

# 全国造纸行业 节约用水与污水处理研讨会 论文集

主办单位：中国造纸学会

协办单位：河南省漯河银鸽实业投资股份有限公司

河南·漯河·2004年10月

# 前 言

水是人类赖以生存和发展的重要资源之一，是不可缺少的、不可替代的特殊资源，没有水就没有生命，就没有文化的进步、经济的发展和社会的稳定。我国造纸工业用水量过大、污染负荷较重，带来的环境污染已引起国家的重视和社会的关注。

进入上世纪 90 年代，我国制浆造纸工业加快发展，废水污染使生态环境受到严重威胁，迫使造纸界重视废水处理，尽量减少清水用量，有些企业把它视作“生命工程”，投入大量资金，研究新技术、开发新设备，采用各种废水处理设施，使生产过程用水循环回用、一水多用，使纸和纸板的清水用量有了显著下降，如：山东日照森博浆纸公司制浆、造纸水的循环利用率达到 85%，吨浆实际耗水只有 35 立方米，吨纸耗水只有 10 立方米，江苏金东纸业公司的铜版纸、胶版印刷纸的吨纸水耗已降低到 10.73 立方米，天津万利天然纤维薄膜公司高强瓦楞原纸吨纸用水量达到 2.8~3 立方米，山东太阳纸业公司水的重复利用率已提高到 75%，麦草吨浆耗水稳定在 25 立方米以下，纸板吨耗水在 17 立方米以下，都取得了显著效果，这不仅为造纸工业的可持续发展创造了条件，而且也对社会作出了巨大贡献。

2003 年国家公布了《工业企业产品取水定额编制通则》和《造纸产品取水定额》，从取水定额指标来看，我国与发达国家相比不算先进，但从当前国内造纸企业的实际取水情况分析，估计只有 20% 的企业达到了这个标准，也有少数企业达到了国际先进水平，其余 80% 的企业需要大大提高对我国水资源严重短缺的认识，自觉采取先进节水技术和节水经验，加强企业管理，力争尽早达到国家发布的造纸产品取水定额指标，并通过不断努力创新，将我国造纸工业建成节水型企业。

为了进一步减少清水用量，降低排水污染负荷，达到增产、节水、减污。根据国家发改委和水利部、环保总局提出的《开展节约水资源和保护环境》的要求，中国造纸学会于 2004 年 10 月 27 日在河南省漯河市召开“造纸行业节约用水与污水治理”研讨会，同时整理与汇编了论文集，以供会议代表参考。

最后，在本论文集即将出版之际，谨向所有提供论文的作者，以及热心读者，致以衷心的感谢！

本论文集由顾民达、齐晓东负责汇编，如有不当之处，敬请作者和读者提出批评和指正！

中国造纸学会  
2004 年 10 月

# 目 录

## 特稿综论

1. 中国造纸工业节水的意义及重要节水技术.....陈克复(1)
2. 现代制浆造纸技术的发展.....余贻骥(11)
3. 国际节水技术的新发展.....杨懋暹(18)
4. 中国造纸工业节约用水.....顾民达(45)

## 工艺技术

5. 太阳纸业力争实现废水“零排放”..... 太阳纸业公司(53)
6. 用 OCC 制浆造纸实现废水零排放..... 刘恩潮等(55)
7. 循环经济道路,发展绿色造纸产业.....吴玉辉等(63)
8. IC 厌氧技术处理造纸废水.....崔延龄(70)
9. 纸机白水处理与回用.....崔延龄(75)
10. 福建青山纸业污水处理改扩建工艺简介.....俞丽平等(81)
11. 应用同向流斜板沉淀技术回收造纸白水.....马厚悦等(88)
12. 降低新闻纸水耗的措施探讨.....过盘兴等(92)
13. 生化技术治理造纸废水在贺纸的应用.....魏宏悦(98)
14. 浅谈如何降低长网双缸纸机吨纸耗水量.....任建华(102)
15. 革新挖潜、节水治污,促进企业可持续发展.....魏建国等(106)
16. 造纸中段废水处理经验总结.....白忠诚(111)
17. 实施循环经济战略思路,提高水资源综合利用.....王思义等(116)
18. 全面节水减污,废水达标排放,努力开创制浆造纸环保生产新局面.....庄以波等(118)

## 试验研究

19. 造纸清洁生产与系统水封闭回用  
——造纸生产水系统封闭与“零排放”探讨之一.....何北海等(124)
20. 造纸过程清洁生产与纸机湿部化学的适应性  
——造纸生产水系统封闭与“零排放”探讨之二.....何北海等(133)
21. “瓶颈技术”理论与造纸用水管理的科学理念  
——造纸生产水系统封闭与“零排放”探讨之三.....何北海等(141)
22. 碱法稻草浆造纸废水生态处理封闭循环的实践与研究.....吴玉辉等(145)
23. 化学絮凝—过滤吸收用于再生纤维制浆的废水治理.....刘秉钺等(152)
24. 制浆造纸中水脱色处理.....马厚悦等(155)

## 装备器材

25. 运用 CQJ 型气浮分段处理循环回用.....陆建明 (160)
26. 造纸节水设备——TWC 系列同向流净化器.....杜颖等 (165)
27. 新型涡凹气浮机的研制与开发.....曹国红等 (170)
28. 麦草浆封闭筛选及黑液提取工艺和设备的优化组合.....林乔元 (173)

## 综合报道

29. 采用清洁生产工艺与装备生产漂白化学木浆.....顾民达 (180)
30. 节水减污——造纸工业可持续发展必须解决的战略课题.....罗少初 (184)
31. 介绍我国 3 条不同类型的清洁生产制浆线.....林文耀 (197)

## 国外技术

32. 国外废纸制浆造纸厂的废水循环回用和零排放.....曹邦威 (198)
33. 欧洲造纸废水零排放的进展.....吴福寿 (202)

