

煉油廠廢水之再循環及再利用

呂昭彥*

本文是巴利蘭格爾 (Barry S. Langer) 調查美國十五個代表性的煉油廠，就其廢水之再循環及再利用作分析研究，該研究之結果分別就下面各項加以說明：

一、蒸汽冷凝液之回收、再利用以及減少出氣口之損失

煉油廠鍋爐之飼水量很大，而且在許多地方都須用蒸汽，因此首先研究鍋爐系統。一般的鍋爐補充水是回收的冷凝水及原水；一般的廢水的排放源是透平機的釋壓、加熱、清洗以及接觸程序 (contact process)。接觸程序使蒸汽含有氨及硫化氫，通常以蒸氣汽提法除去這些污染物。

鍋爐循環廢水平均約為全部程序廢水的26%。大部分的廠都使用各種方法減少鍋爐循環廢水，其平均減少量約為40%。鍋爐飼水平均有37%經由各種途徑損失排至下水溝。這些損失包括清潔的冷凝水、酸冷凝水 (sour condensate)、鍋爐的洩放 (blow down)、廢物預處理（像過濾器之反沖洗、軟化再生劑、清淨器之污泥）。鍋爐飼水約有20%經由火舌口 (flares)、釋壓、未捕集之蒸汽、洗滌、程序注入、預熱空氣、再沸騰、偶然的排氣、霧化、脫氣等形式而損失。約有38%的飼水被回收再利用為飼水，約有5%被回收用為冷卻塔補充水、噴淋池補充水，以及脫鹽器補充水。回收冷凝蒸汽及減少通氣口之損失是大部分煉油廠都可以做到的技術。在本調查中，回收清潔的冷凝水作為飼水及利用酸冷凝水作為脫鹽器補充水可以使排入水溝之損失降到鍋爐飼水的24%。設置管線以收集經由過熱、微跡、槽之加熱、汽水閥、洩漏等而損失之蒸汽可以使冷凝回收量增加到鍋爐飼水的53%。減少程序單元、透平機、蒸汽閥等的通氣口可以減少通氣損失至鍋爐飼水的16%。平均約有11%的鍋爐飼水最後變為含氮及硫化氫的冷凝水，必須用汽提法除去雜質，以便用之於冷卻塔、噴淋池、脫鹽器等。

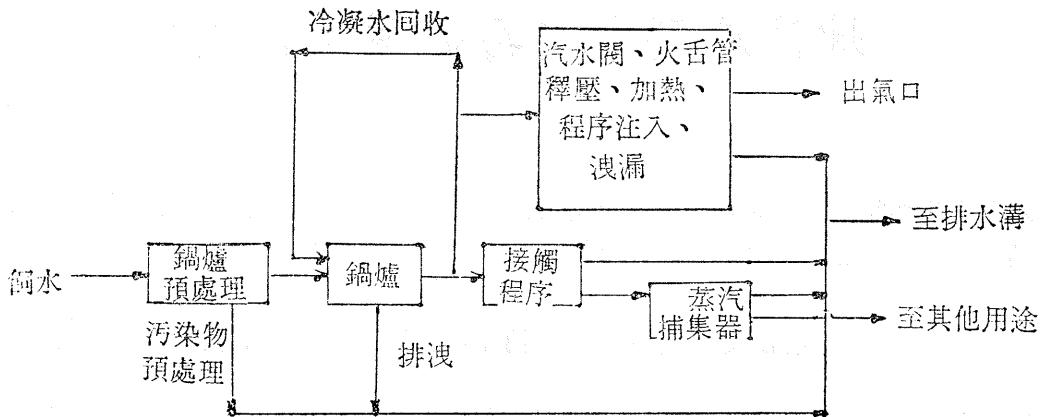
回收冷凝水是最具有經濟吸引力的技術，通常所需要之設備為收集槽、冷凝器，裝設蒸汽捕集器以及把透平機改為電動馬達。為維護這些回收系統，必須有專職的工作小組。由於這些回收，不僅減少了廢水量，而且減少鍋爐原水需要量。預處理的廢水量減少，節約了能源（因為高溫的水重回鍋爐。）

