



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

[高校教材]

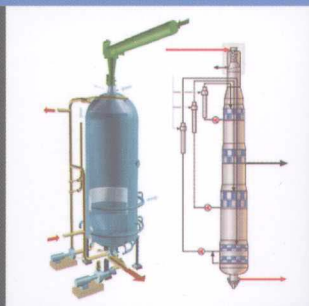
制浆原理与工程

(第三版)

詹怀宇 主编

陈嘉翔 主审

PULPING PRINCIPLE AND
ENGINEERING



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

制浆原理与工程

(第三版)

詹怀宇 主编

陈嘉翔 主审

詹怀宇 刘秋娟 陈嘉川 杨汝男 韩卿 翟华敏 编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制浆原理与工程/詹怀宇主编. —三版. —北京: 中国轻工业出版社, 2009.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5019-6532-8

I. 制… II. 詹… III. 制浆-高等学校-教材 IV. TS74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 107979 号

责任编辑: 林 媛 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 胡 兵 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: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 1 月第 3 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28

字 数: 652 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6532-8/TS·3810 定价: 58.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 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读者服务部联系调换

60467J4X301ZBW

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》（第三版）是经教育部批准的“十一五”国家级规划教材。本教材按照教育部轻化工程专业教学指导分委员会审定的编写大纲，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》（第二版）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。将原第七章中蒸煮液的制备部分调至第二章化学法制浆中，使前后衔接和系统性更好；增设了第八章制浆过程节能与热能回收，以适应国家节能降耗的要求。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。

本教材的绪论、第五章和第六章由华南理工大学詹怀宇编写，第二章由天津科技大学刘秋娟编写，第三章由山东轻工业学院陈嘉川编写，第一章和第四章由大连工业大学杨汝男编写，第七章由南京林业大学翟华敏编写，第八章由陕西科技大学韩卿编写。全书由主编詹怀宇统稿，并由陈嘉翔教授主审。

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化工程专业教学指导分委员会的指导和支
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，恳望读者批评指正。

编者

2008年5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	3
第一章 备料	4
第一节 原料的贮存	4
一、原料贮存的目的和原料场的要求	4
二、木材原料的采运与贮存	5
三、非木材原料的收集与贮存	8
第二节 木材原料的备料	9
一、木材备料过程与设备	9
二、木片的筛选和质量控制	15
三、木片的运输与贮存	16
第三节 非木材原料的备料	17
一、非木材原料备料过程与设备	17
二、非木材原料片的输送与贮存	23
习题与思考题	24
参考文献	25
第二章 化学法制浆	26
第一节 概述	26
一、化学法制浆的分类	26
二、蒸煮液的组成和性质	27
三、化学法制浆常用术语	28
四、蒸煮液的制备	30
五、蒸煮计算	33
第二节 蒸煮原理	35
一、蒸煮液对料片的浸透作用	35
二、碱法蒸煮的化学原理	38
三、亚硫酸盐法蒸煮的化学原理	54
四、碱法制浆与亚硫酸盐法制浆原理比较	58
第三节 蒸煮过程与技术	62
一、碱法间歇蒸煮过程与工艺	62
二、碱法连续蒸煮过程与工艺	68
三、亚硫酸盐法蒸煮过程与工艺	69
四、添加助剂的蒸煮技术	74
五、其他蒸煮技术	79

第四节 蒸煮设备	82
一、间歇式蒸煮设备	83
二、连续式蒸煮设备	84
三、碱法蒸煮系统及其设计要求	87
第五节 蒸煮技术的新发展	88
一、改良硫酸盐法蒸煮技术的化学原理	88
二、深度脱木素技术	91
第六节 化学浆的性能与质量控制	100
一、化学浆的性能	100
二、化学浆的质量指标	105
习题与思考题	105
参考文献	106
第三章 高得率制浆	108
第一节 概述	108
一、高得率制浆的分类	108
二、名词术语	109
三、高得率制浆的发展	110
第二节 磨石磨木浆	110
一、磨木机与磨石	110
二、磨木机磨浆原理及影响因素	115
三、其他磨石磨木浆	119
第三节 盘磨机械浆	121
一、盘磨机	121
二、盘磨机磨浆机理及影响因素	124
三、盘磨机械浆 (RMP)	130
四、热磨机械浆 (TMP)	131
五、生物机械浆 (Bio-MP)	133
六、机械浆的潜态性与消潜	134
第四节 化学机械浆	134
一、化学热磨机械浆 (CTMP)	135
二、化学机械浆 (CMP)	143
三、碱性过氧化氢机械浆 (APMP, P—RC APMP)	147
四、其他化学机械浆	151
第五节 半化学法制浆	152
一、中性亚硫酸盐法半化学浆 (NSSC)	153
二、其他半化学法制浆	156
第六节 高得率浆质量的检测与控制	158
一、高得率浆的质量检测	158
二、高得率浆的质量控制	158
三、几种高得率浆的比较	159
习题与思考题	160
参考文献	161

