

回收紡織品染色熱廢液中熱能以減少污染

郭載書

一、摘要

爲了滿足人類的美感，絕大部分紡織品都經過染色加工後，才進入市場。雖然在染色設備方面，有染紗染布等多種不同的設計。以適應不同的染色需要。但在染色後的廢液常在80℃左右排放，則是一項共同的事實。這些熱廢液在排出後對環境造成熱污染，同時也浪費了寶貴的能源。所以應該盡可能將其中熱能回收，再加以利用。

根據過去的調查統計，台灣地區共有染整工廠500家以上。除了數十家較大型者外，絕大多數都是中小型工廠，尤其以員工50人以下的小廠爲多。這些工廠大多將注意力放在加工生產上，對改善設備缺少足夠的主動人力。因此有加以輔導的必要。提出本報告的目的，就是想拋磚引玉，希望大家提出高見，對這項減少熱污染的問題，加以討論。

一、熱污染來源

在紡織品染色中，無論染紗、染布，且無論染色、精練或退漿等過程，雖有設備及操作方法的不同，但大多須在90℃至130℃的液體中進行。每一過程完畢後，常須將熱液在染缸中先降溫至80℃，然後排出。以免急速冷卻，影響品質，並免傷人。這些排出的熱廢液，由於溫度太高，在進入廢水處理前，尚須經過冷卻。將寶貴的熱量散失在空中，既造成熱污染，也浪費了能源。

以染布而論，這些熱廢液的總量相當大。通常染布時常須經精練染色二過程。每一過程每噸布約排出熱廢液8至10噸。而棉織布尚需增加退漿過程。至於染紗，雖其設備與染布完全不同，排放熱廢液的量也不同，但其排放熱廢液的溫度，則與染布相近。如以某中型染整廠為例，每天染布約25噸，排出熱廢液約450噸。這些熱液，相當於6kg/cm²壓力的蒸汽約為每小時1.8噸(註一)，每天24小時不停的向空中排放。如以全省相當於這家染廠500家計算，則全省每小時有相當於900噸蒸汽，排到空氣中。

二、改善方向

最好的改善方向，是把這些散發到空中的熱能收回來再用。

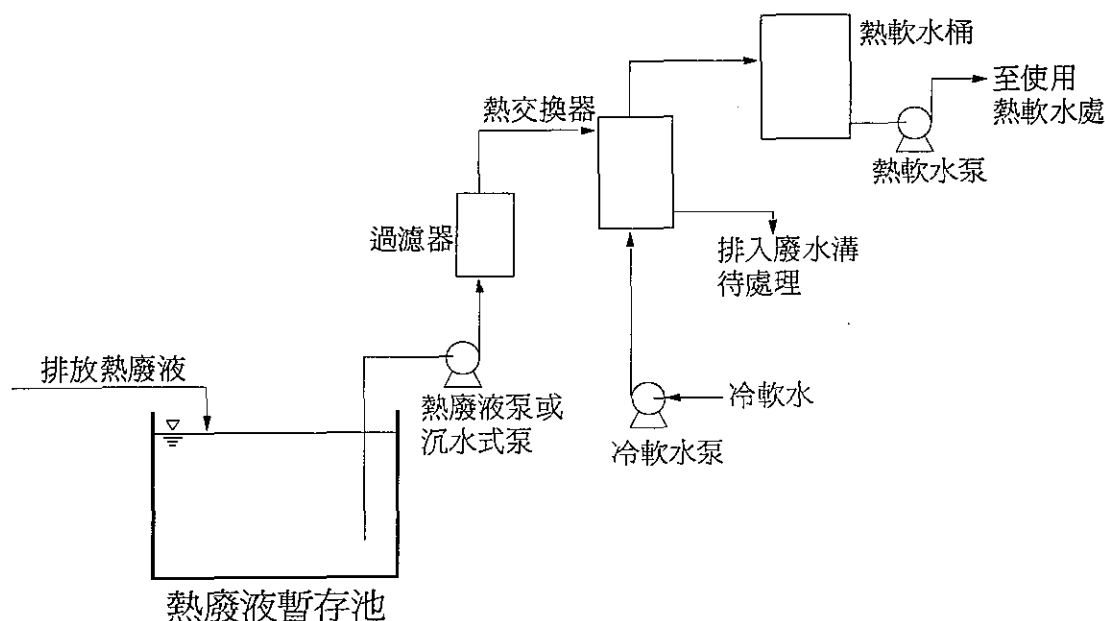
在染整廠裡，可以使用熱軟水的地方很多。如鍋爐飼水的補充水、退漿、精練的進水，以及可以熱進液的染色用水。這些原來是室溫的軟水，都可以用來回收熱廢液的熱量。

