

污染防治技術

廠內改善

從製程改善以減少紙業廢水 並提高資源利用效率

許慶雲*

造紙工業一向被視為用水多排水亦多之工業，所排廢水包含了製造程序中被溶解或流失之物質，為避免污染環境，此類廢水須經所謂「管末處理」或「廠外處理」設備予以處理，以期將生化需氧量與浮懸固體物降至無害之程度，始能排放。吾人對於其他病害向以「防」重於「治」為處理原則，對於紙廠排水問題自應以同樣原則待之。初期由於資料不多，致紙業本身之努力稍嫌不足；近年來國外所發表之資料，大多顯示在製造程序上予以適當之改進而使排水量降低時，縱要投入相當人力、物力與克服各種困擾，結果仍屬合算。復因回收了一部份纖維與化學品或節省了能源而將使效益更好。另外管末處理所需投資與運轉之費用，在成本計算上都是純支出的項目，而國內各紙廠中對廢水之管末處理設備尚須陸續補充，所以目前如能先考慮內部作業之改進，在時機上或可免除及減少對管末處理設備之投資。爰將所集國外資料轉介一部份以供參考。

壹、國外紙業排出廢水量質之統計

表一係自美國環境保護署 EPA 440/1-80 所摘錄之資料，雖然每一類工廠間與各類間原廢水 (Raw Wastewater) 之量與質均有相當大之差距，但大致上用水已比較節省，品質也在「管末處理」所能處理之範圍內，而經處理後可以達到所要求之品質。（表中處理前後之資料，因所包括之工廠數不完全相同而略有出入，但對應用上並無大礙。）

	牛皮紙漿		廢紙製紙板		CGP, 廢紙脫墨等	
	處理前	處理後	處理前	處理後	處理前	處理後
BOD, ppm	293	25	278	24	670	37
COD, ppm	357	157	525	120	818	410
SS, ppm	150	71	430	65	280	65
pH	6.4	6.9	6.8	7.2	7.1	7.3

* 中國文化大學化工系教授兼造紙組主任

較比之後前理處水廢業紙國美一表

業 別	年 平 均 流 量 kg/kg	處 理		處 理		處 理		處 理	
		BOD ₅ kg/kg 品種別 平均/ 最高	TSS kg/kg 品種別 平均/ 最高						
一 質	73.3/159.3/332.2	17.5/35.3/44.1	14.4/44.8/132.0	60.0/145.5/292.5	21.1/3.5 / 6.1	2.3/4.4 / 16.7			
一 質	72.4/117.1/165.1	21.6/37.1/75.4	23.7/78.7/147.5	72.9/128.8/321.3	0.8/3.1 / 49.5	2.1/6.6 / 33.8			
一 質	22.9 / 47.3/104.9	6.7/17.0/46.3	4.8/15.8 / 27.6	24.2 / 60.7/103.8	0.7/1.2 / 3.9	0.4/2.1 / 6.8			
一 質	33.3 / 57.3 / 81.3	16.2/21.2/28.5	41.3/42.4 / 43.4						
一 質	54.5 / 68.2 / 96.6	10.1/17.6/28.6	36.9/54.0 / 79.2	33.3/66.9/129.2	0.2/0.8 / 3.0	0.3/2.0 / 3.5			
一 質	10.4 / 18.6 / 34.1	(22.6)* / 23.9/24.2	(60)* / 8.1 / 8.1	14.2/33.4 / 44.6	1.6/1.8 / 5.4	1.4/2.5 / 8.4			
一 質	20.4 / 33.7 / 47.0	33.2/44.7/56.1	27.9/40.2 / 52.4						
一 質	44.5 / 87.7/125.7	17.4/37.3/72.8	106.0/174.1/216.0	30.0/53.8 / 79.6	1.9/3.0 / 4.8	3.7/4.2 / 7.1			
一 質	67.7	15.9	96.7						
一 質	0.4 / 17.6 / 52.0	0.6/10.0/67.5	1.1 / 10.7 / 39.3	0.04/14.3 / 56.7	0.2/0.44 / 7.5	0.1/0.52 / 2.0			
購 入	11.6 / 76.6/268.3	3.3/13.7/40.7	4.5 / 38.4/115.2	22.5/63.9/151.3	1.1/1.3 / 8.1	0.7/1.4 / 24.1			
購 入	17.6 / 84.9/286.7	0.7/10.4/22.9	4.1 / 28.0 / 54.5	22.1/68.5/115.8	0.3/2.3 / 3.5	0.5/1.8 / 2.9			
購 入	29.5/106.3/272.5	7.0/25.1/87.5	25.0 / 58.7/136.5	10.8 / -/187.1	0.21 / - / 3.8	0.1 / - / 2.3			

