

造纸工业 物理检验

张振 · 刘毅 编

· 轻工业出版社 ·

造纸工业物理检验

张 振 刘 毅 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了纸浆、纸和纸板主要的物理检验方法。在介绍每一种检验方法时，详细叙述了检验仪器的工作原理、校对方法以及具体的操作方法及操作注意事项等。书中附录介绍了主要纸种的用途、特征以及各国标准方法编号对照、造纸工业物理检验常用单位的换算等

本书供造纸工业检验人员参考。

造纸工业物理检验

张 振 刘 毅 编

轻 工 业 出 版 社 出 版

(北京阜成路3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

787×1092毫米 1/32 印张:7 8/32 字数:157千字

1984年1月 第一版第一次印刷

印数: 1—10,300 定价: 0.84元

统一书号: 15042·1826

前 言

为提高产品质量，必须做好检验工作，对造纸工业中一般的质量检验所需要的知识，必须有所了解，为此汇编本书供造纸行业的检验人员在工作中参考。书中介绍了纸张的类别、用途、特征、主要性能及其主要的检验方法，并且列出了仪器的工作原理、主要规格、校对方法及具体操作方法、操作时注意事项等。

本书承蒙张玉范同志校订，并得到孙幼礼、刘铭祥、李玉华、姬厚礼、张少玲等同志的热情帮助和支持，在此谨致谢意。

编者

目 录

第一章 纸张的性能	1
一、物理性能.....	1
二、机械性能.....	9
三、光学性能.....	21
四、电气性能.....	27
五、印刷性能.....	30
第二章 纸浆的物理检验方法	33
一、打浆度.....	33
二、纸浆强度.....	40
第三章 纸及纸板物理检验方法	55
一、试样的采取及处理方法.....	55
二、纸的纵向、横向和正反面.....	57
三、定量.....	59
四、厚度、紧度、松厚度.....	61
五、抗张强度、伸长率及抗张能量吸收.....	66
六、耐破度.....	75
七、撕裂度.....	83
八、耐折度.....	94
九、平滑度.....	103
十、透气度.....	119
十一、施胶度.....	127
十二、表面强度.....	133
十三、吸水性.....	136

十四、压缩强度	143
十五、戳穿强度	152
十六、挺度	156
十七、伸缩率(尺寸稳定性)	163
十八、耐磨性	167
十九、剥离强度	173
二十、透湿度	174
二十一、耐久性	177
二十二、耐热度	179
二十三、尘埃度	180
二十四、白度	182
二十五、不透明度	191
二十六、透明度	194
二十七、光泽度	196
附录	203
一、常用纸的种类、用途和特征	203
二、各国标准方法编号对照表	214
三、国际标准单位表	220
四、不同温度过饱和盐类的相对湿度	222
五、各种药液的相对湿度 (R. H. %)	223
参考文献	223

第一章 纸张的性能

一、物理性能

(一) 定量

定量是纸及纸板最基本的一项重量指标，因为大多数纸张是按照重量销售的。定量是指单位面积的重量。一般以每平方米的纸张有多少克重表示。我们使用纸张时一般是使用纸页的面积，因此要保证一定的使用面积，尤其卷筒纸，定量增加使用面积减少，如新闻纸印报时，按定量 51 克/米²，每吨纸可印 46000 份报纸，定量增加 1 克，即 52 克/米²，则每吨纸少印 1000 份报纸，给用户造成损失。若保证使用面积，而定量超重，即浪费了纤维原料，故必须严格控制定量。目前国外为节约原材料，纸张在向低定量方面发展，新闻纸已降低到 45 克/米²，航空版为 30 克/米²，为此生产及印刷部门也都采用相应的措施，保证质量。

定量影响纸张的整个物理、光学和电气性能。一般的物理性能如抗张强度、耐破度、撕裂度等都与定量有关。为使同一类型的纸的强度相互比较，常要换算成抗张指数、裂断长、撕裂指数、耐破指数等。

