



# 中华人民共和国行业标准

SL 36 — 92

---

## 水工金属结构焊接通用技术条件

1992—05—30 发布

1992—09—01 实施

---

中华人民共和国水利部      发 布

## 目 次

1	主题内容及适用范围 .....	3
2	引用标准 .....	3
3	一般要求 .....	3
4	焊接工艺 .....	4
5	焊前准备 .....	6
6	焊接 .....	7
7	焊件矫形及热处理 .....	8
8	焊缝质量检查 .....	9
9	修补 .....	11

## 水工金属结构焊接通用技术条件

## 1 主题内容及适用范围

本标准规定了碳素钢及低合金钢的手工电弧焊和埋弧自动焊的技术要求。

本标准适用于水利电力系统水工金属结构的焊接；也适用于水利电力系统其它机械产品钢结构的焊接。

## 2 引用标准

SL 35 水工金属结构焊工考试规则

锅炉压力容器焊工考试规则

SD 263 焊工技术考核规则

SLJ  
DLJ 201 水工建筑物金属结构制造、安装及验收规范

GB 5117 碳素钢焊条

GB 5118 低合金钢焊条

GB 983 不锈钢焊条

GB 1300 焊接用钢丝

GB 5293 碳素钢埋弧焊用焊剂

GB 985 手工电弧焊焊接接头的基本型式与尺寸

GB 986 埋弧焊焊接接头的基本型式与尺寸

SD 340 锅炉压力容器焊接工艺评定规则

JB 3092 火焰切割面质量技术要求

GB 3323 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

JB 1152 锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤

SDJ 67 电力建设施工及验收技术规范(管道焊缝超声波检验篇)

GB 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级

## 3 一般要求

## 3.1 焊接工作人员

3.1.1 焊接工作人员除焊工外,还应配备专门的焊接技术人员、焊接检查员和无损检验人员。

3.1.1.1 焊接技术人员的职责:

- a. 掌握工程概况,熟悉并正确运用有关标准;
- b. 对设计进行工艺性审查
- c. 组织和参与焊接工艺评定及制订焊接工艺
- d. 进行技术指导和技术监督,
- e. 整理焊接技术资料;
- f. 掌握焊工技术状况并参与焊工考试工作。

3.1.1.2 焊接检查员的职责。焊接检查员必须经过必要的技术培训,其职责如下:

- a. 检查焊接设备是否符合要求;
- b.检查焊工合格证书是否符合 3.1.2 条规定,并在有效期内;
- c.检查坡口及焊件组对质量;
- d.检查焊工执行工艺情况;
- e.检查焊缝外观质量是否符合技术文件和标准要求,并认真填写质量记录;
- f.填写焊缝无损检验委托书。

3.1.1.3 无损检验人员的职责。无损检验人员必须经过专门的理论和技术培训,并取得国家有关部门颁发的与其工作相适应的资格证书。

无损检验人员应正确确定无损检验部位,对缺陷的位置、尺寸和性质作出准确判断,并出据由Ⅱ级或Ⅱ级以上无损检验人员签字的检验报告。

3.1.2 焊工。所有焊工应经专门的基本理论和操作技术培训。

凡从事本标准 3.2 条规定的一、二类焊缝焊接的焊工,必须按《水工金属结构焊工考试规则》或《锅炉压力容器焊工考试规则》或 SD263 规定进行考试,并取得合格证书。

3.2 焊缝分类

3.2.1 焊缝应按其所在部位的载荷性质、受力情况和重要性分为三类,并于技术文件中注明。

3.2.2 水工金属结构焊缝分类应按 SLJ<sub>DLJ</sub>201 规定执行;其它机械产品标准中有明确的钢结构焊缝分类规定,则按其规定执行,若无规定可参照表 1 规定。

表 1

焊 缝 类 别	分 类 原 则
一 类	在动载荷或静载荷下承受拉力,按等强度设计的对接焊缝,对接和角接的组合焊缝
二 类	在动载荷或静载荷下承受压力,按等强度设计的对接焊缝和角焊缝
三 类	除上述一、二类以外的焊缝

