中华人民共和国行业标准

钢制压力容器焊接工艺评定

Welding procedure qualification for
steel pressure vessels

JB 4708—92

看样本

1 主题内容与适用范围

本标准规定了钢制压力容器焊接工艺评定规则、试验方法和合格指标。

本标准适用于钢制压力容器的气焊、手弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊、电渣焊、耐蚀层堆焊的焊接工艺评定。

2 引用标准

GB 150—89 钢制压力容器

GB 228—87 金属拉伸试验方法

GB 232—88 金属弯曲试验方法

GB 912—82 普通碳素结构钢和低合金结构钢薄钢板技术条件

GB 2106—80 金属夏比（V型缺口）冲击试验方法

GB 2270—80 不锈钢无缝钢管

GB 3274—88 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

GB 3323—87 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

GB 3531—83 低温压力容器用低合金钢厚钢板技术条件

GB 4237—84 不锈钢热轧钢板

GB 5681—85 压力容器用热轧钢带

GB 6479—86 化肥设备用高压无缝钢管

GB 6653—86 焊接气瓶用钢板

GB 6654—86 压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板

GB 6655—86 多层压力容器用低合金钢钢板

GB 8163—87 输送流体用无缝钢管

GB 9948—88 石油裂化用无缝钢管

JB 755—85 压力容器锻件技术条件

JB 1152—81 锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤

3 总 则

3.1 焊接工艺评定应以可靠的钢材焊接性能试验为依据，并在产品焊接之前完成。

3.2 焊接工艺评定过程是：拟定焊接工艺指导书、根据本标准的规定施焊试件、检验试件和试样、测定焊接接头是否具有所要求的使用性能、提出焊接工艺评定报告。从而验证施焊单位拟定的焊接工艺的正确性。

3.3 焊接工艺评定所用设备、仪表应处于正常工作状态，钢材、焊接材料必须符合相应标准，由本单位技能熟练的焊接人员焊接试件。

3.4 评定对接焊缝焊接工艺时，采用对接焊缝试件；评定角焊缝焊接工艺时，采用角焊缝试件。对接焊缝试件评定合格的焊接工艺亦适用于角焊缝；评定组合焊缝（角焊缝加对接焊缝）焊接工艺时，根据焊件的焊透要求确定采用组合焊缝试件或对接焊缝试件或角焊缝试件。试件形式示意如图1。

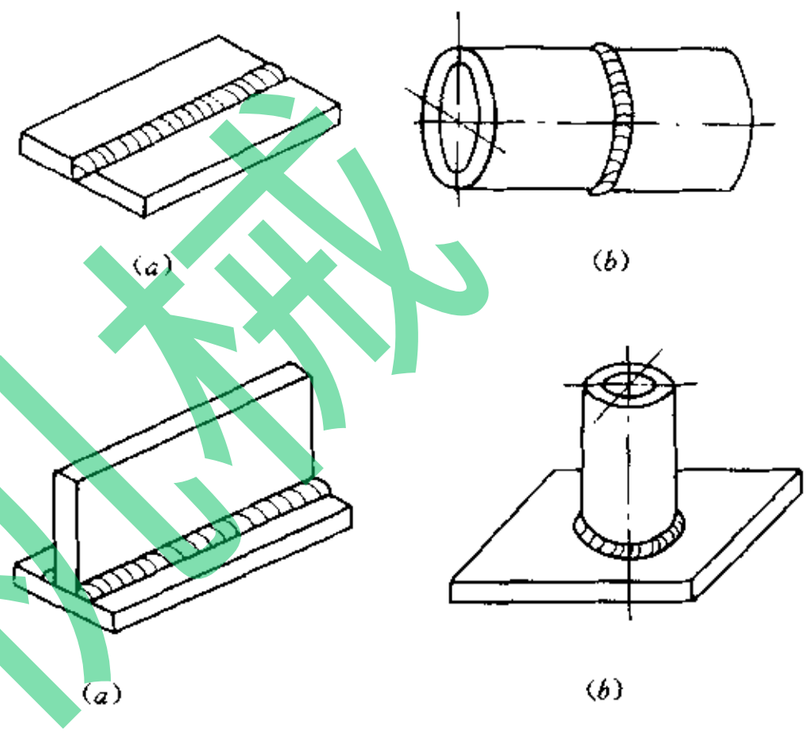

图1 焊接工艺评定试件形式

(1) 对接焊缝试件

(a) 板材对接焊缝试件；(b) 管材对接焊缝试件

(2) 角焊缝试件和组合焊缝试件

(a) 板材角焊缝试件和组合焊缝试件；

(b) 管与板角焊缝试件和组合焊缝试件

注：角焊缝试件和组合焊缝试件详见图2至图5。

3.5 焊接工艺因素分为重要因素、补加因素和次要因素。

3.5.1 重要因素是指影响焊接接头抗拉强度和弯曲性能的焊接工艺因素。

3.5.2 补加因素是指影响焊接接头冲击韧性的焊接工艺因素。当规定进行冲击试验时，需增加补加因素。

3.5.3 次要因素是指对要求测定的力学性能无明显影响的焊接工艺因素。

4 焊接工艺评定规则

4.1 一般规则

4.1.1 改变焊接方法，需重新评定。

4.1.2 当同一条焊缝使用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）时，可按每种焊接方法（或焊接工艺）分别进行评定；亦可使用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）焊接试件，进行组合评定。

组合评定合格后用于焊件时，可以采用其中一种或几种焊接方法（或焊接工艺），但要保证每一种焊接方法（或焊接工艺）所熔敷的焊缝金属厚度都在已评定的各自有效范围内。

4.1.3 为了减少焊接工艺评定数量，根据母材的化学成份、力学性能和焊接性能进行分类分组（见表1）。

4.1.3.1 一种母材评定合格的焊接工艺可以用于同组别号的其它母材。

4.1.3.2 除4.1.3.3和4.1.3.4外，母材组别号改变时，需重新评定。

4.1.3.3 组别号为Ⅵ-1母材的评定适用于组别号为Ⅱ-1的母材。

4.1.3.4 在同类别号中，高组别号母材的评定适用于该组别号母材与低组别号母材所组成的焊接接头。

4.1.3.5 当不同类别号的母材组成焊接接头时，即使母材各自都已评定合格，其焊接接头仍需重新评定。但类别号为Ⅱ、组别号为Ⅵ-1的同钢号母材的评定适用于该类别号或该组别号母材与类别号为Ⅰ的母材所组成的焊接接头。

表1

类别号	组别号	钢号	相应标准号
Ⅰ	Ⅰ-1	Q235-A·F（A3F、AY3F）	GB 912，GB 3274
		Q235-A(A3、AY3)	GB 912，GB 3274
		Q235-B、Q235-C	GB 912，GB 3274
		20HP	GB 6653
		20R	GB 6654
		10	GB 8163，GB 6479
		20G	GB 6479
		20、25	GB 8163，GB 9948，JB 755
Ⅱ	Ⅱ-1	16Mn	GB 6479，JB 755
		16MnR	GB 6654，GB 5681
		16MnRC	GB 6655
	Ⅱ-2	15MnV	GB 6479
		15MnVR	GB 6654
		15MnVRC	GB 6655
		20MnMo	JB 755
Ⅲ	Ⅲ-1	15MnVNR	GB 6654
	Ⅲ-2	18MnMoNbR	GB 6654
		15MnMoV	JB 755
		20MnMoNb	JB 755
Ⅳ	Ⅳ-1	12CrMo	GB 6479，GB 9948
		15CrMo	GB 6479，JB 755，GB 9948
		15CrMoR	
	Ⅳ-2	12Cr1MoV	JB 755
	Ⅳ-3	12Cr2Mo	GB 6479
		12Cr2Mo1R	
		12Cr2Mo1	JB 755
Ⅴ	Ⅴ-1	1Cr5Mo	GB 6479，JB 755
Ⅵ	Ⅵ-1	16MnD	JB 755
		16MnDR	GB 3531
	Ⅵ-2	09Mn2VD	JB 755
		09Mn2VDR	GB 3531
	Ⅵ-3	06MnNbDR	GB 3531
Ⅶ	Ⅶ-1	1Cr18Ni9Ti	JB 755
		0Cr19Ni9	GB 4237
		0Cr18Ni9Ti	GB 2270
		0Cr18Ni11Ti	GB 4237
		00Cr18Ni10	GB 2270
		00Cr19Ni11	GB 4237
	Ⅶ-2	0Cr17Ni12Mo2	GB 4237
		0Cr19Ni13Mo3	GB 4237
		0Cr18Ni12Mo2Ti	GB 2270
		0Cr18Ni12Mo3Ti	GB 2270
		00Cr17Ni14Mo2	GB 4237，GB 2270
		00Cr19Ni13Mo3	GB 4237，GB 2270
Ⅷ	Ⅷ-1	0Cr13	GB 4237，GB 2270，JB 755

