

焊缝超声波探伤资料汇编

一机部石油化工机械行业超声波探伤经验交流会

一九七三年十月

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

前 言

一九七三年七月六日至八月六日在兰州召开了“一机部石油化工机械行业超声波探伤经验交流会”，会上北京金属结构厂、金州重机厂、上海新建机器厂、兰州石油化工机器厂、上海四方锅炉厂、上海锅炉厂、四川自贡东方锅炉厂、北京锅炉厂、兰州化工机械研究所、交通部山海关桥梁厂、武汉锅炉厂、上海材料研究所、汕头超声电子仪器厂、营口仪器厂、通用机械研究所等十五个单位交流了资料三十一篇，现仅将各单位交流的探伤实践经验和试验研究报告十三篇汇编出版，国外译文未编入本汇编。会议期间，由兰州石油化工机器厂、金州重机厂、上海材料研究所、通用机械研究所等四个单位组成了“资料汇编小组”，对交流的资料组织了整理和修订，由通用机械研究所编辑和出版。

目 录

- 一、中薄板对接焊缝超声波探伤.....金州重型机器厂 (1)
- 二、锅炉联箱对接焊缝超声波探伤北京锅炉厂 (4)
- 三、0.5吨钢瓶焊缝的超声波探伤北京金属结构厂 (10)
- 四、焊缝超声波探伤小结.....上海新建机器厂 (18)
- 五、钢制压力容器对接焊缝的超声波探伤上海四方锅炉厂 (23)
- 六、单层厚壁高压容器对接焊缝的超声波探伤
.....兰州石油化工机器厂 (28)
- 七、普低钢电渣焊裂纹超声波探伤小结.....武汉锅炉厂 (34)
- 八、简化的焊缝超声波探伤方法.....上海锅炉厂 (40)
- 九、单面对接焊缝根部及其附近缺陷的超声波探测
与评定东方锅炉厂 (45)
- 十、薄壁管对接焊缝的超声波探伤试验.....上海锅炉厂 (52)
- 十一、焊接高压三通超声波探伤兰州化工机械研究所
石家庄高压管件试验厂 (61)
- 十二、栓焊梁角焊缝超声波探伤交通部山海关桥梁厂 (74)
- 十三、铝及铝合金焊制容器对接焊缝超声波探伤.....北京金属结构厂 (80)

中薄板对接焊缝超声波探伤

金州重型机器厂

国内外超声波焊缝探伤正日益被人们所重视和得到越来越广泛的应用。它较X光焊缝透视法的优点是：能节约大量胶片，降低产品成本，检验速度快，缩短产品的生产周期，设备简单，不需要专用的场地，易于发现x射线所不易发现的焊缝内部轻微未焊透和微裂纹。

但是，目前超声波焊缝探伤还存在某些不足之处，如对点状缺陷的大小测量不准，缺陷的定性需进行综合分析，而分析的正确性取决于探伤者的经验，这就要求探伤人员有熟练的操作技术及对产品工艺的详细了解。

一、仪器、探头和试块

1. 仪器：脉冲反射式探伤仪，频率2.5MC，时间线性好，动态范围大，有足够的亮度，灵敏度应保证发现在18毫米厚度的钢板上 $\phi 1 \times 3$ 毫米的柱孔，柱孔反射波高30毫米以上。

2. 探头：应选用灵敏度高、杂波少的探头，根据被探测部件焊缝厚度选择探头入射角度，入射角度的选择应能全面地探测到焊缝的整个截面。选择入射角参考值如表1。

表 1		单位：毫米
焊 缝 厚 度	斜 探 头 入 射 角 度	
4—22	50°	
24—38	45°	
40以上	40°	

3. 试块：设计原则是能校正仪器起始灵敏度和声程，体积小，便于携带。我厂一般常用的试块有如下二种：

a. 通孔试块：图1、表2。

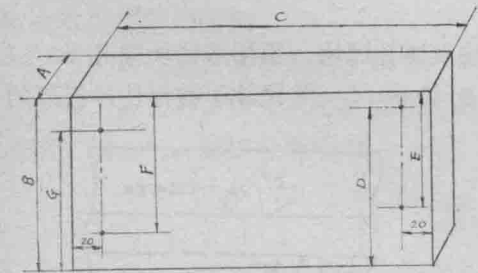


图 1

表 2							
A	B	C	D	E	F	G	孔直径
14	52	160	48	36	44	40	0.4
16	70	200	52	56	60	64	0.5
16	80	200	72	76	60	64	1

