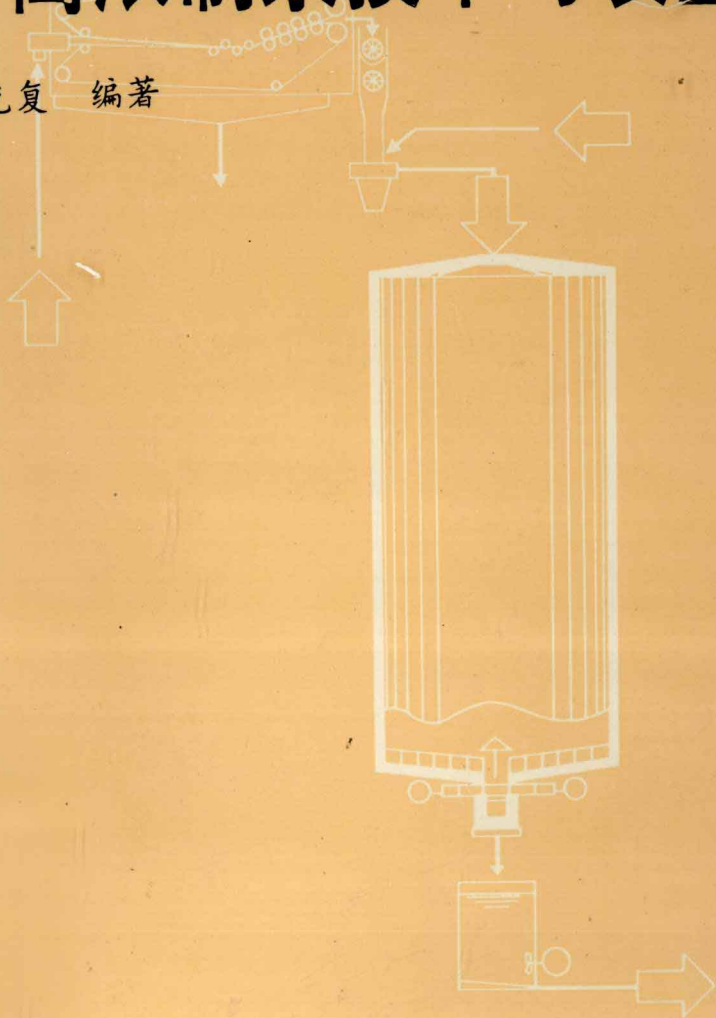


中高浓制浆技术与装置

陈克复 编著



华南理工大学出版社

中高浓制浆技术与装置

陈克复 编著

华南理工大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中高浓制浆技术与装置/陈克复编著.—广州:华南理工大学出版社, 1994. 12

ISBN 7-5623-0777-6

I. 中...

I. 陈...

Ⅱ. 制浆—技术—装置

IV. TS7

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510641)

责任编辑 赖淑华

广州飞马印刷厂印装

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.75 字数: 245 千

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—1500

定价: (精) 28.80 元

(平) 23.80 元

序

造纸工业的低浓制浆过程存在污染严重、能耗大和成本高等三大问题，而中高浓制浆过程由于浓度高，废液量少，可实现无（少）污染漂白工艺，缩小设备规模，减少纤维和化学药品的损失，因而对环境污染少，能耗和操作成本低。近些年来，在国际各造纸学术刊物和学术会议上均突出宣传中高浓制浆技术，认为中高浓制浆技术是造纸工业的高新技术，是今后的发展方向，并已成为造纸工业的基本概念和基本方法。

中高浓制浆技术早已引起我国造纸界的高度重视，对它的研究也已进行了多年，并已有许多制浆造纸厂引进了中高浓制浆技术与装置。但是，到目前为止还没有这方面的较系统的文献资料。针对这一实际情况，作者在研究中高浓制浆技术的同时，深感有必要编著这本书，作为我国造纸工业发展中高浓制浆技术的理论参考资料。它的主要内容是在叙述中高浓制浆工艺过程及装置的基础上，着重从化工流体力学、多相流体动力学和化工传递过程的角度论述中高浓制浆技术的机理。

本书参考了一百多篇国内外的文献资料，其中主要的已列于书后。大部分初稿已在本科生和研究生的教学中试用过，并两次作为中国造纸学会机械设备专业委员会举办的“中浓技术及装置”培训班的教材。在编写过程中多次征求了有实际经验工程技术人员的意见，经过多次的修改。不少同志协助做了大量的工作，陈淑梅、颜进华两同志协助整理了部分资料，魏振鑫、马晓萍等同志帮助绘图。

