



中华人民共和国国家标准

GB/T 11944—2025

代替 GB/T 11944—2012

中空玻璃

Insulating glass unit

2025-12-02 发布

2026-07-01 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	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	2
5 产品标记和分类	2
6 技术要求	5
7 试验方法	8
8 检验规则	18
9 包装、标志、运输和贮存	20
附录 A (资料性) 中空玻璃密封失效及使用寿命	22
附录 B (资料性) 边部密封黏结性能	23
附录 C (资料性) 外道密封胶水汽透过率	26
附录 D (资料性) 中空玻璃光学现象及目视质量的说明	28
附录 E (规范性) 散装干燥剂水分含量测试方法	29
附录 F (规范性) 含干燥剂的柔性间隔密封材料含水量测定——卡尔·费休法	32
附录 G (规范性) 含干燥剂的柔性间隔密封材料含水量测定——重量法	35
附录 H (规范性) 中空玻璃惰性气体含量测定——可调谐半导体激光吸收光谱法	37
参考文献	39



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。

本文件代替 GB/T 11944—2012《中空玻璃》，与 GB/T 11944—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围(见第 1 章,2012 年版的第 1 章)；
- b) 增加了普通中空玻璃、充气中空玻璃、刚性间隔条、柔性间隔条、露白、漏光、压膜的术语和定义(见 3.2~3.8)；
- c) 增加了产品标记(见 5.1)；
- d) 增加了按中空玻璃腔体结构分类、按间隔密封形式分类(见 5.2.3、5.2.4)；
- e) 更改了尺寸及其偏差的要求和试验方法(见 6.1、7.1,2012 年版的 6.1、7.1)；
- f) 更改了外观质量的要求和试验方法(见 6.2、7.2,2012 年版的 6.2、7.2)；
- g) 更改了气体密封耐久性能的要求(见 6.7,2012 年版的 6.7)；
- h) 更改了露点试验方法(见 7.3,2012 年版的 7.3)；
- i) 更改了耐紫外线辐照性能试验方法(见 7.4,2012 年版的 7.4)；
- j) 更改了水汽密封耐久性能试验方法(见 7.5,2012 年版的 7.5)；
- k) 更改了惰性气体初始含量试验方法(见 7.6,2012 年版的 7.6)；
- l) 增加了光热性能的要求和试验方法(见 6.8、7.8)；
- m) 增加了颜色一致性的要求和试验方法(见 6.9、7.9)；
- n) 更改了高温干燥法测定水分含量方法名称和试验方法(见附录 E,2012 年版的附录 D)；
- o) 更改了卡尔·费休法测定水分含量方法名称和试验方法(见附录 F,2012 年版的附录 D)；
- p) 增加了“含干燥剂的柔性间隔密封材料含水量测定——重量法”(见附录 G)；
- q) 增加了中空玻璃惰性气体含量测试方法(见附录 H)。

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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国建筑用玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 255)归口。

本文件起草单位：中国建材检验认证集团秦皇岛有限公司、郑州中原思蓝德高科股份有限公司、株洲旗滨集团股份有限公司、江苏碧海安全玻璃科技股份有限公司、河南诚信密封新材料科技有限公司、台玻成都玻璃有限公司、泰诺风泰居安(苏州)隔热材料有限公司、皓晶控股集团股份有限公司、陶氏(上海)投资有限公司、安徽省振兴节能科技有限公司、秦皇岛玻璃工业研究设计院有限公司、柯耐士建材(上海)有限公司、山东广汇力数控机械有限公司、湖北通成高新材料有限公司、成都硅宝科技股份有限公司、望美实业集团有限公司、广州市白云化工实业有限公司、河北坚朗春光节能材料科技有限公司、河北海阳顺达节能玻璃有限公司、中国南玻集团股份有限公司、北京冠华东方玻璃科技有限公司、东营胜明玻璃有限公司、福莱特玻璃集团股份有限公司、山东星冠玻璃科技有限公司、江苏可瑞爱特建材科技集团有限公司、固诺(天津)实业有限公司、广东南亮艺术玻璃科技股份有限公司、江苏铁锚科技股份有限公司、中建材(内江)玻璃高新技术有限公司、中国国检测试控股集团股份有限公司、北京工业大学。

本文件主要起草人：嵇书伟、李勇、李晓杰、梁晓蕾、张燕红、刘成雄、范平、张红媛、韩影、杜康、施文福、李子豪、张薇、姬文刚、刘军、王中、于洋、贾鼎伟、汪青松、王文开、李成、潘清涛、夏卫文、陈颇、孙锋、崔玉明、李振松、尤海阳、宋圆美、张冠琦、罗思彬、刘玉申、向华、周国伟、尹帅、阮泽云、王树强、孙杨、

GB/T 11944—2025

宋镜钊、王银茂、胡殿芳、程继惠、贾立丹、孙诗兵。

本文件于1989年首次发布,2002年第一次修订时,并入了GB/T 7020—1986《中空玻璃测试方法》,2012年第二次修订,本次为第三次修订。



中空玻璃

1 范围

本文件规定了中空玻璃的材料,技术要求,试验方法,检验规则,包装、标志、运输和贮存,同时给出了便于技术规定的产品标记和分类。

本文件适用于建筑及门窗用的中空玻璃。在冷藏、交通等其他领域使用的中空玻璃,如无相关产品标准时,可参照使用。

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。

GB/T 1216 外径千分尺

GB/T 2680 建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定

GB/T 15763.2 建筑用安全玻璃 第2部分:钢化玻璃

GB/T 15763.3 建筑用安全玻璃 第3部分:夹层玻璃

GB/T 18915.1 镀膜玻璃 第1部分:阳光控制镀膜玻璃

GB/T 18915.2 镀膜玻璃 第2部分:低辐射镀膜玻璃

GB/T 36142—2018 建筑玻璃颜色及色差的测量方法

GB/T 36261 建筑用节能玻璃光学及热工参数现场测量技术条件与计算方法

GB/T 38214—2019 中空玻璃惰性气体含量测试方法

JGJ/T 151 建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中空玻璃 insulating glass unit

两片或多片玻璃[或其他透明(光)材料]以有效支撑均匀隔开并周边黏结密封,使玻璃层间形成有干燥气体空间的玻璃制品。

注:制作中空玻璃的各种材料的质量与中空玻璃使用寿命密切相关,使用符合标准规范的材料生产的中空玻璃,其使用寿命一般不少于15年,见附录A。

3.2

普通中空玻璃 conventional insulating glass unit

中空腔内为空气的中空玻璃。

3.3

充气中空玻璃 gas filled insulating glass unit

中空腔内充入惰性气体的中空玻璃。

3.4

刚性间隔条 rigid spacer

由金属、复合材料制成或组合而成的空心且具有支撑功能的,便于灌装分子筛和涂布丁基胶的间隔条。

3.5

柔性间隔条 flexible spacer

以聚合物为基材,含有干燥剂的具有黏结及支撑作用的间隔条。

注:包括可加热后挤出到玻璃表面上使用的热涂敷型和直接使用的预制型。

3.6

露白 partially exposed spacer edge

中空玻璃边部密封中,由于丁基胶未完全覆盖间隔条,腔体内侧边缘产生间隔条边部裸露的现象。

3.7

漏光 light line

中空玻璃腔体内侧内道密封结构边缘与镀膜玻璃除膜区边缘之间出现透明(光)区域的现象。

注:也称为“透明(光)”。

3.8

压膜 overlap

丁基胶覆盖了镀膜层的现象。

4 材料

4.1 玻璃及其他透明(光)材料

中空玻璃的两个外表面可以使用各类玻璃,例如平板玻璃、镀膜玻璃、钢化玻璃、夹层玻璃、防火玻璃、真空玻璃、压花玻璃等,多腔中空玻璃的分隔材料可以使用玻璃或其他透明(光)材料,包括镀有低辐射膜的聚酯薄膜、聚碳酸酯、有机玻璃板等,玻璃或其他材料均应符合相关标准要求。

4.2 边部密封材料

内道密封胶和外道密封胶应符合相关标准要求,外道密封胶与玻璃、间隔条或其他相接触材料相容且有良好的黏结性。在选择外道密封胶时,应考虑密封胶的黏结性能、水汽透过率,可参见附录 B、附录 C。

4.3 间隔材料

刚性间隔条,包括铝间隔条、不锈钢间隔条、聚丙烯+不锈钢间隔条、玻纤增强复合材料+复合膜间隔条等,均应符合相关标准要求。

柔性间隔条,包括复合密封胶条、热固微孔弹性间隔条等预制型,也包括反应型和非反应型热塑间隔密封胶等热涂敷型,其性能应符合相关标准的要求或符合相关技术条件及订货文件的要求。

4.4 干燥剂

中空玻璃用干燥剂应符合相关标准要求。

5 产品标记和分类

5.1 产品标记

中空玻璃制品应在玻璃表面或包装物上附带相关产品标记,产品标记应包含玻璃尺寸、玻璃结构、边部密封方式等信息。其中,玻璃结构包含玻璃及材料种类、厚度、膜面位置、间隔层厚度、中空腔气体;边部密封方式包含间隔密封方式、外道密封胶类型。

膜面位置以膜面在中空玻璃安装面序号表示,中空玻璃安装面是指从室外侧向室内侧的玻璃或气腔分隔材料表面,依次为第1面、第2面、第3面、……、第 n 面,表示为#1、#2、……、# n 。

产品标记示例见示例1、示例2。

示例1:

长度为1 800 mm、宽度为600 mm,由8 mm低辐射镀膜钢化玻璃与6 mm+0.76 mmPVB+6 mm双钢夹层玻璃组成的内部为空气的单腔中空玻璃,膜面为第2面,边部密封方式为内道密封使用12 mm反应型热塑间隔密封胶,外道密封胶使用硅酮结构胶,标记为:

1 800×600×[8(Low-E镀膜钢化玻璃#2面)+12A+6+0.76PVB+6(钢化夹层玻璃)]-RT(反应型热塑间隔密封胶+硅酮结构胶)

示例2:

长度为1 500 mm、宽度为800 mm,由6 mm钢化玻璃与3 mil聚酯膜(双面镀膜)组成的内充氩气双腔中空玻璃,间隔条为12 mm不锈钢条,外道密封胶使用硅酮结构胶,标记为:

1 500×800×[6(无色透明钢化玻璃)+12Ar+3 mil(膜#3、#4)+12Ar+6(无色透明钢化玻璃)]-GT(不锈钢+硅酮结构胶)

