



中华人民共和国国家标准

GB/T 23144—2008

纸和纸板 静态弯曲挺度的测定 通用原理

Paper and board—Determination of bending stiffness by
static methods—General principle

(ISO 5628:1990, MOD)

2008-12-30 发布

2009-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准修改采用 ISO 5628:1990(E)《纸和纸板 静态弯曲挺度的测定 通用原理》。

本标准与 ISO 5628:1990(E)相比,主要差异如下:

- 将规范性引用文件国际标准修改为已被采用的国家标准 GB/T 450 纸和纸板 试样的采取及试样纵横向、正反面的测定 (GB/T 450—2008,ISO 186:2002,MOD);
- 将规范性引用文件国际标准修改为已被采用的国家标准 GB/T 10739 纸、纸板和纸浆试样处理和试验的标准大气条件 (GB/T 10739—2002,ISO 187:1990,EQV)。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国造纸工业标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:四川长江造纸仪器有限责任公司、中国制浆造纸研究院、国家纸张质量监督检验中心、中国造纸协会标准化专业委员会。

本标准主要起草人:殷报春。

纸和纸板 静态弯曲挺度的测定 通用原理

1 范围

本标准规定了各种纸和纸板的静态弯曲挺度测定方法所应遵循的通用原理。

本标准适用于各种纸和纸板的静态弯曲挺度测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 450 纸和纸板 试样的采取及试样纵横向、正反面的测定 (GB/T 450—2008, ISO 186: 2002, MOD)

GB/T 451.3 纸和纸板厚度的测定 (GB/T 451.3—2002, ISO 534:1988, IDT)

GB/T 10739 纸、纸板和纸浆试样处理和试验的标准大气条件 (GB/T 10739—2002, ISO 187: 1990, EQV)

3 术语和定义、代号

下列术语和定义、代号适用于本标准。

3.1

弯曲挺度 bending stiffness

R

在弹性限度内,纸或纸板弯曲时单位宽度的阻力弯矩。数学定义为:

$$\frac{EI}{b}$$

式中:

E ——弹性模量,即杨氏模量;

I ——横截面对中性轴的惯性矩;

b ——横截面的宽度。

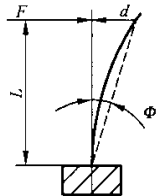
注:需要注意的是,在多层结构情况下,这一定义尚不够准确,但对于本标准的应用而言,这一定义足以满足测定要求。

4 原理

材料的弯曲挺度同材料相应方向的弹性模量(E)与其惯性矩(I)的乘积成正比。实际上,弯曲挺度更容易通过测定垂直作用于试样表面的单位宽度的力与该力引起的线性变形的比值得到。常用的有三种不同的加荷方法,图1至图3是这些方法的图解。两点加荷法适用于定量较低的材料,三点和四点加荷法则被推荐用于定量较高的材料。

对于极易弯曲的纸,应将试样平面直立进行试验。

4.1 两点加荷



通过移动弯曲测头向试样施加作用力。

L ——试验长度(弯曲长度),即试样夹顶端与弯曲测头间的距离;

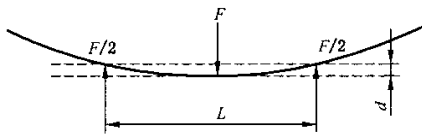
F ——通过弯曲测头施加到试样上的弯曲力;

d ——试样挠度,即弯曲测头的位移;

Φ ——弯曲角, $\Phi = \arctan(d/L)$ 。

图 1 两点加荷法原理示意图

4.2 三点加荷



通过两支撑点与位于其中间的弯曲测头的相对移动施加作用力。

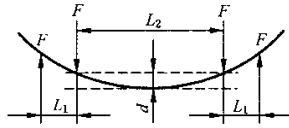
L ——两支撑点间的距离;

F ——测头测得的垂直作用于试样的弯曲力;

d ——两支撑点中间的试样挠度。

图 2 三点加荷法原理示意图

4.3 四点加荷



通过外侧的一对支撑点相对于内侧的一对支撑点移动施加作用力。

L_1 ——每一外侧支撑点与其邻近的一个内侧支撑点间的距离;

L_2 ——两个内侧支撑点间的距离;

