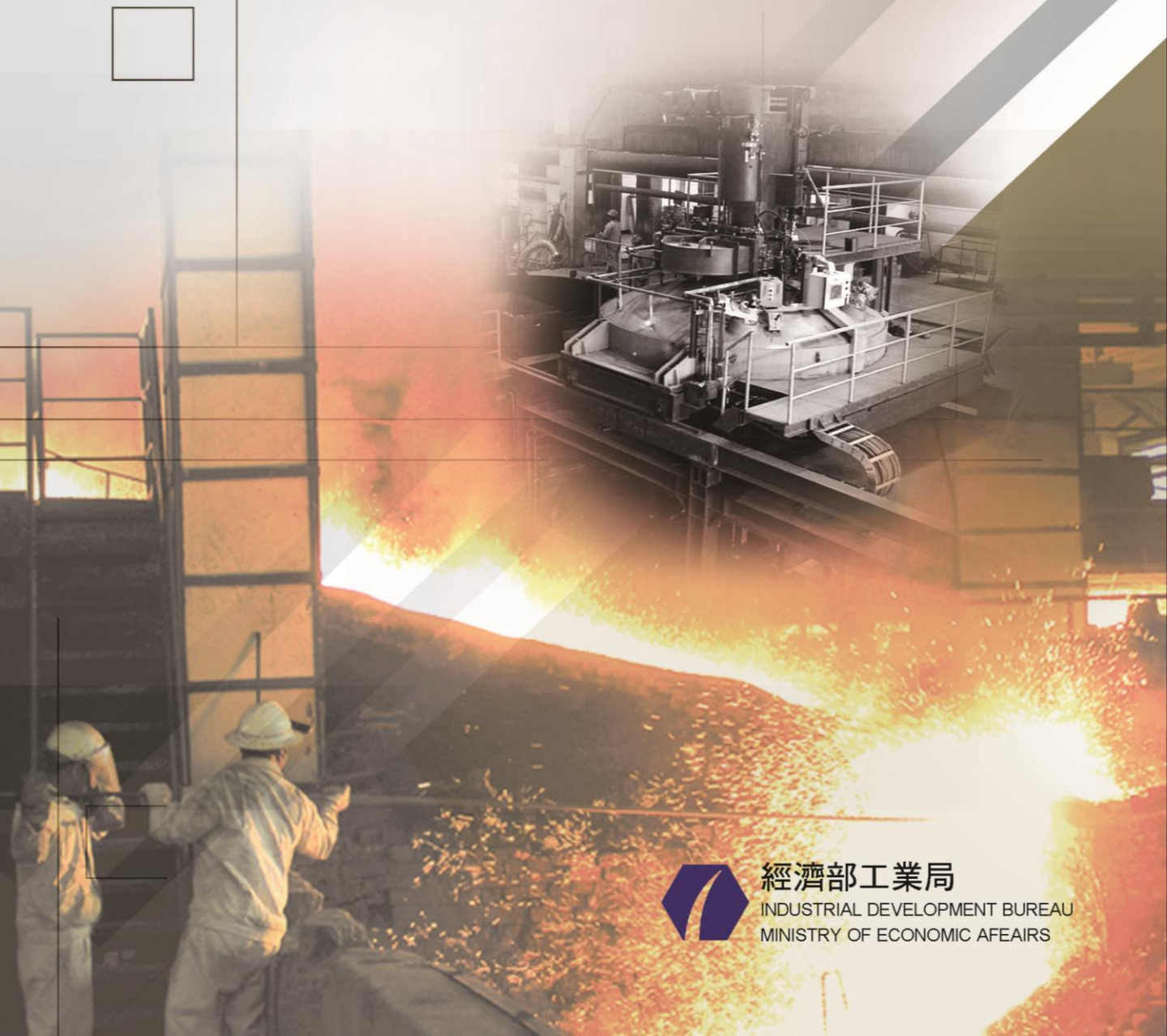




# 產業節水與 水再生技術手冊

## 基本金屬製造業



經濟部工業局

INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS

產業節水手冊—基本金屬製造業  
目 錄

|                            | 頁次          |
|----------------------------|-------------|
| <b>第一章 產業概況說明</b> .....    | <b>1-1</b>  |
| <b>1.1 產業特性</b> .....      | <b>1-1</b>  |
| <b>1.2 水資源使用現況</b> .....   | <b>1-3</b>  |
| <b>1.3 製程特性</b> .....      | <b>1-3</b>  |
| <b>1.4 製程節水</b> .....      | <b>1-9</b>  |
| <b>1.5 廢水處理</b> .....      | <b>1-19</b> |
| <b>第二章 水再生利用實例介紹</b> ..... | <b>2-1</b>  |
| <b>2.1 案例一—A 廠</b> .....   | <b>2-1</b>  |
| 2.1.1 工廠簡介 .....           | 2-1         |
| 2.1.2 製程及用水現況 .....        | 2-1         |
| 2.1.3 節水管理 .....           | 2-3         |
| 2.1.4 水再生利用評估效益 .....      | 2-5         |
| <b>2.2 案例二—B 廠</b> .....   | <b>2-6</b>  |
| 2.2.1 工廠簡介 .....           | 2-6         |
| 2.2.2 製程及用水現況 .....        | 2-6         |
| 2.2.3 節水管理 .....           | 2-8         |
| 2.2.4 水再生利用評估效益 .....      | 2-8         |
| <b>2.3 案例三—C 廠</b> .....   | <b>2-11</b> |
| 2.3.1 工廠簡介 .....           | 2-11        |
| 2.3.2 製程及用水現況 .....        | 2-11        |
| 2.3.3 節水管理 .....           | 2-13        |
| 2.3.4 水再生利用評估效益 .....      | 2-15        |
| <b>2.4 案例四—D 廠</b> .....   | <b>2-17</b> |
| 2.4.1 工廠簡介 .....           | 2-17        |
| 2.4.2 製程及用水現況 .....        | 2-17        |
| 2.4.3 節水管理 .....           | 2-20        |
| 2.4.4 水再生利用評估效益 .....      | 2-23        |

## 圖 目 錄

|                                | 頁次   |
|--------------------------------|------|
| 圖 1.2-1 基本金屬製造業之水源用途結構分析 ..... | 1-3  |
| 圖 1.3-1 鋼鐵冶煉業一貫煉鋼製造程序 .....    | 1-4  |
| 圖 1.3-2 爐煙塵洗滌循環水系統.....        | 1-5  |
| 圖 1.3-3 熱軋、冷軋製造流程.....         | 1-6  |
| 圖 1.3-4 軋鋼循環水系統.....           | 1-6  |
| 圖 1.3-5 熱軋循環水系統.....           | 1-7  |
| 圖 1.3-6 冷軋循環水系統(含乳化油).....     | 1-8  |
| 圖 1.3-7 冷軋循環水系統(含油).....       | 1-8  |
| 圖 1.5-1 廢水綜合處理系統.....          | 1-21 |
| 圖 2.1-1 A 製造流程圖.....           | 2-1  |
| 圖 2.1-2 A 廠用水平衡圖(改善前).....     | 2-2  |
| 圖 2.1-3 A 廠廢水處理流程圖.....        | 2-4  |
| 圖 2.2-1 B 廠製造流程圖 .....         | 2-6  |
| 圖 2.2-2 B 廠用水平衡圖(改善前).....     | 2-7  |
| 圖 2.2-3 B 廠廢水處理流程圖 .....       | 2-8  |
| 圖 2.2-4 B 廠用水平衡圖(改善後).....     | 2-9  |
| 圖 2.3-1 C 廠製造流程圖 .....         | 2-11 |
| 圖 2.3-2 C 廠用水平衡圖(改善前).....     | 2-12 |
| 圖 2.3-3 C 廠廢水處理流程圖 .....       | 2-14 |
| 圖 2.3-4 C 廠用水平衡圖(改善後).....     | 2-16 |
| 圖 2.4-1 D 廠一廠製造流程圖.....        | 2-18 |
| 圖 2.4-2 D 廠二廠製造流程圖.....        | 2-18 |
| 圖 2.4-3 D 廠一廠用水平衡圖(改善前).....   | 2-18 |
| 圖 2.4-4 D 廠二廠用水平衡圖(改善前).....   | 2-19 |
| 圖 2.4-5 D 廠一廠廢水處理流程圖.....      | 2-21 |
| 圖 2.4-6 D 廠二廠廢水處理流程圖.....      | 2-21 |
| 圖 2.4-7 D 廠二廠用水平衡圖(改善後).....   | 2-24 |

---

---

## 表 目 錄

|                                 | 頁次   |
|---------------------------------|------|
| 表 1.1-1 基本金屬製造業分類及產品定義 .....    | 1-2  |
| 表 1.4-1 冷卻水水質基本要求.....          | 1-13 |
| 表 1.4-2 計算水質 pHs 使用之係數 .....    | 1-16 |
| 表 1.4-3 不同冷卻塔之功能參數比較 .....      | 1-20 |
| 表 2.1-1 A 廠基本資料.....            | 2-1  |
| 表 2.1-2 A 廠各標的用水(改善前)基本資料.....  | 2-3  |
| 表 2.2-1 B 廠基本資料 .....           | 2-6  |
| 表 2.2-2 B 廠各標的用水(改善前)基本資料 ..... | 2-7  |
| 表 2.2-3 B 廠各標的用水(改善後)基本資料 ..... | 2-9  |
| 表 2.2-4 B 廠改善方案經濟可行性評估.....     | 2-10 |
| 表 2.3-1 C 廠基本資料 .....           | 2-11 |
| 表 2.3-2 C 廠各標的用水(改善前)基本資料 ..... | 2-13 |
| 表 2.3-3 C 廠各標的用水(改善後)基本資料 ..... | 2-15 |
| 表 2.3-4 C 廠改善方案經濟可行性評估.....     | 2-16 |
| 表 2.4-1 D 廠基本資料.....            | 2-17 |
| 表 2.4-2 D 廠各標的用水(改善前)基本資料.....  | 2-20 |
| 表 2.4-3 D 廠各標的用水(改善前)基本資料.....  | 2-20 |
| 表 2.4-4 D 廠各標的用水(改善後)基本資料.....  | 2-24 |

# 第一章 產業概況說明

## 1.1 產業特性

### 1.1.1 產業分類

根據行政院主計處民國 100 年 3 月第 9 次修訂之中華民國行業標準分類可知，製造業之「基本金屬製造業」乃指從事金屬及合金之冶鍊以生產錠、胚或其他冶鑄基本產品，或再經軋延、擠型、伸線等加工，以製造板、條、棒、管、線等之行業，並分成四小類(如表 1.1-1)，分別為：

#### 一、鋼鐵製造業(241)：

從事鋼鐵之冶鍊以生產錠、胚或其他冶鑄基本產品或再經熔鑄、軋延、擠型、伸線，製成片、管、棒、線等基本鋼鐵材料或其他粗鑄品、粗軋品等行業。

#### 二、鋁製造業(242)：

從事鋁金屬之冶鍊、鑄造、軋延、擠型、伸線等，以製造鋁片、皮、箔、管、條、棒及線材等基本製品之行業。

#### 三、銅製造業(243)：

從事銅金屬之冶鍊、鑄造、軋延、擠型、伸線等，以製造銅片、皮、箔、管、條、棒及線材等基本製品之行業。

#### 四、其他基本金屬製造業(249)：

從事 241 至 243 小類以外基本金屬冶鍊、鑄造、軋延、擠型、伸線等，以製造其他基本金屬片、皮、箔、管、條、棒及線材等基本製品之行業。

依照經濟部工業局工業區組之資料統計，目前(民國 99 年底)工業局管轄工業區廠商家數共 11,273 家，而其中廠商家數超過 250 家之行業共 15 種業別，基本金屬製造業共有廠家 616 家，排行居第 4 名。

表 1.1-1 基本金屬製造業分類及產品定義

| 分類編號              |                         |                     | 定義及內容說明   |
|-------------------|-------------------------|---------------------|---|
| 中類                | 小類                      | 細類                  |   |
| 24<br>基本金屬<br>製造業 | 241<br>鋼鐵<br>製造業        | 2411<br>鋼鐵冶煉業       | 從事礦砂之冶煉以生產生鐵、合金鐵及直接還原鐵（如海綿鐵、熱鐵塊），或再以生鐵、直接還原鐵、廢鋼或鑄鋼錠精鍊成碳素鋼、合金鋼等行業。   |
|                   |                         | 2412<br>鋼鐵鑄造業       | 從事以生鐵、廢鐵與合金原料熔融之金屬液澆注至特定鑄模中製成鋼鐵元件之行業，如鐵製半成品、鑄管、鑄鋼件、鑄鐵件等鑄造。          |
|                   |                         | 2413<br>鋼鐵軋延及擠型業    | 從事以熱軋、冷軋、擠型等方式產製鋼鐵或鋼鐵合金粗製品或基本鋼鐵件之行業，如盤元、鋼軌、型鋼、棒鋼、鋼管、鋼板、鋼捲、鋼帶、鋼片等製造。 |
|                   |                         | 2414<br>鋼鐵伸線業       | 從事以伸線方式產製鋼鐵或鋼鐵合金粗製品或基本鋼鐵件之行業，如鋼線、鋼纜等製造。                             |
|                   | 242<br>鋁製<br>造業         | 2421<br>鍊鋁業         | 從事被動電子元件製造之行業，如電子用之電容器、繼電器、電感器、電阻裝置等製造。                             |
|                   |                         | 2422<br>鋁鑄造業        | 從事以初生鋁或再生鋁與合金原料熔融之金屬液澆注至特定鑄模中製成鋁元件之行業。                              |
|                   |                         | 2423<br>鋁材軋延、擠型、伸線業 | 從事以軋延、擠型、伸線等方式產製鋁或鋁合金粗製品或基本鋁件之行業，如鋁線、鋁管、鋁條棒、鋁板、鋁片、鋁箔等製造。            |
|                   | 243<br>印刷電<br>路板製<br>造業 | 2431<br>鍊銅業         | 從事以銅礦或廢銅料鍊製成銅錠或精製電解銅及銅合金之行業。  |
|                   |                         | 2432<br>銅鑄造業        | 從事以銅或銅合金熔融之金屬液澆注至特定鑄模中製成銅元件之行業。                                     |
|                   |                         | 2433<br>銅材軋延、擠型、伸線業 | 從事以軋延、擠型、伸線等方式產製銅或銅合金粗製品或基本銅件之行業，如銅線、銅板、銅片、銅箔、銅管、銅棒等製造。             |

表 1.1-1 基本金屬製造業分類及產品定義(續)

| 分類編號              |                          |                              | 定義及內容說明  |
|-------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| 中類                | 小類                       | 細類                           |  |
| 24<br>基本金屬<br>製造業 | 249<br>其他基本<br>金屬製<br>造業 | 2491<br>其他基本金<br>屬鑄造業        | 從事以熔融之金屬液（鋼鐵、鋁、銅除外）澆注至特定鑄模中製成金屬元件之行業。                            |
|                   |                          | 2499<br>未分類其他<br>基本金屬製<br>造業 | 從事 2491 細類以外之其他基本金屬冶煉、軋延、擠型、伸線等，以製造其他基本金屬片、皮、箔、管、條、棒及線材等基本製品之行業。 |

### 1.2 水資源使用現況

根據 98 年度經濟部水利署工業用水各業別用水量分析，基本金屬製造業佔地面積 2239.87 公頃，年用水量為 78.91 百萬立方公尺(日用水量為 216,192 CMD)。

另就用水方面，依用途需求可分為五大類，分別為間接冷卻用水、鍋爐用水、製程用水、生活用水與其他用水。根據統計資料，基本金屬製造業以間接冷卻用水及鍋爐用水所佔比例最高，分別為 43.9 及 43.1 %，相關分析結果如圖 1.2-1 所示。

