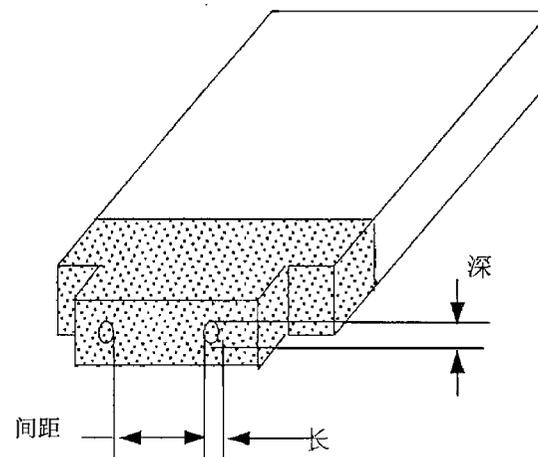


图4 缺欠尺寸的测量

5.5.4 背弯和面弯试验

5.5.4.1 准备

背弯和面弯试验试样约230mm长,25mm宽,且其长边缘应磨成圆角(如图5所示)。制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。焊缝内外表面余高应去除至与试样母材表面平齐。加工的表面应光滑,加工痕迹应轻微并垂直于焊缝轴线。

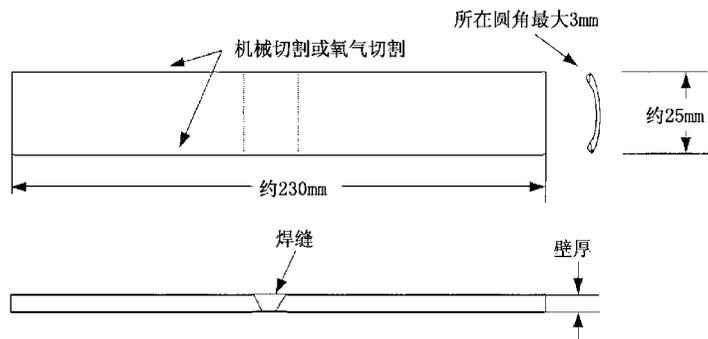


图5 背弯或面弯试样

5.5.4.2 方法

背弯和面弯试样应在导向弯曲试验模具上弯曲，模具如图6所示。试样以焊缝为中心放置于下模上。面弯试验以焊缝外表面朝向下模，背弯试验以焊缝内表面朝向下模，施给上模压力，将试样压入下模内，直到试样弯曲成近似U形。

5.5.4.3 要求

弯曲后，试样拉伸弯曲表面上的焊缝和熔合线区域所发现的任何方向上的任一裂纹或其他缺陷尺寸应不大于钢管公称壁厚的1/2，且不大于3mm。除非发现其他缺陷，由试样边缘上产生的裂纹长度在任何方向上应不大于6mm。弯曲试验中每个试件均应满足评定要求。

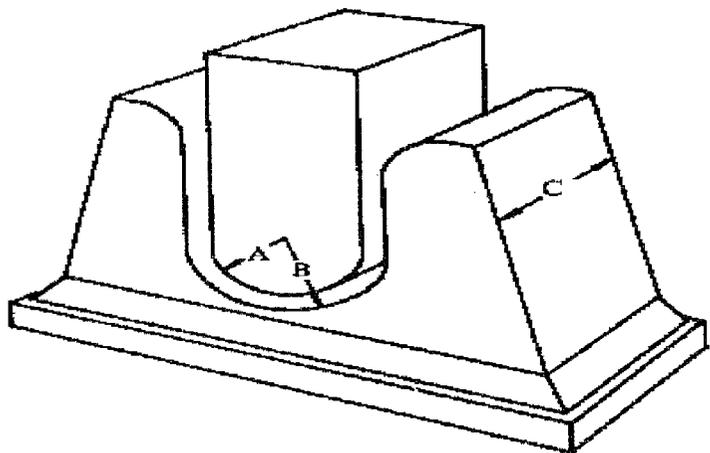


图6 导向弯曲试验胎

5.5.5 侧弯试验

5.5.5.1 准备

侧弯试样约230mm长，13mm宽，且其长边缘应磨成圆角（如图7所示）。试样可先通过机械切割或氧气切割的方法制成宽度约19mm的粗样，然后用机加工或磨削制成13mm宽的试验试样。试样各表面应光滑平行。焊缝的内外表面余高应去除至与试件表面平齐。

5.5.5.2 方法

侧弯试样应在类似于图6所示的导向弯曲试验模具上弯曲。将试样以焊缝为中心放置在下模上，焊缝表面与模具成90°。施给上模压力，将试样压入下模内，直到试样弯曲成近似U形。

5.5.5.3 要求

每个侧弯试样应符合本标准5.5.4.3条的规定。

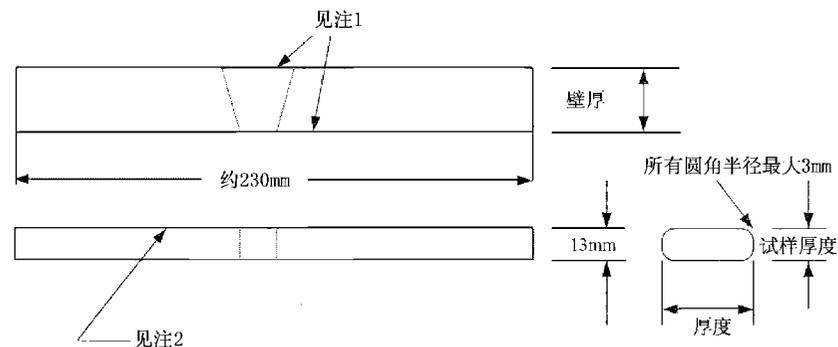


图7 侧弯试样(壁厚>13mm)

5.5.6 低温冲击韧性试验

5.2.6.1 准备

按图1规定的位置截取试块，在每个试块上机加工出两组（每组3块）夏比V型缺口冲击试样。其中一组缺口开在焊缝垂直中心线上，另一组缺口开在熔合线上见图8。试样尺寸和冲击功见表3。

表3 试样尺寸及最低冲击功

试样尺寸 厚×宽×长 (mm×mm×mm)	最低冲击吸收功(J)	
	平均值	单个值
5×10×55	38	28
7.5×10×55	57	42
10×10×55	76	56

