

2002
中国造纸学会
学术报告会
论文集

2002年11月12日
上海光大展览中心

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)
协办单位:上海造纸学会
翻译出版:中国造纸学会

目 录

1. 中国造纸工业综述和发展前景	1
2. 减少制浆造纸工业污水的若干措施	7
3. 拉丁美洲森林工业对木材和木材产品世界贸易的影响	18
4. 合成内部施胶剂和表面施胶剂的现状及其应用	24
5. 全球纤维供应:潜在的纤维资源与可供应量	34
6. 用于生产优质纸的脱墨浆	38

中国造纸工业综述和发展前景

曹振雷 博士

中国造纸开发公司

(北京市朝阳区光华路 12 号, 100020)

The average growth rate for Chinese paper industry has been kept very high for the last more than 12 years both in consumption and in production. In the recent years, the Chinese paper industry is one of the very few industries which their products are in short supply. In this article, the current situation of the paper industry in China will be presented, at the same time all the problems and difficulties which the Chinese paper industry are facing will be outlined.

1 中国造纸工业简介

到 2001 年底,中国国内共有各种规模的造纸厂约 4000 多家,其中年销售额在 500 万元人民币以上的有 2620 家,她们的固定资产总值为 2147 亿元,纸和纸板的生产量为 2840 万吨,总销售额为 1137 多亿元。同期全行业纸和纸板的总产量达到了 3200 万吨,进口纸浆、废纸、纸和纸板及纸制品用汇高达 60 多亿美元。

图 1 是对其中 2620 家纸厂的个数、产量和利税情况的统计。国有企业的个数占 21.8%,比 2000 年下降 5.2%,合资企业在个数上只占 8.7%,而集体和私有企业的个数占 69.5%,同期下降了 5.3%。从销售额来说,国有企业占 34.3%,比 2000 年下降了 3.7%;合资企业占 30.3%,增加了 2.9%;集体和私有企业占 35.4%,上升了 0.8%。国有企业仍然是上缴利税的主力占行业的 38%。

企业之间的转让和合并主要有两种方式,一种是对一些中、小型企业,地方政府通过鼓励和推行股份制改造将部分或全部股权出让给私人企业主、经营者(经营班子)或职工。试图通过所有制的改变以增强企业的活力。另一种是对一些企业规模较大、或经营不善的由行业内的骨干企业或机构投资者兼并或租赁经营。大部分在兼并过程中也进行了产权制度的改造,初步建立起了以公司化模式运营的管理体制。

到 2001 年底,中国造纸工业的纤维原料有了较明显的变化,非木材纤维的比重已经下降到了 33%,木浆和二次纤维的比例分别上升到了 23%和 44%。尽管这一变化主要是依赖于木浆和废纸的大量进口。

2 纸和纸板的消费量、产量;纸浆、废纸、纸和纸板进口量

2.1 纸和纸板的消费量

图 2 描绘出了 1990 年以来,我国纸和纸板消费量的变化情况。如果对期间的数据进行回归处理,选用常用的年增长率方程: $P_n = P_{n_0} (1 + X)^{n-n_0}$ 。这里 P 代表纸和纸板的消费量, n 、

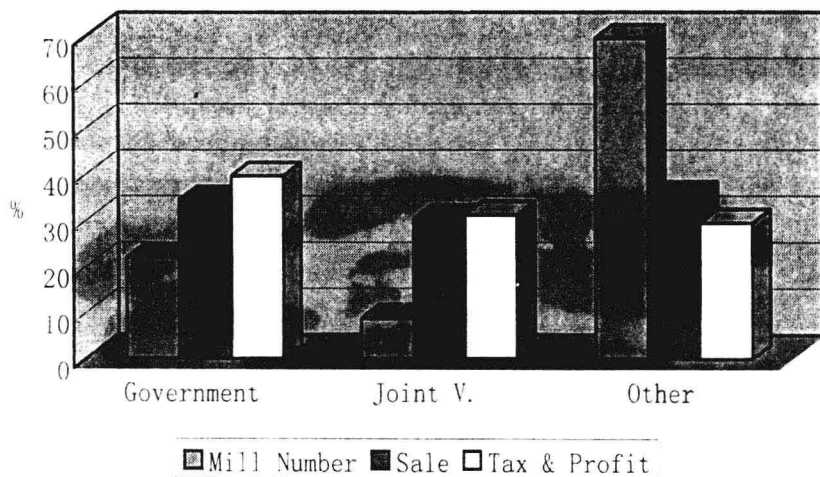


图1 年销售额500万元以上的2620家造纸企业产量、利税情况统计

n_0 分别代表两个年号, X 表示的就是年增长率。图2中以方形连成的线是把1990—2001年作为一个线段区处理, 回归出在这12年间, 我国纸和纸板消费量的年平均增长率是10.5%。从图2中可以看出, 在1995—96年间有一个转折, 如果将其分成两段, 则发现在1995年以前, 年平均增长率为14.5%, 而在1996年以后仅为4.0%。

