

“十三五”国家重点出版物出版规划项目



造纸及其装备科学技术丛书（中文版）

[ 第十一卷 ]

# 造纸Ⅲ 纸页完成

Papermaking  
Part III Finishing

[ 芬兰 ] Pentti Rautiainen 著

[ 中国 ] 何北海 文海平 刘文波 李湘红 胡剑榕 译



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

中芬合著 : 造纸及其装备科学技术丛书(中文版)第十一卷

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

# 造纸Ⅲ 纸页完成

Papermaking Part Ⅲ Finishing

[芬兰] Pentti Rautiainen 著

[中国] 何北海 文海平 刘文波 李湘红 胡剑榕 译

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

造纸Ⅲ 纸页完成 / (芬)罗裴迪

(Pentti Rautiainen)著;何北海等译. —北京:中国轻工业出版社,2017.6

(中芬合著造纸及其装备科学技术丛书;11)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5184-1102-3

I. ①造… II. ①罗…②何… III. ①造纸 IV.

①TS75

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第218283号

责任编辑:林媛

策划编辑:林媛 责任终审:滕炎福 封面设计:锋尚设计

版式设计:锋尚设计 责任校对:吴大鹏 责任监印:张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:三河市万龙印装有限公司

经销:各地新华书店

版次:2017年6月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.75

字数:454千字

书号:ISBN 978-7-5184-1102-3 定价:110.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

141238K4X101ZBW

# 中芬合著:造纸及其装备科学技术丛书(中文版)编辑委员会

名誉主任:杨 波 杨志海 余贻骥

顾问:(特聘中国工程院院士)

陈克复 孙优贤 柳百成 陈蕴博 姚 穆

主任:步正发

副主任:钱桂敬

委员:(按姓氏拼音排序)

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 步正发 | 巴云平 | 才大颖 | 曹春昱 | 曹朴芳 | 曹振雷 |
| 陈鄂生 | 陈洪国 | 陈嘉川 | 陈克复 | 陈小康 | 陈永林 |
| 陈蕴博 | 程言君 | 崔棣章 | 杜荣荣 | 樊 燕 | 范 泽 |
| 房桂干 | 顾民达 | 郭海泉 | 郭永新 | 何维忠 | 侯庆喜 |
| 胡 楠 | 胡宗渊 | 黄孝全 | 黄运基 | 贾克勤 | 江化民 |
| 江曼霞 | 姜丰伟 | 邝仕均 | 李 平 | 李 耀 | 李朝旺 |
| 李发祥 | 李国都 | 李洪法 | 李洪信 | 李建国 | 李建华 |
| 李金良 | 李威灵 | 李祥凌 | 李有元 | 李志健 | 李忠正 |
| 林 媛 | 林美婵 | 林昭远 | 刘焕彬 | 刘铸红 | 柳百成 |
| 陆文荣 | 马明刚 | 马思一 | 马志明 | 牛 量 | 牛庆民 |
| 庞景方 | 彭葵生 | 戚永宜 | 钱桂敬 | 裘 峥 | 邵爱民 |
| 沈 滨 | 沈根莲 | 宋鸿林 | 孙润仓 | 孙树建 | 孙优贤 |
| 孙有根 | 谭国民 | 田立忠 | 童来明 | 王淼辉 | 王维俭 |
| 王永平 | 徐 林 | 徐正源 | 许本棋 | 许超峰 | 许连捷 |
| 杨 旭 | 杨延良 | 姚 穆 | 姚献平 | 于 宏 | 于学军 |
| 袁晓宇 | 张 辉 | 张 磊 | 张 亮 | 张 熙 | 张 茵 |
| 张国安 | 张美云 | 张新平 | 张战营 | 赵 伟 | 赵传山 |
| 赵志顺 | 詹怀宇 | 郑 晓 | 钟侠瑞 | 周景辉 | 朱根荣 |