* 有逆向滲析設備：美國來源

日本方面，據其製紙連合會環境保全委員會之調查⁽¹⁾漿紙一貫作業之工廠，每噸產品之平均排水量為 $49\sim435\text{ m}^3$ ，大部份在 $150\sim200\text{ m}^3$ 之間。非一貫作業之紙廠為 $19\sim430\text{ m}^3$ ，大部份在 135 m^3 以下，SS 平均在 $122\sim272\text{ ppm}$ 之間。處理前後之品質，其平均值為：以單獨工廠為例，大昭和白老工場係製漿造紙之一貫作業工廠，日產紙漿 1,570 噸，紙與紙板 1,550 噸。用水約 25 萬噸，即折合每噸約用水 160 噸，本州富士工場⁽²⁾除自行將廢紙脫墨外，大部份為購入廢紙（不經脫墨）與紙漿，每日生產紙與紙板 926 噸，排水量約 97,000 噸，即每噸產品排水約 105 噸。山陽國策勇松工場⁽³⁾，每日產紙漿 500 噸，產紙 350 噸與加工紙 150 噸，雖每日取水約 $160,000\text{ m}^3$ ，但經管未處理之排放量祇 $20,500\text{ m}^3$ ，即祇合每噸紙約 41 m^3 。三廠排放水之品質均在規定之範圍內。

印度方面，根據 Singh 君等⁽⁴⁾在 1980 年 4 月美國紙業技術協會環境會議中所報告，其 Kerala 新聞紙廠，年產八萬噸，桉樹 CMP 與蘆葦硫酸鹽法漿以 70 : 30 之比配合，每噸新聞紙排出廢水 150 m^3 ， BOD_5 量為 35.5 kg/m.t. ，Nowgong 與 Cachar 兩廠，各日產 300 噸以竹漿為主要配料之印刷用紙（硫酸鹽法），則每噸產品有 40.3 kg 之 BOD_5 。Mandyā 廠以蔗渣為原料，日產印刷紙 50 噸，因髓質關係，其廢水中 BOD_5 值高達 125 kg/噸 產品，但經試驗室試驗，認為澄清後，可以降低 BOD 值 60%。

歐洲方面可能由於人口密度大，河流長等因素；西德、荷蘭、奧國與瑞士等國紙廠對於用水之節省向極注意，以西德為例⁽⁵⁾，每噸紙所用新水大約 45 m^3 。而 Haindl 紙業公司之 Schongau 廠更為突出，該廠雖有自製磨木漿與廢紙脫墨設備，但每噸紙所排廢水祇 8 m^3 。

我國臺灣地區用水情形公開發表之資料不多，本次研討會中於幼華教授將報告 14 家紙廠廢水水質水量，故不詳述，僅以某紙廠為例，在停製稻草漿前，每噸紙（含約 70% 自製碱法稻草漿）用水約 500 噸左右，其他不自製紙漿者可能用水率在 $200\sim300\text{ 噸水/噸產品}$ 之間，比歐美日本之數字為高。且通常排放水中有較高之短纖維、填料等含量，即使經管未處理，所得渣滓將因混和其他雜質而不能再用於造紙，對紙廠本身自屬一種損失。

貳、用 水 之 節 省

要減少污染源，紙廠能節省用水當為最有效之途徑，其好處至少有：

- (1) 節省清水成本；
- (2) 節省廢水管未處理成本；
- (3) 纖維與藥品之損失減少；
- (4) 對附近社區民衆之印象改良。

但用水過度密閉化後，則除操作與成品品質上稍有影響外（亦有對品質無顯著影響證明者），還可能要多耗能源而達得不償失之程度。一般紙廠在用水量降低後所可能遭遇到的困擾有：

- (1) 系統中積存之鹽類溶解物增加，使機件與管路之腐蝕問題較為嚴重；
- (2) 可能引起松香皂之上膠不良；
- (3) 用水減少後全廠系統之溫度會升高，工作環境變得太熱。此外微生物，泡沫等情形可能與未減少前之水量有所不同而操作人員一時無法完全適應。
- (4) 經營與操作人員心理上對改變之「抗拒」。

當節約用水開始作業時，全系統中要改變之處所甚多，應採用逐項進行之方式，先就易做而效果大者進行，使各方面之信心建立而能順利推行。照目前之生產技術，購入紙漿抄紙者，初期每噸紙所用新水似以30~45噸較為實際。

(一) 用水回收再用

為節省用水，首先要將各部份用過之水予以回收再用，製漿造紙一貫作業之工廠，用水之節省要自木材剝皮或蔗渣去髓開始，購入紙漿者則自散漿開始，每一用水量大之部門分別規劃，回收再用但並不局限祇由本部門再用，用水回收再用之基本原則為：