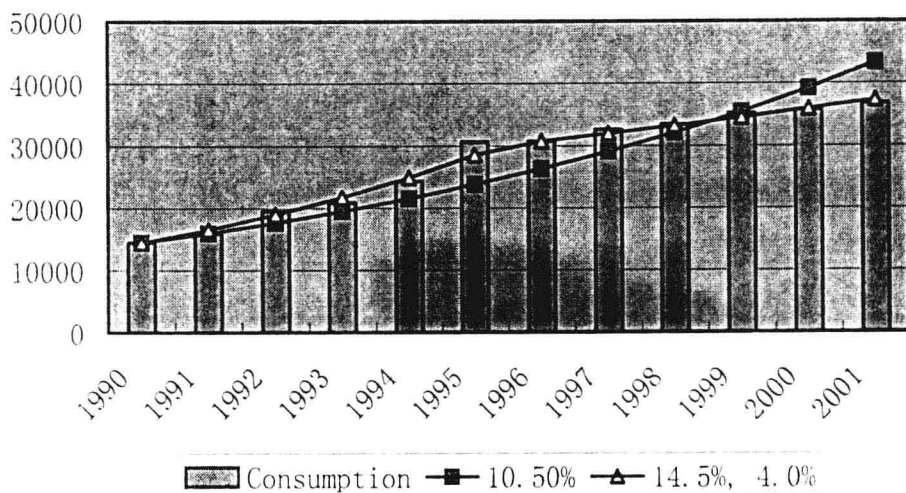


图2 1990—2001年中国纸和纸板消费量变化情况

2.2 纸和纸板的产量

对纸和纸板的产量进行上述的数据处理同样发现, 12年间的年平均增长率为8.9%, 如果分为两段, 则1995年以前为12.4%, 1996年以后为3.8%。

另外, 根据国家统计局公布的资料, 2002年上半年, 具有年销售额在500万元人民币以上的造纸企业, 共生产纸浆516.92万吨, 比2001年同期增长14.72%; 机制纸的产量为937.15万吨, 增长了20.68%, 其中新闻纸87.18万吨, 增长了6.64%; 纸板产量为655.14万吨, 增长

了 15.9%。

2.3 纸浆、废纸、纸和纸板的进口量

图 3 描绘出了中国纸浆、废纸、纸和纸板的进口量的变化情况。从图中可见,在这期间中国的纤维原料进口持续快速的的增长;纸和纸板的进口量在 1999 年达到的最高,而后开始下降。这得益于近几年来我国有效供给水平的提高。但是今年上半年的统计数据表明,我国纸和纸板的进口又有回升。

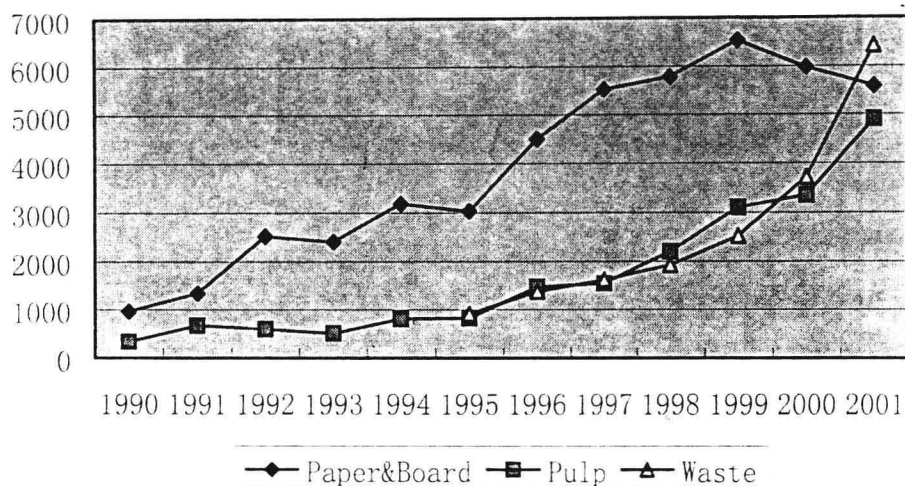


图 3 中国纸浆、废纸、纸和纸板进口量的变化

2001 年 1—6 月,中国纸和纸板的进口量为 325.74 万吨,比 2001 年同期增加了 23.6%,用汇量增加了 20.98%;纸浆的进口量为 261.9 万吨,量增加了 24.68%,用汇仅增加了 2.8%;废纸进口量为 391.85 万吨,量增加了 34.64%,用汇增加了 11.86%。从用汇量和进口量的变化上可以发现,2002 年上半年纸浆和废纸的价格比上一年度有所下降,但是进口的纸和纸板的价格仍然居高不下。我国对价格较高的纸和纸板的进口仍然不能忽视。

如果将进口的废纸按 85%的成浆得率计算,从 1995 年到 2001 年期间,中国的纤维原料进口量的年平均增长率高达 34.8%。无论是在增长率还是在总量方面都是中国高居世界进口国的前列。

3 纸和纸板消费量、产量和进口量的预测

3.1 纸和纸板消费量的预测

纸和纸板的消费量在当今社会与许多因素有关,但是根据许多具权威机构的研究表明,最简单明了的就是将纸和纸板的消费量与经济的发展水平相关联。根据最新出版的芬兰造纸工程师学会的制浆造纸技术丛书中,把人均 GDP 和人均耗纸量相关联,结果发现有十分良好的相关性。从图 4 可见,当人均 GDP 在 5000USD 以下时,人均耗纸量与其呈很好的线性关系,当人均 GDP 在 5000~15000USD 之间时,人均耗纸量增加幅度加快,当人均 GDP 超过 20000USD 时,人均耗纸量的增加减缓。

