



中华人民共和国国家标准

GB/T 7019—2024

代替 GB/T 7019—2014

纤维水泥制品试验方法

Test methods for fiber cement products



2024-12-31 发布

2025-07-01 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 试验条件	2
5 平板	2
5.1 规格尺寸和形状偏差	2
5.2 外观质量	8
5.3 含水率、吸湿率、吸水率、表观密度及孔隙率	9
5.4 不透水性	12
5.5 干缩率、湿胀率	13
5.6 厚度吸水膨胀率	15
5.7 抗折强度、抗弯弹性模量	16
5.8 抗冻性	19
5.9 抗冲击强度	21
5.10 热水试验	23
5.11 热雨试验	24
5.12 浸泡-干燥试验	26
5.13 抗拉强度	28
5.14 螺钉拔出力	30
5.15 层间黏结力	32
5.16 耐磨性	33
5.17 抗滑值	34
5.18 胶层剪切强度	35
5.19 平行板面剪切强度	37
5.20 垂直板面剪切强度	39
5.21 布氏硬度	40
5.22 热稳定性能	41
5.23 耐冷热循环试验	43
5.24 集中荷载	43
5.25 均布荷载	45
5.26 穿孔板承载力	47

6	波瓦	48
6.1	规格尺寸和形状偏差	48
6.2	外观质量	51
6.3	含水率、吸水率、表观密度及孔隙率	53
6.4	不透水性	54
6.5	抗冻性	55
6.6	抗折强度	56
6.7	落锤法抗冲击性	60
7	脊瓦	61
7.1	规格尺寸和形状偏差	61
7.2	含水率、吸水率、表观密度及孔隙率	61
7.3	抗冻性	62
7.4	破坏荷重	62
8	纤维水泥管	63
8.1	规格尺寸和形状偏差	63
8.2	外观质量	64
8.3	含水率、吸水率、表观密度及孔隙率	65
8.4	抗冻性	67
8.5	抗渗性	67
8.6	抗张强度	68
8.7	抗折荷载及抗折强度	69
8.8	外压荷载及外压强度	71
8.9	轴向抗压强度	72
8.10	耐酸、碱腐蚀快速试验方法	73
9	数值处理与试验报告	74
9.1	数值修约	74
9.2	试验报告	75

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 7019—2014《纤维水泥制品试验方法》。与 GB/T 7019—2014 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了部分术语和定义(见第 3 章,2014 年版的第 2 章)；
- b) 增加了试验条件(见第 4 章)；
- c) 更改了网纹板排水法测量厚度试验方法(见 5.1.2.2.3,2014 年版的第 4 章)；
- d) 更改了厚度及厚度不均匀度的测量方法(见 5.1.2.4,2014 年版的 4.2.2.3)；
- e) 增加了板面翘曲度试验方法(见 5.1.2.9)；
- f) 增加了平板外观质量试验方法(见 5.2)；
- g) 更改了平板含水率测定方法(见 5.3.4.2、5.3.4.3,2014 年版的第 6 章)；
- h) 更改了平板干缩率、湿胀率测定方法；试件状态分为饱水状态-干燥状态及设定湿度区间两种状态。(见 5.5,2014 年版的第 8 章)；
- i) 增加了平板厚度吸水膨胀率试验方法(见 5.6)；
- j) 增加了平板弹性模量试验方法,调整了抗折强度试验试件厚度的间隔分区(见 5.7,2014 年版的第 10 章)；
- k) 更改了抗冻性试验起始时间点,增加了冻融后强度保留率(见 5.8,2014 年版的第 9 章)；
- l) 增加了平板的抗拉强度、螺钉拔出力、层间黏结力、耐磨性、抗滑值、胶层剪切强度、平行板面剪切强度、垂直板面剪切强度、布氏硬度、热稳定性能、耐冷热循环性能、集中荷载、均布荷载试验方法(见 5.13~5.25)；
- m) 增加了穿孔板孔尺寸、承载力试验方法(见 5.1,5.26)；
- n) 增加了纤维水泥管耐酸、碱腐蚀快速试验方法(见 8.10)。

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。

本文件由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本文件起草单位：苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、安徽华城兴建材科技有限公司、山东鲁泰建筑产业化材料有限公司、湘潭长乐节能科技有限公司、济南大学、青岛领军智能建造新材料科技有限公司、浙江广天构件集团股份有限公司、广东新元素板业有限公司、江苏宇航板业有限公司、河北普州建材科技有限公司、中材(池州)节能新材料有限公司、金强(福建)绿色人居集团有限公司、安徽海创新型节能建筑材料有限责任公司、中建六局装饰工程有限公司、浙江海龙新型建材有限公司、致砦(河南)构件有限公司、中建八局第一建设有限公司、广东金福板业有限公司、深圳市固亿建材水泥制品有限公司、温州信达交通工程试验检测有限公司、山西五建集团有限公司、中建八局深圳科创发展有限公司、湖北交投智能检测股份有限公司、中咨公路养护检测技术有限公司、宁夏正禹工程技术有限公司、山西省交通科技研发有限公司、中交中南工程局有限公司、甘肃铁鹰建筑质量检测有限公司、中国铁建港航局集团有限公司、中铁二十五局集团第一工程有限公司、江西远洋威利实业有限公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、中铁建设集团有限公司、中铁二十四局集团有限公司、广西鑫灿电力线路器材有限公司、中建东方装饰有限公司、杭州元创新型材料科技有限公司、广州市第一市政工程有限公司、北京华路安交通科技有限公司、上海隧道工程有限公司构件分公司、中煤远大淮北建筑产业化有限公司、中铁十九

局集团第五工程有限公司、广东海龙建筑科技有限公司、中建二局第三建筑有限公司、中建海峡建设发展有限公司、中铁上海工程局集团有限公司、苏州市吴江滨湖检测技术有限公司、衢州市新宏建设有限公司、广东松本绿色新材股份有限公司、山东高速铁建装备有限公司、中铁二十二局集团第二工程有限公司、浙江沃瑞科技有限公司、中国十七冶集团有限公司、哈尔滨工业大学、铁正检测科技有限公司、中电建路桥集团有限公司、中交二公局工程检测技术有限公司、中国铁建大桥工程局集团有限公司、中铁城建集团第三工程有限公司、江苏联建检测科技有限公司、如东恒正建设工程质量检测有限公司、新疆生产建设兵团建设工程(集团)有限责任公司。

本文件主要起草人:张蕊、冯立平、刘文华、杨婷丽、赵祥军、张深、陈鑫、程新、侯鹏坤、杨涛贤、骆艳、郑日镜、毛留焯、徐俊华、吴苏军、方冬林、徐定丰、杨志华、赵虎、李斐斐、劳占才、陈英玲、苗亚宁、陈江、廖合堂、余运武、史星祥、沈立中、赵永茂、刘涛、李长杰、姜宏维、田寅、骆静静、张银、廖霖、赵振平、李军昌、刘齐辉、蒋涛、李国辉、黄莉、王春蓉、张超、李兵兵、宋燕秋、夏如茜、叶凯、邓美辉、彭中飞、张建中、吴炯晖、闫书明、朱海良、王斌、白峻铭、赵宝军、付建武、王耀、胡松涛、杨利峰、张宏开、闫金康、黄兴启、沈鹏、赵巨波、金仁才、高小建、苏磊、李介立、时维广、赵健、王建会、张燕伟、王必东、孙春旺、仇潇潇、刘明智、王丹锋、谢家兵、任升学、曹莉莉、梁海波、赵小东、林杰、邹云华、朱慈祥、贾非、贾冬、沈芩华、高国旗、高炳婧、邓胜标、谭祥韶、周启源、钟锐锋、滕飞、宋钊、邓宝、龚帅、任鸿勇、徐洪广、张李文、吴宇航、边红伟、职小强、陈铁锋、方志斌、徐勇、张辉、李同顺、高岚。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 1986年首次发布为 GB 7019—1986;
- 1997年第一次修订时,并入了 GB 8040—1987《石棉水泥波瓦、平板抗折性试验方法》、GB 8041—1987《石棉水泥波瓦、平板不透水性试验方法》、GB 8042—1987《石棉水泥波瓦、平板抗冻性试验方法》和 GB 9773—1988《石棉水泥波瓦、平板抗冲击性试验方法》的内容;
- 2014年第二次修订;
- 本次为第三次修订。

纤维水泥制品试验方法

1 范围

本文件描述了纤维水泥制品性能试验方法。

本文件适用于平板(纤维水泥平板、纤维增强硅酸钙板、穿孔板等)、波瓦(含半波板)、脊瓦、纤维水泥管等纤维水泥制品的性能试验。

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 845—2017 十字槽盘头自攻螺钉

GB/T 846—2017 十字槽沉头自攻螺钉

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 12954.1—2008 建筑胶粘剂试验方法 第1部分:陶瓷砖胶粘剂试验方法

GB/T 16309 纤维增强水泥及其制品术语

GB/T 17657—2022 人造板及饰面人造板理化性能试验方法

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)

JB/T 3889—2023 涂附磨具 砂布

3 术语和定义

GB/T 16309界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热水试验 warm water performance

将产品长时间置于设定温度的热水中来测试产品老化性能(质量损失、强度损失)的一种比较性试验。

3.2

热雨试验 heat-rain performance

模拟产品在雨水、日晒循环下的耐久性能的试验。

3.3

浸泡-干燥试验 soak-dry performance

在浸泡-干燥循环下测试产品老化性能的一种比较性试验。

3.4

耐冷热循环试验 cold and hot cycle resistance test

在高温-低温循环下测试产品外形变化的试验。

3.5

厚度吸水膨胀率 thickness expansion rate of water absorbing

试件吸水前后厚度变形的程度,厚度吸水膨胀率为吸水后厚度增加量与吸水前厚度之比。

4 试验条件

4.1 试件处理的环境条件和处理时间按表 1 的规定。

表 1 试件的处理

序号	类型	环境条件	处理时间		
			$e \leq 10$ mm	$10 \text{ mm} < e < 20$ mm	$e \geq 20$ mm
1	自然状态	温度(23±5)℃,相对湿度(50±5)%	(72±2) h	(120±2) h	(168±2) h
2	饱水状态	水温(5~30)℃	(24±2) h	(48±2) h	(72±2) h
3	干燥状态	温度(105±5)℃	(24±2) h	(48±2) h	(72±2) h

注：e 为公称厚度。

4.2 试件恒重的判定条件：将试件置于给定的环境中至质量恒定，即两次称重结果之差不超过试件最后一次称重质量的 0.2%。

5 平板

5.1 规格尺寸和形状偏差

5.1.1 仪器设备

仪器设备如下：

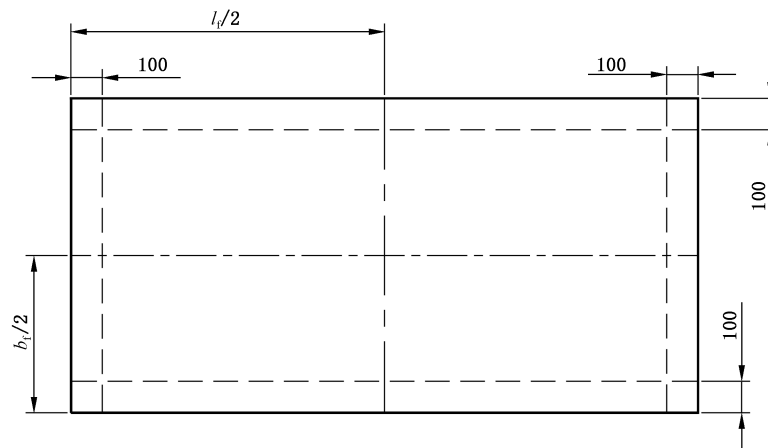
- a) 钢卷尺：量程 3 m、5 m，分度值 1 mm；
- b) 钢直尺：量程 1 000 mm，分度值 1 mm；
- c) 外径千分尺：分度值 0.01 mm；
- d) 宽座直角尺：1 000 mm×630 mm、160 mm×160 mm；
- e) 壁厚千分尺：量程(0~25)mm、(25~50)mm、(50~70)mm，分度值 0.01 mm；
- f) 游标卡尺：量程范围应满足试件长度要求，分度值不大于 0.05 mm；
- g) 塞尺：量程(0.01~1)mm，最小值 0.01 mm；
- h) 电子天平：分度值 2 g。

5.1.2 试验方法

5.1.2.1 试样长度(l_f)、试样宽度(b_f)

用钢卷尺在离板边 100 mm 及板中间处各测量长度(或宽度)一次，取 3 次测量值的算术平均值，结果修约至 1 mm，见图 1。

单位为毫米



标引符号说明：

 l_f —— 试样长度； b_f —— 试样宽度。

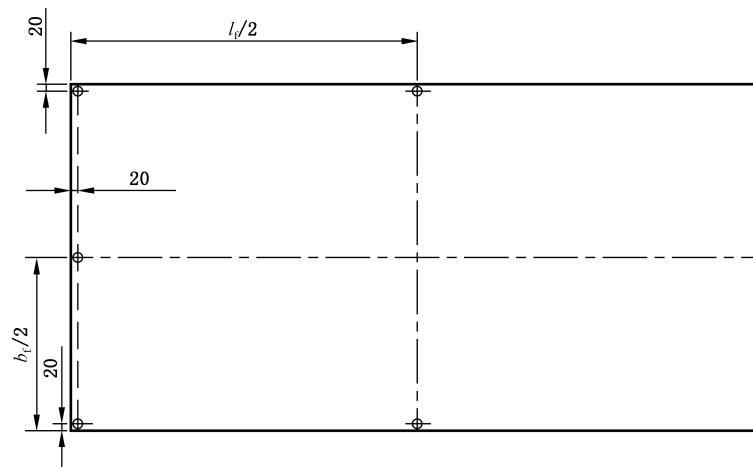
图 1 长度、宽度测量位置示意图

5.1.2.2 试样厚度

5.1.2.2.1 试样：原板。

5.1.2.2.2 平板材厚度测试：在试样任意一端的宽度上，用壁厚千分尺在距试样边缘 20 mm 处的 2 个角、试样宽度的中间和试样 2 个长度的中间分别测量厚度，测量结果取 5 个测量值的算术平均值，修约至 0.1 mm，见图 2。

单位为毫米



标引符号说明：

 l_f —— 试样长度； b_f —— 试样宽度。

图 2 厚度测量位置示意图

5.1.2.2.3 网纹板厚度测量方法如下：

a) 公称厚度

在试样四角及四边中间距边缘 20 mm~50 mm 处测量的最大厚度为网纹板的公称厚度，测量结果取 8 个测量值的算术平均值，修约至 0.1 mm。

b) 用于计算抗折强度和表观密度的网纹板厚度 e_t

1) 试件尺寸及数量

试件尺寸为 80 mm×80 mm×试件厚度,每张试样切取 3 块。

2) 试件的制备

试件应无肉眼可见的裂纹,表面无灰尘及细碎颗粒,无切取试件造成的裂纹、分层、缺角等缺陷。试件应从试样中随机切取。

3) 厚度测量方法(排水体积法)

网纹板无法精确地测量厚度时,试件厚度通过排水体积法测量并进行计算确定。试验步骤如下:

i) 将试件调整至表 1 规定的饱水状态,然后将试件用夹子夹住悬吊于水中称取试件在水中的质量 m_{t1} ,称量时试件不能接触容器壁,精确至 0.1 g;

ii) 从水中取出试件,用湿毛巾擦去试件表面附着水后立即称取饱水试件的质量 m_{t2} ,精确至 0.1 g。排水体积按式(1)计算,结果修约至 0.1 cm³;

$$v_t = \frac{m_{t2} - m_{t1}}{\rho_{H_2O}} \dots\dots\dots (1)$$

厚度按式(2)计算,结果修约至 0.1 mm:

$$e_t = \frac{v_t}{l_t b_t} \times 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

v_t ——排出水的体积,单位为立方厘米(cm³);

m_{t2} ——试件的饱水质量,单位为克(g);

m_{t1} ——试件的水中质量,单位为克(g);

ρ_{H_2O} ——水的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³),取 1 g/cm³;

e_t ——试件厚度,单位为毫米(mm);

l_t ——试件长度,单位为毫米(mm);

b_t ——试件宽度,单位为毫米(mm)。

检测结果取 3 次平行试验数据的算术平均值,修约至 0.1 mm。

5.1.2.3 穿孔板孔尺寸测量及穿孔率

5.1.2.3.1 穿孔板孔形分类

穿孔板孔形分为圆形孔和长圆孔(见图 3、图 4)。

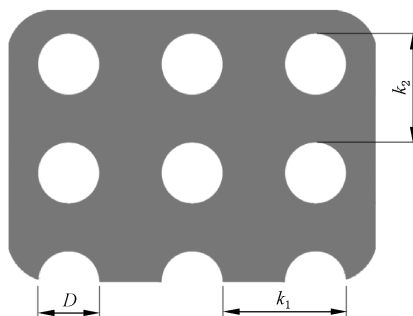
5.1.2.3.2 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

a) 沿任一方向测量 10 个连续孔的孔尺寸和孔距(见图 3、图 4),取其平均值,结果修约至 0.1 mm。当沿一个方向的孔数不够规定的最少孔数时,另取孔数最多的方向测量。

b) 孔尺寸用游标卡尺测量,结果精确至 0.1 mm。

c) 孔距用游标卡尺测量,结果精确至 0.1 mm。



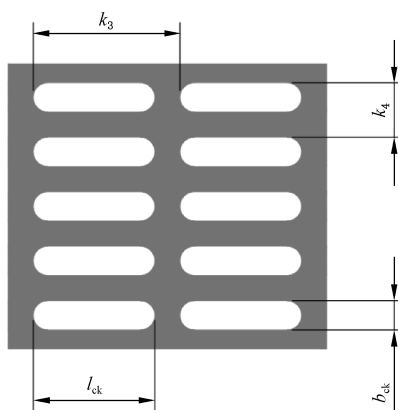
标引符号说明：

D —— 圆型孔孔径；

k_1 —— 圆型孔长度方向孔距；

k_2 —— 圆型孔宽度方向孔距。

图 3 圆形孔示意图



标引符号说明：

l_{ck} —— 长圆孔孔长；

b_{ck} —— 长圆孔孔宽；

k_3 —— 长圆孔长度方向孔距；

k_4 —— 长圆孔宽度方向孔距。

图 4 长圆孔示意图

5.1.2.3.3 试验结果

穿孔率按式(3)、式(4)计算,计算结果修约至 0.1%:

$$K_c = \frac{S}{s_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$S = s \times n \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

K_c —— 穿孔率;

s —— 每个穿孔的面积,单位为平方毫米(mm^2);

s_0 —— 穿孔板整板面积,单位为平方毫米(mm^2);

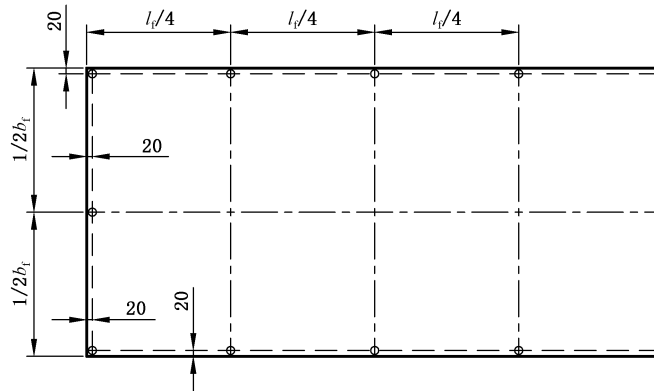
S —— 穿孔总面积,单位为平方毫米(mm^2);

n —— 穿孔个数。

5.1.2.4 厚度不均匀度

用壁厚千分尺在距试样边缘 20 mm 处测量试样的厚度,共测量 9 个测点的厚度值(测点见图 5 中小圆圈),以 9 个厚度值中最大值与最小值之差除以 9 个厚度值的平均值为该板的厚度不均匀度,结果修约至 1%。

单位为毫米



标引符号说明:

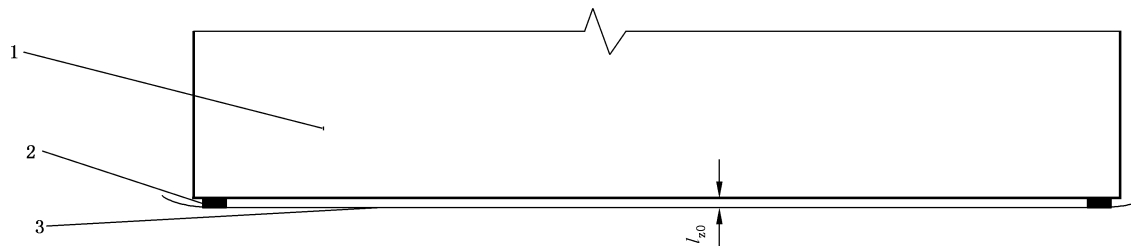
b_f —— 试样宽度;

l_f —— 试样长度。

图 5 厚度不均匀度测量位置示意图

5.1.2.5 边缘直线度

将两垫块紧贴在试样一侧各距端部 10 mm 处,垫块上拽紧弦线,用钢直尺测量弦线与板边的距离,所测值减去垫块厚度即为平板的边缘直线度(见图 6),依次测量四个边取最大值,结果精确至 1 mm。



标引说明:

1 —— 试件;

2 —— 厚度(10±0.1) mm 不锈钢质垫块;

3 —— 弦线;

l_{z0} —— 弦线与板边的最大间隙,单位为毫米(mm)。

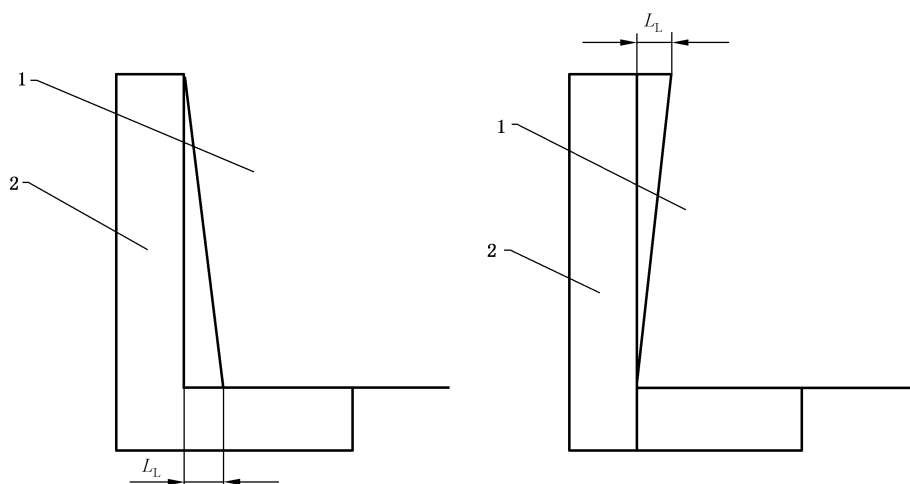
图 6 边缘直线度测量示意图

5.1.2.6 对角线差

用钢卷尺,测量试样两个对角线长度,取两个对角线长度之差为对角线差,结果修约至 1 mm。

5.1.2.7 边缘垂直度

将 1 000 mm×630 mm 的宽坐直角尺贴至试样的一个角上,直角尺的短臂紧贴试样的宽度方向边缘,测量直角尺长臂端部离试样板边的间距或试样角的顶点离直角尺长臂的间距(见图 7),依次测量四个角取最大值,结果精确至 1 mm。