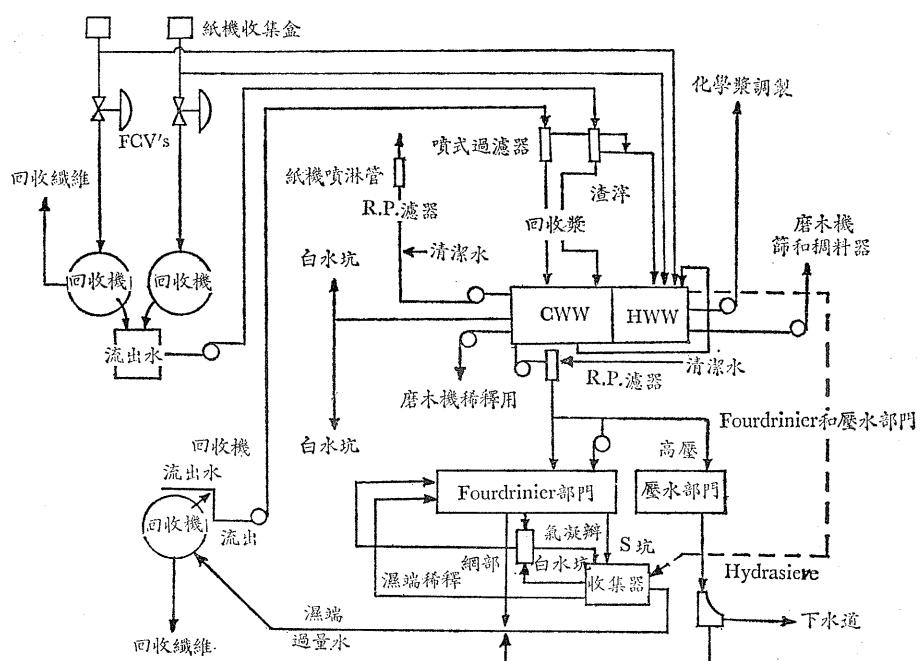
(1) 澄清度或混濁度不同之「廢水」適於再用者要予以分開，照可能再用處所之所要條件分別經一段或二段之處理以供再用。

(2) 要有足夠之「緩衝」儲槽以平衡廢水流量與再用部門用水量之變動。

(3) 上下一體推動此項工作之決心。

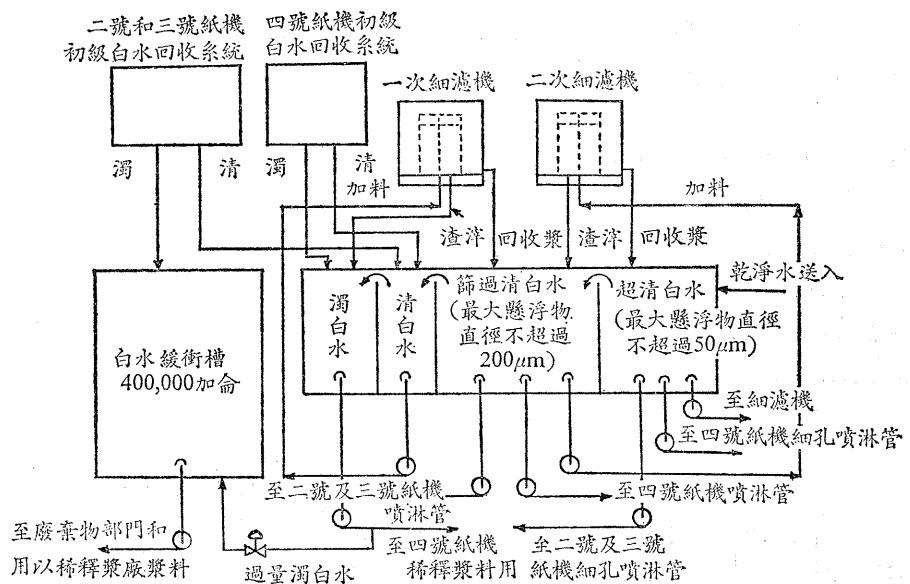
回收水再用之處所包括剝皮、(蔗渣濕法去髓)、篩選、散漿(紙漿與廢紙)、漿料製備中稀釋與填料調製、紙機濕部噴淋管及真空泵封緘水與損紙散漿等。其中以紙機白水之量大，且處理後易見效。

