

2 0 0 3

中国造纸学会

学术报告会

论文集

2003 年 11 月 4 日

中国国际展览中心

主办单位：美国 E.J.Krause 公司

美国制浆造纸技术协会 (TAPPI)

中国造纸学会 (CTAPI)

翻译出版：中国造纸学会

目 录

造纸工业概览·····	1
China Paper- Industry Overview	71
阔叶木化学机械法制浆·····	6
Chemical Mechanical Pulping of Hardwoods	77
纸张涂料流变学及其测量技术·····	16
An Overview of Paper Coating Rheology and Affiliated Measurement Techniques	92
以 OCC 和 ONP 为原料纸厂的水封闭·····	22
Water Closure of Mills Using OCC and ONP as Fiber Raw Materials	101
在线电荷测定系统及其优点·····	30
On-line Charge Measurement Systems and Their Benefits to Papermakers	112
回收纤维市场——全球供应和中国需求状况·····	37
Recovered Paper Markets - Global Supply and Chinese Demand	127

造纸工业概览

J. Robert Caron

Director, Industry Learning, TAPPI
(PO BOX 105113, Atlanta, GA30348-5113)

制浆造纸工业继续面临许多因素，这些因素正影响着它从多年的经济困难中摆脱出来的能力。本文将讨论这些因素及其产生的影响。

文章首先对世界总体形势进行了概述，分析了 2002 年全世界面临的主要挑战，以及这些挑战给造纸行业带来的影响。

最后，文章对北美浆纸行业进行了述评。并指出一些主要因素，其中包括中国，中国已对美国产生影响。

行业概况

造纸是一个相当分散的行业。世界纸业前五强的产量，1989 年约占世界总产量的 10%，而现在它们的产量约占到了 17%。

世界浆纸和纸加工行业排名前几位的公司组成自 1979 年至今不断发生变化。行业内的联合和兼并改变了原来的状况。现在，造纸行业的大公司中仍然保留有 1979 年排名前几位的公司，如国际纸业、佐治亚太平洋公司、惠好公司等。现在最大的不同是这些公司的规模由于兼并和收购而变得更大。再者，随着王子和日本纸业两大公司榜上有名，亚洲对国际造纸行业有更大的影响。这两家公司使日本的纸浆、纸和纸板产量位列世界十强之内。原来主业并非制浆造纸的宝洁公司（Proctor and Gamble）已成为十分重要的企业。

挑 战

造纸行业的特点是它的增长速度比实际 GDP 慢；属资金密集型行业；主要基于成本和价格的竞争；资本回收慢、价格和利润有周期性。Jaako Poyry Consulting 从 1982~2000 年一直对投资回报率（ROCE，投资回报率是用于判断行业财务状况的关键指标。）进行跟踪观测。在此期间，该公司对 BSKP 的价格和投资回报进行了比较。统计曲线表明，造纸行业的投资回报明显地随着价格的波动而波动。

财富杂志曾经对 48 个行业进行过排名，这一排名主要是基于 1997~2002 年各行业的利润年增长速度进行的。林纸产品行业以每年-27.7%的速度而排在了最后一位。

造纸是一个成熟、资金密集型的行业；未充分利用资产；行业的变化幅度不大；不能持续实现预期的 ROCE 值；负面的头条新闻继续难以使投资者改变对这一行业的看法。

2002 年情况

根据 Paperloop 的年度调查，国际浆纸产量超过 3.30 亿 t，达到 3.307 亿 t。比 2001 年增加了 3.0%。亚洲、欧洲和北美的产量都已超过 1 亿 t。亚洲和欧洲 2002 年的产量超过了北美。但是美国纸和纸板的消费量仍然居全球第一，纸和纸板的消费量为 8810 万 t。

虽然产量的数字比较乐观，但是经济状况的不稳定性对造纸行业造成了负面影响。美元的强势导致进口到美国的纸产品数量增加，而出口量下降，从而导致产品过剩。年度财政状况表明了 2002 年造纸行业面临的挑战。普华永道会计事务所对世界上最大的林纸企业的调查表明：

- 整个行业的销售额稳定在 3007 亿美元。2001 年的销售额为 3015 亿美元。
- 营业利润下降了 8.6%，为 226 亿美元。
- 净收益为 31 亿美元，比 2001 年的 62 亿美元下降了近 50%。
- ROCE 值为 4.3%，比行业预期的 10%~12% 低很多。

世界 100 强按照地区分：

- 美国：28 家公司的销售额为 1329 亿美元，占全行业销售额的 46%。营业利润由 2001 年的 104 亿美元增加到 2002 年的 106 亿美元。由于重组等原因，净收益由 2001 年的 16 亿美元降低到 2002 年的 8 亿美元。ROCE 值增加到 4.5%。

- 加拿大：11 家公司的销售额为 175 亿美元，占全行业销售额的 6%。营业利润下降为 0.75 亿美元，下降了 35%。净收益由 2001 年的 1.11 亿美元增加了 2.38 亿美元。ROCE 值增加到 3.6%。

- 欧洲：29 家公司的销售额达到了 801 亿美元，占整个销售额的 27%。营业利润由 2001 年的 76 亿美元下降到 2002 年的 65 亿美元。净收益为 20 亿美元，下降超过 50%。ROCE 值下降到 5.4%。

- 日本：14 家公司的销售额为 369 亿美元，占整个销售额的 12%。营业利润由 2001 年的 24 亿美元下降到 2002 年的 14 亿美元。净收益下降了 1.48 亿美元，亏损 1500 万美元。ROCE 值下降到 1.8%。

