



中华人民共和国国家标准

GB/T 29285—20XX

代替GB/T 29285—2012

纸浆 实验室湿解离 机械浆解离

Pulps—Laboratory wet disintegration—Disintegration of mechanical pulps

(ISO 5263-2:2004, Pulps—Laboratory wet disintegration—
Part 2: Disintegration of mechanical pulps at 20°C,
ISO 5263-3:2023, Pulps—Laboratory wet disintegration—
Part 3: Disintegration of mechanical pulps at $\geq 85^{\circ}\text{C}$, MOD)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2026年3月)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

前 言

本文件按照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 29285—2012《纸浆 实验室湿解离 机械浆解离》，与GB/T 29285—2012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，2012年版的第1章）；
- b) 增加了不宜使用标准解离器进行的操作（见4.1.1）；
- c) 更改了水的要求并增加了相应的规范性引用文件（见4.3，2012年版的4.3）；
- d) 增加了整个解离过程用水水质应相同的要求（见5.3）；
- e) 更改了纸浆悬浮液稀释后浓度的要求（见6.2.1和6.2.2，2012年版的6.2.1和6.2.2）；
- f) 增加了消潜解离后纸浆快速冷却的要求（见6.2.1和6.2.2）；
- g) 更改了循环泵运行时间的偏差要求（见6.2.2，2012年版的6.2.2）；
- h) 增加了洗涤时泵运转时间的上限要求（见6.2.2）；
- i) 更改了试验报告应包括的内容（见第7章，2012年版的第7章）。

本文件做了下列编辑性改动：

- 增加了水质对纸浆性能影响的注（见5.3）；
- 增加了潜态和热解离对机械浆亮度影响的说明（见6.2）；
- 增加了关于快速稀释冷却的注（见6.2.1和6.2.2）。

本文件修改采用ISO 5263-2:2004《纸浆 实验室分离 第2部分：机械浆解离（20℃）》和ISO 5263-3:2023《纸浆 实验室分离 第3部分：机械浆解离（85℃）》。

本文件与ISO 5263-2:2004和ISO 5263-3:2023的技术性差异及其原因如下：

- a) 用规范性引用的GB/T 22903替换了ISO 14487（见4.3），以适应我国的技术条件；
- b) 将ISO 5263-3:2023中关于标准解离器检查的要求调整为注并将相应的附录改为资料性附录（见4.1.1），以符合我国标准化文件编写习惯；
- c) 更改了天平的精度要求（见4.2）；
- d) 用规范性引用的GB/T 462替换了ISO 638-1（见5.1），以适应我国的技术条件；
- e) 用规范性引用的GB/T 5399替换了ISO 4119（见5.1），以适应我国的技术条件；
- f) 将ISO 5263-3:2023第5章中闪急干燥浸泡时间要求调整为注（见5.5），以符合我国标准化文件编写习惯；
- g) 删除了ISO 5263-3:2023 6.1中非潜态解离所用方法的介绍；
- h) 增加了安全性警示语（见6.2）。

本文件做了如下编辑性改动：

- 将ISO 5263-3:2023 4.1中解离温度和报告所用解离器的要求分别调整至4.1.1和第7章d)；
- 将ISO 5263-3:2023 6.1中关于潜态和热解离对颜色影响的注调整至6.1；
- 增加了关于预处理目的的注（见6.2.2）。

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/TC 141）归口。

本文件起草单位：嘉析技术服务（厦门）有限公司、中国制浆造纸研究院有限公司、浙江蓝宇新材料有限公司、嘉庚创新实验室、中轻纸品检验认证有限公司。

本文件主要起草人：陆东东、洪宇浩、张权、秦光明、刘俊杰、谢堂堂、孙希勇、袁桃静。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2012年首次发布为GB/T 29285—2012；

——本次为第一次修订。

纸浆 实验室湿解离 机械浆解离

1 范围

本文件描述了机械浆进行实验室湿解离的两种方法。

本文件适用于各种机械浆（即机械浆、半化学浆、化学机械浆）的实验室湿解离。

本文件不适用于测定亮度的机械浆的消潜解离。

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 462 纸、纸板和纸浆 分析试样水分的测定（GB/T 462—2023, ISO 287:2017、ISO 638-1:2022、ISO 638-2:2022, MOD）

GB/T 5399 纸浆 浆料浓度的测定（GB/T 5399—2004, ISO 4119:1995, IDT）

GB/T 22903 纸浆 物理试验用标准水（GB/T 22903—2008, ISO 14487:1997, MOD）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机械浆解离 disintegration of mechanical pulps

在水中游离在浆料中、相互缠结的纤维进行机械处理，使其彼此分离，但不改变其结构性质。

3.2

潜态 latency

机械浆的某些性能受抑制，需要在较高温度下解离而得到改善，这一情况称为潜态。

注1：潜态是在机械处理过程中，尤其在高浓条件下处理后再冷却的情况下，纤维的扭曲而形成。据推测，潜态由木素的硬化造成。

注2：浆料中潜态的高低主要与机械加工过程中浆料浓度和能量消耗有关。

3.3

消潜 latency removal

同时使用机械处理（即解离）和加热处理（高于木素软化温度）的过程。

注：消潜的温度不低于85℃。

4 仪器

4.1 解离器

4.1.1 标准解离器

结构如附录B所示。

如需消潜，则标准解离器应装备有电力加热圆筒或热水补给，以保持纤维-水悬浮液的温度不低于85℃。

注：标准解离器的检查步骤见附录C。

出于安全考虑，不宜使用含电力加热圆筒或热水补给的标准解离器进行20℃的解离实验，也不宜使用电力加热圆筒进行煮沸水操作。

4.1.2 循环解离器

Domtar型，其结构见附录D。循环解离器需配有一个可提供90℃-95℃热水的补给装置，且泵应在短时间间隔内运行。为了防止对泵造成损坏，泵在干态下运行应不超过3 s。

4.2 天平

分度值为0.1 g。

4.3 水

自来水或GB/T 22903规定的标准水，具体取决于解离后纸浆的用途。

5 试样的制备

5.1 对于湿浆和风干浆，应按照 GB/T 462 的规定测定绝干物含量。对于液体浆，应按照 GB/T 5399 的规定测定绝干物含量。

5.2 如果液体浆的浓度低于 1.5%（质量百分比），应将其浓缩至合适的体积，应谨慎操作避免纤维损失。最简单的方法是沉降悬浮液后移走一部分水，也可以通过在布氏漏斗上放一张滤纸来脱水。

5.3 在某些试验中，纸浆的滤水性能非常重要，此时应使用标准水（4.3）解离纸浆。在所有情况下，纸浆解离的整个过程所用水的水质应相同。

注：纸浆中电解质（盐）的浓度极大地影响着滤水性能，纸浆物理用水中电解质（盐）和其他杂质对抄造浆样的亮度（白度）影响也比较大。由于电解质和其他杂质的含量与电导率的大小关系密切，因此通过限定标准水的电导率，来限定纸浆中电解质（盐）和其他杂质的含量，从而尽可能地降低电解质（盐）和其他杂质对纸浆测定结果的影响。

5.4 对于标准解离器（4.1.1），解离时应采取相当于（50.0±5.0）g 绝干质量的试样。对于循环解离器（4.1.2），解离时应采取相当于（56.0±1.0）g 绝干质量的试样。对于浆板，不应通过切割来取样，且应避免取用切边处的试样。

