

ICS 83.100
G 32



中华人民共和国国家标准

GB/T 39936—2021

深冷保冷用泡沫塑料

Cellular plastics for use in cryogenic thermal insulation

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

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。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国塑料制品标准化技术委员会(SAC/TC 48)归口。

本标准起草单位：江苏中圣管道工程技术有限公司、浙江德和绝热科技股份有限公司、江苏绿源新材料有限公司、江苏江化聚氨酯产品质量检测有限公司、北京工商大学、万华化学(宁波)容威聚氨酯有限公司、浙江振阳绝热科技有限公司、常州华桑绝热科技有限公司、江苏晶雪节能科技股份有限公司、上海越大节能科技有限公司、绍兴市华创聚氨酯有限公司、上海东大聚氨酯有限公司、绍兴市辰星聚氨酯有限公司、江苏省化工研究所有限公司、石油和化学工业节能产品质量监督检验中心、中国寰球工程公司、中海石油气电集团有限责任公司技术研发中心、中石化工程建设公司(SEI)、中海油石化工程有限公司、中石化广州工程有限公司(洛阳院)、陶氏化学(中国)投资有限公司、巴斯夫聚氨酯特种产品(中国)有限公司、南京聚检检测技术有限公司。

本标准主要起草人：向兵、吴昊、张万伟、林永飞、俞一平、陈倩、唐杰、张平、贾佳、贾富忠、李玉春、相明华、李学庆、余仁根、罗琛、倪新星、贾琦月、杨帆、李凤奇、翟俊红、祁鲁海、宋明昭、杨杰、何龙辉、李战杰、曾波。

深冷保冷用泡沫塑料

1 范围

本标准规定了深冷保冷用预成型泡沫塑料的分类、分级、要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存。

本标准适用于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保冷用预成型硬质聚异氰脲酸酯泡沫和 $-110\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保冷用预成型硬质聚氨酯泡沫。

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 1036—2008 塑料 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 线膨胀系数的测定 石英膨胀计法
- GB/T 2406.2—2009 塑料 用氧指数法测定燃烧行为 第2部分:室温试验
- GB/T 2918—2018 塑料 试样状态调节和试验的标准环境
- GB/T 6342—1996 泡沫塑料与橡胶 线性尺寸的测定
- GB/T 6343—2009 泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定
- GB/T 8810—2005 硬质泡沫塑料吸水率的测定
- GB/T 8811—2008 硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法
- GB/T 8813—2020 硬质泡沫塑料 压缩性能的测定
- GB/T 10294—2008 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法
- GB/T 10295—2008 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法
- GB/T 10799—2008 硬质泡沫塑料 开孔和闭孔体积百分率的测定
- GB/T 12812—2006 硬质泡沫塑料 易碎性的测定
- GB/T 20673—2006 硬质泡沫塑料 低于环境温度的线膨胀系数的测定
- GB/T 21332—2008 硬质泡沫塑料 水蒸气透过性能的测定
- JC/T 618—2019 绝热材料中可溶出氯化物、氟化物、硅酸盐及钠离子的化学分析方法
- QB/T 5114—2017 硬质聚氨酯泡沫塑料中残留发泡剂的测定
- HJ 1057—2019 组合聚醚中 HCFC-22、CFC-11 和 HCFC-141b 等消耗臭氧层物质的测定 顶空/气相色谱-质谱法
- HJ 1058—2019 硬质聚氨酯泡沫和组合聚醚中 CFC-12、HCFC-22、CFC-11 和 HCFC-141b 等消耗臭氧层物质的测定 便携式顶空/气相色谱-质谱法

3 分类

产品根据材料类型分为两类:硬质聚异氰脲酸酯泡沫(PIR)和硬质聚氨酯泡沫(PUR)。

4 分级

产品根据密度不同分为七级:50 kg/m³、100 kg/m³、160 kg/m³、240 kg/m³、320 kg/m³、450 kg/m³、

550 kg/m³;

产品根据使用要求,燃烧性能分为三级:阻燃 1 级、阻燃 2 级、可燃级。

5 要求

5.1 长度、宽度和对角线

产品的长度、宽度及对角线差应符合表 1 要求。

表 1 长度、宽度偏差和对角线差

单位为毫米

长度、宽度	尺寸极限偏差	对角线差
<1 000	±8	≤8
≥1 000	±10	≤10

5.2 厚度、内径和外径

产品的厚度、内径和外径极限偏差应符合表 2 要求。

表 2 厚度、内径和外径极限偏差

单位为毫米

厚度、内径和外径	极限偏差
≤50	±2
>50~100	±3
>100	供需双方商定

5.3 外观

产品表面平整,无严重凹凸不平。

5.4 物理性能

硬质聚异氰脲酸酯泡沫(PIR)产品的物理性能应符合表 3 的要求;硬质聚氨酯泡沫(PUR)产品的物理性能应符合表 4 的要求。

表 3 硬质聚异氰脲酸酯泡沫(PIR)的物理性能

项目	材料类型指标							
	50 kg/m ³	100 kg/m ³	160 kg/m ³	240 kg/m ³	320 kg/m ³	450 kg/m ³	550 kg/m ³	
表观芯密度 ^a /(kg/m ³)	50±5	100±10	160±16	240±24	320±32	450±45	550±55	
标称温度/℃	-196~120	-196~120	-196~120	-196~110	-196~110	-196~110	-196~110	
压缩强度或 10% 形变压缩应力 (长、宽、高三个 方向)/MPa	(23±2)℃ ≥	0.20	1.00	2.00	3.00	5.50	10.0	15.0
	(-165±5)℃ ≥	0.28	1.50	3.50	5.50	11.0	14.0	20.0

表 3 (续)

项目		材料类型指标						
		50 kg/m ³	100 kg/m ³	160 kg/m ³	240 kg/m ³	320 kg/m ³	450 kg/m ³	550 kg/m ³
拉伸强度(长、宽、高三个方向)/MPa	(23±2)℃ ≥	0.30	1.00	1.50	2.80	4.70	9.00	15.0
	(-165±5)℃ ≥	0.35	1.30	1.80	3.40	5.40	11.0	18.0
拉伸模量(长、宽、高三个方向)/MPa (-165±5)℃ ≤		16.0	—	—	—	—	—	—
初始导热系数/[W/(m·K)]	25℃ ≤	0.023	0.030	0.038	0.045	0.050	0.080	0.090
	(-165±5)℃ ≤	0.016	0.019	0.022	0.030	0.035	0.045	0.055
陈化 180 d 后导热系数/[W/(m·K)] 25℃ ≤		0.028	供需双方商定					
吸水率/% ≤		4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0
闭孔率/% ≥		90						
水蒸气透湿率/[g/(m ² ·h)] ≤		0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
易碎性*/% ≤		10	5	5	5	5	5	5
可溶出氯离子含量/% ≤		0.006 0						
pH 值		6.0~7.0						
线性膨胀系数/(10 ⁻⁶ /℃)	常温 ≤	70	70	70	70	70	70	70
	(23±2)℃~(-165±5)℃ ≤	70	70	65	65	65	60	60
尺寸稳定性/%	(70±2)℃、24 h ≤	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
	(-165±5)℃、24 h ≤	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	70℃、相对湿度 95%、48 h ≤	5.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0

注：表观芯密度、易碎性的技术要求也可按供需双方商定。

表 4 硬质聚氨酯泡沫(PUR)的物理性能

项目		材料类型指标						
		50 kg/m ³	100 kg/m ³	160 kg/m ³	240 kg/m ³	320 kg/m ³	450 kg/m ³	550 kg/m ³
表观芯密度/(kg/m ³)		50±5	100±10	160±16	240±24	320±32	450±45	550±55
标称温度/℃		-80~100	-110~100					
压缩强度或 10% 形变压缩应力(长、宽、高三个方向)/MPa	(23±2)℃ ≥	0.20	0.80	1.60	2.50	5.00	8.00	13.0
	(-80±2)℃ ≥	0.28	—	—	—	—	—	—
	(-110±5)℃ ≥	—	1.10	2.10	3.50	9.00	11.0	17.0

表 4 (续)