F ——每一支撑点处未弯曲试样法线方向的力(对多数仪器,测得的力为 $2F$);

d ——位于内侧支撑点中间的试样挠度,通过两内侧支撑点与试样接触点的连线进行测定。

图 3 四点加荷法原理示意图

5 仪器

符合本标准的任何仪器都应满足以下规定。

注:仪器可由专门设计的弯曲刚度测定装置构成,也可由适合与抗张试验仪或压缩试验仪配合使用的辅助机构或支撑架构成。

推荐使用可以连续记录作用力-挠度曲线的仪器。

在某些两点加荷的仪器中,测定的是弯曲角而不是试样挠度,或者使用恒定的弯曲角。

在某些两点加荷的仪器中,测定的是弯曲力矩($M=FL$),而不是弯曲力(F)。

5.1 弯曲力的测定

弯曲力的测定应准确至读数值的 $\pm 2\%$ 。

5.2 挠度的测定

挠度的测定应准确至 $\pm 2\%$ ，并应排除施力装置变形的影响。

若挠度指示装置与施力装置分离，则挠度指示装置给试样的附加弯曲力应不超过总弯曲力的 1% 。

5.3 试验长度的测定

试验长度 L 、 L_1 和 L_2 应准确至 $\pm 1\%$ 或更高，因为这一尺寸在结果计算中表现为三次方。

5.4 弯曲力的施加速度

弯曲力的施加速度(加荷速度)在试验过程中的变化应不超过其最大值的 25% 。

5.5 试样夹

使用两点加荷法时，试样夹应在试样全宽度上垂直于试样长度的方向牢固夹紧试样，但不应过度压缩试样。

5.6 试样支撑物和测头

支撑物和测头最好在试样全宽上给出有效的线接触，并应垂直于试样。与试样接触的表面应呈圆形，其半径略小于试验过程中试样的最小曲率半径。使用这种支撑物，其接触面的曲率半径应使试样在试验过程中的长度变化不超过其未弯曲时长度的 1% 。

注：有些仪器的弯曲测头不与试样的全宽相接触。

6 仪器使用的限制条件

挺度测定应在材料的加荷-伸长曲线为线性关系的限制条件下进行。在提供作用力-挠度关系曲线的仪器中，可用曲线的初始斜率作为结果计算时的 F/d 项。无论是设定力值下的挠度测定还是设定挠度下的力值测定，都应注意不能超出线性限度。以下限度值是根据线性关系存在于 0.2% 应变以内的假说进行计算的。最大允许挠度 d_a 的极限值直接与这个极限应变值成正比例，因此对已知不同值的材料易于进行调整。

a) 两点加荷

$$d_a = \frac{1.3L^2}{t}; \Phi_a = \frac{76L}{t} \dots\dots\dots(1)$$

b) 三点加荷

$$d_a = \frac{0.33L^2}{t} \dots\dots\dots(2)$$

c) 四点加荷

$$d_a = \frac{0.5L^2}{t} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

d_a ——最大允许挠度，单位为毫米(mm)；

L ——试验长度，单位为毫米(mm)；

t ——试样厚度，单位为微米(μm)；

Φ_a ——最大允许弯曲角，单位为度($^\circ$)。

在两点 and 三点加荷情况下，还应考虑以下两项限制条件，即：

a) 计算结果时使用的纯弯曲理论，假设试样上所有点的挠度对该点到中性轴距离的一阶导数为零。严格讲这是不确切的，为确保误差小于 5% ，应采用以下约束条件：

1) 两点加荷： d_a 不大于 $0.132L$ ； Φ_a 不大于 7.5°

2) 三点加荷： d_a 不大于 $0.067L$

b) 试样剪切的影响可使纯弯曲理论失效。对于两点 and 三点加荷法，为使这一影响带来的误差保

持在 5% 以下,弯曲长度应至少为试样厚度 t 的 40 倍。

在具体的试验方法标准中,应包括对挠度极限值、弯曲速度和试样尺寸的进一步规定。

7 取样

按 GB/T 450 规定采取试样。

8 温湿处理

按 GB/T 10739 规定对试样进行温湿处理。

9 试样制备

9.1 在与试样温湿处理相同的标准大气条件下制备试样。

9.2 按第 6 章规定,从选定的样品中随机抽取样品制备试样。试样的试验区域应无皱折、可见的裂口或水印,试样应不包括距纸页或卷筒边缘 15 mm 以内的任何部分。如果试验需要包括水印,应在试验报告中注明。

9.3 一次切取一张试样。试样边缘应平直、平行,切口应整齐并无损伤。试样上应加标记,以指示试验方向和试验表面(见 10.5)。

9.4 在试样制备和以后的拿取过程中,应格外小心,避免损伤试样。当尺寸 L 为纵向时,测定的是纵向挺度。每一方向应至少裁切 10 个试样。

10 试验方法

10.1 概述

使用的试验方法在一定程度上取决于试验仪器的设计,以及在试验中是否获得力和挠度的连续记录。试验应在与试样温湿处理相同的标准大气条件下进行。

用符合 GB/T 451.3 规定的仪器测定试样厚度。

应确保试验结果不受试样卷曲的影响,尤其当试样卷曲的轴线在拟测定挺度的方向时,更是如此。

注:当仪器的调整不足以补偿试样的卷曲,而又没有适用的平直试样时,有时仍然需要以降低准确度为代价获得挺度试验结果。在这种情况下,最好在试样裁切和温湿处理之前,将卷曲纸页的外面靠在一平滑的边缘上,轻轻拉直试样。这样的操作将导致挺度值降低,如果已进行这一步骤,应在试验报告中说明。