由於各廠設備、程序和操作的不同，熱廢液的排放數量與廠內可以使用熱軟水的數量相比較，並沒有一定的比例。但大致上兩者相差不會太大。使這項用冷軟水回收熱廢液中的熱能成為可行。

三、改善方法

在改善方法上，基本原理只有一個，就是以熱廢液與冷軟水進行熱交換。但由於熱廢液中可能含有相當數量的纖維，以及各廠的設備、排列、程序、操作及地形的不同，很難有一個可以通用而沒有缺點的設計。現在只能提出二種不同的基本設計，列舉出它們的優缺點，與大家共同討論。

1. 使用熱廢液暫存池，外加板式或管殼式熱交換器以回收熱能。示意圖如後：



(1) 本系統的優點

- 由於設有過濾器，將可能有的纖維等雜物先行除去。可能使以後廢水處理減少一些困擾。
- 設計熱交換器時，可以使二種液體都有相當的流速，因而可以得到較高的熱傳係數。使需要的熱傳面積可以減少。

(2) 本系統的缺點

- 熱交換器的利用率，常因水泵起停不能完全配合而降低。

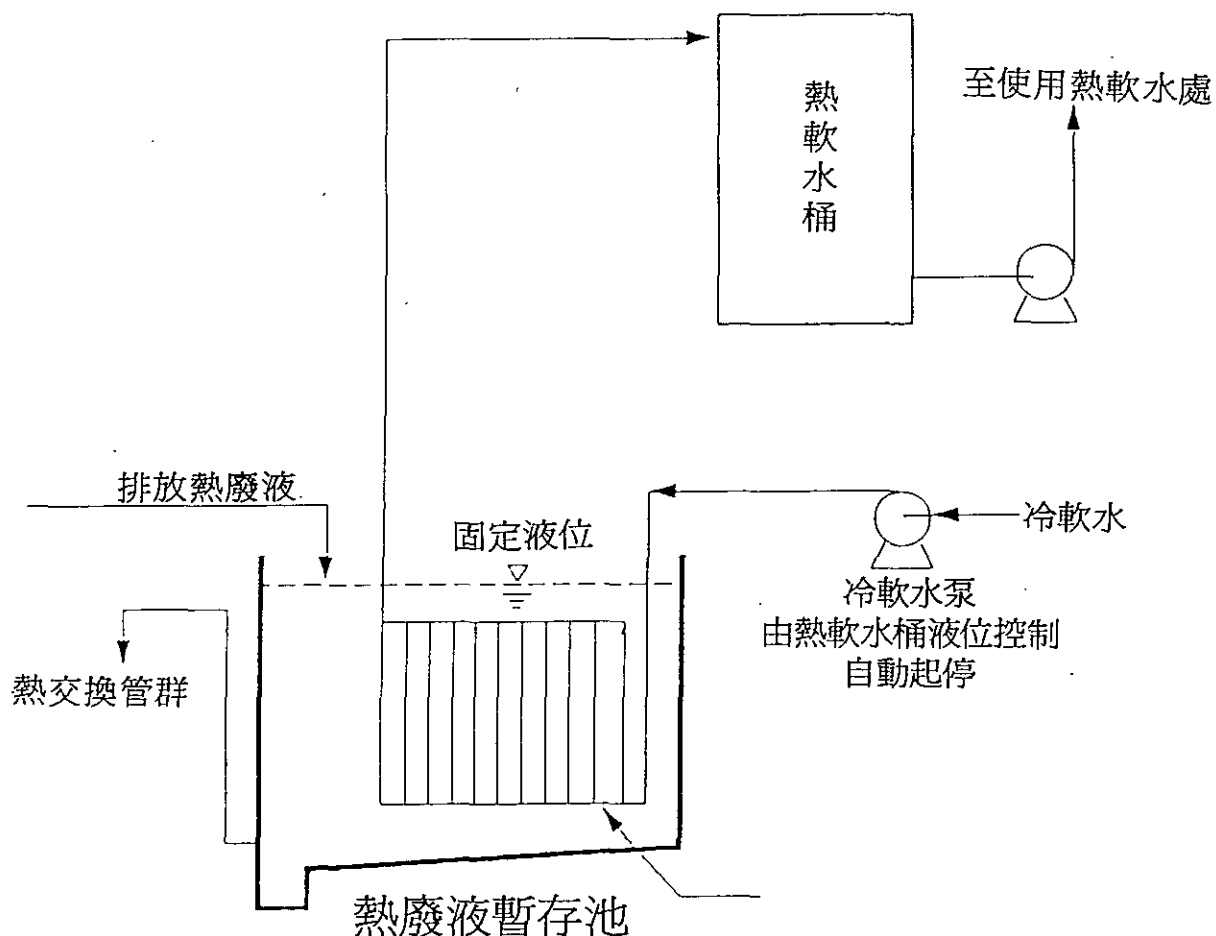
由於熱廢液的排放是批式，且由染缸大小及染布種類的變動，短時間內排放熱液量不能固定。以致熱廢液泵的需要泵出量也不能一定。祇能依據熱廢液暫存池中的液位使泵自動起停。同樣，使用熱軟水的地方，也大多不是連續使用。熱軟水桶不可能需要一定的補充量，使冷軟水泵也必需依據熱軟水桶的液位而自動起停。於是常常會發生二種冷熱液泵不能同時運轉，以致有時熱廢液泵運轉時而冷軟水泵卻在停止中，熱廢液不能冷卻。或者冷軟水泵運轉中而熱廢液泵卻又在停止中，冷軟水不能預熱。使設置熱回收的設備利用效率，大為降低。