煉油廠的回收再使用冷凝水之成本大約可分為三類：第一類為使用加強收集系統，回收大約原來鍋爐一半的飼水，其回收之單位成本高，因為既有的收集系統能量減低，程序必須作大修改。第二類為在既有的收集系統上加上冷凝液回收設備，其單位成本較低。第三類為回收量少於原飼水量四分之一的煉油廠，既有的回收僅限於鍋爐及透平機的內部系統，在別的地方沒有回收冷凝水的管路系統，欲加強回收僅須在既有的系統上加置延伸之管路。

回收高溫冷凝水及減少預處理，在大部分的廠都證實是可行的，但是却很難評估其節省之成

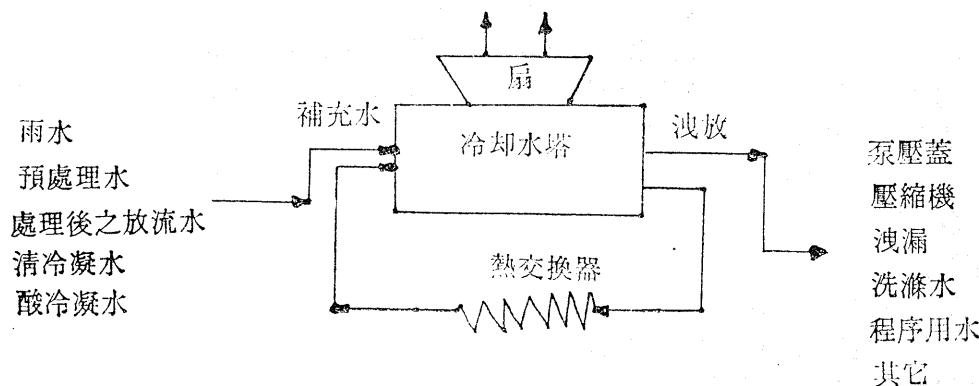
* 合肥工程師

本，因為各廠的熱價值並不一致。



二、冷却塔洩放之控制

在使用冷却塔之煉油廠，冷却塔之洩放 (blow down) 約為全部煉油程序廢水的三分之一。有些廠使用20~40% Btu 的空氣冷却。在有大量供水可進行非循環冷卻時則冷卻塔較不普遍。圖二為冷卻塔補充水之來源及洩放。



有些廠對於冷卻塔之管理很重視，經常檢測水質及控制洩放量。塔中會發生蒸發，補充水中之雜質會越來越濃而必須將之洩放。冷卻補充水中之雜質主要為矽、鈉、鈣、鎂、鐵、碳酸氫鹽、氯化物及硫酸鹽。這些雜質的濃度以洩放來控制以防浸蝕，結垢或發臭。濃度循環的次數通常以總溶解固體 (total dissolved solid)、電導度、總硬度來決定。冷卻塔之補充水有時須以石灰法或鈉沸石法、澄清或過濾以去除鈣、鎂、矽或總懸浮固體量。再循環水中通常必須加藥以調整 pH 值以免溶解固體沉澱出來，以及控制生物之生長，以及防止熱交換器之浸蝕及結垢。

大部分的廠對於冷卻水系統之管理未有足够的重視。冷卻塔之濃度循環在夏天因蒸發或補充水困難而降低。洩放未予以控制，亦即不規則的將它使用於泵壓蓋、壓縮機冷卻、洗滌等亦使濃度循環降低。

未控制之洩放、補充水之品質以及限制因子等視各廠而異，減少洩放的方法亦因冷卻系統的不同而異，通常可以修改的地方包括：

- 將使用洩放水之泵、壓縮機、樣品箱 (sample boxes) 等之冷卻水加以循環。
- 將漏油之泵壓蓋墊 (oil-leaking pump gland packing) 改成機械封 (mechanical seal)，以便將洩放水收集及再循環。
- 減少使用泵壓蓋冷卻水。
- 加強維護既有之系統，減少洩漏及聚水坑之溢流。

在這次調查中，各廠之冷卻塔濃度循環次數平均為 4。消除未控制之洩放可以增加循環次數。

減少洩放所需之成本很不容易估計。增加濃度循環可能增加藥劑的使用量，但是減少用水量事實上可以減少藥劑的用量。實驗室的分析工作及冷卻系統的管理可能須要增加人手。在依賴冷卻塔過重的廠，其控制洩放之成本較高。廢除泵以及設置收集系統可以有效的減少洩放之損失。依賴非循環冷卻水之廠則須有蒸發冷卻系統。

