



中华人民共和国国家标准

GB/T 39241—2020

无损检测 超声检测 穿透技术

Non-destructive testing—Ultrasonic testing—Transmission technique

(ISO 16823:2012, MOD)

2020-11-19 发布

2021-06-01 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

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 16823:2012《无损检测 超声检测 穿透技术》。

本标准与 ISO 16823:2012 相比,主要技术性差异及其原因如下:

- 增加了本标准侧重的技术内容说明,便于标准的执行(第 1 章);
- 关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 12604.1 代替了 ISO 5577(见第 3 章);
 - 删除了 EN 1330-4;
- 增加了术语“传输衰减技术”,清晰界定术语意义(第 3 章);
- 基于理论推导和验证,修改了公式(1),便于标准的执行;
- 根据目前的技术现状,增加了公式(3),便于标准的执行。

本标准还做了下列编辑性修改:

- 删除了范围中对工业产品超声检测总则标准引用(第 1 章);
- 按照正文引用的先后顺序,调整了表 1 和表 2 的顺序。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本标准起草单位:上海材料研究所、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、江苏方天电力技术有限公司、武汉中科创新技术股份有限公司、上海金艺检测技术有限公司、中广核工程有限公司、烟台中集来福士海洋工程有限公司、中国铁路广州局集团有限公司、山东瑞祥模具有限公司。

本标准主要起草人:丁杰、张义凤、蒋建生、张杰、赵洲峰、马君鹏、林光辉、王子成、于宝虹、罗云东、朱从斌、金磊、贺海建、杨继斌、魏忠瑞、马建民、韩丽娜。

无损检测 超声检测 穿透技术

1 范围

本标准规定了超声检测穿透技术的总则。穿透技术用于：

——缺欠检测；

——衰减测定。

本标准适用于检测平板类工件，如：平板和板带，还适用于检测：

——形状、尺寸或走向不利于直接反射法检测的缺欠；

——高衰减材料；

——薄工件。

本标准规定的穿透技术侧重于基于测量超声穿透被检件后信号衰减程度的传输衰减技术。

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

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

传输衰减技术 transmission technique

基于测量超声穿透被检件后信号衰减程度的检测技术。

注：测量信号可以是底面回波信号、穿透波信号，或经被检件多次反射的回波信号。

4 检测原理

4.1 基本技术和典型配置

传输衰减技术有两种基本应用，一种是使用单探头的反射检测技术，声波从被检件下面的某个物体表面或被检件底面反射回来，见表 1 a)～d)。另一种是使用两个探头的传输衰减技术，一个探头用于发射信号、另一个探头用于接收穿透被检件后的信号，见表 1 e)～h)，直探头或斜探头均可用于这种技术。传输衰减技术及其典型配置见表 2。

表 1 传输衰减技术的可能配置

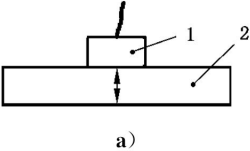
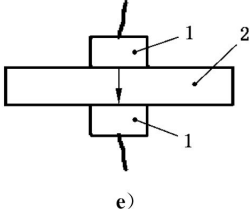
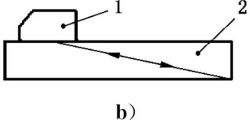
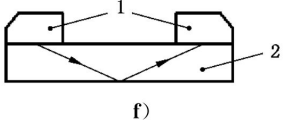
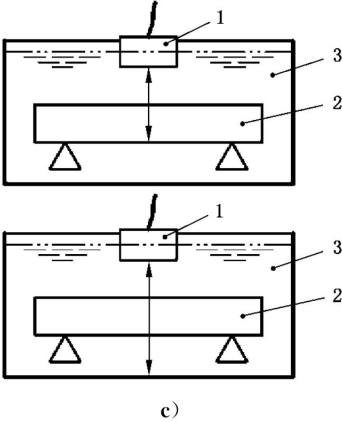
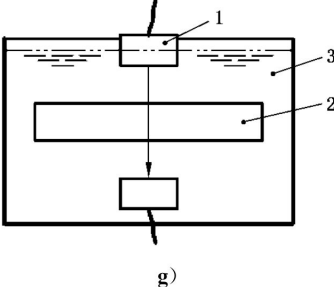
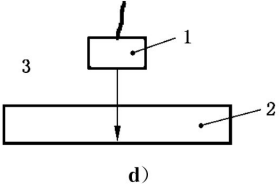
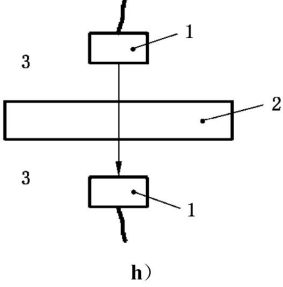
检测技术	单探头	双探头
直射波接触法	 a)	 e)
斜射波接触法	 b)	 f)
整体液浸法	 c)	 g)
局部液浸法(喷液法)	 d)	 h)
说明：1——探头； 2——被检件； 3——液体。		

