

先进粉体技术

# 超细粉体 在造纸工业中的应用

吴燕 浩婷 刘银 编著

清华大学出版社

014006510

TS7  
03

先进粉体技术

# 超细粉体 在造纸工业中的应用

吴燕 浩婷 刘银 编著



北航

C1693754

清华大学出版社  
北京

TS7  
03

012800310

## 内 容 简 介

纸及纸板的消费水平是衡量一个国家现代化水平和文明程度的重要标志,无机矿物粉体是造纸行业仅次于纸浆的原料,也是对外需求量最大的原料。本书从充填、涂饰和特种用纸等几方面介绍粉体材料的来源、加工、改性和应用,反映我国造纸用粉体材料的研究开发现状和最新研究成果。

本书适合高校和科研院所无机非金属材料、轻工与造纸等专业的师生和研究人员使用,也可作为材料制备、轻工造纸等行业的技术培训教材并供这些行业的工程技术人员阅读参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989·13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

超细粉体在造纸工业中的应用/吴燕,浩婷,刘银编著. --北京:清华大学出版社,2013  
(先进粉体技术)

ISBN 978-7-302-33612-9

I. ①超… II. ①吴… ②浩… ③刘… III. ①超细粉(金属)—应用—造纸工业—研究 IV. ①TS7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 203883 号

责任编辑:黎 强

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:140mm×203mm

印 张:5.25

字 数:130千字

版 次:2013年11月第1版

印 次:2013年11月第1次印刷

定 价:40.00元

产品编号:055277-01

《先进粉体技术丛书》

## 编写指导委员会

主任：盖国胜

副主任：杨玉芬 李 冷

委员(以拼音为序)：

丁 浩	丁 明	盖国胜	韩成良
韩跃新	侯贵华	胡国明	李 刚
李 辉	李 冷	李双跃	刘 飏
刘建平	马少健	任 俊	苏宪君
田长安	王玉蓉	吴 琛	吴 燕
武洪明	杨华明	杨济航	杨玉芬
叶 菁	张长森	张以河	张学旭
赵娣芳	朱联烽		

## 序

粉体是固体物质存在的一种普遍形式,是由一定尺寸颗粒组成的集合体。颗粒的大小、形貌结构与表面状态的量变可以导致粉体宏观特性的质变。粉体工程学科的发展与其他学科交融,形成了超细粉碎、精密分级、高度均化、分散、复合包覆、改性改质、干燥、烧结成型、储存、包装、输送、纳米粉体合成与应用、粉体性能检测等操作单元、合成工艺或集成技术。与这些单元、工艺或技术有关的粉体加工技术已广泛应用到电子信息、航空航天、新材料、新能源、生物工程、建材、机械、塑料、橡胶、矿山、冶金、医药、食品、饲料、农药、化肥、造纸、资源再生、环境保护、交通运输等国民经济的各个领域或行业,已成为人们公认的、与现代科学技术密切相关的、植根于传统产业的必不可少的基础性技术。

粉体加工技术既服务于传统产业,又开拓着战略性新兴产业,已经受到越来越多的研究者、技术人员和企业管理者关注和重视。不同行业、领域或企业之间针对同样的加工过程都需要进行必要的学术或技术交流,从而提升从业人员的整体素质和管理水平,推动粉体技术进步。“先进粉体技术丛书”就是因应上述形势和需要而组织出版的。

由清华大学材料科学与工程系盖国胜教授等人组织

和策划出版的“先进粉体技术丛书”不仅包括传统的粉碎、分级、混合等实际操作单元,还包括与粉体加工过程密切相关的辅助环节、加工助剂、生物材料、技术标准以及生产过程的故障处理等内容。本丛书包含的各个分册均以“粉体”为主线,分别介绍了粉体加工技术在某一“点”的研究现状与发展趋势,这种论述和内容安排不仅有助于读者将关注点集中在某个局部或某个技术问题,而且很容易将单一的应用技术与实际生产结合起来。我相信本丛书的出版不仅能满足高校和科研院所相关专业师生的教学需要,也能够满足这些机构的科研人员和生产企业的技术人员了解粉体加工技术的要求。为此,我谨向本丛书的编写者和出版者表示由衷的感谢,衷心希望本丛书的编写和出版能够对推动相关行业或领域的学术交流和科技进步产生应有的作用。