项目		材料类型指标						
		50 kg/m ³	100 kg/m ³	160 kg/m ³	240 kg/m ³	320 kg/m ³	450 kg/m ³	550 kg/m ³
拉伸强度(长、宽、高三个方向)/MPa	(23±2)℃ ≥	0.30	0.80	1.50	2.50	5.00	8.00	13.0
	(-80±2)℃ ≥	0.32	—	—	—	—	—	—
	(-110±5)℃ ≥	—	1.00	1.80	3.00	6.00	9.50	15.0
初始导热系数/[W/(m·K)]	25℃ ≤	0.023	0.027	0.033	0.035	0.045	0.055	0.068
	(-80±2)℃ ≤	0.019	—	—	—	—	—	—
	(-110±5)℃ ≤	—	0.022	0.025	0.028	0.035	0.045	0.057
陈化 180 d 后导热系数/[W/(m·K)] 25℃ ≤	0.028	供需双方商定						
吸水率/%	≤	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
闭孔率/%	≥	90						
水蒸气透湿率/[g/(m ² ·h)]	≤	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6
易碎性*/%	≤	10	5	5	5	5	5	5
可溶出氯离子含量/%	≤	0.006 0						
pH 值		6.0~7.0						
线性膨胀系数/(10 ⁻⁶ /℃)	常温 ≤	70	70	70	70	70	70	70
	(23±2)℃~(-80±2)℃ ≤	70	—	—	—	—	—	—
	(23±2)℃~(-110±5)℃ ≤	—	70	65	65	65	60	60
尺寸稳定性/%	(70±2)℃、24 h ≤	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
	(-80±2)℃、24 h ≤	1.0	—	—	—	—	—	—
	(-110±5)℃、24 h ≤	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	70℃、相对湿度 95%、48 h ≤	5.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
注：表观芯密度、易碎性的技术要求也可按供需双方商定。								

5.5 燃烧性能

燃烧性能应符合表 5 要求。

表 5 燃烧性能

项 目	指 标		
	阻燃 1 级	阻燃 2 级	可燃级
氧指数/% \geq	30	26	无要求
火焰扩散指数(E84 隧道炉法) \leq	25		无要求

5.6 公共安全、环保、卫生性能

原料不使用氟氯化碳(CFC)类物质作为发泡剂。制品泡沫或其原料的残留发泡剂检测,不得检出氟氯化碳(CFC)类物质。

6 试验方法

6.1 取样、时效和状态调节

初始生产出的块状泡沫,经切割加工成形如板状、管状、曲线状等成品。取样试样为初始块状泡沫或成品,取样试样从产品的中部切取,制备试样由供需双方协商。

取样时效自生产之日起计算,在自然条件下放置 168 h 后进行制取。

常温试验按 GB/T 2918—2018 中 23/50 标准条件进行,试样需在温度 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $(50\pm 10)\%$ 的条件下进行不少于 24 h 的状态调节。陈化试验,24 h 的状态调节期可以包含在 28 d 的陈化期中。

超低温试验 $(-80^{\circ}\text{C}、-110^{\circ}\text{C}、-165^{\circ}\text{C}、-196^{\circ}\text{C}$ 等)的试样按试验需要,在与试验环境同等条件下,另进行不少于 120 min 的状态调节。

6.2 尺寸公差

6.2.1 按 GB/T 6342—1996 规定,长度、宽度和对角线用最小分度值 1 mm 的卷尺测量。长、宽各测 3 点。

6.2.2 按 GB/T 6342—1996 规定,厚度用精度 0.05 mm 卡尺测量,在距边缘 30 mm 处开始测量,测量点不少于 5 点,每测量点间间隔应均匀。

6.2.3 按 GB/T 6342—1996 规定,内外径用精度 0.05 mm 卡尺测量,测量点不少于 3 点,每测量点间间隔应均匀。

6.3 外观

在自然光线下目测检验外观。

6.4 表观芯密度

按 GB/T 6343—2009 进行。试样尺寸 $(50\pm 1)\text{mm}\times(50\pm 1)\text{mm}\times(50\pm 1)\text{mm}$,试样数量 5 个。去除材料的面层、复合层或涂层后测其芯密度。

6.5 标称温度

按 GB/T 8811—2008 进行。试样尺寸 $(100\pm 1)\text{mm}\times(100\pm 1)\text{mm}\times(25\pm 0.5)\text{mm}$,每一试验条件试样数量 3 个。在允许使用下限温度和允许使用上限温度,分别存放 24 h,试样均应无变形、熔化、焦

化、酥脆、松散、失强等异常现象发生。

6.6 压缩强度或 10%形变时的压缩应力

按 GB/T 8813—2020 进行。试样尺寸 $(50 \pm 1) \text{ mm} \times (50 \pm 1) \text{ mm} \times (50 \pm 1) \text{ mm}$ ，试样数量 5 个。速度为 5 mm/min。

6.7 拉伸强度和拉伸模量

按附录 A 进行。

6.8 初始导热系数

按 GB/T 10294—2008 或 GB/T 10295—2008 进行。常温试验的冷热板温差 $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ，低温试验的冷热板温差 $10 \text{ }^\circ\text{C} \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$ 。仲裁试验按 GB/T 10295—2008 进行。

6.9 陈化 180 d 后导热系数

按 GB/T 10294—2008 或 GB/T 10295—2008 进行。样品应在室温条件下陈化至少 180 d，冷热板温差为 $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$ 。仲裁试验按 GB/T 10295—2008 进行。

6.10 吸水率

按 GB/T 8810—2005 进行。试样尺寸 $(150 \pm 2) \text{ mm} \times (150 \pm 2) \text{ mm} \times (50 \pm 1) \text{ mm}$ ，试样数量 3 个，水温 $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ ，浸泡时间 96 h。

6.11 闭孔率

按 GB/T 10799—2008 进行。

6.12 水蒸气透湿率

按 GB/T 21332—2008 进行。试样厚度为 $(25 \pm 0.5) \text{ mm}$ ，试样数量 5 个，在 $(23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $0\% \sim (50 \pm 5)\%$ 相对湿度梯度的条件下测定。

6.13 易碎性

按 GB/T 12812—2006 进行。

6.14 可溶出氯离子含量

按 JC/T 618—2019 进行。

6.15 pH 值

按 JC/T 618—2019 中 7.5 的规定进行。

6.16 线膨胀系数

常温试验按 GB/T 1036—2008 进行。

低温试验 $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C} \sim (-80 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C} \sim (-110 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C} \sim (-165 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ 按 GB/T 20673—2006 进行。

6.17 尺寸稳定性

按 GB/T 8811—2008 进行。试样尺寸 $(100 \pm 1) \text{ mm} \times (100 \pm 1) \text{ mm} \times (25 \pm 0.5) \text{ mm}$ ，每一试验条

件试样数量 3 个。

高温尺寸稳定性试验条件为温度 $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、时间 24 h。

低温尺寸稳定性试验条件为 $(-80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、 $(-110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 或 $(-165\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ，时间 24 h。

湿热尺寸稳定性试验条件为温度 $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 95%，时间 48 h。

6.18 氧指数

按 GB/T 2406.2—2009 进行。

6.19 火焰扩散指数(E84 隧道炉法)

按附录 B 进行。

6.20 公共安全、环保、卫生性能

制品泡沫的残留发泡剂按 QB/T 5114—2017 或 HJ 1058—2019 进行测定。仲裁试验按 QB/T 5114—2017 进行。

原料的残留发泡剂按 HJ 1057—2019 或 HJ 1058—2019 进行测定。仲裁试验按 HJ 1057—2019 进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 出厂检验

出厂检验项目为尺寸偏差、外观、表观芯密度、压缩强度、导热系数 (25°C) 。

7.1.2 型式检验

型式检验为第 5 章的全部项目。有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制的定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、原料、工艺有重大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时每年进行一次检验；
- d) 产品长期停产半年后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

7.2 组批、抽样、判定规则和验收

7.2.1 组批

同一原料、同一配方、同一工艺条件，同一型号，数量不超过 500 m^3 为一批或以每周产量为一批。

7.2.2 抽样

尺寸偏差及外观每批任取三块产品进行检验，物理性能随机从样品中部取样检验。

7.2.3 判定规则

任何一项不合格时应重新从原批中双倍取样，对不合格项目进行复验，复验结果取双倍样的算术平

均值。仍不合格则该批为不合格。

7.2.4 验收

用户可按本标准在到货一个月内进行验收。

8 包装、标志、运输、贮存

8.1 产品应有包装。

8.2 每个包装内应附有产品标志和合格证,内容包括产品名称、商标、规格、型号、生产日期、批号、生产厂名称、生产厂地址和检验员章等。

8.3 产品在运输中严禁烟火,避免长期受压和机械损伤。

8.4 产品应贮存在避光、干净、通风、干燥的库房内,避免接近热源和化学药品。

附录 A (规范性附录)

硬质泡沫塑料的拉伸性能试验方法(双锥形试样法)

A.1 仪器

A.1.1 试验机——能够施加恒定速率的十字头运动的试验机,并能测定并记录施加在试样上的力,最大示值误差为1%。

A.1.2 试验机的夹具应能夹紧试样,不滑脱,不使试样局部受压而端部损坏或破裂。可动夹具能沿着平行于试样纵轴方向恒速移动,空载速度为 (2.5 ± 0.5) mm/min。建议使用如图 A.1 和图 A.2 所示的夹具组件。

