

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2014年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2013〕169号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 玻璃幕墙粘结材料检测;5 玻璃幕墙粘结性能现场检测;6 检测结果评估。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国建筑科学研究院有限公司(地址:北京市北三环东路30号;邮政编码:100013)。

本标准主编单位:中国建筑科学研究院有限公司
青岛一建集团有限公司

本标准参编单位:安徽省建筑工程质量监督检测站
国家建筑工程质量监督检验中心
中国金属结构协会铝门窗幕墙委员会
广州市白云化工实业有限公司
上海市建筑科学研究院(集团)有限公司
广州集泰化工股份有限公司
广东省建筑科学研究院集团股份有限公司
甘肃省建筑科学研究院
浙江维业建筑技术服务有限公司

贵州中建建筑科研设计院有限公司
重庆建工住宅建设有限公司
浙江凌志精细化工有限公司
广东新展化工新材料有限公司

本标准主要起草人员：张仁瑜 孙从磊 刘 盈 崔德密
黄 圻 董 红 姚 亮 赵守义
徐 勤 晏大玮 蒋金博 郝志华
王 骅 夏广录 肖 珍 张洪波
张晓敏 赖燕德 田 欣 陈晓文
张 晓 陈怡宏 屠军刚

本标准主要审查人员：顾泰昌 张可文 陈敏剑 鲁在君
王德勤 崔 浩 陶 伟 刘 珩
崔 洪

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	玻璃幕墙粘结材料检测	8
4.1	一般规定	8
4.2	粘结材料品种、类型及外观检查	8
4.3	粘结材料尺寸的测量	8
4.4	邵尔 A 硬度检测	9
4.5	粘结材料成分检测	9
4.6	粘结材料物理力学性能检测	10
5	玻璃幕墙粘结性能现场检测	13
5.1	一般规定	13
5.2	硅酮结构密封胶变形位移测量	13
5.3	推出法	15
5.4	切割拉拔法	17
5.5	吸盘法	18
5.6	外箱法	20
6	检测结果评估	22
6.1	一般规定	22
6.2	玻璃幕墙粘结材料检测结果评估	23
6.3	玻璃幕墙粘结性能检测结果评估	25
6.4	玻璃幕墙粘结可靠性检测结果评估	26
6.5	评估报告	27

本标准用词说明	28
引用标准名录	29

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Testing of Bonding Material of Glass Curtain Wall	8
4.1	General Requirements	8
4.2	Check to Varieties, Type and Appearance of Bonding Material	8
4.3	Measure Size of Bonding Material	8
4.4	Shore A Hardness Testing	9
4.5	Detection Composition of Bonding Material	9
4.6	Testing of Physical and Mechanical Properties of Adhesive Material	10
5	Site Testing of Bonding Performance of Glass Curtain Wall	13
5.1	General Requirements	13
5.2	Deformation and Displacement Measurement of Silicone Structural Sealant	13
5.3	Balloon Method	15
5.4	Cutting and Pull-off Method	17
5.5	Sucker Method	18
5.6	Outer Chamber Method	20
6	Evaluation of Test Result	22
6.1	General Requirements	22

6.2	Evaluation of Test Result of Bonding Material	23
6.3	Evaluation of Test Result of Bonding Performance of Glass Curtain Wall	25
6.4	Evaluation of Test Result of Bonding Security of Glass Curtain Wall	26
6.5	Evaluation Report	27
	Explanation of Wording in This Standard	28
	List of Quoted Standards	29

住房城乡 建设部信息公示
浏览专用

1 总 则

1.0.1 为避免玻璃幕墙粘结失效安全事故的发生，规范玻璃幕墙粘结可靠性的检测评估，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建和既有的隐框或半隐框玻璃幕墙粘结可靠性检测评估。

1.0.3 玻璃幕墙粘结可靠性的检测评估除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 检验批 inspection lot

按一定原则将幕墙划分成一个或若干个可以独立进行检测评估的区域，每一区域为一个检验批。

2.1.2 检测单元 testing unit

检验批内的细分单元，由单个玻璃面板、玻璃面板所用的全部粘结材料及相互间的粘结方式构成。

2.1.3 检验批容量 quantity of inspection lot

检验批内待检测单元的数量。

2.1.4 测点 testing point

在一个检测单元内，按照检测方法的要求，随机布置的一个或若干个检测点。

2.1.5 无损检测方法 non-destructive testing method

在检测过程中，对玻璃幕墙结构和粘结不造成损坏的检测方法。

2.1.6 局部破损检测方法 semi-destructive testing method

在检测过程中，对玻璃幕墙结构和粘结有局部或暂时影响、但可修复的检测方法。

2.1.7 切割拉拔法 cutting and pull-off method

将检测单元玻璃面板拆下，通过对检测单元的副框和硅酮结构密封胶进行局部切割和拉拔，从而对玻璃面板与副框之间的硅酮结构密封胶进行粘结性能检测的方法。

2.1.8 推出法 push-off method

通过机械杆件对检测单元的玻璃面板内侧产生推力，从而对玻璃面板与副框之间的硅酮结构密封胶进行粘结性能检测的

方法。

2.1.9 吸盘法 suckers method

通过 4 个吸盘对检测单元玻璃面板产生吸力，从而对玻璃面板与副框之间的硅酮结构密封胶以及中空玻璃内外片粘结用的硅酮结构密封胶进行粘结性能检测的方法。

2.1.10 外箱法 outer chamber method

通过在检测单元外部安装的箱式检测设备来模拟风压作用，从而对玻璃面板与副框之间的硅酮结构密封胶以及中空玻璃内外片粘结用的硅酮结构密封胶进行粘结性能检测的方法。

2.1.11 玻璃幕墙粘结可靠性 adhesion reliability of glass curtain wall

玻璃幕墙粘结可靠性指玻璃幕墙在规定时间内、规定条件下，完成设计粘结的能力，包括粘结材料性能可靠性、玻璃幕墙粘结性能可靠性。检测结果按玻璃幕墙检测单元和检验批进行可靠性评估。