特别要提出的是，在编写本书过程中，得到了胡楠高工、杨

光誉高工、陈启新高工、官日彬高工、薛宗华高工等造纸界对中
高浓制浆技术与装置深有研究的专家们的支持和帮助，陈启新高
工还审阅了第四章的内容；另外，卢谦和教授、黄康泉高工、林
一亭高工和沈鸿枝高工对本书的编写和出版给予了多方面的关心
和支持。

本书的出版还要感谢邹海旋同志和华南理工大学出版社的有
关同志，经过他们的努力，才使本书顺利出版发行。

总之，本书从编写到出版，是经过许多同志的努力工作才完
成的，对他们的辛勤劳动和支持，作者表示衷心的感谢。

由于作者水平和经验的限制，谬误和不妥之处在所难免，恳
请读者批评指正。

陈克复

1994年6月8日

于华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室

目 录

第一章 概述	1
§ 1-1 按浓度划分纸浆类型	1
§ 1-2 低浓制浆过程所存在的问题	2
§ 1-3 造纸工业的节能和降低污染程度的新技术	3
§ 1-4 中浓制浆技术——MC 技术	5
§ 1-5 中浓技术主要单元操作和设备	8
§ 1-6 中浓技术的经济效益	13
§ 1-7 国内外中浓技术发展情况	16
第二章 中浓纸浆的输送技术与中浓浆泵	19
§ 2-1 中浓纸浆的非牛顿性及流动过程的作用力	19
§ 2-2 中浓纸浆的纤维网络及其剪切实验	21
一、平衡法	23
二、弧板剪切法	24
三、转子剪切法	26
§ 2-3 中浓纸浆在管道中的流动	27
§ 2-4 管路压头损失的预测方法	31
一、计算公式	32
二、有关数据	32
三、压头损失的影响因素	35
§ 2-5 中浓纸浆的流体化技术	40
一、中浓纸浆的流体化机理	40

二、中浓纸浆流体化技术实验方法——转子剪切法	42
§ 2-6 中浓纸浆的流体化实验	45
一、实验所采用的纸浆种类	46
二、实验装置尺寸及所需仪器	46
三、实验结果	47
四、实验结果分析	48
五、结论	62
§ 2-7 中浓浆泵的工作原理和结构	63
一、工作原理	63
二、中浓浆泵的结构	66
§ 2-8 中浓浆泵功率的计算	70
一、湍流发生器所需要的功率	71
二、离心泵所需的功率	72
§ 2-9 中浓浆泵的应用及注意事项	73
一、应用	73
二、安装形式	74
三、应用时注意事项	77
第三章 中浓纸浆与漂白剂的混合与混合装置	85
§ 3-1 混合机理	85
§ 3-2 混合质量的描述	88
一、混合过程的定性描述	88
二、混合质量的定义	90
§ 3-3 水-纸浆混合物	91
§ 3-4 中浓纸浆与气态漂白剂的混合	95
§ 3-5 中浓混合器的工作原理	97
§ 3-6 几种不同结构形式的中浓混合器	99
一、卡米尔中浓混合器	99
二、拉乌玛·里波拉公司的 RXM 中浓混合器	101
三、双涡漩型中浓混合器	103

四、SMA 中浓混合器	105
五、我国研制的中浓混合器	105
六、实验室用高端动混合器	107
七、搅拌式中浓混合器	109
§ 3-7 中浓浆泵作为混合器使用	111
第四章 中浓纸浆的漂白与装置	113
§ 4-1 概述	113
§ 4-2 漂白技术的发展	116
一、简介	116
二、氯化技术的改进	118
三、氧漂白	119
四、氧碱抽提技术	121
五、过氧化氢漂白	121
六、臭氧漂白	122
§ 4-3 氯气在纸浆中的扩散机理	122
§ 4-4 中浓氯化操作流程及设备	127
一、操作条件	127
二、流程及设备	128
三、中浓氯化有关物理量的控制	129
§ 4-5 氧漂白法及中浓氧漂白	133
一、氧漂白法的优点	133
二、氧漂白基本原理	134
三、中浓氧漂白法	136
§ 4-6 中浓氧漂白流程及主要设备	136
一、流程	136
二、工艺条件及控制变量	139
三、中浓氧漂白主要设备	142
四、中浓氧漂白的效益	142
五、中浓氧漂白在碱抽提段中的应用	144
§ 4-7 中浓过氧化物漂白	146

