

信仰紙工業水污染防治(一)

王益真 蘇裕昌 潘登灶

摘 要

信仰紙為民間年節拜神祭祖時用品，主要由小型竹漿紙廠產製。製程中往往產生多量廢水，污染環境。本文以南投縣竹山鎮頂林合作社所設之信仰紙廠為例探討此類紙漿廠污水處理之一些問題。信仰紙一般採冷鹼法浸漬竹片，再經打漿抄紙而成。廢水來源有浸泡後之黑液，打漿時洗漿廢水及抄紙洗網廢水等。黑液量少而濃含殘鹼、溶出之木質素及其他有機物，製紙廢水則量大而污染程度較低。其他製漿添加物如黃豆油及染色劑，使用不當亦增加排放水之污染。水質分析及模擬試驗結果顯示此類廢水中之污染成分適合以加藥凝集浮除法或沉澱處理，再以活性污泥或厭氣發酵等生物處理配合作為後段處理，即應可有相當良好之處理效果。處理原則並強調黑液單獨處理及污泥脫水。按照此原則規畫之處理工程已發包施工，預計近期將完工試車。如果處理效應能達設計目標，即可作為同類工廠之楷模。

關鍵詞：信仰紙、冷鹼法、製漿廢水、黑液、浮除、活性污泥、厭氣處理。

王益真、蘇裕昌、潘登灶、1989，信仰紙工業水污染防治(一)，林業試驗所研究報告季刊 4(3) : 85—93，1989。

A Case Study of Water Pollution Abatement for Taiwan's Joss Paper Industry (I)

Wang, I-Chen, Yu-Chang Su, Teng-Tzau Pan

[Summary]

Joss paper is used in Chinese ceremonial occasions to honor gods or ancestors. It is produced by numerous small paper mills using bamboo as a major raw material. The production process produces large quantity of waste water that pollutes environment. Using the Ding-Ling Cooperatives' joss paper mill in Nan-tou County as an example, this paper details some aspect of wastewater processing of joss paper mills. Joss paper productions usually involve cold-soea process, followed by beater defibration and paper forming on cylinder machines. Wastewater from the mill consists of two parts, the black liquor from the retting pits and the waste process water. The former is low in quantity but high in pollutant loads and the latter is vice versa. Improper additions of low-grade vegetable oil and dyes during the process also worsen the water quality. Water analyses and simulated treatments (jar tests) carried out in our lab. indicate that the wastewater can be effectively treated by adding coagulants and flocculants to facilitate flotation or precipitation. Combined with activated sludge and anaerobic fermentation treatments, good quality treated effluent can be expected. The design principles also see to that the black liquor is treated separately and the sludges must be dewatered. Based on the scheme, the engineering work is now underway. Construction

1989年1月送審

1989年4月通過

主審委員：谷雲川
王振瀾

should be completed soon. If everything goes as planned, the treatment facility can serve as a model for other similar mills.

Key words : Joss paper, cold-soda process, pulping effluent, black liquor, flotatison, activated sludge process, anaerobic fermentation.

Wang, I-Chen, Yu-Chang Su, and Teng-Tzau Pan. 1989. A case study of water pollution abatement for. Taiwan's joss paper industry (1). 4 (3): 85—93

一、緒言：

本省習俗，於拜神祭祖時焚燒紙錢，即是信仰紙，亦稱神紙或冥紙。此種紙類本省一向即有生產者，唯原本規模不大，且以手工抄製為主。近年需求提高，生產方式亦漸以圓網紙機作連續抄製。由於消費者偏好燃燒後紙灰呈白色之信仰紙，竹漿乃成為製造信仰紙之主要原料。目前本省信仰紙廠規模較大的約有十數家，其中規模最大者可以日產四十噸左右。估計前年需求最盛時，此類紙張日產量曾達三百多噸，亦即相當於年產十萬噸左右，頗為可觀。

由於信仰紙廠多屬小型工廠，資金能力有限，常常將製漿抄紙時產生之廢水經簡單處理或未經處理即予排放，多半不能符合我國工業放流水之標準，而造成環境污染問題。

位於南投縣竹山鎮之頂林林業生產合作社，自民國三十九年即已成立。該社有社員千餘人在竹山地區經營1700公頃之公私有竹林，其中竹材工藝加工後之廢料及劣等竹材，每日約五十公噸即用以產製信仰紙。早期其生產設備甚為簡陋，民國七十一年經農委會輔導改建，裝設機械打漿設備及圓網紙機，每日產能可達七噸半，其後因業務增加，又於七十五年添加圓網機一台，可日產信仰紙十五噸，而紙廠之廢水排放量據廠方估計亦達到每日二千五百立方米 (CMD) 以上。這些廢水在經過一個簡單的迴流沉澱池後，即予放流，造成附近田地水渠之污染。農委會曾撥款協助該社修建一條長涵管，將廢水引導排入附近的清水溪中，暫時緩和工廠附近民怨。農委會復於七十六年度請中興大學森林系張豐吉教授研究規畫紙廠作業，設置白水回收裝備，以減少廢水水量。而在歷次環保單位檢驗其水樣均不合格，該廠已瀕臨按日課以最高額罰款 (六萬元)，或勒令停業之邊緣。為謀一勞永逸徹底解決污水問題，農委會乃決定於七十七年度進行一項示範計畫，輔導頂林合作社建立全套廢水處理設施，

