

普通高等教育测绘类规划教材

平版印刷原理与工艺

吴敦政 编著

测绘出版社

普通高等教育测绘类规划教材

平版印刷原理与工艺

· 吴敦政 编著

测 绘 出 版 社

(京)新登字 065 号

内 容 简 介

本书是为了适应印刷科学技术发展的需要,培养具有较高独创能力的印刷技术人才而编写的。

全书共分十一章,在重点阐述平版印刷的理化基础上,对平版印刷中的油墨转移、印刷压力、水斗溶液、套印准确、印迹干燥和印刷产品质量评价等基本原理和生产工艺作了系统的论述,理论联系实际,并通过大量的图表资料使之图文结合,通俗易懂。各章后还附有复习思考题,便于自学。

本书除了可供高等院校印刷技术专业作为教材外,也可作为出版部门、印刷企业管理和从事印刷工作人员的参考用书。

平版印刷原理与工艺

吴敦政 编著

*

测绘出版社出版

河北地质六队美术胶印厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

*

开本 787×1092 1/16·印张 13.5·字数 300 千字

1993 年 6 月第一版·1993 年 6 月第一次印刷

印数 0 001-2 000 册·定价 6.30 元

ISBN 7-5030-0557-2/TS·3

前 言

近年来,随着印刷科学技术的进步,尤其是激光照排技术的飞速发展,平版印刷在四大印刷方式(平版、凸版、凹版和孔版印刷)中已跃居相当重要的地位,应用领域也在不断地拓展。为了适应印刷技术的发展和印刷教育的需要,培养和造就一批掌握现代印刷技术的人才,我们根据武汉测绘科技大学印刷工程系印刷技术专业“平版印刷原理与工艺”教学大纲的要求编写了这本教材。

平版印刷的一个显著特点是图文部分和空白部分几乎都在同一平面上,印刷时除了油墨以外,还必须同时使用润湿液,因而给生产带来一定的麻烦。这是平版印刷区别于其他几种印刷的特征所在,也是这种印刷的复杂性所在。但由于它具有制版迅速、幅面大、成本低等特点,仍获得了广泛的应用。特别是近几年无水胶印的研究取得了一定的成功,可以相信,这将是平版印刷的一次重大变革。

本书共分十一章,在重点阐述平印理论的基础上,对平印中的油墨转移、印刷压力、水斗溶液、套印准确、印迹干燥和产品质量评价等平印的基本理论和生产工艺作了系统的论述,同时对某些新材料、新工艺和新设备也给予了适当的介绍。为了解决目前印刷技术教材的缺乏以及照顾多层次生产人员的需要,本书在内容选取和编排上遵照循序渐进、由浅入深、理论密切联系实际的原则,并配置了大量的图表资料,力求使教材图文并茂,通俗易懂。同时各章后还附有复习思考题,以便于自学。因此,本书除了可作为高等院校印刷技术专业平版印刷的教材外,也可作为地图专业的师生、出版及印刷部门的管理人员和生产作业人员的参考用书。

本教材经全国测绘教材编审委员会审定。

本教材在编写过程中还得到了许多兄弟单位的帮助,特别是北京印刷学院冯瑞乾老师和解放军测绘学院赵文庆老师仔细而全面审阅了书稿,提出了许多宝贵意见,吴倩同志清绘了全书的插图,在此表示衷心地感谢。

由于水平有限,书中难免存在一此错误或不妥之处,诚恳希望广大读者批评指正。

编者著

1992年12月

目 录

第一章 概论	1
第一节 平版印刷的发展简史	2
第二节 平版印刷的特点及工艺过程	3
第二章 油和水在平印中的应用	8
第一节 油和水不相溶的原理	8
第二节 平印中的乳化现象	16
第三节 影响乳化的因素	19
第四节 油墨乳化的测定	24
第五节 印刷过程中油墨和水的平衡	25
第六节 印刷版表面水分的控制	30
第三章 印版表面的吸附与润湿	34
第一节 吸附的本质	34
第二节 印版表面的亲油和亲水性	41
第三节 润湿性质的变化	43
第四章 油墨的转移	48
第一节 胶印机上的油墨转移的行程	48
第二节 油墨转移的原理	53
第三节 油墨转移中的几种现象	70
第五章 平印压力	79
第一节 印刷压力的概念	79
第二节 橡皮布的结构及其性质	80
第三节 滚筒滚压状态分析	90
第四节 印刷压力与油墨转移率的关系	94
第五节 印刷压力的确定	96
第六节 滚筒包衬的确定	99
第七节 平印压力的控制	110
第六章 水斗溶液	112
第一节 平印中水斗溶液的传递理论	112
第二节 水斗溶液的成分	114
第三节 普通水斗溶液中电解质的作用	119
第四节 亲水胶体在印刷中的应用	122
第五节 预涂感光版使用的水斗溶液	124
第七章 印版的耐印率	126