4.1.4 试件的焊后热处理应与焊件在制造过程中的焊后热处理基本相同。在消除应力热处理时，试件保温时间不得少于焊件在制造过程中累计保温时间的80%。

改变焊后热处理类别，需重新评定。

注：焊后热处理类别如下：

铬镍不锈钢分为不热处理和热处理（固溶或稳定化）；

除铬镍不锈钢外分为不热处理、消除应力热处理、正火、正火加回火、淬火加回火。

4.1.5 评定合格的对接焊缝试件的焊接工艺适用于焊件的母材厚度和焊缝金属厚度有效范围按表2和表3的规定。

mm **表2**

试件母材厚度 T	适用于焊件母材厚度的有效范围	
	最小值	最大值
$1.5 \leqslant T < 8$	1.5	$2T$，且不大于12
$T \geqslant 8$	$0.75T$	$1.5T$

mm **表3**

试件焊缝金属厚度 t	适用于焊件焊缝金属厚度的有效范围	
	最小值	最大值
$1.5 \leqslant t < 8$	不限	$2t$，且不大于12
$t \geqslant 8$	不限	$1.5t$

注：t 系指一种焊接方法（或焊接工艺）在试件上所熔敷的焊缝金属厚度。

当试件采用表4所列焊接条件时，焊件的最大厚度则需按表4确定。

当采用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）焊接的试件评定合格后，适用于焊件的厚度有效范围，不得以每种焊接方法（或焊接工艺）评定后所适用的最大厚度进行叠加。

4.1.6 对于返修焊、补焊和打底焊，当试件母材厚度不小于40mm时，评定合格的焊接工艺所适用的焊件母材的厚度有效范围的最大值不限。

4.1.7 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于不等厚对接焊缝焊件，但厚边和薄边母材的厚度都应在已评定的有效范围内。

4.1.8 对接焊缝试件或角焊缝试件评定合格的焊接工艺用于焊件角焊缝时，焊件厚度的有效范围不限。

mm **表4**

序号	试件的焊接条件	适用于焊件的最大厚度	
		母材	焊缝金属
1	除气焊外，试件经超过临界温度的焊后热处理	$1.1T$	—
2	试件为单道焊或多道焊时，若其中任一焊道的厚度大于13mm	$1.1T$	—
3	气焊	T	—
4	电渣焊	$1.1T$	—
5	当试件厚度大于150mm时，若采用手弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊（熔滴呈短路过渡者除外）、钨极气体保护焊的多道焊	$1.3T$	$1.3t$
6	短路过渡的熔化极气体保护焊	$1.1T$	—

4.1.9 板材对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于管材的对接焊缝，反之亦可。

4.1.10 板材角焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于管与板的角焊缝，反之亦可。

4.1.11 当组合焊缝焊件为全焊透时，可采用与焊件接头的坡口形式和尺寸类同的对接焊缝试件进行评定；也可采用组合焊缝试件加对接焊缝试件（后者的坡口形式和尺寸不限定）进行评定。此时，对接焊缝试件的重要因素和补加因素应与焊件的组合焊缝相同。

当组合焊缝焊件不要求全焊透时，若坡口深度大于焊件中较薄母材厚度的一半，则按对接焊缝对待；若坡口深度小于或等于焊件中较薄母材厚度的一半，则按角焊缝对待。

4.1.12 当变更任何一个重要因素时都需要重新评定焊接工艺。

当增加或变更任何一个补加因素时，则可按增加或变更的补加因素增焊冲击韧性试件进行试验。

当变更次要因素时不需重新评定焊接工艺，但需重新编制焊接工艺指导书。

各种焊接方法的焊接工艺评定重要因素和补加因素见表5。

表 5

类别	焊接条件	重要因素						补加因素					
		气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊	气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊
填充材料	1. 焊条牌号(焊条牌号中第三位数字除外)	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. 当焊条牌号中仅第三位数字改变时,用非低氢型药皮焊条代替低氢型药皮焊条	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—
	3. 焊条的直径改为大于 6mm	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—
	4. 焊丝钢号	○	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	5. 焊剂牌号;混合焊剂的混合比例	—	—	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—
	6. 添加或取消附加的填充金属;附加填充金属的数量	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	7. 实芯焊丝改为药芯焊丝或反之	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	8. 添加或取消预置填充金属;预置填充金属的化学成分范围	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	9. 增加或取消填充金属	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	10. 丝极改为板极或反之,丝极或板极钢号	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
	11. 熔嘴改为非熔嘴或反之,熔嘴钢号	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
焊接位置	从评定合格的焊接位置改变为向上立焊	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○	—
预热	1. 预热温度比评定合格值降低 50℃以上	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	2. 最高层间温度比评定合格值高 50℃以上	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
气体	1. 可燃气体的种类	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. 保护气体种类;混合保护气体配比	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	3. 从单一的保护气体改用混合保护气体,或取消保护气体	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—
电特性	1. 电流种类或极性	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
	2. 增加线能量或单位长度焊道的熔敷金属体积超过评定合格值(若焊后热处理细化了晶粒,则不必测定线能量或熔敷金属体积)	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
	3. 电流值或电压值超过评定合格值 15%	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
技术措施	1. 焊丝摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—
	2. 由每面多道焊改为每面单道焊	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—
	3. 单丝焊改为多丝焊,或反之	—	—	—	—	—	○	—	—	○	○	○	—
	4. 电(钨)极摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	—
	5. 增加或取消非金属或非熔化的金属成形滑块	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—

注:符号○表示对该焊接方法为重要因素或补加因素。

4.2 耐蚀层堆焊的评定规则

4.2.1 对各种堆焊方法,凡属下列情况之一,均需重新评定。

a. 改变或增加焊接方法;

b. 基体钢材类别号为Ⅳ时,改变组别号;

c. 改变基体钢材的类别号;

d. 除横焊、立焊或仰焊位置的评定适用于平焊位置外,改变评定合格的焊接位置;

e. 预热温度比评定范围下限降低 50℃以上或

层间温度超过评定范围的最大值；

f. 改变焊后热处理类别；

g. 焊后热处理温度下的总保温时间比评定最长保温时间延长 25%或更多；

h. 多层堆焊变更为单层堆焊、单层堆焊变更为多层堆焊；

i. 变更电流种类或极性。

4.2.2 对于手弧焊除 4.2.1 规定以外，凡属下列情况之一，仍需重新评定。

a. 变更焊条牌号(焊条牌号中第三位数字除外)；

b. 当堆焊首层时，变更焊条直径或首层施焊电流比已评定范围的上限值增加 10%以上。

4.2.3 对于埋弧焊、熔化极气体保护焊或钨极气体保护焊堆焊，除 4.2.1 规定以外，凡属下列情况之一，仍需重新评定。

a. 变更焊丝(或钢带)钢号；

b. 变更焊剂牌号、混合焊剂的混合比例；

c. 变更同一熔池上的焊丝根数；

d. 添加或取消附加的填充金属；

e. 增加或取消焊丝的摆动；

f. 焊丝或附加的填充金属公称横截面积的变化超过 10%；

g. 线能量或单位长度焊道内熔敷金属体积比评定范围的上限值增加 10%以上；

h. 变更保护气体种类、混合保护气体配比；

i. 取消保护气体，或保护气体流量比评定范围下限值降低 10%以上。

5 试件、试样和检验

5.1 试件制备

5.1.1 母材、焊接材料、坡口和试件的焊接必须符合焊接工艺指导书的要求。

5.1.2 试件的数量和尺寸应满足制备试样的要求。

5.1.3 对接焊缝试件尺寸

试件厚度应充分考虑适用于焊件厚度的有效范围。

5.1.4 角焊缝试件尺寸

5.1.4.1 板材角焊缝试件尺寸(见表 6 和图 2)