注：1 冲击功适用于 X70 钢级管线管，其他钢级的管线管的冲击功应参照国家相关标准制定；
2 根据壁厚尺寸应尽可能取较大试样尺寸。

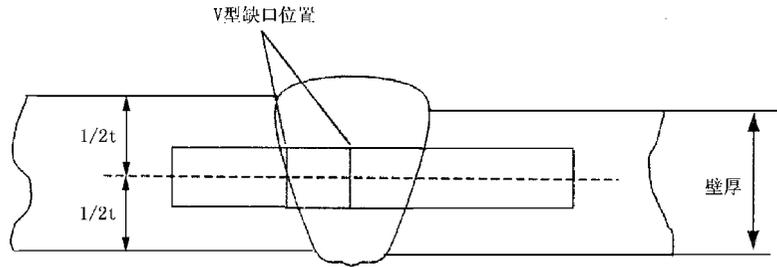


图 8 冲击试样缺口位置示意图

5.5.6.2 方法

试验温度为-20。试验方法应按 GB/T 229 标准规定进行。

5.5.6.3 要求

冲击试样在-20 下，冲击吸收功应等于或大于表 3 中规定值。如果任一冲击试样未满足上述要求，则该焊口不合格。

5.5.7 宏观组织检验

5.5.7.1 准备

在垂直焊缝轴线方向上按照图 1 规定位置截取试样，试样尺寸见图 9。试样的一个断面进行研磨腐蚀后，作为检验面。

5.5.7.2 方法

用五倍手持放大镜，对检测面进行宏观检验。

5.5.7.3 要求

宏观检验面不允许有裂纹和未熔合。

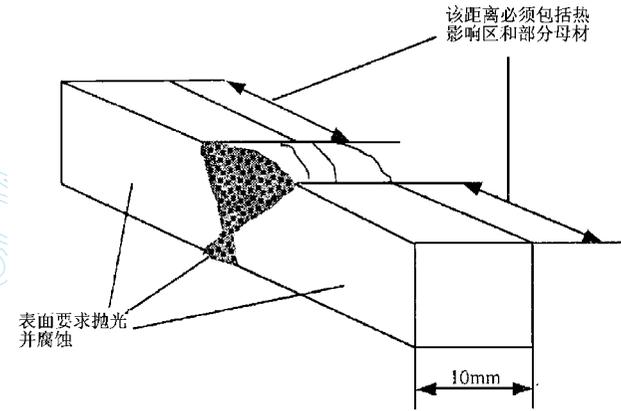


图 9 宏观试样示意图

5.5.8 焊接接头硬度测定

5.5.8.1 准备

焊接接头硬度测定在宏观组织检验试样上进行。对于下向焊工艺，取立焊三点位置试样；对于上向焊工艺，取仰焊六点位置试样。

5.5.8.2 方法

试验选用 10 用载荷，按 GB/T 4340.1 规定测定接头硬度并计算 HV10 值。硬度测定压痕点位置见图 10。

5.5.8.3 要求

所有硬度测定点 HV10 硬度值应不大于 265。

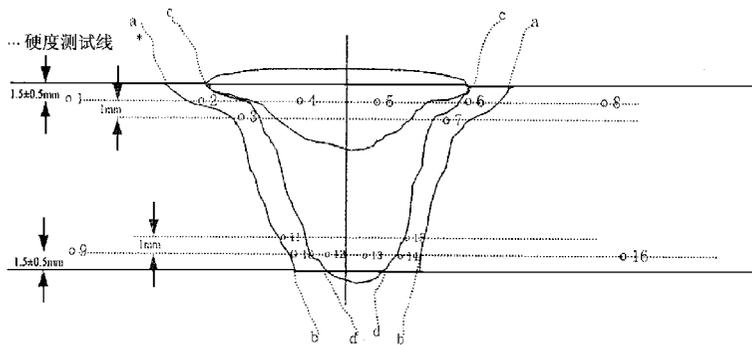


图 10 硬度测定压痕点位置示意图

5.5.9 抗 HIC 性能试验

5.5.9.1 准备

取样位置不做要求，但试块应包含焊缝、热影响区及母材并焊缝位于试块中心位置，试块数量应不少于 3 个。

5.5.9.2 方法

当焊接材料的含硫量小于 0.005% 时，焊缝不作抗 HIC 性能试验。当焊接材料的含硫量大于 0.005% 且小于 0.015% 时，应按 NACE TM0284 的要求作抗 HIC 性能试验，且取要求中的 B 溶液进行试验。

5.5.9.3 要求

试验结果应满足下列要求：

CLR 15%

CTR 5%

CSR 2%

不满足上述要求的焊口则不合格。

5.6 评定报告

评定报告应包括各试验的主要环节、试验设备、试验数据及试验结论和评定试验技术负责人和监理代表的签名。评定报告应使用参照于附录 B 进行。

6 焊接材料的验收、储存、运输及使用

6.1 一般规定

焊接材料生产厂家必须随货提供下列资料：

- 每批焊接材料的质量检验合格证；
- 每批焊接材料的出厂试验报告；
- 焊接材料运输、保管及使用说明书；
- 进口焊接材料还应有商检证明。

6.2 验收

6.2.1 焊接材料的验收应分批号按照下列标准执行：

GB/T 5117 碳钢焊条

GB/T 5118 低合金钢焊条

GB/T 8110 气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝

GB/T 10045 碳钢药芯焊丝

GB/T 14957 熔化焊用钢丝

AWS A5.1 碳钢药皮电弧焊焊条

AWS A5.5 低合金钢药皮电弧焊焊条

AWS A5.18 气体保护电弧焊碳素钢焊条及焊极规范

AWS A5.28 气保护电弧焊低合金钢填充金属

AWS A5.29 低合金钢药芯电弧焊焊丝

不符合上述标准要求的焊接材料，如经过焊接工艺评定合格后也可使用。

6.2.2 焊接材料外观检查应满足下述要求：

- a) 焊条偏心度不允许超出规定的要求，药皮应均匀紧密的包覆在焊芯周围。焊条药皮不应有裂纹、气泡、杂质、剥落、凸节等缺陷；
- b) 焊丝包装应密封完好。焊丝盘绕均匀，无乱扎现象。表面光滑、洁净，无锈蚀、油污及其它污物。药芯焊丝不得有开裂、凸节、空洞等缺陷。

6.2.3 焊材除应符合有关规定外，并应同时满足以下要求：

- a) 在 5G 管焊接位置上应有良好操作工艺性能和成型能力。焊接缺陷应符合本规范要求；
- b) 低氢型焊材熔敷金属扩散氢含量应小于等于 8ml/100g, 采用水银

法测量。

6.2.4 保护气体有惰性气体、活性气体或两者的混合气体，这些气体的干燥度和纯度，应满足焊接工艺规程的要求。二氧化碳气体纯度，不应低于99.5%，含水量不应超过0.005%，使用前应预热干燥。当瓶内气体压力低于0.98MPa时，应停止使用。氩气纯度不应低于99.96%。混合气体的成分比例应按照焊接工艺规程的有关规定执行。

