



中华人民共和国国家标准

GB/T 4162—2022

代替 GB/T 4162—2008

锻轧钢棒超声检测方法

Method for ultrasonic testing of forged and rolled steel bars

2022-04-15 发布

2022-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 4162—2008《锻轧钢棒超声检测方法》，与 GB/T 4162—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将适用范围“直径(厚度)12 mm~250 mm”更改为“直径不小于 6 mm”(见第 1 章, 2008 年版的第 1 章)；
- b) 将“液浸法使用水作为耦合剂”更改为“液浸技术通常使用水作为耦合剂, 也可使用机油。”(见 4.2.1, 2008 年版的 4.3.1)；
- c) 增加了其他形式探头(见 5.2)；
- d) 更改了“探头晶片直径(边长)”范围(见 5.2.1, 2008 年版的 4.5.2.1)；
- e) 增加了对比试块的机加工要求和与被检钢棒的一次底波高度差要求(见 6.1)；
- f) 增加了“检测规程”的要求(见第 7 章)；
- g) 更改了“检测方法”的要求(见 8.1, 2008 年版的 5.1)；
- h) 增加了使用 DAC 曲线或 TCG 曲线时, 对比试块反射体的波高调节方法和 DGS 方法设置灵敏度(见 8.2.5)；
- i) 增加了自动检测时闸门宽度设置的要求(见 8.2.7)；
- j) 更改扫查速度的要求(见 8.2.10, 2008 年版的 5.2.9)；
- k) 更改了系统灵敏度复核情况(见 8.2.11, 2008 年版的 5.2.10)；
- l) 更改了底波损失的评定方式(见 9.2, 2008 年版的 6.2)；
- m) 更改了长条形缺陷的评定方式(见 9.4.1.3, 2008 年版的 6.4.1.3)；
- n) 增加了横孔与平底孔之间的关系在纵波检测时可参照使用(见表 4)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：宝武特种冶金有限公司、武汉中科创新技术股份有限公司、中科西王特钢有限公司、抚顺特殊钢股份有限公司、南京钢铁股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、奥瑞视(北京)科技有限公司。

本文件主要起草人：罗经晶、姜毅敏、林光辉、胡小强、王丽娟、车明珍、董莉、林敬博、赵春、韩志雄、封少波、卢玮、薛建忠、支卫忠、桂琳琳、王勇灵。

本文件于 1984 年首次发布, 1991 年第一次修订, 2008 年第二次修订, 本次为第三次修订。

锻轧钢棒超声检测方法

1 范围

本文件规定了锻轧钢棒(以下简称“钢棒”)超声检测的一般要求、仪器和设备、对比试块、检测规程、检测程序、检测结果评定、质量等级、检测记录和检测报告。

本文件适用于直径不小于 6 mm 的钢棒超声脉冲反射法检测,其他规格或材质的锻轧棒材或非棒材可参照使用。

本文件不适用于奥氏体粗晶钢棒的检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 18694 无损检测 超声检验 探头及其声场的表征

GB/T 18852 无损检测 超声检测 测量接触探头声束特性的参考试块和方法

JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

JB/T 11731 无损检测 超声相控阵探头通用技术条件

JJG 746 超声探伤仪检定规程

3 术语和定义

GB/T 12604.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 一般要求

4.1 人员资格

从事钢棒超声检测人员应按 GB/T 9445 或相应的文件要求参加培训,并取得超声检测资格证书;凡签发检测报告者,应取得 2 级及以上超声检测资格证书。

4.2 耦合剂

4.2.1 液浸技术通常使用水作为耦合剂,也可使用机油。耦合剂中应无气泡和影响超声检测的外来物质,可在耦合剂中添加合适的防锈剂防止钢棒锈蚀;可在耦合剂中添加合适的润滑剂减少钢棒和探头上形成的气泡。

4.2.2 接触技术宜使用油、脂、水、水溶性凝胶等耦合剂,耦合剂的黏度和表面润湿性应足以保证超声能量很好地传入钢棒。

5 仪器和设备

5.1 超声检测仪

5.1.1 性能测试方法要求

超声检测仪性能按 JB/T 10061 或 JJG 746 的方法测试,其指标应满足下列要求:

- 垂直线性不大于 5%;
- 水平线性不大于 2%;
- 动态范围不小于 30 dB;
- 灵敏度余量不小于 42 dB;
- 衰减误差不得超过 ± 1.0 dB/12 dB。