mm **表 6**

翼板厚度 T_1	腹板厚度 T_2
≤3	T_1
>3	≤T_1，但不小于 3

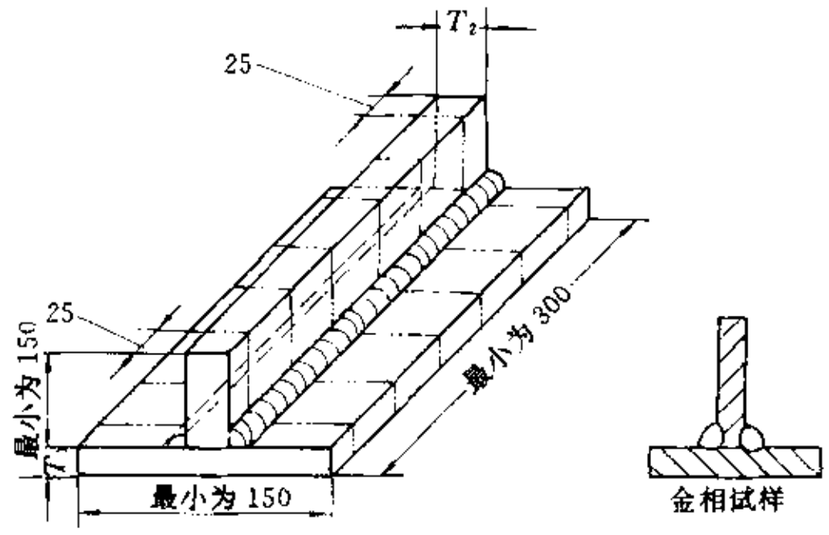

图 2 板材角焊缝试件及试样

注：焊脚等于 T_2，且不大于 20mm。

5.1.4.2 管与板角焊缝试件尺寸(见图 3)

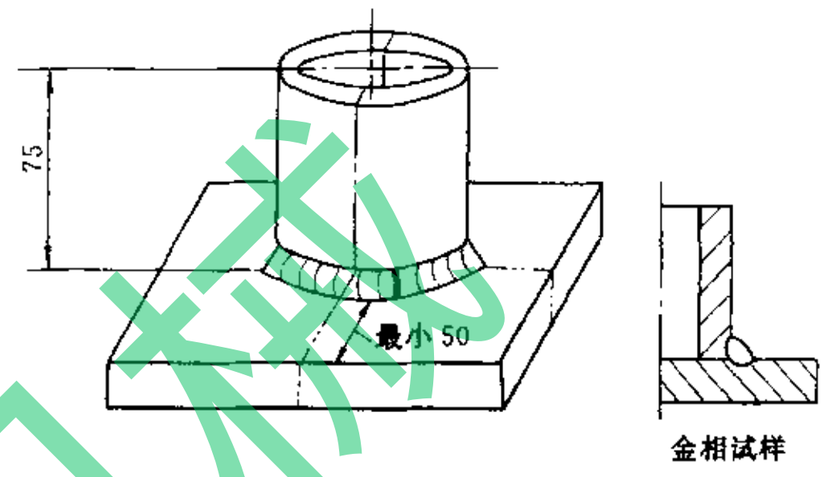

图 3 管与板角焊缝试件及试样

注：最大焊脚等于管壁厚。

5.1.5 组合焊缝试件尺寸

5.1.5.1 板材组合焊缝试件尺寸(见表 7 和图 4)

mm **表 7**

翼板厚度 T_3	腹板厚度 T_4	适用于焊件母材厚度的有效范围
<20	≤T_3	翼板和腹板厚度均小于 20
≥20	≤T_3，且≥20	翼板和腹板的厚度中任一或全都大于或等于 20

5.1.5.2 管与板组合焊缝试件尺寸(见表 8 和图 5)

mm **表 8**

试件管壁厚度	试件板厚度	适用于焊件母材厚度的有效范围
<20	<20	管壁厚度和板厚度均小于 20
<20	≥20	管壁厚度小于 20，板厚度等于或大于 20
≥20	≥20	管壁厚度和板厚度均大于或等于 20

春辉机械

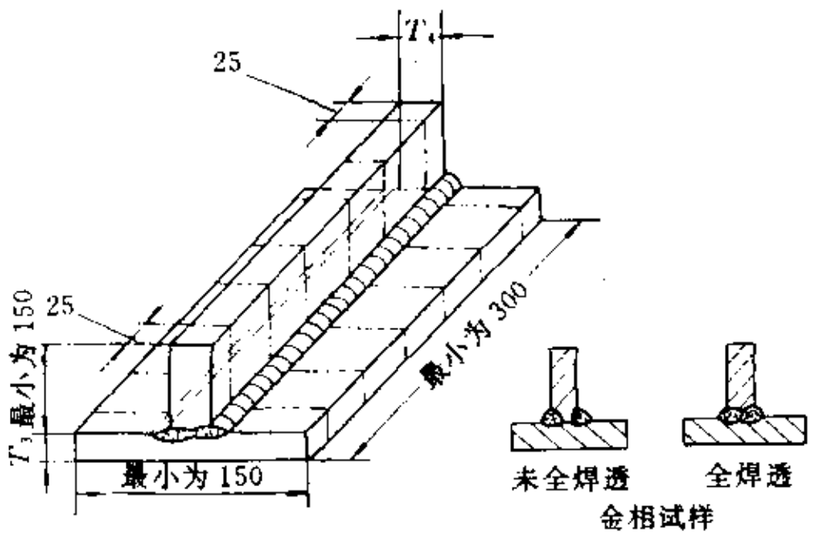

图 4　板材组合焊缝试件及试样

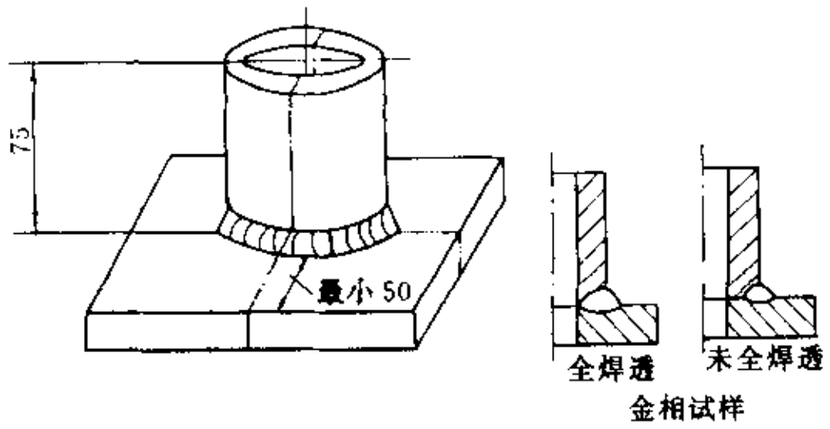

图 5　管与板组合焊缝试件及试样

5.1.6　耐蚀层堆焊试件尺寸

当焊件基体的厚度等于或大于 25mm 时，则试件基体的厚度不得小于 25mm；当焊件基体厚度小于 25mm，则试件基体厚度应等于或小于焊件基体厚度。

5.2　对接焊缝试件和试样的检验

5.2.1　检验项目：外观检查、无损探伤和力学性能试验。

a. 外观检查：试件接头表面不得有裂纹、未焊透和未熔合。

b. 无损探伤：试件的射线探伤按 GB 3323 的规定，射线照相的质量应不低于 AB 级，焊缝质量不低于Ⅱ级；试件的超声波探伤应按 JB 1152 的规定，焊缝的质量应为Ⅰ级。

