



中华人民共和国国家标准

GB/T 39525—2020

玻璃幕墙面板牢固度检测方法

Test method for the fastening degree of glass curtain wall panel

2020-12-14 发布

2021-11-01 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 检测原理	2
5 分级	2
6 检测设备	2
7 检测流程	3
8 结果判定	6
9 试验报告	6
附录 A (资料性附录) RAE 分级说明	7

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国建筑幕墙门窗标准化技术委员会(SAC/TC 448)归口。

本标准起草单位：中国建筑科学研究院有限公司、北京科技大学、广州集泰化工股份有限公司、哈尔滨华兴节能门窗股份有限公司、广东世纪达建设集团有限公司、广东坚朗五金制品股份有限公司、广州建设工程质量安全检测中心有限公司、浙江省建筑科学设计研究院有限公司、中国建筑第八工程局有限公司、上海建科检验有限公司、广东中航特种玻璃技术有限公司、广东省建筑科学研究院集团股份有限公司、中建新疆建工(集团)有限公司。

本标准主要起草人：张喜臣、潘旦光、王洪涛、郑恒、刘昊、石正金、张周来、许大胜、杜万明、刘晓松、樊葳、张世武、徐勤、刘东阳、廖拓、聂亚民。



玻璃幕墙面板牢固度检测方法

1 范围

本标准规定了玻璃幕墙面板牢固度检测方法的检测原理、分级、检测设备、检测流程、结果判定和试验报告。

本标准适用于框支承玻璃幕墙面板牢固度的现场检测。

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 34327 建筑幕墙术语

3 术语和定义

GB/T 34327 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

面板牢固度 fastening degree of panel

玻璃幕墙面板与其支承体系间连接固定的可靠程度。

3.2

面板加速度频响函数 frequency response function of panel acceleration

玻璃幕墙面板在锤击荷载作用下不同频率加速度响应的幅值。

3.3

基准加速度频响函数 reference frequency response function of panel acceleration

无损伤工况时的玻璃幕墙面板加速度频响函数。

3.4

面板动力特性 panel dynamic characteristics

玻璃幕墙面板本身所固有的自振周期、振型和阻尼比等特性。

3.5

固有频率 natural frequency

玻璃幕墙面板自由振动时,单位时间内振动的次数。

注:固有频率与初始条件无关,而仅与物体的固有特性有关(如质量、形状、材质及边界条件等)。

3.6

基频 fundamental frequency

玻璃幕墙面板的第1阶固有频率。

3.7

采样频率 sampling frequency

单位时间内采集的数据点数。

3.8

缺陷指标 defective index

用于表征玻璃幕墙面板与其支承体系间连接固定可靠程度的指标。

注：采用敲击点处玻璃幕墙面板实测加速度频响函数与基准加速度频响函数之间的相对累计偏差(RAE)表示。

4 检测原理

当玻璃幕墙的支承体系存在缺陷时,会改变玻璃幕墙面板的支承条件,引起包括安装体系在内的面板动力特性的变化。利用动力测试技术,测量力锤冲击力大小及面板加速度响应,并计算玻璃幕墙面板在力锤敲击点的加速度频响函数。计算实测玻璃幕墙面板加速度频响函数(图1中虚线表示)与基态玻璃幕墙面板加速度频响函数(图1中实线表示)在0.5倍基频和16倍基频之间的相对累计偏差(即RAE)。根据RAE的大小,识别玻璃幕墙面板与支承体系连接部位的缺陷程度。