中国工程院院士、西安建筑科技大学校长

孙建刚

2012年6月于西安

# 前 言

纸及纸板的消费水平已成为衡量一个国家现代化水平和文明程度的重要标志,造纸工业的发展水平直接反映一个国家的国民经济和社会文明建设的发展水平。近年来,我国已由造纸大国转变为造纸强国,造纸工业的飞速发展也大大推动了与造纸相关行业的快速发展。

粉体是造纸行业除纸浆外需求量最大的原料,在各类纸及加工纸中都离不开粉体的填充和涂饰,粉体作为填料加入纸浆中,作为颜料涂布于纸张表面,能够使纸具有一定遮盖度、平滑度及印刷适应性等许多优异性能,因此,在造纸工业中对粉体的研究非常重要。为了促进粉体在造纸行业中的发展,使更多的同仁接触和了解粉体在造纸中的应用和发展现状,以及造纸行业对粉体的需求,在多年从事造纸填料研究的基础上,我们编写了《超细粉体在造纸工业中的应用》一书。本书内容反映了粉体在造纸中的应用现状和最新研究成果,其中也包括编者课题组的部分研究成果。

本书主要阐述粉体在纸浆造纸中的应用情况以及粉体对纸性能的影响。全书内容共分5章,由吴燕、浩婷、刘银编写,最后由吴燕统稿。

作者衷心感谢清华大学出版社对本书出版给予的大力支持。著名粉体专家、清华大学盖国胜教授和杨玉芬博士对本书的编写和书稿内容的安排给予了热情的鼓励和支持,在此表示深切的感谢。

限于作者水平,书中难免有不足之处,敬请读者不吝指正。

作 者

2013年4月

• V •

# 目 录

第 1 章 造纸工业与粉体	1
1.1 造纸工业的发展现状	2
1.1.1 国内造纸行业生产消费状况	2
1.1.2 造纸企业现状	5
1.1.3 造纸技术现状	8
1.1.4 造纸设备现状及发展	16
1.2 粉体在造纸工业中的应用	23
参考文献	25
第 2 章 造纸粉体的性质与分散技术	26
2.1 造纸粉体的研究内容	26
2.2 造纸粉体的现状及发展	27
2.2.1 造纸粉体加工技术	27
2.2.2 造纸粉体的发展趋势	38
2.3 造纸粉体的特性	41
2.4 造纸粉体的分类	43
2.5 造纸粉体的分散	45
2.5.1 造纸粉体的分散剂	48
2.5.2 造纸粉体的表面改性	53
2.5.3 造纸粉体表面改性剂的现状及发展	60
2.5.4 造纸粉体表面改性工艺与设备	61
参考文献	66



<b>第 3 章 造纸填料用粉体</b> .....	73
3.1 造纸填料的功能与特性 .....	73
3.1.1 造纸填料的功能 .....	73
3.1.2 造纸填料的主要特性 .....	75
3.1.3 造纸填料的湿部化学特性 .....	78
3.1.4 造纸填料的种类和发展趋势 .....	81
3.2 造纸填料改性的关键技术 .....	89
3.3 超细粉体作为造纸填料的应用 .....	90
3.3.1 碳酸钙 .....	90
3.3.2 高岭土 .....	92
3.3.3 滑石粉 .....	94
3.3.4 二氧化钛 .....	96
3.3.5 超细硅酸铝 .....	97
3.3.6 微纳米结构复合粉体 .....	98
3.3.7 纳米填料在造纸领域的应用 .....	103
参考文献 .....	105
<b>第 4 章 造纸涂布颜料用粉体</b> .....	108
4.1 造纸涂布工艺和设备 .....	109
4.2 造纸涂布颜料 .....	111
4.2.1 涂布颜料的主要功能 .....	113
4.2.2 涂布颜料的种类 .....	115
4.3 纳米粉体作为涂布颜料 .....	122
4.3.1 纳米碳酸钙 .....	122
4.3.2 纳米硅基氧化物 .....	124
4.3.3 纳米 $\text{TiO}_2$ .....	125
4.3.4 无机纳米颜料对涂布性能的影响 .....	126
参考文献 .....	129

第5章 特种纸用粉体	132
5.1 特种纸的分类	133
5.2 特种纸用粉体	136
5.2.1 非金属矿物粉体在特种纸中的应用	136
5.2.2 纳米粉体材料在特种纸中的应用	139
5.2.3 特种纸的技术处理	141
5.2.4 特种纸用粉体实例	145
5.3 特种纸用粉体发展趋势	147
5.3.1 特种纸用纳米材料	147
5.3.2 各类阻燃剂发展趋势	148
5.3.3 功能性粉体发展趋势	149
参考文献	153