6.2.5 不同批号焊接材料在工程使用前必须进行复检工作，复检内容由业主确定并由业主委托具体单位统一进行。

6.3 储存及运输

6.3.1 焊接材料使用前严禁受潮气、雨水、雪霜及油类等有害物质的侵蚀，应在干燥通风的室内存放，并且应分类堆放，室内相对湿度应小于60%。

6.3.2 在保管和搬运时，应避免损害焊接材料及其包装，包装开启后，应保护其不致变质，凡有损害或变质迹象的焊接材料不应使用。

6.3.3 保存保护气体的容器应远离高温环境。

6.3.4 焊接材料的运输按使用说明书的要求进行。

6.4 焊材使用

6.4.1 焊接材料的保管和发放应有专人负责，并填写好焊接材料的发放记录。每天按用量领取焊条，以避免剩余焊条的重新烘干。

6.4.2 焊条使用前应按使用说明书规定进行烘干，说明书规定不明确时，应参照下列要求烘干。

- a) 低氢型下向焊条烘干温度为350~400℃，恒温时间为1h~2h；
- b) 超低氢型下向焊条烘干温度为400~450℃，恒温时间为1h~2h；
- c) 纤维素型下向焊条在包装不好或受潮的情况下应烘干，烘干温度为70~80℃，不得超过100℃，恒温时间为0.5h~1h；
- d) 低氢型上向焊条烘干温度为350~450℃，恒温时间为1h。

6.4.3 焊条烘干应设专人负责，并作好详细的烘干记录。

6.4.4 经烘干的低氢、超低氢型焊条，应存入温度为100~150℃的恒温箱内，随用随取。

6.4.5 现场使用的低氢、超低氢型焊条，应存放在性能良好的保温筒内，当环境相对湿度大于80%，限领两小时使用量，当相对湿度小于80%，限领四小时使用量。

6.4.6 当天未用完的焊条应回收存放。低氢型焊条重新烘干后首先使用，重新烘干次数不得超过两次。

6.4.7 每根焊条宜连续焊完，电焊工应尽量避免断弧现象的发生。

6.4.8 焊接完毕后，剩余的焊条头不得随意丢弃，应有专人负责回收，集中处理。

6.4.9 焊丝不能烘干，应在干燥通风的室内存放，保持干燥。

6.4.10 焊丝在缠入焊丝盘时，应避免焊丝产生硬弯及中途折断，防止发生缠丝。

6.4.11 焊条如有偏心度大、药皮裂纹、脱落等影响焊接质量的现象，不得用于焊接。

7 焊工资格

7.1 一般规定

7.1.1 参加本工程焊接的焊工在工程焊接前，必须根据工作内容通过考试取得相应的焊工资格。

7.1.2 焊工资格分为固定管对接资格、返修资格。资格考试分为审定考试和认定考试。

7.1.3 审定考试只用于固定管对接资格的审定，并由地方技术监督局监督进行或其委托或认可的焊工考试委员会组织进行。认定考试由施工单位组织，并必须有工程监理参加。

7.2 资格审定

焊工资格审定考试按照国家技术监督部门的规定进行。

7.3 资格认定

7.3.1 一般规定

7.3.1.1 焊工资格认定的目的是检验焊工能否使用经过评定合格的焊接工

艺规程焊接出合格的对接焊缝。

7.3.1.2 在进行管道安装焊接之前，应按照本标准 7.3.2~7.3.8 条的规定，对焊工进行资格认定。若焊接工艺评定是按本标准 7.3.5 条的规定进行取样、试验，并满足本标准 7.3.5 条的验收规范，则焊接试验管焊缝的焊工自然具有该焊接工艺规程的相应焊接资格。

7.3.1.3 在资格认定考试前，应给焊工一定的时间熟悉考试用焊接设备、焊接工艺和焊接材料。

7.3.1.4 焊工在资格认定考试时应使用与工程焊接时相同的焊接技术和焊接工艺参数。

7.3.1.5 焊工资格的认定工作应在有工程监理在场的情况下进行。

7.3.1.6 当考试焊接 5G 位置时，考试采用一人焊接一个完整焊口或一人焊接一段扇形管段的方法进行。当采用后一种方法时，焊工必须有平焊、立焊、仰焊三个典型位置。焊工应独立完成所有工序。

7.3.1.7 考试用管应符合 Q/SY XQ13 和 Q/SY XQ14 规范的要求，每个管段长度应不小于 150mm。考试用焊接材料应符合本标准 6.2.1 条 的规定。

7.3.1.8 焊工资格认定的基本要素与焊接工艺评定的基本要素不同，焊工资格考试的基本要素见本标准 7.3.2.2 条。

7.3.2 资格认定考试

7.3.2.1 一般规定

7.3.2.1.1 当取固定管对接资格时，管轴线应平行于水平线，或垂直于水平线，或是倾斜于水平线约 45°。

7.3.2.1.2 在考试过程中，不得转动考试管口。不得超出考试规定用时。对违反工艺纪律的焊工应取消其考试资格。

7.3.2.1.3 根焊道的修补焊接应经过主考人的同意。

7.3.2.1.4 考试焊接应按本规范规定的操作规程执行。

7.3.2.1.5 当取返修资格时，返修资格考试方法参照返修焊接工艺评定方法进行。

7.3.2.1.6 当使用的焊接工艺规程有本标准 7.3.2.2 条中所述的基本要素变更时，应重新对焊工资格进行考试。

7.3.2.1.7 资格认定考试的焊口外观检验合格后，进行无损检测或破坏性

试验。

7.3.2.1.8 若考试焊口经检验和试验符合本标准 7.3.3、7.3.4 和 7.3.5 条的要求，则应给焊工颁发相应的资格证书。

7.3.2.2 资格范围

除了焊接工艺规程有以下基本要素的变更外，按照标准 7.3.2.1 条的规定取得资格的焊工可以进行规定范围内的焊接工作。当焊接工艺规程有下列基本要素变更时，焊工应重新进行资格考试。

- a) 由一种焊接方法变为另一种焊接方法或其他焊接方法的组合。
如：
 - 1) 由一种焊接方法变更为另一种不同的焊接方法；
 - 2) 改变焊接方法组合。若焊工具有该组合工艺中各项焊接方法的资格证，则无需重新进行资格考试。
- b) 焊接方向由上向焊变为下向焊，或反之；
填充金属组别从 1 组或 2 组变为 3 组，或从 3 组变为 1 组或 2 组（见表 1）；
- c) 从一种管外径分组变为另一种管外径分组，管外径的分组如下：
——外径从 60.3mm 至 323.9mm；
——外径大于 323.9mm。
- d) 从一种管壁厚分组变为另一种管壁厚分组，管壁厚分组如下：
——公称管壁厚从 4.8mm 至 19.1mm；
——公称管壁厚大于 19.1mm。
- e) 焊接位置的变更（如从立焊位置变为平焊位置，或反之）。若焊工已取得倾斜 45° 固定管对接焊资格，则可进行任意位置对接焊和角焊的焊接操作；
- f) 接头设计的变更（如去除垫板，或由 V 型坡口变为 U 型坡口）。