A.1.3 若使用伸长仪(其在试样上施加的力极小),精度应为 0.1 mm。

A.1.4 样品切割机(推荐)——制备试样应使用合适的车床刀具,推荐的样品切割机如图 A.3。

A.2 试样

A.2.1 试样所有表面应无明显瑕疵或缺陷。如需在试样上放置标尺,不得影响试样表面,不得在样品上划刻,打孔或压印标记。

A.2.2 当测试各向异性的材料时,准备重复的二组或三组样品,其长轴分别平行、垂直于泡孔取向的方向。

A.2.3 样品的制备——推荐的试样尺寸为双锥形,见图 A.4。制备试样时,需去掉模塑表皮,但不应改变材料结构,按规定尺寸用锯或机加工方法等常规成型程序制备制样。试样表面应平整,无裂纹。如需要应标明各向异性材料的方向。

注 1: 推荐的制样方法:使用如图 A.3 所示的切割机在小型车床上加工所需的几何形状。将尺寸为 $50 \times 50 \times 150$ mm 的待测材料试样准备块插入先前居中的四爪卡盘中。准备块的另一端以接收尾座中心的 60° 锥形端,将车床设置为最高速度。根据泡沫的密度选择切割刀片的适当切入速度。推进刀具直到它停止,此时试样测试部分的直径应为 28.7 mm,横截面积为 645 mm^2 。使用带锯,切掉多余的样品端(直到锥形)。车床组件和完成的样品如图 A.3 和图 A.4 所示。推荐的标距长度应为 25 mm,每端的曲率半径为 11.9 mm,将其连接到握把表面,与中心线成 18° 角。但是,在任何情况下,标距长度都不得小于 12.7 mm。

注 2: 如果样品在钳口中表现出过度的滑动,则所测的拉伸强结果可能低于实际值。如果发生这种情况,建议在锥形区域旁边的试样末端留下 6.35 mm 的肩部,或者在试验前将试样末端瞬间浸入熔融的石蜡中(温度不超过 80°C),或同时使用两种方法。

A.2.4 试样数量不少于 5 个。若试样断裂在标距之外则应舍弃,另取试样补做。

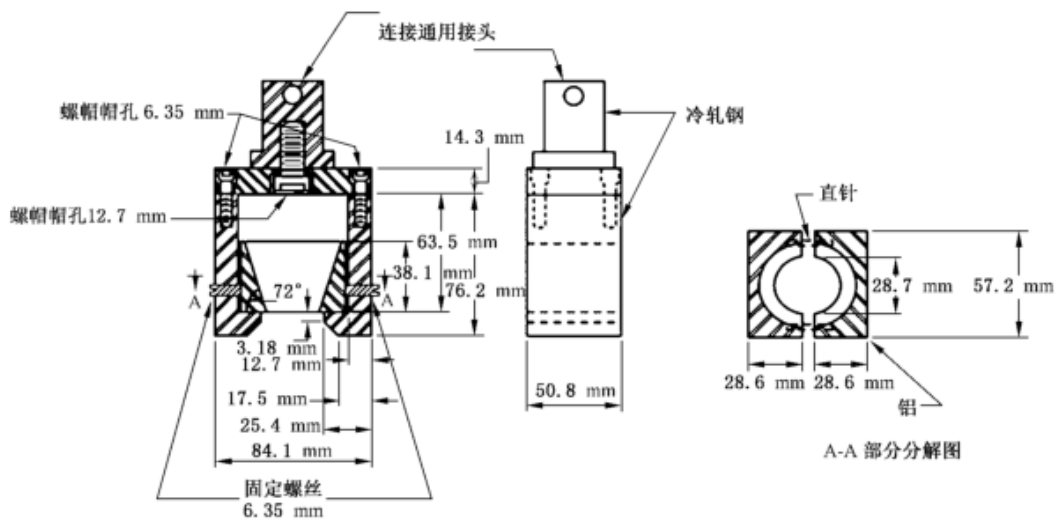


图 A.1 拉伸试验试样夹具的详细视图

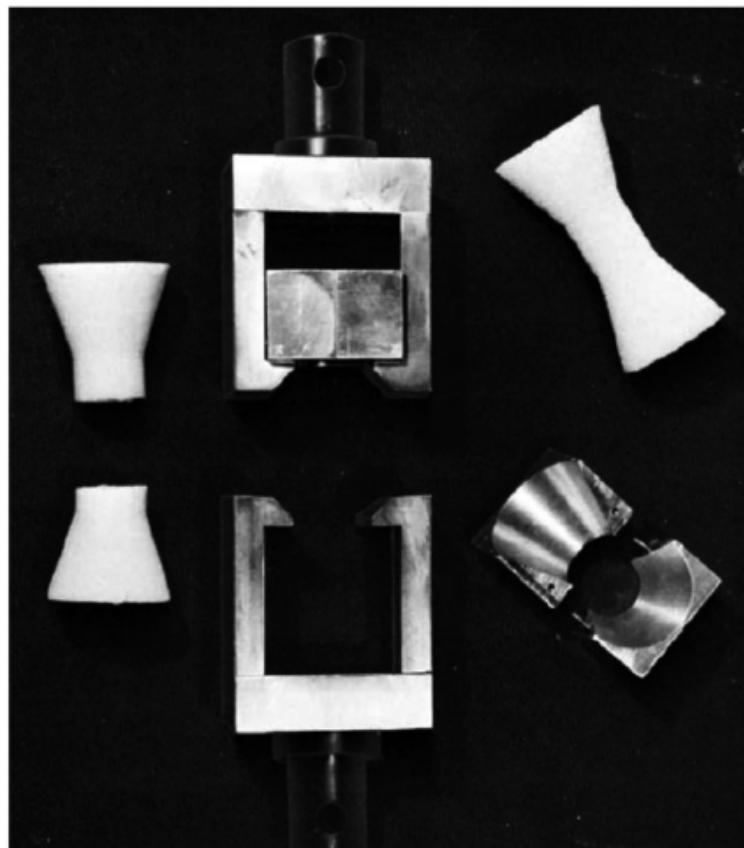


图 A.2 拉伸试验试样的夹具组件

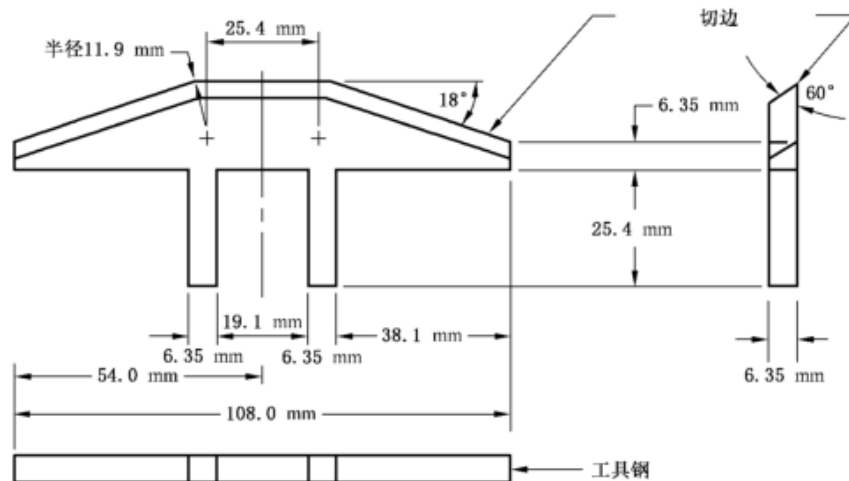


图 A.3 制备试样的切割机

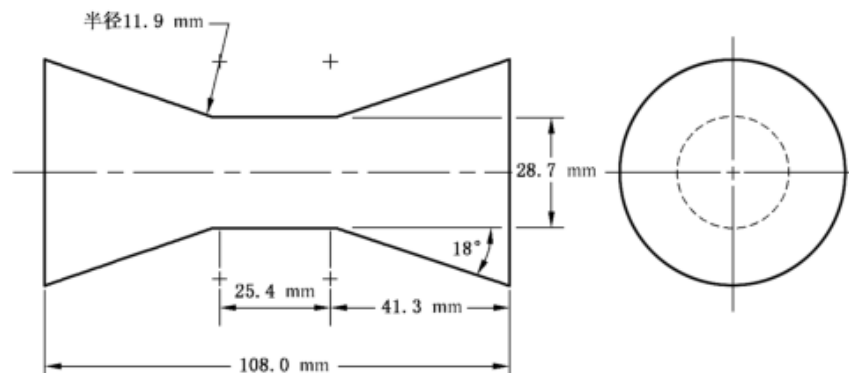


图 A.4 试样的建议尺寸

A.2.5 试样应在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和 $(50\pm 5)\%$ 相对湿度下状态调节不少于 24 h,并在相同条件下中进行试验。

