



中国轻工业“十三五”规划教材

制浆原理 与工程 (第四版)

PULPING PRINCIPLE AND ENGINEERING
(FOURTH EDITION)



詹怀宇 主编
付时雨 刘秋娟 副主编

第 4 版 (第 4 次) 印刷

中国轻工业“十三五”规划教材

制浆原理与工程

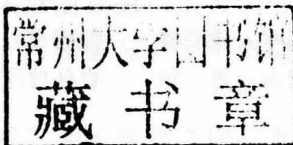
(第四版)

Pulping Principle and Engineering (Fourth Edition)

詹怀宇 主编

付时雨 刘秋娟 副主编

詹怀宇 付时雨 刘秋娟 韩卿 编
翟华敏 孔凡功 李海龙 王海松



 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制浆原理与工程=Pulping Principle and Engineering
(Fourth Edition) /詹怀宇主编. —4 版. —北京: 中国
轻工业出版社, 2019. 8

中国轻工业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5184-2487-0

I. ①制… II. ①詹… III. ①制浆-高等学校-教材
IV. ①TS74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 103800 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: 霸 州 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: 河北鑫兆源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2019 年 8 月第 4 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 34

字 数: 870 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2487-0 定价: 98.00 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

171508J1X401ZBW

前 言

“制浆原理与工程”是轻化工程专业的核心课程，主要介绍制浆的基本原理、工艺技术与工程应用。通过本课程的学习，使学生了解制浆的基本知识与理论，熟悉国内外制浆科学技术的新进展，培养学生分析和解决工程实际问题的能力，为从事制浆造纸科学技术工作打下厚实的基础。

《制浆原理与工程》(第四版)是经中国轻工业联合会批准的中国轻工业“十三五”规划教材。本教材根据教学改革和现代制浆工业的需要，结合各院校本课程的教学实践与经验，并吸收国外最新教材之精华，在《制浆原理与工程》(第三版)的基础上修订、编写而成。

本教材在内容和章节编排上做了适当的调整。将原第七章更改为蒸煮废液回收与综合利用，重点阐述黑液碱回收的过程原理和工程技术，而将固体废弃物的回收与利用及第八章制浆过程节能与热能回收的内容归到各章工艺过程阐述，这样更有针对性，并避免前后相关部分的内容重复。基于国内外生物质精炼技术的迅速发展，增设了第八章生物质精炼，以适应现代制浆工业的发展要求。内容上，在强调基本概念、基本理论的基础上，尽可能反映本课程领域国内外的最新进展与科技成果，介绍制浆新理论、新工艺、新设备，使本教材具有新颖性、先进性和可读性。此外，对重要的术语或名词在首次出现处加注英文，以利开展双语教学，也便于读者掌握专业英语词汇。为了便于读者理解和掌握所学内容，每章均附有习题与思考题。

本教材的编写参考了国内外大量的文献资料、教材和专著，若将其全部列出，将占很大篇幅。因此，只在每章后列出主要参考文献。

本教材由国内有关院校的任课教授编写，其中绪论、第一章和第六章由华南理工大学李海龙、詹怀宇编写，第二章由天津科技大学刘秋娟编写，第三章由齐鲁工业大学孔凡功编写，第四章由南京林业大学翟华敏编写，第五章由华南理工大学付时雨编写，第七章由陕西科技大学韩卿编写，第八章由大连工业大学王海松编写。全书由詹怀宇主编，付时雨、刘秋娟副主编。

本教材供轻化工程专业“制浆原理与工程”课程教学之用，也可供有关科研人员、工厂技术人员和高等院校相关专业师生参考。

本教材编写过程中，得到教育部高等学校轻工专业教学指导委员会的指导和支持，也得到许多前辈和同行的赐教与帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者学识水平有限，错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正！

