

中华人民共和国国家标准

GB/T 451.3—××××
代替 GB/T 451.3—2002

纸和纸板 第3部分：厚度的测定

Paper and board — Part 3: Determination of thickness

(ISO 534:2011, Paper and board—Determination of thickness, density and specific volume, MOD)

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2025.7)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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。

本文件是GB/T 451的第3部分。GB/T 451已经发布了以下部分：

- 纸和纸板尺寸及偏斜度的测定（GB/T 451.1）；
- 纸和纸板 第2部分：定量的测定（GB/T 451.2）；
- 纸和纸板 第3部分：厚度的测定（GB/T 451.3）。

本文件代替GB/T 451.3—2002《纸和纸板厚度的测定》，与GB/T 451.3—2002相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围（见第1章，2002年版的第1章）；
- b) 增加了单层松厚度和层积松厚度的术语和定义（见3.6和3.7）；
- c) 更改了原理表述（见第4章，2002年版的第4章）；
- d) 更改了厚度计的示值重复性误差（见表1，2002年版的表1）；
- e) 增加了厚度块规要求（见5.2）；
- f) 更改了取样（见第6章，2002年版的第6章）；
- g) 更改了试样制备（见第8章，2002年版的9.1和9.2）；
- h) 更改了厚度测定读数时间要求和层积厚度测定试验步骤（见9.2和9.3，2002年版的9.4）；
- i) 增加了厚度偏差、层积紧度、松厚度和层积松厚度的结果表示（见10.3、10.5.2和10.6）；
- j) 更改了试验报告（见第10章，2002年版的第10章）；
- k) 删除了厚度计的校准（见2002年版的第8章和附录A）。

本文件修改采用ISO 534:2011《纸和纸板 厚度、紧度和松厚度的测定》。

本文件与ISO 534:2011相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录B。

本文件与ISO 534:2011的技术差异及其原因如下：

- a) 更改了范围的表述（见第1章，ISO 534:2011的第1章），以符合我国标准文件的起草规则；
- b) 用规范性引用的GB/T 450替换了ISO 186（见第6章，ISO 534:2011的第6章），以便于行业操作；
- c) 用规范性引用的GB/T 10739替换了ISO 187（见第7章，ISO 534:2011的第7章），以便于行业操作；
- d) 更改了试样最小尺寸要求（见8.2和8.3，ISO 534:2011的8.2和8.3），以适应我国的行业现状
- e) 用规范性引用的GB/T 451.2替换了ISO 536（见9.5，ISO 534:2011的9.3.3），以便于行业操作
- f) 增加了厚度偏差的结果表示（见10.3），以便于行业操作；
- g) 增加了横幅厚度差的测定和结果表示（见9.4和10.4），以满足行业需求；
- h) 更改了试验报告的表述（见第10章，ISO 534:2011的第11章），以适应我国的行业现状；
- i) 删除了厚度测定位置要求（见ISO 534:2011的9.3.1）；
- j) 删除了厚度计的校准（见ISO 534:2011的9.2和附录A）。

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。

本文件由中国轻工业联合会提出。

本文件由全国造纸工业标准化技术委员会（SAC/TC141）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1964年首次发布为GB 451—1964；1979年第一次修订；

——1989年第二次修订为GB/T 451.3—1989；2002年第三次修订；

——本次为第四次修订。

引 言

纸和纸板是造纸工业的主要产品，广泛应用于印刷出版、包装、日常生活、特种工业等领域。GB/T 451《纸和纸板》对纸和纸板最基础的性能指标测定方法进行了规定，拟由三个部分构成。

——尺寸及偏斜度的测定。目的在于确立尺寸及偏斜度的测定方法。

——第2部分：定量的测定。目的在于确立定量的测定方法。

——第3部分：厚度的测定。目的在于确立厚度的测定方法。

纸和纸板 第3部分：厚度的测定

1 范围

本文件描述了纸和纸板厚度的测定方法，并给出了紧度和松厚度的计算方法。
本文件适用于各种单层或多层的纸和纸板厚度的测定。
本文件不适用于瓦楞纸板、卫生纸及其制品厚度的测定。
注：单层厚度和层积厚度的两种测定方法通常会产生不同的结果。

