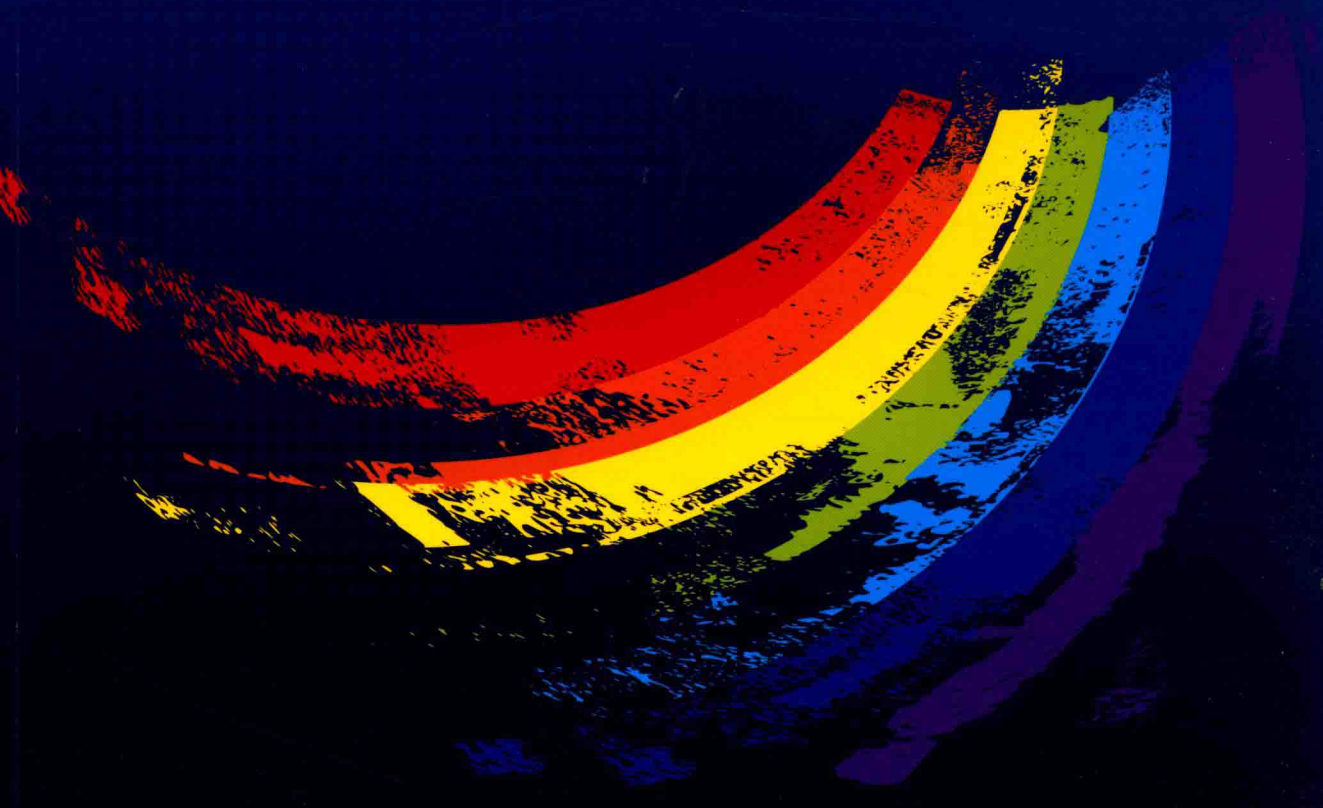


普通高等教育“十三五”规划教材

印刷工艺学

第二版

刘昕◎编著



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

印刷工艺学

第二版

刘 昕 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了印刷技术的基本理论和印刷工艺控制的基本方法,内容包括:润湿原理,水墨平衡,纸张输送与定位控制原理,印刷压力的计算和检测方法,图文变形原理,油墨转移方程及其应用,颜色复制基本理论,凹印、柔印和网版印刷的油墨转移,油墨转移中的现象,印刷品质量的监控与评价方法,印刷作业过程及其故障排除方法,网点印花。本书引入了把印刷工程的科学技术问题抽象为物理或数学模型的基本方法和原理,有助于培养读者对印刷专业技术问题进行深入学习和研究的能力。

本书既可作为印刷、包装、平面设计专业本科生与研究生的教材,也可作为印刷类高等院校和高职院校相关专业的教学参考书,并可供印刷包装行业的科研和新产品开发技术人员、高级操作人员的学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

印刷工艺学/刘昕编著. —2 版. —北京:化学工业出版社, 2016. 8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-27521-9

I. ①印… II. ①刘… III. ①印刷-工艺学 IV. ①TS805

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 149786 号

责任编辑:李玉晖 杨 菁

责任校对:吴 静

文字编辑:王 琪

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$ 字数 537 千字 2016 年 10 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:45.00 元

版权所有 违者必究



印刷科学技术的发展离不开高等教育的支持，同时又对高等教育提出了全新的要求。近三十年的时间，我国印刷专业高等教育与印刷产业得到了长足发展，开设印刷包装专业的院校不断增多，培养的专业人才无论在数量还是在质量上都有了很大提高。但印刷科学技术的发展，急需印刷包装专业教育培养出更多、更优秀的掌握印刷包装高新技术和适应国际市场规则的高层次专门人才。随着印刷产业技术的不断发展，《印刷工艺学》（第一版）无论在体系上，还是在内容上，大部分已经落后于相关产业和专业教育的发展要求。为了全面反映印刷包装科学技术的高速发展，满足印刷包装专业人才培养和广大读者的迫切需求，作者在总结三十余年从事印刷教学和科学研究成果的基础上，编写了这本书。

