

ICS 25. 160. 10

J 33

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 36—2006

替代 SL 36—92

水工金属结构焊接通用技术条件

Welding technology condition currency for
hydraulic steel structure

2006-01-24 发布

2006-04-01 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

前言	II
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
5 焊前准备	7
6 焊接	10
7 后热	11
8 焊后热处理	11
9 焊件矫形	12
10 焊缝质量检查	12
11 焊接缺欠返工	14

前 言

本标准共分 11 章，是对 SL 36—92 进行的修订，修订的主要技术内容包括：

——第 1 章增加了碳素钢、低合金钢的气体保护电弧焊的技术要求；增加了高强度结构钢（指钢材的屈服强度下限值大于等于 400MPa 的低合金调质钢或控冷控轧钢即 TMCP 钢）、不锈钢、不锈钢复合钢板的焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊的技术要求。

——按标准化工作的要求，增加了第 3 章术语和定义。给出了下列术语和定义：水工金属结构、后热、焊后热处理、碳当量、对接焊缝、角焊缝、组合焊缝、接头部分焊透焊缝、焊缝计算厚度、焊接缺欠、焊接缺陷、返工、无损检测、振动时效。

a) 明确了对接焊缝、角焊缝、组合焊缝及接头部分焊透焊缝的术语定义。本标准将各种焊接接头的焊缝形式划分为对接焊缝和角焊缝两类，对接焊缝包括全焊透和部分焊透的对接接头、T 形接头、角接接头的对接焊缝；角焊缝包括 T 形接头、搭接接头、角接头、对接接头（不等厚板）的角焊缝。

b) 明确了焊接缺欠与焊接缺陷的概念区别。

c) 明确了返工与返修的概念区别。

——撤消了 SL 36—92 第 4 章，将其相关内容的条款并入其他条款中。

——将后热、焊后热处理的规定分别列为第 7 章和第 8 章。

a) 修改了后热规定。

b) 增加和撤消了钢材焊后热处理温度表（SL 36—92 表 4）中的一些钢号。

c) 增加了高强钢、不锈钢复合钢板的焊后热处理规定。

——第 4 章（SL 36—92 第 3 章）变更“一般要求”为“总则”，因 SL 36—92 第 4 章的某些条款并入本章，所以在条款顺序上做了调整，内容主要变化如下：

a) 焊接工作人员应经过专门的职业资格培训。

b) 在焊缝分类原则中，取消了原表 1 的表达方式，改用条款表达，并增加了按焊缝重要性分类的内容，使分类原则得到进一步地完善。

c) 分别对母材和焊接材料进行了规定。

d) 增加了对气体保护电弧焊的焊丝和保护气体的要求。

e) 修改了焊接材料选用原则条款，增加和撤消了原表 2 的一些钢号。

f) 增加了高强钢、不锈钢及不锈钢复合钢板的焊接材料选用原则，并增加了表 2 和表 3。

g) 要求按 GB/T 19866《焊接工艺规程及评定的一般原则》进行焊接工艺评定。

——第 5 章（SL 36—92 第 5 章）在条款顺序上做了较大调整，SL 36—92 第 4 章的某些条款也并入本章，内容主要变化如下：

a) 修改了坡口形式和尺寸的确定之规定。

b) 增加了一、二类焊缝坡口制备前应进行超声波检测的要求。

c) 修改了用气割方法制备的坡口表面质量要求。

d) 增加了对厚度 $\geq 32\text{mm}$ 高强钢焊件的坡口面应进行表面探伤的要求。

e) 增加了对烘干后的低氢型焊条在大气中允许存放的最长时间的要求。

f) 增加了预热温度可参照钢厂推荐的预热温度或本标准表 5 选用，必要时应通过焊接裂纹试验确定的要求。修改了预热的要求以及 SL 36—92 表 3 焊接预热温度的规定。

g) 增加了高强钢、不锈钢复合钢板的预热规定。

h) 增加了对预热温度的测量要求。

i) 修改了焊件组对间隙作堆焊处理的规定。

j) 增加了不锈钢复合钢板的定位焊要求和防止不锈钢焊件和不锈钢复合钢板复层表面被沾污的规定。

k) 修改了焊接衬垫的规定。

——第 6 章 (SL 36—92 第 6 章) 修改了某些条款, 并在条款顺序上做了较大调整, 内容主要变化如下:

a) 增加了焊接施工现场环境应符合职业健康和安全生产的规定。

b) 分别规定了焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊对风速的要求。

c) 增加了高强钢、不锈钢、不锈钢复合钢板的焊接要求。

d) 修改了焊条电弧焊、埋弧焊的规定。

e) 增加了气体保护电弧焊的规定。

——第 7 章是将 SL 36—92 第 4 章和第 7 章中后热要求单独列为一章。明确了对冷裂敏感性较大的低合金钢和高强钢或拘束度较大的焊件应采取后热措施。

——第 8 章是将 SL 36—92 第 4 章和第 7 章中焊后热处理内容单独列为一章。增加了有再热裂纹倾向的低合金钢焊接接头、高强钢、不锈钢复合钢板的焊后热处理的规定; 增加和撤消了 SL 36—92 表 4 中的一些钢号并修改了焊后热处理的加热温度。

——第 9 章是将 SL 36—92 第 7 章中焊件矫形内容单独列为一章。增加了对高强钢焊件矫形的要求。

——第 10 章 (SL 36—92 第 8 章) 的内容主要变化如下:

a) 修改了 SL 36—92 表 6 焊缝外形尺寸和外观质量要求, 撤消了表 7 的规定。

b) 修改了焊接变形的规定。

c) 增加了对有疲劳强度要求的焊缝外形尺寸的规定。

d) 增加了高强钢焊缝质量检查要求。

e) 修改了无损检测方法、检测范围和质量要求的规定。

——第 11 章 (SL 36—92 第 9 章) 的内容主要变化如下:

a) 修改了焊接缺欠返工的规定。

b) 增加了高强钢焊接缺欠返工的规定。

本标准所替代标准的历次版本为:

——SL 36—92。

本标准批准部门: 中华人民共和国水利部。

本标准主持机构: 水利部综合事业局。

本标准解释单位: 水利部水工金属结构质量检验测试中心。

本标准主编单位: 水利部水工金属结构质量检验测试中心。

本标准出版、发行单位: 中国水利水电出版社。

本标准主要起草人: 江文琳、张亚军、朱国纲、江宁、王翠萍、靳红泽、何配排、马明朗。

本标准审查会议技术负责人: 何文垣。

本标准体例格式审查人: 乐枚。

引 言

SL 36—92 已经实施十多年，在我国水利水电工程建设焊接施工中（水工金属结构制作和安装）起到了重要的指导作用。为了适应生产力的发展、技术的进步和标准化工作的需要，总结 SL 36—92 实施以来所取得的经验，参照近期国际和国内同类标准，我们对 SL 36—92 进行了修订，修订后的内容如前言所述。

水工金属结构焊接通用技术条件

1 范围

本标准规定了碳素钢、低合金钢、高强度结构钢、不锈钢、不锈钢复合钢板的焊条电弧焊、埋弧焊和气体保护电弧焊的技术要求。

注：高强度结构钢以下简称高强钢。

本标准适用于水工金属结构的焊接，也适用于水利水电工程其他机械产品钢结构的焊接。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 985 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸
- GB/T 986 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸
- GB/T 2970 厚钢板超声波检验方法
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 4842 纯氩
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 低合金钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
- GB/T 5616 常规无损探伤应用导则
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 10045 碳钢药芯焊丝
- GB/T 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
- GB/T 12470 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂
- GB/T 14957 熔化焊用钢丝
- GB/T 17493 低合金钢药芯焊丝
- GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝
- GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂
- GB/T 18591 焊接 预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南
- GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则
- HG/T 2537 焊接用二氧化碳气体
- JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检测方法和缺陷迹痕的分级
- JB/T 6062 无损检测 焊缝渗透检测方法和缺陷迹痕的分级
- JB/T 10045.3 热切割 气割质量和尺寸偏差
- SL/T 35 水工金属结构焊工考试规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水工金属结构 hydraulic steel structure

水利水电工程闸门、拦污栅、引水压力钢管、启闭机等金属结构产品及构件简称为水工金属结构。

3.2

后热 postheat

焊接后立即对焊件的全部（或局部）加热和保温，使其缓冷的工艺措施。它不等于焊后热处理。

3.3

焊后热处理 postweld heat treatment

焊后，为改善焊接接头的组织和性能或消除残余应力而进行的热处理。

注：本标准涉及的焊后热处理主要是消除残余应力而进行的热处理。

3.4

碳当量 carbon equivalent

把钢中合金元素（包括碳）的含量按其作用换算成碳的相当含量。可作为评定钢材焊接性的一种参考指标。

3.5

对接焊缝 butt weld

在焊件的坡口面间或一零件的坡口面与另一零件表面间焊接的焊缝。

注：本标准涉及的对接焊缝包括全焊透和部分焊透的对接接头、T形接头、角接接头的对接焊缝。

3.6

角焊缝 fillet weld

沿两直交或近直交零件的交线所焊接的焊缝。

注：本标准涉及的角焊缝包括T形接头、搭接接头、角接头、对接接头（不等厚板）的角焊缝。

3.7

组合焊缝 combination of butt weld and fillet weld

由对接焊缝和角焊缝组合形成的焊缝，是对接接头和T形接头中的一种焊缝形式。

注：改写 GB/T 3375—94，一般术语 2.10。

3.8

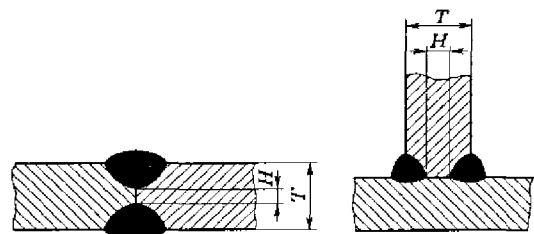
接头部分焊透 partial joint penetration

焊接时，不要求接头根部完全焊透的现象，见图 1。

3.9

焊缝计算厚度 theoretical throat

设计焊缝时使用的焊缝厚度。对接焊缝焊透时它等于焊件的厚度；角焊缝时它等于在角焊缝横截面内画出的最大直角等腰三角形中，从直角的顶点到斜边的垂线长度，习惯上也称喉厚。



T—母材厚度；H—不要求焊透深度

图 1 接头部分焊透

3.10

焊接缺欠 weld imperfection

泛指焊接接头中的不连续性、不均匀性、以及其他不健全等的欠缺，简称焊接缺欠。

3.11

焊接缺陷 welding defect

超过规定限值的缺欠，未满足与预期或规定用途有关的要求。

3.12

返工 rework

为使不合格产品符合要求而对其所采取的措施。

注：返工与返修不同，返修可影响或改变不合格产品的某些部分。

3.13

无损检测 nondestructive testing

无损检测（NDT）是指对材料或工件实施一种不损害或不影响其未来使用性能或用途的检测手段。无损检测能发现材料或工件内部和表面所存在的缺欠，能测量工件的几何特征和尺寸，能测定材料或工件的内部组成、结构、物理性能和状态等。

3.14

振动时效 vibration stress relief

振动时效即“V. S. R”技术，是指夹持在工件上的激振器，在其产生周期性激振力的作用下，使构件达到共振状态，松弛工件的残余应力，保持工件尺寸稳定的方法。

4 总则

4.1 焊接工作人员

4.1.1 焊接工作人员包括专职的焊接技术人员、焊接检查员、无损检测人员和焊工。

4.1.1.1 焊接技术人员应经过专门的职业资格（焊接专业）培训。焊接技术人员的职责：

- a) 掌握工程概况，熟悉并正确运用水工金属结构产品制作、安装的相关技术标准；
- b) 对设计进行工艺性审查；
- c) 组织和参与焊接性试验、焊接工艺评定和制订焊接作业指导书（焊接工艺规程）；
- d) 进行技术指导和监督；
- e) 分析和处理焊接质量问题；
- f) 焊接工艺文件资料管理；
- g) 掌握焊工技能状况并参与焊工技术考试与考核工作。

4.1.1.2 焊接检查员应经过专门的职业资格培训，并取得国家有关部门颁发的资格证书。焊接检查员的职责：

- a) 检查焊接设备是否符合要求；
- b) 检查母材和焊接材料是否具有产品质量证明书，是否符合设计文件要求；
- c) 检查焊工合格证书是否符合 4.1.1.4 的规定，且在有效期内；
- d) 检查坡口及焊件的组对质量；
- e) 检查焊工执行工艺情况；
- f) 检查焊缝外观质量是否符合设计文件和相关标准的要求，并填写质量记录和编写质量报告；
- g) 填写焊缝无损检测委托单。