表 2 传输衰减技术及其典型配置

波的模式	连续波	脉冲波
波型	纵波或横波	纵波或横波
换能器数量	2	1 或 2
入射角	直射	直射或斜射
评定	穿透声波的幅度	穿透脉冲/回波的幅度或传播时间

穿透信号幅度的降低表明在声束传播路径上存在不连续或材料存在衰减。此外,穿透信号位于仪器时基线上的位置可用于表征材料厚度。该技术用于检测时可采用连续波或脉冲波,用于测厚时只能采用脉冲波。根据检测范围选择直探头或斜探头。探头可通过耦合剂、整体液浸、局部液浸(喷液法)或采用轮式探头等方式与被检件耦合。

4.2 缺欠检测能力

采用传输衰减技术检测缺欠时,缺欠(或缺欠组)应截断大部分超声声束(即缺欠与超声声束横截面积之比达到 25%~50%),才能观察到明显的信号幅度变化。因此,该技术仅适用于检测与超声声束覆盖区域相比较大的缺欠(或缺欠组),如板材分层。

该技术还可用于验证在声束传播路径上是否有较大缺欠,但不能确定缺欠的深度位置。

4.3 几何形状和接触面的要求

不论被检件表面是否存在界面反射,传输衰减技术要求被检件几何形状及表面应能放置两个声束轴线重合的发射和接收探头。

4.4 探头耦合、角度和位置变化的影响

传输衰减技术对表面不规则引起的探头耦合和角度的变化特别敏感,会导致穿透信号幅值明显降低。使用液浸或喷液扫查可改善耦合的稳定性。必要时修整被检表面可提高耦合的稳定性,尤其对于接触法扫查。

采用发射和接收双探头检测,尤其发射探头和接收探头分别位于被检件两侧时,二者之间的相对位置至关重要,如有可能,宜采用专用扫查装置使探头的声束轴线始终保持重合。

5 检测技术

5.1 概述

本章规定了缺欠的检测、缺欠尺寸的确定(如适用)以及材料超声衰减系数的测定。

5.2 灵敏度设定

检测灵敏度应在参考试块或被检件完好区域设定。参考试块应与被检件具有相同的结构、几何形状、表面粗糙度及相近的声学特性。被检件上设定灵敏度的区域应已知材料衰减或已按 5.5 确定了材料衰减;灵敏度设定时,探头应与参考试块或被检区域保持良好耦合,通过调节增益使穿透信号幅度达到规定的水平;对于手动检测推荐穿透信号幅度达到 80% 满屏高度。

5.3 扫查

应按检测规程扫查,探头之间及与被检件之间始终保持正确的布置。

5.4 缺欠评定

应按验收标准评定缺欠。扫查中,当缺欠的穿透信号幅度低于评定等级时,评定要求如下:

- a) 确认信号幅值的降低不是由于耦合损失或被检件的几何特征引起的;
- b) 测量穿透信号幅度的最大下降值。当引起穿透信号幅度低于评定等级的区域小于声束宽度时,有可能在某一深度存在与声束垂直的缺欠;
- c) 尽可能准确测定穿透声束衰减的区域;
- d) 确定缺欠是连续的还是断续的;
- e) 如果因单个缺欠使穿透信号幅度降低或消失,采用穿透信号幅度相对于被检件完好区域下降固定值(最常用 6 dB)绘图确定缺欠范围。

5.5 衰减系数的测定

5.5.1 概述

能量损失一般称为衰减,通常用衰减系数表示,由被检件中每米声程的分贝数确定。该数值取决于波型(如纵波、横波)和超声波频率等。两种测定衰减系数的技术见 5.5.2 和 5.5.3。

5.5.2 基于参考试块的对比技术

该技术基于两个回波幅度的差异测定衰减系数。第一个回波是待测衰减系数 a_1 的被检件的穿透回波,第二个回波是已知衰减系数 a_2 的参考试块的穿透回波。

采用相同的测定条件,如超声波探头、设备、每次测定幅度的参数及耦合介质等,参考试块还应有与被检件相同的厚度及表面粗糙度。

该技术可采用一个探头既作为发射器又作为接收器(单探头法),也可采用放置在被检件或参考试块相对表面上的两个探头,一个作为发射器一个作为接收器(双探头法)。可选用第一个穿透波,也可选用随后任意一个多次回波。材料的衰减系数 a_1 按公式(1)计算:

$$a_1 = a_2 + \frac{20 \lg \left(\frac{A_2}{A_1} \right)}{B} \dots\dots\dots (1)$$