c. 力学性能试验项目包括拉力试验、弯曲（面弯、背弯、侧弯）试验和冲击试验（当规定时），检验要求按下列条文规定。

5.2.2　力学性能试验的试样类别和数量应符合表 9 的规定。

5.2.3　当试件采用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）时：

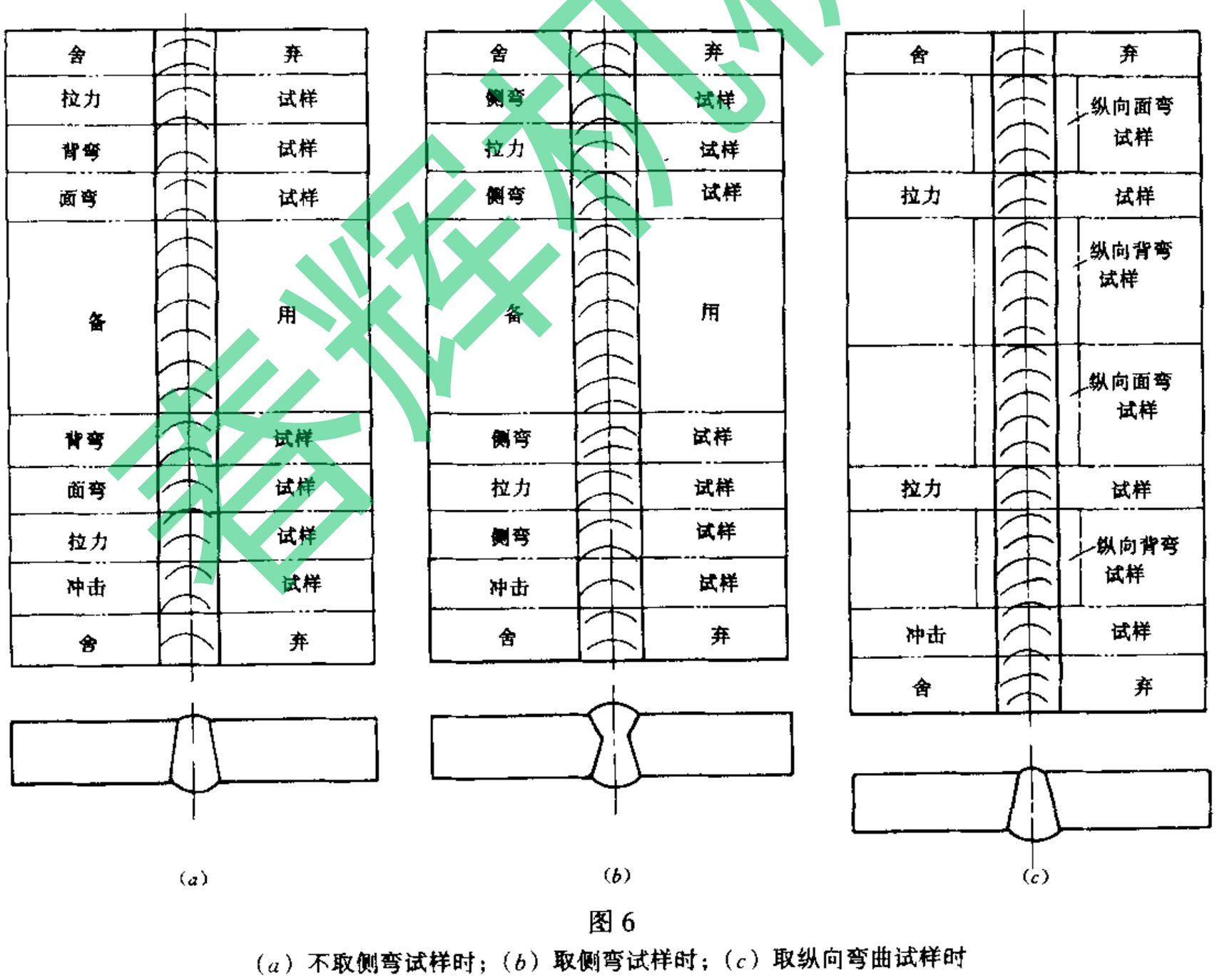

图 6

（a）不取侧弯试样时；（b）取侧弯试样时；（c）取纵向弯曲试样时

a. 拉力试样和弯曲试样的受拉面应包括每一种焊接方法（或焊接工艺）的焊缝金属；

b. 当规定作冲击试验时，对每一种焊接方法（或焊接工艺）的焊缝区和热影响区都要作冲击试验。

表 9

试件母材的厚度 T mm	试样的类别和数量 个					
	拉力试验	弯曲试验[2]			冲击试验	
	拉力试样[1]	面弯试样	背弯试样	侧弯试样	焊缝区试样	热影响区试样[4]
$1.5 \leqslant T < 10$	2	2	2	—	3	3
$10 \leqslant T < 20$	2	2	2	3)	3	3
$T \geqslant 20$	2	—	—	4	3	3

注：1）一根管接头全截面试样可以代替两个板形试样。

2）当试件焊缝两侧的母材之间或焊缝金属和母材之间的弯曲性能有显著差别时，可改用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验。

