

應用範例 某染整加工廠染色機排放水熱回收

1.專案說明：某染整加工廠染整排放水均未回收熱能再利用，規劃安裝廢熱水熱能回收系統，將染整排放水由混合調勻池中引出，經細篩機，緩衝水池，板式熱交換器等設備，將染整排放水熱能交換出來，做為染機製程預熱水，以節約能源消耗量。

2.適用條件：

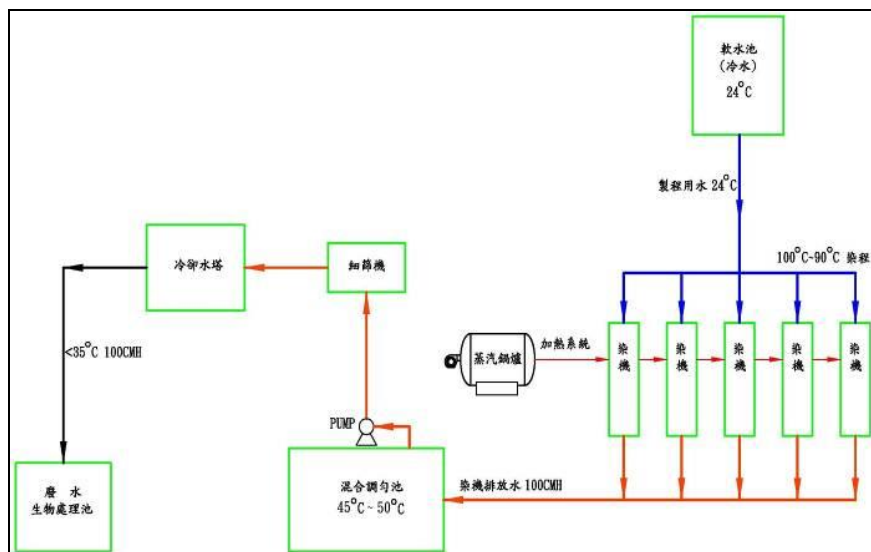
本專案依循「TMS-III-003 工業設施排放水廢熱回收利用」方法，並符合下列適用條件—

- (1)於既設染色機排水匯集處(混合調均池)下游加裝熱交換器，將排出之排放水與染色機補充水進行熱交換，以降低廠內蒸汽鍋爐之燃料使用，符合條件 1。
- (2)透過熱交換器所預熱之補充水僅用於染色機，屬實施此減量方法之事業單位所有，符合條件 2。
- (3)專案實施前後，蒸汽鍋爐均使用燃料油，符合條件 3。
- (4)專案邊界內設備如蒸汽鍋爐、染色機等依設備供應廠商提供之設計壽命為 25 年，於本專案活動實施時廠內設備已使用 5 年，故剩餘使用年限為 20 年，符合條件 4。
- (5)專案之年減量 2,204tCO₂e 不超過 6 萬噸二氧化碳當量，符合條件 5。