将中国改革开放以来的最近十几年的人均 GDP(1000 元)和人均耗纸量(kg)作图,即得

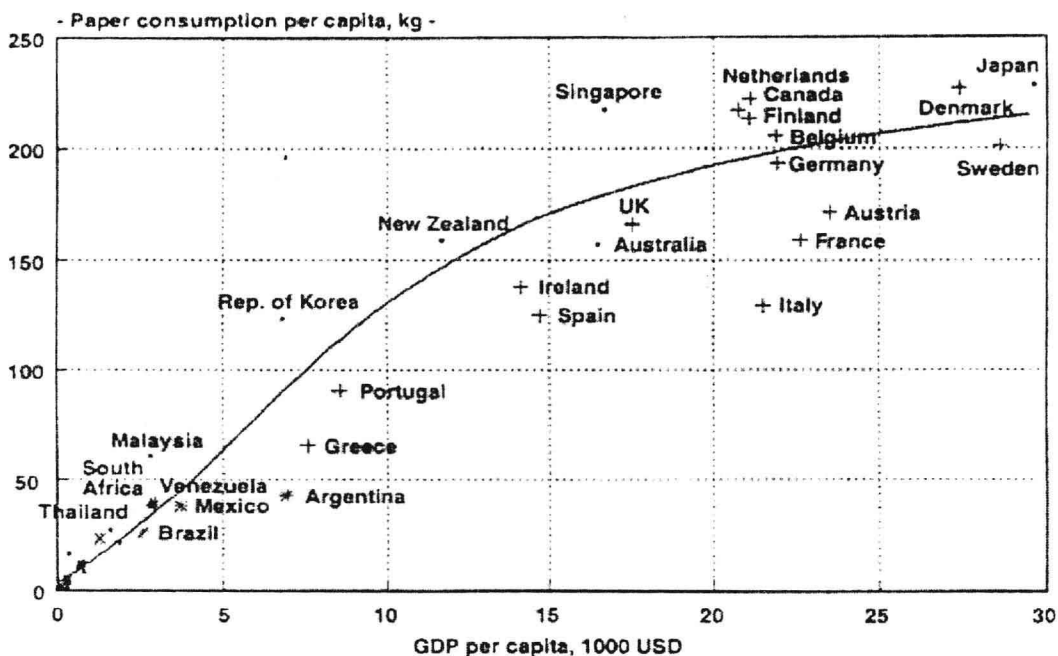


图 4 目前世界各国人均 GDP(1000USD)和人均耗纸量(摘自芬兰造纸学会丛书)

图 5。从中可见,两者之间有着良好的线性关系。其线性方程为:

人均耗纸量(kg)=2.9885 人均 GDP(1000 元人民币)+8.9051 该方程的 $R^2 = 0.97$
 简而言之,在我国目前的经济发展阶段,人均 GDP 每增加 1000 元人民币,人均耗纸量将会增加 3kg。

如果假设我国在今后一段时间内的 GDP 总量以每年 7% 的速度增长,同时,取过去 12 年的年均人口增长率 0.91% 作为今后的年人口净增长率,将上述回归方程外推到 2010 年,我国的人均 GDP 将会达到 13,890 元人民币,届时人均耗纸量可以达到 50kg。从而,可以预测,到 2005 年,我国的纸和纸板的总消费量会达到 5018 万吨,到 2010 年,总消费量可达 6850 万吨。根据国家经贸委公布的我国造纸工业“十五”规划,到 2005 年纸和纸板的消费量将达到 5000 万吨,2010 年达到 6500 万吨。根据目前中国经济发展的良好状况,年平均经济增长率将会保持在 7%~8% 的水平。因此可见,我国造纸工业“十五”规划的预测是有充分的科学依据的,是完全可以实现的。

3.2 纸和纸板产量和进口量的预测

根据国家造纸工业“十五”规划,将 2002 年到 2010 年之间的产量进行分解可以发现,在经济增长保持在 7% 时,纸和纸板的产量的增长要保持在 6% 的速度才能达到规划的发展要求。前面提到,1995—2001 年间,我国造纸工业的产量年平均增长率只有 3.8%,尽管在这期间由于我国统计口径的变化可能较低的统计了纸和纸板的产量和产量的增长,但是要在近期内达到并且保持在 6% 的速度,的确有较大的困难。如果产量的提高不能够与经济发展同步,进口量的再次上升也就实在难免。

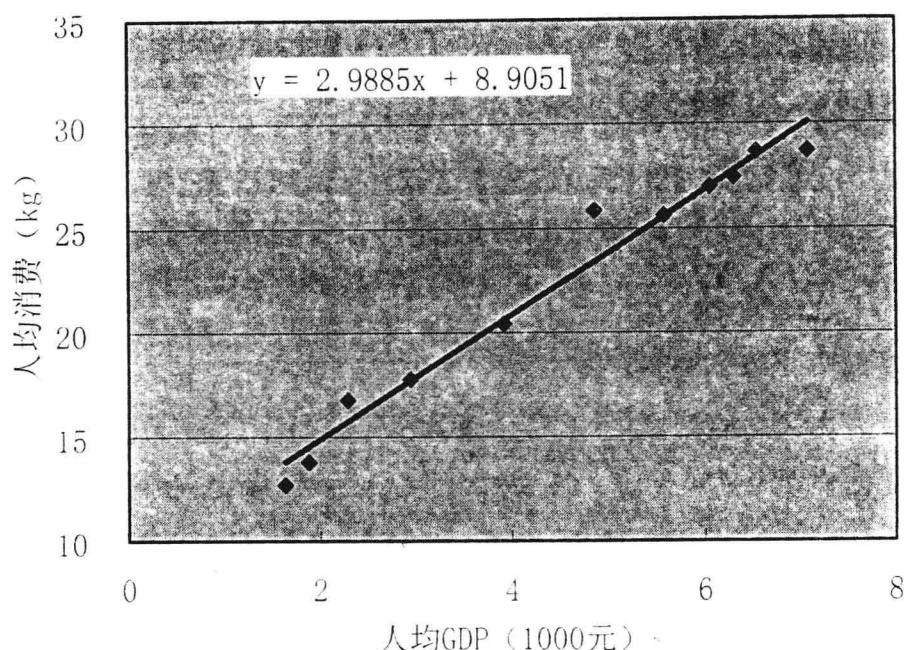


图5 中国人均 GDP 和人均耗纸量的关系

4 中国造纸工业要提高有效供给面临的困难

首先要提高有效供给,就要对目前存在的一大批设备、技术都十分落后的小厂进行技术升级;同时还要新建或扩建具有国际竞争力的现代化的生产能力,从而提高中国造纸工业的长期竞争力。由于造纸工业属于技术和资金密集型,特别要引起国内在造纸工业投资的企业,在项目的实施过程中,要全面权衡技术经济指标,尽可能的采用最实用技术,权衡好短期效益和长期竞争力之间的关系。另外,一个十分关键的问题时如何解决好利用我们有限的资源,建立一个可持续发展的造纸工业。

4.1 中国造纸工业面临的资金困难

目前对大多数造纸企业来说,资金问题是制约其快速发展的一个关键问题。如前所述,如果中国的国民经济在未来一个时期能够保持在 7% 的发展速度,那么,纸和纸板在中国的消费市场是十分可观的。分析我们现在已有的 3000 多万吨生产能力中,单台纸机生产能力在 5 万吨以上和单台纸板机生产能力在 10 万吨以上的不足 1/3,有 2/3 以上已有生产能力和新增加的生产能力都需要巨大的资金投入。目前国家正在采取积极的行业政策,鼓励和支持造纸企业项目的实施,同时社会投资者和外资也正看好中国的造纸工业。中国的造纸工业有望在近期内有较快的发展。