主 编:胡 楠

副 主 编:姜丰伟 曹振雷 曹朴芳

# 序

芬兰造纸科学技术水平处于世界前列,近期修订出版了《造纸科学技术丛书》。该丛书共 20 卷,涵盖了产业经济、造纸资源、制浆造纸工艺、环境控制、生物质精炼等科学技术领域,引起了我们业内学者、企业家和科技工作者的关注。

姜丰伟、曹振雷、胡楠三人与芬兰学者马格努斯·丹森合著的该丛书第一卷“制浆造纸经济学”中文版将于 2012 年出版。该书在翻译原著的基础上加入中方的研究内容;遵循产学研相结合的原则,结合国情从造纸行业的实际问题出发,通过调查研究,以战略眼光去寻求解决问题的路径。

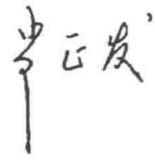
这种合著方式的实践使参与者和知情者得到启示,产生了把这一工作扩展到整个丛书的想法,并得到了造纸协会和学会的支持,也得到了芬兰造纸工程师协会的响应。经研究决定,从芬方购买丛书余下十九卷的版权,全部译成中文,并加入中方撰写的书稿,既可以按第一卷“同一本书”的合著方式出版,也可以部分卷书为芬方原著的翻译版,当然更可以中方独立撰写若干卷书,但从总体上来说,中文版的丛书是中芬合著。

该丛书为“中芬合著:造纸及其装备科学技术丛书(中文版)”,增加“及其装备”四字是因为芬方原著仅从制浆造纸工艺技术角度介绍了一些装备,而对装备的研究开发、制造和使用的系统理论、结构和方法等方面则写得很少,想借此机会“检阅”我们造纸及其装备行业的学习、消化吸收和自主创新能力,同时体现对国家“十二五”高端装备制造业这一战略性新兴产业的重视。因此,上述独立撰写的若干卷书主要是装备。初步估计,该“丛书”约 30 卷,随着合著工作的进展可能稍许调整和完善。

中芬合著“丛书”中文版的工作量大,也有较大的难度,但对造纸及其装备行业的意义是显而易见的:首先,能为业内众多企业家、科技工作者、教师和学生提供学习和借鉴的平台,体现知识对行业可持续发展的贡献;其次,对我们业内学者的学术成果是一次展示和评价,在学习国外先进科学技术的基础上,不断提升自主创新能力,推动行业的科技进步;第三,对我国造纸及其装备行业教科书的更新也有一定的促进作用。

显然,组织实施这一“丛书”的撰写、编辑和出版工作,是一个较大的系统工程,将在该产业的发展史上留下浓重的一笔,对轻工其他行业也有一定的

借鉴作用。希望造纸及其装备行业的企业家和科技工作者积极参与,以严谨的学风精心组织、翻译、撰写和编辑,以我们的艰辛努力服务于行业的可持续发展,做出应有的贡献。

中国轻工业联合会会长 

2011 年 12 月

中芬合著:造纸及其装备科学技术丛书(中文版)的出版  
得到了下列公司的支持,特在此一并表示感谢!





# 前 言

本书为芬兰《造纸科学与技术丛书》之《造纸Ⅲ 纸页完成》的中文版。本书所涉及的内容,是造纸工艺最后的一个重要过程,该过程的技术发展和进步越来越受到造纸工作者的关注。但由于传统造纸工艺的重点在于纸浆打浆和纸页抄造、压榨和干燥,对后续的纸页完成工艺在一般教科书中着墨甚少。本译著的完成希望为我国造纸工作者提供多一些纸页完成过程的工艺原理和设备操作的国外技术资料。

本书第1章压光由华南理工大学何北海教授(1.1~1.4)和轻工业杭州机电设计研究院文海平工程师(1.5~1.7)合作翻译;第2章卷取和复卷由广州造纸集团有限公司刘文波工程师和李湘红高级工程师[现任职安德里茨(中国)有限公司]共同翻译;第3章纸卷的包装和处理由华南理工大学何北海教授翻译;第4章纸页完成由福伊特造纸(中国)有限公司胡剑榕产品经理翻译。