4.1.1.3 无损检测人员应经过专门的职业资格培训，并取得国家有关部门颁发的资格证书。无损检测人员的职责：

- a) 按照 GB/T 9445 的规定开展工作；
- b) 按照 GB/T 5616 的规定确定无损检测方法，制订无损检测工艺；
- c) 对缺欠的位置、尺寸和性质作出准确判断，并填写记录；
- d) II 级或 II 级以上无损检测人员编写和签署焊缝无损检测报告。

4.1.1.4 焊工应经过专门的焊接基础知识和操作技能的培训。对从事按 4.2 给出的一类、二类焊缝焊接的焊工，应按 SL 35 规定的考试办法进行考试，并取得焊工合格证书。焊工的职责：

- a) 熟悉产品的焊接工艺，按焊接作业指导书施焊；

- b) 遵守焊接工艺纪律，按焊工合格证书所规定的准予工作范围施焊；
- c) 对所焊的焊缝进行自检，并做好操作者标识。

4.2 焊缝分类

4.2.1 水工金属结构的焊缝按其所在部位的荷载性质、受力情况和重要性分为三类，分类原则如下：

4.2.1.1 一类焊缝

- a) 在动载荷或静载荷下承受拉力，按等强度设计的对接焊缝、组合焊缝或角焊缝；
- b) 破坏后会危及人身安全或导致产品功能失效造成重大经济损失的焊缝。

4.2.1.2 二类焊缝

- a) 在动载荷或静载荷下承受压力，按等强度设计的对接焊缝、组合焊缝或角焊缝；
- b) 失效或破坏后可能影响产品局部正常工作的焊缝。

4.2.1.3 三类焊缝

除上述一类、二类以外的焊缝。

4.2.2 闸门、拦污栅、引水压力钢管和启闭机的焊缝分类应分别符合设计文件和产品相关标准规定。

4.2.3 其他机械产品钢结构的焊缝分类，若其设计文件有规定，应符合其规定；若无规定，应按 4.2.1 的原则分类。

4.3 材料

4.3.1 母材

4.3.1.1 母材应具有产品质量证明书，并符合相应标准的规定。

4.3.1.2 母材的规格、型号或牌号和其他技术要求应满足设计文件的要求。

4.3.2 焊接材料

4.3.2.1 焊接材料应具有产品质量证明书，并符合相应标准的规定。

4.3.2.2 焊接材料的规格、型号或牌号和其他技术要求应满足设计文件的要求。

4.3.2.3 焊条应符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 983 规定。

4.3.2.4 焊丝应符合 GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 10045、GB/T 14957、GB/T 17493、GB/T 17853、GB/T 17854 规定。

4.3.2.5 焊剂应符合 GB/T 5293、GB/T 12470、GB/T 17854 规定。

4.3.2.6 气体保护电弧焊用二氧化碳气体应符合 HG/T 2537 优等品的规定；氩气应符合 GB/T 4842 的规定。

4.3.3 设计所选用未列入国家标准的母材和焊接材料，应说明该母材的焊接性，并提供满足设计要求的母材焊接性分析（如碳当量等）、焊接性试验报告、熔敷金属的化学成分和力学性能（包括冲击韧性）试验报告等资料。

4.3.4 材料入库时，应按其相应标准的规定进行验收。对材质有怀疑时，应进行复验，合格后方可使用。

4.3.5 焊接材料选用应符合下列规定。

4.3.5.1 应根据母材的化学成分、力学性能、焊接性、接头形式，并结合结构的特点、使用条件和焊接方法综合考虑选用焊接材料，必要时通过焊接性试验确定。

4.3.5.2 同一种钢材焊接，若为碳素钢、低合金钢和高强钢，其焊缝金属的力学性能应与母材相当；若为不锈钢，其焊缝金属的化学成分应与母材相当。常用钢材的焊接材料可参照表 1 选用。

4.3.5.3 异种钢材焊接，如不同强度的碳素钢和低合金钢焊接或低合金钢与高强钢焊接，应选择与强度较低的母材相匹配的低氢型焊接材料，且焊缝金属的抗拉强度不超过强度较高的母材标准规定的抗拉强度上限值；如奥氏体不锈钢与碳素钢或低合金钢或高强钢的焊接，选择的焊接材料应保证焊缝金属的抗裂性能和力学性能，宜选用铬镍含量较奥氏体不锈钢母材更高的焊接材料。

表 1 常用钢材焊接材料的选用

钢号	母材技术条件		焊接材料			
	材料状态	屈服点 (MPa)	焊条电弧焊	气体保护电弧焊		埋弧焊
			焊条型号	焊丝型号	保护气体	焊剂—焊丝型号
Q235	热轧	≥ 235	E4303 E4315 E4316	ER49—1	CO ₂	F4A2—H08A
Q345	热轧	$\geq 275 \sim 345$	E5015 E5016	ER49—1	CO ₂	F4A2—H08A F4A2—H08MnA F4A2—H10Mn2
Q390 15MnV 15MnTi 45	热轧 正火	$\geq 330 \sim 390$	E5015 E5515—G	ER49—1 ER50—6	CO ₂	F4A2—H08A F4A2—H08MnA F5A2—H10Mn2
Q420 15MnVN	正火 正火+回火 控轧 调质	$\geq 400 \sim 420$	E5515—G	ER50—6	CO ₂	F5A0—H08A F5021—H10Mn2
Q460 14MnMoV	正火 正火+回火 控轧 调质	$\geq 440 \sim 460$	E6015—D1	ER55—C1 ER55—C2 ER55—C3	Ar+(1%~5%)O ₂ 或 Ar+20%CO ₂	F6021—H08MnA
Q500 07MnCrMoVR	正火 正火+回火 控轧 调质	$\geq 480 \sim 500$ ≥ 490	E6016—G	ER60—G	Ar+2%O ₂ 或 Ar+20%CO ₂	F6021—H08MnMoA F7141—H08Mn2MoA
Q620 14MnMoVB HQ70	调质	$\geq 600 \sim 620$ ≥ 590	E7015—G	ER69—1 ER69—2 ER69—3	Ar+2%O ₂ 或 Ar+20%CO ₂ 或 CO ₂	F8021—H08MnMoA F8141—H08Mn2MoA
Q690 HQ80C	调质	$\geq 670 \sim 690$	E8015—G	ER76—1	Ar+2%O ₂	F9021—H08MnMoA
0Cr18Ni9 1Cr18Ni9Ti	热轧	—	E347—16 E347—15	—	—	—
0Cr13	热轧	—	E410—16 E410—15	—	—	—