注:1 mil=0.025 4 mm。

5.2 分类

5.2.1 按中空玻璃腔内气体分类

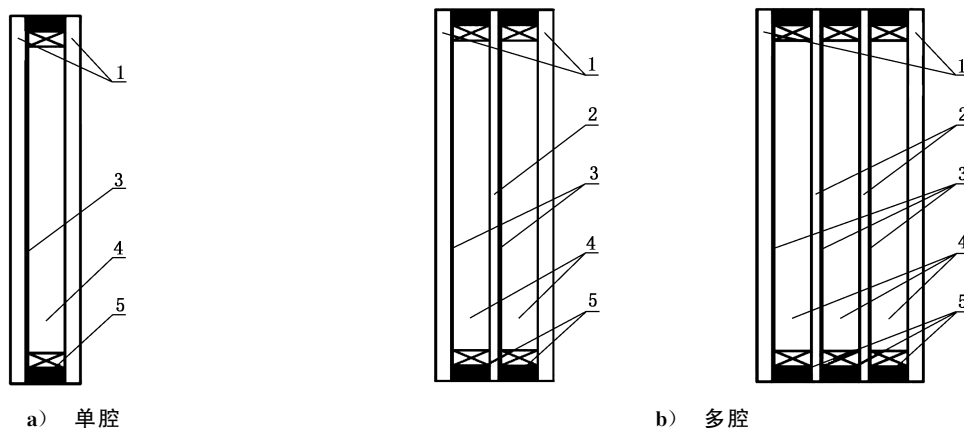
分为普通中空玻璃和充气中空玻璃。

5.2.2 按中空玻璃形状分类

分为平型中空玻璃和弯型中空玻璃。

5.2.3 按中空玻璃的腔体结构分类

分为单腔中空玻璃、多腔中空玻璃,结构示意图1。



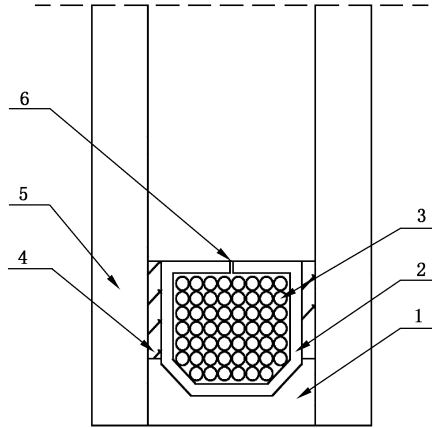
标引序号说明:

- 1——玻璃;
- 2——玻璃或其他透明(光)材料;
- 3——低辐射膜(如有);
- 4——中空腔;
- 5——边部密封。

图1 中空玻璃腔体结构示意图

5.2.4 按中空玻璃间隔密封形式分类

5.2.4.1 刚性间隔条中空玻璃,用“GT”表示,结构示意图见图 2。

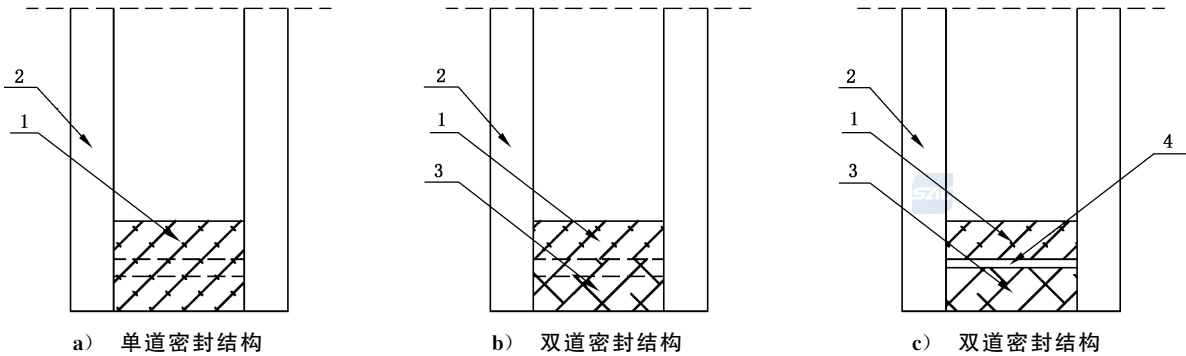


标引序号说明:

- 1——外道密封胶;
- 2——刚性间隔条;
- 3——干燥剂;
- 4——内道丁基胶;
- 5——玻璃或其他透明(光)材料;
- 6——透气孔。

图 2 刚性间隔条中空玻璃示意图

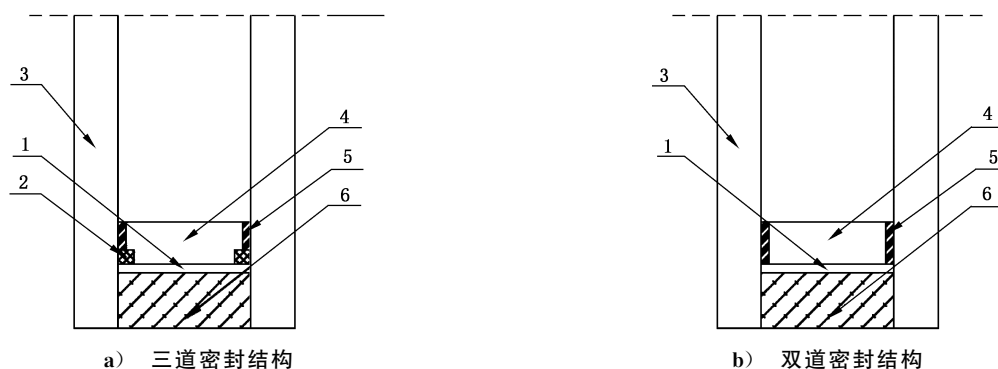
5.2.4.2 柔性间隔条中空玻璃,用“RT”表示,结构示意图见图 3 和图 4。



标引序号说明:

- 1——含有干燥剂的丁基聚合物柔性间隔条;
- 2——玻璃;
- 3——外道密封胶;
- 4——防水汽渗透材料(如有)。

图 3 热塑柔性间隔条中空玻璃示意图



标引序号说明：

- 1——水汽阻隔膜；
- 2——丁基胶(适用于三道密封结构)；
- 3——玻璃；
- 4——含有干燥剂的热固微孔弹性间隔条；
- 5——压敏胶；
- 6——外道密封胶。

图4 热固柔性间隔条中空玻璃示意图

6 技术要求

6.1 尺寸及其偏差

6.1.1 厚度及其允许偏差

平型中空玻璃的厚度允许偏差应符合表1的规定。弯型中空玻璃的厚度允许偏差由供需双方商定。组成中空玻璃的各种材料的厚度偏差应符合相应标准要求,当对厚度有争议时,应对中空玻璃的所有材料进行核查。

表1 厚度允许偏差

单位为毫米

公称厚度(D)		厚度允许偏差
单腔中空	$D \leq 24$	± 1.0
	$D > 24$	± 1.5
多腔中空玻璃或由夹层玻璃组成的中空玻璃		± 2.5
注:公称厚度为玻璃结构中明示的组成中空玻璃的玻璃或其他透明(光)材料公称厚度与中空腔厚度之和。		

6.1.2 长度及宽度允许偏差

平型中空玻璃的长度及宽度允许偏差见表2,弯型玻璃的弧长、特殊形状或有特殊要求中空玻璃的长度及宽度允许偏差由供需双方商定。

表 2 长度及宽度允许偏差

单位为毫米

玻璃尺寸(L)	允许偏差
$L \leq 1\ 000$	±1.5
$1\ 000 < L \leq 2\ 000$	±2.0
$2\ 000 < L \leq 3\ 600$	±2.5
$L > 3\ 600$	供需双方商定

6.1.3 对角线差

矩形平型中空玻璃对角线差应不大于对角线平均长度的 0.2%。弯型和异形中空玻璃对角线差由供需双方商定。

6.1.4 允许叠差

平型中空玻璃的允许叠差应符合表 3 的规定。弯型和有特殊要求的中空玻璃的允许叠差由供需双方商定。

表 3 允许叠差

单位为毫米

玻璃尺寸(L)	允许叠差
$L \leq 1\ 000$	1.5
$1\ 000 < L \leq 2\ 000$	2.0
$2\ 000 < L \leq 3\ 600$	2.5
$L > 3\ 600$	供需双方商定

6.1.5 内道密封胶宽度

刚性间隔条中空玻璃直边上内道密封胶层宽度应不小于 3 mm,距角部 50 mm 范围的每条边的内道密封胶层宽度应不小于 2.5 mm;柔性间隔条的宽度应不小于 4.5 mm;弧线边和曲线边内道密封胶宽度由双方商定。

6.1.6 外道密封胶深度

刚性间隔条中空玻璃外道密封胶深度(黏结宽度)应不小于 7 mm,柔性间隔条中空玻璃的外道密封胶深度(黏结宽度)应不小于 5 mm;外道密封胶凹陷深度应小于 2 mm。特殊规格或有特殊要求的产品由供需双方商定;高层、超高层建筑用中空玻璃外道密封胶深度按相关规范要求进行计算且应不小于 10 mm。

6.1.7 间隔条位置偏差

中空玻璃直边上的间隔条应与玻璃边缘平直,长度不超过 3.6 m 的间隔条相对于平行直玻璃边缘偏差应不大于 3 mm,多层中空玻璃各隔条的偏差应不大于 2 mm;长度超过 3.6 m 的间隔条的平直度偏差由供需双方商定。

6.2 外观质量

中空玻璃的外观质量应符合表 4 的规定。

表 4 中空玻璃外观质量

项目		要 求
密封缺陷		内道密封胶或柔性间隔条应均匀连续,与玻璃充分黏结;外道密封胶应均匀平整,且超出玻璃边缘应不大于 1 mm; 外道密封胶与内道密封胶或柔性间隔条之间间隙,宽度小于或等于 0.5 mm、长度小于或等于 300 mm,允许每平方米 1 处; 露白、漏光、压膜、丁基胶内溢等由供需双方商定
玻璃缺陷	划伤	宽度小于或等于 0.2 mm 且长度小于或等于 50 mm 的划伤允许每平方米 3 条;宽度大于 0.2 mm 且小于或等于 0.5 mm,且长度小于或等于 50 mm 划伤允许每平方米 1 条;其余划伤不准许
	点缺陷	组成中空玻璃的各类玻璃中,钢化玻璃麻点应符合 GB/T 15763.2 的规定;夹层玻璃点状缺陷应符合 GB/T 15763.3 的规定;镀膜玻璃的针孔、斑点应符合 GB/T 18915.1 和 GB/T 18915.2 的规定
	表面污迹	玻璃内表面不应有妨碍透视的污迹或密封胶析出物
中空腔异物		中空腔内不应有长度大于 5.0 mm 或直径大于 1.0 mm 的异物,不大于上述尺寸的异物数量每块不应多于 10 个
间隔条缺陷		间隔条表面应无污痕、斑点及片状氧化现象;间隔条接口平直无毛刺
分隔膜变形		中空腔内的聚酯膜应无目视可见褶皱变形
注:由于光的干涉、衍射或使用环境温湿度、大气压等影响,中空玻璃会出现某些物理现象或目视光学现象,见附录 D。		

