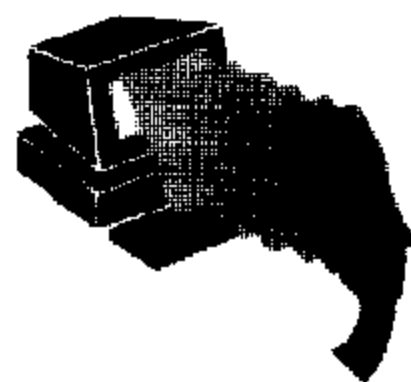




# 紙廠用水之邁向零排放

許慶雲

於注意全球生態平衡之今日，造紙業勢須走向減少用水、減少排放，甚至以零排放為目標之經營方式。本文介紹用水零排放之定義，何以需要、發展情形及如何推行。文末並列出一建議閱讀之參考資料索引，使讀者能查閱，進一步瞭解國外同業所採措施及成效而提高信心。文中並指出克服心理障礙及持之以恆之重要性。希望藉此能珍惜符合永續經營之條件，加速我國造紙工業用水之零排放工作以盡對社會之責任之一部分。

## 前言

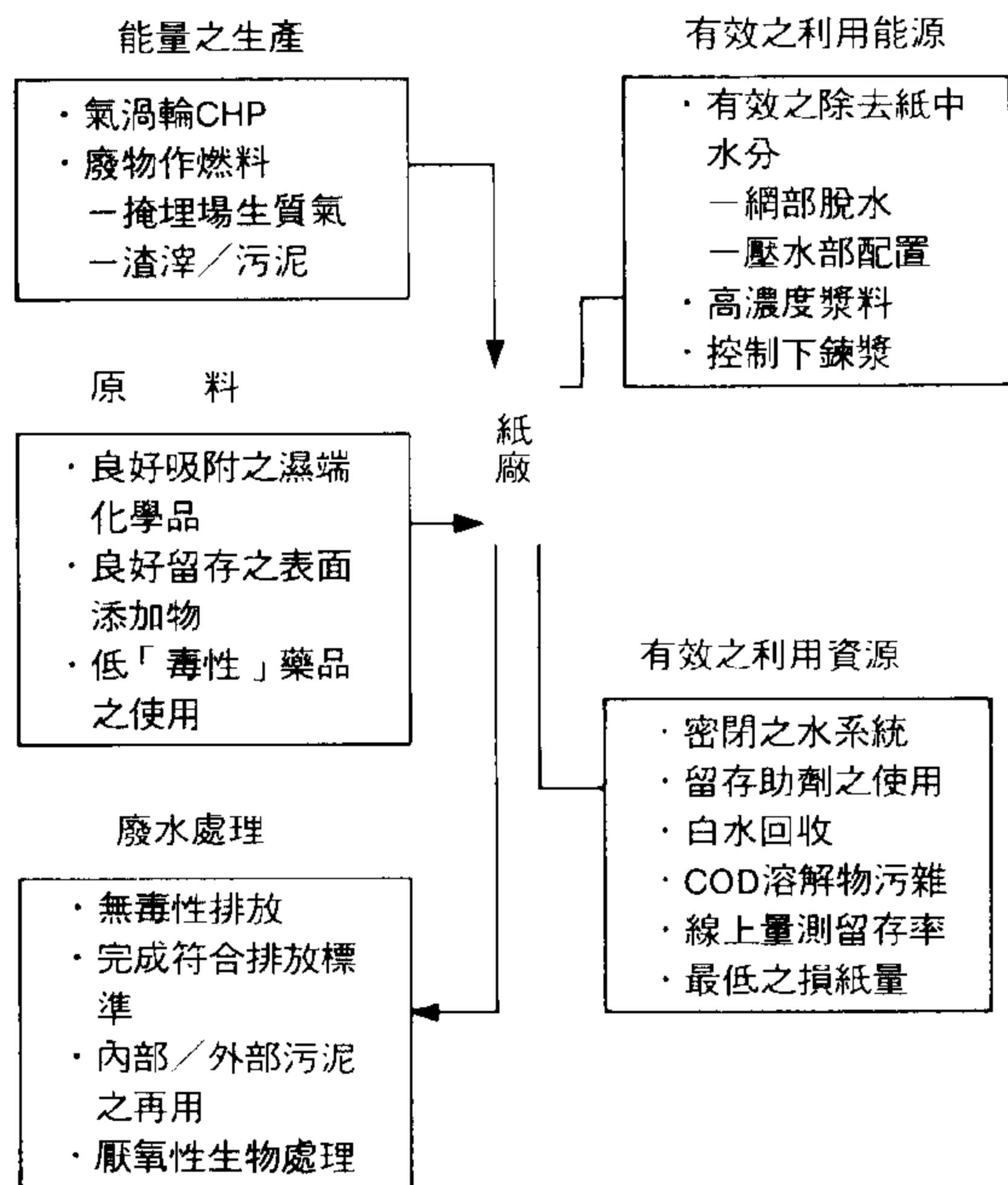
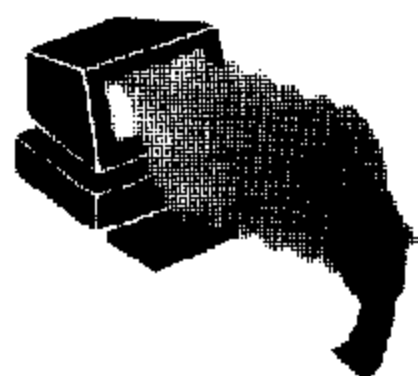
世界各國為顧及地球能永遠適於人類過適當之生活，經數10年之努力，現已演進至要求製造業以永續經營為目標，藉程序、產品及服務，應用整合性及預防性之環境策略對資源利用效率予以增進，以減低人類及環境受傷害之機會。製造業遂由早期之注意廢水管末處理之單純治理工作進而改善製程以減少廢物乃至「清潔生產」。整體上則節約資源與能源，避免使用毒性原料及降低排放物之量及毒性。且自原料取得至最終處理之生命週期中求產品及過程對環境、健康及安全之衝擊減至最小。造紙工業係一原料可以更生、產品可以大部分回收後經處理而回用之工業。且纖維原料之各種植

物於生長過程中吸收之二氧化碳足以抵消製程需用能源所放出者，使造紙工業成為對全球二氧化碳不會增加工業之一。因之係最符永續經營條件之工業。但以往之努力稍嫌不足而致多年來以用水多，用能源多與廢料多而為人詬病。然近二、三十年之改進亦已漸可達清潔生產之境界。

我國造紙工業於此一方面之起步較遲且緩，以圖1<sup>(1)</sup>所示造紙廠清潔生產技術面應予推行之要點，業界於此一方面之發展空間頗多，而任何改進工作初期之投入，所獲成就較高。台灣地區水資源不足，設先就用水朝零排放之密閉化予以進行，當可迅速見效，並改善社會對造紙業之形象。

本報告中對零排放之定義，何以需要發展





Webb, L: PPI.34(5)=66(1992年5月)

圖1 造紙廠清潔生產技術<sup>(1)</sup>

、做法、效益及可能遭遇之問題與其解除之方法等予以討論。文末附列建議閱讀之參考資料索引，使讀者能查閱而進一步瞭解國外紙業所採措施及成效而增信心。

## 零排放之定義<sup>(2)</sup>

零排放 (zero discharge) 為化學製造工業目前追求清潔生產時用水部分必須考慮之問題。能達到時，不僅無虞廢水排放問題，且消除廢水帶有毒性物質之疑義。但零排放之定義常因場合或觀點不同而異。其中：

1. 製造業排放之廢水中不含若干須優先排除之污染質或毒性物質。
2. 指製造業無廢水自製造場所排出，所有廢水經二級甚至三級處理後予以蒸發。所得蒸餘殘物可藉焚化或掩埋予以處理。
3. 為1與2之折中說法。指可以容許少量廢水排放，但要「安全」，經三級處理(包括消毒及

去氯等)之廢水除供製程回用外並可達供給休閒場所、池塘、河流之標準。對造紙工廠言，認為以第三種定義略加修正後較為合適。因造紙工業用水量多係不爭之事實，且廢水經處理後因溶解物關係，縱使無害，亦不宜供休閒場所等使用。故擬議為：「廢水之能直接使用者循環再用；不能直接再用部份經處理至製程可用程度予以回用而達實質上無水排放之零排境界」。

然應加說明者，零排放並非不用新清水，而祇是用量僅限於補足蒸發量，污泥等帶走量及少量必要之用水。亦即如圖2所示構想。

## 何以要達到零排放

如引言中所述，社會對環境污染及資源利用日益重視，對於廢水(即使經處理而合乎規定者)之排放極為重視，因之要求達零排放，亦即用水完全密閉化，其原因可歸納為：

1. 水源之日益減少，用水不能予取予求。
2. 廢水排入受體無法接受排放(量與質)。
3. 排放廢水品質上要求日嚴。
4. 人們對生態之注意。
5. 經濟因素：如若干國家對合格廢水仍按量收費，及減少廢水常兼收減少污泥之效。
6. 睦鄰。

## 紙業廢水零排放之發展

紙廠向被視為用水多之工業，但基於內／外在原因，自西元1940年代即注意用水之減少而大幅改進。至1960年代，藉白水回收等技巧更使每噸產品用水量可降至50m<sup>3</sup>以下。若干紙廠則進一步朝廢水零排放之目標努力。以美國Green Bay Packaging公司為例，該廠早於西元1974年即達用水密閉化之程度。至1991年起改為全部用OCC作為原料，用水除真空泵冷卻水另行分開外，仍能維持密閉化之原則。而該



