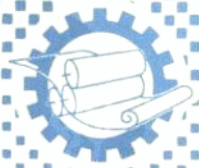


凸版印刷工艺原理

戴有全 编
朱涵德



上海印刷学校

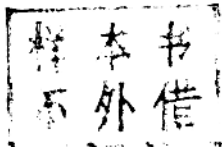
前 言

《凸版印刷工艺原理》一书最初是在1963~1964年间编写成的。当时由于我校教学急需、时间短促，又限于编写水平，有些内容阐述不足。原想在此基础上，通过必要的实验作进一步深入研究修改。不幸，在文化大革命中，学校被毁。

此次教材重写时，学校尚处恢复阶段，限于各种条件，只能将原教材中明显不足之处略作修改。另外增加了彩色印刷部分。内容有错之处望批评指正。

戴有全 朱涵德

1980. 9. 20



目 录

第一章 油墨的传递原理	1
第一节 油墨的传递过程	1
第二节 油墨流动的性质	3
第三节 油墨的粘附作用	10
第四节 油墨层的断裂现象	16
第五节 墨层的分配	23
第二章 印刷压力	32
第一节 供墨量与压力的关系	32
第二节 衬垫的变形与压力关系	35
第三节 衬垫的选择和测定	47
第四节 纸面获得印迹的条件	51
第五节 总压力与压力的分布	55
第六节 印刷速度与印迹关系	64
第三章 印迹变形与包衬厚度的关系	74
第一节 印刷纸张与印版在接触面上的 运动分析	75
第二节 包衬厚度对相对位移的影响	88
第四章 彩色印刷原理	98
第一节 光与色	98
第二节 三原色	131
第三节 彩色油墨的调合	144

第四节	彩色油墨的印刷特性与选色关系	165
第五节	四色网纹版色彩的成因	171
第六节	图版印刷垫版工艺的质量要求	181
第五章	二回转印刷机故障分析	193
第一节	印迹重影和拖影	193
第二节	污点与糊版	202
第三节	套印不准	207
第六章	工艺设计	213
第一节	纸张用量计算	213
第二节	规格尺寸的测量	223
第三节	分版	236
第四节	书刊书页另头印刷	252

第一章 油墨的传递原理

第一节 油墨的传递过程

为了获得薄而均匀的油墨层，并涂布于印版的印刷面上。每部印刷机上都装有输墨机构。输墨机构由给墨、匀墨、刷墨三个基本部分所组成。

给墨部分有墨斗和接墨胶辊两个构件组合。它的机械运动过程是：墨斗的输墨辊筒作周期性转动而接墨胶辊绕一定轴摆动，当它摆动到与输墨辊筒接触时获得油墨；当它摆动到与匀墨铁辊或墨台接触时将油墨传出。

匀墨部分有匀墨胶辊和匀墨铁辊、墨台所组成。其作用是将墨层打薄、打匀、贮存；然后由墨台或匀墨辊筒将墨层输送到刷墨部分。

将墨层涂布到印版印刷面是由刷墨胶辊来完成的。

匀墨胶辊和匀墨铁辊不仅能随着版台的往复运动反复转动，而且还能作轴向移动。匀墨胶辊与匀墨铁辊之间、刷墨胶辊与刷墨铁辊、墨台之间的松紧；以及轴向移动的大小一般都可以调节。

在输墨机构中还有输墨量的调节机构。根据调节的不同要求，又分为全面调节和局部调节两部分。全面调节是变更输墨辊筒转动角度的大小。这时整个接墨胶辊上的油墨量都随之改变。转动角度愈大，墨量获得愈多，输出亦愈多。局部

调节是利用墨斗钢片的弹性，调节钢片底下的螺丝来调整钢片和输墨辊筒之间间隙大小，这是仅仅变更输墨辊筒上的局部输墨量。

根据输墨机构的结构形式，可以把它分为：连续性输墨机构，周期性输墨机构和混合性输墨机构三类(图 1-1)。在三类输墨机构中给墨部分的结构都相似，不同的是匀墨部分和刷墨部分的形式，这就构成每种输墨机构所具有的特性。

