

DOI: 10.11973/wsyc201510009

适用于 GB/T 11345—2013 技术 1 的 横孔试块及灵敏度设定

孟倩倩¹, 金宇飞², 刘洋¹, 范兴钊¹

(1. 山东瑞祥模具有限公司, 济宁 272400; 2. 上海材料研究所, 上海 200437)

摘要: 设计了适用于焊缝超声检测国家标准 GB/T 11345—2013《焊缝无损检测 超声检测技术、检测等级和评定》中技术 1 和 GB/T 29712—2013《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》标准的横孔试块, 并介绍了用此横孔试块来设定灵敏度和制作 DAC 曲线的方法。

关键词: 横孔; 试块; 超声检测; 灵敏度

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)10-0035-04

The Blocks with Side-Drilled Holes and Their Sensitivity Setting According to Technique 1 of GB/T 11345—2013

MENG Qian-qian¹, JIN Yu-fei², LIU Yang¹, FAN Xing-zhao¹

(1. Shandong Ruixiang mould Co., Ltd., Jining 272400, China;

2. Shanghai Research Institute of Materials, Shanghai 200437, China)

Abstract: Blocks with side-drilled holes were designed according to technique 1 of the ultrasonic testing of welds in national standard GB/T 11345—2013, “NDT of welds-Ultrasonic testing-Techniques, testing levels, and assessment”, and GB/T 29712—2013, “NDT of welds-Ultrasonic testing-Acceptance levels”. The way how to use the side-drilled hole blocks to set sensitivity and make DAC was introduced.

Keywords: Side-drilled holes; Block; Ultrasonic testing; Standard sensitivity

国家标准 GB/T 11345—2013《焊缝无损检测 超声检测技术、检测等级和评定》、GB/T 29711—2013《焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征》、GB/T 29712—2013《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》于 2013 年 9 月 18 日颁布, 2014 年 6 月 1 日实施。该系列标准为推荐性标准, 分别对应焊缝超声检测的技术方法和检测等级、显示特征判定以及焊缝质量验收三个方面^[1]内容, 代替 GB/T 11345—1989 标准。

新标准中的技术 1, 明确规定了采用 $\phi 3$ mm 横孔来设定参考灵敏度, 但标准中并没有给出参考试块的图样。而 GB/T 11345—1989 中所规定的 RB 系列试块, 仅适用于技术 1 的斜探头横波灵敏度的设定, 不适用于直探头纵波灵敏度的设定, 即 RB 系列试块

并不能完全满足 GB/T 11345—2013 技术 1 的要求。

因此, 用户需依据标准所给出的条件自行设计试块。为方便用户的使用, 专门设计出了适用于新标准的 $\phi 3$ mm 横孔试块。

1 横孔试块的设计

1.1 横孔试块的设计依据

该类试块的设计是依据 GB/T 11345—2013 标准中的技术 1 要求: 以直径为 3 mm 的横孔作为参考反射体, 制作距离幅度曲线(DAC); 以及标准附录 E 中时基线和灵敏度设定的规定而设计。即横孔长度需满足 $e > 2\lambda S/D_{\text{eff}}$ (e 为横孔长度, λ 为波长, S 为声程, D_{eff} 为晶片有效直径); 横孔长度应大于用 -20 dB 法测得的声束宽度。当板厚 t 大于 20 mm 而小于等于 40 mm 时, 横孔埋深间距 $h = (d - 10)/2$; 当板厚 $t > 40$ mm 时, 横孔埋深间距 $h \leq (d - 10)/2^{[2-4]}$ 。

收稿日期: 2015-07-20

作者简介: 孟倩倩(1987—), 男, 助理工程师, 主要从事焊缝无损检测及试块生产工艺方法研究工作。

1.2 横孔长度的确定

1.2.1 不同长度横孔反射量差异试验

分别加工了直径为 3 mm 和长度分别为 40、45、50、55 mm 的横孔，横孔端部带有 120°尖角的盲孔。横孔埋藏深度从 80~240 mm，每 10 mm 一档。

试验时，分别选用频率 2.5 MHz 与 5 MHz、晶片尺寸为 10~20 mm 的探头，对上述不同长度和不同埋藏深度的横孔进行测试。表 1 为采用晶片尺寸为 16 mm 的探头对埋深 120 mm 的横孔的测试结果。

表 1 晶片尺寸 16 mm 的探头对埋深 120 mm 的不同长度横孔的测试反射量 dB

探头频率 /MHz	不同长度横孔/mm			
	40	45	50	55
2.5	46	46	46	46
5	52	52	52	52

试验结论：用同一探头测试埋藏深度相同的 $\phi 3$ mm 横孔，来自长度分别为 40、45、50、55 mm 的反射回波幅度均为满屏 80% 时，灵敏度相差不大于 0.5 dB。