4.2 中国造纸工业面临的资源问题

随着中国加入 WTO 进程的深入,国家的各项市场经济的秩序将逐步建立和完善,会有力的促进社会有效资金“流向”造纸工业,从而可以解决部分资金短缺的困难。但是由于中国的资

源的有限性,会使得纤维资源的短缺变的日益严峻。

粗算一下,假设每增加一吨纸和纸板,需要原生纸浆 600kg(2000 年,全球产纸和纸板 3.2 亿吨,产原生纸浆 1.89 亿吨,折合吨纸 600kg),废纸的成浆得率为 85%,并简单假设每吨纸用一吨浆。从图 6 可见,为达到造纸“十五”规划得生产目标,今后几年我国所需纸浆和废纸的需求情况。

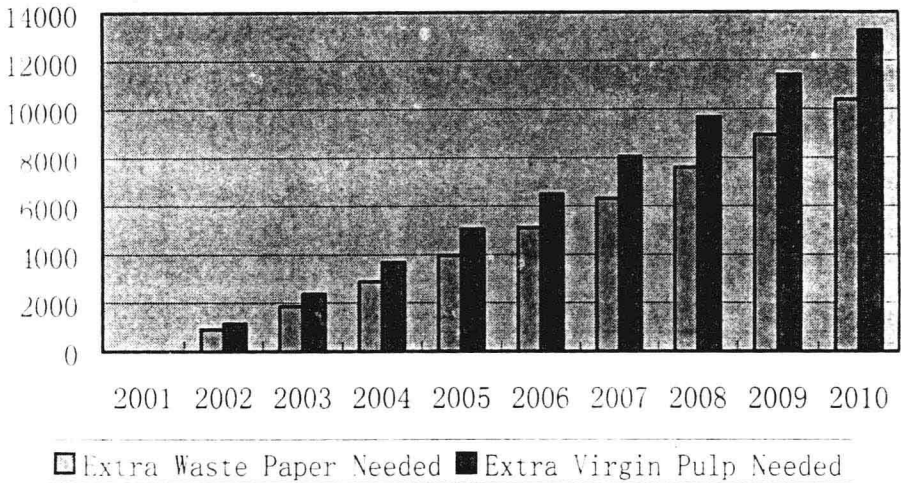


图 6 2002—2010 年纤维需求的增加情况

从图 6 中可见,到 2010 年中国所需的原生纸浆的增量为 1300 万吨! 2001 年已经进口了接近 500 万吨。如果在近期内不能大规模的提高我们纸浆的生产能力,中国的纤维短缺将会直接影响国际市场。根据 PPI2000 的年度报告,2000 年全球的原生纸浆产量为 1.89 亿吨,流通总量为 3500 万吨,净出口量仅为 2400 万吨。

对于废纸而言,情况可能会有所缓和。随着中国用纸量的增加,在保持目前的回收率的情况下,废纸的供应量可能不会十分紧张。但是有两个值得注意的问题,一是国产废纸的质量能否满足生产品种的需要,另一方面是,中国消费后的废纸是否在中国境内,目前中国正在成为日用消费品的主要出口国,我们消费的大部分纸箱都随它所包装的商品出口了,还是需要进口废纸来保证。

5 结束语

中国的造纸工业自从改革开放以来得到的长足的发展,目前中国造纸在产量和消费量都居世界第二位,但是由于我国经济欠发达,人均消费量很低。随着经济的发展和生活水平的提高,中国对纸和纸板的消费量将会发生快速的生长。在今后相当长的一个时期,中国纸和纸板的进口量会保持在较高的水平,同时对纤维资源的进口将会对国际造纸业的供求平衡起到十分重要的影响作用。

减少制浆造纸工业污水的若干措施

*Subhash Chandra*¹, *Hasan Jameel*²,
*Hou-min Chang*², *Adrianna Kirkman*²

(1. BE&K Engineering of North Carolina, Morrisville, NC 27560;

2. Department of Wood and Paper Science,

North Carolina State University, Raleigh, NC 27695)

摘 要:环境法规和经济上对减少北美造纸厂用水量和污水排放量越来越加以重视。1999 年,美国的制浆造纸厂废水排放量为 $53\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。与 1975 年相比,这意味着污水的排放减少了 44%。从 1975 年到 1999 年,除了减少工艺废水的排放以外, BOD、TSS 和 AOX 的量也明显地减少。同期 BOD 和 TSS 分别减少了 84% 和 68%。由于改进工艺减少有机氯化化合物的排放使得 AOX 减少到低于 $0.4\text{kg}/\text{t}$ (风干)——自 1975 年以来减少了 90%。本文讨论了目前现有的造纸厂能够实施的有关减少污水的对策。这些对策中包括了关于对典型造纸厂的供水系统、防止滴漏、密封水收集和再利用、筛选段封闭、蒸发器冷凝水再利用、冷凝水分离、漂白滤液循环和再利用、白水循环和再利用、真空泵密封水系统的用水管理。从这里提到的项目中总节水量可达 $12\sim 56\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。

前言

造纸厂有诸多理由要减少水的耗费量以及减少污水的生成量。这包括:环境法规、经济方面、增加产量和/或市场驱动。最重要的还是为了节省一种非常有价值的资源——水。环境法规也许要同时限制新鲜水的消耗量和污水排放量。对于多数造纸厂来说,由于有关当局的限制,现实是要增加产量但不能增加总用水量或废水排放量。造纸厂水系统的封闭一般来说可降低加热水所需的能量和处理新鲜水的成本。在一种现场特定的基础上,它还可以降低化学药品和纤维的损失以及降低废水处理成本。