第四章 纸浆的洗涤、筛选与净化	162
第一节 纸浆的洗涤与废液的提取	162
一、概述	162
二、洗涤的原理、洗涤方式及洗涤影响因素	163
三、洗涤设备	167
四、泡沫的形成原因、预防措施及消泡方法	175
第二节 纸浆的筛选与净化	176
一、概述	176
二、纸浆的筛选	177
三、纸浆的净化	182
第三节 洗涤、筛选与净化的流程	185
一、洗涤、筛选与净化工艺流程的组合	185
二、筛选与净化的流程中的级与段	185
三、纸浆洗涤、筛选与净化的流程举例	186
四、浆渣的处理	187
第四节 纸浆的浓缩与贮存	188
一、纸浆的浓缩	188
二、纸浆的贮存	189
习题与思考题	191
参考文献	191
第五章 废纸制浆	192
第一节 概述	192
一、废纸回用的意义	192
二、废纸的分类与收集	193
三、废纸再生过程性质的变化	194
第二节 废纸的离解与废纸浆的净化与浓缩	198
一、废纸的离解	198
二、废纸浆的净化	205
三、废纸浆的浓缩	210
四、胶黏物和其他特殊物质的处理	213
第三节 废纸脱墨	217
一、印刷方法与印刷油墨	217
二、废纸脱墨原理	219
三、废纸脱墨化学品	219
四、废纸脱墨方法	222
五、废纸脱墨流程	224
六、废纸脱墨的影响因素	227
七、废纸脱墨设备	229
第四节 废纸再生新技术	235
一、浓浆揉搓处理	235
二、油墨附聚处理	235
三、超声波脱墨	235
四、酶法脱墨	236

五、浮选柱脱墨	241
六、纤维充填	243
习题与思考题	243
参考文献	243
第六章 纸浆的漂白	245
第一节 概述	245
一、漂白历史及发展趋势	245
二、漂白目的与分类	245
三、漂白化学品和漂白流程	246
第二节 纸浆的颜色、白度、发色基团与漂白原理	247
一、颜色、白度与亮度、色度学的基本原理	247
二、纸浆的光学性质	248
三、纸浆的发色基团与纸浆漂白原理	250
第三节 化学浆的传统含氯漂白	251
一、次氯酸盐漂白	252
二、氯化	256
三、碱处理	259
四、二氧化氯漂白	260
五、多段漂白的设备	267
第四节 化学浆的无元素氯与全无氯漂白	270
一、ECF 和 TCF 漂白技术的发展	270
二、氧脱木素	273
三、碱抽提的强化	281
四、臭氧漂白	283
五、过氧化氢漂白	288
六、过氧酸漂白	293
七、生物漂白	297
八、ECF 和 TCF 漂白的选择及比较	305
九、置换漂白与封闭循环漂白	307
第五节 高得率纸浆的漂白	309
一、高得率纸浆漂白的特点	310
二、高得率浆的过氧化氢漂白	310
三、高得率浆的连二亚硫酸盐漂白	314
第六节 废纸浆的漂白	317
一、废纸浆的过氧化氢漂白	317
二、废纸浆的连二亚硫酸盐漂白	318
三、废纸浆的甲脒亚磺酸漂白	318
四、 H_2O_2 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 或甲脒亚磺酸的组合漂白	319
五、本色废纸浆的漂白	320
第七节 纸浆的返黄和白度的稳定	321
一、纸浆的返黄和返黄值	321
二、纸浆返黄的机理和影响因素	322
三、稳定白度减轻返黄的方法	326

