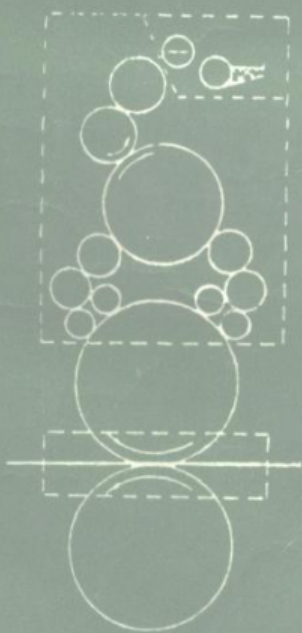


印刷油墨转移原理

冯瑞乾 编著

印刷工业出版社



118498

T5802.3

93-3

印刷油墨转移原理

冯瑞乾 编著

冯瑞乾 编著

印刷工业出版社

印刷工业出版社

印刷工业出版社

印刷工业出版社

印刷工业出版社

印刷工业出版社



印刷工业出版社

(京)新登字009号

内 容 提 要

本书从表面物理化学、高分子物理学、流变学等基础理论的角度，系统地阐述了印刷过程中的基本原理。主要内容包括：印版的润湿原理，印刷压力和油墨传输的一般规律，油墨转移的机理和油墨转移方程，对印版、纸张、油墨在印刷过程中的印刷适性进行了理论分析，并应用这些基本原理分析了印刷过程中若干常见的实际问题。对印刷质量的控制原理也做了简要介绍。

本书可作为大专院校印刷技术专业的教学参考书，也适合于从事印刷技术研究的科技人员和管理工作者阅读。

印刷油墨转移原理

冯瑞乾 编著

*

印刷工业出版社出版发行

(北京复外翠微路2号)

一二〇一工厂印刷

各地新华书店经售

*

850×1168mm 1/32 印张：10.125 字数：263千字

1992年7月 第一版第一次印刷

印数：1—5000 定价：7.00元

ISBN 7-80000-087-7/TS·64

目 录

第一章 印版的润湿和印版的变形	(1)
第一节 润湿原理	(1)
一、表面张力与表面过剩自由能	(2)
二、表面张力的测定	(5)
三、液体在固体表面的润湿	(9)
四、接触角与润湿方程	(13)
五、接触角的测定	(15)
第二节 印版表面的润湿	(20)
一、水和油的化学结构与表面张力	(21)
二、印版的表面结构和润湿性	(23)
三、印版润湿性的提高和保护	(27)
第三节 上版时印版的变形	(32)
一、印版的弯曲变形	(32)
二、印版的拉伸变形	(34)
三、印版的其它变形	(35)
第二章 印刷压力的一般原理	(37)
第一节 印刷压力的表示和测定方法	(37)
一、印刷压力的表示方法	(37)
二、印刷压力的测定方法	(40)
第二节 印刷压力的分布	(41)
一、印刷压力的作用面	(41)
二、印刷压力的分布	(43)
第三节 包衬的变形及对印刷压力的影响	(48)

一、包衬的作用	(48)
二、材料的弹塑性变形	(50)
三、包衬的变形	(54)
四、印刷压力与包衬的关系	(59)
第四节 确定工作压力的回归分析法	(63)
一、工作压力的概念	(63)
二、回归分析法	(65)
三、影响印刷工作压力的因素	(70)
第三章 油墨的传输	(75)
第一节 给墨行程的油墨传输	(76)
一、印刷品墨层厚度的控制	(76)
二、油墨流变特性对油墨传输的影响	(77)
第二节 分配行程的油墨传输	(81)
一、匀墨系数、着墨系数和贮墨系数	(82)
二、油墨在墨辊表面的附着	(84)
三、胶辊的动态粘弹性变形	(85)
第三节 油墨在墨辊间的流动和分配	(88)
一、油墨在墨辊间的流动	(88)
二、油墨在墨辊上的分配	(91)
三、输墨装置工作状态的分析	(94)
第四节 油墨的雾散	(99)
第五节 照相凹印的油墨传输和转移	(105)
第四章 油墨转移方程	(108)
第一节 油墨的附着	(109)
一、机械投锚效应和分子的二次结合力	(109)
二、油墨在纸张上的附着	(110)
三、油墨在金属箔和高聚物上的附着	(113)
第二节 油墨转移系数和油墨转移率	(115)
第三节 $W \cdot F$ 油墨转移方程	(118)

