

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

· 高等职业教育教材 ·

# 包装印刷材料

BAOZHUANG YINSHUA CAILIAO

武军 主编

武军 阎素斋 李秉军 编著



 中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

TS85  
8

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

· 高等职业教育教材 ·

# 包装印刷材料

BAOZHUANG YINSHUA CAILIAO

印刷专业高等职业教育教材

专用印刷技术	24.00 元
包装印刷材料	24.00 元
印前图文处理	30.00 元
网版印刷技术	即将出版
印刷工艺	即将出版
凹版印刷技术	即将出版
柔版印刷技术	即将出版
印刷机械	即将出版
印刷色彩	即将出版
印刷电气自动控制	即将出版
印后加工技术	即将出版
印刷控制与检测	即将出版

ISBN 7-5019-3260-3



9 787501 932603 >

ISBN 7-5019-3260-3/TS · 1970

定价: 24.00元

高等职业教育教材

# 包装印刷材料

武 军 主编

武 军 阎素斋 李秉军 编著

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

包装印刷材料/武军主编;武军,阎素斋,李秉军编著.  
北京:中国轻工业出版社,2001.8

高等职业教育教材

ISBN 7-5019-3260-3

I.包… II.①武…②武…③阎…④李… III.装潢包装印刷-印刷材料-高等学校:技术学校-教材  
IV.TS851

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 038684 号

责任编辑:林媛

策划编辑:林媛 责任终审:滕炎福 封面设计:赵小云

版式设计:赵益东 责任校对:李靖 责任监印:胡兵

\*

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话:010-65241695

印 刷:三河市艺苑印刷厂

经 销:各地新华书店

版 次:2001年8月第1版 2001年8月第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75

字 数:295千字 印数:1—4000

书 号:ISBN 7-5019-3260-3/TS·1970

定 价:24.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

## 前 言

为了满足印刷行业高等职业教育的需要,加强职业教育的课程建设和教材建设,中国轻工业出版社于2000年4月在北京召开了印刷行业高等职业教育教材编写会议,会上策划了一套包装印刷专业高职教材,《包装印刷材料》是其中的一本。

《包装印刷材料》是以化学、物理学、材料学等学科的基本原理为基础,在此基础上,密切结合现阶段出版印刷行业技术中遇到的材料选择与开发,环境污染与保护,信息利用与传递等与包装印刷材料相关的现状及发展的趋势,全面系统地介绍既有现实应用的市场,又有潜在开发价值的印刷材料。

根据高等职业教育的特点及教材编写的基本原则,我们力求注意以下几点:首先,深浅适当,理论够用。针对高等职业技术学院学生的特点,在理论阐述上力求起点适当,以够用为准则。其次,理论简明,注重实例。即以第一线实际操作技术人员为主,尽量多选与印刷材料相关的生产实例。最后,容易理解,适于自学。各章节编写在理论上采用大集中、小分散的方法,分散了理论难点,在内容全面且精的基础上,把握深度,增加广度,便于学生阅读并去查找相关资料。

本书编写具体分工为:第一篇由李秉军副教授编写;第二篇由武军副教授编写;第三篇由闫素斋教授编写。

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏和谬误,恳请广大读者指正。

编 者  
2001.5

# 目 录

## 第一篇 承印材料

<b>第一章 印刷纸的组成及造纸</b> .....	1
<b>第一节 印刷纸的基本组成——植物纤维</b> .....	1
一、造纸的几个阶段 .....	1
二、纤维素 .....	2
<b>第二节 造纸纤维原料的化学组成及特点</b> .....	3
一、植物纤维原料的化学组分 .....	3
二、纤维的结构 .....	6
<b>第三节 辅料</b> .....	7
一、胶料 .....	7
二、填料.....	12
三、色料.....	15
四、其他化学助剂 .....	15
<b>第四节 制浆、打浆</b> .....	16
一、制浆.....	16
二、纸浆的漂白 .....	18
三、打浆.....	20
<b>第五节 纸张的 Z 向压缩变形特性</b> .....	22
一、Z 向压缩变形的整体特性 .....	23
二、Z 向压缩变形随时间变化的特性 .....	24
三、Z 向变形特性对印刷的影响 .....	24
<b>第二章 印刷纸的主要品种及其基本特性</b> .....	26
<b>第一节 常见的印刷纸</b> .....	26
一、新闻纸 .....	26
二、凸版印刷纸 .....	27
三、胶版印刷纸 .....	30
四、铜版印刷纸 .....	32
五、凹版印刷纸 .....	34
六、字典纸和薄凸版纸 .....	35
<b>第二节 其他印刷用纸</b> .....	37
一、招贴纸 .....	37
二、盲文印刷纸 .....	37

三、白卡纸和米卡纸 .....	38
四、周报纸 .....	39
五、证券纸和邮票纸 .....	40
六、地图纸 .....	40
七、政文纸和书皮纸 .....	41
八、书写用纸 .....	42
九、纸板 .....	43
<b>第三章 印刷纸的物理与化学性能 .....</b>	<b>46</b>
<b>第一节 纸的结构 .....</b>	<b>46</b>
一、非涂布印刷纸的结构特点 .....	46
二、纸的纵向与横向 .....	47
三、纸的正面和反面 .....	48
四、纸的匀度 .....	49
五、涂布印刷纸的结构特点 .....	50
<b>第二节 纸的物理性能 .....</b>	<b>50</b>
一、定量 .....	50
二、厚度与紧度 .....	51
三、平滑度 .....	52
四、硬度、柔软性和可压缩性 .....	53
五、含水量、伸缩率与尺寸稳定性 .....	54
<b>第三节 纸的力学性能 .....</b>	<b>54</b>
一、抗张强度 .....	54
二、应力、应变与纸的韧性和脆性 .....	55
三、撕裂度 .....	57
四、耐折度 .....	57
五、挺度 .....	58
六、纸张的流变性质 .....	59
<b>第四节 纸的光学性能 .....</b>	<b>61</b>
一、光和色 .....	61
二、纸的白度 .....	62
三、不透明度 .....	62
四、光泽度 .....	64
<b>第五节 纸的化学性质 .....</b>	<b>65</b>
一、纸的水分 .....	65
二、纸的灰分含量 .....	67
三、纸的施胶度和对液体的抵抗性 .....	68
四、纸的酸碱性及 pH 值 .....	68
五、纸的耐久性 .....	69
<b>第六节 常见纸病及处理 .....</b>	<b>70</b>

一、纸张定量的波动与纸幅定量不均 .....	70
二、匀度不良 .....	71
三、纸张含水量的变化 .....	72
四、平衡吸水与脱湿 .....	72
第七节 纸张的吸湿变形 .....	74
<b>第四章 其他承印材料</b> .....	<b>78</b>
<b>第一节 合成纸与玻璃纸</b> .....	<b>78</b>
一、合成纸应具备的特性 .....	78
二、合成纸的发展方向 .....	80
三、玻璃纸 .....	80
<b>第二节 塑料合成类承印材料</b> .....	<b>80</b>
一、聚乙烯薄膜(PE) .....	81
二、聚丙烯薄膜(PP) .....	81
三、聚氯乙烯薄膜(PVC) .....	81
四、聚酯薄膜 .....	82

## 第二篇 油 墨

<b>第五章 油墨的组成与分类</b> .....	<b>84</b>
<b>第一节 色料</b> .....	<b>85</b>
一、颜料的理化指标与要求 .....	86
二、颜料的化学性质及物理性质 .....	88
三、无机颜料 .....	88
四、有机颜料 .....	90
五、特殊颜料 .....	94
六、填料 .....	94
<b>第二节 连结料</b> .....	<b>95</b>
一、连结料的性质与要求 .....	96
二、连结料的主要原材料及性质 .....	97
三、常用连结料的种类 .....	104
<b>第六章 油墨的制造与油墨的体系状态及稳定性</b> .....	<b>109</b>
<b>第一节 高粘度浆状印刷油墨的制造工艺</b> .....	<b>109</b>
一、配料 .....	109
二、混合 .....	110
三、研磨 .....	110
四、调整 .....	111
五、检验与分装 .....	111
<b>第二节 低粘度液状印刷油墨的制造工艺</b> .....	<b>111</b>
一、配料 .....	112
二、混合 .....	112



三、研磨 .....	112
四、调整 .....	113
五、检验与分装 .....	113
第三节 油墨的体系状态及稳定性 .....	113
一、固液状态对油墨稳定性的影响 .....	114
二、表面活性剂的助稳定作用 .....	114
<b>第七章 油墨应用中的理化性能</b> .....	<b>118</b>
第一节 油墨的粘附性 .....	118
第二节 油墨的干燥性 .....	119
一、挥发干燥型 .....	119
二、渗透干燥型 .....	121
三、氧化结膜型 .....	122
四、紫外固化型 .....	124
五、加热硬化型 .....	125
六、二液反应型 .....	125
第三节 油墨的流变性能 .....	125
一、粘度的概念 .....	125
二、液体的流动性质与流动曲线 .....	126
三、油墨的粘度与屈服值 .....	127
四、油墨的触变性 .....	128
第四节 油墨的光学性能 .....	129
一、光学性能的主要指标 .....	129
二、影响因素 .....	130
第五节 油墨的耐抗性 .....	131
一、耐热性 .....	131
二、耐光性 .....	131
三、耐水及耐溶剂性 .....	131
第六节 油墨的细度 .....	132
第七节 油墨的粘弹性 .....	132
一、油墨的粘弹性模型 .....	132
二、油墨的拉丝性与粘着性 .....	133
<b>第八章 油墨与配套印刷方式的关系及油墨配方</b> .....	<b>135</b>
第一节 平版印刷油墨 .....	135
一、单张纸胶印油墨 .....	135
二、卷筒纸胶印油墨 .....	136
三、热固型卷筒纸胶印品红油墨 .....	136
四、印铁油墨 .....	136
五、软管印刷油墨 .....	137
六、无水胶印油墨 .....	137

第二节 凸版印刷油墨	138
一、新闻油墨与卷筒纸书刊油墨	138
二、卷筒纸书刊印刷油墨	138
三、柔性版油墨	138
四、水型柔性版油墨	138
第三节 凹版印刷油墨	139
一、雕刻凹版油墨	139
二、照相凹版油墨	140
第四节 丝网印刷油墨	141
一、玻璃用网印油墨	141
二、陶瓷贴花纸用网印油墨	141
三、纺织品印刷用网印油墨	142
四、特种油墨	142
五、导电油墨	143
六、纳米材料油墨	143
第九章 印刷油墨的检验方法	145
一、油墨的颜色	145
二、油墨的着色力	145
三、油墨的细度	145
四、油墨的流动度	146
五、油墨的干性	147
六、油墨的粘性	149
七、油墨的粘度	150
八、油墨的光泽	150
九、油墨的耐酸、耐碱、耐水及耐溶剂性	151
十、油墨的耐光和耐热性	152
十一、油墨飞墨检验	152

### 第三篇 版 材

第十章 平、凸、凹、网版的结构及制版工艺	153
第一节 平版	153
一、平印版材的分类	153
二、胶印用 PS 版	158
第二节 凸版	162
一、凸印版材的分类	163
二、橡胶柔性凸版	164
三、感光树脂柔性凸版	164
四、计算机直接制柔版	167
第三节 凹版	170

一、雕刻凹版 .....	170
二、照相凹版 .....	170
<b>第四节 网版</b> .....	173
一、丝网 .....	173
二、网版感光胶 .....	177
三、网框和绷网 .....	178
四、丝网制版工艺 .....	179
<b>第十一章 数字彩色打样及计算机直接制版</b> .....	184
<b>第一节 数字彩色打样系统</b> .....	184
一、数字彩色打样系统 .....	184
二、国外数字彩色打样技术 .....	186
三、国内数字彩色制版打样系统——数字喷墨系统 .....	188
<b>第二节 计算机直接制版(CTP)技术</b> .....	190
一、国内外 CTP 技术概述 .....	190
二、热敏 CTP、紫激光 CTP 和 CTcP 技术 .....	191
<b>参考文献</b> .....	194

# 第一篇 承印材料

## 第一章 印刷纸的组成及造纸

纸张是传承文化与科学技术的重要工具之一。自公元 105 年东汉蔡伦发明造纸术以来,推动了整个社会的发展与进步。中国的宣纸在世界上有“纸寿千年”的美誉。因此,有必要了解纸张的组成及造纸。

### 第一节 印刷纸的基本组成——植物纤维

#### 一、造纸的几个阶段

(1) 制浆阶段:造纸原料的选择及初步处理阶段。包括破碎、蒸解、洗涤、筛选和漂白等工序。

(2) 供造纸机用的纸浆的准备阶段:包括对纤维的进一步机械处理。在此过程中,纤维经过打浆和精选,以使生产的纸张达到预定的性能指标。处理过的纤维与辅料混合,形成稀释的悬浮液,为抄造纸张做了准备。

(3) 抄纸阶段:纸浆在造纸机上经脱水成形、压榨和烘干等工序形成纸。

(4) 纸张完成的加工整理阶段:它包括压光、涂布、复卷、裁切和成令等几项工序。

在实际生产过程中,每个阶段的生产条件均根据生产不同特性的纸张而异,但打浆和精选为关键阶段。

图1-1所示制浆造纸的主要生产流程(因造纸的设备不断更新,故此章中不介绍机

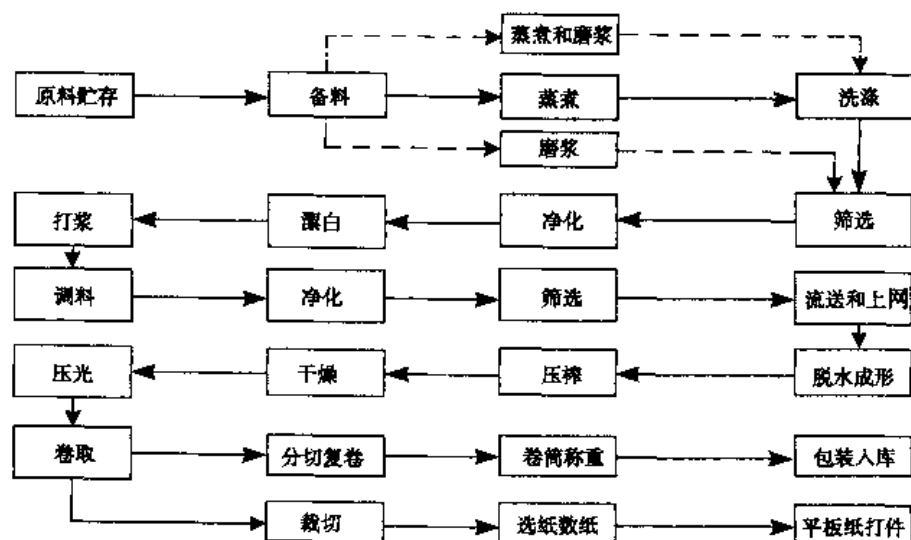


图 1-1 制浆造纸的主要生产过程

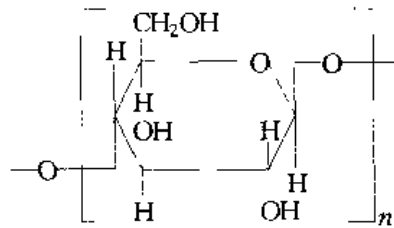
械设备,只讨论几个关键流程的原理)。

## 二、纤维 素

纸张的主要成分是纤维素。构成植物的最基本的材料又是纤维素,草的叶片,树的叶、干,棉花,亚麻等植物中均含纤维素。

纤维素是碳水化合物类的多糖聚合物,是由大量  $\beta$ -葡萄糖基单元连结而成的高分子。

$\beta$ -葡萄糖基单元:



纤维素的分子式  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ,  $n$  为聚合度。不同植物中纤维素不同,即  $n$  的大小不同。棉花中  $n$  约为  $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$  左右;木材中  $n$  约为  $2 \times 10^3 \sim 2.5 \times 10^3$ ;芦苇中  $1 \times 10^3$  左右;稻草中  $n$  较小,约为  $6 \times 10^2 \sim 1 \times 10^3$  之间。

根据纤维素的分子组成,其化学性质为:

纤维素长分子链中有许多羟基(—OH),这些羟基在水分子诱导作用下能在纤维素分子之间形成许多氢键,并使纤维与纤维间通过氢键连接起来;酸和碱均能使纤维素的分子链断裂,聚合度降低(也称酸碱溶液对纤维素的降解);纤维素与氧可发生缓慢的氧化反应,变为易碎的氧化纤维素;受光作用发生光氧化,生成氧化纤维素等等。纤维素不溶于水,密度约为  $1.55g/cm^3$ (其他性质在以后的章节中将进一步讨论)。

比较重要的一些造纸纤维有棉花纤维、亚麻纤维、大麻和黄麻纤维、茎秆类纤维、木材类纤维等。

### 1. 棉花纤维

棉花纤维是天然纤维中最纯的一种。棉花主要用于纺织行业,有不能用于纺线的短纤维,俗称“飞花”可用来造纸。纺织行业的废料收集起来是造纸所用的上好浆料。

棉花纤维是扁平扭曲的管状物,平均长度约  $10 \sim 50mm$ ,宽  $0.025mm$ ,假如在打浆过程中纤维的长度不被破坏,那么棉花可造成强度很高的经久耐用的纸。这类纸张多用来印刷有价证券以适应流通的需要,或用作法律文件用纸、图画纸和一些高级纸张。

### 2. 亚麻纤维

亚麻纤维在亚麻类植物秆部表皮下的一圈韧皮部组织内。这些韧皮纤维只占植物重量的 5%,和棉花一样,亚麻的主要用途还是在纺织业,用来造纸的只是废弃的短纤维和废亚麻布头。

亚麻纤维与棉花纤维大小相差不多。韧皮部纤维一个重要特点是在打压下容易沿着纤维长度的方向相互分离。这种沿纤维方向的剥离称为原纤维形成作用,正是这种打压下的原纤维形成作用,造纸打浆中又可形成网,使成纸强度高,所以也可制作有价证券、航空邮件纸等。只是亚麻纸浆高昂的成本价格限制了用途和大量生产。

### 3. 大麻和黄麻纤维

这是国外造纸业常用的另外两种韧皮纤维(大麻主要产于印度,前苏联和美国)。大麻纤

维的大小和性能与亚麻相似,也用于生产与亚麻成纸类似的纸张。黄麻原产印度,纤维长度比大麻、亚麻要短得多。但它和其他韧皮部纤维一样具有原纤维形成作用,所以常用来生产薄而且强度大的纸张。另外,将黄麻纤维加到草类纤维中可以大大提高草类纤维纸的强度。

#### 4. 茎秆类纤维

稻草和麦秸纤维属于这一类纤维,在木材或其他长纤维原料短缺情况下,稻草和麦秸也可以用作造纸原料。从稻草和麦秸中提取纤维的方法比较完善。稻草纤维的形状是两端尖口的短管子。它的尺寸和阔叶材纤维尺寸差不多,为保持纤维的长度,稻草纸浆操作时必须特别小心。稻草纸浆造出的纸表面致密、坚固,但抗撕裂强度较低,不透明性差,其抗张强度较好,并有特别“哗哗”的纸声。一般稻草纸浆与木浆混合使用,生产较薄较硬的书写纸、支票、证券用纸。

其他茎秆类纤维也可用于造纸,包括竹子、甘蔗榨完糖后的甘蔗渣等,在我国还大量采用芦苇造纸。

#### 5. 木材类纤维

造纸用纤维材料最多的是各种木材。木材有阔叶材木材、针叶材木材。纤维在加工过程中均能局部形成原纤维作用,但其长度不能与亚麻、棉花纤维相提并论。虽然其纤维长度短于棉花纤维,但在造纸工艺中可通过机械、化学方法加强。

松木与云杉的纤维类似,长3~4mm,纤维壁很薄。

用于造纸的阔叶材有白杨、桦木、栗木和山毛榉。它们的纤维比云杉要短,在1~1.5mm之间。也可用做生产柔软、致密的纸张。

## 第二节 造纸纤维原料的化学组成及特点

### 一、植物纤维原料的化学组分

造纸植物纤维原料的化学组分一般分为如下几类:

第一类是碳水化合物,主要是多糖,约占原料一半以上,它们包括纤维素和不溶水的非纤维素多糖,如半纤维素、淀粉、果胶质等。其中含量最多,称之为主要组分的是纤维素和半纤维素。

第二类为苯丙烷结构单元构成的物质,这类物质约占原料的15%~35%。包含于该系统的大部分苯丙烷结构的物质为木素,它也被称之为主要组分。

第三类为萜烯类,主要指挥发性物质(如松节油)和松香酸。这类物质在针叶木中约占5%,而在草类及阔叶木中含量较少。

第四类为其他少量组分,如脂肪酸、醇类、蛋白质及无机物等。

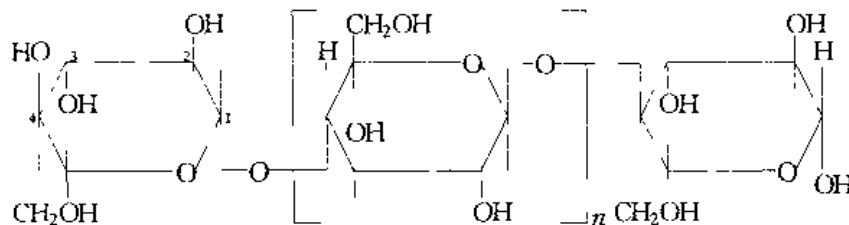
在纤维原料的化学组分中,纤维素、半纤维素和木素为主要组分,也是成品纸纤维的主要成分,它们的性质对纸张的性质有很大的影响,因此,有必要了解这三种主要组分的结构和一般性质。

#### 1. 纤维素

19世纪30年代,法国农业学家 Payen 第一次从植物中分离出纤维素(cellulose),并把它看成一种独立的化学物质。他首先指出,纤维素和淀粉为同分异构物质,因为两者含有相同

的碳和氢,并且水解后都得到 D-葡萄糖。约 75 年后才得出了纤维素准确的实验式为  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ,并通过乙酰化和硝化反应确定了纤维素在每一个  $C_6H_{10}O_5$  单元上含有 3 个自由的羟基。

后来,通过对纤维素进行酸性水解和甲基化反应及一系列研究确定纤维素是一个由脱水 D-葡萄糖单元通过  $\beta-1,4$  甙键连接而成的线形高分子化合物。其结构式为:



上面结构式中  $n$  为葡萄糖基的数目,称之为聚合度。 $n$  的数值为几百至几千甚至一万以上。随纤维的来源、制备方法和测定方法而异,用粘度法测得针叶木和阔叶木所提取的纤维素的平均聚合度约为 4000~5000。

从上面的分析,可得到纤维素在化学结构上有如下特点:

(1) 脱水 D-葡萄糖是纤维素的结构单元,D-吡喃式葡萄糖基是相互以  $\beta-1,4$  甙键连结而成的多糖。

(2) 纤维素大分子中每个基本单元上均有三个醇羟基。这些羟基对纤维素的性质有决定性的影响,可以发生氧化、酯化和醚化反应,分子间形成氢键、吸水、润胀以及接枝共聚等等,都与纤维素分子中存在的大量羟基有关。

(3) 纤维素分子的两个末端基性质是不同的,在一端的葡萄糖基中,第四个碳原子上多一个仲醇羟基,在另一端的葡萄糖基中,则在第一个碳原子上多一个苷羟基,此羟基上的氢原子易移位与氧环的氧结合,使环式结构变为开链式结构,因此第一碳原子便变成醛基,显还原性,故苷羟基具有潜在的还原性。由于纤维素的每一分子链只有一端具有还原性甙羟基,故整个大分子具有极性和方向性,并且可用斐林试剂或碘液将其氧化。

(4) 纤维素大分子的葡萄糖基间的连结都是  $\beta$ -苷键连结。由于苷键的存在,使纤维素大分子对水解作用的稳定性降低,在酸或高温下与水作用,可使苷键断裂,使纤维素大分子降解。

## 2. 半纤维素

半纤维素是在植物中与纤维素共存的多糖,即除纤维素以外的碳水化合物。近代先进技术的应用和聚糖分离方法的新发展,对半纤维素有了清楚的认识。比较确切地说,半纤维素是以不同量的几种单糖基和糖醛酸基构成的往往具有支链的复合聚糖的总称。构成半纤维素的单糖主要有: D-木糖、D-甘露糖、D-葡萄糖、D-半乳糖、L-阿拉伯糖和 4-O-甲基-D 葡萄糖醛酸。

半纤维素是多种复合聚糖的总称。不同种类原料的半纤维素,它们的复合聚糖各不相同,就是同一种原料,产地不同,部位不同,它们的复合聚糖的组成也是不相同的,因此,半纤维素中各种聚糖的化学结构是不固定的。但对于某一种原料来说仍然是相近的,其结构往往大同小异。根据已知的情况,这些聚糖可分为两大类。一类是以戊糖为主的复合聚糖,简称聚戊糖;另一类为以己糖为主的复合聚糖,简称聚己糖。针叶木半纤维素中的聚糖以聚戊糖为主。

用渗透压法测得半纤维素的聚合度一般都在 200 左右。从构成多聚糖的各种单糖基可

看出,半纤维素含有大量羟基,因而吸水、润胀能力较纤维素大,纤维吸水润胀的难易在很大程度上取决于所含半纤维素的多少。纸浆中保留一定量的半纤维素,对于打浆及纸张性质都有好处,它能提供更多的极性基团,在打浆过程中增加纤维的润胀、水化和细纤维化,提高纤维的柔软性,因而能提高纸张的强度。但半纤维素含量高的纸张,形稳性差。

### 3. 木素

木素存在于木化植物之中,是一种具有空间结构的天然高分子化合物,约占植物纤维原料的20%~30%。针叶木、阔叶木和草类原料木素的化学结构各不相同,因此,木素也不是一种单一物质,而是具有共同性质的一群物质。一般认为,木素是由苯丙烷结构单元构成的,在苯基上可以连有一个甲氧基(如针叶木木素),也可以连有两个甲氧基,还可以连有羟基。这样构成木素分子有三种基本的结构单元,它们是愈疮木基、紫丁香基和对羟苯基,见图1-2所示。

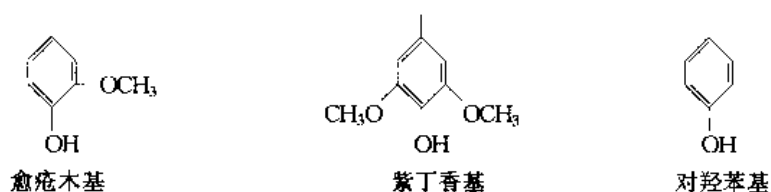


图 1-2 木素的基本结构单元

木素分子就是由这三种基本结构单元通过 C—O 键、C—C 键连结起来的立体网状分子。不同原料木素大分子中三种基本结构单元在数量上差别很大,这是草类木素与木材木素本质上的主要区别之一。

木素的结构与纤维素、半纤维素的结构不同,它是非线型高分子。木素存在于植物中,起到粘结纤维,增强植物组织强度的作用,在胞间层中木素的浓度最高,因此要分离纤维,就必须除去木素,这就是化学法离解纤维的原理。木素在化学结构上极不稳定,当它受到温度影响或酸、碱试剂作用时,都会引起化学变化,即使在较温和的条件下也会引起木素结构的改变。

第一,木素是具有一定塑性的不定形物质,不溶于水,在常温下不易溶于稀碱、稀酸。高温下,一定浓度的酸或碱能和木素发生化学反应,使网状主体结构的不溶性木素的大分子降解为易溶性的小分子并溶于蒸煮液中,使纤维细胞分离开来且变得比较疏松柔软。

第二,木素能被氧化剂氧化。造纸中的漂白过程,就是利用漂白剂的氧化作用破坏残留在纸浆中的木素大分子,使之变成易溶性的小分子,把纸浆中的纤维进一步提纯,以便造出的纸张白度高,质量好。

在除木素的同时,也会使纤维素和半纤维素受到不同程度的损伤,关键是控制好除木素的过程中各种反应条件。

由于木素是疏水物质,不易吸水润胀。因而,纤维中若木素含量高时会显得硬而脆弱,不便于纤维间的相互交织,所以制浆过程中要一定程度的除去木素。此外,木素保留在成纸中,受光照日晒时产生发色基团使纸张变黄,这便是新闻纸耐久性差的主要原因。

### 4. 其他少量成分

造纸原料中的次要化学物质有果胶质、矿物质和各种抽提物等。果胶质是聚半乳糖尾酸中一部分羧基被甲基酯化,一部分被中和成盐的高分子化合物。果胶质在木材及草类中含量很少,一般不超过1%,在韧皮原料和嫩枝材中含量较多,在5%以上。植物中天然果胶质不溶于水,在水中或稀酸中加热时,则易于溶解。果胶质主要存在胞间层,也少量存在于



细胞壁中与木素一同起粘结作用。

抽提物分为冷水抽提物、热水抽提物、有机溶剂抽提物和稀碱液抽提物,是指把造纸原料分别放入上述液体中抽提出的物质,其中包括果糖、单宁、淀粉、脂肪、树脂、蜡类等,这些抽提物并不完全是细胞壁的组成部分,有的是细胞腔内的成分或植物生长功能结构如树脂道中的成分。这些成分品种复杂多样,含量极少,不详加分析。

矿物质是指造纸原料燃烧后残存的物质,又叫灰分。木材灰分含量较少,一般都在1%以下,其主要成分是CaO、K<sub>2</sub>O和Na<sub>2</sub>O,常与果胶质结合,果胶质是矿物质的载体。草类原料灰分较高,在2%以上;稻草灰分含量最高,达10%~15%,其主要成分SiO<sub>2</sub>。

### 5. 木材、草类和棉纤维的组成特点

木材、草类和棉纤维的主要组成情况见表1-1所示。

表1-1 典型造纸原料的组成 单位: %

组成原料		纤维素 (克贝纤维素)	半纤维素	木素	灰分
木材	针叶木	55~63	16~18	27~30	0.25~0.60
	阔叶木	43~53	22~26	17~24	0.30~0.90
草类	稻草	36~40	18~22.5	10~14	11~15.5
	麦草	40~52	20~21	9.5~12	6~8.5
	甘蔗渣	50~59.5	20.5~26	18~20.5	1.2~2.9
	芦苇	43.7~51	21~23	21~23.5	3.1~4.5
棉纤维		95~97	1	0	0.1~0.2

从表1-1中可见,草类纤维原料的灰分(矿物质燃烧后的产物)、半纤维素含量较高,而木素、纤维素含量较低;木材纤维原料中针叶纤维木素含量高,阔叶木则半纤维素含量较高;棉纤维差不多全是纤维素,仅含少量半纤维素和灰分,不含木素。

## 二、纤维的结构

纤维是植物中细而长,两端尖,呈纺锤状的细胞。因而纤维具有柔曲性,彼此交织后具有一定的结合力。在纤维原料中除纤维细胞外的其他细胞统称为杂细胞,原料中杂细胞含量越少(灰分含量低),则原料的品质越好。成纸中若杂细胞含量高,会因杂细胞交织能力差,而在印刷中由于摩擦作用和油墨分离力的作用脱落下来造成印刷障碍,因此造纸过程中应尽量除去杂细胞。

用各种化学或机械方法离解出来的纤维是不能直接用于抄纸的,要弄清这个问题,有必要认识一下纤维的微细结构。要研究纤维的微细结构,则必须使用电子显微镜。在光学显微镜下只能看到直径在300~500nm的细纤维(fibril),在电子显微镜下,则可以看到纤维细胞壁脱木素后直径约为25nm的微纤维(microfibril);也能观察到比微纤维更细的直径为12nm的次微纤维(finier microfibril),以及直径约为3nm的基微纤维(elemental fibril)。图1-3所示为Fengel提出的微纤维模型。

进一步的研究发现,由于微纤维、细纤维在纤维细胞壁中的不同排列,构成了纤维细胞壁的层次结构。图1-4所示为木材纤维的层次结构情况。从图可以看出,纤维间是靠一种粘结物质(木素)粘结起来的,纤维间的这一层细胞间隙质称为胞间层,该层80%以上为木

素,不含纤维素。将植物原料分离成纸浆的过程就是克服细胞间的粘结作用,将纤维细胞离解的过程。在纤维细胞壁的生长过程中,最初形成的细胞壁称为初生壁(primary cell wall),初生壁很薄,常把胞间层与其相邻的两个初生壁合称为复合胞间层。在初生壁中约含70%的木素和少量纤维素,在初生壁上细纤维完全是无规则取向的。在细胞停止生长后细胞壁继续增厚,这时加厚在初生壁的内侧,加厚的这一层称之为次生壁(secondary cell wall)。次生壁很厚,由于纤维在壁上的排列方向不同又把次生壁分成外( $S_1$ ),中( $S_2$ )和内( $S_3$ )三层。其中 $S_2$ 层最厚, $S_1$ 、 $S_3$ 层较薄。在 $S_1$ 层上,细纤维的排列呈交叉螺旋状,由4~6个薄层组成; $S_2$ 层上细纤维呈单一螺旋取向,绕角比较陡,由几十到一百多个薄层组成, $S_3$ 层包括由螺旋状取向的细纤维组成的几个薄层,并趋向于形成一种交叉的微细纤维结构。经过造纸过程的处理后,纤维的初生壁和次生壁外层都已被破除,存在于纸张中的纤维已是细纤维化的具有良好柔曲性的纤维。

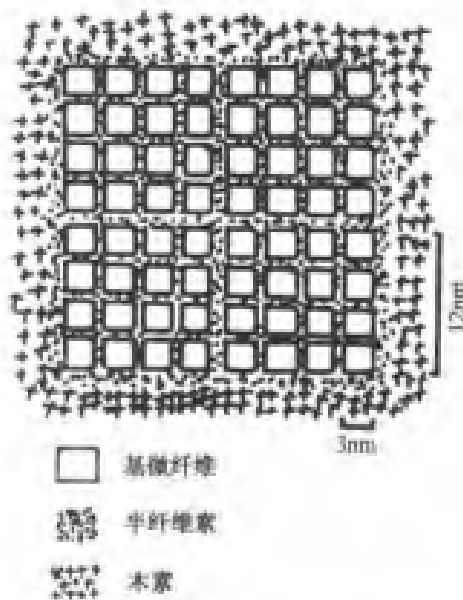


图 1-3 Fengel 的微纤维横切面模型

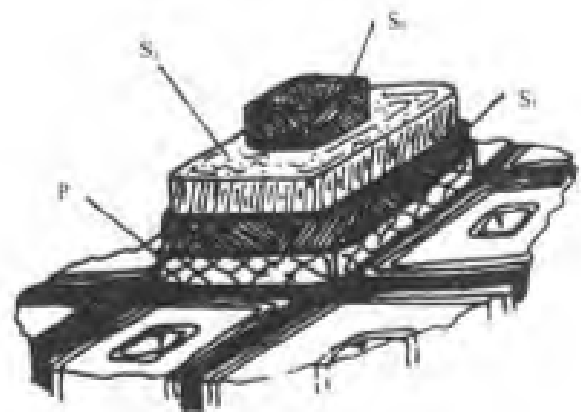


图 1-4 纤维的层次结构

### 第三节 辅 料

辅料是指为满足纸张的不同使用性能而添加到纸张中的各种助剂。如要改进纸张的平滑度和不透明度,需要在纸浆中加用填料;为使纸张具有抗水性能,必须对纸浆进行施胶;抄制白色纸张时,往往要加用少量染料,必要时还可加用增白剂等等。我们把加用的这些填料、胶料、色料等统称为辅料。

#### 一、胶 料

用植物纤维生产的纸张,因纤维本身和纤维间存在大量的毛细孔,而且由于构成纤维的纤维素、半纤维素含有大量亲水的羟基,所以能吸收水或其他液体。在这种未加任何辅料的

纸上书写或印刷,墨水或油墨就会迅速浸透和扩散,造成字迹图像模糊不清和透印。

为了使纸张在一定程度上不被水或其他液体所浸润,就需要在纸中加入某些具有抗液性的胶体物质或成膜物质,即所谓的胶料(size)。在造纸工业中施加胶料的工艺过程称为施胶(sizing)。胶料的作用就是给予纸张抗液体渗透和扩散的性能。根据施胶效果的不同,施胶方法分为内部施胶和表面施胶两种。内部施胶是将胶料加入纸浆中,再抄成具有憎液性的纸和纸板,这是主要施胶方法。表面施胶是将纸或纸板浸入成膜性胶料溶液中,在纸面形成部分连续的憎液性膜,从而使纸张具有憎液性能。表面施胶主要用于胶版纸、书写纸和要求憎液性能好的包装纸和纸板。

### 1. 施胶取得憎液性能的原理

不管采用何种施胶方法或何种胶料,使纸张取得憎液性能的原理是相同的,都是通过减少液体在纸面的扩散和渗透来达到目的的。

首先从扩散来考虑。从表面化学中我们知道,液体在固体表面的扩散程度可用扩散系数来表征:

$$\lambda_{LS} = \gamma_{LV}(\cos\theta - 1)$$

式中  $\lambda_{LS}$  —— 扩散系数

$\gamma_{LV}$  —— 液体的表面张力

$\theta$  —— 液固接触角

由上式可以看出,对于一定的液体, $\gamma_{LV}$ 为一定,扩散系数 $\lambda_{LS}$ 只取决于液体与固体表面接触角的大小:

- ①  $\theta = 0$  时,  $\lambda_{LS} = 0$ , 液体完全扩散。
- ②  $0 < \theta < 90^\circ$  时,  $\lambda_{LS} < 0$ , 液体部分扩散。
- ③  $90^\circ < \theta < 180^\circ$  时,  $\lambda_{LS} \ll 0$ , 液体几乎不扩散。
- ④  $\theta = 180^\circ$  时, 液体完全不扩散。

其次从渗透的角度来考虑:液体渗入纸张是一个极为复杂的过程,它包括如下几个方面的现象:液体与施胶纤维间的表面相互作用、液体在纤维上和通过纤维的扩散、纤维的润胀、液体挥发与浓缩以及液体与胶料间的化学作用。但从理论上我们知道,液体通过毛细孔的渗透可用著名的 Washburn 方程来描述:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{r\gamma_{LV}\cos\theta}{4\eta h}$$

式中  $h$  —— 渗入深度

$dh/dt$  —— 渗透速率

$r$  —— 毛细孔半径

$\eta$  —— 液体的粘度

$\gamma_{LV}$  —— 液体的表面张力

$\theta$  —— 液固接触角

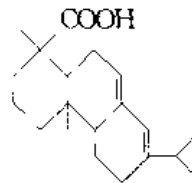
从上式可以看出,对于一定的纸质和液体,式中 $r$ 、 $h$ 、 $\eta$ 、 $\gamma_{LV}$ 为一定值,渗透速率 $dh/dt$ 取决于接触角 $\theta$ 的大小, $\theta$ 值越大 $dh/dt$ 值越小。

在未施胶的纸张上,由于纤维素为极亲水性物质,其与水的接触角接近为 $0$ ,因而水性液滴在这样的纸面上将完全扩散,渗透也最为迅速。在纸中加胶料后,这些胶体物质部分沉

积在纤维表面上或部分结膜在纸面上,增加了液体在纸张表面接触角,从而减少了扩散,减慢了渗透的速率。施胶效果的好坏取决于胶料在纤维表面分布的均匀程度,若在纤维表面分布越均匀,则暴露于大气的纤维表面越少,纸张的憎液性能越好。

## 2. 内部施胶用胶料

(1) 松香胶料。松香是内部施胶最常用的一种胶料。它是由多种化合物组成的复杂的混合物,随其来源和分离方法的不同,其组成不同。松香的主要组分为松香酸,其结构为:



在溶液中,纤维和松香胶类粒子均带负电荷,要使松香胶得以附着于纤维表面,就必须借助于沉淀剂的作用。最常用的沉淀剂为硫酸铝,通常称为矾土,其化学式为  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $n = 12 \sim 18$ )。在溶液中,矾土水解后生成的胶体氢氧化铝带有很强的正电荷,而松香胶粒子小,负电性小于纤维,因而首先与氢氧化铝产生互沉,达到等位点后两者互相吸附在一起,形成游离松香和氢氧化铝的吸附沉淀物。因为氢氧化铝的正电性很强,结果使得这种吸附沉淀物也带上正电荷,最后均匀地吸附在带负电荷的纤维表面。矾土水解生成氢氧化铝后,溶液呈酸性,使纸页抄造在酸性条件下进行,这也是纸张酸性的主要来源。

(2) 合成胶料。虽然松香胶是广泛使用的胶料,但要满足某些特殊的需要,仍是不理想的,如要求纸张具有较高的憎液性能,或要求造纸过程在中性条件下进行的,或要求产品是中性的等。合成胶料不仅可以获得高的憎液性能,而且不需用硫酸铝作沉淀剂,因而可以在中性条件下操作和生产出中性纸。与松香胶相比,合成胶料在化学特性上有如下特点:

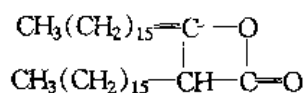
首先,合成胶料与纤维间为化学键联接。松香胶的胶料粒子与氢氧化铝间形成的互沉淀物是靠离子力与极性力附着在纤维表面上,合成胶料则是通过胶料分子上有活性基与纤维素反应形成联接,因而这样联接比起离子联接和极性联接更为憎水,对水也更为稳定。

其次,合成胶料分子的憎水部分由很长的通常为直的碳氢链组成,这与松香酸的环状特性不同。

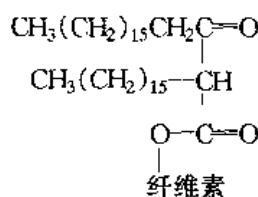
合成胶料效能高,因而用量少,一般用量为纤维质量的  $0.05\% \sim 0.07\%$ ,较低的胶料用量对用户来讲是非常经济的,此外可增加纸张的强度。

常用合成胶料有:

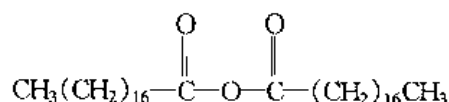
① 烷基乙烯酮二聚物(AKD),这是一种广泛使用的合成胶料,其结构为:



在  $\text{pH} = 6.5 \sim 8.5$  时,能与纤维素的羟基反应生成酯;

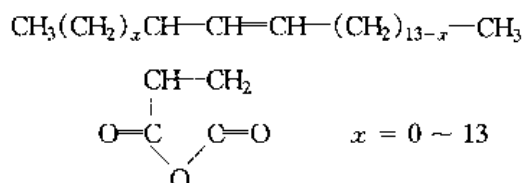


② 硬酯酸酐,其结构如下:



它能与纤维素反应生成酯,比 AKD 反应速度快。

③ 烷基丁二酸酐(ASA),这种胶料较前两种反应活性都大,具有如下结构:



ASA 与其他胶料不同,它是一种由同分异构体化合物组成的液体混合物。

(3) 其他胶料。其他用于内部施胶的胶料有:石蜡胶、石蜡松香胶和沥青胶等。用于施胶的石蜡为石油副产品,内部施胶多选用正链石蜡胶。石蜡胶可单独使用,但更多的是与松香配合使用,即石蜡松香胶。石蜡胶和石蜡松香胶既能赋予纸张以较高的憎液性能,又能提高纸张的柔软性、弹性和光泽度,但纸张的强度会受到影响,主要用于熟肉制品包装纸、标签纸、标语纸和食品包装纸等。沥青胶主要用于防水纸板、箱纸板等。

### 3. 表面施胶用胶料

(1) 淀粉。与纤维素为同分异构体,纤维素由  $\beta$ -1,4 连结的 D-葡萄糖组成,而淀粉由  $\alpha$ -1,4 连结的 D-葡萄糖组成。淀粉有 2 种不同类型的多糖分子,即直链淀粉和支链淀粉。支链淀粉大约每 5~30 个葡萄糖单元上出现一个支链。

天然淀粉的胶液粘度大,不能直接用于表面施胶,多采用淀粉的衍生物,常见的有氧化淀粉和阳离子淀粉。氧化淀粉分子链上的羟基被氧化成了羧基,用这种淀粉进行表面施胶,不仅可以提高纸张的纵、横向强度,而且可以增加纸张的 Z 向强度,从而可以消除或减轻印刷中的拉毛现象。阳离子淀粉是用醚化剂(通常为二烷基氨基环氧化物或二烷基氧基卤化物)对淀粉进行醚化,在淀粉结构上引进一个叔胺基团,而使淀粉分子具有阳离子性。

由于阳离子淀粉带有正电性,与带负电性的纤维紧密结合形成表面定向排列,因而应用阳离子淀粉进行表面施胶的胶版纸具有良好的印刷适性。研究表明,用阳离子淀粉进行表面施胶的纸张印刷,可获得良好的印品均匀性、高的清晰度,印刷品色泽鲜艳,透印少,由于表面强度高,用高粘度的油墨印刷时也很少发生拉毛现象。

(2) 动物胶。动物胶是水解带有骨原的动物物质,如从肉类工业和皮革工业中的皮和骨所得到的复杂蛋白质。表面施胶常用的动物胶为明胶。研究发现,在动物胶中加 2%~3% 的肥皂,可以提高纸张的光泽和不透明度。

(3) 聚乙烯醇(PVA)。聚乙烯醇由水解醋酸乙烯酯而得,它具有很强的成膜特性,能使纸张获得较强的抗油性能。有人对氧化淀粉和聚乙烯醇的表面施胶效果进行了比较,发现采用 PVA 对于增加纸张的抗油阻力、拉毛阻力(表面强度)和空气阻力比淀粉更为有效,其结果见图 1-5 所示。

PVA 可单独使用,也可以与淀粉混合使用。

(4) 羟甲基纤维素(CMC)和甲基纤维素(MC)。研究发现用 CMC 和 MC 进行表面施胶,均能取得良好的抗油性能,但由于两者的成膜均为水敏性的,因而憎水性能较差。实际应用中发现,用 4% 的 CMC 溶液便可取得较高的抗油能力,CMC 量仅增加 0.12kg/1000m<sup>2</sup>

便可使印刷品光泽增加 50%，用 CMC 对胶版纸进行表面施胶后，纸张的表面强度可由 Denmision 蜡棒的第 9 级增加到第 18 级。对于 MC，纸面施胶量只需使用 0.15~0.98kg/1000m<sup>2</sup>，便可使印刷品光泽得到明显的改进。

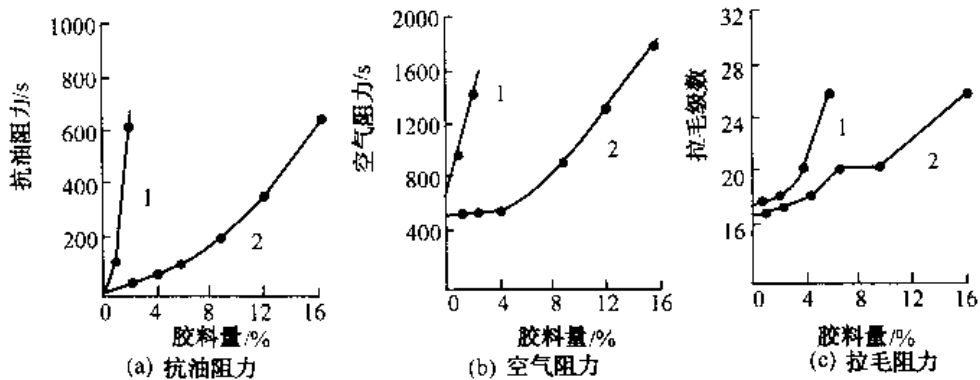


图 1-5 PVA 与淀粉施胶效果比较  
1—PVA 2—淀粉

CMC、MC 还可以与淀粉、动物胶混合使用，以使纸张同时取得抗水、抗油性能。

(5) 其他表面施胶用胶料。石蜡胶、藻朊酸钠、合成树脂、苯乙烯等合成胶料均可用作表面施胶剂，这些胶料可单独使用，也可与淀粉或动物胶混合使用，以取得不同的表面性能。

#### 4. 表面施胶对印刷纸性能的影响

(1) 对纸张抗水能力的影响。用淀粉进行表面施胶本身不会增加纸张的抗水能力，即使采用动物胶，抗水能力也仅有轻微的增加。但表面施胶剂隔绝了纸张纤维直接与水接触，因而表观上增加了纸张的抗水能力。

胶版纸在印刷中要受到润版液湿润作用，为了减少表面纤维的脱落和纸页的变形，都必须进行表面施胶。研究表明，表面施胶可以明显减少胶印中纸张的掉纸毛(fluffing)现象。当然，通过增加纸张中针叶木的含量或增加打浆程度，也可减少掉纸毛现象，但会降低纸张的形稳性和不透明度。除胶印外，柔性版印刷用紙的表面施胶也尤为重要，因为所用油墨大多为水乳胶漆体(水基油墨)，要求纸面比其内部具有更强的抗水能力。

(2) 对纸张油渗性的影响。对于采用高光泽油墨印刷的纸和那些油性食品包装纸，油渗性是非常重要的。用来生产抗油紙的胶料有：淀粉、动物胶、聚乙烯醇，这些胶料能增加紙面与油的接触角，且在紙面形成相对连续及无孔的膜，从而防止了油的渗透。

不同用途的紙，抗油能力的要求不同，对施胶程度的要求也不一样。油性食品包装紙要求具有高的抗油能力，因而采用重表面施胶；印刷紙面施胶是为了改进印刷适性，对于采用高光泽油墨印刷的紙张，表面吸收性必须降到一定范围，具体取决于所用油墨形式和所要求的印刷效果，因而表面施胶程度应控制在一定范围。若表面胶料太少，印刷中紙张将吸收油墨中过多的连结料，则印迹无光泽。相反，若表面胶料太多，将减慢油墨的干燥速率，导致蹭脏和光亮污点。

(3) 对紙张可擦性的影响。可擦性指紙张在无任何腐蚀作用下，从紙面擦去印迹的性质。具有良好可擦性的紙张在擦去印迹的“区域”，印刷或书写仍能得到满意的效果。可擦性是紙张如下几方面性质的综合效应：抗渗透能力、抗摩擦能力、表面平滑度和擦去印迹后保留施胶效果的能力。表面施胶可以从两方面改进紙张可擦性：一是减少了油墨的渗透，

因而易于把油墨擦掉；二是增加了表面纤维间的粘结，从而增加了纸面的抗摩擦能力。

(4) 对纸张强度的影响。表面施胶剂渗入纸张孔隙增加了纤维间的粘结，从而将明显地增加纸张的强度。如耐破度、耐折度和抗张强度。此外，表面施胶还会增加表面纤维间及与纸体间的粘结，从而增加纸张的表面强度，利于高速、高粘性油墨下的胶印，减少拉毛现象。典型的结果见图 1-5(a)所示。从图中可以看出，无论是淀粉还是 PVA 作为表面施胶剂，通过表面施胶后纸张的表面强度均明显地增加。

## 二、填 料

填料是为了使纸张取得特定性能，如不透明度、白度等，而加入浆料中的不溶于水或微溶于水的矿物质。大多数的纸张都要加入填料，但主要用于那些对光学性质和印刷适性有要求的印刷用纸。普通印刷纸中填料含量约为 10%~15%。

### (一) 常用填料

要满足印刷的要求，印刷用纸的填料应具有下列性质：高白度、高折射率、颗粒细小、水溶能力低和较低的密度。此外还应具有良好的化学稳定性，防止与纸中组分以及造纸过程中的其他组分发生反应。目前可用作填料的原料非常广泛，从价格低廉的滑石粉到价格昂贵的优质钛白，其中滑石粉、白土和碳酸钙是最常用的造纸填料，钛白具有特殊的性质，是最优质的填料。近几年，开发的一些新型有机和无机的合成颜料，也逐渐用作造纸填料。无机合成填料最常见的是沉淀碳酸盐，这是一种粒径非常细小的填料。有机合成填料为一些高分子物质，先把它们制成泡沫状，等其硬化后再加工成具有一定粒径分布的颗粒。

### (二) 填料对纸张性质的影响

如前所述，印刷用纸加入填料的主要目的是为了改进纸张的印刷适性，如增加白度、平滑度和不透明度，从而有助于印刷品质量的提高。另外，填料的加入不仅在纸页中形成更多细小的毛细孔，而且填料粒子比纤维更易被油墨润湿，因而可以改善纸张对油墨的亲合力。此外，加入填料还能改进纸张的柔软度和形稳性。当然纸张中加入填料量太高也带来一些不良的影响，主要表现为纸张强度的降低和施胶效果的下降，在印刷中易发生掉粉、掉毛现象，印刷中填料粒子从纸面脱落下来传递到印版或胶印橡皮布上，会产生糊版现象。而且由于填料有摩擦作用，还会磨损印版。

#### 1. 对纸张光学性质的影响

(1) 不透明度。不透明度是指纸张不透光的性质，纸张的不透明度取决于纸张的光散射能力。光散射是指光线在纸张内部发生的一系列折射和反射现象，这种光散射能力，又取决于纸张内部光散射界面的多少（即内部独立粒子的数量）和散射界面折射率差异的大小。光散射界面越多，散射界面间折射率差异越大，则纸张的光散射能力越大，不透明度越高。

没有加填的纸张是由纤维和空气组成，空气存在于纤维间孔隙中，纤维的主要组成是纤维素，折射率为 1.53，空气的折射率为 1.00，两者折射率不同，因此当光束照射到纸张表面时，即会有部分光在纤维与空气间界面上发生散射，赋予纸张一定的不透明度。反映到印刷中，主要表现为极易透印。在纸张中加入折射率大于纤维素的填料后，增加了纸张内部光散射界面的数量，即存在纤维与空气间、填料与纤维间以及填料与空气间三类不同的界面，而且在这三种界面中，填料与空气间折射率的差值较大。因此光线在填料与空气界面上得到最大散射，这是导致不透明度增加的主要方面。表 1-2 所示为造纸原料的折射率数值。从表中可

以看出钛白的折射率在众多填料中为最大,因而其不透明效应为最大。对于折射率与纤维素接近的填料,如滑石粉、白土等,虽在它们形成的界面上折射率相差不大,但它们的加入有效地增加了纸张内部光散射的界面数量,因而也能增加光散射能力,提高纸张的不透明度。

表 1-2 常用造纸原料的折射率

原 料	折 射 率	原 料	折 射 率
空 气	1.00	白 土	1.55
水	1.33	CaCO <sub>3</sub>	1.56
纤维素	1.53	ZnO	2.01
石 蜡	1.43	ZnSO <sub>4</sub>	2.37
淀 粉	1.53	TiO <sub>2</sub> (钛白)	2.55(锐钛矿) 2.70(金红石)
动物胶	1.53	亚麻油	1.48

对于一定的填料,其在纸张中光散射能力的大小,取决于填料粒子的大小和在纸张中粒子的分散情况。填料粒子越小,光通过空气与填料界面的次数越多,散射能力越大。但对于那些比照射光波长更小的粒子,散射能力随粒径的增加而增加;而对那些比照射光波长大的粒子,散射能力随粒径的增加而减少,结果见图 1-6 所示,因此,要获得最大的不透明效果,填料颗粒最好为观察光波长的一半左右,即对于普通光,取得最大不透明度的填料粒径的范围为 0.15~0.50 $\mu\text{m}$ 。

另一方面,填料粒子在纸张中的分散程度也是相当重要的。填料粒子间的絮聚将增加粒子间的光学接触,减少光散射界面,从而导致纸张不透明度的下降。所以用一定量的颜料作为填料产生不透明度比等量填料在涂料中产生的不透明度要高。这不仅是由于在涂料中颜料粒子间絮聚在一起产生了一些光学接触,还由于粒子间的空间被粘合剂而不是空气填充,从而减少散射界面上折射率的差别,不透明度下降。

随着纸张中填料的增加,填料结块程度也将增加,填料的效率将降低。

(2) 白度。用于纸张的填料如碳酸钙、钛白、锌白等均为白色颜料,因而填料的加入能增加纸张的白度。白度的增加程度部分取决于填料的白度,部分取决于颜料的粒径与遮盖能力。纸张的白度还取决于浆料的白度和打浆程度。图 1-7 所示为几种常用填料加到低

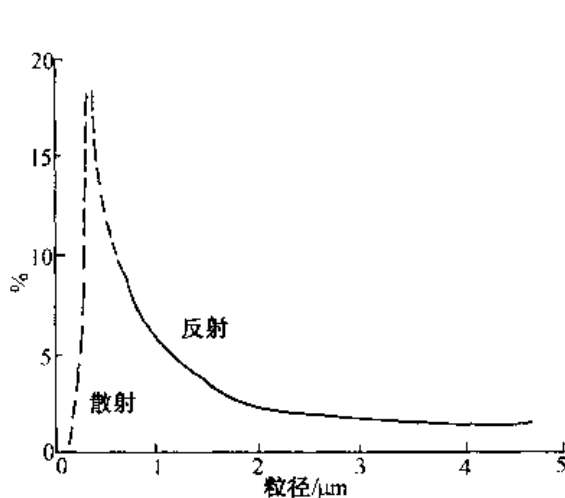


图 1-6 粒径对散射和反射的影响

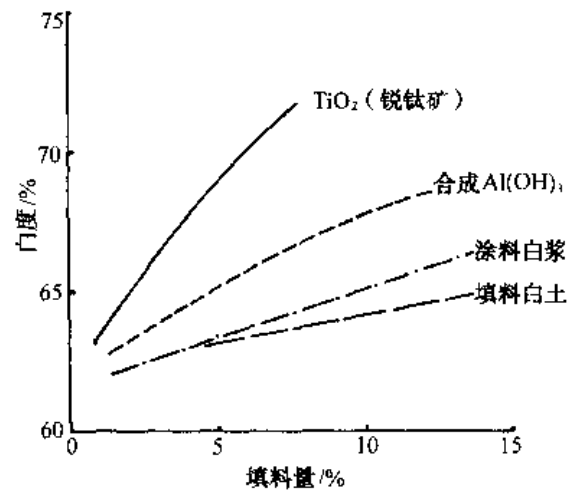


图 1-7 填料加入对白度的影响



白度机械浆中制得的印刷纸的白度随加填量的变化。如果将这些填料加到高白度的浆料中,填料的增加效果将降低。

## 2. 对表面平滑度和印刷适性的影响

纤维相互交织而形成的网络总是存在大量的孔隙和表面凹凸不平处,加入细小颗粒填料后可改进压光后纸张的平滑度。

填料的加入能改进纸张的印刷适性是由于加填后多种现象综合作用的结果。首先,大多数的填料对印刷油墨的亲合力都大于纤维表面对印刷油墨的亲合力,因而油墨能较好地 在纸张表面润湿和铺展。第二是由于填料粒子的存在形成了更多有利于油墨渗透的细小毛孔;填料作用的大小顺序为:沉淀碳酸钙、滑石粉、硫酸锌、钛白和白土。第三是由于填料的加入能改变纸张的平衡湿含量,因为大多数填料对水和水蒸气都是惰性的,因而填料的加入能使纸张具有更好的形稳性,更利于多色印刷。

## 3. 对纸张强度的影响

纤维间的结合是纸张强度的基础,填料的加入减少了纤维间的结合,所以加填会使纸张强度显著下降。其中抗张强度、耐折度和耐破度下降较大,撕裂度下降较小,如图 1-8 和图 1-9 所示。

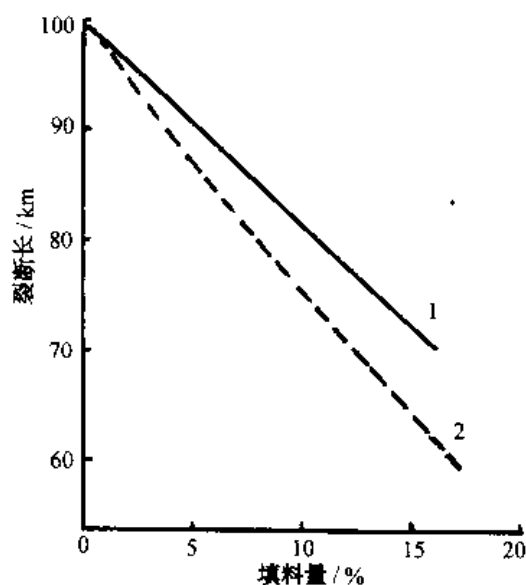


图 1-8 填料量对抗张强度(裂断长)的影响  
1—云杉亚硝酸盐浆 2—桦木硫酸盐浆

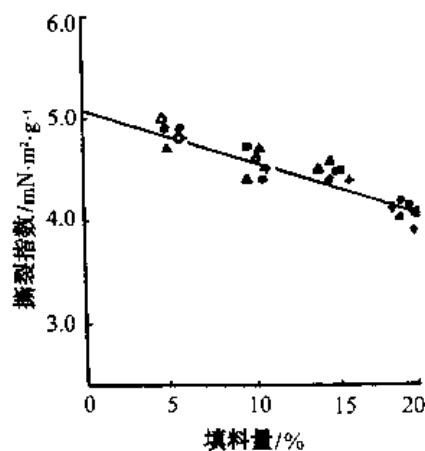


图 1-9 填料量对撕裂度的影响

进一步的研究还发现,这种影响与造纸工艺参数有关,如不打浆的纸的抗张强度受填料的影响就比打浆的纸要大得多,而且短纤维受到的影响比长纤维更大,这一点从图 1-8 中不难看出。另外从图中还可以看出,原料的种类和制浆方法也是非常重要的因素。基于上述原因,在实际生产中要增加纸张的不透明度和散射系数时,必须考虑对纸张强度的影响,应确定一个最佳的加填量。

## 4. 对纸张松厚度和挺度的影响

纸张纤维的密度为  $1\text{g}/\text{cm}^3$  左右,而填料的密度大多在  $2.5\sim 3.0\text{g}/\text{cm}^3$ ,因此填料的加入将会降低纸张的松厚度。但实际并非一致,如图 1-10 所示,当加入的填料量较少时,松厚度随填料量的增加而增加,对于短纤维的纸尤为明显,这与图 1-8 中短纤维纸抗张强度随

填料量增加而减少得更为显著是一致的。

纸张的挺度是纸张厚度和弹性模量的函数。因此,填料对挺度的影响应将填料对松厚度和抗张强度的影响综合起来考虑。当加填量小时,填料的加入基本上不影响纸张的挺度,而当填料再增加时,挺度则随填料量的增加而显著减少,如图 1-11 所示。

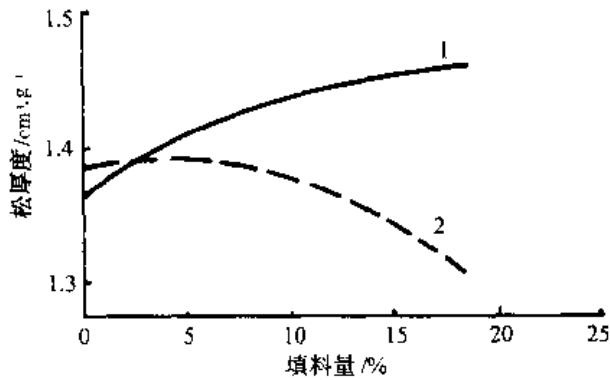


图 1-10 填料对纸张松厚度的影响  
1—桦木硫酸盐浆 2—云杉亚硫酸盐浆

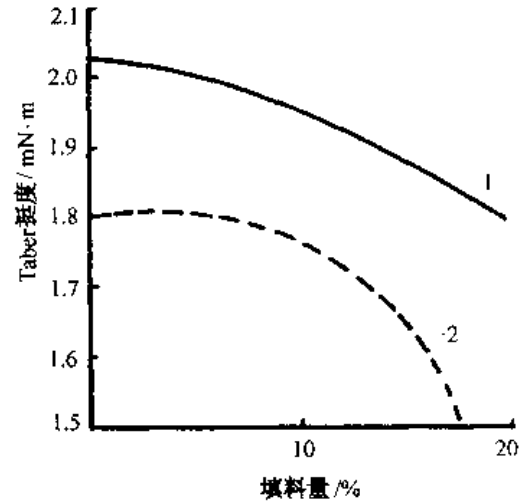


图 1-11 填料对纸张挺度的影响  
1—桦木硫酸盐浆 2—云杉亚硫酸盐浆

填料对纸张性质除上述影响外,填料含量过多还会导致印刷过程中出现掉粉掉毛和透印现象,影响印刷品的质量和印刷生产的正常进行,因此,在纸张生产过程中必须按纸张用途严格控制填料的用量。

### 三、色 料

纸浆纤维总是略呈黄色至灰白色,即使经过漂白处理,也依然如此,这是因为纸浆纤维中所含木素倾向于吸收波长在 400~500nm 的紫色和蓝色光所致,纸浆中木素含量愈多,其色泽也就愈深,因此要使纸张具有更高的白度,往往在漂白浆中加入蓝紫色或红蓝色染料。此外,为了生产有色纸,如标语纸、广告纸、彩色牛皮纸等,还必须进行染色。色料就是用作纸张染色和调色的颜料和染料。颜料大多是无机物,大部分颜料是不溶于水的。染料有天然染料和合成染料之分,目前合成染料已完全取代了天然染料。染料大部分都能溶于水,或经过一定化学处理后能溶于水。

荧光增白剂除了能吸收可见光谱的光线之外,还能吸收一部分不可见的紫外光,并能反射波长较长的可见光,从而提高纸张的白度。

### 四、其他化学助剂

为适应纸张某些特殊用途的需要,往往在纸浆或纸中掺用各种类型的非纤维性添加剂。按其用途划分,大致可分为如下几类:

(1) 湿强剂。湿强剂是为增加纸页的湿强度而加入的助剂,如脲醛树脂、三聚氰胺树脂和酚醛树脂等。

(2) 干强剂。如阳离子淀粉、聚丙烯酰胺等。

(3) 助留剂。为减少造纸过程中填料和细小纤维的流失而加入的助剂,如聚丙烯胺、聚乙烯氧化乙烯和聚乙烯亚胺等。

(4) 消泡剂。如硅油、松节油、十三醇、磷酸三丁酯、戊醇和辛醇等。用于消除选纸过程中的泡沫。

(5) 抗水剂。如石蜡、金属皂、乙二醛、三聚氰胺甲醛树脂和丙烯酸二甲胺基乙酯等。这类助剂主要用在要求具有较高抗水能力的纸中。

## 第四节 制浆、打浆

### 一、制 浆

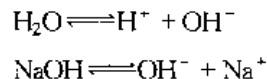
在造纸工业中,把从植物原料中分离出纤维的生产过程叫做制浆。制浆从大的方面可分三种:化学法,机械法,化学机械法。在本节中重点介绍化学法制浆中的碱法,亚硫酸盐法,机械法制浆,半化学法制浆等几种常见的制浆方法。

#### (一) 碱法制浆原理

碱法制浆就是用碱性化学物的水溶液蒸煮植物纤维原料,使木素溶出与纤维分离成浆。

##### 1. 烧碱法制浆

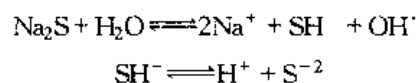
碱法制浆中用烧碱(NaOH)制浆的叫烧碱法。烧碱法的原理是:造纸原料的蒸煮中加入NaOH,蒸煮过程最主要的化学反应是木素与碱溶液(NaOH)反应。因为氢氧化钠在水溶液中电离:



OH<sup>-</sup> 在高温下使木素大分子中酚型结构的 α-芳基醚键、α-烷基醚键断裂;使非酚型结构中的 β-芳基醚键和甲基芳基醚键断裂,从而使木素大分子变小,并在变小的木素分子中引进亲水基因,使木素溶解到蒸煮液中,这就是碱法脱木素的基本原理。若在烧碱法中加入 0.05% 左右的萘醌,使蒸煮液用碱量明显降低,纸浆得率(又称收获率,指蒸煮后所得粗浆绝干质量对未蒸煮前绝干原料质量的百分率)和纸浆质量明显提高。此烧碱法适用于蒸煮棉、麻、草类等非木材原料,也用于蒸煮阔叶木。烧碱法纸浆抄成的纸比较松软洁白,吸水性强,不透明度高,但强度和得率较低。烧碱法纸浆多用于抄造有光纸、书写纸、凸版纸等一般文化用纸。

##### 2. 硫酸盐法制浆

硫酸盐法的蒸煮液主要成分是 NaOH、Na<sub>2</sub>S,也含有少量的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaSO<sub>3</sub>。硫酸盐法蒸煮液中既有 NaOH,又有 Na<sub>2</sub>S,所以烧碱法中能与木素反应的,硫酸盐法都能发生,此外硫酸盐法中的 Na<sub>2</sub>S 在水溶液中能电离为钠离子、氢氧根离子、硫氢根离子和硫离子:



S<sup>2-</sup>、SH<sup>-</sup> 与木素反应得更快,而且能使木素中与 OH<sup>-</sup> 不发生反应的酚型——β芳基醚键断裂。硫酸盐法比烧碱法脱木素能力强的原因就在于此。在硫酸盐法蒸煮中加入硼氢化钠或多硫化钠,使纤维素和半纤维素的还原性末端基发生变化,提高纸浆得率。

硫酸盐法自 18 世纪 70 年代沿用至今,仍广泛应用,既适用于处理针叶木,又适于蒸煮阔叶木及各种草类原料。用硫酸盐法浆制的纸张具有较高的抗张强度、耐破度和撕裂度等机械强度的指标,而且耐热性和耐久性较高。但硫酸盐浆的颜色较深,不易漂白,纸张较挺硬、翻动时声响较大。硫酸盐浆既可用于生产多种工业用纸和技术用纸,又适用于生产胶印书刊纸和胶版纸等多种文化印刷用纸。

## (二) 亚硫酸盐法制浆原理

亚硫酸盐法制浆是指用含有盐基的亚硫酸液作为蒸煮剂,蒸煮植物纤维原料而制取纸浆的方法。此法的蒸煮液叫酸液,酸液的主要组成成分为亚硫酸盐、亚硫酸氢盐、亚硫酸。

在蒸煮时,使植物原料中的木素变为可溶性的木素磺酸和木素磺酸盐并溶解出去。蒸煮反应过程大致为两个阶段,即蒸煮液浸入,使木素发生磺化反应的“浸透磺化”阶段和磺化后木素溶出到蒸煮液中的“溶出”阶段。

在“浸透磺化”过程中,同时发生两个反应,即木素的磺化与木素的缩合。磺化,就是木素与酸液反应,生成木素磺酸和磺酸盐,磺化后的木素不易发生缩合。木素的缩合,就是在一定条件下木素连接成为更大的分子。缩合了的木素不易磺化。木素缩合后,纸浆颜色加深,甚至出现“黑煮”。为了使磺化加大,缩合减小,采取在蒸煮时慢慢的升温,让木素在临界温度(木素大量缩合时温度  $110 \sim 115^{\circ}\text{C}$ )以下进行充分磺化,然后再升高温度,使木素磺酸及木素磺酸盐溶解出来的方法。

木素在此酸液中被提出的同时,纤维素也发生一定程度的酸性降解。所以纤维素降解的程度与蒸煮液的酸性程度有直接关系。人们用控制 pH 值的方法来制造纸浆。

依据蒸煮液的 pH 值不同,可分为四种:

(1) 酸性亚硫酸盐法: pH 为  $1 \sim 2$ ,此法容易打浆,但对纤维素损伤较大,所以浆的强度较低,仅用于蒸煮木材原料,不宜草类原料。

(2) 亚硫酸氢盐法: pH 为  $4 \sim 6$ ,主要用于蒸煮芦苇,浆颜色较浅,易于漂白。苇浆纸比较柔软,富有可压缩性,白度较高,印出书籍较美观。

(3) 中性亚硫酸盐法: pH 为  $6 \sim 9$ ,一般控制在  $\text{pH} = 7.5$  左右,适于蒸煮各种草类原料,如芦苇、龙须草、麦草等。此法中不仅保留较多的半纤维素,而且保留了部分木素。蒸煮条件易掌握,成浆质量较稳定,纸浆滤水性好,容易洗涤。抄造成的纸张外观较差,不够细腻柔软,吸墨性和印刷适性有时不理想。

(4) 碱性亚硫酸盐法: pH 为 10 或更高些,一般小型草浆厂采用此法。该法蒸煮速度快、纸浆强度高、得率和白度较高。那么大型厂家为什么不采用此法呢?最根本的原因是碱回收设备问题。无碱回收设备,无法解决排污。

总之亚硫酸盐法浆抄造的印刷纸对凸版印刷的适性较好,特别是以芦苇为原料生产的印刷纸,这点表现得尤为明显。

## (三) 机械法制浆原理

机械法制浆又称磨石磨木法制浆。顾名思义,利用机械和水力作用,将木材横压在磨石表面,由旋转磨石把木材磨解成纤维,再用水将它从磨石表面冲洗下来,即成为磨木浆。靠磨石的粗糙表面给予木材的热机械作用,将木材纤维从木材上撕裂下来。

磨木浆主要优点:

(1) 纸浆得率很高,可达  $92\% \sim 96\%$ ;生产成本低,不需化学药品、不需热量。

(2) 纸浆滤水性好,适合在高速纸机上抄造,生产出的纸张不透明度高,较化学纸张不易卷边。

(3) 用普通磨木浆生产的纸张松厚度大、平滑度高、有弹性、吸墨性好、能适应高速轮转印刷的要求。

普通磨木浆的主要缺点:

(1) 纸张纤维短,非纤维组分含量高,成纸的白度和强度均较低。

(2) 由于木材中的木素和其他组分绝大部分保留在浆中,所以用磨木浆生产的纸张容易变黄发脆,耐久性差,不能长期保存。

因此,普通磨木浆主要用于生产印刷报纸的新闻纸。我国新闻纸大多数是以 85% 左右的磨木浆配以 15% 左右的化学木浆来生产。

#### (四) 半化学法和化学机械法制浆原理

半化学法和化学机械法都是一种在制浆时既用于化学方法,也用机械方法生产出的纸浆,都属于两段制浆法,既都包括化学预处理和机械后处理两个阶段。两者的区别:半化学浆化学处理的程度较深,得率较低,一般为 65%~85%;化学机械浆化学处理得较浅,得率较高一般高达 85%~90%。

半化学浆的生产中,应用最多的是用中性亚硫酸盐法预处理阔叶木生产半化学浆。此法是将阔叶木切成小片,在高温 170~190℃ 下,用含有缓冲剂  $\text{NaHCO}_3$  的亚硫酸钠溶液蒸煮,使木片结构松散到一定程度后,在盘磨机中进一步分离纤维。此半化学浆纤维断裂不多,细纤维化程度也不大。出纸挺度大耐折度较低,所以未漂白的浆主要用于生产瓦楞原纸和包装纸板。

化学机械法是研究采用阔叶木代替针叶木磨木浆而发展起来的一种制浆法,这种方法对原料的化学作用更弱,预处理后木素含量无明显变化,浆料得率、性质接近磨木浆。不过由于预处理后木片较疏松,磨浆时受机械损伤小,所以浆中长纤维和中等纤维较多,细小纤维较少,纤维束和碎片也较少。此浆可以生产新闻纸和其他较低档的印刷纸,也可用来生产书写纸和餐巾纸。

## 二、纸浆的漂白

经过洗涤筛选和净化后的纸浆一般都不同程度地含有非碳水化合物(即非纤维素和半纤维素)而呈暗褐色、淡黄色或灰白色。这些颜色来源于浆料中残余的木素及其他有色物质,它们都影响着纸张的质量和使用时。尤其是残余木素,不但影响纸张的白度,还会降低纤维的柔顺性,妨碍纤维间的结合,影响纸张的强度和柔软性。为了生产色泽洁白,质量优良的纸张,须除去浆料的残余木素和其他有色物质提高纸浆的化学纯度,或把浆料中的有色物质变化成不呈颜色,使纸浆变白,这种使纸浆变白的过程称为漂白。

漂白过程中,可通过两种基本方式达到漂的目的。一种是把浆料中残留的木素变为可溶性物质,并把它溶解除去。这种漂白方法可以说是蒸煮的继续,一般用于含残余木素少的化学浆的漂白。这种漂白在生产中,应在尽可能除去木素的同时,尽量减少对纤维素、半纤维素的损伤,以生产出质量好、白度高而且稳定的纸浆。

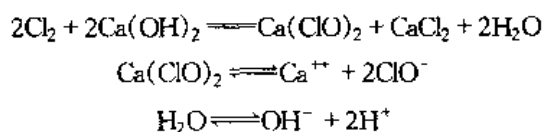
另一种是使纸浆中的木素及其他有色物的分子结构发生变化,使分子中的发色基团变为无色基团,从而使木素等有色物质不呈现颜色。此种漂白不起脱木素作用,只是脱色而

已,一般用于磨木浆等机械浆和化学机械浆的漂白。应指出,要生产高白度且白度持久的纸,其纸浆漂白不能用此种方法,须用前一种方法来完成。

### 1. 间歇式次氯酸盐漂白

此种漂白方法是造纸工业最基本的漂白方法,也是至今我国应用厂家最多的漂白方式。此法是在漂白机或漂洗池内进行漂白的全过程,使纸浆一次漂到所需的白度,并可在漂白机里进行漂后的洗涤,故我国的小型造纸厂和生产易漂浆(如亚硫酸盐浆)的工厂广泛使用。这种漂白方法的主要优点是设备简单、投资少、操作方便,可根据纸浆的质量和漂液浓度的变化灵活地掌握漂白条件,因此漂后每池浆的质量均匀稳定。但耗氧量较高,对纤维的损伤较重。

次氯酸盐漂白液是把液体氯气化后通入石灰乳液生成次氯酸钙溶液,再经过澄清制成的。其反应为:



漂白的基本原理是利用次氯酸根  $\text{OCl}^-$  的氧化性,破坏木素的分子结构,使木素分子氧化降解从纤维中溶出,从而使残留在浆料中的有色木素除去。次氯酸盐漂白要在碱性 pH 为 9 左右的条件下进行,防止在中性或酸性条件下使纤维素发生强烈氧化;漂白最高温度控制在  $35 \sim 40^\circ\text{C}$  之间,以避免漂液分解和纤维素遭受破坏。漂白液的用量应根据纸浆的品种、硬度及白度要求决定,加入量多会使纸浆强度下降,过少达不到预期的漂白。一般草浆比木浆耗氯量少(即用漂液量少),软浆比硬浆耗氯量少,洗涤良好的浆比洗涤不良的浆耗氯量少。漂白时浆料的浓度,依据漂白设备决定,在漂白机内漂白,纸浆浓度大多在  $4\% \sim 6\%$  左右,漂白时间在 2h 左右。