b. 梯形柱孔试块：分别在试块两端钻 $\phi 2 \times 4$ 与 $\phi 1.5 \times 3$ 两种柱孔。如图2。图中a、

b 设计为等于被探伤件板厚。

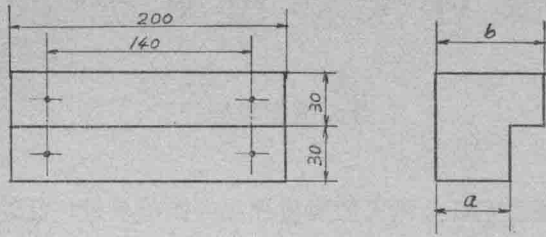


图 2

二、中薄板焊缝探伤

1. 探伤前的准备：探伤者必须了解被探焊缝的焊接工艺规范，焊缝内外表面情况，焊接操作者技术水平等，做到探伤前心中有数。清除焊缝两侧焊接飞溅物。

2. 仪器水平扫描线调整：使水平扫描线刻度代表缺陷由探头入射点到缺陷的水平距离。方法是，首先计算出探头有机玻璃楔块中的声程 a (图 3) 相当于钢中横波声程值 (因钢中的横波声速约为有机玻璃纵波声速的 1.2 倍)，其值为 $1.2a$ 。 $1.2a \times \sin \alpha$ 为有机玻璃楔块中的声程在水平方向相当于钢中横波声程值。 α 是探头入射角。

调正时首先使扫描线始波对准刻度“0”位。调正“细调”使试块上小孔反射波出现在水平刻度的 $1.2a \times \sin \alpha + b$ 处 (如图 4)。然后用“水平”把扫描线左移 $1.2a \times \sin \alpha$ ，水平扫描线比例 1:1 即调好。水平刻度代表由探头入射点向前量的水平距离。

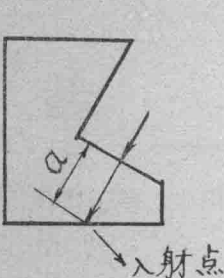


图 3

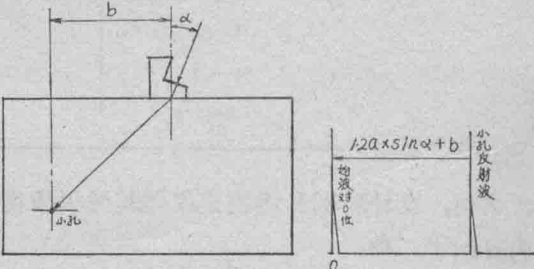


图 4

3. 灵敏度调整：探测 14—50 毫米焊缝用梯形试块或通孔试块。用梯形试块采用 $\phi 2 \times 4$ 毫米柱孔二次声程反射波高度 6 格。用通孔试块，通孔为 $\phi 0.4$ ，声程等于被探伤件板厚的二次波声程，反射波高度为满格的 80%，然后再把灵敏度提高 10 分贝。

4. 探头移动形式及使用耦合剂：如图 5，探头从焊缝边缘到二次声程之间成锯齿形前后移动。在探头移动过程中应摆动 $10-15^\circ$ 。为发现横向裂纹，探头还要与焊缝成 $15-25^\circ$ 角进行探测。

一般情况下使用 45° 机油作耦合剂。

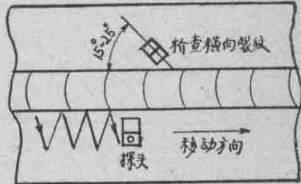


图 5

三、4~12毫米薄焊缝探伤（适用于碳素钢对接双面焊缝）

1. 灵敏度调整：利用梯形柱孔试块调整，柱孔为 $\phi 1.5 \times 3$ 毫米，试块厚度与被探工件厚度相同，柱孔反射波高满格。

2. 方法：利用与被探工件厚度相同的试块，探头前缘与试块前缘对齐，示波屏上出现一反射波A。如图6。再将探头后移一焊缝宽度，示波屏上出现一反射波B。当探头放在被探焊缝边缘平行于焊缝移动时，如在A、B两反射波位置之间出现反射波即是缺陷波。

3. 补充方法：本方法在厚度稍大时，易漏检，需用补充方法检查，如探伤10~12毫米厚焊缝时就需使用补充方法检查。方法是将探头离开焊缝边缘一个焊缝厚度，平行于焊缝移动。在上图B波位置后边距离为A、B波距离的区域出现反射波即是缺陷波。见图7。

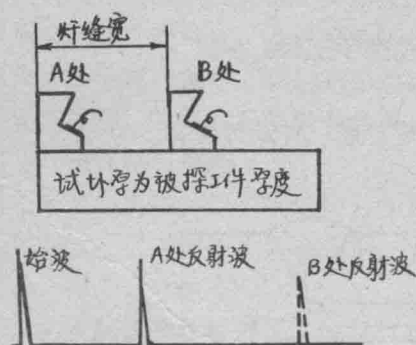


图 6

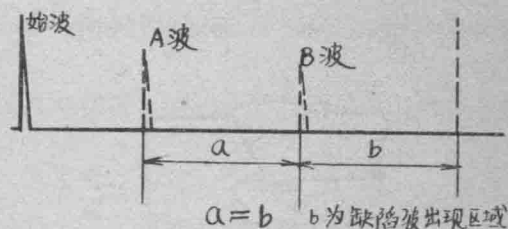


图 7

四、假讯号的辨别

1. 焊缝边缘咬肉引起的假讯号：利用一次声程与二次声程探伤时，焊缝边缘咬肉的反射波出现在一次声程与二次声程反射波的前边。

辨别方法是准确测定缺陷波位置，由位置辨别，因咬肉位置在焊缝边缘且接近表面，在这种位置的波多为咬肉反射。或使用手指敲打焊缝边缘表面的办法，看反射波是否跳动，如果反射波跳动即为咬肉处反射。

