

JC/T ×××-××××

**《玻璃熔窑用耐火材料动态下抗玻璃液
侵蚀试验方法》
(征求意见稿)**

编制说明

标准编制组

2025 年 07 月

1. 任务来源

根据工业和信息化部《工业和信息化部办公厅关于印发 2023 年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔2023〕42 号）的要求，由中国国检测试控股集团股份有限公司承担《玻璃熔窑用耐火材料动态下抗玻璃液侵蚀试验方法》标准制定工作，项目编号为：2023-0799T-JC。

2. 目的和意义

随着玻璃工业的发展，对玻璃的研发与生产提出越来越高的要求，玻璃熔窑用耐火材料如熔铸锆刚玉砖、电熔刚玉砖和高铝砖等，多用于玻璃窑的关键部位，直接与玻璃液接触，不仅关乎窑炉安全运行和寿命，也直接影响玻璃成品的质量。动态下抗玻璃液侵蚀试验能模拟耐火材料在玻璃窑内的实际工况，是表征玻璃熔窑用耐火材料重要的性能参数，是评价玻璃熔窑用耐火材料对玻璃质量影响的重要参考指标。

3. 主要技术内容

本文件规定了玻璃熔窑用耐火材料动态下抗玻璃液侵蚀试验方法的原理、仪器设备、试样、试验步骤、结果计算及试验报告。适用于玻璃熔窑用耐火材料在动态、等温条件下抗玻璃液侵蚀性能的测定。

4. 工作过程

标准计划下达后，标准负责起草单位确立了标准编制组，并进行了全国该方法需求和试验方法开展情况的调研，组织玻璃熔窑用耐火材料生产厂家和使用单位对该标准的制定做了前期的准备工作，确定了标准制定方案和工作计划。

2023 年 7 月，标准计划下达之后，标准负责起草单位确立了标准编制组，确定工作计划。

2023 年 8 月至 2023 年 12 月，对玻璃熔窑用耐火材料应用场景和国内外相关标准进行分析。

2024 年 1 月至 2024 年 5 月，收集相关技术资料，进行设备调试。

2024 年 6 月至 2025 年 6 月，进行相关参数调整，开展验证试验。

2025 年 7 月，标准编制组召开工作组讨论会，并公开征求意见。

5. 标准编制原则

遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”

的原则。在标准制定过程中，进行全面市场调研及向社会公开征求意见，了解行业背景及现状，并结合调研和征求意见，适时修改，不断完善，注重标准的经济性和社会效益。

注重标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合。编写标准过程中在充分调查研究的基础上，认真分析国内外同类技术标准的技术水平，进行大量的试验验证和推广应用。

本着先进性、科学性、合理性和可操作性以及标准的统一性、协调性、适用性、一致性和规范性的原则。编制过程注意符合法律法规的规定以及与相关标准协调，避免与法律法规、相关标准之间出现矛盾，对标准的实施造成困难。

在编制过程中主要按 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写规则》编写。在确定本标准主要技术内容时，综合考虑玻璃熔窑用耐火材料使用部位与实际工况，充分体现标准在技术上的先进性和合理性。

6. 确定标准主要技术内容的依据

6.1 试样形状尺寸

对比圆柱体试样和长方体试样，圆柱体试样尺寸为 $\varnothing 20\text{mm}$ ，长方体试样尺寸为 $15\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，为便于控制试样浸入玻璃液中的高度，将两种形状试样的长度统一为 100mm 。试样接触玻璃液的面积不同，其侵蚀结果也不同。计算两种形状试样与玻璃液的接触面积：

圆柱体试样面积： $S_{\text{圆}}=6.28h+3.14$ ；

长方体试样面积： $S_{\text{方}}=5h+1.5$ 。

其中 h 为试样浸入玻璃液中的深度。比较以上计算结果可知，长方体试样和圆柱体试样在浸入玻璃液中深度相同时，面积相差不大。

对于制样的可操作性和准确性而言，长方体试样易制取，且可精确打磨，试样表面平整度和光滑程度会直接影响测量结果的准确性；对于尺寸测量法和面积测量法，侵蚀后的试样需要对半切开，圆柱体试样固定难度较大，若切割线偏离中心线会导致所测数据与实际直径相差较大，影响测试结果准确性，长方体试样切割更便于掌握。如果长方体试样和圆柱体试样在侵蚀量极少的情况下，方形试样的边缘还没有被侵蚀成弧形时，锯片的厚度和试样中心切割线位置有少许偏差是影响不大的，但圆柱体试样不同，侵蚀量越少，锯片的厚度和试样中心线的位置

置要求越高，否则会因为切割的并非圆截面的直径而是其中一条弦，导致与实际误差相差更大。

对于两种试样形状的适用情况而言，长方体试样的侵蚀存在棱角效应，棱角处的侵蚀速率更快，可以放大侵蚀差异，能更敏感地反映材料抗侵蚀性能的优劣，尤其适用于横向对比不同材料；圆柱体试样的侵蚀后形貌更均匀，应力分布也更均匀，更贴近窑炉内耐火材料的实际服役环境，尤其适用于长时间的动态下抗侵蚀试验。