印刷是以颜色复制技术理论为中心，利用最新机、光、电和物理科学技术成果，采用工业大生产方式，对原稿进行复制的系统工程。在印刷工艺过程中，从对原稿的审查、工艺设计到制版、印刷的每道工序，都直接涉及对色彩信息传递，以及对产品复制过程的心理评价和定量检测。本书全面叙述了现代印刷的基本原理和印刷工艺过程控制的基本方法，突出了把一般印刷工程科学技术问题抽象为物理或数学模型，以便读者在实践中把握印刷复制技术的基本规律，实现对原稿的忠实复制。全书共分12章，介绍了表面活性及其润湿原理，水墨平衡，油墨与纸张在印刷过程中的流变学分析方法，纸张输送与定位控制原理，印刷压力的计算和检测方法，图文变形原理，油墨转移方程建立及其应用，颜色复制基本理论，印刷品质量的监控及其评价方法，网点印花等。对印刷过程出现的常见故障，进行了理论与实践相结合的分析讨论。本书的主要特点是“两强一广”——实用性强，理论与实践相结合；先进性强，涵盖了当前印刷方面的最新技术理论；覆盖面广，既有印刷工艺原理和基本理论，又有印刷过程参数控制原理与方法，还有印刷品质量的检测与评价方法。所以，本书是培养印刷包装工程类专门人才的一本重要教材。

本书在《印刷工艺学》（第一版）的基础上，总结了国内外印刷科学技术的研究成果，剔除了陈旧的内容，增加了现代印刷的基本理论，细化了实践与操作部分而完成的。全书突出了理论与实践相结合的方法，重点内容详细叙述，难点部分分散讲解，深入浅出，理论推导严密，系统全面地介绍了印刷科学技术中的基本原理和方法。

本书既是印刷工程、包装工程专业研究生和本科生的教材，也适合于从事印刷科学技术研究与实践的印刷工作者和新产品开发技术人员、高级操作人员参考，并可作为印刷类高职院校及其相关专业的教学参考书。

由于作者学识有限，而本书内容涉及甚广，书中难免有缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

2016年6月于西安



第 1 章 表面活性及其基本定理 1

| | |
|----------------------------|----|
| 1.1 ▶ 表面活性剂的分子结构与分类 | 1 |
| 1.1.1 结构特征 | 1 |
| 1.1.2 分类 | 1 |
| 1.2 ▶ 表面活性剂的基本性质 | 4 |
| 1.2.1 界面吸附、定向排列、胶束生成 | 4 |
| 1.2.2 临界胶束浓度 | 5 |
| 1.2.3 表面活性剂的 HLB 值 | 6 |
| 1.3 ▶ 表面活性剂的作用原理 | 9 |
| 1.3.1 润湿和渗透作用 | 9 |
| 1.3.2 乳化、分散和增溶作用 | 9 |
| 1.3.3 起泡与消泡作用 | 12 |
| 1.3.4 洗涤作用 | 12 |
| 1.4 ▶ 表面现象 | 13 |
| 1.4.1 表面张力与表面能 | 14 |
| 1.4.2 固体表面上的吸附 | 17 |
| 1.4.3 固体在溶液中的吸附 | 17 |
| 1.4.4 溶液表面的吸附 | 18 |
| 1.4.5 铺展与润湿 | 18 |
| 1.5 ▶ 吸附定理 | 20 |
| 1.5.1 表面过剩量 | 21 |
| 1.5.2 Gibbs 公式的推导过程 | 21 |
| 1.5.3 吸附定理的应用 | 23 |
| 1.6 ▶ 乳状液的形成及其性质 | 25 |
| 1.6.1 乳状液的稳定性 | 25 |
| 1.6.2 胶印水墨乳化的类型 | 26 |
| 复习思考题一 | 27 |

第 2 章 水墨平衡与润湿控制 29

| | |
|---------------------|----|
| 2.1 ▶ 印版的表面状态 | 29 |
|---------------------|----|

| | | |
|------------|--------------------|----|
| 2.1.1 | PS 版 | 29 |
| 2.1.2 | 锌版 | 30 |
| 2.1.3 | 多层金属版 | 31 |
| 2.1.4 | 纸基版 | 31 |
| 2.1.5 | 蛋白版 | 32 |
| 2.1.6 | 印版的亲油基础 | 32 |
| 2.2 | ▶ 润湿印版基本原理 | 32 |
| 2.2.1 | 具有极性的水分子 | 32 |
| 2.2.2 | 油具有非极性 | 33 |
| 2.2.3 | 油水几乎不相溶 | 34 |
| 2.2.4 | 选择性吸附原理 | 35 |
| 2.3 | ▶ 接触角的测量方法 | 35 |
| 2.3.1 | 角度测量法 | 36 |
| 2.3.2 | 长度测量法 | 36 |
| 2.4 | ▶ 水墨平衡原理 | 37 |
| 2.4.1 | 润湿印版的作用 | 37 |
| 2.4.2 | 静态水墨平衡 | 38 |
| 2.4.3 | 动态水墨平衡 | 38 |
| 2.5 | ▶ 润湿液 | 39 |
| 2.5.1 | 普通润湿液 | 40 |
| 2.5.2 | 乙醇润湿液 | 42 |
| 2.5.3 | 非离子型表面活性剂润湿液 | 42 |
| 2.6 | ▶ PS 版润湿液 | 43 |
| 2.6.1 | 柠檬酸的作用 | 44 |
| 2.6.2 | 表面活性剂的作用 | 44 |
| 2.7 | ▶ 亲水胶体作用 | 45 |
| 2.7.1 | 阿拉伯树脂 | 45 |
| 2.7.2 | 羧基甲基纤维素 | 45 |
| 2.8 | ▶ 润湿液的 pH 值 | 46 |
| 2.8.1 | 润湿液 pH 值对油墨转移效果的影响 | 46 |
| 2.8.2 | pH 值及其测定方法 | 47 |
| 2.9 | ▶ 润湿液浓度的控制 | 48 |
| 2.9.1 | 原液加放量的因素 | 48 |
| 2.9.2 | 润湿液中原液浓度的控制 | 49 |
| | 复习思考题二 | 49 |