2. 多道焊缝引起的假讯号：出现位置非常接近一次声程与二次声程反射波位置。用手指敲打表面进行辨别。

3. 焊缝加强高引起的假讯号：用手指敲打表面进行辨别。

4. 油层引起的假讯号：探伤时过多的耦合剂堆积能引起声波反射，此类假讯号不稳定，清除了耦合剂，假讯号即消失。

五、缺陷性质的估计

1. 裂纹：反射讯号较强，当探头沿焊缝平行移动时，波峰稳定。反射波尖锐、陡峭。

2. 未焊透：反射讯号很强，根据位置与坡口形式估计。

3. 长条夹渣：反射波较裂纹与未焊透弱，波峰不尖锐，波根较宽。

4. 密集气孔：反射波弱，探头移动时，波幅不稳定。

锅炉联箱对接焊缝超声波探伤

北京锅炉厂

一、简介

1. 锅炉联箱结构

我厂生产的联箱焊缝结构大体分为以下四种：

① 加垫板的单面焊：

壁厚为10毫米、12毫米，V形坡口（如图1-1），全部手工焊。

② 插口单面焊：

壁厚为16~36毫米，V形坡口（如图1-2），手工焊打底，自动焊焊完。

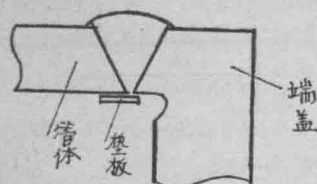


图 1-1



图 1-2

③ 根部削薄插口单面焊：

壁厚为16~50毫米，双V形坡口，手工焊打底，自动焊焊完（如图1-3）。

④ 不加垫板单面焊：

壁厚为20~36毫米，手工焊打底，自动焊焊完，双V形坡口（如图1-4）。

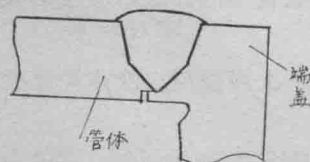


图 1-3

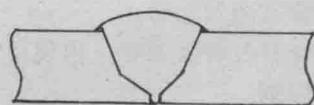


图 1-4

2. 关于根部未焊透的规定：

我厂设计要求加垫板与不加垫板的单面焊一律按单面焊评定。未焊透的深度按板厚的15%，但最大不超过2毫米。其长度不限。

3. 联箱焊缝采用超声波探伤的主要原因：

联箱焊缝的探伤，原来采用X射线检查。随着工业的飞速发展，我厂生产的高压锅炉联箱材料由低碳钢改为合金钢，在焊接此类钢时，容易产生细小裂纹，用X射线是无法发现的。

另外，联箱壁厚由十几毫米增到50毫米，端盖上又无手孔，采用X射线双层穿透的方法，底片质量无法保证；在X射线机能量限制下，厚度在25毫米以上的联箱焊缝根本无法探伤。由于上述种种原因，所以我们对联箱焊缝改用超声波探伤。它与X射线探伤相比，不但具有速度快、灵敏度高、成本低等优点，而且能发现X射线所不能发现的危险的细小裂纹。这样就保证了产品质量。

二、仪器、探头的选择及校正

1. 仪器的选择

在探伤中，要对焊缝质量进行正确判断，仪器起着重要的作用。要求仪器灵敏度高，时间线性和放大线性好，分辨率高，动态范围大，辉度亮，杂波少，盲区小，体积小，携带方便。

2. 探头的选择

探头的角度是根据被探工件厚度、焊缝中产生缺陷位置及其方向等方面来选择。探头频率是根据被探件的材质、晶粒度的大小等方面来选择。另外，我们要选择的探头需灵敏度高，杂波少。根据现有条件，我们用的探头入射角为 50° 及 45° ，频率为2.5MC。

