

ICS 91.100.60
Q 25



中华人民共和国国家标准

GB/T 37608—2019

真空绝热板

Vacuum insulation panels(VIP)

2019-06-04 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

订单号: 0100191202051412 防伪编号: 2019-1202-0455-3274-1946 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国绝热材料标准化技术委员会(SAC/TC 191)归口。

本标准起草单位:南京玻璃纤维研究设计院有限公司、福建赛特新材股份有限公司、江苏山由帝奥节能新材股份有限公司、广州晖能环保材料有限公司、中车长江车辆有限公司、长虹美菱股份有限公司、南京航空航天大学、中建工程研究院有限公司、海信家电集团股份有限公司、滁州银兴新材料科技有限公司、四川零零昊科技有限公司、青岛德旭新材料股份有限公司、安徽百特新材料科技有限公司、安徽省息思惠新型材料有限责任公司、苏州维艾普新材料股份有限公司、善工新材料科技有限公司、江苏大利节能科技股份有限公司、安徽吉曜玻璃微纤有限公司、天长市劲驰玻纤科技有限责任公司、河北神州保温建材集团有限公司、国家玻璃纤维产品质量监督检验中心。

本标准主要起草人:张剑红、赵明、王佳庆、汪坤明、洪国莹、朱生荣、张亮亮、袁江涛、王海成、何远新、胡海滨、吴园、陈照峰、孙鹏程、周辉、胡锋、吴乐于、陈彪、卢旭东、张海军、刁子军、肖军、蒋国华、顾春生、王谦、高伟民、阚安康、徐滕州、侯鹏、丁晴、刘莲花、潘阳、魏善芝、屈会力、李骏光、郝郑涛、崔军、唐健。

北京中培质联 专用

订单号: 0100191202051412 防伪编号: 2019-1202-0455-3274-1946 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

真空绝热板

1 范围

本标准规定了真空绝热板的分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于长期在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 使用的建筑及工业领域真空绝热板。其他温度范围使用的真空绝热板也可参考采用。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 4132 绝热材料及相关术语

GB 8624—2012 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 10004—2008 包装用塑料复合膜、袋 干法复合、挤出复合

GB/T 10294 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法

GB/T 10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法

GB/T 30804 建筑用绝热制品 垂直于表面抗拉强度的测定

3 术语和定义

GB/T 4132 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

真空绝热板 vacuum insulation panels; VIP

在真空状态下将芯材用阻气隔膜封装的绝热制品。

注:为保持制品内部的真空度,可加入吸气剂和/或干燥剂。

3.2

中心区域导热系数 center-of-panel thermal conductivity

不考虑阻气隔膜边缘影响的中心区域的表观导热系数。

3.3

芯材 core material

用于真空绝热板内,由纤维、粉末、泡沫材料等一种或者多种材料混合而成,有一定支撑和保温作用的材料。

3.4

阻气隔膜 barrier film

由多层高分子聚合物和/或金属薄膜复合而成,能够阻隔周围环境中的气体或水汽渗透、扩散进入真空绝热板内部,维持真空绝热板内部长期处于预期真空状态并提供机械防护的薄膜材料。

注:用阻气隔膜做成的用于封装芯材的袋子称为阻气隔膜袋。

3.5

吸气剂 getter

在一定条件下,采用物理或化学的方法有效地吸着某一种或多种气体,以维持使用寿命期间真空绝热板内真空度的材料。

3.6

有效导热系数 effective thermal conductivity

考虑了阻气隔膜边缘影响的整块真空绝热板的表观导热系数。

3.7

使用寿命 service life

真空绝热板从生产之日起到其中心区域导热系数衰减至某一规定的失效值时所持续的时间。

4 分类和标记

4.1 分类

按用途分为:建筑用(B类)和工业用(I类)。

按中心区域导热系数分为:I型、II型、III型和IV型。

4.2 标记

产品标记由产品名称(真空绝热板或VIP)和产品技术特征两部分组成。

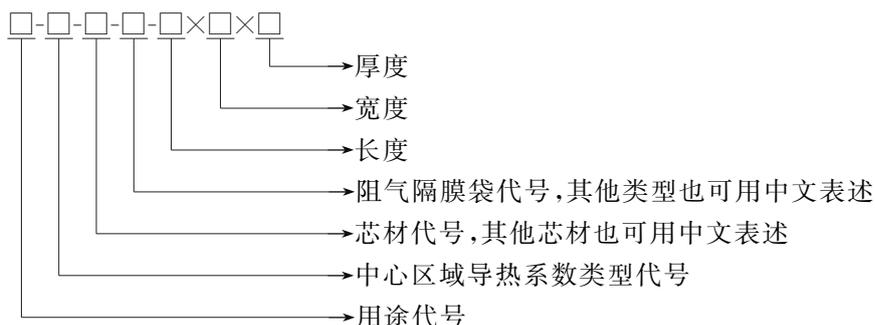
产品技术特征包括:

- a) 用途;
- b) 中心区域导热系数类型;
- c) 芯材,常用芯材见表1;
- d) 阻气隔膜袋,常用阻气隔膜袋见表1;
- e) 尺寸, L (长度) $\times W$ (宽度) $\times T$ (厚度),单位为mm;对于异型件,长度和宽度可不标明,但应标明厚度;
- f) 其他标记,如商业代号等。

表1 常用芯材和阻气隔膜袋种类

芯材	代号	阻气隔膜袋	代号
玻璃纤维(玻纤)	GF	双面铝箔膜	AF
气相二氧化硅(气硅)	FSiO ₂	双面镀铝膜	MF
普通硅粉	SiO ₂	阴阳膜 (一面铝箔膜,一面镀铝膜)	MA

真空绝热板(或VIP)



示例 1: 中心区域导热系数为Ⅱ型, 芯材为气硅, 阻气隔膜袋为双面铝箔膜, 长度、宽度和厚度分别为 600 mm、400 mm、20 mm 的建筑用真空绝热板标记为:

VIP-B-Ⅱ-FSiO₂-AF 600×400×20。

示例 2: 中心区域导热系数为Ⅱ型, 芯材为聚氨酯, 阻气隔膜袋为阴阳膜, 厚度为 10 mm 的工业用真空绝热板异型件标记为:

VIP-I-Ⅱ-聚氨酯-MA 10。

5 技术要求

5.1 通用要求

5.1.1 外观

除吸气剂或干燥剂区域外, 真空绝热板其余表面应平整, 无鼓胀、影响使用的划痕、损伤等。

5.1.2 尺寸允许偏差

矩形真空绝热板的尺寸允许偏差应符合表 2 的要求。异型板的长度、宽度由供需双方协商, 厚度偏差应符合表 2 的要求。

表 2 尺寸允许偏差

单位为毫米

项目	规格	允许偏差
长度	≤600	+3 -3
	>600~1 500	+5 -5
	>1 500	+8 -8
宽度	≤600	+3 -3
	>600~1 500	+5 -5
	>1 500	+8 -8
厚度	≤10	+1.0 -0.5
	>10~20	+2.0 -1.0
	>20	+3.0 -1.5

5.1.3 翘曲和对角线差

矩形真空绝热板的翘曲和对角线差应符合表 3 的要求。

表 3 翘曲和对角线差

项目	规格	指标
翘曲	厚度不大于 10 mm	≤5 mm
	厚度大于 10 mm	≤3 mm
对角线差	长度不大于 1500 mm	≤5 mm
	长度大于 1500 mm	≤10 mm

