

# 民用核安全设备焊工焊接操作工 技能评定

国家核安全局

2019年12月

# 前 言

国家核安全局历来高度重视并大力推进核与辐射安全法规制修订工作，自1984年10月成立以来，已有2部法律、7部行政法规、27项部门规章以及93项导则，法规体系已基本形成。核与辐射安全法规技术文件作为国家核安全局在核安全技术上的指导性文件，一般是以国际原子能机构或其他机构的技术出版物作为蓝本，借鉴国外核安全技术方面的资料，并结合我国的具体工程和管理实践编制而成的。

本文件是以《民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定》（国家环境保护总局令第45号）附件中的技术内容为基础，参照RCC-M、ASME、ISO等国际通用的标准规范，总结提炼近十年的实践经验，在充分调研行业相关单位意见的基础上编制而成的，为民用核安全设备制造、安装单位和民用核设施营运单位（以下简称聘用单位）自行开展焊工焊接操作工技能评定工作提供技术参考。

本文件由国家核安全局委托中机生产力促进中心编写。在编写和审查过程中，许多专家提出了宝贵的意见和建议。国家核安全局以及编写单位对这些专家表示衷心的感谢。

国家核安全局

2019年12月

# 目 录

1 引言.....	4
1.1 目的.....	4
1.2 范围.....	4
2 一般要求.....	4
3 变素、代号和适用范围.....	5
3.1 焊接方法.....	5
3.2 试件形式.....	6
3.3 焊缝形式.....	7
3.4 填充材料.....	7
3.5 焊接位置.....	9
3.6 焊缝金属厚度和管外径.....	16
3.7 焊接要素.....	18
4 试件规格尺寸.....	20
4.1 板试件.....	20
4.2 管试件.....	21
4.3 堆焊试件.....	21
4.4 螺柱焊试件.....	22
5 检验和验收.....	22
5.1 检验项目和数量.....	22
5.2 目视检验.....	23
5.3 其他无损检验.....	24
5.4 弯曲试验.....	25
5.5 金相检验.....	27
5.6 螺柱焊试件检验.....	27
6 特殊焊缝的技能评定.....	28
6.1 奥氏体-铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊和预堆边.....	28
6.2 热交换器或蒸汽发生器管板焊接.....	29
6.3 特殊的密封焊缝.....	30
6.4 管的承插焊.....	30
6.5 耐磨堆焊.....	31

7 技能评定项目代号.....	33
7.1 技能评定项目代号表示方法.....	33
7.2 项目代号应用举例.....	35
附件 技能评定的实施.....	40
1 质量保证.....	40
2 评定人员.....	40
3 过程控制.....	40
4 结果评定.....	41
5 报告编制.....	41
6 报告维护.....	42
名词解释.....	45
参考文献.....	46
编写人员名单.....	48

## 1 引言

### 1.1 目的

本技术文件为聘用单位自行开展民用核安全设备焊工焊接操作工技能评定工作提供技术参考。

### 1.2 范围

本技术文件适用于聘用单位对本单位民用核安全设备焊工焊接操作工开展技能评定。

本技术文件中未涉及的焊接方法、填充材料、特殊试件形式等焊接变素的技能评定可按照设计文件进行。

## 2 一般要求

2.1 原则上，焊工焊接操作工技能评定需依据评定合格的焊接工艺规程进行焊接。在条件满足本技术文件所有相关要求（如焊接方法、试件形式、焊缝形式、填充材料、焊接位置、焊接要素、检验要求等）的情况下，焊工焊接操作工技能评定可以和焊接工艺评定同时进行。

2.2 对接焊缝技能评定结果适用于增大或恢复尺寸的堆焊或补焊，恢复尺寸补焊时，熔敷金属最小厚度不限。堆焊的技能评定结果适用于堆焊层内补焊。

2.3 焊工焊接操作工技能评定试件的数量需符合本技术文件要求，不可以多焊试件从中挑选。试件的制备、焊接和检验需满足下列要求：

- (1) 技能评定用试件的待焊表面和两侧各 25mm 范围内需清理干净，去除铁屑、氧化皮、油、锈和污垢等杂物。
- (2) 试件坡口形式和尺寸需满足焊接工艺规程的要求。
- (3) 焊条和焊剂需按要求烘干，随用随取；焊丝应当除油、除锈。

- (4) 水平固定试件和 45° 固定试件上需标注焊接位置的钟点标记，定位焊缝不能在“6 点”标记处；管水平固定向下立焊试件需按照钟点标记固定试件位置，且只能从“12 点”标记处起弧，“6 点”标记处收弧；管水平固定向上立焊时需从“6 点”标记处起弧。
- (5) 焊工技能评定试件根部焊道至少需有一个停弧再焊处，并在停弧再焊处做出标记；除焊接工艺要求停弧外，焊接操作工技能评定试件每一焊道中间不能停弧。
- (6) 焊接操作工技能评定时，可以使用引弧板和引出板。
- (7) 技能评定试件开始焊接后，不能改变焊接位置。
- (8) 技能评定试件焊缝表面焊层在目视检验前不可以修磨，检验合格后可以修磨。
- (9) 除表面焊层以外，焊工可以在技能评定监督人员同意时，修磨去除轻微的缺陷。
- (10) 技能评定试件的焊缝不可以返修。
- (11) 手工焊时，厚度大于 5mm 的板试件不可以刚性固定。
- (12) 材料的厚度、壁厚、直径等尺寸取名义尺寸。
- (13) 所有检验结果需按照相关要求编制报告。
- (14) 焊工焊接操作工或技能评定监督人员需记录焊接过程实际参数。

### 3 变素、代号和适用范围

焊工焊接操作工技能评定以焊接变素为基础。本章节给出了各焊接变素的适用范围，超出焊接变素适用范围之外的焊接活动，需重新进行技能评定。

#### 3.1 焊接方法

3.1.1 民用核安全设备焊接活动中常用的焊接方法分类和代号见表 1，表 1

中的各类焊接方法之间不能相互代替。焊接方法可表现为手工焊、机械化焊和自动焊等方式，当采用手工焊时，焊接方法代号如表 1 所示；采用机械化焊时，焊接方法代号为“表 1 中的代号-M”；采用自动焊时，焊接方法代号为“表 1 中的代号-A”。

表 1 焊接方法的分类和代号

焊 接 方 法	代 号
焊条电弧焊	SMAW
钨极惰性气体保护电弧焊	GTAW
熔化极气体保护电弧焊	GMAW
药芯焊丝电弧焊	FCAW
埋弧焊	SAW
电渣焊 <sup>(1)</sup>	ESW
电子束焊	EBW
等离子弧焊	PAW
激光焊	LBW
螺柱焊	SW
电阻焊	ERW
气焊	OFW
(1) 仅限带极堆焊	

3.1.2 同一种焊接方法，在手工焊、机械化焊和自动焊之间转换时，需要重新进行技能评定。

3.1.3 技能评定可以由一名焊工焊接操作工采用两种或两种以上焊接方法进行组合评定。此时，每种方法焊缝金属厚度的适用范围按照本技术文件 3.6 节中的要求执行。

3.1.4 采用不同焊接方法的组合评定，项目代号按照不同的焊接方法组合给出，可分别适用（打底焊不可单独使用）。

3.1.5 手动送进填充材料时按照手工焊进行技能评定。

## 3.2 试件形式

3.2.1 焊工焊接操作工技能评定的试件形式为板、管、管-板和管-管，其代号

分别为 P、T、P-T 和 T-T。

3.2.2 外径 D 大于或等于 25mm 管的技能评定结果适用于板。

3.2.3 板技能评定结果适用于外径 D 大于或等于 500mm 的管。

3.2.4 板试件在平焊 (PA)、平角焊 (PB) 或横焊 (PC) 位置评定合格, 其技能评定结果适用于焊接位置适用范围内管外径大于或等于 150mm 的管。

3.2.5 产品中的管-板接管、管-管接管接头需采用相应的管-板、管-管试件进行评定。具体如下:

(1) 管-管接管技能评定适用于管-板接管技能评定, 反之不可, 3.2.5 (3) 除外。

(2) 主管外径 ( $D_1$ ) 与支管外径 ( $D_2$ ) 比值 ( $D_1/D_2$ ) 评定的适用范围为大于或等于评定试件主管与支管的比值。

(3) 产品中主管外径大于或等于 500mm, 且  $D_1/D_2$  大于 5 时, 技能评定管-管接管时的主管可以用板代替。

(4) 支管角度 (主管轴线或板平面与支管轴线的角度) 评定的适用范围为大于或等于评定试件的支管角度。

3.2.6 对于焊接操作工, 无需考虑本节变素。

### 3.3 焊缝形式

3.3.1 焊缝形式分为对接焊缝、角焊缝和堆焊, 代号分别为 BW、FW 和 S。

3.3.2 对接焊缝不能覆盖角焊缝, 反之亦然。产品中除接管接头外, 对接焊缝的技能评定结果覆盖产品中其他对接焊缝和角焊缝的组合焊缝 (如 GB/T 3375 中图 1 所示)。

3.3.3 对于自动焊焊接操作工, 无需考虑本节变素。

### 3.4 填充材料

3.4.1 焊工技能评定时, 需根据母材选择适当的填充材料。填充材料的分类



见表 2，其适用范围见表 3。

表 2 填充材料分类<sup>注</sup>

组别及代号	用于焊接以下母材	适用标准举例
FM1	非合金钢和细晶粒钢	GB/T 5117、GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 10045
FM2	高强钢	GB/T 36034、GB/T 32533、GB/T 36233
FM3	热强钢 (Cr<3.75%)	GB/T 5118、GB/T 12470、GB/T 17493
FM4	热强钢 (3.75%≤Cr≤12%)	GB/T 5118、GB/T 12470、GB/T 17493
FM5	不锈钢	GB/T 983、GB/T 29713、GB/T 17853
FM6	镍基合金	GB/T 13814、GB/T 15620
FM7	铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金、锆及锆合金、钴及钴合金等	

注：对于无填充材料的自熔焊，填充材料分类按母材确定，组别及代号后加注\*。

表 3 填充材料适用范围<sup>注</sup>

组别	适用范围					
	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6
FM1	※	X	-	-	-	-
FM2	X	※	-	-	-	-
FM3	X	X	※	-	-	-
FM4	X	X	X	※	-	-
FM5	-	-	-	-	※	-
FM6	-	-	-	-	X	※

注：※：评定的填充材料组别；  
X：评定可扩展到的填充材料组别；  
-：评定不能扩展到的填充材料组别。

3.4.2 FM7 类填充材料只适用于同类组母材。对于铝及铝合金、钛及钛合金、锆及锆合金、钴及钴合金：填充材料适用于同类合金的所有填充材料型号，代号在括号中注明评定的元素符号 (Al、Ti、Zr 或 Co)。对于铜及铜合金：填充材料适用于评定使用的填充材料型号，代号在括号中注明评定的填充材料型号。

