



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41655—2022

---

## 无损检测 超声检测 焊接、轧制和爆炸复合覆层检测技术

(Non-destructive testing—Ultrasonic testing—  
Technique of testing claddings produced by welding, rolling and explosion)

(ISO 17405:2014, MOD)

2022-07-11 发布

2023-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 超声检测系统 .....	1
5 检测准备 .....	6
6 检测程序 .....	7
7 检测报告 .....	7
附录 A (资料性) 焦区的确定 .....	9



## 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。

本文件修改采用 ISO 17405:2014《无损检测 超声检测 焊接、轧制和爆炸复合覆层检测技术》。

本文件与 ISO 17405:2014 相比,存在较多技术差异,在所涉及的条款外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因如下:

- 用 ISO 22232-1 代替了 EN 12668-1(见 4.1),EN 12668-1 被 ISO 22232-1 代替;
- 用 ISO 22232-2 代替了 EN 12668-2(见 4.1),EN 12668-2 被 ISO 22232-2 代替;
- 用 ISO 22232-3 代替了 EN 12668-3(见 4.1),EN 12668-3 被 ISO 22232-3 代替;
- 用等同采用国际标准的 GB/T 19799.1 代替了 ISO 2400(见第 2 章,4.4.1);
- 用修改采用国际标准 ISO 5577 的 GB/T 12604.1 代替了 EN 1330-4(见第 2 章,第 3 章),EN 1330-4 被 ISO 5577 代替;
- 删除了术语 3.2,该术语已纳入 GB/T 12604.1(见第 3 章);
- 增加了其他频率探头的选用原则(见 4.1),在确保检测效果的前提下,经测试允许采用其他频率探头,以提高细晶小厚度覆层的分辨率和降低粗晶大厚度覆层的信噪比;
- 修改灵敏度设置时规定的回波高度,从 40%改为 80%(见 4.4.2),以提高判定的可操作性;
- 修改了双晶斜探头扫查宽度的选择(见 6.2),以确保检测区域全覆盖,避免缺陷漏检。

本文件做了下列编辑性改动:

- 删除了 4.2.1 中关于引用附录 A 的陈述;
- 增加了 4.2.3 的注;
- 增加了 4.2.4 的公式编号;
- 调整了图 1 的尺寸标注方式;
- 增加了图 1 的注;
- 增加了图 2 的标引序号说明;
- 修改了图 3 的标引序号;
- 删除了参考文献。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国焊接标准化技术委员会(SAC/TC 55)归口。

本文件起草单位:上海材料研究所、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、四川惊雷科技股份有限公司、厦门美科安防科技股份有限公司、武汉中科创新技术股份有限公司、山东瑞祥模具有限公司、曼图电子(上海)有限公司、深圳市大德激光技术有限公司、哈尔滨焊接研究所有限公司、广东韶钢工程技术有限公司、广东强劲机电工程有限公司。

本文件主要起草人:蒋建生、黄隐、赖传理、谭云华、李宾、邬清友、陈小明、丁杰、林光辉、韩丽娜、王凤平、孟倩倩、龙绍军、王滨、杨亚涛、苏金花、张鑫、谢增强。

# 无损检测 超声检测

## 焊接、轧制和爆炸复合覆层检测技术

### 1 范围

本文件规定了对以钢为基材通过焊接、轧制和爆炸方式复合形成的覆层采用单晶或双晶探头手工超声检测的技术。

本文件适用于检测覆层及界面的平面型不连续或体积型不连续。

本文件不规定验收条款,也不界定检测范围。

### 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 12604.1 无损检测 术语 超声检测(GB/T 12604.1—2020, ISO 5577:2017, MOD)

GB/T 19799.1 无损检测 超声检测 1号校准试块(GB/T 19799.1—2015, ISO 2400:2012, IDT)

ISO 22232-1 无损检测 超声检测设备性能与测试 第1部分:仪器(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part 1: Instruments)

ISO 22232-2 无损检测 超声检测设备的性能与测试 第2部分:探头(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part 2: Probes)

ISO 22232-3 无损检测 超声检测设备的性能与测试 第3部分:组合性能(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part 3: Combined equipment)

### 3 术语和定义

GB/T 12604.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**检测对象** test object