习题与思考题	327
参考文献	328
第七章 制浆废液和固体废弃物的回收与利用	330
第一节 概述	330
一、废液的组成和性质	330
二、废液回收方法和流程	334
第二节 黑液碱回收	335
一、名词术语	335
二、黑液的蒸发	336
三、黑液的燃烧	345
四、绿液苛化	352
五、白泥回收与利用	359
六、黑液回收新技术新方法	361
第三节 蒸煮废液的综合利用	364
一、黑液的综合利用	364
二、亚硫酸盐制浆废液的综合利用	365
第四节 制浆过程固体废弃物的回收与利用	369
一、备料过程固体废弃物的利用	369
二、浆渣的回收与利用	370
三、废纸制浆非纤维废弃物的回收与利用	370
四、脱墨污泥的处理与利用	372
习题与思考题	375
参考文献	375
第八章 制浆过程节能与热能回收	377
第一节 概述	377
一、中国能源资源及消耗概况	377
二、企业能耗的概念及统计方法	378
三、企业生产过程节能的途径	379
四、制浆造纸过程的能耗	379
第二节 备料过程节能	380
一、备料过程的能耗	380
二、电机及其节能技术的发展	380
三、木材原料备料过程节能	382
四、非木材原料备料过程节能	387
第三节 蒸煮过程节能	390
一、原料种类及料片尺寸对蒸煮过程能耗的影响	390
二、深度脱木素蒸煮技术	391
三、蒸煮过程参数对能耗的影响	396
四、蒸煮器保温节能	398
五、蒸煮过程热能回收	399
第四节 高得率制浆过程的节能	400
一、磨石磨木浆生产过程节能	401
二、盘磨机械浆生产过程节能	404

三、草类高得率浆生产过程节能	413
第五节 废纸制浆过程节能	413
一、废纸制浆设备的选用及节能	413
二、传统废纸制浆过程节能型技术改造	419
三、中浓磨浆技术在废纸浆磨浆过程的应用及节能	420
第六节 纸浆洗选和漂白过程节能	420
一、纸浆洗涤和废液提取过程节能	420
二、封闭筛选与节能	423
三、节能型纸浆漂白技术的应用	424
第七节 碱回收过程节能	427
一、蒸发过程节能	427
二、燃烧过程节能	431
三、直接苛化碱回收法节能	434
习题与思考题	434
参考文献	434

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，对我国造纸技术作出了巨大贡献。也是世界上公认的第一个造纸术的发明者。

在现代社会中，纸是人民的生活必需品，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。

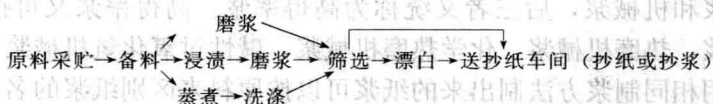
造纸产业是与国民经济和社会事业发展关系密切的重要基础原材料产业，纸及纸板的消费水平是衡量一个国家现代化水平和文明程度的标志。造纸产业具有资金技术密集、规模效益显著的特点，其产业关联度强，市场容量大，是拉动林业、农业、印刷、包装、机械制造等产业发展的重要力量，已成为我国国民经济发展的新的增长点。造纸产业以木材、竹、芦苇等原生植物纤维和废纸等再生纤维为原料，可部分替代塑料、钢铁、有色金属等不可再生资源，是我国国民经济中具有可持续发展特点的重要产业。

造纸必先制浆。2006 年全世界纸浆产量为 1.866 亿 t，其中化学浆产量 1.288 亿 t，机械浆产量 3563 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，2006 年全球废纸回收量为 1.96 亿 t，回收率为 51.3%。

我国的制浆原料，既有木材，也有竹子、草类等非木材原料。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。2006 年，我国造纸用浆总量为 5992 万 t，其中木浆 1322 万 t，占 22%；非木材纤维纸浆 1290 万 t，占 22%；废纸浆 3380 万 t，占 56%。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化工程建设，大力发展木浆，而非木材纤维原料在今后较长的时间内仍将是我国造纸工业的重要原料。我国造纸工业原料结构调整的战略目标为：“十五”及后 10 年，逐步形成以木材纤维为主，扩大废纸回收利用和科学合理使用非木材纤维的多元化原料结构。

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，或两者结合的方法，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：