### 2. 过氧化氢漂白

机械浆的漂白,不宜采用破坏木素结构并使其溶解的漂白方法,而需用合适的漂白剂来改变有色物质(如木素)的发色基,使木素等有色物质不被溶解除去,但不呈现颜色。这方面我国应用较多的是采用过氧化氢漂白磨木浆。

过氧化氢又称双氧水,分子式  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,为无色液体。工业上供应的 35% 及 50% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  分别含有 16.5%、23.5% 活性氧的水溶液。

过氧化氢漂白一般采用塔式漂白,其作法是把浆与适量的过氧化氢混合后,通入蒸汽升温,然后入漂白塔,使其进行漂白反应,最后洗涤再送入漂后浆池。

由于  $\text{H}_2\text{O}_2$  漂白只改变纸浆颜色而不脱木素,所以漂白后纸浆白度提高而漂白损失率很小,对纸浆化学成分和机械性能影响小,还能使浆料所抄造的纸张吸收性有所提高。磨木浆用  $\text{H}_2\text{O}_2$  漂白后生产的新闻纸印刷性能良好的原因就在于此。

### 3. 二氧化氯漂白

此种漂白是取得高白度,高强度纸浆的一个重要漂白段和漂白方法。目前发达国家凡生产漂白化学浆的工厂,几乎都采用了二氧化氯漂白工艺。

二氧化氯分子  $\text{ClO}_2$ ,常温下是黄绿色气体,有毒、刺激性和爆炸性。自身浓度高在  $30^\circ\text{C}$  以上会以一定速率分解,温度再高时可能发生爆炸性分解。因而在工业生产中,一般都用空气稀释到 10% 以下,以保证安全。

二氧化氯易溶于水,它在水中的溶解度比氯气高 10 倍左右。二氧化氯突出的优点,对木素的选择性作用很强,能有效地把木素和其他有色物质氧化成水溶性物质。在微酸性 pH 为 4~6 时和合适的温度 70℃ 左右,几乎不损伤纤维素和半纤维素,却能使纸浆的白度提高到 90% 以上,而且纸浆的白度稳定性好;不返黄。所以,二氧化氯漂白常用作多段漂白中的最后一段。

随着高级文化用纸、高档装潢、彩喷用纸等用量的加大,二氧化氯漂白将会有更广阔的前景。

#### 4. 氧碱漂白

氧碱漂白又叫氧气漂白,它也是近十几年才兴起的一种很有发展前途的漂白方法。

该法是把纸浆与氧气、碱液三者均匀混合再加入适量的氧化镁(MgO)或硅酸镁(MgSiO<sub>3</sub>)作为碳水化合物的保护剂,使木素等非碳水化合物发生化学反应而达到漂白目的。

氧碱法包括高浓法、中浓法和低浓法,中浓法的纸浆浓度为 8%~16%,中浓漂白可达到高浓漂白同样的质量,而动力消耗比高浓漂白节约一半左右。氧碱法的主要优点是,漂白废水不含氯、漂白污染小,氧碱漂白的纸浆返黄小,纸浆脱水性能好。单段氧碱漂白可满足白度要求不超过 65% 的纸张的需要。若要生产高白度的纸浆,则需把氧碱漂白和其他漂白方法结合组成多段漂白。

纸浆漂白的的方法还有多种,如由氯化、碱处理、次氯酸盐或二氧化氯漂白等组成的多段漂白。

### 三、打 浆

利用机械方法处理悬浮于水中纸浆纤维,使其具有适应造纸机上要求的特性,并使生产出的纸张能达到预期的质量指标的一项工艺过程。

#### (一) 打浆的目的

未经打浆处理的纸浆,纤维挺硬,弹性较大,如果直接用来抄纸,则在网上沉积时,难以分布均匀,抄成纸张匀度很差;未经打浆的纸浆,含有一定量未离解的纤维束,这些纤维束光滑挺硬,过长过粗,直接用来抄纸,则成纸疏松多孔、表面粗糙以及强度、表面性根本满足不了印刷要求;未经打浆的纸浆纤维缺少润胀、分丝、帚化和细纤维化,纤维间不能形成有机结合,即使长度和强度很好的木浆纤维,抄造的纸张其强度依然较低。

打浆是克服上述缺陷最有效的方法。

打浆对纸浆纤维的主要作用是疏解,初生壁和次生壁外层的破除、润胀、切断、细纤维化和帚化。

疏解:是指打浆设备对纸浆进行挤压、撞击、摩擦和揉搓等作用,使多根纤维粘结在一块的纤维束分散成单根纤维。

前已叙及,纤维细胞的初生壁的微细纤维成网状排列,次生壁外层的细纤维接近垂直地缠绕在纤维上,这样就严重地影响着纤维润胀和细纤维化,影响着纤维间相互结合。打浆中的机械作用——摩擦、挤压力,把两个壁外层破坏,使纤维的次生壁中层充分暴露出来,促进纤维的吸水润胀和细纤维化。

润胀:是指高分子化合物在吸收液体的过程中,伴随体积膨胀的现象。纤维素和半纤维素带有很多羟基而易吸水润胀。打浆的搓揉作用,使纤维的表面积和游离羟基大大增

加,提高纤维之间的结合强度。

**切断:**是指打浆过程中纤维受剪切作用而发生断裂的现象,对于麻浆、棉浆、针叶木化学浆等长纤维纸浆,打浆时一定程度的切断十分必要,可以有效地防止纤维的絮聚结团,提高出纸的匀度和表面平滑度。对纤维短小的草浆宜采用钝刀高浓打浆,促进纤维润胀,使纤维柔软可塑以防止和减少纤维的横向切断。

**细纤维化:**是打浆中的机械作用使纤维纵向分裂,分离出细微纤维,使纤维产生“起毛”现象。内部细纤维化产生,即纤维吸水润胀后内聚力减弱,打浆的搓揉作用使内部的微细纤维滑动。这样,内部微细纤维充分移动,外部纤维表面和两端“起毛”,提高了纤维的交织能力,促使在成纸过程中干燥阶段时产生更多的氢键,去提高成纸的强度和紧度。

总之,打浆使纤维更有效地按人们预定的需要进行疏解、润胀、切断和细纤维化。

## (二) 打浆的方式

以横向切断纤维为主的打浆方式为游离状打浆,以纵向分丝和细纤维化为主的称为粘状打浆。打浆过程中,切断和细纤维化是同时发生的,不存在只有横向切而无细纤维化的打浆,也没有只进行细纤维化而无横向切断的打浆。因此,只能根据其程度不同横量打浆的方式。现简单介绍五种打浆方式:长纤维游离打浆、短纤维游离打浆、长纤维粘状打浆、短纤维粘状打浆、中位打浆。

### 1. 长纤维游离状打浆

这种打浆方式使纸料充分疏解,分散成单根纤维,对较长的纤维只能适当地切短,并使纤维得到轻度的细纤维化。此方式打出的纸料脱水快,成纸吸收性强,有一定强度,但匀度较差,表面不够平滑。此种打浆方法适用于包装纸、工业用滤纸等纸料的打浆。

### 2. 短纤维游离状打浆

此种打浆方式要求在高度分散纤维的基础上,同时高度切短纤维。这种纸料脱水快,成纸匀度好,吸收性大,但强度较差,一般适于吸墨纸、滤纸等纸料的打浆。

### 3. 长纤维粘状打浆

这种打浆方式要求纤维高度分丝和细纤维化,同时尽量避免切断纤维。打成的纸料有滑腻感,成纸强度大,紧度大,但网上难于脱水,易发生纤维絮聚,所以抄纸时一般稀释至较低浓度。这种打浆方式适用于卷烟纸、电容器纸、高级薄纸和钞票纸及海图纸等高耐折度的纸料打浆。

### 4. 短纤维粘状打浆

这种打浆方式既要求将纤维高度分丝和细纤维化,又要求对纤维适当地切断。这种纸料也有滑腻感,易形成组织均匀的纸页,成纸吸收性小,有较大的强度,但在网上难于脱水。打出的纸料适合于抄造打字纸、证券纸和电缆纸等。

### 5. 中位打浆

又叫中等打浆或半游离状、半粘状打浆。中位打浆既要求适当的切断纤维,又要求纤维有一定的分丝和细纤维化。这种纸料在网上较易脱水,又可形成较均匀的纸页。用非木材的芦苇、稻麦草等原料生产印刷纸,大多采用此种打浆方式。

以上五种打浆方式并不是绝对的,实际上要根据纸浆原有的特点和纸张的质量要求,通过调节打浆比压、落刀方式、打浆浓度、打浆温度、打浆时间、浆料通过量等打浆工艺条件来控制纤维分丝和切断的程度。



### (三) 打浆与纸张性质的关系

由于打浆增加了纤维间的结合力,降低了纤维的平均长度,所以增加纸张的抗张、耐破和耐折强度,提高纸的平滑度、挺度、紧度和匀度,但却降低了纸张的撕裂度和不透明度,也增加了纸的伸缩性。

图 1-12 表示了打浆与纸张性质的关系。

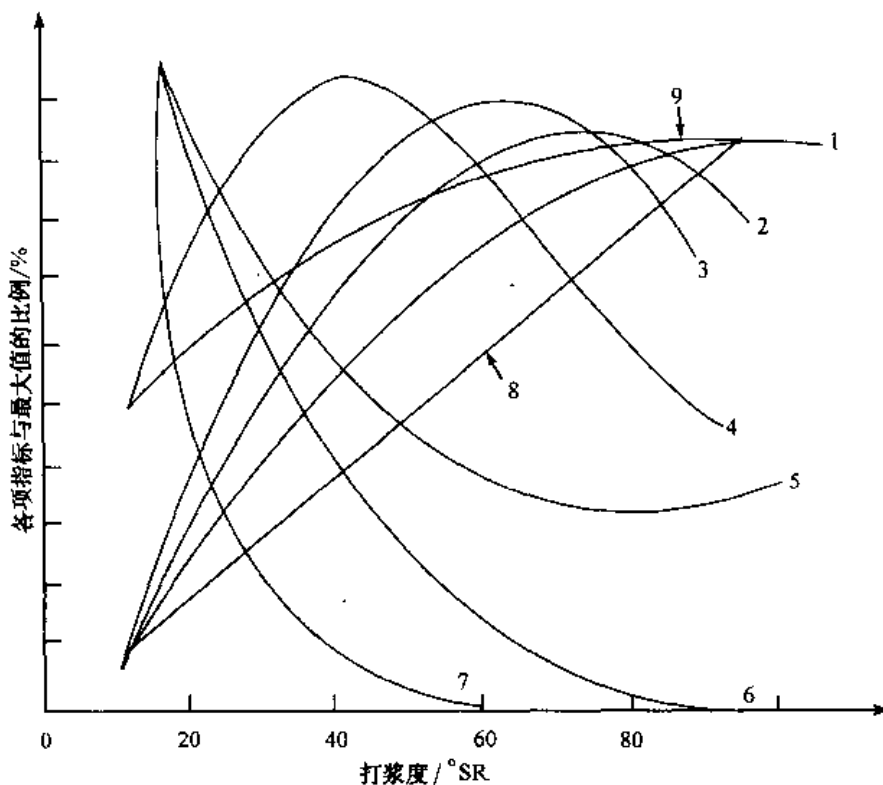


图 1-12 打浆与纸张性质关系简图

1—纤维结合力 2—裂断长 3—耐折度 4—撕裂度  
5—平均纤维长度 6—吸收性 7—透气性 8—收缩性 9—紧度

随着打浆的进行,纤维结合力不断增长,平均纤维长度不断下降。打浆初期,纤维结合力上升速度和纤维长度的下降速度都比较快,到了后期,两者速度均逐渐减慢。由于裂断长(抗张强度的一种表示方法)、耐折度、耐破度、撕裂度等强度性质不同程度地同时受纤维结合力和纤维长度的影响,所以随打浆度的提高各自发生不同变化,有的上升一段后很快下降,有的持续上升一段后才开始下降。而紧度、收缩性始终随打浆度的提高而上升,吸收性、透气性却始终随打浆度的提高而降低,只不过变化速度不同。

## 第五节 纸张的 Z 向压缩变形特性

纸张在 Z 向产生变形的大小取决于纸张孔隙率的大小,也即纸张的表观密度。新闻纸孔隙率占 50% 以上,故在压力作用下的 Z 向变形较大,而对于像玻璃纸这样密度高的纸,其孔隙率一般都在 10% 以下,在压力作用下几乎不产生变形。

对于印刷纸张来讲,不仅要求具有较好的压缩变形,而且由于要进行多次套色印刷,因而要具有在压力去除后能恢复的特性,这就是纸张的 Z 向弹性,前者称为 Z 向塑性。

## 一、Z 向压缩变形的整体特性

纸张在受到压力作用时,压力与压缩量随时间的变化如图 1-13 所示。图中  $d$  为纸张的最初厚度,  $K$  为压力最大时的压缩量,  $R$  为压力去除后的弹性恢复量,  $(K - R)$  即为永久变形量, 因此, 纸张的压缩率、弹性恢复率和塑性变形率分别为:

$$\text{压缩率} = \frac{K}{d} \times 100\%$$

$$\text{弹性恢复率} = \frac{R}{K} \times 100\%$$

$$\text{塑性变形率} = \frac{K - R}{K} \times 100\%$$

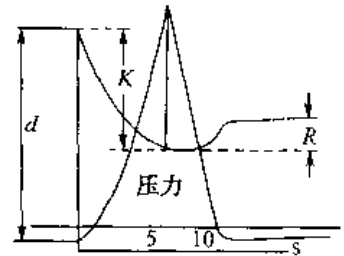


图 1-13 压缩量与压力随时间的变化

图 1-14 所示为不同纸浆的打浆度与压缩率之间的关系曲线, 图中, A 为漂白亚硫酸盐红松浆, B 为未漂硫酸盐红松浆, C 为未漂亚硫酸盐红松浆, D 为漂白硫酸盐红松浆,  $E_1$ 、 $E_2$  均为磨木浆, F 为漂白亚硫酸盐桉木浆, G 为未漂硫酸盐桉木浆, H 为漂白半化学桉木浆。从图 1-14 可见, 一般漂白纸浆较未漂纸浆压缩率为大, 阔叶木纸浆较针叶木压缩率为小, 磨木浆的压缩率较化学浆大近 10 倍。

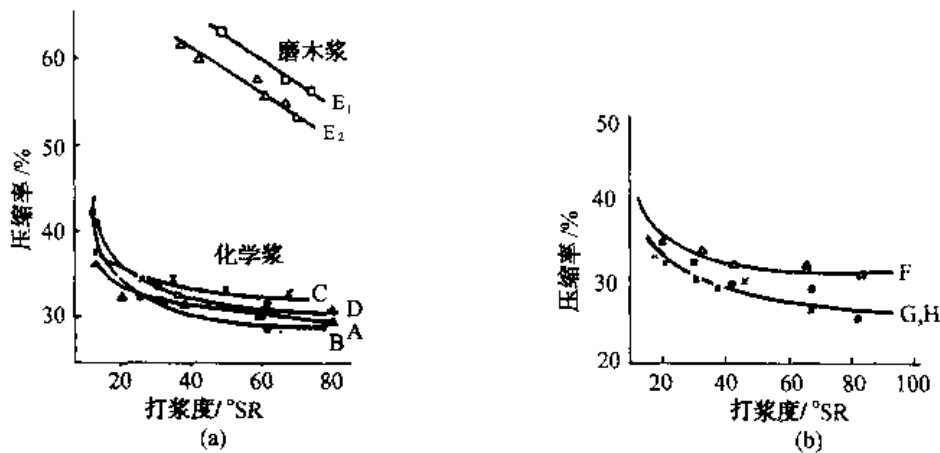


图 1-14 打浆度与纸张压缩率[(a)、(b)]

图 1-15 为图 1-14 中 8 种纸浆的弹性恢复率, 从图可见, 硫酸盐纸浆较亚硫酸盐纸浆弹性恢复率为大, 未漂纸浆较漂白纸浆大, 而磨木浆的弹性恢复率为最小。图 1-16 所示为

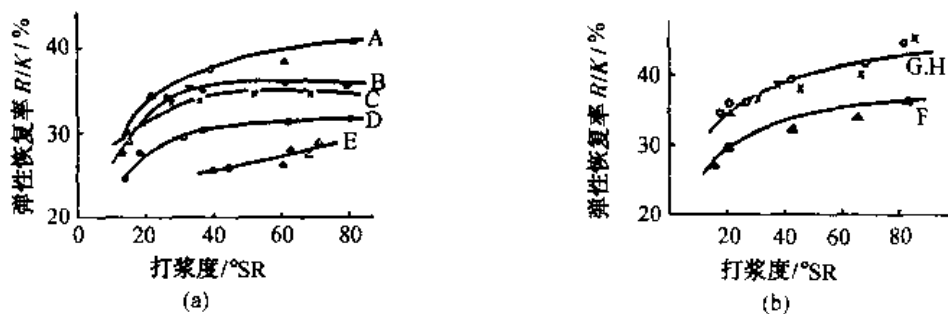


图 1-15 打浆度与纸张的弹性恢复率[(a)、(b)]

磨木浆中亚硫酸盐纸浆含量对纸张压缩率和弹性率的影响。从图 1-16 中可见,随亚硫酸盐浆含量的增加压缩率急剧减少,在含量超过 60% 以后,弹性恢复率才渐渐增加。图 1-17 所示为涂料印刷纸涂布量对纸张压缩率和弹性恢复率的影响,从图 1-17 可见,随涂布量的增加,压缩率减少,而弹性恢复几乎没有变化。图中括号内的数据表示绝对压缩量。图 1-18 所示为纸张的水分对压缩率和弹性恢复率的影响,从图可见,随纸张水分的增加,纸质变得更为柔软,压缩率随之增加,而弹性恢复率随之减少。

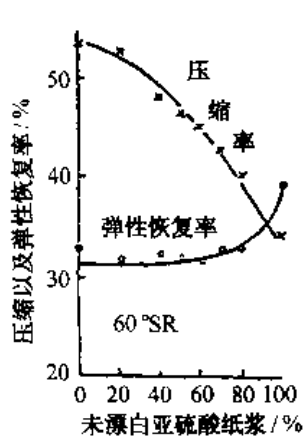


图 1-16 亚硫酸盐浆含量的影响

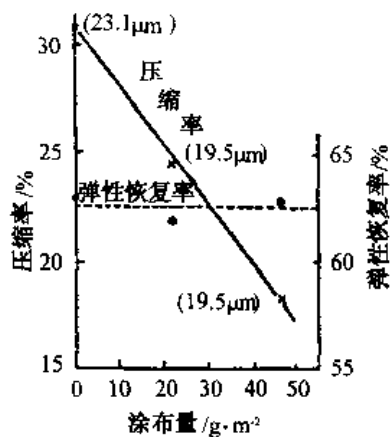


图 1-17 涂布量的影响

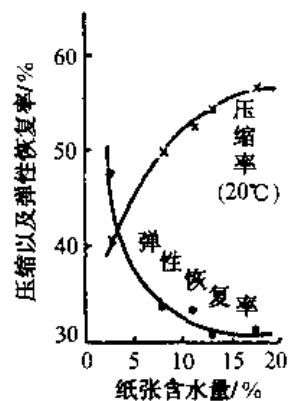


图 1-18 纸张水分的影响

## 二、Z 向压缩变形随时间变化的特性

图 1-19 所示为 3 种纸张在压力为  $1.83 \times 10^6 \text{N/m}^2$  下的压缩率随时间变化的曲线,图中

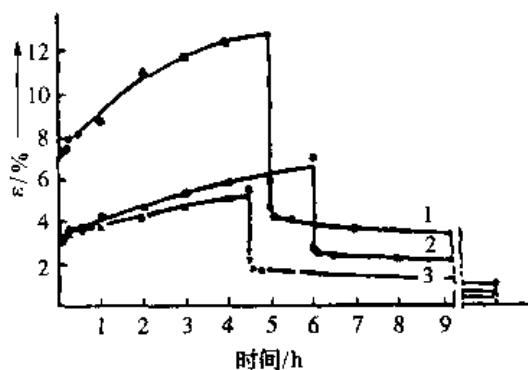


图 1-19 压缩变形随时间的变化

纸张 1 为机涂纸 (Machine Coated Paper), 相当于仿铜版纸, 纸张 2、纸张 3 均为不含磨木浆的压光纸。从图 1-19 可见, 对于 3 种纸张压缩率自加压力  $1.83 \times 10^6 \text{N/m}^2$  后立即由 0 上升到 3%~7%, 而后, 上升速度较慢。纸张 3 在经过 4.5h 后去除负荷, 纸 1 经过约 5h 后去除负荷, 纸张 2 在经过约 5.6h 后除负荷, 3 种纸张在去除负荷后压缩率均迅速回降, 而后缓慢回降, 在经过 15~36h 后, 无磨木浆的压光纸 2 和 3 几乎恢复其原厚度, 而机涂纸仍残留相当大的塑性变形率。从图中

曲线形状看, 压缩变形对时间的变化特性与纸张受张力作用的蠕变变形的情形类似, 即变形为 3 部分组成: 弹性变形、粘弹性变形和不可逆变形。

## 三、Z 向变形特性对印刷的影响

纸张的 Z 向变形是在力的作用下才产生的。在印刷中, 纸张在印刷压力作用下的 Z 向

变形,可产生一种缓冲作用,使纸张与印版(或胶辊)间得以良好的接触,使油墨得以均匀地转移。也就是说弹塑性好的纸张,即使其表面结构较为粗糙,也能取得良好的油墨均匀转移。例如涂布后的加工纸、布纹纸,由于这种纸页在其Z向具有良好的弹塑性,即使用一般平滑度仪测定其平滑度值很低,但仍能取得良好的印刷效果。

但必须指出的是对于多色印刷用纸,由于在套色过程中要受到几次压缩,因而不仅要具有较高的压缩率,也应有较高的弹性恢复率,也就是具有较高的弹性。

### 复习思考题

1. 中华民族的四大发明,在出版印刷中即占了两项:造纸术及活字印刷,可就此写篇专述。
2. 说明纤维素、半纤维素、木素在各类造纸原料中的含量。
3. 说明常用的两种漂白纸浆的方法及原理。说明较先进的两种漂白纸浆的方法及先进性。
4. 小型造纸厂多以何物为原料,纸厂“三废”排放去向,为什么说“治理淮河流域的污染要先治理小造纸厂”。
5. 参观造纸厂,了解造纸过程,写篇报告。

## 第二章 印刷纸的主要品种及其基本特性

### 第一节 常见的印刷纸

根据纸张的用途、名称,介绍几种常见的印刷纸。

#### 一、新闻纸

新闻纸俗称白报纸,常用于印刷报纸、期刊及一般书籍;也可用于胶印一些连环画及期刊。新闻纸是用90%左右的机械木浆抄制而成,加入10%左右的漂白化学木浆以增加强度。为保护森林资源,当前许多造纸厂根据当地原料来源,采用化学草浆、苇浆、蔗渣浆等代替机械木浆生产新闻纸。

新闻纸的印刷特点是对油墨的吸收性较好。一般在高速报版轮转机上进行印刷,所用油墨为吸收干燥型油墨。在高速印刷的印刷机上速度达2~4m/s,印版与纸张接触的时间非常之短,要使油墨很好地转移,则需有比一般印刷方法高很多的压印力,如果压印滚筒与印版滚筒的接触宽度为12~15mm时,压印力可达4.0~7.0MPa。同时,如果是套色印刷,从前一个印版滚筒到第二印版滚筒只有不到3m的距离,印完第一色到印第二色的时间只有0.4s,因此,不仅对油墨有要求,对纸张的吸收性也有很高的要求。

新闻纸多为卷筒纸,在印刷中最忌讳断纸,因为每断一次纸不仅使印刷操作停止2~3min,而且一旦断纸时损伤印版或橡皮布,则更要延长停机时间,因此,对新闻纸的抗张强度有一定的要求。当然,断纸的原因有很多,它受印刷速度、车间温度湿度和运输条件等因素的影响,但卷筒纸的卷取均匀程度,纸边有运输时碰伤、裂伤等纸病,接口的接合牢度都是产生断纸的主要原因。用于胶印印刷的新闻纸不仅需要很好的机械强度,为了抵抗粘度较高胶印油墨将纸张拉毛,故对纸张表面强度要求较高。

新闻纸因有适当的填料,以及浆料中短纤维比例较大,其不透明度较好,适合两面印刷的需要。新闻纸经超级压光后能够复制粗网线的图片,使之不漏线、不漏点,清晰美观,但经压光后的纸张紧度相应增加,吸油性急骤变坏,但平滑度如能相应地提高,印刷适性也能得到改善。

印刷报刊用的新闻纸因直接与印版接触,由于新闻纸表面粗糙,则需纸张松软、压缩性提高,才能获得清晰的图文。

新闻纸一般不施胶,其抗水性较差,印刷时要注意纸张伸缩性给印刷质量带来的影响。用于平版印刷时,版面的水分不要太大。

新闻纸的主要成分是机械木浆,它含有大量的木质素及其他杂质,见光后纸张易变脆变黄,因此新闻纸不宜印制需要长期保存的资料。

新闻纸一般由大、中型造纸厂生产,小型造纸厂不具备制造磨木浆的条件。

综上所述,新闻纸的基本特点是纸质松软、富有较好弹塑性、其吸墨性很强。从而保证油墨较快地固着在纸面上;纸面经过压光机压光后,两面平滑、不大起毛,从而使两面印刷的

产品印迹比较清晰而实在；它具有一定的机械强度，较适合于高速轮转印刷机印刷；由于主要供凸版印刷使用，对抗水性能要求不高，一般不施胶；由于所用浆料中有一定短细纤维及其他缘故，新闻纸不透明性很好。

新闻纸有卷筒纸与平板纸两种。卷筒新闻纸的宽度有 1575mm、1562mm、787mm、781mm 四种规格。而平板纸的幅面尺寸为 787mm×1092mm。主要指标如下表所示：

新闻纸主要技术指标见表 2-1。

表 2-1 新闻纸的主要技术指标

指标名称		单位	规定					
			优等品	一等品	合格品			
定量		g/m <sup>2</sup>	45.0 47.0 49.0 51.0					
定量允许偏差 不大于		%	±5.0					
横幅(1562mm)定量变异系数 不大于		%	2.5	2.8	3.0			
抗张指数(卷筒纸纵向) 不小于		N·m/g	38.0	30.0	28.0			
横向撕裂指数 不小于		mN·m <sup>2</sup> /g	4.50	4.30	4.00			
平滑度	别克平滑度(正、反面) 不小于	s	32	25	20			
	本特生粗糙度 不大于	mL/min	200	225	250			
亮度 不小于		%	52.0	50.0	48.0			
不透明度	45g/m <sup>2</sup>	不小于	%	86.0	86.0	86.0		
	47g/m <sup>2</sup>			88.0	86.0	86.0		
	≥49g/m <sup>2</sup>			90.0	87.0	87.0		
尘埃度		个/m <sup>2</sup>						
(0.5~4.0)mm <sup>2</sup> 不多于						64	100	120
其中(1.5~4.0)mm <sup>2</sup> 不多于						4	8	12
大于4.0mm <sup>2</sup>			不许有	不许有	不许有			
交货水分		%	6.0~10.0					
卷筒接头 不多于		个/卷	1	2	3			
色调参考值*								
L*				≥80.0				
a*				-2.0~+2.0				
b*				<10.0				
同班次纸的色差(ΔE) 不大于			2.5	3.0	—			
正反印刷表面粗糙度 均不大于		μm	4.40	5.30	5.30			

注：

1. 平滑度两者中任一项合格均可判合格；
2. 色调和印刷表面粗糙度不作交收检验依据，但每两个月测定一次；
3. 作为各厂控制色调的依据。

## 二、凸版印刷纸

凸版印刷纸简称凸版纸，是我国目前书籍和杂志最常用的印刷纸，其浆料配比略优于新闻纸。用于生产凸版纸的原料种类比较多，常用的有漂白化学苇浆、漂白化学麦草浆、漂白化学稻草浆及蔗渣浆、竹浆等。但是最好配用 10%~15% 的漂白化学木浆，以提高纸的湿强度、改善纸张的质量。纸张用一定量的填料或胶料填塞纤维间的空隙，其性质如纸张的均匀性与抗水性等都比新闻纸强些。

凸版印刷时，纸张直接与印版接触，这要求纸张的压缩性要好些。纸质柔软，以便使纸

张与印版接触良好,这样印版图文表面的微小不平度不致于影响印刷出的图文的清晰度。同时凸版纸需有一定的平滑度,全幅、正反面平滑度要一致,不要相差太大,否则印出的图文两面的清晰度不一致、色调深浅不一,影响书籍印刷质量。

凸版印刷中,油墨直接从印版上转移到纸张上,印刷压力为 3.0~5.0MPa,油墨能直接压入纤维内部,主要靠纸张对油墨的吸收作用使油墨干燥,而凸版印刷纸一般用于印刷报刊及书籍,印刷速度较快,往往在轮转印刷机上印刷,这要求纸张必须具有很好的吸墨性能,与新闻纸相比,印刷速度不那么快,吸墨性不如新闻纸,但要求吸墨均匀。

凸版印刷书刊两面都有文字,又由于墨迹是吸收干燥形式的凸版印刷纸,对不透明度要求比较高。为了提高凸版纸的平滑度和适印性,填料的加入量高达 10%~25%,所以这种纸的不透明度大多数能达到 78%以上。

凸版纸不能掉毛掉粉,否则细小的网点很易被堵塞而造成糊版,为使凸版纸具有一定的表面强度,需施有一定的胶料,使纸起毛现象降低,有一定施胶度的纸张是考虑到读者常在书上加写批注的需要,轻度施胶可防止写字时产生洇纸的现象。

另外,凸版纸也要求平整、组织均匀、厚薄一致,它们都影响到印刷压力是否一致,尘埃要少,尤其是黑色尘埃,表面不应有坚硬物以免损坏印版,纸面不应有褶子,尤其不应有死褶子,因死褶子不能在压印过程中展开印上图文。纸张应有一定的白度,要根据书籍的特点而有所区别,经典著作彩色图片要美观,纸张白度要求较高一些,一般书籍允许带点黄色相,读者阅读时就不会因白纸黑字刺激过于强烈而使眼睛易于疲劳。

总之,由于凸版纸的浆料配比与浆料的打浆均略优于新闻纸,所以纤维组织比较均匀,同时纤维间的空隙又被一定量的填料与胶料所填满,另外还经漂白处理,这就造成了这种纸张与新闻纸略有不同的印刷适性。如:它的吸墨性虽不如新闻纸但它具有吸墨均匀的特点。凸版纸的平滑性与抗水性及其纸张的白度等,均优于新闻纸。

当前,为满足胶版轮转印刷面生产的胶印书刊纸,这种纸的用途是供应胶印机印刷书籍、文献和杂志。随着印刷工业的发展,胶印书刊纸的需求量将会超过甚至逐步取代凸版纸。

生产胶印书刊纸主要使用漂白硫酸盐苇浆,配用 20%左右的漂白化学木浆,有的还配用少量机械木浆。浆料经打浆后,加入石蜡、松香胶施胶,再加入滑石粉、碳酸钙等填料和其他助剂,在长网多缸造纸机上抄造完成。有的在造纸机干燥部的中段,还要用淀粉、合成胶乳等对纸张进行表面施胶,以提高纸张的表面强度和抗水性。当然,也有使用漂白亚硫酸盐苇浆和化学草浆配一定漂白化学木浆生产胶印书刊纸的,只是所生产的纸张表面强度较低或要达到要求的强度需采用相应的措施。

胶印书刊纸除了具备凸版纸所具有的性能外,还有以下特殊要求,第一是抗张强度要比凸版纸更高。因为胶印书刊纸在印刷时的速度更高,抗张强度不相应提高就容易断头。第二是要有较高的表面强度和抗水性。胶印书刊纸要在橡皮布将润版液转移到纸上的同时,承受较大的印刷压力和橡皮布、油墨的粘附力,在和印版分离时还要承受一定的剥离撕力。因此,这种纸必须具有较高的表面强度,使之在胶印轮转机上印刷时不发生掉毛、掉粉和糊版等印刷故障。

凸版印刷纸的主要技术指标见表 2-2。

胶印书刊纸的主要技术指标见表 2-3。

表 2-2

凸版印刷纸的主要技术指标

指标名称		单位	规 定		
			B等	C等	D等
定 量		$\text{g}/\text{m}^2$	$52 \pm 2.5$ $60 \pm 3.0$ $70 \pm 3.5$	$52 \pm 2.5$ $60 \pm 3.0$	$52 \pm 2.5$
紧 度	不大于	$\text{g}/\text{cm}^3$	0.85		
白 度	不小于	%	65.0	60.0	55.0
不透明度	不小于	%	52 $\text{g}/\text{m}^2$	78.0	78.0
			60 $\text{g}/\text{m}^2$	82.0	80.0
			70 $\text{g}/\text{m}^2$	82.0	—
平滑度					
正反面平均	不小于	s	35	30	20
正反面差	不大于	%	30.0	35.0	45.0
裂断长					
卷筒(纵向)	不小于	km	2.60	2.40	2.20
平板(纵横平均)	不小于		2.30	2.00	1.80
施胶度	不小于	mm	0.25		
耐折度纵横平均	不小于	次	4	3	3
尘埃度					
0.3~2.0 $\text{mm}^2$	不多于	个/米 <sup>2</sup>	160	200	300
其中1.0~2.0 $\text{mm}^2$ 墨色	不多于		4	6	8
大于2.0 $\text{mm}^2$			不许有	不许有	不许有
交货水分		%	4.0~8.0		

表 2-3

胶印书刊纸的主要技术指标

指标名称		单位	规 定		
			A等	B等	C等
定 量		$\text{g}/\text{m}^2$	$52 \pm 2.5$ $60 \pm 2.5$ $70 \pm 3.0$	$52 \pm 2.5$ $60 \pm 3.0$ $70 \pm 3.5$	$52 \pm 2.5$ $60 \pm 3.0$ $70 \pm 3.5$
紧 度	不大于	$\text{g}/\text{cm}^3$	0.85		
白 度		%	70.0~75.0	$\geq 60.0$	$\geq 55.0$
不透明度	不小于	%	52 $\text{g}/\text{m}^2$	78.0	78.0
			60 $\text{g}/\text{m}^2$	80.0	80.0
			70 $\text{g}/\text{m}^2$	82.0	80.0
平滑度					
正反面平均	不小于	s	35	30	20
正反面差	不大于	%	20.0	30.0	40.0
裂断长					
卷筒 纵向	不小于	km	35.0	3.00	2.50
平板 纵横平均	不小于		—	—	2.00
施胶度	不小于	mm	0.25		
耐折度 纵横平均	不小于	次	5	4	3
尘埃度					
0.3~2.0 $\text{mm}^2$	不多于	个/米 <sup>2</sup>	100	160	200
其中1.0~2.0 $\text{mm}^2$ 墨色	不多于		2	4	6
大于2.0 $\text{mm}^2$				不许有	



续表

指标名称	单位	规定		
		A等	B等	C等
交货水分	%	4.0~8.0		
表面强度 IGT拉毛速度 正反面均	不小于	cm/s		
RI-2掉毛个数 正反面平均	不大于	个/米 <sup>2</sup>		
		900		

注：表面强度暂用 IGT 仪拉毛速度或日本 RI-2 型印刷适应性测定器掉毛个数表示，但暂不作交收检验依据。

### 三、胶版印刷纸

胶版印刷纸简称胶版纸，旧称道林纸，是目前彩色印刷中广泛使用的一种印刷纸。胶版印刷纸是专供胶印机进行套色印刷的一种纸，常被用来印刷彩色画报、图片、插图、商标、宣传画、封面等，也有用低定量胶版纸(60g/m<sup>2</sup>)印制高级书籍正文的。

胶版印刷纸的定量一般为 60~150g/m<sup>2</sup>，分为 A 级、B 级、C 级三个等级，A 级和 B 级供高级彩色印刷之用，C 级胶版纸供普通彩色印刷使用。A 级和 B 级胶版纸通常用 100% 的漂白化学木浆或搭配棉浆、竹浆、龙须草浆等抄造而成。同时也配用 20% 左右的漂白浆，但不能配用磨木浆。C 级胶版纸一般使用 50% 以上的漂白化学木浆或掺用部分棉浆，漂白化学草浆(如化学苇浆)一般不超过 50%。胶版印刷纸所用浆料要经过适当打浆，加填量为 20%~30%，一般在长网造纸机上抄造完成。胶版印刷纸在干燥时要进行表面施胶，以提高纸张的表面强度和抗水性。与一般印刷纸相比，此种纸尤其要求伸缩率要小，以便多色套印准确，取得良好的印刷效果。

胶印机是靠水墨平衡原理印刷的，印刷时印版上非图文部分的润湿液会把纸张润湿，纸张每印刷一个颜色，都有吸水和干燥的过程，这种吸湿和干燥的过程会使纸张伸缩变形，再往上套印其他颜色时，就会产生套印不准，从而使图文出现不清晰等现象，为了增强纸张的抗水性能，增加纸张尺寸稳定性，在造纸时，打浆度不宜过高，因为打浆度高的纸张纤维的帚化比较充分，短纤维、细纤维和微细纤维过多会增加纤维的外表面积，当纸张受润湿后极易变形。面胶版印刷纸采用长纤维游离状打浆，并投放适量的填料和胶料，这样，纸张具有较高的施胶度，以减少纸张从橡皮布上吸收水分的数量，减少纸张伸缩的幅度。为减少纸张伸缩性给印刷带来的影响，印刷时还应注意纸张含水量的大小，以及做好印刷前的晾纸工作。

短小纤维含量少的纸张还有一个优点，纸张拉毛的现象可减少。由于彩色印刷品中实地图案的比例较大，印刷时容易在油墨的粘力作用下产生拉毛、脱粉等现象，这些纸毛和纸粉掺入油墨，会使印版糊版上脏，影响印版寿命，为消除橡皮布和印版上的纸毛和纸粉，必须停机擦洗橡皮布及印版。因此，纸张表面强度也是胶版印刷纸的质量指标之一。所以造纸时原材料要选择纤维长的纸浆，尽可能不掺苇浆；还要对压光工艺加以注意；填料与胶料的用量也应适量，如填料过多，易降低与纤维的结合强度而产生脱粉现象。

胶版印刷所用的油墨是采用氧化结膜干燥方式为主的胶印油墨，这种油墨印到胶版印刷纸上需有一定厚度的油墨膜才能使印刷品具有光泽。因此要求纸张吸墨性不宜过高，这就需对纸张的纤维配比、填料和胶料的种类、抄纸和压光工艺加以注意。

胶版印刷纸的 pH 值应趋于中性或微碱性，如 pH 值过小时(pH<4.5)，油墨的干燥结

膜速度过慢,甚至不能结膜,会给套印带来诸多问题,油墨的色泽也起变化而使画面的色相发生改变。

胶印采用橡皮布传递油墨,橡皮布的弹性可以弥补纸张表面的不平度,因此胶版印刷纸对平滑度的要求并不很高,但要求均匀一致,因为用平版印刷方法印刷的都是细小的网点。用有弹性的橡皮布印刷可以得到清楚的图像,但印件缺少一定的光泽,要印刷高光泽的印刷品也需要使用超纸压光的高平滑度的胶版印刷纸。

彩色印刷品的大部分面积上一般均有油墨,纸面如有凹凸不平的现象,印迹就不结实,出现白点、纸面如有砂子、疙瘩等就会损害橡皮包衬及印版,因此,胶版印刷纸要求没有表面缺陷。

胶版印刷纸印的多是彩色图片,为使油墨能够复原出原稿的色调,要求纸张要有一定的白度,使印出的颜色鲜艳、色泽分明,如用颜色发暗的纸张印刷,则整张画面高光与暗部的对比度降低,色相无法正确复制,故而要求胶版纸要有一定的白度。

总而言之,对胶版纸的印刷适性要求是:要求纸张伸缩性小、抗水性强;纸张不拉毛、不脱粉、质地要紧密;吸墨性不宜太高;纸张的纸面必须平滑且具有一定的白度。

胶版印刷纸的主要技术参数见表 2-4。

表 2-4 胶版印刷纸的主要技术参数

指标名称		单位	规 定							
			A		B		C			
定 量		g/m <sup>2</sup>	60.0 ±3.0	70.0 ±3.0	80.0 ±3.0	90.0 ±3.5	100.0 ±4.0	120.0 ±5.0	150.0 ±6.0	
厚 度	机压	mm	0.075	0.088	0.100	0.113	0.125	0.150	0.188	
	超压		0.067	0.078	0.089	0.100	0.110	0.133	0.165	
厚度横幅差		不超过	±10							
白 度	不小于	%	87.0		82.0		77.0			
不透明度	(A等)	不小于	%	84.0	86.0	87.0	89.0	91.0	93.0	95.0
	(B等)			80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0
	(C等)			78.0	80.0	81.0	84.0	86.0	88.0	90.0
表面吸收重量		不大于	g/m <sup>2</sup> 30.0							
裂断长	平板纸纵横向平均值	不小于	3000		2200		2000			
	卷筒纸纵向	不小于	4000		3000		2800			
横向耐折度	<100g/m <sup>2</sup>	不小于	次							
	≥100g/m <sup>2</sup>		15	5	3					
平滑度	正反面均	不小于	超压 100、机压 40		超压 80、机压 40		30			
	正反面差	不小于	20		25		30			
横向伸缩率		不大于	% +2.2		% +2.5		% +2.8			
印刷表面强度(正反面均)		不低于	m/s 2.0		1.0		0.6			
灰 分			% 8~15		8~15		8~20			
pH值*		不低于	5.0							
尘埃度	0.2~0.5mm <sup>2</sup>	大多于	60		120		200			
	0.5~1.5mm <sup>2</sup>	大多于	5		7		10			
	大于1.5mm <sup>2</sup>		不许有		不许有		不许有			
水 分			% 4.0~9.0							

\* 推荐性指标。

再介绍一下单面胶版印刷纸,简称单胶纸,它是供胶印机进行单面印刷的单面光纸。它与双胶纸的不同之处是,单胶纸只适宜进行单面印刷,若两面印刷有一面效果很不理想。单胶纸分为 A、B、C 级三种,A 级供印制高级彩色宣传画、烟盒及商标等用,B、C 级供印制一般彩色画、商标等。质量较好的单胶纸以漂白化学木浆为主要原料,也可配一定比例的漂白化学草浆。有的单胶纸则漂白化学草浆所占比例较大,生产单胶纸的浆料一般采用中等程度的打浆方式,进行单面表面施胶,施胶度控制在 0.5~0.75mm 之间,在长网造纸机上抄造完成。单胶纸的质量要求是:正面平滑度 A 级不小于 80s,B 级不小于 40s,C 级不小于 35s。浸湿后纵向伸缩率不大于 0.5%,横向伸缩率不大于 2.5%。纸张的纤维组织要均匀,在印刷时正面不许有明显的掉毛掉粉现象。

单面胶版印刷纸的主要技术参数见表 2-5。

单面胶版印刷纸的技术指标必须符合表 2-5 的规定。

表 2-5 单面胶版印刷纸的主要技术指标

指标名称	单位	规定			
		A 等	B 等	C 等	
定量	g/m <sup>2</sup>	40±2.0 70±3.5	50±2.5 80±4.0	60±3.0	
紧度	不小于	g/cm <sup>3</sup>	0.65	0.55	0.50
施胶度		mm	0.75	0.5	0.5
40~60 g/m <sup>2</sup>	不小于		1.0	0.75	0.75
70~80 g/m <sup>2</sup>					
白度	不低于	%	83.0	80.0	70.0
裂断长(纵横向平均值)	不小于	km	2.80	2.50	2.00
伸缩率(湿后)		%			
纵向	不大于		0.5	—	—
横向			2.0	2.2	2.5
正面平滑度	不小于	s	80	40	35
尘埃度	不多于	个/m <sup>2</sup>			
0.3~1.5mm <sup>2</sup> 的			40	52	120
1.5~2.5mm <sup>2</sup> 的			不许有	不许有	4
其中: 1.0~1.5mm <sup>2</sup> 的			4	8	16
黑色尘埃					
大于 1.5mm <sup>2</sup> 黑色尘埃			不许有	不许有	不许有
交货水分		%	6±2.0		
表面强度	不小于	m/s	100*		

\* 参考指标暂不作为合格品判定依据,但必须测定。

#### 四、铜版印刷纸

铜版印刷纸简称铜版纸,属涂布加工类纸,它是用涂布原纸经涂布色涂料和整饰加工制成的高级美术印刷纸。铜版纸专供印刷单色或多色美术图片、插图、画报、画册、挂历、商品商标等用。铜版纸是一个习惯性名称,准确的名称应是印刷涂料纸,因其中绝大部分属胶版印刷涂料纸。之所以称为铜版纸,是因 1852 年国外发明了凹印网目版的印版是铜质的,这种印版很适宜于用经过颜料涂布的纸进行印刷,故颜料涂布纸逐步被称为铜版纸。

铜版纸全部为平板纸,尺寸是 787mm×1092mm、880mm×1230mm。铜版纸有单面铜

版纸、双面铜版纸、无光泽铜版纸、压纹铜版纸等之分。单面铜版纸是在涂布原纸的一面涂上涂料而制得,故而用于单面印刷;双面铜版纸则是在原纸的两面分别涂上涂料而制得,故而用于双面印刷。这两种铜版纸的印刷面都十分平滑,富有光泽;低定量铜版纸是指定量比一般铜版纸明显偏低的铜版纸;无光泽铜版纸是指涂布后纸面虽很平滑,但光泽度却不高的铜版纸,这种纸印出的画面既淡雅又深沉,别具一格;压纹铜版纸则将铜版纸用压纹机压上布纹、蛋纹、橘纹皮纹等各种花纹,起到一定的装饰作用。

铜版纸的主要原料是涂布原纸和涂料。涂布原纸必须厚薄均匀,伸缩性小,强度较高,抗水性好。纸面不允许有斑点、皱纹、孔点等纸病。用来涂布的涂料是由优质的白色颜料,如高岭土、硫酸钡、沉淀碳酸钙等。胶粘剂如聚乙烯醇、干酪素、合成乳胶等,以及其他的辅助添加剂等组成的。将这种流动性大而固体含量高的涂料,通过涂布机均匀地涂布在原纸的表面上,然后再进行干燥,再送到超级压光机上进行压光整饰。这样生产出的纸张的突出特点是纸面非常光洁平整,具有很高的平滑度、白度和光泽度,在印刷光泽和网点的显现方面效果十分突出。因铜版纸所用的涂料颗粒极细,又经过超级压光,所以铜版纸的表面平滑光亮,平滑度一般在 300s 以上,有的高达 1000s 之多。同时涂料又十分均匀地分布在纸面而显出悦目的白色,经印刷后就能更好地显现出光泽性。压纹铜版纸还能使印出的图形、画面富有立体感。

铜版纸在加工过程中涂料层必须与原纸均匀地紧密结合,不许产生气泡,避免印刷时将涂料层粘撕下来,发生剥皮或掉粉现象,影响印刷品的质量。

铜版纸的 pH 要求在 7 左右,呈中性。pH8 以上的可加快油墨干燥,pH 值小的,油墨干燥较慢。铜版纸还要求印刷过程中油墨附着快、干燥快,干后还要衬托出光泽来,网点再现性好,这就要求铜版纸的渗透性、吸墨性都要适当,转印上的油墨要薄而图像清晰。

铜版纸用于胶印时,会吸收橡皮滚筒上的水分,这些水分会使涂料胶化、松散,松散的涂料混入油墨中将提高油墨的粘度,松散的涂料被橡皮滚筒带到印版滚筒上,又会加速印版的磨损,并带上脏或使空白部位产生接受油墨等弊病。

另外,对铜版纸的尺寸稳定性能也提出要求。因为印刷高级印刷品为主的铜版纸要套印精确,而印刷时纸张的纵向是与滚筒轴线平行的方式输进滚筒,印刷中套印不准发生的误差多半是与纵向的尺寸稳定性有关。因此衡量纸张适于套印精确要求的指标可用纵向伸缩性与横向伸缩性之比来衡量。此值越小则套印越精密。

铜版纸较怕受潮,在水分含量较大的条件下长期存放,容易使铜版纸纸面产生霉斑或脱粉。铜版纸也不宜在日光下曝晒。

总之,依据铜版纸的用途,对其有如下要求:因其弹性较差,所以铜版纸应具有较高的平滑度;纸面应不脱粉、不分层;纸的吸墨性应尽量小。

铜版印刷纸的主要性能参数,也可通过对胶版涂布纸的技术指标体现(表 2-6)。

## 五、凹版印刷纸

凹版印刷纸是一种供单色和多色凹版印刷机印制高级画报、美术图片、高级插图等用的纸张,其技术质量分为 A、B 两级,定量为 70、80、90、100、120g/m<sup>2</sup>。既有卷筒纸,又有平板纸,卷筒尺寸为 787mm、880mm 等。平板纸尺寸为 787mm × 1092mm、850mm × 1168mm、

表 2-6

铜版印刷纸的主要性能参数

技术指标	单位	规 定								
		A 等		B-I 等		B-II 等		C 等		
		单面	双面	单面	双面	单面	双面	单面	双面	
1. 定量		g/m <sup>2</sup>	70.0	80.0	90.0	100	120	130	150	±5%
2. 定量横幅差	不大于	%	5.0		6.0		7.0		7.0	
3. 白度	不小于	%	85.0		85.0		85.0		80.0	
4. 不透明度	不小于	%	70-90g/m <sup>2</sup> 85.0 >90-130g/m <sup>2</sup> 90.0 >130g/m <sup>2</sup> 95.0							
5. 光泽度	不小于	%	60		50		40		—	
6. 印刷光泽度	不小于	%	≤120g/m <sup>2</sup> 88 >120g/m <sup>2</sup> 85		80 75		70 70		60 60	
7. 印刷表面粗糙度 <sup>1)</sup>	不大于	μm	1.80		2.20		2.40		2.70	
8. 平滑度	不小于	s	≤120g/m <sup>2</sup> 700 >120g/m <sup>2</sup> 600		600 500		500 400		400 300	
9. 油墨吸收性		%	15-28							
10. 印刷表面强度		m/s								
中粘油	不小于		1.20		0.90		—		—	
低粘油	不小于		4.00		3.00		1.60		1.30	
11. 尘埃度	不多于	个/m <sup>2</sup>	0.2~1.0mm <sup>2</sup> 16   24   32   48   32   48   40   60 >1.0~1.5mm <sup>2</sup> 不许可             2   4 >1.5mm <sup>2</sup> 不许可             不许可							
12. 交货水分		%	5.0-7.0							

690mm×960mm 等。

凹版印刷纸是采用漂白针叶木化学浆或棉浆以及部分漂白化学麻浆为主要原料。浆料经粘状打浆后,加填料 20% 左右,进行轻度内施胶后在长网多缸造纸机上抄造完成。

凹版印刷纸是凹版印刷专用纸,必须适合凹版印刷的要求。凹版印刷的特点是印版上的图文低于印版表面,凹下 2~35μm,印刷时压印力比较大,约为 5.0~10.0MPa,在这样大的压力下,纸张将印版上凹下部分中的油墨吸出,用热风迫使凹印油墨中的挥发性溶剂蒸发,使油墨依靠本身的树脂起作用结膜干燥。为适应这样的印刷要求,凹版印刷纸首先要有良好的平滑度(>180s),纸张平滑度不好就不能与印刷滚筒紧密接触,纸张还需有很好的压缩性,没有很好的压缩性就无法将被压入印版上凹下的部分去将油墨吸吮过来。

纸张白度要求较高,白度规定不低于 82%,如白度不够,则影响图像的反差。纸张均匀也很重要,如纸质不匀会因吸收能力不同产生斑点,影响印刷质量。

凹版印刷纸对表面强度要求不高,这是因为凹印油墨比较稀薄,不会产生起毛等印刷弊病。凹版印刷纸的填料不要选择硬度较高的填料,否则易划伤印版而降低印版的寿命;填料脱落掺入油墨中会使刮墨刀磨损加剧,导致频繁更换刮墨刀。

凹版印刷纸的吸收能力介于凸版印刷纸和胶版印刷纸之间,稀薄的凹印油墨极易渗入纸张中,因此不要求太高的吸收力,但吸收力太差、油墨又渗透不进去,也会在纸面上形成许多斑点,这种现象主要发生在图像的暗部。

凹版印刷纸对尺寸稳定性要求不太严,因为凹版印刷是不用水润湿印版,没有水的影响,纸张的伸缩率就不那么重要,纸张的抗水性亦如此。但凹版印刷纸对机械强度要求较高,由于每印完一个颜色就要加热干燥一次,干燥时水分蒸发、强度便降低。反复进行几次后,强度会大为降低,因此要求较高的抗张强度。

目前用于凹版印刷的纸张逐步发生如下两个方面的变化:一是一些用于凹版印刷的纸张改用专用纸名称,如邮票纸、钞票纸等。二是一些涂布印刷纸常被用来进行凹版印刷,尤其是彩色凹版印刷使用涂布加工纸较多,因此,凹版印刷纸这一纸名也日渐减少使用,可它毕竟也是印刷纸中的重要的一类。

凹版印刷纸的主要技术要求见表 2-7。

表 2-7 凹版印刷纸的主要性能参数

指标名称			单位	规定	
				U 级	B 级
定量			70±3.0 9.0±3.5 120±5.0	80±3.0 100±4.0	
紧度	不小于	g/cm <sup>2</sup>	0.95	0.95	
裂断长	平板纵横向平均	km	2.3	2.1	
	卷筒纵向		3.2	3.0	
耐折度	纵横向平均	不小于	次/往复	8	5
施胶度	不小于	mm	0.25	0.25	
白度	不低于	%	85.0	82.0	
吸收性	A 级不大于	s	30~55	55	
平滑度	正反面均不小于	s	220	180	
灰分		%	16~23	16~23	
尘埃度	其中 0.2~1.5mm	不多于	个/m <sup>2</sup>	100	120
	0.2~1.5mm 墨尘埃			不多于	6
水分		%	7.0±2.0	7.0±2.0	

## 六、字典纸和薄凸版纸

### (一) 字典纸

字典纸是一种薄型的高级印刷纸,主要供凸印机和胶印机印制字典、袖珍手册、工具书、科技资料及其他精制印刷品。

字典纸按技术质量水平分为 A、B、C 三级,定量有 25、30、35、40g/m<sup>2</sup>。字典纸主要为卷筒纸,也可生产平板纸。卷筒纸宽度为 787mm、880mm;平板纸尺寸为 787mm×1092mm、880mm×1230mm。字典纸主要原料是漂白化学木浆,也可适当地掺加一些棉浆、漂白破布

浆和漂白草浆。通常要加入较多的质量较高的填料,采取轻度施胶,在长网多缸薄型纸机上抄造。干燥后要经过超级压光或普通压光,使纸面具有较高的平滑度。

字典纸纸页较薄而抗张强度较大,在轮转印刷机上不会发生断纸;纸面洁白细腻且不透明度高,印小号字亦字迹清晰。字典纸的白度要求是 77%~79%,纵横向裂断平均为 2300~2500m,不透明度不低于 70%~81%。字典纸在印刷时不应有掉毛、掉粉现象发生,纸面不许有尘埃、斑点等外观纸病。

通常,篇幅较多的印刷品,为了便于翻阅和携带,都喜欢选用字典纸来印刷。某些因特别需要的刊物(如航运发行的)也可选用字典纸承印,这样可以节省长途运输费用。

字典纸的主要技术参数见表 2-8。

## (二) 薄凸版纸

薄凸版纸是凸版印刷纸中的一个特殊品种,它常做为字典纸的代用品,主要供凸版印刷机印字典、袖珍手册和工具书所用。其主要特征是:定量较小,厚度较薄,白度较高,但因适应不了胶印的要求而区别于字典纸。

薄凸版纸分为 A、B、C 三级,定量有 30、35、40g/m<sup>2</sup>。一般只有平板(单张)纸,其尺寸为 787mm×1092mm、850mm×1168mm。薄凸版纸常以漂白化学苇浆为主要原料,再配以适当比例(一般 30%左右)的漂白化学木浆或棉浆。为了提高纸的不透明度,要加入较多的沉淀碳酸钙或其他填料,同时常使用增白剂适当地改善纸的白度。薄凸版纸一般在长网造纸机上抄造完成。

A 级薄凸版纸的白度为 77%,B 级的白度为 75%,C 级为 73%;裂断长纵横向平均都不小于 2300m,平滑度的要求是 A 级正反面平均不小于 50s,B 级正反面平均不小于 40s,C 级正反面平均不小于 30s。平滑度的正反面差,A 级不得大于 30%,B 级和 C 级均不得大于 35%。薄凸版纸还要具有较好的不透明度和表面强度,在印刷过程中不透印、不掉毛、掉粉,不糊版起脏。

表 2-8

字典纸的主要技术参数

指标名称	单位	规 定				
		U 级	A 级	B 级		
定 量	g/m <sup>2</sup>	25.0±1.3 30.0±1.5	35.0 <sup>+1.5</sup> <sub>-1.0</sub>	40.0 <sup>+1.5</sup> <sub>-1.0</sub>		
紧 度	不小于	g/cm <sup>3</sup>	0.80	0.70	0.70	
横向耐折度仅对 40g/m <sup>2</sup>	不小于	次	5	4	3	
平均裂断长	不小于	m	2 500	2 500	2 300	
平滑度、正反面平均	不小于	s	100	50	40	
正反面差	不大于	%	25	35	40	
白 度	不小于	%	79.0	78.0	77.0	
不透明度	40g/m <sup>2</sup> 35g/m <sup>2</sup> 30g/m <sup>2</sup> 25g/m <sup>2</sup>	不小于	%	81.0	78.0	77.0
				78.0	76.0	75.0
				76.0	73.0	73.0
				74.0	70.0	70.0
尘埃度	0.3~1.5mm <sup>2</sup> 大于 1/5mm <sup>2</sup>	大多于	个/m <sup>2</sup>	60 不许有	80 不许有	100 不许有
交货水分			%	6.0±1.0		

注:字典纸应微量施胶。根据特殊要求可另行协议生产彩色字典纸。

薄凸版纸的主要技术参数见表 2-9。

表 2-9 薄凸版纸的主要技术参数

指标名称	单位	规 定			
		A 等	B 等	C 等	
定 量	g/m <sup>2</sup>	35 $\pm\frac{1}{2}$ $\frac{5}{6}$	40 $\pm$ 2.0	45 $\pm$ 2.0	48 $\pm$ 2.5
紧 度	g/cm <sup>3</sup>	0.65~0.80	0.65~0.80	0.65~0.80	0.65~0.80
平均裂断长	不小于	km	2.50	2.30	2.30
横向耐折度	不小于	次	4	3	3
平滑度正反面平均	不小于	s	50	40	30
	不大于	%	30	35	35
白 度	不小于	%	78.0	75.0	73.0
不透明度	不小于	%			
	35g/m <sup>2</sup>		78.0	75.0	75.0
	40g/m <sup>2</sup>		81.0	77.0	77.0
45,48g/m <sup>2</sup>		82.0	79.0	79.0	
施 胶 度	不小于	mm	0.25	0.25	0.25
尘埃度 0.1~1.5mm <sup>2</sup>	不多于	个/米 <sup>2</sup>	60	160	200
			大于 1.5mm <sup>2</sup>	不许有	不许有
交货水分		%	4.0~8.0	4.0~8.0	4.0~8.0

## 第二节 其他印刷用纸

### 一、招 贴 纸

招贴纸是彩色或白色印刷用纸,是一种比单胶纸要求更低的单面光印刷纸,供凸版印刷或平版印刷电影广告及其他通告、启事、布告等用。招贴纸一般用草浆掺 20% 左右的木浆或破布浆抄造而成。为了使纸面平滑并具有一定的适印性,要向浆料中加一定量的填料,还要适当加入松香胶、硫酸铝等,以增加抗水性。招贴纸通常既在长网机上抄造,也可在圆网机上抄造。

招贴纸是单面光纸,光滑的一面进行印刷,粗糙的一面有利于广告等粘贴于墙壁或布告栏上。招贴纸的外观与单胶纸较相似,但内在质量却有明显差别;单胶纸的质地较紧密,招贴纸则对紧度不作要求;单胶纸要求伸缩率要小,招贴纸却不作规定;单胶纸的施胶度要求较高,招贴纸的要求却较低。

### 二、盲文印刷纸

盲文印刷纸是一种用于印刷盲文书籍的硬纸。这种纸与牛皮纸比较接近,通常是用未漂的硫酸盐木浆抄制而成。盲文纸呈黄褐色,质地坚韧,具有很高的强度和耐破度。

盲文是借助手指的触觉来摸读文字,这些文字是由凸起于纸面的六个以内的点以各种各样的组合方式形成的,所以又叫点字。六个点分为左右两行,每行最多三个点。点的直径和点距约为 1.5mm,每个点高出纸面 0.5mm 左右。不同数量和不同位置的点代表了不同拼音文字。



传统的盲文印刷是先把盲文点字冲凸在薄金印版上,再把薄金属板固定到盲文印刷机上,然后把一张一张的盲文印刷纸送入盲文印刷机,在盲文印刷纸与薄金属板接触过程中,使纸面相应地产生凸起的盲文点字。所以盲文印刷纸必须平整,不许有褶子、孔洞;耐破度不小于 300kPa,纵向裂断长不小于 5500m。

盲文印刷纸的主要技术规定要求见表 2-10。

表 2-10 盲文印刷纸的技术指标

指标名称	单位	规定	试验方法
定量	g/m <sup>2</sup>	110.0~125.0	GB/T451.2
紧度 不大于	g/m <sup>2</sup>	0.85	GB/T451.3
耐破度 不小于	kPa	300	GB/T454
裂断长 纵向 不小于	km	5.50	GB/T453
吸水性(可勃法) 不大于	g/m <sup>2</sup>	35.0	GB/T1540
交货水分	%	5.0~8.0	GB/T462

### 三、白卡纸和米卡纸

白卡纸是一种较厚实坚挺的白色纸,主要用途是印制名片、封皮、请柬、证书及包装装潢用的印刷品。

白卡纸分为 A、B、C 级,白卡纸为平版纸。它是采用 100% 漂白硫酸盐木浆为原料,经过游离状打浆,较高程度地施胶(施胶度为 1.0~1.5mm),加入滑石粉、硫酸钡等白色填料,在长网造纸机上抄造,并经过压光或压纹处理而成。

白卡纸的白度不得低于 90%(A 级)、87%(B 级)、82%(C 级)。平滑度根据级号和定量有不同要求,一般在 20~30s 以上(压印花纹的白卡纸无平滑度要求)。白卡纸要求有较高挺度和耐弯度,纸面应平整、不许有斑点和条痕等纸病,不允许发生翘曲变形。

白卡纸的主要技术规定见表 2-11。

表 2-11 白卡纸的主要技术规定

指标名称	单位	规定值		
		A 等	B 等	C 等
定量	g/m <sup>2</sup>	200±6.0 220±7.0 250±9.0 270±10.0 300±11.0 400±17.0		
紧度 不小于	g/cm <sup>3</sup>	0.85	0.85	0.80
白度 不小于	%	92.0	87.0	82.0
施胶度 不小于	mm	1.5	1.5	1.0
耐破指数 不小于	kPa·m <sup>2</sup> /g	2.00	1.60	1.20
平滑度 不小于				
200~270g/m <sup>2</sup>	s	40	35	30
300~400g/m <sup>2</sup>		35	25	20
挺度 纵向/横向 不小于				
200g/m <sup>2</sup>		2.50/1.50	2.00/1.00	2.00/1.00
220g/m <sup>2</sup>	mN·m	3000/2.00	2.5/1.50	2.50/1.50

续表

指标名称	单位	规定值		
		A等	B等	C等
250~270g/m <sup>2</sup>		5.0/3.0	4.5/2.5	4.0/2.0
300g/m <sup>2</sup>		6.5/4.0	6.0/3.5	5.5/3.0
400g/m <sup>2</sup>		10.0/5.0	10.0/5.0	8.0/4.0
尘埃度				
0.2~1.5mm <sup>2</sup>	不多于	28	36	48
其中黑色尘埃	不多于	不许有	4	8
大于1.5mm <sup>2</sup>		不许有		
交货水分	%	4.0~7.0		

米卡纸为米黄色的卡纸,常用于美术印刷品如画册和精装书籍的衬纸,也可用于印制名片等。

米卡纸的生产基本上与白卡纸相同,只是在纸浆中加入米黄色染料进行调色。

米卡纸的质量指标是:

- (1) 紧度: 不大于 0.85g/cm<sup>2</sup>。
- (2) 施胶度: 不大于 1.5mm。
- (3) 裂断长: 纵横向平均不低于 2200m。
- (4) 耐折度(横向): 不低于 10 次。
- (5) 伸缩率(横向): 不大于 +2.5%。

如果向纸浆中加入各色染料,则生产出相应的各色卡纸。这些卡纸可用于印刷选民证、代表证、出入证等。

#### 四、周 报 纸

周报纸是用于印刷某些需要航空邮寄的期刊、杂志所用的薄型印刷纸。随着科学技术及航空事业的发展,这类纸将会得到更大量的使用。它近似于一般字典纸,但定量和性能要求与字典纸有一些区别,我国出版的各种文字的《北京周报》就是用这种印刷纸印刷并向全世界各地发行的。周报纸的定量是 44g/m<sup>2</sup>,主要原料是漂白化学木浆,也可掺用一定比例的其他浆料。纸浆中需加入较多的填料以提高纸的不透明度,并要进行施胶,然后在长网造纸机上抄造完成。

周报纸的纤维组织要均匀,表面色泽应洁白一致,在印刷时不允许有掉毛、掉粉现象。纸面不允许有褶子、皱纹、硬质块、透光点等影响印刷操作和印品质量的纸病。

周报纸的主要技术要求见表 2-12。

表 2-12 周报纸的技术指标应符合下列规定

指标名称	单位	规定
1. 定量	g/m <sup>2</sup>	44 <sup>+1</sup> / <sub>2</sub>
2. 紧度	g/cm <sup>3</sup>	0.78
3. 裂断长	m	4000
4. 耐折度(往复次数)		
纵向	次	9
横向		6
5. 施胶度	mm	1.0

续表

指标名称		单位	规定
6. 平滑度			
正面与反面平均值	不小于	s	80
正面与反面之差			30
7. 白度	不小于	%	75
8. 不透明度	不小于	%	86
9. 尘埃度			
0.1~0.7mm <sup>2</sup> 的尘埃	不多于	个/米 <sup>2</sup>	150
大于0.7mm <sup>2</sup> 的尘埃			不许有
10. 水分		%	4~7

## 五、证券纸和邮票纸

证券纸是用来印制汇票、存折、银行、财政部门账簿及长期保存的证件等印刷品的纸张，证券纸是双面光纸，好的证券纸是用100%的漂白棉浆制作的，供银行及财政部门长期保存的账簿、证件等用；另外用于印刷支票、汇票、存折、账簿等证券纸也可用漂白棉浆、化学木浆、竹浆、龙须草浆制作的，其中精制漂白化学木浆的用量在35%以内。证券纸根据需要有浅黄、米色、浅绿等几种颜色，还可以有各种水印。证券纸为平板纸。

邮票纸是专门用来印刷单色和套色纪念邮票、特种邮票和普通邮票的纸张。邮票的印刷主要有雕刻凹版印刷和照相凹版印刷等，邮票纸亦据印刷的方法不同而有相应的纸张品种。

邮票纸是完全用漂白亚硫酸盐木浆制作的特别是20世纪80年代前的邮票纸。有时也配用漂白棉浆，用量在30%以内，或精制白化学草浆。

邮票的印刷多为卷筒形式，邮票纸的卷筒宽度根据邮票厂的要求而生产。

## 六、地图纸

地图纸是专供胶印机印制多色地形图、地图和地图集用的高级印刷纸。这种纸既类似于胶版纸，又比胶版纸要求更高，它除了具有胶版纸的性能要求外，还要求变形性和伸缩率特别小，并且要具有一定的耐光性。

地图纸分为特号、一号两种。特号供印制地形图，一号供印制地图和地图集。特号的定量有80、100、120g/m<sup>2</sup>，一号的定量有80、90、100、120、150g/m<sup>2</sup>。地图纸全部为平板纸，尺寸是787mm×1092mm、850mm×1168mm、590mm×940mm、920mm×1180mm、940mm×1180mm。

地图纸以漂白化学木浆为原料，采用长纤维游离状打浆。施胶度为1.0mm~1.25mm。为了提高纸页的湿强度，浆料中加入一定量的增湿强剂。地图纸在长网纸机上抄造，并要经过超级压光处理。

特别地图纸的白度不低于85%，一号不低于82%；特别地图纸的耐折度（纵横向平均）不低于100次，一号不低于50次；特别地图纸的浸湿后横向伸缩率不大于0.3%，一号不大于0.5%。纸张的纤维组织应均匀，纸面应平整光滑，不许有大于1mm的墨色尘埃，印刷时不许有掉毛掉粉现象。

地图纸的主要技术要求见表2-13。

表 2-13

地图纸的主要技术要求

指标名称	单位	规格		
		特号	一号	
1. 定量	g/m <sup>2</sup>	80±4	80±4	
		100±4	90±4	
		120±5	100±4	
			120±5	
			150±6	
2. 紧度	不小于	g/cm <sup>3</sup>	0.8	0.8
3. 耐折度	纵横向平均不小于	次	100	50
4. 施胶度	不小于	mm	1.25	1.0
5. 白度	不低于	%	85	82
6. 平滑度	正面值不小于	s	60	50
7. 湿强度	不小于	%	15	—
8. 灰分	不大于	%	10	10
9. 伸缩率	浸湿后纵向	%	0.3	0.5
	浸湿后横向	%	0.2	2.5
	120g/m <sup>2</sup> 以上的浸湿后横向	%	2.5	3.0
10. 尘埃度	按最大长度测量	个/m <sup>2</sup>		
	0.25~1.5mm 的尘埃	大多于	120	140
	0.25~1.0mm 的黑色尘埃	大多于	30	—
	0.5~1.5mm 的黑色尘埃	大多于	—	10
	大于 1.0mm 的黑色尘埃		不许有	
	大于 1.5mm 的尘埃		不许有	
	大于 1.5mm 的黑色尘埃	—		不许有
	大于 2.0mm 的尘埃	—		不许有
11. 水分		%	7±2	7±2

## 七、政文纸和书皮纸

政文纸是用于印刷政治文献著作的纸张,一般用作政治领袖、名人、社会贤达等出版物的印刷材料。政文纸按定量来划分,有 40、60、80g/m<sup>2</sup> 等三种,一般为平板单张纸、尺寸为 640mm×930mm、787mm×1092mm,也可以根据需要生产其他定量和规格的政文纸。

政文纸以漂白化学木浆和漂白化学草浆为原料,进行半游离状打浆。在施胶、加填后,向浆料中加入适量的黄色染料,使成纸的颜色呈淡黄色。这是为了照顾某些读者的习惯,这一习惯大概与古代皇家书信呈黄色有关,政文纸在长网造纸机上抄造,再经过压光机压光整饰而成。政文纸的尘埃度比其他纸要求严格,纸的厚度要求均匀一致,富有弹性。纸面不应有明显的色调不匀现象,也不允许纸面有“云彩花”。印刷时不许有掉毛、掉粉现象。

书皮纸是用作书籍、杂志、簿册封面的一种印刷纸,它分为 A、B、C 三级,A 级书皮纸供较漂亮的书籍、杂志封面之用,B 级 C 级书皮纸供一般杂志、练习簿等封面之用。书皮纸的定量为 80、100、120g/m<sup>2</sup> 等,书皮纸为平板纸,其尺寸有 880mm×1230mm、787mm×1092mm。书皮纸的颜色较多,有蓝、白、米、橘黄、粉红、鹅黄、湖蓝、灰色等。A 级书皮纸的主要原料是漂白化学木浆,也可配以一定数量的漂白化学苇浆和竹浆,B 级和 C 级书皮纸则主要用漂白化学草浆,掺以适当比例的漂白化学木浆。浆料中要加入少量填料,并进行高施胶。书皮纸一般在长网造纸机上生产,B 级书皮纸也可在圆网造纸机上生产。

书皮纸具有较高的机械强度,裂断长 A 级不低于 2900m,B 级不低于 2400m,C 级不低

于2200m;耐折度A级不低于15次,B级不低于10次,C级不低于5次,能经得起摩擦和折叠而不易破损。书皮纸要有良好的尺寸稳定性和耐久性,纸色要鲜艳、纸面要平整,能适应印刷的各种要求,印出的封面美观耐用。

书皮纸的主要技术参数见表2-14。

表 2-14 书皮纸的主要技术参数

指标名称	单位	规 定			
		A等	B等	C等	
定 量	g/m <sup>2</sup>	80±4.0 100±5.0 120±5.0			
白 度	不低于	%	80.0	75.0	70.0
施 胶 度	不小于	mm	1.25	1.00	0.75
裂断长(纵横平均)	不低于	m	2900	2600	2400
80g/m <sup>2</sup> 100、120g/m <sup>2</sup>			2900	2400	2200
耐折度(横向)不低于	80g/m <sup>2</sup> 100、120g/m <sup>2</sup>	次	15 20	10 15	8 12
平滑度(正面)不小于	普压 超压	s	30 120	25 120	25 —
正反差	不大于	%	30	35	35
尘埃度 不多于 0.2~1.5mm <sup>2</sup> 其中0.5~1.0mm <sup>2</sup> 黑色尘埃 大于1.0mm <sup>2</sup> 黑色尘埃 1.5~2.0mm <sup>2</sup> 尘埃 大于2.0mm <sup>2</sup> 尘埃		个/m <sup>2</sup>	100 5 不许有 不许有 不许有	200 10 不许有 不许有 不许有	350 15 不许有 4 不许有
交货水分		%	6.0±2.0		

## 八、书 写 用 纸

书写纸是供用墨水书写的纸张,包括书写纸、有光纸、打字纸三种,多用于制作练习本、日记本及一般表格等供书写的纸制品。像印刷用纸一样书写纸也必须要有较好的强度、颜色和表面光洁度,还必须有一致的外表和足够的施胶度,以避免墨水在纸上洒开。书写纸的种类很多,在质量方面差别很大。这些主要取决于纤维原料的选择。例:最高质量的书写纸、图画纸和吸水纸是由破布为原料,特制书写纸中漂白破布浆的成分不少于25%,其余为漂白化学木浆或漂白化学竹浆。好的书写纸的纤维配比为漂白化学木浆或漂白化学竹浆为100%,次一点的书写纸中漂白化学木浆或漂白化学竹浆不少于50%,其余为苇浆和草浆,即便差一点的书写用纸中漂白化学木浆也不少于35%,其余为苇浆和草浆。不同档次的书写用纸均加了适量的填料和胶料,以使纸张平滑、抗水性强,耐折度和抗张强度比较好。由于这种纸张选用了较好的浆料,因此造出的纸结构比较均匀、洁白。书写用纸的印刷适性一般,吸墨性较差,不适宜用矿物油作连结料的油墨印刷。

用于各种办公用的票证单据的纸张上面有时也需要书写文字,它们一般也用化学木浆制成,较高质量的纸张均含有破布浆并施胶,用于复印的纸是减少了施胶量的木浆或草浆制成,这样可以充分吸收油墨而不致于在书写时蹭脏。

随着社会的进步,各种不同用途的印刷及非印刷用纸逐步面世。如,热感传真纸、脑电

图纸、感光胶片衬纸、采血纸、绝缘皱纹纸、育苗原纸、胃癌测试纸、耐高温隔热纸等等。目前全世界生产 7000 种以上不同用途和定量的各种纸。

## 九、纸 板

印刷工业的承印物中除了纸张之外还有纸板,下面介绍几种常见的纸板。

### (一) 铸涂纸和铸涂白纸板

铸涂纸即铸型涂布纸,它是以前不同定量的纸或卡纸为原纸,经铸涂加工而成的加工纸,主要用于印刷美术卡片、书籍封面、明信片、贺年片、不干胶商标及商品的高档包装盒。铸涂白纸板是以白纸板为原纸经铸涂加工而成的加工纸板,主要用于印刷商品的中高档包装盒。

铸涂纸和铸涂白纸板都分为 A、B、C 级,一般都为平板纸,规格为 787mm×1092mm、850mm×1168mm、880mm×1230mm。铸涂纸的定量有 80、100、120、150、180、220、250、280g/m<sup>2</sup>,铸涂白纸板的定量有 220、250、280、310、350g/m<sup>2</sup>。

铸涂纸和铸涂白纸板的特点是:具有极高的光泽度和平滑度,适用于最细网线的印刷。这种纸对网点和色调的再现性强,印刷光泽度好。图像清晰、光彩照人。铸涂纸和铸涂白纸板不经过压光,就具有比一般经过超级压光处理的铜版纸更高的平滑度和光泽度。同时也比铜版纸的紧度低,松厚度高,还具有弹性好、吸墨均匀迅速、不易掉粉等特点,并能适用于凸版、胶版、凹版等印刷方式,烫金效果也比较好。

铸涂纸和铸涂白纸板所用的涂料与铜版纸相似(一般稍优一些),但生产方法不一样。铸涂纸和铸涂白纸板是当原纸经过涂布以后,在涂料层还处于半湿状态时,使涂布面紧贴于经过高度抛光的、表面非常光滑的、几乎是镜面一样的烘缸,使涂料被加热干燥成膜,从而得到像镜面一样光滑发亮的铸涂面。可见铸涂纸和铸涂白纸板的生产和洗印照片时用上光干燥板给照片上光是一样的。

铸涂纸和铸涂白纸板尽管表面光泽度很高,但却仍有微细孔隙,对油墨有很好的吸收性,这是铸涂纸和铸涂白纸板的一个显著特征。

### (二) 单面涂布白纸板

单面涂布白纸板是在原纸板上涂布白色涂料后经整饰加工制成的加工类纸板,它用于单面彩色印刷后做包装盒等。

单面涂布白纸板分为 A、B、C 三级,定量有 200、220、250、270、300、350、400、450g/m<sup>2</sup>,一般为平板纸,尺寸为 787mm×1092mm、880mm×1230mm。

单面涂布白纸板一般以废纸浆、漂白化学浆为原料,在多圆网多烘缸造纸机上抄造而成。抄造时一般向第一个圆网槽中送入较好废纸浆作底层,向第二至倒数第二个圆网槽中送入一般废纸浆作芯层,向最后一个圆网槽中送入漂白化学浆作面层,然后进行压榨、干燥,在干燥后期进行单面涂布。涂布后再进行干燥、压光、裁切、整选。

