

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50661-2011

钢结构焊接规范

Code for Welding of Steel Structures

2011-12-05 发布

2018-08-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

8 焊接检验

8.1 一般规定

8.1.1 焊接检验应按下列要求分为两类：

1 自检，是施工单位在制造、安装过程中，由本单位具有相应资质的检测人员或委托具有相应检验资质的检测机构进行的检验；

2 监检，是业主或其代表委托具有相应检验资质的独立第三方检测机构进行的检验。

8.1.2 焊接检验的一般程序包括焊前检验、焊中检验和焊后检验，并应符合下列规定：

1 焊前检验应至少包括下列内容：

1) 按设计文件和相关标准的要求对工程中所用钢材、焊接材料的规格、型号（牌号）、材质、外观及质量证明文件进行确认；

2) 焊工合格证及认可范围确认；

3) 焊接工艺技术文件及操作规程审查；

4) 坡口形式、尺寸及表面质量检查；

5) 组对后构件的形状、位置、错边量、角变形、间隙等检查；

6) 焊接环境、焊接设备等条件确认；

7) 定位焊缝的尺寸及质量认可；

8) 焊接材料的烘干、保存及领用情况检查；

9) 引弧板、引出板和衬垫板的装配质量检查。

2 焊中检验应至少包括下列内容：

1) 实际采用的焊接电流、焊接电压、焊接速度、预热温度、层间温度及后热温度和时间等焊接工艺参数与焊接工艺文件的符合性检查；

2) 多层多道焊焊道缺欠的处理情况确认；

3) 采用双面焊清根的焊缝，应在清根后进行外观检查及规定的无损检测；

4) 多层多道焊中焊层、焊道的布置及焊接顺序等检查。

3 焊后检验应至少包括下列内容：

1) 焊缝的外观质量与外形尺寸检查；

2) 焊缝的无损检测；

3) 焊接工艺规程记录及检验报告审查。

8.1.3 焊接检验前应根据结构所承受的载荷特性、施工详图及技术文件规定的焊缝质量等级要求编制检验和试验计划，由技术负责人批准并报监理工程师备案。检验方案应包括检验批的划分、抽样检验的抽样方法、检验项目、检验方法、检验时机及相应的验收标准等内容。

8.1.4 焊缝检验抽样方法应符合下列规定：

1 焊缝处数的计数方法：工厂制作焊缝长度不大于 1000mm 时，每条焊缝应为 1 处；长度大于 1000mm 时，以 1000mm 为基准，每增加 300mm 焊缝数量应增加 1 处；现场安装焊缝每条焊缝应为 1 处；

2 可按下列方法确定检验批：

1) 制作焊缝以同一工区（车间）按 300~500 处的焊缝数量组成检验批；多层框架结构可以每节柱的所有构件组成检验批；

2) 安装焊缝以区段组成检验批；多层框架结构以每层（节）的焊缝组成检验批。

3 抽样检验除设计指定焊缝外应采用随机取样方式取样，且取样中应覆盖到该批焊缝中所包含的所有钢材类别、焊接位置和焊接方法。

8.1.5 外观检测应符合下列规定：

1 所有焊缝应冷却到环境温度后方可进行外观检测。

2 外观检测采用目测方式，裂纹的检查应辅以 5 倍放大镜并在合适的光照条件下进行，必要时可采用磁粉探伤或渗透探伤检测，尺寸的测量应用量具、卡规。

3 栓钉焊接接头的焊缝外观质量应符合本规范表 5.5.1-1 或 5.5.1-2 的要求。外观质量检验合格后进行打弯抽样检查，合格标准：当栓钉弯曲至 30° 时，焊缝和热影响区不得有肉眼可见的裂纹，检查数量不应小于栓钉总数的 1% 且不少于 10 个。

4 电渣焊、气电立焊接头的焊缝外观成形应光滑，不得有未熔合、裂纹等缺陷；当板厚小于 30mm 时，压痕、咬边深度不应大于 0.5mm；板厚不小于 30mm 时，压痕、咬边深度不应大于 1.0mm。