由于纸页完成工艺涉及较多和较细的设备构造和操作知识,本人刚接到本书翻译任务时也深感这方面知识的不足。所幸有机会到有关造纸厂现场向工程技术人员请教,充实和更新知识。同时还得益于本课题组几位已毕业研究生的鼎力相助,他们从事造纸机械设计、制造和运行操作的实践经验,使本书的翻译工作得以完成。由于译者的学识水平特别是实际操作知识有限,翻译过程难免有不完善和差错之处,敬请读者批评指正。

在本书完稿之际,感谢参与本书翻译工作的几位硕士毕业生,也藉此祝愿这些年轻的造纸工作者能继往开来,不断进步。同时感谢杨旭教授级高工,他提供的翻译意见使我受益匪浅;还要感谢林媛女士和各位编审,她们付出的辛勤劳动使本书得以顺利出版。

何北海  
2016. 03



# 目 录

## CONTENTS

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第①章 压光             | 1  |
| 1.1 导言             | 1  |
| 1.1.1 压光简介         | 1  |
| 1.1.2 压光的历史        | 2  |
| 1.1.3 目前发展趋势       | 3  |
| 1.2 压光工艺           | 4  |
| 1.2.1 压光的基本原理      | 4  |
| 1.2.2 压光机参数        | 4  |
| 1.2.3 纸页的塑性        | 7  |
| 1.2.4 压光过程模拟       | 10 |
| 1.3 压光机类型          | 15 |
| 1.3.1 硬压区压光机       | 15 |
| 1.3.2 软压光机         | 19 |
| 1.3.3 超级压光机        | 23 |
| 1.3.4 多压区压光机       | 27 |
| 1.3.5 靴形压区压光机      | 30 |
| 1.3.6 金属带压光机       | 31 |
| 1.3.7 特种压光机        | 33 |
| 1.4 压光工艺的应用领域      | 35 |
| 1.4.1 含机械木浆的纸种     | 35 |
| 1.4.2 化学浆纸种        | 41 |
| 1.4.3 容器用纸板        | 44 |
| 1.4.4 盒用纸板         | 45 |
| 1.4.5 特种纸:离型和涂布标签纸 | 47 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 1.5 压光机的结构 .....                | 48  |
| 1.5.1 压光机的机架与加载 .....           | 48  |
| 1.5.2 纸幅调质器 .....               | 64  |
| 1.5.3 机内压光的引纸 .....             | 67  |
| 1.5.4 机外压光机中的引纸装备 .....         | 73  |
| 1.5.5 加热与冷却系统 .....             | 74  |
| 1.5.6 液压、电动和气动(HEP)控制面板 .....   | 77  |
| 1.5.7 辅助设备 .....                | 77  |
| 1.5.8 退纸与卷纸 .....               | 80  |
| 1.6 过程控制与自动化 .....              | 82  |
| 1.6.1 机械自动化 .....               | 84  |
| 1.6.2 在线测量 .....                | 87  |
| 1.6.3 质量控制与实施 .....             | 90  |
| 1.7 压光机的运行性能 .....              | 98  |
| 1.7.1 停机 .....                  | 99  |
| 1.7.2 条纹振动 .....                | 99  |
| 1.7.3 纸幅断头 .....                | 100 |
| 参考文献 .....                      | 102 |
| 第②章 卷取与复卷 .....                 | 107 |
| 2.1 概述 .....                    | 107 |
| 2.2 造纸过程中的卷取与复卷 .....           | 108 |
| 复卷要求 .....                      | 108 |
| 2.3 纸页性质对复卷的影响 .....            | 109 |
| 2.4 复卷对纸页性质的影响 .....            | 110 |
| 2.4.1 纸卷性质的测量 .....             | 111 |
| 2.4.2 智能辊技术 .....               | 113 |
| 2.4.3 卷取与复卷的智能辊 .....           | 114 |
| 2.4.4 基于纸幅张力曲线测量与控制的智能辊 .....   | 115 |
| 2.4.5 为过程分析和维护服务的便携式智能辊技术 ..... | 115 |
| 2.4.6 横幅曲线在线控制 .....            | 116 |
| 2.5 卷取 .....                    | 118 |
| 2.5.1 卷取过程 .....                | 118 |