第一节 摩擦与耐印率	126
第二节 墨层厚度与耐印率	128
第三节 印版的腐蚀与耐印率	130
第四节 提高印版耐印率的途径	131
第八章 印刷色序	133
第一节 叠印的原理	133
第二节 印刷色序的决定	135
第九章 套印准确	140
第一节 胶印机的套印精度	140
第二节 印版的变形	145
第三节 滚筒衬垫厚度与图文尺寸的变化	148
第四节 纸张变形与图文尺寸的变化	151
第五节 机械因素引起的套印误差	161
第六节 橡皮布伸长率与图文尺寸的变化	163
第十章 印迹干燥和光泽	165
第一节 印迹的干燥形式	165
第二节 印迹干燥的化学机理	169
第三节 影响印迹干燥的因素	174
第四节 印迹干燥的控制	178
第五节 印迹光泽	181
第十一章 印刷品的评价与质量控制	184
第一节 印刷品的评价内容与方法	184
第二节 控制印刷品质量的几种主要数据	187
第三节 控制印刷质量的方法	199
第四节 印刷品质量的检测装置	202

第一章 概 论

人类文明史的一切活动，大多数是以印刷来记述的，特别是知识的传播，更是以印刷为主要媒介，因此印刷在整个人类社会活动中占有相当重要的地位。随着人们生活水平的提高，各种印刷品在人们日常生活中已经成为一种必不可少的用品之一。大家可以想象一下，如果我们周围缺少书籍、报纸、杂志、彩画、地图、商品包装、业务卡片、表格以及起着经济流通重要作用的货币等，世界将会是什么样呢？虽然现代影视事业广泛普及，但印刷品所具有的魅力仍然长久不衰，可见印刷与人民生活有着密切的关系。同时，印刷也是国民经济中的一个重要工业部门，是文化教育、新闻、出版部门不可缺少的物质基础，是促进人类社会进步、生活丰富多彩和社会繁荣的重要条件。

印刷，是将印版表面图像的印刷油墨转移到要进行图像复制的物体表面上的技术。它是以光学、机械、化工和电子技术为基础的一门综合性的学科。根据印版类型的不同印刷可分为凸版、平版、凹版和孔版印刷等四种不同的印刷方式。就一般情况而言，无论哪类印刷，原稿、印版和印刷等三大条件是缺一不可的，其整个过程如图 1-1 所示。

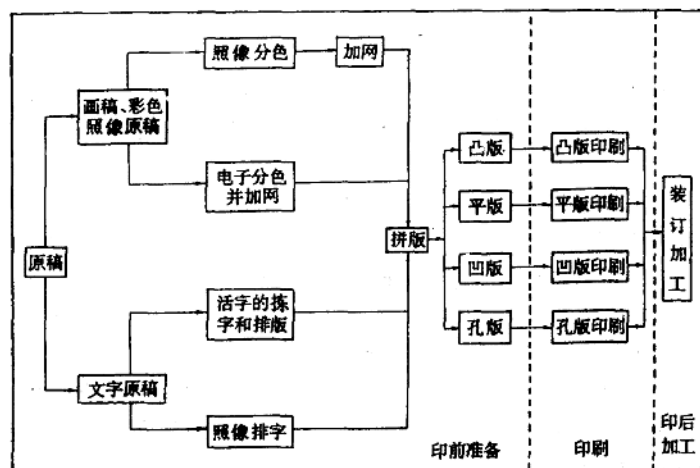


图 1-1

通常人们所说的“印刷”，一般是整个过程的总称，而本课程重点则是平版印刷工艺。

平版印刷图文部分与空白部分几乎是在同一平面上，印刷时除了用墨以外，还需要使用水溶液，印刷自始至终离不开润湿液。同时，由于印版表面的物理化学结构、各种印刷材料的印刷适性、润湿液的性能、印刷压力以及环境条件等的错综复杂变化对印刷质量均

有重要的影响,因此平版印刷相对于其他几种类型印刷更具有特殊性、复杂性。从理论研究角度讲,平版印刷技术还缺乏更系统更成熟的理论,这就要求以实践为基础,通过开展科学实验,综合学习其他科学技术知识,充实、完善平版印刷理论,使之建立起自己的理论体系、推动整个印刷事业的发展。

第一节 平版印刷的发展简史

平版印刷是由德国人阿罗伊斯·塞纳费尔德(Alois Sernefelder,1771~1834年)于1798年发明的,比我国发明活字印刷术要迟约400年,在四种印刷技术中,可谓是最年轻的。