3.4.3 不同焊条药皮类型的适用范围如表 4 所示。

表 4 不同焊条药皮类型的适用范围<sup>注</sup>

焊条药皮类型示例	适 用 范 围		
	A 型 (酸性型)	B 型 (碱性型)	C 型 (纤维素型)
A 型 (酸性型) 03、6、7、13、14、19、20、24、27	※	-	-
B 型 (碱性型) 5、15、16、17、18、28、45、48	X	※	-
C 型 (纤维素型) 10、11	-	-	※

注：(1) 03、6、7 等为在 GB/T 5117、GB/T 5118 和 GB/T 983 中的药皮类型代号。  
无衬垫打底焊道所使用的药皮类型需与实际产品相同。

(2) ※：评定的焊条药皮类型；  
X：评定可扩展到的焊条药皮类型；  
-：评定不能扩展到的焊条药皮类型。

3.4.4 焊丝的制品型式：采用无填充焊丝、实心焊丝的代号分别为 01、02；使用药芯焊丝电弧焊时，药芯焊丝代号通过焊接方法代号体现；其他焊接方法使用药芯焊丝时，代号为 021。

3.4.5 带填充材料的技能评定合格后，不带填充材料的技能评定可免除，反之则需重新进行技能评定。

3.4.6 实心焊丝和药芯焊丝不能相互等效。

3.4.7 对于焊接操作工，无需考虑表 2、表 3 和表 4 及 3.4.2 变素。

### 3.5 焊接位置

3.5.1 焊接位置分为平焊 (PA)、平角焊 (PB)、横焊 (PC)、仰角焊 (PD)、仰焊 (PE)、向上立焊 (PF)、向下立焊 (PG)，如图 1 (a) 所示；对于管，在技能评定中还可以采用水平固定向上立焊 (PH)、水平固定向下立焊 (PJ)，如图 1 (b) 所示。

板、管、管-板在各个焊接位置的示意图如图 2 (a) 至图 2 (i) 所示。管、管-板的倾斜 45° 向上焊接位置 (H-L045) 和倾斜 45° 向下焊接位置 (J-L045) 的示意图如图 2 (j)、图 2 (k) 所示。图中箭头所指示方向为焊炬、焊枪或焊钳所指方向。图中管-板焊缝均为角焊缝。

3.5.2 对接焊缝焊接位置的适用范围见表 5。角焊缝焊接位置的适用范围见表 6。

3.5.3 对于螺柱焊，经仰焊位置技能评定合格后，适用于任何位置的螺柱焊试件，其他位置技能评定合格后，只适用相应位置的螺柱焊试件。螺柱焊试件焊接位置见图 3。

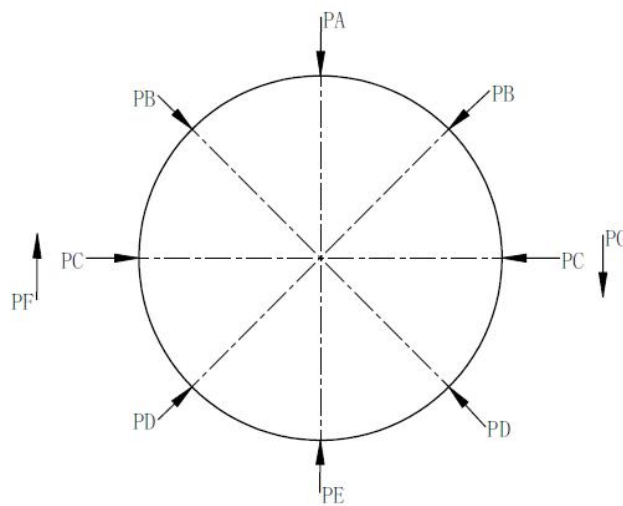
3.5.4 接管接头评定位置及适用范围见图 4。

3.5.5 技能评定时焊接位置的倾角公差为 $\pm 5^\circ$ ，转角公差为 $\pm 5^\circ$ 。对于管，管轴线与水平面的角度偏差为 $\pm 5^\circ$ 。

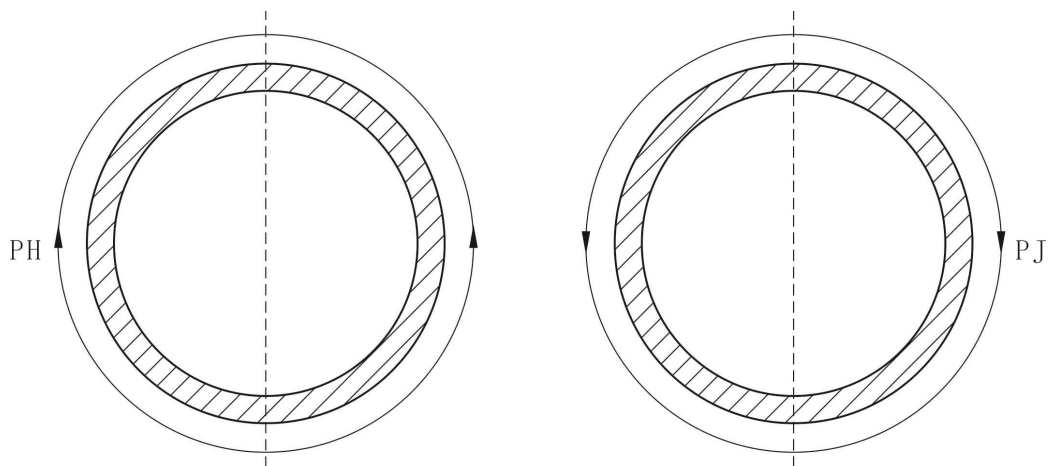
3.5.6 对接焊缝和角焊缝产品焊接位置的倾角和转角适用范围分别详见表 7 和表 8。

3.5.7 H-L045 或 J-L045 经评定合格后适用于管产品的全部角度。

3.5.8 对于自动焊焊接操作工，无需考虑本节变素。



(a)



(b)

