

“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）

[第十九卷]

纸浆与纸张检测

Pulp and
Paper Testing

[芬兰] Jan-Erik Levlin Liva Söderhjelm 著

[中国] 吕卫军 张 勇 管秀琼 高洪霞 张素风 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)第十九卷

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

纸浆与纸张检测

Pulp and Paper Testing

[芬兰] Jan - Erik Levlin Liva Söderhjelm 著

[中国] 吕卫军 张 勇 管秀琼 高洪霞 张素风 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

纸浆与纸张检测/(芬)雷扬恩,宋利华(Jan-Erik Levlin, Liva Söderhjelm)著;
吕卫军等译. —北京:中国轻工业出版社,2017.8

(中芬合著:造纸及其装备科学技术丛书:中文版;19)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5184-1461-1

I. ①纸… II. ①雷… ②宋… ③吕… III. ①纸浆-
检测②纸张性能-检测 IV. ①TS749②TS761

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 147131 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:燕杰

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8月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13

字数:333千字

书号:ISBN 978-7-5184-1461-1 定价:80.00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

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

141235K4X101ZBW

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 李正发

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!



UPM

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

检测就是利用能直接或间接地表征物质的各种特性(如物理的、化学的、光学性质等)的实验现象,通过探头或传感器、放大器、分析转化器等转变成人可直接感受的已认识的关于物质成分、含量、分布或结构等信息的分析过程。凡是检测分析都将面临原理、仪器设备、标准和分析问题。本书是芬兰《造纸科学技术丛书》之《纸浆与纸张检测》,主要介绍制浆造纸工业工程中的相关检测的方法、原理和仪器等相关内容。俗话说:“工欲善其事,必先利其器。”对检测过程及设备仪器的了解,有助于检测人员对检测结果有更深层次的理解和判断。本人在对该书翻译和统稿的过程中受益匪浅,也期望读者能够从中汲取有用知识。虽然原著是在十几年前完成的,有些方法和设备已经不再使用,但本书涉及内容足以饱飨读者。

本书由吕卫军译第1章至第4章(中国制浆造纸研究院),张勇译第5章至第7章(浙江理工大学),管秀琼译第8章至第9章(四川理工学院),高洪霞译第10章至第11章(四川理工学院),张素风译第12章至第14章及附录(陕西科技大学)。全书由吕卫军统稿校稿。为忠实于原文,本书在原文的基础上没有更新。制浆造纸工业及相应的仪器设备经过十几年的发展,无论从检测方法、检测标准到检测仪器都有了更新及变化。本书在“抛砖引玉”的前提下建议读者根据现行标准和检测设备进行判断分析。

在此感谢中国轻工业出版社给予的机会,感谢翻译和校准的老师在百忙之中利用闲暇完成这本书的翻译工作。由于本书内容涉及制浆造纸、标准、机械、光学、物理学和统计学等内容,给本书的翻译和统稿增加了难度,由于学识水平有限,尽管译者始终谨慎动笔、仔细求证,但编译过程难免有疏漏和差错之处,敬请广大读者批评指正。

吕卫军

2017年2月11日于北京

目 录

CONTENTS

第①章 纸浆与纸张的检测目标	1
1.1 为什么要检测纸浆和纸制品	1
1.2 选择合适的检测和分析方法	1
1.2.1 工艺分析	2
1.2.2 产品分析	2
1.2.3 选择检测方法的案例	2
1.3 检测与表征	3
参考文献	4
第②章 单根纤维性能	5
2.1 简介	5
2.2 纸浆纤维的鉴定	5
2.2.1 木材种类的鉴定	5
2.2.2 不同类型的纸浆的鉴定	5
2.3 纤维的尺寸及其变化	6
2.3.1 木材纤维的尺寸变化	6
2.3.2 纸浆纤维尺寸的变化	7
2.4 纤维尺寸的测量	7
2.4.1 纤维长度	7
2.4.2 纤维宽度和纤维壁厚	8
2.5 纤维特性	9
2.5.1 挺度	9

2.5.2	纤维表面细纤维化	10
2.5.3	纤维壁孔隙率	10
2.5.4	单根纤维强度	12
2.5.5	测量零距离抗张强度评估单根纤维强度	13
2.5.6	纤维形变的量化	13
2.6	测量单根纤维的原因	15
	参考文献	15
第③章	纸浆造纸性能	18
3.1	传统的实验室检测程序	18
3.1.1	实验前纸浆处理	18
3.1.2	纸浆的干物质含量	19
3.1.3	浆料浓度	19
3.1.4	浆料解离	19
3.1.5	化学浆的实验室打浆	20
3.1.6	传统实验室打浆机	20
3.1.7	实验室磨浆	21
3.1.8	纸浆滤水性能	22
3.1.9	纤维长度、粗度和强度的分析	23
3.1.10	实验室纸页的制备	24
3.1.11	实验室纸页的湿压	25
3.1.12	实验室纸页的干燥	25
3.1.13	实验室纸页压光	26
3.1.14	实验室纸页的调温调湿和检测	26
3.2	制浆造纸潜力的评价	26
3.2.1	传统的纸浆评价	26
3.2.2	传统纸浆评价方法的问题	27
3.2.3	利用属性对比较纸浆	27
3.2.4	化学浆的质量潜力	28
3.2.5	机械浆	28
3.3	浆料优化	29
3.3.1	使用单一纸浆检测的优化问题	29
3.3.2	不同等级纸浆检测策略	29
3.3.3	产品分析	30
3.3.4	工艺分析	30
3.3.5	浆料优化过程	31