平版印刷技术的发明人塞纳费尔德是一位生于布拉格的德国后裔,他爱好戏曲,编写过剧本,因为不能及时印出他的作品,自己曾动手做过印刷试验。在一次偶然机会中,他母亲要他写一张洗衣单,当时身边既无纸张又无书写笔,他就毫不犹豫地刚刚磨好的试验用的石版上用蜡笔记下了洗衣单,准备待纸拿来后把它抄下来。后来当他想到把石版上的字擦掉时,突然想起来,如果用硝酸处理一下是否可以着墨并用普通凸印方法把文字印下来呢?于是经过多次试验,他发现用硝酸腐蚀石版后,原来用蜡笔书写过的微凸的文字能重新着上墨,而在润湿部分则排斥油墨。因此,印刷时他先用水润湿版面再刷墨,终于利用油与水不相溶的原理,在同一平面上建立了亲油的图文部分和亲水的空白部分,从而发明了平版印刷。当时米替勒教授(Prof. H. J. Mitterr)代他命名为“Lithography”,即石印术。

石印术与传统的凸印术相比,具有制版迅速、方便、修版容易等特点,很快得到了应用。但石印版材笨重又不能弯曲,只能作为圆压平印刷,因此塞纳费尔德又于1817年发明用金属平版代替了石版,并采用圆压圆的方式进行直接印刷,既省力又迅速,大大提高了印刷速度。

大约过了50多年,英国塔尔伯特制成由重铬酸盐和胶体组成的感光液,特别是1851年英国人斯柯特·阿查发明湿版照像法以后,一贯由手工在版材上描绘制版的方法开始被照像制版方法所代替,真正显示出平版制版幅面大、迅速和成本低廉的特点。进入20世纪以后,随着感光材料、照像技术以及其他科学技术的不断进步,平印版材出现了腐蚀平凹版、多层金属版、预涂感光版(PS版)等。同时制版用的照像网屏也已问世,为分色加网及彩色复制奠定了基础。20世纪50年代,电子技术迅猛发展,相继研究成功了电子分色机、自动照像排字机以及激光扫描制版技术等,成为平版印刷发展的鼎盛时代,其发展速度之快大大超过了其他几种印刷技术。

时至今日,随着新的印刷材料的发展,感光材料的不断进步,以及精密的电分设备、照排系统的应用,使得平版制版技术操作更为简便,并逐步走向科学化,制版质量不断提高。因此平版印刷不但应用于普通商标、招贴画、插页的印刷,而且扩大到可以复制精致的、层次丰富的、色调柔和的高级彩画,如挂历、画报、地图和文物等作品。甚至昔日由凸印占领统治地位的书刊、报纸印刷,也正在逐步被平版印刷技术所取代。它既可以消除铅中毒的公害,又可使文字、图稿的拼版更加容易,制版尤为迅速。目前,在各类印刷方法中,平

印所占的比例在发达国家已经超过 40%。

平印技术以用水溶液润湿版面为其区别于其他印刷方法的一个显著特征，并使其印刷得以进行。但是由于水溶液的存在使印刷作业变得更为复杂，油墨的乳化使印刷品的密度不高、颜色浅淡，同时纸张由于吸水容易变形，致使套印困难，这些弊病一直困扰着人们。本世纪 70 年代，美国 3M 公司发明了不使用润湿液的无水平印，经过 10 多年不断的探索，目前性能已经得到改善，正在逐步推广应用，这也是平印技术的一次重大改革。

平印技术传入我国大约是在平印技术发明后的 40 年，即 19 世纪 30 年代。我国第一个石印商是亚昂，最早的平印产品是 1838 年在广州采用石印技术印刷英国麦都士编的“各国消息”。早在 10 世纪初，我国已经有了相当繁荣的出版事业，但由于封建帝国的锁闭，科学技术的落后，直至新中国成立前夕，也只有一些破烂不堪的印刷厂。虽然经过一个世纪以来许多有志于印刷事业的热心人士的奋斗，上海土山湾印书馆第一个引进石印设备，后来商务印书馆、中华书局也陆续引进了彩色平印、珂罗版等技术，开始能够印刷诸如画报、钞票和地图等少量平印产品，但无论是技术力量、设备条件还是生产规模，大都相当薄弱，与其他印刷一样，平印根本没有得到重视，更谈不上印刷技术的科研和教育的开展，这也是我国印刷教育事业落后于其他事业的重要原因之一。