综合以上分析，长方体试样和圆柱体试样的优缺点如下表 1：

表 1 长方体试样和圆柱体试样特性对比

	长方体试样	圆柱体试样
试样制取、切割	精准，可操作性强	测试后的样品变形，切割会存在偏差
侵蚀敏感性	较高	较低
数据稳定性	棱角处应力集中，数据有波动	不存在应力集中，数据稳定性较好
典型适用场景	材料横向对比	高抗蚀材料的研发、服役模拟

由于该试验方法适用于多种玻璃熔窑用耐火材料的测试，考虑到试样打孔的可操作性，通孔距离上端太近试样易崩裂，通孔的中心距离样品上端 15mm，不会消耗过多试样长度，并且能方便打孔操作。

试样要求如图 1 所示。长方体试样的宽度为 $(15\text{mm}\pm 0.1)\text{mm}$ ，厚度为 $(10\text{mm}\pm 0.1)\text{mm}$ 。圆柱体试样的直径为 $(20\pm 0.1)\text{mm}$ 的长度均为 $(100\text{mm}\pm 0.5)\text{mm}$ ，试样钻孔直径为 $\text{Ø}6\text{mm}$ ，孔中心距离样品上端 15mm。

单位为毫米

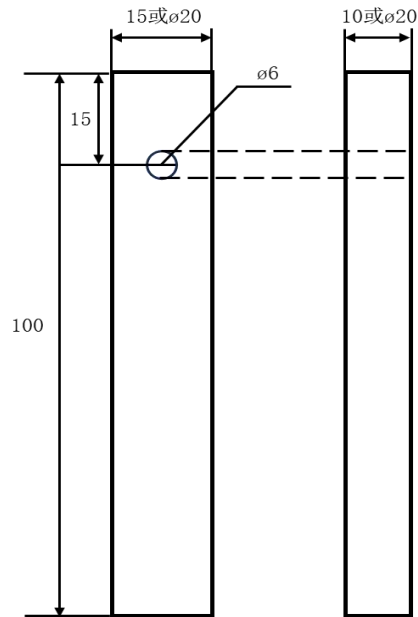


图 1 试样尺寸示意图

6.2 固定装置

固定装置可自主选用转盘或螺栓（任选其一），材质均为高强度的耐高温材质，如氧化铝或刚玉-莫来石等。若旋转半径过小，会使试样旋转速度过快，在坩埚内形成明显涡流，对试样进行侵蚀的玻璃液会受离心力的作用，脱离试样表面，且表面附着的玻璃液没有足够的反应时间，会影响试验结果；若旋转半径过大，会使试样旋转速度过慢，试验过程接近静态法，无法达到动态法的试验目的，并且大的旋转装置能耗也更高。综合考虑试验方法的合理性和可操作性，规定旋转半径应为 30mm-50mm，推荐旋转半径为 30mm。

转盘固定装置如图 2 所示。推荐转盘为直径为 $\varnothing 110\text{mm}$ ，厚度为 10mm 的圆盘，圆盘中心钻有直径为 $\varnothing 30\text{mm}$ 的圆孔，用于固定旋转轴，四周均匀分布固定试样的孔洞，孔洞尺寸与试样尺寸对应，且刻有放置固定棒的凹槽，凹槽宽度为 6mm，与试样打孔直径一致。固定装置所用转盘的直径应不小于坩埚直径，按照标准要求下降样品，可在一定程度上减少高温下玻璃液成分挥发。

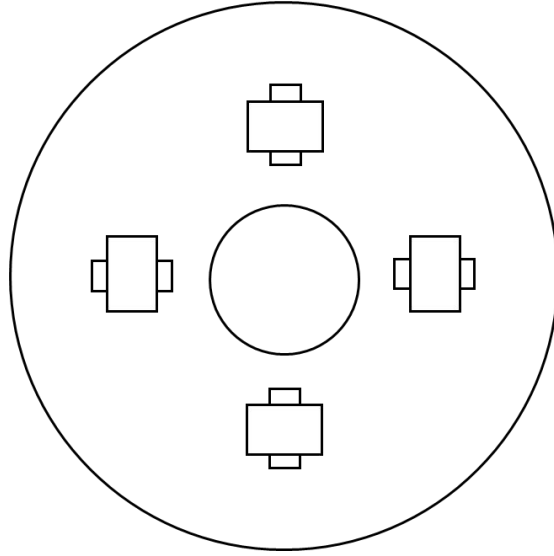


图 2 转盘固定试样示意图

螺栓固定装置如图 3 所示。螺栓直径为 $\varnothing 6\text{mm}$ ，长度不小于 90mm。试样与旋转轴之间用厚度为 5mm 的耐高温垫片隔开，防止粘连，末端用螺母固定。该固定装置操作简单，易挂取，不易粘连。

