

中华人民共和国水利行业标准

SL 581—2012

水工金属结构 T 形接头角焊缝和组合焊缝超声检测方法和质量分级

**Ultrasonic testing method and quality classification
for T-joint fillet welds and combination of butter
weld and fillet weld of hydro steel structures**

2012-08-06 发布

2012-11-06 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部
关于批准发布水利行业标准的公告

2012 年第 38 号

中华人民共和国水利部批准《水工金属结构 T 形接头角焊缝和组合焊缝超声检测方法和质量分级》(SL 581—2012) 标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工金属结构 T 形接头角焊缝和组合焊缝超声检测方法和质量分级	SL 581—2012		2012. 8. 6	2012. 11. 6

水利部
2012 年 8 月 6 日

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 一般规定	1
3.1 超声检测人员	1
3.2 检测设备	1
3.3 超声检测的一般方法	2
3.4 系统校准和复核	3
3.5 试块	3
4 超声检测技术等级	4
4.1 超声检测技术等级划分	4
4.2 不同检测技术等级的要求	4
4.3 检测技术等级选择	4
5 T形接头焊缝的超声检测	5
5.1 全焊透 T形接头组合焊缝的超声检测	5
5.2 允许未焊透的 T形接头角焊缝/组合焊缝的超声检测	5
6 T形接头焊缝未焊透深度评定	9
6.1 未焊透深度评定值的选择	9
6.2 T形接头焊缝未焊透深度评定	9
7 检验记录与检测报告	10
7.1 检验记录	10
7.2 检测报告	10
7.3 检测参数和数字波形图存档	10
参考文献	11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的要求进行编写。

本标准共7章，主要内容为：常规焊缝检测和质量分级，主要采用了 GB/T 11345—89《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》和 JB/T 4730.3—2005《承压设备无损检测 第3部分：超声波检测》。针对未焊透深度检测定量难题，进行了相关试验研究，在研究成果的基础上，总结出了基本可靠的未焊透深度检测的方法和未焊透深度计算公式。本标准中的未焊透深度检测方法，也参考了三峡工程建设标准 TGPS.J 69—2003《T形接头对接与角接组合焊缝未焊透深度超声波探伤导则》。T形接头未焊透深度评定，对I形坡口角焊缝和大钝边组合焊缝，专门制定了评定条款；对T形接头组合焊缝，规定按照水工金属结构产品制造、安装及验收规范和/或标书合同、图纸等有关要求进行评定。

本标准全文推荐。

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：水利部综合事业局。

本标准主编单位：水利部水工金属结构质量检验检测中心。

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：曹树林、韩志刚、李东风、高志萌、倪国胜、翟保民。

本标准审查会议技术负责人：何文垣、郭成彬。

本标准体例格式审查人：谢艳芳。

水工金属结构 T 形接头角焊缝和组合焊缝 超声检测方法和质量分级

1 范围

本标准规定了水工金属结构产品的钢熔化焊 T 形接头角焊缝/对接和角接组合焊缝（以下简称组合焊缝）采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪检测缺陷的超声检测方法和质量分级要求。

本标准适用于水利水电工程闸门、拦污栅、清污机、压力钢管、启闭机、吊杆、自动挂脱梁等水工金属结构产品母材厚度为 8~120mm 铁素体钢熔化焊 T 形接头角焊缝/组合焊缝超声检测及其质量评定。

水利水电工程中的其他产品或工件的钢熔化焊 T 形接头、十字接头角焊缝/组合焊缝的超声检测，在役水工金属结构产品检验，可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 5616 无损检测 应用导则
- GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 11345—89 钢焊缝手工超声波检测方法和检测结果分级
- GB/T 14173—2008 水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范
- GB/T 19799.1 无损检测 超声检测 1 号校准试块
- JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检测
- JB/T 6062 无损检测 焊缝渗透检测
- JB/T 9214 A 型脉冲反射式超声波探伤系统工作性能 测试方法
- JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件
- JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法