新中国成立以后，在党和政府的关怀下，经过广大印刷工作者的努力，平印技术开始出现欣欣向荣的景象，尽管在前进的道路上不断遭到种种挫折和麻烦，终于从 1978 年以后印刷事业真正开始在中华大地上重新崛起。随着党的改革开放政策的实施，我国先后引进许多先进的印刷工艺和设备，平印技术得到蓬勃发展。照像排字技术中先进的国产计算机-激光编排系统和 PDF823J 型电子分色机分别于 1985 年和 1987 年相继问世，这标志着我国印刷史上的一次飞跃，它大大加速了以冷排代替热排的进程，为高速发展我国的平印事业立下了不朽的功勋。目前平印产品遍及彩画、书刊和报纸的印刷，而且产品质量普遍有了提高。根据我国印刷事业的规划，到本世纪末，平印的比重在各类印刷中要求达到 40%。我们相信，在全体印刷工作者的努力下，这一目标一定会实现。

与此同时，平印技术的科研和教育也如雨后春笋般地迅速发展起来，先后在北京、上海、郑州、株洲、西安和武汉等地相继建立了印刷技术研究所和高等教育院校，为改变我国印刷事业落后面貌，培养印刷技术人才奠定了坚实基础。几年来的实践证明，作为印刷技术发源地的中华民族的印刷工作者一定有能力使我国印刷事业重新崛起，发扬光大。

第二节 平版印刷的特点及工艺过程

一、平版印刷的特点

平版印刷与凸版、凹版和孔版印刷的一个显著不同地方是印版的图文部分和空白部分几乎都在同一表面上，因此印刷时必须用水辊和墨辊往版面上交替地上水和涂墨，借助油墨和水难以相溶和印版对水墨选择性吸附的原理来进行印刷。

印刷时，印版与承印材料直接接触的称为直接平印，如早期的石印术。如果印版上的油墨首先转移至橡皮布上，然后再转移到承印物上则称为间接平印，通常所说的胶印即为

此类。另外还有一种，印版的图文部分比版面高出约 $20\sim 30\mu\text{m}$ ，印刷时不用润湿液而将版面上油墨先转移到橡皮布上，然后再转印到承印物上，这种印刷方法有别于直接凸印，所以称为干胶印。随着科学技术的发展，人们发现利用硅酮树脂做成的印版，图文和空白部分也在同一平面上，但表面空白部分具有排油的特性，而图文部分仍保留亲油的性能，因此印刷时完全排除了润湿液，与普通凸印、凹印一样，只要向印版上着墨即可，人们把它称为无水胶印。

平版印刷具有生产周期短、幅面大、材料消耗少、印刷成本低等优点，目前广泛用于招贴画、包装装潢印刷、地图复制，甚至报纸、书刊等印刷。随着激光照像排版的推广应用，平版印刷在整个印刷中的地位显得越来越重要。平版印刷由于使用了高弹性的橡皮作为传递图像的中间介质，这样平印使用的印刷压力是几种常规印刷中最小的一种。因此，平印的产品平服、色调柔和、层次丰富，成为印刷精细产品，如挂历、插画等的重要手段之一。

平版印刷使用的印版，多采用铝版或锌版，轻而薄、成本低、制版迅速，尤其是新型的感光树脂版，工艺简单、操作方便、质量优良，为发展胶印创造了有利条件。大量的轻印刷系统，正是以平版印刷为基础，逐步开拓了新的应用领域，成为办公室自动化的必备条件之一。

当然平版印刷由于使用了润湿液，给印刷生产带来了一定困难。印刷中，如果水、墨控制失去平衡，就会使印刷品质骤然下降，成为平印技术的一个致命弱点。因此无水胶印的发明，使印刷工艺变复杂为简单，且印刷品色彩鲜艳，套印准确，无疑将是平印工艺的一次重大改革。

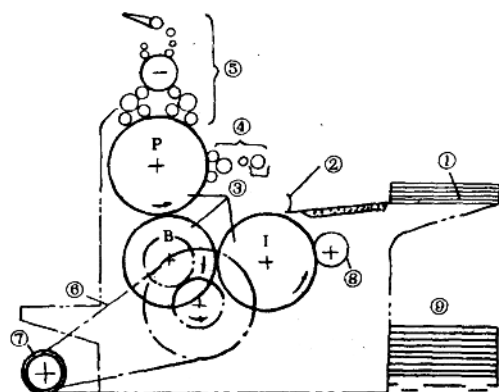
二、平版印刷机

平版印刷机又称为胶印机，是印刷中赋予印刷压力的必须设备。由于印刷方式不同，印刷机械的不断改进，各种印刷机结构也有所差别，但基本结构是一致的，为叙述方便，我们以手续纸胶印机为例，简要介绍其基本装置（如图 1-2）。

1. 输纸台 ①：由人工续纸。
2. 规矩 ②：包括前规和侧规，使纸张在递纸台上进行定位。
3. 印刷装置 ③：由印版滚筒 P 橡皮滚筒 B 和压印滚筒 I 三滚筒组成。
4. 润湿装置 ④：向印版供水。
5. 输墨装置 ⑤：向印版供墨。
6. 收纸装置：包括收纸滚筒⑧和收纸台⑨。
7. 动力装置：由电机⑦、皮带⑥和机械传动部分组成。

