



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 42871—2023/ISO 16836:2019

---

## 无损检测 声发射检测 混凝土声发射 信号的测试方法

Non-destructive testing—Acoustic emission testing—Measurement method  
for acoustic emission signals in concrete

(ISO 16836:2019, IDT)

2023-08-06 发布

2023-08-06 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 AE 波检测 .....	2
5 测试系统 .....	3
6 信号分析和 AE 参数 .....	4
7 设置和测试 .....	5
8 检测报告 .....	6
附录 A (资料性) 用于混凝土检测的传感器推荐类型 .....	7
参考文献 .....	8



## 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。

本文件等同采用 ISO 16836:2019《无损检测 声发射检测 混凝土声发射信号的测试方法》。

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。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本文件起草单位：东南大学、上海材料研究所有限公司、中冶检测认证(上海)有限公司、水利部水工金属结构质量检验测试中心、长沙理工大学、中国特种设备检测研究院、航天智造(上海)科技有限责任公司、中特检仪器(嘉兴)有限公司。

本文件主要起草人：丁杰、丁辉、张平辉、伍卫平、郑阳、胡宏伟、晏井利、李东风、王磊、戴挺、韩丽娜、徐国珍、詹军、费勤楠、张宗健。

# 无损检测 声发射检测 混凝土声发射 信号的测试方法

## 1 范围

本文件规定了混凝土声发射信号的测试方法。

## 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。

ISO 12713 无损检测 声发射检测 换能器的一级校准(Non-destructive testing—Acoustic emission inspection—Primary calibration of transducers)

注:GB/T 19800—2005 无损检测 声发射检测 换能器的一级校准(ISO 12713:1998, IDT)

ISO 12714 无损检测 声发射检测 声发射传感器的二级校准(Non-destructive testing—Acoustic emission inspection—Secondary calibration of acoustic emission sensors)

注:GB/T 19801—2005 无损检测 声发射检测 声发射传感器的二级校准(ISO 12714:1999, IDT)

ISO 12716 无损检测 声发射检测 术语(Non-destructive testing—Acoustic emission inspection—Vocabulary)

注:GB/T 12604.4—2005 无损检测 术语 声发射检测(ISO 12716:2001, IDT)

ISO/TR 13115 无损检测 基于互易性技术的声发射传感器绝对校准方法(Non-destructive testing—Methods for absolute calibration of acoustic emission transducers by the reciprocity technique)

## 3 术语和定义

ISO 12716 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护的标准化工作中使用的术语数据库网址如下:

——IEC 电工百科:<http://www.electropedia.org/>;

——ISO 在线浏览平台:<https://www.iso.org/obp>。

### 3.1

**声发射 acoustic emission**

**AE**

材料中局部能量源能量快速释放而产生瞬态弹性波。

### 3.2

**声发射信号 AE signal**

由传感器检测到的 AE 波(3.3)(弹性波)转换产生的电信号。

### 3.3

**AE 波 AE wave**

能在一个或多个通道(3.4)上以撞击(3.5)形式检测到的波。

3.4

**通道 channel**

由声发射(3.1)传感器检测并由其他装置处理的声发射信号(3.2)通路。

3.5

**撞击 hit**

触发特定声发射(3.1)通道(3.4)检测和处理的 AE 瞬态信号。

3.6

**事件 event**

能定位该单一源空间坐标,由两个或两个以上通道(3.4)接收到的来自单一源的一组声发射(3.1)撞击(3.5)。

3.7

**阵列 array**

用于对声发射(3.1)源进行定位的 AE 传感器空间排列。

3.8

**衰减 attenuation**

在介质传播中声发射信号幅度的下降。

3.9

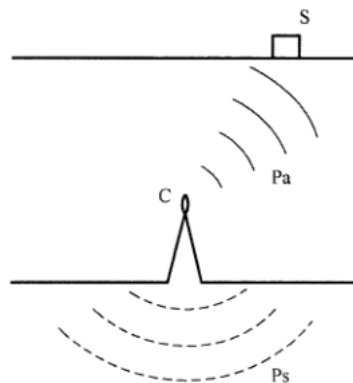
**噪声 noise**

除声发射(3.1)现象之外的原因产生的信号。

注:消除噪声对有效检测声发射信号(3.2)至关重要。

4 AE 波检测

伴随快速释放已储存的应变能,混凝土发生微观断裂,同时微裂缝成核并产生瞬态弹性波。裂缝成核产生的瞬态弹性波称为 AE 波。采用合适的传感器检测到在材料中传播的 AE 波,见图 1。



