

試驗簡報

## 紙廠用水密閉化之研究

邱俊雄<sup>1,2)</sup> 張明基<sup>1)</sup>

### 摘要

紙廠用水密閉化, 可以有效利用水於造紙並可降低對地下水之依賴及減少廢水量; 本研究以實驗室製漿造紙一貫作業測試結果顯示, 用水密閉化重覆用水, 計可節省用水達 54.5%。一般用水密閉化系統包括幫浦、槽及水處理系統。紙廠用水密閉化、合理化、省水其具体方法是把噴嘴間距由 50 mm 加大為 150 mm, 噴水管由 9 支減為 5 支、噴水壓力由 20 減為 10 kg/cm<sup>2</sup> 並實施循環用水系統, 回收水經加藥沉澱處理後懸浮固體物可減低至 45 ppm, 紙廠用水密閉化運轉成功後, 計可節省用水 55%, 日產 400 噸紙板廠每日節省可達 NTD37,930 元。

關鍵詞: 廢水、用水密閉、白水。

邱俊雄、張明基 1997 紙廠用水密閉化之研究。台灣林業科學 12(2): 229-233。

Research note

## Study on a Closed Water System at a Paper Mill

Chun-hsiung Chiou<sup>1,2)</sup> and Ming-je Chang<sup>1)</sup>

### 【 Summary 】

Creating a closed water system at a paper mill could improve the efficiency of water use during manufacturing, reduce the mill's dependence on ground water, and eliminate discharge waste water. From integrated papermaking in the laboratory, tests showed that instituting a closed loop system could save 54.5% water. A water recycling system consisting of pumps, tank and treatment system were designed. In general, the paperboard mill used some practical methods for saving water; for example, enlarging the nozzle distance from 50 to 150 cm, decreasing the number of nozzles from 9 to 5, and reducing the water pressure from 20 to 10 kg/cm<sup>2</sup> during operation. Treated white water containing 45 ppm. of suspended solids was recycled. Finally, in a closed white water system, 55% of water consumption is saved. A successful run using a closed water system producing 400 tons/day paperboard could produce savings of NTD37,930 per day.

Key words: waste water, closed system, white water.

Chiou, C. H., and M. J. Chang. 1997. Study on a closed water system at a paper mill. Taiwan J. For. Sci. 12(2): 229-233.

1) 台灣省林業試驗所木材纖維系, 台北市南海路53號 Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nan-Hai Rd., Taipei, Taiwan, ROC.

2) 通訊作者 Corresponding author  
1996年10月送審 1997年1月通過 Received October 1996, Accepted January 1997.

### 一、緒言

目前紙廠用水大部份來自地面水(surface water)或地下水(ground water)，紙廠用水大都以電力抽取地下水，抄造每噸紙張所消耗的用水量在30-150立方公尺，製漿廠每噸紙漿更達150-300立方公尺。水是重要資源之一，以往紙廠為了節省成本大都只作了一個廢水處理場，廠內各部門不用的水都當作廢水，集中送往廢水場處理其中包括抄紙機的白水(white water)也是一樣處理實在不是節約資源的使用方式。事實上，要節省用水、廢水減量就是要把白水回收、再利用，最好的方法就是用水系統密閉化(water closure system)。

自1980年以來因為白水回收處理技術日益進步、濾材不斷更新、藥品日漸價廉 (Afflerbach, 1992)。處理後的水可取代大部份清水(fresh water)，據估用水量至少可節省一半以上，美國已有紙廠達到用水密閉、零污染、廢水減量達82%符合環保要求 (Klinder, 1996)。首要方法就是利用白水密閉循環系統(closed-loop system)除了補充蒸發水外，並且不排放任何作業水，充分利用水資源。白水之所以稱為白水就是因它不是廢水，更不是污水，所以要回收使用。白水中含有纖維、填料等固體物，懸浮固體物(suspended solids; SS)高於990ppm就是不正常，會造成白水循環系統管路阻塞，儲存桶沉澱累積，菌泥(slime)叢生等等困難問題，雖說要利用各種藥品沉澱、殺菌、除垢，回收是要花費人力、物力的，一般說來還是合乎經濟原則。