编者

2019年2月

目 录

绪论	1
一、制浆的概念和现代制浆的基本过程	1
二、制浆方法的分类和纸浆品种的分类	2
三、制浆方法和制浆技术的发展趋势	3
参考文献	4
第一章 备料	5
第一节 原料的贮存	5
一、原料贮存的目的与原料贮场的要求	5
二、木材原料的采运与贮存	6
三、非木材原料的收集与贮存	9
第二节 木材原料的备料	10
一、木材备料过程与设备	10
二、木片的筛选与质量控制	17
三、木材原料备料的工艺计算	18
第三节 非木材原料的备料	20
一、麦草的备料	20
二、芦苇的备料	23
三、竹子的备料	24
四、蔗渣的备料	25
五、棉秆的备料	28
六、非木材原料备料的工艺计算	29
第四节 备料过程节能与固体废弃物的处置和利用	30
一、木材原料备料过程节能	30
二、非木材原料备料过程节能	34
三、备料固体废弃物的处置与利用	37
习题与思考题	38
参考文献	38
第二章 化学法制浆	40
第一节 概述	40
一、化学法制浆的分类	40
二、蒸煮液的组成和性质	41
三、化学法制浆常用术语	42
四、蒸煮液的制备	45
五、硫酸盐法制浆与亚硫酸盐法制浆的优缺点	46
第二节 蒸煮原理	47
一、蒸煮液对料片的浸透作用	47
二、碱法蒸煮的化学原理	50

三、亚硫酸盐法蒸煮的化学原理	69
四、碱法和亚硫酸盐法蒸煮过程中脱木素的局部化学	73
第三节 蒸煮过程与技术	73
一、碱法间歇蒸煮过程与技术	73
二、碱法连续蒸煮过程与工艺	82
三、亚硫酸盐法蒸煮过程与工艺	83
四、添加助剂的蒸煮技术	86
五、预水解硫酸盐法蒸煮技术	90
六、改良的硫酸盐法蒸煮技术	91
七、有机溶剂法制浆简介	106
八、蒸煮计算	108
第四节 蒸煮设备	110
一、间歇式蒸煮设备	111
二、连续式蒸煮设备	111
三、碱法蒸煮系统	115
四、亚硫酸盐法蒸煮设备	116
第五节 蒸煮过程节能与热能回收	117
一、蒸煮过程能耗的影响因素	117
二、蒸煮过程节能	118
三、蒸煮过程热能回收	118
第六节 化学浆的性能、用途与质量控制	120
一、化学浆的性能	120
二、化学浆的用途	124
三、化学浆的质量指标	125
习题与思考题	125
参考文献	126
第三章 高得率制浆	128
第一节 概述	128
一、高得率制浆的定义和分类	128
二、高得率制浆的名词术语	129
三、高得率制浆的发展与历史	130
第二节 盘磨机械法制浆	132
一、盘磨机及其磨浆原理	133
二、普通盘磨机械法制浆 (RMP)	142
三、热磨机械法制浆 (TMP)	143
四、其他盘磨机械法制浆 (Bio-MP)	147
第三节 化学机械法制浆	150
一、化学热磨机械法制浆 (CTMP)	150
二、碱性过氧化氢机械法制浆 (APMP)	157
三、其他化学机械法制浆 (SCMP、Bio-CMP)	161
第四节 半化学法制浆	166
一、木材原料半化学浆	166
二、非木材原料半化学浆	168

第五节 高得率制浆过程节能与热能回收	171
一、高得率制浆过程节能	171
二、热能回收与利用	173
第六节 高得率浆的性质与应用	177
一、机械浆的潜态性与消潜	177
二、高得率浆的质量指标	177
三、几种高得率浆的比较	178
四、高得率浆的应用	180
习题与思考题	182
参考文献	182
第四章 纸浆的洗涤、筛选与净化	183
第一节 纸浆的洗涤	183
一、纸浆洗涤的目的	183
二、洗涤术语与工艺计算	183
三、纸浆洗涤的原理与方式	184
四、影响洗涤的因素	187
五、洗涤设备	189
第二节 纸浆的筛选与净化	197
一、筛选和净化的目的	197
二、筛选的原理及影响因素	198
三、筛选设备与工艺	199
四、净化原理及影响因素	202
五、净化设备与工艺	205
第三节 纸浆的浓缩与贮存	207
一、纸浆的浓缩	207
二、纸浆的贮存	208
第四节 洗涤、筛选与净化的流程	210
一、洗涤、筛选与净化工艺流程的组合	210
二、筛选与净化的流程中的级与段	210
三、木浆洗涤、筛选与净化的流程	211
四、竹浆洗涤、筛选与净化的流程	212
五、草浆洗涤、筛选与净化的流程	213
第五节 浆渣的处理与回用	216
一、浆渣的来源和特性	216
二、浆渣处理回用	216
习题与思考题	217
参考文献	217
第五章 废纸制浆	219
第一节 废纸的分类与立法	219
一、废纸回用的意义	219
二、废纸的分类、收集与立法	220
第二节 纸和纸板的可回用性	224