3.3 材料

3.3.1 母材和焊接材料应具有出厂合格证明书和质量保证书。

3.3.2 母材和焊接材料的规格、型号和其它技术要求应符合技术文件规定。

3.3.3 设计选用未列入标准的母材和焊接材料时,应说明该材料的焊接性,并提出满足设计要求的焊接工艺试验资料。

3.3.4 材料进厂时,应按其相应的标准检查验收。对材质有怀疑时,应进行复验,合格后方可使用。

3.3.5 碳素钢、低合金钢及奥氏体不锈钢所用焊条应分别符合 GB5117、GB5118 和 GB983 规定。

3.3.6 焊丝应符合 GB1300 规定。

3.3.7 焊剂应符合 GB5293 规定。

3.4 焊接设备

3.4.1 焊接设备必须具有参数稳定、调节灵活和安全可靠等性能,并能满足焊接规范需要。

3.4.2 焊接设备上的电流表、电压表及规范参数调节装置应定期检定。

4 焊接工艺

4.1 焊接前必须根据母材的焊接性、结构特点、使用条件、设计要求、设备能力、施工环境和本标准要求拟定焊接工艺方案,并经工艺评定合格后,编制焊接工艺指导书。

4.2 焊接工艺指导书内容

- a.坡口型式、尺寸和加工方法；
- b.焊接方法、焊接设备及焊接材料；
- c.预热方法及规范；
- d.定位焊要求；
- e.焊接规范；
- f.多层焊的层数及多道焊的道数；
- g.焊接顺序及控制焊接变形措施；
- h.后热和焊后热处理方法及规范；
- i.质量检验项目和标准。

#### 4.3 焊条和焊丝的选用应遵照原则

- a.根据母材的化学成分、机械性能、接头型式及结构的使用条件综合考虑；
- b.同种钢材焊接,其焊缝的机械性能和化学成分应与母材相当,可参照表 2 选用；

表 2

母材技术条件			焊 接 材 料	
钢 号	材料状态	屈服点 (MPa)	焊剂、焊丝型号	焊 条 型 号
A3	热 轧	216	E43××	H08A 焊剂 431
45	正 火	353	E5015 E5016 E5515—G	H08MnA 焊剂 431
14MnNb 6Mn	热 轧	343	E5015 E5016	H08MnA H10Mn2 焊剂 431
15MnV 15MnTi	热轧或正火	392	E5015  E5515—G	H08MnA H10Mn2 H08MnA H10Mn2 焊剂 431
	正 火			
1Cr18Ni9Ti	—	—	E <sub>0</sub> —19—10Nb—15 E <sub>0</sub> —19—10Nb—16	H00Cr18NiSi2 焊剂 260

c.非奥氏体异种钢焊接,一般应选用同合金元素较低钢材相匹配或介于两种钢材之间的焊条或焊丝,但施焊中应执行能满足合金元素较高钢材要求的焊接工艺；

d.一侧为奥氏体不锈钢的异种钢焊接,一般应选用含镍量较高的不锈钢焊条或焊丝。

4.4 预热温度应由裂纹试验确定,常用钢材也可按表 3 选用;异种钢焊接,其预热温度应按焊接性差的钢材确定。

4.5 坡口型式和尺寸的选用除应符合 GB985、GB986 规定外,还应考虑

- a.尽量减少填充金属
- b.保证焊透,防止产生裂纹及未熔合等缺陷
- c.加工容易；
- d.减少应力及变形。

4.6 后热处理要求应由工艺评定确定,其温度一般为 200~250℃。

4.7 焊后热处理要求及其温度一般设计确定,常用钢材焊后热处理温度也可按表 4 选用。

表 3			表 4	
钢 号	钢板厚度(mm)	预热温度(℃)	钢 号	热处理加热温度(℃)
Q235	<38	不 规 定	Q235 45 14MnNb 16Mn	600~650
	≥38	100~150		
16Mn	<34	不 规 定	15MnV 15MnTi	550~590 或 630~650
	≥34	100~150		
15MnV 15MnTi	<30	不 规 定		
	≥30	100~150		

4.8 工艺评定可参照《锅炉焊接工艺评定规则》进行。

5 焊前准备

5.1 焊缝布置

- 5.1.1 钢板拼接,两平行焊缝之间的距离应大于等于 500mm。
- 5.1.2 结构件组装,任何两平行焊缝之间距离应大于 3 倍板厚,且大于等于 100mm。
- 5.2 坡口制备
- 5.2.1 坡口可采用机械加工或自动、半自动气割方法制备。
- 5.2.2 一、二类焊缝的坡口宜采用机械加工。
- 5.2.3 用自动、半自动气割方法加工时,其坡口的表面粗糙度和直边坡口的垂直度不得低于 JB3092 规定的 1 级要求。
- 5.2.4 手工气割应限于机械加工和自动、半自动气割难以实现的部位,但切割后必须修磨平整,满足焊接要求。