一、概述	146
二、机械木浆的过氧化物漂白	147
三、化学木浆的过氧化物漂白	151
四、 H_2O_2 漂白与连二亚硫酸盐漂白组成中浓二段漂白	151
§ 4-8 中浓碱处理	156
一、碱处理工艺条件	156
二、中浓碱处理所需要的设备	158
§ 4-9 中浓漂白常用设备	158
一、概述	158
二、中浓漂白塔	158
三、中浓碱处理塔	162
四、中浓二氧化氯漂白塔	162
第五章 高浓漂白技术与装置	164
§ 5-1 概述	164
§ 5-2 高浓漂白的流程及设备	165
一、流程	165
二、双网挤浆机	168
三、高浓混合器	172
四、高浓漂白塔及排料装置	176
§ 5-3 高浓氧漂白	176
一、高浓氧漂白的工艺条件	178
二、高浓氧漂白所需的设备	179
三、高浓与中浓氧漂白的比较	181
§ 5-4 高浓过氧化氢漂白	182
一、概述	182
二、流程	184
三、工艺条件	186
第六章 国外中高浓度漂白系统实例	189
§ 6-1 雷特斯造纸厂的中浓氧脱木素段	189

一、简介	189
二、中浓氧脱木素流程及有关设备	193
三、运行情况	194
四、运行工艺条件	195
§ 6-2 努桑迪特纸浆厂包括氧碱抽提段的中浓 三段漂白系统	197
一、简介	197
二、流程	199
三、漂白剂消耗及经济分析	200
§ 6-3 短流程中浓漂白	203
一、短流程中浓漂白所采用的技术路线	203
二、两个采用短流程漂白工艺的工厂实例	205
§ 6-4 IMPCO 公司的中浓氧漂白系统	208
一、流程	208
二、设备	209
三、生产性试验情况	210
§ 6-5 Huelve 造纸厂的中浓漂白线	212
一、概述	212
二、漂白生产线流程	213
三、能量消耗及污染的进一步控制	214
§ 6-6 卡米尔公司的中浓漂白生产线	214
一、概述	214
二、中浓氧脱木素	215
三、三段漂白系统	215
四、漂白系统的能源消耗及漂白剂消耗	216
§ 6-7 置换漂白系统实例	217
一、伊斯特造纸厂的置换漂白系统	217
二、基米尼造纸厂的置换漂白系统	220
三、埃比特苏造纸厂的置换漂白系统	221
§ 6-8 联合坎帕公司的臭氧漂白系统	223
一、富兰克林造纸厂简介	224

二、臭氧漂白生产线的建设	224
三、“F”生产线的流程及设备	225
四、滤液的封闭循环	227
五、结论	227
§ 6-9 机械浆过氧化氢中高浓漂白流程实例	228
一、日产 10 吨的马尾松机械浆中浓过氧化氢漂白流程	228
二、日产 150 吨机械浆的 P-R 两段漂白流程	228
三、日产 120~180 吨的机械浆高浓 P-R 两段漂白流程	231
第七章 中浓纸浆的筛选、洗涤与装置	234
§ 7-1 影响纸浆筛选的重要参数	234
一、纸浆浓度	235
二、筛板的结构形式	237
§ 7-2 中浓筛选原理及结构	238
一、圆筒式中浓压力筛	239
二、圆盘式中浓压力筛	241
三、直缝与环缝压力筛	244
§ 7-3 中浓筛浆机筛选效率的评估及试验结果	246
§ 7-4 中浓筛的用途	250
§ 7-5 洗涤原理及置换洗涤	255
一、洗涤原理	255
二、置换洗涤原理	256
§ 7-6 压力置换洗涤塔	258
§ 7-7 水平带式真空洗浆机	263
一、工作原理及规格	264
二、结构	266
三、使用及注意事项	266
§ 7-8 鼓式置换洗浆机	267
一、工作原理	267
二、主要结构	269
三、生产流程及控制	269

四、DD 洗浆机应用的洗浆理论	271
五、DD 洗浆机的技术特性	273
§ 7-9 双辊挤浆机	275
一、双辊挤浆机的用途	275
二、分类及结构形式	275
三、各类双辊挤浆机的技术特性	278
四、洗涤流程举例	279
第八章 其他中高浓操作单元与装置	281
§ 8-1 中浓贮存及装置	281
§ 8-2 中浓碎浆机	285
§ 8-3 中浓分散机	288
§ 8-4 中浓硬物捕集器及中浓除节机	288
§ 8-5 中浓除树脂设备	291
§ 8-6 高浓纤维处理机	292
结束语	295
主要参考文献	298

