

廠內改善

工業廢水廠內改善措施（一）

林志森*

一、前言

解決工業廢水污染的途徑很多，一般所謂「廢水處理」常指從廢水中除去其所含污染物質；事實上「處理」僅為其中方法之一，因為「處理」通常是一種必須花錢及耗費資源與能源的方法，且因處理量之增加或處理程度之提高以致所花代價亦相對增加；非但不經濟且困難甚多，故祇在不得已時才加以考慮。因而最佳之方法為不使廢水排放出來，縱有廢水排放，在選擇處理方案之前，亦應儘量設法減少廢水處理量（包括污染量及污染強度）。

我們都知道，所有工業廢水的處理，理論上都是可行，唯實際上應考慮其成本與效率，尤以成本問題最為重要，因為廢水處理無論其簡繁，勢必增加其生產成本，增加業者的負擔；而影響成本最大者為廢水量及廢水強度。因之如能於廢水處理前設法減少廢水量或廢水強度，當可節省不少處理費用，且有助於將來處理、操作過程及提高處理功效。

「廠內改善」(In-Plant Control)，即係藉工廠良好之管理，製造方法或程序之改變及設備、操作與維護制度之改善，使廢水量及廢水強度減至最低，進而降低處理成本。因之「廠內改善」實為解決工業廢水污染經濟可行的途徑，然而一般工廠多半不瞭解其重要性，亦未加予重視，甚至於從事廢水處理規劃、設計之顧問工程公司或水處理工程公司亦極少加予重視。由於工廠不重視廠內改善，處理龐大的廢水量，將使得廢水處理設備投資費及操作維護費相對增加；設計公司不重視廠內改善，則到手的生意都飛了。舉個例子來說，在本省中部地區某一家綜合性食品工廠，其主要產品為乳品及蔬、果罐頭類，在其排放廢水經政府主管機關限期改善下，該廠首先委由國內數家設計公司規劃、設計，這些設計公司對從廠內改善以減少廢水處理量之方式均未加以考慮，其設計處理水量，皆以目前工廠實際排水量為基準，設計水量每天 6,000 餘噸 (CMD)，工程費用相當龐大，業者無法負擔，乃轉而委請國外某廢水處理公司再行規劃、設計，經該公司設計人員駐廠調查生產過程，並檢討其現有製造程序與廠內管理後，廢水量由 6,000 CMD 降至 4,000 CMD，相對的其工程費用減少了三分之一，因此該公司得標了；工廠也節省了 $\frac{1}{3}$ 的處理設備費，此外還可大大減少日後的操作維護費哩！

由上可知廠內改善措施，無論對工廠或設計公司都相當重要，倆者均應有這個觀念，因此在從事廢水處理規劃、設計之前，應先瞭解工廠各生產部門所發生之污染量，污染物性質及污染來源等問題，然後針對廠內既存問題（諸如不良生產方式導致大量廢水排放，不良廠房管理導致污染物濃度增加等），研究一有效而適當的改善措施，以減少污染量，這些方法通常是輕易可行的且業者與設計公司均具有此種能力。於此，筆者願藉「工業污染防治」專刊發行之便，逐期介紹有關工業廢水廠內改善措施，期有助於工業廢水之改善。本期首先介紹一般改善措施，第二期起再依不同業別逐類介紹其主要改善措施。

* 經濟部工業局專員

二、改善措施

一般廠內改善措施，其對污染源之控制，不外要求達到：(1)不排放廢水(2)減少廢水量(3)降低廢水濃度(4)改變污染物性質及(5)廢污再利用等。為了達到上項要求，通常採取下列幾種重要的改善措施：(1)改良工廠管理 (housekeeping)，(2)水循環再用 (reuse of water)，(3)廢資材及副產物回收 (recovery of waste material or by-product) 及(4)廢水之分類與分離 (Classification & Segregation of wastes) 等。茲說明如後：

一、改良工廠管理

工廠管理係指工業製造程序之嚴密管理，非但可以減輕廢水污染，兼可節省能源及減少原料、半製品、產品等損失。此外廠內管理改善，尚包括使用原料或製造程序之改變，以減輕污染負擔，節省原材料，減少產品耗損及提高品質等。

有很多實際例子證明某些工廠所排廢水，常因管理不善，操作人員任意或不慎而溢出，這種任意或意外而溢漏出之廢污，常可因工廠管理的改善而減少或避免。以下是幾種常見不良的工廠管理：