经过近几十年的机械结构的改进，胶印机已由人工续纸改为自动续纸，机型也由单色机发展到双色、四色、五色、六色胶印机。有单张纸轮转胶印机，也有卷筒纸轮转胶印机。有单面胶印机，也有双面胶印机（包括 B-B 型或自动翻转纸张的双面胶印机）。印刷速度一般可达 $10000\sim 15000$ 张/小时。图 1-3 为部分现代胶印机的结构简图。

随着电子技术及微机的应用，各种质量控制、遥感设备等也进入了实用阶段，如 1979



①—输纸台；②—规矩；③—印刷装置；
④—供水装置；⑤—供墨装置；⑥—皮带；
⑦—电机；⑧—收纸滚筒；⑨—收纸台

图 1-2 手摆纸胶印机

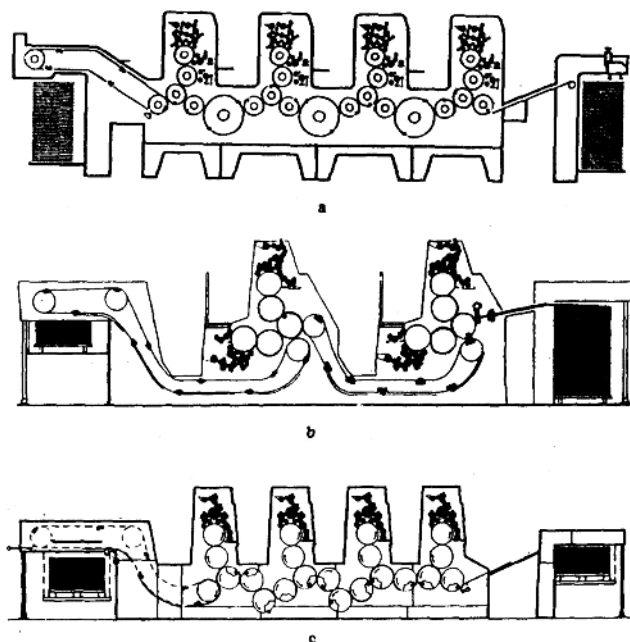


图 1-3 为部分现代胶印机的结构示意图

年用于生产的德国海德堡 CPC (Computer Printing Control) 质量控制系统就是一个由计算机控制的可进行测量、数据处理的遥控装置。图 1-4 为 CPC 控制台，一部 CPC 装置可以控

制多达 7 台胶印机，它可对机台上的承印物进行识读、运算，再反馈到机台上对印刷机供墨系统作修正和调节。此外，CPC 系统还有专门对印版图像识读的装置，可测出各区域网点的百分比并决定用墨量，同时将该信息打印或制成磁带，需要时再输入 CPC 主控制台中作为重复再版印刷条件的数据，以保证印刷品的前后一致。

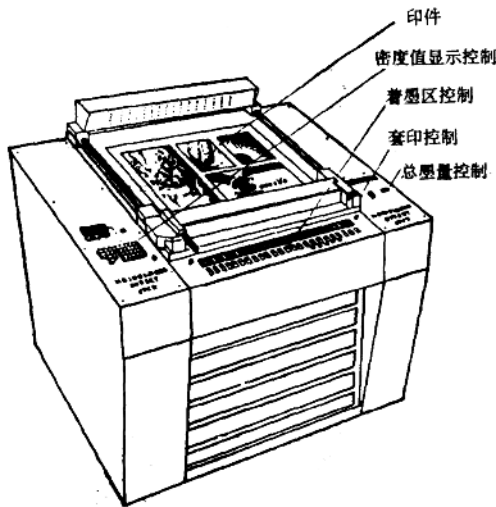


图 1-4 CPC 控制台

有的高速胶印机上还具备快速装版、自动套准等先进设备，大大提高了作业效率。

三、平版印刷的工艺过程

现代的平印生产所用的胶印机具有高速、多色、精密等特点，多为集体协作作业。其工艺过程一般包括三大阶段，即印刷前的准备、印刷作业和印刷后的处理。

1. 印刷前的准备

准备阶段包括纸张的调湿处理、裁切，油墨的调配，润湿液的配制，橡皮布的裁切、包衬的选择和安装，胶印机各部件的调节，印版厚度及其衬垫的计算和印版质量的检查，以及按作业通知的要求确定印刷色序和作业方案。这些工作是保证印刷生产顺利进行、提高产品质量的重要环节，必须认真执行。