使工廠放流水能完全合乎國家標準，並藉以引導其他同類工廠進行廢水處理工程投資。本所受農委會之託，進行此一示範計畫相關之水質分析、模擬試驗及規畫設計等工作。茲以該信仰紙工廠為例，探討小型竹漿廠水污染防治之問題。

紙漿業必須使用大量操作水，而排放水之污染防治問題亦為為當今一項重要研究課題。文獻中關於紙業廢水文題多半針對大型化學漿或半化學漿之漂白或其他廢水所作之研究 (1—6)，大型工廠資金雄厚，有能力設置高效能之污水處理廠。類似信仰紙竹漿製程之廢水則少有前人研究，而且信仰紙廠分散於各地，廢水難以集中處理，工廠規模小又無力負擔高額之廢水設備投資，經濟有效之處理方法乃屬必要。

二、材料與方法

試驗材料為採自頂林合作社紙廠現址之冷鹼法浸料廢黑液 (廢水 A)，及混合排放之作業廢水 (廢水 B + C)。理想情況是在採樣後即刻進行分析試驗，以免水質發生變化。實際上因無法在現場即時分析，只能將水樣裝入二十分升之塑膠桶，運回本所後進行儀器分析及模擬試驗。多餘水樣保存於 4°C 之冷藏室。

(一)水質分析

廢水 A 與廢水 B + C 因性質差異甚大，乃予分別分析。分析項目為下列諸項：

1. pH值：廢水之酸鹼度，以 pH 儀器測試。
2. 總固體量 (TS)：廢水所含之懸浮物及溶質，以 105°C 烘箱測定。
3. 懸浮固體物 (SS)：廢水用濾紙濾過後於 105°C 烘箱烘乾，測濾紙之增重以定之。
4. 化學需氧量 (COD)：採用 Hach 16500 COD 反應器以測定水中之有機物量，氧化劑及指示劑均預先配備，以比色計測試。
5. 濁度 (turbidity)：採用 Hach 2100A 濁度儀以光線散射原理測定水中微粒之量，單位以

nephelometric turbidity unit (NTU) 表示之。

(二) 模擬試驗

理想情形是將廢水水樣置入各式桌上型 (bench-top) 模擬處理裝置中，控制溫度及水力留置時間 (hydraulic retention time) 等變數，以觀測處理效果及最適條件。因本試驗室初創，設備缺乏，沒有模擬處理設施，僅能進行杯瓶試驗 (jar test)，即於廢水中加入不同種類及劑量之化學處理藥劑，經適度攪動後，觀察凝絮或膠羽 (floc) 形成情形及其最適劑量和添加條件。使用藥劑一般包括凝集劑 (coagulant) 及助凝劑 (coagulant aid or flocculant)。前者如明礬 (硫酸鋁, alum)、氯化鐵及聚氫酸鋁 (PAC) 等，其作用在有效中和水中懸浮微粒和膠體之表面電荷，藉碰撞凝集微粒以形成細膠羽 (pin floc)。後者多為長鏈狀聚合物，如聚丙烯醯胺 (polyacrylamide, PAA) 等加入廢水後藉架橋作用 (bridging) 使細膠羽集成大而穩固之大型膠羽，沉積於容器底部。以上凝集劑均預先調製為 1.0% 之水溶液，助凝劑則調為 0.1% 水溶液備用。

考慮該廠實際排放之廢水大部為抄紙廢水 (B + C)，混以少量黑液 (A)。因此試驗水樣為調配 19 份 B + C 與 1 份 A 而成。試驗步驟，每次可取混合水樣 100 ml 四組，調整 pH 至 6.5—7.5 之間，以連動攪拌機 (gang stirrer) 慢攪 (20—30 rpm) 調勻，加入定量凝集劑 alum 或 PAC 溶液，快調 (80—100 rpm) 2—3 分鐘，轉為慢調，再加助凝劑，繼續慢調 10 分鐘，停止攪動，靜置觀察 10 至 15 分鐘 floc 之大小，沉降速度，及處理後水之澄清度 (clarity)。濾過後之水樣可再測其水質。