3.3.6 浆料优化方法的评价	33
参考文献	33
第④章 再生纸浆的性质	36
4.1 概述	36
4.2 回收废纸的质量问题	36
4.3 样品制备和回收废纸检测	37
4.3.1 浆料特征	38
4.3.2 强度性能	45
4.3.3 光学特性	46
4.3.4 纸浆和滤液的洁净度	47
4.4 纸产品的检测	49
4.4.1 油墨剥离	49
4.4.2 脱墨	50
参考文献	53
第⑤章 绒毛浆	56
5.1 引言	56
5.2 基础浆料性能检测	57
5.2.1 干燥状态下原始浆板性能检测	57
5.2.2 湿润状态下原始浆板性能检测	58
5.3 绒毛浆性能检测	58
5.3.1 单位撕碎能	59
5.3.2 干和湿网络强度	59
5.3.3 浆节含量	60
5.3.4 SCAN 吸收检测:吸收能力、吸收时间和比体积	60
5.3.5 其他检测方法	61
5.3.6 液体收集	62
5.3.7 消费者与实验室检测对比	63
参考文献	64
第⑥章 纸浆的化学分析	66
6.1 引言	66
6.2 干物质含量	66

6.3 碳水化合物	67
6.3.1 碳水化合物组成	67
6.3.2 聚戊糖	67
6.3.3 碱溶性碳水化合物的分类	67
6.3.4 碳水化合物相对分子质量和聚合度测定	68
6.3.5 碳水化合物的官能团	71
6.3.6 利用 FTIR 研究碳水化合物	71
6.4 木素	72
6.4.1 木素定量分析	72
6.4.2 脱木素程度	73
6.4.3 木素表征	73
6.5 有机抽出物	76
6.5.1 总抽出物	76
6.5.2 抽出物分析	77
6.6 纤维表层组成	77
6.7 纸浆中的尘埃和纤维束	78
6.8 返黄	78
6.9 无机物	79
6.9.1 灰分及其组成	79
6.9.2 氯化物	79
6.9.3 其他成分	80
6.9.4 水抽出物的组成与性质	80
6.10 溶解浆分析	80
6.11 化学分析的未来	81
参考文献	81
第⑦章 纸和纸板的物理性能	83
7.1 检测准备	83
7.1.1 取样	83
7.1.2 恒温恒湿	84
7.2 基本性能	85

7.3 强度性能	86
7.3.1 抗张强度	86
7.3.2 耐破度	87
7.3.3 内撕裂度,撕裂度	88
7.3.4 耐折度	89
7.3.5 零距抗张强度	90
7.3.6 表面强度	91
7.3.7 纸张 Z 向强度	91
7.4 挺度特性	92
7.4.1 抗张挺度	92
7.4.2 弯曲挺度	92
7.4.3 共振法测定挺度	94
7.4.4 声波法测定挺度	94
7.5 结构特性	95
7.6 表面性能	95
7.7 吸收性能	97
参考文献	97
第⑧章 纸的光学性能	99
8.1 光和纸的相互作用	99
8.2 光泽度	100
8.3 反射率测量	100
8.3.1 基本概念	100
8.3.2 明度和颜色的数值描述	102
8.3.3 ISO 亮度, R_{457}	105
8.3.4 Y 值	106
8.3.5 白度	106
8.3.6 不透明度	107
8.3.7 光散射因子和光吸收因子	107
8.4 荧光材料的反射系数测量	108
8.5 设备	109
8.5.1 测量方法	109
8.5.2 影响检测结果的设备参数	109