被检测部件。

### 4 超声检测系统

#### 4.1 通则

检测采用超声脉冲反射技术。对于平行于检测表面的平面型不连续和体积型不连续,应采用直探头(单晶或双晶)利用纵波进行检测。

对于其他方向的不连续,可采用纵波双晶斜探头或横波斜探头进行检测。

探头标称频率应根据检测目的和材料特性选择。

探头频率宜为 2 MHz~6 MHz。如试验验证灵敏度满足要求,也可选用其他频率的探头。

超声检测仪性能应符合 ISO 22232-1 的要求,探头性能应符合 ISO 22232-2 的要求。

检测系统组合性能应按照 ISO 22232-3 定期核查。

## 4.2 探头要求

### 4.2.1 纵波单晶直探头

最优灵敏度的深度范围取决于晶片尺寸。深度范围宜根据预期检出不连续的区域而定。

### 4.2.2 纵波双晶直探头

最优灵敏度的深度范围(见附录 A)取决于晶片尺寸和屋顶角。深度范围宜根据预期检出不连续的区域而定。

### 4.2.3 纵波双晶斜探头

纵波折射角宜在 65°~80°之间。选择晶片的倾斜角、形状以及尺寸应确保最优灵敏度的深度范围(见附录 A)可覆盖预期检出不连续的区域。

注:从覆层检测无法实施时,选择从基材侧采用纵波单晶斜探头(折射角宜为 45°)对覆层进行检测。

### 4.2.4 探头与检测对象表面曲率匹配

检测对象检测面与探头底面之间的间隙不应大于 0.5 mm。如果检测对象的曲率半径在公式(1)范围内时,则应通过打磨、使用适配器(如楔块)或其他辅助方法进行调整,而使探头与检测对象的曲率相匹配。

$$R < \frac{A_p^2}{4 \text{ mm}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

R ——检测对象表面曲率半径,单位为毫米(mm);

A<sub>p</sub> ——平底探头在曲率方向接触表面的尺寸,单位为毫米(mm)。柱状零件轴向检测时,A<sub>p</sub>表示探头宽度方向接触面尺寸;周向检测时,A<sub>p</sub>表示探头长度方向接触面尺寸。

## 4.3 其他要求

### 4.3.1 检测范围

应配置可调节时基线的设备(“缩放模式”)。

### 4.3.2 回波宽度

对于所有类型的探头,包括单晶直探头、双晶直探头、单晶斜探头和双晶斜探头,屏幕可见回波宽度应纳入深度范围适宜性评价。

## 4.4 检测设备设置

### 4.4.1 范围设置

为实现不连续的准确定位,使用双晶探头在参考试块上调节超声检测仪范围设置,见图 1 或图 2。

试块材质与检测对象材质的声学性能相近,也可直接在检测对象上设置。

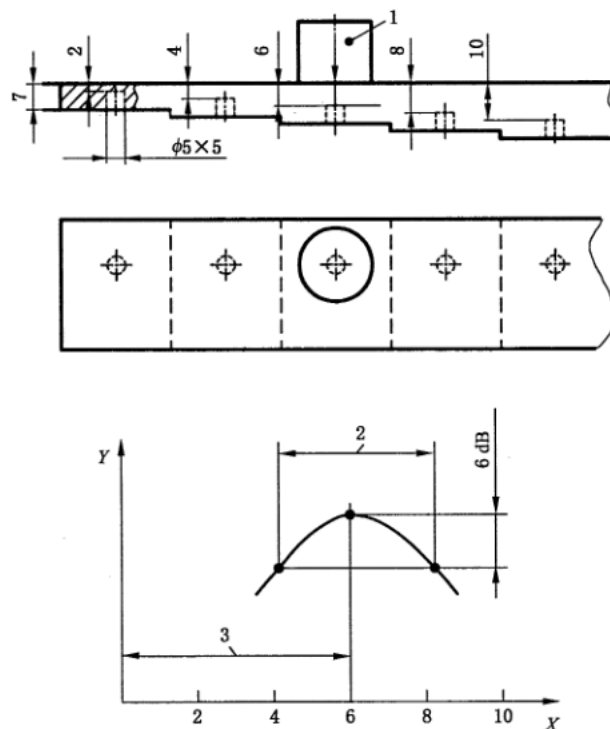
双晶直探头置于阶梯试块的各阶梯面。通过调节零点位移和扫描(速度),使相关回波波前设置在屏幕合适标记位置处。当双晶斜探头在图 2 所示的参考试块时,投影距离(探头前沿与反射点在检测面上的投影之间的距离)应与屏幕合适标记位置处相对应。按此方式,在屏幕上直接读出反射点的位置,即投影距离以及深度位置。