标引说明:

- 1 —— 平板试件;
- 2 —— 直角尺;
- L_L —— 边缘垂直度。

图 7 边缘垂直度测量示意图

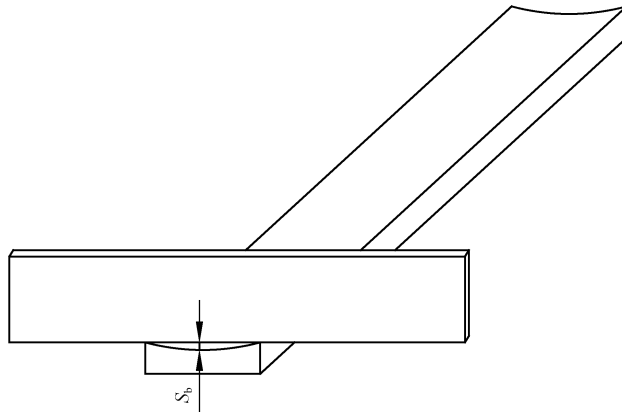
5.1.2.8 平整度

将试样置于平整的水平工作台上,将 1 000 mm 钢直尺侧面贴在试样不同部位的表面,用塞尺测量钢直尺侧面与试样间的最大间隙,结果精确至 0.1 mm。

5.1.2.9 板面翘曲度

5.1.2.9.1 宽度方向翘曲度

试样凹面向上放置在试验平台面上,将钢直尺紧靠试样两长边,用塞尺量取最大弦高(S_b),精确至 0.01 mm。最大弦高与实测宽度之比即为宽度方向翘曲度 W_b ,以百分数表示,结果修约至 0.01%,测量位置为长边任意对应部位,见图 8。



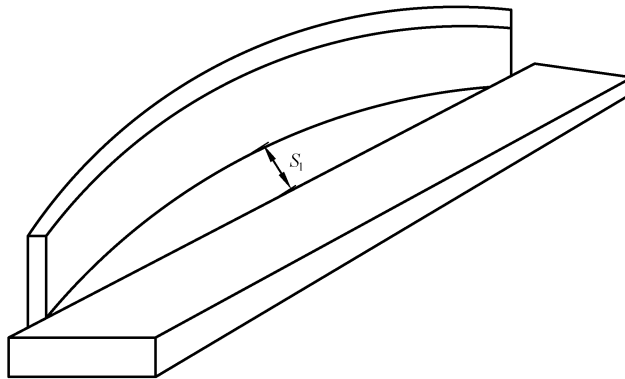
标引符号说明：

S_b ——宽度方向最大弦高，单位为毫米(mm)。

图 8 宽度方向翘曲度测量示意图

5.1.2.9.2 长度方向翘曲度

将试样沿长度方向侧立放置在试验平台上，并将两端紧靠钢直尺，用塞尺量取最大弦高(S_l)，精确至 0.1 mm。最大弦高与实测长度之比即为长度方向翘曲度 W_l ，以百分数表示，结果修约至 0.01%，测量位置为端边任意对应部位，见图 9。



标引符号说明：

S_l ——长度方向最大弦高，单位为毫米(mm)。

图 9 长度方向翘曲度测量示意图

5.2 外观质量

5.2.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 钢直尺：量程 150mm、1 000 mm，分度值 1 mm；
- b) 宽座直角尺：160 mm×160 mm。

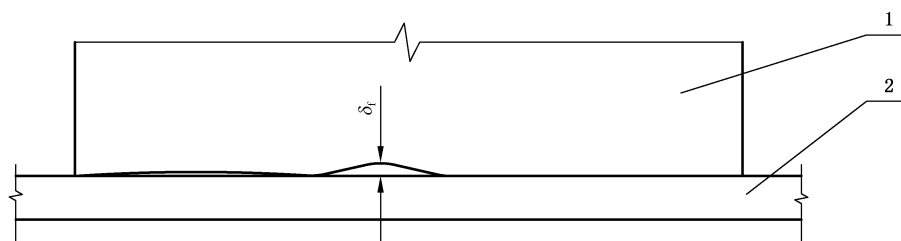
5.2.2 试验方法

5.2.2.1 表面质量

距试样表面 60 cm，从垂直方向目测观察并记录是否有肉眼可见的裂纹、分层、脱皮等缺陷。

5.2.2.2 掉边

将长的钢直尺一边紧靠在掉边处,用短的钢直尺测出掉边最宽处与长钢直尺边的距离为掉边最大值 δ_f (见图 10),结果修约至 1 mm。



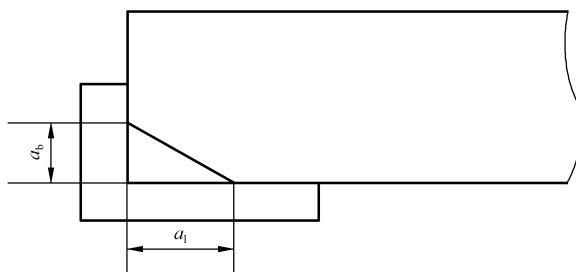
标引说明:

- 1 —— 试样;
- 2 —— 钢直尺;
- δ_f —— 掉边最大值。

图 10 掉边测量位置示意图

5.2.2.3 掉角

将宽座直角尺贴至缺角部位,测量缺角处两个方向的长度,结果精确至 1 mm,如图 11 所示。



标引符号说明:

- a_b —— 宽度方向掉角;
- a_l —— 长度方向掉角。

图 11 掉角测量位置示意图

5.3 含水率、吸湿率、吸水率、表观密度及孔隙率

5.3.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 天平:分度值 0.01 g;
- b) 电热鼓风干燥箱:温度可控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- c) 水槽:能将水温控制在 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$;
- d) 试件养护箱:可设置 $(25 \pm 5)\% \sim (95 \pm 5)\%$ 任意相对湿度。

5.3.2 试件

5.3.2.1 试件尺寸与数量

试件尺寸及数量按表 2 的规定。

表 2 含水率、吸湿率、吸水率、密度及孔隙率的试件尺寸及数量

项目	长度/mm	宽度/mm	试样数量/张	每张试样试件数量/个
平板	80±2	80±2	2	2

5.3.2.2 试件的制备

试件应无肉眼可见裂纹,表面无灰尘及细碎颗粒,无切取试件造成的裂纹、分层、缺角缺陷。在距离试样边缘 30 mm 的板材中间区域对称部位切取。

5.3.3 试验步骤

5.3.3.1 干燥状态-饱水状态

试验步骤如下:

- a) 切割试件后,将试件调整至表 1 规定的自然状态,称取每个试件的质量 m_{f0} ,精确至 0.1 g;
- b) 将试件调整至表 1 规定的干燥状态,调节完成后放入干燥器中冷却至室温,称取试件的质量 m_{f1} ,精确至 0.1 g;
- c) 将试件调整至表 1 规定的饱水状态,调节完成后,将试件悬吊于水中称取试件在水中的质量 m_{f2} ,称量时试件不能接触容器壁,精确至 0.1 g;
- d) 从水中取出试件,用拧干的湿毛巾擦去试件表面附着水后立即称取饱水试件在空气中的质量 m_{f3} ,精确至 0.1 g。

5.3.3.2 吸湿率

根据产品标准规定的温度范围,将试件放置在设定的两种不同湿度环境中,测定湿度变化引起的吸水程度变化。

测定试件在不同湿度条件下养护后的质量。首先将试件放置在设定的低相对湿度环境中,相对湿度变化±5%、温度(23±5)℃,当试件达到产品标准规定放置时间时,所测得的质量记录为 m_{fd} 。然后将试件放置在高相对湿度环境中,相对湿度变化±5%,温度(23±5)℃,当试件达到产品标准规定放置时间时,所测得的质量记录为 m_{fg} 。

注:在记录测定结果时, m_{fd} 、 m_{fg} 标注为设定的对应相对湿度值,如相对湿度为 30%、90%,则标注为 m_{f30} 、 m_{f90} 。

5.3.4 试验结果

5.3.4.1 含水率

含水率分为绝对含水率、相对含水率两种。

5.3.4.2 绝对含水率

绝对含水率按式(5)计算,结果修约至 0.1%:

$$W_{fj} = \frac{m_{f0} - m_{f1}}{m_{f1}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

W_f ——平板试件的绝对含水率；

m_{f0} ——自然状态下试件质量，单位为克(g)；

m_{f1} ——干燥状态下试件质量，单位为克(g)。

5.3.4.3 相对含水率

相对含水率的按式(6)计算，结果修约至 0.1%：

$$W_{fx} = \frac{m_{f0} - m_{f1}}{m_{f0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

W_{fx} ——平板试件的相对含水率；

m_{f0} ——自然状态下试件质量，单位为克(g)；

m_{f1} ——干燥状态下试件质量，单位为克(g)。

5.3.4.4 吸湿率

吸湿率按式(7)计算，结果修约至 0.1%：

$$H_f = \frac{m_{fg} - m_{fd}}{m_{fd}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

H_f ——吸湿率；

m_{fg} ——在高相对湿度环境中恒重后试件质量，单位为克(g)；

m_{fd} ——在低相对湿度环境中恒重后试件质量，单位为克(g)。

5.3.4.5 吸水率

吸水率按式(8)计算，结果修约至 0.1%：



$$S_f = \frac{m_{f3} - m_{f1}}{m_{f1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

S_f ——吸水率；

m_{f3} ——饱水状态试件在空气中的质量，单位为克(g)；

m_{f1} ——干燥状态下试件质量，单位为克(g)。

5.3.4.6 表观密度

表观密度按式(9)计算，结果修约至 0.01%：

$$\rho_f = \frac{m_{f1} \rho_{H_2O}}{m_{f3} - m_{f2}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

ρ_f ——表观密度，单位为克每立方厘米(g/cm³)；

m_{f1} ——干燥状态下试件质量，单位为克(g)；

ρ_{H_2O} ——水的密度，单位为克每立方厘米(g/cm³)，取 1 g/cm³；

m_{f3} ——饱水状态试件在空气中的质量，单位为克(g)；

m_{f2} ——饱水状态试件在水中的质量，单位为克(g)。

5.3.4.7 孔隙率

孔隙率按式(10)计算,结果修约至 0.1%:

$$P_f = \frac{m_{f3} - m_{f1}}{m_{f3} - m_{f2}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- P_f —— 孔隙率;
- m_{f3} —— 饱水状态试件在空气中的质量,单位为克(g);
- m_{f1} —— 干燥状态下试件质量,单位为克(g);
- m_{f2} —— 饱水状态试件在水中的质量,单位为克(g)。

5.4 不透水性

5.4.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 围水框架:内框尺寸为 600 mm×500 mm×40 mm 的长方形框架;
- b) 钢直尺:分度值 1 mm;
- c) 温度计:分度值 1 ℃;
- d) 恒温试验室:试验室温度控制在(23±5)℃,相对湿度大于 50%;
- e) 密封胶:非水溶性密封胶;
- f) 温湿度计:分度值温度 1 ℃、相对湿度 1%。

5.4.2 试件

5.4.2.1 试件尺寸及数量见表 3。

5.4.2.2 试件处理:将制备好的试件调整至表 1 规定的自然状态。

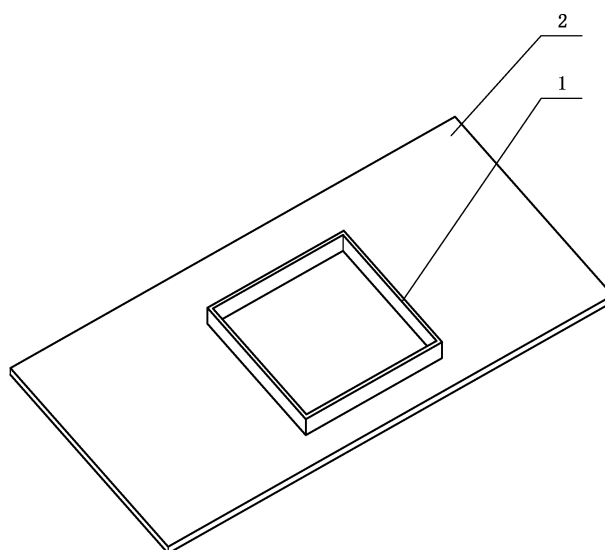
表 3 不透水性试件尺寸及数量

项目	长度/mm	宽度/mm	试样数量/张	每张试样切割试件数量/个
不透水性	700±5	700±5	2	2 (在距板边 200 mm 的中间部位切取)

5.4.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 准备:将试件正面朝上水平放置,将围水框放置在试件表面,与试件的接触处用密封胶完全密封,确保不渗水(见图 12);
- b) 试验:待密封胶完全干燥,将自来水注入框架,至水面高出试件板面 20 mm 并保持,水温为(5~30)℃。



标引序号说明：

- 1——围水框；
2——试件。

图 12 平板不透水性试验示意图

5.4.4 试验结果

注水 24 h 后检查试件反面是否出现湿痕或水滴并记录。

5.5 干缩率、湿涨率

5.5.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 外径千分尺：分度值 0.01 mm；
- b) 电热鼓风干燥箱：温度可控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- c) 水槽：能将水温控制在 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$ 。

5.5.2 试件

干缩率、湿涨率试件尺寸及数量见表 4。

表 4 干缩率、湿涨率试件尺寸及数量

项目	试件尺寸	试样数量/张	每张试样切割 试件数量/个	取样部位
干缩率、 湿涨率	260 mm × 260 mm × e_f	2	2	在距板边 200 mm 的中间部位切取
<p>注 1：e_f 为试件公称厚度。 注 2：试件长度尺寸公差为 ± 2 mm。</p>				

5.5.3 试验方法

5.5.3.1 饱水状态-干燥状态

5.5.3.1.1 将试件调整至表 1 规定的自然状态,在试件四边测量部位标注测量点,用外径千分尺测量 4 个边长 l_{fn} 。

5.5.3.1.2 将试件调整至表 1 规定的干燥状态,取出放在干燥器中冷却至室温,再测量 4 个边的长度 l_{fd} ,测量结果精确至 0.01 mm。

5.5.3.1.3 将试件浸入(5~30)°C 的水槽中调整至饱水状态,取出后用湿毛巾擦净,再次测量 4 个边的长度 l_{fw} ,测量结果精确至 0.01 mm。

5.5.3.1.4 试件在状态调整过程中,应用夹子夹住试件,保证试件处于悬挂状态,以防止产生起拱变形。

5.5.3.2 吸湿尺寸变化

根据产品标准的要求,将试件放置在设定的两种不同湿度环境中,测定湿度变化引起的板材尺寸变化。

如将试件置于相对湿度(30±5)%、温度(23±5)°C 环境中,当试件的质量达到平衡时,测量试件的长度,记录数值 l_{fd} 。然后将试件放置在相对湿度(90±5)%、温度(23±5)°C 环境中,当试件质量达到平衡后,测量试件的长度,记录数值 l_{fg} 。

5.5.4 试验结果

5.5.4.1 干缩率

5.5.4.1.1 绝对干缩率

绝对干缩率按式(11)计算,结果修约至 0.1%:

$$D_{fj} = \frac{l_{fn} - l_{fd}}{l_{fd}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

式中:

D_{fj} ——绝对干缩率;

l_{fn} ——自然状态下试件长度,单位为毫米(mm);

l_{fd} ——干燥状态下试件长度,单位为毫米(mm)。

结果以两块试样 8 个绝对干缩率数据的算术平均值表示,修约至 0.01%。

5.5.4.1.2 相对干缩率

相对干缩率按式(12)计算,结果修约至 0.1%:

$$D_{fx} = \frac{l_{fn} - l_{fd}}{l_{fn}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中:

D_{fx} ——相对干缩率;

l_{fn} ——自然状态下试件长度,单位为毫米(mm);

l_{fd} ——干燥状态下试件长度,单位为毫米(mm)。

结果以两块试件 8 个相对干缩率数据的算术平均值表示,修约至 0.01%。

5.5.4.2 湿涨率

5.5.4.2.1 绝对湿涨率

绝对湿涨率按式(13)计算,结果修约至 0.1%:

$$WE_{fj} = \frac{l_{fw} - l_{fd}}{l_{fd}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

WE_{fj} ——绝对湿涨率;

l_{fw} ——饱水状态下试件长度,单位为毫米(mm);

l_{fd} ——干燥状态下试件长度,单位为毫米(mm)。

结果以两块试样 8 个绝对湿涨率数据的算术平均值表示,修约至 0.01%。

5.5.4.2.2 相对湿涨率

相对湿涨率按式(14)计算,结果修约至 0.1%:

$$WE_{fx} = \frac{l_{fw} - l_{fd}}{l_{fw}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

WE_{fx} ——相对湿涨率;

l_{fw} ——饱水状态下试件长度,单位为毫米(mm);

l_{fd} ——干燥状态下试件长度,单位为毫米(mm)。

结果以两块试样 8 个相对湿涨率数据的算术平均值表示,修约至 0.01%。

5.5.4.2.3 吸湿变形率

吸湿变形率按式(15)计算,结果修约至 0.1%:

$$MD_f = \frac{l_{fg} - l_{fd}}{l_{fd}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

MD_f ——吸湿变形率;

l_{fg} ——高湿状态下试件长度,单位为毫米(mm);

l_{fd} ——低湿状态下试件长度,单位为毫米(mm)。

结果以两块试样 8 个吸湿变形率的算术平均值表示,修约至 0.01%。

5.6 厚度吸水膨胀率



5.6.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 水槽:能将水温控制在(23±5)℃;
- b) 厚度千分尺:分度值 0.01 mm,量程(0~25) mm;
- c) 厚度千分尺:分度值 0.01 mm,量程(25~50) mm。

5.6.2 试件

试件长度(50±1)mm、宽度(50±1)mm,每张试样切割试件 5 块,将试件调整至表 1 规定的自然状态。

5.6.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在试件表面画出对角线，标出对角线交叉点为试件中心点；
- b) 将试件调节至表 1 规定的自然状态，用厚度千分尺测量原始试件中心点的厚度值 e_{in} ，精确至 0.01 mm；
- c) 将试件调整至表 1 规定的饱水状态，从水中取出试件，擦去表面附着水，用厚度千分尺再次测量试件中心点厚度 e_{fw} ，精确至 0.01 mm。

5.6.4 试验结果

厚度吸水膨胀率按式(16)计算，结果修约至 0.1%：

$$EW_f = \frac{e_{fw} - e_{in}}{e_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

EW_f —— 厚度吸水膨胀率；

e_{in} —— 自然状态下试件中心点的厚度值，单位为毫米(mm)；

e_{fw} —— 浸泡后试件中心点的厚度值，单位为毫米(mm)。

单张板厚度吸水膨胀率按 5 个试件结果的算术平均值表示，修约至 0.1%。

5.7 抗折强度、抗弯弹性模量

5.7.1 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- a) 万能材料试验机，分度值 1 N，精度 ±1%。

试验机由以下部分组成：

- 1) 支座：两根平行的支座杆，其中一根固定杆，另一根杆可自由转动，两支座杆承载面均为钢质半圆形，半径为(3~25) mm，长度大于或等于 260 mm；当试件厚度 $e \leq 10$ mm 时，支座直径为(10±0.5)mm；当试件厚度 $e > 10$ mm 时，支座直径为(15±0.5)mm。支撑杆间距可调节。

注：对于非网纹板， e 为试件公称厚度 e_f ；对于网纹板， e 为试件采用排水体积法测得的厚度 e_i 。

- 2) 加载杆：半径与支座相同，其位置与支座平行并和两个支座等距。加载杆通过球形接头和试验机连接。

- b) 钢卷尺：分度值 1 mm。
- c) 钢直尺：分度值 1 mm。
- d) 壁厚千分尺：分度值 0.01 mm。
- e) 变形测量仪：可测量试件跨距中部的变形量，分度值 0.01 mm。
- f) 秒表。

5.7.2 试件

试验支距、试件尺寸和数量见表 5。试件在去除板边不小于 200 mm 的中间部分对称位置切取。试件的试验状态根据给定的产品标准执行。

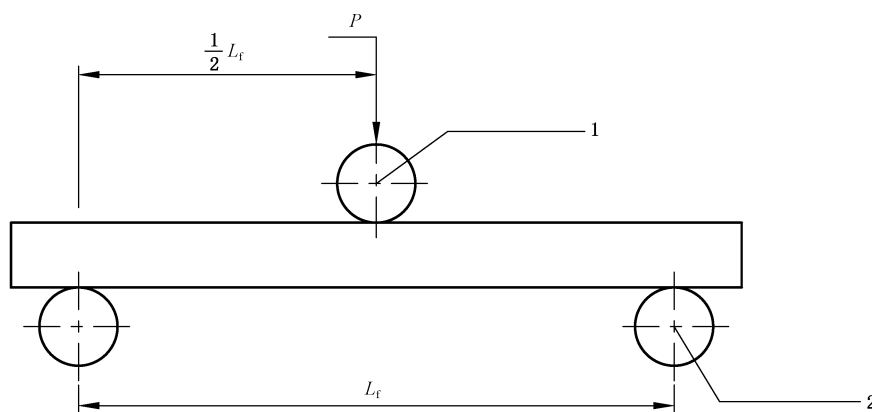
表 5 平板抗折强度、抗弯弹性模量试验支距及试件尺寸

试验项目	支距 L_f	试件尺寸	试样数量/张	每张试样切割试件数量/个
抗折强度 抗弯弹性模量	正方形试件: (215 ± 1) mm	a) $e < 20$ mm, 250 mm \times 250 mm	试样数量按产品标准定的抽样数量确定	正方形试件: 2 件; 长方形试件: 纵、横向各 5 件
	长方形试件: $(10e \pm 1)$ mm	b) $e \geq 20$ mm, $(10e + 40)$ mm \times 100 mm		
注 1: 支距为支座中心距。				
注 2: 对于非网纹板, e 为试件公称厚度 e_f ; 对于网纹板, e 为试件采用排水体积法测得的厚度 e_t 。				