5.1.4 物理性能要求

真空绝热板的物理性能应符合表 4 的要求。

表 4 真空绝热板的物理性能

项目		指标		
中心区域导热系数 (平均温度 25 °C ± 2 °C) W/(m·K)	I 型	≤0.002 5		
	II 型	≤0.005 0		
	III 型	≤0.008 0		
	IV 型	≤0.012 0		
穿刺强度 N		≥15		
穿刺后导热系数(平均温度 25 °C ± 2 °C) W/(m·K)		≤0.035		
湿热老化性 (70 °C, 相对湿度 90%, 28 d)	老化后中心区域导热系数 (平均温度 25 °C ± 2 °C) W/(m·K)	I 型	≤0.005 0	
		II 型	≤0.008 0	
		III 型、IV 型	≤0.012 0	
	老化后中心区域 导热系数增量 (平均温度 25 °C ± 2 °C) W/(m·K)	气硅芯材 普通硅粉芯材	双面铝箔膜	≤0.001 0
			双面镀铝膜 阴阳膜 其他阻气隔膜	≤0.002 0
		玻纤芯材及其他芯材	双面铝箔膜	≤0.003 0
		双面镀铝膜 阴阳膜 其他阻气隔膜	≤0.005 0	

5.2 其他要求

5.2.1 建筑用(B 类)真空绝热板还应满足的要求

5.2.1.1 垂直于表面抗拉强度应不小于 80 kPa。

5.2.1.2 尺寸稳定性应满足长度、宽度和厚度的变化率分别不大于 1.0%、1.0% 和 3.0%。

5.2.1.3 燃烧性能级别应不低于 A(A2)级。

5.2.1.4 穿刺后厚度变化率应不大于 10%。

5.2.2 选做性能

5.2.2.1 有要求时,面密度允许偏差应不大于 10%。

5.2.2.2 对整板的保温性能有要求时,可进行有效导热系数的评估,指标由供需双方商定。

5.2.2.3 对使用寿命有要求时,可进行使用寿命的评估,指标由供需双方商定。

6 试验方法

6.1 状态调节

样品应在温度为 15℃~30℃、相对湿度不大于 60%的条件下放置不少于 24 h。

6.2 试样

试样应为同一规格完整的真空绝热板。

6.3 外观

在光照明亮的条件下,距试样 1 m 处目视检查表面是否平整,是否有鼓胀、影响使用的划痕、损伤等。

6.4 尺寸

按附录 A 的规定进行。

6.5 翘曲和对角线差

按附录 A 的规定进行。

6.6 中心区域导热系数

按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 的规定进行,以 GB/T 10294 为仲裁方法,结果修约至 0.000 1 W/(m·K)。测试时宜避开折边。

6.7 穿刺强度

按下列步骤进行:

- a) 从真空绝热板的上、下两面阻气隔膜各取两组试样,每组试样由真空绝热板同一面的 5 个阻气隔膜试样组成,试样为 $\varphi=(100\pm 1)$ mm 的圆片,每个试样应标明真空绝热板的上下面和阻气隔膜的正反面。
- b) 按 GB/T 10004—2008 中 6.6.13 的规定分别对真空绝热板上阻气隔膜试样的正反面和下两面阻气隔膜试样的正反面进行试验。同一组试样的穿刺应从阻气隔膜的同面进行。
- c) 每组取 5 个试样的平均值,4 组试样平均值中最小值为最终结果,修约至 1 N。

6.8 穿刺后厚度变化率和穿刺后导热系数

按下列步骤进行:

- a) 按附录 A 测量试样厚度 d_1 。
- b) 将膜刺穿。

- c) 将穿刺后的试样水平放置(24±1)h,然后按附录 A 测量试样厚度 d_2 。
- d) 按式(1)计算厚度变化率。

$$\delta = \frac{d_2 - d_1}{d_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- δ ——厚度变化率,以百分数(%)表示;
- d_2 ——穿刺后试样厚度,单位为毫米(mm);
- d_1 ——穿刺前试样厚度,单位为毫米(mm)。

试样数量 3 块,取 3 块试样的平均值,修约至 1%。

- e) 按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测定穿刺后试样的导热系数,修约至 0.001 W/(m·K)。

6.9 湿热老化性

按附录 B 的规定进行。

6.10 垂直于表面抗拉强度

试样尺寸应不小于 100 mm×100 mm。将 100 mm×100 mm 的夹具粘在试样上下表面的中心部位,固化后按 GB/T 30804 的规定进行试验,以夹具面积计算抗拉强度。试样数量 5 块,取 5 块试样的平均值,修约至 1 kPa。

6.11 尺寸稳定性

按下列步骤进行:

- a) 按附录 A 测量试验前每块试样的长度、宽度和厚度。
- b) 将试样放入 70 °C 烘箱中保持(48±2)h,然后取出,放置在 15 °C~30 °C、相对湿度不大于 60% 的实验室 1 h~3 h。
- c) 按附录 A 测量试验后每块试样的长度、宽度和厚度。
- d) 按式(2)~式(4)分别计算试样长度、宽度和厚度的尺寸变化率。

$$\delta_l = \frac{(l_2 - l_1)}{l_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\delta_w = \frac{(w_2 - w_1)}{w_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\delta_t = \frac{(t_2 - t_1)}{t_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- $\delta_l, \delta_w, \delta_t$ ——分别为试样的长度变化率、宽度变化率和厚度变化率,以百分数(%)表示;
- l_1, w_1, t_1 ——分别为试验前试样长度、宽度和厚度,单位为毫米(mm);
- l_2, w_2, t_2 ——分别为试验后试样长度、宽度和厚度,单位为毫米(mm)。

试样数量 3 块,取 3 块试样的算术平均值,修约至 0.1%。

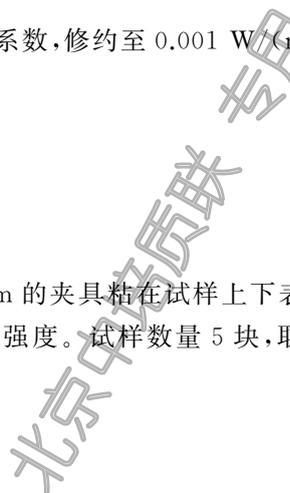
6.12 燃烧性能

按 GB 8624—2012 的规定。

6.13 面密度偏差

按附录 A 的规定进行。

购买单位: 北京中培质联
 2019-1202-0455-3274-1946
 防伪编号: 0100191202051412
 订单号: 0100191202051412



6.14 有效导热系数

有效导热系数可参考附录 C 或附录 D 进行测定或计算。

6.15 使用寿命

评估使用寿命时,首先应确定真空绝热板中心区域导热系数的失效值,然后根据工况条件参考附录 E 进行评估。

7 检验规则

7.1 总则

检验分为出厂检验和型式检验。出厂检验和型式检验的项目见表 5。

7.2 出厂检验

产品出厂时,应进行出厂检验。出厂检验应实施 100% 检验。

7.3 型式检验

有下列情况之一时,应进行型式检验。

- 新产品定型鉴定;
- 正式生产后,原材料、工艺有较大的改变,可能影响产品性能时;
- 正常生产时,每年至少进行一次;
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

表 5 真空绝热板检测项目

项 目	建筑用		工业用	
	出厂	型式	出厂	型式
外观	√	√	√	√
尺寸	√	√	√	√
翘曲和对角线差	—	√	—	√
中心区域导热系数	√	√	√	√
穿刺强度	—	√	—	√
穿刺后导热系数	—	√	—	√
耐老化性	—	√	—	√
垂直于表面抗拉强度	—	√	—	—
尺寸稳定性	—	√	—	—
燃烧性能	—	√	—	—
穿刺后厚度变化率	—	√	—	—
面密度偏差	—	*	—	*
有效导热系数	—	*	—	*
使用寿命	—	*	—	*

