



中华人民共和国国家标准

GB/T 34370.8—2020

游乐设施无损检测 第 8 部分：声发射检测

Nondestructive testing of amusement equipments—
Part 8: Acoustic emission testing

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概要	2
5 安全要求	2
6 人员要求	2
7 检测系统	2
8 检测工艺流程	2
9 检测	3
10 检测结果评定	6
11 声发射源的复检	8
12 声发射检测报告	8
附录 A (规范性附录) 声发射检测系统性能要求	9
附录 B (资料性附录) 传感器布置图	11



前 言

GB/T 34370《游乐设施无损检测》分为以下 11 部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：目视检测；
- 第 3 部分：磁粉检测；
- 第 4 部分：渗透检测；
- 第 5 部分：超声检测；
- 第 6 部分：射线检测；
- 第 7 部分：涡流检测；
- 第 8 部分：声发射检测；
- 第 9 部分：漏磁检测；
- 第 10 部分：磁记忆检测；
- 第 11 部分：超声导波检测。

本部分为 GB/T 34370 的第 8 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由全国索道与游乐设施标准化技术委员会(SAC/TC 250)提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、安徽华工智能科技有限公司、北京科海恒生科技有限公司、清诚声发射研究(广州)有限公司、河北大学、广东长隆集团有限公司、山东科捷工程检测有限公司。

本部分主要起草人：吴占稳、张君娇、沈永娜、沈功田、苑一琳、刘然、陈谋财、刘时风、张文君、周伟、刘渊、林伟明、李寰、梁玉梅、王尊祥、张扬扬。



游乐设施无损检测

第 8 部分：声发射检测

1 范围

GB/T 34370 的本部分规定了游乐设施的声发射检测及结果评定方法。
本部分适用于游乐设施金属构件的声发射检测及结果评定。

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 8408 大型游乐设施安全规范
 GB/T 12604.4 无损检测 术语 声发射检测
 GB/T 19800 无损检测 声发射检测 换能器的一级校准
 GB/T 19801 无损检测 声发射检测 声发射传感器的二级校准
 GB/T 20306 游乐设施术语
 GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
 GB/T 34370.1 游乐设施无损检测 第 1 部分:总则
 GB/T 34370.2 游乐设施无损检测 第 2 部分:目视检测
 GB/T 34370.3 游乐设施无损检测 第 3 部分:磁粉检测
 GB/T 34370.4 游乐设施无损检测 第 4 部分:渗透检测
 GB/T 34370.5 游乐设施无损检测 第 5 部分:超声检测
 GB/T 34370.7 游乐设施无损检测 第 7 部分:涡流检测
 GB/T 34370.9 游乐设施无损检测 第 9 部分:漏磁检测
 GB/T 34370.11 游乐设施无损检测 第 11 部分:超声导波检测

3 术语和定义

GB/T 12604.4、GB/T 20306、GB/T 20737 和 GB/T 34370.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

声发射源 acoustic emission source

材料中能量快速释放而产生瞬态弹性波的物理源点或部位。

3.2

声发射定位源 acoustic emission location source

通过分析声发射数据确定的被检件上声发射源的位置。

注:常见的几种源定位方法包括区域定位、计算定位和连续信号定位。

3.3

活性 activity

声发射源的事件数随加载过程或时间变化的程度。

3.4

强度 intensity

声发射源的事件所释放的平均弹性能。

3.5

活性缺陷 active defect

因载荷作用而产生瞬态弹性波释放的缺陷。

4 方法概要

4.1 声发射检测是游乐设施在加载过程中,通过在其构件表面布置声发射传感器,接收构件中活性缺陷产生的声波并将其转换成电信号,通过检测系统进行信号采集、处理、显示、记录和分析,并确定声发射源的部位、评定其等级。

4.2 根据检测出的声发射源综合等级划分结果决定是否采用其他无损检测方法复验。

5 安全要求

本章没有列出进行检测时所有的安全要求,使用本部分的用户应在检测前建立安全准则。

检测过程中的安全要求至少包括:

- a) 检测人员应遵守被检构件现场的安全要求,根据检测地点的要求穿戴防护工作服和佩戴有关防护设备;
- b) 应注意避免各种安全隐患,例如碰伤、触电、跌落、挤压、剪切、缠绕、滑倒、溺水等;
- c) 应注意声发射检测时,耦合剂会引起绝缘不良、电器短路;
- d) 游乐设施运行后进行检测,应注意被检件的温度状态,以免烫伤。

6 人员要求

从事游乐设施声发射检测工作的人员,应符合 GB/T 34370.1 的有关规定。

7 检测系统

7.1 声发射检测系统应包括传感器、前置放大器、系统主机和检测分析软件等,应符合附录 A 的规定。

7.2 声发射传感器、前置放大器和系统主机应每年至少进行一次校准。声发射传感器的校准按 GB/T 19800 或 GB/T 19801 的规定,其他部件的校准按仪器制造商规定的方法进行。

8 检测工艺规程

8.1 通用检测工艺规程

从事游乐设施声发射检测的单位应按 GB/T 34370.1 和本部分的要求制定通用检测工艺规程,其

内容至少应包括如下要素：

- a) 文件编号；
- b) 适用范围；
- c) 执行标准和引用法规、标准；
- d) 检测人员资格；
- e) 检测仪器名称和型号、传感器型号等；
- f) 检测区域及传感器布置阵列的确定；
- g) 背景噪声及传感器灵敏度测量；
- h) 衰减测量；
- i) 检测过程和数据分析；
- j) 检测结果的评定；
- k) 检测结果的复验；
- l) 检测记录、报告格式；
- m) 资料存档；
- n) 编制(级别)、审核(级别)和批准人员签字及日期。

8.2 检测工艺卡

对于每种构件的声发射检测,应根据实际情况,按照 GB/T 34370.1、本部分和通用检测工艺规程制定声发射检测工艺卡。

检测工艺卡内容应至少包括：

- a) 工艺卡编号；
- b) 检测执行的标准；
- c) 被检测结构件的信息:名称、型号、编号、材质、规格尺寸、热处理状态、焊接型式等；
- d) 检测设备:名称、规格型号、编号等；
- e) 传感器型号、耦合方式；
- f) 检测时机；
- g) 检测区域和表面要求；
- h) 检测部位示意图；
- i) 检测环境要求；
- j) 加载方式等；
- k) 检测过程的记录；
- l) 编制(级别)和审核(级别)人员签字及日期。

9 检测

9.1 检测前的准备

9.1.1 资料审查

资料审查应包括下列内容：

- a) 制造文件:产品设计、制造和检验文件及产品质量证明文件等；
- b) 使用记录:日常使用状况记录、维护保养记录、运行故障和事故记录等；
- c) 检验资料:历次检验报告；

d) 其他资料:修理和改造的文件等。

9.1.2 现场勘察

找出所有可能出现的噪声源,如电磁干扰、振动、摩擦等,应尽可能排除发现的噪声源。

9.1.3 检测条件确定

根据现场情况,确定检测条件,建立声发射检测人员和加载人员的联络方式。

9.1.4 传感器阵列的确定

根据被检构件结构型式、几何尺寸以及检测目的,确定传感器布置的阵列。如无特殊要求,相邻传感器之间的间距应尽量接近。传感器阵列的确定按照如下原则:

- a) 对于直径 400 mm 及以下的圆管形或锥形金属构件宜采用线定位,直径大于 400 mm 的圆管形或锥形金属构件宜采用面定位;对于最大边长小于或等于 400 mm 的方形或箱型金属构件宜采用线定位,最大边长大于 400 mm 的方形或箱型金属构件宜采用面定位;工字钢、槽钢、角钢等型钢构件宜采用线定位。
- b) 在一个传感器阵列中,如果金属构件中存在螺栓连接、销轴连接、铆接等可能导致声能量产生严重衰减的,应在连接两侧分别设置传感器阵列。

附录 B 给出了部分结构型式构件的声发射传感器布置示意图。

9.1.5 确定加载方案

根据声发射检测目的和检测现场的实际条件,确定加载方案。加载方式包括设备运行状态加载、对被检构件单独进行静态加载和自然风力加载三种方式,每种加载方式应符合如下要求:

- a) 设备运行状态加载应按照 GB 8408 或相关法规标准中规定的空载、满载或偏载试验载荷的加载方法进行,或者根据设备的实际使用情况与用户协商确定;
- b) 对被检构件单独进行静态加载宜采用水袋或水箱、卷扬机构(配拉力计)等施加静载荷,并逐步加载;
- c) 对于受风载影响的构件,如果气象条件允许,可以采用自然风载荷加载方式。

9.2 传感器的安装

9.2.1 应按照确定的传感器阵列在被检构件上安装传感器。对构件整体检测时,传感器的安装部位应尽量远离螺栓连接、支座、筋板和焊缝部位;局部检测时,被检测部位应尽量位于传感器阵列中间区域;当工字钢采用铆接或螺栓连接时,应在连接部位两侧分别布置传感器。

9.2.2 应对传感器的安装部位进行表面处理,使其表面平整并露出金属光泽。如表面有光滑致密的保护层,可予以保留,但应测量保护层对声发射信号的衰减。

9.2.3 在传感器的安装部位涂上耦合剂,耦合剂应采用声耦合性能良好的材料,耦合剂的使用温度等级应与被检构件表面温度相匹配。

9.2.4 应使传感器与被检构件表面达到良好的声耦合状态。

9.2.5 采用磁夹具、胶带纸或其他方式将传感器牢固固定在被检构件上,并保持传感器与被检构件和固定装置的绝缘。

9.3 声发射检测系统的调试

9.3.1 通则

将传感器与前置放大器和系统主机用电缆线连接,开机预热至系统稳定工作状态,对声发射检测系统进行初步工作参数设置,然后按 9.3.2~9.3.6 的规定依次对系统进行调试。

9.3.2 模拟源

用模拟源来测试检测灵敏度和校准定位。模拟源应能重复发出弹性波。可以采用声发射信号发生器作为模拟源,也可以采用 $\phi 0.3$ mm、硬度为 2H 或 $\phi 0.5$ mm、硬度为 HB 的铅笔芯折断信号作为模拟源。铅笔芯伸出长度约为 2.5 mm,与被检构件表面的夹角为 30° 左右,离传感器中心 $100(\pm 5)$ mm 处折断。其响应幅度值应取三次以上响应的平均值。

9.3.3 通道灵敏度测试

在检测开始之前应进行通道灵敏度的测试。要求对每一个通道进行模拟源声发射幅度值响应测试,每个通道响应的幅度值与所有通道的平均幅度值之差不应大于 ± 3 dB。

9.3.4 衰减测量

应进行与声发射检测条件相同的衰减特性测量。如已有检测条件相同的衰减特性数据,可不进行衰减特性测量,但应在本次检测记录和报告中注明该衰减特性数据。

9.3.5 定位校准

采用计算定位时,在被检构件阵列的任何部位,声发射模拟源产生的弹性波至少能被该定位阵列中的传感器接收到,并得到唯一定位结果,定位误差不应超过该传感器阵列中最大传感器间距的 $\pm 5\%$ 。

采用区域定位时,声发射模拟源产生的弹性波应至少能被该区域内的一个传感器接收到。

9.3.6 背景噪声测量

通过降低阈值电压来测量每个通道的背景噪声,每个通道的阈值电压设定值应至少大于背景噪声 6 dB,然后对整个检测系统进行背景噪声测量,测量时间不应少于 5 min。如果背景噪声接近或大于被检件材料活性缺陷产生的声发射信号强度,应尽可能消除背景噪声的干扰,否则不宜进行声发射检测。

9.4 检测

9.4.1 加载

按照确定的加载方案对被检构件进行加载。

9.4.2 检测过程中的噪声

加载过程中,应注意下列因素对检测结果的影响:

- a) 外部机械振动;
- b) 机械摩擦;
- c) 电磁干扰;
- d) 天气情况,如风、雨、冰雹等的干扰;
- e) 气动、液压件的泄漏等。

9.4.3 检测数据采集与过程观察

9.4.3.1 检测数据应至少采集附录 A 中规定的参数。采用时差定位时,还应采集到达时间的数据;采用区域定位时,还应采集声发射信号到达各传感器次序的信息。

9.4.3.2 检测时应观察声发射撞击数和/或定位源随时间的变化趋势,对于声发射定位源集中出现的部位,应查看是否有外部干扰因素,发现外部干扰因素应停止加载并尽量排除干扰因素。