|        |                    |     |
|--------|--------------------|-----|
| 2.5.2  | 卷取类型和设计 .....      | 128 |
| 2.5.3  | 生产效率 .....         | 137 |
| 2.5.4  | 母卷处理 .....         | 141 |
| 2.6    | 复卷 .....           | 143 |
| 2.6.1  | 复卷的功能 .....        | 145 |
| 2.6.2  | 纸幅舒展 .....         | 147 |
| 2.6.3  | 复卷机的自动控制方式 .....   | 152 |
| 2.7    | 复卷机种类 .....        | 155 |
| 2.7.1  | 双底辊复卷机 .....       | 155 |
| 2.7.2  | 多站式复卷机 .....       | 161 |
| 2.7.3  | 纸种对复卷造成的挑战 .....   | 168 |
| 2.7.4  | 发展趋势 .....         | 170 |
| 2.8    | 复卷理论背景与原理 .....    | 171 |
| 2.8.1  | 实用复卷工具 .....       | 171 |
| 2.8.2  | 复卷模型 .....         | 174 |
|        | 参考文献 .....         | 178 |
| 第③章    | 纸卷的包装与处理 .....     | 180 |
| 3.1    | 引言 .....           | 180 |
| 3.2    | 造纸厂的纸卷处理 .....     | 181 |
| 3.2.1  | 复卷区域布置 .....       | 181 |
| 3.2.2  | 布局的思考 .....        | 184 |
| 3.2.3  | 不同布置中的垂直输运 .....   | 186 |
| 3.2.4  | 纸卷分类 .....         | 186 |
| 3.2.5  | 标签定向 .....         | 187 |
| 3.2.6  | 自动储存 .....         | 187 |
| 3.2.7  | 纸卷的翻转和竖立 .....     | 190 |
| 3.2.8  | 用于竖立纸卷的平端输送带 ..... | 191 |
| 3.2.9  | 纸卷装运 .....         | 191 |
| 3.2.10 | 自动货车装载 .....       | 192 |
| 3.3    | 纸卷包装 .....         | 192 |
| 3.3.1  | 纸卷的防护 .....        | 192 |
| 3.3.2  | 纸卷的包裹方式 .....      | 196 |
| 3.3.3  | 多站式包装机 .....       | 198 |
| 3.3.4  | 单站包装机 .....        | 203 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 3.3.5 拉伸膜包装机 .....            | 203 |
| 3.3.6 包装材料 .....              | 204 |
| 3.4 过程管理 .....                | 206 |
| 3.4.1 概述 .....                | 206 |
| 3.4.2 系统结构 .....              | 206 |
| 3.4.3 卷纸和复卷 .....             | 207 |
| 3.4.4 纸卷跟踪 .....              | 207 |
| 3.4.5 中转存储 .....              | 207 |
| 3.4.6 包装 .....                | 208 |
| 3.4.7 纸卷分类 .....              | 208 |
| 3.4.8 仓库 .....                | 208 |
| 3.4.9 运输 .....                | 209 |
| 3.4.10 报告 .....               | 209 |
| 3.4.11 远程联系 .....             | 209 |
| 参考文献 .....                    | 209 |
| 第④章 纸页的完成 .....               | 211 |
| 4.1 引言 .....                  | 211 |
| 4.1.1 平板纸及其完成 .....           | 211 |
| 4.1.2 世界平板纸和纸板产量 .....        | 213 |
| 4.2 平板纸的技术参数及其原料 .....        | 214 |
| 4.2.1 平板纸完成产品 .....           | 214 |
| 4.2.2 平板纸完成的原料 .....          | 216 |
| 4.3 平板纸完成工艺和设备 .....          | 218 |
| 4.3.1 平板纸裁切工艺 .....           | 219 |
| 4.3.2 切纸机的典型特征及其选型的影响因素 ..... | 227 |
| 4.4 平板纸的包装 .....              | 235 |
| 4.4.1 小裁纸的包装 .....            | 235 |
| 4.4.2 对开纸的纸令包装和纸箱包装 .....     | 236 |
| 4.4.3 堆码 .....                | 237 |
| 4.5 平板纸完成的其他工艺过程 .....        | 240 |
| 4.5.1 平板纸完成的辅助过程 .....        | 240 |
| 4.5.2 平板纸完成损纸和废料处理 .....      | 243 |
| 4.5.3 纸卷的储存和运输 .....          | 244 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 4.5.4 平板纸成品的储存 .....    | 245 |
| 4.5.5 平板纸完成厂的生产环境 ..... | 246 |
| 4.5.6 维护要求 .....        | 247 |
| 4.6 平板纸完成效率 .....       | 248 |
| 4.6.1 平板纸完成的产能 .....    | 248 |
| 4.6.2 平板纸完成的高效生产 .....  | 254 |
| 4.6.3 生产计划的原则和问题 .....  | 255 |
| 4.6.4 平板纸完成成本 .....     | 256 |
| 参考文献 .....              | 257 |
| 延伸阅读文献 .....            | 259 |
| 附录 .....                | 262 |
| 一、缩略语对照 .....           | 262 |
| 二、物理量符号定义 .....         | 263 |
| 三、单位换算 .....            | 264 |