3.專案執行邊界：

(1)專案實施前

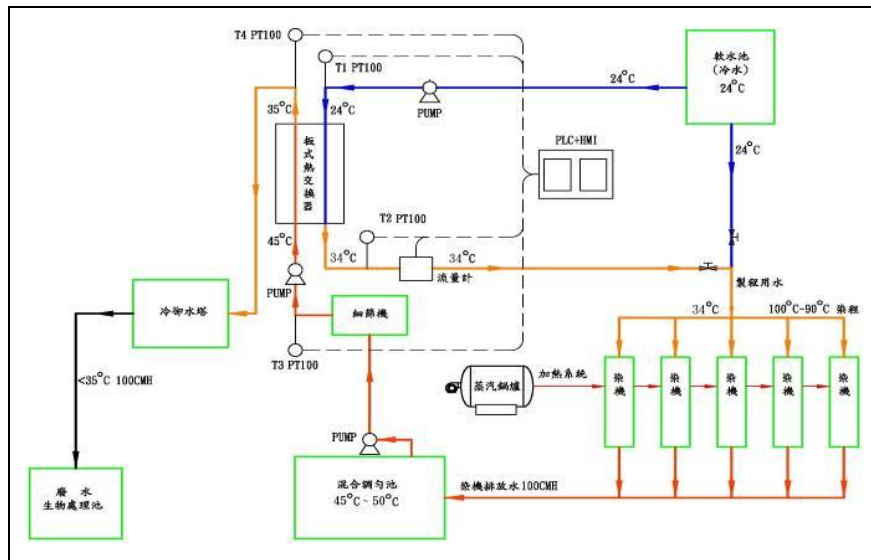
廠內設有 10 噸蒸汽鍋爐 1 座，以燃料油為燃料，供應廠內染色機所需之蒸汽。



(2)專案實施後

本專案於染色機群排水匯集處(混合調均池)下游加裝熱交換器，將染色機排

出之排放水與未經加溫之常溫染色機補充水進行換熱。



(3)在評估基線與專案實施後之排放量時，燃料燃燒之溫室氣體排放僅將 CO₂ 納入本專案活動邊界內，如表 1 所示。

表 1 專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別

來源	溫室氣體	是否納入	說明/解釋
熱利用設施的化石燃料使用	CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
	CH ₄	否	估計排放量極小，故簡化忽略不計
	N ₂ O	否	
熱回收系統的電力使用	CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
	CH ₄	是	納入考量
	N ₂ O	是	納入考量

4.外加性說明：

- (1)法規外加性：現行法令未針對工廠廢熱回收再利用進行規範。
- (2)該案為染整業應用此熱回收技術之首例，且改善工程涉及製程變更，相關操作人員針對系統壓力等控管不熟悉，造成運轉風險，具技術障礙。

註：未來產業於應用本減量方法時，應依各專案實況選擇適合之外加性論述方式。如，除技術障礙論述外，尚可採用投資分析方式(IRR、NPV、Pay-back)，提出專案經費籌措困難證明，或進行普遍性障礙及其他障礙論述等。如為技術障礙之情形，專案執行者得依各專案情況，提供相關製程操作或風險評估等資訊，以強化外加性論述。

5.基線排放量：

- (1)基線情境(廠內實際狀況)

- 本減量方法係依 CDM 基線方法所列「現有實際或歷史的溫室氣體排放量」計算基線排放量，故以「將既有工業設施載有餘熱之排放水直接排棄」做為基線情境。

(2) 基線排放量

$$BE_y = HC_{BL,y} \div \eta \times EF_{CO_2,heat}$$

- 於計畫書撰寫時，尚無法取得專案實施後染色機之補充水量及溫度等數據，且考量數據完整性，以最近 1 年量測所得補充水量、補充水平均溫度及平均工作溫度計算基線耗熱量($HC_{BL,y}$)及歷史耗用量(HC_{his})。
- 未進行廢熱回收時，既設染色機常溫補充水平均溫度($t_{in} = 25^{\circ}\text{C}$)，補充水量每小時 100m^3 ，近 1 年累計補充水量(Q_y)達 624,000,000 公升。注入染色機後以蒸汽加溫至平均工作溫度($t_{des} = 100^{\circ}\text{C}$)進行染色作業，完成染色作業後經排水管排放至排放水處理系統。
- 染色機加熱補充水相當之熱耗量：

$$\begin{aligned} HC_{BL,y} &= HC_{his} = Q_y \times \rho \times C_p \times (t_{des} - t_{in}) \div 1,000 \\ &= 624,000,000 \text{ L} \times 0.9908 \text{ kg/L} \times 1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \times (100 - 25)^{\circ}\text{C} \div 1,000 \\ &\quad \text{kcal/Mcal} \\ &= 46,369,440 \text{ Mcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BE_y &= 46,369,440 \text{ Mcal} \div 85\% \times 3.25 \times 10^{-4} \text{ tCO}_2\text{e/Mcal} \\ &= 17,729 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

