

印刷材料学

第一分册

渠毓光 编



上海印刷学校

前 言

《印刷材料学》一书是根据我校过去所编的《平版印刷材料学》与《凸版印刷材料学》加以综合并进行适当修改而成。供我校平印与凸印专业教学使用。其内容包括平、凸印工艺所共有的主要原材料——纸张、油墨和胶辊。

在编写中参考了天津轻工业学院造纸教研室所编的《造纸》一书,天津油墨厂和上海油墨厂分别编写的《油墨工艺学》以及其它有关纸张、油墨、印刷工艺等书。全书由纸张篇、油墨篇、胶辊篇以及纸张、油墨与印刷质量的关系四个部分组成,分上、下两册。

在编写过程中得到了上海印刷技术研究所,上海油墨厂、天津油墨厂及一些造纸厂的技术部门大力支持,在此表示谢意。

因本人水平有限,此版中缺点和错误在所难免,希望同志们批评指正,以利再版时修改。

渠 毓 光

80年5月

目 录

第一篇 纸 张

第一章 纸张的构造概述·····	1
第一节 纸张的基本组成——植物纤维·····	1
第二节 纸张组成中其它组份——填料、胶料、色料·····	2
第三节 纤维间的结合·····	7
第四节 纸张的制造·····	12
第五节 纸张的规格,分类及保管·····	22
第二章 纸张的印刷适性·····	26
第一节 纸张的弹塑性·····	26
第二节 纸张的强度·····	29
第三节 纸张的吸墨性·····	36
第四节 纸张的平滑度·····	41
第五节 纸张的施胶度·····	46
第六节 纸张的含水量·····	48
第七节 纸张的酸碱性·····	51
第三章 常用的几种印刷纸张·····	55
第一节 新闻纸·····	55
第二节 凸版印刷纸·····	57
第三节 胶版印刷纸·····	60
第四节 书写纸·····	64
第五节 铜版纸·····	67

第六节 白板纸	70
---------	----

第二篇 油 墨

第一章 油墨的一般知识	73
第一节 油墨组成概述	73
第二节 油墨构造简述	75
第三节 油墨的制造	79
第二章 颜料	86
第一节 概述	86
第二节 颜料的基本特征	87
第三节 颜料的主要性质	91
第四节 无机颜料	96
第五节 有机颜料	105
第三章 连结料	121
第一节 连结料的特点与分类	121
第二节 植物油的结构与性质	123
第三节 几种常用的植物油	127
第四节 油型连结料的炼制	131
第五节 树脂型连结料的基本特点	137
第六节 树脂型连结料的几种型类	139
第七节 常用的几种合成树脂	140
第八节 沥青与松香	150
第九节 矿物油	154
第四章 油墨的流变特性	157
第一节 流变学概述	157

第二节	油墨的粘度	164
第三节	油墨的屈服值	174
第四节	油墨的触变性与塑性	177
第五节	油墨的流动度与流动性	181
第六节	油墨的粘着性与附着力	188
第七节	油墨的丝头	191
第五章	油墨的干燥	195
第一节	油墨干燥的形式	195
第二节	氧化结膜的干燥过程	201
第六章	油墨的颜色	210
第一节	油墨的颜色	210
第二节	分光光度曲线	215
第三节	对三原色油墨的评定	217
第四节	油墨的着色力	222
第五节	油墨的细度	223
第六节	油墨的透明度	225
第七节	油墨的比重	226
第八节	油墨颜色的稳定性	227
第七章	辅助料	233
第一节	干燥剂	233
第二节	印刷油墨常用的辅助料	237
第八章	印刷油墨的种类	245
第一节	凸版印刷油墨	245
第二节	平版印刷油墨	255
第三节	凹版印刷油墨	265
第四节	特种印刷油墨	271

第一篇 纸 张

第一章 纸张的构造概述

第一节 纸张的基本组成——植物纤维

纸张是一种经过专门加工后，由极为纤细的植物小纤维相互牢牢交织起来的纤维薄层所形成的薄膜物质。就纸张而言，它的基本组成不是别的，正是植物纤维。

从广义来讲，任何含有纤维的植物均可用于作造纸的原料，然而并非自然界的一切植物全可用来制造纸张。就目前而论，用于造纸的植物纤维还是有限的，这是因为作为造纸原料的植物纤维，必须具备如下条件：

