



指导性文件  
GUIDANCE NOTES

中 国 船 级 社

# 桥梁钢及焊接指南

2010

武汉规范研究所

2010年1月

# 目录

第1章 总 则.....	1
第1节 通 则.....	1
第2章 材料的性能试验.....	3
第1节 一般规定.....	3
第2节 拉伸试验.....	4
第3节 冲击试验.....	6
第4节 弯曲试验.....	8
第5节 Z向拉伸试验.....	9
第3章 桥梁钢技术要求.....	11
第1节 一般规定.....	11
第2节 桥梁结构用钢.....	11
第3节 桥梁用Z向钢.....	14
第4章 桥梁钢产品认证.....	16
第1节 一般规定.....	16
第2节 产品型式认证.....	16
第3节 出厂认证和制造认证.....	18
附录I 型式试验及结果评价.....	20
第5章 焊缝的性能试验.....	21
第1节 一般规定.....	21
第2节 试 样.....	21
第3节 试 验.....	23
第6章 焊接材料.....	27
第1节 一般规定.....	27
第2节 焊接材料的性能.....	28
第3节 电弧焊焊条.....	29
第4节 埋弧自动焊的焊丝-焊剂.....	33
第5节 半自动焊、自动焊的焊丝与焊丝-气体.....	35
第6节 单面焊接双面成型的衬垫材料.....	38
第7章 焊接工艺认可.....	40
第1节 一般规定.....	40
第2节 坡口焊工艺认可.....	44
第3节 填角焊工艺认可.....	47
第8章 桥梁钢结构的焊接.....	49
第1节 一般规定.....	49
第2节 焊缝设计.....	49
第3节 桥梁结构的焊接.....	51
附录I 焊工资格评定.....	54

附录 II	坡口焊接头设计细节 .....	60
<b>第 9 章</b>	<b>焊接检验 .....</b>	<b>77</b>
第 1 节	一般规定 .....	77
第 2 节	焊缝的外观检查 .....	78
第 3 节	桥梁钢结构无损检测 .....	80
附录 I	无损检测仪器设备检查表 .....	82
附录 II	制造单位准备资料一览表 .....	83
附录 III	无损检测报告格式 .....	84

# 第1章 总 则

## 第1节 通 则

### 1.1.1 目的

1.1.1.1 桥梁钢与焊接是桥梁制造中的重要环节。为保证桥梁钢及其焊接相关技术因素均得到适当控制，避免钢桥有效寿命受损，提高桥梁的安全性，特制定《桥梁钢及焊接指南》（以下简称本指南）。

1.1.1.2 本指南主要为中国船级社（以下简称本社）开展桥梁相关技术服务提供通用性的指导和方法。当涉及的相关方根据自己的经验有更好的选择或有合同规定时，可根据其实际经验和合同规定进行相关的检验、焊接设计和评定等，但不应低于国家或行业相关标准的要求。

### 1.1.2 适用范围

1.1.2.1 本指南适用于本社从事桥梁钢结构制造相关的桥梁钢检验（认证）、焊接材料制造、焊工资格评定、焊接工艺设计、焊接工艺认可、结构装配与焊接、焊接检验等相关工作。当其他机构从事上述桥梁相关业务时，也可参考本指南的相关要求。

1.1.2.2 本指南适用于钢桥制造中常用的各种焊接方式，如手工电弧焊、埋弧焊、熔化极和非熔化极气体保护焊、气电立焊等。

1.1.2.3 本指南适用于钢桥结构的对接焊缝、全熔透或非全熔透的 T 型、L 型和十字型焊缝，以及填角焊缝。

### 1.1.3 其他

1.1.3.1 桥梁钢认证尚应符合本社相关认证程序的要求。

1.1.3.2 桥梁钢及焊接除应符合本指南外，还应符合我国相关法规、标准的要求。

### 1.1.4 定义

本指南有关定义如下：

(1) 检验机构：系指本社及其分支机构、直属公司。

(2) 检验人员：系指本社正式聘用的，从事于工业产品的审图、现场制造监督和生产过程质量控制的人员。

(3) 桥梁钢：系指符合本指南第 3 章相关技术要求的桥梁钢结构主体用钢。

### 1.1.5 对生产厂的一般要求

1.1.5.1 桥梁钢生产厂及钢桥制造厂应具备必要的生产和检测设备，其检测设备应经国家法定计量机构鉴定，并持有有效的鉴定证件，操作人员必须具备相应的资质。

1.1.5.2 桥梁钢生产厂及钢桥制造厂应具备完善的生产工艺及持续有效运行的质量保证体系。

1.1.5.3 申请本社进行桥梁钢产品认证的桥梁钢生产厂，应按本社产品认证规则的相关要求取得相应的认证资格。

### 1.1.6 人员资格

1.1.6.1 从事试验的人员应具有相关的专业知识，并适于岗位工作的要求。

1.1.6.2 从事与本指南相关工作的焊工应经相关基础知识培训，并按本指南或其他相关标准的要求在本社或其他权威机构的监督下，经考核合格。

1.1.6.3 持有合格证书的焊工，应在其合格证书规定的范围内进行相应的焊接工作。

1.1.6.4 从事焊接检验的人员应经专业基础知识培训，具有较丰富的焊接检验经验。

1.1.6.5 从事桥梁钢结构无损检测的人员应取得本社或相关专业认证机构颁发的Ⅱ级及以上无损检测资质。

#### 1.1.7 试验室与试验装置

1.1.7.1 进行化学成分分析、力学性能试验及其他需要计量试验的试验室应满足试验室计量认证要求。与此相关的试验装置至少每年一次由公认的权威机构或组织进行校核，被检验的试验机应能溯源到国家计量基准。

1.1.7.2 进行认可试验的试验室应配备足够的设备和称职的人员，试验装置应保持良好的状态，满足使用要求。

## 第2章 材料的性能试验

### 第1节 一般规定

#### 2.1.1 适用范围

2.1.1.1 本章规定适用于桥梁钢的常规力学性能试验。本章规定以外的试验，可按本社《材料与焊接规范》中有关规定或其他公认的有关标准执行。

#### 2.1.2 试验材料

2.1.2.1 试验材料是材料中用于制备试样的部分材料。除另有规定外，所有试验材料应由检验人员选定。

选择试验材料时，应尽可能使它们对材料的质量具有代表性。

2.1.2.2 如果某种处理（如热处理等）会影响材料性能时，试验材料应与原材料经受完全相同的处理。

#### 2.1.3 试样的制备及试验方法

2.1.3.1 试样制备的方式不应影响原材料的性能。当制备轧材的试样时，应尽可能保留原轧制面，或尽量接近原轧制面并在钢板宽度 1/4 处截取拉伸、弯曲及冲击试样。

2.1.3.2 截取试样时，若采用剪切或火焰切割方法，则应留有足够的加工余量以消除受影响的区域。

2.1.3.3 试样在矫直或机械加工时，不可经受过分的加热或冷变形。

#### 2.1.4 试验机

2.1.4.1 所有试验应由适任的试验人员操作。试验机应保持良好而准确的状态，并由本社承认的机构或标准计量单位按规定时间间隔进行校验。

2.1.4.2 试验机的校验应按本社接受的标准进行，校验的精度应能溯源到主管机关的基准。

2.1.4.3 拉伸试验的精度应在 1% 以内，冲击试验机的量值精度误差不超过 1%。

2.1.4.4 所有的校验记录应完整地保存在试验室内，以备检验人员随时核查。

#### 2.1.5 试样的作废

2.1.5.1 如果因试样制备不合要求或试验机操作不当而造成试验不合格时，可将该试样作废，并由与原试样纵向相邻部位的原材料上制备的新试样来代替。

2.1.5.2 拉伸试验时，如断裂处与最近的标距标记之间的距离小于标距长度的 1/3，且达不到规定的最小伸长率时，该试样应予作废，并重新取样进行试验。

#### 2.1.6 试验温度

2.1.6.1 除冲击试验外，如无特殊规定，力学性能试验与工艺性能试验应在室温（10℃～35℃）下进行。

#### 2.1.7 复验

2.1.7.1 除冲击试验外，当任何一项力学性能试验结果不符合要求时，对不合格的项目可再取 2 倍数量的试样进行复试。复试结果均合格，则该批钢材可以验收。

2.1.7.2 当 1 组 3 个冲击试样所得结果不符合规定时，只要低于规定值的单值不超过 2

个，且最多只有 1 个单值低于规定值的 70%，则可再取 1 组 3 个冲击试样进行附加试验。附加试验所得结果应与原来的结果合在一起平均，只有当新的平均值不低于规定值、而这 6 个参与平均的单值中，低于规定值的单值不超过 2 个、且最多只有 1 个单值低于规定值的 70%时，该批钢材方可验收。

2.1.7.3 复试和附加试验的试样，应从接近原先取样部位的钢材上截取。

2.1.7.4 当一批钢材被拒收时，该批钢材中未做试验的单件仍可逐件重新提交试验，试验结果合格者，仍可逐件验收。

2.1.7.5 力学性能试验不合格而不能验收的钢材可在进行热处理后再重新提交全部项目进行复试，复试合格者仍可验收，但应在质量保证书中注明供货状态。复试仍不合格者，则该批钢材不再提交验收。

## 第2节 拉伸试验

### 2.2.1 一般规定

2.2.1.1 钢材的抗拉强度、屈服强度、伸长率等力学性能应由拉伸试验测定。

### 2.2.2 试样

2.2.2.1 拉伸试样截取位置见图 2.2.2.1。

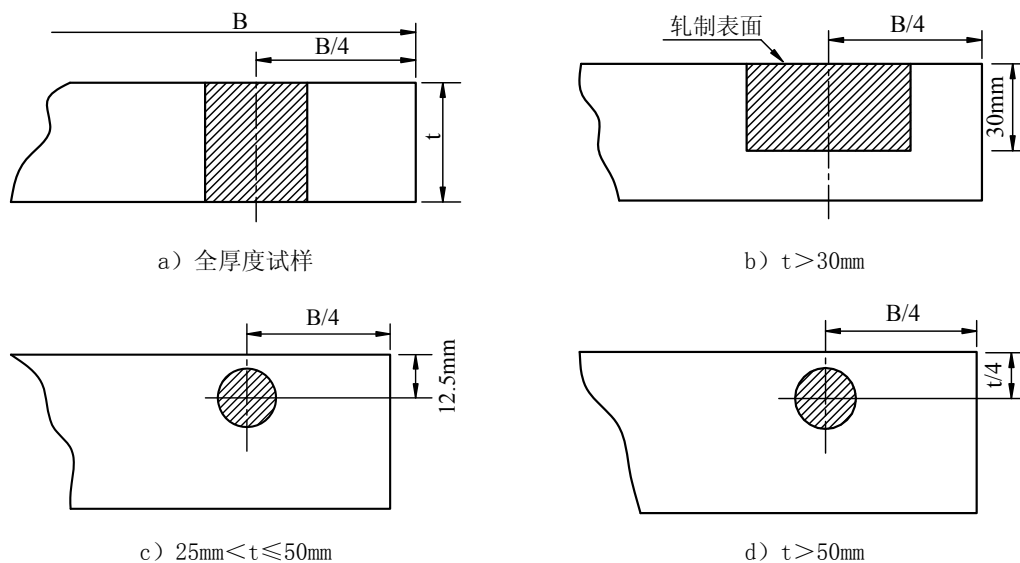


图 2.2.2.1

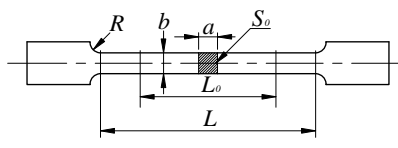
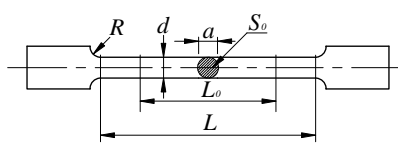
注：① 对于纵轧钢板，当产品标准没有规定取样方向时，应在 $\leq$ 板宽 B 的 1/4 处截取横向试样，如钢板宽度不足，试样中心可以内移。

② 当机加工和试验机能力允许时，按 a) 取样。

2.2.2.2 拉伸试样的形状和尺寸应符合表 2.2.2.2 的规定。试样端部可加工成适宜于试验机夹头夹持的形状。

拉伸试样的形状和尺寸

表 2.2.2.2

	试样形状	试样尺寸, mm
1	板状试样 	比例试样: $a = t, b = 25, R = 25$ $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ $L = L_a + 2\sqrt{S_0}$
		非比例试样: $a = t, b = 25, R = 25$ $L_0 = 200\text{mm}, L \geq 215$
2	圆形试样 	比例试样: $d = 10 \sim 20$ (优选 14) $L_0 = 5d$ $L = L_0 + 0.5d$ $R \geq 10$

表中:  $L_0$ ——标距长度, mm;

$L$ ——试样平行段的平行长度, mm。

注: ①对于全厚度试样, 若试验机能力不足, 可对一个轧制面进行加工, 将厚度减薄至不低于 20mm。当钢板厚度大于 40mm 时, 取序号 2 的圆形试样。

②除表中所规定的试样外, 亦可采用经本社同意的其他试样。

2.2.2.3 通常应优先选用标距长度  $L_0$  等于  $5.56\sqrt{S_0}$  或  $5d$  的比例试样, 且  $L_0$  应不小于 20mm。当试样截面太小, 可选用  $L_0$  等于  $11.3\sqrt{S_0}$  或  $10d$  的比例试样, 或采用非比例试样。试样的实际标距长度可圆整为 5mm 的整数倍, 但与理论值之差应小于  $\pm 10\%$ , 取与标准值之差较小者。

2.2.2.4 拉伸试样经机械加工后, 其表面光洁度和形位公差应符合有关公认标准的要求。

### 2.2.3 试验

2.2.3.1 在室温下进行拉伸试验时, 应符合 2.2.3.2~2.2.3.4 的规定:

2.2.3.2 测定金属材料的屈服强度或规定非比例延伸强度时, 在弹性变形直至明显屈服的区间内, 应力变化速率应控制在表 2.2.3.2 规定的范围内。

拉伸试验加载时应力变化速率

表 2.2.3.2

材料的弹性模量 E, N/mm <sup>2</sup>	应力变化速率, (N/mm <sup>2</sup> )/s	
	最小	最大
<150 000	2	20
≥150 000	6	60

2.2.3.3 碳钢、碳锰钢和合金钢产品，应测定下屈服强度  $R_{eL}$ ，当钢材的屈服现象不明显时，取材料在载荷作用下的规定非比例延伸长度为原始试样标距 0.2% 时所对应的强度  $R_{p0.2}$ 。

2.2.3.4 材料的规定非比例伸长应通过在精确的载荷-拉伸图上画一条与弹性变形的直线部分相距规定间距（用伸长计测得伸长为原标距长度的 0.2% 或 1.0% 时）的平行直线来确定。以此直线与载荷-拉伸图的塑性变形部分交点的载荷计算规定非比例伸长应力 ( $R_{p0.2}$  或  $R_{p1.0}$ )。

### 2.2.4 等效伸长率

2.2.4.1 当采用非标准比例试样时，为判定其断后伸长率是否符合相关规定，可将规定最小伸长率按下式换算成最小等效伸长率  $A_o$ ：

$$A_o = 2A_5 \left( \frac{\sqrt{S_o}}{L_o} \right)^{0.40}$$

式中： $A_5$ ——试样标距长度  $L_o$  为  $5.65\sqrt{S_o}$  或 5d 时的最小伸长率，%；

$S_o$ ——试样平行段的原始横截面面积，mm<sup>2</sup>；

$L_o$ ——试样的标距长度，mm。

试验时实际测得的伸长率应不小于最小等效伸长率。

2.2.4.2 上述换算关系仅适用于热轧、退火、正火或正火加回火状态且抗拉强度不超过 700N/mm<sup>2</sup> 的碳钢、碳锰钢和低合金钢。其他交货状态和抗拉强度超过 700N/mm<sup>2</sup> 的碳钢、碳锰钢和低合金钢，以及其他材料的最小等效伸长率，应按本社接受的方法另行计算。

## 第3节 冲击试验

### 2.3.1 一般规定

2.3.1.1 应制备 1 组 3 个冲击试样，冲击功按 3 个试样的平均值计算，其平均冲击功应符合各钢级的有关规定。

### 2.3.2 试样

2.3.2.1 冲击试样应为夏比 V 型缺口，如图 2.3.2.1 所示。其尺寸和公差应符合表 2.3.2.1 的规定。

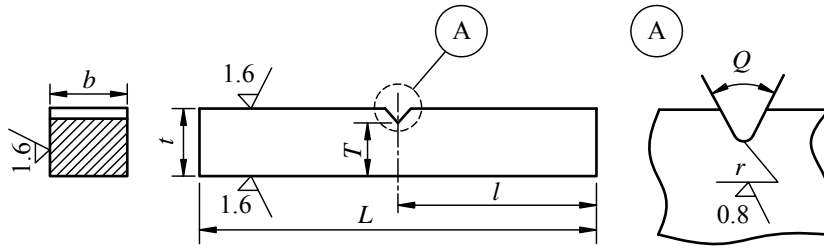


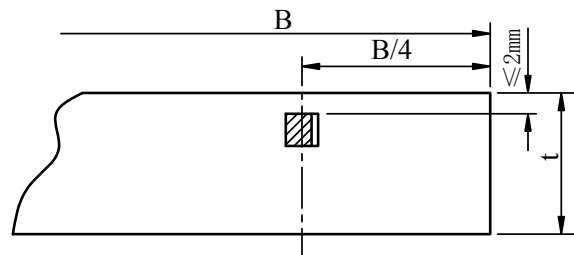
图 2.3.2.1

冲击试样的尺寸

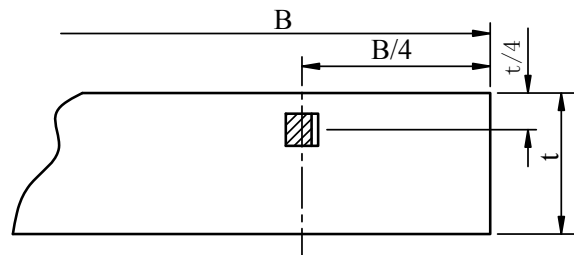
表 2.3.2.1

名称		符号	夏比 V 型缺口试样	
			公称尺寸	偏差
长度, mm		$L$	55	$\pm 0.60$
宽度, mm	标准试样	$b$	10	$\pm 0.11$
	标准辅助试样	$b$	7.5	$\pm 0.11$
		$b$	5	$\pm 0.06$
厚度, mm		$t$	10	$\pm 0.06$
缺口角度, °		$Q$	45	$\pm 2$
缺口以下的厚度, mm		$T$	8	$\pm 0.06$
缺口根部半径, mm		$r$	0.25	$\pm 0.025$
试样端部至缺口中心距离, mm		$l$	27.5	$\pm 0.42$
缺口对称面与试样纵向轴线间的角度, °		-	90	$\pm 2$

2.3.2.2 试样通常为近表面试样，其缺口应垂直于原轧制面，开槽位置距离火焰切割或剪切边应不小于 25mm。在钢板上截取试样的位置见图 2.3.2.2。



a) 对于  $t \leq 50\text{mm}$



b) 对于  $t > 50\text{mm}$

图 2.3.2.2

2.3.2.3 对于厚度小于 10mm 的材料，应制成尽可能大的标准辅助试样，缺口方向应垂直于轧制面。标准辅助试样的宽度及其与标准试样冲击功的换算关系如表 2.3.2.3 所示。对于公称厚度在 6mm 以下的材料，一般不要求进行冲击试验。

换算关系

表 2.3.2.3

标准辅助冲击试样的宽度, mm	与标准试样冲击能量的换算系数
7.5	75%
5	50%

### 2.3.3 试验

2.3.3.1 所有冲击试验应在经本社承认的计量机构检测合格的冲击试验机上进行，冲击试验机的规格应符合表 2.3.3.1 的规定。

冲击试验机的规格

表 2.3.3.1

试验机的最大冲击能量, J	≥150 (最大 300)
支架间的距离, mm	40 <sup>+0.5</sup> <sub>-0</sub>
支架的曲率半径, mm	1.0~1.5
支架的锥度,	1:5
摆锤顶角度, °	30±1
摆锤顶端曲率半径, mm	1.0~2.5
摆锤瞬间冲击速度, m/s	4.5~7.0

2.3.3.2 冲击试验应在规定的温度下进行。试验温度不是室温时，应对试样温度进行严格控制。试样应在规定温度的环境下保持至少 5min，并在取出后 5s 之内进行冲击，以保证断裂的瞬间，试样的温度在规定的温度±2℃的范围之内。

## 第4节 弯曲试验

### 2.4.1 一般规定

2.4.1.1 为了检验金属材料的弯曲性能和冶金缺陷需进行弯曲试验。试验时，将试样放在试验机上，以符合要求的压头直径  $D$  和弯曲角度  $\alpha$  在室温下缓慢地加载弯曲。试验后，用肉眼或用 5 倍放大镜检查试样弯曲部分外侧有无裂纹或起层等缺陷。

### 2.4.2 试样

2.4.2.1 弯曲试样的尺寸应符合表 2.4.2.1 的规定。

弯曲试样的尺寸

表 2.4.2.1

试样尺寸, mm				适用材料
试样厚度 $t$	试样宽度 $b$	试样长度 $L$	倒角	
$t_m$	$b=30\text{mm}$	$5t+150\text{mm}$	试样的拉伸面两侧允许倒角 $1\sim 2\text{mm}$ 。	板材

表中  $t_m$  为材料的厚度, 并可根据本节 2.4.2.2 的规定减薄。

2.4.2.2 试样应尽量保留材料原轧制面, 当机加工和试验机能力允许时, 应制备全截面或全厚度试样。当受试验机能力限制时, 可将试样受压面机加工减薄至  $25\text{mm}$ , 而试样受拉面应为材料原轧制面。

2.4.2.3 当要求取一个以上试样时, 可在规定位置相邻处取样。

## 第5节 Z向拉伸试验

### 2.5.1 一般规定

2.5.1.1 Z向拉伸试验是通过板厚方向的拉伸试验所测定的断面收缩率  $Z_z$ , 以检验与评定钢板的抗层状撕裂性能和冶金缺陷。

### 2.5.2 试样的截取和制备

2.5.2.1 Z向钢板沿板厚方向的拉伸试样的截取位置和数量规定如下:

(1) 应从板宽  $B$  的  $1/2$  处截取  $200\text{mm}\times 300\text{mm}$  试板一块, 制备 6 个试样, 3 个做常规试验, 3 个备用(做可能进行的附加试验), 如图 2.5.2.1 所示;

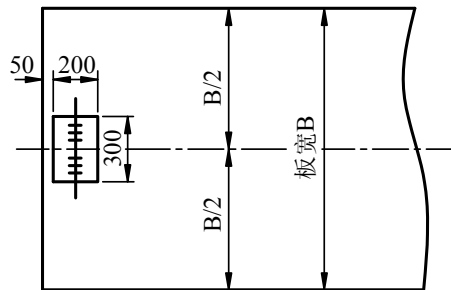


图 2.5.2.1

(2) 如果板重超过  $20t$ , 则应从其另一端再制备 6 个试样, 进行同样的试验。

### 2.5.2.2 板厚方向拉伸试样的制备:

(1) 当板厚  $t\leq 20\text{mm}$  以下时, 为使试样具有足够的标距长度, 应在试板的两面焊上凸块, 以供加工试样的夹持部分;  $20\text{mm}\leq t\leq 80\text{mm}$  时, 可选择是否焊接凸块; 凸块应采用厚度适当、抗拉强度不低于试板的板材制成; 凸块和试板的焊接应采用摩擦焊焊接, 以减小焊接对试板的影响, 如图 2.5.2.2(1) 所示;

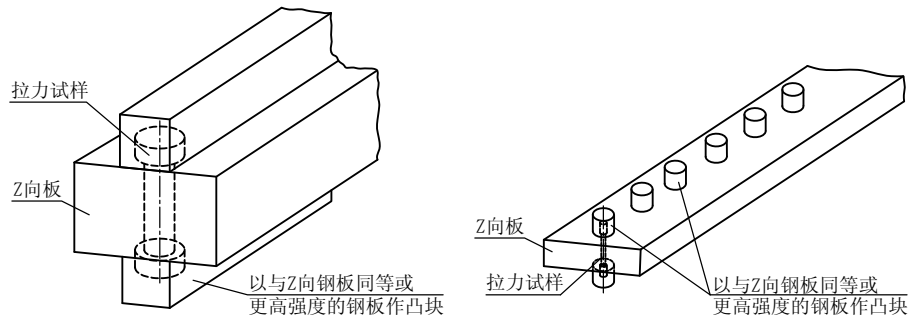


图 2.5.2.2 (1)

- (2) 当板厚  $t$  等于或大于 80mm 时，板厚方向试样可按板厚加工，不必另外焊接凸块；  
 (3) 板厚方向试样的形状、尺寸和加工要求应符合图 2.5.2.2 (3) 的规定。

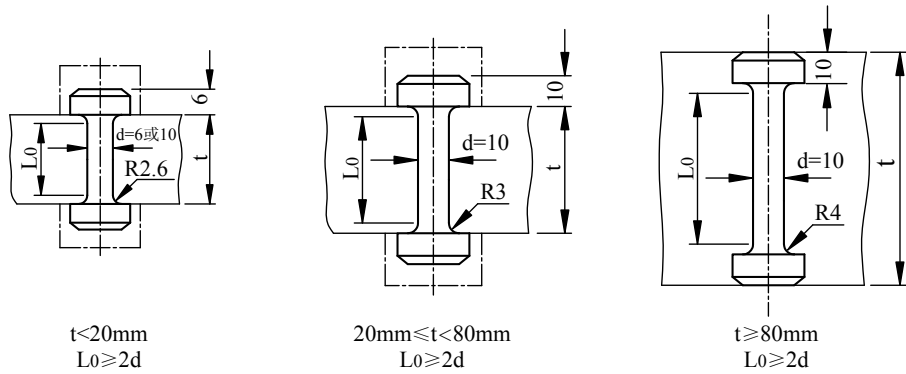


图 2.5.2.2 (3)

### 2.5.3 试验

2.5.3.1 板厚方向拉伸试验按一般拉伸试验方法进行。其断面收缩率  $Z_z$  是指拉伸试验后，试样断面面积的变化量与原始断面面积  $S_o$  比值的百分数：

$$Z_z = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100\%$$

式中： $S_o$ ——试样的原始横截面面积， $\text{mm}^2$ ；

$S$ ——拉断后试样的断面面积， $\text{mm}^2$ ，通常呈椭圆形，应沿断面相互垂直的方向测量断面直径  $D_1$  和  $D_2$ ，并按下式计算：

$$S = \frac{\pi}{4} \left( \frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2$$

## 第3章 桥梁钢技术要求

### 第1节 一般规定

#### 3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章规定适用于桥梁结构用钢板、扁钢及型钢。

3.1.1.2 经使用单位同意而使用不同于本章规定的非桥梁专用钢材时，应经过相关试验验证后方可使用，并保存相关技术资料备查。

#### 3.1.2 外观检查 and 无损检测

3.1.2.1 发货之前，钢厂应对所有钢材进行外观检查及外形尺寸校核。钢材的长度、宽度、板形和厚度正负偏差应符合国家标准或国际标准的规定。

3.1.2.2 除另有规定外，厚度大于 20mm 的钢板应每张进行超声波检测，检测级别应不低于 GB/T2970 的 II 级或订货方可接受的标准等级。

#### 3.1.3 表面质量

3.1.3.1 钢材表面不应有气泡、结疤、裂纹、折叠、夹杂和压入氧化皮等影响使用的有害缺陷。钢材不应有目视可见的分层。

3.1.3.2 钢材的表面允许有不妨碍检查表面缺陷的薄层氧化铁皮、铁锈及由于压入氧化铁皮和轧辊所造成的不明显的粗糙、网纹、划痕及其他局部缺陷，但其深度不应大于钢材厚度的公差之半，并应保证钢材允许的最小厚度。

