

附件5：

ICS 55.180.10

CCS A 85

团 体 标 准

T/CCIASD XXXXX—XXXX

保温集装箱发泡三明治板力学性能测试规范

Test Specification for Mechanical Properties of Thermal Container Sandwich Board

（征求意见稿）

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国集装箱行业协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工具及抽样 1

5 试样加工及检验 1

6 力学性能试验 2

附录 A（资料性） 自制夹具尺寸图示 9

附录 B（资料性） 常温平拉试验图示和表格 10

附录 C（资料性） 常温侧拉试验图示和表格 13

附录 D（资料性） 常温平压试验图示 16

附录 E（资料性） 常温侧压试验图示和表格 18

附录 F（资料性） 常温三点弯曲试验图示和表格 19

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。

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。

本文件由中国集装箱行业协会提出并归口。

本文件起草单位：上海寰宇物流科技有限公司、上海寰宇物流装备有限公司、南通大学、寰宇东方国际集装箱（启东）有限公司、寰宇东方国际集装箱（青岛）有限公司、南通中集元能集成科技有限公司、青岛中集冷藏箱制造有限公司、青岛中集特种冷藏设备有限公司、广西六万山林业有限公司。

本文件主要起草人：沈彦杰、许小敏、臧传文、崔海阔、蒋仲、陈晨、陆宏、曹小建、秦翰、姚潞、齐金祥、黄红珍、黄刘洋、孙建顺、侯甲明、庄兴民、姜晓明、黄舒其。

保温集装箱发泡三明治板力学性能测试规范

1 范围

本文件规定了保温集装箱发泡三明治板力学性能测试的术语和定义、工具及抽样、试样加工及检验、力学性能试验的要求。

本文件适用于保温集装箱发泡三明治板的材料本构研究以及设计试制阶段、批量生产阶段的力学性能评估。

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 1446—2005 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 1454—2021 夹层结构侧压性能试验方法

GB/T 1456—2021 夹层结构弯曲性能试验方法

GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 8813—2020 硬质泡沫塑料 压缩性能的测定

3 术语和定义

GB/T 1454—2021、GB/T 1456—2021、GB/T 8813—2020界定的术语和定义适用于本文件。

4 工具及抽样

4.1 工具

本文件中的检验、试验项目采用下列工具：

- a) 游标卡尺；
- b) 引伸计；
- c) 自制夹具（钢制，材质屈服强度不低于235MPa），尺寸见A.1；
- d) 万能试验机（试验机应符合GB/T 1446—2005中5的规定）。

4.2 抽样

抽样方法应符合GB/T 2828.1—2012。

5 试样加工及检验

5.1 试样加工

本文件各项试验涉及的发泡三明治板试样在加工时宜符合以下要求：

- a) 采用实际生产场景下的工艺和设备制备整板，通过对整板裁切得到各类试样；
- b) 整板的泡体及面板厚度与要研究的保温集装箱对应壁面的泡体和面板厚度保持一致。

5.2 试样外观检验

通过目视检验发泡三明治板试样外观，确认试样外观符合下列要求：

- a) 泡沫芯体无溢出；
- b) 泡体边缘与面板齐平；
- c) 泡体发泡均匀无结块；
- d) 面板与泡体粘接良好，无开胶现象；
- e) 表面清洁光滑，无明显油迹和污迹。

5.3 试样尺寸检验

使用游标卡尺测量试样尺寸，确认试样长度、厚度等符合公差要求。

6 力学性能试验

6.1 常温平拉试验

6.1.1 试样制备

常温平拉试验的试样外形及尺寸如下：

- a) 试样整体外形为长方体；
- b) 试样尺寸见B.1。

6.1.2 试验辅料

试验辅料如下：

- a) 边长为50mm的正方形拉拔块（钢制，材质屈服强度不低于235MPa），为标准件，可外购（见B.2）；
- b) 直径为12mm的拉拔块连接杆（钢制，材质屈服强度不低于235MPa），为标准件，可外购（见B.3）；
- c) 油污清洁剂（宜采用酒精棉片和丙酮试剂）；
- d) 高强度胶粘剂（拉拔强度不低于5MPa）。

