

华南理工大学科学丛书

# 现代制浆漂白技术与原理

陈嘉翔 詹怀宇 余家鸾 著

华南理工大学出版社

华南理工大学科学丛书

# 现代制浆漂白技术与原理

陈嘉翔 詹怀宇 余家鸾 著

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目(CIP)数据

现代制浆漂白技术与原理 / 陈嘉翔, 詹怀宇, 余家鸾著. — 广州: 华南理工大学出版社, 2005.10

(华南理工大学科学丛书)

陈嘉翔 詹怀宇 余家鸾 著

I 现...

II ①陈...②詹...③余...

III ①制浆工艺②纸浆漂白③造纸工业废水处理

IV ①造纸学

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 胡元

各地新华书店经销

广州市新明光印刷有限公司印装

\*

2005年 10月 第 1版 2005年 10月 第 1次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 6.5 字数: 160千字

印数: 1—5000册

定价(半精): 18.00元

(精装): 28.00元

# 《华南理工大学科学丛书》编审委员会

顾问 刘振群 周泽华 张力田

主任 刘焕彬

委员 刘正义 刘焕彬 贾信真

黄石生 韩大健 黄仲涛

刘永清 何镜堂 沈尧天

童 真 瞿金平 陈烈强

杨昭茂

## 出版说明

华南理工大学,是国家教育委员会直属的一所全国重点高等学校。自1952年建校以来,尤其是改革开放十多年来,已发展成为以工为主、理工文管结合的颇具规模的多科性综合大学,为国家培养和输送了远万多名各学科、专业的高级建设人才。目前,在校任教的教授、副教授(含相当的其他高级职称人员)有4000多人。正是他们带领4000多名教职员工,沿着党的教育方针指引的道路,把学校办成既是教学中心,又是科研中心。在他们当中有相当一批是在基础理论、应用科学或工程技术领域方面探索研究几十年而取得可喜成果,为繁荣发展我国科学和教育事业作出重要贡献并在国内外享有声誉的著名教授、专家、学者。我们编辑出版《华南理工大学科学丛书》的宗旨是选择华南理工大学任职的教授、专家、学者科学研究中在某学科或领域处于科学前沿或取得突破性成果的科学论著,按统一的规格要求汇编成丛书,陆续出版面世,以集中反映华南理工大学代表性的科研成果及其在有关学科领域中的地位 and 特色,为科研成果的积累、传播、交流及转化为生产方面提供必要的条件。

《华南理工大学科学丛书》列选资格由本丛书编审委员会审定,并由华南理工大学拨出专项基金资助出版。选编的原则是:

一、列入本丛书的作者(或第一作者),必须是在华南理工大学担任现职的教师或在学的研究生。除博士点或博士后流动站的导师外,其他教师或研究生的著作必须有两名以上同行专家提出评论意见推荐。

二、凡申请列入本丛书的著作,均应是反映华南理工大学某学科领域的优势、特色和科学水平的,在国内或国内外处于先进水平或领先地位的学术专著;对科学研究成果卓著、学术界知名度大且年事已高的老教授,有选择地适当安排出版其科学论文集。

三、列入本丛书的著作均应使用中华人民共和国法定计量单位(或国际单位制)和有关的新标准(1985年前发表的著作附新制与旧制对照表);在引用他人著作或观点时,应注明出处和列出参考文献。

四、作者已在国外发表的论著,选用时保留发表时的文种,并注明发表的时间、地点和刊物名称。

出版高层次的科学丛书,我们还是初次尝试,由于缺乏经验,如出现缺点和错误,欢迎读者批评指正。

华南理工大学出版社

## 作者简介



**陈嘉翔**,男,江苏宜兴人,1934年生。1955年7月于国立中正大学毕业后,参加江西八一革命大学学习,随后参加农村工作两年。1957年12月回南昌大学任助教。1958年11月全国第一次院系调整来华南工学院(现华南理工大学)参加筹建造纸专业工作,先后任助教、讲师、副教授和教授。曾任造纸教研组主任、化工二系系主任。1982年被批准为博士生导师,先后培养硕士生15名,博士生15名,均已毕业并获得学位,两名博士后也已出站。

陈嘉翔教授现任联合国教科文组织植物资源化学国际专家委员会委员、中国造纸学会学术委员会委员、中国造纸学会碱法草浆专业委员会顾问、广东造纸学会顾问、华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室名誉主任,还曾任国务院学位委员会第三届轻纺评议组成员、国家教委科技委员会轻纺组成员、轻工业部造纸工业科学技术专业组成员。