标引说明:

S ——用于接收声发射波的声发射传感器;

Pa ——声发射波传播;

C ——裂缝成核;

Ps ——声波在空气中的传播。

图 1 AE 波的检测

## 5 测试系统

### 5.1 概述

声发射基本测试系统(仅显示模拟组件)见图 2。测试系统通常还包括数字信号处理器。

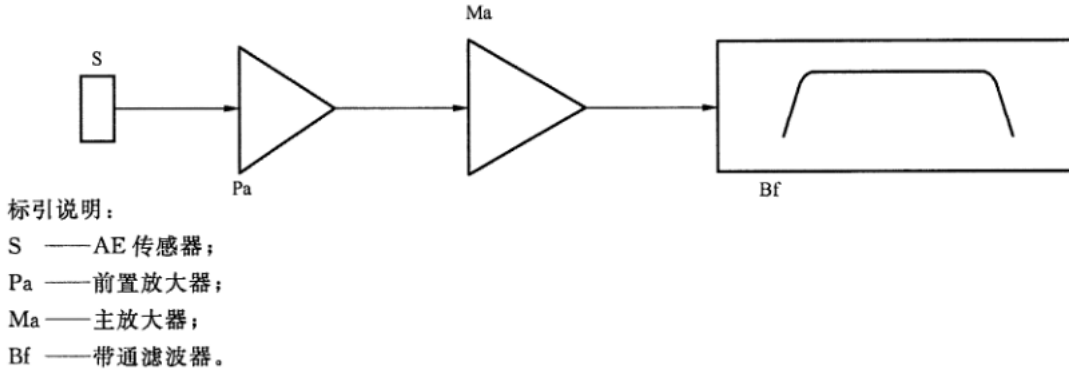


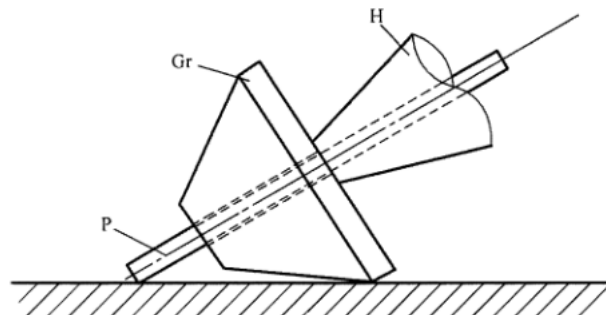
图 2 AE 测试系统

### 5.2 传感器

考虑声耦合,检测混凝土结构产生的声发射信号的声发射传感器应有足够的灵敏度。AE 传感器尽量确保不失真地将材料表面的弹性波(振动)转换成电信号。谐振型传感器在谐振响应频率附近最灵敏。宽带传感器在带宽范围内响应几乎相同,但灵敏度低于谐振型传感器。声发射传感器还应具有足够的鲁棒性,以抵抗温度变化、潮湿环境和机械振动的影响。

用于混凝土检测的传感器推荐类型,见附录 A。

除了按 ISO 12713 和 ISO 12714 描述的方法进行校准外,应使用标准声发射源进行声发射传感器的灵敏度校准。ASTM E976 给出了自动铅笔断芯产生的模拟声发射源。标准声发射源见图 3,宜使用导向环。



标引说明：  
 H —— 自动铅笔的笔芯夹持器；  
 Gr —— 硅铁导向环；  
 P —— 直径为 0.5 mm 且长度为 3 mm 的铅芯。

图 3 标准声发射源

应按 ISO/TR 13115 描述的方法对 AE 传感器进行绝对校准。

### 5.3 放大器

放大器通常由前置放大器和主放大器组成,见图 2。前置放大器应靠近 AE 传感器。放大器的内部噪声应较低,并且输入电压的峰值应小于  $20 \mu\text{V}$  ( $26 \text{ dB}_{\text{AE}}$ , 当  $0 \text{ dB}_{\text{AE}} = 1 \mu\text{V}$  时)。放大器增益以  $\text{dB}_{\text{AE}}$