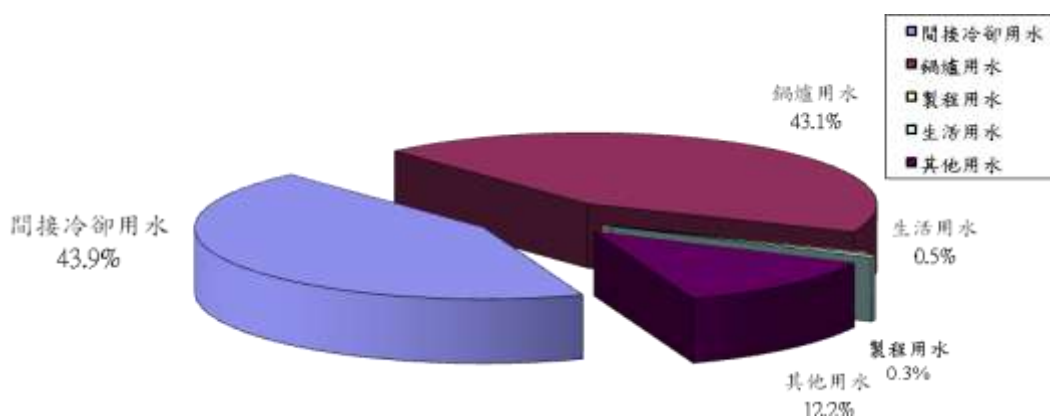


圖 1.2-1 基本金屬製造業之水源用途結構分析

### 1.3 製程特性

基本金屬製造業製程主要包括：冶煉、鑄造、軋延、伸線及擠型等五大部分，冶金工業用水，一般根據用戶對用水的不同要求，提供既能



滿足生產之需的水，又能降低運作成本，盡可能提高水的使用價值和使用效率。根據生產的要求，冶金工業的用水種類一般分為原水、工業水、過濾水、純水和軟水等。冶金工業用水的分級是根據用水設備對供水可靠性的程度和對水質的具體要求而定。循環水系統一般都採用分質供水，或者在相同的水質的系統內，根據生產程序對水質的不同要求而採取分質供水。冶金工業的用水和其他的行業比較，既有共通性，又有它的特殊性，儘管冶金工業用水的內容龐雜，用水要求各不相同。但是主要的關鍵還是要水量大，水質好，甚至部分製程對水溫和水壓也有一定的要求。冶煉、鑄造及軋延製程會產生不同水質之廢水，而伸線及擠型產生廢水量較少。

### 一、冶煉

煉鐵一般分為電爐和轉爐兩種，由於轉爐煉鋼的產量大，水處理系統較為複雜。以轉爐煉鋼為例，轉爐煉鋼用水分為高壓冷卻水系統和低壓冷卻水系統。高壓冷卻水系統屬於間接冷卻，其主要用於氧化等關鍵設備，用水的水壓和水質都要求較高，水壓一般為1.0~1.2MPa；水質一般要求硬度較低和懸浮物較少。給水水溫約為33℃，使用後溫升約為20℃。回水僅溫度升高，水質未污染，經冷卻降溫後可循環使用。低壓冷卻水系統亦屬於間接冷卻，其用水主要為設備冷卻用，水在使用過程中同樣被加熱，經冷卻後再使用。鋼鐵冶煉業一貫煉鋼製造程序如圖1.3-1所示。

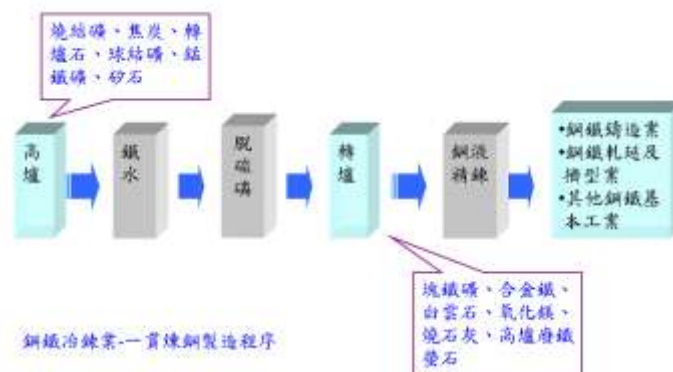


圖 1.3-1 鋼鐵冶煉業一貫煉鋼製造程序



## 二、鑄造

鑄造就是以適當材料作成鑄模，該鑄模內具有和鑄件相同形狀及相當尺寸之模穴，再將熔融金屬澆入模穴中，待其凝固得到鑄件的方法。而鑄造之循環水系統採用分質分壓給水，分為清水循環系統、污水循環系統、灰塵洗滌水系統和水沖洗系統以及污泥處理系統。清水循環系統屬於間接冷卻系統，水在使用過程中僅被加熱，一般經冷卻後再使用，污水循環系統屬直接冷卻系統，水不僅被加熱而且水質被污染，需經過沉澱、冷卻等處理後使用。而清水循環系統在使用後，回收水僅溫度升高，水質未污染，經冷卻降溫後可循環使用，或作為污水循環的補充水，污水循環的排污水作為灰塵的洗滌水的補充用水；灰塵洗滌水的排污水又可作為沖渣的補充水，使水的重複利用率提高。但是由於後部循環水系統的補充水量，大於前部循環水系統的排污量，以致循環水系統的濃縮倍數很低，造成前部循環水系統的藥劑的流失過多，需適時補充。

在水與熱煤氣接觸過程中，排水除溫度升高外，煤氣中的細小固體物質及酚、氰等有害雜質一併進入水中。受原料、燃料、冶煉條件的影響外，還與洗滌水的供水壓力和溫度有關。煤氣煙塵洗滌的排水採用自然沉澱或混凝沉澱，再經過冷卻塔降溫後循環使用。其洗滌水與煤氣的直接接觸，使水的硬度、含鹽量和游離二氧化碳大量增加。高爐煙塵洗滌循環水系統如圖 1.3-2 所示。

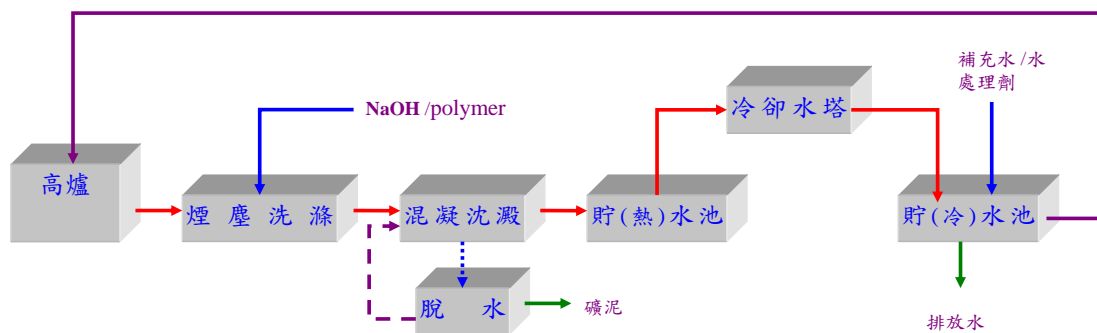


圖 1.3-2 爐煙塵洗滌循環水系統

### 三、軋延

製造流程軋延分為有熱軋和冷軋兩種，流程如圖 1.3-3 所示，其用循環水系統、排水水質和處理方法都不一樣。熱軋的用水，分間接冷卻和直接冷卻兩大類，間接冷卻的主要用途是加熱爐、空氣室、主電機室的電動機、機械設備和計量器具等。冷卻水在使用過程中僅溫度升高，而水質未受污染，一般經過冷卻與水質穩定，即可循環使用。

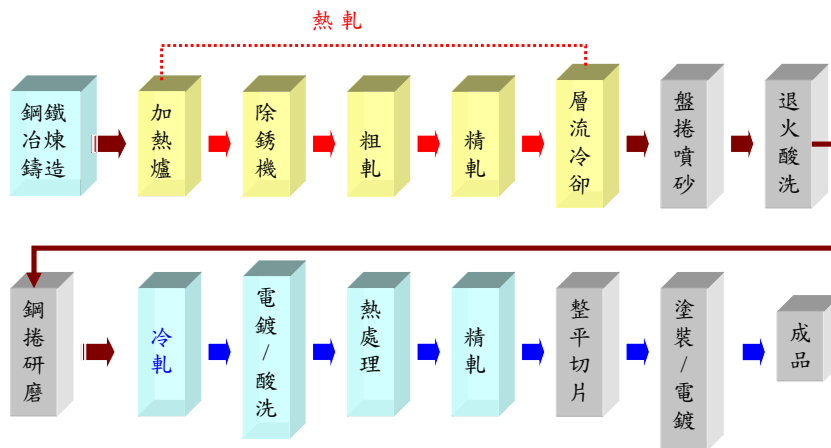


圖 1.3-3 熱軋、冷軋製造流程

直接冷卻的主要用戶是軋機、軋輥、軋道、軸承、火焰清理機、回轉盤、切頭機、卷板機以及高壓水除鱗等。因冷卻水與設備也和產品表面直接接觸，使用後不僅水溫升高，而且氧化鐵屑、油等污染物併入水中，廢水中的氧化鐵屑含量與鋼鐵種類、機械型式、軋延速度、溫度等有關：一般廢水平均含氧化鐵屑約 1,000~5,000mg/L。軋鋼循環水系統如圖 1.3-4 所示。

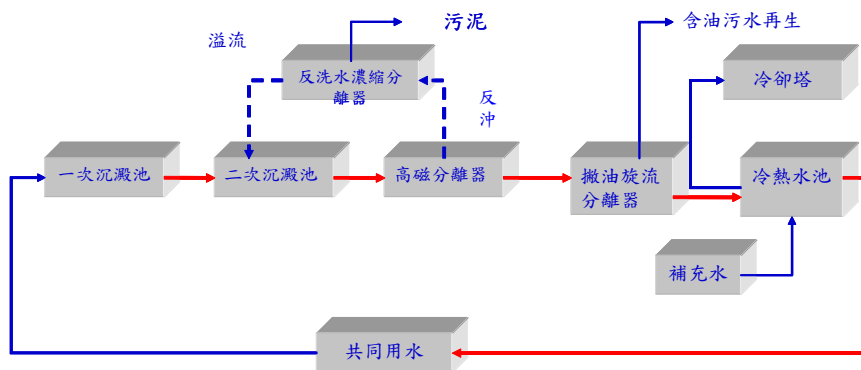


圖 1.3-4 軋鋼循環水系統

## (一)熱軋循環水系統

水中的氧化鐵皮含量與鋼材種類、軋機型式、軋制速度、溫度和軋輥結構等有關。熱軋的用水量因生產鋼材品種而異：生產初軋鋼胚為  $1.5\sim 6.0\text{m}^3/\text{t}$ ；軋制鋼軌、結構鋼材的用水量為  $2.5\sim 7.0\text{m}^3/\text{t}$ ；輕型產品為  $8.0\sim 15.0\text{m}^3/\text{t}$ ；鋼管為  $5.0\sim 15.0\text{m}^3/\text{t}$ 。水的處理，包括沉澱、除油、過濾、冷卻等工序。處理後的水循環使用。軋鋼車間的用水設備較多，其對水質的要求並不一致。一般在水處理系統中，往往設置幾個獨立的循環用水系統，用以降低廢水的處理難度和費用。火焰清理機中懸浮物多且和顆粒細小，需添加混凝劑沉澱進行固液分離，處理後的水懸浮物含量平均為  $50\text{mg}/\text{L}$  以下，由於對水溫控制要求較寬鬆，往往可以直接循環使用；初軋機軋輥、軋道、火焰清理機的冷卻水用鐵皮坑、沉澱池和快速過濾器去除氧化鐵皮等懸浮物，並用除油裝置去除沉澱池表面的浮油，再經冷卻塔降溫後，即可循環使用。在循環用水系統中，還應採取水質的穩定措施。熱軋循環水系統如圖 1.3-5 所示。

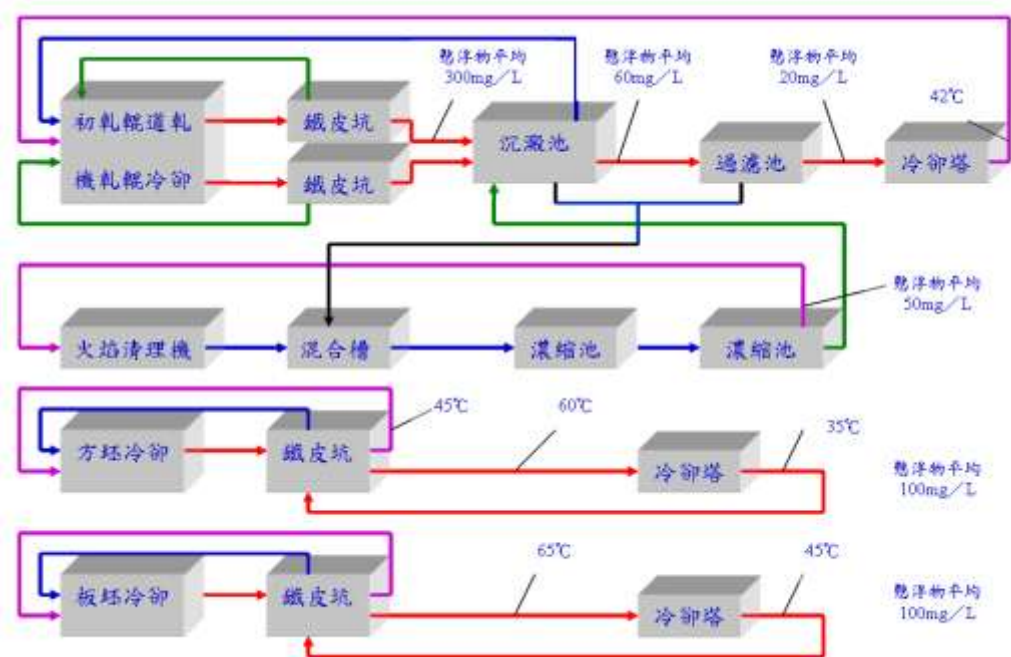


圖 1.3-5 熱軋循環水系統

(二)冷軋循環水系統

主要包括冷軋帶鋼、薄板、冷軋冷拔管、冷拉絲、淬火、回火、電鍍、酸洗等生產工作。需用水冷卻軋輥(用油潤滑軋機、軋輥和磨光軋材表面。油的種類隨軋製鋼材厚度而異，板材的厚度在 0.2mm 以下用棕櫚油，而厚度為 0.2~2.0mm 的用乳化液。棕櫚油往往只使用一次即外排，乳化液在使用過程中，因摻入大量冷卻水後，一般循環使用 2~3 週後即排放。冷軋循環水系統(含乳化油)如圖 1.3-6 所示、冷軋循環水系統(含油)如圖 1.3-7 所示。