- 亚太、拉丁美洲和南非地区：共 18 家公司的销售额为 270 亿美元，比 2001 年的销售额 259 亿美元有所增加，占整个销售额的 9%。营业利润保持在 33 亿美元的水平。净收益由 2001 年的亏损 6900 万美元增长到 2002 年的盈利 2500 万美元。2002 年的 ROCE 值保持了 2001 年的水平为 3.7%。

北美地区

与世界其他地区相似，北美造纸企业间的合并仍在继续。与 1996 年相比，2002 年名列前 5 名的生产商各种纸张的市场份额如下：

- 新闻纸占到整个市场份额的 73.8%，1996 年的市场份额为 41.5%。

- 涂布纸由 1996 年的 51.4% 增加到 2002 年的 62.6%。
- 超级压光纸由 1996 年的 37.3% 增加到 2002 年的 73.7%。
- 非涂布不含磨木浆纸的市场份额由 1996 年的 55.3% 增加到 2002 年的 77.1%。
- 生活用纸的市场份额由 1996 年的 71.5% 增加到 2002 年的 73.3%。
- 箱纸板的市场份额由 1996 年的 47.8% 增加到 72.6%。

2001 年工厂的关闭数量达到了历史空前的水平, 使得历史上第一次出现产能下降的情况。下面对 2001 年和 2002 年永久和不确定期限停机或关闭的纸机/纸厂的情况进行了一些介绍。总产能的下降以产品进行分类, 总共为 829.68 万 t, 具体情况为:

- 商品浆: 产能缩减了 217.4 万 t。由于季节性需求量下降以及纸及纸板价格下跌等原因, 不论针叶木浆还是阔叶木浆市场均比较低迷。

- 生活用纸: 产能缩减了 254t。

- 印刷书写纸: 产能下降了 210.98 万 t。由于炭疽病危机的影响, 进一步削弱了印刷书写纸的需求。随着消费者信心的下降, 用在汽车宣传册和杂志广告上的投入也有所下降。

- 新闻纸: 产能下降了 106.5 万 t。2001 年对新闻纸行业来讲是非常困难的一年, 新闻纸行业经历了从未有过的最不景气的一年。新闻纸的消费量 2001 年与 2000 年相比下降了 12%。造成新闻纸用量下降的主要原因是广告量的下降。2002 年 5 月, 失业率达到了 6%, 报纸招聘等广告的数量有明显下降。美国东西海岸 30-1b 标准新闻纸价格下跌了 175 美元/t, 下跌到 450 美元/t。新闻纸价格已连续 11 个月下跌。

- 瓦楞箱纸板: 产能下降了 219.5 万 t。美国纸箱的交货量 2000 年和 2001 年均下降了 6%, 这是美国经济的不景气状况、美元的强势以及贸易赤字的增加, 以及大量国外商品涌进美国市场的结果。

- 纸盒纸板: 产能下降了 49.9 万 t。

美 国

GDP 的缓慢增长并没有增加市场对许多产品需求量, 尤其是纸和纸板。美国造纸行业纸及纸板的产量及需求量 2000 年和 2001 年连续下降。这导致了大规模的重组, 包括纸厂和纸机关闭或停机, 以及纸厂及其供应商也在不断地进行兼并。纸和纸板产能 2001 年和 2002 年分别下降了 1.9% 和 1.3%。这主要是由于来自国外产品的竞争以及纸和纸板需求量周期性下降造成的。

美国林纸协会对美国市场上各纸种的未来前景进行了预测:

- 新闻纸: 2002 年的产能约为 700 万 t。到 2004 年将下降 4%。

- 印刷书写纸: 2001 年和 2002 年产能下降了 210 万 t。这是自 1994 年以来最低的水平。2003 年印刷书写纸的产能将保持平稳。2004 年产能预计将增加 1.6%, 2005 年将增加 0.5%。

- 未涂布含磨木浆纸：2002 年产能增加了 10.3%。2003 年的产能预计会增加 5.4%。2004 年将增加 3.4%。2005 年其产能将保持平稳。涂布含磨木浆纸 2002 年增长了 2.0%。
- 涂布不含磨木浆纸：2002 年产能下降了 7%。2003 年末，产能预计会下降 12.6%，将低于 2002 年的峰值。
- 未涂布不含磨木浆纸：2002 年产能下降到 1360 万 t，是 10 年以来的最低点。2004 年产能预计会增加到 1400 万 t，2005 年产能不会发生太大的变化。
- 生活用纸：其产能将持续增加，但增长速度缓慢。2003~2005 年的增长速度预计为 1.9%。
- 牛皮纸：由于塑料行业的影响，牛皮纸的产能将会继续下降。2003~2005 年，本色牛皮纸的产能将会以每年 0.9% 的速度下跌。漂白牛皮纸的产能 2003 年预计将下降 5.4%，2004 年和 2005 年将保持稳定。
- 瓦楞箱纸板：2002 年产能下降了 1.0%，在未来的 3 年里，将以每年平均 0.1% 的速度下降。2002 年挂面纸板的产能下降了 0.9%，2003 年预计会下降 0.7%，在未来的两年里预计将保持平稳。
- 瓦楞原纸：2002 年产能下降了 1.3%。直到 2005 年瓦楞原纸的产能不会出现太大变化。2002 年白纸板的产能增加了 0.8%。在未来的 3 年里，预计将维持在这一水平。
- 商品浆：2003~2005 年，产能将会下降约 20 万 t，总产能预计为 1030 万 t。
- 废纸：2002 年美国纸厂废纸用量为 3480 万 t，使用量增加了 0.1%。2003~2005 年废纸用量将以每年 1.3% 的速度增加。2003~2005 年，高品质废纸的用量将会以每年 2.1% 的速度递增。增长速度较快的另外一个品种是混合废纸，每年的增长速度为 1.7%。其次增长较快的品种 OCC 的年增长率为 1.2%。

