

纸和纸板物理特性 及其试验方法

● 夏丽峰 马忻 编著
● 刘毅 姬厚礼 审定

● 轻工业出版社 ●

纸和纸板物理特性及其试验方法

夏丽峰 马 忻 编著
刘 毅 姬厚礼 审定

轻工业出版社

内 容 提 要

本书对纸和纸板的一些特性及其试验方法作了系统介绍,同时还对一些物理特性试验的理论及影响试验结果的因素进行了较为深入的分析。本书取材新,实用性强,既可作为造纸工业质量检验人员的培训教材,又可供造纸工作者和有关大、中专院校师生参考。

纸和纸板物理特性及其试验方法

夏丽峰、马忻 编著
刘毅 姬厚礼 审定
轻工业出版社出版
(北京广安门内大街25号)
轻工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

850×1168毫米¹/₃₂印张: 13⁸/₃₂插页, 1字数: 339千字

1990年6月 第一版第一次印刷

印数: 1-8,000定价: 6.80元

ISBN7-5019-0830-3/TS·0546

编 者 的 话

为提高纸张及纸板的产品质量，及时介绍一些新的测试理论和方法以及新的仪器和技术，为配合检验人员的培训、贯彻执行新近颁布的检验标准，我们编写了本书。

本书初稿完成后，经刘毅、姬厚礼同志审阅，提出了修改意见。根据这些意见我们又进行了修改，最后由刘毅、姬厚礼同志审定。对此，编者表示诚挚的谢意。

编者

目 录

概论	1
第一章 试样的采取及处理	3
第一节 试样的采取	3
第二节 试样的大气处理	7
第二章 一般性能	20
第一节 纸和纸板的正反面及其识别	20
第二节 纸和纸板的纵横向及其识别	22
第三节 纸和纸板的定量、厚度、紧度和松厚度	25
第四节 纸张尺寸稳定性	35
第五节 纸张的均匀性	40
第三章 机械强度	47
第一节 纸和纸板的拉伸性能	47
第二节 纸板抗压强度	70
第三节 纸和纸板的挺度	91
第四节 纸和纸板的耐破强度	111
第五节 纸和纸板的耐折度	124
第六节 纸和纸板的撕裂度	133
第七节 柔软度试验	146
第八节 纸和纸板的耐磨性(摩擦损失)	157
第九节 纸和纸板的湿强度	165
第十节 纸板的戳穿强度	172
第十一节 纸张的脆性	178
第十二节 纸和纸板的零距抗张强度	187
第十三节 纸和纸板的结合强度	193
第十四节 纸和纸板的耐久性	201
第四章 纸和纸板的表面性能	210

第一节	纸和纸板的平滑度·····	210
第二节	纸张表面的摩擦系数·····	252
第五章	结构性能·····	257
第一节	纸和纸板的透气度·····	257
第二节	纸和纸板的渗透性·····	274
第六章	纸和纸板的憎液性能·····	299
第七章	纸和纸板的印刷性能·····	315
第一节	表面强度试验·····	315
第二节	利用IGT仪进行的几项印刷性能试验方法 简介·····	326
第三节	纸张对油的吸收性能·····	331
第八章	纸和纸板的光学性能·····	339
第一节	纸被光照射后的反映及几种纸张光学性能 测量仪简介·····	339
第二节	纸张、纸浆白度的试验·····	346
第三节	纸和纸板颜色的表示和测量·····	358
第四节	纸张的透明度和不透明度试验·····	368
第五节	纸和纸板光泽度试验·····	376
第九章	试验结果的统计处理·····	386
附录一	国家标准与各国标准仪器规格参数对照表·····	401
附录二	与本书有关的标准目录·····	414

概 论

随着人民物质生活和文化生活的不断提高，纸和纸板的应用领域得到了不断扩展。因此对于纸和纸板的质量要求也随之越来越高，这就导致了人们对开发新产品，改善和提高产品质量，保证消费者正当权益方面进行纸张性能测试的普遍重视。众所周知，测试工作是仲裁产品质量是否符合标准、分析生产过程的好坏，从而得出科学结论的最有效的措施。