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 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 451.2 纸和纸板 第2部分：定量的测定（GB/T 451.2—2023，ISO 536:2019，MOD）
- 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—2023，ISO 187:2022，MOD）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

厚度 *thickness*
纸和纸板的两测量面间承受一定压力，从而测量出纸和纸板两表面间的距离。
[来源：GB/T 4687—2007，4.126，有修改]
注：以毫米（mm）或微米（μm）表示。

3.2

单层厚度 *single sheet thickness*
采用本文件试验方法，对单层试样施加静态负荷，从而测量出纸或纸板的厚度（3.1）。
[来源：GB/T 4687—2007，4.107，有修改]
注：单层厚度常简称为厚度。

3.3

层积厚度 *bulk thickness*
采用本文件试验方法，对多层试样施加静态负荷，从而测量出多层纸页的厚度（3.1），再计算得出单层纸的厚度。

[来源：GB/T 4687—2007，4.22，有修改]

3.4

单层紧度 sheet density

单位体积纸或纸板的质量，由单层厚度计算得出。

[来源：GB/T 4687—2007，4.106，有修改]

注1：以克每立方厘米（ g/cm^3 ）表示。

注2：单层紧度常简称为紧度。

3.5

层积紧度 bulk density

单位体积纸的质量，由层积厚度计算得出。

[来源：GB/T 4687—2007，4.21，有修改]

注：以克每立方厘米（ g/cm^3 ）表示。

3.6

单层松厚度 single sheet bulk

单层松厚度 specific sheet volume

单位质量纸和纸板的体积，由单层厚度计算得出。

注1：以立方厘米每克（ cm^3/g ）表示。

注2：单层松厚度常简称为松厚度。

3.7

层积松厚度 layered bulk

层积松厚度 specific bulk volume

单位质量纸的体积，由层积厚度计算得出。

注：以立方厘米每克（ cm^3/g ）表示。

4 原理

4.1 在规定的静态负荷下，采用符合要求的厚度计，根据试验要求测量单层厚度（3.2）或层积厚度（3.3）。

4.2 根据纸或纸板的定量和厚度，计算单层紧度（3.4）或层积紧度（3.5）。

4.3 根据纸或纸板的定量和厚度，计算单层松厚度（3.6）或层积松厚度（3.7）。

5 仪器

5.1 厚度计

厚度计装有两个互相平行的圆形测量面，将纸或纸板放入两测量面间进行测量。

厚度计测定过程中测量面间的压力应为（ 100 ± 10 ）kPa。

两个测量面组成厚度计的主体，一个测量面被固定，另一个测量面能沿其垂直方向移动。其中一个测量面的直径为（ 16.0 ± 0.5 ）mm，另一个测量面的直径不小于（ 16.0 ± 0.5 ）mm，即当厚度计读数为零时，两个测量面的整个区域相互接触，这样测定厚度时试样受压测定面积为200 mm²。

厚度计的性能要求还应符合表1的规定。

表1 厚度计的性能要求

厚度计性能	最大允许值 ^a
示值误差	±2.5 μm或±0.5%
两测量面间平行度误差	5 μm或1%
示值的重复性误差（标准偏差）	1.2 μm或0.5%
^a 厚度计性能的最大允许值是两数值中的较大者。	