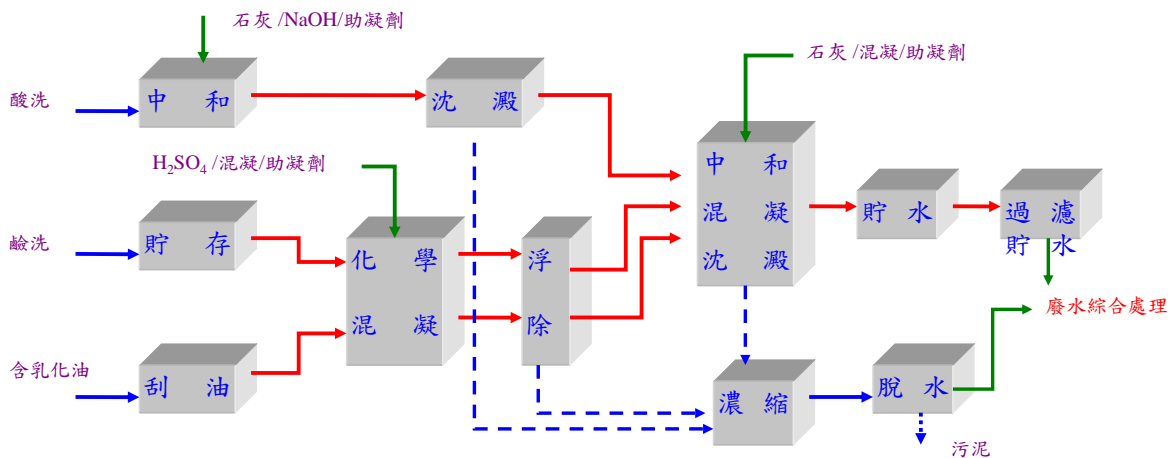


圖 1.3-6 冷軋循環水系統(含乳化油)

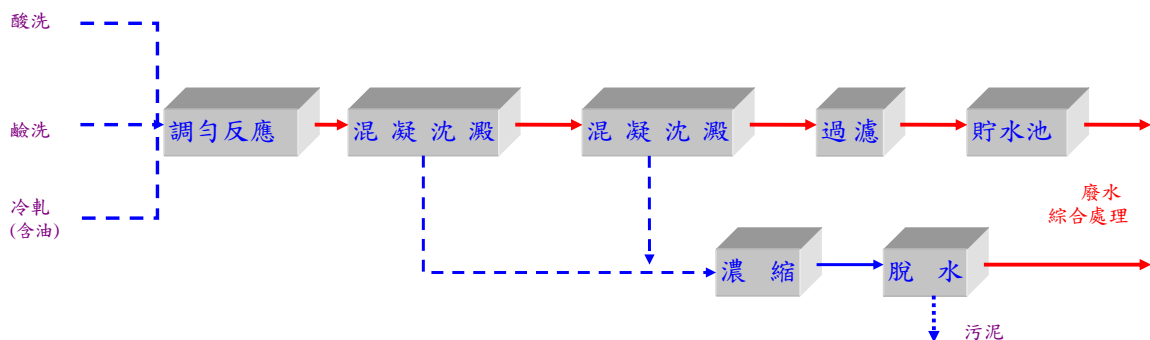


圖 1.3-7 冷軋循環水系統(含油)

## 1.4 製程節水

### 一、製程用水減量及回收再利用

製程用水係指做為原料的水或製造過程中，原料或半成品進行化學反應或物理作用所需之水，此部分之用水通常需要經過一定的處理程序後方可回收再利用。

### 二、製程用水之限制因子

#### (一) 用水品質

由於製程用水之用水品質有一定之限制，廠方之產品製造部門操作人員往往不願意輕易使用回收水加以代替，即使水質檢驗合乎一定標準，操作人員卻寧可使用自來水作為製程用水，造成用水回收再利用之困難。

#### (二) 製程限制

部分產業之製程設計為早期所完成，產業之製程設計相當繁複，但操作人員不願簡化製程，寧可使用較多量之水以求產品之穩定性，事實上，有許多方法可以較少之用水量達到相同之效果，但工廠仍不願輕易嘗試。

#### (三) 管線安排

對於老舊之廠房，其內部管線相當複雜，甚至無多餘之空間，因此在進行製程用水減量及回收再利用時，管線之安排反而形成嚴重的阻礙，也是一般現場人員不願配合推動原因之一。

由以上三點可知目前製程用水回收之困難處在於操作人員的心態過於保守，不願嘗試節水之方法，因此，若要突破現有之製程用水回收方式，廠方上層必須要有高度之配合意願，尤其是主管階層的強力支援，提供人力物力配合各種節水措施，如此才可達到節水之良好成效。

### 三、製程用水減量及回收利用之技術

### (一) 污染減量

減少產生污染之物質之使用量，評估製程用藥或操作方式，以降低廢水處理設備之負荷，增加處理過後之水可加以回收再利用之可行性。

### (二) 高濃度物質回收

將製程中高濃度物質加以回收，如重金屬，如此不但可節省製作成本，更可使水質提昇，減少污水處理廠之負荷，進一步降低操作成本。

### (三) 濃縮污染物

將污染物加以濃縮，通常考慮以餘熱再加以使用，以熱處理方式，如蒸發罐設施，減少其體積，將濃縮物以固體廢棄物加以處理，此方法需工廠有多餘可利用資源才可加以進行。

### (四) 沖洗水再利用

將沖洗廢水回收再利用，可將廢水分為加藥及不加藥兩種，加藥廢水由於總溶解固體物及懸浮固體物數值較大，因此回收不易，需以高級處理加以回收再利用，不加藥廢水由於水質較單純，可以一級或二級處理加以回收再利用。

### (五) 簡化製程

製程程序簡化，在現有的生產製程下，有無減少水資源利用的空間，如減少清洗步驟、縮短清洗時間等，亦可製程設備用水減量，如降低流量、循環使用等。

### (六) 其他方法

可由器材之變換達到節水之目的，如洗滌方式使用器具改以噴嘴式洗滌，水洗模式改以高壓水柱方式等。

上述方法之使用，需兼顧到維持產品品質之原則，故必須在不影響產品本身品質之前提下加以實行。



#### 四、鍋爐用水回收再利用技術之介紹

鍋爐用水係指工業生產中提供生產或發電之蒸汽，在鍋爐內進行汽化所需之用水，包括鍋爐給水與鍋爐水處理用水等，由於其蒸汽凝結水水質較佳，故適合於回收再利用，但是鍋爐系統在運作時會產生腐蝕及結垢之現象，因此如何穩定鍋爐系統安全且正常的操作，將可大大減少加藥使用量及用水量。

#### 三、鍋爐用水之相關技術

##### (一)鍋爐水之腐蝕與結垢

鍋爐設備的型式、參數、材質、工作條件以及介質條件等不同，產生的腐蝕類型以及程度會有很大差別，鍋爐水常見的腐蝕類型主要有溶解氧腐蝕、二氧化碳腐蝕、沉澱物腐蝕、水蒸氣腐蝕與應力腐蝕等，而結垢方面，形成原因為鍋爐給水中一些鹽類，在鍋爐受熱面上隨蒸氣產生而逐漸濃縮，在受熱面上結晶出來而生成堅硬的固體附著物，即稱為水垢，當水垢產生時，將會使導熱效率變差而產生浪費燃料、降低鍋爐出力、安全性降低及縮短使用壽命。

##### (二)鍋爐腐蝕與結垢之控制方法

就腐蝕控制方法敘述如下：

- 1.除氧：為防止或減輕鍋爐進行中的溶解氧腐蝕，首先必須對鍋爐給水進行除氧處理，目前一般採用之方法分為熱力除氧及化學除氧等。
- 2.調節給水 pH 值：為防止鍋爐給水對金屬材料的腐蝕，通常需要進行給水的 pH 值調節，鍋爐給水 pH 值調節一般採用氨或有機胺中和水中的二氧化碳，以提高水的 pH 值。
- 3.控制鹼度：降低鍋水相對鹼度有兩個方法，一種方法為對給水進行脫鹼處理，另一種方法是增加鍋水含鹽量。

4. 中性高純水處理：中性高純水是指將高純度鍋爐給水的 pH 值保持在中性範圍(即 pH 值=6.5~7.5)內，並向水中加入氧或過氧化氫等強氧化劑，使金屬表面形成保護膜，而防止金屬腐蝕。
5. 螯合物處理：螯合物處理是指在給水中加入乙二胺四乙酸二鈉(EDTA)這類螯合劑，使其與給水中的鐵離子生成溶於水的鐵螯合物，在溫度 280~300 °C 範圍內，發生熱分解而在金屬表面生成保護膜，使金屬免遭腐蝕。

就結垢控制方法為加藥處理使其與水中之結垢物質產生反應，使其成為水渣排出或使其以溶解狀態存在於鍋爐水中，可分為兩類：

1. 低壓鍋爐加藥處理：低壓鍋爐以鍋內加藥處理為主，藥品可分為碳酸鈉、磷酸鈉、聚磷酸鹽等。
2. 中高壓鍋爐加藥處理：中高壓鍋爐給水雖已經過鍋外水處理，但由於熱負荷增加，對於結垢敏感性增強，因此仍需鍋內加藥，使用藥劑以磷酸三鈉為主，此外尚可使用鍋外化學處理的輔助方法，如離子交換水處理。當鍋爐用水呈穩定狀態時，用水量可相對減少，達到節水之目的。

### (三) 冷凝水之回收技術

工廠用來生產蒸汽之鍋爐用水都具有共通性，蒸汽冷凝水水質很好且含有大量熱能，這部分的水可直接回用於鍋爐或其他生產用途之用水。

冷凝水回收需注意下列四點：

1. 提高鍋爐給水溫度，降低用水量。
2. 冷凝水為蒸餾水，結垢成分較低。
3. 提高鍋爐給水水質，降低水處理成本。
4. 給水溫度提高，提高熱傳導速度，降低鍋爐負荷，延長鍋爐壽命。

#### 四、冷卻用水回收再利用技術

冷卻用水係指工業生產中，為吸收或轉移生產設備及產品多餘熱量以維持正常溫度下工作之用水。可區分為直接冷卻用水跟間接冷卻用水，其中以間接冷卻用水因具備用量大、消耗小與污染輕之特色，故最常用來進行水回收再利用；目前冷卻水回收再利用技術已經相當成熟，冷卻水水質標準可參照表 1.4-1。

表 1.4-1 冷卻水水質基本要求

|       |   |
|-------|---|
| 溫度    | <50 °C  |
| 酸鹼值   | 6.5~9.0   |
| 氯鹽    | <750 ppm 鍍鋅鐵;<1500 ppm 300 系統不銹鋼  |
| 鈣     | <800ppm 以避免水垢形成   |
| 硫酸鹽   | 若 Calcium >800 ppm，則 Sulfates <800 ppm 以避免結垢，其他情況保持 Sulfates <5000 ppm 即可 |
| 矽     | <150 ppm  |
| 鐵     | <3 ppm  |
| 錳     | <0.1 ppm  |
| 總懸浮固體 | <25 ppm 以避免填充材料阻塞   |
| 總溶解固體 | <5000 ppm   |
| 氨     | <50 ppm(針對銅材質)  |

參考文獻：工研院能資所

根據工研院之研究調查，冷卻用水占工業用水總量約 60%，因此工業節約用水首重冷卻水之回收再利用。目前冷卻水節約利用之方式有二：提高冷卻水塔排水之濃縮倍數及工廠其他用水回用至冷卻水，目前仍待克服之問題為衍生結垢、腐蝕及菌藻滋生等。

標準的冷卻水化學處理方法，乃利用一些結垢及腐蝕抑制劑(例如有機磷酸鹽)及一種或多種的殺藻劑(如加氯等)來處理。這些藥劑以自動加藥裝置，直接將藥劑注入循環水中，而自動加藥裝置乃以計時器或導電度計加以控制。自動加藥裝置之可信度較人工加藥高。有許多方法可用來計算加藥量及排放損失之多寡。

目前避免水垢產生的水質處理，一般採用固定添加化學藥劑、定期化學藥劑酸洗、安裝一般性之磁性除垢器或使用逆滲透設備等方法來解決此類問題。使用同時需兼顧操作成本及是否會產生二次污染。冷卻水水處理法中，化學加藥處理以防蝕、抑垢及殺藻，乃最廣泛被採用的方法。補充水水質較好的系統，可以在較高的濃縮倍數下運轉；補充水水質較差的系統，則其操作時濃縮倍數往往較低，但是，以節約用水的觀點而言，我們儘可能在不影響操作及不破壞設備的情況下，提高其濃縮倍數，以達到節約用水之目的，因而減少排水量、減少加藥量，節省能源之損耗。當濃縮倍數在 5 以下時，增加濃縮倍數，可明顯地節省大量之冷卻用水，當濃縮倍數大於 6 時，則可節約之冷卻用水及相當有限，造成上述情況之主要原因，乃因蒸發損失約佔冷卻用水之 80% 左右，而蒸發損失是無法避免的。冷卻用水水質之穩定與否，可由藍氏飽和指數 (LSI) 加以判斷其結垢傾向：

$$LSI = pH - pH_s$$

LSI：水質飽和指數

pH：水中現存之 pH 值

pH<sub>s</sub>：水中飽和時之 pH 值，可由公式計算（參見下式）或表 1.4-2 查得。

LSI < 0，不易形成水垢，但管路易有腐蝕趨勢（Corrosion）；

LSI > 0，易形成水垢（Scaling）；

LSI = 0，水質穩定，無結垢傾向。

$$pH_s = 9.3 + A + B - C - D$$

式中 A：總溶解固體物濃度係數

B：水溫溫度係數

C：鈣硬度濃度係數

D：總鹼度濃度係數

係數值 LSI 若介於 0.5 至 1 間則水質尚為良好狀態，若大於 2 時則建議應加藥控制。根據計算後用以判斷水質特性和適合的水處理藥劑選擇，不過此指數具有一定之侷限性，因其為針對水中碳酸鈣結垢為主，事實上，水中結垢還可包括其他的鹽類或化合物，因此以上指數之計算可作為參考之用，不過存在較大之侷限性，因而近年已逐漸將原先水質穩定技術改為以工業水處理技術加以代替，及在水中加入緩蝕劑、阻垢劑等化學藥劑，以控制水的腐蝕、結垢等技術。

#### (一)加硫酸處理法

將硫酸加入循環水中，對控制冷卻水塔結垢問題有一定成效。硫酸主要是降低循環水之 pH 值，將水中部份的重碳酸鈣轉換成溶解度較高之硫酸鈣，同時也能減少不溶解物質的量。

使用加硫酸處理法，有些事情必須要特別小心，譬如，使用自動加酸裝置，必須特別預防避免其皮膚和眼睛和硫酸直接接觸。因此，在自動加酸裝置系統安裝之前，所有的操作人員必須經過操作訓練及一些緊急應變訓練。

#### (二)旁流過濾處理法

旁流過濾處理特別適用於補充水濁度較高或空氣中灰塵、油脂污染物較嚴重之地區，或冷卻水塔循環水路較小及較易阻塞的情況。過濾系統主要是排除循環水中懸浮物質，使得冷卻水塔能更有效地運轉，同時能減少水塔之維修保養。標準的過濾系統乃將水從冷卻水塔塔底水池抽出，經過濾後，再將水直接送回水塔中。快速砂濾塔及高效能匣式過濾器是較普遍的過濾裝置。