2. 印刷作业

准备工作完成之后，便可将印版和衬垫材料安装在印版滚筒上，接着上纸，向墨斗装墨和向水斗装润湿液并开始试印。试印中应仔细调节纸张的定位系统，控制供水、供墨量以保持水墨平衡，调节印刷压力，使试印的产品达到样张的要求方可正式印刷。

在印刷过程中，应随时注意观察并定时检查印刷品的质量变化。随着作业的延续，水墨平衡的失调、油墨干燥过快或过慢、油墨的乳化、套印不准、纸张的掉粉、掉毛、糊版

以及机器运转的异常现象等，都是常见的故障，必须及时排除。必要时甚至应停机处理，由于机速很高，任何迟疑均会给生产造成巨大的浪费。所以说，一个作业人员除了应有高超的作业技能外，还应具备高度的责任心。

3. 印刷后的处理

印刷进行一段时间后，印刷成品达到一定数量，如果还有大量作业，应及时将成品从机上取下，并按序堆放，排列整齐，以保证作业通道的顺畅。对于采用单色机进行多色作业的印刷半成品，必须妥善保存，防止纸张因环境温湿度的变化造成后印色的套印困难。

另外，在全部印刷作业完成以后，应仔细清洗橡皮滚筒、墨槽、墨辊、务必干净，不留旧迹，以防换色时色相发生变化。对于需要保留的印版，应擦胶保护，在干燥通风处保存以备再印。

最后还应注意胶印机的维修与保养。

复习思考题

1. 什么叫印刷？它对人民生活有哪些重要意义？
2. 为什么说平版印刷比其他几种类型印刷更具有特殊性和复杂性？
3. 如何评价平版印刷在四大印刷中的地位？
4. 胶印机有哪几个重要装置，各起什么作用？
5. 平版印刷有什么特点？平版印刷包括哪些作业程序？

第二章 油和水在平印中的应用

油和水在自然界中是最常见的物质,尤其是水作为生物体新陈代谢物质的溶剂和生化反应的主要成分,在地球上分布更为广泛,它几乎覆盖地球表面的 3/4,从这方面讲,水作为一种印刷材料,它是一种取之不尽的资源。油和水不相溶是自然界普遍的规律,而平印正是利用这一规律来达到印刷的目的。我们知道,平印的图文部分和空白部分是在同一平面的印版上,要想获得理想的印刷品,固然与物质的选择性吸附有很大关系,但如果没有油和水不相溶这一规律,同样是难以实现的,这就使平印和其他印刷术有明显的差别。如凹版、凸版和孔版,有了印版之后,只要耗用油墨就可以进行印刷,而平印有了印版,除了用墨以外,还必须同时用水才能进行印刷,只有印版上图文部分亲油疏水,空白部分亲水疏油,才能印出一张张精美的印刷品。

第一节 油和水不相溶的原理

油和水不相溶这是自然规律,这主要是由于它们各自的分子结构、分子之间的力以及两者之间存在力的差别所致。

一、极性分子和非极性分子

分子的极性是由键的极性所决定的。由离子键构成的化合物,如 NaCl 显然是有极性的,而由共价键构成的分子是否有极性,则取决于分子中正、负电荷重心的相对位置,即正、负电荷重心重合者为非极性分子,否则为极性分子。正、负电荷重心间的距离叫偶极长度,不同的极性分子具有不同的偶极长度,偶极愈长,分子的极性愈强,表 2-1 为某些物质的偶极矩,偶极矩是偶极长度和极上电荷量的乘积。

单位: $10^{-30}\text{q} \cdot \text{m}$		某些物质的偶极矩		表 2-1
氢	0	水	6.13	
二氧化碳	0	乙醇	5.60	
硫化氢	0	溴化氢	2.60	
二氧化硫	5.33	氢氟酸	7.00	
二甲苯	1.67	异丙醇	5.53	

水具有相当大的偶极矩,其正、负电荷重心不重合,因为水分子的结构不是直线对称的,水分子中两个 O-H 键之间形成将近 105° 的键角,各个键的极性不能互相抵消,所以是极性分子。而许多有机化合物如 C_6H_6 、 C_2H_6 和 CCl_4 等,由于分子的空间构型完全对称,正、负电荷重心重合,偶极矩为零,所以它们是非极性分子。根据极性相似相溶的原理,由于平

版印刷油墨的连结料多是含有长烃链的有机化合物，可以溶于苯类的非极性有机溶剂，所以油墨属于非极性分子，因此水和油墨是难以相溶的。但是某些化合物，其分子中一部分原子基团是有极性，而另一部分基团则又是非极性的，如油酸、硬脂酸、亚油酸、桐油酸和甘油三油酸脂等。按分子结构分析，烷烃是非极性分子，但当烃分子中引入下列某一基团，如 $-OH$ 、 $-COOH$ 、 $-NH_2$ 、 $-CHO$ 等，分子就有了不同程度的极性，这些烃的衍生物，如醇、酸、酮和氨基酸等，则具有双重的性质，即分子的一部分是非极性，另一部分则是极性。