5.2 厚度块规

用于校准厚度计，且其厚度应为厚度计全量程的10%、30%、50%、70%和90%。每个块规厚度值的精度为0.3 μm。

6 取样

如果试验用于评价一批样品，应按GB/T 450采取试样。如果试验用于评价其他类型的样品，应确保所取试样具有代表性。

7 试样处理

试样的处理和试验的标准大气条件按GB/T 10739规定进行。

8 试样制备

8.1 总则

在试样温湿处理相同的标准大气条件下制备试样。试样应避开可能影响测定结果的折痕、皱纹、裂口或其他纸病。

8.2 厚度

任取一张样品，沿样品横向均匀切取4片0.01 m²的试样，试样形状宜为正方形或圆形，按以上方法从5张样品上共切取至少20片试样。

如果样品尺寸有限，无法满足规定的试样尺寸时，试样尺寸应至少大于厚度计测量面的直径，并在试验报告中注明试样的测定尺寸。

8.3 层积厚度

任取一张样品，沿样品横向均匀切取4片200 mm×250 mm的试样，200 mm方向为纸的纵向（见图1），按以上方法从5张样品上共切取至少40片试样。

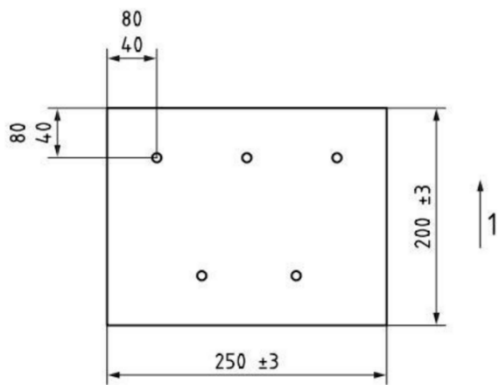
将10片试样形成一叠，至少制备4叠试样，确保每叠试样的片数相同、方向相同、尺寸相同、正反面叠放顺序一致。每片试样应独立于其余部分，不允许把样品折叠起来插入在试样当中形成两片或多片。

如果样品尺寸有限，无法满足规定的试样尺寸时，试样尺寸应至少大于厚度计测量面的直径，并在试验报告中注明试样的测定尺寸。

注：在特殊情况下，如厚纸或薄纸，或者供需双方约定时，试样层叠的片数和尺寸适当增减，并在试验报告中注明

所测纸叠片数和尺寸。

单位为毫米



图标引序号说明：

1——试样纵向

图 1 层积厚度试样尺寸和测定位置

9 试验步骤

9.1 总则

厚度计（5.1）使用之前或进行校准时，应确保厚度计两个测量面和厚度块规（5.2）清洁。

注：特别是细小纤维聚集在测量面上，会导致测定值偏高。

对于经常使用的厚度计，应定期用厚度块规（5.2）校准其示值误差和测量重复性。厚度块规校准前，应使用不掉毛的吸收材料用酒精轻轻擦拭。

9.2 厚度的测定

在第 7 章规定的标准大气条件下进行试验。

将厚度计放置于无震动的水平面上，调好零点，将试样放入厚度计张开的两个测量面间，匀速缓慢地以低于 3 mm/s 的速度将移动测量面移至试样上，避免另一测量面受到任何冲击作用。

停留 1 s~2 s 记录厚度计的读数，进行读数时，避免人为对试样或厚度计施加任何压力。

每片试样只进行一次测定，其余试样测定重复上述步骤。

9.3 层积厚度的测定

在第 7 章规定的标准大气条件下进行试验。

将厚度计放置于无震动的水平面上，将 1 叠试样放入厚度计张开的两个测量面间，测定位置见图 1，匀速缓慢地以低于 3 mm/s 的速度将可移动的测量面移至试样上，避免另一测量面受到任何冲击作用。

停留 1 s~2 s 完成读数，进行读数时，避免人为对试样或厚度计施加任何压力。

对图 1 所示的其他 4 个位置重复上述步骤测定，每个位置位于试样边缘 40 mm~80 mm 之间，并沿试样横向的两个边缘分布。

每个位置只进行一次测定，其余试样测定重复上述步骤。

9.4 横幅厚度差的测定

随机抽取一整张试样，沿纸幅横向均匀切取不少于 6 片试样，用厚度计分别测定每片试样的厚度，

每片试样测定 3 个点，取其平均值作为该片试样的测定结果。

9.5 定量的测定

如果需计算纸或纸板的紧度或松厚度，按 GB/T 451.2 规定的方法从样品中选取代表性的试样测定定量。

10 结果表示

10.1 厚度

- 10.1.1 按照 9.2 测定不少于 20 个有效值，计算平均值，结果取整数，以微米（μm）表示。
- 10.1.2 记录厚度的最大值和最小值。
- 10.1.3 计算厚度的标准偏差。