6.1.3 试验准备

试样准备工作步骤如下：

- a) 用油污清洁剂擦拭试样、拉拔块的待粘接区域以清除油污；
- b) 待油污清洁剂挥发后，将高强度胶粘剂均匀涂抹至试样待粘接区；
- c) 胶粘剂涂抹量以试样与拉拔块紧密贴合后有少量溢出为宜；
- d) 使用高强度胶粘剂将拉拔块与试样的上下面板粘接；

- e) 对粘接面施加一定压力并保持至少24小时，等胶粘剂强度稳定再进行试验。

6.1.4 试样装夹

试样在万能试验机上的装夹步骤如下，装夹效果图见B.4：

- 将两根连接杆安装到两个拉拔块上；
- 将连接杆装夹至万能试验机的夹头中；
- 使用万能试验机自适应程序消除装配应力；
- 将万能试验机位移值和荷载值清零。

6.1.5 万能试验机参数设定

设定万能试验机的位移控制参数为2mm/min。

6.1.6 试验记录

若试样的首次破坏形式为拉拔块与试样粘接界面脱粘，则为无效试验，需重新制样以保证拉拔块与试样的粘接强度足以支撑试样发生其他形式的破坏。对试验过程做如下数据记录：

- 保存万能试验机位移数据和荷载数据，绘制荷载-位移曲线；
- 以规则化失效模式代码（二位字母代码）记录试样破坏行为，代码表见B.5。

6.1.7 试验结果处理

通过公式（1）可计算发泡三明治板的常温平拉强度：

$$\sigma_t = \frac{P}{S} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

σ_t —发泡三明治板的常温平拉强度，单位为兆帕（MPa）；

P —试样破坏时的拉力，单位为牛顿（N）；

S —试样初始横截面积，单位为平方毫米（mm²）。

6.2 常温侧拉试验

6.2.1 试样制备

常温侧拉试验的试样外形及尺寸如下：

- 试样整体外形呈哑铃状；
- 试样尺寸见C.1。

6.2.2 试验辅料

试验辅料如下：

- 厚2mm、长70mm、宽30mm的矩形牵引板（钢制，材质屈服强度不低于235MPa），用于和试样端部粘接（见C.2）；
- 长140mm、直径10mm的销轴（钢制，材质屈服强度不低于940MPa），用于连接试样和自制夹具（见C.3）；
- 油污清洁剂（宜采用酒精棉片和丙酮试剂）；

- d) 高强度胶粘剂（拉拔强度不低于5MPa）；
- e) 胶带；
- f) 橡皮筋。

6.2.3 试验准备

试样准备工作步骤如下，试验准备效果图见C.4：

- a) 用油污清洁剂擦拭试样、牵引板的待粘接区域以清除油污；
- b) 待油污清洁剂挥发后，将高强度胶粘剂均匀涂抹至试样待粘接区；
- c) 胶粘剂涂抹量以试样与牵引板紧密贴合后有少量溢出为宜；
- d) 先在试样其中一面的粘接区粘贴牵引板；
- e) 注意粘贴完第一块牵引板后先用胶带做固定，再粘贴第二块牵引板；
- f) 试样完成一面的牵引板粘贴后，对粘接区施加一定压力，等粘接剂固化再粘贴第二面的牵引板；
- g) 粘贴试样另一面的牵引板时，注意与第一面牵引板的插孔保持同轴；
- h) 试样两面的牵引板粘贴结束后，等胶粘剂强度稳定（不低于72小时）后再进行试验。

6.2.4 试样装夹

试样在万能试验机上的装夹步骤如下，装夹效果图见C.5：

- a) 将自制夹具安装至万能试验机的上夹头和下夹头；
- b) 在上夹头处，将销轴插入自制夹具和试样牵引板的插孔；
- c) 调整试验机横梁至合适高度，使下夹头处的自制夹具和试样牵引板的插孔同轴；
- d) 在下夹头处，将销轴插入自制夹具和试样牵引板的插孔；
- e) 安装引伸计，引伸计通过橡皮筋固定在试样上；
- f) 使用万能试验机自适应程序消除装配应力；
- g) 将万能试验机位移值和荷载值清零。