第四节 W·F油墨转移方程的参数赋值法	(123)
一、近似法	(123)
二、实验法	(127)
三、三角形心法	(130)
第五节 W·F油墨转移方程的修正	(133)
一、油墨扩展量修正法	(133)
二、指数修正法	(134)
三、 $F(x)$ 概率分布修正法	(136)
四、 $\phi(x)$ 概率分布修正法	(141)
第六节 考虑纸面形状的油墨转移方程	(143)
第七节 影响油墨转移的因素	(150)
一、承印材料的影响	(150)
二、印版的影响	(152)
三、印刷压力、印刷速度和印刷机结构的影响	(154)
第八节 油墨转移过程的动力分析	(156)
一、油墨转移的力学模型	(156)
二、墨流中的压力 p 、速度 u 、剪切速率 D 的 解析表示	(157)
三、油墨粘度的变化	(160)
四、墨流的分裂和转移	(162)
第五章 油墨转移中的几个问题	(165)
第一节 油墨的渗透	(165)
一、非涂料纸的油墨渗透	(166)
二、涂料纸的油墨渗透	(172)
第二节 油墨的叠印	(179)
一、叠印率及其测定	(180)
二、干式印刷的油墨叠印	(183)
三、湿式印刷的油墨叠印	(188)
四、油墨叠印的机理	(190)

第三节 印刷品背面的油墨蹭脏	(192)
第四节 油墨的剥纸现象	(195)
一、纸张的表面强度与拉毛速度的关系	(196)
二、纸张的拉毛速度与印刷速度的关系	(199)
三、影响纸张拉毛速度的因素	(203)
四、提高纸张拉毛速度的一种方法	(207)
五、剥纸的力学分析	(211)
第五节 印刷过程中的静电	(214)
一、固体带电与气体放电	(215)
二、印刷中出现的静电及其消除方法	(218)
第六章 平版印刷的油墨转移	(221)
第一节 水墨平衡	(222)
一、润版液和油墨的传输过程	(222)
二、马丁·西维尔平印模式	(225)
三、水墨平衡的概念	(227)
第二节 润版液	(229)
一、润版液表面张力的降低	(230)
二、表面活性剂的分类与HLB值	(235)
三、润版液的种类和组分	(238)
四、润版液的pH值	(244)
第三节 纸张的变形和调湿处理	(246)
一、纸张的变形与含水量的关系	(246)
二、纸张的含水量与环境温湿度的关系	(248)
三、纸张的滞后效应	(251)
四、纸张的调湿处理	(253)
五、纸张的湿掉毛	(256)
第四节 平版印刷压力	(258)
一、橡皮布的性能和变形	(259)
二、确定滚筒包衬的理论	(262)

三、滚筒同步滚压的滚压比	(265)
四、滚筒包衬的确定	(269)
五、包衬厚度和印刷图文的关系	(272)
第七章 印刷质量的控制	(277)
第一节 印刷品的质量	(277)
一、评价印刷质量的方法	(278)
二、支配印刷品综合效果的质量特性	(279)
第二节 网点对阶调和色彩的传递	(280)
一、明度和密度的关系	(281)
二、网点面积覆盖率和密度的关系	(284)
三、网点面积覆盖率与色彩传递的关系	(288)
第三节 印刷过程中的网点变化	(291)
一、网点变化的原因	(291)
二、网点扩大的规律	(292)
第四节 影响印刷质量的主要参数	(296)
一、实地密度	(296)
二、网点扩大值	(299)
三、印刷反差	(300)
四、最佳墨层厚度的确定	(302)
第五节 控制印刷质量的方法	(303)
一、反射密度计和密度测量	(304)
二、质量控制条的应用	(308)
三、印刷质量自动控制系统	(312)