美國 Consolidated 紙業公司 Wisconsin River 廠⁽⁶⁾日產蠟光紙 270 噸，其中有自製磨木漿 100 噸。1974 年時，每日用水 16,000 m³，每日排出廢水量約為 42 m³/噸紙，至 1976 年用水減為 9,500 m³/日，有時排出廢水量甚至祇 5,700 m³/日，其內部回收再用以經過白水回收設備處理(與一部份該設備不克處理者)之稀白水為主。其系統如圖一。圖中未列者尚有真空泵封緘水循環再用系統等。全部循環再用之投資約 440,000 美元，而所獲利益年約七十萬美元，不到八個月即行收回，且使原有管末廢水處理設備之負荷減輕，使排放水之 BOD₅ 與 SS 分別降低為 10 與 8.5 ppm。



圖一、美國 Consolidated 公司 Wisconsin River 紙廠紙機白水回收再用系統圖

美國 Owens- Illinois 公司 Tomahawk 廠⁽⁷⁾於1975年將其半化學漿牛皮紙板之日產量自620噸提高至 1,000 噸時，該公司決定先花錢節省用水——各種用水循環再用等着手而不希望再擴充其管末處理設備，結果確實做到經管末處理之原廢水量未增，而排放水之品質數字均低於州政府許可證所訂之範圍。其白水再用之流程如圖二，要點為經初級白水回收系統所得稀白水分成清與濁二系統，濁稀白水集存後用於紙漿稀釋等。經粗濾之真空泵排水亦流入清稀白水槽與自回收機所來清稀白水混合後再經一次細濾機（microstrainer）後所得「篩過白水」（最大浮懸物之直徑不超過 $200 \mu\text{m}$ ），用於紙機噴淋管外，一部份再經二次細篩後得浮懸物直徑小於 $50 \mu\text{m}$ 之「超清白水」則用於紙機上細孔噴淋管，高壓噴淋管與細濾機，初級白水回收機等噴淋管之用。每一儲槽有餘量時，溢流至濁度大一級之儲槽。該廠為減少用水量，除上述紙機白水回收系統外，尚包括冷卻水系統之予以區分，真空泵封緘水之循環再用等。



圖二 Tomahawk 廠白水復用流程圖

紙機白水再用之另一例與上述之方式不同，Mead 公司在 Kingsport 紙廠⁽¹²⁾將其新增五號機每天約 17000 m^3 之經初級處理之稀白水送至原水進廠處與新原水合併處理後供各部門使用。其他紙機之白水（包括真空泵排出者）則經澄清後再用於散漿、要稀釋等處，該廠排放水量因此而由每日六萬二千噸降為四萬五千餘噸。

以上各例乃為介紹國外確實在朝此方向進行並且獲有成果，而臺灣各廠之條件不同，應詳為規劃後逐步進行，以免過於草率而造成不良後果。

關於紙廠減少用水後，用水中電解質之積聚可能造成困擾。早在1970年美國梅因州立大學化工系即曾用其小型抄紙機，抄 75 g/m^2 之印刷用紙，所加填料有白土20%，二氧化鈦 $2\frac{1}{2}\%$ ；在白水完全循環再用之情形下，連續運轉五天。系統中硫酸根離子與游離酸濃度確逐漸增加，然期末產品之光學性質與物理性質與初期者相比較時，並無顯著差異。1972年 Aldrich 等，曾就白水

97% 與 73% 循環兩種情形下，以試驗抄紙機連續四天抄製 81 g/m^2 高不透明度印刷紙，填料有白土 10%，二氧化鈦 5%，所得結論為增加循環率後，白水中溶解之固形物與酸度分別增加 100% (73% 循環) 與 200% (97% 循環)，灰份分別為 8.55% 與 9.32%，紙身則循環量大者略低，但不致影響使用。又 Regis 公司⁽¹⁰⁾更進一步於 1977 年在 Western Michigan 大學之 61 公分寬試驗紙機上抄紙。白水中所含電解質含量藉直接加入適量之氯化鈣、硫酸鈉、氯化鈉、氯化鉀與硫酸鎂等所含溶解固形物量分別為 720, 2760, 3470, 3960 與 20,500 ppm，迄 4,000 ppm 止，所抄紙張之破裂度反因鹽份增加而增加，Sheffield 透氣度降低，斷裂長增加，抗撕力變化不大。紙樣經分別儲存，3 與 6 個月後再試時，其光學與物理性質之變化與含鹽量無關。因之白水回收再用後對紙質之影響不大，但為審慎計，各廠仍宜自行試測決定密閉之程度。

(二) 減少稀釋，提高濃度

用水節省之第二要點是儘量減少系統中漿料稀釋之程度，一方面減少用水，另方面亦可因泵送體積之減少而可改用較小管路與泵並獲得少用能源降低成本之效，以散漿為例，一般工廠操作人員常不能維持濃度於 6% 上下，隨之使煉漿機之操作濃度降低，虛耗動力，有時且會使纖維切短比率增加之反效果。

