

超声波技术在钢焊缝探伤中的应用

姚雷雷

(中铁西南科学研究院工程检测中心, 四川省成都市西月城街 118 号, 邮编: 610031)

(电子信箱: yllaolei@163.com)

摘要 本文简要介绍了钢结构焊缝超声波探伤的准备工作和探伤工作重点、探伤仪器设备的校验、探伤工艺、探伤结果分级及探伤报告的主要内容。

关键词 准备工作; 重点; 校验; 工艺; 结果分级; 报告内容

Application of the ultrasonic flaw detection for welds in steel structures

YAO Leilei

Abstract This paper briefly discuss the ultrasonic flaw detection for welds in steel structures, mainly including preparation work, working emphasis, checking for device instrument, workmanship, grades and inspection report.

Key words preparation work; emphasis; checking; workmanship; result grades; report contents

1. 探伤前的准备工作

1.1 无损检验前应对焊缝及探伤表面进行外观检验, 外观质量应符合 GB50205-2001 附录 A 规定, 焊缝表面的形状应不影响缺陷的检测, 否则应做修磨;

1.2 经外观检验合格的焊缝, 方可进行无损检验。无损检验的最终检验应在焊接 24h 后进行。钢板厚度 $t \geq 30\text{mm}$ 的焊接件应在焊接 48h 后进行无损检验;

1.3. 检测程序流程
见下图 1.3-1 所示。

2 探伤工作的重点

检验工作应视具体情况区别对待, 遵循以下原则

- 2.1 结构受力大的焊缝要重点检验; 如: 受拉焊缝;
- 2.2 受拉焊缝比受压焊缝使用条件不同, 应

更谨慎处理; 如: 同是一级焊缝, 但梁比柱更重要 (特别是挑梁, 更要严格要求)。

- 2.3 拘束应力大的焊缝应重点检验, 如: 厚板焊缝、结构复杂焊缝交汇处的焊缝;
- 2.4 焊接条件差, 易出问题的焊缝应注重检验。

3 检测方法

3.1 仪器和探头校验

- a. 垂直线性
- b. 水平线性
- c. 横向分辨力
- d. 纵向分辨力
- e. 双峰
- f. 声束偏斜 (偏离角)
- g. 耦合灵敏度余量、信噪、垂直平面内声束宽度
- h. 入射点
- i. 折射角