5.7.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 试件正面朝上置于支座上,使平板中心线与加载杆中心线基本重合(见图 13)。控制加载速度使试件在(10~30)s 内断裂,读取破坏荷载。



标引说明:

- 1 —— 上压杆;
2 —— 支撑杆;
 P —— 荷载;
 L_f —— 支距。

图 13 平板抗折试验示意试验图

- b) 在试件的中心位置测量挠度(在加载压杆正下方),精确至 0.1 mm。相应的载荷的测量精确至 1%。如果弯曲挠度测量呈递增变化,选择不低于 6 对的数据进行计算。
- c) 测量距离断裂边缘(5~10)mm 范围内试件宽度及对称两点的厚度(见图 14),平面试件测定两个点,取平均值,结果修约至 0.1 mm;网纹板厚度按 5.1.2.2.3 排水体积法试验测得。
- d) 重新组合试件沿与第一次试验加载方向成垂直的加载方向进行第二次抗折试验。沿新断裂线测量试件的厚度(见图 14、图 15),平面试件测两个点,取算术平均值为试件断面厚度。网纹板厚度按 5.1.2.2.3 排水体积法试验测得。

如使用长方形试件,检验纵横向试件分别得出两个方向的破坏荷载。

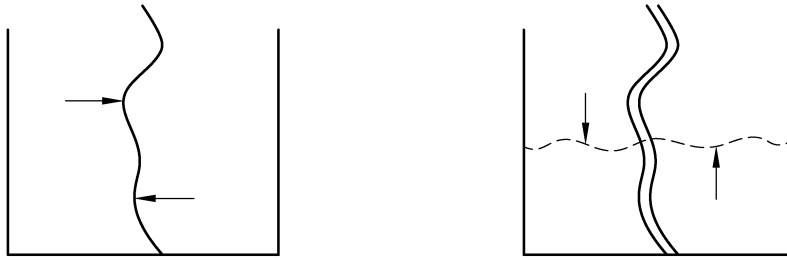


图 14 正方形试件厚度测量点

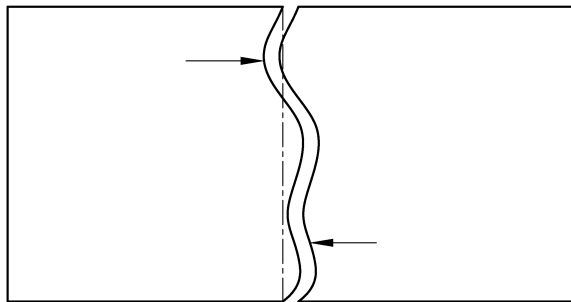


图 15 长方形试件厚度测量点

5.7.4 试验结果

5.7.4.1 抗折强度

抗折强度按式(17)计算,结果修约至 0.1 MPa:

$$F_f = \frac{3 P_f L_f}{2b e^2} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

- F_f —— 抗折强度,单位为兆帕(MPa);
- P_f —— 破坏荷载,单位为牛顿(N);
- L_f —— 支距,单位为毫米(mm);
- b —— 试件断面宽度,单位为毫米(mm);
- e —— 试件断面厚度,单位为毫米(mm)。

单个试件抗折强度值,正方形试件取同块试件纵、横两次测试结果的算术平均值为测量结果;长方形试件以单块一次测试值为试验结果,修约至 0.1 MPa。

同张试样抗折强度值以该试样所有抗折试件的算术平均值为试验结果,修约至 0.1 MPa。

5.7.4.2 抗弯弹性模量

单一试件的抗弯弹性模量,按式(18)计算,结果修约至 10 MPa:

$$E_{mf} = \frac{L_f^3 (F_2 - F_1)}{4b e^3 (a_2 - a_1)} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

- E_{mf} —— 试件的抗弯弹性模量,单位为兆帕(MPa);
- L_f —— 支距,单位为毫米(mm);
- b —— 试件断面宽度,单位为毫米(mm);

- e —— 试件断面厚度,单位为毫米(mm);
- $F_2 - F_1$ —— 在载荷-挠度曲线中直线段内荷载的增量值, F_2 约为最大荷载的 40%, F_1 约为最大荷载的 10%(见图 16);
- $a_2 - a_1$ —— 试件中部的变形增量,即在 $F_2 - F_1$ 区间试件的变形量,单位为毫米(mm)(见图 16)。

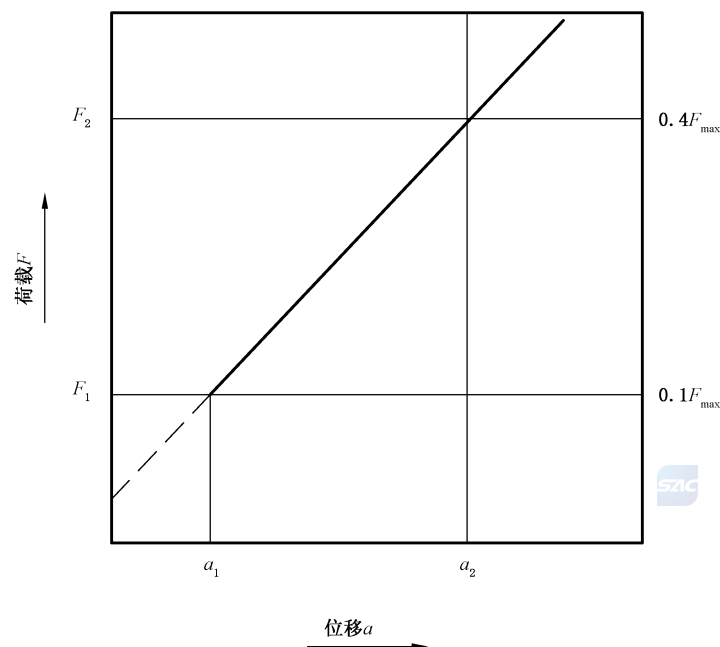


图 16 弹性变形范围内的载荷-挠度曲线

注:单张试样的抗弯弹性模量是同张试样全部试件抗弯弹性模量的算术平均值,结果修约至 10 MPa。

5.8 抗冻性

5.8.1 仪器设备

仪器设备如下:

- 低温箱:最低温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 水箱:温度可控制在 $(23\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$,体积应能保证试件完全浸没在水中,保持水面高度高出试件 20 mm ;
- 试验架:能确保试件侧立于试验架上,试件之间保持 20 mm 的间隔;
- 电子温度计:分度值 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.8.2 试件

5.8.2.1 冻融后外观状态检查:按表 6 的规定在距试样边缘 200 mm 处的中间对称位置切取,试样为 2 张,每张切取 2 个试件。

5.8.2.2 冻融后强度保留率试验:按表 6 切取两组抗折试验试件,试样为 2 张,按表 6 在每张试样上切取试件分为两组,其中一组做冻融循环试件,另一组做对比试件。冻融后试件及对比试件,试验时为表 1 规定的饱水状态。

表 6 抗冻性试件数量及尺寸

项目	试件尺寸	试样数量/张	每张试样冻融试件数/个	每张试样强度对比试件数/个
冻融后外观检查	300 mm×200 mm× <i>e</i>	2	2	2
冻融后强度保留率	<i>e</i> <20 mm, 250 mm×250 mm	2	2	2
	<i>e</i> ≥20 mm, (10 <i>e</i> +40) mm×100 mm	2	纵向 5、横向 5	纵向 5、横向 5
注 1: 对于非网纹板, <i>e</i> 为试件公称厚度 <i>e_f</i> ; 对于网纹板, <i>e</i> 为试件采用排水体积法测得的厚度 <i>e_t</i> 。 注 2: 试件长度尺寸公差为±2 mm。				

5.8.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 将已切割好的试件调整至表 1 规定的饱水状态, 取出检查是否有因切割而引起的缺陷, 如有开裂现象, 应重新取样, 做好检查记录。
- b) 浸泡后的试件用湿布擦干后, 侧立在试件架上, 将其放入冷冻箱内冷冻, 冷冻起始时间从达到 -18 °C 时开始计时, 并保持在一 (-20±2) °C, 冷冻时间为 1.5 h。
- c) 达到冷冻时间后, 取出试件立即放入 (23±5) °C 的水中融化, 融化时间为 1 h。冻、融一次为一个循环。
- d) 因试验条件等原因造成无法连续循环试验时, 允许试件在循环之间放置在 (23±5) °C 水中浸泡, 时间最长不超过 72 h。

注: 冷冻时间和温度、融化水温度根据产品标准的规定执行。

5.8.4 试验结果评定

5.8.4.1 反复冻融至产品标准规定的冻融次数(若产品标准未做规定, 则可取 25 次), 每次浸水融化后, 用湿布擦干, 检查试件有无起层和龟裂等破坏现象。当试验未达标准规定的循环次数而试件发生起层和龟裂等破坏现象, 并能明确做出判定时, 可中止试验, 并记录循环次数。

5.8.4.2 检查试件表面状态, 是否有分层, 剥落等破坏现象。

5.8.4.3 冻融后抗折强度试验, 按 5.7 进行, 结果取 2 张试样所有试件抗折强度值的算术平均值为冻融后抗折强度值。冻融后抗折强度与对比试件抗折强度比为强度保留率, 结果修约至 0.1%。

注: 冻融后及对比试件抗折强度试件状态为表 1 规定的饱水状态。

5.8.4.4 抗折强度保留率按式(19)计算, 结果修约至 0.1%:

$$R_{dr} = \frac{R_{PRf}}{R_{ORfc}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- R_{dr} —— 冻-融抗折强度保留率;
- R_{PRf} —— 冻-融试验后试件抗折强度值, 单位为兆帕(MPa);
- R_{ORfc} —— 对比试件抗折强度值, 单位为兆帕(MPa)。



5.9 抗冲击强度

5.9.1 摆锤法抗冲击强度

5.9.1.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 摆锤式冲击试验机：(0~5)J，分度值为 0.01 J；
- b) 游标卡尺：分度值为 0.02 mm。

5.9.1.2 试件

5.9.1.2.1 试件在干燥状态下检测或按产品标准规定的试件状态检测。

5.9.1.2.2 标准试件尺寸及支座间的距离见表 7。

5.9.1.2.3 当试件厚度不能符合表 7 规定的厚度时，应根据试验机给出的冲击角度修正系数对试验结果进行修正，作为实际冲断试件所耗用的功。或可在试验前对试验机支撑块进行调整，确保冲击锤在垂直位置击打试件。

5.9.1.2.4 采用电子式冲击试验机进行试验时，可预先输入试件厚度，自动修正厚度差引起的误差。

表 7 试件尺寸及支座间距离

试件类型	长度/mm	宽度/mm	厚度/mm	支座间距/mm
1	80±2	10±0.5	4±0.2	60±0.2
2	50±1	6±0.2	4±0.2	40±0.2
3	120±2	15±0.5	10±0.5	70±0.2
4	125±2	13±0.5	13±0.5	95±0.2

5.9.1.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 根据试件的厚度，选用适当的摆锤及量程。试件厚度小于 10 mm 时，选用 1 J 挡；当试件厚度大于或等于 10 mm 且小于或等于 15 mm 时使用 2.5 J 挡；当试件厚度大于 15 mm 且小于或等于 25 mm 时，选用 5 J 挡。
- b) 将摆锤提高到初始位置，锁定摆锤，将试件侧立于支座板上，正面面向摆锤，反面与支承刀刃靠紧，将被动指针调整至零位。
- c) 释放摆锤自由摆落，冲击试件并击断，读取破坏试件所消耗的功，测量距离断裂边缘(5~10)mm 范围内试件的宽度和厚度。

5.9.1.4 试验结果

抗冲击强度按式(20)计算，结果修约至 0.1 kJ/m²：

$$I_f = \frac{E_f}{be \times 10^3} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

I_f —— 抗冲击强度，单位为千焦每平方米(kJ/m²)；

- E_f —— 冲断试件所耗用的功,单位为焦(J);
 b —— 试件断裂处宽度,单位为毫米(mm);
 e —— 试件断裂处厚度,单位为毫米(mm)。

5.9.2 落球法抗冲击性

5.9.2.1 仪器设备

仪器设备如下:

- 落球试验机:带有球体释放、自由落体功能的试验架,球体底部与试件间距离可调;
- 冲击钢球:(1 000±10)g;
- 钢卷尺:分度值 1 mm;
- 试验用砂:符合 GB/T 17671 规定的中国 ISO 标准砂。

5.9.2.2 试件

试件尺寸及数量见表 8。

表 8 落球法抗冲击性试验试件尺寸及数量

项目	试件尺寸	试样数量/张	每张试样切割试件数/个
落球法抗冲击性试验	500 mm×400 mm× e	2	2
注 1: 对于非网纹板, e 为试件公称厚度 e_f ; 对于网纹板, e 为试件采用排水体积法测得的厚度 e_t 。			
注 2: 试件长度、宽度尺寸公差为±5 mm。			

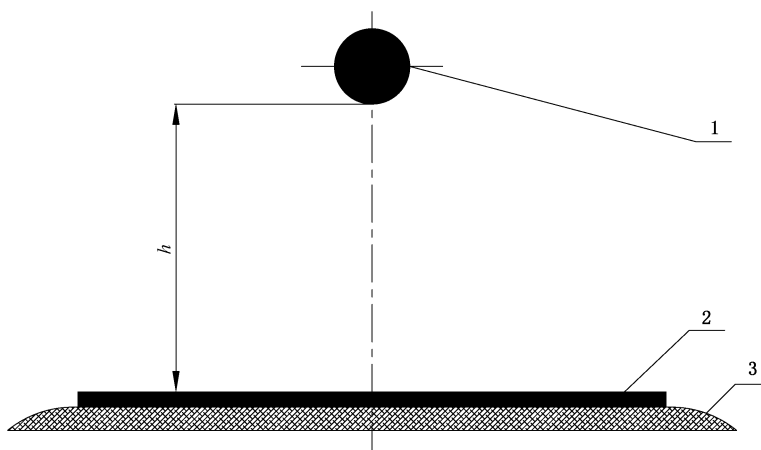
5.9.2.3 试验步骤

试验步骤如下:

- 将试验用砂松散均匀平铺在工作地坪上,表面用刮尺刮平,面积大于试件面积,砂层厚度不小于 50 mm;
- 将试件正面朝上,平放在砂面上,轻轻按压试件,确保试件反面与标准砂紧密接触,见图 17;
- 按表 9 所规定的冲击高度,调整球底面与试件接触面的间距,释放冲击球,冲击球以自由落体的方式,冲击试件,目测试件冲击点正反面是否有裂纹。

表 9 落球冲击高度

试件厚度/mm	冲击高度 h /cm
<10	不适用
≥10 且 <16	110±5
≥16 且 <20	140±5
≥20	170±5



标引说明：

- 1 —— 钢球；
 2 —— 试件；
 3 —— 试验用砂；
 h —— 冲击高度。

图 17 落球法抗冲击性试验示意图

5.10 热水试验

5.10.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 水槽：能将水温控制在 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
 b) 万能材料试验机：同 5.7.1。

5.10.2 试件

按表 10 在试样上取样，取出的试件分为两组，第 1 组用于对比试验，第 2 组用于热水浸泡试验。每对试件应从一块板上相邻部位裁取，并拿出相同数量的试件做以后的结果比较。

表 10 热水试验试件尺寸及数量

项目	试件尺寸		试样数量/张	每张试样试件数/个	每张试样强度对比试件数/个
抗折强度保留率	正方形试件	$e < 20 \text{ mm}; 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$	2	2	2
	长方形试件	$e \geq 20 \text{ mm}; (10e + 40) \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$	2	纵向 5 横向 5	纵向 5 横向 5
注 1：对于非网纹板， e 为试件公称厚度 e_f ；对于网纹板， e 为试件采用排水体积法测得的厚度 e_t 。 注 2：试件长宽尺寸公差为 $\pm 1 \text{ mm}$ 。					

5.10.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将成对试件分成两组；

- b) 将第 1 组试件按 5.7 进行抗折强度试验；
 - c) 将第 2 组试件浸于(60±5)℃的水中(56±2)d；
 - d) 浸泡结束后,将试件放在试验室环境下 7 d。然后按 5.7 的规定测定试件的抗折强度 R_{fi} 。
- 注：抗折强度试验时热水浸泡后试件状态及对比试件的状态与产品标准给定的试件状态一致。

5.10.4 试验结果

5.10.4.1 对每对试件 i ($i=1\sim 10$),按式(21)计算单个抗折强度保留率,结果修约至 0.1%:

$$R_{rs} = \frac{R_{rsi}}{R_{0rsi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(21)$$

式中:

- R_{rs} —— 每对试件的抗折强度保留率；
- R_{rsi} —— 第 i 对试件经热水浸泡后抗折强度值,单位为兆帕(MPa)；
- R_{0rsi} —— 第 i 对对比试件(第一组试件)的抗折强度值,单位为兆帕(MPa)。

5.10.4.2 抗折强度平均值 $\overline{R_{rs}}$ 按式(22)计算:

$$\overline{R_{rs}} = \frac{\sum_{r1\sim 10} R_{rs}}{10} \quad \dots\dots\dots(22)$$

式中:

- $\overline{R_{rs}}$ —— 抗折强度平均值,单位为兆帕(MPa)；
- $\sum_{r1\sim 10}$ —— 10 对试件抗折强度数值的总和,单位为兆帕(MPa)。

5.10.4.3 较低置信极限 L_i 。

计算单个比率 R_{rs} 的标准偏差 S 。按式(23)计算平均比率 $\overline{R_{rs}}$ 的 95%较低置信极限 L_i 。

$$L_i = \overline{R_{rs}} - 0.58S \quad \dots\dots\dots(23)$$

式中:

- L_i —— 较低置信极限；
- S —— 标准偏差。

5.11 热雨试验

5.11.1 方法 1

5.11.1.1 方法描述

本方法为仲裁法。

5.11.1.2 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- a) 框架系统
 - 能满足将试件固定在框架的垂直位置上的试验要求。
- b) 淋水系统
 - 能够使水面均匀布满整个试件表面,水流量能达到 1 L/(m² · min)。
- c) 热照射设备
 - 能够加热整个测试表面,包含下列装置:
 - 1) 加热装置
 - 加热装置应由热敏传感器控制,该热敏传感器应置于测试台的中心区域。主要照射区域

应能恒温在 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ，且应在 15 min 内加热到要求的试验温度。试验中心区域与边缘区域的温差不应超过 15°C 。

- 2) 控制系统
能够满足自动循环要求。

5.11.1.3 框架及试件安装要求

框架中心应有至少一个符合标准尺寸安装的连接点。框架应有一个 $(3.5\sim 12)\text{m}^2$ 的试验区域，并能够垂直安装至少两块板材。

5.11.1.4 试件安装要求

当面积超过 1.8m^2 时，可使用两块板材。当面积小于 1.8m^2 时，试验面积应能覆盖 3.5m^2 。当试件连接区域面积达 12m^2 ，试件长度可减少以保证测试区域不超过 12m^2 。

5.11.1.5 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 按要求安装试件。

在试验框架上固定试件的方法应遵循生产商的建议和下列要求：

- 固定点的边缘距离—规定的最小值；
- 固定点的间距—规定的最大值；
- 所有正常规定的防水和其他附件；
- 包括两个方向的节点。

- b) 按表 11 进行热雨循环试验。循环次数执行产品标准的规定。

- c) 热雨循环试验后，在光线明亮的条件下，距试件 0.6m 处，目测试件是否有开裂、分层等影响产品正常使用的缺陷。

表 11 热雨循环

循环内容	持续时间
淋水	$2\text{ h } 50\text{ min}\pm 5\text{ min}$
暂停	$(5\sim 10)\text{ min}$
照射	$2\text{ h } 50\text{ min}\pm 5\text{ min}$
暂停	$(5\sim 10)\text{ min}$
总循环时间	$5\text{ h } 55\text{ min}\pm 15\text{ min}$

5.11.2 方法 2

5.11.2.1 方法描述

本方法为日常快速试验的一种方法，采用小尺寸试件，置于自动循环运转的耐候试验机中进行自动循环测试，当试验结果出现异议时，以仲裁法的试验结果为准。

5.11.2.2 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 耐候试验机：符合表 11 技术要求；

b) 万能材料试验机:同 5.7.1。

5.11.2.3 试件

5.11.2.3.1 按表 12 在试样上取样,取出的试件分为两组,一组用于热雨试验,另一组用于对比试验。

5.11.2.3.2 每对试件应从同一块板上相邻部位切取,并取相同数量的试件做以后的结果比较。抗折强度试验时热雨试验试件状态及对比试件的状态与产品标准给定的试件状态一致。

表 12 热雨试验试件尺寸及数量

项目	试件尺寸		试件数量/张	每张试件热水试件数/个	每张试件强度对比试件数/个
抗折强度保留率	正方形试件	$e \leq 20 \text{ mm}, 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$	5	2	2
	长方形试件	$e > 20 \text{ mm}, (10e + 40) \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$	5	纵向 5 横向 5	纵向 5 横向 5
<p>注 1: 对于非网纹板, e 为试件公称厚度 e_t; 对于网纹板, e 为试件采用排水体积法测得的厚度 e_v。</p> <p>注 2: 试件尺寸公差为 $\pm 1 \text{ mm}$。</p>					

5.11.2.4 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将耐候试验机参数设定至表 11 规定的循环时间和循环次数(当产品标准未做规定时,则循环次数取 25 次);
- b) 将试件平置放入耐候试验箱托架上;
- c) 开启耐候试验机,开始自动进入试验循环;
- d) 经规定的循环次数后,取出试件,置于实验室环境下 7 d;
- e) 在试验过程中,因停电或其他因素无法连续循环试验时,允许循环之间间隔存放最多为 72 h;
- f) 试验期结束后,在光线明亮的条件下,距试件 0.6 m 处,目测试验后试件状态,是否有开裂、分层等影响产品正常使用的缺陷;
- g) 按 5.7 规定的方法进行饱水状态抗折强度试验。

5.12 浸泡-干燥试验

5.12.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 鼓风干燥箱:温度可控制在 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- b) 水槽:能将水温控制在 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$;
- c) 万能材料试验机:同 5.7.1。