2.2 符 号

2.2.1 几何尺寸和作用效应

A ——抽检板块面积；

d_{n-1} ——第 $n-1$ 次加载测量的位移计读数；

d_n ——第 n 次加载测量的位移计读数；

Δd ——变形位移增量百分数；

E_1 ——重新粘结“H”试件最大强度时的应变；

E_2 ——重新粘结“H”试件最大强度时高强度结构胶空白试验试样的应变；

F ——试验力值；

F_1 ——最大拉力值；

H ——重新粘结“H”试件的厚度；

L_0 ——初始长度；

L_1 ——最大拉伸长度；

n ——测量数量；
 R_c ——最大拉伸粘结强度；
 R_l ——最大拉伸强度时伸长率；
 S ——玻璃板块面积；
 S_d ——胶的最不利效应面载荷；
 S_t ——检测面的切割面积；
 T_s ——拉伸粘结强度单个有效测试结果；
 \bar{T}_s ——拉伸粘结强度试件检测单元代表值；
 w_i ——粘结宽度或厚度单次测量值；
 \bar{w} ——粘结宽度或厚度的平均值；
 W_k ——风荷载标准值；
 η ——吸盘法试验力加载系数；
 δ ——最大强度伸长率。

2.2.2 评估等级

a_u, b_u, c_u, d_u ——检测单元的粘结可靠性评估等级；
 A_u, B_u, C_u, D_u ——检验批的粘结可靠性评估等级。

3 基本规定

3.0.1 检测机构应具备相关检测资质。检测人员应经过专业培训，具备相关检测资格。

3.0.2 仪器设备的精度应符合检测项目的规定。检测时应确保使用的仪器设备在检定或校准周期内，并处于正常工作状态。

3.0.3 露天检测不应在雨、雪及五级以上大风天气条件下进行，检测环境温度宜在 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

3.0.4 玻璃幕墙粘结可靠性检测前应做好安全维护工作，对存在幕墙玻璃粘结脱落情况的工程，应确认试验条件符合安全规定后方可进场。仪器设备加装的防坠保护装置应符合现行行业标准《高处作业吊篮》GB/T 19155 的规定，高处作业应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 的规定。

3.0.5 玻璃幕墙工程粘结可靠性检测评估应按图 3.0.5 所示的程序进行。

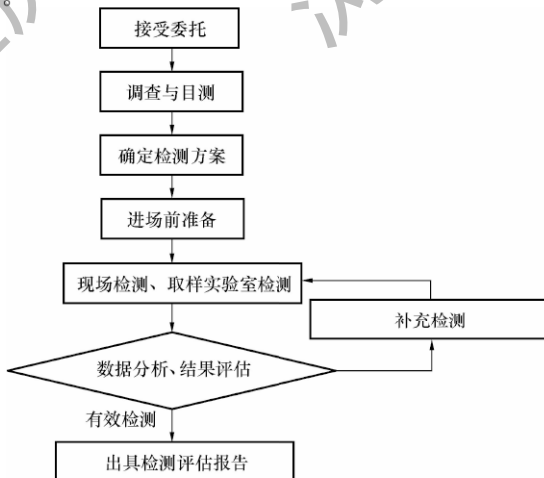


图 3.0.5 玻璃幕墙粘结可靠性检测评估程序

3.0.6 调查应包括下列内容：

1 待检玻璃幕墙的设计图纸、工程设计计算资料、施工日志、幕墙竣工验收资料、玻璃幕墙所涉及材料的检验报告、玻璃幕墙历次检测检查报告等资料；

2 了解玻璃幕墙施工工艺、施工条件，确认荷载设计值；

3 玻璃幕墙粘结材料的种类、尺寸；

4 玻璃幕墙所处环境状况、使用状况；

5 检测环境、安全装置等检测安全状况；

6 玻璃幕墙粘结可靠性检测前应先对被测板块进行外观检查，观察玻璃幕墙粘结材料与基材有无脱粘现象，各连接件连接是否可靠，并确认被测板块的玻璃、立柱、横梁材料型号符合设计规定。

3.0.7 检测方案应包括下列内容：

1 检测范围和检测内容；

2 检测方法的选择；

3 检验批的划定；

4 检测单元的划分及测点的选择；

5 人员及检测区域的安全防护。

3.0.8 检测工作开始前，应根据检测内容确定检验批。同一检验批内的检测对象应符合下列规定：

1 同一检验批内检测对象的幕墙类型和构造应相同；

2 同一检验批的材料类型、功能和受力特点应相同；

3 同一检验批的玻璃幕墙建造年份应相同。

3.0.9 检测单元抽样应符合下列规定：

1 应对整个玻璃幕墙进行目测，对发现存在问题的部位进行抽样。

2 检测单元应根据工程实际情况及检测需要进行选择。

3 检测单元应兼顾玻璃幕墙工程的每个立面。在保证检测安全的前提下，宜选取日晒时间较长、受风压较大和受力最不利的部位的板块作为检测单元。

4 检测单元在立面上的分布不应过于集中，应分布在大面、角部、底部和顶部等具有代表性区域。

3.0.10 检验批抽检时的检测单元数量应符合表 3.0.10 的规定。

表 3.0.10 玻璃幕墙粘结可靠性检测抽样规则

检验批容量 (个)	最小样本容量 (个)	检验批容量 (个)	最小样本容量 (个)
≤50	13	501~1200	125
51~90	20	1201~3200	200
91~150	32	3201~10000	315
151~280	50	10001~35000	500
281~500	80		—

注：当检验批容量小于最小样本容量时，全数检测。

3.0.11 测点处及用于安装固定设备的玻璃表面应清洁、平整，测试前应使用 50% 异丙醇水溶液进行清洗。

3.0.12 对检测造成的玻璃板块拆装、破损应及时修复，并应对修复部位进行加强处理。

4 玻璃幕墙粘结材料检测

4.1 一般规定

4.1.1 玻璃幕墙粘结材料检测应包括现场检测和现场取样实验室检测。玻璃幕墙粘结材料除应符合本标准外，尚应符合国家现行标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 和《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的相关规定。

