

“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）

[第二十一卷]

回收纤维与脱墨

Recycled
Fibre and Deinking

[芬兰] Ulrich Höke Samuel Schabel 著
[中国] 付时雨 余霁川 著
付时雨 张春辉 张文晖 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)第二十一卷

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

回收纤维与脱墨

Recycled Fibre and Deinking

[芬兰] Ulrich Höke Samuel Schabel 著

[中国] 付时雨 余霁川 著

付时雨 张春辉 张文晖 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

回收纤维与脱墨/(芬)郝优瑞,沙飒慕(Ulrich Höke, Samuel Schabel)等著;
付时雨,张春辉,张文晖译.—北京:中国轻工业出版社,2018.2

(中芬合著:造纸及其装备科学技术丛书:中文版;21)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5184-1656-1

I. ①回… II. ①郝… ②沙… ③付… ④张… ⑤张… III. ①废纸
处理②废纸脱墨 IV. ①X793②TS74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 252837 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:晋洁

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:2018年2月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:32.5

字数:811千字

书号:ISBN 978-7-5184-1656-1 定价:200.00元

邮购电话:010-65241695

发行电话:010-85119835 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

141224K4X101ZBW

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:杨志海 张崇和

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	樊 燕	范 泽	房桂干	顾民达
郭海泉	郭永新	何维忠	侯庆喜	胡 楠	胡蓉晖
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	李杰辉
李金良	李威灵	李祥凌	李有元	李志健	李忠正
梁 川	林 媛	林美婵	林昭远	刘焕彬	刘铸红
柳百成	陆文荣	马明刚	马艳玲	马志明	牛 量
牛庆民	庞景方	戚永宜	钱桂敬	钱 毅	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	王 根	王森辉
王维俭	王亚涛	王永平	徐 林	许本棋	许银川
许连捷	杨 旭	杨延良	姚 穆	姚献平	于 宏
于学军	袁同琦	袁晓宇	张 辉	张 磊	张 亮
张 熙	张 茵	张国安	张美云	张战营	赵 伟
赵传山	赵志顺	詹怀宇	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。

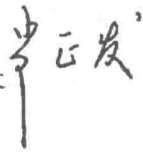
这种合著方式的实践使参与者和知情者得到启示,产生了把这一工作扩展到整个丛书的想法,并得到了造纸协会和学会的支持,也得到了芬兰造纸工程师协会的响应。经研究决定,从芬方购买丛书余下十九卷的版权,全部译成中文,并加入中方撰写的书稿,既可以按第一卷“同一本书”的合著方式出版,也可以部分卷书为芬方原著的翻译版,当然更可以中方独立撰写若干卷书,但从总体上来说,中文版的丛书是中芬合著。

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!



芬欧汇川集团



维美德集团



河南江河纸业有限责任公司



河南大指造纸装备集成工程有限公司



前 言

接到《中芬合著:造纸及其装备科学技术丛书(中文版)》编辑委员会的邀请,主持翻译由芬兰造纸工程师协会等出版的《造纸科学技术丛书》《回收纤维与脱墨》时,感觉压力很大。该书的翻译比想象中要难很多,这不仅是因为书的内容多,而且是有些术语也生疏。幸好有业界朋友无私相助,当遇到相关问题时,作者能够请教生产一线的技术人员,致使本书翻译和编写尽可能准确。希望此书的出版能够为造纸界的同行提供有用的知识,并有所帮助。

大家知道,回收纸是当前全球生产纸和纸板最重要的原料。回收纸的收集来自家庭、办公室,以及制品的包装、印刷、分发、购物中心。本书涉及回收纸的统计、法规和回收利用技术。回收纸的利用需要不同工程专业、不同学科领域以及立法等多方合作。所涉及的不同工程专业包括机械、化学、生物和电子,不同学科包括化学和物理。原书邀请了不同的专家撰写,知识内容较新并且专业性强,主要介绍如下:

第1章定义废纸回收的主要术语,概述废纸收集与利用,描述全球或者地区的供需平衡,并讨论一定量原生纤维的生产是满足全球造纸纤维平衡。Ilpo Ervasti 著。

第2章介绍在欧洲造纸生产链有关立法和自愿协议。在造纸生产链,志愿协会的承诺可以减少违法事件,废纸回收的欧盟宣言就是最有力的例证。欧盟废弃物管理条例和废纸回收的其他法令的影响也需要审查。Jori Ringman 著。

第3章主要是关于收集系统和分选技术。为了达到高的回收率,重要的是尽可能收集市场使用的纸和纸板,满足重新造纸的质量要求。收集系统具有复杂多样性,并且都需要除去杂质。分选方法日益自动化,但是在一些特殊情况仍需要人工分选。Hans - Joachim Putz 著。