3 一般规定

3.1 超声检测人员

超声检测人员应按照 GB/T 9445 标准的要求进行培训和资格鉴定与认证，取得 1 级（初级）、2 级（中级）或 3 级（高级）通用资格证书，并同时取得水利部门颁发的相应等级的资格证书；各级超声检测人员应经其法人单位检测工作授权后方能代表其法人单位从事检测工作，并应按照 GB/T 5616 的原则和程序开展与其资格证书准许项目相同的检测工作。超声检测规程应由 3 级超声检测人员编制和/或审核，超声检测作业指导书应由 2 级及 2 级以上的超声检测人员编制和/或审核，超声检测规程和超声检测作业指导书应经企业技术负责人批准，质量评定和检测报告审核应由 2 级及 2 级以上的超声检测人员担任。检测人员检测前应对 T 形接头的母材、坡口形式、组装间隙、焊接工艺等情况进行了解。

3.2 检测设备

3.2.1 超声检测设备均应具有产品质量合格证或合格的证明文件。

3.2.2 超声波探伤仪、探头和系统性能应符合下列规定：

3.2.2.1 超声波探伤仪。采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪，其工作频率范围为 0.5~10MHz，仪器至少在示波屏满刻度的 80% 范围内呈线性显示。探伤仪应具有 80dB 以上的连续可调衰减器，步进级每挡不大于 2dB，其精度为任意相邻 12dB 误差在 ±1dB 以内，最大累计误差不超过 1dB。水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%。其余指标应符合 JB/T 10061 的规定。

3.2.2.2 探头应符合下列规定：

3.2.2.2.1 晶片面积不宜大于 500mm²，且任一边长原则上不大于 25mm。

3.2.2.2.2 单斜探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向不应有明显的双峰。

3.2.2.3 超声探伤仪和探头的系统性能应符合下列规定：

3.2.2.3.1 在达到所探工件的最大检测声程时，其有效灵敏度裕量应不小于 10dB。

3.2.2.3.2 仪器和探头的组合频率与公称频率误差在 ±10% 以内。

3.2.2.3.3 仪器和直探头组合的始脉冲宽度（在基准灵敏度下）：对于频率为 5MHz 的探头，宽度不大于 10mm；对于频率为 2.5MHz 的探头，宽度不大于 15mm。

3.2.2.3.4 直探头的远场分辨力应不小于 30dB，斜探头的远场分辨力应不小于 6dB。

3.2.2.3.5 仪器和探头的系统性能应按 JB/T 9214 和 JB/T 10062 的规定进行测试。

3.3 超声检测的一般方法

3.3.1 检测准备

3.3.1.1 水工金属结构产品在制造、安装中的检验，超声检测技术等级、检测时机、检测比例、验收（合格）等级、扩检方法选择等，应按照相关法规、标准、合同、图样及有关技术文件规定执行。

3.3.1.2 所确定的检测面应保证工件被检部分均能得到充分检查。

3.3.1.3 焊缝的表面质量和焊脚尺寸应符合有关标准和合同要求。所有影响超声检测的锈蚀、飞溅和污物等都应予以清除，其表面粗糙度应符合检测要求。表面的不规则状态不得影响检测结果的正确性和完整性，否则应做适当的处理。

3.3.2 扫查覆盖率

为确保检测时超声声束能扫查到工件的整个被检区域，探头的扫查覆盖率应大于探头直径（宽度）的 15%。

3.3.3 探头的扫查速度

探头的扫查速度不应超过 150mm/s。

3.3.4 扫查灵敏度

扫查灵敏度通常不应低于评定线灵敏度。

3.3.5 耦合剂

应采用透声性好，且不损伤检测表面的耦合剂，如机油、浆糊、甘油和水。

3.3.6 灵敏度补偿

a) 耦合补偿。在检测和缺陷定量时，应对由表面粗糙度引起的耦合损失进行补偿。补偿方法执行 GB/T 11345—89 附录 E 的规定。

b) 衰减补偿。在检测和缺陷定量时，应对材质衰减引起的检测灵敏度下降和缺陷定量误差进行

补偿。补偿方法执行 GB/T 11345—89 附录 E 的规定。

- c) 曲率补偿。对探测面是曲面的工件，应采用曲率半径与工件相同或相近的试块，通过对比实验进行曲率补偿。

3.4 系统校准和复核

3.4.1 一般要求

系统校准应在标准试块上进行。校准中应使探头主声束垂直对准反射体的反射面，以获得稳定和最大的反射信号。

3.4.2 仪器校准

每 3 个月至少对仪器的水平线性和垂直线性进行一次测定，测定方法按 JB/T 10061 的规定执行。

3.4.3 新购探头性能测定

新购探头应有探头性能参数说明书，新探头使用前应进行前沿距离、折射角 β (K 值)、主声束偏离、灵敏度余量和分辨率等主要参数进行测定。测定应按 JB/T 10062 的有关规定进行，并满足其要求。