参考文献	111
第⑨章 印刷纸的最终使用性能	112
9.1 运行性	112
9.1.1 卷筒纸印刷中的运行性	112
9.1.2 平板纸印刷运行性	115
9.1.3 与运行性问题有关的检测时间	122
9.2 印刷适性和印刷质量	123
9.2.1 常用的纸张质量	123
9.2.2 实验室印刷适性和印刷质量的测定	126
9.2.3 全尺寸印刷试验	131
参考文献	132
第⑩章 包装纸和纸板的使用性能	136
10.1 引言	136
10.2 强度和挺度性能	136
10.2.1 强度性能	137
10.2.2 弯曲挺度	137
10.2.3 抗压性能检测	137
10.2.4 压痕性能	139
10.3 瓦楞纸板的检测	140
10.3.1 边压强度的测定	140
10.3.2 平压强度的测定	141
10.3.3 弯曲挺度	141
10.3.4 耐戳穿强度	141
10.4 纸和纸板湿度和黏弹性的影响	141
10.5 防护和阻隔性能	142
10.5.1 抗油性	142
10.5.2 水蒸气渗透率	142
10.6 食品包装用纸和纸板	143
10.6.1 感官分析	143
10.6.2 迁移试验	143
10.6.3 提取物的分析	144

10.6.4 微生物性能	144
10.6.5 未来需求	144
参考文献	145
第⑪章 卫生纸	147
11.1 取样和样品的处理	148
11.2 熟化	148
11.3 定量(克重)	149
11.4 厚度	149
11.5 吸收性能	150
11.6 抗张强度和伸长性	153
11.7 湿抗张强度	153
11.8 柔软度	155
11.9 纸巾的其他性能	156
参考文献	156
第⑫章 耐久性纸张	159
12.1 耐久性纸的历史沿革	159
12.2 纸张耐久性要求及检测	161
12.2.1 纸张组成和性能	161
12.2.2 加速老化	162
12.3 耐久型纸的种类	162
参考文献	163
第⑬章 纸浆与纸张物理检测结果的可靠性	165
13.1 引言	165
13.2 了解测量不确定度的重要性	165
13.3 测量的不确定度、重复性和再现性	166
13.4 测量结果不确定度的评估和表述的程序	166
13.4.1 基本程序	166
13.4.2 纸浆与纸张检测中的实际应用	167

13.5	纸浆与纸张检测中产生不确定度的主要因素	169
13.5.1	材料和取样	169
13.5.2	采用的检测方法	169
13.5.3	检测设备	170
13.5.4	检测环境	170
13.5.5	操作人员	170
13.6	不同测量中不确定度的大小、重复性和再现性	170
13.7	小结	171
	参考文献	171
第 14 章	纸浆与纸张的检测标准	173
14.1	引言	173
14.2	标准化机构	174
14.3	国际标准化组织 (ISO)	174
14.3.1	概论	174
14.3.2	标准的发展史	174
14.3.3	与纸浆、纸和纸板相关的 ISO 工作	175
14.4	欧洲标准化委员会 (CEN)	176
14.4.1	概论	176
14.4.2	CEN 标准的发展	177
14.4.3	CEN 在纸浆、纸和纸板标准方面的贡献	177
14.5	行业标准	177
14.5.1	SCAN - 检测标准	177
14.5.2	TAPPI 标准	178
14.6	标准的优势	178
	参考文献	178
附录		179
计量单位换算表		185

第①章 纸浆与纸张的检测目标

1.1 为什么要检测纸浆和纸制品

检测生产过程中的原料、中间体和最终产品是所有工业过程中的一个共同特点。从某种意义上说,只要生产产品,就要进行检测。如今,检测是所有工业活动的一个非常重要的组成部分。由于工业生产过程变得越来越复杂,产品的一致性要求也越来越严,相关检测也变得越来越重要。

检测过程是试图定量的表征产品或(和)中间体的某些相关特性或特征。当检测技术使用到物理或化学方法时,我们不可能总是肯定一个特定的检测得到的结果刚好就是我们所关注的产品的特征,因此需要考虑检测的方法与需要检测的特征相匹配。

在工业生产中,检测的原因可能不尽相同。检测中间体或最终产品可能是用来控制工艺条件,也可能是用来控制最终产品质量的一致性和使产品达到相关的质量要求,还可能是为了获得用于推销产品的特征。在所有这些情况下,对给定产品选择相应的检测方法也就不尽相同。因此,在进行检测前,显然需要考虑选择什么样的检测方法。

如今,在生产过程中增加了许多直接的在线检测。在线测量无疑可以提高生产效率和产品质量控制的可能性,因此,工厂希望尽可能地使用在线检测来控制生产工艺和产品质量。在许多情况下,合适的传感器和仪表的缺乏阻碍了过程控制的进一步发展。

尽管在线检测在不断地增加,传统的实验室检测基于以下原因仍不可或缺:

- ① 所有必要的检测是不可能都在线实现的。
- ② 在线检测设备需要实验室检测校准。
- ③ 在线检测不能够在标准化条件下进行。
- ④ 客户可能需要对所购产品进行非常具体的检测。

1.2 选择合适的检测和分析方法

为原料、中间体或最终产品选择适当的相关分析与检测显然对检测方案的成功来说至关重要。检测与分析的识别和建立,必须基于对相关工艺和产品的分析。以下是做分析时需要提出的基本问题:

- ① 工艺条件是什么? 我们要检测的变量是什么?