A.3 试验程序

A.3.1 在试样上标明标距,用精度为 0.02 mm 量具,测量试样两标距间的圆柱直径三点,并记录最小值,根据这些尺寸计算试样的横截面积。

A.3.2 夹持试样时,使试样纵轴与上、下夹具中心连线相重合,要松紧适宜,以免试样滑脱。借助于可动夹具,使施加在试样上的力均匀地分布在试样上。

A.3.3 试验速度应使试样在 3 min~6 min 内发生断裂,标距为 25 mm 时,建议夹具移动速度为 1.3 mm/min。

A.3.4 确定并记录样品最大拉伸断裂载荷。

A.3.5 需要时,如果使用引伸计,则可由此获得完整的应力-应变曲线。同时确定并记录样品破裂时的拉伸伸长率。若不使用引伸计,可在适当时间间隔记录力值和相应的伸长。画出应力-应变曲线。

A.4 结果的计算和表示

A.4.1 拉伸强度

拉伸强度 σ (kPa),按公式(A.1)计算:

$$\sigma = \frac{F}{A} \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

F ——最大拉伸负荷,单位为牛顿(N);

A ——原始试样的横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

A.4.2 拉伸伸长率

拉伸伸长率 ϵ (%),按公式(A.2)计算:

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

L ——试样断裂标距,单位为毫米(mm);

L_0 ——试样原始标距,单位为毫米(mm)。

A.4.3 拉伸模量

用下列其中一个方法计算拉伸模量。

a) 弦斜率法

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

E_t ——拉伸模量,单位为兆帕(MPa);

σ_1 ——应变值 $\epsilon_1 = 0.000\,5$ (0.05%)时测量的应力,单位为兆帕(MPa);

σ_2 ——应变值 $\epsilon_2 = 0.002\,5$ (0.25%)时测量的应力,单位为兆帕(MPa)。

b) 回归斜率法

借助计算机,可以用这些监测点间曲线部分的线性回归代替用两个不同的应力或应变点来测量拉伸模量 E_t 。

$$E_t = \frac{d\sigma}{d\epsilon} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

E_t ——拉伸模量,单位为兆帕(MPa);

$\frac{d\sigma}{d\epsilon}$ ——在 $0.000\,5 \leq \epsilon \leq 0.002\,5$ 应变区间部分应力/应变曲线的最小二乘回归线性拟合的斜率,单位为兆帕(MPa)。

A.4.4 试验结果

以5个试样试验结果的算术平均值表示,拉伸强度、拉伸模量取三位有效数字,拉伸伸长率取两位有效数字。需要时按式(A.5)计算标准偏差 s ,标准偏差取两位有效数字。

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)/(n-1)} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

s ——标准偏差;

X ——单个试样测定值;

n ——测定值个数;

\bar{X} ——测定值的算术平均值。

A.5 试验报告

试验报告应包括下列各项：

- a) 本标准编号；
- b) 材料名称及类型；
- c) 状态调节过程；
- d) 试样的数量；
- e) 对各向异性材料，要注明拉伸方向；
- f) 试验结果，必要时注明标准偏差；
- g) 应力-应变曲线；
- h) 试验日期；
- i) 与本标准不一致的地方。

附录 B

(规范性附录)

材料表面燃烧特性的试验方法(E84 隧道炉法)

B.1 试验装置(燃烧试验箱)

B.1.1 试验装置为燃烧试验箱(如图 B.1),是一个矩形水平隧道(腔室),带有可拆卸的盖子,燃烧试验箱的内部尺寸如下:

- a) 长度:($7\ 620 \pm 76.2$)mm;
- b) 宽度:沿侧壁顶部壁架之间测量为(451 ± 6.3)mm,其他所有点均为(448 ± 10)mm;
- c) 深度:从燃烧箱底部到支撑样品的壁架顶部测量(305 ± 13)mm,该尺寸包括宽度为 38 mm,厚度为 3.2 mm 的编织玻璃纤维垫圈带。

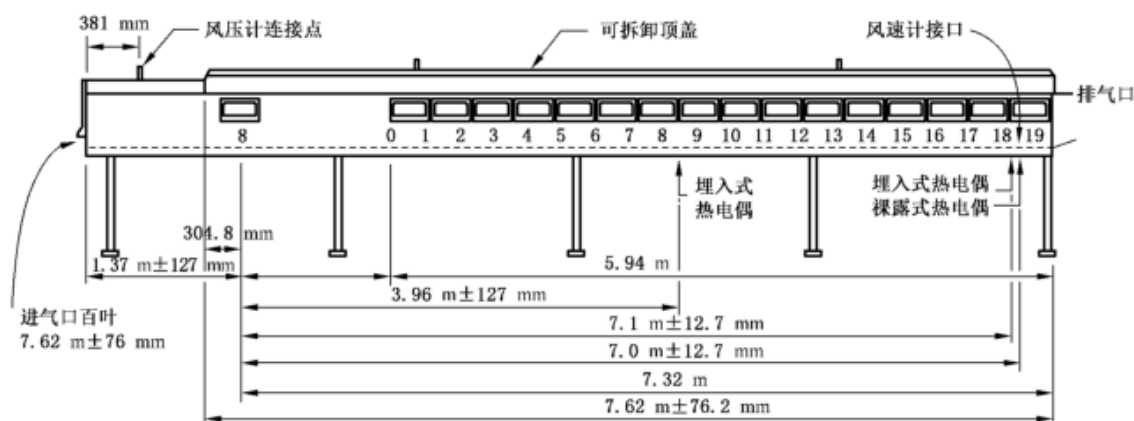


图 B.1 燃烧试验箱

注:燃烧试验箱的关键尺寸示意图(非施工用图)。

B.1.2 燃烧试验箱的腔室侧面和底部应衬内有绝缘耐火砖(尺寸为 $229\text{ mm} \times 114\text{ mm} \times 64\text{ mm}$),腔室的一侧应设有双层观察窗。

绝缘耐火砖应满足以下特性(如图 B.2):

- a) 绝缘耐火砖的最高使用温度: $1\ 427\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 绝缘耐火砖体积密度:(0.77 ± 0.046) g/cm^3 ;
- c) 绝缘耐火砖的平均热导率:

温度/ $^{\circ}\text{C}$	平均热导率/ $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$
260	0.23
538	0.27
815	0.32
1 093	0.37

腔室的双层观察窗应具有以下特性:

- a) 腔室的双层观察窗应内侧面齐平安装(如图 B.2)。玻璃内部暴露面尺寸应为(70 ± 10) $\text{mm} \times (279 \pm 25)$ mm 。内玻璃暴露区域的中心线应位于炉壁的上半部分,上边缘不小于炉膛下方 263 mm。窗口的位置应使得可以观察到不小于 305 mm 的试样宽度。沿隧道设置多个窗口,

以便从燃烧室外部观察整个测试样本的长度。窗户应按照 B.3.2 压力密封。

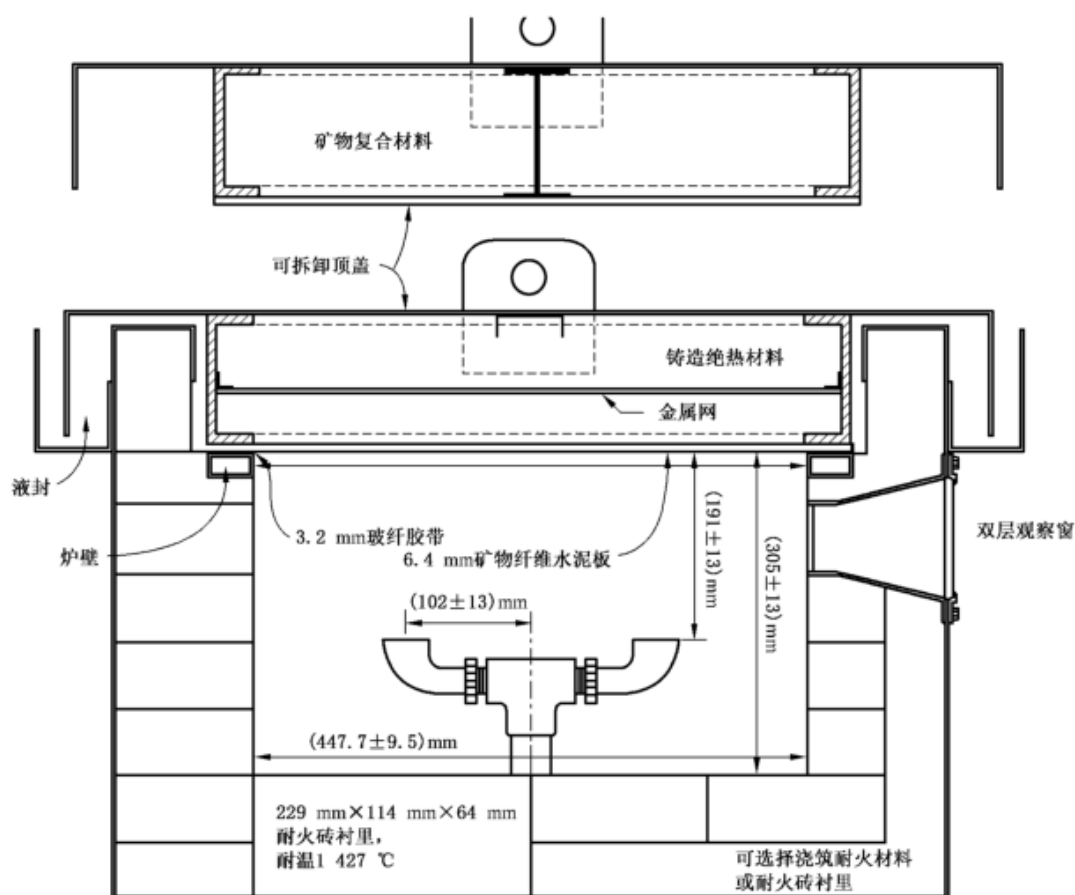
- b) 腔室的壁架应具有以下特性:采用结构材料制作,能够承受高强度的连续试验。壁架应与腔室的长度和宽度相互平齐。任何时候壁架都应保持与可能发生的测试频率、体积和严重程度相适应的维护状态。