有鑑於目前製程中添加之黃豆油害處頗多，宜以合成藥品取代，乃作消泡模擬試驗。於 500 mL 之量筒中放入 200 mL 之打漿廢水 B，由量筒上端引管至底部通入空氣，使生泡沫，觀察液面至泡沫頂端之高度，設為 H，再分別加入 2 mL 之黃豆及 1 mL 之商用消泡劑，觀測泡沫高度，設為 h(o) 及 h(d)。消泡效率可以 $(H - h) / H \times 100\%$ 表示之。

三、結果與討論

(一) 信仰紙之生產流程及用水情形

1. 製漿過程採冷鹼法 (cold soda process)，即將各種竹材如麻竹、綠竹、刺竹、桂竹及孟宗竹等之廢料和劣竹壓潰或打片後置於大型之浸漬池槽中，加入濃度約 12% 之苛性鈉，浸漬 7 至 10 日，待竹片軟化後，抽除色澤已呈黑色之殘液，復以清水浸洗竹片後用以製漿。製漿過程一般先將浸軟之竹片放入打漿機 (Hollander beater) 中解纖，每次處理約需 2 小時。打漿時並加注清水，利用洗鼓 (washing drum) 洗滌竹漿。打漿完畢後，用漿泵將竹漿抽出，暫儲儲漿槽中或直接以盤磨機 (disc refiner) 研磨，泵入抄紙機漿槽中，隨即由圓網抄紙機抄造為連續之紙匹，經烘缸烘乾後捲為紙筒即完成初段之成品。下游廠商再將成紙切割、加蓋印符、黏貼金箔後即成為市售之信仰紙。

2. 用水情形：頂林合作社紙廠之用水均由唧取之地下水供應。浸漬竹片之鹹液係向廠商購入濃度約 45% 之氫氧化鈉溶液，摻合清水後供用。首次浸漬後，殘留液之殘鹼含量仍高，常混入新鮮鹹液再予利用。循環二次後與浸洗竹片之廢水混合，間歇性排放，以其水呈黑色，以黑液稱之，為第一部分廢水 (廢水 A)。黑液中含多量溶出之木質素及其他有機成分、金屬離子及高 pH 值 (常超過 9)，雖然其相對量不大，但頗難處理。打漿時由洗鼓溢流來之洗漿水為第二部分之廢水 (廢水 B) 抄紙時有大量白水滲溢與沖洗圓網機毛毯之洗毯水混合後排放，此為第三部分之廢水 (廢水 C)。又於製程中，在打漿時常添加粉末狀橙色著色劑鹽基性芥黃 (auramine O) 以及黃豆油 (劣質、色呈黑褐之植物油) 於漿料中。前者用以增強紙之色澤，後者用作打漿時之消泡劑及抄紙時使紙匹得以順利貼著於烘缸上。

頂林合作社目前之生產及用水流程可以圖 1 表示之。

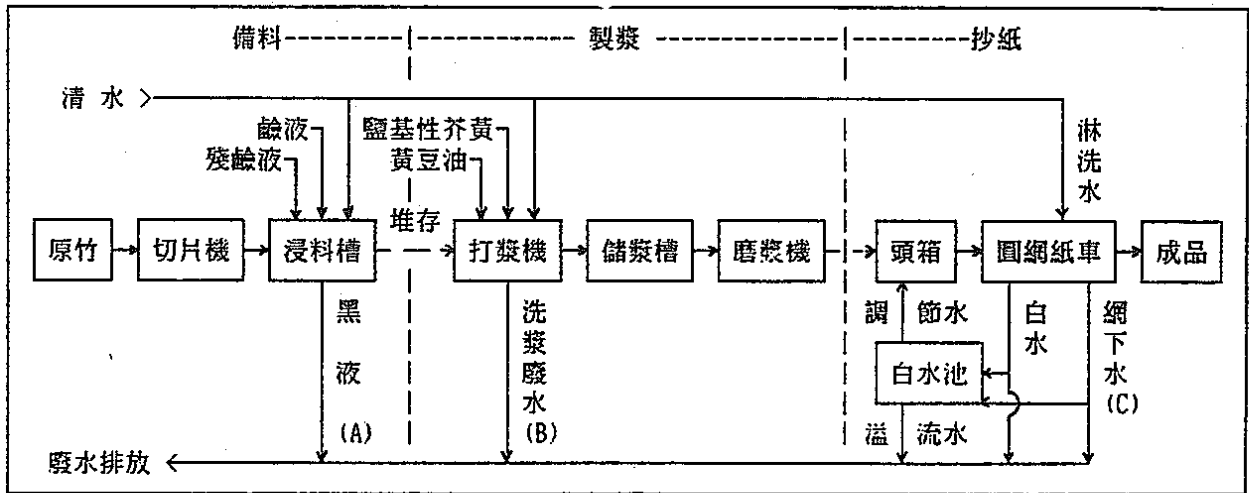


圖 1. 信仰紙之生產及用水流程。
 Fig. 1. Flow chart of joss paper production and water uses.

