

**第三届国际非木材纤维制浆
造纸学术会议论文选译汇编**

1996

中 国 造 纸 学 会

1996年10月

第三届国际非木材纤维制浆造纸会议

论 文 集

<u>题 目</u>	<u>页码</u>
1. 无元素氯商品竹浆的生产经验	(1)
2. 蔗渣溶剂法制浆及其工艺和系统的概念	(8)
3. 高质量苇浆高级纸的工艺技术原理	(20)
4. 亚麻浆——对造纸者一个挑战	(27)
5. 甘蔗渣制浆造纸的发展	(37)
6. 非木材化学浆二氧化氯漂白的最佳化	(44)
7. 麦草节间硅的物理和化学性质及其在制浆前的去除	(51)
8. 芦苇浆的纸机抄造性能	(60)
9. 顺智公司对非木材纤维原料化学浆生产的现代技术	(67)
10. 一年生纤维的 Alcell 制浆工艺	(74)
11. 在澳大利亚北部地区种植的商品浆用洋麻	(82)
12. 全杆黄麻制低档机械浆	(88)
13. 为生物量转变而进行的新型红麻制浆—带有表皮 的红麻皮的氧碱法制浆	(94)
14. 柳枝稷草的制浆和漂白	(99)
15. 草浆厂未漂浆洗浆机运行分析	(107)
16. 蔗渣木素的特性和用作 2,4-D 的一种可控释放体及 其生物降解性	(122)
17. 木聚糖酶在竹浆氯漂白中的应用	(125)
18. 改造淮河流域造纸工业废水管理办法	(129)

19. 从非木材纤维资源中提取工业木素	(134)
20. AE 除硅法——非木材制浆的化学回收设备	(138)
21. 纸浆漂白中有机氯的重要性 浆厂的排放物潜在的生物 影响及浆厂设计的一些设想	(148)
22. 巴基斯坦用于造纸的回用纤维	(153)
23. 废纸应用的经验	(163)
24. 稻草氧碱法制浆及其手抄纸片的吸液性	(169)
25. 测定生活用纸表面柔软度的新方法	(175)
26. 酶应用于非木材纸浆滤水控制中的潜力	(181)
27. 麦草浆细小纤维对自由滤水的影响	(188)
28. 麦草浆的真空脱水	(198)

无元素氯 (ECF) 商品竹浆的生产经验

泰国凤凰制浆造纸有限公司

管理副主任 S. K. Mittal

研究开发经理 Subhash Maheshwari

摘要

作为一种非木材植物原料,竹子在制浆造纸的地位在东南亚国家已得到很好地确立。然而,由于环境意识不断增强,竹浆在世界的许多国家也正被接受。竹子可胜过其它木材原料,但从环境和质量的观点出发,尚需要对其制浆工艺作进一步改进。

凤凰制浆造纸公司 (PHOENIX) 是生产红麻和竹子非木材商品浆的最早的工厂,他们一直不断努力在世界各地推广这些纸浆,用于生产各种高质量的纸张。该厂第二条生产线已经投产,在这条生产线的不同工段都采用了最先进的技术,包括现代化的超级间歇制浆工艺、氧脱木素和无元素氯漂白工艺。

本文将简要讨论一下这个生产竹浆的系统和工艺。生产经验和各种数据都表明,在所要求的效益下 (包括节省能耗、较低的漂白药品耗用量和较低的污染负荷,同时具有较好的纸浆质量),竹子能得到十分有效的处理,可以生产出能制造质量合格的各种纸张的 ECF 竹浆。

制浆造纸工业对环境的冲击,在不断来自各部门的检查下仍然存在着,因为它被认为是对环境影响较大的工厂。制浆造纸工业也在不停地努力减少这些冲击,使全套工艺和产品都更加适应环境。为达到这一目标,特别注意对原料的选择和利用,并减少对污染影响最大的漂白工段的污染负荷。

可以持续供应又不影响生态环境的原料的鉴定和使用,已成为必须被考虑的重要之点。非木材植物纤维被认为最符合这些要求。稻草、竹子、红麻和大麻是非木材植物纤维的重要原料,它们已被认为最适合于制浆和造纸。

竹子

竹子被认为是“穷人的原木”,这些植物对东方人尤为重要,竹子在东方种类繁多、储量丰富。竹子的制浆造纸适应性使它更加重要。然而,在世界不同地区对竹子的开发,包括培育、存储和制浆造纸所作的工作和报导都非常有限。

泰国凤凰制浆造纸公司率先建立了以非木材植物纤维制浆造纸。一号生产线原计划是以红麻为主,随后通过进一步努力也开始生产竹浆。凤凰造纸公司不仅努力在不同的市场推出竹浆,而且也特别注意加强国内的竹子种植基地建设。该公司消耗的所有竹子均为农场种植。

2号生产线的工艺系统

由于在泰国及全球对纸和纸浆的需求不断增长,以及受1号生产线良好转运的激励,凤凰造纸公司决定上第二条生产线。该生产线着眼于现在和将来环境和经济的要求,采用了最先进的技术和系统,包括超级间歇蒸煮、氧脱木素和无元素氯漂白工艺。