3）可以用四个横向侧弯试样代替两个面弯和两个背弯试样。

4）当焊缝两侧母材的钢号不同时，每侧热影响区都应取三个冲击试样。

5.2.4 力学性能试验

试件经外观检查和无损探伤合格后，允许避开缺陷制取试样，取样位置按 5.2.4.1 和 5.2.4.2 的规定。

试样去除焊缝余高前允许对试样进行冷校平。

5.2.4.1 板材对接焊缝试件取样位置（见图 6）

5.2.4.2 管材对接焊缝试件取样位置（见图 7）

5.2.5 拉力试验

5.2.5.1 试样

5.2.5.1.1 取样和加工要求

a. 厚度小于或等于 30mm 的试件，采用全厚度试样进行试验。

b. 厚度大于 30mm 的试件，根据试验条件可采用全厚度试样，也可以用两片或多片试样（应包括整个试件厚度）的试验代替一个全厚度试样的试验。

c. 两片或多片试样的厚度为 30mm，试样的数量为试件母材厚度（mm）除以 30mm（按四舍五入，取整数），试样的切取方式见图 8。

d. 试样的焊缝余高应以机械方法去除，使之与母材齐平。

5.2.5.1.2 试样形式

a. 带肩板形试样（见图 9）适用于所有厚度板材的对接焊缝试件。

b. 管接头带肩板形试样型式Ⅰ（见图 10）适用于外径大于 76mm 的所有壁厚管材对接焊缝试件。

c. 管接头带肩板形试样型式Ⅱ（见图 11）适用于外径小于或等于 76mm 的管材对接焊缝试件。

d. 管接头全截面试样（见图 12）适用于外径小于或等于 76mm 的管材对接焊缝试件。

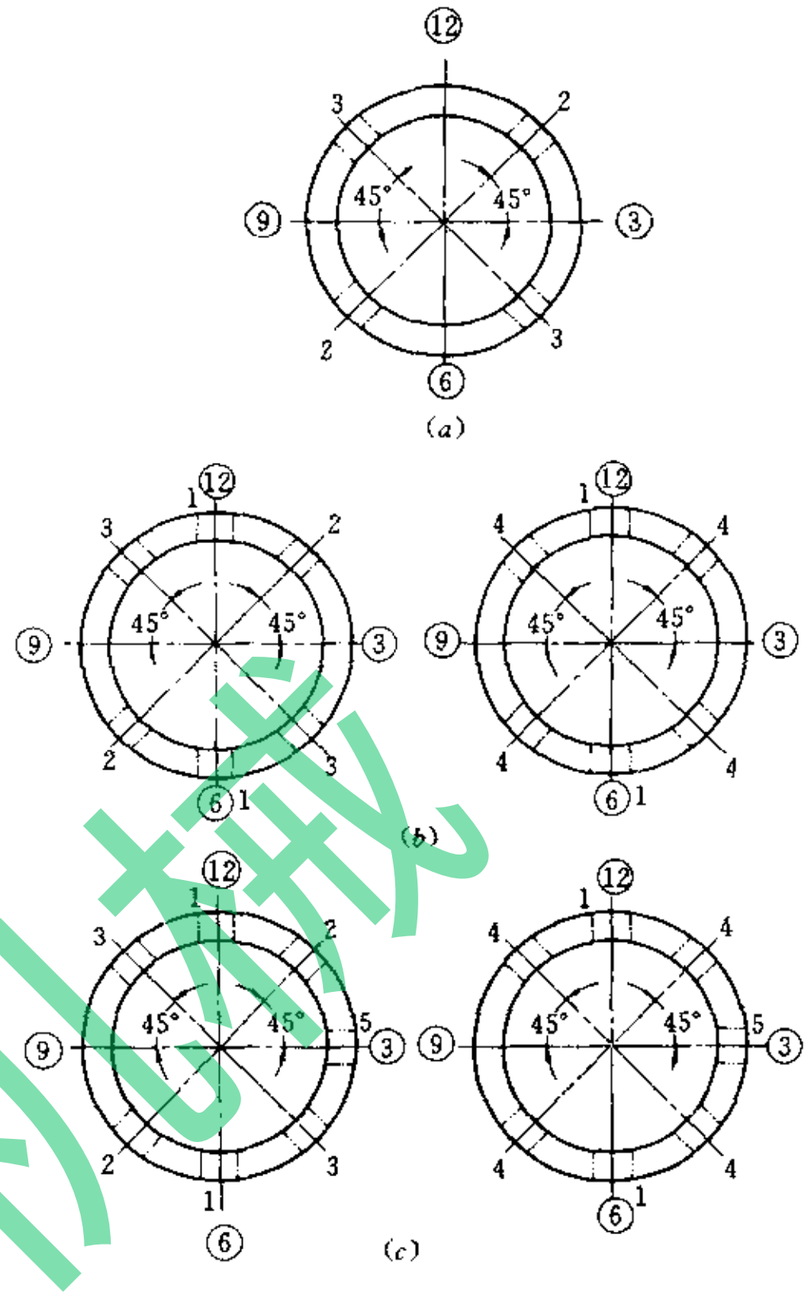

图 7

（a）拉力试样为整管时弯曲试样位置；

（b）不要求冲击试验时；（c）要求冲击试验时

注：1—拉力试样、2—面弯试样、

3—背弯试样、4—侧弯试样、5—冲击试样。

③⑥⑨⑫—钟点记号，为水平固定位置焊接时的定位标记。

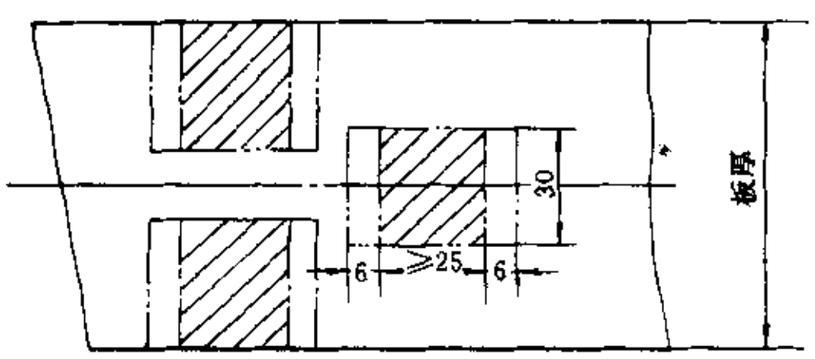

图 8

5.2.5.2 试验方法

拉力试验按 GB 228 规定的试验方法测定焊接接头的抗拉强度。

标准知识

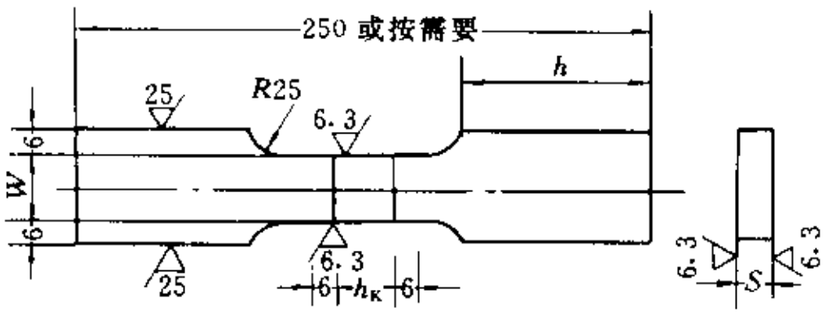

图 9

注：①S——试样厚度，mm；

②W——试样受拉伸平行侧面宽度，大于或等于 25mm；

③h_k——焊缝最大宽度，mm；

④h——夹持部份长度，根据试验机夹具而定，mm；

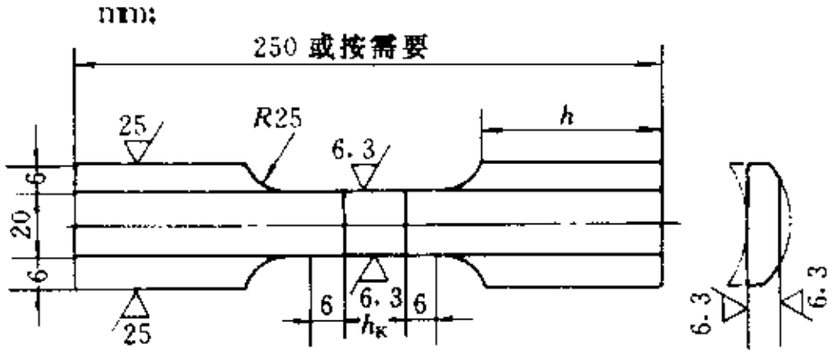

图 10

注：为取得图中宽度为 20mm 的平行平面，壁厚方向上的加工量应最少。

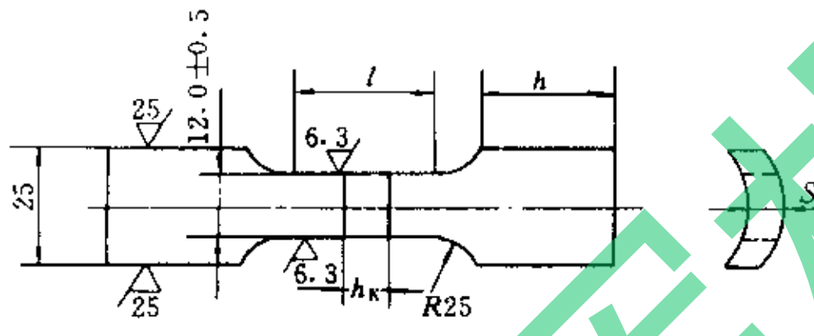

图 11

注：l——受拉伸平行侧面长度，大于或等于 h_k+2S，mm。

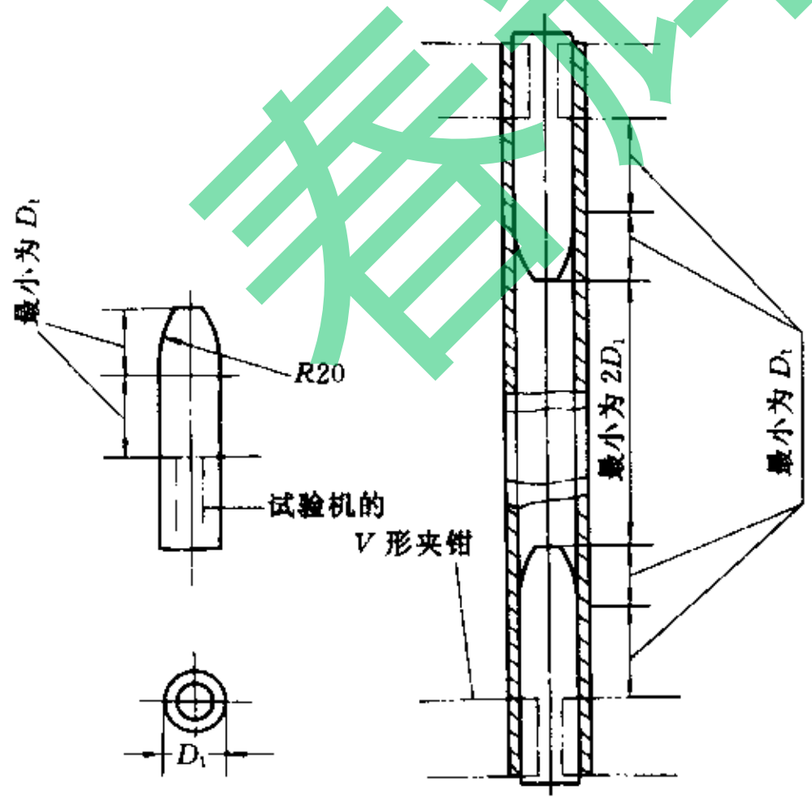

图 12

5.2.5.3 合格指标

试样母材为同种钢号时，每个试样的抗拉强度应不低于母材钢号标准规定值的下限。

试样母材为两种钢号时，每个试样的抗拉强度应不低于两种钢号标准规定值下限的较低值。

当采用两片或多片试样时，每片试样的抗拉强度都应符合上述相应规定。

5.2.6 弯曲试验

5.2.6.1 试样

5.2.6.1.1 加工要求

试样的焊缝余高应以机械加工去除，面弯、背弯试样的拉伸面应平齐且保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。