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和热能的回收等。此外，还包括废纸制浆。这些，将在以后各章节中加以介绍。

制浆工程主要考虑：①纤维原料，②成品浆用途，③工艺方法与技术，④过程设备与控制，⑤节能降耗与经济效益，⑥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。

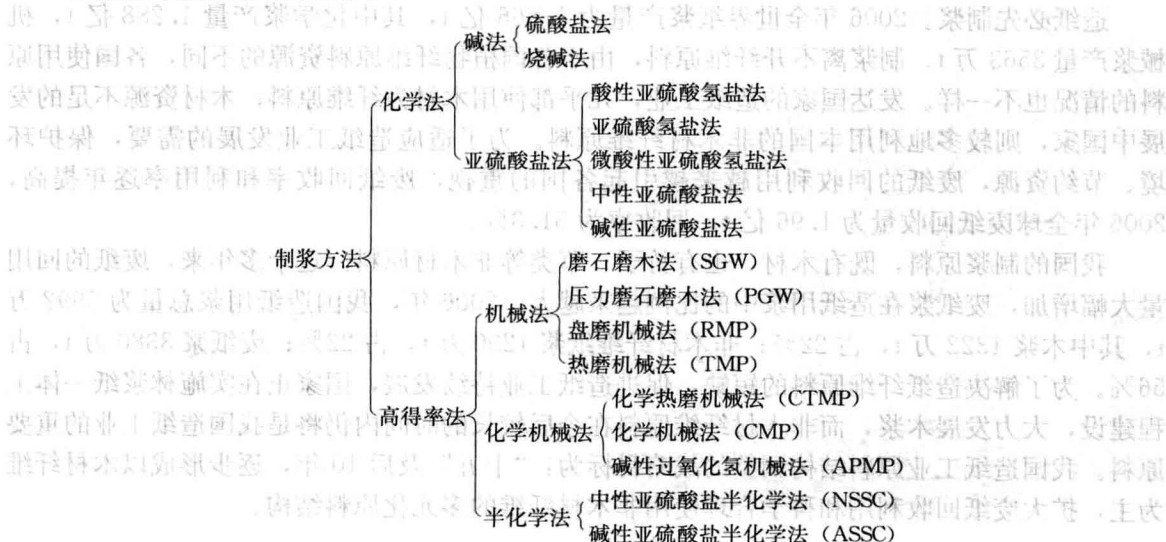
高得率法制浆按照机械处理程度的不同可分为机械法、化学机械法和半化学法。

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下：



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

国内外木浆的生产仍以硫酸盐法为主,但是近年来已出现碱性亚硫酸钠加蒽醌的方法与硫酸盐法在生产漂白浆方面进行竞争的局面。

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,热磨机机械法(TMP)、化学热磨机机械法(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,世界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,正朝着高效率、高质量、高效益、低消耗、低排放的现代化大工业方向持续发展,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。

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。近三十多年来,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)技术和低固形物(Lo-Solids)蒸煮技术。

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(第一版). 北京: 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). 北京: 中国轻工业出版社, 2001
3. 国家发展与改革委员会. 造纸产业发展政策. 北京, 2007年10月31日发布
4. Gullichsen J., Paulapuro H. Papermaking Science and Technology, Book 5, Book 6 and Book 7, Published by Fapet Oy, Helsinki, Finland, 2000

第一章 备 料

备料在造纸企业中是指造纸植物纤维原料的堆放贮存、切断破碎、除尘筛选等基本过程。造纸植物纤维原料在备料工段尽可能地去木材原料的树皮及树节、草类原料的穗、鞘、髓、谷粒及尘土、砂石等杂质，并按着规格的要求筛选出合格的料片，直接送往下一工段或贮存备用。原料的种类不同（如木材和草类），备料的流程也有较大的区别。