图 1 基本焊接位置及代号表示图

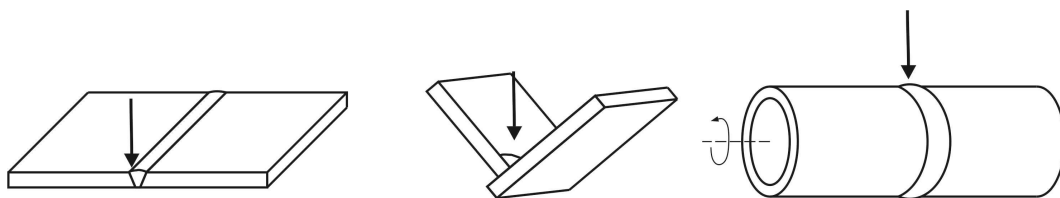


图 2 (a) 典型 PA-平焊位置示意图

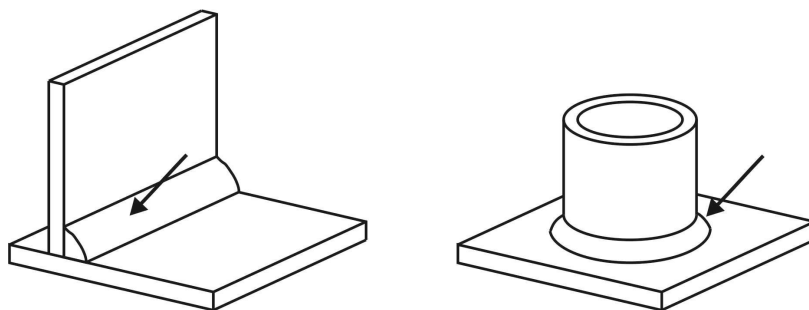


图 2 (b) 典型 PB-平角焊位置示意图

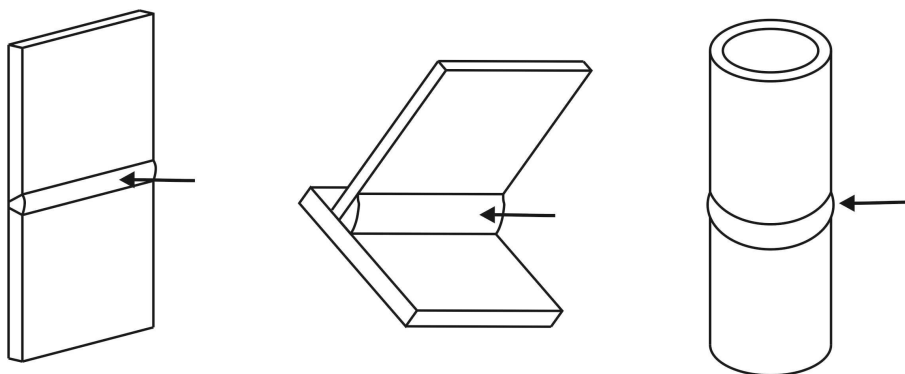


图 2 (c) 典型 PC-横焊位置示意图

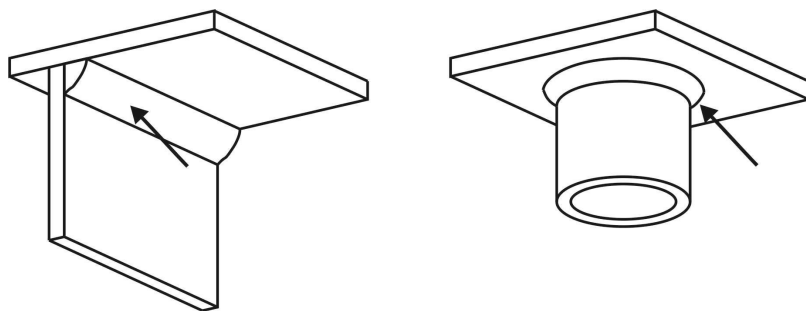


图 2 (d) 典型 PD-仰角焊位置示意图

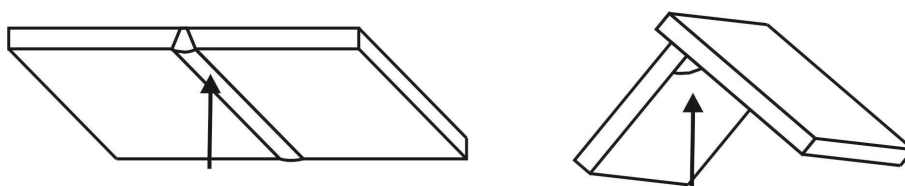


图 2 (e) 典型 PE-仰焊位置示意图

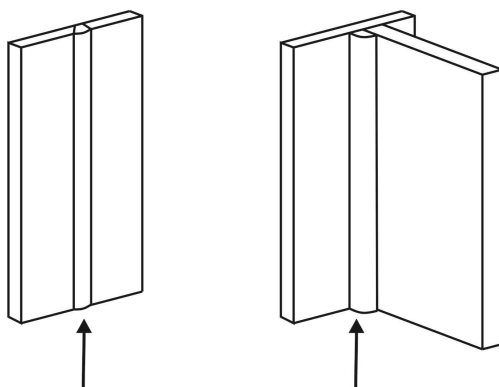


图 2 (f) 典型 PF-向上立焊位置示意图

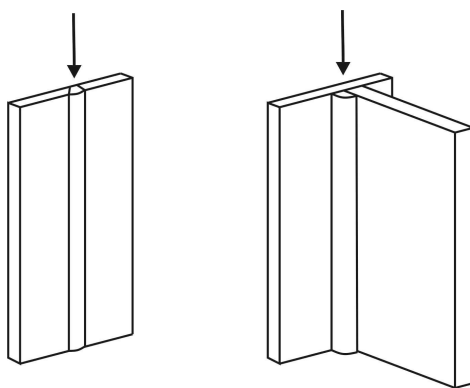


图 2 (g) 典型 PG-向下立焊位置示意图

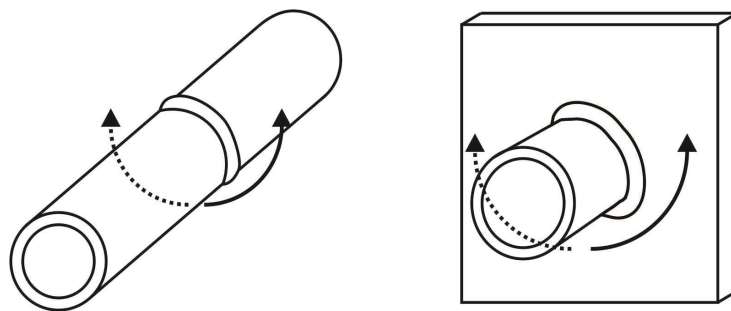


图 2 (h) 典型 PH-管水平固定向上立焊位置示意图

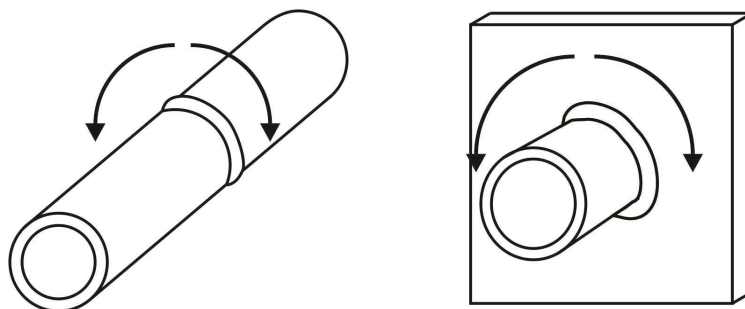


图 2 (i) 典型 PJ-管水平固定向下立焊位置示意图

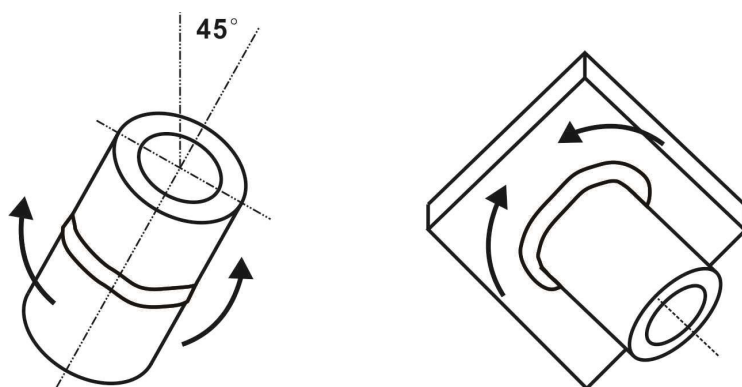


图 2 (j) 典型 H-L045 倾斜 45° 管向上焊接位置示意图

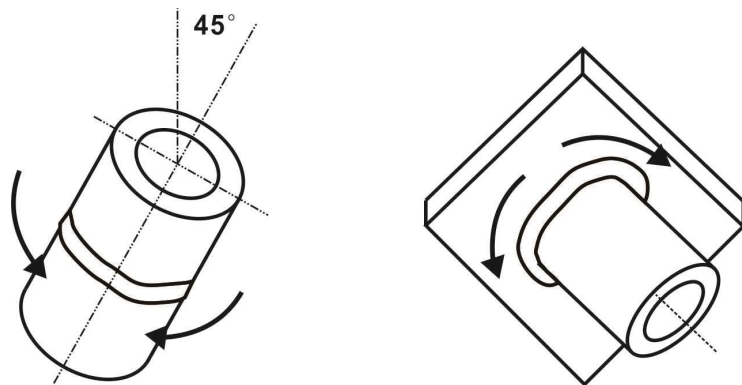
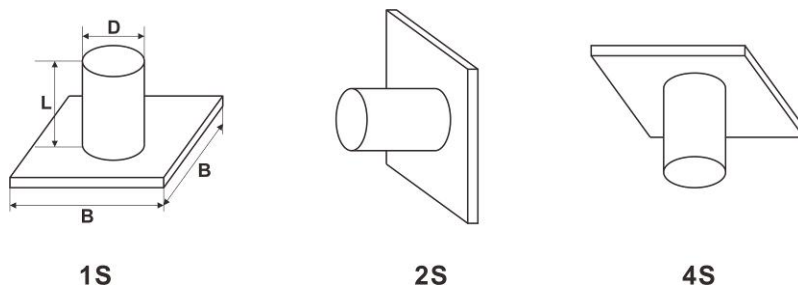
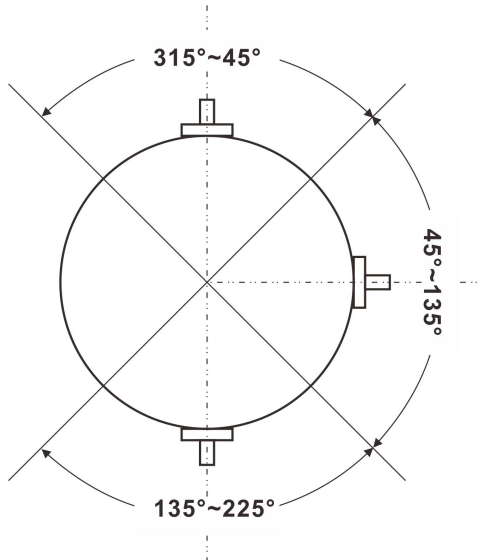


图 2 (k) 典型 J-L045 倾斜 45° 管向下焊接位置示意图



(a) 螺柱焊缝的评定位置



(b) 螺柱焊缝的焊接位置

图 3 螺柱焊试件的评定位置和焊接位置

评定位置	P1	P2	P3
示意图	主管轴线垂直 	主管轴线水平 	主管轴线水平 
	主管轴线水平 		
适用范围	※	X	X
	-	※	-
	-	X	※

注释	(1) ※：评定时所用的试件；X：评定可扩展到的位置或试件；-：评定不能扩展到的位置或试件。 (2) P1 位置经评定合格后，适用于产品中的全部焊接位置。
----	--

图 4 接管接头评定位置及适用范围

表 5 对接焊缝焊接位置适用范围<sup>注</sup>

评定位置	适用范围								
	PA 平	PC 横	PE 仰	PF 向上立 (板)	PH 向上立 (管)	PG 向下立 (板)	PJ 向下立 (管)	H-L045	J-L045
PA	※	-	-	-	-	-	-	-	-
PC	X	※	-	-	-	-	-	-	-
PE (板)	X	X	※	-	-	-	-	-	-
PF (板)	X	-	-	※	-	-	-	-	-
PH (管)	X	-	X	X	※	-	-	-	-
PG (板)	-	-	-	-	-	※	-	-	-
PJ (管)	X	-	X	-	-	X	※	-	-
H-L045	X	X	X	X	X	-	-	※	-
J-L045	X	X	X	-	-	X	X	-	※

注：※：评定时时的焊接位置；  
 X：评定可扩展到的焊接位置；  
 -：评定不能扩展到的焊接位置。

表 6 角焊缝焊接位置适用范围<sup>注</sup>

评定位置	适用范围										
	PA 平	PB 横	PC 横	PD 仰	PE 仰	PF 向上立 (板)	PH 向上立 (管)	PG 向下立 (板)	PJ 向下立 (管)	H-L045	J-L045
PA	※	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	X	※	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC	X	X	※	-	-	-	-	-	-	-	-
PD	X	X	X	※	X	-	-	-	-	-	-
PE (板)	X	X	X	X	※	-	-	-	-	-	-
PF (板)	X	X	-	-	-	※	-	-	-	-	-
PH (管)	X	X	X	X	X	X	※	-	-	-	-
PG (板)	-	-	-	-	-	-	-	※	-	-	-
PJ (管)	X	X	-	X	X	-	-	X	※	-	-
H-L045	X	X	X	X	X	X	X	-	-	※	-
J-L045	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	※



注：※：评定时的焊接位置；  
 X：评定可扩展到的焊接位置；  
 -：评定不能扩展到的焊接位置。

表 7 对接焊缝技能评定位置在产品中焊接位置的适用范围<sup>注</sup>

焊接位置	倾角	转角
PA	±15°	±30°
PC	±15°	+60° -10°
PE	±80°	±80°
PF、PG	+75° -10°	±100° ±180°
注：本表中倾角和转角定义详见 ISO 6947		

表 8 角焊缝技能评定位置在产品中焊接位置的适用范围<sup>注</sup>

焊接位置	倾角	转角
PA	±15°	±30°
PB	±15°	+15° -10°
PC	±15°	+35° -10°
PD	±80°	+35° -10°
PE	±80°	±35°
PF、PG	+75° -10°	±100° ±180°
注：本表中倾角和转角定义详见 ISO 6947		

### 3.6 焊缝金属厚度和管外径

3.6.1 焊工采用对接焊缝试件进行技能评定合格后，试件焊缝金属厚度的适用范围见表 9。t 为焊工采用一种焊接方法在试件上的对接焊缝金属厚度（余高不计），当某焊工用一种焊接方法技能评定且试件截面全焊透时，t 与试件母材厚度 T 相等。

表 9 手工焊对接焊缝焊缝金属厚度的适用范围

焊缝金属厚度 $t$ (mm) <sup>(1)</sup>	适用范围 (mm)
$t < 3$	$\leq 3$ 或 $\leq 2t$ (取最大值) <sup>(2)</sup>
$3 \leq t < 12$	$3 \sim 2t$ <sup>(3)</sup>
$t \geq 12$ <sup>(4)</sup>	$\geq 3$

(1) 对于多种焊接方法组合,  $t$  是每种方法的焊缝金属厚度;  
 (2) 气焊:  $\leq 3$  或  $\leq 1.5t$  (取最大值);  
 (3) 气焊:  $3 \sim 1.5t$ ;  
 (4) 多道焊时, 试件至少焊接 3 层。

3.6.2 焊工采用管试件进行技能评定合格后, 管外径的适用范围见表 10。对于管-管角焊缝(套管),  $D$  为内管外径值。

表 10 手工焊管试件外径的适用范围

试件外径 $D$ (mm)	适用范围 (mm)
$D < 25$	$D \sim 2D$
$25 \leq D < 76$	$\geq 25$
$D \geq 76$	$\geq 76$

3.6.3 对于接管接头, 表 9 中的管焊缝金属厚度 ( $t$ ) 和表 10 中的管外径 ( $D$ ) 是指(如图 5 所示):