5.2.6.1.2 试样形式

a. 面弯和背弯试样（见图 13）

试样厚度 S 与试件厚度 T 相同。

b. 横向侧弯试样（见图 14）

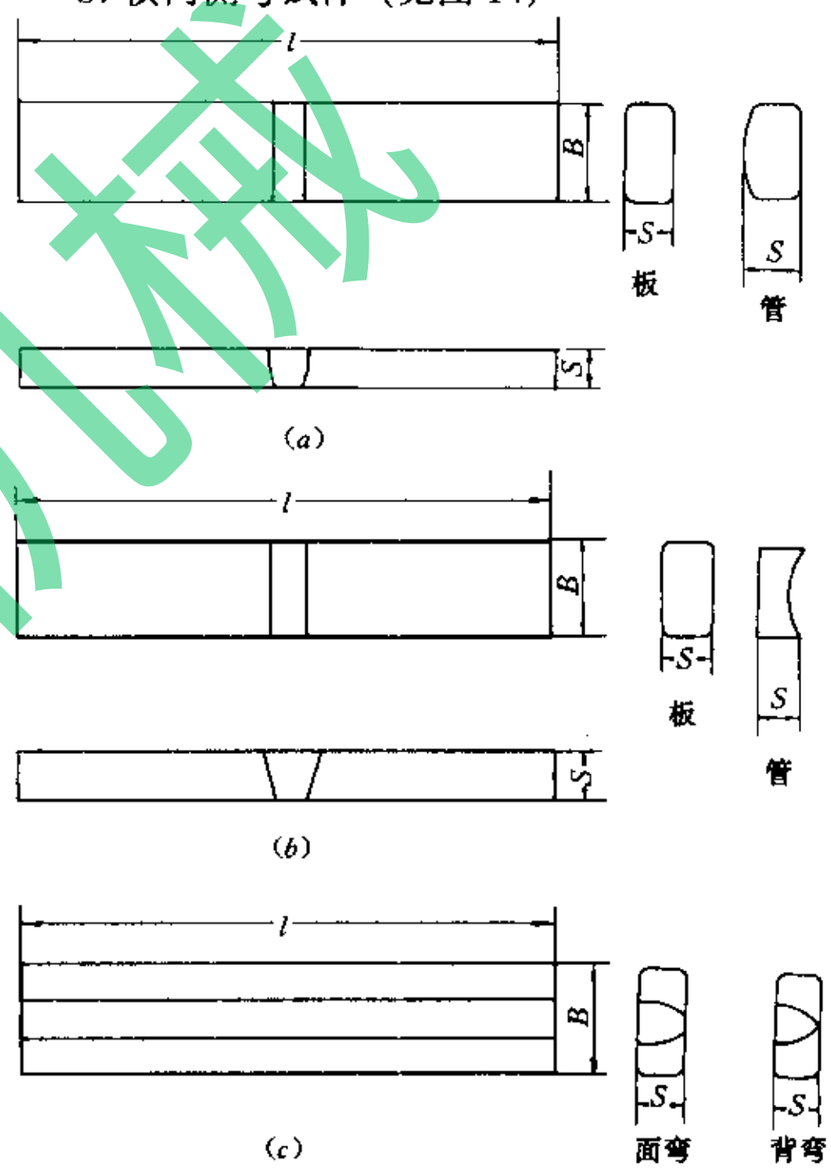

图 13

(a)板材和管材试件的面弯试样；(b)板材和管材试件的背弯试样；(c)纵向面弯和背弯试样

注：①试样长度 $l \approx D + 2.5S + 100$，mm（式中 D——弯轴直径，mm）；

②板材试样宽度 $B = 30$mm；

管材试样宽度 $B = S + \frac{\phi}{20}$，mm（式中 ϕ——管子外径，mm），且 $10 \leqslant B \leqslant 38$mm；

③试样拉伸面棱角 $R \leqslant 2$mm。

看样本 仪器仪表技术

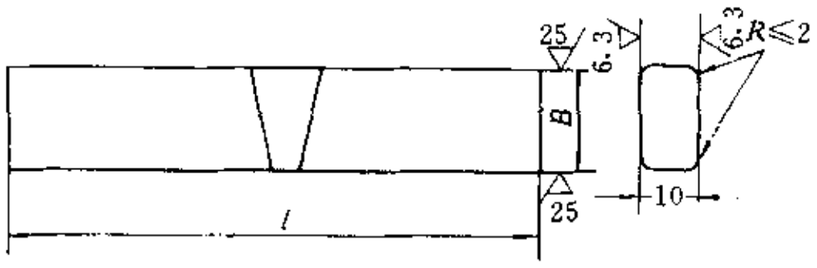

图 14

注：①B——试样宽度（此时为试件厚度方向），mm。

②$l = D + 105$，mm。

当试件厚度（T）小于 38mm 时，采用试件全厚度侧弯试样，试样宽度等于试件厚度。

当试件厚度（T）大于或等于 38mm 时，允许沿试件厚度方向切成宽度为 20 至 30mm 等宽的两片或多片试样的试验代替一个试件全厚度侧弯试样的试验。

5.2.6.2 试验方法

弯曲试验按 GB 232 和表 10 规定的试验方法测定焊接接头的致密性和塑性。

试样的焊缝中心应对准弯轴轴线。侧弯试验时，若试样表面存在缺陷，则以缺陷较严重一侧作为拉伸面。

mm **表 10**

钢种		弯轴直径 D	支座间距离	弯曲角度（°）
双面焊	碳素钢、奥氏体钢	3S	5.2S	180
	其它低合金钢、合金钢	3S	5.2S	100
单面焊	碳素钢、奥氏体钢	3S	5.2S	90
	其它低合金钢、合金钢	3S	5.2S	50

注：有衬垫的单面焊弯曲角度按双面焊的规定。

5.2.6.3 合格指标

试样弯曲到规定的角度后，其拉伸面上出现长度大于 1.5mm 的任一横向（沿试样宽度方向）裂纹或缺陷，或长度大于 3mm 的任一纵向（沿试样长度方向）裂纹或缺陷，为不合格。试样的棱角开裂一般不计，但由夹渣或其它焊接缺陷引起的棱角开裂长度应计入。