5.5 如果试样纸浆的绝干物含量大于等于 20%，应用 1 L~1.5 L 的（20±5）℃ 水浸泡试样，最低浸泡时间应符合 **Error! Reference source not found.** 中的规定。对于浆板或浆块，应在浸泡后将浆样撕成大约 25 mm × 25 mm 的片状。实验证明，如果浸泡时间超过规定的最低时间，例如一个晚上，不会对结果产生明显的影响。但是，对于任何纸浆，浸泡时间应不超过 24h。

注：闪急干燥的机械浆至少浸泡10 min。

5.6 考虑到气候的因素，浸泡温度可以为 25℃~30℃，但应在试验报告中说明。

表1

试样的绝干物含量（质量分数）/%	最低浸泡时间
<20	0 min
20~60	30 min
>60	4 h

6 实验步骤

6.1 不消潜解离

按上述步骤制备好试样后，将其转移到标准解离器（4.1.1）的圆筒中。

将（20 ± 5）℃水加到圆筒中，直至圆筒中的总体积达到（2 500 ± 25）mL。将回转计数器清零，启动电机，使螺旋桨转数符合Error! Reference source not found.的规定。转动停止后，从圆筒中取出少量试样，用水稀释，在玻璃量筒中迎光观察，目测试样是否已完全解离。如果没有完全解离，则继续解离至纤维间完全分开或纤维束和碎片被分散至纸浆生产时预期的最大程度。

表2

试样的绝干物含量（质量百分数）/%	转数/r
<20	10 000
≥20	30 000

如果试料用量或转数与上述规定不同，则应在试验报告中说明。

注：机械浆的潜态不会显著改变其亮度，但是，机械浆的热解离可能导致显著的亮度损失，因此，用于测试亮度的机械浆解离一般使用不消潜解离。

6.2 消潜解离

警告：由于热解离在超过85℃的温度下处理试样，因此应小心避免烫伤。

6.2.1 标准解离器

将按第5章的规定制备好的试样转移到标准解离器（4.1.1）的圆筒中。

向圆筒中补加适量的水，直至圆筒中的总体积达到（2 500 ± 25）mL。将混合物加热至85℃或以上。将螺旋桨回转次数设定为30 000 r，将回转计数器清零，启动电机。转动停止后，目测试样是否已完全解离。如果没有完全解离，则继续解离至纤维间完全分开或纤维团和碎片被分散至纸浆生产时预期的最大程度。解离结束时，温度应不低于85℃。如果浆料用量或螺旋桨回转次数与上述规定不同，则应在试验报告中注明。

解离结束后，立即用第5章制备试样所使用的相同品质冷水稀释纸浆，快速冷却纸浆至（20 ± 2）℃，稀释后浓度不低于0.3%且不高于1.5%。如有必要，可向纸浆中加入满足4.3要求的冰以加速冷却。进行游离度测试，纸浆浓度要求为（0.3 ± 0.02）%。

注：热解离步骤通常足以释放潜能。如果浆料缓慢冷却且不稀释，可能会有一些潜能恢复。因此，应尽快进行稀释并冷却至20℃。

6.2.2 循环解离器

向解离器圆筒中加入90℃ ~ 95℃的水（4.3）加热循环解离器（4.1.2），水面与圆筒杯顶的距离应小于4 cm。盖紧杯盖，开动循环泵，运行（120 ± 5）s。当泵停止运行后，轻轻地打开圆筒的排水口，排除圆筒里的水，并测定排出水的温度。待水完全排尽后，重复该操作直至排除水温超过90℃。

注：该预处理过程是为了加热圆筒、管线和泵。

立即加入90℃ ~ 95℃的水（4.3），直至圆筒容积的一半左右。将按照第5章的规定制备好的试样转移到循环解离器的圆筒中后，再加入90℃ ~ 95℃的水（4.3），直至水面与圆筒杯顶的距离小于4 cm。盖紧杯盖，开动计时器，控制泵的运行时间为（120 ± 5）s。揭开盖子时应小心操作，因为杯中可能形成一定的压力。

测定排出水的温度，如果温度低于85℃则重复解离。如果纤维束和碎片的解离程度未能达到制浆时预期的程度，则继续解离。

解离结束后，打开排水阀，以较短的时间间隔开动泵，用小桶收集排出的部分。关闭排水阀，打开盖子，向容器中加入约4 L热水。盖紧杯盖，控制泵运行2 s（不应超过3 s，以免损坏解离器），然后打开排水阀冲洗系统。

解离结束后，尽快用第5章制备试样所使用的相同品质冷水稀释纸浆，快速冷却纸浆至（20 ± 2）℃，稀释后浓度不低于0.3%且不高于1.5%。如有必要，可向纸浆中加入满足4.3要求的冰以加速冷却。

注1：热解离步骤通常足以释放潜能。如果浆料缓慢冷却且不稀释，可能会有一些潜能恢复。为了尽量减少任何此类倾向，应尽快稀释纸浆并冷却至20℃。

注2：如果稀释水的温度超过20℃，稀释后纸浆温度将显著高于20℃，为解决这一问题，可向纸浆中添加与稀释水同品质水制备的冰。为便于进行游离度测试，稀释水的体积和温度可以根据需要进行计算，以使稀释后纸浆的浓度和温度分别控制在（0.30 ± 0.02）%和（20 ± 2）℃范围内。

注3：有关机械浆（或木素含量高的纸浆）中潜态的影响见附录E。

7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 完整鉴别试样所需的信息；
- c) 所用水的等级（自来水或标准水）；
- d) 消潜解离所用的解离器类型；
- e) 浸泡时间；
- f) 浸泡温度（按需）；
- g) 解离转数（按需）；
- h) 试样的绝干物含量；
- i) 试验过程中观察到的任何异常情况；
- j) 任何偏离本文件的内容，或者任何可能影响结果的因素。

附录 A

(资料性)

本文件与 ISO 5263-2: 2004 和 ISO 5263-3: 2023 相比的结构和变化情况

本文件与 ISO 5263-2: 2004 和 ISO 5263-3: 2023 相比在结构上有较多调整，具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本文件与 ISO 5263-2: 2004 和 ISO 5263-3: 2023 章条编号对照情况

本文件章条编号	对应 ISO 5263-2 章条编号	对应 ISO 5263-3 章条编号
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
4.1	—	4.1
4.1.1	4.1	4.1.1
4.1.2	—	4.1.2
4.2	4.2	4.2
4.3	4.3	4.3
5	5	5
6	—	6
6.1	6	—
6.2	—	6.2
6.2.1	—	6.3
6.2.2	—	6.4
7	7	7
附录 A	—	—
附录 B	附录 A	附录 A
附录 C	附录 B	附录 B
附录 D	—	附录 C
附录 E	—	附录 D
—	—	6.1