涂布白纸板的涂布面白度较高,平滑度、油墨吸收性和印刷光泽度都很好,纸板本身又具有很好挺度和耐折度,所以既能进行高质量的彩色印刷,又能满足包装的要求,是中高档商品包装盒的优质首选材料。

单面涂布白纸板的主要技术指标见表 2-15。

表 2-15

单面涂布白纸板的主要技术指标

指标名称		单位	规定		
			A 等	B 等	C 等
定量		g/m <sup>2</sup>	200	+5%	C 等
			220		
			250	-4%	
			270		
			300		
			350		
			400	-3%	
			450		
横向定量差	不大于	%	6.0	10.0	12.0
紧度	不大于	g/cm <sup>3</sup>	0.82	0.85	—
平滑度(涂布面)	不低于	s	50	28	18
白度(涂布面)	不低于	%	78.0	78.0	75.0
横向耐折度	不低于	次	10	5	4
表面吸水性	不大于	g/m <sup>2</sup>	55.0		
横向挺度	220g/m <sup>2</sup>	不小于	mN·m	2.00	1.50
	220g/m <sup>2</sup>			2.40	1.70
	250g/m <sup>2</sup>			3.00	2.00
	300g/m <sup>2</sup>			4.50	3.00
	350g/m <sup>2</sup>			7.00	3.60
	400g/m <sup>2</sup>			9.50	5.00
	450g/m <sup>2</sup>		13.0	8.00	6.00
印刷光泽度(涂布面)*	不小于	%	60	35	25
印刷表面强度(涂布面)	不小于	m/s	2.0	1.2	0.8
油墨吸收性(涂布面)		%	15.0~30.0	15.0~30.0	15.0~35.0
尘埃度	0.3~1.5mm <sup>2</sup> 的	不多于	个/米 <sup>2</sup>	20	80
	其中1.0~1.5mm <sup>2</sup> 黑色的			1	4
	大于1.5mm <sup>2</sup>			不许有	
交货水分		%	8.0±2.0		

\* 暂不作交收试验的依据。

### (三) 封面纸板和封套纸板

封面纸板是供精装书籍、画册等封面使用的纸板。这种纸板用于制作外面贴布或纸裱糊的封面，一般不用于制作全纸板封面；封套纸板专供制作精装著作、重要文献、珍贵资料和画册的封套。尽管封面纸板和封套纸板与印刷关系不大，但却是印刷书籍的配套纸板，因此划分在印刷纸板类。

封面纸板为平板纸板，其厚度为1.0、1.5、2.0mm等，尺寸为1350mm×920mm，也可按用户需要生产相应的规格。封套纸板也为平板纸板，厚度有0.7、1.25、1.5、2.0、2.5mm等，尺寸为1120mm×990mm、1350mm×920mm。

封面纸板的原料，面层采用100%硫酸盐木浆，定量为60~80g/m<sup>2</sup>，中间层和里层以废纸浆、磨木浆、半化学浆等相配而成。封套纸板以100%的未漂硫酸盐木浆为主要原料，也可掺用部分其他纸浆。封套纸板一般为原浆本色，不施胶，但根据特殊需要可生产染色和施胶的纸板。

封面纸板要求平整光滑,防潮性和形隐性好,不会因受潮而翘曲,长期存放或使用不发生变形。封套纸要求紧度适中,抗张力较大,耐折度较高,纸面不允许有明显的外观纸病,在制作精装书的封套时不发生折裂,不出现分层现象。

### 复习思考题

1. 搜集十种以上纸张,分别说明其特性,属于何种类型纸。
2. 说明新闻纸、道林纸、铜版纸的印刷适性。
3. 参观印刷厂,写篇报告。



## 第三章 印刷纸的物理与化学性能

由于造纸所用原料的区别和加工过程的不同,商品纸张的性质千差万别。纸张的这些性质,有的是造纸者刻意求得的,有的则属于不可避免的。有些性质对某些纸张十分有益,而对另一些纸张则可能非常有害。

就印刷纸而言,其性质可分为物理性能、力学性能、化学性能、印刷性能等几类。本章拟在分析纸张结构的基础上,就纸张的各种性能进行分析,并简单介绍有关这些性能的检验方法。

### 第一节 纸的结构

显然,非涂布印刷纸与涂布印刷纸的结构是截然不同的。因此,分别进行讨论。

#### 一、非涂布印刷纸的结构特点

非涂布印刷纸的结构特点如下所述。

(1) 非涂布印刷纸是由纤维悬浮液在网上滤水交织成毡状的纤维结构,其基本结构成分是纤维素纤维。这就决定了纸的许多性质:纤维素是白色的,因此纸是白色的,除非含有木素杂质或是填加了染料以给予其颜色;纤维素很易吸水,因此纸也吸水,印刷纸不得不进行特殊处理来减小吸水能力以防止洇水;纤维素吸潮,因此纸也吸潮,它会随着空气相对湿度的变化而吸收空气中的水分或放出水分;纤维素纤维随着水分含量的变化而膨胀或收缩,因此纸也随着相对湿度的变化膨胀或收缩;纤维素纤维具有形成氢键而相互结合的能力,因此纸中的纤维可以产生一定的强度;纤维素具有挠性,因此纸也有挠曲性而比较耐折;纤维素可以燃烧,因此纸也能燃烧。正是纸的这些功能性质,决定了纸的实用价值。在制浆造纸过程中对纤维素纤维进行各种处理,正是为了使所需要的性能得以加强,同时减少其不需要的性能。

(2) 非涂布纸具有多相复杂的结构要素。在纸的成分中既有较长也有较短的纤维,还有填料、胶料、染料及各种填加剂,又由于纤维原料的种类和加工方法不同,它们的结构和性质也各不相同。填料、胶料等也因品种不同而有性能差异。

(3) 非涂布印刷纸的结构要素在三维上的分布具有各向异性,表现在纤维的单体排列不同,同时填料的加入,改变了每个纤维单体间的力,也改变着纤维单体与填料分子及原子团的键合。所以,除了填料的品种之外,填料的数量也影响着纸张的性能,即影响着纸张的透气性、吸湿性和可压缩性。同时也波及着纸张水分变化时的变形及由于干燥(失去水分子)而在性质上产生的不可逆变化。

(4) 非涂布印刷纸纸张两个不同的面,具有不同的性质。首先在造纸过程中由于纸的一面与网子接触,另一面则和毛毯接触,从而造成两面纤维单体各自键合的能力不同;其次,填料的加入也各自影响着纸张两面的性质。所以非涂布纸(大多数)结构上有两面性。

## 二、纸的纵向与横向

造纸时在纸料悬浮液中,纤维无规则地排列着,当浆料被喷射到网上时,在水流与纸机运转共同作用下,使纤维顺着取向排列——纵向排列,使纵向排列的程度比横向排列的程度大得多,这就使纸张有了纵向与横向的区别。

经过研究测定了纸张纵、横方向上的抗张强度和伸缩率,可用图 3-1 表示。

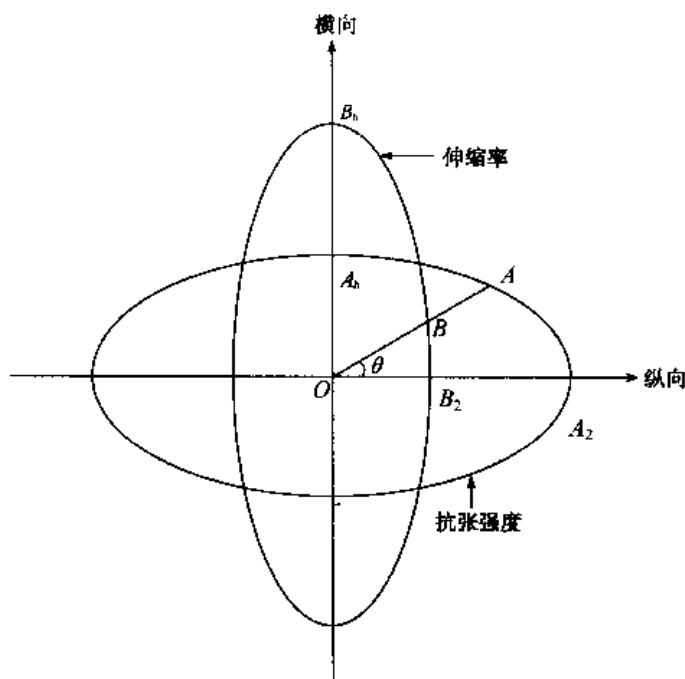


图 3-1 纸张各个方向上的抗张强度和伸缩率

图中 OA<sub>2</sub> 代表纵向抗张强度;OA<sub>h</sub> 代表横向抗张强度;OB<sub>2</sub> 代表纵向伸缩率;OB<sub>h</sub> 代表横向伸缩率。OA 及 OB 则分别表示与纵向成角 θ 时的抗张强度和伸缩率。假设纸张的纤维纵横排列均同,那么这两个椭圆就变成两个重合的圆了。但在实际生产纸的过程中很难做到。因此,只能在使用纸时合理的利用纸的纹理特点。

总之,纸张的基本要素——纤维、纤维素;纸张形成过程的纤维素的排列形成纵向、横向以及造纸中的填料都影响着纸张的性能。

介绍几种常用的测定和分辨纵横方向的方法:

### 1. 纸条弯曲法

在纸页的两个方向上各切取长 200mm、宽 15mm 计两条纸,使其重叠,用手指捏住一端,使纸条水平伸出并让其自由变曲,弯曲较大的为横向,弯曲稍小的为纵向。交换上下位置再使两纸条重叠亦然,即辨别了纸张的纵、横向。

### 2. 纸页卷曲法

在被测纸张的边平行地切取 50mm×50mm 试样(并注明 a50mm×b50mm),然后将试样漂浮在水面上,试样卷曲,与卷曲轴平行的方向为纸的纵向。

### 3. 抗张强度鉴别法

此方法是利用纸张的强度分辨纸张的纵横向。在被测纸张边,平行地切取两条互相垂

直的 250mm×15mm 的纸样,分别测其抗张强度,一般抗张强度大的为纵向,小的为横向。

测纸张的耐破度亦可分辨纵、横向。即与破裂主线成直角方向为纵向。

#### 4. 纤维定向鉴别法

因纸张表面的纤维,按纵向排列得较多,特别是网面上的大多数纤维都是沿纵向排列,据此观察纤维排列以确定纸张的纵横方向。方法是将纸样放平,入射光与纸面约成 45°角,观看纸样表面纤维的排列方向,必要时亦可借助放大镜,识别纤维排列的方向,也就确定了纸张的纵横向。

此外,将纸样撕破后,观察其纹路;如果顺着纹路撕则阻力小,破口较直且破口边上的纤维露出不多;如果与纹路成直角撕开,则阻力大,破口不直且破口边上露出许多纤维丝,此方法便于进一步确定纸的纵横方向。

### 三、纸的正面和反面

当用长网机或圆网机造纸时,靠成形网的一面叫反面,也叫网面。而另一面则称正面,也叫毯面。纸张正面与反面的差别原因是长纤维和细小纤维。填料胶料的粒子在纸幅两面分布不同;网子和毯面对其吸附不等。纸张抄造过程中,由于纸料中的水是从纸的一面向网面一个方向运动,加之网面的脱水只有网起过滤作用,浆料中部分填料和细小纤维随着脱水而流失,使纸的纤维素间的空隙填补的较少,故此面比较粗糙,结构较疏松,称之为纸的反面。相对而言,由于沉积在网上的纸胎本身在和网子同时起过滤作用,使细密的纸胎对细小纤维和填料粒子发生阻流和助留,填料和细小纤维存留较多,从而填补纸的纤维素间的空隙较多,故此面结构较紧密、细腻,称之为纸的正面。

在纸张的反面,不仅粗大纤维的比例比正面大,而且造纸网在网面形成的网痕比正面的“毛毯”痕明显得多。再加上案辊、真空吸水箱和真空伏辊在纸张反面的抽吸作用,既加大了填料粒子、细小纤维及杂细胞在纸页所占比例的差别,又加深了网子的印痕,所以又促进了纸张两面性的发展。

纸张两面性的差别,突出地表现在平滑度方面。一般正面的平滑度高于反面,有的平滑度的差高达 70%以上。

印刷纸具有两面性有时是很不利的,因为两面平滑度和施胶度的差别,势必造成纸张两面对油墨的接受性不同,当纸张的两面差较大时,印出的印刷品两面墨迹深浅不一,一面字迹不清,另一面墨迹太重,甚至发生粘脏。目前,随着造纸技术、工艺、配方和设备的不断完善和提高,纸的两面性也在逐步减小。例如使用夹网造纸机生产的产品,由于采用了双网两面脱水的方法,使纸的两面趋于一致。有的厂家在长网纸机上增设叠网,在纸页的正面也适当脱水,从而使纸的两面比较接近。还有的工厂采用化学助留剂,使填料和细小纤维在反面尽可能保留、减少流失,从而使纸的两面性得到改进。当然,合理使用压榨和压光,也能有效地改善纸张的两面性。

鉴别纸和纸板正反面的几种方法:

#### 1. 直观法

折叠一张试片,观察两面的相对平滑度,从造纸网的菱形压痕往往可以认出网面。把试片水平放置,使入射光与纸面形成 45°,观察纸面的网痕,也可辅以放大镜或在显微镜下观察纸面,这样更有助于识别网面。

## 2. 湿润法

用水或稀的氯化钠溶液浸渍纸面,将余液排掉,放置几分钟,观察两面,如有清晰的网印面即为反面。

## 3. 撕裂法

一手拿纸片(平拿),另一只手将纸片向上拉,这样试片首先从上撕,然后将撕纸的方向逐渐地转向横向,向纸的外边撕去。翻过纸面,在纸片的另一面向上,仍按上法撕纸,比较两条撕裂线上的纸毛,一条线上的比另一条上要明显(特别是纵向转向横向的曲线处)纸毛明显的为网面。当网面向上观察时,纸的毛边更甚。

## 4. 纸页卷曲法

把试样放在烘箱中干燥,注意观察发生卷曲的方向,一般卷曲的内面则是反面。还可以把纸样制成两片正反向平放在水面,由于纸页正反面吸水伸长不同,向上卷曲厉害的试样的接触水的一面为反面。

## 5. 硬币划痕法

将纸折叠使试样两面同时处于一个平面上,用硬币垂直于两面的交线划一痕迹。观察两个面上痕迹的深浅,深的一面即为正面,浅的一面就是反面。这是因为反面的填料量较小,划痕不易显出。对于用  $\text{TiO}_2$  作填料的纸和纸板来说,用这个方法更适宜。

# 四、纸的匀度

纸的匀度表示纸的结构均一性,即纸张中纤维分布的均匀程度。直观判断纸张均匀程度,是把纸对着光源观察透过纸张的光线的均匀程度,在观察光透射时,纸如同毛玻璃,则纸是较均匀的,如果通过光透射后,看上去斑斑点点,或像云彩花,则纸的组织不均匀即匀度不好。

匀度是纸的一项重要指标,也是纸张质量的基础。匀度不好的纸对水、墨水、油墨的接受和吸收都不均匀,不透明度在各部位也有较大的差异,因此,在有云彩花的纸上印刷,特别是印刷插图,印刷的效果很差。

匀度不良的纸,进行干燥时将发生不均匀收缩,使纸出现一些纸病,如泡泡沙、微起皱等,再通过压光机时,在纸的表面上会清晰地压出发亮较透明的斑点。这是由于较厚的地方湿度较大,压实的程度较高所致,在这种情况下,为了平衡纸的水分,只好将纸进行干燥处理,造成了纸张的脆性增加,而且易产生感应静电。

匀度不好不仅会影响到纸的外观,而且也影响纸的物理性质和化学性质。匀度不好的纸,其平滑度、不透明度、耐折度、撕裂度和抗张强度均不好。

在造纸过程中,对纸的匀度的影响有很多,主要如下:

- (1) 所使用的纤维浆料的种类和打浆特点。
- (2) 浆料中所含填料和胶料的种类与数量。
- (3) 上网纸料的浓度及其稳定性。
- (4) 上网时纸料的絮聚程度和上网设施的分散能力。
- (5) 上网浆速与网速的比例和网振摇的条件。
- (6) 上网纸料的温度和介质的 pH 值。
- (7) 纸机网案的结构特点或网笼与网槽的结构特点。

## 五、涂布印刷纸的结构特点

涂布印刷纸是在特制的非涂布纸(涂布原纸)的表面上涂非纤维性的矿物质制成的,所以其表面性质不为纤维素纤维所决定。涂布印刷纸表面看不到像非涂布印刷纸那样的“纹理”及网痕和毡痕,也分不出纵向横向和正反面(当然,其内层的纸基层例外)。

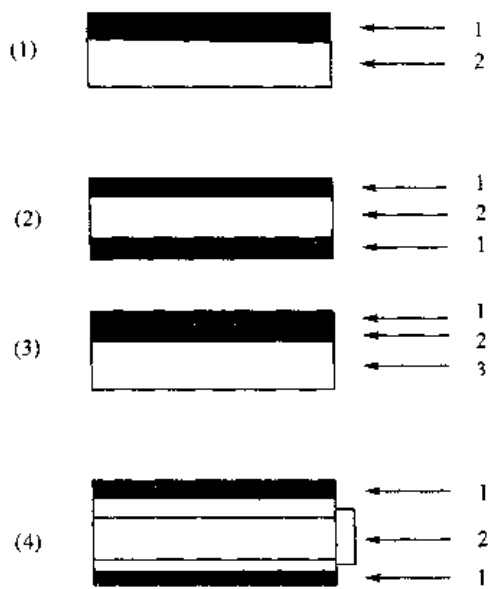


图 3-2 涂布印刷结构示意图

- (1) 单面涂布印刷纸 1—涂料层 2—纸基
- (2) 双面涂布印刷纸 1—涂料层 2—纸基
- (3) 二次涂布印刷纸 1—二次涂层  
2—一次涂层 3—纸基
- (4) 夹层纸基涂布纸 1—涂料层 2—夹层纸基

涂布印刷纸实质是由原纸纸基层和涂料层构成的多层结构。单面涂布印刷纸由原纸和一层涂料组成,所以易发生卷曲。双面涂布印刷纸是由原纸和分别在两个表面的两层涂料组成,因两面对称作用,不易发生卷曲。还有的印刷纸,其涂层由两次涂布形成,故称作二次涂布印刷纸。这种纸第一次涂上一级涂料把原纸表面的凹穴初步填平,第二次再涂上高级涂料,以获得纸张的高平滑度和高光泽度。高级的美术印刷涂布和玻璃卡等都是采用二次涂布制成的。涂布纸的结构如图 3-2 所示。

由于印刷纸具有上述结构特点,所以其表面性能和印刷性能比非涂布印刷纸有突破性的进步(见后述)。但由于涂布印刷纸含有较多的矿物质,其紧度和密度较大,耐折性和燃烧性较差。印刷后的涂布印刷纸,其纤维回收利用的价值不高。

## 第二节 纸的物理性能

### 一、定 量

定量俗称克重,是指单位面积纸张的质量,一般以每平方米多少克表示( $\text{g}/\text{m}^2$ )。国外也有以每令纸多少磅或多少公斤来表示。

定量是纸张最基本的一项物理指标,它的高低及其均一性影响着纸张的物理、机械、光学和印刷性能。一般印刷纸的各种性能指标,如厚度、抗张强度、耐破度、不透明度等都与定量密切相关。如果纸张定量明显低于其标准规定,不但容易发生透印的印刷故障,而且会因为机械强度不够印刷时发生断纸。反之,如果定量过于偏高,则生产中就要浪费纸浆,并且保证不了用户每吨纸的实用面积。

定量的高低可以根据使用要求人为地进行控制,但要使定量恰好保持在所规定的数值上是不可能的(生产上各种纸一般允许按规定质量有 $\pm 5\%$ 的误差)。定量的均一性尽管为造纸厂努力追求的目标,但仍常出现定量不均的现象。

纸张定量的不均,最突出表现为横幅克重不一致,纸上一道厚一道薄或半边厚、半边薄。

产生这种现象的原因,一般是从堰板喷出的浆流不均或由于流动的方式在网上造成一处的浆多而另一处浆少。这种现象发生时,生产出的卷筒纸两头松紧不一致,在印刷中易断纸和赶褶子。有时还出现纸张在纵向忽薄忽厚的现象,还往往在纸幅的纵向上呈周期性变化,这是因为上浆设备或纸机受振动而发生浆流波动所致。振动频率与平板纸的长度及纸机车速的比例关系,决定生产出的平板纸成台放置时一头高一头低,还是两头高中间低等。

测定纸张定量的仪器主要是:光电天平,精度为0.001g;裁样器等。具体步骤是:先将纸样在标准温、湿度大气中[温度(23±1)℃,相对湿度(50±2)%]处理至平衡,然后从样品上切取100mm×100mm(精确要求为±0.5mm)的10个或20个试片进行称重。计算公式:

$$G = \frac{m}{A} = \frac{m}{a \times n}$$

式中  $G$ ——定量,  $g/m^2$   
 $m$ ——试样的质量,  $g$   
 $A$ ——试样的总面积,  $m^2$   
 $a$ ——每片试样的面积,  $m^2$   
 $n$ ——试样的片数

有时要了解纸张定量的均一性,还要测定纸幅的定量偏差,其测定方法是:沿被测纸页横向幅面的不同位置切取10~20片试片,经恒温恒湿处理至平衡后,分别称量并计算出每一片的定量,然后按下式计算出纸幅的定量偏差:

$$S_1 = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{\bar{G}} \times 100\%$$

$$S_2 = G_{\max} - G_{\min}$$

式中  $S_1$ ——纸幅定量的偏差, %  
 $S_2$ ——纸幅绝对定量偏差,  $g/m^2$   
 $G_{\max}$ ——试样定量的最大值,  $g/m^2$   
 $G_{\min}$ ——试样定量的最小值,  $g/m^2$   
 $\bar{G}$ ——试样定量的平均值,  $g/m^2$

## 二、厚度与紧度

厚度表示纸张的薄厚程度,常以mm或 $\mu m$ 表示。一般同一品种的纸张,定量较大的厚度亦较大。也有定量较小的纸比定量较大的厚度大的情况,这是因两种纸的紧度不同的缘故。

对印刷纸厚度的大小及其均匀性的重要性在于:厚度将影响印刷纸的不透明度和可压缩性,如果纸张太薄,势必要发生透印,也难以使印刷网点完整饱满地转移到纸面。况且印刷过程中所施加的印刷压力是受纸的厚度影响的,若纸张半边厚半边薄则印刷压力必然半边大半边小而导致印刷品的字迹或墨色半边深半边浅。另外,同批纸的厚度不一致,印制出的书籍装订效果欠佳,若是印制精装书籍就会出现书芯比预计要厚使书壳“张口”翘起,也可能因书芯比预计要薄而造成书脊不实。

测量厚度的具体方法步骤是:

抽 20 个(或多于 20 个)试样,不得从同一张纸中取出多于 2 个试样。在标准大气条件下进行试样准备,进行平衡处理,将试样切割成 100mm×100mm(也有的 60mm×60mm),把测微计置于无振动工作台上并调整为零。将试样放入张开的测量面间,让上测量面缓慢恒速地轻移到试样上,待指示值稳定后,读取测得的厚度值。对每一试样进行测定,计算其平均值,即得厚度数。

当多层纸成叠测定厚度时,称之为层积厚度。由此可计算出每层纸的厚度,计算出的值往往比单层测试所得的结果低,这是由于纸表面凹凸不平在成叠时得以相互抵消及松厚性的影响所致。

紧度是指纸张单位体积的质量,所以也称为密度,紧度是定量与厚度的比值,单位:  $\text{g}/\text{m}^3$ 。

紧度的计算公式:

$$D = \frac{G}{T \times 1000}$$

式中  $D$  ——紧度,  $\text{g}/\text{m}^3$

$G$  ——定量,  $\text{g}/\text{m}^2$

$T$  ——厚度,  $\text{mm}$

由式中可见,紧度与定量、厚度的关系,紧度与定量、厚度相互制约、相互影响;并可通过此式计算出纸张的定量。

紧度是衡量纸张结构疏密程度的物理量。对同种纸浆纤维抄制的纸张,紧度越大,纸质就越密实,反之,纸质就越疏松。纸张的紧度同耐破度和抗张强度成正比,但当紧度大到一定程度后,耐破度又出现降低趋势。

紧度在相当程度上亦表示纸的孔隙率、松软性、透气性和吸收性。不同用途的纸张对紧度亦有不同的要求,用于凸印的纸张比用于胶印的纸张紧度低些为宜,这样能够赋予纸张在凸版印刷时所需的松软性,以弥补凸版铅字的刚性对印刷所带的不利影响。故另一指标:松厚度,在数值上是紧度的倒数,单位  $\text{cm}^3/\text{g}$ 。

$$u = \frac{1}{D}$$

式中  $u$  ——松厚度,  $\text{cm}^3/\text{g}$

$D$  ——紧度,  $\text{g}/\text{cm}^3$

一般非涂布印刷纸的紧度应控制在  $0.6 \sim 0.9 \text{g}/\text{cm}^3$  之间。

纸的紧度受浆的种类、打浆的程度,填料的多少及压榨、压光等众多因素影响。用硫酸盐法比用亚硫酸盐法浆所生产的纸紧度较大;打浆程度高,纤维挠性大的纸浆所生产的纸紧度较大;非纤维性物质含量高,特别是填料含量高的纸紧度较大。

### 三、平滑度

平滑度是评价纸张表面凹凸程度特性的一项指标,它表明纸张表面平整光滑的程度。平滑度就是指在一定的真空度下,一定容积的空气通过在一定压力作用下的试样表面与玻璃之间的间隙所需的时间,以秒(s)作为平滑度的单位。

对印刷纸,平滑度决定着纸张与印版接触的紧密和完满程度,与油墨的转移亦有关。纸张越平滑,越能进行网点的精细还原,有利于网目的小点充分接触到印刷纸上得到如实再现。印刷精美宣传品的铸涂纸和铜版纸要求的平滑度高达数百秒,有的在 1000s 以上,这样的纸对 48 线/cm(120 线/in)及以上的细微网点也能表现出良好的显现效果。一般非涂布印刷纸,虽然对平滑度要求也较高,但一般都在 100s 以内,不具备多线数网点间隔相适应的表面平滑性,所以若使用很细微的网点进行印刷,还不如用低线数网点印刷效果好,所以,应灵活地使用纸的平滑度。不同平滑度的纸张适用于不同印刷品的印刷,因此,平滑度低的纸张只适宜印刷文字和线条图表;平滑度中等的只适宜印刷粗网线的图文;平滑度高的可印刷细网线的图像。不同印刷方法对平滑度要求不同,平版印刷对纸张平滑度的要求可低一些,因为平版印刷将油墨传递给纸张的是弹性很好的橡皮布,其弹性可弥补纸面的凸洼而使油墨能较好地转移到纸面上。凸版印刷是金属版直接与纸张接触,对纸张平滑度的要求要高些。

纸张的平滑度与纸浆的种类、打浆度以及纤维组织的匀度等有直接关系。提高纸浆的打浆度能使纤维均匀分布,促进纸张平滑度提高;施加填料,提高压榨和压光的压力对平滑度也有所改进;纸张水分含量及其均匀性亦影响平滑度,水分较大时,纸质柔软,易通过压光,提高平滑度。纸张的平滑度还受造纸机的铜网型式、毛毯织法及烘缸、压光辊的光洁度等影响。另外,在纸张干燥过程中,控制好干燥曲线、避免强干燥,对改善纸张的平滑度也有好处。

一般印刷纸正反两面的平滑度不同,故对印制纸的平滑度两面差进行限制,一般不得超过 30% 左右(单胶纸和单面铜版纸等单面印刷用纸除外)。

检测纸张平滑度的方法较多,有光学法、触针放大法、印刷试验法、电容法、空气漏泄法等。比较实用且应用较广的有空气泄漏法(在此略)。

#### 四、硬度、柔软性和可压缩性

纸的硬度既表示纸张抵抗被另一物体压凹的性质,也表示纸中纤维和其他成分的粗硬性。硬度还说明纸浆脱除木素的程度。纸张的硬度和纸浆的硬度是互相关联的,因为用脱除木素彻底的纸浆即软浆,生产出来的纸比较柔软,而用蒸煮不熟的纸浆即硬浆生产出的纸比较粗硬。

纸的硬度和柔软性除了与纸浆的硬度有关外,还和纸的紧度有关。用同样的原料,亚硫酸盐浆比硫酸盐浆生产出的纸柔软。

纸的可压缩性是柔软性密切相关的性质,它表示纸页受一定压力所发生的厚度减少量占受压前纸页厚度的百分率。一般柔软性好的纸可压缩性也比较好的。对印刷用纸,保持适宜的柔软性和可压缩性很有必要,因为它们影响印版与纸张表面接触的难易程度,版面所有的各点同纸面完全接触,是取得良好印刷效果的必要条件,显然,纸越柔软,在印版压力的作用下越能被压缩,才更能保证纸面与版面完全接触,将弥补厚度不均和表面凹凸不平所带来的印刷不足,还能使转移到纸面的墨迹细腻、真实,准确地再现版面的字迹和画面。

纸的柔软性往往与纸的挺度相矛盾,一般柔软度较好的纸挺度较小。印刷上要求纸张保持挺度的同时具有一定的柔软性,因此在生产纸张时要兼顾起来,使两者都保持在适当程度。另外,挺度还与紧度、厚度有关,所以可以在纤维间的结合力可能减小的限度与纸的松



厚度增加的限度之间,选择合适的比例,以使用柔顺纤维生产出柔和而又挺直的纸。人们在制浆造纸过程中慎密地确定工艺技术条件,精细地加填料等均是提高了印刷纸张各种性质的统一性。

## 五、含水量、伸缩率与尺寸稳定性

纸张主要是由纤维素组成的,而纤维素是亲水性很强的物质,纸张的其他原料也多半是亲水性强的物质,因此纸张是一种很容易吸水的材料。

纸张中的水分以三种形式与纸张结合:一是与纸中纤维以化学形式结合,这种分子、原子团间的键合(包括其他原料)才得以形成纸张,故而这部分水难以从纸张中分解出去;二是以物理化学形式结合,表现为吸附结合和渗透结合;三是以物理形式结合,以毛细管水分与浸润水分出现。第一种是纸张自身所含的水分,第二、三种是受外界影响纸张吸收的水分,故而,我们把纸张的含水量、伸缩率与尺寸稳定性合并在一起讨论。

伸缩率是纸张在不同湿度下纸张尺寸发生收缩或伸长的程度。而纸张因湿度或水分改变产生伸缩的这种性质称之为尺寸不稳定性。伸缩率越小,尺寸稳定性越好;伸缩率越大,尺寸稳定性越差。

印刷纸具有较好的尺寸稳定性时,才能使其在印刷时不发生大的伸缩和变形,不会产生套印不准,或不会使版面错开的现象发生。地图纸和胶版印刷纸伸缩率是其最重要的质量指标之一。因为印刷一幅地图或彩色图画,要经过多次着色进行套印,每套印一次,纸都受到一次润湿,地图(图案)线条既密又细,若纸张伸缩率大就会使印出的地图(图案)界域不准。地图纸特别强调伸缩率要小,尺寸稳定性要高。

在讨论伸缩率同时,还要说明一下伸缩速度的问题,伸缩速度是单位时间内伸缩率大小的标志。因为有的纸虽然伸缩率较大,但在较长的时间才能完成,即伸缩速度慢,有的纸尽管伸缩率小,一经润湿很快伸长,即伸缩速度较快。

纸张伸缩特性与纸张成形的过程有关,纸张在抄造过程中所受牵引力的大小影响伸缩率,由于多数纤维的排列方向和纵向相一致,而单纤维的膨胀与收缩主要表现为横向;另外因干燥过程中纸张在纵向受到拉伸,而横向无此拉伸张力,所以横向上纤维有更大的聚在一起的自由。而形成了内在的可膨胀性,故而纸张一般横向伸缩率比纵向大。

影响纸张伸缩率的主要因素是打浆的程度及纸张的紧度,打浆程度高的浆料造出的纸紧度大,伸缩率也大。其原因是打浆使纸的密度增加并且减少了可以容纳纤维膨胀的空隙,同时打浆后纤维结合增强,使纤维难于滑移,这就使纤维的伸缩变化直接传递到纸页上了。当然,浆料的种类及施胶加填也会影响纸张伸缩率的大小,一般麦草等草类纤维浆的成纸伸缩率比木浆大,加填和施胶会使纸张的伸缩率降低一些。

## 第三节 纸的力学性能

### 一、抗张强度

纸张在外力作用下,纤维受到牵拉,而使纸张发生形变,当外力取消后,纸张恢复到原先的状态的能力称为纸张的抗张强度。抗张强度是指在一定条件下,单位宽度的纸或纸板断

裂前瞬间所能承受的最大拉力,单位为 kN/m。

纸的抗张强度主要取决于纤维之间的结合力和纤维素的强度。因此把纸张放在介于弹性体与流体性质之间进行讨论更易理解。

理想的弹性固体其受外力时间的长短对其形变并无影响,而对于流体,外力施加的时间是个重要因素,时间对流体的影响并不次于外力对流体产生的影响。纸张是介于弹性与流体之间的物质,当施加外力较小时,外力取消后,纤维能恢复到原来的状态,纸张受外力所产生的形变与应力基本成正比,此时纸具有弹性体性质,当施加外力过大,纤维间互相脱离或纤维本身因外力而拉直,当取消外力后纸张难以恢复原来的状态,这时变形与应力不成正比,体现出流体的流变性质,这种流变性质随外力施加时间的增加而越趋严重,也就是说,纸张在一定负荷的作用下,将连续产生伸长或蠕变。外力增加的速度越大,纸张的抗拉强度也越高,就是说在短时间内增加到一定负荷值时,纸张的伸长率较小,同时,所加负荷的时间越长,维持纸张的伸长率为一定的情况下,能承受的负荷越小。有人做过实验,加负荷的时间为 4s 时,能承受的负荷为 100N,时间为 11s 时,能承受的负荷为 90N,14h 为 80N,220d 为 40N。

抗张强度与纸张本身的水分有关,水分少的纸质硬脆,水分多的纸韧性大。抗张强度与纸的纤维排列有关,纸张纵向的抗张强度大,在相同的外力条件下,纸的伸长量比较小,但如果抄纸机的抄纸原理不同,也有相反的情况。造纸时打浆程度不同,干燥时纸张张力的大小都对抗张强度有影响。

印刷用纸要求有较好的弹性,即是纸张在受外力作用时,产生的拉力与伸长量应成正比。纸张要有较好的抗张强度,对卷筒纸更是如此,因为在卷筒纸印刷机上,难免因卷纸不圆或是印刷版滚筒空档等原因使纸张张力产生周期性变动,如果纸张张力小,则易使纸张产生断裂而致使停机。

地图纸和糊墙纸则要求流体流变性越小越好,否则纸张在墙上久挂,因纸张本身的质量致使纸张产生流变,越挂越长,不能保持原先的尺寸。

## 二、应力、应变与纸的韧性和脆性

应力是物质抵抗外界负荷时每单位面积的内力。应变是物体受力后尺寸的变化对原尺寸的比率。理想的弹性固体在外力作用下,其尺寸的变化与负荷大小成正比,当负荷取消后,能恢复其原来的尺寸,应变随之消除。

纸张是既具有弹性又具有塑性的物质,在受外力作用时其变形有如下三个特点:

(1) 伸长率随着负荷的增加而加大,但不成直线,即应变和应力不成正比例关系。如果在纸上连续地增大负荷,纸张就受到逐步加大的拉伸,其伸长率开始一段时间与负荷大小成正比例关系。但以后伸长率的增加要比负荷增加的要快。这说明纸最初是弹性物质,而以后经过 1%~2% 的变形后,就开始具有塑性。

(2) 在一定的负荷下,可以连续地伸长或蠕变。当负荷增加至纸张发生塑变后,保持负荷不变,纸张就不断地塑变,直至断裂。这种延长的塑变叫做“蠕变”,长时间承受负荷的纸都可以发生这种现象。

(3) 增加负荷的速率时,断裂时的负荷值增大,而断裂时的伸长率减小;缓慢增加负荷时,断裂时的负荷值减小,而断裂时的伸长率增大。如图 3-3 所示。

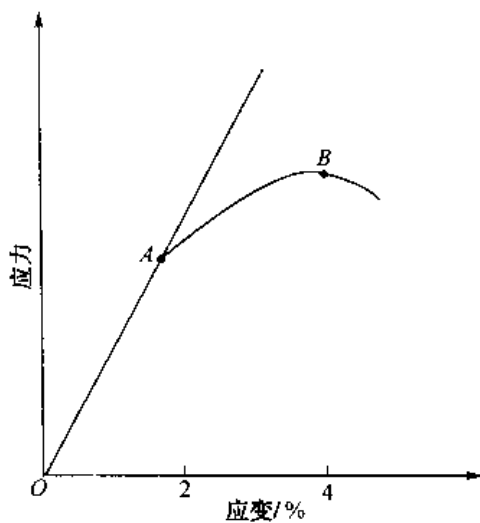


图 3-3 纸的应力与应变

图中 OA 段是纸张的弹性变形阶段。一般此区间较小,此间应力与应变呈正比关系。图中 AB 段,可见应力增加速度比应变增加速度小,此时的变形已由弹性变形转为塑性变形,发生屈变。应力值达到最大值时,样品开始发生断裂。

下面讨论纸张的应力,应变特性与其韧性和脆性的关系。从纸的应力应变图可以看出,如果伸长率较小,当受力时,纸张难以发生较大的应变,所以易发生损坏;如果伸长率较大,则在作用力相同时,纸张首先发生应变,此时就不易发生损坏。在实际中,抗张力大、伸长率小的纸其实用性能不一定比抗张力小、伸长率大的纸好,原因

在于后者能吸收较多的能量,从而表现出较高的韧性。如图 3-4 所示。在力的作用下,纸将产生一定的变形,作用力是变形的函数即  $F = f(x)$ ,产生  $dx$  的变形所需的功为  $f(x) \cdot dx$ 。至纸张断裂时功的总和即为抗张能量吸收值,抗张能量吸收值的几何意义就是应力应变曲线所包围下的面积。即  $E = \int_0^{\max} f(x) dx$  为自变量的从  $0 \sim X_{\max}$  区间的积分函数。

显然,纸张的伸长率越大,能量吸收值越大,纸的韧性就越大。在伸长率不变的情况下抗张强度越大,纸张越能抵抗较大的应力。因此纸的抗张强度大,伸长率高,方能显示出足够的强韧性。

纸张在使用中还会出现这样的现象,在有冲击、晃动或揉搓作用的使用中,甲种抗张强度较大的纸比乙种抗张强度较小的纸还容易出现裂口或断裂。这是因为甲纸虽然比乙纸具有较大的强度,但却比乙纸有更大脆性的缘故。

所谓脆性,一般认为是指受冲击力或弯曲作用力时,纸易折、易碎、韧性欠佳的性质。衡量纸张脆性大小的指标是脆裂度,纸张的脆裂度是纸样经一定的压折后抗张强度下降的百分率。

纸张强韧还是发脆,主要取决于纸页对应力的抵抗能力和分散能力。对纸张脆度影响最大的因素是打浆度。有人利用麦草浆,打到不同的打浆度,然后抄纸,再测所抄纸的脆裂度得到如图 3-5 所示的结果。未经打浆时纤维间的结合能力较差,脆裂度较高,打浆度提高,脆裂度随之下降。在  $32.5^{\circ}\text{SR}$  时,脆裂度达到最低值。打浆度继续提高,使纤维切断严重,同时成纸紧度较高,对应力的分散能力降低,脆裂度随之提高。因此,用麦草浆造纸时打浆度以  $30^{\circ}\text{SR}$  左右为宜。纸张的水分含量也与纸的脆度有关,当纸页中纤维毛细管吸收少量水分后,会使纤维变得较为柔韧,而且纤维间可有一定滑移使纸页分散应力的能力增强。因此纸的脆裂度随相对湿度的提高而降低。例,某种纸在相对湿度为  $47.6\%$  时,脆裂度为  $20\%$ ;当相对湿度提高到  $65\%$  时,脆裂度降为  $12.5\%$ 。所以印刷厂对发脆、裂口的纸,必要时可进行加湿处理或在阴雨天气使用。

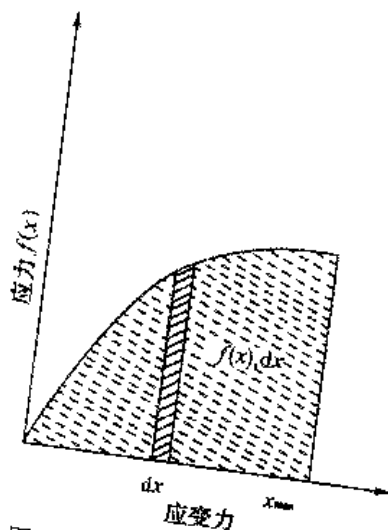


图 3-4 纸的抗张能量吸收图

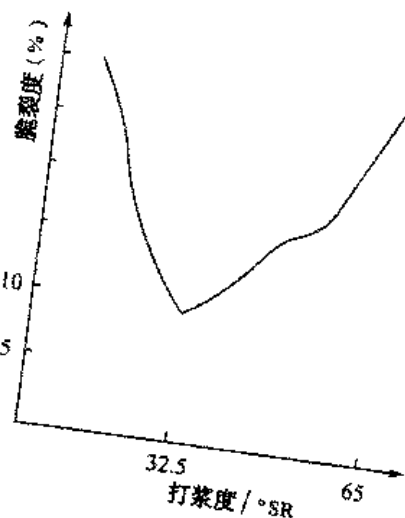


图 3-5 脆裂度与打浆度的关系

### 三、撕裂度

撕裂度是纸张机械强度中的重要指标。印刷纸纸幅的断头,很大程度上是由于撕裂度不够所致。

纸张的撕裂度有两种:一种为内撕裂度,另一种为边撕裂度也叫边抗撕力。内撕裂度是指先将纸张切出一定长度的切口,然后再从切口开始撕到一定距离时所需的力。内撕裂度的单位是 mN(毫牛顿)或 gf(克力),两单位的换算关系:1gf = 9.87mN。边撕裂度高的纸内撕裂度不一定高,如玻璃纸具有较高的边缘撕裂度,但内撕裂度却很低。

要求边缘结实坚固即边撕裂度较高的纸制品有:钞票纸、扑克牌纸、计算机打孔纸等。对印刷纸,边撕裂度重要,内撕裂度更重要,纸张在印刷及使用中能否发生撕断主要取决于内撕裂度的大小。撕裂纸张所需的力包括两部分,一部分是把纤维间拉开所用的力,另一部分是把纤维拉断所用的力。打浆不足的纸张,被撕裂时所用的力主要用于克服拉开纤维时的阻力,实际纤维很少拉断。因为此情况下纤维间的结合强度小,易被拉开,所以撕裂后裂口发毛,能看到许多被拉开的纤维,这样的纸撕裂度较低。如经适当打浆后,纤维间结合强度明显增加。纤维被拉开的阻力增大,撕裂时的力同时又要用于把纤维拉开和拉断,此情况下裂口比较平滑,撕下纸的撕裂度较高。如果打浆度很高,纤维间结合的力将进一步增强,纸张的紧度也随之增大,撕裂时纤维基本不能被拉开,处在裂口的纤维几乎全被拉断,此情况下裂口比较平滑,撕裂度也将较小,因为紧度的增加使拉应力不能分散到较大的范围中去。这就是纸张撕裂度随打浆度的提高有所上升,但打浆度进一步上升,撕裂度反而下降的原因。这也说明,一般印刷纸,撕裂度的大小主要取决于组成纸的纤维的长度和强度,而与纤维间结合力关系不很大。

### 四、耐折度

纸张的耐折度是指在规定试验条件下,在专门仪器中将试样折断前所能经受的折叠次数,以双折次数表示。也有以往复折叠次数的对数(以 10 为底)表示的。

耐折度是表示纸或纸板的机械强度的重要指标之一。耐折度是由抄纸的纤维的长度、

强度、柔韧性和纤维之间的结合力决定的。由长耐强韧并牢固结合的纤维抄成的纸,其耐折度较高。所抄成纸的定量、厚度及紧度和水分含量等对耐折度的影响也较大。同种浆所抄制的同种纸,在一定的范围内当厚度和定量增加时,耐折度将明显下降,因为屈折时与薄纸相比,厚纸表面层将产生更大的拉应力的缘故。不过定量和厚度很小的纸,其耐折度也会下降,这是由于试验张力与定量较大的纸一样所致。如果因打浆引起紧度上升,则对耐折度有两种不同的影响,在打浆初期,耐折度随打浆度的提高而增强,但当紧度高过一定程度后,耐折度将随着打浆度和紧度的进一步提高而下降。如果以在纤维材料中加入矿物填料的方法来增加紧度,将会大大降低纸的耐折度。矿物填料对耐折度的不利影响,是由于此情况下,不但纤维间的结合力减弱,而且坚硬的填料粒子还易在折叠时将纤维磨断。

当湿度增加时,强度大的纸其耐折度会增加,而强度小的纸其耐折度会降低。在通常的相对湿度下,当周围空气相对湿度提高时,强度大的纸,除能增加纤维的柔韧性之外,还能保持相当高的纤维间的结合力,其综合影响的结果,使纸的耐折度增加。一般印刷纸均属此类情况。但对吸墨纸、过滤纸等结合力较差的纸,当相对湿度提高时,纤维间的结合力进一步下降,其结果是耐折度明显下降。无论何种植物纤维纸,若其湿含量超过一定限度,其耐折度都将随湿含量的增加而显著降低。

许多种类的纸在使用过程中要承受多次加工和折叠。如证券纸、账簿纸、地图纸、书皮纸、白纸板、箱纸板等,其中证券纸是做为流通用,没有很高的耐折度就无法保证较长的使用寿命;白纸板、箱纸板是用来做纸盒的,在制作时,纸板要经过折叠而不能断裂。这些都对纸的耐折度提出了特殊的要求。

## 五、挺 度

纸和纸板的抗弯曲能力称之为挺度。

挺度是某些印刷纸必备的性能。如果纸张没有一定的挺度,将会给印刷过程的续纸和出纸带来困难,印刷的速度也不能提高,甚至使印刷品如书籍的使用性能变劣。对于平板纸胶印纸张具有较高的挺度是必备的最基本条件之一。

纸张的厚度是影响挺度的最重要因素,其次是紧度,如紧度一定,挺度与厚度的三次方成正比;如定量一定,挺度与厚度的二次方成正比;如一定厚度下,挺度与紧度成正比。

原料及制浆方法不同,所抄出的纸的挺度也不同。各种制浆方法所抄出纸的挺度大小依次为:未漂针叶木亚硫酸盐浆、漂白针叶木亚硫酸盐浆、漂白针叶木硫酸盐浆、未漂针叶木硫酸盐浆、磨木浆。用打浆度高的浆料抄成的纸,其挺度比轻微打浆制成的纸高;浆中半纤维素含量高的纸,其挺度比半纤维素含量低的纸高;化学木浆所抄的纸其挺度与单根纤维的挺硬性关系较大,而较厚的纸的挺度与纤维间结合强度关系较大。

纤维之间结合力的减小会降低纸的挺度,这是由于纸的弹性模数下降所致。但提高纸的松厚度,不可避免地使纤维之间的结合力有所下降,却反而会使挺度增大,其原因是提高松厚度后纸的惯性矩增大。因此,为了得到纸的最大挺度,在纸的松厚度增加与纤维间结合力减小的矛盾之间,找一个最佳平衡点。就是在纸的定量不变时,为了取得较大挺度,最好在尽量不降低纤维间结合力的同时,尽量提高纸的松厚度。对纸板更应如此。

还应指出,纸的湿含量对其挺度影响很大,纸受潮后,其挺度将会直线下降。当然,在纸料中加入适当配料,如淀粉和水玻璃等,也能有效地提高纸的挺度(有的个别纸张除外)。

## 六、纸张的流变性质

在实际使用中,纸张是否容易发生拉断、折断、撕裂等而遭到破坏,不只是单纯地由上述一项或几项强度来决定的,而是与纸张的流变性质,如粘弹变形、蠕变变形和应力松弛特性密切相关,因此,应该从纸张的强度指标与其他相关性能的结合上,分析和认识纸张的机械性能。

无论何种纸张,在 Z 向受到压力作用时,其 Z 向都会产生变形。变形的大小取决于纸张表观密度的大小。对于印刷纸来讲,不仅要求有较好的压缩变形,而且由于要进行多色印刷,还要求具有压力去除后能恢复的特性。

近年来,应用流变学的方法对纸张力学性质进行基础研究,引起了相当注意。通过这些研究,可了解纸张在实际应用(如印刷)中的性能,并有助于解释常规检验结果的意义。

### (一) 纸张的粘弹性变形

纸张是一种多相复杂且非均质的高分子材料,和其他任何高分子材料一样,纸张在受到力的作用时会表现出其固有的特性——粘弹性(Viscoelastic property)。在讨论纸张的粘弹性之前,需要说明应力、变形、理想弹性固体和理想液体的意义。应力是物质为了抵抗外力,而在单位面积上发生的内力( $\text{N}/\text{m}^2$ );变形(或称应变)是物体尺寸发生变化的数量对原有尺寸的比率。理想弹性固体在有外力作用下,其瞬时的变形程度与负荷成直线比例关系,而当去除负荷后,能恢复其原有规格。若用  $\sigma$  表示应力, $\epsilon$  表示其变形,则有:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

式中  $E$ ——物体的杨氏模量

最大应力是物体在保持能恢复其原有形态条件下能承受的最大负荷,也称之为弹性极限。弹性固体不用考虑时间因素。对于液体则需要考虑时间因素,理想液体能够流动要依时间与负荷而定。纸张与许多高分子材料相似,具有弹性性能和与时间有关系的流动性能。这就意味着,引起特定变形而产生的应力,将因产生变形所用的时间而变化。纸张所产生的这种变形称之为粘弹性变形。对于理想的流体,其应力  $\sigma$  与变形  $\epsilon$  之间遵循牛顿定律:

$$\sigma = \eta \frac{d\epsilon}{dt}$$

式中  $\eta$ ——液体的粘度

$t$ ——时间

对于一定的应力  $\sigma_0$ ,上式积分后得:

$$\epsilon = \frac{\sigma_0}{\eta} t$$

纸张的这种应力-变形对时间的依赖关系可以用实验的方法来证明:采用均匀的纸样,先用肖伯尔抗张强度仪进行实验,测得纸样的平均裂断负荷为 980N(添加负荷的时间约为 4s),也即纸样的抗张强度为 980N。如果改用 88.2N 的负荷,经过 11min 纸条就会裂断;如继续进行试验,发现用 78.4N 的负荷,经过 14h,纸条裂断;如用 58.8N 负荷,经 20d 纸条才裂断;如果用 39.2N 负荷,需要经过 220d 纸条才裂断。如图 3-6、图 3-7 所示。图 3-6 为不同负荷的变形随时间的变化曲线,图 3-7 为负荷与裂断纸条所需时间之间的关系曲

线。在使用纸张的时候,无论弹性变形或粘弹性变形都是重要的,至于两者之间哪一个更为重要,决定于纸张的用途。

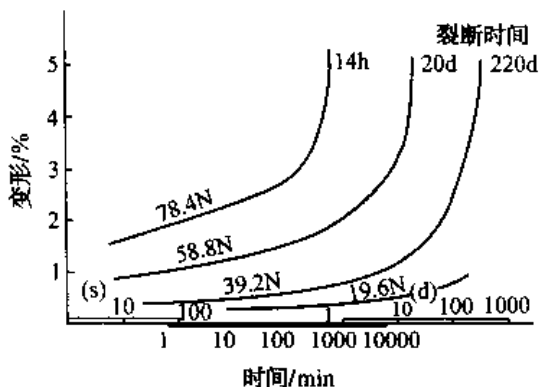


图 3-6 不同负荷下纸张的蠕变

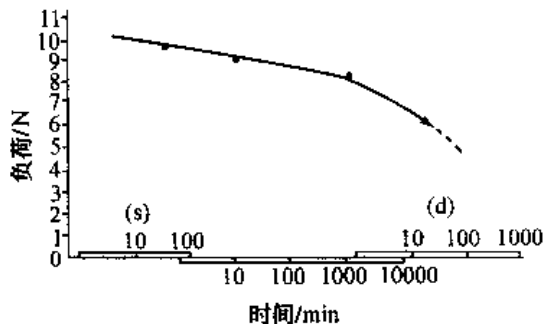


图 3-7 负荷与断裂时间的关系

### (二) 纸张的蠕变特性

连续增加施加于纸条上的质量,并测定纸条的延伸长度(变形),得到一条曲线,在开始的时候,是一条直线(符合虎克定律),然后,转向变形轴的方向变曲。换句话说,纸张在开始时是纯粹的弹性体,在发生了1%~2%的变形以后,开始产生流动性。如果负荷保持不变,纸张无限地流动,直到发生断裂。这种滞延流动,叫做蠕变(Creep)。图3-8表示了一种典型的蠕变。如撤去负荷,纸张会部分恢复其原有形态,但是,仍有部分变形不能恢复,形成了永久变形。变形的恢复可以用两部分来表示,瞬时部分和与时间有关系的部分。用75%磨木浆和25%牛皮木浆制成纸张,其变形恢复情况,表示于图3-9中。有些印刷纸要求变形恢复的比比较大,以保证使用各种印版印刷时,能恢复其原有的状态。

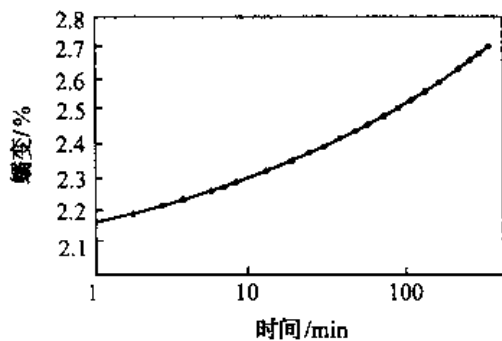


图 3-8 在75%断裂负荷作用下,纸张的蠕变与时间的关系

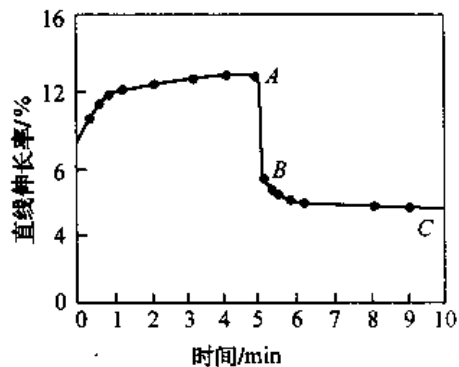


图 3-9 应力(27.5N/cm)作用5min后的变形恢复情况  
A—B是瞬时恢复 B—C是蠕变恢复

如前面指出的,变形速率(Rate of straining)是很重要的,如果纸张变形很快,容易恢复其原有形状(显示真正的弹性)。如果纸张变形缓慢,就易于保持其最后的形状(显示流动性)。

### (三) 纸张的应力松弛特性

如果纸张的变形保持一定,应力将随时间而减少,这种现象称之为应力松弛(Relaxation)。应力松弛是保持纸张在一定伸长情况下所必须的应力递减的结果。这种现象与液

体的触变形(thirotropy)相似。应力松弛速率快的纸张,会更容易使负荷消失,因此,与应力松弛速度慢的纸张相比,更不易断裂。纸袋纸需要有高的松弛速率,以求吸收纸袋在使用过程 中所受的应力,显然松弛速率快和抗张强度小的纸袋纸,比抗张强度大而松弛速率慢的纸张更好使用。在平版印刷机上印刷用的纸张,应有较高的应力松弛速率,以抵抗在印刷时突然发生的应力。近代生产的新闻纸,比过去生产的新闻纸,抗张强度较低。但近代的新闻纸使用情况较好,这是因为有较好的流动性。蠕变纸已有广泛的应用,因为经蠕变的纸抗张强度比未经蠕变的纸小。蠕变处理使纸张更加绵韧,因而能吸收突然的振动,而不致将应力聚于纸上某点。一般应力松弛与时间的关系,在开始时上升较快(直到 5min 后),以后变得较慢。

## 第四节 纸的光学性能

纸的光学性能主要包括白度、不透明度和光泽度等,这些性能决定于照射到纸上的可见光被反射、透射和吸收的情况。纸和纸板的光学性能因受其组成和加工的影响有很大的差异,主要影响因素有浆料的种类和白度,纸浆的处理方法和纸页形成的方法,纸张内所含的胶料、填料、染料及表面涂布、整饰处理等。

为了较深入地认识纸张的光学性能,有必要在了解光和色的本质及其基本特性的基础上,讨论纸张的白度、不透明度和光泽度及其与之相关的因素。

### 一、光和色

光是一种粒子,一种辐射能量。宇宙光谱中肉眼能观察到的是波长在 400~700nm ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ )的部分,称为可见光。波长比 400nm 短的辐射光线称为紫外光,而比 700nm 长的辐射光线被称作红外光。紫外光与红外光肉眼都看不见。

在 400~700nm 波长的可见光区域内,各种波长均有其颜色,如表 3-1 所示。

表 3-1 光的颜色与波长

颜色	紫	蓝	绿	黄	橙	红
波长/nm	400~450	450~500	500~570	570~590	590~610	610~700

可见光的全部构成白色。当白光照射到物体表面时,将部分被吸收、部分被反射,部分可能由物体中透射出去。反射出来的光即在人们眼中反映为物体具有的颜色。白光全部被反射,则物体为纯白;白光全部被吸收,则物体为全黑;白光被全部透射,则物体为无色。如果无光的照射,任何物体均显示不出任何颜色,如照射物体的光不是白色,则肉眼所见到的颜色不能准确反映物体的本来颜色。如米黄色的书皮纸若在月光下观看会被误认为白色。

颜色的全部特征为其色度和亮度的总和。所谓色度,是反射光波长范围及其比例的标志,它反映出颜色的纯正性。如某种物体只反射 400~500nm 的光波,则其呈现纯正的紫色,如果还反射其他可见波长的光波,则呈现不纯正的紫色。所谓亮度,是反射光强度大小的标志,它反映出颜色的浓烈程度。如果某物体反射白光中各色光的 85%~95%,则其亮度较大,但其白色不十分纯正。假如它对可见光中各色的反射率为 80%,则其亮度虽比前



者要小些,但其白色却很纯正。可见,纸张的色度越高越好,而亮度要适当为宜,印刷纸更应如此。

## 二、纸的白度

纸的白度是指纸张的洁白程度。对光的特征的讨论后,知道了物体的白度取决于其对可见光漫反射的总反射率和对各色光反射率的均匀度,而且均匀度往往比总反射率更为重要,也就是,真正的白度是亮度和色度的统一,理想的白色应该是对各种波长的可见光的漫反射率均为 100%。但这种理想的白色实际上不存在。氧化镁粉压成的薄片对可见光的漫反射较接近于这一理想情况,故而以氧化镁作为白度标准。

用光谱紫蓝区上 457nm 的蓝光照射物体时,所测出的光反射率大小与人眼目测白度的高低相关,而且纸张在 457nm 蓝光照射下所表现出的反射能力最敏感。因此,人们常以有效波长为 457nm 的蓝光,在指定的仪器上照射纸面,测出纸相对于完全反射体氧化镁板的反射率来表示纸张的白度。纸张生产和使用中的白度值正是以此为基准来表示。如某种纸对 457nm 蓝光的反射率是氧化镁板反射率的 80%,则称此种纸的白度为 80 度。

纸的白度要与实际用途相关,一般印刷书籍正文的凸版纸、胶印书刊纸等不需要太高的白度,70 度左右为宜。胶版印刷纸和铜版纸须有较高的白度,应在 80 度以上,这样便于保证彩色印刷品颜色鲜艳。

要想提高纸张的白度,最重要的是要选用白度较高的纸浆,即加强对纸浆的漂白。其次是选择好填料,填料比纤维白,就可以冲淡纸浆的黄色色调而明显地提高纸的白度。填料的白度与其种类、等级有较大的差别,填料白度比纸浆越高、加量越大,纸的白度的提高也就越明显。涂布纸的白度,是由原纸的白度、填料的白度以及涂布量来决定。当然,涂布层在完全不透光的情况下,涂布纸的白度不受原纸的影响。然而,涂布层的厚度和透光性决定了它不具备对原纸白度的完全掩盖能力,所以原纸白度也影响涂布纸的白度。

无论是涂布纸还是非涂布纸,都可以采用在纸浆或涂料中添加荧光增白剂来提高纸的白度。由于荧光增白剂可吸收紫外光并从紫外光转为 450nm 的蓝光,从而使蓝光反射率增加,白度值提高。不过,荧光增白剂对白度较低的浆料和涂料的增白效果十分微弱,因为紫外光被颜色较深重的纤维或涂料吸收了,不能转为可见光。

在非涂布纸的生产中,常在加胶、加矾、加填后的纸料中,加入少量的品蓝、湖蓝或品红,以达到显白的目的。在纸浆中加入少量蓝紫色或红蓝色染料,可以吸收 500~600nm 的黄色或橙黄色的光谱,使稍黄色的纸浆黄色消失,甚至略微呈现蓝色或稍微发红。经过这样处理的纸张,用白度计测其白度并没提高,但人眼看起来却显得比较白。这是因为所加染料没有使纸的反射光增强,而是把反射出来的一部分黄光吸收了,因而,当用眼观察时,纸张的白度得到了一定的改善。

测定纸张白度的仪器有 ZBD 型光电白度计和 SBD 型白度仪等。

## 三、不透明度

白纸的不透明度表示纸张对光线透射的抵抗能力。它是决定纸张印刷后发不发生透印的主要因素。对一般印刷纸,其透射可见光的能力较大,也就是不透明程度较小,为了防止发生透印,对纸张的不透明度作出了具体规定。如凸版印刷纸和胶印书刊纸的不透明度均

必须在 70% 以上。由不透明度的基本概念得知,不透明度是透射光线所占照射光线的比来测量和表示的量,故用百分数表示。

在实际中为了测试方便并与印刷相一致,一般采用不同衬底条件下反射线的对比率来测量。即用白度仪在单纸页背衬标准黑筒,测出其反射率  $R_0$ ; 再在单页纸张下垫一叠此种纸,垫到总厚度达到反射因数不再随试片层数增加而提高的程度,测出其反射率  $R_\infty$ ,  $R_0$  与  $R_\infty$  之比率越小,纸张的不透明度就越低。反之,  $R_0$  与  $R_\infty$  的比率越大,纸张的不透明度就越高。

从本质上去认识,支配纸的不透明度的关键因素是纸而对光线的反射和纸层内光线的漫折射与吸收。纸张结构是由纤维、填料、胶料、水、空气等组成的不均一物质,进入纸层内的光线将在这些构成纸的物质的各界面上产生漫反射,在纸内光的漫反射越严重,透过纸页的光量就越少,纸的不透明度就越大。

影响纸张不透明度的具体因素主要有:

#### 1. 定量

在原料配比与制造工艺相同的情况下,纸张定量越大,不透明度越大。定量增大则光的漫反射程度和吸收量都随之增大。对非涂布印刷纸,定量为  $80\text{g}/\text{m}^2$  以上时,不透明度不成问题,但在  $80\text{g}/\text{m}^2$  以下时,随着定量的降低,不透明度也急剧下降。由此可见,对定量较低的印刷纸,尤其要注意不透明度的问题。

#### 2. 紧度

紧度的提高与不透明度的数值约略成反比。因为纸张紧度提高实质上是使纸张纤维与空气的接触面积减少了,而光线只有在纤维-空气界面上才产生散射作用。纤维与纤维接触时不发生光线的散射和反射。纤维与纤维接触的面称为纤维的光学接触面,光学接触面积增加把光吸收了,则不透明度降低。造纸时提高打浆度,提高了纤维间的连结,增加了光的吸收面积,纸就容易透明了。因此打浆度越高的纸不透明度也就越低。

#### 3. 浆料的类别

各种浆料有不同的光线吸收和光线分散的能力,所以对不透明度各有不同的影响。按各种浆料抄纸的不透明度大小排列为:磨木浆、硫酸盐木浆、亚硫酸盐木浆、硫酸盐草浆、亚硫酸盐草浆。同种方法制得的阔叶木浆比针叶木浆不透明度高。

#### 4. 漂白的程度

同样厚度和紧度的纸,一般白度越高,不透明度越低。含木素较高、颜色深暗的新闻纸,其不透明度比较白的凸版纸明显偏高,这是因为白度高的纸对光的吸收性不如白度低的纸对光的吸收性强。

#### 5. 填料

在纸浆中加入矿物填料,是提高纸张不透明度最有效的方法,所加填料越多,越能提高纸的不透明度。因为填料能填充纸张纤维间的缝隙,使光线不易透过,有填料的纸张中有三种界面,纤维-空气,填料-空气和填料-纤维,三种界面对光线的吸收、漫反射,提高了纸张的不透明度。

在填料中,二氧化钛的折光系数最大,它对提高纸的不透明度的作用较明显,所以生产较薄的字典纸时,一般使用二氧化钛做填料。涂布印刷纸表面涂上了一层矿物颜料,通常比非涂布印刷纸的不透明度要高,在涂布用的颜料中如掺一些二氧化钛,其不透明度还可以进

一步提高。

以上是从白纸的角度对不透明度进行说明。在实际中,重要的问题在于印刷后的不透明度,把它称为印刷不透明度。图 3-10 表示了白纸不透明度与印刷不透明度的差异。

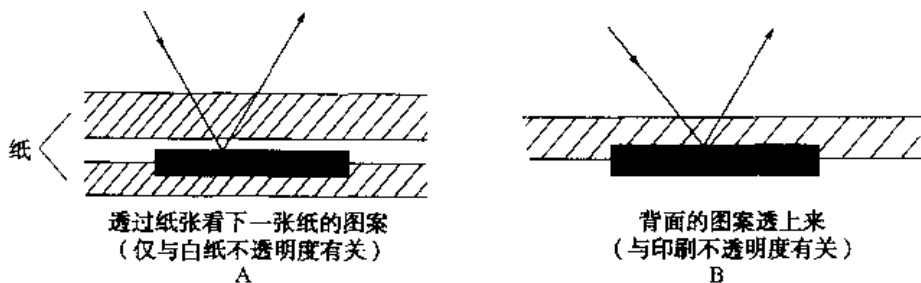


图 3-10 白纸不透明度与印刷不透明度

图 3-10A 表示的下一面纸张上的图像透过一张白纸从上面看见的情形,这表达了白纸的不透明度。如果图像的印刷浓度固定不变,那么纸的不透明度就决定了图像的透过程度。图 3-10B 表示的是纸张背面上的图像,透过纸页从上面所能见到的情形,这便是印刷不透明度。显然印刷的不透明度不仅取决于白纸的不透明度,还取决于油墨向纸内浸透的程度(油墨的性质等,见下一章)。

可见,影响印刷不透明度的主要因素有:白纸的不透明度、油墨向纸张内渗透程度。后者又由纸张对油墨渗透的抵抗性、印刷的压力、油墨的浸透能力等决定。因此,就纸张而言,影响其印刷不透明度的因素是纸张自身的不透明度和对油墨浸透的抵抗性。

对于单面印刷品,只要印刷品上的文字或图像不受另一张上的文字、图像干扰就可以了,所以只要白纸不透明度高就可以,而对于双面印刷品不仅要求承印的纸张具有良好的不透明度,而且还要具有良好的印刷不透明度。

#### 四、光 泽 度

光泽度用来表示纸张的一种表面光学特性,它反映了纸张的光泽和印刷品光彩的质量,也反映了纸张表面显示影像的能力。所以光泽度被定义为纸张表面在反射入射光能力与完全镜面反射光线能力的接近程度。纸张的光泽度越高,其表面越能像镜子似的反射光线,越能造成鲜亮或具有光辉的外观视觉。

前已叙及,当光照射到纸面时,光线将被分为三部分,一部分被反射,另一部分被吸收,还有一部分进入纸中并透射出去。若物体表面像镜面,则光被反射,若物体表面凹凸不平,光扩散反射。多数纸张的表面既非“完全光滑”的镜面,亦非完全“凸凹不平”的散射面,而是介于两者之间,既有镜面反射,又有扩散反射,只不过镜面反射和扩散反射的比例随着纸张品种及纸面光滑度程度不同罢了。

光泽度也分白纸光泽度和印刷光泽度,通常所说的光泽度是指白纸光泽度而言,它是用纸张在一定角度下的镜面反射率与标准黑玻璃在同样角度下的镜面反射率之比表示。即把标准黑玻璃镜面反射率规定为 100%,记 100 度,纸张镜面反射率为标准黑玻璃镜面反射率的百分之多少,就记为多少度。

讨论一下影响纸张光泽度的主要因素:

(1) 影响纸张光泽度的决定因素是纸张的平滑度。纸面凹凸不平,就会把光散射成各个角度表现为低的光泽度;纸面越平滑,反射光的扩散比例就小,光泽度也就会越高。纸张经涂布后涂料的细微粒子填平了原纸表面的凹陷,使纸的平滑度提高了,光泽度自然也就提高了。

(2) 压光会使纸的光泽度产生飞跃性的提高。涂布后的纸张表面平滑度提高了,但纸表面细微凹凸还未达到化学平滑(凹陷间隙还大于 $1/16$ 入射波长),依然使一部分光扩散反射,通过压光处理后,纸张表面细微凹凸更进一步减小,光泽度就随之急剧上升。

(3) 涂布量也严重的影响光泽度。当涂布量低于不足以掩盖原纸面的凹凸不平时,再进行压光也不能使光泽度得到提高。

(4) 油墨影响着印刷光泽度。对同一光泽度的白纸,即使在完全相同的印刷条件下,印刷光泽度有时会有明显差别,甚至光泽度稍低的白纸印刷光泽度反而较高,这是因为影响印刷光泽度的因素,除了白纸的光泽度外,还有纸张对油墨的吸收性。

在白纸光泽度为同一水平情况下,接受油墨渗透越慢,印刷光泽度就高。

一般情况下,纸张的光泽度越高,用其印出的印刷品的光泽度就越高,所以,白纸的光泽度与印刷品的光泽度原则上是统一的。

对印刷纸,光泽度是一项非常重要的质量指标,从一定意义上讲,它决定着印刷品的质量。纸张光泽度由低到高依次为:非涂布纸、轻量涂布纸、美术印刷纸、铸涂纸、蜡光纸。以文字为主的印刷品当中,为了防止眼疲劳以及降低成本等原因,光泽度较低的纸用量大,但以美术印刷图片、商标、装潢等为主的商业性印刷中,为了使成品色泽鲜亮悦目,常需要高光泽度的纸。

## 第五节 纸的化学性质

纸的化学性能主要取决于所用原料的种类、制浆与漂白方法和程度、所添加非纤维成分的类型和数量以及成纸后的加工和处理等。对于复印纸、照相纸、晒图纸等特殊用途的纸,其化学性能较复杂。本节只讨论印刷纸的化学性,重点是纸张的水分、灰分、施胶度、酸碱性和耐久性。

### 一、纸的水分

纸张中的水分由两部分构成:一部分是纸中纤维素自身的水,另一部分是纸张在一定条件下纤维素吸收外界的水。

纸是由纤维、纤维素组成。纤维素的化学式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 其连结单体的方式有氧桥—O—参与。同时分子链上有氢氧根—OH,在浆液中产生氢键,在纤维素中的链状的巨分子束内以H—O—H形式存在。如图3-11所示。

纤维素所处的三维空间内均有一OH,在形成纸张时,每一条纤维间就建立起连续的网般的联结,这就自然地使纸张形成了。见纤维素的氢键结合示意图,这就是纸中自身的水。明显地表现在,当纸烘干时,这些结合在一起的水( $H_2O$ )分子蒸发,面失去 $H_2O$ 的一OH基团则尽量与邻近纤维的一OH基团结合。如纤维素的氢键结合见示意图3-12所示。

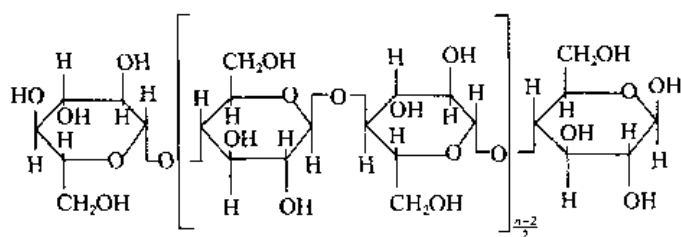


图 3-11 纤维素结构特征示意图

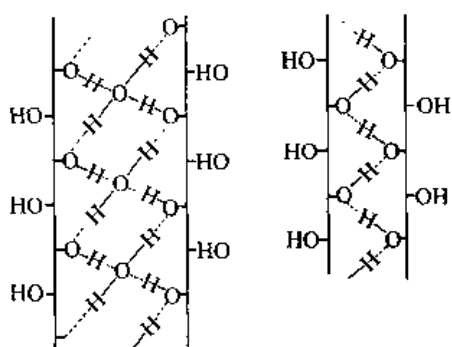


图 3-12 纤维素的氢键示意图

正是由于纤维素的这一特性,使其在造纸工业及印刷事业上有举足轻重的作用。一般印刷纸中水的含量大约在 4%~8% 左右。

纸张从外界吸收水。因纤维素中含有一OH基团,此基团有亲水性,所以纸是一种吸湿的物质。这样纸张的含水量就有一个与空气湿度平衡的问题,这个平衡关系到纸张尺寸和形状的变化,涉及到纸张一系列性能的改变。纤维素间结合的强度随着湿度的增加( $H_2O$ 的增多)而减弱。纸张的脆度、耐折度以及光泽度都减小。纸张水分太低,会发脆,在印刷机上产生过多静电,使油墨难于干燥等等。

所以,纸能从空气中吸收水分,吸收速率取决于空气中水分含量及空气的温度;也能把水分散失到空气中去,失去速率决定于纸张的水分含量及空气中的湿度。当吸湿率和失水速率相同时,处于平衡状态(当然是动态的平衡),纸张的含水量保持不变,此情况下纸张所含的水分叫平衡水分。

纸张在存放中吸湿还是放湿,主要取决于纸张本身的含水量和存放环境的相对湿度。各种纸在不同相对湿度下,都有其相应的平衡水分,同理,在同一相对湿度下,各种纸由于纸质不同也有不同平衡水分值。

几种常用纸在各种相对湿度下的平衡水分表。

从表 3-2 中可看出:在同一相对湿度下,新闻纸的平衡水分高于凸版纸,铜版纸的平衡水分又低于胶版纸。表 3-2 为防止纸张的吸湿或脱湿发生形变提供了参考。如某厂生产的凸版纸在相对湿度 60% 室内存放,其不会发生伸缩变形。为纸张的生产及存放环境提供了依据。

表 3-2 几种常用纸在不同相对湿度下的平衡水分

纸 种	在下列空气相对湿度(%)下纸的平衡量水分/%				
	40	55	65	75	85
新闻纸	7.8	8.6	9.05	10.4	12.2
字典纸	4.6	5.3	6.0	6.5	8.6
凸版纸	6.4	7.0	8.1	8.7	10.5
凹版印刷纸	4.9	5.75	6.25	6.7	8.5
160g/m <sup>2</sup> 书皮纸	7.6	8.9	10.0	10.8	12.5

续表

纸 种	在下列空气相对湿度(%)下纸的平衡量水分/%				
	40	55	65	75	85
120g/m <sup>2</sup> 书皮纸	5.8	6.9	7.8	8.5	9.6
地图纸	5.7	6.7	7.3	8.0	10.1
胶版印刷纸	6.1	6.8	7.5	8.3	9.9
含 25% 磨木浆的胶版纸	—	6.5	7.3	7.9	—
不含磨木浆的胶版纸	—	6.7	7.0	7.5	—
不含磨木浆经表面施胶的胶版纸	—	6.3	6.7	7.3	—
不含磨木浆的涂布纸	—	5.5	5.8	6.5	—

## 二、纸的灰分含量

纸燃烧后会剩下白色的无机残留物,人们称之为灰。纸的灰分含量是指纸与纸板按标准规定的温度灼烧后残渣的质量与原试样绝干质量之比,用百分比表示。

纸中的灰分来自于:填料、涂布用的颜料;纸浆中含有少量的 SiO<sub>2</sub> 等矿物质和灰尘;管道和机械设备的非有机物质。尽管灰分来源是多方面的,主要来源是前两种。

新闻纸的灰分一般在 5% 以下,凸版纸一般含 15%~25% 的灰分,胶印书刊纸含量在 10%~20% 左右,涂布印刷纸的灰分含量为 20%~45% 或者更高些。

在非涂布印刷纸中,灰分主要来源于填料,非涂布纸的许多性能与灰分含量有关,表中所示,非涂布印刷纸灰分与其他性能的关系:

涂布印刷纸的灰分,包括含在纸浆中原纸的灰分和涂布时外加的涂料的灰分两部分。

假如要计算定量为 120g/m<sup>2</sup>、原纸灰分为 10%、涂布量为 30g/m<sup>2</sup>(颜料为涂料的 70%)涂布纸的灰分,可计算如下,见表 3-3。

表 3-3 非涂布印刷纸灰分与其他性能关系

灰分含量	增 加	减 少
各种力学强度	降 低	提 高
紧 度	提 高	降 低
不 透 明 度	上 升	下 降
伸 缩 率	增 大	减 小
表 面 强 度	降 低	提 高
对印版磨损性	增 大	减 小

原纸中的灰分:  $(120 - 30) \times 10\% = 9(\text{g}/\text{m}^2)$

涂层中的灰分:  $30 \times 70\% = 21(\text{g}/\text{m}^2)$

总灰分:  $(9 + 21) \div 120 \times 100\% = 25\%$

就一般涂布印刷纸而言,涂层中的灰分远比原纸中的灰分量高。因此,在产品的定量、原纸的灰分、涂料中颜料的比都一定情况下,总灰分量的增加就意味着涂布量的增加。所以检测涂布印刷纸的灰分,也被用于间接检查涂布量的有效方法。实际中,涂布印刷纸按轻量涂布纸、铜版纸、铸涂涂布纸的顺序,总灰分量在依次增加。不过,单面涂布纸的灰分要比

双面涂布纸的灰分明显偏低。

还应指出,纸张灰分含量仅间接表现了纸张中不燃性物质的多少,但灰分并不等于不燃物的量,因为有些不燃性物质在纸张燃烧时有化学变化,如纸张中的碳酸钙填料在燃烧时分解成氧化钙和二氧化碳,氧化钙可残留在灰分中而二氧化碳则进入了空气中。