- 1.熱水管或冷水管之使用水，未加以適當控制，任意使其流放成為廢水，非但浪費有價值的水資源，同時增加廢水量；這種例子最常見於需用洗滌水的工廠，如食品工廠用於洗滌原料貯槽、容器、管線及地板之洗滌水，金屬表面處理工廠用於洗滌經處理後產品之清洗水，及用於其他工業程序之裝置或地面洗滌水等，常由於操作人員的無知或為求操作上的方便，不慎或任意使大量用水為之流失。
- 2.許多食品工廠殘留於不鏽鋼容器之原料、產品或半製品，為了方便，直接用水沖洗進入下水道，而未令其再流入程序槽內，非但增加了廢水量，同時也是原材料、製品及水資源等的損耗。此外印染工廠殘留於容器內經過調配之上漿劑、顏料及染料等為了方便，直接用水沖洗而入排水系統。
- 3.啤酒、清涼飲料（汽水，果汁……）及醬油等瓶裝食品製造工廠，在生產線上常因包裝機械問題或人為作業不慎而導致瓶子破裂，內容物流失，經水沖洗而造成污染問題。

為了改善前述不良的工廠管理，有一個共同觀念必須建立——「只有儘量少用水，才能減少廢水量」。採用不用水的乾式生產方法代替濕式生產方法，即不致發生污染，選擇無污染或低污染之製造程序代替污染性高的生產程序，自可減少廢水排放量。工業程序上洗滌水的適當節制，或採用「乾式」方式，將可減少廢水量；例如前項容器、貯槽、地板之清潔，如採用布條、海棉或木屑擦拭，則無廢水排放。此外，如塑膠廢料加工廠採用乾洗（人工揀別）代替濕洗（酸洗），麵粉製造工廠中的原料小麥採用乾洗（機械氣流）代替濕洗（水洗），麥芽製造工廠之原料麥浸水前洗滌採用乾洗（機械氣流）代替濕洗（水洗），羊毛洗滌採用乾洗（冷凍脫脂，溶劑萃取）代替濕洗（碱洗），金屬表面除銹處理採用乾洗（機械噴砂）代替濕洗（鹽酸或硫酸浸蝕），空氣污染處理採用乾式除塵代替濕式除塵……等等，均可避免廢水的產生。

良好的廠內管理須要管理人員、保養人員以及操作人員等的真誠合作，始能奏效；所以教導工廠內有關人員，使其瞭解這項廠內管理的改善是極重要的，如此，非但為解決廢水污染之經濟可行途徑，同時亦可減少很多有價原材料的損耗，達到降低生產成本的目的。以下幾點措施可供

參考：

1. 教育與訓練操作員，使其具有防止或減少廢水量與廢水濃度之觀念與知識。
2. 提高操作效率，勿使原料、成品等流失，而造成浪費與產生廢水污染問題。
3. 嚴格控制物料之貯存、運送與使用；用藥配料應按適當比例勿使調配過剩，而造成棄置浪費與發生污染。
4. 嚴格控制使用水量，節約用水；固體物料儘量予以分離處置，勿使傾入排水系統。（處理乾廢棄物較處理廢水容易得多）。
5. 建立制度，設置專業人員，從事於廢水資料之收集、控制、稽查、監督、管理及協治生產部門研究改進生產方式，以減少資源流失。

二、水循環再用

水係寶貴的資源，工業製造過程中所使用的水不論其來源為何？都需要花錢的，使用自來水需要付給自來水廠相當昂貴的水費，使用地面水或地下水，無論其收集、貯存、處理、泵送及必要的加熱等操作均需要花錢，而且由於工業用戶大量汲取用水的結果，使得有限的水資源業已日感缺乏，而不再是往昔「取之不盡，用之不竭」了。因此減少工業用水的消耗，非但可減少廢水量，亦為當前研究水資源有效利用的中心課題。

一般所謂廢水循環，係生產過程自開放式改變為密閉式，使得所排之廢水循環於各程序內；而廢水之再用係指將生產過程中所排污染度較低之廢水，用於水質要求不高之次一級用水或將處理廠之放流水再次供為生產用水，故循環與再用往往是相伴發生的。就工業程序而言，水之循環與再用，意即節省用水量及減少廢水量，如此可以減低水處理費用。此外冷、熱水之循環再用也可節省能源，譬如化學反應之放熱反應，常需使用大量冷卻水來降低反應溫度，經熱交換之冷卻水溫度升高，如任意排放，非但浪費水資源且影響廢水處理（高溫影響處理效率），同時也是一種能源浪費，如能經由熱交換器回收熱能後再循環使用，則一舉數得。