注：“√”表示应检项目；“*”表示选做项目；“—”表示不检项目。

7.4 抽样方案

当型式检验时用此抽样方案。

以同一原料、同一生产工艺、同一品种,稳定连续生产的产品为一个检查批。建筑用真空绝热板每4 000 m² 为一批,不足4 000 m² 视为一批;家用电器用真空绝热板每1 000 m² 为一批,不足1 000 m² 视为一批。

单位产品应从出厂检验的合格批中随机抽取。所有的单位产品被认为是质量相同的。样品数量应满足试验需要。

7.5 判定规则

7.5.1 所有性能应看作独立的,以测定结果的修约值进行判定。

7.5.2 所有性能均符合标准要求,判定该批产品合格,否则判定该批产品不合格。

8 标志

在标志、标签和使用说明书上应标明:

- a) 产品标记和商标;
- b) 按本标准生产;
- c) 产品的净重或数量;
- d) 生产日期或批号;
- e) 生产企业或经销商名称、详细地址;
- f) GB/T 191 规定的“怕雨”等标志;
- g) 产品使用范围、不适用的场合等指导安全使用的警语。

9 包装、运输及贮存

9.1 包装

产品应有适宜可靠的包装,避免挤压、划伤和碰坏。

9.2 运输

应用干燥防雨的工具运输,避免暴晒、雨淋;运输过程中应避免机械碰撞、挤压;搬运时应轻拿轻放。

9.3 贮存

应在干燥通风的库房里贮存,避免重压,远离火源。

附录 A (规范性附录)

尺寸、翘曲、对角线差和面密度偏差的试验方法

A.1 范围

本附录规定了测试真空绝热板尺寸、翘曲、对角线差和面密度偏差的试验仪器、试样和试验步骤。

A.2 试验仪器

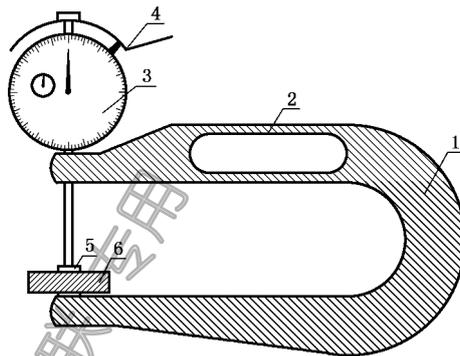
A.2.1 天平：分度值不大于 0.1 g。

A.2.2 钢卷尺：分度值不大于 1 mm。

A.2.3 钢直尺：分度值不大于 1 mm。

A.2.4 H 型测厚仪：分度值不大于 0.1 mm，见图 A.1。

A.2.5 游标卡尺：分度值不大于 0.1 mm。



说明：

- 1——支架；
- 2——握柄；
- 3——百分表；
- 4——压力杆；
- 5——测头；
- 6——样品。

图 A.1 H 型测厚仪示意图

A.3 试样

试样为完整的真空绝热板，试样数量 3 块。

A.4 试验步骤

A.4.1 长度、宽度和厚度的测量

尺寸的测量区域应为芯材区域。

用钢卷尺或钢直尺测量长度和宽度。

当试样的长度和宽度均不大于 1 500 mm 时,长度和宽度各测 3 个值,测量位置见图 A.2。长度和宽度取 3 个测量值的平均值。

当试样的长度大于 1 500 mm 时,长度每增加 500 mm,宽度测量增加一个位置,最多增加至 5 个。测量位置见图 A.2。宽度取 5 个测量值的平均值。

厚度的测量点应避开有显著凹凸和褶皱的位置。

当试样无折边时,厚度用 H 型测厚仪测量,测量位置见图 A.3 中 T_1 、 T_2 ... T_i 。

当试样有折边时,非折边区域的厚度用 H 型测厚仪测量,测点位置见图 A.3 中 T_1 、 T_2 ... T_i ;折边区域的厚度用游标卡尺测量,测点位置见图 A.3 中 T_{z1} 、 T_{z2} ... T_{zi} 。

当试样长度不超过 1 500 mm,厚度测量 4 次,取 4 个测量值的平均值。

当试样长度超过 1 500 mm 时,长度每增加 500 mm,厚度增加两次对等位置的测量,最多增加至 10 个。

以非折边区域厚度作为真空绝热板厚度。

长度、宽度和厚度取 3 块试样的平均值,长度和宽度修约至 1 mm,厚度修约至 0.1 mm。

单位为毫米

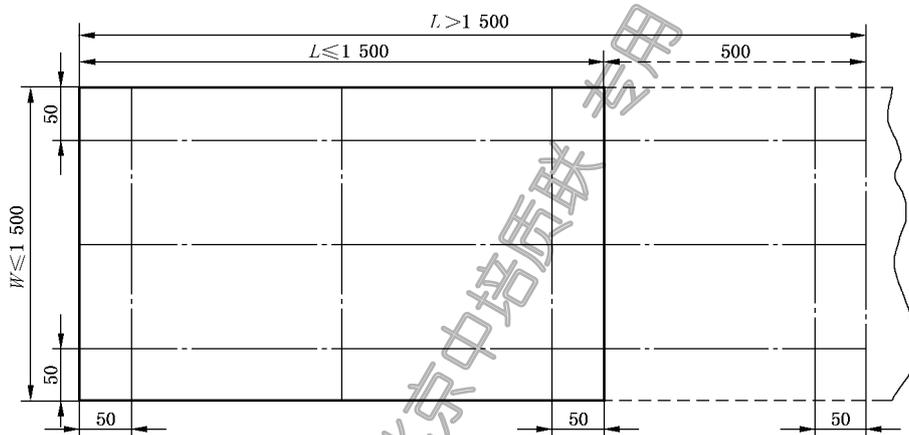


图 A.2 长度和宽度的测量位置

单位为毫米

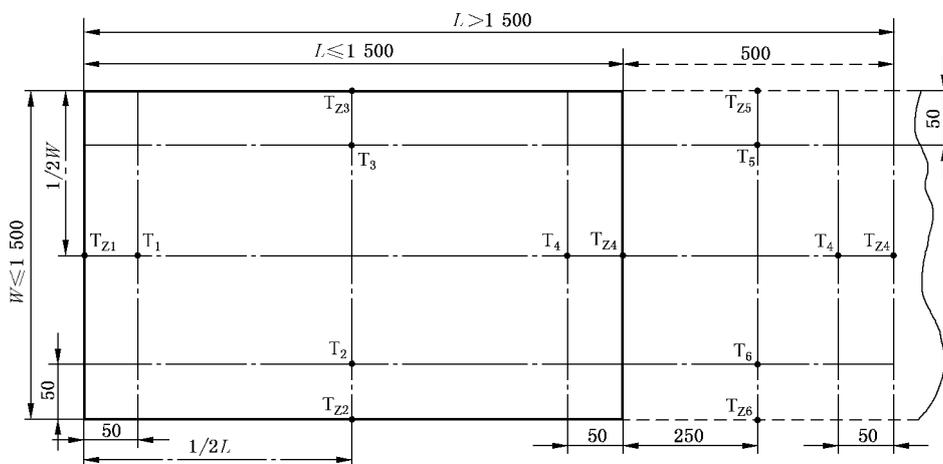


图 A.3 厚度的测量位置

A.4.2 面密度偏差

称量每块试样的质量,按式(A.1)计算面密度:

$$\rho_s = \frac{m}{l \times w} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

ρ_s ——面密度,单位为千克每平方米(kg/m²);

m ——质量,单位为克(g);

l ——长度,单位为毫米(mm);

w ——宽度,单位为毫米(mm)。

取3块试样的平均值,修约至0.1 kg/m²。

面密度允许偏差按式(A.2)计算:

$$\delta_{\rho_s} = \frac{\rho_s - \rho_{s0}}{\rho_{s0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