6.2.5 万能试验机参数设定

设定万能试验机的位移控制参数为0.5mm/min。

6.2.6 试验记录

若试样的首次破坏形式为牵引板脱粘，则为无效试验，需重新制样以确保牵引板与试样的粘接强度足以支撑试样发生其他形式的破坏，对试验过程做如下数据记录：

- a) 保存万能试验机位移数据和荷载数据，绘制荷载-位移曲线；
- b) 以规则化失效模式代码（三位字母代码）记录试样破坏行为，代码表见C.6。

6.2.7 试验结果处理

通过公式（2）可计算发泡三明治板的常温侧拉强度：

$$\sigma_b = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

σ_b —发泡三明治板的常温侧拉强度，单位为兆帕（MPa）；

6.3 常温平压试验

6.3.1 试样制备

常温平压试验的试样外形及尺寸如下：

- a) 试样整体外形为立方体，立方体的边长等于发泡三明治板厚度；
- b) 试样尺寸见D.1。

6.3.2 试验辅料

试验辅料为润滑剂。

6.3.3 试验准备

在试样的面板表面涂抹润滑剂。

6.3.4 试样装夹

试样在万能试验机上的装夹步骤如下，装夹效果图见D.2：

- a) 将试样居中放置于万能试验机上，试样面板处于水平状态；
- b) 使用万能试验机自适应程序消除装配应力；
- c) 将万能试验机位移值和荷载值清零。

6.3.5 万能试验机参数设定

设定万能试验机的位移控制参数为2mm/min。

6.3.6 试验记录

保存万能试验机位移数据和荷载数据，绘制荷载-位移曲线。

6.3.7 试验结果处理

通过公式（3）可计算发泡三明治板的常温平压强度：

$$\sigma_m = \frac{F_m}{S} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

σ_m —发泡三明治板的常温平压强度，单位为兆帕（MPa）；

F_m —相对形变小于10%时的最大压缩力，单位为牛顿（N）；

6.4 常温侧压试验

6.4.1 试样制备

常温侧压试验的试样外形及尺寸与6.3.1相同。

6.4.2 试验辅料

无需辅料。

6.4.3 试验准备

无需额外准备。

6.4.4 试样装夹

试样在万能试验机上的装夹步骤如下，装夹效果图见E.1：

- a) 将试样居中放置于万能试验机上，试样面板处于铅锤状态；
- b) 使用万能试验机自适应程序消除装配应力；
- c) 将万能试验机位移值和荷载值清零；
- d) 在试样装夹区外围设置围挡，防范试样金属面板弹出伤人。