3.4.4 检测前仪器和探头系统测定

3.4.4.1 使用仪器—斜探头系统时，检测前应测定前沿距离、折射角 β (K 值) 和主声束偏斜，调节或复核扫描量程和扫查灵敏度。

3.4.4.2 使用仪器—直探头系统时，检测前应测定始脉冲宽度、灵敏度余量和分辨率，调节或复核扫描量程和扫查灵敏度。

3.4.5 检测过程中仪器和探头系统复核

遇有下述情况应对系统进行复核：

- a) 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮（数字仪器的技术参数值）发生改变时。
- b) 检测人员怀疑扫描量程或扫查灵敏度有变化时。
- c) 连续工作 4h 以上时。
- d) 工作结束时。

3.4.6 检测结束前仪器和探头系统复核

3.4.6.1 每次检测结束前，应对扫描量程进行复核。如果任意点在扫描线上的偏移超过扫描线读数的 10%，则扫描量程应重新进行调整，并对上一次复核以来所有的检测部位进行复验。

3.4.6.2 每次检测结束前，应对扫查灵敏度进行复核，一般对距离波幅曲线的校验点不应少于 3 点。如曲线上任一点幅度下降 2dB，则应对上一次复核以来所有的检测部位进行复验；如果幅度上升 2dB，则应对所有记录信号进行重新评定。

3.4.7 校准、复核的有关注意事项

校准、复核和对仪器进行线性检测时，任何影响仪器线性的控制器（如抑制或滤波开关等）都应放在“关”的位置或处于最低水平上。

3.5 试块

3.5.1 标准试块

3.5.1.1 本标准采用 GB/T 11345—89 中规定的标准试块，型号为 CSK—I B。

3.5.1.2 标准试块应采用与被检工件声学性能相同或相近的材料制成，该材料用直探头检测时不得有大于或等于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量的缺陷。

3.5.1.3 标准试块尺寸精度应符合有关要求，并经计量部门检定合格。

3.5.1.4 标准试块的其他制造要求应符合 GB/T 19799.1 的规定。

3.5.2 对比试块

3.5.2.1 对比试块的外形尺寸应能代表被检工件的特征，试块厚度应与被检工件厚度相对应。如果涉及两种或两种以上不同厚度部件焊接接头的检测，试块的厚度应由最大的厚度来确定。

3.5.2.2 本标准采用 GB/T 11345 中规定的对比试块，其型号为 RB—1、RB—2、RB—3。

4 超声检测技术等级

4.1 超声检测技术等级划分

T 形接头焊缝质量超声检测技术等级分为 A、B、C 三个检测技术级别。执行产品标准、合同或图纸等要求的检测技术等级的原则是：对接焊缝质量检测，按照 GB/T 11345—89 规定的 A、B、C 三个检测技术等级执行；T 形接头焊缝质量检测，按照本标准规定的 A、B、C 三个检测技术等级执行。

4.2 不同检测技术等级的要求

4.2.1 各检测技术等级的要求，见表 1。在选择探头时应考虑到检测各类缺陷的可能性，并使声束尽可能垂直于该类焊接接头结构的主要缺陷。

表 1 各检测技术等级的要求

检验技术等级	板厚 δ (mm)	探头扫查位置	检测方法	使用折射角 (K 值)	
A	$\delta \leq 25$	1	直射法和一次反射法	60°或 45° (K2.0、K1.5、K1.0)	
	$25 < \delta \leq 50$	1			
B	$\delta \leq 25$	1、3	直射法和一次反射法		
	$25 < \delta \leq 50$	1、3			
	$> 50 \sim 100$	1、2、3	直射法		45°或 60° (K2.0、K1.5、K1.0)
	> 100	1、2、3			45°和 60° (K1.0 和 K1.5 或 K1.0 和 K2.0)
C	$\delta \leq 25$	1、2、3	直射法和一次反射法	60°或 45° (K2.0、K1.5、K1.0)	
	$25 < \delta \leq 50$	1、2、3			
	$> 50 \sim 100$	1、2、3、4	直射法	45°和 60° (K1.0 和 K1.5 或 K1.0 和 K2.0)	
	> 100	1、2、3、4			