第 3 章 平张纸输送与纸带张力控制

51

| | | |
|------------|-----------------------------|----|
| 3.1 | ▶ 平张纸输纸机的工作循环及机构运动状态 | 51 |
| 3.2 | ▶ 运动循环时间的确定 | 53 |
| 3.2.1 | 递纸吸嘴放纸时刻 | 54 |
| 3.2.2 | 递纸吸嘴前进的时刻 | 54 |

| | | |
|--------|---------------------------|----|
| 3.2.3 | 接纸轮抬起与压在接纸辊上的时刻 | 54 |
| 3.2.4 | 前齐纸块倾倒和直立时刻 | 55 |
| 3.2.5 | 双张控制器摆动时刻 | 55 |
| 3.3 | ▶ 输纸步距的计算与定位控制 | 55 |
| 3.3.1 | 输纸步距的计算 | 55 |
| 3.3.2 | 定位纸张与下一张纸不碰侧规的条件 | 55 |
| 3.3.3 | 空张时纸张不相碰的条件 | 56 |
| 3.4 | ▶ 纸带张力自动控制与调节 | 57 |
| 3.4.1 | 纸带张力控制 | 57 |
| 3.4.2 | 运动部件间的纸带张力控制 | 57 |
| 3.5 | ▶ 纸卷的制动原理 | 59 |
| 3.5.1 | 纸卷制动的的基本方程 | 59 |
| 3.5.2 | 纸卷打开过程的力学分析 | 60 |
| 3.5.3 | 纸卷制动的计算步骤 | 63 |
| 3.6 | ▶ 纸卷制动的方式及张力自动控制 | 64 |
| 3.6.1 | 纸卷制动的方式 | 64 |
| 3.6.2 | 固定带圆周制动器的计算 | 66 |
| 3.6.3 | 张力自动控制系统 | 67 |
| 3.7 | ▶ 纸带减振原理 | 69 |
| 3.7.1 | 减振器的作用 | 69 |
| 3.7.2 | 减振器的力学分析 | 69 |
| 3.8 | ▶ 纸带引导系统 | 73 |
| 3.8.1 | 纸带运动的路线和导纸辊 | 73 |
| 3.8.2 | 纸带转向装置 | 74 |
| 3.8.3 | 纸带纵向位置调节机构与纸带自动套准系统 | 76 |
| 3.8.4 | 自动穿纸装置 | 78 |
| 复习思考题三 | | 79 |

第 4 章 印刷压力计算与选择

80

| | | |
|-------|---------------------|----|
| 4.1 | ▶ 压力的评定方法 | 80 |
| 4.2 | ▶ 压力与油墨转移 | 82 |
| 4.3 | ▶ 印刷压力的计算 | 82 |
| 4.3.1 | 平压平型 | 83 |
| 4.3.2 | 圆压平型 | 83 |
| 4.3.3 | 圆压圆型 | 85 |
| 4.3.4 | 圆压平与圆压圆的压力比较 | 86 |
| 4.4 | ▶ 压力分布曲线的作图方法 | 86 |
| 4.4.1 | 压力的分布作图方法 | 87 |
| 4.4.2 | 压力的测量 | 88 |
| 4.5 | ▶ 辊筒半径与印刷品质量 | 90 |
| 4.6 | ▶ 辊筒速度与速差 | 92 |

| | | |
|-------|------------------------|-----|
| 4.6.1 | 线速度与角速度 | 92 |
| 4.6.2 | 速差 | 93 |
| 4.7 | ▶ 保持最小速差的方法 | 96 |
| 4.7.1 | 接触弧滑动量的计算 | 96 |
| 4.7.2 | 滑动量的分析 | 100 |
| 4.7.3 | 辊筒之间的摩擦 | 101 |
| 4.7.4 | 用速差曲线解析 λ 值的分配 | 102 |
| 4.7.5 | λ 值分配原则 | 102 |
| | 复习思考题四 | 103 |