第一章 印版的润湿和印版的变形

印版的表面是由着墨的图文部分和不着墨的空白部分构成的。印刷时，图文部分沾附的油墨在印刷压力的作用下，转移到纸张或其它承印物的表面，完成一次印刷。

按印版表面的结构，印版分为凹版、平版、凸版和孔版等四种；印版所用的版材有金属版材、高分子聚合物版材等。印版在印刷过程中要被油墨、润湿液所润湿，不同种类、不同版材的印版具有不同的润湿性。印版的润湿是油墨转移过程中十分重要的一个环节。

平面的印版，安装到印版滚筒上，首先发生弯曲变形，紧固时又要发生拉伸变形。为了提高印刷品的套印精度，必须对印版的这两种变形进行控制。

第一节 润湿原理

固体表面的气体被液体取代的过程叫润湿。固体表面被液体润湿后，便形成了“气-液”、“气-固”、“液-固”3个界面，如图1-1所示。



图1-1 润湿及其形成的界面

通常把有气相组成的界面叫做表面。即把气相和固相形成的“气-固”界面叫固体表面，把气相和液相形成的“气-液”界面叫液体表面，而把液相和固相形成的界面叫“液-固”界面。

油墨取代印版图文部分表面上的气体，润湿液取代印版空白

部分表面上的气体，都属于润湿现象；此外，印刷过程中，油墨还要润湿墨辊、纸张及其它承印材料。润湿原理是印刷的基本原理之一。

润湿是有条件的，润湿与物体的表面张力或表面自由能有关。

一、表面张力与表面过剩自由能

表面张力与表面过剩自由能是描述物体表面状态的物理量。

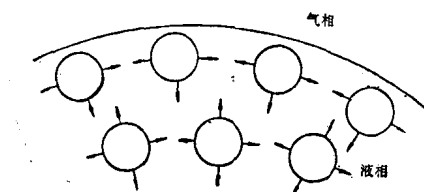


图1-2 液体表面分子与内部分子能量的不同

液体表面或固体表面的分子与其内部分子的受力情形是不同的，因而所具有的能量也是不同的。以液体为例，如图1-2所示，处在液相内部的分子，四周被同类分子所包围，受周围分子的引力是对称的，因而相互抵消，合力为零；处在液体表面的分子则不然，因为液相的分子密度远大于气相的分子密度，所以液体表面的分子受液相分子的引力也远大于受气相分子的引力，致使合力不再为零，而是具有一定的量值且指向液相的内侧。由于这个拉力的存在，使得液体表面的分子相对于液相内部分子处于较高能量态势，随时有向液相内部迁移的可能，处于一种不稳定的状态。液体表面分子受到的拉力形成了液体的表面张力，相对于液相内部多余的能量就是液体的表面过剩自由能。由于表面张力或表面过剩自由能的存在，在没有外力作用时，液体都具有自动收缩其表面成为球形的趋势，这是因为在体积一定的几何形体中球体的表面积最小。

图1-3是计算表面张力实验的示意图。“Π”形框架的AB边是可以上下滑动的，长为 l 。将框架直立于液体中，AB边也被浸没。缓慢地提起AB边，便在框架内形成一个逐渐扩展的液体薄膜。随着液膜的扩展，

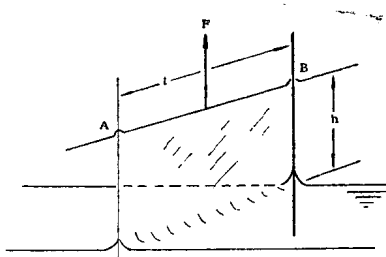


图1-3 计算表面张力实验示意图

提起长度为 l 的AB边所需要的力也要逐渐增加。设：当AB边提升到高出液面 h 的位置时，为保持液膜平衡而不收缩，需要施加的力为 F ，则此力 F 应与液膜的两个表面所提供的力相平衡。 l 越长， F 值越大。因此，在AB边上，单位长度液面上受的力为：

$$F = \gamma \cdot 2l \quad (1-1)$$

比例系数 γ 定义为表面张力系数，表示垂直通过液体表面上任一单位长度、与液面相切地收缩表面的力，常简称为表面张力。

表面张力的量纲是〔力/长度〕，常用的单位是N/m(牛顿/米)。一定的液体，在一定的温度和压力下，有一定的 γ 值。因为温度升高时，液体分子间的引力减小，共存的气相蒸气密度加大，所以表面张力总是随温度的升高而降低。故测定表面张力时，必须固定温度，否则会造成较大的测量误差。表1-1表示水的表面张力和温度之间的关系。