## 第 1 章 造纸工业与粉体

造纸工业是一个与国民经济发展与人类文明建设息息相关的重要基础性原材料产业,造纸工业绝大部分产品是印刷、包装、文化用品、卷烟、汽车、机械、建材、军工、电工等行业的原材料。纸及纸板的消费水平已成为衡量一个国家现代化水平和社会文明程度的重要标志。

在经济发达国家,纸及纸板消费量增长速度与其国内生产总值增长速度同步。造纸工业在现代经济中所发挥的作用已越来越多地引起世人瞩目,被国际上公认为“永不衰竭”的工业,在美国、加拿大、日本、芬兰、瑞典等经济发达国家,造纸工业已成为其国民经济支柱制造业之一。造纸工业具有资金技术密集和规模效益显著的特点,其产业关联度大,较大的市场容量和发展潜力已成为拉动林业、农业、机械制造、化工、自动控制、交通、环保、印刷、包装等产业发展的重要力量,逐步成为我国国民经济发展的新的增长点。由于造纸工业以木材、竹、芦苇等原生植物纤维和废纸等再生纤维为原料,可部分替代塑料、钢铁、有色金属等不可再生资源,因而是我国国民经济中具有可持续发展特点、可实现循环经济的重要产业,具有旺盛的生命力。

2011年,我国造纸工业纸和纸板生产企业约有3500家,总产量为9930万t,消费量为9752万t,人均年消费量为73kg。工业总产值(当年价)为6911亿元,利税总额约为557亿元,从业人员为70.85万人。2000—2011年,纸及纸板生产量年均增长11.99%,消费量年均增长10.23%。目前,我国纸及纸板的生产量和消费量均居世界第1位,在世界造纸工业竞争格局中已具有相当的影响力。

粉体是造纸行业除纸浆外需求量最大的原料,在各类纸及加工纸中都离不开粉体的填充和涂饰,粉体作为填料加入纸浆中,作为颜料涂布于纸张表面,能够使纸具有一定遮盖度、平滑度及印刷适应性等许多优异性能,因此,在造纸工业中对粉体的研究非常重要。本书主要阐述粉体在纸浆造纸中的应用情况以及粉体对纸性能的影响。

粉体指的是一种干燥、分散的固体颗粒组成的细微粒子,和颗粒不完全相同,通俗来说粉体比颗粒具有更细微的粒径尺寸。粉体是小于一定粒径的颗粒集合,因而不能忽视分子间的作用力。人类关于粉体的认识和研究比较悠久。在我国古代,北京周口店山顶洞人用赤铁矿粉饰石珠等;新石器时代,人们在烧制陶器的原料陶土中添加石英等粉体,改善成品陶器的耐热急变性能;仰韶文化时期,人们用赤铁矿、黑锰矿等粉体作颜料制作彩陶,把“料姜石”磨细为“白灰面”涂抹洞壁。

我国经过十多年的发展和市场磨砺,不仅形成了较大规模的超细粉体制备产业,而且也形成了一批有一定规模和较高技术水平、拥有部分自主知识产权的超细粉碎设备和精细分级设备的制造商。目前,我国粉体行业在设备制造方面具有代表性的企业,如浙江丰利粉碎设备有限公司,代表着我国高端粉碎设备的制造水平。在粉体生产方面,上海关金粉体材料有限公司、兰州金川金属材料技术有限公司、北京沃玉科技发展中心等都有不错的技术水平和生产规模。

## 1.1 造纸工业的发展现状

### 1.1.1 国内造纸行业生产消费状况

根据中国造纸协会发布的《中国造纸工业 2011 年度报告》,

2011年全国纸及纸板产量9930万t,比2010年的产量9270万t增长7.12%;消费量9752万t,较2010年9173万t增长6.31%;2011年与世纪之交的2001年相比,全国纸及纸板的生产品量增长210.31%,消费量也增长164.78%。我国已经成为世界纸及纸板的生产和消费大国。但就目前而言,我国人均消费量还很低,人均年消费量73kg,大致相当于世界平均水平。2001—2011年纸及纸板的生产和消费情况如图1-1所示。2011年纸的主要产品生产和消费比重如表1-1所示。

据中商情报网数据显示,2011年全国纸浆生产总量7723万t,较2010年的7318万t增长5.53%;2011年全国纸浆消耗总量9044万t,较上年8461万t增长6.89%,其中木浆2144万t,较上年增长15.33%,比例占24%;非木浆1240万t,较上年降低4.39%,比例占14%;废纸浆5660万t,较上年增长6.69%,比例占62%;2011年中国造纸工业纸浆消耗情况如图1-2所示。