或按等效公式(2)、公式(3)计算,公式(2)适用于衰减型仪器,公式(3)适用于增益型仪器:

$$a_1 = a_2 + \left(\frac{V_2 - V_1}{B} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$a_1 = a_2 + \left(\frac{V_1 - V_2}{B} \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- a_1 ——被检件衰减系数,单位为分贝每米(dB/m);
- a_2 ——参考试块衰减系数,单位为分贝每米(dB/m);
- A_1 ——被检件信号幅度;
- A_2 ——参考试块信号幅度;
- B ——被检件声程长度,单位为米(m);

V_1 ——信号幅度 A_1 的分贝数,单位为分贝(dB);

V_2 ——信号幅度 A_2 的分贝数,单位为分贝(dB)。

5.5.3 液浸技术

该技术基于被检件一系列回波中第 m 个回波 A_m 的幅度,与同系列后继回波中第 n 个回波 A_n 的幅度比较测定衰减系数,见图 1。

该技术除使用 5.5.2 规定的探头配置外,还需附加以下条件:

a) 用于测量的回波声程应大于 3 倍近场长度。公式(4)及公式(5)适用于非聚焦探头。

b) 宜考虑声波在被检件与液体界面上的反射损失。

衰减系数 a 按公式(4)计算:

$$a = \frac{20\lg\left(\frac{A_m}{A_n}\right) + 20\lg\left(\frac{B_m}{B_n}\right) + 40(n-m)\lg(R)}{2(n-m)d} \dots\dots\dots(4)$$

或按等效公式(5)计算:

$$a = \frac{(V_n - V_m) + 20\lg\left(\frac{B_m}{B_n}\right) + 40(n-m)\lg(R)}{2(n-m)d} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

a ——被检件衰减系数,单位为分贝每米(dB/m);

$B_m = 2\left[g + md\left(\frac{c_s}{c_w}\right)\right]$ ——第 m 次回波的等效液体声程,单位为米(m);

$B_n = 2\left[g + nd\left(\frac{c_s}{c_w}\right)\right]$ ——第 n 次回波的等效液体声程,单位为米(m);

c_s ——被检件的纵波声速,单位为米每秒(m/s);

c_w ——液体的纵波声速,单位为米每秒(m/s)(如果是水,则为 1 480 m/s);

d ——被检件厚度,单位为米(m);

g ——探头与被检件间的液层厚度,单位为米(m);

m, n ——评定回波的次数($n > m$);

A_m ——第 m 次回波的幅度;

A_n ——第 n 次回波的幅度;

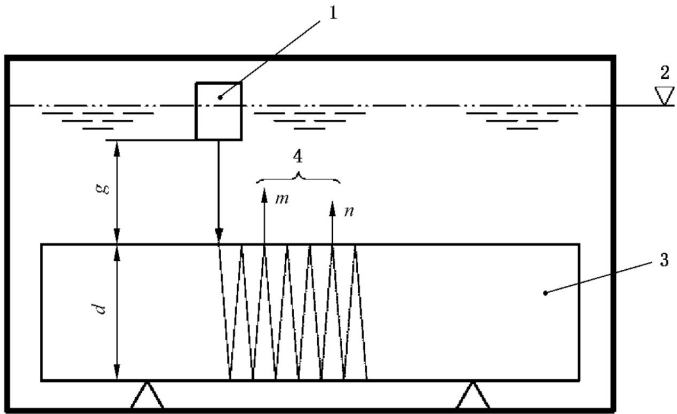
$R = \left| \frac{Z_s - Z_w}{Z_s + Z_w} \right|$ ——声压反射率的绝对值;

V_m ——信号幅度 A_m 的分贝数,单位为分贝(dB);

V_n ——信号幅度 A_n 的分贝数,单位为分贝(dB);

Z_s ——被检件的声阻抗,单位为帕秒每米(Pa·s/m);

Z_w ——液体的声阻抗,单位为帕秒每米(Pa·s/m)(如果是水,则为 $1\,480 \times 10^6$ Pa·s/m)。



说明：

- 1 —— 探头；
- 2 —— 液面；
- 3 —— 被检件；
- m, n —— 评定回波的次数；
- d —— 被检件厚度；
- g —— 探头与被检件间的液层厚度。

图 1 液浸技术测定衰减系数

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无损检测 超声检测 穿透技术

GB/T 39241—2020

*

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.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2020年11月第一版

*

书号: 155066 · 1-65989

版权专有 侵权必究



GB/T 39241-2020