备料工段是造纸厂生产流程的重要组成部分，直接影响着后续工段的产品质量和生产成本。

第一节 原料的贮存

一、原料贮存的目的和原料场的要求

（一）原料贮存的目的

1. 改进原料质量

植物纤维原料通过一段时间的贮存，会受到风化、发酵等自然作用，使水分逐渐与环境平衡而降低并均匀；木材原料的贮存还能降低树脂等有害成分的含量，稳定原料质量，而有利于制浆并节约后续化学处理的药品用量。例如马尾松经过一段时间的贮存，会使松节油挥发、树脂氧化变性，而有利于减少“树脂障碍”；草类原料在贮存4~6个月后，会由于原料中的淀粉、果胶、蛋白质、脂肪等自然发酵，使胞间层和细胞壁组织受到不同程度的破坏，从而比蒸煮新草时，药液更容易渗透，木素更容易脱除，因此用药量较低；又如蔗渣从糖厂出来的水分约为40%~50%，经过3个月的贮存以后会降到25%以下，糖分也大幅度降低，从而对制浆有利。

但是，如果贮存不当，也会使原料发霉变质，甚至使纤维素降解、灰分增加，而产生负面影响。

2. 保证生产需求

随着制浆造纸企业的日趋大型化、连续化，日需植物纤维原料量越来越多。所以，必须贮存足够量的原料来保证生产需求。草类原料的收购一般受季节限制，收购期约为3~5个月，一般集中在每年11月至第二年的4月份。所以，草类原料的贮存期约为6个月以上；木材原料一般不受季节限制，贮存期可以短些，但运输周转也需留有余地，并为了改进原料质量而进行一定时期的贮存，一般贮存期在3~6个月，但生产质量要求高的纸浆，则需贮存10~12个月。

（二）原料场的要求

一般大型的制浆造纸企业的原料场设有厂内原料场和厂外原料场，后者一般设在原料产地附近；而小型企业一般只设厂内原料场。由于制浆造纸企业纤维原料用量大、易燃，所以其原料场的特点是占地面积大、运输量大、防火、防雷要求高。其基本要求如下：

① 要有防火安全措施。因为植物纤维原料本身易燃；尤其草类原料水分高时，堆放发酵强烈，如果通风不好，会使温度迅速升高而引起自燃；雷击、吸烟以及照明线路维护不当也会引起失火。因此，堆垛要注意原料水分适当，保证通风良好及避雷设施及消防设施完

善。一旦失火能迅速扑灭。另外，在原料场设计时，首先要将其设置在生产厂区的下风向或者与生产厂区平行并为了缩短运输距离靠近备料工段；其次要将原料场与生产区、福利区用防火带隔开，防火带的宽度要根据原料种类和贮存量以及主导方向和风速按国家规定设置。

② 运输要方便。一般来说，生产 1t 纸，进出原料场的原料要 2~3t（按体积计算，木材约 3~6m³），因此原料场的运输量约占全厂的运输量 50% 以上，所以进出原料场的运输路线必须通畅、方便，不宜交叉，运输工具应注意先进性和现代化。

③ 排水要通畅。为了避免原料霉烂和原料场积水影响地基的稳固性，雨后原料场不允许有积水，排水必须通畅，因此垛基高度应高于周围地面 300~500mm，垛基面层应有 0.3%~0.5% 的排水坡度，垛基周边与周围地面应有 1:1.5 的坡度，以利排水。

④ 通风要良好。堆垛方向最好与主导风向成 45°，如图 1-1（b）所示，以利于各垛之间的通风；如果主导风向与垛的长度方向垂直，如图 1-1（a）所示，不但会造成前排垛挡风，而且还有使前排垛的檐口被掀开的危险。

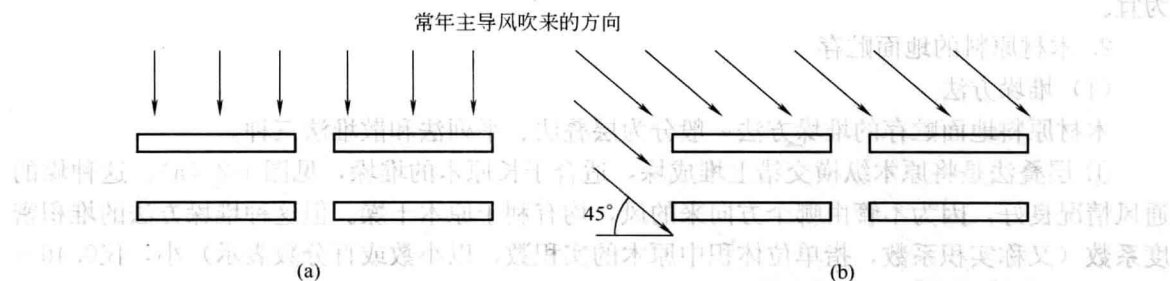


图 1-1 常年主导风向与垛成角情况

(a) 不合理的配置 (b) 合理的配置

⑤ 照明要符合要求。原料场夜间工作和安全保卫工作都需要良好的照明。原料场地面上不宜架设照明电路，以免引起火灾。最好采用照明灯塔，埋设电缆。若条件不具备，要采用移动线路或架空明线时，一定要采取安全保护措施。