δ_{ρ_s} ——面密度偏差,以百分数(%)表示;

ρ_s ——面密度平均值,单位为千克每平方米(kg/m²);

ρ_{s0} ——面密度标称值,单位为千克每平方米(kg/m²)。

结果修约至1%。

A.4.3 翘曲

将试样放于测量平台上,使其凹面朝上。用钢直尺分别测量四个角的下表面与测量平台的距离,其中最大值为该块试样的测量结果。取3块试样的平均值,修约至1 mm。

A.4.4 对角线差

将试样放于测量平台上,用钢卷尺或钢直尺测量对角线长,将两条对角线长度相减即为对角线差。取3块试样的算术平均值,修约至1 mm。

北京中培质联 专用

订购单位: 北京中培质联
防伪编号: 2019-1202-0455-3274-1946
订购编号: 0100191202051412

附录 B
(规范性附录)
耐老化性试验方法

B.1 范围

本附录规定了真空绝热板耐老化性试验方法的试验仪器、试样、试验步骤和试验结果判定。

B.2 试验仪器

B.2.1 调温调湿箱:温度波动不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度波动不大于 $\pm 3\%$ 。

B.2.2 导热系数测定仪:符合 GB/T 10294 或 GB/T 10295 要求。

B.3 试样

试样为完整的真空绝热板,试样数量 3 块。

B.4 试验步骤

B.4.1 分别测试 3 块试样的中心区域导热系数。

B.4.2 将 3 块真空绝热板放入 $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(90\pm 3)\%$ 的调温调湿箱中老化 $28\text{ d}\pm 4\text{ h}$ 。

B.4.3 将试样取出,在温度为 $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 60% 条件下放置 $(24\pm 1)\text{h}$ 。

B.4.4 分别测试经过老化处理的 3 块试样的中心区域导热系数。

B.4.5 按式(B.1)计算老化前后 3 块试样中心区域导热系数增量,修约至 $0.000\ 1\ \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_0 \quad \dots\dots\dots(\text{B.1})$$

式中:

$\Delta\lambda$ ——中心区域导热系数增量,单位为瓦每米开尔文 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$;

λ_1 ——老化后中心区域导热系数,单位为瓦每米开尔文 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$;

λ_0 ——老化前中心区域导热系数,单位为瓦每米开尔文 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ 。

B.5 试验结果判定

不少于 2 块试样满足表 4 中湿热老化性的要求,判定老化试验合格。否则,判定老化试验不合格。

试验结果取老化合格的试样中心区域导热系数的平均值和中心区域导热系数增量的平均值,修约至 $0.000\ 1\ \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

附 录 C

(资料性附录)

真空绝热板有效导热系数的测定和换算

C.1 范围

本附录给出了真空绝热板有效导热系数的测试方法的原理、试验仪器、试样、试验步骤和其他尺寸的真空绝热板有效导热系数的换算。

C.2 原理

真空绝热板的有效导热系数是反映真空绝热板整板保温性能的重要参数,其包含了两个部分,一部分是真空绝热板中心区域的导热系数,该值主要受芯材固体导热、真空绝热板内部残余气体导热和真空绝热板热辐射导热的影响;另一部分是真空绝热板“边缘效应”引起的导热系数的增加量,该值主要受真空绝热板尺寸和阻气隔膜的影响。

本方法是在 GB/T 10294 规定的原理和试验设备的基础上,通过消除非计量区域的传热影响,测试与计量区域尺寸相同的试样的有效导热系数。

C.3 试验仪器

真空绝热板的有效导热系数可采用满足以下要求的导热系数测定仪进行测试:

- a) 满足 GB/T 10294 的规定;
- b) 采用抽真空等方式消除非计量区域的空气对流的传热影响;
- c) 采用防辐射屏等方式消除非计量区域的辐射传热影响。

C.4 试样

试样为完整的真空绝热板。试样尺寸与导热系数测定仪的计量区域尺寸一致。

C.5 试验步骤

按如下步骤进行测试:

- a) 按附录 A 中的方法测试试样的长度和宽度;
- b) 采用满足 C.3 要求的试验仪器测试试样的有效导热系数。

C.6 其他尺寸的真空绝热板有效导热系数的换算

与已知有效导热系数试样具有相同厚度、相同阻气隔膜、相同制造工艺和相同中心导热系数的其他尺寸的真空绝热板的有效导热系数($\lambda_{\text{eff}2}$)可按式(C.1)换算:

$$\lambda_{\text{eff}2} = \lambda_{\text{cop}1} + \frac{(a_2 + b_2)a_1b_1}{(a_1 + b_1)a_2b_2}(\lambda_{\text{eff}1} - \lambda_{\text{cop}1}) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- $\lambda_{\text{eff}2}$ ——其他尺寸的真空绝热板的有效导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];
- $\lambda_{\text{cop}1}$ ——已知有效导热系数试样的中心区域导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];
- a_2 ——其他尺寸的真空绝热板的长度,单位为米(m);
- b_2 ——其他尺寸的真空绝热板的宽度,单位为米(m);
- a_1 ——已知有效导热系数试样的长度,单位为米(m);
- b_1 ——已知有效导热系数试样的宽度,单位为米(m);
- $\lambda_{\text{eff}1}$ ——已知有效导热系数试样的有效导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)]。

北京中培质联 专用

附录 D

(资料性附录)

真空绝热板有效热阻和有效导热系数的计算

D.1 范围

本附录给出了真空绝热板有效热阻和有效导热系数的计算原理、计算方法和常见类型的真空绝热板有效热阻。

D.2 原理

真空绝热板的热流传递模型主要包括垂直于板的热流和“边缘效应”引起的沿阻气隔膜的热流。在真空绝热板的阻气隔膜相关参数已知的情况下,可以通过选取阻气隔膜的微元体,建立能量守恒方程,解出真空绝热板的传热系数,再根据传热系数可计算真空绝热板的有效热阻值和有效导热系数。

D.3 有效热阻和有效导热系数的计算

真空绝热板的线传热系数计算公式见式(D.1):

$$\varphi_{\text{edge}} = \frac{1}{1 + \lambda_c / \alpha_1 d + \lambda_c / \alpha_2 d} \left[\frac{\alpha_1 (N_2^2 - B)}{d(N_1^2 N_2^2 - B^2) - K_1 \sqrt{N_1^2 N_2^2 - B^2} (2B / \sqrt{D} + 1) - K_2 \sqrt{N_1^2 N_2^2 - B^2} (1 - 2B / \sqrt{D})} \right] \quad \text{..... (D.1)}$$

式中:

- φ_{edge} ——真空绝热板的线传热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];
- λ_c ——真空绝热板中心区域导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];
- α_1 ——7.8,真空绝热板热面对流换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)];
- d ——真空绝热板的厚度,单位为米(m);
- α_2 ——25,真空绝热板冷面对流换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)];
- N_1 ——过程参数 1,见式(D.2),单位为每米(m⁻¹);
- N_2 ——过程参数 2,见式(D.3),单位为每米(m⁻¹);
- B ——过程参数 3,见式(D.4),单位为每平方米(m⁻²);
- D ——过程参数 4,见式(D.5),单位为每四次方米(m⁻⁴);
- K_1 ——过程参数 5,见式(D.6),单位为每米(m⁻¹);
- K_2 ——过程参数 6,见式(D.7),单位为每米(m⁻¹)。

$$N_1 = \sqrt{\frac{\alpha_1}{t_f \lambda_f} + \frac{\lambda_c}{t_f \lambda_f d}} \quad \text{..... (D.2)}$$

$$N_2 = \sqrt{\frac{\alpha_2}{t_f \lambda_f} + \frac{\lambda_c}{t_f \lambda_f d}} \quad \text{..... (D.3)}$$

$$B = \frac{\lambda_c}{t_f \lambda_f d} \quad \text{..... (D.4)}$$

$$D = (N_1^2 - N_2^2)^2 + 4B^2 \quad \text{..... (D.5)}$$

$$K_1 = -\sqrt{\frac{N_1^2 + N_2^2 - \sqrt{(N_1^2 - N_2^2)^2 + 4B^2}}{2}} \dots\dots\dots (D.6)$$

$$K_2 = -\sqrt{\frac{N_1^2 + N_2^2 + \sqrt{(N_1^2 - N_2^2)^2 + 4B^2}}{2}} \dots\dots\dots (D.7)$$