近年來芬蘭 Ahlstrom⁽¹¹⁾ 製漿廠已開發一種適用於 8—15% 中濃度之離心泵（附有空氣分離器）。目前有些製程中要將紙漿自中高濃度沖稀至 3~4% 後，用泵再送至次一程序，而在次一程序前須以脫水機加以濃縮至 6~7%；如採用此種中濃度離心泵，即可免去多送水再脫水之過程。以日產紙漿 500 噸之工廠言，每省一套脫水系統。每噸漿可省電力 20 瓦時。建新廠時，設備費可予節省。於 1980 年起有二套此類泵浦用於高濃度貯漿槽中，經稍為稀釋後抽送至次一程序直接使用。

(三) 減少滲漏與溢濺

此屬管理與保養上問題，但現場人員日久見怪不怪之心理亦有關係。總之防止管路滲漏是極重要的。另外，對減少滲漏與溢濺之工作應持之以恒，則為工廠管理上不容推卸之責任。

對於常會溢滿流失或清洗設備與儲槽而大量流放之場所。（如蒸發器，鍋爐排放等），宜設置適當容量之集溢槽。如此能再逐漸回收再用，最少亦不致對廢水處理設備之負載有震撼作用。

(四) 冷却方法之改變

紙漿與紙廠有熱汽或熱氣發生之處所，對所含熱量如不予回收，則浪費熱能。故常用水使之冷卻以得適量之熱水。但基於各種原因，常用接觸方式如氣壓冷凝器等設備而導致所得熱水之淨度差。如改用其他冷卻方式而得潔淨之熱水，自屬應予改進之道。

參、製漿程序中可從事改進之處

(一) 木材剝皮

用濕法時，該部份之廢水應設法循環再用，不然改採乾法。如此不僅減少用水，且使剝下樹皮之水份低，有助於燃燒。

(二) 蒸解排氣與噴漿冷凝水之再用

蒸解排氣與噴漿時所得廢汽，如不予收集，一部份有臭味之氣體物為之逸出，且損失熱量，冷凝水如不予利用則增加 BOD 量，大部份碱法漿廠常將此一冷凝設備所得熱水用於洗漿機末段洗鼓第一支噴淋管。有餘時，可考慮用於苛化工場之沉泥洗滌（mud washing）或補充熔渣（smelt）溶解處稀白液之不足。

現已有工廠將批式蒸解釜之排氣送至噴漿槽，與槽中氣體匯合後送至直接接觸冷凝器，由此排出之低污度液體送回工廠再用，氣體則再經一表面冷凝器冷凝，冷凝後之污度極高（BOD 高達 20,000 ppm），但量小之液體則送至廢液處理設備。在 Kamyr 式連續釜工場，將一部份抽出黑液跳過第一瞬沸槽而逕至第二瞬沸槽，瞬沸所生蒸氣則用於補充該系統濃縮罐前段之蒸汽壓縮蒸發器（VCE）。

(三) 蒸解廢液之回收與改進

碱法與硫酸鹽蒸解藥液之回收程序已相當定型。近期發展主要在設備上能節省濃縮所用熱能，其中採用蒸汽壓縮蒸發器（VCE、VRE 或 MVR）於最初一二段而使黑液蒸濃至40%，除節省能源外，蒸發罐冷凝水量亦因之減少。如 Weywheuser 公司 Springfield 廠⁽¹³⁾改用 VCE 作為前段蒸發器後，冷凝水流量約減少 56%。在原蒸發系統時冷凝水中所帶 BOD 約 50%集中於自表面冷凝器所收集而祇相當原容積 4 % 之液體中。蒸發罐改用表面冷凝器後，可改以潔淨熱水供洗漿等之用。每噸漿約可節省用水量 4 m³。

蒸發罐部份另一可以減少污染源之項目，係設置一「煮罐槽」（Boilout tank），積存煮罐末期過稀之溶液，待蒸發罐操作恢復後陸續送回。

新設工廠之綠液澄清器所排出渣滓，已逕行採用不同型式之渣滓過濾器。舊廠可在原有澄清槽後加一小型真空過濾器，則渣滓經適度之淋洗，帶走之碱得以減少。渣滓濾餅較乾可直接用於填土。

回收爐方面之改進亦頗多，如日本之直接碱回收系統（DARS），但目前僅一二廠家使用，此法可以免去苛化與石灰再燒作業，對於成本、用水、污染源與能源均有好處。此外，Tampella、Rauma、Sonoco 與 Copeland 等種種發展，可使碱性與中性亞硫酸法製半化學漿等蒸解藥液能予回收。現有工廠之蒸解廢液尚未回收者，宜進一步探討以採何種方法最為合適，必要時甚至對製漿方法作適度修改以資配合而達目的。