1.2.2 用 -20 dB 法测定声束宽度试验

分别加工了带有半径为 100、140、160、200 mm 的阶梯半圆试块，选用不同频率 (2.5, 5 MHz)、不同晶片尺寸和不同角度的探头，在不同声程位置进行声束宽度的测试对比。表 2 为按照 GB/T 11345—2013 标准 10.2 的规定，采用 -20 dB 法的部分测试结果 (采用频率为 2.5 MHz 与 5 MHz，测试数据基本相同)。

表 2 声束宽度测试表 mm

晶片尺寸 /mm	折射角 / (°)	不同声程/mm			
		100	140	160	200
9×9	60	9	9	10	11
13×13	60	13	13	13.5	13.5
18×18	60	18	18	18.5	19
13×13	70	13	13	—	20
18×18	70	18	18	—	22

表 2 未列出较小折射角的测试结果是因为其试验数据表明，对于小的折射角度，声束宽度基本不变；并且只有当折射角接近 60°或以上时，声束宽度才会随声程而变大。

试验结论：横孔长度 40 mm，足以满足标准中规定的对横孔长度 $e > 2\lambda S/D_{eff}$ 的要求。

综合上述试验，依据 GB/T 11345—2013 标准附录 E 的规定，将横孔设计为长 40 mm^[5]，端部带有 120°尖角的盲孔。

1.3 横孔试块的设计内容

依据检测范围的不同，并且考虑到能同时满足横波检测和纵波检测的灵敏度设定的需要，共设计了五块试块，分别见图 1 和表 3。其中试块代号 SD 为英文横孔的缩写。

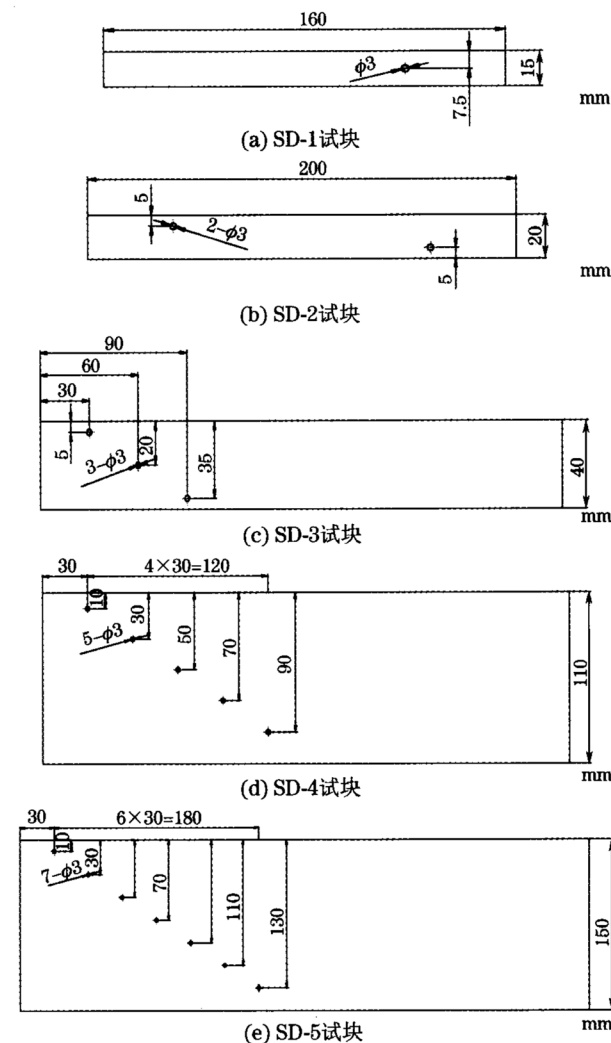


图 1 SD-1~SD-5 试块尺寸示意

表 3 横孔试块设计内容

代号	试块外形尺寸 /mm	反射体类型和尺寸	反射体数量	适用检测范围/mm
SD-1	160×60×15	$\phi 3$ mm 横孔	1	$8 \leq t \leq 15$
SD-2	200×60×20	$\phi 3$ mm 横孔	2	$15 < t \leq 20$
SD-3	320×60×40	$\phi 3$ mm 横孔	3	$20 < t \leq 40$
SD-4	350×60×110	$\phi 3$ mm 横孔	5	$40 < t \leq 100$
SD-5	500×60×150	$\phi 3$ mm 横孔	7	$t > 100$

2 用横孔试块设定参考灵敏度

2.1 用 SD-1 试块设定参考灵敏度

2.1.1 横波灵敏度的设定

将已校验好的斜探头置于图 2 中 a、b、c 位置，

前后移动探头使斜射波、一次反射波、二次反射波分别在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 横孔上得到最大反射回波，将各回波幅度分别调整至满屏的 80% 高度，分别记录各自的 dB 值，此即为 DAC 曲线的第一、二、三点。将以上三点连成一条曲线即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。

