

中华人民共和国机械行业标准

接触式超声纵波直射探伤方法

JB/T 4009—1999

批准部门：国家机械工业局

批准日期：1999-06-28

实施日期：2000-01-01

代替 JB 4009—1985

1 范围

本标准规定了以超声探头与被检物直接接触的方式进行纵波直射探伤时应遵守的一般规则。

以接触式超声脉冲回波法进行纵波直射探伤时，通常采用单压电晶片的探头发射高频超声波脉冲，通过适当的耦合剂垂直地射入被检验材料。当材料内部有一反射体（包括缺陷及其他能反射超声的物体）时，超声能量便从该处反射回来，被探头接收，转变为电脉冲信号，经电子仪器放大后在荧光屏上以脉冲波形式显示出来。根据反射回波的有无、回波的幅度及出现回波的范围，可判断反射体的有无、深度位置和大小。根据底波减弱的程度，也可判断缺陷和材质衰减情况。

注：脉冲回波法只能探测出能将超声能量反射至探头的那部分反射体或缺陷的面积，因此，在某些情况下，被检物内部虽有一较大缺陷，如其主要平面并不与超声波束垂直，反射波幅度就很低。因而不能准确判断其真实尺寸。

2 术语

本标准采用下列定义。

2.1 AVG 曲线

把垂直于超声波声束的圆形平面缺陷当作反射源，对应反射源各种大小，在正交坐标的横轴上表示晶片到反射源的距离，并在纵轴上显示出相对反射高度，通常以缺陷波高度 F 与无缺陷部位底波高度 B_0 之比的分贝 (dB) 数表示。这就称为 AVG 曲线图，亦称 DGS 曲线图。

2.2 距离-幅度曲线

在使用一定的频率和晶片直径及规定的探伤灵敏度情况下，测得某个反射体在不同距离时产生回波的高度变化所构成的曲线，亦称 DAC 曲线。

2.3 当量缺陷直径

把垂直于超声波声束的圆形平面缺陷当作反射源。探伤时如缺陷回波高度与此圆形平面缺陷的回波高度和距离都相同，则该圆形平面的直径就是该缺陷的当量直径。

2.4 6 dB 法

最大回波高度降低一半 (6dB) 的测量方法。

3 人员与设备

3.1 人员

从事探伤的技术人员和操作者应具有必要的业务知识，并有有关部门颁发的相应资格证书。

3.2 设备

超声探伤系统：包括超声探伤仪、高频电缆和探头，其各种性能应按有关标准进行测试，并符合相应标准的要求。由探伤者测试的主要项目有：

a) 垂直线性及动态范围；

- b) 时基线性(水平线性);
- c) 灵敏度余量;
- d) 远距离分辨力;
- e) 直探头的声轴偏移;
- f) 盲区。

3.3 试块

3.3.1 标准试块(校准试块)

用于探伤系统的性能测试或灵敏度调整。其材质、形状和尺寸应符合有关标准的规定。

3.3.2 对比试块(参考试块)

用于调整探伤系统的灵敏度或比较缺陷的大小。一般采用与被检验材料声学性能和表面状态相同或类似的材料制成。

4 检验方法

4.1 探伤面的选择

应根据被检物加工工艺,选择最可能发现缺陷的探伤面。但一般应从两个相互垂直的方向进行探伤。

4.2 探伤面

探伤表面上不应有松散的锈皮、焊接飞溅和附着的异物,以及不均匀或较厚的涂层。探伤表面也不应是铸造和锻造的不平整表面、粗加工面、热处理后的粗糙表面等,否则应采用机械加工或其他适当的方法进行修整。一般情况下,均匀附着的氧化层、金属或非金属涂覆层等可不去除。

4.3 耦合

为获得稳定的耦合状态,在曲面探伤时,探头上可加用弧形接触块。在平面上探伤时,可采用带有软保护膜的直探头。

直接接触法探伤的耦合剂可用机油、润滑脂、水、化学浆糊、甘油、水玻璃等介质。在光滑平面上,这些耦合剂的作用相似。但在垂直面或曲线探伤时,以采用黏度较大的耦合剂为宜。

4.4 扫查

应根据被检验工件的几何形状,可能存在缺陷的方向,应用要求及探伤的经济效果等因素决定采用全面的连续扫查或分区的间歇扫查,扫查方式有自动扫查和手工扫查。在连续扫查中,探头在探伤面上的扫查轨迹应保证在一定的探伤灵敏度下,达到100%的覆盖率。自动扫查时应采用机械化装置使工件移动或探头移动,扫及整个被检验表面。并采用电子或目视方法监视探头和工件的耦合情况,以确保有均一的探伤灵敏度。在手工扫查时,扫查速度一般不应大于每秒150 mm。进行间歇扫查时应根据要发现缺陷的面积和形状,决定间歇扫查的距离。