6.4.5 万能试验机参数设定

设定万能试验机的位移控制参数为0.5mm/min。

6.4.6 试验记录

对试验过程做如下数据记录：

- a) 保存万能试验机位移数据和荷载数据，绘制荷载-位移曲线；
- b) 以规则化失效模式代码（二位字母代码）记录试样破坏行为，代码表见E.2。

6.4.7 试验结果处理

通过公式（4）可计算发泡三明治板的常温侧压强度：

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

σ_c —发泡三明治板的常温侧压强度，单位为兆帕（MPa）；

F_c —试样破坏时的压缩力，单位为牛顿（N）。

6.5 常温三点弯曲试验

6.5.1 试样制备

常温三点弯曲试验的试样外形及尺寸如下：

- a) 试样整体外形为长方体，长方体的宽和高等于发泡三明治板厚度；
- b) 试样尺寸见F.1。

6.5.2 试验辅料

润滑剂。

6.5.3 试验准备

在万能试验机压头和支撑辊涂抹润滑剂。

6.5.4 试样装夹

试样在万能试验机上的装夹步骤如下，装夹效果图见F.2：

- a) 调节试验机支撑跨距为 400mm；

- b) 将试样居中放置于万能试验机上，试样面板处于水平状态；
- c) 使用万能试验机自适应程序消除装配应力；
- d) 将万能试验机位移值和荷载值清零。

6.5.5 万能试验机参数设定

设定万能试验机的位移控制参数为5mm/min。

6.5.6 试验记录

对试验过程做如下数据记录：

- a) 保存万能试验机位移数据和荷载数据，绘制荷载-位移曲线；
- b) 以规则化失效模式代码（三位字母代码）记录试样破坏行为，代码表见F.3。

6.5.7 试验结果处理

通过公式（5）可计算发泡三明治板的常温表观弯曲强度：

$$\sigma_f = \frac{3F_{max}L}{2bh^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

σ_f —三明治板表观弯曲强度，单位为兆帕（MPa）；

F_{max} —试样承受的最大载荷，单位为牛顿（N）；

L —支撑跨距，单位为毫米（mm）；

h —试样总厚度，单位为毫米（mm）；

b —试样宽度，单位为毫米（mm）。

6.6 试验结果判定

6.6.1 样品发泡三明治板试验

若试验面向验证样品发泡三明治板的设计、工艺可行性，则试验结果判定方法如下：

- a) 为每个试验项目制备 3 个试样，从样品板件裁切得到；
- b) 若各试验项目所有试样的强度均满足力学性能要求，则判定样板合格；
- c) 若有任意一个试样强度低于力学性能要求，则判定样板不合格。

6.6.2 成品发泡三明治板试验

若试验面向验证成品发泡三明治板批量性能一致性，则试验结果判定方法如下：

- a) 从批量成品板件中随机抽取 2 个板件，对每个板件按 6.6.1 进行判定；
- b) 若 a) 判定存在不合格板件，则进行第二次随机取样，从批量成品板件中再随机抽取 3 个板件；
- c) 对第二次随机取样的每个板件以 6.6.1 为基础扩大制样数量进行判定，为每个试验项目制备 5 个试样；
- d) 若第二次取样仍存在不合格板件，则判定整批成品板件不合格；
- e) 若第二次取样的 3 个板件都合格，则判定整批成品板件合格。

6.6.3 力学性能要求

发泡三明治板的力学性能要求通常根据保温集装箱的整机力学性能要求转化得到，力学性能要求决定发泡三明治板的结构设计，对于一般用途的保温集装箱，建议的发泡三明治板最低力学性能见表1。

表 1 发泡三明治板力学性能参考

序号	试验结果	强度参数 (MPa)
1	平拉强度	≥ 0.2
2	侧拉强度	≥ 5
3	平压强度	≥ 0.25
4	侧压强度	≥ 2
5	表观弯曲强度	≥ 1.5