因联箱直径小，为提高声学耦合效果，探头与工件接触面也具有相应曲率。

3. 耦合剂的选择

原来采用机油，但影响焊接返修质量。胶水易清洗、不影响焊接返修，且传声性能好，易长久存放。现采用胶水作耦合剂。

4. 探伤前的准备

① 了解被探件焊接工艺、坡口形式、对接方式、材质、厚度以及焊接操作者水平等，并进行分析、估计易产生的缺陷及其位置以便对焊缝质量做出综合判断。

② 清除工件表面焊缝两侧的探头移动区域飞溅物、锈蚀、氧化皮等等，使声束理想地传入工件。

③ 根据板厚、材质选好所用试块。

5. 扫描线比例调节与缺陷定位

采用水平比例1:1定位。步骤如下：

① 在R50、R100半圆试块上，左右移动探头，找出半圆曲面最大反射波，圆心刻度对应探头的一点，即为探头入射点。同时测定探头入射点到其前沿距离“a”的大小。如图

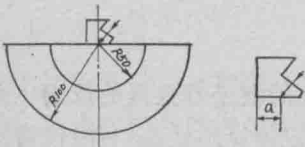


图 2-1

2-1。

② 用两个不同距离的 $\phi 0.5$ 毫米横

通孔（原则上两孔距离之差较大时，容易

调节准确）。找出两孔的最大反射波，并将两反射波位置1:1定在示波屏上。本调节法选用两孔距探伤面距离分别为 δ 与 2δ ， δ 为被探件厚度。方法如下：（见图2-2）

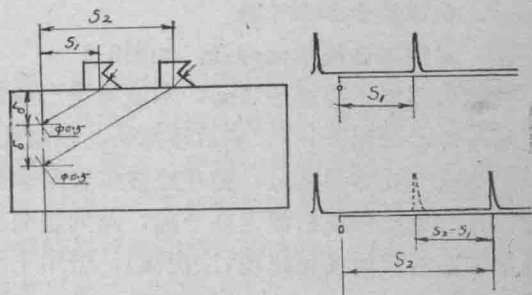


图 2-2

a. 探出距探伤面距离为 δ 的孔, 移动探头, 探得最大反射波处, 固定探头不动, 量出其 S_1 数值, 调正旋扭, 使反射波对到 S_1 值。

b. 同样探出距探伤面距离为 2δ 的孔, 在最大反射波处, 固定探头不动, 量出其 S_2 值。调正旋扭, 使反射波对到 S_2 值。

当两孔最大反射波同时 (指“水平”与“细调”旋扭不再调正的情况下, 并非真正的同一时间)。分别出现在水平刻度的 S_1 值与 S_2 值时, 即水平比例已调好。为达此目的, 对两孔反射波位置需依次轮换调整, 直至调好为止。方法有二: 1. 两孔分别使用“水平”与“细调”, 声程近的孔使用“水平”, 声程远的孔使用“细调”。此法在调节时只要依次把反射波调至 S_1 值与 S_2 值, 反复数次即可调好。在实际调正时, 常使反射波略略越过应出现的刻度值, 可加快调正速度。越过量大小依反射波出现位置估计出。2. 在对两孔反射波位置依次调正时, 每次每一孔的调节也可同时使用两个旋扭, 即首先根据波出现的位置判定“细调”应调大或调小才能接近比例关系, 根据判定, 略加调正后, 再用“水平”把该孔反射波调至应出现的刻度值处。(此处的“略加调正”量根据波出现的位置估计出, 但当调正较远声程的一孔时, 可使反射波略略越过应出现的刻度值)。

如此调整好后, 由荧光屏刻度值表示的位置是从斜探头的入射点开始计量的。

③ 为了方便度量再用“水平”将扫描线左移“a”的距离。此时荧光屏刻度表示从探头前边缘处向前度量的数值。

④ 缺陷埋藏深度由水平位置按一定比例求出。

6. 定灵敏度 (在定位同时定灵敏度)

① 当板厚为 $10 \sim 24$ 毫米时, 用距探伤面垂直距离接近 2δ 的 $\phi 0.5$ 横通孔, 调其波幅为满幅度的 80% 以上。

② 当板厚在 $25 \sim 40$ 毫米时, 用距探伤面垂直距离接近 δ 的 $\phi 0.5$ 横通孔, 调其高度为满幅度 (在实际探伤中还要提高一些)。

7. 探伤面和探头移动范围

① 探伤面为外面的焊缝两侧。

② 探头垂直于焊缝移动范围必须大于 S_2 。探头沿焊缝作锯齿形移动, 其间距应小于晶片直径。

三、几种不同形式联箱焊缝超声波探伤

1. 在联箱管体上探伤

① 薄壁垫板单面焊缝: 如图3-1

当探头垂直于焊缝后移时, 示波屏上出现的第一个较强的波是端盖面的反射 (量得探头前距离得知, 如图3-1a)。稍后移探头, 在端面反射波的前边便显出底波 (有时没有), 若根部有未焊透或气孔等缺陷时, 便在底波位置前边显示出来 (图3-1b)。再移动探头, 首先此伤波消失, 底波和垫板反射波连在一起, 随同盖面反射波移动一定距离后消失。探头继续后移, 焊缝加强高的反射波便出现 (二次波), 若中上部有缺陷, 其伤波显示在焊缝加强高反射波的前边 (如图3-1c)。

② 薄壁插口单面焊缝:

此结构的焊缝探伤与上述不同点在于因对口一般很好, 故没有底波显示。在示波屏上除有盖面、加强高反射波和杂波外, 凡在二次波 (加强高反射) 位置前边出现的波其水平距离

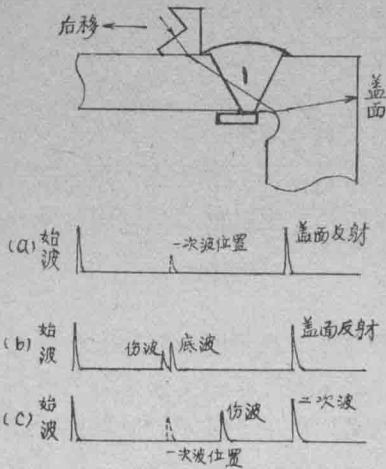


图 3-1

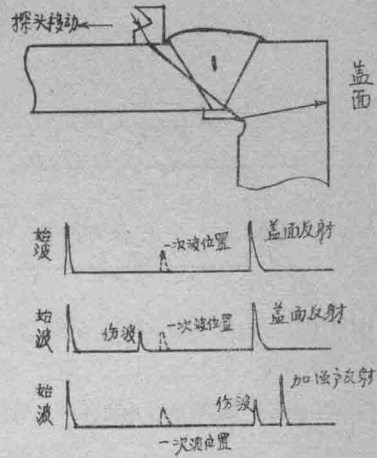


图 3-2

在焊缝上的即为缺陷（如图3-2）。但需注意插口底板上焊有缺陷时，容易当成焊缝内的缺陷被判废。

③ 厚壁插口根部削薄单面焊：

对此种形式的焊缝进行探伤基本上与插口的相同，不同点是因根部削薄 2-4 毫米，所以当声束扫到此处时，有一较强的反射波，如果对焊缝结构、厚度不了解，这样的反射波会被误判为伤波。

④ 不加垫板的单面焊超声波探伤：

此种焊缝探伤主要是对根部未焊透的探测和判断（也有时在根部产生裂纹）。当探头垂直于焊缝后移时，根部未焊透的反射波便在示波屏上一次波位置前出现，探头继续后移，反射波也随之后移直至消失。对根部未焊透的大小判断按矩形槽当量比较（如图3-3）。

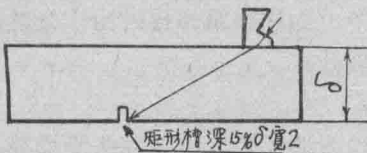


图 3-3

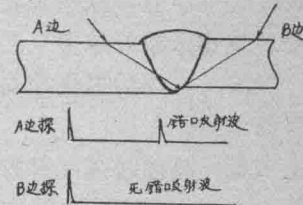


图 3-4

有时对接出现错口（如图3-4），在A侧探伤，根部有很强的反射波，而在B侧探时则没有反射波。而未焊透两侧均能探到。若只能从一面探时，错口的准确判断将是困难的。

若焊缝根部焊穿而形成焊瘤，当声波扫到它时，便在一次波位置的后边显示出来，这是和根部未焊透的区别。又因根部结构复杂，不易看清，光用反射波的位置（在前、在后）判断是不够的，必须注意波的游动变化和探头沿焊缝平行移动距离的大小。一般情况，焊瘤是一个一个高低不同，所以波形随探头移动有跳动现象。（如图3-5）

2. 在联箱端盖平面上探伤

在此平面上探伤与在管体一侧探伤的不同点是探头声束中心线与圆中心线倾斜 大约为 30°角。将探头沿圆边缘移动（如图3-6）。在易产生横向裂纹的工件上进行探伤，探头的倾斜

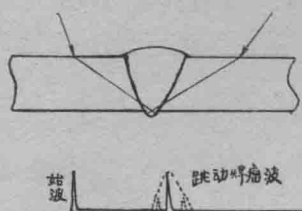


图 3-5

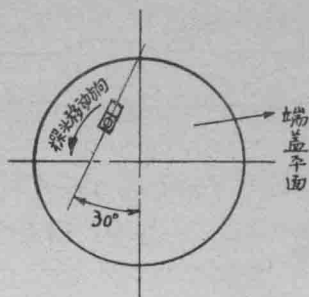


图 3-6

角度应增大，以能发现横向缺陷。

四、杂 波

在探伤中，示波屏上的杂波是常见的。出现原因是：仪器和探头本身灵敏度低；探头卡子的位置不当；探头与工件表面耦合不好；堆积胶水的反射等等。在探伤中要注意区分并消除此类杂波信号。

五、对缺陷的综合分析

焊缝超声波探伤与射线探伤相比直观性差，所以探伤结论的准确与否除同仪器的质量有关外，在很大程度上取决于探伤者的综合分析之后的判断。这就需要操作者根据波形的变化规律、焊接工艺、材质、坡口形式等，在多次返修解剖的经验积累基础上进行综合判断，来估计缺陷性质。

