

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2975—2017

钢制厚壁管道环向对接焊缝内部缺陷 无损检测规程

NDT procedures for the thick wall steel pipe internal defect in the circumferential
butt weld

2017 - 09 - 15 发布

2017 - 10 - 15 实施

安徽省质量技术监督局 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由安徽三兴检测有限公司提出。

本标准由安徽省特种设备安全标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：安徽三兴检测有限公司、安徽省特种设备检测院。

本标准起草人：景卫东、史红兵、俞涛、胡国宏、孙树楠、魏民、黄求军、何明星、申剑、王伟。

钢制厚壁管道环向对接焊缝内部缺陷无损检测规程

1 范围

本标准规定了公称厚度大于或等于 25 mm，管径大于或等于 159 mm 且不大于 2000 mm 的钢制管道环向对接焊缝内部缺陷的无损检测方法。

本标准适用于碳素钢、合金钢管道环向对接焊缝内部缺陷的无损检测。

不适用于奥氏体不锈钢管道环向对接焊缝内部缺陷的无损检测。

2 规范性引用文件

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

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

JB/T 7902 无损检测 线型像质计通用规范

NB/T 47013.1 承压设备无损检测 第1部分:通用要求

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分:射线检测

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公称厚度 *nominal thickness*

受检工件母材的公称壁厚，不考虑材料制造偏差和加工减薄。

3.2

透照厚度 *penetrated thickness*

中心透照时，透照厚度为打底层厚度。双壁垂直透照时，透照厚度为 2 倍打底层厚度。

3.3

焦距 *focal distance*

沿射线束中心测定的射线源与胶片之间的距离。

3.4

射线源尺寸 *source size*

射线源的有效焦点尺寸。

3.5

缺陷 defect

按照无损检测方法检测出的不连续性。

3.6

基准灵敏度 basic sensitivity

用于缺陷定量和缺陷的等级评定的记录灵敏度。

3.7

扫查灵敏度 scanning sensitivity

实际检测扫查时的灵敏度。

4 一般要求

4.1 无损检测人员资格

4.1.1 从事本规程规定的无损检测工作的检测人员必须经过培训、考核，并取得有关部门颁发的与其从事的无损检测方法相适应的资格证书。

4.1.2 从事无损检测结果评定的检测人员，应具有相应检测方法的 II 级或 II 级以上资格。

4.1.3 现场无损检测责任工程师应具有无损检测 III 级或 II 级资格。

4.2 无损检测设备和器材

4.2.1 无损检测设备和器材应符合其相应的产品标准规定，其性能还应符合 NB/T 47013.1 的要求。

4.2.2 无损检测设备应按照有关标准规定的周期进行检定、校准或核查。

4.3 无损检测工艺文件

4.3.1 无损检测方案

工程检测前，应根据相关的规范、标准编制无损检测方案。

无损检测方案应由具有 II 级及以上资格的无损检测人员编制，III 级无损检测人员审核，现场技术负责人批准。

4.3.2 无损检测操作指导书

对具体的被检工件，还应编制无损检测操作指导书。

无损检测操作指导书应符合相关的规范、标准以及本规程的要求。

无损检测操作指导书应由具有无损检测 II 级及以上资格的检测人员编制、审核，无损检测 III 级人员或现场技术负责人批准。

5 检测方法

- 5.1 当对接焊接接头打底焊（厚度应为 8~15 mm）焊接完成后，对打底层焊缝进行的射线检测。
- 5.2 对接焊接接头焊接完成后，对焊接接头进行超声波检测。

6 射线检测

6.1 射线检测人员

射线检测人员除符合 4.1 条的规定外，还应符合以下要求：

- 从事射线检测人员上岗前应进行辐射安全知识的培训，身体健康状况应符合 GB 18871 的规定；
- 未经矫正或经矫正的近（距）视力和远（距）视力应不低于 5.0（小数记录值为 1.0），从事评片的人员应每年检查一次视力。

6.2 检测设备、器材

6.2.1 射线源

射线检测的射线源可以使用 X 射线机，也可以使用 $\text{Se}^{75}\gamma$ 射线源。

6.2.1.1 X 射线机

每台在用的 X 射线机均应做出常用检测材料的曝光曲线，制作曝光曲线所采用的胶片、增感屏、焦距、射线能量等条件和底片应达到的灵敏度、黑度等应符合所使用的检测标准的规定。