j. DAC 曲线校准

k. 灵敏度

1. 多次工作完成后，复验 DAC 曲线并修正。

* 仪器应校验合格，外观完好，波型清晰。

* 以上校验应按 ZB J04 001-87 《A 型脉冲反射式超声探伤仪系统工作性测试方法》及参考英国标准《超声波探伤设备的工作特性测定总性能》。

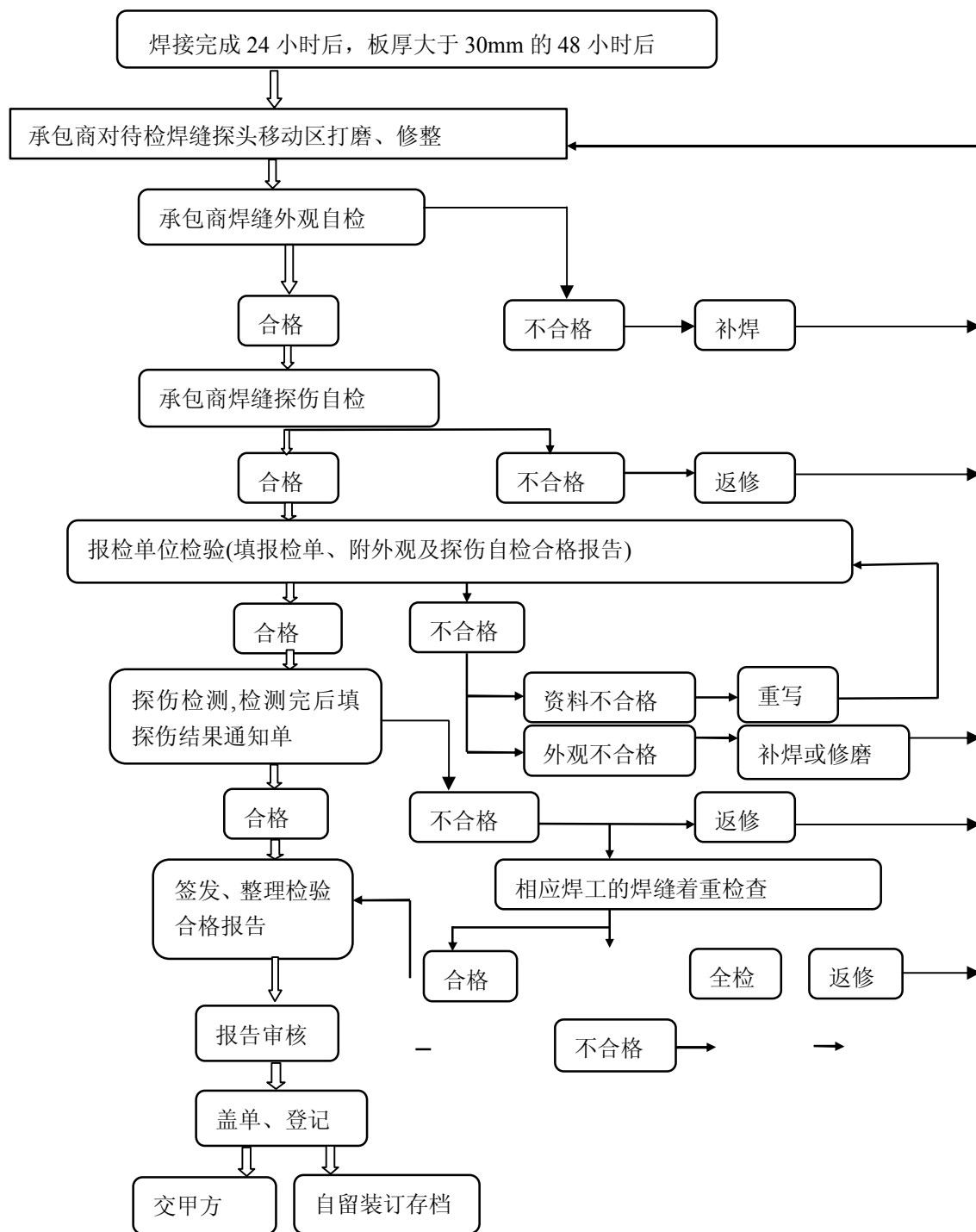


图 1.3-1 探伤工艺流程图

3.2 焊缝的超声波检验灵敏度及缺陷等级评定

见表 3.2-1 及表 2.2-2。

表 3.2-1 超声波探伤距离—波幅曲线灵敏度

级别	板厚(mm)	判废线	定量线	评定线
A	8~50	DAC	DAC -10dB	DAC -16dB
B	8~50	DAC -4dB	DAC -10dB	DAC -16dB
C	>50~300	DAC -2dB	DAC -8dB	DAC -14dB

超声波探伤缺陷等级评定应符合下表的规 等危害性缺陷者，应判为不合格。
定；判定为裂纹、未熔合、未焊透（对接焊缝）

表 3.2-2 超声波探伤缺陷等级评定

检验 等级 板厚 评定 等级	A	B	C
	8~50	8~300	8~300
I 级	2/3T, 最小 12	1/3T; 最小 10, 最大 30	1/3T; 最小 10, 最大 30
II 级	3/4T, 最小 12	2/3T; 最小 12, 最大 50	1/2T; 最小 10, 最大 30
III级	<T, 最小 20	3 / 4T, 最小 16, 最大 75	2/3T, 最小 12, 最大 50
IV级	超过III级者		