一、化学浆废纸再生过程中性质的变化	224
二、机械浆废纸再生过程中性质的变化	225
三、影响废纸浆性质的因素	225
四、废纸再生过程纤维衰变的机理	227
第三节 废纸制浆的主要单元操作	228
一、纤维悬浮液的流体力学	228
二、分离过程的评价和模型	229
三、废纸的离解	232
四、废纸浆的净化	240
五、废纸浆的浓缩	245
第四节 废纸脱墨	247
一、印刷方法与印刷油墨	248
二、废纸脱墨原理	249
三、废纸脱墨化学品	250
四、废纸脱墨方法	253
五、废纸脱墨流程	255
六、废纸脱墨的影响因素	258
七、废纸脱墨设备	260
第五节 胶黏物和其他特殊物质的处理	265
一、沥青的分散处理	266
二、热熔胶的处理	266
三、热分散在废纸制浆系统中的应用	268
四、生物酶对于胶黏物降解和控制的作用	269
第六节 废纸制浆过程节能及废弃物的处理处置与利用	274
一、废纸制浆过程节能	274
二、非纤维废弃物的回收与利用	276
三、尾渣和脱墨污泥的处置与利用	278
习题与思考题	280
参考文献	280
第六章 纸浆的漂白	282
第一节 概述	282
一、漂白的分类与发展	282
二、漂白化学品与漂白流程	282
三、纸浆的光学性质与漂白原理	284
第二节 化学浆传统含氯漂白的危害及其改进	287
一、化学浆的次氯酸盐漂白	287
二、化学浆的 CEH 三段漂	289
三、传统含氯漂白的危害	291
四、传统含氯漂白的改进	292
第三节 化学浆的 ECF 和 TCF 漂白	295
一、ECF 和 TCF 漂白技术的发展	295
二、氧脱木素	297
三、二氧化氯漂白	309

四、碱抽提及其强化	315
五、臭氧漂白	317
六、过氧化氢漂白	325
七、过氧酸漂白	335
八、生物漂白	339
九、化学木浆的 ECF 和 TCF 漂白工艺	346
十、化学竹浆的 ECF 和 TCF 漂白工艺	349
十一、化学草浆的 ECF 和 TCF 漂白工艺	350
十二、化学浆 ECF 和 TCF 漂白的选择与比较	352
第四节 高得率纸浆的漂白	354
一、高得率纸浆漂白的特点	354
二、高得率浆的过氧化氢漂白	355
三、高得率浆的连二亚硫酸盐漂白	362
四、高得率浆的甲脒亚磺酸漂白	365
五、高得率浆的亚硫酸氢盐漂白	367
第五节 废纸浆的漂白	367
一、废纸浆的过氧化氢漂白	368
二、废纸浆的连二亚硫酸盐漂白	368
三、废纸浆的甲脒亚磺酸漂白	368
四、 H_2O_2 、 $Na_2S_2O_4$ 或甲脒亚磺酸的组合漂白	369
五、本色废纸浆的降解木素式漂白	370
第六节 漂白工艺计算与过程节能	371
一、漂白化学品计算	371
二、漂白设备计算	372
三、漂白用汽量计算	373
四、漂白工艺设计参数示例	374
五、漂白过程节能	375
第七节 纸浆的返黄及减轻返黄的措施	377
一、纸浆的返黄和返黄值	377
二、化学浆的返黄原理与减轻返黄的措施	377
三、高得率浆的返黄原理与抑制返黄的措施	381
习题与思考题	384
参考文献	384
第七章 蒸煮废液回收与综合利用	387
第一节 概述	387
一、蒸煮废液的种类和污染特性	387
二、蒸煮废液回收利用的目的和意义	387
三、黑液的回收利用方法	388
四、黑液碱回收与综合利用进展	389
第二节 黑液的基本特性	390
一、物理特性	390
二、化学特性	396
三、生物特性	397