注 1：翼板上的探头位置 3 包括直探头和斜探头扫查，其中的斜探头扫查只用直射法。
注 2：对于十字接头焊缝，位置 3 不适用。

4.2.2 表 1 中规定的探头在 T 形接头母材表面上的扫查位置见图 1。图 1 中探头位置 3 包含直探头扫查和斜探头扫查。用斜探头在翼板外侧进行探测时（探头位置 4），宜使用 K1.0 探头；用斜探头在腹板一侧进行探测时，探头 K 值根据腹板厚度按表 1 进行选择。

4.3 检测技术等级选择

超声检测技术等级选择应符合产品制造、安装、在役检验等有关标准及合同和设计图样的规定。

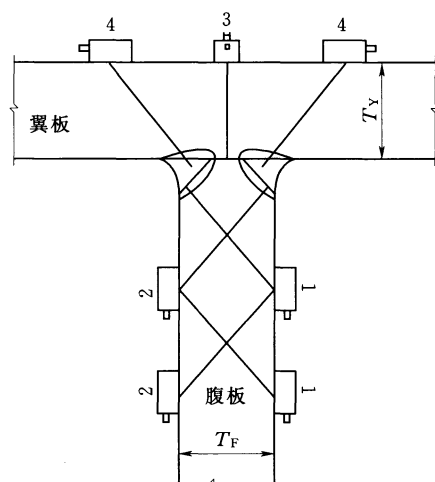


图 1 T形接头焊接质量检测示意图

5 T形接头焊缝的超声检测

5.1 全焊透 T形接头组合焊缝的超声检测

5.1.1 超声检测和缺陷评定

全焊透 T形接头组合焊缝的超声检测和缺陷评定，执行 GB/T 11345—89 的有关规定。扫描范围的调节，应考虑角焊缝尺寸对应的厚度。质量评定时，母材厚度取 T形接头腹板厚度。

5.1.2 盲区的补充检测

当出现了焊缝表面、角焊缝、焊趾等超声波扫查不到或回波信号不能分辨的盲区，需要补充检测时，应使用磁粉检测或渗透检测方法进行检测，其检测技术和质量评定执行 JB/T 6061 或 JB/T 6062。

5.1.3 在翼板上检测用直探头及灵敏度

用直探头（位置 3）在翼板上探测时，单晶直探头的公称频率应选用 2~5MHz，探头晶片一般为 $\phi 14\sim\phi 25\text{mm}$ 。双晶直探头的公称频率应选用 5MHz，探头晶片面积不小于 150mm^2 。宜使用聚焦直探头，其聚焦深度按翼板厚度选择。距离一波幅曲线应以翼板厚度加上腹板侧焊脚制作，灵敏度应按表 2 确定。

表 2 T形接头组合焊缝直探头距离一波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
$\phi 2\text{mm}$ 平底孔	$\phi 3\text{mm}$ 平底孔	$\phi 6\text{mm}$ 平底孔

5.2 允许未焊透的 T形接头角焊缝/组合焊缝的超声检测

5.2.1 超声检测和缺陷评定

允许未焊透的 T形接头角焊缝/组合焊缝的焊缝和热影响区的超声检测和缺陷评定，除未焊透缺陷以外，均执行 GB/T 11345—89 的有关规定。母材厚度取 T形接头腹板厚度。用直探头（位置 3）在翼板上探测时，除未焊透以外的缺陷检测，距离一波幅曲线应以翼板厚度加上腹板侧焊脚制作，灵敏度应按表 2 确定。未焊透深度应分别在腹板上和翼板上测量。

5.2.2 T形接头 I形坡口角焊缝未焊透深度检测

5.2.2.1 T形接头 I形坡口角焊缝未焊透深度测量方法

5.2.2.1.1 检测位置：翼板外侧。

5.2.2.1.2 检测方法：横波斜探头直射法。

5.2.2.1.3 对斜探头的要求如下：

- a) 折射角 β 应为 45° ，垂直方向折射角偏差不大于 1° ；K 值要求： $K=1\pm 0.03$ 。
- b) 检测频率：2~5MHz。
- c) 斜探头晶片尺寸：按照一次波检测声程 W 是其近场长度的 0.7~5 倍选取。