9.4.3.3 检测过程中,如发现某个通道接收到的声发射撞击数明显低于相邻通道,则应对该通道再次进行灵敏度测量;如检测过程中由于加载或其他原因暂停检测超过 1 h,重新恢复检测时应应对每个通道再次进行灵敏度测量。

9.4.3.4 检测中如遇到强噪声干扰时,应暂停检测,需在排除强噪声干扰后再进行检测。

9.4.4 检测数据分析及声发射源部位的确定

9.4.4.1 应在检测数据中标识出检测过程中出现的噪声数据,并在检测记录中注明。

9.4.4.2 利用软件滤波或数据图形显示分析的方法,从检测数据中分离出非相关声发射信号,并在检测记录中注明。

9.4.4.3 根据检测数据确定相关声发射定位源的位置。如需进一步确认的声发射源,应通过模拟源定位来确定声发射源的具体部位。确定方法是在被检区域上某位置发射一个模拟源,若得到的定位显示与检测数据中的声发射定位源部位显示一致,则该模拟源的位置为检测到的声发射定位源部位。

9.5 检测记录

9.5.1 检测记录的主要内容不应少于 8.2 和第 12 章的内容。

9.5.2 检测时如遇不可排除因素的噪声干扰,如风、雨和摩擦等,应如实记录,并在检测记录中注明。

9.5.3 检测记录和声发射数据应至少保存 6 年。对于型式试验过程进行的,制造单位应保存检测记录和声发射数据至设备报废为止。

10 检测结果评定

10.1 通则

检测结果评定以前两次保持载荷过程的声发射信号为依据,加载过程或其他保载过程的信号作为参考。

10.2 声发射源区的确定

采用时差定位时,以声发射源定位比较密集的部位为中心来划定声发射定位源区,定位源间距在传感器间距 10% 以内的定位源可被划在同一个源区。

采用区域定位时,声发射定位源区按实际区域来划分。

10.3 声发射源的活性划分

对于连续加载且最大载荷可持续保持的,声发射源的活性划分原则如下:

- a) 如果源区的事件数(E)随着保载呈快速增加($E \geq 10$ 个/min)时,则认为该部位的声发射源为超强活性。
- b) 如果源区的事件数(E)随着保载呈连续增加(3 个/min $\leq E < 10$ 个/min)时,则认为该部位的

声发射源为强活性。

- c) 如果源区的事件数(E)随着保载断续出现($E < 3$ 个/ min),则声发射源的活性等级评定按表 1 进行。

对于其他加载方式的,由检测机构参照上述方法制定活性划分原则。

表 1 断续出现声发射源的活性等级评定方法

序号	声发射源区的描述	活性等级
1	在两次保载阶段出现的定位源个数: $E \leq 3$	弱活性
2	在两次保载阶段出现定位源个数: $3 < E \leq 10$	中活性
3	在两次保载阶段出现定位源个数: $E > 10$	强活性

10.4 声发射源的强度划分

声发射源的强度 Q 用声发射信号的幅度来表示。声发射源的强度为源区所有定位源声发射信号幅度的平均值(幅度参数应根据 9.3.4 测得的衰减曲线加以修正)。声发射源的强度划分按表 2 的规定。表 2 中的 a, b 值应由试验来确定,包括材料和结构件的破坏性试验。表 3 给出了常见碳钢采用幅度参数划分源的强度的推荐值。

表 2 声发射源的强度划分方法

源的强度级别	源强度
低强度	$Q < a$
中强度	$a \leq Q \leq b$
高强度	$Q > b$

注: a, b 表示一个具体的数字,例如在表 3 中的第二列, $a = 55$ dB, $b = 75$ dB。

表 3 常见碳钢采用幅度参数划分源的强度

源的强度级别	幅度(Q235、20 钢)	幅度(Q355 钢)
低强度	$Q < 55$ dB	$Q < 60$ dB
中强度	$55 \text{ dB} \leq Q \leq 75 \text{ dB}$	$60 \text{ dB} \leq Q \leq 80 \text{ dB}$
高强度	$Q > 75$ dB	$Q > 80$ dB