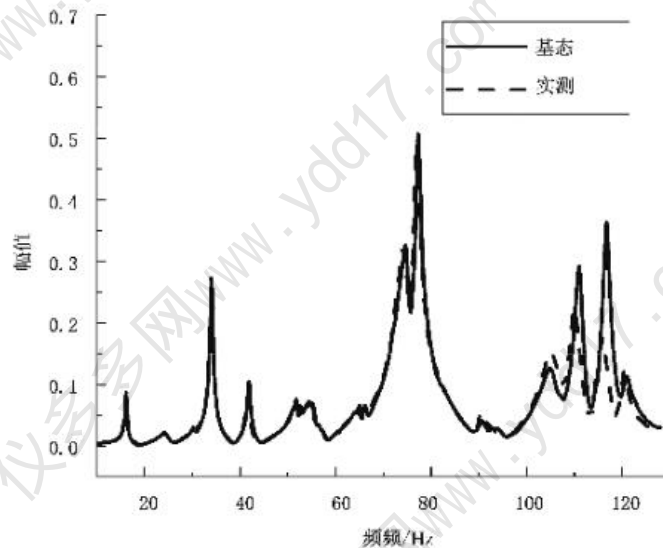


图1 检测原理图

5 分级

玻璃幕墙面板牢固度应以RAE为分级指标进行分级,玻璃幕墙面板牢固度分级见表1,分级说明参见附录A。

表1 玻璃幕墙面板牢固度分级表

评价指标	1	2	3	4
RAE/%	$RAE > 50$	$50 \geq RAE > 30$	$30 \geq RAE > 10$	$10 \geq RAE$

6 检测设备

6.1 激振设备

激振设备应采用力锤。测量力信号的精度不应低于10 mV/N。

6.2 拾振设备

拾振设备应采用加速度传感器。传感器的质量不应大于 10 g, 测量加速度信号的精度不应低于 100 mV/g (g 为重力加速度), 采集的频率分布范围应为 1/2 基频至 2.56 倍分析频率的上限。

6.3 数据采集仪

数据采集仪应包括至少一个力信号和一个加速度信号的采集通道, 采样精度不应低于 16 位 Sigma-delta AD, 采样速度不应低于 20.48 KHz/通道, 且采集的频率范围应大于 40.96 倍基频。

6.4 数据分析系统

数据分析系统应能对采集的时程数据进行观测和图形显示, 通过傅里叶变化计算频响函数和 RAE, 并可对频谱图进行显示。

7 检测流程

7.1 检测准备

7.1.1 计算采样频率

7.1.1.1 玻璃幕墙面板的基频 f_1 应按式(1)和式(2)计算:

$$f_1 = \frac{\pi}{2} \left(\frac{1}{b^2} + \frac{1}{h^2} \right) \sqrt{\frac{D}{\rho d}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$D = \frac{Ed^3}{12(1-\mu^2)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

f_1 —— 玻璃幕墙面板的基频, 单位为赫兹(Hz);

π —— 常数, 取 3.14;

b —— 玻璃幕墙面板的宽度, 单位为米(m);

h —— 玻璃幕墙面板的高度, 单位为米(m);

D —— 玻璃幕墙面板的抗弯刚度, 单位为牛顿平方米($N \cdot m^2$);

ρ —— 玻璃幕墙面板的重力密度, 取 25.6, 单位为千牛每立方米(kN/m^3);

d —— 玻璃幕墙面板的厚度, 对于中空玻璃, 为所敲击的单片或夹层玻璃面板厚度, 单位为米(m);

E —— 玻璃幕墙面板的弹性模量, 单位为牛每平方米(N/m^2);

μ —— 玻璃幕墙面板的泊松比, 取 0.2。

7.1.1.2 玻璃幕墙面板分析频率的上限 f_u 应按式(3)计算:

$$f_u = 16f_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

f_u —— 玻璃幕墙面板的分析频率上限, 单位为赫兹(Hz)。

7.1.1.3 玻璃幕墙面板采样频率 f_s 应按式(4)和式(5)计算, 当计算的 n_1 值含小数位时, 小数部分进位取整:

$$n_1 = \log_2(2.56f_u) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$f_s = \max\{2048, 2^{n_1}\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

n_1 —— 与 $2.56f_u$ 对应的以 2 为底的幂指数;

f_s ——玻璃幕墙面板的采样频率,单位为赫兹(Hz)。

7.1.1.4 采样时间 T 应按式(6)和式(7)计算,当计算的 n_2 值含小数位时,小数部分进位取整:

$$n_2 = \log_2 \frac{20f_s}{f_1} \dots\dots\dots(6)$$

$$T = \frac{2^{n_2}}{f_s} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

n_2 ——与 $\frac{20f_s}{f_1}$ 对应的以 2 为底的幂指数;