5.12.2 试件

5.12.2.1 按表 13 在试样上取样,取出的试件分为两组,一组用于浸泡-干燥试验,另一组用于对比试验。

5.12.2.2 每对试件应从同一块板上相邻部位切取,并取相同数量的试件做以后的结果比较。抗折强度试验时浸泡-干燥后试件状态及对比试件的状态与产品标准给定的试件状态一致。

表 13 浸泡-干燥试验试件尺寸及数量

项目	试件尺寸		试样数量/张	每张试样 热水试件数/个	每张试样 对比试件数/个
抗折强度保留率	正方形试件	$e \leq 20 \text{ mm}$, $250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$	5	2	2
	长方形试件	$e > 20 \text{ mm}$, $(10e + 40) \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$	5	纵向 5 横向 5	纵向 5 横向 5
注 1: 对于非网纹板, e 为试件公称厚度 e_f ; 对于网纹板, e 为试件采用排水体积法测得的厚度 e_v 。 注 2: 试件尺寸公差为 $\pm 1 \text{ mm}$ 。					

5.12.3 试验步骤

试验步骤如下:

- 将试件浸入温度为 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$ 的水中 18 h;
- 将试件放入 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的鼓风干燥箱中干燥 6 h, 经浸水、干燥试验一次为一个循环;
- 经规定的循环次数后, 取出试件, 置于实验室环境下 7 d;
- 在试验过程中, 因停电或其他因素无法连续循环试验时, 允许循环之间间隔存放最多为 72 h, 在该间隔存放期间, 试件应浸泡在 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$ 的水中;
- 试验结束后, 按 5.7 规定的方法进行饱水状态抗折强度试验。

5.12.4 试验结果

5.12.4.1 单个抗折强度保留率, 将每对试件 i ($i = 1 \sim 10$) 按式(24)计算抗折强度保留率, 结果修约至 0.1%:

$$R_{\text{Jg}} = \frac{R_{\text{Jgi}}}{R_{\text{0Jgi}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

R_{Jg} ——每对试件的抗折强度保留率;

R_{Jgi} ——第 i 个试件经浸泡-干燥后抗折强度值, 单位为兆帕(MPa);

R_{0Jgi} ——第 i 个对比试件(第一组试件)的抗折强度值, 单位为兆帕(MPa)。

5.12.4.2 平均抗折强度按式(25)计算:

$$\overline{R}_{\text{Jg}} = \frac{\sum_{r1 \sim 10}}{10} \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:

\overline{R}_{Jg} ——平均抗折强度, 单位为兆帕(MPa);

$\sum_{r1 \sim 10}$ ——1~10 对试件抗折强度的总和, 单位为兆帕(MPa)。

5.12.4.3 较低置信极限 L_i

计算单个比率 R_{Jg} 的标准偏差 S 。按式(26)计算平均抗折强度保留率 \overline{R}_{Jg} 的 95% 较低置信极限 L_i 。

$$L_i = \overline{R}_{\text{Jg}} - 0.58S \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中:

L_i ——较低置信极限;

S ——标准偏差。

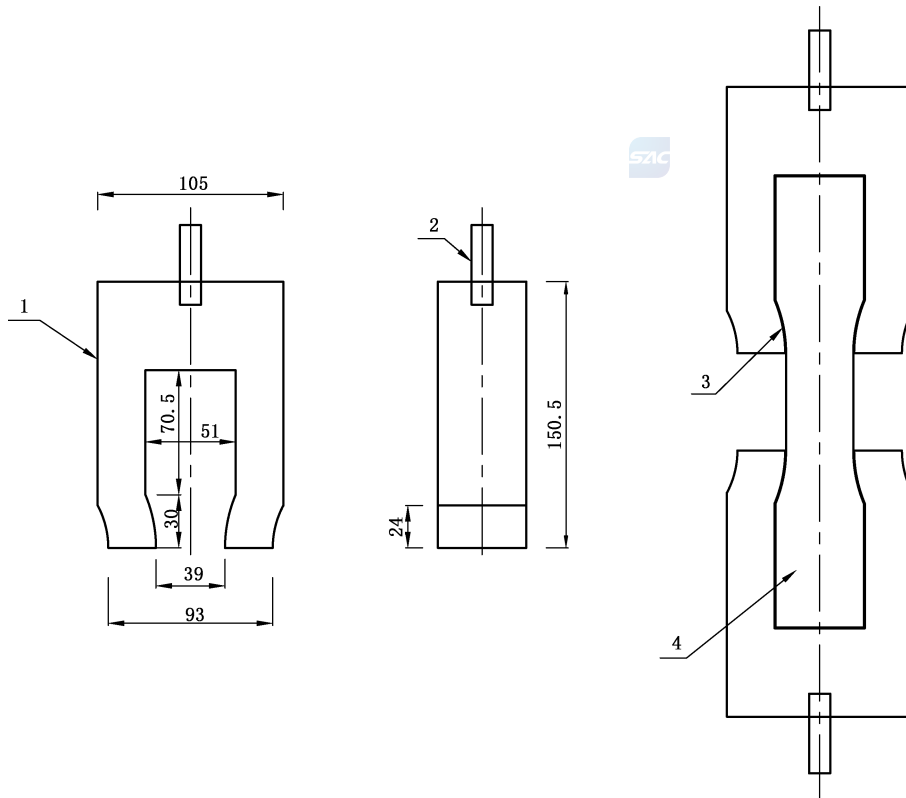
5.13 抗拉强度

5.13.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 万能材料试验机：精度±1%；
- b) 游标卡尺：分度值 0.1 mm，量程(0~300) mm；
- c) 千分尺：分度值 0.01 mm，量程(0~25) mm；
- d) 夹具：抗拉夹具(见图 18)；
- e) 铝垫片：厚度(0.7~1.0) mm；
- f) 秒表。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——试件夹具；
- 2——试件夹具与试验机夹头的连接件，与试件夹具 1 垂直固接，宜为螺杆或钢板，尺寸根据试验机夹头要求而定；
- 3——铝垫片；
- 4——试件。

图 18 抗拉强度测试夹具示意图

5.13.2 试件

5.13.2.1 试件尺寸见图 19，试件尺寸公差为±1mm。试件边缘应砂光。试件应无微小裂纹和缺陷。

5.13.2.2 在同一试样中切割平行纤维方向及垂直纤维方向试件各 6 个。

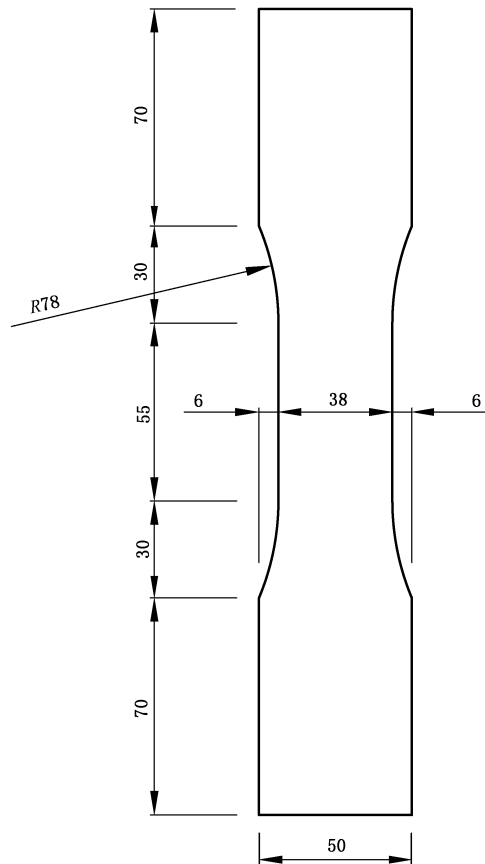


图 19 抗拉强度试件

5.13.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 在试件长度中心处和沿长度方向距中心各 25 mm 处分别测量三处的厚度 e_1 和宽度 b 。分别以 3 个值计算算术平均值,结果修约至 0.1 mm。
- b) 将试件固定在拉力试验机两夹头中间,试件要保持垂直,试件中心应通过试验机活动夹具的轴线,整个试验应均匀加载。以 (4 ± 1) mm/min 的速度加载直至试件破坏,记下最大载荷 P_T ,精确至载荷值的 1%。

5.13.4 试验结果

抗拉强度 T_f 按式(27)计算,精确至 0.1 MPa。同张板的抗拉强度是同张板内全部试件抗拉强度的算术平均值,结果修约至 0.1 MPa。

$$T_f = \frac{P_T}{be} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

- T_f —— 抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- P_T —— 试件破坏时的最大载荷,单位为牛(N);
- b —— 试件拉断面宽度平均值,单位为毫米(mm);
- e —— 试件拉断面厚度平均值,单位为毫米(mm)。

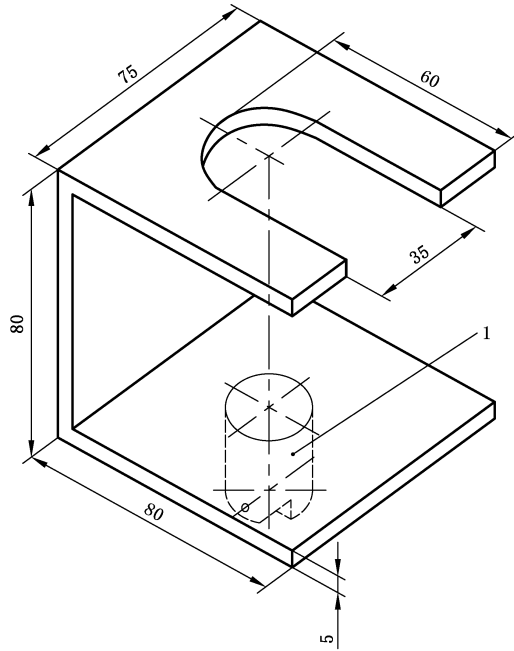
5.14 螺钉拔出力

5.14.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 万能材料试验机：测量范围为(0~2 000) N，分度值 1 N，精度±1%；
- b) 可对螺钉头施加轴向载荷的专用金属夹具(见图 20)；

单位为毫米



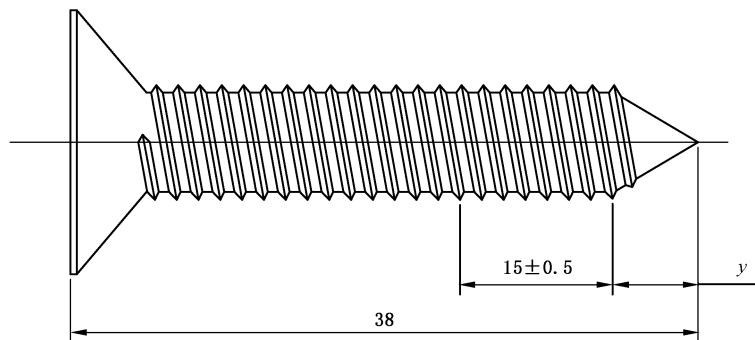
标引序号说明：

- 1——试验机连接插口。

图 20 专用金属夹具

- c) 游标卡尺：分度值 0.02 mm，量程 150 mm；
- d) 台钻；
- e) 螺钉：采用 GB 845—2017 中 ST 4.2×38-C-H 或 GB 846—2017 中 ST 4.2×38-C-H 自攻螺钉，螺钉长 38 mm，外径 4.2 mm(见图 21)。

单位为毫米



标引符号说明：

- y——不完全螺纹的长度 3.7 mm。

图 21 自攻螺钉

5.14.2 试件制备

5.14.2.1 试件

5.14.2.1.1 长度 (150 ± 1) mm、宽度 (75 ± 1) mm。

5.14.2.1.2 厚度大于或等于 25 mm 的试件可直接测定板面和板边螺钉拔出力。若试件厚度不足 25 mm,只测定板面螺钉拔出力,此时可用两个或多个试件胶合成 1 件,使总厚度不小于 25 mm。

5.14.2.1.3 在同一试样中切割平行纤维方向及垂直纤维方向试件各 6 个。

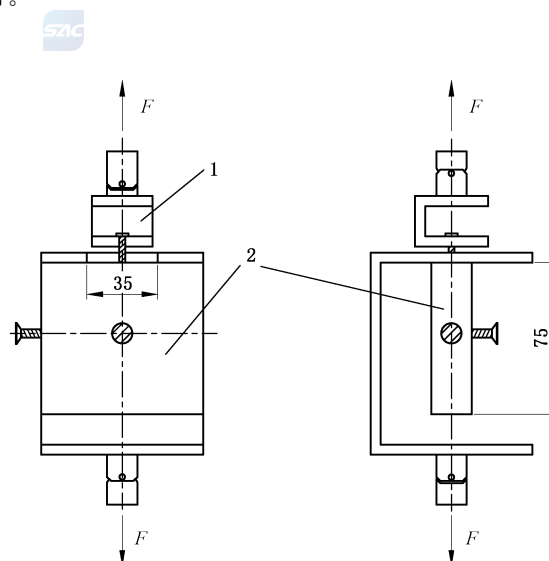
5.14.2.2 试件状态处理

将试件状态调整至产品标准规定的试验标准状态。

5.14.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- 测量螺钉拔出处试件厚度,精确至 0.1 mm,并在试件螺钉拔出处表面中心点,先用直径 (2.7 ± 0.1) mm 钻头钻导孔,将螺钉穿透板材,拧进的螺纹为全螺纹。导孔及拧入的螺钉应保持和试件表面垂直。
- 拧好螺钉后,应立即进行拔钉试验。螺钉拔出力试验示意图如图 22 所示,金属专用夹具和试件接触的表面与试验机拉伸中心线垂直,螺钉与试验机拉伸中心线对中。拔钉时应均匀加载荷,加载速度为 (1.5 ± 0.5) mm/min,记下最大载荷值,精确至 10 N。
- 螺钉不应重复使用。



单位为毫米

标引说明:

1 —— 专用金属夹具;

2 —— 试件;

F —— 拔出力。

图 22 螺钉拔出力试验示意图

5.14.4 试验结果

螺钉拔出力按式(28)计算:

$$P_L = \frac{F_f}{e_o} \dots\dots\dots (28)$$

式中：

P_L ——螺钉拔出力,单位为牛顿每毫米(N/mm)；

F_f ——最大拔出力,单位为牛顿(N)；

e_o ——试件拔出处厚度,单位为毫米(mm)。

试件的螺钉拔出力是该试样全部试件螺钉拔出力的算术平均值,结果修约至 10 N/mm。

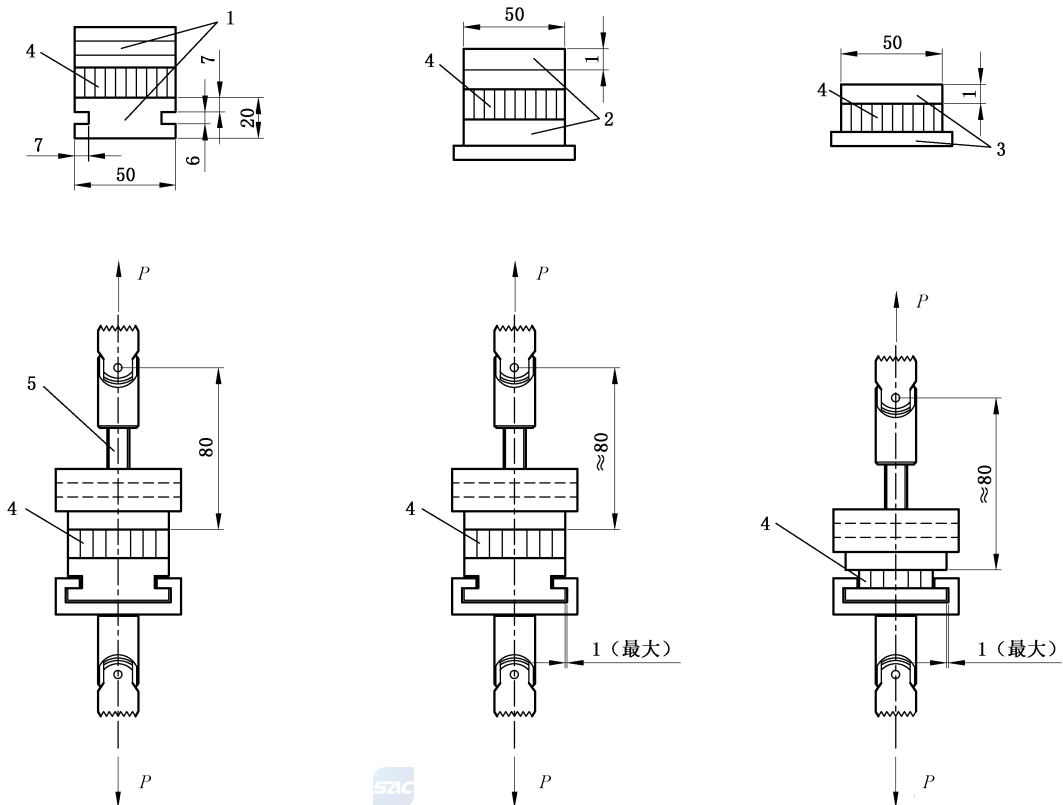
5.15 层间黏结力

5.15.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 万能材料试验机:量程(0~5 000) N,分度值 1 N,精度±1%；
- b) 钢质平板:长度(50±1)mm、宽度(50±1)mm、厚度(20±0.5)mm(见图 23)；
- c) 胶黏剂:环氧树脂胶；
- d) 拉伸夹具(见图 23)。

单位为毫米



标引说明：

- 1 ——金属卡头；
- 2 ——金属卡头；
- 3 ——金属卡头；
- 4 ——试件；
- 5 ——自动调心球窝连接；
- P ——施加荷载。

图 23 拉伸试验示意图

5.15.2 试件

试件长度 (50 ± 1) mm、宽度 (50 ± 1) mm,每张试样切割试件 5 块。

5.15.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将试件调节至产品标准规定的试件状态,将试件正反表面涂上环氧树脂胶,黏合在钢质平板上,除去边缘挤出的胶水;
- b) 将黏接好的组合试件放置在 (23 ± 5) ℃、相对湿度 $(65\pm 5)\%$ 的室内干燥 24 h;
- c) 取出组合试件,安装进夹具中,以每分钟 0.8 mm/mm 厚度的速度均匀加荷直至试件破坏,加载速度不应因试件厚度的细微差异(例如网纹板)而改变,而是应确保其变化不超过此处规定的 $\pm 10\%$ 。记录最大荷载值,精确至 1 N。

注:按 5.15.3c)加载速度,几种常见厚度的试件的加载速度如下:

对于厚度为 6 mm 的板材,加载速度为 4.8 mm/min;

对于厚度为 12 mm 的板材,加载速度为 9.6 mm/min;

对于厚度为 24 mm 的板材,加载速度为 19.2 mm/min。


5.15.4 试验结果

以 5 个试件结果的算术平均值为试件层间黏结力,修约至 10 N。

5.16 耐磨性

5.16.1 仪器设备和试验材料

仪器设备如下:

- a) 耐磨仪,应符合 GB/T 17657—2022 中 4.45.2.1 的规定;
- b) 恒温恒湿箱,温度范围 $(10\sim 80)$ ℃,相对湿度范围 $30\%\sim 98\%$;
- c) 电子天平,分度值 0.001 g;
- d) P180 粒度的砂布,应符合 JB/T 3889—2023 的规定;
- e) 双面胶带或胶水;
- f) 脱脂纱布;
- g) 标准锌板。

5.16.2 试件

试件尺寸: (100 ± 1) mm \times (100 ± 1) mm \times 试件厚度。

5.16.3 砂布校准步骤

5.16.3.1 将脱脂砂布置于相对湿度为 $(65\pm 5)\%$,温度为 (23 ± 5) ℃条件下放置 24 h 以上备用。

5.16.3.2 将标准锌板安装在磨耗试验机上,开启吸尘装置,并将粘好砂布的研磨轮安装在支架上,在施加 (4.9 ± 0.2) N 外力条件下进行磨耗,磨 500 r 后,擦净标准锌板并称重,精确至 1 mg。

5.16.3.3 更换砂布,再磨 500 r,擦净后称重,精确至 1 mg;标准锌板总的质量损失应在 (110 ± 15) mg 范围内。如果质量损失超出该范围,则该砂布不能使用。

5.16.3.4 标准锌板单面使用次数不应超过 10 次。

5.16.4 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 用脱脂纱布将试件表面擦净并称重,精确至 1 mg;
- b) 将试件向上安装在磨耗试验仪上,并将研磨轮安装在支架上,在每个接触面受力(4.9±0.2)N 条件下磨耗 100 r,取下试件,除去表面浮灰后称量,精确至 1 mg。

5.16.5 试验结果

磨耗结果按式(29)计算:

$$WR = m_q - m_h \dots\dots\dots (29)$$

式中:

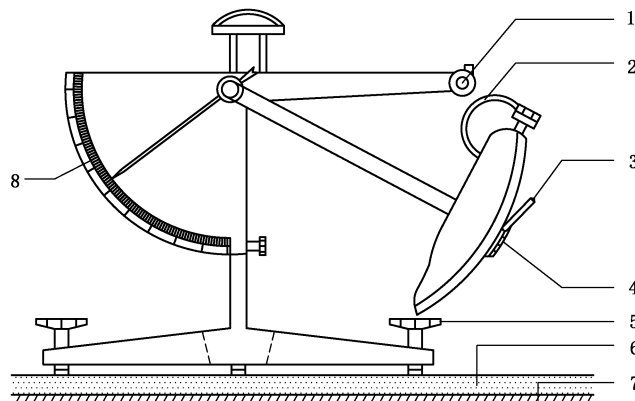
- WR ——磨失量值,单位为克每百转(g/100 r);
- m_q ——试件磨前质量,单位为克(g);
- m_h ——试件磨后质量,单位为克(g)。

5.17 抗滑值

5.17.1 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- a) 摆式摩擦系数测定仪,精度为 2 级(见图 24)。



标引序号说明:

- 1——重物释放装置;
- 2——重物提升装置;
- 3——连接销;
- 4——橡胶滑动装置;
- 5——测试台支撑脚;
- 6——试件;
- 7——基础层;
- 8——刻度表(标尺)。

图 24 摆式摩擦系数测定仪

- b) 橡胶片:尺寸为 6.35 mm×25.4 mm×76.2 mm,橡胶质量应符合表 14 的要求。当橡胶片使用后,端部在长度方向上磨耗超过 1.6 mm 或边缘的宽度方向上磨耗超过 3.2 mm,或有油类污染时,应更换新橡胶片。新橡胶片应先在干燥试件上测试 10 次后再用于测试,橡胶片的有效使用期自出厂日期起算 12 个月。
- c) 喷水壶。
- d) 温度计:分度值不大于 1 ℃。