雖然，水可從塔底水池之任何位置抽出，但從經驗得知從水池中心抽出，能得到較佳的效果。過濾系統的功用主要是減低結垢及污塞之潛勢，以及延長停車的時間。

表 1.4-2 計算水質 pHs 使用之係數

| 總溶解固體物 |      | 水溫係數 |      | 鈣硬度係數 |     | 總鹼度係數 |     |
|--------|------|------|------|-------|-----|-------|-----|
| 濃度     | A    | 溫度   | B    | 濃度    | C   | 濃度    | D   |
| 50     | 0.07 | 2    | 2.60 | 11    | 0.6 | 11    | 1.0 |
| 70     | 0.08 | 4    | 2.54 | 13    | 0.7 | 13    | 1.1 |
| 90     | 0.09 | 6    | 2.49 | 17    | 0.8 | 17    | 1.2 |
| 100    | 0.10 | 8    | 2.44 | 22    | 0.9 | 22    | 1.3 |
| 150    | 0.11 | 10   | 2.39 | 27    | 1.0 | 27    | 1.4 |
| 200    | 0.12 | 15   | 2.34 | 34    | 1.1 | 34    | 1.5 |
| 250    | 0.13 | 20   | 2.21 | 43    | 1.2 | 43    | 1.6 |
| 300    | 0.14 | 25   | 2.09 | 55    | 1.3 | 55    | 1.7 |
| 350    | 0.15 | 30   | 1.98 | 69    | 1.4 | 69    | 1.8 |
| 400    | 0.16 | 35   | 1.88 | 87    | 1.5 | 87    | 1.9 |
| 500    | 0.17 | 40   | 1.79 | 110   | 1.6 | 110   | 2.0 |
| 600    | 0.18 | 45   | 1.71 | 138   | 1.7 | 138   | 2.1 |
| 800    | 0.19 | 50   | 1.63 | 174   | 1.8 | 174   | 2.2 |
| 1000   | 0.20 | 55   | 1.5  | 220   | 1.9 | 220   | 2.3 |
| 1250   | 2.1  | 60   | 1.47 | 270   | 2.0 | 270   | 2.4 |
| 1650   | 2.2  | 65   | 1.40 | 340   | 2.1 | 340   | 2.5 |
| 2200   | 2.3  | 70   | 1.33 | 430   | 2.2 | 430   | 2.6 |
| 3100   | 2.4  | 75   | 1.26 | 550   | 2.3 | 550   | 2.7 |
| 4000   | 2.5  | 80   | 1.20 | 1000  | 2.6 | 1000  | 3.0 |

註：總溶解固體物濃度單位(mg/L) 水溫係數單位(°C) 鈣離子濃度單位(mg/L as CaCO<sub>3</sub>)

鹼度濃度單位(mg/L as CaCO<sub>3</sub>)

### (三) 臭氧處理法

臭氧處理法是冷卻水化學處理法的一種。臭氧是一種強氧化劑，其被用作自來水的殺菌劑，已有多年的歷史。它被應用在冷卻水處理以減少排放損失，在美國已有許多成功的例子。

臭氧處理法防止結垢的原理，主要是將循環水中之礦物離子



氧化成氧化物質，以污泥的型式沉澱在水塔底池中或過濾系統中。臭氧能破壞病毒和細菌的細胞膜，以及殺死循環水中的微生物。臭氧處理法也聲稱能氧化造成腐蝕的離子，達成系統防腐的效果。此外，也有報告提出臭氧有排除水塔中既有水垢之功能。

標準的臭氧處理設備包括空氣壓縮機、臭氧製造機、擴散或接觸裝置及控制系統。臭氧是氧的一種化合物，其有效半生期約一個小時，基於上述原因，它必須於現場製造。臭氧的製造，乃將乾冷的空氣或純氧，通過高電壓的電場，使其產生臭氧，此種製法稱為電暈放電法(corona discharge method)。一般而言，臭氧是利用與循環水水路直接串連之接觸器，將臭氧與循環水直接混合，由於臭氧的半生期非常短，因此其在一段時間後便分解成氧分子。當水溫超過 32 °C 時，應用臭氧處理法必須特別小心。

臭氧處理法的缺點，包括臭氧製造機操作之複雜性、設備較昂貴及可能之健康危害。以美國為例，臭氧處理系統之製造商通常以設備及人員租用的方式提供冷卻水處理服務，這樣一來可減少水塔操作維護之負擔，同時，也減少使用者之設備投資。大量的臭氧是有毒性的，因此工廠人員應儘量避免過度曝露在臭氧之中，以免有害其健康。

#### (四)磁化處理法

磁化處理法乃利用強力永久磁鐵，將循環水中粒子之表面電荷改變，當這些粒子與沉積物質接觸時，電荷將傳至沉積物上，改變其沉積狀態，使其從系統之設備或管線之表面剝落。這些剝落的物質則會沉澱於冷卻水塔底池，可用機械方法輕易地將之清除。此種設備之供應商，經常聲稱能利用此法清除設備中之結垢，而不需加任何化學藥劑。但在美國，大部份仍是磁化處理與傳統之加藥合併使用。

使用磁化處理法必須特別留意，因為水塔中，原本被水垢堵

住之滲漏處，一但水垢被剝除，則會導致水塔之滲漏。

#### (五)靜電場處理法

靜電場處理法可以應用於冷卻水之水處理，其原理與磁化處理法相同。使用時將靜電場產生器放置在泵送冷卻水之管路上或底池內。本裝置需要自外另加獨立電源供其使用，使用時如同偵測電極般可直接裝入管路中，或放置於容器內，而此容器可安裝於冷卻水塔之底池或儲槽或某一管流中。此裝置週遭通電後會產生感應靜電場，水中帶正電粒子( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等)因為吸收電子被中和。此產品之供應商宣稱藉由電子的吸收，可避免粒子間形成共價鍵，進而使得結垢難以形成，且於靜電場中，水中的自由氧會形成少量的臭氧，這些微量的臭氧在冷卻系統中可控制細菌的成長。

此類裝置之功效仍有很大爭議，所以使用前務必徹底了解其實用效果。

#### (六)回收水作為補充水之替代水源

冷卻水節約利用方法中，將回收水作為補充水之替代水源，也為一種可行的方式。工廠中某些製程之排放水，可以直接不經處理或經簡易處理，便作為冷卻水塔補充水之用。此類排放水，包括逆滲透系統之排放水、貫流式冷卻水塔之排放水或其他製程之排放水(其所含之化學藥劑與冷卻水塔中所使用之藥劑是相容的)。

若能設置現場處理系統或冷卻水塔位於都市污水處理廠附近，則可利用處理後之廢水作為水塔之補充水。許多研究顯示，冷卻水塔在較低的濃縮倍數下操作，三級處理之廢水可作為冷卻水之補充水。但三級廢水之磷酸鹽濃度高，很容易產生磷酸鹽結垢。磷酸鹽必須用石灰軟化法(lime-soda softening)將之去除。

### (七)其他的選擇

許多冷卻水塔製造商提供特別系統設計，這種特殊系統可減輕一些特定的水質問題。但是，此類水塔體積較大且貴，而且不適用於小型的系統。有些號稱「零排放」的處理方法，也被特別針對發電廠之需求而發展出來，這類方法多採用許多複雜的回用處理設備；由於這些設備非常的昂貴，以致於其被應用到工商業小型系統之可能性非常的低。

就冷卻水回收方面，國內目前有推出新型高效率冷卻塔，此水塔技術在國外行之多年，此種水塔與舊有水塔最大不同之特點，在於其加蓋及無風扇設計，可使冷卻塔內水質受到污染，提高水塔之穩定度，減少腐蝕及結垢之形成機會，因而避免不必要之能源耗費，此外可使蒸發後的水氣不易流失及水濺之損失，可節約部分水源，而就舊有冷卻塔形式而言，若產生腐蝕或結垢之情形，在連續操作之狀況下，平均效能會有下降之現象，新型加蓋水塔可解決此類問題，缺點即為耗電量相對較高，且其價格及其大小各有不同，因此如何找出最符合經濟效益的冷卻水塔需詳加評估，建議廠商可針對廠內規模大小及需求而加以選擇，選擇適合之冷水塔，以達到節約能源及用水量之目的，兩者之比較可參閱表 1.4-3。

## 1.5 廢水處理

基本金屬製造業用水按其生產程序所產生的廢水，可分為設備的冷卻水、調節室內溫度用的空調用水、高爐煙塵淨化的洗滌水以及原料和產品的製程用水等。以熱軋過程廢水的處理，包括沉澱、除油、過濾、冷卻等程序。一般在水處理系統中，若採用分流收集，依照水質不同區分幾個獨立的循環用水系統，可以降低廢水的處理難度和費用。

例如，板軋的冷卻水可建一個水循環系統，因氧化鐵屑顆粒大，一般通過鐵屑坑就可以除去，再經冷卻即可循環使用；火焰清理機懸浮物

顆粒細小，需投加混凝劑沉澱，並採用濃縮併行固液分離，處理後的水循環物含量平均可降至 50mg/L 以下，由於對水溫要求不太嚴格，往往可以直接循環使用。至於其他部分的冷卻水用鐵屑坑、沉澱池和快速過濾器去除氧化鐵屑等懸浮物，併用除油裝置去除沉澱池表面的浮油，再經冷卻塔降溫後，即可循環使用。沉澱池中的污泥因含有鐵屑，再經迴旋分離收集器，較粗鐵屑亦可以回收。沉澱池表面浮油通過集油裝置收集後，流入油水分離槽，浮油經濃縮後沉澱下來的泥漿經脫水裝置處理，脫水後的泥餅，與油泥渣焚燒設施併行處理。

表 1.4-3 不同冷卻塔之功能參數比較

| 冷卻塔比較<br>內容 | 密閉式                        | 開放式      |
|-------------|----------------------------|----------|
| 冷卻方式        | 間接接觸式<br>(冷卻水於盤管內流動)       | 直接接觸式    |
| 水與空氣熱交換     | 普通(採加大塔體體積克服)              | 最佳       |
| 塔體佔地面積、體積   | 大                          | 小        |
| 構造          | 複雜                         | 簡單       |
| 主要增加設置      | A.盤管<br>B.二次側循環泵浦<br>C.配管件 |          |
| 冷卻水水質       | 不受污染                       | 易受污染     |
| 主機熱交換機      | 不易結垢                       | 易結垢      |
| 保養維修        | 僅冷卻塔                       | 冷卻塔及熱交換器 |
| 設置成本        | 高                          | 低        |
| 運轉成本        | 低                          | 高        |

為確保廢水處理設施之功能提升及排出處理水質穩定，整合其他低污染之用水更能減緩鹽類累積，增加水資源回收再利用，達到節水之目標。廠方可回收之水甚多，包括：蒸汽鍋爐之排放水、蒸汽冷卻水器排水、冷卻水塔之排放水、RO 逆滲透排水、機械轉動設備之直接冷卻水、砂濾槽之逆洗水、雨水，甚至廢水處理廠之排放水等。工廠排水應予監測分流，設置專管依等級予以回收再利用。而回收水使用點則包括：試壓用水、廢水處理用水、廢水脫水機濾布清洗水、洗滌塔用、成品間接

降溫用水、及泵軸封用水。便可以達到水資源多次使用的理想目標。廢水綜合處理系統如圖 1.5-1 所示。

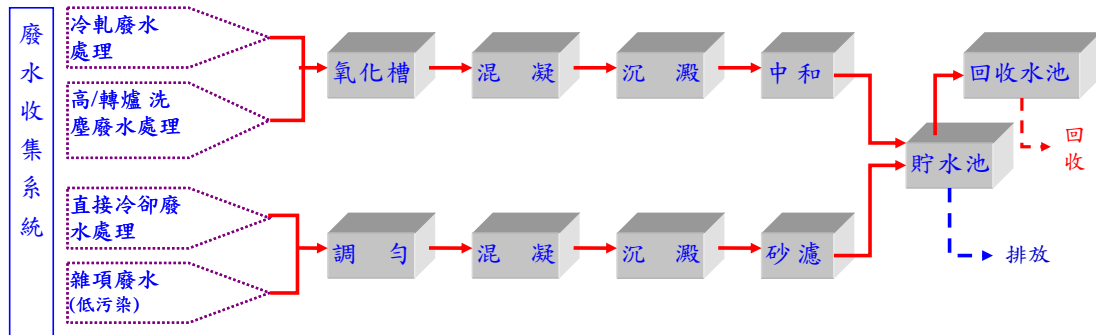


圖 1.5-1 廢水綜合處理系統

### 一、廢水回收再利用處理流程概述

廢水回收再利用之流程選擇取決於廢水處理技術應用之整合，尤其是在三級處理系統之運用，然不同產業有不同之處理方法，因此在考慮回收利用時，首先必須先了解產業本身所產生之水質成分、廢水特性、廢水之化學性質及有效處理方式，因而判斷選擇最適當之回收利用處理方式。一般工業廢水處理大致可區分為前處理、一級處理、二級處理(生物處理)、三級處理(高級處理)四種，通常僅需二級處理即可達到放流水標準及部分處理水可回收使用，但若想將廢水回收於製程利用所需水質較佳之水，則需要三級處理技術；依過去的觀念，高級處理需要相當高的設備及操作經費，但由於高級處理技術已逐漸成熟且普及化，成本也日益降低。

一般廢水處理設施包括攔污柵、沉砂池、緩衝調勻池、快混、慢混、沉澱、浮選加上二級處理等，二級處理可分為好氧及厭氧處理，目前就廢水回收再利用方面，是以廢水零排放為目標，將廢水回收再做二次利用，但是當減少水的排放或是零排放時會衍生其他問題，如不含水的排放物、濃縮鹽液等，因此當設計一個廢水回收系統時，需了解所有污染物的型態和特性，衡量整體的利弊後，加以設計以達到廠方最佳之需求。

## 第二章 水再生利用實例介紹

### 2.1 案例一—A 廠

#### 2.1.1 工廠簡介

本案例位於高雄縣岡山鎮，非屬工業區，主要製程為電弧爐煉鋼製造程序，屬基本金屬製造業之鋼鐵冶鍊業。基本資料如表 2.1-1 所示，主要產品為不銹鋼鋼胚、不銹鋼鋼錠、熱軋黑皮鋼捲、冷軋鋼捲。

表 2.1-1 A 廠基本資料

|                        |                         |                         |            |           |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|-----------|
| 行業別                    | 24 基本金屬製造業              |                         | 2411 鋼鐵冶鍊業 |           |
| 主要產品                   | 不銹鋼鋼胚、不銹鋼鋼錠、熱軋黑皮鋼捲、冷軋鋼捲 |                         |            |           |
| 廠地面積 (m <sup>2</sup> ) | —                       | 樓地板面積 (m <sup>2</sup> ) |            | —         |
| 廠房面積 (m <sup>2</sup> ) | —                       | 員工人數                    |            | 1900      |
| 開工日數                   | 365                     | 98 年總原始取水量(噸)           |            | 2,601,920 |

#### 2.1.2 製程及用水現況

##### 一、製程說明

本廠生產產品為不銹鋼鋼胚、不銹鋼鋼錠、熱軋黑皮鋼捲、冷軋鋼捲，生產製程如圖 2.1-1 所示。

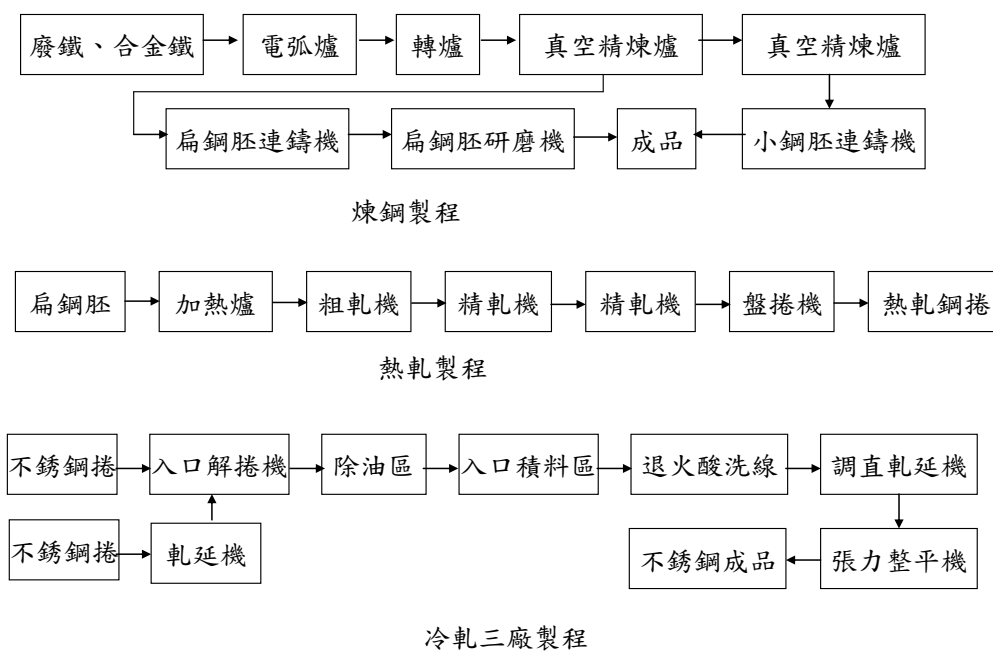


圖 2.1-1 A 廠製造流程圖



二、廠商用水資料

本廠每日取水量約 7,130CMD，全部使用自來水，廠內用水平衡圖如圖 2.1-2 所示，主要供應廠內冷卻用水及製程用水，冷卻用水約佔 69.4%，製程用水約佔 30.6%。