8.1.6 焊缝无损检测报告签发人员必须持有现行国家标准《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 规定的 2 级或 2 级以上资格证书。

8.1.7 超声波检测应符合下列规定：

1 对接及角接接头的检验等级应根据质量要求分为 A、B、C 三级，检验的完善程度 A 级最低，B 级一般，C 级最高，应根据结构的材质、焊接方法、使用条件及承受载荷的不同，合理选用检验级别；

2 对接及角接接头检验范围见图 8.1.7，其确定应符合下列规定：

1) A 级检验采用一种角度的探头在焊缝的单面单侧进行检验，只对能扫查到的焊缝截面进行探测，一般不要求作横向缺欠的检验。母材厚度大于 50mm 时，不得采用 A 级检验。

2) B 级检验采用一种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验，受几何条件限制时，应在焊缝单面、单侧应采用两种角度探头（两角度之差大于 15°）进行检验。母材厚度大于 100mm 时，应采用双面双侧检验，受几何条件限制时，应在焊缝双面单侧，采用两种角度探头

(两角度之差大于 15°) 进行检验, 检验应覆盖整个焊缝截面。条件允许时应作横向缺欠检验。

3) C 级检验至少应采用两种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验。同时应作两个扫查方向和两种探头角度的横向缺欠检验。母材厚度大于 100mm 时, 应采用双面双侧检验。检查前应将对接焊缝余高磨平, 以便探头在焊缝上作平行扫查。焊缝两侧斜探头扫查经过母材部分应采用直探头作检查。当焊缝母材厚度不小于 100mm, 或窄间隙焊缝母材厚度不小于 40mm 时, 应增加串列式扫查。

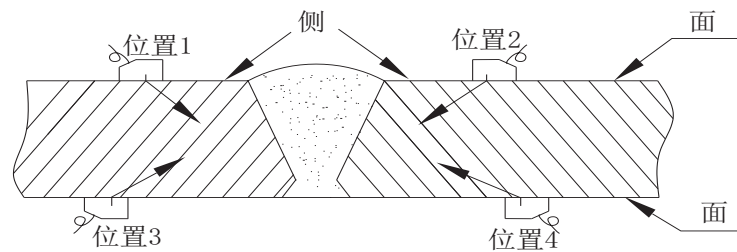


图 8.1.7 超声波检测位置

8.1.8 抽样检验应按以下规定进行结果判定:

- 1 抽样检验的焊缝数不合格率小于 2% 时, 该批验收合格;
- 2 抽样检验的焊缝数不合格率大于 5% 时, 该批验收不合格;
- 3 抽样检验的焊缝数不合格率为 2%~5% 时, 应加倍抽检, 且必须在原不合格部位两侧的焊缝延长线各增加一处, 在所有抽检焊缝中不合格率不大于 3% 时, 该批验收合格, 大于 3% 时, 该批验收不合格;
- 4 批量验收不合格时, 应对该批余下的全部焊缝进行检验;
- 5 检验发现 1 处裂纹缺陷时, 应加倍抽查, 在加倍抽检焊缝中未再检查出裂纹缺陷时, 该批验收合格; 检验发现多处裂纹缺陷或加倍抽查又发现裂纹缺陷时, 该批验收不合格, 应对该批余下焊缝的全数进行检查。

8.1.9 所有检出的不合格焊接部位应按本规范第 7.11 节的规定予以返修至检查合格。

8.2 承受静荷载结构焊接质量的检验

8.2.1 焊缝外观质量应满足表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 焊缝外观质量要求

焊缝质量等级 检验项目	一级	二级	三级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 2\zeta_5\text{mm}$	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 2\zeta_5\text{mm}$
根部收缩	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度不限	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 长度不限
咬边	不允许	深度 $\leq 0.0\zeta_5t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 连续长度 $\leq 100\text{mm}$, 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度不限
电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许	缺口深度 $\leq 0.0\zeta_5t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处	缺口深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处
表面气孔	不允许		每 $\zeta_50\text{mm}$ 长度焊缝内允许存在直径 $< 0.4t$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔 2 个; 孔距应 $\geq \zeta_5$ 倍孔径
表面夹渣	不允许		深 $\leq 0.2t$, 长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$