台灣因有地理環境之限制有枯水期及超限利用地下水導致地層下陷，因此善用水資源是相當重要的問題。紙廠用水合理化、節約化刻不容緩。本研究以密閉化用水，以達到最大效益的用水，減少用水、廢水減量等目的因此用水密閉化，期每噸紙用水減量50%以上，以符合經濟要求並減少對環境之衝擊，以供業者參考。

### 二、材料與方法

- (一) 試驗材料：收集立得紙廠抄紙機之白水。
- (二) 試驗方法：

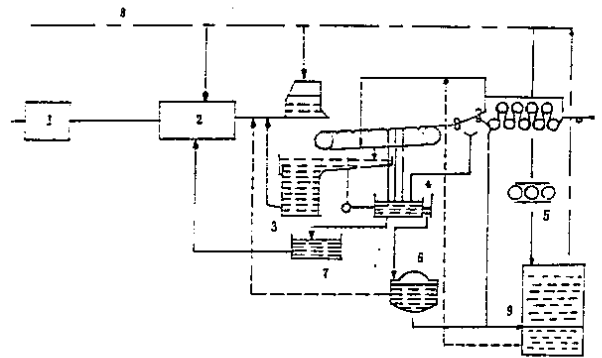


Fig. 1. Flow sheet of a closed water system in a paper mill.

- 1. raw materials; 2. stock preparation; 3. silo; 4. intermediate tank; 5. vacuum system; 6. Recycled silo; 7. from overflow tank; 8. fresh water; 9. clarifier.

- 1. 紙廠收集白水並測定懸浮固體物及化學需氧量。

(1)懸浮固體物：白水用濾紙濾過後於105℃烘箱烘乾，測濾紙之增重以定之。

(2)化學需氧量：取供試紙漿絕乾重24 ± 0.5g、加20℃蒸餾水2L，以散漿機在3000rpm轉速下，散漿1分鐘。漿液以100 mesh 濾網過濾後，將濾液靜置30分鐘，吸取上層澄清液，依1988年「重鉻酸鉀法」測試COD(環保署，1988)。

- 2.各部位用水量測定。

以水槽及流量計測定，各部位用水量。

- 3.模擬及現場進行密閉用水試驗。

如Fig. 1所示，加設管路及更改流程於抄紙機下置一白水槽(3)再流入中間混合槽(4)白水回收池(6)過濾處理(9)再配合與清水使用。

- 4.經濟效益評估。

(1)從白水中回收紙漿及清水。

(2)電價以高峰、離峰價、基本價之平均值每度(kwh)以新台幣1.67元計。

(3)凝集劑聚氫酸鋁(PAC)及聚丙烯醯胺(PAA)用每公斤之費用以新台幣6.88元計。

(4)回收漿價每公噸以新台幣11,000元計。

(5)新台幣與美金之匯率為NTD 27.50:USD1.00。

### 三、結果與討論

紙廠用水主要有：(1)製程用水(process water)稀釋水、沖淋水、軸封水及冷卻水 (2)飲用水及衛生用水。本實驗是於試驗室蒸煮 150 公克原料，經清洗、篩選、漂白需用水 14 立方公尺的水約為原料的 100 倍。以手工抄紙(hand sheet)亦需用 200-800 倍的水。又以實驗用長網抄紙機測試，於小紙機下置一鐵盤集水引入槽可量測之。抄製 2 公斤紙漿水量達 200 立方公尺，台灣紙廠抄紙用水量每噸紙為 30-150 立方公尺的水，紙、漿廠用水及排放量與司莫柯氏所述相近(Smook, 1982)今以紙廠為例各部門用水比例如 Table 1。

紙廠用水量中以抄紙機用水量最為龐大，幾乎佔全廠 50%-85%可知造紙工業是大量用水的工業，所以應密閉化循環用水目前國內各廠雖有相當程度之回收利用但未達完全密閉。一般抄紙濃度為 0.3%-0.5% 其餘白水，白水在造紙中擔任著運輸、清潔、調成、成型等任務(Webb, 1991)紙匹在網部成形過程中，各種紙張每噸紙要脫出 100-700 立方公尺的水，而且抄紙機之白水含有許多纖維及填充料，如不加以回收而排入廢水處理系統會增加廢水處理負荷，也浪費白水中的纖維更影響各類填料的留存，影響成紙的品質。網部白水含有微細纖維、填充料、染料上膠劑及各種高分子電解質等，其內含物依最終產品而定。以浮除法回收細纖維，白水中纖維可以回收當原料使用。澄清液懸浮固體物可達到 50 ppm 以下，可將所回收之白水用於清洗毛毯及抄紙網再經過濾機，懸浮固體物可減少到 30 ppm 水中內含物之變化見 Table 2。