第三节 黑液预处理	398
一、除渣	398
二、氧化	398
三、除硅	398
四、除皂	400
五、热处理和钝化	400
六、压力贮存	401
第四节 黑液蒸发	401
一、黑液蒸发的目的、意义和方法	401
二、黑液多效蒸发系统	402
三、黑液直接蒸发系统	415
第五节 黑液燃烧	415
一、黑液燃烧的目的和意义	415
二、名词和术语	416
三、黑液燃烧过程及基本原理	417
四、黑液燃烧工艺流程与操作原理	418
五、黑液燃烧过程影响因素	422
六、碱回收炉及辅助设备	423
七、碱回收炉安全运行要点	428
八、黑液燃烧技术进展	431
第六节 绿液苛化	435
一、苛化的目的和意义	435
二、苛化反应及名词术语	435
三、工艺流程及操作原理	436
四、苛化过程的影响因素	437
五、苛化设备	438
六、苛化系统稳定运行要点	443
第七节 白泥回收与利用	443
一、煅烧石灰法	443
二、综合利用法	446
第八节 碱回收系统节能措施	448
一、蒸发节能	449
二、燃烧节能	451
三、煅烧石灰法白泥回收系统节能	452
四、碱回收炉热电联产系统节能	453
五、合理利用低位热能节能	453
六、电机节能	453
第九节 碱回收技术进展	454
一、非传统式苛化技术	454
二、化机浆黑液碱回收技术	455
三、黑液流化床燃烧技术	455
第十节 黑液综合利用技术	456
一、热解技术	456

二、发酵技术	457
三、工业木素回收和利用技术	458
四、黑液聚糖回收与利用技术	461
习题与思考题	461
参考文献	461
第八章 生物质精炼	463
第一节 概述	463
一、生物质精炼的概念	463
二、生物质精炼的发展与意义	464
三、制浆产业与生物质精炼	464
第二节 生物质预处理技术	465
一、预处理的目的	465
二、预处理方法	466
第三节 生物质资源的高效清洁分离与利用	473
一、纤维素的高效清洁分离与利用	473
二、木素的高效清洁分离与利用	489
三、半纤维素的高效清洁分离与利用	495
四、其他组分的高效清洁分离与利用	500
第四节 生物质精炼的关键技术与产业链	503
一、生物质精炼过程产品价值分析	503
二、生物质精炼的产业现状与发展	505
三、基于制浆产业生物质精炼的产业链与发展	516
四、生物质精炼的产业政策	519
习题与思考题	527
参考文献	528

绪 论

造纸术的发明是我国古代劳动人民智慧的结晶，是对全世界人类最伟大的贡献之一。

东汉和帝时期，宦官蔡伦任“尚书令”（皇室手工业作坊负责人），他吸取了前人和皇室作坊中能工巧匠的生产经验，总结提出用树皮、麻头、破布和渔网作为原料造纸，对我国造纸技术做出了巨大贡献。也是世界上公认的第一个造纸术的发明者。

在现代社会中，纸是人们的生活必需品，又是重要的工业原材料，也是国防、科技部门的重要配套产品。纸是保存和传播文化知识、信息情报的重要载体，是保护和美化商品的优良材料。纸与人们的生活息息相关，与各行各业的发展紧密相连。

造纸产业是与国民经济和社会事业发展关系密切并具有可继续发展特点的重要基础原材料产业，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标志。造纸产业具有资金技术密集、规模效益显著的特点，其产业关联度强，市场容量大，是拉动林业、农业、化工、印刷、包装、机械、电子、能源、运输等产业发展的重要力量，已成为我国国民经济发展的新的增长点。造纸产业以木材、竹、芦苇、农业秸秆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，是我国国民经济中具有可持续发展特点的重要产业。2017年我国纸和纸板生产量为11130万t，消费量为10897万t，产量和消费量均居世界首位。