# 第 1 章 压 光

## 1.1 导言

### 1.1.1 压光简介

纸页需经压光工序以满足涂布、印刷等后续加工的要求。在压光过程中,纸或纸板经过两压辊、多压辊或压辊/压带复合压光等压力作用后致其厚度减少。

压光过程以压力作用于纸页,通过热量、湿度或其他的变化来改善纸或纸板的模塑性能。简而言之,压光过程就是通过机械压力作用于纸或纸板改变其塑化特性,以达到减少其厚度的目的。

压光过程主要体现于纸幅在压区受到机械压力作用,一般用压区压力(nip pressure)、压区长度(nip length)或压力持续时间(duration of compression)来描述。纸或纸板塑化特性一般可用压光机的控制变量来表述,如压辊热量、纸或纸板进入压区前段湿度以及压光过程中加入水量等。压光过程是一个较为复杂的过程,涉及压区压力和纸页厚度变化等方面,虽然纸或纸板的塑化是我们非常需要的,但是想用简单的术语和一般适用理论解释是非常困难的,因而需要多种理论的集成。

如还想关注压光过程如何改变了纸页的厚度和平滑度等方面的理论,请留意:

- ① 压光辊表面对纸页的塑形;
- ② 纸页平面中材料的定向。

与湿纸幅压榨相比,纸或纸板压光时处于较低的湿含量,因而对压力有较好的适应性。如果以长久的变形为目标,则需要较高的压区压力。

一个典型的进展就是将压光机分为两组:即预压光和后压光。预压光的目的是为后续工序(如涂布等)对纸或纸板进行整饰;而后压光是对纸或纸板性能进行优化,为后续的印刷和纸加工服务。压光过程设计应把握一种平衡尺度,既希望通过压光改善纸页的表面性能,又要避免在纸页厚度减少时发生一些不良变化,如透明度降低、白度降低以及纸面变黑。

对于印刷纸和文化用纸,后压光往往采用典型的复合压区压光,使得纸页具有高质量的表面特性以适应印刷的要求。在这种情况下,主要关注点是优化纸页的表面性能。而对于预压光的配置,则采用相对简单的单压区压光。