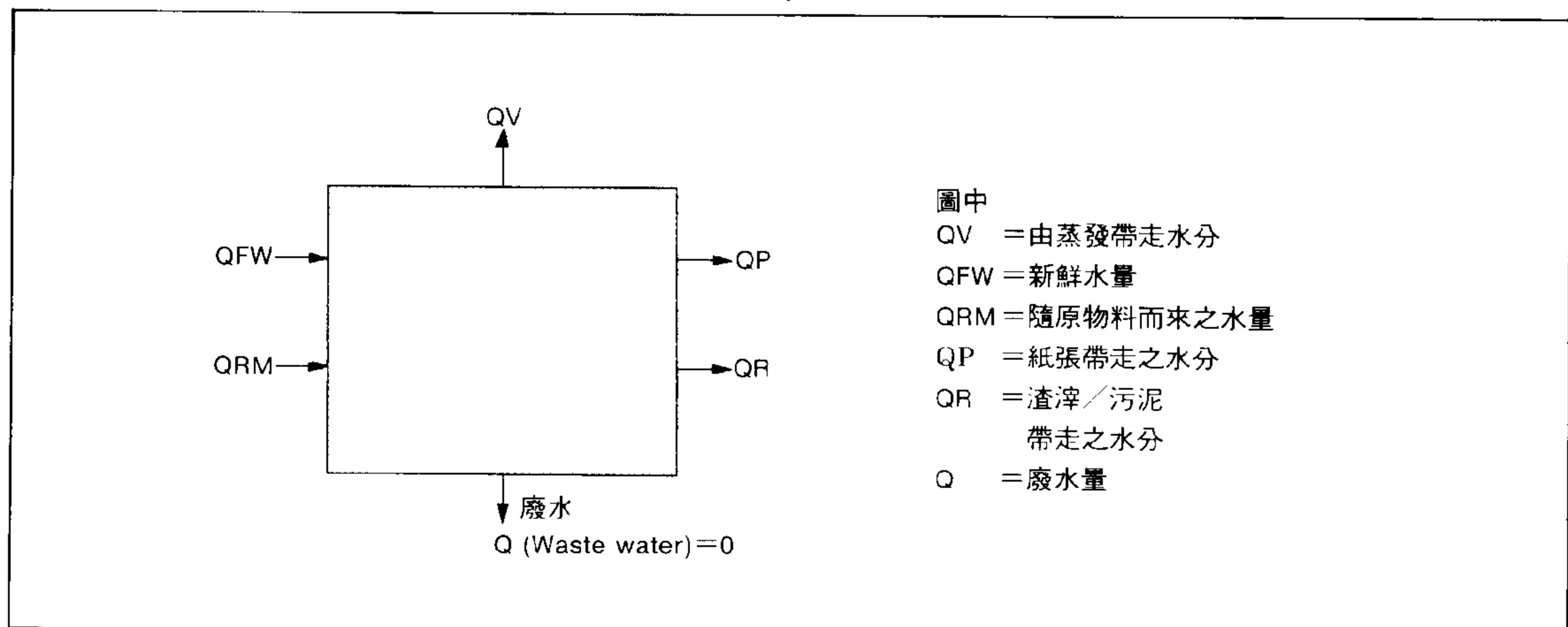
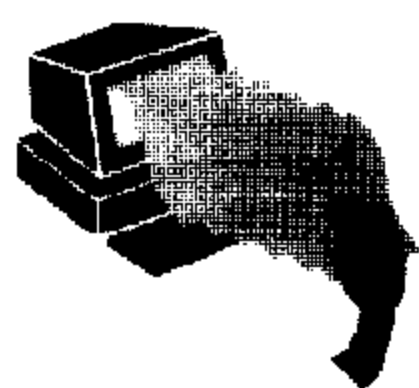


圖2 無排放廢水水平衡之構想

廠正繼續改進以冀此一冷卻水亦不用新清水而達完全無排水之境界<sup>(3)</sup>。

1973年～1975年間年至尚有下列紙廠達到廢水零排水之程度：

1. Schmidt & Ault公司之York廠<sup>(4) (9)</sup>
2. 英國TPT公司Romiley廠及Stainland廠<sup>(5) (9)</sup>
3. 美國Big Chief Roofing Co., (1975)<sup>(4)</sup>

此後陸續發表用水全密閉之紙廠尚有：

1. 德國Gissler & Pass廠(1979/1980)<sup>(7) (9)</sup>
2. 美國Hennepin公司(1990/1991)<sup>(8) (9)</sup>

以上各廠報告之原始資料分別參見(4)～(8)各資料。其中四家並曾於資料(9)中摘要刊出。

又北美近5年所設15家小型紙廠(mini-mill)中9家即按用水密閉化設計<sup>(10)</sup>。

此外美國Tappi雜誌曾報導對美、加兩國25家廢紙回用再製紙板紙廠用水密閉化所作調查之結果<sup>(10)</sup>，可見歐美紙廠已達零排放之紙廠為數已甚多。

## 達到紙業用水零排放之原則性方法

亦如引言中所述，目前祇做到「減廢」及減

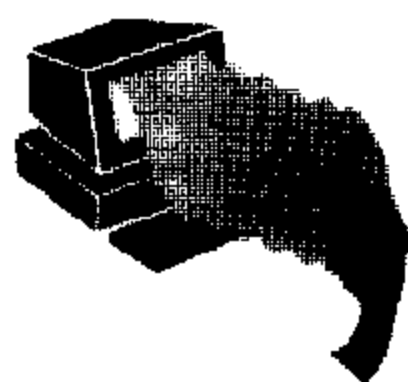
少用水已不能符合社會之要求，而須達到固、水及氣三方面均零排放之程度。因台灣地區目前祇二家漿廠，故本報告將僅就造紙廠用水之如何達到零排放予以討論。其基本構想如圖2所示。在製程中，則一如「減廢」工作之原則，首重減少發生(minimum generation)，發生後應就其性質作適當之隔離(segregation)，隔離後分別設法再用與回用(reuse/recycle)，再經處理後清除(disposal)。但對用水言，最後清除之量以「零」為目標。

其因處理而得以之滓與污泥之清除，以氣化後所得氣體作燃料、乾餾、焚化、撒播、堆肥等能有所貢獻或收益之利用為優先，而以掩埋為最不得已之措施。

推行用水全密閉之基本原則為：

1. 藉消除或減少用水量以降低總水量。
  2. 新清水祇限緊要關係之處所。
  3. 徹底實行隔離，再用與回用。
  4. 含污雜物程度輕廢水，儘量直接用於會排出含污雜物較多廢水之設備，漸次推移。
  5. 設置足夠緩衝及承受起伏(surge)之儲槽。
  6. 流程與設備之慎重安排與選擇。
  7. 人員充分訓練並達成共識以克服心理障礙。
- 至於紙廠製程各段應予注意之原則<sup>(11)</sup>如下：