1. 裂 纹

裂纹的脉冲很宽，波幅高而强，方向性较强，探头沿焊缝平行移动时，有一定的移动距离，其波的位置基本不变，探头垂直于焊缝移动时也有一定移动距离。

裂纹容易产生在未很好掌握工艺的合金钢制件中，如在联箱焊接时由于预热温度不够，容易在根部产生裂纹。焊后很快冷却，也易在表面裂开。

2. 未焊透

从波形上来看，波幅较强，有方向性，一般未焊透都较长，所以探头沿焊缝平行移动时移动距离较长，其波的位置基本不变。在沿焊缝作垂直移动时，根据其深度的不同，移动距离也不同。

在联箱焊缝中，一般在焊缝根部出现，未焊透特别容易存在于不加垫板的单面焊焊缝中，这是由于对接间隙小，钝边大、电流小等造成的。

3. 夹 渣

分点状与条状两种。两种只是在探头沿焊缝平行移动时距离有长短之分。从波形来看一般脉冲下部较宽，波形分叉，波幅随缺陷不规则变化。

在联箱焊缝中，夹渣存在于坡口根部和边缘。在手工焊与自动焊的交接处、多道焊的层与层之间也易出现夹渣。

4. 气 孔

① 单个气孔：

波幅不强，波峰尖锐，因缺陷是圆形的，故无方向性。当探头平行于焊缝移动时，波幅很快下降以至消失。

② 密集气孔：

当孔距较大时，有几个波出现，探头稍转换角度或沿任一方向移动，波幅有的减弱以至消失，有的增加。当孔距小时，分辨不开，只显出一个较强的波，探头也有一定移动距离。

此缺陷易出现在联箱焊缝下部的手工焊区域内，自动焊焊缝中不易出现密集气孔。

结 束 语

焊缝超声波探伤，通过几年来的应用，已被认为是检查焊缝内部质量的一种较先进方法。但对气孔和点状夹渣反映不灵敏，在缺陷的定量与定性方面，尚待作进一步的研究与实验。但只要按照伟大领袖毛主席“实践、认识、再实践、再认识”和“要认真总结经验”的伟大教导去做，互相学习、交流经验问题是可以逐步解决的。

以上是我厂在联箱对接焊缝超声波探伤中初步摸索到的一点不成熟经验。由于我们水平有限，总结过程又很匆忙，缺点和错误可能很多，诚恳地希望同志们提出宝贵意见。

(上接第17页)

从我们的实际经验来看，推广应用超声波探伤过程中也不可避免地会存在一些差错，有些是属于设备条件问题，有些是操作经验不足，也有些是属于现在还未认识的问题。随着超声波探伤技术的不断推广和发展，它将会发挥更大的作用。

七、几 点 体 会

综上所述，通过近几年来我们对钢瓶超声波探伤的摸索感到：

1. 在现有工艺条件下，以超声波探伤的方法来检查钢瓶焊缝质量是可靠的，对危险缺陷(裂纹、未焊透等)的灵敏度比X光照相要高。因此，经过超声波探伤检查合格的钢瓶，其质量是有保证的。

同时，为了确保探伤结果的准确性，应该严格保证仪器的完好与灵敏状态，有关参数的调整应细致可靠。对操作人员应有独立操作能力的考核，操作过程中要勤于校对(标准试块的校对操作人员之间的校对)。

2. 要充分发挥超声波探伤的作用，应该与焊接工艺特别是在一定工艺条件下各种缺陷的敏感性和可能出现的部位的分析结合起来，同时也要与X光照相正确结合起来，特别是对那些灵敏度不如X光照相高的缺陷(如气孔、收缩沟等)更应考虑适当配合X光照相的抽查。

0.5吨钢瓶焊缝的超声波探伤

北京金属结构厂

前言

0.5吨钢瓶是我厂的老产品，批量较大。由于1967年以后质量检查一度有些放松，曾先后发生过几次爆炸事故。从爆炸断口看，有的焊缝存在一些未焊透和裂纹。为了保证产品质量，从1972年起，焊缝探伤15%抽查改为100%探伤，如果用X光照相的方法，不但工作量大(每月约4500张片子)，不能满足生产进度的要求，而且也不经济。仅底片成本就近三千元。我们在小结了四年来推广使用超声波探伤的基础上，仍然以超声波探伤为主，在某些情况下适当配合X光照相进行综合比较，作出钢瓶焊缝的质量评定，近一年的工作，使我们对超声波探伤的方法有了进一步的认识。