各种物理强度与定量的关系：

$$H = 0.003 + 0.0017 W$$

$$T_s(M. D.) = 0.0713 W^{1.1}$$

$$T_s(C. D.) = 0.0265 W^{1.19}$$

$$E(M. D.) = 0.456 W^{0.021} \quad E(C. D.) = 3.72 W^{0.007}$$

$$B = 0.421 L^{0.025W}$$

$$T(\text{M.D.}) = 0.451 W^{1.27} \quad T(\text{C.D.}) = 0.324 W^{1.36}$$

$$D(\text{M.D.}) = 0.229 L^{0.0313W} \quad D(\text{C.D.}) = 0.526 L^{0.0253W}$$

式中 W ——定量(克/厘米²)； H ——厚度(毫米)；

M.D.——纵向；C.D.——横向；

T_s ——抗张强度(公斤)； E ——伸长率(%)；

B ——耐破度(公斤/厘米²)； T ——撕裂度(克)；

D ——冲击强度(公斤/厘米²)； L ——裂断长(千米)。

(二) 厚度

厚度是表示纸张厚薄的程度。厚度用测微计进行测定，以一定的面积一定的压力下测定纸张厚度大小，一般单位面积压力为1公斤/厘米²，有的为500~550克/厘米²。一般要求一批纸或纸板的厚度要一致，否则制成物品的厚薄就不一致。如印图书因印刷纸厚度不一致，则印成的书有厚有薄，一本书内厚度不均这对读者及印刷部门皆不适宜，经济上也不合理。所以印刷纸的厚度是一项重要的物理指标。同时厚度也能影响印刷纸的不透明度和可压缩性。所以要控制厚度，以便使纸张的其它物理性能得到适当控制。

表 1

压力(克/厘米 ²) 纸 名	350	450	500	600	750	900
绝 缘 纸						
35微米	+0.29	1	-1.43	-1.71	-6.0	-7.43
22微米	+0.25	1	-0.36	-1.82	-3.64	-5.09
胶 版 纸						
76.4微米	+0.22	1	-0.11	-0.55	-1.43	-1.87

在测定厚度时使用压力变化对厚度有一定影响，其变化情况如下(以 450 克/厘米²为基准)：

测定时压力相同，而所测的纸张的张数不同，测得的平均厚度也不同，其变化情况如下：

表 2

纸名	规 格	1 张	5 张 (平均)	10 张 (平均)
绝 缘 纸	45微米	47.5	42.3	42
	90微米	90.9	85.5	85.4
	130微米	129.6	124	123.5
印 刷 纸	60微米	61.5	58.2	58.5
	90微米	91.4	89.6	89.5

注：厚度以微米计。

由上述结果，可看出测的张数增加，厚度要逐渐减小。

(三) 紧度

紧度是指单位体积的重量，以前曾称做密度，是纸张的一项重要性质指标。紧度影响到纸张的各种光学和物理性能，所以人们往往以紧度作为比较各种纸张强度和其它性能的基础。另外也常用松厚度(比容)代替紧度来说明纸张的性能。松厚度为紧度的倒数，即 1 克重的纸的体积的大小。

纸张有两种紧度，一是以成品纸张的定量与厚度的比率得到的紧度(积层紧度)。一是纸张在未经压光或未消除纸面不平时按其定量与厚度的比率求得的紧度。一般以前者为准，其差别取决于未压光和压光纸张平滑度之差别。纸张的紧度决定于所用纤维的种类、打浆程度、抄纸时网部脱水情况、湿压程度和压光程度等。所以要根据纸张的要求采取不同的工艺条件以达到所需的紧度。纸张的紧度与耐破度和抗

张强度成正比，与撕裂度、透气度成反比。但有例外，如纸张耐破度高而紧度低，这种纸张很可能是用强韧的长纤维制成的。纸张耐破度高而紧度很大，这种纸张可能是用切断和水化很好的纸料制成的。

(四) 两面性

纸张有正、反两面，正面为毛毯面，反面为网面。反面由于与铜网接触，细小纤维与填料流失较多显出网印，反面比正面要粗糙些。正面比较紧密。正反面的性质有明显的差别。如平滑度，正面一般较反面高些，拉毛速度反而比正面大些，因此一般称为纸张的两面性。