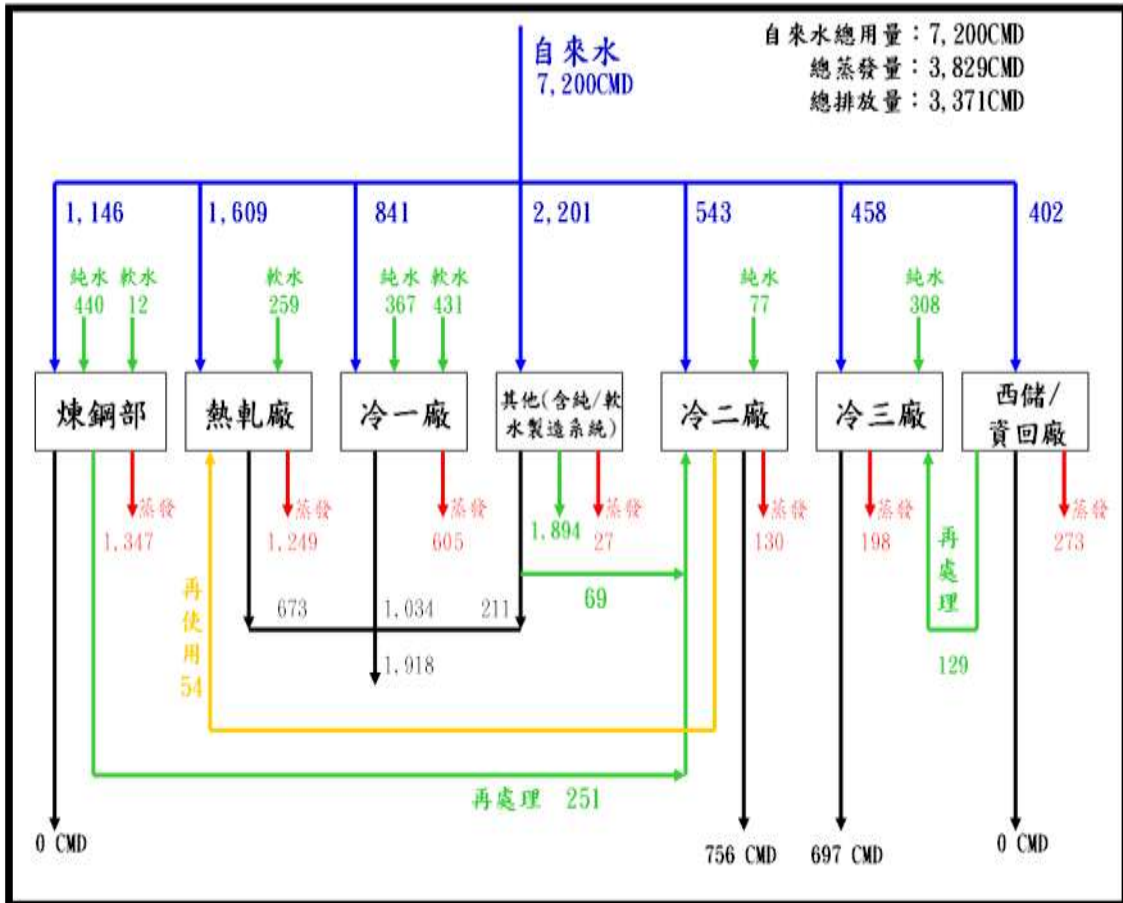


圖 2.1-2 A 廠用水平衡圖(改善前)

三、廠內用水管理情形

本廠主要從事不銹鋼片之生產，實際清查 98 年度各標的用水量，相關資訊統計如表 2.1-2 所示。本廠之冷卻用水約佔 69.4%，循環利用水量約為 121,944,000 噸/年，佔冷卻用水總使用量 98.52%，另本廠製程用水 98 年已有回收，包括煉鋼部廢水 251 噸經再處理後回冷二廠使用，冷二廠之廢水 54 噸回熱軋廠再利用，其他(含純/軟水製造系統)之廢水 69 噸回收至冷二廠使用，西儲/資回廠之廢水 129 噸再處理後回冷三廠使用，回收量計約 503CMD，全廠回收率(重複

利用率)為 97.91%，全廠不含冷卻水塔循環量之回收率為 6.6%。

$$\begin{aligned}
 R1\text{回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{121,944,000 + 183,595}{2,601,920 + 121,944,000 + 183,595} = 97.91\% \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R2\text{回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\
 &= \frac{121,944,000 + 183,595 - 121,944,000}{2,601,920 + 121,944,000 + 183,595 - 121,944,000} = 6.6\% \quad (2)
 \end{aligned}$$

表 2.1-2 A 廠各標的用水(改善前)基本資料

| 用途分類 | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水 | 1,824,635             | 121,944,000            | 0                      | 123,768,635              |
| 鍋爐用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 製程用水 | 770,350               | 0                      | 183,595                | 953,945                  |
| 生活用水 | 6,935                 | 0                      | 0                      | 6,935                    |
| 合計   | 2,601,920             | 121,944,000            | 183,595                | 124,729,515              |

### 2.1.3 節水管理

本輔導檢視重點，在於根據廠內用水與回收再利用現況，進行檢覈廠內各具有潛力的節水/回用點合理性，並據各股水經分類後綜評回收再利用的優先性，提供合理的可行性節水方案。

#### 一、冷卻水節水措施

本廠之自來水總使用量達 7,130CMD，其中有約 3,829CMD 於製程冷卻過程蒸發掉，依廠方表示本廠於冷卻循環水目前已無節水空間。

#### 二、廢污水回收措施

本廠之廢水主要有煉鋼製程廢水、冷軋一廠製程廢水、熱軋製程廢水、冷軋二廠廢水及冷軋三廠製程廢水，上述廢水之處理流程如圖 2.1-3 所示。

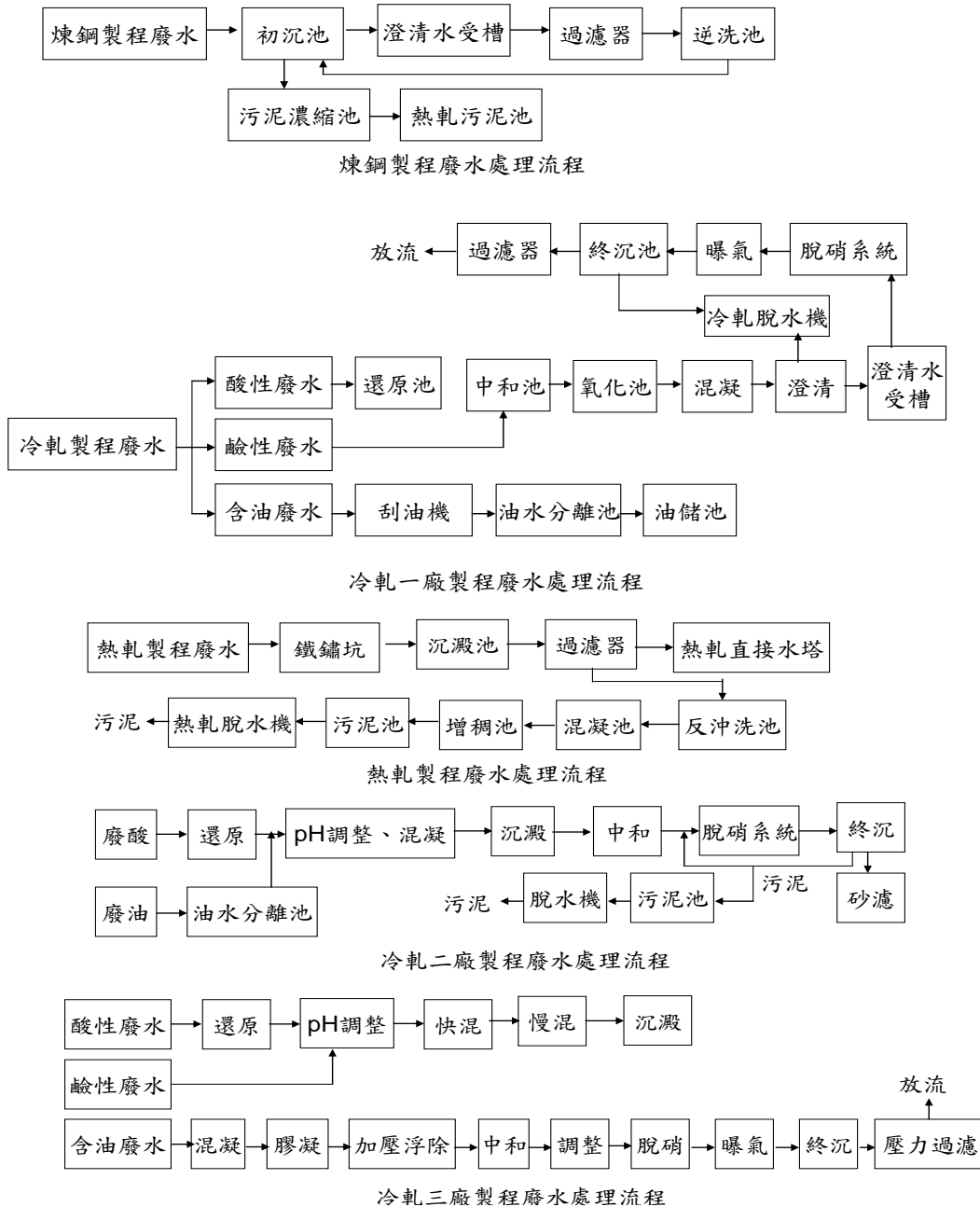


圖 2.1-3 A 廠廢水處理流程圖

### 三、廢污水節水措施

本廠考慮由廢水處理的放流水(放流量約 1918 CMD)加以回收再利用，唯經處理後的放流水硬度濃度偏高，依廠方所提供 99 年 2 月 24 日至 3 月 24 日期間之檢測水質顯示，鈣硬度達 2,149~8,571mg/L，推測總硬度在 3,000~9,000 mg/L 間不等；放流水含高濃度  $Ca^{2+}$  之原因，主要是本廠廢水含有高濃度  $F^{-}$ ，因此廢水處理廠添加高量石灰( $Ca^{2+}/F^{-}$  的比例達 3 倍)去除  $F^{-}$ ，此時將產生過量

的污泥，隨後再與三價鉻氫氧化物污泥混合，使其污泥含鉻量降低，經處理後的污泥可以一般污泥的方式委外清運，唯此種操作模式因加藥控制不易，必須讓鈣對氟過量，容易殘留大量鈣離子於水中，將造成後續水回收再利用的困擾。

#### 四、冷卻水塔節水空間診斷

如前所述，本廠之冷卻水於冷卻過程中大量蒸發，評估冷卻用水應無節水空間。

##### 2.1.4 水再生利用評估效益

本廠廢水高濃度  $F^-$  的產生，主要是製程為了調整 HF 與  $HNO_3$  濃度配比，使其可重覆再使用，唯濃度配比不易調整，因而會排出含高濃度  $F^-$  廢液，建議廠方以流體化床結晶技術 (crystallization fluidized bed)，添加適量  $Ca^{2+}$  晶種並調整 pH 值，在充分反應時間下使其形成  $CaF_2$  結晶，且可以處理的進流  $F^-$  濃度最高可達 20,000 mg/L，形成的結晶污泥含水量可低至 10%，結晶污泥尚可回收；另產水中的  $F^-$  與  $Ca^{2+}$  濃度可大幅降低，文獻指出  $F^-$  進流及處理後水質濃度去除率高達 98% 以上，建議後續應以模廠針對操作條件加以測試，另需注意硫酸根及磷酸根的影響，因為可能使產生之  $CaF_2$  結晶污泥伴隨產生硫酸鈣與磷酸鈣等成分，影響回收價值；但此法可取代現場既有化學混凝去除 HF 的操作。

上述處理方法亦可降低石灰添加量，惟若  $CaF_2$  結晶污泥單獨抽出清運，則會使得原污泥的三價鉻（氫氧化鉻）濃度會因缺乏  $CaF_2$  污泥的混合稀釋，造成鉻的偏高，被歸類為有害事業廢棄物，提高清運成本；因此仍應將  $CaF_2$  結晶污泥與三價鉻污泥仿既有混合清運模式，以避免使產生污泥中的鉻偏高，但也應該考量產生六價鉻的廢水源頭是否可分類收集，並以「廢液」方式將六價鉻另外清運，以減少污泥部分之清運費與鉻含量。上述所提的改善方法，仍需視廢水來源特性、種類及廢水量等基本資料加以檢測分析，以做為選用處理程序的重要參考依據。

## 2.2 案例二—B 廠

### 2.2.1 工廠簡介

本案例位於岡山鎮嘉興里興隆街，主要製程為鋼鐵軋延及擠型製造程序，屬基本金屬製造業之鋼鐵軋延及擠型業。基本資料如表 2.2-1 所示，主要產品為熱軋鋼捲。

表 2.2-1 B 廠基本資料

| 行業別                    | 24 基本金屬製造業 | 2413 鋼鐵軋延及擠型業           |         |
|------------------------|------------|-------------------------|---------|
| 主要產品                   | 熱軋鋼捲       |                         |         |
| 廠地面積 (m <sup>2</sup> ) | 188,101    | 樓地板面積 (m <sup>2</sup> ) | 7,348   |
| 廠房面積 (m <sup>2</sup> ) | 53,696     | 員工人數                    | 365     |
| 開工日數                   | 320        | 98 年總原始取水量(噸)           | 912,377 |

### 2.2.2 製程及用水現況

#### 一、製程說明

本廠生產產品為熱軋鋼捲，生產製程如圖 2.2-1 所示，扁鋼胚、耐火材料及重質燒成耐火磚投入加熱爐，經軋造成型、精軋、冷卻、盤捲等程序，產生熱軋鋼捲產品。

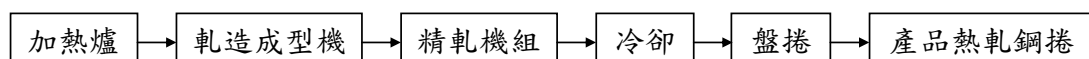


圖 2.2-1 B 廠製造流程圖

#### 二、廠商用水資料

本廠每日取水量約 2,500CMD，供水之淨水廠為自來水公司第七區處之鳳山給水廠。廠內用水平衡圖如圖 2.2-2 所示，主要供應廠內冷卻用水及生活用水，其中冷卻用水約佔 94.9%，生活用水約佔 5.1%。