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两种方式，即水上贮存和地面贮存。我国南方因气候温暖、潮湿，木材容易腐烂变质，同时，南方的江河湖泊地面水资源丰富，可以采用水上贮存的方式来解决这一问题。我国北方气候干燥，木材不易腐烂，大都采用地面贮存的方式来贮存原木。

1. 木材原料的水上贮存

水上贮木可以充分利用水的浮力，省去繁重的搬运操作，提高劳动生产率；同时，水上贮木会使木材水分均匀、防止菌类和虫类的滋生繁衍和原木变蓝和腐烂。因此，生产的纸浆不但筛渣少，而且产量高，纸浆的质量也很好。特别是在我国南方用水上贮木的马尾松生产磨木浆和硫酸盐化学浆有良好的效果。但是，水上贮木也存在着原木树脂难于降解、原木沉底易沾染泥砂以及木材的溶出物污染水体等缺点。

在我国南方的水上贮木一般结合地形，利用河湾、湖泊或者利用天然的凹地修筑堤坝形成人工湖作为水上贮木场。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可参考表 1-1 数据。

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

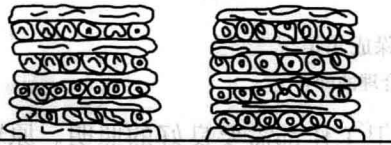
原木在往工厂运输时，可以采用水路、铁路和公路运输方式。水上贮木场需在出河地点建立水上作业场，木排先在作业场分类，然后由出河机出河。出河场应选在航道旁有足够宽度、长度和深度的河段，最好不受主导风向的影响。作业场的水流速度以 0.2~0.8m/s 为宜。

2. 木材原料的地面贮存

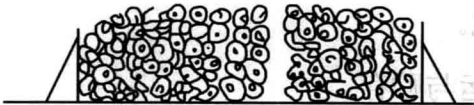
(1) 堆垛方法

木材原料地面贮存的堆垛方法一般分为层叠法、平列法和散堆法三种。

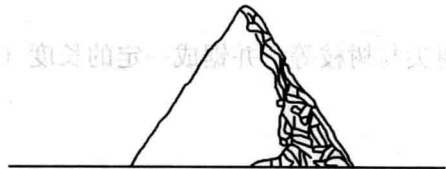
① 层叠法是将原木纵横交错上堆成垛，适合于长原木的堆垛，见图 1-2 (a)。这种垛的通风情况良好，因为不管由哪个方向来的风，均有利于原木干燥。但这种堆垛方法的堆积密度系数（又称实积系数，指单位体积中原木的实积数，以小数或百分数表示）小，仅 0.46~



(a)



(b)



(c)

图 1-2 木材堆垛方法示意图

(a) 层叠法堆垛 (b) 平列法堆垛 (c) 散堆法堆垛

0.52。该法的实积系数还随着原木的直径减小和原木长度的增加而变小，故所用贮木场面积较大。

② 平列法是将原木顺堆成垛，适合于长原木或短原木的堆垛，见图 1-2 (b)。这种堆垛的通风情况不如层叠法，但堆积密度系数较大，达 0.6~0.7。为了使垛的两端稳固，可以在垛的两端采取层叠法堆垛，中间则用平列法堆垛。这种方法使用比较普遍。

③ 散堆法又称山堆法是将原料自然堆放成垛，适合于木片、板皮以及短原木的堆垛，见图 1-2 (c)。该法堆垛比较省力，用堆木机将木材原料自由地堆积成小山，但堆积密度系数小 (0.4~0.5)，内部通风条件差，木材干燥不均匀，原木两端易碰碎、帚散而夹带泥砂、杂质，因此不易生产高级纸张。