4.3.5.4 不锈钢复合钢板焊接，焊接材料的选用应符合以下规定：

- 基层焊缝金属应保证焊接接头的力学性能，其抗拉强度不应超过母材标准规定的抗拉强度上限值加 30MPa；
- 复层焊缝金属应保证耐腐蚀性能，其主要合金元素含量不应低于母材标准规定的下限值；
- 复层焊缝与基层焊缝之间应采用过渡焊缝，选用铬镍含量较高的焊接材料。

4.3.5.5 不锈钢复合钢板焊条电弧焊和埋弧焊的焊接材料可参照表 2 和表 3 选用。

表 2 复合钢板焊条电弧焊时焊条的选用

复合钢板的牌号	基 层	过 渡 层	复 层
	焊条型号	焊条型号	焊条型号
Q235+1Cr13	E4303	E309—16	E308—16
	E4315	E309—15	E308—15
Q345+1Cr13	E5003	E309—16	E308—16
	E5015		
Q235+1Cr18Ni9Ti	E4303	E309—16	E347—16
	E4315	E309—15	E347—15
Q345+1Cr18Ni9Ti	E5015	E309—16	E347—16
Q235+1Cr18Ni12Mo2Ti	E4303	E309Mo—16	E318—16
	E4315		
Q345+1Cr18Ni12Mo2Ti	E5015	E309Mo—16	E318—16

表 3 复合钢板埋弧焊时焊丝和焊剂的选用

复合钢板的牌号	基 层		过 渡 层		复 层	
	焊丝牌号	焊剂	焊丝牌号	焊剂	焊丝牌号	焊剂
Q235+1Cr13	H08 H08MnA	F4A2	H00Cr29Ni12TiAl	F308	H00Cr29Ni12TiAl	F308
Q345+1Cr13	H08Mn2SiA	F4A2	H00Cr29Ni12TiAl	F308	H0Cr19Ni9Ti	F308
Q235+1Cr18Ni9Ti	H08 H08A	F4A2	H00Cr29Ni12TiAl	F308	H0Cr18Ni12Mo2Ti	F308
Q345+1Cr18Ni9Ti	H08Mn2SiA	F4A2	H00Cr29Ni12TiAl	F308	H0Cr18Ni12Mo3Ti	F308
Q235+1Cr18Ni12Mo2Ti	H08A	F4A2	H00Cr29Ni12TiAl	F308	H0Cr18Ni12Mo2Ti	F308
Q345+1Cr18Ni12Mo2Ti	H08Mn2SiA	F4A2	H00Cr29Ni12TiAl	F308	H0Cr18Ni12Mo2Ti	F308

4.4 焊接设备

4.4.1 焊接设备应具有合格证明书。

4.4.2 焊接设备应具有参数稳定、调节灵活和安全可靠等性能，并能满足焊接参数的要求。

4.5 焊接工艺

4.5.1 焊接前应根据焊接方法、母材的焊接性、结构特点、使用要求、设计要求、设备能力、施工环境拟定焊接工艺方案，并按 GB/T 19866 进行焊接工艺评定，以评定合格的记录作为编制产品焊接作业指导书的依据。

4.5.2 焊接作业指导书的内容：

- a) 坡口形式、尺寸及加工方法；
- b) 焊接方法、焊接设备和焊接材料；
- c) 预热方法和参数；
- d) 定位焊及装配的要求；
- e) 焊接参数（包括焊接热输入）；
- f) 多层焊的层数及多道焊的道数；

- g) 保护气体成分、流量和纯度；
- h) 清根方法和要求；
- i) 焊接顺序及控制焊接变形的措施；
- j) 后热、焊后热处理的方法和参数；
- k) 质量检验的项目和要求。

5 焊前准备

5.1 焊缝布置

5.1.1 钢板拼接时，两平行焊缝之间的距离应大于等于 500mm。

5.1.2 结构件组装时，任意两平行焊缝之间的距离应大于 3 倍的板厚，且大于等于 100mm。

5.2 坡口形式和尺寸的确定

5.2.1 应根据设计文件和工艺条件选用坡口形式和尺寸，除符合 GB/T 985 和 GB/T 986 规定外，还应考虑下列因素：

- a) 尽量减少焊缝的填充金属；
- b) 要求接头全焊透焊缝时应保证焊透；
- c) 减少焊接残余应力及变形；
- d) 防止缺欠产生；
- e) 加工容易；
- f) 焊工操作方便。

5.2.2 接头部分焊透焊缝的坡口形式和尺寸，应根据所要求的焊缝计算厚度和采用的焊接方法、焊接位置等确定。

5.2.3 不锈钢复合钢板的坡口形式和尺寸应有利于减少过渡焊缝金属的稀释率。

5.2.4 有抗疲劳要求的焊件，宜采用全焊透的对接焊缝或组合焊缝。

5.2.5 当焊缝承受与焊缝轴线相垂直的循环载荷时，不应采用接头部分焊透，否则容易引起疲劳破坏。

5.3 坡口制备

5.3.1 一类、二类焊缝坡口制备前，应根据母材、板厚和焊缝类别确定适当的超声波检测比例，按照 GB/T 2970 规定的检测方法，在坡口预定线两侧各 35mm 范围内进行超声波检测，其单个缺欠的指示长度不得大于等于 50mm，坡口面上不允许存在夹层。

5.3.2 坡口可采用机械加工或热切割的方法制备。不锈钢和不锈钢复合钢板的坡口宜采用机械加工或等离子弧切割的方法制备。

5.3.3 用热切割方法制备的坡口表面，其切割面质量应符合 JB/T 10045.3 规定的 I 级要求。

5.3.4 手工切割仅用于机械化切割难以实现的坡口制备，且切割后的坡口表面应修磨平整，并符合 5.3.3 的规定。

5.3.5 对于厚度大于等于 32mm 的高强钢焊件，经热切割后的一类、二类焊缝坡口面应进行表面检测。可选用磁粉检测或渗透检测方法，并符合表 10 的规定。若出现不符合质量要求的缺欠，应采用机械加工或打磨清除。