对使用中的曝光曲线，每年至少应校验一次。

射线设备更换重要部件或经较大修理后应及时对曝光曲线进行校验或重新制作。

6.2.1.2 $\text{Se}^{75}\gamma$ 射线源

使用的 $\text{Se}^{75}\gamma$ 射线装置应符合有关安全规定。

射线源的使用应符合环保部门的有关管理要求。

6.2.2 胶片

在满足射线检测灵敏度要求的情况下，一般应采用 C5 类胶片。

采用 $\text{Se}^{75}\gamma$ 射线对裂纹敏感性大的材料进行射线检测时，应采用 C4 类或更高类别的胶片。

6.2.3 增感屏

X射线检测时，采用铅箔增感屏，前、后屏的厚度均为 0.03 mm。

$\text{Se}^{75}\gamma$ 射线检测时，采用铅箔增感屏，前、后屏的厚度均为 0.1 mm。

6.2.4 观片灯

观片灯的最大亮度应能满足评片要求。

6.2.5 黑度计

6.2.5.1 黑度计可测的最大黑度应不小于 4.5，测量值的误差应不超过 ± 0.05 。黑度计首次使用前应进行核查，以后至少每六个月应进行一次核查，并形成核查报告。

6.2.5.2 黑度计校验用的标准密度片应至少有 8 个一定间隔的黑度基准，且能覆盖 0~4.5 黑度范围，并在规定的有效检定期内。

6.2.6 像质计

线型像质计的型号和规格应符合 JB/T 7902 的规定。

6.2.7 射线剂量仪与个人射线剂量仪

6.2.7.1 配备符合现场检测需要的射线剂量仪，射线剂量仪必须经计量检定合格，并在规定的有效检定期内。

6.2.7.2 检测作业人员必须每人配备个人射线剂量仪，以监测个人累积照射剂量。个人射线剂量仪每三个月交职业病防治所测定个人吸收剂量。

6.3 检测工艺

6.3.1 表面准备

打底焊接完成后，应清除焊缝表面的焊渣、飞溅等，并经外观检查合格。

6.3.2 透照方法

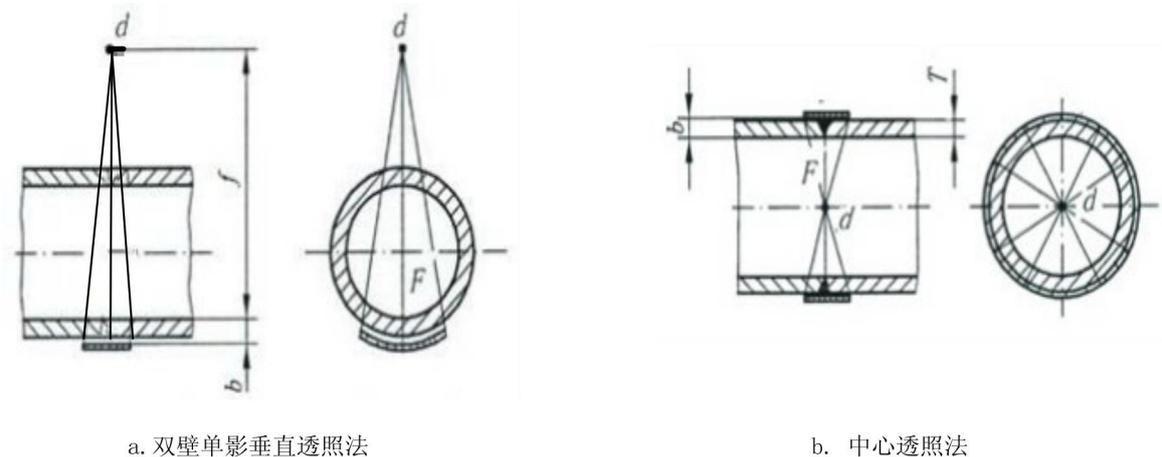
6.3.2.1 双壁单影垂直透照法

射线源置于钢管外侧，胶片放置在射线源对侧的钢管外表面相应的焊缝部位，并与钢管贴紧固定。如图1(a)所示。

采用双壁单影垂直透照法时，一次透照有效长度应满足透照厚度比 K 不大于 1.1 的要求。

6.3.2.2 中心透照法

射线源置于钢管中心部位，胶片放置在钢管外表面相应的焊缝部位，并与钢管贴紧固定。如图1(b)所示。



图中：

d—射线源；

F—焦距；

f—射线源至工件表面的距离；

t—钢管公称厚度；

b—工件表面至胶片的距离。

图1 透照方式示意图

6.3.3 射线检测技术等级

AB 级。

6.3.4 识别标记和定位标记

6.3.4.1 识别标记

一般包括：

管线号、焊缝编号、部位编号和透照日期。

返修后的透照还应有返修标记 R1、R2、…（其中数字1、2、…表示返修次数）。

6.3.4.2 定位标记

一般包括中心标记和搭接标记。

中心标记指示透照部位区段的中心位置和分段编号的方向，一般用十字箭头“”表示。

搭接标记是连续检测时的透照分段标记，可用符号“↑”或其他能显示搭接情况的方法表示。

6.3.4.3 预曝光

透照前每道焊缝的管线号、焊缝编号、透照日期须在胶片上进行预曝光。