1) 植物纤维必须在制浆时易于离解；2) 植物纤维的纤维素含量要高，木质素等含量要少；3) 合乎要求的强度和韧性；4) 资源丰富，成本较低等条件。

目前我国造纸工业常用的植物纤维原料，一般可分为以下四大类：

1. 茎干类纤维：

稻草、麦草、甘蔗渣、芦苇、高粱杆、龙须草、玉米杆及竹类等。

2. 木材类纤维：

1) 针叶材: 云杉、冷杉、铁杉、红松、落叶松、臭松等;

2) 阔叶材: 白杨、桦木、栗木、枫木、槭木等。

3. 韧皮类纤维:

亚麻、黄麻、大麻、棉杆皮、桑皮等。

4. 籽毛类纤维:

棉花、棉短绒等。

此外, 废棉、废麻、废纸、破布等也是一些重要的造纸原料。

我国造纸用木材仅占造纸原料总量的 30%, 草类原料占 55~60%, 其它原料占 10~15%。

不同种类的植物纤维, 它们的物理形态和化学组分是有一定差异的。

表现在物理形状方面: 如长度和宽度, 一般地讲, 茎干类和木材类的纤维比较细而短, 而韧皮类和籽毛类的纤维比较粗而长。

例如: 稻草纤维 长度 l : 0.5~2mm,

宽度 b : 0.01~0.02mm

棉花纤维 l : 20~40mm

b : 0.012~0.037mm。

表现在化学组成方面的差别, 主要是植物纤维中的主要物质——纤维素、半纤维素、木质素及其它杂质的含量的不同。现举几种代表性的植物纤维化学组分如表 1-1: <近似值>

纸张的性质, 在一定条件下决定选用的植物纤维之物理化学性质, 这对制造不同用途的纸张则是极为重要的。如其它条件相同, 用细短纤维结合交织的纸张之强度低于用粗长纤维结合交织成的纸张强度。所以, 一般的普通用纸大都是

表 1-1

纤维种类	纤维素%	半纤维素%	木质素%
稻草	36	47	14
云杉	52.1	10	27
落叶松	54	22	21
亚麻	80	3.6~5.9	2.74
棉花	94	0.5~0.7	—

采用茎干纤维与木材纤维作主要原料，比较高级的纸张则用部分韧皮类纤维或籽毛类纤维作原料。

第二节 纸张组成中其它组分 ——填料、胶料、色料

仅用相互交织的纤维形成的纸张，会造成密度不均匀，组织中有不少的孔眼与空隙，使纸张的表面不平等纸病。所以一般地要加入一定量的其它物质，〈填料、胶料、色料等〉。

一、填 料

加填料就是在纸浆中加入一定量的细小颗粒而分散较强的矿物质。由于填料的加入，在一定的状况下，它会达到填塞部分纤维与纤维间的空隙作用，使其纸张得到不加填料时难以具备的某些性质。

一般常用的填料有如下几种：

1) 高岭土〈又称陶土〉

分子式为： $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

2) 滑石粉

分子式为: $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

3) 石膏粉<包括生石膏粉>

分子式为: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

4) 碳酸钙——氢氧化镁

分子式为: $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$

5) 硫酸钡

分子式为: BaSO_4

一般印刷用纸张的填料、造纸厂通常用滑石粉,但对于较高级的铜版纸张,它的表面涂料则选用高岭土与硫酸钡。

大家都很清楚,纸是由纤维互相交织而成的。正因为如此,在不加填料的情况下,相互交织的纤维之间不可避免地会有许多大大小小的空隙,使纸张产生一般肉眼难以观察出来的凸凹不平现象。如果用这种纸张来印刷,印刷品的字迹会出现深浅不一致,低凹的地方字迹较浅,特别是小铅字的印迹轮廓不很清楚;画面上的细线条时断时续,看起来非常别扭。浆料中加进了填料就能够克服这些缺点。使纸面匀整、平滑,有更好的适合于印刷的性能,因而使印刷品字、画、深浅一致而悦目。

一般填料都能使纸张具有可塑性<即受到压力时,有随加压物形状而变形的性质>,它们能使纸张比较柔软,因此在纸上容易压光,使纸张具有比较平滑的表面。

形成纸张的植物纤维,本身是比较透明的。填料能够降低纸张的透明性,或者说能够提高纸张的不透明性,所以能使薄型纸张有更为广泛的适用范围。

填料的白度一定要大于纸浆纤维的白度。按照这一原则,

填料才有可能提高纸张的白度。

另外,填料能够提高纸张均匀吸收印刷油墨的能力,使油墨均匀地沿着纸面分布开来。

从以上各点可以看出,浆料中加入填料,可以改进纸张的印刷性能,凡是生产印刷用纸,原则上应该尽可能地多加填料。

填料的比重大大超过浆料纤维,由于它是分布在纸张纤维的空隙间,结果增加了单位面积<例如每平方米>纸的重量,也就是说可以提高纸的定量。所以加填料能够降低纸张的生产成本,同时节约了纤维原料。