10.2 层积厚度

- 10.2.1 按照 9.3 测定不少于 12 个有效值，计算平均值，用平均值除以组成每叠试样的片数得到单层厚度，结果取整数，以微米（μm）表示。
- 10.2.2 记录层积厚度的最大值和最小值。
- 10.2.3 计算层积厚度的标准偏差。

10.3 厚度偏差

厚度偏差按公式（1）或公式（2）计算。结果取整数。

$$T_1 = \frac{T - T_0}{T_0} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

$$T_2 = T - T_0 \dots\dots\dots (2)$$

- 式中：
- T_1 ——相对厚度偏差，%；
 - T ——试样的厚度，单位为微米（μm）；
 - T_0 ——试样的标称厚度，单位为微米（μm）；
 - T_2 ——绝对厚度偏差，单位为微米（μm）。

10.4 横幅厚度差

横幅厚度差按公式（3）或（4）计算，相对横幅厚度差结果保留一位小数，绝对横幅厚度差结果取整数。

$$S_1 = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{\bar{T}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$S_2 = T_{\max} - T_{\min} \dots\dots\dots (4)$$

- 式中：
- S_1 ——相对横幅厚度差，%；
 - $G_{\max}$ ——试样厚度的最大值，单位为微米（μm）；
 - $G_{\min}$ ——试样厚度的最小值，单位为微米（μm）；
 - $\bar{T}$ ——试样厚度的平均值，单位为微米（μm）；
 - S_2 ——绝对横幅厚度差，单位为微米（μm）。

10.5 紧度

10.5.1 紧度按公式（5）计算，结果保留两位小数。

$$D_1 = \frac{G}{T_s} \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 D_1 ——试样的紧度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；
 G ——试样的定量，单位为克每平方米（g/m²）；
 T_s ——试样的单层厚度，单位为微米（μm）。

10.5.2 层积紧度按公式（6）计算，结果保留两位小数。

$$D_2 = \frac{G}{T_b} \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 D_2 ——试样的层积紧度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；
 G ——试样的定量，单位为克每平方米（g/m²）；
 T_b ——试样的层积厚度，单位为微米（μm）。

注：对于层积紧度，相同的样品根据层积厚度计算得出的结果，与使用相同设备，根据单层厚度计算得出的结果并不相同。

10.6 松厚度

10.6.1 松厚度按公式（7）计算，结果保留两位小数。

$$V_1 = \frac{T_s}{G} \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 V_1 ——试样的松厚度，单位为立方厘米每克（cm³/g）；
 T_s ——试样的单层厚度，单位为微米（μm）；
 G ——试样的定量，单位为克每平方米（g/m²）。

10.6.2 层积松厚度按公式（8）计算，结果保留两位小数。

$$V_2 = \frac{T_b}{G} \dots\dots\dots (8)$$

式中：
 V_2 ——试样的层积松厚度，单位为立方厘米每克（cm³/g）；
 T_b ——试样的层积厚度，单位为微米（μm）；
 G ——试样的定量，单位为克每平方米（g/m²）。

注：对于层积松厚度，相同的样品根据层积厚度计算得出的结果，与使用相同设备，根据单层厚度计算得出的结果并不相同。

11 试验报告

- 试验报告应包含以下信息：
- a) 本文件编号；
 - b) 试验日期和地点；
 - c) 用于鉴别样品所需的全部信息；
 - d) 所用的温湿处理条件；

- e) 如果试验的试样尺寸和数量超出本文件规定的要求，应注明试样的测定尺寸和数量；
- f) 测定结果；
- g) 与本文件的任何偏离，或其他可能影响测定结果的任何操作。

