

工業廢水減量回收實例介紹—造紙工業

陳文輝* 黃香玲** 郭俊良*** 鄭清宗****

摘要

造紙工業向來是一高耗水的製程，以1992年國內文化、工業及家庭用紙製程而言，估計全年用水量即高達1億680萬立方公尺⁽¹⁾，相當於1991年工業年總用水量的18分之1或65萬人（約臺南市總人口）的年總自來水用量⁽²⁾。近年來，部份國內造紙工廠由於進行工業減廢(industrial waste minimization)，已有效地由白水(white water)回收再利用或改良噴洗設備等技術，進一步減少製程用水量達40~45%。本文以位於彰化之A廠及苗栗B廠為例，簡述造紙工業如何藉由產源減量（採用節水噴頭）及回收再利用（白水回收使用、增設緩衝槽、封緘水循環使用等）的減廢技術進一步減少製程用水，同時有效地回收原料及減少廢水管未處理費用，為工廠帶來極大之經濟效益，此可謂節省水資源及促進產業升級之雙贏(win-win)案例。

【關鍵字】

1. 造紙工業(pulp and paper industry)
2. 白水回收(white water recycling)
3. 工業減廢(industrial waste minimization)

*中國技術服務社工業污染防治中心

一、前　　言

造紙工業向來被視為是一個國家經濟、文化，甚至產業結構變遷的表徵。文化、工業及家庭用紙的消耗量更是一國文化與國民所得高低的指標之一。台灣的造紙產量由光復初期的3,000噸／年急劇提升到1993年的397萬噸／年⁽¹⁾，顯然已成為國內的重要工業之一。

一般而言，紙類成品的製造可分為製漿過程及抄紙過程。其中製漿過程即是將原料植物中的纖維與木質分離而製成紙漿(pulp)；抄紙過程乃是將紙漿加入適當填料再經抄造、修飾、乾燥等步驟而製成紙張或紙板⁽³⁾。目前國內有3家製漿工廠，及153家造紙工廠。本文所討論之製程係針對抄紙過程而言。上述抄紙過程中的每一程序均為纖維在水中進行的作業，因此需要使用大量的水作為媒介。以1992年國內文化、工業及家庭用紙而言，其年產量約各為679、2,950、178仟噸，以其各別平均製程用水量($48.4\text{m}^3/\text{t}$ 、 $23.3\text{m}^3/\text{t}$ 、 $29.2\text{m}^3/\text{t}$)計⁽¹⁾，單以上述三項產品而言，全年的用水量即高達1億680萬立方公尺，相當於1991年工業用總用水量的18分之1或65萬人（約臺南市總人口）的年總自來水用量。由此可知造紙工業也屬於高耗水的工業。

以往由於紙廠的生產規模不大。相對地，用水也較無虞匱乏，因此紙廠對於節省用水或製程用水合理化並未加以重視。但自本世紀中以來，因社會環境逐漸重視環境保護、污染防治成本高昂及企業競爭使得紙廠經營較以往困難，同時水資源的漸趨匱乏，使得高用水之紙廠不得不開始著眼於節省用水，以減少或合理地使用製程用水，同時減少管末廢水量，以減少製造成本並盡可能地動輒上萬立方公尺，亟需盡快檢討製程，以及早達到用水合理化或最適化的目標，否則一旦水源短缺，勢將被迫停工，甚至關閉。再者，大量的用水亦即相對有大量的廢水排放，以目前造紙廢水處理費約3.4～9.9元/立方公尺而言⁽¹⁾，此亦代表高昂的管末處理費用及造紙成本。由於上述因素，造紙製為達節省用水、減水管末處理費用等製程合理化目標，最有效的方法即是採用白水回收措施。單以水資源保育而言，採用此方法可節省製程中大量的用水；若以工業減廢的觀點而言，白水回收更是意謂著纖維原料的充分利用及管末處理費用的降低。

二、研究方法

在介紹白水回收前，首先說明何為白水。由於造紙程序中，每一步驟均為纖維在水中進行，因此紙廠與水之關係猶如人體與血液，如圖 1 所示之造紙流程中，纖維原料要分別經過備漿、抄造、乾燥等步驟方能成為成品。在備漿時需用大量之水來稀釋漿料以進行分散、研磨、配料等前置作業。纖維經上述備製過程後，當漿料於網部脫離時，初產品之濕紙濃度即已高達 20%，而由網部的網孔所排出之水份含有細纖維、填料、化學添加物及染料等，即是所謂的白水。