三、信仰紙廠廢水處理芻議

在瞭解信仰紙廠之生產及用水後，即可對其廢水處理著手研究規畫。進行步驟，首先在改善製程，減少不必要之用水，使預防重於治療，減少廢水發生，則需要處理之水量減少，處理規模自可縮小，費用亦省。其次，調查工廠廢水排放情形，流量變化。再採集水樣，進行廢水之水質分析以瞭解廢水水質之特性，及污染負荷。並就廢水試樣進行模擬處理試驗，比較不同處理方法或使用藥劑份量之效果優劣，以決定適當的處理方法。最後作廢水處理方式之考量及處理設施之大體規畫，供廢水處理工程公司參考，據以作細部設計、施工。

1. 製程改善

目前該廠（其他同類紙廠亦然）製造信仰紙之流程有許多不合理或效率低落之操作，造成用水及能源消耗增加，廢水水量及處理難度也因而增加。改善方案有治本及治標兩途。

治本之道在提高製漿效率，採用高溫高壓連續蒸煮半化學機械製漿法，取代以打漿機散漿，則收率及產量可大幅提升，而能源消耗及廢水水量均可減少。此法初期投資額頗高，但以製成成本減低，市場競爭力提高，長遠較為有利，並且所產之竹漿品質較高，可作其他紙類使用。以上與朱志耀氏(7)所提之神紙改善方案及農委會(8)為該廠所定之轉生產毛邊紙及宣紙漿料遠程發展目標吻合。最理想之

狀況是在原料、水源供應充沛地點集中設立大型竹漿廠，將生產之漿料供應中下游紙廠抄造信仰紙。如此製漿廢水可集中處理，減少污染源，增強污染防治效果。（註）目前在雲林縣古坑鄉已有由經濟部污染防治輔導小組設置之信仰紙廠聯合污水處理廠。

治標方法則在用水合理化，例如添加物鹽基性芥黃具有生物毒性，會對生物法汙水處理產生不利影響，應設法增加染料之吸著 (dye retention)，以減少其流失量或以其他較安全染色劑取代之；黃豆油則是一種過時的傳統添加劑，流失之黃豆油會黏著於機件及抄紙毛毯上，形成積垢及黏塊 (slime)，減低機械運轉效果，或需以大量清水沖洗毛毯，增加用水量及排放水中難處理之油脂類污染負荷，均宜以效果佳，用量少之合成消泡劑及貼缸劑取代；此外微細纖維隨洗漿水大量流失，不但增加廢水中之懸浮物，且減少收率；打漿後未經篩漿即以盤磨機研磨，以致粗渣過多，浪費動力，損耗機件；白水未能有效回收而大量溢流等問題，均可以增加篩網、微纖維回收機及白水回收機等少量投資而大幅改進。預期改善製程可減少用水至每天一千五百立方米以內，而廢水之污染負荷則保持大致相同或稍增。在此改善方案施行後之預定用水流程如圖 2 所示。

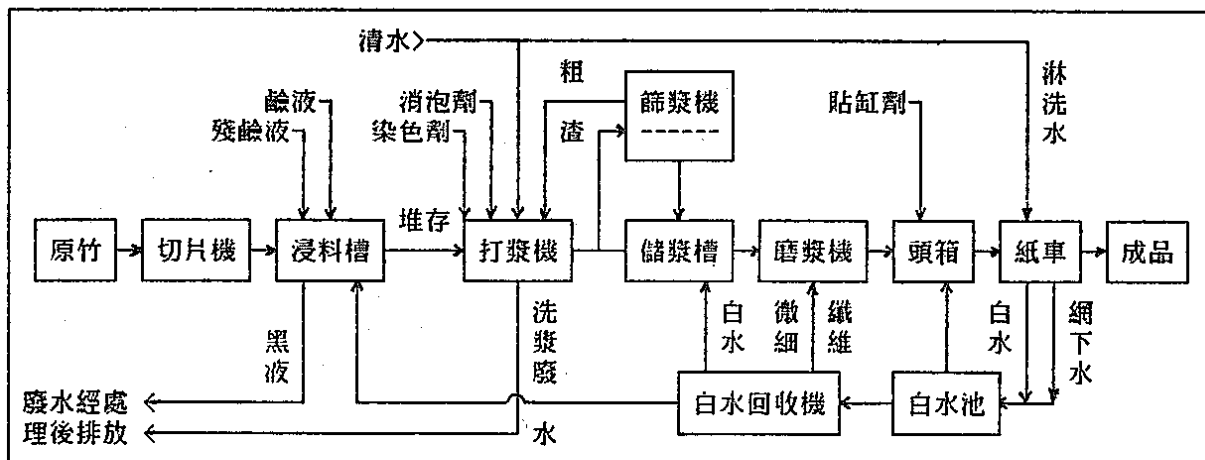


圖 2 頂林合作社改善後之生產及用水流程
 Fig. 2. Proposed flow chart for improved water uses.