表 14 橡胶物理性质技术要求

性质指标	温度/°C				
	0	10	20	30	40
回弹值/%	42~49	58~65	66~73	71~77	74~79
硬度(HD)	55±5				

5.17.2 试件

试件尺寸:长度(500±5)mm、宽度(100±5)mm。在2张试样上随机取样,横向、纵向各取试件5块。

5.17.3 试验步骤

试验步骤如下:

- 调整测试台支撑脚,使测试台各个方向都趋于水平;
- 安装试件并在试件表面喷水,使之形成连续水膜;
- 调整摆锤装置的高度,使得当用手将摆锤沿摆动弧线移动到最高点时摆锤下悬挂的物体离检测样本的距离为(125±1)mm;
- 让摆锤做3次适应性摆动,但不记录读数。然后,让摆锤摆动一次,记录刻度表上显示出来的读数。重复这一步骤获取5个读数。

5.17.4 试验结果

取5个读数的算术平均值,结果修约至小数点后1位。

5.18 胶层剪切强度

5.18.1 仪器设备

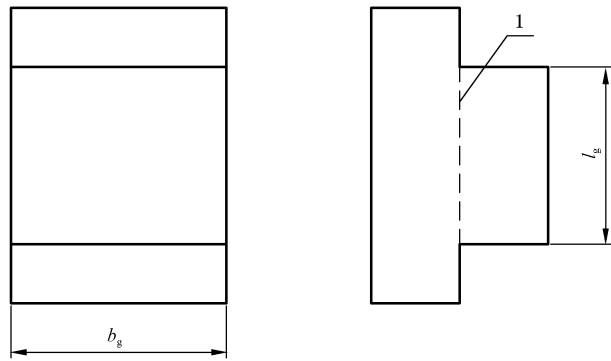
仪器设备包括以下几种。

- 万能材料试验机:根据产品要求选择合适的载荷量程范围。测量精度为载荷值的1%。
- 游标卡尺:分度值0.1mm,量程(0~150)mm。
- 秒表。

5.18.2 试件

5.18.2.1 试件数量及试件尺寸由相关产品标准规定。

5.18.2.2 剪切面尺寸 $l_g \times b_g$, l_g 为剪切面长度, b_g 为试件宽度,见图25。



标引说明：

- 1 —— 剪切胶层(中心层)；
- l_g —— 剪切面长度；
- b_g —— 剪切面宽度。

图 25 胶层剪切强度试件示意图

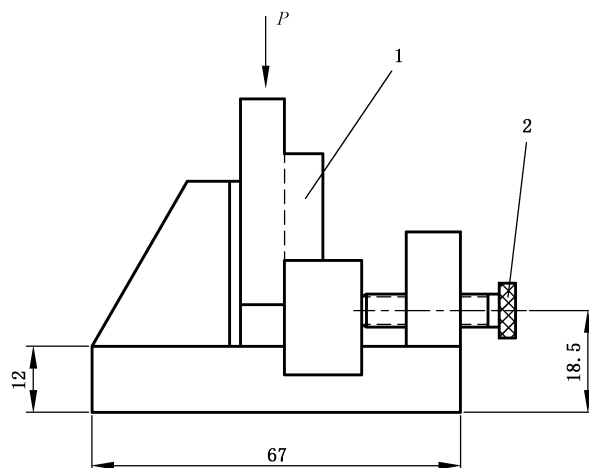
5.18.2.3 必要时,将试件置于温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$,相对湿度 $(65 \pm 5)\%$ 环境中至质量恒定。按照产品要求,将两个试件使用胶黏剂黏结在一起。

5.18.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 将试件调节至产品标准规定的试件状态,将两试件粘接位置涂上 GB/T 12954.1—2008 中 D 类膏状乳液胶黏剂,将两试件黏结在一起,除去边缘挤出的胶水。
- b) 将粘接好的组合试件放置在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(65 \pm 5)\%$ 的室内干燥 24 h。
- c) 使用游标卡尺测量试件剪切面的宽度和长度。
- d) 组合试件按图 26 所示放入试验机夹具中,切勿用调节螺丝紧压试件。

单位为毫米



标引说明：

- 1 —— 试件；
- 2 —— 调节螺丝；
- P —— 施加荷载。

图 26 胶层剪切强度测试图

- e) 将夹具安放在试验机上并保持试件受力面中心与压头的中心位置相一致。
- f) 以 (0.6 ± 0.2) mm/min 的速度均匀加荷直至试件破坏。记下试件破坏时的最大载荷 P_g , 精确至 10 N; 若载荷超过 4 000 N, 精确至 100 N。

5.18.4 试验结果

试件的胶层剪切强度按式(30)计算, 结果修约至 0.1 MPa; 若载荷超过 1 000 N, 结果修约至 1 MPa。取同张板内所有试件胶层剪切强度的算术平均值, 结果修约至 0.1 MPa。

$$\tau_g = \frac{P_g}{b_g l_g} \dots\dots\dots (30)$$

式中:

- τ_g —— 胶层剪切强度, 单位为兆帕(MPa);
- P_g —— 试件破坏时的最大载荷, 单位为牛(N);
- b_g —— 剪切面宽度, 单位为毫米(mm);
- l_g —— 剪切面长度, 单位为毫米(mm)。

5.19 平行板面剪切强度

5.19.1 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- a) 万能材料试验机: 根据产品要求选择合适的载荷量程范围。测量精度为载荷值的 1%。
- b) 游标卡尺: 分度值 0.1 mm, 量程(0~150) mm。
- c) 剪切试验夹具。

5.19.2 试件

5.19.2.1 试件长度 (64 ± 0.5) mm、宽度 (51 ± 0.5) mm、厚度 (51 ± 0.5) mm, 尺寸见图 27。

5.19.2.2 当板材厚度不足 51 mm 时, 则需将同试样中切割的试件黏合在一起。

单位为毫米

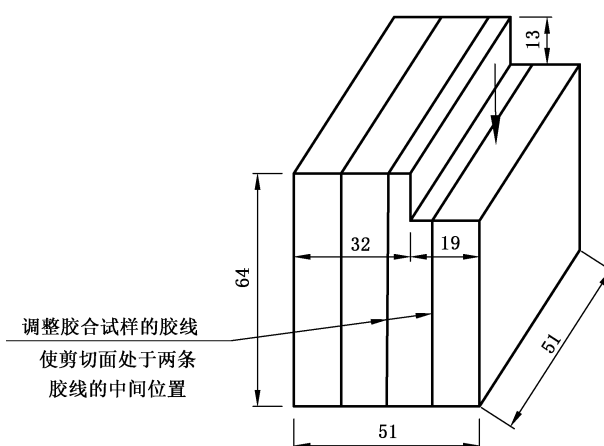


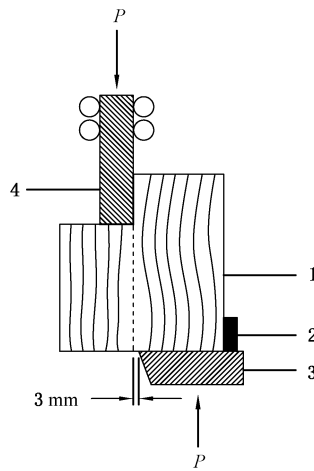
图 27 平行板面剪切强度

5.19.2.3 必要时, 将试件置于温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $(65 \pm 5)\%$ 环境中至质量恒定。

5.19.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 测量试件剪切面的宽度和长度；
- b) 试件按图 28 所示放入试验机夹具中,用可调节横杆定位试件,不应用调节横杆紧压试件；
- c) 将装好试件的夹具安放在试验机上,并使试件受力面中心与试验机压头的中心位置在同一垂直轴线上；
- d) 以 (0.6 ± 0.2) mm/min 的速度均匀加荷直至试件破坏。记下试件破坏时的最大载荷 P_p ,精确至 10 N;若载荷超过 4 000 N,精确至 100 N。



标引说明：

- 1 —— 试件；
- 2 —— 可调节横杆；
- 3 —— 底座；
- 4 —— 试验机压头；
- P —— 施加荷载。



图 28 平行板面剪切强度测试示意图

5.19.4 试验结果

平行板面剪切强度按式(31)计算：

$$\tau_p = \frac{P_p}{l_p e_p} \dots\dots\dots (31)$$

式中：

- τ_p —— 平行板面剪切强度,单位为兆帕(MPa)；
- P_p —— 剪切荷载,单位为牛(N)；
- l_p —— 试件破坏处长度,单位为毫米(mm)；
- e_p —— 试件破坏处厚度,单位为毫米(mm)。

单个试件板面平行剪切强度修约至 0.01 MPa,试验结果以每组 5 个试件的算术平均值计,修约至 0.1 MPa。

5.20 垂直板面剪切强度

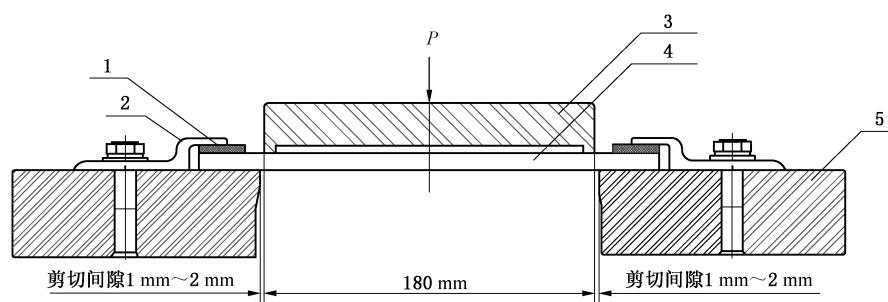
5.20.1 原理

通过对试件施加垂直于试件表面的剪切荷载,直至达到最大荷载或破坏荷载,以单位面积所承受的荷载来评价试件的抗剪切性能。

5.20.2 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 万能材料试验机,精度为 $\pm 1\%$;
- b) 游标卡尺:(0~125) mm,分度值 0.02 mm;
- c) 剪切支架:剪切支架采用合金钢制成,经热处理后硬度为(40~45)HRC,剪切支架见图 29,当试验加载到最大负荷时其变形不大于 1 mm;
- d) 电子千分表:量程(0~50) mm,精度 0.01 mm;
- e) 橡胶板:硬度(50 \pm 5)HRC,厚度(5 \pm 1)mm;
- f) 游标卡尺:分度值 0.02 mm。



标引说明:

- 1 —— 橡胶板;
- 2 —— 压板;
- 3 —— 上支架;
- 4 —— 试件;
- 5 —— 下支架;
- P —— 施加荷载。

图 29 压头及压板示意图

5.20.3 试件

5.20.3.1 试件尺寸:250 mm \times 50 mm \times 试件厚度,厚度为板材公称厚度,长、宽允许偏差 ± 1 mm,与试验台承切面接触处的板面应打磨平整,厚度偏差 ± 0.2 mm。

5.20.3.2 每张试样切割试件 7 块,其中 5 块测试,2 块备用。

5.20.3.3 试件的外观质量:试件表面应无毛刺,边缘无分层、无缺棱缺角。

5.20.3.4 加工好的试件应用清水冲洗干净,并用毛刷刷去粉尘颗粒,放置在自然通风的环境中自然晾干;试件试验时的状态按产品标准的规定执行,若产品标准未规定试件状态,则为自然状态。

5.20.4 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 在试件表面用铅笔画出两条细线,细线间距为(180±1) mm,细线距试件侧边的距离为35 mm。
- b) 在画线处的两端及中心处测量厚度 e_v ,取3个测点的平均值为试件厚度,测量试件画线处宽度 b_v ,结果精确至0.02 mm。
- c) 将试件置于下支撑板上,调整试件的画线与支撑面切割边缘重合,盖上上下板,拧紧上下压板固定螺栓,防止试件在试验过程中出现滑动,见图29。
- d) 将安装好试件的夹具放置在材料试验机支座上,剪切上压块的中心线与试验机的压力中心线重合。
- e) 启动试验机进行加荷,试验速度为0.5(1±50%) mm/min。记录最大剪切荷载 P_v 。
- f) 称取上压板质量 G ,精确至0.1 kg。

5.20.5 试验结果

垂直板面剪切强度按式(32)计算:

$$\tau_v = \frac{P_v + G \times 9.8}{b_v \times e_v \times 2} \dots\dots\dots (32)$$

式中:

- τ_v —— 垂直板面剪切强度,单位为兆帕(MPa);
- P_v —— 最大剪切荷载,单位为牛(N);
- G —— 剪切压板的质量,单位为千克(kg);
- b_v —— 试件破坏处宽度,单位为毫米(mm);
- e_v —— 试件破坏处厚度,单位为毫米(mm)。

单个试件的垂直板面剪切强度修约至0.1 MPa,试验结果以每组5个试件的算术平均值计,修约至0.1 MPa。

5.21 布氏硬度

5.21.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 电热鼓风干燥箱:温度可控制在(105±5)℃;
- b) 布氏硬度计;
- c) 钢直尺:量程(0~300) mm,分度值1 mm。

5.21.2 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将试件调整至表1规定的干燥状态;
- b) 在布氏硬度计上放上直径10 mm的硬质合金球头,分别施加10 N和500 N的荷重压入试件并维持荷载10 s;
- c) 卸去荷重,测量两次硬质合金球头凹陷深度 t_1 和 t_2 ,精确至0.01 mm。

5.21.3 结果结算

按式(33)计算布氏硬度:

$$HBW = \frac{P_h}{9.8\pi DT} \dots\dots\dots (33)$$

式中：

HBW——布氏硬度；

P_h ——荷重，取 490 N；

π ——取 3.14；

D ——硬质合金球头直径，取 10 mm；

$T = t_2 - t_1$ ，硬质合金球头压痕深度之差，单位为毫米(mm)。

5.22 热稳定性能

5.22.1 原理

试件在高温环境中按规定的时间烘烤，测试板材尺寸变形情况及质量损失的大小。

5.22.2 仪器设备

仪器设备如下：

- 外径千分尺：分度值 0.01 mm；
- 电热鼓风干燥箱：温度可控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- 程控箱式电炉：温度范围 $\geq 1\ 200^\circ\text{C}$ ；
- 坩埚架和坩埚架夹一套；
- 塞尺：最小分度值 0.05 mm；
- 钢直尺：量程 $(0 \sim 300)$ mm，分度值 1 mm；
- 电子天平：最大量程 2 000 g，分度值 2 g；
- 美工刀一把；
- 玻璃干燥器：直径 300 mm；
- 读数显微镜：分度值 0.01 mm。

5.22.3 试件

试件尺寸与数量： (100 ± 1) mm \times (100 ± 1) mm \times 试件厚度，每一试样切割 6 块。

5.22.4 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- 用美工刀在试件表面四边距离边缘 20 mm 处画线作为标记，并在画线的中间位置画上記号 1、2、3、4。
- 将试件放入 105°C 的烘箱中烘干 24 h，取出置于干燥器中冷却至室温称重，记录试件质量 m_{t1} ，精确至 0.01 g。
- 用千分尺分别测量记号 1、2、3、4 四个方向的尺寸，作为试件基础长度 l_{t1} ；在画有记号 1、2、3、4 的位置用壁厚千分尺分别测量板材厚度，作为基础厚度 e_{s1} ，精确至 0.01 mm。
- 将试件放在坩埚架上并放入电炉中，升温至 950°C （或产品标准规定的最高温度），保持该温度 4 h；将试件取出，在空气中冷却 5 min 后放入干燥器中冷却至室温。
- 将试件从干燥器中取出，放在水平的桌面上，在日光灯下距离试件约 40 cm 处，从正面四周观察试件是否出现掉边、掉角、分层、贯穿性裂纹、破裂等现象。如出现掉边、掉角、分层、贯穿性裂纹、破裂等无法保持试件完整的现象，判为试件不合格，试验结束。
- 将试件放在电子天平上称重并记录试件质量 m_{t2} ，精确至 0.01 g。
- 用千分尺分别测量记号 1、2、3、4 四个方向的尺寸，作为高温处理后试件的尺寸 l_{t2} ，并在画有

记号 1、2、3、4 的地方用千分尺分别测量试件厚度,作为高温处理后试件的厚度 e_{s2} 。精确至 0.01 mm。

- h) 将试件放在水平的桌面上,钢直尺的侧面贴在试件的表面,用塞尺测量得到的直尺的侧面与试件之间最大的间隙值为翘曲形变值,结果精确至 0.1 mm。
- i) 将试件放在水平的桌面上,用读数显微镜测量裂缝最宽处的宽度,结果精确至 0.1 mm。测量点位置见图 30。

单位为毫米

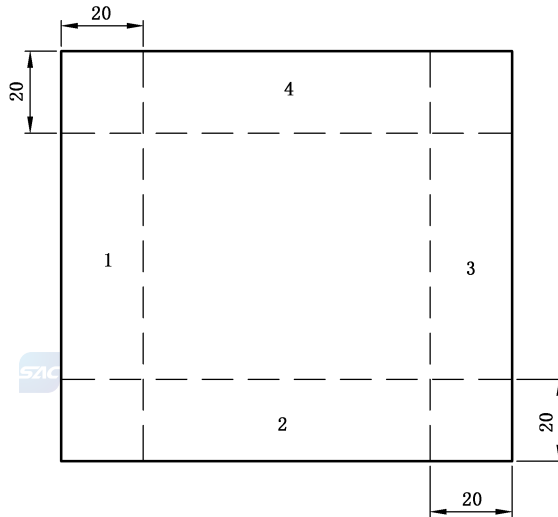


图 30 测量点示意图

5.22.5 试验结果

5.22.5.1 完整性:记录掉边、掉角、分层、贯穿性裂纹、破裂等现象的观察结果。

5.22.5.2 长宽尺寸收缩率按式(34)进行计算,结果修约至 0.01%。取 2 个试样 12 个数据的算术平均值为该试件的长宽尺寸收缩率,结果修约至 0.01%。

$$\Delta l_s = \frac{l_{t1} - l_{t2}}{l_{t1}} \times 100\% \dots\dots\dots (34)$$

式中:

- Δl_s —— 尺寸收缩率;
- l_{t1} —— 干燥试件的长度,单位为毫米(mm);
- l_{t2} —— 高温处理后试件的长度,单位为毫米(mm)。

5.22.5.3 厚度尺寸收缩率按式(35)进行计算,结果修约至 0.01%。

$$\Delta e_s = \frac{e_{s1} - e_{s2}}{e_{s1}} \times 100\% \dots\dots\dots (35)$$

式中:

- Δe_s —— 厚度尺寸收缩率;
- e_{s1} —— 干燥试件的厚度,单位为毫米(mm);
- e_{s2} —— 高温处理后试件的厚度,单位为毫米(mm)。

取 2 个试样 8 个数据的算术平均值为试样的厚度尺寸收缩率,结果修约至 0.01%。

5.22.5.4 质量损失率按式(36)进行计算,结果修约至 0.01%。取 2 个试件的算术平均值为该试件的质量损失率,结果修约至 0.01%。

$$\Delta m_s = \frac{m_{t1} - m_{t2}}{m_{t1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (36)$$

式中:

- Δm_s —— 质量损失率;
- m_{t1} —— 干燥试件的质量,单位为克(g);
- m_{t2} —— 高温处理后试件的质量,单位为克(g)。

5.23 耐冷热循环试验

5.23.1 原理

试件在高低温环境中反复循环,测试试件变形的状况。

5.23.2 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 高温箱:温度可控在 $(63 \pm 5)^\circ\text{C}$,工作室不小于 $500 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$;
- b) 低温箱:温度可控在 $(-10 \pm 2)^\circ\text{C}$,工作室不小于 $500 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$ 。

5.23.3 试件

5.23.3.1 试件尺寸为 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times$ 试件厚度。

5.23.3.2 每张试样切割试件 2 块。

5.23.4 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 首先将试件置于表 1 规定的干燥状态至恒重;
- b) 将试件悬吊在高温室中,温度达到 60°C 时,开始计时,恒温 1.5 h;
- c) 试件从高温室中取出,立即放置于低温箱中,在温度降至 -10°C 时,开始记时,恒温 0.5 h;
- d) 达到产品标准规定的循环次数后,取出试件,放置在自然通风的环境中,温度平衡至室温。

5.23.5 结果评定

检查试件是否有变形、开裂等缺陷。

5.24 集中荷载

5.24.1 原理

在四边支撑、对边支撑或四角支撑状态下,向试件中心部位集中加荷,是测定试件最大破坏荷载值的一种方法。

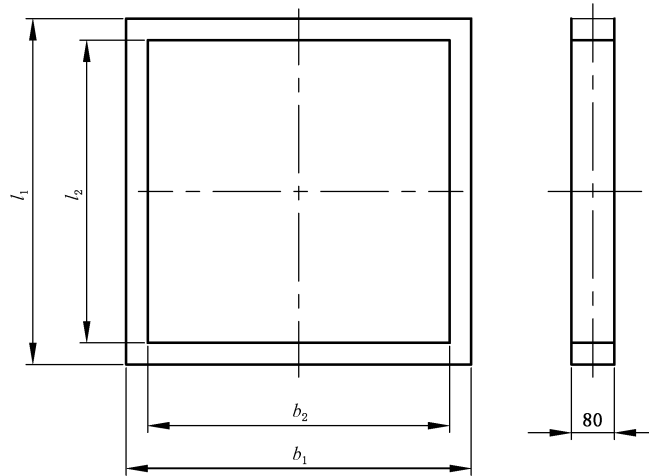
5.24.2 仪器设备和量具

仪器设备和量具包括以下几种。

- a) 万能材料试验机:精度 $\pm 1\%$ 。
- b) 集中荷载试验架:用高度为 80 mm、宽度为 40 mm 的型钢(或硬木)制作而成。试验架示意图见图 31;试验支架的长度 l_1 、 l_2 ,宽度 b_1 、 b_2 应根据试件尺寸可任意调节,试件与框架的搭接宽度为 $(20 \pm 1) \text{ mm}$ 。
- c) 压块: $25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$,钢质(或硬木)制成,尺寸偏差 $\pm 0.5 \text{ mm}$,见图 32。

d) 橡胶垫:25 mm×25 mm×5 mm,见图 32。

单位为毫米



标引符号说明:

- l_1 ——外支架长度;
- l_2 ——内支架长度;
- b_1 ——外支架宽度;
- b_2 ——内支架宽度。

图 31 集中荷载试验架示意图

5.24.3 试件

5.24.3.1 测量前,应将试件调整至表 1 规定的干燥状态,或产品标准规定的试件状态。

5.24.3.2 试件尺寸主要有:600 mm×600 mm×试件厚度、600 mm×800 mm×试件厚度、1 200 mm×1 200 mm×试件厚度,尺寸公差为±2 mm。试件尺寸也可按产品标准规定执行。

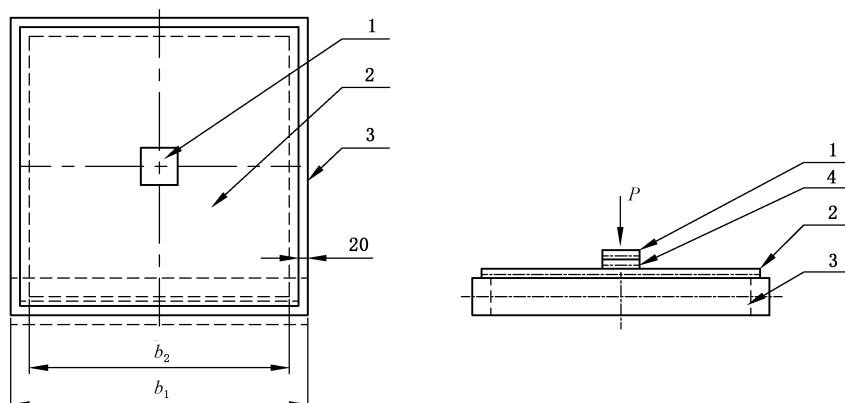
5.24.3.3 当原板尺寸大于 600 mm×600 mm 时,在每张试样上切取试件,试件均至少保留 2 个原板侧边。

5.24.3.4 当原板尺寸小于或等于 600 mm×600 mm 时,直接采用原板作为试件进行试验。

5.24.4 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 支撑方式分四边支撑、对边支撑、四角支撑三种。
- b) 按产品标准确定支杆的间距,间距误差不大于 1 mm,当产品标准没有具体规定时,支距为试件尺寸减去 40 mm。
- c) 或按试验目的和产品用途,确定支杆的间距和支杆的数量,以及试件是否需要固定在支杆上。
- d) 将试件置于支杆上,四边支撑或对边支撑时,试件与支杆搭接宽度为 20 mm。四角支撑时,支撑脚中心点距两侧板边距离为 25 mm。
- e) 试件正面朝上置于承载支架上,支承边宽为 20 mm,确保四边与承载架支承面紧密接触(见图 32)。
- f) 加荷:施加荷载,直至试件在(30~60)s 内断裂,读取破坏荷载值 P_{cl} 并记录。



标引说明：

- 1 —— 压块；
- 2 —— 试件；
- 3 —— 试验架；
- 4 —— 橡胶垫；
- b_1 —— 外支架宽度；
- b_2 —— 内支架宽度；
- P —— 施加荷载。

图 32 集中荷载试验示意图

5.24.5 试验结果

试验结果取 3 个试件的集中荷载值的算术平均值，结果修约至 10 N。

5.25 均布荷载

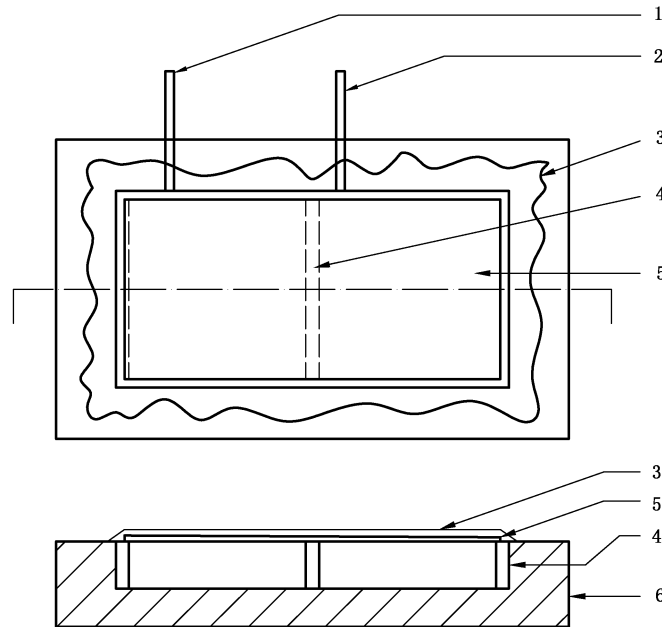
5.25.1 仪器设备

试验装置包含真空舱、真空泵、真空表、试件支杆和挠度测量仪表，支杆可安放在真空舱底座上，并采用固定件加以固定，以防止试验时移动或滑动(装置见图 33)。

仪器设备如下：

- a) 真空表：测量范围为(0~0.1) MPa，精度 1.6 级；
- b) 电子千分表：测量范围为(0~50) mm，分度值 0.01 mm，精度 0.01 mm；
- c) 磁性表座，可吸附在真空舱框架上，用于固定千分表；
- d) 聚乙烯薄膜，厚度 0.5 mm；
- e) 真空泵：真空度二级。





标引序号说明：

- 1——真空表连接口；
- 2——真空泵连接口；
- 3——聚乙烯薄膜；
- 4——支承构件；
- 5——试件；
- 6——真空舱。

图 33 均布荷载测试装置示意图

5.25.2 试件

5.25.2.1 试件尺寸同 5.24.3。也可按试验目的或产品用途确定。

5.25.2.2 试件在试验前,应按产品标准规定的干燥、自然、饱水或模拟使用过程中可能出现的状态,调整试件的状态。

5.25.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 支撑方式分四边支撑、对边支撑、四角支撑三种。
- b) 按产品标准确定支杆的间距,间距误差 ± 1 mm,当产品标准没有具体规定时,支距为试件尺寸减去 40 mm。
- c) 或按试验目的和产品用途,确定支杆的间距和支杆的数量,以及试件是否需要固定在支杆上。
- d) 将支杆固定在真空舱底座上,调节间距。
- e) 将试件置于支杆上,四边支撑或对边支撑时,试件与支杆搭接宽度为 20 mm。四角支撑时,支撑脚中心点距两侧板边距离为 25 mm。
- f) 在真空舱及试件上覆盖聚乙烯薄膜,四边用密封胶带封边粘合。
- g) 在试件对角线中心点上,安装千分表并清零。
- h) 启动真空泵,按 2.4 kPa/min 的速率均匀加荷,每间隔 1.2 kPa/min 记录千分表读数,直至试件破坏或达到规定荷载,记录破坏时或规定荷载的最大真空度 V_{\max} ,精确至 0.1 kPa。

i) 记录破坏时千分表最大读数值的最大挠度。

5.25.4 结果处理

试件的均布荷载值按式(37)计算：

$$UL = V_{\max} \times S_{sy} \dots\dots\dots(37)$$

式中：

UL ——均布荷载值,单位为牛(N)；

V_{\max} ——最大真空度,单位为帕(Pa)；

S_{sy} ——试件受压面积,单位为平方米(m^2)。

5.26 穿孔板承载力

5.26.1 原理

采用试件中心部位集中加荷的方式,测定试件在四边支承状态、均匀加荷至破坏时的板中心集中荷载值。

5.26.2 仪器设备

同 5.24.2。

5.26.3 试件

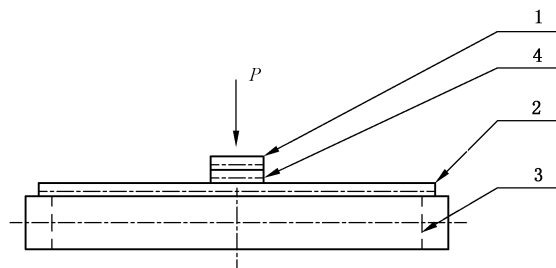
同 5.24.3。

5.26.4 试验步骤



试验步骤如下：

- a) 试件冲孔面朝上置于承载支架上,支承边宽为 20 mm,确保四边与承载架支承面紧密接触(见图 34)；
- b) 加荷:施加荷载,直至试件在(30~60) s 内断裂,读取破坏荷载值 P_c 并记录；
- c) 用壁厚千分尺测量断裂处的厚度 e_c ,并记录。



标引说明：

- 1 ——压块；
- 2 ——试件；
- 3 ——试验架；
- 4 ——橡胶垫；
- P ——施加荷载。

图 34 集中荷载试验示意图

5.26.5 试验结果

穿孔板承载力按式(38)计算,结果精确至 1 N/mm。

$$F_{ck} = \frac{P_c + P_y}{e_c} \dots\dots\dots (38)$$

式中:

- F_{ck} ——穿孔板承载力,单位为牛每毫米(N/mm);
- P_c ——试验机的破坏荷载读数,单位为牛(N);
- P_y ——压块的质量,单位为牛(N);
- e_c ——穿孔板断裂处的厚度,单位为毫米(mm)。

6 波瓦

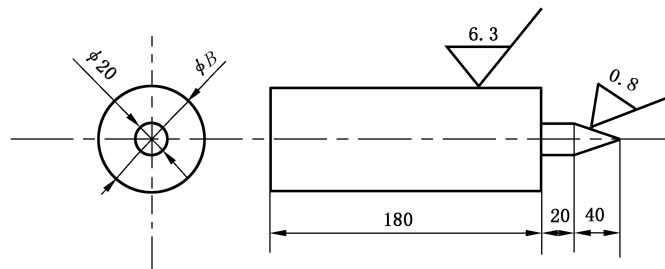
6.1 规格尺寸和形状偏差

6.1.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 钢卷尺:分度值 1 mm;
- b) 钢直尺:分度值 1 mm;
- c) 宽座直角尺:1 000 mm×630 mm;
- d) 宽座直角尺:160 mm×160 mm;
- e) 壁厚千分尺:分度值 0.02 mm;
- f) 深度游标卡尺:分度值 0.02 mm;
- g) 弧谷定位轴,见图 35。定位轴外径——小波瓦:37 mm,中波瓦、大波瓦:65 mm。

单位为毫米



标引符号说明:

ϕB ——弧谷定位轴外径。

图 35 弧谷定位轴

6.1.2 试验方法

6.1.2.1 长度

长度测试方法如下:

- a) 大波瓦、中波瓦在 2 和 5 波顶,用钢卷尺各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm;
- b) 九波瓦在 2 和 7 波顶,用钢卷尺各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm;

- c) 小波瓦在 3 和 9 波顶,用钢卷尺各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm;
- d) 半波板:在板中间及距板边约 50 mm 的两处各测量一次,取三次测量结果的算术平均值,结果修约至 1 mm。

6.1.2.2 宽度

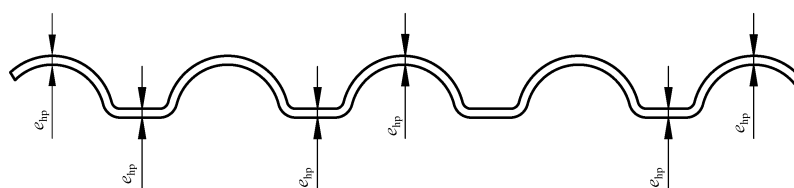
将试样平放在操作平台上,在离波瓦两端部 200 mm 及中间部位处,将宽座直角尺放置在试样宽度方向的两侧,直角尺的宽边放置在平台上,另一边紧靠在试样的边缘,用钢卷尺测量直角尺间的最短距离,各测量一次,取三次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm。

6.1.2.3 厚度

用壁厚千分尺在离端部 10 mm 处测量,各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 0.1 mm。

厚度测试方法如下:

- a) 大波瓦、中波瓦在 2 和 5 波顶;
- b) 九波瓦在 2 和 7 波顶;
- c) 小波瓦在 3 和 9 波顶;
- d) 半波板厚度 e_{hp} 在一端取六个点(见图 36)测量,其中包括三个平谷,取六次测量的算术平均值,结果修约至 0.1 mm。



标引符号说明:

e_{hp} ——半波板厚度。

图 36 半波板厚度测量

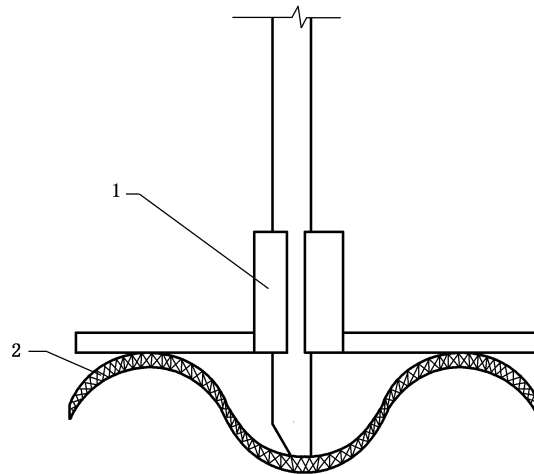
6.1.2.4 波高

用深度游标卡尺在离两端部 200 mm 处,各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm。

波高测试方法如下:

- a) 大波瓦、中波瓦在 2~3 波峰间及 4~5 波峰间测量;
- b) 九波瓦在 2~3 波峰间及 6~7 波峰间测量;
- c) 小波瓦在 3~4 波峰间及 8~9 波峰间测量;
- d) 半波板在 2~3 波峰间及 4~5 波峰间测量。

波高测量示意图见图 37。



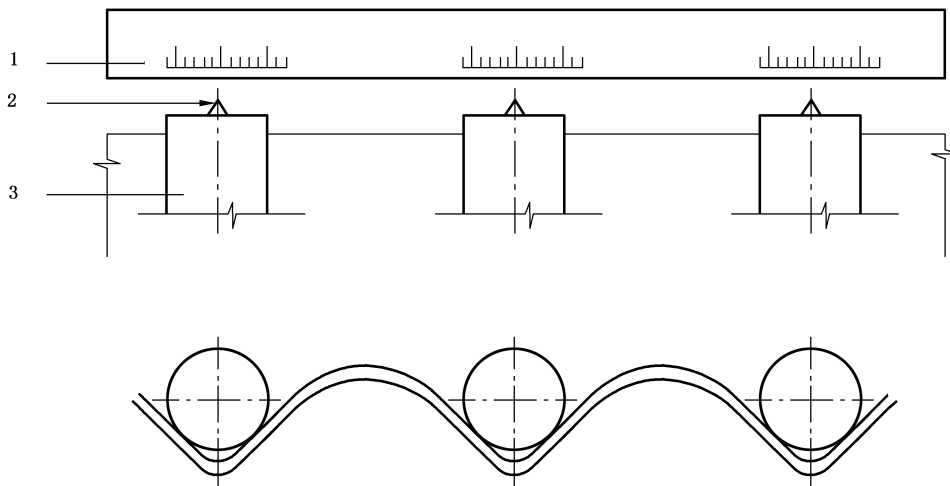
标引序号说明：
 1——深度游标卡尺；
 2——波瓦试样。

图 37 波高测量示意图

6.1.2.5 波距

波距测试方法如下：

- a) 在波瓦相邻波谷中(测量位置与测量波高相同)放置弧谷定位轴,弧谷定位轴锥形端伸出瓦端部,用钢直尺测量相邻两锥顶的距离,各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 0.5 mm;
- b) 将半波板反面朝上平放在操作平台上,在半波板相邻波谷中(测量位置与测量波高相同)放置弧谷定位轴,让弧谷定位轴锥形端伸出端部,用钢直尺测量相邻两锥顶的距离,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm;
- c) 波距测量见图 38。



标引序号说明：
 1——钢直尺；
 2——滚筒锥形端；
 3——弧谷定位轴。

图 38 波距的测量

6.1.2.6 边距

将试样反面朝上平放在操作平台上,在离波瓦两端部 200 mm 处,将宽座直角尺放置在试样宽度方向的一侧,宽座直角尺的宽边放置在平台上,另一边紧靠在试样的边缘;将滚筒放置在波瓦反面边波谷内,用钢直尺测量滚筒顶端至宽座直角尺的距离,每边在波瓦两端各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm。

6.1.2.7 对角线差

将宽座直角尺内侧紧卡在试样的相对角上,用钢卷尺测量宽座直角尺内角间的距离,两个测量值之差为对角线差,结果修约至 1 mm。

6.2 外观质量

6.2.1 仪器设备

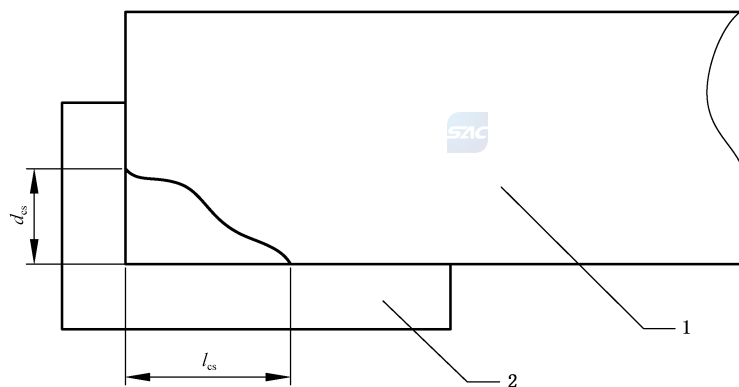
仪器设备如下:

- 钢直尺:分度值 1 mm;
- 宽座直角尺:1 000 mm×630 mm;
- 宽座直角尺:160 mm×160 mm;
- 读数显微镜:分度值 0.01 mm;
- 方正度框架:两端带有与瓦形吻合的弧形框架,框架外围宽度为整个瓦宽,长度为 500 mm,边缘直线偏差每米不超过 0.2 mm,两边间的直角精度为 0.001 rad。

6.2.2 试验方法

6.2.2.1 掉角

将宽座直角尺贴至缺角部位,测量缺角处两个方向的长度,结果修约至 1 mm,如图 39 所示。



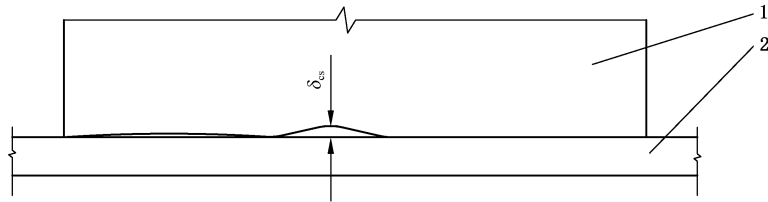
标引说明:

- 1 —— 试样;
 2 —— 宽座直角尺;
 d_{cs} —— 宽度方向掉角;
 l_{cs} —— 长度方向掉角。

图 39 掉角测量示意图

6.2.2.2 掉边

将长的钢直尺一边紧靠在掉边处,用短的钢直尺测出掉边最宽处与长钢直尺边的距离 δ_{cs} (见图 40), 结果修约至 1 mm。



标引说明:

1 —— 试样;

2 —— 钢直尺;

δ_{cs} —— 掉边最宽处与长钢直尺边的距离。

图 40 掉边测量

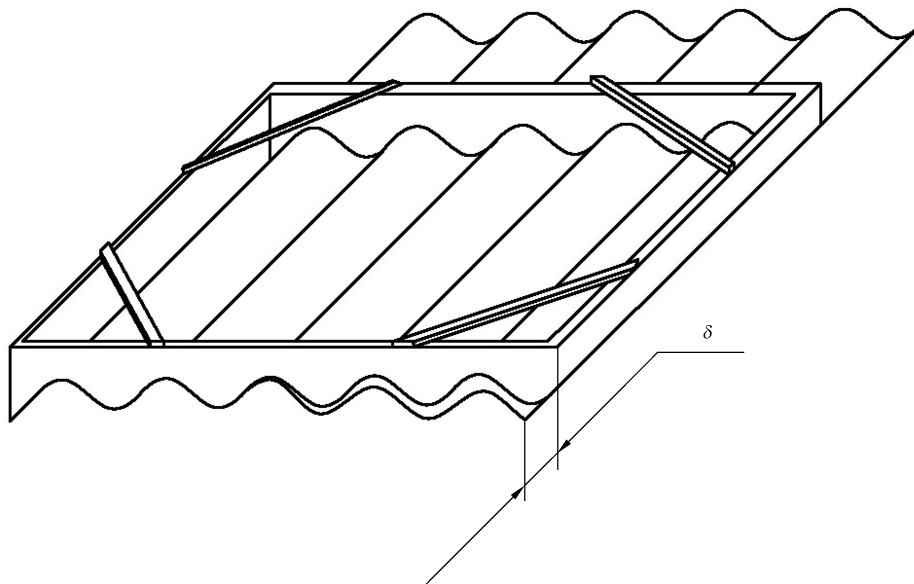
6.2.2.3 裂纹

裂纹测试方法如下:

- a) 用读数显微镜测量裂缝最宽处的宽度,结果精确至 0.1 mm。
- b) 用钢直尺测量裂缝长度,结果精确至 1 mm。

6.2.2.4 方正度

将框架的一端与波瓦的一端对齐,测量框架同一端另一边与波瓦边缘的最大间隙 δ (见图 41), 结果修约至 1 mm。



标引符号说明:

δ —— 框架同一端另一边与波瓦边缘的最大间隙。

图 41 方正度试验

6.3 含水率、吸水率、表观密度及孔隙率

6.3.1 仪器设备

仪器设备如下：

- 天平：分度值 0.01 g；
- 电热鼓风干燥箱：温度可控制在 $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- 水槽：能将水温控制在 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$ 。

6.3.2 试件

6.3.2.1 试件尺寸与数量

试件尺寸及数量按表 15 的规定。

表 15 含水率、吸水率、表观密度及孔隙率的试件尺寸及数量

种类		长度/mm	宽度/mm	试样数量/张	每张试样试件数量/个	
波瓦	波距	≥ 130 mm	100 ± 1	1 个波距 ± 1	2	2
		< 130 mm	100 ± 1	2 个波距 ± 1	2	2
半波板		100 ± 1	100 ± 1 (包括半个波顶)	2	2	

6.3.2.2 试件的制备

6.3.2.2.1 取样：在离端部 100 mm 处的中部对称位置各取 1 块。

6.3.2.2.2 试件应无肉眼可见裂纹，表面无灰尘及细碎颗粒，无切取试件造成的裂纹、分层、缺角缺陷。

6.3.3 试验步骤

试验步骤如下：

- 切割试件后，将试件置于室内自然通风条件下至少 7 d，用天平立即称取每个试件的质量 m_{cs0} ，精确至 0.1 g；
- 将试件调整至表 1 规定的干燥状态后，取出置于干燥器中冷却至室温，称取试件的质量 m_{cs1} ，精确至 0.1 g；
- 将试件放入 $(5 \sim 30)^\circ\text{C}$ 的水槽中 24 h，然后将试件用夹子夹住悬吊于水中称取试件在水中的质量 m_{cs2} ，称量时试件不能接触容器壁，精确至 0.1 g；
- 从水中取出试件，用湿毛巾擦去试件表面附着水后立即称取饱水试件的质量 m_{cs3} ，精确至 0.1 g。