式中：

λ_i ——平行于阻气隔膜方向的膜的表观导热系数，单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)]；

t_f ——阻气隔膜的厚度，单位为米(m)；

真空绝热板的传热系数按式(D.8)计算：

$$U_{\text{eff}} = U_{\text{cop}} + \frac{l_p}{s_p} \varphi_{\text{edge}} \dots\dots\dots (D.8)$$

式中：

U_{eff} ——真空绝热板传热系数，单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)]；

U_{cop} ——真空绝热板中心区域传热系数，见式(D.9)，单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)]；

l_p ——真空绝热板周长，单位为米(m)；

s_p ——真空绝热板面积，单位为平方米(m²)。

$$U_{\text{cop}} = \left(\frac{d}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} \dots\dots\dots (D.9)$$

真空绝热板的有效热阻按式(D.10)计算：

$$R_{\text{eff}} = \frac{1}{U_{\text{eff}}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \dots\dots\dots (D.10)$$

式中：

R_{eff} ——真空绝热板的有效热阻，单位为平方米开尔文每瓦(m²·K/W)。

真空绝热板的有效导热系数按式(D.11)计算：

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{d}{R_{\text{eff}}} \dots\dots\dots (D.11)$$

式中：

λ_{eff} ——真空绝热板的有效导热系数，单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)]。

D.4 常见类型的真空绝热板有效热阻

根据 D.3 的计算方法，本附录提供了三种常见类型的真空绝热板有效热阻(R_{eff})，见表 D.1～表 D.3，其有效导热系数按式(D.11)计算。其他尺寸的真空绝热板有效导热系数可按 C.6 的规定进行换算。

表 D.1 常用类型的真空绝热板有效热阻(300 mm×300 mm，阴阳膜)

中心区域 导热系数 W/(m·K)	真空绝热板厚度 mm	真空绝热板的有效热阻 m ² ·K/W	
		7 μm 铝箔膜/两层镀铝膜 膜厚 85 μm	7 μm 铝箔膜/三层镀铝膜 膜厚 100 μm
0.002	10	3.74	3.33
	20	7.26	6.33
	25	9.02	7.82
	30	10.77	9.30
	40	14.27	12.28

购买单位：北京中培质联 防伪编号：2019-1202-0455-3274-1946 订单号：0100191202051412

表 D.1 (续)

中心区域 导热系数 W/(m·K)	真空绝热板厚度 mm	真空绝热板的有效热阻 m ² ·K/W	
		7 μm 铝箔膜/两层镀铝膜 膜厚 85 μm	7 μm 铝箔膜/三层镀铝膜 膜厚 100 μm
0.004	10	2.14	2.00
	20	4.21	3.87
	25	5.24	4.81
	30	6.27	5.74
	40	8.33	7.61
0.006	10	1.50	1.43
	20	2.96	2.79
	25	3.69	3.47
	30	4.42	4.15
	40	5.88	5.51
0.008	10	1.15	1.11
	20	2.28	2.18
	25	2.85	2.72
	30	3.41	3.25
	40	4.54	4.32
0.010	10	0.94	0.91
	20	1.86	1.79
	25	2.32	2.23
	30	2.78	2.67
	40	3.70	3.55

注：铝箔膜的导热系数为 160W/(m·K)，两层镀铝膜的导热系数为 0.39W/(m·K)，三层镀铝膜的导热系数为 0.54W/(m·K)。

表 D.2 常用类型的真空绝热板有效热阻(300 mm×300 mm, 双面镀铝膜)

中心区域 导热系数 W/(m·K)	真空绝热板厚度 mm	真空绝热板的有效热阻 m ² ·K/W	
		两层镀铝膜 膜厚 85 μm	三层镀铝膜 膜厚 100 μm
0.002	10	4.28	3.97
	20	8.39	7.69
	25	10.45	9.54
	30	12.50	11.38
	40	16.60	15.07

表 D.2 (续)

中心区域 导热系数 W/(m·K)	真空绝热板厚度 mm	真空绝热板的有效热阻 m ² ·K/W	
		两层镀铝膜 膜厚 85 μm	三层镀铝膜 膜厚 100 μm
		0.004	10
	20	4.56	4.35
	25	5.69	5.41
	30	6.82	6.47
	40	9.07	8.59
0.006	10	1.58	1.53
	20	3.13	3.03
	25	3.91	3.77
	30	4.69	4.52
	40	6.24	6.01
0.008	10	1.20	1.17
	20	2.39	2.32
	25	2.98	2.90
	30	3.57	3.47
	40	4.76	4.62
0.010	10	0.97	0.95
	20	1.93	1.89
	25	2.41	2.35
	30	2.88	2.82
	40	3.84	3.75

注:两层镀铝膜的导热系数为 0.39 W/(m·K),三层镀铝膜的导热系数为 0.54 W/(m·K)。

表 D.3 常用类型的真空绝热板有效热阻(600 mm×400 mm,双面铝箔膜)

中心区域 导热系数 W/(m·K)	真空绝热板厚度 mm	真空绝热板的有效热阻 m ² ·K/W					
		铝箔厚度					
		5 μm	6 μm	7 μm	8 μm	9 μm	10 μm
0.002	10	2.12	1.96	1.83	1.72	1.62	1.54
	20	3.41	3.09	2.84	2.63	2.45	2.30
	25	4.02	3.63	3.31	3.05	2.84	2.66
	30	4.63	4.15	3.77	3.47	3.21	3.00
	40	5.81	5.18	4.68	4.28	3.95	3.67

表 D.3 (续)

中心区域 导热系数 $W/(m \cdot K)$	真空绝热板厚度 mm	真空绝热板的有效热阻 $m^2 \cdot K/W$					
		铝箔厚度					
		5 μm	6 μm	7 μm	8 μm	9 μm	10 μm
0.004	10	1.48	1.40	1.33	1.27	1.22	1.17
	20	2.54	2.36	2.21	2.08	1.97	1.87
	25	3.04	2.81	2.61	2.45	2.31	2.19
	30	3.53	3.25	3.01	2.81	2.64	2.50
	40	4.50	4.11	3.79	3.52	3.30	3.10
0.006	10	1.14	1.09	1.05	1.01	0.98	0.95
	20	2.02	1.91	1.80	1.72	1.64	1.57
	25	2.44	2.29	2.16	2.05	1.95	1.86
	30	2.86	2.67	2.51	2.37	2.24	2.14
	40	3.67	3.41	3.19	2.99	2.83	2.68
0.008	10	0.93	0.89	0.86	0.84	0.82	0.79
	20	1.68	1.60	1.53	1.46	1.41	1.36
	25	2.04	1.93	1.84	1.76	1.68	1.62
	30	2.40	2.26	2.15	2.04	1.95	1.87
	40	3.10	2.91	2.75	2.60	2.48	2.36
0.010	10	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
	20	1.44	1.38	1.32	1.28	1.23	1.19
	25	1.75	1.67	1.60	1.54	1.48	1.43
	30	2.07	1.97	1.88	1.80	1.73	1.66
	40	2.68	2.54	2.41	2.30	2.20	2.11