工廠廢水循環再用，通常包括污染物含量較少的廢水，直接或經簡單處理後循環再用及含污染物較多之廢水配合回收處理後循環再用；諸如各種工業過程中冷卻水的循環再用；濕式作業過程 (Wet process) 採用逆流清洗法 (Counter Current)，此種逆流清洗作業常可大大節省用水量，如紙漿之洗滌，羊毛之洗滌，金屬製品經表面處理後之清洗，皮革作業之逐匹式洗滌及食品工業，煤礦業之原料清洗等等。先就紙廠為例說明之，紙廠抄紙過程需用大量洗滌水，此種洗滌水即通稱之「白水」，除含少量短纖維與填料外，污染度甚為輕微，可使其循環使用於抄紙過程中或再用為用水量大而水質要求標準不高之洗漿用水。由於洗漿水之循環與再用大量地減少了廢水量，相對地也節省了廢水處理費，因此紙廠廢水之循環與再使用是具有相當經濟價值，至其經濟價值之大小，則視再用程度之不同而異。紙廠所排廢水量，有每噸產品高達數百噸者，亦有少至每噸產品僅排出數十噸廢水者；廢水量相差如此之巨，主要關鍵即在廢水循環與再用程度之不同。其次如電鍍作業採用「逆流多段清洗法」，或利用高壓噴霧清洗代替水清洗或回流式水槽等，均可大大節省用水量及減少廢水排放量。

當然廢水經由多次循環使用後，濃度可能增高，濃度增高有時反易於處理而提高處理效率（化學反應速率常與濃度成正比）；雖然濃度超過某極限，可能對生物處理有所妨害，但只要適當檢討，尋求妥善處理方式，其影響所剩無幾了。

其次，欲考慮廢水之循環與再用，需對工廠內水的使用及工程作一全盤性的探討，調查各生產部門如何使用水及其使用水量，廢水排放量的多寡及變化等，必要時還需包括設備之檢查或整修。通常這些作業需由生產部門的工程人員給予廢水處理人員必要的協助始能達成。舉個例子來說，在本省南部某一石油化學工廠，其真空蒸餾之真空系統原使用接觸冷凝法，由來自噴射器(Steam Ejectors)之高壓水蒸氣與真空塔頂部出來的油蒸汽及水蒸汽混合，經冷卻後產生大量油水(Oily Water)，不但需用龐大的油水分離池來處理，且浪費大量冷卻水(受油污染之冷卻水，無法循環再用)，經改用表面冷凝器後，冷卻水與含油蒸汽不直接接觸，冷凝下來的油水量大為減少(由 13,000 CMD 降至 370CMD)而大量未受污染的冷卻水即可循環使用，同時可以回收廢油，一舉數得。

三、廢資材及副產物之回收

一般工業製造過程中，總有些「廢資材」(Waste material) 及「副產物」(by-product) 的產生，這些東西經濟價值較低，尤其是前者總被認為是眞的「廢物」，其實不然，就科學技術的觀點而言，任何東西都有其用途的，今日吾人所謂廢棄物，只是我們尚未發現或開發出它的適當用途罷了。倘若我們能够去研究開發，利用它的潛在價值，並經由適當的處理，就可提煉出具有經濟價值的產物——即一般所謂回收(recovery)，如此我們就可創造出更多的經濟利益，一方面節省資源，獲得利潤，再方面減少廢汚物的負荷，降低污染處理成本。因之廢資材及副產物之回收，乃具有雙重效益。

理論上，所有工業廢水中均有或多或少的廢資材(包括漏失的原料、中間產品及副產物等)可資回收，但在實用上吾人所感興趣者，多半僅限於具有經濟價值之廢資材或副產物而已。如果廢資材或副產物之實用價值，遠小於回收該項副產物所花費之代價時，則該項回收作業，只有更增加工廠之支出，實已無經濟價值可言。唯若回收可減少大量廢污處理的負擔，且其回收費用又小於另設處理設備費用時，則不管該類副產物有無經濟價值，回收法均值得採用，譬如水銀法食鹽電解碱氯製造工業，由於管線、接頭及貯槽等之洩漏，不但寶貴的原料——食鹽水(Brine)漏失，相對的水銀流失量也增加，發生水銀污染問題，工廠如能設法防止食鹽水漏洩或將食鹽水加以回收，循環於程序上，則水銀流失量將可降低。由此可知，回收操作其作用有二：①為獲得利潤而回收。②為減少廢汚之負荷而回收，故計算回收價值時應兼顧此兩方面方屬合理。