若采用两片或多片试样时，每片试样都应符合上述要求。

5.2.7 冲击试验

5.2.7.1 试样位置

a. 试样应垂直于焊缝轴线，缺口轴线垂直于母材表面。

b. 取样位置见图 15。

c. 焊缝区试样的缺口轴线需位于焊缝中心线上。

d. 热影响区试样的缺口轴线至试样轴线与熔合线交点的距离大于零，且应尽可能多的通过热影响区。

5.2.7.2 试样形式、尺寸和试验方法应符合 GB 2106 的规定。

5.2.7.3 合格指标

每个区三个试样的冲击功平均值应不低于母材标准规定值，并且至多允许有一个试样的冲击功低于规定值，但不低于规定值的 70%。

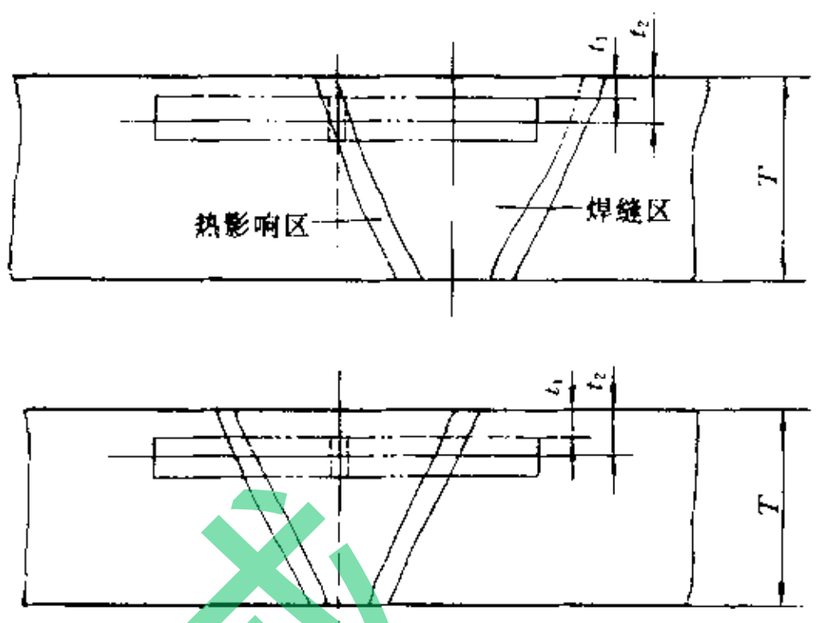

图 15 冲击试样截取位置

注：当 $T \leqslant 60$mm 时，$t_1 \approx 1 \sim 2$mm；当 $T > 60$mm 时，$t_2 = \frac{T}{4}$。

5.3 角焊缝试件和试样的检验

5.3.1 检验项目：外观检查、金相检验（宏观）

5.3.2 外观检查：试件接头表面不得有裂纹、未熔合。

5.3.3 金相检验（宏观）

5.3.3.1 方法

5.3.3.1.1 板材角焊缝试样

a. 试件两端各舍去 25mm，然后沿试件横向等分切取 5 个试样。

b. 每块试样取一个面进行金相检验，任意两检验面不得为同一切口的两侧面。

5.3.3.1.2 管与板角焊缝试样

a. 将试件等分切取 4 个试样，焊缝的起始和终了位置应位于试样焊缝的中部。

b. 每块试样取一个面进行金相检验，任意两检验面不得为同一切口的两侧面。

5.3.3.2 合格指标

a. 焊缝根部应焊透，焊缝金属和热影响区不得有裂纹、未熔合。

b. 角焊缝两焊脚之差不大于 3mm。

5.4 组合焊缝试件和试样的检验

5.4.1 检验项目：外观检查、金相检验（宏观）。

焊接机械

5.4.2 外观检查:试件接头表面不得有裂纹、未熔合。

5.4.3 金相检验（宏观）

5.4.3.1 方法

按 5.3.3.1.1 或 5.3.3.1.2 规定。

5.4.3.2 合格指标

焊缝根部应焊透，焊缝金属和热影响区不得有裂纹、未熔合。

5.4.3.3 经外观检查和金相检验合格的试件的焊接工艺适用的焊件厚度范围见表 7 和表 8。

5.5 耐蚀层堆焊试件和试样的检验

5.5.1 检验项目:渗透探伤、弯曲试验和化学成分分析。

5.5.2 渗透探伤可采用着色法和荧光法，检验方法和合格指标按 GB 150 附录 H “钢制压力容器渗透探伤” 的规定。

5.5.3 弯曲试验

5.5.3.1 取样方法

在渗透探伤合格的试件上切取 4 个侧弯试样，可在平行和垂直于焊接方向各切取 2 个，也可 4 个试样都垂直于焊接方向。

试样厚度至少应包括堆焊层全部、熔合区和基层热影响区，试样尺寸参照图 14。

5.5.3.2 试验方法

试验按 GB 232 和表 11 的规定进行，若试样存在缺陷，则取缺陷较严重的一侧作为拉伸面。

mm **表 11**

试样厚度 S	弯轴直径 D	支座间距离	弯曲角（°）
10	40	63	180
<10	4S	6S+3	

5.5.3.3 合格指标

弯曲试验后在试样拉伸面上的堆焊层不得有超过 1.5mm 长的任一裂纹或缺陷；在熔合线上不得有超过 3mm 长的任一裂纹或缺陷。

5.5.4 化学成分分析

5.5.4.1 取样位置（见图 16）

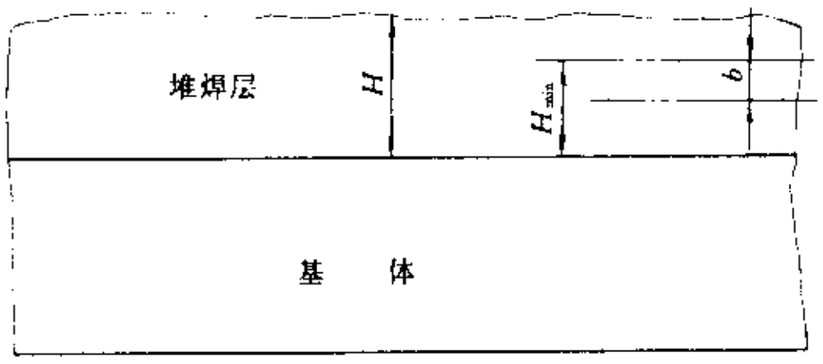

图 16

注：①H——堆焊层实际厚度，mm。

②H_{min}——限定堆焊层最小厚度，mm。

③b——取样厚度，最大为 0.5mm。

5.5.4.2 化学分析方法应符合标准。

5.5.4.3 合格指标按技术文件规定。

附 录 A
焊接工艺指导书和焊接工艺评定报告表格推荐格式
（参考件）

A1 表 A1 为“焊接工艺指导书”的推荐格式，表 A2 为“焊接工艺评定报告”的推荐格式。以上两种表格适用于手弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊或上述方法的组合。