5.2.2.1.4 仪器调节如下：

- a) 抑制量调节应控制在 15% 抑制满量程以内。
- b) 扫描比例调节：模拟探伤仪按深度 2:1 至深度 4:1 调节。数字超声探伤仪应按深度调节比例，适当设定闸门的宽度和阈值，使其能容易地测量出翼板的厚度值。

5.2.2.1.5 T形接头 I形坡口角焊缝未焊透深度测量程序如下：

- a) 用焊缝量规等量具测量出角焊缝焊脚。
- b) 测出未焊透的端线位置。I形坡口未焊透端线测量见图 2。用不低于评定线的扫查灵敏度，在翼板外表面用斜探头垂直于焊缝轴线，在图 2 中的探头位置 1 或探头位置 2 做前后移动扫查，找到未焊透较高反射波后，适当调整灵敏度，使未焊透回波幅度在示波屏满刻度的 40%~80% 之间，当回波的深度值等于翼板厚度 T_Y 时固定探头，距探头前端 L' 处即是未焊透端线在翼板外侧表面的投影。 L' 用式 (1) 计算。式中的 β 、 K 、 L_0 应使用实测值。

$$L' = \tan\beta \times T_Y - L_0 = KT_Y - L_0 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L' ——简化水平距离；

L_0 ——斜探头前沿长度。

- c) 将探头方向转动 180° 测量同一处未焊透端线，当探头位置 1 和探头位置 2 测出的端线投影点不重合时，将两测点连线的中点定为未焊透端线的投影点。
- d) 用同样的方法测出另一侧角焊缝的未焊透端线位置。
- e) 用量具量出翼板侧未焊透两端线的投影点之间的距离 D (见图 3)。

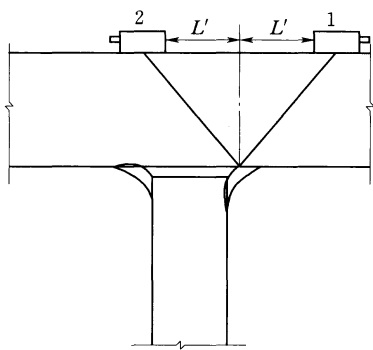


图 2 I形坡口未焊透端线测量示意图

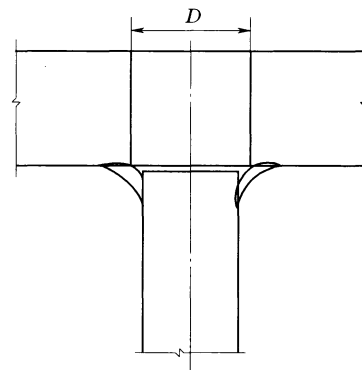


图 3 翼板侧未焊透两端线的投影点之间距离 D 示意图

5.2.2.2 T形接头 K形、单边 V形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度在翼板外侧检测

5.2.2.2.1 T形接头 K形、单边 V形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度翼板外侧测量方法、技术要求和测量程序同 5.2.2.1 款 T形接头 I形坡口角焊缝未焊透端线测量方法。此种方法测量的 T形接头

K形、单边V形坡口组合焊缝未焊透深度 d 为翼板未焊透两端线之间的距离。T形接头 K形、单边V形坡口组合焊缝未焊透端线测量见图4和图5。

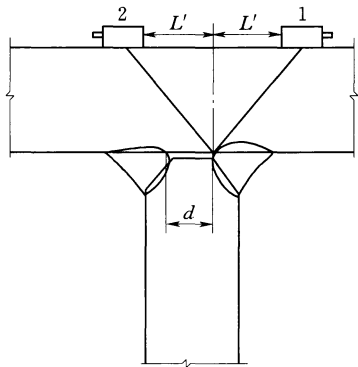


图4 T形接头K形坡口组合焊缝未焊透端线测量示意图

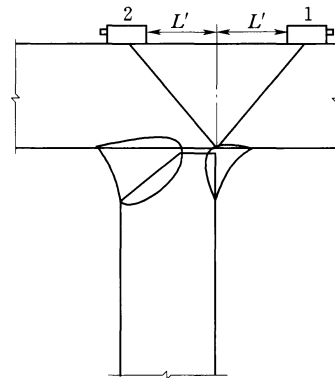


图5 T形接头单边V形坡口组合焊缝未焊透端线测量示意图

5.2.2.2.2 当未焊透两端线回波同时出现时的检测及波形见图6。测量方法如下：前后移动探头，使轴线声束在左侧未焊透端线A处的回波位于示波屏读数 W_1 处（斜探头轴线声束刚好对准图中左侧未焊透端线A处），调整增益，使未焊透端线A处的回波幅度达到基准波高（如40%~80%示波屏满刻度），固定探头不动，调节增益，使右侧未焊透端线B处回波幅度也达到基准波高，读出此时的右侧未焊透端线回波声程 W_2 值；未焊透深度 d 用公式（2）计算。