7.3.3 外观检查

考试焊缝应进行外观检查。焊缝外观应满足本标准 9.2 条的要求。

采用自动焊或半自动焊时，穿丝现象应尽量减少。

如果考试焊缝外观质量不合格则该焊工不合格，该焊缝不再做其它的检验。

7.3.4 无损检测

考试焊缝应符合 Q/SY XQ6 的要求，否则该焊工不合格。

7.3.5 破坏性试验

7.3.5.1 对接焊试样

取样时不得用无损检测挑选取样位置，当考试焊缝是完整接头时，应按照图 11 中所示的位置在每个考试焊缝上取样；当考试焊缝是管接头的扇形段时，则应从每一扇形段上截取数量相等的试样。试验项目和试样数量要求见表 4。试样应空冷至室温后试验。

表 4 焊工考试的对接接头试样类型及数量

钢管外径 (mm)	试样数量 单位:(个)					总数
	拉伸试验	刻槽锤断 试验	背弯试验	面弯试验	侧弯试验	
	壁厚 12.7mm					
114.3-323.9	2	2	2	0	0	6

钢管外径 (mm)	试样数量 单位:(个)					总数
	拉伸试验	刻槽锤断 试验	背弯试验	面弯试验	侧弯试验	
>323.9	4	4	2	2	0	12
	壁厚>12.7mm					
>114.3-323.9	2	2	0	0	2	6
>323.9	4	4	0	0	4	12

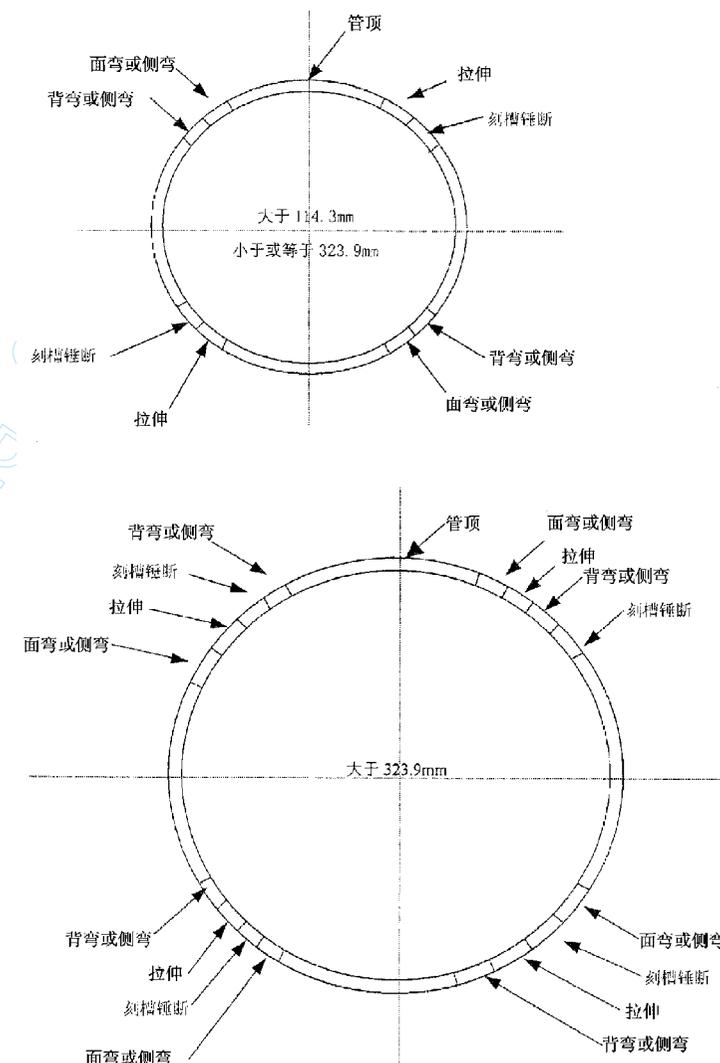


图 11 对接焊焊工资格考试试验的试样位置

7.3.5.2 对接焊的拉伸、刻槽锤断和弯曲试验

拉伸试样、刻槽锤断试样及弯曲试样的准备及试验应按本标准 5.5 条的规定进行。对于焊工资格考核而言，没有必要计算出试样的抗拉强度。

用于拉伸试验的试样可改作刻槽锤断试验。

7.3.5.3 对接焊拉伸试验验收要求

如果拉伸试样的拉伸断口在焊缝处或熔合线处，且断口不满足本标准 5.5.3.3 条的要求，则该焊工不合格。

7.3.5.4 对接焊的刻槽锤断试验验收要求

如果任一刻槽锤断试样断口的缺欠不符合本标准 5.5.3.3 条的要求，则该焊工不合格。

7.3.5.5 对接焊的弯曲试验验收要求

如果任一弯曲试样弯曲面的缺欠不符合本标准 5.5.4.3 条，则该焊工不合格。

对高强度钢管焊口的弯曲试样允许不弯曲到完全的 U 型。如果试样从裂纹处断裂，且其断面符合 5.5.3.3 条的要求，则该试样合格。

如果只有一个弯曲试样因未焊透引起不合格，且业主同意该试样中的未焊透不是该焊口焊缝的典型缺陷，允许在紧靠该试样的地方再取一个替换试样试验，如果替换试样仍不合格，则该焊工不合格。

7.3.6 补考

如果不合格的原因是焊工不能控制的条件或环境所造成的，经监理代表同意，可给该焊工一次补考机会。其它不合格的焊工在未经业主认可的培训前，不允许补考。

7.3.7 资格证书

对通过资格认定考试的焊工，监理部门应发给管道焊工资格证书。管道焊工资格证书应包括以下内容：

- a) 焊工姓名、性别、焊工考试编号、档案编号、身份证号及本人证件照片；
- b) 取得的资格类型、焊接方法、管材、焊接材料、气体组份、设备型号、焊接位置、管壁厚范围和焊接方向；
- c) 考试用焊接工艺指导书或焊接工艺规程编号，考试报告编号；
- d) 考试机构名称、审定考试的地点和日期；
- e) 考试机构盖章和主考人签字。

7.3.8 考试报告及档案

考试机构应对每个焊工考试过程及检验试验结果进行报告。并应给每个焊工建立档案。档案内容如下：

- a) 档案编号；
- b) 焊接工艺指导书或焊接工艺规程；
- c) 焊接工艺试验报告或评定报告编号；
- d) 焊接考试报告；
- e) 管道焊工资格合格证书副本和复印件；
- f) 现场记录、外观检验、其它检验和试验的原始报告。

7.4 记录

7.4.1 焊工考试记录应参照本标准附录 C，将每名焊工资格考试的试验和每次试验的详细结果进行记录。

7.4.2 合格焊工的名单和考试使用的焊接工艺规程应存档。

7.5 有效期

对取得上岗资格的焊工中断资格范围内的工作超过 6 个月时，施工单位应对其资格重新进行认定考试。对工程期间未中断资格范围内的焊接工作的焊工，其资格在本工程期间有效。

