



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 7736—2008  
代替 GB/T 7736—2001

## 钢的低倍缺陷超声波检验法

Ultrasonic inspecting method for macro-structure and imperfection of steel

2008-09-11 发布

2009-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 前 言

本标准代替 GB/T 7736—2001《钢的低倍组织及缺陷超声波检验法》。

本标准与 GB/T 7736—2001 相比,主要变化如下:

- 标准名称修改为《钢的低倍缺陷超声波检验法》;
- 本标准将原标准中的公式(1)、公式(2)、公式(3)、公式(4)、公式(5)加了限制条件即“ $X_s \geq 3N$ 和  $X_f \geq 3N$ ”;
- 将原标准中的“应使扫描区域的宽度大于产品的完整横截面,覆盖率大于 20%”修改为“扫描间距不得超过探头有效声束宽度的 50%~80%”;
- 增加“表 4 短横孔判伤界限表”。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:东北特殊钢集团有限责任公司、冶金工业信息标准研究院。

本标准主要起草人:邵长禄、黄颖、董泽华、张荣刚、周丰。

本标准所代替的历次版本发布情况为:

- GB/T 7736—1987、GB/T 7736—2001。

# 钢的低倍缺陷超声波检验法

## 1 范围

本标准规定了钢的低倍缺陷超声波检验的术语和定义、方法原理、检验方法、对比试块的要求与制备、检验设备及其调试、检验条件和步骤、结果评定、检验报告等。

本标准适用于方型、矩型、圆型等简单截面的轧制、锻造钢材(坯)低倍缺陷的超声波检验,也适用于其他钢制备件、坯料的缺陷检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法(GB/T 226—1991, neq ISO 4969:1980)

GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图

GB/T 11259 超声波检验用钢对比试块的制作与校验方法

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

JB/T 10061 A型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件

JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法

## 3 术语和定义

GB/T 12604.1 确立的术语和定义适用于本标准。

## 4 方法原理

### 4.1 一般原理

采用超声脉冲反射法,以超声波在钢中传播过程遇到不同声阻抗界面发生反射的原理进行探伤。

### 4.2 小信号叠加

超声波探伤法是一定体积范围内缺陷状况的显示,虽然单个缺陷的尺寸小于规定的判伤界限,但邻近诸多小缺陷群体信号的叠加则使缺陷群体的检测成为可能。

### 4.3 组织反射

低倍组织中由于化学成分偏析及组织不均匀性所产生的声阻抗变化在超声波检测中仍能获得足够的回波信号,这种由低倍组织引起的超声波反射现象称之为组织反射。

### 4.4 缺陷当量

采用短横孔人工缺陷和平底孔人工缺陷的当量标定或用大平底当量计算法。

## 5 检验方法

利用纵波或横波沿钢材(坯)的周面进行超声波检验,可采用接触法或液浸法,应选用耦合效果好、且对人体及钢材表面无害的耦合介质。

### 5.1 接触法

采用单直探头对工件进行远场扫描,采用双晶探头对工件进行近场扫描,应保证整个工件扫描覆盖良好。建议当被检验钢材(坯)直径或边长不大于 20 mm 时,选用双晶探头;当被检验钢材(坯)直径或