注: t 为母材厚度。

8.2.2 焊缝外观尺寸应符合下列规定:

1 对接与角接组合焊缝 (图 8.2.2), 加强角焊缝尺寸 h_k 不应小于 $t/4$ 且不应大于 10mm, 其允许偏差应为 $h_k^{+4.0}$ 。对于加强焊角尺寸 h_k 大于 8.0mm 的角焊缝其局部焊脚尺寸允许低于设计要求值 1.0mm, 但总长度不得超过焊缝长度的 10%; 焊接 H 形梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内, 焊缝的焊脚尺寸不得低于设计要求值; 焊缝余高应符合本规范表 8.2.4 的要求;

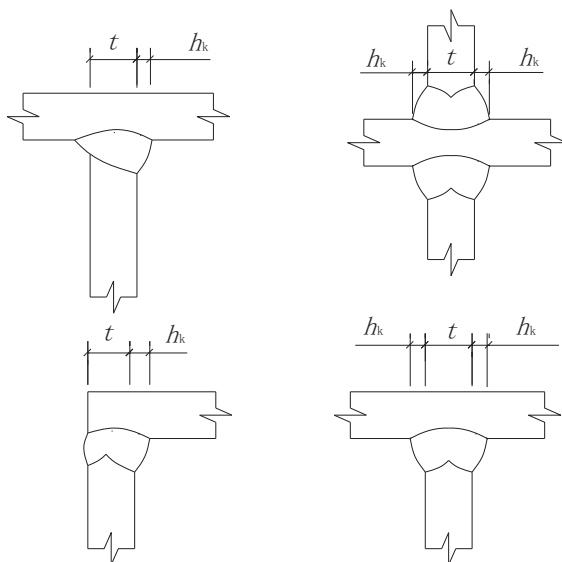
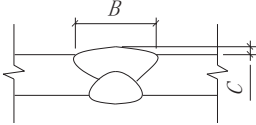
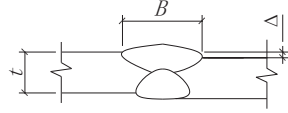
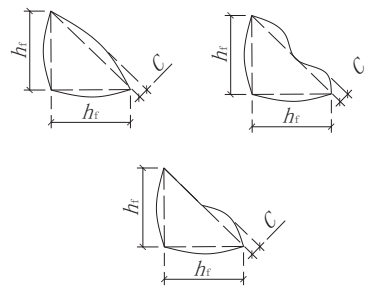


图 8.2.2 对接与角接组合焊缝

2 对接焊缝与角焊缝余高及错边应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 焊缝余高和错边允许偏差 (mm)

序号	项目	示意图	允许偏差	
			一、二级	三级
1	对接焊缝 余高 (C)		$B < 20$ 时, C 为 0~3; $B \geq 20$ 时, C 为 0~4	$B < 20$ 时, C 为 0~3.5; $B \geq 20$ 时, C 为 0~5
2	对接焊缝 错边 (Δ)		$\Delta < 0.1 t$ 且 ≤ 2.0	$\Delta < 0.1 \zeta_5 t$ 且 ≤ 3.0
3	角焊缝余 高 (C)		$h_r \leq \zeta_5$ 时 C 为 0~1.5; $h_r > \zeta_5$ 时 C 为 0~3.0	

注: t 为对接接头较薄件母材厚度。

8.2.3 无损检测的基本要求应符合下列规定:

1 无损检测应在外观检测合格后进行。III、IV类钢材及焊接难度等级为 C、D 级时,应以焊接完成 24h 后无损检测结果作为验收依据;钢材标称屈服强度不小于 ζ_{90} MPa 或供货状态为调质状态时,应以焊接完成 48h 后无损检测结果作为验收依据。

2 设计要求全焊透的焊缝,其内部缺欠的检测应符合下列规定:

- 1) 一级焊缝应进行 100% 的检测,其合格等级不应低于本规范第 8.2.4 条中 B 级检验的 II 级要求;
- 2) 二级焊缝应进行抽检,抽检比例不应小于 20%,其合格等级不应低于本规范第 8.2.4 条中 B 级检测的 III 级要求。

3 三级焊缝应根据设计要求进行相关的检测。

8.2.4 超声波检测应符合下列规定:

1 检验灵敏度应符合表 8.2.4-1 的规定;

表 8.2.4-1 距离-波幅曲线

厚度 (mm)	判废线 (dB)	定量线 (dB)	评定线 (dB)
3.5~150	$\phi 3 \times 40$	$\phi 3 \times 40-6$	$\phi 3 \times 40-14$

2 缺欠等级评定应符合表 8.2.4-2 的规定;

表 8.2.4-2 超声波检测缺欠等级评定

评定等级	检验等级		
	A	B	C
	板厚 t (mm)		
	$3.5 \sim 50$	$3.5 \sim 150$	$3.5 \sim 150$
I	$2t/3$; 最小 8mm	$t/3$; 最小 5mm 最大 40 mm	$t/3$; 最小 5mm 最大 40mm
II	$3t/4$; 最小 8mm	$2t/3$; 最小 8mm 最大 70 mm	$2t/3$; 最小 8mm 最大 50mm
III	$< t$; 最小 15mm	$3t/4$; 最小 12mm 最大 90mm	$3t/4$; 最小 12mm 最大 75mm
IV	超过III级者		

3 当检测板厚在 $3.5\text{mm} \sim 8\text{mm}$ 范围时, 其超声波检测的技术参数应按现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 执行;

4 焊接球节点网架、螺栓球节点网架及圆管 T、K、Y 节点焊缝的超声波探伤方法及缺陷分级应符合现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 的有关规定;

5 箱形构件隔板电渣焊焊缝无损检测, 除应符合本规范第 8.2.3 条的相关规定外, 还应按本规范附录 C 进行焊缝焊透宽度、焊缝偏移检测;

6 对超声波检测结果有疑义时, 可采用射线检测验证;

7 下列情况之一宜在焊前用超声波检测 T 形、十字形、角接头坡口处的翼缘板, 或在焊后进行翼缘板的层状撕裂检测:

- 1) 发现钢板有夹层缺欠;
- 2) 翼缘板、腹板厚度大于等于 20mm 的非厚度方向性能钢板;
- 3) 腹板厚度大于翼缘板厚度且垂直于该翼缘板厚度方向的工作应力较大。

8 超声波检测设备及工艺要求应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB 11345 的规定。

8.2.5 射线检测应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的规定, 射线照相的质量等级不应低于 B 级的要求, 一级焊缝评定合格等级不应低于 II 级的要求, 二级焊缝评定合格等级不应低于 III 级的要求。

8.2.6 表面检测应符合下列规定:

- 1 下列情况之一应进行表面检测:
 - 1) 设计文件要求进行表面检测;
 - 2) 外观检测发现裂纹时, 应对该批中同类焊缝进行 100% 的表面检测;
 - 3) 外观检测怀疑有裂纹缺陷时, 应对怀疑的部位进行表面检测;

4) 检测人员认为有必要时。

2 铁磁性材料应采用磁粉检测表面缺欠。不能使用磁粉检测时，应采用渗透检测。

8.2.7 磁粉检测应符合现行行业标准《无损检测 焊缝磁粉检测》JB/T 5051 的有关规定，合格标准应符合本规范第 8.2.1 条、第 8.2.2 条中外观检测的有关规定。