注 1: 根据不连续深度位置(通常与覆层厚度一致)在屏幕上标记所有可被检测到的不连续范围。

当使用直探头时,超声检测仪范围可使用已知厚度和声速的平行平面钢板的多次反射回波进行设置(例如,GB/T 19799.1 规定的 1 号试块或其等效的试块)。

注 2: 当使用纵波双晶斜探头时,横波声速低于纵波声速,因此同步激发横波。检测时,确保设置范围内没有横波干扰引起的错误显示。

单位为毫米



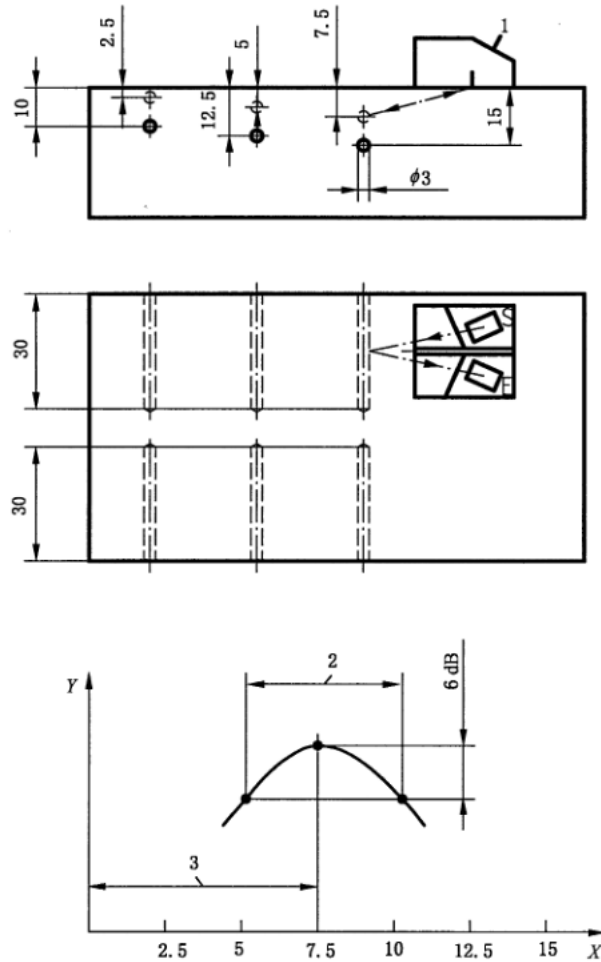
标引序号说明:

- 1 —— 探头;
- 2 —— 焦区长度;
- 3 —— 焦距;
- X —— 反射体深度;
- Y —— 回波高度。

注 1: 所示参考试块存在未指定的尺寸。当使用该试块时,宜确保探头在试块上的测量时不受试块几何结构反射回波的影响。

注 2: 根据实际检测需要,增加参考试块阶梯和平底孔的数量,或减少相邻阶梯的厚度。

图 1 双晶直探头焦区长度测定用参考试块



标引序号说明：

- 1 —— 探头；
- 2 —— 焦区长度；
- 3 —— 焦距；
- X —— 反射体深度；
- Y —— 回波高度。

注：当使用图中参考试块时，宜确保有效识别所有未标注的尺寸参考反射体回波。

图 2 双晶斜探头焦区长度测定用参考试块

#### 4.4.2 灵敏度设置

对于灵敏度设置，宜根据预期检出的不连续类型选择参考反射体(形状和尺寸)。

应选用与检测对象具有相同或相近复合工艺的参考试块调节灵敏度。参考试块覆层厚度、表面状态和形状应与受检件相同(见第 5 章)。若探头与检测对象检测面进行曲面匹配，参考试块应有与探头相匹配的曲面状态，见 4.2.5。

对于检测体积型不连续，反射体为横孔，例如可使用位于母材靠近界面位置，规格为  $\phi 3 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$  的横孔(见图 3)。