陈教授从事制浆化学与工艺的教学和科研工作近40年,完成了国家自然科学基金项目、国家博士点基金项目、原轻工业部造纸工业开发基金项目和广东省自然科学基金项目以及企业项目共100多项,在国内外学术交流会议和杂志上发表了论文100多篇,获各级科技进步奖100多项。此外,主编或编著出版了《制浆原理

与工程》、《制浆造纸手册·第二分册》、《制浆化学》、《植物纤维化学结构的研究方法》、《高效清洁制浆漂白新技术》等。



**詹怀宇**，男，广东饶平人，**1955**年生。**1981**年毕业于华南工学院（现华南理工大学）制浆造纸工程专业；**1981**—**1983**年先后在云南省下关市造纸厂和湖北省蒲圻市造纸厂工作；**1983**年考入华南工学院读研究生，师从陈嘉翔教授，**1986**年获硕士学位并留校任教，**1990**年获在职博士学位，同年晋升为教授；**1987**—**1989**年先后到瑞典参加国际制浆造纸高级训练班和加拿大魁北克大学制浆造纸研究中心进修；**1989**—**1993**年以高级访问学者身份，到美国北卡罗来纳州立大学木材与造纸科学系进行无**氯**污染制浆和漂白的研究；**1993**年被批准为博士生导师，已培养研究生**5**名（其中博士生**2**名）；现任华南理工大学造纸与环境工程学院副院长、制浆造纸工程国家重点实验室主任；兼任中国造纸协会理事、中国造纸学会碱法草浆专业委员会副主任、广东省造纸学会副理事长、全国轻工食品类教学指导委员会制浆造纸学科教学指导小组副组长；担任华南理工大学学术委员会委员、《华南理工大学学报》和《纤维素科学与技术》编委。

**20**世纪**80**年代以来，詹教授主持了**10**多项国家自然科学基金、轻工业部轻工科技基金、广东省自然科学基金、国家教育部重点科研项目和博士点基金、广东省重点科研项目和国际合作项目，在制浆化学机理、深化脱木素蒸煮、高得率制浆、无**氯**污染漂白及制浆造纸生物技术的研究方面取得进展，获省部级以上奖励**10**项；参编或编著了《制浆原理与工程》（副主编）、《甘蔗渣制浆造纸》、《常用非木材纤维碱法制浆实用手册》；已在国内外发表学术论文

150多篇,其中在国外杂志和国际学术会议发表论文 100多篇,在国内核心刊物发表论文 50多篇。



**余家鸾**,女,籍贯广东新会,1947年 8月生。1970年 7月毕业于华南工学院制浆造纸工程专业并留校任教,先后任助教、讲师、副教授和教授,1980年 7月开始享受国务院颁发的政府特殊津贴。余教授长期从事制浆造纸工程和制浆化学方面的教学和科研工作,曾任制浆教研组副主任、制浆化学教研组主任,指导硕士研究生并协助指导博士研究生,为硕士和博士研究生讲授专业课程。承担并已完成国家部、委科学基金,博士点基金“七五”攻关项目和广东省自然科学基金等重点科研项目共 15项,并为工厂完成科研项目 10项。研究内容包括对多种速生材和非木材造纸原料采用各种蒸煮方法和化学机械法的制浆方法及机理、少氯和无氯高白度漂白方法及机理、草浆黑液微生物法除硅及生物法处理漂白废水等。已在国内、外期刊和国际会议上发表论文 150多篇,其中有 10篇被收入《杂报》参编高校统编教材《制浆造纸实验》(轻工出版社)和专著《植物纤维化学结构及研究方法》(华南理工大学出版社)。多年来曾获国家教委及广东省科学技术进步二等奖 1项,广东省科学大会优秀科研成果奖 1项,广东省高教科学技术进步三等奖 1项,国家级优秀教学成果二等奖 1项,有两篇论文获广东省自然科学优秀学术论文二等奖。

# 序

我国古代发明的造纸术为全世界文明的发展起到了不可磨灭的作用。到了现代,造纸工业已成为全世界重要的制造产业,与社会经济同步发展。纸和纸板不但是文化科学知识的载体,而且是重要的工业原材料,纸和纸板的产量和人均拥有量已成为一个国家国力的体现。