液体的表面张力是表面紧缩力，它有使液体表面积自动缩小的趋势。若要扩展液体的表面，即要把液相内的一部分分子移到表面上来，则必须克服其向液相内侧的拉力而作功，因此，液体自动收缩表面的趋势，也可以从能量的角度来解释。设：当表面扩展的微面积为 dA 时，表面张力所作的元功为 $-\delta\omega$ ，因为表面分子受到指向液相内侧的拉力，要扩展表面，液相内部的一部分分子，就要向表面移动，所以作负功。在表面扩展过程中，元功 $-\delta\omega'$ 与微面积增量 dA 成正比，令 γ 为比例系数，则有

表1-1

表面张力和温度的关系

温 度 (°C)	表 面 张 力 (10^{-3}N/m)
10	7.42
20	7.27
30	7.12
50	6.79
80	6.26
100	5.89

$$-\delta\omega = \gamma \cdot dA \quad (1-2)$$

又因为在恒温恒压条件下，在表面扩展的过程中，体系对外界所作的功即为 $\delta\omega$ ，而 $\delta\omega$ 应等于在此过程中体系自由能的减少 $-dG_{T,p}$ ，故(1-2)式可以写作

$$dG_{T,p} = \gamma \cdot dA$$

亦即

$$\gamma = \left(\frac{\partial G}{\partial A} \right)_{T,p} \quad (1-3)$$

从(1-3)式中看出， γ 的物理意义是：在恒温恒压条件下，增加单位表面积表面所引起的体系自由能的增量，也就是单位面积上的分子比相同数量的内部分子过剩的自由能。因此， γ 叫比表面过剩自由能，常简称为“比表面能”。单位是 J/m^2 (焦耳/米²)。因为 $1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$ ，所以，一种物质的比表面能与表面张力数值上完全一样，量纲也一样，但物理意义有所不同，所用的单位也不同。

以上的讨论是以液体表面为例的，但可以推广到固体。固体表面的分子和液体表面的分子一样，比内部分子有过剩的自由能。对于固体的表面张力或比表面能，目前虽然还不能像对液体那样，用实验方法直接测定，但根据间接推算，固体的表面张力或比表面能一般比液体大得多。有的固体的比表面能具有很高的数值，

约为水的50倍以上。需要注意的是，固-液相接触或液-液相接触的比表面能 γ_{SL} 或 γ_{LL} 的物理意义是：单位面积相界面上的两相物质的分子，各自比相同数量的本相内部分子，过剩自由能的加和值。当 γ_{SL} 或 γ_{LL} 取N/m为单位时，通常称为界面张力。

二、表面张力的测定

测定表面张力的方法很多，下面介绍其中的两种方法——滴体积法和挂环法。

1. **滴体积法。**滴体积法是一种测定润版液的表面张力的简便而精确的方法。滴体积法测定表面张力的装置如图1-4所示，A是一支吸液管，B是一支玻璃套管，吸液管的管口被磨平，管内充有被测的液体，在0.1~0.2ml间可读到0.0002ml。测定表面张力前，用读数显微镜准确地测出吸液管的外径，而后将充有被测液的整个装置放在恒温槽中，当液体从管口流出形成的液滴将落而未落的时候，液体的表面张力和液滴的重量相平衡，即有

$$2\pi R\gamma = V\rho g$$

即

$$\gamma = \frac{V\rho g}{2\pi R} \quad (1-4)$$

式中：R——液滴的半径，V——液滴的体积， ρ ——液体的密度，g——重力加速度， $g=9.80\text{m/s}^2$ 。

实验表明，(1-4)式仅适用于液滴完全从管口滴落的理想情形。图1-5是一个液滴在滴落过程中，高速连续拍摄的照片的示意图，是液滴滴落的实际情况。可以看出，形成的液滴并没有全部落下，落下的仅仅是平衡时悬滴的一部分，而且滴落的液滴并不