注: 表中的数据是经衰减修正后的数据。传感器输出 $1 \mu\text{V}$ 为 0 dB。

10.5 声发射源的综合等级评定

声发射源的综合等级根据声发射源的强度和活性等级按表 4 的规定进行评定。

表 4 声发射源的综合等级评定

声发射源 强度等级	声发射源活性等级			
	超强活性	强活性	中活性	弱活性
高强度	IV	IV	III	II
中强度	IV	III	III	I
低强度	III	III	II	I

11 声发射源的复检

I 级声发射源不需要复检, II 级声发射源由检测人员根据源部位的实际结构决定是否需要采用其他无损检测方法复检, III 级和 IV 级的声发射源应按 GB/T 34370.1~GB/T 34370.5、GB/T 34370.7、GB/T 34370.9、GB/T 34370.11 的规定进行无损检测复检。

复检时,应首先进行目视检测,并判断可能存在的缺陷类型。对于表面和近表面缺陷,宜选用磁粉检测或渗透检测方法;对于焊缝内部缺陷,宜采用超声检测方法;对母材内部缺陷,宜采用漏磁或超声导波检测方法。

12 声发射检测报告

声发射检测报告应至少包括下列内容:

- a) 委托单位、检测单位;
- b) 被检工件名称、型号和编号;
- c) 检测标准;
- d) 被检工件材质、热处理状态及表面状态;
- e) 检测部位;
- f) 检测方式、仪器型号、耦合剂、传感器型号及固定方式;
- g) 各通道灵敏度测试结果;
- h) 各通道门槛和系统增益的设置值;
- i) 背景噪声的测定值;
- j) 衰减特性;
- k) 传感器布置示意图及声发射定位源位置示意图;
- l) 源部位校准记录;
- m) 检测软件名称及数据文件名称;
- n) 加载程序;
- o) 检测结果分析、源的综合等级划分结果及数据图;
- p) 检测结论;
- q) 检测日期、检测人员、报告编制和审核人员签字。



附 录 A
(规范性附录)
声发射检测系统性能要求

A.1 传感器

传感器的响应频率推荐在 100 kHz~400 kHz 范围内,其灵敏度不应小于 60 dB。当选用其他频带范围内的传感器时,应考虑灵敏度的变化,以确保所选频带范围内有足够的接收灵敏度。

传感器应能屏蔽无线电波或电磁噪声干扰。传感器在响应频率和工作温度范围内的灵敏度变化值不应大于 3 dB。传感器与被检件表面之间应保持电绝缘。

A.2 信号线

传感器与前置放大器之间的信号线长度不应超过 2 m,且能够屏蔽电磁噪声干扰。

A.3 信号电缆

前置放大器与系统主机之间的信号电缆应能屏蔽电磁噪声干扰。在任意 30 m 范围内,信号电缆的衰减损失不应大于 1 dB/30 m。信号电缆长度不宜超过 150 m。

A.4 耦合剂

耦合剂应能在试验期间内保持良好的声耦合效果。可选用真空脂、凡士林及黄油。

A.5 前置放大器

前置放大器短路噪声的有效电压值不应大于 7 μ V。在工作频率和工作温度范围内,前置放大器的频率响应变化不应超过 3 dB。前置放大器与传感器的频率响应应相匹配,其增益应与系统主机的增益设置相匹配,通常为 40 dB 或 34 dB。前置放大器采用差分电路时,其共模噪声抑制不应低于 40 dB。