單位:CMD

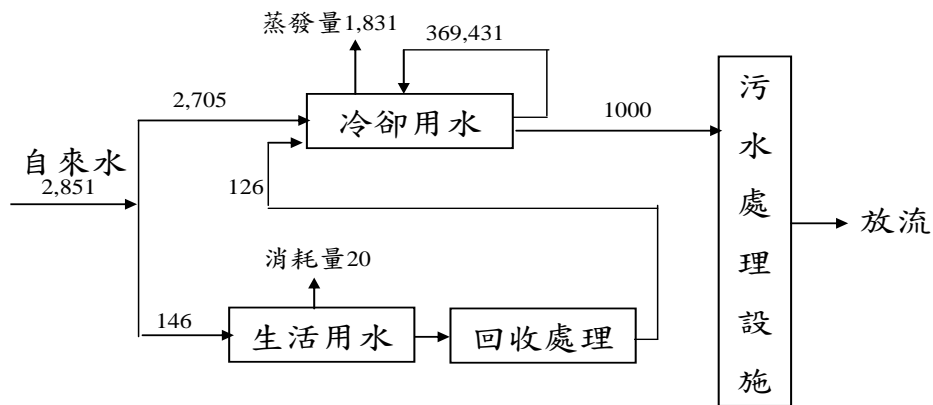


圖 2.2-2 B 廠用水平衡圖(改善前)

三、廠內用水管理情形

本廠主要從事熱軋鋼捲之生產，實際清查 98 年度各標的用水量，相關資訊統計如表 2 所示。本廠之冷卻用水約佔 94.9%，循環利用量約為 115,632,000 噸/年，佔冷卻用水總使用量 99.26%，另本廠冷卻用水目前並未回收利用，全廠回收率(重複利用率)為 99.2%，全廠不含冷卻水塔循環量之回收率為 4.24%。

$$\begin{aligned}
 R1\text{回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{115,632,000 + 40,377}{912,377 + 115,632,000 + 40,377} = 99.2\% \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R2\text{回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\
 &= \frac{115,632,000 + 40,377 - 115,632,000}{912,377 + 115,632,000 + 40,377 - 115,632,000} = 4.24\% \quad (2)
 \end{aligned}$$

表 2.2-2 B 廠各標的用水(改善前)基本資料

| 用途分類 | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水 | 865,717               | 115,632,000            | 40,377                 | 116,538,094              |
| 鍋爐用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 製程用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 生活用水 | 46,660                | 0                      | 0                      | 46,660                   |
| 合計   | 912,377               | 115,632,000            | 40,377                 | 116,584,754              |



### 2.2.3 節水管理

本輔導檢視重點，在於根據廠內用水與回收再利用現況，進行檢覈廠內各具有潛力的節水/回用點合理性，並據各股水經分類後綜評回收再利用的優先性，提供合理的可行性節水方案。

#### 一、製程節水措施

本廠並無製程用水。

#### 二、廢污水回收措施

本廠之廢水為冷卻水塔排放水，經廠內污水處理設施混凝、沉澱、過濾後直接排放於緊臨廠區之大排，如圖 2.2-3 所示。

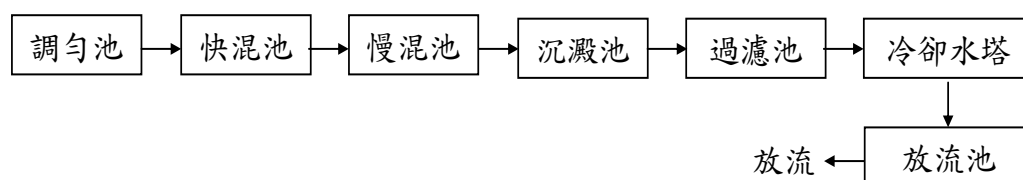


圖 2.2-3 B 廠廢水處理流程圖

#### 三、放流水再生利用空間診斷

本廠冷卻排放水量約 1,000CMD，排放水硬度控制在 350ppm 以下，油脂含量在 4ppm 以下，由於製程冷卻循環使用，廠方表示鹽含量(溶解固形份)不能太高，否則鋼材易生鏽，另本廠之廢水主要來源為冷卻水塔之排放水，且本廠之廢水操作為混凝、沉澱、過濾，操作成本不高，為回收較多之水量且維持原污水處理設施之運作，建議可考慮冷卻水塔排放水經廠內污水處理設施處理後再採用 UF/RO 處理去除硬度及鹽份，再生水以回收率 60% 估計可回收 600CMD，可回用作為冷卻水塔之補水。

### 2.2.4 水再生利用評估效益

本輔導團隊經由廠商遴選機制及內部評選作業後，認為本廠之節水空間大且具有節水潛力，經提報工業局核備後，遴選本廠作為輔導對象。為協助改善廠內用水情形，經與廠方人員溝通後，以回收污水處理

設施放流水為本廠節水目標。

若本廠能落實本輔導團隊上述之建議，改善後之各標的用水基本資料如表 2.2-3 所示，則估計全廠之用水回收率(重覆利用率 R1)可達 99.4%，而不含冷卻水循環量之全廠回收率(R2)亦可提升至 23.9%。另改善後之用水平衡圖如圖 2.2-4 所示。

表 2.2-3 B 廠各標的用水(改善後)基本資料

| 用途分類 | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水 | 673,600               | 115,632,000            | 232,320                | 116,537,920              |
| 鍋爐用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 製程用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 生活用水 | 46,660                | 0                      | 0                      | 46,660                   |
| 合計   | 720,260               | 115,632,000            | 232,320                | 116,584,580              |

$$\begin{aligned}
 R1\text{回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{115,632,000 + 232,320}{720,260 + 115,632,000 + 232,320} = 99.4\%
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 R2\text{回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\
 &= \frac{115,632,000 + 232,320 - 115,632,000}{720,260 + 115,632,000 + 232,320 - 115,632,000} = 24.4\%
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

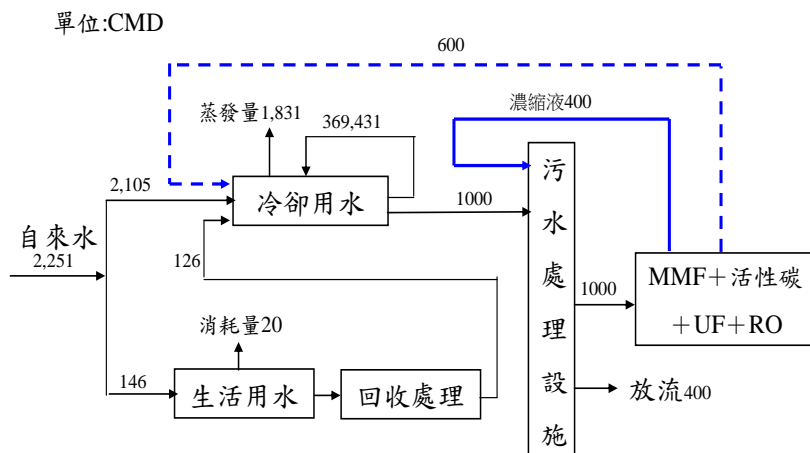


圖 2.2-4 B 廠用水平衡圖(改善後)

一、節水績效及成本推估

上述回收處理程序之產水，其回收水價值包括：自來水 12.5 元/T+軟化水操作費用約 6 元/T= 18.5 元/T，每噸回收水節省 8.1 元/T，年節省 1,555,200 元，設備投資成本 847 萬元預估 5.4 年 (8,470,000÷1,555,200=5.4 年)可回收。

表 2.2-4 B 廠改善方案經濟可行性評估

| 建議方案                | 預估投資成本   | 節水量     | 節水效益   |
|---------------------|--|---------|--|
| 冷卻水塔<br>排放水回<br>收利用 | 1.採用 MMF+活性碳+UF<br>+RO 處理程序，回收水<br>量 30T/H，設備投資預估<br>如下：<br>(1)輸送泵浦:16 萬元<br>(2)MMF/活性碳濾器:120<br>萬元<br>(3)UF 系統:220 萬元<br>(4)緩衝槽:25 萬元<br>(5)加藥設備:5 萬元<br>(6)RO 系統 30T/H:320 萬元<br>(7)回收槽:25 萬元<br>(8)配管:42 萬元<br>(9)電控:58 萬元<br>(10)其他:16 萬元<br>(11)合計 847 萬元<br>如以 10 年攤提，相當於每<br>噸水成本為 4.5 元。<br>2.上述系統如開始營運，每<br>年操作維護費預期為<br>1,100,000 元，折合每噸<br>產水約 5.9 元。 | 600 CMD | 節省自來水用水<br>費 12.5 元/T+軟<br>化水操作費用約<br>6 元/T= 18.5 元<br>/T，600 噸/日<br>×(12.5 元/噸+6<br>元/噸)=11,100 元/<br>日 |

## 2.3 案例三－C 廠

### 2.3.1 工廠簡介

本案例位於臨海工業區，屬基本金屬製造業之鋼鐵冶煉業及鋼鐵軋延及擠型業。基本資料如表 2.3-1 所示，主要產品為不銹鋼片。

表 2.3-1 C 廠基本資料

| 行業別                    | 24 基本金屬製造業 |                         | 2411 鋼鐵冶煉業<br>2413 鋼鐵軋延及擠型業 |  |
|------------------------|------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| 主要產品                   | 不銹鋼片       |                         |                             |  |
| 廠地面積 (m <sup>2</sup> ) | 287,200    | 樓地板面積 (m <sup>2</sup> ) | —                           |  |
| 廠房面積 (m <sup>2</sup> ) | 87,327     | 員工人數                    | 798                         |  |
| 開工日數                   | 350        | 98 年總原始取水量(噸)           | 1,575,000                   |  |

### 2.3.2 製程及用水現況

#### 一、製程說明

本廠生產產品為不銹鋼片，生產製程如圖 2.3-1 所示，原料及添加物經電弧爐熔煉、精煉爐精煉、澆鑄、鋼胚研磨、鋼胚成品委外熱軋、噴砂、鋼捲組合、退火酸洗、鋼捲研磨、冷軋、固溶化處理、精軋、整平切片後產生產品。

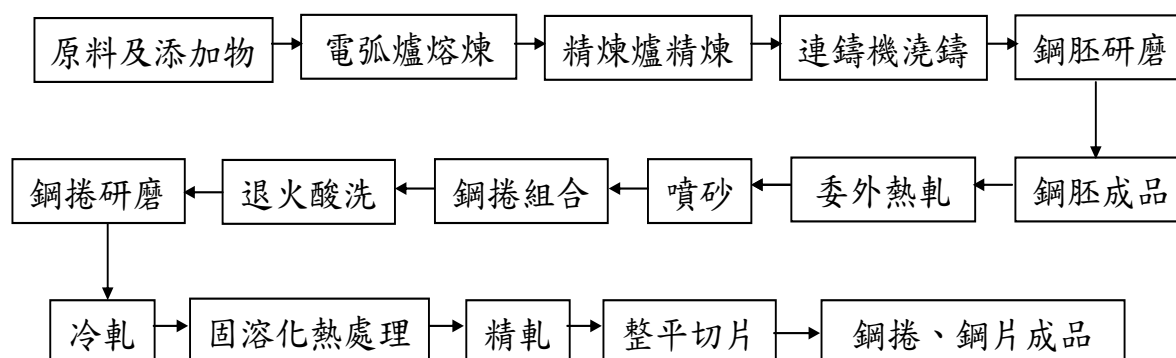


圖 2.3-1 C 廠製造流程圖

## 二、廠商用水資料

本廠每日取水量約 4,315CMD，供水之淨水廠為自來水公司第七區處之鳳山給水廠。廠內用水平衡圖如圖 2.3-2 所示，主要供應廠內冷卻、製程及生活/其他用水，其中冷卻用水約佔 44.4%，製程用水約佔 44.4%及生活/其他用水約佔 11.2%。

單位:CMD

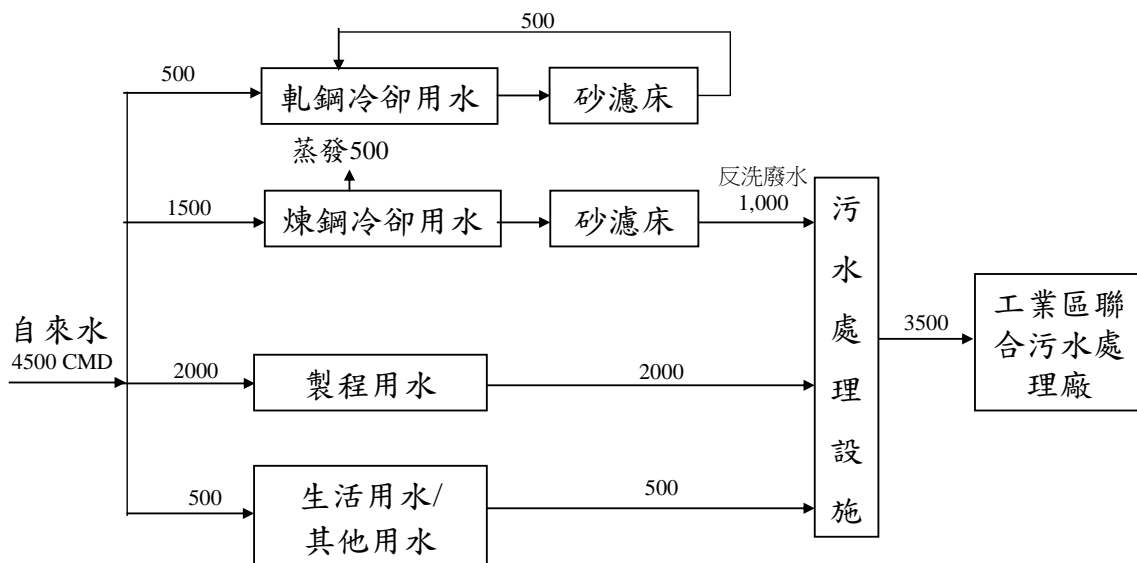


圖 2.3-2 C 廠用水平衡圖(改善前)

## 三、廠內用水管理情形

本廠主要從事不銹鋼片之生產，實際清查 98 年度各標的用水量，相關資訊統計如表 2.3-2 所示。本廠之冷卻用水約佔 69.4%，循環利用水量約為 121,944,000 噸/年，佔冷卻用水總使用量 98.52%，另本廠製程用水 98 年已有回收，包括煉鋼部廢水 251 噸經再處理後回冷二廠使用，冷二廠之廢水 54 噸回熱軋廠再利用，其他(含純/軟水製造系統)之廢水 69 噸回收至冷二廠使用，西儲/資回廠之廢水 129 噸再處理後回冷三廠使用，回收量計約 503CMD，全廠回收率(重複利用率)為 97.91%，全廠不含冷卻水塔循環量之回收率為 6.6%。

$$\begin{aligned}
 R1\text{回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{12,944,000 + 18,3595}{2,601,920 + 12,944,000 + 18,3595} = 97.91\% \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R2\text{回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\
 &= \frac{12,944,000 + 18,3595 - 121,944,000}{2,601,920 + 12,944,000 + 18,3595 - 121,944,000} = 6.6\% \quad (2)
 \end{aligned}$$

表 2.3-2 C 廠各標的用水(改善前)基本資料

| 用途分類 | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水 | 700,000               | 0                      | 175,000                | 875,000                  |
| 鍋爐用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 製程用水 | 700,000               | 0                      | 0                      | 700,000                  |
| 生活用水 | 175,000               | 0                      | 0                      | 175,000                  |
| 合計   | 1,575,000             | 0                      | 175,000                | 1,750,000                |

### 2.3.3 節水管理

本輔導檢視重點，在於根據廠內用水與回收再利用現況，進行檢覈廠內各具有潛力的節水/回用點合理性，並據各股水經分類後綜評回收再利用的優先性，提供合理的可行性節水方案。