压光机还有一个重要的作用,是保证纸或纸板生产线良好的安全运行特性。预压光可用于校正纸幅的横向分布以改善下道造纸工序的运行性能。后压光则通过调控纸幅的横向分布

为下一道工序操作奠定良好的基础,如调控纸幅的厚度横向分布和张力横向分布等,可对后续的纸幅卷取工序产生重要的影响。

压光操作本身也受到进入压光机纸页性能的极大影响,如纸页边缘破裂、孔洞、纸幅含水量等,这些因素会引起压光过程中纸幅起皱乃至断头。

1.1.2 压光的历史

自从有了造纸术后,用于改善纸页表面特性和平滑纸幅的技术就一直在应用。如早期手抄纸在干燥后就用光滑的石头(如玛瑙石、浮石等)磨光处理<sup>[1]</sup>。这种方法改善了纸页的光滑性和平整度。稍后,更均匀的纸幅表面整饰的工艺出现了,即把纸幅置于非常光滑的铜板之间,然后由水力驱动的锤和辊施加压力进行压光。这种用铜板在金属辊辅助下对纸幅施加多达20~30t压力的机器,可认为是历史上第一台压光机(见图1-1)。纸页经过3~4道辊压处理后,一般称为碾压纸(rolled paper),而对于经过更多道压光处理的纸页,则称为蜡光纸(glazed paper)<sup>[2]</sup>。

在19世纪初期,第一台造纸机以无端网开始造纸,此时的压光操作仍然是机外压光。1830年,一种可对连续纸幅进行压光的辊式压光机获得专利。与此同时,一种新的磨压辊方法也获得专利<sup>[3]</sup>。在19世纪中叶,第一台压光机安装在造纸机上,逐渐替代了纸幅机外压光整饰的需求。第一代的机械压光机至少配置两个硬质金属辊以构成压区。此后不久,发明了一种更为有效的超级压光工艺,这种工艺变换采用软辊和硬辊组成压区,纸页经过这种压光后获得较高的光泽度和平滑度。与原有的硬辊压光相比,由于超级压光中的软辊均衡了压区的压力,因而超级压光对纸幅的整饰性能更为均匀和有效。超级压光中的软辊是用天然纤维材料(如棉花或羊毛)充填制造的,即把许多天然纤维薄圆片穿在一根钢轴上,然后经高压锁紧制成软辊。由于这种充填软辊表面容易受纸幅上的瑕疵和破损的影响而留下印痕,因此必须经常更换。鉴于此种原因,超级压光机保持着机外压光的操作方式一直到150多年之后(参见图1-2)。