注：T 为坡口加工侧母材板厚，母材板厚不同时，按较薄板评定。

3.3 焊缝超声波探伤工艺

1) 探伤仪和探头

- ①应使用 A 型扫描显示、波形清晰，并附有标定距离和波幅的永久性方格刻度，能在 1~6MHz 的频率范围工作。
- ②探头内的“噪声”应不妨碍探测灵敏度下的结果评定。
- ③分辨力：4~6MHz 的横波探头应能清晰地分辨 2mm 和 3mm 的台阶, 较低频率 (2~2.5 MHz) 的应能分辨 4 mm 和 5 mm 的台阶。
- ④探头频率在普通晶粒结构中斜探头声程 200mm 以内可选频率为 4~6MHz，若在更大声程和更大衰减材料中探伤，则选择 2~3Mhz。

- ⑤ 斜探头声程 200mm 以内或直探头声程 100 mm 以内可选探头直径 5~10 mm (或等面积的矩形探头)，更大声程选探头直径 15~25 mm。

- ⑥ 探头角度
重要原则应当是 有利于靠镜面反射来检查平面缺陷 (垂直入射)。
使一次波和二次波尽量能扫查到整个受检截面。

2) 检验准备

- ①钢结构焊缝主要类型为 :A. 对接 B. T 接 C. 角接 D. 搭接
- ②以上钢结构需做 UT 的焊接接头类型归纳起来可分以下几种, 如下图 3.3-1~图 3.3-9:

A. 对接接头，如下图 3.3-1~3.3-5

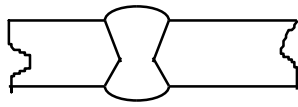


图 3.3-1 双面焊

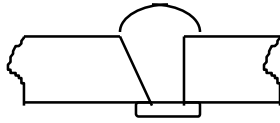


图 3.3-2 单边坡口另垫板单面焊

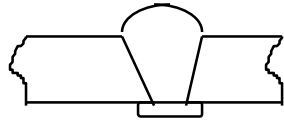


图 3.3-3 单面焊

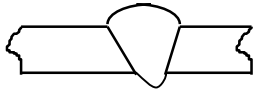


图 3.3-4 单面焊双面成型

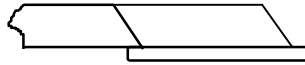


图 3.3-5 堆焊长肉

B. T 型接头

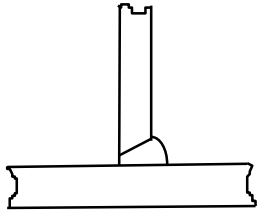


图 3.3-6 T 型接头单面焊

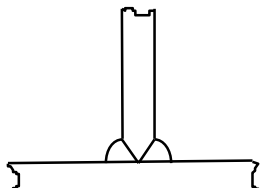


图 3.3-7 T 型接头双面焊

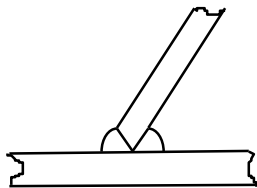


图 3.3-8 T 型接头斜接

C. 角接(贴式)接头



图 3.3-9 角接接头单面焊

3.4 平板和管对接焊缝 B 级检验时推荐的探伤面及使用折射角

见表 3.4-1 及图 3.4-1。

表 3.4-1 B 级检验探伤面及使用的折射角

检验等级 板厚 mm	B 级检验		
	探伤面	探伤方法	使用折射角或 K 值
≤25	单面双侧 (1+2 或 3+4) 或双面 单侧 (1+3 或 2+4)	直射法及一次反射法	70° (K2.5, K2.0)
>25~50			70° 或 60° (K2.5, K2, K1.5)
>50~100		直射法	45° 或 60°, 45° 和 60°, 45° 和 70° 并用 (K1 或 K1.5; K1 和 K1.5, K2 和 K1 并用)
>100	双面双侧		45° 和 60° 并用