附录 B
(规范性)
标准解离器的结构

B.1 材料

接触纸浆悬浮液的所有材料都应防水、抗弱酸和弱碱。常使用不锈钢或由玻璃纤维包覆的塑料。

B.2 标准解离器

B.2.1 图B.1所示，圆柱形圆筒内有四个等距安装的挡板，挡板距杯底32mm，距杯盖57mm，每个挡板横跨圆筒内部的半个圆周。挡板被设计成沿顺时针方向向下延伸。在圆筒内部，杯底圆角半径为13mm。配有三个叶片的螺旋桨被固定在圆筒中部一根垂直的轴上，距底部一定距离。螺旋桨在浆料中按照规定的速度旋转，计数器用于记录转数。计数器应可预先设定，可以在到达规定转数后自动关闭解离器。从上往下观察时，螺旋桨沿顺时针方向旋转。

B.2.2 圆筒配有盖子，在大多数解离器中，盖子的尺寸与螺旋桨/电机相匹配。

B.2.3 在解离器运行时，圆筒被牢固地固定。但是，圆筒可以方便快捷地移动或被其他装置取代。

B.3 尺寸

标准解离器的尺寸见表B.1。

表B.1

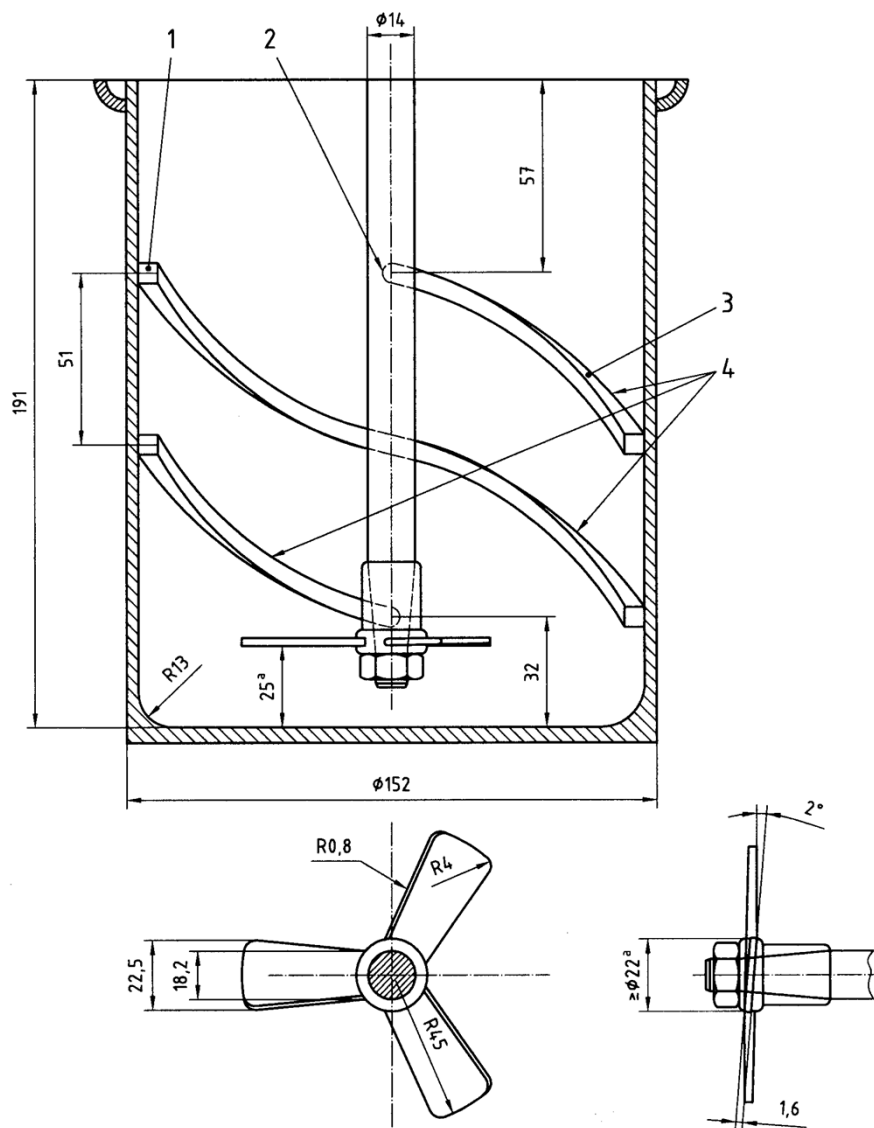
部件	尺寸	标准值 (有特殊说明除外)	偏差
圆筒	内高	191mm	±2mm
	内径	152mm	±2mm
	底部内圆角半径	13mm	±2mm
挡板	方切面	6.5mm	±1mm
	与圆筒底部的距离	32mm	±1mm
	与圆筒边缘的距离	57mm	±1mm
	端部半径	3mm	±0.5mm
	边缘半径	0.4mm	±0.1mm
	两个挡板间距(以中心计)	51mm	±1mm
螺旋桨	直径	90mm	±0.5mm
	轴套直径	22mm	—
	分离叶片容器底的距离	25mm	±2mm

螺旋桨叶片	接轴套处的宽度	18.2mm	±0.5mm
	最大宽度	22.5mm	±0.5mm
	厚度	1.6mm	±0.5mm
	边缘半径	0.8mm	±0.2mm
	搅拌叶片端半径	4mm	±1mm
	间距	2°	±15'
螺旋桨轴	直径	≤20mm	—
	端部斜切	适于所有螺旋桨中轴	

B.4 旋转频率

螺旋桨轴的旋转频率为 $(49.0 \pm 1.5) s^{-1}$ 。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——6.5mm×6.5mm部分；
 - 2——边缘R为3 mm；
 - 3——倒角，R为0.4mm；
 - 4——四个挡板，每个挡板横跨半个圆周（示出三个）。
- ^a 非按比例绘制

图B.1

附 录 C
(资料性)
标准解离器的检查

C.1 定期检查标准解离器。应特别注意保证以下几点：

- a) 螺旋桨轴应平稳转动，并总位于圆筒的中心；
- b) 螺旋桨轴应按规定的频率转动；
- c) 螺旋桨刀片应按规定装备（可以用一个搅拌器量尺检查）；
- d) 螺旋桨刀片的尺寸应符合规定（见 B.3 ），并不应有损伤。

C.2 如果正常使用仪器，标准解离器的其他尺寸应恒定，而且应定期检查尺寸。

附录 D
(规范性)
循环解离器

D.1 结构

Domtar型循环解离器由圆筒、离心泵和计时器组成。

D.2 圆筒

不锈钢材质，直径0.1 m，配备有封闭系统，总容积3 L。

为了避免在泵的入口形成气穴，纤维悬浮液应沿圆筒的切线方向进入和排出。圆筒的盖子应能十分紧密。为了排除蒸汽、防止气压累积，盖子中部有一个直径8 mm的气孔。为了防止从气孔喷溅，盖子上方装有一个同轴挡板，其直径是圆筒的一半。