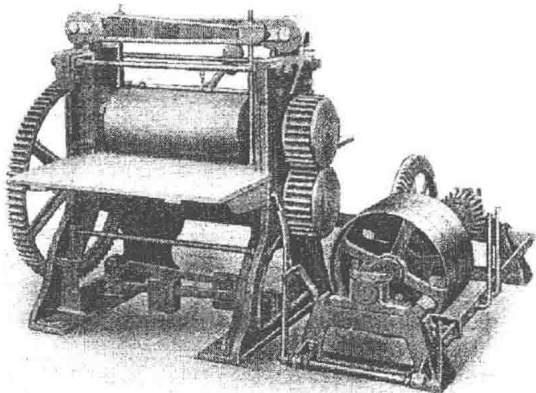


图 1-1 早期的金属板式压光机

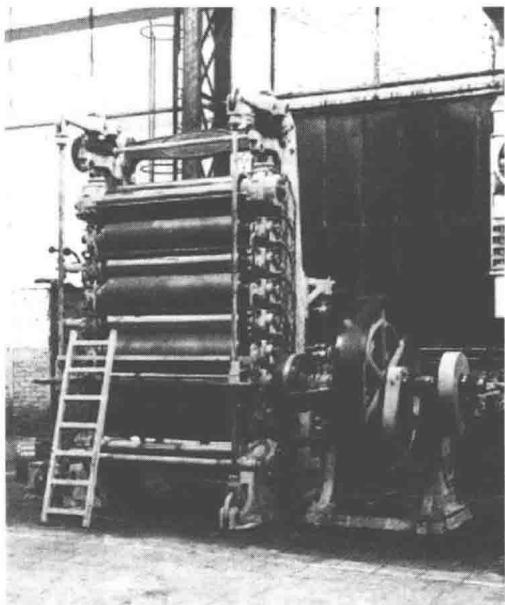


图 1-2 早期的超级压光机



在过去的二三十年中,硬辊压区机械压光和充填软辊超级压光占据了纸和纸板压光操作的主流。随着造纸机整体水平的发展和压光机及其主要元部件的改进,更宽幅和更高速度压光机已经研发出来了。挠度补偿辊的出现,避免了对压辊表面的损害,使采用更宽的负荷区域成为可能。加热硬辊的发明也使得增加压光过程温度成为可能。再如出现了便于换辊的方法以及纸幅断头时压辊迅速分离的技术等,众多的发明改善了机外超级压光过程的效率。然而,超级压光的充填辊仍受到提升压力负荷和速度等因素的限制。

高定量的纸种的压光采用较高的过程温度,这些通常靠使用软橡胶基包覆的抗压痕压辊来实现,这一过程则称为光泽压光。对于某些纸种,引入塑料聚合物包覆辊替代橡胶包覆辊,可以获得较高的压光压力。早在 20 世纪 80 年代初期,这些软压光就被用于亚光和半光纸的机内压光。在不到 20 年间,机内软压光已经成为对这些纸种压光的工业标准,以其弹性软压光区的特征将高效的在线压光过程和均匀的整饰结果完美结合。

进入 20 世纪 90 年代,压光辊的软包覆发展成熟,可以承受较高的负荷,并开始取代充填辊用于超级压光。原来使用充填辊时几乎每天都要换辊和磨辊,而使用包覆软辊后可以保持运行几个星期,此举大大提高了超级压光的效率。

在 20 世纪 90 年代中期,出现了复合压区压光,该技术采用聚合物辊以产生较高的温度和线性的压力,并首次被用于离线压光而替代超级压光。不久随着纸幅穿引系统的完善,这种压光机已经安装在造纸机内运行,从而实现了真正意义上的在线超级压光。今天,大多数纸种可以由在线压光来完成,甚至在高速纸机上也可以实现。

还有一项新的压光技术也是在 20 世纪 90 年代中期出现的,该技术将造纸机的靴形压区的压区延伸与软压光的高温操作相结合,被称作靴形压光。纸幅在高过程温度、长停留时间和低压区压力等综合因素下,实现了保留松厚度的压光理论目标。

在此基础上,一个完全新型的延伸宽压区压光(extended calendering)工艺在近年发展起来了。这种压光机的压区长达 1m,由一条加热的金属板带和一个加热压辊组成。与靴形压光相比,金属带宽压区压光的压力分布更为均匀,并可减少纸幅松厚度的降低。

### 1.1.3 目前发展趋势

在过去的 15 至 20 年间,不论是预压光和后压光技术均经历了重点变化。

对于预压光,已经采用宽压区压光来替代传统的单压区硬辊压光,并强调提升纸和纸板的性能。对于涂布纸板压光,采用这种强化的预压光配置取代扬克缸已经取得了提高纸页松厚度和生产产量的效益。

对于后压光,已经趋向于全部在线的解决方案,特别是对于印刷纸和书写纸。这种方案起始于全在线的超级压光纸生产线,进入 21 世纪时在低定量涂布纸生产线上达到高峰。在进入新世纪后,超级压光 A 级纸和全化学浆涂布纸的全在线压光生产线纷纷上马。这些成就使得在线压光机的运行速度从超级压光机的 600 ~ 700m/min 提升到复合压区压光机的 1900m/min,而纸页质量也保持了良好的水平。换句话说,这种惊人的速度变化大大带动了整个压光机领域的发展。从压光过程本身来说,通过技术革新也得到了极大的改善。如出现了温度梯度辊、湿度梯度辊以及具有长停留时间和高温特色的金属带式压光机。促进这些成就产生的重要技术之一,应归功于聚合物包覆塑性辊的引入和发展。原有用于超级压光机的充填辊受到自身的限制,使操作车速、负荷和温度只能达到适度的水平。聚合物材料及其制造技术和包覆辊结构设计的研发,使压区具有较少的滞后和发热,为高速、高负荷及高温压光机的应用铺平了道路。