注：铝箔膜的导热系数为 $160 W/(m \cdot K)$ 。

附录 E

(资料性附录)

真空绝热板使用寿命评估方法

E.1 范围

本附录给出了真空绝热板使用寿命的两种评估方法(方法 A 和方法 B)。方法 A 适用于相对湿度不大于 50% 的使用环境,方法 B 适用于相对湿度大于 50% 的使用环境。

E.2 原理

E.2.1 概述

真空绝热板的使用寿命与实际使用环境、板内部压强的增加率、水蒸气的渗透率以及芯材的结构变化有关。芯材的种类、阻气隔膜的阻隔性以及真空绝热板的尺寸都会影响真空绝热板导热系数的变化。

由于在 23 ℃、相对湿度 50% 的条件下真空绝热板的导热系数随着时间的变化极其缓慢,为了合理评估真空绝热板的使用寿命,需要进行老化试验,并且需要建立老化试验结果与特定使用环境下的预估使用寿命之间的联系。本附录以玻纤芯材和气硅芯材为例,给出两种评估真空绝热板使用寿命的方法。方法 A 的老化条件为恒温低湿(30 ℃、50 ℃、70 ℃、相对湿度不大于 50%),方法 B 的老化条件为高温高湿(70 ℃,相对湿度大于 50%)。

E.2.2 原理——方法 A

在使用环境湿度较低的情况下(相对湿度不大于 50%),真空绝热板中心区域导热系数的增量只考虑干燥气体的渗入引起的导热系数的增量。

先确定中心区域导热系数和真空绝热板内部压强的关系,再将真空绝热板在不同温度下进行老化试验,确定使用温度下的真空绝热板内部压强随时间的变化关系。根据中心区域导热系数的失效值对应的内部压强,评估出真空绝热板的使用寿命。

E.2.3 原理——方法 B

在使用环境的湿度较高的情况下(相对湿度大于 50%),真空绝热板中心区域导热系数的增量可分解为水蒸气和干燥气体的渗入引起的导热系数的增量。

先确定中心区域导热系数和真空绝热板内部压强的关系,再将真空绝热板进行高温高湿老化试验,确定板内部水的质量分数随时间的变化关系和使用温度下板内部压强随老化时间的变化关系,从而确定中心区域导热系数随时间的变化关系。根据中心区域导热系数失效值评估出真空绝热板的使用寿命。

E.3 试验仪器

E.3.1 封装机:常压封装机。

E.3.2 真空系统:能控制真空绝热板内的真空度达到 10^{-3} Pa。

E.3.3 真空绝热板内部压强测试装置,如图 E.1 所示。

- E.3.4 调温调湿箱:温度波动不大于±2℃,相对湿度波动不大于±3%。
- E.3.5 电热鼓风干燥箱:精度±2℃。
- E.3.6 导热系数测定仪:符合 GB/T 10294 或 GB/T 10295 要求。
- E.3.7 天平:分度值不大于 0.01 g。

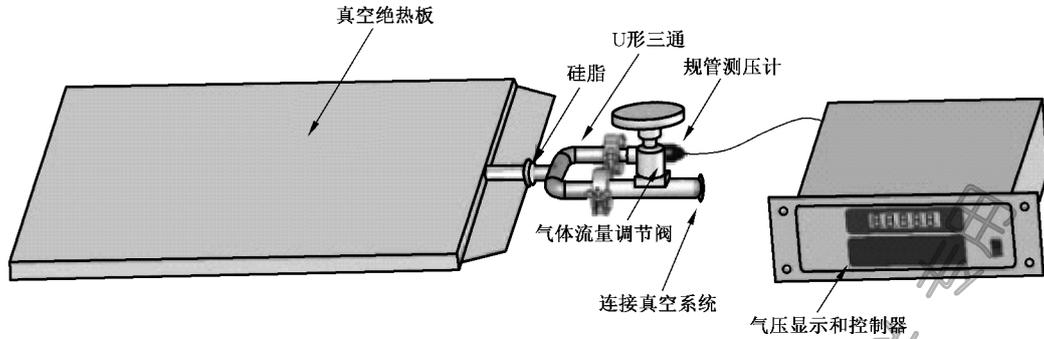


图 E.1 真空绝热板内部压强测试装置示意图

E.4 试样和材料

试样:方法 A 不少于 4 块真空绝热板;方法 B 不少于 2 块真空绝热板。
 材料:与试样所用的阻气隔膜相同,且尺寸不小于 1.5 倍试样尺寸的阻气隔膜袋。

E.5 试验步骤

E.5.1 真空绝热板中心区域导热系数随板内部压强的变化关系的测试

测试步骤如下:

- a) 将一块真空绝热板的芯材取出,放入 105℃±2℃ 的烘箱中烘干至恒重;
- b) 将干燥的芯材装入干燥的阻气隔膜袋中热封,封装时预留一个连接 U 型三通不锈钢管的接口,并插入 U 型三通的一端,用硅脂密封该端与阻气隔膜袋的连接处,U 型三通的另外两端分别连接规管测压计和气体流量调节阀,气体流量调节阀的另一端连接真空系统;
- c) 开启真空系统,抽真空一定时间后,通过调节气体流量调节阀使真空绝热板内部压强恒定在 $P_1 = 5.0 \times 10^{-2}$ Pa 左右,关闭流量阀待系统稳定 1 h 以后,记录实际的压强 (P_1);
- d) 按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测试真空绝热板平均温度为 T 时的中心区域导热系数;
- e) 手动调节气体流量阀,按一定的压强间隔,依次测量不同压强 (P_{air}) 下中心区域导热系数值 ($\lambda_{P_{air}}$),直至一个大气压 $P_{air} = 10^5$ Pa,测点不少于 15 个,做出温度 T 时的中心区域导热系数随内部压强的变化关系曲线,并按照式(E.1)拟合出 $P_{1/2,air}$ 的值。

$$\lambda_{P_{air}} = \frac{0.026}{1 + P_{1/2,air}/P_{air}} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

- $\lambda_{P_{air}}$ ——真空绝热板内部不同压强对应的中心区域导热系数,单位为瓦每米开尔文 [W/(m·K)];
- $P_{1/2,air}$ ——真空绝热板中心区域导热系数是空气导热系数一半时对应的板内部压强,为待测参数,单位为帕斯卡(Pa);
- P_{air} ——真空绝热板内部压强,单位为帕斯卡(Pa)。

北京中培质联 购买单位: 北京中培质联 2019-1202-0455-3274-1946 防伪编号: 0100191202051412 订单号: 0100191202051412

E.5.2 方法 A(相对湿度不大于 50%)