5.3 焊接材料的使用

- 5.3.1 焊条使用前,应检查外观质量状况,焊条和焊剂必须严格按使用说明书规定进行烘干;焊丝使用前,必须清除表面油污和锈斑。
- 5.3.2 焊接材料应设专人负责保管、烘干和发放,并有记录。
- 5.3.3 烘干后的焊条应保存在 100 ~ 150 ℃恒温箱中。随用随取;焊工应备有焊条保温筒。
- 5.3.4 烘干后的碱性焊条置于保温筒内超过 4 h 应重新烘干,重新烘干次数不宜超过两次。

5.4 焊前预热

- 5.4.1 工艺指导书要求预热时,其定位焊和固定工卡具的焊缝也应按同等规范预热。
- 5.4.2 当环境温度低于 0℃ 时,不规定预热的焊件也应加热至 15 ℃左右(手触感觉温暖)
- 5.4.3 预热应在焊缝中心线每侧 3 倍板厚且大于等于 100 mm 的范围内进行。

5.5 焊件组对

- 5.5.1 焊件组对前,坡口面以及坡口每侧 10 ~ 20 mm 范围内的毛刺、铁锈、氧化皮、挂渣必须清除干净。
- 5.5.2 焊件组对质量应符合以下要求:
  - 5.5.2.1 同厚度焊件对接允许对口错位如下:
    - 一类焊缝 10%板厚且小于等于 2mm
    - 二类焊缝 15%板厚且小于等于 3mm
    - 三类焊缝 20%板厚且小于等于 4mm
  - 5.5.2.2 不同厚度焊件对接,当其厚度差大于等于 4mm 时,应作如图 1 所示的削斜处理,允许对口错位按薄板计算。

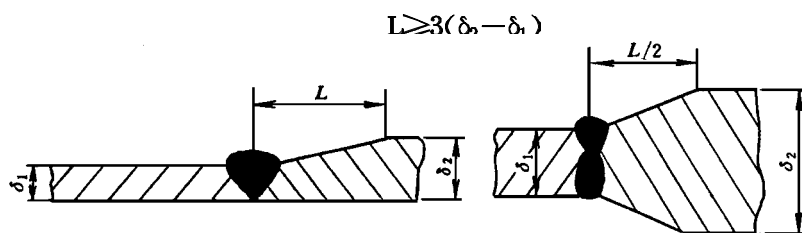


图 1

**5.5.2.3** 角焊缝连接的焊件应尽可能贴紧,其组对间隙应符合 GB985、GB986 要求。

**5.5.2.4** 焊件组对局部间隙超过 5mm,但长度小于等于焊缝全长的 15%时,允许作堆焊处理,堆焊要求为:

- a.堆焊时严禁填充异物;
- b.堆焊后应修磨平整达到规定尺寸,并保持原坡口的形状;
- c.根据堆焊长度和间隙大小及其焊缝所在部位酌情进行探伤检验。

**5.5.3** 定位焊的要求:

**5.5.3.1** 定位焊的质量要求及工艺措施应与正式焊缝相同。

**5.5.3.2** 一、二类焊缝定位焊由持有效合格证书的焊工承担。

**5.5.3.3** 定位焊缝应有一定的强度,但其厚度一般不应超过正式焊缝的二分之一,通常为 4~6mm。定位焊缝的长度一般为 30~60mm,间距以不超过 400mm 为宜。冬季施工的低合金钢,其定位焊缝的厚度可增加至 8mm,长度可为 80~100mm。