对于熔化焊连接的覆层，一个横孔应垂直于焊缝方向，另一个横孔应平行于焊缝方向。对于两层或



多层熔化焊连接的覆层,应在每个覆层上加工相应的横孔。

对于检测平行于检测面的不连续,当使用(单晶或双晶)直探头时,宜使用平底孔设置灵敏度。

对于垂直于检测面的平面型不连续,宜使用斜探头在反射体槽上设置灵敏度。

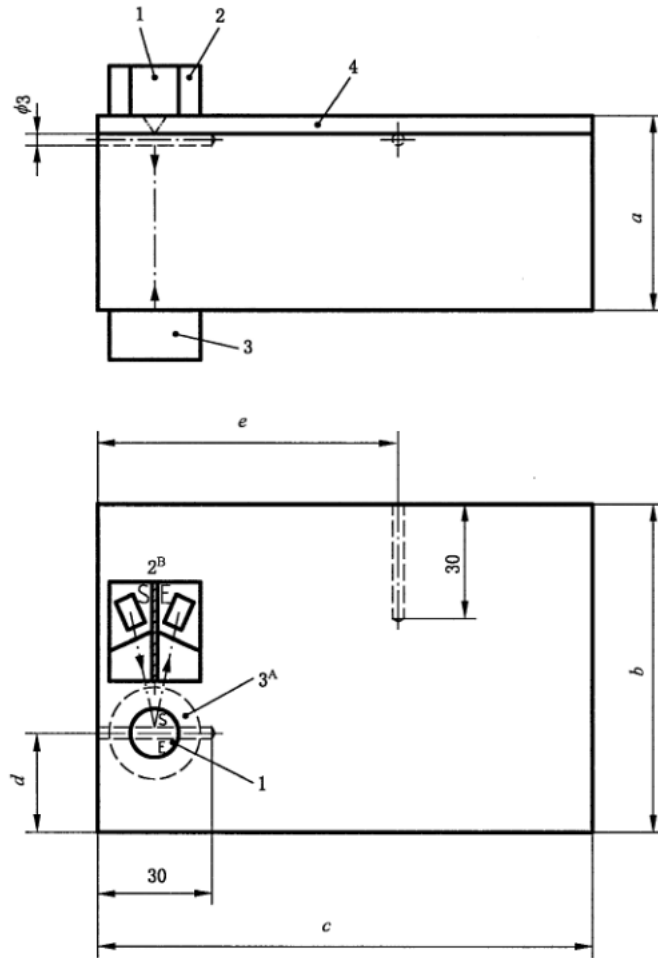
图 3 所示的位置 1、位置 2 和位置 3,表示使用超声检测仪设置检测灵敏度时参考反射体回波的产生方式。回波幅度宜调节到满屏的 80%。

当使用直探头时,应使用厚度不小于检测对象的参考试块。如果参考试块与检测对象厚度不同,则可进行相应的灵敏度补偿。

记录位置 1(双晶直探头)、位置 2(双晶斜探头)以及位置 3(直探头)处回波幅度达到满屏高度 80% 时的增益。

所有探头测定噪声幅度时,应在检测对象表面有代表性的区域移动。在探头连续移动过程中,应调节检测设备增益,使该区域的最高噪声幅度达到满屏的 80%(噪声来源于材料组织结构、接触面的粗糙度和不平度的差异)。

回波高度与噪声回波高度增益差值应至少为 6 dB。如有必要,宜对检测表面进行机械加工或更换其他满足此条件的探头。



标引序号说明：

- 1 —— 位置 1；
- 2 —— 位置 2；
- 3 —— 位置 3；
- 4 —— 覆层；
- a* —— 试块厚度；
- b* —— 试块宽度；
- c* —— 试块长度；
- d* —— 反射体距试块边缘距离；
- e* —— 反射体距试块边缘距离；
- A —— 自发自收直探头；
- B —— 一发一收斜探头。