现代制浆造纸工业是技术密集、资金密集、资源消耗量大、产业污染物多的工业。我国造纸工业虽然在产量上位居世界第三,但人均拥有量还很落后,而且存在着原材料短缺、资源和能源消耗大、污染严重等问题,关键是技术(包括工业技术、装备和自动化技术)比较落后。几十年来,我国造纸工作者为提高造纸科学技术水平进行了不懈的努力,取得了可喜成果。陈嘉翔教授新作《现代制浆漂白技术与原理》是众多成果中的一颗明珠。

陈嘉翔教授是华南理工大学制浆造纸学科的学术带头人。他基础深厚,知识渊博,十分重视基础研究和学科前沿的开拓,并注重理论与实际的结合。几十年来,他默默耕耘,孜孜奋进,为制浆造纸科学与技术的发展上下求索,毕尽才智。他重视学科建设和队伍建设,关心和培养青年教师。这部新作是他及其领导的科研团队近十年来

科学研究成果的总结。本书从植物纤维物理化学性质到微观组分结构,从常规蒸煮到改良的深化脱木素蒸煮,从化学法制浆到高得率的机械法、化学机械法制浆,从少氯漂白、无元素氯漂白到全无氯漂白,从制浆漂白废水特性到污染控制及资源利用等方面,都有较深入的研究和系统的论述,有许多独到的见解。书中内容新颖,字句通畅,图文并茂,可读性强,所提到的许多成果和观点不仅对制浆造纸工作者和在校学生系统了解制浆漂白过程的新观点、新技术、新成果有所裨益,而且对促进我国制浆造纸科学与技术的新发展,解决新问题都有许多借鉴和启发。

借此机会,向长期以来为我国造纸工业的发展毕尽精力,作出贡献的所有老一辈造纸科技工作者表示崇高的敬意。希望中青年学者们像前辈们一样,为我国造纸工业的发展作出新的贡献。

刘焕彬

二〇〇四年 苑月 猿日

# 前 言

造纸工业是一个传统工业,同时又是一个永不衰退、持续发展的现代化工业。在很多国家如美国、加拿大、日本、芬兰和瑞典等,造纸工业还是国家的支柱产业。

全世界纸和纸板的产量,19世纪 50年代年产量只有 300 多万吨,现在已经超过 1 亿吨。我国纸和纸板的年产量,1950 年是 10 万吨,1955 年发展到 150 万吨,1985 年达到 1000 万吨。但是,我国纸和纸板的产量和质量,还远远不能满足人民生活水平不断提高的需要。与发达国家相比,我们的差距还很大,如美国 1985 年纸和纸板的产量已经超过 1 亿吨。因此,加速发展我国的造纸工业是时代赋予我们的重任。

根据我国的国情,既要发展非木材制浆造纸,更要发展木材制浆造纸。改革开放以来,我们在非木材和速生材制浆漂白技术与机理方面做了大量的研究工作,跟上了国际制浆造纸发展的步伐,完成了许多国家重大科研项目,有些还在生产上得到了推广应用。作为多年来工作经验的总结,我们将科研成果以专著的形式奉献给读者。全书共分四章,分别介绍了化学法制浆及其机理、化学机械法制浆及其机理、纸浆漂白方法及其机理和黑液改性利用及废水处理。其中第一章由余家鸾教授执笔,第二章的第一、二节及第四章由陈嘉翔教授执笔,第二章的第三节及第三章由詹怀宇教授执笔。全书由陈嘉翔教授统稿。