第 5 章

图文变形与相对位移

106

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| 5.1 | ▶ 印版的变形 | 106 |
| 5.1.1 | 弯曲变形 | 106 |
| 5.1.2 | 拉伸变形 | 107 |
| 5.1.3 | 其他变形 | 108 |
| 5.2 | ▶ 接触弧上的相对位移 | 108 |
| 5.2.1 | 圆压平 | 108 |
| 5.2.2 | 圆压圆 | 110 |
| 5.2.3 | 相对位移与印迹变形 | 111 |
| 5.2.4 | 接触宽度上滑移量的计算 | 113 |
| 5.3 | ▶ 辊筒包衬的性能分析 | 114 |
| 5.3.1 | 包衬的性质 | 114 |
| 5.3.2 | 包衬的印刷性能 | 115 |
| 5.4 | ▶ 包衬厚度与相对位移 | 116 |
| 5.4.1 | Z 值大小与图文变形的关系 | 116 |
| 5.4.2 | 圆压平印刷机上的辊筒包衬 | 118 |
| 5.4.3 | 圆压圆印刷机的包衬厚度 | 120 |
| 5.4.4 | 图文变形量的计算 | 121 |
| 5.5 | ▶ 辊筒滚压中的摩擦力及其分配转化 | 122 |
| 5.5.1 | 滚压中的摩擦力及其方向 | 122 |
| 5.5.2 | 包衬的表、背面摩擦 | 124 |
| 5.6 | ▶ 摩擦的危害与减少摩擦的方法 | 125 |
| 5.6.1 | 摩擦的害处 | 125 |
| 5.6.2 | 减少摩擦的基本方法 | 126 |
| | 复习思考题五 | 126 |

第 6 章

油墨转移方程及其应用

128

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 6.1 | ▶ 输墨装置的性能指标 | 128 |
| 6.1.1 | 着墨系数 | 128 |
| 6.1.2 | 匀墨系数 | 128 |

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 6.1.3 | 打墨线数 | 129 |
| 6.1.4 | 储墨系数 | 129 |
| 6.1.5 | 着墨率 | 129 |
| 6.2 | ▶ 油墨的传递转移 | 130 |
| 6.2.1 | 给墨 | 130 |
| 6.2.2 | 油墨分配及其计算 | 131 |
| 6.2.3 | 油墨转移行程 | 134 |
| 6.2.4 | 油墨转移率及其测试 | 136 |
| 6.3 | ▶ 油墨转移方程的建立 | 137 |
| 6.3.1 | 油墨转移方程的建立 | 137 |
| 6.3.2 | 油墨转移方程的应用 | 138 |
| 6.4 | ▶ 方程的参数赋值 | 140 |
| 6.4.1 | 近似法 | 140 |
| 6.4.2 | 实验法 | 142 |
| 6.4.3 | 逼近法 | 144 |
| 6.4.4 | 三角形形心法 | 146 |
| 6.4.5 | 优化法 | 147 |
| 6.5 | ▶ 方程的修正 | 149 |
| 6.5.1 | 二次项修正法 | 149 |
| 6.5.2 | 指数修正法 | 150 |
| 6.5.3 | 扩大系数修正法 | 150 |
| 6.5.4 | 概率分布修正法 | 151 |
| 6.5.5 | 纸面形状修正法 | 153 |
| 6.6 | ▶ 影响油墨转移的因素 | 157 |
| 6.6.1 | 承印材料 | 157 |
| 6.6.2 | 印版 | 157 |
| 6.6.3 | 机器的结构 | 158 |
| 6.6.4 | 印刷速度 | 158 |
| 6.6.5 | 印刷压力 | 158 |
| 6.6.6 | 油墨的流动性 | 159 |
| 6.7 | ▶ 胶印的油墨转移 | 160 |
| 6.7.1 | 胶印模式 | 160 |
| 6.7.2 | 普通胶印的油墨转移 | 161 |
| 6.7.3 | 墨辊供水式胶印 | 163 |
| | 复习思考题六 | 164 |

第 7 章 颜色复制与灰平衡

166

| | | |
|-------|------------|-----|
| 7.1 | ▶ 印刷复制工艺流程 | 166 |
| 7.1.1 | 胶印的特点 | 166 |
| 7.1.2 | 工艺流程 | 167 |
| 7.2 | ▶ 颜色方程 | 169 |
| 7.2.1 | 网点与色彩再现 | 169 |

| | | |
|-------|----------------|-----|
| 7.2.2 | 网点角度的影响 | 169 |
| 7.2.3 | 网点并列 | 171 |
| 7.2.4 | 网点叠合 | 172 |
| 7.2.5 | 网点并列与叠合 | 173 |
| 7.3 | ▶ 彩色复制方程 | 173 |
| 7.3.1 | 原稿与印刷品密度的关系 | 173 |
| 7.3.2 | 彩色复制方程 | 174 |
| 7.4 | ▶ 印刷工艺对网点传递的影响 | 175 |
| 7.4.1 | 印版的润湿与上墨 | 175 |
| 7.4.2 | 墨层厚度 | 177 |
| 7.4.3 | 调值增大 | 177 |
| 7.5 | ▶ 相对反差 | 178 |
| 7.5.1 | 反差计算 | 179 |
| 7.5.2 | 反差计算尺 | 179 |
| 7.6 | ▶ 中性灰 | 179 |
| 7.6.1 | 灰平衡方法 | 180 |
| 7.6.2 | END方法 | 181 |
| | 复习思考题七 | 183 |