6.3.4 试验结果



6.3.4.1 含水率

含水率按式(39)计算，结果修约至 0.1%：

$$W_{cs} = \frac{m_{cs0} - m_{cs1}}{m_{cs1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(39)$$

式中：

W_{cs} ——含水率；

m_{cs0} —— 自然状态下试件质量,单位为克(g);

m_{cs1} —— 干燥状态下试件质量,单位为克(g)。

6.3.4.2 吸水率

吸水率按式(40)计算,结果修约至 0.1%:

$$S_{cs} = \frac{m_{cs3} - m_{cs1}}{m_{cs1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (40)$$

式中:

S_{cs} —— 吸水率;

m_{cs3} —— 饱水状态试件在空气中的质量,单位为克(g);

m_{cs1} —— 干燥状态下试件质量,单位为克(g)。



6.3.4.3 表观密度

表观密度按式(41)计算,结果修约至 0.01%:

$$\rho_{cs} = \frac{m_{cs1} \rho_{H_2O}}{m_{cs3} - m_{cs2}} \quad \dots\dots\dots (41)$$

式中:

ρ_{cs} —— 表观密度,单位为克每立方厘米(g/cm³);

m_{cs1} —— 干燥状态下试件质量,单位为克(g);

ρ_{H_2O} —— 水的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³),取 1 g/cm³;

m_{cs3} —— 饱水状态试件在空气中的质量,单位为克(g);

m_{cs2} —— 饱水状态试件在水中的质量,单位为克(g)。

6.3.4.4 孔隙率

孔隙率按式(42)计算,结果修约至 0.1%:

$$P_{cs} = \frac{m_{cs3} - m_{cs1}}{m_{cs3} - m_{cs2}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (42)$$

式中:

P_{cs} —— 孔隙率;

m_{cs3} —— 饱水试件在空气中的质量,单位为克(g);

m_{cs1} —— 干燥状态下试件的质量,单位为克(g);

m_{cs2} —— 饱水试件在水中的质量,单位为克(g)。

6.4 不透水性

6.4.1 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- a) 波瓦试验用围水框架。两端边带有与波瓦弧形相吻合波形的长方形围框,内框长度 1 000 mm,高 40 mm;宽度:小波瓦为 6 个波距,中波瓦、九波瓦为 4 个波距,大波瓦为 3 个波距。
- b) 钢直尺:分度值 1 mm。
- c) 温度计:分度值 1 ℃。
- d) 恒温试验室:试验室温度控制在(23±5)℃,相对湿度大于 50%。

- e) 密封胶:非水溶性密封胶。
- f) 温湿度计:分度值 1℃。

6.4.2 试件

6.4.2.1 试件数量及试件尺寸、数量见表 16。

6.4.2.2 试件处理:将制备好的试件置于室内自然通风条件下 7 d。

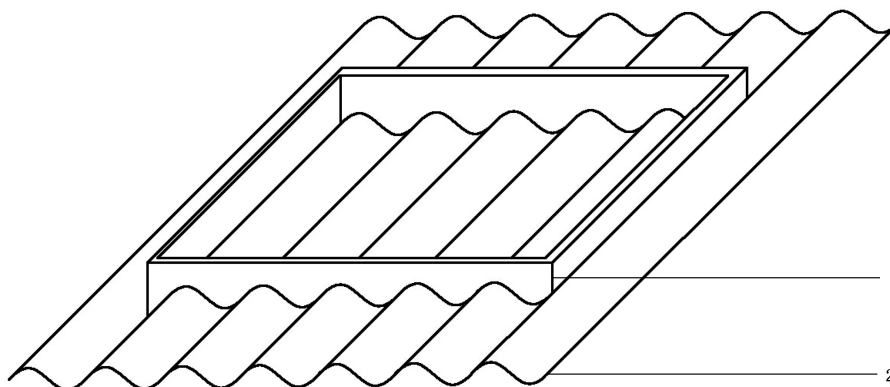
表 16 不透水性试件尺寸及数量

产品	长度/mm	宽度/mm	试样数量/张
波瓦	≥1 200 或整张瓦	整张瓦宽	2
半波板	≥1 200	整张瓦宽	2

6.4.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 试验在温度为(23±5)℃,相对湿度大于 50%的室内进行;
- b) 将试件正面朝上水平放置,围水框架弧形面与试件波形对应放置,在接触面用玻璃密封胶完全密封,确保不渗水(见图 42);
- c) 待密封胶已经完全干燥,将自来水注入框架,至水面高出波顶 20 mm 并保持,水温为(5~30)℃。



标引序号说明:

- 1——围水框;
- 2——波瓦。

图 42 波瓦不透水性试验示意图

6.4.4 试验结果

试验 24 h 后检查波瓦反面是否出现湿痕或水滴并记录。

6.5 抗冻性

6.5.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 低温箱:最低温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 水箱:温度可控制在 $(23\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水箱,体积应能保证试件完全浸没在水中,保持水面高度高出试件 20 mm ;
- c) 试验架:能确保试件侧立于试验架上,试件之间保持 20 mm 的间隔;
- d) 温度计:分度值 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.5.2 试件

从波瓦、半波板上按表 17 尺寸在距试样边缘 200 mm 处的中间对称位置切取。如需进行冻融后强度损失率试验,应需加倍取样,一组做冻融循环试件,一组做对比试件。

表 17 抗冻性试验试件数量及尺寸

种类		长度/mm	宽度/mm	试样数量/张	每张试样切割试件数量/个
波瓦	波距	$\geq 130\text{ mm}$	300 ± 5	1 个波距 ± 5	2
		$< 130\text{ mm}$		2 个波距 ± 5	2
半波板		300 ± 5	200 ± 5	2	2

6.5.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 将试件调整至表 1 规定的饱水状态,取出检查是否有因切割而引起的缺陷。做好检查记录。
- b) 浸泡后的试件用湿布擦干后,侧立在试件架上,将其放入冷冻箱内冷冻,冷冻起始时间从达到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始计时,并保持在 $(-20\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷冻时间为 1.5 h 。
- c) 达到冷冻时间后,取出试件立即放入 $(23\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中融化,融化时间 1 h 。
- d) 冻—融 1 次为 1 个循环。
- e) 因试验条件等原因造成无法连续循环试验时,允许试件在循环之间放置在水中浸泡,时间最长不超过 72 h 。

6.5.4 试验结果评定

6.5.4.1 反复冻融至产品标准规定的冻融次数(若产品标准未作规定,则可取 25 次),每次浸水融化后,用湿布擦干,检查试件有无起层和龟裂等破坏现象。当试验未达标准规定的循环次数而试件发生起层和龟裂等破坏现象,并能明确做出判定时,可中止试验,并记录循环次数。

6.5.4.2 冻融循环结束后,如需进行冻融后强度损失率试验,则按 5.7 进行抗折强度试验,冻融后抗折强度与对比试件抗折强度比为强度损失率,结果修约至 0.1% 。

6.6 抗折强度

6.6.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 万能材料试验机:分度值 5 N ,精度 $\pm 1\%$;
- b) 上压板: $230\text{ mm}\times 1\ 000\text{ mm}$,下支座: $50\text{ mm}\times 1\ 000\text{ mm}$,压板及支座与试件接触面用厚

10 mm 的毛毡粘贴,且粘贴平整;

- c) 钢卷尺:分度值 1 mm;
- d) 钢直尺:分度值 1 mm;
- e) 壁厚千分尺:分度值 0.01 mm。

6.6.2 试件

试验支距及试件尺寸见表 18。波瓦横向抗折试件取整张瓦,纵向抗折试件在做完横向抗折试验的试件上割取。试件的试验状态根据产品标准的规定执行。

表 18 波瓦抗折试验支距及试件尺寸

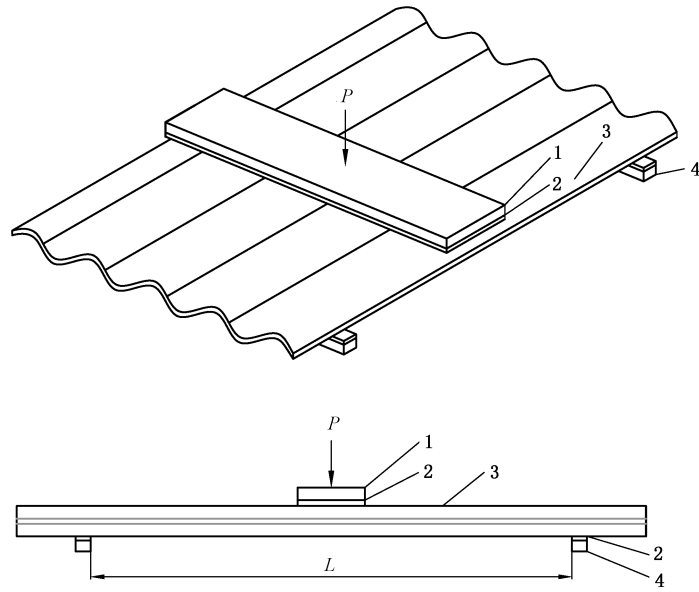
产品品种	试验项目	支距(L_{cs})	试件尺寸	试样数量及试件数量
中波瓦、小波瓦	横向抗折力	850 mm	整张瓦	试样数量按产品标准规定的抽样数量确定
钢丝网中波瓦、九波瓦		1 500 mm		
钢丝网小波瓦		850 mm		
大波瓦		1 350 mm		
小波瓦、钢丝网小波瓦	纵向抗折力	8 个波距	瓦宽×500 mm	
中波瓦、钢丝网中波瓦		4 个波距	瓦宽×500 mm	
九波瓦		7 个波距	瓦宽×500 mm	
大波瓦		4 个波距	瓦宽×500 mm	
半波板	横向抗折力	1 150 mm	整张瓦	
注 1: 横向抗折试验支距 L_{cs} 为支座间净支距。 注 2: 支距及试件尺寸公差为±1 mm。				

6.6.3 试验方法

6.6.3.1 横向抗折

6.6.3.1.1 将试件正面朝上平置于预先调整好支距的支座上,下支座与波瓦长度方向垂直(见图 43)。以每秒(60~100) N 的速度均匀加荷直至试件断裂,记录最大破坏荷载 P_{esh} ,精确至 5 N。

6.6.3.1.2 用钢卷尺测量试件断裂处的宽度,精确至 1 mm。



标引说明：

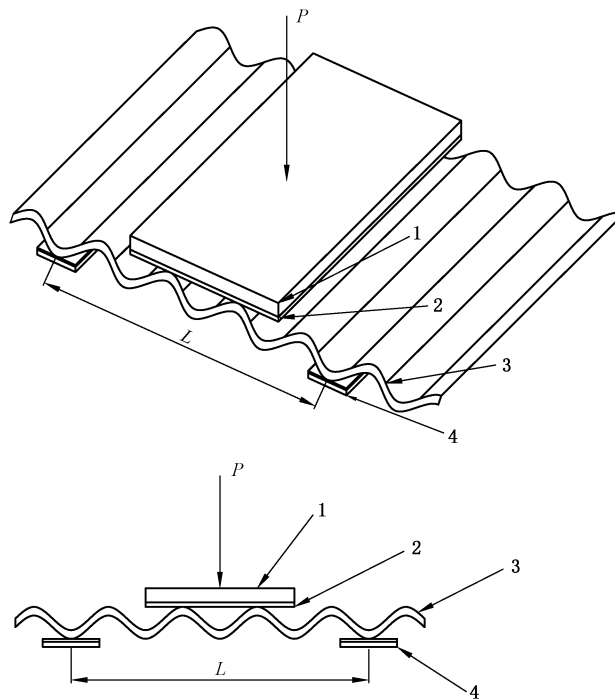
- 1 —— 上压板；
- 2 —— 毛毡；
- 3 —— 波瓦；
- 4 —— 下支座；
- P —— 荷载；
- L —— 支距。

图 43 波瓦横向抗折

6.6.3.2 纵向抗折

6.6.3.2.1 将试件正面朝上,使试件波谷支撑在支座上,下支座与试件宽度方向平行,见图 44。在 $(15\sim 30)$ s 内断裂,记录最大破坏荷载 P_{csv} ,精确至 5 N。

6.6.3.2.2 用钢卷尺测量试件断裂处的宽度,精确至 1 mm。



标引说明:

- 1 —— 上压板;
- 2 —— 毛毡;
- 3 —— 波瓦;
- 4 —— 下支梁;
- P —— 荷载;
- L —— 支距。

图 44 波瓦纵向抗折

6.6.4 结果计算

6.6.4.1 横向抗折力

横向抗折力按式(43)计算,结果修约至 10 N/m:

$$F_{\text{csh}} = \frac{P_{\text{csh}}}{b_{\text{csh}}} \times 103 \dots\dots\dots(43)$$

式中:

- F_{csh} —— 每米宽横向抗折力,单位为牛每米(N/m);
- P_{csh} —— 破坏荷载,单位为牛(N);
- b_{csh} —— 试件断裂处宽度,单位为毫米(mm)。

6.6.4.2 纵向抗折力

纵向抗折力按式(44)计算,结果修约至 10 N/m:

$$F_{\text{csv}} = \frac{P_{\text{csv}}}{b_{\text{csv}}} \times 500 \dots\dots\dots(44)$$

式中：

F_{CSV} ——纵向抗折力，单位为牛(N)；

P_{CSV} ——破坏荷载，单位为牛(N)；

b_{CSV} ——试件断裂处宽度，单位为毫米(mm)。

6.7 落锤法抗冲击性

6.7.1 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- 钢卷尺：分度值 1 mm。
- 钢直尺：分度值 1 mm。
- 游标卡尺：分度值 0.02 mm。
- 落锤式冲击试验机：试验机应保证固定试件的平台能前后滑动调整，茄形锤上下高度可调，并能自由释放。支座为宽 50 mm 的两根钢平面支座，长度略大于波瓦的宽度，其上垫厚度为 10 mm 的木条，支座上有固定试件的夹紧装置。
- 落锤：茄形锤，表面淬火处理，质量为 $(1\ 000 \pm 10)$ g。外形尺寸见图 45。
- 框式水平仪：规格 250 mm×250 mm。

单位为毫米

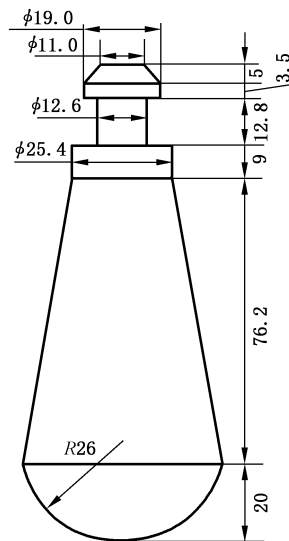


图 45 茄形锤

6.7.2 试样

试件为整张波瓦。试件数量为 2 张。

6.7.3 试验步骤

试验步骤如下：

- 用框式水平仪校正冲击试验台面，使两支座处于同一水平面，调整支距，使两支座的中心距为 800 mm；

- b) 将波瓦正面朝上,平放在支座上,在支座对应的波瓦正面处安放木条,利用夹紧装置,将试样固定在支座上;
- c) 在茄形锤固定处悬挂线锤,摇动支座平台,调整波瓦波顶对正线锤尖顶处;
- d) 安放好茄形锤,用钢卷尺测量锤子底部圆顶与波瓦波顶的距离,转动茄形锤上下调整旋钮,达到冲击点至冲击锤底部圆顶的距离为 1 200 mm;
- e) 释放茄形锤;
- f) 按产品标准规定的次数进行重复冲击。

6.7.4 试验结果

在自然光线的条件下,距离冲击点 60 cm 处用肉眼检查试样正反面是否有裂纹、剥落、龟裂等破坏现象,并做记录。

7 脊瓦

7.1 规格尺寸和形状偏差

7.1.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 钢卷尺:分度值 1 mm;
- b) 壁厚千分尺:分度值 0.2 mm;
- c) 角度规:分度值 0.2°。

7.1.2 试验方法

7.1.2.1 长度

用钢卷尺在脊瓦两边中部,各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm。

7.1.2.2 宽度

用钢卷尺在脊瓦长度方向离端部三分之一处,各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 1 mm。

7.1.2.3 厚度

用壁厚千分尺在脊瓦两边中部,各测量一次,取两次测量的算术平均值,结果修约至 0.1 mm。

7.1.2.4 脊瓦角度

把角度规一边紧靠脊瓦外边一面,调整角度规使其另一边与脊瓦另一面紧密接触,读取角度规读数。

7.2 含水率、吸水率、表观密度及孔隙率

7.2.1 仪器设备

仪器设备同 6.3.1。

7.2.2 试件

7.2.2.1 试件尺寸与数量

试件尺寸及数量按表 19 的规定。

表 19 含水率、吸水率、表观密度及孔隙率的试件尺寸及数量

项目	长度/mm	宽度/mm	试样数量	每张试样切割试件数量/个
含水率、吸水率、 表观密度及孔隙率	80±1	80±1	2	2

7.2.2.2 试件的制备

7.2.2.2.1 取样：在距板边 30 mm 以上的中间对称位置切取。

7.2.2.2.2 试件应无肉眼可见裂纹，表面无灰尘及细碎颗粒，无切取试件造成的裂纹、分层、缺角等缺陷。

7.2.2.3 试验步骤

同 6.3.3。

7.2.2.4 试验结果

同 6.3.4。

7.3 抗冻性

7.3.1 仪器设备

同 6.5.1。

7.3.2 试件的制备

从脊瓦上按表 20 规定的尺寸在距试样边缘 200 mm 处的中间对称位置切取。如需进行冻融后强度损失率试验，应加倍取样，一组做冻融循环试件，一组做对比试件。

表 20 抗冻性试验试件尺寸及数量

项目	长度/mm	宽度/mm	试样数量/张	每张试样切割试件数量/个
脊瓦	100±1	150±1	2	2

7.3.3 试验步骤

见 6.5.3。

7.4 破坏荷重

7.4.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 万能材料试验机:分度值 5 N,精度±1%;
- b) 支压板:下支座均为钢质平板,上压板与试件之间应垫放长度大于脊瓦平直区全长、宽 50 mm、高度为 30 mm 的硬质木条;
- c) 钢卷尺:量程 5 000 mm,分度值 1 mm;
- d) 钢直尺:量程 1 000 mm,分度值 1 mm;
- e) 壁厚千分尺:量程 25 mm,分度值 0.01 mm。

7.4.2 试件

试验支距及试件尺寸见表 21。脊瓦破坏荷重试件取整张瓦。试件的试验状态根据产品标准的规定执行。

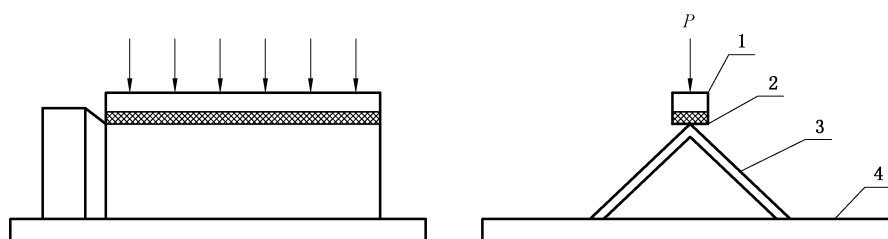
表 21 抗折试验支距及试件尺寸

产品	支距 L_r	试件尺寸	试样数量及试件数量
脊瓦	平置	整张瓦	试样数量按产品标准规定的抽样数量确定。 每张试样即为一个试件

7.4.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将试件调整至表 1 规定的饱水状态;
- b) 将试件平置于钢板上,使脊瓦轴线与压板轴线重合,控制加荷速度使试件在(15~30) s 内被破坏,读取破坏荷载,精确至 1 N,见图 46。



标引说明:

- 1 —— 上支梁;
- 2 —— 毛毡;
- 3 —— 脊瓦;
- 4 —— 钢板;
- P —— 荷载。

图 46 脊瓦破坏荷重试验

8 纤维水泥管

8.1 规格尺寸和形状偏差

8.1.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 钢卷尺:量程 5 000 mm,分度值 1 mm;
- b) 钢直尺:量程 1 000 mm,分度值 1 mm;
- c) 游标卡尺:量程 500 mm,分度值 0.2 mm;
- d) 试通器:管段长度为 $(1\ 000 \pm 1)$ mm,两头为半球形的钢管,外径为试样内径 -2 mm(见图 47);
- e) 垫块:20 mm \times 10 mm \times 10 mm 的钢质垫块。

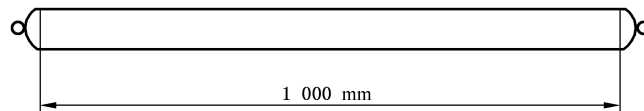


图 47 试通器

8.1.2 试验方法

8.1.2.1 长度

将试验管平放在操作平台上,用钢卷尺在管子轴向对称位置测量两次,取其算术平均值,结果修约至 1 mm。

8.1.2.2 壁厚

将试验管平放在操作平台上,用游标卡尺在管子两端垂直对称位置测量两次,共得 4 个数值,取 4 个数值的算术平均值,结果修约至 0.1 mm。

8.1.2.3 内径、外径

将试验管平放在操作平台上,用游标卡尺在管子两端垂直对称方向各测量两次,共得 4 个数值,取 4 个数值的算术平均值,结果修约至 1 mm。

8.1.2.4 弯曲度

将试验管平放在操作平台上,将两个垫块分别紧贴在管子同一侧面离两端各 5 mm 处的外表面上,在垫块上拽紧弦线,用钢直尺测量管子外表面与弦线之间的最大间隙,减去垫块厚度即为管子的弯曲度,结果修约至 1 mm。

8.1.2.5 椭圆度

用游标卡尺外卡面,按 45°角间隔测量试验管端口 4 个方向内径,取其最大值与最小值之差除以公称内径,结果修约至 0.1%。

8.1.2.6 管身弯曲

将试通器从纤维水泥管的一端送进,从另一端抽出,检查能否顺畅通过试件。

8.2 外观质量

8.2.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 钢直尺:分度值 1 mm;
- b) 深度游标卡尺:分度值 0.02 mm。