B.1.3 燃烧试验箱盖子应具有以下条件:

- a) 盖子应由可拆卸的不可燃金属和矿物复合结构组成(如图 B.2),其尺寸必须完全覆盖燃烧试验箱和试样。盖子应保持在未扭曲和平坦的状态,在适当的位置,盖子应完全密封,以防止在测试期间漏气进入燃烧测试箱。
- b) 盖子应采用最小厚度为 51 mm 的可浇铸绝热材料或矿物复合材料进行绝热,其物性应达到如下指标:
 - 最高有效使用温度至少:650 ℃;
 - 体积密度:至少 336 kg/m³;
 - 导热系数:149 ℃~371 ℃对应 0.072 W/(m·K)~0.102 W/(m·K)。
- c) 整个盖组件应采用标称 6.3 mm 的扁平截面保护。纤维水泥板符合相关特性要求。该保护板应通过不断更换以保持良好状态。保护板应固定在炉盖上或放在试样的背面。

B.1.4 气体燃烧器应具有以下条件:

- a) 试验箱的一端应指定为“喷火端”。喷火端应配置两个燃气燃烧器,将火焰向上喷射到试样表面(如图 B.2)。燃烧器应与试验箱的喷火端相距 305 mm,并位于试验样品下表面下方(190±13)mm。燃烧器的所用气体应该通过一个进口管道进入,并由三通部分分配至每个端口燃烧器。出口应为 19 mm 的 NPT 弯头。端口平面应平行于炉底,以便气体向上导向试样。每个端口的中心线应位于炉膛中心线两侧的中心线的(102±13)mm 处,以使火焰在暴露的试样表面的宽度方向上均匀分布(如图 B.2)。
- b) 用于确保燃气在使用期间能持续流入燃烧器的控制装置应包括:一个压力调节器;一个燃气表,其增量读数不超过 2.8 L;一个指示气体的压力计,以 mm 水柱计;一个速效气体截止阀和一个燃气阀门以确保压力。



注：燃烧试验箱内部的关键尺寸示意图(非施工用图)。

图 B.2 燃烧试验箱内部

B.1.5 进气口应具有以下条件：

- 进气口挡板：应位于燃烧器上游 $(1\ 372 \pm 127)$ mm 处，从燃烧器中心线到挡板外表面测量(如图 B.1)。进气口应安装一个垂直滑动的挡板，延伸至测试室的整个宽度。挡板应固定定位，以保证提供一个空气进气口，其从燃烧箱的地板水平测量的高度为 (76 ± 6) mm。
- 湍流挡板：为了提供适当的空气湍流，应通过沿燃烧箱腔室侧壁放置 6 个耐火砖来作为湍流挡板(定义见 B.1.2)。与沿着墙壁的长度方向垂直，位置 114 mm，从燃烧器端口的中心线以下放置如下砖块：
 - 窗户侧：2.1 m, 3.7 m 和 (6.1 ± 0.2) m；
 - 对面：1.3 m, 2.9 m 和 (4.9 ± 0.2) m。
- 引风系统：空气的流动应采用引风系统，其总通风能力至少为 3.8 mm 水柱，样品就位，火源端的闸门打开正常的 (76 ± 6) mm，阻尼器处于全开位置。应在隧道中宽处插入一个用于指示静压的压力表，位于天花板下方 (25 ± 12) mm，离入口百叶窗 (381 ± 12) mm 处。(如图 B.1)。

B.1.6 排气段应具有以下条件：

- 排气端应装有渐变的矩形到圆形过渡件，长度不小于 508 mm，任何一点横截面积不小于 $1\ 290\ \text{cm}^2$ (如图 B.3)；
- 过渡件应依次安装在内径为 406.4 mm 的管道上。如图 B.4 所示的典型管道系统包含两个 90° 弯头(见图 B.5)，排气管道位于测试室旁边。为了符合这种典型设计，排气系统的垂直中心线与固定测试室的垂直中心线重合；

- c) 排气管道应用至少 51 mm 厚度的耐温无机材料隔热,其包覆范围从火焰室的排气端到光度计位置;
- d) 排气管末端应安装排气扇。空气流量应按照 B.1.8 的规定进行控制;
- e) 替代排气管道布局设计应通过满足 B.3 中规定的要求来证明其等效性。

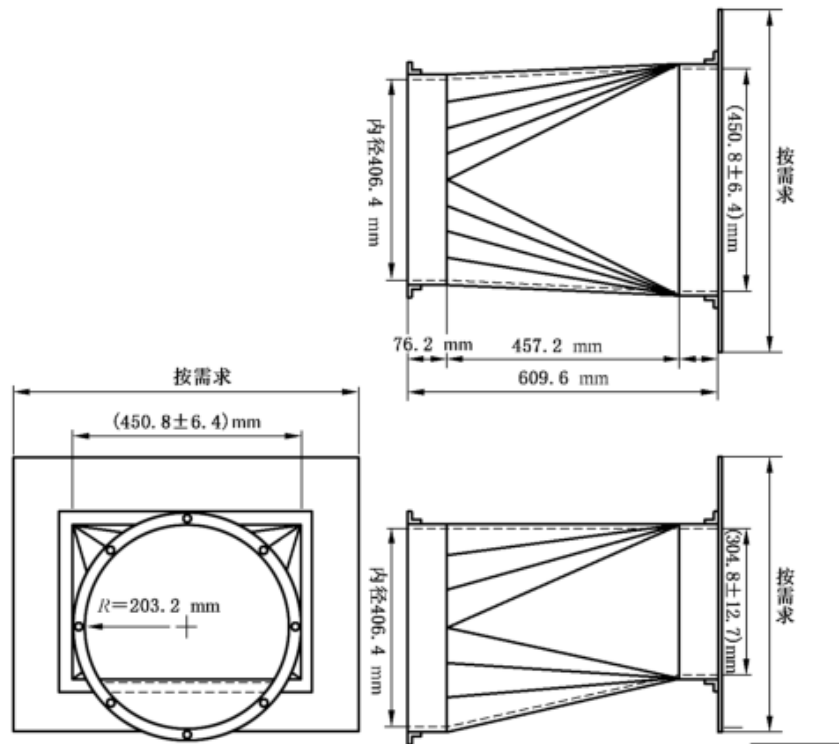


图 B.3 排气端结构(非施工用图)

B.1.7 光度计系统应具有以下条件:

- a) 由白光源和光电池组成的光度计系统应安装在内径为 406.4 mm 的通气管的水平部分上。其前面是一根直管至少 12 倍内径或 4.88 m 长,距离通风口不超过 30 倍内径或 12.19 m,其光束垂直于通气管轴线。
- b) 通气管应采用至少 51 mm 的耐温无机材料绝热保护,其覆盖范围从燃烧室的通风口到光度计位置。光电池的输出与在光源和光电池之间通过的烟雾密度成反比例关系。光源镜头和光电池镜头之间的距离应为 (914 ± 102) mm。
- c) 光度计系统的线性度,应通过用已校准的中密度滤光片中断光束,来定期验证。滤光片应覆盖整个光度计接收部分。

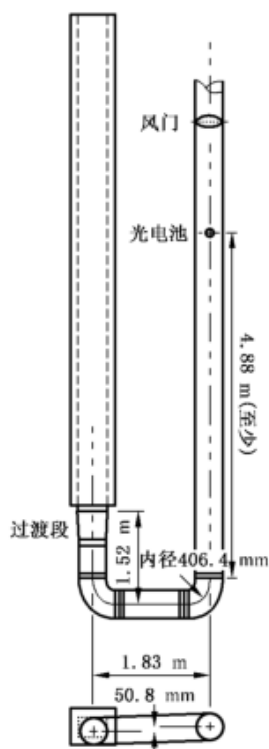


图 B.4 光度计导管系统(非施工用图)