4.1.2 玻璃幕墙粘结材料应进行品种、类型和外观项目的检查，应进行尺寸、邵尔 A 硬度、材料成分、拉伸强度、最大拉伸强度时伸长率的检测。

4.2 粘结材料品种、类型及外观检查

4.2.1 玻璃幕墙粘结材料品种和类型可对照设计要求和检验报告进行检查。

4.2.2 玻璃幕墙粘结材料外观质量的检查，可在良好的自然光或散射光照条件下，距成型后的玻璃幕墙粘结材料约 600mm 处观察，材料的表面应无开裂、粉化现象，注胶应密实，胶体颜色应均匀一致。

4.2.3 应记录玻璃幕墙粘结材料的裂缝可视部位及分布情况，并对裂缝数量、长度及最大宽度进行测量。裂缝长度测量值应精确至 0.5mm，最大裂缝宽度测量值应精确至 0.1mm。

4.3 粘结材料尺寸的测量

4.3.1 玻璃幕墙粘结材料尺寸的测量应在玻璃幕墙现场进行。玻璃幕墙粘结材料尺寸的测量应包括粘结宽度、粘结厚度。

4.3.2 粘结宽度、粘结厚度测量值应精确至 0.1mm。

4.3.3 检测时应对检测单元各边进行测量，每边应分别选取不

少于均匀分布的 3 个测点进行粘结宽度、粘结厚度的测量，并按下式计算平均值，作为该检测单元粘结宽度、粘结厚度的测量结果。

$$\bar{\omega} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_i \quad (4.3.3)$$

式中： $\bar{\omega}$ ——粘结宽度或厚度平均值（mm）；

ω_i ——粘结宽度或厚度单次测量值（mm）；

n ——检测数量。

4.4 邵尔 A 硬度检测

4.4.1 邵尔 A 硬度应现场取样后进行实验室检测。

4.4.2 每个检测单元应至少选取一个测点，每个测点的粘结材料均应取下，每种粘结材料的尺寸不宜小于 $5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，应保证测点表面平整。

4.4.3 邵尔 A 硬度检测应采用精度为 1 的邵尔 A 硬度计。

4.4.4 应按现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 1 部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）》GB/T 531.1 的检测方法对所切取的粘结材料进行邵尔 A 硬度检测。检测时，每个测点距样品边缘处不应小于 2mm，测点与测点之间的距离不应小于 5mm。每种粘结材料均应测量 5 个硬度值，应取平均值为该检测单元的邵尔 A 硬度代表值。

4.5 粘结材料成分检测

4.5.1 玻璃幕墙粘结材料应进行硅酮成分的定性检测。

4.5.2 玻璃幕墙粘结材料成分检测时，应取三个样品分别进行测试，每个检测单元应至少选取一个测点，切取测点处粘结材料，将取得的每个粘结材料样品去除表皮并切碎，称取 $(20 \pm 2)\text{g}$ ，按现行国家标准《红外光谱分析方法通则》GB/T 6040 进行测定。

4.5.3 检测前应先进行背景扫描。每个样品应扫描三次，记录

红外线吸收光谱和相关特征波长。

4.5.4 不同粘结材料红外线吸收光谱谱图典型特征应符合表 4.5.4 的规定。

表 4.5.4 不同粘结材料红外线吸收光谱谱图典型特征

粘结材料种类	红外线吸收光谱谱图典型特征
硅酮类	1260 cm^{-1} 附近出现 Si—CH ₃ 吸收峰；1130 cm^{-1} ~1011 cm^{-1} 处出现 Si—O—Si 的伸缩振动吸收峰；2962 cm^{-1} 出现 CH ₃ 的 C—H 非对称伸缩振动峰
聚硫类	742 cm^{-1} 处出现 C—S 键伸缩振动峰；1405 cm^{-1} ~1115 cm^{-1} 处出现与 S 相连的亚甲基—CH ₂ —振动峰
聚酯类	1730 cm^{-1} 左右出现 C=O 特征峰
聚醚类	1100 cm^{-1} 左右出现—O—特征峰

4.6 粘结材料物理力学性能检测

4.6.1 玻璃幕墙粘结材料拉伸粘结强度和最大拉伸强度时伸长率检测宜用于对玻璃幕墙粘结材料自身物理力学性能的检测，不宜用于粘结面破坏情况及粘结破坏面积的检测。

4.6.2 玻璃幕墙粘结材料拉伸粘结强度、最大拉伸强度时伸长率检测设备应符合下列规定：

- 1 万能试验机的量程不应超过 30kN，精度应为 0.01N；
- 2 游标卡尺的分辨率应为 0.02mm；
- 3 位移测量装置的精度应为 0.01mm。

4.6.3 每个检测单元应至少选取 5 个测点，每个测点的粘结材料均应取下，每种粘结材料宽度和厚度应大于切割样品所需尺寸。将切取的粘结材料样品切割成宽度 5mm~12mm、厚度 5mm~12mm、长度为 50mm 的样条，样条应保证切割面平整，无毛边和缺陷，不平整的可采用砂纸打磨切割面。

4.6.4 已制备好的硅酮结构密封胶样条应按现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的要求重新粘结制成“H”形

试件，基材采用阳极氧化铝。高强度硅酮结构密封胶再粘结层总厚度不应超过 1mm，粘结力不够时，可采用高强度硅酮结构密封胶厂家提供的底涂液增强粘结面的粘结性能（图 4.6.4）。应至少制备 5 个试件。