近几年来，国内外纸张测试仪器的的发展十分迅速，有关纸和纸板特性方面的研究也日益增多。由于纸种不同，其使用性能也不同，为了适应不同的用途，纸或纸板必须具备相应的物理化学性质，本书所要讨论的就是纸和纸板的物理性质以及相应的试验方法。

纸和纸板的物理特性，一般可划分为如下几个范畴：(1) 一般特性，包括定量、厚度、紧度、规格尺寸、包装等。(2) 机械强度特性，包括抗张强度、伸长率、能量吸收、耐破度、耐折度、撕裂度、抗磨损能力、结合强度、戳穿强度等。(3) 光学特性，包括颜色、白度、透明度、不透明度、光泽度等。(4) 表面性能，包括平滑度、粗糙度、摩擦系数等。(5) 吸收性能，包括施胶度、吸水性、吸油性等。(6) 电气性能，包括耐电压强度、导电质点等。(7) 印刷性能，包括表面强度、油墨吸收性、印刷密度、油墨干燥速度等。此外还有诸如尘埃度、洞眼等外观特性。

对于上述的这些特性，人们经过了多年的探索和研究，提出了进行定量评价这些特性的测试方法。迄今为止，许多国家已将这些方法制订成测试纸张物理特性的标准方法，例如GB（我国国家标准）、ISO（国际标准化组织）、TAPPI（美国制浆造纸工业技术协会的T标准）、SCAN（北欧标准）和JIS（日本工业标准）

等都制订了标准。还有一些试验方法虽未上升为国家标准，但在某些地区已被广泛采用，而且它们确实能反映纸张的某些特性。除了检验方法外，还有仪器的标准问题，有的国家订了标准，如我国的ZBN仪器标准，有的国家虽无标准，但在检验方法中对仪器的参数都有明确的规定。本书立足于这些标准方法，进行系统的阐述，同时也对某些未正式订为标准的试验方法进行一些介绍，供广大读者参考。

通过以上讨论，我们可以这样认为，纸和纸板物理性能的研究及其试验，在制浆造纸工程上占有重要的地位，也是一项基础性的工作，研究和探讨这方面的理论与方法，对于提高造纸行业的检测水平是很有意义的。

第一章 试样的采取及处理

第一节 试样的采取

一、样品的采取

样品是可以代表整体的一张、一卷或一个重量单位的纸或纸板。通过对于样品的试验，可以推断整体物质所具有的性能。因而，采取样品是测试工作最为基础而又最为主要的操作。没有样品就谈不上试验，样品没有代表性，则试验结果就没有意义。

样品的抽取有许多种方法，诸如随意地不受任何条件影响或约束地从整体中抽取样品的随机取样。还有把整体分为若干组，然后从各组中随机抽取一定量的样品，再将各组样品合并成为代表性个体样的代表性抽样法等。目前我国造纸行业采用的抽样方法是按照GB2828-81所规定的逐批计数抽样程序及抽样表所规定的抽样方法，具体步骤如下：

1. 选取包装单位数

根据连续批所提供的包装单位数以及产品标准规定的检查水平，在GB2828-81中样本大小字码表上查出该批量范围和该检查水平下的样本大小字码。

查到样本大小字码后，据产品标准规定的抽样方案要求（可以是一、二、五次正常抽样方案；一、二、五次加严抽样方案和一、二、五次放宽抽样方案，一、二、五次特宽抽样方案）查找相应的检查抽样表。具体查表方法是（以一次正常抽样方案为例）由样本大小字码沿水平向右，再从这一样本字码所在行和规定的合格质量水平所在列的相交处，读出合格判定数 A 和不合格判定数 R 。如果在相交处是箭头，则沿箭头所指方向，读出箭头所指的

第一个合格判定数 A_1 和不合格判定数 R_1 。然后由此判定数组所在行水平向左，在样本大小栏内读出相应的样本大小 n 。如果采用二次以上的任一种抽样方案，则还要从相应的表中查出第一至第五合格判定数 $A_1, \dots, A_5$ ，不合格判定数 $R_1, \dots, R_5$ 。