8.2.8 渗透检测应符合现行行业标准《无损检测 焊缝渗透检测》JB/T 5052 的有关规定，合格标准应符合本规范第 8.2.1 条、第 8.2.2 条中外观检测的有关规定。

8.3 需疲劳验算结构的焊缝质量检验

8.3.1 焊缝的外观质量应无裂纹、未熔合、夹渣、弧坑未填满及超过表 8.3.1 规定的缺欠。

表 8.3.1 焊缝外观质量要求

焊缝质量等级 检验项目	一级	二级	三级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许		$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ，每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	不允许		$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ，长度不限
咬边	不允许	深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.3\text{mm}$ ，连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ，且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ ，长度不限
电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许		缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ ，每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处
表面气孔	不允许		直径小于 1.0mm，每米不多于 3 个，间距不小于 20mm
表面夹渣	不允许		深 $\leq 0.2t$ ，长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$

注：1 t 为母材厚度；

2 桥面板与弦杆角焊缝、桥面板侧的桥面板与 U 形肋角焊缝、腹板侧受拉区竖向加劲肋角焊缝的咬边缺陷应满足一级焊缝的质量要求。

8.3.2 焊缝的外观尺寸应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 焊缝外观尺寸要求 (mm)

项目		焊缝种类	允许偏差
焊脚尺寸		主要角焊缝 ^a (包括对接与角接组合焊缝)	$h_f \begin{matrix} +2.0 \\ 0 \end{matrix}$
		其他角焊缝	$h_f \begin{matrix} +2.0 \\ -1.0 \end{matrix}$ ^b
焊缝高低差		角焊缝	任意 2 ζ mm 范围高低差 \leq 2.0mm
余高		对接焊缝	焊缝宽度 $b \leq 20$ mm 时 \leq 2.0mm 焊缝宽度 $b > 20$ mm 时 \leq 3.0mm
余高铲 磨后	表面高度	横向对接焊缝	高于母材表面不大于 0. ζ mm 低于母材表面不大于 0.3mm
	表面粗糙度		不大于 $\zeta 0 \mu m$

注：a 主要角焊缝是指主要杆件的盖板与腹板的连接焊缝；

b 手工焊角焊缝全长的 10% 允许 $h_f \begin{matrix} +3.0 \\ -1.0 \end{matrix}$ 。

8.3.3 无损检测应符合下列规定：

1 无损检测应在外观检查合格后进行。I、II类钢材及焊接难度等级为 A、B 级时，应以焊接完成 24h 后检测结果作为验收依据，III、IV类钢及焊接难度等级为 C、D 级时，应以焊接完成 48h 后的检查结果作为验收依据；

2 板厚不大于 30mm（不等厚对接时，按较薄板计）的对接焊缝除按本规范第 8.3.4 条的规定进行超声波检测外，还应采用射线检测抽检其接头数量的 10% 且不少于一个焊接接头；

3 板厚大于 30mm 的对接焊缝除按本规范第 8.3.4 条的规定进行超声波检测外，还应增加接头数量的 10% 且不少于一个焊接接头，按检验等级为 C 级、质量等级为不低于一级的超声波检测，检测时焊缝余高应磨平，使用的探头折射角应有一个为 4 ζ° ，探伤范围应为焊缝两端各 $\zeta 00$ mm。焊缝长度大于 1 $\zeta 00$ mm 时，中部应加探 $\zeta 00$ mm。当发现超标缺欠时应加倍检验；

4 用射线和超声波两种方法检验同一条焊缝，必须达到各自的质量要求，该焊缝方可判定为合格。

8.3.4 超声波检测应符合下列规定：

1 无损检测技术要求可按现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 1134 ζ 的有关规定执行。