边长大于 20 mm 且不大于 80 mm 时,选用单直探头或双晶探头扫描;当被检验钢材(坯)直径或边长大于 80 mm 时,选用单直探头和双晶探头联合扫描。

### 5.2 液浸法

5.2.1 采用液浸法纵波检验时,液层深度应不小于被检料直径或边长的 1/4,对于圆钢棒,探头声束轴线应与被检料中心重合,以检测被检料内部缺陷为主(见图 1)。

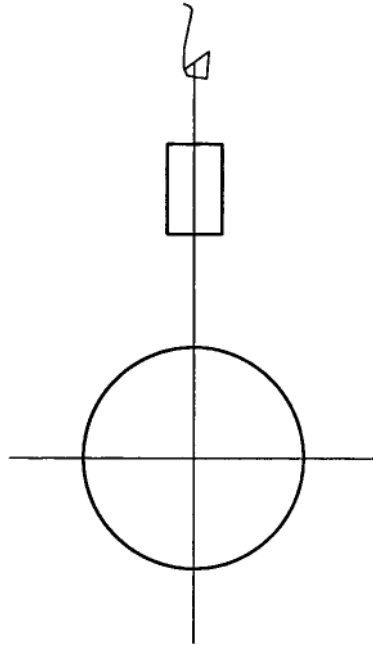


图 1 液浸法纵波扫描示意图

5.2.2 采用液浸法横波探伤时,探头偏心量  $X$  的选取以产生横波为原则,以探测被检料近表面区的缺陷。应保证整个工件覆盖良好(见图 2)。

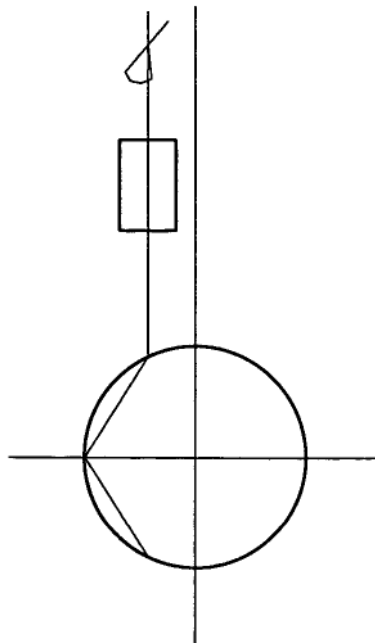


图 2 液浸法横波扫描示意图

6 对比试块

6.1 材料

对比试块应选取与被检验钢材(坯)衰减系数相近的材料制备,制作对比试块的材料应先进行高灵敏度超声波检测,不得出现影响使用的杂波。

6.2 表面状态

采用光面对比试块,其表面粗糙度  $Ra$  不大于  $1.6 \mu\text{m}$ 。

6.3 对比试块的类型

对比试块上的人工缺陷采用平底孔或短横孔。

6.3.1 平底孔试块

平底孔试块,可按图 3 的要求制作。

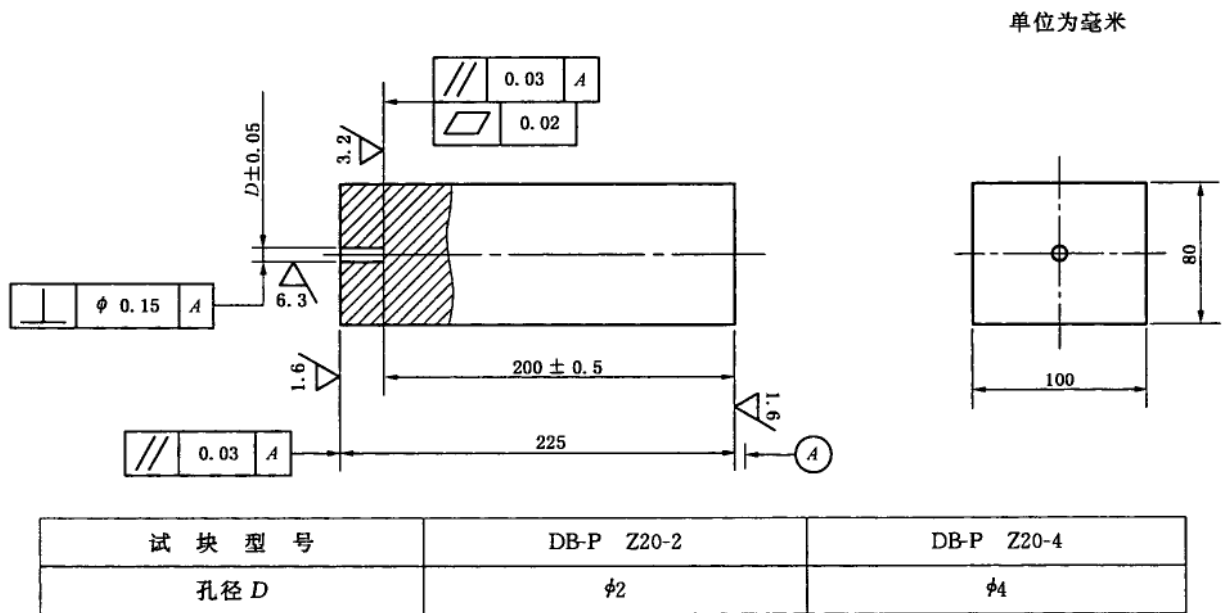


图 3 平底孔试块对比试样图

6.3.1.1 平底孔尺寸计算公式

a) 探头接收到的平底孔回波声压  $P_f$  按式(1)计算 ( $X_f \geq 3N$ ):

$$P_f = \frac{P_0 F_s F_f}{\lambda^2 X_f^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $P_0$ ——起始声压,单位为帕(Pa);
- $F_s$ ——探头晶片的面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );
- $F_f$ ——平底孔缺陷的面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );
- $\lambda$ ——波长,单位为毫米(mm);
- $X_f$ ——平底孔缺陷到波源的距离,单位为毫米(mm);
- $N$ ——近场区长度,单位为毫米(mm)。