超级间歇蒸煮

送往漂白车间纸浆的木素含量直接关系到漂白化学药品的消耗量,以及纸厂最后的污染负荷。所以,在这方面已作了各种努力,特别是改进了蒸煮系统。

装在2号生产线上的超级蒸煮系统经过精心设计具有以下优点:

1. 减少了漂白化学药品用量
2. 有较高的热效率、浆得率和纸浆强度。
3. 低的污染负荷
4. 改进了纸浆的均匀性
5. 较高的操作灵活性

超级间歇蒸煮是基于制浆化学的基础工作(1, 2)。制浆工艺包括以下步骤。

(I) 木片装锅

经过筛选的木片从贮料仓送到蒸煮锅的顶部,把木片均匀分散到蒸煮锅中,采用蒸汽装锅器以改进装料。共安装有三个 200M^3 的蒸煮锅。

(II) 温黑液浸渍:

温黑液浸渍木片的目的是为了保证木片能得到良好的浸渍作用,除去蒸煮锅内的空气,同时加热蒸煮锅内的原料。当木片装好后,温度约 88°C 的温黑液用泵从底部送入蒸煮锅,直到温黑液充满整个蒸煮锅,多余的温黑液回流到浸渍液贮槽中,从那儿用泵使黑液不断通过黑液过滤器送到蒸发站。

(III) 热黑液的处理和蒸煮液的加入

这两步被并在一起完成,该段的目的是通过加入热黑液以提高温度,随后加入白液以满足蒸煮所需的碱量。热黑液从一号储存槽通过泵从蒸煮锅底部送入。蒸煮锅内的温黑液被置换回浸渍液槽中,并且当液体温度超过 105°C 时,液流被切换到2号储液槽。当设定量的热黑液已加好并且蒸煮锅内的平均温度达到 140°C 以上时,开始加入经事先计算好的热白液体积。热黑液加入后蒸煮锅温度可达约 $160\sim 165^\circ\text{C}$,这个温度非常接近蒸煮温度。

(IV) 加热和蒸煮

热蒸煮液注入完毕后,启动液体循环泵,蒸煮液通过篦子抽出后从蒸煮锅的顶部和底部送回锅内,直接加入中压蒸汽到循环管道加热蒸煮液,再加热蒸煮原料。当达到蒸煮温度时,关闭蒸汽,保持温度一定时间以达到预先要求的H因子。超级间歇蒸煮为得到最终纸浆卡伯值的H因子是相当低的。

(V) 置换阶段

在这一阶段，蒸煮锅内的纸浆被冷却到 100℃ 以终止反应并排出纸浆。为此从纸浆中洗出黑液被送回到蒸煮锅底部，将热黑液置换出来。被置换出来的热黑液被送入带压的 1 号热黑液槽中，该热黑液的量正好是下一次蒸煮要用的热黑液量。多余的液体被送入 2 号储液槽中。

(VI) 放料

在这一阶段，纸浆以 5% 的浓度泵送到不带压的贮槽中，浆从贮槽中的浆料液位以下的位置泵入，以免混入空气。在放料过程中通过向浆中加入置换药液以调整浓度和温度。

不同蒸煮阶段的操作由集散控制系统 (DCS) 作基位控制，上位控制则由专利软件包超级蒸煮管理器 (SBA) 系统来操纵，该系统具有多种功能可以帮助获得优质均匀的纸浆质量，优化生产、降低能耗和化学药品消耗量。超级间歇蒸煮制浆车间有效热的回收是一个连续的工艺，不同阶段均配有热交换器以经济地使用热量。图 1 给出了超级间歇蒸煮的流程。

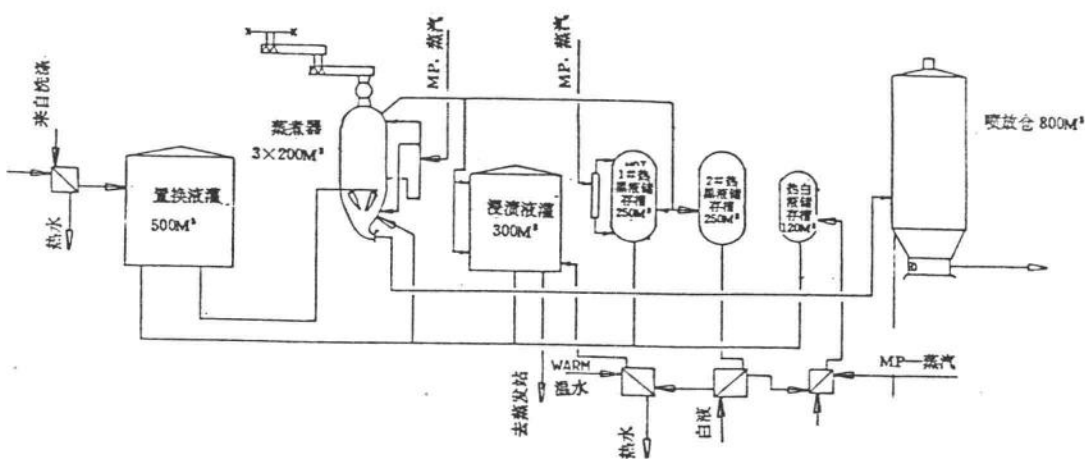


图 1、凤凰制浆造纸公司的超级间歇蒸煮车间

氧脱木素和漂白

为进一步降低木素含量而又不致于对纸浆的质量有过多不良的影响，氧气脱木素工段已被很好地确立起来。浆料经筛选后通过混合器（氧气、蒸汽和氧化性的药液在此加入）进入氧反应器，当浆料向上运动通过反应器时发生脱木素反应。在反应器中温度保持在 102℃~105℃、浓度约 10%、反应时间约 1.0 小时。