制浆造纸工业在主要产生水污染的工业中排第 5 名,但是,这种情形随着造纸工业在同时降低水污染量和用水量方面取得显著改进而得以改善。1999 年,美国的制浆造纸厂废水排放量为 $53\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。与 1975 年相比,这意味着污水的排放减少了 44%。图 1~图 4 表明了美国造纸厂各种废水质量指标的变化情况^[1]。从 1975 年到 1999 年,除了减少工艺废水排放以外,已明显地减少 BOD、TSS 和 AOX 的量。从 1975 年到 1999 年间, BOD 和 TSS 分别减少了 84% 和 68%。由于改进工艺减少有机氯化化合物的排放使得 AOX 减少到低于 $0.4\text{kg}/\text{t}$ (风干)——自 1975 年以来减少了 90%。

制浆造纸厂水消耗量

由 Bryant 等人^[2]基于 FisherPulpTM数据库提供的 1996 年制浆造纸工业耗水量的数据列

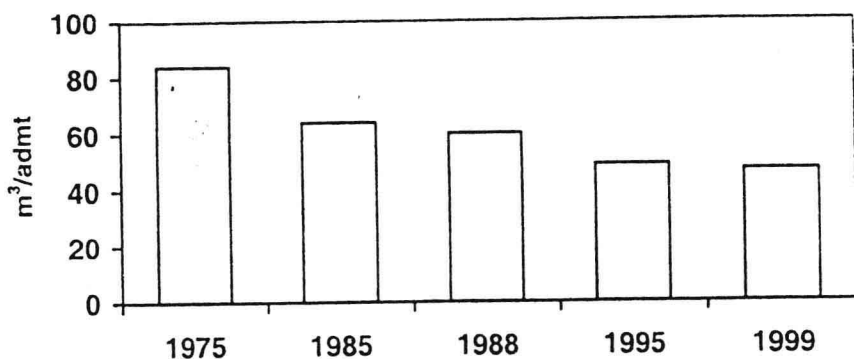


图1 美国工艺废水排放

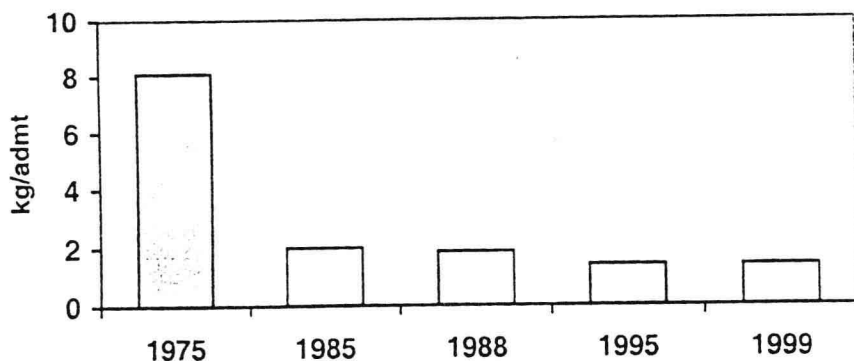


图2 美国废水 BOD 排放

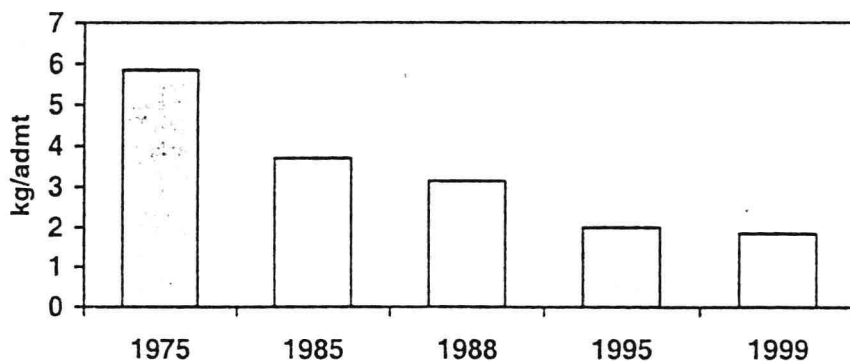


图3 美国废水 TSS 排放

于表1。表1表明了包括美国和加拿大在内的650家各种类别的制浆造纸厂的耗水量。

本文将主要讨论利用常规方法和最新开发的技术来降低用水量和污水排放量的一些可能性。对于减少污水的可能性通常要视现场情况而定,并取决于造纸厂现有的有关污水体积的运行情况。与那些污水排放量较低($40\sim 55\text{m}^3/\text{t}$ (风干))的造纸厂相比,具有较高污水量($75\text{m}^3/\text{t}$ (风干)或更高)的造纸厂有更多的机会来减少用水量。将污水减少到低于 $35\text{m}^3/\text{t}$ (风干)的量需要更高的投资强度,同时引起和非工艺元素(Non-Process Elements,缩写为NPE's)、设备腐蚀、结垢、污水毒性和产品质量有关的问题。

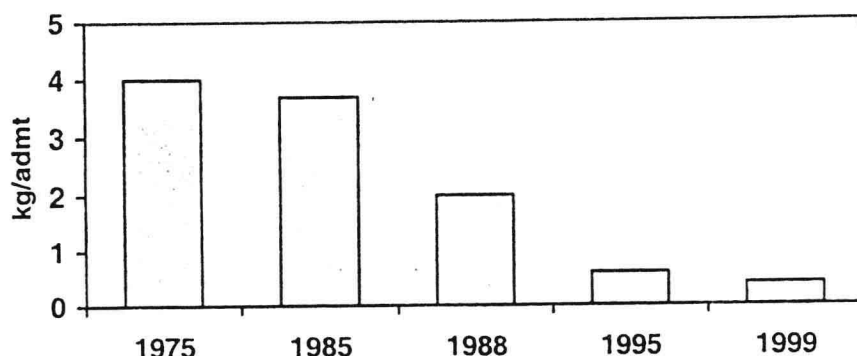


图 4 美国废水 AOX 排放

表 1 各类制浆造纸厂耗水量的汇总数据

造纸厂类别	造纸厂数量	统计/ m^3/t (风干)					
		平均	±*	中间值	重均	最高	最低
综合漂白浆厂	104	87.8	6.8	85.9	81.0	181	33.4
综合未漂浆厂	44	42.8	5.3	37.9	39.4	92	12.8
造纸厂 $>100\text{t}/\text{d}$	218	30.0	6.8	13.5	30.0	545	0.4
漂白商品硫酸盐浆厂	32	84.0	8.3	86.3	82.5	128	42.4
新闻纸厂(机械浆)	40	39.0	5.6	36.4	37.1	102	12.4
瓦楞原纸(NSSC)	21	24.0	7.9	16.9	24.8	79	2.6
新闻纸厂(机械浆 & 高得率浆)	17	73.9	25.1	58.1	73.9	267	33.4
脱墨废纸浆	36	36.4	7.9	35.6	39.4	82	0.4
溶解浆	8	191.2	57.0	155.2	166.9	317	94.9
造纸厂 $<100\text{t}/\text{d}$	135	67.5	11.2	45.0	52.9	328	1.1
商品亚硫酸盐浆, BCTMP& 其它浆	9	67.5	50.3	16.9	60.8	186	1.1