产生纸张两面性的原因是由于抄纸工序是从一面脱水，网面的细小纤维和填料胶料少，网面的粗大纤维多，特别是薄纸页更为明显。吸水箱的抽吸和辊子的粘连也是造成两面性的原因。有人测定证券纸，毛毯面细小纤维占18%，而网面却只有11%。另外湿纸接触网、毛毯和烘缸的面积不同，也是形成两面性的主要因素。纸张的两面性对印刷纸质量的影响是很大的，一般说，毛毯面的平滑度、施胶度均较好，故其印刷性能也较好。但是细小污物从网面滤去的多，故有些纸网面白度偏高又较清洁。

为了克服这种两面性，目前国外抄纸设备已采用立式夹网纸机，该种纸机在网部是两面同时脱水的，消除了两面的差别。

(五) 透气度

纸张是由许多纤维交错组成，其间必有空隙，这样气体由于压差可由孔隙中透过，这种现象表明纸张具有一定的透气性能。衡量透气的大小称为透气度。

1. 透气度的形成

如将纸张的比重(0.5~0.8)与纤维的比重(1.5)相比,可知纸张是很疏松的物质。纸张中含有70%的空隙。其中有针孔、凹窝、空穴。针孔是穿透纸页的开孔,凹窝是只在一面开口的小孔,空穴为两面都没有开口的气穴。纸张中的针孔体积,只占总孔隙部分体积的1.6%,其余的98.4%多数为凹窝及空穴的体积。一般纸的反面凹窝面积比正面大。孔隙体积可用下式计算:

$$\text{孔隙体积} = 1 - \frac{\text{纸张的比重}}{\text{纤维的比重}}$$

纸张中孔穴的容积,一般用孔穴的当量半径来表示。假定孔穴长度与纸张的厚度相等,单个孔穴中流通的空气量等于单位面积纸面上全部孔穴中空气通过量的平均值。纸张中的孔穴是互相连锁、弯曲和互相交叉的沟道,形成一种复杂的系统。而其孔径范围是由相当大的直径到毛细管的规格。孔穴的当量半径不能说明孔穴的大小、形状及其分布情况。但比较各种纸张的透气度时,孔穴的当量半径是有用的。采用空气透过法及修改的波益西尔氏方程式(Poiseuille's equation)得到平均有效孔穴直径的变化范围如下:涂布印刷纸为0.2微米,证券纸为1.2微米。采用毛细管上升法得到吸墨纸为0.1~4微米,未施胶证券纸为0.19~0.35微米。纸张的透气度由结构来看,与孔穴的数目、大小、形状及分布情况等是有关系的。

2. 透气度与纸张其它性能的关系

通过纸张的空气流量直接与压力差、流通时间和试样的有效面积成正比,与试样厚度成反比,对空气阻力与细孔半径的四次方成反比。如纸张厚度不同,而且细孔当量直径相等,其空气流通阻力是不同的。因细孔的当量直径与纸厚度

没有关系，而空气阻力则与厚度有关。

由于纸张的透气度和纸张强度之间有间接的关系，对空气阻力的测定，常在生产上作为检验的项目之一。透气度影响到油墨的吸收性，故对印刷纸有直接的关系。透气度是纸袋纸的一项重要指标，关系到装水泥时排气的速度。透气度是未浸渍电气绝缘纸的一项重要特性，能影响绝缘纸的介电常数。透气度对胶粘剂的渗透也是有影响的，对防油纸的抗油性，对卷烟纸的燃烧性，对过滤油、水和气体用的滤纸的过滤性能等都是有关联的。

（六）平滑度

平滑度是表示纸张表面平整的程度，纸张表面凸凹不平的现象与纤维结构是有关系的。由于生产工艺不同，而产生了纸张不同的表面形状，故此将这些不同表面形状，用图表分布的手段，也可得知纸张的平滑度的情况。

平滑度是印刷纸张的一项重要检验项目。纸张表面不平，印出字迹或图画的清晰程度就不一致，画面颜色色调不均匀。纸张要求成纸平整，而且正反两面要求一致，不要相差太大，否则书籍两面的印刷质量不同。所以平滑度是印刷纸的一项重要性能。