3.1.3.3 钢材的表面缺陷允许用修磨等方法清除，清理处应平滑无棱角，清理深度不应大于钢材厚度的负偏差，并应保证钢材允许的最小厚度。

3.1.3.4 经供需双方协商，钢材表面质量可执行 GB/T14977 的规定。

#### 3.1.4 厚度公差

3.1.4.1 钢板的厚度公差应符合 GB/T709《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》的规定。

#### 3.1.5 缺陷的修整

3.1.5.1 桥梁结构用钢表面缺陷可采用局部打磨方法予以消除，但修整后任何部位的厚度应不小于公称厚度的 93%，且减薄量应不大于 3mm，修整后表面应光洁平顺。

3.1.5.2 不能按 3.1.5.1 规定处理的表面缺陷，可用铲削或打磨后进行焊补的方法予以修整，但应符合下列要求：

(1) 在缺陷消除后和焊补前，单件钢材任何部位的厚度减薄应不大于钢材公称厚度的 20%；

(2) 对已修整区域应进行适当的无损检测，以证明缺陷已被消除；

(3) 应由具有适当资格的焊工用认可的焊接材料按认可的焊接工艺进行焊补。焊补后，被修补部位应打磨光滑，并进行无损检测，以证明焊补质量合格；

(4) 如有要求，钢材应在焊补和打磨后进行正火或其它适当的热处理。

### 第2节 桥梁结构用钢

### 3.2.1 化学成分

3.2.1.1 钢材的熔炼化学成分应符合表 3.2.1.1 的规定。

钢材的化学成分

表 3.2.1.1

钢级		B24	D24	E24	B35	D35	E35	B38	D38	E38	B43	D43	E43	
		Q235qC	Q235qD	Q235qE	Q345qC	Q345qD	Q345qE	Q370qC	Q370qD	Q370qE	Q420qC	Q420qD	Q420qE	
化学成分，%	C	≤0.17			≤0.20	≤0.18			≤0.18			≤0.18		
	Si	≤0.35			≤0.55			≤0.55			≤0.55			
	Mn	≤1.40			0.90~1.70			1.00~1.70			1.00~1.70			
	P	0.030	0.025	0.020	0.030	0.025	0.020	0.030	0.025	0.020	0.030	0.025	0.020	
	S	0.030	0.025	0.010	0.025	0.020	0.010	0.025	0.020	0.010	0.025	0.020	0.010	
	Nb	--			0.06			0.06			0.06			
	V	--			0.08			0.08			0.08			
	Ti	--			0.03			0.03			0.03			
	Cr	0.30			0.08			0.08			0.08			
	Ni	0.30			0.50			0.50			0.70			
	Cu	0.30			0.55			0.55			0.55			
	Mo	--			0.20			0.20			0.35			
	B	--			--			0.004			0.004			
	N	0.012			0.012			0.012			0.012			
Als	≥0.015			≥0.015			≥0.015			≥0.015				

注：① 酸溶铝 (Als) 可由总含铝量 (Al<sub>t</sub>) 代替，且不小于 0.020%。  
 ② 钢中固氮合金元素含量应在质量证明书中注明。  
 ③ 细化晶粒元素 Nb、V、Ti 可以单独加入或以任一组合形式加入。当单独加入时，其含量应符合表列值；若混合加入两种或两种以上时，总量不大于 0.12%。  
 ④ 在钢材的冶炼过程中添加的任何其他元素，应在材料证书注明。  
 ⑤ 钢材的成品化学成分允许偏差应符合 GB/T222 的规定。  
 ⑥ Q235qC、Q235qD、Q235qE、Q345qC、Q345qD、Q345qE、Q370qC、Q370qD、Q370qE、Q420qC、Q420qD、Q420qE 为 GB/T714 中牌号。

3.2.1.2 各牌号钢的碳当量 (CEV) 应符合表 3.2.1.2(1)、(2) 的规定。

(1) 钢材的碳当量 (CEV) 应由熔炼成分分析并按下式计算：

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (\%)$$

碳当量

表 3.2.1.2(1)

钢级	交货状态	碳当量 CEV/%	
		厚度 ≤ 50mm	厚度 > 50~100 mm
B35, D35, E35	热轧、控轧、正火/正火轧制	≤0.42	≤0.43
B38, D38, E38		≤0.43	≤0.44
B43, D43, E43		≤0.44	≤0.45

碳当量

表 3.2.1.2(2)

钢级	交货状态	碳当量 CEV/%	
		厚度≤50mm	厚度>50~100 mm
B35, D35, E35	热机械轧制 (TMCP)	≤0.38	≤0.40
B38, D38, E38		≤0.40	≤0.42
B43, D43, E43		≤0.44	≤0.46

(2) 当含碳量不大于 0.12% 时, 采用按下列公式计算出的冷裂纹敏感系数  $P_{CM}$  代替碳当量, 来衡量钢材的可焊性:

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (\%)$$

B43、D43、E43 按上式计算的出的  $P_{CM}$  值应不大于 0.20%。

### 3.2.2 冶炼方法

3.2.2.1 桥梁结构用钢由转炉或电炉冶炼, 并进行炉外精炼。

### 3.2.3 交货状态

3.2.3.1 钢材交货状态符合表 3.2.1.2(1)~(2) 的规定。

### 3.2.4 力学性能

3.2.4.1 钢材的力学性能应符合表 3.2.4.1 的规定或申请方可接受的标准的規定。

钢材力学性能和工艺性能

表 3.2.4.1

钢级	拉伸试验				夏比 V 型缺口冲击试验		180° 冷弯试验
	下屈服强度 $R_{eL}$ (N/mm <sup>2</sup> )		抗拉强度 $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	断后伸长 率 A (%)	温度 (°C)	冲击吸收能量 KV <sub>2</sub> /J	
	厚度/mm						
	≤50	>50~100	不小于		不小于		
B24	235	225	400	26	0	34	$D=2a^{\text{①}}$
D24					-20		
E24					-40		
B35	345	335	490	20	0	47	
D35					-20		
E35					-40		
B38	370	360	510	20	0	47	
D38					-20		
E38					-40		
B43	420	410	540	19	0	47	
D43					-20		
E43					-40		

- 注：①  $D$  为弯心半径， $a$  为试样厚度。
- ② 当屈服不明显时，可测量  $R_{p0.2}$  代替下屈服强度。
- ③ 钢板及钢带的拉伸试验取横向试样，型钢的拉伸试验取纵向试样。
- ④ 冲击试验取纵向试样。
- ⑤ 厚度不大于 16mm 的钢材，断后伸长率提高 1%（绝对值）。
- ⑥ 屈强比（ $R_{eH}/R_m$ ）应不大于 0.85。

### 第3节 桥梁用 Z 向钢

#### 3.3.1 一般规定

3.3.1.1 本节适用于因结构中承受厚度方向拉伸荷载而对钢材厚度方向有性能要求的厚度不小于 15mm 的板材与扁钢（简称 Z 向钢）。

3.3.1.2 Z 向钢是在某一等级结构钢（称为母级钢）的基础上，经过特殊处理（如钙处理、真空脱气、氩气搅拌等）和适当热处理的钢材。

3.3.1.3 Z 向钢根据厚度方向拉伸试样的断面收缩率的大小分为 Z15、Z25 和 Z35 三个级别。

#### 3.3.2 标记

3.3.2.1 Z 向钢的标记是在母级钢的标记后面加上 Z 向钢等级的后缀 Z15、Z25 或 Z35。

其中 Z 后面的数字为 Z 向钢规定最小厚度方向断面收缩率  $Z_z$  指标值。如 D35-Z35 表示具有最小厚度方向断面收缩率为 35% 的 D35 级桥梁结构用钢。

#### 3.3.3 化学成分

3.3.3.1 Z 向钢的化学成分除应符合母级钢规定外，其熔炼化学成分分析的硫含量应符合表 3.3.3.1 的规定。

Z 向钢硫含量规定

表 3.3.3.1

Z 向钢级别	Z15	Z25	Z35
硫含量/%	≤0.010	≤0.007	≤0.005

#### 3.3.4 力学性能

3.3.4.1 除其母级钢的力学性能试验外，Z 向钢的厚度方向力学性能可按批量进行验收。每批材料应是同一炉号、相近厚度（厚度差不超过 5mm），经过相同热处理规程。每批数量应符合表 3.3.4.1 的规定。

Z 向钢厚度方向力学性能试验的批量规定

表 3.3.4.1

产品硫含量	$S \geq 0.005\%$	$S < 0.005\%$
板材	每件	≤50t
厚度小于或等于 25mm 的宽扁钢	≤10t	≤50t
厚度大于 25mm 的宽扁钢	≤20t	≤50t

3.3.4.2 每批钢材选择有代表性的材料，按第 2 章第 5 节的要求截取试件，制备试样。

3.3.4.3 每批取 3 各试样进行拉伸试验。试验结果应符合如下规定：

(1) 对 Z15 级钢，3 个试样的厚度方向断面收缩率的平均值应不小于 15%，其中允许 1 个单值小于规定值，但不小于 10%；

(2) 对 Z25 级钢，3 个试样的厚度方向断面收缩率的平均值应不小于 25%，其中允许 1 个单值小于规定值，但不小于 15%；

(3) 对 Z35 级钢，3 个试样的厚度方向断面收缩率的平均值应不小于 35%，其中允许 1 个单值小于规定值，但不小于 25%。

3.3.4.4 试验时若发生试样断在焊缝或热影响区内，可将该试样及试验结果作废。再在原取样处制取新的试样来代替。

3.3.4.5 如 3 个试样的平均值低于规定值，或两个试样的单值低于规定平均值但均大于 3.3.4.3 中对最小单值的规定时，则应对备用的 3 个试样进行试验。新的试验结果应与原来的结果一起取平均值，其值应大于规定的最小平均值（如图 3.3.4.5 所示）。

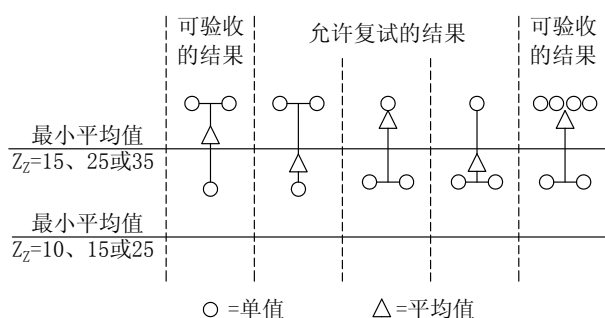


图 3.3.4.5 验收和复试的标准

3.3.4.6 若复试不合格，则该批钢材应予拒收。若制造厂有要求，可将该批的剩余材料逐渐按 3.3.4.3~3.3.4.5 的规定进行试验。符合要求的可以验收。

### 3.3.5 超声波检查

3.3.5.1 Z 向钢应以交货状态，按经公认的标准，逐张进行超声波检测。检测的范围如下：

- (1) 在钢板四周边缘宽度为 1.5 倍板厚，但不小于 100mm 的区域进行 100% 的检测；
- (2) 沿与钢板四周边平行，间隔为 100mm 的方格线进行连续检测。

## 第4章 桥梁钢产品认证

### 第1节 一般规定

#### 4.1.1 一般要求

4.1.1.1 申请本社进行桥梁钢产品认证时，应符合本章的规定。

#### 4.1.2 产品型式认证

4.1.2.1 桥梁钢生产厂申请本社进行产品认证时需对申请认证的产品进行型式试验和工厂审查，以证明其生产的钢材性能满足本指南的相关技术要求，并证明其有能力在大生产条件下提供大批量、质量稳定和合格的成品钢材。

4.1.2.2 已取得本社《产品型式认证证书》的生产厂，在申请我社桥梁钢产品出厂认证时，本社可考虑适当简化认证程序。

4.1.2.3 型式认证证书有效期一般不超过4年，在证书有效期内，本社需对企业证书保持能力进行年度复查。证书到期后，工厂应在有效期满前两个月申请本社换发新的认证证书。

4.1.2.4 在证书有效期内，如果出现可能取消认证证书的情况，工厂应及时采取有效措施消除导致取消认可的原因，从而保持认证证书的有效性。

#### 4.1.3 产品认证

4.1.3.1 对于已取得型式认证证书的生产厂，其桥梁钢检验一般按**出厂认证**要求进行。对未取得型式认证证书的生产厂，其桥梁钢检验应按**制造认证**要求进行。

4.1.3.2 出厂认证和制造认证的具体要求应符合本章第3节的相关要求。

#### 4.1.4 批量检验原则

4.1.4.1 应以同一炉罐号、同一钢种、同一轧制制度及热处理制度、规格相近（对于钢板厚度相差不超过10mm）、重量不超过60t的钢材为一批，提交批量检验。

4.1.4.2 每一批次应取拉伸、冷弯试样各1个，冲击试样1组进行力学性能试验。

4.1.4.3 化学成分分析试样每炉罐1个。

4.1.4.4 外观尺寸及表面质量检验应逐件进行。

4.1.4.5 合同有要求时，超声波检测应逐件进行。

### 第2节 产品型式认证

#### 4.2.1 认可申请

4.2.1.1 在满足本指南1.1.5条相关要求的前提下，桥梁钢生产厂在已建立质量保证体系并认证合格后，可申请本社进行产品型式认证。

4.2.1.2 桥梁钢生产厂若欲取得本社颁发的《产品型式认证证书》，须向本社提交书面申请，并同时出示所在地政府所要求的相关法定文件，如营业执照、法人代码证、生产许可证等。

4.2.1.3 申请资料应注明申请认可的品种、规格尺寸、制造方法、交货状态等，具体要求应执行我社《桥梁钢产品认证规则》。

#### 4.2.2 技术、质量管理文件的审查及现场考查

4.2.2.1 桥梁钢生产厂须向本社提交下列资料及信息：

- (1) 炼钢原料的情况;
- (2) 冶炼过程的主要设备及参数, 如铁水预处理装置、炼钢炉、精炼炉(包括真空处理装置)等;
- (3) 浇注过程的主要设备及参数, 如连铸机等;
- (4) 钢锭/连铸坯的规格尺寸;
- (5) 钢坯加热炉的情况;
- (6) 轧机的主要参数, 包括高压水除鳞装置、自动厚度控制装置等情况;
- (7) 轧后在线加速冷却装置(Acc)、淬火机, 以及热处理炉的情况及主要参数;
- (8) 切割、矫直、平整等装置的情况;
- (9) 在线或离线超声波检测的情况;
- (10) 钢材的成分设计;
- (11) 钢材的冶炼工艺;
- (12) 钢材的轧制工艺;
- (13) 钢材的热处理工艺;
- (14) 与钢材质量控制相关的质量管理文件。

4.2.2.2 一般情况下, 本社产品评审员应在审查上述资料后(或过程中)对现场进行工厂审查, 以确认其工厂产品质量保证能力的符合性、有效性。

#### 4.2.3 型式试验

4.2.3.1 在同意受理认证申请后, 本社将根据申请认证的品种、规格尺寸、制造方法、交货状态以及工厂生产过程的具体情况, 制订型式试验大纲, 并据此进行型式试验(试验应在经国家认可的检测试验机构并获得本社资质认定的试验室中进行)。试验大纲也可由工厂制订后提交本社批准。

4.2.3.2 试验大纲的主要内容包括:

(1) 试验对象的选取: 每一钢级选取一炉轧制成(申请认可的)最大规格以及中间规格各一件, 供认可试验用。对于钢板, 应头尾取样, 试样的轴线应位于 1/4 板宽处, 拉伸和系列温度冲击试验须纵横向取样。具体根据情况而定, 或按本社接受的相关标准取样。

(2) 试验内容:

1) 化学成分分析;

包括 C、Si、Mn、P、S、Al(s)、Cr、Ni、Mo、Cu、Nb、V、Ti、N、H、O 等。

2) 拉伸试验;

3) 冷弯试验;

4) 系列温度冲击试验;

冲击温度为 20℃、0℃、-20℃、-40℃、-60℃, 须测定结晶状断口百分比和侧膨胀率, 绘出曲线, 确定韧脆转变温度。

5) 落锤试验(需要时);

6) 金相;

测定实际晶粒度, 并提供 100× 和 500× 金相照片。

7) 硫印或低倍检查;

板坯(方坯)硫印及成品硫印。

8) 超声波检测;

9) Z 向性能试验(需要时);

10) 焊接性能试验(非焊接钢种除外);

包括焊接接头力学性能试验、焊缝横截面硬度试验以及最大硬度试验。焊接方式包括手

工焊和埋弧自动焊。

11) 其他项目：如耐大气腐蚀性能、抗疲劳性能等，必要时应作为试验项目，或由工厂提交权威性的报告。

#### 4.2.3.3 试验结果

(1) 认可试验的结果应提交本社进行分析，以形成对工厂制造水平的综合评价。

(2) 如果某项试验结果不满意，本社可根据具体情况（即不满意项目的重要程度、产生原因等）决定不予接受，或要求对不满意部分重试，结果满意后再予接受，或有条件给予接受，而将不满意部分作为以后生产检验过程中的需改进的观察项。

#### 4.2.4 试验室的资质认定

4.2.4.1 工厂的试验室的资质认定是确认工厂对桥梁钢产品出厂试验的能力符合性。认定工作可以随工厂审查同时进行。

4.2.4.2 试验室须提交计量资质证书、试验设备计量合格证、试验人员适任证书以及试验室管理制度（包括保证设备、人员有效性的制度，以及试样标识、加工，试验记录保存、试验报告发放等制度）供本社审核，并结合现场审查合格后，可取得本社的资格认定。

#### 4.2.5 证书颁发

4.2.5.1 在对工厂审查（技术、质量管理文件的审查、现场考查）以及型式试验结果均满意后，本社将向申请认可的工厂颁发《产品型式认证证书》，并根据工厂的生产水平以及质量保证体系的运行情况，确定获证后的产品监督办法。

### 第3节 出厂认证和制造认证

#### 4.3.1 产品认证方法

4.3.1.1 为保证工厂能在大生产条件下稳定地提供合格的成品，本社将根据工厂需求和生产水平以及质量保证体系能力，采用下列方法之一进行桥梁钢的产品认证：

(1) 出厂认证：工厂在获得我社产品型式认证证书后，可向本社提交产品出厂认证申请，本社将派产品评审员对成品进行出厂前的检验，内容包括监督成品取样、审核化学成分、见证力学性能试验、监督超声波检测、外观质量抽查等。在产品认证合格后由产品评审员签发本社产品认证证书，或在工厂质量证书上进行签署。

(2) 制造检验：工厂未获得我社产品型式认证证书，若需要申请产品认证，在组织生产之前，应向本社提交申请，本社将派产品评审员对生产全过程（包括冶炼、轧制以及过程检验、最终检验和型式试验等过程）进行全面或重点监控，以确保生产工艺及最终成品均满足相关要求。在各项目合格后，经我社认证公司批准，由产品评审员签发本社产品认证证书，或在工厂质量证书上进行签署。

#### 4.3.2 制造检验

4.3.2.1 全程跟踪监督转炉或电炉冶炼、炉外精炼（包括真空处理）、连铸或模注、轧制等生产过程以及探伤、尺寸及外观质量检查、取样、试样加工、力学性能试验等检验过程，并通过核查记录的方式监督板坯加热、钢板热处理过程。对生产过程主要是监督工艺的执行情况，并记录关键工艺参数，如出钢温度、真空脱氧时间及真空度、板坯加热温度、轧制温度（包括开轧、终轧温度等）、压下量、控冷温度、热处理温度及时间等等。对于一些自动化程度较高的过程可以通过调取和审查计算机记录的方式实施监督。在探伤以及外观检查过

程中所发现的偶然性缺陷可以按常规方法修复或判废，如发现工艺性缺陷，则应立即停止生产，待产生缺陷的因素消除后再重新生产。取样及试样加工过程可以通过“转钢印”的方式予以监督。力学性能试验应在产品评审员在场的情况下进行，试验设备和人员都应具有合格的证明（探伤人员也应持证），试验记录需经产品评审员签字确认。

4.3.2.2 各项检验均合格后，由将相关资料报我社认证公司批准，产品评审员签发本社产品证书，或在工厂质量证书上进行签署。

### 4.3.3 出厂认证

4.3.3.1 根据工厂申请的钢材级别和数量，依据国家桥梁钢技术标准，主要过程包括监督取样和试样加工等过程、见证力学性能试验、抽查探伤和尺寸/外观。检验合格后由产品评审员签发本社产品证书，或在工厂质量证书上进行签署。

4.3.3.2 必要时，产品评审员可以审查生产记录以核查工艺执行情况。

4.3.3.3 探伤和尺寸/外观检查也是随生产流程完成的，对这部分抽查可动态管理，即第一次抽查合格率高，则下次可以降低抽查比例，反之则加大比例。

## 附录 I 型式试验及结果评价

I.1 型式试验的目的是通过对典型产品较为全面的试验，考查工厂大生产条件下桥梁钢的制造水平。因此，对典型产品的选取，要求每个钢级应选取一个最大厚度的规格作为试验对象（特殊情况下可允许用接近最大厚度的规格），同一强度级别中可用韧性级别较高的品种代表韧性级别较低品种，如 E 级可代表 B、D 级。试验钢的生产应按提交认可的工艺正常进行，使其尽量接近大生产条件。

### I.2 试验结果评价

I.2.1 化学成分决定钢板的组织和性能，它直接取决于钢厂的冶炼水平。衡量一个厂冶炼水平的高低，应该看其对化学成分的控制（包括目标值的命中率、成分的稳定性等）以及钢水纯净度的水平（P、S 及其他杂质含量，气体以及夹杂物含量）等。目前国内桥梁钢的水平可以达到平均 S 含量低于 0.007%，P 含量低于 0.015%，N 约 60ppm，O 在 10ppm 以上，H 低于 2ppm。为了提高焊接性能，在成分设计时（在保证强度的前提下）尽可能降低 C 含量和碳当量  $C_{eq}$ （有时用  $P_{cm}$ ），同时广泛采用微合金化、控轧、正火、控轧控冷（TMCP）等手段，保证钢板具有良好的组织和综合力学性能、以及良好的焊接性能。

I.2.2 强度是桥梁结构设计的基础，拉伸试验测定的强度指标必须满足最低要求，同时根据桥梁钢的使用特点，要求纵横向拉伸结果差异不能过大，屈强比不大于 0.85。在强度满足要求的前提下，塑性指标越高越好。

I.2.3 冷弯试验能够直接反映钢板的塑性以及冶金质量的水平。

I.2.4 系列冲击试验是反映钢板韧性、尤其是低温冲击韧性的直观手段，同时，通过结晶状断口百分比以及冲击功曲线还可以判定钢板的韧脆转变温度。认可试验的冲击结果不仅要高于本指南要求，而且还要求每一钢种的韧脆转变温度都应低于该钢种的服役温度，以保证钢板具有足够的韧性储备。目前国内桥梁钢的水平可以达到纵向 V 型缺口冲击功 200J 以上（服役温度），韧脆转变温度也远低于服役温度。

I.2.5 落锤试验测定的无塑性转变温度应低于钢板的服役温度。

I.2.6 金相组织应该细小均匀，实际晶粒度一般 8 级以上，同时不应有严重的带状组织和大量的片状夹杂物。

I.2.7 硫印能反映板坯和成品钢板的硫化物分布，由于目前国内桥梁钢的冶炼水平较高，硫含量很低，硫印照片基本如同“白纸”。

I.2.8 超声波探伤结果应满足本指南要求。

I.2.9 Z 向性能主要取决于钢的纯净度，特别是硫化物数量和分布，Z 向拉伸试验结果目前国内的水平可达到  $\alpha_z$  大于 50%。

I.2.10 焊接性能试验包括冷裂纹敏感性试验（如最高硬度试验等）和焊接接头力学性能试验。

I.2.11 由于日常大生产条件下产品的性能是有一定起伏的，所以在对型式试验结果进行评价时应考虑这一点，一般要求常规力学性能结果要具有一定富裕量，其大小可以通过工厂类似钢种的性能实绩来决定，如平时生产过程控制稳定，性能波动幅度较小，则富裕量要求可以小一些，反之则应该大一些。如果认可试验结果过于接近规范值，可以在观察一段时期后在决定是否给予正式认证。

# 第5章 焊缝的性能试验

## 第1节 一般规定

### 5.1.1 适用范围

5.1.1.1 本章适用于第6~8章对焊缝试验的方法。

### 5.1.2 取样

5.1.2.1 试验用试件的尺寸和试样的截取位置应符合第6~8章的有关规定。

5.1.2.2 截取试样时应留有适当的加工余量，以便去除影响试验结果的该部分金属。

5.1.2.3 若试样存在与焊接无关的缺陷时，允许将该试样作废，另取试样进行试验。

## 第2节 试样

### 5.2.1 试样的形状和尺寸

5.2.1.1 熔敷金属拉伸试样（焊缝纵向拉伸试样）的形状和尺寸按图5.2.1.1所示。

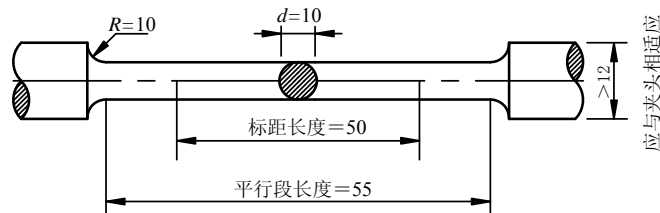
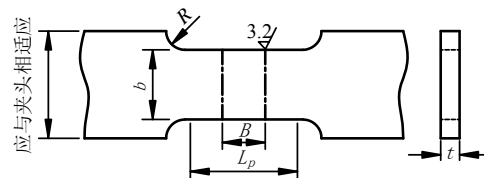


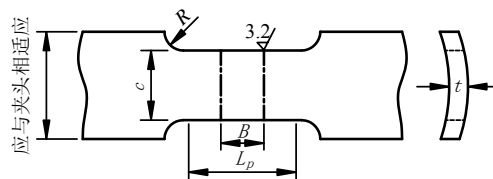
图 5.2.1.1

5.2.1.2 对接接头拉伸试样（焊缝横向拉伸试样）的形状和尺寸按图5.2.1.2(1)所示。焊缝上下表面应挫平、磨光或机加工至与母材表面齐平。

试样厚度一般应与焊接接头处母材的厚度相等。当要求进行全厚度（厚度超过30mm）试验时，可按图5.2.1.2(2)从接头截取若干个试样覆盖整个厚度，试样相对接头厚度的位置应做记录。当试样的破断力超过加载设备的能力时，可按图5.2.1.2(2)所示分成几个试样进行横向拉伸试验。每个试样的厚度不小于25mm。以各试样结果的算术平均值作为整个接头的试验结果。



a) 平板试样



b) 圆管试样

$B$ —焊缝宽度, mm;  $t$ —试样厚度, mm;  $b$ —板试样平行段宽度, 取 25mm (对  $t > 2\text{mm}$ ) 或 12mm (对  $t \leq 2\text{mm}$ );  
 $c$ —管试样平行段宽度, 对直径  $D \leq 50\text{mm}$  的管子取 6mm, 对直径  $50\text{mm} < D \leq 168\text{mm}$  取 12mm, 对直径  $D > 168\text{mm}$  取 25mm;  $L_p$ —试样平行段长度, 取  $B+60\text{mm}$ ;  $R$ —过渡圆弧半径, 大于 25mm。

图 5.2.1.2 (1)