$$d = W_1 \sin\beta - \sqrt{W_2^2 - (W_1 \cos\beta)^2} \dots\dots\dots (2)$$

其中 $W_1 = \frac{T_Y}{\cos\beta} + W_0 \dots\dots\dots (3)$

式中：

W_1 ——等效横波声原点至未焊透端线的轴线声束声程；

W_0 ——斜探头入射点到斜楔内等效横波声原点的距离；

W_2 ——从仪器上显示（读出）的声程。

5.2.2.3 T形接头K形、单边V形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度在腹板上检测

5.2.2.3.1 检测位置：腹板单面单侧或双面单侧（母材厚度大于50mm）。

5.2.2.3.2 检测方法：横波斜射法。

5.2.2.3.3 本方法适合于翼板侧未焊透深度小于腹板侧的情况，T形接头K形、单边V形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度腹板上检测见图7和图8。本方法检测的未焊透深度 d 为腹板侧未焊透深度在翼板表面的投影值。

5.2.2.3.4 T形接头K形、单边V形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度腹板侧测量方法，对斜探头的要求、仪器调节等技术要求同5.2.2.1.3和5.2.2.1.4。

5.2.2.3.5 测量程序如下：

a) 使用直射波（图7、图8中的探头位置1）检测

未焊透下端线，使用一次反射波法（图7、图8中的探头位置2）检测未焊透上端线。当直射

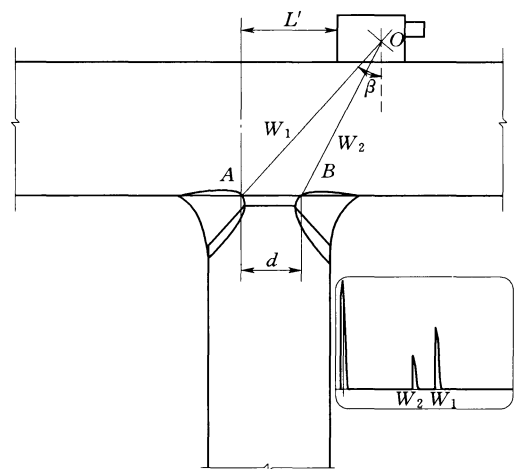


图6 未焊透两端线回波同时出现时的检测及波形示意图

注：图6中斜探头内的O点为等效横波声原点。

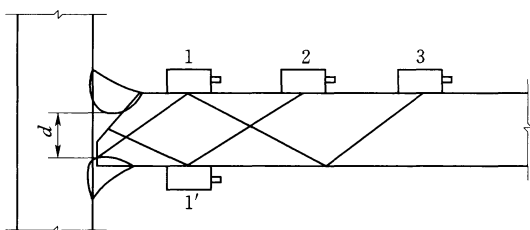


图7 T形接头单边V形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度腹板上检测示意图

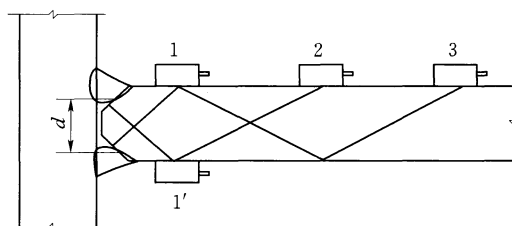


图8 T形接头K形坡口双面焊组合焊缝未焊透深度腹板上检测示意图

波检测未焊透下端线有困难时，使用二次反射波法（图7、图8中的探头位置3）检测。

- b) 使用评定线的灵敏度作为扫查灵敏度（同时考虑耦合损失补偿）。发现未焊透反射波后，前后移动探头，找到最高波，固定探头，并将波幅调至基准波高（示波屏满刻度的40%~80%）。记下（读出）仪器上未焊透下端线深度指示值 H_1 （直射法）或者 H_3 （二次反射波法）和仪器上未焊透上端线深度指示值 H_2 （一次反射波法），未焊透深度值 d 按式（4）和式（5）计算。