A2 其它焊接方法的表格形式可参照表 A1、表 A2 拟定。

焊接工艺指导书 **表 A1**

单位名称_____ 批准人签字_____

焊接工艺指导书编号_____ 日期_____ 焊接工艺评定报告编号_____

焊接方法_____ 机械化程度_____（手工、半自动、自动）

焊接接头：

坡口形式_____

垫板（材料及规格）_____

其它_____

应当用简图、施工图、焊缝代号或文字说明接头形式、焊接坡口尺寸、焊缝层次和焊接顺序。

母材：

类别号_____ 组别号_____ 与类别号_____ 组别号_____

相焊或标准号_____ 钢号_____ 与标准号_____ 钢号_____

相焊厚度范围：

母材：对接焊缝_____ 角焊缝_____

管子直径、壁厚范围：对接焊缝_____ 角焊缝_____ 组合焊缝_____

焊缝金属_____

其它

有效标准

续表

焊接材料：

焊条类别_____其它_____

焊条标准_____牌号_____

填充金属尺寸_____

焊丝、焊剂牌号_____

焊剂商标名称_____

焊条（焊丝）熔敷金属化学成分（%）

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti

焊接位置：

对接焊缝的位置_____

焊接方向：向上_____向下_____

角焊缝位置_____

焊后热处理：

加热温度_____℃升温速度_____

保温时间_____冷却方式_____

预热：

预热温度（允许最低值）_____

层间温度（允许最高值）_____

保持预热时间_____

加热方式_____

气体：

保护气体_____

混合气体组成_____

流量_____

电特性：

电流种类_____极性_____

焊接电流范围（A）_____电弧电压（V）_____

（按所焊位置和厚度，分别列出电流和电压范围，这些数据可记入下表中）

焊缝层次	焊接方法	填充金属		焊接电流		电弧电压范围（V）	焊接速度（cm/min）	线能量
		牌号	直径（mm）	极性	电流（A）			

钨极规格及类型_____（钍钨极或铈钨极）_____

熔化极气体保护焊熔滴过渡形式（喷射过渡、短路过渡等）_____

焊丝送进速度范围_____

技术措施：

摆动焊或不摆动焊_____

摆动参数_____

喷嘴尺寸_____

焊前清理或层间清理_____

背面清根方法_____

导电嘴至工件距离（每面）_____

多道焊或单道焊（每面）_____

多丝焊或单丝焊_____

锤击_____

其它_____（环境温度、相对湿度）_____

编　　制		日　　期		审　　核		日　　期	

注：对每一种母材—焊接材料的组合均需分别填表。

看样机械

焊接工艺评定报告

表 A 2

单位名称_____批准人签字_____

焊接工艺评定报告编号_____日期_____焊接工艺指导书编号_____

焊接方法_____

机械化程度_____（手工、半自动、自动）_____

接头

用简图画出坡口形式、尺寸

垫板、焊缝层次和顺序等

母材：_____ 钢材标准号_____ 钢号_____ 类、组别号_____与类、组别号_____相焊 厚度 直径_____ 其它_____	焊后热处理_____ 温度_____ 保温时间_____ 气体： 气体种类_____ 混合气体成分_____
填充金属：_____ 焊条标准_____ 焊条牌号_____ 焊丝钢号、尺寸_____ 焊剂牌号_____ 其它_____	电特性：_____ 电流种类_____ 极性_____ 焊接电流（A）_____电压（V）_____ 其它_____
焊接位置： 对接焊缝位置_____方向（向上、向下） 角焊缝位置_____	技术措施： 焊接速度_____ 摆动或不摆动_____ 摆动参数_____ 多道焊或单道焊（每面）_____ 单丝焊或多丝焊_____ 其它_____
预热：_____ 预热温度_____ 层间温度_____ 其它_____	

焊缝外观检查：

_____

_____

_____

无　损　检　测

渗透探伤(标准号、结果)_____超声波探伤(标准号、结果)_____

磁粉探伤(标准号、结果)_____射线探伤(标准号、结果)_____

其它_____

拉　力　试　验　　报告编号：

试样号	宽	厚	面积	断裂载荷	抗拉强度 MPa	断裂特点和部位

弯　曲　试　验　　报告编号：

试样编号及规格	试样类型	弯轴直径	试验结果

看样本机械

续表

冲　击　试　验　　报告编号：

试样号	缺口位置	缺口型式	试验温度（℃）	冲击功J

角焊缝试验和组合焊缝试验

检验结果：

焊透＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿未焊透＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

裂纹类型和性质：（表面）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（金相）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

两焊脚差＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

其它检验

检查方法（标准、结果）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

焊缝金属化学成分分析（结果）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

其它＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

结论：本评定按 JB 4708—92 规定焊接试件检验试样、测定性能，确认试验记录正确，

评定结果＿＿＿＿＿＿（合格、不合格）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

施　焊	（签字）	焊接时间	标记
填　表	（签字）	日期	
审　核	（签字）	日期	

附　录　B
标准使用说明
（参考件）

B1　本标准是钢制压力容器焊接工艺评定通用性标准。对于特殊结构（如多层）和特殊使用条件（如低温、腐蚀）的压力容器的焊接工艺评定，施焊单位在执行本标准时，还应考虑特殊技术要求作出相应的规定。

B2　焊接工艺评定是在钢材焊接性能试验基础上，结合压力容器结构特点、技术条件，在制造单位具体条件下的焊接工艺验证性试验。它还用以证明施焊单位是否有能力焊制出符合有关法规、标准、技术条件要求的焊接接头，因此焊接工艺评定应在本单位进行。

B3　焊接工艺评定是压力容器焊接质量管理的重要环节之一，但保证压力容器焊接质量只做焊接工艺评定是不够的，还必须做好焊工考试、材料管理以及产品焊接整个过程中的一系列的质量管理工作。

B4　本标准主要以焊接工艺因素对焊接接头力学性能的影响程度作为是否需要重新评定焊接工艺的依据，并规定出焊接工艺评定规则、替代范围、试验方法和合格指标。当技术文件对本标准要求增加检验项目时（如不锈钢晶间腐蚀试验等），应同时规定出评定规则、替代范围、试验方法和合格指标。

B5　本标准列出了重要因素和补加因素，为供有关单位参考，在本附录中列出次要因素，详见表 B1。

B6　焊接工艺评定一般过程如下：

B6.1　对于产品上每种需要评定的焊缝，拟定“焊接工艺指导书”，内容包括重要因素、补加因素和次要因素。

B6.2　按照焊接工艺指导书和本标准的规定施焊试件、检验和测定试样性能、填写“焊接工艺评定报告”，内容主要包括重要因素、补加因素和各项检测结果，如果评定不合格应修改焊接工艺指导书继续评定，直到评定合格。

B7　经评定合格的焊接工艺指导书可直接用于生产，也可以根据焊接工艺指导书、焊接工艺评定报告结合实际生产条件，编制焊接工艺卡用于产品施焊。

B8　正文中表 1 所列钢号为 GB 150 所使用的钢号。表 1 不能作为钢材代用的依据。

对于未列入表 1 的钢号，其焊接工艺评定应按以下规定：

已列入国家标准、行业标准的钢号，根据其化学成分、力学性能和焊接性能确定归入相应的类别、组别中。未列入国家标准、行业标准的钢号，应分别进行焊接工艺评定。

国外钢材原则上按每个钢号进行焊接工艺评定。但对该钢号进行化学成分分析、力学性能和焊接性能试验，并经本单位焊制受压元件的实践证明与表 1 中某钢号相当，当某钢号已进行过焊接工艺评定时，该进口钢材可免做焊接工艺评定。

B9　本标准中述及“焊件”“试件”均指母材和焊接接头两部分。

表 B1

类别	焊接条件	次要因素					
		气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊
接头	1. 坡口形式	○	○	○	○	○	○
	2. 增加或取消钢垫板	○	—	—	—	—	—
	3. 在同组别号内选择不同钢号作垫板	○	—	—	—	○	—
	4. 坡口根部间隙	○	○	○	○	○	—
	5. 取消单面焊时的钢垫板	—	○	○	○	—	—
	6. 增加或取消非金属或非熔化的金属焊接衬垫	—	○	○	○	○	—
	7. 增加钢垫板	—	—	—	—	○	—
	8. 焊接面的装配间隙	—	—	—	—	—	○
填充材料	1. 焊条直径	—	○	—	—	—	—
	2. 焊丝直径	—	—	○	○	—	—
	3. 焊剂商标名称或制造厂	—	—	○	—	—	—
	4. 填充金属横截面积	○	—	—	—	○	○
焊接位置	1. 焊接位置	○	○	○	○	○	—
	2. 需作清根处理的根部焊道向上立焊或向下立焊	—	○	—	○	○	—
预热	1. 预热温度	○	—	—	—	—	—
	2. 施焊结束后至焊后热处理前，改变原预热规定	—	○	○	○	—	—
气体	保护气体的流量比评定合格值减少不超过 10%	—	—	—	○	○	—
电特性	1. 电流种类或极性	—	○	○	○	○	—
	2. 电流值或电压值	—	○	○	○	○	—
	3. 在直流电源上叠加或取消脉冲电流	—	—	—	—	○	—
	4. 钨极的种类或直径	—	—	—	—	○	—
	5. 熔滴过渡种类	—	—	—	○	—	—
技术措施	1. 从氧化焰改为还原焰	○	—	—	—	—	—
	2. 左向焊或右向焊	○	—	—	—	—	—
	3. 不摆动焊或摆动焊	○	○	○	○	○	—
	4. 焊前清理和层间清理方法	○	○	○	○	○	○
	5. 清根方法	—	○	○	○	○	—
	6. 焊丝摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	○	○	—	—
	7. 导电嘴至工件的距离	—	—	○	○	—	—
	8. 由每面多道焊改为每面单道焊	—	—	○	○	○	—
	9. 单丝焊或多丝焊	—	—	○	○	○	—
	10. 焊丝间距	—	—	○	○	—	○
	11. 手工操作、半自动操作或自动操作	—	○	○	○	○	—
	12. 有无锤击焊缝	○	○	○	○	○	○
	13. 钨极间距	—	—	—	—	○	—
	14. 喷嘴尺寸	—	—	—	—	○	—
	15. 电（钨）极摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	—	—	○	—

注：符号○表示对该焊接方法为次要因素。

附加说明

本标准由全国压力容器标准化技术委员会提出并归口。

本标准由机械电子工业部合肥通用机械研究所、劳动部锅炉压力容器安全监察局负责起草。

本标准主要起草人：戈兆文、刘长志、吴宗述。

标准分享网