造纸必先制浆。2015年全世界纸浆产量为1.7877亿t，其中化学浆产量1.3532亿t，机械浆产量2777万t。制浆离不开纤维原料，由于各国植物纤维原料资源的不同，各国使用原料的情况也不一样。发达国家的造纸工业，几乎都使用木材为纤维原料；木材资源不足的发展中国家，则较多地利用本国的非木材纤维原料。为了适应造纸工业发展的需要，保护环境、节约资源，废纸的回收利用越来越引起各国的重视，废纸回收率和利用率逐年提高，2015年全球废纸回收量为2.4069亿t，回收率为58.6%。

我国的制浆原料，既有木材，也有竹子、芦苇、蔗渣、秸秆等非木材原料。近十多年来，废纸的回用量大幅增加，废纸浆在造纸用浆中的比例越来越大。2017年，我国造纸用浆总量为10051万t，其中木浆3152万t，占31%；非木材纤维纸浆597万t，占6%；废纸浆6302万t，占63%。为了解决造纸纤维原料的短缺，促进造纸工业持续发展，国家正在实施林浆纸一体工程建设，大力发展造纸原料林基地，并充分利用国内外两种木材原料资源，提高木材纤维比重，逐步形成以木材纤维为主，扩大废纸回收利用，科学合理利用非木纤维资源的多元化原料结构。

一、制浆的概念和现代制浆的基本过程

制浆，就是利用化学或机械的方法，或二者结合的方法，使植物纤维原料离解，变成本色纸浆（未漂浆）或漂白纸浆的生产过程。它包括下列基本过程（图0-1）：

除了上述基本过程外，还包括一些辅助过程，如蒸煮液的制备和漂液的制备，蒸煮废气和废液中化学药品的回收与综合利用以及热能的回收等。此外，还包括废纸制浆。这些，将在以后各章节中给予介绍。



图 0-1 现代制浆基本过程

制浆的主要作用是为造纸和其他纤维加工业提供优质的纸浆。制浆技术与资源消耗、产品品质、环境影响和企业效益密切相关。制浆工程主要考虑：a. 纤维原料；b. 成品浆用途；c. 工艺方法与技术；d. 过程设备与控制；e. 节能降耗与经济效益；f. 清洁生产与环境保护。