8.2.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 用钢直尺测量管子外表面伤痕和脱皮等瑕疵的长度 L_x 、最大宽度 B_{max} 和最小宽度 B_{min} ，精确至0.1 mm，见图48；

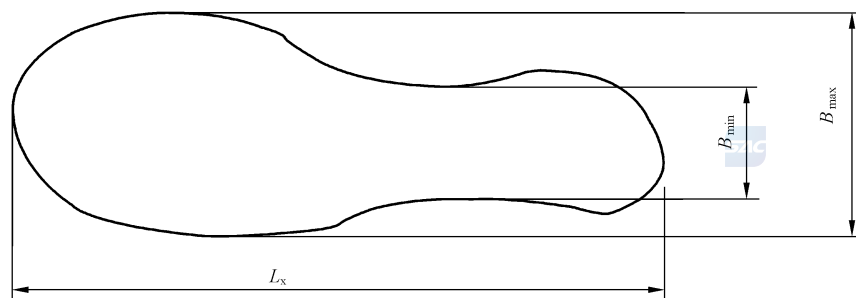


图48 瑕疵的测量

- b) 用深度游标卡尺测量瑕疵深度，精确至0.1 mm。

8.2.3 试验结果

瑕疵面积按式(45)进行计算，结果修约至0.1 mm²。

$$S_p = L_x \times \frac{B_{max} + B_{min}}{2} \dots\dots\dots (45)$$

式中：

S_p ——瑕疵面积，单位为平方毫米(mm²)；

L_x ——瑕疵长度，单位为毫米(mm)；

B_{max} ——瑕疵最大宽度，单位为毫米(mm)；

B_{min} ——瑕疵最小宽度，单位为毫米(mm)。

8.3 含水率、吸水率、表观密度及孔隙率

8.3.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 天平：分度值0.01 g；
 b) 电热鼓风干燥箱：温度可控制在(100±5)℃；
 c) 水箱：控制水温在(5~30)℃。

8.3.2 试件

8.3.2.1 试件尺寸与数量

试件尺寸及数量按表22的规定。

表22 管子的含水率、吸水率、表观密度及孔隙率的试件尺寸及数量

产品	长度/mm	宽度/mm	试样数量/根	每根试样切割试件数量/个
纤维水泥管	轴向 30±1	环向 50±1	2	2

8.3.2.2 试件的制备

8.3.2.2.1 取样:从管两端部切取。

8.3.2.2.2 试件应无肉眼可见裂纹,表面无灰尘及细碎颗粒,无切取试件造成的裂纹、分层、缺角等缺陷。

8.3.2.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 切割试件后,将试件置于室内自然通风条件下至少 7 d,用天平立即称取每个试件的质量 m_{p0} ,精确至 0.1 g;
- b) 将试件置于(105±5) °C 的干燥箱内烘干 24 h,取出置于干燥器中冷却至室温,称取试件的质量 m_{p1} ,精确至 0.1 g;
- c) 将试件放入(5~30)°C 以上的水槽中 24 h,然后将试件用夹子夹住悬吊于水中,称取试件在水中的质量 m_{p2} ,称量时试件不能接触容器壁,精确至 0.1 g;
- d) 从水中取出试件,用湿毛巾擦去试件表面附着水后立即称取饱水试件的质量 m_{p3} ,精确至 0.1 g。

8.3.3 试验结果

8.3.3.1 含水率

含水率按式(46)计算,结果修约至 0.1%:

$$W_p = \frac{m_{p0} - m_{p1}}{m_{p1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (46)$$

式中:

- W_p —— 含水率;
- m_{p0} —— 自然状态下试件质量,单位为克(g);
- m_{p1} —— 干燥状态下试件质量,单位为克(g)。

8.3.3.2 吸水率

吸水率按式(47)计算,结果修约至 0.1%:

$$S_p = \frac{m_{p3} - m_{p1}}{m_{p1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中:

- S_p —— 吸水率;
- m_{p1} —— 干燥状态试件的质量,单位为克(g);
- m_{p3} —— 饱水状态试件在空气中的质量,单位为克(g)。

8.3.3.3 表观密度

表观密度按式(48)计算,结果修约至 0.01%:

$$\rho_p = \frac{m_{p1} \rho_{H_2O}}{m_{p3} - m_{p2}} \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中:

- ρ_p —— 表观密度,单位为克每立方厘米(g/cm³);
- ρ_{H_2O} —— 水的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³),取 1 g/cm³;

- m_{p1} ——干燥状态试件的质量,单位为克(g);
 m_{p2} ——饱水试件在水中的质量,单位为克(g);
 m_{p3} ——饱水试件在空气中的质量,单位为克(g)。

8.3.3.4 孔隙率

孔隙率按式(49)计算,结果修约至 0.1%:

$$P_p = \frac{m_{p3} - m_{p1}}{m_{p3} - m_{p2}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(49)$$

式中:

- P_p ——孔隙率;
 m_{p1} ——干燥状态试件的质量,单位为克(g);
 m_{p2} ——饱水试件在水中的质量,单位为克(g);
 m_{p3} ——饱水试件在空气中的质量,单位为克(g)。

8.4 抗冻性

8.4.1 仪器设备

同 6.5.1。

8.4.2 试件

8.4.2.1 试件的尺寸与数量见表 23。

8.4.2.2 试件的制备:从管两端部切取。如需进行冻融后强度损失率试验,应需加倍取样,一组做冻融循环试验,一组做对比试件。

表 23 抗冻性试验试件尺寸及数量

产品	长度/mm	宽度/mm	试样数量/根	每张试样切割试件数量/个
纤维水泥管	200±5 管段		2	2

8.4.3 试验步骤

同 6.5.3。

8.4.4 试验结果评定

同 6.5.4。

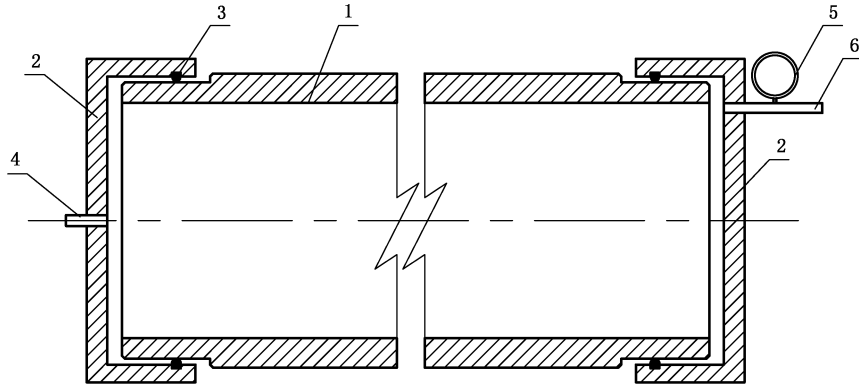
8.5 抗渗性

8.5.1 仪器设备

仪器设备包括以下几种。

- a) 水压试验装置:水压试验装置带有两个密封堵头,其中一堵头加装有进水管,进水管与加压泵相连接,另一堵头安装排气阀门及压力表以排空管子内部气体并显示水压值。堵头尺寸与试验试件相对应的管子接头相同,见图 49。采用柔性橡胶密封圈密封,密封圈内径与试验试件车削端外径相匹配,安装堵头后,堵头的顶端应保证管端密封,管子两端不承受轴向压力。

- b) 精密压力表:量程 2.5 MPa,分度值为 0.01 MPa。
- c) 秒表:分度值 0.1 s。
- d) 加压水泵:最大工作压力为 2.5 MPa。



标引序号说明:

- 1——试件;
- 2——堵头;
- 3——胶圈;
- 4——进水口;
- 5——压力表;
- 6——排气口。

图 49 抗渗试验示意图

8.5.2 试件

以整根两端经车削加工后的管子做试件,试件数量按产品标准规定确定。

8.5.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将两堵头分别安装在试件两端;
- b) 开启排气阀门,打开进水阀,注水充满管子,在排气阀门处流出水时,关闭阀门;
- c) 打开加压泵,在不少于 1 min 的时间内,使管内水压逐渐上升至标准规定的试验水压值,恒压 30 s;
- d) 关闭加压泵,打开排气阀门,卸去水压,拆除堵头。

8.5.4 试验结果

检查试样外表面是否有潮湿、水滴并记录。

8.6 抗张强度

8.6.1 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 游标卡尺:量程 500 mm,分度值 0.02 mm;
- b) 其他仪器同 8.5.1。

8.6.2 试件

8.6.2.1 在抽取的试样上,切割长 $(1\ 000\pm 10)$ mm的试件。

8.6.2.2 将切割好的管段浸入 (23 ± 5) °C的水中浸泡 48 h。

8.6.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将两堵头分别安装在试件两端;
- b) 开启排气阀门,打开进水阀,注水充满管子,在排气阀门处流出水时,排尽空气时关闭阀门;
- c) 打开加压泵,以 $(0.12\sim 0.2)$ MPa/s的升压速度加压,直至管段破裂,记录破裂时的水压 p_{p1} ;
- d) 按 8.1.2.3 的方法,用游标卡尺测量管子破坏处内径 d_{p1} 、管壁厚度 e_{p1} ,精确至 0.1 mm。

8.6.4 试验结果

按式(50)计算抗张强度,结果修约至 0.1 MPa:

$$R_{pz} = \frac{p_{p1}(d_{p1} + e_{p1})}{2 e_{p1}} \dots\dots\dots(50)$$

式中:

R_{pz} ——抗张强度,单位为兆帕(MPa);

p_{p1} ——破坏水压,单位为兆帕(MPa);

d_{p1} ——破坏处管子内径,单位为毫米(mm);

e_{p1} ——破坏处管壁厚度,单位为毫米(mm)。

8.7 抗折荷载及抗折强度

8.7.1 仪器设备

仪器设备如下:

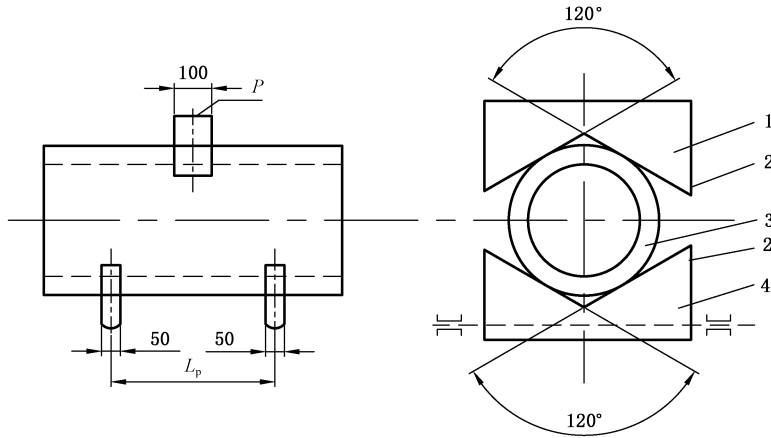
- a) 万能材料试验机:精度 $\pm 1\%$,分度值 100 N;
- b) V 字形钢制托架:支撑面为相交 120° V 字形钢制托架(见图 50);
- c) 支座:上压块宽度为 100 mm,下支座宽度为 50 mm;
- d) 橡胶垫:厚度 10 mm;
- e) 游标卡尺:量程 500 mm,分度值 0.02 mm。

8.7.2 试件

按产品标准规定的试件尺寸进行切取,并将试件调整至表 1 规定的饱水状态。

8.7.3 试验方法

采用三点加荷方法测定管子的抗折荷载及抗折强度,见图 50。



标引说明：

- 1 —— 上压块；
- 2 —— 橡胶垫；
- 3 —— 试件；
- 4 —— 下支座；
- P —— 施加荷载；
- L_p —— 支距。

图 50 管子抗折试验示意图

8.7.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 按产品标准规定抗折支距 L_{sp} 调整钢制托架的中心间距；
- b) 在管段中部及两侧支点上放上钢制托架，管段与托架、压板间垫上 10 mm 厚橡胶板；
- c) 开动材料试验机，以 (400~600) N/s 的速度加荷至产品标准规定的最小抗折荷载值时，管子不应折断；
- d) 继续均匀加荷，直至管段折断，记录破坏荷载 P_{pf} ，读数精确至 100 N；
- e) 按 8.1.2.3 的方法，用游标卡尺测量管子破坏处距离断裂边缘 (5~10) mm 范围内试件的内径 d_{p2} 、管壁厚度 e_{p2} ，精确到 0.1 mm。

8.7.5 试验结果

抗折强度按式(51)计算，结果修约至 0.1 MPa：

$$R_{pf} = \frac{8 L_{sp}}{\pi} \times \frac{P_{pf} (d_{p2} + 2 e_{p2})}{(d_{p2} + 2 e_{p2})^4 - d_{p2}^4} \dots\dots\dots (51)$$

式中：

- R_{pf} —— 抗折强度，单位为兆帕(MPa)；
- P_{pf} —— 破坏荷载，单位为牛(N)；
- d_{p2} —— 管段实际内径，单位为毫米(mm)；
- L_{sp} —— 试验中心支距，单位为毫米(mm)；
- e_{p2} —— 断裂处管壁厚度，单位为毫米(mm)。

8.8 外压荷载及外压强度

8.8.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 万能材料试验机:分度值 100 N;
- b) V 字形钢制托架:下支座受压面为相交 150°V 字形钢制托架(见图 51);
- c) 上压块尺寸见表 24;
- d) 橡胶垫:厚度 10 mm;
- e) 游标卡尺:分度值 0.02 mm;
- f) 钢卷尺:分度值 1 mm。

表 24 纤维水泥管外压上压块尺寸

单位为毫米

纤维水泥管公称直径	≤350	351~499	500	501~800	>800
长度	320				
宽度	35	50	60	85	105
厚度	50				
注: 试件尺寸的公差为±1。					

8.8.2 试件

在所抽的试样中切取长为 300 mm 的试件,并将试件调整至表 1 规定的饱水状态。

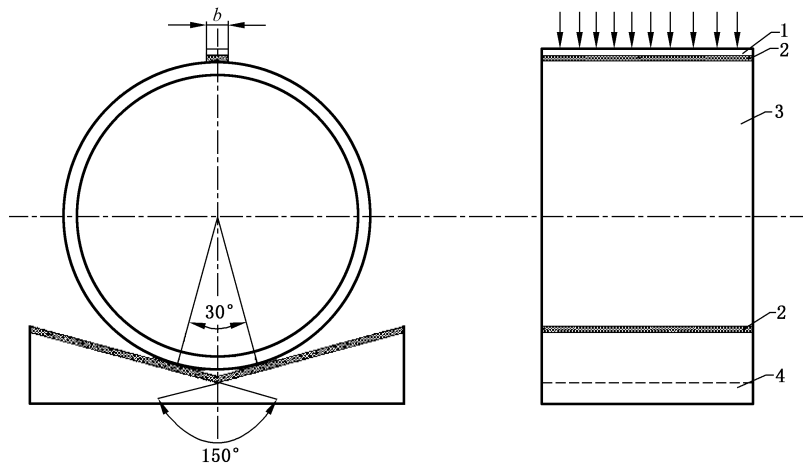
8.8.3 试验方法

采用管子长度方向三点加荷的方法进行试验。加荷试验见图 51。

8.8.4 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- a) 将预先置于(23±5)℃的水中浸泡 48 h 的试件取出,用湿布擦净浮水,用钢卷尺测量试件的长度 L_p ,精确至 1 mm;按 8.1.2.3 的方法,用游标卡尺测量管子内径 d_{oi} 。
- b) 按图 51 所示,将试件安放在预先放置好橡胶板的 V 字形托架上。
- c) 移动 V 字形托架,将 V 字形托架放置在万能材料试验机承压台面的中心位置上,使试件的中心点与试验机的中心点吻合。
- d) 在管子受压线上放置橡胶板,橡胶板上安放好上压块。
- e) 开启试验机,以(400~600)N/s 速度加荷至产品标准规定的最小外压荷载值时,管子不应破坏。
- f) 继续匀速加荷,直至管段破坏,记录破坏荷载 P_{pl} ,精确至 100 N。
- g) 用游标卡尺在试件两端及中间测量管子破坏处管壁厚度 e_p ,精确至 0.1 mm。



标引说明：

- 1——上支梁；
- 2——胶垫；
- 3——管子；
- 4——钢制 V 字形托架；
- b*——上压块宽度。

图 51 管子外压试验示意图

8.8.5 试验结果

外压强度按式(52)计算,结果修约至 0.1 MPa:

$$R_o = 0.3 \times \frac{P_{pl} (3 d_{oi} + 5 e_p)}{L_p e_p^2} \dots\dots\dots (52)$$

式中：

- R_o —— 外压强度,单位为兆帕(MPa);
- P_{pl} —— 破坏荷载,单位为牛(N);
- d_{oi} —— 试件实际内径,单位为毫米(mm);
- e_p —— 试件破裂处实际壁厚,单位为毫米(mm);
- L_p —— 试件长度,单位为毫米(mm)。

8.9 轴向抗压强度

8.9.1 仪器设备

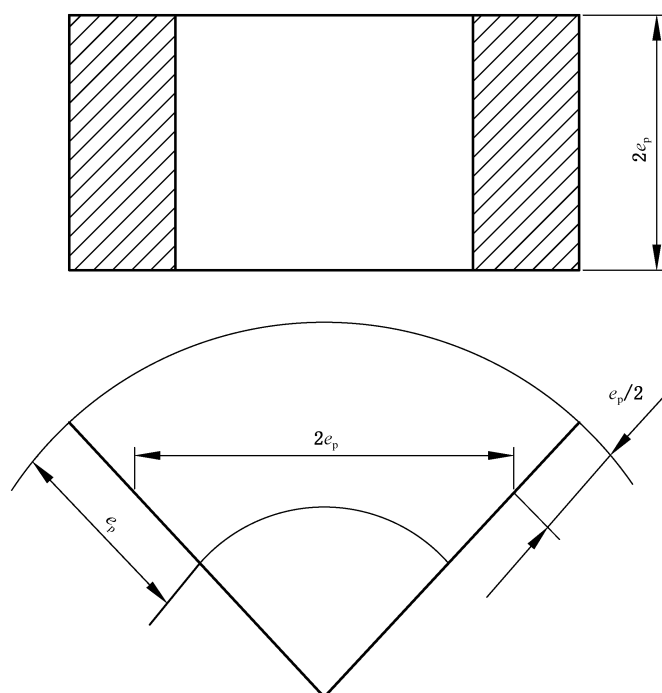
仪器设备如下：

- a) 万能材料试验机:分度值 100 N;
- b) 游标卡尺:分度值 0.02 mm。

8.9.2 试件

8.9.2.1 在每根试件管子的两端切取规格为 $2e_p \times 2e_p$ (见图 52)的试件各 2 块。试件两端断面应加工成互相平行并与轴向垂直的平面。

8.9.2.2 将试件放置在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的水中浸泡 48 h,取出用湿布擦净浮水后,用游标卡尺测量试件的管壁厚度。



标引符号说明：
 e_p ——管壁厚度。

图 52 管子轴向抗压试验试件

8.9.3 试验步骤

试验包括以下几个步骤。

- 用软布擦净试验机上下承压平面。
- 将试件竖向放在材料试验机下支撑平台中心位置，试件端面与加压板之间不应垫放毛毡或橡胶板。
- 开启试验机，并以(400~600) N/s 速度加荷，直至试件破坏。记录破坏荷载 P_{pa} ，精确到 100 N。
- 用游标卡尺测量试件破坏处实际壁厚 e_{pa} ，精确至 1 mm。

8.9.4 试验结果

管子轴向抗压强度按式(53)计算，结果修约至 0.1 MPa。

$$F_p = \frac{P_{pa}}{e_{pa} \times 2 e_p} \dots\dots\dots(53)$$

式中：

- F_p ——轴向抗压强度，单位为兆帕(MPa)；
 P_{pa} ——破坏荷载，单位为牛顿(N)；
 e_{pa} ——试件实际管壁厚度，单位为毫米(mm)。

8.10 耐酸、碱腐蚀快速试验方法

8.10.1 试剂制备

分别配制体积分数为 10% H_2SO_4 、 HCl 、 HNO_3 溶液各约 250 mL，然后将三种溶液混合。再配制

质量分数为 10% 的 NaOH 溶液约 600 mL。

8.10.2 试验条件

8.10.2.1 耐酸、碱腐蚀试验应在通风柜内进行。

8.10.2.2 试验环境条件:室温(10~35) °C。

8.10.3 仪器设备

仪器设备如下:

- a) 电热恒温干燥箱:300 °C,分度值 1 °C;
- b) 电子分析天平:分度值 1 mg;
- c) 玻璃烧杯:1 000 mL;
- d) 可调温电炉;
- e) 不锈钢钳子。

8.10.4 试件



沿管子环向与长度方向切取约(30±1)mm×(30±1)mm 的试件 6 块,耐酸、耐碱各 3 块。试件厚度为管子壁厚。

8.10.5 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将试件置于电热恒温干燥箱中,在(105±5)°C 下烘干至恒重,称重并记录 m_{a1} ,精确至 1 mg;
- b) 将试件依次分别置于配制好的混合酸溶液、碱溶液中,将烧杯置于可调节温度的电炉上,保持微沸腾状态约 2 h;
- c) 取出试件,用蒸馏水冲洗试件,转入电热恒温干燥箱中将试件烘干至恒重,称量并记录 m_{a2} ,精确至 1 mg。

8.10.6 质量损失率计算

质量损失率按式(54)计算:

$$a = \frac{m_{a1} - m_{a2}}{m_{a1}} \times 100\% \dots\dots\dots (54)$$

式中:

- a —— 质量损失率;
- m_{a1} —— 试验前试件质量,单位为毫克(mg);
- m_{a2} —— 烘干后试件质量,单位为毫克(mg)。

8.10.7 试验结果和数据处理

当 3 个试件质量损失率的最大值和最小值相对误差不大于 5% 时,3 个试件的算术平均值为试验结果,否则应重新进行试验。质量损失率平均值修约至 0.1%。

9 数值处理与试验报告

9.1 数值修约

按 GB/T 8170 中规定的数值修约规则进行修约。

9.2 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 标注依据本文件进行试验，即 GB/T 7019—2024；
 - b) 送样单位及产品名称；
 - c) 试验场所的试验温度和条件；
 - d) 试验项目名称；
 - e) 试样及试件编号、规格及数量；
 - f) 试验用主要仪器设备；
 - g) 试验结果；
 - h) 试验单位、试验人员、试验日期及其他。
-