**5.5.3.4** 定位焊的引弧和熄弧应在坡口内进行。

**5.5.3.5** 熔入焊道的定位焊缝,其焊条必须符合正式焊缝要求。

**5.5.4** 技术文件要求时,可设置焊接衬垫。保留垫板应沿焊缝全长设置,垫板需设接头时,应符合对接焊缝焊透的质量要求。

**5.5.5** 埋弧自动焊应在焊缝两端设置引弧板和引出板。引弧板与引出板的材质、坡口型式及坡口尺寸应和焊件相同。引弧板和引出板的尺寸一般应大于等于 50mm×100mm,与焊件接头处应封底或垫以焊剂垫以防烧穿。

**5.5.6** 手工电弧焊的引弧板和引出板可根据需要确定。

## 6 焊接

### 6.1 施焊的基本要求

**6.1.1** 应加强对施工现场环境的监测,出现下列任一情况应采取有效防护措施,方可焊接。

- a.雨天和雪天的露天施焊;
- b.施焊场地风速大于五级(8m/s);
- c.环境温度低于 -10℃;
- d.相对湿度大于 90%。

**6.1.2** 施焊前焊工应对焊件的组对质量进行检查,如发现尺寸超差或坡口及其附近有缺陷,应及时提出,进行修复。

**6.1.3** 焊接规范应严格按工艺指导书的规定执行。当设计对焊接接头的冲击韧性有要求时,施焊中应严格测定和控制线能量。

**6.1.4** 严禁在非焊接部位的母材上引弧、试电流及焊接临时支架。

**6.1.5** 要求预热的焊件为多层焊时,应保持层间温度不低于规定预热温度的下限值。

**6.1.6** 多层多道焊时,应将每道的熔渣、飞溅物仔细清理,自检合格后再进行下层焊接;层间接头应错开 30mm 以上。

- 6.1.7 除第一层和最后一层焊缝外,允许对中间焊缝进行锤击,以降低焊接应力,防止产生裂纹。
- 6.1.8 相邻管节焊时,环缝的焊缝接头应与纵缝错开 100mm 以上。
- 6.1.9 设保留垫板的焊件焊接,应保证焊缝金属与垫板熔合良好。
- 6.1.10 双面焊的焊缝,一侧焊后,另一侧应采用机械加工或碳弧气刨清根。碳弧气刨清根后应修磨刨槽,除去渗碳层。
- 6.1.11 焊接完毕后,焊工应仔细清理焊缝表面,并检查外观质量,必要时可作局部修补,但应符合 9.2 条有关规定。
- 6.1.12 工卡具的去除应采用砂轮磨削或碳弧气刨方法进行,不得伤及母材,严禁用锤击和气割方法去除;去除后应将残留痕迹打磨修整,并认真检查。
- 6.1.13 引弧板和引出板不得用锤击落,允许用气割去除,但应用砂轮修磨平整。
- 6.1.14 一、二类焊缝焊后应在其附近打焊工钢印号
- 6.2 手工电弧焊
- 手工电弧焊除应满足 6.1 条要求外,还应符合本条规定。
- 6.2.1 工件尽可能置于平焊位置进行施焊。
- 6.2.2 单道角焊缝及多层焊缝的根部焊道或打底焊道的最小尺寸应足以防止产生裂纹。
- 6.2.3 坡口焊缝打底焊道允许最大厚度为 6.0mm。
- 6.2.4 单道角焊缝和多层角焊缝根部焊道的允许最大焊脚为:
- |       |       |
|-------|-------|
| 平焊    | 9.0mm |
| 横焊、仰焊 | 8.0mm |
| 立焊    | 12mm  |
- 6.2.5 坡口焊缝和角焊缝后续各层焊缝的允许最大厚度应为:
- |          |       |
|----------|-------|
| 平焊       | 3.0mm |
| 立焊、横焊、仰焊 | 4.0mm |
- 6.2.6 焊条摆动宽度应小于焊条直径的 3 ~ 4 倍。
- 6.2.7 大型焊件在拼装位置焊接时,应采用偶数焊工由中心向外围分段焊接。所有焊工应同时施焊,其焊接规范及焊接方位也应保持基本对称。
- 6.2.8 长度大于 1000 mm 的焊缝宜采用分段退焊法焊接。
- 6.2.9 要求包角焊时,其焊脚尺寸与正常焊缝相同。
- 6.3 埋弧自动焊
- 埋弧自动焊除应满足 6.1 条要求外,还应符合本条规定。
- 6.3.1 为了防止烧穿,坡口焊缝或角焊缝焊接时,可采用焊接衬垫,也可采用碱性焊条手工电弧焊或其它焊接方法进行打底焊。
- 6.3.2 除角焊缝允许进行横焊外,其余的焊缝均应进行平焊。
- 6.3.3 除根部和表层焊缝外,其它各层厚度不应超过 6.5mm。
- 6.3.4 一、二类焊缝中有缺陷如需用手工电弧焊修补,应由持有效合格证书的焊工按 9.2 条有关规定进行。