在连续性输墨机构中(见图 1-1 中 A)，匀墨部分和刷墨部分之间有着连续不断的传送关系，因此刷墨胶棍在刷墨过

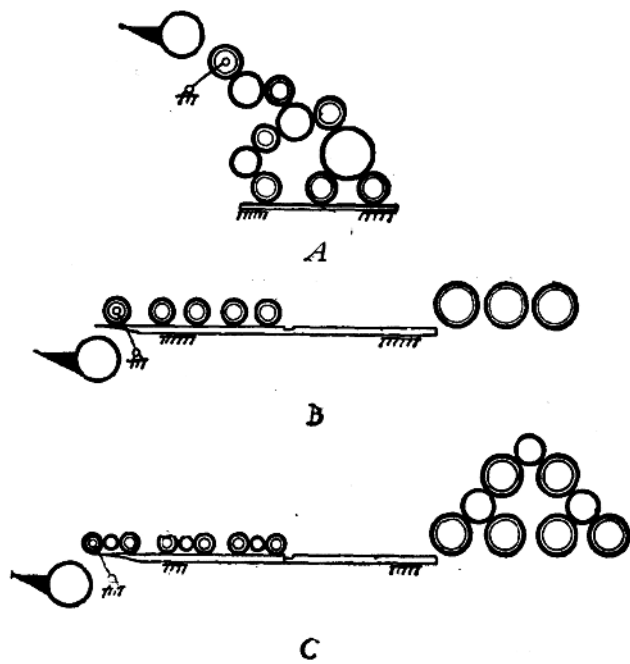


图 1-1

程中所消耗的油墨随时都可以获得补充。

在周期性输墨机构中(见图 1-1 中 B), 匀墨部分和刷墨部分是分开的, 油墨层是通过墨台传递给刷墨胶辊。因此刷墨胶辊上墨量供应是周期性的, 在一个印刷过程中传递一次。这样刷墨胶辊在刷墨过程中所消耗的油墨一时就得不到补充。

混合性输墨机构中(见图 1-1 中 C), 是从上述输墨机构改进中得来。它虽在圆压平印刷机上仍采用墨台的形式来传递油墨, 但由于在刷墨部分中增添了匀墨铁辊和匀墨胶辊, 这样不仅使墨层打得更均匀, 而且刷墨胶辊在刷墨过程中所消耗掉的油墨能迅速获得补充, 有助于印刷质量的提高, 所以近代制造的圆压平印刷机多数采用这类输墨机构。

第二节 油墨流动的性质

一、粘 度

粘滞液体中, 当一些层对另外一些层移动时, 层与层间便有摩擦力发生。运动得较快的一层作用一加速力于运动得较慢的一层上。相反地运动得较慢的一层作用一阻滞力于运动得较快的一层上。这种力叫内摩擦力。

内摩擦力的方向沿着层面的切线。如果观察的这一层面的面积 S 愈大, 内摩擦力也愈大。内摩擦力也依赖于从这一层面到另一层面(相邻)液体的流动速度 V 的变化快慢。

设相距为 ΔZ 的两层分别以速度 V_1 和 V_2 流动(见图 1-2)。两层间距离 ΔZ 所沿方向和液层流动的方向垂直。令

$V_1 - V_2 = \Delta V$, 则量 $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ 称为速度梯度, 表示由一层过渡到另一层时速度变化的快慢。

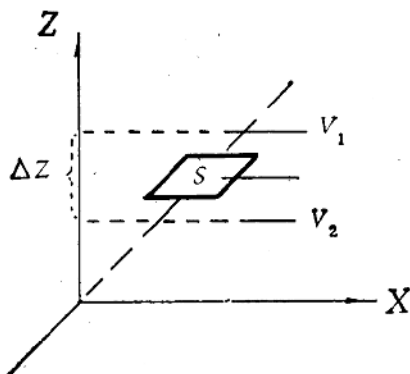


图 1-2

内摩擦力 f 和速度梯度成正比, 所以有如下关系式

$$f = \eta \frac{\Delta V}{\Delta Z} S \quad (1-1)$$

式(1-1)中量 η 就叫做粘度, 依液体的性质而定。粘度愈大, 在液体内发生的内摩擦力也就愈大。

粘度的单位用克/厘米·秒来量度, 这单位叫做泊。

液体的粘度和温度有关, 粘度随温度的升高而减小。

如果在层面 S 上有一外加切力 F 去推动层面, 使层面作匀速流动, 那末内摩擦力 f 就等于此切力 F 。所以单位面积上所受的切力为

$$Q = \frac{F}{S} = \eta \frac{\Delta V}{\Delta Z} \quad (1-2)$$

Q ——切应力。

切应力 Q 和速度梯度 $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ 的关系曲线, 在同一温度下, 将如图 1-3 所揭示的那样是直线表现的。角度 θ 由液体的粘度来决定, 粘度愈大而 θ 角就愈小。显然粘度 $\eta = \text{ctg } \theta$ 。