### 三、纸的施胶度和对液体的抵抗性

纸和纸板根据其用途不同,要求有一定的憎液性或亲液性,例如包装用纸,就要求憎液性越大越好,以保证被包装物不受潮。吸墨纸和卫生纸要求亲液性越大越好。印刷用纸,其憎液性根据不同品种而异。在造纸过程中,纸和纸板的憎液性一般是过施胶获得的,所以衡量纸和纸板对液体抵抗性(即憎液性)的指标是施胶度。

施胶度是指在纸或纸板中加入或涂上憎水性的胶料而形成对含水液体渗透的抵抗性。但因为能较好地抵抗一种液体渗透未必一定能很好地抵抗另一种液体的渗透,例如虽然松香胶能很好地防止水或酸性液体的渗透,而对防止碱性液体的渗透作用却不大。此外,不同用途的纸,对抵抗液体渗透性的侧重点不同,如书写纸和印刷纸侧重于从表面扩散状况上描述对液体渗透的抵抗性,而钢纸原纸和铜版原纸则不同程度地侧重于用渗透到纸内的液体量来表达对液体渗透的抵抗性。显然这两者是有区别的。

施胶度的取得和提高依赖于在纸浆中加入松香胶、石蜡等憎水性的物质,也常采用在纸面涂上淀粉、聚乙烯醇、动物胶、松香胶、干酪素、豆酪素等混合施胶剂以达到施胶的目的。前者即纸内施胶,一般单纯是为了提高施胶度,后者即表面施胶,往往在力求提高施胶度的同时提高纸的表面强度,甚至以提高纸的表面强度为主要目的。

纸和纸板施胶度的大小,主要取决于施胶剂加入量的大小,施胶剂的类别及施胶方法等,同时也与硫酸铝用量、水的硬度和 pH 值及抄成纸的紧度有关。

印刷纸具有一定的施胶度,首先能使所印制的书籍在阅读加批注时不发生洇水现象。其次是能使纸张在印刷时对油墨的需要量有所降低,同时防止油墨在纸上扩散形成重影或向纸内渗透发生透印。特别是胶版纸和胶印书刊纸,具较高的施胶度和表面强度才能保证纸页对润湿水的抵抗,避免发生掉毛、掉粉。当然,纸张的施胶度也不能太高,否则印刷后的油墨干燥太慢,在高速轮转印刷机上使用的,如新闻纸要特别注意这一点。

纸张具有一定的施胶度,对减小纸张在贮存中因吸湿或脱湿发生变形也有好处,因为施胶度的提高增强了纸张抵抗湿润的能力,并且使纸张吸湿的速度和程度都大大减小。

纸张的施胶度并不是一成不变,当具有一定施胶度的纸张受湿受热后,纸张的施胶度会丧失,这种现象称为脱胶。纸张在制造过程中,如果施胶工艺不当,也易发生脱胶。

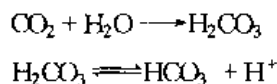
### 四、纸的酸碱性与 pH 值

pH 值表示溶液的酸性或碱性强弱程度的量。溶液的酸性或碱性强弱,取决于溶液中氢离子和氢氧根离子的浓度。pH 值不直接表示氢离子的浓度的值,而是表示负的氢离子浓度的对数,即:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ 。所以,当  $\text{pH} = 5$  时,表示溶液中氢离子的浓度为  $10^{-5} \text{mol/L}$ ,  $\text{pH} = 7$  则表示溶液中氢离子浓度为  $10^{-7} \text{mol/L}$ 。

$\text{pH} = 7$  时,溶液为中性,7 以下为酸性,7 以上为碱性,以上述 pH 值的表示方法可以知道 pH 为 6 比 pH 为 7 的氢离子的浓度高出 10 倍,可见 pH 值每降低 1,氢离子浓度增高 10

倍,酸性就明显增强。

一般情况下,纸张的 pH 值应以中性为宜,但大多数非涂布纸的 pH 在 4.5~7.0 之间,呈弱酸性,涂布印刷纸的 pH 大多在 7~9 之间,呈弱碱性。但无论是涂布纸还是非涂布纸,其 pH 值都随着保存的时间而下降,是由于空气中的二氧化碳与纸中的水分发生作用,生成弱酸所致,即:



纸张的酸性主要是由内部施胶时加到浆料中的明矾所致,同时与残留在浆内的有机酸及漂白残余物等因素有关。但由于碱性填料和颜料的作用,经过颜料涂布的纸张可能有一定的碱性。

纸张的 pH 值对纸张的耐久性(即寿命)影响很大。pH 值越低,纸的退色及强度衰退现象越严重。即纸张的酸性越强,寿命越短。因为在酸性条件下,纤维素、半纤维的降解加剧,但在过高的 pH 值下,也不利于提高纸的寿命,因为纤维素在碱性条件下降解也加快。

纸张的 pH 值对印刷质量也有较大影响。当纸的 pH 值较低时,印刷油墨干燥时间长,因为 $[\text{H}^+]$ (氢离子浓度)过高时,抑制油墨的氧化结膜速度;当 pH 值较高时, $[\text{OH}^-]$ (氢氧根离子浓度)增大了, $[\text{OH}^-]$ 能加快油墨的氧化速度,促进干燥。

纸张用于胶印时,纸张的 pH 值影响着印版液的 pH 值。正常情况下润版液呈弱酸性。当纸张 pH 值大时碱性过强,印刷过程中纸张的碱性物质 $[\text{OH}^-]$ 将不断溶解下来,与润版液中的 $[\text{H}^+]$ 发生中和,即 $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$ ,使润版液的 pH 值增大,且使润版液不断变稀(因为有水不断产生),从而影响油墨正常转移,造成油墨颜色不鲜艳,印品光泽度下降;当纸张酸性过强,pH 值较小时,印刷中会进一步降低润版液的 pH 值, $[\text{H}^+]$ 增多,则与油墨中的干燥剂的多价金属作用,生成不溶于油的产物,使氧化结膜受到影响,减小了油墨干燥速度,造成印品干燥不良和背面粘脏。而且又使印版腐蚀加快,降低了印版的耐印率,严重时发生蚀版现象,使印版网点遭到破坏,影响印品层次。

除了一般印刷之外,如果用 pH 值低的纸进行烫金印刷或用金粉油墨印刷,则印后一段时间金字易变色。因为纸张中的 $\text{H}^+$ 转移到金字面上而使金字腐蚀了。印品成叠时,当另一张的反面与印刷面相接触时,变色尤为明显。

因此,纸张在生产中要努力控制 pH 值,使其适当,印制过程中,注意纸张的 pH 值范围,根据纸张的 pH 值范围,选与其适应的润版液、油墨及工艺流程。

## 五、纸的耐久性

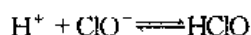
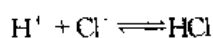
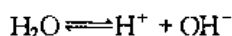
众所周知,主要由木浆生产的新闻纸印成的报纸,很快就变黄、发脆,甚至经过一年左右时间,其纸主要性质就会发生很大的衰变——老化得非常迅速。而驰名中外的中国宣纸,则有着“纸寿千年”美誉。可见造纸用的纤维素的质量、种类是决定纸的耐久性的重要因素之一。

从棉花、亚麻、檀皮等得来的纤维,可用制造耐久性好的纸的原料,因这些原料制得的纸浆纤维素含量高,且纤维素聚合度也高。草浆则相反,所以草浆不宜用于制造耐久性好的纸。



纸浆中残余木素含量和浆料的洗净程度、漂白的段数和方法,都明显地影响纸白度的稳定性,新闻纸之所以返黄迅速,主要原因是所使用的磨木浆没有脱除木材原料中的木素,而且一般不经过漂白或仅进行单段过氧化氢漂白。

纸的 pH 值是影响其耐久性的最重要的因素。如果纸的 pH 值低,则纸中过高的酸性加速纤维素的降解。在酸性纸中,氢离子促使纤维素大分子的“氧桥”断裂,促进纤维素产生水解反应和氧化作用,且这些作用均较强烈。纸张的酸性有多种来源,但最主要来源于施胶所用的明矾,明矾水解导致形成硫酸。所以,要求耐久性较高的档案文献纸采用不加明矾的中性施胶法。纸中酸性的来源还有制浆和漂白:亚硫酸盐纸浆所抄的纸,因为 pH 值低和酸性蒸煮条件下对纤维的特殊作用,故耐久性不如硫酸盐浆所抄造的纸;如果漂白終了,纸浆中残氯含量较高,则纸浆中的  $\text{Cl}^-$  与  $\text{H}_2\text{O}$  作用产生盐酸和次氯酸:



从而使  $[\text{H}^+]$  增大,纸张的 pH 值降低而导致纸的耐久性下降。

纸中添加物质的存在,如各种胶料、填料、颜料以及其他各种添加剂,也在一定程度上影响纸的化学稳定性和耐久性。制浆造纸过程中各工艺处理的强弱程度,如蒸煮温度和时间、干燥温度和时间,也会影响纸的耐久性。宣纸之所以耐久性很好,就是因为它在原料、pH 值以及上述各方面都具有特别的优势。

所以,常用纸张返黄的速度和耐折度下降的速度表示老化程度,并以返黄到一定程度或耐折度下降到一定程度所用的时间表示纸张的耐久性。

纸及纸质印刷品的实用寿命与贮存的条件有关。一般以温度  $14 \sim 25^\circ\text{C}$  为宜。偏高,使纸中少量的化学物质对纤维素破坏作用加大,过低,则纸张中水分冻结,使纸的内部结构遭破坏。相对湿度一般应为  $45\% \sim 55\%$ ,这样既与纸的水分平衡条件相适应,也能有效地防止有害生物繁殖。一般要减少和防止光照,避免纤维素的光氧化作用和其他成分的氧化变色。特别要防止  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{NO}_2$  等有害气体和灰尘,因为它们易与纸中的水分作用产生酸。

## 第六节 常见纸病及处理

凡不包括在纸张质量技术要求范围内的纸张缺陷可称为纸病。作为印刷材料中最常见的承印物——纸张,除了要了解它的制造过程及性能外,更有必要知道它的一些缺陷以及给印刷上带来的弊端。

纸张的外观纸病较多,有尘埃、斑点、网痕、毛毯痕、“云彩花”、皱纹、褶子、透明点、湿斑、洞眼、疤痕、硬质块及定量不均、匀度不良等。这些外观纸病,有的是由抄纸前纸料中带入,有的是抄纸过程中技术操作不良或设备不佳造成,有的由厂内环境卫生及保管不善引起。

### 一、纸张定量的波动与纸幅定量不均

定量不均不但本身是一种纸病,而且会导致许多其他纸病,如匀度不良、厚度不均、紧

度、水分及机械强度不一致,还会引起粘辊、断头等停机故障。

纸张定量不均包括两方面:一是纸张定量的波动,另一是纸幅定量不均。

所谓纸张定量的波动,是指沿着纸机运行方向(纸的纵向)的定量波动。定量波动有两种情况,一种是周期性的瞬间波动,这种波动的频率较高,波动幅度较小。另一种是不定时发生的波动,它间隔的时间较长,无规律,但幅度往往较大,时间持续较长。

产生两种波动的主要原因有:

- (1) 原浆浓度发生变化引起成浆浓度波动。
- (2) 打浆机放浆操作不当和成浆池搅拌不良。
- (3) 成浆中混入的空气“顶住”了纸料。
- (4) 纸机车速发生了变化。

所谓纸幅定量不均,是指沿纸机宽幅方向的定量不一致。即纸幅半边厚半边薄或一道厚一道薄。产生纸幅定量不均的主要原因有:

- (1) 纸料在流浆箱内的整个幅宽上各点的流速不一致。
- (2) 上浆唇板的开度不均或唇板有缺陷。
- (3) 定边器引起网上纸料的“折楞”。
- (4) 造纸网纵向有凹凸的沟梁。

无论是纵向定量波动还是横幅定量不均的纸张,对其印刷使用都有妨碍及危害。横向定量不均将引起印刷压力不均,造成着墨不匀和网点还原不一致的缺陷。纵向定量波动除了有与横向定量不均的弊病外,还会导致印刷滚筒之间互相冲击,影响机械和印版的使用寿命。

## 二、匀度不良

匀度的概念和对印刷的影响前章已讨论过。下面仅讨论一下匀度不良的主要现象和发生原因。

(1) 团状组织:纤维互相絮聚呈团形,无规则分布在纸中。团状组织上纸层较厚,透光弱在团状组织间纸层较薄、透光强烈。

形成团状组织的主要原因有三。第一,对纤维较长的浆料打浆不足;第二,上网前纸料的浓度太高;第三,纸机的有关网案振动所致。

(2) 纤维组织脱节:指纸机运行方向纤维交织不良。表现为许多横向、长短不一的透光隙缝分布在成纸的纸幅上。

(3) 波浪状的纤维组织:指在成纸的横向沿幅宽出现一道道弯曲的像波浪状的加厚层。这种匀度不良现象由于上网时浆速太快,喷上网的浆流向了前面已形成的湿纸层所致。

(4) 浆道子:是指纸幅上的纵向条状浆痕。这些条状浆痕实质就是较厚的浆层。浆道子和横幅定量不均相类似,只是浆道子的规模和程度较小。

(5) “云彩花”:又叫云状组织,它是指透光看时,纤维如云彩似的一朵一朵地分布在纸页中。主要是由于上网纸料的水量过大不均匀形成的。

当然,纸张还有其他一些纸病,可参见有关资料。

### 三、纸张含水量的变化

前面已经讨论了纸的水分,下面在此基础上谈谈纸张含水量的变化情况,进一步了解纸张的印刷作业适性。

纸张吸水的内因条件:

纸张的主要成分是天然植物纤维,经过各种处理制成纸的植物纤维,其细胞壁包含着纤维素、半纤维素和木素成分,其中主要是纤维素。纤维素为 C、H、O 元素构成,其通式为  $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。从其结构式可见每一个聚合单体中均含多个羟基(—OH)。半纤维素也是碳水化合物,也同样含多个羟基。羟基有极性,故对水有很强的极性吸附作用。另外,纸张中纤维与纤维间、纤维与填料间有很多间隙,它们相当于许多毛细孔。纤维还都有胞腔,这些胞腔和毛细孔对水有毛细吸附作用。

纸张的这种极性吸附作用和毛细吸附作用决定了纸张不仅与水接触时吸收大量水分,而且还从潮湿的空气中吸收水分。同理,纸张也向干燥的空气中脱水。

关于纸张直接吸收水分,涉及到吸收能力和吸收速度。

吸收能力是单位质量的纸张,在一定条件下能吸收水的最多量。通常纸的组织结构越疏松,吸水的能力越大;在相同疏松程度下,纸张中含填料、胶料等非植物纤维的量越大,吸水能力越小。一般新闻纸、凸版纸比胶版纸的吸水能力强,胶版纸比铜版纸的吸水能力强。

不同的纸张,在同样条件下,吸收同量的水分,吸水能力大的纸张变形小,吸水能力小的纸张变形较大。

吸收速度是在一定条件下纸张对水吸收的快慢。纸张的吸水速度取决于纸张表面物质及它们与纤维素间的化学极性,同时与纸的紧度密切相关。经过内部表面都施胶的纸,比未施胶的纸吸水速度就慢,紧度较大的比紧度较小的纸吸水速度慢。当然,吸水速度也与纸张原始含湿量有关,绝干纸比有一定湿含量的纸吸水速度低。

吸水速度与纸的部位、方向亦有关。一般纸张表层吸水速度大于内部,平面方向上的吸收速度大于在厚度上的吸收速度;在纵向上的吸收速度大于横向上的吸收速度。

吸收速度高的纸张在印刷时与润版液接触后伸缩和变形发生较快,但有利于油墨快速干燥。

了解纸张吸水性的特征,有助于研究和分析胶印中纸张受润版液影响而表现的各种行为。

### 四、平衡吸水与脱湿

各种印刷纸均含不同量的水分。纸张含水量的多少随着周围空气的相对湿度和湿度的变化而异。

某一含水量的纸张,当其在一定的温度、相对湿度的空气中时,它就会从空气中吸收水分或向空气中脱湿直到纸张达到恒定质量为止,即达到纸中水分的水蒸气压力和空气中的水蒸气压力相等的平衡状态。此时纸张不再从空气中吸入水分,也不再向空气中脱出水分,也就是纸张吸收水分和脱出水分的速度相等。此种状况下纸中的含水量称为该纸在该温度、湿度下的平衡水分量。可见图 3-13。

纸张的平衡水分有三个规律。

首先,纸张的平衡水分来源于纸张的性质。即在同一相对湿度,纸质不同,平衡水分也不同。从图 3-13 中,未加辅料的纸在各种湿度下的平衡水分较高。

其次,纸张的平衡水分在同一相对湿度下随着温度的升高而减小。近似成直线。图 3-14 表示了相对湿度保持在 45% 时,温度从 18℃ 变化至 48℃,胶版印刷纸平衡水分的变化。湿度变化 15° 左右,纸的平衡水分约为 0.5%。但在套印中,要求纸的含量水量变化不要超过  $\pm 0.1\%$ , 否则影响套印准确性。因此,大型彩印车间在控制相对湿度的同时,必须控制温度,温度变化最好不要超过  $\pm 3\text{℃}$ 。

最后,空气的相对湿度对纸张的平衡水分起着主导作用,纸张在某一相对湿度下的平衡水分还与其达到平衡的行程——吸湿还是脱湿有关。

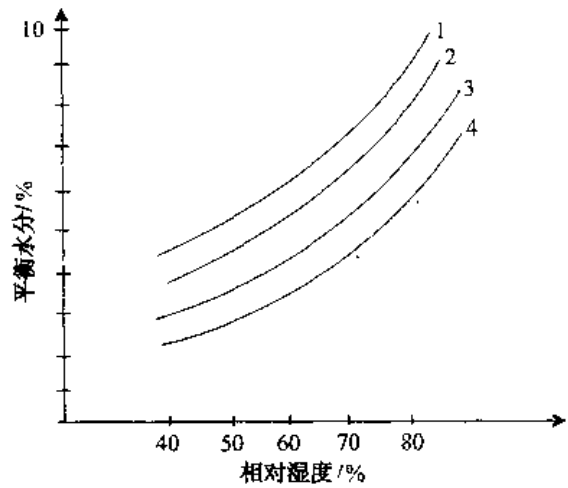


图 3-13 纸的平衡水分  
1—未加辅料 2—胶版纸 3—135g/m<sup>2</sup> 铜版纸  
4—73g/m<sup>2</sup> 铜版纸

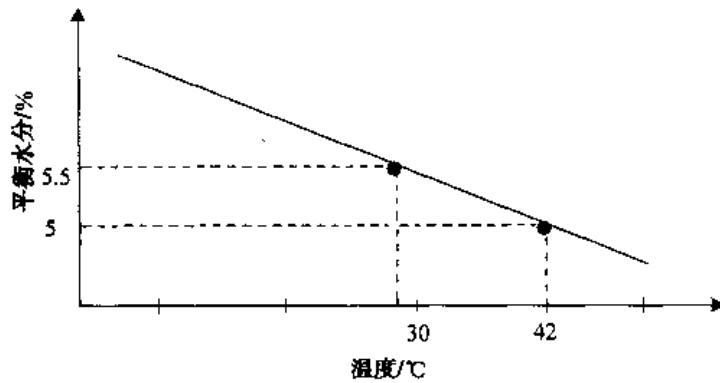


图 3-14 纸张含水量与空气相对湿度的关系

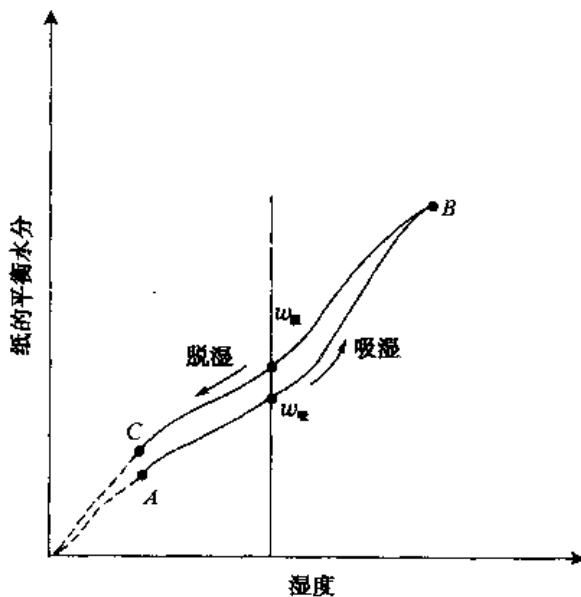


图 3-15 纸的平衡吸湿与脱湿示意图

下面讨论纸张吸湿、脱湿相关的一种现象——吸湿滞后效应。

人们对一定含水量的纸在一定温度下进行平衡水分的研究,绘制成图,纸张含水量(平衡水分)与空气相对湿度的关系如图 3-15 所示,把处于 A 点状态下的纸,逐渐增加其相对湿度得出曲线 AB,然后逐渐降低其相对湿度,同样测出与各湿度相对应的纸的平衡水分,绘制出曲线 BC。如果用不含水分的纸做实验即得到包括虚线部分的曲线。

分析图 3-15 所示的曲线,纸张平衡水分与相对湿度的关系,可得出两点结论:

第一,在一定的温度下,纸张的平衡水

分随着相对湿度的增加而增加,但不是直线关系,而是呈S形。高湿度时,相对湿度变化引起含水量的变化率要比中湿度时中湿对湿度变化引起含水量的变化率大得多。就是在高湿度条件下,较小的湿度变化就会引起纸张较大的水分变化和变形。在低湿度下,也有类似情况。而在中湿度条件下,相对湿度的变化对纸张含水量的变化率不太敏感。因此,印刷在中等湿度条件下进行比较适宜。

第二,在等空气湿度下, $w_{\text{脱}} > w_{\text{吸}}$ ,可见,纸张在一定相对湿度下由低水分吸湿而达到平衡时的含水量比在同样相对湿度下由高水分脱湿而达到平衡时的水分含量低,这种现象称为纸张的吸湿滞后效应。

吸湿滞后效应说明了,在某一相对湿度下达到平衡水分的纸张,如果在高湿度中吸湿后重新回到原相对湿度中,平衡水分比原来将有所增加。在某一相对湿度下达到平衡的纸张,如果在干燥环境中脱湿后重新回到原来的相对湿度中,平衡后的含水量将比原来的水分有所减少。要想使纸张的含水量和原来一致,则必须以“矫往过正”的方式得以实现。

以上分析了纸张本质、环境温度、相对湿度对纸张平衡水分的影响,现简略讨论纸张达到平衡水分所需要的时间。

纸的脱湿和吸湿都需要时间。一般脱湿速度比吸湿速度慢得多。不过,无论吸湿还是脱湿,开始的速度都比较快,越接近平衡就越慢,达到完全平衡需要较长时间。吸湿和脱湿速度都受纸质影响,疏松的纸吸湿、脱湿都比致密的纸要快一些。吸、脱湿的速度还与环境有关,尤其脱湿,环境中空气流动性对脱湿速度影响更大。

各种纸因定量、紧度、施胶度、填料不同,则平衡时间不同、平衡水分也不同。在标准湿、温度下,单张卷烟纸处理35min即可达到平衡,平衡水分为5.82%,各种印刷纸一般需处理2~4h方可达到平衡,平衡水分大多在5%~8%之间。

## 第七节 纸张的吸湿变形

纸张吸水后纤维润胀伸展、干燥脱水后又发生收缩,加之水分在纤维之间的渗透或失去,能使纤维间的结合变得紧密或松弛。所以吸湿和脱湿必然引起纸张的尺寸发生变化。这种变化通常称为纸张的吸湿变形。这种吸湿变形对其印刷有很大影响,特别是多色胶印,即使车间的温、湿度可以调整,也会因润版液的使用导致每印一色纸张的含水量都有所增加,给严格的套印精度带来一定困难,因此有必要研究纸张吸湿变形的规律和特征。

(1) 纸张吸湿变形的程度。人们对纸张随相对湿度变化引起纸张变形进行实测,其结果如图3-16所示。从图中看出相对湿度与纸张变形程度(伸长率)近似呈直线关系,而且由于相对湿度变化与含水量的变化之间存在着滞后效应,所以纸张变形也与相对湿度变化存在滞后效应。该图所表达的相对湿度与纸张伸缩率的关系,实质上揭示了纸张含水量与伸缩率的关系。

(2) 纸张吸湿变形的特性。纸张吸湿变形影响印刷中套印的准确性,仅仅认识纸张吸湿变形的大小是不够的,还必须掌握纸张吸湿变形的特征。

纸张吸湿变形主要有两个特征:

第一,方向性。纸张吸湿变形在纵向与横向上不一致,横向伸缩率大于纵向伸缩率。纸

的伸缩是由于纤维(单纤维)的伸缩而产生的。而单纤维在长度方向的伸缩比宽度方向的伸缩小。如图 3-17 所示,单纤维吸湿其长度和宽度的伸长率。单纤维在横向伸缩相当于其在纵向伸缩的 20 倍左右。这是因为纸张中纤维顺着纵向排列的数量多的缘故。由于各种因素的影响,在形成纸张以后,纸张纵横方向伸缩的比的差距不像单根纤维纵横的差距那么大,有人以相对湿度由 50% 变为 60% 为例测得纵向变化为 0.03%, 横向变化为 0.07%, 可见纸张纵横伸缩之比为 3:7 上下。这一比说明了纸张在横向上吸湿变形较纵向上大,也就是纸张吸湿变形的方向性。

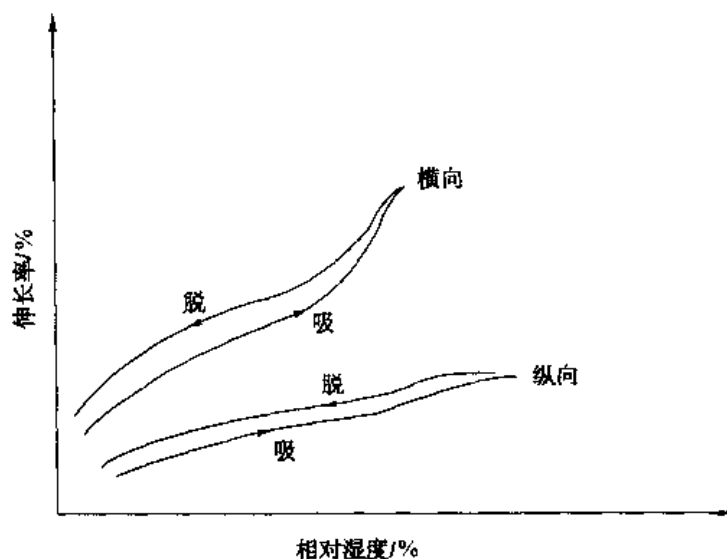


图 3-16 相对湿度与纸张伸长率示意图

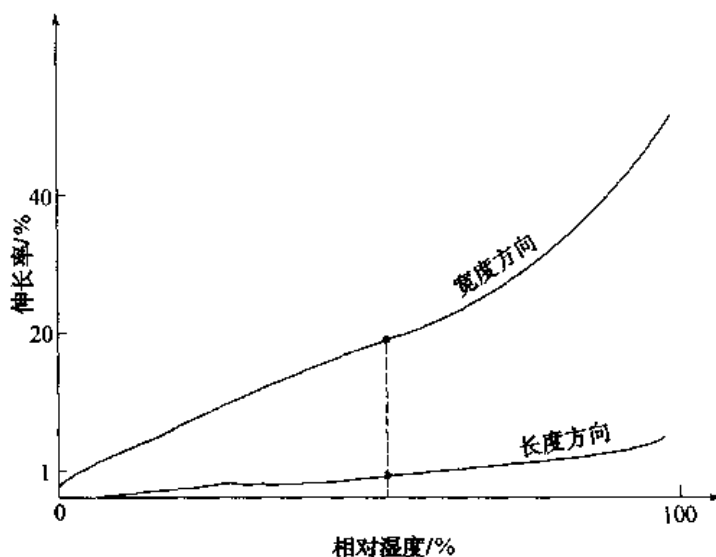


图 3-17 单根纤维吸湿变形示意图

第二,两面性。经过观察测试,纸张在吸湿时正、反两面膨胀伸长不一致。在日常生活中,纸如果吸湿,反面伸长比正面要大,表现为纸张向正面卷曲;如果脱湿,反面的缩短比正面的要大,表现为纸张向反面卷曲。无论向那一面卷曲,总是以纸张的纵纹方向为轴。纸张直接被水浸润时,也存在着这种两面性。这种两面性产生的主要原因是纤维在纸张正、反两

面定向排列的程度所致。因此在抄纸过程中努力使正、反两面纤维排列相近,也就改善了纸张的性能。

纸张的调湿方法有两种。一种自然调湿法,另一种叫强制调湿法。自然调湿法是用吊钩将叠好的纸吊挂起来,经过两天左右使纸的湿度与室内湿度趋于平衡,这种方法俗称“吊挂干燥”。这种吊挂干燥,实际上是让纸吸湿的情况更多一些。直接在印刷车间进行调湿处理的,基本都属于这种自然调湿。

强制调湿法是在调湿机内把纸吊起来,用比室内高的温度及湿度,在短时间内(几十分钟到几小时)调湿完毕。这种方法可能使纸张在调湿机内还未达到平衡水量,但已达到或超过印刷车间条件下的平衡水量,所用时间缩短。这种调湿方法可使调湿机内湿度反复变化,从而使纸张随着调湿机内湿度的变化反复伸缩,达到使纸张尺寸的稳定性逐步得到改善,对湿度和水分的变化不再敏感。

尽管调湿的方法主要有两种,但具体调湿方法和调湿行程却各式各样,为了探讨调湿的最佳方案,现对经过不同调湿处理的纸在多色胶印中含水量的变化分析如图 3-18。

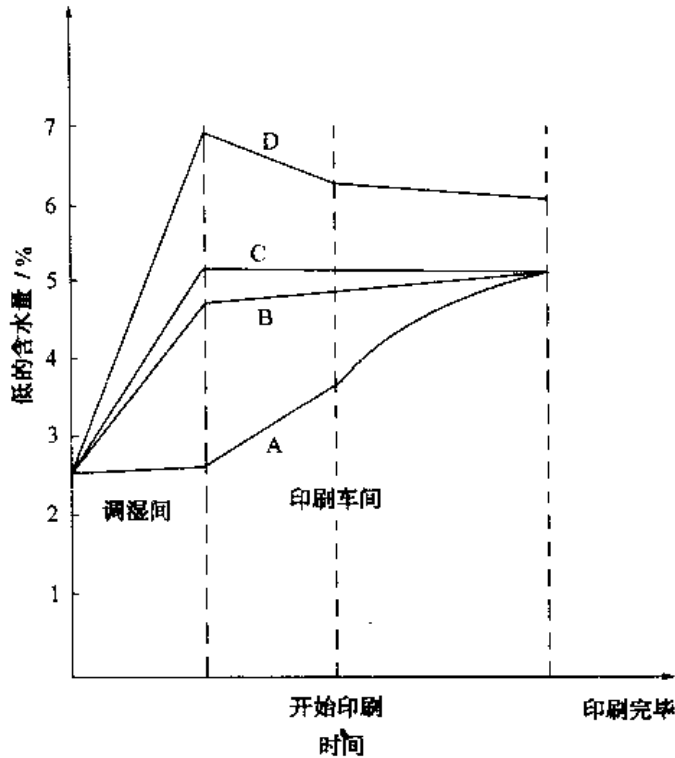


图 3-18 纸张在印刷过程中含水量的变化示意图

图中所示,印刷车间的相对湿度为 45%,试验用纸在未经调湿处理以前其含水量为 2.5%,如果将其直接用于多色胶印,其含量的变化如图中 A 曲线所示:由于车间相对湿度较高,纸张在车间达印刷前吸湿,含水量达到 3.5%左右。印刷开始后,由于润版液的作用,每印一色,纸张的含水量就增加一次。相应地每印一色,纸张的尺寸都有伸长,这样就增加了套印不准的可能性。

曲线 B 表示在温、湿度与印刷车间相同的调湿间(或直接在印刷车间内进行吊晾)处理后的纸张,在多色胶印过程中纸张含水量的变化情况。如图所示,因纸张含水量与车间湿度

平衡,纸张在车间开始印刷前含水量不再变化,但在印刷过程中含水量将有所增加,相应地纸张尺寸也就变化,只不过变化率比曲线 A 所示的低得多。

曲线 C 表示在相对湿度比车间相对湿度 45% 高 8% 的晾纸车间(即 53%)进行吊晾后的纸张在印刷过程中含水量的变化情况。尽管纸张含水量比在 45% 相对湿度下的平衡水分高,但因滞后效应作用,纸张在车间到印刷开始时含水量不变,在多次印刷过程中,纸张的含水量也基本不变,从而使纸张尺寸较稳定,变形较小。

曲线 D 是曾在相对湿度为 65% 的环境下调湿过,其含水量为 7% 的纸张,置于比印刷车间的相对湿度高 8% 的晾纸间(即 53%)进行吊晾后,进入多色胶印时其含水量的变化曲线,因纸张含水量高,所以在第二次调湿和到达印刷前均有脱湿现象,使纸张的含水量有所下降。但在印刷过程中,含水量的稳定性很好。

对以上四条曲线分析,C、D 两种在印刷过程中含水量变化小,使纸张尺寸较稳定,不易变形。因为纸张在高出印刷车间的相对湿度下晾纸,使其含水量较高。这种相对于车间湿度含水量较高的纸张,在印刷时向车间散失一部分水,又在胶印过程中吸收一部分润版液。由于两者量都不大,得失相抵,使纸张含水量的变化基本处于滞后效应范围以内,所以,印刷纸中纸的水分基本不变,尺寸较稳定,套印易准确。

曲线 B 所示的调湿方法不理想。

所以掌握各种不同含水量的纸张在不同相对湿度车间使用,并找出最佳调湿方案是印刷质量的关键。

### 复习思考题

1. 图示说明纸张各个方向上的抗张强度和伸缩率。
2. 图示说明纸张抗张能量吸收情况。
3. 说明纸张表面的 pH 值与其印刷适性的关系。
4. 说明纸张吸湿变形的特征。
5. 说明印刷车间对纸张调湿的最佳方案。



## 第四章 其他承印材料

在过去,除纸张以外的承印材料主要是玻璃纸。进入 20 世纪 50 年代以后,塑料工业的迅速发展,各种新型塑料在包装及建筑装饰等领域的应用不断增加,使塑料已成为除纸张之外使用最多的承印材料。除此之外,铝箔、铁皮及合成纸在承印材料中也占有一定的比例。这些材料与纸张相比较的最大特点是,它们大都具有非吸收性或低吸收性的表面,因而在这些材料表面进行印刷要解决的两个关键问题是油墨的附着和油墨的干燥问题。目前选用的印刷方式主要是油墨选择范围较宽的凹版印刷、丝网印刷和柔性凸版印刷,而且在印刷之前也大都要进行表面处理。

### 第一节 合成纸与玻璃纸

所谓合成纸,简单说来是以合成高分子物质为主体,具有类似纸的外观性质而且易于印刷的平面材料。这个概念在纸浆和印刷界使用已有多年。与用纤维素制造的天然纸相比,合成纸的数量还较少,但仍是一种有发展前途的承印材料。

到目前为止,合成纸多是用合成纤维代替纤维素纤维抄造的,最初是由聚苯乙烯等的发泡塑料制成薄片、薄膜状材料,具有纸张的性质,经过不断改进,出现了用所谓合成纸浆制得的产品。

当然,现在的印刷法是按照天然纸所具有的性质去设想、去改进的,与此相适应,纸张本身也在进步。现在的合成纸所用的合成高分子材料多种多样,国际市场上销售的产品也种类繁多,制造方法也不同,但都是为使之适合目前方法设计的。具体来说,就是让它易于用胶版或凸版方式印刷。如果在不久的将来印刷方式有所变化,合成纸也要与之相应地有所改变。

#### 一、合成纸应具备的特性

作为印刷材料用的合成纸应具备以下特性:

##### 1. 外观

除特殊情况外,应具有白而不透明的外观。木材纸浆经过药品处理,在付出利用率低、纤维素分子量减少等损失后才得到白纸。而合成纸做成白而不透明是很容易的。即经过白色填料充填或设计发泡层、多孔层,不仅能得到高白度,而且得到的是比天然纸纯度还要高的白色成品。同时不透明度也可以通过改变上述处理条件而有所变化。

##### 2. 印刷作业适性(即印刷运行适性)

(1) 静电。用单张纸印刷机印刷时,常有静电发生而造成故障,因此必须进行防静电处理。在冬季低湿度的情况下,一般承印材料都会经常产生静电,所以使用易于带电的合成高分子做原料制成的纸张时,更应充分注意。

防止静电的方法,是添加或涂覆防静电剂,但如果使用过量或选择错误,就会产生下述

不良影响。首先会在书写时发生渗印;在胶版印刷时发生糊版;甚至成为油墨变色的原因。此外,添加的防静电剂应具有--定时期的稳定性,否则会在表面挥发失去作用。

(2) 硬度。众所周知,纤维素是由极硬的分子骨架为基本结构的。与此相反,做为合成纸原料使用的聚合物都是柔软的,因此,一般的薄膜和同样厚度的天然纸相比,硬度小。

合成纸使用的聚合物若按杨氏模量高低排列的话,聚苯乙烯和聚氯乙烯几乎相同,其次是聚丙烯,最小的是聚乙烯。在制做薄膜时,其硬度达不到要求,应采取措施加以提高。

即使采用杨氏模量高的树脂或进行延伸和填料充填,生产的合成纸的硬度还是要比天然纸差。

(3) 尺寸稳定性。任何一种合成纸,对于湿度变化的尺寸稳定性,都要比天然纸优越得多,几乎没有伸缩。因此不需要调节印刷车间的湿度,甚至不需要在印刷前晾纸。

但是,一般说来,塑料与其他材料相比,热膨胀率大。但尽管如此,在没有温度调节的印刷车间,如果有 10℃ 的温度变化,则其伸缩率可计为 0.05%~0.3%。从相对湿度 60% 左右的标准状态到 ±30% 左右的湿度变动所产生的伸缩,铜版纸大约是 0.5%~0.9%;玻璃纤维混抄纸约是 0.15%~0.3%。和这个数值比较,可以看出,合成纸因温度变化产生的尺寸变化是在允许范围之内。

在尺寸稳定性方面应该注意的是它对于印刷动态张力的阻力比天然纸小,容易延伸。现在市场上销售的合成纸均采用了一定的方法,改善其尺寸稳定性。但这样也仅能满足一般印刷的要求,像立体印刷那类高精度印刷,合成纸还不能达到令人满意的结果。

(4) 平整性。天然纸、合成纸无一例外,如果纸表面呈严重波纹状变形,通过印刷滚筒时就会发生套印不准,甚至发生折皱而造成大故障。

天然纸的波纹状态可以通过晾纸恢复正常,但合成纸不是因湿度变化而产生伸缩,不能用这种方法校正。合成纸的波纹主要来源于复卷张力不均匀产生的材料蠕变,所以只要注意复卷方法就能防止这种现象的发生。

### 3. 纸化处理

天然纸的表面具有一定的吸收性,油墨印在纸张表面后,一部分组分能立即渗入纸张孔隙中,进而固化。对于合成纸要使其表面也具有吸收油墨的性能,必须进行纸化处理。处理方法主要有如下几种:

(1) 填料充填。二氧化钛、碳酸钙等填料本身对印刷油墨的受容性很强,但只加入 20%~30% 左右的填料,并不能获得渗透性,因为这时,聚合物覆盖在填料的周围,不存在足够的毛细管。只有加入足够含量的填料或用溶剂洗掉表面层,露出填料,才可获得一定的渗透性。

(2) 充填填料和延伸并用。延展含有大量填料的聚烯烃薄膜,就会产生微细裂纹。有助于油墨的渗透。

(3) 颜料涂覆。把粘土、二氧化钛、碳酸钙等和粘合剂一起涂覆在合成纸表面,原理和天然纸中的铜版纸、涂料纸相同。用这种方法,不仅能得到和天然纸同样的渗透性,而且平滑性也极好,能得到超过天然纸的油墨受容性和印刷效果。

除上述方法外,纸化处理还包括发泡单元破坏法、药物处理法等。

此外,与印刷油墨有关的性能还有表面强度和油墨的转移性。关于前者,因为薄膜内部结合力大,几乎没有像天然纸那样的拉毛故障;后者则因为表面平滑性、压缩性及其他因素

互相关连,不能一概而论,故这里略去。

## 二、合成纸的发展方向

目前合成纸的印刷,多采用普通规格的单张双色机印刷。但是为了适应印刷大型化、自动化、多色化的发展趋势,合成纸应向降低成本、增大幅面、提高印刷适应性的方向发展。

具体来说,如用四色机印刷双全张尺寸的印刷品,就要求合成纸有更大强度,油墨转移到纸张后的固着、干燥速度要快,同时具有卷筒纸印刷即轮转胶印的印刷适性。为此,必须提高耐热性和对于外力的尺寸稳定性。

## 三、玻璃纸

玻璃纸(cellophane paper)是利用亚硫酸盐纸浆为原料,经各种化学处理制得的透明纸,是最早用于商品包装的透明材料之一。玻璃纸有如下特点:

- (1) 透明度高。
- (2) 薄膜本身有较高的光泽。
- (3) 化学性能为中性,不带电性,不吸尘埃。
- (4) 气体的渗透率低。
- (5) 抗油、酸、碱性较强。
- (6) 印刷效果好。
- (7) 价格较低廉。

玻璃纸最大的缺点是吸湿性强,因此,为了尽量防止玻璃纸吸湿形变,通常在玻璃纸的表面涂以防湿剂,这类纸称之为防湿玻璃纸。涂布的防湿剂有聚氯乙烯和硝化纤维素。对玻璃纸进行防湿处理,除能增加其防湿性外,还能增加其作为包装材料的热封性能。近年来,由于玻璃纸在环保方面具有其他塑料薄膜所不具有的优点而受到重视,市场需求量在逐年增加。

玻璃纸印刷方式有凹版、柔性凸版、凸版三种。其中,凹版可用多色轮转印刷,适合印刷高级印品。在印刷运行性方面,所有玻璃纸的共同之处是,因吸湿而产生伸缩,印刷时因张力而伸长。所以在玻璃纸印刷时,要充分注意薄膜的伸缩问题,适当调整印刷环境湿度及印刷张力。

印刷在玻璃纸上的油墨虽没有印刷在普通纸上的油墨附着牢固,但印刷效果却相当优越。按涂聚氯乙烯防湿玻璃纸、普通玻璃纸、涂蜡克防湿玻璃纸的顺序,印刷效果依次降低。涂聚氯乙烯的防湿玻璃纸对油墨的附着力强于普通玻璃纸,但有容易粘页的缺点。另外,玻璃纸用印刷油墨要根据最终用途来选择。

## 第二节 塑料合成类承印材料

塑料是以合成的或天然的高分子化合物为基本成分,在加工过程中可塑制成型,而产品最后能保持形状不变的材料。塑料的主要组成是合成树脂。有些合成树脂可以单独做成塑料,有些合成树脂则须加入一些添加剂,这些添加剂有填料、增塑剂、稳定剂、着色剂、发泡剂、防老剂、润滑剂等等。

塑料因其具有质轻、比强度高、耐化学腐蚀性好、易加工成型等特性,在包装及建筑装饰领域得到了广泛的应用,尤其是塑料薄膜已成为塑料包装制品中的主要材料,以下将对印刷中常用的几种塑料薄膜的印刷性能进行分述。

### 一、聚乙烯薄膜(PE)

聚乙烯膜可以利用聚乙烯原料通过吹塑、压延和流延等方法制造成型。聚乙烯膜耐久力、撕裂度非常大,在 20℃ 左右有显著的柔软性,在 0℃ 以下无味无臭。

与玻璃纸及其他薄膜相比,聚乙烯的透明度低,化学性能稳定,若不做前处理,印刷时油墨和聚乙烯的粘合力弱,油墨容易脱落;由于薄膜的延伸大,对于套色印刷有一定困难。

聚乙烯材料的印刷方式,有照相凹印、柔性版印刷、丝网印刷、胶印等,但通常对薄膜的印刷采用凹印或柔性印刷方式。由于在印刷时施加适当的张力,造成成品比印版的尺寸收缩 1%~2%,使套准不稳定。提高套准稳定的方法,有的使用裱背纸的方法,或在印刷机上安装张力控制器。如果事先把收缩量考虑在内,将印版制得大些,印刷品的尺寸也可与所要求的尺寸取得一致。

印刷聚乙烯膜时,最关键的是印刷后油墨不脱落,检验的方法有 3 种。

(1) 胶带法。是将透明胶带切成适当的长度,密合到印后干燥的膜面上,前半部缓慢地、后半部迅速地剥下胶带,观察转移到胶带上的油墨量,可以推断油墨的粘着力究竟有多大。如果油墨从经过完善处理的膜面脱落,说明油墨的组分不合适。

(2) 刻划试验。是将印刷品放在平整的硬台面上,用尖针刻划,只要油墨和薄膜处在完全粘着状态,墨面就不会因刻划脱落。

(3) 粘页试验。是将印好的薄膜卷取,测验其内层的粘页程度,只要处理完善,完全有可能不粘页。

此外,判断薄膜表面处理程度的方法,还有测定聚乙烯表面润湿性的方法。它是通过测定聚乙烯和液滴的接触角,得出结论。

### 二、聚丙烯薄膜(PP)

聚丙烯是一种热塑性树脂,由丙烯用三乙基铝和三氯化钛作催化剂进行聚合,并将反应生成物的无规则聚合物溶解后,分离出结晶性的聚合物而成。聚丙烯的性质类似低压法、中压法制成的聚乙烯,但比聚乙烯轻,机械强度大;它的气体透过性、透明性、耐热性及化学稳定性都比聚乙烯优良。未延伸的聚丙烯薄膜拉伸强度低、弹性小,没有挺度,相对密度低,在 0.88~0.91 之间。双向延伸薄膜(OPP)的拉伸强度、弹性率高,透明度高,物理性能类似玻璃纸,可用它代替玻璃纸。

对印刷适性要求不像聚乙烯那么严格,若不进行前处理,也难于印刷。一般采用电晕处理法、火焰处理法等将表面活化后,可加强对油墨的粘着力。但因进行了表面处理,透明度和热封性稍有降低。目前已出现了可不进行表面处理直接印刷聚丙烯的油墨。

### 三、聚氯乙烯薄膜(PVC)

聚氯乙烯膜是将聚氯乙烯粉末与增塑剂、稳定剂、填料等混合加热凝胶化后加工而成的薄膜。增塑剂的添加量在 30% 以上的为软质聚氯乙烯;10% 以下的称为硬质聚氯乙烯。软

质聚氯乙烯膜的厚度最小在 0.1mm 左右,进行延伸处理后,可以得到 0.05mm 的薄膜。聚氯乙烯透明性好,耐水性、耐药品性优良,但含有增塑剂和有害稳定剂的聚氯乙烯不适于食品包装。延伸处理过的薄膜可用于收缩包装。

聚氯乙烯薄膜的印刷大多采用照相凹印方式。在同等张力下,聚氯乙烯膜的伸长率大于纸张和玻璃纸,所以难于套准,而且容易产生皱折。含增塑剂愈多的、薄的软质薄膜,伸长的程度就愈大。聚氯乙烯的印刷效果与纸张的印刷相比,印刷图像的清晰度较高,尤其是 0.05~0.08mm 左右的硬质聚氯乙烯膜,能满足彩色印刷的要求,印制出较精美的印刷品。

#### 四、聚 酯 薄 膜

聚酯(polyester)是由二元或多元醇和二元或多元酸缩聚而成的高分子化合物的总称。包括聚酯树脂、聚酸纤维、聚酯橡胶等。这类树脂的聚合度和结晶度高,因此聚酯片基的压缩弹性、硬度和弯曲刚性较高,抗张强度大,耐冲击,且耐试剂性能优异、渗透率小。聚酯薄膜多用于印刷远洋及海运商用船舶的数据资料,在国外还被用来印制阅读卡。

与玻璃纸及其他塑料薄膜相比,聚酯膜的弱点是耐热性能好,难于热封。在聚酯膜上印刷与在 PE、PP 等塑料膜上印刷有相似之处,即由于表面光滑,印刷前要对薄膜进行表面处理,提高表面对油墨的附着能力,防止墨迹的脱落,及油墨印后能迅速干燥。印刷方式多采用凹版印刷。

#### 复习思考题

1. 合成纸应具备哪些特征,为什么要具备这些特征?
2. 有机合成类承印材料包括几种纸、膜,分别有何特性?
3. 说明新型承印材料的先进性体现在何处?

## 第二篇 油 墨

在印刷媒体中,油墨是十分重要的材料,因为它是使图文信息得以再现的关键。

油墨的发展与使用在我国具有悠久的历史,它是与印版的发展相伴相随的,因为两者不匹配,印迹就不清,墨膜会脱落,影响印刷质量。例如印版处于雕刻木版时期,油墨就是用木材烧后的炭与树胶均匀的混合干燥而制成,属水溶性。印刷时将墨涂于版上,再将纸置于其上,然后用布或刷轻轻拭之,即可将雕版上的图文通过墨转印到纸上。发展到金属版时期,由于水性墨不能均匀的涂于版上,于是发明了油性油墨,它是将颜料均匀分散在油脂中而制成。

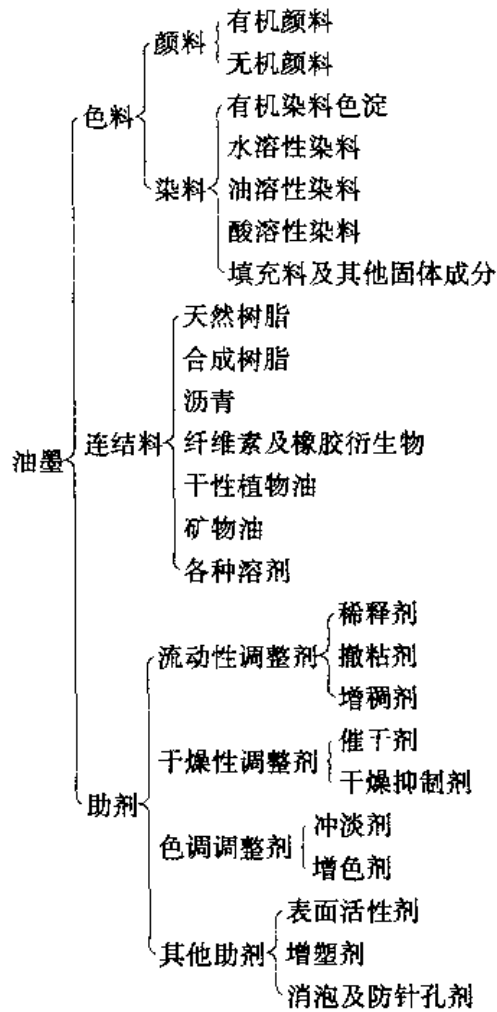
随着人类文明的推进与印刷业的发展,承印物材料在不断的开发与拓展,印刷方式也不断的推陈出新。平版、凸版、凹版、网版等相继以更新的面貌即新的机械形式、新的版材形式、新的印刷工艺出现,这给油墨的发展带来了一系列的挑战与机遇。油墨逐渐抛弃了原始的粗糙的原料与制造方式,开始采用现代的合成树脂及合成的有机颜料,针对不同的印刷方式,制成的不同的油墨,性能日趋优良,品种日趋丰富。尤其是计算机技术融入印刷技术之中所产生的数字式直接制版或无版印刷,这是印刷发展史上的一个新的里程碑。由此而产生了无水胶印油墨、彩色喷印油墨、UV 油墨等。

然而随着 21 世纪科技的发展及全世界对于环境保护日益严格的要求,印刷生产及油墨产品正受着绿色生产及绿色产品理念的冲击,这是一个更严峻的挑战。这预示着油墨技术应该融入更大的科技含量,以不断的改造、完善、推陈出新。既符合环境保护的要求,又适应日益推新的印刷机型和新的印刷工艺技术。今后油墨的研究发展方向归纳起来有如下几种:①水基型绿色油墨。②无溶剂型光固化环保油墨。③适应不同新机型的特种环保油墨。④引入纳米材料形成减量,高性能的油墨。

因此针对不同的承印物和印版来研究油墨的性质、着色机理、吸附机理、干燥机理及印刷适性是十分重要的。

## 第五章 油墨的组成与分类

油墨主要是由色料(分散相)、连结料(连续相)及各种助剂组成的稳定均匀分散体系,其具体内容归纳如下:



色料的作用是使油墨具有色彩;连结料的作用是充当色料的载体,将色料均匀地分散揉合在一起,在印刷中起到将色料从印版上转移到承印物上,形成干燥墨膜的作用;助剂的作用是调节油墨的色调、粘性、流动性、干燥性及印刷适性等。

油墨的呈色性、干燥性、流动性,耐抗性(耐光、耐热、耐溶剂等)是十分重要的性能及技术参数。

油墨不含色料为透明油墨,不含溶剂为无溶剂油墨,以水为溶剂的为水基油墨,以油为溶剂的为油基油墨。因此说油墨类型不同,其组成各异。

油墨的分类有两种:一是根据印版的种类而分成平版、凸版、凹版、网版油墨;二是根据墨的干燥形式分为挥发干燥型、渗透干燥型、氧化结膜型、热固干燥型、光固干燥型等。表5-1列出了各种油墨的归类。

表 5-1

各种油墨的归类

油墨 版类型	干燥类型	挥发	渗透	氧化结膜	热固化	光固化
	平版 凸版 凹版 网版		轮转胶印油墨 柔性版油墨 照相凹版油墨 丝网版油墨	轮转胶印油墨 新闻油墨 丝网版油墨	单张纸胶印油墨 书刊油墨 雕刻凹版油墨 丝网版油墨	印铁油墨

## 第一节 色 料

色料包括染料和颜料,染料能溶于水、油或有机溶剂,而颜料则不溶于它们,颜料仅能使物体表面染色,而染料却能使物体全部染色。正因如此油墨中通常大多使用颜料,有时也会颜料、染料并用。

染料一般分为活性染料、直接染料、还原染料、酸性染料、中性染料、碱性染料、阳离子染料、冰染料、硫化染料及食用染料。

颜料分有机颜料和无机颜料。

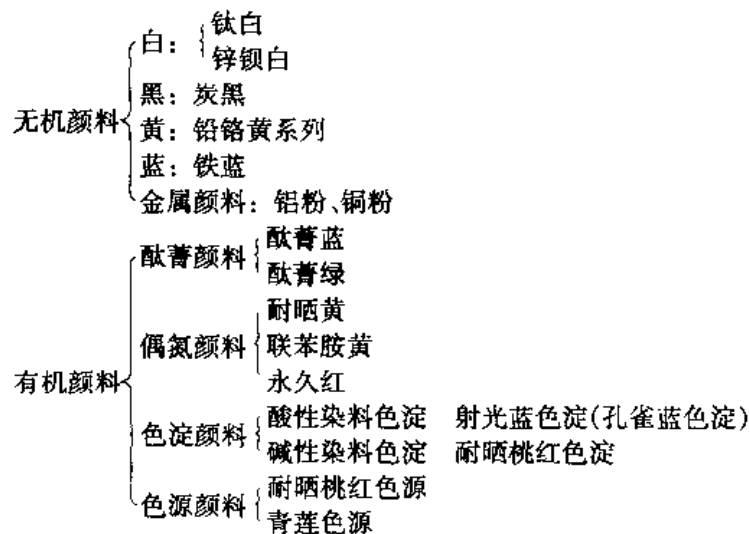
有机颜料以分子结构区分有酞菁颜料(酞菁蓝或绿)、偶氮颜料(耐晒黄、永久红)。按分子聚集态区分有色淀颜料,偶氮类(立索尔红、金光红 C、宝红 6B、洋红 6B)、酞菁类(孔雀蓝)色源颜料。

色源颜料指可溶性染料用沉淀剂沉淀并染色于氢氧化铝 $[Al(OH)_3]$ 、硫酸钡( $BaSO_4$ )、铝钡白等载体上面的有色物质。若为了提高着色力而不使用载体的为色源性颜料(也称色源性染料)。

无机颜料包括炭黑、铬黄、铁蓝、钛白粉、锌钡白、金属颜料等。

颜料是油墨中主要使用的色料,它是具有颜色的微细颗粒的物质,形状多为球、棒、层状,其粒径约为 $10^{-7} \sim 10^{-5}m$ ,基本在微米级。颜料可均匀地分散于介质中呈悬浮状态,但不溶于介质。颜料的主要作用是赋予油墨颜色,当然,它的分散、聚集状态也会影响到油墨的稳定性、流动性、干燥性及印刷适性。

颜料的分类如下所示:





各种不同的颜料,由于结构不同,因此显色不同,理化性能不同,直接影响油墨的性能与品质。

## 一、颜料的理化指标与要求

### (一) 颜料的分散度与颗粒大小

颜料的分散度是指颜料颗粒的大小,颜料粒径越小,分散度越高,油墨中颜料的大小绝不能超过墨膜厚,因为颜料不能完全浸没于成膜剂中,必将影响墨的色泽。通常油墨要求颜料的比表面积为  $10\sim 100\text{m}^2/\text{g}$  之间,因为分散度与比表面积成正比,颜料愈细,表面积越大,吸油量愈大,与连结料亲合性也愈好。油墨的光泽性、稳定性、遮盖力、着色性就好。

颜料一般直径小于  $1\mu\text{m}$ ,但由于聚集性强,往往聚结成几十微米较大的颗粒,所以在制墨时需经机械研磨至细后再分散于油墨中。

### (二) 颜料的着色力

着色力是指着色效果的强弱,所以也称为色强度,即某一种颜料与其他颜料混合后,该颜料呈现自身颜色强弱的能力。着色力与分散度有关,但关键取决于它自身的晶体结构与光学特性。因为颜料之所以呈色,主要决定于它吸收了自然光中特定波长的光而反射了其他波长的光。若全部吸收了可见光中  $500\text{nm}$  以下波长的光,颜料将呈黄色,吸收了  $600\text{nm}$  以上波长的光将呈蓝色。它为什么吸收特定波长的光而呈现不同的颜色,这取决于它的分子结构与晶体结构。

着色力可用冲淡被测颜料到一定程度所用白色颜料量与冲淡标准颜料到一定程度所用白色颜料量之比的百分数表示。

$$\text{着色力} = \frac{\text{被测颜料所用白色墨量}}{\text{标准颜料所用白色墨量}} \times 100\%$$

公式表明,其着色力值越大,着色力越强。

### (三) 遮盖力

遮盖力是指颜料遮盖底色使它不再显透的能力,它是透明度的相反表示。

遮盖力决定于颜料折射率与连结料折射率之比。当比值等于 1 时,颜料为透明的;比值大于 1 时,颜料不透明,显示了遮盖力。

颜料的遮盖力还取决于对光的吸收程度与分散度。如炭黑能吸收射在它上面的全部光线,所以具有较高的遮盖力。分散度越高,遮盖力越好。当然不同的承印物要求的遮盖力不同,相比之下,印铁时要求油墨遮盖力要强。

遮盖力以  $\text{g}/\text{m}^2$  表示,即形成一定遮盖颜色的效果所需要颜色的量。表 5-2、表 5-3 列出了一些常用连结料与颜料的折射率。

表 5-2 某些常用连结料的折光率(25℃)

类别	油名	折光率	类别	油名	折光率
干性油	亚麻(仁)油	1.48~1.483	半干性油	豆油	1.476
	桐油	1.516~1.520		菜籽油	1.47~1.474
	梓油(马柏油)	1.482~1.483		棉籽油	1.486~1.472
	脱水蓖麻油	1.486~1.489	矿物油	白煤油	1.4496
动物油	鱼油	1.4645		轻柴油	1.4461

表 5-3

某些常用颜料的折射率

颜料名称	折射率	应用	颜料名称	折射率	应用
二氧化钛(锐钛型)	2.52	墨盖力强,用于底打白墨	碳酸钙	1.53~1.68	用于填充料
二氧化钛(金红石型)	2.71	同上	氢氧化铝	1.535	用于制造冲淡剂
氧化锌	2.03	同上	高岭土	1.56	用于填充料
硫化锌	2.37	同上	氧化铁黑 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2.42	用于造雕刻凹版墨
锌钡白(立德粉)	1.82~1.86	用于制造白墨			

#### (四) 颜料的密度

颜料的密度是每立方厘米颜料的质量( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。它对油墨的稳定性及力学性能有很大影响。通常油墨的着色力与遮盖力很大程度取决于颜料的体积而不是质量,即每克质量颜料所占的体积大小,所以也称颜料的密度为“视比体积”。但由于它是细小的粒子,粒间存有缝隙,所以“视比体积”不是真正的比体积。颜料的密度小,视比体积大,即体积大,它所制成的墨覆盖面就大,遮盖力、着色力就好,体系的稳定性就高。所以颜料粒研磨的越小,则相对于同质量的“体积”就变大了。

密度较大的颜料制成的墨墨性差,在贮存中易发生沉淀,连结料易于上浮,印刷时传递不良,易糊版、堆版等。

#### (五) 颜料吸油量

颜料的吸油量是将 100g 颜料全部润湿调成浆状时所需的油量,用  $\text{g}/100\text{g}$  表示。吸油量并不意味着油渗透到颜料粒子的内部,而仅是润湿其表面。因此同密度的颜料,粒子越细小吸油量就越大。当然还与粒子的形状有关。

油墨的粘度很大程度取决于连结料的粘度及连结料所包裹的颜料粒子的流动性。颜料粒子吸油性好,则油墨流动性就提高,而且稳定性也好。吸油差的则易堆版或乳化。表 5-4 列出了某些常见颜料的吸油量。

表 5-4

某些常见颜料的吸油量

类别	颜料名称	吸油量 $\text{g}/100\text{g}$ 颜料	类别	颜料名称	吸油量 $\text{g}/100\text{g}$ 颜料	
无机颜料	ACC 高色素槽黑	40~100	填充料	米克红 G(钡盐)	46~47	
	炉法炭黑	30~50		罗平红 C(钙盐)	47~53	
	铬黄	13~20		永久红(锰盐)	33~38	
	钼橘黄	15.8~4.0		猩红粉色淀	60	
	铁蓝	33~56		酞酞青蓝(B型绿相)	42~65	
	二氧化钛(锐钛型)	18~30		孔雀蓝色淀	52	
	二氧化钛(金红石型)	16~48		罗达明 6G	75~81	
	锌钡白(立德粉)	11~17		碳酸钙	36	
	有机颜料	汉沙黄 10G		32~48	氢氧化铝	90~115
		联苯胺黄 AAA		32~57	高岭土(细)	45
立索尔红(钙)		46~52				

#### (六) 颜料耐抗性

颜料的耐抗性是指它在各种特定的环境中如日晒、高温、酸、碱有机溶剂下的不发生化学物理变化,保持原色的耐久抵抗能力。

耐抗性的测定通常是将样品置于一个被强化了了的模拟环境中,通过计时观察其颜色等性能变化,然后给以分级。

以上是颜料的主要理化指标,当然还有一些次要的理化指标如含水量、含杂质量、pH 等

均会对油墨产生影响。所以在制墨时也应给以充分的注意。如含水量高会影响颜料的分散度及吸油量。pH 不合适会导致体系胶化等。

## 二、颜料的化学性质及物理性质

颜料的化学性质有多种,如自身的极性,反应活性,酸碱性等。钛白呈中性,不与其他物质发生反应,但碱性颜料在与连结料混合时若遇到酸性物质就会发生反应,导致油墨粘度变化或产生沉淀凝固等。颜料的极性会导致它与连结料的相溶性及分散的均匀性。颜料的耐光性及退变色性也是化学反应的表现,不同的发色基,以及与主链的共轭结构不同,在光照下产生的变化程度不同。退色、变色说明分子的内部结构或晶体结构发生了变化,最起码是基团发生了重排反应。某些颜料耐热性差,如印铁、热固性油墨在加工中一经烘烤颜色就变,或者发生升华现象起白霜。所以说在制墨时,一定要根据印刷品的用途及使用条件而正确地选择颜料。

颜料的表面物理性质也很复杂,如浸润性不好,可直接导致油墨对承印物的初期粘着性,如炭黑、紺青等具有类似沉淀颜料的吸附性,因此会造成连结料的絮凝反应。为避免以上一些问题的出现,对颜料表面进行处理是非常必要的。如用金属皂类等对表面进行处理就可防止吸油量的增减和颜料的沉淀。一些常见颜料的化学及物理性质已列于表 5-5 中。

表 5-5 某些常见颜料的化学及物理性质

类别	颜 料 名 称	耐光性	耐热性	耐 渗 性				耐化学性		备 注
				水	醇	溶剂	油	酸	碱	
无机 颜料	炭黑(HCC 高色素槽黑)	优	优	优	优	优	优	优	优	着色力较差
	油黑(灯黑)	优	优	优	优	优	优	优	优	
	铬黄(柠檬黄)	好—可	好	优	优	优	优	好	差	
	钼橘黄	好—可	好	优	优	优	优	可	差	
	铁蓝	优—好	优	优	优	优	优	可	差	
	二氧化钛(金红石型)	优	优	优	优	优	优	优	优	
	锌钡白(立德粉)	优	优	优	优	优	优	可—差	好	
有机 颜料	汉沙黄 10G	优—好	高温升华	优	差	可—差	优	优	优	透明性好
	联苯胺黄 AAA	差	可	优	优—好	好—差	优	优	优	
	永固红 F4R	好	可	优	可—差	差	好	优—好	优—好	
	立索尔红(钙盐)	可—差	好—可	好	可	可—差	优	好	好—可	
	来克红(钡盐)	差	可	优	可	好—可	优	好	可	
	罗平红(锰盐)	优—好	好	优—好	可	可	优	好	可	
	酞菁蓝(B型)	优	好	优	优	优	优	优	优	
	酞菁绿	优	好	优	优	优	优	优	优	
	孔雀蓝色淀 (酸性湖蓝色淀)	可—差	可	好—可	可—差	优	优—好	差	可—差	
	罗达明 6G	好—可	好	好	差	好	好	好	差	
喹吖啶酮颜料紫 19	优—好	好	优	优—好	优—好	优	优	优	价格贵	
填充 料	碳酸钙	优—好	优	优	优	优	优	可	优	密度大
	硫酸钡	优	优	优	优	优	优	可	优	
	氢氧化铝	优	优	优	优	优	优	差	可	

## 三、无机颜料

无机颜料主要是由单质、金属氧化物、无机盐、络合物等物质组成,其结构特征是无机颜料中具有一些离子基——即发色团,如铬酸盐颜料,它的发色团是( $\text{CrO}_4^{2-}$ ),硫化物颜料的

发色团为( $S^{2-}$ ),氧化铁的发色团是( $Fe^{2+}$ 和 $Fe^{3+}$ ),铁蓝颜料的发色团是 $[Fe(CN)_6]$ 。此种染料色泽鲜艳,遮盖力强,耐抗性好,价廉。然而由于其成分中常含有Cr、Pb等元素,不利于环境保护与人体健康,密度又高,因此逐步的被合成有机颜料所代替。仅有少品种的白色、黑色、蓝色及黄色的无机颜料还仍用于油墨之中。

### 1. 白色颜料

(1) 钛白( $TiO_2$ )。钛白分锐钛型和金红石型二种,晶体结构为四方晶型。它的颗粒极小, $0.1\sim 0.7\mu m$ ,折射率很高,所以白度很高,分散于介质中可显示很强的遮盖力。它具有耐高温性及很强的化学稳定性,吸油量为 $45\sim 48g/100g$ ,可制成高质量的白色油墨,尤其在现代软管印刷油墨和印铁油墨中显示了优良的特性。表5-6中列出了钛白的性能指标。

表 5-6 钛 白 颜 料

指 标	二氧化钛		指 标	二氧化钛	
	锐钛型	金红石型		锐钛型	金红石型
外观	亮白色粉末状		折光(射)率	2.50~2.55	2.70~2.76
密度/ $g\cdot cm^{-3}$	3.8~4.1	3.9~4.2	着色力(雷诺指数)	1200~1300	1650~1900
平均粒度/ $\mu m$	0.3	0.2~0.3			

(2) 锌钡白( $BaSO_4\cdot ZnS$ )。锌钡白是硫酸钡与硫化锌的混合物,其颗粒细软,平均粒径在 $0.25\sim 0.35\mu m$ 之间,折射率为1.82,吸油量为 $15\sim 20g/100g$ 。遮盖力仅为二氧化钛的 $\frac{1}{4}$ 左右。它毒性小耐碱性好,易与耐酸树脂混用。

(3) 氧化锌。氧化简称锌白,它呈不定型或针状的小颗粒,粒径大小为 $0.15\sim 0.70\mu m$ ,吸油量为 $18g/100g$ ,着色力较差,不溶于水、油及醇类。溶于碱,但不耐酸。锌白与铬黄或有机颜料合用能起催化作用。使油墨在光作用下引起颜色变化。

锌钡白略带碱性,所以与油类调成墨可防止膜层变黄或发粘。但不易与酸价较高的油(如桐油)调墨,否则易皂化与胶化。它比钛白价更廉,所以目前在胶版用白墨中依然用量较大。

### 2. 黄色颜料——铅铬黄

铅铬黄是黄色颜料的统称。它是氧化铅( $PbO$ ),铬酸铅( $PbCrO_4$ ),硫酸铅( $PbSO_4$ )的混合物,调节三种混合的比例即可得到系列的由浅至深的黄色。此系列颜色遮盖力强,着色力和化学稳定性好,色相丰富、价廉。然而也含有有毒元素,密度也大,所以属低品质的颜料。

### 3. 蓝色颜料——铁蓝 $[KFe\cdot Fe(CN)_6\cdot H_2O]$

铁蓝,化学名称为亚铁氰化铁,俗名为普鲁士蓝、密洛里蓝。它的颗粒细软,粒径在 $0.2\sim 0.3\mu m$ ,易分散,吸油量 $25\sim 35g/100g$ 。着色力强,色泽艳丽,耐光性较好。缺点耐酸碱性差,但仍大量用于油墨中。

### 4. 黑色颜料——炭黑

炭黑是碳氢化合物的不完全燃烧或裂解的产物。依其生产方法可分为炉黑、槽黑、灯黑、热裂解黑、乙炔黑等。

炭黑粒径极小,约 $0.1\sim 0.5\mu m$ ,吸光程度高,吸油量高达 $180g/100g$ 。着色力很强,化学稳定性好,但由于表面活性高,很易凝聚,其聚集的大小、形态各异。根据这点,炭黑又被分为低结构和高结构两种炭黑,在其性能上如分散度、吸油量、吸光度、着色力上显示了很大的差异。另外由于它是细粒子的聚集体,其比表面积大,空隙多,吸附性必然强。不同的炭

黑表示酸度不同,酸性越高(pH 越低)的越易吸油墨中的干燥剂,产生的抗干性就越强。这点值得注意。

当然炭黑的结构形态不同,性能不同,所以将用于不同的油墨之中。

表 5-7、表 5-8 列出了炭黑的某些性能及参数。

表 5-7 炭黑的结构与性能的关系

性能指标	低结构	高结构	性能指标	低结构	高结构
分散度	难	易	底色	棕	蓝
润湿性	快	慢	着色力	高	低
颜色	深	浅	吸油量	低	高

表 5-8 炭黑的性能指标参数

指标	槽黑	炉黑	灯黑	热裂解黑	乙炔黑
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.75	1.80	—	—	—
平均粒径/nm	10~27	17~70	50~100	150~500	15~50
表面积/(m <sup>2</sup> /g)	100~1125	20~200	20~95	6~15	60~70
吸油量/(cm <sup>3</sup> /g)	1.0~6.0	0.67~1.95	1.05~1.65	0.30~0.46	3~3.5
pH 值	3~6	5~9.5	3~7	7~8	5~7
挥发物含量	3.5~16	0.3~2.8	0.4~9	0.1~0.5	0.4
苯萃取物/%(有机组分)	0	0.01~0.18	0~1.4	0.02~1.70	0.10
灰分/%(无机组分)	0~0.1	0.10~1.0	0~0.16	0.02~0.38	0
氮/%	0.3~0.8	0.45~0.71	—	0.3~0.5	0.05~0.1
氧/%	2.5~11.5	0.19~1.2	—	0~0.12	0.10~0.15
硫/%	0~0.1	0.05~1.5	—	0~0.25	0.02

#### 四、有机颜料

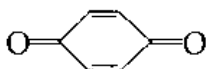
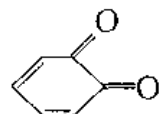
有机颜料通常被分为色源和色淀两大类,色源颜料有偶氮颜料、酞菁颜料、硝基颜料、亚硝基颜料、还原颜料等,它们是以金属盐或酸类将水溶性染料制成不溶性的有机颜料的统称。色淀性颜料有普通色淀、耐晒色淀和茜素色淀等,它们是用氢氧化铝、硫酸钡、铝钡白等作无机载体将有机染料沉淀其上而成的颜料统称。而欧洲常将有机颜料分成三种,这第三种就是指不溶解的有机有色体,称为颜料性染料(Pigment dyestuff)。

有机颜料最初取自于动植物中的染色物质,如胭脂红、靛青、茜素等。1856 年后就产生了合成有机颜料,直至今日,由于天然有机颜料的货源短缺以及自身的色彩又不够鲜艳等因素,所以在油墨中所用的有机颜料绝大多数都是合成的。它的色彩明亮鲜艳,着色力强,易于细微化,密度轻不易沉淀,较透明。

有机颜料和染料与无机颜料比,分子结构要庞大的多,复杂的多。绝大多数都是由苯、甲苯、萘、氮萘、蒽、氮蒽等碳环、杂环、芳香烃通过链的变化连接而形成的不饱和有机化合物。

有机颜料的成色关键取决于化学结构中的不饱和性,这些不饱和基团称为发色团。它们能有选择地吸收特定波长的光,而且将吸收区从紫外光区移至可见光区,使化合物成为有色体。

有机颜料中的发色团主要有乙烯基( $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ),羰基  $>\text{C}=\text{O}$ , 亚氨基甲基( $-\text{C}=\text{NH}$ ),偶氮基( $-\text{N}=\text{N}-$ ),巯基( $-\text{SH}$ ),硝基( $-\text{NO}_2$ ),亚硝基( $-\text{N}=\text{O}$ )和二甲基氨基 [ $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ],  $>\text{C}=\text{S}$  等,结构上除了发色团以外还有助色团,如羟基( $-\text{OH}$ ),氨

基(-NH<sub>2</sub>),磺酸基(-SO<sub>3</sub>H),卤素基(-Cl -Br),羧基(-COOH)等,它们的存在是与发色团起协同作用,可进一步强化颜色色度,再有依据醌构学理论中的结构排列不同色相不同的解释也证明:对醌  为黄色,邻醌  为红色。

近代量子学以分子中共轭价键及能级理论进一步对发色的原理进行了解释。

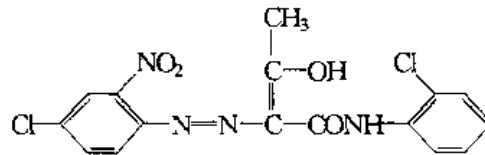
总之在有机染料中发色基团越多,共轭体系越长,发色体呈色越深。

### (一) 偶氮类颜料

此类颜料的主要特征是分子结构中具有 -N=N- 偶氮基团,它是颜料的发色基,是经重氮化或偶合反应而形成的。单偶氮多为颜料,双偶氮与多偶氮多为染料。

#### 1. 汉沙黄(Hansa Yellow)

又名耐晒黄,单偶氮类,它是一个系列,以 10G 为例,其结构式为:

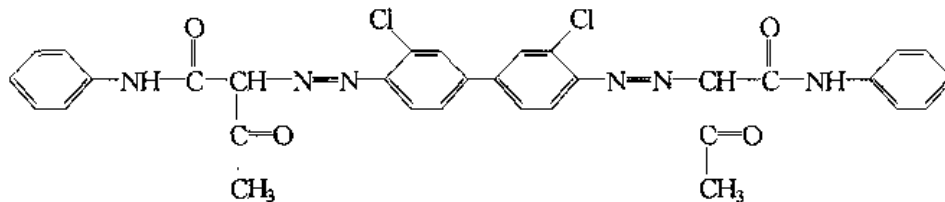


相对分子质量为 295,颜料索引号: CI 11710 颜料黄 3。

它着色力高,呈亮绿光黄色,透明性好,耐光性好,耐溶剂性好,耐水耐醇耐酸碱,但不耐苯类溶剂。多用于胶印,凸印油墨中,不适于做印铁墨,因烤后易起霜。

#### 2. 联苯胺黄(AAA)

又名二芳胺黄,双偶氮类。结构式:



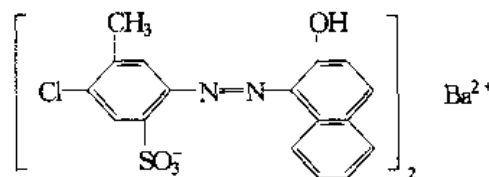
相对分子质量 629,颜料索引号 12(21090)。

它的着色力比汉沙黄强,呈绿相黄色,色彩鲜艳、饱和、透明性好、耐水、耐酸碱,但耐光性较差,印刷适性好,常用于胶印中。

#### 3. 偶氮色淀

偶氮色淀指的是可溶性的偶氮染料直接用带有 Ca<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> 等离子金属盐类沉淀剂进行沉淀,形成不溶性颜料,偶氮色淀的色彩艳丽、饱和、耐溶剂性好。

金光红,又名来克红,分子结构式为:

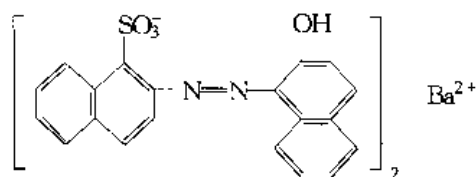


相对分子质量 889.1,颜料索引号: 颜料红 53(15505)。

呈带金光的暖红色,色泽鲜艳,流动性好,耐渗透,但不太耐光,在油墨中应用广泛。

立索尔红(litho red)

分子结构式:



相对分子质量为 891.7, 颜料索引号: 49(15630)它是广泛应用的一种红色酸性色淀, 色相范围广, 橘红为钠盐结构, 大红为钡盐结构, 深红为钙盐结构。它流动性好, 但不耐光, 多用于胶印墨中。