## 7 焊件矫形及热处理

### 7.1 矫形

- 7.1.1 焊件变形宜采用机械方法进行矫形。
- 7.1.2 允许采用局部加热法矫形,但其加热区温度应控制在 800℃ 以下。

### 7.2 后热处理

工艺指导书要求后热时,应在焊后立即进行。加热宽度应为焊缝每侧 3 倍板厚且大于等于



100mm,保温时间一般为 0.5~1h。

7.3 消应力热处理

设计有要求时,消应力热处理应按以下规定进行。

7.3.1 焊件宜作整体热处理,由于条件限制,允许分段或局部热处理,但局部热处理的加热宽度应大于等于 4 倍板厚,分段热处理交接处的重叠长度应大于等于 1500mm。

7.3.2 焊件装炉时,炉温应低于 300℃

7.3.3 炉温升至 300℃后,允许最大加热速度为:

$220 \times \frac{25}{\delta_{\max}} = (^\circ\text{C}/\text{h}), \text{且小于等于 } 220^\circ\text{C}/\text{h}$

式中  $\delta_{\max}$  为最大板厚(mm)。

7.3.4 炉温在 300℃以上时,允许最大冷却速度为:

$260 \times \frac{25}{\delta_{\max}} = (^\circ\text{C}/\text{h}), \text{且小于等于 } 260^\circ\text{C}/\text{h}$

式中  $\delta_{\max}$  为最大板厚(mm)。

炉温降至 300℃以下焊件可以进行空冷。

7.3.5 焊件加热至规定温度后应予以保温,保温时间可根据板厚按表 5 选取。

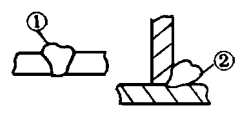
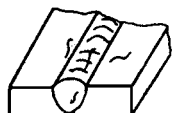
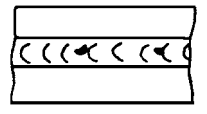
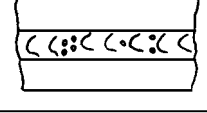
表 5

板厚 $\delta$ (mm)	保温时间(h)
$\leq 6$	0.25
$> 6 \sim 50$	$0.04 \times \delta$
$> 50$	$2 + 0.25 \times \frac{\delta - 50}{25}$

8 焊缝质量检查

8.1 首先应对各条焊缝的全长进行外观检查,焊缝的尺寸和外观质量应符合表 6 和表 7 规定。外观检查用焊接量规和 5 倍放大镜进行。

表 6

序号	名 称	简 图	允 许 范 围
1	焊瘤①②		不允许
2	裂 纹		
3	夹 渣		
4	气 孔		
5	飞 溅		

续表

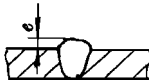
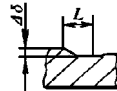
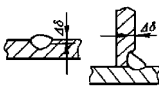
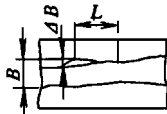
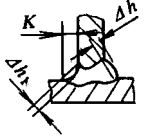
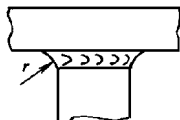
序号	名 称	简 图	允 许 范 围			
6	焊 缝 余高( <i>e</i> )		<i>e</i>		平 焊 0~0.3 其它位置 0~4.0	
7	焊 缝 余高差		$L \leq 25$ $\Delta \delta \leq 2.0$			
8	咬 边		咬边深度 $\leq 0.5$ ,连结咬边长度 $\leq$ 焊缝总长的 10% 且 $\leq 100$ ,焊缝两侧累计咬边长度 $\leq$ 焊缝总长的 10%			
9	焊 缝 宽度差	 注:焊缝应比每侧坡口 增宽 0.5~2.5	<i>L</i>		$\leq 100$	
			<i>B</i>		$\leq 30$	$> 30$
			$\Delta B$		$\leq 2.0$	$\leq 3.0$
10	角焊缝 凹凸度	 注: $\Delta h_1$ 仅用于埋弧 焊,当设计不要求凹 度时,按此规定	<i>K</i>	$\leq 6 \begin{smallmatrix} +1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$6 \sim 12 \begin{smallmatrix} +1.5 \\ -1.0 \end{smallmatrix}$	$> 12 \begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$
			$\Delta h$	$< 1.0$	$< 1.5$	$< 2.0$
			$\Delta h_1$	—	$< 0.5$	$< 1.0$
11	端部圆 角过渡		用对接焊缝连接的 T 型接头焊缝两端应有 $r \geq$ 厚板板厚的圆角过渡			