第4章是关于纸和纸板的可回用性。从回收技术来定义纸产品的工艺设计标准。可脱墨性是重要的参数指标,这与印刷用油墨、印刷技术和纸的质量有关。胶黏物可除去性是另一重要参数,这与造纸时使用的胶有关,还与胶的应用技术,以及纸和纸板表面性能有关。Hans - Joachim Putz 和 Katharina Renner 原著 Andreas Faul 修订。

第5章介绍废纸制浆的主要单元操作。这些单元操作保证二次纤维质量并除去杂质。介绍了纤维悬浮液的流变性,单元操作的技术基础,以及物理原理。Herbert Holik 著, Samuel Schaber 修改完善。

第6章介绍单元操作组合。单元操作进行优化组合,可提高废纸制浆系统效率。本章介绍的软件工具用于建模,并进行系统模拟和优化。Michael Schwarz 和 Johannes Kapper 著。

第7章介绍化学助剂用于废纸回收系统,特别是生产白纸或者白色挂面纸的脱墨系统。使用脱墨化学品就是使油墨从纤维上脱落并除去。脱墨效率用油墨的去除或者纸上墨点来描述,这些与油墨种类和印刷方式有关,还与纸张表面情况、脱墨过程物理/化学参数有关。为了增进脱墨浆的光学性能,脱墨以后还需要漂白。由于漂白费用较高,漂白的废纸浆只用于生产高档印刷纸,例如:超级压光纸,低定量压光纸,办公用纸。通常,漂白采用两段漂白工艺,主要采用全无氯漂白方式。回用纸制浆系统用水循环,逐步达到全封闭。因此,循环水处理时,除去有害物质、微生物十分重要。

胶黏物的无害化处理是废纸制浆的重要工艺技术。造纸厂将胶黏物定义为在纤维悬浮液中或者生产过程水系统中的带有黏性的物质。这些物质可能在后续加工中沉积于纸机网布、烘缸和辊子上。而机械方法不能除去这些黏性杂质,也称大胶黏物。使用化学助剂可以降低这些大胶黏物的黏性,然而,废纸造纸中水溶性的微细胶黏物的研究尚需努力。Katharina Renner 和 Christiane Ackermann 著;由 Bruno Carre, Graziano Elegir, Lutz Hamann, Bernhard Nellessen 和 Esa Vilen 补充。

第8章介绍造纸过程或者多次循环后原生纤维的变化。为了证明植物纤维可以多次回用,研究了纤维回用后的化学与物理性质。与多次使用后纤维的变性相比较,印刷和包装工程引入的杂质,以及纤维碎片是废纸造纸存在的主要问题。Christiane Ackermann, Lothar Gottsching 和 Heikki Pakarinen 著;Samuel Schabel 修订。

第9章讨论了测定悬浮液物理性质的特殊需求和技术。这种技术就是在线测量技术,能够应用于在线测量,过程控制和反馈。Hans - Joachim Putz 和 Katharina Renner 著;Kalus Villforth, Georg Hirsch, Hans - Joachim Putz, Dennis Voß, Sabine Weinert 校正。

第10章讨论废纸回用过程的环境问题,包括废液、固废和残余物。还讨论了生态效应及碳足迹,包括典型造纸厂的特征环境数据。Udo Hamm 著。

第11章的关于胶黏物快速测定模型建立和胶黏物去除的实践介绍。胶黏物快速测定对于生产厂家来说有着极其重要的意义。近红外光谱技术为这种测定提供可能,但是这种技术需要建立测定模型,这些模型的化学数据也来自胶黏物含量的化学值测定。本章介绍了采用高效液相色谱方法定量测定有害胶黏物的方法,或者纸浆中胶黏物含量的化学值,结合近红外光谱技术,建立数学模型,就可以对纸浆中的胶黏物含量进行定量预测。付时雨,余霁川著。

本书的译者包括天津科技大学张文晖博士(第6章和第9章),华南理工大学

张春辉博士(第7章、第8章和第10章)及华南理工大学付时雨教授(第1章至第5章),第11章由付时雨和余霁川著。特别要感谢天津科技大学的刘秋娟教授对于本工作的关心和支持,感谢詹怀宇教授的支持,感谢林媛女士的支持和理解,感谢曹振雷博士的信任和支持,感谢本组学生对于文字的校正和图片的处理。