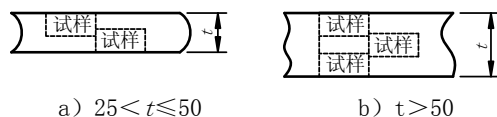
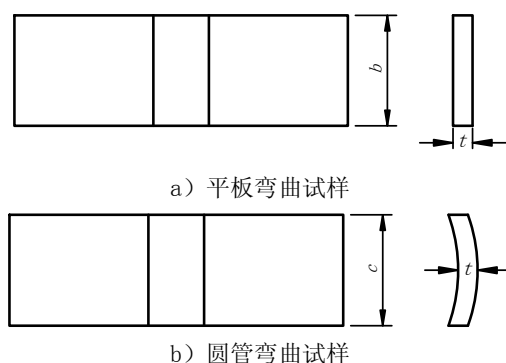


图 5.2.1.2 (2)

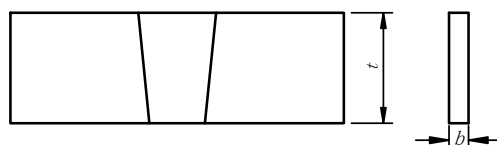
5.2.1.3 对接焊缝正反弯曲试样的形状和尺寸应按图 5.2.1.3 所示。焊缝的上下表面应挫平、磨光或机加工至与母材齐平。试样的受拉表面允许两边缘倒角 1~2mm。管试样可将受压表面机加工成为一个平面。



$t$ —试样厚度, 应为母材厚度, 当要求对整个厚度 (30mm 以上) 进行试验时, 可以截取若干个试样覆盖整个厚度, 在这种情况下, 试样在焊接接头厚度方向的位置应做标识;  $b$ —板试样宽度, 取 30cm;  $c$ —管试样宽度, 取  $t+0.1d$ , 但不小于 10mm, 也不大于 30mm。式中  $d$  为管试件的外径, mm。

图 5.2.1.3

5.2.1.4 对接焊缝侧弯试样的形状和尺寸应按图 5.2.1.4 所示。试样焊缝的上下表面应机加工至与母材表面齐平。试样的受拉表面允许两边缘倒角 1~2mm。



$t$ —试板厚度, mm。  $t$  应等于焊接接头处母材的厚度, 并且  $t \geq 1.5b$ , 当  $t$  大于 40mm 时, 可分为数个 20mm 到 40mm 的试样分别进行试验;  $b$ —试样厚度, 至少为  $10 \pm 0.5\text{mm}$ 。

图 5.2.1.4

5.2.1.5 焊缝冲击试样的形状和尺寸应按本章第 3 节对夏比 V 型缺口冲击试样的规定制备, V 型缺口的位置应符合本篇各章中的有关规定。除另有规定外, 试样的缺口应位于垂直于试板表面, 且垂直于焊缝轴线。

5.2.1.6 断面宏观检查试样是将试件垂直于焊缝断面, 再将接头处的断面磨光、抛光, 经酸洗后进行检查。

5.2.1.7 硬度试验的试样可按本节 5.2.1.6 宏观检查试样截取的方法截取, 并将接头处

断面磨平并抛光，进行硬度测试。

### 第3节 试验

#### 5.3.1 一般规定

5.3.1.1 拉伸试验和冲击试验应按第2章第2节和第3节有关规定进行。

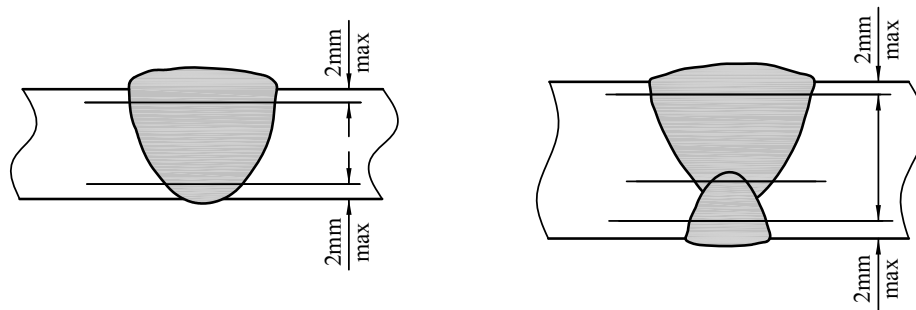
5.3.1.2 弯曲试验是在常温条件下，把一个规定直径的压头对准焊缝中心线，通过该压头使试样弯曲。正、反或侧弯试验是将焊缝的正、反或侧面分别置于受拉位置进行试验。焊缝弯曲试验的压头直径和试样的弯曲角度，除另有规定外，应符合表5.3.1.2的规定。

表 5.3.1.2

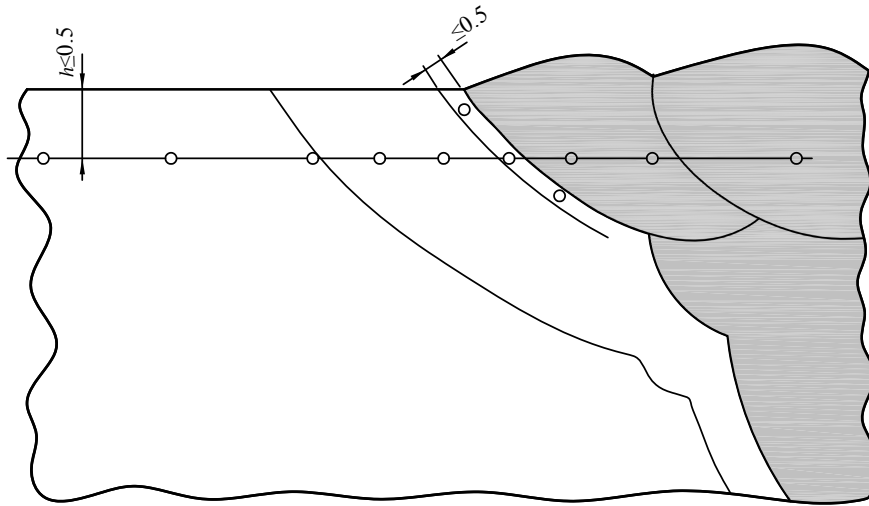
试验类别	试验材料强度 (N/mm <sup>2</sup> )	压头直径 $d$	弯曲角度 $a$
焊接材料认可试验	$R_{el} \leq 400$	$3t$	120°
	$400 < R_{el} \leq 500$	$4t$	
焊接工艺认可试验	$R_{el} \leq 400$	$4t$	180°
	$400 < R_{el} \leq 500$	$5t$	

注：表中  $t$  为试样的厚度。

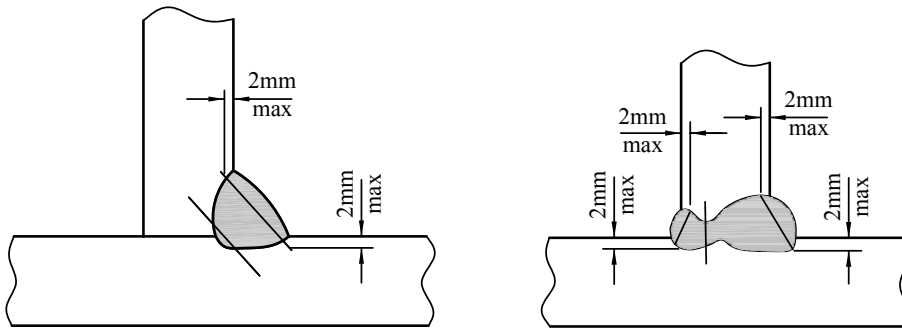
5.3.1.3 除另有规定外，硬度试验用维氏硬度计，通常施加 98N 力，沿图 5.3.1.3 所示的测试线测量。在焊缝、熔合线、热影响区和母材中的每个区域至少测 3 个点，测点的间距应使两测点间互不干扰。。



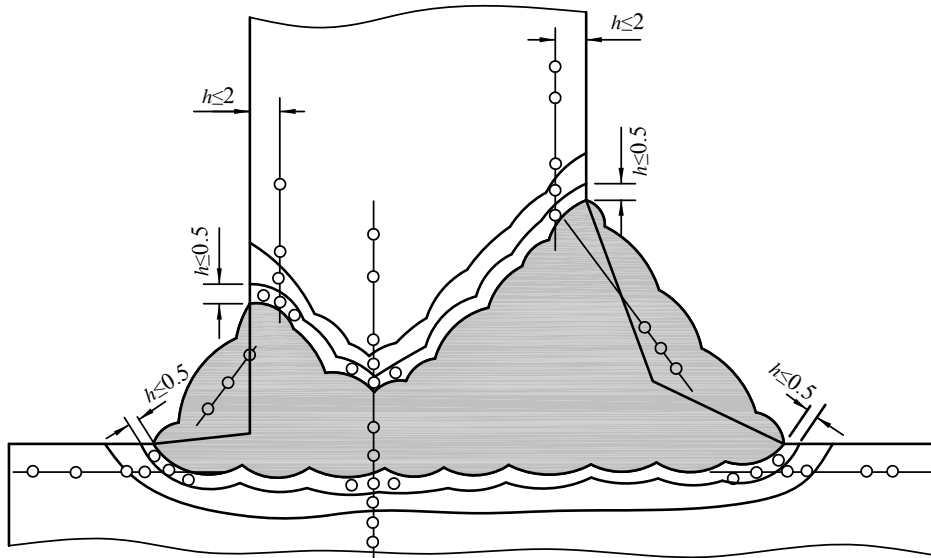
(1) 对接焊缝的硬度测试线



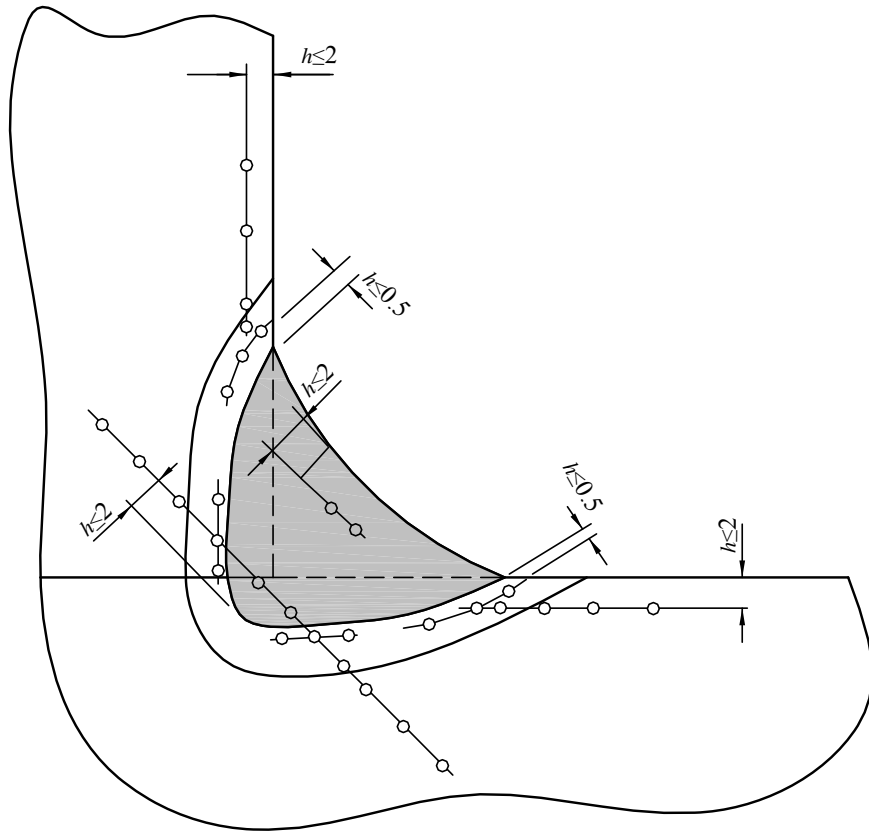
(2) 对接焊每个测点布置示例



(3) 角焊缝硬度测试线



(4) 全熔透角焊缝每个区域的测点布置示例



(5) 填角焊每个区域的测点布置示例

图 5.3.1.3

### 5.3.2 角焊缝破断试验

5.3.2.1 角焊缝破断试验是按图 5.3.2.1 所示，在腹板上加力，使焊缝根部受力、开裂。当难以折断时，允许在焊缝表面开槽，开槽深度不大于焊喉厚度的 20%。

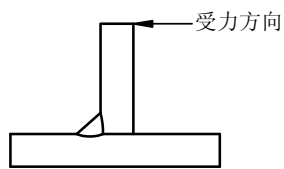


图 5.3.2.1

### 5.3.3 定位焊缝破断试验

5.3.3.1 定位焊缝破断试验按图 5.3.3.1 所示，定位焊试件的翼板和腹板放置于水平试验台上，在试件顶部加垂直向下的力，使焊缝根部受力开裂。

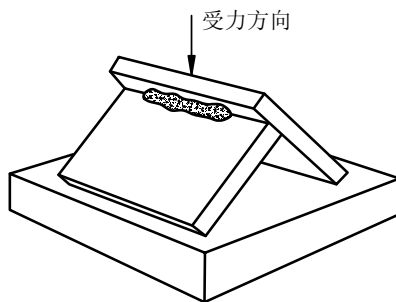


图 5.3.3.1

### 5.3.4 复试

5.3.4.1 复试应按 7.2.6 的要求执行。

## 第6章 焊接材料

### 第1节 一般规定

#### 6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用于本指南所规定的桥梁钢焊接所使用的焊条、焊丝和焊剂等焊接材料。

6.1.1.2 当使用本章规定以外的焊接材料时，应将有关技术资料提交审查，经相关试验验证后方可使用。

#### 6.1.2 替代方案

6.1.2.1 桥梁钢焊接材料如确不能按本章要求进行焊接材料认可时，经使用方同意，应至少满足 6.1.2.2 或 6.1.2.3 的要求。

6.1.2.2 桥梁钢焊接材料应至少提供本章要求各相关试验的试验报告。该试验报告中试验材料应与所选用的焊接材料类别、尺寸、牌号相同，且试验用焊接材料应与供货的材料制造工艺相同，该试验应在该材料使用前一年内进行。

6.1.2.3 主要构件的所有焊接材料应按本章要求进行批次试验，并提供试验报告。

#### 6.1.3 工厂认可

6.1.3.1 焊接材料一般应由认可的工厂制造，其制造焊接材料所用的金属材料通常也应经认可的制造厂提供。

6.1.3.2 焊接材料制造厂应具有良好的生产条件、成熟的制造工艺和完善的质量管理体系，以确保质量稳定、可靠。

6.1.3.3 桥梁钢结构制造厂一般应采用认可的焊接材料，以保证焊接材料的质量。

#### 6.1.4 认可试验

6.1.4.1 各种焊接材料，应按本章各节的有关规定进行认可试验。如协议规定，可根据实际情况增加认可试验的项目。

6.1.4.2 认可试验的试样、试验要求及复试条件，除本章另有规定外，应符合相关公认标准的有关规定。

6.1.4.3 认可试验时，试样的制备和试验均应在监督人员在场时进行。除熔敷金属的纵向拉伸试样外，试样焊后不得进行任何热处理。试件焊后建议进行无损探伤，以确定焊缝中不存在影响试验准确性的缺陷。

6.1.4.4 焊接材料制造厂应提交焊接材料的试验报告，试验报告应包括下列内容：

- (1) 试验日期、环境条件、焊接材料预处理状态；
- (2) 焊接材料认可等级、牌号、型号、尺寸；
- (3) 试板钢种、等级、力学性能、化学成分；
- (4) 焊接采用的电流、电压、焊接速度和设备型号；
- (5) 各项试验的结果。

6.1.4.5 各级焊接材料认可试验用的试板可根据表 6.1.4.5 选取。

6.1.4.6 桥梁钢试板的边缘可采用机加工或自动气割的方法加工。如采用自动气割时，则应清除留在坡口处的氧化物。

6.1.4.7 试验时所使用的焊接电流、电弧电压和焊接速度等应按焊接材料制造厂所推荐的参数进行。若一种焊接材料对交、直流电均适用时，则焊制试件时应采用交流电。

认可试验用钢材级别 表 6.1.4.5

焊接材料等级	试验用钢级别	焊接材料等级	试验用钢级别
2	B24	3Y	E35、E38
3	D24	2Y43	B43
1Y	B35、B38	3Y43	D43
2Y	D35、D38	4Y43	E43

### 6.1.5 认可保持

6.1.5.1 经认可的焊接材料应每年进行一次年度检查和试验，以继续保持该焊接材料的认可。

6.1.5.2 焊接材料制造厂若对已认可的焊接材料作制造工艺上的改动，应根据变动的情况确定认可是否继续保持或重新做认可试验。

### 6.1.6 标志和说明书

6.1.6.1 凡经本社认可的焊接材料，应在每盒或每包上明显地标上本社认可的标志。

6.1.6.2 对已认可的焊接材料应在每一包装盒中附上一份使用说明书。该说明书应包括制造厂对该焊接材料所推荐的贮存、焙烘和使用的参数。

## 第2节 焊接材料的性能

### 6.2.1 一般规定

6.2.1.1 桥梁结构钢焊接材料认可试验的力学性能和含氢量应符合本节规定。

6.2.1.2 除本节规定外，焊接材料还应按其用途分别按本章要求进行相关认可试验和年度试验。

### 6.2.2 焊接材料的力学性能

6.2.2.1 桥梁结构钢焊接材料按其屈服强度分为 4 个等级；各个等级按其缺口冲击韧性进一步分为若干个级别。各级焊接材料的表达方式如表 6.1.4.5。

6.2.2.2 对相同屈服强度等级的结构钢焊接材料，凡符合较高韧性级别要求者，可以认为该材料也符合较低级别的要求。

6.2.2.3 桥梁结构钢焊接材料的力学性能应符合表 6.2.2.3 的要求。

桥梁结构钢焊接材料的力学性能 表 6.2.2.3

焊接材料级别		2、3	1Y、2Y、3Y ①	2Y43、3Y43、4Y43	
熔敷金属试验	屈服强度 $R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	≥300	≥375	≥420	
	抗拉强度 $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	390~550	530~680	570~720	
	伸长率 $A_5$ (%)	≥22	≥22	≥22	
	夏比 V 型缺口冲击试验	②			
	试验温度 (°C)	②			
	平均冲击功 (J)	≥47 ③	≥47 ③	≥47	
对接焊接试验	接头抗拉强度 $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	≥390	≥530	≥570	
	夏比 V 型缺口冲击试验	②			
		试验温度 (°C)	②		
		平均冲击功 (J)	≥47 ④	≥47 ④	≥47
弯曲试验		试验后，试样表面上出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于 3mm。			

注：① 手工焊条应符合 2Y 级及以上要求。

② 1Y 级焊接材料的冲击试验温度为 20℃；

2、2Y、2Y43 级焊接材料的冲击试验温度为 0℃；

3Y、3Y43 级焊接材料的冲击试验温度为 -20℃；

4Y43 级焊接材料的冲击试验温度为 -40℃；

③ 自动焊熔敷金属冲击试验的平均冲击功，对  $R_{eH} < 400 \text{ N/mm}^2$  的焊接材料应不低于 34J；对  $R_{eH} \geq 400 \text{ N/mm}^2$  的焊接材料应不低于 39J。

④ 立焊及自动焊对接接头冲击试验的平均冲击功，对  $R_{eH} < 400 \text{ N/mm}^2$  的焊接材料应不低于 34J；对  $R_{eH} \geq 400 \text{ N/mm}^2$  的焊接材料应不低于 39J。

⑤ 当材料无明显屈点时，则应为规定非比例延伸强度。

### 6.2.3 焊接材料熔敷金属的含氢量

6.2.3.1 表 6.1.4.5 中桥梁钢焊接材料应按 6.2.3.2 要求进行测氢试验，并根据测氢量在其级别符号后加缀“H16”、“H8”或“H4”，以表示其符合测氢要求的低氢焊接材料。不同级别焊接材料的扩散氢含量应至少符合表 6.2.3.1。

焊接材料的含氢量要求 表 6.2.3.1

焊接材料等级	扩散氢含量 <sup>①</sup>
2、3	H16、H8、H4
1Y、2Y、3Y、2Y43、3Y43、4Y43	H8、H4

注：① 进行定位焊的手工电弧焊焊条的含氢量应至少为 H4。

6.2.3.2 熔敷金属的含氢量应按 6.3.6 或其他公认标准（如 ISO3690）的规定进行测定，后缀为“H16”、“H8”或“H4”的焊接材料其测氢试验测得的每 100 克熔敷金属的扩散氢平均含量应符合表 6.2.3.2 的规定。

扩散氢平均含量 表 6.2.3.2

含氢量等级	水银法（或色谱）	甘油法
H16	16cm <sup>3</sup>	8cm <sup>3</sup>
H8	8cm <sup>3</sup>	4cm <sup>3</sup>
H4	4cm <sup>3</sup>	

## 第 3 节 电弧焊焊条

### 6.3.1 一般要求

6.3.1.1 桥梁结构钢电弧焊焊条应按本节规定进行认可试验，认可试验的力学性能和测氢试验应符合本章第 2 节的要求。

6.3.1.2 凡利用自动重力式工具或类似的焊接工具所进行焊接的焊条，应根据制造厂推荐的工具和方法，参照普通手工焊条的要求进行各项试验。

### 6.3.2 试验项目

6.3.2.1 所有焊条均应进行熔敷金属试验。

6.3.2.2 焊条应按制造厂推荐的该类焊条的使用位置，如平焊、横焊、立焊（垂直上行焊或垂直下行焊）及仰焊位置，进行各位置的对接焊试验。

若焊条同时满足平焊和垂直上行焊要求，则可认为其已满足横焊要求。全位置焊条应进行平、立和仰三种位置的对接焊试验。

6.3.2.3 具有角焊性能普通焊条除 6.3.2.1 和 6.3.2.2 要求外,还应加做平角焊位置的角接焊试验。对仅作角焊用的焊条除进行熔敷金属试验外,还应按焊条制造厂推荐的焊接位置(平、立和仰焊位置)进行角接焊试验。

### 6.3.3 熔敷金属试验

6.3.3.1 熔敷金属试验一般应焊制 2 个试件,1 个以直径 4mm 的焊条焊制,另 1 个以制造厂生产的同型号焊条中最大直径的焊条焊制。若制造厂生产的该型号焊条只有一种规格,则仅需以该规格焊条焊制 1 个试件。

6.3.3.2 每一熔敷金属试验的试件应制备 2 块试板和 1 块垫板。试板的厚度为 20mm,宽度不小于 100mm,长度约 300mm,开 10° 的斜角,垫板的厚度为 10mm,宽度为 30mm,与试板等长。

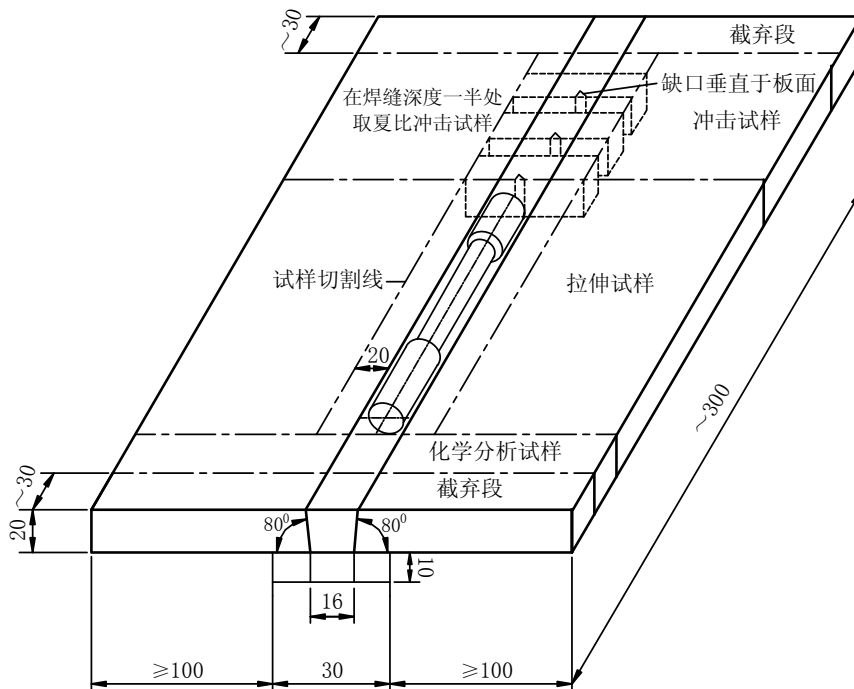


图 6.3.3.3

6.3.3.3 试件应按图 6.3.3.3 组装。按常规工艺以单道焊或多道焊的方法在平位置焊接。多道焊时,每一焊道的焊接方向应在试件端部改变,每一焊道的厚度应为 2~4mm,每焊完一道后,除去焊渣,将试板置于静止的空气中待焊缝冷却到 250℃ 以下,但不必低于 100℃ (温度在焊缝中心线的上表面处测量),然后再焊下一焊道。

6.3.3.4 按图 6.3.3.3 所示,从试件上截取 1 个纵向拉力试样和一组(3 个)V 型缺口冲击试样,进行拉力和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关规定。

纵向拉力试样的轴线应尽可能位于试件焊缝的中心线上,并在试件厚度的中间处,V 型缺口冲击试样的轴线应位于试件厚度的中间,且与焊缝中心线垂直,V 型缺口应位于焊缝中心线上,并与试件表面相垂直。

6.3.3.5 除 6.3.3.4 规定外,还应对每一试件进行熔敷金属化学成分分析。分析报告应提交备查。报告中应包括所有重要的合金元素的含量。

### 6.3.4 对接焊试验

6.3.4.1 每一焊接位置制一个对接焊试件,各焊接位置所用的焊条规定如下:

(1) 平焊：第一道用直径 4mm 的焊条，其余各道（最后两层除外）用直径 5mm 的焊条，最后两层用制造厂生产的同型号焊条中最大直径的焊条。

(2) 横焊：第一道用直径 4mm 或 5mm 的焊条，其余各道均用直径 5mm 的焊条。

(3) 立向上焊和仰焊：第一道用直径 3.2mm 的焊条，其余各道用直径 4mm（如制造厂推荐时，可用直径 5mm）的焊条。

(4) 立向下焊：采用制造厂推荐的焊条规格。

若同一型号焊条直径只有一种或两种规格，则以上各种焊接位置中，第一道用较小直径的焊条，其余各道用较大直径焊条。

6.3.4.2 若焊条仅用于平焊位置对接焊，则除上述 6.3.4.1(1)规定焊制 1 个试件外，还应焊制 1 个平焊位置的对接焊试件。试件第一道用直径 4mm 焊条，第二道用直径 5mm 或 6mm 的焊条，其余各道以制造厂生产的同牌号焊条中最大直径的焊条焊制。

6.3.4.3 每一对接焊试件应制备 2 块试板，试板的厚度为 15~20mm，宽度不小于 100mm，长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样，试板边缘开 30° 斜角。

6.3.4.4 试件按图 6.3.4.4 装配、焊制，焊接的道间温度应不高于 250℃。也不必低于 100℃（温度在焊缝中心线的上表面处测量）。所有对接焊试件均应清根，然后用直径 4mm 或该型号中直径较小的焊条，按原焊接位置进行封底焊。