調查廢水排放情形應進行相當時間(9)，以瞭解水量及水質之變化。但該廠抽取地下水因未設水錶，無法確知進水量。而流速/流量計在計畫期間又未能取得，以致無法實測。唯該廠在連續運轉狀況時採三班制，放流水流量尚稱穩定，而由抄紙廢水放流口以馬錶測得之瞬間流量估算，該廠每日實際

排水量約為二千立方米 (CMD) 左右。冬季枯水期時地下水水源供應不足該廠即減少班數。

2. 水質分析

頂林合作社紙廠排放之黑液 (A) 水質測試結果如表 1。

表 1. 頂林合作社紙廠浸漿黑液之水質。
 Table 1. Analyses of a joss paper mill black liquor.

取樣次數 (Sample no.)	1	2	3+	4*
水質 (Water quality)				
酸鹼度 pH	12.5	12.7	12.4	13.6
總固體量 TS mg/L	20,700	18,000	21,250	14,300
化學需氧量 COD mg/L	12,000	10,000	10,650	4,640
懸浮固體 SS mg/L	573	343	1,955	...
密度 Density g/mL	1.010

+ 廠商測試之結果(10)。

* 此次所取之黑液，尚用於循環浸漬，未及排放。

因浸料每次需時約 7 至 10 日，視冬夏氣溫而變，該廠浸漬池浸料後殘存之黑液，在循環使用後亦按同樣週期間歇性抽唧排放。由表 1 可知黑液中溶解之有機成分含量 (COD) 甚高，仍具強鹼性，滴定結果，相當於 0.028 N 之氫氧化鈉。以往處理方

式係以大量作業廢水與之摻合，使水色不致過於污濁，即予排放。僅就廢水處理而言，減少污水量，提高待處理污水之濃度，而非稀釋之，方為允當 (11)。因此黑液應盡量分別處理，不與抄紙及打漿廢水混合後處理。另就黑液之經濟價值而言，如以

超過濾 (ultrafiltration) 法處理，即將廢水加壓經有特定微細篩孔之薄膜濾過，使水與無機化合物及有機溶質分離回收，更可同時解決水污染問題並抽取有用資源。黑液之有機溶質中所含之木質素可由超過濾後之濃稠液以調整 pH 值之方法沉澱分離。包括竹類在內之單子葉植物之木質素富含對一羥基苯基丙烷 (p-hydroxyphenylpropane) 單體，化學反應性佳，適合作聚酚類 (polyphenols) 之替代物。惟目前超過濾設備成本高，效果及經濟效益

不明，尚不宜冒然採用。

抄紙廢水 (B + C) 之水質除本所於計畫初期曾採樣測得之數據外，歷次環保單位檢查結果以及中興大學張豐吉教授所測之結果例於表 2。由於廢水採樣地點之差異，從總排放口採得之水樣有時亦混有少量黑液 (廢水 A)，使其 pH 及 COD 值呈異常增加，廢水中懸浮固體物 (SS) 含量較高，往往是因含有微細纖維及其他膠體狀顆粒。

表 2 本所測得之頂林合作社抄紙廢水水質分析結果。
Table 2. Process effluent water quality of a joss paper mill.

取 樣 日 期 (Sampling date)	76. 9. 2	77. 12. 22
水 質 (Water quality)		
酸鹼度 pH	6.98	6.92
懸浮固體 SS mg/L	352	324
化學需氧量 COD mg/L	480	523
濁 度 Turbidity NTU	630	125

表 2A. 環保單位測得之頂林合作社抄紙廢水水質。
Table 2A. Effluent quality of the same joss Paper mill measured by Environmental Protection Agency.

日 期 Date	年(Y) 月(M) 日(D)	72 12 15	73 7 5	74 1 30	74 3 27	75 1 15	75 2 25	75 5 21	76 3 19	76 6 24
水 質 Quality										
酸鹼度 pH		7.4	6.7	6.9	6.6	7.2	7.6	6.3	9.8	—
懸浮固體 SS mg/L		74	112	500	620	88	94	180	490	224
生物需氧量 BOD mg/L		289	202	237	680	285	323	390	1050	7.5?
化學需氧量 COD mg/L		642	496	997	1040	761	850	—	—	24?