## 1. 漿料製備系統

儘量利用未經處理之白水，減少損失、減少用水之起伏，及提高效率。

## 2. 供漿系統

紙機多餘白水之有效利用及足夠之儲存容量。

## 3. 紙機網部—降低白水濃度及多餘量

(1) 藉濕端化學、改進留存與控制，並維持添加量於最低有效用量。

(2) 藉抄網設計之改進，增加物理性留存。

(3) 良好之白水管理設計。

## 4. 伏轆坑與壓水部坑

(1) 保持白水系統之穩定性。

(2) 減少白水中浮懸物濃度之變動。

(3) 勿使多餘白水溢流。

## 5. 損紙系統

(1) 減少溢流之發生與量之起伏。

(2) 注意換抄時之配合。

## 6. 真空系統

(1) 採用澄清白水代替新清水。

(2) 封緘水循環再用以減少新清水之用量。

## 7. 噴淋水系統—最能幫助達到減少用水之部門，同時亦為最容易發生超量用水之部門。

(1) 祇非用新清水不可之處所用新清水。但仍要注意其用量之合理；

(2) 注意噴淋嘴之選擇及裝置位置；

(3) 注意運轉正常時可停用位置之噴淋水之用／停；

(4) 白水儲槽與起伏(緩衝)槽及管路之設計。

## 8. 廢水處理

(1) 儘量使浮懸物於進入廢水系統前分離回用。

(2) 廢水處理系統對TSS之去除再予注意。

(3) 按機械／化學、生物(厭氣及好氣)，及三級處理(薄膜技術：包括逆滲析、微過濾、超微過濾等，以兼行除去一部分溶解物質)。

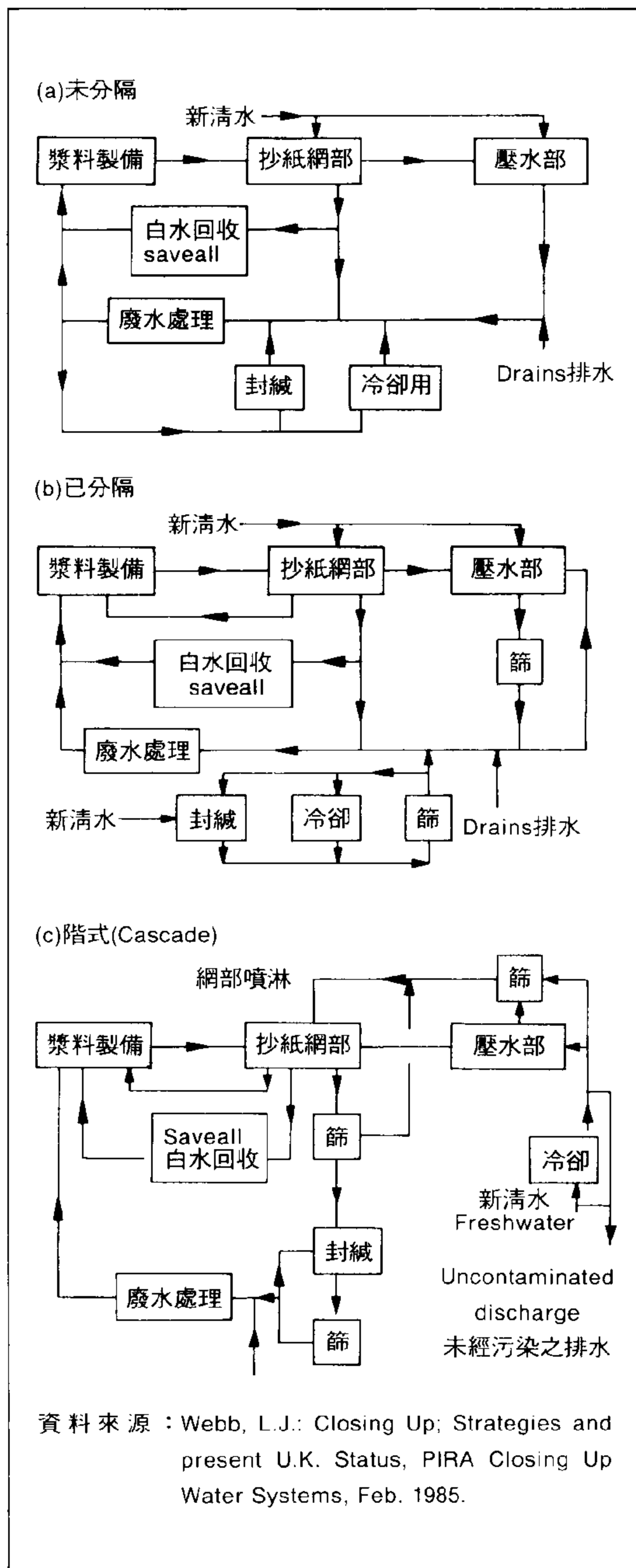
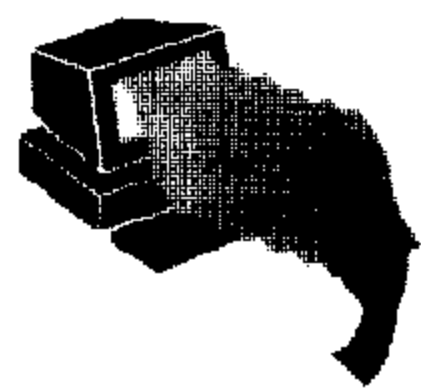


圖3 紙與紙板廠廢水再用／回用之不同程序

除上述紙機各段應注意事項外，應維持全系統之穩定與控制。

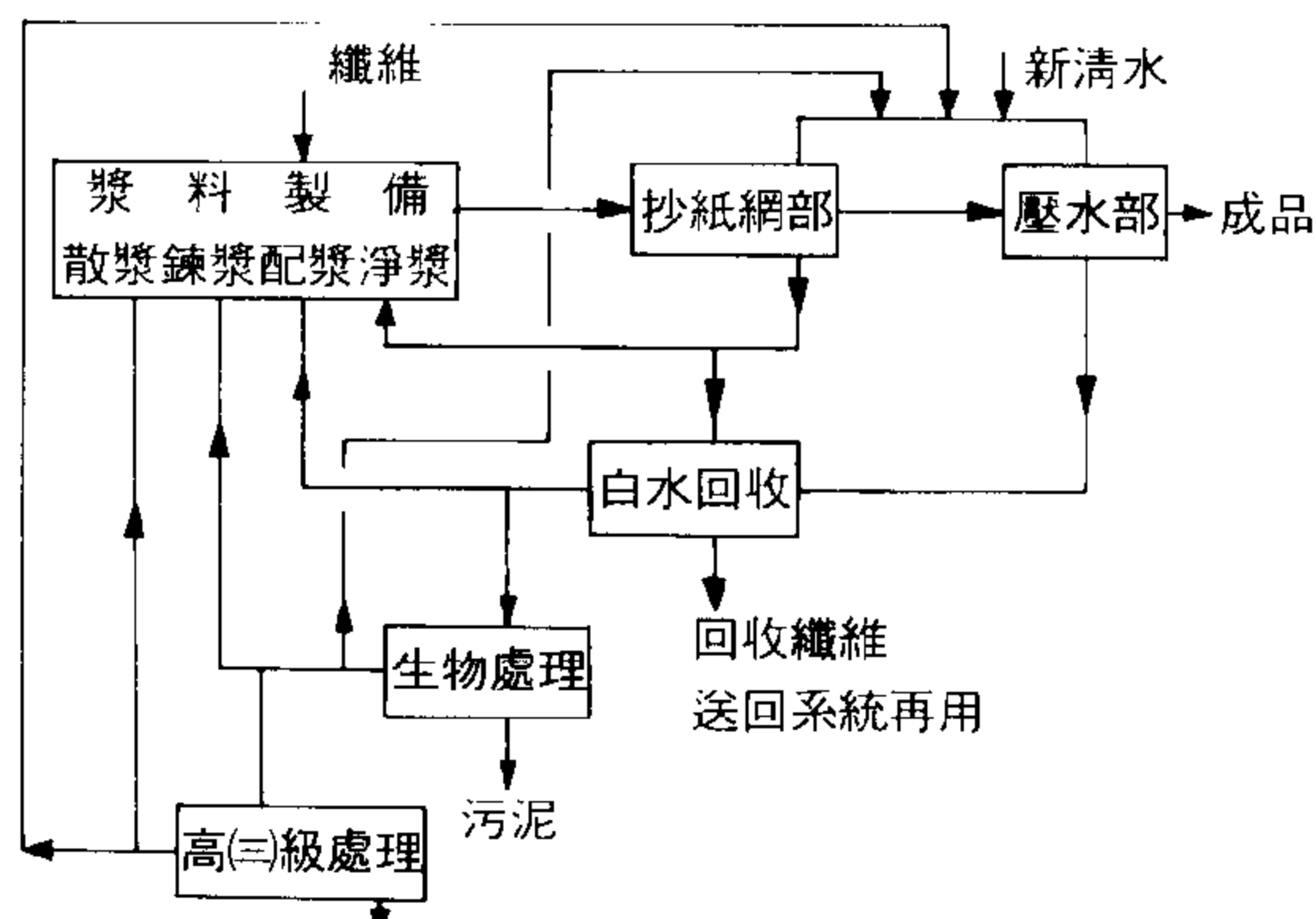
關於用水流程，茲介紹三種基本流程。圖3(a)為廢水未予分隔之一例，雖已盡廢水全部





回收處理之責，但將污染程度輕微之冷卻水及軸封水與污染程度較重者一併處理，殊為可惜，且徒增廢水處理之水力負載。屬不予優先考慮之系統。

圖3(b)則已將廢水視來源之不同予以分隔，有直接再用者，亦有經不同處理後回用者，



資料來源：Webb, L.J.: Closing Up; Strategies and present U.K. Status, PIRA Closing Up Water Systems, Feb. 1985.

圖4 廢水分階式分隔並分級處理之程序

但網部仍用新鮮水，較為可惜，水量亦難壓低，故亦不優先考慮。

圖3(c)之階式系統，已有明顯改進。新鮮水先供應受污染機會少之冷卻水之用，逐段將污染較少之廢水供污染較重之階段使用，用水效率自會提高，但採用何種型式之白水回收設備及未注明廢水處理係一或一／二級、生物／化學處理，尚難完全滿足減少排放水量至零之要求。

圖4所示則不僅廢水分階段再用／回用，且廢水亦視所含污染質之性質而分用不同方法處理或經多重處理。為簡明計，圖中未將冷卻水及軸封水之行程顯出。

又諸圖中，白水回收設備所得清白水祇標明用於漿料製備系統，事實上應指包括供漿系統，即淨漿機、紙機漿篩及濃度調節用稀釋水等在內。規劃設計時，分別使用未處理白水／廢水及不同程度處理之白水／廢水。