为使焊后试件平直，试件可在焊前预置反变形。

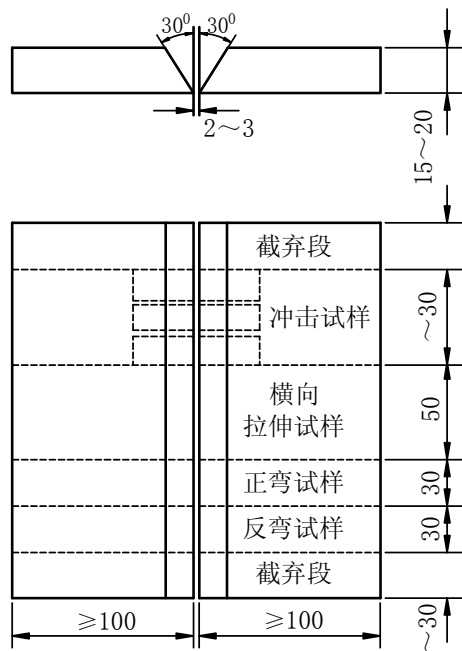


图 6.3.4.4

6.3.4.5 按图 6.3.4.4 所示截取 1 个横向拉力试样、2 个弯曲试样和一组 (3 个) 冲击试样 (仰焊位置的试样可免做冲击试验)，进行拉力、正反弯曲和冲击试验，试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

### 6.3.5 角焊接试验

6.3.5.1 每一焊接位置应焊制 1 个角接焊试件，试件的第一侧焊缝应以该型号焊条中直径最大的焊条焊接，另一侧应以同一型号中直径最小的焊条焊制，焊脚尺寸通常根据试验时所用焊条的直径和焊接电流确定。

6.3.5.2 每一角接焊试件应制备 2 块试板，试板的厚度为 20mm，宽度为 150mm，长度

应能保证充分焊完直径最大焊条的全部长度。

6.3.5.3 按图 6.3.5.3(a)所示, 截取 3 个长度为 25mm 的宏观分段截面, 以检验焊缝的熔合情况, 是否存在裂纹、疏松和夹渣等缺陷。并将此 3 个宏观分段截面磨光, 按图 6.3.5.3(b)所示作硬度测试, 以测定焊接接头的硬度。在余下的 2 个分段中, 取 1 个分段将第一侧的角焊缝凿槽或刨尽, 另 1 个分段将第二侧的角焊缝凿槽或刨尽, 然后按本指南第 2 章的要求进行角焊缝破断试验。其断面应显示出熔合良好, 无裂纹和疏松等缺陷。

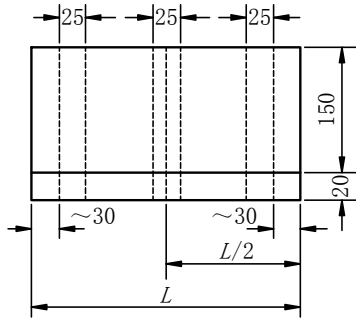


图 6.3.5.3(a)

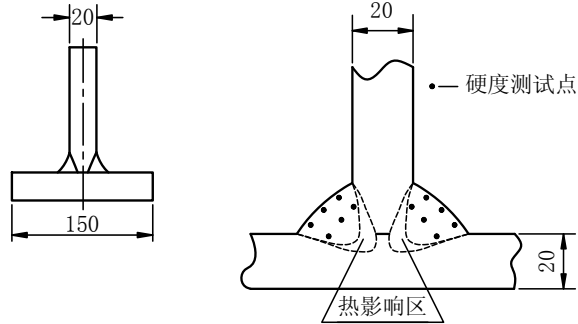


图 6.3.5.3(b)

### 6.3.6 测氢试验

6.3.6.1 制备四块任何等级的桥梁结构钢钢板作测氢试验的试板, 试板厚度为 12mm, 宽度为 25mm, 长度为 125mm。

6.3.6.2 焊前, 试板应予以清洁并称重, 重量精确到 0.1g。

6.3.6.3 焊条应按制造厂推荐的焙烘方法进行焙烘, 使焊条充分干燥, 施焊的焊条直径为 4mm, 焊接电流约为 150A, 以短弧在试板宽度为 25mm 的表面上堆焊一道长约 100mm 的焊道(约用去 150mm 焊条长度)。

6.3.6.4 每一试样焊完后应在 30s 内予以脱渣并将试样置入温度为 20℃ 的清水中冷却, 过 30s 后将试样清洗干净, 擦干并放入一个适宜于用甘油置换法收集氢气的装置中, 四个试样应(由一个操作人员)在 30min 内焊毕并置入收集氢气的装置中。

6.3.6.5 试样应在温度为 45℃ 的甘油中放置 48h, 然后取出, 再分别在酒精和水中清洗干净, 待干燥后称重(精确到 0.1g), 以确定熔敷金属的重量。

6.3.6.6 应仔细测定被收集的氢气的体积, 精确度应达到 0.05cm<sup>3</sup>, 然后将测得的体积换算成 20℃ 和 101.325kPa 标准状态下的体积。上述氢含量的测定方法也可用经认可的水银测定法代替。

6.3.6.7 四个试件测得的扩散氢平均含量应符合表 6.2.3.2 的规定。

### 6.3.7 年度试验

6.3.7.1 凡得到认可的焊条, 通常每年应由监督机构到现场进行年度检查和试验。

6.3.7.2 焊条的年度试验应包含以下内容:

(1) 普通焊条应按本节 6.3.3 的规定, 焊制 2 个试件, 进行熔敷金属的各项试验。若制造厂仅生产一种规格的焊条, 则焊制 1 个试件即可。

(2) 凡认可作重力焊的焊条, 应参照本节 6.3.3 的规定, 用制造厂推荐的工具焊制一个试件, 进行熔敷金属的各项试验。

## 第4节 埋弧自动焊的焊丝 - 焊剂

### 6.4.1 一般要求

6.4.1.1 对用于双面单道焊工艺的焊丝-焊剂,在其级别符号后面加缀字母“T”。

6.4.1.2 对用于多道焊工艺的焊丝-焊剂,在其级别符号后面加缀字母“M”。

6.4.1.3 对兼用于多道焊和双面单道焊工艺的焊丝-焊剂,在其级别符号后面加缀字母“TM”。

### 6.4.2 试验项目

6.4.2.1 对用于多道焊工艺的焊丝-焊剂应进行熔敷金属试验和对接焊试验。

6.4.2.2 对用于双面单道焊工艺的焊丝-焊剂应进行双面单道焊工艺对接焊试验。

6.4.2.3 对兼用于多道焊和双面单道焊工艺的焊丝-焊剂应对每一种工艺都进行试验。

6.4.2.4 对用于多丝埋弧焊的焊丝-焊剂,要单独进行认可试验,通常可按本节要求进行。

6.4.2.5 桥梁结构钢埋弧焊焊丝-焊剂应按本章 6.2.3 的要求进行熔敷金属测氢试验,符合低氢要求的焊接材料可在其等级符号后加缀相应的低氢等级符号。

### 6.4.3 多道焊工艺熔敷金属试验

6.4.3.1 多道焊工艺熔敷金属试验的试件应制备 2 块试板和 1 块垫板。试板的厚度为 20mm,宽度约为 200mm,长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样。试板接头边缘开 10° 的斜角。垫板的厚度为 12mm,宽度为 50mm,与试板等长。

6.4.3.2 试件应按图 6.4.3.2 所示装配,并在平焊位置进行焊接,每一焊道的焊接方向应从试板的一端开始改变方向。每焊一道后,除去焊剂和熔渣,并将试板放置在静止空气中,使焊缝冷却到 250℃ 以下,但不必低于 100℃ (温度在焊缝中心处的表面上测量),再焊下一道。每一焊道的厚度应不小于焊丝直径,且至少为 4mm。

6.4.3.3 按图 6.4.3.2 所示,从试件上截取 2 个纵向拉力试样和 1 组 3 个 V 型缺口冲击试样,进行拉力和冲击试验,试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。试样的截取位置与本章 6.3.3.4 的规定相同。每一试件的焊缝熔敷金属的化学成分报告(包括所有重要合金元素的成分),应提交备查。

### 6.4.4 多道焊工艺对接焊试验

6.4.4.1 多道焊工艺对接焊试验的试件应制备 2 块试板,试板厚度取 20~25mm,宽度不小于 150mm,长度不少于 400mm,试板接头边缘开 30° 的斜角,钝边为 4mm。

6.4.4.2 试件以多道焊工艺在平焊位置上进行焊接,焊接条件同本节 6.4.3.2。一面焊完后,应对焊缝清根,直至显露无缺陷金属后,再在平焊位置进行封底焊。

6.4.4.3 应按图 6.4.4.3 所示,从试件上截取 2 个横向拉力试样、4 个弯曲试样和一组 3 个 V 型缺口位于焊缝中心的冲击试样,分别进行拉力、正反弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

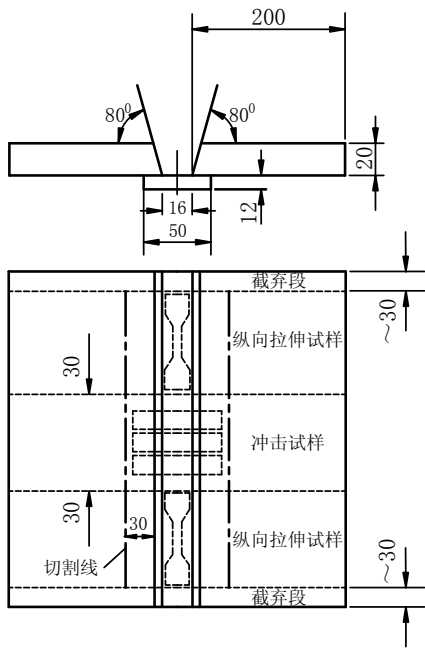


图 6.4.3.2

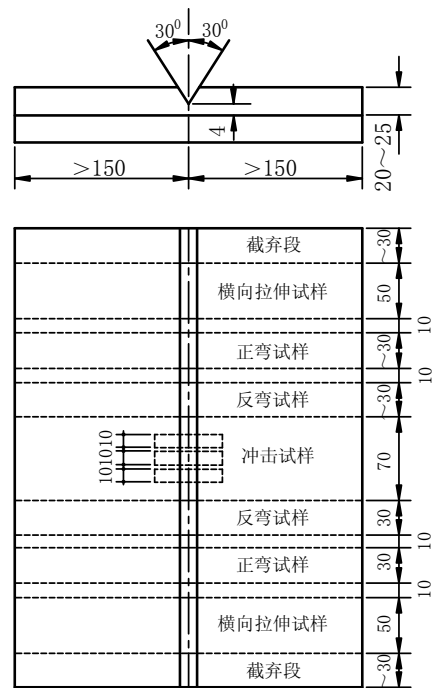


图 6.4.4.3

### 6.4.5 双面单道焊工艺对接焊试验

6.4.5.1 双面单道焊工艺对接焊试验应根据认可焊丝—焊剂的不同级别用相应强度的试板制备两副不同厚度的试板。一副为适用的最大厚度，另一副约为前一副厚度的 2/3。每块试板的宽度应不小于 150mm，长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样。

6.4.5.2 与最大焊丝直径配合的板厚和试件坡口型式应符合表 6.4.5.2 的规定。坡口尺寸允许存在较小的偏差。

双面单道焊对接试板的板厚与坡口型式

表 6.4.5.2

板厚 (mm)	12~15	20~25	30~35
焊丝最大直径 (mm)	5	6	7
试件坡口型式与尺寸 (mm)			

6.4.5.3 每个试件的两面各焊一条焊道。第一面焊完后，除去焊剂和熔渣，并将试件置于静止空气中冷却，待焊缝冷却到 100℃以下（温度在焊缝表面中心处测量）再焊第二面的焊道。

6.4.5.4 按图 6.4.5.4(1)所示，从每个试件上截取 2 个横向拉力试样、2 个弯曲试样和一

组 3 个缺口冲击试样, 冲击试样的截取位置见图 6. 4. 5. 4(2) 所示, 对上述试样分别进行拉力、弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求, 同时应将试件两端截弃段的断面磨光腐蚀进行宏观检查。

6.4.5.5 若焊接材料仅适用于双面单道焊工艺时, 除本节 6. 4. 5. 4 所规定的试样外, 还应在较厚的试件中截取 1 个纵向拉力试样和熔敷金属化学成分分析试样, 进行熔敷金属的拉力试验和化学成分分析。纵向拉力试样的轴线应与焊缝中心线相重合, 并位于第二侧焊缝表面下方约 7mm 处。化学成分分析报告中应包括所有重要合金元素的成分。

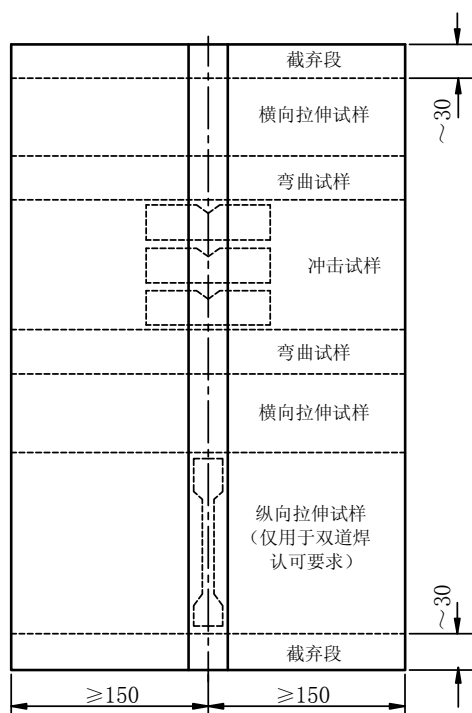


图 6.4.5.4 (1)

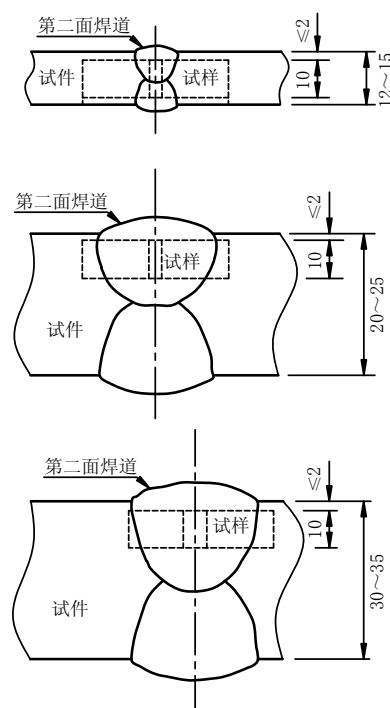


图 6.4.5.4 (2)

#### 6.4.6 焊丝焊剂的年度试验

6.4.6.1 凡得到认可的焊丝——焊剂通常每年应由监督机构到现场进行年度检查和试验。试验内容:

- (1) 对多道焊的焊丝——焊剂, 应焊制熔敷金属试件 1 个;
- (2) 对双面单道焊的焊丝——焊剂, 应焊制对接焊试件 1 个, 试件板厚至少为 20mm。

6.4.6.2 熔敷金属试件应按本节 6. 4. 3 的规定制备和试验, 但只需 1 个纵向拉力试样和一组 3 个 V 型冲击试样。

6.4.6.3 对接焊试验应按本节 6. 4. 5 的规定焊制一个试件 (厚度大于 20mm), 从试件上仅截取 1 个横向拉力试样、2 个弯曲试样和一组 (3 个) 冲击试样进行试验。如该焊丝焊剂仅作双面单道焊认可时, 则应增加 1 个纵向拉力试样。

6.4.6.4 若焊丝焊剂既适用于一般强度钢又适用于高强度钢时, 则本节 6. 4. 6. 1(2) 中所述对接焊试件应采用高强度钢焊制。

### 第 5 节 半自动焊、自动焊的焊丝与焊丝 - 气体

### 6.5.1 一般要求

6.5.1.1 各种焊丝或焊丝—气体可按工艺适用性作如下划分：

- (1) 对用于多道半自动焊的焊丝或焊丝—气体，应在其级别符号后面加缀字母“S”；
- (2) 对用于多道自动焊的焊丝或焊丝—气体，应在其级别符号后面加缀字母“M”；
- (3) 对用于双面单道自动焊的焊丝或焊丝—气体，应在其级别符号后面加缀字母“T”；
- (4) 对兼用于双面单道和多道自动焊的焊丝或焊丝—气体，应在其级别符号后面加缀字母“TM”；
- (5) 对兼用于半自动焊和自动焊的焊丝或焊丝—气体，应在其级别符号后面加缀字母“SM”

6.5.1.2 实芯焊丝或药芯焊丝应按本章 6.2.3 的要求进行熔敷金属的测氢试验，符合低氢要求的焊接材料可在其等级符号后加缀相应的低氢等级符号。

6.5.1.3 认可试验所采用的保护气体的成分应在试验报告中列出。保护气体成分按表 6.5.1.3 规定分组，不同组别的保护气体应各自分别进行认可试验。

6.5.1.4 对多丝自动焊所用的焊丝及焊丝气体配合可参照本节有关规定进行认可试验。

保护气体的成分

表 6.5.1.3

组别	气体成分（体积含量%）			
	氩气（Ar）	二氧化碳（CO <sub>2</sub> ）	氧气（O <sub>2</sub> ）	氢气（H <sub>2</sub> ）
M11	余量 <sup>①②</sup>	0~5	—	0~5
M12	余量 <sup>①②</sup>	0~5	—	—
M13	余量 <sup>①②</sup>	—	0~3	—
M14	余量 <sup>①②</sup>	0~5	0~3	—
M21	余量 <sup>①②</sup>	5~25	—	—
M22	余量 <sup>①②</sup>	—	3~10	—
M23	余量 <sup>①②</sup>	5~25	0~8	—
M31	余量 <sup>①②</sup>	25~50	—	—
M32	余量 <sup>①②</sup>	—	10~15	—
M33	余量 <sup>①②</sup>	5~50	8~15	—
C1	—	100	—	—
C2	—	余量	0~30	—

注：① 其中氩气含量的 95%可由氦气所代替。

② 使用氦气时，其含量应大于或等于氩气的含量。

### 6.5.2 焊丝和焊丝气体配合的试验项目

6.5.2.1 对用于多道半自动焊的焊丝或焊丝气体配合应进行熔敷金属试验、多道半自动对接焊试验和角接焊试验。

6.5.2.2 对用于多道自动焊的焊丝或焊丝气体配合应进行自动焊熔敷金属试验和多道自动对接焊试验。

6.5.2.3 对用于双面单道自动焊的焊丝或焊丝气体配合应进行双面单道自动对接焊试验。

### 6.5.3 多道半自动焊熔敷金属试验

6.5.3.1 除按本节 6.5.3.2 的要求焊制 2 个试件外，多道半自动焊熔敷金属试验应按本章 6.3.3 的规定进行。

6.5.3.2 1个熔敷金属试件应采用制造厂生产的直径最小的焊丝焊制，另1个试件应采用制造厂所生产的直径最大的焊丝焊制，若制造厂只生产一种直径的焊丝，则只需用该直径焊丝焊制一个试件，焊接时每层焊道的厚度应在2~6mm之间。

#### 6.5.4 多道半自动焊对接焊试验

6.5.4.1 认可为多道半自动焊的焊丝或焊丝气体配合应根据制造厂推荐的各个位置（平、横、立、仰焊）各焊1个对接焊试件。除按本节6.5.4.2的要求进行试件焊接外，多道半自动对接焊试验应按本章6.3.4的规定进行。

6.5.4.2 平焊位置试件第一条焊道应采用制造厂所生产的最小直径的焊丝焊制；其余各条焊道应采用制造厂生产的最大直径的焊丝进行焊接，若仅认可用于平焊位置，则应采用不同于上述直径的焊丝增焊1个对接焊试件。

其他位置所用的焊丝的直径为：第一条焊道用制造厂所生产的最小直径的焊丝，其余各条焊道用该厂对该位置所推荐的直径最大的焊丝。

#### 6.5.5 多道半自动角接焊试验

6.5.5.1 除焊缝两侧应分别以制造厂生产的最小和最大直径焊丝焊制试件以外，多道半自动角接焊试验应按本章6.3.5的规定进行。

#### 6.5.6 多道自动焊熔敷金属试验和对接焊试验

6.5.6.1 除试件的每层焊道厚度应不小于3mm外，多道自动焊熔敷金属试验应按本章6.4.3的规定进行，多道自动焊对接焊试验应按本章6.4.4的规定进行。

#### 6.5.7 双面单道自动焊对接焊试验

6.5.7.1 双面单道自动焊对接焊试验除按本节6.5.7.2~6.5.7.4的规定焊制2个试件外，应满足本章6.4.5的规定。

6.5.7.2 一般试板厚度分别为12~15mm和20~25mm各一副（每副2块试板）若焊接材料适用于厚度大于25mm的材料时，则试板厚度应是20mm和焊接材料所适用的最大厚度的试板各1副。

6.5.7.3 试件坡口应符合图6.5.7.3要求。若制造厂有要求，可允许有少量变动。如试件板厚大于25mm，应将坡口尺寸记入试验报告。

6.5.7.4 焊丝直径可采用制造厂推荐的直径，并记入报告。

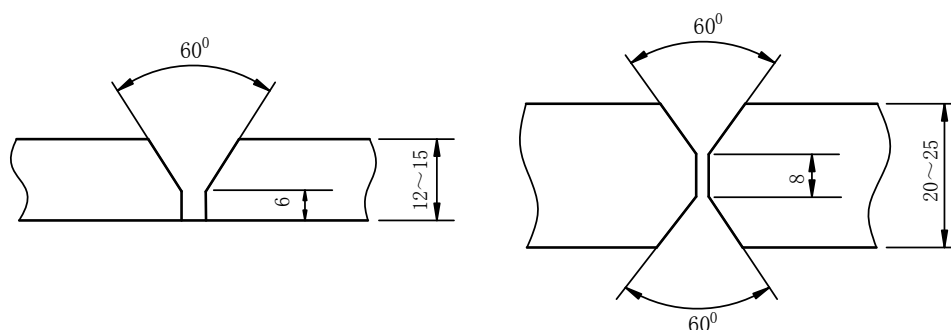


图 6.5.7.3

#### 6.5.8 年度试验

6.5.8.1 凡得到认可的半自动和自动焊的焊丝或焊丝气体配合应在监督下进行下列内容的年度试验:

(1) 对认可为多道半自动焊或认可为多道半自动和多道自动焊的焊丝或焊丝—气体应按本节 6.5.3 的规定焊制多道半自动焊熔敷金属试件 1 个, 并进行熔敷金属的各项试验。

(2) 对仅认可为多道自动焊的焊丝或焊丝—气体应按本节 6.5.6 的规定焊制多道自动焊熔敷金属试件 1 个, 并进行熔敷金属的各项试验。但纵向拉力试样可仅取 1 个。

(3) 对认可为双面单道自动焊的焊丝或焊丝—气体应按本节 6.5.7 的要求焊制试板厚度为 20~25mm 的试件 1 个, 进行对接焊的各项试验, 但横向拉力试样可仅取 1 个。

## 第6节 单面焊接双面成型的衬垫材料

### 6.6.1 一般要求

6.6.1.1 单面焊双面成型的衬垫材料认可应配合自动焊所采用的焊丝—焊剂(或焊丝—气体)或手工焊条或半自动焊焊丝焊剂进行。

6.6.1.2 采用临时衬垫材料的单面焊接双面成型的自动焊焊丝—焊剂(或焊丝—气体)配合的认可, 一般可按本章第 4 节和第 5 节的规定和本节的要求进行试验。

6.6.1.3 采用临时衬垫材料的单面焊接双面成型的手工焊条或半自动焊焊丝焊剂的认可, 可根据实际情况参照本章进行。

### 6.6.2 单面焊接双面成型衬垫材料的对接焊试验

6.6.2.1 单面焊接双面成型衬垫材料的对接焊试验应焊制 2 个试件: 1 个试件的试板厚度为 20~25mm, 另 1 个试件的试板厚度为 35~40mm, 试板宽度不小于 150mm, 长度应足够截取规定数量和尺寸的试样。

6.6.2.2 从每个试件中截取 2 个纵向拉力试样、2 个横向拉力试样、2 个弯曲试样, 1 个宏观截面试样和本节 6.6.2.3 规定的 V 型缺口冲击试样, 分别进行拉伸、弯曲和冲击等试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

6.6.2.3 按图 6.6.2.3 所示, 从试板厚度为 20~25mm 的试件中截取 2 组(每组 3 个) V 型缺口冲击试样; 从试板厚度为 35~40mm 的试件中取出 3 组(每组 3 个) V 型缺口冲击试样。

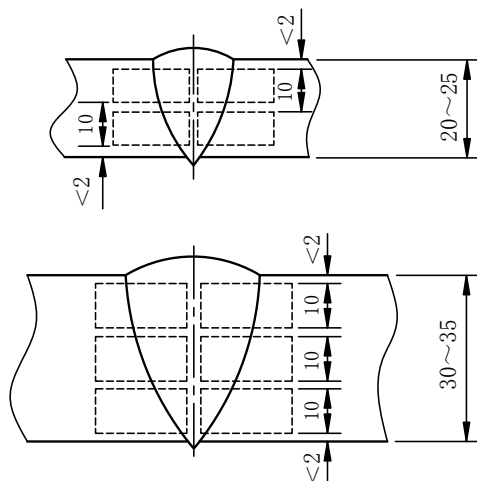


图 6.6.2.3

### 6.6.3 年度试验

6.6.3.1 凡得到认可的单面焊接双面成型的衬垫材料应在检验人员的鉴证下进行年度试验。

6.6.3.2 单面焊接双面成型衬垫材料的年度试验应按本节 6.6.2 的规定焊制 1 个试板厚度为 20~25mm 的对接焊试件。在试件上截取 1 个纵向拉力试样、1 个横向拉力试样、2 个弯曲试样和一组 (3 个) 取自焊缝根部的 V 型缺口冲击试样 (如图 6.6.2.3 所示), 分别进行拉力、弯曲和冲击试验。

## 第7章 焊接工艺认可

### 第1节 一般规定

#### 7.1.1 适用范围

7.1.1.1 本章规定了桥梁钢结构焊接工艺认可的规则、试验方法和合格指标。

7.1.1.2 本章适用于桥梁钢结构的手工电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊等的焊接工艺认可。

#### 7.1.2 一般要求

7.1.2.1 焊接工艺认可一般过程是：拟定焊接工艺计划书（pWPS）、施焊试件和制取试样、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、提出焊接工艺试验报告（WPQR）对拟定的焊接工艺计划书（pWPS）进行认可。

7.1.2.2 焊接工艺认可所用设备、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使用本单位的焊接设备焊接试件。

7.1.2.3 焊接工艺认可的相关报告、记录应由制造单位妥善保存。

7.1.2.4 焊接工艺试验有效期一般不应超过 5 年。

7.1.2.5 焊接工艺认可应在本社或其他监督机构的监督下进行。

#### 7.1.3 焊接工艺文件

7.1.3.1 焊接工艺计划书(pWPS)是由桥梁钢结构制造厂在焊接工艺认可试验前编制，用以指导完成焊接工艺认可试验的技术文件。焊接工艺计划书应包括焊接工艺规程中所有的技术参数。在认可试验中，可根据试验的结果对相关的技术参数进行修改和完善。

7.1.3.2 焊接工艺试验报告(WPQR)是准确描述和详细记录焊接工艺认可试验中实际使用和得到的技术参数的技术文件，用作焊接工艺规程认可的依据。报告中涉及的每项试验结果(包括复试结果)均应予以评价。

7.1.3.3 焊接工艺规程(WPS)是工厂根据合格的焊接工艺试验报告，对焊接工艺计划书修改完善后并经 CCS 正式批准的技术文件，用以指导产品生产焊接。

#### 7.1.4 认可

7.1.4.1 建立并证明一项焊接工艺规程是否对某一具体用途的适用性是制造者的责任。在开工建造前，制造厂应结合本厂的技术条件和生产经验，制定产品建造焊接工艺汇总表。汇总表中应针对建造中焊缝出现于结构与节点的不同位置、形式和尺寸，列出拟使用的焊接工艺规程的名称和编号。