注：也可使用较大的圆筒（直径0.2 m），容积7 L。在这种情况下，纸浆用量为 (136.0 ± 2.0) g绝干浆。

D.3 离心泵

能够持续地循环纤维悬浮液，电机的功率为0.56 kW-0.75 kW，3450 r/min时的排气量约为240 L/min。

泵的输入管的直径应为38 mm，输出管的直径应为25 mm。泵和连接管与纤维悬浮液接触的部分应为不锈钢或其他耐腐蚀的材料，并应配有排气阀。

D.4 计时器

控制循环泵的运行，时间间隔为 (120 ± 5) s。

附录 E
(资料性)
机械浆中潜态的影响

E.1 引言

1966年，当Beath等人发现，通过简单正确地处理可以获得一些潜在的性能，这种情况也同样存在于纸浆中，他们将这种现象称为“潜态”。

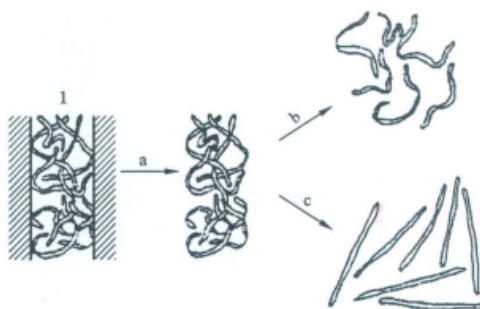
潜态可能存在于木素含量较高的纸浆中，例如用机械法分离纤维而制得的纸浆。本附录描述了潜态现象，并给出了一些通过加热解离消潜改变纸浆性能的例子。

E.2 “潜态”现象

在机械浆的制造过程中，纤维在高于木素软化温度的条件下分离。在分离过程中，如果纤维发生卷曲，等到冷却后，这种状态将不会再改变，如图E.1所示。在室温下用水解离纸浆时，潜态不会被释放出来。

为了消除纸浆的潜态，必须在高于木素软化温度的条件下在水中解离纤维，即在不低于85℃的温度下进行热解离。

注：木素的软化温度受化学处理的影响，同时，软化温度反过来影响纤维分离的温度。



标引序号说明：

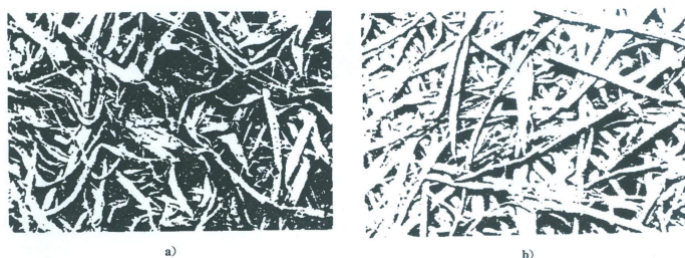
1——盘磨机；

a——冷却；

b——冷解离（25℃）；

c——热解离（≥85℃）。

图E.1 热解离和冷解离对机械浆中潜态的影响



图E.2 具有潜态 a) 和没有潜态 b) 的纸浆纤维（能通过纤维筛分仪中 30 目但不能通过 50 目的纤维部分）的扫描电镜图片

E.3 潜态对纸浆性能的影响

热解离是指在低浓和高温下处理，冷解离是指在低浓和低温下处理。磨石磨木浆（SGW）和精磨机械浆（RMP）的热解离与冷解离相比，热解离可以降低加拿大游离度值（CSF），并提高耐破度。

热磨机械浆（TMP）的抗张强度和耐破度受潜态的影响较大。结合强度（Scott强度和Z向抗张强度）和撕裂指数不受潜态影响。

《纸浆 实验室湿解离 机械浆解离》
国家标准编制说明
（征求意见稿）

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等

1.任务来源

2025年7月1日，国家标准化管理委员会发布《2025年第六批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2025〕34号），批准下达了《纸浆 实验室湿解离 机械浆解离》标准修订计划项目。该项目计划号：20252841-T-607，由全国造纸工业标准化技术委员会组织起草工作。

2.制定背景

纤维解离是指纸浆纤维在机械作用下，不破坏纤维结构的同时达到分离出单根润湿纤维的目的。对于机械浆来说，其解离过程会更加复杂，这是因为在机械制浆过程中，纤维会发生卷曲、扭结、絮聚等作用，这一方面增加了解离的难度，同时还有可能让机械浆纤维具备了一定的潜态。这种潜态是由机械处理过程中温度的变化所导致的，与木素的软化温度有关，当处理结束温度下降，潜态就会产生。它大大降低了纤维的形变性能，导致纤维之间的结合下降，纤维自身也变得挺硬，很容易发生断裂。

所以在机械浆进行解离的过程中，有必要先对机械浆纤维进行消潜，即在较高温度下改善纤维的形变性能。为了实现这个目标，就要在解离的同时进行加热处理，加热的温度应当高于木素软化的温度。对机械浆进行消潜解离，有利于单根纤维的分离，也有利于纤维回复形变性能，提高纤维之间的结合，对于纤维的抄纸性能以及成纸的物理性能的提升都具有十分重要的意义。

该标准的现行版本为 GB/T 29285—2012 《纸浆 实验室湿解离 机械浆解离》，修改采用国际标准 ISO 5263-2: 2004 和 ISO 5263-3: 2004。但是 ISO 5263-3 已发布新的版本（2023 版），对解离后应迅速冷却做出了明确规定，因为较慢冷却可能会导致潜态重新出现，从而失去消潜的意义。这一技术变化对测试结果的准确性有较大影响。因此，为了与国际标准保持一致，提升测试结果的准确性，有必要对该标准进行修订。

3.主要起草过程

(1) 2025年7月，该项目计划下达并成立起草小组；

(2) 2025年8月~9月，标准起草小组对国际标准 ISO 5263-3:2023 进行全文翻译，完成标准的翻译稿；

(3) 2025年10月~11月，在翻译稿的基础上，起草小组对标准的技术要求、测试方法等重要内容进行了对比，确定了 GB/T 29285-2012 标准修订方向，并积极地向各单位进行调研，收集意见和建议，制定实验验证方案，形成工作组讨论稿；

(4) 2025年11月~12月，标准起草小组组织进行了验证实验。。

(5) 2026年1月~3月，根据实验数据对草案进行修改完善，完成标准征求意见稿。

4.主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准由嘉析技术服务（厦门）有限公司牵头，中国制浆造纸研究院有限公司、浙江蓝宇新材料有限公司、嘉庚创新实验室、中轻纸品检验认证有限公司共同起草。

所做工作：陆东东作为总负责人，负责验证试验和标准起草的总体工作；洪宇浩、张权负责收集技术资料、确定主要技术内容、制定验证实验方案；秦光明、刘俊杰负责验证结果分析、标准草案完善；谢堂堂、孙希勇负责行业情况调研、分析；袁桃静负责意见整理，标准草案修改和审核。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

1.编制原则

本标准按 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》给出的规则起草。本次修订坚持科学性、先进性、适用性和可操作性的原则，在修改采用国际标准 ISO 5263-2:2004《纸浆 实验室湿解离 第2部分：机械浆解离（20℃）》和 ISO 5263-3:2023《纸浆 实验室湿解离 第3部分：机械浆解离（≥85℃）》的基础上，同时结合我国造纸行业实际情况和检测设备现状编制而成。

2.主要内容及其确定依据

本文件描述了机械浆进行实验室湿解离的两种方法。本文件适用于各种机械浆（即机械浆、半化学浆、化学机械浆）的实验室湿解离。本文件不适用于测定亮度的机械浆的消潜解离。

本标准文件规定了机械浆实验室湿解离的仪器、试样制备、试验步骤及试验报告等内容。本标准文件适用于各种机械浆（即机械浆、半化学浆、化学机械浆）的实验室湿解离，涵盖了不消潜解离（20℃）和消潜解离（≥85℃）两种方法，以满足不同测试目的的需求。其中，对于具有潜态的机械浆，明确了必须采用高温解离以消除潜态，并规定了具体的温度、时间和后续冷却操作要求。