## 附录

34. 《造纸产品取水定额》宣讲.....余惠芳 (208)
35. 《造纸产品取水定额的国家标准》.....原国家经贸委等 (222)
36. 建立节水工业, 促进经济社会可持续发展.....原国家经贸委 (224)
37. 《造纸工业水污染物排放标准》.....国家环保总局 (226)
38. 中华人民共和国清洁生产促进法.....全国人大常委会 (227)
39. 关于贯彻落实《清洁生产促进法》的若干意见.....国家环保总局 (228)
40. 《关于加快推行清洁生产的意见》.....国家环保总局 (230)
41. 做好重点流域地域的污染防治工作努力实现“十五”污染防治目标.....国家环保总局 (233)
42. 国务院办公厅关于开展资源节约活动的通知.....国务院办公厅 (235)

## 补遗

43. 碱回收白泥制备轻质碳酸钙.....王岩民等 (238)
44. 先进的设备、高效的管理是节水治污的关键.....金少鑫 (241)

## 中国造纸学会

地址: 北京市朝阳区光华路 12 号 邮政编码: 100020

电话: 010-65812880, 65830216 传真: 010-65812653

网址: [www.ctapi.org.cn](http://www.ctapi.org.cn) 邮箱: [ctapi@263.net](mailto:ctapi@263.net)

论文集定价: 50 元/册

# 我国造纸工业节水的意义及重要节水技术

陈克复

华南理工大学 510641

## 1 水不久将成为一项严重的社会危机

早在 1977 年,联合国水事会议就发出了警告:“水不久将成为一项严重的社会危机,石油危机之后的下一个危机就是水”。并预计,到 2025 年,世界上将有近一半人口生活在缺水地区。据世界卫生组织调查,目前全球有 100 多个国家缺水,13 亿人缺少饮用水,10 亿人的饮用水不合乎卫生要求,全球淡水量严重不足。可以看出,水已经向全世界人类敲响了警钟。

我国是一个水资源贫乏的国家,人均水资源拥有量只有 2200 立方米。为世界水平 1/4。目前,我国已有 11 个省、区、市的人均水资源拥有量低于联合国可持续发展委员会确定的 1750 立方米用水紧张线,其中 9 个地区低于 500 立方米的严重缺水线。水资源在时空分配上也不均衡,占有国土面积约 2/3 的长江以北地区仅占水资源总量的 20%,使北方地区的缺水情况就更为突出。水资源短缺已成为制约我国经济社会发展的重要因素。

我国工业取水量占总取水量的 20%,而且随着工业的发展,工业用水大幅度增长。据有关研究报告,到 2050 年,全国总取水量可能达到 7000~8000 亿立方米,已接近可用水资源的极限。而且我国工业用水效率总体水平较低,2001 年,每万元工业总产值取水量为 90 立方米,为发达国家的 3~7 倍,工业用水重复利用率约 52%,远低于发达国家 80%的水平。

根据近几年统计资料表明,我国造纸工业的生产吨浆取水量,对先进工艺和设备的化学木浆生产线,需 60~80 立方米,中上水平技术装备的企业,需 200 立方米左右。但不少中小型浆厂,仍沿用传统制浆工艺,装备水平较低,不重视节水管理,生产吨浆的取水量要高于 200 立方米,一般估计在 200~300 立方米。抄造吨纸耗水也多在 50~100 立方米。一般的废纸浆厂或废纸脱墨浆厂,除少数先进企业外,生产吨浆耗水也在 50 立方米。以 2002 年为例,全国纸及纸板生产量为 3780 万吨,生产纸浆 1326 万吨(进口浆除外),废纸浆 1620 万吨。根据上述基本数据,就可粗略计算出我国造纸工业的用水量。另外,根据公布的资料 2002 年我国造纸工业废水排放量为 31.9 亿立方米。2002 年我国造纸工业总产值为 1398 亿元,如把废水排放量近似看为取水量,2002 年我国造纸工业每万元总产值的取水量就达到 228 立方米,是我国 2001 年每万元工业总产值平均取水量的 2.54 倍。因此,可以看出,我国造纸工业不但是用水大户,而且是浪费型的用水大户。相信将来由于我国水资源短缺的严重程度,就束缚了造纸工业的发展,甚至危及某些地区造纸企业的存在。

## 2 对水环境的污染是我国造纸工业必须面对的重大问题

我国造纸工业必须面对水环境的污染这一重大问题，也许有人提出异议，排出的废水不是经过处理达标排放吗？先不说其废水不处理不达标排放的企业，就是对废水已经处理达标排放的企业，可以问这一问题：你抽取的清水其 COD 和 BOD 是多少？你排放的废水其 COD 和 BOD 又是多少？可以说，你抽取的清水，COD 很低，但所排放的废水，按现行的标准，COD400 毫克/升以下就算达标，最多也只能算三类水了，要知道，三类水或四类水就不能饮用只能浇地，实际上已经是对水环境污染了。从这一点看，造纸工业节水就是直接降低对水环境污染的程度。

我国近些年来在水污染防治方面做了很多工作，取得了一定的成绩，但水污染日益严重的趋势仍未得到有效控制。水环境形势依然相当严峻。据《2000 年全国环境保护相关产业状况公报》，我国七大重点流域地表水有机污染普遍，40%的断面超过三类、劣五类水质占 30%，基本丧失使用价值，主要污染物 COD 排放量已达到 1293 万吨，超过环境容量 62%。可从二个方面来估算水受到污染后的生态价值损失，根据权威专家的估算，每公倾江河湖泊水面年均提供的生态价值为 8496 美元，那么，如果水污染大大超过江河湖泊的自净能力，水质已达到三、四类甚至五类水质，那么其生态价值的损失就不是小数目了；另一方面可直接从每吨应用水的价值来估算。目前英国水费 7.23 元/吨，美国 4.29 元/吨，德国 12.5 元/吨（均为人民币）。我国南水北调工程估计水价为 7 元/吨，我们可按 7 元/吨水价来计算水污染后的损失值。根据上述，我国造纸工业年排放废水 57.5~84 亿吨（全部按达标排放计算），这些水的 COD 含量多数在 100~400 毫克/升，已经不能作生活用水，那么其生态价值损失值就达 402.5~588 亿元。