本书如有疏漏之处,谨请各位读者批评指正。

著 者

1985 年 缘月

# 目 录

第一章 化学法制浆及其机理.....	( 员)
员员 硫酸盐法蒸煮及其机理 .....	( 员)
员员员 马尾松硫酸盐法蒸煮反应规律 .....	( 员)
员员圆 湿地松和加勒比松硫酸盐法蒸煮反应规律 .....	( 苑)
员员猿 湿地松和加勒比松硫酸盐法二级蒸煮 .....	( 员圆)
员员源 加勒比松 晕杂 预处理硫酸盐 粤匝法蒸煮脱木素反应 规律及其机理 .....	( 员圆)
员员缘 窿缘桉硫酸盐法和改良硫酸盐法蒸煮反应历程的 特点 .....	( 圆原)
员员远 竹子硫酸盐法蒸煮反应历程及脱木素机理.....	( 猿)
员员苑 荻苇硫酸盐法蒸煮脱木素反应历程及相关方程式 .....	( 猿)
员员愿 蔗渣硫酸盐法蒸煮脱木素反应历程及其机理 .....	( 源)
员员怨 硫酸盐法蒸煮脱木素反应动力学 .....	( 源)
员圆 烧碱法及烧碱 粤匝法蒸煮及其机理 .....	( 缘)
员圆员 竹子烧碱 粤匝法蒸煮反应历程及脱木素机理 .....	( 缘)
员圆圆 麦草烧碱 粤匝法连续蒸煮机理及局部化学反应 .....	( 远)
员圆猿 龙须草和芒秆烧碱法与烧碱 粤匝法蒸煮的特点 .....	( 远)
员猿 石灰法和石灰 粤匝法蒸煮及其机理 .....	( 苑)
员猿员 稻草的化学成分、蒸煮工艺条件及蒸煮结果 .....	( 苑)
员猿圆 稻草石灰法和石灰 粤匝法蒸煮反应历程 .....	( 苑)
员源 亚硫酸盐法蒸煮及其机理.....	( 苑)
员源员 加勒比松碱性亚钠 粤匝法蒸煮反应历程 .....	( 苑)
员源圆 桉木碱性亚钠 粤匝法蒸煮及其脱木素机理.....	( 苑)
员源猿 竹子碱性亚钠 粤匝法蒸煮反应历程 .....	( 愿)
员源源 蔗渣碱性亚硫酸钠法蒸煮及其机理 .....	( 愿)

员圆缘	蔗渣中性亚钠法蒸煮及其机理 .....	( 员圆)
员圆远	麦草改良 粤法与改良 晕法连续蒸煮机理及 局部化学 .....	( 员圆)
员圆苑	麦草和蔗渣亚硫酸铵法蒸煮规律及脱木素局 部化学 .....	( 员圆)
员圆愿	蔗渣亚硫酸镁法蒸煮脱木素规律 .....	( 员圆)
员圆怨	不同原料、不同蒸煮方法及其机理的比较 .....	( 员圆)
员圆园	以蔗渣为原料的几种蒸煮方法及其机理的比较 .....	( 员圆)
员圆员	马尾松、桉木、竹子和蔗渣硫酸盐法蒸煮脱木素 反应历程及其机理的比较 .....	( 员圆)
	参考文献 .....	( 员圆)
第二章 化学机械法制浆及其机理 .....		
员圆圆	亚硫酸盐预处理的化学机械法制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆猿	桉木亚硫酸钠预处理的化学机械法制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆源	蔗渣碱性亚硫酸钠预处理的化学机械法制浆及其 机理 .....	( 员圆)
员圆缘	蔗渣中性亚硫酸铵预处理的化学机械法制浆及其 机理 .....	( 员圆)
员圆远	红麻全秆亚硫酸铵预处理的化学机械法制浆及其 机理 .....	( 员圆)
员圆苑	碱性过氧化氢化机浆的制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆愿	马尾松 粤法云云的制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆怨	桉木 粤法云云的制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆园	杨木 粤法云云的制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆员	汽蒸爆破法高得率制浆及其机理 .....	( 员圆)
员圆圆	杨木爆破法高得率制浆的研究 .....	( 员圆)
员圆猿	桉木爆破法高得率制浆的研究 .....	( 员圆)
员圆源	蔗渣爆破法高得率制浆的研究 .....	( 员圆)

圆缘源 爆破法纸浆配抄新闻纸、书写纸、胶印书刊纸和

瓦楞原纸的研究 ..... (圆缘猿)

参考文献..... (圆缘园)

第三章 纸浆漂白方法及其机理..... (圆缘猿)

猿缘员 少氯与无元素氯高白度漂白方法及其机理 ..... (圆缘猿)

猿缘圆 湿地松硫酸盐浆少氯高白度漂白方法 ..... (圆缘源)

猿缘猿 桉木硫酸盐浆少氯高白度漂白 阅碱及 耘<sub>2</sub>O<sub>2</sub>段反  
应机理 ..... (圆缘园)

猿缘源 蔗渣硫酸盐浆少氯高白度漂白方法及其机理 ..... (圆缘园)

猿缘缘 增加 悦<sub>2</sub>O<sub>2</sub>漂白段改善元素氯漂白的蔗渣浆性能 ..... (圆缘元)

猿缘远 桉木预水解硫酸盐浆的无元素氯漂白 ..... (圆缘愿)

猿缘园 纸浆全无氯漂白方法及其机理 ..... (圆缘猿)

猿缘员 湿地松硫酸盐浆氧和过氧化氢脱木素的研究 ..... (圆缘猿)

猿缘圆 湿地松硫酸盐浆高白度全无氯漂白 ..... (圆缘缘)

猿缘猿 湿地松硫酸盐浆全无氯漂白中聚糖降解的机理 ..... (圆缘猿)