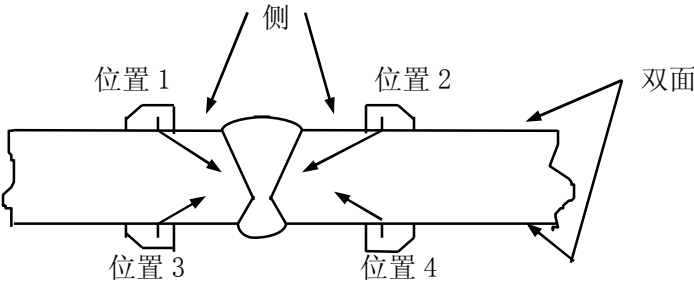


图 3.4-1 探伤面及探头位置

3.5 全熔透 T 型接头 B 级检验时推荐的探伤面及使用折射角

见表 3.5-1 及图 3.5-1、图 3.5-2。

表 3.5-1 全熔透 T 型接头 B 级检验探伤面及使用的折射角

腹板厚度	探伤面及折射角(条件允许应尽量多方扫查)
<25	70°(K2.5) 腹板面双面单侧+0°翼板面(1+2+3)
25~50	60°(K2) 腹板面双面单侧+0°翼板面(1+2+3)
>50	45°(K1) 腹板面双面单侧+0°翼板面(1+2+3)

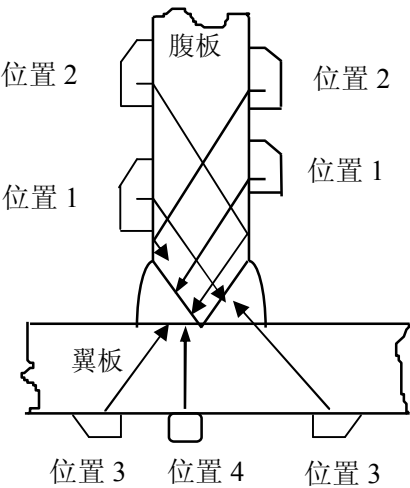


图 3.5-1 探伤面及探头位置

* 对重要结构, 在翼板面增加斜探头（位置 4），00 探头搜查灵敏度 DAC+8dB+2dB(补偿)，其余各线灵敏度参照斜探头。

全熔透或部份熔透角接(贴式)接头的探伤面及探头位置参下图, 使用折射角或 K 值参照如前所述。

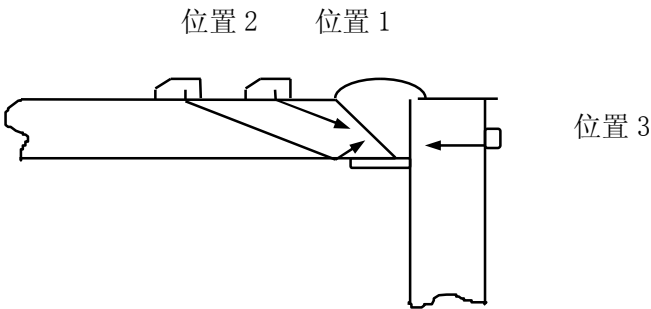


图 3.5-2 探伤面及探头位置

3.6 受检区域宽度

一段区域(最小 10mm. 最大 20mm)如下图 3.6-1 所示:

焊缝本身加上焊缝两侧各 30%母材厚度的

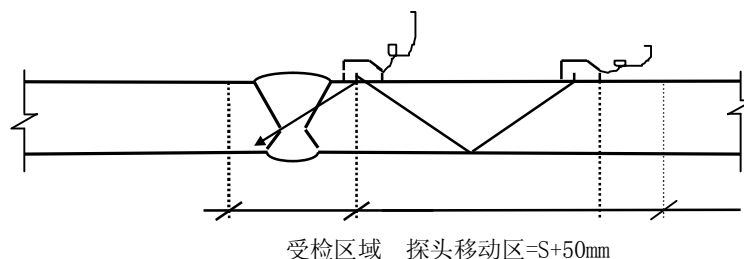


图 3.6-1 受检区域宽度及探头移动区

探头移动区域具体要求见前所述.