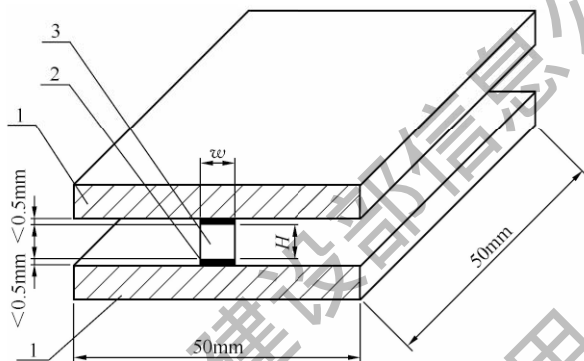


图 4.6.4 再粘结法示意

H ——所切取样品的高度； ω ——所切取样品的宽度；

1—粘结基材阳极氧化铝；2—高强度硅酮结构密封胶；

3—玻璃幕墙硅酮胶现场取样

4.6.5 试件养护应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定。

4.6.6 应按现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 相关要求测试重新粘结“H”形试件的拉伸粘结性能。

4.6.7 所用的高强度硅酮结构密封胶应按本标准第 4.6.4、4.6.5 和 4.6.6 条的规定，制备粘结厚度为 1mm 的空白试验试样（图 4.6.7），进行拉伸粘结性测试，得到应力-应变曲线。

4.6.8 拉伸粘结性测试的粘结破坏面积应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定。

4.6.9 当样条发生内聚破坏时，重新粘结“H”形试件的拉伸粘结性测试结果的最大强度可认为是幕墙上取下的硅酮结构密封胶的最大强度。

4.6.10 幕墙上取下的硅酮结构密封胶的最大强度伸长率可按下

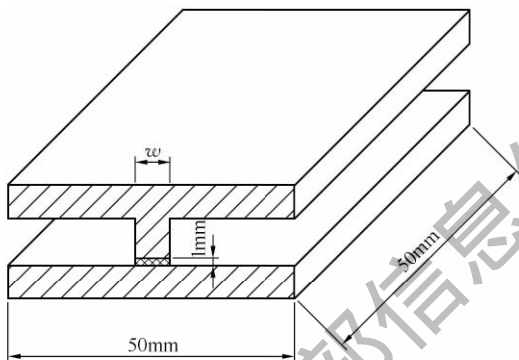


图 4.6.7 高强度硅酮结构胶的空白试验试样

w ——所切取样品的宽度

式计算：

$$\delta = \frac{E_1 - E_2}{H} \times 100\% \quad (4.6.10)$$

式中： δ ——最大强度伸长率（%）；

E_1 ——重新粘结“H”形试件最大强度时的应变（mm）；

E_2 ——重新粘结“H”形试件最大强度时高强度结构胶空白试验试样的应变（mm）；

H ——重新粘结“H”形试件的厚度（mm）。

4.6.11 拉伸粘结强度试件检测单元代表值应为 5 个有效测试结果的平均值，代表值应按下式计算：

$$\bar{T}_s = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 T_s \quad (4.6.11)$$

式中： \bar{T}_s ——拉伸粘结强度试件检测单元代表值（MPa）；

T_s ——拉伸粘结强度单个有效测试结果（MPa）。

5 玻璃幕墙粘结性能现场检测

5.1 一般规定

5.1.1 玻璃幕墙粘结性能的现场检测应优先选择无损检测方法。局部破损检测方法应在测试完毕后及时对检测单元进行修复及固定。

5.1.2 玻璃与副框粘结用硅酮结构密封胶进行粘结性能检测时，应选用气囊法、推杆法或切割拉拔法；对玻璃幕墙中空玻璃面板使用的中空玻璃用硅酮结构密封胶进行粘结性能检测时，宜选用多吸盘法或外箱法。

5.1.3 检测方法应由委托方与检测机构商定。当对检测结果有异议时，应以切割拉拔法或外箱法的检测结果为准。

5.1.4 玻璃幕墙粘结性能的现场检测应逐级加载，加载至荷载标准值或硅酮结构胶变形量的 10% 时，应停止试验。

5.2 硅酮结构密封胶变形位移测量

5.2.1 用推出法、吸盘法、外箱法检测时，硅酮结构密封胶变形位移测量应按本节执行。

5.2.2 位移传感器的精度应为 0.001mm。

5.2.3 位移传感器的安装支架在测试过程中应紧固连接，保证位移的测量不受构件及其支承设施的变形、移动的影响。

5.2.4 检测单元被测玻璃面板长边的 1/2 处和 1/4 处，以及短边的 1/2 处应安装位移传感器（图 5.2.4-1），位移传感器的探针应垂直于硅酮结构密封胶粘结宽度方向并居中（图 5.2.4-2）。