(2) 堆垛规格与堆垛间距

① 长原木的堆垛规格与堆垛间距。长原木的堆垛规格主要由贮木场起重运输机械化程度以及原木场的地形和可供利用的面积来决定。木垛长度一般在 100~300m，一般机械堆垛木垛长一些，人工堆垛木垛短一些。垛宽取决于原木的长度，但原木端部间距不得小于 1m。使用机械堆垛时，一般垛高为 8m；人工堆垛时，一般垛高为 4m。当若干垛构成垛区时，垛区中间要留有 25m 宽的防火间距。

② 短原木和枝桠材（长度在 3m 以下）的堆垛规格与堆垛间距。短原木一般以垛组、垛区进行平面布置。每一木垛长度一般不大于 30m，宽度即短原木的长度，高度不应大于 4m。在垛组内，垛与垛之间的距离应不小于 0.5m。几个短原木垛形成一个垛组，垛组与垛组之间留有的防火间距不小于 10m；6~10 个垛组形成一个垛区，垛区之间的距离，纵向不小于 15m，横向不小于 25m。

③ 板皮堆垛规格。板皮堆垛有两种形式，一种是散堆，即自然堆放成堆；另一种是层堆成垛，垛长一般为 20~30m；垛宽为 6~8m；人工堆垛垛高为 4~5m。垛顶一般采用斜坡封顶，使雨水顺利流向垛的四周。

(3) 原木的堆垛和拆垛机械

一般堆垛和拆垛机械有桥式吊车、龙门吊以及缆索式堆垛机等。

(4) 木片的堆垛与贮存

由于使用外购木片有许多优点，多年来，国外造纸企业大量使用外购木片。近年来，我国使用外购木片的造纸企业也有增多的趋势。

外购的木片通常用汽车或火车运输到浆厂。沿海和沿江地区也用驳船运输。将木片装入运输工具的最有效方法是风送，因为风送木片被压得比较紧，木片空隙小，虽然这是以木片受到一定程度的损伤为代价。

浆厂定期接受发运来的木片，一般是配置特殊设施将汽车和火车内的木片卸到漏斗式料仓，还有将木片从料仓送到堆存处的有效系统。有些工厂还利用抽风系统与汽车相结合卸下木片。驳船卸货一般用配有抓斗的吊车。

卸料后一般立即分堆贮存。堆存的方法大致有如下两种。

① 采用真空吸木片装置卸料并用鼓风机送料。用真空吸木片装置从顶部敞开的火车车厢将木片吸送到旋风分离器，然后用鼓风机将木片送到木片堆场中。这种卸料方法的卸料速度现已达到 $330\text{m}^3/\text{h}$ 以上。

② 采用皮带运输机将木片成堆贮存。可直接使用活动型胶带运输机卸船运木片。火车和汽车卸下的木片也可由胶带运输机将木片成堆贮存。使用胶带运输机成堆时，为了使木片不至于破碎损伤，可控制木片下落的高度。

木片堆应尽量压实，这样一方面可以增加单位面积的贮存量；另一方面可以防止木片堆表面的碎木屑被风吹散，而破坏环境卫生。木片堆的大小范围很广，在国外大的底部可以达到 1hm^2 以上；高度可达 20~30m，甚至可达 50m 左右。

与使用原木相比，外购木片有许多优点。①可以节约原料堆场：由于木片堆的高度比原木垛高，且不需设置起重机械活动的区域，所以单位面积的堆积量大；②可以节省劳动力和减少备料费用；③不同材种的木片易于分开堆放；④木片堆较散堆的原木易于计量；⑤削片后贮存有利于树脂含量降低；⑥贮存木片，不会因削片机等备料设备发生事故而影响生产；⑦新伐原木在林场就地剥皮、削片，较原木运进厂后剥皮、削片损失小。

但是外购木片也存在着如下一些缺点。①木片易于受到污染，一般在制浆前需要进行适当处理（如洗涤）；②刮风时易造成环境污染；③木片比原木易变质，易发黑甚至自燃，会对浆的质量和得率等产生不利影响。

目前，减轻木片发热和变质的措施有：①堆垛时向木片喷洒化学药品（如稀绿液或稀硼砂）；②避免产生比表面积较大的碎木片和木屑；③按堆存的先后顺序使用木片；④采用电子扫描照射木片；⑤尽量降低木片堆的高度，因为堆的顶部温度最低；⑥使用几个较小的木