附录 A
(资料性)
自制夹具尺寸图示

A.1 自制夹具

自制夹具尺寸见图A.1。

单位为毫米

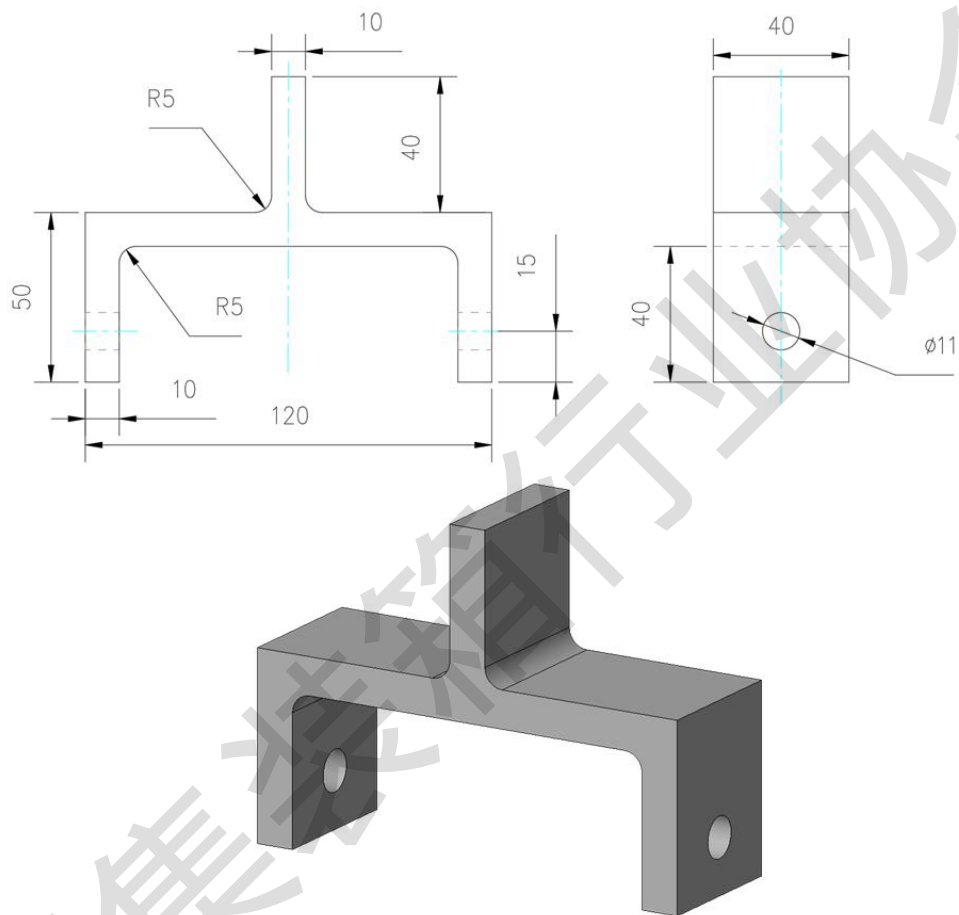


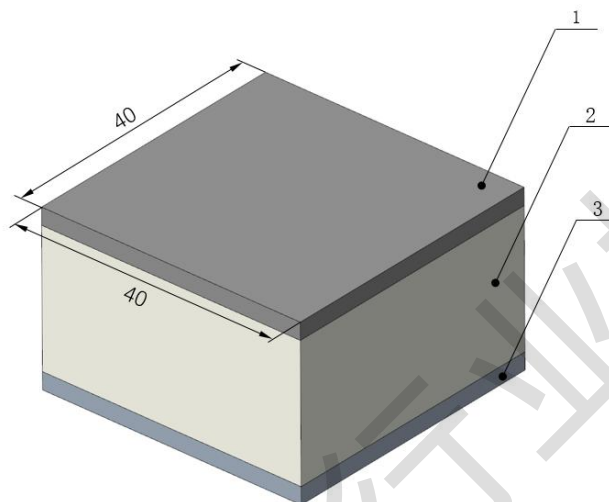
图 A.1 自制夹具尺寸

附录 B
(资料性)
常温平拉试验图示和表格

B.1 试样尺寸

试样尺寸见图B.1。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——面板
 - 2——芯材（泡体）
 - 3——面板
- 试样为长方体。