这以后浆料喷放到喷放锅内，再经过两道置换压榨洗涤，废液在未漂浆洗涤中用作逆流洗涤并形成一个闭环。

D₀E₀D₁D₂ 漂白程序是非常标准的漂白程序，每段之后都进行洗涤。然而，对于竹浆这个漂序还是很新的实践。氧脱木素工段和漂白工艺流程图由图 2 给出。

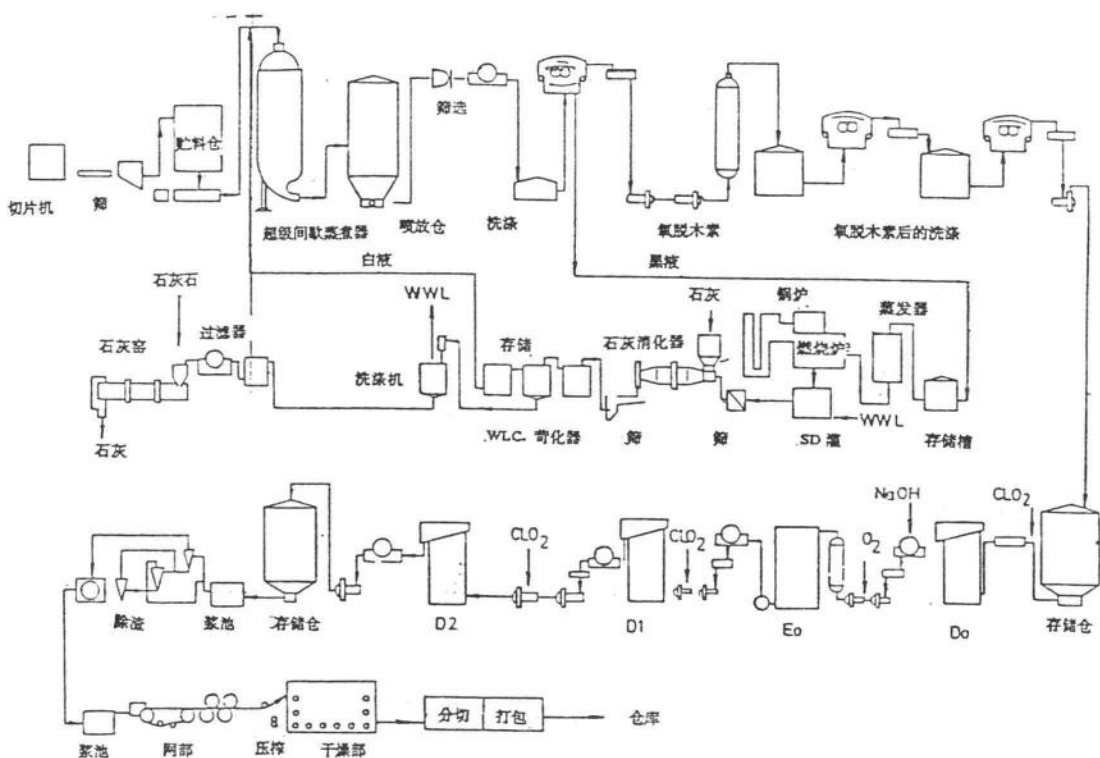


图 2、2 号生产线流程图

竹子的制浆工艺

用于制浆的人工栽培的竹子的主要种类是牡竹属 (*Dendrocalamus aspe*)。然而，一些其它种类包括刺竹属 (*Bambusa blumena*) 也用于制浆但很有限。在凤凰造纸公司，竹子由农民送到工厂，一部分贮存在原料场，其余部分直接送到切片车间。新鲜竹子和贮存过的竹子的用量维持一定比例，这取决于工艺和纸浆质量要求。

卸垛后的竹子喂入削片机前先洗涤，两台能力为 35 吨/小时的削片机用于竹子削片，筛选过的竹片存在贮料仓，再从料片仓送到超级间歇蒸煮车间。蒸煮过的纸浆通过筛选洗涤后送入氧脱木素工段。从这工段出来的纸浆用置换压榨进行洗涤。漂白车间有 $D_0E_0D_1D_2$ 四段漂白和段间洗涤。漂白后的纸浆经三段锥形除渣系统后送到双网纸机，经压榨、热风气垫干器，分切和打包后，浆包被送入仓库。

整个制浆生产线是由集散型控制系统 (DCS) 控制和操作，竹子的各种不同的操作数据包括：浆厂的各种消耗、废水的性质、不同工段和最终产品纸浆的物理性质和纤维形态的数据均由表 2—6 给出。图 2 给出了 2 号生产线的整个流程图。