表 2B. 中興大學張豐吉教授測得之頂林合作社抄紙廢水水質(12)。
Table 2B. Effluent quality of the same joss Paper mill measured by Prof. Chang of National Chung-Hsing University.

日 期 Date (Y/M/D)	75/9/13	75/10/16	75/11/22	75/12/18	75/12/31	76/2/3	76/3/3
水 質 Water quality							
酸鹼度 pH	6.43	7.26	8.00	7.95	7.52	7.50	7.49
懸浮固體 SS mg/L	500	550	390	300	360	330	370
化學需氧量 COD mg/L	—	—	—	660	1150	1090	1215
濁 度 Turbidity NTU	—	—	—	172	198	218	230

行政院衛生署於民國七十六年五月公佈施行之紙漿業之放流水污染物含量容許上限是：pH 5—9，COD值300以下，生化需氧量 (BOD) 值80以下，SS值200以下 (13)。顯然該廠之廢水除pH值之外，其他項目鮮有合格者，並且水質常有變化。水質不穩定之原因在於浸漬竹片之池槽為分批式 (batch) 操作，廢水 A 呈間歇性排放；洗漿水 B 溢流亦隨打漿機之操作階段而不規則；僅抄紙機溢流白水 C 較為安定。此外洗鼓操作效率，不定量添加之黃豆油及鹽基性芥黃等變數均導致水質之變異。

3. 模擬試驗

廢水水樣之 jar test 試驗，用以決定如採化學處理時適合之凝集劑及助凝劑種類與用量。

(1) 凝集劑：通常凝集劑加入水中後，因水解而成帶電荷之膠體，可中和各具同性表面電荷之污染粒子，使之凝聚，而有利於其去除。測試結果顯示 PAC 之效果最佳，需用量少；alum 亦可，唯其相同效果之用量須較 PAC 約大 5—10 倍。兩者之價格差異亦有數倍，故可考慮互相替代。凝集劑單獨施用之沉降效果有欠理想，通常須與少量之助凝劑共用。凝集劑之最適用量隨廢水水質、要求處理程度、膠羽大小、穩定度及沉降時間而異。本次試驗 PAC 之用量在 10—500 ppm 之間，對混合廢水而言，PAC 之用量在 100 ppm 以內即已足夠。

(2) 助凝劑：測試了各色聚合物助凝劑計 14 種，

其品名，性質如下：

- | | |
|--------------|------|
| ① 培芝1110 | 陰離子性 |
| ② 培芝1130 | 陰離子性 |
| ③ 星南N107 | 非離子性 |
| ④ 協明AP436 | |
| ⑤ 化南2530 | |
| ⑥ 開廣 | 陰離子性 |
| ⑦ 開廣 | 非離子性 |
| ⑧ 聚益NPCOD | 非離子性 |
| ⑨ 中原#2 | 非離子性 |
| ⑩ 敬業SS131 Y | 陰離子性 |
| ⑪ 敬業SS120 | |
| ⑫ 敬業SS200 H | |
| ⑬ 敬業SS500 | |
| ⑭ Mafloc 900 | |

篩試結果，於 100 mL，pH 6.73，SS 值 352 mg/L，濁度 630 NTU 之混合廢水中添加 100 mg/L 之 PAC 及 0.5 mg/L 之助凝劑，結果以培芝 1130、敬業 SS120、星南 N107 及 Mafloc 900 等之效果較佳。表 3 顯示 jar test 之部份結果。助凝劑之配方屬商業機密，通常不得而知，一般多為長鏈聚合物並含不同極性之官能基，經由中和電性、攪繞 (entanglement) 及架橋等作用使細微膠羽集合成大型膠羽，增快其沉降或浮除之速度。

表 3. 混合廢水 jar test 結果；使用凝集劑 PAC 100 ppm，助凝劑 0.5 ppm；膠羽沉降速度以澄清液界面下移至容器刻度所需時間表示。

Table 3. Jar test results of mixed effluent treated with 100 ppm of PAC and a variety of coagulant aids at 0.5 ppm conc.