由上述步骤选择出抽样的包装单位即样本大小 n (n 的数字，是每次抽样的样本数。)

例：提供交货的一批纸共500卷，据产品标准要求采用二次正常抽样方案，一般检查水平Ⅰ，合格质量水平为4.0 (AQL)，求其抽样方案。

解：由于批量为500卷，从GB2828-81中的样本大小字码表中查出样本大小字码为“H”。

将表翻到二次正常抽样方案表，得到如下一张表（见表1-1-1）。

据样本大小字码确定H的位置。从H字码水平向右，在AQL=4.0处向下，这二个行和列相交点查得 $A_{11}=2$ ； $R_{11}=5$ ； $A_{21}=6$ ； $R_{21}=7$ 。这二组数即为二次抽样方案的合格判定数组。然后从这个数组所在栏向左，在样本大小栏内查出样本大小为 $n_1=32$ ； $n_2=32$ 。第二次抽样时，累计样本大小为64。

据以上所述，求得的抽样方案为 $\{n_1=32；n_2=32\}$ ； $\{A_{11}=2，A_{21}=6，R_{11}=5，R_{21}=7\}$ 。

2. 批合格或不合格的判定

对于一次抽样方案，根据样本检查的结果，若在样本中发现的不合格品数小于或等于合格判定数 A_1 ，则判断该批是合格的。若在样本中发现的不合格品数大于或等于不合格判定数，则判断该批是不合格的。

对于二次抽样方案，根据样本检查结果，若在第一样本中发现的不合格品数小于或等于第一合格判定数，则判断该批是合格的。若在第一样本中发现的不合格品数大于或等于第一不合格判定数，则判断该批是不合格的。

若在第一样本中发现的不合格品数，大于第一合格判定数，

同时小于第一不合格判定数，则抽第二样本进行检查。若在第一和第二样本中发现的不合格品数总和小于或等于第二合格判定数，则判断该批是合格的。若大于或等于第二不合格判定数，则判断该批是不合格的。五次抽样方案的批合格与否判断，依此方法类推。对于造纸行业来讲，目前大多采用二次正常抽样方案。

3. 从样本中抽取样品的方法

(1) 平板纸 按所选取的样本总张数抽取样品，抽取张数如表1-1-2所示。

表 1-1-2

样本总张数	1000以下	1001~5000	5000以上
最小取样张数	10	15	20

(2) 卷筒纸的采取 以卷筒外部去掉全部受损伤的纸层，在未损伤的部分再去掉1~3层。沿卷筒的全幅用刀切一刀口，其深度要能满足取样所需要的张数，让切取的纸样与纸卷分离。

从每叠切取出来的纸样中，随机抽取相同张数的纸样，取样方法如表1-1-2所示。整批样本的张数为相当于全部卷筒所能切出的相应大小的纸总张数。

(3) 盘纸样品的采取 去掉盘纸外部带有破损、皱纹或其它外观纸病的纸幅，切取5~10m的纸条，按表1-1-2所规定的数字从总的纸条中随机抽取所需的样品张数。

例：设据GB2828-87选取的样本数为5，其总张数为3000张，样品采取方法应是从这5个包装单位中采取15张样品作为平均试样，这15张样品分别从5个样本中平均抽取。

据上述方法所抽取的样品，如果是平板纸则从每一张上面切取一个试样，取样部位应各不相同。如果为卷筒纸，则从每个整张样品上切取一个样品，样品为卷筒的全幅，宽度为400mm。所采取到的试样必须要保持平整，不皱、不折，同时要避免日光直射，防止湿度波动及其它有害影响。注意试样不要用手触摸，否