- 計相關計算參數彙整如表 2 所示：

表 2 基線排放量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	17,729
$HC_{BL,y}$	y 年之基線耗熱量	Mcal	46,369,440
Q_y	y 年之染色機累計補充水量	L	624,000,000
ρ	補充水之密度(25°C)	kg/ L	0.9908
C_p	補充水之比熱	kcal/kg°C	1
t_{in}	補充水之溫度	°C	25
t_{des}	補充水經染色機加熱後之工作溫度	°C	100
η	蒸汽鍋爐之熱轉換效率	%	85
$EF_{CO_2,heat}$	單位熱能之燃料二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/ Mcal	3.25×10^{-4}

註：1.燃料油熱值，係依據能源局公告 100 年能源產品單位熱值。

2.燃料油排放係數，僅考量燃料燃燒之 CO₂ 排放，並引用 IPCC 科學評估報告，GWP 值則採用 IPCC 第二次科學評估報告(1995)所提出之數值。

6. 專案實施後之排放量：

(1) 專案實施後之排放量

$$PE_y = HC_{PJ,y} \div \eta \times EF_{CO_2,heat} + PE_{a,y}$$

專案實施後，熱交換器補充水平均流量 90,500 L/h，可提升補充水平均溫度至 35.5℃，降低染色機蒸汽消耗量，間接減少蒸汽鍋爐燃料消耗量。

- 專案實施後能源用量，以染色機加熱補充水所需熱量扣除廢水熱回收提供的熱量計算。
- 於專案計畫書撰寫時，尚無法完整取得熱交換器補充水熱量計算參數之量測數據，故 q_{HEX} 暫以設備規格值計算， $t_{HEX-out}$ 及 t_{HEX-in} 以設備廠提供之設計值計算。

$$\begin{aligned} HC_{PJ,y} &= \{ [Q_y \times \rho \times C_p \times (t_{des} - t_{in})] - [q_{HEX} \times \rho \times C_p \times T_y \times (t_{HEX-out} - t_{HEX-in})] \} \div 1,000 \times k \\ &= \{ [624,000,000 \text{ L} \times 0.9908 \text{ kg/L} \times 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times (100 - 25)^\circ\text{C}] - [90,500 \text{ L/h} \times 0.9945 \text{ kg/L} \times 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times 6,240 \text{ h} \times (35.5 - 25)^\circ\text{C}] \} \\ &\quad \div 1,000 \text{ kcal/Mcal} \times 1 \\ &= 46,369,440 \text{ Mcal} - 5,896,947 \text{ Mcal} = 40,472,493 \text{ Mcal} \end{aligned}$$

- 於計畫書撰寫時， $HC_{BL,y} = HC_{his}$ ，則 $k = \min \{1; HC_{his}/HC_{BL,y}\} = 1$
- 專案實施後排放量，包含染色機消耗之蒸汽之溫室氣體排放，以及廢熱回收裝置附屬設備(7.5kW 泵浦 2 台)電力使用($EC_{a,ELEC,y}$)共 93,600 度所產生之溫室氣體排放：

$$\begin{aligned} PE_{a,y} &= EC_{a,ELEC,y} \times EF_{ELEC,y} \\ PE_{a,y} &= 93,600 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} \\ &\approx 50 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PE_y &= 40,472,493 \text{ Mcal} \div 85\% \times 3.25 \times 10^{-4} \text{ tCO}_2\text{e/Mcal} + 50 \text{ tCO}_2\text{e} \\ &= 15,525 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

- 相關計算參數彙整如表 3 所示：

表 3 專案實施後排放量計算參數彙整

參數	定義	單位	數值
PE_y	y 年專案實施後之排放量	tCO ₂ e	15,525
$HC_{PJ,y}$	y 年之專案耗熱量(為扣除所回收的廢熱後，染色機之熱量需求)	Mcal	40,472,493
q_{HEX}	熱交換器二次側工作流體之平均流量	L/h	90,500
ρ	補充水的密度(35.5℃)	kg/L	0.9945
C_p	補充水的比熱	kcal/kg℃	1
$t_{HEX-out}$	熱交換器二次側補充水出口溫度	℃	35.5
t_{HEX-in}	熱交換器二次側補充水入口溫度	℃	25