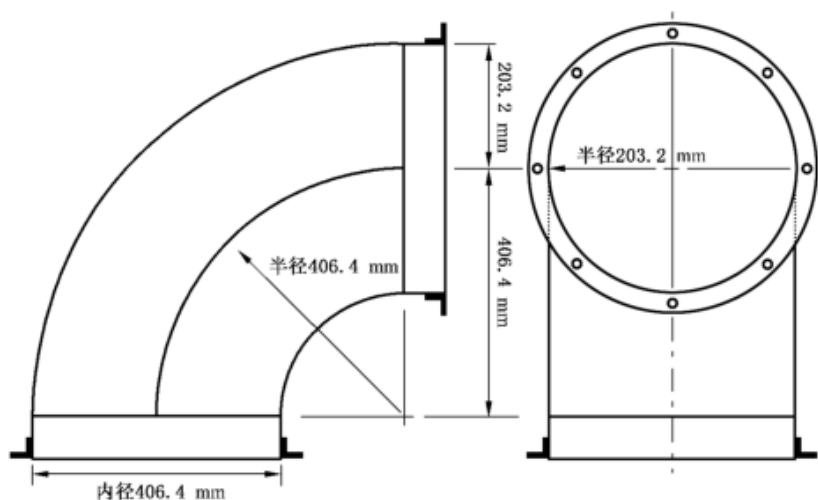


图 B.5 导管弯头部分(非施工用图)

B.1.8 调节装置调节装置应具有以下条件:

- a) 用于调节通风压力的自动控制阻尼器,应安装在烟雾指示附件的下游通风管中。阻尼器应配备手动控制装置。
- b) 允许采用其他手动或自动通风调节装置或两者,以帮助在整个测试过程中保持风扇特性和气流控制。

B.1.9 热电偶应具有以下条件:

- a) 18号(1.02 mm)热电偶,其中(9.5±3.2)mm暴露在空气中,应通过试验室的地板插入,以便其尖端(25.4±0.8)mm位于垫圈顶面下方,距离燃烧器端口宽度中心线(7.0 m±13 mm)。

- b) 两个 18 号(1.02 mm)热电偶嵌在试验室的表面下方。这些热电偶应安装在距离燃烧器端口中心线(3.96 m±13 mm)和(7.09 m±13 mm)的距离处。热电偶应从试验室下方穿过防火涂层插入,直到热电偶尖端位于地板表面下方(3.2±0.8)mm 处。热电偶的尖端应覆盖耐火材料或特种水泥,安装过程中,覆盖材料应仔细干燥以避免开裂。

B.2 试样

B.2.1 试样应能代表所检测的材料。

B.2.2 试样应以两种方式之一提供:

- a) 连续,不间断的样品;
- b) 将样品端对端连接或对接的方式提供。

B.2.3 试样的尺寸为:

- a) 宽度:508 mm~610 mm;
- b) 长度:7.17 m~7.62 m;
- c) 厚度:最大 101 mm。

注:试验装置不适用于厚度大于 101 mm 的试验,但如果需要,可以进行修改。这是通过(1)修改测试装置盖以保持气密密封,以及(2)通常在测试装置壁架上方引入附加样品/盖子支撑来实现的。由于某些材料的成分,在厚度大于 101 mm 时获得的测试结果可能与在 101 mm 或更小厚度下测试的相同材料的测试结果不同。

B.2.4 试样应在(23±3)°C 的温度和(50±5)% 的相对湿度下调节至恒重。

B.2.5 试验室的上游端应安装(356±3)mm 长,1.3 mm~1.5 mm 厚的无涂层钢板,其位置在试样前缘和前缘下方的试样安装架上。

B.2.6 当试样的总长度超过 7.32 m 时,将试样的一端对准试验室的排气端,并继续将试样安装在燃气燃烧器上。

B.2.7 当试样的总长度为 7.32 m 或更短时,在上游端的钢板与试样的一端重叠 25 mm,并继续朝向排气端安装样品。

B.2.8 除上述规定外,具体的材料安装方式可以咨询标准起草单位。

B.3 装置的校准

B.3.1 在炉膛的壁架上放置 6.3 mm 厚的纤维水泥板。将测试室的可拆卸盖子放在适当位置。

B.3.2 将 6.3 mm 厚的纤维水泥板放置在炉腔顶部,并将可拆卸的盖子固定到位,设置水柱压力表,通过手动设置阻尼器,在液体压力表上读取压力,并将末端挡板打开(76±1.5)mm。然后关闭并密封末端挡板,而不改变阻尼器位置。压力表读数应增加至至少 9.53 mm 水柱,表明不存在过多的空气泄漏。

此外,定期进行附加泄漏测试,将隧道从入口端密封,与光度计系统隔离。在室内放置一个烟雾发生装置。点燃烟雾发生装置并将燃烧室加压至(9.53±3.18)mm 水柱,观察逸出烟雾,确定所有泄漏点。

B.3.3 在 1.40 mm~2.54 mm 水柱范围内建立读数。通过自动控制的阻尼器,在整个测试过程中保持所需的通风量。

记录距离燃烧器端口中心线 7.02 m 的 7 个点处的空气速度,其深度在样品安装架的平面下方 168 mm±7 mm。通过将隧道的宽度划分为 7 个相等的部分并在每个部分的几何中心记录速度来确定这 7 个点。

在速度测量过程中,移除端流砖和 7.02 m 处的暴露热电偶,并在距离燃烧器 4.88 m 和 5.49 m 之间放置 670 mm 长的矫直叶片。矫直叶片应将炉子横截面分成 9 个均匀的截面。使用速度传感器确定炉温为(23±2.8)°C 时的气流流速。根据 7 个读数的算术平均值确定的气流速度应为(73.2±1.4)m/min。

可以使用以下方法替代速度传感器设备以确定隧道风速：用一个 102 mm 直径的低速旋转叶片风速计，其分辨率为 0.305 m/min，精确度为 $\pm 2\%$ ，安装在钢架上，放置在燃烧器下游 6.86 m 的隧道内。

应进行 3 次试验，结果取平均值并修约。叶片风速计的中心线应与隧道的垂直中心线对齐。

第 1 个测试点靠近非窗口壁，距离叶片边缘 25.4 mm；

第 2 个测试点的中心轴位于隧道中心点；

第 3 个测试点位于窗口壁，距离叶片边缘 25.4 mm 处。

B.3.4 试验室所在的房间应有足够的空气流量，以便在整个试运行期间将房间保持在大气压。保持空气温度为 $18.3\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 26.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $45\%\sim 60\%$ 。

B.3.5 向测试室供应质量均匀的天然（城市）或甲烷（瓶装）气体燃料，其热值标称值为 37.3 MJ/m^3 。最初调节气体供应量约为 5.3 MJ/min 。

记录气体压力，整个平板上的压差以及每次测试中使用的气体体积。如果使用温度和压力补偿质量流量计，则仅记录所用气体的体积。除非另行修改，否则当使用瓶装甲烷时，将螺旋铜管的长度插入供应和计量连接之间的气体管线中，以补偿由于与压降相关的气体温度降低和调节器上的膨胀而导致的流量误差。

根据 B.3.3 和 B.3.4 的规定调整水柱和供气，试验火焰应向下游延伸至试样表面 1.37 m 的距离，上游覆盖范围可忽略不计。

B.3.6 安装 6.3 mm 的纤维水泥板和可拆卸顶盖，预热试验室，并将燃料供应调整到所需的流量。继续预热，直到 7.09 m 处的热电偶指示的温度达到 $(66\pm 2.8)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在预热测试期间，以不超过 15 s 的间隔，记录测试室通风端热电偶指示的温度。并将预热试验期间的温度读数与图 B.6 中时间-温度曲线中的温度读数进行比较。如果不同，则调查差异并根据需要进行调整，同时保持测试其他条件不变。