6.3 露点

露点温度应低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.4 耐紫外线辐照性能

试验后,试样内表面应无结雾、水汽凝结或污染的痕迹,且密封形态无明显变形;中空玻璃腔内使用非玻璃材料时,试验后材料应无明显变色、变形等。

6.5 水汽密封耐久性能

试验后,水分渗透指数平均值 I_{av} 应不大于 0.20,最大水分渗透指数 I 应不大于 0.25。

6.6 惰性气体初始含量

充气中空玻璃的惰性气体初始含量应不小于 85%。

6.7 气体密封耐久性能

充气中空玻璃试样经气体密封耐久性能试验后,气体含量平均值应不小于 82%,最小气体含量应不小于 80%。

6.8 光热性能

中空玻璃的可见光透射比、可见光反射比、太阳光直接透射比、太阳光直接反射比、太阳红外热能总透射比、太阳能总透射比、遮阳系数、传热系数由供需双方商定,可见光透射比、可见光反射比、传热系数与明示值的允许偏差应符合表 5 的规定。

表 5 光热性能允许偏差

项目	允许偏差
可见光透射比	±3.0%
可见光反射比(室外面)	±2.0%
传热系数(中心区)	±0.08 W/(m ² ·K)

6.9 颜色一致性

由镀膜玻璃组成的中空玻璃,单片产品的不同部位、同一批产品的各片或产品与目标颜色间垂直反射色色差 ΔE_{ab}^* 均应不大于 2.5;对于同材料、同工艺生产的不同批次产品间有颜色一致性要求时,两批产品的垂直反射色色差 ΔE_{ab}^* 应不大于 2.5。偏角反射色色差由供需双方商定。

7 试验方法

7.1 尺寸及其偏差

7.1.1 试样

以制品为试样。

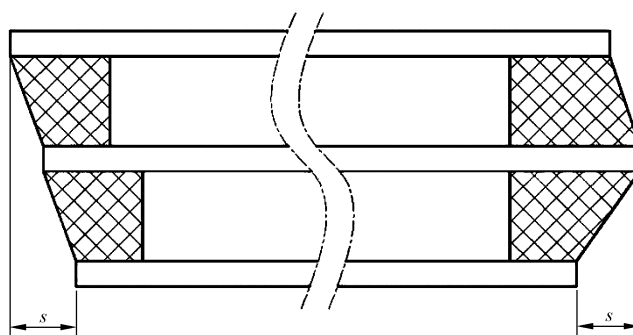
7.1.2 试验程序

7.1.2.1 中空玻璃厚度用符合 GB/T 1216 的分度值至少为 0.01 mm 的外径千分尺,在距玻璃边缘 15 mm 内的各边中点及距角部 15 mm 内分别测量。计算各测量结果与公称厚度之差,取最大偏差值,即为厚度偏差。弯型中空玻璃的厚度应使用同等分度值的尖头千分尺测量。

7.1.2.2 需要对组成中空玻璃的材料的厚度核查时,可根据相关标准要求进行测量,必要时可拆片。

7.1.2.3 中空玻璃长度、宽度、对角线用分度值为 0.5 mm 的钢卷尺或钢直尺测量;长度、宽度在距边部 15 mm 内分别测量两个表面的各边,实测值与公称值之差即为尺寸偏差;分别测量两个表面的两条对角线,然后分别计算同一面两条对角线差值的绝对值和对角线平均值。

7.1.2.4 叠差使用分度值为 0.5 mm 的钢直尺和直角尺沿玻璃周边测量,取最大值,如图 5 所示。

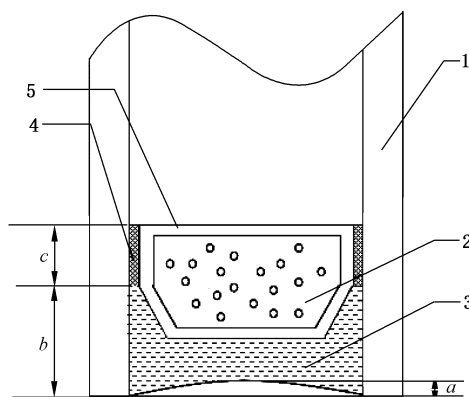


标引符号说明：

s ——叠差。

图5 叠差示意图

7.1.2.5 刚性间隔条中空玻璃的内道密封胶宽度、外道密封胶深度用分度值为 0.5 mm 的钢卷尺或钢直尺在玻璃表面测量,外道密封胶凹陷深度用分度值为 0.01 mm 的深度尺或游标卡尺测量。内道密封胶宽度在最窄处测量,外道密封胶深度在内道密封胶与外道密封胶交界处至外道密封胶外边缘最窄处测量,外道密封胶凹陷深度从玻璃边缘至密封胶凹陷最深处测量,如图 6 所示。



标引说明：

1——玻璃；

2——干燥剂；

3——外道密封胶；

4——内道密封胶；

5——间隔框；

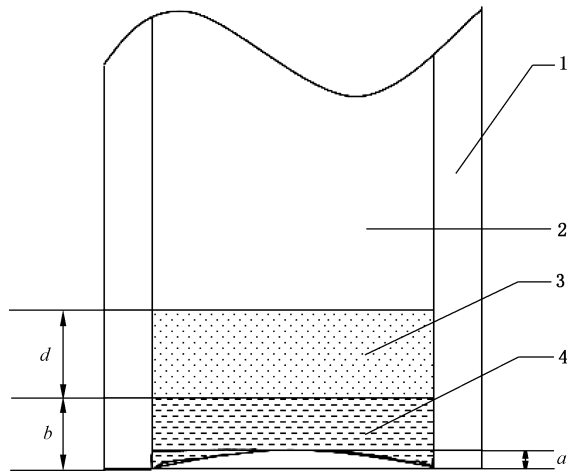
a ——外道密封胶凹陷深度；

b ——外道密封胶深度；

c ——内道密封胶宽度。

图6 内道密封胶宽度、外道密封胶深度及凹陷深度示意图

7.1.2.6 柔性间隔条宽度应在最窄处测量,外道密封胶深度从柔性间隔条与外道密封胶交界处至外道密封胶外边缘最窄处测量,外道密封胶凹陷深度从玻璃边缘至密封胶中心最深处测量,如图 7 所示。

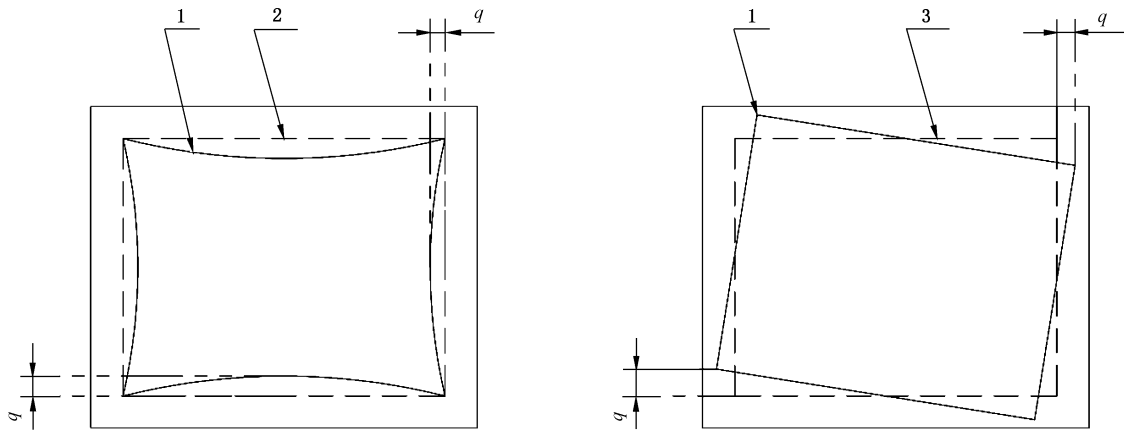


标引说明：

- 1 —— 玻璃；
- 2 —— 中空腔；
- 3 —— 柔性间隔条；
- 4 —— 外道密封胶；
- a —— 外道密封胶凹陷深度；
- b —— 外道密封胶深度；
- d —— 柔性间隔条宽度。

图 7 柔性间隔条宽度、外道密封胶深度及凹陷深度示意图

7.1.2.7 间隔条平直度和多腔中空玻璃的间隔条偏差用钢直尺在偏差最大处测量，如图 8 所示，对于多腔中空玻璃必要时可以拆片后测量。



标引说明：

- 1 —— 间隔条；
- 2 —— 间隔条的理论形状；
- 3 —— 间隔条的理论位置；
- q —— 偏差。

图 8 间隔条平直度示意图

7.2 外观质量

7.2.1 试样

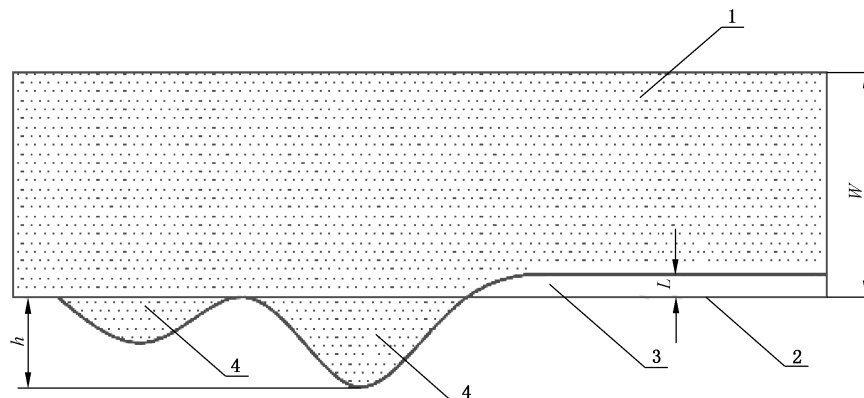
以制品为试样。

7.2.2 试验程序

7.2.2.1 密封缺陷、玻璃缺陷、中空腔异物、间隔条缺陷、分隔膜变形等在较好的自然光或散射光背景光照条件下,距中空玻璃正面 600 mm 处,目视观测。

7.2.2.2 点状缺陷、划伤宽度用至少放大 10 倍,分度值为 0.1 mm 的读数显微镜测量;划伤的长度用分度值为 0.5 mm 的钢卷尺或钢直尺测量。

7.2.2.3 露白、漏光、压膜、丁基胶内溢、外道密封胶超出玻璃边缘用分度值为 0.5 mm 的钢直尺沿中空玻璃边部测量,取最大值,如图 9 所示。



标引说明:

- 1 —— 表面涂覆丁基胶的间隔条;
- 2 —— 间隔条的腔内边缘;
- 3 —— 露白;
- 4 —— 丁基胶内溢;
- W —— 间隔条涂覆丁基胶宽度;
- L —— 露白尺寸;
- h —— 丁基胶内溢最大值。

图 9 露白、丁基胶内溢示意图

7.3 露点

7.3.1 试样

以制品为试样,数量为 5 块。

7.3.2 试验条件

试验在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 30%~75% 的环境中进行。试验前全部试样在该环境中放置至少 24 h。

7.3.3 试验设备

露点仪为满足测量面和温度要求的盛装干冰的容器或电子制冷装置。测量面应为直径 $\Phi(50\text{ mm} \pm 1\text{ mm})$ 铜制光滑金属表面,露点仪温度能够达到并保持 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.4 试验程序

将露点仪测量面温度保持在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,用无水乙醇将测量面浸湿,使露点仪测量表面与试样表面紧密贴合,露点测量接触时间应按表 6 的规定。

表 6 露点测量接触时间

被测玻璃面总厚度(d)/mm	最小接触时间/min
$d \leq 4$	3
$4 < d \leq 5$	4
$5 < d \leq 6$	5
$6 < d \leq 8$	7
$d > 8$	10

中空玻璃两个外片玻璃厚度不一致时,宜测量厚度较薄的玻璃面;真空复合中空玻璃应测量非真空玻璃面。多腔中空玻璃应分别测试中空玻璃的两外腔。

试验结束后,在 30 s 内观察试样与露点仪接触的玻璃表面内侧是否有结露或结霜。如果结露或结霜,露点温度记为大于或等于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,如果未结露或结霜,露点温度记为小于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.4 耐紫外线辐照性能

7.4.1 试样

试样为与制品相同材料、在同一工艺条件下制作的尺寸为 $510\text{ mm} \times 360\text{ mm}$ 的固化 7 d 以上的平型中空玻璃;单腔中空玻璃试样数量为 2 块,多腔中空玻璃试样数量为 4 块。多腔中空玻璃使用非玻璃材料时试样数量增加 1 块,作为参比样。

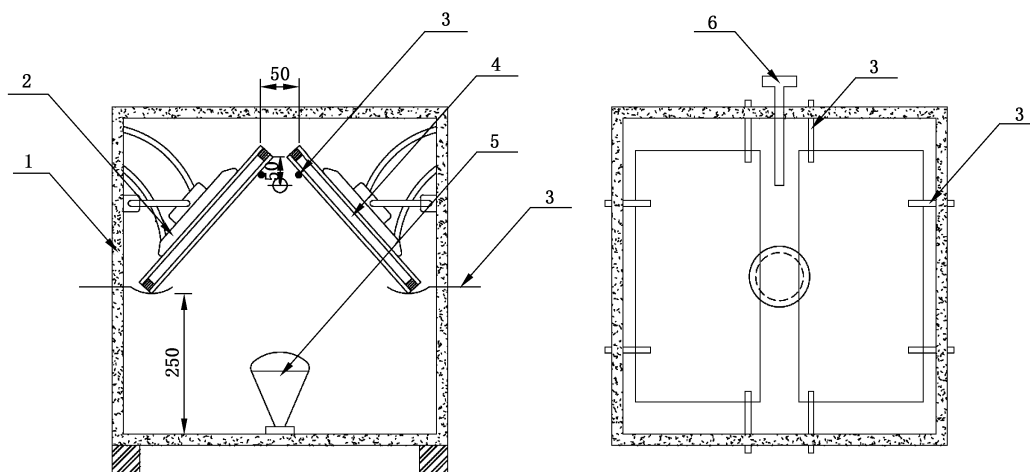
7.4.2 试验设备

7.4.2.1 紫外线辐照试验箱

紫外线试验箱:箱体尺寸约为 $560\text{ mm} \times 560\text{ mm} \times 560\text{ mm}$,设备应具有反射内表面,内装由紫铜板制成的 $\Phi(150\text{ mm} \pm 5\text{ mm})$ 的冷却盘两个,试验箱内温度控制在 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,如图 10 所示。

紫外灯光源:日光模拟型老化灯,功率 300 W,在距光源顶部 $355\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 处,紫外辐照强度 UVA 应不小于 $400\text{ }\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。可使用 365 nm UVA 辐照计进行辐照强度测试,达不到时应更换紫外灯。

单位为毫米



标引序号说明:

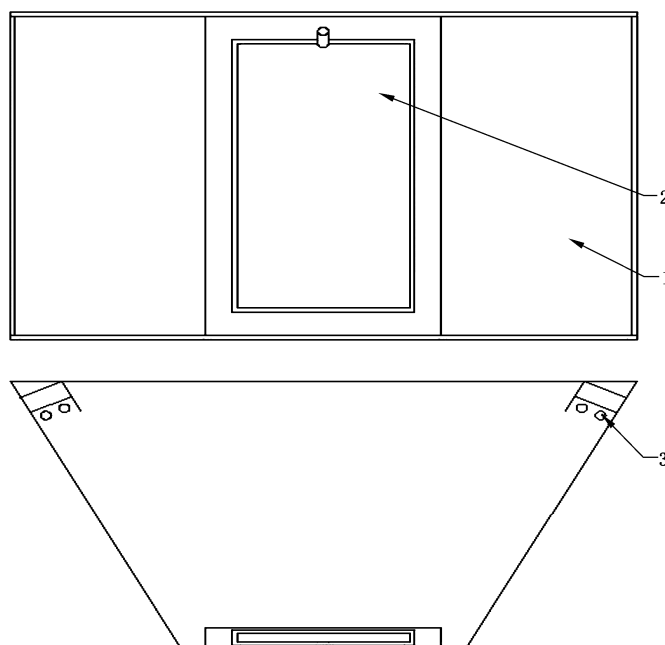
- 1——试验箱;
- 2——冷却盘;
- 3——支撑架;

- 4——试样;
- 5——紫外灯;
- 6——温度计。

图 10 紫外线试验箱

7.4.2.2 观察箱

观察箱见图 11。观察箱体内部为无反光黑色背景,光源由两个长条状色温为 4 000 K~4 200 K 发光二极管(LED)灯组成,样品位置的照度不低于 1 000 lx。



标引序号说明:

- 1——观察箱;
- 2——试样;
- 3——光源。

图 11 观察箱示意图

7.4.3 试验程序

7.4.3.1 将试样安装在试样架上,将冷却水盘紧贴试样表面,并连续通水冷却,进口水温保持在 $16\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷却板进出口水温相差不得超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。照射 $168\text{ h}\pm 1\text{ h}$ 后,将试样移出。

7.4.3.2 试验后应使用反射光和透射光仔细观察试样。观察应在暗室或较暗的区域内进行,在该区域内,观察箱的光源作为唯一光源。透射光观察时,如图 11 所示,将试样安装在观察箱上,距试样 600 mm 观察;反射光观察时,观察者应距观察箱光源超过 1.5 m ,站在试样和光源之间,观察试样。如果观察到玻璃内表面出现结雾、水汽凝结或污染的痕迹,将试样放到 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下存放 1 周,擦净表面观察。

7.4.3.3 对于多腔中空玻璃,取两组试样,每组 2 块,分别将两个外表面与冷却水盘接触,测试两个外腔体。对于单腔中空玻璃,镀膜中空玻璃测试时,冷却盘应接触镀膜玻璃面;真空复合中空玻璃测试时,冷却盘应接触非真空玻璃面;夹层中空玻璃测试时,冷却盘宜接触非夹层玻璃面;中空玻璃由非相同厚度玻璃组成时,冷却盘宜接触较薄的玻璃面。

对于使用非玻璃材料的中空玻璃试验时,另取一块未进行试验的样品置于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $30\%\sim 75\%$ 的环境中作为参比样,用于试验后进行比较。

7.5 水汽密封耐久性能

7.5.1 试样

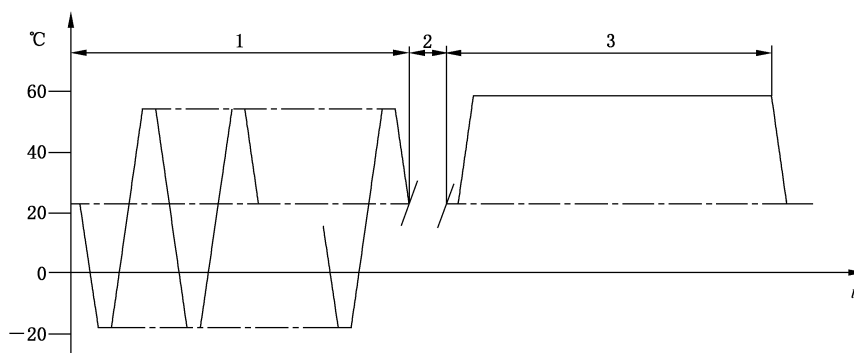
试样为与制品相同材料、在同一工艺条件下制作的尺寸约为 $510\text{ mm}\times 360\text{ mm}$ 固化 7 d 以上的平型中空玻璃试样,数量为 15 块(4 块用于初始水分含量测定、2 块用于标准水分含量测定、5 块用于最终水分含量测定,4 块备用)。

试样安装有毛细管时应按照使用安装要求处理试样。

试验前试样应在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $30\%\sim 75\%$ 的环境中放置至少 24 h。