5.1.2 报警器

宜使用光和/或音响的报警器。报警的触发应通过调整时间基线上收到的超声信号幅度来控制,且报警阈值水平是可调的。

5.2 探头

5.2.1 探头频率应能满足穿透被检钢棒的能力和分辨力的需求,宜取 2 MHz~10 MHz;探头晶片直径(边长)宜不大于 28 mm;液浸探头宜采用聚焦方式。若能满足检测要求,可使用其他形式探头检测,如符合 JB/T 11731 要求的相控阵探头。

5.2.2 采用液浸法检测时,探头的角度控制器和机械控制装置应便于调整。

5.2.3 探头的参数宜按 GB/T 18694、GB/T 18852 方法进行测试。

5.3 液浸槽(箱)及探头调节器

5.3.1 用于液浸法检测的液浸槽(箱)的尺寸应保证能浸没所检测部位。

5.3.2 探头调节器应提供在 2 个相互垂直平面内的可调角度和水层,且应保证检测时探头角度和水层稳定可靠。

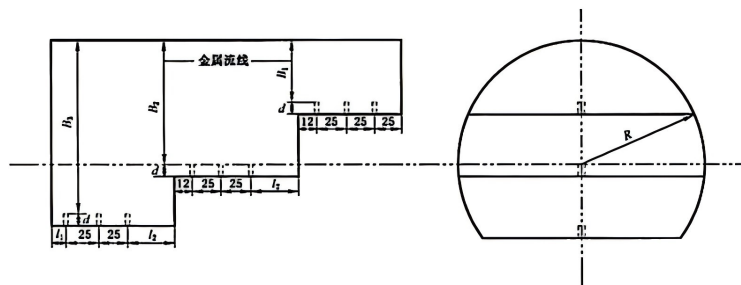
5.3.3 当采用超声 C 扫描设备时,扫查装置的运动控制应有足够的精度。

6 对比试块

6.1 应采用声学性能与被检钢棒相同或相近的材料。被检钢棒和对比试块的一次底波高度差应在 ± 4 dB 范围内。预先用超声检测方法在较高灵敏度的情况下检查对比试块用材,不应有影响使用的回波。

6.2 纵波检测用对比试块宜在整个圆周截面加工平底孔。检测直径 6 mm~26 mm 钢棒时,可在满足分辨力情况下只加工图 1 所示的 1 个埋深或 2 个不同埋深的平底孔;检测直径 26 mm~200 mm 钢棒时,可使用图 1、表 1 所示的相近规格的对比试块;检测直径大于 200 mm 钢棒时,可使用平面试块,各平底孔的埋深宜参考表 1 的分布。穿过式自动超声检测时,宜只加工图 1、表 1 所示的埋深为 B_3 的平底孔。

单位为毫米



标引序号说明:

 R ——纵波检测用对比试块半径; B_1 ——圆棒直径的 $1/4$; B_2 ——圆棒直径的 $1/2$; B_3 ——圆棒直径的 $3/4$; d ——参考反射体孔深; l_1 ——阶梯端部间距; l_2 ——阶梯边缘间距。

图 1 纵波检测用对比试块

表 1 纵波检测用对比试块尺寸

单位为毫米

R	B_1	B_2	B_3	d	l_1	l_2
100	50	100	150	12	40	40
90	45	90	135	12	40	40
75	38	75	113	12	25	40
60	30	60	90	12	25	40
50	25	50	77	12	25	40
40	20	40	60	12	25	40
32	16	32	48	12	25	40
25	13	25	39	10	25	40
20	10	20	30	8	25	25
13	7	13	20	5	25	25

注: R ——纵波检测用对比试块半径, B_1 ——圆棒直径的 $1/4$, B_2 ——圆棒直径的 $1/2$, B_3 ——圆棒直径的 $3/4$, d ——参考反射体孔深, l_1 ——阶梯端部间距, l_2 ——阶梯边缘间距。

6.3 对比试块平底孔直径应与 9.4.1 中纵波检测质量等级规定的平底孔直径一致。纵波检测用对比试块的其他要求如下。

- B_1 、 B_2 、 B_3 分别是圆棒直径的 $1/4$ 、 $1/2$ 和 $3/4$, 公差为 ± 0.2 mm。
- 平底孔数量和直径按质量等级选择, 平底孔直径公差为 ± 0.01 mm 或孔径的 $\pm 1\%$, 取其中较大者; 孔底平面度误差不应超过 ± 0.03 mm, 表面粗糙度 R_a 不应大于 3.2 μm , 各孔的中心线应通过半径。

- c) 如对比试块加工尺寸较大,可将对比试块做成分开的三块:一块为 B_1 尺寸,一块为 B_2 尺寸,一块为 B_3 尺寸;其余尺寸均按图 1 和表 1 中所示。
- d) 对比试块表面粗糙度(R_a)应与被检钢棒相同。