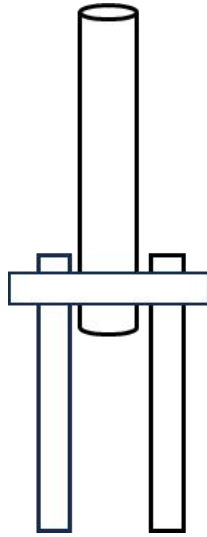


图 3 螺栓固定试样示意图

6.3 转速

试验转速应根据玻璃窑用耐火材料的实际工况和试验的旋转半径进行计算，由式（1）和式（2）推导出计算公式为式（3）：

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (1)$$

$$N = \frac{\omega}{2\pi} \quad (2)$$

$$N = \frac{v}{2\pi r} \quad (3)$$

式中： ω ——角速度，单位为弧度/分钟（rad/min）；

N ——旋转轴转速，单位为转/分钟（r/min）；

v ——试验耐火材料在窑炉使用位置处玻璃液流速，单位为米/分钟（m/min）；

r ——旋转半径，单位为米（m）。

根据调研发现，通常玻璃窑内玻璃液的流速为 0.06-0.6m/min，流液洞处因截面积减少，流速更快。经过文献调研和验证试验发现：转速过大，会导致玻璃熔液形成明显涡流，出现离心力，导致玻璃液对试样的侵蚀反应时间不足，测试过程与玻璃窑炉实际工况差异较大，且液面线呈不规则状，难以准确确认液面线部位；转速过小，则接近静态下抗玻璃液侵蚀的试验过程。因此推荐转速为 1-4r/min，对应的玻璃液流速约为 0.19-0.75 m/min，符合大部分玻璃窑中玻璃液的流速。

6.4 试验温度和时间

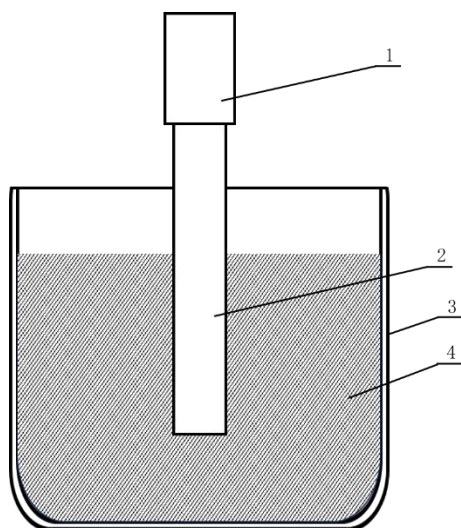
为保证试验过程更符合实际工况，试验结果更具有可靠性，试验温度应与玻璃窑用耐火材料实际使用温度一致，侵蚀时间由供需双方商定。

7. 主要试验（或验证）情况分析

选取玻璃窑池壁、池底和流液洞等与玻璃液直接接触部位常用的典型耐火制品（AZS33#、AZS36#、AZS41#和 80#高铝砖）和市场占比较大的典型玻璃（钠钙玻璃和高硼硅玻璃），进行验证试验。使用的设备是 1750℃高温电炉，控温精度可达±1℃。

7.1 前期探究试验

项目前期从可操作性出发，进行了自转法试验，即直接将试样用螺栓固定在空心旋转轴的内部，装置如图 4 所示，表 2 为采用圆柱体试样，进行自转法动态抗侵蚀试验的相关数据。



1-旋转轴；2-试样；3-坩埚；4-试验用玻璃

图 4 自转法装置示意图

表 2 玻璃窑用典型耐火材料的动态下抗玻璃液侵蚀速度（钠钙玻璃、自转法）

试样名称	试验条件	液面线处侵蚀速度（mm/24h）
AZS 33#	1500℃×48h 2r/min	0.75
	1500℃×48h 4r/min	0.86
	1500℃×48h 6r/min	0.92
	1500℃×48h 12r/min	0.88
	1500℃×48h 25r/min	0.56
	1500℃×48h 30r/min	0.70
	1500℃×48h 50r/min	0.31
AZS 36#	1500℃×48h 2r/min	0.62
	1500℃×48h 4r/min	0.74
	1500℃×48h 6r/min	0.89
	1500℃×48h 12r/min	0.69
	1500℃×48h 25r/min	0.48
	1500℃×48h 30r/min	0.45
	1500℃×48h 50r/min	0.22
AZS 41#	1500℃×48h 2r/min	0.54
	1500℃×48h 4r/min	0.66

	1500℃×48h 6r/min	0.74
	1500℃×48h 12r/min	0.52
	1500℃×48h 25r/min	0.35
	1500℃×48h 30r/min	0.50
	1500℃×48h 50r/min	0.11

经过多方验证，发现自转法的动态下抗玻璃液侵蚀试验结果偏小，远小于静态下抗玻璃液侵蚀的试验结果。这是因为试样在玻璃液中自转时，在装有玻璃熔液的坩埚中位置是不变的，但耐火材料在玻璃窑炉中接触的是不断流动的新鲜玻璃熔液，故自转法与实际工况不符。

7.2 试验步骤

7.2.1 试样准备

按照制样要求制成尺寸为 $(15\pm0.1)\times(10\pm0.1)\times(100\pm0.5)$ mm 的长方体试样或 $\varnothing(20\pm0.1)$ mm $\times(100\pm0.5)$ mm 的圆柱体试样，距离上端 15mm 处钻有 $\varnothing6$ mm 通孔，试样照片如图 5 和图 6 所示。试验前检查试样表面应平整、无明显缺陷及裂纹，若有则需重新制取。