当然,填料的加入也给纸张带来一些弊病,即降低了纸张的理论强度,这是因为填料颗粒存在于纤维之间,必然降低了纤维活跃的表面积,影响了纤维表面上的氢氧根间的结合,从而降低了纤维间的结合力。<关于纤维间的结合力在后面将着重讨论>

另外,由于填料的加入,对纸张的吸墨性略有影响。一般来讲,填料愈多,说明纸张中的孔隙愈少,这必然阻碍了对油墨的吸收。

综上所述,造纸厂对于填料的施放量有较严格的控制比例的,一般占20%左右。

二、胶 料

仅用植物纤维与部分填料所制造的纸张,它的用途就受到一定的限制,因为纤维素是亲水的物质,那么这种纸张就会产生化水现象。当然,用这类纸张在平版印刷机上去印刷产品,将会给工艺上带来一系列的麻烦,甚至印不出一张象样的

产品来。为了克服这个问题，在造纸工艺中有一施放胶料的工艺过程。简称施胶。

施胶，这在造纸生产中是一项比较复杂，也是较重要的胶体化学的反应过程。

目前国内造纸常用的胶料有：

松香胶、硫酸铝、明矾、骨胶、淀粉、干酪素、水玻璃（矽酸钠）、石蜡等。

施胶，从某种意义上讲，它起着堵塞纤维与纤维之间的间隙，从而减少了纸张中的毛细管作用。由于这些胶料具有一定的抗水性，所以只能阻碍水分的渗透，而不影响纸张对油墨的吸收能力。通过施胶还能改善纸张的光泽、强度、声响及防止纸面起毛等性能的作用。

由于各种纸张的使用要求不同，所采用了不同的施胶工艺。目前有纸内施胶，表面施胶，轻施胶及重施胶等多种工艺，它们的施胶量也不同，少的只占浆料重量的 0.25%，多的达浆料的 9%。但是胶料不宜过量，否则将会改变纸张的其它性能。

三、色 料

一幅多色的采色画面或商品广告与包装，如果印在一张黄褐色的纸张上，就显不出它原有的艺术性，但是，改用一张洁白的纸张来印制时，就会感到它的色彩鲜艳、真实，艺术效果要好得多。为什么造成纸张颜色的差异呢？这是因为：造纸所用原料植物纤维本身带有一定的颜色，所以在制浆时要经过漂白处理（主要是制造白纸）。就是经过漂白的纸浆，它的颜色也不是纯净的白，还略带有一些浅黄与浅绿的颜色，

所以还要经过调色与增白处理。调色是在纸浆中加入微量的补色染料，而制造较高级的纸张还要加入一定量的荧光增白剂。

如上所述，由于纸浆原料的原因及造纸工艺上的差异，这就形成了纸张颜色上的不同。

对纸浆进行漂白、调色、增白等所用的材料，统称为色料。

另外，有些纸张本身就具有一定的颜色，统称有色纸。如标语纸、广告纸、彩色书面纸等。这类纸张在造纸时就进行了染色工作，而染色所用的物质，也称为色料。

在造纸工业中，有三种染色法：

1) 将色料直接加入打浆池中进行染色——称为直接染色法；

2) 将造好的纸张浸渍在染色槽中进行染色——称为浸渍染色法；

3) 将色料溶液涂布于纸面上制成有色的纸——称为涂布染色法。

综上所述，我们讨论了构成纸张的各组织成分，并对这些组织的特性也作了一定的了解，但是，对于纸张的主要组成——植物纤维，它的构造如何、它又是怎样形成薄膜而成为纸张的，植物纤维对纸张的印刷适应性有什么关系等，尚未讨论，这就是我们下面所要讨论的内容。

第三节 纤维间的结合

植物是由各种有机物质及部分矿物质所组成。而这些有机物质则是一些细胞之集团。各种细胞都有固态的膜壁，到

目前为止,已经知道在植物中约有纤维素、半纤维素、木质素、果胶、树脂……等成分,纤维素与半纤维素则是植物纤维的主要成分,也是造纸的研究对象。

一、纤维的构造

植物是由形状、大小不同的细胞紧密组合而成的。植物细胞壁的结构是相当复杂,但其结构具有层状和条状的特点,细胞壁的主要成分是纤维素。细胞延伸呈纤维状<细而长>,所以称之为纤维。