- (1) 骑座式(坡口开在支管上): 支管焊缝金属厚度及外径;
- (2) 插入式(坡口开在主管或板上): 主管或板焊缝金属厚度及支管外径。

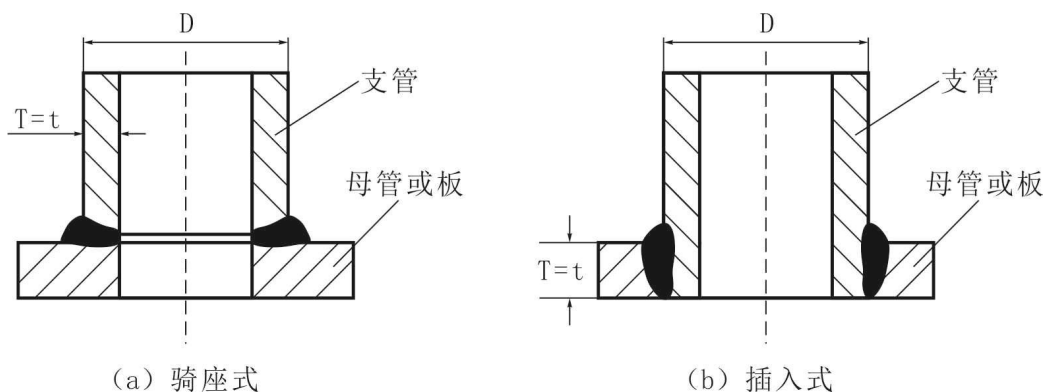


图 5 接管接头焊缝金属厚度和管外径

3.6.4 手工焊角焊缝试件的材料厚度适用范围见表 11。

表 11 手工焊角焊缝试件的材料厚度适用范围<sup>注</sup>

试件的材料厚度 T (mm)	适用范围 (mm)
$T < 3$	$\leq 3$ 或 $\leq 2T$ (取最大值)
$T \geq 3$	$\geq 3$

注：采用板时，T 为立板厚度；采用管-板时，T 为管壁厚。

3.6.5 堆焊试件材料厚度的适用范围见表 12。

表 12 堆焊试件材料厚度的适用范围

堆焊试件材料厚度 T (mm)	适用范围 (mm)
$< 25$	$\geq T$
$\geq 25$	$\geq 25$

3.6.6 管堆焊试件管径适用范围见表 13。

表 13 管堆焊试件管径的适用范围

试件直径 (堆焊面) D (mm)	适用范围 (mm)
$D < 25$	$D \sim 2D$
$25 \leq D < 76$	$\geq 25$
$D \geq 76$	$\geq 76$

3.6.7 对于焊接操作工，无需考虑本节变素。

### 3.7 焊接要素

3.7.1 试件单面焊的代号为 ss，双面焊的代号为 bs，带衬垫的代号为 mb，不带衬垫的代号为 nb。双面焊、部分焊透的焊缝均视为带衬垫。

3.7.2 表 14 为焊接要素代号。对于手工焊，表 15、16 分别为对接焊缝衬垫要素和角焊缝焊层要素的适用范围。

3.7.3 机械化焊焊接操作工技能评定时，除 3.1 节、3.3 节、3.5 节以及 3.4.4 至 3.4.6 所述内容超出适用范围外，以下焊接要素的改变也需要重新评定：

- (1) 直接目视观察控制变为遥控或反之；
- (2) 每面坡口的单道焊变为多道焊（反之不用重新评定）；
- (3) 有焊缝自动跟踪系统变为无焊缝自动跟踪系统（反之不用重新评定）；
- (4) 有弧长自动控制系统变为无弧长自动控制系统（反之不用重新评定）；
- (5) 移除衬垫；

(6) 移除熔化衬环。

3.7.4 自动焊焊接操作工技能评定时，除 3.1 节以及 3.4.4 至 3.4.6 所述内容超出适用范围外，以下焊接要素的改变也需要重新评定：

- (1) 焊机型号；
- (2) 改变焊接控制单元（包括机械手控制系统）；
- (3) 每面坡口的单道焊变为多道焊（反之不用重新评定）；
- (4) 有焊缝自动跟踪系统变为无焊缝自动跟踪系统（反之不用重新评定）；
- (5) 有弧压传感控制和/或焊缝传感控制改为无弧压传感控制和/或焊缝传感控制（反之不用重新评定）。

3.7.5 使用气焊方法焊接时，左焊法和右焊法不能相互替代，左焊法代号为 lw，右焊法代号为 rw。

表 14 焊接要素代号

焊 接 要 素		代 号	
手工焊、机械化焊和自动焊	填充焊丝	无	01
		有（实心焊丝）	02
		有（药芯焊丝）	021
机械化焊和自动焊	弧压传感控制和/或焊缝传感控制	无	03
		有	04
	弧长自动控制系统	无	05
		有	06
	自动跟踪系统	无	07
		有	08
	控制方式	直接目视控制	09
		遥控	10
	熔化衬环	无	11
		有	12
	焊接控制单元	改变焊接控制单元	对自动焊的焊接控制单元自行编号

表 15 对接焊缝衬垫要素的适用范围<sup>注</sup>

试件的焊接要素	适 用 范 围		
	单面焊/不带衬垫 (ss nb)	单面焊/带衬垫 (ss mb)	双面焊 (bs)
单面焊/不带衬垫 (ss nb)	※	X	X
单面焊/带衬垫 (ss mb)	-	※	X

双面焊 (bs)	-	X	※
注：※：评定时的衬垫要素； X：评定可扩展到的衬垫要素； -：评定不能扩展到的衬垫要素。			

表 16 角焊缝焊层要素的适用范围<sup>注</sup>

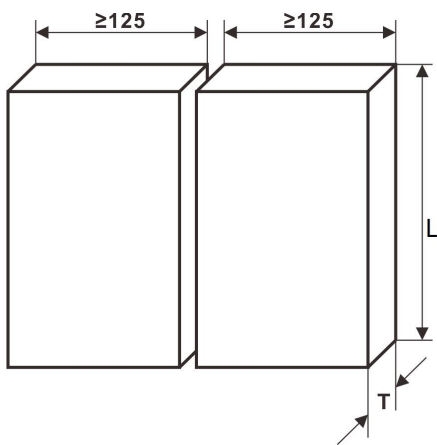
试件	适用范围	
	单层 (sl)	多层 (ml)
单层 (sl)	※	-
多层 (ml)	X	※

注：※：评定时的焊层要素；  
 X：评定可扩展到的焊层要素；  
 -：评定不能扩展到的焊层要素。

## 4 试件规格尺寸

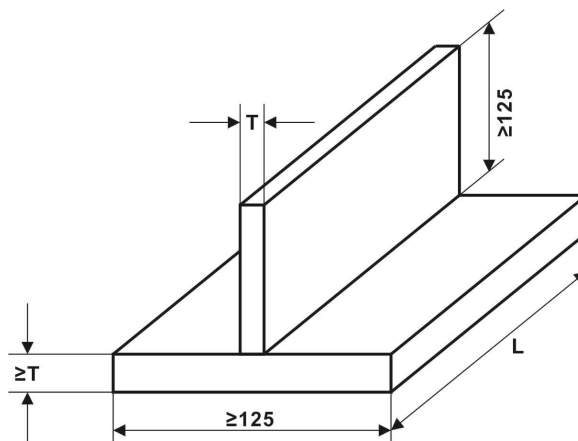
### 4.1 板试件

板对接焊缝和角焊缝技能评定用板的尺寸分别见图 6、图 7。对于手工焊时，板对接焊缝试件长度 L 需大于或等于 300mm，板角焊缝试件长度 L 需大于或等于 200mm；对于机械化焊和自动焊，长度 L 需大于或等于 400mm。



T 为试件厚度

图 6 板对接焊缝技能评定用试件尺寸 (单位: mm)

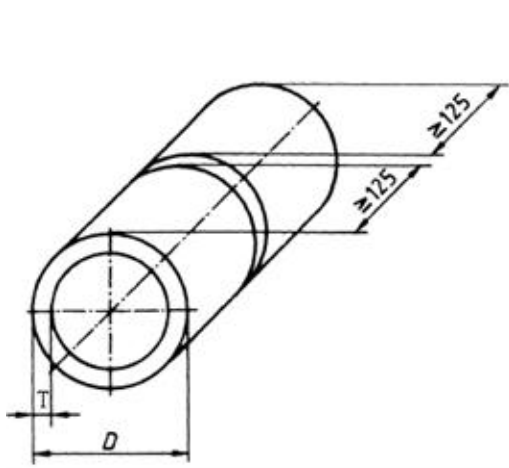


T 为立板厚度

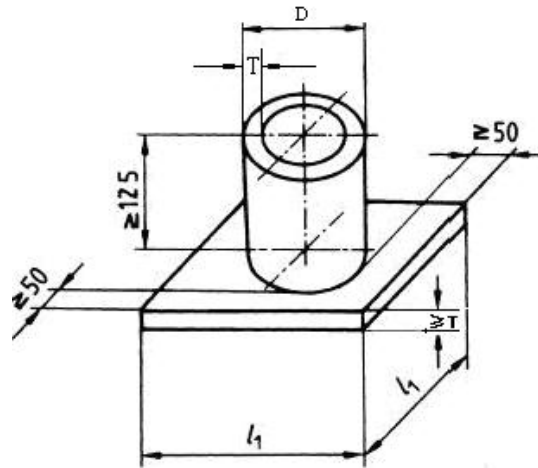
图 7 板角焊缝技能评定用试件尺寸 (单位: mm)

## 4.2 管试件

管对接焊缝技能评定用管的尺寸见图 8。管-板角焊缝和管-板接管技能评定用管和板的尺寸见图 9。管-管接管技能评定用管的尺寸见图 10。



D 为管外径，T 为管壁厚



$l_1$  为长度，D 为管外径，T 为管壁厚

图 8 管对接焊缝技能评定用试件尺寸  
(单位：mm)

图 9 管-板角焊缝和管-板接管技能评定用管和板的试件尺寸  
(单位：mm)

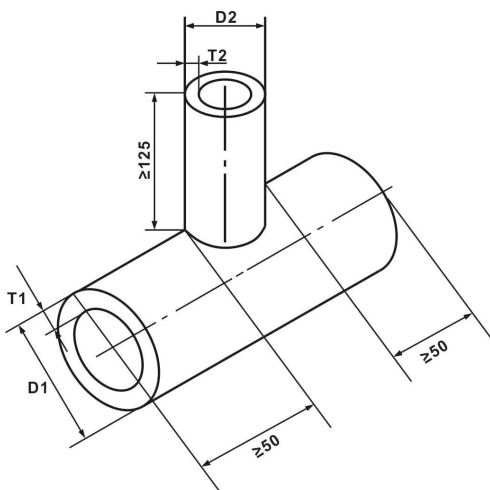


图 10 管-管接管技能评定用试件尺寸  
(单位：mm)