5.3.6 不锈钢的焊件或不锈钢复合钢板的复层表面，焊前应在坡口两侧各 100mm 范围内采取防止焊接飞溅物粘污焊件表面的措施。

5.4 焊接材料的保管和使用

5.4.1 焊接材料应设专人负责保管、烘干、发放和回收，并有详细记录。

5.4.2 焊接材料使用前，应检查外观质量状况，焊条和焊剂应严格按照其说明书的要求进行烘干；焊丝应清除表面污物。

5.4.3 烘干后的焊条应立即放入 100~150℃ 恒温箱或焊条保温筒中，随用随取。

5.4.4 烘干后的低氢型焊条允许在大气中暴露时间见表 4，超过允许暴露时间，在使用时应重新烘干，重新烘干次数不应超过两次。

表 4 烘干后的低氢型焊条在大气中允许存放的最长时间

单位为小时

焊条级别	E50××	E55××	E60××	E70××或高于 E70××
最长放置时间	4	2	1	0.5

5.5 预热

5.5.1 应根据母材的化学成分、焊接性、厚度、焊接接头的拘束程度、焊接方法及焊接环境等因素综合考虑是否预热，可参照钢厂推荐的预热温度或表 5 选用，必要时应通过焊接裂纹试验确定。

表 5 推荐用于钢材焊接的预热温度

钢号	板厚 (mm)	预热温度 (℃)
Q235	≤30	不预热 (当焊件温度 ≤ -20℃ 时, 预热 100~150)
	>30	不预热 (当焊件温度 ≤ -10℃ 时, 预热 100~150)
Q345	≤38	不预热 (当焊件温度 ≤ 0℃ 时, 预热 100~150)
	>38	100~150
Q390	>20	>80
Q420	>20	>100
Q460	>20	>100
07MnCrMoVR	≥16	>80
Q235+1Cr13	基层厚度 30	>50
Q345+1Cr13	基层厚度 30	>100
Q235+1Cr18Ni9Ti	基层厚度 30~50	50~80
Q345+1Cr18Ni9Ti	基层厚度 30~50	100~150

5.5.2 高强钢焊接时，应确定各个钢种允许采用的预热温度，道间温度及焊接热输入范围。低碳调质钢焊接时的预热温度，允许其最高预热温度与所确定的预热温度相差不大于 65℃，以防止过高的预热温度对焊接热影响区韧性的损害。

5.5.3 异种钢焊接，预热温度应按淬硬倾向较大的钢种确定。

5.5.4 不锈钢复合钢板焊接，预热温度宜按基层母材金属的要求确定。当基层焊缝预热时，其复层焊缝和过渡层焊缝也应预热。

5.5.5 除另有规定，当焊件的温度和厚度超过表 5 所规定的范围时，焊缝应进行预热。需要预热的焊缝应符合下列要求。

5.5.5.1 定位焊缝和固定工卡具的焊缝也应按同等要求预热，并应适当提高预热温度 30℃。

5.5.5.2 预热范围应为焊缝两侧各大于等于 3 倍的板厚且大于等于 100mm。

5.5.5.3 预热焊缝在整个焊接过程中应不低于预热温度。

5.5.5.4 预热温度和道间温度的测量应符合 GB/T 18591 的规定。

5.5.6 当焊件的温度低于 0℃ 时，未规定预热的焊缝也应预热至 20℃ 以上，并在焊接过程中保持不

低于此温度。

5.6 焊件组对和定位

5.6.1 焊件组对前，焊缝坡口面及坡口两侧各 10~20mm 范围内的毛刺、铁锈、氧化皮、挂渣等应清除干净。

5.6.2 焊件组对质量应符合下列规定。

5.6.2.1 相同厚度焊件的对接焊缝，允许对口错边量如下：

- a) 一类焊缝 10%板厚小于等于 2mm；
- b) 二类焊缝 15%板厚小于等于 3mm；
- c) 三类焊缝 20%板厚小于等于 4mm。

5.6.2.2 不同厚度焊件的对接焊缝，当其厚度差 ($\delta_2 - \delta_1$) 大于等于 4mm 时，应在厚板上作削薄处理，其削薄长度 $L \geq 3(\delta_2 - \delta_1)$ ，见图 2 所示。允许对口错边量按薄板厚度确定，并符合 5.6.2.1 规定。

5.6.2.3 焊件组对间隙应符合 GB 985 和 GB 986 规定。当焊件组对间隙超过规定值但小于等于较薄焊件厚度的 2 倍或 20mm 时（取其小值），允许作堆焊处理达到规定的组对间隙。堆焊处理要求如下：

- a) 严禁填充异物；
- b) 堆焊所采用的焊接材料应与正式焊缝相同；
- c) 有预热要求的焊件，堆焊时的预热温度应与正式焊缝相同；
- d) 堆焊后应修磨平整，保持原坡口形式；
- e) 进行表面无损检测，并符合 10.4.3 的规定。

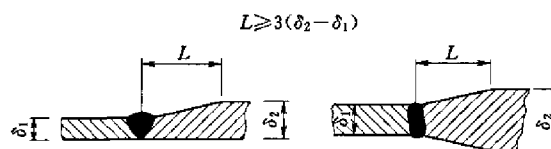


图 2 不同厚度焊件的削斜处理

5.6.3 定位焊应符合下列规定。

5.6.3.1 定位焊的焊接工艺参数应与正式焊缝相同。

5.6.3.2 一类、二类焊缝的定位焊应由持有效合格证书的焊工施焊。

5.6.3.3 定位焊缝的厚度不应超过正式焊缝厚度的 1/2，通常为 4~6mm；长度为 30~60mm；间距小于等于 400mm。低合金钢和高强钢在冬季施焊时，定位焊缝的厚度可增至 8mm，长度可达到 80~100mm。