## (二) 色淀性颜料

色淀性颜料, 指可溶性染料经沉淀剂沉淀并染色于氢氧化铝 $[Al(OH)_3]$ 、硫酸钡 $(BaSO_4)$ 、铝钡白等载体上的有色物质, 如为提高着色力而不使用载体的为色源性染料。

色淀性颜料分为普通色淀与耐晒色淀, 目前不耐晒的色淀, 因利用价值小而均被淘汰。

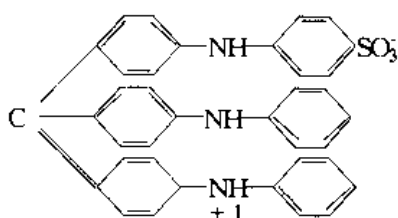
色淀还依制造色淀的染料酸碱性不同而被分为酸性色淀和盐基色淀。

### 1. 酸性色淀

酸性色淀不耐晒, 极易退色, 耐碱性也差, 故仅有很少品种用于油墨中。

射光蓝:

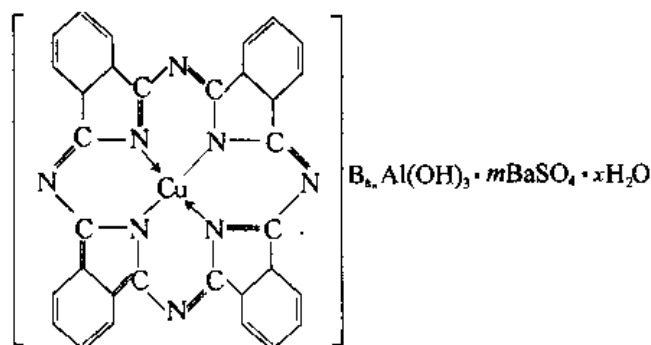
结构式为:



射光蓝是醇溶盐的单磺酸化合物, 它是具有强红光古铜色的深蓝颜料, 着色力强且耐热, 因它晶粒微小, 制墨烘干时易结成坚硬块不易研磨, 同时烘干使射光消失, 所以要用挤水制墨的方法, 它可以调整黑墨中的棕黄色调, 作黑墨的提高剂与白墨的补色剂。

孔雀蓝:

结构式为:



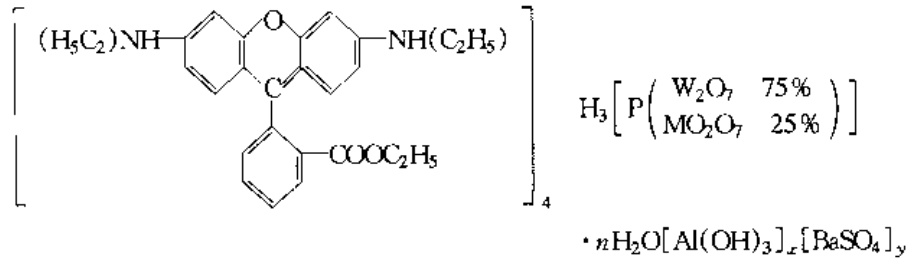
它属酞菁衍生物, 是磺化酞菁(锡利翠蓝 GL)经沉淀而得, 呈非常鲜亮的天蓝色, 具有中等的耐光性, 不耐酸碱, 遇酸变绿, 遇碱变蓝, 并有一定的化水性。

## 2. 碱性色淀

碱性色淀是将可溶性盐基染料与磷钨、磷钼及它们的多元酸形成的复杂化合物,色泽鲜艳、饱和,坚牢并耐晒、耐热。不溶于水,耐弱碱,但对强碱和酸不稳定。

耐晒桃红(又名桃红色源),是盐基桃红经磷钨钡酸沉淀而成。

结构式:



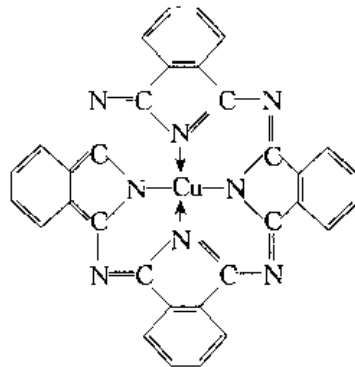
色光呈带蓝的品红色,色泽艳丽、着色力强,具有一定的耐光性,对碱不稳定,是一种高级油墨,多用于四色胶印油墨。

## 3. 酞菁颜料

酞菁颜料胶只有蓝、绿二色,此系颜料突出的特点是色泽鲜艳、着色力强、有强的耐热耐晒度和化学稳定性,耐溶剂性,属优秀的颜料品种。

酞菁蓝:又名铜酞菁,品型为 $\beta$ 型。

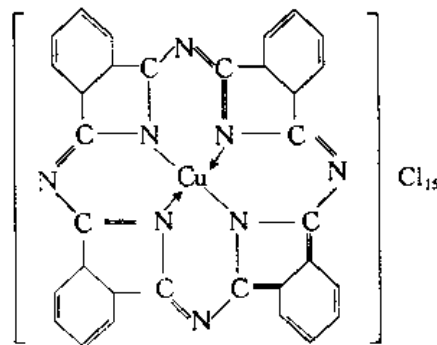
结构式:



相对分子质量为 575.7,颜料索引号: 15(74160)。它属金属络合物,形成的整环空间与金属半径十分吻合,所以结构稳定,导致化学稳定性优异。耐光性好、耐热性好、色泽鲜艳,可用于各种印刷油墨中。

酞菁绿:是酞菁蓝经绿化而形成。

结构式为:



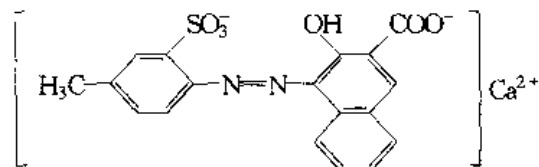


酞菁绿的基本性质与优点都与酞菁蓝相同。

#### 4. 其他染料

洋红 6B, 又名宝红 6B 或罗平红 Pig Red 57。

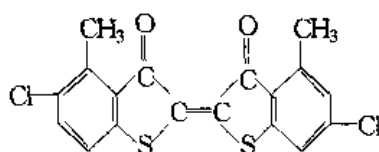
结构式为:



它是蓝相红色,着色力强,耐光、耐热、耐酸碱、醇等稍差,是多用于四色套印中的红颜料。

硫靛桃红(还原颜料):

结构式为:



它是由还原染料氧化后制成的不溶性颜料,它耐光、耐热、耐溶剂,是一种坚牢性高级颜料。适用于各种油墨,但制造成本高,所以限制了应用。

有机颜料还有很多种,这里就不一一介绍了。

## 五、特殊颜料

### (一) 荧光颜料

在不可见光的照射下,能吸收其能量放出可见光波的物质称为荧光物质,它与磷光物质不同,发光现象在射线作用停止后立即消失。它们经树脂处理下可成为不溶性颜料。加 2% 的量就可配成荧光油墨。但着色力遮盖力较差。

### (二) 夜光颜料(磷光颜料)

它是高纯度硫化锌晶体经过高温处理形成特殊晶格,并掺加钴、铜等激发剂制成,在夜间可发光。因硫化锌颗粒粗,故制成的墨只能用于丝网印刷油墨中。

### (三) 金属颜料

铝粉: 也即银粉,其表面有一层氧化铝膜,所以使其理化性能比较稳定,其密度为 2.7,熔点 660℃,沸点 2427℃。

铜粉: 也即金粉,是铜与其他金属的合金粉末,密度 7~8g/cm<sup>3</sup>,特细级金粉可用于凹版及柔性凸版油墨,超细级金粉可用于胶印油墨中。

## 六、填料

填料通常为着色力较低白色颜料,但不用于制白墨,仅用于调节彩色墨的色调,或调节油墨的固-液比例,或代替某些颜料降低成本。

### 1. 氢氧化铝[Al(OH)<sub>3</sub>]

氢氧化铝具有两种状态: ① 水合氧化铝—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O, 晶体结构; ② 轻氢氧化铝—5Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SO<sub>4</sub>·xH<sub>2</sub>O, 无定型结构。

氢氧化铝质软、透明、密度小,可经改性用于树脂连结料的油墨中,它印刷性能好。在油墨中易与酸性连结料反应使墨胶化,它透明,还可做罩光材料,质软表面积大可做色淀颜料的载体,很适于与密度大的颜料混合。

### 2. 碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ )

碳酸钙有天然碳酸钙,有沉淀碳酸钙,前者颗粒粗而硬,密度较大,后者颗粒细而匀,因是化学沉淀而成,纯度高。油墨中使用的是后者。

碳酸钙根据粒径分三个级别:其使用性能有所差异。粗级( $\sim 10\mu\text{m}$ )易分散,无聚集倾向,中间级( $0.15\sim 0.25\mu\text{m}$ ),有较好的分散,自聚集倾向较小,粉极细( $\sim 0.3\mu\text{m}$ ),有极大的自聚集倾向,分散性稍差,原因是颗粒间的静电导致的。

油墨中多采用超细级高质量沉淀碳酸钙(胶质碳酸钙),它制成的墨细腻柔和,身骨好,稳定性好,易干,印刷适性好。

### 3. 硫酸钡( $\text{BaSO}_4$ )

硫酸钡分天然的、合成的两种,天然的以柔软无定型存在,称重晶石。合成的是经沉淀而成,斜方晶型,颗粒细软、纯净。有一定透明度,耐热、耐光、化学稳定性好。在油墨中可调节它的流动性和防止上脏。

4. 铝钡白。铝钡白是硫酸钡与氢氧化铝的混合物,性能介于二者之间,分子式为 $3\text{BaSO}_4\cdot\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

5. 高岭土。高岭土是水合硅酸铝,是天然的细状矿物粘土,含有微量的钾、镁、钙等元素,多用于雕刻凹版油墨。

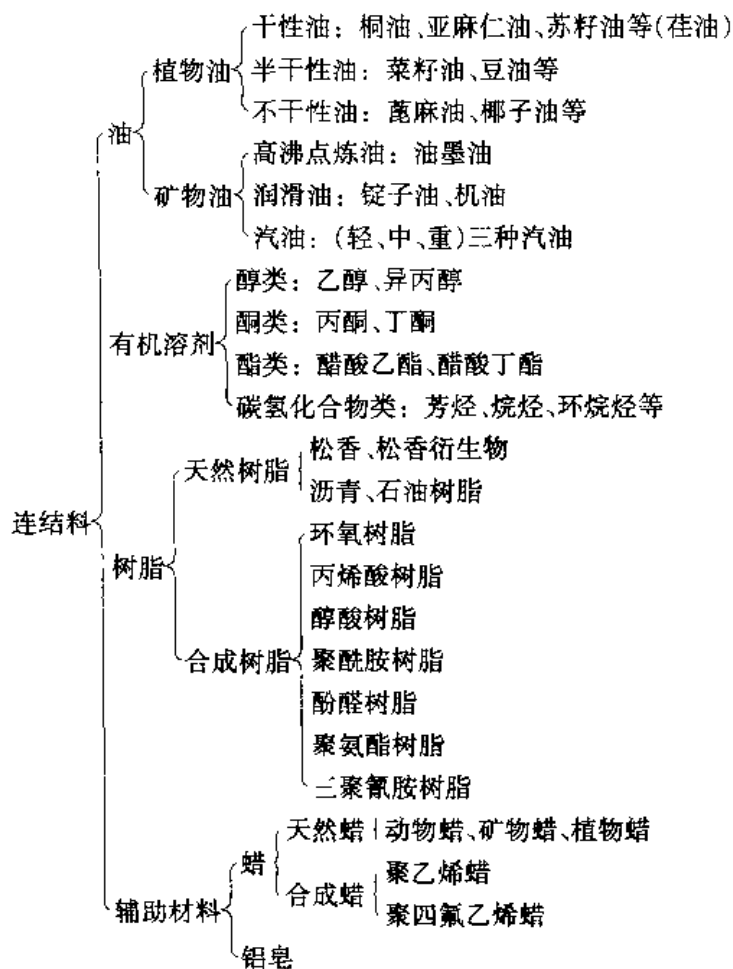
表 5-9 是常用填料的性能参数。

表 5-9 常用填料的性能参数

性能参数 \ 品种	氢氧化铝	胶质碳酸钙	硫酸钡
外观	白色粉末	纯白色粉末	白色粉末
密度/( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.43	2.65	4.3~4.5
吸油量/( $\text{g}/100\text{g}$ )	90~115	58	
颗粒直径/ $\mu\text{m}$		0.03~0.15	
硬度			2.5~3.5
pH 值		10.4	
折光率/%			1.636~1.648
耐渗性(水、溶剂油)			A
耐光性			A
熔点/ $^{\circ}\text{C}$			15~80

## 第二节 连结料

连结料是油墨的重要组成部分,是油墨的主体身骨,是由高分子物质混溶而成的液状物质。连结料主要包括油、有机溶剂、树脂及辅助材料,具体内容归纳如下:



## 一、连结料的性质与要求

油墨中的连结料是液相分散介质,是颜料和填充料的载体,它具有一定的粘滞性和流动性、成膜性,可以有效地分散颜料与填充料,赋予了油墨流动能力,印刷能力,成膜能力。所以当连结料从印版上转移到承印物上后,将会立即与颜料固着在一起,进一步干燥后形成具有较高光泽、强度和耐磨性的墨膜。因此可以说油墨的许多优良的印刷适性和其自身的特性,如粘度、粘结性、流变性、成膜性、干燥性很大程度取决于连结料,连结料的种类、结构、性质决定着所配墨的性质、品质、种类。

### 1. 碘值

碘值可用以衡量油脂的不饱和程度,也可用以衡量连结料的干燥能力。以每克油脂所吸收碘的质量(mg)表示,其原因是油脂的不饱和程度可决定分子的活性,体现为干性。不饱和程度越高,其干性越好,通常碘值在 150 以上为干性油,100 以下为不干性油,介于两者之间的为半干性油。

### 2. 酸值

酸值指连结料(植物油、树脂等)其中含有的游离脂肪酸的含量,以中和 1g 连结料中游离羧基所需氢氧化钾的质量(mg)表示。一般情况下,连结料酸值太大,油墨在胶印时易亲水乳化,对有的颜料在制成墨后会粘度增大以至胶化。酸值太小,对颜料的浸润性差,墨的光泽性、流动性不好。

### 3. 软化点

软化点指连结料树脂从固态向液态转变时的温度。由于连结料为混合物,软化点不同于熔点,相变是随温度的升高而逐渐进行的,没有突变点。树脂的软化点对油墨的流动性、干燥性影响很大,结构相似时,软化点低的比软化点高的树脂与溶剂的亲性和溶解性好,但对溶剂的释放性差,导致墨膜发粘。所以软化点是一个制墨的重要参数,可以提供对树脂的选择性。

### 4. 脂族烃溶解性

此项指标指的是树脂(液)在正庚烷中的溶解性能。如树脂(液)能吸收更多的溶剂而体系不混浊,说明其溶解性好。这种在脂族烃中溶解性好的树脂,所制成的墨流动性、抗水性均较好。

在连结料的理化参数中,油脂的水分含量及油脂的皂化值也是十分重要的。

## 二、连结料的主要原材料及性质

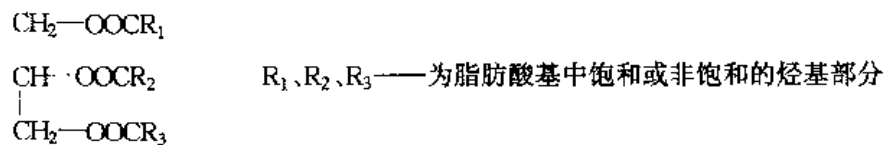
### (一) 油——植物油、矿物油

#### 1. 植物油

植物油作为连结料的主要成分,可依据分子的不饱和程度分为干性油、半干性油、不干性油。

它们的主要成分是高级脂肪酸的甘油酯(甘油三酸酯)。

结构式为:



它的主要特征是分子的结构中具有各种不饱和双键。不饱和双键的多少决定着干性的快慢,也决定了区分油的类型、干性、半干性、不干性。这种不饱和性常用碘值来表示,即在特定条件下,100克油脂能吸收碘的质量(g)称为碘值。碘值越高则干性越好,也就说明双键的数目越多。

通常碘值为140~200的为干性油、100~140的为半干性油,低于100的为不干性油。

(1) 干性油在空气中很易干燥,涂层的结膜干燥仅需很少几天。其关键原因就是它的组成结构中具有较多的不饱和脂肪酸基,它的不饱和基可充分吸收空气中的氧,进行氧化聚合而形成牢固的膜层。一般干性油分子中平均有6个以上的双键。属于干性油的有亚麻仁油、桐油、梓油、苏子油、大麻油等。但在油墨中用的最多的是亚麻仁油和桐油。

亚麻仁油,也称胡麻油,来自其籽,淡黄色透明液,碘值177~204,酸值 $\leq 4$ 。

亚麻仁油中主要含有亚麻酸44%~61%,亚油酸(不饱和度为2)15%~30%,油酸(不饱和度为1)13%~29%,还有些其他脂肪酸。由于它们的双键为非共轭双键,所以活性小于桐油,干性慢于桐油。

桐油来于桐油树的籽,为淡黄或褐色浓稠液,粘度较大,碘值为160~175,酸值为4左右,能溶于石醚、三氯甲烷、苯等。

桐油中主要含桐酸71%~82%,亚油酸8%~15%,油酸4%~10%,由于桐酸的不饱

和度为 3, 而且为共轭双键, 所以活性大, 干燥快。桐油的缺点是高温快干时易晶化起皱, 所以通常都与其他油等物质混合使用, 以扬长避短。

(2) 半干性油。半干性油在空气中干燥较慢, 不易结膜且膜软。原因的关键是分子中不饱和脂肪基较少。组成结构中平均有 4~6 个双键。这类油包括豆油、菜籽油、葵籽油、棉籽油、芝麻油等, 但在油墨中用的最多的有豆油。

豆油是微黄透明液, 碘值 120~141, 酸值 $\leq 3$ 。

豆油中主要含亚油酸 50%~60%, 油酸 22%~30%, 亚麻酸 5%~9%, 棕榈酸和硬脂酸 9%~15% 等。

豆油由于不能结坚韧膜层, 故多与其他油混合使用。

(3) 不干性油。不干性油在空气中干燥极慢难以成膜。原因是分子中不饱和键少, 低于 4。这类油有蓖麻油、椰子油、茶油、花生油等, 但油墨中最多用的是蓖麻油。

蓖麻油透明、粘度大, 碘值 80~90, 酸值 $\leq 2$ 。

蓖麻油主要含蓖麻油酸 80%~88%, 油酸 3%~5%, 亚油酸 2%~3% 及其他脂肪酸, 它由于有羟基所以溶于乙醇和醋酸。它还可以经高温脱水形成共轭双键转为干性油。

## 2. 矿物油

矿物油作为连结料的主要成分, 它是来自石油的不同馏分, 油墨中常用的有汽油、高沸点煤油和机械油。

(1) 汽油分轻汽油(石油醚)馏程为 30~70℃, 中汽油馏程为 70~160℃, 重汽油(白节油)馏程 160~220℃。汽油是树脂的良溶剂。

(2) 高沸点煤油(油墨油)。它的馏分为 270~310℃, 为窄馏分, 主要用于快固性及热固性油墨, 因此种墨初馏点低了挥发太快, 影响油墨在机械上的稳定性, 终馏点高了, 会影响渗透速度。这种馏分正好可迅速向纸内渗透, 快速结膜, 而且坚固。

(3) 机械油。也称润滑油, 是不挥发性粘稠液, 油墨中常与石灰松香、沥青配合制造连结料, 这类连结料为典型的渗透干燥型连结料, 不能形成固态膜层。机械油分许多标号, 可以混用, 也可有选择性的应用。

## (二) 有机溶剂

连结料中有机溶剂是用于溶解树脂等成膜物质的, 因此自身的溶解性能与释放性能、挥发性能十分重要。它的表现参数为溶度参数、氢键值与挥发速度。而这些均与分子的结构、极性、属性等紧紧相关。

溶度参数是物质内聚能的表现, 为内聚能密度的平方根。应用原则是溶剂与被溶物的溶度参数接近方能溶解。

氢键值是衡量溶剂与被溶物形成氢键能力而溶解的指标, 以氢键值中心为等级界定, 强氢键(S)的为 1.7, 中氢键(M)为 1.0, 弱氢键(W)为 0.3。

挥发速度在印刷中至关重要, 影响印刷质量及印刷是否正常进行, 主要取决于分子量, 蒸发潜热、饱和蒸气压等。

油墨常用的有机溶剂有芳烃类、醇类、酮类、酯类等。

芳香烃主要有苯、甲苯、二甲苯, 它们对植物油、松香、改性酚醛树脂、醇酸树脂、环氧树脂、聚苯乙烯、聚酯、橡胶等具有很好的溶解性, 但溶解速度依次降低, 毒性也依次降低。目前苯的应用已受限制。

醇类有乙醇、异丙醇、丁醇等。它们的沸点依次升高,都能与水、芳烃、酯类混合而配成溶剂,制成挥发干燥型油墨。

酮类主要有丙酮、丁酮、环己酮等。

丙酮、丁酮能溶解多种树脂,如纤维素类,醇酸树脂,聚醋酸乙烯等,部分溶解天然树脂。丙酮沸点低,为 56.1℃,挥发太快,限制了独立使用,只能与水、乙醇、乙醚、氯仿、烃类溶剂、植物油等混用,丁酮沸点 79.6℃,能与烃类溶剂及植物油混用。

环己酮沸点 155.65℃,能溶纤维素醚与酯,有机玻璃、天然树脂、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯、醇酸树脂等。

酯类溶剂主要有乙酸乙酯,乙酸丁酯等。

两种溶剂沸点依次升高,挥发速度依次有所降低,都能与烃类、部分植物油类混溶,可溶解大部分聚合物树脂、松香、贝壳松脂等。

表 5-10 列出了常用溶剂的物性参数。

表 5-10 常用溶剂的物性参数

物性参数 名称	相对密度 20℃	沸点/℃	饱和蒸气压/ mmHg(20℃)	蒸发潜热/ (cal/g)	相对蒸发速率	闪点/℃	溶度参数 氢键等级
乙酸乙酯	0.90	76.7	75.2	88	615	-3	9.1(M)
乙酸丁酯	0.88	126.0	8.3	74	110	23	8.2(M)
乙醇	0.79	64.5	97	262	610	6	14.5(S)
丁醇	0.81	117.7	4	141	45	35	11.4(S)
异丙醇	0.79	82.3	33	159	230	12	11.5(S)
苯	0.88	80.1	74.7	94	630	-11	9.2(W)
甲苯	0.87	110.8	22.0	87	240	4	8.9(W)
二甲苯	0.87	144.0		95	63	17	8.8(W)
丙酮	0.79	56.1	186.0	124	1160	-17	10.0(M)
丁酮	0.81	79.6	70	116	572	-7	9.3(M)
环己酮	0.95	156.7	3.9	109	23	47	9.9(M)
水	1	100	760		20		

注: 1mmHg=133.3Pa; 1cal=4.186J。

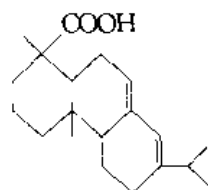
### (三) 树脂

树脂是连结料的中心原料,它性能的好坏直接影响到墨膜的光泽、牢固,还影响印刷过程与适性。

树脂有很多种,有天然的、合成的,结构复杂差异大,所以使用时要正确的选择,合理的与溶剂搭配是至关重要的。油墨中常用的树脂有:

#### 1. 松香及其衍生物

(1) 松香:它是松树分泌树脂,加工后呈琥珀色透明脆性固体。主要成分有松香酸,约 90% 的含量,结构式为:



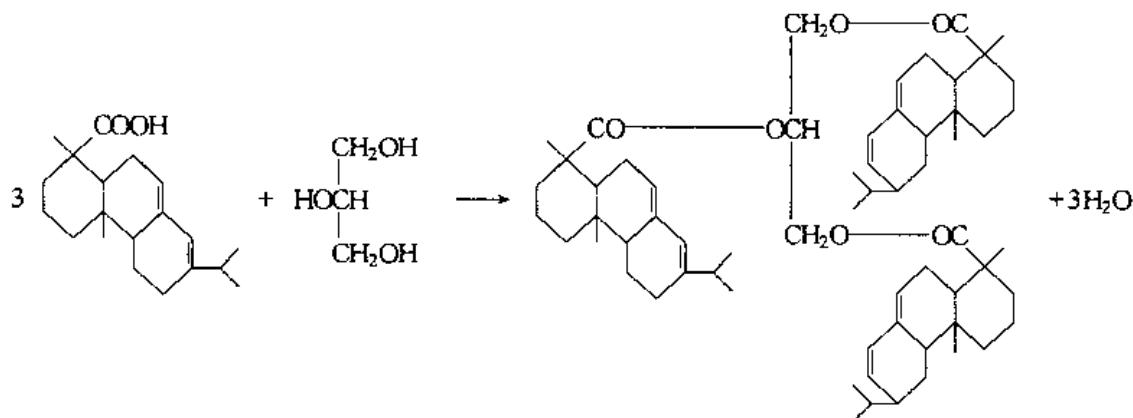
式中的羧基是反应活性中心,可与醇发生酯化反应,与金属反应生成盐,双键可进行加

成与二聚反应。

松香不溶于水,溶于酮、醇、酯、苯类及油类。但由于它易氧化及脆性,必须在改性后才能很好的用于油墨。

(2) 松香脂:它是松香与醇类反应的产物,包括甘油松香脂,季戊四醇松香酯和季戊四醇聚合松香脂。

甘油松香脂的反应过程如下:



甘油松香脂可溶于干性油和有机溶剂中,对颜料润湿性较好,但由于软化点较低(85℃),溶剂释放性较差。

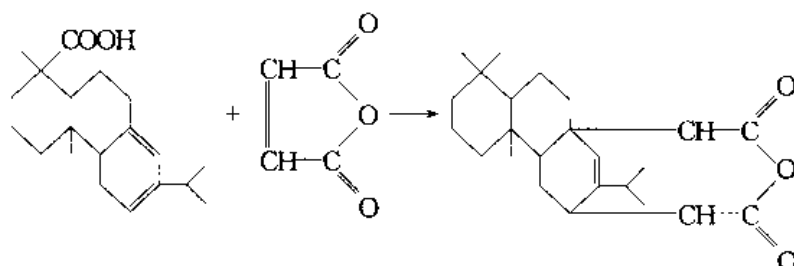
季戊四醇松香脂软化点较高,结膜坚硬,光泽好,耐水、耐碱、耐汽油,溶剂释放性较快。

季戊四醇聚合松香脂是二聚松香与季戊四醇酯化而得,软化点为 170~190℃,溶剂释放快,结膜光泽好,广泛用于油墨中。

(3) 松香酸金属盐:油墨中常用的有松香金属盐有钙、锌、钴、锰、铅等。前 2 种可做连结料,后 3 种可做燥油原料。它是松香酸与碱金属在高温下反应而得,酸值下降,软化点上升。

(4) 失水苹果酸树脂(顺丁烯二酸松香)。它是由松香酸与顺丁烯二酸酐双方打开双键反应而得,由于结构式上带有多个羧基,酸值为 300 左右,软化点约 150℃,若用甘油类酯化,可得具有良好光泽和溶剂释放性的油溶性松香酯。制成的墨粘性低,墨性短,印刷性能好。依照性能它分三种类型。

下式为顺丁烯二酸酐与松香酸反应的反应式:



## 2. 沥青

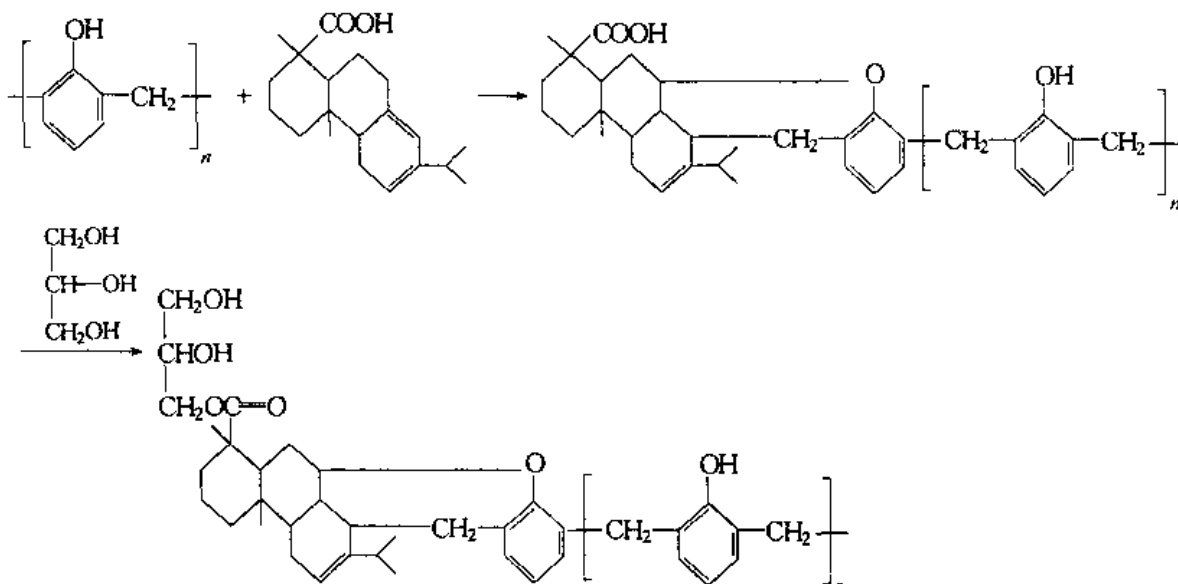
油墨中常用的有天然沥青和石油沥青,天然沥青是矿产品,为光亮黑色硬块,溶于大多数有机溶剂及油类。软化点 70~150℃。石油沥青是石油蒸馏后的残余物,易溶解,但光泽小。它们的易溶性和价廉以及特有的色韵,使它广泛用于油墨中。

### 3. 天然树脂

天然树脂包括达玛树脂、马尼拉玷吧树脂、虫胶,它们都能做油墨的树脂,而且性能很好,但由于来源极少,价格贵,势必被淘汰。

### 4. 改性酚醛树脂

改性酚醛树脂是酚与醛类物质的缩聚产物,再经改性而用于连结料的。通常是先进行松香改性,再经甘油类酯化而得其树脂。反应过程如下。



若采用不同的酚、醛类型,进行不同类型的酯化可以形成不同性能的改性酚醛树脂。目前油墨中使用最多的是二酚基丙烷甲醛松香改性酚醛树脂和异辛酚甲醛松香改性酚醛树脂。此类树脂软化点较高、成膜硬,光泽好、耐光、耐溶剂。是理想的连结料树脂。

### 5. 改性醇酸树脂

醇酸树脂是多醇和多酸类物质酯化的产物,不能直接用于油墨,需用植物油类进行改性才能应用,通常是先用植物油醇解成甘油单酯,再与多元酸酯化而成。

改性醇酸树脂润湿性好,所以显色理想,所制油墨流动性好、干燥好、结膜有光。但因树脂的羟基较多,抗水性差,故需用其他物质来改性。

### 6. 丙烯酸树脂

丙烯酸树脂有多种,都因它含有不饱和基( $>C=O$ )的存在,对紫外光敏感,易与其他物质发生光化学反应,故可做光固化油墨。

丙烯酸共聚物的乳液,在含水量低于 26% 时就将破乳粘结分层,致使印刷无法进行。若加大水量,形成水溶体系可制成水基墨。

丙烯酸树脂大多可溶于酯类、芳烃类溶剂中,其粘结性与耐化学性良好,所以随着环保要求,大量用于水基墨和光固化墨。

### 7. 聚酰胺树脂

聚酰胺树脂是多元酸多元胺的缩聚物,特征是分子中具有( $\text{—N—C—}$ )酰胺键,油墨



中常用较低分子量的聚酰胺,它溶于混合型有机溶剂,溶剂释放性好,易干燥。多用于塑料制品印刷。

#### 8. 环氧树脂

环氧树脂由于其具有环氧基,所以具有反应活性,形成交联聚合,它的特点是有很好的附着力,与醇酸树脂混用可制造印铁油墨,与酚醛、尿素等结合的产品可用作罐听内的涂料,未改性的环氧树脂可用作罩光油及铝箔涂层。

#### 9. 聚氨酯树脂

聚氨酯树脂是二异氰酸酯与羟基化合物反应的产物,既可以生成预聚物,也可以与二元羟基生成线型聚氨酯,也可以与多元羟基生成体型聚氨酯。

聚氨酯树脂对颜料润湿性好,呈色较理想,膜层坚韧耐磨,是制墨的较好树脂,尤其在平印中更为突出。

#### 10. 橡胶树脂

连结料中常用的有氯化橡胶和环化橡胶。

氯化橡胶可溶于酮、醚、酯、芳烃及氯代化合物,具有良好的耐化学性,溶剂释放性好,成膜坚韧耐磨,只是光泽较小,可混用其他树脂加以弥补。

环化橡胶,可溶于脂肪烃、芳香烃和酯中,加热可溶于植物油,在 260~290℃,5% 的油墨油中粘度为 8~14Pa·s(25℃),它的溶解性与混合性比氯化橡胶好,溶剂释放性也好,成膜坚韧耐磨,抗水光泽性较好。但应用制墨时用量要把握准确。

#### 11. 纤维素及其衍生物

硝酸纤维素和乙基纤维素是连结料中最常用的,硝酸纤维素的最大的特点是能快干、成膜硬而坚韧、防裂抗热。但附着性差些。它可与松香、丙烯酸和聚酰胺的树脂混用,多用于塑料油墨中。乙基纤维素物性坚韧柔软,对光、热碱、弱酸等有较好的稳定性。它与其它树脂或蜡混用可很好的溶解于有机溶剂。它可用于塑料、铝箔、纸张的印刷。

#### (四) 辅助材料——蜡与铝皂

蜡是油墨中重要的助剂,它可以改善油墨的流变性、抗水性和印刷性能。蜡有多种,植物蜡(加拿巴蜡),动物蜡(虫蜡、蜂蜡),矿物蜡(石蜡、地蜡)与合成蜡(聚乙烯蜡、聚四氟乙烯蜡),它们都可用于油墨,但各有千秋。植物蜡,可溶于矿物油,对颜料润湿性好,固着速度快,可提高墨的滑润性。动物蜡,提高光滑性,改善墨的套印性,克服玻璃化作用。石蜡,微晶蜡是矿物石蜡的提纯物,具有微细晶体结构,耐磨性、光滑性好,与溶剂、油的混合性好,可用于各种油墨。但目前用得最多的,性能较好的是合成蜡。如聚乙烯的低分子蜡,相对分子质量为 1000~6000,熔点 90~130℃,化学稳定性好,能溶于众多溶剂,与树脂相溶性也好。

蜡可以调节各种油墨的粘性,使油墨疏松、墨性短,提高固着性。印后的网点清晰完整,不易蹭脏,膜层耐磨性好。

调墨所用蜡的颗粒大小应达到印刷时性能良好,印到承印物上后能浮在墨膜上以增加耐摩擦性为度。因为这能使印刷品在压力作用下摩擦生热时,墨膜层上的蜡粒就会滚动以提高其耐摩擦性。所以调墨时蜡的颗粒要合适,用量要严格,多了也将影响墨性及印刷适性。

铝皂是连结料的凝胶剂,尤其炼制凝胶树脂时,铝皂是必不可少的材料,连结料轻度凝胶化时表面呈增稠状态,所以也称增稠剂。它的作用机理是它能与连结料中树脂的活性基

团反应形成大分子集团或生成螯合物,形成的网络包围了连结料中的稀料部分,从而形成凝胶状态。

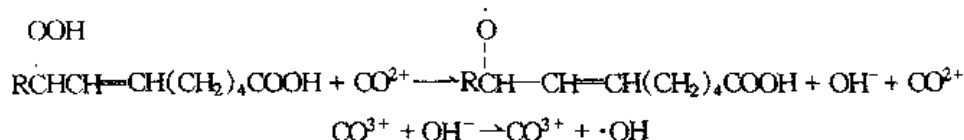
### (五) 油墨的助剂

油墨助剂对于形成优质的油墨是十分重要的,虽然它的加入量很少,但可大大改善油墨自身的性能及印刷适性。这对于扩大油墨的印刷范围和提高印刷品的质量是一个重要因素。油墨助剂的种类很多,这里仅就主要的助剂加以介绍。

#### 1. 催干剂(干燥促进剂)

催干剂又称为燥油,它主要用于氧化聚合结膜的油墨,目的是促进油墨加速干燥。因为氧化结膜过程主要是靠连结料在空气中吸氧后聚合成膜,但这种自然氧化聚合的速度是很慢的,往往要几十个小时,所以加入适量的催干剂会起到氧化的催化作用,缩短干燥时间。

催干剂主要是钴、锰、铅等金属的有机酸皂类。催化机理主要是:①催干剂中的金属被还原为低价立即去氧化油墨中阻碍连结料氧化聚合的磷脂类物质,使其沉淀析出,从而加快了连结料的干燥。②催干剂中的钴极易使过氧化氢产生分解,形成自由基,而且可连续作用,这样自由基多了也就加快了聚合反应。



下面介绍两种常用的催干剂。

(1) 白燥油。白燥油表面呈膏状,是用分散法制成的浆状钴燥油,属氧化催干型。它是由33%的特种干性凡立水(由等比例桐油与氧化亚麻油混合加热制成),50%的硼酸铅  $\text{Pb}_3(\text{BO}_3)_2$ ,15.5%的硼酸锰  $\text{Mn}_3(\text{BO}_3)_2$  相混合,在轧墨机上轧炼,待呈半透明膏状物后,再加入1.5%的等比例的萘酸钴与白节油混成的萘酸钴凡立水,然后搅拌均匀而制成。白燥油结膜性很强,用量一般为5%~10%,5min左右就结膜,所以放置时一定要隔绝空气。

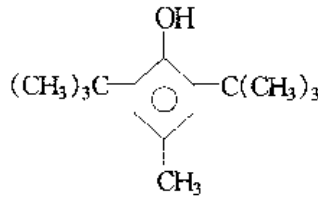
(2) 红燥油。红燥油呈液状,是用沉淀法制成的紫红色,较粘厚的液状钴燥油,它是将亚麻仁油35kg,特级松香10kg置于容器内,加热到176℃,然后慢慢加入醋酸钴粉,发生沸腾,待平静后再继续加,共需3~4h方加完,再升温至260℃,搅拌均匀后冷却出锅。

红燥油催干性强,在黑、红墨中只加2%~5%,其他墨中更小,仅1%左右即可。红燥油主要是表面催干,若与白油混合使用干燥效果将从内至外均匀良好。

(3) 稀土燥油。稀土燥油的特征是其内含稀土元素的有机酸盐,它无毒,催干性强,价格便宜。配墨仅加2%左右,加后充分搅拌后静置2h即可去印刷。

#### 2. 干燥抑制剂(防干剂)

干燥抑制剂也称为抗氧化剂,主要用于油墨中催干性强的颜料如铬黄、铁蓝等,在轧炼或存放时易出现结膜现象。因为干燥抑制剂本身都是些强还原剂,如对苯二酚、 $\alpha$ -萘酚、 $\beta$ -萘酚等,它们都优先被氧化,从而延长了干性油的氧化,即起到了正常氧化聚合的阻聚作用。尤其是当停机时,墨辊和版而上会结膜,若喷洒些干燥抑制剂会有效地防止氧化结膜现象。目前常用的有2,6-二特丁基-4-甲苯酚。



其用量仅为油墨的 1%，否则影响印刷性能。

### 3. 稀释剂

稀释剂的主要作用就是降低油墨的粘性，增加流动性，以防止油墨过粘而引起拉毛、掉版等现象，不同类型的油墨所采用的稀释剂不同。如油基墨通常采用 6 号调墨油；溶剂型墨采用甲苯、二甲苯；树脂型墨采用低粘度的植物油，高沸点的煤油；水型墨采用水或乙醇或异丙醇。

### 4. 减粘剂(撤粘剂)

减粘剂是一种半凝胶状，疏松柔软无粘性，主要作用也是降低墨的粘着性，但不改变流动度。它是以精漂亚麻油、高沸点煤油为主体，加入凝胶剂(碳酸钴盐)、低粘度醇酸树脂、石蜡等组成。它可以防止油墨过粘引起的纸张拉毛，以及形成的糊版等。主要用于亮光油墨和树脂油墨，用量一般为 3%~5%。

### 5. 增稠剂(成胶剂)

增稠剂加入可使连结料粘度增大，使其具有一定的触变性和胶化性质。加入的目的是使油墨具有良好的稳定粘度，以改善传递性能使印刷的网点清晰，墨膜亮而平，常用的增稠剂为季铵盐处理过的膨润土( $H_2Al_2Si_4O_{12} \cdot nH_2O$ )、烟雾硅( $SiO_2$ )，用量仅为油墨的 2%。

### 6. 提色剂

提色剂是用来调节油墨色相的，如黑墨黑度不足，可加铁蓝或射光蓝等颜料以纠其炭黑的偏棕色相。

### 7. 冲淡剂(撤淡剂)

冲淡剂使用的目的是要冲淡油墨的颜色，但又不改变油墨原有的粘性、流动性及印刷适性。

油基油墨的冲淡剂是由氢氧化铝和干性植物油连结料一起混合轧炼成的透明浆状体，叫维利油。其配方如下：

氢氧化铝[ $Al(OH)_3$ ]	29%	钛白粉( $TiO_2$ )	2%
硫酸钡( $BaSO_4$ )	15%	4号调墨油	16%
地蜡(15%地蜡与85%4号油组成)	38%		

树脂型油墨的冲淡剂是用树脂、植物油、高沸点煤油、蜡、凝胶剂等炼制成的。

具体制作是将桐油、亚麻油的一半和硬脂酸铝置于锅内，加热搅拌到 50~60℃，加蜂蜡升温至 210℃ 停止搅拌，加树脂再升温至树脂全部溶解，搅拌降温至 100℃ 以下加萘酸钴，搅匀后即成。

以上介绍了油墨助剂中的几种主要成分，其他的一些助剂如表面活性剂、防止蹭脏剂、反胶化剂、消泡剂、防针孔剂等就不一一论述了。

## 三、常用连结料的种类

由于承印物及印刷方式的不同，印刷所用的油墨也不同，而且千差万别，不同的连结料，

不同的加工工艺就可以制成这千差万别的油墨。下面仅就在印刷油墨中被广泛使用的连结料加以介绍。

松香油与沥青油都是价廉的渗透固着型连结料,它们分别由不干性矿物油与松香、沥青形成,由于体系是分子量不同、性质不同的混合体系,所以印刷后小分子挥发,大分子成膜。它们多用于新闻油墨。

松香油是由 60% 的 20 号机油,38% 的石灰松香在容器中加热至 100℃,当石灰松香熔化后开始搅拌并升温至 160~180℃,恒温 1h,在粘度达 1.4~1.6Pa·s(50℃)(落球法)即完成出锅。

沥青油是 60%~65% 的 20 号机油与 35%~40% 的石油沥青在容器中加热至 160~170℃,待沥青熔化后搅拌,取出浮出杂质,即完成出锅,粘度为 2.8~3.3Pa·s(20℃)。

### 1. 干性油连结料

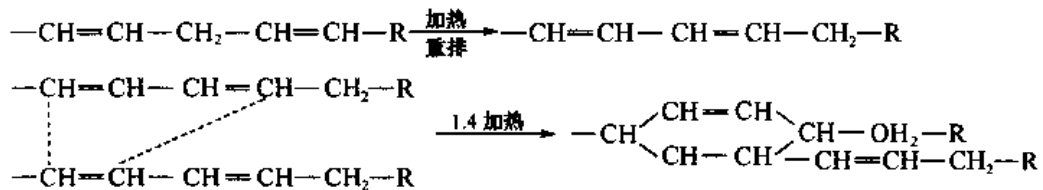
干性油连结料是不同种类,不同分子质量的植物油完全混合的单相体系,各组分有着不同的作用,或增加膜层光泽,或提高膜韧性,或加速干燥等。

(1) 氧化油。顾名思义,即此连结料是植物油经加热氧化聚合而成,特点是干性好、粘性低、对颜料润湿好、墨性稠短,多用于雕凹版墨。生产工艺是先由蒸气加热到 70℃,再通入空气,然后升温至 150℃,保温至所要的粘度即可。根据不同聚合度,将氧化油分为不同标号,表 5-11 给出两种氧化油的性能参数。

表 5-11 两种常用氧化油的性能参数

	粘度	密度(35℃)	碘值	酸值	折光率(25℃)
1号氧化油	2.8~3.2	0.958	137.9	1.348	1.4845
4号氧化油	11.4~12.4	0.980	119.5	2.077	1.4868

(2) 聚合油。聚合油指干性油经加热从非共轭结构转化为共轭结构的油,不同的植物油是由共轭支链端相互反应而形成聚合体的。聚合油为一、二、三聚体的混合物,聚合油炼制工艺中关键是温度,通常为 290℃,延长时间可使二聚、三聚体增多,粘度上升,酸值上升,碘值下降,可得不同标号的油。反应式如下:



各种聚合油的性能参数列于表 5-12 中。

表 5-12 各种聚合油的性能参数

油标号	参数指标			油标号	参数指标		
	颜色	粘度/ 0.1Pa·s(50℃)	酸值		颜色	粘度/ 0.1Pa·s(50℃)	酸值
2号油	12	13~14	<11	5号油	9	1.3~1.7	<7
3号油	10	8~9	<10	6号油	7	0.4~0.6	<4
4号油	9	3.3~3.9	<9	号外油	13	3.6~4.2	<16

聚合油在炼制过程中,往往脂肪酸链会断键,生成酸性物质。导致酸值过高,易使胶印墨产生乳化现象,但若酸值低了,对颜料的润湿性会差。所以酸值应控制在 5~15 之间。

聚合油的 3~5 号油通常用于胶印墨,然而由于抗乳化性能差,干燥也不理想,逐渐用树脂调墨油取代,6 号油作为油墨助剂还是广泛使用的。

## 2. 溶剂型连结料

溶剂型连结料主要有两种,有机溶剂型与水基型。指树脂完全溶于有机溶剂,呈透明的,以分子状态均匀分散的液体。

此类连结料构成了油墨的挥发干燥机理,干燥速度取决于溶剂的性质,溶剂与树脂的相容程度又直接影响油墨的稳定性及印刷适性。

有机溶剂型连结料主要用于柔版油墨及照相凹版油墨,尤其适用于塑料类承印物,由于挥发干燥快,墨膜附着牢固。

比如常用的聚乙烯、聚丙烯薄膜油墨的连结料,树脂常采用聚酰胺,溶剂则为混合溶剂。其配方如下。

聚酰胺树脂	25%	乙酸乙酯	5%
甲苯	15%	聚乙烯蜡	2%
异丙醇	40%		

此种连结料粘着性好,溶剂释放快,很适宜塑料薄膜的照相凹版印刷。

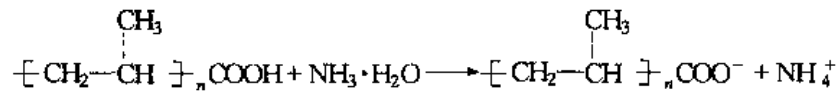
## 3. 水基连结料

水基连结料是绿色环保型连结料,它是以水作为主要溶剂,并配以其他极性或非极性溶剂,将树脂溶解,或成为胶体或成为乳液。其中极性或非极性溶剂对连结料的粘度、流动性、干燥性、分散性、稳定性具有重要的影响。

水基连结料所采用的树脂有苯乙烯顺丁烯二酸酐,顺丁烯二酸酐松香,碱溶性丙烯酸及其共聚物等。他们的特点是分子上具有大量羧基,酸值达 90 以上,加碱成盐。

连结料中所用的碱主要是氨水及胺类,它们各有利弊,氨水挥发快,很快使膜层固着,但也有可能在印刷机上不稳定,胺类在印刷机上稳定,但因挥发慢,会久留于膜层中,膜抗水性差。

如丙烯酸乳液型乳胶连结料,树脂是碱性可溶性树脂,它是通过丙烯酸的羧基与氨水或胺类反应生成氨盐或胺盐,离子化合后溶于水,其反应如下式:



印刷后,氨盐分解蒸发,树脂不再溶于水,形成耐水墨膜,下面是丙烯酸乳液型乳胶连结料的配方:

苯乙烯丙烯酸乳液(固含量 40%)	30%	异丙醇	5%
苯乙烯丙烯共聚树脂	5%	氨水(28%)	35.5%
水	10%	聚乙烯蜡	2.0%

此类连结料常用于柔版印刷油墨。

## 4. 树脂型连结料

树脂型连结料指的是树脂/植物油——油墨油混合体系,即高分子量树脂溶于植物油中,成为高粘度相,再与低粘度相的油墨(起溶剂作用)相混而形成的油墨连结料。这种连结料体系要求二相即有良好的相溶性,又有快速的分离性。相溶性为的是油墨在印刷和存放时的稳定以及油墨的质量。快速分离性为的是油墨的快干固着。要达到这种要求,树脂/植

物油与油墨油必须处于临界混溶状态。

连结料中树脂是成膜组分,其含量越高越易快干固着,成膜质量越好,但由于树脂膜发脆,它必须与油墨油有更好的相溶性。这就要借助于植物油先溶解树脂再与油墨油相溶。另外还可采用两种树脂混用,其中一种与油墨油相溶甚好,起到一种连结的作用,增大相容度。

连结料中油墨油是树脂的正溶剂,它可降低油墨粘度,调节印刷性能,它的用量及渗透直接影响到油量的固着干燥速度。油墨油的沸点应在 250~310℃ 之间,沸点低,墨在印刷机上不稳定,沸点高影响固着与干燥,馏程过宽,会使组分差异大,使树脂释放不均。

树脂型连结料的液相状态往往呈两种形式,一种是溶解型,一种是分散型。

溶解型指的是树脂经炼制熔化后溶于植物油再与油墨油相混。它对油墨油的释放速度慢,所以固着干燥也慢,但结膜光亮、性能稳定,易制造亮光油墨。

如松香改性树脂油配方举例。

松香甘油酯改性酚醛树脂	40%	油墨油[煤油(250~300℃)]	25%
胡油	13%	十二烷基苯	10%
桐油	12%		

分散型指树脂不完全溶于油墨油,有意地让树脂中高软化点的树脂不熔化,而以较大的塑性团分散于植物油中。它的特点是固着快,在铜版纸上只需 10~30s 就开始固着,缺点是光亮不足,油性不稳,易乳化。可用于胶印和凸印的快固、热固油墨,制造工艺是将树脂与梓油、桐油一起在锅中加热,熔化后搅拌并升温至 230℃,保温 15min 后降温至 100℃ 左右,加入油墨油搅拌均匀即可。粘度为 6~7Pa·s(35℃)。

配方举例:

树香改性对一特丁酚树脂	42%	桐油	13%
梓油	13%	油墨油(馏程 270~290℃)	32%

### 5. 交联反应型连结料

交联反应型连接料是指其中的成膜剂(光敏)树脂是以低分子多官能团的预聚体存在的,具有高度不饱和性,但是当它们受到光、热、电子等外界能量的激发时,即刻会产生交聚合反应直至固化。其特点是固化速度快且彻底。如紫外干燥油墨、红外干燥油墨、高能电子束干燥油墨均属此类。干燥固化所需的时间紫外仅 1/100~1s,红外仅 1~5s,电子束仅需 1/2000s。

此类连结料中的光敏树脂通常有聚酯丙烯酸酯、聚氨酯丙烯酸酯、环氧丙烯酸酯、丙烯酸酯化油。

引发剂多为二苯甲酮、米蚩酮,安息香乙醚等。

活性单体(即稀释剂)往往是具有活性双官能团,或者不饱和的稀类低分子物如双酚 A 二丙烯酸酯。

这种类型的连结料的最大特点是没有溶剂,不造成污染,操作较简单,结膜固化快,墨膜坚牢、耐磨、有光泽、耐溶剂。可用于多种印刷方式中。如胶印、柔印、网印等。

## 复习思考题

1. 简述油墨的定义,并讨论油墨的分散相与连续相的组成。

2. 油墨的辅助剂有哪些种类,各有什么作用?
3. 填料在油墨中起什么作用? 一般有哪些,所占油墨的比例是多少?
4. 油墨中常用的颜料有哪几类? 各自的特点是什么?
5. 什么是颜料的着色力和遮盖力? 其大小取决于什么? 有机颜料的着色力如何? 为什么?
6. 颜料的吸油性如何表示? 它可以说明什么问题?
7. 挥发型连结料主要用于哪些油墨中?
8. 反应型连结料的特点是什么?

## 第六章 油墨的制造与油墨的体系状态及稳定性

印刷油墨的制造过程概括起来说就是把颜料颗粒均匀分散到连结料之中,同时加入填料、助剂和溶剂,使之成为均匀稳定的混合物。由于颜料颗粒是由许多细小的微颗粒集聚到一起的团块,所以用最小的能量将团块分散到印刷所允许的最低程度来满足印刷要求。连结料制造在前面已提到,这里不再重复。要实现上述过程,需要有一定的加工工艺和生产设备。油墨的生产设备并不复杂,生产过程如下图 6-1 所示。

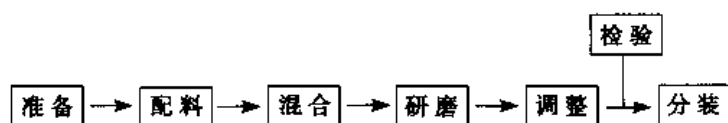


图 6-1 油墨生产过程图

油墨生产所需主要设备有:搅拌机、捏合机、三辊轧墨机、球磨机、砂磨机等设备。

由于承印物的不同,所用的印刷设备不同,所用的印刷油墨也是不同的。如胶印机、平版凸版印刷机、丝网印刷机等设备所用粘度较高浆状油墨。照相凹版印刷、柔性版印刷、报纸印刷所用粘度很小液状油墨。下面分别介绍。

### 第一节 高粘度浆状印刷油墨的制造工艺

高粘度浆状印刷油墨的制造先由准备工序开始,首先把生产所用的原材料制备加工成可供制墨时为止,如连结料、颜料和染料。

高粘度浆状印刷油墨的制造工艺如图 6-2 所示。

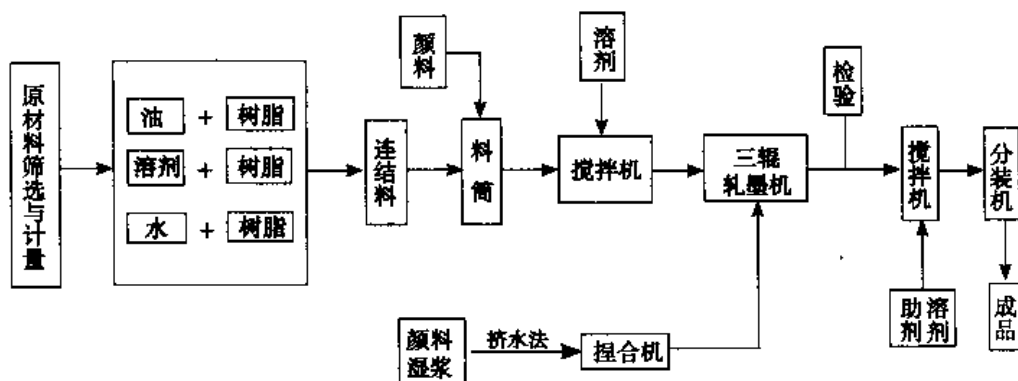


图 6-2 高粘度浆状印刷油墨的制造工艺

#### 一、配 料

配料是油墨制造中重要的环节,配方的组成直接决定油墨的品质,不但要从印刷适性的科学技术方面考虑,还要从艺术效果方面考虑,这样才能制造出符合要求的、高品质的印刷油墨。



## 二、混 合

混合用搅拌设备,也有的油墨品种用捏合机。搅拌设备主要是搅拌机,也叫调墨机、搅和机。按确定好的配方及加料顺序依次将连结料、颜料等材料加入料桶中用搅拌机搅拌。

搅拌机的原理是电动机带动搅拌叶片在料桶中按照所需要的转数旋转,使得连结料和颜料在叶片剪切力和挤压力的作用下初步浸润及分散,形成糊状物。为了使搅拌更加均匀,搅拌叶片可以上升或下降,也可调整转数。不同粘度的油墨所用叶片是不同的,叶片的数量也是不同的,国内以前普遍采用 $20\sim 50\text{r}/\text{min}$ 的三根搅拌棒的搅拌机,现也有转数 $50\sim 200\text{r}/\text{min}$ 的三辊搅拌机,也可采用蝶形浆搅拌机或高速叶轮搅拌机。搅拌的速度是由低到高,当油墨料混合成糊状后就可以停止搅拌工序,取下量料桶,然后转入下一道轧墨机研磨工序。搅拌机见图6-3。

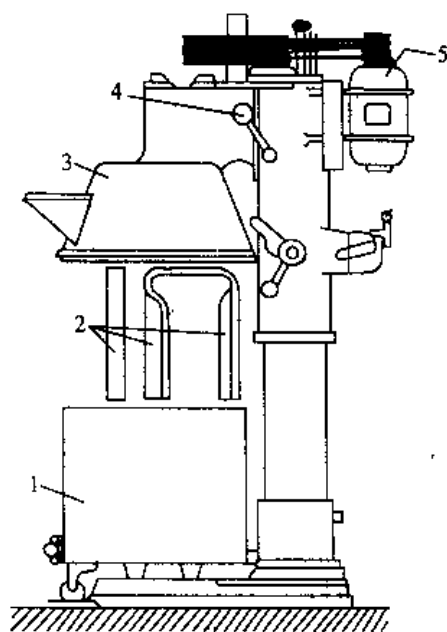


图 6-3 搅拌机

1—料桶 2—搅拌叶(棒) 3—上盖 4—手柄 5—电机

捏合机是一种类似于食品工业中和面机的设备,多用于塑料工业中。用捏合机来分散亲油性的有机颜料的挤水法生产油墨是一种比较好的方法。其原理是利用真空除水。生产过程是将含水量很高的颜料湿浆与连结料一起加入捏合机中,密闭体系,开动真空泵,捏合挤水,用这种方法使水汽被抽出除去,得到的墨料含水量很低,然后转入下一道轧墨机研磨工序。

## 三、研 磨

制造高粘度浆状印刷油墨研磨工序用轧墨机,国内一般采用辊子轧墨机,三辊轧墨机是最常用的设备,见图6-4。

轧墨机的作用是把从搅拌机或捏合机中放出的墨料进一步分散和磨细,使被初步浸润的物料细度进一步变细和浸润,达到 $15\mu\text{m}$ 以下的细度,并根据不同印刷机所用的油墨品种确定研磨程度。

三辊轧墨机其结构简单,三个金属辊的转数不同,从而产生剪切力,辊的转数是从机器

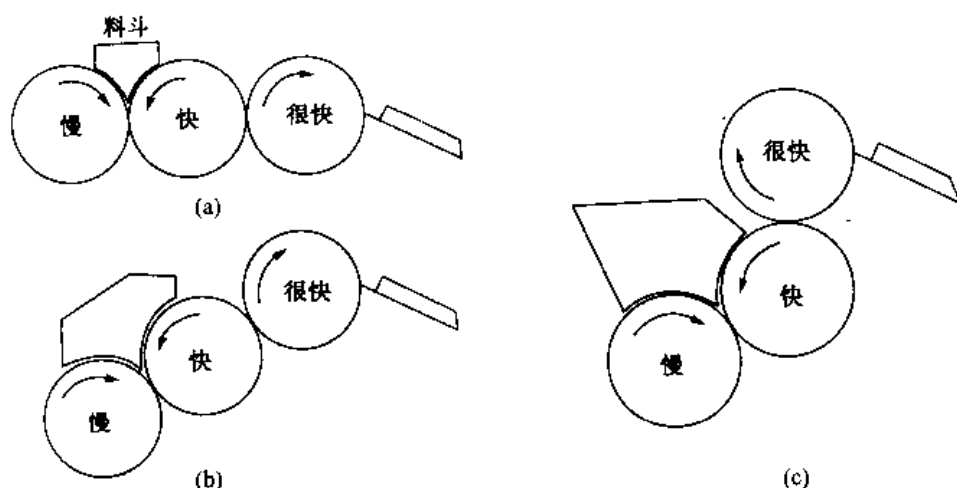


图 6-4 三辊轧墨机的辊子排列方式[(a)~(c)]

后部到前部逐渐增加,转速比常用的为 1:3:9。辊子在工作时,由于不同速比旋转产生剪切力使油墨和辊子生热。所以辊子制成内部可通入冷却水,使辊子降温。后辊子和中辊子上方装有送料斗,可将糊状的墨料送入辊子中,然后通过中辊子旋转带到前辊子,前辊子上装有与前辊子表面成一定角度的刮刀装置将油墨刮下。调整前、中、后辊子之间的距离可以改变油墨的研轧程度。通过一次轧墨不能达到要求的细度,一般要通过 3~5 次才能达到小于  $15\mu\text{m}$  的细度,有的油墨次数还要多。

#### 四、调整

调整工序是把从三辊轧墨机放下的墨料加入辅助剂、溶剂、调墨油、催干剂等物料放入搅拌机中,使之混合均匀,调整到适合的粘度后检验。

#### 五、检验与分装

将调整好的油墨进行检验,检验合格后,用分装机分装,分装可用自动式或半自动分装机。然后即可出厂供用户使用。

### 第二节 低粘度液状印刷油墨的制造工艺

低粘度液状印刷油墨的制造工艺如图 6-5 所示。

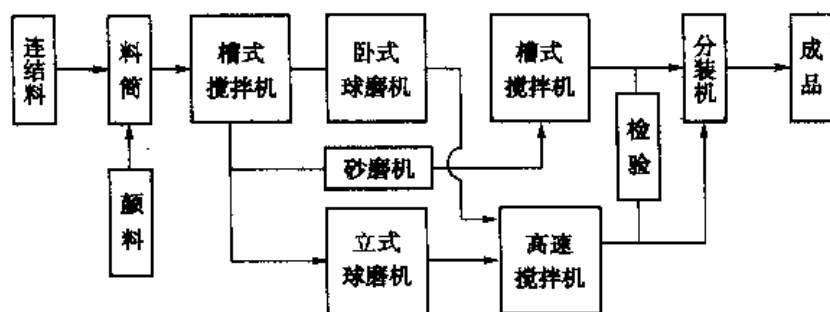


图 6-5 低粘度液状印刷油墨的制造工艺

## 一、配 料

配料与高粘度浆状印刷油墨相同。

## 二、混 合

混合用搅拌设备一般用槽式搅拌机。如果粘度小可不必混合,直接可将颜料、连结料、调墨油等一同投入球磨机或砂磨机中,进行研磨。

## 三、研 磨

研磨工序一般用球磨机,球磨机有卧式和立式之分。

球磨机主要部分是一钢滚筒,滚筒内装有瓷球或钢球,通过电动机带动滚筒使其沿水平中轴旋转,瓷球或钢球和内装的油墨原料不断撞击,使颜料等物料受剪切和挤压,直到颜料等物料足够分散为止。

影响生产效率的因素主要是滚筒的旋转速度、球的形状和尺寸、滚筒中球的总体积和质量,也与所加的原料有关。可通过调整上述因素来获得最佳的研磨效果。卧式球磨机一般不需要预先搅拌,所有原料可一同加入,可连续生产,使用保养费用低。但不适合小批量生产;噪音大,清洗困难,生产效率低。见图 6-6。

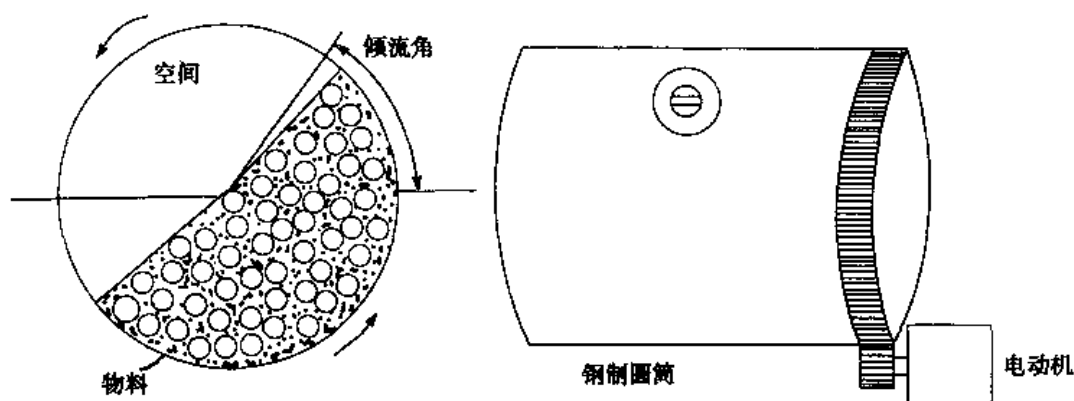


图 6-6 球磨机示意图

立式球磨机与卧式球磨机原理相似,但设备较小,可以连续出料。见图 6-7。

砂磨机是可以连续生产的效率很高的研磨设备,它主要用于油漆、涂料行业。

砂磨机由夹套圆桶、旋转叶轮组组成,内有玻璃球、氧化铝球、瓷球中的任一种。油墨受小球的撞击和剪切力作用,可较快分散和研磨细,在这一过程会产生热量,夹套圆桶内可通冷却水。砂磨机生产效率较高,但对油墨的粘度有要求,一般粘度为  $1\text{Pa}\cdot\text{s}$  以下的液体油墨。

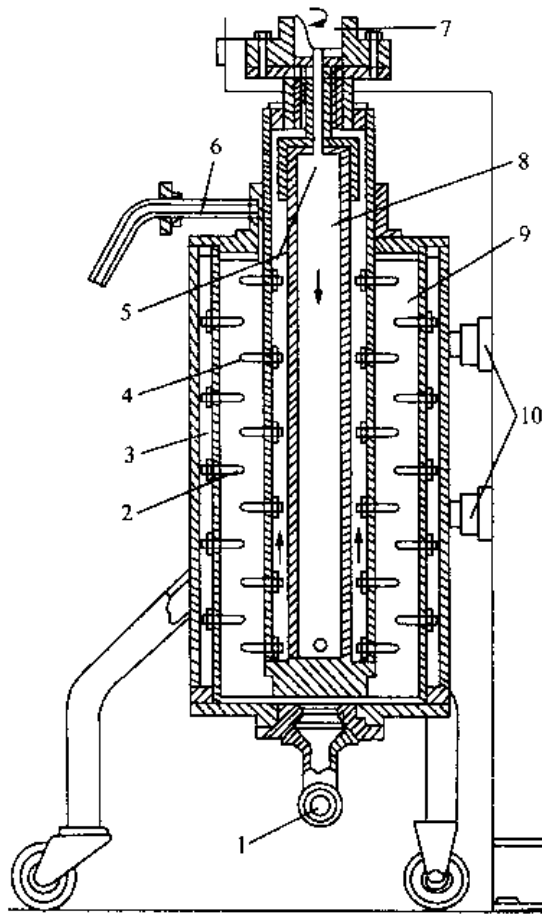


图 6-7 立式球磨机

1—进料管 2—定子的钢销钉 3—水冷却定子 4—转子的钢销钉 5,8—水冷转子  
6—溢流管 7—主轴 9—盛装直径 2mm 钢珠的调制室 10—紧固在框架上的立式球磨机

#### 四、调 整

调整可用槽式搅拌机或高速分散机,高速分散机的转数最高可达 2000r/min。

#### 五、检验与分装

将调整好的油墨进行检验,检验合格后即可分装,粘度较小的油墨分装一般由全自动分装机分装。

### 第三节 油墨的体系状态及稳定性

油墨是一个多相分散体系,其中颜料与填料粒子(固相)均匀地分散在连结料(液相)之中。体系中固相的颗粒与颗粒之间存在着相互作用,颜料粒子会均匀分散在填料粒子中,液相中往往是两种液态物质相互混溶或一种液态物质悬浮分散于另一种液态物质之中。由此可以看到整个油墨的体系存在着固—液平衡,固—固平衡,液—液平衡,其中固—固,固—液平衡决定了油墨的分散体系的稳定,液—液平衡决定油墨连结料的品质,也即油墨的品

质,所以说油墨的体系状态是一个多相分散悬浮平衡的稳定状态。

## 一、固液状态对油墨稳定性的影响

油墨中颜料粒子,是一个分子的聚集体,由于它的粒子微细,比表面积大,再加上分子的表面极性,所以表面自由能过高,是热力学上不稳定的体系,非常容易发生自凝聚的倾向,再加上处于固体表面与固体内部的分子所受力的状态不同,构成了固体表面不饱和剩余力,也导致固体表面的高能态,形成了很强的吸引力,称表面力。正是这种表面力,使颜料粒子在与连结料的浸润过程中起到很好的亲合作用。因为这个过程是气—固界面被固—液界面取代的过程,伴随有能量的变化, $-\Delta G = \gamma_{GS} - \gamma_{SL} = W_i$

式中  $W_i$ ——浸润功

即自由能的减少即等于浸润功  $W_i$ ,它反映了液体在固体表面上取代气体的能力。说明固体粒子表面能( $\gamma_{GS}$ )越大,越有利于在介质中分散,当它在与介质接触时,体系表面能将大大降低,易于润湿的进行。

事实上颜料的表面总吸附着一层来自大气中的水膜,它很影响颜料的浸湿,尤其对极性强的颜料,将直接会影响到颜料在连结料中的分散,这也表示实际固体的浸润过程比理论的复杂得多。

油墨体系中固—液两相要想达到一个稳定的分散状态,很重要的是固液两相的亲合力,由于颜料不同,连结料不同,亲和状态也不同,一般来说,亲水颜料具有较强的表面极性力,亲水连结料也具有较强分子极性,所以它们之间可以有很强的相互作用力,连结料分子在颜料粒子周围规则的取向排列,紧密地包围颜料粒子并与之结合附着其表面,这种作用使颜料粒子的表面能力降至很低,界面能量也降至很低,连结料与颜料很好的亲和,体系处于低能稳定分散的状态。

亲油性颜料表面极性力弱,亲油性连结料的分子极性也弱,甚至无极性,因此它们之间没有很强烈的作用力,接触后形成的界面,虽无大幅度的能量降低,但由于固液双方都无过剩的表面极性力存在,因此它们的界面处于较低的能量状态,连结料与颜料处于亲和状态,体系分散稳定。

若亲油性连结料与亲水性颜料或亲油性颜料与亲水性连结料彼此相混分散,它们之间因不能相互作用,无法释放足够的能量,两者在界面处都将具有较大的过剩极性力,使界面处于高能量状态,连结料与颜料不亲和,体系分散不稳定,处于这种情况,可以借助表面活性剂来提高颜料与连结料的亲和性,改变固液的润湿状态,维护体系的稳定分散。

## 二、表面活性剂的助稳定作用

表面活性剂分子的结构一端为亲油憎水的长链烷基,另一端为亲水憎油的极性基(羧基、醚基、磺酸酯基)。

表面活性剂分阴离子型、阳离子型、非离子型、两性型四种。

表面活性剂的分子结构形态如图 6-8。

### (一) 增加固体粒子间的排斥,保持分散体系的稳定

例如在有机溶剂型油墨中加入非离子表面活性剂,特别当颜料为极性,连结料为非极性时,无数个表面活性剂的极性端将吸附于颜料粒子的表面,而非极性端将向外伸入连结料

中,这样构成了颜料粒子的隔离包护层,有效地阻止了颜料粒子的相互接触,保证了分散状态的稳定,这个过程是界面张力降低的过程。

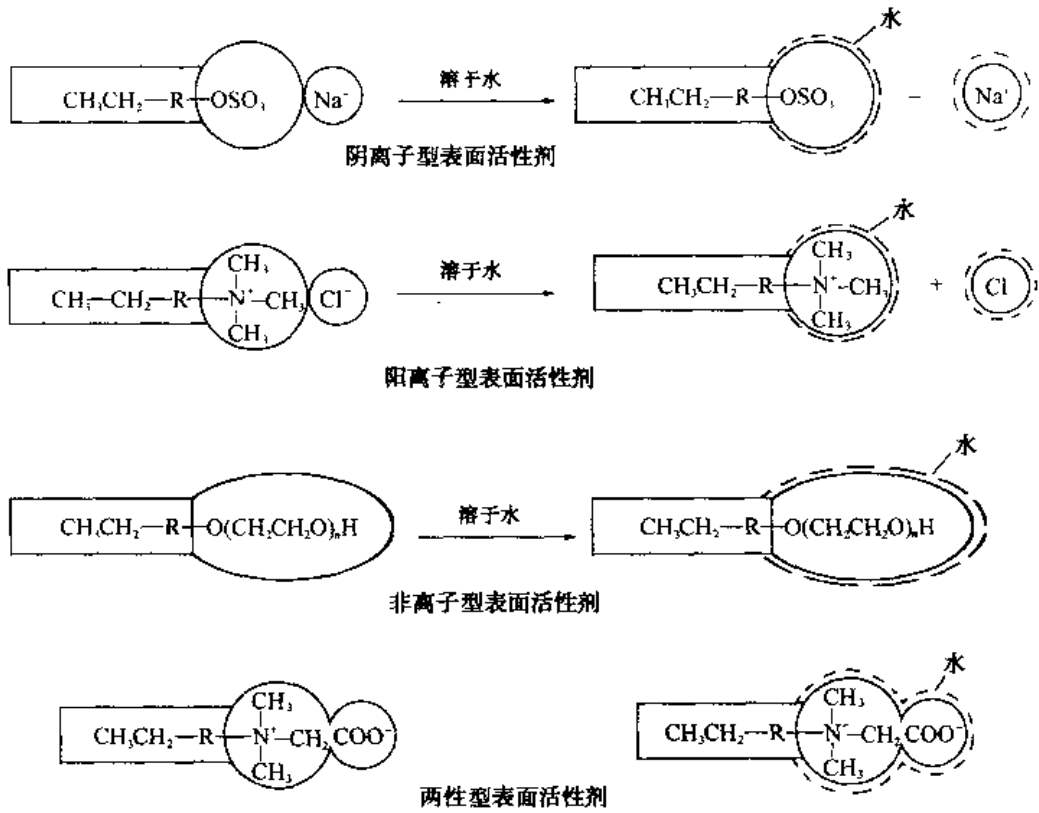


图 6-8 表面活性剂分子结构形态图

若在油基型油墨中加入两性表面活性剂,当活性剂遇到颜料粒子时,活性剂极性基的一端会立即吸附在颜料粒子的表面,无数个表面活性剂形成定向排列的包围式的吸附层,而包围在颜料粒子外围的非极性烷烃链则与连接料的分子结合,形成很厚的保护壳,大大降低了界面能,有效地防止了分散体系中固相聚集沉降,其状态图如图 6-9 所示。

若在水基型油墨中加入离子型表面活性剂,表面活性剂可分解形成正、负离子,然后吸附于颜料粒子的表面,其相对应的电荷扩散于介质中,构成对颜料粒子的包围圈,同时形成对周围同样电荷颜料的排斥。从而在颜料粒子外围构成双电层,有效地防止了固体粒子的凝聚沉降。其状态如图 6-10。

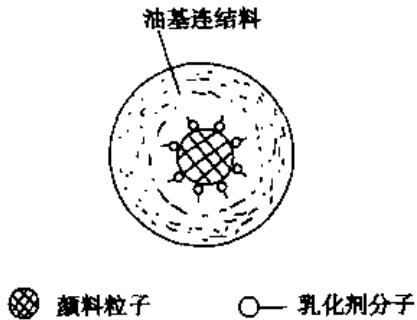


图 6-9 油基连结料中颜料粒子的分散保护层

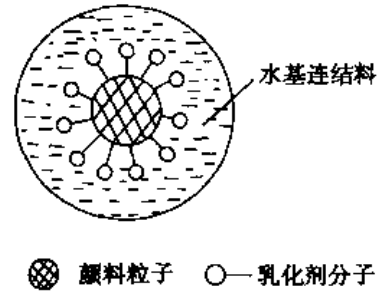


图 6-10 水基连结料中颜料粒子的分散保护层

## (二) 改善连结料的亲和与润湿能力

不同极性的连结料与颜料是不会有亲和性的,比如亲水性连结料极性高,表面张力必然比亲油颜料粒子的高,但若在其中加入表面活性剂,就可降低连结料的表面张力,使其小于颜料的临界表面张力,提高两者的亲和性,改善连结料的润湿能力,同时也降低了体系的界面能。

当油墨与承印物两者的分子均具有较强的异性极性时,两者间将产生强烈的相互作用而导致紧密的吸引,使油墨容易地向承印物浸润。

通常物体自身所具有的极性取决于它自身的分子结构和所具有的基团性质,而两物体之间的相互作用力主要取决于分子间常具有分子间作用力——取向力、诱导力、色散力及氢键。

取向力主要是极性分子的固有偶极依照异性相吸的原理导致的分子的双极子的正负端相吸引的结合力,也可以称为配向效应。如图 6-11 所示。

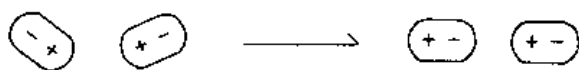


图 6-11 分子间的取向力示意图

诱导力主要是极性分子的固有偶极对非极性分子的诱导作用,使非极性分子正负电荷中心产生位移,形成诱导偶极,这种效应叫诱导效应,所形成的固有偶极与诱导偶极间的相互作用叫诱导力,如图 6-12 所示。

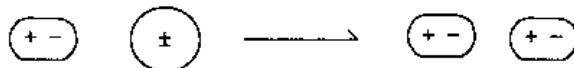


图 6-12 分子间的诱导力示意图

色散力是由于分子中电子的运动所导致的分子的正负电荷中心瞬时产生的位移(瞬间偶极),形成瞬间分子双极子间的吸引结合力。

氢键是偶极矩较大的分子与富电性原子 F、N、O、Cl 等之间的一种静电引力,它是一种具有饱和性又有方向性的力。如图 6-13 所示。

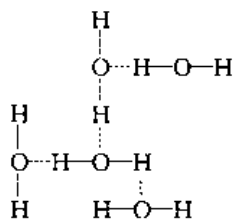


图 6-13 分子间的氢键力示意图

以上几种力在油墨与承印物之间会综合地作用于其中,使油墨与承印物能够很好的吸引,增加浸润和附着性。

## 复习思考题

1. 油墨生产的主要工艺程序是什么?