## 4.3 堆焊试件

堆焊技能评定用板尺寸不小于宽 150mm×长 200mm，堆焊层尺寸不小于宽

38mm×长 200mm。如在管上堆焊，管长最小为 150mm，最小直径能满足取样数量的要求，且需绕圆周连续堆焊。

对耐蚀堆焊焊接操作工技能评定，当焊道熔敷宽度大于 13mm 时，首层堆焊至少由三个焊道组成。

#### 4.4 螺柱焊试件

螺柱焊试件图 3 (a) 中  $L=(8\sim 10)D$ ，B 大于等于 50mm。

## 5 检验和验收

### 5.1 检验项目和数量

焊工焊接操作工技能评定试件的检验项目和数量见表 17。每个试件需先进行目视检验，合格后再进行其他项目检验。

表 17 技能评定试件的检验项目和数量<sup>(1)</sup>

试件形式		试件厚度或管外径		检验项目					
		厚度 (mm)	管外径 (mm)	目视 检验 (件)	无损 检验 (件)	弯曲试验 (个)			宏观金 相检验 (个)
						面弯	背弯	侧弯	
对接 焊缝 <sup>(2)</sup>	板	<12	-	1	1 (RT)	1	1	-	-
		≥12	-	1	1 (RT)	-	-	2	-
	管	-	<76	2	2 (RT)	1	1	-	-
		-	≥76	1	1 (RT)	1 <sup>(3)</sup>	1 <sup>(3)</sup>	-	
角焊缝 <sup>(4)</sup>		-	-	1	1 (PT)	-	-	-	4 <sup>(5)</sup>
接管接头 <sup>(6)</sup>		-	<76	2	2 (PT)	-	-	-	4 <sup>(5)</sup>
		-	≥76	1	1 (PT)	-	-	-	
堆焊 试件 <sup>(7)</sup>	耐蚀	-		1	1 (PT)	-	-	2	2
	耐磨			1				-	
螺柱焊 试件	板与柱	板 B≥50 柱 L=(8~10)D		5	-	-	-	5 (折弯)	-

- (1) 表中技能评定试件数量即目视检验试件数量。
- (2) 弯曲试样的取样位置具体要求详见 5.4 节。
- (3) 对于 PH、PJ、H-L045 及 J-L045 焊接位置，需做 2 个面弯和 2 个背弯试验，当试件厚度大于等于 12mm 时，可以用 4 个侧弯试样代替面弯和背弯试样。
- (4) 包括板角焊缝、管-板角焊缝和管角焊缝（套管）。
- (5) 试件取 4 个检查面，对于管-板或管-管试件，沿焊道在 4 个 90° 横截面上分别取宏观金相试样。至少有一个样品取自停弧再焊接头处。具体要求详见 5.5 节。
- (6) 管外径指支管外径。
- (7) 其他检验要求还需按照第 6 节特殊焊缝技能评定要求执行。

5.1.1 按 5.2 节、5.3 节、5.4 节和 5.5 节所进行检验出现不合格时即判定为该项技能评定不合格，需重新进行技能评定。

5.1.2 对于 D 小于等于 25mm 的管对接焊缝试样可用压扁试验代替弯曲试验。压扁试验试样长度需不小于 10mm 但不超过 100mm。焊缝余高用机械方法去除，使其与母材原始表面齐平，试样的焊缝需位于加压中心线上。验收依据参考 GB/T 246 执行。

5.1.3 对于 FM7 类填充材料技能评定，检验项目按照本技术文件，验收准则按照产品焊接工艺评定执行。

## 5.2 目视检验

5.2.1 试件的目视检验，采用直接目视或 5 倍放大镜进行。手工焊的板试件两端 20mm 内的缺陷不计，焊缝的余高和宽度可用焊缝检验尺测量最大值和最小值，但不取平均值，单面焊的背面焊缝宽度可不测定。

5.2.2 焊缝表面需是焊后原始状态，不可以加工修磨或返修。

5.2.3 试件外形尺寸需符合表 18。

表 18 试件外形尺寸 (mm) <sup>注</sup>

焊接方式	焊缝余高		焊缝余高差		焊缝宽度		焊缝边缘 直线度
	平焊 位置	其他 位置	平焊 位置	其他 位置	比坡口 每侧增宽	宽度差	
手工焊	0-3	0-4	≤2	≤3	0.5-2.5	≤3	≤2
机械化焊 和自动焊	0-3	0-3	≤2	≤2	≤4	≤2	≤3

注：接管接头不需要考虑本表。



5.2.4 角焊缝表面凸度或凹度不大于 1.5mm，焊脚为  $K=T+(0\sim3)$  mm（接管接头不需要考虑本条款）。

5.2.5 不带衬垫的板试件、管-板和外径不小于 76mm 的管试件背面焊缝的余高不大于 3mm。

5.2.6 堆焊两相邻焊道之间的下凹量不大于 1.5mm，焊道高度差小于或等于 1.5mm。焊道间搭接接头的平面度在试件范围内不大于 1.5mm。

5.2.7 各种焊缝表面需进行目视检验，不能有裂纹、未熔合、夹渣、气孔、焊瘤和未焊透。机械化焊和自动焊的焊缝表面不能有咬边和凹坑。手工焊焊缝表面的咬边和背面凹坑不能超过表 19 所列尺寸。

表 19 手工焊焊缝表面咬边和背面凹坑

缺陷名称	允许的最大尺寸
咬边	深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ；焊缝两侧咬边总长度不得超过焊缝长度的 10%。
背面凹坑	当 $T\leq 6\text{mm}$ 时，深度 $\leq 15\%T$ ，或 $\leq 0.5\text{mm}$ （取小值）；当 $T>6\text{mm}$ 时，深度 $\leq 10\%T$ ，或 $\leq 1.5\text{mm}$ （取小值）。除仰焊位置的板试件不作规定外，总长度不超过焊缝长度的 10%。

板试件焊后变形角度 $\theta$ 小于等于  $3^\circ$ ，见图 11（a）。试件的错边量不能大于  $10\%T$ ，且小于或等于 2mm，见图 11（b）。图 11（b）同样适用于管对接焊缝。

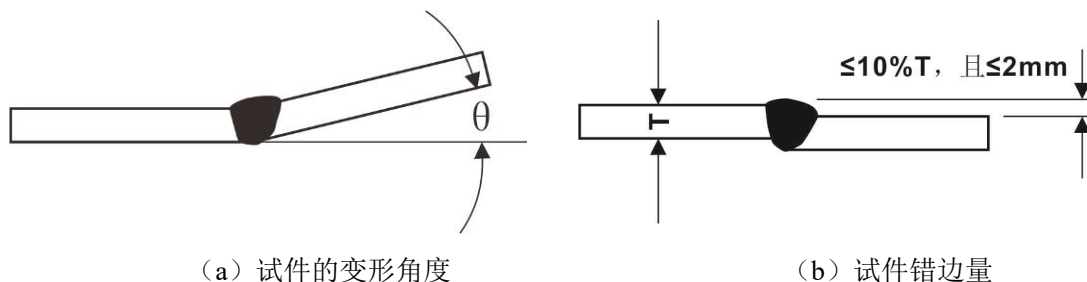


图 11 板试件的变形角度和错边量

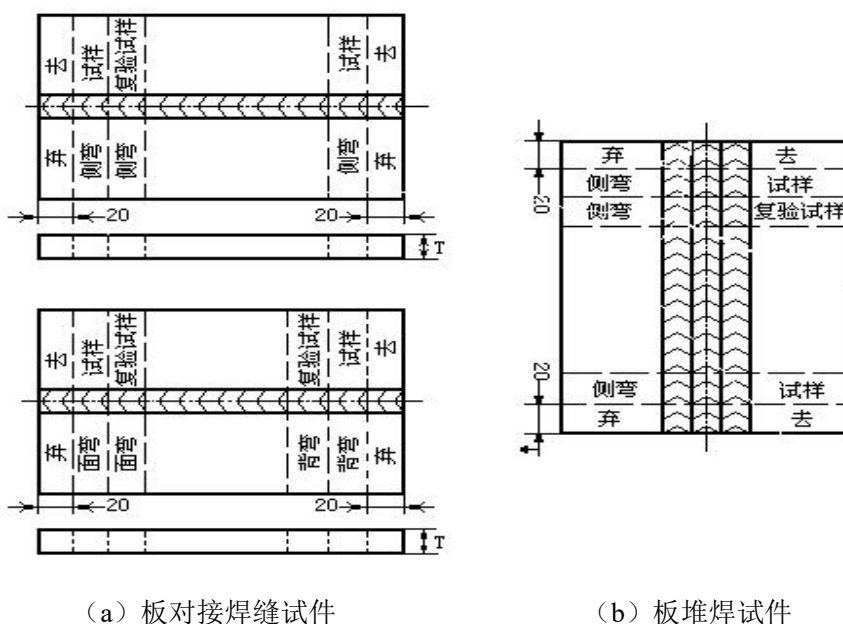
5.2.8 属于一个技能评定项目的所有试件目视检验结果均符合 5.2.2 至 5.2.7 各项要求，该项试件的目视检验为合格，否则判定为该项技能评定不合格。

### 5.3 其他无损检验

技能评定试件的其他无损检验按照 NB/T 20003 中 1 级焊缝的检验要求执行。无损检验不合格的判定为该项技能评定不合格。

## 5.4 弯曲试验

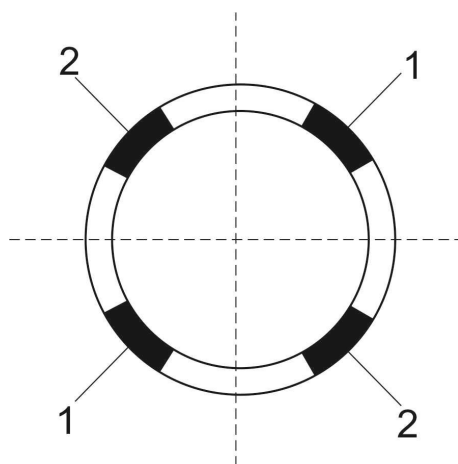
5.4.1 弯曲试样需从停弧再焊处和无损检验中发现缺陷最多的区域切取。当取 2 个弯曲试样时，停弧再焊处和缺陷最多区域各取 1 个；当取 4 个弯曲试样时，停弧再焊处取 2 个试样，缺陷最多区域至少取 1 个试样。板试件可按图 12 的位置截取弯曲试样；管试件可按图 13 的位置截取弯曲试样，弯曲试样的形式和尺寸见图 14。堆焊侧弯试样宽度至少需包括堆焊层全部、熔合线和基层热影响区。试样上的余高及焊缝背面的垫板需采用机械方法去除，面弯和背弯试样的拉伸面需平齐，且保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。