第 8 章

凹印、柔印和网印的油墨转移

184

| | | |
|-------|--------------|-----|
| 8.1 | ▶ 凹版印刷的油墨转移 | 184 |
| 8.1.1 | 凹版的网穴 | 185 |
| 8.1.2 | 凹版印刷的油墨传输 | 187 |
| 8.1.3 | 凹版印刷的油墨转移 | 189 |
| 8.1.4 | 凹版印刷的油墨干燥 | 192 |
| 8.2 | ▶ 柔性版印刷的油墨转移 | 193 |
| 8.2.1 | 柔性版印刷的阶调再现 | 193 |
| 8.2.2 | 网纹辊对油墨转移的影响 | 195 |
| 8.2.3 | 柔性版变形的尺寸补偿 | 199 |
| 8.2.4 | 柔性版油墨的印刷适性 | 200 |
| 8.2.5 | 柔性版印刷的印刷色序 | 202 |
| 8.3 | ▶ 网版印刷的油墨转移 | 203 |
| 8.3.1 | 网版 | 203 |
| 8.3.2 | 刮板 | 206 |
| 8.3.3 | 丝网印刷工艺参数的确定 | 208 |
| | 复习思考题八 | 211 |

第 9 章

印刷过程中的现象与温湿度

212

| | | |
|-------|----------------|-----|
| 9.1 | ▶ 油墨的雾散 (墨雾) | 212 |
| 9.1.1 | 产生原因 | 212 |

| | | |
|-------|---------------|-----|
| 9.1.2 | 影响因素 | 212 |
| 9.2 | ▶ 叠印 | 214 |
| 9.2.1 | 影响因素 | 214 |
| 9.2.2 | 叠印率 | 215 |
| 9.3 | ▶ 透映与反印 | 215 |
| 9.3.1 | 透映 | 215 |
| 9.3.2 | 反印 | 216 |
| 9.4 | ▶ 剥纸 | 216 |
| 9.4.1 | 剥纸现象 | 216 |
| 9.4.2 | 影响剥纸的因素 | 217 |
| 9.5 | ▶ 胶辊、橡胶布的正确使用 | 220 |
| 9.5.1 | 胶辊的故障及其排除 | 220 |
| 9.5.2 | 橡胶布的正确使用 | 221 |
| 9.6 | ▶ 相对湿度与纸张油墨 | 221 |
| 9.6.1 | 相对湿度 | 221 |
| 9.6.2 | 纸张含水量对印刷品的影响 | 222 |
| 9.6.3 | 纸张的适性处理 | 223 |
| 9.6.4 | 温湿度对油墨的影响 | 224 |
| 9.7 | ▶ 静电的产生及其消除 | 225 |
| 9.7.1 | 物质带电机理 | 225 |
| 9.7.2 | 消除静电的原理和方法 | 227 |
| 9.7.3 | 静电的危害 | 228 |
| 9.7.4 | 静电危害的消除方法 | 229 |
| | 复习思考题九 | 231 |

第10章

印刷过程控制与质量评价

233

| | | |
|--------|--------------|-----|
| 10.1 | ▶ 网点 | 234 |
| 10.1.1 | 网点的计算方法 | 234 |
| 10.1.2 | 网点的传递与网点增大值 | 235 |
| 10.1.3 | 网点面积与密度的关系 | 238 |
| 10.2 | ▶ 墨量的监控及网点增大 | 242 |
| 10.2.1 | 墨层厚度的控制 | 242 |
| 10.2.2 | 网点增大值计算 | 243 |
| 10.3 | ▶ 印刷测试条 | 243 |
| 10.3.1 | 布鲁纳尔第一代测试条 | 243 |
| 10.3.2 | 布鲁纳尔第二代测试条 | 246 |
| 10.3.3 | 格雷达固彩色测试条 | 247 |
| 10.3.4 | 哈特曼印刷控制条 | 248 |
| 10.4 | ▶ 印刷过程质量控制系统 | 248 |
| 10.4.1 | 墨量监控与套准控制 | 249 |
| 10.4.2 | 印版图像数据获取与存储 | 250 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 10.5 ▶ 图像复制质量的评价 | 252 |
| 10.5.1 图像复制质量的评价方法 | 252 |
| 10.5.2 印刷品质量的综合评价方法 | 254 |
| 10.5.3 数据化评价方法 | 259 |
| 复习思考题十 | 263 |

第11章 印刷作业与故障分析

265

| | |
|------------------------|-----|
| 11.1 ▶ 印刷色序 | 265 |
| 11.1.1 单色机印刷 | 265 |
| 11.1.2 双色机印刷 | 266 |
| 11.1.3 四色机印刷 | 266 |
| 11.2 ▶ 样张观察 | 267 |
| 11.2.1 试印样张观察 | 267 |
| 11.2.2 印刷阶段的观察检查 | 268 |
| 11.2.3 控制水墨的变化 | 269 |
| 11.3 ▶ 水墨平衡的监控 | 270 |
| 11.3.1 水分不当的弊病 | 270 |
| 11.3.2 水墨关系 | 270 |
| 11.3.3 水量大小与控制 | 271 |
| 11.4 ▶ 输纸 | 272 |
| 11.4.1 纸张堆垛准备 | 273 |
| 11.4.2 输纸过程中纸垛高低 | 273 |
| 11.4.3 输纸器的操作 | 274 |
| 11.5 ▶ 机器运行 | 276 |
| 11.5.1 机器的日常检查 | 276 |
| 11.5.2 机器的润滑 | 277 |
| 11.6 ▶ 其他作业 | 279 |
| 11.6.1 配色记录与样张保存 | 279 |
| 11.6.2 墨的流变控制 | 279 |
| 11.6.3 墨辊脱墨 | 280 |
| 11.6.4 水墨补充 | 280 |
| 11.6.5 清洗橡胶布 | 280 |
| 11.6.6 擦版 | 280 |
| 11.6.7 检查机器 | 280 |
| 11.7 ▶ 故障分析与处理 | 280 |
| 复习思考题十一 | 286 |