(四) 洗漿篩漿程序與作業之改進

各種製漿方法中，洗漿之段數如能增加一段，不僅可使送去使用或漂白之紙漿中所含殘餘蒸解液減少，進而導致原廢水中 BOD 減少與漂白藥品消耗減少外，用水量亦可因之減少。美國 Longview Fiber 公司⁽¹⁴⁾於1972年將洗漿機由三段改為四段後，每噸漿約節省用水 26 m³；BOD 則減少 20 kg/噸紙漿。

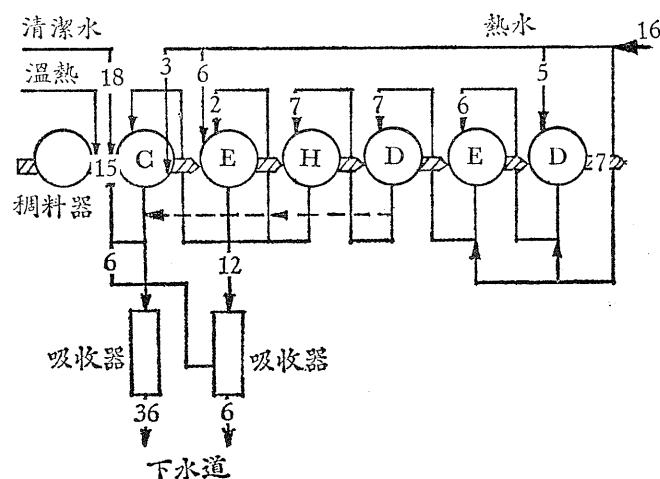
洗漿機方面對熱源節省較多而又能節約用水之發展為壓力式洗漿機。使用此種洗漿機後，可使整個篩選系統之溫度提高，轉而提高漂白系統之溫度。全系統濾水性在較高溫度時自會提高，至於替代式洗漿（Displacement Washing）亦屬新的發展，然對污染源之減少則無大助。

篩選過程比較容易密閉化，在不影響淨潔度之條件下，宜採密閉並注意濃度之提高，以從根

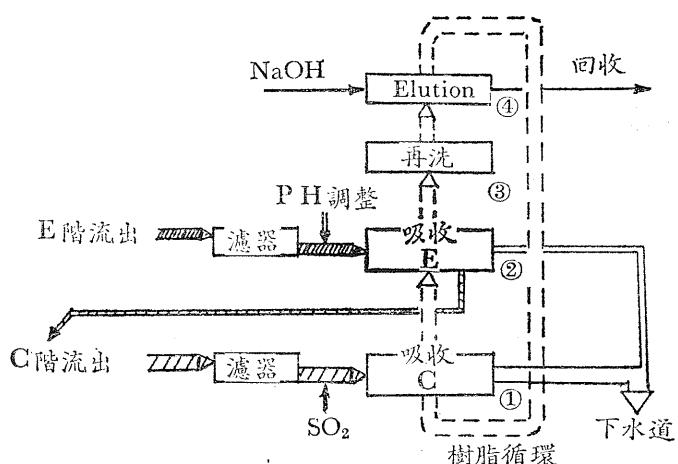
本上減少用水着手。此外淨漿機效率之提高與增加第三段甚至第四段或節漿設備，使渣滓中所含纖維量減少以減少損失與待處理渣滓之量。

(四)漂白系統之改進

目前以「氯化——碱萃」開始之漂白程序，對於如何減少污染源之發展，大致可分下列數途。其中之一如瑞典 Billerud-Uddeholm 公司 Skogell 廠⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾所採辦法，漂白洗漿部份漿與濾液之程序採用逆流式，如圖三所示，並將氯化漿洗漿機濾液與第一段碱萃(E₁)漿濾液分經離子交換樹脂吸收後分別再用或排入廢水系統。該廠1973年開始使用離子交換樹脂處理 E₁濾液以求降低排水之色澤，結果色素被除去約 90% 外，COD 與BOD 分別降低了 80% 與 50%，溶解液中所含氯以有機氯化物存在者居多，經與原蒸解黑液一併濃縮燃燒苛化後，所得白液中含氯量祇有 1~2 g/ℓ。其原因係大部份氯與回收爐氣體中之二氧化硫作用變成氣態氯化氫，而極易在洗氣器



圖三 Skogell[®]廠漂白洗漿流程



圖四 Skogell 廠半連續式吸收交換系統

中被水所吸收。但要硫化度高，應在不使用直接熱蒸發器的條件下始能達到。蒸濃溶解液所耗能源比有機化合物燃燒所發生之熱量為低，因之該廠在1978年再改一套250噸/日漂白設備，而有似圖三之流程圖而為圖四所示之半連續性濾液吸收與樹脂更生系統。