方法是该道焊缝的全部胶片暗袋叠放整齐，将上述铅字编排后放在胶片靠近边缘的一侧，其他部位用 5 mm 的铅板全部遮挡，用合适的曝光量进行识别标记曝光。

6.3.4.4 透照时，部位编号、中心标记、搭接标记应放置在打底焊的焊缝上。

6.3.5 像质计的使用

6.3.5.1 选用 JB/T 7902 中规定的线型像质计。

6.3.5.2 双壁垂直透照时，每张底片均应放置一个像质计。像质计应放置在胶片一侧焊缝的一端（在被检区长度的 1/4 左右位置），金属丝应横跨焊缝，细丝置于外侧。要达到的像质计灵敏度应满足在焊缝部位能清楚地看到符合 NB/T 47013.2 标准要求的金属丝影像。此时的透照厚度应为打底层厚度的 2 倍。

6.3.5.3 中心透照时，应在钢管内侧等间隔地放置 3 个像质计。要达到的像质计灵敏度应满足在焊缝部位能清楚地看到符合 NB/T 47013.2 标准的要求的金属丝影像。此时的透照厚度应为打底层厚度。

6.3.5.4 中心透照时，当无法在内壁放置像质计时，可以将像质计放置于外侧，但应进行对比试验。

6.3.5.5 对比试验方法是在射源侧和胶片侧各放一个像质计，用与工件相同的条件透照，测定出像质计放置在源侧和胶片侧的灵敏度差异，以此修正像质计灵敏度的规定，以保证实际透照的底片灵敏度符合要求。

6.3.5.6 当像质计放置在胶片侧时，应在像质计上适当位置放置铅字“F”作为标记，F 标记的影像应与像质计的标记同时出现在底片上，且应在检测报告中注明。

6.3.6 射线能量选择

6.3.6.1 X 射线检测应尽量选用较低的管电压。对不同透照厚度的钢管选择的管电压应不超过表 1 的规定。

表1 不同透照厚度允许的最高管电压

透照厚度 (mm)	8	10	12	14	18	20	24
最高管电压	165 kV	180 kV	195 kV	210 kV	230 kV	240 kV	260 kV
透照厚度 (mm)	28	30	32	34	36	38	≥40
最高管电压	275 kV	285 kV	300 kV	315 kV	330 kV	340 kV	350 kV

6.3.6.2 Se^{75} γ 射线源的透照厚度为 10~40 mm，中心透照法时最小透照厚度可为 5 mm。

6.3.7 曝光量

6.3.7.1 X 射线透照时，焦距为 700 mm 时曝光量应不小于 15 mA·min；当焦距改变时可按平方反比定律对曝光量进行换算。

6.3.7.2 采用 Se^{75} γ 射线源透照时，曝光量使用 γ 射线曝光计算器或计算尺来计算，但总的曝光时间至少应不小于输送源往返所需时间的 10 倍。

6.3.8 散射线的屏蔽

6.3.8.1 在胶片背面衬 1~2 mm 铅板屏蔽背散射线。

6.3.8.2 对初次制定的检测工艺，或使用中的检测工艺条件发生变化时应进行背散射防护检查。方法是在暗盒背面贴附“B”铅字标记，一般 B 铅字的高度为 13 mm、厚度为 1.6 mm，按检测工艺的规定进行透照和暗室处理。若在底片上出现黑度低于周围背景黑度的“B”字影像，则说明背散射防护不够，应增大背散射防护铅板的厚度。若底片上不出现“B”字影像或出现黑度高于周围背景黑度的“B”字影像，则说明背散射防护符合要求。