第12章 网点印花

288

| | |
|-------------------|-----|
| 12.1 ▶ 印花工艺 | 288 |
| 12.1.1 丝网印花 | 288 |

| | | |
|--------|-----------------------|-----|
| 12.1.2 | 转移印花 | 289 |
| 12.1.3 | 直接印花 | 289 |
| 12.1.4 | 半色调网点印花 | 289 |
| 12.2 | ▶ 原色染料的筛选 | 290 |
| 12.2.1 | 光谱法筛选 | 291 |
| 12.2.2 | 原色染料的主波长与色纯度 | 291 |
| 12.2.3 | 原色染料的评价方法 | 292 |
| 12.3 | ▶ 织物表面光学性能 | 292 |
| 12.3.1 | 织物光泽感空间模型 | 292 |
| 12.3.2 | 光泽度对色度的影响 | 294 |
| 12.4 | ▶ 织物组织结构对网点印花呈色的影响 | 296 |
| 12.4.1 | 织物中毛细孔洞缝隙的基本特征 | 296 |
| 12.4.2 | 织物中各种孔隙率 | 296 |
| 12.4.3 | 织物中孔洞的描述指标 | 297 |
| 12.5 | ▶ 织物表面平滑度与印花平滑度 | 298 |
| 12.5.1 | 织物轮廓的平均算术偏差 | 298 |
| 12.5.2 | 织物印花平滑度与接触面积比 | 298 |
| 12.5.3 | 织物结构对印花网点的影响 | 299 |
| 12.6 | ▶ 织物润湿性能对网点渗化的影响 | 301 |
| 12.7 | ▶ 网点印花呈色数学模型 | 302 |
| 12.7.1 | 网点呈色基本原理 | 302 |
| 12.7.2 | 网点印花的数学描述 | 303 |
| 12.7.3 | 网点印花的数学模型 | 306 |
| 12.7.4 | 网点印花模型的求解方法 | 308 |
| 12.8 | ▶ 织物印花的色差评价 | 312 |
| 12.8.1 | 三倍标准差法 | 312 |
| 12.8.2 | 印花色差新坐标评价分析 | 313 |
| 12.9 | ▶ 网点印花工艺主要参数的确定 | 315 |
| 12.9.1 | 网版与分色片参数 | 315 |
| 12.9.2 | 印花压力、刮板角度与最佳适印距离、蒸洗参数 | 315 |
| | 复习思考题十二 | 316 |

附录

318

| | | |
|------|-------------|-----|
| 附录 1 | ▶ 印刷工艺学实验名称 | 318 |
| 附录 2 | ▶ 实验报告基本格式 | 318 |

参考文献

319

第 1 章 表面活性剂及其基本定理

1.1 表面活性剂的分子结构与分类

在通常情况下，能使溶液表面张力下降的物质称为表面活性物质。在诸多的表面活性物质中，当很低浓度的情况下，能显著降低液体表面张力或两相间界面张力的物质称为表面活性剂（surface active agents）。

1.1.1 结构特征

表面活性剂的分子结构由两部分组成：分子结构中含有一个对溶剂吸引力强的亲液基团和一个对溶剂几乎不具有吸引力的疏液基团。一般所用的溶剂为水，将易溶于水而具有亲水性质的极性基团称为亲水基；将不溶于水且易溶于油而具有亲油性质的非极性基团称为疏水基或亲油基。同时具有亲水和疏水基团的分子称为两亲分子（或称为双亲分子），因此，表面活性剂分子都是两亲化合物。疏水基通常是由长链烃基构成的非极性基团，可以是直链或带支链的脂肪烃基（烷基、烯基）、芳香烃基，有时是卤代烃基。而亲水基的种类繁多，差别较大。常见的亲水基有 $-\text{COONa}$ 、 $-\text{SO}_3\text{Na}$ 、 $-\text{OSO}_3\text{Na}$ 、 $-\text{OPO}(\text{ONa})_2$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{CN}$ 、 $-\text{SH}$ 、 $-\text{NHCONH}_2$ 、 $-\text{CH}_2\text{OCH}_2-$ 等极性基团。例如，人们日常生活中用的肥皂，主要成分是高级脂肪酸的钠盐，其分子式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ ，分子中 $-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ 为疏水的长链烃基， $-\text{COONa}$ 为亲水基。

1.1.2 分类

表面活性剂的分类方法很多，可按用途和化学结构进行分类，而最常用、最简便的分类方法是按其在水溶液中的离子特性来分类。当表面活性剂溶于水时，能够电离成离子的，称为离子型表面活性剂；而不能电离成离子，只能以分子状态存在的，称为非离子型表面活性剂。离子型表面活性剂还可按所生成具有表面活性作用的离子种类，分为阴离子型表面活性剂、阳离子型表面活性剂和两性离子型表面活性剂三种。

1.1.1.1 阴离子型表面活性剂

阴离子型表面活性剂（anionic surfactants、anionic surface active agents）是表面活性剂中历史最早、应用最久、种类最多、用途最广的，至今仍然是产量最高的一类表面活性剂。