影响纸张平滑度的因素很多，如提高打浆度可增加平滑度，填料、表面施胶、长网纸机的振动装置、提高湿压和压光对平滑度均有改进。造纸机的铜网型式、毛毯织法等对平滑度也有所影响。一般来说，理想的纸页抄造出来的纸是平整的，而不是用压光的方法来达到的。粗糙的纸经压光后会产生硬斑，因此，纸在压光前其本身要平，才能进一步改进纸的平滑度。浆料的品种也是影响平滑度一项重要因素，机械木浆含有纤维束，制成纸张粗糙，亚硫酸木浆和棉浆使纸张

容易平整。纸张水分对平滑度有影响，水分大时，纸柔软、易得到高平滑度。相对湿度对平滑度有影响。一般按接触面积来说，相对湿度小，平滑度低；相对湿度大，平滑度会高些。按侧面进气来说，相对湿度大纸松厚，平滑度的值会小些。一般平滑度与纸张外观有联系，粗糙的纸张不美观，纸面有过多的网印，毛毯印或皱纹等影响纸的平整，对使用不利。书写纸也要求平滑度，如不平，书写时影响笔尖在纸面上移动的流利性。

（七）均匀性

纸张的均匀性是指纸张中纤维分布的均匀程度，一般用透过纸张的光线的均匀程度来表示。也有用测量整个纸张横幅各个点上的厚度、定量的变化情况，来表示该纸张的均匀程度的，而实质上也是纸张的一项物理性能。

对纸张的各项物理指标，都存在均匀性的问题，如：印刷纸，不但要求纤维分布均匀，厚度一致，定量差别小，而且更重要的是整个的纸幅平整、平滑度波动小、两面平滑度接近。纸袋纸为强韧包装纸，在包装水泥和运输过程中，受到各式各样的外力，这样就要求纸袋纸受到外力时，能够均匀的分担外力，有时因纸的纤维组织不匀，受力后出现弱点，而被突破，造成破损，所以纸张的均匀性是很重要的。

匀度可以通过扫描的办法测定，由一束控制强度的光线，射到纸页上，在光源的对面有一光电管，纸页在光源与光电管之间通过，光源和光电管可以同步移动、进行扫描，光电管可以测定透过光线的变化幅度和频率。

另一种检验方法，是在纸页横幅上按一定的距离，测定其厚度或定量的变化，变化的幅度越小，纸的均匀性越好，变化大均匀性就差。

纸张的匀度影响到纸张的外观，也影响到纸张的物理性能及光学性能。均匀性是高级纸张的基本要求。书写纸、印刷纸要求有良好的匀度。匀度差如出现云彩花，则使纸的厚度不一，透明度也不一样，印出书籍有透印或深浅之别。

（八）外观及尘埃

由于生产工艺控制不严，操作不熟练，设备使用不当等种种原因，造成纸张有各种不同的纸病。这些纸病均为纸张外观不良现象，严重时影响到使用。这种具有各种严重纸病的纸张有必要重新回抄。

常见到的外观纸病：

1. 尘埃

纤维性尘埃，非金属性的尘埃，金属性尘埃。

2. 斑点

湿斑，汽斑，缸斑，浆斑。

3. 透光点、透帘

形状不规则的，圆形的。

4. 压花

5. 孔眼、破洞

孔眼有规律孔眼和无规律孔眼。

6. 毛布痕

7. 条痕

有光泽条痕、无光泽条痕、色条痕。

8. 折子

分活折、死折。

9. 皱纹

分鼓泡、泡泡纱、其它皱纹。

10. 硬质块

11. 砂子

12. 裂口

13. 色调不一致

14. 匀度

(1) 圆网机产生的：云彩花，薄道子，厚道子。

(2) 长网机产生的：云彩花，横道子，纵道子，薄块，小杂状不匀，纵向短道。

尘埃是指暴露在纸表面的，在任何照射角度下能见的，它的颜色与纸面的颜色有显著区别的杂质，易于分辨，尘埃有的是纤维原料本身造成的，有的是外来因素造成的，如铁锈，油污，小虫，煤渣等。在尘埃色调中以黑色尘埃影响使用较为严重。如印刷纸上有一小黑色尘埃，尤其是圆形的，使印刷品的字迹变了；在图象上造成污点，使印刷品作废，而且造成政治上的事故。所以尘埃度为印刷纸类一项重要检验项目。