一、钢瓶的焊缝结构

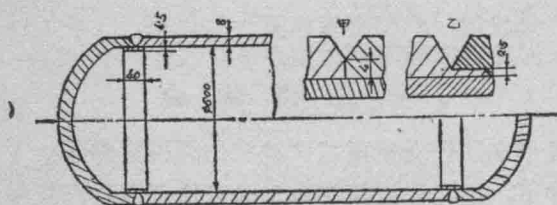


图 1

瓶内介质是液氮，设计压力为 18 kgf/cm^2 。筒体纵缝是不开坡口双面自动焊，环缝是带垫板单面自动焊。1972年10月份以前是采用图一甲型坡口，用 $\phi 4$ 焊丝埋弧自动焊一遍成型。目前是采用图一乙型坡口，用 $\phi 3$ 焊丝埋弧自动焊二遍。

二、环缝单层焊接的超声波探伤

纵缝可以在钢板两面，焊缝双侧进行探伤，在探伤技术上不存在什么困难。

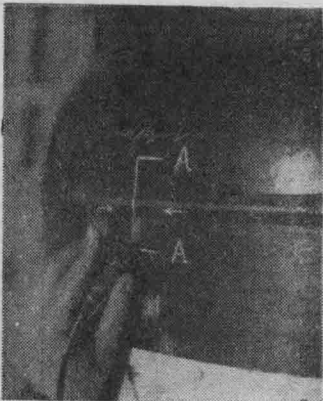
对于单层焊接的环焊缝探伤，我们开始是用折射角为 68° 的斜探头。当时，由于经验不足，虽然一般来说，对裂纹，未焊透等缺陷，还是能够发现的，但对单个气孔，由于其对声束的反射条件差，不易发现。有的焊缝表面层下的 $\phi 2$ - $\phi 3$ 的气孔，我们在探伤中也未探出来。

1972年上半年，我们对已出厂的部份钢瓶，又重新进行100%超声波探伤复查，同时对不合格部位拍照了X光底片，其对比情况如表1：

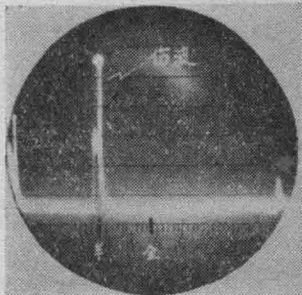
表 1

瓶 片 号	X 光 照 相			超 声 波 探 伤	
	照 片 情 况	评 定		探 伤 情 况	评 定
		不 合 格	合 格		
67-1	无 缺 陷		✓	150毫米未焊透	不合格
90-1	“		✓	10毫米深孔	“
-2	“		✓	20毫米未焊透及裂纹	“
-3	“		✓	20毫米未焊透	“
-4	“		✓	“	“
96-1	50毫米气孔	✓		60毫米链状气孔	“
-2	150毫米裂纹	✓		180毫米裂纹	“
-3	100毫米 “	✓		270毫米 “	“
-4	150毫米 “	✓		290毫米 “	“
-5	200毫米 “	✓		200毫米 “	“
-6	100毫米 “	✓		170毫米 “	“
-7	100毫米 “	✓		200毫米 “	“
-8	无		✓	100毫米 “	“
103-1	丁字10毫米夹渣	✓		20毫米未焊透	“
97-1	个别气孔		✓	30毫米 “	“
-2	20毫米裂纹气孔	✓		20毫米裂纹	“
625-1	20毫米未焊透	✓		20毫米未焊透	“
892-1	气孔		✓	20毫米裂纹	“
-2	无		✓	120毫米 “	“
-3	30毫米未焊透气孔	✓		650毫米 “	“
-4	“	✓		1000毫米未焊透	“
929-1	气孔		✓	14毫米裂纹或气孔	“
94-2	无		✓	80毫米裂纹	“

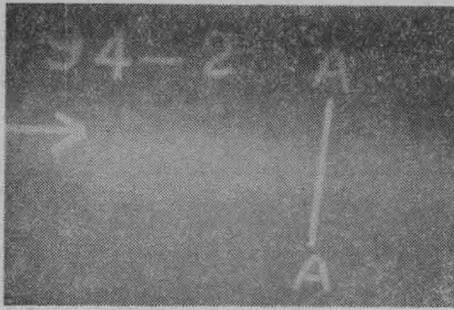
表 1 中有十一个部位，经 X 光照相评定为合格，为了证实这一判断，我们解剖了其中一台钢瓶 (94-2)，经金相宏观观察，发现有裂纹存在，裂纹宽度为 0.03 毫米。深 3 毫米 (图 2)。这裂纹在 X 光照片上未反映出来。



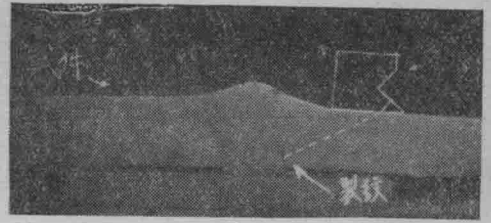
钢瓶94-2探伤部位



缺陷波形图



X光照相结果



A-A金相宏观断面

图 2

表一中的瓶子不合格部位都经过了返修，并用超声波复查合格。在返修过程中，有的也创出了超声波探伤中所判断的缺陷。

从以上的对比，证明了超声波探伤对焊缝中的裂纹，未焊透等线性缺陷的灵敏度要比X光照相高，也证明了过去几年我们用超声波代替X光照相来检查钢瓶的质量在技术上是可靠的。而几次钢瓶质量事故中所暴露出焊缝中的缺陷，主要是由于当时焊接工艺不稳定，探伤技术等掌握不熟练，焊缝检查比例仅为15%，和个别探伤人员责任心不强所致，而不是超声波技术本身不能用于钢瓶焊缝探伤的问题。