8 现场焊接

8.1 一般规定

8.1.1 焊接人员及其职责应符合下列规定：

- a) 焊接技术人员应由具有中专以上专业学历，有一定施工实践经验的人员担任；焊接技术人员应负责指导焊接作业，参与焊接质量管理，处理焊接技术问题，整理焊接技术资料；
- b) 焊接质检人员应由相当于中专及以上文化水平，有一定焊接经验和技术水平的人员担任；焊接质检人员应对现场焊接作业进行全面检查和控制，参与焊接技术措施的审定；
- c) 焊工必须按本规定第五章的规定进行考试，合格后方可上岗施焊。焊工进行施焊时，当遇到工况条件与焊接工艺规程及技术措施的要求不符合时，应拒绝施焊；如果业主对某个合格焊工的能

力有疑问时，可要求他进行资格考试；

- d) 焊缝热处理人员应经过专业培训，应按规范、焊接工艺规程及设计文件中的有关规定进行焊缝热处理工作。

8.1.2 施工单位应有符合规定要求的焊接技术人员、焊接质检人员、焊工和焊缝热处理人员。

8.1.3 在下列任一种焊接环境下，若无有效的防护措施，严禁施焊：

- a) 雨雪天气；
- b) 大气相对湿度大于 90%；
- c) 环境温度低于 5 ；
- d) 低氢型焊条手工电弧焊，风速大于 5 m/s；
- e) 纤维素型焊条手工电弧焊，风速大于 8 m/s；
- f) 药芯焊丝半自动焊，风速大于 8 m/s；
- g) 自动焊，风速大于 2 m/s。

8.2 焊前准备

8.2.1 一般要求

8.2.1.1 被焊接表面应均匀、光滑，不得有起鳞、磨损、铁锈、渣垢、油脂、油漆和其它影响焊接质量的有害物质。管内外表面坡口两侧 25mm 范围内应清理至显金属光泽。

8.2.1.2 管端坡口的加工一般应采用机加工，特殊情况下可采用氧乙炔切割加工，但必须用动力角向磨光机将坡口修磨均匀、光滑。

8.2.1.3 接头坡口角度、钝边、根部间隙、对口错边量应符合焊接工艺规程的要求。

8.2.1.4 对口处原有管焊缝必须修磨，并符合焊接工艺规程的要求。

8.2.1.5 采用自动焊焊接时，沟上焊接作业空间高度应大于 500mm；采用半自动及手工焊时，沟上焊接作业空间高度应大于 400mm。管沟内焊接工作坑应保证焊工操作方便和安全。

8.2.1.6 保护气体纯度、干燥度、流量在规定的范围之内。

8.2.2 设备要求

8.2.2.1 应使用直流焊机。焊接设备应能满足焊接工艺要求，具有良好的工作状态、准确的量值显示和安全性。

8.2.2.2 正式焊接之前，应在试板上调整焊接参数，自动焊可截取部分施工管材进行参数调整，参数包括：电压、电流、焊速、保护气体流量、电源极性、送丝速度、提前送气和延迟停气的时间、干伸长度、电弧的摆幅、摆频和良好的停留时间等。

8.2.2.3 焊接地线应尽量靠近焊接区，宜用卡具将地线与管表面接触牢固，避免产生电弧伤害母材。

8.2.3 坡口要求

当外径相同不同壁厚的管口进行对接时，应按图 12 的方法进行坡口的过度加工。

8.3 预热要求

8.3.1 对焊接工艺规程中要求预热的管口，预热方法（宜采用环型火焰加热或中频加热方法进行），预热后应清除表面污垢。

8.3.2 应保障在预热范围内温度均匀，预热要求按焊接工艺规程的有关规定执行。

8.3.3 预热宽度以坡口两侧宽度各大于 75mm 为宜。

8.3.4 预热温度应在距管口 50mm 处测量，需测量均匀圆周上的 8 点。

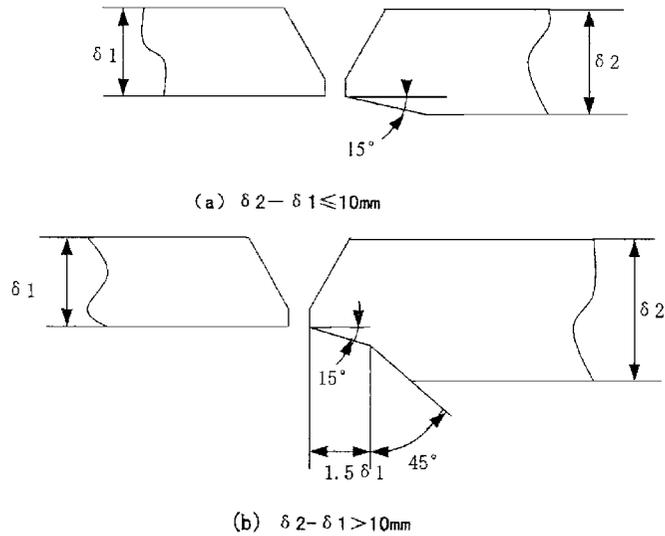


图 12 不同壁厚坡口对接加工示意图

8.4 施焊工艺

8.4.1 本工程在一般地段均宜采用自动焊焊接,在山区等特殊地段可采用自保护药芯焊丝半自动焊,对于管线连头处可采用手工电弧焊。

8.4.2 优先采用内对口器组对。在无法应用内对口器时,可用外对口器。两相邻管的制管焊缝在对接处应相互错开,距离不小于 100mm。

8.4.3 撤离内对口器前应完成全部根焊道。撤离外对口器前,根焊道必须完成 50%以上,且焊完的焊道应沿管周长均匀分布,但对口支撑或吊具则应至少在完成全部根焊道后方可撤除。

8.4.4 手工电弧下向焊及半自动下向焊宜采用焊接流水作业方式。每层焊道一般由两名焊工同时施焊,施焊顺序如图 13 中的 a 和 b;当管道直径大于或等于 711mm 时,根焊道宜采用三名焊工同时施焊,每名焊工施焊位置、顺序如图 13 中的 c。同时施焊时,为防止焊接飞溅伤人,应采用防护措施。

8.4.5 上向焊时不宜采用焊接流水作业方式。

8.4.6 在管子焊接时,应采取有效措施防止管内产生穿堂风。

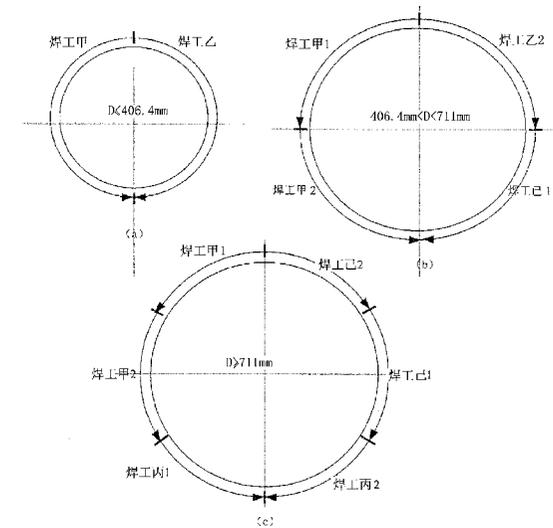
8.4.7 现场焊接时,有关接头设计、焊接层数、焊接工艺参数、焊后缓冷严格按照焊接工艺规程执行。