2. 高粘度浆状油墨与低粘度液状油墨在制造上的主要区别在哪里？
3. 乳化剂在油墨中的作用是什么？
4. 制墨中的主要设备有哪些？
5. 颜料与连结料的亲和力决定于什么？



## 第七章 油墨应用中的理化性能

### 第一节 油墨的粘附性

油墨的粘附性是针对承印物而言的,它是油墨干燥的前题,所谓粘附性应该是油墨转印到承印物上所表现的与承印物之间的亲和与吸附的程度。这种程度好坏的基础在于固液两态的自身极性 & 由此引出的油墨对承印物的润湿。

润湿指得是固体表面的气体被液体取代的过程,也即液体分子被吸引向固体表面的现象。衡量润湿程度的参数是接触角,接触角是指固、液、气三相交界处的液滴表面切线与固体表面的夹角,用  $\theta$  表示,不同的浸润程度如下图 7-1 所示。

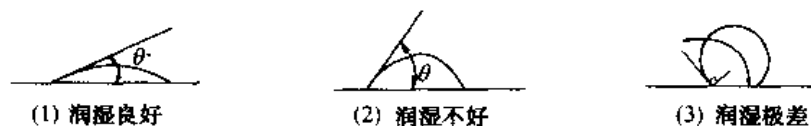


图 7-1 液滴接触角示意图

从图可以看出润湿角越趋于  $0^\circ$ ,润湿越好,越趋于  $180^\circ$ 润湿越差,若  $\theta$  等于  $180^\circ$ ,就根本不润湿,等于  $0^\circ$ 则完全润湿。如同荷叶上滚动的露珠一样,通常将  $90^\circ$ 作为润湿与否的界限。 $\theta > 90^\circ$ 为不润湿。 $\theta < 90^\circ$ 为润湿。

图 7-2(a)中在固体与液滴的接触点 O 上,有液体的表面张力  $\gamma_L$ ,固体的表面张力  $\gamma_S$ 及液-固界面张力  $\gamma_{LS}$ ,若三个力的合力能将 O 点上的液滴拉向左方,则液珠扩大展开,固体则被润湿,若拉向右方,则液滴表面张力变大,则润湿效果变差。其中导致扩大润湿的力主要为  $\gamma_S$ ,导致润湿变差的力为  $\gamma_{L\cos\theta} + \gamma_{LS}$ 。这一结论可以由图 7-2(b)的关系展示。

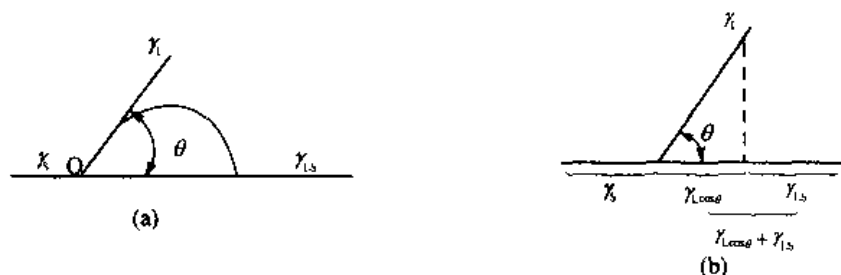


图 7-2 接触角与界面张力的关系图

它们之间的关系式也可以进一步证明

$\gamma_S > \gamma_{L\cos\theta} + \gamma_{LS}$ 时,润湿增大,

$\gamma_S < \gamma_{L\cos\theta} + \gamma_{LS}$ 时,润湿减小,

$\gamma_S = \gamma_{L\cos\theta} + \gamma_{LS}$ 时,液滴处于平衡稳定状态。

当接触角  $\theta = 0^\circ$ 时,公式两边相等,平衡态出现,这正是展开浸湿的热力学必要条件。

因此在实际操作中要达到油墨对承印物良好浸润,必须使油墨的表面张力小于承印物的表面张力,这就要设法提高承印物的表面能,降低油墨的表面能。

纸张是由纤维及染料、填料、胶料等组成,由于填料等多为金属氧化物及无机盐,所以导致纸的表面为高能状态,表面张力均在 0.1N/m 以上,而油墨的表面张力通常为 0.03~0.036N/m,所以润湿过程容易进行。但聚合物为承印物时,表面为低能表面,表面张力与油墨相差无几。所以浸湿过程不易进行。因此在印刷前要进行表面处理,以提高表面极性,增大表面能,改善油墨的粘附性。

表 7-1 展示了聚酰胺(表示张力为 0.036~0.042N/m)油墨印刷时,不同承印物表面张力所导致的粘附性结果。

表 7-1 常用承印物的油墨粘附性

承印物	表面张力/(mN/m)	粘附性	承印物	表面张力/(mN/m)	粘附性
聚乙烯	31	不良	涤纶	43	良
聚丙烯	29	不良	尼龙 66	46	良
聚氯乙烯	39	良	玻璃纸	45	良

## 第二节 油墨的干燥性

油墨从橡皮布转印到承印物表面形成液态的膜层,膜层经过一系列物理或化学变化而成为固态或准固态膜层的过程即为干燥过程。油墨的种类不同,其干燥方式和干燥机理不同。这些不同的关键是由于油墨中连结料及其配比的不同,进而导致干燥的方式与干燥的机理不同。

依照干燥的基本原理,干燥应有化学、物理、光化学干燥几种形式,具体的又可分为挥发型干燥、渗透型干燥、氧化聚合型干燥、加热硬化型干燥、二液反应型干燥、紫外固化型干燥等等。一般凸版书刊印刷选用的是以矿物油与树脂为主体的连结料制成的墨,其干燥方式是以渗透型为主面完成的。凹版印刷用的连结料是由挥发性较强的溶剂与树脂组成的,其干燥形式是以挥发溶剂来完成干燥的。胶版印刷所用的连结料是以干性植物油为主的,其干燥形式是以氧化结膜为主要形式完成干燥的。若用无溶剂活性预聚树脂,则在能量作用下可产生化学交联固化而干燥,这称为反应型干燥。

油墨的干燥速度依赖于干燥方式,而干燥方式又取决于连结料的组成与结构,目前多数油墨由于连结料不是单一的,所以干燥方式也是以一种主要的干燥方式为主,并兼有其它的干燥方式。部分油墨仅具一种干燥方式,如以有机溶剂为连结料的塑料油墨就是单一的挥发干燥型油墨。

油墨的干燥速度对于不同的印刷方式、印刷机械、印刷承印物来说要求各有不同,比如轮转胶印机印刷速度很快,且有的还附带折页机,印好的书页要即刻折叠,所以要求油墨要有更快的干燥性。若对涂料纸进行彩色印刷时,就必须使用热固型胶印油墨,其机理是利用高沸点煤油的热挥发及树脂受热面发生固化反应来完成快速结膜干燥的。

### 一、挥发干燥型

挥发干燥型油墨的连结料其特征是树脂溶解于挥发性的有机溶剂中而制成。印刷后,溶剂与水分逸出,剩下的树脂在承印刷表面经过物理交联失去流动性形成固结干燥的墨膜。

这种干燥机理纯属物理变化,而且这种墨膜还可用制墨的溶剂再度溶解,此种油墨所用的树脂通常采用松香改性的酚醛树脂,丙烯酸、纤维素、环化橡胶、聚酰胺等体系的树脂。

溶剂的挥发速率,可用每分钟每平方米面积上溶剂挥发的质量(mg)来表示。即用  $\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$  来表示,也可用每毫升溶剂在滤纸上完全挥发所用的时间(s)来表示。单一溶剂的挥发速率可按下式计算:

$$E_r = K \frac{p_{25^\circ} \times M_r}{\rho_{25^\circ}}$$

式中  $E_r$  ——溶剂的挥发速率

$K$  ——常数 = 1.64(假定甲苯挥发速率为 100 时所取的常数)

$p_{25^\circ}$  ——25℃时溶剂的饱和蒸气压

$\rho_{25^\circ}$  ——25℃时溶剂的密度

$M_r$  ——溶剂的相对分子质量

溶剂的挥发速度取决于树脂的结构与溶剂的种类。就树脂来说,用 70% 树脂和 30% 的石油醚组成的树脂溶液,若树脂为酚醛类,溶剂挥发量为  $3.10 \text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ ,若树脂用聚合松香酯,溶剂挥发量为  $2.45 \text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ 。

就溶剂来说,按上面公式所得的溶剂的挥发速率是个相对值,表 7-2 列出的是某些常用溶剂的挥发速率数据。

表 7-2 某些常用溶剂的挥发速率

溶剂类别	溶剂名称	沸点范围/℃	挥发速率( $E_r$ )
醇类	甲醇	64~65	254
	乙醇	25~80	117
	异丙醇	81~83	96
	正丁醇	116~119	19
酯类	醋酸甲酯	52~58	500
	醋酸乙酯	72~80	260
	醋酸丁酯	115~130	42
芳香烃类	苯	79~81	288
	甲苯	109~112	100
	二甲苯	135~143	34

同类溶剂,沸点越低,挥发越快,不同类溶剂则不存在此规律,如乙醇和乙酸乙酯沸点相近,但后者却是前者挥发速率的 2 倍以上,这是由于乙醇的蒸发潜热比乙酸乙酯的高。蒸发潜热是指一定量溶剂完全气化时所需要的热能。若使用混合溶剂,其挥发速率将会产生一个变化,其中挥发性强的溶剂先逸出且逸出量大,挥发性弱的溶剂后逸出且逸出量小,这将导致干燥时间延长。

一般情况下油墨中溶剂的挥发速率基本规律如图 7-3 所示。

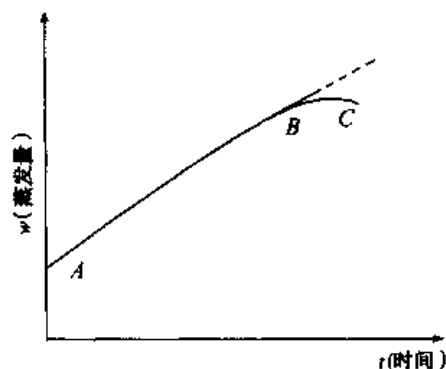


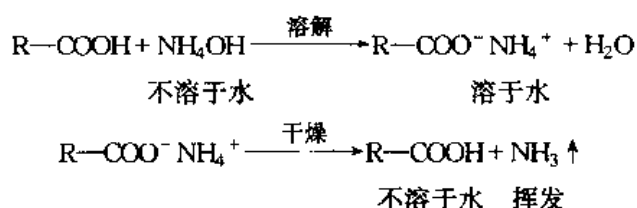
图 7-3 溶剂挥发量与挥发时间的关系示意图

由图可见,AB 之间是线性关系,该阶段称恒量挥发过程。原因是刚印刷完,油墨中溶剂量大,树脂对溶剂挥发无阻碍作用,所以挥发速度快且均匀。至 BC 段,因溶剂大量挥发,体系粘度增大,受树脂粘性的制约,溶剂分

子在液面不能自由行动,只能在形成的薄膜层中缓慢扩散,所以速度大大减慢。

干燥速度同时也受气压、温度、表面空气流动速度等因素的影响,但总的看此种油墨由于溶剂较单一,所以挥发干燥速率较快,处理简单。不足之处是溶剂的消耗量大,耐热性及耐溶剂性较差。

水基墨当前是重点研究开发的类别,是环境保护需要的绿色油墨,它从干燥机理上看大多数也属挥发干燥型,因为它主要是以水为溶剂,树脂是水溶性的。多数分子上带有羧基可以形成羧酸盐,所以溶解于水,当印刷完毕后,水与氨水挥发,剩下的树脂结成油墨的皮膜,此皮膜不溶于水,其具体反应如下。



目前水溶性树脂多采用干酪素、虫胶、藻朊酸、纤维素、顺丁烯二酸酐松香树脂、丙烯酸酯等。

此类墨的配制方便,操作简单,无污染,印刷再现性好,可克服飞墨现象,色彩鲜艳,有很好的发展前景与发展空间,不足之处是干燥速度较慢,可以配以适量的干性醇来加速干燥。

## 二、渗透干燥型

渗透干燥型油墨的连结料大多是不干性矿物油与松香、沥青等构成,特征是不同分子量的材料能比较完全的融合在一起。印刷后小分子部分的连结料渗入到纸内,大分子量部分的连结料则同颜料一起固着于承印物的表面。其干燥过程的实质是依靠油墨的渗透与纸张的吸收两种作用来完成的。

此过程中当油墨向纸张压印时,油墨中部分低分子连结料首先由于受压而渗透到纸纤维的缝隙中,剩余的油墨则在纸的表面形成墨层,其后由于纸张毛细管的作用,油墨的连结料继续进行自由渗透。而均匀分散的颜料粒子间的微细缝隙起到了阻碍油墨中较大分子连结料的渗透,使连结料包围粘结在颜料粒子周围。经过一定时间后,纸张的毛细管的渗透与颜料微缝的阻渗达到平衡时,干燥基本完成。因为这种干燥纯属物理干燥,所以墨膜耐磨性较弱。

在渗透干燥过程中,由于存在加压渗透与自由渗透两个步骤,前者为瞬间的快速变化行为,后者为缓慢的变化行为,这两个行为所形成的渗透深度都对油墨的干燥速度起着重要的影响,实践证明,加压渗透深度都大于自由渗透的深度。所以加压渗透干燥应该是渗透干燥的主导,而且纸张越疏松,毛细管作用越强,油墨粘度越小,油墨的渗透干燥进行的越好。由此可见渗透干燥的好坏与纸张、油墨的结构、性质有着直接的关系。这里值得注意的是纸张毛细管的大小、分布与颜料粒子的大小、分布要相匹配,否则无法实现渗透的平衡,达不到好的渗透效果,下面对两者的匹配关系做一下具体的分析。

(1) 若油墨中的颜料粒子平均半径小于纸张毛细管的平均半径,则颜料粒子吸引连结料的能力大于纸张吸引连结料的能力,达平衡时,墨中会有一定量的连结料存在。

(2) 当颜料粒子的平均半径与纸张毛细管的平均半径相等时,颜料粒子对连结料的吸

引会减小,达平衡时,会有一些量的颜料粒子随连结料一起渗入纸内,导致纸平面墨层暗淡。

(3) 当颜料粒子的平均半径大于纸张毛细管的平均半径,大粒子颜料对连结料的吸引力减小,纸张会大量吸收连结料,使平衡难以实现,由于过量渗透,至使颜料粒子周围失去介质而成为干粉,导致油墨的粉化。

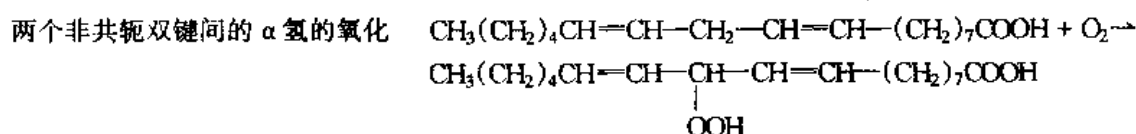
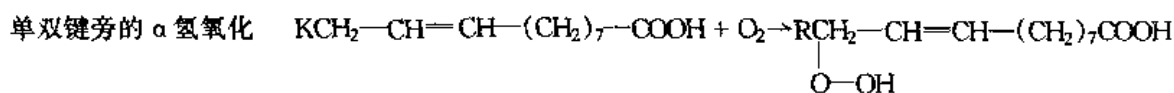
综上所述,结论很清楚。实际操作中一定要以不同的油墨对不同的纸,这样才能保证干燥速度和印刷质量。

通常报业新闻纸上的油墨干燥完全是单一的渗透干燥,连结料仅为沥青与矿物油,纸的吸收性能好,所以干燥属纯物理干燥,墨膜不太耐磨,相当部分的油墨干燥方式是多样型的,如书刊印刷油墨,主要靠渗透方式来干燥,但其中也存在着氧化聚合的干燥方式。

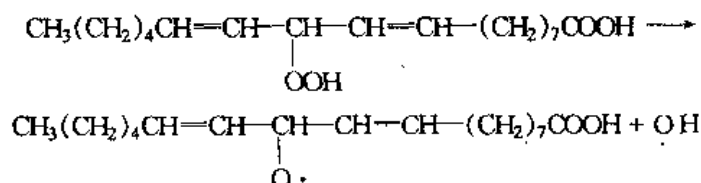
### 三、氧化结膜型

此类油墨的连结料主要是由干性植物油组成,由于植物油中脂肪酸的结构特点是分子中具有不饱和双键或共轭双键,因此分子具有很高的反应活性,尤其是具有吸氧产生氧化聚合的性质。这样油墨的干燥机理也就显而易见了。就其分子中邻近双键的 $\alpha$ 氢来讲,它是十分活泼的,它在空气中很容易与氧作用生成氢过氧化物,氢过氧化物很不稳定,在较低的能量下即可断键形成两个自由基。体系中这样的自由基多了,不同自由基的分子相撞就结合在一起形成了交联网状结构的大分子干固在承印物的表面。若分子为共轭双键,反应活性更大,吸氧速度是单双键的10~20倍,两个分子间可直接共同的与氧作用形成过氧桥,再经重排变成氧桥相连的立体大分子形式,结膜速度更快。

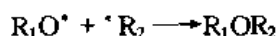
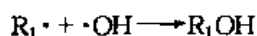
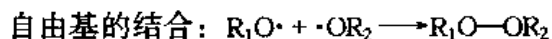
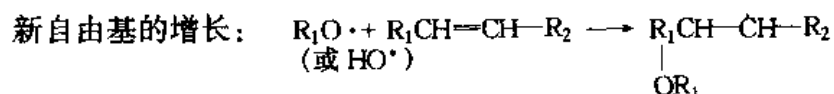
分子反应的具体反应式如下:

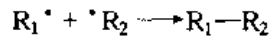


在低能量(光照、热辐射)作用下的自由基分解:

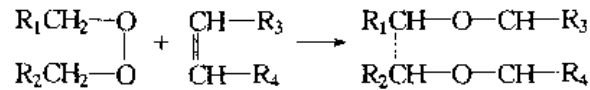


形成的自由基具有很高的活性,它可以在体系中任意的去进攻另一个分子上的双键,再形成新的自由基,这样往复下去,自由基的量增大,同时也就提高了自由基相撞的机会而导致新大分子的形成。下面以简式表示之, $R_1$ 、 $R_2$ 表示大分子的主链。





新形成的大分子再与双键反应,形成以氧桥相连的大分子,为此油墨以网状结构的分子形式结膜于承印物的表面。



两个共轭双键的大分子可以直接与氧反应形成过氧桥,经重排后成为氧桥相连的网状大分子。



以上是氧化结膜干燥的主要反应过程与反应机理,事实上由于油墨体系中还含有一些其他的树脂或组分,它们所存在的结构或基团也会对油墨的干燥过程起到一定的作用,这里就不一一讲述。

氧化结膜干燥型的油墨流动性好,疏水性、印刷适性也好,所形成的墨膜坚韧光亮,耐磨,通常所用的胶印油墨、丝印油墨、印铁油墨、凹凸版油墨等均属氧化结膜型油墨。

氧化结膜型油墨的干燥及干燥速度受着许多因素的影响,但其主要的几种将在下面加以讨论。

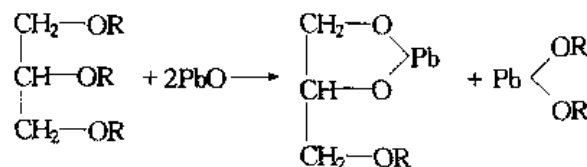
(1) 纸张酸碱度的影响。当油墨附着在纸张上,纸的 pH 值大小对氧化结膜速度具有较大影响,pH 值越小,干燥越慢。

(2) 温度、湿度的影响。温度是化学反应的重要因素,因为氧化结膜属化学反应,所以温度对其反应干燥速度有重要影响,温度越高,反应速度越快。湿度对干燥的影响与墨中的颜料有关,一般彩色颜料影响不大,但对于炭黑则影响较大,所以在湿度大时,应加大干燥剂的量,以保证干燥速度正常。

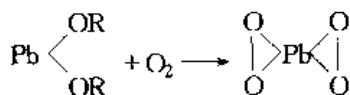
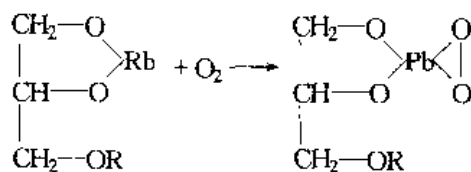
(3) 干燥剂的影响。由于干燥剂主要是以铅、钴、锰为主的有机酸,通常以离子形态存在,化合价为变价化合价,在氧化干燥中起到了氧的载体作用,降低了与氧反应的活化能,促进了氧化物的形成。

另外催干剂也可以促进氢过氧化物的分解,形成大量自由基,这两种作用的结合,有利的提高了氧化结膜的速度,通常锰、钴离子是导致氢过氧化物分解的,而钴离子是促进氧化的,它们的具体反应式如下。

催化氧化反应:



两种盐都可被空气氧化:



催化分解反应:

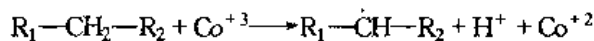
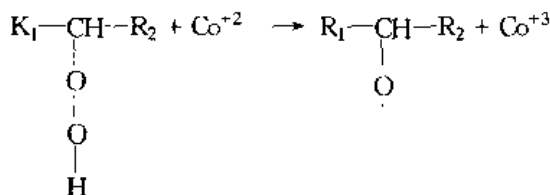


表 7-3 列出了纸张的 pH 值及温、湿度对油墨干燥时间的影响。

表 7-3 纸张 pH 值及温、湿度对干燥时间的影响

纸张的 pH 值	不同温、湿度下的干燥时间/h	
	RH 65%, 18°C	RH 75%, 20°C
6.9	6.1	12.4
5.9	6.6	14.1
5.5	6.7	23.1
5.4	7.0	30.1
4.9	7.3	38.1
4.7	7.6	60.0
4.4	7.6	80.0

从此表中,可以看出在综合影响因素中,最主要的是湿度,因为在较高湿度下,纸张表面的酸性将阻滞油墨的干燥,其原因是纸张表面的酸性物质与干燥剂中金属反应形成不溶于油的反应物,使干燥剂失活。但这一反应的前题就是一定要在纸张表面有一定润湿的条件下。

#### 四、紫外固化型

顾名思义,即在紫外线的照射下,油墨在光敏剂的作用下发生光聚合反应而形成干燥墨膜的油墨,也称 UV 油墨。

紫外光是一种能量很强的光,通常光量子的能量用  $E$  表示。

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

式中  $h$ ——普朗克常数

$c$ ——光速

$\nu$ ——光的频率

$\lambda$ ——波长

紫外线光量子的能量是 280~601kJ/mol,这个能量值是能够充分进行光化学反应的,光

敏剂在紫外光的激发下产生了自由基,然后去引发活性单体与树脂大分子进行光化学聚合反应。

此种油墨最大的特征是不使用溶剂,其主要成分是低粘度的预聚物和活性单体(反应性稀释剂)光敏剂等。反应性单体与树脂混合来调节体系粘度,在光照下参加交联反应。

此类油墨所用的预聚树脂多为环氧丙烯酸酯,聚酯丙烯酸酯等改性的丙烯酸酯类,是多官能团结构,所以分子交联成三维网状结构,油墨从液态变为固态,反应速度极快,不到 1s 即可完成,而且墨膜光亮、结实、耐水、耐油、耐溶剂、耐磨。最突出的优点是由于无溶剂及后处理问题,有利于大气环境保护,缺点是长时间使用对人皮肤有刺激,价位较高,对材料的粘结性有选择,吸光部分及反光部分固化得较慢。

## 五、加热硬化型

这种类型的油墨主要是在加热的情况下产生化学反应而硬化结膜的,此类型油墨多用于金属类、塑料类印刷。当印刷完毕后加热,油墨将发生化学反应而形成墨膜,这类油墨所用的树脂为氨基醇酸树脂,凝油性醇酸树脂和丁酰树脂的混合物,当它们加热时,往往在醇酸树脂的羟基和氨基树脂的羟甲基之间发生反应,形成交联结构的大分子。还可以用丙烯、环氧系树脂,加热温度一般为 120~170℃,时间为 20~30min。

## 六、二液反应型

顾名思义,二液即指两组分,一种是连结料树脂,一种是固化剂。印刷前将两组分混合,印刷后两组分在墨膜中进行反应聚合,这种反应在常温下反应慢,但加热后会加快反应,混合后的墨必须在限定的时间内使用,否则在印刷前它们已发生了固化聚合,不能再使用了。

此种油墨粘结性好,能形成光泽性好、硬而坚的较厚的墨膜,而且耐溶剂、耐油、耐热性好。此类型的油墨所用的树脂往往是环氧系、氨基甲酸酯系、多用于金属、玻璃及硬化树脂制品的印刷。

以上介绍的油墨干燥形式是主要的几种,当然还有其他的干燥形式,如电子射线聚合型、胶化干燥型、沉淀干燥型、湿固干燥型等等,在这里就不一一叙述了。

# 第三节 油墨的流变性能

流变学是专门用以研究物质的流动与形变的科学,其研究对象主要是具有固-液双重形态的物质。由于印刷油墨是以微细颜料粒子与填料均匀分散在连结料中的悬浊液,是具有固-液两种特征的流体。在印刷过程中在剪切力、拉伸力、正压力的作用下会发生各种不同的形变、流动及断裂行为,表现出了较为复杂的流变特性,不仅具有粘流性,还具有粘弹性。所以引用流变学来分析、研究油墨的这些特性可以进一步掌握油墨在运用中的流变规律,以期控制它的行为,达到良好的印刷质量。同时为印刷工艺数据化提供理论依据,为油墨的实验、测定起到指导作用。

## 一、粘度的概念

粘度是流体在流动中所表现出来的内摩擦力的表现,即流体分子间相互吸引而导致的



运动阻力,流体的这种性质可以称为粘性,度量它的物理量称为粘度。

当两层流动的液体间由于液体分子间的摩擦而产生速度梯度,设层与层之间的摩擦力为  $F'$ ,它与另一层向前运动的剪切力  $F$  大小相等,方向相反。 $F'$  的大小与层的面积和相对运动的速度成正比,与层间距离成反比。如图 7-4 所示。

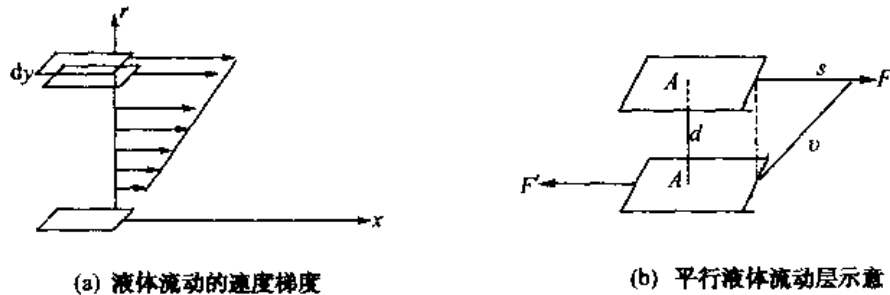


图 7-4 液体的剪切流动及产生的摩擦阻力示意图  
 $A$ —两流动层的面积  $d$ —层间距离  $s$ —相对移动的距离( $t$ s 内)  
 $F'$ —内摩擦力  $F$ —向前运动的剪切力  $v$ —速度

依此图可以列式为:

$$F' = \eta \frac{v}{d} \cdot A = \eta \frac{A}{d} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

式中:  $\eta$  为比例系数,其单位为  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (帕·秒),随不同液体而变,与流动时的相互作用有关,称为“液体粘度”。将上式移项得:

$$\eta = \frac{F'/A}{\left(\frac{\Delta s}{\Delta t} / d\right)} = \frac{F/A}{\left(\frac{\Delta s}{\Delta t} / d\right)} = \frac{\text{切应力}}{\text{速度梯度}} = \frac{\sigma_s}{D} = \frac{\sigma_s}{\dot{\gamma}}$$

此式称为牛顿粘液流动定律,表明理想液体的粘度是切应力与速度梯度的比例常数。

式中  $D = \frac{\Delta s}{\Delta t} / d = \frac{\Delta s}{d} / \Delta t$  为单位间距的相对速度,称为速度梯度或切变速度。

## 二、液体的流动性质与流动曲线

### (一) 牛顿流体

凡是符合牛顿流动定律  $\eta = \frac{\sigma_s}{D} = \frac{\sigma_s}{\dot{\gamma}}$  的流体都称为“牛顿流体”。一般小分子液体与高分子的稀溶液属于此类。它的特点是流动曲线为一条通过原点的直线,粘度即是该直线的斜率,其粘度不随剪切应力和剪切速率的大小而改变,是一个常数,如图 7-5 所示。

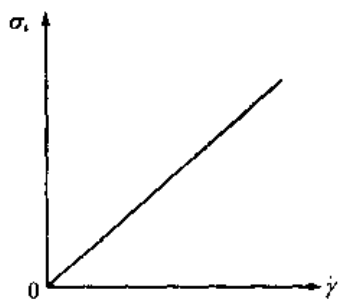


图 7-5 牛顿流动定律

### (二) 非牛顿流体

凡不符合牛顿流动定律的流体都称为非牛顿流体,作为高分子的熔体与浓溶液均属此类。它的切应力与切变速率之间不是线性关系,其粘度变化不同于小分子液体,随剪切力或剪切速率的大小而变化,是一种非稳定流体,非牛顿流体的流动曲线如图 7-6 所示。

通常这种流体所表现出的粘度为表观粘度用  $\eta_a$  表示,它不是一个常数,是随切变速率而变化的,它是流动曲线上与某一切变速率  $\dot{\gamma}$  相对应的点与原点相连直线的斜率。如图 7-7 所示,而流变曲线上任一点斜率称为该切变速率下的稠度  $\eta_c$ 。表观粘度是非稳定流动的一种反映,造成的原因是高聚物或浓溶液流动中不光有不可逆的塑性流动,而且还夹杂有可逆的高弹形变,因为流动中分子部分链段很快在外力强迫下被推移但还来不及恢复到它应有的平衡也就顺流暂时取向了,这也就意味着潜藏下了可逆形变的问题,去掉外力后,这部分形变中的部分可以恢复。这种由不可逆的塑性形变和可逆的弹性形变汇合在一起所反映的粘度就是表观粘度,比真实粘度小,是非牛顿流体的显著标志。

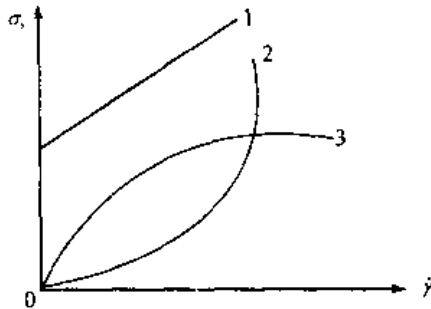


图 7-6 非牛顿流体  
1—宾汉流体 2—胀流体 3—假塑性流体

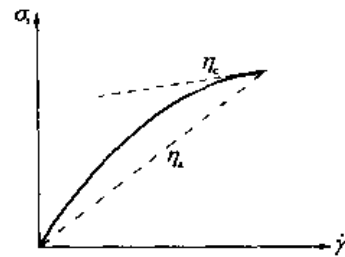


图 7-7 表观粘度与稠度的示意图

### 1. 宾汉流体(塑性流体)

宾汉流体的特点为  $\sigma$  小于一定值时,根本不流动,当  $\sigma$  大于临界值  $\sigma_y$  时,才产生牛顿流动,一般良溶剂中的浓溶液属此类,如油漆、沥青等。

### 2. 胀流体

胀流体的流动特征是表观粘度随切变速率  $\dot{\gamma}$  的增大而增大,即切力增稠。通常具有一定浓度、颗粒及规则的悬浮体系、高聚物-填料体系、油漆、涂料体系属此类,它所以能切力增稠是由于粒层间移动摩擦,引起体积膨胀,使润滑介质不能起隔离作用,造成粒间运动阻力而使体系增稠。

### 3. 假塑性流体

抛开曲线的起始部分,有类似宾汉流体的特征,尽管曲线无实在的屈服应力,可是曲线的切线交于纵轴某一点,如同屈服值,故称为假塑性流动,假塑性流体的特征是表观粘度  $\eta_a$  随切变速率  $\dot{\gamma}$  的增大而减小。即切力变稀体。一般所有的高聚物熔体和浓溶液都属此类,造成切力变稀的原因是由于剪切力的作用使分子间的缠绕解开,流动时分子又从不同的流速层中挣脱到同一流速层中而取向,就像水流中与水一起流动的绳子一样。

## 三、油墨的粘度与屈服值

根据上述的基本观点,可以清楚地看出油墨大多数属于非牛顿流体,如胶印墨属宾汉流体,雕版凹印墨属胀流体,某些凹版墨(或平版墨)属假塑性流体。液体粘度  $\eta$  不是常数,一般用表观粘度  $\eta_a$  表示。不同油墨流动特征不同,同种油墨不同条件下流动特征也不同,所以说油墨的  $\eta-\dot{\gamma}$  关系比较复杂,所以测粘度时必须确定影响因素后才能确定油墨的粘度。通常的影响因素有油墨的自身结构、环境温度、作用力时间、剪切力及速度的大小。

生产控制中,还常用相对粘度和条件粘度,相对粘度是流体的绝对粘度与同条件下标准

液体(如水)的绝对粘度之比;条件粘度是指一定量的流体在确定温度下从一定直径的小孔中全部流出所需要的时间,以“秒”表示。

油墨的粘度对印刷过程来说是十分重要的,它可以影响印刷性能和印刷质量,如每小时印 20 000 印的轮转胶印油墨,它的粘度应在  $10 \sim 30 \text{Pa}\cdot\text{s}$  范围,但若粘度太小,就会使油墨在高速运转下产生墨丝的断裂形成“飞墨”现象,在书报页上发现过多的小墨点,影响印品质量。在相同的印速下,纸张结构松软的油墨粘度应低一点,纸张结构紧的要求油墨粘度高一点。否则松软纸用高粘度油墨,将把纸粘坏,产生拉毛现象。影响印品质量。

油墨的粘度与流动性也是相互影响和相互制约的,凡流动性差的墨粘度必然就高,凡粘度高的墨流动性自然差。如油墨中的分散相是颜料,颜料粒子的形态各种各样,片状、球状、棒状等,它们的分散度高低会对油墨的流动性产生影响。

表面活性剂由于在颜料粒子周围形成保护层,增大了颜料粒子的体积,所以在连结料中的分散也会影响油墨的粘度。总之影响油墨粘度的因素很多,也很重要,所以是必须引起重视的。

油墨的屈服值是指使油墨产生形变所需要的最小的剪切力。记为  $\sigma_0$ ,当切应力  $\sigma < \sigma_0$  时,  $\dot{\gamma} = 0$ ,油墨不变形,当  $\sigma > \sigma_0$  时,油墨才发生变形而流动,屈服值的单位为  $\text{N}/\text{m}^2$ 。前面已经讨论过,由于大部分油墨属宾汉流体(塑性流体),如胶印与凸印墨,它们都具有屈服值这一特性,所以屈服值是油墨的一个重要参数,一般情况下,油墨应具备最小的屈服值,以便它在操作中流动容易。

屈服值形成的原因,主要是在静止状态下油墨体系是稳定的,分散于其中的粒子间有相互吸引聚集成一整体的趋势,当受外力作用时,这种粒子间的整体聚集的引力就遭到了破坏,当达到一定的力时,油墨开始变形流动,这个导致油墨流动的力即是屈服值。

屈服值的大小与油墨的结构有关,而且直接影响油墨的流动性。

#### 四、油墨的触变性

油墨的触变性就是当油墨受到外力的搅拌时,油墨将随搅拌的作用由稠变稀,甚至可以流动,但当停止搅拌后,油墨则会由稀变稠,甚至停止流动的现象。这是塑性流体的一种基本特性,人们把它称为触变性。

触变性是在恒定温度条件下出现的,这并不意味着搅拌导致了油墨的升温至使粘度下降,而是由于油墨内部结构发生了变化而出现的现象。

油墨的触变性在印刷过程中是有很重要的作用,因为这种触变性使油墨在墨辊上受到机械的转动作用后,墨的流动性就发生了变化,延展性提高,油墨的转移过程进行的更好。印刷完毕后,由于没有外力的作用,油墨将逐渐变稠,有利于墨膜的稳定与干燥,保证了印迹的清楚准确。

触变性产生的原因主要是内部结构导致的一个稳定的分散体系,其内部各种组分间的综合作用力是形成触变性的重要因素。

触变现象形成的机理从胶体化学的角度看,油墨体系是一个分散稳定的悬浮体,其中颜料粒子是带电荷的,而连结料也是带有一定极性的,再加上表面活性剂的作用,在颜料粒子周围形成了具有保护性的双电层。如图 7-8 所示。

这种双电层的存在避免了颜料粒子的相互粘结凝聚,处于一个斥力与凝聚力的平衡点

上,使其运动受到约束,体系整体似乎以一个巨大的吸力形成了一个立体的网架,油墨处于类似凝胶的状态。但当外来机械力的作用下,双电层受到破坏,形成的立体网也就解体了,于是稳定的悬浮体失去了稳定,油墨开始变稀,待外力去除后,体系又开始处于静止状态,双电层又会重新形成,折散的网架又会重新聚集起来。就是这一拆一聚的循环(即从平→稀→平)过程,如用旋转粘度计测量模拟的话,油墨的流动曲线将出现一个封闭的环,叫做滞后圈,如图 7-9,即对应同一个剪变速率  $\dot{\gamma}$ ,油墨变稀所用的力要大于油墨恢复变稠所用的力,这说明施加外力连续增加时,双电层破坏及内部网架也不断破坏,当外力连续减小时,已破坏的流体结构还来不及恢复原状,这个恢复是自发状态的,所以表观粘度近于常数。通常塑性型油墨都具备这一特性。

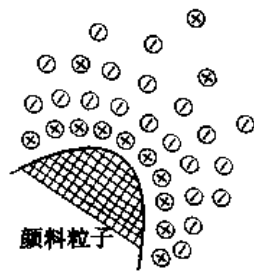


图 7-8 颜粒周围双电层示意图

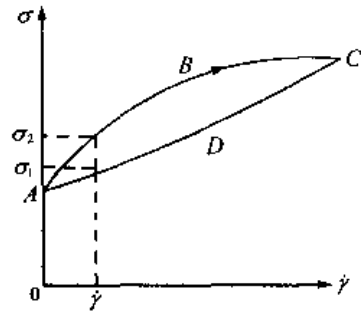


图 7-9 触变性流体的流变曲线

影响触变的因素有多种,但主要是颜料的性质、形状及体积。经验证明片状、针状颜料粒子比球状颜料粒子制成的墨触变性大,若颜料在墨中占的体积大,墨的触变性也大,但当颜料与连结料之间的润湿好时,墨的触变性变小。

## 第四节 油墨的光学性能

### 一、光学性能的主要指标

油墨的光学性能主要指墨膜干燥后的光泽、透明及色彩状态,决定光学性能的本质在于膜层对照射在表面光线的反射、透射和吸收能力,三种能的综合作用就构成了墨膜的光泽性、透明性及色彩状态。

光泽是指膜层表面受光照后所反射的亮光,反射的光又分镜面反射和漫反射两种,镜面反射的光即反映了膜层的光泽,光泽度可用百分比表示。

透明度指的是当光线照射膜层后,部分光产生折射而进入膜层内,进入膜层的光又分为穿透膜层的透射光和被膜层吸收的光,透射光越大,膜层的透明度越高,若吸收的光越多,则遮盖力越高。

颜色即指光照射到膜层上,若油墨是带色透明体,则透过的光是与透明体的颜色相同,墨层就显示这种颜色,若油墨是带色不透明体,则反射的光是与不透明体表面颜色相同的光,墨层就显示这种颜色。

油墨的光泽性、透明性、颜色是表现一个印刷品的重要因素,一个高质量印刷品的重要指标,它们可以赋予印刷品外观的美感,渲染效果和高品质的感觉。

## 二、影响因素

影响上述三个指标的因素很多,下文就主要因素进行一下讨论。

光泽性的影响因素主要有油墨、纸张、印刷工艺等。因为油墨自身就有一个流平性的问题,流平性不佳,印好的墨膜就比较粗糙不平,影响墨膜的光泽,若纸张疏松,连结料过多的渗透其内,墨层有粉化趋势,影响墨膜光泽,纸张自身的平滑度不佳,对于光的反射就会出现偏差,也影响墨层光泽。

透明性的影响因素主要有颜料的结晶形态,颗粒大小、含量,及颜粒与连结料的折射率关系。

因为颜料自身的分子结构及结晶形态不同,对光的吸收能力不同,导致墨膜的透明度不同,颜粒的大小决定分散度的大小,影响遮盖能力,粒子越小,遮盖力越强,这是由于颜粒的表面积增大导致了光的反射与吸收增大,再者颜料在油墨中的总比例高,会导致吸光能力上升,透明度下降。膜层的透明度还与颜料与连结料的折光率有关,若二者折光率相近,光的折射角小,油墨透明,反之二者折光率差大,油墨则不透明。

颜色的影响因素主要是颜料粒子的形态和组成的纯度,因为它们都会影响到光的吸收,尤其后者,不纯物会造成有害吸收,使形成的三原色油墨不纯正。因为理想的黄色只吸收蓝光全部反射红光和绿光,理想的品红色只吸收绿光全部反射红光和蓝光,理想的青色只吸收红光而全部反射蓝光和绿光。但实际上由于有害吸收的存在,所以三原色不可能纯正,每一色中都会产生色相误差和灰度,这将影响印品的色调,因此只有通过制分色片时对三原色的偏差进行补偿。

对三原色的评价指标通常有色强度、色相误差、灰度及饱和度色效率这4个指标。可用红、绿、蓝三个滤色片分别对三原色墨进行反射密度的测定,再根据密度值进行计算得到。

下面是对三原色油墨4项指标评价的举例。

### 1. 密度值

表7-4中列出了某三原色油墨的密度值

表 7-4 某三原色油墨的密度值

三原色油墨 \ 滤色片	红	绿	蓝
黄	0.02	0.08	0.86
品红	0.09	0.89	0.33
青	1.25	0.40	0.57

### 2. 指标评价

色强度:即上述测定中每种墨的最高密度值即为油墨的色强度,上表数据表明黄墨的色强度为0.85,品红墨的色强度为0.89,青墨的色强度为1.25,色强度可用以估计油墨叠色后的色偏,若蓝、黄两色叠印,若黄墨的色强度大,则形成的绿色偏黄。

色相误差:是用以描述油墨颜色偏差的指标,可用墨色相的反射区容度差与吸收区密度差之比表示。

$$\text{色相误差} = \frac{M-L}{H-L} \times 100\%$$

式中  $H$  —— 油墨最大密度值

$L$ ——油墨最小密度值

$M$ ——介于  $H$ 、 $L$  之间的密度值

通常油墨色相偏向密度值最小的滤色片的颜色,其量值即为偏差的程度。

灰度及饱和度:油墨色相在该吸收区的最小密度与该吸收区的最大密度之比表示灰度。油墨的纯度即为饱和度。灰度是色调的一个重要指标,其值越大,墨的饱和度越低,颜色不纯不亮。

$$\text{灰度} = \frac{L}{H} \times 100\%$$

$$\text{饱和度} = \left(1 - \frac{L}{H}\right) \times 100\%$$

色效率:指的是颜色对光的正常吸收与不正常吸收的百分比。

$$\text{色效率} = \left(1 - \frac{L+M}{2H}\right) \times 100\%$$

因光的吸收决定颜色的色相,该吸收的光都吸收了就提高了色效率,得到纯的色相。

表 7-5 给出了上述三原色油墨的各指标的数据。

表 7-5 三原色油墨各指标的数据

油墨	色强度	色相误差/%	饱和度/%	色效率/%
黄	0.86	7.2(偏红)	97.7	94.2
品红	0.89	30(偏红)	90	77
青	1.25	2(偏绿)	87	78

## 第五节 油墨的耐抗性

印刷品常会应用于各种环境中,如日晒、雨淋、酸碱气体等环境下,所以它是否具有抵抗能力,保持印刷品的原品质是至关重要的。

油墨的耐抗性指的就是固化后的墨膜在受外界因素侵袭时,保持膜的色彩、图文清晰及各种品质不变的性能(即稳定性)。

油墨的耐抗性主要包括以下几个指标。

### 一、耐热性

热固性油墨(如印铁、软管印刷油墨)在印刷后需要烘烤干燥,或印好的塑料制品要复压膜,印好的塑料袋要封口,这些都是在较高的温度下进行的,所以油墨必须要有耐热性才能保持原有的品质而不变色。

### 二、耐光性

长期暴晒于日光下的印刷品是否变色、退色就是耐光性好坏的体现,耐光性的好坏主要决定于颜料,往往颜料在光照下会发生基团的重排和晶型的转化而导致退色变色。所以颜料要选耐晒性好的合成改性颜料。

### 三、耐水及耐溶剂性

这种性能指的是油墨膜层在水、酸、碱溶剂等条件下的稳定性,墨层的抗水性取决于颜

料与连结料的结合状态与性质,若聚合反应型树脂连结料,它在干燥后形成网状结构,将颜料均匀地保护起来,这样的墨膜就抗水性好。

## 第六节 油墨的细度

油墨的细度指的是混合在连结料中的颜料与填料等固体颗粒大小及分散程度。粒子小分散的好,则油墨体现出细腻、光滑、流畅的感觉。粒子大分散不好,则会体现出粗糙,不光滑,不流畅的感觉。

油墨的细度在印刷质量中是一个重要的影响因素和指标,通常网线细的高精度印刷品要求油墨的细度要高,相反油墨细度差,颜料粒子聚集的较大、较粗,会引起许多印刷故障。溶剂型油墨,会因颜料粒子大而发生沉降现象,平版印刷中会因粗粒而损坏印版,或导致堆墨、糊版等。

## 第七节 油墨的粘弹性

粘弹性是高分子的特有性质,它既有弹性,又有粘性。作为油墨,它是一种混合的粘稠体系,尤其是其中溶有高分子树脂,所以它也同样具有这种特性。

粘弹性一般分为静态粘弹性与动态粘弹性。

静态粘弹性是应力应变完全恒定,不是时间的函数时材料所表现出的粘弹性。

动态粘弹性是材料所受的力(交变应力)为时间的函数,且应变随时间的变化始终落后于应力随时间的变化,这一滞后效应称为动态粘弹性。

通常油墨的粘弹性都是在印刷机高速运转的交变应力下表现出来的,所以是动态粘弹性,油墨粘弹性最突出的表现就是在两墨辊相压后再分离的时候,粘滞的油墨被拉成墨丝,进而断裂,甚至产生“飞墨”的过程。

粘弹性产生的原因根本上还是体系内部结构及分子自身结构所导致的。油墨中分子多数具有极性,取代基数目多,树脂的溶入使体系粘度增大,再加上颜料粒子与填料粒子的高度分散,使体系运动的阻尼很大,所有物质的分子之间的各种相互作用形成了一个巨大的吸引力把体系整体束服在一起构成了一个“网架”。因此油墨在剪切或拉伸力的作用下就体现了粘弹性的现象。

### 一、油墨的粘弹性模型

为了更深刻的理解油墨的粘弹现象,可用弹簧和粘壶结合的串联模型(即 Maxwell 模型)来直观地模拟描述油墨的粘弹现象,如图7-10。一个符合虎克定律的弹簧,能很好的描述理想弹性体的力学行为,应力-应变成正比:

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中  $E$ ——弹性模量

$\varepsilon$ ——形变量

$\sigma$ ——应力

一个(具有一块平板浸没在一个充满粘度为  $\eta$ )符合牛顿流动定律的小壶组成的粘壶,

能很好的描述理想流体的力学行为,其应变速率与外力成正比:  $\sigma = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$

$\eta$  为液体粘度。

当一个外力作用在模型上时(即相当一个剪切力作用在油墨上时),其模型的粘弹形变应该是两个分子加合,  $\varepsilon = \varepsilon_{\text{弹}} + \varepsilon_{\text{粘}}$

$$\text{即 } \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{d\varepsilon_{\text{弹}}}{dt} + \frac{d\varepsilon_{\text{粘}}}{dt}$$

由于  $\sigma_{\text{弹}} = E\varepsilon, \sigma_{\text{粘}} = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$

$$\text{则 } \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta}$$

此式为 Maxwell 模型的运动方程。

该模型的模拟过程是这样的: 当模型快速受一重力, 起始全部形变由弹簧作出, 而粘壶由于粘性作用还来不及动作, 这时两元件产生了起始应力  $\sigma_0$ , 形成了起始形变  $\varepsilon$ 。随后粘壶被慢慢拉开, 弹簧回缩, 因而总应力下降, 直至完全消除, 这一过程很好的模拟了材料应力松弛的过程。

在应力松弛的过程中总形变固定不变, 即  $\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$ ,

$$\text{则 } \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta} = 0$$

$$\text{则 } \frac{d\sigma}{\sigma} = -\frac{E}{\eta} dt$$

当  $t=0$  时,  $\sigma = \sigma_0$  上式积分得  $\sigma_t = \sigma_0 e^{-Et/\eta}$

当  $\eta/E = \tau$  时( $\tau$  为松弛时间)  $\sigma(t) = \sigma_0 e^{-t/\tau}$

所谓松弛时间即是物体从一种平衡通过分子运动过渡到另一种平衡所需要的时间。

由此式可以看出应力松弛对时间的依赖关系。 $t$  上升,  $\sigma$  下降,  $t \rightarrow \infty, \sigma \rightarrow 0$ , 当  $t = \tau$  时,  $\sigma_t = \frac{\sigma_0}{e}$ , 由此也就得到了松弛时间的定义, 即为应力松弛到起始应力  $\sigma_0$  的  $\frac{1}{e}$  时所需要的时间, 为松弛时间。

此时可以说应力全部松弛, 模型的内能完全消散, 因此  $\tau$  值可以表示粘弹模型内能储存能力的大小。

模型的模拟过程也可以说明模型的粘性部分和弹性部分对时间和不同作用力方式的响应不同, 若应力以快速的爆发力施加, 那模型表现为弹性(弹簧动作), 若应力为缓慢的长时间的作用, 那模型表现为粘性(粘壶动作), 这恰恰反映了油墨在静态流动下的粘性, 与动态作用力下的弹性, 如墨丝断裂及飞墨。

从另一角度看材料运动过程松弛时间长, 说明材料的弹性性质强, 力学行为类似固体, 松弛时间短, 说明材料的粘性性质强, 力学行为类似液体, 这点对于研究、考察油墨是十分重要的。

## 二、油墨的拉丝性与粘着性

在印刷中油墨的拉丝现象是正常现象, 是油墨粘弹性的表征。因为印刷过程也就是油墨不断转移的过程, 油墨在辊与辊之间, 辊与版之间, 版与承印物之间连续转移, 当墨强制性的进入两辊相触压的中间时, 油墨受到正压力而成为紧密粘滞的一体, 但当两辊转开时, 油墨受到了两个方向的拉伸力, 如图 7-11(a) 所示。

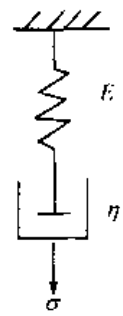


图 7-10 Maxwell 模型



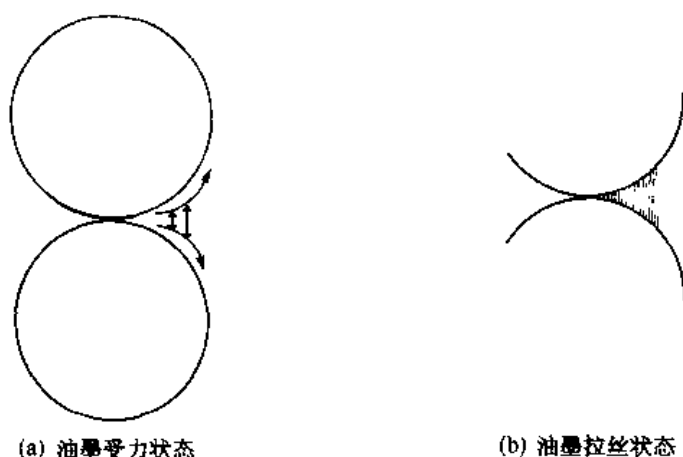


图 7-11 墨辊转动时油墨的受力及墨拉丝的状态图

这时粘滞成一体的油墨开始进行解体,内部出现了空隙空洞,随着拉伸的继续进行,空隙空洞增大,墨膜被拉成丝,最后墨丝经变形而断裂。如图 7-11(b)充分的体现了油墨粘弹性性质。若墨丝以粘性特征断裂,则墨丝拉丝较长,若墨丝以弹性特征断裂,则墨丝拉得较短。所以说油墨拉丝的过程是粘滞性起主导作用,墨丝断裂过程是弹性起主导作用。

断裂后的墨丝在自身较强的回弹力下回到墨辊上,实际上这也是一种阻止墨膜剥离破坏的能力,即油墨的粘着性。油墨的粘着性实质上是油墨内聚力的表现。油墨形成丝状的能力称为油墨的拉丝性。

墨丝断后,拉伸力消失,墨势必要恢复原状,这种恢复中也包括粘性恢复和弹性恢复两部分。粘性恢复中,因无内力作用,仅靠自身重力作用随意恢复,结果导致膜层表面不平整,边缘扩散,网点增大而不清晰。弹性恢复则是靠墨层内储存的内能的作用而恢复,墨丝是被弹性拉力而拉回的。其结果墨膜被拉力拉平,边缘无扩散,网点清晰。

印刷中油墨的粘着性与拉丝性对于油墨的转移和印刷质量是至关重要的,因为墨的粘着性大,遇到纸张表面强度低时,就会出现纸的表层被剥离,即“拉毛”现象,影响印刷质量,若墨的粘着性小,墨丝回弹无力,则导致边缘扩散,网点扩大,图文不清晰。

在套印中若后一色墨粘着性强于前一色,将在印刷后把前一色的墨粘掉,使连续调破坏,因此说印刷中一定要选择粘着性和拉丝性适中的油墨。

### 复习思考题

1. 油墨在应用中有哪些主要的理化性能? 其作用是什么?
2. 油墨的主要干燥方式有哪几种,其干燥机理是什么?
3. 什么是表观粘度? 油墨的流动曲线说明哪些问题?
4. 油墨的粘度与粘性的区别是什么? 在印刷过程中会起到什么影响?
5. 油墨的触变性是什么? 在印刷中的作用是什么?
6. 造成飞墨的原因是什么? 怎样解决飞墨问题? 如何用粘弹性来分析?
7. 油墨的光泽取决于什么? 油墨的耐晒性取决于什么?
8. 油墨的流动性在印刷中所处的地位如何? 作用是什么?

## 第八章 油墨与配套印刷方式的关系及油墨配方

印刷油墨种类的不同完全取决于印刷方式的不同及印版和承印物材料的不同。在实际操作中,传统的经验往往是按照印版的特点来划分油墨的,如平版印刷油墨、凸版印刷油墨、凹版印刷油墨及孔版印刷油墨,同一类别中还要细分为不同的品种。如平版印刷油墨可以按其性质分为单张纸胶印油墨、卷筒纸胶印油墨、铜版纸胶印油墨、印铁油墨等。凸版印刷油墨可按其印刷是圆压平或圆压圆的方式分为平台凸印油墨和轮转凸印油墨。凹版印刷可分为雕刻凹版和照相凹版油墨。孔版油墨可依承印物的不同分为玻璃油墨、织物印花油墨、陶瓷印花油墨;或按油墨功能不同分为高温油墨、荧光油墨、导电油墨等。

随着印刷科技的进步与发展,新型的印刷机、新的印版材料、新的制版方式不断涌现,所以与它配套的印刷油墨也就层出不穷的应运而生。如绿色环保型:水基墨、无溶剂的UV墨、各种类型的彩喷油墨、微胶囊油、高温变色墨、导电导光墨,热固型快干胶印墨、柔印水基墨等等。本章主要介绍一些最常用,最有代表性的油墨以及油墨与配套印刷方式间的依赖关系。

### 第一节 平版印刷油墨

平版印刷是印刷业中最多用的一种印刷方式,最具印刷的代表性。

平版印刷就是利用油水相斥的原理,将印版通过感光树脂的涂层将图文部分变成亲油的性质,空白的部分因感光树脂被腐蚀掉而变成亲水的部分,其印刷过程是通过胶辊与橡皮布将油墨转移到承印物上而进行的,固也称为胶印,它是一种间接印刷方式。此过程中水辊与墨辊是交替的向印版上提供水与墨的,以便印刷中各自保留和相斥的界面更加清晰。所以它所采用的油墨就必须具有以下几点要求。

(1) 较强的抗水性,防止油墨由于粘水而乳化。这就要求油墨中的颜料要具有抗水性,即不溶于水与溶剂,否则颜料在转印的过程中就会脱离连结料溶于润版液中,使非图文部分着色,印刷品图案混色,严重的影响原稿的再现和印刷质量。

(2) 由于是间接印刷,每步转移的墨层均比较薄,所以要求颜料的着色力要强,含量相对要高,在连结料中的分散要好,这样一方面保证色彩饱满,一方面保证油墨的流动。

(3) 要求连结料要具有很好粘盖成膜性及抗水,使颜料充分的粘裹其内,否则与水乳化造成传墨不良、上脏以及影响干燥性能,通常连结料分子大一些的油墨,抗水性覆盖性好一些。目前胶印墨一般都使用树脂连结料。

#### 一、单张纸胶印油墨

单张纸胶印机的印刷速度不是非常快,所以油墨粘度稍高些,一般可分为普通型、亮光型、快干型和亮光快干型。通过油墨的名称就可以判断油墨的特点,其中普通型光泽、固着性都较差,但价位低,亮光型光泽好,但固着较慢,快干型干燥速度快,但光泽差,只有亮光快

干型兼具了其他几种油墨的所有优点。究其原因,主要在于制墨的工艺上,科学的控制了炼制油墨的温度与时间,使它们变化后的结构与浓度正好达到光亮和快干的最佳平衡,其特点是细度高,通常在  $15\mu\text{m}$  以下,粘度低,在  $20\sim 80\text{Pa}\cdot\text{s}$  之间。下面是油墨配方举例。

几种油墨配方类似,但其树脂与油墨油的比例不同,炼制工艺不同。

亮光胶印黄墨:

树脂油(硬)	70%	联苯胺黄	9%
胶质油	9.8%	透明黄	6%
煤油(250~300℃)	3%	萘酸钴(4%)	0.2%
胶质碳酸钙	2%		

快固着胶印蓝墨:

树脂油(硬)	23%	胶质碳酸钙	5%
低碳铝油	52%	酞菁蓝 BG	15%
聚乙烯蜡膏(30%)	4.6%	萘酸钴(4%)	0.4%

## 二、卷筒纸胶印油墨

卷筒纸胶印油墨是在卷筒纸上进行印刷的油墨,其印刷机的印刷速度非常之快,因此对油墨的最大要求就是要具备快干性。因为它的干燥主要是依靠渗透干燥为主兼有氧化结膜干燥的形式,所以油墨要粘度低些,通常在  $10\sim 40\text{Pa}\cdot\text{s}$  ( $25^\circ\text{C}$ ),也有粘性小些 [ $3\sim 6\text{Pa}\cdot\text{s}$  ( $32^\circ\text{C}$ )] 的油墨,这样可防止高速印刷中纸张起毛。此种油墨的组成大多与单张纸胶印油墨相同,仅仅是树脂量少些,而溶剂多些(常用石油系溶剂)。但特别要注意的是在高质量要求的铜版纸印刷时,卷筒纸印刷机的后半部要安装烘干装置,因为铜版纸所用油墨中的树脂为高软化点的热固型松香改性的酚醛树脂,所以加了较多的油墨油,而且为了增加墨膜的光泽和光滑,所以加了亚麻油调墨油。这就必须通过烘干方式加快干燥,以完成它以挥发溶剂为主兼有氧化结膜干燥的整个干燥过程,此种油墨被称作热固型油墨,其油墨配方举例如下。

## 三、热固型卷筒纸胶印品红油墨

松香改性酚醛树脂油	27%	三癸醇	3%
洋红 6B	15%	胶化剂	0.5%
油墨油(馏程 240~260℃)	42%	石蜡	3.5%
亚麻油调墨油	8%	钴催化剂	1.0%

## 四、印铁油墨

在铁皮上或其他金属表面印刷的方法属于平版印刷,由于它也是通过橡皮布滚筒来转印油墨,所以油墨的性质与胶印油墨的基本类似。但是由于印铁与印纸张不同,印上的油墨完全不渗透,所以其干燥要靠烘干加热来干燥,这就要求油墨必须具备耐热性与很好的附着能力,现在印铁油墨多采用的是热固性合成树脂代替亚麻仁油做连结料,这样在加热时,树脂固化形成半固的膜层,为了增加膜层的牢度,可加入一定的坚膜剂,以适应后续的各种处理。

铁皮印好后往往在上面还要印一层亮光油,所以要求油墨还要耐亮光油的溶解,亮光油通常采用芳香烃、酮、酯等作溶剂,因此油墨不能溶于它们。

印铁油墨配方举例如下:

### 金红印彩油墨

酯醛树脂 A(高粘度)	36%	胶质油	4%
酯醛树脂 B(低粘度)	10%	金光红	26%
醇酸树脂	20%	苛化钠	4%

### 孔雀蓝

酚酯树脂 A(高粘度)	39%	酞菁蓝	18%
酚酯树脂 B(低粘度)	10%	酞菁绿	2%
醇酸树脂	22%	苛化钠	2%
胶质油	7%		

## 五、软管印刷油墨

软管印刷油墨主要是用于牙膏、药膏、胶水、鞋油等处包装的软管皮上的印刷油墨。它们有的是金属制成的,有的是塑料制成的。

软管印刷工艺是先印打底油墨(滚涂油墨),油墨是经印底机的胶辊传到胶版上,再翻印到棍子上的软管表面,印后烘干(120℃)7min,然后转运到印字机的棍子上进行彩色油墨的图文印刷,所以软管油墨应该分两种,一种为打底墨,一种为彩色图文墨,其油墨配方举例如下:

### 软管打底油墨(滚涂油墨)

蓖麻油醇酸树脂	35%	四氢萘(或低碳脂肪酸)	5%
三聚氰胺树脂	20%	二甲苯	15%
二氧化钛	21%	其它	4%

### 软管彩色油墨

双酚树脂油	30%	胶质碳酸钙	5%
长油醇酸树脂	15%	环烷酸钴	0.5%
高沸点煤油	14%	环烷酸锰	0.5%
胶质油	10%	丁香酚(丁香油)	5%
永久红 F4K	20%		

## 六、无水胶印油墨

无水胶印油墨顾名思义,就是印刷中不需水作润版液的胶印方式,它是一种新型的平版印刷技术。其特点是印版是铝版基上涂布感光液和硅酮橡胶,晒版时用阳图底片曝光,见光部分固化与硅酮橡胶一起形成非图文部分,当用1:5的甲苯与环己烷溶剂显影时,未感光的部分感光液与硅酮橡胶一起洗去,形成亲油的图文部分,版面形成方式与凹版相似,印刷中硅酮橡胶不需润湿也不粘附油墨,因而得名无水胶印。此种印刷工艺简单,印刷品网点清晰,色彩鲜艳,光泽好,耐印力较高,可达2~5万印,但不足之处是版材价位高,硅酮橡胶易被损伤。

根据无水胶印的特点和印刷机理,此种印刷所用的油墨不要求抗水性,但是一定要高粘度、低粘性,并且触变性也要大,油墨的传递性能好。通常无水胶印油墨是由溶有氯化橡胶的苯二甲酸二丁酯和二聚松香季戊四醇酯组成,连结料,以滑石粉为填料,配以硅酮油来降低表面张力。

## 第二节 凸版印刷油墨

凸版印刷中印版的字形是突出的,空白部分是凹下的,印刷的特点是字迹清楚,耐印力高,所以多用于印量大的书刊与报纸。

凸版印刷油墨主要分单张纸书刊油墨,新闻油与卷筒纸书刊油墨及柔性版印刷油墨,目前由于单张纸印刷速度慢,效率低,故已不再使用,这里我们不再做介绍。

### 一、新闻油墨与卷筒纸书刊油墨

由于新闻报纸与书刊印刷大多采用胶印轮转机,印刷速度快,所以油墨的粘度要求低,流动性好,油墨的干燥主要依赖于纸张的吸收作用而渗透固着的。其油墨配方举例如下。

#### 新闻油墨

槽法炭墨	12%	松香油	65%
铁蓝	3%	沥青油	4%
碳酸钙	8%	20号机油	8%

### 二、卷筒纸书刊印刷油墨

醇酸树脂油(油度 70)	30%	20号机油	16%
松香油	11%	槽法炭墨	18%
沥青油	10%	铁蓝	6%
胶质油	5%	碳酸钙	4%

### 三、柔性版油墨

柔性版印刷的版材是从开始的橡胶版逐步演变成现在的树脂版的,它是一种具有弹性,又可挠曲的凸版感光树脂版。印刷时是被双面胶带固定在印版滚筒上的。由于它有弹性,印刷中无形增大了压力,使印品印迹清楚,着墨实在。

柔性版印刷使用的油墨较稀,具有很好的流动性,粘度仅为  $0.1 \sim 1 \text{Pa}\cdot\text{s}$ ,流动性接近牛顿流体,属液体油墨。油墨中树脂可采用虫胶、丙烯酸树脂、聚酰胺树脂及松香改性苹果酸树脂。溶剂要求比较高,挥发速度要快,而且对印版不能产生任何影响,如软化变形或膨胀等。印刷中供墨量由陶瓷或金属网纹辊控制,其干燥形式主要为挥发干燥形式。进行多色印刷时,机器上要装有烘干装置,使用 UV 油墨时,要装有 UV 固化装置。

柔性版油墨主要有三种类型,水型、溶剂型、醇型,前两种用量大,使用普遍。水型、醇型用于吸收性的承印材料,溶剂型用于非吸收性的一类材料,如塑料。

### 四、水型柔性版油墨

水型油墨最大的特点是以水做主要溶剂,同时配以异丙醇或乙醇做辅助溶剂,以调整干燥速度和粘度。树脂采用水溶性丙烯酸树脂和顺丁烯二酸树脂,加入少量的蜡以提高耐磨性,由于此种水基油墨蒸发损失小,故印刷性能及稳定性均较好,对保护印刷也具有很好的作用。印刷后墨膜光泽较差,干燥速度较慢,而且有时纸张出现收缩现象。但是由于它不污

染环境,操作简单安全,印刷色彩鲜艳,因此,它们符合世界环保要求的特征,导致它的发展是十分迅速,无论是印刷机,还是版材,都以惊人的速度在快速发展,尤其在西方国家占有绝大多数的比例。其油墨配方比例如下:

#### 1. 牛皮纸所用的水型柔版油墨

可溶性丙烯酸树脂	63%	水	7%
酞菁颜料	12%	聚乙烯蜡	5%
硫酸钡	10%	硅油(消泡剂)	0.25%
异丙醇	2.75%		

#### 2. 溶剂型柔性版油墨

溶剂型油墨,主要是将硝基纤维素和聚酰胺树脂或活性醇酸树脂溶于醇、烃、酯类混合溶剂中,它的成膜干燥方式主要是依靠溶剂的挥发而干燥的,它所印刷的承印物主要是塑料薄膜、铝箔和复合包装材料。印刷后,溶剂挥发,少量溶剂尚存于墨膜中,为了防止反面的粘脏,通常印刷机上都装有烘干设备。另外为了提高承印物的表面附着性和印迹的牢固性,在对塑料承印物印刷时,印前一定要进行电晕处理。以下是油墨的配方举例。

#### 3. 溶剂型柔性版油墨

聚酰胺树脂	23%	异丙醇	38%
硝基纤维素	2%	乙酸乙酯	1.5%
酞菁蓝	13.5%	聚乙烯蜡	4%
正庚烷	13%	络合物添加剂	5%

### 第三节 凹版印刷油墨

凹版印刷中印版的字形是凹下去的,而空白部分是突出的。印刷中油墨是通过凹下部分填充着墨而转印的。所以印出的图文墨层饱满,立体感强。凹版印刷油墨主要分雕刻凹版油墨和照相凹版油墨。

#### 一、雕刻凹版油墨

雕刻凹版油墨,由于主要用于邮票、钞票等有价值证券,因此要求印刷精度高。这也就意味着它所使用的油墨要求高,性能好。雕刻凹版油墨特点是稠度高,粘度小,墨性短,一般需在50℃左右使用。其中所用的连结料为合成树脂、氧化油和聚合油。填料量相对比例较大,以调整油墨的粘度与流变性能,油墨的干燥形式是氧化结膜干燥。此种油墨由于稠度大,有时溶剂挥发后油墨粘性上升,在油墨传递上产生不良现象。目前,采用了具有表面活性的树脂,用它与水作用,使体系成为一种稳定的油包水状态,很好的解决了油墨的流动与传递问题。由于这些票券流通范围大、时间长,所以要求油墨耐光、耐水性要好,也就是说颜料要用耐光、耐水的遮盖力强的颜料。有些为了防伪,还需要使用一些具有特性的颜料制成防伪油墨。下面是油墨的配方举例。

##### 1. 蓝色雕刻凹版油墨

树脂油	{ 聚合松香季戊四醇酯 45% 亚麻油 15% 油墨油 40% }	37%	荧光粉	49.7%
			聚乙烯蜡助剂	3%
			萘酸钴(4%)	0.3%
酞菁蓝 B	10%			

## 2. 红色雕刻凹版油墨

聚合油(4号)	35%	硼酸铅	4.5%
罗平红(6B)	19%	硼酸锰	2%
硫酸钡	22%	油脂酸钴	3%
硫酸铅	14.5%		

## 二、照相凹版油墨

照相凹版油墨与雕刻版油墨相比要稀得多,因为它印刷的范围较广,可印包装材料、期刊画报、各种工业制品。所以油墨的配方是根据承印物的不同而选用溶剂和树脂的,它要求树脂软化点要高、颜色浅、有光泽、好溶解,但溶剂释放性好,与承印物亲合力强,颜料着色力强、分散好、吸油量少,与溶剂、树脂不发生化学反应。其所得印刷品墨膜牢固坚韧且具有光泽。

下面分别介绍几种不同承印物所用的油墨。

### 1. 包装材料用凹版印刷油墨

#### (1) 聚酰胺凹印油墨(中黄)

聚苯胺黄 G	5%	树脂液	57%
钛白粉	3%	胶质钙	7%
二甲苯	14%	聚乙烯蜡	2%
异丙醇	12%		

#### (2) 铝箔凹版油墨(黄色)

氯化橡胶	18%	甲苯	62%
丙烯酸酯树脂	2%	环氧化豆油	3%
联苯胺黄	12%	聚乙烯蜡	3%

### 2. 工业材料用凹版油墨

#### 聚氯乙烯版用凹印油墨(绿色)

氯乙烯-醋酸乙烯版共聚树脂	52%	柠檬铬黄浆(颜料与增塑剂为 1:1)	8%
过氯乙烯树脂	2%	酞菁绿浆(颜料与增塑剂为 1:1.5)	3%
环己酮	33%	酞菁蓝浆(颜料与增塑剂为 1:2.5)	1%
二丁酯	1%		

### 3. 装饰材料用凹版油墨

建筑装饰中所用的立体图案胶合板是用印好立体图案的纸与胶合板裱合在一起,上面涂布一层清漆而形成的。裱纸印刷所用的油墨是用纤维素与醇酸树脂加上发泡剂溶于合适的溶剂制成的,属挥发干燥型,当裱纸印好后一经加热,在发泡剂的作用下即可产生具有立体效果的凸出的花纹图案。

## 第四节 丝网印刷油墨

丝网印刷是油墨经过刮板的压力从带有网孔的印版挤过去而转移到承印物上的印刷方式,它是一种万能印刷方式,可以说是无所不印的,如纸张、丝绸、织物、玻璃、金属、陶瓷、塑料等等,不光是平面印,还可曲面印。所用的油墨也是根据承印物的不同而不同的,而且干燥性能与方式也是不同的。

### 一、玻璃用网印油墨

#### 1. 玻璃用网印油墨(一)

此种油墨多为两液反应型油墨,即两种不同性质的组分在印刷前充分混合后即刻印刷,印刷后的两组分进行交联聚合,反应而干燥固化,其干燥形式属氧化聚合型干燥。其油墨配方举例如下。

甲料:

液体环氧树脂	45%	钛白粉	20%
丁基纤维素液	35%		

乙料:

液体聚酰胺树脂	60%	芳烃	16%
丁基纤维素液	20%	乙二胺	4%

#### 2. 玻璃用网印油墨(二)

玻璃网印墨还通常用的是热熔玻璃色釉油墨,它们室温下为固态,它是由低熔点的固态有机化合物在 100℃左右的温度下熔融与色釉混合而成。其中色釉是由颜料与溶剂组成,溶剂是由氧化铅、氧化硼、二氧化硅及少量碳酸钠、氧化钛、氧化镉熔制的易熔玻璃,颜料通常是金属氧化物或它的盐类,如绿色为氧化铬( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )白色为氧化锡、氧化铅等,其中的有机物质即调合油是硬脂酸、棕榈酸、或石蜡的混合物,为增加色釉油墨对玻璃承印物的附着牢度,往往需加一定量的树脂如松香(10%)、乙基纤维素(5%)。油墨的配方举例,热熔玻璃色釉油墨配方,调合油:色釉粉末 = 1:(4~4.5)。

调合油配方

硬脂酸	30%	松香	10%
棕榈酸	57%	乙基纤维素	3%

### 二、陶瓷贴花纸用网印油墨

陶瓷贴花纸印刷即将油墨印在特制的纸上,等干燥后再反贴于陶瓷的表面,然后通过烧结而将其彩色图文印于陶瓷上。油墨配方举例如下:

陶瓷用颜料	58%	乙二醇醚	8%
甲基丙烯酸丁酯	14%	松香醇	8%
醋酸树脂	12%		



### 三、纺织品印刷用网印油墨

锦纶纤维织物网印油墨配方：

活性染料	30%		
古立新 A	3%		
原糊	50%	白火油(沸程 180~200℃)	70%
		羟乙基皂荚胶	1%
		平平加	2.5%
		水	26.5%
硫尿	7%		
结晶硫酸铵	3%		
其他	7%		

### 四、特种油墨

随着科技的发展与印刷业的进步,印刷油墨有了一个长足的发展,对于扩大印刷范围,增加功能性起到了有意的推动作用。目前功能性油墨与特种用途油墨发展很快,数量品种也很多,如导电油墨、UV 固化油墨、磁性油墨、电子束固化油墨、示温油墨、发泡油墨、彩喷油墨、荧光与磷光油墨等等。下面仅介绍几种最主要的特种油墨。

#### (一) 示温油墨

示温油墨就是在特定的温度下会改变颜色的油墨,它可以用于各种特殊条件下的警报或提示的小仪器,比如物体的热传导、热辐射、热风等测试表,如家中室温状态指示,医院中蒸煮消毒的灭菌状态指示,化学试验中恒温装置的温度变化状态等。

示温变色的原理可以是受热后颜料的晶型发生改变而变色,也可以是受热后失去结晶水而变色,还可以是受热发生化学反应而变化。

示温物质通常采用感热的有机染料和酚醛化合物,它们的色彩艳丽,易于识别。

另外由胆甾醇型液晶通过囊化也可以制成液晶油墨,它们在温度达特定高时,也会产生颜色变化,而且具有降温后的可逆性,油墨配方举例如下。

没食子酸	5 份	三乙基二胺	20 份
铁矾	5 份	氯化胺	30 份
EDTA	5 份	聚乙二醇	300 份
颜料	15 份	水	200 份

#### (二) 荧光与磷光油墨

荧光油墨的特点是经光照后即可发光,它是对入射光选择吸收后的反射光谱。在黑暗处可以发出间断耀眼的荧光,它可以用于夜景的装饰,或夜间的指示。或作为一些票证的防伪,或交通标志和反射板,此油墨是由荧光颜料与合成树脂连结料所组成。此种油墨可以通过各种印刷方式进行印刷,下面是油墨的配方举例。

##### (1) 荧光网印油墨

乙基羟乙基纤维素(EHEC)	5%	丁基溶纤剂	3%
松香季戊醇酯	10%	石油溶剂	34%
荧光固体染料	45%	甲 苯	3%

## (2) 磷光网印油墨

磷光油墨也称蓄光油墨,是吸光后一定时间即可再将光发射出来,即使去掉光源,其发光现象也能持续很长时间,这实际上是蓄积在发光颜料中的光能量,因此夜间可发光。其油墨的组成关键在颜料,通常它是无机晶体如锌硫化物,锌镉硫化物或碱土类硫化物,连结料采用中性环己酮树脂,不能与酸碱接触。油墨配方举例如下:

ZnS/Cn 荧光物	52 份	硬酯酸铝	2.4 份
醇酸树脂(50%)	18 份	矿物松香水	27.6 份

## 五、导电油墨

导电油墨按导电材料的性质可分为无机类导电油墨和有机类导电油墨,有机类导电油墨中多数是其中具有电子共轭体系的导电高分子。无机类导电油墨中主要是具有银粉、铜粉、镍粉及炭墨粉、石墨粉、碳纤维等导电材料。其中银粉有良好的化学稳定性,导电性能高,大多用于电器电路中。而铜、镍等粉易氧化导电性不稳定,所以必须将这些金属粉末放入 1,2,3- 苄基三氮杂茂的溶液中浸渍后才能使用或用有机磷相配合,这样可提高导电的稳定性,并长期导电,其油墨配方举例如下。

邻苯二酚衍生物	60 份	铜粉	80 份
环氧密胺树脂	100 份	油酸类脂肪酸	x 份

## 六、纳米材料油墨

随着材料科学的飞速发展,纳米材料及纳米技术也获得了很大的发展,它已开始向各个领域渗透,成功的获得了很多高性能及特殊性能的应用材料,这在材料发展史上可以说是一个新的里程碑。

纳米是一个长度单位,是  $10^{-9}\text{m}$ 。纳米材料即是一种高度超小、超细的材料,正是这种微细的超小状态,才使材料聚集状态发生了很大的变化,导致无论是光学性能、力学性能、阻隔性能、润湿、导电、导光等都发生了超常的变化。

基于纳米材料的特性,将它运用到油墨体系中会给油墨产业带来一个巨大的推动。应用纳米技术可将油墨体系中的各组分,如颜料、树脂、填料等制成纳米级的原材料,由于它们的高度的微细状态,所以具有很好的流动与润滑性,可达到更好的分散悬浮和稳定。颜料用量少反而遮盖力高、光泽好、树脂粒度细腻、成膜连续、均匀光滑、膜层薄,而且图像清晰。若用在 UV 油墨中可能导致更快的固化速度。同时由于填料的细微高度分散而消除了膜的收缩起皱现象。在玻璃陶瓷的印墨中,若无机原料构成纳米级的细度,不仅能节省大量原料,更重要的是可以提高印品的品质,使图案更加清晰细腻,线条更加光滑精美。提高了艺术价值与档次。

纳米技术应用于颜料可使颜料业产生巨大变革,颜料将从原材料上发生根本的变化,它不再依赖于现有的化学颜料而是选择适当体积的不同材料的纳米微粒来呈现不同的颜色。因为有些物质它在纳米级时,粒度不同颜色也不同,或不同物质不同颜色。如  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  纳米粒子是白色、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  是绿色、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是褐色。

纳米级  $\text{Al}_2\text{O}_3$  这类无机材料具有良好的流动性,若加入油墨中可以大大提高墨膜的耐磨性。

纳米级炭黑具有导电性,对静电具有很好的屏蔽作用,防止电信号受到外部静电的干扰,若把它加入油墨中可以制成导电油墨。如大容量的集成电路,现代接触式面板开关等。若在导电油墨中以纳米级的 Ag 代替微米级的 Ag,可节省 50% 的 Ag 粉,此种导电油墨可以直接印在陶瓷与金属上,膜层薄且均匀光滑,性能良好,若将 Cu、Ni 材料制成  $0.1\sim 1\mu\text{m}$  的超微细颗粒,它可以代替钯与银等贵金属导电。

### 复习思考题

1. 哪些油墨必须是耐热性好的油墨?
2. 轮转印报油墨与凸版书刊油墨的区别在哪里? 它们各含颜料的的比例如何?
3. 无水胶印油墨的特点是什么?
4. UV 油墨、水性油墨各自的特点是什么? 有哪些不足。
5. 玻璃油墨的组成是什么,印刷特点是什么?
6. 什么叫特种油墨? 请举几例说明。
7. 平版油墨与凹版油墨的区别是什么? 各自的特点是什么?