T ——采样时间,单位为秒(s)。

7.1.2 传感器的安装

7.1.2.1 应使用钢卷尺测量待测试玻璃幕墙面板的宽度 b 和高度 h ,并在位于玻璃幕墙面板右下部的宽度四分之一($b/4$)和高度四分之一($h/4$)的位置 A 处(见图 2)安装拾振加速度传感器。

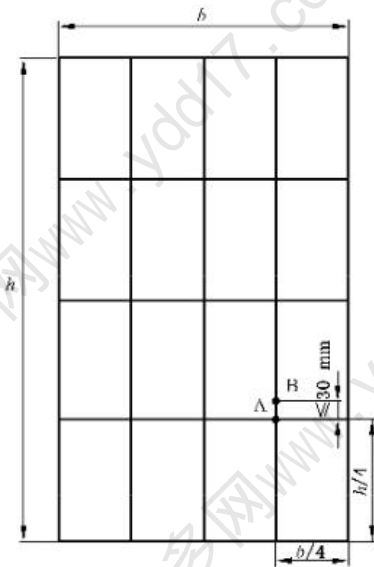


图 2 加速度传感器安装位置示意图

7.1.2.2 拾振加速度传感器应采用胶粘剂牢固粘贴在玻璃面板上,安装方向应能保证测量面板在垂直方向的动力特性。

7.1.2.3 当玻璃幕墙面板边缘受其他材料遮蔽时,以玻璃幕墙面板可视区域确定玻璃幕墙面板宽度 b 和高度 h 。

7.2 检测步骤

7.2.1 选取与位置 A 位于同一条竖直线上且相距不应大于 30 mm 的位置 B 作为力锤敲击位置(见图 2)。在位置 B 处,沿垂直面板方向,使用敲击锤轻轻敲击面板不应少于三次。每次敲击不应产生连击,不应碰触加速度传感器。测量力锤冲击力大小和面板加速度响应,记录三次有效数据。

7.2.2 对每一次力信号和加速度信号进行傅立叶变换。

7.2.3 按式(8)~式(14)计算每一次敲击产生的玻璃幕墙面板加速度频响函数。

$$\Delta t = 1/f_s \dots\dots\dots(8)$$

$$N = Tf_s \dots\dots\dots(9)$$

$$t_k = k \Delta t (k = 0, 1, 2, \dots, N-1) \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\omega_j = j \frac{2\pi}{T} (j = 0, 1, 2, \dots, N-1) \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$F(\omega_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(t_k) e^{-i \frac{2\pi k j}{N}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$A(\omega_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} a(t_k) e^{-i \frac{2\pi k j}{N}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$H(\omega_j) = \frac{A(\omega_j)}{F(\omega_j)} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- Δt —— 采样的时间间隔,单位为秒(s);
- N —— 采样点数;
- t_k —— 第 k 个采样点的时间,单位为秒(s);
- ω_j —— 第 j 个采样点的频率,单位为赫兹(Hz);
- $F(\omega_j)$ —— 力信号傅里叶变化在 ω_j 的值;
- $f(t_k)$ —— 试验测得 t_k 时刻的力锤信号;
- $A(\omega_j)$ —— 加速度信号傅里叶变化在 ω_j 的值;
- $a(t_k)$ —— 试验测得 t_k 时刻的加速度信号;
- $H(\omega_j)$ —— 在 ω_j 的玻璃幕墙面板加速度频响函数。

7.2.4 采用有限元数值模拟,并按以下步骤计算基准加速度频响函数 $H_0(\omega_j)$:

a) 测量几何模型:

- 1) 测量图 2 中玻璃幕墙面板的宽度 b 、高度 h 及厚度 d ;

注:当玻璃幕墙面板为中空玻璃时,厚度 d 为所敲击侧的单片玻璃厚度;当所敲击玻璃幕墙面板为夹层玻璃时,厚度 d 包括夹层玻璃两侧玻璃面板厚度及胶片厚度。

- 2) 连接构造为隐框幕墙构造型式的,应按设计要求记录辅框压块的安装位置和数量;连接构造为明框幕墙构造型式的,应按设计要求记录面板压块的安装位置和数量。

b) 记录物理模型参数:

- 1) 记录玻璃幕墙面板的温度;
- 2) 玻璃面板的弹性模量 E 、泊松比 μ 及热膨胀系数 α 。当敲击的玻璃面板为夹层玻璃时,尚应确定胶片的弹性模量 E_p 、泊松比 μ_p 及阻尼系数 C_p ;
- 3) 面板与支承框架间连接胶体的弹性模量 E_s ,单位长度下面板与支承框架间连接胶体的单位宽度和单位厚度的弹簧刚度 k_s ;
- 4) 隐框幕墙辅框的弹性模量 E_f 和泊松比 μ_f ;
- 5) 明框或隐框幕墙压块的弹性模量 E_y 和泊松比 μ_y 。

c) 确定单元及网格划分:

- 1) 玻璃面板应采用矩形壳单元;
- 2) 图 2 中各边的网格数量应为 4 的整数倍,且倍数不应小于 3;
- 3) 每个矩形单元的长短边比值不应大于 2。

d) 施加边界条件:

- 1) 平行玻璃面板方向采用简支边界,垂直玻璃面板方向采用弹性边界,弹性边界单位长度的刚度系数为 $\frac{k_s b_s}{d_s}$;
- 2) 在图 2 中 A 处施加垂直玻璃面板的单位荷载。

e) 通过谐响应数值模拟分析,计算 A 点玻璃面板的基准加速度频响函数 $H_0(\omega_j)$ 。

7.2.5 按式(15)~式(17)计算每一次敲击的 RAE_r ,当计算的 k_1 、 k_2 含小数位时,小数部分应进位取整:

$$k_1 = \frac{1}{2} f_1 T \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$k_2 = f_u T \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$RAE_r = \frac{\sum_{j=k_1}^{k_2} \| |H_0(\omega_j)| - |H_r(\omega_j)| \|}{\sum_{j=k_1}^{k_2} |H_0(\omega_j)|} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

k_1 —— $\frac{1}{2} f_1$ 在离散频率中的位置;

k_2 —— f_u 在离散频率中的位置;

$|H_0(\omega_j)|$ ——玻璃幕墙面板基准加速度频响应函数 $H_0(\omega_j)$ 的模;

$|H_r(\omega_j)|$ ——玻璃幕墙面板第 r 次敲击实测加速度频响应函数 $H_r(\omega_j)$ 的模;

RAE_r ——玻璃幕墙面板第 r 次敲击实测加速度频响应函数与玻璃幕墙面板基准加速度频响应函数之间的相对偏差。

7.2.6 按式(18)计算 RAE ,当计算值含小数位时,小数部分应进位取整:

$$RAE = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n RAE_r \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

RAE ——玻璃幕墙面板实测加速度频响应函数与玻璃幕墙面板基准加速度频响应函数之间的相对累计偏差;

n ——实验次数。

8 结果判定

以计算的 RAE 作为缺陷指标,并依据表 1 的规定对玻璃幕墙面板牢固度进行分级。

9 试验报告

试验报告至少应包括下列内容:

- a) 检测机构的名称和地址,报告编号和日期;
- b) 委托信息,包括委托单位名称、地址、联系人、联系人电话,委托日期等;
- c) 工程信息,包括工程名称、地址等;
- d) 检测样品信息,包括幕墙型式、面板规格尺寸等;
- e) 检测信息,包括检测时间、地点、设备、依据等;
- f) 过程信息,包括检测过程曲线、过程计算结果、最终评价指标值等;
- g) 结论信息,包括面板牢固度等级。

附录 A
(资料性附录)
RAE 分级说明

为了与建筑幕墙各项性能指标的分级规则保持一致,更好地指导玻璃幕墙工程质量检测实施,本标准将玻璃幕墙面板牢固度分为四个级别,分别为 1、2、3 及 4,分别对应缺陷指标 $RAE > 50$ 、 $50 \geq RAE > 30$ 、 $30 \geq RAE > 10$ 及 $10 \geq RAE$ 。其中,4 级表示牢固程度非常好,可以满足继续使用的要求;3 级表示牢固程度较好,基本能满足继续使用的要求,但需要增加日常检查的频次;2 级表示牢固程度一般,在经过专业处理和维修维护后,基本上可以满足继续使用的要求;1 级表示牢固程度较差,及时经过专业处理和维修维护后,也不能保证使用安全,而应该拆除重新安装。