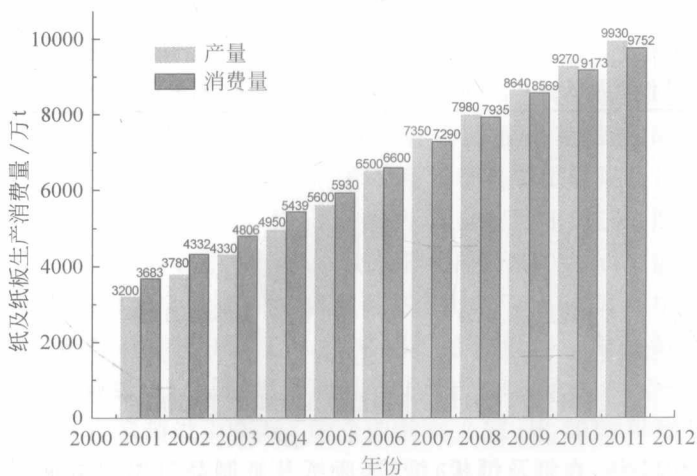


图 1-1 2001—2011 年纸及纸板的生产和消费情况

表 1-1 2011 年各种纸的生产和消费比重

指标	生产量			消费量		
	2010 年 /万 t	2011 年 /万 t	同比 /%	2010 年 /万 t	2011 年 /万 t	同比 /%
总量	9270	9930	7.12	9173	9752	6.31
新闻纸	430	390	-9.30	423	389	-8.04
未涂布印刷书写纸	1620	1730	6.79	1590	1687	6.10
涂布印刷书写纸	640	725	13.28	549	599	9.11
其中:铜版纸	555	640	15.32	480	532	10.83
生活用纸	620	730	17.74	567	674	18.87
包装用纸	600	620	3.33	612	632	3.27
白板纸	1250	1340	7.20	1254	1322	5.42
箱板纸	1880	1990	5.85	1946	2073	6.53
瓦楞原纸	1870	1980	5.88	1889	1991	5.40
特种纸及纸板	180	210	16.67	164	179	9.15
其他纸及纸板	180	215	19.44	179	206	15.08

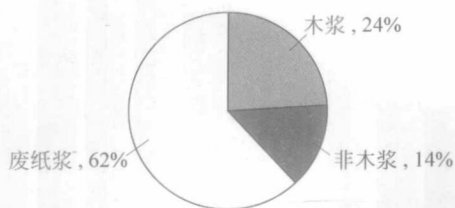


图 1-2 2011 年中国造纸工业纸浆消耗情况

2011 年,在纸及纸板、纸浆、废纸及纸制品进出口方面,纸及纸板进口 331 万 t,比上年 336 万 t 降低 1.49%,出口 509 万 t,比上年 433 万 t 增长 17.55%。出口量比进口量多 178 万 t;纸浆进

口 1445 万 t, 比上年 1137 万 t 增长 27.09%, 出口 9.91 万 t, 比上年 8.10 万 t 增长 22.35%; 废纸进口 2728 万 t, 比上年 2435 万 t 增长 12.03%, 出口 0.36 万 t, 比上年出口量略有增长; 纸制品进口 17 万 t, 比上年 18 万 t 降低 5.56%, 出口 243 万 t, 比上年 228 万 t 增长 6.58%。

### 1.1.2 造纸企业现状

我国造纸行业经过多年发展已取得长足进步, 于 2010 年成为世界第一大造纸国, 且总产量仍在不断扩大, 行业整体进入了供过于求的时代。据《中国绿色时报》2012 年 10 月 18 日报道, 2011 年, 全国纸及纸板生产企业有 3500 多家, 规模以上造纸企业 2620 家, 实现产品销售收入 6714.12 亿元, 同比增长 21.54%; 销售利润 699.62 亿元, 同比增长 17.95%; 利润总额 362.13 亿元, 同比增长 6.20%。