从上述分析可见，造纸工业节约用水的重要意义和间接的经济效益。

但是，仍有一些人对造纸工业的节水重要性、紧迫性和长期性还缺乏足够的认识，部分企业还处于粗放经营状况，污染水环境的现象十分严重。特别是对水资源经济价值认识不足，从而造成我国造纸工业成为消耗水资源最多的行业之一。

为了解决工业节水的问题，主管部门已研究制定了相关政策法规，出台各行业的取水定额，发布当前国家鼓励发展的节水技术，组织实施重大节水示范工程，努力促进各行业的节水进程。我国造纸工业为了节约用水，除了在管理上下功夫之外，更重要的还必须要依靠科技进步，实施节水技术，努力达到节水型企业标准。

## 3 造纸工业重要节水技术

我国造纸工业重要节水技术，国家经贸委节水办提出并作为重点示范工程的有：制浆过程中浓操作、封闭筛选、多圆盘过滤机白水回收等三项技术，除此以外，还有逆流洗涤、置换与扩散洗涤、经处理后废水回用等重要节水技术。

### 3.1 中浓技术

随着中浓纸浆流态化技术向浆料输送、除节、精选、混合、漂白等工艺操作领域发展，已有可能在全部制浆系统中实现中浓化。实现中浓技术可大幅度节水、节能。

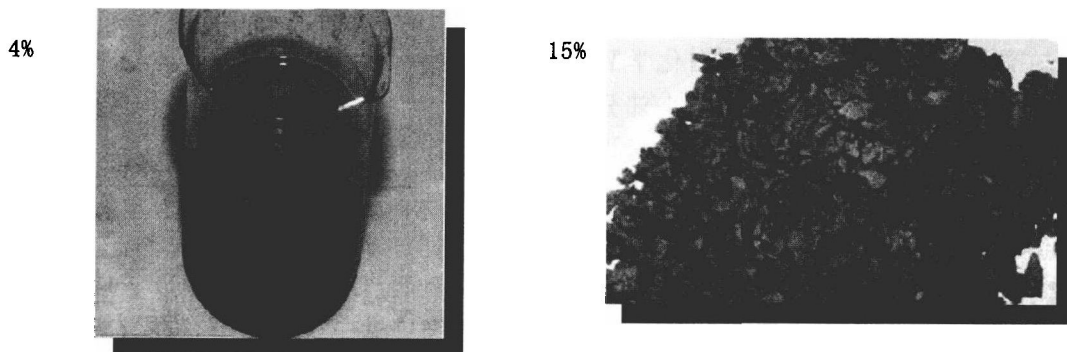
在中浓条件下进行氧脱木素、为实现全无氯漂白或无元素氯漂白技术创造条件，促进造纸工业最终成为洁净工业。

随着纸浆厂向大规模生产发展，低浓工艺由于设备的庞大已无法适应。

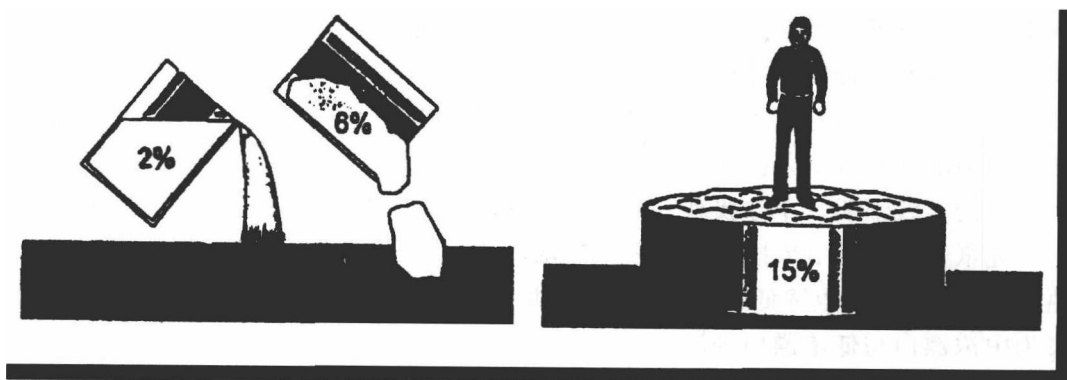
我国造纸老专家余贻骥先生把中浓技术作为制浆造纸节水节能的第一新技术，并说：“中浓技术的巨大节水、节能效益是值得造纸工业进一步发展的”。因此研究中浓技术与装备仍是目前的重大任务。

#### 3.1.1 中浓输送

中浓纸浆本身已散失了流动性能，如图所示。只有在高剪切应力作用下才能流动，浓度越高，其需要的高剪切应力就越大，致使目前推行的中浓技术，其浓度值多控制在9-15%范围。



低浓纸浆与中浓纸浆的流动性能



可以认为要输送中浓纸浆，必须使中浓纸浆处于湍流状态，即达到流态化，此时中浓浆泵所产生剪切应力必须大于实现中浓纸浆流态化的临界剪切应力  $T_d$ ， $T_d$  与纸浆浓度  $C$  的经验关系式为：