5.2.5 测量两层玻璃之间结构胶变形时，位移传感器支座应固定在外层玻璃上，位移传感器探针应顶在内层玻璃或附加挡块上。测点距离玻璃外边应小于 5mm。

5.2.6 测量玻璃和副框之间结构胶变形时，位移传感器支座应固定在副框上，位移传感器探针应顶在内层玻璃上。测点距离玻璃与胶边界线应小于 5mm。

5.2.7 硅酮结构密封胶变形位移增量应按下式计算：

$$\Delta d = \frac{d_n - d_{n-1}}{d_{n-1}} \times 100\% \quad (5.2.7)$$

式中： Δd ——变形位移增量百分数（%）；

d_n ——第 n 次加载测量的位移传感器读数；

d_{n-1} ——第 $n-1$ 次加载测量的位移传感器读数。

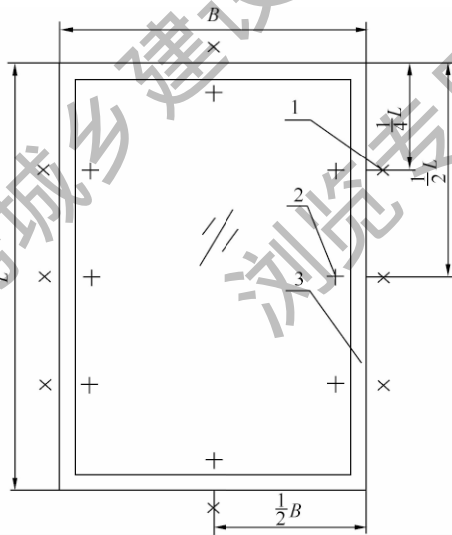


图 5.2.4-1 位移测点示意

1—测量两层玻璃之间结构胶变形测点；2—测量玻璃和副框之间结构胶变形的测点；3—结构胶；

B ——玻璃面板短边长度； L ——玻璃面板长边长度

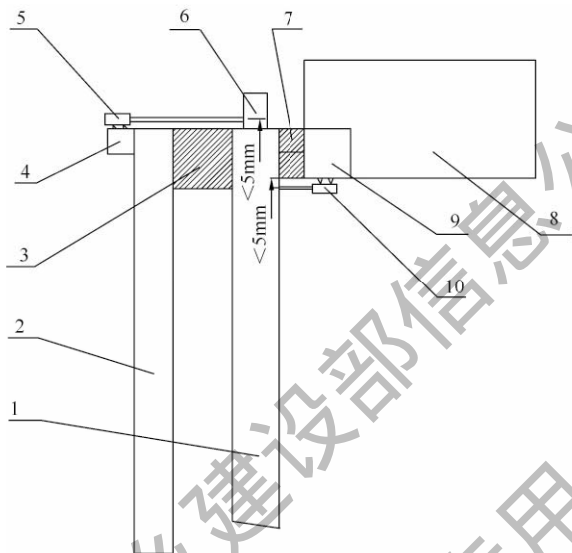


图 5.2.4-2 位移测量示意

1—内层玻璃；2—外层玻璃；3—两层玻璃之间的结构胶；4—位移传感器支座；5—测量两层玻璃之间结构胶变形的位移传感器；6—附加挡块；7—玻璃和副框之间的结构胶；8—主型材；9—副框；10—测量玻璃和副框之间结构胶变形的位移传感器

5.3 推出法

5.3.1 推出法宜用于玻璃与副框粘结材料粘结性能检测，且应在玻璃板块室内侧施加推力进行加载试验。

5.3.2 检测设备应符合下列规定：

1 推出法检测装置应由可调节推杆、反力架、刚性背板、压力测量装置、位移传感器等构成（图 5.3.2）；

2 加载所用各可调节推杆刚度应符合加载规定，即在 5 倍试验推力作用下，各杆件挠度变形量不应超过杆件长度的 5%；气囊承受压力不得低于 5 倍风荷载标准值；

3 压力测量装置精度不应大于 5N，量程不应小于玻璃面板

所需推力的 120%；

4 位移传感器精度应为 0.001mm。

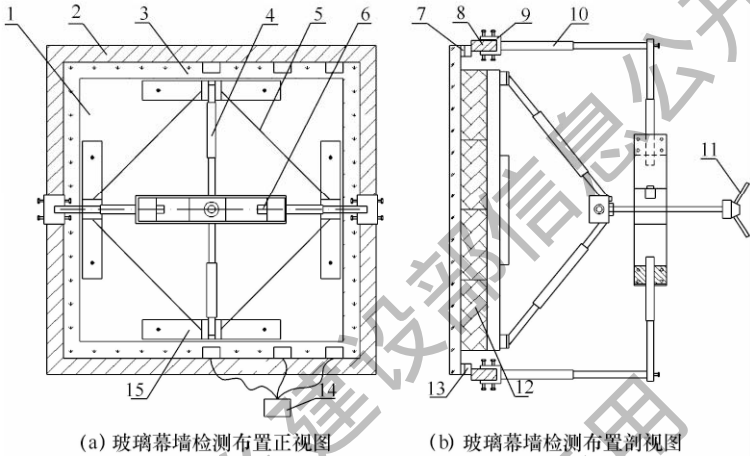


图 5.3.2 推杆法检测装置示意

- 1—刚性背板；2—主龙骨；3—玻璃；4—可调节推杆；5—钢纹线；6—反力架；
7—结构胶；8—立柱；9—夹具；10—支撑杆；11—加力手柄；12—气囊；
13—副框；14—位移传感器；15—固定装置

5.3.3 检测时，被测玻璃板块与周围相邻板块间表面耐候密封胶应全部剥除；硅酮结构密封胶的位移传感器安装位置应符合本标准第 5.2.4 条的规定。

5.3.4 推出法检测应采用分级加载，推力值应根据被测玻璃面板所受风压与面积按下式计算。检测总推力值应等效于风压作用力。

$$F = W_k \cdot S \quad (5.3.4)$$

式中： F ——试验力值（kN）；

W_k ——风荷载标准值（kPa）；

S ——被测玻璃板块面积（ m^2 ）。

5.3.5 每级加载的力值应等效于 250Pa 风压时的作用力，应尽量均匀加载。每级加载时间不应少于 20s，每级稳定时间不应少

于10min，并应记录各位移传感器的测量值。加载过程中若出现硅酮结构密封胶断裂、粘结面开裂、被测玻璃板块松动等破坏情况，应立即停止试验，并应记录硅酮结构密封胶的异常现象。

5.3.6 卸载过程与加载过程相同，卸载后应记录各位移传感器的残余值。

5.3.7 推出法检测应记录包括仪器仪表状态、环境温度、被测玻璃板块尺寸、设计风压值、各级推力值及所对应的硅酮结构密封胶位移值等信息，同时尚应观察并记录被测玻璃板块与硅酮结构密封胶粘结是否存在胶体开裂、粘结面开裂、粘结面脱粘等现象。

5.4 切割拉拔法

5.4.1 切割拉拔法宜用于检测玻璃与铝型材副框粘结用硅酮结构密封胶的最大拉伸粘结强度、最大拉伸强度时伸长率、粘结破坏形式和粘结破坏面积等结果，且应在玻璃面板内侧进行试验。