最后,我谈一下我的一点感受,这是我真正意义接手处理的一本书,她就像我的第一个孩子,虽然不怎么完美,但是我爱她,在此,我希望把我的心意传递给读者们。

付时雨

2017年4月于华南理工大学

目 录

CONTENTS

第①章 回收纸的统计和定义	1
1.1 概论	1
1.2 等级分类和定义	2
1.2.1 欧洲回收纸分类	2
1.2.2 美国回收纸分类	2
1.2.3 其他地区回收纸分类	3
1.2.4 欧洲回收纸的术语和定义	3
1.3 纸和纸板的循环链	4
1.4 统计	4
1.4.1 总则	4
1.4.2 回收纸收集	5
1.4.3 回收纸利用	5
1.4.4 欧洲回收纸和其他纤维	6
1.4.5 欧洲不同等级回收纸的回收利用	6
1.4.6 全球回收纸贸易	7
参考文献	8
第②章 立法	10
2.1 欧盟废弃物新条例——废纸回收的重要工具	10
2.2 欧盟成员国的任务	10
2.3 造纸工业的重点	11
2.4 行业的互补行动和自愿承诺	12
2.4.1 欧洲废纸回收宣言	12

2.4.2	对负责废纸采购和质量控制的指导方针	13
2.5	REACH 和废纸回收	13
2.5.1	REACH 法规	14
2.5.2	回收资源与 REACH	14
2.5.3	信息;REACH 的要求及可能性	15
2.6	废纸循环利用的残渣、填埋法令和预防	16
2.7	包装和包装废弃物条例	17
2.8	废弃物的运输规则	18
2.9	回收再利用与食品相关的法规	18
	参考文献	19
第③章	废纸的收集、来源、分选、质量以及储存	21
3.1	前言	21
3.2	回收系统和设备	22
3.2.1	消费前再生纸	22
3.2.2	消费后再生纸	23
3.2.3	不同回收系统的效率	24
3.3	再生纸的来源	24
3.3.1	西欧的纤维流向	25
3.3.2	再生纸的潜能	26
3.4	再生纸的分选	27
3.4.1	人工分选	27
3.4.2	自动分选	28
3.5	回收纸处理	39
3.5.1	散包回收纸	39
3.5.2	回收纸打包	39
3.5.3	文化纸粉碎	39
3.5.4	可用资源指南	40
3.6	回收纸的品质特征	40
3.6.1	质量控制的前提	40
3.6.2	水分含量	40

3.6.3 灰分含量和肖伯氏打浆度	41
3.6.4 组成和其他性能	42
3.7 回收纸的存储	47
参考文献	48
第④章 纸和纸板产品的可回用性	51
4.1 可回用性的总体状况	51
4.2 可回用技术	51
4.2.1 回收纸中的非纸张组分	52
4.2.2 二次成浆性能	52
4.2.3 不需要材料的去除	52
4.2.4 与食物接触纸的使用性	53
4.3 脱墨	53
4.3.1 不同印刷产品的脱墨性	56
4.3.2 通过印刷技术脱墨	57
4.4 胶黏剂的剥离	68
参考文献	72
第⑤章 纤维回用过程的单元操作与设备	74
5.1 概述	74
5.2 纸浆悬浮液的流体力学	74
5.3 流变效应介绍和纤维悬浮液处理	76
5.4 分离过程的评价和模型	77
5.5 单元操作介绍	80
5.6 碎解和制浆	84
5.6.1 基本原理	84
5.6.2 设备	86
5.6.3 疏解	92
5.7 筛选	94
5.7.1 目标和集成系统	94
5.7.2 物理原理	95
5.7.3 基本筛选和机器设计	96

5.7.4	压力筛的基本物理机理	97
5.7.5	模拟压力筛和筛选系统	102
5.7.6	机械和设计参数	106
5.7.7	筛浆结果	111
5.8	离心场分离	117
5.8.1	目标和整套系统	117
5.8.2	基本物理原理	118
5.8.3	机械设备和操作	123
5.8.4	HC 除渣器	125
5.8.5	MC 除渣器	126
5.8.6	LC 除渣器	126
5.9	纤维分级(Fibre fractionation)	131
5.9.1	纤维分级的原因和目标	131
5.9.2	纤维分级的设备和过程	132
5.10	浮选	134
5.10.1	目标和整套系统	134
5.10.2	浮选原理	135
5.10.3	浮选过程	136
5.10.4	典型的操作条件	139
5.10.5	浮选槽及其工作原理	140
5.10.6	脱墨浆的主要质量标准	144
5.10.7	实验室脱墨槽	145
5.10.8	脱墨技术的新发展	149
5.11	脱水	150
5.11.1	脱水的目的与整套系统	150
5.11.2	脱水原理	151
5.11.3	脱水设备及其效率	153
5.12	洗涤	157
5.12.1	洗涤的目标与整套系统	157
5.12.2	洗涤原理	157
5.12.3	洗涤设备	160
5.13	分散与搓揉	164
5.13.1	目标与整套系统	164
5.13.2	物理原理	165