本标准修改采用 ISO 5263-2:2004 和 ISO 5263-3:2023 确定，同时结合试验验证数据，对消潜解离后的冷却程序等关键技术参数进行了验证确认。

3.与 GB/T 29285—2012 的主要差异及其原因

本标准代替 GB/T 29285—2012《纸浆 实验室湿解离 机械浆解离》，与 GB/T 29285—2012 相比，主要技术变化及其原因如下：

a) 更改了范围

增加了“本标准文件不适用于需测定亮度的机械浆的消潜热解离”的规定。

b) 增加了不宜使用标准解离器进行的操作

出于安全考虑，增加了不宜使用含电力加热圆筒或热水补给的标准解离器进行 20℃ 的解离实验、使用电力加热圆筒进行煮沸水操作的规定。

c) 更改了水的要求

根据解离后纸浆的用途，增加了自来水（如用于抄造手抄片），并增加了标准水的规范性引用文件。

d) 增加了整个解离过程用水水质应相同的要求

用水水质增加了自来水，因此，将解离过程用水水质要求改为“在所有情况下，纸浆解离的整个过程所用水的水质应相同”。

e) 更改了纸浆悬浮液稀释后浓度的要求

稀释后纸浆浓度较高，不利于潜态消除，增加了稀释后浓度不高于 1.5% 的要求。同时，给出了游离度测试的浓度。

f) 增加了消潜解离后纸浆快速冷却的要求

消潜解离后缓慢冷却会导致潜态恢复，增加了解离结束后应立即用冷水稀释并快速冷却至 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的要求。

g) 更改了循环泵运行时间要求

更改了循环泵运行时间的偏差要求，并增加了泵空转时间的上限要求（不超过3s），以保护设备。

h) 更改了试验报告应包括的内容

增加了所用解离器类型、所用水的等级（自来水、标准水）等关键信息的报告要求。

与 GB/T 29285—2012 相比，本标准还做了下列编辑性改动：

——增加了水质对纸浆性能影响的注释内容

增加水质对纸浆滤水性能和亮度影响的说明，为测试滤水性能纸浆解离必须使用标准水提供支撑。

——增加了潜态和热解离对机械浆亮度影响的说明

增加了潜态和热解离对机械浆亮度影响的说明，为范围部分“本文件不适用于测定亮度的机械浆的消潜解离”提供支撑。

——增加了关于快速稀释冷却的注

为增加解离结束后应立即用冷水稀释并快速冷却至 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的要求提供依据。

3.与 ISO 标准的差异及其原因

本标准修改采用 ISO 5263-2:2004《纸浆 实验室分离 第2部分：机械浆解离（ 20°C ）》和 ISO 5263-3:2023《纸浆 实验室分离 第3部分：机械浆解离（ 85°C ）》，与 ISO 5263-2:2004 和 ISO 5263-3:2023 相比，主要技术性差异及其原因如下：

a) 更改了规范性引用文件

由于标准中引用国际标准均已转化为我国国家标准，因此用相应国家标准进行了替换，用 GB/T 462 代替 ISO 638-1，用 GB/T 5399 代替 ISO 4119，用 GB/T 22903 代替 ISO 14487。

b) 将标准解离器检查的内容调整为注

将 ISO 5263-3:2023 4.1.1 中关于标准解离器检查的内容调整为注，以符合我国标准化

文件编写习惯。

c) 更改了天平的精度要求

根据国内实验室仪器的实际应用情况，将天平的分度值由 0.2g 提升至 0.1g，提高了称量的准确性。

d) 将闪急干燥时间要求调整为注

将 ISO 5263-3:2023 第 5 章中闪急干燥浸泡时间要求调整为注，以符合我国标准化文件编写习惯。

e) 删除了不消潜解离所用方法的介绍

本标准已包含 ISO 5263-2 的内容，不需要再对不消潜解离所用的方法进行介绍，因此，删除了 ISO 5263-3:2023 6.1 中非潜态解离所用方法的介绍。

f) 增加了安全性警示语

消潜解离的温度在 85℃ 以上，具有烫伤试验人员的潜在风险，因此，增加了安全性警示语，以提醒本标准的使用者。

与 ISO 5263-2:2004 和 ISO 5263-3:2023 相比，本标准还做了下列编辑性改动：

——将解离温度和报告所用解离器的要求分别调整至 4.1.1 和第 7 章 d)

将 ISO 5263-3:2023 4.1 中解离温度和报告所用解离器的要求分别调整至 4.1.1 和第 7 章 d)，提高本标准的易读性。

——将关于潜态和热解离对颜色影响的注调整至 6.1

ISO 5263-3:2023 6.1 中关于不消潜解离所用方法的介绍已被删除，6.1 的注释是关于潜态和热解离对颜色影响，将这部分内容调整至本标准的 6.1 条并进行了编辑性修改，以符合标准起草规则。

关于潜态和热解离对颜色影响的注调整至 6.1

——增加了关于预处理目的的注

增加了在试验前向循环解离器中加入 90-95℃ 热水的目的的说明，提高了本标准的易读性。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

1. 试验验证的分析

1.1 背景

本次修订重点引入“消潜解离后立即稀释并快速冷却”条款。理论上，机械浆高温解离后缓慢冷却可能导致木素软化引发纤维重新卷曲，产生“潜态恢复”，影响纸浆真实性能评价。为消潜解离后立即稀释并快速冷却对纤维形态和成纸性能的影响，起草小组组织进行验证试验。

机械浆“潜态”的形成与消除机制：高得率制浆过程中，木片在高温高压及机械剪切作用下分离为纤维，木素在高于湿态玻璃化转变温度时软化，纤维发生塑性形变；浆料高浓冷却后，木素硬化使纤维畸变形态被“锁定”，形成潜态。潜态会掩盖纤维真实形态与成纸强度潜力，消潜需在低浓状态下将浆料加热至 $\geq 85^{\circ}\text{C}$ ，使木素软化并辅以机械搅拌舒展纤维。本次验证主要考察冷却速率对机械浆潜态的影响。

1.2 验证试验方案

为了确保验证数据的严谨性与普适性，同时考虑到磨石磨木浆（SGW）、热磨机械浆（TMP）国内现在很少厂家生产的现状，验证实验选取针叶木碱性过氧化氢机械浆（Softwood APMP）和阔叶木碱性过氧化氢机械浆（Hardwood APMP）作为实验原料。针叶木纤维细长，易缠结，对潜态最为敏感；阔叶木纤维较短，刚性较强，常被认为潜态效应较弱。为了全面了解冷却过程对机械浆潜态的影响，起草组先后进行了三批次相互独立、各具侧重的验证实验。