$$T_d = KC^a$$

式中， $k$ 、 $a$  为各类纸浆相应的系数和指数。（可参考有关资料）

### 3.1.2 中浓混合

中浓技术必须解决中浓纸浆与漂白剂的纤维级混合问题。

制浆造纸过程中，需要纸浆与化学药品的在线混合，混合均匀度的高低，决定了产品的质量。特别在纸浆漂白时，纸浆与漂白剂的混合程度明显影响漂白效果。

影响混合效果的关键因素是纸浆浓度和混合方式。下图表示了低浓（3%）、中浓（12%）、高浓（30%）三种浓度下纸浆湿纤维与其外围水的相对体积的比较。

在浓度 3% 时，绝大部分漂白化学品溶解于水中，与纤维直接接触反应的仅一小部分，这些含有大量漂白剂的液体最终成为废水而排出，既浪费漂白剂也增加了污染负荷；

12% 浓度中浓纸浆，存在于纤维腔和附于细胞壁中的饱和水量，大约是全部水量的 40%；

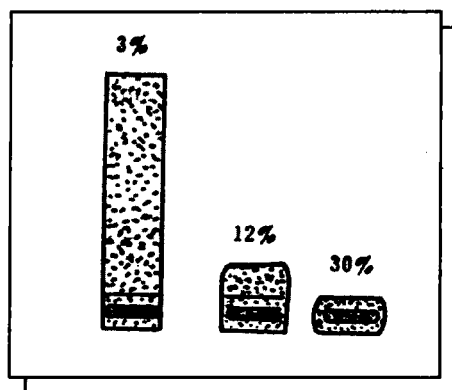
在 30% 浓度时，水主要就存在于纤维腔和附于细胞壁中，基本不存在游离水。

在中高浓度条件下就可让更多漂白剂直接与纸浆纤维接触反应，可减少漂白剂的用量，降低污染负荷，因此浓度越高，越有利于漂白效率的提高。

如果建立了对纸浆施加足够剪切应力以克服纤维网络强度的剪切力场，那么对纸浆的剪切作用就会把纤维网络分散到微团，并进一步分散成尺寸更小的微团，由于在中浓条件下纤维的几何尺寸比水分子大得多，因而纸浆纤维在剪切场中的运动以及纸浆微团的最小尺寸，将受到纸浆纤维形态的影响。根据剪切场中流态化状态，可以认为，中浓纸浆与漂白剂的混合属于纤维级尺度混合。

在实现了中浓输送、中浓混合之后，进而就可以实现中浓氧脱木素、中浓漂白、中浓洗涤、中浓打浆等工艺操作。

多年的实践证明，中浓操作的经济效益相当显著，特别是节水、节能。据报道，生产同一吨纸浆，采用中浓技术可比采用低浓制浆过程节约一半左右电能，降低 30% 以上的热能消耗，用水量也降低为原来的一半，并使漂白段排出液的污染程度降低 40% 以上。下表为中浓漂白与低浓漂白经济指标的比较。



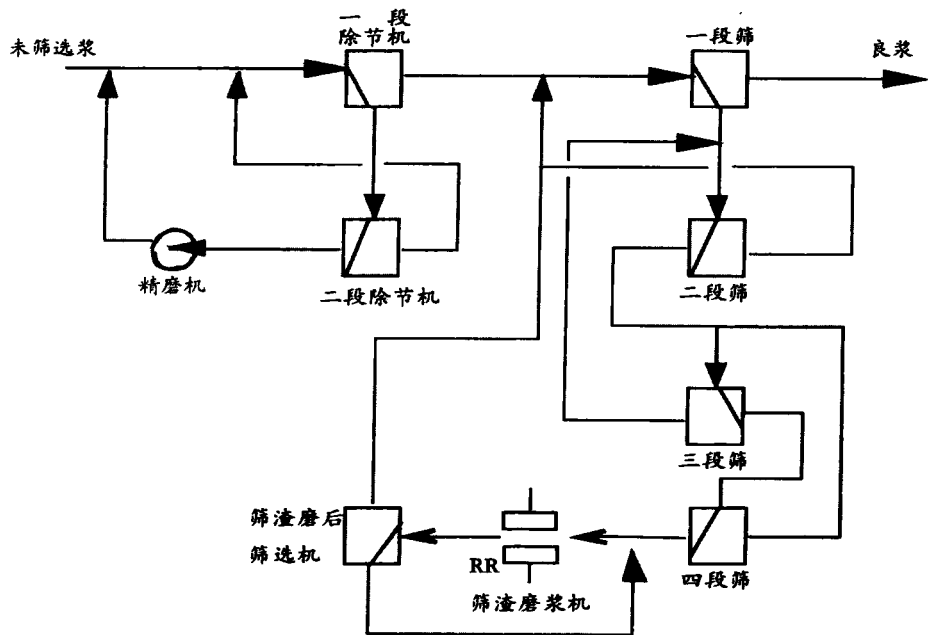
不同浓度下湿纤维与其外围水的相对体

| 流程有关指标 (500t/d 绝干浆, 5 段漂白) | 中浓技术 | 传统低浓过程 |
|----------------------------|------|--------|
| 占地面积 (m <sup>2</sup> )     | 300  | 2000   |
| 建筑物容积 (立方米)                | 2600 | 40000  |
| 热能消耗 (MJ/T 浆)              | 500  | 1100   |
| 电耗 (kW · h/T 浆)            | 40   | 120    |
| 废水量 (立方米/T 浆)              | 15   | 30     |

注：表中数据根据瑞典原卡米尔公司所提供的资料

### 3.2 封闭筛选技术

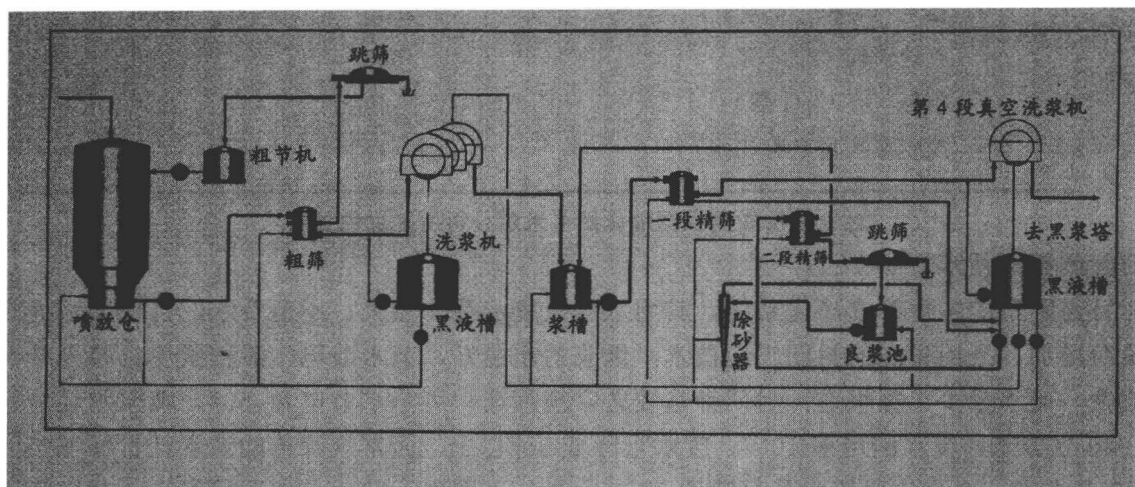
目前采用的常规筛选净化系统，其用水量及废水量均较大，不但费水，且使废水处理负荷增加，采用先进的封闭筛选技术，纸浆的质量好，节水节电，流程紧凑，减少纤维流失，废水量少。据报道，封闭筛选较之常规筛选，可节水节电各 50%，吨浆水耗才 30~40 立方米，废水回用率 100%，废水量降低 60%以上。而常规筛选的清水耗量每吨浆约 80 立方米，产生中段废水量每吨约 70 立方米。下图表示的为典型四段筛选的封闭筛选流程。目前先进的纸浆厂，均采用封闭筛选技术。