图 B.1 试样尺寸

B.2 拉拔试验拉拔块尺寸

拉拔试验拉拔块尺寸见图B.2。

单位为毫米

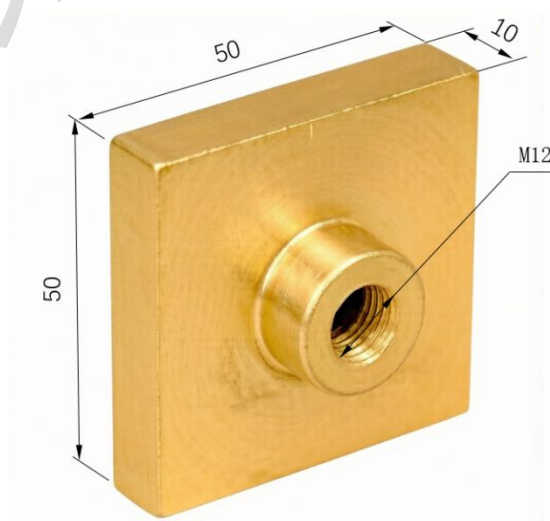


图 B.2 拉拔试验拉拔块尺寸

B.3 拉拔块连接杆尺寸

拉拔块连接杆尺寸见图B.3。

单位为毫米



图 B.3 拉拔块连接杆尺寸

B.4 试样装夹效果图

试样装夹效果见图B.4。



图 B.4 试样装夹效果

B.5 失效模式代码

失效模式代码见表B.1。以两位字母描述失效模式，第一位字母描述失效形式，第二位字母描述失效部位。例如试样只发生芯材断裂，则为芯材破坏失效，失效模式代码为CC。

表 B.1 失效模式代码

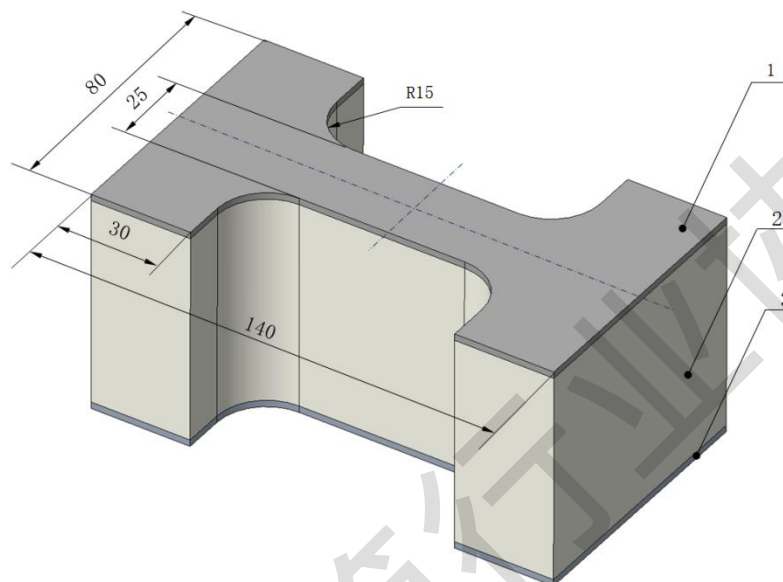
第一位字母		第二位字母	
失效形式	代码	失效部位	代码
芯材破坏	C	芯子	C
面芯脱粘	D	胶粘层	A
加载界面脱粘	F	加载界面	L
复合	M	多处	V
其他	O	未知	U

附录 C
(资料性)
常温侧拉试验图示和表格

C.1 试样尺寸

试样尺寸见图C.1。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——面板
- 2——芯材（泡体）
- 3——面板