另一途徑則如 Great Lake Forest Product 公司 Thunder Bay 廠於1976年所建之“B”線。⁽¹⁷⁾ 所謂密閉漂白漿廠 (Closed-cycle bleached pulp mill)，或「無廢液排放工廠」 (Effluent free mill) 其要點在漂白部份之洗漿自 D₂ 起採逆流方式，E₁ 濾液則送至 SRP (Salt Recovery Plant) 中蒸濃使氯化鈉析出再用。雖然初期遭遇過甚多困難，且廢液回收與 SRP 曾停用半年，但至1979年春季已恢復使用，據稱除了 SRP，未漂漿洗滌與石灰窯清洗器等處之 14.5 m³/噸紙漿回收液外，無廢液排放。除從表面冷凝器使用過之河水於用過後復行放回河流外，該廠每噸紙漿所用清水大約 59 m³，其中 20 m³ 用於製程，39 m³ 用於服務性場所，如泵之壓蓋 (gland)，冷卻水，封緘水等。此一系統用汽量減少 (約 500 kg 汽/氣乾噸漿) 外，漂白濾液中有機物在黑液回收時，燃燒所生蒸汽大約為 250 kg。

漂白部逆流過程中之所有濾漿機之材質不必全部使用能耐氯酸等之 317 型耐蝕鋼。舊廠所有濾漿機沒有全部使用317材質時，可改用所謂「跳躍式」程序 (Jump Sequence)，即第二三氧化氯 (D₂) 段濾液用於第一二氧化氯段 (D₁) 濾漿機之噴淋管，而 D₁ 段濾液則用於氯化段。第二碱萃段 (E₂) 者用於第一碱萃段 (E₁) 之噴淋液。節水效果雖不如全逆流式者，但仍可節省 8~25 m³/噸漿。

漂白部份減少污染源之另一方向，係部份改用氧／碱⁽¹⁸⁾，臭氧⁽¹⁹⁾以減少含氯濾液。其經碱氧或臭氧去除部份木質素之半漂白紙漿可用 DED 程序三段漂白而得白度 87—89% 之紙漿。用臭氧試驗之結果，用 Z (臭氧段) ED 三段，或 ZEP (過氧化氫) D 四段者，其成本可與現在通用之 CEDED 或 CEHED 等程序者相似。新廠如用闊葉樹為原料時，可能 ZEP 三段較為合適，針葉樹則要在二段前加一氧／碱段而增成本。

漂白部份減少污染源之另一方向，為在碱萃時加用氧 (E₀) 成為 C_DE₀D 程序或在 E 段後之 H 段採用快速辦法後不經洗滌即至 D 段而成 C_DE(hD) 或 C_DE₀(hD) 程序⁽²⁰⁾，用藥成本上，可能比 C_DEDED 要低，而 BOD 可略為降低。

漂白部份如能用含木質素量低 (即較易漂白者) 之紙漿，漂白用藥用水均可減少，且 BOD 等值自亦會降低。因之，最好的辦法還是先求製漿時提高得率降低木質含量。

六) 製漿得率之提高與漂率之降低

如上所述，製漿得率之提高與漂率之降低，是使漂白部份污染源減少之最好辦法，對於資源利用效率之提高，自亦有效，近年來含硫漿方法就此方向以求節省資源與(或)減少污染源之發展頗多，其中已被採用者計有硫酸鹽法加 AQ (Anthraquinone 與其衍生物如 DDA, THAQ 等)，多硫化物法 (Polysulfides Process)，多硫化物法加 AQ，碱性亞硫酸法，碱性亞硫酸法加 AQ，硫化氫預處理硫酸鹽法等。避免用含硫藥品之製漿法如 DODDEL 法 (用氧碱)，ALCAPER (用碱與過氧化氫) 法等，半化學法製漿則採用硫性綠液替代中性亞硫酸法者日衆。諸法中有能利用既有製漿設備者，亦有要另行增添者，然幾乎全部均在求得率之提高，用藥量之減少，與漂白用時漂率降低諸條件之一或全部，並均以能回收蒸解藥液為前題。時間、篇幅所限，此處不克一一略述。

肆、製紙程序中可從事改進之處

製紙部份所造成之以懸浮固形物為主，減少污染源與節省用水，附帶使有價值之纖維，填料與若干藥品流失減少之主要方式——紙機白水之回收再用已如前述，此外增加或改進紙機淨漿機系統之方法與效果與前「貳一四」項下所述相同不再贅述。

(一) 濕部噴淋管改用高壓水

在紙機白水回收再用系統未完善前，濕部噴淋管改用高壓水為有效減少用水方法之一。因噴洗效果較好，噴嘴改小，密度改稀，藉噴淋管前後擺動而覆蓋較寬之範圍，用水量自可節省70—90%。因之白水量自然減少。即使白水回收再用系統完成後，此種高壓噴淋管仍然要用，祇是要澄清度較高之清白水而已。