这些年来，我国已有制浆厂把封闭筛选与挤浆提取黑液及扩散洗涤组合，建立挤压---扩散---封闭筛选流程，用于制浆黑液的高效提取；还有制浆厂把鼓式洗涤机与封闭筛选组合，建立鼓式机---封闭筛选流程，用于麦草浆的制浆黑液提取，均达到理想的效

果。

下图所示的是应用于华泰纸业的鼓式机——封闭筛选流程。

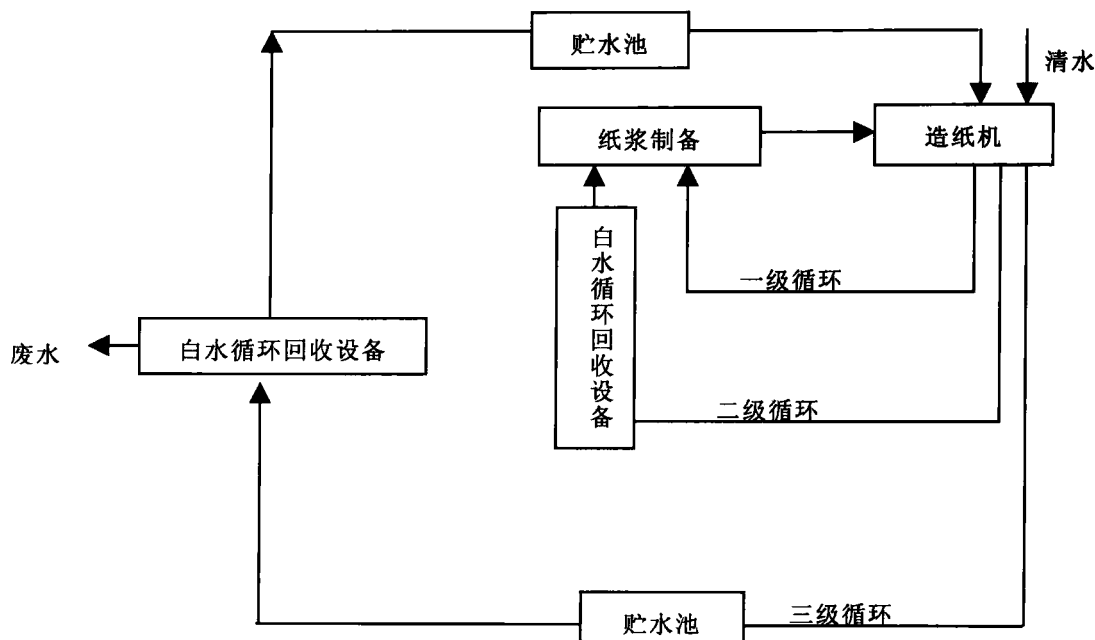


### 3.3 造纸机白水循环回用技术

造纸机白水的处理回用，不仅在节约用水，减少纤维和化学品的流失方面，具有经济意义，而且对于防止污染、节约热能等也有重大意义。

随着白水循环回用技术的发展，目前造纸机用水量已在逐步减少，经处理后的白水，不仅可以用于稀释纸浆，处理废纸或损纸，而且可以用作打浆用水、贮浆池用水、辅料制备用水，还可以用来代替清水用作调浆喷水管水及密封水等，这样可减少清水用量。据报道，如能认真做到纸机白水循环回用，吨纸水的排放量只有 10~30 立方米，吨纸纤维流失量只有 5~15kg。国外先进的造纸机，吨纸用水量平均为 15 立方米，纸板机的吨纸用水量已降为 5 立方米，对最新设计的浆板机，其污水量已降至 1.5 立方米。

纸机白水可根据其浓度的高低划分为三级循环回收利用，如图所示，一级循环系统：从网部成形板至脱水区前（案辊、案板部分）排放的白水，由于这部分白水纤维浓度大，回收路线短，污染程度小，就可以不通过处理设备，直接用于稀释纸浆用。二级循环系统：脱水区的白水，包括真空吸水箱与真空伏辊排出白水，洗网水，水针水及网部其他清洗用水，由于这部分白水纤维浓度小，细小固体物质含量较少，可以直接用于稀释纸浆，或可通过回收设备处理，成为低浓白水，送往打浆及水力碎浆等单元操作用水，或可用于清洗用水。这个系统的白水，由于含有一定填料及细小纤维等固形物，故根据纸料不同，纸机型式不同，其白水回收方式也将不同。三级循环系统：也是最外侧的循环系统，从二级循环系统出来的部分白水 and 纸机压榨部来的废水合并，用回收设备进行处理，处理好的白水可作为生产用水，代替部分清水利用。



白水循环回收的方式有以下几种：（1）过滤式，如浓缩机、脱水机及多圆盘过滤机，其中多圆盘过滤机属于目前先进的白水回收设备。（2）沉降式，如沉淀池、沉淀塔、沉降器等。（3）气浮式，如气浮白水回收机等。另外，还有用磁化方法，根据白水的特征对白水进行磁化，机械振动产生涡流絮凝，然后进行脉冲震动产生二次絮凝，使白水分离成清水。

### 3.4 滤液逆流洗涤技术

滤液逆流洗涤分漂白过程逆流洗涤和黑液提取过程逆流洗涤。

传统的漂白系统，漂白洗浆机的洗涤液都用清水。目前先进的漂白生产系统，为了更有效地利用清水，一般实施逆流洗涤，使洗浆机滤液逆流回用。常用的有如下几种回用漂白滤液的方法：