观察结果

a) 原料

由于是林场产的竹子，而且是一个主要的品种，进厂原料比较稳定，同时合理计划的贮存和卸垛，也可保持木片质量的稳定，这将反映到浆的质量的稳定性上。

b) 超级间歇蒸煮

我们发现竹子超级间歇蒸煮系统的制浆工艺是很令人满意的，这点可通过表 1 和表 2 给出的蒸煮周期和化学药品消耗量看出。这些数据表明，为达到一定的纸浆卡伯值，所要求的 H 因子要比任何传统蒸煮系统的低得多。同时在低卡伯值下可获得较好的纸浆质量。由于有效的热回收系统，蒸汽的需求量较传统蒸煮低 40%。由于较低的卡伯值和高碱量，送去回收的总固体量大约增加 15%。

表 1 超级间歇蒸煮工艺条件

项 目	时间, 分	每次蒸煮的液体量
木片装锅	30	(40 吨绝干木片)
温液的加入	40	210M ³
热黑液	[50]	120M ³
热白液		95M ³ (100g/t 以 Na ₂ O 计)
加热和蒸煮		(蒸煮温度 165℃)
置换	50	230M ³
放料	25	—
总周期	235	

表 2 浆厂的消耗

项 目	每吨漂白浆的消耗量
制浆	
活性碱 (以 Na ₂ O 计), kg	450
氧脱木素	
氧气, kg	12
NaOH (氧化白液), kg	13
漂白 (D ₀ E ₀ D ₁ D ₂)	
Cl ₂ O, kg	19
氧气, kg	5
NaOH, kg	15
总电能消耗量, 千瓦小时	275
总蒸汽消耗量, 吨	1.1
总清水耗量, M ³	12

* * 10M³ 水来自纸机

c) 氧脱木素

凤凰制浆造纸公司 1 号生产线，把氧脱木素工艺用于竹子制浆工艺中已经表明是很成功的。经超级间歇蒸煮的竹浆，纸浆卡伯值已很低。氧脱木素工段的运转情况与 1 号生产线一样很有效。经过必要的努力和学习，该工段能被稳定获得所要求的结果。在该工段不会对纸浆质量产生任何不利影响的情况下，卡伯值可降低 35~40% [表 (2—3)]。

表 3 不同工段纸浆的性质

项 目	结果
纸浆卡伯值	
未漂浆 (1 号压榨)	17.0
氧脱木素后 (3 号压榨)	12.0
纸浆粘度 (CED), CP	
未漂浆	14.0
氧脱木素后	13.0
D ₁ 段	11.5
纸机	11.0
纸浆白度 (EI), %	
D ₁ 段	87
D ₂ 段	90
纸机	90

d) ECF 漂白程序

低卡伯值竹浆采用 ECF 漂白程序 (D₀E₀D₁D₂)，也是很新的实践。该漂序很适合竹浆，具体表现在与传统漂白程序相比，它在低化学药品耗用量的情况下可稳定获得 90% EI 的白度。

e) 纸浆质量

纸浆稳定的质量可保持在 90% EI 的白度，物理强度性质与传统工艺相比也有显著提高 (表 4、5)

表 4 漂白竹浆的性质

项 目	结果
物理性质	
白度, EI, %	90
粘度, (CED), CP	11.0
尘埃度, ppm	<2
不透明度 %	>2
强度性质	
游离度, ml CSF	300
撕裂指数, mNm ² /g	8.5
耐破指数, KPam ² /g	4.0
裂断长, km	6.0

表 5 纤维形态数据

(A) Bauer McNett 纤维筛分		
筛网尺寸		纤维保留, %
留 16 目	—	36
过 16 目留 30 目	—	16
过 30 目留 50 目	—	2
过 50 目留 150 目	—	14
过 150 目	—	32
(B) 纤维性质		
纤维长度, mm		1.7
纤维直径, 微米		11.0
细胞腔宽度, 微米		7.0
纤维壁厚, 微米		2.0
纤维粗度, mg/m		0.10

f) 对环境的影响

正如所预期的一样, 可以获得较低的混合废水污染负荷, 特别是颜色、COD 和 BOD 等项目。2 号生产线的废水排放总量相当低, 大约为 $28\text{m}^3/\text{吨浆}$ 。除有机成份以外, 废水中的无机离子、钙离子、钠离子、氯离子等的浓度也可达到很低水平。这些使污水处理场的负荷较低, 从而对用处理过的废水灌溉有利。

g) 市场的反应

使用 ECF 竹浆的纸张生产厂的反应是非常好的, 它可以用以生产质量合格的各种不同的纸张品种, 凤凰制浆造纸公司也已成功地将这种纸张推销到新的市场, 包括美国和欧洲。与此同时, 目前该公司正不断努力向那些至今尚未使用过竹浆的国家推广这种竹浆。

结论

竹子这种非木材植物纤维的制浆工艺, 采用现代化的制浆系统、氧脱木素工段和最后的无元素氯 (ECF) 漂白程序, 非常成功地在凤凰制浆造纸公司的 2 号生产线得到了实现, 并具有在浆的质量、能耗、低的漂白药品用量和最终对环境管理的正面影响等方面的所期望的优点。同时这种纸浆可以用来制造质量合格的各种不同的纸张

(何继宏译 邝仕均校)

参考文献

1. Hartler, N. et al; EUCEPA Symposium Proceedings, Helsinki, May 19—22, 1985 P. 95.
2. Kovasin, K. K. and Tikka P.; Paper and Timber, Vol 75, NO. 7, 1993 P. 491.
3. Mittal SK and Maheshwari, S, TAPPI Pulping Conference Proceedings 94 P243.