(a) 板对接焊缝试件

(b) 板堆焊试件

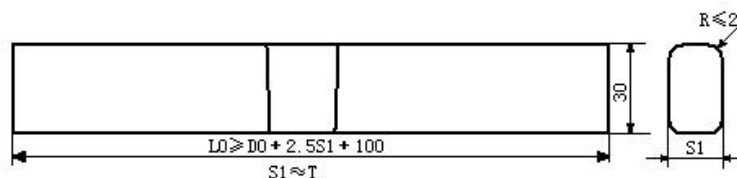
图 12 板试件弯曲试样的典型截取位置



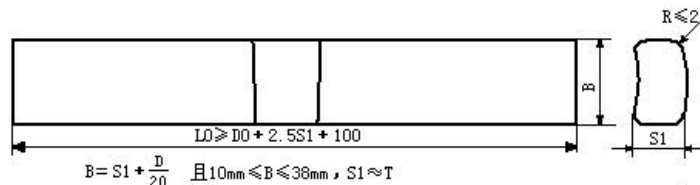
1: 1 个横向背弯试样或 1 个侧弯试样

2: 1 个横向面弯试样或 1 个侧弯试样

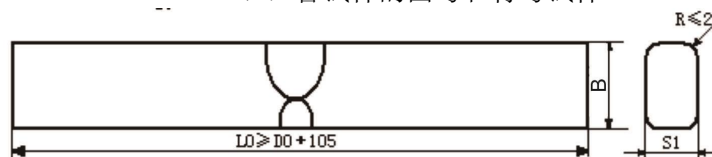
图 13 管试件弯曲试样取样位置



(a) 板试件的面弯和背弯试样



(b) 管试件的面弯和背弯试样



B 为试件全厚度, S<sub>1</sub>=10mm

(c) 对接焊缝侧弯试样



(d) 堆焊侧弯试样

D<sub>0</sub>: 弯轴直径, D: 管子外径, T: 试件厚度, S<sub>1</sub>: 试样厚度, B: 试样宽度, L<sub>0</sub>: 试样长度

图 14 焊接接头弯曲试样的形式和尺寸

5.4.2 进行面弯、背弯或者侧弯试验时, 对于延伸率大于等于 20%的母材, 弯头(或内辊)直径为 4T, 弯曲角度为 180°。而延伸率 A 小于 20%的母材, 采用下列公式:

$$D_0 = 100S_1 / (A - S_1)$$

式中: D<sub>0</sub> 为弯头或内辊的直径;

S<sub>1</sub> 为弯曲试样厚度;

A 为母材标准要求的最低延伸率。

5.4.3 对于不均匀焊缝, 在确定 D<sub>0</sub> 参数时, 材料的最低延伸率 A 由两母材中较小的延伸率来确定。

5.4.4 弯曲试验时, 需将试样弯到使其两端成平行为止, 此时, 材料的任何部分不再受到压力。

5.4.5 试样弯曲到本技术文件要求的角度后, 其拉伸面上沿任何方向不能有单条长度大于 3mm 的开口缺陷。试样的棱角开裂不计, 但确因焊接缺陷引起试样

的棱角开裂，其长度需进行评定。

5.4.6 试件弯曲试样的试验结果均合格时，弯曲试验为合格。两个及以上试样均不合格时，不可以复验，弯曲试验为不合格。若其中一个试样不合格时，可以从原试件上另取两个试样进行复验，复验试样均合格，弯曲试验为合格。

5.4.7 在弯曲试验中压头位置相对于焊缝明显偏离时，弯曲试验结果无效。

## 5.5 金相检验

5.5.1 宏观金相检验试样应采用机械方法截取、磨光、再用金相砂纸按“由粗到细”的顺序磨制，然后经适当的浸蚀，使焊缝金属和热影响区有一个清晰的界限，该面上的焊接缺陷用直接目视或5倍放大镜检查。若宏观检查显示出存在有疑问区域，则需进行微观金相检查。

5.5.2 每个试样检查面没有裂纹、未熔合、未焊透。

5.5.3 蒸汽发生器或热交换器的管子和管板焊缝根部线性缺陷不超过0.1mm。

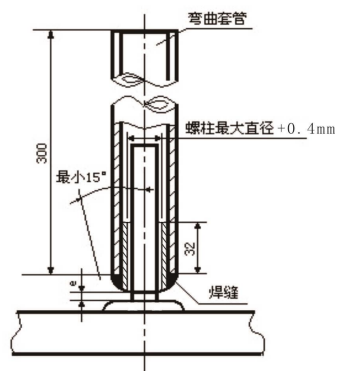
5.5.4 气孔或夹渣的最大尺寸不大于1.5mm；当气孔或夹渣大于0.5mm，不大于1.5mm时，其数量不能多于1个；当只有小于或等于0.5mm的气孔或夹渣时，其数量不能多于3个。

5.5.5 对于板角焊缝的宏观金相检验取样要求如下：除两端宽度各20mm范围去除外，相邻任意两个金相试样截面间的距离不小于30mm。

## 5.6 螺柱焊试件检验

5.6.1 对每个螺柱焊试件采用下列任何一种方法进行检验时，每个螺柱的焊缝和热影响区在锤击或弯曲试验后，没有开裂为合格。

- (1) 锤击螺柱上端部，使1/4螺柱长度贴在试件板上；
- (2) 如图15所示，用套管使螺柱弯曲不小于 $15^\circ$ ，然后恢复原位。



螺柱直径	3	5	6	10	13	16	19	22	25
套管间隙 e	3	3	5	5.5	8	9	12	12	15

图 15 螺柱焊弯曲试验方法简图

## 6 特殊焊缝的技能评定

### 6.1 奥氏体-铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊和预堆边

6.1.1 试件的厚度适用范围按照表 12 执行。

6.1.2 需按照确定的堆焊层和隔离层（最高等级）制造条件进行渗透检验和超声波检验。

6.1.3 破坏检验包括弯曲试验、宏观金相检验、微观金相检验和化学分析（仅对手工焊不锈钢堆焊层）。

#### 6.1.4 弯曲试验

（1）试样数量为 2 个侧弯试样。取样需在垂直于焊缝的方向上，试样的尺寸为厚 10mm，宽 30mm，并且整个堆焊层厚度需包含在宽 30mm 的范围内；

（2）试样的切取需在无损检验发现缺陷最多的地方；

（3）检验标准：压头直径为试样厚度的 4 倍，弯曲 180°检验区内单个裂纹、气孔或夹渣的长度不能大于 3mm。

#### 6.1.5 宏观金相检验和微观金相检验

（1）在堆焊层的横截面上进行宏观金相检验和微观金相检验，对于多层堆焊，无论是第一层还是后面焊层，需验证各焊层的搭接条件，在检验中不存在任何大小的裂纹，未焊透、未熔合及任何不合格的气孔、夹杂物；

（2）宏观检验有怀疑的区域，需进行微观检验以消除对观察到的缺陷痕迹的疑问（夹渣、致密性不好、裂纹、组织结构）。

#### 6.1.6 化学分析（仅对手工焊不锈钢堆焊层）

（1）要求进行堆焊层的化学分析；

（2）在距最小评定厚度的堆焊表面层 2~3mm 范围内取钢屑进行化学分析，其含碳量需在下列范围内： $C \leq 0.035\%$ （力求  $< 0.030\%$ ）；若  $C > 0.035\%$ ，并且铬含量高于 19.00%，需进行晶间腐蚀试验，如果晶间腐蚀试验的结果合格，则

碳含量可高于 0.035%，但不超过 0.040%；

(3) 对于不锈钢隔离层堆焊（在合金钢或非合金钢上堆焊的隔离层），化学分析需从第一层堆焊金属的连续熔敷区取样，要求的值为： $Cr \geq 17.00\%$ ， $Ni \geq 9.00\%$ 。

## 6.2 热交换器或蒸汽发生器管板焊接

6.2.1 管子材料、管板材料或所涉及到的堆焊层材料的要求与焊接工艺评定相同。

6.2.2 对于焊工，管子的外径或管壁厚度超过技能评定时采用的管子外径或管壁厚度的 10%时，需重新进行技能评定。对于焊接操作工，无需考虑这种变化。

6.2.3 对于焊工，填充材料和保护气体的要求同焊接工艺评定。对于焊接操作工，技能评定所用填充材料需符合产品所用填充材料的技术条件，具有相同的几何特性和化学成分；填充材料的使用、取消及增加另外一种填充材料均需重新评定。

6.2.4 对于焊工，由管子伸出管板表面变为管子凹入管板表面或与管板表面齐平，需重新进行技能评定；管子伸出管板表面时采用代号 G1 表示，管子凹入管板表面或与管板表面齐平时采用代号 G2 表示。管子的布置形式如图 16 所示。焊接操作工，无需考虑这种变化。

6.2.5 对于焊工，焊接位置只对评定的焊接位置有效。焊接操作工无需考虑焊接位置。

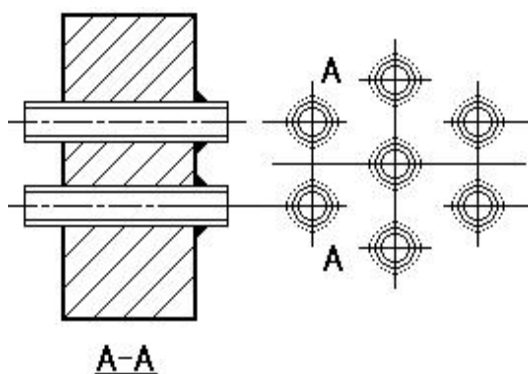


图 16 管子-管板示意图

6.2.6 对于焊工，焊接技术参数的要求与焊接工艺评定相同；对于焊接操作工，机械化焊和自动焊机商标和型号的改变需要重新进行评定。

6.2.7 每个焊工焊接操作工进行技能评定时需要焊接的管子数量为 6 根。

6.2.8 对每一根管子，在通过最后焊道搭接区的径向截面上取样进行宏观金相试样检验（两个观察面）。

6.2.9 进行局部补焊的焊工需通过模拟补焊试件进行技能评定，即补焊一条稍微扩展到焊缝根部以下的沟槽。微观金相检验的截面需通过补焊区。

6.2.10 管子-管板焊缝焊脚高度的目视检验标准：如属于管端平齐或凹陷的管端焊接，则不存在焊脚的问题，不需要检测管端焊脚；如管子伸出管板表面，需按照角焊缝焊脚要求进行检测，焊脚尺寸需满足工艺评定要求。

### 6.3 特殊的密封焊缝

对特殊密封焊缝（如 CANOPY、 $\Omega$ 接头等）的焊工焊接操作工技能评定范围、试件的制备与检验等应当与焊接工艺评定中所要求的条件相同，且要满足下列要求：

- （1）需对内外表面作目视检验，以验证焊缝是否焊透；
- （2）每个焊工或焊接操作工焊接一个试件；
- （3）电参数范围（对于焊工：电流；对于焊接操作工：电流、电压和焊接速度）无需作为评定要素考虑。

### 6.4 管的承插焊

管承插焊焊工焊接操作工的评定范围、试件的制备与检验等需与焊接工艺评定所要求的条件相同，且要满足下列要求：

- （1）进行宏观金相检验（至少 2 个检查面）、焊喉尺寸检验；
- （2）进行射线检验；
- （3）对每个焊工或焊接操作工分别进行评定；
- （4）评定结果对等于或大于评定试件的直径和厚度有效；
- （5）填充材料的评定范围需符合本技术文件 3.4 节的内容；
- （6）评定对于所有填充材料直径有效；
- （7）电参数范围（对于焊工：电流；对于焊接操作工：电流、电压和焊接速度）无需作为评定要素考虑。

