

有害廢棄物處理中心在環保、工安方面之回顧與檢討

陳慶華* 楊漢明** 黃國瑞** 陳世宗*** 魏漣邦**** 黃濂純***** 吳相進*****

摘要

本文乃針對中部某電鍍廢液處理示範中心於建造前後所進行有關環保、工安方面的考量，做一較全面性的回顧和檢討，以期能供未來相關有害廢棄物處理廠設置、建造、操作、營運等之參考。內容大致分為三部份：

(一) 建造前之回顧與檢討

1. 電鍍廢液(氰系廢液、鉻酸廢液)處理技術之可行性評估及選擇。
2. 處理流程與處理系統之設計及其相關環保、工安之防治措施。
3. 廠區(儲槽區、處理區、控制室、變電室、公共系統區等)規劃及其相關防護措施。
4. 監測系統及其相關儀控系統之建立。

(二) 建造中之回顧與檢討

1. 建造者與監工之職責(進度之控制、協調及現場環保、工安之相關事項的執行)。
2. 場區及設備等相關防護、防治措施之建造及設置。
3. 相關機構或人員進行廠區之環保、工安聯合會勘與其改善建議事項之配合執行。

(三) 建造後之回顧與檢討

1. 人員之相關教育、訓練及其應取得之資格(如：危險性機械、設備之操作執照及有害廢棄物處理操作執照等)。
2. 訂定勞工安全衛生工作守則及設備之標準操作程序手冊等。
3. 訂定緊急應變計劃及其相關應變策施。
4. 作業環境定期測定及監測系統的定期校正與維護。
5. 試運轉及相關人員的操作養成。
6. 正式運轉與其相關事項的修訂。

【關鍵詞】

1. 電鍍廢液 2. 環保 3. 有害廢棄物

* 工研院化工所助理工程師

** 工研院化工所工程師

*** 大葉工學院環工系主任

**** 中技社工業污染防治中心副工程師

***** 中技社工業污染防治中心模廠試驗組長

Environmental protection and safety aspect on hazardous waste treatment center

Ching-Hwa Chen* Heng-Ming Yang** Kuo-Jui Huang** Shu-Tsung Chen**
Lien-Paug Wei*** Lien-Chwen Huaug**** S.J.Wu*****

ABSTRACT

Environmental protection and safety measures are primary considerations when establishing a hazardous waste treatment facility. In this study , an electroplating waste liquor treatment center is evaluated , along with related considerations made regarding treatment technologies , monitoring and control system ,emergency response actions 、 standard operation procedure 、 personnel education and training. Primary objectives of this study are :

A.Action before facility construction :

- 1.Evaluation of electroplating waste liquor treatment technologies.
- 2.Process design and related safety considerations.
- 3.Planning design and related safety considerations.
- 4.Establishment of a monitoring system and control system.

B..Action during facility construction :

- 1.Responsibility of constuction manager.
- 2.Establishment of equipment protection system.
- 3.Review of environmental protection and safety system , discussion and recommendation.

C.Action after facility construction.

- 1.Personnel education and training.
- 2.Standard operation procedure and maintainance.
- 3.Emergency response actions.
- 4.Evaluation of working area and monitoring system.
- 5.Running test and operator's training.
- 6.Miscellaneous.

【KEYWORDS】

1.Electroplating Wastes Liquor 2.Environmental Protection 3.Hazardous Waste

* Assistant Engineer , Union Chemical Laboratories , ITRI.

** Engineer , Union Chemical Laboratories , ITRI.

*** Manager , Da Yeh Institute of Technology.

**** Engineer , China Technical Consultants , INC.

***** Chief , China Technical Consultants , INC.

一、前　　言

本文之電鍍廢液處理示範中心是一座處理容量為氰系每日2,000公升，鉻系每日500公升之廢液處理示範廠。其目的有(1)收集中部地區(示範中心半徑為30公里範圍內)電鍍工廠之氰系、鉻系廢液進行集中處理，(2)評估廢液處理之技術、經濟可行性，(3)推求設計參數和探討操作條件，(4)配合進行系統操作示範，(5)提供業界觀摩、技術推廣，(6)專業人才培訓等，是屬於一個具有多功能性的示範中心。因此針對其建造前後所進行有關環保、工安方面的考量，做一較全面性回顧與檢討，以期能供未來相關有害廢棄物處理廠設置、建造、操作營運等之參考。

二、建造前之回顧與檢討

電鍍廢液處理示範中心於77年4月開始執行其建造前先期性工作，內容有(1)處理技術可行性評估(2)處理技術之選擇(3)處理流程系統之規劃和設計(4)整廠規劃及工程設計等。其所牽涉到的環保，工安事項相當的重要，能直接影響到日後的建造工程和操作營運，因此須對其進行一翻的回顧與檢討，以瞭解當時的考慮背景及其對日後的影響(此方面可對照建造中之回顧與檢討的改善建議事項)，並將其重要事項論述之，以供相關業者參考之用。