8.5 操作规程

8.5.1 焊接前,管口准备和焊前准备工作应达到工艺规程要求。

8.5.2 焊接前应在焊接试板上试焊,调整焊接参数。

8.5.3 焊接时,应严格执行焊接工艺规程。在两名焊工收弧交接处,先到达交接处的焊工应多焊部分焊道,便于后焊焊工的收弧。



13 手工焊、半自动焊根焊施焊顺序

注:焊工甲乙焊工人数,1、2指焊接顺序

8.5.4 焊道的起弧或收弧处应相互错开 30mm 以上。严禁在坡口以外的管表面上起弧。焊接前每个引弧点和接头必须修磨。必须在前一焊层全部完成后,才允许开始下一焊层的焊接。

8.5.5 根焊完成后,应用角向磨光机修磨清理根焊道。

8.5.6 焊接时,纤维素焊条不宜摆动过大,对较宽焊道宜采用排焊方法。为保证盖面焊的良好成型,填充焊道填充(或修磨)至距离管外表面 1~2mm 处为宜。

8.5.7 在盖面焊前,根据填充情况在立焊部位可增加立填焊。

8.5.8 自动焊操作时,应随时注意焊道宽度的变化以及电弧在坡口两侧的停留时间。

8.5.9 焊丝每次引弧前,将端部去除约 10mm。引弧时焊丝干伸长度宜较短。

8.5.10 需缓冷处理的焊缝,盖面焊完成后应立即用保温材料包裹。

8.5.11 各焊道应连续焊接。并使焊道层间温度达到规定的要求。

8.5.12 焊口完成后,必须将接头表面的飞溅物、熔渣等清除干净。

8.5.13 当日不能焊接完成的焊口必须完成 50% 钢管壁厚并不少于 3 层焊道,未完成的接头应用干燥、防水、隔热的材料覆盖好。次日焊接前,应预热到焊接工艺规程要求的温度。

8.5.14 在焊接作业中,焊工应对自己所焊的焊道进行自检和修补工作。

8.5.15 焊接时发现偏吹、粘条或其它不正常现象时,应立即更换焊条并修磨接头后施焊。

8.5.16 焊接施工中,应按规定认真填写有关原始记录。记录表格应参照 Q/SY XQ1 中附录 B 的相关表格填写。

8.6 修补

8.6.1 焊接过程中,修补时每处修补长度应大于 50mm。相邻两修补处的距离小于 50mm 时,应按一处缺欠进行修补。

8.6.2 对管子表面偶然出现的电弧烧伤,经工程监理允许,方可进行修补。修补处应进行渗透检测,渗透检测按 SY/T0443 的要求进行。修补后的管壁厚度应在允许的公差范围之内。

8.7 返修

8.7.1 返修权限

8.7.1.1 裂纹

当裂纹长度小于焊缝长度的 8% 时,经业主同意后应使用评定合格的

返修焊接规程进行返修。否则所有带裂纹的焊缝必须从管线上切除。

8.7.1.2 非裂纹性缺陷

根焊道中出现的非裂纹性缺陷,业主有权决定是否返修。盖面焊道及填充焊道中出现的非裂纹性缺陷,可直接返修。若返修工艺不同于原始焊道的焊接工艺,或返修是在原来的返修位置进行时,必须使用评定合格的返修焊接工艺规程。

8.7.2 返修规程

返修时必须使用评定合格的返修焊接规程。返修规程至少应包括以下内容:

- a) 缺陷的检测方法;
- b) 缺陷的清除方法;
- c) 检查返修部位,以证实缺陷完全清除;
- d) 预热和层间温度;
- e) 焊接方法其它细节说明,见本标准 5.3.2 条。

8.7.3 返修焊接

焊缝返修应在监理人员的监督下,由具有返修资格的焊工依照返修焊接工艺规程进行返修。

8.7.4 验收标准

返修处应采用原来的检测方法进行检测。返修焊缝质量应满足第 9 章的要求。

9 焊缝检验及验收

9.1 一般规定

9.1.1 管口焊接、修补或返修完成后应及时进行外观检查,检查前应清除表面熔渣、飞溅和其它污物。焊缝外观应达到规定的验收标准。外观检查不合格的焊缝不得进行无损检测。

9.1.2 所有焊缝必须进行 100% 全自动超声波检测或 100% 射线检测。

9.1.3 从事无损检测的人员必须持有国家技术监督局颁发的并与其工作内容相适应的资格证书。只有二级及以上资格人员方可进行无损检测结果评定。业主应保存无损检测人员证件的复印件。业主可以要求无损检测人

员现场操作，以检验其使用检测规程的准确性，以及对设备所显示缺陷进行正确解释的能力。

9.2 外观检验

9.2.1 焊缝外观成型均匀一致，焊缝及其附近表面上不得有裂纹、未熔合、气孔、夹渣、飞溅、夹具焊点等缺陷。

9.2.2 焊缝表面不应低于母材表面，焊缝余高不得超过 2mm、余高超过 2mm 时，应进行打磨，打磨后应与母材圆滑过渡，但不得伤及母材。

9.2.3 焊后错边量应为：当壁厚为 14.6mm 时，不大于 2mm；当壁厚为 17.5mm 时，不大于 2.2mm；当壁厚为 21.0mm 时，不大于 2.5mm；当壁厚为 26.2mm，不大于 3mm。

9.2.4 焊缝宽度比外表面坡口宽度每侧增加 0.5mm~2.0mm。

9.2.5 焊缝返修只允许进行一次，一次返修不合格，则该焊缝必须从管线上切除。

9.2.6 咬边深度不得超过 0.5mm；咬边深度小于 0.3mm 的任何长度均为合格；咬边深度在 0.3mm~0.5mm 之间，单个长度不得超过 30mm，累计长度不得大于焊缝全长的 15%。

9.3 无损检测

9.3.1 全自动超声波检测应符合 Q/SY XQ7 的规定。

9.3.2 射线检测应符合 Q/SY XQ6 的规定。

附录 A (规范性附录) 焊接工艺规程

焊 接 工 艺 规 程

编号：

适用工程：

编制单位：

审核人：

焊接方法：

批准人：

适用钢管

钢管标准：

直径：

钢级：

管材生产方法：

壁厚范围：

焊接材料

根焊型号：

热焊型号：

填充焊型号：

盖面焊型号：

保护气体类型：

延迟停气时间：

接头设计

接头型式：

钝 边：

间 隙：

余 高：

盖面焊缝宽：

牌号：

牌号：

牌号：

牌号：

纯度要求：

垫 板：

直径：

直径：

直径：

直径：

提前送气时间：

坡口型式：

坡口角度：

错 边：

焊缝层数、道数、焊接顺序

管壁厚 (mm)	根焊	热焊	填充焊		立填焊	盖面焊
			单道	排焊		

焊接准备

管位置； 对口方式：
 预热方法：
 焊接设备； 外特性：
 工艺要求
 焊接方法； 焊接方向：
 每层焊工数； 焊后热处理：
 层间温度； 根焊与热焊间隔：
 对口器撤离：
 支撑撤离：