安装试样前应测定试验前整个试样的体积，首先用测量显微镜测量试样预期液面线处、液面线下二分之一处的尺寸和总高度，分别记为 G、H 和 l。为减小因不同品种玻璃熔化后液面线高度不一致的影响，试样上下尺寸应尽可能保持一致。再按照 GB/T 2997 的规定，测定试验前整个试样的悬浮质量（ m_2 ）和饱和质量（ m_3 ），精确至 0.01g，并用比重计测定浸液密度（ ρ_{ing} ），按式（4）计算得到试验前整个试样的体积（ V_1 ）。

$$V_1 = \frac{m_3 - m_2}{\rho_{\text{ing}}} \times 1000 \quad (4)$$

式中： V_1 ——试验前整个试样的体积，单位为立方毫米（ mm^3 ）；

m_2 ——整个试样悬浮在浸液中的质量，单位为克（g）；

m_3 ——整个试样的饱和质量，单位为克（g）；

ρ_{ing} ——浸液密度，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）。

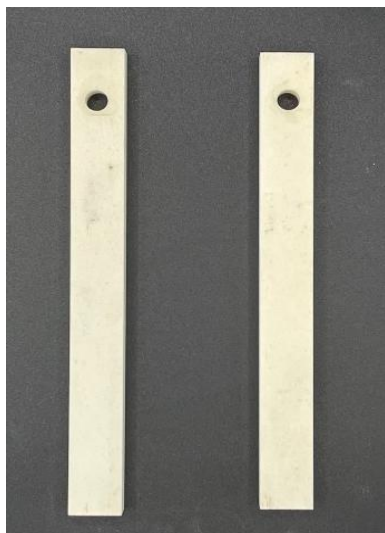


图 5 长方体试样

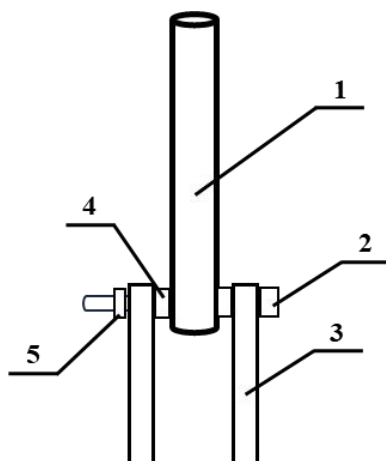


图 6 圆柱体试样

7.2.2 试样安装

测量结束后，将试样在 110℃ 下干燥至恒重。验证试验所用旋转轴为氧化铝材质，外径尺寸为 $\phi 30\text{mm}$ ；固定螺栓为氧化铝材质，尺寸为 $\phi 6\text{mm}$ ，长度为 90mm；所用垫片和螺母为螺栓同材质；固定转盘和试样的固定棒均为锆莫来石材质，转盘与旋转轴的连接装置为氧化铝材质。

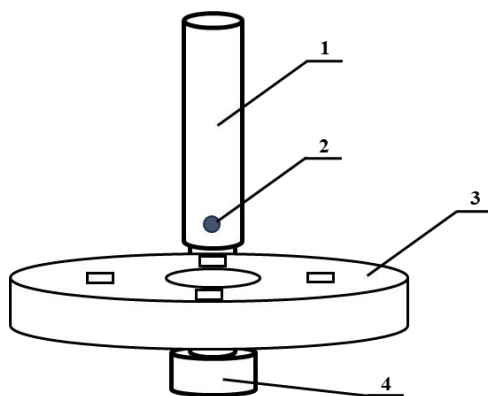
螺栓固定法：将试样用氧化铝螺栓与旋转轴连接，试样和旋转轴之间用氧化铝垫片隔开，最后用氧化铝螺母拧紧固定。（如图 7）



1-旋转轴；2-螺栓；3-试样；4-垫片；5-螺母

图 7 螺栓固定法安装示例

转盘固定法：将试样穿过铅莫来石转盘，用铅莫来石细棒固定，再用氧化铝配件将转盘与旋转轴连接。（如图 8）



1-旋转轴；2-螺栓；3-转盘；4-氧化铝配件

图 8 转盘固定法安装示例

7.2.3 侵蚀测试

将试验用玻璃装入坩埚，安装后的试样应随旋转轴升至坩埚上方，关闭炉门，启动升温程序，为确保玻璃完全熔化，升至目标温度 1h 后再下降试样。因为不同品种的玻璃在熔化后液面下降的高度不同，所以不对试样浸入玻璃液的深度做统一要求，保证下降试样至下端距离坩埚底部 30mm，按照目标转速启动旋转轴，开始动态下抗玻璃液侵蚀试验，保温时间结束后上升试样，随炉冷却至室温后取出试样，两种形状的试样如图 9 和图 10 所示。



图 9 侵蚀后长方体试样



图 10 侵蚀后圆柱体试样

7.2.4 侵蚀后试样处理及结果计算

首先将侵蚀后的试样从旋转轴上取下，标记试样顺序。考虑到侵蚀后的试样形貌不同，设有三种测量方法，包括尺寸测量法、面积测量法和体积测量法。液面线处侵蚀量较大且形貌较规则的试样推荐使用尺寸测量法，侵蚀形貌不规则的试样推荐使用面积测量法和体积测量法。尺寸测量法和面积测量法需用厚度不大于 1mm 的金刚石锯片将试样的旋转外侧面沿纵向对半切开。使用体积测量法不需将试样对半切开，喷砂去除表面玻璃后，沿液面线附近有侵蚀痕迹的最上沿切开，采用排水法测量浸入玻璃液部分的试样剩余体积。