二、制浆方法的分类和纸浆品种的分类

制浆方法可以总的分为化学法和高得率法。

化学制浆法包括了各种碱法和亚硫酸盐法。

高得率制浆法包括了各种机械法、化学机械法和半化学法。

碱法制浆可分为烧碱法、硫酸盐法、多硫化钠法、预水解硫酸盐法、氧碱法、石灰法、纯碱法等，其中最重要的是硫酸盐法和烧碱法。

亚硫酸盐法制浆可分为酸性亚硫酸氢盐法、亚硫酸氢盐法、微酸性亚硫酸氢盐法、中性亚硫酸盐法和碱性亚硫酸盐法。

高得率法制浆按照机械处理程度的不同可分为机械法、化学机械法和半化学法。

机械法制浆主要有磨石磨木法（SGW）、压力磨石磨木法（PGW）、盘磨机械法（RMP）和热磨机械法（TMP）。

化学机械法制浆主要有化学热磨机械法（CTMP）、化学机械法（CMP）和碱性过氧化氢机械法（APMP）。

半化学法制浆主要有中性亚硫酸盐半化学法（NSSC）和碱性亚硫酸盐半化学法（ASSC）。主要的制浆方法汇总如图 0-2 所示。

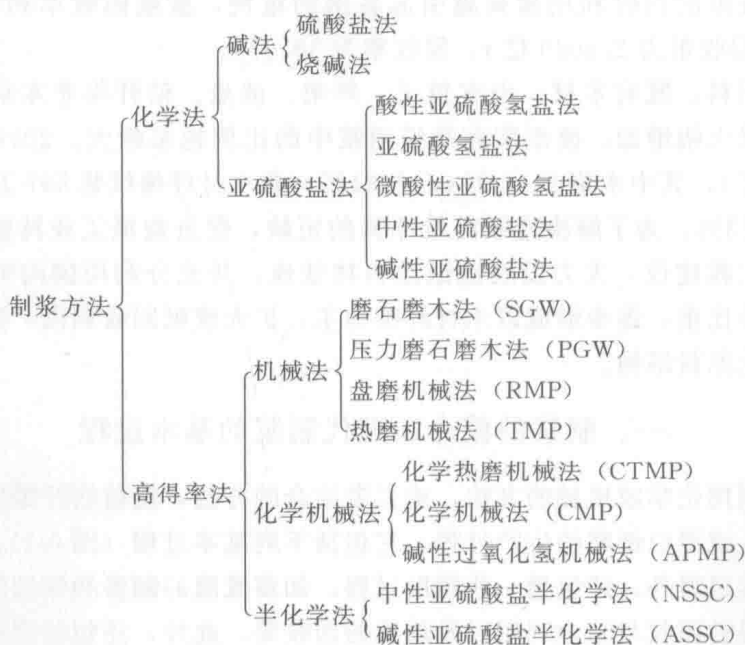


图 0-2 主要制浆方法汇总

其他制浆方法，如溶剂法，将在有关章节中介绍。

制浆方法不同，所生产的纸浆名称也有所不同。

总的来分，化学法、半化学法、化学机械法和机械法生产的纸浆分别称为化学浆、半化学浆、化学机械浆和机械浆，后三者又统称为高得率浆。高得率浆又可按其制浆方法来细分，如磨石磨木浆、热磨机械浆、化学热磨机械浆、碱性过氧化氢机械浆等。

不同原料，用相同制浆方法制出来的纸浆可以按原料来区别纸浆的名称。例如，硫酸盐木浆、硫酸盐竹浆、硫酸盐蔗渣浆等。

原料相同，制浆方法不同，则可控制浆方法来区别纸浆的名称。例如，硫酸盐苇浆和亚硫酸盐苇浆；烧碱法麦草浆和碱性亚硫酸盐法麦草浆。

根据生产的产品的要求，有些纸浆不需进行漂白，有些纸浆则需进行漂白。不进行漂白的纸浆叫本色浆，如生产水泥袋纸、电缆纸、电容器纸等用的本色硫酸盐木浆。经过漂白的纸浆叫漂白浆，视漂白程度或白度的高低又可分为半漂浆和全漂浆。例如，生产凸版纸、有光纸用的半漂烧碱法蔗渣浆，生产胶版纸、高级卫生纸用的全漂硫酸盐木浆。

三、制浆方法和制浆技术的发展趋势

国内外木浆和竹浆的生产仍以硫酸盐法为主，但是也有少数工厂采用碱性亚硫酸钠加蒽醌的蒸煮方法。

国内外草浆的生产，仍以烧碱法（或烧碱-蒽醌法）和硫酸盐法为主。但是，碱性亚硫酸盐法或碱性亚硫酸盐-蒽醌法也有一定的发展。

高得率浆的生产，热磨机械法（TMP）、化学热磨机械法（CTMP）和碱性过氧化氢机械法（APMP）是主要的方法。近年来，CTMP、BCTMP（即漂白CTMP）以及在APMP基础上改进的PRC-APMP有较快的发展。

近年来，国内外制浆造纸技术的进步和发展迅速，在节约资源、保护环境、提高质量、增加效益等方面均取得长足的进步，呈现出企业规模化、技术集成化、产品多样功能化、生产清洁化、资源节约化、林纸一体化和产业全球化发展的趋势。制浆技术主要朝着高得率、高质量、低消耗、低排放的技术方向发展。