则会影响纸张的化学、物理性质。在取样或试验时如出现意外，必须重新取样。新样品应按上面所述的方法采取，除非另有说明。试样可以在同一包装单位中采取。

二、试样的切取

1. 切取工具

切取试验样品的工具一般可分为三种类型。一种是专用试样切取刀，专门用于切取某一试验用的固定规格的样品。例如环压试验的标准切刀，定量用的圆型标准切刀，它们可分别切出 $152\text{ mm} \times 12.7\text{ mm}$ 和面积为 $1/100\text{ m}^2$ 的样品。另一种是切取抗张力、耐折度试样的定距切纸刀，其定距为 15 mm 。此外还有一种挺度试样切刀。第三种就是可调距切纸刀，它的特点是所切取样品的尺寸在一定范围内可以调节。

无论是哪一种类型的切纸刀，它首先应具备以下二个基本要求即①所切样品边缘应整齐、光滑，不能有毛刺。②应能保证样品的尺寸精度及样品两个平行边的平行度。这二条要求可通过以下方法进行检查。

(1) 尺寸精度校验 选用 100 g/m^2 定量的纸张，在刀上实切试验。如使用可调距切纸刀切取时，则切出样品的宽度尺寸与刀本身刻度标尺指示数值误差应小于 $\pm 0.15\text{ mm}$ 。样品宽度尺寸，采用游标卡尺在纸条上、中、下三个位置测量，取其平均值。如采用定距切刀切取，则切出样品宽度也同样用游标卡尺在纸条上中下三个部位测量，取其平均值。样品宽度与规定值之间误差应小于 0.1 mm 。如果误差超过上述要求则要对刀具进行检查维修。

(2) 样品刀口边缘检查 用 40 g/m^2 定量的纸在刀上切一条，将纸条放在放大镜下观察，试样二切边应整齐，不能有毛刺，否则应修磨刀口。

(3) 纸条长边平行度检查 用 100 g/m^2 定量的纸在刀上实际切取相应规格的试样条，然后用游标卡尺在纸条上中下三个部位测量其宽度尺寸，三个值中最大值与最小值之差应小于 $\pm 0.1\text{ mm}$ ，

如果不符合上述要求，则要对切刀进行维修调整。

2. 切取步骤

①详细了解所要测试项目要求的样品尺寸、规格。

②把备切的样品分清正反面、纵横向并标记清楚。

③在备切的样品上选取最有代表性的地方（一般来讲，距大张试样横幅边缘5cm以内均具有代表性）用其它裁纸刀进行粗裁。

④据所要试验的项目，使用不同的刀具切取出符合试验所要求的试样备用。

值得注意的是，在进行切取时，要保证试样纵横向相互垂直，最大偏斜度应小于 2° 。因为如果偏斜过大，对测试结果有较大的影响。曾有人对偏斜度和抗张力进行过试验，得到如下结果：当垂直时抗张力为2.46kgf，偏斜 5° 角时抗张力值为2.27kgf，比垂直时降低7.7%。如果偏斜 15° 角，则抗张力值为2.14kgf，比垂直时降低13.0%，因此，这个问题应引起足够的重视。此外，样品宽度精度对测试结果也有一定影响，仍以抗张强度为例，当试样宽度比标准宽度15mm少0.5mm时，抗张力值降低约6.4%。

切样时，样品不能叠得太厚，总厚度不应超过0.4mm，否则切出试样边不会整齐、光滑，而且易将刀损坏。样品切完后，要将刀合上。长时间不用时，应在刀刃口上涂少许防锈油，防止刀口生锈。

第二节 试样的大气处理

一、纸页的吸湿与放湿

众所周知，纸页是由充分分散的纤维互相交织而成。由于这种交织不可避免地形成一些孔隙，再加上纤维毛细管的作用，纸页具有吸湿和放湿的能力，即在周围湿度（大气中水分含量）大于纸页本身水分含量时，纸页就要吸收一部分水分，使本身水分

含量与周围大气水分含量平衡。反之，当周围大气水分低于纸页水分含量时，纸页就要释放一部分水分，使其水分含量与大气水分含量达到平衡。事实上，这两种方式达到平衡后，纸页水分含量是不相同的。经验表明，通过放湿过程达到的平衡水分要比吸湿过程达到平衡时水分高。这个现象称为滞后，它可由图1-2-1进一步说明。