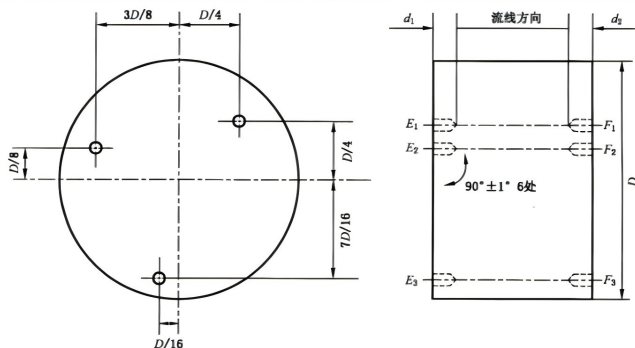
6.4 横波检测用对比试块应与被检钢棒公称直径相同,如表 2、图 2 所示。当钢棒直径小于 20 mm,无法加工图 2 所示 3 个不同深度的横孔时,可只加工其中 1 个埋深或 2 个不同埋深的横孔。根据图 2 所示横孔在圆周上的分布规则,可在不同圆周面上加工不同埋深的横孔。横波检测用对比试块的其他要求如下:

- a) 横孔位置偏差应为 ± 0.25 mm;
- b) 所有孔表面粗糙度(R_a)应不大于 $3.2 \mu\text{m}$;
- c) 所有孔应防止进水和保持空气-金属界面,永久性封堵;
- d) 根据实际情况,设计参考反射体的数量和埋深位置;
- e) 对比试块表面粗糙度应与被检钢棒相同。

表 2 质量等级与横孔对比试块尺寸

单位为毫米

质量等级	孔径/孔深	
	单个参考反射体	多个参考反射体
A	0.5/12.7	0.5/6.4
B	1.2/25.4	0.5/12.7
C	1.2/25.4	不适用



标引序号说明:

D ——横波检测用对比试块直径;

d_1 ——多个参考反射体的孔深;

d_2 ——单个参考反射体的孔深;

E_1 ——第一个多个参考反射体的孔径;

E_2 ——第二个多个参考反射体的孔径;

E_3 ——第三个多个参考反射体的孔径;

F_1 ——第一个单个参考反射体的孔径;

F_2 ——第二个单个参考反射体的孔径;

F_3 ——第三个单个参考反射体的孔径。

图 2 横波检测用对比试块

7 检测规程

根据一类被检钢棒情况编制通用检测规程,或根据特殊要求编制专用检测规程。检测规程至少应包括下列内容:

- a) 适用范围;
- b) 人员资格要求;
- c) 被检钢棒信息;
- d) 对比试块信息;
- e) 检测方法、检测范围;
- f) 检测仪器和设备;
- g) 探头;
- h) 耦合剂;
- i) 探头相对于被检钢棒表面的位置、扫查方式、扫查速度及扫查间距;
- j) 灵敏度设置和校准;
- k) 缺陷评定方法;
- l) 检测结果和质量等级。

8 检测程序

8.1 检测方法

除供需双方的合同或相关文件规定外,被检钢棒的检测方法和技术由制造方选定。如需采用横波检测,应在合同或相关文件中注明。

8.2 检测步骤

8.2.1 核对被检钢棒的炉号、锻(轧)号、数量等,了解相关技术要求。

8.2.2 被检钢棒的表面应无影响耦合的氧化皮、污物、油漆和凹坑等缺陷;如有,应采用酸洗、研磨的方法清除或进行机加工。

8.2.3 扫查应在钢棒表面进行 100% 扫查。当信噪比不能满足要求时,宜采用距离幅度校正曲线(DAC)或时间增益修正曲线(TCG),可分区检测。

8.2.4 液浸法纵波检测时,水程调整应使来自被检钢棒的第二次界面波不出现在钢棒的第一次底波之前,检测时应调整探头与工件的垂直度,使界面的反射信号最大。在灵敏度设定、扫查及评定时,其水程的差距不应超过 ± 3 mm。

8.2.5 当不使用 DAC 曲线或 TCG 曲线时,调整超声检测仪和设备,使对比试块上的最大声程孔及最小声程孔的回波高度均不低于荧光屏满幅度的 80%,以此为检测灵敏度。接触法检测直径大于探头三倍近场区的钢棒时,可采用底波计算法进行灵敏度调整。当使用 DAC 曲线或 TCG 曲线时,应在整个被检金属声程范围内至少取 3 个不同埋深的参考反射体回波。对于适用于 DGS 法(AVG 法)的探头和超声检测仪,可使用 DGS 法进行灵敏度调整。