5.4.2 切割拉拔法检测装置应包括拉拔仪和位移传感器（图5.4.2）。检测装置应符合下列规定：

- 1 检测装置应具有正拉加载功能，加载范围为0N～5000N，精度不应大于5N；
- 2 位移传感器的精度应为0.001mm。

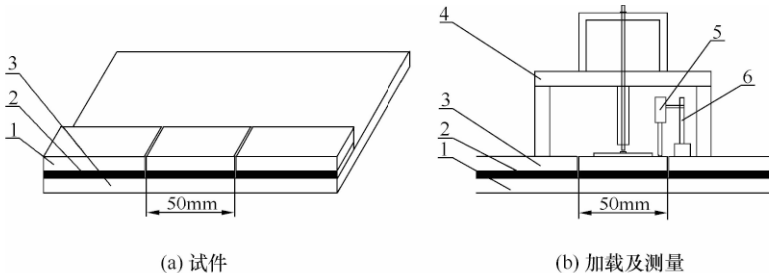


图 5.4.2 切割拉拔法检测装置示意

- 1—铝副框；2—结构胶；3—玻璃；4—拉拔仪；5—位移传感器；
6—位移传感器支座

5.4.3 切割拉拔法试验前应将检测单元被测玻璃板块拆下，并对其铝型材副框及硅酮结构密封胶进行垂直于玻璃表面方向的切割，截取长度 50mm 的被测部位即为检测单元的测点。将测点处的铝型材与检测装置进行连接，连接应足够牢固，避免检测过程中铝型材与检测装置的连接失效。

5.4.4 对测点进行正拉试验，拉伸速度应为 (5 ± 1) mm/min，记录硅酮结构密封胶的最大拉力值、最大拉力时的伸长率、粘结破坏形式及粘结破坏面积等试验结果。最大拉伸粘结强度、最大拉伸强度时伸长率应分别按式 (5.4.4-1)、式 (5.4.4-2) 计算，并测量粘结破坏面积百分率。

$$R_c = \frac{F_t}{S_t} \quad (5.4.4-1)$$

$$R_s = \frac{L_t}{L_0} \times 100\% \quad (5.4.4-2)$$

式中： R_c ——最大拉伸粘结强度 (MPa)，精确至 0.01MPa；

F_t ——最大拉力值 (N)；

S_t ——检测面的切割面积 (mm^2)。

R_s ——最大拉伸强度时伸长率；

L_t ——最大拉伸长度 (mm)；

L_0 ——初始长度 (mm)。

5.4.5 切割拉拔法应取 5 个测点，计算 5 个测点试验数据平均值作为代表值。

5.5 吸 盘 法

5.5.1 吸盘法宜用于单玻璃幕墙或中空玻璃幕墙粘结性能检测，且应在玻璃板块室外侧进行加载试验。

5.5.2 吸盘法检测装置应包括多个跨越加载边缘胶缝的反力支架、载荷联动加载装置、一个测力传感器和多个位移传感器等 (图 5.5.2)。试验装置应符合下列规定：

1 试验设备中反力支架各杆件刚度应满足加载要求，即在

3 倍试验力的作用下，长边杆件远端与近端压应变或拉应变差值不得大于 5%；

2 测力传感器精度应符合：1000N±5N；

3 位移传感器的精度应为 0.001mm；

4 加载装置可采用手动加载，也可采用电动机械加载，手动加载时，转动加力手柄时应用力均匀，平稳加载。

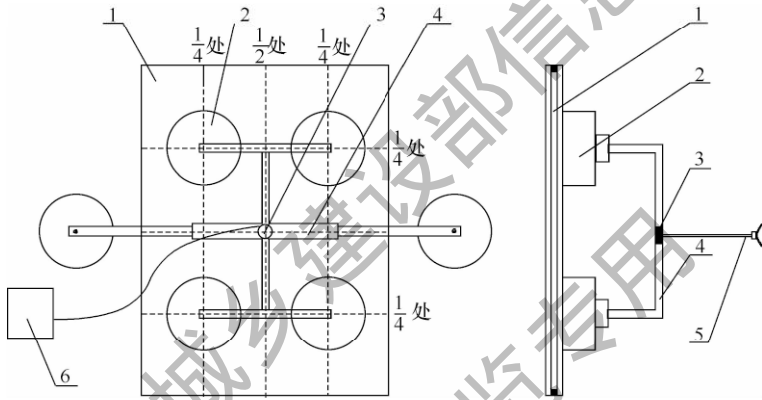


图 5.5.2 吸盘法装置示意及吸盘的布置

1—玻璃；2—吸盘；3—传感器；4—反力支架；5—加力手柄；6—显示仪表

5.5.3 吸盘法检测时应按下列步骤进行：

1 被测玻璃板块与周围相邻板块间表面耐候密封胶应全部剔除；硅酮结构密封胶的位移传感器安装位置应符合本标准第 5.2.4 条的规定。

2 将被测玻璃板块分成 4 个以上面积相等的区域，然后每个区域的中心布置试验吸盘进行试验（图 5.5.2）。

3 试验力值可按式（5.5.3）计算：

$$F = \eta \cdot W_k \cdot S \quad (5.5.3)$$

式中：F——试验力值（kN）；

S——被测板块面积（m²）；

W_k——风荷载标准值（kPa）；

η ——吸盘法试验力加载系数， η 取为 1.35。

4 试验力可分 4 级加载，第一级加载试验力的 40% 作为初始试验力，稳定 10min，观察并记录结构胶位移及其变化情况，如有其他异常现象，应分析原因，消除外在影响因素，重新进行试验；以后的每级加载增量应为试验力的 20%，每级应稳定 10min，观察并记录结构胶的位移或其他异常现象。加载完成后应按加载试验力分级进行试验力的卸载，卸载过程与加载过程相同，卸载后应记录各位移传感器的残余值，观察并记录结构胶的位移或其他异常现象。