附录 A

(资料性)

精密度

A.1 总则

制定 ISO 534:1988 时,给出了测试方法的精密度,并研究了 2 种测定方法的重复性和再现性,见 A.2。ISO 534:2011 中新增了 2010 年测定的单层厚度精密度数据,该数据由欧洲造纸工业联合会比对测试服务中心(CEPI-CTS)提供,见 A.3。

A.2 ISO 534:1988 中精密度数据

A.2.1 单层厚度

A.2.1.1 重复性

在常规实验室条件下,重复性限范围为 $0.8\ \mu\text{m}\sim 2.2\ \mu\text{m}$,平均值为 $1.3\ \mu\text{m}$,或以百分比计为 $1.1\%\sim 2.6\%$,平均值为 2.0% 。

在常规和正确的操作情况下,同一操作人员使用同一厚度计在短时间内对相同材料进行 2 次独立测试,2 次测定结果之间的差异,在 95%置信概率下可能出现的最大差值的估计值。

上述数值与根据 ISO 5725-2 指定的厚度计性能要求计算的约 $1.5\ \mu\text{m}$ 值相比较,数值差异源于纸张固有的差异性。

A.2.1.2 再现性

在常规实验室条件下,再现性限范围为 $4.2\ \mu\text{m}\sim 8.6\ \mu\text{m}$,平均值为 $5.9\ \mu\text{m}$,或以百分比计为 $4.7\%\sim 10.9\%$,平均值为 7.9% 。

在常规和正确的操作情况下,2 名操作人员在不同实验室对相同材料进行测试,2 次独立测定结果之间的差异,在 95%置信概率下可能出现的最大差值的估计值。

上述数值与根据 ISO 5725-2 指定的厚度计性能要求计算出的约 $3.2\ \mu\text{m}$ 值相比较。数值差异不仅源于纸张固有的差异性,而且源于试验环境和操作员的差异。

A.2.2 层积厚度

A.2.2.1 重复性

在常规实验室条件下,重复性限范围为 $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.5\ \mu\text{m}$,平均值为 $0.31\ \mu\text{m}$,或以百分比计为 $0.1\%\sim 0.9\%$,平均值为 0.5% 。

在常规和正确的操作情况下,同一操作人员使用同一厚度计在短时间内对相同材料进行 2 次独立测试,2 次测定结果之间的差异,在 95%置信概率下可能出现的最大差值的估计值。

上述数值与根据 ISO 5725-2 指定的厚度计性能要求计算的约 0.3% 值相比较,数值差异源于纸张固有的差异性。

A.2.2.2 再现性

在常规实验室条件下,再现性限范围为 $1.7\ \mu\text{m}\sim 3.4\ \mu\text{m}$,平均值为 $2.7\ \mu\text{m}$,或以百分比计为 $2.4\%\sim 6.2\%$,平均值为 3.7% 。

在常规和正确的操作情况下，2 名操作人员在不同实验室对相同材料进行测试，2 次独立测定结果之间的差异，在 95%置信概率下可能出现的最大差值的估计值。

上述数值与根据 ISO 5725-2 指定的厚度计性能要求计算出的约 0.65%值相比较。数值差异不仅源于纸张固有的差异性，而且源于试验环境和操作员的差异。

A.2.3 紧度和松厚度的精密度

紧度和松厚度的精密度可通过厚度和定量测量结果的精密度来评估，但由于计算是基于平均值而非单次测试的数据，因此无法确定其真实的精密度。

A.3 来自 CEPI-CTS 数据

2010 年，来自 14 个欧洲国家的 18 个实验室按照 ISO 534 对 4 个样品进行了测试。单层厚度的数据由欧洲造纸工业联合会比对测试服务中心（CEPI-CTS）提供，见表 A.1 和表 A.2。