7.1.4.2 通常在采用新材料、新工艺时，应进行工艺认可试验。工厂应制定详细的焊接工艺计划书。提交认可的焊接工艺计划书应包括下列内容：

- (1) 母材的牌号、级别、厚度和交货状态；
- (2) 焊接材料(焊条、焊丝、焊剂和保护气体)的型号、等级和规格；
- (3) 焊接设备的型号和主要性能参数；
- (4) 坡口设计、加工要求及衬垫材料(如有时)；
- (5) 焊道布置和焊接顺序；
- (6) 焊接位置(平、立、横、仰焊等)；
- (7) 焊接规范参数(电源极性、焊接电流、电弧电压、焊接速度和保护气体流量)；
- (8) 焊前预热和道间温度、焊后热处理及焊后消除应力的措施等；

(9) 施焊环境：现场施焊或车间施焊；

(10) 其他有关的特殊要求。

7.1.4.3 试件的焊接和试样的试验应由本社或其他监督人员在场见证。

7.1.4.4 试验过程中应将试验用的参数和结果记入焊接工艺试验报告，见证监督人员应在试验报告上签署。

7.1.4.5 工厂应根据试验结果，编写完整的焊接工艺规程，并附以试验报告一起提交本社或其他监督机构认可。

7.1.4.6 当工厂对已批准的焊接工艺规程进行改动时，应将所有改动的内容提交本社或其他监督机构审核。本社根据改动的具体内容决定是否重做焊接工艺认可试验。

7.1.4.7 一个制造厂取得的合格的焊接工艺规程适用于具有相同的技术和质量管理条件的车间。

### 7.1.5 接头的焊接型式

7.1.5.1 坡口焊是指接头部分装配或预制成 I 型、V 型、单边削斜、U 型或 J 型等坡口型式，采用完全熔透或部分熔透的焊接形式。焊接接头可以是对接型式，也可以是 K、T、Y 等型式。坡口焊缝的有效面积应为有效焊缝长度与有效坡口焊缝尺寸的乘积。

7.1.5.2 填角焊是以角焊缝为连接的一种焊接形式。角焊缝的有效面积应为有效焊缝长度与有效焊缝厚度之积。

### 7.1.6 认可焊接工艺的适用范围

7.1.6.1 焊接方法的认可范围仅限于认可试验所用的方法。

7.1.6.2 焊接工艺规程对钢材的适用范围规定如下：

(1) 对每一强度级别的钢材，适用于与试验母材韧性等级相同或较低的钢材。

(2) 对每一韧性等级的钢材，屈服强度小于或等于  $345\text{N/mm}^2$  的桥梁钢，适用于与试验母材强度级别相同或低 1 个等级的钢材；对屈服强度大于  $345\text{N/mm}^2$  的桥梁钢，适用于与试验母材强度级别相同的钢材。

7.1.6.3 焊接工艺对厚度的适用范围规定如下：

(1) 当认可钢板板厚不大于  $50\text{mm}$  时，其试验试板厚度应不小于  $25\text{mm}$ 。

(2) 当认可钢板厚度大于  $50\text{mm}$  时，其试验试板厚度应不小于认可钢板厚的 0.5 倍。

7.1.6.4 焊接材料的适用范围如下：

(1) 焊接材料的适用范围为与试验所用焊接材料相同等级者。

(2) 焊丝—焊剂组合的变化通常应重新进行工艺认可。

(3) 焊丝—保护气体组合的变化通常应重新进行工艺认可。

(4) 保护气体从一种单一气体改为另一种单一保护气体或混合气体、或混合气体中任一组分变化量大于 25%、或从混合气体变成单一气体、或气体保护方式发生变化、或气体总流率增加量大于等于 25% 或减少量大于等于 10% 者，通常应重新进行工艺认可。

(5) 对于多丝埋弧焊，电弧纵向间距变化大于 10% 或  $3\text{mm}$ （取大者）、或电弧横向间距变化大于 10% 或  $2\text{mm}$ （取大者）、或并列焊丝中任一焊丝角度变化  $10^\circ$  及以上、或焊接方向上的角度变化  $3^\circ$  及以上、或垂直于焊接方向上的角度变化  $5^\circ$  及以上者，通常应重新进行工艺认可。

7.1.6.5 焊接位置的适用范围除平焊位置焊接的试验焊缝可以覆盖平焊和横焊外，一般仅适用于试验的焊接位置。角焊缝焊接位置如表 7.1.6.5 (1) 和图 7.1.6.5 (1) 所示，坡口焊缝焊接位置如表 7.1.6.5 (2) 和图 7.1.6.5 (2) 所示。

角焊缝位置表

表 7.1.6.5 (1)

位置	图中代号	轴线倾角	面旋转角
平	A	$0^{\circ} \sim 15^{\circ}$	$150^{\circ} \sim 210^{\circ}$
横	B	$0^{\circ} \sim 15^{\circ}$	$125^{\circ} \sim 150^{\circ}$ $210^{\circ} \sim 235^{\circ}$
仰	C	$0^{\circ} \sim 80^{\circ}$	$0^{\circ} \sim 125^{\circ}$ $235^{\circ} \sim 360^{\circ}$
立	D	$15^{\circ} \sim 80^{\circ}$	$125^{\circ} \sim 235^{\circ}$
	E	$80^{\circ} \sim 90^{\circ}$	$0^{\circ} \sim 360^{\circ}$

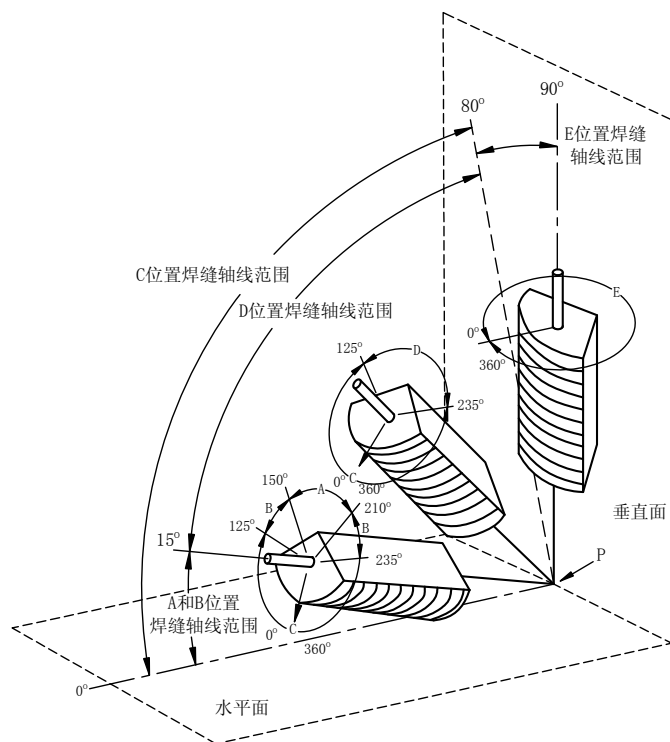


图 7.1.6.5 (1) 角焊缝位置

坡口焊缝位置表

表 7.1.6.5 (2)

位置	图中代号	轴线倾角	面旋转角
平	A	$0^{\circ} \sim 15^{\circ}$	$150^{\circ} \sim 210^{\circ}$
横	B	$0^{\circ} \sim 15^{\circ}$	$80^{\circ} \sim 150^{\circ}$ $210^{\circ} \sim 280^{\circ}$
仰	C	$0^{\circ} \sim 80^{\circ}$	$0^{\circ} \sim 80^{\circ}$ $280^{\circ} \sim 360^{\circ}$
立	D	$15^{\circ} \sim 80^{\circ}$	$80^{\circ} \sim 280^{\circ}$
	E	$80^{\circ} \sim 90^{\circ}$	$0^{\circ} \sim 360^{\circ}$

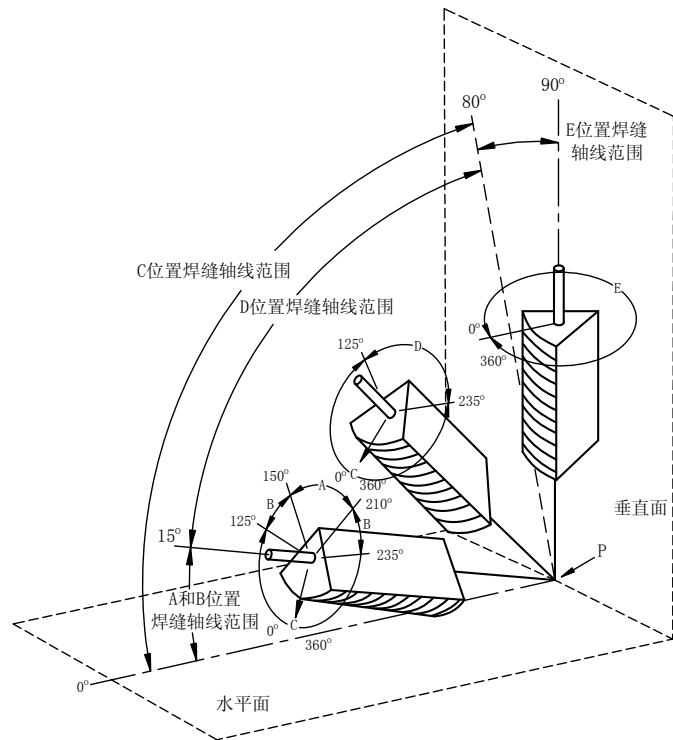


图 7.1.6.5 (2) 坡口焊缝位置

7.1.6.6 焊接参数的适用范围如下：

(1) 若电流种类（直流、交流、脉冲）和极性（正极性、反极性）变化通常应重新进行焊接工艺认可。

(2) 对于埋弧焊、气体保护焊，焊接电流变化超过 10%、或焊接电压变化超过 7%、或焊接速度变化超过 10%，通常应重新进行焊接工艺认可。

(3) 焊接线能量增加超过 10%或减少超过 30%，通常应重新进行焊接工艺认可。

7.1.6.7 接头型式的认可范围应按表 7.1.5.7 的规定。通常对接焊合格的焊接工艺也适用于相应厚度的角接焊。

焊接接头型式的适用范围

表 7.1.5.7

试件焊接接头型式			适用范围	
焊接方法	名称	代号		
对接焊	双面焊	清根	C	C
		不清根	D	D, C
	单面焊	清根	A	A, C
		不清根	B	B, A, C, D

7.1.6.8 坡口形状的适用范围如下：

(1) V 型坡口型式一般适用于 U 型坡口；反之，则应重新进行焊接工艺认可。

(2) 任何类型的坡口型式改为 I 型坡口或 I 型坡口改为其他坡口型式时，应重新进行焊接工艺认可。

(3) 坡口角度减少超过 10°、或坡口钝边量增加 2mm、根部间隙变化 2mm 以上时，应重新进行工艺认可。

7.1.6.9 坡口范围内的焊道数变化超过 25%者，应重新进行工艺认可。

7.1.6.10 生产焊接时，预热温度应不低于认可试验时所使用的预热温度；道间温度应不高于认可试验所使用的道间温度。

7.1.6.11 合格的带车间底漆的焊接工艺可以用于不带底漆的焊接，但反之则不允许。

7.1.6.12 接头坡口熔透焊的焊接工艺认可适用于接头坡口部分熔透焊和填角焊工艺。

## 第2节 坡口焊工艺认可

### 7.2.1 一般要求

7.2.1.1 本节规定了坡口焊工艺认可试验的方法。

7.2.1.2 坡口焊工艺认可试验应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别进行试验。

### 7.2.2 试件

7.2.2.1 试件所选用的母材和焊接材料应符合焊接工艺计划书的要求。

7.2.2.2 如图 7.2.2.2，轧制钢材的试板取向应使焊缝垂直于试板的轧制方向（纵向冲击）。

7.2.2.3 试板的尺寸应保证能够取到足够数量的试样，且至少满足表 7.2.2.3 要求：

平板对接焊试板尺寸

表7.2.2.3

焊接方法	试板尺寸 (mm)	
	长度L	宽度b
手工焊、埋弧焊、气体保护焊	≥600	≥150

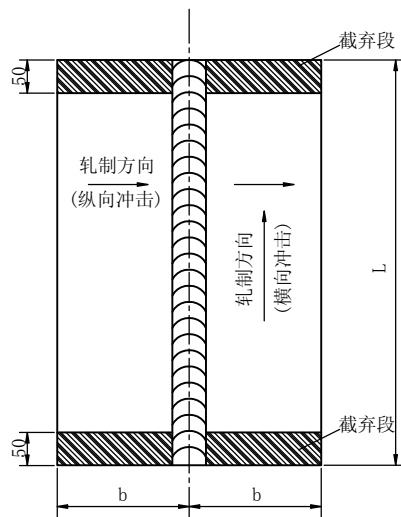


图7.2.2.2 对接焊试板的取样方向

7.2.2.4 试板准备、焊缝坡口形式、装配、焊接及热处理工艺等均应符合焊接工艺计划书的规定。

7.2.2.5 在焊接过程中，如果定位焊缝和/或熄弧/引弧点是焊接工艺的一个条件，则在试件中应包括这些要求，使其熔入成形接头中。

### 7.2.3 取样

7.2.3.1 试件切割前应进行 100%外观检查、100%表面和内部无损检测。如果要求进行焊后热处理或时效处理，则无损检测应在热处理或时效处理后进行。

7.2.3.2 试件应按照公认的标准对外观和无损检验结果进行评估。

7.2.3.3 如果试件不满足外观检查或无损试验的要求，则可再焊制一个试件并作同样的检验。如果附加试件仍不满足相关要求，则应修改焊接工艺计划书，然后再进行相应的认可试验。

#### 7.2.4 坡口焊工艺试验项目

7.2.4.1 钢材对接焊工艺试验一般应按图 7.2.4.1 所示从试件上切取如下试样：

(1) 焊缝横向拉伸试样2个；

(2) 焊缝侧弯试样4个；

(3) 焊缝金属纵向拉伸试样1个；若采用一种以上焊接方法或使用多种焊接材料制作试验焊缝，其试样的截取应从除去第一焊道或根部焊缝金属所用的焊接方法或焊材以外的每个焊接区域截取。

(4) 应根据热输入范围、焊接工艺和试件板厚，按表7.2.4.1(4)要求，在图6.2.4.1(4)所示位置制取冲击试样若干组（每组3个试样）；

(5) 焊缝断面宏观检查与硬度测试试样各1个（一般应在有焊道接头处截取）。母材规定屈服强度低于355N/mm<sup>2</sup>的钢材可免做硬度试验；

7.2.4.2 除上述 7.2.4.1 的试验外，如认为有必要，可要求进行下列检查和试验：

(1) 焊缝金属的化学成分；

(2) 试件母材的化学成分；

(3) 放大倍数为100和不低于300倍的焊接接头金相组织

7.2.4.3 试样的制备和试验应符合本指南第 2 章的相关规定。

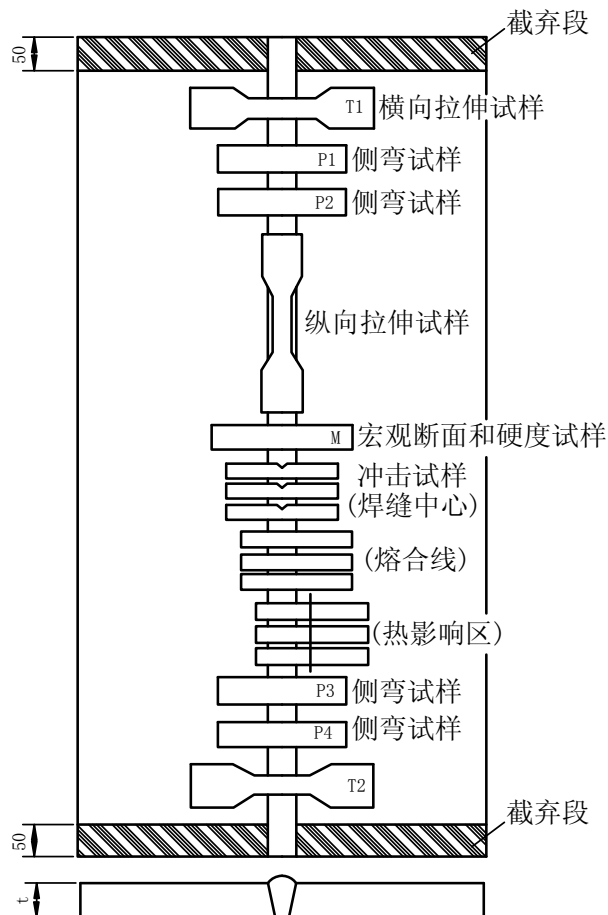


图7.2.4.1 试件取样位置

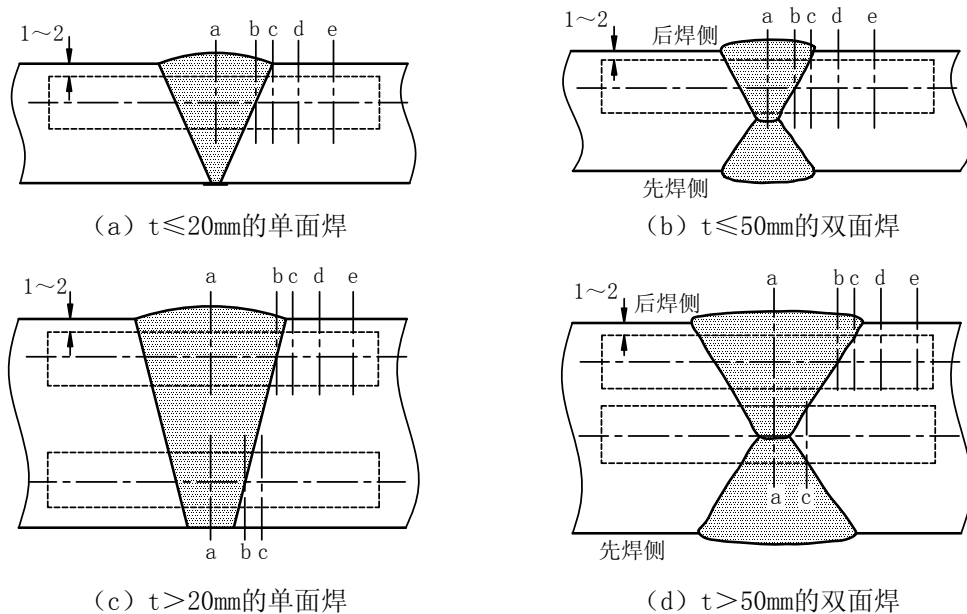
冲击试验取样位置			表7.2.4.1(4)	
热输入范围(kJ/cm)	焊接工艺	试件厚度 (mm)	冲击试样取样位置	
			表面 <sup>①</sup>	根部
≤50	单面焊	t ≤ 20	a, b, c	-
		20 < t ≤ 50	a, b, c	a
		t > 20	a, b, c	a, b
	双面焊	t ≤ 50	a, b, c	-
		t > 50	a, b, c	a
>50 <sup>②</sup>	单面焊	t ≤ 20	a, b, c, d, e	-
		t > 20	a, b, c, d, e	a, b, c
	双面焊	t ≤ 50	a, b, c, d, e	-
		t > 50	a, b, c, d, e	a, b, c

注：① 双面焊时为后焊侧表面。

② 仅在热输入大于200 kJ/cm 时增加e位置的试样。

③ 由两种不同钢级（不同类型）的钢组成的对接接头，从具有较低韧性钢的一侧切取试样。其试验温度和冲击功应符合较低韧性钢材所规定的要求。

④ 若采用一种以上焊接方法或使用多种焊接材料制作试验焊缝（打底焊除外），冲击试样应对每一种焊接方法（或焊接材料）所应用的部位分别取样。



注：图中a、b、c、d和e是指冲击试样的缺口所处位置。其中a---焊缝中心、b---熔合线、c---距熔合线2mm的热影响区、d---距熔合线5mm的热影响区、e---距熔合线7~10mm的热影响区(根据热输入量而定)。

图7.2.4.1(4) 冲击试样的取样位置

## 7.2.5 焊接工艺试验结果的要求

7.2.5.1 接头的抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度。当两种不同级别的板组成对接接头，其抗拉强度应符合较低强度母材的最小抗拉强度要求。

7.2.5.2 焊缝金属的屈服强度应不低于母材规定的最小屈服强度或设计时所考虑的最小屈服强度，其抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度，且焊缝的屈服强度或抗拉强度不应比母材超强 100MPa；其断后伸长率应不低于对母材的规定要求。

7.2.5.3 弯曲试验后, 试样的受拉表面应不出现长度超过 3mm 的裂纹或其他缺陷。

7.2.5.4 夏比 V 型缺口冲击试验的试验温度和冲击功应符合母材的规定。

7.2.5.5 焊缝断面宏观检查应显示焊缝完全焊透、无裂纹。若焊缝出现夹渣或气孔时, 这类缺陷的数量、大小、位置和密集程度应予记录。接头部分熔透坡口焊缝应达到设计的焊缝尺寸。单道焊缝的成型系数应为 1.3~2.0。

7.2.5.6 硬度测试的结果对规定最小屈服强度小于或等于 420N/mm<sup>2</sup> 的钢材, 一般应不超过 HV350。

7.2.5.7 外观检查和无损检测结果的评定应符合公认有关标准的要求。

### 7.2.6 再试验

7.2.6.1 拉伸和弯曲试验中, 如果所有试样中任何一个不符合要求时, 可从相同的 WPS 评定试板上或从符合相同技术条件的新试板上切取二个试样, 进行该项目的再试验。这两个试样的试验结果必须都符合试验要求, 对于超过 38mm 厚的试板, 若有一个试样不合格, 则必须从试验材料上切取相同类型的 4 个试样进行重新试验。

7.2.6.2 若冲击试验的每一组试样解雇的平均值不低于规定值, 且任一试验结果不低于 0.7 倍的规定值, 则判为合格; 当试验结果未满足上述要求, 允许从同一试件上再取一组 3 个附加试样重新试验, 若总计 6 个试验结果的平均值不低于规定值, 且低于规定值的试验结果不多于 3 个 (其中, 不得有 2 个以上的试验结果低于 0.7 倍的规定值, 也不得有任一试验结果低于 0.5 倍的规定值), 则可仍判为合格, 否则, 判为不合格。。

## 第3节 填角焊工艺认可

### 7.3.1 一般要求

7.3.1.1 本节适用于填角焊缝的角接焊工艺认可试验。

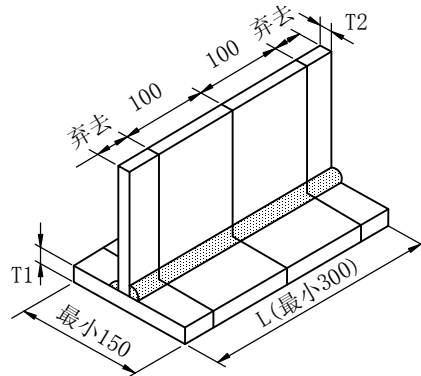
7.3.1.2 填角焊工艺认可试验应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别进行。

7.3.1.3 填角焊角焊缝一般不需单独进行力学性能试验, 但主要构件的角焊缝, 应按本章第 2 节坡口焊的要求进行焊缝力学性能试验。

### 7.3.2 试件

7.3.2.1 试件所选用的母材和焊接材料应符合焊接工艺计划书的要求。

7.3.2.2 试板要有足够的尺寸以保证合理的散热, 通常应按图 7.3.2.2 并符合表 7.3.2.2 的要求。



注: 自动焊试板长度 $L \geq 1000\text{mm}$ 。

图7.3.2.2

填角焊接工艺认可试板尺寸

表7.3.2.2

焊缝尺寸	T <sub>1</sub> (最大)	T <sub>2</sub> (最小)
6	20	6
8	25	8
10	25	10
12	25	12
16	25	16
20	25	20
>20	25	25

7.3.2.3 试板准备、装配与焊接等要求均应与焊接工艺计划书的规定相同。

### 7.3.3 试验项目

7.3.3.1 试件焊毕后应进行外观检查和表面进行渗透或磁粉检测。如试板规定最小屈服强度大于或等于 420N/mm<sup>2</sup>，且焊后不进行热处理时，无损检测应延迟 48 小时进行。

7.3.3.2 试板角接焊应按图 7.3.2.2 所示截取试样。在试件的两端截弃长度约为 50mm 的截弃段，然后取出两个长度约 25mm 的焊缝断面宏观试样，一个位于试件长度中间处，另一个位于含有熄弧/引弧点处。对规定屈服强度大于或等于 355N/mm<sup>2</sup>的钢材，有熄弧/引弧点的试样又用作硬度测试试样。剩余试件中取较长一段作为角焊缝破断试样。

7.3.3.3 硬度试验和角焊缝破断试验应按本指南第 5 章的有关规定进行。

### 7.3.4 试验结果要求

7.3.4.1 焊缝断面宏观检查应显示出焊缝成形良好、完全熔合。最小角焊缝焊脚尺寸必须符合规定的角焊缝尺寸。

7.3.4.2 破断试样的破断面应显示出焊缝无裂纹、无未熔合。若焊缝中出现夹渣或气孔，应将这类缺陷的数量、大小、位置和密集程度记入报告，并提交本社认可。

7.3.4.3 硬度测定的结果对规定最小屈服强度小于或等于 420N/mm<sup>2</sup>的钢材，一般应不超过 HV350。

7.3.4.4 外观检查 and 无损检测结果的评定应符合公认的有关标准要求。

# 第8章 桥梁钢结构的焊接

## 第1节 一般规定

### 8.1.1 适用范围

8.1.1.1 本章适用于桥梁钢结构的焊接。

### 8.1.2 钢材

8.1.2.1 除另有规定，桥梁钢结构所选用的钢材应符合本指南第3章的要求。

8.1.2.2 当采用本指南第3章以外的钢材时，应通过焊接性试验、焊接工艺评定试验等方法证明该材料的焊缝、热影响区能达到要求的强度、塑性和韧性。

8.1.2.3 桥梁钢可按本指南第4章进行相关检验或认证，以保证桥梁钢的质量；未经检验或认证的桥梁钢，桥梁钢结构制造厂应根据相关标准规范制定有效的钢材复验程序，以证明钢材质量的符合性。

### 8.1.3 焊接材料

8.1.3.1 桥梁钢结构的焊接材料的选用应符合第6章的有关要求。

8.1.3.2 当采用本指南第6章以外的焊接材料时，应参照第6章的要求进行批次检验，以复查焊接接头和熔敷金属的力学性能和冲击韧性。

8.1.3.3 焊接材料可按本指南第6章进行相关检验或认证，以保证焊接材料的质量；未经检验或认证的焊接材料，桥梁钢结构制造厂应根据相关标准规范制定有效的焊接材料复验程序，以证明焊接材料质量的符合性。

### 8.1.4 焊接工艺

8.1.4.1 桥梁钢结构的焊接工艺认可应符合第7章的有关要求。桥梁结构焊缝应按已认可的焊接工艺规程进行施焊。

### 8.1.5 人员

8.1.5.1 从事桥梁钢结构制造的焊接操作人员应持有公认权威机构颁发的焊工资格证书，并从事与证书相适应的焊接工作。

8.1.5.2 从事桥梁钢结构制造的焊接操作人员进行桥梁钢结构焊接前，应结合桥梁结构特点进行焊工资格评定，焊工资格评定可参考本章附录I的相关要求进行。

### 8.1.6 其他

8.1.6.1 所有焊接设备和切割设备，应检验合格并处于良好状态。

8.1.6.2 焊接工作应在有效的保护下进行，焊接环境湿度不应大于80%，焊接低合金钢的环境温度不应低于5℃，焊接普通碳素钢环境温度不应低于0℃。

## 第2节 焊缝设计

### 8.2.1 一般规定

8.2.1.1 本节规定适用于桥梁结构和构件的焊缝设计。

8.2.1.2 桥梁结构的焊缝布置应考虑到便于焊工施焊。施焊位置尽可能采用平焊。

8.2.1.3 桥梁各焊接结构应避免焊缝布置于应力集中区域。在结构剖面突变之处应有足够的过渡区域，尽量避免焊缝过分集中。

8.2.1.4 对于主要构件，不应使用间断焊、塞焊或槽焊。

8.2.1.5 不等厚或不等宽的板采用对接焊缝时，为使厚（宽）板向较薄（窄）板均匀过渡，应将厚（宽）板的一侧或双侧做成坡度，该坡度对于受拉或受拉压接头不陡于 1:8；对于受压接头不陡于 1:4；同时还应对焊缝表面顺应力方向进行机械加工，使之匀顺过渡。且对于具有厚度和宽度同时过渡的接头应禁止使用。