#### 一、製程節水措施

本廠製程產生之廢水，主要有酸洗廢水、六價鉻系廢水、氫氟酸系廢水，上述廢水經分類收集，分別以六價鉻還原處理，氫氟酸系廢水經添加氫氧化鈣處理，最後各類廢水會合後，再以簡易化混處理，排放水亦排放到工業區聯合污水處理廠進行納管。

#### 二、廢污水回收措施

本廠之廢水主要有酸洗廢水、六價鉻系廢水、氫氟酸系廢水，上述廢水經分類收集，分別以六價鉻還原處理，氫氟酸系廢水經添

加氫氧化鈣處理，最後各類廢水會合後，再以簡易化混處理(處理流程如圖 2.3-3)，排放水則排放到工業區聯合污水處理廠進行納管。本廠針對廢污水並無回收措施。

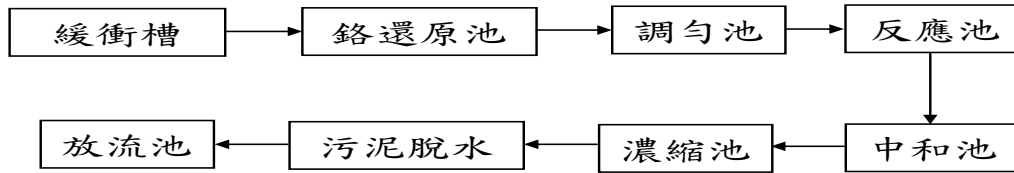


圖 2.3-3 C 廠廢水處理流程圖

### 三、製程用水節水措施

本廠製程會產生酸洗廢水、六價鉻系廢水、氫氟酸系廢水，評估製程用水並無節水可行性。

### 四、冷卻水塔節水空間診斷

本廠煉鋼製程使用之冷卻水，循環回冷卻水塔之前先經砂濾床過濾後，再回冷卻水塔，砂濾床每天之反沖洗水每天約使用 1,000 噸，目前廠方受限於無空間，故針對此 1,000 噸之反沖洗水並未回收再利用，逕行納管至工業區聯合污水處理廠處理，此股反洗廢水含鐵屑及 SS 應屬於容易處理的廢水，且本廠對回收水水質的要求並不嚴苛，因此此股廢水應可全部回收再用。上述 1,000 噸反沖洗廢水的改善回收方式如下，首先可就減少用水量的操作來改善用水需求量，例如可於反洗系統配置鼓風機，減少反洗水的需求量且仍可保持反洗效果(此可減少後續回收設備的處理容量)，唯應注意鼓風機的壓力應高於反洗壓力；其次，可將已減量的反洗水進行處理回收再利用，方法為：於排放管線途中增設一個小水槽，將反洗水抽送到 100 米外的空地進行處理，建議處理流程如下：

緩衝池→泵浦→集液槽→加藥混凝→砂濾器→回收槽→泵浦→冷卻水塔

沉澱系統



污泥脫水機→污泥

### 2.3.4 水再生利用評估效益

本輔導團隊經由廠商遴選機制及內部評選作業後，認為本廠之節水空間大且具有節水潛力，經提報工業局核備後，遴選本廠作為輔導對象。為協助改善廠內用水情形，經與廠方人員溝通後，以煉鋼製程砂濾床每天約 1,000 噸之反沖洗水為回收使用目標。

若本廠能落實本輔導團隊上述之建議，改善後之各標的用水基本資料如表 2.3-3 所示，則估計全廠之用水回收率(重覆利用率 R1)可達 29%，而不含冷卻水循環量之全廠回收率(R2)亦可提升至 29%。另改善後之用水平衡圖如圖 2.3-4 所示。

表 2.3-3 C 廠各標的用水(改善後)基本資料

| 用途分類          | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水          | 367,500               | 0                      | 507,500                | 875,000                  |
| 鍋爐用水          | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 製程用水          | 700,000               | 0                      | 0                      | 700,000                  |
| 生活用水/<br>其他用水 | 175,000               | 0                      | 0                      | 175,000                  |
| 合計            | 1,242,500             | 0                      | 507,500                | 1,750,000                |

$$\begin{aligned}
 \text{R1回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{0 + 507,500}{1,242,500 + 0 + 507,500} = 29\% \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{R2回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\
 &= \frac{0 + 507,500 - 0}{1,242,500 + 0 + 507,500 - 0} = 29\% \quad (4)
 \end{aligned}$$

#### 一、節水績效及成本推估

依本廠目前使用每噸水之成本約 42.1 元，則每回收 1 噸水約可節省 37.46 元之用水成本，設備投資成本 980 萬元預估 0.79 年 (9,800,000 ÷ 350 ÷ 950 ÷ 37.46 = 0.79 年)可回收。



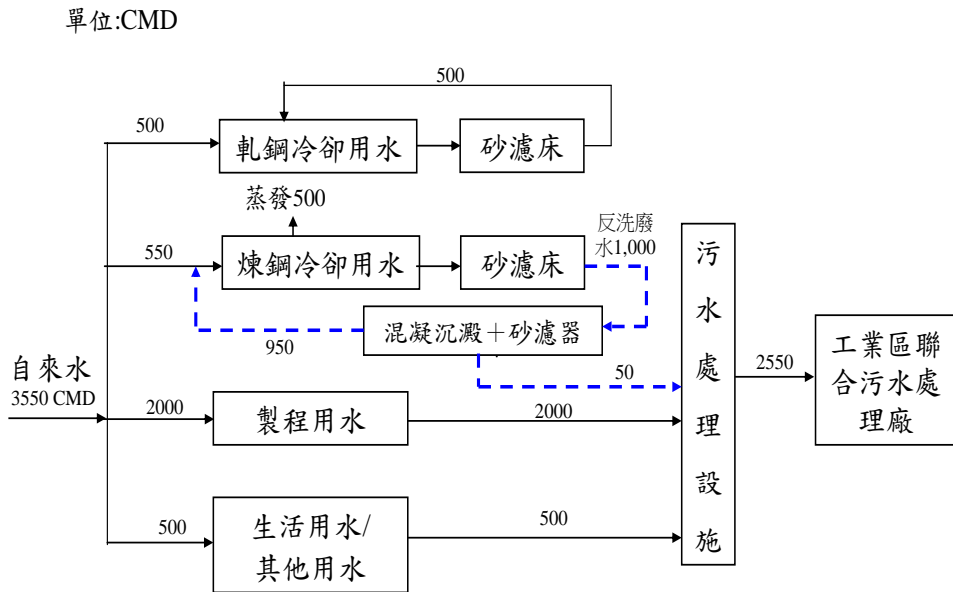


圖 2.3-4 C 廠廠用水平衡圖(改善後)

表 2.3-4 C 廠改善方案經濟可行性評估

| 建議方案             | 預估投資成本   | 節水量     | 節水效益   |
|------------------|--|---------|--|
| 煉鋼製程砂濾床之反沖洗水回收利用 | 1.緩衝池 20T:20 萬元<br>2.泵浦:200T/Hr×25M×8", 30HP:30 萬元<br>3.集液槽 300T:100 萬元<br>4.加藥混凝沉澱系統:300 萬元<br>5.砂濾器:80 萬元<br>6.回收槽 100T:80 萬元<br>7.回收泵浦:80T/Hr×25M×6", 15HP:30 萬元<br>8.污泥脫水機:80 萬元<br>9.配管 PVC:6"/8":80 萬元<br>10.電控:80 萬元<br>11.土建:100 萬元<br>12.合計:980 萬元<br>13.上述設備建置費用除土建外預估約 880 萬元,如機電設備以 10 年攤提,相當於每噸水 2.65 元。<br>14.土建費預估約 100 萬元,如以 30 年攤提,相當於每噸水 0.1 元。<br>15.上述系統如開始營運,每年操作維護費預期為 630,000 元,折合每噸產水約 1.89 元。 | 950 CMD | (1)節省自來水用水費 950 噸/日×12.5 元 / 噸 =11,875 元/日<br>(2)節省廢水處理費用 950 噸/日×17.6 元 / 噸 =16,720 元 / 日<br>(3)節省納管費用 950 噸/日×12 元 / 噸 =11,400 元/日 |

## 2.4 案例四—D 廠

### 2.4.1 工廠簡介

本案例位於永康市中正北路，位於工業區外，緊臨永康工業區，統一實業於此有一廠及二廠，一廠主要製程為金屬電鍍處理程序，主要產品為鍍製馬口鐵皮；二廠主要製程為鋼鐵軋延及擠型製造程序，主要產品為冷軋鋼板及鐵皮底板，二廠之產品即為一廠之原料。一廠屬金屬製品製造業之金屬表面處理業，二廠屬基本金屬製造業之鋼鐵軋延及擠型業。基本資料如表 2.4-1 所示，主要產品為造船、修船。

表 2.4-1 D 廠基本資料

| 行業別                   | 24 基本金屬製造業<br>25 金屬製品製造業  | 2413 鋼鐵軋延及擠型業<br>2544 金屬表面處理業 |                            |  |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|
| 主要產品                  | 一廠:鍍製馬口鐵皮<br>二廠:冷軋鋼板及鐵皮底板 |                               |                            |  |
| 廠地面積(m <sup>2</sup> ) | 一廠:50,000<br>二廠:150,000   | 樓地板面積(m <sup>2</sup> )        | —                          |  |
| 廠房面積(m <sup>2</sup> ) | —                         | 員工人數                          | 一廠:645<br>二廠:536           |  |
| 開工日數                  | 365                       | 98 年總原始<br>取水量(噸)             | 一廠:438,000<br>二廠:1,314,000 |  |

### 2.4.2 製程及用水現況

#### 一、製程說明

一廠生產產品為鍍製馬口鐵皮，鐵皮底板經酸鹼洗後，分別經鍍錫及鍍鉻處理，產出鍍錫及鍍鉻鐵皮，鍍製馬口鐵皮經塗佈、烘烤後產生塗裝鐵皮，塗裝鐵皮再經印刷、烘烤及製罐程序後，產生鐵罐產品。生產製程如圖 2.4-1 所示。另二廠之製程為低碳鋼捲經酸洗、軋延、退火後產生鐵皮底板，鐵皮底板為一廠製程之原料，二廠之生產製程如圖 2.4-2 所示。

#### 二、廠商用水資料

一廠及二廠每日用水量分別約 1,200 噸及 3,600 噸，兩廠之用水由廠方抽取曾文水庫放流至大圳的水經廠內混凝、沉澱過濾後，

部分處理成軟水，部分經離子交換樹脂處理成純水供製程使用。一廠之用水平衡圖如圖 2.4-3 所示，主要供應廠內製程及生活用水，其中製程用水約佔 95.8%、生活用水約佔 4.2%。二廠之用水平衡圖如圖 2.4-4 所示，主要供應廠內冷卻用水、製程用水、鍋爐用水及生活用水，其中冷卻用水約佔 32.7%、製程用水約佔 48.9%、鍋爐用水約佔 16.7%及生活用水約佔 1.7%。

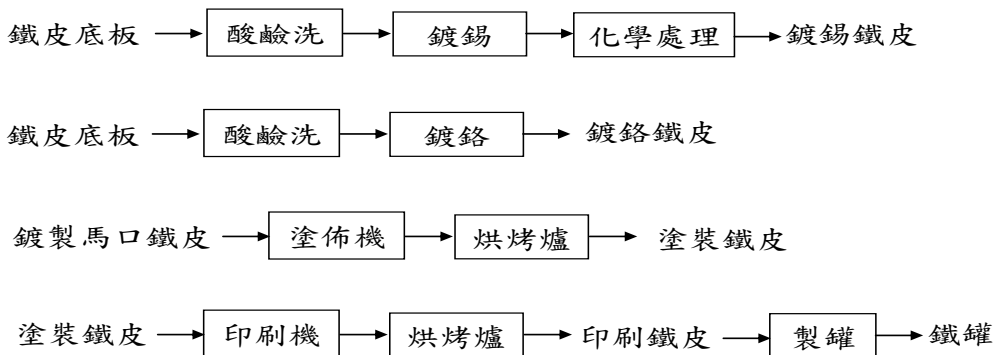


圖 2.4-1 D 廠一廠製造流程圖

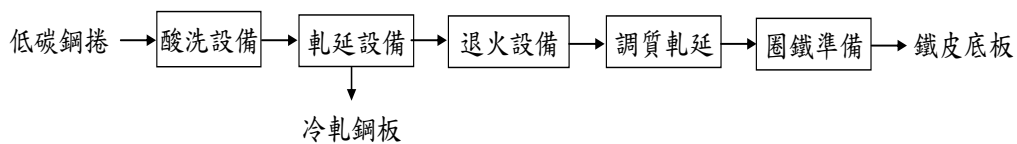


圖 2.4-2 D 廠二廠製造流程圖

單位:CMD

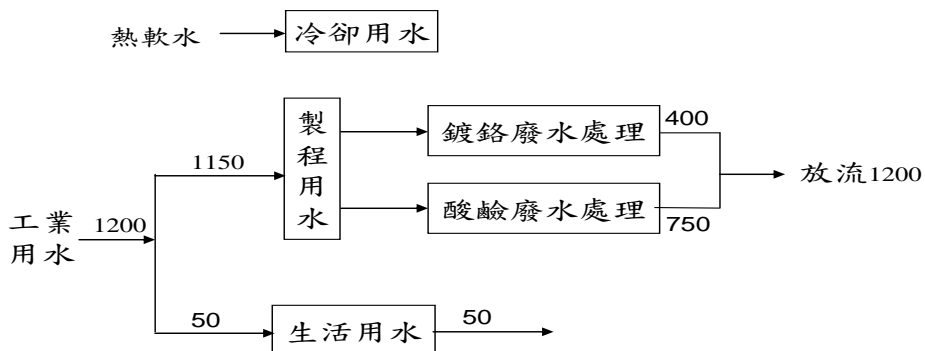


圖 2.4-3 D 廠一廠用水平衡圖(改善前)

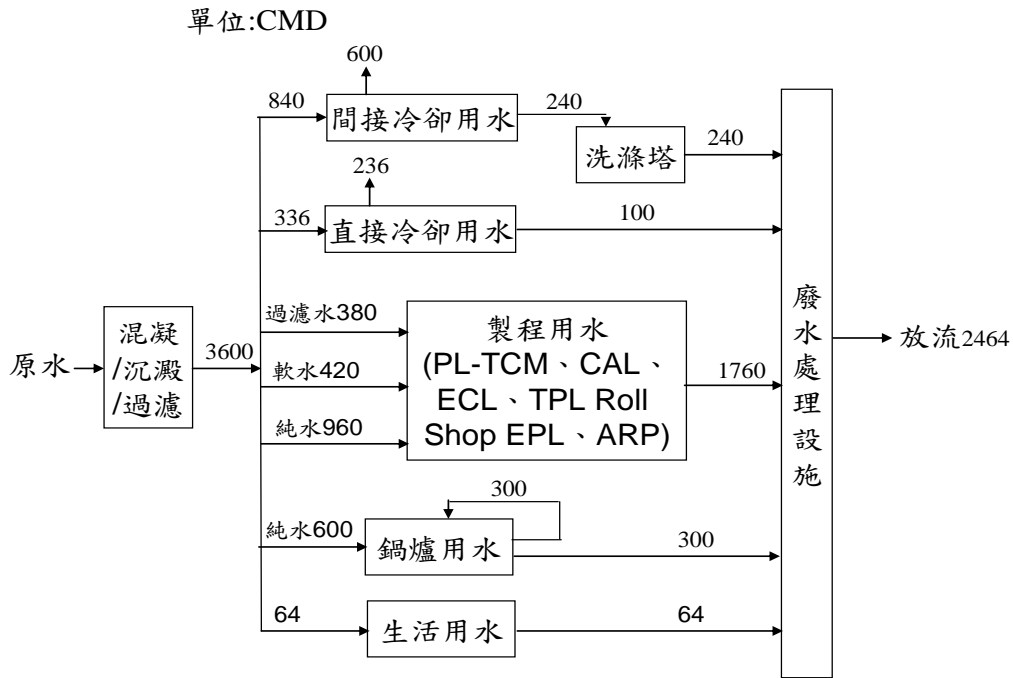


圖 2.4-4 D 廠二廠用水平衡圖(改善前)