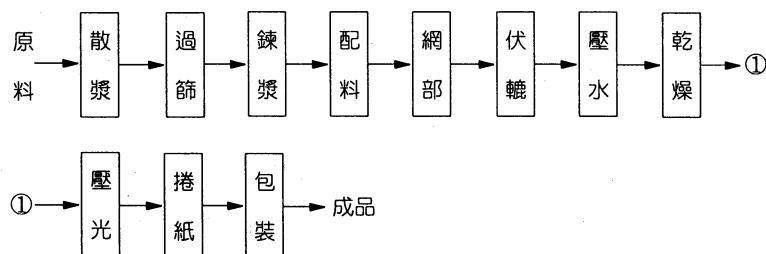


圖 1 造紙流程簡圖

一般而言，白水又可因排出位置不同，而將其分為含纖維濃度較高之濃白水(rich white water)及含纖維較少之稀白水(lean white water)。以造紙製程而言，製程中用水量較多的程序為漿料稀釋用水及抄紙步驟中，清洗網部所需之水。因此若能節省此兩部份之用水量，就可大幅減少造紙的製程用水量⁽⁴⁾。

以下即以位於彰化之 A 廠及位於苗栗之 B 廠為例，說明造紙廠可以採用之節水措施及其顯著之節水成果與經濟效益⁽⁵⁾。

2.1 A 廠

為一生產牛皮紙板、瓦楞芯紙等工業用紙之紙廠，其中牛皮紙板產量約 5,000 噸／月，瓦楞芯紙約 20,000 噸／月。A 廠在未進行節水改善前之製程用水平衡如圖 2 所示，每日平均之清水用量約為 15,000 立方公尺，而產生之待處理廢水約為 14,000 立方公尺。廠方經過評估之後，採用之改善措施如下所述：