Table 2 顯示懸浮固體物含量隨損紙量減少而降低，因此損紙一離網部應即除去稀釋後並回收入機前槽中(machine chest)，以免增加處理之負荷及成本，本試驗以回收白紙邊為原料抄造印書紙，由 Table 2 得知不同比例損紙影響排放水，損紙是白水中懸浮固體物的供應者，損紙減到 0.1% 懸浮固體物在 85 ppm 還是未達 1993 年 SS 50mg/L 的排放標準與目前一些衛生紙廠相似(郭蘭生, 1994)白水再經沉澱、過濾，懸浮固體物可減少到 30 ppm，以利白水再利用。

白水之處理在本試驗中以一次沉澱凝集處理，處理後白水懸浮固體物在 55 ppm，日本紙廠

**Table 1. Ratio of water consumption in a paper mill and laboratory.**

| Item/Mill         | Pulp mill <sup>1)</sup> | Paper mill <sup>2)</sup> | Lab. <sup>3)</sup> |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| Pulping           | 20                      | —                        | 15                 |
| Bleaching         | 25                      | —                        | 15                 |
| Stock preparation | 3                       | 10                       | 5                  |
| Sheet making      | 50                      | 85                       | 65                 |
| Other             | 2                       | 5                        | —                  |

<sup>1)</sup> Chung Hwa Pulp Corporation.

<sup>2)</sup> Joss Paper Mill.

<sup>3)</sup> TFRI Lab.

**Table 2. Relationship between broke content and the SS and COD of white water.**

| Broke <sup>1)</sup> % | SS <sup>2)</sup> mg/L | COD <sup>2)</sup> mg/L |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 3.2                   | 700                   | 320                    |
| 1.4                   | 270                   | 250                    |
| 0.1                   | 85                    | 120                    |
| —                     | 324                   | 523                    |

<sup>1)</sup> air dry basis, Chu-San Joss paper Mill.

<sup>2)</sup> Suspended solids (SS) and chemical oxygen demand (COD) of primary treated water.

以第二次篩選處理懸浮固體物則在 20ppm 以下，達到更佳之處理效果(Uedo. *et al.*, 1996)不僅達到減廢，更可降低污泥處理成本。信仰紙工廠，竹山廠是以竹材一貫作業由竹材到成品，懸浮固體物較高達 324mg/L (王益真, 1989)，嘉義廠是以進口廢紙為原料懸浮固體物較低，僅為 150 mg/L，可見漿廠廢水回收較紙廠複雜。

紙廠用水密閉化先要合理化及節水，紙機作業系統中，用水量較多的地方為各部噴水管以及真空幫浦之密封水等，紙機用水如何密閉、回收其行徑如 Fig.1。

紙廠用水密閉化主要就是把白水收集、處理再利用，大都是於紙機下置一集水池，然後再處理，Fig. 1 之圖示與每噸紙用水 30 m<sup>3</sup> 所用模式相似。(方賢秀, 1989)重點都在抄紙機下方白水回收淨化再利用。差異是幫浦、管路、能源、藥品、速度、品質而已，紙廠用水密閉化後要節水，具體的方法有：網部噴水管系統，每噸紙約需 20-25 m<sup>3</sup>，噴嘴

**Table 3. Results of water saving in a closed system.**

| System / Site | Paper mill <sup>1)</sup> | Lab. <sup>2)</sup> |
|---------------|--------------------------|--------------------|
| Open system   | 75 m <sup>3</sup> / ton  | 22 L/g             |
| Closed system | 33 m <sup>3</sup> / ton  | 10 L/g             |
| Savings       | 55.0 %                   | 54.5 %             |

<sup>1)</sup> Using waste paper for joss paper making.