三、一般程序使用水

在本研究裏，約有 44% 的廢水使用於一般程序中。一般程序包括氣壓冷凝冷卻水、洗滌水、機械冷卻、消防水、交換器冷卻。在某些程序中，處理過之廢水可以被使用。把氣壓冷凝器改成表面冷凝器是一項被認可之技術，氣壓冷卻有時需大量的水，但是廢止氣壓冷卻可能會影響生物處理廢水之操作，因為氣壓冷凝器可供給有機物質以利生物處理之進行。

洗滌水系統管理之缺失，像聚水坑之溢流、水龍頭未關緊、暫時性的熱交換冷卻、地下的洩漏。地下的洩漏不易校正，但是管理的缺失可以用節約用水計畫來補救。像泵及壓縮機等機械不屬於循環冷卻系統，可以併入消防水或非循環系統。由於這些機械與既有的系統並排，不易使之與循環系統連接。

一般程序用水視廠之不同而異，無法找出相同的技術，其成本之估算亦不易。本調查各廠所用之技術包括：

- 再利用非循環泵及壓縮機冷卻水於脫鹽補充水。
- 廢除水冷空調系統。
- 建立管式爐之再循環系統。
- 將氣壓式冷凝器改為連接於冷卻塔之熱交換器。
- 減少非循環泵壓蓋冷卻水（使用機械封）。
- 設置固定撇除器 (skimmers) 以減少撇去率。
- 再利用異裂解器冷卻水及濾塵器洗滌水於冷卻塔補充水。
- 再利用非循環丙烷冷凝器於冷卻塔補充水。

四、放流水處理後之再利用

原水價格日漸昂貴以及放流水標準日趨嚴格，使得部分煉油廠採取再處理放流水之措施。最

重要的因子是總溶解固體量。一般言之，總溶解固體量在 1000 mg/l 以下便可用來做壓縮機冷卻水、消防水，及洗滌水。總溶解固體量在 500 mg/l 以下即可用做氣壓冷凝器冷卻水。 1500 mg/l 總溶解固體量的廢水可用之於焦煤粉屑的輸送。熱交換器和冷凝器對於總溶解固體量較為敏感，因為它的冷卻面的熱差比泵或壓縮機高。利用放流水做冷卻塔或噴淋池的補充水必須視濃度循環的次數而定，一般言之，總溶解固體量不可高於 1000 mg/l 。有一個廠利用48%的處理過之程序廢水於泵壓蓋冷卻、公用水以及粉塵之控制。在本調查中，程序廢水約有45%可以再處理利用。把氣壓冷凝器換成表面冷凝器可使處理後之廢水長期被使用。有些廢水所含的懸浮固體量及氨量過高，必須設法除去，才能用來做冷卻塔補充水。處理的程度越高，則廢水再利用之可能性越大，逆滲透法可以除去 90% 的溶解固體及 100% 的懸浮固體物，利用鹽水濃縮器及噴霧蒸發系統可把逆滲透所棄之水處理至鍋爐飼水之品質，以及產出乾固體廢棄物。

減少廢水每加侖所需之成本視各廠之情況而異：既有的管路、既有儲槽之容積、以及既有設備之適用情形等。一般言之，放流水再處理與成本節省關聯很小。

五、結論

煉油廠廢水的再利用及再循環技術能有效的減少廢水的放流量。在本調查中，十二個煉油廠因採用廢水之再利用及再循環技術而使廢水之放流量顯著的減少。表一為十二個煉油廠其廢水排放源在採取改善技術後所減少的百分比（占排放源流量的百分數）。

煉油廠	冷卻塔洩放	鍋爐循環	一般程序用水	處理過放流水再利用
1	79%	66%	0%	28%
2	0	56	31	0
3	0	0	0	19
4	70	58	-25	31
5	0	47	10	70
6	49	66	33	16
7	75	28	2	90
8	75	48	65	0
9	17	26	2	60
10	0	5	71	21
11	0	0	0	50
12	-4	8	0	67

參考文獻：Barry S. Langer, JRB Assoc., Inc., Paramus, N. J. 07652 Wastewater Reuse and Recycle in Petroleum Refineries.