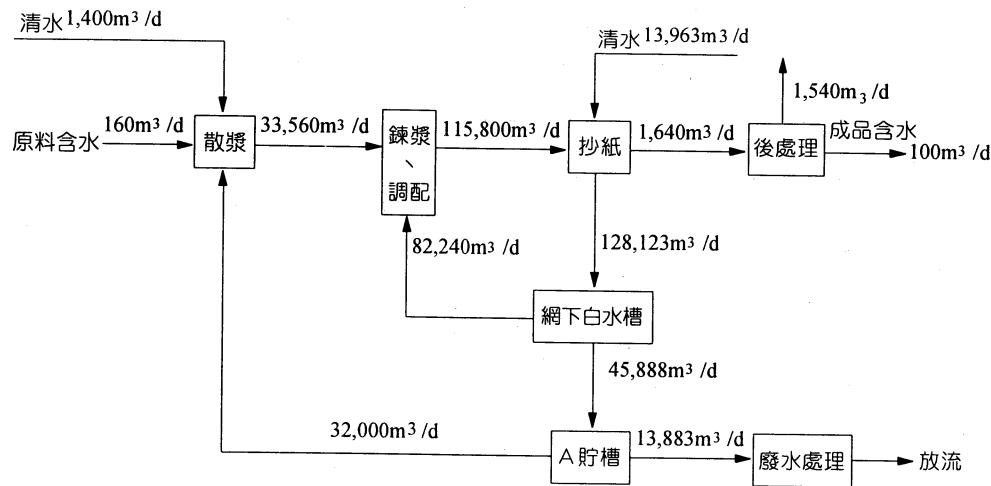


圖2 A廠改善前製程用水平衡圖

- 改善前，廠方以網下白水槽及A貯槽回收約90%之網部下方清洗白水，其餘之清洗白水則會因製程之變異產生過多白水使緩衝作用之網下白水槽、A貯槽容積不夠而溢流至廢水處理場。為避免上述現象，廠方逐於網下白水槽及A貯槽之間擴建體積500m³之緩衝槽，以充份回收製程白水，另外再將A貯槽體積由200m³增至1,200m³。擴建緩衝槽後可多回收之白水約每日4,100立方公尺，此部份白水經一白水回收機(polydisk filter)後，每日可回收約15噸之纖維漿料，經處理過後之白水，可以泵送回網部代替部份清水作為噴淋用水。另外擴增之A貯槽也可多回收1,400立方公尺的白水，亦即可使廢水量每日約減少1,400立方公尺，此部份之回收白水可逕泵送回散漿步驟以完全取代原該處之耗用。上述之增建白水緩衝槽改善措施為廠方帶來之初步經濟效益評估列示如表1。
- 原本於抄紙之網部上，紙機共需使用18支清水噴頭來噴洗網部，需使用極大量之清水。如果依氈網沾漿情形並配合紙車車速，將此噴洗裝置改成電子式極慢速擺動清洗設備，如此則僅需設置6支噴頭即可將網部清洗乾淨，此改善措施不僅可達到網部所需之潔淨程度，並可有延長毛毯壽命及降低斷紙次數的好處，另外可每日節省約1,200立方公尺之清水用量，其初步經濟效益評估如表2所示。

表1 初步經濟效期分析－白水回收

執行方案 比較項目		白 水 回 收			
		項 目	費用(NT)	百分比(%)	合 計(NT)
硬體投資成本(A)	• 500m ³ 白水槽 • 白水回收機（既有） • 配管	4,000,000 — 1,000,000	29 71		5,000,000
每年操作費用(B)	• 電力費 • 維修	300,000 200,000	60 40		500,000
投資回收效益(C)	• 節省水處理費用 (地下水處理費3.5元/m ³ ， 廢水處理費5.5元/m ³) $4,098\text{m}^3/\text{日} \times 9\text{元}/\text{m}^3 \times$ $330\text{日}/\text{年} = 12,171,060\text{元}/\text{年}$ • 回收纖維 $15\text{噸}/\text{日} \times 1,200\text{元}/\text{噸} \times$ $330\text{日}/\text{年} = 5,940,000\text{元}/\text{年}$	12,170,060 5,940,000	67 33		18,110,060
每年淨效益 (C-B)	17,610,000元/年				
回收期 (A/C-B)	約4個月				

表2 初步經濟效益分析－裝設電子極慢速沖洗裝置

執行方案 比較項目		裝設電子極慢速沖洗裝置			
		項目	費用(NT)	百分比(%)	合計(NT)
投資成本(A)	硬體投資成本	• 電子極慢速沖洗裝置 本體×6支(含裝設費用) • 工資(廠內人力)	4,000,000 —	100 —	4,000,000
投資成本(B)	每年操作費用	• 電力費 • 維修	600,000 200,000	23 77	260,000
投資回效收益(C)		• 節省水處理費用(地下水處理費3.5元/m ³ , 廢水處理費5.5元/m ³) 1,200m ³ /日×9元/m ³ ×330日/年=3,564,000元/年 • 延長毛毯壽命約35%及降低斷紙次數	3,564,000 —	100	3,564,000
每年淨效益(C-B)		3,304,000元/年			
回收期(A/C-B)		約15個月			

A廠經由上述節水改善措施，如圖3所示，將原來之廢水量由13,883立方公尺／日降至7,183立方公尺／日，不僅節省了每日6,700立方公尺之清水用量（約減少44%之清水用量），同時亦減少了6,700立方公尺的廢水，並帶來極顯著之經濟效益。