蔗渣溶剂法制浆及其工艺和系统概念

Punya Chaudhuri (高级顾问 瑞典)

摘要

蔗渣在木材匮乏的热带国家正日益成为制浆造纸工业的一种重要原料，全球每年可供造纸的蔗渣量估计超过 3750 万吨，相当于 1000 万吨纸浆。

传统制浆方法一直并仍将是烧碱法或硫酸盐法，但其工艺和设备耗资巨大使其生存性受到怀疑，因此象巴西和澳大利亚这样的国家，尽管有大量的蔗渣却不愿用它制浆而宁可用栽培的制浆材作为原料。但是蔗渣作为一种可生产各级纸张的造纸原料正受到人们的青睐，如中国、古巴、埃及、印度和伊朗等国就将蔗渣视作主要造纸原料。

本文对蔗渣溶剂法制浆和烧碱/碱性亚硫酸盐法制浆进行了比较，用于评价制浆方法的一些基础指标诸如得率、能耗、化学品消耗、水污染、吨浆成本以及投资规模等。用全面的观点，考虑了对各种不同制浆方法的解析。

本研究提出了在常压下沸点为 190℃ 的乙二醇作制浆药剂，选择改进的甜菜制糖工业用的喂料系统为溶剂制浆设备；本文提出了乙二醇的回收设备便于药液的再利用，同时可得商品木素。半纤维素降解形成的混合酸通过厌氧处理产生的甲烷气供气体涡轮发电机发电并生产该制浆系统所需的蒸汽；本文还提出了溶剂制浆系统的基本工艺流程图和回收系统的设计图。本研究的试验是瑞典两所大学的两位研究生做的，可作为本文构思的实证。试验结果将在年底提供，并提出该系统技术的生存性和经济可行性，其目的是建起一个中试车间。

前言

最近，甚至一直怀疑非木材制浆造纸的人（即那些有学识且坚信木材是唯一制造纸浆的人）已转过来倾听使用非木材造纸人士的宣传，怎么会产生这种情况呢？我认为转向“绿色环境”是使其相信的主要原因，他们已经对制浆造纸商完全失去信任，由于这些人破坏了伊甸园的森林，不顾多种多样的生物、猫头鹰的定居和自然界之美，留在他们后面的是冒烟的烟囱和恶臭的气味。

让传统的木浆制造商有一个印象，即销售价格是由性能好的浆来制约的已是徒劳。象蕉麻和亚麻等非木材纤维价格是 NBSK 的 2—3 倍，但他们不应取笑我们，他们轻视非木材用户是木浆制造商这个上层社会中的下等客户，但事物正在发生变化。我很高兴地注意到非木材纤维，总的来说在今天正逐渐引起甚至欧美制浆造纸厂商的兴趣，特别是在高速发展的亚洲地区。

本论文的目的在于阐明为什么蔗渣是一种有前途的原料的原因，以及采用蔗渣为原料在制浆上所需的新的制浆方法的必要性。除此以外，这种制浆方法必须具有生命力，即在自由市场经济的条件下能经得起竞争的考验。

非木材纤维的获取量

表 I 是全球可获取的非木材纤维原料的估计量, 数字均系根据报告上的数据⁽¹⁾。

表 I 非木材纤维——可获得量 (亿绝干吨)

草类	11.75	
杆类	10.00	
蔗渣	0.83	
竹子	0.30	
芦苇	0.30	
大麻、亚麻、苎杆	0.14	
棉短绒	0.24	
叶纤维及其它	0.34	
总计	23.90	来源于 PPI (Sadawarte)

估计所有可获得的草类总量超过 10 亿吨, 紧接是棉杆和玉米杆, 蔗渣排第三位 (甘蔗榨糖后的残渣) 有 8300 万吨。因此蔗渣原料的获得是不成问题的, 问题是我们如何有效地用它来制浆和造纸。

以分散地区收集非木材原料费用高, 且需要大劳动量和顺畅的组织, 在另一方面, 蔗渣却可以在主要的场所如糖厂获得, 因为它的培育、收割和甘蔗的收集已由糖厂完成。糖厂一般把大部分蔗渣用来生产汽和发电, 但焚烧蔗渣为下一个收获季节腾地通常仍有剩余。世界蔗糖产量和估计可利用的剩余蔗渣量见表 II, 蔗糖以公吨计, 蔗渣以绝干吨 (BDT) 计。

表 II 1994 年蔗糖产量和可获得的蔗渣量

国 家	蔗糖产量 (公吨)	可获得的蔗渣 (绝干吨)
巴西	12.5	5.5
印度	15.9	7.5
印度尼西亚	2.5	1.5
中国	4.8	3.0
墨西哥	4.7	1.3
美国	2.6	1.3
澳大利亚	5.2	2.6
南非 1	1.8	1.2
古巴	3.4	1.1
埃及	1.1	0.6
伊朗	0.2	0.2
其它国家	25.4	10.0
总计	80.1	37.5

实际可获得的蔗渣估计量已经扣除了糖厂烧掉用于产汽的那部分蔗渣。一些国家, 如伊朗能获得价格低廉的燃料替代物, 所有蔗渣就都可用来造纸; 在一些有可选择制浆原料用于造纸且燃料价格高的国家, 可以通过提高糖厂热效率的方法使大部分的蔗渣能用来造纸, 印度、中国和古巴就是这种情况的例子。表 I 中可获得的蔗渣量即是糖厂产生