2.1 電鍍廢液(氰系廢液、鉻酸廢液)處理技術之可行性評估及選擇

為確保電鍍廢液處理示範中心對其所要處理的廢液具有良好的處理效果，於是就進行其處理技術可行性評估，以便從中選擇所須要的處理技術。

1. 氰系廢液處理技術之可行性評估及選擇

- (1)真空濃縮法：經bench-scale及pilot-scale連續式真空濃縮處理結果，其餾出冷凝液之重金屬含量皆能符合放流水標準，而其氰含量為 $10\sim21\text{mg/l}$ 則須再經氧化處理。
- (2)以玻璃化燒結法，液體注入焚化法、電解鹼氯氣化法及濕式氧化法四種處理技術進行可行性評估；結果如表1所示，再從技術可行性、經濟性、二次污染、工期及安全性等因素考量後，選擇了濕式氧化法作為氰系廢液的處理技術。

2. 鉻系廢液處理技術之可行性評估

選用亞硫酸氫鈉為還原劑進行可行性評估，結果都可將鉻酸含量各為 9.4g/l 及 214g/l 的廢液處理到放流水標準，亦即是六價鉻含量均低於 0.5mg/l 以下，因此本處理方法可選用為鉻系廢液處理技術。

2.2 處理流程與處理系統之設計及其相關環保、工安之防治措施

電鍍廢液處理示範中心依據廢液特性分為氰系廢液處理程序及鉻系廢液處理程序兩種

表1 氯系廢液處理技術可性評估結果之比較

評估項目	玻璃化燒結法	液體注入焚化法	電解／鹼氯氧化法	濕式氧化法
處理技術	原廢液經濃縮形成之污泥混合其他原料，以電熱方式加熱至1,300°C，焚燒形成玻璃化物質，氰化物可被完全破壞。	原廢液先經濃縮，再注入焚化爐在1,000°C以上焚化，產生CO ₂ 、N ₂ 及灰渣。	原廢液先濃縮後，再常溫常壓下電解氧化，再以鹼氯氧化。	原廢液先經濃縮後在250°C 1,000psig下，通空氣進行氧化反應，反應生成CO ₂ 、N ₂ 及金屬沉物。
優點	· 產生之玻璃物質可做一般性掩埋。	· 氰化物可被完全破壞。	· Batch式操作，不需24小時連續操作。 · 操作簡單。 · 佔地小。	· 氰化物可被破壞達1毫克／升。 · Batch式操作，不需24小時連續操作。 · 操作簡單。 · 佔地小。
缺點	· 預混合作業易產生粉塵問題。 · 產生大量之玻璃物質，增加處置負擔。 · 高溫設備需注意安全措施 · 需24小時連續操作。 · 佔地大。	· 燃燒生成微粒、NOx及重金屬蒸氣，需具備良好之空污防治設備。 · 爐壁易受氧化鈉蒸氣之侵蝕。 · 爐渣需做安全性掩埋。 · 需24小時連續操作。 · 操作不易。 · 佔地大。	· 反應後產生大量的污泥，氰化物只能被破壞到數十毫克／升。 · 對氰化物之破壞率有其限制，尤其對含鐵及鎳氯錯化合物之破壞相當困難。 · 產生大量低濃度氰化物之污泥，增加污泥處置負擔。	· 高壓設備需注意安全措施 · 殘渣需安全性掩埋。
工程經濟	設備費及運轉成本高昂	設備費及運轉成本高昂	設備費低、運轉成本高	設備費及運轉成本低
施工期	長	長	短	短
結論	不適宜	不適宜	不適宜	適宜

1. 氯系廢液處理程序，如圖1所示。在處理系統設計上分真空濃縮、濕式氧化、乾燥、化學氧化等四個處理單元，而每個處理單元皆有其各自相關的環保、工安防治措施，現將其說明於下：

- (1) 真空濃縮處理單元；除鍋爐、真空蒸發罐依相關規定進行防治措施外，其真空泵浦排出液、蒸發冷凝液須收集進行次氯酸鈉氧化處理，其冷卻水循環系統須設有液位、溫度、壓力自動控制及監測警報系統。
- (2) 濕式氧化處理單元；除預熱槽、濕式氧化反應器、空氣壓縮機依相關規定進行防治措施外，其計量槽須設保溫隔熱措施，WAO廢氣須經氣液分離槽處理，並將冷凝液進行次氯酸鈉氧化處理而氣體則導入洗滌塔處理，其洗滌塔須設有pH液位、氰化物之自動監測警報系統。