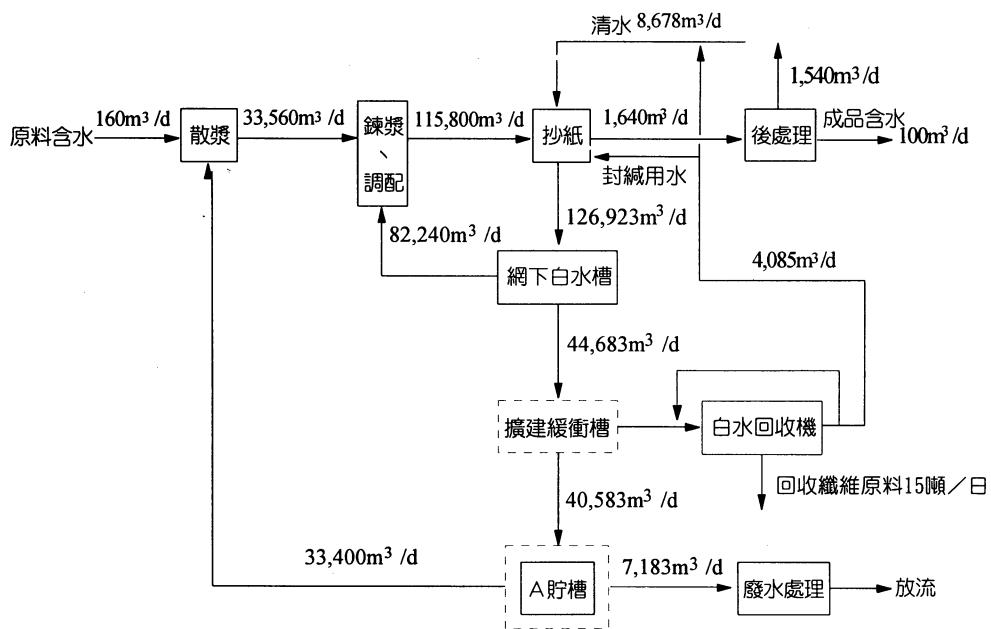


圖3 A廠改善後製程用水平衡圖

2.2 B廠

為一生產白紙板之工廠，其月產量約可達2,500噸。全廠每日清水用量約9,800立方公尺。該廠共有2條生產線，其中一條之製程如圖4所示。廠方先就一條生產線進行改善，採用之節水措施如下所述：

- 改善前，廠方採用清水稀釋（約每日512立方公尺）來調整鍊製後之漿料，以便進行送漿作業（製漿部與網部廠區分離較遠）。經評估後改採高濃度送漿機送漿，再將白漿圓網所產生之白水收集做稀釋之用，如此就可減少每日稀釋所需之512立方公尺清水。