7.2.4.1 尺寸测量法

用金刚石锯片将试样沿中线切开（如图 11），在测量显微镜下测量两块切开的试样液面线最薄处的长度，记录为 g_1 或 g_2 ，液面线下二分之一处的厚度，记

录为 h_1 和 h_2 。计算试样液面线处和液面线下二分之一处被玻璃熔液侵蚀的深度。

液面线处的侵蚀按式（5）计算：

$$G_c = \frac{1}{2} \left[G - \frac{1}{2} (g_1 + g_2) \right] \quad (5)$$

式中： G_c ——液面线处侵蚀量，单位为毫米（mm）；

G ——试验前试样液面线处的直径，单位为毫米（mm）；

g_1 、 g_2 ——分别为两块切开试样液面线处的厚度，单位为毫米（mm）。

液面线下二分之一处的侵蚀按式（6）计算：

$$H_c = \frac{1}{2} \left[H - \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \right] \quad (6)$$

式中： H_c ——液面线下二分之一处侵蚀量，单位为毫米（mm）；

H ——试验前试样液面线下二分之一处的直径，单位为毫米（mm）；

h_1 、 h_2 ——分别为两块切开试样液面线下二分之一处的厚度，单位为毫米（mm）。



图 11 侵蚀后试样切割示意图

7.2.4.2 面积测量法

用金刚石锯片将试样沿中线切开（如图 11），再将试样未浸入玻璃液部分切除，按照浸入玻璃液高度和试样原始尺寸计算侵蚀前的试样面积（ S ），将该部分试样浸入折射率液中，置于测量显微镜下测量试样面积，记录为 s_1 和 s_2 。根据式（7）计算试样浸入玻璃熔液部分被侵蚀的面积，即面积损失率（ S_c ）。

$$S_c = \left(1 - \frac{s_1 + s_2}{2S} \right) \times 100\% \quad (7)$$

式中：S_c——面积损失率，%；

S——侵蚀前试样液面线下的面积，单位为平方毫米（mm²）；

s₁、s₂——分别为两块切开试样液面线下的剩余面积，单位为平方毫米（mm²）。

结果精确至小数点后第二位，数值修约按GB/T 8170的规定进行。

7.2.4.3 体积测量法

使用喷砂机去除试样表面附着的玻璃，采用测量显微镜测量未浸入玻璃液试样部分的高度(h)，用金刚石锯片将试样未浸入玻璃液部分切除，按照 GB/T 2997 的规定，将该部分试样放入浸液槽中，当浸液完全淹没试样后，测定剩余试样悬浮在浸液中的质量（m₂'），精确至 0.01g；从浸液中取出试样，除掉多余液体，用天平称量剩余试样的饱和质量（m₃'），精确至 0.01g。用液体比重计测定浸液密度（ρ_{ing}），精确至 0.001 g/cm³，通过式（8）计算得到 V₂。

$$V_2 = \frac{m_3' - m_2'}{\rho_{ing}} \times 1000 \quad (8)$$

式中：V₂——液面线下剩余试样的体积，单位为立方毫米（mm³）；

m₂'——液面线下剩余试样悬浮在浸液中的质量，单位为克（g）；

m₃'——液面线下剩余试样的饱和质量，单位为克（g）；

ρ_{ing}——浸液密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）。

得到 V₂ 后按照式（9）和（10）计算体积损失率（V_c），结果精确至小数点后第二位，数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

$$V_1' = \frac{l-h}{l} \times V_1 \quad (9)$$

$$V_c = \frac{V_1' - V_2}{V_1} \times 100\% \quad (10)$$

式中：l——试验前试样的高度，单位为毫米（mm）；

h——未浸入玻璃液试样的高度，单位为毫米（mm）；

V₁'——浸入玻璃液部分试样试验前的体积，单位为立方毫米（mm³）；

V₁——侵蚀前试样液面线下的体积，单位为立方毫米（mm³）；

V₂——侵蚀后试样液面线下的剩余体积，单位为立方毫米（mm³）；

V_c——体积损失率，%。

7.3 验证数据

7.3.1 尺寸测量法

表3和表4为多种玻璃窑用典型耐火材料在钠钙玻璃和高硼硅玻璃中的抗侵蚀试验结果。表3为钠钙玻璃测试的验证数据，当转速达到12r/min时液面线开始趋于不规则，转速为25r/min和30r/min时液面线明显不规则，无法准确测量，因此没有数据结果。后续试验也考虑到高于12r/min的转速会在玻璃液中产生明显涡流，且对应流速过快，这与玻璃窑炉实际工况不符，结果不具有参考价值，故未再进行转速高于12r/min的试验。

表3 玻璃窑用典型耐火材料的动态下抗玻璃液侵蚀速度（钠钙玻璃）

试样名称	试验条件	液面线处侵蚀速度（mm/24h）
AZS 33#	1500℃×48h 2r/min	1.98
	1500℃×48h 4r/min	2.12
	1500℃×48h 6r/min	2.20
	1500℃×48h 12r/min	2.10
	1500℃×48h 25r/min	液面线不规则无法测量
	1500℃×48h 30r/min	液面线不规则无法测量
AZS 36#	1500℃×48h 2r/min	1.89
	1500℃×48h 4r/min	2.14
	1500℃×48h 6r/min	2.19
	1500℃×48h 12r/min	1.96
	1500℃×48h 25r/min	液面线不规则无法测量
	1500℃×48h 30r/min	液面线不规则无法测量
AZS 41#	1500℃×48h 2r/min	1.69
	1500℃×48h 4r/min	1.86
	1500℃×48h 6r/min	1.92
	1500℃×48h 12r/min	1.85
	1500℃×48h 25r/min	液面线不规则无法测量
	1500℃×48h 30r/min	液面线不规则无法测量