5.6.3.4 定位焊的引弧和熄弧应在坡口内进行。

5.6.3.5 熔入正式焊缝的定位焊缝不得有裂纹、气孔和夹渣等焊接缺欠，否则应清除重焊。

5.6.3.6 不锈钢复合钢板的定位焊只允许在基层母材上进行。

5.7 焊接衬垫

为防止焊缝烧穿，可采用钢、焊剂、玻璃纤维带、陶瓷等材料作为焊接衬垫。除另有规定，当设计文件及工艺要求设置焊接钢衬垫时，应符合下列规定。

5.7.1 应按焊缝全长设置钢衬垫，当钢衬垫有接头时，应符合对接焊缝的全焊透要求。

5.7.2 屈服点大于 670MPa 的高强钢，不宜采用焊接钢衬垫。

5.7.3 设置钢衬垫的焊缝承受与焊缝轴线相垂直的循环载荷时，其钢衬垫应除去，并修磨焊缝使其平滑过渡。

5.7.4 钢衬垫的定位焊可在坡口内或坡口外进行。

5.8 引弧板和引出板

在焊缝两端设置的引弧板和引出板，其材质、坡口形式和坡口尺寸应与焊缝相同。埋弧焊时的引弧板和引出板的尺寸应大于等于 50mm×100mm，与焊缝的接头处应进行封底焊或加焊剂垫以防止烧穿；其他焊接方法的引弧板和引出板的尺寸应大于等于 40mm×50mm。

6 焊接

6.1 基本要求

6.1.1 焊接施工现场环境应符合职业健康和安全生产的规定。

6.1.2 应对施工现场环境进行监测，出现下列任一情况时，应采取有效的防护措施，方可焊接。

- a) 雨雪环境露天施焊，相对湿度大于 90%；
- b) 风速：气体保护电弧焊时大于 2m/s，焊条电弧焊和埋弧焊时大于 8m/s；
- c) 环境温度低于 -20°C 。

6.1.3 焊工应按照焊接作业指导书的规定施焊。对高强钢的焊接接头应严格控制热输入，其每条焊道的热输入不应超出钢厂推荐的或焊接工艺评定合格的数值范围。

6.1.4 焊接过程中应控制道（层）间温度不超出焊接作业指导书规定的范围。

6.1.5 对于有预热要求的焊件，每条焊缝应尽可能一次焊完，并控制道（层）间温度不低于预热温度。当中断焊接时，应及时采取后热、缓冷等措施。重新施焊时，仍需按规定进行预热。

6.1.6 应在引弧板或坡口内引弧，严禁在非焊接部位的母材上引弧、试电流。防止地线、电缆线、焊钳与焊件打弧擦伤母材。

6.1.7 焊接多层多道焊缝，应将每道焊缝的熔渣和飞溅清理干净，各层各道间的焊缝接头应错开 30mm 以上。

6.1.8 焊接丁字焊缝，焊道的接头处应与两焊缝交点错开。

6.1.9 采用锤击法消除焊接残余应力时，第一层焊缝和盖面层焊缝及母材不应锤击。

6.1.10 有全焊透要求的焊缝，双面焊时宜进行清根处理。

6.1.11 采用碳弧气刨清根或清除焊接缺欠，应打磨清理气刨表面和修磨刨槽，除去渗碳层。

6.1.12 焊接设置钢衬垫的焊缝时，应保证焊缝金属与钢衬垫熔合良好。

6.1.13 高强钢和不锈钢焊接时，为避免过大的热输入，不宜采用大直径的焊条或焊丝，宜采用多层多道焊缝和窄焊道。

6.1.14 不锈钢复合钢板焊接顺序为：先焊基层焊缝，然后焊过渡层焊缝，最后焊复层焊缝。

6.1.15 不锈钢复合钢板过渡层焊缝应保证与基层焊缝、基层母材和复层母材熔合良好，并覆盖基层焊缝和基层母材。过渡层焊缝在焊接接头中的位置见图 3 所示。

6.1.16 大型焊件在拼装位置施焊时，宜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，采用的焊接参数应基本相同，焊接方位也应保持基本对称。

6.1.17 长度大于等于 1000mm 的焊缝宜采取分段退焊。

6.1.18 在角焊缝的端部转角处，宜进行绕角焊，其焊脚应满足同一角焊缝规定的尺寸要求。

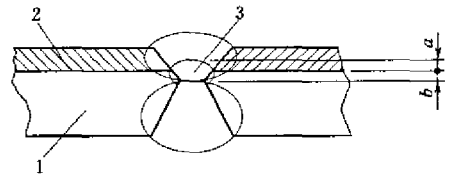
6.1.19 依据母材厚度的不同，对接焊缝的根部焊道或打底焊道的最小厚度、单道角焊缝的最小焊脚应满足不产生焊接裂纹的要求。

6.1.20 除设计规定外，允许组合焊缝中的角焊缝焊脚为 $1/4$ 腹板厚度，且小于等于 10mm。

6.1.21 焊接完毕后，焊工应仔细清理焊缝表面，检查焊缝外形尺寸和外观质量是否符合表 10 的规定。除高强钢焊缝外，应在一类、二类焊缝附近打上操作者标识，高强钢焊缝宜记录操作者标识，并存入产品质量档案。

6.1.22 焊件表面被电弧、碳弧气刨、气割损伤处及焊疤应修磨平整。

6.1.23 高强钢焊件表面应尽量避免损伤。若有损伤，应采用砂轮打磨，使其均匀过渡到母材表面，并按 10.4.3 的规定进行表面检测。打磨深度应小于等于该部位母材厚度的 10% 且小于等于 2mm，否



1—基层；2—复层；3—过渡层焊缝 ($a+b$)；
 $a=0.5\text{mm}\sim 0.5\times$ 复层厚度； $b=1.5\sim 2.5\text{mm}$

图 3 不锈钢复合钢板过渡层
焊缝在焊接接头中的位置

则应予补焊。补焊要求应符合 11.4 的规定，补焊后表面应修磨平整。

6.1.24 工卡具的拆除可采用气割或砂轮磨削或碳弧气刨方法进行，不得伤及母材，并将残留痕迹修磨平整，不应采用锤击拆除。对于高强钢焊件，气割处或气刨处应至少保留与母材表面距离 3mm 以上，再打磨平整至母材表面。