- (3)乾燥處理單元；除鼓氏乾燥機依相關規定進行防治措施外，其卸料管底下須設承接桶，抽風排氣管須有保溫隔熱措施並設防積水裝置，其所排之廢氣須導入洗滌塔處理。
- (4)化學氧化處理單元；氧化處理槽設pH、ORP、液位自動監測控制警報系統，次氯酸鈉貯槽、酸計量槽、鹼計量槽須設防溢洩漏裝置，處理水排放槽須設pH，氰化物自動監測警報系統。
- 2.鉻系廢液處理程序，如圖2所示。在處理系統上分還原、中和、壓濾等三個處理單位，而其每個處理單元也都有各自相關的環保、工安防治措施，現亦將其說明於下：
- (1)還原處理單元；冷卻水循系統須有液位，溫度自動控制警報系統，還原槽設有液位、pH、ORP自動控制監測警報系統，還原槽設有回流循環監測系統，以防止還原劑殘留量過多及減少硫酸藥劑使用量。
- (2)中和處理單元；中和槽設有同流裝置及pH自動控制監測警報系統，緩衝槽設有液位控制警報系統。
- (3)壓濾處理單元；濾液貯槽設有液位控制警報系統、離子交換樹脂處理槽設有 $5\mu\text{m}$ 過濾器，濾液貯槽設有回流循環系統以確保排放水的水質。

2.3 廠區(儲槽區、處理區、控制室、變動室、公共系統區等)規劃及其相關防護措施

電鍍廢液處理示範中心所處理的廢液均為有害事業廢棄物，因此在規劃時必須對其相關法令先作一翻瞭解後，方能依其相關規定進行規劃，並可確保處理廠區人員的安全及設備的功能。

- 1.相關法令有：廢棄清理法，事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準、公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法、毒性化學物質管理法、勞工安全設施規則、鍋爐及壓力容器設施規則、危險物及有害物通識規則、勞工安全衛生法及其施行細則、道路交通管理條例，道路交通安全規則、特定化學物質危害預防標準等等。
- 2.依其相關規定進行廠區規劃時所採取的防護措施及安全設計，主要有(1)處理廠區以holding隔離外界，不讓處理區的任何液體(包括槽車清洗水、地表清洗水或洩漏之廢液)流到外界，(2)廠區內並設有排水設施及地下室收集槽專為收集廠區內之清洗水或洩漏之廢液，(3)處理區地板及樓板均舖設Epoxy防蝕防滲設施，(4)廢液、藥品、柴油貯槽區均設有Dike防止其洩漏，(5)氰系廢液為強鹼性、鉻系廢液為強酸性，兩者如相混合會產生大量的HCN氣體，因此在設備layout的設計，特別將兩者的處理區以建築物區隔，並以不同顏色油漆區分兩者的設備。(6)氰系及鉻系槽車卸料到各別貯槽的接頭採不同口徑的設計，以防誤接，(7)全廠設有HCN監控及警報系統，(8)鉻系廢液貯槽區的設備及管線均有teflon lining防蝕設施，(9)鉻系廢液還原槽為glass lining具有防蝕功能，(10)氰系廢液跨越道路之管線為double pipe設計，防止任何洩漏，(11)洗滌塔氣體排放口設有氰化物監測器，(12)濕式氧化反應器為高溫高壓設備、設有壓力及溫度等監控系統和雙重安全閥設施，並設有吸收塔處理安全閥跳脫衝出的氣體，(13)設有雨水收集池，確保示範中心排至外界的水質不受污染，(14)其它一般性安全措施如消防、不斷電系統，緊急洗眼沖淋器及安全衛生防護器具等等。