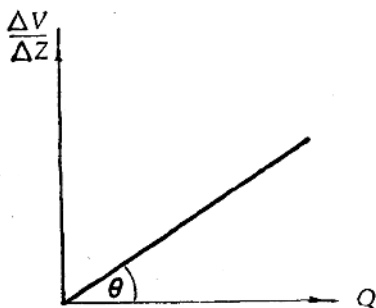


图 1-3

二、牛 顿 流 体

在温度一定时粘度 η 是常数, 且应从公式 1-2 的液体, 称做牛顿流体。水、甘油、油墨的连结料等, 都是这样的流体。

三、塑性流体与非理想塑性流体

如果把印刷油墨在一种具有恒温槽的回转粘度计中进行测试, 它的 Q 和 $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ 的关系曲线对于低粘度的油墨将如图 1-4 形状。而高粘度的油墨则具有较复杂如图 1-5 的形状。

图 1-5 中 Q_1 称最小屈服值。就是说切应力 Q 小于 Q_1 时, 油墨是不可能流动的。只有当 Q 大于 Q_1 时, 油墨才能流动。 Q_1 是油墨产生形变, 所需的最初破坏其静止中所形成的内部结构的切应力。 Q_0 称为最大屈服值。是继而破坏其内

部结构与形变达到直线关系的切应力。 Q_2 则是轨迹的直线部分 AB 的延长线与横轴的交点，称为理论屈服值。



图 1-4

以及它的延长线可用下式表示

$$Q - Q_2 = \eta \frac{\Delta V}{\Delta Z} \quad (1-3)$$

依从上式 (1-3) 形式这样的流体，称做塑性流体，如低粘度的油墨有依从上式关系。

印刷油墨多数是非

理想的塑性流体，如图 1-5 中曲线所表示的流体。油墨表现在流动性里所以不同于

一般粘滞液体，因为它是介于流体与半固体之间的浓稠悬浮胶体。不仅有液体的特性，并有半固体的特性。根据油墨结构理论，颜料颗粒以高度分散的状态悬浮在稠粘的连结料中。而且颜料颗粒表面，强力

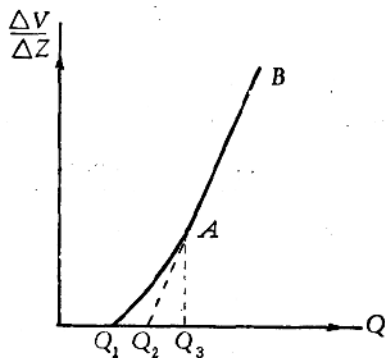


图 1-5

地吸附着一定厚度的连结料，成为一层相当牢固的保护膜。保护膜在一定程度上阻止了颜料颗粒的相互吸聚成为大颗粒，也保证了颜料颗粒在印刷过程中的转移性能。而保护膜

更外围的连结料——自由连结料，才被看作是分散介质。颜料及其它固体的含量愈高，相对来说自由连结料就愈少，油墨也就愈稠厚，浓度达到粒子互相接触，也就有塑性现象产生。欲使系统开始流动，必须将接触关系折散。因此切向应力也必须加大到某一限度才能使系统流动。而折散后的粒子仍有重新结合可能，折散的速度与重新结合的速度都和切向应力的大小有关，在一定的切向应力 Q_0 作用下，折散速度与重新结合速度达到平衡，粘度才趋稳定。如果再加大切向应力，使折散速度远超过结合速度，那末 Q 与 $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ 由此值开始成直线关系。

油墨表现在流动性里应具有此种可塑性，这样墨斗中的油墨，或者涂布于印版印刷面上的油墨，在墨斗钢板与输墨辊筒的缝隙中不至自动流失，或在版面上展开扩大印迹。

四、触变性

油墨在静止一定时间后，有自发地变稠，粘度变大，经搅拌后又能由稠变稀，粘度变小的可逆特性。这就是油墨的触变性。

在回转粘度计的测试中 Q 与 $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ 的关系有如图 1-6 的形状。曲线与直线组成的平面可以充作油墨的触变性量度。

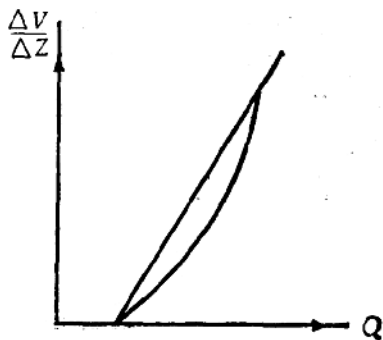


图 1-6

此种现象是因为分散相颜料颗粒是不规则的，虽然吸附了一层连结料，也不是规则的圆球。在静止一定时间后，颜料颗粒会在相距很近某些部分相互吸引，阻碍了颗粒的自由活动，因此变稠变粘。但是这是暂时的稳定结构，倘若被外力搅动，就很快破坏，解除了颗粒之间的相吸引的力。颗粒的自由运动障碍既被解除，就又变得稀薄和易于流动。