6.1.25 引弧板、引出板、产品焊接试板的拆除允许采用气割方法进行，并用砂轮修磨平整，不应采用锤击拆除。

6.2 焊条电弧焊

焊条电弧焊除按 6.1 的规定外，还应符合下列规定。

6.2.1 焊件宜放置于平焊位置施焊。

6.2.2 允许单道焊缝最大厚度或单道角焊缝的最大焊脚为 6mm。

6.2.3 多层焊时，除根部焊道外，允许其他各层焊缝的厚度为：

- a) 平焊——3mm；
- b) 立焊、横焊、仰焊——5mm。

6.2.4 除高强钢和不锈钢的焊接不宜采用横向摆动运条技术外，焊条横向摆动宽度宜控制在 3~4 倍的焊条直径范围内。

6.3 埋弧焊

埋弧焊除按 6.1 的规定外，还应符合下列规定。

6.3.1 为防止焊缝烧穿，可采用焊接衬垫，也可采用其他焊接方法进行打底焊。

6.3.2 对接焊缝和组合焊缝应在平焊位置施焊，角焊缝可在平焊或横焊位置施焊。

6.3.3 允许单道焊缝最大厚度或单道角焊缝的最大焊脚为 8mm。

6.3.4 多层焊时，除根部焊道和表层焊缝外，允许其他各层焊缝的厚度不大于 6mm。

6.3.5 焊接要求接头全焊透但背面不清根的焊缝时，应按照评定合格的焊接工艺施焊，以保证接头根部焊透的要求。

6.3.6 采用其他焊接方法对焊缝中存在的焊接缺欠进行返工时，应按第 11 章的要求。

6.4 气体保护电弧焊

气体保护电弧焊除按 6.1 的规定外，还应符合下列规定。

6.4.1 焊丝可采用实芯焊丝或药芯焊丝，并符合相应标准的规定。

6.4.2 保护气体可采用二氧化碳气体或氩气，或氩气加二氧化碳的混合气体，或氩气加氧气的混合气体，或氩气加二氧化碳加氧气的混合气体等，并符合相应标准的规定。

6.4.3 焊接高强钢时宜采用混合气体，推荐采用 80% 氩气加 20% 二氧化碳的混合气体。

6.4.4 允许单道焊缝最大厚度或单道角焊缝的最大焊脚为 8mm。

6.4.5 多层焊时，除根部焊道和表层焊缝外，允许其他各层焊缝的厚度不大于 6mm。

6.4.6 施焊时应保证焊缝与母材及焊缝各层之间熔合良好。

7 后热

7.1 对冷裂敏感性较大的低合金钢和高强钢或拘束度较大的焊接接头应采取后热措施。

7.2 焊接接头的后热要求应由焊接工艺评定验证。

7.3 后热应在焊后立即进行。后热的加热温度为 150~250℃，加热宽度为焊缝每侧各 3 倍板厚且大于等于 100mm，保温时间为 1~2h。

8 焊后热处理

8.1 焊后热处理的要求应由设计文件确定。

8.2 焊后热处理宜按下列要求进行。

8.2.1 碳素钢和低合金钢的热处理加热温度可按表 6 选用, 经淬火+回火处理的高强钢, 热处理加热温度应低于母材供货状态的回火温度 50℃, 且不大于 590℃。

8.2.2 焊件宜作整体热处理。由于条件限制, 允许采用局部热处理或分段热处理。局部热处理的加热宽度为焊缝每侧大于等于 4 倍板厚; 分段热处理交接处的重叠长度应大于等于 1500mm。

8.2.3 焊件进炉时, 炉温应低于 300℃。

8.2.4 炉温升至 300℃后, 允许最大加热速度不得超过 $\frac{5500}{\delta_{\max}}$ ℃/h, 且小于等于 220℃/h。

注: δ_{\max} 为焊件最大板厚。

表 6 碳素钢和低合金钢焊后热处理温度

钢 号	焊后热处理加热温度 (℃)
35、45	600~650
Q295、Q345	550~600
Q390	600~650

表 7 焊后热处理时的保温时间

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

8.2.5 焊件加热至规定温度后应进行保温, 保温时间见表 7。

8.2.6 炉温在 300℃以上时, 允许最大冷却速度不得超过 $\frac{6500}{\delta_{\max}}$ ℃/h, 且小于等于 260℃/h。

8.2.7 焊件出炉时, 炉温应低于 300℃, 并在静止的空气中冷却至室温。

8.3 有再热裂纹倾向的低合金钢焊接接头和高强钢焊件, 采用焊后热处理时宜慎重。推荐采用振动时效法消除焊接残余应力。

8.4 不锈钢复合钢板的焊接接头应尽量避免焊后热处理。需要时, 其热处理加热温度可按表 8 选用, 保温时间按复合钢板的总厚度确定。

表 8 不锈钢复合钢板焊后热处理温度选择

复 层 材 料		基层材料	加热温度 (℃)
不 锈 钢	铬系	低碳钢 低合金钢	600~650
	奥氏体系 (稳定化, 低碳)		600~650
	奥氏体系		<550
	奥氏体系	Cr—Mo 钢	620~680

9 焊件矫形

焊件的变形宜采用机械方法矫正, 也可采用局部火焰加热法矫正。对于高强钢, 其加热区的温度应控制在 590℃以下, 其他钢的加热区的温度应控制在 650℃以下。

10 焊缝质量检查

10.1 焊缝质量检查应包括焊接接头的焊前检查、焊接过程检查和焊后检查。

10.1.1 焊前检查内容包括坡口形式与尺寸、坡口表面质量、焊件的组对质量等。

10.1.2 焊接过程检查内容包括焊接环境的监测、预热温度、焊工执行焊接工艺情况等。

10.1.3 焊后检查内容包括焊缝外观质量检查、焊缝无损检测和产品焊接试板检验等。

10.2 应对焊件的所有焊缝进行外观质量检查，其质量检查要求见表9。屈服点大于620MPa的高强钢焊缝，外观质量检查应在焊缝完成48h后进行。焊缝外观质量检查宜采用焊缝量规和5倍的放大镜进行，并保证良好的照明。