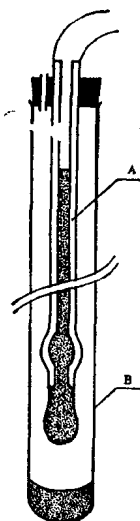


图1-4 滴体积测定管

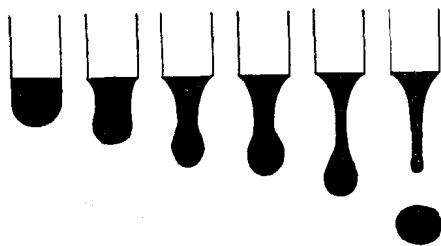


图1-5 液滴滴落的实际情形

垂直于管端平面。因此，需要引进一个校正因子 ϕ 对(1-4)式进行修正：

$$\gamma = \frac{V\rho g}{2\pi R} \phi \quad (1-5)$$

实验证明， ϕ 是 V/R^3 的函数，而且只要液滴形成得很慢，液体都有一定的 ϕ 值。

根据实验测得 R 、 V 数据，算出 V/R^3 ，由表1-2中便可查出 ϕ

表1-2 滴体积法的校正因子 ϕ 值

V/R^3	ϕ	V/R^3	ϕ	V/R^3	ϕ	V/R^3	ϕ
37.04	0.2198	18.66	0.2296	10.62	0.2395	6.641	0.2482
36.32	0.2200	18.22	0.2300	10.48	0.2398	6.530	0.2485
35.25	0.2203	17.94	0.2303	10.27	0.2401	6.458	0.2487
34.56	0.2206	17.52	0.2307	10.14	0.2403	6.351	0.2490
33.57	0.2210	17.25	0.2309	9.95	0.2407	6.281	0.2492
32.93	0.2212	16.86	0.2313	9.82	0.2410	6.177	0.2495
31.99	0.2216	16.60	0.2316	9.63	0.2413	6.110	0.2497
31.39	0.2218	16.23	0.2320	9.51	0.2415	6.010	0.2500
30.53	0.2222	15.98	0.2323	9.33	0.2419	5.945	0.2502
29.95	0.2225	15.63	0.2326	9.21	0.2422	5.850	0.2505
29.13	0.2229	15.39	0.2329	9.04	0.2425	5.787	0.2507
28.60	0.2231	15.05	0.2333	8.93	0.2427	5.694	0.2510
27.83	0.2236	14.83	0.2336	8.77	0.2431	5.634	0.2512
27.33	0.2238	14.51	0.2339	8.66	0.2433	5.544	0.2515

值，再根据(1-5)式即可计算出表面张力 γ 来。

滴体积法也能测定“液-液”界面的张力。例如测定润湿液和油墨连结料的界面张力，可以将润湿液充入滴体积测定管的吸液管内，将连结料装入套管中(一般是把密度大的液体充入吸液管，把密度小的液体装入套管，吸液管的管端伸入密度小的液体中，这里认为连结料的密度小于润湿液的密度)，让吸液管中的润湿液自由滴落，测定液滴的体积，“润湿液-油墨连结料”的界面张力可按式计算：

$$\gamma_{1,2} = \frac{(\rho_1 - \rho_2)Vg}{R} \cdot \varphi \quad (1-6)$$

式中， $\gamma_{1,2}$ ——“润湿液-油墨连结料”的界面张力， ρ_1 ——润湿液的密度， ρ_2 ——油墨连结料的密度。

2. 挂环法。挂环法是一种测定液体表面张力的简便易行的方法，测定结果也很准确。挂环法测定液体表面张力的装置如图1-6所示，A是金属丝做成的圆环，B是盛被测液体的容器。将被测液体装入容器B中，把金属圆环A浸入液体中，用力将圆环缓缓向上拉动。当圆环刚刚被拉离液面时，圆环的拉力 F 应与液体由于表面张力而作用在圆环上的力相平衡，后者的大小等于液体的表面张力乘以圆环与液体相接触的总长度，因为液体同时与圆环的内边和外边相接触，所以接触的总长度为 $2 \times 2\pi R$ ， R 为圆环的半径，于是有