的蔗渣量，估计都可供造纸之用。实际上，糖厂多在基础设施差的边远地区，常常是宁愿用受控于己的蔗渣生产蒸汽而不愿意依赖外界提供燃料。表Ⅱ是更实际的可获得的蔗渣估计量，其总量可以生产1000万吨纸浆。

显然，印度、巴西、中国、古巴和墨西哥是蔗渣更多的几个主要国家，恰好这些国家中许多生产蔗糖的厂家处在木材资源严重不足的地区，因此这些国家都视蔗渣为一种有潜力的造纸纤维来源。目前可用蔗渣制造各种类型的纸如牛皮纸、新闻纸、卫生纸、书写和印刷纸等。

表Ⅲ所列为全球以非木材制浆为主的工厂的制浆能力，其中很多是浆纸综合厂。

表Ⅲ 1993年世界非木材制浆能力(单位：风干千吨)

国 别	制 浆 能 力
中国	13,600
印度	1,900
印度尼西亚	480
独联体	390
美国	330
其它国家	4,300
总计	21,000

来源于联合国粮农组织(FAO)生产能力调查资料(作者改编)

草是最主要的非木材纤维，约占总量的50%；其次是蔗渣占25%，再其次是竹子占7%，剩下的18%是其它原料。表Ⅱ和表Ⅲ比较说明，主要的甘蔗种植商不一定就是蔗渣制浆用户，原因有很多。如巴西和澳大利亚这些相对人口来说土地面积大的国家可以致力于植树并实行广泛的粮食作物和森林的栽培，因此这些国家倾向于用木材制浆。用木材制浆，特别是按木，既不需要新工艺又不需要复杂的储存设施和备料系统(如除髓)，而且一个以木材为原料的浆纸公司无需占用工厂场地来储存一年所需的原料，因为他们可以在浆厂需要时伐木。可是一个蔗渣浆厂的原料供应却由糖厂决定，不管制浆所需有无变化，浆厂都必须在榨糖季节收购所有蔗渣。所以蔗渣还主要是由那些没有其它原料可供选择的国家使用。与木材的收集和选取情况相比，另外一个重要的不同之处是糖厂为榨出最大量的糖汁，会有意对甘蔗进行机械压榨并进行不适当的操作，而对此制浆厂是无法控制的。

制浆方法

蔗渣最常用的制浆方法是烧碱法或硫酸盐法，它们是沿袭传统的木材制浆工业的普及方法，稍作改进的烧碱—AQ和硫酸盐—AQ法已成功得到应用。毫无疑问，从投资的观点看，最好是用已经证明是好的方法，即使在工艺上有别于传统的方法，但总体上具有更多的优点，如污染低、得率高等等。然而要克服那些“无所不知”的人的反对所需要的勇气和眼光又是惊人的。但是作为技术专家，有责任去寻找更适合的工艺方法。硫酸盐法或烧碱法(即硫化度为0的硫酸盐法)制浆的主要缺点就是投资大。所幸的是，投资者们理解并能正确评价投资的重要性，为什么一个非木材纤维工厂耗资如此之大呢？因为作为整个工艺的重要组成部分的碱回收系统投资高，且该系统耗资大小极大地取决于其规模的大小，因此小浆厂(100吨/天)负担不起任何的碱回收车间，而在当今的环保

意识情况下,工厂在生产中往外排放黑液是不允许的。但是在中国、印度和其它一些国家,还有很多像这样的小厂在无碱回收的情况下运行并制造着严重的污染。人们对溶剂法制浆的兴趣是源于其工艺简单,在该工艺中,溶剂溶解木素并使纤维素纤维分离以供进一步加工成纸。Mckee⁽²⁾是最早用水溶性溶剂蒸煮蔗渣的试验者之一。

优良制浆方法的指标

我们在评价下列方法时是用蔗渣原料作为特定基准的。

- 烧碱法
- 硫酸盐法
- 碱性亚硫酸盐法
- ASAM (碱性亚硫酸盐蒽醌甲醇) 法
- 乙醇法
- 甲醇法
- 活性溶剂法
- 酯制浆法
- 水溶性溶剂法
- 乙二醇法

经初步筛选,我们选择了四种方法作进一步评估,其中两种是常规方法,即烧碱法和碱性亚硫酸盐法;乙醇和乙二醇两种方法则属于溶剂制浆法之类,它们是非常规的。

虽然烧碱/硫酸盐法被浆厂广泛用作非木材纤维制浆(含或不回收系统),但它仍有缺点:需要有一段含氯的化学药剂漂白。浆厂目前正处在水封闭系统的强大压力下,特别是因为使用元素氯和碱含氯化物而受到指责。众所周知,亚硫酸盐浆较容易用一些无氯漂白剂漂白至高白度;大多数非木材纤维木素含量低,可用碱性亚钠法制得较高白度的未漂浆并易于用无氯药剂漂白。

ASAM 法的原理就是以此设想为基础的,亚硫酸盐的回收方法总是被认为很困难。尽管广泛地受到怀疑,巴基斯坦⁽³⁾的一个草浆厂仍大胆采用中性亚硫酸盐回收途径并正在 TRS (即 Tampella 回收系统) 的基础上建起一套回收系统。我们衷心希望该厂能够克服在新工艺应用之初,特别是二氧化硅的结果还不得而知的时候会出现的暂时困难。