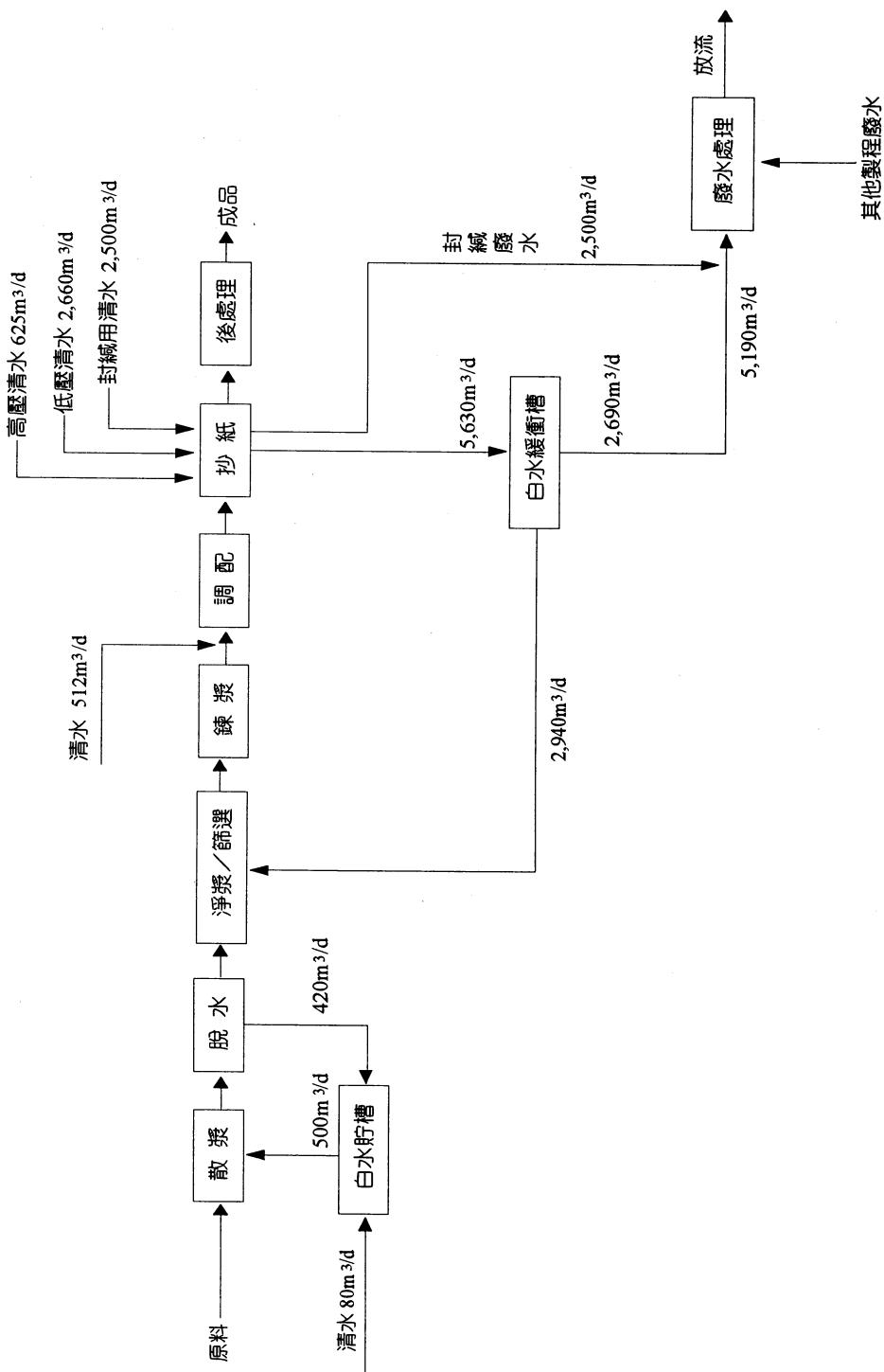


圖 4 B廠改善前單一生產線用水平平衡簡圖

2. 紙漿進入網部及伏轆(roller)時需利用真空泵所造成之真空度，使漿料成形於圓網上，並使水份脫除，本廠採用之真空泵係使用清水加以封緘，以維持真空度。此部份之用水量每日約為2,500立方公尺。經評估後，此部份之清水可利用加裝冷卻設備後循環使用，而僅需補充少量清水。
3. 網部噴洗原本每日需使用高壓噴洗水625立方公尺及低壓噴洗水2,660立方公尺，經檢討此部份水質要求後，可以用經白水回收機處理後之淨白水摻配原先之清水使用，如此每日可取代約225立方公尺之高壓噴洗水及1,000立方公尺之低壓噴洗清水。

綜合上述三項改善措施，如圖5所示，B廠僅改善一條生產線即節省4,237立方公尺／日之清水用量，亦即減少66%之該製程用水量，使每日由6,377立方公尺減少至僅需2,140立方公尺。對整廠用水而言，則由原9,800立方公尺／日降為5,563，減少達43%。

三、結果與討論

上述兩廠均為工業用造紙廠，其總年產量約為國內年總工業用紙產量之11.4%⁽¹⁾。原本此兩廠每年所需之製程用清水約各為500萬及300萬立方公尺，然而其皆由進一步之白水回收再利用及採用節水噴頭等措施，分別大量地減少製程用水量達44%及43%。如果根據此兩廠所得之數據加以推估，並以保守的節水30%計算，若國內造紙工廠都能致力於推行廠內節水措施，則每年將可節省約3,000萬立方公尺的清水。另外，由於這些節水改善也可回收有用的原料纖維並減少高昂之廢水處理費用，其顯著之經濟效益更可改善工廠之經營體質。