7.5.2 试验设备

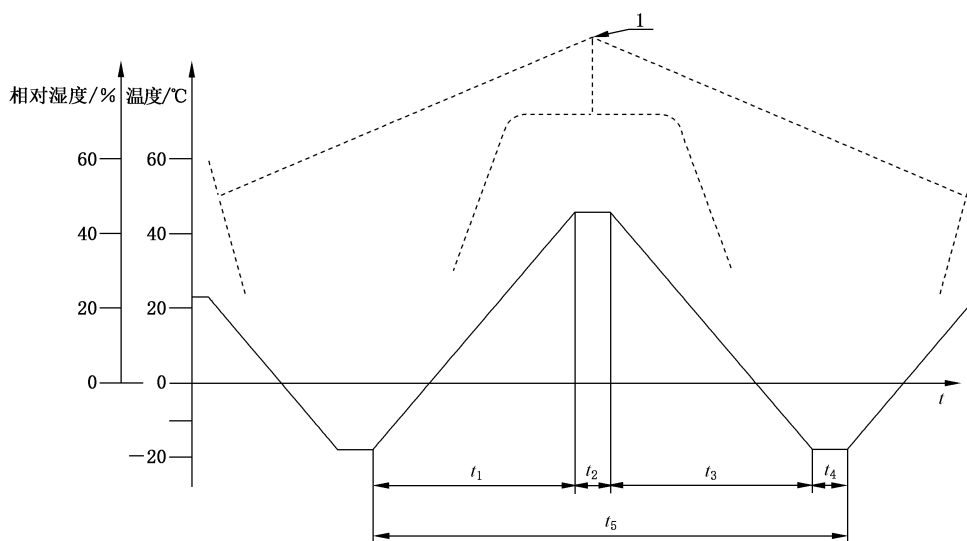
能够提供下述两个阶段试验的试验箱。第 1 阶段:每 12 h 为一个温度循环,温度从 $(-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C})\sim (53\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})$,升降温速度为 $14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$;第 2 阶段:温度在 $58\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的环境。温度曲线如图 12、图 13 所示。



标引序号说明:

- 1——第 1 阶段高低温循环试验;
- 2——使用两个试验箱时,将试样从第 1 阶段试验箱移到第 2 阶段试验箱的最大时间间隔为 96 h;
- 3——第 2 阶段恒温恒湿试验。

图 12 水汽密封耐久性试验温度曲线



标引说明：

t_1 ——加热阶段(5 h±5 min)；

t_2 ——保温阶段(1 h±5 min)；

t_3 ——制冷阶段(5 h±5 min)；

t_4 ——保温阶段(1 h±5 min)；

t_5 ——一个循环周期(12 h)；

1 ——试验箱温度大于 23 °C 时(虚线范围内)相对湿度应 > 95%。

图 13 高低温循环阶段温度随时间以及湿度随时间的变化曲线

7.5.3 试验程序

7.5.3.1 取 4 块试样,根据不同的间隔密封方式,刚性间隔条试样按照附录 E 规定的方法,预制型柔性隔条(包括复合密封胶条、热固柔性间隔条)和非反应型热塑间隔密封胶按照附录 F 规定的方法,反应型热塑间隔密封胶按照附录 G 规定的方法,测定干燥剂初始水分含量 T_i ,按公式(1)计算干燥剂初始水分含量平均值 $\overline{T_i}$ 。

$$\overline{T_i} = \frac{\sum_{n=1}^4 T_{in}}{4} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\overline{T_i}$ ——干燥剂初始水分含量平均值；

T_{in} ——第 n 块试样的干燥剂初始水分含量。

7.5.3.2 取 2 块试样,根据不同的间隔条类型,按照附录 E、附录 F 或附录 G 规定的方法,测定两块干燥剂标准水分含量 T_c ,按公式(2)计算干燥剂标准水分含量平均值 $\overline{T_c}$ 。

$$\overline{T_c} = \frac{\sum_{n=1}^2 T_{cn}}{2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\overline{T_c}$ ——干燥剂标准水分含量平均值；

T_{cn} ——第 n 块试样的干燥剂标准水分含量。

7.5.3.3 取 5 块试样进行水汽密封耐久性老化试验,第 1 阶段高低温循环试验为 56 个循环,第 2 阶段

恒温恒湿试验为 7 周。将试样竖直放入试验箱,试样间距离应不小于 15 mm。试验过程中允许 1 块试样破坏,取 1 块备用试样重新试验。试验过程中发生任何中断,则试验延长与中断时间相同的时间,但延长总时间不得超过 96 h,否则应重新取样进行试验。

根据不同的间隔条类型,按照附录 E、附录 F 或附录 G 规定的方法分别测定该 5 块试样的干燥剂最终水分含量 T_f 。若试验后中空腔内有目视可见的水汽,干燥剂无法取出时, T_f 取值为 $\overline{T_c}$ 。

初始水分含量、标准水分含量、最终水分含量应采用相同的方法测得,数值修约至小数点后 4 位。

7.5.4 结果计算

5 块试样的水分渗透指数分别按公式(3)进行计算。

$$I_n = \frac{T_{fn} - \overline{T_i}}{\overline{T_c} - \overline{T_i}} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- I_n ——水分渗透指数;
- T_{fn} ——最终水分含量;
- $\overline{T_i}$ ——初始水分含量平均值;
- $\overline{T_c}$ ——标准水分含量平均值。

按公式(4)计算 5 块试样水分渗透指数的平均值 I_{av} ,多腔中空玻璃应计算 5 块试样所有腔体的水分渗透指数的平均值。计算结果均修约至小数点后 3 位。

$$I_{av} = \frac{\sum_{n=1}^{5 \times p} I_n}{5 \times p} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- I_{av} ——水分渗透指数平均值;
- I_n ——水分渗透指数;
- p ——中空腔体数。

7.6 惰性气体初始含量

7.6.1 试样

试样为制作完成 24 h 以上的充气中空玻璃制品,数量为 5 块。

7.6.2 试验条件

试验在 20 °C ± 5 °C,相对湿度 30% ~ 75% 的环境中进行。试验前全部试样在该环境放置至少 24 h。

7.6.3 试验程序

按 GB/T 38214—2019 中第 5 章或附录 H 规定的方法进行。GB/T 38214—2019 中第 5 章规定的方法为仲裁法。

7.7 气体密封耐久性能

7.7.1 试样

试样为与制品相同材料、在同一工艺条件下制作的尺寸为 510 mm × 360 mm 固化 7 d 以上的平型中空玻璃试样,数量为 4 块(3 块试验,1 块备用)。试样安装有毛细管时应按照使用安装要求处理试样。

7.7.2 试验设备

符合 7.5.2 温度变化要求的试验箱、符合 GB/T 38214—2019 中第 5 章规定的惰性气体分析仪。

7.7.3 试验程序

将 3 块试样竖直放入试验箱,试样间的距离应不小于 15 mm。试验过程中允许 1 块试样破坏,更换备份试样重新试验。试验过程中发生任何中断,则试验延长与中断时间相同的时间,但延长总时间不得超过 48 h,否则应重新取样进行试验。试验首先按 7.5.3 第 1 阶段的试验方法,进行 28 个高低温循环试验,然后按第 2 阶段的试验方法进行 4 周的恒温恒湿试验。试验后将试样在温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 30%~75%的环境中放置至少 24 h,按 GB/T 38214—2019 中第 5 章规定的方法进行惰性气体含量测试。

多腔中空玻璃应分别测量每个腔的气体含量,并计算所有腔的平均值。

7.8 光热性能

7.8.1 试样

制品或与制品相同材料、在同一工艺条件下制作的尺寸不小于 $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}$ 的平型中空玻璃样品,数量为 1 块。

7.8.2 试验程序

可见光透射比、可见光反射比、太阳光直接透射比、太阳光直接反射比按 GB/T 2680 规定的方法进行测试和组合计算。

按 GB/T 2680 规定的方法测试镀膜玻璃辐射率,根据玻璃结构,按 GB/T 2680 规定的方法计算太阳红外热能总透射比、太阳能总透射比和遮阳系数,根据 JGJ/T 151 的相应规定计算传热系数。当玻璃不宜拆卸时,按 GB/T 36261 规定的方法进行测量。

测试结果与明示值之差为偏差值。

中空玻璃内安装有遮阳百叶时,光热性能根据 JGJ/T 151 的规定计算。

7.9 颜色一致性

7.9.1 试样

单片色差以该块中空玻璃制品为试样。同一批次色差从该批产品中随机抽取 5 块中空玻璃制品为试样。不同批次间色差从不同批次中随机各抽取 5 块中空玻璃制品为试样,与目标颜色色差以从产品中随机抽取 5 块中空玻璃制品及目标颜色样品为试样。

7.9.2 试验程序

7.9.2.1 对于单片玻璃,在该块试样上按 GB/T 36142—2018 的规定选取 5 个测量点并分别进行室外垂直反射颜色测量,以其中色品指数 a^* 最大的点作为基准,其余 4 点均与该点进行比较,计算色差 ΔE_{ab}^* 值,再以其中色品指数 b^* 最小的点作为基准,其余 4 点均与该点进行比较,计算色差 ΔE_{ab}^* 值,其中最大值即为单片玻璃色差。

7.9.2.2 对于同一批次玻璃,选取 5 块试样中心部位作为测量点,分别按 GB/T 36142—2018 规定的方法进行室外垂直反射颜色测量,以其中色品指数 a^* 最大的 1 块作为基准,其余 4 块均与该试样进行比较,计算色差 ΔE_{ab}^* 值,再以其中色品指数 b^* 最小的 1 块作为基准,其余 4 块均与该试样进行比较,计算色差 ΔE_{ab}^* 值,其中最大值即为同一批次玻璃色差。

7.9.2.3 对于与目标颜色色差测量,按 GB/T 36142—2018 规定的方法分别在试样中心部位和目标颜色试样中心部位进行垂直反射颜色测量,计算试样与目标颜色试样之间的色差 ΔE_{ab}^* 值。

7.9.2.4 对于不同批次玻璃,未确定目标颜色时,以某一批次为目标批次,选取该批次的 5 块试样中心部位作为测量点,分别按 GB/T 36142—2018 规定的方法进行室外面垂直反射颜色测量,计算反射颜色的平均值,作为批次目标颜色;按 GB/T 36142—2018 规定的方法测量其他批次的 5 块试样中心部位的室外面垂直反射颜色,之后计算各块与批次目标颜色的色差 ΔE_{ab}^* 值,取最大值为不同批次间色差。

7.9.2.5 偏角反射色色差按照 GB/T 36142—2018 中规定的方法进行测量。

8 检验规则

8.1 检验分类

8.1.1 型式检验

型式检验项目包括第 6 章中的全部检验项目,见表 7。

有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 生产过程中,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- b) 正常生产时,定期或积累一定产量后,应周期性进行一次检验;
- c) 产品长期停产后,恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

表 7 中空玻璃型式检验项目

项目		普通中空玻璃	充气中空玻璃
尺寸及其偏差	厚度及其允许偏差	√	√
	长度及宽度允许偏差	√	√
	对角线差	√	√
	允许叠差	√	√
	内道密封胶宽度	√	√
	外道密封胶深度	√	√
	间隔条位置偏差	√	√
外观质量		√	√
露点		√	√
耐紫外线辐照性能		√	√
水汽密封耐久性能		√	√
惰性气体初始含量		—	√
气体密封耐久性能		—	√
光热性能	可见光透射比	√	√
	可见光反射比	√	√
	太阳光直接透射比 ^a	√	√
	太阳光直接反射比 ^a	√	√