8.2.6 横波检测时,应使探头在工件中产生 $35^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的横波,并使来自对比试块上的各参考反射体的回波均不低于荧光屏满幅度的 80%。

8.2.7 自动扫查时,闸门宽度的设置应满足检测范围的要求。

8.2.8 报警水平应按相应质量等级的多个反射体平底孔尺寸的回波幅度进行设置,C 级、D 级则按单个反射体平底孔尺寸的回波幅度设置。

8.2.9 扫查间距不应超过探头有效声束宽度的 80%。有效声束宽度宜使用—6 dB 法,通过被检金属声程范围内参考反射体上测得的最小值确定。

8.2.10 手动扫查时,扫查速度不宜超过 150 mm/s;自动扫查时,应满足以最大速度扫查,对比试块中检测深度范围内的参考反射体回波均能被发现。

8.2.11 发现下列情况时应复核检测系统的灵敏度:

- a) 探头、耦合剂、检测仪器调节和设备状态发生变化时;
- b) 扫查灵敏度异常时;
- c) 手动扫查连续 4 h 以上和结束时;
- d) 自动扫查每班次或每批次开始和结束时。

8.2.12 当发现检测范围内扫查灵敏度异常,则应对从上次复核后检测的所有钢棒复检,或对所有记录信号重新评定。如果能证明检测系统具有可重复性,可延长 8.2.11 c) 和 8.2.11 d) 的灵敏度复核时间间隔。

9 检测结果评定

9.1 反射信号记录

根据质量等级所指定的最高灵敏度在扫查过程中,大于或等于该灵敏度水平的反射信号应记录。记录方式为坐标图或 C 扫描图,以表明反射信号的位置及大小。

9.2 底波损失评定

用直射波在较低的增益下进行底波测定,与正常部位底波相比,底波损失 50% 以上且伴有噪声信号(至少是正常背景噪声的两倍)的增加或减少时,又不是表面状态或不平行度引起的为不合格。

9.3 噪声水平评定

超过报警触发水平的噪声水平为不合格。

注:钛合金被检棒材参照使用时,报警水平略超过噪声水平,不超过检测灵敏度水平的 70%。

9.4 缺陷评定

9.4.1 纵波检测

9.4.1.1 单个缺陷

用埋藏深度相近且按表 3 规定的平底孔回波与缺陷回波相比较,超过表 3 规定的缺陷为不合格。

9.4.1.2 多个缺陷

移动探头找出每个缺陷的最大回波,测出多个缺陷的间距,任何两个缺陷间的距离小于表 3 的规定为不合格。

9.4.1.3 长条形缺陷

长条形缺陷的长度应按下列方法评定,长度超过表 3 的规定为不合格。

- a) 将探头置于待评定长条形缺陷上方,找到反射信号幅度最大的位置,调节灵敏度使长条形缺陷反射信号幅度达到满幅度的 80%,保持此灵敏度作为评定长条形缺陷长度的灵敏度。
- b) 将探头置于长条形缺陷一端使信号幅度达到满刻度的 40%,沿长条形缺陷长度方向移动探头使信号幅度重新达到满刻度的 40%,记录两个位置探头中心的距离即为长条形缺陷的长度。

表 3 纵波检测质量等级

单位为毫米

质量等级	单个缺陷 平底孔直径	多个缺陷		长条形缺陷		底波损失	噪声水平
		平底孔直径	间距	平底孔直径	长度		
AAA	0.8	0.4	25	0.4	3	由供需双方商定	
AA	1.2	0.8	25	0.8	13		
A	2.0	1.2	25	1.2	25		
B	3.2	2.0	25	2.0	25		
C	3.2	不适用					
D	4.0	不适用					

9.4.2 横波检测

横波检测钢棒的缺陷时,评定用的试块按图 2 所示,评定方法应符合 9.4.1 的要求。横孔与平底孔之间的关系见表 4。

表 4 横孔与平底孔之间的关系

单位为毫米

被横孔取代的平底孔直径	横孔尺寸	
	横孔直径	横孔孔深
1.2	0.5	6.4
2.0	0.5	12.7
3.2	1.2	25.4

注:纵波检测时参照使用。

10 质量等级

纵波检测质量等级应符合表 3 的要求,横波检测质量等级应符合表 2 的要求。被检钢棒交货质量等级应符合相应产品的标准要求或遵循双方技术协议的条款。

11 检测记录和检测报告

钢棒超声检测发现的缺陷位置、缺陷间距、缺陷长度、当量尺寸和评定结果都应做记录。编制超声检测报告,应包括规格、牌号、炉批号、检测标准、检测方法、检测仪器、检测设备、探头参数、对比试块、耦合剂、质量等级、合格及不合格的数量、签发人、日期等内容。