南非的一个烧碱法浆厂也正在认真地考虑改成碱性亚硫酸盐法,该厂目前有一套 Copeland 回收系统,在这种情况下因为回收的无机化学品是碳酸钠和硫酸钠的混合物, Copeland 系统将不可能是彻底的回收系统。上述推理以及中、碱性亚硫酸盐法易于制漂白浆的事实,促使我们选择碱性亚硫酸盐法,并把它归类于常规的方法以作进一步评价。

尽管只进行了中型试验,但乙醇制浆法仍是唯一可运行的木材溶剂制浆系统,草和蔗渣的乙醇制浆也曾试验过。

乙二醇制浆基于其在常压下沸点高、无毒性、价格适中、没有危险和特别的腐蚀性等特点而被选来用作比较。乙二醇广泛用作汽车散热器的冷却剂。

我们选择了十个指标,每种方法都针对它们进行对比并打分。对比时,不对任一条指标给予权重因子。对某个特定项目来说,为反映出场所的具体条件,所有这些指标都应该有不同的权重因子。每个方法对十条被选指标的得分按 1—10 递增顺序给予。

制浆方法的选择性	木素溶解的选择性强是所期望的, 得高分
纸浆得率	得率高者得高分
药品消耗	蒸煮和漂白中药品消耗低者得高分
药品回收	药品回收系统简单者得高分,
废 水	废水量少者得高分
投资费用	投资费用低者得高分
操作简易性	工艺控制系统简单者得高分, 使用危险化学品(如高度易燃品) 得低分
工艺技术状况	所制定方法已工业化者得高分
设备状况	需要复杂设备且尚未在现场通过全面试验者得低分

表Ⅳ 评价制浆系统的优点分

指 标	方 法			
	烧碱/硫酸盐	碱性亚硫酸盐	乙醇	乙二醇
蒸煮方法的选择性	5	6	6	6
纸浆得率	5	6	6	6
药品消耗				
—蒸煮	4	3	6	5
—漂白	6	6	5	5
化学品回收系统	8	7	7	6
排污				
—固体物	5	5	6	6
—液体	5	6	6	6
—气体	4	5	4	6
需要能量				
—蒸煮	5	5	6	6
—碱回收	7	7	6	4
投资费用				
—制浆线	6	4	4	5
—碱回收线	3	4	6	5
操作简易性	5	5	4	6
工艺技术状况	8	6	5	3
设备技术状况	8	8	3	5
总 分	84	83	80	80

虽然上面(表Ⅳ)是对每个指标用相同的权重因子来总计分数的,但在作正确的评价时这样做是不合理的。根据场所条件的差异,每一个指标和其它指标相比有其自己的重要性,因而应具有不同的权重因子。但是表Ⅳ中的总分清楚地显示出当前各种方法的长处,硫酸盐法最受欢迎而非常规性的方法则很少被选用。

寻找新方法的目的

寻找新方法的主要原因,是绝大多数非木材纤维浆厂既不具生存力,又不利于环境保护,因而无法跟木浆厂竞争。曹振雷⁽⁴⁾在近期论文中解释说,在中国污染仍然是一个严重的问题,特别就是因为这些小型浆厂,回收药品的浆厂不到三分之一,剩下的厂将黑液稍加处理后便直接向邻近水域排放。

为实现持续发展,以农业剩余物为原料的浆厂必须确保周围的耕地不因使用污水而变质。长期用浆厂废水(即使是处理后的废水)灌溉的结果是钠盐富聚,造成土地盐化的问题,这些拴在土地上的浆厂就象是一颗定时炸弹,它是否能存在尚不能完全知道。我们可用合理的处理费用来降低 BOD 和 COD,但要除去盐则极其昂贵甚至不值得。

因此,我们开始寻找并选择一种溶剂,它既能够从非木材原料中提取木素,又不会对土地造成不可改变的污染。

乙醇制浆法

自 1989 年以来,硬木乙醇制浆的技术可行性已被 Repap 技术集团进行的中间工厂生产所确认,目前正在考虑建立一座工业化规模的浆厂,ICIDCA⁽⁵⁾和 Alcell⁽⁶⁾都对蔗渣乙醇制浆进行过研究。用乙醇作为一种制浆药剂(以蔗渣为例)的主要好处之一就是在糖厂通过糖蜜发酵来制造乙醇是可能的,这样就可以形成一个从甘蔗生产糖—纤维—化学产品的多产品格局的体系。

据报道⁽⁷⁾,印度 Pudumjee 造纸有限公司正在开发一个称为 Puumjee 非木材乙醇纤维素(PNEC)的制浆系统,并将在短期内建起一座中间示范车间。

很明显,通过逆流提取可以制造低卡伯价的纸浆⁽⁸⁾。乙醇制浆的另一个优点是纸浆虽然保留大部分的二氧化硅,但其蜡含量降低,纸浆漂白可采用 ECF 或 TCF 法,酸水解则能除去对氧、过氧化氢等有毒害作用的许多金属离子。