表示,即输出电压  $V_o$  与输入电压  $V_i$  之比,见公式(1):

$$dB_{AE} = 20 \lg \frac{V_o}{V_i} \dots\dots\dots(1)$$

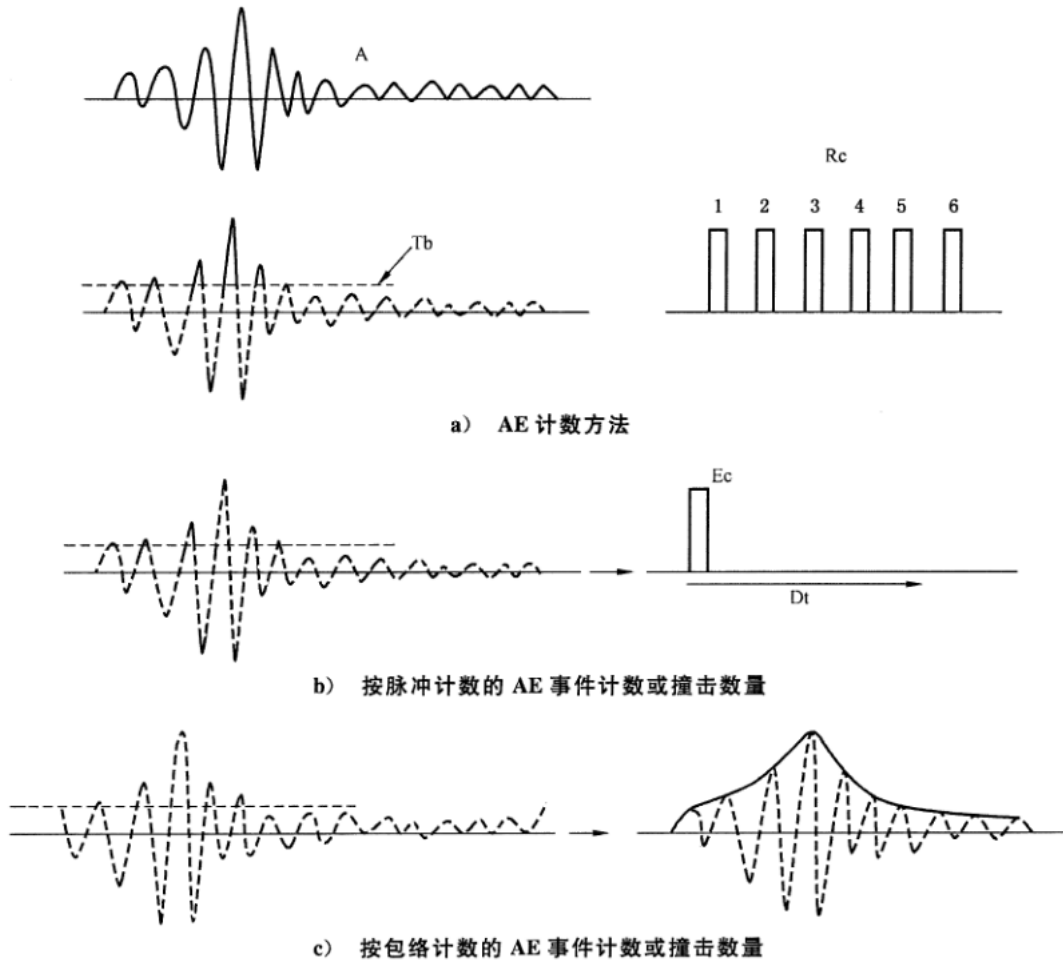
放大器应具有足够的鲁棒性以抵抗环境的影响,并应被妥善防护。

### 5.4 滤波器

基于 AE 传感器和放大器的性能,应在检测前确定频率范围。频率范围的选择与噪声消除密切相关。在混凝土检测中使用的带通滤波器频率范围宜为几千赫兹到几百千赫兹之间。

## 6 信号分析和 AE 参数

一个波形计为一个声发射事件,声发射信号超过预置门槛的次数称为声发射振铃计数(或简称“计数”)。预置门槛是一个预设的电压等级,检出和处理的 AE 信号应超过预置门槛。AE 计数方法见图 4。在多通道检测模式下,每个传感器在其位置上检测 AE 信号。对于某些传感器,AE 信号可能由于衰减或无法探测而未能发现。一个通道的事件计数数量与 AE 撞击数量对应。