表 7 中空玻璃型式检验项目 (续)

项目		普通中空玻璃	充气中空玻璃
光 热 性 能	太阳红外热能总透射比 ^a	√	√
	太阳能总透射比 ^a	√	√
	遮阳系数 ^a	√	√
	传热系数	√	√
颜色一致性		√	√
注：“√”指应进行该试验；“—”指无须进行该试验。			
^a 供需双方有要求时。			

8.1.2 出厂检验

出厂检验项目包括产品尺寸及其偏差、外观质量、露点、充气中空玻璃的惰性气体初始含量。若要求增加其他检验项目由供需双方商定。

8.2 组批与抽样

8.2.1 组批

采用相同材料、在同一工艺条件下生产的中空玻璃为一批,超过 500 块,每 500 块为一批。

8.2.2 抽样

产品的尺寸及其偏差、外观质量按表 8 从交货批中随机抽样进行检验。

表 8 抽样和判定表

单位为块

批量范围	样本数	接收数	拒收数
2~15	2	0	1
16~50	8	1	2
51~90	13	2	3
91~150	20	3	4
151~280	32	5	6
281~500	50	7	8

产品的露点和充气中空玻璃惰性气体初始含量在交货批中,随机抽取性能要求的数量进行检验。

对于产品所要求的其他技术性能,若用制品检验时,根据检验项目所要求的数量从该批产品中随机抽取。若用试样进行检验时,应采用相同材料、在同一工艺条件下制作的试样。当检验项目为非破坏性试验时可继续进行其他项目的检验。

8.3 判定规则

8.3.1 尺寸及其偏差、外观质量

若不合格品数大于或等于表 8 的不合格判定数,则认为该批产品的尺寸及其偏差、外观质量不合格。

8.3.2 露点

5 块试样全部合格该项性能合格。

8.3.3 耐紫外线辐照性能

单腔中空玻璃 2 块试样均合格该项性能合格,多腔中空玻璃每组 2 块试样均合格该项性能合格。

8.3.4 水汽密封耐久性能

5 块试样水分渗透指数及平均值均合格该项性能合格。

8.3.5 惰性气体初始含量

5 块试样均合格该项性能合格。

8.3.6 气体密封耐久性能

3 块试样及其平均值均合格该项性能合格。

8.3.7 光热性能

可见光透射比、可见光反射比、太阳光直接透射比、太阳光直接反射比、太阳红外热能总透射比、太阳能总透射比、遮阳系数、传热系数应符合供需双方商定,偏差符合表 5 的规定,该项性能合格。

8.3.8 颜色一致性

单片色差合格,单片颜色一致性合格;同一批次色差合格,同一批次颜色一致性合格;不同批次间的色差合格,不同批次间颜色一致性合格;与目标颜色的色差合格,与目标颜色的颜色一致性合格。

8.3.9 批次合格判定

型式检验时,若型式检验项目有一项不合格,则认为该批产品不合格。

出厂检验时,若出厂检验项目有一项不合格,则认为该批产品不合格。

9 包装、标志、运输和贮存

9.1 包装

中空玻璃可采用木箱、集装箱或集装架包装,包装箱应符合相关标准规定。玻璃之间以及玻璃与包装箱之间应用不易划伤玻璃的间隔材料隔开。

9.2 标志

9.2.1 包装标志

包装标志应符合相关标准的规定,应包括产品名称、厂名、厂址、商标、规格、数量、生产日期、执行标准,产品包装应标明“朝上、轻搬正放、防雨、防潮、小心破碎”等字样。

9.2.2 产品标志

中空玻璃制品应有产品标记,并在玻璃表面标识室内面或室外面。

9.3 运输

产品运输应符合相关规定。

运输时,不应平放,长度方向应与运输车辆运动方向一致,应有防雨措施。

9.4 贮存

产品应垂直放置,贮存于干燥的室内。



附 录 A

(资料性)

中空玻璃密封失效及使用寿命

A.1 中空玻璃在使用中空腔内存在积水或腔内玻璃表面存在目视可见的不消失的水汽,即为中空玻璃密封失效。中空玻璃密封失效视为使用寿命终止。

A.2 由于环境中的水汽会不断通过中空玻璃的边部向中空腔内渗透,边部密封系统中的干燥剂会因不断吸附水分子而最终达到吸附饱和,这时中空玻璃中空腔内水汽含量开始增加,露点升高,直至失效。

A.3 由于环境温度的变化,中空玻璃中空腔内气体常处于热胀或冷缩状态,使密封胶也不断的被拉伸或压缩,同时环境中的紫外线、水和潮气的作用都会加速密封胶的老化,这就导致了密封胶的水汽阻隔能力降低,从而加快水汽进入中空腔内的速度,加速了中空玻璃失效。

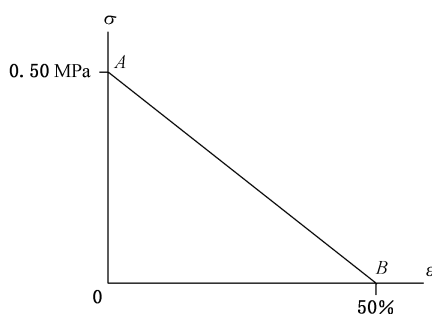
A.4 中空玻璃构件中,间隔材料、干燥剂、密封胶与玻璃形成了中空玻璃的边部密封系统。边部密封系统的质量决定了中空玻璃的使用寿命。

A.5 中空玻璃的使用寿命与中空玻璃的制作工艺有直接关系,同时,也受安装状况、使用环境的影响。

附录 B
(资料性)
边部密封黏结性能

B.1 黏结性能

中空玻璃用外道密封材料有足够的内聚力和黏结力,试样的拉伸试验在图 B.1 所示的 AOB 评价区域内,无玻璃与密封胶的黏结破坏且无密封胶内聚破坏,见图 B.2。



标引符号说明:

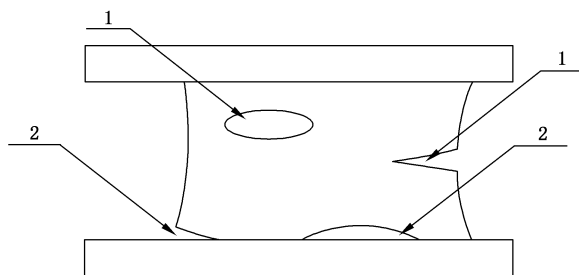
σ —— 拉伸强度;

ϵ —— 密封胶的应变;

A —— 拉伸强度为 0.50 MPa;

B —— 应变为 50%。

图 B.1 评价区域



标引序号说明:

1 —— 内聚变化;

2 —— 黏结破坏。

注:黏结破坏指密封胶与黏结基材表面的破坏现象,内聚破坏指内聚变化逐步造成密封胶本体发生的破坏现象。

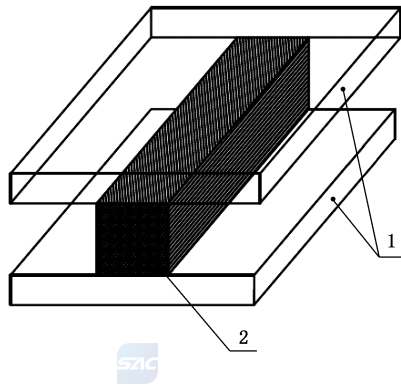
图 B.2 内聚变化和黏结破坏示意图

B.2 试验方法

B.2.1 试样

测试试样由玻璃-密封材料-玻璃构成,如图 B.3 所示。

分别用两块尺寸为 50 mm×50 mm×6 mm 的玻璃,制成如图 B.3 所示的试样 3 组,每组数量为 7 个。试样在温度 23 ℃±2 ℃,相对湿度(50±5)%的环境下放置 21 d,之后按 B.2.3 分别处理 3 组试样。



标引序号说明:

1——玻璃;

2——密封胶,12 mm×12 mm×50 mm。

图 B.3 黏结性能试样示意图

B.2.2 试验设备

紫外线辐照箱、恒温恒湿箱、电子万能材料试验机。

B.2.3 试样老化试验过程

B.2.3.1 标准条件

将一组试样在温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的环境下放置至少 168 h。

B.2.3.2 浸水

将一组试样在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的去离子水中浸泡 168 h 后,在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下放置 24 h。

B.2.3.3 光热老化

将一组试样放置在紫外线灯下暴露 504 h,试样表面紫外线辐照强度在波长 365 nm 测量为 $40\text{ W}/\text{m}^2 \pm 5\text{ W}/\text{m}^2$,暴露期间暴露玻璃表面的最高温度不得超过 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

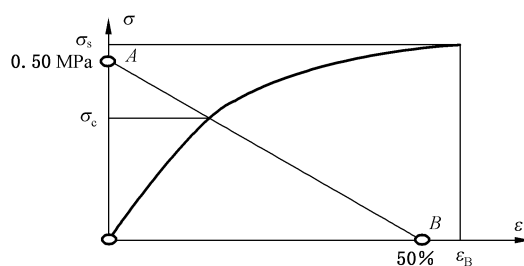
照射完成后,试样放置在环境温度 $58\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度至少为 95% 的恒温恒湿箱中,保持 $168\text{ h} \pm 5\text{ h}$ 。之后将试样在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下放置 24 h。

B.2.4 试验程序

在进行拉伸试验前,记录试样黏结面积和拉伸前的初始长度。以 $5\text{ mm}/\text{min} \pm 0.25\text{ mm}/\text{min}$ 的速度进行拉伸试验,记录最大拉伸负荷及密封胶变形量,计算最大应力值。试验环境温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

记录应力-应变曲线与图 B.1 中的 AB 线相交时应力和应变值,忽略 7 个结果中的最大值和最小值,计算剩余 5 个应力和应变测量值的算术平均值。

如果应力-应变曲线与图 B.1 中的 AB 线相交时应力值小于最大应力值,试样无内聚力和黏结力的破坏。



标引符号说明：

σ —— 拉伸强度；

ε —— 密封胶的应变；

σ_s —— 抗拉强度；

ε_B —— 断裂伸长率；

σ_c —— 交叉应力；

A —— 拉伸强度为 0.5 MPa；

B —— 应变为 50%。

图 B.4 密封胶的应力-应变曲线

B.3 应用

在更换密封胶时,进行边部密封黏结性能试验,在其他生产条件都不变的情况下,对应于每一个相应的测试条件,新密封材料应力曲线在与 AB 线上的交点与原密封材料测试时交点的应力值在 20% 的变化范围或相差不超过 0.02 MPa,且试样无内聚力和黏结力的破坏。