* 计算平均值的 95%置信区间

在用水项目实施之前,重要的是弄清楚一个制浆造纸厂的各种工段典型的用水情况。表 2 表示了一个漂白硫酸盐纸浆厂典型的水消耗情况^[3]。表中列出了较老(10~20 年)纸浆厂的数据、较新(最近 10 年)纸浆厂的数据和最近设计所用数据。在这种情况下,老的纸浆厂中漂白车间的用水量占 75%。瑞典一些现代的造纸厂的水耗量列于表 3^[4~6]。自 1971 年以来,造纸厂在减少用水量方面已取得了显著的进步。

表 2 一个漂白硫酸盐纸浆厂各工段用水情况(m^3/t (风干))

工 段	老纸浆厂	新纸浆厂	最近的设计
蒸煮	1.1	1.0	0.2
洗涤 & 筛选	4.2	1.8	0.2
漂白车间			
酸	25.0	21.0	5.0
碱	30.0	10.0	5.0
化学药品制备	0.5	0.8	0.2
总的纤维生产线	60.8	34.6	10.6
抄浆机			
筛渣	1.3	1.3	0.2
全部	5.2	4.9	0.2
总的抄浆机	6.5	6.2	0.4
蒸发器	0.7	0.6	0.2
回收	2.1	0.6	0.2
松散机/动力锅炉	4.9	0.9	0.5
苛化	2.6	1.3	0.3
总的回收/动力	10.3	3.4	1.2
总计, m^3/t (风干)	77.6	44.2	12.2

表 3 现代造纸厂的新鲜水消耗量

纸 种	现在, m^3/t (风干)	1971 年, m^3/t (风干)
新闻纸	5~15	75
不含磨木浆的高级纸	5~10	162
SC 纸	10~15	110
LWC 纸	10~20	
薄页纸	5~15	260
箱板纸和瓦楞纸	2~10	35~75
多层纸板	7~15	115

现有的制浆造纸厂降低用水量的可能性

本节中我们将讨论一些关于降低用水量和减少污水的通用项目。现有的造纸厂降低用水量和污水涉及以下主要步骤：

- 对于现有的操作制定一个合理的水平衡
- 将各工段的用水量与先进范例相比较
- 确定具有较大降低用水量潜力的工段
- 确定在各工段回用水和循环用水的可能性
- 确定所需的工艺和设备的改进和添加
- 对各个项目制定一个成本评估的数量级
- 准备一个成本—效益分析并基于成本效能对项目进行排序
- 选择能达到降低用水量和/或降低污水目标的项目
- 最后对选择的项目制定一个执行计划和时间表

本文中所讨论的项目是对于供水系统、制浆和漂白过程以及造纸厂进行的。

水管理

好的水管理是污水最小化的关键之一。这包括在过程扰动时的溢流降到最小，以及使补充到热水和温水罐中的水量降到最小。充足的温水和热水，以及过程冷凝水的储存能力，可以减少在一些不正常的条件中对新鲜水的过度需求，从而减少了污水的量。好的过程控制和各部门操作者之间充分的交流是减少溢流的关键。

供水系统

不同来源的水应进行适当的分开。需要进行分开的这些不同供水集水管包括：原水提供、纸厂水提供、温水提供、热水提供、冷却水提供、冷却塔回流集管、清洁和脏的冷凝水。另外，来自于造纸厂各部分的二次热需要很好的利用，以保持各种水流有均匀的温度，同时还可以减少各种用途中可用水量的任何不平衡。二次热的某些来源包括：蒸发器的表面冷凝器、冷却塔回流、漂白车间的滤液、间歇式蒸煮的喷放热以及连续蒸煮器的黑液。

防止溢漏

防止溢漏也将是造纸厂减少污水排放的一项重要工作。大多数溢漏是由于设备的损坏、不良的过程控制和人为的错误造成的。在过程中使用好的溢漏收集设备、制定收集到的溢漏的循环和再利用计划是减少用水量的关键性措施。EPA 群体规则(1998)中的最佳管理实践(BMP)部分目的在于减少溢漏对环境的影响。液体溢漏管理项目的目的包括为避免溢漏、收集溢漏和回用溢漏作准备。美国所有的硫酸盐浆厂都将被要求对防止溢漏采取措施以减少污水处理前有机物的含量。

设备溢漏水收集和再利用

大多数造纸厂都将大量的新鲜水用于泵和搅拌器密封冷却以及轴承冷却。通常这种密封水都被排掉了。在一个只有单条生产线的造纸厂，密封水的用量可达 $2\sim 3\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。在老式多条生产线的造纸厂，密封水的用量明显地高于这个量。在现有的造纸厂收集所有的冷却水并