A.6 滤波器

放置在前置放大器和系统主机处理器内的滤波器的频率响应范围应与传感器的频率响应相匹配。

A.7 系统主机

A.7.1 声发射系统主机应有覆盖检验区域的通道数,应至少能实时显示和存储以下声发射信号参数:到达时间、门槛、幅度、振铃计数、能量、上升时间、持续时间、撞击数。

A.7.2 系统主机应具有接收和记录力、温度等外部传感器输出的电信号的功能。

A.7.3 各个通道的独立采样频率不应低于传感器响应频率中心点频率的十倍。

A.7.4 阈值精度应在 ± 1 dB 的范围内。

A.7.5 声发射信号计数测量值的精度应在 $\pm 5\%$ 范围内。

A.7.6 从信号撞击开始算起 10 s 内,声发射系统应对每个通道具有采集、处理、记录和显示不少于每秒 20 个声发射撞击信号的短时处理能力;当连续监测时,声发射系统应对每个通道具有采集、处理、记录和显示不少于每秒 10 个声发射撞击信号的处理能力。当出现数据堵塞时,系统应能发出报警信号。

A.7.7 峰值幅度测量值的精度应在 ± 2 dB 范围内,同时满足信号不失真的动态范围不应小于 65 dB。

A.7.8 能量测量值的精度应在 $\pm 5\%$ 范围内。

A.7.9 对于时差定位声发射检测系统,每个通道的上升时间、持续时间和到达时间的分辨率至少应为 $0.25 \mu\text{s}$,精度应在 $\pm 1 \mu\text{s}$ 范围内,各通道之间的误差不应大于平均值的 $\pm 3 \mu\text{s}$ 。

A.7.10 系统测量外接参数电压值的精度不应低于满量程的 2%。

A.7.11 声发射采集软件应能实时显示声发射信号参数、声发射信号参数之间和参数随力或时间的关联图,以及声发射定位源的线定位和平面定位图,实时显示的滞后时间不应超过 5 s。

A.7.12 声发射分析软件应能回放原始声发射检测数据,并能根据重新设定的条件对声发射检测数据进行滤波、定位、关联和识别等分析处理。

附录 B
(资料性附录)
传感器布置图

传感器布置如图 B.1~图 B.3 所示。图中的阿拉伯数字为传感器布置位置。

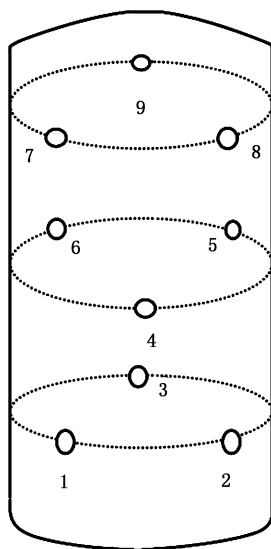


图 B.1 直径大于 400 mm 的圆形结构传感器布置示意图

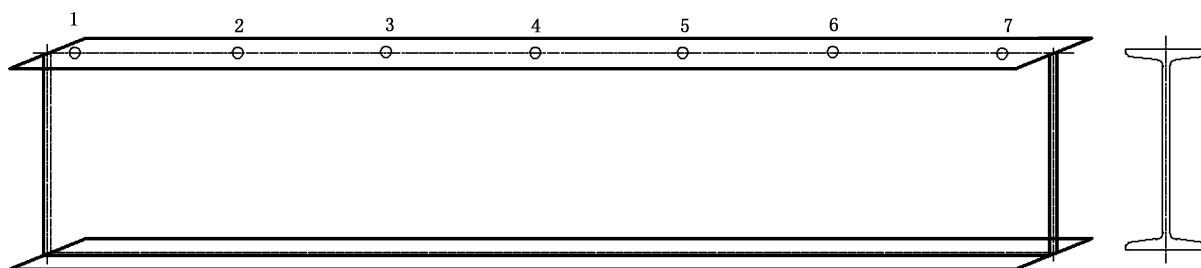


图 B.2 工字钢结构采用线性定位的传感器布置示意图

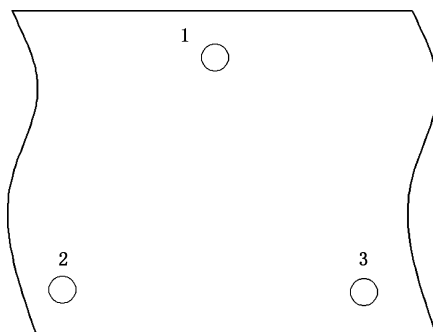


图 B.3 板状结构局部采用平面定位的传感器布置示意图