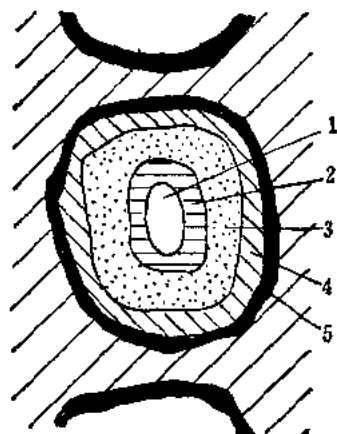


图 1-1 植物细胞壁结构
断面示意图

从图 1-1 可以看到,在显微镜下,细胞壁的最外边是胞间层(5),它是相邻细胞之间的“公共区域”;其次是初生壁(4),很薄,与胞间层合在一起称为复合胞间层;次生壁又分为外层(3)、中层(2)、内层(1)。木质素主要存在于复合胞间层和次生壁外层,纤维素基本上分布在次生壁中层和内层,果胶和无机盐类凝聚在胞间层和初生壁内,而半纤维素则与纤维

素一起,伴生于次生壁中。在电子显微镜下,可以清晰地看出,细胞壁是由许多层结构组织起来的,每一层都缠绕着许多微纤维,象缠毛线球似的按不同方向一层一层绕起来,构成细胞壁各层。微纤维是由许多微细纤维聚集而成的“绒毛”状物质,而微细纤维则是由许多纤维素分子聚合而成的“线状物”。

1. 纤维素

什么是纤维素？纤维素的结构如何？经测定纤维素由三种元素化合而成的，其元素比例如下：碳(C)44.4%，氢(H)6.2%，氧(O)49.4%。从以上百分比可以推算出纤维素的实验分子式： $C_6H_{10}O_5$ 。有了这个实验式，人们运用各种实验手段证明了在 $C_6H_{10}O_5$ 的分子式中存在着—OH 的基团；把纤维素用浓硫酸处理后加入水稀释而水解，则有 96% 的葡萄糖晶体生成，这样便可得出：



由于纤维素水解后生成葡萄糖的结果。可以认为纤维素属于多糖类的葡萄糖基。然而葡萄糖的分子结构中存在着五个—OH 的基团。当在这一结构中脱去一份 H_2O 后，应当在分子结构中留下一个单氧与三个—OH 的基团，实际测定并非如此。这说明纤维素的分子式绝非单一的 $C_6H_{10}O_5$ ，而是有 n 个 $C_6H_{10}O_5$ 联接在一起的，其连接方式可能是通过氧桥(—O—)来实现的，所以纤维素的分子式应该为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，

近来由 X 光射线对纤维素进行研究也证明了上面的结构，说明纤维素分子是由许多的葡萄糖基通过氧桥结合而成的链状大分子，也就是讲葡萄糖基是组成纤维素分子的基本化学单位。纤维素的分子式是 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ， n 为聚合度，纤维素分子量的大小，只要测得纤维素的聚合度 n ，就可知了，因为葡萄糖基的分子量是 162。一般来讲，由纯粹的纤维构成的木棉纤维素的聚合度为 3500~5000，而木材的纤维素的聚合度不超过 2000，图 1-2 就是纤维素的化学结构式。

葡萄糖基是构成纤维素分子基本单位，纤维素分子之间又连结起来成为链状的巨分子束。它们进一步的结合就形成

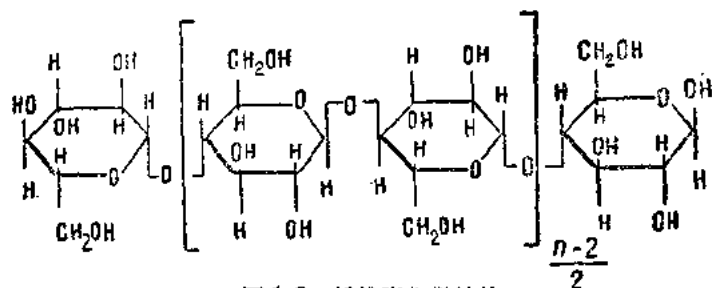


图 1-2 纤维素化学结构

极细的纤维丝(微纤维)，又由无数细小的微纤维组合得到基本的纤维。

纤维素是典型的亲水性胶体物质，这是因为它的葡萄糖基上有三个羟基的缘故，故具有多元醇的性质。由于纤维素具有这一特性，无论在造纸工业还是在印刷工业的实际生产中都具有重要的意义。