6.3.9 胶片的暗室处理

6.3.9.1 胶片的暗室处理一般应按照胶片使用说明书进行，也可使用公认的有效方法处理。

6.3.9.2 胶片处理可以使用自动洗片机进行处理或手工冲洗方式处理。采用自动洗片机时的处理条件可参照说明书选定。

6.3.9.3 胶片手工冲洗方式处理时，应采用槽式冲洗，在规定的温度和时间内进行显影、定影、水洗等操作。

6.4 底片质量

6.4.1 底片上识别标记和定位标记影像应显示完整、位置正确且不掩盖被检焊缝影像。有效评定范围内不得有影响缺陷评定的伪缺陷、划伤、水迹、脱膜、污斑等。

6.4.2 底片有效评定范围内的黑度应在 2.0~4.5。

6.4.3 底片的像质计灵敏度符合 NB/T 47013.2 的要求。

6.5 底片评定

6.5.1 评片应在专用的评片室内进行。评片室应整洁、安静，温度适宜，光线应暗且柔和，照明用光不得在底片表面产生反射。

6.5.2 应使用亮度可调的强光观片灯，观片灯的最大亮度应符合底片评定的要求。

6.5.3 评片时可以借助放大倍数不大于 5 的放大镜辅助观察底片局部的细小部分。

6.5.4 焊缝的质量等级评定按 NB/T 47013.2 执行。当设计文件另有规定时，以设计文件的规定为准。

7 超声波检测

7.1 超声波检测人员

超声波检测人员应符合 4.1 条的规定，超声波检测评定人员应具有超声波检测 II 级或 III 级资格。

7.2 检测设备、器材和材料

7.2.1 超声波探伤仪

采用 A 型数字式超声波探伤仪，其工作频率范围为 0.5 MHz~10 MHz，探伤仪应具有 80 dB 以上的连续可调衰减器（增益），其精度为任意相邻 12 dB 误差在 ± 1 dB 以内，最大累计误差不超过 1 dB。

7.2.2 探头

方形晶片面积且任一边长原则上不大于 40 mm。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。

7.2.3 超声探伤仪和探头的系统性能

7.2.3.1 仪器和探头的组合频率与公称频率误差不得大于 $\pm 10\%$ 。

7.2.3.2 水平线性偏差不大于 1%，垂直线性偏差不大于 5%。

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

7.2.4 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、化学浆糊、甘油等。

7.2.5 试块

7.2.5.1 标准试块

CSK-IA 试块。

7.2.5.2 对比试块

7.2.5.2.1 工件厚度为 25~40 mm 时，使用 CSK-IIA-1 型对比试块。

7.2.5.2.2 工件厚度大于 40~100 mm 时，使用 CSK-IIA-2 型对比试块。

7.2.5.2.3 工件厚度大于 100~200 mm 时，使用 CSK-IIA-3 型对比试块。

7.3 检测系统的校准与复核

7.3.1 一般要求

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，以获得稳定的和最大的反射信号。

7.3.2 校准

每年至少对超声仪器和探头组合性能中的水平线性、垂直线性、组合频率、灵敏度余量、分辨力以及仪器的衰减器精度，进行一次校准并记录。

7.3.3 核查

7.3.3.1 数字超声检测仪每6个月至少对仪器和探头组合性能中的水平线性和垂直线性，进行一次运行核查并记录。

7.3.3.2 每3个月至少对探头的灵敏度余量和分辨力进行一次运行核查并记录。

7.3.3.3 每次检测前应检查仪器设备器材外观、线缆连接和开机信号显示等情况是否正常，并测定斜探头的入射点（前沿距离）和折射角（K值）。

7.3.4 仪器和探头系统的复核

7.3.4.1 复核时机

其中：

- a) 探头、耦合剂和仪器调节发生改变时；
- b) 怀疑扫描量程或扫查灵敏度有变化时；
- c) 连续工作4 h以上时；
- d) 工作结束时。

7.3.4.2 扫描量程复核

如果任意一点在扫描线上的偏移超过扫描线该点读数的10%或全扫描量程的5%，则扫描量程应重新调整，并对上一次复核以来所有的检测部位进行复检。

7.3.4.3 扫查灵敏度复核

复核时，如发现扫查灵敏度或距离-波幅曲线上任一深度人工反射体回波幅度下降2 dB，则应对上一次复核以来所有的检测部位进行复检；如幅度上升2 dB，则应对所有的记录信号进行重新评定。