5.6 外箱法

5.6.1 外箱法可用于单玻璃幕墙或中空玻璃幕墙粘结性能检测，且应在玻璃板块室外侧安装箱体进行加压试验。

5.6.2 试验设备应包括覆盖整个被测玻璃板块的箱体、供风及自动控制系统、风压计、位移传感器等（图 5.6.2），并应符合下列规定：

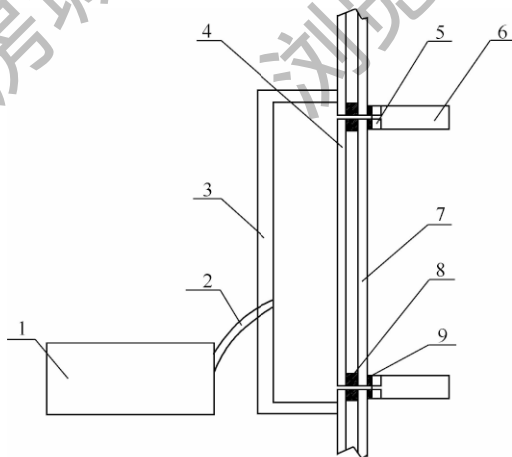


图 5.6.2 外箱法检测装置示意

1—供风及自动控制系统；2—正负压供风管；3—外静压箱；
4—外片玻璃；5—副框；6—主型材；7—内片玻璃；8—内外片
玻璃之间的结构胶；9—内片玻璃与副框之间的结构胶

- 1 试验箱体应密封良好；
- 2 差压传感器精度不应高于 1Pa；
- 3 位移传感器的精度应为 0.001mm。

5.6.3 检测试验开始前应先施加三个压力脉冲。压力差绝对值应为 500Pa，加压速度宜为 100Pa/s，持续时间 3s，待压力差回零后记录各测点的初始位移量，然后开始检测。

5.6.4 检测试验应分级对试验箱体加压，每级不应超过 250Pa，加压级数不得少于 4 级。每级压力加载时间不应小于 20s，每级稳定时间应为 10min。压力加载至荷载标准值 W_k ，当委托方有要求时，检测压力可升至荷载设计值。加压过程中，每级压力稳定后应记录所有位移变形量。加压过程中若出现硅酮结构密封胶断裂、粘结面开裂、被测玻璃板块松动、位移值突然增大等破坏情况，应立即停止试验。最后压力回零后应记录所有位移的残余变形量。

6 检测结果评估

6.1 一般规定

6.1.1 玻璃幕墙粘结可靠性检测结果应包括粘结材料的检测结果和玻璃幕墙粘结性能现场检测结果，其检测单元的结果评估等级应分为 a_u 、 b_u 、 c_u 、 d_u 四个级别，评级标准应符合表 6.1.1 的规定。

表 6.1.1 玻璃幕墙检测单元的可靠性评级表

可靠性等级	评级标准
a_u 级	符合国家现行标准及设计计算书的可靠性规定
b_u 级	略低于国家现行标准或设计计算书的可靠性规定，但不影响安全
c_u 级	不符合国家现行标准或设计计算书的可靠性规定，影响安全
d_u 级	极不符合国家现行标准或设计计算书的可靠性规定，已严重影响安全

6.1.2 玻璃幕墙检验批的粘结可靠性结果评估应对检验批中所有检测单元的检测结果进行综合评估，其结果应分为 A_u 、 B_u 、 C_u 、 D_u 四个等级，评级标准应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 玻璃幕墙检验批的可靠性评级表

可靠性等级	评级标准
A_u 级	符合国家现行标准及设计计算书的可靠性规定
B_u 级	略低于国家现行标准或设计计算书的可靠性规定，但不影响安全
C_u 级	不符合国家现行标准或设计计算书的可靠性规定，影响安全
D_u 级	极不符合国家现行标准或设计计算书的可靠性规定，已严重影响安全

6.2 玻璃幕墙粘结材料检测结果评估

6.2.1 玻璃幕墙检测单元的粘结材料检测结果评估应包括对粘结材料外观、尺寸、邵尔 A 硬度、化学成分、拉伸粘结强度、最大拉伸强度时伸长率的检测结果评估。

6.2.2 新建玻璃幕墙工程粘结材料现场检测结果评估应符合国家现行标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 和《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定。

6.2.3 玻璃幕墙粘结材料检测结果评估应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 玻璃幕墙检测单元的粘结材料检测结果评估

等级	a ₀ 级	b ₀ 级	c ₀ 级	d ₀ 级
粘结材料品种、类型及外观	粘结材料品种、类型符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定。外观光滑、平整、无粉化、无龟裂、无胶体开裂、无粘结面开裂现象	粘结材料品种、类型符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定。外观局部粉化、龟裂，粉化龟裂面积不大于 5%；无胶体开裂、无粘结面开裂现象	粘结材料品种、类型符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定。外观局部粉化、龟裂，粉化龟裂面积大于 5%，但小于 20%；局部胶体开裂或粘结面开裂，且开裂总面积不大于 5%	粘结材料品种、类型符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定。外观局部粉化、龟裂，粉化龟裂面积大于 20%；局部胶体开裂或粘结面开裂，且开裂总面积大于 5%。或粘结材料品种、类型不符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定
粘结材料尺寸	粘结材料尺寸符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 及设计计算书的规定	粘结材料尺寸小于设计计算值，但经复核验算能够符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定	粘结材料尺寸不符合设计计算及现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定，粘结材料尺寸低于设计计算值 20% 及以上	粘结材料尺寸极不符合设计计算及现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定，粘结材料尺寸低于设计计算值超 20%