4.5 探头频率和尺寸的选择

4.5.1 选择频率时应考虑的因素

采用较高探伤频率易于得到窄的脉冲波,容易探出近表面缺陷,也能提高缺陷的检出能力。高频超声束的指向性较好,能对缺陷精确定位。但当声波波长与金属晶粒尺寸可比拟时,超声在晶粒上产生漫散射,造成草状回波,能量衰减严重。因此高频超声波不易穿透粗晶粒材料。此外,在较粗糙的探伤面上高频超声也不易射入。一般说来选用频率的上限由衰减及草状回波(信噪比)决定。下限由探测灵敏度、脉冲宽度及指向性等决定。通常使用的探伤频率为1~5 MHz。

4.5.2 选择探头尺寸时应考虑的因素

接触式探伤用的直探头其晶片通常为圆形。探头声束的近场由下式决定。

$$N = \frac{D^2}{4\lambda}$$

式中： N ——近场距离(mm)；

D ——晶片直径(mm)；

λ ——波长(mm)。

近场区内声束中的声压变化不规则，故一般不能在近场区中进行定量探伤。在近场区声束有一焦点，焦点的直径约为 $1/4D$ (以 6 dB 法测定)。焦点上的声压最大，缺陷的回波也最高。声束在近场区远处以半扩散角 $\theta/2$ (以 6 dB 法测定) 扩散，而 $\sin\theta/2 = 0.51\lambda/D$ 。故当频率不变时，晶片直径大则扩散角小。一般在近距离(或小直径工件)时可采用较小的晶片，距离较大时应采用较大晶片。

4.6 探伤灵敏度的调整

4.6.1 试块法

把适当的标准试块或对比试块中的人工缺陷或底面回波高度调整至预定值的方法。通常可用一定规格的探头，探测一组试块，将不同声程时规定的平底孔回波高度画成距离-幅度曲线(DAC)，供现场探伤时使用。使用试块调整探伤灵敏度时，应对试块和工件表面情况和材质的差异进行补偿。

4.6.2 底波法

把被检验材料无缺陷部分底波高度调整至规定值的方法。调整后通常再要用衰减器，把灵敏度提高一定的量(按具体标准或灵敏度要求确定)进行探伤。这种方法除能校正由材料探伤面不同而引起的耦合变化外，在厚工件探伤时对深部缺陷还能进行材质衰减补偿。

4.6.3 灵敏度调整方法的选择

通常应按检验标准或规范调整探伤灵敏度。如无规定，当材料衰减不显著，且探伤面与试块表面粗糙度相似，底面与探伤面平行时，则上述两种调整灵敏度的方法均可适用。但当材料衰减显著或厚度在 500 mm 以上时，由于材质衰减将影响缺陷回波高度，此时，对于深部缺陷宜采用底波法。

4.6.4 曲面探伤

可根据所用探头，选定适用的 AVG 曲线，或按有关标准或探头制造厂提供的曲面探伤灵敏度修正曲线，或用与探伤面曲率大致相同(0.7~1.1 倍曲率半径)的对比试块进行探伤灵敏度的调整。

5 缺陷表示方法

5.1 缺陷回波用当量直径来表示，一般可采用下列方法。

5.1.1 根据缺陷回波高度(F)与工件无缺陷部分的底波高度(B_0)之比，即以 dB 值表示的 F/B_0 值，从适用的 AVG 曲线图中查出缺陷的当量大小。曲面探伤及材料有明显衰减时应进行修正。但第一次底波(B_1)与第二次底波(B_2)之比在 9 dB 以下时无须作衰减修正。

5.1.2 根据缺陷回波高度与用试块法取得的 DAC 曲线上相应高度之比的 dB 值，按波高与缺陷面积成比例的关系可得出缺陷当量。但需进行试块与工件表面粗糙度及材质不同而引起的衰减修正。

5.2 缺陷范围的测定

5.2.1 对大于声束直径的缺陷，可用 6 dB 法测定其范围，即探头移动到回波高度降低至最高回波高度的 1/2 处测定的缺陷面积，此面积应大于该深度处的 6 dB 声束直径。

5.2.2 按有关标准或供需双方协议，在某一探伤灵敏度下将大于指定缺陷波高的探头移动范围作为缺陷范围。

5.2.3 底波下降程度及范围的测定应按有关标准或供需双方协议，底波高度下降至某个百分数或一定 dB 值时(耦合和工件几何形状造成的原因除外)，虽然没有缺陷回波，也应按缺陷处理，记录其下降幅度及范围。

5.3 其他表示方法，按有关标准或供需双方协议的规定执行。

6 检验报告

检验报告应包括下列内容：

- a) 工件名称、图号、材料、热处理状态；
- b) 工件编号、炉号、合同号、探伤部位；
- c) 采用的标准或技术条件；
- d) 探伤条件包括探伤仪型号、所用探头的类别、晶片尺寸、频率、有否用软保护膜、使用的标准试块、灵敏度调整方法、扫查方法及耦合剂等；
- e) 表示探伤面尺寸的工件草图、缺陷位置、缺陷大小、其他有必要说明的情况及底波衰减状态等探伤结果；
- f) 探伤者姓名、资格等级、证号及探伤日期等。