2.1.2 纵波灵敏度的设定

将已校验好的直探头置于图 2 中 d 位置，前后左右移动探头使直射声束在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 横孔上得到最大反射回波。将回波幅度调整至满屏的 80% 高度，记录此时的 dB 值，此即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。

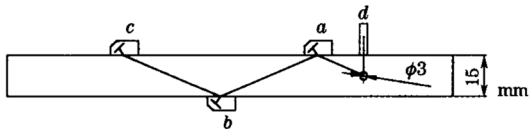


图 2 用 SD-1 试块设定灵敏度的示意

2.2 用 SD-2 试块设定参考灵敏度

2.2.1 横波灵敏度的设定

将已校验好的斜探头分别置于图 3 中 a, b, c, d 位置，前后移动探头使斜射波、一次反射声波分别在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 横孔上得到最大反射回波。将回波幅度分别调整至满屏的 80% 高度，分别记录各自的 dB 值，此即为 DAC 曲线的第一、二、三、四点。将以上四点连成一条曲线即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。

2.2.2 纵波灵敏度的设定

将已校验好的直探头置于图 3 中 e, f 位置，前后左右移动探头使直射声束在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 横孔上得到最大反射回波。将回波幅度调整至满屏的 80% 高度，记录此时的 dB 值，即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。将回波幅度调整至满屏的 80% 高度，记录各自的 dB 值，此即为第一、二点。将以上二点连成一条曲线，即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。

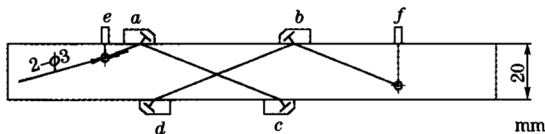


图 3 用 SD-2 试块设定灵敏度的示意

2.3 用 SD-3 试块设定参考灵敏度

2.3.1 横波灵敏度的设定

将已校验好的斜探头分别置于图 4 中 a, b, c 位置，前后移动探头使斜射波在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$

横孔上得到相应的最大反射回波，将回波幅度调整至满屏的 80% 高度，分别记录各自的 dB 值，此即为 DAC 曲线的第一、第二、第三点。将斜探头分别置于图 4 中 d, e, f 位置，前后移动探头分别使一次反射声波在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 横孔上得到最大反射回波，将回波幅度调整至满屏的 80% 高度，记录各自的 dB 值，此即为 DAC 曲线的第四、五、六点。将以上六点连成一条曲线，即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。

2.3.2 纵波灵敏度的设定

将已校验好的直探头分别置于图 4 中 g, h, i 位置，前后左右移动探头使直射声束在 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 横孔上分别得到最大反射回波。将回波幅度调整至满屏的 80% 高度，记录各自的 dB 值，此即为第一、二、三点。将以上三点连成一条曲线，即为标准中规定的参考等级(参考灵敏度)。

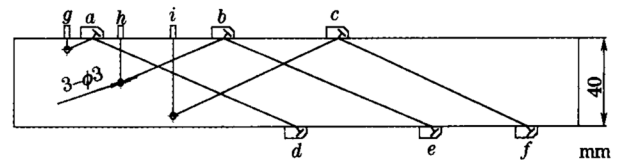


图 4 用 SD-3 试块设定灵敏度的示意

2.4 用 SD-4 和 SD-5 试块设定参考灵敏度

SD-4 和 SD-5 试块的灵敏度设定方法同 SD-3 试块。

3 DAC 曲线的制作

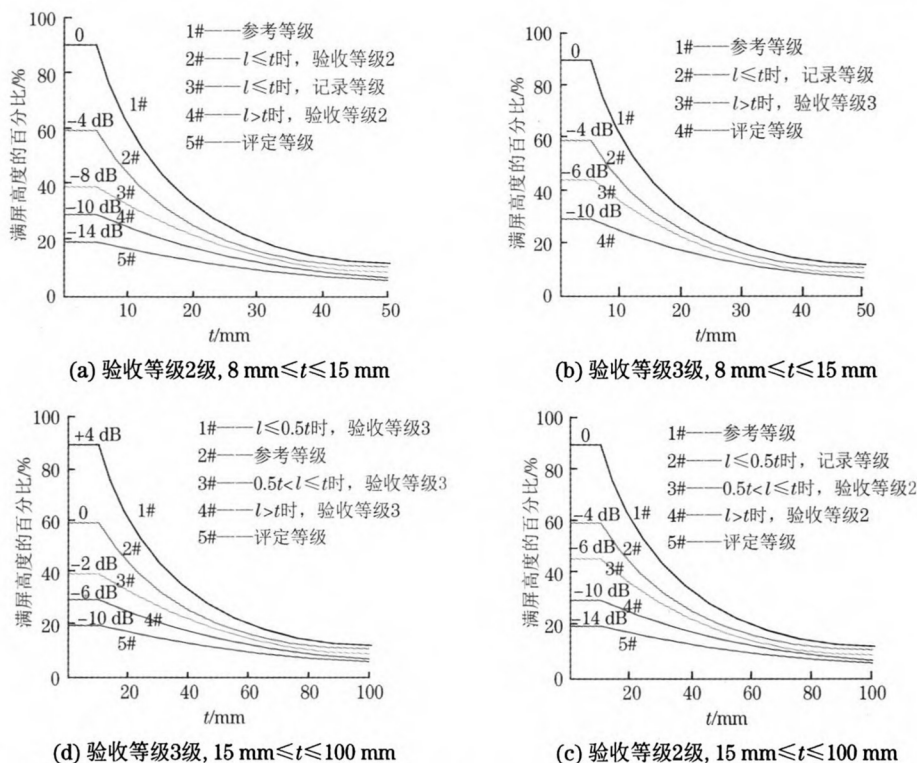
GB/T 29712—2013 标准规定，焊缝超声检测时，应评定所有等于或超过评定等级的不连续显示信号，因此检测灵敏度的设定值至少应为评定等级。评定等级与验收等级有关，即与焊缝的质量等级有关。