參數	定義	單位	數值
T_y	熱回收系統運轉時數	h	6,240
η	蒸汽鍋爐熱轉換效率	%	85
$EF_{CO_2,heat}$	單位熱能之燃料二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/ Mcal	3.25×10^{-4}
$PE_{a,y}$	y 年專案附屬設備排放量	tCO ₂ e	58.3
$EC_{a,ELEC,y}$	y 年之專案附屬設備用電量	kWh	93,600
$EF_{ELEC.}$	電力排放係數	kgCO ₂ e/kWh	0.536

7.洩漏量：

依減量方法「TMS-III-003 工業設施排放水廢熱回收利用」規範，本專案並無洩漏量產生。

8.排放減量：

(1)單一年度排放減量

$$\begin{aligned}
 ER_y &= BE_y - PE_y \\
 &= 17,729 \text{ tCO}_2\text{e} - (15,525 \text{ tCO}_2\text{e} + 0 \text{ tCO}_2\text{e}) \\
 &= 2,204 \text{ tCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

■ 相關計算參數彙整如表 4 所示：

表 4 排放減量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
ER_y	y 年之排放減量	tCO ₂ e	2,204
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	17,729
PE_y	y 年之專案實施後排放量	tCO ₂ e	15,525

(2)計入期計算摘要

本專案依據環保署「溫室氣體先期暨抵換專案推動原則」，選擇以 10 年(固定型)做為專案計入期，執行期間為 101 年 1 月 1 日~110 年 12 月 31 日，則於計入期內各年度之減量計算摘要如表 5 所示：

表 5 專案執行期間溫室氣體減量

年度 (民國)	基線排放量 (tCO ₂ e)	專案排放量 (tCO ₂ e)	預期排放減量 (tCO ₂ e)
101	17,729	15,525	2,204
102	17,729	15,525	2,204
103	17,729	15,525	2,204
104	17,729	15,525	2,204

年度 (民國)	基線排放量 (tCO ₂ e)	專案排放量 (tCO ₂ e)	預期排放減量 (tCO ₂ e)
105	17,729	15,525	2,204
106	17,729	15,525	2,204
107	17,729	15,525	2,204
108	17,729	15,525	2,204
109	17,729	15,525	2,204
110	17,729	15,525	2,204
合計	177,290	155,250	22,040

(3) 預設係數與參數說明

數據/參數	ρ
數據單位	kg/L
描述	補充水密度
使用數據來源	經濟部能源委員會「節約能源技術手冊」
數值	0.9945~0.9908
數據選擇說明或實際應用之量測 方法和步驟的描述	—
備註	—

數據/參數	C_p
數據單位	kcal/kg°C
描述	水的比熱
使用數據來源	經濟部能源委員會「節約能源技術手冊」
數值	1
數據選擇說明或實際應用之量測 方法和步驟的描述	—
備註	—

數據/參數	HC_{his}
數據單位	Mcal
描述	染色機基線耗熱量歷史值
使用數據來源	量測計算值
數值	46,369,440
數據選擇說明或實際應用之量測 方法和步驟的描述	以專案實施前最近 1 年，染色機補充水量、出入口溫度等量測紀錄計算
備註	—

9. 監測方法：

(1) 應監測之數據與參數

數據/參數	Q_y
數據單位	L
描述	y 年之染色機累計補充水量
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	624,000,000
將被採用的量測方法和步驟之描述	以流量計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	流量計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於計畫書撰寫時，以專案實施前最近 1 年累計量計算 - 電子檔保存