值得一提的是多压区等压力负荷技术是多压区压光技术中最重要的发明之一。

## 1.2 压光工艺

纸页压光的主要目的是为下一道工序(如印刷和涂布)做准备,即纸页通过两辊之间的压光区域以获得预期的纸页性能。压力在压区施加,并伴有热能的作用,纸幅在此过程中被压缩其表面结构并得以平整。在此过程中,纸页发生了较大的永久性变化。随着所希望的纸页致密化性质(如粗糙度、孔隙率、吸收性和光泽度等)的改善,所对应一些纸页性能指标下降,如弯曲挺度以及白度、不透明度和黑变等光学性能。

### 1.2.1 压光的基本原理

如图 1-3 所示,压光的基本工艺参数和纸页性能指标共同决定了纸页的压缩程度和最终的纸页性能。影响纸页最终性能的压光工艺参数主要有压区压力、停留时间以及压光表面的粗糙程度。纸页的性能参数主要有纸页在压区的温度、湿含量、浆料配比以及纸页结构(如匀度、填料分布以及涂布层等)。

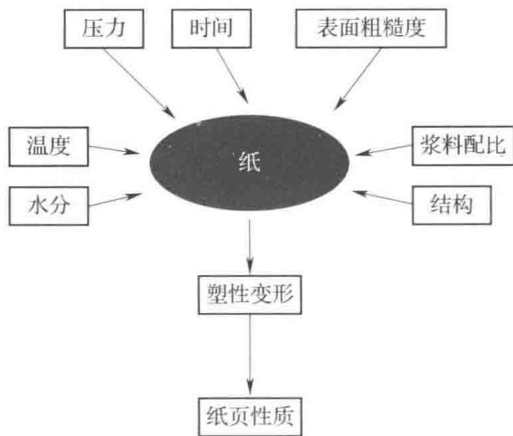


图 1-3 压光工艺基本参数方框图

### 1.2.2 压光机参数

压光机参数随压光机的典型结构不同而异。实际上,可调的参数包括压光区的类型(如辊压区、靴压区或带压区)、压辊材料和密度、压区数量、压光机车速和线压力负荷等。

#### 1.2.2.1 压区压力

压光区的压力平均值可用负荷系统施以的外力除以压区面积来计算。常用的压区压力单位是兆帕(MPa),一般压区压力的最大值可以从 0.2MPa(如一些带式压光机的压区)直至 100MPa(如一些硬辊压光机的压区),而软压区的压力最大值一般在 10MPa 至 60MPa 之间。

虽然压力是表征纸页在压区一个适用的物理参数特性,但在实际上也常常用线压负荷(外力除以压区的横向宽度)来替代。这实际的原因是压区确切的压力值常常是不知道的,因为纸机方向上压区的长度通常是随着压辊密度、压辊材料、施加外力以及纸页性能等的变化而变化,并非一个恒定值而是沿着纸机方向分布(参见 1.2.4.2 节)。通常使用的线压负荷单位为 kN/m,典型的线压负荷范围一般在 10kN/m 至 600kN/m。

一般来说,压力分布在纸页厚度方向是均匀的,纸页厚度可能的变化仅取决于纸页本身的性质。在纸页表面方向,由于纸页结构的不均匀性和纸页表面的不平整性,局部压力可能会有所不同。此外,压辊表面的一致性差异也会影响到纸页表面方向压力的变化(见图 1-4)。对于硬辊压区,所有的局部非均匀性被视为压力的变化;而对于软辊压区,软辊表面的部分变形平衡了由于局部不均匀性引起的压力波动。由此可知,硬压区压光只获得均匀的纸页厚度而并非均匀的纸页密度。对于软辊压光则相反,纸页获得更均一的密度而仍然保留不均匀的厚度。

一般来说,增加压区压力意味着成纸性能需要更致密的结构和更大的改善。图 1-5 所示