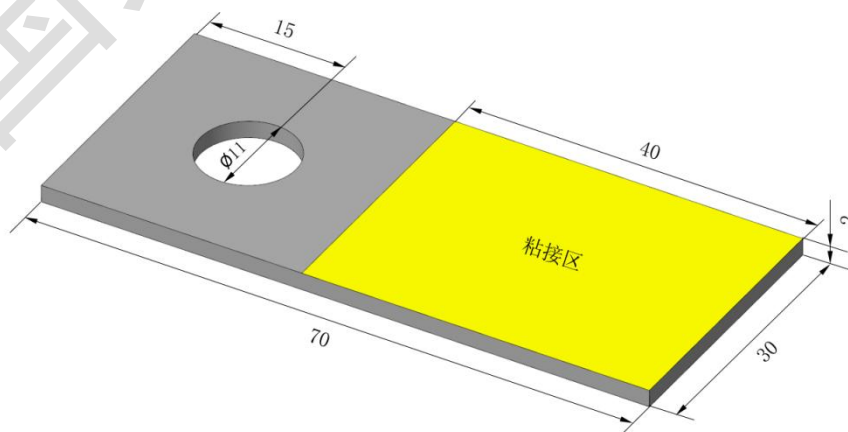
试样为哑铃形。

图 C.1 试样尺寸

C.2 矩形牵引板尺寸

矩形牵引板尺寸见图C.2。

单位为毫米



矩形牵引板黄色区域是和发泡三明治板试样的粘接区。

图 C.2 矩形牵引板尺寸

C.3 销轴尺寸

销轴尺寸见图C.3。

单位为毫米

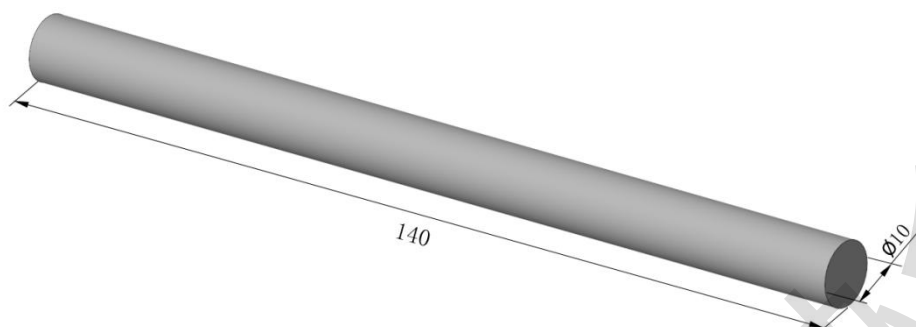


图 C.3 销轴尺寸

C.4 试验准备效果图

试验准备效果见图C.4。



图 C.4 试验准备效果

C.5 试样装夹效果图

试样装夹效果见图C.5。



图 C.5 试样装夹效果

C.6 失效模式代码

失效模式代码见表C.1。以三位字母描述失效模式，第一位字母描述失效形式，第二位字母描述失效区域，第三位字母描述失效部位。例如试样在标距范围内发生面芯脱粘，则失效模式代码为DGA。

表 C.1 失效模式代码

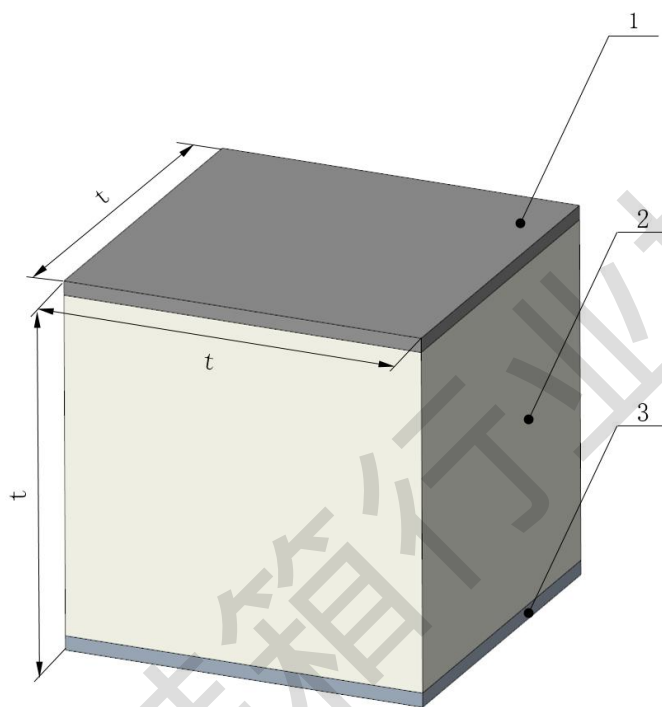
第一位字母		第二位字母		第三位字母	
失效形式	代码	失效区域	代码	失效部位	代码
面板断裂	F	端部	A	面板	F
芯子断裂	C	标距内	G	芯子	C
面芯脱粘	D	多处	V	胶粘层	A
复合	M	未知	U	多处	V
其他	O			未知	U