计算依据为 ISO/TR 24498 和 TAPPI T 1200。

表 A.1 中所示的重复性标准偏差是“合并”重复性标准偏差，即按参与实验室标准偏差的均方根计算的标准偏差。这与 ISO 5725-1 中重复性的传统定义不同。

报告的重复性限和再现性限是在相同试验条件下，对相同材料测试得到的两组试验结果进行比较，在 95%置信概率下可能出现的最大差值的估计值。这种估计不适用于不同材料或不同试验条件。

重复性限和再现性限通过重复性标准偏差和再现性标准偏差乘以 2.77 计算得到。

注 1：重复性标准偏差和实验室内标准偏差是相同的。但是，再现性限标准偏差与实验室间标准偏差不相同。再现性限标准偏差包括实验室间标准偏差和实验室内标准偏差，即：

$$S_r^2 = S_{\text{实验室内}}^2 \quad \text{或} \quad S_R^2 = S_{\text{实验室内}}^2 + S_{\text{实验室间}}^2$$

注 2：2.77=1.96√2，前提是测试结果具有正态分布，标准偏差 *s* 基于大量测试得到。

表A.1 重复性的评估

样品	实验室数量	单层厚度平均值 (μ m)	标准偏差 <i>S_r</i> (μ m)	变异系数 <i>C_{v,r}</i> (%)	重复性限 <i>r</i> (μ m)
样品 1 级 ^a	18	62.5	1.72	2.75	4.77
样品 2 级 ^a	18	76.1	1.64	2.16	4.55
样品 3 级 ^a	18	211	1.6	0.8	4.4
样品 4 级 ^a	18	592	4.9	0.8	13.6
^a 样品 1、2、3 和 4 级是依据欧洲造纸工业联合会（CEPI）的分类。					

表A.2 再现性限的评估

样品	实验室数量	单层厚度平均值 (μ m)	标准偏差 <i>S_r</i> (μ m)	变异系数 <i>C_{v,r}</i> (%)	再现性限 <i>R</i> (μ m)
样品 1 级 ^a	18	62.5	1.62	2.59	4.49
样品 2 级 ^a	18	76.1	1.40	1.84	3.88
样品 3 级 ^a	18	211	2.0	0.9	5.5
样品 4 级 ^a	18	592	3.3	0.6	9.15
^a 样品 1、2、3 和 4 级是依据欧洲造纸工业联合会（CEPI）的分类。					

附录 B
(资料性)

本文件与 ISO 534:2011 结构编号对照

表 A.1 给出了本文件与 ISO 534:2011 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 534:2011 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 534:2011 结构编号
1	1
2	2
3	3
3.1	--
3.2	3.1
3.3	3.2
3.4	3.3
3.5	3.4
3.6	3.5
3.7	3.6
4	4
4.1	4.1
4.2	4.2
4.3	4.3
5	5
5.1	5.1
5.2	5.2
6	6
7	7
8	8
8.1	8.1
8.2	8.2
8.3	8.3
9	9
9.1	9.1
9.2	9.3.1
9.3	9.3.2
9.4	—
9.5	9.3.5
10	10
10.1	10.1
10.1.1	10.1.1
10.1.2	10.1.2
10.1.3	10.1.3
10.2	10.2

10.2.1	10.2.1
10.2.2	10.2.2
10.2.3	10.2.3
10.3	—
10.4	—
10.5	10.3
10.5.1	10.3.1
10.5.2	10.3.2
10.6	10.4
10.6.1	10.4.1
10.6.2	10.4.2
11	11
附录 A	附录 B
附录 B	—
参考文献	参考文献
--	9.2、10.1.4、10.2.4、附录 A

参考文献

- [1] ISO 5725-2, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—
Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a
standard measurement method
- [2] ISO/TR 24498 Paper, board and pulps — Estimation of uncertainty for test methods
- [3] TAPPI Test Method T 1200 sp-07, Interlaboratory evaluation of test methods to
determine TAPPI repeatability and reproducibility
- [4] ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results
— Part 1: General principles and definitions
-