本来烃类分子是亲油的，但当它与极性基团组合后，使分子结构有了极性，不过是否能与极性溶剂相溶，还必须取决于分子结构中极性基团的多少、极性基团在分子中所占的位置、极性基团在整个分子中所占的比例大小等因素。例如印刷中使用的硬脂酸分子就有这样一个特点，其结构是极性-非极性，即分子的一部分是极性，如羟基亲水基团，另一部分则是非极性，如带有很长的亲油性烃链，人们常把这类分子称为两亲分子。

假如我们用“·”代表亲水的极性“头”，而用“—”代表亲油的非极性“尾”，则可画出如图 2-1 的两亲分子硬脂酸结构示意图。

如果把两亲分子硬脂酸分散在水中时，可以发现此时硬脂酸的膜是完全铺开的，在水面上的硬脂酸分子虽然东倒西歪，但是可以看出它们均有一定的取向趋势，即多数的酸分子将极性的羟基“头”溶入水中，而其非极性的碳氢“尾”则翘出或斜倚在水面之上形成一个单分子膜，如图 2-2 所示。当被压缩时，表面积自然受到了限制，但因其溶于水，故可以占据的面

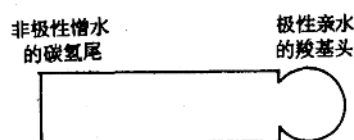


图 2-1 两亲分子示意图

积皆为极性基所占，最后分子被迫靠近时，即成图 2-3 所示形式。此时分子的排列方式将“头”皆埋在水下，将“尾巴”皆直着翘起，在分散的界面上形成定向吸附。可见，如果我们在油和水中加入两亲分子，那么由于两亲分子一端亲油，另一端亲水的性质的影响，油和水通过两亲分子的联结便可以相溶了。这些两亲分子就是通常所说的表面活性剂。

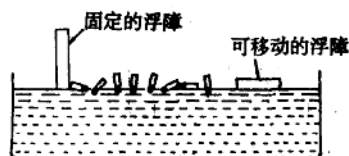


图 2-2 充分扩张的硬脂酸单分子膜

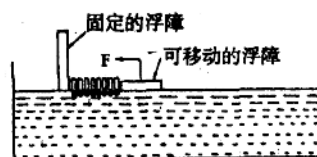


图 2-3 充分压缩的硬脂酸单分子膜

表面活性剂种类很多，有阳离子型、阴离子型和非离子型等，它们各有乳化、润湿、分散和去污等作用。在平印中用的是润湿作用，因此适当选择表面活性剂种类，有助于提高印版的润湿性能。

衡量表面活性剂分子亲水基团和亲油基团关系的是 HLB 值，也叫做亲憎平衡值。通常

是分别选择某一个亲油性强和亲水性强的表面活性剂为标准，规定以一定的数值。如亲油性强的油酸 HLB 值为 1，亲水性强的油酸钠的 HLB 值为 18，其他表面活性剂的 HLB 值就可以用 1~18 之间数字表示。HLB 值越小，表面活性剂的亲油性越强，亲水性越弱。反之，两者则正好成颠倒的关系。平印中作为润湿剂用的表面活性剂 HLB 值在 7~9 之间，如非离子型，表面活性剂 2080 的 HLB 值为 7.15，是一种优良的润湿剂，常作为水斗溶液的一种主要成分。

二、分子间的力与氢键

如果说极性与非极性可以说明油和水之间是难以相溶的话，那么分子间的各种力的作用则可说明它们之间并非绝对不相溶。

当非极性分子相互靠近时（如图 2-4a），电子和原子核在不断的运动过程中经常发生瞬时的相对位移。这时分子的正、负电荷重心不重合，产生瞬时偶极，和它相邻的另一个非极性分子也有这种瞬时偶极产生，两个挨近的偶极处在异极相邻的状态：如图 2-4b 所示，在它们之间有一种吸引力在起作用，这种力称为色散力。虽然瞬时偶极存在的时间极短，但是异极相邻的状态实际上不断重复着（如图 2-4c），也就是说，这些分子经常在变形，因此在它们之间始终有色散力在起作用。