中国的影响

中国纸和纸板的增长势头强劲。在过去的 30 年间，纸和纸板的需求以每年 8%~9% 的速度增长。2000~2010 年将增长 3000 万 t，达到 6800 万 t，年增长速度将达到 6.3%。

根据 Jaakko Poyry Management Consulting 的分析，中国国内纸产能将会有很大的发展。大多数项目将使用进口纤维原料。可以肯定，中国国内对造纸用纤维原料的进口量将会有较大幅度的增长，并且比纸和纸板进口量大。由于中国缺少纤维原料和较低的废纸回收率以及国内回收废纸质量不高等原因，进口废纸的量在持续增加。从美国进口的废纸量从 1999 年的 170 万 t 增加到 2001 年的 410 万 t 几乎三倍。

据 Papercast 的报告称，2002 年美国与中国在纸和未印刷纸制品的贸易中出现较高的赤字。赤字为 3.594 亿美元，而 1990 年的贸易顺差是 3030 万美元。这一赤字还不包括美国从中国进口的用于包装的价值 1250 亿美元商品的纸产品。

PaperCast 同时报道，国家货币政策也有显著的影响。现在都认为人民币已明显贬值。有人估计人民币对美元贬值已超过 20%。据预测，如果货币少一些政府控制而代之采用市

场决定的汇率，美国企业能够与中国及亚洲生产商进行更好的竞争。

针对目前的形势，北美造纸工业应该认识到他们有丰富纤维原料的优势，并且应该了解中国造纸工业的发展对未来纤维原料市场的影响。此外，美国的生产厂家需要对人民币汇率及中国的宏观经济状况进行研讨并要有充分的了解。

参考文献见原文

（李杰辉译，邝仕均校）

阔叶木化学机械法制浆

Eric Chao Xu

Andritz Inc.

(Springfield, Ohio, USA 45504)

摘 要:在本文的第一部分,从技术特性、工业应用以及市场状况等方面对阔叶木化学法制浆和化学机械法制浆之间的差异进行了比较。所有这些方面,高得率的化学机械法制浆或化学机械浆都胜一筹。在各种化机浆工艺中,根据最新的深入研究结果对 P-RC APMP 和 BCTMP 进行评述和比较。结果表明 P-RC APMP 一般使用较少的电能和总的化学品用量,给出较好的纸浆内在性能(即:在相同的抗张强度下有较高的松厚度,或在相同的松厚度下有较高的抗张强度),更有效的利用过程设备和水以及有助于降低污水排放和获得较高的浆得率。这种方法还有更广的适应性,对某些阔叶树种可漂到更高的白度。

1 前 言

阔叶木用于制浆造纸工业已有多多年。传统上阔叶木最常用的制浆方法是各种化学制浆工艺。但最近尤其是自上个世纪八十年代后期以来,人们对阔叶木化学机械法(CMP)制浆越来越感兴趣,并已有不少工业化装置(所谓 CMP 本文是指任何同时利用化学的和机械的作用来生产纸浆的工艺)。而且这种趋势在可预见的未来还将持续,尤其是在阔叶木资源相对丰富的国家。带来这种趋势的原因如下:

- 1) 化学机械法浆厂的投资比化学浆厂低得多(约为化学浆厂投资的 25%);
- 2) 化学机械法制浆纸浆得率比化学浆高得多,典型的为 85%或更高些,而化学法制浆通常只有 45%~50%或更低的得率;
- 3) 化学机械法制浆规模上可以是小型的(≤ 150 t/d)、中型的(200~400 t/d)或大型的(≥ 500 t/d),而通常化学法制浆规模要足够的大(典型的为 ≥ 1000 t/d)以取得投资成本效率;
- 4) 化学机械法制浆系统容易操作,与化学法制浆(包括漂白)相比具有较低的操作成本;
- 5) 经历了多年的实践以后,造纸厂已经学会了如何在许多不同种类的纸、生活用纸和纸板中使用化学机械浆;
- 6) 化学机械法制浆技术比化学法制浆技术有更多的灵活性:它可以由单一种木材原料生产出许多不同的浆种,和/或由不同的木材原料生产出类似的浆种。这种灵活性在经常变化的工业和经济世界中是非常重要的。

CMP 技术对于发展中国家比如中国尤其重要,因为在那些地方:1) 木材资源相对短缺;2) 对于特定的造纸厂来说其木材原料也许会经常的和意想不到的发生变化;以及3) 市场对于不同的浆/纸产品的需求也在迅速变化。另外,目前全球范围内纸浆的供/求平衡

也是有利于阔叶木 CMP 浆，这是因为阔叶木（HWD）化学浆（CP）的产能/产量已有显著的增加，特别是在巴西和印度尼西亚。就在最近，巴西宣布上马 900,000 t/a 桉木化学浆的新项目。阔叶木化学浆这样大的生产量对于任何新的和相对小的浆厂要参与竞争或靠生产类似的浆而生存下去变得越来越困难。另一方面，许多造纸工艺和纸张产品需要或者是由具有不同的性能和/或功能的浆料来提供更好的服务。由于阔叶木化学机械浆可以提供某些独特的浆的性能，而这些性能是阔叶木化学浆不具备的、但又是许多纸张产品所必须的（将随后进行讨论），它们在当前相对短缺。随着造纸工业持续不断越来越多的学会如何利用高得率阔叶木化学机械浆，阔叶木化学浆的大量（或过量）供应与阔叶木化学机械浆的少量（或短缺）供应之间的这种不平衡将在难以预料的将来持续存在，这会给中国和其他国家那些相对新的制造者在制浆造纸工业的发展、壮大和繁荣提供经济/商业机遇。