數據/參數	t_{in}
數據單位	°C
描述	染色機補充水流入平均溫度
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	25
將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於計畫書撰寫時，以專案實施前最近 1 年量測平均溫度計算 - 電子檔保存

數據/參數	t_{des}
數據單位	°C
描述	工作流體經熱利用設施加熱後溫度
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	100
將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。

將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於計畫書撰寫時，以專案實施前最近 1 年量測平均溫度計算 - 電子檔保存

數據/參數	Q_{HEX}
數據單位	L/h
描述	熱交換器二次側平均流量
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	90,500
將被採用的量測方法和步驟之描述	以流量計每年量測 1 次並紀錄
將被應用的 QA/QC 步驟	流量計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於專案計畫書撰寫時，暫以設備規格值計算 - 電子檔保存

數據/參數	t_{HEX-in}
數據單位	°C
描述	熱交換器二次側入口平均溫度
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	25
將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於專案計畫書撰寫時，以設備商所提供設計值計算 - 電子檔保存

數據/參數	$t_{HEX-out}$
數據單位	°C
描述	熱交換器二次側入口平均溫度
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	35.5

將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於專案計畫書撰寫時，以設備商所提供設計值計算 - 電子檔保存

數據/參數	T_y
數據單位	h
描述	y 年熱回收系統運轉時數
使用數據來源	生產紀錄
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	6,240
將被採用的量測方法和步驟之描述	計時器連續紀錄，每天記錄至少 1 筆資料，彙整累計值。
將被應用的 QA/QC 步驟	計時器定期維護校正。
備註	- 於專案計畫書撰寫時，以專案實施前最近 1 年，染色機製程運轉時數計算 - 電子檔保存

數據/參數	η
數據單位	%
描述	蒸汽鍋爐熱轉換效率
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	85
將被採用的量測方法和步驟之描述	定期以燃燒效率分析儀量測鍋爐效率，每月 1 次，彙整年平均值
將被應用的 QA/QC 步驟	燃燒效率分析儀定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	- 於專案計畫書撰寫時，以設備商所提供量測數據計算 - 電子檔保存

數據/參數	$EC_{a, ELEC, y}$
數據單位	kWh
描述	y 年之專案附屬設備用電量
使用數據來源	電錶量測值

用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	93,600
將被採用的量測方法和步驟之描述	連續量測
將被應用的 QA/QC 步驟	定期校正電錶
備註	電子檔保存

數據/參數	$EF_{CO_2,heat}$
數據單位	tCO ₂ e/ Mcal
描述	單位熱能之燃料二氧化碳排放係數
使用數據來源	IPCC 公告之燃料油 CO ₂ 排放係數 (IPCC guidance for national greenhouse gas inventories, 2006)
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	3.25×10^{-4}
將被採用的量測方法和步驟之描述	採用與計畫申請年度最接近之數據及能源局公告能源產品單位熱值換算。
將被應用的 QA/QC 步驟	--
備註	- 燃料油熱值，係依據能源局公告 100 年能源產品單位熱值 - 燃料油排放係數，僅考量燃料燃燒之 CO₂ 排放，並引用 IPCC 科學評估報告，GWP 值則採用 IPCC 第二次科學評估報告(1995)所提出之數值 - 電子檔保存

數據/參數	EF_{ELEC}
數據單位	kgCO ₂ e/ kWh
描述	電力或電網排放係數
使用數據來源	引用政府最新年度公告電力排放係數
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	0.536
將被採用的量測方法和步驟之描述	每年確認政符合公告值是否更新
將被應用的 QA/QC 步驟	每年 1 次依公告值更新
備註	- 引用能源局公告 100 年度電力排放係數(2012 年 9 月 14 日公告，調整後) - 電子檔保存

註：依環保署「溫室氣體查驗指引」規範，抵換專案相關資料保存至少至專案計入期或方案執行期間結束後的 2 年，故本專案資料保存年限設定為 12 年(專案計入期 10 年+2 年)。

(2) 監測管理(組織架構)及權責