续表 6.2.3

等级	a ₀ 级	b ₀ 级	c ₀ 级	d ₀ 级
邵尔 A 硬度	邵尔 A 硬度符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定	局部邵尔 A 硬度不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，但经二次取样检测后满足要求	局部邵尔 A 硬度不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，超出现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的技术指标 5% 及以上	局部邵尔 A 硬度不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，超出现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的技术指标 5% 以上；或全部邵尔 A 硬度不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定
化学成分	经红外光谱分析检测符合现行行业标准《建筑门窗幕墙用中空玻璃弹性密封胶》JG/T 471 的规定，且检测为硅酮成分产品	—	—	经红外光谱分析检测不符合现行行业标准《建筑门窗幕墙用中空玻璃弹性密封胶》JG/T 471 的规定，且检测为非硅酮成分产品
拉伸粘结强度、最大拉伸强度时伸长率	拉伸粘结强度、最大拉伸强度时伸长率检测结果符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定	拉伸粘结强度检测结果符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 中老化后拉伸强度指标的规定；最大拉伸强度时伸长率不小于 80%；或按现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 经设计计算复核满足设计要求	拉伸粘结强度检测结果符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 中老化后拉伸强度指标；最大拉伸强度时伸长率小于 80%；且按现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 经设计计算复核不满足设计要求	拉伸粘结强度检测结果不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 中老化后拉伸强度指标；最大拉伸强度时伸长率小于 80%；且按现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 经设计计算复核不满足设计要求

6.3 玻璃幕墙粘结性能检测结果评估

6.3.1 玻璃幕墙检测单元粘结性能现场检测结果应包括现场检测时所选用方法的检测结果评估，检测结果评估应按表 6.3.1 进行。

表 6.3.1 检测单元玻璃幕墙粘结性能检测结果评估

等级	a _n 级	b _n 级	c _n 级	d _n 级
外箱法	<p>试验压力值满足风荷载标准值时，分级加载各级稳定阶段力值衰减小于10%，胶的变形增量小于10%，且检测单元未出现松动等异常现象</p>	<p>试验压力值满足风荷载标准，检测单元未出现玻璃松动等异常现象，分级加载时胶的变形增量有明显增大趋势，最大变形增量在10%~15%</p>	<p>试验压力值满足0.75倍风荷载标准值时，检测单元未出现玻璃松动等异常现象，分级加载时胶的变形增量有明显增大趋势，最大变形增量在10%~15%</p>	<p>试验压力值不大于0.75倍风荷载标准值时，检测单元出现玻璃松动、胶体开裂或粘结界面破坏；或分级加载时，胶的变形增量大于15%</p>
推出法、吸盘法	<p>试验压力值满足风荷载标准值时，分级加载各级稳定阶段力值衰减小于10%，胶的变形增量小于10%，且检测单元未出现玻璃松动等异常现象</p>	<p>试验压力值满足风荷载标准，检测单元未出现玻璃松动等异常现象，分级加载稳定阶段力值衰减有明显增大趋势，衰减量小于10%，胶的变形增量也有明显增大趋势，最大变形增量在10%~15%</p>	<p>试验压力值满足0.75倍风荷载标准值，检测单元未出现玻璃松动等异常现象，分级加载稳定阶段力值衰减有明显增大趋势，衰减量小于15%，胶的变形增量也有明显增大趋势，最大变形增量在10%~15%</p>	<p>试验压力值不大于0.75倍风荷载标准值时，检测单元出现下列情况之一者： 1 玻璃松动、胶体开裂或粘结界面破坏； 2 分级加载稳定阶段，力值衰减量大于15%； 3 胶的变形增量大于15%</p>

续表 6.3.1

等级	a _u 级	b _u 级	c _u 级	d _u 级
切割拉拔法	拉伸强度、断裂伸长率、粘结破坏面积测试结果符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定	拉伸强度测试结果不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，但经复核验算能够满足设计要求。检测单元的粘结破坏面积检测结果符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定	某个检测单元拉伸强度、断裂伸长率、粘结破坏面积均不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，但经二次抽样检测后，检测结果符合规定	某个检测单元拉伸强度、断裂伸长率、粘结破坏面积均不符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，经二次抽样检测后，检测结果仍不符合规定

6.3.2 当检测单元选用多种检测方法进行检测时，应分别对每种检测方法的结果进行评估。

6.4 玻璃幕墙粘结可靠性检测结果评估

6.4.1 玻璃幕墙粘结可靠性检测结果评估应分别给出每个检验批的粘结可靠性检测结果评估。不同检验批的检测结果评估不再进行累计。

6.4.2 玻璃幕墙检验批的粘结可靠性检测结果评估应按照表 6.4.2 进行。

表 6.4.2 玻璃幕墙检验批的粘结可靠性检测结果评估

评定对象	A _u	B _u	C _u	D _u
玻璃幕墙检验批	不含 c _u 和 d _u 级检测结果，可含不多于 30% 的 b _u 级检测结果	不含 d _u 级检测结果，可含不多于 15% 的 c _u 级检测结果	可含不多于 10% 的 d _u 级检测结果	不利状况多于 C _u 级

注：B_u 中的 c_u 仅包括粘结材料外观、尺寸、邵尔 A 硬度的检测结果。

6.5 评估报告

6.5.1 检测评估报告应包含下列内容，并应符合表 6.5.1 的规定：

- 1 委托单位、工程名称、工程情况、检验批划分及检测单元选择；
- 2 检测项目、检测方法选择；
- 3 主要仪器设备名称及型号；
- 4 检测结果描述及记录，可附影像资料；
- 5 图示记录检测中发现的异常部位；
- 6 检测结果评估；
- 7 检测日期、环境条件及双方约定的其他需要记录的信息。

表 6.5.1 检测评估报告表

检测日期	检测环境条件	
工程概况	工程名称	
	工程地点	
	建设单位	
	委托单位	
	施工单位	
检测项目		
检测方法		
检验批划分及检测单元选择		
主要仪器设备名称及型号		
检测结果描述及记录		
图示记录检测中发现的异常部位		
检测结果评估		
备注		

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）》GB/T 531.1
- 2 《红外光谱分析方法通则》GB/T 6040
- 3 《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776
- 4 《高处作业吊篮》GB/T 19155
- 5 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
- 6 《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102
- 7 《建筑门窗幕墙用中空玻璃弹性密封胶》JG/T 471