表 7 单面焊的未焊透及凹坑评定标准

焊 缝 类 别	缺 陷 深 度				缺陷总长占焊缝总长的百分数	
	占板厚的百分数		极限深度 $\delta(\text{mm})$		凹 坑	未焊透
	凹 坑	未焊透	凹 坑	未焊透		
一 类	$\leq 15$	不允许	$\leq 2.0$	不允许	$\leq 10$	不允许
二 类	$\leq 20$	$\leq 15$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 20$	$\leq 10$

## 8.2 焊接接头的角变形应符合以下规定

8.2.1 钢管纵缝焊接后,用弦长为  $D/10$  ( $D$  为管内径)且大于等于 500mm,小于等于 800mm 的样板,检查纵缝处弧度其间隙应小于等于 4mm。

8.2.2 板件焊接角变形应小于等于  $3^\circ$ 。

8.3 外观质量检查合格后应进行内部质量检验。内部质量检验应在焊缝完成 24h 以后进行,其检验方法、检验范围及质量标准应按表 8 选用。

表 8

焊缝类别	检验方法 (任选其一)	检 验 范 围	质 量 标 准
一 类	超声探伤	大于等于焊缝长度的 50%	JB1152 或 SDJ67 I 级 GB11345B I 级
	射线探伤	大于等于焊缝长度的 20%,且大于等于 300mm	GB3323 II 级
二 类	超声探伤	大于等于焊缝长度的 30%	JB1152 或 SDJ67 II 级 GB11345B I 级
	射线探伤	大于等于焊缝长度的 10%,且大于等于 300mm	GB3323 III 级
三 类	超声、射线探伤	一般不做,但有争议时可做	有争议时按二类焊缝评定

8.3.1 焊缝射线探伤方法及分级应按 GB3323 规定执行。

8.3.2 超声探伤方法及分级应按下列标准规定执行:

单面焊焊缝 SDJ67

双面焊焊缝 JB1152 或 GB11345

8.3.3 超声探伤时,如发现可疑波形不能准确判断,应辅以其它方法进行综合分析评定。

8.3.4 焊缝检验不合格,应按下列要求进行补充检验:

一、二类焊缝探伤发现有不允许缺陷时,应在其延伸方向或可疑部位作补充检验。如补充检验不合格,则应对该焊工在该条焊缝上所有的焊接部位进行检验。

8.4 技术文件要求用煤油渗漏法检验焊缝的致密性时,试验温度不得低于  $5^\circ\text{C}$ 。先将白粉浆涂于焊缝正面,晾干后在焊缝背面刷煤油,渗透 30min 后观察,白粉上无油痕为合格。

## 9 修补

9.1 焊件表面被电弧、碳弧气刨及气割损伤处和焊疤必须修磨平整。

9.2 焊缝上发现有不允许缺陷,应按下列要求进行修补。

9.2.1 焊缝有不允许的一般表面缺陷,允许焊工自检后自行修补,但表面裂纹不得擅自处理,应及时申报焊接技术负责人。

9.2.2 内部缺陷、表面裂纹修补前,应分析原因,制定切实可行的修补方案。

9.2.3 焊缝缺陷可用碳弧气刨、风铲、砂轮或其它机械方法清除,不允许用电弧或气割火焰熔除。

9.2.4 修补时焊缝缺陷必须彻底清除,不允许有毛刺和凹痕,坡口底部应圆滑过渡。碳弧气刨槽应磨去渗碳层。

9.2.5 禁止在与水接触的情况下进行修补。

9.2.6 焊缝同一位置修补次数一般不应超过两次,第三次修补必须经技术总负责人批准,并将修补情况记入产品质量档案。

---

**9.2.7** 修补后,应按原焊缝的质量要求对修补处及其附近进行质量检验,检验项目应视缺陷性质及修补程度由检验部门确定。

---

附加说明:

本标准由水利部机械局提出。

本标准由水利部、能源部焊接标准化技术委员会归口。

本标准由能源部、水利部郑州机械设计研究所负责起草。