2. 半纤维素

半纤维素是类似纤维素的物质，它伴随纤维素而存在于植物中，它是多缩戊糖(含有五个碳原子的多糖类物质的缩水物)和多缩己糖类物质的统称。半纤维素与纤维素的区别在于：它的化学稳定性较差，比纤维素容易被稀酸和稀碱液溶解。与稀酸作用后水解的产物是戊糖(5碳糖)和己糖(6碳糖)。半纤维素不溶于水，但易吸水膨胀，在造纸中这是一条重要的性质，因为纸浆纤维的吸水膨胀(水化)取决于其中的半纤维素的含量。因为半纤维素最能吸收水分，能帮助纤维内部的小纤维化，增加纤维的结合，使纸张强度得到提高。如用硫酸法得到的牛皮纸浆，因具有对纤维接触良好的半纤维素存在，故其强度较亚硫酸法所得的要高。又如化学纸浆在

未叩解时,纤维与纤维间的接触是很弱的,但经打浆、支解后,纸浆的纤维表面出现绒毛状,同时使纤维内部小纤维间浸入水分。从而使纤维膨胀,增强了纤维与纤维之间的接触。

二、纤维间的结合

前面我们讨论了形成纸张的基本组成是纤维素与半纤维素,对于纤维素的构造我们也作了介绍,然而一般来讲未经处理的纤维,它的表面较光滑而僵硬,有的还比较粗大。这样的纤维虽也能形成薄层(纸张)。如常用的新闻纸,它的组织不紧密,厚薄也很不均匀,其强度也受到限制。

为了制造更广泛用途的纸张,纤维要经过叩解这一处理过程。叩解会造成纤维的帚化与水化。也就是讲通过叩解后,纤维表面出现小纤维,(称为外部的小纤维化);这就使纤维能充分地吸收水份,使内部小纤维膜壁之间相互支离,从而内部也小纤维化。

过去认为,纸张的强度就在于加工过的纤维表面的帚化,有着机械交织的小纤维所决定。现在对纤维间的结合力中,虽然纤维经叩解后,使纤维细胞破裂,形成小纤维化,这样确实增大了纤维间的物理络合,但是,由于纤维起了帚化与水化的作用以后,纤维的第一层表面皮膜被破坏产生了游离的氢氧根($-OH$),这些氢氧根与水产生氢键缔合作用,这也大大增强了纸张内部的物理强度。如图 1-3 所示。

也就是讲,由于纤维素与半纤维素的分子结构中含有较多的($-OH$)氢氧根,在 H_2O 的存在下,产生氢键结合,而这种结合力在化学中称之范德华力,这就使纤维与纤维之间在一种力的作用下结合。如果纤维被充分的帚化,并在其整个

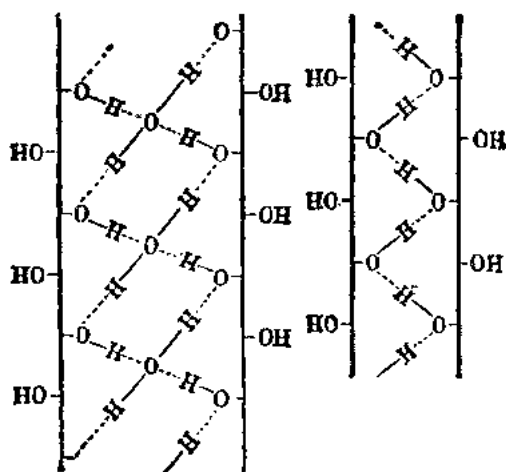


图 1-3 纤维素的氢键结合示意图

表面盖有(—OH)的基团,那末在纸张的每一条纤维间就建立起较连续的网般的分子联系,而这就自然而然地使纸张牢固了。当纸张烘干时,这些结合在一起的水分子,有一部分会被蒸发,而失去 H_2O 的(—OH)的基团则尽力与邻近的纤维的(—OH)基团结合起来,如图 1-3 所示。

由于纤维间存在着分子力的作用,相比之下小纤维间的交织而形成的机械结合,当然就处于次要地位。

第四节 纸张的制造

造纸,简单的讲,就是将植物经过加工处理并添加有关的物质后而制得纸张的整个过程。然而造纸是一个多工艺的工业,一般来讲,造纸工业由制浆、造纸两大部分构成。