以上諸圖亦為簡化計，未將必須具備之起伏槽列出，應請注意。設計時應衡量實際情形

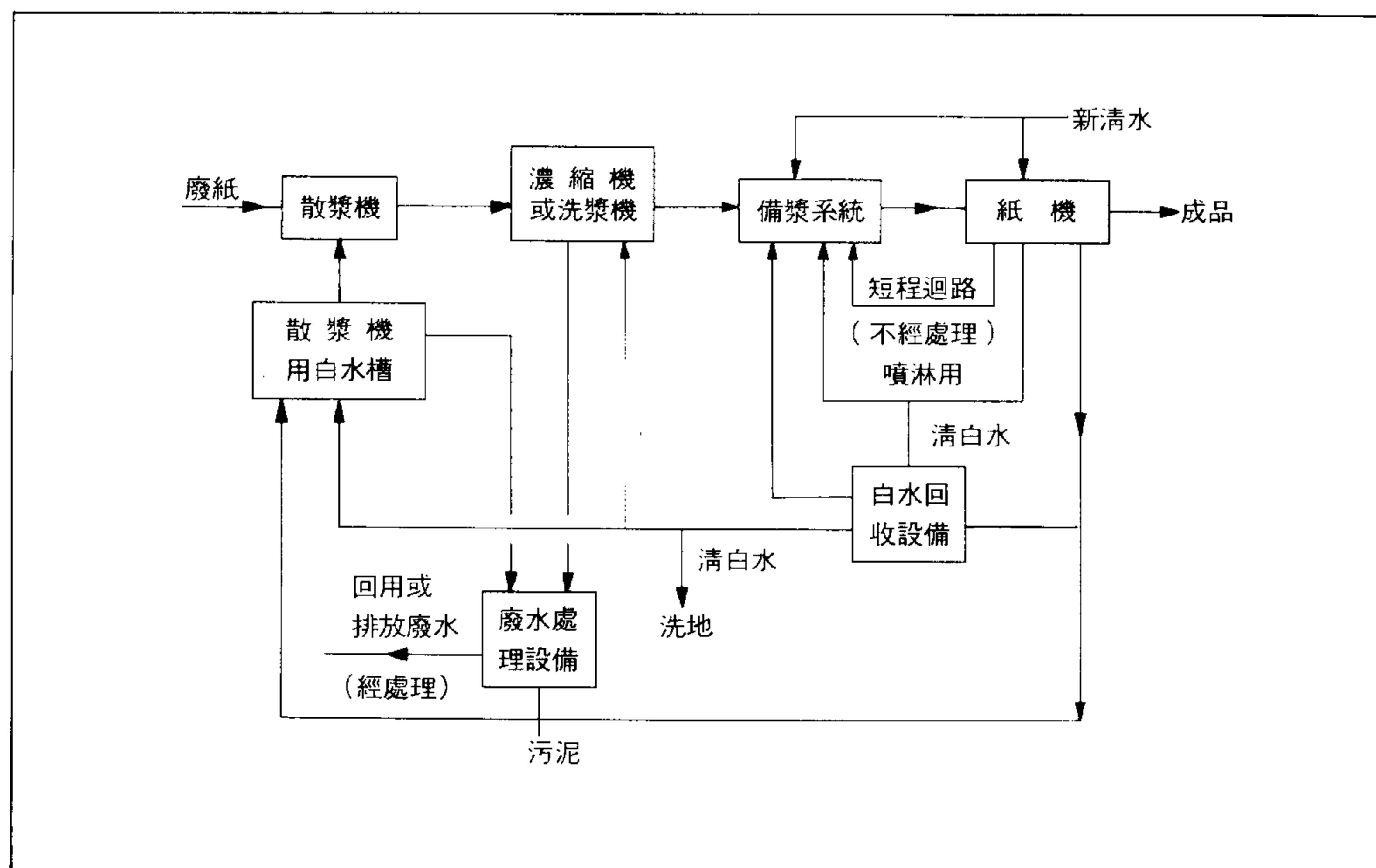


圖5 節省用水構想之一



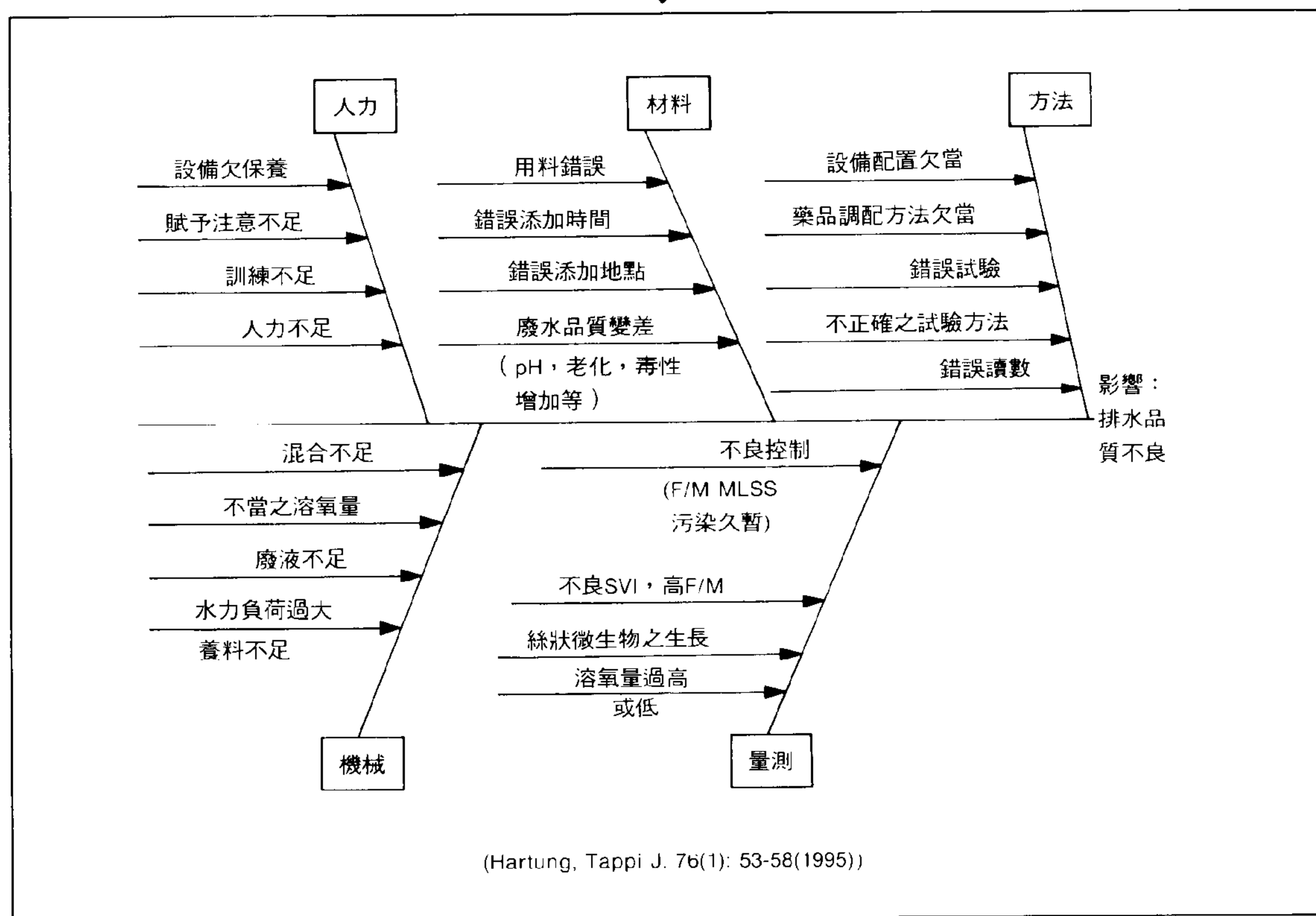
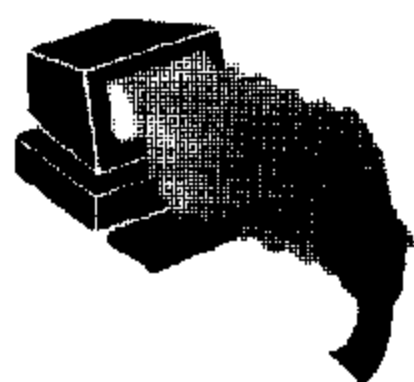


圖6 處理廢水排放品質不良之要因圖

予以設置。

圖5則針對回用廢紙之紙廠而將短程迴路與第2、3兩迴路予以顯示。

又以上諸圖之重點置於「水」及「回收紙漿」而未將不同之渣滓，污泥排除方式列出，亦請注意。

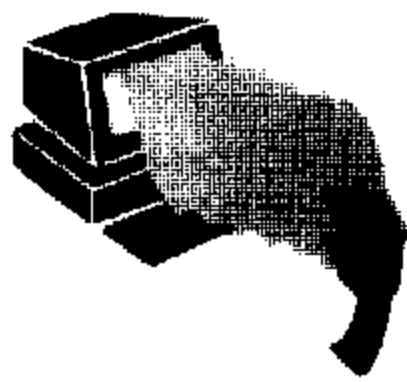
## 推行用水零排放宜採之程序

推行用水零排放之工廠，常會已經過減少用水之階段，因之大致上可採用減少用水時之程序進行，祇是要求更高，人員所受壓力更大，經營主管於決策前更要審慎，廣徵意見。決定進行時，事先多行溝通，消除員工心理上之障礙。

推行時所採步驟仍為

1. 由對全廠用水、排水、循環水等熟悉之人士，收集資料核對原有圖面，繪製全廠各部分有品質及流量之水平衡圖、白水平衡圖與廢水平衡圖。
2. 收集國內外資料，作成零排放之初步計劃，包括新清水用量，回用水及廢水處理方案，必要時聘用對造紙製程及減少用水有經驗人士協助。
3. 教育與資訊之加強，提高員工向心力而使熱忱提高。提高員工「知」之品味，充分溝通，達成用水零排放之共識而有助於工作。
4. 初步計劃以公開方式徵詢企業員工之意見。
5. 根據效益／難易分別訂定執行優先次序及執行完成之期限。
6. 定期檢討追蹤成效，必要時對原計劃作適當之修正。





因用水零排放之要求比單純之減少用水高，推行前並應對實施後廢水系統之品質及廢水處理設備運轉之查核制度予以制定，使正式運轉時能予適當之管制。此一方面之資料，茲介紹下列二篇，請有興趣者予以參考：

1. Zurawski, s., et al: Secondary waste treatment plant control using statistical process control techniques, TAPPI, 1994. International Environ. Conf. Proc., pp.789-793, TAPPI PRESS. U.S.A. (1994).
2. Hartung, R.W.: Applying quality methods to wastewater treatment, Tappi J., 76 (1) : 53-58 (1995).

並將Hartung文中有關影響排水不良之圖摘要因錄如圖6。

## 推行用水零排放所獲效益與可能影響

推行用水零排放可獲效益一如減少用水所獲，以下列數項為主：

1. 減少新清水用量；
2. 收回一部分會流失之纖維；
3. 減少廢水處理量；
4. 減少能源消耗；
5. 減少藥品與添加物用量。

至於可能之不良影響，亦與減少用水所遭遇者相似或更嚴重如：

1. 泡沫與留存問題；
2. 堵塞之毛病；
3. 腐蝕問題；
4. 積垢之麻煩；
5. 菌泥問題；
6. 溫度之升高等。

上述分析並未涉及密閉後對紙張性質之影響。蓋早於西元1970年代即有若干研究報告指出用水密閉化後，系統用水中溶解物質濃度雖然增加，然對紙張光學與物理性質之影響不大

表1 水密閉化後對紙張不同性質之衝擊<sup>(1)</sup>

(1)瓦楞芯紙

|           | 無機物增加 | 澱粉增加 | 油類增加 | 木質素增加 | 纖維物增加 |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|
| 濾水(CSF)   | 增加    | 減少   | 沒影響  | 增加    | 減少    |
| 保留        | 輕微增加  | 沒影響  | 沒影響  | 破壞    | 沒影響   |
| Zeta電位    | 傾向+   | 沒影響  | 沒影響  | 傾向-   | 沒影響   |
| 透氣度       | 增加    | 減少   | 輕微增加 | 輕微增加  | 減少    |
| 破裂強度      | 沒影響   | 增加   | 減少   | 沒影響   | 沒影響   |
| 環壓強度      | 輕微減少  | 沒影響  | 破壞   | 沒影響   | 沒影響   |
| 上膠度       | 自然偏高  | 自然偏高 | 主要減少 | 自然偏高  | 自然偏高  |
| 平壓強度(CMT) | 沒影響   | 增加   | 減少   | 輕微減少  | 增加    |