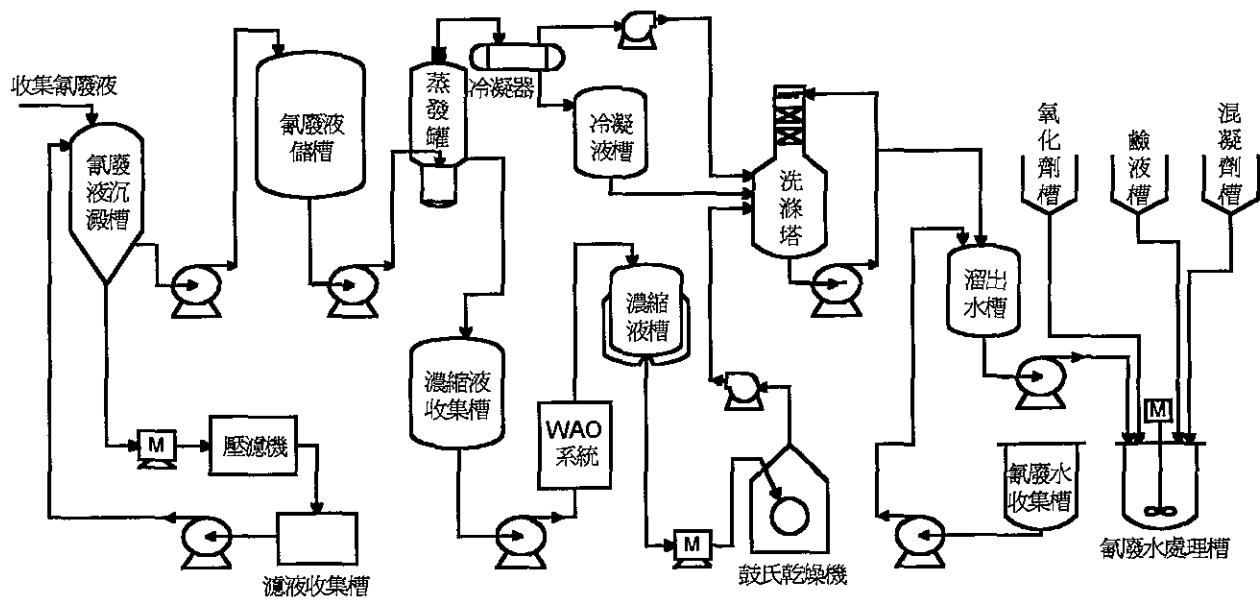


圖 1. 氯系廢液處理流程

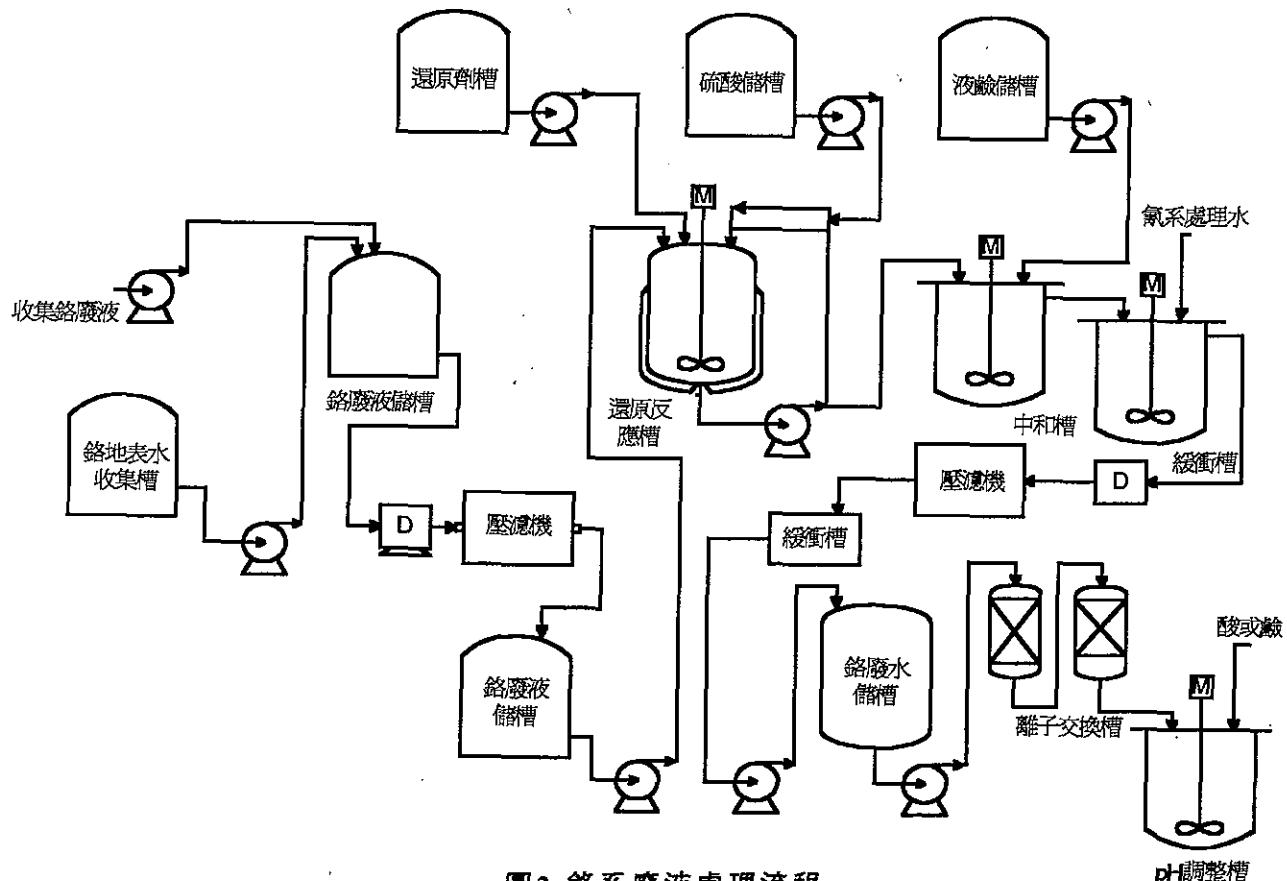


圖 2. 鉻系廢液處理流程

2.4 監測系統及其相關儀控之建立

為使電鍍廢液處理示範中心之處理系統能朝向自動化控制和操作，以節省人力的須求，並能即早發現處理系統的異常狀況，而能事先採取適當的預防處置措施，確保人員的安全及設備的功能。