$$F = 2 \times 2\pi R \cdot \gamma$$

即

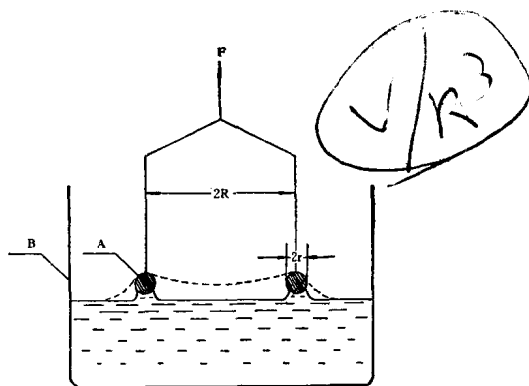


图1-6 挂环法

$$\gamma = \frac{F}{4\pi R} \quad (1-7)$$

据(1-7)式，只要测得拉力 F ，便可算出表面张力 γ 来。

实验表明，(1-7)式仅适于拉起的液柱是圆柱形，拉断处恰在金属丝和液体的接触面的情形，如图1-6中实线所示的情形。但实际情形并非如此，拉起的液柱是扭曲的，拉断处也不在金属丝和液体的接触面，如图1-6中虚线所示的情形，所以要引进校正因子来计算表面张力

$$\gamma = \frac{F}{4\pi R} \cdot \varphi' \quad (1-8)$$

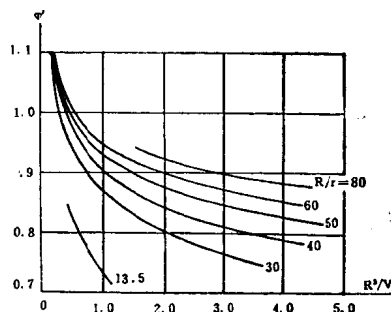


图1-7 挂环法校正因子 φ' 曲线图

(1-8)式中的校正因子 φ' 是 R^3/V 和 R/r 的函数，可从图1-7给出的曲线图查得(要得到更精确的校正数据，可查有关资料)。应用挂环法要求所用的金属环完全被液体所润湿。使用铂丝的圆环，水和多数液体，能满足接触角为零的要求，所以，用来测定润版液的表面张力，得到的结果是足够准确的。但是，油墨对金属铂的润湿性能较差，有一定的接触角，所以用挂环法来测油墨的表面张力，必须改换能被油墨完全润湿的金属圆环，才能得到准确的表面张力值。

三、液体在固体表面的润湿

液体在固体表面的润湿分为三类，即沾湿、浸湿、铺展。这三类界面现象，在油墨转移过程中都存在，印刷过程实际上是油墨润湿各个印刷面的过程。例如，油墨向印版和纸张上的瞬间转移，基本属于沾湿；油墨渗透到纸张的毛细管内，则可以认为是浸湿；润湿液向印版空白部分铺展的愈快、愈充分，印版愈不容易起脏等。因此，按照印刷工艺的要求，满足必要的润湿条件，使油墨在印刷面很好地附着，是提高印刷质量的重要途径。以下讨论发生沾湿、浸湿、铺展的热力学条件。

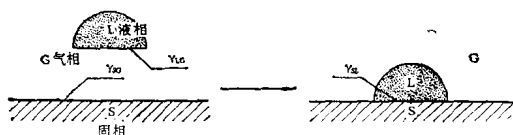


图1-8 沾 湿

1. 沾湿。沾湿是指液体与固体接触，将“气-液”界面与“气-固”界面转变为“液-固”界面的过程，如图1-8所示。

下面讨论在恒温恒压条件下，单位沾湿面积上能量变化的情形。

在沾湿过程中，新形成的“液-固”界面增加了自由能 γ_{SL} ，而被取代的液体表面（即“气-液”界面）和固体表面（即“气-固”界面）分别减少了自由能 $-\gamma_{LG}$ 和 $-\gamma_{SG}$ ，所以，体系自由能的变化是

$$\Delta G = \gamma_{SL} - \gamma_{LG} - \gamma_{SG} \quad (1-9.a)$$

体系对外界所作的功是

$$W = W_a = -\Delta G = \gamma_{SG} + \gamma_{LG} - \gamma_{SL} \quad (1-9.b)$$

W_a 叫粘附功，是液体和固体粘附时，体系对外界所作的最大功。

根据热力学第二定律，在恒温恒压条件下，当体系能量的变