事實上許多採用回收方式的業者，非但因此獲取利潤且認為此乃唯一經濟可行處理工業廢水的方法。舉例來說，紙漿及醣酵工廠所產生的高濃度有機廢液，如不採取回收處理方式，目前似無其他經濟可行的處理方法；毛條工廠洗毛廢水含高濃度油脂如不採用回收處理，亦無其他更佳處理途徑。此外石化工業製程中有相當多的廢污物，如不採用回收處理，亦難尋得其它經濟可行的處理方式。如 MMA 製造過程中高濃度副產廢硫酸液，聚酯樹脂聚合過程中含甲醇或乙二醇廢液，聚丙烯腈樹脂或 PU 樹脂製程中有機溶劑如 DMF 等，多半均需採用回收處理，如此非但可防止污染發生，兼可減少物料損耗，而為一經濟可行的處理方法。

四、廢水之分類與分離

同一工廠廢水來源常有多端，每一來源之水質及水量亦不相同，如能將其分類，則製造過程所生廢水(程序廢水)可與冷卻水分開，甚至於不同程序廢水，其水質、水量亦相迥異，如能依

其不同特性將其分開收集，不但可大為減少必須處理之廢水量，亦將有助於終端處理。此種在製造過程中即將不同污染性之排水予以分類而分開，且僅讓具污染性之排水給予處理，其它未受污染或污染較輕者，則因不須處理，而可直接予以排放以減少廢水量者，稱為廢水之分類與分離。

通常工廠廢水依其用途來源可分為三大類：(1)程序廢水：此種廢水包括來自抄紙過程之洗滌水，電鍍作業之沖洗水，乳品工廠容器之洗滌水及食品工廠之原料洗滌水等在內。(2)冷卻水：冷卻水量依工業種類而異，主要視製造過程中所需移除之熱量而定；一大型煉油廠每天大約排出150百萬加侖(mgd)，而其程序水僅5mgd，其餘皆為冷卻水。雖然冷卻水有時由於管線之洩漏、銹蝕或受熱關係（尤其是真空系統之冷卻水）致使含少量有機物，或外來添加劑（如腐蝕或藻類生長抑制劑等），唯從污染之標準點來看，仍可視為未受污染。(3)衛生廢水（家庭污水）：來自辦公室、廚房或宿舍等衛生設備，其量平均每人每天約25—50加侖。

以上三種廢水僅第一種廢水需加以較複雜的處理，第二種廢水污染度甚低，一般無須任何處理即可排出或循環再用，第三種廢水可視為承受水體之用途而稍加處理或混合第一種廢水處理（尤其一般工業廢水若採生物處理，由於營養份之缺乏，若添加此種衛生廢水可補其不足）。因此若設法將第二種廢水單獨分開收集，則可減少廢水量，減輕處理廠之水量負荷，降低處理成本。

此外，某些工業其程序廢水，常因濃度或性質不同，亦須將其分開收集，俾有助於最後之處理，例如染整工廠廢水，其蒸煮廢水量少而濃度高，如能個別處理較綜合廢水處理有利；電鍍工廠含鉻及氰化物廢水必須分開收集，分別處理，始不致發生困難（氰化物採鹼性氧化，鉻酸採酸性還原）。

總之，一般工業廢水採取分開收集，分開處理的原則如下：

- (1)廢水性質差異甚大，而需採不同處理方法者；如上述鉻與氰化物之處理。
- (2)廢水混合可能產生不良作用或影響者；如① $CN^- + H^+ \rightarrow HCN \uparrow$ (有毒)
② 油脂 $+ OH^- \rightarrow$ 皂化 (分離不易)
③ $SO_4^{2-} + Ca^{++} \rightarrow CaSO_4 \downarrow$ (堵塞管線)
- (3)廢水污染性低，可不必處理者；如冷卻水。
- (4)廢水經簡單處理後可再用者；如低污染度洗滌水廢水。
- (5)廢水可回收有價值成份者；如紙漿黑液，電鍍鉻酸……。
- (6)危險性或毒性廢水；如含 $CN^- HCN ACH$ 及揮發性大之油類、有機溶劑等廢水。