在技术方面，最近大量的研究表明，阔叶木化学机械浆与相应的化学浆相比^[1, 2]，一般来说具有较好的浆的内在性能。即：在给定的纸浆强度下（例如：抗张强度或耐破度），化学机械浆具有较高的松厚度。或反之，在给定的手抄片紧度或松厚度下，阔叶木化学机械浆具有较高的手抄片强度如抗张强度和抗张能量吸收值（TEA）。图 1 和 图 2 为杨木和桉木的试验结果。对于这两种木材，与它们的 CP 浆相比其 CMP 浆在给定的紧度下具有较高的抗张强度（纤维结合），或在给定的抗张强度下具有较高的松厚度（较低的紧度）。在造纸过程中松厚度和抗张强度是两项非常重要的基本性质，造纸工业更青睐于这两项性质较高的浆料。

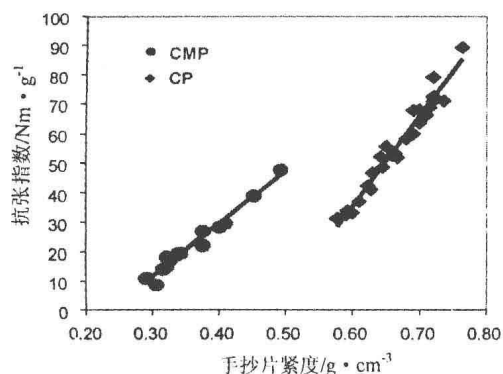


图 1 北美的杨木

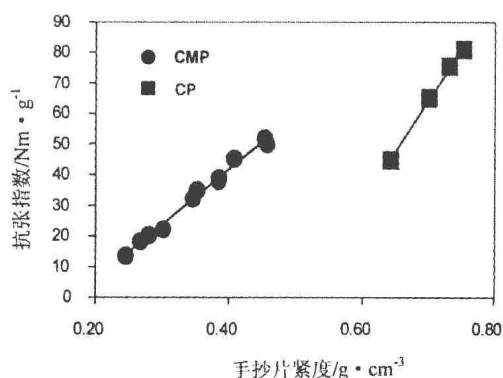


图 2 南美的巨桉

对于熟悉并在造纸中应用大量阔叶木化学机械浆的人们，最新的研究表明^[3, 4]，一定量的阔叶木化学机械浆加入到阔叶木化学浆中不仅可以改进纸页的松厚度，而且还可以改进纸页的强度。并且 CMP 和 CP 浆之间还存在协同作用：它们的混合浆比它们的加权组成的总和具有更高的强度。见表 1 所示。结果表明即使是用高松厚度的杨木 CMP（HB，T16），具有比杨木化学浆低得多的抗张强度、TEA 和伸长率，混合浆（07）比化学浆具有较高的抗张强度和其它性能，同时松厚度和光学性能也有所改进。表 1 表明，利用 CMP 技术可以制造具有非常高抗张强度（抗张指数 $> 50 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{g}$ ，或裂断长 $> 5000 \text{ m}$ ）的高抗张

强度浆种（HT，T19）。

表 1 杨木 CMP 浆和 CP 浆之间的协同作用

浆样	杨木 CP		杨木 CMP		混合浆	
浆样编号	E1 (a)	A128	T7 (HB)	T10 (HT)	05 20%T7 80%A128	06 20%T10 80%A128
游离度 (CSF)	320	274	345	210	312	280
松厚度/ $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	1.47	1.43	2.35	1.67	1.62	1.47
抗张指数/ $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$	47.0	50.1	24.3	52.6	45.8	59.3
伸长率/%	2.1	2.2	1.0	2.1	2.4	3.2
T.E.A. / $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	44.0	48.6	9.1	41.8	45.1	80.1
不透明度/%	73.0	72.3	83.6	73.9	76.3	73.0
光散射系数 / $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$	33.0	32.3	50.0	31.7	35.8	31.6

至于化机浆的应用，经历了多年的研究和开发之后，阔叶木化学机械浆已用在了许多不同的产品中，如各种印刷/书写纸、纸板、生活用纸/绒毛浆和新闻纸。阔叶木化学机械浆重要的贡献是能够使那些产品具有功能性能，如改进松厚度、光学性能、纸页的匀度和平滑度。随着阔叶木化学机械浆和化学浆之间协同作用的最新发现，可以预见阔叶木化学机械浆可以用来提高纸页的强度，至少对于某些使用了大量阔叶木化学浆的纸种/浆料来说应有这种作用。

由于近年来电子信息技术的迅猛发展，作为一种长期信息贮存工具/方法，纸的作用已明显减弱，与过去相比，如今纸媒介的有效寿命已明显缩短。这使得有关高得率 CMP 浆潜在的返黄问题变得不那么突出，而目前一些造纸工作者甚至在传统的不含磨木浆的纸种中使用更多的 CMP 浆。对于对返黄要求更严格的纸种，现在已有技术可有助于减少或防止 CMP 浆的返黄作用^[5]。因此，关于 CMP 浆的返黄问题将不再是一个严重的问题。