(2)牛皮紙板

|         | 無機物增加 | 澱粉增加 | 油類增加   | 木質素增加 | 纖維物增加 |
|---------|-------|------|--------|-------|-------|
| 濾水(CSF) | 沒影響   | 沒影響  | 輕微減少   | 沒影響   | 主要減少  |
| 保留      | 輕微減少  | 輕微增加 | 輕微增加   | 輕微減少  | 沒影響   |
| Zeta電位  | 傾向+   | 沒影響  | 輕微減少   | 沒影響   | 沒影響   |
| 透氣度     | 減少    | 減少   | 高-低-高? | 輕微減少  | 輕微減少  |
| 破裂強度    | 輕微減少  | 輕微減少 | 減少     | 輕微減少  | 沒影響   |
| 環壓強度    | 輕微減少  | 輕微減少 | 減少     | 輕微減少  | 輕微減少  |
| 上膠度     | 沒影響   | 沒影響  | 輕微減少   | 增加    | 增加    |

。Alexander與Dobbins<sup>(12)(13)</sup>於1977年之報告中即指出若電解質濃度低於4,000ppm時，對紙質幾無影響，於試驗室中刻意將電解質濃度調高至20,000ppm時，始略顯負面影響。兩氏並指出，現場情形不易超過4000ppm，遑論20,000。

此外，Dexter氏<sup>(14)</sup>根據Betz公司之資料，就芯紙與牛皮紙板於水密閉化後若干水中溶解物增加對紙張不同性質之衝擊彙總如表1所列。除因纖維物而致濾水性及透氣度有影響外，餘均無顯著不良影響。

然應特別指出者，有機溶解物質之增加，有利微生物之繁殖，微生物增加會有菌泥積聚，而產生紙病，導致臭味，纖維敗壞而影響強度，甚至紙機之運轉（斷紙、漿篩阻塞、清洗等）。

## 水零排放後可能不良影響之對策

1. 泡沫與留存劑問題<sup>(15)</sup>



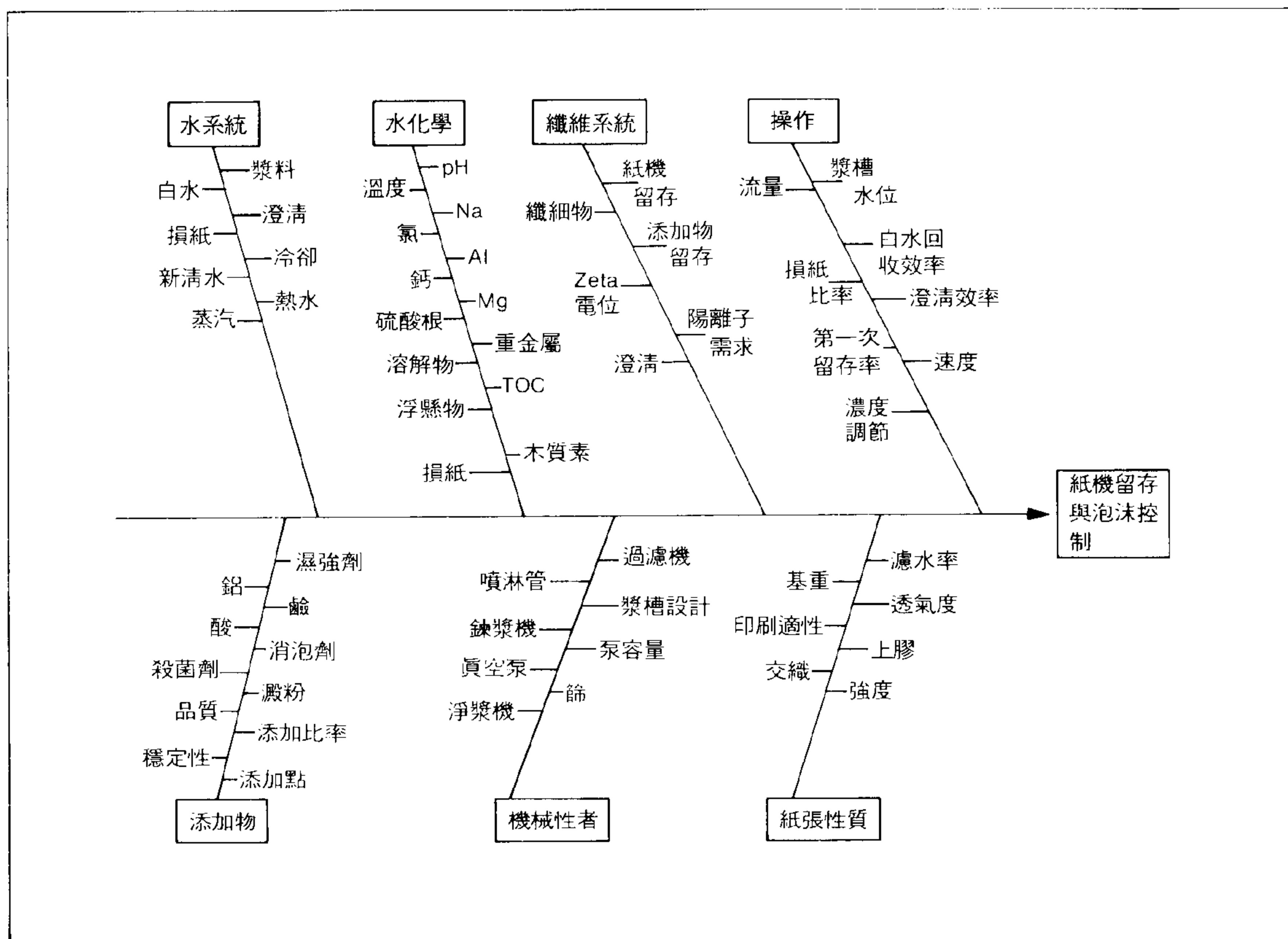
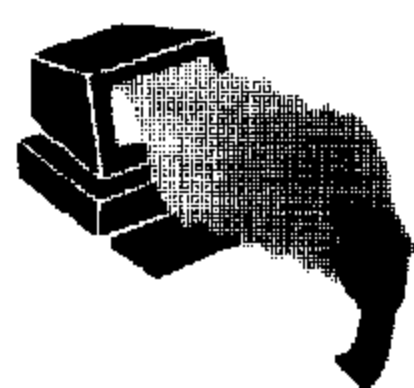


圖7 紙廠用水密閉化後對留存與泡沫發生影響之要因圖<sup>15</sup>

以佔比例較大之工業用紙廠為例，所用留存助劑為陽離子架橋式高分子聚合物。此類聚合物藉其高分子量及電荷而附著於纖維細物、填料、纖維等。高濃度之溶解固體，膠態固體與浮懸固體會與留存助劑發生干擾使留存助劑之效用降低。

當製紙系統密閉化時，會發生泡沫增多現象，製紙系統有關之水、表面活性劑及機械能會因用水密化而失去平衡，即因新清水用量之減少，使表面活性劑（木質素、溶解固體物、浮懸固體、澱粉、膠料等）濃度增加，而所用機械能也增加。此類改變導致氣泡之發生增加與提高氣泡之穩定性，最後影響操作上問題。

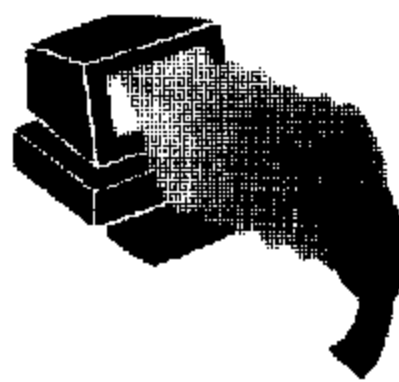
因篇幅關係，上述兩現象之原因與效應不容詳述，茲藉圖7予以說明。

留存率與泡沫之問題不能全藉硬體之改善而改進，有賴全體工作人員認清目的，設立目標始克有成。為求其足夠資料供各級人員調整及改變之參考，各項參數之監測並文件化遂為密閉化紙廠重要工作之一，亦為關係成敗之關鍵之一。表2若干項目即使不求密閉化時亦需監測者，故不必因項目多而卻步。

## 2. 堵塞之毛病

開始實施白水回用後，最先可能遭遇之麻煩是堵塞，普遍發生在管線，沖淋噴嘴，封緘水、或濕毛毯等處。堵塞之發生是因回用水中有長纖維的存在所引起，故白水必須先經淨化處理（澄清槽、紙料回收機，及各種過濾器如 A-B Floatwash Fractionators, Sweco Concentrators 等）以分離出長纖維。回用到重要關鍵處之



表2 密閉化紙廠應予監測之參數<sup>(15)</sup>

| 水質      | 留存      | 單元操作   |
|---------|---------|--------|
| 溶解固體    | 第一次通過   | 白水回收機  |
| 浮懸物     | 留存率     | 效率     |
| 離子      | 灰份      | 澄清槽效率  |
| 電荷      | 殘渣      | 產品品質   |
| 纖維物分率   | 纖維物分率   | 上膠度    |
| 溫度 / pH | 化學添加物   | 透氣度    |
| COD/BOD | 種類 / 電荷 | 配料     |
| 導電度     | 用量      | 各種漿料比率 |
| 澄清      | 循環回用之   | 品質     |
| 浮懸物     | 影響      | 可萃取含量  |
| 離子電荷    | 隨帶空氣    |        |
| 混濁度     | 白水回收設備  |        |
| pH / 溫度 | 白水      |        |
| 聚合物添加率  | 供漿系統    |        |
| 耙速      |         |        |