## 第九章 印刷油墨的检验方法

印刷油墨的检验项目有颜色、着色力、细度、流动度、干性、粘性、粘度及各种耐性等。不同类型的油墨又要求其特殊的检验项目。

### 一、油墨的颜色(QB557—83)

检验油墨颜色的方法主要有以下两种：

(1) 仪器检验法。采用反射密度计和色度计(又名色彩仪、色差仪)等仪器测定。

(2) 常规检验方法。这种检验方法是將油墨涂布于承印物上,进行平行比较和判断的方法。

### 二、油墨的着色力(GB/T14624.2—93)

油墨的着色力(GB/T14624.2—93)俗称油墨的浓度。主要是由颜料的含量及其分散度来决定的,油墨着色力的检验是用加白墨冲淡试样与标准墨样的着色力作平行的比较,以百分比表示:一般情况下,其指标规定为90%~100%(在测定中以标样作为100%),当试样低于百分之百时,则说明试样的着色力低于标准指标。其测定公式是:

$$S = \frac{B}{A} \times 100\%$$

式中 S——着色力百分比(以标准样为100%)

A——标准样冲淡白墨用量

B——试样冲淡白墨用量

见图9-1。

### 三、油墨的细度(QB 559—83)

油墨的细度是指混合分散在连结料中的颜料、填充料等固体粉状物质的分散程度。当油墨过粗时会引起堆墨、糊版等故障,如果油墨分散得不好,颜料的强度也不能得到充分的发挥,印刷质量直接受到影响,也造成油墨的浪费。油墨细度的测定方法有显微镜法、稀释沉淀法、玻璃板和刮板细度计法。当前,我国油墨行业多采用刮板细度计法(50 $\mu$ m)测定油墨的细度。见图9-2。

#### 1. 检验原理

按检验方法将油墨稀释后,以刮板细度仪测定其颗粒研细程度及分散状况称为油墨细度,以微米表示之。

#### 2. 工具及材料

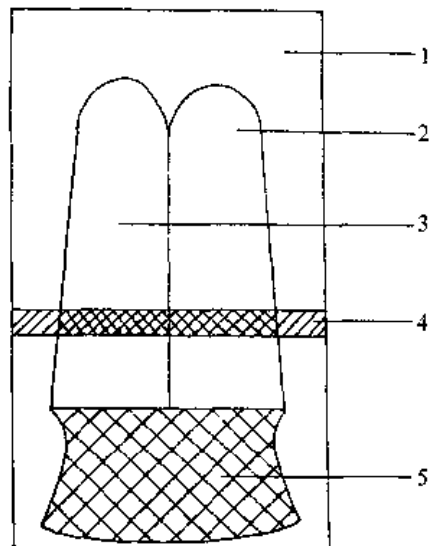


图9-1 颜色刮样示意图(1:1)

1—刮样纸 2—试样 3—标样  
4—黑色横道 5—厚墨层

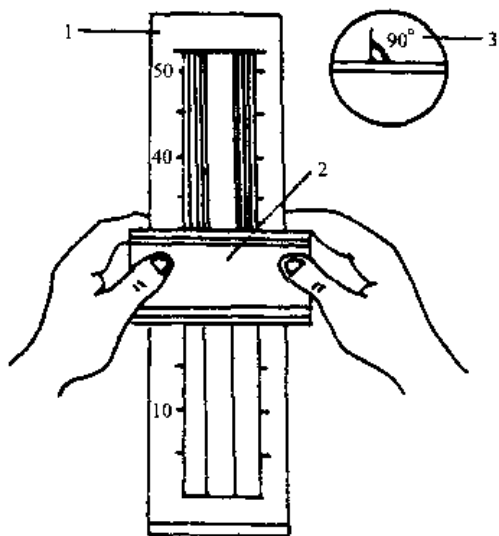


图 9-2 刮板细度计  
1—带有微米刻度的凹槽 2—刮刀  
3—刮刀与刮板垂直 90°操作

(1) 0~50 $\mu\text{m}$  刮板细度仪一套(每一刻度 2.5 $\mu\text{m}$ )。

(2) 0.1mL 吸墨管一支。

(3) 酸式滴定管一支(容量为 25mL)。

(4) 调墨刀。

(5) 放大镜(5~20 倍)。

(6) 6 号油[粘度 140~160mPa·s(25℃)]。

(7) 玻璃板一块。

### 3. 检验方式

(1) 以 0.1mL 吸墨管量取受试油墨 0.5mL。

(2) 根据流动度的大小加 6 号油进行稀释。

范围：流动度在 24mm 以下加 18 滴(或以每

滴 0.02mL 计加入 0.36mL)

25~35mm 加 14 滴(或 0.28mL)

36~45mm 加 10 滴(或 0.20mL)

46mm 以上不加油

(3) 以调墨刀挑取已稀释均匀的油墨,置于刮板细度仪凹槽深度 50 $\mu\text{m}$  处,将刮刀垂直横置于细度仪凹槽处之油墨上,刮刀保持垂直,双手均匀用力自上而下徐徐刮至零点处停止,使油墨充满刮板细度仪凹槽。

(4) 刮好后立即将细度仪表面以 30°角斜对光源,用 5~10 倍放大镜检视颗粒密集数值(在一个刻度范围内超过 15 个颗粒算上刻度数值,不超过 15 个颗粒算下刻度数值)。

### 4. 注意事项

(1) 油墨稀释时,必须调匀,不能用力研磨。防止灰尘飞入。

(2) 双手横执刮刀时,用力不宜过猛,勿使一边偏重,细度板槽外两边油墨必须刮净。

(3) 油墨细度检验需重复 2~3 次,取平均值,如果相差一刻度应重新测试。

(4) 吸墨管与细度仪用后必需用软布或棉纱擦净,并涂油脂防止腐蚀。

(5) 本方法仅适用于非溶剂型浆状油墨。

测定油墨细度时,所用各种工具都应用洁净的软布或棉纱擦拭,以避免划伤或损坏刮刀或刮板仪。

## 四、油墨的流动度(GB/T14624.3—93)

一定温度下,一定体积的油墨,在一定的重力挤压下,经过一定的时间,油墨向外铺展的直径称为油墨的流动度。流动度以毫米(mm)表示。测定装置见图 9-3。

### 1. 原理

一定体积的油墨样品在规定压力下,经一定时间,所扩展成的圆柱体直径大小,以毫米表示之。

### 2. 工具与材料



图 9-3 流动度测定装置示意图  
1—砝码(200g) 2—金属盘 3,5—圆玻璃片( $\phi 70\text{mm}$ , 50g) 4—油墨试样

(1) 调墨刀：木柄锥形钢身，长 200mm，最宽处 20mm，最窄处 8mm。

(2) 玻璃板：200mm×200mm×5mm。

(3) 乙醇：工业用。

(4) 棉纱。

### 3. 仪器

(1) 流动度测定仪由质量为 $(200 \pm 0.05)$ g 五等砝码一个，重量为 $(50 \pm 0.05)$ g、厚度为 5~6mm、直径为 65~70mm 圆玻璃两片，金属固定盘一个组成，示意图如下。

(2) 吸墨管：容量 0.1mL。

(3) 透明度量尺：分度值 1mm。

(4) 定时钟。

### 4. 检验条件

检验应在温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度  $65\% \pm 5\%$  条件下进行。

### 5. 检验步骤

(1) 油墨试样及流动度测定仪应事先置于恒温室内保温 20min。

(2) 用调墨刀取油墨试样 2~3g，在玻璃板上调动 15 次(往返为一次)。用吸墨管吸取试样 0.1mL，将管口及周围余墨刮去，使试样与管口齐平，管内油墨不得含有气泡。

(3) 将吸墨管内油墨挤出，用调墨刀把墨刮置于金属固定盘内的圆玻璃片中心，并将吸墨管芯的余墨刮掉，抹于上圆玻璃片中心。

(4) 将上圆玻璃片放在金属固定盘内的圆玻璃上，使中间有墨部分重叠，立即压上砝码，开始记时(注意金属固定盘保持水平)。

(5) 15min 时移去砝码，用透明度量尺测量油墨圆柱体直径，交叉测量两次。

### 6. 检验结果

交叉测量之平均值为流动度数据。如交叉测量相差大于或等于 2mm，则试验必须重做。

## 五、油墨的干性(QB562—83)

油墨的干性是油墨印到承印物上以后干燥所需要的时间。将油墨印刷在承印物上，能否按要求良好的干燥，直接关系到印刷效果的好坏。通常，印刷过程中出现的许多故障都是由于油墨的干性不良造成的。鉴于油墨的干燥形式较多，故测定方法也不同，如：热固型油墨需加热干燥；紫外线固化油墨是通过紫外线照射干燥的。一般的情况下，比较通用的干性测定方法有以下几种：

(1) 干性仪法。

(2) 自然结膜法。

(3) 压力摩擦法。

(4) 加热干燥法。

(5) 渗透干燥法及挥发干燥法。

(6) 压印固着法。

以下简述压力摩擦法。

### 1. 检验原理

在加入定量燥油的油墨刮样上在一定压力条件下，不使覆在刮样上面的硫酸纸沾色所

需时间即为油墨之干燥时间,以小时表示,试验是在标样与试样对比条件下进行。

## 2. 工具及材料

- (1) 自动干燥测定仪。
- (2) 千分之一分析天平。
- (3) 调墨刀。
- (4) 刮墨刀。
- (5) 刮样纸。
- (6) 标准白燥油。
- (7) 硫酸纸。
- (8) 标准油墨样。

## 3. 检验方法

- (1) 试验应在温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,相对湿度为 60%~70% 条件下进行。
- (2) 按照下列比例在千分之一天平上,称取试样及标准白燥油,充分调匀,以同样方法称取标准样及标准白燥油充分调匀。油墨试样与燥油比例:

树脂墨: 试样(或标样)油墨与标准白燥油比 95:5

油脂墨: 试样(或标样)油墨与标准白燥油比 90:10

- (3) 将已调匀的油墨标样和试样并列刮成约 30cm 长的刮样,立即记录时间,覆盖硫酸纸一起包在自动干燥试验机的圆筒上,并用嵌条将纸夹紧。

- (4) 将装有 100g 砝码的压轮移至螺旋杆的左边,将其压于覆盖有硫酸纸的刮样上,接通电源,根据需要将速度调节器放于每转 10min 的位置上,开启电钮,此时圆筒即开始旋转,加压轮开始划线,并向左边慢慢移动,使加压轮走完所需时间。

- (5) 检视经加压轮滚压过的硫酸纸,将不致沾上墨痕即为油墨干燥(尚未干燥,则沾上条状墨痕),当加压轮转到尽头时,将硫酸纸取下检视纸上墨痕条数,并换算成小时数,即为油墨干燥时间,求出试样与标样干燥时间之差,看是否与该标准相等。

## 4. 注意事项

- (1) 加燥油的油墨要立即做干性测试(图 9-4)。
- (2) 试验不得中断。

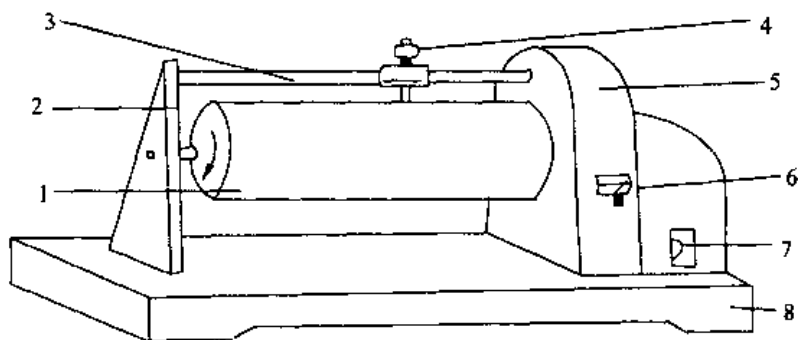


图 9-4 自动干燥测定仪

1—圆筒 2—支架 3—螺旋细杆 4—砝码 5—圆轮压轮  
6—速度调节器 7—电钮 8—底座

## 六、油墨的粘性(GB/T14624.5—93)

油墨的粘性是表示油墨墨性好坏的一项指标。粘性过大,在印刷过程中,会产生拉毛现象,粘性过小会出现网点扩大现象等,油墨的粘性直接影响印刷品的质量。通常,油墨的粘性多使用油墨粘性仪进行测定。见图,其测定原理是:使油墨粘性仪在旋转的情况下测试阻止油墨墨膜分离被扯开的阻力,粘性仪只测出这个力的相对大小。通常以数字表示。见图9-5。

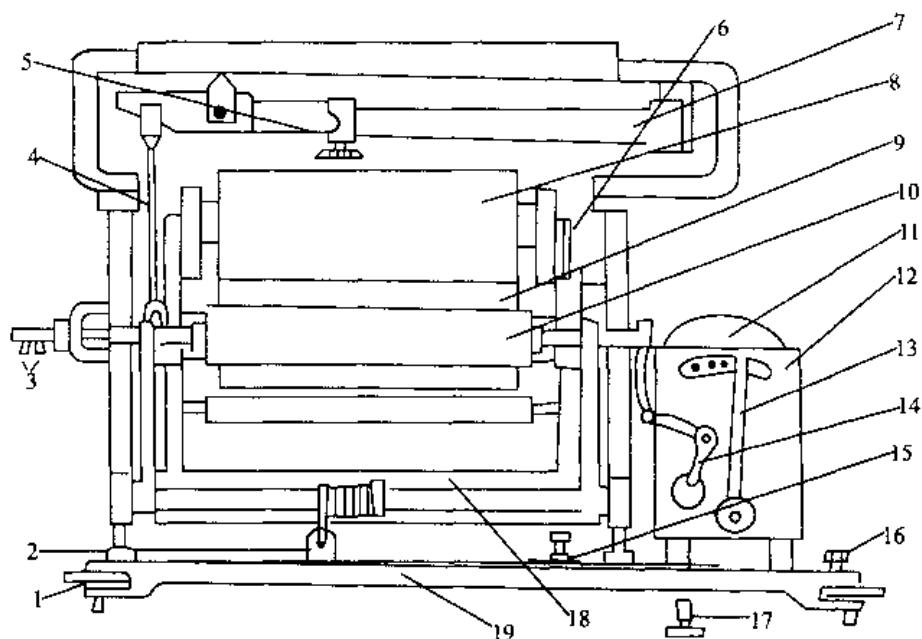


图 9-5 油墨粘性测试仪示意图

1—水平调节螺丝 2—弹簧 3—水管 4—杠杆 5—游标 6—手柄 7—杆尺  
8—合成胶辊 9—金属辊 10—匀墨胶辊 11—电动机 12—齿轮组箱 13—变速杆  
14—曲柄 15—制动器 16—水平仪 17—吸墨器 18—横梁 19—底座

### 1. 原理

用油墨粘性仪测试油墨薄层分离或被扯开的阻力的大小,以数字表示。

### 2. 材料

- (1) 棉纱。
- (2) 擦洗溶剂: NY-200 溶剂油(符合 GB 1922)。

### 3. 仪器

- (1) 油墨粘性仪: MODEL RGV-3 型(日本),见图 9-5。
- (2) 秒表: 分度值 0.2s。

### 4. 检验条件

检验应在温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,相对湿度  $65\% \pm 5\%$  条件下进行。

### 5. 检验步骤

- (1) 接通仪器电源,调节恒温箱水温至  $32^\circ\text{C}$ ,保持恒温。
- (2) 把仪器变速杆置于低速位置,将合成胶辊及匀墨胶辊压在金属辊上。
- (3) 启动仪器,运转 15min 后,将游标置于标尺“0”位。调节仪器,使标尺处于平衡



状态。

(4) 将调好的试样油墨灌入金属吸墨器后,再把试样油墨由金属吸墨器内挤出,均匀涂于合成胶辊上。用手转动马达,使油墨均匀转涂于金属辊和匀墨辊上。

(5) 启动仪器,匀墨。30s 时移开制动器,移动游标,使标尺平衡,1min 时读出粘性数据。

(6) 如需测取仪器中速和高速运转时的粘性值,将仪器变速杆移至中速或高速位置即可,检验步骤与低速相同。

#### 6. 检验结果

5 条标尺平衡时,游标所指数字,即为粘性值。

### 七、油墨的粘度(QB574—83)

油墨的粘度指流动体粘性的程度。油墨的粘度对各种类型的油墨来说都是一项重要的指标。每一种类型的油墨都有一定的粘度范围,但是对于同一类油墨来说,要求是相同的,即印刷速度越快,要求油墨的粘度越低。油墨的粘度与多种因素有关。

(1) 与连结料有关。

(2) 与颜料和填充料的用量有关。

(3) 与颜料和填充料的颗粒大小有关。

(4) 与颜料和填充料的分散情况有关。

油墨粘度的测定可使用各种专门仪器。不同的油墨可使用不同的粘度测试仪器:比较粘稠的油墨可采用锥板式粘度仪、落棒式粘度仪、平行板粘度仪等测定;比较稀薄的油墨可采用旋转式粘度仪、小孔式粘度仪等测定。

### 八、油墨的光泽(QB573—83)

油墨的光泽是指从油墨膜面有规则的反射出来的能感觉到的白色光。也就是说油墨印品在固定的光源照射下,反射光量的多少,是用反射率(百分比)表示的。测定油墨的光泽多用反射光度计。这种仪器有一个固定的光源,以既定的人射角射向油墨印样的表面,然后用光电原理测量从印样表面正反射出来的光量,并将其与在同条件下以既定的标准板表面正反射出来的光量相比,其反射率的比值就是所要得到的油墨的光泽。检验方法如下。

#### 1. 检验原理

油墨光泽的测定系采用 DFH—80 型光电光泽计进行的,在定光源的照射下,试样与标准面反射光量度的比,用来表达试样油墨的光量度(以标准面的反射光量度为 100%)。

#### 2. 检验方法

(1) 按 QB570—83 油墨固着速度检验方法(甲)通过印刷适性仪或按 QB570—83 固着速度检验方法(乙),通过小型手摇打样机印样。

(2) 将测量头插头拧紧,然后打开电源,预热 10min。

(3) 调零:将测量头拿起,旋转调节旋钮,使表头指针为零。

(4) 将测量头置于标准板上,旋转定标旋钮,使指标指向标准板的标准值。

(5) 重复本检验方法 2.3、2.4 直至指针仍然能指零和指示标准值,方可进行测量。

#### 3. 注意事项

(1) 测定同一类型的各种油墨时,要注意使用同一种纸张规定的标准纸张,否则影响测定数据。

(2) 印片的干燥程度对测量有影响,印片要干燥 24h。

(3) 测头在试样的不同位置上,会得到不同的光量度,故要选择三点,求其平均值为该油墨的光泽的光量度。

(4) 接线时必须仔细,接线后要反复检查,防止输入端与输出端接反,造成仪器的损坏。

(5) 测头的灯泡位置对测量影响很大,不可随意更改,当换灯泡时,应按使用说明书调整位置。

## 九、油墨的耐酸、耐碱、耐水及耐溶剂性(QB568—83、QB569—83)

通常,油墨必须耐酸、耐碱、耐水和耐溶剂。如果油墨不耐酸、碱,时间长了就会引起印刷墨膜变色等弊病;如果油墨的耐水性差,往往在印刷过程中就会出现“化水”现象,使油墨发生“乳化”,降低油墨的粘性,破坏油墨的传递性等,影响印刷效果;如果油墨不耐溶剂(主要指乙醇),那么印刷品就不能适应上光工艺。

油墨的耐酸、耐碱、耐水和耐溶剂性的测定方法基本上是相同的,一般都采用浸泡法(QB568—83)和滤纸渗染法(QB569—83)进行测定,其均以油墨在酸、碱、水和醇溶液中的变色程度或渗染到滤纸中的张数来评定,一般以“五级制”来评定。

### 1. 检验原理

经干燥之油墨刮样与规定浓度之酸、碱、醇和水溶液浸透的滤纸接触,在一定压力,一定时间后,根据油墨刮样变化情况及渗透染色滤纸张数评级并以之表示油墨耐酸、碱、乙醇及水之性能。

### 2. 工具及材料

- (1) 调墨刀。
- (2) 刮墨刀。
- (3) 小玻璃板(9.5cm×6cm)。
- (4) 1000g 砝码。
- (5) 定性滤纸(直径 11cm)。
- (6) 100mL 蒸发皿。
- (7) 蒸馏水。
- (8) 1% 氢氧化钠溶液。
- (9) 1% 盐酸溶液。
- (10) 95% 乙醇溶液。
- (11) 小镊子。

### 3. 检验方法

(1) 将受检油墨用调墨刀调少量放于刮样纸中上方,刮墨刀自上而下用力刮于刮样纸上,呈均匀之刮样,剪去墨色部分,然后置于常温放置 24h,使之干燥。个别品种可适当延长。

(2) 取小玻璃板置于平面工作台上,将刮样的 1/2 平放于玻璃板之上。

(3) 在 100mL 蒸发皿中注入溶液,取定性滤纸 10 张以镊子夹在一端浸入溶液中至完

全浸透取出覆盖于油墨刮样 1/2 部分。

(4) 将另一块玻璃压在滤纸上,并加一个砝码静置 24h 后取下砝码及玻璃板,稍干后,检视刮样变色情况(可同压滤纸部分比较)及染色滤纸张数,按下列标准评定等级。

级别	滤纸染色张数	刮样变化程度	级别	滤纸染色张数	刮样变化程度
1	8~9	严重改变	4	1~3	基本不变
2	6~7	明显改变	5	0	不变
3	4~5	稍变			

## 十、油墨的耐光和耐热性

油墨的耐光性,是指油墨在阳光下颜色保持不变的性能。通常,油墨必须具有较好的耐光性,如果所用的油墨不耐光,其印品就会发生变色、退色等现象。目前,油墨的耐光性检验是使用颜色退色仪(日晒仪)进行测定的。耐光性按日晒牢度蓝色标准分为 8 个等级。1 级退色严重,表面耐光性最差,8 级则不退色,表示耐光性最好。

油墨的耐热性是用来描述油墨在一定温度烘烤下变色程度的。其耐热性主要取决于颜料的性质。油墨耐热性的测定,一般是将油墨涂在纸上或铁皮上后,放入恒温烘箱内,分别在 100℃、130℃、150℃ 等不同温度下烘烤,在相同的烘烤时间内取出印样与未烘烤的印样加以比较,即可看出其耐热程度的差别,其变色的色差等级以“五级制”评定上,可用分光光度计或色差仪进行测定。

## 十一、油墨飞墨检验(QB566—83)

### 1. 检验原理

油墨飞墨是观察油墨在印刷时,油墨脱离墨辊的离散情况,测定油墨飞墨是利用测定粘性时,观察油墨表横梁上白纸的粘墨情况。

### 2. 工具及材料

与 QB564—83 油墨粘性检验方法相同。

### 3. 检验方法

按 QB564—83 油墨粘性检验方法进行测定,当油墨表开 1min 后,在横梁上放一张白纸,继续转动 1min 后取下白纸,观察白纸上是否有墨,根据白纸上飞墨多少来判断飞墨程度。

## 复习思考题

1. 油墨的着色力如何测定?
2. 油墨的细度如何测定?
3. 油墨的干性如何测定?
4. 油墨的粘性、粘度如何测定?
5. 油墨的流动度如何测定?
6. 油墨的飞墨如何测定?

# 第三篇 版 材

## 第十章 平、凸、凹、网版的结构及制版工艺

### 第一节 平 版

目前我国使用的平印版材有蛋白版、平凹版、多层金属版和 PS 版等。随着科学技术的发展已能够满足人们对印刷品高质量、高速度的要求,尤其 PS 版在我国已得到广泛应用。

为了满足办公室自动化的要求,轻印刷发展很快,纸基版的应用也越来越广泛。

以上谈到的都是有水胶印版材,众所周知,有水胶印版容易引起纸张的伸缩等印刷故障,因此开始研制并使用无水胶印版。

近几年来数字彩色打样系统、计算机直接制版(CTP)技术得到迅速发展,适应 CTP 新技术的印版,如热敏 CTP 版、银盐扩散型(或复合型)CTP 版、高感度光敏树脂等新型 CTP 版都竞相投入生产使用。

#### 一、平印版材的分类

平印版材的种类很多。按版基分类有石板、铝板、锌板、玻璃、纸基、涤纶片基等;按感光层分类有 PS 版,即涂版、蛋白版、珂罗版、光电导层静电印版;按印刷时有无润版液分为有水胶印版、无水胶印版。现将常用的几种平印版材分述如下:

##### (一) 有水平印版材

平印版材的图文部分和空白部分几乎处在同一个平面上,有水平印版图文部分是亲油疏水的,而空白部分是疏油亲水的。因此,这两部分在胶印印刷中起的作用也正好相反,图文部分的作用是吸附油墨、排斥润版液,而空白部分的作用是吸附润版液、排斥油墨。实际上在印刷过程中,先是空白部分被润版液所润湿,随后图文部分被油墨所润湿,接着才按油水不相溶的原理,把印版上的图文转印到纸张上去。

常用的有水平印版材有 PS 版、蛋白版、平凹版、多层金属版、纸基版、直接制版静电版等。

##### 1. PS 版

PS 版是预涂版的简称,是目前主要的平印版材。

PS 版的版基是 0.5mm、0.3mm 或 0.15mm 等厚度的铝板。铝板经过电解粗化、阳极氧化、封孔等处理,板面上形成一层氧化膜。然后涂布感光液,直接用原版晒版。

PS 版分为光聚合型和光分解型两种。光聚合型用阴图原版负片晒版;因此,也叫阴图型 PS 版,图文部分的感光膜见光聚合,显影时留在版面上,非图文部分的感光膜见不到光没有交联聚合,显影时被显影液溶解除去。光分解型用阳图原版正片晒版,因此,也叫阳图

PS版,非图文部分的感光膜见光分解,被显影液溶解除去,留在版面上的仍然是没有见光的感光膜。

PS版的亲油部分是高出版基平面约 $3\mu\text{m}$ 的感光树脂层,是良好的亲油疏水膜,油墨很容易在上面铺展,而水却很难。感光树脂膜还有良好的耐磨性和耐酸性。若经 $230\sim 240^{\circ}\text{C}$ 的温度烘烤 $5\sim 8\text{min}$ ,可使感光膜珐琅化,还可提高印版的耐印率,可达数十万印。

PS版的亲水部分是三氧化二铝的薄膜,高出版基平面约 $0.2\sim 1\mu\text{m}$ ,亲水性、耐磨性、化学稳定性都比较好,因而印版的耐印率也比较高。

PS版的砂目细密,分辨率高,形成的网点光洁完整,故色调再现性好,图象清晰度高;PS版的空白部分具有较高的含藏水分的能力,印刷时印版的耗水量小,水墨平衡容易控制。由于PS版具有上述许多优点,已成为目前胶印中理想的印版,详见本章第二节。

## 2. 珂罗版

珂罗版是用 $10\text{mm}$ 厚的玻璃作版基,经研磨将玻璃的一面磨成粗糙面,在粗糙面上涂布一层很薄的明胶硅酸钠的底层结合液,在此底层上均匀地涂布一层由重铬酸铵、明胶、氨水组成的感光液,加温干燥,表面产生细微的皱纹,具备感光性能。将连续调正向阴图底版密附于感光膜层上进行晒版曝光,通过光的作用使明胶感光胶膜与连续调负版的反差成比例的进行固化。曝光后的图像胶膜,根据接受光能量的多少在不同程度上失去了遇水膨胀的性能。把曝光后的玻璃板浸入洗涤显影槽内,除去未硬化的乳剂胶膜,留下透明的具有不同硬化程度的明胶层,自然干燥后,制成印版。

## 3. 蛋白版

将机械粗化的锌版版材表面用弱酸腐蚀液处理后,涂布由蛋白、重铬酸铵和水组成的蛋白感光液。用阴图底版晒版曝光,光线透过阴图透明部分,使锌版对应图文部分的感光胶膜发生光化学反应而硬化失去原水溶性。经曝光的锌版,从晒版架内取出后,在版面均匀涂擦一薄层脂肪性显影墨,使硬化的感光膜增强亲油、斥水、抗蚀性,并起染色查版的作用。将版涂擦滑石粉或碳酸镁粉后,放在洗涤槽内于流水下,用脱脂棉花在版面作圆圈状揩拭,除去未感光硬化的非图文部分的胶膜,硬化的图文胶膜,在显影过程中,连同显影墨,仍留于版面亲墨。用酸腐蚀液处理版面,以增强空白部分的亲水性能,最后全版面涂擦阿拉伯树胶保护液,制成蛋白平版。

蛋白感光液配方举例:

干燥蛋白片	150g	} 调至 $4\sim 5^{\circ}\text{Be}$
水	700mL	
重铬酸铵	17g	
氨水	7~10mL	

硬化蛋白膜的耐酸性和耐磨性都比较差,又高出印版,所以蛋白版的耐印率低,印刷质量也比较差。目前,蛋白版已处在被淘汰地位,但因蛋白版的制作成本低,周期短,在印刷质量要求不高的印品中还时有应用。

## 4. 平凹版

平凹版的版基是锌版,先把锌版的表面研磨成砂目,再经硝酸、硝酸铝钾溶液的敏化处理,以提高版面的吸附性。最后涂布聚乙烯醇、重铬酸铵等物质组成的感光液,形成感光薄膜。

平凹版用阳图原版晒版,未感光的胶膜被显影液溶解除去,露出图文部分的金属,用腐蚀液对金属略加腐蚀后涂上亲油的基漆,亲油疏水的图文部分便形成了。

平凹版的图文部分形成后,除去硬化的感光膜,并用磷酸溶液加以处理,再涂布亲水的阿拉伯胶,亲水疏油的空白部分也便形成了。

平凹版的亲油部分是多种有机化合物配制成的基漆,俗称蜡克。基漆的配方中包括:酚醛树脂、硝基清漆、虫胶、乙醇、异丙醇等物质。基漆是非极性很强的疏水物质。

平凹版的亲水部分是磷酸锌盐层。磷酸锌不溶于水,且在弱酸性介质中有较高的稳定性,水在磷酸盐层表面很容易铺展,磷酸锌盐层是亲水的。

平凹版的砂目粒度没有 PS 版的均匀,因而色调的再现性和图像的清晰度均不如 PS 版,而且平凹版的晒版工艺不易掌握,印版质量也不稳定。

### 5. 多层金属版

多层金属版选用亲水性和亲油性相反的金属做印版,有双层金属版和三层金属版两种,按照图文凹下或凸起的形态又分为平凹版和平凸版。目前使用最多的是二层平凹版和三层平凹版,铜皮上镀铬便制成了二层平凹版;铁皮镀铜再镀铬便制成了三层平凹版。

多层金属版的亲油部分是亲油性最好的金属铜,并经乙基磺酸钾处理,更增强了铜的感脂能力,可直接吸附油墨。

多层金属版的亲水部分是亲水性最好的金属铬,没有无机盐和氧化层,水直接在金属铬表面铺展。铬的化学性能稳定,耐磨性高,所以印版的空白部分不易磨损,印版的耐印率高。

多层金属版是利用铜的亲油性和铬的亲水性直接形成稳定的图文部分和空白部分,印版的耐印率很高,而且,水墨用量容易控制,印刷工艺简单。但是,多层金属版制作成本较高,制版周期较长,而且印刷时网点扩大现象较严重,色调的再现性不如 PS 版。

### 6. 纸基版

纸基版是专供小胶印系统用版材。主要用于机关、团体、工厂、财贸、文教、科研、情报等单位,用以复制文字、表格、图片等印量少,时限短的一般印刷品,纸基版的种类比较多,按图文受理层分类也有几种,现只举一例说明。

纸基版一般是由纸基、耐水中间层和图文受理层组成。纸基是用长网造纸机抄造的经过强化的  $80\sim 120\text{g}/\text{m}^2$  的高级纸。在纸基的一面或两面涂布一层耐水中间层。耐水中间层是由丙烯酸树脂、环氧树脂、聚乙烯醇缩丁醛等聚合乳液适当加些颜料组成。在耐水性中间层上面涂布图文受理层。图文受理层由粘合剂和无机颜料组成。粘合剂主要成分是完全皂化的乙烯醇-醋酸乙烯三元共聚物的溶液。无机颜料主要选用粘土、碳酸钙、氧化锌等。

纸基版制版工艺非常简单,用静电复印机印上图文或用活字印上字或用手画上亲油性油墨,就可以上机印刷,可达到数千印。

### 7. 直接制版静电版

静电版法是利用某些光导体(无机半导体硒合金、氧化锌或有机光导体等)的光导电性能和静电表面吸附性能等制版的。

(1) 静电制版的工艺过程是将涂有光导材料的金属板,在暗处,用  $0.03\sim 0.05\text{mm}$  的金属钨丝,加  $7\sim 10\text{kV}$  直流电压,空气电离产生电晕放电。用电晕放电充电,使其表面带正或负电荷。然后曝光,受光部位静电消失,未感光部位仍保持有静电荷,形成静电潜影。显影用有色的并带有和版面相反电荷的树脂显影粉,借静电引力附着在未受光潜影部分,得到图

影。将版在红外线灯管下通过,使显影粉熔粘在未受光部分。再用亲水药液涂于版面,建立空白部分。

静电制版由于不能复制连续调层次,印数不大,幅面受限,故有一定的局限性,主要用于复制文件、资料的快速小胶印制版上。

(2) KC(Kuehnle—Couiter 公司的缩写)晶体胶印版。这是一种无银直照版。是高感光度、高保真度的新型平印版,感光物质是硫化镉晶体。

KC 版具有近似卤化银的曝光速度,带电时,具有全色感光度,涂层晶体密度每平方米内可达百万个以上,而每一个晶体就是一个图像载体,对邻近范围没有影响。因此分辨力极高,每毫米可达到 10000 线,复制图像层次细腻、逼真、表面抗磨、不因遇光而产生衰变。对温度和湿度不敏感,能长期保存、无毒性。

KC 晶体胶印版的制版工艺过程是先充电,电晕通过印版表面,使微晶体充电,由于具有高感光度和强全色感光特性,因而只需功率为 75W 的白炽灯曝光 1~5s,感光部分完全放电。显影时用特殊的色调分散树脂将版面湿润后,静电潜影成为可见影像,再经几秒钟的熔合处理,便成为具有高耐印率的印版。最后进行版面亲水处理,将印版迅速浸入水溶液中,即可将印版的非图像部分转变成具有疏墨性的亲水表面。

为了直接胶印制版的需要,研制了与 PS 版复合的静电版。将光导电性的  $\beta$ -型无金属钛花菁颜料通过超声波混合棒,均匀地分散于粘合剂树脂四氢呋喃-甲苯的溶液中。可用作粘合剂的有酚醛树脂和聚酯树脂的混合物。或市售的正性感光性树脂。颜料和粘合剂的质量比为 1:6。

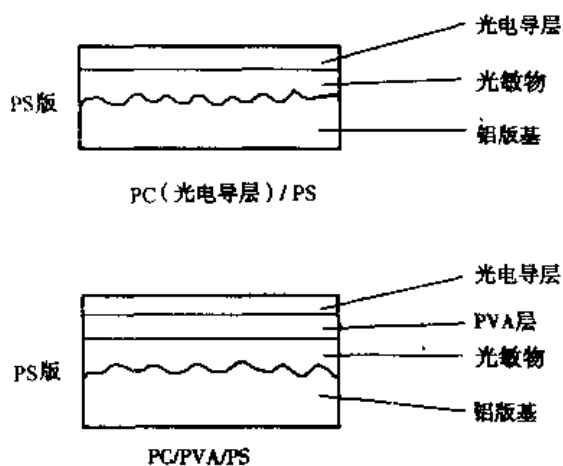


图 10-1 直接制版印刷版的结构

图 10-1 所示为两种类型的电子照相印刷版材结构,一种类型是直接把光电导层涂布于预涂感光版的表面;一种类型则是有一个聚乙烯醇夹层,目的是避免在涂布电子照相乳剂时引起预涂感光版的光敏层溶解。

用金属线材直接或隔 0.5 $\mu$ m 厚度的聚乙烯醇夹层将颜料和粘合剂树脂混合物涂布于市售的阳图预涂感光版上,并且在 80 $^{\circ}$ C 的空气中干燥 5min,然后在真空干燥箱内,室温下干燥 1h,光电导层的厚度为 2 $\mu$ m。在至少 24h 的无光适应后,才可付诸使用。

图 10-2 所示为制版工艺过程。包括电晕充电、图像曝光、液体色剂显影、紫外线均匀曝光和碱显影等步骤。

印版通过电晕充电装置而被充以正电或负电荷,用普通的电子照相方法予以曝光后,将印版浸入液浴中进行显影。不管曝光的操作方式是正是负,必须控制在光电导层上获得阳图图像。经紫外线曝光的光电导层和感光性树脂部分在碱性溶液中被溶解掉。类型 1 的图像部分包括光电导层和感光性树脂层,以及它们上面的色剂层。类型 2,在溶解和剥离色剂层及光电导层之后,仅留下感光树脂层。

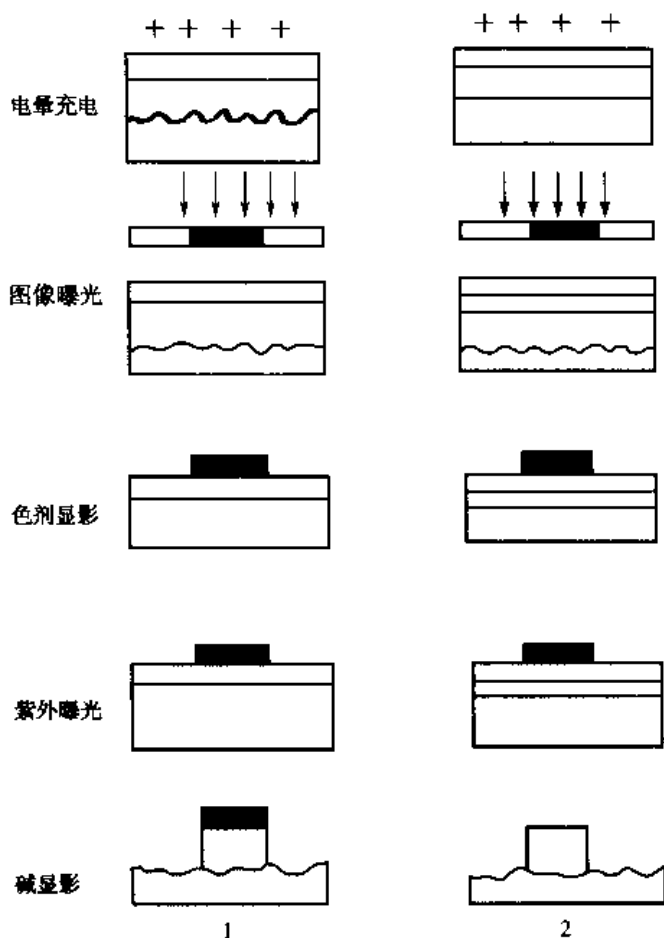


图 10-2 静电制版工艺过程

这种印版图像直接通过绝缘溶液稀释的液体色剂形成,而没有色剂转移的步骤,可期望获得高解像力和优良的半阶调复制。一般情况下,解像力高于 25 线/mm。这种版材具有极优良的光敏性,高解像力和高耐印力,并适合于直接制版工艺。

## (二) 无水平印版材

因为有水胶印容易引起油墨乳化和纸张变形等故障,为了排除这些故障,现在已研制成功了无水平印版材,也叫干式平版印刷版材。这种印版由于空白部分涂有经过硫化的硅橡胶,当接触墨辊时不会受墨,所以在印刷时不用水或其他液体润湿版面,在版面干燥状态下进行印刷。

无水胶印版的类型大致有以下几种:

(1) 在版基上涂一层硅橡胶,再在其上面涂一层重氮感光层,透过原版感光后的重氮层用溶剂溶去,如图 10-3 所示。

(2) 在版基上制作一层感光性硅橡胶(并加进增感剂)经原版曝光,用烃类溶剂将未曝光部分的感光性硅橡胶溶去,如图 10-4 所示。

(3) 在导电性版基上制作一层由丙烯酸树脂类和光导电物质的薄膜。再在其上面制作一层硅橡胶和光导电物质的薄膜。通过电子扫描的方法形成由显色剂作用的画像,如图 10-5。





图 10-3 无水胶印版(1)

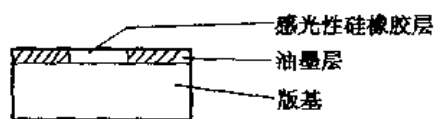


图 10-4 无水胶印版(2)

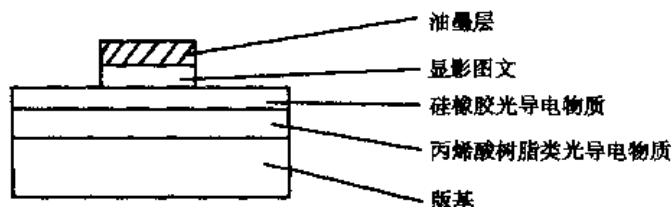


图 10-5 无水胶印版(3)

## 二、胶印用 PS 版

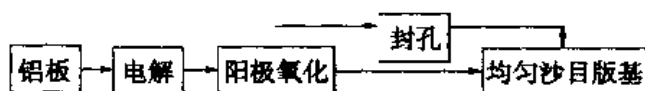
在本章第一节对 PS 版已做了简单介绍,因为胶印 PS 版是目前胶印中最理想的、主要的、使用广泛的印刷版材,所以本节进一步详述。

胶印 PS 版印刷版材主要是通过版基处理、PS 版涂布工艺、晒版工艺制作而成,如下所示。

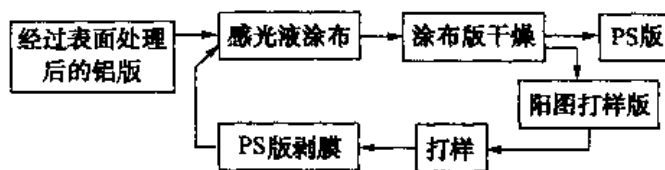
### (一) 版基表面处理

版基表面处理就是把铝版通过电解得到均匀的砂目。通过阳极氧化实现优良的保水性和耐磨性。通过封孔增加显影时的抗碱性等。

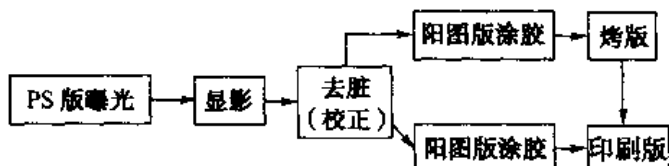
版基处理工艺:



PS 版涂布工艺:



晒版工艺:



版基表面处理具体工艺过程:

碱处理 → 水洗 → 酸中和 → 水洗 → 电解 → 水洗 → 去灰膜 → 酸处理 → 水洗 → 阳极氧化 → 水洗 → 封孔 → 水洗 → 过磷酸 → 水洗 → 干燥。

### 1. 铝板表面粗化

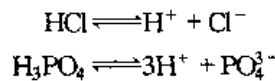
铝板表面粗化可以通过电解的方法使铝板表面形成均匀的砂目。

用电解方法处理 PS 版版基形成砂目的方法在国内外已被广泛采用。例如,日本 1971 年就发表了用盐酸电解液电解铝板,使版基表面形成砂目的专利,日本 1977 年又发表了用硝酸电解液在 35s 内得到良好版基砂目的专利。美国在 1973 年也发表了用盐酸电解液在几十秒内电解出版基砂目的专利。在国内早已有许多厂家用盐酸电解液在 7~20min 内电解出适合于印刷要求的版基。

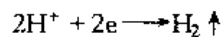
现举例说明如下:

电解液是盐酸和磷酸组成时的电化学原理:

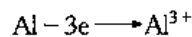
电解质的电离:



当铝板为阴极时,电解溶液中的氢离子在铝板上接受电子,生成氢气放出:



当铝板为阳极时,铝原子放出电子,生成铝离子进入电解液。



铝板基表面粗糙度  $R_a$  应控制在  $0.40 \sim 0.90 \mu\text{m}$  范围内用精度  $0.01 \mu\text{m}$  的粗糙度仪进行测定。

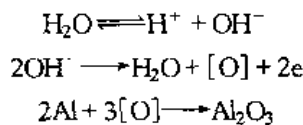
### 2. 阳极氧化

阳极氧化的目的是要提高铝板表面的硬度、耐磨性、化学稳定性、亲水性及表面吸附能力,以适应 PS 版制版印刷的要求。

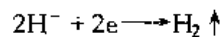
阳极氧化基本原理:

阳极氧化一般采用直流电源,硫酸水溶液为电解液。阳极挂铝板,铝板作阴极,基本电化学反应是阳极附近产生的初生态氧与阳极铝反应生成氧化铝,阴极放出氢气。

阳极反应:

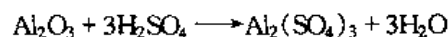


阴极反应:



须注意在阳极氧化过程中,除存在氧化膜形成这个主要反应之外,还同时产生氧化膜被酸腐蚀这个副反应,即氧化膜的增长与氧化膜的腐蚀同时进行。

腐蚀反应:



这就告诉我们要严格控制氧化条件,尽量抑制副反应的速度。对电解液中全硫酸含量、铝离子含量进行及时测定和调配。

版基面氧化层质量应控制在  $1.50 \sim 3.50 \text{g}/\text{m}^2$  范围内,氧化层测定方法可参考 HG/T 2694—95。

### 3. 封孔

经过阳极氧化的铝板,由于氧化膜的多微孔性,表面吸附性能很强,易被粘污;通过封孔还可以增加制版显影时的抗碱性。如果制版显影时不用 NaOH 强碱水溶液而改为新型显影液如 PD-1 型显影液,就不必进行封孔处理。

封孔液有多种,如泡化碱( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )水溶液、硫酸镍和醋酸镍水溶液、氟酞酸钾水溶液等。封孔一般在沸水或某种热的盐溶液中进行,使氧化铝与水形成结晶水把部分毛孔封闭。

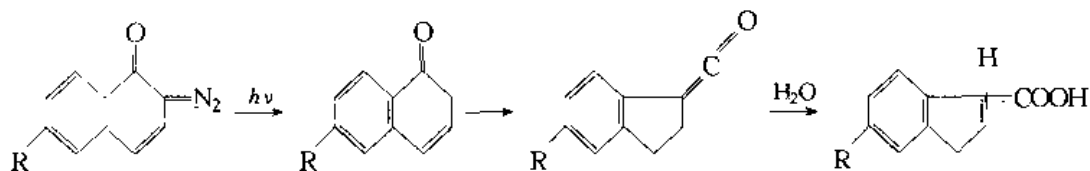
为了保证版基封孔质量要对封孔时间、封孔液的温度和浓度及时测定。例如封孔液是泡化碱(水玻璃)就需要测定二氧化硅与氧化钠克分子数之比(模数)。

## (二) PS 版感光液

PS 版大致可以分为阳图 PS 版和阴图型 PS 版,阳图型 PS 版的感光膜是光分解型,用阳图原版晒版;阴图 PS 版的感光层是光聚合型,用阴图原版晒版。

### 1. 阳图 PS 版感光剂

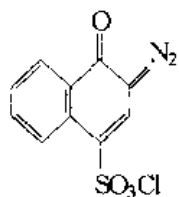
作为阳图 PS 版的感光剂,目前最典型的是邻-重氮醌类化合物,它的光化学历程如下:



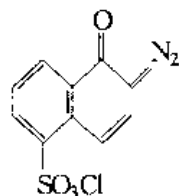
在紫外线照射下重氮基发生分解,析出氮气的同时发生分子内重排变为烯酮,在水存在下烯酮水解变为羧基,显示出酸性而变为可溶性。

将邻-重氮醌类化合物与高聚物混合或把这种感光基引入高聚物分子链上制成 PS 版感光层,用阳图版曝光,其感光部分就可被稀碱液溶解除去,得到正的亲油性图像。关于此类化合物,卡勒公司等曾发表过许多专利。目前此类化合物一系列的邻-重氮萘醌和邻-重氮萘醌衍生物都已合成,其中最有代表性的是萘的衍生物,尤其是 1,2-重氮萘醌-5(4)-磺酰氯。由于磺酰氯的化学活性使它与含羟基或氨基的化合物,非常易于反应生成一系列的相应的磺酸酯或磺酰胺类,形成各具特色的感光剂。

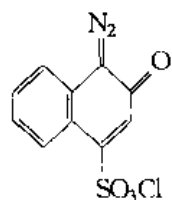
根据重氮基及磺酰基在萘环上位置的变化,有如下四个品种:



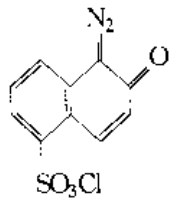
萘醌-1,2-二氮-4-磺酰氯(2,1,4)



萘醌-1,2-二氮-5-磺酰氯(2,1,5)



萘醌-2,1-二氮-4-磺酰氯(1,2,4)



萘醌 2,1 二氮-5-磺酸酯(1,2,5)

在以上四种感光剂中,1,2,4 和 1,2,5 的感光度差,一般生产中多用 2,1,4 和 2,1,5 类。2,1,4 类感光剂是由 NW 酸(即 1-萘酚-4 磺酸)为原料制成,2,1,5 感光剂则是由 L 酸(即 1-萘酚-5 磺酸)为原料制成。这两个感光剂的磺酸基( $-\text{SO}_3\text{H}$ )在萘环上的位置不同,经过测定它们的紫外线吸收光谱,发现反应速度差别很大,磺酸基在 5 位置上的感光剂只需用极少的能量(照射较长波长的光)就能被激发,产生反应。但由于合成 2,1,4 和 2,1,5 感光剂的工艺路线长,反应较复杂,而合成 1,2,4 感光剂较容易,价格较便宜,所以目前国外仍有一些单位采用这种感光剂。

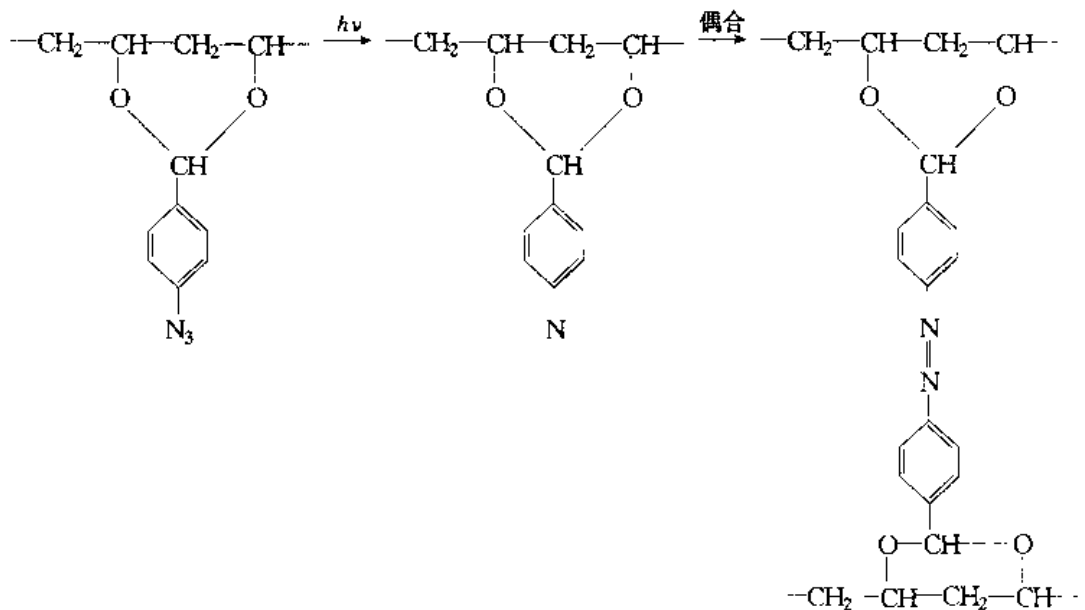
因为阳图 PS 版制成图像的道理,是利用保留下未见光部分感光性树脂的道理,因此,在制作、贮存和使用时,必须注意避光,即使是制好图像的印版也要注意不能让日光灯、阳光等光线直接照射,以防图像的感光层感光变化,影响质量。

由邻萘醌二重氮感光剂与线型酚醛树脂配制成的阳图型 PS 版用的显影液,一般采用硅酸钠、磷酸钠、碳酸钠以及有机胺等碱性水溶液为好,而由苛性钠等强碱配制的显影液,对铝版基的氧化膜易产生不良影响。对于为了提高质量而掺合进线型酚醛树脂以外的高分子化合物的感光层,则需用添加有表面活性剂和有机溶剂的显影液进行显影。

采用阳图型 PS 版,如想增加耐印率,可将显影处理后的版放在热处理机里,在  $230\sim 250^\circ\text{C}$  的温度下加热  $5\sim 8\text{min}$ ,再自然冷却,用显影液第二次显影,再用 3% 的磷酸液中和版面最后冲洗、干燥即可。为防止非图像部分上脏,先应涂以保护液再行烘烤。

## 2. 阴图 PS 版感光剂

作为阴图 PS 版感光剂,目前使用比较多的是叠氮基感光性高分子材料,例如,聚乙烯醇环缩对叠氮苯甲醛,它的光化学历程如下:



聚乙烯醇环缩对叠氮苯甲醛,在紫外光照射下分解生成氮气和氮烯中间体。然后,氮烯

中间体主要通过偶氮键合进行交联,形成网状结构。

为了容易显影,在聚乙烯醇环缩对叠氮苯甲醛高分子链上,同时缩对羟基苯甲醛。

由于聚乙烯醇环缩对叠氮苯甲醛曝光后生成的氮烯自由基活性很大,除能通过偶氮键合进行网状交联,还能进行插入和抽氢反应,致使感光剂不够稳定,晒制的阴图 PS 版成品率不高。

### (三) PS 版涂布工艺

PS 版涂布工艺是将版基和感光液结合成 PS 版的过程。

目前 PS 版涂布工艺有以下几种:

(1) 辊筒式涂布。辊筒式涂布也叫胶辊涂布或辊涂,是 PS 版主要的涂布方式,此种工艺有几十年的历史,工艺较成熟,涂布层较均匀。辊涂又包括螺纹辊涂、光辊逆涂和光辊顺涂等方式。

(2) 离心涂布。离心涂布是一种古老的涂布方式,已有近百年历史,工艺成熟,但比较落后,主要缺点是感光液利用率低,不足 50%。

(3) 喷涂。喷涂有气流喷涂、高频高压静电喷涂和电气体静电涂布。电气体静电涂布机主要分运送部分、前处理机、涂布暗箱、喷枪及摆动机构、干燥通道和控制台等六部分。

(4) 流延涂布。

(5) 挤压涂布。

无论哪种涂布形式都应当满足下述条件:

(1) 涂布版面具有较好的均匀性,涂层厚度稳定,产品统一性好,对工艺条件适应性强。

(2) 涂布感光层的物理、机械性能应满足制版和印刷工艺要求。

(3) 经济效果好,设备运行稳定,操作维修简单方便。

其中涂布版面的均匀性和统一性是鉴定涂布装置最主要的标志。涂布版面的均匀性是指版基上感光液的均布程度、感光液在干燥过程中的成膜性、涂布版面的清洁程度以及涂层厚度的一致性。

版基面感光层质量应控制在  $1.60\sim 2.50\text{g}/\text{m}^2$  范围内,分辨力  $\leq 10.0\mu\text{m}$ ,网点再现能力在 2%~98%,网点齐全,版基底色密度  $\leq 0.03$ ,着墨性能和亲水性能应符合 HG/T 2694—95 的要求。

## 第二节 凸 版

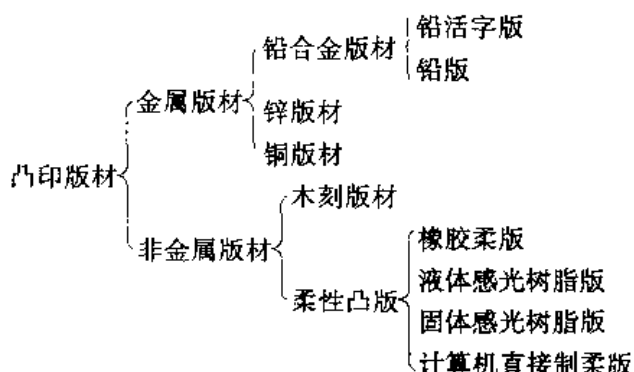
凸印版材在我国有悠久的历史。隋唐时期,我国已使用了雕刻版来进行印刷,雕刻版是在木板上雕刻成凸起的反文,然后着墨印在纸上。我国是世界上最早出现雕刻印刷的国家,在唐朝初年已经很流行了。到了宋代,又出现了雕刻铜版。

公元 1041~1048 年间的北宋时期,布衣毕升发明了用胶泥制成的活字。用活字版印刷,是历史上最重要的大事之一。公元 1314 年,元朝著名农学家王祯,又使用雕刻木活字。

用铅活字排成活字版,打成纸型再浇铸成铅版,在我国基本被淘汰。目前应用最广泛的是柔性凸版。

## 一、凸印版材的分类

凸版印刷版材的种类,依制版所用的材料不同分为金属版材和非金属版材两类。



### (一) 金属版材

凸版印刷用的金属版材,多为有色金属制成,最常用的是铅合金版、锌版和铜版三种。也有用铝版和镁版的。

#### 1. 铅合金版材

铅合金是用铅、锑、锡三种金属,按一定比例混合熔化而成。铅合金主要用来浇铸铅活字、铅空和铅条。将铅活字、铅空和铅条拼成一定规格的活字印版,可以直接上机印刷。但耐印力较低,一般只能印 20000 次左右,铅活字会因磨损而使字迹变粗。因此,只能印刷数量要求不多的产品。印刷数量超过 20000 印以上的产品,就要浇铸铅版。

铅版是以活字版为母型,压制成纸型,再由纸型浇铸铅版。纸型是用耐高温的特制的多层薄型纸张经过裱糊后,铺盖在活字版上敲打而成,或用压型设备将字型纸压在活字版上,形成凹陷纸质模型,烘干后即成纸型。纸型可以浇铸多副铅版,印坏了也可以更换。纸型便于存放和运输,下次再版或异地印刷,只要用纸型浇铸铅版,不需要再排版。纸型还可以窝圆,浇成轮转机印刷的圆铅版。

在铅版上电镀铁、铬等耐磨金属,耐印力更高。印刷厂使用的铅印版,一般都是电镀版。

#### 2. 锌版材

凸版印刷中,线条图由锌版来制作。锌版的制作方法是将原稿通过照相翻晒到成型的锌版材上,然后用药水腐蚀掉空白部分,使图文部分凸出而成为印版。

#### 3. 铜版材

铜版材的作用与锌版相类似,除了可制作由图文及线条组成的复杂版面外,而且可以制成锌版材较难胜任的网纹版。例如一些人物照相图片,一般要制 40 线/cm 以上的网纹版,运用铜版材制作则效果更好。

### (二) 非金属版材

(1) 木刻版材。木刻版是最古老的印版,在盛唐时期民间已用来印刷日历。木刻版是用质地紧密、年轮不明显的黄杨木、银杏木、梨木、枣木、枫木等优质木料雕刻成印版。木刻版现在除少量木刻版画或制作印章使用外,已很少使用。

(2) 橡胶版材。有些被印物是硬质物质,例如木材、硬纸板、塑胶材料等。采用柔性的橡胶作印版,就比较容易印刷。橡胶伸缩率较大,版面尺寸难以准确复制,而且橡胶有易为

油墨、干燥剂、溶剂所侵蚀的缺点。

(3) 感光树脂版。由感光树脂加上一些交联剂、增感剂等物质制成一层感光层,在光的作用下,使受光部分的图文硬化成凸版,而不受光的空白部分仍保持不变,通过显影除去而制成的凸印版材,称为感光树脂版。

感光树脂版制版时间快,印版质量好,是世界上一种比较先进的版材,我国已广泛应用。

(4) 计算机直接制柔版。

## 二、橡胶柔性凸版

橡胶凸版是柔性凸版的一品种。

### 1. 天然橡胶铸造橡皮凸版

早期柔印版材是使用天然橡胶做版材的基料,所以早期最常见的柔版是手工雕刻橡皮版和铸造橡皮版。

先用手工雕刻橡皮版制版方法是将原稿描绘在橡皮版材的表面,手工雕刻成浮雕图文,就制成了橡皮版,该制版方法适合于简单的几何图形,如手提袋上的文字及图案等都可以采用该制版方法。

铸造橡皮版是先用腐蚀法或电子雕刻制成铜、锌等的金属凹纹基版称为母版,其深度一般为 0.5~1.5mm,然后在此金属基版上用加热熔融好的天然橡胶浇铸压平、待凝固即成为一张凸出于平面带有印纹的橡皮薄版,将其贴于柔印机的版滚筒上,即成为柔性凸版的印版了。

### 2. 合成橡胶手工雕刻柔性凸版

将原稿描绘在橡皮版材的表面,手工雕刻形成浮雕图文,即成为柔性凸版的印版。手工雕刻柔版只印一些简单的几何图形和手提袋上的文字和图案。

### 3. 合成橡胶体系树脂

作为主体聚合物的合成橡胶体系的树脂有聚丁二烯,聚异戊间二烯,异戊间二烯-苯乙烯共聚物,聚氨基甲酸酯,乙烯-醋酸乙烯共聚物等合成橡胶。

光聚合引发剂,通常使用安息香醚类、二苯甲酮等。

作为乙烯基单体(交联剂)有丙烯酸脂类、季戊四醇四丙烯酸酯等。

## 三、感光树脂柔性凸版

感光树脂凸版印版是由树脂、交联剂、增感剂等主要成分组成的,制成一定厚度的感光层,在光的照射下,受光部分硬化,不受光部分保持原状,通过显影除去而得到凸版印版。

感光树脂凸版印版,从研究开始到现在,仅 30 年左右的历史。最早问世的是美国杜邦公司于 1957 年研究成功的戴克尔印版。1961 年大量投入生产,以后又陆续出现了二十余种感光凸版版材,已经形成商品化生产并在市场上出售。

二十多种感光凸版版材,如以使用的显影液分类,可分为乙醇、碱水、水三大类型。根据聚合的种类来看,可有纤维素衍生物版、尼龙版材、不饱和聚酯版材、聚乙烯醇四大型。由版材原料来看,又能分为液体型感光凸版版材和固体型感光凸版版材两种。

### (一) 感光树脂凸版印版的组成

感光树脂凸版印版要求在每个聚合体中分子基团内的聚合单位至少要有有一个双键,能

在光作用下交联生成凸版印版。组成凸版印版的感光性树脂需要有树脂、交联剂、感光剂、阻聚剂等重要成分。

(1) 树脂部分。这是感光性树脂凸版印版的主要组成部分之一。根据印版的种类不同选用相适应的树脂,其种类有: 不饱和聚酯、不饱和聚胺酯、聚乙烯醇衍生物的聚酰胺、丙烯酸系树脂等。

(2) 交联剂。是感光性树脂凸版印版的一个基本组分。它的选择是根据树脂的类型而定的,交联剂的采用是否合理直接影响版材性能的优劣。作为交联剂使用的乙烯单体的种类很多,由于结构不同,双键多少也有所区别,对制出的印版性质也就不一样。例如要得到高韧性、降低脆性,需要选用无支链的、挠曲性好的脂肪族单体,如双丙烯酸的酯类。如果要提高硬度和强度,则要选用具有苯环结构的芳香族类单体,或者是具有支链的脂肪族单体作为交联剂。其用量一般可占到树脂的 10% 以上,甚至可达 60% ~ 70%。其品种有丙烯酸、丙烯酰胺、甲基丙烯酸酯类、丙烯酸酯类、六次甲基双丙烯酰胺、羟甲基丙烯酸乙二醇醚等。

(3) 感光剂(光引发剂)。主要是有羰基的芳香族化合物,它见光后能迅速产生游离基,促使交联剂、不饱和聚酯的双键打开,在很短的时间交联固化。其使用量较少,一般为树脂的 1% ~ 5% 左右。其品种可分为苯甲酮、安息香、安息香醚类、联苯甲酰、有机硫化物等。

(4) 阻聚剂。用于增加感光树脂版材的稳定性,防止版材在存放中或配制过程中发生自聚固化现象,用量甚少。根据性能不同,一般为树脂的 0.002% ~ 0.1%。用量过大,会造成树脂见光后不固化或很难交联固化的弊病。其品种一般有对苯二酚、对苯二胺、对甲氧基苯酚、对叔丁基邻苯二酚等。

## (二) 制版基本原理

感光树脂凸版印版的种类很多,分为固体、液体、尼龙等类型,但制版的基本原理是相同的。它是由一定能量的光量子(一定波长的光)使感光剂迅速分解,产生活泼而极不稳定的高能态基团(即游离基),这种高能态基团再促使乙烯基单体或二乙烯基单体的不饱和聚酯中的双键产生缩聚或是桥接反应,使树脂固化,然后经某种溶液除去未感光部分树脂,得到凸版印版。

感光树脂见光后所发生的反应有三种: 一种是光分解反应,就是见光后树脂由大分子分解成小分子化合物,抗溶剂性能有所降低;一种是见光聚合反应,即见光后由小分子化合物缩成不溶的大分子;再一种是光交联反应,即见光后发生光交联作用,使小分子树脂交联成网状不规则的大分子。

这种凸版印版主要是用光聚合和光交联而得到的,所以这类版材也称为光聚树脂版。

## (三) 几种感光树脂凸版印版

感光树脂凸版版材种类较多,其制版方法基本相同,仅区别于采用树脂的种类和制成版材的工艺。现按成型的形状和采用显影液的不同,介绍常见的几种:

### 1. 液体固化型感光树脂凸版

简称为液体感光版。感光前树脂为粘稠、透明的液体,感光交联后成为固态。其树脂部分是采用脂肪族类和芳香族的饱和与不饱和的多元酸,以及二元醇类进行聚合得到的不饱和聚酯,作为中间体,然后加入交联剂、感光剂、阻聚剂相互混合均匀,即成为液体感光树脂。现以邻苯二甲酸酐和顺丁烯二酸酐为主体的不饱和聚酯为例,得到液体感光树脂,可见图 10-6。



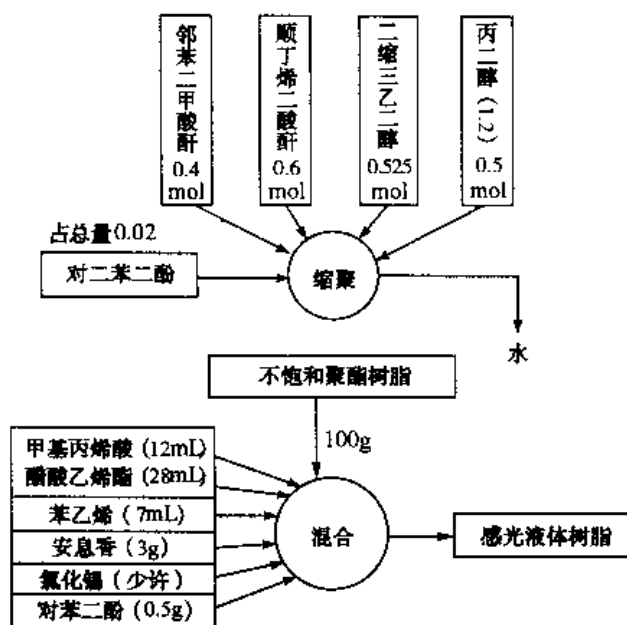


图 10-6 液体感光树脂工艺流程图

为了适应印刷的要求,液体感光树脂版要有适当的硬度、抗张强度、尺寸稳定性、耐油性、耐印力等性质,必须适当加入能表现出硬性质的硬段和软性质的软段基团。作为硬性基团是有氢键和  $\pi$  电子相互作用的极性基和苯环,如氨基甲酸酯镶嵌聚合的苯乙烯-丁二烯橡胶的聚苯乙烯部分等。作为软性基团是在预聚物中加进氨基甲酸酯、聚醚及聚乙二醇等。

液体感光树脂的制版方法可采用手工生产,亦可用机械连续制版。手工生产就是将液体感光树脂涂布在准备好了的薄膜上,覆上片基,加上玻璃,进行曝光(图 10-7)。然后经过碱液显影,将未感光的部分用碱液冲掉,则形成我们需要的印版。用机械连续制版的方法,就是将感光树脂装入机械的贮液槽中,而涂布、曝光、显影和后处理等工作由机械一次完成的制版过程。

一般液体感光树脂版制版工艺流程如下:

铺流 → 背面曝光 → 主曝光 → 冲洗显影 → 干燥 → 防粘处理 → 后曝光 → 水基冲洗液冲洗 → 印版

## 2. 固体型感光树脂凸版印版

固体型感光树脂凸版印版的版材是不流动的半固体状,经过曝光硬化,得到的就是凸版印版,简称为固体树脂版。版材结构如图 10-8 所示,它是由表面保护膜、感光树脂层、粘结层(防晕层)和片基四个部分组成。

感光层由于选用单体不同,制造出版材性能不一样,以碱液显影的固体树脂版的种类就有多。用不饱和聚氨基甲酸酯树脂版材的化学组成为例说明。

不饱和聚氨基甲酸酯具有碱液溶解性能,受紫外光照射后交联,材料有甲苯二异氰酸酯、聚乙二醇、甲基丙烯酸  $\beta$  羟乙基酯,经聚合得到的不饱和聚氨基甲酸酯成为如下结构形式: ① 甲基丙烯酸  $\beta$  羟基乙基酯—甲基二异氰酸酯—聚乙二醇—甲基二异氰酸酯—甲基丙烯酸  $\beta$  羟乙基酯。② 醋酸、邻苯二甲酸纤维素具有碱溶性,在版材中起支撑作用,不参加化学反应。③ 增感剂是安息香和安息香乙醚,见紫外光起引发作用。④ 阻聚剂用对苯二酚,使

版材能存放较长时间不发生交联。

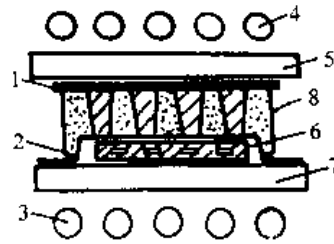


图 10-7 液体感光树脂版  
制版示意图

1—片基 2—覆盖膜 3—灯管 4—紫外线灯管  
5—上玻璃板 6—阴图片 7—玻璃板 8—液体感光胶层

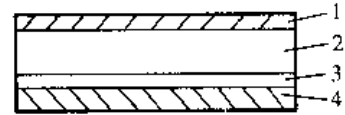
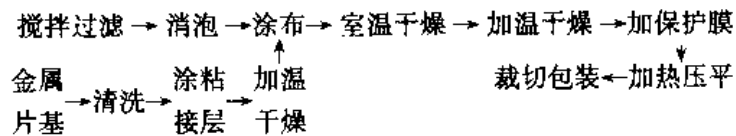


图 10-8 固体感光树脂  
版材结构图

1—保护膜 2—固体感光树脂层  
3—粘结点 4—片基(金属或聚酯膜)

然后将上面所讲的按①55~60份、②40~50份、③2~5份、④0.02份的配比均匀混合，涂布在有粘结层的片基上，干燥后在感光层加盖保护膜即成为版材。制作工艺如下：



### 3. 聚乙烯醇感光树脂版材

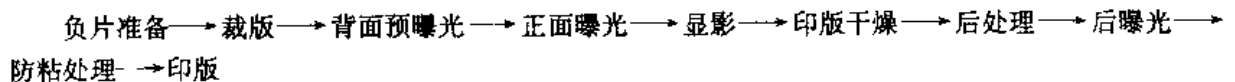
具有很好的水溶性，在制版的时候，采用温水显影，其版材类型属于具有水溶性的固体感光树脂版材。配制方法：将聚乙烯醇在水中溶胀，加热融化。另将交联剂、感光剂、阻聚剂、助剂加入乙醇内加湿溶解，放入聚乙烯醇水溶液中，经搅拌、过滤、脱泡、涂布在有粘接剂的片基上，干燥后为聚乙烯醇固体感光树脂版材。

### 4. 感光尼龙版

固体版材的一种，在显影时，以乙醇为显影液。它的主要成分：①聚酰胺(尼龙)树脂。尼龙的种类比较多，如己内酰胺(即尼龙6)、己二酸己二胺盐(尼龙66)、癸二酸癸二胺盐(尼龙1010)等。感光尼龙版材要求透明度高、醇溶性高、熔点低、结晶性小。因此，不能采用单一品种的尼龙，而是要采用改性尼龙，即用两种尼龙共聚成的二元尼龙，或者用三种尼龙共聚成的三元尼龙。②交联剂。用于尼龙感光版材中的交联剂一般为甲基双丙烯酰胺、羟甲基乙二醇醚等，具有醇溶性，见光产生交联后形成网状结构，将尼龙包围，使共聚尼龙不再溶于醇类。③感光剂。所用品种有米氏酮、亚丁酮、安息香及安息香醚类。④阻聚剂。所用的品种与液体型感光树脂版相同。

上面几种固体型感光树脂版材在工艺过程中，除采用的显影液不同之外，其晒版、显影、后曝光等方法均相同。既能采用手工生产，也能用机械制版方法得到凸版印版。

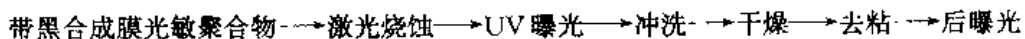
固体柔性感光树脂版制版工艺流程如下：



## 四、计算机直接制柔版

### (一) 计算机直接制柔版制版工艺

CTP 制版流程：



烧蚀前柔版版材结构,包括单张柔性版和柔性版套筒,见图 10-9。

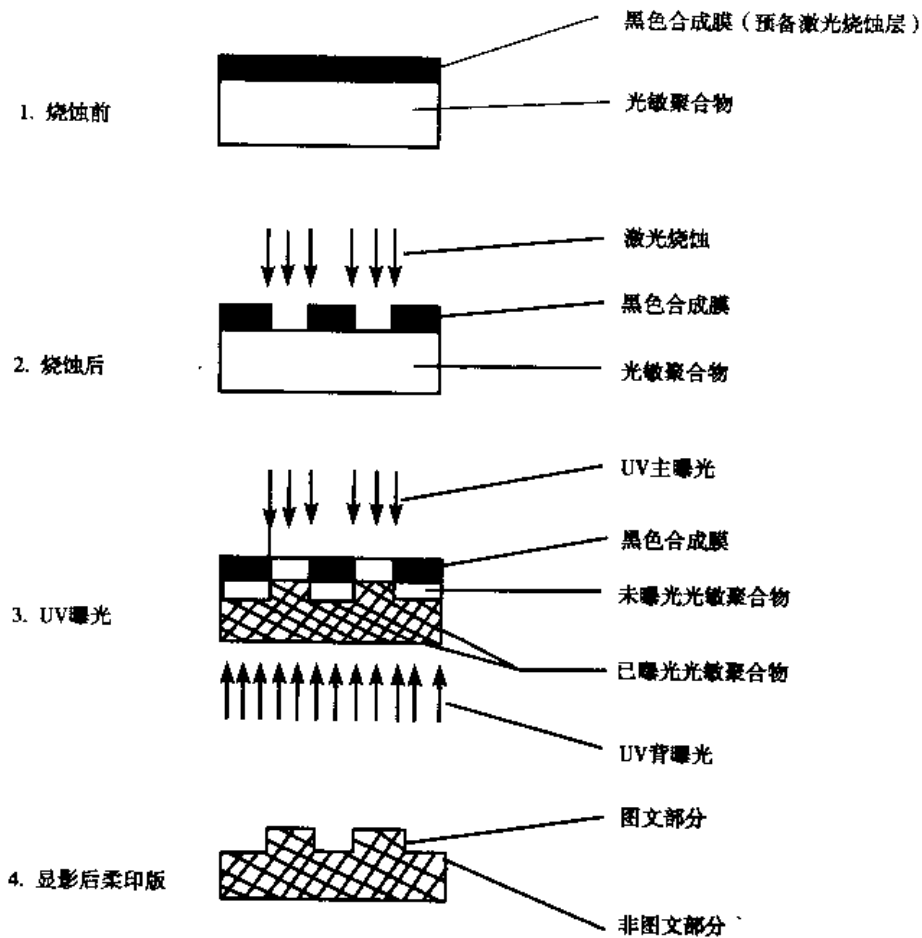


图 10-9 计算机直接制柔版流程图

## (二) 激光烧蚀和 UV 曝光机理

激光烧蚀黑色合成膜所形成的烟雾与微粒由真空净化装置进行净化。合成膜下是传统的光敏聚合物,它只有在紫外光激活下才能交联固化。红外激光并不能对此类柔印版材起交联固化作用。在激光烧蚀后,紫外线曝光前的柔版相当于在传统曝光前的柔版上覆盖了阴图片并抽好真空。