1. 氰化物自動監測警報系統。
2. 濕式氧化反應器之溫度、壓力、液位自動監測控制警報系統。
3. 真空濃縮罐之溫度、壓力、液位自動監測控制警報系統。
4. 氰化物氧化處理槽之pH、ORP、液位自動監測控制警報系統。
5. 鉻酸廢液還原處理槽之pH、ORP、液位自動監測警報系統。
6. 冷卻水循環系統之液位、壓力自動控制警報系統。
7. 各貯槽之液位自動控制警報系統。

三、建造中之回顧與檢討

電鍍廢液處理示範中心之建造期間自79年4月破土開工至80年9月完成濕式氧化處理工程止，歷時約1年6個月。整廠建造工程分為(1).土木工程主要建造設施有鉻系處理區、氰系處理區、控制室、實驗室、地下室水槽、屋頂水塔、辦公室、氰系污泥貯存區、濕式氧化處理區、鉻系污泥貯存區、備品工具存放區、吊車、電氣室、鍋爐房、道路、停車場、大門圍牆、消防水池、雨水收集池及排水溝等，(2).設備工程主要設施有鉻系、氰系廢液收集槽車、貯槽、還原槽、中和槽、緩衝槽、壓濾機、pH調槽、地下收集槽、藥品貯槽、儀控設施、真空濃縮罐、冷凝器、濕式氧化反應器、氣液分離槽、洗滌塔、吸收塔、鼓氐乾燥機、氧化槽、空壓機、冷卻水塔，柴油貯槽、堆高機、九人座車、鍋爐及分析儀器等，(3).水電工程主要設施有自來水管系統、照明、消防器具、配電、空調系統、臨時發電機及馬達控制室等設施。因此其建造過程中所涉及的環保、工安事項相當廣泛包含了施工作業、硬體設計改善、軟體設計控制監測及管理等等。本文無法將其一一列出說明，僅能選擇較關連性的項目來加以論述，以供相關業者參考。

3.1 建造者與監工之職責

電鍍廢液處理示範中心之建造共分土木、設備、及水電等三項工程，各別由相關工程公司承攬建造，因此在建造過程中須由駐廠的監工人員負起工程進度控制、施工品質監督、施工作業協調及現場環保、工安之相關事項的執行等；至於建造者在建造過程中則須依合約內容及相關法規負起工程施工管理、工程進度控制、施工品質控制及現場環保、工安之相關防護、防治措施，並接受監工人員的指揮及協調等。

3.2 場區及設備等相關防護、防治措施之建造及設置

對於場區及設備在規劃設計時，就列有其相關防護、防治措施者，則須依設計之規定進行建造和設置。若發現須列有相關防護、防治措施而未列者，得須追加辦理增設，確保

日後運轉操作上的安全及效果。同時在其建造施工過程中，為顧及到勞工的安全健康，避免意外事故的發生及確保工程施工進度，須要求施工單位設置及建造相關的防護、防治措施。

1. 規劃設計時既列有相關防護、防治措施：

- (1) 消防系統和火警受訊通報系統及緊急照明系統。
- (2) 消防水池和雨水收集池。
- (3) WAO異常排氣吸收塔及洗滌塔。
- (4) 氯化物自動監測警報系統。
- (5) 廢液貯槽區及作業處理區之地面防滲防蝕措施。
- (6) 不相容性廢液的隔離措施及其洩漏緊急處置措施。
- (7) 液位、溫度、壓力、pH、ORP、藥劑進流量之自動控制監測警報系統。
- (8) 排氣閥、安全釋壓閥、破裂盤、隔熱保溫措施、雙套管防洩漏措施。
- (9) 其它，如：緊急洗眼沖淋器、安全衛生防護器具、滅火器、安全標示、風向旗及避雷針等等。

2. 須列有相關防護、防治措施而未列者：

- (1) 槽體蓋板須增設視窗，以免去掀起蓋板才能觀測槽內狀況的麻煩。
- (2) 二樓增設吊具，以避免藥品搬運所引起的危害。
- (3) 藥劑貯槽區進出Dike不方便，須設移動式階梯。
- (4) 泵浦及抽風機須增設防震設備及可撓性接頭，以減輕其產生的噪音。
- (5) 空氣壓縮機之場所須設遮雨棚架並設立警告標誌於啟動後禁止人員靠近。
- (6) 藥劑計量槽須設有防溢洩裝置。
- (7) 排氣管於轉彎底部設排水裝置，以防冷凝水滴的累積。
- (8) 控制盤須設置不斷電系統等等。

3. 施工單位應設置及建造之相關防護、防治措施

- (1) 設有防止施工所引發廢水、廢棄物、空氣、噪音等環保問題之相關防護防治措施。
- (2) 須依營造安全衛生設施標準，設置及建造相關的防護、防治措施，確保勞工的作業安全與健康。