助凝劑 Coag. aid	敬業 SS120	星南 N107	培芝 1130	Mafloc 900
膠羽大小 Floc size	大L	大L	中M	中M
沉 80 mL	54"	56"	1'19"	1'20"
降 60 mL	1'52"	1'50"	2'29"	2'19"
速 40 mL	3'49"	3'30"	4'33"	3'14"
度 20 mL	5'22"	5'15"	6'41"	5'31"
最終	7'33"	7'11"	9'37"	8'29"
膠羽體積 Floc vol. mL	4.5	3.5	4.5	3.2
處理後濁度 Turb. NTU	7.5	17.0	4.3	22.5
處理後之酸鹼度 pH	8.15	8.17	8.56	8.52
沉降後總固體量 TS mg/L	630	451	500	418

純就經濟觀點而言，處理廢水添加之化學藥劑是愈省愈好，減少凝集劑用量而增加水力留置時間，即增大處理池槽，在一定範圍內可獲得相等之結果。上表顯示經化學處理後，廢水之清澈度大幅改善，沉降後可濾過之固態物亦增加。廢水之COD值亦降低甚多，唯因試驗進行時尚未有COD測試儀，以指示劑法所測得之數值(10 ppm)似乎偏低。另就廠商(14)所作試驗，在最適化學處理條件浮除處理後，該廠廢水之BOD由825降至185，去除率將近百分之八十，但仍不合排放標準，需要考慮後段處理。

消泡試驗為一粗略試驗，結果顯示添加1% v/v黃豆油有58%之消泡作用，而0.5% v/v之商用消泡劑則有78%之消泡作用。本試驗未作最適劑量及經濟性評估。唯於製程中去除黃豆油，以減少污染源，並使紙機、紙品清潔乃為信仰紙生產合理化必須採行之措施。

4. 廢水處理規畫

(1) 處理方法抉擇

得悉紙廠之水質變異情形，以及考量紙漿業一般採用之廢水設施後，本研究小組認為信仰紙廠廢水之處理方向宜採化學處理，再配合其他三級處理以達到放流水標準。生物處理法如活性污泥、曝氣池及厭氣發酵槽等一般需較大之土地面積，較久之水力停留時間(HRT)，操作變數多。該廠抄紙產程所用之鹽基性芥黃隨廢水流失亦可能對水中微生物有毒害，不利生物法之施行。生物處理法用於後

段則較合適。化學處理法具有需地面積較小，管理較易，效果較穩定等優點，但經年累月施用藥品，費用也頗可觀。加入化學藥劑後廢水可予靜置，使污染物膠羽沉澱後由沉澱池底部刮除或通入大量細氣泡，使膠羽浮於表面而去除。參考退除役官兵輔導委員會台北紙廠等之廢水處理場等設施後，評鑑以浮除法之效率高，佔地省，較為合宜。廢水處理之經常費用，以台北紙廠為例約需每噸4元(20,000元/日，5,000噸/日容量)。

(2) 廢水處理原則考量

歸納頂林合作社紙廠之廢水處理需求為：

①該廠廢水主要來源是抄紙及洗漿廢水，主要污染成分為SS、BOD及COD等。

②廢水處理之設計容量為2000 CMD，一天24小時操作。

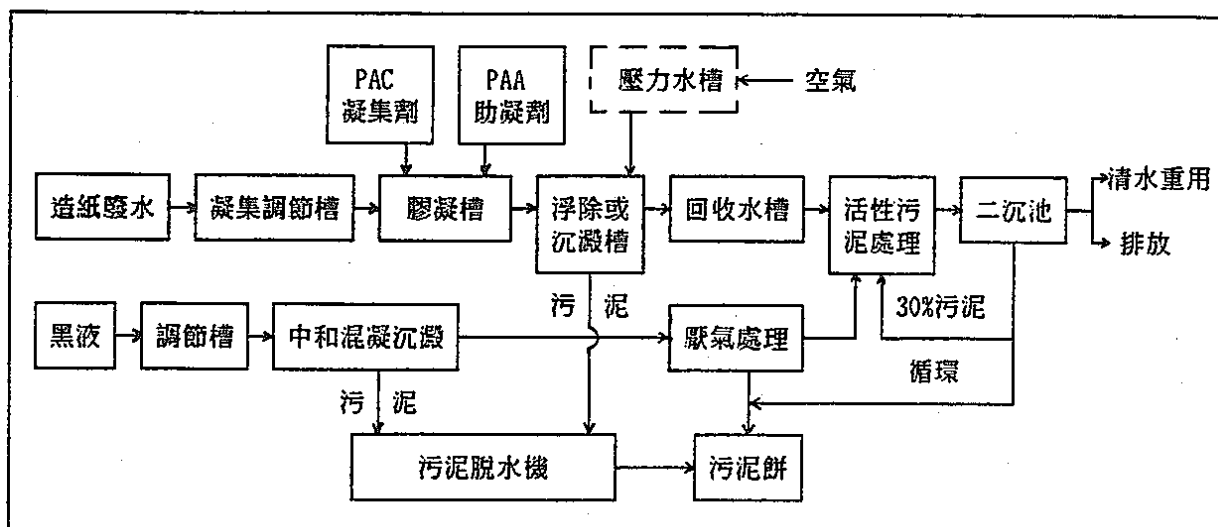
③黑液濃度高，水量不多而性質特殊，應保持單獨處理，避免與其他廢水混合。宜經高效厭氣處理後再併入活性污泥處理。厭氣處理產生之甲烷廢氣可供補充能源之用。