甲醇—碱法制浆已经进行过中间工厂试验,一座 150000 吨/年规模、使用 Organcell 技术制造针叶木浆的工业工厂,于 1992 年在德国开始动工,不幸的是该公司因费用超支以及工厂始建之初的一些问题而告破产。乙醇和甲醇制浆系统都需要耐高压设备。

甲醇和乙醇都是可燃品,因此需要专门的安全措施,但最大的问题却是寻找到合适的蔗渣进料系统以确保在 2.1MPa 压力下更好进料而不会损失太多的有机溶剂。

到目前为止,大部分的工作还只是针对木材(主要是阔叶木)制浆,可以用间歇蒸煮器来进行仿逆流抽提并随后用水洗涤,Alcell 法在开发阶段就曾用过间歇蒸煮器。

Organocell 法⁽⁹⁾使用的是卡米尔连续进料系统(低压区为一个旋转袋式进料器,高压区为卡米尔水力进料器),该系统适合于自由地流动的原料如木片,但不太适用于蔗渣或其它体积大的非木材纤维原料。Sunds 和 Pandia 在硫酸盐法蒸煮中采用螺旋进料器进行草、蔗渣和类似原料的进料,其蒸煮锅的压力很少会高于 0.7—0.8MPa,且原料是进入气相(非液态)之中。所有用非木材纤维制造化学浆的现有工业蒸煮器都用直接蒸汽,都没有用蒸煮液预浸,和并行蒸煮。

蔗渣在通过蒸煮器过程中,在高温和高浓化学药剂(碱)下经受机械处理,采用冷喷放改善了浆的质量,但纤维在蒸煮浆料到达喷放口前仍然受到较大损伤。

压缩比为 4:1 的螺旋进料器,理论上能够将原料推进到压力约 1MPa 的设备内,因

此用乙醇在连续蒸煮器内蒸煮需要分段或将螺旋和旋转两个进料器结合起来进行。

螺旋进料器之后的蔗渣料塞的作用跟木片有较大的不同，蔗渣料塞膨胀厉害并吸收大量药液（达自重的4—5倍），且不会流出，故而蔗渣料塞如在液态中膨胀将会大大提高蒸煮液比，相同条件下的木片则会产生开裂，部分滞留空气被挤出后仅吸收相当于自重2—2.5部的药液就达到自身的饱和点，过量药液则排出，这可能是为什么大多数工业型蔗渣蒸煮器没有药液预浸段的原因之一，这有别于木材的情形（如在CTMP制浆系统中）。

因此考虑溶剂法制浆时，我们采用了一段简化工艺，但鉴于设备须按连续模式操作，又使其趋于复杂，因此费用较高。

农业剩余物的间歇制浆系统适于小规模操作，但考虑到投资费用和生产成本时，生产能力高的连续设备更可取。根本原因是与阔叶木相比，蔗渣的虚积比重低（80—110kg/m³），而阔叶木为150—200kg/m³。

蔗渣的乙二醇逆流提取

用纤维素原料制浆，从本质上讲是一种同时伴随化学反应的提取操作，粗浆洗涤同样也是一种提取操作，在此用热水将黑液从浆和包在其周围的药液中提取出来。通常在常压下进行过滤，只有压力扩散洗涤器是带压操作的。

在蒸煮过程中，监测活性碱浓度和蒸煮温度的可能性，最近已在制浆工业中得到实现，超间歇蒸煮、RDH、MCC和ITC都是实例，所有这些新设备在脱木素的大部分过程中实质上都是逆流操作系统。

我们认为在脱木素阶段采用真正的逆流系统并在同一容器中进行逆流洗涤是明智的，这或多或少跟制糖工业的蔗糖扩散洗涤器（提取器）的方式相同。

广泛使用的塔式逆流蔗糖提取器的升流装置符合我们的系统构思，安装在中轴上的一些间断的螺旋板推动甘蔗向上移动，并通过圆筒和中轴间的环形区，连在外圆筒上的一些网状刮板支配或阻止圆筒转动，同时引进并提取糖汁。

蔗糖扩散洗涤器一般在60℃和常压下操作，制浆时我们所需的温度在160—170℃（相当于5—6巴）的范围，为降低制浆所需压力，我们选择了常压下沸点为190℃的乙二醇。不同比例的乙二醇和水的混合物沸点曲线见图1。

甘蔗横架是由提取器喂料系统的一台离心泵送入的，亦即水力输送。横架（固相）向上移动而水（以及渐多的糖汁）则沿聚成一团的横架往下流淌，升流的结构是有吸引力的，因为它有利于更有效地利用提取器的体积。

我们认为蔗渣蓬松时的表观虚积密度为100kg/m³，一经蒸煮（得率50%）就变成50kg/m³，因此在成浆前如果蔗渣受压后表观密度能达到200kg/m³则是有利的。通过提取器底部进料可以利用上部蔗渣的重量来维持下面的蔗渣受压。

在蔗糖提取器实例的基础上，我们改进了蔗渣蒸煮器的设计（见图2）。两者有很多相似点，但进料系统则不相同，我们引入了一个水力进料器，将蔗渣送到蒸煮器底部。浆液是由木素近于饱和的废乙二醇和新鲜蔗渣组成，此时的温度为110℃，刚好低于废液的沸点。

当药液进入到有孔底板上面的容器时，将排出并泵送到外面，这样送到水平螺旋输