从版材的背部开始进行曝光,曝光时间决定了最终版材的厚度。合成膜被激光烧蚀洞穿后,进行主曝光。主曝光和背曝光时分别使用上下两个光源,无需翻面,因而总曝光时间缩短,避免了不均匀和烂点现象,构成高质量的感光聚合柔版。

计算机直接制柔版在进行过激光烧蚀和紫外线曝光后,还需要有与传统柔版制版相同的冲洗去粘和后曝光的工艺。

## (三) 柔版制版系统的新发展

### 1. 杜邦无溶剂柔版显影系统

杜邦在 Drupa 展出的 Cyrel FAST 系统是世界上第一个无溶剂型柔版显影系统(如果不将直接雕刻包括在内的话)。该系统由一台 Cyrel FAST 1000 TD 处理机和 Cyrel FAST FD

1 柔性版组成。这种印版有 3 种尺寸(最大幅面 76.2cm×120cm),印版厚度 1.14~2.84 mm。图像复制精度可达 48 线/cm,2%~95%的网点都能再现,可使用水墨、醇性墨和 UV 油墨印刷,适合印制铝箔、标签、折叠纸盒和饮料包装。此外,该系统最大的特点是柔版制版时间短。

目前,用户仍可使用传统的印版曝光机将图像转移到 Cyrel FAST FD 1 柔性版材上。一种涂有对激光敏感掩膜层的 Cyrel FAST 印版可在激光图像记录机上进行数字曝光,这种印版在不久的将来会面世。Cyrel FAST FD 1 版材经曝光之后在无溶剂的热处理机中显影。在 Cyrel FAST 1000 TD 处理机中,非图文部分未硬化的聚合物在轻压力下被绒织物去掉。浸入聚合物的绒织物材料在处理机中被自动卷起来,经过一段时间后,旧的绒织物材料便被新材料替换掉。印版脱离热处理过程之后不再需要干燥,并可立即上机印刷。这种热显影的柔性印版具有以下优点:

- (1) 处理过程比普通版快 3 倍。
- (2) 存取时间短,需要换版时这一点特别有利。
- (3) 由于不用溶剂显影,无需使用化学药品。
- (4) 热处理机价格低,又取消了干燥装置和后处理机,所以总投资减少。
- (5) 与传统印版的印刷质量一样。
- (6) 实地印刷时油墨转移性能很好。

Cyrel FAST 已在美国一些企业试用成功。Drupa 2000 结束后,杜邦已将第一批设备投放欧洲和亚洲市场。

## 2. 巴斯夫数字直接雕刻版

巴斯夫公司在杜塞尔多夫推出激光直接雕刻用的 nyloflex LD 印版,这是第一块光聚合物直接雕刻印版。这种印版采用数字方法通过 PC 机直接用激光进行图像转移。在这个过程中,非印刷(无图像)部分被 CO<sub>2</sub> 激光从印版上除去,省掉了耗时的预曝光和数字激光曝光后的图像部分彻底硬化、干燥和后处理等工序。巴斯夫采用 ALE 公司的 Meridiane Finesse 高功率激光,可使未来的柔版制版时间大大缩短。

据巴斯夫称,一套分辨率为 1270dpi 的 A<sub>4</sub> 尺寸的四色印版只需 70min 即可雕刻完成。新推出的 nyloflex LD 版材目前只有 61cm×76.2cm 规格,厚度为 1.14mm,只适合用 UV 油墨印刷。据介绍,目前,这种分辨率为 60 线/cm,2%~95%的网点均能再现的 nyloflex LD 印版专供标签印刷使用。总之,杜邦的 Cyrel FAST 和巴斯夫的直接雕刻版这两套系统在 Drupa 2000 已经亮相,重点是缩短制版时间,减少对印版处理设备的投资。

柔版直接雕刻技术极具优势,但要推广应用还需要激光器制造商和版材制造商通力合作。直接雕刻柔版主要有以下优点:

- (1) 不必干燥冲洗,省掉了冲洗环节,节省大量费用。
- (2) 由于不必再对印版进行干燥(通常普通柔版干燥时间长达 2 至 3h),因而可显著缩短制版时间。当然,这种方法要得到普遍应用还需要经过一个激光器和可用版材的优化阶段。
- (3) 在光聚合物印版的冲洗中,难以控制的膨胀过程或干燥不良易造成印版厚度偏差,而采用这种方法雕刻柔版可保证印版质量稳定。

- (4) 直接雕刻柔版不再需要数字激光曝光制版所需要的一些设备(曝光机、冲洗机、干

燥器和后处理机),可减少投资。

当人们认识到,柔印制版日常业务的重点不仅仅在于制作 1% 的点和 60 线/cm 的图像,而是要做到快速、廉价地制作印版时,再来考虑用直接雕刻法制柔版就会觉得它有许多诱人的优点,可以说,巴斯夫公司推出 nyloflexLD 版材(第一种供直接雕刻制版用的光聚合物印版)就是一个良好的开端。

### 第三节 凹 版

凹版就是印刷(图文)部分凹入于平面(非图文)部分的一种供印刷用的印版。一般分为雕刻凹版和照相凹版(简称影写版)。

#### 一、雕刻凹版

据说雕刻凹版是在 1440 年左右发明的,照相凹版约于 1858 年在英国首先采用。

雕刻凹版印刷在我国的应用也是比较早的,是于 1908 年在北京财政部印刷局设立后开始的。

凹版印刷就是将油墨充填入凹于平面的图文版内,再将平面上非图文部分的油墨擦抹去,然后再压印于纸上。用于雕刻凹版印刷的油墨稠而短,以氧化结膜干燥为主。这种印品的印迹(墨膜)是凸出于纸张表面的,用手抚摸它极易感觉出来。

雕刻凹版的命名,是由于当初的印刷凹版是以手工雕刻面成之故。现在雕刻凹版的制版方法有机械过版法、电镀过版法和腐蚀法等。我们以雕刻凹版邮票的制版工艺为例说明雕刻凹版的制版技术。

我国采用的是机械过版法。先将邮票原稿的图案按邮票的规格尺寸缩至在一块平面小钢版上,雕刻师用刻刀以手工的形式在钢版上将图案刻成形状各异,宽窄、深浅不同的点和线,以此表现出画面中的不同层次。这块刻好的小钢版就作为雕刻凹版的原版(称为原钢版),用它再去复制印刷用的印版。凹版邮票是在轮转机上印刷的,因此在制作印版时,先要将原钢版进行热处理,加强其硬度,然后放在特制的过版机上,通过机械的挤压,将平面小钢版上深浅不一的点、线转移到另一个小钢轴上面,得到凸形的线条和点子,小钢轴也经过热处理后放在过版机上,经挤压将上面的图案以整版邮票的规格一枚一枚地转移到表面镀有电解铜层的印筒上,得到凹形的图文点、线,再经镀铬,印筒即可上机印刷,雕刻凹版邮票的制版即完成了。

雕刻凹版邮票有其独特的效果,图案线条分明、墨层厚实,在纸面上稍有凸起,极细的点、线清晰可辨,色泽经久不变,有利于杜绝邮票的伪造。虽然雕刻凹版的制版和印刷技术难度很大,但它的防伪性能好,所以世界各国的钞票、邮票、证券等大都采用雕刻凹版工艺印制。

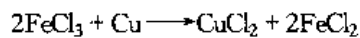
#### 二、照相凹版

照相凹版印刷机基本原理较简单,主要由印版辊筒与压力辊筒组成。印版辊筒直接浸入墨槽中,版上非图文部分所沾的油墨用刮墨刀除去,承印物通过压力辊筒和印版辊筒之间时,印版辊筒上图纹内的油墨则辊移到承印物上。

照相凹版印刷俗称影印,照相凹版也叫影写版,这是我国的习惯叫法,是因为当初采用照相腐蚀法之故。

### (一) 照相凹版腐蚀制作法

先把印品原稿经过照相制成阴图底片,阴图片根据需要进行分色、放大或缩小,制出阳图片,然后把阳图片放置在已用网目玻璃感光的炭素纸上感光,该炭素纸是一种单面涂有感光性明胶层卷筒纸,胶层厚约  $50\mu\text{m}$ ,因在其底纸上涂的感光层中含有炭素颜料而得名。将感光好的炭素纸贴于经过磨光的镀有一层厚约  $0.08\sim 0.15\text{mm}$  铜的金属圆筒上,使感光层接触铜面。然后用热水浸泡大约  $20\text{min}$ ,剥掉炭素纸纸基,留下胶层,未感光(图文部分)的胶就被水溶解了,显影后圆筒面出现一层凹凸面的胶质层,将胶质层烘干,在凸出的胶质层(即未感光部分)上涂一层沥青液,然后用三氯化铁溶液进行腐蚀,浇注在不同厚度的胶膜上,使之膨胀疏松,胶层膨胀到极点,使腐蚀液渗入到铜面,这样就发生化学氧化还原反应:



有厚有薄的胶质层,使受腐蚀程度深浅不同,使版辊面腐蚀成一个图文部分凹入的凹版辊筒,然后再镀上一层镍铬合金,以增加辊筒面的硬度,这种制版法叫腐蚀法。

凹版网点大小一样,网点的深浅不一,即暗调的网点凹入深,亮调网点凹入浅。

### (二) 电子分色和电子雕刻制版

机械电磁式的凹版电子雕刻机是德国海尔公司 1969 年发明的。

常见的机械电磁式电子雕刻机雕刻刀的一次雕刻动作就生成一个网穴。网穴的形状仅决定于雕刻刀的角度、滚筒转速和雕刻头的横向进给速度等,改变网穴形状的自由度是比较小的。而电子雕刻机的雕刻分辨(网线数)较低,一般在  $60\sim 140$  线/cm ( $150\sim 356$  线/in)。这样的线数对图像层次和细节的再现是可以的,但对于文字和图形轮廓质量就显得不足,以此分辨率雕刻出的文字和图形边缘不够平滑。

### (三) 激光雕刻凹版

1977 年英国某公司曾使用激光在带聚合物树脂层的凹印辊筒上雕刻出网穴,制作出凹版滚筒。

#### 1. 激光雕刻凹版技术类型

(1) 凹下深度可变网穴。凹下深度可变网穴,通过改变其网穴凹下深度再现图像的阶调层次变化。颜色深处网穴凹下较深,而颜色浅处网穴凹下较浅,网穴的面积不变。由于网穴面积相同,故网穴的厚度是等同的,其网穴结构如图 10-10 所示。

这与腐蚀法凹版网穴相同,是典型的凹版网穴,常被称作“经典凹版”或“传统凹版”。

(2) 面积可变网穴。顾名思义,该类网穴仅通过改变其开口面积再现图像的阶调层次变化。颜色深处网穴面积较大,而颜色浅处网穴面积较小,网穴的凹下深度不变。就此特点而言,类似于胶印网点的图像再现原理。故此,该类凹版也称为“网点凹版”,其网穴结构如图 10-10、图 10-11 所示。

应当注意的是,虽然其图像阶调再现的基本原理与胶印类似,但其网穴的结构却不能脱离凹印版的基本技术要求,这就是:必须形成并保留网墙,不能在印版上出现大面积的无网墙实地。因此,从网穴的微观结构上讲,它与平印网点并不等同。

(3) 面积和凹下深度都可变网穴。在机械电磁式电子凹版雕刻机所雕刻的滚筒上常见这种网穴,它是非激光式电雕凹版最常用的网穴类型。其网穴特点是:颜色深处网穴开

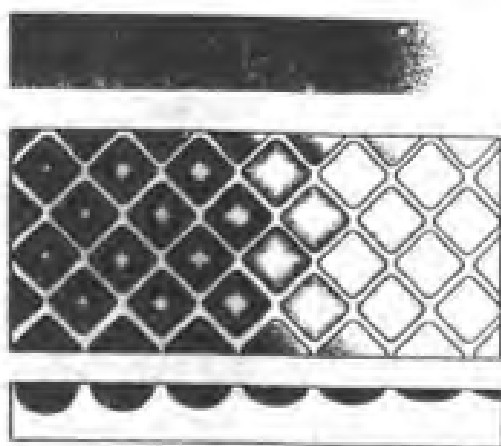


图 10-10 凹下深度可变网穴的结构

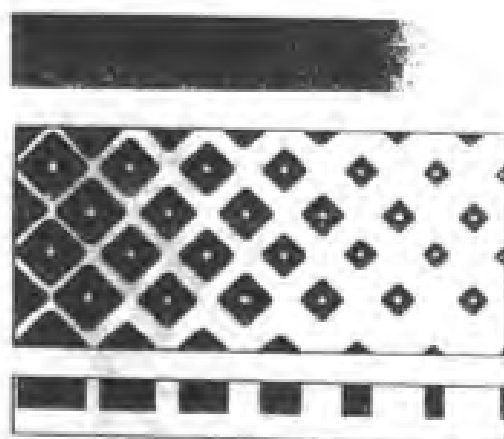


图 10-11 面积可变网穴的结构

口面积和凹下深度都大,而颜色浅处网穴开口面积和凹下深度都小,显然网墙的厚度是不相等的。其网穴结构如图 10-12 所示。

(4) 调频网穴。将调频加网的原理应用到凹版上,可以生成调频网穴凹版。其网穴特点是:面积相同,而在凹印版上出现的空间位置随机变化。同样,为了在图像的暗调区域不出现大面积无网墙“地带”,调频网穴的空间位置应受到合理的控制,不能完全随机。其网穴结构如图 10-13 所示。

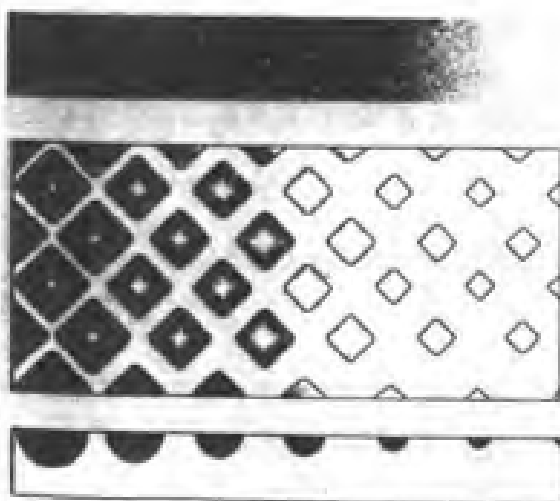


图 10-12 面积和凹下深度可变网穴的结构

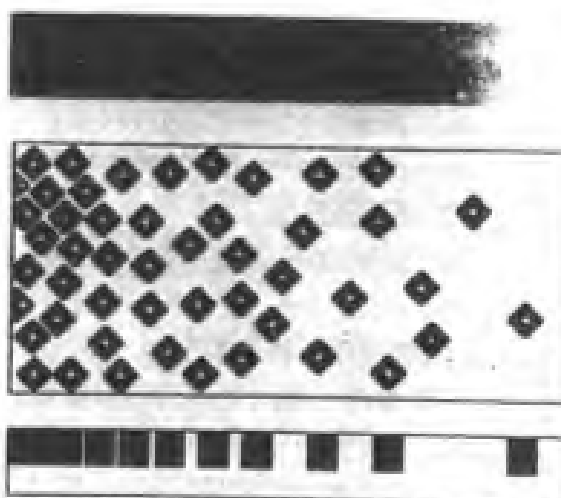


图 10-13 调频网穴的结构

## 2. 激光雕刻凹版的基本原理和实现方式

在铜滚筒上先涂覆黑色基漆层,用激光烧蚀网穴区域,使网穴处的铜层裸露出来,非网穴处由基漆保护抗蚀,待腐蚀后即可获得凹下去的网穴。

激光雕刻凹版基漆层技术是充分利用激光记录的高分辨率(2540~5080dpi),使激光在基漆上烧蚀出的网穴轮廓、文字、图形轮廓达到高精度,网穴轮廓面积随图像颜色的深浅明暗而变化。因此经过后续腐蚀处理所得到的网穴属于“面积可变,凹下深度不变网穴”。这是“平印化”的凹版。

## 第四节 网 版

丝网印刷版是由丝网、网框和感光材料构成。网版制版工艺如下：

底板制作→绷网→涂布→晒版→显影→网版

### 一、丝 网

制作网版常用的丝网有蚕丝丝网、锦纶(尼龙)丝网、涤纶(聚酯)丝网和不锈钢丝网、压平丝网、防静电丝网、带色丝网等。

(一) 不同网材的化学性能及物理性能对比如表 10-1。

表 10-1 不同网材的化学性能及物理性能对比

性能 \ 网 材	尼 龙 网	涤 纶 网	蚕 丝 网
抗拉强度	440~550N/mm <sup>2</sup>	440~550N/mm <sup>2</sup>	360~450N/mm <sup>2</sup>
回弹性	拉伸4%后为100%	拉伸2%后为100%	拉伸4%后为75%
耐磨蚀	非常好	好	低
耐温性	<100℃	<120℃	100℃时变脆
吸水性	4.1%	0.4%	11%
电阻绝缘值	12W/mm	80W/mm	良好

(二) 丝网编织形式及规格

丝网由各种材料编织而成,编织材料有单丝和合股丝,常见的有下列几种(图 10-14)。

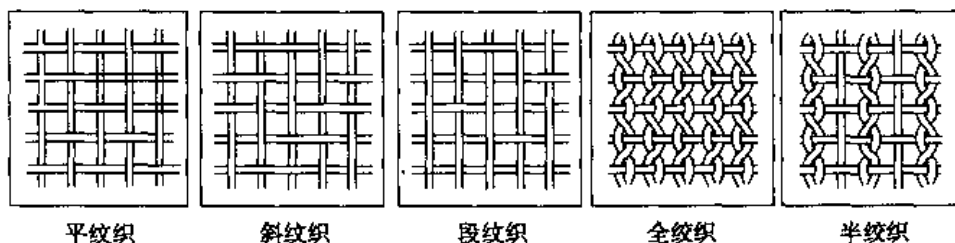


图 10-14

平纹织丝网由经丝和纬丝相交织成,网孔方正大小均匀,表面光洁,单丝丝网最薄,具有良好的油墨通过性,是网印工业中用量最多的丝网,单丝斜纹织、段纹织在市场销售商店也能买到,如420目以上的丝网常用单丝斜纹织,段纹织,印刷产品质量不如平纹织好。半绞织,全绞织丝网的优点是网孔不易受外力因素而使网孔变形,但对制作高精密网印版时不如平纹织丝网好。以上半绞织丝网和合股丝编织的丝网,由于耐印率高,在纺织印染业被广泛使用。如果印版图纹简单,要求印墨量多时亦可选用此类丝网。

尼龙丝、涤纶丝编织成的丝网都要进行处理(热整平处理),使其减小延伸率,防止网孔变形增加平整性和挺度,保证丝网在制版中的实用性。

丝网印刷范围广泛,对各种印件的制版要求也不尽相同。因而选择丝网的种类,型号也不一样,国内外丝网生产厂家为了满足丝印业各类产品的需要在生产中不断研制开发了许



多不同型号的丝网供选用(表 10-2~表 10-5 及图 10-15)。

表 10-2 丝网型号、规格表示法

品种名称	织物组织	丝的组织
尼龙(锦纶)织物 NO、NO66 NO.66-S	平纹组织 斜纹组织	单 丝
涤纶织物 NO、NOS TPM、TNP TP	NO、NOS 平纹组织 TPM、TNP TP	单 丝 多股捻丝 经线单丝、纬线多股丝
不锈钢织物*NO	平纹组织 斜纹组织	单 丝

表 10-3 丝网规格特点

规 格		特 点				
代 号	名 称	线 径	网孔宽度	开孔面积	丝网厚度	强 度
SS	超轻型	最 细	最 大	最 大	最 薄	最 低
S	轻 型	较 细	较 大	较 大	较 薄	较 低
M	中 型	中 等	中 等	中 等	中 等	中 等
T	重 型	较 粗	较 小	较 小	较 厚	较 高
HD	超重型	最 粗	最 小	最 小	最 厚	最 高

表 10-4 规格表

品 种	网目数		织法	丝径 $\mu\text{m}$	厚度 $\mu\text{m}$	孔径 $\mu\text{m}$	网孔率 %
	目/cm	目/in					
200TH/508TH	200	508	TW	27	52±3	23	21
180T/460T	180	460	TW	33	64±3	22	16
165S/420S	165	420	PW	27	42±2	33	31
165T/420T	165	420	TW	33	60±3	27	21
150SS/380SS	150	380	PW	27	42±2	40	36
150S/380S	150	380	PW	30	46±2	37	30
150M/380M	150	380	PW	33	48±2	34	26
150T/380T	150	380	TW	35	64±3	32	23
140S/355S	140	355	PW	30	46±2	42	34
140M/355M	140	355	PW	33	62±2	39	29
140T/355T	140	355	PW	35	53±2	37	26
140T/355T	140	355	TW	35	63±3	37	26
130S/330S	130	330	PW	30	46±2	47	37
130M/330M	130	330	PW	33	50±2	44	33
130T/330T	130	330	PW	35	53±3	42	30
130T/330T	130	330	TW	35	66±3	42	30
120S/305S	120	305	PW	30	48±2	53	41
120M/305M	120	305	PW	33	50±2	50	36
120T/305T	120	305	PW	35	53±2	48	33

续表

品 种	网目数		织法	丝径 $\mu\text{m}$	厚度 $\mu\text{m}$	孔径 $\mu\text{m}$	网孔率 %
	目/cm	目/in					
120HD/305HD	118	300	PT	40	$62 \pm 2$	45	28
120HD/305HD	118	300	TW	40	$72 \pm 4$	45	28
110T/280T	110	280	PW	35	$53 \pm 2$	56	38
106HD/270HD	106	270	PW	40	$60 \pm 2$	54	33
100T/255T	100	255	PW	40	$60 \pm 2$	60	36
100HD/255HD	98	250	TW	45	$80 \pm 4$	57	31
90S/230S	90	230	PW	40	$60 \pm 2$	70	41
90T/230T	90	230	PW	45	$68 \pm 2$	65	35
90H/230H	90	230	PW	48	$78 \pm 4$	62	32
90SHD/230SHD	89	225	TW	55	$105 \pm 5$	58	26

表 10-5 单丝锦纶(尼龙)丝网规格

品种	规格	目 数		丝径 $\mu\text{m}$	孔宽 $\mu\text{m}$	通孔率 %	厚度 $\mu\text{m}$	定量 $\text{g}/\text{m}^2$
		目/in	目/cm					
NM70	S	70	27	105	258	51	190	60
NM70	T	70	27	127	236	42	245	83
NM80	T	80	32	105	213	45	191	68
NM80	HD	80	32	127	191	36	245	101
NM90	T	100	40	105	177	39	193	76
NM100	S	100	40	71	193	58	105	29
NM100	M	100	40	78	183	52	125	39
NM100	T	110	40	82	175	47	139	49
NM110	S	110	43	61	170	54	105	32
NM110	M	110	43	71	160	48	125	43

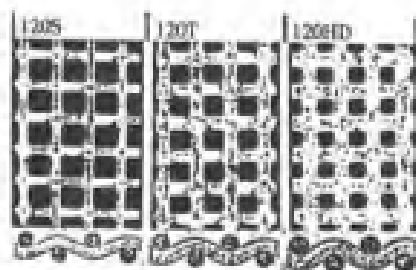


图 10-15 同目数不同型号丝网

### (三) 丝网颜色和吸光性

世界上用于丝网印刷的丝网除白色外还有染色丝网,有多种颜色,如:黄色、橘黄色、橙红色、枣红色等,使用有色丝网制作丝印版,主要是为了防止光的乱反射,从而提高制网版图像的清晰度。用于晒版的紫外光源(波长为 $320 \sim 460\text{nm}$ )光波,易被颜色丝网吸收,因而光的漫射作用减少,制得网版图文边缘清晰度高。相反,白色丝网散射作用大,被感光胶吸收,制得网版图文边缘清晰度差。

### (四) 有关丝网的术语

(1) 丝网。丝网是用作丝网印版支持体的编织物。俗称绢网、绢屏、纱网、筛网等。

(2) 丝网目数。丝网目数指的是每平方厘米( $\text{cm}^2$ )丝网所具有的网孔数目。丝网产品规格中用以表达目数的单位是孔/厘米或线/厘米。使用英制计量单位的国家和地区,以孔/英寸或线/英寸来表达丝网目数。目数一般可以说明丝网的丝与丝之间的密疏程度。目数越高丝网越密,网孔越小。反之,目数越低丝网越稀疏,网孔越大,如 150 目/英寸,即 1 英寸内有 150 根网丝。网孔越小,油墨通过性越差,网孔越大,油墨通过性就越好。在选用丝网时可根据承印物的精度要求,选择不同目数的丝网。

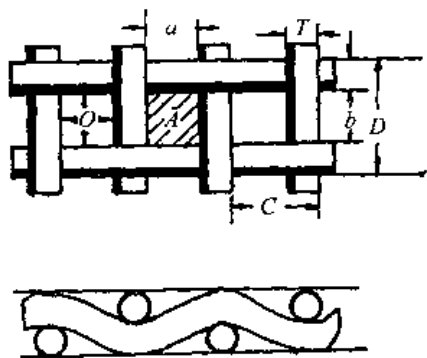


图 10-16 丝网尺寸示意图

(3) 丝网厚度。丝网厚度指丝网表面与底面之间的距离,一般以毫米(mm)或微米( $\mu\text{m}$ )计量。厚度应是丝网在无张力状态下静置时的测定值。厚度由构成丝网的丝的直径决定,丝网过墨量与厚度有关,如图 10-16 所示。

(4) 丝网的开度。丝网的开度是用来描述丝网孔宽、孔径、网孔大小的重要参数。丝网的开度对于丝网印刷品图案、文字的精细程度影响很大。开度实际表示的是网孔的宽度,用网的经纬两线围成的网孔面积的平方根来表示(通常以微米为单位,  $1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$ )。因此,网孔一边长度愈长开度也愈大。但是,同样的开度,由于织成丝网的材料和操作方法的的不同,印刷效果也有好有坏。

开度可以下式计算:

$$O = \sqrt{A}$$

$$= \sqrt{ab}$$

或

$$O = \frac{L}{M} - T$$

式中  $O$  ——开度,  $\mu\text{m}$

$A$  ——网孔面积

$a, b$  ——网孔相邻两边的宽度

$L$  ——计量丝网目数的单位长度,采用公制计量单位的为 1cm,采用英制计量单位的为 1in, 1in = 2.54cm

$M$  ——丝网目数

$T$  ——丝网的丝径

(5) 丝网开口率。丝网开口率亦称丝网通孔率、有效筛滤面积、网孔面积百分率等,即单位面积的丝网内,网孔面积所占的百分率。根据图 10-16 所示,开口率可以下式计算:

$$\text{开口率} = \frac{a \times b}{C \times D} \times 100\% = \frac{a \times b}{(a + T)(b + T)} \times 100\%$$

式中  $a \times b$  ——网孔面积

$C \times D$  ——丝网面积

$T$  ——丝网的丝径

或

$$\text{开口率} = \frac{(OM)^2}{L^2}$$

式中 O——丝网开度(孔宽)

M——丝网目数

L——计量丝网目数的单位长度(厘米或英寸),计算时应换算为公制单位。

(6) 丝网的过墨量。在实际印刷中,通过丝网的油墨量受丝网的材质、性能、规格,油墨的粘度、颜料及其它成分、承印物的种类、刮板的硬度、压力、速度、以及版与承印物的间隙等多种条件左右,因此并没有确定的标准。一般把图 10-17 所示的那样假设的一个透过体积叫作过墨量。

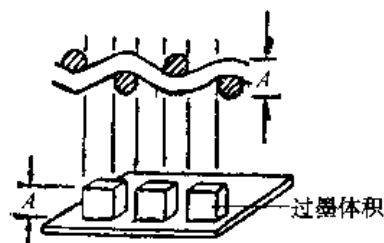


图 10-17 过墨体积模拟图

## 二、网版感光胶

丝网印版所用的感光材料,按其存在的形态区分有感光胶和感光膜(亦称菲林膜、菲林纸);按其组成的材料性质分有重铬酸盐系、重氮盐系等;按其用途区分有丝网感光胶、丝网感光膜、封网胶、坚膜剂、剥膜剂、显影剂等。

网版感光胶膜可分为耐溶剂性和耐水性两种。耐溶剂型感光胶所制网版、耐油和有机溶剂,适用于油型油墨和溶剂型油墨印刷。耐水型感光胶所制网版耐水性好,适用于水型油墨如有色浆涂料的印刷。用户必须根据承印材料和使用的油墨性质来选用适当的感光胶。

感光胶一般分为单液型和双液型两种。单液型感光胶在生产时将感光剂混入乳胶中,使用时无需再配制即可涂布;双液型感光胶使用前需首先将光敏剂按配方水溶,然后再混溶于乳胶中充分搅拌、放置 1~2h,待气泡消失后使用。

感光胶的型号、品种繁多,举例说明如下:

### 1. 重铬酸盐感光胶

此类感光胶的感光剂为重铬酸铵,成膜剂为水溶性明胶、PVA 及 PVA + PVAC 等。配方如下:

明胶感光胶配方:

明胶	16g	氨水	3mL
柠檬酸	0.5g	水	70mL
重铬酸铵	4.5g		

PVA 感光胶配方:

甲液:

PVA(1788)	50g
十二烷基磺酸钠	0.5g
水	400mL

乙液:

重铬酸铵	6g
水	50mL

PVA + PVAC 感光胶配方:

甲液:

PVA(1788)	40g
-----------	-----

乙液:

重铬酸铵	5g
------	----

十二烷基磺酸钠	0.05g	水	30mL
冰醋酸	4.0mL	PVAC 乳液	40mL
水	250mL	曙红	少量

配方中十二烷基磺酸钠为分散剂;冰醋酸可加速 PVA 溶解,改善显影;PVAC 乳胶的加入能提高版膜的粘网力和耐水性。

## 2. 尼龙感光胶

二元或三元醇溶尼龙	100 份	热稳定剂	0.1~0.2 份
丙烯酰胺及双丙烯酰类单体(交联剂)	30~40 份	染料及助剂	少量
二苯甲酮(光引发剂)	3~4 份		

此感光胶用乙醇显影。

## 3. 重氮型感光胶

重氮型感光胶现在使用的最多,可用于直接法和直间接法制版。重氮型感光胶一般为芳香族双重氮盐(光敏剂)+PVA+PVAC。应用重氮型感光材料可以制作成耐溶剂型网版感光胶,适用于电子、仪表、塑料、搪瓷、玻璃、皮革等行业的油溶型油墨进行印刷;还可以制作成耐水型网版感光胶,适用于织物印花油墨的印刷。重氮型感光胶制作成的网版、耐印力大于 4 万印,膜厚 10 $\mu$ m 以上,曝光 1.5min 或 2min,分辨率 40 线/cm,用水显影无污染。

## 4. SBQ 感光胶

SBQ 是一种感光聚合物,来源于苯乙烯基吡啶季铵盐化合物基团,它能直接与乳剂聚合物(PVA)交联。

此新型感光胶为一液型。寿命长,不受热影响,感光度高,可缩短晒版时间;解像力高,适合于高精度丝印;涂布作业性好。

使用 PVA-SBQ 感光胶,采用直接间接制版法可制出 50 $\mu$ m 厚的乳剂层版膜。需要更厚的版膜时,可涂布特种水溶性感光树脂。若采用直接制版法可制出具有 400 $\mu$ m 厚的乳剂层版膜。另外若使用厚膜感光性树脂,采用直接法,可制出丝网和版膜共厚 2000 $\mu$ m(2 毫米)的丝网印版。

## 5. 丝网印版用感光膜

感光膜又称菲林膜、菲林纸,是以涤纶片基为基体,在上面涂布一定厚度的感光乳剂而制成。感光膜用于间接法和直间法制版,其颜色有粉红色、蓝色、青色、蓝灰色、蓝绿色、浅灰色等,国内外感光膜的厚度大致分为六个型号,15 $\mu$ m、20 $\mu$ m、30 $\mu$ m、40 $\mu$ m、50 $\mu$ m、60 $\mu$ m。使用时可根据不同印件要求,选择膜厚制作网版。该网版线条图纹成膜质量好,解像率高,边线光洁,印品质量高。缺点是操作难度大,耐印率低,价格高,成本大。感光膜成品包装有片装和卷装两种,由于成品尺寸的限制,不易制作大型丝网版。

# 三、网框和绷网

## (一) 网框

网框是支撑丝网用的框架,由金属、木材或其他材料制成。分为固定式和可调式两种。最常用的是铝型材制作的网框。

## (二) 绷网

(1) 绷网原则:手动绷网机,一般为先经后纬,先在经线方向拉紧,后在纬线方向拉紧,

达到所需张力后,涂刷快干粘网胶,约 2h 左右取框。网框取下后,将边框外的丝网粘贴在侧边,增加粘网牢度。然后用封网胶带纸或封网铝箔封贴在丝网与框架结合部,国内常用耐高温 OPP 不干胶带纸,铝箔应用较少。

(2) 绷网时丝网张力的控制标准。张力大小的控制,承印物不同,张力也不同,丝印精度不同,张力也各有所异。精度高,一般张力应该大一些,反之张力可小一些。

对于不同材质、品种、目数的各种丝网,张力的控制有所不同,不是所有丝网,使用同一大小的张力,张力参考值见表 10-6。

表 10-6 张力标准值

尼 龙 网				涤 纶 网			
目/in	张力/ $N \cdot cm^{-1}$			目/in	张力/ $N \cdot cm^{-1}$		
	S	T	HD		S	T	HD
30~54	15	16	17	25~76	16	17	18
60~83	14	15	16	83~123	15	16	17
85~137	13	14	15	131~215	14	15	16
148~240	12	13	14	230~305	13	14	15
260~305	11.5	12.5	13.5	330~495	12	13	14
330~503	11	12	13				

(3) 常用张力计。张力计,分机械式和电子式二种。机械式张力计的计量单位又分为  $N/cm$  和  $mm$ ,二者换算关系如表 10-7。

表 10-7 换 算 表

mm	3.2	2.3	2	1.85	1.8	1.7	1.45
$N/cm$	6.5	8	12	14	14	16	17

(4) 张力大小与不同承印物关系。在日常丝印工作中,张力的控制应与表 10-6 相接近。

尼龙丝网,丝印精度比较高的线路板、标牌、表盘,商标等,张力控制在  $1.8 \sim 2.4mm$ ; 针纺织品印花等,张力控制在  $>1.4mm$ 。

涤纶丝网,丝印精度比较高的产品,张力控制在  $2.0 \sim 2.5mm$ 。一般产品,张力控制在  $>1.5mm$ 。

国内目前主要应用尼龙和涤纶网。不锈钢丝网、蚕丝网等这里不作介绍。

## 四、丝网制版工艺

### (一) 丝网的处理

(1) 尼龙丝网: 尼龙网表面光洁度不高,构成网丝的高分子结构与组成感光胶的高分子结构有相似之处,根据相似相容的原理,二者之间有较强的结合力,因此,尼龙丝网只要用 XZ- 高效丝网洗涤剂清洗去油污和化学助剂就可以了。

(2) 聚酯丝网: 由于网丝表面非常光洁,组成丝网的高分子物质与组成复合重氮感光胶的高分子结构不相似,所以感光胶涂布在丝网上,两者之间的结合牢度较差。因此聚酯丝网在涂布感光胶前必须进行粗化处理,一般采用磨网胶在丝网版的印刷面和油墨面,用尼龙毛刷反复摩擦,主要在印刷面,需要摩擦 5min 以上,用水冲净后再用高效丝网洗涤剂洗去油污和化学助剂,这样处理后的网丝表面、显得很粗糙,表面积能增加几倍甚至几十倍,如果用

60倍的显微镜观察,处理和未处理的丝网,表面明显不一样,如果磨网时间短,效果就差。用这种方法提高了感光胶与丝网的接触面,增加了感光胶与丝网的结合牢度、尤其贴菲林纸,磨网和不磨网,效果大不相同,表现得格外明显。

### (二) 网版的凉干

将处理洗净的丝网版在 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 左右的温度下烘干或室温凉干,待用。

### (三) 配胶

感光乳胶 100g 左右

感光粉(剂) 0.8g 左右

将上述两者称量好后,混合在一起,立即搅拌溶解均匀(也可将感光粉先用少量蒸馏水溶解后加入感光乳胶中搅拌混合均匀,这种方法比较容易混合均匀)倒入不锈钢上胶器中,待涂布。

### (四) 涂布

(1) 丝网漏印截面图见图 10-18。图中油墨面即存油墨的一面,印刷面即与承印物接触的面。

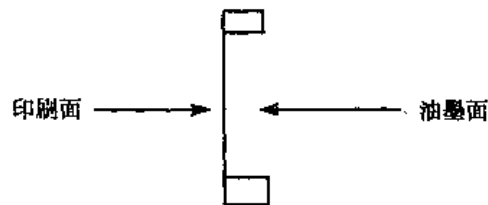


图 10-18 丝网漏印版截面图

(2) 第一类涂布制作的丝网漏印版,涂布次数及印刷范围见图 10-19。

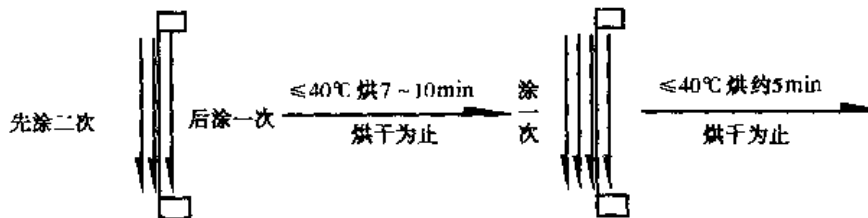


图 10-19 涂布次数及印刷范围(1)

第一次涂布,先在印刷面刮涂二遍,后在油墨面刮涂一遍,在印刷面涂布二次,主要目的是让感光胶与丝网具有良好的接触,另一方面可减少针孔的产生,烘干后,再在印刷面涂布一遍感光胶,增加胶层厚度,弥补针孔的发生。

上面涂布方法所制作出的丝网漏印版,胶膜厚度一般在 $0.15\sim 0.18\text{mm}$ 之间,主要用于丝印各种表牌、表盘、不干胶商标、印制电路板、丝印阻焊油墨、字符油墨、名片的丝印、各种塑料制品的丝印、淡色人造革、皮革、牛筋布、针纺织品、彩色加网等印刷,因为它们对丝印墨层要求薄,不需要有明显的厚度。

(3) 第二类涂布制作的丝网漏印版,涂布次数及印刷范围见图 10-20。

这类涂布,共涂四次,烘干四次,胶层厚度大约在 $0.3\sim 0.4\text{mm}$ 之间需要说明的,从图中可知,在油墨面,只是在第一次涂布时刮涂过一次,其余每次涂布均在印刷面进行,也就是说,

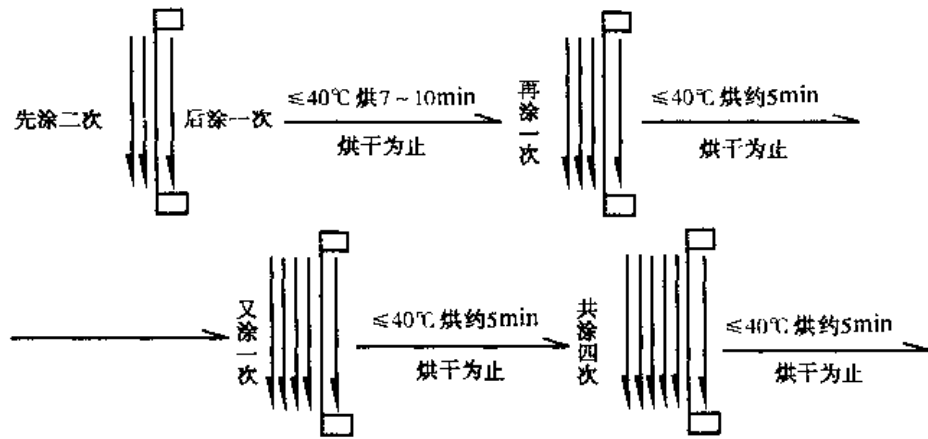


图 10-20 涂布次数及印刷范围(2)

胶层厚度主要在印刷面。另外,除空丝网第一次涂布时,可在印刷面连续刮涂二遍,以后每次涂布,只能在印刷面刮涂一遍,不能连续反复刮涂,否则容易将底层胶刮出,损坏膜层。

这样制出的丝网漏印版,主要用于丝印腐蚀标牌、印制电路板电路图形、要求具有立体感的承印件、深色人造革、皮革、牛筋布、帆布等等,胶层厚,漏印下去的墨层也厚,在腐蚀标牌和线路板腐蚀时,抗蚀力强,在深色承印件上墨层厚、遮盖率强,墨层不会渗色变色。

(4) 第三类涂布制作的丝网漏印版、涂布次数及印刷范围。按第二类涂布方法,在印刷面涂布第五次,烘干后,再涂布一次,应该共涂六次胶,在印刷面形成较厚的胶层。如图 10-21。

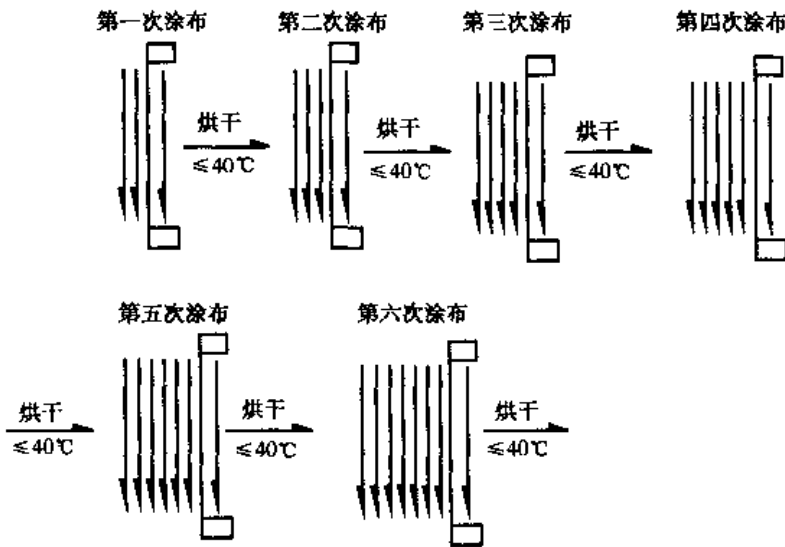


图 10-21 涂布 6 次的丝网漏印版

这样制作出来的丝网漏印版,胶层厚度可达到  $5\sim 6\mu\text{m}$ ,供厚膜电路、炭膜电阻、气缸密封垫及表面比较粗糙的各类制品,如粗糙深色织物、深色帆布等的丝网印刷。

丝网印刷行业中,制作丝网漏印版的方法,大都属于这三种类型;如要制作特别精细的图像,应选用薄型单丝丝网制版,涂布胶层不宜厚,涂布方法如图 10-22。

印刷面刮涂二次感光胶,后在油墨面将渗透过来的感光胶铲去,并不是在油墨面涂布一层胶,因为精细线条胶层薄一些有利于制版,与前面三类有所不同,前三类可在油墨面涂布



一层感光胶。

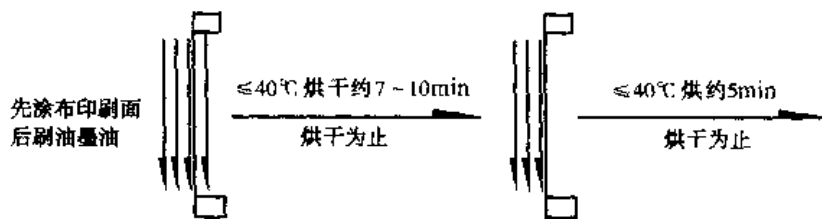


图 10-22 薄型单丝丝网版涂布方法

### (五) 烘干

每涂布一次感光胶必须烘干一次,而且要在低温下烘干,一定要干透。烘干设备最宜恒温低温带鼓风的烘箱,烘干为止。不能久烘,以防产生热交联,影响制版质量,干后即进行下一次涂布。

### (六) 晒版

用紫外线冷光灯晒版。

### (七) 显影

将曝光后的丝网版浸泡于自来水中,约 1~2min。再用压力水(自来水压力)冲洗干净,也就是将未曝光的图文部分冲洗干净。如有局部细线条显不出,可用显影液辅助显影。即用毛刷显影液涂刷在未显出部分,放置 30s 至 1min,用压力水冲出。

### (八) 凉干

将丝网版凉干。

### (九) 封网、修版

直接法丝网印刷制版工艺流程见图 10-23。

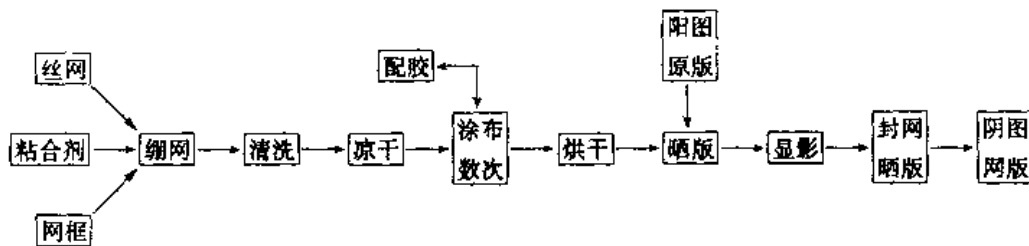


图 10-23 直接法丝网印刷制版工艺流程

## 复习思考题

1. 简述纸基版的结构、制版工艺和用途。
2. 无水胶印版有哪几种?
3. 写出 PS 版版基表面处理具体工艺流程。
4. 传统 PS 版按制版原版分类,有哪两种类型? 写出每种类型感光胶的光化学历程。
5. 阳图 PS 版的分辨力、网点再现能力应是多少?
6. 写出液体感光树脂版制版工艺流程。
7. 写出固体感光树脂版制作工艺流程。

8. 简述感光树脂凸版激光烧蚀和 UV 曝光机理。
9. 杜邦无溶剂柔版显影系统有哪些优点?
10. 巴斯夫数字直接雕刻柔版主要有哪些优点?
11. 简述雕刻凹版机械过版法的制版工艺。
12. 简述照相凹版腐蚀法制版工艺。
13. 照相凹版电子雕刻制版工艺有哪些不足之处?
14. 激光雕刻凹版有哪四种技术类型?
15. 简述激光雕刻凹版的基本原理和实现方法。
16. 制作网版常用的丝网有哪几种?
17. 什么叫做丝网目数、丝网厚度、丝网的开度和丝网开口率?
18. 耐水型感光胶所制网版印刷时使用什么类型的油墨?
19. 制作网版用的感光胶主要有哪几种?
20. 写出丝网印版直接法制版工艺流程。

# 第十一章 数字彩色打样及计算机直接制版

## 第一节 数字彩色打样系统

### 一、数字彩色打样系统

彩色打样是印刷工艺流程中十分重要的工序,也是做好印品质量控制的有力手段。

传统打样与传统印刷一样,都需要使用出好的胶片晒 PS 版,然后进行打样或印刷。如果用户对打样效果不满意,设计公司就只能修改电子文件,重新输出胶片,不可避免的要造成时间与资金的浪费。使用数字打样就可以很好地解决这一问题,它不需要输出胶片,而使用电子文档直接打样,出现差错,可以直接在电子文档上修改,避免了不必要的浪费。

近年来数字彩色打样技术的发展十分迅速,在国外得到了广泛的普及和推广,国内也开始进入实用阶段,特别是随着计算机直接制版技术在国内的应用,使数字彩色打样成为不可缺少的环节。

数字彩色打样是与色彩管理、工艺规范化密切相关,需配备如色度计、彩色管理等硬件和软件,还可连结喷墨、激光等多种类型打样机,如方正彩色管理系统。

#### 1. 核心技术及实现目标

方正彩色管理系统是北大方正将柯达彩色管理的核心技术集成于方正世纪 RIP 之中,使方正世纪 RIP 系统直接支持 ICC 国际标准。

色彩管理的目标是在不同的彩色设备上得到一致的颜色,达到这一目标的基本原理就是将所有与设备相关的颜色都用与设备无关的方式描述。这种方式就是通过设备的 ICC Profile 文件(用来描述该设备的色彩空间参数的文件)来实现的。

1993 年,国际彩色联盟(International Color Consortium)提出了 ICC 规范,它是描述设备的彩色特性的国际标准。ICC 选择了 CIE XYZ 和 CIE Lab 这两个设备无关的色彩空间作为标准的色彩空间,称为 PCS(Profile Connection Space)。与设备相关的 RGB 颜色或 CMYK 颜色都先转换到 CIE XYZ 或 CIE Lab 空间上,传递到不同的设备上之后,再转换成适合该设备的颜色,从而保证颜色在不同设备上的一致性。如果每一个设备都有了它的 ICC Profile,那么任何两个设备色彩空间都可以通过 PCS 相互转换,从而得到一致的色彩呈现。

色彩管理的一个重要用途就是数码打样。数码打样是指在电子出版中将电子原稿以数字的方式处理后直接输出的一种打样技术。与传统打样相比,数码打样减少了传统打样的多个手工操作步骤,不仅速度快、时效性高,而且可重复性好,避免了传统打样的诸多限制,如:对环境温度、湿度要求高;对人员操作经验要求高;多次打样颜色难以保持一致等。同时传统打样只能用在以胶片为基础的流程中,无法满足 CTP 流程的要求,而数码打样在胶片流程和 CTP 流程中都可以使用。在生产流程中采用色彩管理技术,可以极大的提高彩色作业的色彩质量和稳定性。

#### 2. 系统组成

方正彩色管理系统由方正世纪 RIP(2.0 以上版本)、方正彩色管理选件组成。后端可连结 Epson、HP、ENCAD 等多种彩色输出设备构成了数码打样系统。使用分光光度计用于自动生成后端印刷及打样设备的 ICC 文件。使用柯达公司的 Color Flow 软件用于调节 ICC 文件中的灰平衡、色相及饱和度等颜色特征。

### 3. 主要功能特点

- (1) 整个系统基于方正世纪 RIP,所以可以保证照排输出与数码打样完全一致。
- (2) 输出前可以预览,保证输出的准确性。
- (3) 使用柯达公司专业的彩色管理工具,可以生成 ICC 文件,并且可以对 ICC 文件进行调校。
- (4) 支持多种输出设备,最大输出幅宽可达 1524mm(60in)。
- (5) 使用 Epson 分辨率高达 1440dpi 的设备输出,使得样张效果更加细腻,层次更加丰富。
- (6) 使用适当输出设备,输出效果稳定、墨量变化或中途换墨盒样张质量也都能保持一致。
- (7) 数码打样结果的色彩层次逼近胶印、凹印的印刷效果。
- (8) 保持输出环境的稳定性。传统印刷过程中,油墨、纸张、胶片等印刷环境都不是稳定的,当印刷环境改变时输出结果会受到影响。方正 CMS 能够生成新印刷环境的 ICC Profile,可以保持输出颜色的稳定。
- (9) 模拟其他软件和设备的色彩。如果已有其他软件或设备的输出结果,需要用方正世纪 RIP 输出同样的效果。方正彩色管理系统可以对该输出环境生成符合 ICC 规范的色块进行色度测量,生成该环境的 ICC Profile,就可以在当前彩色设备上获得同样的色彩效果。
- (10) 适合中国普遍使用的纸张和油墨环境。方正彩色管理系统针对国内典型油墨和纸张进行了符合 ICC 规范的色块输出和色度测量,利用柯达的彩色管理工具 Color Flow 产生了准确的 ICC 文件,将彩色管理的优点真正地带给用户。
- (11) 高效率、低成本。举例说明如下。

设备: Epson Stylus Pro 9000

纸张: Epson 专用高光相纸

精度: 1440dpi

墨水: Epson 9000 专用墨水

幅 画	时间/min	纸张及墨水成本(人民币)/元
A <sub>1</sub>	70	40.8
A <sub>2</sub>	30	20.4
A <sub>3</sub>	15	10.2
A <sub>4</sub>	7	5.1

### 4. 如何实施和验证数码打样的有效性

数码打样是彩色管理的重要内容,因此建议先将彩色管理应用于数码打样,并验证数码打样的效果。然后再实施对扫描和显示的彩色管理。在进行彩色管理和数码打样之前,需要安装 PSPNT(2.0 以上版本)及彩色管理选件,安装步骤参见 PSPNT 手册。

数码打样的实施首先要建立印刷环境和环境的颜色特性文件,即利用柯达彩色管理软件和色度计建立 ICC 特性文件;然后 PSPNT 利用建立好的特性文件进行数码打样输出,并验证数码打样与印刷结果的一致性。

下面详述实施步骤:

(1) 建立印刷环境的 ICC 特性文件。

- 选择与正常生产相同的参数输出标准色块文件及方正提供的 ISO 彩色样张,并进行打样或印刷。

- 利用 Kodak Color Flow 软件和 X-Rite DTP41 色度计对印刷色块进行测量,生成 ICC 特性文件。

(2) 建立打印环境的 ICC 特性文件。

- 调整彩色打印机的线性化曲线,使得四色 21 级灰梯具有正确的密度。

- 使用调整好的线性化曲线输出标准色块文件。

- 利用 Kodak Color Flow 软件和 X-Rite DTP41 色度计对印刷色块进行测量,生成 ICC 特性文件。

(3) 利用特性文件在 PSPNT 中进行数码打样输出。

- 在 PSPNT 中选择已经建立好的印刷特性文件和打印特性文件,并进行打印输出。

(4) 分析对比数码打样输出结果和印刷结果。利用柯达专业彩色管理工具调节修改 ICC 文件,直到数码打样效果逼近印刷效果。

## 二、国外数字彩色打样技术

目前国外数字彩色打样系统大致可分为数字网目调打样系统、彩色激光打样机和质优价廉的彩色打样系统——数字喷墨系统等。

### (一) 数字网目调打样系统

早期的数字打样系统多采用网目调传统调幅网点,一度垄断了市场。最近又开发数字网目调打样系统与介质。

新型打样机在与 Fujifilm 输出记录装置(如 CTF 和 CTP;CTF 指由计算机到胶片,CTP 指由计算机到印版)在同样分辨率下,提供网目调网点加网,并具有基于 CMYK 色彩和分层到印刷纸上的能力,生成与实际印刷页面不易区分的打样产品。它的高分辨率输出和宽大的 B<sub>2</sub> 最大尺寸能满足大多数合同打样的需求。

现举例如下:

#### 1. 富士(Fuji)的 Finalproof 数字网目调打样介质

CreoScitex 与 Fuji 在开发 Fuji 的 Finalproof 数字网目调打样介质上密切合作,以用于 CreoScitex 的 Proofsetter Spectrum 和 Trendsetter Spectrum 数字网目调打样系统。

Finalproof 介质是专门为发送合同质量数字网目调打样样张设计的;它可以在 2400dpi 下成像,与 CreoScitex 的两种 Spectrum 装置的输出分辨率相匹配。使用颜料基于 CMYK 色调,Finalproof 介质使用 Fuji 的薄层热转移(Thin Layer Thermal Transfer)颜料基于 CMYK 色,这与在 Fuji 成功的模拟打样产品 Color-Art 使用的技术相同。一旦打样完成,Finalproof 可以被分层到印刷纸张上。

#### 2. 宝丽来图像的自动化网目调打样预测系统

此预测系统是利用该公司已被证实的激光烧蚀转移(Laser Ablation Transfer, LAT)技术开发的;产品适用于包括商业印刷厂、复制中心、出版商等多种用户。预测系统的主要特点是全自动化,是为在无人照管情况下高生产量打样而设计开发的。此预测系统可提供世界等级打

样系统应有的灵活性——包括连结的可选性与工业标准彩色设定的最广泛选择。

预测系统致力于生产量日益增长的市场需求,以完全无人照管方式运行,可达到每小时成像 12 张 A<sub>4</sub> 幅面的速度。它还可利用成像装置大容量存储功能,无缝集成进大多数通用工作流程中,这就进一步加强了综合生产力。

此预测系统提供对工业标准彩色设定最广阔的选择,包括 SWOP、GRACoL、Publication、Eurocolours、Japan colours 以及 PANTONE Hexachrome 六色组合。此预测系统还是仅有的自动化数字网目调打样系统,可提供不透明白与 PANTONE 许可的专门色彩,包括金属金与金属银。

介质盘(media trays)可以用任意预分类(precollate)色彩组预先装载(pre-load)。预先装载的盘(tray)可以方便地删除和存储,给用户以多种色彩组运行的灵活性。活件被标识以表明所需要的专门色彩组,用户具有把活件排队与优先化的灵活性,以适应所选择的装载盘。预测系统还具有半自动化的盘,可把专门色彩加进自动化的工作流程。

此预测系统提供在 2540~2400dpi 和直到 160 线/cm 下成像的快速、清晰、干式数字彩色打样。只有 LAT 技术可复制从 1% 到 99% 的色调范围。PolaProof 和预测系统可提供比基于染料打样系统更稳定、更可靠的色彩,它使用颜料油墨而不需要中间转换步骤或化学处理。因为每一种颜色是直接成像于实际的印刷纸张上,网点增大是更容易被控制并且与 CTP 印版的低网点增大相匹配。预测系统还提供持久光泽、半光泽或无光泽纸表面特性。

预测系统可以被配置成一网络打印机,或者配置成与现有 RIP 直接相联,这使实际上连结到任意前端装置成为可能。这些前端装置可输出 1-bit TIFF 文件到包括 Harlequin ScriptWorks RIP 管理系统、Agfa Taipan 接口、Agfa Apogee PrintDrive 以及 Rampage 的 RIP-ping 系统。这一宽范围连结能力显示出预测系统所包含的分散打样能力的价值。

## (二) 彩色激光打印机

举例如下:

EPL-C 8200 彩色全真数字打样系统是由 EPSON EPL-C 8200 彩色激光打印机与 Compose Express 4. X(5. X)RIP 或 Best Color for Laser、PROSPECTS Wellformed 色彩校正系统组成。这套彩色打样解决方案的特点是可以模拟印刷网点,使其打印的样张看起来就像真正的印刷品一样;使用 ICC 方式进行色彩匹配,可以模拟各种印刷油墨;工业化的 RIP,则保证了打样、照排、输出的一致性。该系统可直接输出大八开样张,超过八开的文档可以用折页形式输出。

以前,平面设计师大多数使用彩色喷墨打印机输出样张,但由于彩色喷墨打印机的打印效果与最终的印刷效果相差太远,往往容易招致客户的不满。采用 EPL-C8200 彩色全真数字打样系统进行印刷打样解决了这一问题,客户看到的用 EPL-C8200 打印的样张与最终印刷品相差无几,足以乱真。

在打样费用上,传统方式打印一套 16 开彩色单页样张需要人民币 40 元左右,而使用 EPL-C8200 彩色全真数字打样系统则只需人民币 4 元左右,是传统方式的十分之一。

总而言之,使用 EPL-C8200 彩色全真数字打样系统不仅可以打印设计稿件,进行数字打样,还可以进行短版印刷。

## (三) 质优价廉的喷墨打样机

例如: PRO 9000 全开(包装)打样系统则可以承接灯箱制作等其他业务,非常适合广告

公司和输出中心使用。

PRO 9000 全开(包装)打样系统是由 EPSON STYLUS PRO 9000 大幅面彩色喷墨打印机与上面提到的打印 RIP 及软件组成的。EPSON STYLUS PRO 9000 拥有全开的打印幅面,可以打印全开招贴。在打印技术方面,PRO 9000 的打印精度高达  $1440 \times 720\text{dpi}$ ,并使用爱普生公司独特的成像系统。而且,它使用 6 个独立墨盒,可以进行六色打印。最关键的是 PRO 9000 运用了照相网版印刷的原理,并结合三维速算表及误差计算技术,使色彩还原空前提高,打印色彩非常准确。据统计,EPSON STYLUS PRO 9000 在欧洲销售的 70% 都用在印刷行业。由于它可以打印 1.5mm 厚的纸板,因此可以被用于包装箱打样并制作出更为直观的包装箱模型。

### 三、国内数字彩色制版打样系统——数字喷墨系统

数字彩色制版打样系统,体现了喷墨技术在 CTP 领域的成功应用。该系统采用全新的物理成像技术,配以专用 RIP 软件,利用喷墨设备直接在专用胶片、纸张、PS 版面上打印。摆脱了激光和感光材料的使用,减少了图像转移的次数,真正实现 100% 无损失转印。而且具有大幅面输出、无需拼版、修版的优势。

#### (一) 传统彩色制版打样流程与数字彩色制版打样流程对比

传统彩色制版打样流程见图 11-1。

组版 → 照排机 → 显影 → 定影 → 底片 → 拼版 → 晒版 → 印版 → 打样机 → 样张

图 11-1 传统彩色制版打样流程

数字彩色喷墨制版打样系统组成见图 11-2。

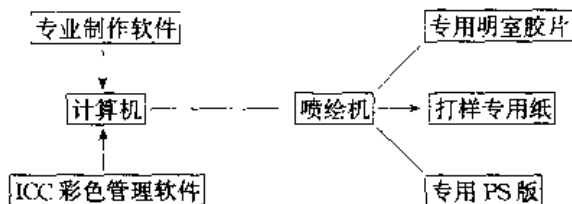


图 11-2 数字彩色喷墨制版打样系统组成图

#### 1. 系统配置

计算机    EPSON 喷绘机    TRD 专业制作软件    ICC 色彩管理软件

#### 2. 系统耗材

专用打样纸    专用明室胶片    专用 PS 版

#### (二) 数字彩色制版打样系统的特点

数字彩色制版打样系统具有直接输出专用软片、专用 PS 版、数码打样的功能,特别是能够完成大幅面输出[最大为全开 B<sub>0</sub>(1118mm)]。其性能特点如下:

##### 1. 喷墨技术在 CTP 领域的应用

数字彩色制版打样系统在喷墨方式下,通过计算机直接输出,体现了 CTP 技术的三个方面即:

(1) Computer - to - plate(计算机直接制版),即脱机直接制版技术。

(2) Computer-to-paper(计算机直接到纸张或印品),即直接印刷技术。

(3) Computer-to-proof(计算机直接出样张),即彩色数字打样。

## 2. 6色速干墨水

使青、洋红、黄、黑、淡青、淡洋红6色速干墨水结合精细图像中色调调整技术,运用照相网版印刷原理并结合三维速算表及误差扩散技术,使色彩还原度空前提高,大大增强色彩表现能力。

## 3. RIP 加网技术

数字彩色制版打样系统配套专业 RIP 软件,运用直接成像技术,可进行调频加网(FMS)或调幅加网(AMS)。

(1) 调幅加网即单位面积内网点数不变,以网点大小表示图像的深浅。可根据印刷图像要求加挂不同线数网点和调整网角。

(2) 调频加网:单位面积内网点大小不变,以排列疏密来表现图像层次。调频网点的黑化点即是形成图像色调的“元素”,又是表现细微层次的最基本单元,因此调频网点有更高的解像力。

### (三) 数字彩色制版系统主要功能

#### 1. 明室制片

明室直接输出四色分色片,最大为全开版,可设定调幅和调频网,亦可设定特殊网角。采用专业打印控制墨技术,使输出的分色片黑色密度高、网点圆滑,通过传统晒版设备和制版式材料即可制作印刷版,适用于书刊、报刊等到大幅面印版制作。全部明室操作,投资少、无污染,使设计、排版、打样、输出四色片一次性完成。其运行成本远低于传统激光照排机的输出成本。

#### 2. 数码打样

数码打样建立在喷墨打印机上,采用专用的工业 RIP 技术和先进的 ICC 管理技术。无需软片印版打样,减少繁琐工序,避免改版困难。使数码打样的色彩及层次逼真再现,保证打样制片一致,达到胶印印刷理想的效果。

#### 3. 短版印刷

采用拼版打样功能,以高效率的方式快速打印出全开到 32 开大小不同的各类作品,使图文设计排版到印刷一次完成,解决了传统印刷幅面小、起印批量大、短版印刷费用高的问题,实现成本低、周期短、效率高、快速短印。

#### 4. 直接制版

配备高分辨率 1440dpi×720dpi 的喷绘技术,采用专业 RIP 软件,直接打印在专用的 PS 版上,可取代传统印刷环节中昂贵的直接制版机。如: TRD2000 I 和 TRD2000 II 制版系统,打印最大厚度 1.5mm。

#### 5. 大幅丝网制版

直接输出大幅面丝网印刷和凹印印刷的四色分色片,可输出专色片。可代替昂贵大幅面激光照排机,其最大宽度为 1118mm。不需暗室、占地面积小、操作快捷、作业成本大大低于传统制作方式。

#### 6. 彩色喷绘

采用微压电技术,智能控墨能量,达到 1440dpi×720dpi 高分辨率。使色彩过渡均匀,层



次丰富,适应展板、海报、灯箱各种介质,直接打印输出,速度快捷,自动大幅面分块输出,幅长可达 30m。

## 第二节 计算机直接制版(CTP)技术

CTP 技术是由计算机控制直接产生可供上机印刷的印版。CTP 包括如下几种含义:脱机直接制版、在机直接制版、直接印刷和数字打样。占主导地位的仍是脱机直接制版。本章主要讲述脱机直接制版。

### 一、国内外 CTP 技术概述

#### (一) CTP 技术在国外发展概况

1995 年在国外 CTP 版材类型主要有光敏树脂版、聚酯型银盐扩散版和热敏版等。按版基类型分类有铝基 CTP 版、聚酯片基 CTP 版和纸基 CTP 版,还有银盐-感光性高分子复合版等。有 40 多种型号的 CTP 制版设备。

1996 年,感热 CTP 版材和制版设备推向市场时已达到高解像力、高耐印力、明室操作、无公害等。

2000 年感热版材方面,新品种层出不穷,应用领域也不断扩展。在美国,高速热敏型版材用于“美国时报”,1h 可制 200 张版材。在欧洲银盐扩散型 CTP 版主要用于报业。

就制版系统而言。早期的蓝(488nm)、绿(532nm)、橙红等可见光激光制版设备为主的地位似乎正在逐步让位于红外激光(830nm、1064nm)和紫激光(400~410nm)技术。感热 CTP 技术正面临着两个方面的严峻挑战:一是紫激光 CTP 技术,一是用普通紫外光源和传统 PS 版结合的 CTcP 技术。

#### (二) CTP 技术在国内的应用

国内常见的直接制版机从结构上可分为内鼓式、外鼓式和平版式 3 种;从激光光源光谱特性上可分为可见光光源、红外光源和紫外线光源等;按使用版材类型和成像原理分有热敏版、可见光银盐版、紫外线版和聚酯版等;目前国内使用的 CTP 以报业上的银盐感光版和商业印刷上的热敏版为主,可见光与紫外线 CTP 产品作为低档补充将长期存在。

CTP 技术是印刷业的一次革命,CTP 版材是 CTP 技术的主要支撑点。中国华光 CTP 版材是中国乐凯胶片集团第二胶片厂开发的用于 CTP 技术的新型版材。

##### 1. 热敏 CTP 版

- TN 型阴图(负性)热敏 CTP 版(需预热)。
- TP 型阳图(正性)热敏 CTP 版(不需预热)。

型号	成像性质	铝版基厚度/mm	扫描光源
TN	阴图(负性)	0.25、0.30	红外 830nm
TP	阳图(正性)	0.25、0.30	红外 830nm

##### 2. 银盐扩散转移 CTP 版

- SA 型银盐扩散转移 CTP 版。
- SY 型银盐扩散转移 CTP 版。

- SR 型银盐扩散转移 CTP 版。

型号	成像机理	铝版基厚度/mm	扫描光源
SA	银盐扩散转移	0.25、0.30	氩离子激光 488nm
SY	银盐扩散转移	0.25、0.30	YAG532~543nm
SR	银盐扩散转移	0.25、0.30	红激光 633~670nm

### 3. 感光聚合物 CTP 版

- PP 型感光聚合物 CTP 版。

型号	成像性质	铝版基厚度/mm	扫描光源
PP	阴图(负性)	0.25、0.30	氩离子激光 488nm

### 4. 聚酯版基银盐扩散转移 CTP 版

- SPR 型聚酯版基银盐扩散转移 CTP 版。
- SPIR 型聚酯版基银盐扩散转移 CTP 版。

型号	成像机理	聚酯版基厚度/mm	扫描光源
SPR	银盐扩散转移	0.13、0.175	红激光 633~670nm
SPIR	银盐扩散转移	0.13、0.175	红外激光 780nm

## 二、热敏 CTP、紫激光 CTP 和 CTcP 技术

### (一) 热敏 CTP 技术

热敏成像就是由热敏版记录层的光热转换染料吸收红外线的高能热量形成影像。热敏成像技术具有诸多优点：

(1) 在热敏版材上形成影像的前提条件是有足够的热能,这个能让版材曝光产生影像的最低热能被称为阈值。低于阈值的任何能量都不能使版材产生任何影像,高于阈值的任何能量都不能扩大版材上已形成的影像区域。这使印刷网点控制在印前彻底实现了可控数字化,做到重复制版时印刷色彩的完全一致,而且突破了调频水晶网等高精度印刷在晒版和印刷方面的局限,产生更高质量的印刷品。

(2) 可明室操作,且常温下性能相对稳定,易于保存,减少了生产损耗。

(3) 高功率激光发生器近来在技术上取得的突破使得几乎所有的直接制版机厂商都开发了热敏产品,并把热能敏感度更高的新型热敏版材投入生产,从而为热敏制版的进一步推广清除了障碍。

(4) 新型的报业专用热敏制版机已投入商业运营,其特点为高速、方便、全自动、适于新闻纸印刷,这使得在未来几年内热敏制版技术会在报业有长足的进展。

(5) 传统印刷厂所看中的高质量在热敏版上得以完美体现。

(6) 热敏版经烤版后耐印力每小时可达百万印,这种高耐印力不仅有利于长版印刷,而且使中短版印刷质量更加一致。另外,由于热敏版网点边缘锐利、点形极佳,且上机后在短时间和低耗纸情况下即可实现水墨平衡,节省了印刷厂的纸张损耗和试机时间,提高了效率,保证了高质量。

(7) 无需显影的热敏版已投入生产,汇同其他一些相应热敏技术将使数字影像进入一个新时代。

版材的近期趋势是朝着热敏及免处理方向发展。热敏 CTP 版材的发展情况如下:

(1) KPG 为代表第一代(需预热处理)830 热敏负性版,用传统的阳图 PS 版显影液显影。具有高分辨率、高耐印力等特点。

(2) 830 无预热处理正性热敏 CTP 版材(第二代热敏版)与传统 PS 版相当。

(3) 第三代无需显影处理 CTP 版应用相变技术。

(4) 非烧蚀无水热敏版与其配套的油墨是新开发的专用油墨,热烧蚀印版、成像层为银盐层。配合其独特的热烧蚀技术生产无水版。

热敏制版机有自动上版、激光扫描后显影、干燥。采用热烧蚀技术的无需显影热敏制版机,采用 1064nm 激光,是超大幅面的外鼓式制版机。

## (二) 紫激光 CTP 直接制版

紫激光 CTP 技术波长比较短(405nm 附近),所以能够以紧凑的结构实现长距离传送,可以将价格便宜的半导体激光器用于内鼓式 CTP 直接制版机,使得 CTP 直接制版机的制造成本降低,方便地对应不同尺寸、不同重量的版材的输出;另外,由于其转镜可以做得非常小而轻便,因而可以实现高速扫描、提高了 CTP 直接制版机的生产效率。

举例:紫激光 CTP 直接制版机 Cobalt8,它采用内鼓式扫描方式,当分辨率为 2540dpi 时,3.3min 可扫描 1 张尺寸为 810mm×1031mm 的印刷版。

CTP 版材从目前版材的感度性能来说:银盐扩散型(DTR)和银盐复合型 CTP 版材的感度最高,所需光能量为数  $\mu\text{J}/\text{cm}^2$  以内;高感度光敏树脂型 CTP 版材次之,所需光能量一般为  $100\sim 200\mu\text{J}/\text{cm}^2$ ,热敏 CTP 版材的感度最低,所需光能量大,一般为  $150\text{mJ}/\text{cm}^2$ (几乎与高感度光敏树脂型版材相差 1000 倍)。因此,现有的 CTP 版材只有银盐扩散型或银盐复合型适合用于紫激光直接制版。

下面是三种 CTP 版感光性能的比较:

银盐扩散型	>	光敏树脂版	>	热敏 CTP 版
银盐复合型				
数 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$		$100\sim 200\mu\text{J}/\text{cm}^2$		$150\text{mJ}/\text{cm}^2$

紫激光二极管采用 400~410nm 的激光,5mW 功率(DVD 中也运用了此种技术)。该系统具有如下特点:①光学调制系统简单,制版设备和光学系统的价格要低于热敏 CTP 系统;②光源的使用寿命长;③采用内鼓式制版方式,制版速度快;④近明室操作(黄光),版材的可选择范围广(银盐版,高感度感光树脂版等)。毫无疑问,随着这种技术的成熟和发展,必将有广阔的发展前景。

## (三) 传统印版的直接制版技术—CTcP

传统印版直接制版机与激光直接制版机在原理上的最大区别是所使用的光源和成像方法不同。激光直接制版和无论是感光直接制版机还是热敏直接制版机的工作原理都与普通的激光照排机相同,所使用的光源都是激光,成像的方式都是逐点扫描。按扫描方式分为内鼓式和外鼓式直接制版机,而且必须使用特殊的版材,这种特殊版材我国还不能生产。价格要比普通印版贵得多。

传统印版直接制版机所使用的光源是紫外灯,波长范围为 360~450nm,与传统晒版机所使用的光源波段相同,因此可以直接在传统印版上曝光,它不使用扫描的成像方式,而是使用一种称为数字式微反射镜片的器件(DMD)。

该器件上大约有 80 万个微小反射镜片,按行列排列成列阵,作为图像中的像素,其中的每一个微反射镜片都可以由计算机控制,按照图像的明暗决定是否将光反射到印版上曝光。下面以 BasysPrint 公司制造的 UV Setter 系列传统印版直接制版机为例。

待曝光的印版平放在制版机的平台上,从紫外光源发出的光,经过光学系统准直后投射到数字式微反射镜片器件上,器件上的每一个微反射镜片可以表示图像中的一个像素,并且由计算机控制是否将紫外光反射到印版上。由于该器件只有大约 80 万个微小反射镜片,每次只能表示印版上的一部分图像像素,曝光完一部分图像后,印版或曝光镜头就要进行水平或垂直的移动,进行下一部分图像的曝光。这种曝光方式很像以前的连晒机,只不过每次曝光的图像内容不同而已。

从传统印版直接制版机的工作过程可以看出,该制版机有两个关键:其一是能够由计算机控制曝光的光学系统,其二是能够在 X-Y 方向上精确移动的机械系统和控制系统。而前者的关键又是数字式微反射镜器件 DMD,国外某公司研制的普通 PS 版直接制版系统用传统的阴图 PS 版来实现直接制版。

这种设备采用分块曝光,手工上版制版速度不是很快,每小时可输出 16 张 820mm×1120mm 的 CTP 版。

PurupEskofot 公司展出了 Dicon 系统,使用传统的阳图或阴图 PS 版及柔性版制版。可自动上版,接着曝光及冲洗,制版速度为 30~50 张/h,分辨率为 2540dpi。该系统使用大功率的 UV 汞灯,通过光导纤维聚光到成像头,光的调制是通过数字化光阀技术来完成,光点的尺寸为 20 $\mu$ m,版材以 10mm/s 的速度通过成像头,就可完成成像过程。

CTP 技术的发展势不可挡,新技术、新版材不断涌现。可见激光、热敏、紫激光、CTcP 等技术令人眼花缭乱;银盐版、高感度感光树脂版、热敏版、相变版等使人目不暇接。究竟哪一种技术将占主导地位,现在下结论还为时过早。面对紫激光、CTcP 等技术的挑战,版材生产商与设备制造商都将不断地通过提高产品质量,降低产品价格来巩固和发展各自的市场,市场的竞争将会越来越激烈。作为国内版材与制版设备的研究与生产单位,只要能尽快地把产品推向市场,无论何种类型都将在 CTP 市场上占有一席之地。

### 复习思考题

1. 彩色管理的目标和基本原理是什么?
2. 写出数码彩色打样的实施步骤。
3. 分别写出传统彩色制版打样流程和数字彩色喷墨制版打样流程。
4. 数字彩色喷墨制版打样系统主要功能有哪些?
5. 我国现在能生产哪几种型号的 CTP 版?
6. 热敏成像技术有哪些优点?
7. 用于紫激光直接制版有哪两种高感度感光物质?
8. 紫激光直接制版具有哪些优点?
9. 传统印版直接制版使用的什么光源?
10. 简述传统印版直接制版(CTcP)工作过程。

## 参 考 文 献

1. 向阳,王捷先,齐晓莹编著.印刷材料及适性.北京:印刷工业出版社,1999
2. 董明达著.纸张油墨印刷适性.北京:印刷工业出版社,1988
3. TAPPI 著.全国造纸工业科技情报站译.造纸词典(三版).北京:全国造纸工业科技情报站,1984
4. 市川加康著.纸张油墨印刷学.台湾:徐氏基金会,1969
5. 陈嘉翔著.制浆化学.北京:轻工业出版社,1990
6. [日]造纸时代社编.印刷纸—适印性及印刷故障.陈明华译.北京:轻工业出版社,1986
7. 高晶.印刷材料.北京:印刷工业出版社,1989
8. [日]高分子学会编.新印刷材料.贾常淮译.北京:印刷工业出版社,1987
9. 中国印刷设备器材工业协会编.印刷科技实用手册.北京:印刷工业出版社,1992
10. 阎素斋编著.丝网印刷油墨.北京:印刷工业出版社,1995
11. 金银河编著.特种印刷技术及应用.北京:印刷工业出版社,1995
12. 沈晓辉编著.实用印刷配方大全.北京:印刷工业出版社,1994
13. 郑德海编著.丝网印刷工艺.北京:印刷工业出版社,1995