一般来讲，颜料颗粒愈不规则，油墨的触变性就愈大。反之则触变性愈小。触变性大的油墨往往会在墨斗中不下墨，油墨不跟着输墨滚筒转动，而出现愈印愈淡的现象。

五、回转粘度计

上述关于 Q 与 $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ 的各关系曲线，多数是在回转粘度计中进行测试所获得的结果。回转粘度计测试粘度的原理，是近似测定气体内摩擦的实验装置原理。图 1-7 为回转粘度计的示意图，被测液体是放于两个直立同轴圆筒（同轴而不同半径的圆筒）之间。其中一个圆筒上端用一钮簧固定着，另一圆筒以某一恒定的速度旋转。若转动的是外面的圆筒，则液体将以同心圆筒层状转动着。其速度从等于外面圆筒的转动速度的速度，减低到等于与里面圆筒相邻的外层液体的速度。

由方程式(1-1)可知

$$\eta = \frac{f}{S} \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta V}$$

设最外层液体的流速为 V_1 ，最内层液体的流速为 V_2 。如果在起始时，因为液层间内摩擦力的关系，产生一转动力

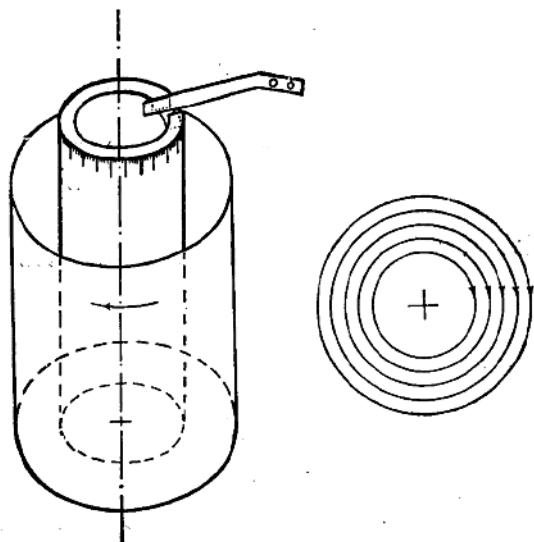


图 1-7

矩,使小圆筒偏转了一个角度,一直到与扭簧的扭转力矩 M 相平衡时小圆筒才停止。那末此时

$$f \cdot r = M$$

r 为小圆筒的半径,而 $V_2 = 0$ 。所以

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_1$$

因为最外层液层的半径可视作外圆筒半径 R , 其角速度

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

n 为外圆筒转速。因此

$$\Delta V = R\omega = R \frac{2\pi n}{60}$$

由图 1-7 可知,面积

$$S = 2\pi r \cdot h$$

$$\Delta Z = R - r$$

由此,可得

$$\eta = \frac{M}{2\pi r^2 h} \cdot \frac{R-r}{R \cdot \frac{2\pi n}{60}} = \frac{60(R-r)}{4\pi^2 r^2 R \cdot h} \cdot \frac{M}{n}$$