典型承插焊试件如图 17 所示。

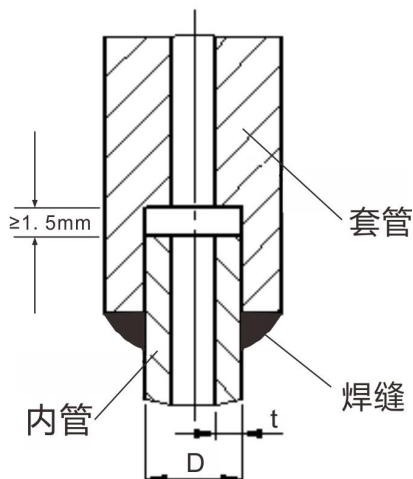


图 17 承插焊示意图

## 6.5 耐磨堆焊

6.5.1 如果产品是铸钢，需选择产品用钢进行技能评定。

6.5.2 技能评定用的试件形状和尺寸需代表产品零件，同时要考虑到几何形状、刚性、可达性和热循环等因素。

6.5.3 焊接方法需符合本技术文件 3.1 节的内容。

6.5.4 填充材料需符合本技术文件 3.4 节的内容。

6.5.5 单焊层和多焊层的耐磨堆焊应分别进行技能评定。根据堆焊的层数( $n$ )，技能评定的有效范围 ( $N$ ) 如下：

$$n=1 \quad N=1$$

$$n=2 \quad 2 \leq N \leq 4$$

$$n>2 \quad n \leq N < n+4$$

6.5.6 技能评定的焊接位置需与工艺评定的焊接位置相同。

6.5.7 采用通过焊接工艺评定确定的焊接技术和参数范围进行技能评定，超出规定的范围需重新进行技能评定。

6.5.8 无损检验需按照确定的堆焊（最高等级）制造条件进行液体渗透检验和超声波检验。

6.5.9 破坏性试验需进行金相检验和最终状态表面硬度测定。金相试样需在与焊道垂直的方向上切取，并用 5 倍放大镜进行目视检验。

6.5.10 合格标准：



(1) 堆焊层外形尺寸需符合表 20;

表 20 堆焊层外形尺寸 (单位: mm)

堆焊层数	堆焊层高	高低差	内径差 $\varnothing_{\max}-\varnothing_{\min}$	外径差 $\varnothing_{\max}-\varnothing_{\min}$
n=1、2	$\geq 2$	$\leq 1$	$\leq 2$	$\leq 2$
n $\geq 3$	$\geq 4$	$\leq 2$	$\leq 4$	$\leq 4$

(2) 堆焊层表面不能有裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤;

(3) 金相检验: 要求基体和热影响区不能有裂纹、未熔合或其它线性缺陷;

(4) 表面硬度检验: 在加工到最小尺寸的耐磨堆焊层表面上, 至少测定 10 个测点的 HRC 硬度值, 确定这 10 个测点硬度值的平均值和这 10 个测点值中最大值和最小值之间的偏差, 要求其平均值和偏差符合制造条件中的相应数值。

## 7 技能评定项目代号

技能评定项目代号需按照每个焊工焊接操作工、每种焊接方法分别编制。“+”意为不空格，“-”意为空格，尺寸单位为毫米（mm），支管角度单位为度（°）。

### 7.1 技能评定项目代号表示方法

#### 7.1.1 手工焊技能评定项目代号表示方法

手工焊技能评定项目表示为①-②-③-④-⑤-⑥-⑦，如果技能评定项目中不出现其中某项时，则不包括该项。项目具体含义如下：

① 焊接方法代号，对于采用不同焊接方法的组合技能评定，项目代号按照不同的焊接方法组合给出。见 3.1 节。

② 试件形式代号，见 3.2 节。

③ 焊缝形式代号，见 3.3 节。接管接头进行技能评定的代号用 BW/FW 表示。

④ 填充材料代号，见 3.4 节，采用焊条的技能评定还需在括号中备注焊条药皮类型。采用 FM7 类焊材时，代号编制要求详见 3.4.2 节。

⑤ 焊缝金属厚度和管外径代号，见 3.6 节。焊缝金属厚度表示为 t+厚度；管外径表示为 D+外径。对于接管接头，采用管-管时，焊缝金属厚度和管外径表示为 t+厚度+D+主管外径/支管外径+（支管角度）；采用管-板时，焊缝金属厚度和管外径表示为 t+厚度+D+支管外径+（支管角度）；对于角焊缝，板角焊缝时，需表示立板厚度为 T+试件厚度；管板角焊缝时，需表示管外径和壁厚为 T+壁厚+D+管外径；管角焊缝时，需表示内管外径、壁厚和外管壁厚为 T+内管壁厚+D+内管外径+T+外管壁厚；对于堆焊，也表示为 T+试件厚度。

⑥ 焊接位置代号，见 3.5 节。

⑦ 焊接要素代号，见 3.7 节。

### 7.1.2 机械化焊焊接操作工技能评定项目代号表示方法

机械化焊焊接操作工技能评定项目表示为①-②-③-④，项目具体含义如下：

① 焊接方法代号，见 3.1 节，即为“表 1 中的代号-M”。对于采用不同焊接方法的组合技能评定，项目代号按照不同的焊接方法组合给出。

② 焊缝形式代号，见 3.3 节。

③ 焊接位置代号，见 3.5 节。

④ 焊接要素代号，见 3.7 节（包括 3.4 节要素）。

### 7.1.3 自动焊焊接操作工技能评定项目代号表示方法

自动焊焊接操作工技能评定项目表示为①-②-③，项目具体含义如下：

① 焊机型号。

② 焊接方法代号，见 3.1 节，即为“表 1 中的代号-A”。对于采用不同焊接方法的组合技能评定，项目代号按照不同的焊接方法组合给出。

③ 焊接要素代号，见 3.7 节（包括 3.4 节要素）。

### 7.1.4 特殊焊缝技能评定项目代号表示方法

对于特殊焊缝技能评定的项目代号，在 7.1.1、7.1.2 或 7.1.3 项目代号的焊接要素代号后加注 Z1（6.1 奥氏体—铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊和预堆边）、Z2+G1 或 G2（6.2 热交换器或蒸汽发生器管板焊接）、Z3（6.3 特殊的密封焊缝）、Z4（6.4 管的承插焊）、Z6（6.5 耐磨堆焊）+n+堆焊层数。

### 7.1.5 本技术文件中未涉及的技能评定项目代号表示方法

针对本技术文件不能覆盖的技能评定，其项目代号的表示方法为 S+聘用单位代号-两位流水号-焊接工艺评定编号-焊接方法代号（自拟或根据相关标准拟定）。对于试件形式、焊接位置等变素适用范围，需以工艺评定的范围为准，试件检验按焊接工艺评定要求。

## 7.2 项目代号应用举例

## 示例 1

技能评定项目代号：SAW-M BW PA 02 bs 07 09 11

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	SAW-M	埋弧焊 机械化焊	埋弧焊 机械化焊
焊缝形式	BW	对接焊缝	对接焊缝、 除接管焊缝外的组合焊缝
焊接位置	PA	平焊位置	PA 位置
焊接要素	02	有填充材料	有或无填充材料
	bs	双面	双面焊、单面焊带衬垫
	07	无自动跟踪系统	有无自动跟踪系统均可
	09	直接目视观察控制	直接目视观察控制
	11	无熔化衬环	有无熔化衬环均可

## 示例 2

技能评定项目代号：SMAW P BW FM1(B) t15 PC ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	SMAW	焊条电弧焊 手工焊	焊条电弧焊 手工焊
试件形式	P	板	板或管（外径 $D \geq 150\text{mm}$ ）
焊缝形式	BW	对接焊缝	对接焊缝、 除接管焊缝外的组合焊缝
填充材料	FM1(B)	非合金钢和细晶粒钢 药皮类型：碱性型	非合金钢和细晶粒钢、高强钢 药皮类型：酸性型、碱性型
焊缝金属厚度	t15	焊缝金属厚度 15mm	焊缝金属厚度 $\geq 3\text{mm}$
焊接位置	PC	横焊位置	PA、PC 位置
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊 无衬垫或带衬垫

## 示例 3

技能评定项目代号：GTAW T BW FM7(Al) t30 D300 PH 02 ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	GTAW	钨极惰性气体保护电弧焊 手工焊	钨极惰性气体保护电弧焊 手工焊

试件形式	T	管	板或管
焊缝形式	BW	对接焊缝	对接焊缝、 除接管焊缝外的组合焊缝
填充材料	FM7(Al)	铝及铝合金	铝及铝合金
焊缝金属厚度	t30	焊缝金属厚度 30mm	焊缝金属厚度 $\geq$ 3mm
管外径	D300	管外径 300mm	管外径 $\geq$ 76mm
焊接位置	PH	水平固定向上立焊位置	PA、PE、PF、PH 位置
焊接要素	02	有填充焊丝	有或无填充焊丝
	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊 无衬垫或带衬垫

## 示例 4

技能评定项目代号：GTAW T BW FM5 t6 D60 PH 02 ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	GTAW	钨极惰性气体保护电弧焊 手工焊	钨极惰性气体保护电弧焊 手工焊
试件形式	T	管	管或板
焊缝形式	BW	对接焊缝	对接焊缝、 除接管焊缝外的组合焊缝
填充材料	FM5	不锈钢	不锈钢
焊缝金属厚度	t6	焊缝金属厚度 6mm	焊缝金属厚度 3~12mm
管外径	D60	管外径 60mm	管外径 $\geq$ 25mm
焊接位置	PH	水平固定向上立焊位置	PA、PE、PF、PH 位置
焊接要素	02	有填充焊丝	有或无填充焊丝
	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊 无衬垫或带衬垫

## 示例 5

技能评定项目代号：GTAW T BW FM5 t5 D200 PA 02 ss nb 和

SMAW T BW FM5(B) t15 D200 PA ss mb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	GTAW	钨极惰性气体保护电弧焊 手工焊	钨极惰性气体保护电弧焊 手工焊
试件形式	T	管	管或板

焊缝形式	BW	对接焊缝	对接焊缝、 除接管焊缝外的组合焊缝
填充材料	FM5	不锈钢	不锈钢
焊缝金属厚度	t5	焊缝金属厚度 20mm GTAW: t=5mm	焊缝金属厚度 3~10mm
管外径	D200	管外径 200mm	管外径≥76mm
焊接位置	PA	平焊位置	PA 位置
焊接要素	02	有填充焊丝	有或无填充焊丝
	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊 无衬垫或带衬垫
其他信息	仅限打底焊		

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	SMAW	焊条电弧焊 手工焊	焊条电弧焊 手工焊
试件形式	T	管	管或板
焊缝形式	BW	对接焊缝	对接焊缝、 除接管焊缝外的组合焊缝
填充材料	FM5(B)	不锈钢 药皮类型: 碱性型	不锈钢 药皮类型: 酸性型、碱性型
焊缝金属厚度	t15	焊缝金属厚度 20mm SMAW: t=15mm	焊缝金属厚度≥3mm
管外径	D200	管外径 200mm	管外径≥76mm
焊接位置	PA	平焊位置	PA 位置
焊接要素	ss mb	单面焊 带衬垫	单面焊或双面焊 带衬垫