Z80#高铅 砖	1500℃×48h 2r/min	1.12
	1500℃×48h 4r/min	1.29
	1500℃×48h 6r/min	1.32
	1500℃×48h 12r/min	1.30

表 4 玻璃窑用典型耐火材料的动态下抗玻璃液侵蚀速度（高硼硅玻璃）

试样名称	试验条件	液面线处侵蚀速度（mm/24h）
AZS 36#	1580℃×48h 2r/min	1.86
	1580℃×48h 4r/min	1.99
	1580℃×48h 6r/min	2.08
AZS 41#	1580℃×48h 2r/min	1.50
	1580℃×48h 4r/min	1.61
	1580℃×48h 6r/min	1.73
Z80#高铅 砖	1580℃×48h 2r/min	1.48
	1580℃×48h 4r/min	1.56
	1580℃×48h 6r/min	1.61

7.3.2 面积测量法

为减少无效数据，结合玻璃窑中玻璃液的常规流速，选择了 2r/min 和 4r/min 的转速进行验证试验，根据旋转半径计算，对应的玻璃液流速分别为 22.62 m/h 和 45.24 m/h。表 5 为 3 种玻璃窑用典型耐火材料在普通钠钙玻璃中的抗侵蚀试验结果，结果以面积损失率表示。表中每个试验条件列出了两个数据结果，分别为验证数据中的最大值和最小值。

表 5 玻璃窑用典型耐火材料的动态下抗玻璃液侵蚀试验结果（钠钙玻璃）

试样名称	试验条件	面积损失率/%
AZS 36#	1500℃×48h 2r/min	5.93
		5.02
AZS 41#		4.36
		3.88
Z80#高铅砖		3.01

		2.72
AZS 36#	1500℃×48h 4r/min	6.91
		5.87
AZS 41#		4.28
		4.76
Z80#高锆砖		4.02
		3.60

7.3.3 体积测量法

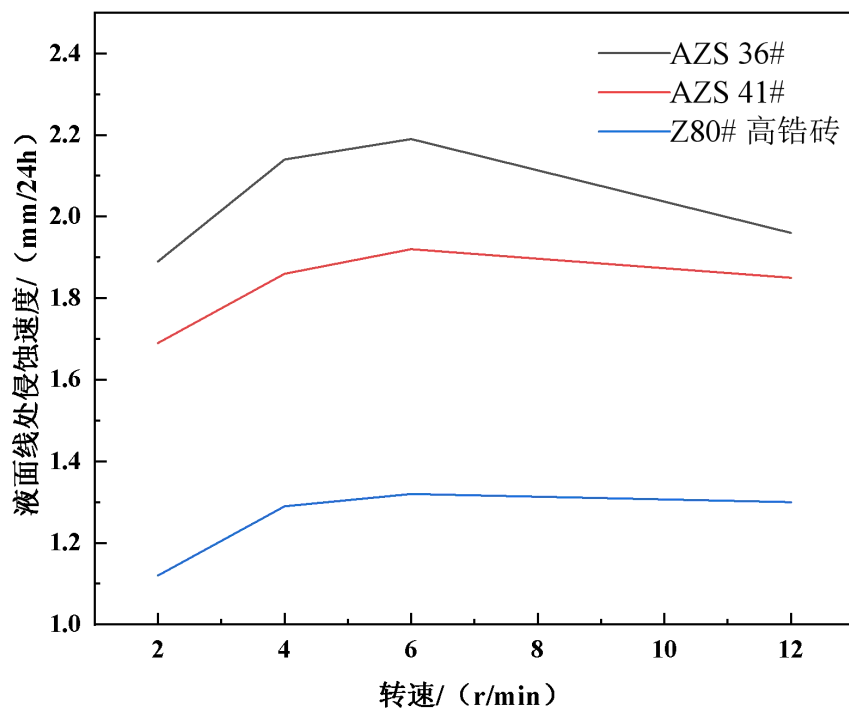
表 6 为多种玻璃窑用典型耐火材料在普通钠钙玻璃中的抗侵蚀试验结果，结果以体积损失率表示。表中每个试验条件列出了两个数据结果，分别为验证数据中的最大值和最小值。