标引说明:  
A —— AE 波形;  
Th —— 预置门槛;

Rc —— 振铃计数;  
Ec —— 事件计数;  
Dt —— 截止时间。

图 4 AE 计数方法

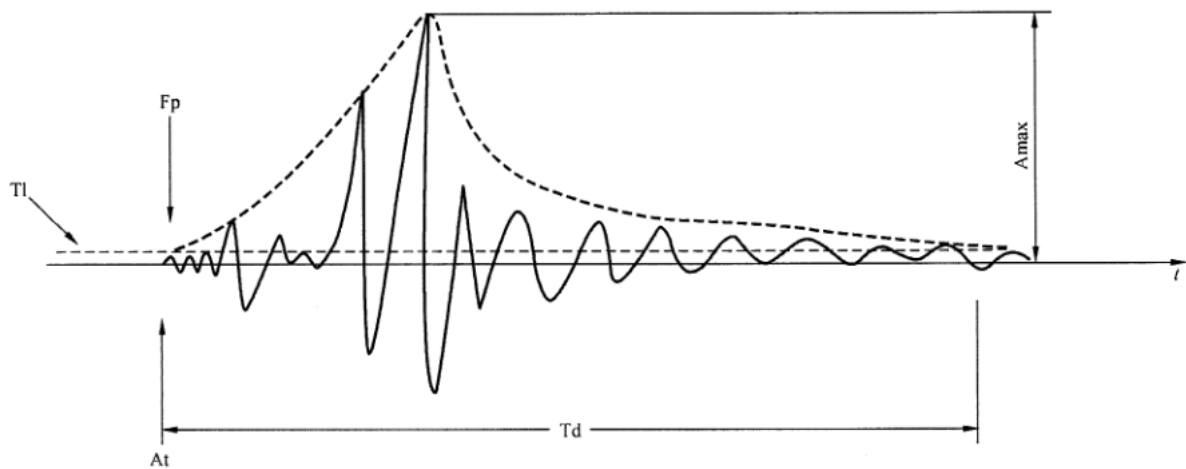


除了 AE 事件计数、声发射撞击数和声发射事件外，测试系统还应获取以下声发射参数：

- a) 振幅幅度；
- b) 声发射能量；
- c) 上升时间；
- d) 持续时间；
- e) 到达 AE 传感器阵列各阵元的时间差；
- f) 外部参数。

测试系统应获得时间信息以及 AE 参数。同时，在系统中记录载荷、应变等外部参数。

到达时间、持续时间和振幅幅度、预置门槛等波形参数，见图 5。上升时间是指 AE 起始点与信号峰值之间的时间间隔。AE 能量有多种计算方法。原则上，AE 能量与波形包络线区域的面积相关。



标引说明：

- Tl —— 预置门槛；  
 Fp —— P 波首次超过预置门槛的起始点；  
 At —— 到达时间；  
 Td —— 持续时间；  
 Amax —— 幅度；  
 t —— 时间。

图 5 AE 波形参数

## 7 设置和测试

### 7.1 传感器设置

在测试前，AE 传感器应进行适当校准，应放置在适当的位置，以覆盖目标区域。应根据以下条件规定 AE 传感器的数量和测试周期：

- a) AE 信号在被测区域中的传播特性；
- b) 被测区域的应力分布。

### 7.2 环境噪声

在声发射检测之前，应评估噪声水平。应降低风、雨、阳光等外部噪声。如果噪声与声发射信号的频率相近，或者噪声源未知，则应在测试前评估噪声特性。在此基础上，应分离声发射信号与噪声。在确定合适的频率范围后，使用合适的滤波器。