E.5.2.1 总则

方法 A 给出了气硅芯材和玻纤芯材的真空绝热板在温度 T 、相对湿度不大于 50% 条件下的使用寿命的评估方法。

E.5.2.2 使用寿命评估步骤

评估步骤如下：

- a) 状态调节：取 4 块相同的真空绝热板试样，将试样放置在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 3)\%$ 环境中 $3 \text{ d} \pm 3 \text{ h}$ 。
- b) 采用 E.5.1 测试其中 1 块真空绝热板在温度 T 时的中心区域导热系数随内部压强的变化关系，拟合曲线。当真空绝热板中心区域导热系数和内部压强的变化关系已知时，可不进行此步骤。
- c) 按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测试剩余 3 块真空绝热板的平均温度为温度 T 时的中心区域导热系数。
- d) 取 3 块试样中心区域导热系数的平均值作为初始导热系数 λ_0 ，根据步骤 b) 得到的中心区域导热系数随内部压强的变化关系确定其初始内部压强 (P_0)。
- e) 将这 3 块真空绝热板试样分别置于 $(30^\circ\text{C}$ ，相对湿度 50%)、 $(50^\circ\text{C}$ ，相对湿度 50%) 和 $(70^\circ\text{C}$ ，相对湿度 50%) 的调温调湿箱中进行加速老化。
- f) 在老化后的第 30 天、第 60 天、第 90 天、第 120 天、第 150 天和第 180 天依次取出真空绝热板试样，在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 3)\%$ 的环境中静置 $(24 \pm 1)\text{h}$ 后，测试不同老化时间后真空绝热板的中心区域导热系数，分别记为 $\lambda_{(30^\circ\text{C},1)} \sim \lambda_{(30^\circ\text{C},6)}$ 、 $\lambda_{(50^\circ\text{C},1)} \sim \lambda_{(50^\circ\text{C},6)}$ 、 $\lambda_{(70^\circ\text{C},1)} \sim \lambda_{(70^\circ\text{C},6)}$ ，根据步骤 b) 得到的拟合曲线确定对应的压强 $P_{(30^\circ\text{C},1)} \sim P_{(30^\circ\text{C},6)}$ 、 $P_{(50^\circ\text{C},1)} \sim P_{(50^\circ\text{C},6)}$ 、 $P_{(70^\circ\text{C},1)} \sim P_{(70^\circ\text{C},6)}$ 。
- g) 将 $P_{(30^\circ\text{C},1)} \sim P_{(30^\circ\text{C},6)}$ 、 $P_{(50^\circ\text{C},1)} \sim P_{(50^\circ\text{C},6)}$ 和 $P_{(70^\circ\text{C},1)} \sim P_{(70^\circ\text{C},6)}$ 分别按式 (E.2)~式 (E.4) 线性拟合，得到不同温度下真空绝热板的内部压强随时间的变化关系。

$$P_{30^\circ\text{C},t} = P_0 + P'_{30^\circ\text{C}} \times t \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

$$P_{50^\circ\text{C},t} = P_0 + P'_{50^\circ\text{C}} \times t \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

$$P_{70^\circ\text{C},t} = P_0 + P'_{70^\circ\text{C}} \times t \quad \dots\dots\dots (E.4)$$

式中：

$P_{30^\circ\text{C},t}$ ——老化温度为 30°C 时的真空绝热板内部压强，单位为帕斯卡 (Pa)；

t ——时间，单位为天 (d)；

P_0 ——真空绝热板初始内部压强，单位为帕斯卡 (Pa)。

$P'_{30^\circ\text{C}}$ ——老化温度为 30°C 时的真空绝热板内部压强的变化率，单位为帕斯卡每天 (Pa/d)；

$P_{50^\circ\text{C},t}$ ——老化温度为 50°C 时的真空绝热板内部压强，单位为帕斯卡 (Pa)；

$P'_{50^\circ\text{C}}$ ——老化温度为 50°C 时的真空绝热板内部压强的变化率，单位为帕斯卡每天 (Pa/d)；

$P_{70^\circ\text{C},t}$ ——老化温度为 70°C 时的真空绝热板内部压强，单位为帕斯卡 (Pa)；

$P'_{70^\circ\text{C}}$ ——老化温度为 70°C 时的真空绝热板内部压强的变化率，单位为帕斯卡每天 (Pa/d)。

- h) 根据步骤 g) 中的 $P'_{30^\circ\text{C}}$ 、 $P'_{50^\circ\text{C}}$ 、 $P'_{70^\circ\text{C}}$ ，按式 (E.5) 进行线性拟合，确定在温度 T 时的真空绝热板内部压强的变化率 (P'_T)：

$$\ln P'_T = \ln B - \frac{E_a}{R} \times \frac{1}{T} \quad \dots\dots\dots (E.5)$$

式中:

P'_T ——真空绝热板在温度 T 下内部压强的变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d);

B —— $\ln B$ 为拟合直线的截距, B 的单位为帕斯卡每天(Pa/d);

E_a —— $-E_a/R$ 为拟合直线的斜率, E_a 为真空绝热板薄膜的激活能,单位为焦耳每摩尔(J/mol);

R ——气体常数, $R=8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$;

T ——温度,单位为开尔文(K)。

- i) 根据步骤 b) 得到的真空绝热板中心区域导热系数随内部压强的变化关系确定中心区域导热系数失效值对应的内部压强(P_s),按式(E.6)计算真空绝热板的使用寿命(t_s)。

$$t_s = \frac{P_s - P_0}{P'_T} \dots\dots\dots (E.6)$$

式中:

t_s ——真空绝热板在温度 T 下的使用寿命,修约到整数,单位为天(d);

P_s ——真空绝热板失效时内部压强,单位为帕斯卡(Pa);

P_0 ——真空绝热板初始内部压强,单位为帕斯卡(Pa);

P'_T ——温度 T 下真空绝热板内压强的变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d)。

E.5.3 方法 B(相对湿度大于 50%)

E.5.3.1 总则

方法 B 仅给出了气硅芯材和玻纤芯材的真空绝热板在 23 °C、相对湿度大于 50% 条件下的使用寿命的评估方法。

E.5.3.2 气硅芯材的真空绝热板在 23 °C、相对湿度大于 50% 条件下的使用寿命评估步骤

评估步骤如下:

- a) 状态调节:取 2 块相同的真空绝热板试样,将试样放置在(23±2)°C、相对湿度(50±3)%的环境中 3 d±3 h。
- b) 按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测试其中 1 块真空绝热板的平均温度(23±2)°C 初始中心区域导热系数 λ_0 。
- c) 将该块试样放置于(70±2)°C、相对湿度($\varphi \pm 3\%$)的环境中进行老化试验,在第 30 天、第 60 天、第 90 天、第 120 天、第 150 天和第 180 天依次取出真空绝热板试样,在(23±2)°C、相对湿度(50±3)%的环境中静置(24±1)h 后,称量不同老化时间后的试样质量($m_1 \sim m_6$),并按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测试平均温度(23±2)°C 中心区域导热系数($\lambda_1 \sim \lambda_6$)。
- d) 180 d 老化过程全部结束后,取出芯材,在(105±2)°C 烘干至恒重,用天平称量干燥芯材的质量($m_{\text{core,dry}}$)。
- e) 按 E.5.1 测试另 1 块真空绝热板在 23 °C 的中心区域导热系数随板内部压强的变化关系,拟合曲线。当真空绝热板中心区域导热系数和板内部压强的变化关系已知时,可不进行此步骤。
- f) 根据步骤 e) 中的中心区域导热系数随内部压强的变化关系,将 $\lambda_1 \sim \lambda_6$ 依次转化为对应的内部压强 $P_1 \sim P_6$,线性拟合压强随时间的变化关系,见式(E.7);

$$P = P'_{\text{gas}(70,\varphi)} \times t \dots\dots\dots (E.7)$$

式中:

P ——真空绝热板内部压强,单位为帕斯卡(Pa);

$P'_{\text{gas}(70,\varphi)}$ ——在(70 °C, φ) 的老化条件下,真空绝热板内压强的变化率,单位为帕斯卡每天

订购编号: 2019-1202-0455-3274-1946 购买单位: 北京中培质联 防伪编号: 0100191202051412

(Pa/d);

φ ——相对湿度;

t ——时间,单位为天(d)。

g) 70 °C 渗入真空绝热板内部干燥气体的压强变化率按式(E.8)计算:

$$P'_{\text{gas}(70)} = P'_{\text{gas}(70,\varphi)} - P'_{\text{w}(70,\varphi)} \quad \dots\dots\dots (E.8)$$

式中:

$P'_{\text{gas}(70)}$ ——70 °C 渗入真空绝热板内部干燥气体的压强变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d);