7.4 检测工艺

7.4.1 表面准备

探头移动区范围内应清除飞溅、焊疤、焊渣、氧化皮等，且表面粗糙度应为 $Ra \leq 6.3 \mu m$ ，并经过表面检查合格方能进行超声波检测。

7.4.2 检测技术等级

B级。

7.4.3 探头折射角和频率

斜探头的折射角（K值）、标称频率的选取可参照表2的规定。条件允许时，应尽量采用较大折射角（K值）探头。

表2 推荐采用的探头折射角（K值）和标称频率

工件厚度 t, mm	折射角 (K值)	标称频率 MHz
>25~40	56° ~68° (1.5~2.5)	2~5
>40	45° ~63° (1.0~2.0)	2~2.5

7.4.4 距离—波幅曲线灵敏度

7.4.4.1 距离—波幅曲线的绘制

利用 CSK-I A 和 CSK-II A 试块上制作面板距离—波幅曲线, 该曲线族由评定线、定量线和判废线组成。

评定线与定量线之间 (包括评定线) 为 I 区, 定量线与判废线之间 (包括定量线) 为 II 区, 判废线及其以上区域为 III 区, 如图2 所示。

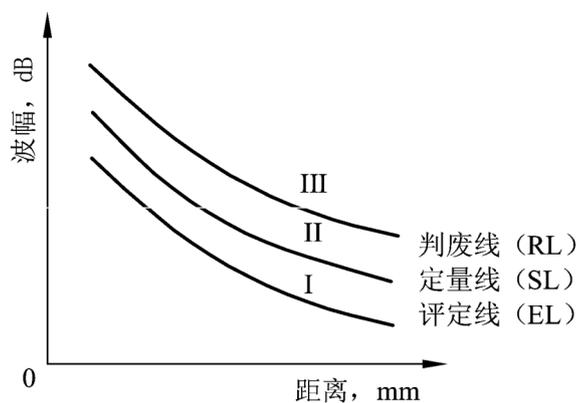


图2 距离—波幅曲线

7.4.4.2 距离—波幅曲线灵敏度的选择

距离—波幅曲线灵敏度的选择按表3 的规定执行。

表3 距离-波幅曲线的灵敏度

板厚 mm	评定线	定量线	判废线
25~40	$\Phi 2 \times 40-18\text{dB}$	$\Phi 2 \times 40-12\text{dB}$	$\Phi 2 \times 40-4\text{dB}$
>40~100	$\Phi 2 \times 60-14\text{dB}$	$\Phi 2 \times 60-8\text{dB}$	$\Phi 2 \times 60+2\text{dB}$
>100~200	$\Phi 2 \times 60-10\text{dB}$	$\Phi 2 \times 60-4\text{dB}$	$\Phi 2 \times 60+6\text{dB}$

7.4.4.3 检测横向缺陷时, 应将各线灵敏度均提高 6 dB。

7.4.4.4 扫查灵敏度应不低于评定线灵敏度。

7.4.5 表面补偿

一般为 3 dB (当表面粗糙度 $R_a > 6.3 \text{ mm}$ 时应实测)。

7.4.6 检测区范围

检测区的宽度应是焊缝本身, 再加上焊缝两侧各相当于母材厚度 30%的一段区域, 这个区域最小为 5 mm, 最大为 10 mm。

7.4.7 检测面与探头移动区

检测面为焊缝两侧外表面。

探头移动区大于或等于 $2.5 TK$ (T: 母材厚度, K: 探头 K 值)。

7.4.8 扫查方法

7.4.8.1 扫查速度不得大于 150 mm/s。

7.4.8.2 为了检测焊缝中的纵向缺陷,斜探头应垂直于焊缝中心线放置在检测面上,沿焊缝作锯齿型扫查,如图 3 所示。探头前后移动的范围应保证扫查到全部焊缝截面,扫查时,相邻两次探头移动应保证至少 10%的重叠。在保持探头垂直焊缝作前后移动的同时,还应作 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 的左右转动。