三、环缝双层焊接的超声波探伤

为了进一步提高钢瓶的焊缝质量，经过试验分析，从1972年10月起，将钢瓶环缝的单层焊接改为双层焊接。在工艺试验的同时，我们又一次用X光照相和超声波探伤进行了对比检查，结果如表2。

表 2

瓶 片 号	X 光 照 相		超 声 波 探 伤		
	照 片 情 况	评 定		探 伤 情 况	评 定
		不 合 格	合 格		
393	无 缺 陷		✓	20毫米点状缺陷	不 合 格
401	140毫米收缩沟	✓		"	"
406	无		✓	无	合 格
413	"		✓	"	"
414	"		✓	"	"
415	"		✓	"	"
423	"		✓	10毫米点状缺陷	不 合 格
453	"		✓	30毫米 "	"
472	110毫米收缩沟	✓		无	合 格

从表2的对比情况看出：不仅存在X光照相发现不了而超声波能发现的缺陷，而且也存在超声波发现不了而X光照相能发现的缺陷。这就引起了我们的注意，开始有意识地把焊接

工艺的特点和X光照相, 超声波探伤两种办法结合起来, 研究如何更好地发挥超声波探伤的作用。

四、超声波探伤的条件和具体操作方法

1. 探伤条件

(1) 探伤仪: 汕头超声波电子仪器厂生产的 CTS-8 型超声波探伤仪。仪器的时间线性、放大线性、折射角、入射点的校验及修正, 用 JB1152-73 规定的 CSK-I 型试块。

组合灵敏度: 用斜探头探测孔距 16 毫米, $\phi 0.5 \times 14$ 横通孔的反射波高应不低于满幅度的 80%。

- | | |
|----------|--------------------------|
| (2) 折射角: | $68^\circ \sim 72^\circ$ |
| (3) 频率: | 2.5MHz |
| (4) 耦合剂: | 稀释合成浆糊 |

2. 具体操作方法

(1) 测入射点: 用斜探头探测 R_{100} 圆弧反射面左右移动探头, 使反射波高达到最高点, 此时探头对应圆心的点即是入射点。如(图 3 甲)

(2) 测折射角: 用斜探头探测 $\phi 50$ 的孔, 左右移动探头, 使反射波高达到最高点。此时入射点所对应的刻度值即是该探头的折射角度值, 如(图 3 乙)。

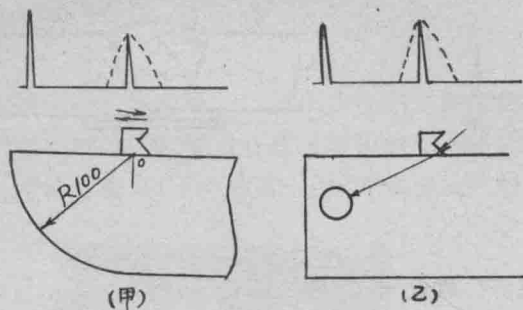


图 3

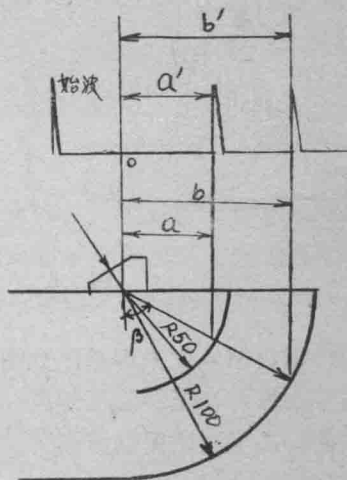


图 4

(3) 定水平比例: 根据已测出折射角 β , 查出 $\sin \beta$ 值求出 $a = 50 \sin \beta$, $b = 2a$ 将斜探头上的入射点与试块圆心重合, 利用“水平”与“细调”使 R_{50} 和 R_{100} 两圆弧面的反射波分别调成 $a' = a$ 和 $b' = b = 2a$ (图 4)

(4) 定灵敏度: 图 5 为灵敏度试块, 试块上钻有 $\phi 0.5 \times 14$ 横通孔, 距探测面为两倍板厚 16 毫米, 此时探头位置: 入射点到孔的跨距应与荧光屏波距为 1 : 1, 上述定好水平比例后, 将探头放置在灵敏度试块上, 左右移动探测横通孔, 并调仪器的灵敏度, 使之反射波高达 80% 满幅度。