第一批次（E~H 四组），探究消潜后若未立即快速冷却，在自然降温到不同温度点时，潜态恢复的动力学特征。

E 组（慢冷 75°C ）：浆料 85°C 解离后，自然冷却至 75°C ，再用冰水快冷至 20°C 。

F 组（慢冷 65°C ）：浆料 85°C 解离后，自然冷却至 65°C ，再用冰水快冷至 20°C 。

G 组（慢冷 55°C ）：浆料 85°C 解离后，自然冷却至 55°C ，再用冰水快冷至 20°C 。

H 组（慢冷 45°C ）：浆料 85°C 解离后，自然冷却至 45°C ，再用冰水快冷至 20°C 。

第二批（I~M 五组）快速冷却深度研究。验证是否仅需“部分快冷”跨越关键温区（如木素软化点）即可锁定纤维性能。

方案 I（快冷 70°C ）：浆料 85°C 解离后，用冰水快冷至 70°C ，再自然冷却至 20°C 。

方案 J（快冷 60°C ）：浆料 85°C 解离后，用冰水快冷至 60°C ，再自然冷却至 20°C 。

方案 K（快冷 50°C ）：浆料 85°C 解离后，用冰水快冷至 50°C ，再自然冷却至

20℃。

方案 L（快冷 40℃）：浆料 85℃解离后，用冰水快冷至 40℃，再自然冷却至 20℃。

方案 M（快冷 30℃）：浆料 85℃解离后，用冰水快冷至 30℃，再自然冷却至 20℃。

第三批（A 组~C 组），考察冷水解离、热解离后慢速冷却（模拟旧操作）、热解离后快速冷却（新标法）对机械浆潜态的影响。

A 组（基准组）：冷水解离（20℃）。在 20℃下直接解离，模拟未消潜状态，作为评估浆料原始潜态程度的基线。

B 组（对照组）：85℃热解离+慢速冷却。模拟旧标准或不规范操作（室温静置 5-10 分钟），随后再稀释冷却，考察“潜态恢复”风险。

C 组（新标组）：85℃热解离+快速冷却。85℃解离后立即倒入冰水混合物，瞬间降温至 20℃，验证“热猝灭”对纤维形态的锁定效果。

1.3 验证结果分析

考虑到实验环境、样品批次和抄片克重、压榨压力或干燥条件可能波动，第一、二、三批次验证数据不进行横向对比，仅在各批次内部探讨工艺变化对浆料性能的影响规律。

1.3.1 自然降温过程中的潜态恢复临界点研究（第一批次 E~H 四组数据）

在实际工业生产或较为简陋的实验室环境下，浆料在 85℃解离后，操作人员往往会因为准备稀释水或移动容器而产生数分钟的延迟。在此期间，浆料悬浮液会发生自然降温（慢冷）。为了深入研究消潜后的浆料在自然降温过程中的潜态恢复临界点，第一批次 E、F、G、H 组实验通过控制自然降温的终点（75℃、65℃、55℃、45℃），旨在寻找木素重新“锁定”纤维形变的温度阈值，即潜态恢复的临界区。

(1) 纤维形态

通过 L&W 纤维分析仪第一批次浆样测试结果显示，随着慢冷终点温度下降，纤维形态呈现出明显的退化趋势。

表1 自然梯度降温对针叶木纤维形态影响的测定结果

实验组别	自然降温终点 (°C)	针叶木		阔叶木	
		扭结纤维 (%)	卷曲率 (%)	扭结纤维 (%)	卷曲率 (%)

E 组	75	14.7	7.1	16.5	6.6
F 组	65	15.4	7.4	16.7	6.8
G 组	55	15.5	7.4	15.9	7.2
H 组	45	15.8	7.5	17.0	7.5

实验结果显示，针叶木 APMP 在 75°C（E 组）开始快冷时，其扭结纤维率为 14.7%，处于最低水平，这说明在接近 85°C 的高温区，纤维尚能保持较好的平直构象。然而，当自然降温终点继续降低至 45°C（H 组）时，扭结纤维率攀升至 15.8%，卷曲率也从 7.1% 同步增长至 7.5%。

这一指标的显著上升表明：在 55°C~65°C 这一温区，木素的分子链段运动开始受到限制，纤维内部的残余弹性应力开始克服软化木素的阻力，驱动纤维向卷曲构象回缩。虽然扭结角数值保持在 130°~131° 之间，但扭结纤维总量的增加反映了“再潜态化”是一个群体效应，原本平直的纤维在降温过程中重新产生了新的结构弱点。

阔叶木 APMP 的表现同样验证了这一规律。卷曲率从 E 组的 6.6% 稳步上升至 H 组的 7.5%。同时，阔叶木在 55°C（G 组）到 45°C（H 组）过程中，扭结纤维率从 15.9% 激增至 17.0%，反映出阔叶木短纤维在较低温度下更容易受到局部木素硬化的影响而锁定形变。

（2）成纸物理性能

纤维微观形态的变化直接反应到成纸强度性能上，通过对手抄片物理性能的检测，数据呈现出很好的对应关系。

表2 自然梯度降温对纸页性能的影响

实验组别	自然降温终点 (°C)	针叶木		阔叶木	
		抗张指数 (N·m/g)	耐破指数 (kPa·m ² /g)	抗张指数 (N·m/g)	耐破指数 (kPa·m ² /g)
E 组	75	40.30	2.00	14.75	0.52
F 组	65	42.75	1.98	14.06	0.57
G 组	55	42.23	2.00	12.95	0.49
H 组	45	37.28	1.98	13.04	0.47

针叶木的数据呈现出“平台期”与“剧降期”，在 75°C 至 55°C 区间，抗张指数维持在 40~42 N·m/g 的高位。然而，当自然降温终点下降至 45°C 时，抗张指数显著下降至 37.28 N·m/g，强度损失率接近 13%。

这证实了潜态恢复的“非线性特征”，在较高的自然降温温度下，纤维潜态虽然有恢复倾向，但由于尚未完全跨过木素的玻璃化转变区域，大部分性能仍能被快冷释放。但一旦浆料在无稀释状态下冷却至 45℃ 以下，木素的硬化锁定作用将变得不可逆转。

阔叶木的数据走势更为平缓，抗张指数从 E 组的 14.75 N·m/g 逐步下降至 G、H 组的约 13 N·m/g。尽管阔叶木的强度绝对值较低，但其性能损失的百分比约为 11.5%，与针叶木的 13% 相当。耐破指数从 0.52 kPa·m²/g 降至 0.47 kPa·m²/g，也印证了强度随自然降温而丧失的规律。

(3) 小结

第一批次实验明确了“潜态恢复”的危险温区。对于本批次的 APMP 浆料，自然降温至 65℃ 以下时，性能开始出现损失；当自然降温至 45℃ 以下时，消潜效果基本流失过半。这一结论支撑了新标准中关于“解离结束后应立即进行快速冷却”的要求。

1.3.2 快速冷却过程中的潜态回复临界点研究（第二批 I~M 三组数据分析）

第二批次 I~M 组实验模拟了另一种操作场景：如果我们在 85℃ 解离后立即进行快冷，但是冷却剂量不够，即没有一路快冷至 20℃，而是在快冷到中间温度（70℃、60℃、50℃、40℃、30℃）后即停止干预，改为自然冷却，研究浆料消潜效果。这一研究旨在验证是否只需要“部分快冷”跨越关键温区，即可锁定消潜后纤维的性能。

(1) 纤维形态演变

表3 快速梯度降温对纤维形态的影响

实验组别	快冷终止温度 (°C)	针叶木		阔叶木	
		扭结纤维 (%)	卷曲率 (%)	扭结纤维 (%)	卷曲率 (%)
I 组	70	16.4	6.5	15.9	5.6
J 组	60	15.9	6.4	15.9	5.5
K 组	50	15.5	6.3	15.9	5.8
L 组	40	15.5	6.3	15.5	5.7
M 组	30	15.6	6.2	15.2	5.6