- 清理過濾器及熱交換器費時

由於熱廢液中難免含有纖維，不論是板式或管殼式熱交換器都有被堵塞的可能，尤其以染棉布時更為嚴重。雖可在進入熱交換器前加裝過濾器，使清理工作較為省力，並使熱交換器的清理次數減少。但清理過濾器將成為一項具有時效性的工作。如有部份堵塞，流量降低，將有熱廢液溢滿的顧慮。在精簡人力的原則下，這些需要時常清理的系統，是一件不盡理想的設備。

2. 使用熱廢液暫存池，在池內放置熱交換管群，回收熱能。

可稱為水池內熱交換型。其系統示意圖如下：



(1) 本系統的優點

- 冷卻後的廢液在暫存池內自然下沉，由池底經上行通道排出，可保持池內液體在一定高度，不需要控制或管理。
- 熱廢液不需經由泵輸送，在池內永保固定液位。而熱廢液池有相當容量，不論熱廢液有無排放，或冷軟水泵是否運轉，熱廢液和冷軟水都會進行熱交換，使利用效率提高。
- 池內有沉澱空間。池底更可設有沉積污物池。熱廢液中纖維或其他雜質，無論沉澱或懸浮，都沒有堵塞的可能。免除時常清洗的工作。且決無部分堵塞，熱廢液溢滿的危險。使操作單純可靠。

- 省略一台熱廢液泵及過濾器，又熱交換管群的製作，亦較熱交換器單純，故整體回收系統費用，可以降低。

(2) 本系統的缺點

- 熱廢液在熱交換管群外流動速度極低，使熱傳係數變得極低，必須使用較大的傳熱面積，才能達到預期的熱回收能力。
- 設計較複雜，因為在設計熱廢液暫存池及池中熱交換管群時，必須先對池的大小、形狀、熱交換管群的數量、排列、構造等加以通盤周密考慮，才可使設備發揮最大效能。而使故障不便之處，減至最小，所以最好先由有經驗的工程師作成基本設計。

3. 在上述熱回收系統未設立前的變動操作方法

- (1) 在染缸內退漿、精練或染色時，液體溫度常需要 100°C 以上。每一過程完成後，一定不可立即將液體排放，以免影響成品品質，並免除高溫燙傷的危險。必須先經降溫。過去有些廠使用普通水，經過染缸外的熱交換器降溫，而將此降溫所得的熱水，予以排放，浪費能源，且增加廢水處理前的冷卻動力。應立即將這項降溫水改為軟水，並將昇溫後的熱軟水，予以回收暫存，留待使用。
- (2) 目前一般情形將熱液降溫至 80°C ，即行排出。已可確保品質及不發生燙傷危險。但如果時間許可，不妨將降溫時間加長，使熱液降溫至 70°C 或更低，然後排出。則可回收更多熱能，但其缺點則是每缸所需時間加長，影響產能。

4. 在前述回收設備完成後的變動操作方法

在水池內熱交換型系統完成後，如有加速染色生產的需要時，可以將染缸內降溫時間縮短。在熱液降溫至 90°C 或更高時即可排出。而在熱廢液池中繼續降溫熱回收。祇要注意不影響產品品質，沒有燙傷人的危險即可，而回收的總熱量，不致有太大的差異。