3.7 耦合剂

选用适于被检材料的液体、胶水、化学浆糊，便于检验后清洗，可不选用机油，影响返修和不便清理及高空滑脚不安全，耦合剂应具备良好的透声性及适宜流动性。

使用通常的探头和耦合剂时，受检表面温度最高不得超过 500C。

在试块上调节仪器和实施产品检验宜采用

相同的耦合剂。

3.8 仪器调整 and 校验

- (1) 时基线扫描调节:按比例声程(S)调节，扫描时基线最大检验范围应调至荧光屏时基线满刻度的 2/3 以上。

- (2) 距离波幅曲线灵敏度如下表 3.8-1

表 3.8-1 B 级检验时灵敏度确定

焊缝质量等级	板厚 (mm)	判废线	定量线	评定线
焊缝 I、II 级	8~50	$\phi 3 \times 40-4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$

- (3) 表面补偿+2dB

- ① 探测横向缺陷时, 各线灵敏度提高 6dB (+6dB)。
- ② 距离-波幅曲线直接绘在荧光屏刻度板上，但在整个检验范围内, 曲线应处于荧光屏满幅度的 20%以上，如果做不到，则分段绘制。

- (4) 仪器校验

- ① 每次使用前应在对比试块上，对时基扫描比例和距离波幅曲线进行调节和校验，校验点不少于两点。
- ② 检验过程中每 4 小时之内应对时基线和灵敏度进行校验，现场校验可在其它等效试块(如 V-2)上进行，但在之前应找到使用探头在 V-2 试块上距离-波幅与 $\phi 2 / \phi 3$ 距离-波幅曲线的 dB 数(差值)。

* 校正过程中使用的探头和试块，其温度应保持在被检焊缝温度+150C 范围内。

- (5) 扫查速度不大于 150m/s, 相邻扫查线之间的间距不大于探头直径的 0.8 倍。
- (6) 对所有反射波幅超过定量线的缺陷，均应确定其位置，最大反射波幅所在区域和缺陷指示长度。
- (7) 在初始确定缺陷位置后，应从焊缝的另一侧或另一面或利用折射角不同的探头，进行验证。为确认信号并非由正常的焊缝几何形貌或波形变换所引起，这一步很重要。
- (8) 超过评定线的信号应注意其是否是裂纹等危害性缺陷，如有怀疑应改变探头角度，增加探伤面，观察动态波型，结合结构工艺特征作决定，如不能准确制定时，应辅

以其它探伤方法。

波幅位于 II 区, 指示长度 $<10\text{mm}$ 时按 5mm 计; 相邻两缺陷各向间距 $<8\text{mm}$ 时, 两缺陷 指示长度之和作为单个缺陷计。

4 检验结果的等级分类

① 最大波幅不超过评定线的缺陷及位于 I 区的非裂纹性缺陷评定为 I 级。

5 现场检验记录

(1) 工件记录内容

- ①工件上缺陷的标注;
- ②应绘制有关接头的断面图;
- ③标出缺陷实际位置, 缺陷离焊缝边缘尺寸, 缺陷深度;

6 报告内容

工程名称、构件号、材质、板厚、坡口型式、焊缝号、焊工号、验收标准、检验等级、评定等级、检验结果、缺陷实际位置断面图、检验人签名、检验日期。

参考文献

(1) JB4730—94《压力容器无损探伤》

② 最大波幅超过评定线的判定为裂纹等危害缺陷时, 评为 IV 级。

③ 最大波幅位于 III 区的缺陷, 评为 IV 级。

④ 不合格的缺陷, 应予返修, 返修部位及补焊受影响区域, 按原探伤条件复探, 返修原则上不超过二次。

④检验次数 UT1、UT2、UT3.....;

⑤检验日期。

(2) 现场记录内容

- ①全部工件上的内容;
- ②缺陷返修结果(如果有返修复查)。

(2) GB11345—1989 《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级》

(3) 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》

(4) JB/T 10061 《A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件》

(5) JB/T 10062 《超声探伤用探头性能测试方法》