8.2.1.6 焊缝的部位、类型、尺寸和范围等主要焊接细节应在图纸资料上详细标明。

## 8.2.2 焊缝的有效尺寸

8.2.2.1 焊缝的计算厚度应符合下列规定：

- (1) 对接焊缝为所连接部件的最小厚度，不计焊缝加强高；
- (2) 熔透的角焊缝为所连接部件的最小厚度；
- (3) 部分熔透坡口角焊缝为焊缝根部到焊缝表面的最小距离；
- (4) 不开坡口的角焊缝等于  $0.7h_f$ （ $h_f$  为焊脚尺寸，见图 8.2.2.1）。

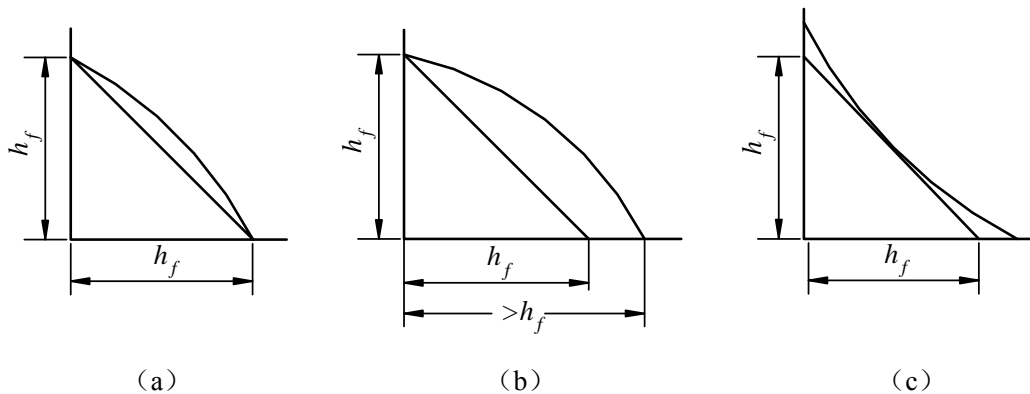


图 8.2.2.1 不开坡口的角焊缝截面图

8.2.2.2 焊缝的计算长度应符合下列规定：

- (1) 坡口焊缝为具有设计焊缝厚度的焊缝长度；
- (2) 填角焊缝的有效长度为全尺寸角焊缝的总长，包括绕焊部分。对于采用引弧板和熄弧板施焊的自动埋弧焊角焊缝，按实际焊缝长度计。
- (3) 填角焊缝的最小有效长度至少为其厚度的 4 倍，或 40mm，取两者中之较大者。

## 8.2.3 填角焊缝

8.2.3.1 桥梁结构的填角焊缝一般应尽量采用双面焊接。

8.2.3.2 填角焊缝的最小焊脚尺寸应不小于表 8.2.3.2 的规定。

填角焊缝最小焊脚尺寸

表 8.2.3.2

两连接板中之较大厚度 $t$ (mm)	凸型角焊缝	凹型角焊缝
$t \leq 10$	6	5
$10 < t \leq 16$	8	6.5
$16 < t \leq 25$	10	8
$25 < t \leq 40$	12	10

8.2.3.3 在主要受力构件中，不应采用断续填角焊缝。如在其他构件上采用断续填角焊

缝，其填角焊缝的长度一般应不小于其焊候厚度的 4 倍或 40mm，取其大者。

#### 8.2.4 塞焊焊缝

8.2.4.1 塞焊孔的最小直径不应小于开孔板厚度加 8mm；塞焊孔的最大直径应为最小直径加 3mm，或开孔件板厚的 2.25 倍，取两值中较大者。

8.2.4.2 塞焊孔中心间距应至少为孔径的 4 倍。

8.2.4.3 长孔塞焊的长度不应超过开孔件厚度的 10 倍；宽度不应小于开孔件厚度加 8mm，最大宽度应为最小宽度加 3mm，或开孔件厚度的 2.25 倍，取两值中较大者。长孔塞焊的孔端部应为半圆形。

8.2.4.4 长孔塞焊的横向距离应不小于孔宽度的 4 倍，纵向距离不小于孔长度的 2 倍。

#### 8.2.5 坡口焊缝

8.2.5.1 接头完全熔透坡口焊缝和部分熔透坡口焊缝的设计细节可参照本章附录 II。

8.2.5.2 除经设计批准外，接头部分熔透的平头焊缝、单面或双面的 V 形、单边削斜、J 形或 U 形坡口焊缝的最小焊缝厚度应符合表 8.2.5.2 的要求。

接头部分熔透坡口焊缝最小焊缝厚度 表 8.2.5.2

两连接板中之较大厚度 t	最小焊缝尺寸
$t \leq 20\text{mm}$	6mm
$t > 20\text{mm}$	8mm

### 第3节 桥梁结构的焊接

#### 8.3.1 一般规定

8.3.1.1 装配和施焊人员应按设计图纸的要求进行装配、施焊。焊缝尺寸和长度不应低于图纸设计要求，且不应改变焊缝位置。

8.3.1.2 为确保熔敷金属的质量，手工焊应采用低氢焊条。

#### 8.3.2 产品焊接试板

8.3.2.1 对桥梁钢结构主要构件典型焊接接头，应根据接头应力状态和焊缝长度焊制一定数量的焊接试板。

8.3.2.2 焊接试板焊缝试验应按本指南第 7 章焊接工艺认可的相关要求进行焊缝拉伸试验、弯曲试验和冲击试验。

#### 8.3.3 焊前准备

8.3.3.1 构件的坡口加工、装配次序、定位精度及装配间隙应符合认可的工艺规程的要求。并应避免强制装配，以减少构件的内应力。

8.3.3.2 焊接前应根据焊接材料的产品说明书进行焙烘，然后贮存于保温容器中，携带至焊接地点待用。埋弧焊所用的焊剂应保持干燥，如果受潮，应重新加热烘干。

8.3.3.3 焊缝坡口区域的铁锈、氧化皮、油污和杂物等应予清除，并保持清洁和干燥。

8.3.3.4 涂有底漆的钢材，如在焊接之前未能将底漆清除，则应证明该底漆对焊缝的质量没有不良的影响。

8.3.3.5 在下列情况下应考虑对焊件采取适当的预热和(或)缓冷措施，以防焊件内产生过

大的应力或不良的组织。

- (1) 施工环境的温度低于0℃时；
- (2) 材料的碳当量 $C_{eq}$ 按下式计算数值较大时；

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad \%$$

- (3) 结构刚性过大、构件板厚较厚或焊段较短时。  
当碳当量 $C_{eq}$ 大于0.45%时，应进行预热，并考虑进行焊后热处理。

### 8.3.4 定位焊和临时焊缝

8.3.4.1 定位焊和临时固定焊缝应由合格的焊工施焊。

8.3.4.2 熔入最终焊缝的定位焊缝，所用焊条应与正式施焊时相同，定位焊的数量应控制到最少，定位焊的厚度应不小于根部焊道的厚度，其长度应不小于75mm，施焊前应彻底清理，多道定位焊焊缝端部应为阶梯状。定位焊的质量应与正式焊缝的质量相同，且应按认可的工艺规程要求施焊。

8.3.4.3 不熔入最终焊缝的定位焊和临时焊缝应清除，清除定位焊时应符合8.3.3.4的规定。

8.3.4.4 清除焊缝应考虑包括清除焊缝附近3mm的热影响区的母材，焊缝和母材的清除部位应平顺过渡到邻近表面，保证沿表面深入到金属中的坡度不大于1/10。对于断裂关键构件应在清理区域进行磁粉探伤。

### 8.3.5 预热和层间温度

8.3.5.1 预热温度和层间温度应根据钢结构拘束水平、施焊环境、焊接方法、钢材种类和厚度等参数，通过焊接工艺认可试验的结果予以确定。

8.3.5.2 对于厚板、返修焊缝等，应适当提高预热温度。

8.3.5.3 除有试验证明，预热和层间温度一般不应超过230℃。

### 8.3.6 焊接

8.3.6.1 桥梁结构的对接焊缝一般应全焊透。焊缝余高部分的外形应符合要求，并应平顺地过渡到母材。

8.3.6.2 角接焊缝通常用于板和加强材的连接、肘板的固定等。如焊件间存在有允许的装配间隙，则焊缝厚度应相应增加间隙值。

8.3.6.3 对重要的角接焊缝以及可能出现疲劳现象的强受力构件的角接焊缝应完全焊透。施焊时可采用交替对称焊以及坡口表面预先堆焊焊道等工艺措施。

8.3.6.4 应采用合理的装配步骤和焊接顺序，以控制焊接变形，避免过大的残余应力和防止裂纹产生。

### 8.3.7 焊后热处理

8.3.7.1 如采用焊后热处理的办法消除内应力，热处理工艺应经评定以确定该工艺对焊缝和母材的影响。热处理工艺应明确最低和最高加热温度、最大加热和冷却速率、规定温度下的保温时间范围及其他热处理细节。

### 8.3.8 返工

8.3.8.1 制造厂在修补主要受力构件的焊接缺陷时，应编制详细的修补焊接工艺规程。

8.3.8.2 焊补前应完全消除焊缝中的缺陷，必要时可用磁粉检测或渗透检测方法进行检测。

查。

8.3.8.3 当进行浅层和局部修补时，预热温度和道间温度应比通常施焊时采用的温度高 25℃，且至少为 100℃。

8.3.8.4 为保证重要焊缝的修补质量，在修补焊缝缺陷时，其焊缝长度应不小于 100mm。

8.3.8.5 对较长的焊缝缺陷可以分段修补，以避免产生过高的内应力和裂纹。

8.3.8.6 焊后经过热处理的焊接接头，焊补后应再次进行热处理。

8.3.8.7 在施焊过程中，如缺陷重复出现或缺陷的范围较大时，应审查焊接工艺和焊工的资格。

8.3.8.8 对于同一部位的返修次数一般不宜超过 2 次。

8.3.8.9 焊补后的焊缝应与相邻部位过渡平顺，并按第 9 章的要求重新进行表面质量和内部质量的检验。

8.3.8.10 制造厂应做好修补缺陷的位置、大小、修补方法及焊补后质量检查等记录，存档备查。

## 附录I 焊工资格评定

### I.1.1 适用范围

I.1.1.1 本附录适用于桥梁钢结构焊工的资格评定。

### I.1.2 一般要求

I.1.2.1 焊工资格评定试验应在本社监督下进行,对于评定合格的焊工,应签发相应的证明文件。评定试验的试验结果应由制造厂妥善保存,以便检查。

I.1.2.2 按本指南评定的焊工资格应一直有效,但下列情况应重新进行评定:

(1) 该焊工、自动焊工或定位焊工停止其已获资质评定的焊接方法的操作达6个月以上;

(2) 因一些特定理由对该焊工、自动焊工或定位焊工的能力产生疑问。

I.1.2.3 坡口焊工评定的焊接位置如图 I.1.2.3。

(1) 1G(平): 在1G(平)位置的评定覆盖了板材和结构型材的平焊位置的坡口焊接,以及板材和结构型材在平焊和横焊位置的角焊缝焊接。

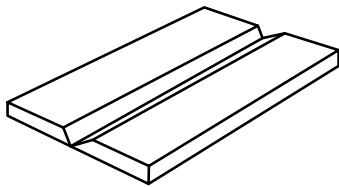
(2) 2G(横): 在2G(横)位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊和横焊位置的坡口焊接,以及板材和结构型材在平焊和横焊位置的角焊缝焊接。

(3) 3G(立): 在3G(立)位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊、横焊和立焊位置的坡口焊接,以及板材和结构型材在平焊、横焊和立焊位置的角焊缝焊接。

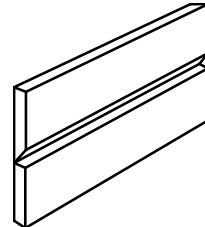
(4) 4G(仰): 在4G(仰)位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊和仰焊位置的坡口焊接,以及板材和结构型材在平焊、横焊和仰焊位置的角焊缝焊接。

板水平放置

板垂直放置: 焊缝轴线为水平位置



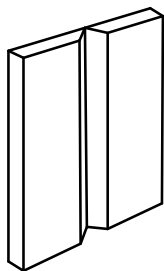
(A) 平焊位置 1G



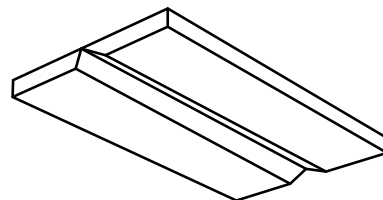
(B) 横焊位置 2G

板垂直放置: 焊缝轴线为垂直位置

板水平放置



(C) 立焊位置 3G

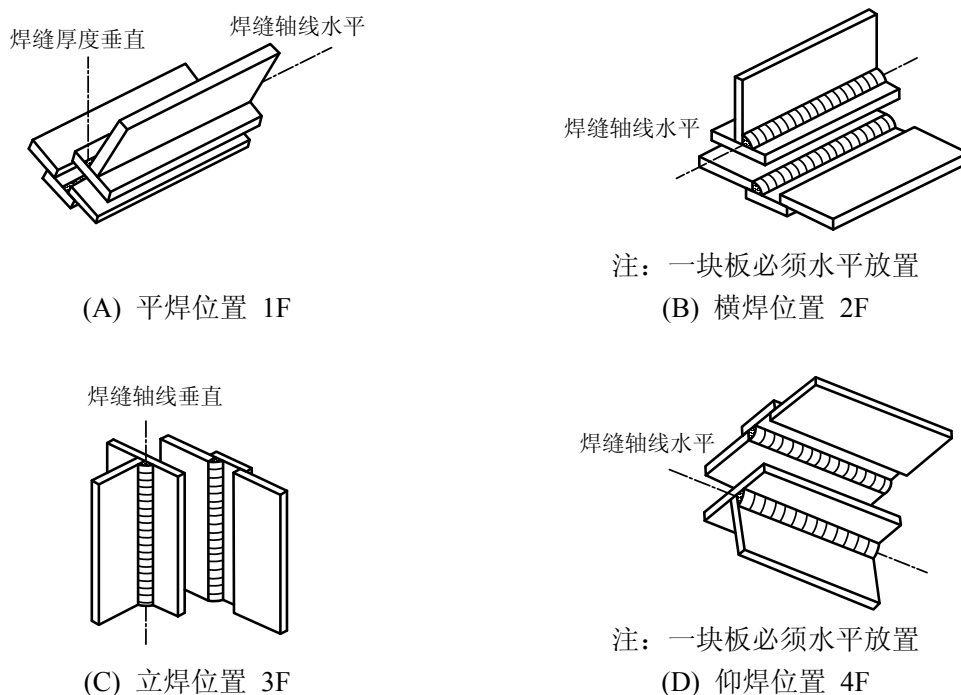


(D) 仰焊位置 4G

图I.1.2.3 焊接位置

I.1.2.4 填角焊工工评定的焊接位置如图 I.1.2.4。

- (1) 1F (平)：在1F (平) 位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊位置的填角焊接。
- (2) 2F (横)：在2F (横) 位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊和横焊位置的填角焊接。
- (3) 3F (立)：在3F (立) 位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊、横焊和立焊位置的填角焊接。
- (4) 4F (仰)：在4F (仰) 位置的评定覆盖了板材和结构型材在平焊、横焊和仰焊位置的填角焊接。



图I.1.2.4 焊接位置

I.1.2.5 焊工资格的适用范围

- (1) 自动焊工应按每一位置分别进行评定。
- (2) 通过了角焊缝破断试验的定位焊工适合于已经试验合格的焊接方法和焊接位置的所有类型坡口接头和角焊接头的定位焊。
- (3) 焊工资格评定仅适用于所评定的焊接方法。
- (4) 焊工资格评定试验所用钢材符合本指南第 3 章要求时，应认为焊接或定位焊也适用于本指南第 3 章其他钢材。
- (5) 焊接位置的适用范围见 I. 1. 2. 3 和 I. 1. 2. 4。
- (6) 如果焊工通过资格评定系使用衬垫，则取消衬垫材料、从一面进行接头完全熔透焊缝的焊接，需重新进行资格评定。
- (7) 定位焊的位置改变，应对定位焊工资格进行重新评定。

I.1.2.6 复试与重新评定

- (1) 每一评定科目中，如有 1 个试样不合格，可在原试件上取 2 倍试样按原试验要求进行复试，复试全部合格者，该科目为合格。
- (2) 每一评定科目中，如射线检验不合格，或有 2 个弯曲试样不合格，则该科目为不合格，不进行复试。

(3) 不合格的科目允许在 1 个月内进行 1 次该科目的补考。补考的全部试验项目合格则该科目合格。

(4) 焊工资格评定的全部科目不合格者，1 个月后方可重新参加考试。全部评定科目合格后方可发给证书。重新考试仍不合格者，应经过培训后方可重新申请考试。

(5) 在未能通过角焊缝破断试验的情况下，该定位焊工可以不经培训而进行一次重新试验。

(6) 凡由于试件加工不当，或因非焊接因素造成缺陷而导致试验不合格者，试件作废并重新焊接后进行试验。

### I.1.3 评定试验试件形状与尺寸

I.1.3.1 进行手工焊和半自动焊的焊工资格评定试验试件规定如下：

- (1) 不限定厚度板材的坡口焊评定试验，其接头尺寸如图 I.1.3.1(1)。
- (2) 限定厚度板材的坡口焊评定试验，其接头尺寸如图 I.1.3.1(2)。
- (3) 对于两部件夹角小于  $60^\circ$  的填角焊，焊工资格评定应按图 I.1.3.1(1) 焊接一坡口焊缝试板。这一评定对夹角大于等于  $60^\circ$  的接头也适用。
- (4) 对于两部件夹角大于或等于  $60^\circ$ ，但不超过  $135^\circ$  的接头，应按图 I.1.3.1(4) 焊接一 T 型试板。
- (5) 塞焊焊工资格评定试验的试板如图 I.1.3.1(5)。

I.1.3.2 进行自动焊的焊工资格评定试验试件规定如下：

- (1) 自动焊试件要求如图 I.1.3.2(1)；
- (2) 对于两部件夹角小于  $60^\circ$  的填角焊，焊工资格评定应按图 I.1.3.2(1) 焊接一坡口焊缝试板。这一评定对夹角大于等于  $60^\circ$  的接头也适用。
- (3) 对于两部件夹角大于或等于  $60^\circ$ ，但不超过  $135^\circ$  的接头，应按图 I.1.3.2(3) 焊接一 T 型试板。

I.1.3.3 定位焊工资格评定应按图 I.1.3.3 的要求焊制一角焊缝。

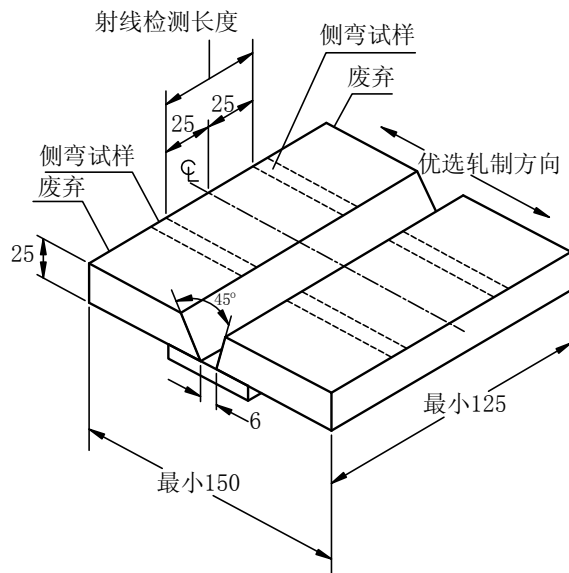


图 I.1.3.1(1)

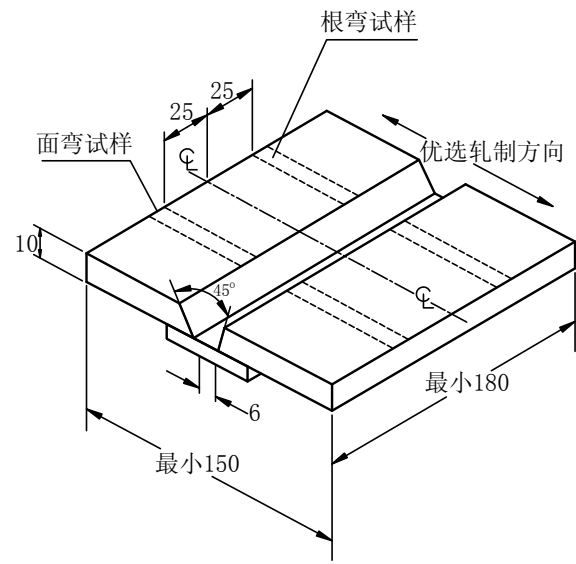


图 I.1.3.1(2)

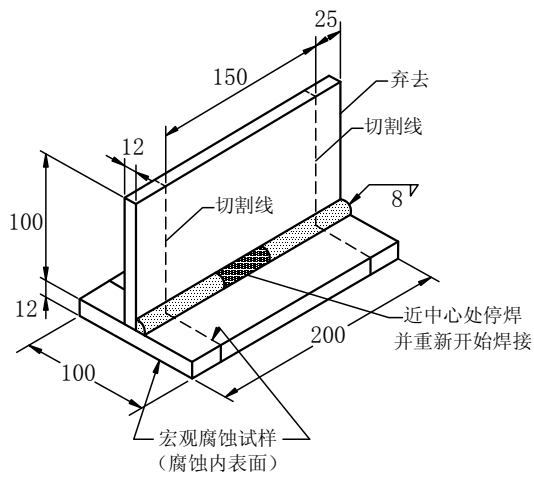


图 I. 1. 3. 1 (4)

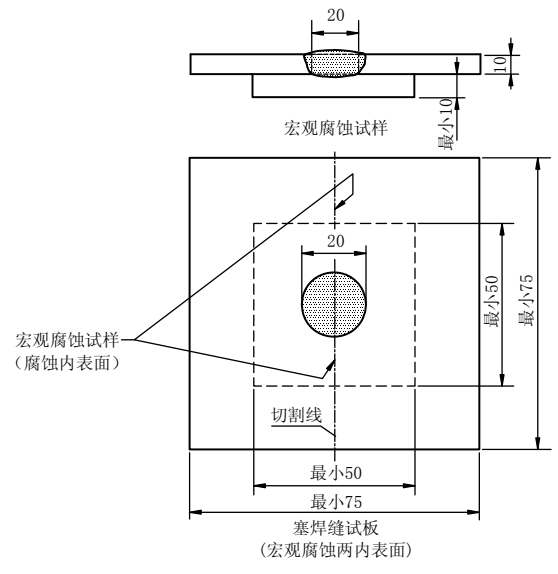


图 I. 1. 3. 1 (5)

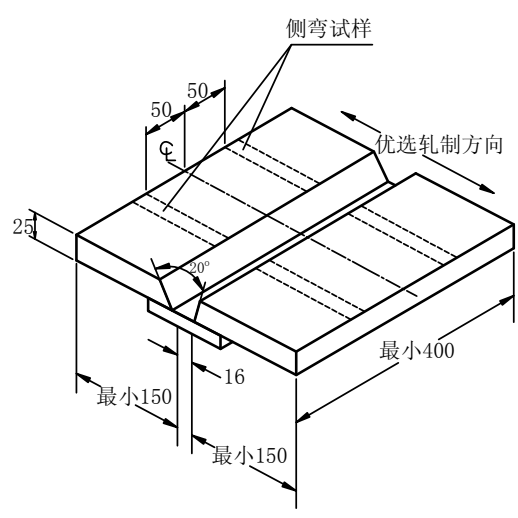


图 I. 1. 3. 2 (1)

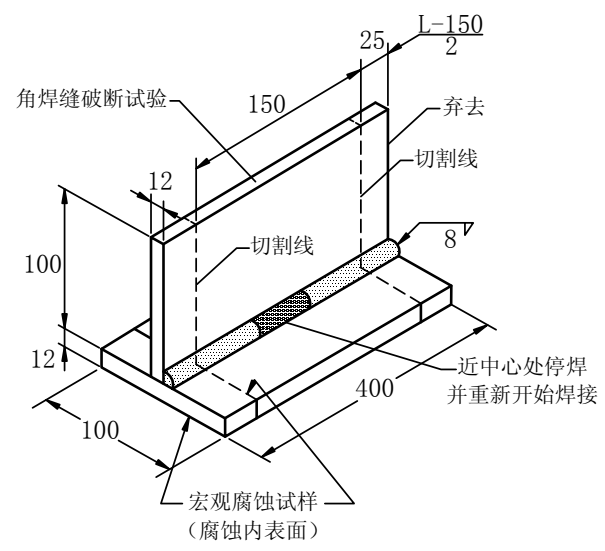


图 I. 1. 3. 2 (3)

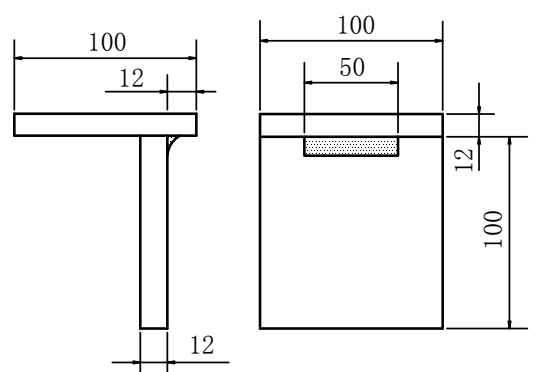


图 I. 1. 3. 3

I.1.4 评定试验试件制作

I.1.4.1 按产品上使用的焊接工艺进行试件的焊接。焊接参数应符合 WPS 要求。

I.1.4.2 按规定进行坡口制备、试件装配和焊前清理。

I.1.4.3 每一试件上应有焊工代号和焊接位置记号钢印，并保持至试验的所有阶段。

I.1.4.4 试件一经施焊，不得改换焊接位置。施焊过程中，应始终保持焊接方向一致，不应变更。

I.1.4.5 试件应至少在盖面层有一个接头，当进行无衬垫单面焊双面成形考试时，还需在打底层也设置一个接头。

### I.1.5 试验或检验

I.1.5.1 焊工资格评定试验的力学性能试样类型与数量、进行评定所用的试板厚度以及该试板厚度所覆盖用于结构的厚度范围，应符合表 I.1.5.1 的要求。

I.1.5.2 可以对试验焊缝进行射线检测以代替弯曲试验，但进行射线探伤时，焊缝衬垫不应从焊缝上去除。

I.1.5.3 外观目检时，焊缝表面应为焊后原始状态，不应进行任何加工。

I.1.5.4 试样的截取方法应不影响材料的性能，一般可采用机加工的方法。如采用气割方法，则每侧应留有不少于 5mm 的机加工余量。

I.1.5.5 如用弯曲试验，焊缝余高和垫板（如有时）应采用机械加工方法加工至与母材轧制面齐平，焊缝边缘的咬边不应去除。

焊工和自动焊工评定用试样的数量和类型以及板材厚度范围

表 I.1.5.1

焊缝类型	试板厚度 t (mm)	外观检查	试样数量					覆盖产品板厚(mm)
			弯曲试验 <sup>⑥</sup>			破断试验	断面宏观检查	
			正弯	反弯	侧弯			
坡口焊缝 <sup>①</sup>	10	是	1	1	-	-	-	≤20 <sup>③④</sup>
坡口焊缝	10<t<25	是	-	-	2	-	-	≤2t <sup>④</sup>
坡口焊缝 <sup>⑤</sup>	25	是	-	-	2	-	-	无限制 <sup>②</sup>
角焊缝	12	是	-	-	-	1	1	无限制
塞焊缝	10	是	-	-	-	-	2	无限制