二、机械性能

(一) 应力及应变

应力是为了抵抗外力，而在单位面积上发生的内力（达因/厘米²或磅/英寸²）。应变是物体受力后尺寸发生的变化对原来尺寸的比率。理想弹性固体是在有外力作用下，其瞬时的尺寸变化与负荷成直线关系，而当撤除负荷后，能恢复其原来的尺寸。最大应力是物体保持能恢复其原有形态性能时所能承受的最大负荷，也可名为弹性极限。

对于弹性固体时间不是一个因数，但对于流体则是一个因数。因为理想的流体是流动的，它依赖于时间对其所起的

变化不次于负荷对其所起的变化。

纸张具有下列性质：

(1) 非直线的负荷与伸长率曲线。

(2) 在一定负荷下，可以连续的伸长或蠕动。

(3) 负荷-伸长率曲线随着负荷的速度而变化。在高负荷速度下，伸长率降低及负荷增加。

(4) 为一定伸长率所需要的负荷随着时间而降低。

纸张是介于弹性体与流体之间的物体。当加上外力时，纤维就受到拉伸，纸张开始伸长；当外力取消后，应力发生作用，纤维收缩，纸张恢复原形。在此阶段，伸长与应力近于直线阶段(基本上符合虎克定律)，这说明纸张是具有弹性体的性质。当再次施加外力，而且逐步加大到超过第一次施加的外力，纤维再次受到拉伸，这时拉伸的作用大，有的互相脱离，有的过于拉直，再次取消外力后，应力发生作用，纤维收缩，但难以恢复到原来的状态，有一部分伸长后不能恢复到原状态，在此阶段，伸长与应力不成直线阶段，表现为流体的流变性质，而且这种性质随着外力施加的时间越长而越严重，直到最后纸页被拉断。

在测定纸张的机械强度时，应考虑到速度因素。一般测抗张强度时，时间越快即加负荷的速度快，所测得的数据就越大，反之就小。有人做过这样一个试验，在4秒钟加负荷，抗张强度为10公斤；如11分钟，则为9公斤；14小时，为8公斤；220日时，为4公斤。

对一般包装用纸，都有抗张强度、耐破度、撕裂度的要求，但这还不全面。实际上，要使包装用纸的破损小，纸张的强韧性是个重要指标。往往抗张强度较小、伸长率较大的纸其破损比抗张强度大、伸长率小的纸张要低些。纸张的强

韧性由抗张强度及伸长率所画的曲线面积而决定，面积的大小就可表示出韧性的大小，一般称为破裂功。普通纸袋纸的伸长率小，而弹性纸袋纸的伸长率大，这样弹性纸袋纸的破损小，其原因就在于此。

印刷用纸要求有弹性，也就是纸张的应力应变应处于弹性阶段。如地图纸和糊墙纸要求其流体流变性质越小越好。因为这种性质越大，纸张放久，就要变形伸长，不能恢复到原来状态。

对卷筒纸如高速轮转印刷用的新闻纸要有一定的应力应变性质，因为在印刷时可以防止辊筒不圆时“冲击波”所引起的断头。

在不同的相对湿度条件下，纸张的应力应变性质相差是很大的。湿度低，纸质硬脆；湿度高，纸韧性大。纸的纤维排列不同，应力应变性质是有差别的。纵向抗张强度大，伸长小；横向抗张强度小，伸长大，这是一般情况。由于造纸机的结构不同，也有与上面情况相反的。打浆不同也有影响，干燥时张力的调整，也可以改变纸张的应力应变性质。

（二）挺度

纸张的挺度是纸张抵抗弯曲的性质，也表明其柔软或挺硬的性质。挺度与流动性能有关，挺度决定于纸张受弯曲时，其外层的伸长能力和里层的受压能力。纸张的挺度是衡量其支持自重的能力，它与杨氏模数(E)乘以惯性力矩(I)除以定量(G)的商数 $\left(\frac{EI}{G}\right)$ 成比例，可以下式表示之：

$$\text{挺度} = \frac{ET^3}{12} \times \frac{W}{L^2}$$

式中 E ——杨氏模数，等于在试样轴线方向上的应力应