白水，則最好再進一步的裝置管線中濾器。常用者為比噴口細小約5~7倍之縫眼濾篩 (Slotted strainers)。沖淋水噴嘴的口徑大約在1-2mm，而管線中濾篩則係不超過60篩目者。

### 3. 腐蝕之問題

白水中含溶質量增加之結果，亦將導致腐蝕問題，乃致影響到操作上之困難。紙廠已逐漸將被侵蝕之軟鋼質管線換裝耐蝕鋼或玻璃纖維管。由於白水中含帶有填料及磨蝕性物質，極易導致Nash真空泵體鑄鐵之腐蝕。為減輕此類問題，Nash公司已有自動流洗之設計 (Lobe Purge)，可連續地使泵體外緣之淤積物沖洗掉。其他控制侵蝕問題之對策是：(1) 調整pH值；(2) 換用較耐蝕性物質；(3) 將青銅質泵葉輪及活門換掉。

### 4. 積垢之麻煩

流程水中含有碳酸鹽基，硫酸鹽基，或草酸鹽基等陰離子物與鈣、鎂、鐵、鋁或鋇等陽離子之相合，極易造成積垢物。傳統之對策是控制水之硬度或藉使用螯合劑如聚磷酸鹽，乙二胺四醋酸 (EDTA)，以栓住鐵離子等而減少積垢。但EDTA使廢水中氮含量增加，宜注意其用量以免影響廢水處理時微生物之生態。

### 5. 菌泥之叢生

菌泥繁生控制則由(1)良好之管 及作經常清洗，必要時紙機及相關設備，施行沸洗 (boil-out)；(2)避免管線之滯流現象或在貯槽中貯留過久；(3)使用殺菌劑予以解決。

### 6. 溫度之升高

溫度的升高可能引起內部上膠之不良，真空泵抽吸率之降低，及蒸汽瀰漫機房等。但是，高水溫也有助於成紙區之脫水，尤其是紙板之抄造。各系統所能承受之最高溫度得按個別情形予以決定。

## 水管理及廢水處理

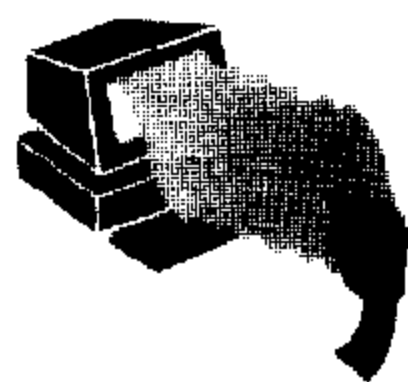
紙廠之採用水密閉化者，水(包括新清水，不同程度處理之白水及回收/回用水)之適當管理自屬重要，而廢水之處理更為重要，否則廢水經處理後仍不能供製程使用，則零排放之目的顯將無法達成。

除回收/回用水使用原則已於前第五章中略予陳述中，茲將紙機噴淋水用途及品質彙列如表3，以助規劃。

至於用於白水回收分離水與浮懸物之設備甚多，茲將各種常用白水回收設備處理後淨白水之浮懸物含量及應用處所列如表4供參考。

如圖4所示，密閉化紙廠係以無廢水排放為目標，亦即原先使用新清水者，由含不同程度纖維等未處理白水或處理白水代替。此類水中含有浮懸固體物，溶解物質及膠態物質(任何一維在0.001~1  $\mu\text{m}$ ，亦有指0.001~0.1  $\mu\text{m}$ 之範圍者)。紙廠達到密閉化程度時，若干位置用水中膠態與溶解物質自會因水回用而增高。雖然資料顯示膠態與溶解物質濃度達4000ppm時，對紙張性質影響不大，但不能忽視1.濃度超過定數值及 2.微生物繁殖及結垢問題。因之於不密閉化紙廠視為「外部處理」之廢水處理於密閉化紙廠實質上為「內部處理」。其一級處理即白水回收工作，分別包括沉澱，浮選與過濾等



表3 紙機網部及壓水部噴淋水之用途及品質<sup>(16)</sup>

| 噴淋管名稱    | 噴淋水壓<br>(kPa) | 噴嘴直徑<br>(mm) | 噴淋流量<br>L/min/m寬 | 容許含TSS<br>量(mg/L) | 噴淋管型式及用水種類                     |
|----------|---------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
| 修飾輥、水印輥  | 345-830       | 1            | 36               | 0-55              | 新清水，高壓低量噴射擺動式                  |
| 切邊用      | 830-1480      | 1            | —                | 0-20              | 新清水，針形噴射                       |
| 全幅沖散     | 690           | 3            | 114-160          | 100-200           | 回用水，真空泵封絨水，經過濾之濾液              |
| 紙邊沖數     | 830           | 3-19         | —                | 500               | 同上                             |
| 洗網       | 550-2070      | 1            | 25-34            | 50-70             | 針形噴射，新清水（或經過濾之浮選白水回收設備回用水），連續式 |
| 網部回轉輥    | 310-830       | 3-6.4        | 23-25            | 100-200           | 回用水，清濾液，真空泵封絨水經過濾者）            |
| 胸輥       | 345           | 3            | 25-30            | 100-200           | 同上                             |
| 高壓洗網     | 1720-6895     | 1            | 6-10             | 0-20              | 高壓低量擺動噴射式。新清水或經過濾之浮選白水回收設備回用水  |
| 加化學品用    | 210-2030      | 1.5          | 12-30            | 75-100            | 清濾液或經過濾之浮選白水回收設備回用水            |
| 溝紋輥      | 480           | 1.5          | 75               | 0-50              | 經過濾之回用水                        |
| 壓水部真空抽吸箱 | 210-420       | 1.5          | 6-13             | 0-50              | 同上                             |

表4 白水處理設備處理水浮懸物含量及可用處所

|         | 處理水品質<br>TSS ppm  | 可用處所    |
|---------|-------------------|---------|
| 盤式過濾機   | 200-1000          | 散漿機     |
| 鼓式過濾機   | 30,000-100,000    | 散漿機     |
| Sweco篩  | 100-500           | 紙機扇形噴淋管 |
| 斜坡式篩    | 200-1000          | 補充白水    |
| 壓力篩     | 150-500           | 紙機噴淋管   |
| 浮選白水回收槽 | 5-100             | 噴淋管     |
| 壓力式過濾機  | 0-60<br>( < 100μ) | 紙機噴淋管   |

方式將浮懸固體物之直徑約大於 $1.2\mu\text{m}$ 與水分離。分離之水中仍含相當量之較細浮懸物及溶解物質。二級處理與非密閉化紙廠相同，以生物處理為主，隨之二次澄清之廢水處理方式將「廢水」中一部分有機物質分解而提高水之品質。二級處理水之未能完全使用者，即須經三級處理使水質與新清水接近，回用後兼使系統中積聚物質得以沖稀。

以廢紙為原料之紙廠經預處理澄清等除去浮懸固體物後「廢水」之COD常超過3000ppm者，二級處理可採厭氣／好氣二段處理，俾兼收降低COD，減少污泥量及收回甲烷氣之效。好

氣段除傳統之活性污泥法，近更有使用排序生物反應器(SBR)者，效率可能較高，但佔地小，控制容易則為其長處，各廠以何種型式為合適，仍宜經試驗後選定。

目前較常用之三級處理以薄膜(membrane)分離，蒸發及冷凍結晶三種為主。蒸發係歷史較久之技術，祇是耗用能源較多而不儘適合我國情形，冷凍結晶方式美國已有紙漿廠使用，但仍有待改進。食品工業已使用多年之薄障技術，近年發展較快而使成本降低。薄膜技術如圖8<sup>(17)</sup>所示，因薄膜孔隙之大小而分微過濾(Microfiltration, MF)，超(微過)濾(Ultrafiltration, UF)，塵過濾(極微過濾)(Nanofiltration, NF)與逆滲析(Reverse Osmosis, RO)四種藉壓力之媒質分離方法。

四種壓力式薄膜分離技術均藉薄膜將溶解與浮懸物，膠態物質或若干溶解物質在壓力下分離，RO所需壓力最大，約為 $14\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 84\text{kg}/\text{cm}^2$ 之間，UF與MF則約為 $1\sim 7\text{kg}/\text{cm}^2$ 之間，NF則約為 $6.3\sim 12.3\text{kg}/\text{cm}^2$ 之間。NF對多價離子之分離較佳而對單價離子則較差。