结果显示，随着快冷终止温度的下降，针叶木 APMP 的形态指标逐步趋于稳定。在 70℃（I 组）时，扭结纤维率为 16.4%，卷曲率为 6.5%。当快冷继续下探至 50℃（K 组）时，扭结纤维率降至 15.5%，卷曲率降至 6.3%。此后，继续快冷到 40℃ 或 30℃（L、M

组)，形态参数不再发生显著改善。

对于本批次浆料，50℃是针叶木机械浆消潜状态的“安全锚点”。一旦通过快速降温跨越了50℃这一温区，木素的分子链段已被冻结在相对舒展的状态，后续即使降温变慢，也无法提供足够的能量让纤维重新卷曲。

结果显示阔叶木表现出更强的抗变性。其扭结纤维率基本稳定在15.2%~15.9%区间，卷曲率维持在5.5%~5.8%。这说明阔叶木短纤维对降温梯度的敏感度低于针叶木长纤维。但即便如此，在40℃（L组）时扭结率达到最低值15.5%，显示了快冷至中低温对阔叶木依然具有形态锁定价值。

（2）宏观纸页物理性能

表4 快速梯度降温对纸页性能的影响

实验组别	快冷终止温度(°C)	针叶木		阔叶木	
		抗张指数(N·m/g)	耐破指数(kPa·m ² /g)	抗张指数(N·m/g)	耐破指数(kPa·m ² /g)
I组	70	20.08	0.98	8.42	0.34
J组	60	21.00	1.07	8.52	0.31
K组	50	23.73	1.22	8.65	0.31
L组	40	24.87	1.32	9.26	0.37
M组	30	24.47	1.31	9.15	0.32

针叶木的数据展示了极其显著的性能跃迁。当快冷终止点从70℃（I组）下移至40℃（L组）时，抗张指数从20.08 N·m/g 飙升至24.87 N·m/g，增幅高达23.8%。耐破指数也从0.98 增至1.32 kPa·m²/g，增幅达34.7%。

实验结果，40℃是机械浆强度性能完全释放并锁定的“阈值温度”。在40℃之前停止快冷，仍会导致严重的强度潜力流失。一旦达到40℃，性能曲线进入平台期，M组（30℃）的数据基本与L组持平。

阔叶木表现出类似的趋势，虽然其基数较小，但从I组到L组，抗张指数从8.42 N·m/g 提升至9.26 N·m/g，依然体现了约10%的性能锁定效益。这进一步支持了无论浆种如何，快冷至中低温都是保留消潜成果的科学手段。

（3）小结：

第二批次实验不仅验证了锁定效应的存在，更量化了锁定的深度。40℃被确认为物理强度的“转折点”。这一研究成果为标准修订稿中关于“稀释并快速冷却至

（20±2）℃”的规定提供了坚实的下限依据——虽然标准要求降至 20℃，但这建立在确保 40℃这一核心性能锁定区被完全覆盖的基础之上，体现了标准制定的前瞻性与安全余量。

1.3.3 冷却速率对纤维形态和成纸性能的影响（第一批次 A~C 三组数据）

（1）纤维微观形态分析

基于 L&W 纤维分析数据，从多维度解析冷却工艺对纤维形态的影响。

（a）对纤维扭结（Kink）的影响

扭结是纤维轴向上的急剧折角，是纤维承受拉伸载荷时的应力集中点，也是导致纤维在造纸过程中断裂的潜在弱点。L&W 分析仪将扭结定义为纤维轴向上的局部急剧变形（角度变化大于 30°）。

表5 针叶木与阔叶木 APMP 扭结指标测定结果

浆种	指标	冷水解离 (A组)	85℃ 慢速冷却 (B组)	85℃ 快速冷却 (C组)	备注
针叶木	扭结纤维率 (%)	20.74	16.33	16.24	下降 4.5 个百分点，消除了大量结构弱点。
	扭结角 (°)	133.03	130.98	131.62	角度数值略减，需结合分布分析。
	单根纤维扭结数	1.203	1.136	1.145	扭结频次降低。
阔叶木	扭结纤维率 (%)	21.07	16.87	16.53	下降幅度与针叶木相当。
	扭结角 (°)	132.75	129.33	131.24	快速冷却比慢速冷却保持了更大的角度（更平直）。
	单根纤维扭结数	1.189	1.181	1.164	扭结频次降低。

数据显示，“扭结纤维率”的下降是消潜处理最显著的微观特征。从冷水组的 20% 以上降至高温组的 16% 左右，意味着大量原本严重弯折的纤维在热机械作用下被修复或舒展。

根据 L&W 纤维分析仪的统计规则，扭结角仅统计已被判定为扭结的残余纤维，而非所有纤维，其 180° 则表示纤维为直线。表 1 中针叶木“扭结角”的数据显示冷水组 133.03° 和高温组 131.62°，表明高温处理后的角度变“小”了，即意味着更严重的弯折。其原因是高温消潜消除了大量轻微的扭结，使得被统计进“扭结纤维”这一类别的样本总量减少，而剩余的是那些极难消除的、角度更尖锐的永久性扭结（由木素结构破坏导致），从而拉低了扭结角算术平均值。这并不代表整体形态恶化，相反，整体纤维群体的

平直度大幅提升。这从“扭结纤维率”和“单根纤维扭结数”这一总量指标的下降得到了印证。

(b) 对纤维卷曲 (Curl) 的影响

卷曲指数反映了纤维整体的弯曲程度。与扭结不同，卷曲更多影响纸页的松厚度和弹性。在针叶木数据中，我们可以捕捉到极为关键的信号：85℃慢速冷却组的卷曲指数（7.7%）甚至高于冷水组（7.5%）。这一现象证实了“潜态恢复”的存在。

表6 纤维卷曲指数测定结果

浆种	冷水解离 (A组)	85℃ 慢速冷却 (B组)	85℃ 快速冷却 (C组)	备注
针叶木	7.5	7.7	7.1	慢速冷却导致卷曲反弹，快速冷却效果最佳。
阔叶木	6.6	6.9	6.6	变化不显著，阔叶木刚性较强，不易发生长程卷曲。

在高温高浓的慢速冷却过程中，纤维处于一种热活化状态。由于纤维间的相互挤压和碰撞（布朗运动及机械搅拌后的残余湍流），加之木素处于粘弹态，纤维倾向于恢复到一种卷曲的低能态构象。而快速冷却组（C组 7.1%）通过瞬间降温，将纤维“冻结”在高温下获得的舒展状态。这一微观数据的差异（B组 7.7% vs C组 7.1%）与慢速冷却组的抗张强度显著低于快速冷却组的数据相印证。纤维的卷曲使得其在纸页成形时无法充分伸展，减少了有效的纤维-纤维结合面积。

(c) 对大纤丝长度率 (MacroFibrills) 的影响

L&W分析仪将“大纤丝”定义为附着在纤维主干上的细丝状突起。在机械浆中，这通常对应于从S1层或S2层剥离出来的微纤维束。

表7 大纤丝长度率测定结果

浆种	冷水解离(A组) (%)	85℃ 慢速冷却(B组) (%)	85℃ 快速冷却(C组) (%)	增幅 (快速 vs 冷水)
针叶木	1.774	2.648	2.156	+21.5%
阔叶木	1.359	1.771	1.758	+29.4%