5.13.3 机械设备与操作	166
5.13.4 分散机与搓揉机的应用	168
5.14 打浆	169
5.14.1 目标与整套系统	169
5.14.2 物理原理	171
5.14.3 磨浆机设备及其设计	172
5.14.4 磨浆机应用	175
5.15 打浆引起纤维性质变化	176
5.16 混合和储浆	177
5.16.1 目标	177
5.16.2 原理	177
5.16.3 设备	178
5.17 致谢	179
参考文献	179
第⑥章 纸和纸板回收纤维工艺设计	188
6.1 引言	188
6.2 设计原则	188
6.2.1 效率和成本	188
6.2.2 浆料制备工艺设计的方法学	190
6.2.3 模拟与仿真	191
6.3 特定纸种的工艺设计	193
6.3.1 印刷纸与书写纸	193
6.3.2 商品脱墨浆(商品 DIP)	197
6.3.3 薄页纸	199
6.3.4 包装纸	199
6.3.5 纸板	201
6.4 用水和浆渣管理	204
6.4.1 浆渣和污泥处理	204
6.4.2 用水管理	205
6.5 工艺布局成本效益的评估	208
6.5.1 评估相关技术层面	208

6.5.2 包装纸的工艺布局选项评估	209
参考文献	210
第⑦章 脱墨化学品	213
7.1 脱墨化学	213
7.1.1 脱墨化学的作用	213
7.1.2 脱墨方法	213
7.1.3 油墨成功脱除的前提条件	214
7.1.4 油墨剥离化学	216
7.1.5 浮选脱墨化学	221
7.1.6 洗涤法脱墨化学	227
7.1.7 其他	227
7.2 脱墨浆的漂白	228
7.2.1 漂白的重要性	228
7.2.2 保留木素式的漂白	233
7.2.3 降解木素式的漂白	253
7.2.4 脱墨浆漂白过程中纤维的筛分	263
7.2.5 漂白的其他影响	264
7.3 过程水的处理	271
7.3.1 微气浮(DAF)	272
7.3.2 纤维回收机	275
7.3.3 消泡剂	275
7.3.4 杀菌剂	276
7.3.5 特殊助剂	276
7.4 胶黏物控制	276
7.4.1 矿物质脱黏	276
7.4.2 聚合物脱黏	278
7.4.3 胶黏物的定着	279
7.4.4 其他脱黏方法	279
7.5 废纸浆的酶处理	280
7.5.1 再生纤维品质的提升	281
7.5.2 酶法脱墨	282
参考文献	282

第⑧章 二次纤维的造纸性能	295
8.1 二次纤维与原生纤维的区别	295
8.1.1 引言	295
8.1.2 回用过程对纤维化学性质及形态的影响	296
8.1.3 回用过程对浆片性质的影响	304
8.1.4 废纸回用的实验模拟的有效性	307
8.2 与残留污染物及油墨相关的二次纤维的质量问题	310
8.2.1 污染物的分类	311
8.2.2 污染物脱除技术	312
8.2.3 污染物对二次纤维质量的影响	314
8.2.4 二次纤维生命周期的模拟	319
8.2.5 单参数模型	320
8.3 造纸过程中的二次纤维	325
8.3.1 概述	325
8.3.2 废纸的降级使用与品质提升	325
8.3.3 脱墨工艺的得率对纸浆性质的影响	326
8.3.4 通过机械处理提高二次纤维的造纸性能	328
8.3.5 磨浆对脱墨浆的影响	329
8.3.6 磨浆处理对角质化化学浆纤维的影响	330
8.3.7 回用浆对纸机湿部化学的影响	333
8.3.8 二次纤维工艺中水耗的降低	335
8.3.9 脱墨浆的运行特性	341
8.3.10 二次纤维用量的提高对高品质印刷用纸品质的影响	342
8.3.11 办公废纸二次纤维的潜质	345
8.3.12 二次纤维浆料抄造包装用纸过程中面临的挑战	346
参考文献	349
第⑨章 检测方法	355
9.1 检测方法及说明	355
9.2 脱墨检测方法和可脱墨性评价	355
9.2.1 脱墨浆的光学性能	355
9.2.2 基于图像分析的粒子测量方法	359
9.2.3 脱墨过程的得率	363
9.2.4 印刷品可回用性的评价	364
9.2.5 脱墨性评价	365