进行循环再用得不偿失。然而,一些主要冷却水来源,如石灰窑轴承冷却水可以送到冷却塔。一种推广了好几年的项目,即用双重机械密封代替传统的密封,也将能降低污水量。

蒸发器冷凝水再利用

来自于黑液蒸发器的过程冷凝水通常分为污染的冷凝水和有难闻气味的污冷凝水。来自于第二、第三、第四和第五效的冷凝水称为污冷凝水,其全部或部分用于粗浆的洗涤。来自于第六效和表面冷凝器的冷凝水称为有难闻气味的冷凝水。这种冷凝水含有较高浓度的 TRS 组分和甲醇,被送到冷凝水汽提塔(如果有的话)或排到下水道。有难闻气味冷凝水的量估计为 $2.5\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。安装冷凝水汽提塔可以消除有难闻气味冷凝水。因为经汽提后的这种冷凝水可用于粗浆的洗涤。新的蒸发器设备包括冷凝水分离挡板,可改善清洁冷凝水的质量并有助于将有难闻气味冷凝水中的 TRS 和甲醇浓缩到一个较小的量。在现有的蒸发器装置冷凝水分离是困难的并且通常得不偿失。

制浆和漂白

筛选工段密封

一个封闭的筛选工段定义为:利用浓缩机作为最后的洗涤段,在筛选工段不存在添加任何的补充水或滤液溢流。通过使用高浓度(浓度范围 $2.5\%\sim 3.5\%$)压力筛这种办法成为可能。从浓缩机出来的滤液再循环利用作为粗浆最后段洗涤水。筛选段封闭可减少排放到废水处理车间的污水量和 BOD、COD 以及颜色。该项目对于一个 $1000\text{t}/\text{d}$ (风干)的硫酸盐浆厂的花费为 $200\sim 500$ 万美元,污水量可以减少到 $1.25\sim 4.5\text{m}^3/\text{t}$ (风干),这取决于现有的操作。在相同的稀释因子下随着筛选段的封闭带到漂白车间的化学药品和 COD 量将增加。

漂白滤液的回用

在老的漂白车间,由于洗浆机和密封罐大小的原因,所有的漂白洗浆机都用新鲜水。考虑到可利用水量的限制、污水排放的限制以及某些漂白反应需要增加温度,有必要更有效地利用新鲜水。转变为逆流洗涤暴露出某些现有设备的缺陷尤其是洗涤机和密封罐的大小。腐蚀也成为一个问题,从而导致新的合金和 FRP 的应用。随着回用程度的提高,漂白车间抽提物沉淀的问题也变得更为重要。

这里有许多回用漂白车间滤液的方法:

1. 开放式:给所有的洗浆机都提供新鲜水
2. 跳跃段逆流:酸性滤液用于酸性段,碱性滤液用于碱性段
3. 分流逆流:来自于前一段的滤液被分开,一部分用于洗浆机的喷淋水。原理是将与塔中相同 pH 值的喷淋水利用在底部喷淋上,与进入漂白段相同 pH 值的洗涤水利用在顶部喷淋上。
4. 完全逆流:每个洗浆机的喷淋水均来自于随后的洗涤段。

设备参数、冶金技术和操作成本是现有漂白车间在选择封闭程度时主要要考虑的问题。随着漂白车间滤液循环利用,水和热的消耗量降低,而与此同时化学品消耗、腐蚀和浆得率将提高。

对于一个三段漂车间漂白滤液循环利用^[7]的效果见表 4 所示。在一个三段漂车间利用完全逆流滤液流,其喷淋水用量能够减少 $60\%\sim 70\%$ 。通过选择跳跃段逆流方式,可以选取一

个中等程度的回用以适应于车间的条件。这样将能够明显地降低用水量。

表 4 三段漂车间循环利用漂白滤液对污水排放和能量消耗的影响

序号	选择的流程	用水/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ (风干)	节水/%	用汽/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ (风干)
1	目前的操作	25.6	—	1590
2	跳跃段逆流	16.2	26.8	945
3	分流逆流	12.1	52.6	685
4	完全逆流	7.5	70.7	310

在五段(DC)(EO)DED 漂白^[8]也有类似的节省效果,见表 5。尽管跳跃段逆流和分流逆流具有相同的用水量,但是,分流逆流具有较低的化学品用量和一个更稳定的密封罐操作。

表 5 五段漂车间循环利用漂白滤液的污水排放

滤液回用方式	理论值/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ (风干)	实际值/ m^3/t^{-1} (风干)
开放式	85	100
跳跃段逆流	23~25	30~40
分流逆流	23~25	30~40
完全逆流	13~15	15~25

漂白车间最后那台洗浆机的“新鲜”洗涤水的来源对漂白车间水的用量也具有明显的影响。无论是冷水、温水、热水还是造纸机白水都可以用于作为漂白车间的新鲜水源。能够用于洗浆机喷淋的纸机白水越多,新鲜水的用量就越低。大多数工厂将新鲜温水/热水与纸机白水混合用于漂白车间最后两台洗浆机上。

造纸机

在过去十几年间,造纸机用水量已经在降低,这是由于使用纤维回收机使得白水得到净化、不同水质水流的分离、有足够的工艺用水贮存能力,以及造纸机本身的改进。最近,加拿大制浆造纸研究所对加拿大一些生产新闻纸和机浆印刷纸的工厂调查结果表明^[9],新鲜水用量范围为 $10\sim46\text{m}^3/\text{t}$ (风干),中间值为 $15\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。43%的纸机用一定量的白水作为喷淋水。板纸机^[10]已将它们的用水量降低到大约 $5\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。对于最新的抄浆机设计,其污水量已低于 $1.5\text{m}^3/\text{t}$ (风干),而老的抄浆机为 $6\sim10\text{m}^3/\text{t}$ (风干)。

白水循环和回用

不同用途的水的需求和具有合适质量参数的水的供应的相互配合是很重要的。图 5 表示了造纸机上水的一些用途、可用来净化水的方法、以及对于各种水流重要的质量参数^[11]。