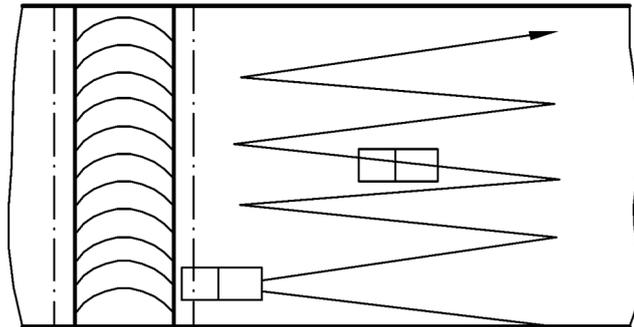


图3 锯齿型扫查

7.4.8.3 为了检测焊缝的横向缺陷,还应进行如图 4 所示的斜平行扫查或如图 5 所示的平行扫擦。

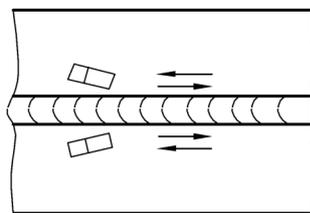


图4 斜平行扫查

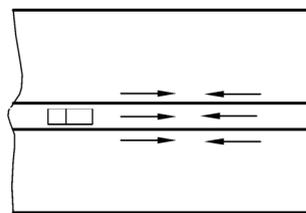


图5 平行扫查

7.4.8.4 为观察缺陷动态波形和区分缺陷信号或伪缺陷信号,确定缺陷的位置、方向和形状,可采用如图 6 所示的前后、左右、转角、环绕等四种探头基本扫查方式。

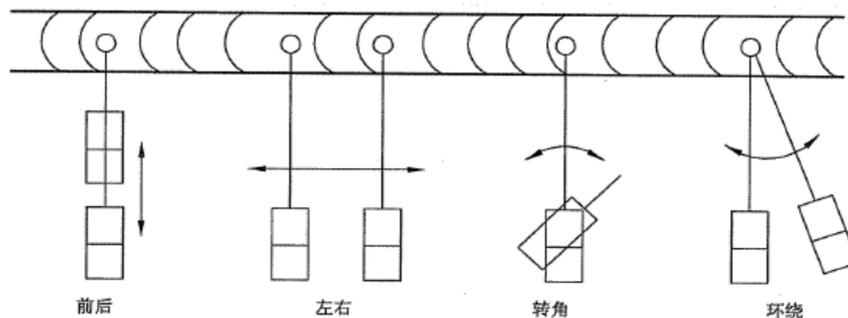


图6 四种基本扫查方法

7.5 缺陷定量检测

检测扫查发现缺陷后,对所有反射波幅达到或超过定量线的缺陷,均应确定其位置、最大反射波幅和缺陷当量。

7.5.1 缺陷定位

应测定缺陷的水平位置和埋藏深度以及缺陷离开焊缝中心的距离。

缺陷水平位置的测定应以获得缺陷最大反射波的位置为准。

7.5.2 缺陷最大发射波幅测定

将探头移至缺陷出现最大反射波信号的位置,测定波幅大小,记录为 $SL \pm (\) \text{ dB}$ 。

7.5.3 缺陷指示长度的测定

7.5.3.1 当缺陷反射波只有一个高点,且位于 II 区或 II 区以上时,用 6 dB 法测其指示长度。

7.5.3.2 当缺陷反射波峰值起伏变化,有多个高点,且位于 II 区或 II 区以上时,用端点 6 dB 法测其指示长度。

7.5.3.3 当缺陷反射波峰位于 I 区,如认为有必要记录时,将探头左右移动,使波幅降到评定线,以此测定缺陷指示长度。

7.6 缺陷评定

7.6.1 超过评定线的反射回波应注意其是否具有裂纹、未熔合、未焊透等类型缺陷特征,如有怀疑时,应采取改变探头折射角(K 值)、增加检测面、观察动态波形并结合结构工艺特征作判定,如对波形不能判断时,应辅以其他检测方法作综合判定。

7.6.2 沿缺陷长度方向相邻两缺陷,其长度方向间距小于其中较小的缺陷长度且两缺陷在与缺陷长度相垂直方向的间距小于 5 mm 时,应作为一条缺陷处理,以两缺陷长度之和作为其指示长度(间距计入)。如果两缺陷在长度方向的投影有重叠,则以两缺陷在长度方向的投影的左右两端点间的距离作为其指示长度。

7.7 质量等级评定

质量等级评定按 NB/T 47013.3 的规定执行,当设计文件另有规定时,以设计文件的规定为准。

8 检测资料

8.1 检测作业时应及时填写检测原始记录,并及时出具检测报告。检测报告由具有相应专业的 II 级资格人员编制、无损检测责任工程师审核,批准。

8.2 所有的检测资料,包括检测施工方案、操作指导书、原始记录、射线底片、检测报告等要妥善保管,保管期限不少于七年。