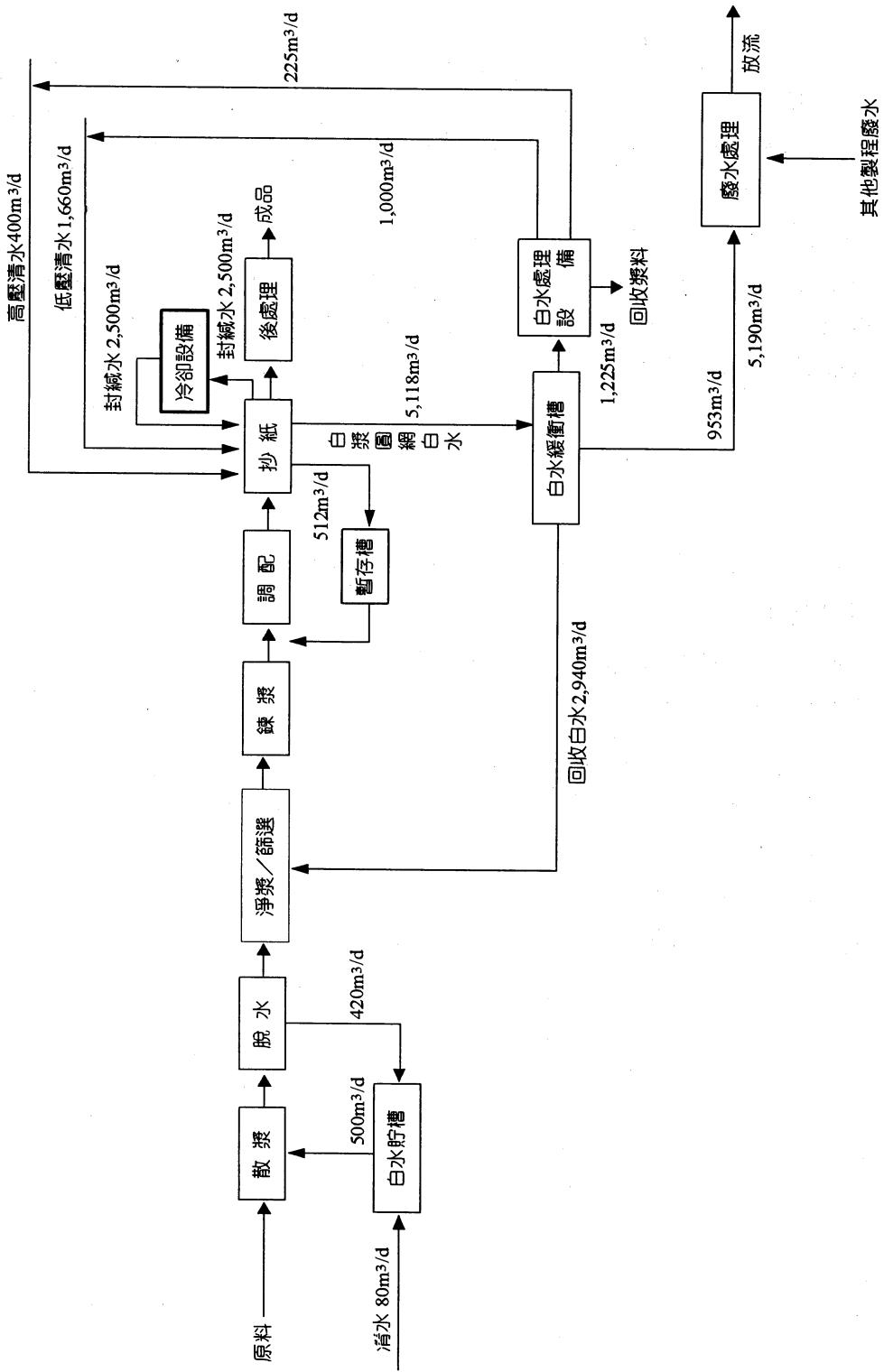


圖 5 B廠改善後單一生產線用水平衡簡圖

四、結論

水與紙都是生活的必需品，其個人使用量也都隨生活品質的提高而逐年增加⁽⁶⁾。個人紙用量的提高，促使高耗水的造紙業擴大其產能，同時也代表著需要更大量的製程用水，當然此現象在個人用水量亦逐漸提高的同時，在某種程度上，必然也會影響整體水資源的使用與分配。在國內有識之士致力於各項水資源開發與管理之時，本文嘗試藉由兩個造紙廠之產源減量、回收再利用等節水措施，來說明造紙製程中尚有極大的節水空間，另外，這些節水措施也可為造紙廠帶來顯著的經濟效益，實在值得有關機關及業界加以重視。

參考文獻

1. 工業減廢技術手冊－2，造紙工業，經濟部暨環保署工業減廢輔導小組，台北(1992)。
2. 中華民國台灣地區環境資訊（81年版），行政院環保署，台北(1992)。
3. 工業污染防治技術手冊－9，造紙工廠廢水污染防治，中國技術服務社工業污染防治中心，台北(1992)。
4. 朱志耀，供漿及抄紙之前處理，台灣區造紙工業同業公會／漿與紙雜誌社，台北(1990)。
5. 工業減廢示範及推廣輔導計畫期末報告書，經濟部工業局，台北(1994)。
6. 張鎮南等，台灣省造紙廢水污染防治之研究，台灣省環保處，台中(1989)。