薄膜技術亦屬耗能較多者。然用於密閉化紙廠三級處理時，因前段處理水已回用，使待由三級處理之水量減少而節省費用。



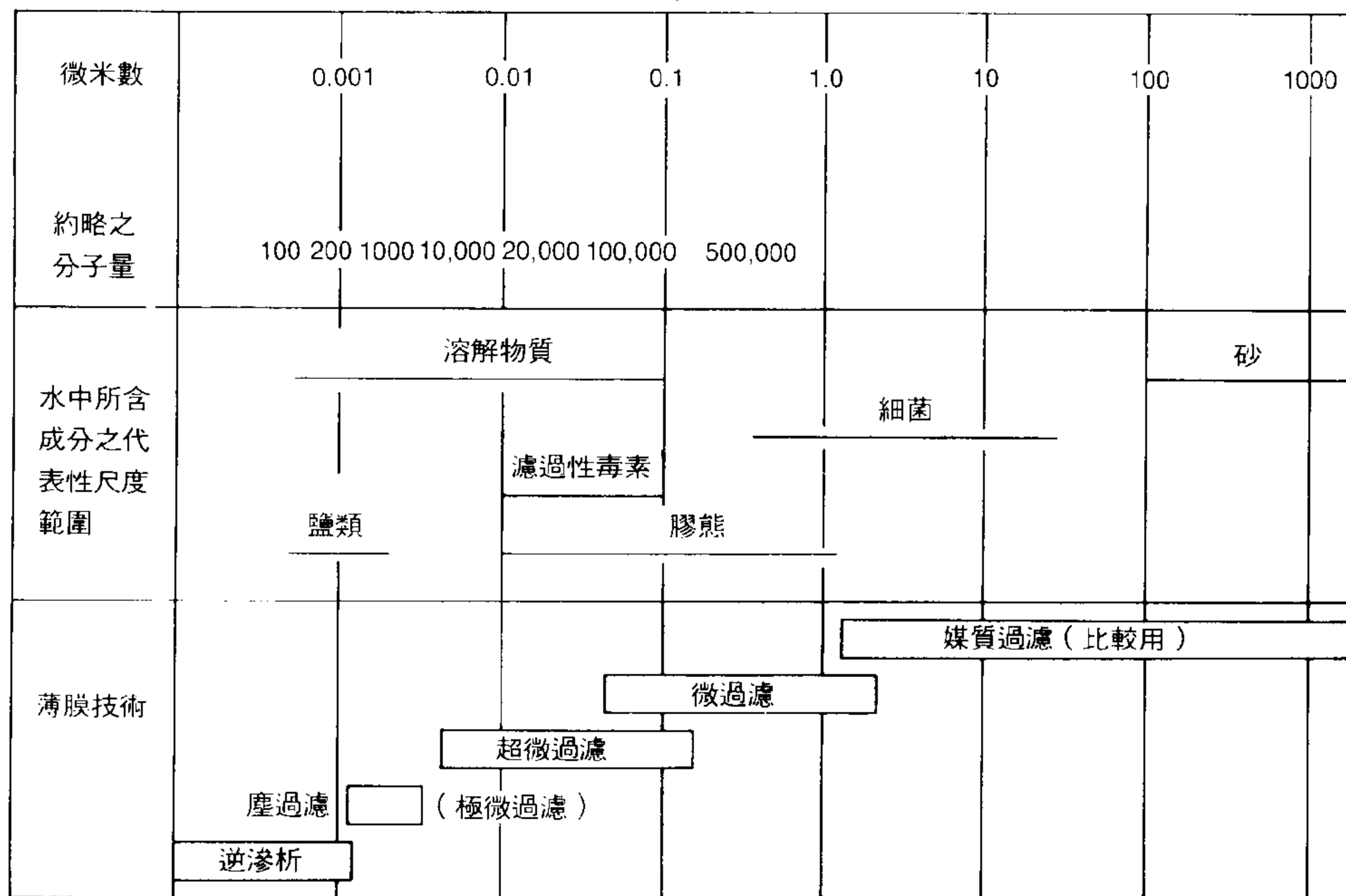
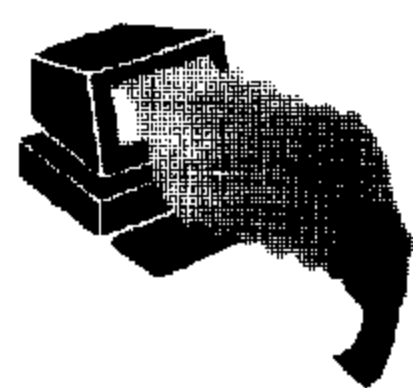


圖8 壓力式薄膜技術種類及應用

三級處理之另一方式係藉小於200目之活性炭粉對廢水單獨施行吸附或與薄膜技術聯用。一般認為活性炭可自極稀有機物溶液中將有機物吸附。現因活性炭吸附後可以再生後回用而提高其實用性。亦有將活性炭粉加入經澄清—砂濾—生物處理後之脫墨工場廢水中再經一接觸式曝氣槽而將廢水之BOD降至10ppm以下及SS在30ppm以下而可將處理水回用之實例<sup>(18)</sup>。

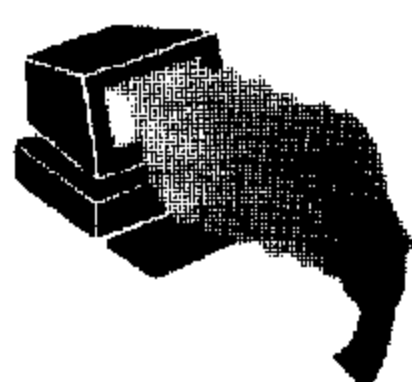
## 結 論

綜上所述，顯示紙廠用水密閉化已非遙不可及之夢想，根據實例，祇是每廠條件不同，須逐案研究，採用合乎各該紙廠之程序。任一紙廠下定決心後，上下一心藉溝通、改進，持之以恆均可達到用水密閉化，無廢水排放之程度。

## 參考資料

1. Webb, L.: Cut down waste, clean up production, PPI, 34 (5) : 66 (May, 1992)。
2. Goldblatt, M.E., et al: Zero discharge: What, Why and How, Chem Eng Prog, 89 (4) : 22-27, (1993)。
3. Yoang, J.: Pulp & Paper, 68 (11) : 105, (1994)。
4. Bush, S.W.: The closed mill concept, Tappi, 61, (10) : 54-56 (1978)。
5. Trevanion, P.H.: How two board mills have closed their water systems, PITA "Tech and profit" part I, March, 1978.
6. Streehin, L., et al: Tappi, 79 (5) : 105 (1996)。
7. Gissler-Weber, R., et al: "A solution to the prob. of entirely closed process water system in a waste paper processing mill, TAPPI 1981 Environmental Conf. proc. pp.81-92, (1981)。





8. Klinker, R.: Hennepin Paper Company's Zero discharge Program, 1995 TAPPI Int. Environ Conf. Proc, pp.1127-1135, (1995) 及 Tappi J.79 (1) : 97-102 (1996).
9. 許慶雲 : 「漿與紙」雜誌第190期第4-30頁 (民國85年4月)。
10. Barton, D.A., et al: Tappi J., 79 (3) : 191 (1996) [ 漿與紙第196期第36-43頁 (民國85年10月) 曾予摘譯刊出 ]。
11. William, J.: Water & Solid Loss Minimization, PITA 1993 Environ. Seminar Notes. (PITA, 1993).
12. Alexander, S.D.與Dobbins, R.J.: Tappi 60, (12) : 117, (1997).
13. Dobbins, R.J.與Alexander, S.D.: Tappi 60 (12) : 122 (1977).
14. Dexter R.J.: Pulp & Paper, 70 (2) : 55 (1996).
15. Barnett, D.J.: Pulp & Paper, 70 (4) : 89 (1996)
16. Farlow, M. Pulp & Paper, 70 (5) : 93 (1996).
17. Barnes, E.T.: Chap III, "Unit Processes For Water Purification and Reuse", pp.42-45, "Water Use Reduction in the Pulp & Paper Industry." TAPPI & CPPA, TS. (1994).
18. Shaefer, L.A. Paper Asia, 11 (1) : 41-44 (Jan/Feb, 1995).

## 附錄：建議閱讀之參考資料

### ■ 書：

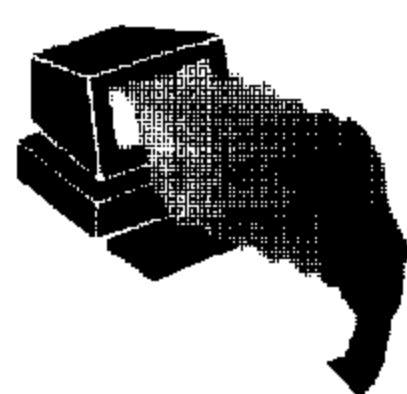
1. Gillett, D. (Ed) : Towards Zero Waste: Problems and Opportunities, PITA 1993 Environmental Seminar Notes, 160pp. (PITA, 1993).
2. Turner, P. (Ed) : Water Use Reduction in the Pulp and Paper Industry, 152pp. (TAPPI and CPPA, TS, 1994).

### ■ 期刊及會議錄：

1. Sundquist, J.: Towards Cleaner Techniques in Pulp & Paper Manufacture, Paperi ja Puu,

- 76 (1/2) 22-26. (1994).
2. Croon, I.: Green, Clean, and Closed, Paper-maker p.37. (Fed, 1996).
3. Rosain, R.M.: Reusing Water in CPI Plants, Chem Eng, Prog. 89 (4) : 28-35. (1993).
4. Strutz, M.D. and Springer, A.M.: A Wet-End Optimization Strategy for Total Water Re-use, Tappi, 65 (3) : 139-142. (1982).
5. Wiseman, N. and Ogden G.: Zero Liquid Effluent Techniques for the Paper Industry, Paper Technology, 37 (1) : 31-38 (Jan/Feb. 1996).
6. Kohler, C.W.: Tighter Regulation Spur Design of Zero Discharge Recycled Mills, Pulp and Paper, 68 (5) : 89-91. (1994).
7. Kohler, E.W.: Designing the Zero Discharge Fiber System, Paper Asia 10 (3) : 52-56 (Mar, 1994).
8. Baker, J.R. and Howard, D.: Reducing Mill Effluent and Dealing with the Consequences, TAPPI 1995 Papermakers Conf. Proc., 341-344. (1995).
9. Hjort, A.: Don't Close the Mill, Balance it, Paper, pp.35-37. (March 1993).
10. Parker, D. et al: Effluent Reduction Through Process Optimization-A case Study, TAPPI 1995 International Environ. conf. Proc. pp.1119-1126, (1995).
11. Johnson, D.R.: Selecting a Mill Effluent Treatment System-Some Considerations, Tappi.59 (2) : 140-144, (1976).
12. Gellex, A. and Gottsching, L.: Closing Water System Completely in the F.R. Germany, Tappi, 65 (a) : 97-101, (1982).
13. Stewart, J.R., and Onderko, R.R.: Considerations in Wastewater Treatment, TAPPI 1994 Int. Int. Environ. Proc., pp.665-674, (1994).
14. Weudling, T.E., et al: The use of an anaerobic