### 三、廠內用水管理情形

一廠生產產品為鍍製馬口鐵皮，實際清查 98 年度各標的用水量，相關資訊統計如表 2.4-2 所示。一廠之冷卻用水回收使用熱軟水，循環利用量約為 821,250 噸/年，佔冷卻用水總使用量 98%，另本廠製程用水 98 年並無回收水，一廠回收率(重複利用率)為 65.7%，一廠不含冷卻水塔循環量之回收率為 3.6%。二廠之冷卻用水循環利用量約為 15,330,000 噸/年，佔冷卻用水總使用量 97.3%，另二廠之洗滌塔用水則使用冷卻水塔之排放水，二廠回收率(重複利用率)為 92.2%，二廠不含冷卻水塔循環量之回收率為 13%。

$$\begin{aligned}
 \text{一廠R1回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{821,250 + 16,425}{438,000 + 821,250 + 16,425} = 65.7\% \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{一廠R2回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\
 &= \frac{821,250 + 16,425 - 821,250}{438,000 + 821,250 + 16,425 - 821,250} = 3.6\% \quad (2)
 \end{aligned}$$

表 2.4-2 D 廠一廠各標的用水(改善前)基本資料

| 用途分類 | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水 | 0                     | 821,250                | 16,425                 | 837,675                  |
| 鍋爐用水 | 0                     | 0                      | 0                      | 0                        |
| 製程用水 | 419,750               | 0                      | 0                      | 419,750                  |
| 生活用水 | 18,250                | 0                      | 0                      | 18,250                   |
| 合計   | 438,000               | 821,250                | 16,425                 | 1,275,675                |

$$\begin{aligned} \text{二廠R1回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\ &= \frac{15,439,500 + 87,600}{1,314,000 + 15,439,500 + 87,600} = 92.2\% \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{二廠R2回收率(不含冷卻水塔循環量)} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \\ &= \frac{15,439,500 + 87,600 - 15,330,000}{1,314,000 + 15,439,500 + 87,600 - 15,330,000} = 13\% \end{aligned} \quad (4)$$

表 2.4-3 D 廠二廠各標的用水(改善前)基本資料

| 用途分類 | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水 | 429,240               | 15,330,000             | 0                      | 15,759,240               |
| 鍋爐用水 | 219,000               | 109,500                | 0                      | 328,500                  |
| 製程用水 | 642,400               | 0                      | 87,600                 | 730,000                  |
| 生活用水 | 23,360                | 0                      | 0                      | 23,360                   |
| 合計   | 1,314,000             | 15,439,500             | 87,600                 | 16,841,100               |

### 2.4.3 節水管理

本輔導檢視重點，在於根據廠內用水與回收再利用現況，進行檢覈廠內各具有潛力的節水/回用點合理性，並據各股水經分類後綜評回收再利用的優先性，提供合理的可行性節水方案。

#### 一、製程節水措施

一廠之製程用水目前並未進行節水措施。另二廠之洗滌塔用水目前則採用冷卻水塔排放水，二廠目前已充分利用冷卻水塔排放水。

二、廢污水回收措施

一廠之廢水包括鍍酸鹼洗廢水、再生廢水、鍍鉻廢水、鍍錫製程廢水、鍍錫化學處理廢水，經廠內污水處理設施處理後(處理流程如圖 2.4-5)放流，二廠之廢水處理流程如圖 2.4-6，目前一廠及二廠並未對放流水進行回收。

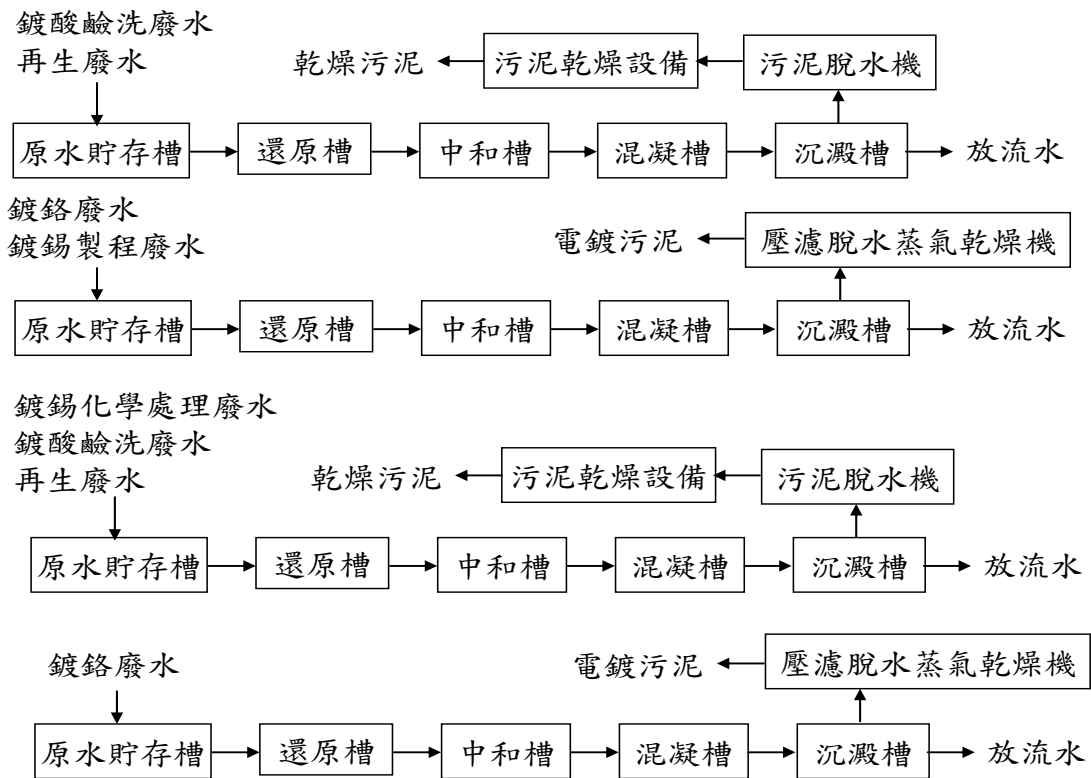


圖 2.4-5 D 廠一廠廢水處理流程圖

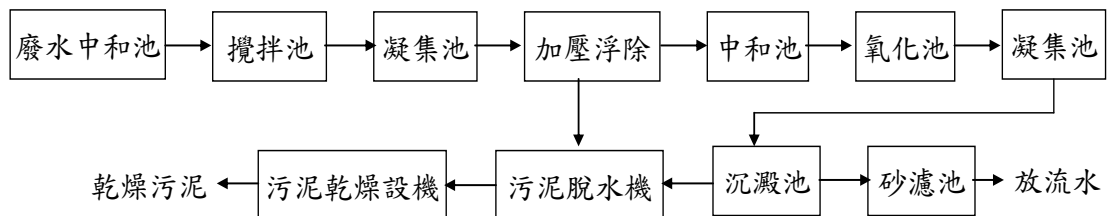


圖 2.4-6 D 廠二廠廢水處理流程圖

### 三、冷卻水塔節水空間診斷

一廠計有二座 250RT 冷卻水塔，目前廠內之熱軟水則回收做為冷卻水塔之補水，且冷卻水塔依廠方表示並未進行排水，因此一廠冷卻用水估計無節水空間。

二廠冷卻水塔有 4,000RT，補水量約 840CMD，目前濃縮倍數控制在 3~4 倍，導電度控制在 1,500 $\mu$ s/cm，目前冷卻水塔之排水導入作為洗滌塔之補水，由於冷卻水塔進水之導電度約 400 $\mu$ s/cm，冷卻水塔一般可透過加抗垢劑、防蝕劑或殺菌劑提高濃縮倍數，以二廠之濃縮倍數，建議尚可提高濃縮倍數至 5 倍，估計可節省 11%之補水量，約 90CMD。

### 四、製程用水節水空間診斷

依廠方表示，考慮針對一廠之酸鹼廢水以 MBR 處理，後續再以 RO 處理以進行水回收之可行性。依廠方所提供之一廠酸鹼廢水資料，其水量約 600~1000CMD，水質之 pH:8~12、COD:100~500ppm、導電度:2000~4000 $\mu$ S/cm、S.S:50~300ppm、氰化物:0.149ppm，其他有害重金屬未檢測出含量，另依廠方所提供之酸鹼廢水及鹼洗廢水水樣，經本輔導團隊分析後，其結果如下：

| 廢水別  | NH <sub>4</sub> (mg/L) | BOD <sub>5</sub> (mg/L) | COD(mg/L) |
|------|------------------------|-------------------------|-----------|
| 酸鹼廢水 | 17.29                  | N.D.                    | 152       |
| 鹼洗廢水 | 1.52                   | 27                      | 64        |

由上述分析結果酸鹼廢水及鹼洗廢水之有機物濃度甚低，以鹼洗廢水而言，其可被生物分解之 BOD/COD 比例僅有 0.43 左右，如以生物處理法，在水力停留時間 8 小時、污泥停留時間 10 天操作下，其污泥濃度應不超過 300-500mg/L，如採生物處理法中之 MBR 法，在水力停留時間 6 小時、污泥停留時間 30 天下，污泥濃度亦應不超過 1000mg/L，在碳源偏低(BOD<sub>5</sub>)，微生物濃度亦不足之條件下，不易進一步去除水中之 COD 與 BOD<sub>5</sub>，亦即只能去除水中顆粒性物

質，對於溶解性有機物無法降低，其產水導入 RO 之後，將會造成 RO 膜上的有機結垢(organic fouling)；顯示其處理效益將偏低。因此酸鹼廢水及鹼洗廢水以 MBR 處理，後續再以 RO 處理以進行水回收之可行性評估並不可行；如仍希望使用 MBR 等生物處理單元，則可優先考慮處理鹼洗廢水，且預以高級氧化法提高 BOD<sub>5</sub> 之比例，藉以提高生物可利用基質濃度。

另二廠之酸洗、冷軋製程產生之低濃度酸性廢水及退火製程產生之鹼性廢水，經現場量測其 pH 及導電度，pH 分別為 1.83 及 11.7，導電度分別為 11,800 $\mu$ s/cm 及 15,000 $\mu$ s/cm，由於酸性廢水及鹼性廢水之導電度太高，故擬採酸鹼中和再進行水回收處理評估並不可行。

## 五、廢污水回收用水節水空間診斷

依廠方表示，以往曾探討回收二廠放流水之可行性，依 99 年 4 月 28 日現場放流水採樣分析結果，導電度為 5,928 $\mu$ s/cm，硬度為 1,000ppm，SiO<sub>2</sub> 為 27ppm，放流水除導電度偏高不利回收外，廢水處理流程添加消石灰造成硬度過高，更不利於回收處理，故擬從放流水做水回收仍有困難度。

### 2.4.4 水再生利用評估效益

本輔導團隊經由廠商遴選機制及內部評選作業後，認為統一實業具有節水潛力，經提報工業局核備後，遴選統一實業作為輔導對象。為協助改善統一實業用水情形，經與廠方人員溝通後，以提高二廠冷卻水塔之濃縮倍數做為二廠用水改善之目標。

若統一實業能落實本輔導團隊上述之建議，改善後之各標的用水基本資料如表 2.4-4 所示，則估計二廠之用水回收率(重覆利用率 R1)可達 91.5%，而不含冷卻水循環量之全廠回收率(R2)亦可提升至 11.4%。另改善後之二廠用水平衡圖分別如圖 2.4-7 所示。



表 2.4-4 D 廠二廠各標的用水(改善後)基本資料

| 用途分類          | 原始取水量<br>(噸/年)<br>(A) | 循環利用水量<br>(噸/年)<br>(B) | 回收利用水量<br>(噸/年)<br>(C) | 總用水量<br>(噸/年)<br>(A+B+C) |
|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 冷卻用水          | 396,390               | 13,687,500             | 0                      | 14,083,890               |
| 鍋爐用水          | 219,000               | 109,500                | 0                      | 328,500                  |
| 製程用水          | 642,400               | 0                      | 54,750                 | 697,150                  |
| 生活用水/<br>其他用水 | 23,360                | 0                      | 0                      | 23,360                   |
| 合計            | 1,281,150             | 13,797,000             | 54,750                 | 15,132,900               |

$$\begin{aligned}
 \text{二廠R1回收率重複利用率} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{總用水量}} \times 100\% \\
 &= \frac{13,797,000 + 54,750}{1,281,150 + 13,797,000 + 54,750} = 91.5\% \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{二廠R2回收率不含冷卻水塔循環量} &= \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\% \quad (6) \\
 &= \frac{13,797,000 + 54,750 - 13,687,500}{1,281,150 + 13,797,000 + 54,750 - 13,687,500} = 11.4\%
 \end{aligned}$$

單位:CMD

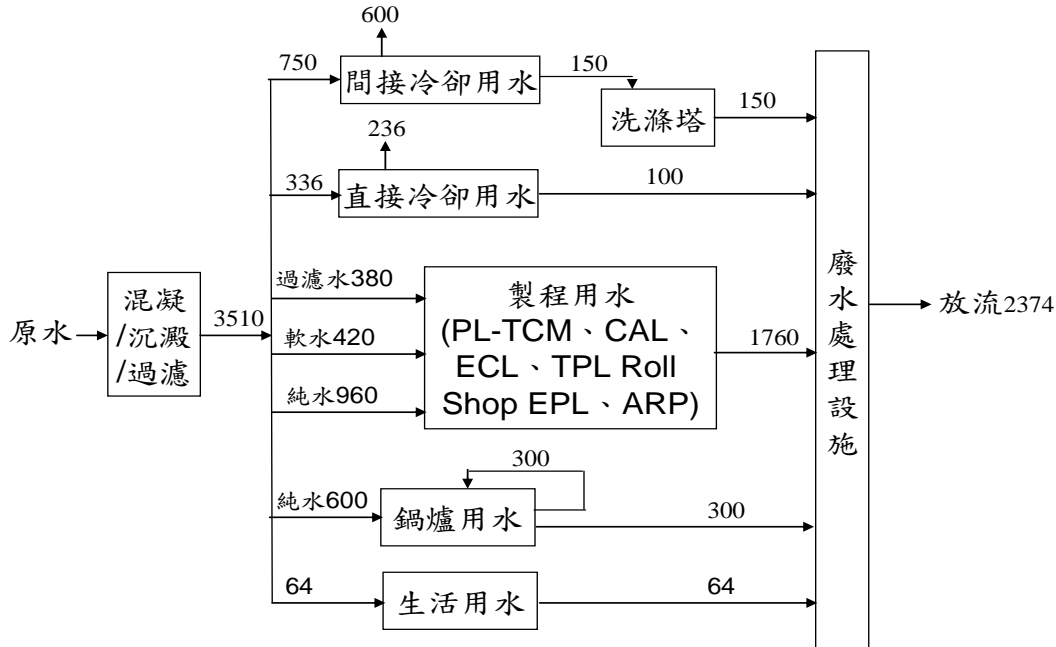


圖 2.4-7 D 廠二廠用水平衡圖(改善後)