据国家统计局统计, 2011 年全国 2600 余家造纸企业中, 年生产能力 10 万 t 以上的仅 100 余家。纸及纸板年产量超过 100 万 t 的造纸企业共有 11 家, 比 2010 年增加 1 家, 即: 玖龙纸业(控股)有限公司年产 760 万 t, 山东晨鸣纸业集团股份有限公司年产 361 万 t, 理文造纸有限公司年产 354 万 t, 华泰集团有限公司年产 255 万 t, 山东太阳纸业公司年产 242 万 t, 金东纸业(江苏)股份有限公司年产 220 万 t, 中国纸业投资总公司年产 210 万 t, 宁波中华纸业有限公司(含宁波亚洲浆纸业有限公司)年产 153 万 t, 中冶纸业集团有限公司年产 131 万 t, 山东博汇纸业股份有限公司年产 116 万 t, 荣成纸业(中国)控股有限公司年产 116 万 t。

纸浆年产量超过 100 万 t 的企业共有 2 家, 比 2010 年增加 1 家, 有山东亚太森博浆纸有限公司年产 169 万 t, 海南金海浆纸业有限公司年产 124 万 t。行业排名前 30 名的企业纸及纸板产量占总产量的 43.05%, 比 2010 年增加 0.74 个百分点。据中商情报

网数据,2011年中国造纸行业不同类型企业数量分布如图1-3所示,2011年中国重点造纸企业前30名排名情况如表1-2所示。

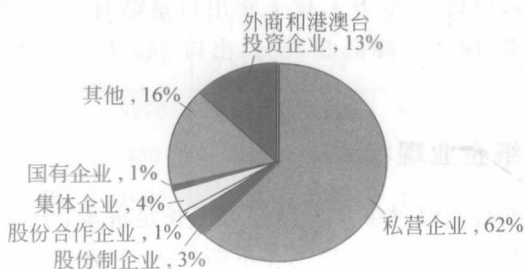


图 1-3 不同企业类型数量分布

表 1-2 2011年重点造纸企业产量前30名

序号	单位名称	2010年	2011年	同比 /%
		产量/万t	产量/万t	
1	玖龙纸业(控股)有限公司	723.00	760.00	5.12
2	山东晨鸣纸业集团股份有限公司	327.35	361.43	10.41
3	理文造纸有限公司	354.30	353.98	-0.09
4	华泰集团有限公司	164.20	254.70	55.12
5	山东太阳纸业股份有限公司	224.00	242.26	8.15
6	金东纸业(江苏)股份有限公司	231.00	220.12	-4.71
7	中国纸业投资总公司	244.87	210.00	-14.24
8	宁波中华纸业有限公司(含宁波亚洲浆纸业有限公司)	148.74	152.65	2.63
9	中冶纸业集团有限公司	138.50	131.15	-5.31
10	山东博汇纸业股份有限公司	100.13	116.36	16.21
11	荣成纸业(中国)控股有限公司	110.18	115.80	5.10
12	山东世纪阳光纸业集团有限公司	59.06	96.13	62.77



续表

序号	单位名称	2010年 产量/万 t	2011年 产量/万 t	同比 /%
13	浙江景兴纸业股份有限公司	84.92	96.00	13.05
14	安徽山鹰纸业股份有限公司	92.46	89.36	-3.35
15	芬欧汇川(中国)有限公司	80.00	88.00	10.00
16	海南金海浆纸业有限公司	26.52	86.97	227.94
17	漯河银鸽实业集团有限公司	84.20	84.40	0.24
18	福建联盛纸业	54.36	79.77	46.74
19	山东泉林纸业有限责任公司	70.61	76.23	7.96
20	东莞建晖纸业有限公司	69.20	75.74	9.45
21	吉安集团股份有限公司	67.50	69.62	3.14
22	新乡新亚纸业集团股份有限公司	58.20	68.30	17.35
23	金红叶纸业集团有限公司	37.50	66.27	76.72
24	金华盛纸业(苏州工业园区)有限公司	62.02	62.98	1.55
25	福建优兰发集团实业有限公司	50.30	57.85	15.01
26	山东贵和纸业集团有限公司	54.02	55.68	3.07
27	山东华金集团有限公司	50.81	55.94	10.10
28	大河纸业有限公司	40.60	52.05	28.20
29	广州造纸集团有限公司	61.27	49.31	-19.52
30	保定三联纸业有限公司	47.41	46.79	-1.31

在集中度方面国内纸和纸板产量集中度较高,山东、浙江、广东、江苏、河南位居全国纸和纸板产量前五位,占全国总产量71%,我国造纸工业集中分布在黄淮海平原、长江中下游、东南沿海,其中黄淮海平原地区是我国造纸工业最集中的地区,主要原因得益于这些地区丰富的水资源。

与国际造纸企业相比,全球十大纸业公司大部分都实现了林