化学法制浆朝着高效脱木素、高脱木素选择性、低能耗、少污染的方向发展。近30多年来，硫酸盐法蒸煮技术有了很大改进，出现了多种深度脱木素、提高蒸煮脱木素选择性的新型蒸煮技术。例如，间歇蒸煮的快速置换加热（RDH）蒸煮技术、超级间歇（Super Batch）蒸煮技术以及近年出现的置换蒸煮系统（DDS），连续蒸煮的延伸改良连续蒸煮（EMCC）技术、低固形物（Lo-Solids）蒸煮和紧凑蒸煮（Compact Cooking）新技术。提高了纸浆的得率和强度，改善了纸浆的可漂性。

高得率制浆朝着高得率、高强度、高白度、低能耗、低污染的方向发展，例如，在保证高得率和纸浆质量的前提下，采用改进的工艺技术尽量降低各种机械浆和化学机械浆的能耗，减少对环境的污染。

废纸制浆朝着高效率、低能耗、低污染的方向发展。近十多年来，高效低能耗的废纸碎解技术、废纸浆筛选净化和热分散技术、废纸脱墨技术、胶黏物控制技术以及废纸浆在各种纸和纸板抄造中的应用技术都在不断改进和完善，生物技术在废纸制浆的应用方面也取得显著的进展。

纸浆漂白方面，随着环境保护要求的日益严格，传统的含氯漂白正越来越受到限制，纸

浆漂白正朝着无元素氯（ECF）和全无氯（TCF）漂白的方向发展，生物漂白技术也将逐步发展，以达到高白度、高白度稳定性、高漂白选择性、低能耗、低水耗、低污染的目的。

制浆过程中节能和热能回收以及制浆废弃物的资源化利用越来越受到重视。黑液碱回收技术不断改进，蒸煮废液综合利用水平逐步提高，制浆过程固体废弃物的处理和利用技术也取得进展。发挥造纸产业自身具有循环经济特点的优势，通过“减量化，再利用，再循环”，实现制浆清洁生产，促进制浆造纸工业的可持续发展。

参 考 文 献

- [1] 陈嘉翔, 主编. 制浆原理与工程 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1990.
- [2] 谢来苏, 詹怀宇, 主编. 制浆原理与工程 (第二版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [3] 詹怀宇, 主编. 制浆原理与工程 (第三版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
- [4] 国家发展与改革委员会. 造纸产业发展政策 [R]. 北京: 2007年10月31日发布.
- [5] Gullichsen J., Paulapuro H.. Papermaking Science and Technology, Book 5, Book 6 and Book 7, Published by Fapet Oy, Helsinki, Finland, 2000.
- [6] 邝仕均. 2015年世界造纸工业概况 [J]. 中国造纸, 2017, 36 (1): 62-66.
- [7] 中国造纸协会. 中国造纸协会关于造纸工业“十三五”发展的意见 [J]. 中国造纸, 2017, 36 (7): 64-69.
- [8] 中国造纸协会. 中国造纸工业2017年度报告 [J]. 中国造纸, 2018, 37 (5): 77-84.

第一章 备 料

备料是指造纸植物纤维原料的堆放贮存、去皮削片或切断除尘、筛选除杂以及木片（料片）输送贮存等基本过程，是制浆造纸过程的重要组成部分。原料种类不同，其备料过程也不同。

第一节 原料的贮存

一、原料贮存的目的与原料贮场的要求

（一）原料贮存的目的

1. 改进原料质量

原料在贮存过程中，通过风化、发酵等自然作用，可减少原料水分并使水分均匀，降低树脂含量，稳定原料质量，节省制浆化学品用量。例如，马尾松经过一段时间贮存，使松节油挥发，树脂氧化变性，从而有利于减少树脂障碍；草类原料贮存4~6个月后，由于原料中淀粉、果胶、蛋白质、脂肪等组分的自然发酵，使纤维细胞间的组织受到破坏，细胞壁也受到一定的影响，因而有利于蒸煮时药液的渗透和木素的脱除，可减少化学品用量；又如新蔗渣的水分为50%左右，糖分含量约3%，贮存3个月后，蔗渣水分可降到25%以下，糖分降至0.05%，有利于制浆。但是，如果贮存方式不当，保管不善，会使原料发霉变质，甚至导致纤维素降解，灰分增加。因此，原料在贮存期间，应加强科学管理，发挥贮存之利，避免负面影响。