跳跃段逆流，酸性滤液用于酸性段，碱性滤液用于碱性段。

分流逆流：来自于前一段的滤液被分开，一部分用于这一段洗浆机的喷淋水，一部分用于这一段漂白塔底部稀释纸浆。

完全逆流：任何一段洗浆机的喷淋水均来自随后的洗涤段。

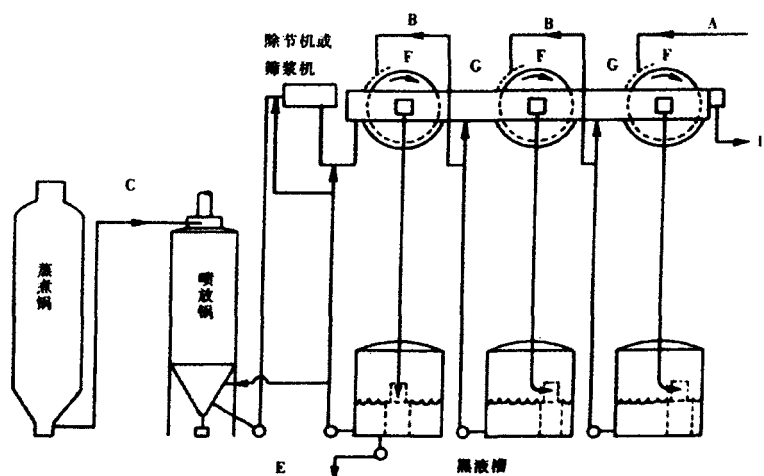
随着漂白车间滤液循环回用，漂白系统中水和热的消耗量降低，有资料报道，一个三级漂白系统利用完全逆流洗涤，其用水量能够减少 60%~70%。

对于黑液提取过程逆流洗涤是目前制浆厂已常用的洗涤方法。黑液提取中采用的洗浆设备种类繁多，按其洗浆浓度和工作原理可分为高、中、低浓，不同的洗浆浓度所采用的洗浆设备就不同，螺旋挤浆机、双辊挤浆机、双鼓挤浆机、双锥盘挤浆机、双网挤浆机、长网夹网浓缩机等组成的洗浆系统属高浓系统；鼓式真空洗浆机、鼓式压力洗浆

机、水平带式洗浆机、连续置换洗浆塔、DD 型置换洗浆机等组成的洗浆系统属于中浓洗浆系统。

目前，在现代化生产中，低浓洗涤已不用了。所有的粗浆洗涤只有一个目的，就是将黑液浓缩到最高浓度，而用最少量的稀释水，同时在纸浆离开洗浆系统时保持最低的可溶性固形物流失，而逆流洗涤就是实现这一目的的关键技术。

下图所示的是用逆流洗涤的真空洗浆机洗浆流程。



从图中可以看出，清水 A 只用于最后一段洗浆机洗涤，每一段洗浆机所用的洗涤水均来自后一段的滤液。纸浆从第一段到最后一段其所含的可溶性固形物量逐步减少，而从最后一段到第一段其所滤出的黑液浓度逐步升高。

中浓洗浆系统采用逆流洗涤，不但洗浆效果好，而且可节水 50% 以上，现代化纸浆洗涤系统，每吨浆耗水量才几立方米。

### 3.5 置换洗涤技术

置换洗涤是在不改变多孔体浆层及其纤维结构的条件下，通过液体的流动，用洗涤水强迫取代原存在于浆层纤维间空隙内废液的过程。在置换洗涤过程中，被取代废液的体积，就等于注入洗涤水的体积。在理想置换时，洗涤水与浆层里的废液不会发生混合，也不产生局部穿透现象，在洗涤水与废液之间存在清晰的分界面，这一分界面在置换洗涤过程中自洗涤水的进入面平行地向废液排出面推进，在这一状态下，理论上的废液提取率应为 100%，排出的废液浓度较高。但在实际置换洗涤过程中，由于洗涤水的不均匀穿透以及外界条件的干扰，使废液提取率和排出废液的浓度降低，偏离理想值，但尽管如此，置换洗涤对于高效节水及减少纤维流失具有重大意义，置换洗涤技术已应用于鼓式置换洗涤机（简称 DD 洗浆机），常压置换洗涤塔、压力置换洗涤塔等洗浆设备，成为目前制浆工艺过程中的高效、节水、先进洗浆系统。有资料报道，如用于硫酸盐漂白木浆生产时，黑液提取率达到 98% 以上，稀释因子达到 1~2t 水/t 风干浆。

### 3.6 废水回用

制浆造纸废水经过严格处理后,其排放的废水其 COD,及 SS 已降到理想的数值,如 COD 在 80 毫克/升以下,SS 在 10 毫克/升以下,这样的废水可以部分或全部回用于生产。如全部回收用于生产,就实现了生产废水的全封闭也就是“零排放”。

“零排放”对制浆造纸厂来说是一个十分诱人的前景,也是不易做到的奋斗目标。目前可以采用废水回用技术的,从国内外的信息得知,多是以废纸为原料,生产互楞纸、涂布纸板、未涂布纸板、箱板纸及牛皮纸等的企业。但即使这类企业,要做到真正实现“零排放”,实现由于废水的全部回用而不影响纸页的质量,也必须具备下列二个条件:

(1)必须具有对废水进行严格处理的能力。例如我国某涂布白板纸厂用 SBR 生化处理设备来处理经过物化法处理过的废水,使废水的 COD 降到 60 毫克/升,达到一级标准;美国一家用废纸生产瓦楞芯纸的用三台气浮过滤器来处理废水,其过滤澄清水返回废纸处理系统取代清水使用。如果没有严格的处理系统,废水没有处理好就返回生产系统使用,务必严重影响产品质量。

(2)必须具有严格的管理系统。例如,进入废纸处理系统的材料必须保持清洁,含杂质较少,要使用标准的废纸;化学品的施用要有十分精细的控制,尽量减少化学品在回用废水中积聚;尽量不用淀粉,以免水解并留在水中滋生细菌,等等。