3.3 相關機關或人員進行廠區之環保、工安聯合會勘與其改善建議事項之配合執行

為使電鍍廢液處理示範中心之建造工程能順利的推展並同時兼顧到其日後運轉的安全及效果，特在建造過程中邀請相關機關或人員進行廠區之環保、工安聯合會勘，以期能事先發現處理廠之工程設計與施工上的缺失，進而能加以改善，確保其日後運轉的安全及效果。

1. 中技社污染防治團派員至示範中心進行查驗，勘驗及工安檢查，並提出示範中心設計及施工檢討。內容主要為工程缺失，包括設備、管線、儀控、電機、土木、工安及其它等七個項目，現就其與環保工安方面較有關聯之建議事項和改善執行狀況作一說明：

- (1) 乾燥之泥餅卸下及搬運之安全考慮；改善情形乃購置操作員之防護衣和安全鞋。
- (2) 濃縮液收集槽之視窗於樓板下方，人員俯視時會有滑落之安全考慮；改善情形乃在樓板加裝護欄。

- (3) 乾燥抽風機之進出口沒有撓性接頭；改善情形乃增設撓性接頭。
 - (4) 洗滌塔之上方排氣管高度低於辦公大樓頂；改善情形乃加高排氣管高度且符合環保標準。
 - (5) 泵浦的聯軸器暴露在外；改善情形乃裝設防護罩或改使用 diaphragm pump。
 - (6) 中和槽沒有爬梯，上方空間太小；改善情形乃增設活動式操作平台。
 - (7) 冷卻水塔及冷卻水泵在屋頂上，沒有防震彈簧；改善情形乃加裝防震設備及撓性接頭。
 - (8) 空氣壓縮機組太靠近鍋爐；改善情形乃增設欄杆隔離。
 - (9) 廢液貯槽週圍 dike 無排水孔且 pump 安置在 dike 內；改善情形乃增設 sump 並提高 pump 位置。
 - (10) 設備太靠近牆面且在槽車作業附近；改善情形乃增設防撞牆及遮擋清洗水設施。
 - (11) 硫酸添加口設在二樓處離貯槽太遠；改善情形乃將添加口移至硫酸槽上方並另設操作平台。
 - (12) 油槽之 dike 內未設排水系統及人員出入階梯；改善情形乃加裝排水設施及出入階梯。
 - (13) 儀器未附 tag plate；改善情形乃附上 tag plate。
 - (14) 鼓氏乾燥機底下卸料管妨礙搬運車輛、人員進出；改善情形乃切短卸料管使其離地面 2 公尺高。
 - (15) 緊急廣播系統配管採用 PVC 導線管；改善情形乃改用鋼質導線管。
 - (16) 電纜未設 cable marker；改善情形乃加設標誌。
 - (17) 全部 disk、操作區及地下貯槽尚未防蝕處理；改善情形乃塗上 epoxy 樹脂。
 - (18) 乾燥機廢料裝卸區的 curb 未設斜坡；改善情形乃設立斜坡。
 - (19) 二樓操作區周沿欄杆未設 toe plate 及護圈；改善情形加裝 toe plate 及護圈。
 - (20) 廢液貯槽之取樣器未設回收設備及密閉系統；改善情形加裝密閉系統及回收設備。
 - (21) 廢水及給水管線未標示流向；改善情形標示危險及流向標示。
 - (22) 控制盤需有緊急供電設施，以便在停電時仍能了解系統的狀態；改善情形乃增設不斷電系統於控制盤。
2. 日本城南處理中心相關人員蒞臨示範中心做設備與工安指導之各項建議，現亦就其與環保、工安方面較有關聯之建議事項和改善執行狀況作一說明：
- (1) 廢液收集槽車之 diaphragm pump 於抽取電鍍廢液時易受雜質卡住而無法正常操作；改善情形乃在收集軟管前端加裝濾網以防止吸入雜物。
 - (2) 壓濾機之接液部為鑄鐵易受腐蝕，須做防腐蝕設施；改善情形乃塗上一層 PP 塑膠保護。
 - (3) 離子交換槽為防止雜物進入，須加蓋過濾器；改善情形乃裝設 $5 \mu\text{m}$ 過濾器。
 - (4) 地板 Epoxy 太滑，須進行防滑處理；改善情形乃重新塗上含金鋼砂的 Epoxy。
 - (5) 鼓氏乾燥機的蒸氣安全閥處常會積存冷凝水應隨時予以排放防止安全閥因積水生鏽；改善情形乃將冷凝水排放管斜度增加。

四、建造後之回顧與檢討

電鍍廢液處理示範中心於80年9月完成濕式氧化處理設備工程後，其全廠之建造工程至此先告一段落，隨即而來的工作是處理系統之試運轉、正式運轉或示範操作及辦理移交等事項(其中之試運轉是配合部份工程完成之下持續進行的，所以試運轉起始時間將追溯至80年7月)，目的在於証實處理設備可達到預期設計的處理效果、確認相關安全措施和監測系統的功能，接管人員操作能力的建立以及最終移交營運的完成。而在整體工作上所牽涉到的環保、工安事項，經一翻回顧和檢討後，總計可歸類為六個項目來加以論述以便能供相關業者之參考。