(二) 加強白水回收設備

此處所指，係初級白水回收設備 (Savealls)，紙廠已設有此類設備者，常被視作祇是附屬設備之一而忽略了此一設備所收回之紙料能直接送回造紙紙料系統再用，收回之稀白水又可供紙機各處使用，對污染之減少與資源利用效率之提高，有相當大之貢獻。造成忽視其重要性之另一原因是所選設備大小不適合，或不盡適合於所用紙漿、或操作欠當致所排出稀白水仍含有較高之固形物而相當混濁致失去信心。因之已有此類設備之工廠，如認為不盡滿意時，宜即予檢討以設法消除不良之現象。同時，有些高混濁度之白水，因浮懸物相當細，照樣可以用於噴淋管等。亦有工廠（如前述所舉實例），有將此初級白水回收設備所得稀白水區分或再經細濾而再使用者。此一部份能予加強，每噸產品有希望節省用水30—40噸。

(三) 採用各種留存劑 (Retention Aids)

紙機白水中所含浮懸固形物不外乎短細纖維與填料，白水中亦會含有相當量之溶解物，如膠料、澱粉或其衍生物（以膠體存在為主），色料、濕強劑等等，在白水不復用或經處理後用不完之情形下，固形物之流失當然是損失，而溶解物中常是 BOD 或 COD 值較高者。因之對於留存劑之適當使用應予考慮，以提高資源之利用效率並減少 BOD 值等。

伍、紙料配料之改變

不僅為了污染源之減少，有時為了成本，有時為了成品品質，紙廠對紙料之配合常須就全系統予以考慮調整。為了提高資源利用效率或減少能源消耗，化學漿與半化學漿之提高得率等已於前段述及，關於得率在90%以上之機械漿，則着重在物理強度之提高與能源之節省。大致方向為磨木漿改為壓力磨木漿，RMP(RGP) 改為 TMP 甚至 CTMP。TMP 與 CTMP 或其衍變之方法復可能適用於蔗渣等非木材原料而拓寬了可用原料之領域。

以目前我國情形，印刷用紙可能發展方面之一是用蔗渣 CTMP 法製漿，經過氧化氫漂白配合針闊葉樹漂白木漿抄製輕塗佈之書籍雜誌用紙，CTMP 之得率高，而原紙的基重輕，使同重原料所得紙張面積大。過氧化氫漂白是污染源小的一種漂白方法，而塗佈時所用原藥料，大部份

留存紙面，排出廢水幾乎為零，當然，是否可行有待試驗證明。其他可行之改進資源利用效率與減少污染機會之配合方法，就全系統考慮時，必然甚多，亦有待從業人員之研究開發。

至於工業用紙中牛皮紙板中使用廢紙時，用水之復用更要加強，日後 Press drying 方面如果能發展到實用程度，宜儘早引進，使能以較次之原料抄製強度等够之產品。

參考資料

- (1) JTAPPI, 35 (6) pp10-37 (June 1981).
- (2) JTAPPI, 35 (11) p 26 (Nov. 1981).
- (3) JTAPPI, 35 (2), p. 15 (Feb. 1981).
- (4) Singh, S. et al; Tappi 63 (4) p. 27 (1980).
- (5) Götsching, Tappi 63 (3) p. 54 (1980).
- (6) Czappa, D. J., Tappi 61 (11) p. 97 (1978).
- (7) Staka, C. W; et al, Tappi 63 (8) p. 39 (1980).
- (8) Bowman, R. S. and Lewis, J. Tappi, 53 (11) 2112 (1970).
- (9) Aldrich, L., and Janes, R., Tappi 56(3). p. 92 (1973).
- (10) Dobbins, R. J., and Alexander, S. D., Tappi 60 (12) p. 121 (1977).
- (11) Gullichsen, J. et al, Tappi 64 (9) p. 113 (1981).
- (12) News, Tappi, 61 (4) p. 23 (1978).
- (13) Bader, H., and Madrid, L., Tappi 60 (9) p. 94 (1977).
- (14) Peterson, G. et al; Tappi 61 (10) p. 46 (1978).
- (15) Börjeson, H. B. and Lindberg, S.; Tappi 64 (10) p. 89 (1981).
- (16) Anderson, K. A.; Tappi 60 (3) p. 95 (1977).
- (17) Reeve, et al, Tappi, 62 (8) p. 51 (1979).
- (18) P. T. J. Feb. 28, 1982 p. 27-29.
- (19) Singh, R. P.; Tappi 65(2) p. 45 (1982).
- (20) Renand, J. J., et al; Tappi 64 (8) p. 51 (1981).