### 7.3 测试

在现有结构中,检测和定位活动裂缝的试验不应在对结构功能造成任何重大损害的荷载下进行。根据 AE 传感器覆盖的空间区域,应选择具有适当频率特性的传感器。在测试前,应通过使用标准声源或等效声源估计目标结构的衰减特性。基于以上信息确定传感器阵列,以保证所有传感器具有相同灵敏度。在测试期间,应正确检出由裂缝引起的 AE 信号。对于检出的声发射参数,测出其趋势、分布、相关性和位置。此外,多通道检测模式下,通过定位程序对声源进行定位。

### 7.4 系统检查

AE 通道的灵敏度应使用标准声源进行定期核查。通道间的灵敏度变化应小于 $\pm 3 \text{ dB}_{\text{AE}}$ 。

### 7.5 数据存储

系统应配置充足的存储空间以保存测试数据。优先考虑使用计算机分析所有已存储的测试数据。

## 8 检测报告

检测报告应信息完整、齐全,至少包括下列内容:

- a) 检测时间;
- b) 检测人员;
- c) 检测仪器;
- d) 检测地点;
- e) 设置前后的系统检查结果;
- f) 设置前后的数据分析结果。

## 附录 A

(资料性)

## 用于混凝土检测的传感器推荐类型

在混凝土检测中,宜使用以下类型的传感器:

- a) 实验室检测小试块,如 10 cm×20 cm,使用 150 kHz 谐振声发射传感器;
- b) 现场检测大试块,如 1 m×1 m×1 m,使用 60 kHz 谐振声发射传感器。

对于损坏严重的材料或结构,可用谐振小于 20 kHz 的加速度器。

声发射源定位,可用分阶段检测程序的方式。考虑到材料/结构的衰减率和传播距离,可采用小于 60 kHz 的声发射传感器或小于 20 kHz 的加速度器,区域定位识别混凝土结构的相对损伤区域。为了明确声发射源,对于区域定位识别出的相对损伤区域,可分别用线性源定位、平面源定位和三维源区域定位识别一维、二维和三维的声发射源。

参 考 文 献

- [1] EN 1330-9, Non-destructive testing—Terminology—Part 9: Terms used in acoustic emission testing
  - [2] EN 13554, Non-destructive testing—Acoustic emission testing—General principles
  - [3] EN 13477-1, Non-destructive testing—Acoustic emission testing—Equipment characterization—Part1; Equipment description
  - [4] EN 13477-2, Non-destructive testing—Acoustic emission testing—Equipment characterization—Part2; Verification of operating characteristics
  - [5] ASTM E1316, Standard terminology for nondestructive examinations
  - [6] ASTM E650, Standard guide for mounting piezoelectric acoustic emission sensors
  - [7] ASTM E750, Standard practice for characterizing acoustic emission instrumentation
  - [8] ASTM E976, Standard guide for determining the reproducibility of acoustic emission sensors response
  - [9] ASTM E1106, Standard method for primary calibration of acoustic emission sensors
  - [10] ASNT DGZfP-SE1, Nondestructive testing; Acoustic emission terms
  - [11] ASNT DGZfP-SE2, Guideline for acoustic emission sensors calibration
  - [12] ASNT DGZfP-SE3, Guideline for acoustic emission characterization during acoustic emission test
  - [13] EWGAE, Codes for AE Examination; Code 1-Location of discrete acoustic events
  - [14] EWGAE, Codes for AE Examination; Code IV-Definition of Terms in AE
  - [15] ISNDI NDIS 2110, Calibration of AE sensors
  - [16] JSNDI NDIS 2421, Recommendation practice for in situ monitoring of concrete structures by AE
  - [17] GROSSE C U, OHTSU M, eds. Acoustic emission testing. Springer, 2008
  - [18] SHIOTANI T. Recent advances of AE technologies for damage assessment of infrastructures. J. Acoust. Emiss. 2013, 30 pp. 76-99
-

中华人民共和国  
国家标准  
无损检测 声发射检测 混凝土声发射  
信号的测试方法

GB/T 42871—2023/ISO 16836:2019

\*

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

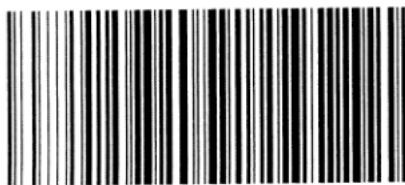
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 15 千字  
2023年8月第一版 2023年8月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-73186 定价 26.00 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 42871—2023



码上扫一扫 正版服务到