6.3.1.2 大平底对平底孔的分贝差,按式(2)、式(3)计算 ( $X_s \geq 3N$ ):

$$\Delta = 20 \lg \frac{2\lambda X_s^2}{\pi D_s^2 X_B} \dots\dots\dots (2)$$

$$D_s = \sqrt{\frac{2\lambda X_s^2}{\pi X_B \times 10^{\Delta/20}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\Delta$ ——底波分贝值减去平底孔缺陷波分贝值，单位为分贝(dB)；

$X_s$ ——平底孔缺陷到波源的距离，单位为毫米(mm)；

$X_B$ ——被检材料厚度，单位为毫米(mm)；

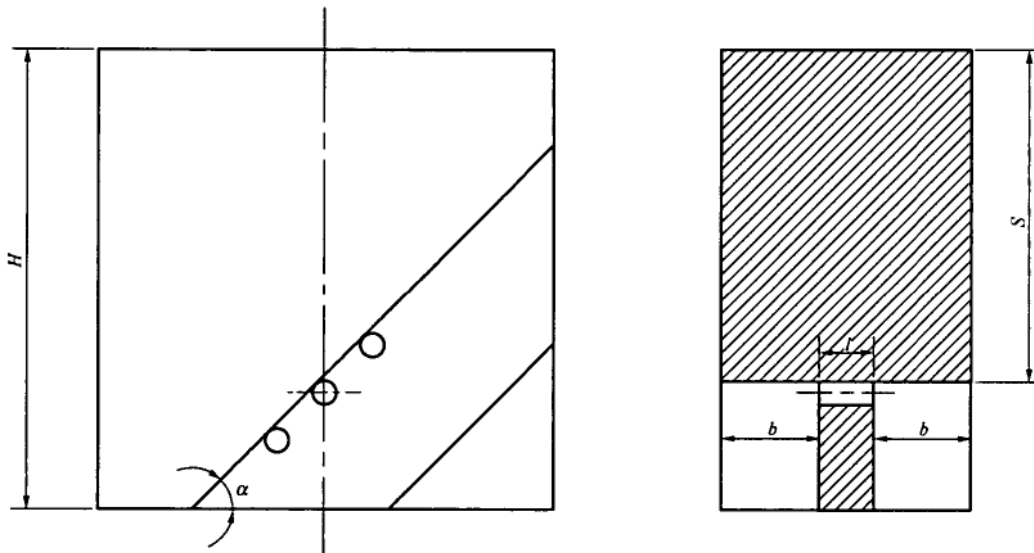
$\lambda$ ——波长，单位为毫米(mm)；

$D_s$ ——平底孔缺陷当量直径，单位为毫米(mm)。

6.3.1.3 当量计算法探伤一般选用  $\phi 2$  mm 平底孔为起始灵敏度。

6.3.2 短横孔试块

短横孔试块可按图 4 的要求制作，为了消除边界影响，短横孔试块可制成带斜槽的形状。为了保证短横孔长度制作得精确且便于测量，最好将对比试样制作成双斜槽形式，将人工缺陷制作在斜槽底部位置。



$H$ ——试块高度，单位为毫米(mm)；

$S$ ——探测距离，单位为毫米(mm)；

$\alpha$ ——斜槽倾角，单位为度(°)；

$b$ ——斜槽深度，单位为毫米(mm)；

$l$ ——人工孔长度，单位为毫米(mm)。

图 4 双斜槽光面对比试块图

6.3.2.1 斜槽尺寸按式(4)计算：

$$b = \frac{1}{4}(2S \cdot \tan\theta - l) \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$S$ ——探测距离，单位为毫米(mm)；

$\theta$ ——半扩散角，单位为度(°)；

$l$ ——人工横孔长度，单位为毫米(mm)。

式(4)中的  $b$  为理论计算值，考虑实测结果，制作对比试样时，选取斜槽深度  $b$  值应不小于表 1 中的数值。

表 1 斜槽深度  $b$  值表

探测距离 mm	频 率									
	MHz									
	5.0					2.5				
	探头直径									
mm										
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
≤30	5	3	0	0	0	10	5	3	0	0
31~60	8	5	3	0	0	15	10	5	3	2
61~100	15	8	5	3	2	20	15	10	5	4
101~160	18	10	8	5	4	22	20	15	10	8
161~220	20	12	10	8	5	25	22	20	12	10
≥221	25	15	12	10	7	30	25	22	15	12