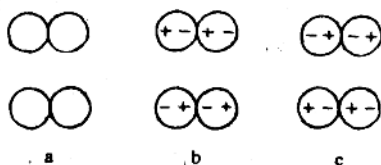


图 2-4 非极性分子相互作用时的情况

在有极性分子的场合下，由于极性分子的电子和原子核的相对位移，也有色散力的作用，但是除此之外，由于极性分子的固有偶极的作用，分子之间还有其他的吸引力。

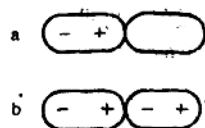


图 2-5 极性分子和非极性分子相互作用时的情况

当极性分子和非极性分子靠近时（如图 2-5a），例如水与油相混合，除了色散力的作用外，因为非极性分子受极性分子的影响而产生诱导偶极（如图 2-5b），这时在诱导偶极和极性分子的固有偶极之间还有一种吸引力作用着，这种力称为诱导力。同时诱导偶极又作用于极性分子，使其偶极长度增加，从而进一步增强了它们之间的吸引力。当极性分子相互靠近时，色散力也起着重要作用，它们的固有偶极根据同性相斥、异性相吸的原理，使分子在空间的运动循着一定的方向，成为异极相邻的状态（如图 2-6a）。由于固有偶极的取向而引起分子间的另一作用力，叫做取向力。正是由于这种力的存在，使得极性分子更加靠近（如图 2-6b）。在相邻分子的接近的极的作用下，每个分子都有一定变形，使它们的正、负电荷的重心更加分开，产生诱导偶极（如图 2-6c），因此，它们之间还有诱导力的作用。

总之，在非极性分子之间，只有色散力的作用，在极性分子和非极性分子之间，有诱导力和色散力的作用，在极性分子之间，则除了诱导力和色散力的作用外，还有取向力的作用。

取向力、诱导力和色散力都是作用在分子间的力，统称为范德华力。它们和分子间距

离的六次方成反比,其作用力一般只有 $0 \sim 8.36 \text{ kJ/mol}$, 所以在距离稍远时, 它们都很小。

此外, 由氢原子和其他电负性强的原子 X (如 F、O 等) 之间形成共价键时, 原来属于氢原子的电子云强烈地影响 X 原子, 结果 X 原子获得了相当多的有效负电荷, 而氢原子几乎变成一个没有电子的半径极小的核, 因此这个氢原子将不被 X 原子的电子所排斥, 相反, 在氢原子的质子和 X 原子之间产生静电吸引, 形成所谓的氢键。可见, 在分子中, 与氢原子直接相连的原子的强电负性是形成氢键的条件。通过氢键, 简单的水分子 H_2O 可以缔合成较复杂的水分子 $(\text{H}_2\text{O})_n$ 。

因此, 油和水即使不存在表面活性剂, 由于这些分子间的引力, 它们的界面实际上也是在不停地运动的。

三、表面张力与界面张力

物质的极性与非极性的关系, 并不能完全解释印版表面复杂的物理化学关系, 它们还牵涉到与印刷版相接触的各种液体与液体、液体与固体之间的关系, 所以在此我们引进表面能的原理来进一步说明油和水之间的关系。

1. 表面张力

在液体内部, 分子间的距离很小, 因此吸力的影响很大。事实上此力大到将绝大多数的分子拘留于液相之内, 而只有极小一部分可以逃入气相, 尽管如此, 此力在液体内部它们却彼此抵消了。相反, 在表面区域的分子却没有被其他分子所完全包围, 故吸引力不能完全抵消, 结果是这些分子净受到一种垂直指向液体内部的吸力, 如图 2-7 所示, 这个力就是液体的表面张力, 用 γ 表示。受这个力的影响, 液体的表面有自行缩小的趋势, 例如一滴水滴在不可润湿的表面上时, 往往成为一种圆球状而不能平展开就是例证, 表 2-2 列出几种纯液体及油的表面张力。

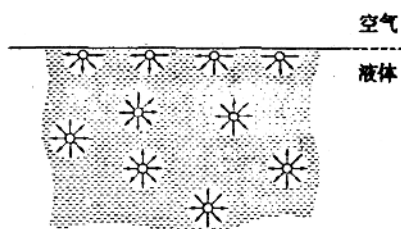


图 2-7 分子在液体表面及内部受力情况

单位: N/m

几种纯液体及油的表面张力 (20°C)

表 2-2

水	7.275×10^{-2}	油酸	3.250×10^{-2}
乙醇	2.227×10^{-2}	麻油	3.900×10^{-2}
醋酸	2.763×10^{-2}	棉子油	3.580×10^{-2}
甘油	6.340×10^{-2}	液体石腊	3.310×10^{-2}
苯	2.888×10^{-2}	正乙烷	1.843×10^{-2}

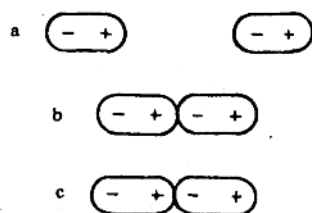


图 2-6 极性分子相互作用时的情况