否则,更换密封胶后进行中空玻璃水汽密封耐久性和气体密封耐久性检测。

B.4 成品黏结性检查

参照 GB 16776—2005 中 D.1.1 方法 A,手拉试验(成品破坏法)进行中空玻璃成品边部密封黏结性能的检测。



附录 C
(资料性)
外道密封胶水汽透过率

C.1 概述

水汽透过率为一定厚度的材料在特定的温度和湿度条件下,单位面积试样 24 h 透过水分的量。

C.2 试验方法——增重法

C.2.1 试验设备

C.2.1.1 测试盘

测试盘选用非腐蚀性轻质材料,盘口面积约为 100 cm²,如图 C.1 所示。

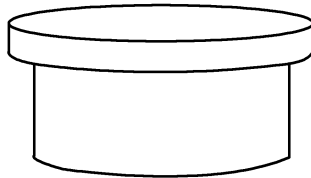


图 C.1 测试盘示意图

C.2.1.2 天平

分度值为 1×10⁻⁴ g 的电子天平。

C.2.2 试验程序

将需要测试的密封材料制成厚度为 2 mm±0.1 mm 薄片、直径与盘口尺寸一致的试样,在测试盘中装入水分含量小于 5% 的分子筛,分子筛的表面到试样的距离小于 6 mm,将试样安装到测试盘上,立即称量其质量,然后将测试盘放到 23℃±2℃、相对湿度不小于 90% 的测试箱。定期对测试盘称量,两次连续称量之间的时间差不能超过 1%。每次称量后均需摇动干燥剂,以使吸附均匀。记录称量的间隔时间和增加的质量,直到前后两次质量增量相差不大于 5% 时,认为是吸附平衡。

C.2.3 结果的计算和分析

C.2.3.1 图解

用质量与时间的坐标图分析测量结果。当坐标中至少 6 个测量点可以连成一直线时,可以认为测量达到了稳定状态,这条直线的斜率就是水汽渗透率。

C.2.3.2 计算

水汽透过率 WVTR 按公式(C.1)进行计算:

$$WVTR = \frac{G}{tA} \dots\dots\dots(C.1)$$

式中:

WVTR ——水汽透过率,单位为克每平方米天[g/(m²·d)];

- G —— t 时间内的质量增加量,单位为克(g);
 t ——平衡后连续两次测量的间隔时间,单位为天(d);
 A ——测试盘口面积,单位为平方米(m^2)。

C.3 应用

当更换密封胶时,进行密封胶水汽透过率测试。

对于水分渗透指数 I 值小于 0.1 的中空玻璃,在其他生产条件都不变的情况下,密封胶的水汽透过率与原密封胶相比,变化率不大于 20%。

对于水分渗透指数 I 值为 0.1~0.2 的中空玻璃,在其他生产条件都不变的情况下,密封胶的水汽透过率不大于原密封胶。

否则,更换密封胶后进行中空玻璃水汽密封耐久性检测。



附录 D

(资料性)

中空玻璃光学现象及目视质量的说明

D.1 布鲁斯特阴影

在中空玻璃表面几乎完全平行且玻璃表面质量高时,中空玻璃表面由于光的干涉和衍射会出现布鲁斯特阴影。这些阴影是直线,颜色不同,是由于光谱的分解而产生的。如果光源来自太阳,颜色由红到蓝。这种现象不是缺陷,是中空玻璃结构所固有的。选用不同厚度的两片玻璃制成的中空玻璃能够减轻这一现象。

D.2 牛顿环

中空玻璃由于制造或环境条件等原因,其两块玻璃在中心部相接触或接近相接触时,会出现一系列由于光干涉产生的彩色同心圆环,这种光学效应称作牛顿环。其中心是在两块玻璃的接触点或接近的点。这些环基本上都是圆形的或椭圆形的。

D.3 由温度和大气压力变化引起的玻璃挠曲

由于温度、环境或海拔高度的变化,会使中空玻璃腔体内的气体产生收缩或膨胀,从而引起玻璃的挠曲变形,导致反射映像变形。这种挠曲变形随时间和温度的变化而变化。挠曲变形的程度既取决于玻璃的刚度和尺寸,也取决于间隙的宽度。当中空玻璃尺寸小、中空腔薄、单片玻璃厚度大时,挠曲变形可以明显减小。

D.4 外部冷凝

中空玻璃的外部冷凝在室内外均可发生,主要原因是室内外玻璃表面温度低于环境露点温度导致在玻璃表面产生结露。

D.5 丁基胶内溢

中空玻璃在日常使用过程中,由于受环境温度、大气压力和风荷载的变化影响,中空腔内气体会产生膨胀或收缩,由于气体的膨胀或收缩时,玻璃会产生向内或向外的挠曲变形。用于内道密封的丁基胶属于塑性材料,在中空玻璃不断的挠曲变形的挤压作用下,丁基胶会向腔体内侧蠕动,丁基胶内溢现象属于中空玻璃呼吸运动而形成的物理现象。

注:丁基胶熔化、流淌、流油的现象不属于丁基胶内溢,是由于外道密封胶或与之相邻的耐候胶等含有烃类增塑剂导致的。

附 录 E
(规范性)
散装干燥剂水分含量测试方法

E.1 概述

本方法用于灌装在中空玻璃间隔条内的块状、颗粒状干燥剂水分含量测试。

E.2 干燥剂初始水分含量 T_i 和最终水分含量 T_f 测定

E.2.1 试验环境条件

试样的取出和称量应在温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于或等于 60% 的环境中进行。

E.2.2 材料和设备

能加热到 $540\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上、无换风功能的电阻炉；分度值为 $1 \times 10^{-4}\text{ g}$ 的电子天平、真空干燥器或真空干燥箱、洁净干燥的坩埚、坩埚钳、防烫手套。

E.2.3 试验程序

E.2.3.1 干燥剂的取出

方法一：将玻璃与密封材料割开，去除第一层玻璃，使间隔框暴露，必要时可用同样方法去除第 2 层玻璃。选取玻璃长边，在距充装干燥剂的间隔框角部约 60 mm 处锯开，将最初的少量干燥剂弃掉后，取出不少于 15 g 干燥剂。操作过程应在 5 min 内完成。

方法二：选取玻璃长边，在距充装干燥剂的间隔框角部约 60 mm 处，除去密封胶约 10 mm，暴露间隔框，用适当的工具在间隔框外壁上打一孔（孔不要穿透间隔框内壁），将最初的少量干燥剂弃掉后，取出至少 15 g 干燥剂。操作过程应在 5 min 内完成。

操作过程中尽量避免间隔条碎屑和密封材料混入取出的干燥剂中。若中空玻璃一边取出的干燥剂质量不到 15 g，可继续取其他边间隔条中的干燥剂，若一块试样的各边间隔条均取出但总质量仍不足 15 g 时，使用取出的全部干燥剂进行测试。

E.2.3.2 测定与计算

将从中空玻璃中取出的干燥剂装入已恒重的坩埚（质量为 m_0 ）中，2 min 之内称量其总质量 m_1 ，之后将该坩埚放入电阻炉中，升温至 $540\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并在相应温度下保持至少 120 min，取出后立即放入真空干燥器或干燥箱，开启真空泵，在小于 $1.01 \times 10^3\text{ Pa}$ 的条件下冷却到室温，冷却时间不应超过 60 min，然后称量其总质量 m_2 。

干燥剂初始水分含量 T_i 或最终水分含量 T_f 按公式(E.1)计算，计算结果修约至小数点后 4 位。

$$T_i \text{ 或 } T_f = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

T_i ——干燥剂初始水分含量；

T_f ——干燥剂最终水分含量；

m_1 ——干燥剂与坩埚总质量，单位为克(g)；

m_2 —— 焙烧后干燥剂与坩埚总质量,单位为克(g);

m_0 —— 已恒重的坩埚质量,单位为克(g)。

E.3 干燥剂标准水分含量 T_c 测定

E.3.1 试验环境条件

试验应在温度 $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度小于或等于 60% 的环境中进行。

E.3.2 材料和设备

净体积不小于 10 L 的干燥器、磁力搅拌装置、分度值为 1×10^{-4} g 分析天平、规格为 $\Phi 40\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 低型有盖称量瓶、分析纯氢氧化钾(含量大于或等于 85%)、去离子水。

E.3.3 试验程序

警示:氢氧化钾颗粒及氢氧化钾饱和溶液具有强腐蚀性,操作时注意采取适当的安全防护措施,避免眼和皮肤的接触。

E.3.3.1 饱和吸附环境

在干燥器内加入适量去离子水,水面距干燥器支架底面应有 20 mm 左右距离,取适量的氢氧化钾溶解于的水中,直至溶液达到过饱和(KOH 在 $23\text{ }^\circ\text{C}$ 水中的溶解度为 107 g/100 g),在整个试验过程中要保持溶液中要有未溶解的氢氧化钾晶体。准备好的干燥器在 $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 环境放置 24 h 后使用,在试验过程中用磁力搅拌器一直搅拌溶液。

E.3.3.2 有效吸水能力(AWAC)测定

标记称量瓶及其配套盖子,两者一起称重。称量干燥的称量瓶和盖子的质量记为 W_0 ,按 E.2.3.1 取出干燥剂,取 $1\text{ g} \pm 0.01\text{ g}$ 干燥剂放入称量瓶中盖上盖子称量质量记为 W_1 ,称量瓶打开盖子并连同盖子一起放入盛有饱和氢氧化钾溶液的干燥器的支架上,每个干燥器中放入的干燥剂的质量不应超过 0.3 g/L(如:10 L 干燥器中放入的干燥剂不应超过 3 g)。

干燥剂在盛有氢氧化钾饱和溶液环境中放置 $72\text{ h} \pm 5\text{ min}$,将称量瓶从饱和溶液环境中取出来,连同盖子一起称量质量记为 W_2 。

E.3.3.3 计算

干燥剂有效吸水能力 AWAC 按公式(E.2)进行计算。

$$AWAC = \frac{W_2 - W_1}{W_1 - W_0} \dots\dots\dots(E.2)$$

式中:

AWAC —— 干燥剂有效吸水能力;

W_2 —— 氢氧化钾饱和溶液环境放置后的带盖称量瓶和干燥剂总质量,单位为克(g);

W_1 —— 带盖称量瓶和干燥剂总质量,单位为克(g);

W_0 —— 带盖称量瓶质量,单位为克(g)。

E.3.4 干燥剂标准水分含量 T_c

干燥剂标准水分含量 T_c 按公式(E.3)进行计算。

$$T_c = AWAC + T_i \dots\dots\dots(E.3)$$

式中：

T_c ——干燥剂标准水分含量；

AWAC ——干燥剂有效吸水能力；

T_i ——干燥剂初始水分含量。



附录 F

(规范性)