阴离子型表面活性剂的结构特点是，当它溶解于水中时，与憎水基相连的起表面活性作用的亲水基团是阴离子。例如，肥皂的主要成分是高级脂肪酸的钠盐，当其溶于水中时发生电离，即：



其亲水端的一 COO^- 带负电荷。

属于这一类的表面活性剂有以下几种：羧酸盐 (RCOONa)，例如肥皂等；硫酸酯盐 (ROSO_3Na)，例如酰胺类和酯类的硫酸盐、烷基硫酸盐（脂肪醇硫酸酯）等；磺酸盐 (RSO_3Na)，例如烷基磺酸盐、烷基芳基磺酸盐、琥珀酸酯磺基衍生物等；磷酸酯盐 (ROPO_3Na_2)。

国内常见的商品有肥皂、太古油（土耳其红油）、拉开粉、渗透剂 M、渗透剂 OT、扩散剂 NNO、胰加漂 T、209 洗涤剂、雷米邦 A、净洗剂 LS、601 洗涤剂、合成洗涤剂、烷基苯磺酸钠、脂肪醇硫酸钠等。其中十二烷基苯磺酸钠是合成洗涤剂最主要的品种之一。

阴离子型表面活性剂具有乳化作用、润湿及渗透作用、去污及净洗作用。因此，阴离子型表面活性剂在麻的脱胶、绢纺原料的精练、羊毛的洗涤、炭化工艺以及经纱上浆工艺中都有广泛的应用，在使用中应注意以下几点。

(1) 阴离子型表面活性剂对碱性染料有中和、沉淀作用，因为碱性染料会产生正电荷，所以不能和碱性染料共用。

(2) 对阳离子型表面活性剂有中和、沉淀作用，因此也不能和阳离子型表面活性剂共用。

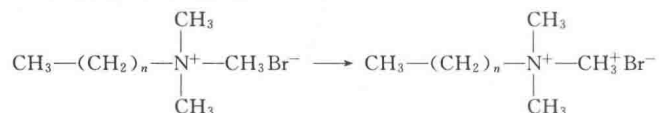
(3) 对纤维素纤维的亲合力较小，但对蛋白质纤维在酸性介质中有较强的亲合力。

1.1.1.2 阳离子型表面活性剂

阳离子型表面活性剂 (cationic surfactants、cationic surface active agents) 的应用历史、应用范围及其种类都不及阴离子型表面活性剂，但它所具有的特殊功能也是其他表面活性剂所不及的，因而阳离子型表面活性剂近年来发展较快。

阳离子型表面活性剂的结构特点是，当其溶解于水中时，发生电离，与憎水基相连的起表面活性作用的亲水基团是阳离子。阳离子型表面活性剂主要有高级烷基胺盐型和季铵盐型，其中季铵盐型应用较广。

例如，烷基三甲基溴化铵在水溶液中可电离成：



其亲水端的一 $\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ 带正电荷。

阳离子型表面活性剂具有乳化作用、柔软作用、抗静电作用、杀菌作用。可用于织物的特种整理和印刷的润湿液。还可作为织物防霉防蛀整理剂、防缩防皱抗菌卫生整理剂和抗静电剂等。例如，对锦纶、涤纶、腈纶等合成纤维有良好消除静电作用的抗静电剂 SN（十八烷基二甲基羟乙基季铵硝酸盐），即属于季铵盐型阳离子型表面活性剂。在市场上常见的商品有 1631 表面活性剂、1227 表面活性剂、索罗明 A、萨帕明 A、抗静电剂 SN、抗静电剂 TM 等。

在使用中应注意以下几点。

(1) 对直接染料、酸性染料有沉淀作用，因为这两种染料会产生负电荷，所以不能与这两类染料共用。但可作为固色剂，提高这两类染料的湿处理牢度。

(2) 不能与阴离子型表面活性剂共用，否则有沉淀作用，降低两者的表面活性。

(3) 对纤维素纤维有较强的亲合力，在中性和碱性介质中对蛋白质纤维亦有较强的亲合力。

1.1.1.3 两性离子型表面活性剂

两性离子型表面活性剂 (zwitterionic surfactants、amphoteric surface active agents) 是

指在一个分子结构中同时具有两种离子性质的表面活性剂。这两种离子的组合可能有以下三种情况。

- (1) 阴离子和阳离子组合, 如 $\text{R}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{N}^+}}-\text{CH}_2-\text{COO}^-$ 。
- (2) 阴离子和非离子组合, 如 $\text{R}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n\text{SO}_3^-$ 。
- (3) 阳离子和非离子组合, 如 $\text{R}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{N}^+}}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_m\text{H}$ 。

乙醇是一种特殊分子结构的两性离子型表面活性剂。其分子式为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, 烃基表现为非极性, 而羟基则表现为极性。在分类时把它划分为非离子型表面活性剂, 在胶印印刷时作为润湿液的主剂, 具有很好的对印版表面润湿的作用。

实际上, 通常所说的两性离子型表面活性剂是指亲水基团是由阴离子和阳离子结合在一起的表面活性剂。通常两性离子型表面活性剂中, 阳离子部分是胺盐和季铵盐, 阴离子部分是羧酸盐、磺酸盐和硫酸盐, 其中以羧酸盐阴离子和季铵盐阳离子构成的应用较广。例如, 二甲基十二烷基甜菜碱可用作洗涤剂、缩绒剂、染色助剂、纤维柔软剂和抗静电剂等。