使用直射法和一次反射波法：
$$d = H_1 + H_2 - 2T_F \dots\dots\dots (4)$$

使用一次反射波法和二次反射波法：
$$d = H_3 + H_2 - 4T_F \dots\dots\dots (5)$$

- c) 直射法腹板双面检测未焊透深度按式（6）计算。式中 H'_1 由探头位置 1' 测得。

直射法腹板双面检测：
$$d = H_1 + H'_1 - T_F \dots\dots\dots (6)$$

5.2.2.3.6 深度值修正规定如下：

- a) 使用探头频率为 2~2.5MHz 时，当未焊透反射波最高幅度低于 RB 试块 Φ_3 横通孔制作的 DAC 曲线时，不作修正。当未焊透反射波最高波幅 F_{max} 高于 DAC 曲线时，应做修正。未焊透深度修正见表 3。
- b) 使用探头频率为 4~5MHz 时，当未焊透反射波最高幅度高于 RB 试块 Φ_3 横通孔制作的 DAC 曲线的相同声程的 dB 值不超过 3dB 时（衰减型仪器为 DAC+3dB；增益型仪器为 DAC-3dB），不作修正。当未焊透反射波最高波幅 F_{max} 高于 DAC 曲线 3dB 时，应做修正。未焊透深度修正见表 3。

表3 未焊透深度修正

未焊透反射波最高幅度 F_{max} 与 DAC 曲线的关系	未焊透深度修正值计算
探头频率为 2~2.5MHz 时， F_{max} 不高于 DAC 曲线	不修正
探头频率为 4~5MHz 时， F_{max} 不高于 DAC 曲线或高出值不超过 3dB	
探头频率为 2~2.5MHz 时， F_{max} 高于 DAC 曲线	未焊透深度增加值 d_x ：单位 mm $d_x = (\bar{F}_{max} \Delta dB)$ 的数值 $\times 0.25$
探头频率为 4~5MHz 时， F_{max} 高出 DAC 曲线的值超过 3dB	未焊透深度增加值 d_x ：单位 mm $d_x = (\bar{F}_{max} \Delta dB \text{ 值} - 3dB)$ 的数值 $\times 0.25$
注1：检测时应进行适当的表面耦合补偿。	
注2：修正栏中的 \bar{F}_{max} 取一组测量中的 H_1 、 H_2 或 H_2 、 H_3 或 H_1 、 H'_1 所对应的 F_{max} 高出 DAC 曲线的 dB 值的算术平均值 ΔdB 。使用 2~2.5MHz 频率的探头时，当一组测量中的其中一个 F_{max} 不高于 DAC 曲线时，不计入，只计算高出 DAC 曲线的一个 F_{max} 值。使用 4~5MHz 频率的探头时，当一组测量中的其中一个 F_{max} 不高于 DAC 曲线或高出值不超过 3dB 时，不计入，只计算高出 DAC 曲线 3dB 以上的一个 F_{max} 值。	
注3：对于单面焊的未焊透深度测量修正，修正栏中的 \bar{F}_{max} 只取 H_1 或者 H_2 的测量值。	

5.2.2.3.7 修正后的未焊透深度值 d 按式（7）~式（9）计算。

- a) 使用直射波法和一次反射波法：

$$d = H_1 + H_2 - 2T_F + d_x \dots\dots\dots (7)$$

b) 使用一次反射波法和二次反射波法:

$$d = H_3 + H_2 - 4T_F + d_x \dots\dots\dots (8)$$

c) 使用腹板双面检测直射法:

$$d = H_1 + H'_1 - T_F + d_x \dots\dots\dots (9)$$

5.2.2.4 T形接头单边V形坡口单面焊组合焊缝未焊透深度腹板上检测方法

5.2.2.4.1 检测位置: 腹板侧有焊缝的母材表面。

5.2.2.4.2 检测方法: 横波直斜法和一次反射法。

5.2.2.4.3 腹板上检测方法适合于翼板侧未焊透深度小于腹板侧的情况, T形接头单边V形坡口有钝边单面焊组合焊缝见图9。

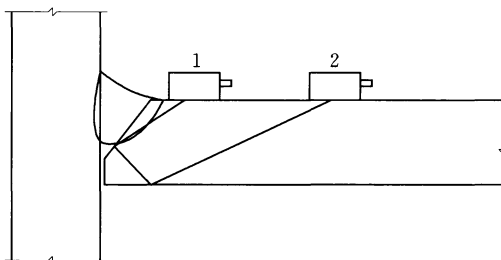


图9 T形接头单边V形坡口有钝边单面焊组合焊缝示意图

5.2.2.4.4 探头晶片尺寸和前沿的选择应以能使用直射法为宜。

5.2.2.4.5 在腹板上前后移动探头, 找到未焊透端线的

最大反射波后, 固定探头, 记下(读出)仪器上未焊透端线指示值 H_1 (直射法) 或者 H_2 (一次反射波法), 未焊透深度值 d 按式(10)和式(11)计算。

使用直射法: $d = T_F - H_1 \dots\dots\dots (10)$

使用一次反射波法: $d = H_2 - T_F \dots\dots\dots (11)$

5.2.2.4.6 深度值修正规定如下:

a) 使用探头频率为 2~2.5MHz 时, 当未焊透反射波最高幅度低于 RB 试块 Φ_3 横通孔制作的 DAC 曲线时, 不做修正。当未焊透反射波最高幅度高于 DAC 线时, 应做修正。修正方法见表 3。

b) 使用探头频率为 4~5MHz 时, 当未焊透反射波最高幅度高于 RB 试块 Φ_3 横通孔制作的 DAC 曲线的相同声程的 dB 值不超过 3dB 时(衰减型仪器为 DAC+3dB; 增益型仪器为 DAC-3dB), 不做修正。当未焊透反射波最高幅度高于 DAC 线 3dB 时, 应做修正。修正方法见表 3。

5.2.2.4.7 修正后的未焊透深度值 d 按式(12)和式(13)计算。

使用直射法: $d = T_F - H_1 + d_x \dots\dots\dots (12)$

使用一次反射波法: $d = H_2 - T_F + d_x \dots\dots\dots (13)$

6 T形接头焊缝未焊透深度评定

6.1 未焊透深度评定值的选择

对未焊透深度进行评定时, 应选择 T形接头腹板侧检测或翼板侧检测两者之中的较大的未焊透深度指示值作为 T形接头组合焊缝的未焊透深度。

6.2 T形接头焊缝未焊透深度评定

6.2.1 T形接头 I形坡口角焊缝未焊透深度评定

当测量的翼板侧未焊透两端线之间的距离 D 未超过腹板厚度 T_F 的值或超过值不大于 4mm 时, 未焊透深度评定为合格, 否则评定为不合格。

6.2.2 设计为大钝边的部分熔透双面焊 T形接头组合焊缝未焊透深度评定

当测量的未焊透深度 d 未超过腹板钝边的设计尺寸的值或超过值不大于 4mm 时, 未焊透深度评

定为合格，否则评定为不合格。

6.2.3 T形接头组合焊缝未焊透深度评定

闸门类产品 T 形接头组合焊缝是否允许未焊透，应按标书合同、设计图纸等有关要求执行。当无明确规定时，按照 GB/T 14173—2008 第 4.4.11 条执行。其他产品可参照执行。

7 检验记录与检测报告

7.1 检验记录

检验记录应包括以下主要内容：工件名称、图纸编号、焊缝编号、坡口形式、焊接方法、母材材质、翼板和腹板的板厚、选用的仪器、斜探头的前沿距离 K 值（折射角）的实测值、耦合剂、所用试块、水平基线扫描比例、未焊透深度测量方法、扫查灵敏度、耦合补偿。所依据的标准、测量的未焊透深度及评定结果，检测人员及检测日期。

7.2 检测报告

检测报告应包括以下主要内容：合同编号、工件名称、图纸编号、焊缝编号、检验部位示意图、依据检验标准、检验范围、所用仪器、探头、试块型号、水平基线和灵敏度校正参数、检验方法、翼板和腹板的板厚、未焊透深度、返修情况、评定结果、检测人员、审核人员的签字、资格等级证书编号和检验日期等。

7.3 检测参数和数字波形图存档

检验参数和数字波形图应留有备份，妥善存档备查。

参 考 文 献

- [1] GB 3375—94 焊接术语 [S]. 北京：中国标准出版社，1994.
- [2] TGPS.J 69—2003 T形接头对接与角接组合焊缝未焊透深度超声波探伤导则 [S]. 中国长江三峡工程开发总公司，2003.
-