6.3.2.2 斜槽倾角按式(5)计算

$$\alpha = \theta + \gamma \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$A \cdot \sin^4 \gamma + B \sin^2 \gamma + C = 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$A = 4D^2 + 16S^2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$B = -(4D^2 + 4D \cdot S \cdot \sin^2 \theta + 16S^2 \cdot \cos^2 \theta) \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$C = D^2 \cdot \cos^2 \theta \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$\alpha$ ——斜槽倾角,单位为度(°);

$\theta$ ——半扩散角,单位为度(°);

$\gamma$ ——入射角,单位为度(°);

$D$ ——晶片直径,单位为毫米(mm)。

出于与斜槽深度  $b$  同样的考虑,制作对比试样时,选取斜槽倾角  $\alpha$  值应不小于表 2 中的数值。

表 2 倾角  $\alpha$  数值表

探测距离 mm	频 率									
	MHz									
	5.0					2.5				
	探头直径									
mm										
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
10	45	45	—	—	—	50	—	—	—	—
20	45	45	30	30	—	50	40	35	35	—
30	35	30	25	25	25	50	40	30	30	30
31~60	35	30	20	20	20	45	30	30	25	25
61~100	30	20	15	15	15	40	30	30	25	25
101~160	25	15	15	15	15	40	30	30	25	20
161~220	25	15	15	10	10	40	30	30	25	20
≥221	25	15	10	10	10		30	30	25	20

6.3.2.3 短横孔尺寸计算公式

探头接收到的短横孔回波声压按式(10)计算( $X_f \geq 3N$ ):

$$P_f = \frac{P_0 F_s L_f}{\lambda X_f \times 2X_f} \sqrt{D_f/\lambda} \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- $P_0$ ——起始声压,单位为帕(Pa);
- $F_s$ ——探头波源面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );
- $\lambda$ ——波长,单位为毫米(mm);
- $X_f$ ——短横孔到波源的距离,单位为毫米(mm);
- $N$ ——近场区长度,单位为毫米(mm);
- $L_f$ ——短横孔长度,单位为毫米(mm)。

6.3.2.4 大平底对短横孔的分贝差按式(11)、式(12)计算( $X_f \geq 3N$ ):

$$\Delta = 20\lg \frac{P_B}{P_f} = 20\lg \frac{X_f^2}{X_B L_f \sqrt{D_f/\lambda}} \dots\dots\dots(11)$$

$$D_f = \left( \frac{X_f^2}{X_B L_f \times 10^{\Delta/20}} \right)^2 \lambda \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- $\Delta$ ——底波分贝数减短横孔回波分贝值,单位为分贝(dB);
- $P_B$ ——大平底回波声压,单位为帕(Pa);
- $P_f$ ——短横孔回波声压,单位为帕(Pa);
- $D_f$ ——短横孔直径,单位为毫米(mm);
- $X_B$ ——被检材料厚度,单位为毫米(mm);
- $X_f$ ——缺陷到探头波源的距离,单位为毫米(mm);
- $L_f$ ——短横孔长度,单位为毫米(mm);
- $\lambda$ ——波长,单位为毫米(mm)。

6.3.2.5 短横孔直径可选 0.8 mm,长度 5 mm 或 10 mm。

6.4 对比试块加工方法

对比试块的外形、平底孔和短横孔可用机械加工或其他方法制作,加工精度可按 GB/T 11259 执行。横孔内壁的粗糙度  $R_a$  应不大于  $3.2 \mu\text{m}$ ,短横孔和平底孔直径偏差为  $\pm 0.02 \text{ mm}$ ,长度公差为  $\pm 0.1 \text{ mm}$ 。