2. 保证连续生产需求

制浆造纸厂是一个连续生产的企业，为了不至于因原料供应影响正常生产，就要有一定的原料贮存量，特别是受季节性收获影响较大的草类原料，要有足够的贮存量才能满足正常生产需要。对于受季节性影响较小的木材、竹子等以及不受季节性影响的废纸，也要有一定的贮存量。

（二）原料贮场的要求

为了确保原料场的安全正常运行，减少原料贮存损失，原料场必须符合以下要求：

1. 防火安全措施得当

要有完善的防火、避雷和消防等安全措施。原料场与生产区、生活区之间必须设置足够宽度的防火隔离带；原料场应布置在生产区的下风向或与生产区平行，有完善的消防设施，如防火、避雷装置，设置瞭望岗亭等安全报警设施。

2. 运输方便

因原料运输量大，原料场进、出道路必须畅通，运送原料方便。

3. 排水通畅

为了避免原料受潮霉烂和原料场积水影响地基的稳固性，原料场排水必须通畅，雨后不允许有积水。因此，地基应比周围地面高300~500mm，地基面层应有0.3%~0.5%的坡

度,以利排水。

4. 通风良好

通风条件好是原料保管好、堆存好的重要条件之一。必须使料垛有良好的通风条件,以免原料霉烂变质、引起自燃和引起火灾。料垛间要保持足够的垛间距,料垛内必须设置纵向或横向通风孔道,料垛长度方向应与常年主导风向成 45° 角,如图1-1所示。

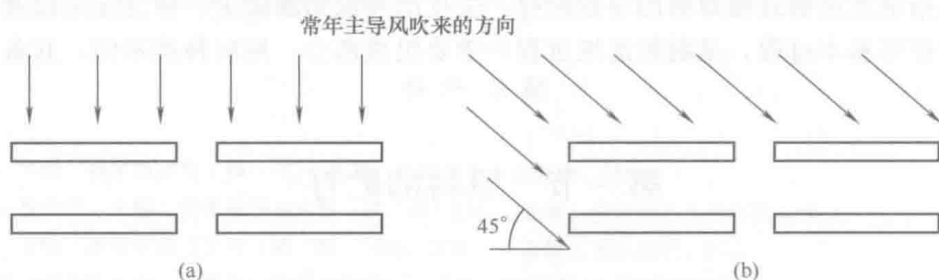


图 1-1 常年主导风向与垛成角情况

(a) 不合理的配置 (b) 合理的配置

5. 照明良好、安全

原料场夜间工作和保卫工作都需要良好的照明。原料场内部不宜架放照明线路,以免引起火灾。最好采用照明灯塔、埋放电缆。如条件限制要用移动线路或架空明线时,一定要有安全保护措施。

二、木材原料的采运与贮存

(一) 木材原料的采运

木材原料在林区将树木采伐之后,一般要先去掉树尖与树枝等,并锯成一定的长度(约6m),然后运到贮木场贮存。

(二) 木材原料的贮存

木材原料的贮存一般分为水上贮存和陆上贮存两种形式,前者仅适用于原木的贮存,后者则包括原木的陆上贮存和木片的贮存。

1. 原木的水上贮存

我国南方由于气候温暖、潮湿,木材容易腐烂变质,故可结合地形,利用湖泊、河湾或修筑人工湖作为水上贮木场。水上储存有减轻繁重的搬运操作、节省陆地面积和使木材水分均匀、防止蓝变和腐烂、无火灾等优点,但也存在原木树脂含量难降低、原木易沉底、沾带污泥多等缺点。

水上贮木场的面积,可根据贮存时间和安全贮备量计算。每立方米原木所需水面面积见表1-1。

表 1-1 每立方米原木所需水面面积

堆放形式	所需水面面积/(m^2/m^3 实积)	堆放形式	所需水面面积/(m^2/m^3 实积)
散放	8~10	多层木排 (倾斜角不小于 20°)	1.6~3.0
单层木排	7~9		
双层木排	4~5	扎捆	1.5~1.6