对于验收等级为 2 级的焊缝检测，其评定等级为 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} - 14 \text{ dB}$ 。对于验收等级为 3 级的焊缝检测，其评定等级为 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} - 10 \text{ dB}$ 。评定等级与板厚无关。因此按该标准评定焊缝中的显示，对于验收等级 2 级的焊缝，其检测灵敏度至少应为 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} - 14 \text{ dB}$ ，对于验收等级 3 级的焊缝其检测灵敏度至少应为 $\phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} - 10 \text{ dB}$ [2-4]。

因此，DAC 曲线应至少包括参考等级与评定等级。

在检测时，为方便及时评定，还应增加不同显示长度所对应的验收等级与记录等级。

纵波与横波检测依据检测范围与验收等级的不

图5 以 $\phi 3 \text{ mm}$ 横孔为基准的 DAC 曲线制作示意

同,均应采用相同的方式设定 DAC 曲线,DAC 曲线制作方法见图 5(图中 l 为缺欠显示长度)。

其中,图 5(a)中 $l > t$ 时评定等级线与记录等级线重合;图 5(b)中 $l \leq t$ 时,参考等级与验收等级 3 级重合, $l > t$ 时,评定等级与记录等级线重合;图 5(c)中 $l \leq 0.5t$ 时,参考等级与验收等级 2 级重合, $l > t$ 时,评定等级线与记录等级线重合;图 5(d)中 $l \leq 0.5t$ 时,参考等级与记录等级线重合, $l > t$ 时,评定等级线与记录等级线重合。

4 结语

GB/T 11345—2013 与 GB/T 11345—1989 相比,在技术要求方面存在有较大的差异,尤其是在试块及灵敏度设定方面差异最大。作为无损检测人员应充分理解标准,合理设计或选择试块,正确调整参

考灵敏度,严格按照检测工艺规程实施,才能够确保检测结果的准确性。设计的横孔试块系列,不仅符合标准规定,更利于现场检测的实际需求,为使用者正确理解和使用标准提供了很好的参考。

参考文献:

- [1] 丁兵. GB/T 11345—2013 系列标准解析[J].无损检测,2015,37(4):1-10.
- [2] GB/T 11345—2013 焊缝无损检测 超声检测 技术、检验等级和评定[S].
- [3] GB/T 29712—2013 焊缝无损检测 超声检测 验收等级[S].
- [4] 金宇飞. GB/T 11345 新旧版的主要差异与探讨[J].无损检测,2015,37(5):63-67.
- [5] 丁兵. GB/T 27912—2013 标准解析[J].无损检测,2015,37(5):68-74.

(上接第 12 页)

④ 必要时辅以常规表面检测、A 超等手段的方法。

参考文献:

- [1] SILK M G. Defect sizing using ultrasonic diffraction [J].British Journal of NDT, 1979, 21 (1):12-15.
- [2] 郑晖,胡斌,林树青,等.国外 TOFD 检测标准分析和比较[J].无损检测,2007,29(3):150-154.
- [3] CHI D Z, GANG T. Shallow buried defect testing

method based on ultrasonic TOFD [J]. Nondestruct Eval, 2013,32:164-171.

- [4] 迟大钊,刚铁,姚英学,等.一种基于超声 TOFD 法的近表面缺陷检测模式[J].焊接学报,2011,32(2):25-28.
- [5] WANG T, ZHANG M C, YU Q H, et al. Comparing the applications of EMD and EEMD on time-frequency analysis of seismic signal [J]. Journal of Applied Geophysics, 2012(83): 29-34.