因为 R 、 r 、 h 对该粘度计来说,都是已知常数,用

$$K = \frac{60(R-r)}{4\pi^2 r^2 R \cdot h}$$

显然 K 亦为一常数,而得

$$\eta = K \frac{M}{n}$$

回转粘度计的转速 n , 一般可在 5~400 转范围内调节。扭矩 M 也有比较清楚的刻度和指针来表示,所以粘度 η 不难算出。

第三节 油墨的粘附作用

油墨的传递过程和印张获得印迹的基本条件,就是油墨的粘附作用。油墨的粘附作用可从一般液体对固体的润湿和粘滞液体的毛细现象得到说明。

一、液体与固体接触的现象

在液体与固体表面接触的情形下。设液体在容器中,不仅有液体分子间的相互作用力,固体和液体分子间也有着相互作用力,且有着一定的作用半径。

如图 1-8 所示,在接近固体表面处,宽度等于这个作用半

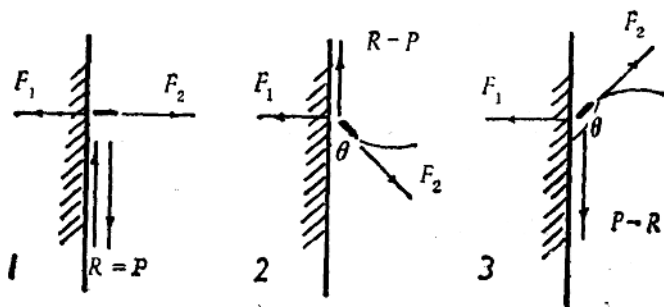


图 1-8

径的一层液体 S 称为附着层，在这附着层的面上取厚度等于液体分子作用半径的一层 A ，现在来研究这一小薄层液体 A 所示的分子作用力。

用 F_1 表示固体分子与小液层 A 的分子间吸引力，其方向垂直固体表面且指向固体内部。用 F_2 表示小液层 A 的表面张力，用 R 表示小液层分子间的斥力和用 P 表示小液层分子间的引力。 θ 表示表面张力 F_2 与器壁所夹的角。小液层分子间斥力和引力的大小取决于小液层分子的密度，分子密度增大时，小液层分子间斥力就增大引力减小。而此小液层分子的密度又取决于固体分子与液体分子间吸引力的大小。固体分子与液体分子相互吸引的力大于液体分子间相互吸引的力，小液层分子密度就大。反之，小液层分子密度就小。

图 1-8、1 是小液层 A 在固体分子的吸引力 F_1 作用下 $R=P$ 时的情况。图 1-8、2 是小液层 A 在固体分子的吸引力 F_1 作用下，使分子密度比其内部显著增大， $R>P$ 时的情况。图 1-8、3 是小液层 A 在固体分子的吸引力 F_1 作用下，其分子密度还是远小于其内部，是 $R<P$ 时的情况。

关于图 1-8、2 和图 1-8、3 在平面上的情况将如图 1-9 中 1 和 2 的两种形状。前者谓润湿,后者谓不润湿。

润湿与不润湿决定于液体和固体的性质,同一液体能润湿某些固体的表面,但不一定就能润湿另一此固体的表面。如将油墨的连结料滴在光滑的锌板和铜板上,观察到的润湿角;连结料与铜板之间的润湿角小于连结料与锌板之间的润湿角。



图 1-9

印刷油墨的润湿性能也不是所有油墨都是相同的。取决于制造油墨的连结料和颜料。有关研究人员他们曾作过这样的一种测定,用一滴水滴在黄色的油墨层上,和一滴水滴在蓝色的油墨层上,这两种油墨都是用同一种连结料来调制的,只是颜料的不同,但它们的润湿角就不同。

印刷油墨的润湿特性,也会随时间逐渐变化。他们用同样的黄色油墨,但保存的时间不同,对水的润湿角就不同,说明它们间的差别存在。

显然,要使油墨能够很好的传递,以及纸面获得印迹,油墨对胶辊的润湿;对印版的润湿;和对纸面的润湿条件是必不可少的。

二、纸对油墨的吸收

当被吸附物质不扩张到吸附物质的内部,而仅仅凝结在

相的分界表面层上时，这种过程称为吸附作用。表面吸附只需极短时间。如果被吸附物质经过一定时间透入吸附物质内部，这种吸附通常称为吸收。纸对油墨的吸收是属于后一种。

纸张吸收油墨的过程可视作两个阶段：1. 有外加压力作用下的吸收；2. 没有外加压力时的吸收。

第一阶段的吸收，是在印刷压力作用下，使纸面与印版印迹部分的油墨得到可靠接触的一瞬间发生。只要油墨能够润湿纸张，墨层就在此瞬间粘附在纸面上。同时，由于压力使纸面毛细管作用急剧增大，墨层的自由连结料就被吸入纸内。

这一阶段墨层转移质量的好坏，与垫版的质量有关，与纸张的平滑度以及纸对油墨的吸收能力有关。

第二阶段的吸收，实际就是第一阶段中毛细管吸入作用的延续。这一阶段吸收在离开印刷完后很长的一段时间内，有时尚在进行。第二阶段吸收是保证印迹最后固定在纸面，并决定是否透印的关键。

第二阶段的吸收决定于：(1) 纸张的吸收性能；(2) 在第一阶段中转移到纸面上的墨层厚度；(3) 油墨的粘度；(4) 墨层固着速度；(5) 颜料颗粒外层保护膜结合牢固程度等有关。

如透印或印迹四周出现阴影，都是起初印迹尚好，过一些时间后才逐渐出现。这是由于采用了吸收性能较好的纸张，又采用了不十分稠粘的油墨或墨层印得过浓等因素所造成。

三、粘滞液体的毛细管现象

上述阴影现象可从粘滞液体的毛细管现象中进一步得到说明。粘滞液体在管内流动，流出的体积与粘度之间关系，有