猿缘源 孕<sub>2</sub>O<sub>5</sub>活化剂处理对纤维素结构性能的影响 ..... (圆缘元)

猿缘缘 构树皮碱法浆过氧乙酸漂白的研究..... (圆缘缘)

猿缘远 构树皮碱木素过氧乙酸处理后结构的变化 ..... (圆缘园)

猿缘苑 蔗渣磺化化学机械浆的过氧化氢漂白与颜色 ..... (圆缘缘)

猿缘愿 爆破法高得率纸浆的漂白 ..... (圆缘怨)

猿缘猿 减少次氯酸盐漂白产生的有害物质的方法及  
机理 ..... (圆缘猿)

猿缘源 漂白条件对三氯甲烷及有机氯形成的影响 ..... (圆缘源)

猿缘缘 蔗渣硫酸盐浆次氯酸盐漂白时三氯甲烷及有机氯的  
来源 ..... (圆缘元)

猿缘远 减少三氯甲烷和有机氯的探索 ..... (圆缘园)

猿缘园 纸浆生物漂白方法及其机理 ..... (圆缘园)

猿缘员 硫酸盐苇浆含聚木糖酶预处理的全无氯漂白 ..... (圆缘园)

猿猿猿	针叶木硫酸盐浆含聚木糖酶预处理的无元素氯和全 无氯漂白 .....	(猿猿)
猿猿猿	桉木硫酸盐浆聚木糖酶漂白适性及纤维素酶对漂白 浆质量的影响 .....	(猿猿)
猿猿猿	螯合剂与聚木糖酶预处理对桉木硫酸盐浆含氧漂白 的影响 .....	(猿猿)
猿猿猿	半纤维素酶和木素酶用于硫酸盐浆的漂白 .....	(猿猿)
猿猿猿	桉木和蔗渣硫酸盐浆的生物漂白 .....	(猿猿)
猿猿猿	降解木素酶和降解聚木糖酶的生物漂白及机理 .....	(猿猿)
猿猿猿	漆酶 输体系统漂白尾叶桉硫酸盐浆 .....	(猿猿)
	参考文献.....	(猿猿)

#### 第四章 黑液木素的改性利用及含氯漂白废水的 生化处理.....

源源	非木材蒸煮黑液木素的改性利用 .....	(猿猿)
源源源	蔗渣硫酸盐木素与高分子单体共聚形成新型高分子 复合材料 .....	(猿猿)
源源源	麦草碱法蒸煮黑液木素制新型功能性肥料 .....	(猿猿)
源源源	竹子中性亚铵法红液和硫酸盐法黑液木素制胶粘剂 ...	(猿猿)
源源	木素磺酸盐的氧化和氧化木素磺酸盐的热缩合 ...	(猿猿)
源源源	木素磺酸盐的氧化 .....	(猿猿)
源源源	氧化木素磺酸盐的热缩合 .....	(猿猿)
源源源	缩合反应的机理与途径 .....	(源源)
源源	稻草蒸煮黑液微生物法除硅 .....	(源源)
源源源	黑液中 杂质的沉降与黑液 值的关系 .....	(源源)
源源源	黑液自然贮存过程中 值的变化 .....	(源源)
源源源	黑液自然贮存过程中 值下降的原因 .....	(源源)
源源源	影响黑液微生物法除硅的因素 .....	(源源)
源源源	微生物发酵过程中黑液有机组分的变化 .....	(源源)

源源	蔗渣碱法蒸煮黑液经处理后的循环回用 .....	(源源)
源源	黑液的凝聚、分离和吸附处理 .....	(源缘)
源源	黑液处理后的循环回用 .....	(源源)
源源	黑液处理后分离污泥的处理 .....	(源愿)
源缘	含氯漂白废水的白腐菌处理 .....	(源愿)
源源	含氯漂白废水的主要成分 .....	(源愿)
源源	白腐菌及其降解木素芳香化合物的酶系统 .....	(源愿)
源源	白腐菌射脉齿菌( <del>分选</del> )对蔗渣亚硫酸盐浆 憺匀三段漂白废水的处理 .....	(源愿)
源源	白腐菌黄孢原毛平革菌对硫酸盐苇浆 憺匀三段漂 白废水的处理 .....	(源缘)
源源	白腐菌对桉木硫酸盐浆 憺匀漂白废水脱色、脱毒及 降解芳香化合物的作用 .....	(源缘)
参考文献	.....	(源愿)
后记	.....	(源缘)