表9 焊缝外形尺寸和外观质量要求

序号	项 目		允许缺欠尺寸 (mm)		
			一类焊缝	二类焊缝	三类焊缝
1	裂 纹		不允许		
2	焊 瘤		不允许		
3	飞 溅		不允许		
4	电弧擦伤		不允许		
5	夹 渣		不允许		深 $\leq 0.2\delta$ ，长 $\leq 0.5\delta$ 且长 ≤ 20
6	咬 边		深 ≤ 0.5 ，连续长度 ≤ 100 ，两侧咬边累计长度 $\leq 10\%$ 焊缝全长		深 $\leq 0.1\delta$ 且深 ≤ 1 ，长度不限
7	表面气孔		不允许	每米范围内允许3个 $\Phi 1.0$ 气孔，且间距 ≥ 20	每米范围内允许5个 $\Phi 1.5$ 气孔，且间距 ≥ 20
8	焊缝边缘 直线度	焊条电弧焊 气体保护焊	在焊缝任意300mm长度内 ≤ 3		
		埋弧焊	在焊缝任意300mm长度内 ≤ 4		
9	对接 焊缝	未焊满	不允许		
10		焊条电弧焊 气体保护焊	平焊 0~3；立焊、横焊、仰焊 0~4		
		埋弧焊	0~3		
11	焊缝 宽度	焊条电弧焊 气体保护焊	盖过每侧坡口宽度2~4，且平滑过渡		
		埋弧焊	开坡口时盖过每侧坡口宽度2~7，且平滑过渡； 不开坡口时盖过每侧坡口宽度4~14，且平滑过渡		
12	角 焊 缝	角焊缝厚度不足 (按焊缝计算厚度)	不允许	$\leq 0.3 + 0.05\delta$ 且 ≤ 1 ，每 100mm焊缝长度内缺欠总 长度 ≤ 25	$\leq 0.3 + 0.05\delta$ 且 ≤ 2 ，每 100mm焊缝长度内缺欠总 长度 ≤ 25
13		焊脚	焊条电弧焊 气体保护焊	K < 12 0~3 K ≥ 12 0~4	
			埋弧焊	K < 12 0~4 K ≥ 12 0~5	
14	焊脚不对称		差值 $\leq 1 + 0.1K$		
15	端部转角		连续绕角施焊		

注1： δ ——板厚。
注2：K——焊脚。

10.3 有疲劳强度要求的一类、二类焊缝应平滑过渡，避免产生咬边，对接焊缝余高和角焊缝焊趾应予修磨，且平滑过渡。

10.4 焊缝外观质量检查合格后应进行焊缝无损检测。无损检测方法、检测范围和质量要求应符合设计文件、产品相关标准的规定；若无规定，应按表 10 要求。

表 10 无损检测方法、范围和质量要求

焊缝类别	钢种	检测方法	检测范围	质量要求
一类焊缝	碳素钢 低合金钢	超声波检测	大于等于焊缝长度的 50%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 11345 B I 级
		射线检测	大于等于焊缝长度的 20%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 3323 B II 级
	高强钢	表面检测	大于等于焊缝长度的 20%且 $\geq 200\text{mm}$	JB/T 6061 II 级 JB/T 6062 II 级
		超声波检测	焊缝长度的 100%	GB/T 11345 B I 级
		射线检测	大于等于焊缝长度的 50%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 3323 B II 级
二类焊缝	碳素钢 低合金钢	超声波检测	大于等于焊缝长度的 30%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 11345 B II 级
		射线检测	大于等于焊缝长度的 10%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 3323 B III 级
	高强钢	表面检测	大于等于焊缝长度的 20%且 $\geq 200\text{mm}$	JB/T 6061 II 级 JB/T 6062 II 级
		超声波检测	大于等于焊缝长度的 50%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 11345 B II 级
		射线检测	大于等于焊缝长度的 20%且 $\geq 200\text{mm}$	GB/T 3323 B III 级
三类焊缝	—	—	—	—

注：若焊缝长度小于表中最小检测长度时，按实际焊缝长度检测。

10.4.1 冷裂倾向较大的焊缝，其无损检测应在焊缝完成 24h 后进行；屈服点大于 620MPa 的高强钢焊缝，其无损检测应在焊缝完成 48h 后进行。

10.4.2 焊缝进行无损检测时，超声波检测方法或射线检测方法可任选其一；表面检测应依据母材、结构形式选用磁粉检测方法或渗透检测方法。

10.4.3 焊缝超声波检测方法及分级应符合 GB/T 11345 规定。

10.4.4 焊缝射线检测方法及分级应符合 GB/T 3323 规定。

10.4.5 焊缝磁粉检测方法及分级应符合 JB/T 6061 的规定；焊缝渗透检测方法及分级应符合 JB/T 6062 的规定。

10.4.6 超声波检测时，如发现可疑波形不能准确判断，应辅以其他检测方法综合分析评定。

10.4.7 一类、二类焊缝经无损检测后，若发现存在焊接裂纹和未熔合，应对整条焊缝进行检测；若发现存在其他不符合质量要求的缺欠，应在其延伸方向或可疑部位作补充检测，补充检测长度应大于等于 200mm，如果补充检测不合格，应对整条焊缝进行检测。

11 焊接缺欠返工

11.1 焊缝外形尺寸和外观质量不符合表 9 的规定时，允许焊工自行返工，进行修磨或按焊接工艺进行局部补焊，且补焊的焊缝应与原焊缝间保持平滑过渡。但表面裂纹不得擅自处理，应及时申报焊接技术人员。

11.2 焊缝存在焊接裂纹、未熔合和其他不符合质量要求的内部缺欠时，返工前，应分析焊接缺欠产生的原因，由焊接技术人员制定焊接缺欠的返工工艺。

11.3 焊接缺欠的返工应按下列要求进行。

11.3.1 焊接缺欠可采用碳弧气刨、砂轮或其他机械方法清除，不允许采用电弧或气割火焰熔除。

11.3.2 采用碳弧气刨清除焊接缺欠时还应符合 6.1.11 的规定。

11.3.3 焊接缺欠应彻底清除，不允许有毛刺和凹痕，坡口底部应圆滑过渡。

11.3.4 有预热要求的焊缝，其局部焊缝返工时的预热温度应比原焊缝高 20~30℃。

11.3.5 同一部位的焊缝返工次数不宜超过两次，超过两次应经技术负责人批准方可进行，并将返工情况记入产品质量档案。

11.4 高强钢焊接缺欠的返工，除应按 11.3 的要求外，还应符合下列规定。

11.4.1 返工时的热输入和层间温度应与原焊缝相同。返工时应严格监控热输入、预热温度及层（道）间温度，并作详细记录和存入产品质量档案。

11.4.2 返工后应按原焊缝的规定进行后热。

11.4.3 同一部位的焊缝返工次数不宜超过一次，超过一次应经技术负责人批准方可进行，并将返工情况记入产品质量档案。

11.5 返工后的焊缝，应按原焊缝的质量要求和无损检测方法，对返工处及其附近进行 100% 检查。