7 检验设备及其调试

7.1 检验设备

7.1.1 检验设备可按水浸法和接触法区分,主要由超声波探伤仪、探头、对比试样、机械传动装置和水槽等装置组成。其综合灵敏度应可靠检验出本标准规定的人工缺陷。

7.1.2 探伤仪采用脉冲反射式仪器,探头采用直探头或双晶探头,其电性能和组合性能及测试方法应符合 JB/T 10061、JB/T 10062 有关条款的规定。

7.1.3 接触法探伤原则上可根据产品规格及要求选用不同频率和规格的直探头或双晶探头。

7.1.4 水浸法可根据产品规格选取水浸探头或聚焦探头。

7.2 设备调试

7.2.1 探伤设备在每次重新使用或更换规格时,均需用规定的对比试块进行静态和动态调试。

7.2.2 静态调试主要是调人工缺陷波幅度、报警闸门位置及幅度,在设定报警灵敏度时,应按判伤最低幅度调试。如用当量计算法,先调整好仪器的起始灵敏度,即在被检试料的完好部位将第一次底面回波高度调整到荧光屏满刻度的 50%~80%,作为评定回波信号的基准,然后根据被检试料的要求,按



式(2)计算所需要提高的增益数值,以达到规定灵敏度的调试要求,再进行检验。

7.2.3 动态调试主要是调整合适的扫描速度,保证人工判伤界限有良好的重现性。

7.2.4 接触法的手工操作扫描速度不大于 3 m/min。

## 8 检验条件和步骤

### 8.1 检验条件

8.1.1 所有钢材(坯)试料,特别是热加工或热处理试样,应先用砂轮或其他方法去除影响超声波正常入射的氧化皮,以满足探伤要求。

8.1.2 因被检材料表面曲率和表面粗糙度等原因造成的衰减,其分贝值可进行适当补偿。

8.1.3 探头频率的选择,主要根据产品的种类、状态和规格选择。规格较小的选用 5.0 MHz 的探头,规格较大的选用 2.5 MHz 的探头,粗晶材料可选用较低频率探头。

8.1.4 为使低倍预检不漏检,扫查间距不得超过探头有效声束宽度的 50%~80%。

### 8.2 检验步骤

8.2.1 探伤设备完成静、动态调试后即可进行检验。

8.2.2 设备在连续使用中,每隔一定时间或发现异常情况时,应用对比试样校准设备,如不符合 7.2.2 和 7.2.3 规定时,应对设备进行重新调试,对上一次校验后的被检试料重新检验。

## 9 结果评定

9.1 超声波低倍预检应尽可能与 GB/T 1979 中所列缺陷相对应,可根据钢种、热处理状态判定缺陷当量、位置、面积、状态等。判伤可用平底孔试块和短横孔试块进行对比,也可用一组距离幅度作成的曲线板或用大平底当量计算法。平底孔试块的缺陷判定可参照表 3。

表 3 平底孔判定界限表

直径或边长/mm	分 类		
	单个缺陷/mm	密集缺陷/mm	底波损失
≤20	φ 1.0 平底孔	φ 0.8 平底孔	50%
>20~80	φ 2.0 平底孔	φ 1.7 平底孔	50%
>80	φ 3.2 平底孔	φ 2.7 平底孔	50%

短横孔试块的缺陷判定可参照表 4。

表 4 短横孔判定界限表

直径或边长/mm	分 类		
	短横孔直径/mm	短横孔长度/mm	底波损失
≤80	0.8	5	50%
>80	0.8	10	50%

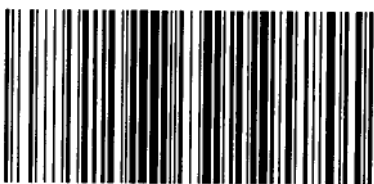
9.2 经超声波检验,凡缺陷波低于表 3 或表 4 判伤界限,该炉批应判为超声波低倍检验合格,无需做酸蚀试验,结果报告按“低倍合格”报出。

9.3 经超声波检验,凡缺陷波不低于表 3 或表 4 判伤界限,应按 GB/T 226 做酸蚀试验,试验报告按酸蚀结果报出。

## 10 检验报告

检验报告应由有关部门认定的具有 II 级及 II 级以上技术资格证书人员签发,检验报告应包括以下内容:

- a) 炉号、牌号、批号、规格、样号、产品标准；
  - b) 探伤仪型号、探头型号、探伤方法、探伤灵敏度；
  - c) 检验标准；检验结果；
  - d) 操作者及资格等级；
  - e) 检验日期。
- 



GB/T 7736-2008

版权专有 侵权必究

\*

书号：155066 · 1-35063

定价： 14.00 元

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
钢的低倍缺陷超声波检验法  
GB/T 7736—2008

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字

2008年12月第一版 2008年12月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-35063 定价 14.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533