第一章 概 述

§ 1-1 按浓度划分纸浆类型

随着造纸工业的发展,造纸工程科学研究的进一步深入,划分纸浆高、中、低浓度类型的浓度值也在不断进行修正,故在国内外书刊上往往出现了提法不一致的情况。1982年美国制浆造纸工业技术协会召开的学术会议上,就这个问题进行了研究,根据这次学术会议的讨论,可从二个方面来划分纸浆的类型,即:从学术研究的角度来考虑,一般认为:

纸浆浓度 $c \leq 0.6\%$ 时,与水流具有近似的特性,称为低浓纸浆;

纸浆浓度 $0.6\% < c < 7\%$ 时,具在一定的流动性,与多相流体具有近似特性,称为中浓纸浆;

纸浆浓度 $c \geq 7\%$ 时,已具备粘弹性体的特性,称为高浓纸浆。

从造纸工业的工程传统习惯,在工程上可按下列原则划分纸浆类型:

纸浆浓度 $c < 7\%$ 时,可以用普通离心浆泵输送,归属为低浓纸浆;

纸浆浓度 $7\% \leq c \leq 15\%$ 时,可用湍流离心式中浓浆泵输送,归属为中浓纸浆;

纸浆浓度 $c > 15\%$ 时,可以用容积式高浓浆泵输送,归属为高浓纸浆。

为了使本书的内容更好地应用于工程实际,并与国际造纸工业学术刊物的习惯用法相一致,本书对纸浆的划分就采用下列原

则,即高浓(HC)纸浆就是指浓度大于 15% 的纸浆,中浓(MC)纸浆就是指浓度在 7%~15% 范围内的纸浆,而浓度在 7% 以下的纸浆就称为低浓纸浆。

§ 1-2 低浓制浆过程所存在的问题

纸浆主要是以纤维作为固相物质的悬浮液,属多相流体。当纤维浓度达 6% 以上时,就丧失了流动性,用传统的离心泵送系统难以输送,因此现行国内造纸工业生产中使用的制浆过程大部分是在低浓度条件下进行,即浓度在 7% 以下。由于浓度低,工艺流程复杂,废液量大,又无法进行中浓无污染漂白技术,使得造纸工业存在污染环境和大能耗等严重问题;同时占地面积和操作成本也相应增加。

环境污染是制浆造纸厂的难题之一,其主要污染源目前仍然为蒸煮废液和漂白废水。蒸煮废液所含的溶出物质和化学药品,经过对废液的适当处理后,已有部分得到了回收;但由于低浓洗涤和低浓筛选,不可能使废液保持较高浓度,以利于废液的处理,因此,制浆造纸厂的蒸煮废液至今仍是主要污染源之一。目前国内常用的漂白剂多是含氯化合物,低浓度含氯化合物的漂白工艺,不但废液污染严重,而且排放量也大,是造纸工业最重要的污染源,与蒸煮废液相比,漂白废水对周围环境的污染更为严重。

能耗量大是制浆造纸厂存在的第二问题。传统的离心浆泵只能输送浓度 7% 以下的低浓纸浆,故大量的稀释的低浓纸浆在被循环输送,使泵送功率远远超过制浆过程总功率的 20% 的指标;低浓洗涤、低浓筛选、低浓打浆等制浆过程单元操作都由于纸浆浓度低而增加了运行时间,缩短了设备使用寿命,造成能源浪费,操作成本高。因此,低浓制浆工艺是造纸厂能耗量大的主要原因。

低浓贮浆池(塔)的使用,使制浆车间近一半的面积为它所占

据,工艺流程复杂又是制浆操作占地面积大的另一原因。提高制浆过程的纸浆浓度,是解决这一问题的主要途径。

制浆工艺新技术研究的主要目标之一就是设法降低能量消耗、降低总生产成本,减少对环境的污染、降低总投资及减少废液排出量,即建立高效率、少污染、低能耗的制浆工艺过程来取代高能耗、低效率并污染严重的低浓制浆工艺过程。

§ 1-3 造纸工业的节能和降低 污染程度的新技术

十几年来,造纸工业已采用了许多新的先进的工艺技术,目的在于提高纸页质量,减少能源的消耗,降低环境污染程度和生产成本。特别是对能大幅度节能及大幅度降低污染程度的工艺技术,更加引起造纸工业的重视。这里所提的节能,包括节电、节水及节约原材料。

下述十个方面的新工艺新技术,正是造纸工业正在推广普及或正在研制的可大幅度节能及降低污染的典型例子:

(1)干法剥皮技术,可大量节约用水,可减少由于环保需要而必须处理的废水,并可得到较干树皮燃料。

(2)硫酸盐法连续蒸煮正以惊人速度在发展,在连续化自动化的同时,大幅度节约了热能和电能,并提高了纸浆的质量。

(3)高温洗涤系统的应用和降膜式蒸发器的应用,也是节能的典型例子,特别是中浓洗涤技术的应用,其节能效果更好。

(4)在新的漂白车间,采用无污染或少污染中浓漂白或高浓漂白。特别是氧漂,作为硫酸盐浆的第一段漂白,纸浆木素含量可降低约 50%,而且大幅度降低漂白废水中的 BOD 和 COD 含量,降低了污染程度。另外,由于制备氯和碱的车间是用电大户,故氧漂节

约了氯和碱,同样也节省了能源。

(5)中高浓输送技术的开发和推广,不但大幅度节能,而且为实现中浓制浆技术创造了条件。

(6)在废液蒸发中应用多段蒸发工艺,大大提高了废液固含量的浓度;而且在蒸发中采用热泵技术也节省了能耗。

(7)新型压力磨木机的发展,对于生产机械浆的造纸厂也是先进的节能技术之一,与普通磨木机相比,电耗降低了约 10%。

(8)中浓筛选技术的开发与应用,提高了筛选效率,节省了电耗和操作成本。

(9)高浓(2%~4%)抄纸技术用于抄造纸板及包装纸,是抄纸工段节能的典型例子。

(10)纸机的湿部、压榨部和干燥部都得到不断改进,当今的新纸机结构紧凑,效率高。特别是聚酯网代替铜网用于湿部脱水,作为新型脱水器材,具有重量轻、寿命长,操作方便、纸页质量稳定和节能等优点。

由于漂白废水和蒸煮废液是制浆造纸厂的主要污染源,故在降低环境污染程度的技术研究方面,都着重于这二个方面;下列几方面的措施,是目前正推广应用的热门技术:

(1)采用无污染漂白剂代替氯化化合物的漂白技术,将使漂白废水的污染降到最低点,完全符合国家的标准。中浓氧漂技术的研制成功,促进了氧漂技术的发展。

(2)中浓氯化漂白技术或中浓二氧化氯漂白,可提高漂白废水浓度,减少废水量,减少氯消耗量,属于少污染漂白技术。

(3)中浓置换漂白,降低漂白剂用量,减少了水电汽的消耗和废水排出量,更有利于废水处理。

(4)臭氧漂白生产性试验的成功和正式投入生产,使纸浆无污染漂白成为可能。

(5)过氧化氢漂白减少了化学药品的用量,同样能降低漂白车

间的废水污染程度。

(6) 氧碱法制浆, 是一种 70 年代发展起来的无污染制浆法。但由于目前还存在一些缺点留待克服, 故发展较为缓慢。

(7) 氨法制浆, 也属于无污染制浆法。还有碱法制浆的改进方法, 其目的都是为了提高得率, 减少污染, 降低操作成本及提高纸浆质量。

§ 1-4 中浓度制浆技术——MC 技术

在造纸工业为节能和减少污染所作出的努力中, 中浓制浆技术占有极为重要的地位。由于它能应用于整个制浆工艺过程, 就使得它同时具有改善环境、减少污染、节约能源、简化流程等优点, 是制浆造纸工业产生变革的具有重大意义的技术。

近年来, 国际各造纸学术刊物突出宣传中浓制浆技术, 认为制浆造纸工业面临的一个重要问题就是提高各工序中的纸浆浓度, 使其达到中浓, 这不但对缩小设备规模、管道长度及废液体积、减少纤维和化学药品损失都有极为重大的作用, 而且可实现中浓度漂白, 对减少有毒漂白剂用量, 降低废液污染程度具有重大影响。中浓制浆技术已成为制浆造纸工业的基本概念和基本方法。学术刊物还指出, 要解决中浓制浆技术的问题, 就需要很好地了解流体力学, 热量和质量传递原理以及纤维悬浮液化工过程的动力学。

中浓度制浆技术 (Medium Consistency Technology) 简称中浓技术或称 MC 技术, 是 80 年代初期首先在北欧应用的制浆新技术。它是在蒸煮 (或磨浆) 之后以 7%~15% 的中浓度进行泵送、贮存、洗涤、筛选、漂白和打浆的制浆过程, 从而克服了低浓制浆过程所存在的缺点, 是高效、低耗、少污染的制浆技术。例如: ①中浓技术提高了纸浆浓度, 大幅度降低了用水量, 加上工艺过程简化, 减少了不必要的稀释和浓缩操作, 从而降低了电耗和废液排出量, 缩小