两性离子型表面活性剂与一般的阴离子型、阳离子型和非离子型表面活性剂不同之处在于, 两性离子型表面活性剂中两种离子的强度往往不同, 在不同的介质条件下可以表现为阴离子型特性, 也可以表现为阳离子型特性。当溶液处于酸性介质条件下, 两性离子型表面活性剂中阴离子的数量多, 表现为阴离子型表面活性剂。由于两性离子型表面活性剂的分子中含有两种电性相反的离子性基团, 而在不同的介质条件下, 既可表现为阳离子性, 也可表现为阴离子性, 因此, 两性离子型表面活性剂与蛋白质一样, 也具有等电点 (isoelectric point)。当溶液处于等电点的介质条件下, 两性离子型表面活性剂表现为非离子型表面活性剂。不同结构类型的两性离子型表面活性剂的等电点如表 1-1 所示。利用两性离子型表面活性剂具有等电点的特性, 可对羊毛实施等电洗涤, 亦可对绢纺原料进行等电精练, 也可对印刷使用的润湿液浓度进行调节, 以利于充分发挥其润湿作用。

表 1-1 不同结构类型的两性离子型表面活性剂的等电点

| 类型 | 分子结构 | 烷基(R)含碳数 | 等电点(pH值) |
|----------|--|-----------------|----------|
| 氨基酸型 | $\text{R}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{CH}_2}{\text{N}^+}}-\text{COO}^-$ | C_{12} | 6.6~7.2 |
| | | C_{18} | 6.6~7.5 |
| 甜菜碱型(I) | $\text{R}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{N}^+}}-\text{CH}_2\text{COO}^-$ | C_{12} | 5.1~6.1 |
| | | C_{18} | 4.8~6.8 |
| 甜菜碱型(II) | $\text{R}-\overset{\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}}{\underset{\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}}{\text{N}^+}}-\text{CH}_2\text{COO}^-$ | C_{12} | 4.7~7.5 |
| | | C_{18} | 4.6~7.6 |

两性离子型表面活性剂有以下特性。

(1) 能和任何类型的表面活性剂混合使用。在酸性、碱性溶液中均可分散溶解并呈现良好的表面活性。

(2) 两性离子型表面活性剂除具有一般表面活性剂的润湿、乳化、洗涤等作用外，还有良好的杀菌作用，而且毒性极小，对皮肤的刺激轻微，故可用于食具杀菌、洗涤。

(3) 耐硬水，即使在多价金属离子存在的情况下，仍具有良好的洗涤性能。

1.1.1.4 非离子型表面活性剂

非离子型表面活性剂 (nonionic surfactants、nonionic surface active agents) 是使用范围仅次于阴离子型表面活性剂的一大类表面活性剂。非离子型表面活性剂的分子结构与离子型表面活性剂一样，也是由亲水基和疏水基两部分组成的。但其亲水基是由水中不电离的羟基和醚键组成的。属于这一类的表面活性剂主要有聚氧乙烯型和脂肪酸多元醇型两类。

在市场上常见的商品有平平加 O、乳化剂 OP、乳化剂 EL、TX-10、柔软剂 SC、柔软剂 1014、渗透剂 JFC、尼凡丁 AN、净洗剂 JU、净洗剂 105，净洗剂 6501 以及斯盘 (Span)、吐温 (Tween) 等。

非离子型表面活性剂的结构特点是，在水溶液中不起电离作用，因此对各种纤维均无亲和力和力。所以用后容易洗净，并且可与阴离子型或阳离子型表面活性剂混用，而不影响其表面活性。

非离子型表面活性剂通常具有乳化作用、渗透作用及洗涤作用。其特点如下。

- (1) 对各种纤维一般无亲和力。
- (2) 极易溶解于水，对酸、碱作用较稳定。
- (3) 可与各种类型的表面活性剂共用。

1.2 表面活性剂的基本性质

1.2.1 界面吸附、定向排列、胶束生成

表面活性剂是两亲分子，当两亲分子溶解于水中时，首先它的分子就被水所包围，其疏水基团一端被水分子排斥，亲水基团一端被水分子所吸引，而且吸引力大于排斥力。表面活性剂分子之所以能溶于水，就是因为其亲水基团与水的吸引力大于疏水基团与水的排斥力。表面活性剂在水中为了缓和其疏水基与水的排斥作用，它的分子就不得不停地转动，通过两个途径以达到稳定状态，如图 1-1 所示。第一个途径是把亲水基留在水中，疏水基伸向空气；另一个途径是使分子间的疏水基相互靠在一起，尽可能地减小疏水基和水的接触面积。第一种途径就是表面活性剂分子吸附于水面（或其他界面）而形成定向排列的单分子层；而第二种途径就是在水中形成胶束。

在图 1-1 中只画出两个表面活性剂分子在水中形成小型胶束的情况。如果增加水中表面活性剂的浓度，胶束就渐渐增加到几十个至几百个分子，最终形成正规的胶束。此时，疏水基完全被包在胶束内部，几乎和水脱离接触。由于只剩下亲水基方向朝外，因此，可以把它看成只是由亲水基组成的球状高分子，它与水没有任何排斥作用，所以使表面活性剂稳定地溶于水中。这也说明表面活性剂分子的疏水基和亲水基是构成界面吸附层（其结果是降低界面张力）、分子定向排列（按一定方向排列）以及形成胶束等现象的原因。