- fluidized bed reactor in the treatment of a closed process circuit: in Secondary Fiber Mill, TAPPI 1994 International Environ. conf, Proc. pp.167-173 (1994).
15. Badar, T.A., et al: The Technical and Economical Feasibility of Totally Enclosed Deinking Mill, TAPPI. 1994, Int Environ, Conf. Proc., pp.33-48 (1994).
16. Woodward, T.W.: Water Reuse Levels, Solids Build up Barriers to Deinking Plant Closure, Pulp and Paper, 70 (2) : 71-77. (1996).
17. Bowers, D.F.: Changes in Water Properties and Corrosivity with Closure, TAPPI 1983 Environ. Conf. Proc., pp.95-97, (1983).
18. Brecht, W., et al: Investigation of Closed Water System in another Waste Paper Processing Plant, Wochenblatt für Papierfabrikation, 102 (7) : 223-234 (1974).
19. Bolton, J.A.: System Approach to Reusing Whitewater on Paper Machines, TAPPI 1995 Papermakers Conf. Proc., 363-366 (1995).
20. Gudlauskis, D.G.: White Water System Closure means Managing Microbiological Build-up, Pulp & Paper, 70 (3) 161-165, (1996).
21. Bihani, B.G.: Goal of Closed-Cycle Operation Hinges on Fiberline Developments, Pulp & Paper, 70 (5) : 87-90, (1996).
22. Guss, D.S.: Closed Water System in Mills using Secondary Fiber, Tappi, 41 (6) : 19-21, (1978).
23. Cronin, W.R.: Effluent Closure Forces Close Look at Liquid solid Separation Issues, Pulp & Paper, 70 (6) : 59-64. (1996).
24. Sierka, R.A. et al: The Treatment of White water by Adsorption and Membrane Techniques, TAPPI 1994 International Environ. Conf. Proc., 249-257, (1994).
25. Elefsiniotis, P.: Contaminant Removal from Recirculated White Water by Ultrafiltration and/or Biological Treatment, TAPPI 1995 Int. Environ. Conf. Proc., 861-867, (1995).
26. Nuortila, J., et al: UF and NF Pilot Scale Studies on Internal Purification of Paper Mill Make-up Water, TAPPI 1995 Int. Environ. Conf. Proc., 847-859, (1995).
27. Mehta, Y.: Reduced Water Use Critical to Minimum Impact Manufacturing, Pulp & Paper, 70 (6) : 93-97, (1996).
28. Bakken, C.: Boil-outs: The first Step to Improve Production Efficiency, Paper Asia, 10 (4) : 68-73 (1994).
29. Bunker, L.B.: Down Time Paper Mill Boil-outs, TAPPI 1995 Papermakers Conf. Proc., 363-371. (1995).
30. Walter, J.: Filters Aid in Water Use, Reuse for Mills "Closing up the Loop". Pulp & Paper, 59 (2) : 140-144, (1976).
- 

(作者簡介從略)



# 美國雜誌訂閱消息

今天起，機械月刊代您訂閱McGraw-Hill所提供的專業雜誌及各種圖書。

McGraw-Hill出版數以萬計的圖書與期刊，提供工商業和科技界實用有利的資料。

機械月刊為您服務，使您方便地訂閱世界最新科技、商情動態的期刊，並且享受McGraw-Hill全球一致的訂費與服務。

| 1997年4月生效 |    |       |                                       |    | 海運(NT\$) |      |      | 空運(NT\$) |       |       |
|-----------|----|-------|---------------------------------------|----|----------|------|------|----------|-------|-------|
|           | 類別 | 期刊代號  | 期刊名稱                                  | 期數 | 1年       | 2年   | 3年   | 1年       | 2年    | 3年    |
| 1         | 資訊 | 10002 | BYTE                                  | 13 |          |      |      | 3060     | 5760  | 8100  |
| 2         | 資訊 | 10044 | Computer-Aided Engineering            | 12 |          |      |      | 3600     |       |       |
| 3         | 建築 | 10004 | Architectural Record                  | 12 |          |      |      | 7164     | 11844 | 16020 |
| 4         | 航空 | 10006 | Aviation Week & Space Technology      | 52 |          |      |      | 6300     | 10620 | 13140 |
| 5         | 航空 | 10888 | Business & Commercial Aviation        | 12 | 2628     |      |      | 4320     |       |       |
| 6         | 航空 | 21850 | Overhaul & Maintenance                | 51 |          |      |      | 3240     |       |       |
| 7         | 航空 | 10040 | Air Transport World                   | 12 |          |      |      | 3420     |       |       |
| 8         | 航空 | 12314 | A/C Flyer                             | 12 | 1656     | 2844 | 3924 | 2304     | 4356  | 6300  |
| 9         | 商業 | 10008 | Business Week Int'l                   | 51 |          |      |      | 3240     | 5760  | 7740  |
| 10        | 商業 | 10052 | Government Product News               | 12 |          |      |      | 3420     |       |       |
| 11        | 商業 | 21316 | Government Procurement                | 6  |          |      |      | 1368     |       |       |
| 12        | 商業 | 10070 | Managing Office Technology            | 12 |          |      |      | 2880     |       |       |
| 13        | 商業 | 10072 | New Equipment Digest                  | 12 |          |      |      | 3420     |       |       |
| 14        | 化工 | 10010 | Chemical Engineering                  | 12 |          |      |      | 5724     | 9504  | 11448 |
| 15        | 化學 | 12592 | Chemical Week Int'l                   | 50 |          |      |      | 14364    | 23220 | 30420 |
| 16        | 網路 | 10014 | Data Communications Int'l             | 17 |          |      |      | 5760     | 8640  | 11520 |
| 17        | 網路 | 17308 | LAN Times                             | 24 |          |      |      | 5400     |       |       |
| 18        | 營建 | 10024 | ENR                                   | 52 |          |      |      | 7020     | 11844 | 17244 |
| 19        | 能源 | 10028 | Power                                 | 6  | 5400     | 9360 |      |          |       |       |
| 20        | 醫療 | 10896 | Physician & Sportsmedicine, The       | 12 |          |      |      | 4680     |       |       |
| 21        | 醫療 | 10920 | Postgraduate Medicine                 | 12 |          |      |      | 4680     |       |       |
| 22        | 醫療 | 15866 | Hospital Practice                     | 12 |          |      |      | 3560     |       |       |
| 23        | 塑膠 | 10936 | Encyclopedia of Modern Plastics Int'l | 1  | 2520     | 5040 | 7560 |          |       |       |
| 24        | 塑膠 | 12596 | Modern Plastics Int'l                 | 12 |          |      |      | 1980     | 2952  | 3600  |
| 25        | 塑膠 | 10938 | Modern Plastics Int'l + Encyclopedia  | 12 |          |      |      | 3960     | 7560  | 10800 |
| 26        | 電力 | 12320 | Electrical World                      | 12 | 5400     | 9360 |      |          |       |       |
| 27        | 機械 | 10098 | American Machinist                    | 12 |          |      |      | 3420     |       |       |
| 28        | 機械 | 10046 | Contracting Business                  | 12 |          |      |      | 3780     |       |       |
| 29        | 機械 | 10094 | The Gases & Welding Distributor       | 6  |          |      |      | 2520     |       |       |
| 30        | 機械 | 10056 | Hydraulics & Pneumatics               | 12 |          |      |      | 3060     |       |       |
| 31        | 機械 | 10062 | Machine Design                        | 23 |          |      |      | 5760     |       |       |
| 32        | 機械 | 10078 | Power Transmission Design             | 12 |          |      |      | 3060     |       |       |
| 33        | 電子 | 10748 | Electronic Design                     | 26 |          |      |      | 7200     |       |       |
| 34        | 電子 | 10752 | Microwave & RF                        | 13 |          |      |      | 4860     |       |       |
| 35        | 電子 | 14510 | Used Equipment Digest                 | 12 |          |      |      | 3600     |       |       |
| 36        | 餐飲 | 19742 | Food Management                       | 12 |          |      |      | 4500     |       |       |
| 37        | 餐飲 | 20642 | Foodservice Distributor               | 6  |          |      |      | 2880     |       |       |
| 38        | 餐飲 | 10060 | Lodging Hospitality                   | 12 |          |      |      | 3600     |       |       |
| 39        | 餐飲 | 10084 | Restaurant Hospitality                | 12 |          |      |      | 4680     |       |       |
| 40        | 鑄造 | 20858 | Forging                               | 4  |          |      |      | 1800     |       |       |
| 41        | 鑄造 | 10050 | Foundry Management Technology         | 12 |          |      |      | 3240     |       |       |
| 42        | 水電 | 10054 | Heating/Piping/Air Conditioning       | 12 |          |      |      | 3420     |       |       |
| 43        | 工業 | 10058 | Industry Week                         | 23 |          |      |      | 3600     |       |       |
| 44        | 工業 | 10074 | Occupational Hazards                  | 12 |          |      |      | 3600     |       |       |
| 45        | 金屬 | 16184 | Metal Heat Treating                   | 6  |          |      |      | 1800     |       |       |
| 46        | 金屬 | 17928 | 33 Metal Producing                    | 12 |          |      |      | 3060     |       |       |
| 47        | 運輸 | 22734 | Shipping & Receiving                  | 6  |          |      |      | 1620     |       |       |
| 48        | 運輸 | 10088 | Transportation & Distribution         | 12 |          |      |      | 3060     |       |       |
| 49        | 電信 | 21882 | Wireless Systems Design               | 12 |          |      |      | 1980     |       |       |
| 50        | 電訊 | 21810 | Tele.com                              | 13 |          |      |      | 3420     |       |       |

各位讀者：

您若希望訂購以上書籍，請註明書名及書款，惟訂書時間需花費3個月左右，方能自美國寄到，本社收到您款項後當儘速為您辦理訂購手續，並寄上您所需要書籍。

●以上均含稅及掛號費

|        |                    |                        |
|--------|--------------------|------------------------|
| 郵政劃撥帳號 | 第0104818-1號機械月刊社   | 社址：<br>台北市南京東路五段56號11樓 |
|        | 第1433383-4號電機月刊雜誌社 |                        |
|        | 第1688904-9號化工技術雜誌社 |                        |
|        | 第1836260-0號電子月刊雜誌社 |                        |