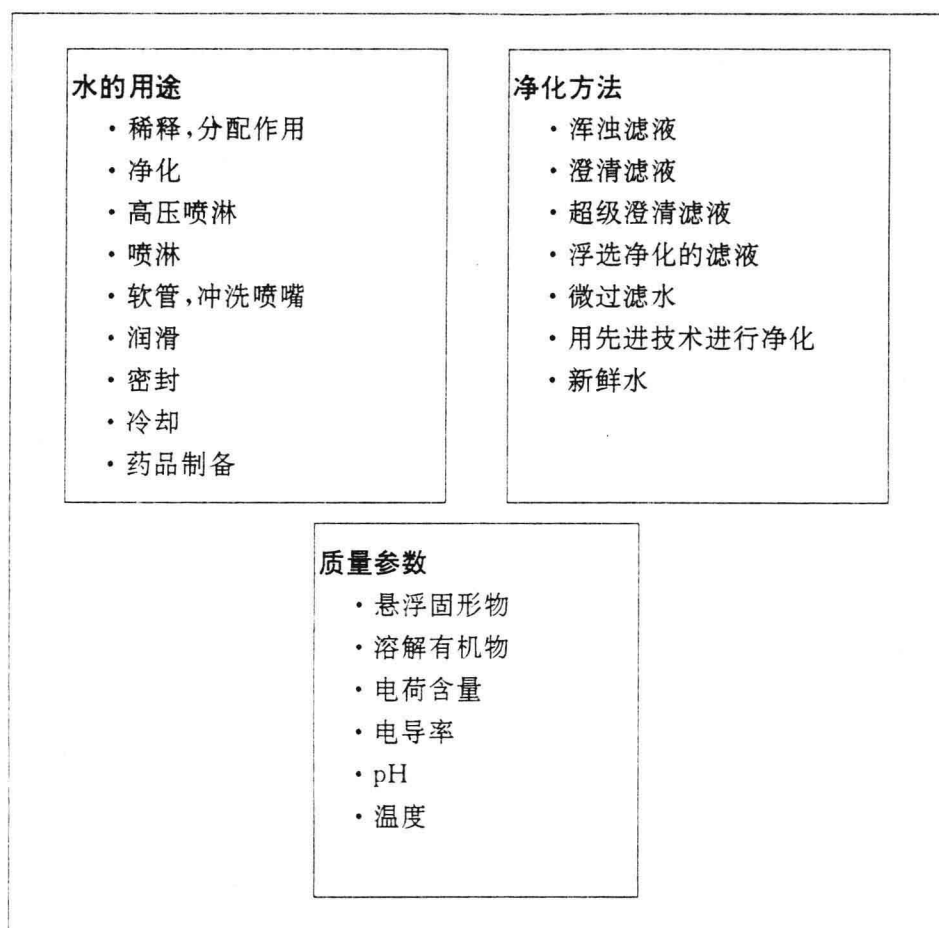


图 5 造纸机工艺用水及其净化方法和质量参数

在一个综合制浆造纸厂,纸机白水对废水量有显著的影响。白水可用于高浓浆池稀释、漂白车间喷淋和浓度控制。把悬浮固形物和水分离,回收纸浆纤维并把净化的水用于造纸机。在纤维回收装置(节省器)之后,可结合使用其他的净化水的方法以改善水的质量,使之可用作高压喷淋水。纤维的回收可以由下列方法实现:过滤、浮选、分级和沉降。过滤是用圆盘过滤机和转鼓过滤机进行的。可以收集不同区域的滤液并分类为浊滤液(400mg/L)、清滤液(50mg/L)和超级清滤液(5mg/L)。浊滤液返回用于浆料的稀释和损纸的稀释等,与此同时澄清的白水用于各种纸机的喷淋水。溶解空气浮选法(DAF)可除去 82%~98% 的固形物。DAF 还能有效的去除疏水性粒子和胶体,这些能形成胶粘物和树脂。DAF 使利用废纸原料的造纸厂能改进纸机的运行性。从 DAF 回收的污泥或者是返回到过程中或者是脱水排放。最近已安装了很多很完善的白水的净化系统,这包括压力和沙滤以及膜装置。由这些系统净化的水其清洁度足可以用于高压毛毯净化喷淋水,甚至是水针。有些造纸厂还利用蒸发和生物处理来改善造纸厂的工艺用水。

现代造纸厂的喷淋水的需求^[12]见表 6 所示。纸机上的许多喷淋水仍然用新鲜水,这是由于澄清的白水其清洁度不够并堵塞喷嘴。新鲜水通常用作内部真空辊的润滑剂和其它用途。

表 6 用在一台现代 9m 宽的纸机上的喷淋水

网部		
温新鲜水	0.055m ³ /min	洗涤和润滑 高压喷淋水
300kPa	0.030m ³ /min	
3500kPa	0.025m ³ /min	
澄清滤液	0.080m ³ /min	成形器和辊子喷淋 切边水针
300kPa	0.070m ³ /min	
1200kPa	0.010m ³ /min	
断头	0.060m ³ /min	冲网喷水管
冷凝水	0.001m ³ /min	冲边水针, 辊边
压榨部		
温新鲜水	0.035m ³ /min	洗涤和润滑 高压喷淋
300kPa	0.025m ³ /min	
3500kPa	0.010m ³ /min	
澄清滤液	0.055m ³ /min	内部辊的洗涤
300kPa	0.055m ³ /min	

工艺用水的质量变化会对造纸机操作有不利的影响。表 7 列出了在纸机上使用再循环水的一些缺点^[13]。在封闭白水回路溶解和悬浮的物质的增加会引起湿部化学的变化,对留着和滤水均有影响。正在开发新的添加剂对具有封闭系统的纸机非常有效。新的微生物控制措施也将实施应用。

表 7 造纸机使用再循环水的缺点

悬浮固形物增加	溶解物质增加	温度增加
• 堵塞喷头 • 增加细小纤维,改变留着率 • 在产品上有斑点和尘埃 • 沉淀物形成 • 磨损 • 造纸网寿命降低	• 结垢沉淀 • 湿部化学改变 • 增加生物活性 • 沉淀物形成 • 腐蚀 • 颜色,气味	• 施胶障碍 • 降低真空泵能力

造纸机真空泵密封水系统改进

真空泵密封水对废水量也有显著的影响。用下列各方法来降低该种新鲜水的需求量:

阶式串联系统:收集高真空泵密封水并用来作为低真空泵的密封水。来自于低真空泵的废水可用于造纸机的其它部分,例如压榨部的喷淋水。这种方法可以减少 40%到 50%的耗水量。

热交换系统:这种方法中,收集来自高真空泵和低真空泵所有的密封水并通过热交换器提