表 6 玻璃窑用典型耐火材料的动态下抗玻璃液侵蚀试验结果（钠钙玻璃）

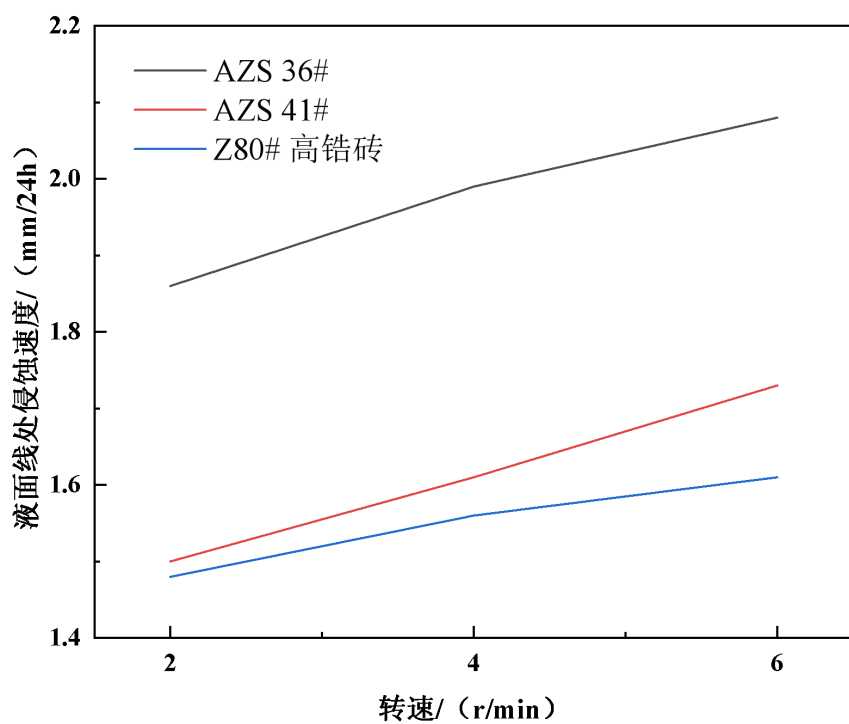
试样名称	试验条件	体积损失率/%
AZS 36#	1500℃×48h 2r/min	8.99
		8.28
AZS 41#		8.31
		7.80
Z80#高锆砖		8.12
		7.58
AZS 36#	1500℃×48h 4r/min	9.18
		8.74
AZS 41#		8.62
		7.70
Z80#高锆砖		7.86
		8.39