2 不同的化学机械法制浆技术

化学机械法制浆技术是一种利用化学和机械两种方法将木材原料转变为造纸用纸浆的一种工艺。对于阔叶木最早用于工业的 CMP 技术是冷碱法（CCS）工艺，这种工艺中在木片进行磨浆之前用冷的碱性化学药品来预处理木片。后来，开发了不同的亚硫酸盐化学品预处理技术，尤其是用于压力磨浆（TMP）系统，这种系统常常称作为 CTMP。对于大多数 CTMP 系统，都需要某种方式的后续漂白（最常用的是碱性过氧化氢）以提高纸浆白度（和其他性质），于是又常称为 BCTMP。由于历史的原因，在机械法制浆或化学机械法制浆工业，BCTMP 的意思是漂白亚硫酸预处理热磨机械浆。然而，对于不熟悉这部分历史或这一工业的人来说，BCTMP 这一名称常常用来表示使用任何种类的化学品处理并与压力磨浆机相结合的机械制浆的任何一种制浆方法。后者的定义相当广泛，时常会混淆。本文则使用前者和传统的 BCTMP 定义，其说明和解释见图 3。图 4 提供了一个典型的和简化的 BCTMP 流程图。

木片经亚硫酸盐预处理 → 第一段压力磨浆 → 第二段压力磨浆 → 筛选和/或净化 → 后漂白

- 用亚硫酸盐对木片进行预处理以减少纤维束和/或避免当为了降低能耗而用碱性化学品进行预处理时的变暗现象
- 利用磨浆和后漂白来改善浆的性能
- 广泛的适用性并已应用于印刷/书写纸、LWC 纸、纸板、卫生纸/绒毛浆、新闻纸....等等

图 3 BCTMP 方框流程图

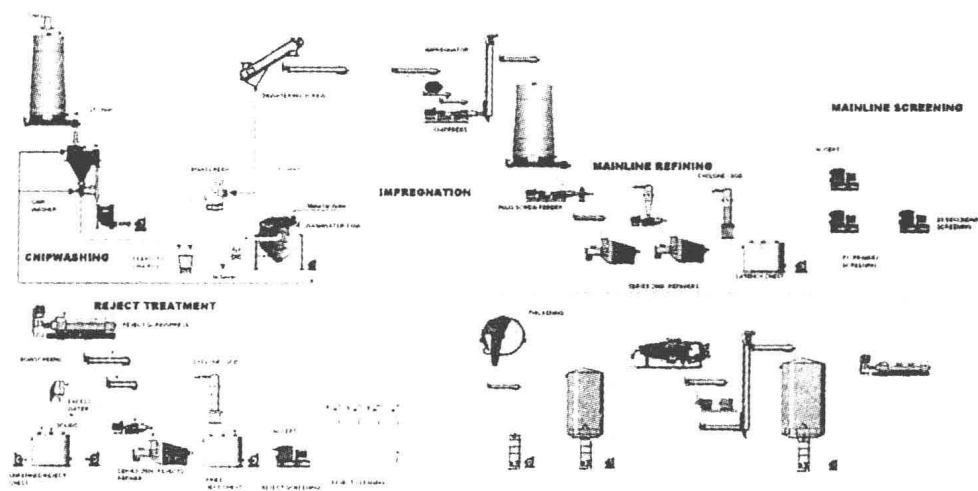


图 4 BCTMP 系统流程图示例

在上个世纪的八十年代末期和九十年代初期，开发了一种称之为 APMP（碱性过氧化氢机械法制浆）的 CMP 新技术。该技术利用碱性的预处理（有助于降低磨浆的能量，并改善浆的强度性能），同时加入过氧化氢进行漂白。这样对于某些浆种就不需要后续漂白，从而简化了整个过程/系统。虽然早期的 APMP 型式在全世界造纸行业上迅速被接受，但它有某些局限性，如白度上限、化学品分布和化学品的利用率问题。为了克服这些局限性，在九十年代末期和最近几年^[6-9]开发了一种更有效的工艺概念，它保持传统的 APMP 的优点（即：低能耗，强度性能改善.....），结合利用磨浆机作为混合器以改善化学品的分布和利用率的磨浆机化学药品处理（RC），还可以增加白度上限。该工艺称之为 P-RC APMP。P-RC 代表预处理（Pre-conditioning）随后是磨浆机化学处理（Refiner Chemical treatment）（参见文献[6]和[7]，有更加详细的解释和讨论）。在该工艺中，木片首先用碱性过氧化氢化学品进行预处理，然后利用磨浆机完成大部分的化学品处理（漂白和其它过程），同时起到磨浆和与化学药品混合的作用。尽管磨浆机是非常好的混合器，但是在磨浆机里的停留时间非常短而不足以完成所有必须的反应。鉴于此，在全部碱/过氧化氢化学品加入之后需要有一台高浓（HC）反应塔。图 5 所示为带有对过程的某些主要特性进行简要总结

的 P-RC APMP 过程的方框图。图 6 所示为 P-RC APMP 过程流程图示例。

P-RC APMP:

木片碱性过氧化氢预处理 → 初级磨浆(大气压力或加压) → 段间高浓反应塔 → 二段压力磨浆 → 筛选和净化 → 洗涤压榨

- AP 预处理与磨浆机化学处理的组合(预处理随后是磨浆机化学处理)
- 改进传统 APMP 浆的漂白效率、光学性能和适应性
- 低能耗

图 5 P-RC APMP 方框流程图

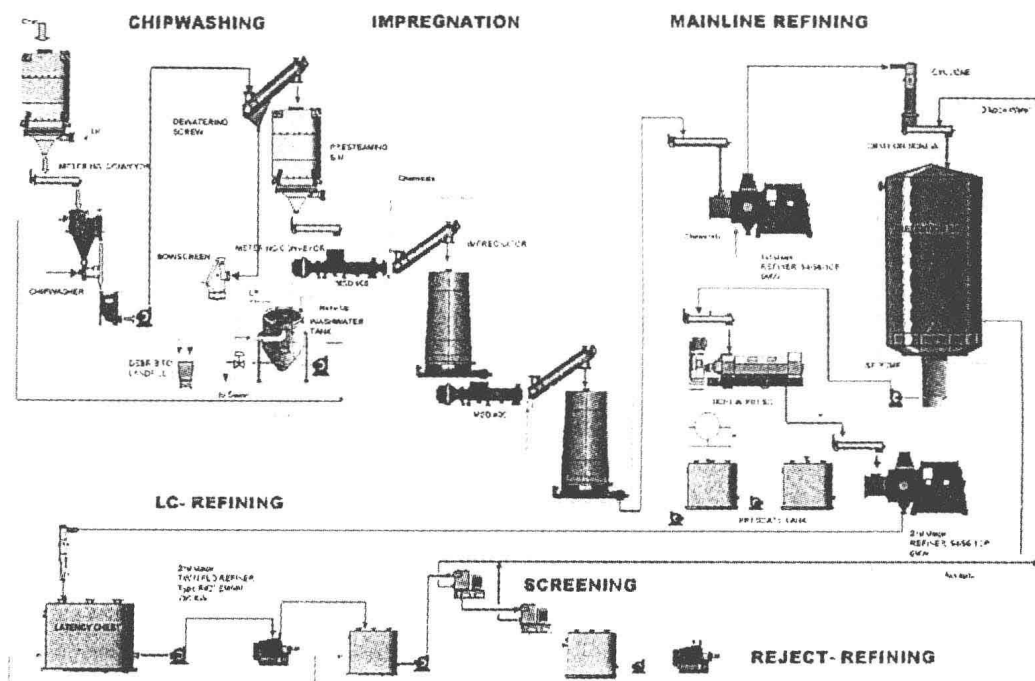


图 6 P-RC APMP 装备流程图示例

2.1 浆的性能

作为化学机械法制浆技术, P-RC APMP 和 BCTMP 在发展纸浆性能方式上有许多相似之处, 两者均非常灵活并可以生产各种具有不同性能的浆种。由于这种灵活性, 在比较这两种工艺时必须注意使之“苹果与苹果比”而不是“苹果与橘子比”。两种方法均涉及大量的可变量, 大多数的可变量均会影响浆性能。为了减少那些可变量的影响(或“干扰”), 最好的方法是用浆的自身性能进行比较^[10], 即浆料手抄片紧度与结合强度性能(抗张强度、T.E.A.、耐破度……)之间的关系(或关联性)。而这些性能取决于所采用的工艺的特性, 而和给定工艺(通常的操作条件下)所涉及的可变量无关。例如, 手抄片抗张指数和紧度对于任何给定的工艺和木材品种具有一固定的线性关系。但是, 直线斜率和/或截距取决于所用的工艺和木材的性质。

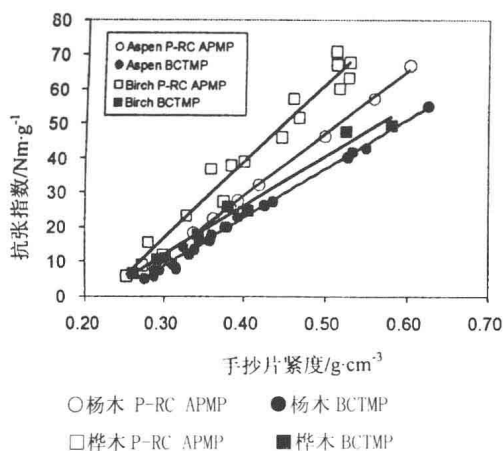


图 7 内在性能的比较

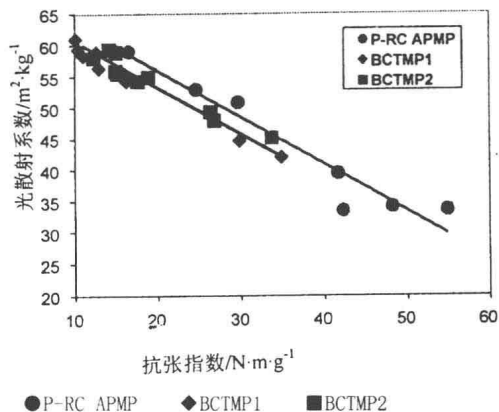


图 8 工艺比较 (混合北美阔叶木)

— 在游离度为 300 mL 时的光散射系数/抗张强度

图 7 所示为杨木和桦木 P-RC APMP 与 BCTMP 之间的抗张强度/紧度的相互关系。可以看到,采用相同的工艺,桦木与杨木有不同的内在性能。还有,相同的木材品种,P-RC APMP 比 BCTMP 有较好的内在性能(相关直线的斜率较高)。这意味着在给定的紧度(或松厚度)下,P-RC APMP 比 BCTMP 得到相同或较高的抗张强度(纤维结合强度)。反之,在给定的抗张强度下,前者比后者能得到相同或较高的松厚度。

除了具有较高的松厚度,P-RC APMP 浆通常还预期具有较高的光散射系数。在一个混合阔叶木原料的研究中,在相同的游离度下,在不同的抗张强度下比较浆的光散射系数(由不同的工艺所获得的)。(注意,光散射系数取决于抗张强度和游离度二者)。结果见图 8 所示,确实表明在所研究的抗张指数范围内 P-RC APMP 浆比 BCTMP 浆在统计上具有较高的光散射系数。(就象通常所预料的那样,在所研究的游离度范围内两种浆都在较高的抗张强度下光散射系数降低)。