要对废水回用,实现“零排放”有深刻的认识,从而对面临的问题有思想准备及应对措施。“零排放”不是一点水不用,一是在废纸制浆过程中,总会有部分杂质和填料,甚至纤维束都会作为废弃物被排出废纸处理系统之外,这些废弃物水分含量在 50%以上。二是季节、河流取水品质的变化等外界条件的变动,最终使生产废水品质发生波动,从而使生产系统的某些单元操作受影响,例如纸机喷水管堵塞等,还必须引入部分清水。在目前报道的“零排放”纸厂中,水耗在 1~3 立方米/t 纸范围。另外,在实施“零排放”的纸厂中,常见一些异常情况出现,例如,由于细小物质在用水中积累,使纸浆在网部滤率下降,产品出现异味,设备和管道腐蚀加快,纸浆悬浮液温度升高等等,这些均要有思想准备,提前设想解决方案。

上面所述的是部分重要节水技术,还有很多节水措施,例如冷凝水和密封水再利用等,这里就不一一列出。

### 参考资料

- (1) 中国工程院:中国科学技术前沿, P565, 高等教育出版社, 2004 年 6 月版
- (2) 谢旭人:全面推进工业节水工作,促进经济社会的可持续发展,在第 15 届“中国水周”主题报告会上的报告, P1
- (3) 顾民达:中国造纸工业的节约用水问题, 中华纸业, 2003 年 NO. 9, P13
- (4) 本刊编辑部:节水——中国造纸工业持续发展的重大课题, 纸和造纸, 2001 年 NO. 2, P1

- (5) 魏复盛：中国环境现状及监测，名家访谈，2004 年 NO.7，P10
- (6) Subhash chandra 等著，马忻译，“减少制浆造纸工业废水的若干措施”，国际造纸，Vo. 122，NO. 1，P6
- (7) 陈克复主编，制浆造纸机械与设备（下册），中国轻工业出版社，2003 年 5 月版
- (8) 孙长庚等，草浆封闭筛选系统及其大华泰纸业的应用，中华纸业，NO.9，P23，2000 年
- (9) E. M. 马科隆，T. M. 格雷编，曹邦威译，最新碱法制浆技术，中国轻工出版社，1998 年 6 月版，P304
- (10) 王锡元，置换洗涤过程及系统的优化，轻工机械，1995 年第 4 期，P3
- (11) 陈克复编著，中高浓制浆技术与装置，华南理工大学出版社，1994 年 12 月版

## 现代制浆造纸技术的发展

余贻骥

中国造纸学会 北京 100020

**摘要:** 本文介绍了以清洁生产、综合利用资源、消减环境污染,节水、节能为主要目标所采用的高新技术;为稳定和改进行产品质量,提高生产效率,开发新产品,提高产品附加值所采用的一些高新技术;以及生物技术和计算机、微电子信息技术在制浆造纸工业中的应用情况。

**关键词:** 制浆造纸; 高新技术

近 50 年来,造纸工业根据自身的特点和存在的主要问题,为求取生存和可持续发展,不能不努力提高产业的生产技术和科学管理水平,开发和采用新技术,以提高产业的整体经济效益、社会效益和生态效益。因而新技术的发展应用,首先着力于提高资源(包括原料、能源和水资源)的有效利用率,同时最大限度地减少生产过程污染的产生量和排放量,产品用后废弃物(各类废纸)的再生利用,以降低造纸纤维原料的消耗和废纸对环境的污染。其次是充分运用各种在线测控技术、新材料技术、计算机与信息网络技术和生物工程等高新技术,不断优化生产

工艺与装备及其系统控制功能,全面提高生产效率,向社会提供低成本的优质适用产品。通过这些努力和技术进展,已取得很好效果。特别是近 30 多年来,许多较全面采用先进制浆造纸技术的造纸企业已经面貌一新,也为尚处于落后状态的企业提供了良好的发展借鉴。下面简要介绍的现代造纸

工业发展与应用的高新技术,大体上是指近 30 年来对改善传统工艺与装备有较重要意义,能显著降低环境污染,节约能源、水资源、纤维原料资源,稳定产品质量,提高产品档次和增加产品附加值,大大提高生产率等效果的新技术,以及部分虽处在研究阶段,但具有重要发展前景的新技术(如生物工程技术)。近代高速发展的计算机、微电子信息技术、新材料技术,新的科研、在线测控与计算机辅助设计的新技术手段,以及生物工程方面的一些高新技术,都渗透进入传统制浆造纸生产与管理过程,发展了具有行业特色的一些新技术。

### 1 以实现清洁生产、综合利用资源、消减环境污染为主要目标的几种新技术

从国际范围来看,重点是降低化学制浆漂白废水中的毒性强的有机氯化物(一般以可吸附的有机卤化物含量表示,简称 AOX),采取的主要技术路线是:①在化学浆蒸煮过程中,降低其残余木素含量,从而为降低其漂白过程所需的漂白剂量创造条件。②采用不产生毒素有机氯化物的新漂剂。具体发展并已得到工业应用的新技术主要有以下几种:1.1 在化学浆的连续蒸煮技术方面。

近几年新开发的“延时脱木素改良型蒸煮”工艺及装备(简称 EMCC)及“等温连续蒸煮”工

艺及装备(简称 ITC)。用这种新技术能制得较低硬度(即低木素含量)的纸浆,但不降低纸浆强度,并能节约蒸煮用汽,主要适应于大型漂白木浆厂,国际上新建大型漂白木浆厂已较普遍采用。

### 1.2 在间歇蒸煮方面。

国际上新开展了“快速置换间歇蒸煮”工艺及装备(简称 RDH)及“深度间歇蒸煮”工艺及装备(简称 SuperBatch),均能在保持纸浆强度下,大幅度降低纸浆硬度。由于这种技术均能大量节约蒸煮用汽,故也称为节能型蒸煮工艺,目前已有实际应用,但范围不广。