数据表明，高温消潜处理后，无论是针叶木还是阔叶木，大纤丝长度率均呈现显著上升趋势。例如，针叶木的大纤丝率从冷水组的1.774%上升至快速冷却组的2.156%，增幅达21.5%；阔叶木则从1.359%升至1.758%，增幅达29.4%。

这一现象显示了“外部细纤维化”的改善。在 85℃ 的热水中，纤维细胞壁吸水润胀，木素软化，使得原本紧密结合的微纤维更容易在机械搅拌作用下从表面剥离，形成“绒毛”状结构。这些增加的大纤丝极大地增加了纤维的比表面积，在抄纸过程中，它们可以增强纤维间的机械纠缠和氢键结合。大纤丝率的增加是强度提升的重要微观机制之一。

另外，慢速冷却组的大纤丝率（2.648%）甚至高于快速冷却组（2.156%）。这可能暗示在慢速冷却的长时热停留期间，纤维表面发生了更进一步的（或许是过度的）溶胀和剥离。虽然这增加了结合位点，但由于纤维整体卷曲的恢复（见前文分析），这种微观的增益未能转化为最终的宏观强度优势，反而可能增加了纸浆的滤水阻力。

(d) 对断头率 (Broken Ends) 的影响

通常断头率被认为是负面指标，代表纤维被切断。在本次实验中，数据显示高温处理后断头率上升了（例如针叶木从 49.26% 升至 52.16%）。其可能原因是：含有大量纤维束的机械浆，在冷水状态下，一个由多根纤维粘连成的纤维束在图像分析中可能被识别为一根粗纤维或未被识别为断头。经过高温消潜，木素软化，纤维束被彻底分散成单根纤维。一根纤维束的解离可能暴露出多个原本被包裹的纤维断端，从而导致统计学上的“断头率”上升。

表8 纤维断头率测定结果

浆种	冷水解离(A组) (%)	85℃ 慢速冷却(B组) (%)	85℃ 快速冷却(C组) (%)	变化趋势
针叶木	49.26	54.59	52.16	上升
阔叶木	44.34	46.73	45.60	上升

(2) 冷却速率对成纸物理性能的影响

物理强度是纸浆质量的核心评价指标，通过对比三种处理方案下的抗张指数、撕裂指数和耐破指数，我们可以直观地量化消潜工艺对最终成纸性能的影响。

(a) 针叶木 APMP

针叶木纤维细长，长径比大，在磨浆过程中极易形成复杂的缠结和卷曲结构，因此其潜态效应往往最为显著。实验数据也印证了这一点。

表9 针叶木 APMP 物理性能测定结果

处理方案	抗张指数 (N·m/g)	撕裂指数(mN·m ² /g)	耐破指数 (kPa·m ² /g)
冷水解离 (A组)	31.7	5.91	1.46
85°C 慢速冷却 (B组)	37.5	5.94	1.89
85°C 快速冷却 (C组)	40.3	6.02	1.91

数据分析显示，针叶木 APMP 在经历 85°C 高温快速冷却处理后，其抗张指数从冷水处理的 31.7 N·m/g 显著提升至 40.3 N·m/g，增幅高达 27.1%。这表明，如果仅仅采用冷水解离进行检测，将严重低估该浆种近三分之一的强度潜力。耐破指数同样表现出显著的提升，从 1.46 增加到 1.91 kPa·m²/g，增幅达 30.8%。

更为关键的是“慢速冷却”与“快速冷却”的对比。慢速冷却组的抗张指数为 37.5 N·m/g，虽然显著高于冷水组，但仍比快速冷却组低了约 7% (40.3 N·m/g vs 37.5 N·m/g)。这 7% 的强度损失直接证实了“潜态恢复”现象的存在。在慢速冷却过程中，部分已经舒展的纤维在热滞后效应下重新发生了微观卷曲（如前文卷曲指数所示），导致最终成纸时纤维间的有效结合面积减少。对于造纸企业而言，7% 的强度偏差可能直接影响浆料配比的决策和成本控制。

(b) 阔叶木 APMP

尽管阔叶木纤维较短，通常被认为潜态效应较弱，但实验数据任然显示其具有较高的潜态效应。

表10 阔叶木 APMP 物理性能测定结果

处理方案	抗张指数 (N · m/g)	撕裂指数 (mN · m ² /g)	耐破指数 (kPa · m ² /g)
冷水解离 (A组)	11.8	1.37	0.36
85°C 慢速冷却 (B组)	13.8	1.39	0.47
85°C 快速冷却 (C组)	15.2	1.53	0.52

阔叶木 APMP 的初始强度较低，但经消潜并快速冷却后，抗张指数从 11.8 N·m/g 提升至 15.2 N·m/g，相对增幅达到 28.8%。耐破指数更是从 0.36 kPa·m²/g 激增至 0.52 kPa·m²/g，增幅高达 44%。这一数据表明：即便对于阔叶木机械浆，消潜工艺同样是质量控制的关键环节。忽视消潜或冷却不当，同样会导致对浆料品质的误判。

(3) 小结

从纤维形态和成纸物理性能变化规律均可以看出，慢速冷却存在“潜态恢复”的问题，快速冷却有助于“锁定”热解离的消潜效果。

受水分的塑化作用、化学改性的功能基团、树种的微观分子架构以及复杂的加工热历史共同驱动，木质素的玻璃化转变温度表现出丰富的动态特性。即不同批次的浆料木质素的玻璃化转变温度有显著差异。基于这个理论，因此新标准增加了“机械浆解离结束后应立即用冷水稀释并快速冷却至 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ”的要求是必要的。

2.预期的经济效益、社会效益和生态效益

本标准的实施可帮助企业准确评估机械浆潜在强度，减少过度磨浆以降低能耗，降低生产成本。本标准修改采用 ISO 国际标准，有助于消除国际贸易技术壁垒，促进我国造纸产品的出口和国际技术交流。通过准确评估和释放机械浆的潜态，企业可以在保证纸张强度的前提下，适当提高机械浆配抄比例，促进其在纸张产品中的更高比例应用，本质上是在同等纸张产量下消耗更少的木材资源，这对保护森林资源具有重要意义。因此，本标准的制定实施具有较好的经济效益、社会效益和生态效益。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准修改采用 ISO 5263-2:2004《纸浆 实验室分离 第 2 部分：机械浆解离（ 20°C ）》和 ISO 5263-3:2023《纸浆 实验室分离 第 3 部分：机械浆解离（ 85°C ）》；本标准起草过程中未测试国外样品。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准修改采用 ISO 5263-2:2004《纸浆 实验室分离 第 2 部分：机械浆解离（ 20°C ）》和 ISO 5263-3:2023《纸浆 实验室分离 第 3 部分：机械浆解离（ 85°C ）》。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准与现行法令、法规、国家标准无抵触。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准未有重大分歧意见存在。

八、涉及专利的有关说明

本标准内容不涉及专利。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准检测方法标准，作为推荐性标准即可，建议标准发布后6个月实施。该标准为修订标准，标准实施后废止 GB/T 29285—2012。

十、其他应当说明的事项

无。

标准起草小组

2026年3月