这些观察和早期发表的关于桉木的结果是一致的^[11],见表 2 所示。应该指出,正如图 7 所示,采用这两种工艺均能够生产出和化学浆相比抗张强度非常高的纸浆。

表 2 工艺比较

工艺过程	材种	游离度 /mL	松厚度 /cm ³ ·g ⁻¹	抗张指数 /N·m·g ⁻¹	光散射系数 /m ² ·kg ⁻¹	纤维束(0.1mm) /%
APMP	巨桉 A	200	2	61	54.8	0.02
	巨桉 P	200	2	58	53	0.07
	柳叶桉 P	200	2.2	53	54	0.15
	巨桉 A	400	2.6	36	51.5	0.8
	巨桉 P	400	2.3	45	52	0.8
	柳叶桉 P	400	2.6	41	54	0.9
CTMP	巨桉 A	200	2.2	47	50	0.05
	巨桉 P	200				
	柳叶桉 P	200	2.3	49	46	<0.01
	巨桉 A	400	2.5	32.5	49	0.75
	巨桉 P	400		26	50	0.15
	柳叶桉 P	400	2.7	33	49	0.3

注:“A”表示阿根廷,“P”表示巴拉圭

2.2 工艺过程的消耗（能量和化学品）

目前在工业上众所周知的是，阔叶木机械法制浆在磨浆之前和/或磨浆过程中加碱（以任何形式）都有助于降低能耗。由于 P-RC APMP 工艺磨浆之前和/或磨浆过程中加入了全部的碱性过氧化氢（AP）化学品（这类似于在 BCTMP 的后续漂白），因此，磨浆之前和/或磨浆过程中比 BCTMP 对木材纤维有更多的碱性处理，BCTMP 通常在纸浆漂白前很少甚至没有碱性处理。大多数用于 BCTMP 过程的碱性化学品是用在磨浆完成之后的后漂白段。图 9 总结了对混合阔叶木的研究结果，并展示了从 BCTMP 制浆到 P-RC APMP 制浆如何明显降低能耗的示例。虽然在相同的总碱用量下（7%），后续漂白有时能够使浆的游离度降低到某种程度（直到游离度为 100mL），但是，在这种情况下 P-RC APMP 所用的能量比 BCTMP 少 50%。

由于两种工艺之间的能耗不同是因为应用碱性化学品的方法不同而引起的，因此，能耗的不同是取决于生产所要求的纸浆的性质需要多少碱性化学品。用碱量越高，差异就越大。对于大多数浆种（印刷/书写、LWC、新闻纸）而言，一般来说 P-RC APMP 总能耗比 BCTMP 少 30%。

关于化学品消耗，P-RC APMP 不使用任何亚硫酸盐化学品，而亚硫酸盐化学品被认为会引起污水处理和浆的过氧化氢漂白性能方面的一些问题。对于样品浆种（给定游离度和抗张强度），P-RC APMP 和 BCTMP 在它们的“生产性的”反应中都要求相同量的总碱（所有用碱量的总和）达到在相同游离度下有相同的抗张强度。但前者具有较好的混合能力和只有一个停留阶段（没有可以 100%完成的化学反应），所以有总体少用碱性化学品的趋势。对于 H_2O_2 也存在相同的情况。

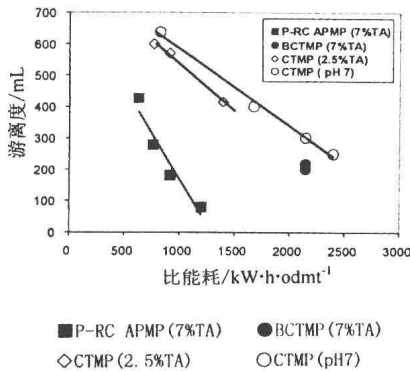


图 9 工艺比较（混合北美阔叶木）
— 游离度与比能耗

表 3 工艺过程比较（桦木）

	P-RC APMP		BCTMP	
总 NaOH/%	6.0	6.5	7.0	6.5
H ₂ O ₂ /%	5.0	5.0	5.0	5.0
Na ₂ SO ₃ /%			3.0	3.0
游离度 (CSF)/mL	301	308	306	306
松厚度/cm ³ ·g ⁻¹	2.22	2.18	1.72	1.91
抗张指数/N·m·g ⁻¹	46.8	48.7	49.5	47.7
白度/%ISO	86.4	87.1	86.1	87.1

虽然 BCTMP 过程中的亚硫酸盐预处理可以避免由碱和高温磨浆而引起的纸浆变暗反应，有时能够比木片不经任何化学处理达到更高的白度，但可能不降低总 H_2O_2 消耗，并且在某些情况下为了达到同样的最终白度目标值事实上甚至消耗更多的 H_2O_2 ^[12-14]。

表 3 给出了桦木的研究结果。两种工艺在相似的白度、游离度和抗张强度的基础上进行比较。结果总的来说与上面的分析及预期是一致的。

2.3 工艺过程的适应性

利用 CMP 技术非常基本的性能, BCTMP 和 P-RC APMP 二者都是非常灵活的工艺过程, 它们能够由单一阔叶木材种和/或不同的木材材种制造出许多不同的浆种。由于 P-RC APMP 在碱性条件下(磨浆前或磨浆过程中)有足够的 H_2O_2 存在, 所以, 它引起很少或不会引起永久的(或不可逆的)碱性变暗反应。当为了减少磨浆能量而在预处理用相当高的碱量时(例如, 对于那些高紧度且颜色较深的阔叶木如马占相思), BCTMP 预处理所用的亚硫酸有时很难阻止所有的碱和热的变暗反应。某些变暗反应是不可逆的并将降低 H_2O_2 漂白的白度上限。正如早期已报道过的^[11], 一项研究已表明柳叶桉 CTMP 浆漂白达到 $>82\%$ ISO 的白度有些困难, 而其 APMP 浆, 在经过某些优化之后, 可以漂白到高达 89% ISO 的白度, (见图 10)。在另一项内部研究中, 我们还发现对于某些相思树木材, 采用 BCTMP 工艺不可能漂白达到 85% ISO 或更高的白度, 而 P-RC APMP 工艺不用任何后续漂白就可能达到 $>86\%$ ISO 的白度。