焊接工艺参数

工艺参数	焊道						
	根焊	热焊	填充1	填充2	填充3	填充4	盖面焊
焊条(丝)型号							
焊条(丝)规格(mm)							
电压范围 (V)							
电流范围 (A)							
焊接速度 (cm/min)							
送丝速度 (cm/min)							
气体流量 (L/min)							
摆幅 mm							
摆频 Hz							
干伸长度 mm							
停留时间 s							
极性 (正、反)							
其它							

注：

技术措施

清理工具：

根接头：

焊后保温：

运条方式：

其它：

施焊环境要求

环境温度：

环境风速：

环境湿度：

注：

外观检验要求：

无损检测要求：

检测方法：

检测比例：

执行标准：

合格标准：

缺陷修补要求

编制：

日期：

审批：

日期：

批准：

日期：

附录 B (规范性附录) 焊接工艺评定报告

焊 接 工 艺 评 定 报 告

编号：
适用工程：
评定单位：
审核人： 批准人：

试验用钢管
验收单位： 验收标准：
钢管材质： 制管方法：
直 径： 壁 厚：

管材化学成分及机械性能

化学成分	C Si Mn P			
	机械性能	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	伸长率

焊接材料
验收单位： 验收标准：
根焊型号： 牌号： 直 径：
热焊型号： 牌号： 直 径：
填充焊型号： 牌号： 直 径：
盖面焊型号： 牌号： 直 径：

保护气体类型： 纯度要求； 提前送气时间：
延迟停气时间：
焊接准备
管 位 置： 对口方式：
管口预热： 环境湿度：
焊条烘干： 焊接设备：
外 特 性： 附加要求：
接头设计
接头型式： 坡口型式：
钝 边： 坡口角度：
间 隙： 错 边：
余 高： 垫 板：
盖面焊缝宽：
焊缝层数、焊道数和焊接顺序

管壁厚 (mm)	根焊	热焊	填充焊		立填焊	盖面焊
			单道	排焊		

焊接工艺
焊接方法： 焊接方向：
每层焊工数： 层间温度：
焊后热处理： 环境风速：
环境温度： 环境湿度：
焊接工艺参数

工艺参数	焊 道						
	根焊	热焊	填充 1	填充 2	填充 3	填充 4	盖面焊
焊条 (丝) 种类							
焊条 (丝) 规格(mm)							
电压范围 (V)							

工艺参数	焊 道						
	根焊	热焊	填充 1	填充 2	填充 3	填充 4	盖面焊
电流范围 (A)							
焊接速度 (cm/min)							
送丝速度 (cm/min)							
气体流量 (L/min)							
摆幅 mm							
摆频 Hz							
干伸长度 mm							
停留时间 s							
极性 (正、反)							
其它							

注：

技术措施

清理工具：

根焊接头：

焊后保温：

运条方式：

其 它：

焊工		记录		日期	
----	--	----	--	----	--

非破坏性检验

外观检查

报告编号：

检查标准：

检查单位：

检查结论：

报告日期：

管口编号	缺陷类型和尺寸	结论

无损检测

报告编号：

检验单位：

执行标准：

检验结论：

报告日期：

管口编号	缺陷类型和尺寸	结论

破坏性试验

拉伸试验

报告编号：

试验单位：

执行标准：

试验结论：

报告日期：

管口编号：

试样区号				
试样尺寸 mm				
拉伸强度 Mpa				
断裂位置				
备注：				

导向弯曲试验

报告编号：

试验单位：

执行标准：

试验结论：

报告日期：

管口编号：

试样区号				
面弯缺陷				
检验结果				
背弯缺陷				
检验结果				
备注：				

刻槽锤断试验

报告编号：

试验单位：

执行标准：

试验结论：

报告日期：

管口编号：

试样区号				
断面缺陷				
检验结果				
备注：				

夏比 V 型缺口冲击试验

试验结论：

附录 C

(规范性附录)

焊工考试记录

焊工考试记录

焊工姓名： 试件编号： 项目名称： 试验日期： 年 月 日

焊接工艺方法： 执行焊接工艺规程编号：	
焊材型号： 规格：	
母材钢级： 规格：	
装配条件：坡口及角度： 型 ° 对口方法： 根部间隙： mm 钝边： mm 错 边：最大错边量 mm，错边长度 mm，错边位置	
预热方法：	根焊接头：
电源种类：	环境温度：
电源型号：	环境湿度：
清理工具：	风速：
预热温度：	延迟停气时间：
保护气体类型：	焊后保温：
纯度要求：	运条方式：
提前送气时间：	其 它：
工艺参数	焊道
	根焊 热焊 填充 1 填充 2 填充 3 填充 4 盖面焊
焊条(丝)种类	
焊条(丝)规格(mm)	
电压范围 (V)	
电流范围 (A)	
焊接速度 (cm/min)	
送丝速度 (cm/min)	
气体流量 (L/min)	
摆幅 mm	
摆频 Hz	
干伸长度 mm	
停留时间 s	
极性(正、反)	
焊接起始时间	
焊接结束时间	
焊接温度	
焊接方向	

焊工签字：

记录人签字：

焊工考试结果

非破坏性检验

外观检查

检查结论：

报告编号：

检查标准：

报告日期：

检查单位：

管口编号	缺陷类型和尺寸	结论

无损检测

检验结论：

报告编号：

执行标准：

报告日期：

检验单位：

管口编号	缺陷类型和尺寸	结论

破坏性试验

拉伸试验

试验结论：

报告编号：

执行标准：

报告日期：

试验单位：

管口编号：

试样尺寸：

试样区号				
拉伸强度 Mpa				
断裂位置				

导向弯曲试验

试验结论：

报告编号：

执行标准：

报告日期：

试验单位：

管口编号：

试样区号				
面弯缺陷及检验结果				
背弯缺陷及检验结果				
侧弯缺陷及检验结果				

刻槽锤断试验

试验结论：

报告编号：

执行标准：

报告日期：

试验单位：

管口编号：

试样区号				
断面缺陷				
检验结果				

西气东输管道工程焊接

施工及验收规范

Standard of Welding Specification and Acceptance
for West—East Natural Gas Transportation Engineering

编 制 说 明

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

编制说明

1 编制背景和过程

1.1 本规范由中国石油天然气股份有限公司西气东输管道分公司提出,依据西气东输管道分公司与中国石油天然气管道**工程公司签定的合同,由中国石油天然气管道**工程公司负责主编。