含干燥剂的柔性间隔密封材料含水量测定——卡尔·费休法

F.1 概述

材料的分解温度高于吸附水分的释放温度时,可以用本方法测定水分含量。例如,干燥剂混合在有机材料中的复合密封胶条、热固微孔弹性间隔条等。

F.2 材料和设备

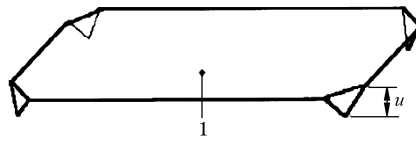
分度值为 1×10^{-4} g 的电子天平、卡尔·费休干燥炉、容积法微量水分测定仪、氮气($N_2 + Ar$ 含量大于 99.995%, H_2O 含量小于 5×10^{-6} 、 O_2 含量小于 2×10^{-6})。

F.3 T_i 、 T_r 、 T_c 的测定F.3.1 初始水分含量 T_i 和最终水分含量 T_r 的测定

F.3.1.1 将卡尔·费休干燥炉与容积法微量水分测试仪连接,连接长度不大于 200 mm,确保无漏气。

F.3.1.2 取 0.01 mL 蒸馏水,对卡尔·费休试剂进行标定,并记录标定结果。

F.3.1.3 准备折角的网架,如图 F.1 所示,称量其质量,记为 m_0 。



标引说明:

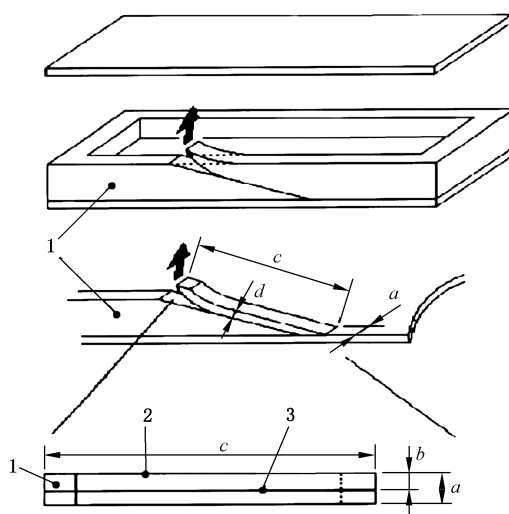
u —— 约为 3 mm;

1 —— 网架。

图 F.1 试样放置网架

F.3.1.4 打开中空玻璃,按图 F.2 所示,从边部的中心取面向中空玻璃腔内部大约 0.5 g 含有干燥剂的密封材料, $b \times c \times d$ 体积约为 0.5 cm^3 。





标引说明:

- 1——含有干燥剂的密封材料;
- 2——面向中空玻璃腔的密封材料;
- 3——将密封材料从中部分开;
- a ——密封材料宽度;
- b ——半宽($a/2 \pm 0.5$)mm, 最大为(3.5 ± 0.5)mm;
- c ——密封材料长度;
- d ——试样厚度。

图 F.2 取样方法示意图

F.3.1.5 对于带有防水汽渗透材料的取样,应先将有机材料与水分渗透阻隔材料分开。取样方法同 F.3.1.4。

F.3.1.6 将取好的试样放到网架上,如图 F.3 所示,称量总质量。当进行初始水分测量时,把这一质量记为 m_i ,当进行最终水分测量时,把这一质量记为 m_f 。取样过程应在 15 min 内完成。



标引序号说明:

- 1——取好的试样。

图 F.3 试样放置图

F.3.1.7 将取好的试样连同网架一起放入卡尔·费休干燥炉中,炉温控制在 $200\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$,保持氮气流速 $200\text{ mL/min} \pm 20\text{ mL/min}$ 。

F.3.1.8 根据试样质量 $m_i - m_0$ 、 $m_f - m_0$ 分别计算初始水分含量 T_i 和最终水分含量 T_f 。结果修约至小数点后 4 位。

F.3.2 标准水分含量 T_c 的测定

F.3.2.1 按 F.3.1.4 的方法从 2 块中空玻璃试样上各取一条约 0.5 g 的试样,放到已知质量 m_0 的网架上。

F.3.2.2 试样连同网架放在氯化镁饱和溶液干燥器中,置于溶液上方约 20 mm 处,再将干燥器放入温度 $55\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 试验箱内。每 3 周称量一次试样连同网架的质量,当两次称量值差不超过 $5\times 10^{-4}\text{ g}$ 时,认为吸附饱和,该质量记为 m_c ,试样平衡后应在 1 周内完成水分含量测试。

F.3.2.3 将试样连同网架一起放入卡尔·费休干燥炉中,按 F.3.1.7 试验,根据饱和后的试样质量 $m_c - m_0$ 计算标准水分含量 T_c 。结果修约至小数点后 4 位。

附录 G

(规范性)

含干燥剂的柔性间隔密封材料含水量测定——重量法

G.1 概述

适用于吸附水后不可通过物理方式(如加热等)解吸附的含有干燥剂的聚合物水分含量的测定,如热塑间隔密封胶。

G.2 材料和仪器

G.2.1 电子天平:分度值为 1×10^{-4} g。

G.2.2 高温高湿试验箱:能维持温度 $85 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度 $(85 \pm 5)\%$ 的试验条件。

G.2.3 烘箱:能维持温度 $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 的试验条件。

G.2.4 装有饱和氢氧化钾溶液的干燥器。

G.2.5 可以压制厚度为 $1 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 试样的模具或其他工具。

G.2.6 折角的网架。

G.3 水分含量的测定

G.3.1 标准水分含量的测定

G.3.1.1 试样

试样为适量原包装中取出的真空包装完好的未使用的密封胶。试验时,从包装中取重约 1.0 g 的试样 2 份,用模具或其他工具将取的样品制成厚度为 $1 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 的薄片。

G.3.1.2 试验程序

准备折角的网架,称量其质量 m_0 。将制备好的试样放到网架上,称量总质量 m_r 。

将制备好的试样连同网架一起放入温度 $85 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(85 \pm 5)\%$ 的高温高湿试验箱中,至少放置 72 h 后,每 $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ 称量一次,直至连续两次称量质量差小于 0.001 g,把试样连同网架一起放入温度为 $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 的烘箱中 $24 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$,然后放入装有饱和氢氧化钾溶液干燥器,在 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 温度下保持 $68 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$ 后,称量试样和网架的质量 m_c 。

G.3.1.3 结果计算

标准水分含量 T_c 按公式(G.1)进行计算。取两份试样的平均值为标准水分含量。

$$T_c = \frac{m_c - m_r}{m_r - m_0} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

T_c —— 标准水分含量;

m_c —— 试验后网架及试样总质量,单位为克(g);

m_r —— 网架及试样总质量,单位为克(g);

m_0 —— 网架质量,单位为克(g)。

G.3.2 初始水分含量的测定

G.3.2.1 试样

按 F.3.1.4 规定的方法从中空玻璃上取重约 1.0 g 的试样,用模具或其他工具将取的样品制成厚度为 1 mm±0.2 mm 的薄片。

G.3.2.2 试验程序

按 G.3.1.2 规定的程序进行。

G.3.2.3 结果计算

初始水分含量 T_i 按公式(G.2)进行计算。

$$T_i = T_c - \frac{m_i - m_r}{m_r - m_0} \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

- T_i —— 初始水分含量;
- T_c —— 标准水分含量;
- m_i —— 试验后网架及试样总质量,单位为克(g);
- m_r —— 网架及试样总质量,单位为克(g);
- m_0 —— 网架质量,单位为克(g)。

G.3.3 最终水分含量的测定

G.3.3.1 试样

按 F.3.1.4 规定的方法从老化试验后的试样上取重约 1.0 g 的试样,用模具或其他工具将取的样品制成厚度为 1 mm±0.2 mm 的薄片。



G.3.3.2 试验程序

按 G.3.1.2 规定的程序进行。

G.3.3.3 结果计算

最终水分含量 T_f 按公式(G.3)进行计算。

$$T_f = T_c - \frac{m_f - m_r}{m_r - m_0} \dots\dots\dots (G.3)$$

式中:

- T_f —— 最终水分含量;
- T_c —— 标准水分含量;
- m_f —— 试验后网架及试样总质量,单位为克(g);
- m_r —— 网架及试样总质量,单位为克(g);
- m_0 —— 网架质量,单位为克(g)。

附录 H

(规范性)

中空玻璃惰性气体含量测定——可调谐半导体激光吸收光谱法

H.1 概述

本方法用于充气中空玻璃惰性气体体积浓度的无损测量。

H.2 原理

通过对可调谐半导体激光器或垂直腔面发射激光器等激光器的波长进行调谐,产生覆盖氧气吸收线波长范围的激光,激光束以一定角度射入中空玻璃中空腔,通过收集经玻璃各表面反射的光束,获得由氧气特征吸收引起的光强变化,该光强变化量与基准强度变化量(光束通过已知气体浓度的光强变化量)相比较,进而确定中空玻璃中空腔氧气体积浓度,最终根据氧气体积浓度换算出惰性气体体积浓度。

H.3 试验设备

可调谐半导体激光吸收光谱氩气检测仪,仪器由激光器、光电探测器、数据处理单元等组成,仪器的气体分辨力 0.1%,测试的最大允许误差不超过 2%。

H.4 试验程序

H.4.1 测试条件

环境温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 30%~80%,试样表面无阳光直射。

H.4.2 测试步骤

将试样按实际使用方式放置,在试样高度方向两侧,距边部约 100 mm 处,自上而下均匀选取 5 点作为测量点,共 10 个测试点,如图 H.1 所示。

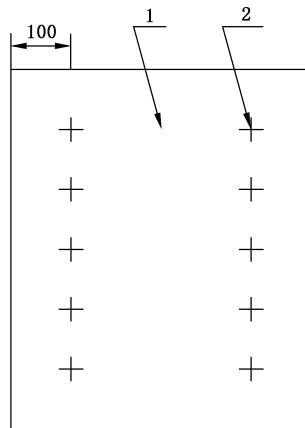
将仪器探测头轻抵试样测量点处玻璃表面,重复测量 3 次,记录 3 个测试值;分别测 10 个测量点,得到 30 个测量结果。

H.4.3 结果计算

充气中空玻璃的惰性气体含量为 30 个测量结果的算术平均值。



单位为毫米



标引序号说明：
1——中空玻璃；
2——测量点。

图 H.1 中空玻璃惰性气体含量测试位置



参 考 文 献

- [1] GB 16776—2005 建筑用硅酮结构密封胶
-