注：① 不适用于自动焊工的评定；

② 也适用于任意厚度的填角焊；

③ 如图 I.1.3.1(1)；

④ 自动焊工评定时，最大厚度为 t。

⑤ 不限定厚度板材评定试验见图 I.1.3.1(1)，自动焊见图 I.1.3.2(1)；

⑥ 试板的射线检测可以代替弯曲试验，但应符合 I.1.5.2 的要求。

### I.1.6 试验结果评定

I.1.6.1 外观目检应符合下列要求：

- (1) 焊缝表面成形良好，焊缝边缘应平顺过渡到母材，焊缝宽度均匀；
- (2) 焊缝表面应无裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤等缺陷；
- (3) 焊缝咬边深度应不大于 0.5mm。焊缝两侧咬边累计总长度对于板试件应不超过焊缝全长的 10%；

(4) 无衬垫的试件焊接后，不应有未焊透，但允许有深度不超过 0.1t (t 为试件厚度) 且不大于 1.5 mm、累计长度不超过焊缝全长的 10% 的局部内凹；

(5) 平焊位置的焊缝余高应不大于 3 mm，其他位置应不大于 4 mm；每侧焊缝宽度应不大于坡口宽度 2.5 mm；

(6) 无衬垫的试件，焊后其根部焊瘤应不大于 3 mm。

I.1.6.2 弯曲试验应符合下列要求：

- (1) 表面任何方向上不应有超过 3mm 的缺陷；
- (2) 所有超过 1mm 但小于或等于 3mm 缺陷的最大尺寸之和不超过 10mm；

I.1.6.3 角焊缝破断试验应满足下列要求：

(1) 如果试样本身弯曲成平直状，则试验合格；如果角焊缝断裂，断裂表面应呈现接头完全熔合至根部，且夹渣或气孔最大尺寸不应超过 2mm，且所有最大尺寸的夹渣和气孔的总和在 150mm 试样上不应超过 10mm。

(2) 对于定位焊的破断试验，其断裂表面应呈现完全熔合至根部，没有于母材不完全熔合的现象，且没有最大尺寸超过 2mm 的夹渣或气孔。

I.1.6.4 宏观断面检查应符合下列要求：

(1) 填角焊的宏观检查应显示无裂纹、完全熔合、焊缝成型良好、无超过 1mm 的咬边且焊脚尺寸符合要求。

(2) 塞焊的宏观检查应显示无裂纹、焊缝于衬板和孔壁完全熔合且可见夹渣的累积长度不超过 6mm。

## 附录II 坡口焊接头设计细节

### II.1.1 适用范围

II.1.1.1 本附录适用于典型坡口焊接接头细节设计。

### II.1.2 符号

II.1.2.1 接头类型、母材厚度和熔深、焊缝类型、焊接方法、焊接位置、尺寸等的符号如表 I.1.2.1。

坡口焊设计细节符号说明

表 I.1.2.1

1、接头类型符号			
B	——	对接接头	
C	——	角接接头	
T	——	T形接头	
BC	——	对接或角接接头	
TC	——	T形或角接接头	
BTC	——	对接、T形或角接接头	
2、母材厚度和熔深符号			
L	——	厚度有限制的接头完全熔透焊缝	
U	——	厚度无限制的接头完全熔透焊缝	
P	——	接头部分熔透	
3、焊缝类型符号			
1	——	方形坡口 (I型坡口)	6
2	——	单面V型坡口	7
3	——	双面V型坡口	8
4	——	单面单边削斜坡口	9
5	——	双面单边削斜坡口	
4、焊接方法符号			
SMAW	——	手工电弧焊	
GMAW(G)	——	熔化极气体保护焊	
FCAW(F)	——	药芯焊丝电弧焊	
SAW(S)	——	埋弧焊	
5、焊接位置			
F	——	平焊	V
H	——	横焊	OH
6、尺寸			
b	——	根部间隙	
$\alpha$	——	坡口角度	
p	——	钝边	
R	——	J或U型坡口半径	
H, H <sub>1</sub> , H <sub>2</sub>	——	接头部分熔透坡口焊缝的坡口深度	
S, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub>	——	接头部分熔透坡口焊缝尺寸, 分别对应于	

### II.1.3 坡口焊接头设计细节

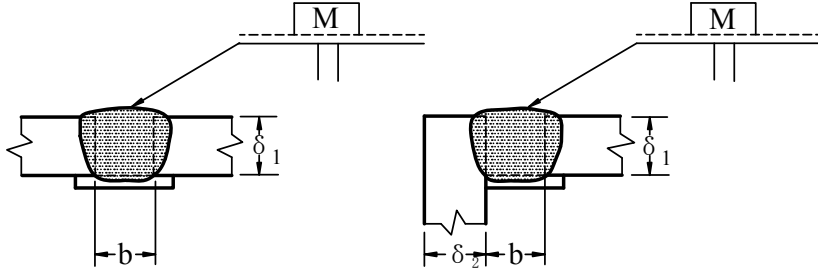
II.1.3.1 接头完全熔透坡口焊缝的设计细节详见表 I.1.3.1 (1) ~ 表 I.1.3.1 (20)。

II.1.3.2 接头部分熔透坡口焊缝的设计细节详见表 I.1.3.2 (1) ~ 表 I.1.3.2 (9)。

II.1.3.3 对表 I.1.3.1 和表 I.1.3.2 的统一注解见表 I.1.3.3。

I 型坡口焊缝(1)一对接头(B)和角接头(C)

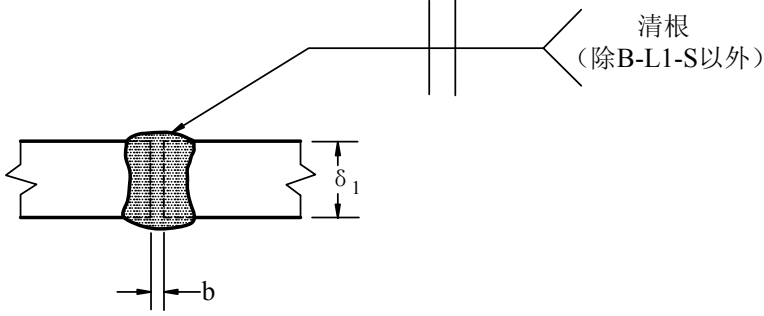
表 I.1.3.1 (1)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-L1a	最大 6	-	$b=T_1$	+2,-0	+6,-2	所有	-	a, i
	C-L1a	最大 6	U	$b=T_1$	+2,-0	+6,-2	所有	-	a
FCAW GMAW	B-L1a-GF	最大 10	-	$b=T_1$	+2,-0	+6,-2	所有	无要求	i

I 型坡口焊缝(1)一对接头(B)

表 I.1.3.1 (2)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-L1b	最大 6	-	$b=T_1/2$	+2,-0	+2,-3	所有	-	a,c,i
FCAW GMAW	B-L1b-GF	最大 10	-	$b=0\sim 3$	+2,-0	+2,-3	所有	无要求	c,i
SAW	B-L1-S	最大 10	-	$b=0$	$\pm 0$	+2,-0	F	-	e,i
SAW	B-L1a-S	最大 16	-	$b=0$	$\pm 0$	+2,-0	F	-	c,i

I 型坡口焊缝 (1) — T 型接头 (T) 和角接接头 (C)

表 I .1.3.1 (3)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-L1b	最大 6	U	$b=T_1/2$	+2,-0	+2,-3	所有	-	a,c,f
FCAW GMAW	TC-L1-GF	最大 10	U	$b=0\sim 3$	+2,-0	+2,-3	所有	无要求	c,f
SAW	TC-L1-S	最大 10	U	$b=0$	$\pm 0$	+2,-0	F	-	c,f

单面 V 型坡口焊缝 (2) — 对接接头 (B)

表 I .1.3.1 (4)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备		允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度			
SMAW	B-U2a	U	-	$b=6$	$\alpha=45^\circ$	所有	-	a,i
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$	F,V,OH	-	a,i
				$b=12$	$\alpha=20^\circ$	F,V,OH	-	a,i
FCAW GMAW	B-U2a-GF	U	-	$b=5$	$\alpha=30^\circ$	F,V,OH	要求	i
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$	F,V,OH	无要求	i
				$b=6$	$\alpha=45^\circ$	F,V,OH	无要求	i
SAW	B-L2a-S	50 最大	-	$b=6$	$\alpha=30^\circ$	F	-	i
SAW	B-U2-S	U	-	$b=16$	$\alpha=20^\circ$	F	-	i

单面 V 型坡口焊缝 (2) — 角接头 (C)

表 I .1.3.1 (5)

						公差		
						设计图公差		装配公差
						b = +2, -0		+6, -2
						alpha = +10°, -0°		+10°, -5°
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备		允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		delta_1	delta_2	根部间隙	坡口角度			
SMAW	C-U2a	U	U	b=6	alpha=45°	所有	-	a,l
				b=10	alpha=30°	F,V,OH	-	a,l
				b=12	alpha=20°	F,V,OH	-	a,l
FCAW GMAW	C-U2a-GF	U	U	b=5	alpha=30°	F,V,OH	要求	l
				b=10	alpha=30°	F,V,OH	无要求	l
				b=6	alpha=45°	F,V,OH	无要求	l
SAW	C-L2a-S	50 最大	U	b=6	alpha=30°	F	-	l
SAW	C-U2-S	U	U	b=16	alpha=20°	F	-	l

单面 V 型坡口焊缝 (2) — 对接接头 (C)

表 I .1.3.1 (6)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		delta_1	delta_2	根部间隙 钝边 坡口角度	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-U2	U	-	b=0~3 p=0~3 alpha=60°	+2,-0 +2,-0 +10,-0	+2,-3 U +10,-5	所有	-	a,c,i
FCAW GMAW	B-U2-GF	U	-	b=0~3 p=0~3 alpha=60°	+2,-0 +2,-0 +10,-0	+2,-3 U +10,-5	所有	无要求	c,i
SAW	B-L2c-S	12 < t ≤ 25	-	b=0 p ≥ 6 alpha=60°	R=±0 f=+6,-0 alpha=10°,-0	+2,-0 U +10,-5	F	-	c,i
		25 < t ≤ 38	-	b=0 p ≥ 10 alpha=60°					
		38 < t ≤ 50	-	b=0 p ≥ 12 alpha=60°					

单 V 型坡口焊接 (2) 一角接头 (C)

表 I .1.3.1 (7)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	C-U2	U	U	$b = 0 \sim 3$ $p = 0 \sim 3$ $\alpha = 60^\circ$	$+2, -0$ $+2, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ U $+10^\circ, -5^\circ$	所有	-	a,c,f,l
FCAW GMAW	C-U2-GF	U	U	$b = 0 \sim 3$ $p = 0 \sim 3$ $\alpha = 60^\circ$	$+2, -0$ $+2, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ U $+10^\circ, -5^\circ$	所有	无要求	c,f,l
SAW	C-U2b-S	$\geq 25$	U	$b = 0$ $p \leq 6$ $\alpha = 60^\circ$	$+6, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -0$ $\pm 2$ $+10^\circ, -5^\circ$	F	-	c,f,l

双面 V 形坡口焊缝 (3) 对接接头 (B)

表 I .1.3.1 (8)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-U3b	U	—	$b = 0 \sim 3$ $p = 0 \sim 3$ $\alpha = \beta = 60^\circ$	$+2, 0$ $+2, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ U $+10^\circ, -5^\circ$	所有	—	a, c, g, i
GMAW FCAW	B-U3-GF	U	—	$b = 0 \sim 3$ $p = 0 \sim 3$ $\alpha = \beta = 60^\circ$	$+2, 0$ $+2, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ U $+10^\circ, -5^\circ$	所有	不要求	c, g, i
SAW	B-U3C-S	U	—	$b = 0$ $p \geq 6$ $\alpha = \beta = 60^\circ$	$+2, 0$ $+6, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ $+6, -0$ $+10^\circ, -5^\circ$	F	—	c, g, i

B-U3C-S		
$\delta_1$		$H_1$
>	<	
50	60	35
60	80	45
80	90	55
90	100	60
100	120	70
120	140	80
140	160	95

当  $\delta_1 \leq 50$  或  $\delta_1 > 160$  时,  
 $H_1 = 2/3 (\delta_1 - 6)$

单面单边削斜坡口焊缝(4)－对焊接头(B)

表 I.1.3.1(9)

					公差			
					设计图公差	装配公差		
					$b = +2, -0$	$+6, -2$		
					$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$		
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备		允许焊接位置	FCAW气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度			
SMAW	B-U4a	U	-	$b=6$	$\alpha=45^\circ$	F,H	—	a,i,m
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$	F,H	—	a,i,m
FCAW GMAW	B-U4a-GF	U	-	$b=5$	$\alpha=30^\circ$	H	要求	i
				$b=6$	$\alpha=45^\circ$	H	不要求	i
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$	H	不要求	i

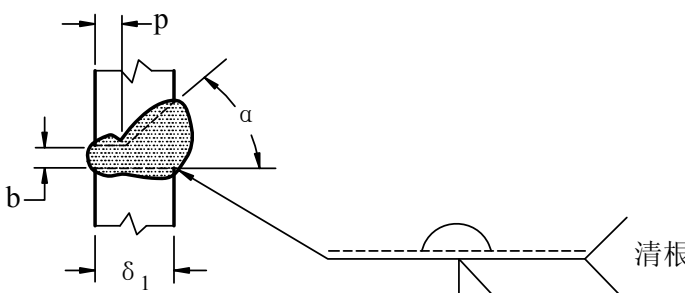
单面单边削斜坡口焊缝(4)－T型接头(T)和角接头(C)

表 I.1.3.1(10)

					公差			
					设计图公差	装配公差		
					$b = +2, -0$	$+6, -2$		
					$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$		
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备		允许焊接位置	FCAW气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度			
SMAW	B-U4c	U	U	$b=6$	$\alpha=45^\circ$	所有	—	a,l
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$	所有		a,l
FCAW GMAW	B-U4c-GF	U	U	$b=5$	$\alpha=30^\circ$	F,OH,H	要求	l
				$b=6$	$\alpha=45^\circ$	所有	不要求	l
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$	F	不要求	l
SAW	B-U4a-S	U	U	$b=6$	$\alpha=45^\circ$	F	—	l
				$b=10$	$\alpha=30^\circ$			

单面单边削斜坡口焊缝(4) — 对接接头(B)

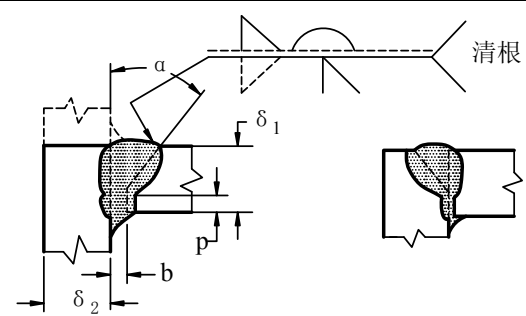
表 I .1.3.1 (11)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-U4b	U	-	$b=0\sim 3$ $p=0\sim 3$ $\alpha=45$	+2,-3 U	+2,-3 U	F,H	—	a,c, i,m
FCAW GMAW	B-U4b-GF	U	-		+10,-5	10,-5	H	不要求	c,i

单面单边削斜坡口焊缝(4) — T型接头(T)和角接接头(C)

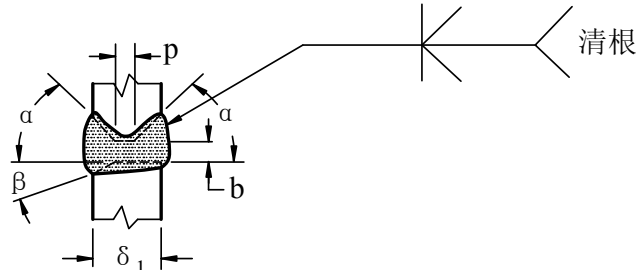
表 I .1.3.1(12)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-U4b	U	U	$b=0\sim 3$ $p=0\sim 3$ $\alpha=45^\circ$	+2,-0	+2,-3 U	所有	—	a,c,f,l
FCAW GMAW	TC-U4b-G F	U	U		+2,-0	10,-5	所有	不要求	c,f,l
SAW	TC-U4a-S	U	U	$b=0$ $p\geq 3$ $\alpha=60^\circ$	$\pm 0$ +0,-3 +10,-0	+6,-0 $\pm 2$ +10,-5	F	—	c,f,l

双面单边削斜坡口焊缝(5)－对接接头(B)

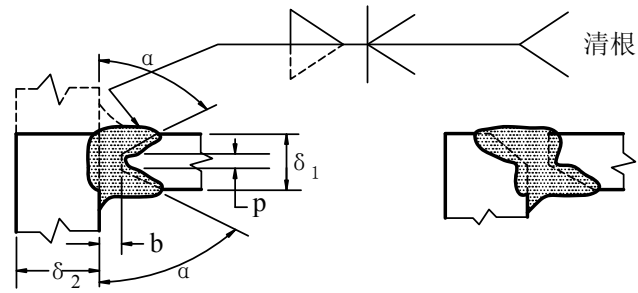
表 I .1.3.1(13)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-U5a	U	U	$b=0\sim 3$	$+2,-0$	$+2,-3$	F,H	—	a,c,g,i,m
FCAW GMAW	B-U5-GF	U	U	$p=0\sim 3$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ $+10,-0$	U $10,-5$	H	不要求	c,g,i

双面单边削斜坡口焊缝(5)－T型接头(T)和角接头(G)

表 I .1.3.1(14)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-U5b	U	U	$b=0\sim 3$	$+2,-0$	$+2,-3$	所有	—	a,c,f,g,l
FCAW GMAW	TC-U5-GF	U	U	$p=0\sim 3$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ $+10,-0$	U $10,-5$	所有	不要求	c,f,g,l
SAW	TC-U5-S	U	U	$b=0$ $p\leq 5$ $\alpha=60^\circ$	$\pm 0$ $+0,-5$ $+10,-0$	$+2,-0\pm 2$ $10,-5$	F	—	c,f,g,l

单面 U 型坡口焊缝 (6) — 对接接头 (B) 和角接头 (C)

表 I .1.3.1(15)

								公差		
								设计公差	装配公差	
								$b = +2, -0$	$+2, -3$	
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$	
								$p = \pm 2$	U	
								$R = +3, -0$	$+3, -0$	
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备				允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度	钝边	坡口半径			
SMAW	B-U6	U	U	$b=0\sim 3$	$\alpha=45^\circ$	$p=3$	$R=6$	所有	—	a,c,i
				$b=0\sim 3$	$\alpha=20^\circ$	$p=3$	$R=6$	F,OH	—	a,c,i
	C-U6	U	U	$b=0\sim 3$	$\alpha=45^\circ$	$p=3$	$R=6$	所有	—	a,c,i
				$b=0\sim 3$	$\alpha=20^\circ$	$p=3$	$R=6$	F,OH	—	a,c,i
FCAW	B-U6-GF	U	U	$b=0\sim 3$	$\alpha=20^\circ$	$p=3$	$R=6$	所有	无要求	c,i
GMAW	C-U6-GF	U	U	$b=0\sim 3$	$\alpha=20^\circ$	$p=3$	$R=6$	所有	无要求	c,l
SAW	B-U6-S	$\geq 16$	$\geq 16$	$b=0$	$\alpha=20^\circ$	$p \geq 6$	$R=6$	F	—	c,i
	C-U6-S	$\geq 16$	$\geq 16$	$b=0$	$\alpha=20^\circ$	$p \geq 6$	$R=6$	F	—	c,i

单面 U 型坡口焊缝 (7) — 对接接头 (B)

表 I .1.3.1(16)

								公差		
								设计公差	装配公差	
								B-U7、B-U7-GF		
								$b = +2, -0$	$+2, -3$	
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$	
								$p = \pm 2, -0$	U	
								$R = +6, -0$	$\pm 2$	
								B-U7-S		
								$b = \pm 0$	$+2, -0$	
								$p = +0, -6$	$\pm 2$	
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备				允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度	钝边	坡口半径			
SMAW	B-U7	U	—	$b=0\sim 3$	$\alpha=45^\circ$	$p=3$	$R=6$	所有	—	a,c,g,i
				$b=0\sim 3$	$\alpha=20^\circ$	$p=3$	$R=6$	F,OH	—	a,c,g,i
FCAW	B-U7-GF	U	—	$b=0\sim 3$	$\alpha=20^\circ$	$p=3$	$R=6$	所有	无要求	c,g,i
GMAW										
SAW	B-U7-S	U	—	$b=0$	$\alpha=20^\circ$	$p \leq 6$	$R=6$	F	—	c,g,i

单面 J 型坡口焊缝 (8) — 对接接头 (B)

表 I.1.3.1(17)

								公差		
								设计公差		装配公差
								$b = +2, -0$		$+2, -3$
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$		$+10^\circ, -5^\circ$
								$p = +2, -0$		U
								$R = +6, -0$		$\pm 2$
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备				允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度	钝边	坡口半径			
SMAW	B-U8	U	—	$b=0\sim 3$	$\alpha=45^\circ$	$p=3$	$R=10$	H	—	a,c,i,m
FCAW GMAW	B-U8-GF	U	—	$b=0\sim 3$	$\alpha=30^\circ$	$p=3$	$R=10$	H	无要求	c,i

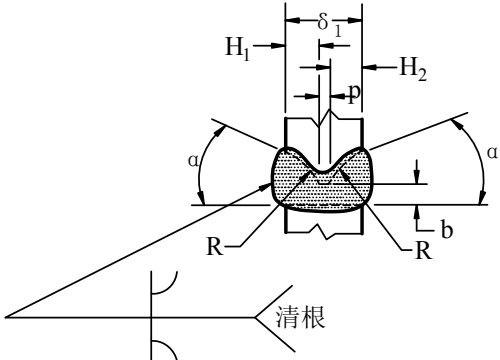
单面 J 型坡口焊缝 (8) — T 型接头 (T) 和角接头 (C)

表 I.1.3.1(18)

								公差		
								设计公差		装配公差
								$b = +2, -0$		$+2, -3$
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$		$+10^\circ, -5^\circ$
								$p = +2, -0$		U
								$R = +6, -0$		$\pm 2$
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备				允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度	钝边	坡口半径			
SMAW	TC-U8a	U	U	$b=0\sim 3$	$\alpha=45^\circ$	$p=3$	$R=10$	所有	—	a,c,f,i
				$b=0\sim 3$	$\alpha=30^\circ$	$p=3$	$R=10$	F,OH	—	a,c,f,i
FCAW GMAW	B-U8a-GF	U	U	$b=0\sim 3$	$\alpha=30^\circ$	$p=3$	$R=10$	所有	无要求	c,f,i
SAW	B-U8a-S	$\geq 16$	$\geq 16$	$b=0$	$\alpha=30^\circ$	$p\geq 6$	$R=10$	F	—	c,f,i

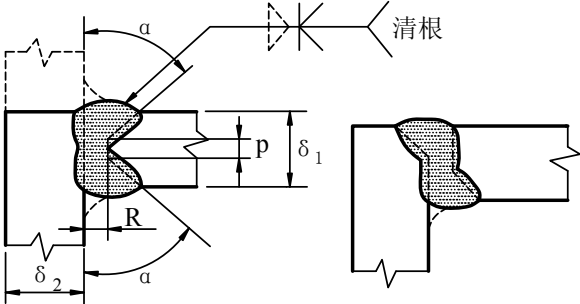
双面J型坡口焊缝(9)一对接接头(B)

表 I.1.3.1(19)

								公差		
								设计公差	装配公差	
								b = +2, -0	+2, -3	
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°	
								p = +2, -0	U	
								R = +3, -0	±2	
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备				允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度	钝边	坡口半径			
SMAW	B-U9	U	—	b=0~3	$\alpha=45^\circ$	p = 3	R=10	H	—	a,c,g,i,m
FCAW GMAW	B-U9-GF	U	—	b=0~3	$\alpha=30^\circ$	p = 3	R=10	H	无要求	c,g,i

双面J型坡口焊缝(9)一T型接头(T)和角接头(C)

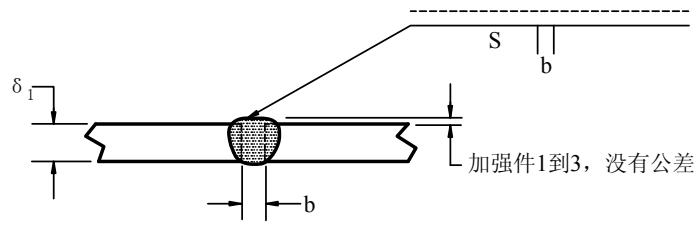
表 I.1.3.1(20)

								公差		
								设计公差	装配公差	
								b = +2, -0	+2, -3	
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°	
								p = +2, -0	U	
								R = +3, -0	±2	
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备				允许焊接位置	FCAW 气保焊	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	坡口角度	钝边	坡口半径			
SMAW	TC-U9a	U	U	b=0~3	$\alpha=45^\circ$	p = 3	R=10	所有	—	a,c,f,g,l
				b=0~3	$\alpha=30^\circ$	p = 3	R=10	F,OH	—	c,f,g,l
FCAW GMAW	B-U9a-GF	U	U	b=0~3	$\alpha=30^\circ$	p = 3	R=10	所有	无要求	c,f,g,l
SAW	B-U9a-S	≥10	≥10	b=0	$\alpha=30^\circ$	p=6	R=10	F	—	c,f,g,l

I 型坡口焊缝(1)－对接接头 (B)

表 I .1.3.2 (1)

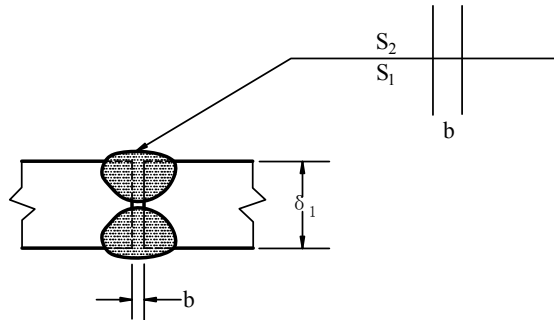
焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-P1a	$\leq 3$	-	$b=0\sim 2$	+2,-0	$\pm 2$	所有	$\delta_1-1$	a,b
	B-P1c	$\leq 6$	-	$b\geq T_1/2$	+2,-0	$\pm 2$	所有	$\delta_1/2$	a,b



I 型坡口焊缝(1)－对接接头 (B)

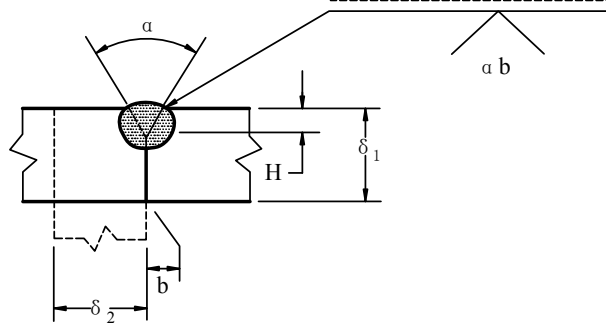
表 I .1.3.2 (2)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U 为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 ( $S_1+S_2$ )	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-P1b	$\leq 6$	-	$b=\delta_1/2$	+2,-0	$\pm 2$	所有	$3\delta T_1/4$	a