1.2 在本规范制定过程中,依据工程特点广泛进行了调研,对国内外标准、规范及有关资料进行了收集整理,对标准适用性进行了分析、论证,并以会审的形式对国外相关标准进行了采标,提出了适用的标准目录及需修订、制定的标准条款。编写人员首先制订了编写大纲,并以会审的形式邀请有关科研、设计及施工单位的专家和具有丰富实践经验的工程技术人员对编写大纲进行评审,力争作到编写内容详尽、能够覆盖整个西气东输管道线路焊接施工的需要。编写人员按照编写大纲的总体思路并参照国外标准采标的情况编制了征求意见稿,以函调和会审相结合的方式广泛征求了有关单位和专家的意见,对规范(征求意见稿)进行修改,完成送审稿,经由中国石油天然气集团公司标准化委员会组织专家进行了送审稿的评审,并按照专家评审结果进行了详细修改,评审专家组一致通过最终完成报批稿。

1.3 本规范是在总结以往施工经验的基础上,结合西气东输管道工程特点,借鉴目前国内外先进技术和经验编写而成。其主要内容按照 API1104—99 相关条文非等效采用编制,其中部分内容还参照 GB50236、SY4103、陕京管线的焊接施工及验收规范、陕京管线 X70 试验段的焊接工艺评定与施工经验。经过专家的多次认真讨论确定其部分内容,并在充分总结以往施工经验的基础上,进行修改而成。

1.4 本规范力争做到技术先进、经济合理、质量可靠,尽量与国外先进规

范接轨。按照此规范施工,能够满足西气东输线路焊接的需要,并可以获得可靠的质量保证,能够取得明显的经济效益。

1.5 本规范主要包含:范围、规范性引用文件、术语、总则、焊接工艺评定、焊接材料的管理、焊工资格考试、现场焊接、焊缝检验及验收等九部分内容。

2 范围

征求意见稿评审会讨论决定本标准只适用于西气东输管道工程线路工程施工。

3 规范性引用文件

根据 GB1.1-2000 的要求进行了修订,并在石油专标委的协助下对规范性引用文件的版本进行了更新,名称也进行了核对。

4 术语

术语的内容基本采用 API1104 的术语内容,在此基础上根据实际需要进行了增补,在征求意见稿的评审会上,各专家一致通过增加“缺欠”这一新名词,并要求在本标准及无损检测标准中均使用这一名词。

5 总则

对本标准中涉及到的共性技术内容作了规定。

6 焊接工艺评定

6.1 本节在中油管道局焊接培训中心的协助下结合 API1104 的要求编制而成。本节中详细规定了焊接工艺评定的程序和内容,基本要素的变更。焊接工艺规程中包含的详细内容。无损检测和试验方法的具体内容、方法和技术要求。

6.2 在大纲评审时要求本节内容等效采用 API1104 中的相关要求。

6.3 在征求意见稿的评审会上,会议决定除等效采用 API1104 中的相关要

求外，还应增加焊接接头的低温冲击韧性试验、硬度、宏观金相试验、抗腐蚀性能试验。包括试验方法和试验技术要求。根据涿州焊接工艺研讨会的会议纪要和陕京管线焊接施工及验收规范的要求对低温冲击韧性试验、硬度、宏观金相试验、抗腐蚀性能试验的方法和技术要求进行了编制。并相应地在附录 A 中增加了相关的表格。

6.4 在送审稿的评审会上，根据焊工考试取消角焊和支关联接资格考试内容的要求，取消了本节的角焊和支关联接的焊接工艺评定内容。会议还要求根据 SY4103 的要求焊材分类表中增加相关的国产焊材型号。

7 焊材管理

7.1 本节中详细要求了焊材验收、储存、运输和使用方面的要求。

7.2 焊材验收中要求焊接材料应是经过焊接工艺评定确认的焊接材料，并应符合各验收标准的要求。

7.3 焊材储存要求焊接材料应存放在专用库房并保证防雨、防潮、干燥，焊材分类堆放。

7.4 焊材烘干详细要求不同的焊材的烘干温度、时间和次数。焊材使用中的要求。

8 焊工资格考试

8.1 本节内容详细包含了焊工资格考试的程序、方法、内容、范围和变更等。

8.2 大纲评审时要求焊工考试为三级考试，分为资格审定、资格认定和现场考试。考试内容和方法依照 API1104 的规定进行。资格审定考试由技术监督局监督进行，资格认定考试由单位组织进行，现场考试由业主组织在现场进行。考试分为单项资格、全项资格考试。单项资格包含角焊、支管连接等资格。

8.3 征求意见稿评审时要求取消现场考试，但资格认定考试必须在监理人员监督下进行，监理部门颁发焊工上岗证。取消全相资格考试。

8.4 送审稿评审时要求资格审定考试的要求按技术监督局的要求进行。取

消角焊、支管连接资格考试。

9 现场考试

9.1 本节详细的规定了现场焊接的焊前准备、焊前预热、施焊工艺、操作规程、修补、返修等方面的要求。本节内容参照陕京输气管道焊接施工及验收规范的内容进行补充。

9.2 在征求意见稿评审会，要求增加当日不能焊接完成的焊口的技术要求，根据 GB50236 的要求增加不同管壁厚管口对接坡口过渡技术要求。要求焊缝返修按照 API1104 第十章的要求进行补充。对焊接环境进行了修订。

9.3 送审稿评审确定了业主有对小于 8% 的裂纹是否返修的权力，但大于 8% 的焊口必须切除。焊缝返修必须使用返修焊接工艺规程以及只有具有返修资格的焊工才可以进行返修焊接。

10 焊缝检验

10.1 焊缝检验主要包含外观检验和无损检测两部分。规定了无损检测人员的资格。

10.2 焊缝外观检验详细规定了焊缝余高及焊缝宽度的具体要求，焊缝表面不允许的所有缺欠内容。

10.3 焊缝无损检测规定了焊缝无损检测应进行 100% 全自动超声波检测或射线检测。检测方法技术要求应符合 Q/SY XQ6 或 Q/SY XQ7 的技术要求。

11 附录 A.1、焊接工艺规程

参照中油管道局焊接培训中心和 API1104 中的要求编写。并增加了自动焊的控制参数等。

12 附录 A.2、焊接工艺评定报告

参照中油管道局焊接培训中心和 API1104 中的要求编写。并增加了自

动焊的控制参数等。参照陕京输气管线焊接施工及验收规范中的相应表格，并根据试验内容补充了抗 HIC 试验报告的表格。

13 附录 A.3、焊工考试记录

参照中油管道局焊接培训中心提供的表格和焊接工艺规程的内容整理而成。

14 建议

建议标准发布后，立即组织所有施工单位及监理人员宣贯本标准，以保证施工人员和监理人员对本标准的正确理解，保证工程的顺利实施。