7.4 结果分析

对 3 种耐火材料动态下抗玻璃液侵蚀测试结果进行汇总，图 12-图 14 分别为尺寸测量法、面积测量法和体积测量法的数据汇总。



(a) 钠钙玻璃, 1500°C × 48h



(b) 高硼硅玻璃, 1580°C × 48h

图 12 尺寸测量法数据汇总

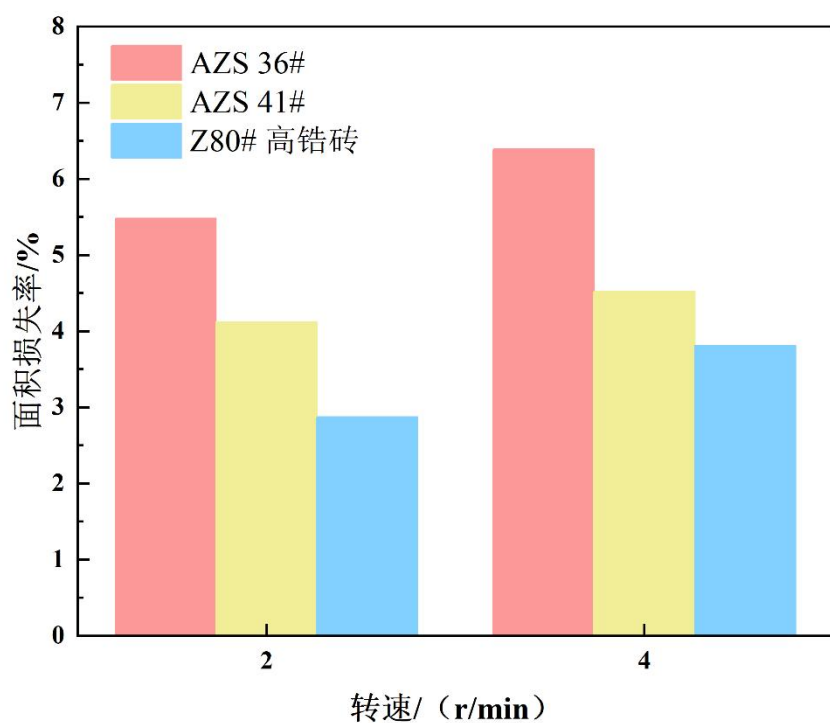


图 13 面积测量法数据汇总（钠钙玻璃，1500℃×48h）

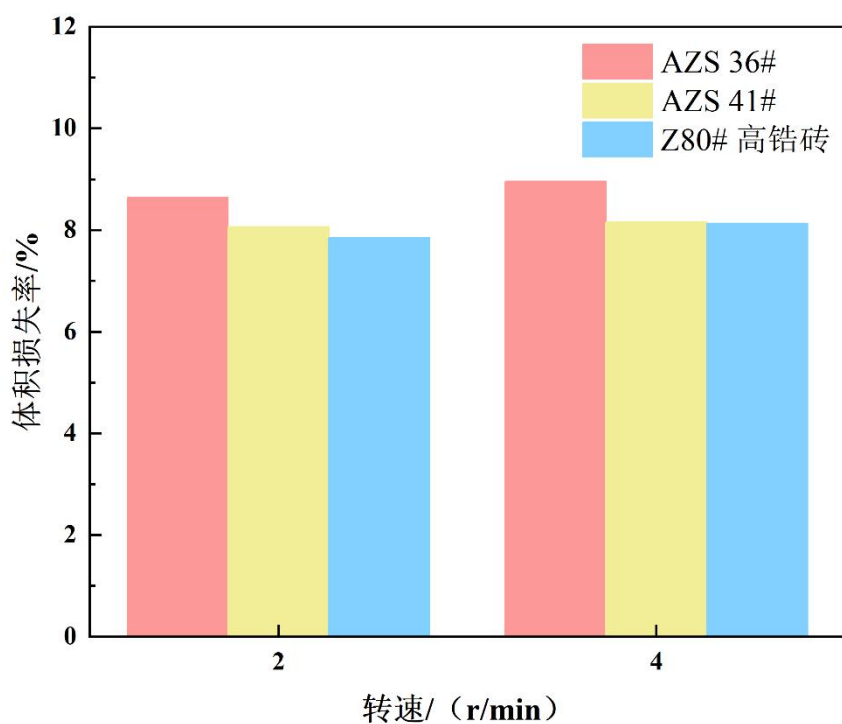


图 14 体积测量法数据汇总（钠钙玻璃，1500℃×48h）

综上所述，不同种类的玻璃窑用耐火材料均可使用该方法进行测试，该方法

可满足耐火材料的不同测试需求，能在一定程度上模拟玻璃窑内的实际工况，结果数据稳定，试验结果对评判耐火材料的抗玻璃液侵蚀性能具有重要参考价值。

8. 涉及到的专利情况

无。

9. 推广应用论证和预期达到的经济效益

经过市场调研，当前市场上对动态下抗玻璃液侵蚀试验方法的需求主要有两方面：一方面是玻璃窑用耐火材料的生产企业对侵蚀性能优异的新产品的评价需求；另一方面是玻璃生产企业更换生产的玻璃品种，需要对直接接触玻璃液的耐火材料的动态下抗侵蚀性能进行评估。该方法应用广泛，预计产生良好的经济效益。

该方法对玻璃窑用耐火材料行业开发新型耐火材料，筛选抗玻璃液侵蚀性能优异的耐火材料，新型/特种玻璃窑炉的设计和选材具有指导作用，能够促进多种玻璃生产技术的发展。

10. 采用国际标准和国外先进标准情况，与国内外同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外标准。

表 7 是与国内外同类标准水平的对比情况：

表 7 国内外同类标准水平的对比情况

标准号	本标准	ASTM C621-2009(2022)	JC/T 806-2013
标准名称	玻璃熔窑用耐火材料动态下抗玻璃液侵蚀试验方法	耐火材料耐熔融玻璃等温腐蚀的试验方法	玻璃熔窑用耐火材料静态下抗玻璃液侵蚀试验方法
范围	玻璃熔窑用耐火材料	耐火材料	玻璃熔窑用耐火材料
原理	本方法通过使试样在熔融玻璃液中旋转运动，模拟耐火材料在玻璃熔窑中受流动玻璃液侵蚀的动态环境。高温下，耐火材料试样与熔融玻璃液接触时，在接触部位发生物理化学反应，导致试样被侵蚀，其受侵蚀部位的尺寸、面积或体积减小。通过测量试样在动态侵蚀试验前后的尺寸、面积或体积的减少量来表示耐火材	与 JC/T 806-2013 相同	高温下耐火材料与玻璃液接触时，在接触面发生物理化学反应，在其表面留下明显的凹痕。本方法就是通过测量试样凹痕的深度，来表示耐火材料在规定条件下抗玻璃液侵蚀的能力。

	料在规定条件下抗玻璃液动态侵蚀的能力。		
试样固定方式	用螺栓/转盘与旋转轴固定	用锆质支撑片和锆质火泥固定	用氧化铝垫片固定
侵蚀模拟机制	物理化学反应+机械冲刷 (试样旋转)	物理化学反应	物理化学反应
试样尺寸	长方体: 15×10×100 mm 圆柱体: Ø20×100 mm	长方体: 9.9×51 mm 圆柱体: Ø13×51 mm	长方体: 10×10×70 mm 圆柱体: Ø12×70 mm
试验方法	①固定悬挂试样; ②下降试样, 启动旋转; ③侵蚀结束后提升试样; ④测量。	①固定试样于坩埚内; ②预热试样; ③高温下将试样插入装有玻璃的坩埚; ④高温下出炉; ⑤测量。	①固定试样于坩埚内; ②升温后侵蚀; ③高温下出炉; ④测量。
动态参数	将玻璃液流速(V)转化为转速(N), 提供可量化的冲刷强度	无	无
结果处理	尺寸测量法、面积测量法、体积测量法	尺寸测量法	尺寸测量法
应用场景与适配性	高抗蚀材料开发	国际通用静态对比	基础质量筛选

11. 与现行法律、法规、规章及相关标准的协调性

本方法标准与现行的法律、法规、规章及相关标准协调性较好。

12. 重大分歧意见的处理经过和依据

本方法标准无重大分歧意见。

13. 标准性质的建议说明

考虑到该方法为工业制品用, 不直接关乎人员健康安全, 建议本方法标准为推荐性标准。

14. 贯彻标准的要求和措施建议(包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等)

建议本标准尽快实施。需要时, 应由标准主编单位进行培训。

15. 其它应予说明的事项

无。