单面 V 型坡口焊缝 (2) 一角接头 (C)

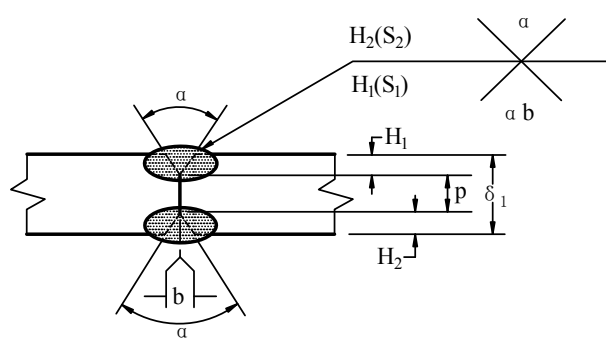
表 I .1.3.2 (3)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	C-P2	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 1$ $\alpha=60^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	a,b,d,k
FCAW GMAW	C-P2-GF	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=60^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	b,d,k
SAW	C-P2-S	$\geq 11$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $\alpha=60^\circ$	$\pm 0$ U $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $10,-5$	F	H	b,d,k

单面 V 型坡口焊缝 (3) 一对接头 (B)

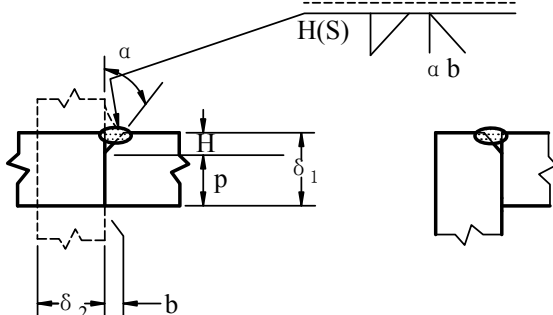
表 I .1.3.2 (4)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	B-P3	$\geq 12$	-	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=60^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	$H_1+H_2$	a,d,h,k
FCAW GMAW	B-P3-GF	$\geq 12$	-	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=60^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	$H_1+H_2$	d,h,k
SAW	B-P3-S	$\geq 20$	-	$b=0$ $p \geq 6$ $\alpha=60^\circ$	$\pm 0$ U $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $10,-5$	F	$H_1+H_2$	d,h,k

单面单边斜削坡口焊缝(4) — T型接头(T)和角接头(C)

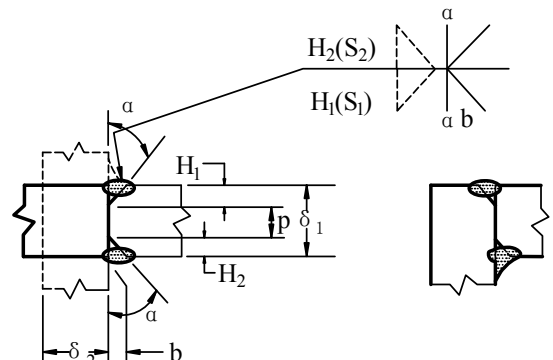
表 I.1.3.2 (5)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-P4	U	U	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H+3	a,b,d,f,k
FCAW GMAW	TC-P4-GF	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H+3	b,d,f,k
SAW	TC-P4-S	$\geq 11$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $\alpha=60^\circ$	$\pm 0$ U $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $10,-5$	F	H	b,d,f,k

双面单边斜削坡口焊缝(5) — T型接头(T)和角接头(C)

表 I.1.3.2 (6)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-P5	$\geq 8$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	$(H_1+H_2)$ -6	a,d,f,h,k
FCAW GMAW	TC-P5-GF	$\geq 12$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ U $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	$(H_1+H_2)$ -6	d,f,h,k
SAW	TC-P5-S	$\geq 20$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $\alpha=60^\circ$	$\pm 0$ U $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $10,-5$	F	$H_1+H_2$	d,f,h,k

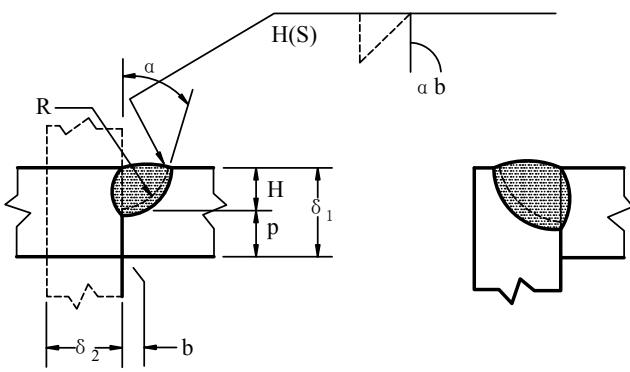
单面 U 型坡口焊缝 (6) 一角接头 (C)

表 I.1.3.2 (7)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	C-P6	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 1$ $R=6$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ $+U,-0$ $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	a,b,d,k
FCAW GMAW	BC-P6-GF	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $Rr=6$ $\alpha=20^\circ$	$+2,-0$ $+U,-0$ $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	b,d,k
SAW	C-P6-S	$\geq 11$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $R=6$ $\alpha=20^\circ$	$\pm 0$ $+U,-0$ $+6,-0$ $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	F	H	b,d,k

单面 J 型坡口焊缝 (8) — T 型接头 (T) 和角接接头 (C)

表 I.1.3.2 (8)



焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-P8	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $R=10$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	a,d,f,k
SMAW	C-P8	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $R=10$ $\alpha=30^\circ$	$+2,-0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	a,d,f,k
FCAW GMAW	TC-P8-GF	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $R=10$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	d,f,k
FCAW GMAW	C-P8-GF	$\geq 6$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $R=10$ $\alpha=30^\circ$	$+2,-0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	H	d,f,k
SAW	TC-P8-S	$\geq 11$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $R=12$ $\alpha=45^\circ$	$\pm 0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	F	H	d,f,k
SAW	C-P8-S	$\geq 11$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $R=12$ $\alpha=30^\circ$	$\pm 0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	F	H	d,f,k

双面 J 型坡口焊缝 (9) — T 型接头 (T) 和角接头 (G)

表 I .1.3.2 (9)

焊接方法	接头标号	母材厚度 (U为无限制)		坡口准备			允许焊接位置	焊缝尺寸 (S)	注
		$\delta_1$	$\delta_2$	根部间隙	设计图公差	装配公差			
SMAW	TC-P9	$\geq 12$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $R=10$ $\alpha=45^\circ$	$+2,-0$ $\pm 0$ $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	$H_1+H_2$	a,d,f,h,k
FCAW GMAW	TC-P9-GF	$\geq 12$	U	$b=0$ $p \geq 3$ $R=10$ $\alpha=30^\circ$	$+2,-0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+3,-2$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	所有	$H_1+H_2$	d,f,h,k
SAW	C-P9-S	$\geq 20$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $R=12$ $\alpha=45^\circ$	$\pm 0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	F	$H_1+H_2$	d,f,h,k
SAW	T-P9-S	$\geq 20$	U	$b=0$ $p \geq 6$ $R=12$ $\alpha=45^\circ$	$\pm 0$ U $+6,-0$ $+10,-0$	$+2,-0$ $\pm 2$ $\pm 2$ $10,-5$	F	$H_1+H_2$	d,f,h,k

对表 I .1.3.1 和表 I .1.3.2 的统一注解

表 I .1.3.3

a:	用手工电弧焊坡口制备细节可以用于熔化极气体保护焊或药芯焊丝电弧焊。
b:	接头仅从一面焊接。
c:	在进行第二面焊接前清根至完好金属。
d:	在进行第二面焊接前先背部清根至完好金属。
e:	最小焊缝尺寸 (E) 应满足本指南第 8 章的相关要求。
f:	需要接头完全熔透。
g:	角接接头和 T 型接头的坡口焊缝应以角焊缝加强, 角焊缝等于 $T_1/4$ , 但无需超过 10mm。
h:	双面坡口焊缝的深度可以不等, 但较浅坡口的深度不得小于连接的较薄件厚度的 1/4。
i:	如果符合注 d 的要求, 则双面坡口可以不等深, 且焊缝尺寸 (E) 应分别适用于每一坡口。
j:	如果接头的基本形状 (包括坡口角度、钝边、根部间隙等) 不变且保证设计的焊缝尺寸, 则接头中两构件的方向可以在 $135^\circ \sim 180^\circ$ 范围内变化。
k:	对于角接和 T 型接头, 如果规定的坡口角度不变, 则构件的方向可以改变。
l:	如果规定的坡口尺寸不变, 则构件的方向可以改变。
m:	如果接头基本形状 (包括坡口角度、钝边、根部间隙等) 不变且保证设计的焊缝尺寸, 则接头两构件的方向允许改变, 允许改变的范围为: 角接接头 $45^\circ \sim 135^\circ$ , T 型接头 $45^\circ \sim 90^\circ$ 。

## 第9章 焊接检验

### 第1节 一般规定

#### 9.1.1 适用范围

9.1.1.1 本章适用于桥梁钢结构的焊缝质量检验。

#### 9.1.2 人员资质

9.1.2.1 桥梁钢结构焊接质量检查人员及无损检测人员资质应满足本指南 1.1.6 的要求。

9.1.2.2 焊接质量检查人员应具有适应以下工作的能力：

(1) 对所用钢材及焊接材料的规格、型号、材质以及外观进行检查，均应符合图纸和本指南及相关标准的要求；

(2) 监督检查焊工合格证及认可施焊范围；

(3) 监督检查焊工是否严格按焊接工艺技术文件要求及操作规程施焊；

(4) 对焊缝质量按照设计图纸、技术文件及本指南要求进行验收检验。

(5) 填报、收集、整理焊接质量记录，参加焊接工程的交接验收工作。

9.1.2.3 无损检测人员应能按无损检测工艺规程或标准，对指定部位进行检测，并能对缺陷的位置、尺寸和性质作出准确判断。

#### 9.1.3 无损检测设备

9.1.3.1 无损检测仪器设备应经国家计量部门监督检验，并处于良好状态，相关检查要求可参考附录 I。

9.1.3.2 无损检测通常应在常温下进行。当需要在常温以外进行检测时，应考虑温度对检测结构的影响并采取相应措施。

9.1.3.3 对采用仪器设备的无损检测，应尽量避免在强电磁场、灰尘大、高温或腐蚀的环境下进行。

#### 9.1.4 无损检测文件

9.1.4.1 实施无损检测的单位应根据自身条件，就每项无损检测技术制定与本单位条件相适应的无损检测工艺文件，并提交本社或其他检验机构备查。

9.1.4.2 工厂的检验部门应根据不同的结构形式及重要性和所用的焊接方法进行计划，以确定不同部位实施的检测方法和验收标准，并制定焊缝检测清册。焊缝清册内容应满足以下要求：

(1) 应列出所有需要进行无损检测焊缝编号（马板和工艺试板焊缝可以不包括），并对检测方法、执行标准、验收等级、检测比例等作出详细规定；

(2) 桥梁钢结构焊缝的无损检测内容及要求应符合本章规定。

9.1.4.3 工厂检验部门应如实做好检测记录，记录的主要内容包括：工作名称、编号、检测部位、表面状态、仪器和材料、检测参数、缺陷参数、记录人、日期。

9.1.4.4 工厂检验部门应将无损检测结果明确地表述在检测报告中。检测报告的参考格式见本章附录 III，要求如下：

(1) 应对工程名称、施工单位、监理单位、检测单位、标段号等进行描述，并逐份编号；

(2) 应对受检部位、缺陷返修部位、复探情况等详细记录，并具有可追溯性；

(3) 同一部位采用不同检测方法时，应分别出具检测报告；

(4) 无损检测专业方面的信息应包括：设备型号、使用的各类专业器材、验收标准、验收条件、检测具体方法、检测灵敏度等；

(5) 检测和审核人员等签名及检测日期。

### 9.1.5 验收标准

9.1.5.1 焊缝外观验收应符合本章第 2 节的相关要求，焊缝无损检测验收应符合有关公认标准的相关要求。

### 9.1.6 资料

9.1.6.1 焊接检验资料应及时收集和汇总，并且完整、正确、可追踪，施焊单位妥善保存，工程完工后移交有关部门、使用单位长期保存。

9.1.6.2 制造单位一般应按附录 II 准备相关资料，以备检查。

## 第2节 焊缝的外观检查

### 9.2.1 一般规定

9.2.1.1 桥梁钢结构焊缝完工后均应予以清洁，并进行焊缝尺寸和外观检查。

### 9.2.2 检查前的准备

9.2.2.1 结构被检测的部位应在检测前进行适当的表面清洁，可采用人工或机械的方式去除所有的焊渣、飞溅等，以免影响检测结果。

9.2.2.2 对于后续将进行渗透检测的部位，应避免采用喷砂、锤击等可能造成表面张开性缺陷闭合的方式。

9.2.2.3 对于需要打磨整形的焊缝，应防止由打磨引起的焊缝表面金属过热和形状缺陷。

9.2.2.4 当被检焊缝需要热处理时，通常应在热处理后进行检验。

### 9.2.3 外观检查

9.2.3.1 所有焊缝必须在全长范围内进行外观检查。

9.2.3.2 焊缝外观检查一般采用观察检查或使用放大镜、焊缝量规或钢尺检查，当存在疑义时，采用磁粉探伤检查。

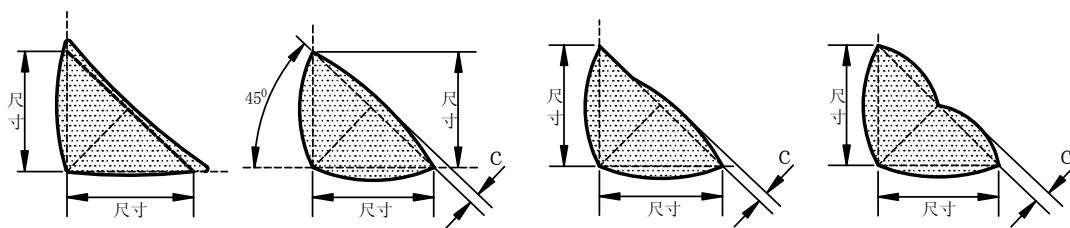
### 9.2.4 评定

9.2.4.1 焊缝表面应成型均匀、致密、平滑地向母材过渡，无裂纹和过大的余高以及不应有的焊瘤、弧坑和咬边等缺陷存在。

9.2.4.2 当设计中允许不连续角焊时，除这些焊缝的有效长度以外的端部外，其余焊缝端部均不允许出现未填满弧坑。

9.2.4.3 焊缝剖面形状符合以下要求：

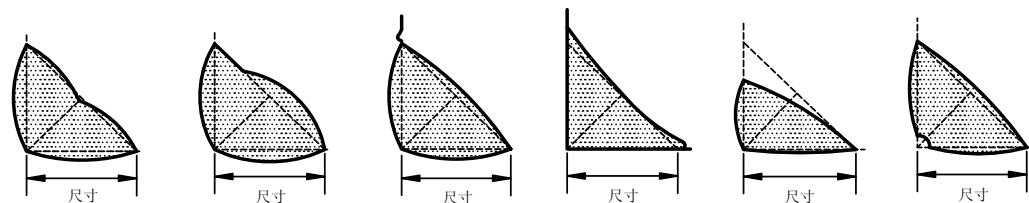
(1) 如图 9.2.4.3 (a) 和 (b) 所示，角焊缝表面可以稍稍凸起，平整或稍稍下凹，但不应有如图 9.2.4.3 (c) 所示的不合格角焊缝剖面形状。



(a) 理想角焊缝剖面形状

(b) 合格角焊缝剖面形状

注：一条焊缝或单独的表面焊道的凸度  $c$ ，分别不得超过该焊缝或单独焊道的实际表面宽度的 0.07 倍加 1.5mm。



焊缝厚度不足

凸度过大

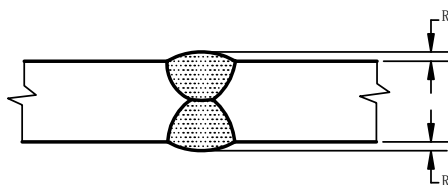
咬边过深

焊瘤

焊脚不足

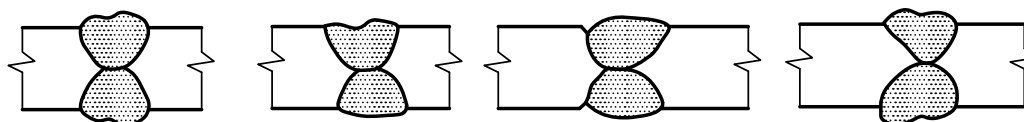
未熔合

(c) 不合格角焊缝剖面形状



(d) 合格的坡口焊缝剖面形状

注：余高  $R$  不应超过 3mm。



凸度过大

焊缝厚度不足

咬边过深

焊瘤

(e) 对接接头的不合格坡口焊缝剖面形状

图 9.2.4.3 合格和不合格焊缝剖面形状

(2) 除角接头的外侧焊缝以外，一条焊缝或单独的表面焊道的凸度  $C$ ，分别不得超过该焊缝或单独焊道实际表面宽度的 0.07 倍加 1.5mm，见图 9.2.4.3 (b)。

(3) 坡口焊缝最好带有轻微或极小的表面余高。在对接和角接头中，表面余高高度不得超过 3mm，并逐渐过渡到母材钢板表面。见图 9.2.4.3 (d)。对接接头应无图 9.2.4.3 (e) 所示缺陷。

(4) 要求平齐的对接表面应精修，较薄母材厚度或焊缝厚度减薄不得超过 1mm，或 5% 厚度，取两者中的较小值，焊缝留下的余高也不得超过 1mm。任何余高应光滑过渡到板材表面，过渡区域的焊缝边缘不得有咬边。如果随后打磨的话，可以使用铲凿的方法去除余高。

(5) 需精修的表面，表面粗糙度  $R_A$  不得超过  $6\mu\text{m}$ ，当  $R_A$  为  $3\mu\text{m}\sim 6\mu\text{m}$  时，应沿主要应力方向进行精修；当  $R_A$  为  $3\mu\text{m}$  或小于  $3\mu\text{m}$  时，可沿任何方向做精修加工，但必须符合下列附加要求：对于承受拉应力部件之间的对接接头，不管部件的宽度和厚度是否相等，都须加工平齐，或成光滑的过渡，且粗糙度不得超过  $3\mu\text{m}$ 。

9.2.4.4 当焊缝方向垂直于拉应力时，主要构件中咬边深度不得超过 0.25mm。所有其他

焊缝的咬边深度不得超过 1mm。

9.2.4.5 角焊缝表面的管状气孔的出现频度在 100mm 焊缝长度内不超过 1 个,在 1200mm 长度内累计不超过 6 个,且单个气孔最大直径不得超过 2.4mm。

(1) 当 1200mm 长度内,每隔 300mm 或者更短距离内出现延伸至表面的直径大于等于 2.4mm 气孔,或由于焊条、焊剂和母材的原因,以及焊缝裂纹的存在而质疑该处有气孔问题时,应进行表层以下的气孔检查。

(2) 该表层下的气孔检查,应在经打磨或用碳弧气刨去除掉 1/2 设计焊缝厚度后,对露出的 300mm 长度角焊缝内部进行目检,焊缝的任何 25mm 长度内所有气孔的直径之和不得超过 10mm,且在 300mm 长度内气孔直径之和不超过 20mm。

9.2.4.6 与规定的标称角焊缝相比,任何单条连续角焊缝的欠焊量不得超过 2mm,且焊缝欠焊部分的长度不得超过焊缝长度的 10%。但在梁的端部两倍翼板宽度的范围内,腹板与翼缘板焊缝不允许欠焊。

9.2.4.7 垂直于拉应力的对接接头的完全熔透焊缝不得有管状气孔。对所有其他坡口焊缝,管状气孔的频度不得超过每 100mm 长度内 1 个,且最大直径不得超过 2.4mm。

9.2.4.8 所有焊缝的目检可以在完工焊缝冷却到环境温度后立即开始。

### 第3节 桥梁钢结构无损检测

#### 9.3.1 一般规定

9.3.1.1 桥梁钢结构焊缝经外观检查合格后方可进行无损检测,无损检测应至少在焊接 24h 后进行。

9.3.1.2 应用于桥梁钢结构的无损检测方法通常有超声检测(UT)、射线检测(RT)、磁粉检测(MT)和渗透检测(PT)等四种。桥梁钢结构的表面检测一般采用磁粉检测手段,在受工件形状、空间位置限制或被检工件为非铁磁性材料时,应采用渗透检测方法。

9.3.1.3 桥梁钢结构中的全熔透对接焊缝宜用超声波方法或射线方法进行检测,全熔透的角焊缝宜用超声波方法进行检测;填角焊缝和部分熔透焊缝,根据结构重要性增加适当数量的磁粉检测。

9.3.1.4 如采用具有可成像并记录检测结果的先进超声波检测方法(如:超声衍射时差技术(TOFD)和超声相共振技术(PA))时,应充分考虑这些新技术的工艺特点,根据焊缝所处部位,选择合适的检测方法;并应制定有效的探伤工艺和验收准则,以避免区分伪缺陷和导致漏检。

#### 9.3.2 无损检测的要求

9.3.2.1 焊缝超声波探伤内部质量等级见表 9.3.2.1。表中主要角焊缝是指腹板与翼缘、隔板连接板与腹板或翼缘、桁架上弦杆与节点板等。

表 9.3.2.1 焊缝超声波探伤内部质量等级

项目	质量等级	适用范围
对接焊缝	I	主要构件受拉横向、纵向对接焊缝
	II	主要构件受压横向、纵向对接焊缝
全熔透角焊缝	I	设计明确要求的熔透角焊缝
角焊缝	II	主要角焊缝

9.3.2.2 焊缝超声波探伤范围应符合表 9.3.2.2 的规定:

表 9.3.2.2 焊缝超声波探伤范围

焊缝质量级别	探伤比例	探伤部位
I、II 级横向对接焊缝, I 级纵向对接焊缝	100%	全长
II 级纵向对接焊缝	100%	焊缝两端各 1000
I 级全熔透角焊缝	100%	全长
II 级角焊缝	100%	两端螺栓孔部位并延长 500, 板梁主梁及纵、横梁跨中加深 1000

9.3.2.3 I、II 级对接焊缝除用超声波探伤外, 还应按接头数量的 10% (不少于一个焊缝接头) 进行射线探伤。探伤范围为焊缝两端各 250~300mm。焊缝长度大于 1200mm 时, 中部加探 250~300mm。对十字交叉 (包括 T 字交叉) 对接焊缝应在以十字交叉点为中心的 120~150mm 范围内 100% 射线探伤。

9.3.2.4 熔透角焊缝除应用超声波探伤外, 还应按接头数量的 100% 进行磁粉探伤。桥面板纵肋角焊缝采用磁粉探伤, U 形肋探伤比例为 100%, 板肋探伤比例为 10%, 探伤范围为焊缝两端各 1000mm, 中间每隔 2000mm 探 1000mm。如在被检焊缝的任何长度内发现不合格的不连续性, 则应检测该焊缝的全长或检测不连续性长度两端外的各 1.5m, 取两者中的较小值。

9.3.2.5 采用超声波和磁粉进行局部探伤的焊缝, 当发现裂纹时, 应将该条焊缝的探伤范围延至全长。采用射线探伤的焊缝, 当发现超标缺陷时应加倍检验。

9.3.2.6 如果采用具有可成像并记录检测结果的先进超声波检测方法 (如: 超声衍射时差技术 (TOFD) 和超声相共振技术 (PA) 时, 可替代的数量应经检验单位同意。

### 9.3.3 其他

9.3.3.1 经无损检测不能满足本指南要求的焊缝, 应根据本指南 9.3.7 的要求返修。

9.3.3.2 无损检测工艺应符合相关公认标准。

9.3.3.3 用超声波(UT)、射线 (RT)、磁粉 (MT)、渗透 (PT) 等多种方法检验的焊缝, 应达到各自的质量要求, 方可认为该焊缝合格。

附录I 无损检测仪器设备检查表

检测方法	仪器设备和材料	各项性能指标及要求	备注
UT	超声波探伤仪	1.性能应符合 JB/T10061《A 型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件》的规定； 2.由具有计量检定资质的单位检定合格并有计量检定证书； 3.贴有计量检定合格标签，在用设备应在有效期内	推荐使用数字式超声波探伤仪
	超声波探头	1.性能应符合 JB/T10062《超声探伤用探头性能测试方法》的规定； 2.应有探头生产厂家资质证书和产品合格证书； 3.直探头的频率和晶片尺寸应符合超声检测工艺文件的规定； 4.斜探头的频率、K 值、前沿长度、晶片尺寸应符合超声检测工艺文件规定； 5.双晶探头的频率、焦点尺寸、晶片尺寸应符合超声检测工艺文件规定	—
	试块	1.标准试块的型号应符合超声检测工艺文件的规定； 2.应有试块生产厂家资质证书和产品合格证书； 3.应制作与实际检验焊缝规格相同并在其上制作了人工缺陷的实物对比试块	—
	耦合剂	应具有良好的透声性能和适当粘度、对人及工件无损害并便于清洗的耦合剂	—
RT	X 射线机	1.性能应符合 JJG40《X 射线探伤机》的规定； 2.由具有计量检定资质的单位检定合格并有计量检定证书； 3.贴有计量检定合格标签，在用设备应在有效期内	—
	X 射线胶片、增感屏和象质计	1.型号及性能指标应符合射线检测工艺文件的规定； 2.应有生产厂家资质证书和产品合格证书	—
MT	磁粉探伤仪	1.性能应符合 JB/T7411《电磁轭探伤仪》及 JB/T6870《旋转磁场探伤仪》的规定 2.由具有计量检定资质的单位检定合格并有计量检定证书 3.贴有计量检定合格标签，在用设备应在有效期内	—
	磁粉或磁悬液	1.应满足 JB/T6063《磁粉探伤用磁粉技术条件规定》的要求； 2.应符合磁粉检测工艺文件的规定； 3.应有生产厂家资质证书和产品合格证书	—
	灵敏度试块及试片	1.规格应符合磁粉检测工艺文件的规定； 2.应有生产厂家资质证书和产品合格证书	—
PT	渗透剂、清洗剂、显像剂	1.应满足 JB/T9216《控制渗透探伤材料质量的方法》的要求； 2.应符合渗透检测工艺文件的规定； 3.应有生产厂家资质证书和产品合格证书	—
	灵敏度试块	1.应符合渗透检测工艺文件的规格，一般为镀铬试块，在环境温度偏低时应配备铝合金试块； 2.应有生产厂家资质证书和产品合格证书	—

## 附录II 制造单位准备资料一览表

- 1.焊接工作人员登记册（焊工、焊接技术人员、焊接检验人员、无损检测人员）；
- 2.设备仪器的能力一览表（焊接切割设备、无损检测设备）；
- 3.资料质量证明书记复验检测报告（钢材、焊材、焊钉）；
- 4.焊接工艺评定任务书、焊接作业指导书、焊接工艺报告、检测报告；
- 5.各类焊接检查记录（切割、组装、焊接施工检查记录）；
- 6.焊缝无损检测报告（超声、射线、磁粉等包括返修复探）；
- 7.焊缝返修记录
- 8.重大焊接技术的处理意见；
- 9.焊缝探伤清册；
- 10.无损检测工艺规程；
11. 各类仪器设备的计量检定证书、合格证书、检定周期表、自校规程；
- 12.焊接工程技术总结和质量评价总结；
- 13.各类标准资料、常用标准目录；
- 14 各类培训考核记录。