④抄紙廢水以加藥浮除處理為主，輔以活性污泥及沉澱處理。

⑤污泥應經脫水處理，泥餅並應妥善處理以免產生二次公害。

(3) 廢水處理流程

按照上述原則，各段處理之預期效率以及處理目標，規畫處理流程。圖3為改善後之廢水處理流程。



圖三 頂林合作社紙廠廢水處理流程規畫。

Fig. 3. The proposed effluent treatment plan for a joss paper mill.

(三) 廢水處理工程

頂林合作社於七十七年度獲農委會補助三百萬元，加上自籌配合款七百二十萬元及南投縣政府補助款八十萬元，總計編列一千一百萬元預算進行此項廢水處理工程。本所臨危受命，原定至少以半年時間作水質分析、模擬試驗，另半年收集資料作設計規畫。但該廠在省環保局壓力下，必需於七十六年九月底提出設計規畫書，本研究小組在甚為迫促情況下勉力完成任務。依照此一規畫，合作社於七十七年元月辦理工程招標，但以參加投標廠商不足，發生流標。第二次招標於五月底完成，事前該社將二件應徵之工程設計標送本所審察，針對處理流程及細部設計之優劣，提出參考意見供該社抉擇。開標後由三大開發股份有限公司得標，隨即簽約，預定以一百八十個工作天完成工程。工程已於七十八年三月完工驗收，目前正展開試車，實際操作效率及操作條件等，則為將來研究探討之項目。

四、結論

(一) 信仰紙廠以廢竹材生產成品，每噸產品約造成100至200噸廢水。廢水之懸浮固體物、生化需氧量及化學需氧量未經處理均不合排放標準。

(二) 信仰紙產程中所生之廢水主要分浸漿廢黑液及洗漿抄紙廢白水二類。黑液產生之量少、濃度高並呈鹼性；抄造廢水則量大，濃度低，兩者性質不同，應分別處理。

(三) 模擬試驗結果顯示信仰紙廠之廢水可以添加化學藥劑，尤其是凝集劑及助凝劑，而達到澄清之效果。證諸其他紙廠目前操作中之加藥浮除或沉澱處理設備之功效，信仰紙廠之廢水應可採用相似之前段處理配合適當之三級處理而達放流水標準。

(四) 農委會補助南投縣竹山鎮頂林林業生產合作社信仰紙廠，本所協助分析規畫之廢水處理工程已施工完畢，如果一切順利，可望成為同類工廠之楷

模。

引用文獻

- 蔡元冲 1982 造紙工業污染防治發展近況 工業污染防治 1(1): 115-118。
- 周文彥 1982 黑液回收與污染防治 工業污染防治 1(4): 31-36。
- 玉純益 1982 硫酸鹽紙漿廠污染防治與能源節約 工業污染防治 1(4): 166-172。
- 林宏瑞、黃振隆 1984 淺談現有造紙工業廢水處理 工業污染防治 3(4): 157-172。
- 朱志耀 1988 神紙之製程及改善方案(未發表)。
- 農委會 1985 改善農業結構提高農民所得方案…林產加工利用新技術之示範…利用廢竹材製造紙漿示範廠增添設備。
- 李公哲 1982 工業廢水處理技術(一) 工業污染防治 1(1): 53-68。
- 豐有工程股份有限公司 1988 頂林林業生產合作社紙廠廢水處理工程規畫書。
- 許慶雲 1982 從製程改善以減少紙業廢水並提高資源利用率 工業污染防治 1(4): 20-30。
- 張豐吉 1987 頂林合作社紙廠放流水水質分析(未發表)。
- 衛生署 1987 放流水標準 衛署環字第654798號令 工業污染防治 6(1): 218-222。
- 三大開發股份有限公司 1988 頂林林業生產合作社製紙廠紙漿廢水處理工程建議書。
- Calberg, E.E., A. Kringstad, K. Martinsen, and O. Nashaug 1987 Environmental impact of organochlorine compounds discharged from the pulp and paper industry. Paperi ja Puu 1987(4): 337-341。
- Wong, A., T. Tenn, J. Dorica, and S. Prahacs 1977 Detoxification and decolorization of kraft pulp mill effluents using activated carbon. Pulp Paper Canada 78(4): T74-T79。