4.1 人員相關教育訓練及其應取得之資格

為使電鍍廢液處理示範中心之操作能安全、順利的進行及往後營運交接的順暢，對於人員應讓其接受相關的教育訓練，以培養其操作能力和增進其對有害物質、危險性機械設備等之瞭解。

1.有害廢棄物清除、處理技術人員之教育、訓練

對於清運電鍍廢液之人員應受甲級廢棄物清除人員訓練，並同時須取得合格証照。

對於氯系、鉻系廢液之處理人員應接受甲級廢棄物處理技術人員訓練，並取得合格証照。

2.鍋爐操作人員之教育、訓練

對於操作鍋爐之人員應受丙級以上鍋爐操作人員訓練，並取得合格証照。

3.壓力容器操作人員之教育、訓練

對於操作濕式氧化處理設備(WAO)之人員應受第一種壓力容器操作人員訓練，並取得合格証照。

4.堆高機、槽車等駕駛人員之教育、訓練

對於駕駛堆高機、槽車等之人員應受特殊相關安全衛生訓練，並取得合格証照。

5.一般安全衛生教育訓練

對於非從事現場操作之人員也應受一般安全衛生教育訓練。

6.其它之教育訓練，如：急救人員或作業環境測定人員等。

4.2 訂定勞工安全衛生工作守則設備之標準操作手冊等

為防止職業災害，保障示範中心人員之作業安全與健康，特依相關規定訂定勞工安全衛生工作守則及設備之標準操作程序手冊。內容大致可分以下幾個部份：

1.明訂示範中心之勞工安衛生管理及各級之權責。

2.一般作業之工作守則，如：手工具使用守則、物料搬運貯存守則及電氣安全守則等。

3.特殊作業之工作守則，如：堆高機工作守則、起重機工作守則、特定化學物質作業工作守則及高架作業守則等。

4.危險性備之工作守則，如：壓力容器安全守則、鍋爐安全守則等。

5.相關性安全衛生守則，如：安全衛生防護具使用守則、消防守則及急救守則等。

6. 氰系廢液及鉻系廢液處理系統之作業安全規範。
7. 工業安全衛星檢查及作業環境測定。
8. 氰系廢液處理系統、鉻系廢液處理系統及公用系統之標準操作程序，對各別系統之操作皆列有其詳細的程序步驟，如：操作前檢查與準備、開機操作說明、操作中的巡視、異常狀況的處理及關機操作說明等。
9. 教育訓練及事故通報與報告。

4.3 訂定緊急應變計劃及其相關應變策施

為使電鍍液處理示範中心能就緊急應變計劃進行員工教育、訓練及演練，以減輕或避免意外事故發生時人員的傷亡和財務的損失，其目的有(1).促進人員意外事故發生時之緊急處理與應變能力，並提昇其作業安全與搶救動作技能，(2).增進專任消防員、消防支援人員及一般人員之編組聯合支援搶救演練，(3).建立事故指揮人員所之相關資料並能隨時提供其參考應用，(4).提供各級主管及人員研讀及安全、消防訓練之用，(5).能即時掌握廠內之污染源及其潛在危險性之設備物料和場所，(6).充份瞭解示範中心緊急應變能力、人力資源，搶救設備與器材、滅火劑之需要與補充。內容包含下列項目：

1. WAO異常狀況之模擬與相關應變程序及策施。
2. 乾燥機異常狀況之模擬與相關應變程序策施。
3. 洗滌塔異常狀況之模擬與相關應變程序及策施。
4. 真空濃縮罐異常狀況模擬與相關應變程序及策施。
5. 鉻系處理系統異常狀況之模擬與相關應變程序及策施。
6. 氰酸氣體警報之模擬與相關應變程序及策施。
7. 廢液清運時異常狀況之模擬與相關應變程序及策施。
8. 急救與防護安全設施。
9. 緊急通報處理流程及支援單位和聯絡電話。

4.4 作業環境定期測定及監測系統的定期校正與維護

為維持良好的作業環境以及確保處理水質和排氣品質，須配合進行定期作業環境測定和裝設自動監測系統。

1. 作業環境定期測定：須依相關法規擬定其測定項目及測定頻率。
如：噪音應每六個月測定一次、綜合溫度熱指數應每三個月測定一次、氰化物應每六個月測定一次及鉻酸鹽也應每六個月測定一次。
2. 監測系統：本電鍍廢液處理示範中心於氰系處理作業區(貯槽區、污泥乾燥場所及 WAO 處理場所)、處理水排放口及廢氣洗滌塔排氣口皆設有氰化物自動監測警報系統，以利異常狀況發生時人員能立即獲得相關訊息並採取適當的緊急應變措施。
3. 對於作業環境測定儀器須定期進行校正與維護，若委由外面作業環境測定機構進行其行業環境測定，則可免去此項作業。
4. 對於監測系統則須依維護手冊進行其定期的校正與維護。