10.2 两点加荷

选择最适宜的试验长度(弯曲长度),并相应调节仪器。

夹好试样并调节仪器,使弯曲测头恰好与试样接触。此时应没有弯曲力。

10.3 三点加荷

选择最适宜的试验长度,并相应调节仪器。

将试样放置在支撑点上,调节仪器,使固定的测头恰好与试样接触。此时应没有弯曲力。

10.4 四点加荷

选择最适宜的试验长度,并相应调节仪器。支撑点通常安排为使 $2L_1$ 与 L_2 大致相等。

试样放在下面的一对支撑点上,尽可能调节上面(里面)的一对支撑点使之恰好与试样接触。此时应没有弯曲力。

10.5 所有方法

如果仪器具有连续记录力和挠度的装置,则应进行试验直至明显偏离这两个参数间的线性关系。如果没有适用的记录装置,则应进行试验直至获得所需力或挠度值,并记录最终的力和挠度。

以材料的每一面作为弯曲的外表面,分别进行 5 次试验,并分别记录试验结果。如果各面的平均值间具有明显差别,则应分别报告每一面的平均值及变异系数。

校核试验结果,确保不超过第6章规定的极限挠度、试验长度和弹性限度。

实际上,挠度的值应为试样在其自重下产生的挠度与试验中产生的挠度之和。计算试验结果时,应采用试验中产生的挠度。

通常情况下,应使用在样品的两个基本方向(纵向或横向)上裁切的试样进行试验。

11 试验结果的表示

11.1 力-挠度曲线

如果试验中记录了力-挠度曲线,测定直线部分的斜率,并由此根据需要确定 F/d 、 F/ϕ 或 M/ϕ 。

11.2 两点加荷

11.2.1 如果已测定试样挠度 d ,弯曲挺度应按式(4)计算:

$$S = \frac{FL^3}{3db} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

S ——弯曲挺度,单位为毫牛顿米($\text{mN} \cdot \text{m}$);

F ——弯曲力,单位为牛(N);

L ——试验长度(弯曲长度),单位为毫米(mm);

b ——试验宽度,单位为毫米(mm);

d ——试样挠度,单位为毫米(mm)。

11.2.2 如果试样弯曲角 ϕ 恒定并已知或已测定,弯曲挺度应按式(5)计算:

$$S = \frac{19.1FL^2}{\phi b} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

ϕ ——弯曲角,单位为度($^\circ$)。

注:对于测定试样夹的弯曲力矩(M)的仪器,力 F 应由式(6)计算:

$$F = \frac{M}{L} \quad \dots\dots\dots (6)$$

注意给出合适的单位。

11.3 三点加荷

弯曲挺度应按式(7)计算:

$$S = \frac{FL^3}{48db} \quad \dots\dots\dots (7)$$

11.4 四点加荷

弯曲挺度应按式(8)计算:

$$S = \frac{FL_1L_2^2}{8db} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

L_1 ——外支撑点与其邻近的内支撑点之间的距离,单位为毫米(mm);

L_2 ——内支撑点之间的距离,单位为毫米(mm)。

注:应确保代入本公式的力值 F 符合4.3的定义。对于很多仪器, F 为指示力值的一半。

11.5 试验结果的单位

试验结果应以微牛顿米($\mu\text{N} \cdot \text{m}$)、毫牛顿米($\text{mN} \cdot \text{m}$)、牛顿米($\text{N} \cdot \text{m}$)或千牛顿米($\text{kN} \cdot \text{m}$)中合适的单位表示。

12 精确度

鉴于试验的精确度随仪器类型和被样种类的不同而有差异,在此不能给出此项试验精确度的通用说明。

13 试验报告

试验报告应包括以下项目：

- a) 本国家标准编号；
 - b) 试验的日期和地点；
 - c) 所用方法的原理(即两点、三点或四点加荷法)；对商用仪器，报告仪器制造厂名及型号；
 - d) 所用温湿处理条件；
 - e) 所用试验长度 L 和试样宽度；
 - f) 试验得到的挠度，对应于每一基本方向的数值应分别报告；
 - g) 符合第 6 章规定的最大允许挠度；
 - h) 每一试验方向弯曲挺度的平均值；
 - i) 试验结果的变异系数；
 - j) 对规定试验方法的任何偏离。
-