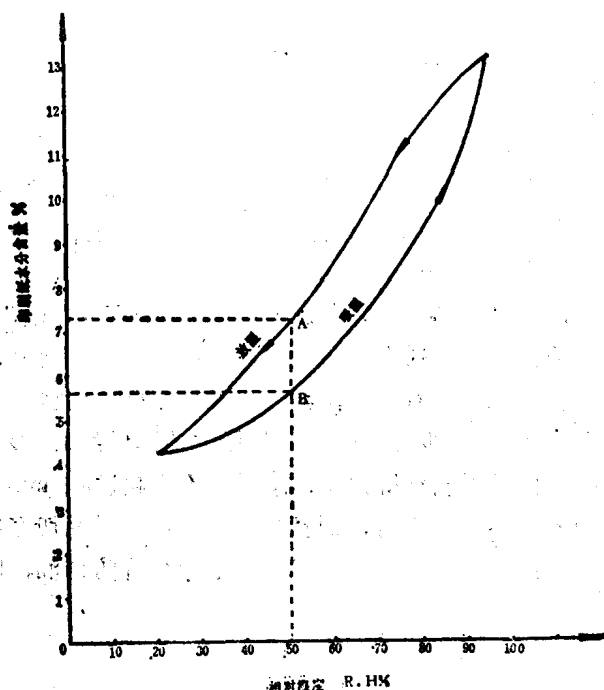


图 1-2-1 吸湿和放湿方式达到平衡时的水分图

由图1-2-1可知，由高湿度和低湿度同时向标准湿度条件50% R·H平衡时，二种平衡方式达到的平衡水分含量是不同的，它可能是这两条曲线与50% R·H相交的AB二点之间的任一数值。这就是所谓的平衡水分滞后。正因为有滞后现象的存在，它直接会对各种性能的测试结果有所影响，所以在标准的检测过程中必须严格加以控制，试样的处理一律由低湿向高湿平衡。这样处理的试样

其测定结果才有可比性。虽然在给定的相对湿度下进行平衡,但水分取决于原始浆或纸的含水量。在这个图中我们可见平衡水分的大小,取决于样品过去是否在大于或小于50% R·H的相对湿度下进行过处理。据有关研究,各种纸因定量、紧度、施胶度、填料不同,则平衡时间、平衡水分也不同。例如,卷烟纸处理35min达到平衡,平衡水分为5.82%,而纸袋纸要45min以上才能达到平衡,平衡水分为9.2%

实践证明,纸页的含水量,对于纸或纸板的物理性质有很大的影响,尤其是上面所述的滞后,也会带来较大的测试结果误差。因此,为了在同一条件下有效地对比各种纸的特性,纸或纸板的物理特性必须在相同温度、相对湿度条件下进行试验,试验前样品必须在这个条件下进行处理,而且必须由低湿向高湿度状态通过吸湿过程达到平衡。

二、试样处理的大气温湿度条件与控制技术

根据前面的分析,如果纸张水分含量不同,那么试验结果也就不同。为此,纸张物理性能的试验必须在一定的相对湿度和温度条件下进行。这个条件,各个国家都作了各自的规定,具体情况见表1-2-1。

表 1-2-1

标准名称	温度(°C)	相对湿度(%R·H)
ISO 187	23±1	50±2
联邦德国DIN	20	65±2
法国	20±2	65±2
英国BS	20±2	65±2
美国TAPPI	23±2	50±2
加拿大	23±2	50±2
中国GB	20±2 23±1	65±2 50±2

迄今为止,我国一直采用 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $65 \pm 2\%$ 相对湿度条件。但是1984年ISO TC6技术委员会在悉尼举行会议,会议通过了在1990年1月1日后,采用 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $50 \pm 2\%$ 相对湿度大气条件,因而在1987年修订国家标准时,也将这一条件列入我国标准,并规定 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $65 \pm 2\% \text{R} \cdot \text{H}$ 使用到1989年年底。

试验室内的温湿度条件,应相对稳定,标准中对此作了明确规定即:当空调系统正常运转时,室内任一点的平均温度最大值与最小值之差在24小时内任一30min里不超过 0.5°C ,相对湿度在24小时内任一30min里最大值与最小值之差为 $\pm 2\% \text{R} \cdot \text{H}$ 。