$P'_{\text{w}(70,\varphi)}$ ——在(70 °C, φ)的老化条件下,真空绝热板内部水蒸气的压强变化率,见式(E.9),单位为帕斯卡每天(Pa/d)。

$$P'_{\text{w}(70,\varphi)} = \frac{P_{\text{wv},s,70}}{k} \times \frac{m'_{\text{w}(70,\varphi)}}{m_{\text{core,dry}}} \quad \dots\dots\dots (E.9)$$

式中:

$P_{\text{wv},s,70}$ ——70 °C 水的饱和蒸气压 $P_{\text{wv},s,70} = 31\,157\text{ Pa}$;

k ——无量纲比例系数, $k = 0.08$;

$m'_{\text{w}(70,\varphi)}$ ——真空绝热板质量的变化率,见式(E.10),通过拟合 $m \sim t$ 的曲线求得,单位为千克每天(kg/d);

$m_{\text{core,dry}}$ ——干燥芯材的质量,单位为千克(kg)。

$$m = m'_{\text{w}(70,\varphi)} \times t \quad \dots\dots\dots (E.10)$$

式中:

m ——老化后的真空绝热板质量,单位为千克(kg);

t ——时间,单位为天(d);

h) 按式(E.11)将 70 °C 的内部压强变化率转化为温度 23 °C 条件下内部压强变化率:

$$P'_{\text{gas}(23)} = 0.135 \times P'_{\text{gas}(70)} \quad \dots\dots\dots (E.11)$$

式中:

$P'_{\text{gas}(23)}$ ——23 °C 渗入真空绝热板内部干燥气体的压强变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d);

$P'_{\text{gas}(70)}$ ——70 °C 渗入真空绝热板内部干燥气体的压强变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d)。

i) 按照式(E.12)计算(23 °C, φ)的条件下水的质量分数的变化率:

$$X_{\text{w}(23,\varphi),t} = 0.08 \times \varphi \times \left(1 - \exp\left(\frac{-1.125 \times m'_{\text{w}(70,\varphi)}}{\varphi \times m_{\text{core,dry}}} \times t\right) \right) \quad \dots\dots\dots (E.12)$$

式中:

$X_{\text{w}(23,\varphi),t}$ ——(23 °C, φ)的条件下水的质量分数的变化率;

t ——时间,单位为天(d)。

j) 按照式(E.13)计算真空绝热板在(23 °C, φ)的条件下的中心区域导热系数随时间的变化关系为:

$$\lambda_{(23,\varphi),t} = \lambda_0 + \frac{0.026}{1 + P_{1/2,\text{air}}/(P'_{\text{gas}(23)} \times t)} + 0.0005 X_{\text{w}(23,\varphi),t} \quad \dots\dots\dots (E.13)$$

式中:

$\lambda_{(23,\varphi),t}$ ——真空绝热板在(23 °C, φ)的条件下的中心区域导热系数,单位为瓦每米开尔文 [W/(m · K)];

t ——时间,单位为天(d)。

做出式(E.13)曲线,根据供需双方确定真空绝热板(23 °C, φ)的条件下中心区域导热系数的失效值,令 $\lambda_{(23,\varphi),t}$ 为失效值,可得真空绝热板在(23 °C, φ)的条件下的使用寿命(t_s),修约至整数,单位为天(d)。

E.5.3.3 玻纤芯材的真空绝热板在 23 °C ,相对湿度大于 50%条件下的使用寿命评估步骤

评估步骤如下:

- a) 状态调节:取 2 块相同的真空绝热板,将试样放置在(23±2)°C、相对湿度(50±3)%的环境中 3 d±3 h。
- b) 按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测试其中 1 块真空绝热板的平均温度(23±2)°C 初始中心区域导热系数(λ_0)。
- c) 将该块试样放置于(70±2)°C、相对湿度($\varphi \pm 3\%$)的环境中进行老化试验,在第 30 天、60 天、90 天、120 天、150 天和 180 天依次取出真空绝热板试样,在(23±2)°C、相对湿度(50±3)%的环境中静置(24±1)h 后,按 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测试不同老化时间后的真空绝热板试样平均温度(23±2)°C 的中心区域导热系数($\lambda_1 \sim \lambda_6$)。
- d) 按 E.5.1 测试另 1 块真空绝热板在 23 °C 的中心区域导热系数随板内部压强的变化关系,拟合曲线。当真空绝热板中心区域导热系数和板内部压强的变化关系已知时,可不进行此步骤。
- e) 根据步骤 d) 中的中心区域导热系数随内部压强的变化关系,将 $\lambda_1 \sim \lambda_6$ 依次转化为对应的内部压强 $P_1 \sim P_6$,线性拟合压强随时间的变化关系,见式(E.14):

$$P = P'_{\text{gas}(70,\varphi)} \times t \quad \dots\dots\dots (E.14)$$

式中:

- P ——真空绝热板内部压强,单位为帕斯卡(Pa);
- $P'_{\text{gas}(70,\varphi)}$ ——在(70 °C, φ)的老化条件下,真空绝热板压强的变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d);
- t ——时间,单位为天(d)。

- f) 由于在玻纤芯材的真空绝热板中使用足量干燥剂,因此在真空绝热板的使用过程中,渗入真空绝热板中的水被干燥剂吸收,因此不考虑液态的水对真空绝热板导热系数的影响,因此 $P'_{\text{gas}(70,\varphi)} = P'_{\text{gas}(70)}$ 。
- g) 按照式(E.15)将 70 °C 的压强变化率转化为 23 °C 条件下压强变化率:

$$P'_{\text{gas}(23)} = 0.135 \times P'_{\text{gas}(70)} \quad \dots\dots\dots (E.15)$$

式中:

- $P'_{\text{gas}(23)}$ ——23 °C 渗入真空绝热板内部干燥气体的压强变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d);
- $P'_{\text{gas}(70)}$ ——70 °C 渗入真空绝热板内部干燥气体的压强变化率,单位为帕斯卡每天(Pa/d)。

- h) 按照式(E.16)计算真空绝热板在(23 °C, φ)的条件下的导热系数随时间的变化关系为:

$$\lambda_{(23,\varphi),t} = \lambda_0 + \frac{0.026}{1 + P_{1/2,\text{air}} / (P'_{\text{gas}(23)} \times t)} \quad \dots\dots\dots (E.16)$$

式中:

- $\lambda_{(23,\varphi),t}$ ——真空绝热板在(23 °C, φ)的条件下的导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];
- t ——时间,单位为天(d)。

做出式(E.16)曲线,根据供需双方确定真空绝热板(23 °C, φ)的条件下中心区域导热系数的失效值,令 $\lambda_{(23,\varphi),t}$ 为失效值,求得真空绝热板在(23 °C, φ)的条件下的使用寿命(t_s),修约至整数,单位为天(d)。

订购号: 0100191202051412 防伪编号: 2019-1202-0455-3274-1946 购买单位: 北京中培质联

订单号: 0100191202051412 防伪编号: 2019-1202-0455-3274-1946 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

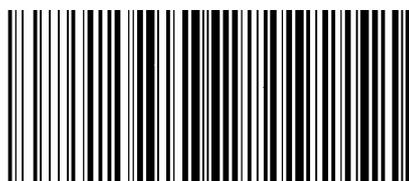
北京中培质联 专用

 **版权声明**

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!

中国标准在线服务网
<http://www.spc.org.cn>

标准号: GB/T 37608-2019
购买者: 北京中培质联
订单号: 0100191202051412
防伪号: 2019-1202-0455-3274-1946
时 间: 2019-12-02
定 价: 39元



GB/T 37608-2019

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
真 空 绝 热 板
GB/T 37608—2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2019年6月第一版

*

书号: 155066·1-62938

版权专有 侵权必究