## 示例 6

技能评定项目代号: 焊机型号 GTAW-A 02 04 07 CRC P600 Z2G2

变素	代号	含义	适用范围
焊机型号	实际情况	焊机型号	同样焊机型号的
焊接方法	GTAW-A	钨极惰性气体保护电弧焊 自动焊	钨极惰性气体保护电弧焊 自动焊
焊接要素	02	有填充焊丝	有填充焊丝
	04	有弧压传感控制或 焊缝传感控制	有弧压传感控制或 焊缝传感控制

	07	无自动跟踪系统	有无自动跟踪系统均可
	CRC P600	焊接控制系统编号	CRC P600 焊接控制系统
	Z2	热交换器或蒸汽发生器管板焊接	热交换器或蒸汽发生器管板焊接
	G2	管子凹入管板表面或与管板表面齐平	管子凹入管板表面或与管板表面齐平 或管子伸出管板表面

示例 7

技能评定项目代号：SMAW T-T BW/FW FM5(B) t10D220/60(60°) P1 ss mb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	SMAW	焊条电弧焊 手工焊	焊条电弧焊 手工焊
试件形式	T-T	管-管接管	管-管接管、 管-板接管
焊缝形式	BW/FW	对接焊缝和角焊缝	接管（对接焊缝或组合焊缝）
填充材料	FM5(B)	不锈钢 药皮类型：碱性型	不锈钢 药皮类型：酸性型、碱性型
焊缝金属厚度	t10	焊缝金属厚度 10mm	焊缝金属厚度 3~20mm
管外径	D220/60 60°	主管外径 220mm 支管外径 60mm D1/D2=3.7 主管与直管角度为 60°	支管外径 ≥25mm D1/D2 ≥3.7 支管角度 ≥60°
焊接位置	P1	P1 位置	全部焊接位置
焊接要素	ss mb	单面焊 带衬垫	单面焊或双面焊 带衬垫

示例 8

技能评定项目代号：SMAW P S FM6(B) T25 PA ml Z1

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	SMAW	焊条电弧焊 手工焊	焊条电弧焊 手工焊
试件形式	P	板	板或管（外径 D ≥150mm）
焊缝形式	S	堆焊	堆焊
填充材料	FM6(B)	镍基合金 药皮类型：碱性型	不锈钢、镍基合金 药皮类型：酸性型、碱性型
板厚度	T25	板厚度 25mm	板厚度 ≥25mm
焊接位置	PA	平焊位置	PA 位置

焊接要素	ml	多层焊	多层焊或单层焊
	Z1	奥氏体-铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊和预堆边	奥氏体-铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊和预堆边

## 示例 9

技能评定项目代号：GMAW P FW FM5 T10 PB 02 ml

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	GMAW	熔化极气体保护电弧焊手工焊	熔化极气体保护电弧焊手工焊
试件形式	P	板	板或管（外径 $D \geq 150\text{mm}$ ）
焊缝形式	FW	角焊缝	角焊缝
填充材料	FM5	不锈钢	不锈钢
板厚度	T10	立板厚度 10mm	立板厚度 $\geq 3\text{mm}$
焊接位置	PB	平角焊位置	PA、PB 位置
焊接要素	02	有填充焊丝	有或无填充焊丝
	ml	多层焊	多层焊或单层焊

## 示例 10

技能评定项目代号：GTAW T FW FM5 T3D30T5 PB 02 ml

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	GTAW	钨极惰性气体保护电弧焊手工焊	钨极惰性气体保护电弧焊手工焊
试件形式	T	管	管（套管）
焊缝形式	FW	角焊缝	角焊缝
填充材料	FM5	不锈钢	不锈钢
内管壁厚	T3	内管壁厚 3mm	内管壁厚 $\geq 3\text{mm}$
内管外径	D30	内管外径 30mm	内管外径 $\geq 25\text{mm}$
外管壁厚	T5	外管壁厚 5mm	不限
焊接位置	PB	平角焊位置	PA、PB 位置
焊接要素	02	有填充焊丝	有或无填充焊丝
	ml	多层焊	多层焊或单层焊



## 附件 技能评定的实施

### 1 质量保证

1.1 聘用单位需将焊工焊接操作工的技能评定工作纳入质量保证体系。技能评定工作包括：技能评定前准备，技能评定过程控制，结果的评定，技能评定报告的编制、管理和维护。

1.2 焊工焊接操作工技能评定的过程记录、技能评定报告等档案需按照聘用单位的相关程序执行，技能评定试样及试件余料需保存至少 6 个月。

### 2 评定人员

2.1 聘用单位负责组织焊工焊接操作工的技能评定工作。评定人员包括技能评定负责人、焊接工程师、试件检验负责人和质量保证人员。

2.2 技能评定负责人：全面负责本单位焊工焊接操作工的技能评定工作，包括编制评定计划、评定工作的准备、评定过程控制、技能评定报告的编制等。

2.3 焊接工程师（可由技能评定负责人兼任）：负责技能评定所用焊接工艺规程的编制、评定方式和评定内容的确定等工作。

2.4 试件检验负责人（可由技能评定负责人兼任）：负责技能评定试件检验结果的确认及汇总。

2.5 质量保证人员：编制技能评定过程控制程序文件，负责监督技能评定过程及结果。

### 3 过程控制

3.1 聘用单位需编制焊工焊接操作工技能评定计划，计划包括姓名、拟进行的技能评定项目等内容。

3.2 技能评定需在质量保证人员的监督下进行，一次技能评定需至少有 2 名人员组织实施。

3.3 技能评定过程中焊工焊接操作工需连续完成试件焊接，不得随意中断。

3.4 技能评定前，需在试件上打上焊工焊接操作工识别号或评定项目代号。

3.5 在技能评定过程中，需对每名焊工焊接操作工技能评定过程进行控制并记录，如明显看出焊工焊接操作工不具备合格的技术水平和技能，如焊接条件不正确、出现返修等，监督人员有权随时中止技能评定。

## 4 结果评定

4.1 技能评定结束后，根据本技术文件中的相关要求对结果的评定，并记录相关检验结果。

4.2 焊工焊接操作工技能评定不合格的，可以在判定不合格的 2 周后重新进行技能评定。

## 5 报告编制

5.1 技能评定合格的焊工焊接操作工，由聘用单位出具技能评定报告。

5.2 技能评定报告除报告正文外，需将焊接工艺规程、施焊记录、检验报告等编制为技能评定报告附件。

5.3 不可将多个试件的资格范围进行合并出具一个技能评定报告。

5.4 技能评定报告包括焊工焊接操作工姓名及聘用单位、评定日期、报告编号、所有技能评定变素以及其他信息。推荐的焊工焊接操作工技能评定报告格式见表 21。

5.5 一个试件的资格评定范围对应出具一个技能评定报告。对于采用不同焊接方法的组合技能评定，项目代号按照每种焊接方法填写技能评定报告。

## 6 报告维护

6.1 技能评定报告生效日期从焊工焊接操作工技能评定报告批准日期起。

6.2 连续中断技能评定焊接方法对应的焊接工作超过 6 个月的，该技能评定项目技能评定报告自动失效。聘用单位每 6 个月对焊工焊接操作工所从事焊接活动的焊接技能评定报告做一次确认，同时增加 6 个月的有效期。对于不满足要求的需重新进行技能评定。

6.3 焊工焊接操作工在评定报告有效期内发生严重质量问题的，确定原因与焊工焊接操作工技能有关，原技能评定报告失效，需重新进行技能评定。

6.4 焊工焊接操作工变更聘用单位的，原技能评定报告失效，需重新进行技能评定。

表 21 焊工焊接操作工技能评定报告

评定日期：

编号：

姓 名		照 片	
身份证号			
聘用单位			
焊工编号			
焊接工艺规程			
试件编号			
技能评定项目代号			
	代号	含 义	适用范围
焊机型号			
焊接方法			
试件形式			
焊接位置			
焊缝形式			
填充材料			
焊缝金属厚度			
板厚度			
管壁厚			
管外径			
焊接要素			
特殊焊缝技能评定			
检验情况			
试验项目	试验结果		

		(包含试验结果是否合格、试验报告编号)			
编制		审核		批准	
连续操作记录					
(至少包含施焊日期、焊接方法、焊接设备、焊缝编号、 无损检验报告编号和焊工焊接操作工签名)					

## 名词解释

### 手工焊 manual welding

手持焊炬、焊枪或焊钳进行操作的焊接方法。

### 机械化焊 mechanized welding

焊炬、焊枪或焊钳由机械装置夹持并要求随着观察焊接过程而调整设备控制部分的焊接方法。

### 自动焊 automatic welding

用自动焊接装置完成全部焊接操作的焊接方法。

### 焊工 welder

进行手工焊的焊接操作人员。

### 焊接操作工 welding operator

进行机械化焊和自动焊的焊接操作人员。

## 参考文献

本技术文件内容引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

- [1] GB/T 246 金属材料管压扁试验方法（GB/T 246-2017，ISO 8492:2013，IDT）
- [2] GB/T 983 不锈钢焊条（GB/T 983-2012，ISO 3581:2003，MOD）
- [3] GB/T 3375 焊接术语
- [4] GB/T 5185 焊接及相关工艺方法代号（GB/T 5185-2005，ISO 4063:1998，IDT）
- [5] GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条（GB/T 5117-2012，ISO 2560:2009，MOD）
- [6] GB/T 5118 热强钢焊条（GB/T 5118-2012，ISO 3580:2010，MOD）
- [7] GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求（GB/T 5293-2018，ISO 14171:2016，MOD）
- [8] GB/T 8110 气体保护电弧用碳钢、低合金钢焊丝
- [9] GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝（GB/T 10045-2018，ISO 17632:2015，MOD）
- [10] GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求（GB/T 12470-2018，ISO 24598:2012，MOD）
- [11] GB/T 13814 镍及镍合金焊条（GB/T 13814-2008，ISO 14172:2003，MOD）
- [12] GB/T 15620 镍及镍合金焊丝（GB/T 15620-2008，ISO 18274:2004，MOD）
- [13] GB/T 17493 热强钢药芯焊丝（GB/T 17493-2018，ISO 17634:2015，MOD）
- [14] GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝（GB/T 17853-2018，ISO 17633:2010，MOD）
- [15] GB/T 29713 不锈钢焊丝和焊带（GB/T 29713-2013，ISO 14343:2009，MOD）
- [16] GB/T 32533 高强度钢焊条（GB/T 32533-2016，ISO 18275:2011，MOD）

[17] GB/T 36034 埋弧焊用高强度实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求  
(GB/T 36034-2018, ISO 26304:2011, MOD)

[18] GB/T 36233 高强度药芯焊丝 (GB/T 36233-2018, ISO 18276:2017, MOD)

[19] NB/T 20003 核电厂核岛机械设备无损检测

[20] ISO 6947 Welding and allied processes - Welding positions

---



## 编写人员名单

**编写组组长：**赵旭东

**编写组成员：**郝慧杰、胡安中、吕高尚、赵立彬、马然、张发云、  
刘伟、吴超平

**审    核：**杜爱玲、马力