2 检测范围和检验等级应符合表 8.3.4-1 的规定。距离-波幅曲线及缺欠等级评定应符合表 8.3.4-2、表 8.3.4-3 的规定。

表 8.3.4-1 焊缝超声波检测范围和检验等级

焊缝质量级别	探伤部位	探伤比例	板厚 t (mm)	检验等级
一、二级横向对接焊缝	全长	100%	$10 \leq t \leq 4\zeta_5$	B
	-	-	$4\zeta_5 < t \leq 80$	B (双面双侧)
二级纵向对接焊缝	焊缝两端各 1000mm	100%	$10 \leq t \leq 4\zeta_5$	B
	-	-	$4\zeta_5 < t \leq 80$	B (双面双侧)
二级角焊缝	两端螺栓孔部位并延长 ζ_5 00mm, 板梁主梁及纵、横 梁跨中加探 1000mm	100%	$10 \leq t \leq 4\zeta_5$	B (双面单侧)
	-	-	$4\zeta_5 < t \leq 80$	B (双面单侧)

表 8.3.4-2 超声波检测距离-波幅曲线灵敏度

焊缝质量等级		板厚 (mm)	判废线	定量线	评定线
对接焊缝一、二级		$10 \leq t \leq 4\zeta_5$	$\phi 3 \times 40 - \zeta_5$ dB	$\phi 3 \times 40 - 14$ dB	$\phi 3 \times 40 - 20$ dB
		$4\zeta_5 < t \leq 80$	$\phi 3 \times 40 - 2$ dB	$\phi 3 \times 40 - 10$ dB	$\phi 3 \times 40 - 1\zeta_5$ dB
全焊透对接与角接 组合焊缝一级		$10 \leq t \leq 80$	$\phi 3 \times 40 - 4$ dB	$\phi 3 \times 40 - 10$ dB	$\phi 3 \times 40 - 1\zeta_5$ dB
			$\phi \zeta_5$	$\phi 3$	$\phi 2$
角焊缝 二级	部分焊透对接与 角接组合焊缝	$10 \leq t \leq 80$	$\phi 3 \times 40 - 4$ dB	$\phi 3 \times 40 - 10$ dB	$\phi 3 \times 40 - 1\zeta_5$ dB
		$10 \leq t \leq 2\zeta_5$	$\phi 1 \times 2$	$\phi 1 \times 2 - \zeta_5$ dB	$\phi 1 \times 2 - 12$ dB
	贴角焊缝	$2\zeta_5 < t \leq 80$	$\phi 1 \times 2 + 4$ dB	$\phi 1 \times 2 - 4$ dB	$\phi 1 \times 2 - 10$ dB

注：1 角焊缝超声波检测采用铁路钢桥制造专用柱孔标准试块或与其校准过的其它孔形试块；

2 $\phi \zeta_5$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 2$ 表示纵波探伤的平底孔参考反射体尺寸。

表 8.3.4-3 超声波检测缺欠等级评定

焊缝质量等级	板厚 t (mm)	单个缺欠指示长度	多个缺欠的累计指示长度
对接焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/4$, 最小可为 8mm	在任意 $9t$, 焊缝长度范围不超过 t
对接焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$, 最小可为 10mm	在任意 $4.5t$, 焊缝长度范围不超过 t
全焊透对接与角接组合焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/3$, 最小可为 10mm	-
角焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$, 最小可为 10mm	-

注：1 母材板厚不同时，按较薄板评定；

2 缺欠指示长度小于 8mm 时，按 ζ_5 mm 计。

8.3.5 射线检测应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的有关规定，射线照相质量等级不应低于 B 级，焊缝内部质量等级不应低于 II 级。

8.3.6 磁粉检测应符合现行行业标准《无损检测 焊缝磁粉检测》JB/T 50051 的有关规定，合格标准应符合本规范第 8.2.1 条、第 8.2.2 条中外观检验的有关规定。

8.3.7 渗透检测应符合现行行业标准《无损检测 焊缝渗透检测》JB/T 50052 的有关规定，合格标准应符合本规范第 8.2.1 条、第 8.2.2 条中外观检测的有关规定。