既然有了大气条件及其稳定程度的规定,就要借助一定的设备进行控制和调节。目前常用的控制方式有以下几种:

(1) 集中式空调系统 它是将处理空气的所有设备(冷源、热源、喷雾)集中管理。如大冷冻机组控制的空调系统,其基本过程为:将水冷却到露点温度,再将冷却到零点温度的水用专用喷嘴进行喷雾,产生 $100\% \text{R} \cdot \text{H}$ 的空气并用鼓风机输入送风管中,经过一级电加热后再经二级细调加热系统加热到 20°C ,此时输入室内的空气正好是温度 20°C ,相对湿度 65% 。在出风口附近装有传感器,用以控制加热器的工作状态。

(2) 柜式空调系统 它是将所有空调的设备集中安装于一个机壳内,置于室内或邻室内,直接处理大气。此外还有一种半集中式空调系统。

空调技术是比较复杂的一门技术。一般来讲,空调的操作有4个内容:①加热、加湿;②冷却降湿—加热;③降温加湿;④冷却降温—降湿。这4个内容的操作是根据专用湿度图来进行的。湿度图往往比较复杂,这里介绍一种由广东造纸研究所研究的专业湿度图(图1-2-2)。

图中以干球温度为横坐标,湿球温度为纵坐标。在实用温度范围内绘制与空调操作关系密切的几条曲线。这些线将湿度图划分为若干区域,这些区域相应于当时室内外湿空气状态并借以判别是否符合标准要求,如不符合要求时,则要根据情况进行控制

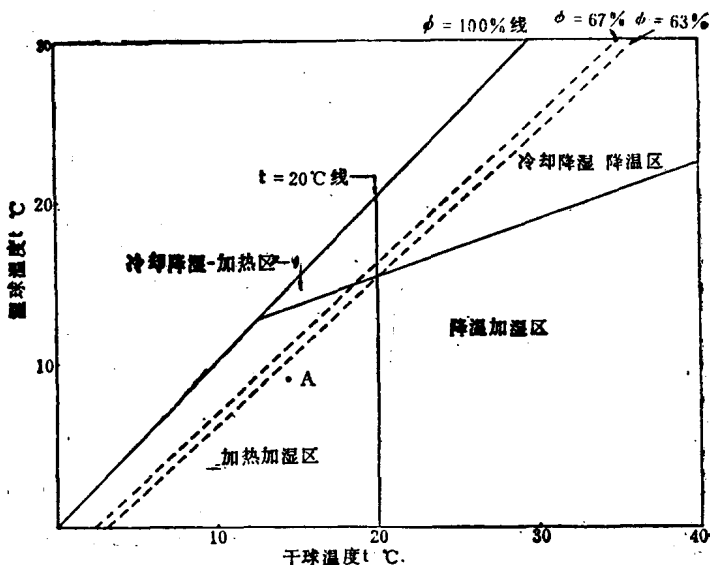


图 1-2-2 湿度图

和调节，使其以最快的速度和最经济的方式达到要求值。

例如，室内干球温度 $t=17^{\circ}\text{C}$ ，湿球温度 $t'=12^{\circ}\text{C}$ ，此时室内的空气状态相应于图上的A点 ($t=17^{\circ}\text{C}$ ， $t'=12^{\circ}\text{C}$)，即处于加热加湿区间，那么此时空调机应进行加热-加湿的操作，使大气条件到达标准大气条件。

三、温度和相对湿度的测试

目前，国内常用的温湿度测试有二种形式的仪器。

1. 阿斯曼通风式干湿球温度计

它共有两个温度计并装在一个架上，架的上端装有一个微型鼓风机，其风速应为 $4\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$ 。在两个温度计的其中一个之水银球外包几层清洁的吸水纱布，它应保持清洁，必要时定期更换。

测试方法：首先要保证湿球温度计的纱布吸水至饱和。试验所用之水应为蒸馏水或脱离子水。开动鼓风机，待2min后，在两个