### 1.3 脱木素技术。

这一技术是在化学浆厂传统的蒸煮及漂白两工序之间新增加的一个工序,系利用氧气在碱性条件下对中高浓度(10%~30%)的蒸煮粗浆进行更深度的脱木素,其废水可以并入蒸煮黑液进行回收处理,从而减轻整个制浆系统的污染负荷。随着技术的日趋成熟和环境要求的加强,这一新技术在 20 世纪 90 年代应用发展较快。以日本为例,在 20 世纪 90 年代初即有约 20 多家大纸厂几乎同时从北欧引进这一技术。

### 1.4 无元素氯漂白技术(简称 ECF)。

传统的纸浆漂白,主要采用氯作漂白剂,这是漂白废水中形成毒性物质 AOX 的根本原因,这种毒性物质受到各发达国家的高度重视,由此发展了以二氧化氯全部替代元素氯作为漂剂的这一新技术。根据研究,采用氧脱木素及无元素氯漂白技术后,纸浆漂白废水中的 AOX 含量降低了 93%,而且由于采用二氧化氯后能改变 AOX 的性质,使其毒性近于消失。在严格的环境要求下,这一技术在发达国家已为相当多纸厂所采用。

### 1.5 全无氯漂白技术(TCF)。

这一新技术是 ECF 技术的进一步发展,即全部以过氧化氢及臭氧作为主漂剂进行纸浆漂白,从而从根本上消除氯化有机物的形成,是纸浆漂白工艺的最新发展,能满足最严格的环保要求。这一技术国际上于最近开发成功,并已实用于少数企业。由于生产成本较 ECF 技术高,目前尚未取得主要应用地位。

### 1.6 硫酸盐法(包括烧碱法)制浆蒸煮黑液高效碱回收技术。

制浆蒸煮废液(黑液)是化学制浆过程最大的污染源(生产 u 化学纸浆约有 2t 多原材料溶入黑液中),造纸工业较早即发展了将黑液进行浓缩燃烧的碱回收技术,这一技术国际上在 20 世纪 40 年代即趋于成熟,从整体上看,已不属于新技术范畴,但其中部分技术也得到了进一步发展。这些发展包括:①在黑液的蒸发浓缩方面,较普遍地采用了自由流降膜式蒸发及蒸发污冷凝水的联合汽提技术,从而有效地提高了蒸发效率及最终黑液的浓度,并减轻了过程排放的污染物。②发展了低臭亚高温碱回收炉,减轻了燃料过程排放的含硫臭气,并提高了回收炉的热效率。③发展了预挂式白泥过滤机及高效短白泥煅烧窑,大大降低了石灰回收的能耗及碱损失。由于对新碱回收技术的普遍应用,在发达国家中,造纸工业的纸浆蒸煮废液这一主要污染源已基本解决,所以能集中力量解决漂白废水的污染问题。我国情况则不同,除部分大型木浆厂引进国外技术,

达到较好的碱回收水平,而且部分重要设备如自由流板式降膜蒸发器、高效低臭碱回收炉、预挂式白泥过滤机等较新技术装备已经自行研制逐步投入运行外,约有 70% 以上的中小纸厂还根本没有采用碱回收这一最有效的黑液处理技术。少数已采用碱回收的草类纸浆厂的碱回收效率也相当低下。使制浆蒸煮废液的污染防治,仍成为当前产业生存发展的

主要问题。总的看来,中国造纸工业要解决化学浆的主要污染并节约资源,普遍推广使用高效碱回收技术是最为现实可靠的。而要较成功地运用这一技术,则调整造纸工业的企业结构和原料结构,可能是必要的前提。

### 1.7 超高得率制浆技术。

一般化学法制浆的浆得率在 45%—50% 左右,即纤维原料中有 45%—50% 会成为制浆过程必须处理的废弃物。采用较复杂的碱回收技术,进行回收处理是最普遍的选择,如果难于采用碱回收技术,而又需要降污染、节约资源,则采用超高得率的制浆技术,可以得到部分解决。根据原材料品种的不同,这一技术的制浆得率约在 80%—90% 之间,纤维原料消耗及产生的污染负荷均明显低于化学法制浆,这类技术一般均利用较低量化学品,(主要为  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  等)进行预处理,然后经机械磨解成浆,这一技术近 20 年中在国际上得到一定发展应用,我国也有几家大型纸厂引进国外技术与装备,所产纸浆主要用于新闻纸及印刷纸类。这类制浆技术中,以漂白化学机械浆(BCTMP)及碱性过氧化氢化学机械浆(APMP)较受重视。但由于以下一些原因,其推广应用并不如人们预期的广泛:①其制浆污染负荷虽低于化学制浆,但并不能不加治理即能达到容许排放的要求,而治理技术却不如化学制浆废液的经济、成熟。②化学制浆虽然纤维原料消耗较高,但浆的质量高,且能从其废液中回收大量能源,而超高得率制浆能耗高,回收困难。③这类浆的适应范围,为日益扩大的废纸回收资源所替代。这使得对这一新技术的采用,必须从环境保护、节能及其应用领域各方面进行全面的评估比较。

### 1.8 回用废纸的高度净化技术。

造纸工业的优点之一是其产品经使用废弃后,仍可重新用作造纸纤维原料,既可减轻对纤维原料、能源和水资源的消耗,又可减轻纸类废弃物对环境的污染。废纸的回用并不是一种新技术,但对废纸中大量难于分离的含杂物,如塑料、胶料、多种印刷油墨的高效脱除净化,以提高其使用价值,则是近年来废纸利用技术的新发展,包括以下主要内容:①只离解纸类成浆而不破碎塑料膜、带等的转筒式废纸碎解机。②高效的轻重杂质分离装备。③有效处理热熔胶之类难于分离杂质的热分散技术。④高效的对不同印刷油墨的浮选、漂白、净化装备及相应的化学脱墨剂的开发应用。由于这些新技术的采用,国内外已有利用 100% 脱墨净化的废旧新闻纸、杂志纸,生产优质新闻纸的工厂。许多主要包装箱纸板生产厂也大量利用废纸箱经过完善的精选除杂处理后生产箱纸板类产品,生产情况与经济效益均相当良好。

## 2 以节水、节能为主要目标的新技术造纸工业