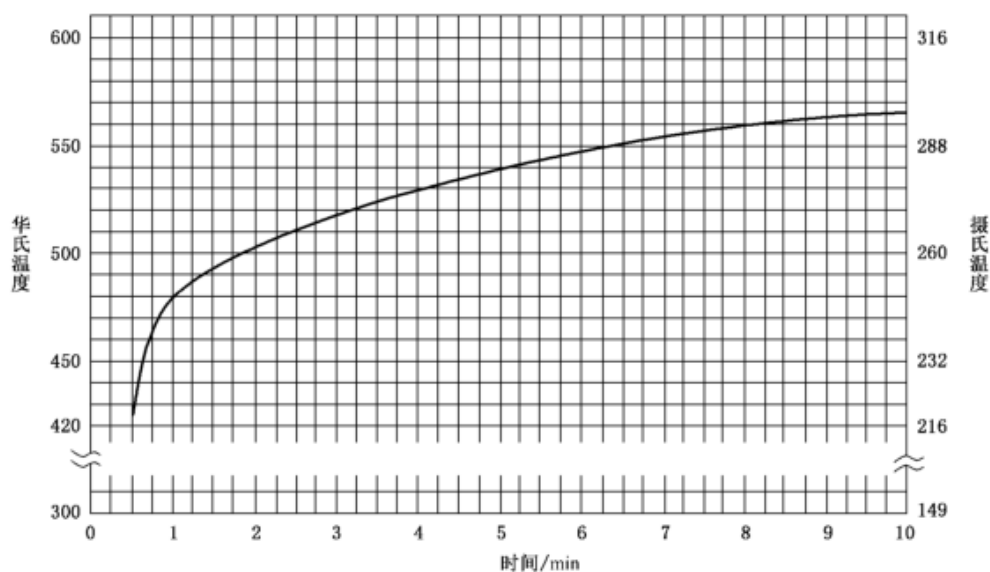


图 B.6 时间-温度曲线

B.3.7 每次测试后让炉子冷却。当 3.96 m 处的地板热电偶显示温度为 $(40.5\pm 2.8)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，将下一个样品置于测试位置。

B.3.8 如前所述调整和调节测试设备，测试中，应选用使用厚度 18 mm 的精选级红橡木样品，以及 6 mm 厚度的特定纤维水泥板，要求如下：

- 红橡木甲板的建造和条件应参照相关国际标准资料要求的规定进行。以不超过 0.6 m 的距离间隔和不超过 30 s 的时间间隔进行观察，并记录燃烧距离达到标本末端 5.94 m 的时间。
- 另一种判断火焰何时到达的方法：当暴露的热电偶在 7.0 m 处显示温度达到 $527\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，认为火

焰已经到达。

B.3.9 测试期间,绘制火焰传播距离、温度和光电池读数的变化曲线图。图 B.7~图 B.9 分别为红橡木标样的火焰传播距离、时间-温度曲线和烟密度的典型曲线。火焰传播距离应确定为观测距离减去 1.37 m。

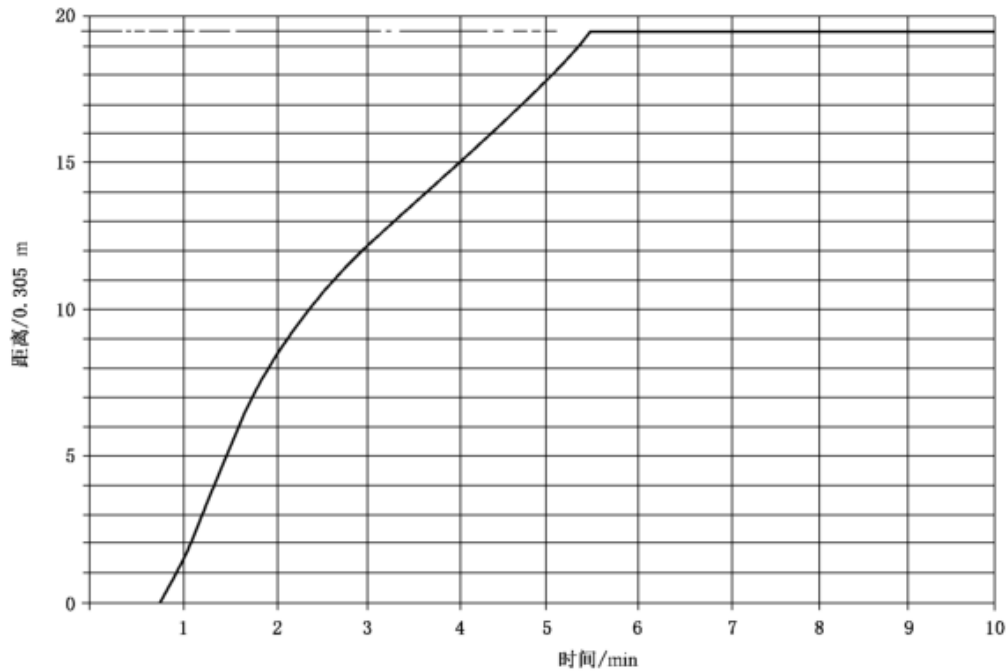


图 B.7 红橡木的典型时间-燃烧距离曲线

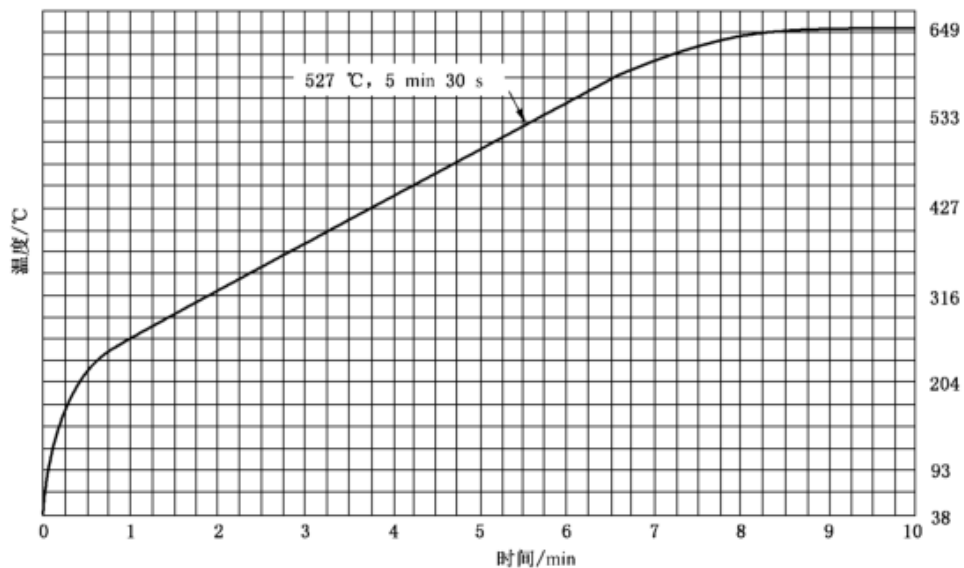


图 B.8 红橡木的典型时间-温度曲线

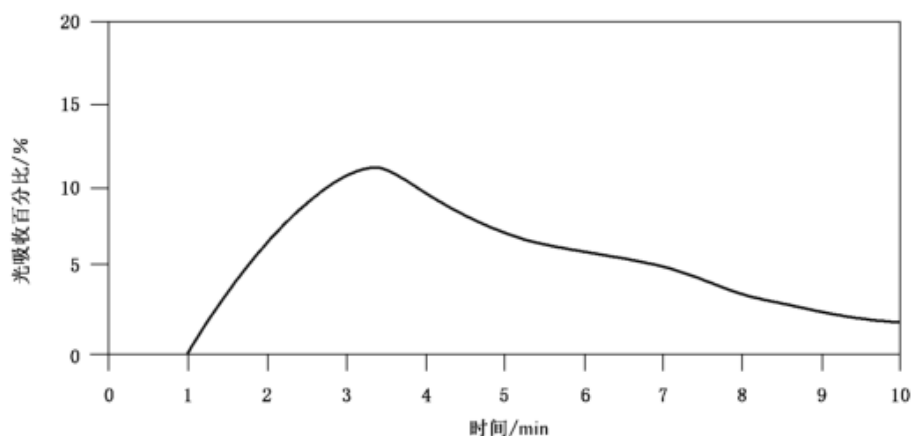


图 B.9 红橡木的典型时间-烟密度曲线

B.3.10 对 6 mm 的纤维水泥板样品进行类似的测试。其结果应视为代表 0 的指数(用于标定零点)。测试期间绘制时间-温度曲线。图 B.10 是纤维水泥板时间-温度的典型曲线。