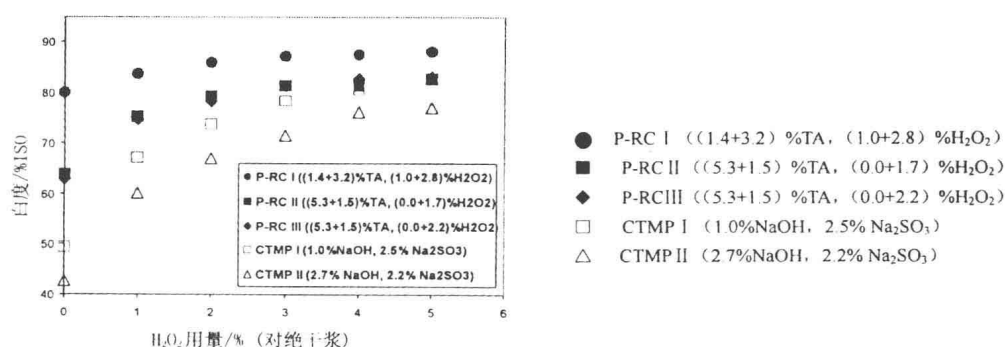


图 10 化学品预处理和可漂性(柳叶桉)

由于从磨浆机出来的纸浆温度很高, P-RC APMP 工艺的段间高浓塔停留时间比 BCTMP 的传统后续漂白时间要短, 这是 R-PC APMP 又一个优于 BCTMP 之处。前者典型的停留时间为 1~2 小时, 而后者通常为 4~6 小时。缩短停留时间使得 P-RC APMP 比 BCTMP 更容易和快速适应任何浆的性能和/或浆的种类变化, 这对市场和综合浆厂的操作都是重要的。

2.4 工艺过程的其他有关问题

2.4.1 水的用量和洗涤效率

任何 CMP 过程中, 都是化学处理产生绝大部分需要洗涤出来的废弃化学品。由于所有的化学处理都是在过程的前端和早期进行和完成的, 从消潜池到筛选和净化每一段浆都要被稀释, 所以, 在段间洗涤之后 P-RC APMP 水系统中污水的浓度变得很低。允许过程水从后段应用(或循环)到前段, (或逆流洗涤)。在 BCTMP 工艺中, 化学处理(漂白)的主要部分是在过程的最后进行的, 这使得整个系统的逆流洗涤成为不可能。正因为如此, P-RC APMP 有可能使用较少的过程水来达到与 BCTMP 类似的纸浆洁净度, 和/或使用相同量的水而获得比 BCTMP 具有更高洁净度的浆。

P-RC APMP 的另一个优点是在过程的早期进行洗涤,从而 P-RC APMP 浆比 BCTMP 浆具有更高的游离度,后者是在过程最后洗涤(在游离度最低时)。通常,较高游离度的浆比较容易进行洗涤,这意味着前者需要较少的昂贵的洗涤设备但仍然得到较高的洗净度。

2.4.2 纸浆得率

在 CMP 制浆过程中,大部分得率的损失来自于半纤维素(碱性水解反应)的碱性反应。对于相同抗张强度/游离度的浆,P-RC APMP 和 BCTMP 两种工艺所需要的碱性化学品用量/反应是相近的(除混合效率和残碱损失等因素外)。然而,BCTMP 在其预处理中还要用亚硫酸盐,亚硫酸盐与木素的反应会增加浆的损失,因此,BCTMP 比 P-RC APMP 有更多的浆的损失。

2.4.3 污水处理

来自于 P-RC APMP 和 BCTMP 两个过程中碱性过氧化氢处理的污水化学性质是类似的。然而,后者过程的污水中还有亚硫酸盐反应产物,这使得其污水比 P-RC APMP 的污水更难处理。

APMP 的另一个优点是在过程的早期进行化学处理,大多数的污水是纸浆在消潜池或后阶段被稀释之前被排放掉。这使得其污水的主要部分(来自木片压榨和段间洗涤压榨)浓度非常大,足以使其能运用厌氧处理^[15]。另外,两种工艺都可以使用传统的污水处理系统,这种传统的污水处理系统是由重力澄清池初级处理、活性污泥次级(生物)处理组成的,这些已有不同的研究小组进行详细的讨论^[16-17]。

对于水资源不足的地方,零排放技术也可以用于 P-RC APMP 和 BCTMP 这两种工艺^[18]。这种技术已成功地应用于加拿大 Meadow Lake 的 Millar Western Pulp Ltd.的生产上。有关详细的讨论和描述可以参阅参考文献^[18]。该技术能使过程水循环利用而没有污水排放到环境中去。据报道其操作成本和传统的生物处理相比具有竞争性^[18]。

还有一些其他的技术可以单独应用或和上述两种方法结合在一起应用来处理污水和/或回收碱性化学品/水。在参考文献[19]和[20]中提供了相应的例子。

3 总结

本文讨论了化学机械法制浆技术的一般特点并和化学法制浆技术进行比较。对于化学机械法制浆技术,分析和比较了 P-RC APMP 和 BCTMP 工艺。发现与传统的 BCTMP 技术相比 P-RC APMP 具有以下优点:

1)使用较少的能量和总的化学品用量;

2)生产的浆具有较好的内在性能(在相同的抗张强度下具有较高的松厚度或在相同的松厚度下具有较高的抗张强度);

- 3)具有更高的水利用率和洗涤效率;
- 4)纸浆有较好的可漂性(达到较高的白度上限);
- 5)污水有较好的可处理性。

参考文献见原文

(马 忻译, 邝仕均校)