<sup>2)</sup> Integrated process of paper making in the lab.

間距由 50 mm 加大為 150 mm，噴水管由 9 支減為 5 支、噴水壓力由 20 減為 10 kg/cm<sup>2</sup> 以密閉式循環用水系統每噸紙用水量約由 75 立方公尺減為 33 立方公尺其結果如 Table 3，用淨白水代替清水；處理過程中每噸白水加入凝集劑聚氯酸鋁 (PAC) 100 ppm 及 3.5 ppm 聚丙烯醯胺 (PAA)，其經濟效益見 Table 4。

一貫作業之紙廠，紙漿輸送便利，可節省抄漿板之用水，但製漿廢水處理較複雜，費用較高造紙廠水較易處理，由實驗室、工廠可以得知白水初步沉澱即可使用，也比較容易充分循環利用，省水可達 55% 與美國 Ypsilanti 紙廠節省用水達 74%(經濟部，1995)，尚有一段距離，有待進一步之探討。

產能 400 ton/day 的紙廠如將密閉用水系統回收效益每日達 37930 元，投資回收年限為 2 年，一般說來算是合理，此與績優廠每日收益 46351 元相較回收年限是長一點，十年前台灣紙業公司光是廢水處理就投資一億六千萬元，而且每月處理費用為三百九十萬元(林金煙，1989)，目前如欲添加此設備投資額至少加倍計算，回收年限更長。密閉用水系統還有無形的利益，即如廢水減量、減少處理廢水之各種費用，延長毛毯使用年限等，如再把

設備侵蝕，紙張品質、污泥處理等考慮進去，尋找一損益平衡點就更十全十美。

#### 四、結論

水是資源，台灣紙廠用水大都抽地下水，因使用者眾日益枯竭，又有地層下陷之危機，政府管制嚴格，因此紙廠用水一定得使用密閉式用水做起循環再用，依本論文之試驗結果，計可節省達 55% 以上，有關紙廠密閉式用水一定對紙廠白水產生重大之影響，如電解質濃度，微纖維等的增加，影響成品品質及抄紙機操作效率及方法等如何克服此等問題，仍有待進一步探討。

#### 引用文獻

方賢秀 1989 紙廠用水每噸三十立方公尺。漿與紙第 108 期。5-8 頁。

王益真等 1989 信仰紙工業水污染防治。林試所研究季刊 4(3): 85-94。

行政院環保署 1988 重鉻酸鉀測定廢水之 COD 法環署檢字 00016 號。

林金煙 1989 紙業環境污染之防治。經濟部編印。台北市。

郭蘭生、鄭殷立 1994 不同漂白紙漿對衛生紙廠廢水 COD 之影響。中華林學季刊 27(1): 99-106。

經濟部 1995 廢紙再用之技術。造紙公會出版。台北。

Afflerbach, B. 1992. Cuts down with whitewater filter. Pulp & Paper 66(3): 70.

**Table 4. Economic evaluation of closed system in a paper mill.**

| Item           | Volume m <sup>3</sup> / day | Unit price NTD         | Benefit NTD | Consumption |
|----------------|-----------------------------|------------------------|-------------|-------------|
| Water          | 12,000                      | 1.1 / m <sup>3</sup>   | 13,500      |             |
| Fiber          | 11,000                      | 3.3 / kg <sup>1)</sup> | 35,640      |             |
| Electricity    | 252                         | 1.67 / kwh             | 420         |             |
| Chemicals      | 12,000                      | 6.88 / kg              |             | 11,630      |
| Total balance: |                             | 37,930 NTD/d           |             |             |

<sup>1)</sup> Product capacity : 400 ton / day.

**Klinder, R. T.** 1996. Successful implementation of a zero discharge program. TAPPI 79(1): 97-102.

**Smook, G. A.** 1982. Handbook for pulp & paper technologists. Wet end operation. TAPPI. Atlanta, GA, USA.

**Uedo, F. K. Tyu, and T. Saigusa.** 1996. Recovery of white water and slime control. Japan TAPPI 50(2): 95-100.

**Webb, L. J.** 1991. Water and wet-end chemistry. Paper Technology 32(6): 30-36.