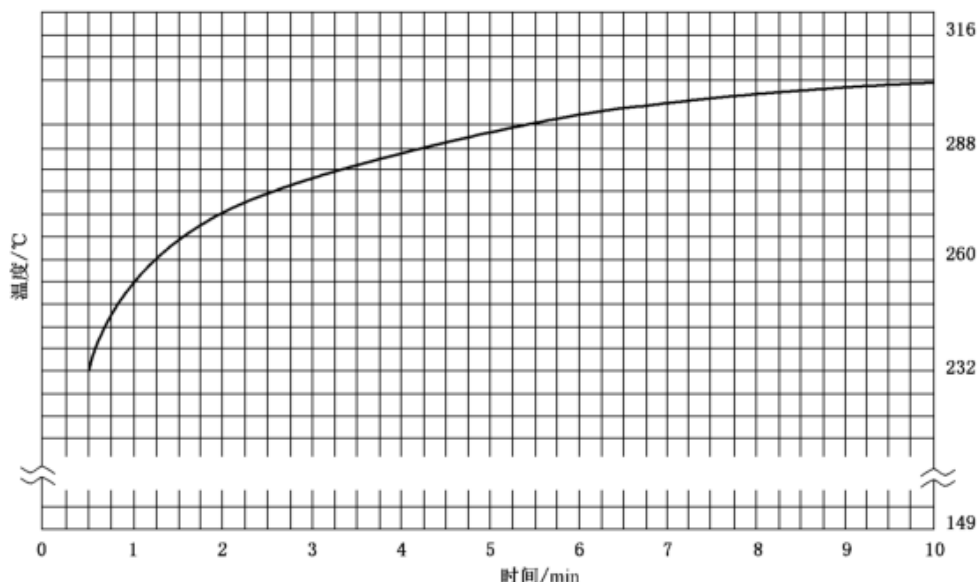


图 B.10 纤维水泥板典型时间-温度曲线

B.3.11 校准应在进行大修后进行,例如重新翻修。如果没有大修,应在 200 次测试后安排一次校准,或者每 12 个月进行一次,以先到者为准。

B.3.12 红橡木火焰传播校准数据,应用于确认 B.3.8 中所示的性能,即火焰到达试样的结束时间不少于 5 min 15 s,不超过 5 min 45 s。如果火焰到达样品末端的时间不在此区间内,进行设备调整和重新校准,直到符合要求。

B.3.13 将最新一次的红橡木烟雾校准数据,添加到包含此前 4 个校准值的数据集合中,取其平均值作为标定值。

这个标定值称为平均-烟雾增长指数(SDI),用于调整设备设置。绘制烟密度-时间曲线图,计算包含区域面积,得到 SDI 值。当对新设备进行的校准少于 5 个时,以现有的所有校准数据的平均值作为标定值。

B.4 试验程序

B.4.1 在操作燃烧炉时,将试样放在试验室壁架上,壁架应该用宽 38 mm,厚 3.2 mm 的梭织衬垫胶带完全覆盖。将试样妥善放置后,将试样盖板放置于试样的位置。

B.4.2 在试验点火前,将完全安装的试样放在燃烧室内,并在炉尾上运行 (120 ± 15) s。

B.4.3 点燃燃烧器气体。在暗室中观察并记录最大火焰前行程的距离和时间。继续测试 10 min 的时间。如果试样在火区完全燃尽,没有进一步的渐进燃烧,并且光电电池读数返回基线,则允许在 10 min 之前终止试验。

B.4.4 测试中,记录光电电池输出数值,至少每 2 s 记录一次数据。

B.4.5 记录燃气压力,在孔板上的压力差,以及每个测试中使用的气体量。如果采用温度和压力补偿式质量流量计来监测气体流量,则只记录气体的体积。

B.4.6 当测试结束时,关闭气体供应,观察试验管道内的阴燃和其他条件,并取出试样进行进一步检查。

B.4.7 绘制火焰传播距离、温度和光电电池读数的变化曲线,用于确定(B.5)所概述的火焰蔓延和烟雾增长指数。火焰前沿推进应该即时记录,若火焰推进不显著,则至少每 30 s 记录一次。火焰传播距离应确定为观测距离减去 1.37 m。

B.5 结果的表示

火焰蔓延指数以 5 为间隔修约所得到的值,(FSI)按以下步骤确定:

- a) 在绘制火焰传播距离-时间关系时,应包括先前记录的所有渐进燃烧。用一条直线连接所有连续点。火焰传播距离-时间图的总面积(A_T)应通过忽略任何火焰前衰退来确定。
- b) 例如,在图 B.11 中,火焰在 2 min 30 s 内传播 3.05 m,然后后退。该面积的计算,应当视为火焰在 2 min 30 s 内蔓延到 3.05 m,然后保持在 3.05 m,直到火焰前端再次通过 3.05 m,则继续记录测试数据。图 B.11 中的虚线显示了这一点。用于计算火焰扩散指数的总面积(A_T)为图 B.11 中 A_1 和 A_2 区域的总和。

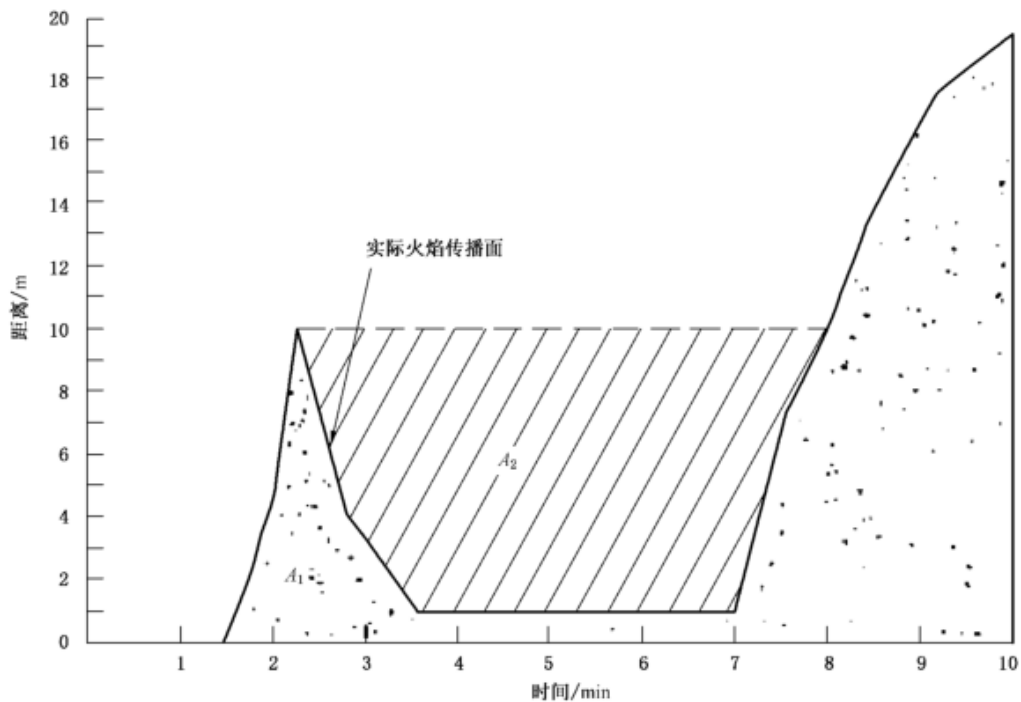


图 B.11 火焰传播时间-距离关系示例

- c) 如果该总面积(A_T)小于或等于 $29.7 \text{ m} \cdot \text{min}$,则火焰扩散指数应为总面积的 0.515 倍($\text{FSI} = 0.515A_T$)。
- d) 如果总面积(A_T)大于 $29.7 \text{ m} \cdot \text{min}$,则火焰传播指数应为 4 900 除以 195 与总面积(A_T)的差额。 $[\text{FSI} = 4\,900 / (195 - A_T)]$ 。
- e) 对烟雾的测试结果绘制曲线,曲线下的面积除以红橡木曲线下的面积,乘以 100,并以 5 为修约间隔进行修约,得到烟雾增长指数(SDI)。将该材料的性能与纤维水泥板和选用级红橡木地板进行比较,以纤维水泥板为基准设置 0 点,以红橡木地板为基准设置为 100。对大于或者等于 200 的烟雾增长指数(SDI),用 50 为修约间隔进行修约。

注:以上方法是在没有公式用于计算 SDI 值时所采用的计算方法。

B.6 燃烧产物分析

在要求分析时燃烧产物时,应从光度计后端取样,或由取样量不超过总流量的 1% 组成。本试验方法不要求对燃烧产物进行分析。

B.7 报告

报告包含如下信息:

- a) 测试材料的描述,包括其组成或一般标识、厚度和任何其他的相关详细信息;
- b) 按 B.5 计算的测试结果;
- c) 燃烧是使用连续样品还是由小块样品拼接成试样;
- d) 当样品是拼接成的试样时,对每一节试样的形状和总块数进行描述;
- e) 描述所采用的安装方法;

- f) 被测试的样品的宽度和长度(也参见 B.2.3);
- g) 水泥板的放置方法,保护炉盖总成;
- h) 观察试样在测试过程中暴露的燃烧特性,如分层、下垂、收缩、辐射等;
- i) 火焰蔓延指数(FSD)和烟雾增长指数(SDI)的数值。

参 考 文 献

[1] ASTM D 1623—2017 Standard Test Method for Tensile and Tensile Adhesion Properties of Rigid Cellular Plastics

[2] ASTM E 84—2020 Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
深冷保冷用泡沫塑料
GB/T 39936—2021

*

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

2021年3月第一版

*

书号: 155066 · 1-66902

版权专有 侵权必究



GB/T 39936-2021



码上扫一扫 正版服务到