注：a、b、c、d 和 e 的尺寸选择，宜确保探头和检测对象耦合良好，且试块形状不影响增益设置。

图 3 带覆层参考试块灵敏度设置

5 检测准备

若规定应检出制造过程中某个特殊阶段产生的不连续，则应在该阶段完成后再进行检测。

检测前应确定检测区域的大小。

在检测区域内宜做好检测表面的检测准备,以便探头和工件耦合良好。表面状况应满足 4.4.2 规定的信噪比要求。

## 6 检测程序

### 6.1 通则

选择检测技术(探头、耦合区域和探头扫查方法)时,应根据覆层类型,考虑可能存在的典型不连续类型和方向。

### 6.2 探头扫查及移动方式

移动双晶直探头时,应同时旋转探头以确保能接收到不连续的最大回波。

当探头进行平行扫查移动时,应确保两次扫查宽度不大于图 3 所示的参考反射体的  $-6$  dB 声束宽度,对于直探头,扫查宽度为探头半径。对于双晶斜探头,扫查宽度为 10 mm 或焦区宽度的较小值。

### 6.3 超声检测仪设置的核查

超声检测仪的设置检测时应定期核查,每工作 4 h 至少核查一次。

如果核查时发现偏差,应按表 1 进行修正。

表 1 灵敏度和范围核查

灵敏度		
1	偏离值 $\leq 4$ dB	继续检测前,应修正设置
2	灵敏度降低值 $> 4$ dB	应修正设置,同时该超声检测仪前次核查后的所有检测对象应重新检测
3	灵敏度增加值 $> 4$ dB	应修正设置,同时该超声检测仪前次核查后的所有已记录的显示应重新检测
时基线		
1	时基线偏差值 $\leq 2\%$	继续检测前,应修正设置
2	时基线偏差值 $> 2\%$	应修正设置,同时该超声检测仪前次核查后的所有检测对象应重新检测

### 6.4 记录等级

除非交付或验收条件对记录等级有明确规定外,宜选用第 4 章规定的参考反射体回波高度作为记录等级。

垂直于表面方向不连续的记录等级应视情况而定,可按附录 A 给出的方法测量。

## 7 检测报告

检测报告应至少包含如下信息。

- a) 引用本文件。
- b) 检测基本信息:
  - 1) 检测人员;
  - 2) 检测日期;

- 3) 检测仪器;
  - 4) 探头;
  - 5) 仪器增益;
  - 6) 参考试块;
  - 7) 检测对象(复合类型、母材和覆层材料);
  - 8) 检测类型(检测部位);
  - 9) 检测表面状态;
  - 10) 检测范围;
  - 11) 基准灵敏度(参考反射体/dB 值),检测中使用参考反射体回波高度为 80%屏高时的灵敏度;用来产生参考反射回波的屏幕高度的 80%和检测中使用的记录灵敏度的显示;
  - 12) 信噪比(回波高度与应记录的噪声水平之间的差异,以 dB 为单位)。
- c) 被检测的不连续的信息:
- 1) 检测对象的不连续位置,用坐标(纵/横)记录;
  - 2) 不连续的深度和回波高度(基准灵敏度 $\pm$ dB);
  - 3)  $-6$  dB 法测量的不连续长度和宽度;
  - 4) 在检测过程中不可避免的典型显示。(例如由表面状况或检测对象工艺结构或尺寸引起)

## 附 录 A

(资料性)

## 焦区的确定

若探头制造商未给出探头最佳检测灵敏度的深度范围(即焦区),则可通过含有平底孔的参考试块确定双晶直探头的焦区,具体可按 4.4.1 规定的不连续定位方法确定。

探头和推荐的平面参考试块见图 1。绘制不同深度平底孔的回波幅度,可确定焦距和焦区。在深度方向上平底孔最高回波幅度下降 6 dB 的两点之间的距离,即为焦区。若制造商未给出双晶斜探头的焦区,则可使用图 2 规定的参考试块。试块横孔平行于探测面且垂直探头声束轴线,不同深度的横孔回波可用于确定焦距和焦区。

若已知焦区的探头曲率与检测对象表面曲率相匹配,则图 1 和图 2 的参考试块表面也应与探头曲率匹配。

---

中华人民共和国  
国家标准  
无损检测 超声检测  
焊接、轧制和爆炸复合覆层检测技术  
GB/T 41655—2022

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)  
网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946  
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 1 字数 25 千字  
2022年7月第一版 2022年7月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-70462 定价 22.00 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)68510107



GB/T 41655—2022



码上扫一扫 正版服务到