附录 D
(资料性)
常温平压试验图示

D.1 试样尺寸

试样尺寸见图D.1。

单位为毫米



标引序号说明：

1——面板

2——芯材（泡体）

3——面板

试样为正方体，棱边长度 t 等于发泡三明治板厚度。

图 D.1 试样尺寸

D.2 试样装夹效果图

试样装夹效果见图D.2。



图 D.2 试样装夹效果

附 录 E
(资料性)
常温侧压试验图示和表格

E.1 试样装夹效果图

试样装夹效果见图E.1。



图 E.1 试样装夹效果

E.2 失效模式代码

失效模式代码见表E.1。以两位字母描述失效模式，第一位字母描述失效形式，第二位字母描述失效部位，例如试样在一侧发生了芯子劈裂，另一侧发生了面芯脱粘，则失效模式代码为MV。

表 E.1 失效模式代码

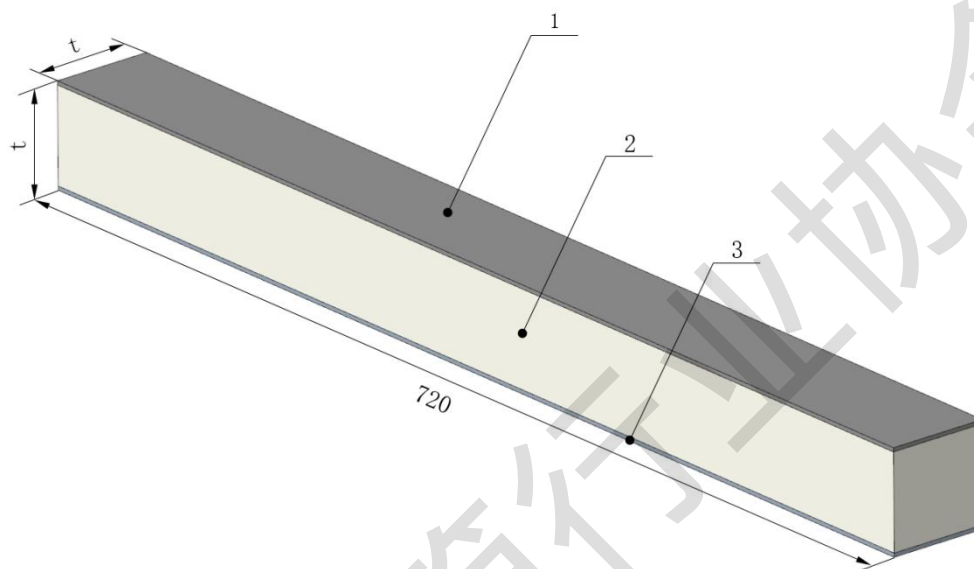
第一位字母		第二位字母	
失效形式	代码	失效部位	代码
面板屈曲	F	面板	F
芯子劈裂	C	芯子	C
面芯脱粘	D	胶粘层	A
复合	M	多处	V
其他	O	未知	U

附录 F
(资料性)
常温三点弯曲试验图示和表格

F.1 试样尺寸

试样尺寸见图F.1。

单位为毫米



标引序号说明：

1——面板

2——芯材（泡体）

3——面板

试样为长方体，宽和高 t 等于发泡三明治板厚度。

图 F.1 试样尺寸

F.2 试样装夹效果图

试样装夹效果见图F.2。



图 F.2 试样装夹效果

F.3 失效模式代码

失效模式代码见表F.1。以三位字母描述失效模式，第一位字母描述失效形式，第二位字母描述失效区域，第三位字母描述失效部位，例如试样芯体在压头和左侧支撑辊之间发生断裂，则失效模式代码为BMC。

表 F.1 失效模式代码

第一位字母		第二位字母		第三位字母	
失效形式	代码	失效区域	代码	失效部位	代码
面板屈曲	F	压头处	P	上面板	T
芯子压陷	I	支撑辊处	S	下面板	B
芯子断裂	B	力作用点中间段	M	芯子	C
面芯脱粘	D	多处	V	胶粘层	A
复合	M	未知	U	多处	V
其他	O			未知	U