四、設計水池內熱交換型回收系統的要點

1. 熱廢液池的總容量

設計總容量的要點，在於先假定一小時內最少可以有一批熱廢液放入池中同時池的容量可以容納一小時的平均熱廢液量，也就是大多數的熱廢液在池內經過冷卻回收熱的時間可達一小時，應該已經足夠。用前述每天450噸的熱廢液廠為例，則熱廢液池的容量應為 19M^3 ，另加熱交換管群所佔的體積，及其他必要的容積。則該池若使用長 $5\text{M} \times$ 寬 $2\text{M} \times$ 深 $2.5\text{M} = 25\text{M}^3$ 已足夠使用。

如該廠未來有擴大計劃，且有足夠空地。在初建熱廢液池時，應酌予放大。以免將來不敷應用。

2. 熱廢液池的形狀

以狹長形較為理想，因為狹長的池形，對熱液的流動與冷軟水在熱交換管群內的流動，都比較容易得到較佳的結果。

3. 熱交換管群的設計

熱交換管群所需的總熱交換面積，可以由計算得到。但須考慮冷軟水在熱交換管內應有的最低流速。尤其重要的，要能使每條管內的流速盡量相同，不可任其有短路情形發生。於是選用較小直徑的熱交換管，較大直徑的軟水總管，較深的廢液池，可以放置較長的熱交換管。較狹長的廢液池使軟水容易達到平均分配的目的等等，都成了考慮的條件，當然整體熱交換管群的穩定性，也不可忽視，必要時需加裝一些安定支撐。

4. 其他注意事項

- 染缸排放液必須先將可回收熱能的高溫排放液與不回收熱能的低溫排放液分開。最好更將低溫排放液再按是否需要再行處理，加以分開。也就是將不需要經過處理即可直接排放的最後洗水，放入雨水或放流水排水溝內，以減輕廢水處理的負擔，增加處理總效果。
- 熱廢液進入池內時，須經合適的緩衝分配板，不可任其直衝入池。
- 冷廢水出池時須注意使其全面出池，而應避免從池的一部分流出，造成不流動的死角。
- 整個熱交換管群應可方便吊出，以利清理熱交換管外壁及池底。
- 熱軟水桶及熱水管路需加保溫。

五、熱回收後的效益

1. 熱回收後，可使熱廢液由80℃降低至45℃，減少熱污染，其效果很明顯。

2. 熱回收後廠方的經濟效益

由前節可知，一家中型染布工廠，每天染布25噸，排出熱廢液450噸。其排出熱量相當於每小時排放6kg/cm²壓力，1.8噸蒸汽的損失。如果將這些排出的熱量加以回收再利用，假定其回收效率60%(註二)，一年開工(註三)7000小時，每噸蒸汽燃料油費275元(註四)計，則一年可回收熱能，節省燃料油費200萬元以上(註五)，而該項投資應該在100萬元以內，也就是說這項投資在半年內就可以回收，非常值得投資。

$$\begin{aligned} \text{註一：} & \frac{450 \text{噸/天(每天熱廢液量)}}{24 \text{小時/天}} \times \frac{80(\text{熱廢液熱量}) - 25(\text{常溫水熱量})}{660(6 \text{kg/cm}^2 \text{壓力蒸汽總熱量}) - 90(\text{鍋爐飼水熱量})} \\ & = 1.8 \text{噸蒸汽/小時} \end{aligned}$$

$$\text{註二：} \frac{80(\text{熱廢液熱量}) - 45(\text{熱回收後廢液熱量})}{80(\text{熱廢液熱量}) - 25(\text{常溫水熱量})} = 63.6\%$$

$$\text{註三：} [365(\text{每年天數}) - 52(\text{星期日數}) - 20(\text{各種國定假日}) - 1(\text{各廠自己廠慶})] \\ \times 24 \text{小時 / 天} = 7008 \text{小時 / 年}$$

$$\text{註四：} \frac{[660(6\text{kg} / \text{cm}^2 \text{壓力蒸汽熱量}) - 90(\text{飼水熱量})] \times 1000 \text{公斤} / \text{噸} \times 4(\text{每公升燃料油價})}{10410(\text{燃料油每公斤熱值}) \times 0.9725(\text{燃料油密度公斤} / \text{公升}) \times 82\%(\text{鍋爐效率})} \\ = 275 \text{元} / \text{噸蒸汽}$$

$$\text{註五：} 1.8(\text{每小時蒸汽量}) \times 60\%(\text{回收率}) \times 7000(\text{全年小時}) \times 275(\text{每噸蒸汽天然料費}) \\ = 207.9 \text{萬元} / \text{年}$$