4.5 試運轉及相關人員的操作養成

電鍍廢液處理示範中心於80年7月至80年12月進行處理系統的試運轉，工作項目分為：(1).鉻系處理設備之功能、儀控、清水及真實廢液測試，(2).氰系處理設備之功能、儀控、清水及真實發液測試，(3).公用系統設備之功能、儀控、清水測試等，目的是為了確認整廠已具全程起動運轉的能力及從中養成相關人員的操作能力與異常處置能力。其間所涉及之環保、工安事項，有下列幾點須要加以考慮的：

- 1.人員之編組與職責劃分。
- 2.人員安全防護器具的配帶及演練。
- 3.試運轉時人員的講習和演練，以使人員能充份瞭解相關安全衛生工作守則及標準操作程序手冊之下，進行設備的起動試車。
- 4.對於功能不足之設備，進行必要的修改，以使其能在安全的條件獲得良好的處理效果，如：壓濾機的污泥卸料、鉻系中和槽的出口和洗眼淋浴器的水壓及鉻系管件的材質等等。
- 5.槽車清運電鍍廢液時的安全衛生設施及必要的應變處置措施。
- 6.異常狀況的演練及其應變處置能力的建立，如：緊急停電、停水、失火及儀控失靈等等。
- 7.備品資料的建檔及購置，以利於設備的維修。
- 8.進行必要的工業安全衛生檢查及相關的作業環境測定。

4.6 正式運轉與其相關事項的修訂

電鍍廢液處理示範中心於81年1月至6月進行正式運轉六個月，目的是(1).確認各處理系統之最佳操作條件，(2).建立處理過程之相關資料，(3).熟習各處理系統之維護保養方法，(4).廢液運送之有關程序，(5).以實際操作費用預估未來營運收費標準和所需人力，(6).辦理移交等。其間所牽涉到環保、工安之事項，有下列幾點須特別提出來，以供往後營運之參考：

- 1.鉻系廢液處理系統經調整操作條件後，其處理水鉻含量符合放流水標準。
- 2.氰系廢液處理系統經調操作條件後，其氰化物均可被氧化分解至 1.0 mg/l 以下。
- 3.各處理系統所產生之鉻污泥、銅污泥經溶出試驗測試(TCLP)結果，皆符合管制標準。
- 4.鼓氐乾燥機及濕式氧化處理設備(WAO)之廢氣經洗滌塔處理後，其 NH_3 、 HCN 含量皆符合空氣排放標準。
- 5.藉由現場講習、觀察及實地配合操作演練等方式，來建立接管人員操作能力與經驗。
- 6.修訂標準操作手冊、設備維修保養手冊、廢液清運操作手冊、作業安全手冊及緊急應變計畫等。

五. 結論與建議

1. 電鍍廢液處理示範中心之氰系廢液處理系統採用濕式氧化處理單元，其處理效果良好，可穩定的將氰化物氧化破壞至 1.0 mg/l 以下，而此套處理單元為國內首創應用在電鍍廢水處理上，其所相關的環保、工安防護防治措施可供相關業者參考之用。
2. 經全面性回顧與檢討後，可瞭解建造前後工作的詳細與否皆直接影響到其下階段工作的進行，因此做好先期性的工作是相當重要的。
3. 電鍍工廠由於近年來政府提倡清除技術，使其製程部份改採低污染性原料減少了氰系廢液的來源，此一情形將使氰系廢液處理系統的未來營運操作遭受影響。
4. 鉻系廢液處理系統因有大量鉻污泥產生，故後來採鉻酸鈉回收法，供色料廠製造鉻黃原料之用。
5. 氰系廢液輸送管採用雙套管和地板以含金鋼砂之epoxy樹脂鋪設與鉻系處理之管路採用teflon lining 與還原槽採用glass lining及廢液收集槽車之卸料管採不同口徑型式等皆是電鍍廢液處理示範中心在環保、工安方面特殊之處。

六. 參考文獻

1. 阮國棟、呂明和，"有害廢棄物處理技術之經濟評估"，工業污染防治，第23期，(1987)。
2. 楊義榮，"尖端產業的安全與環保對策"，工業污染防治，第26期，(1988)。
3. 黃正忠、鄭期霖，"綜合性有害廢棄物處理中心籌建模式"，1993工業污染防治工程實務技術研討會論文集，中技社工業污染防治技術服務團，台北(1993)。
4. 廖錦聰、蔡景弘、許順珠、黃濂純、涂文賢，"電鍍鉻廢液資源化過程之問題解決"，1993工業污染防治工程實務技術研討會論文集，中技社工業污染防治技術服務團，台北(1993)。
5. 施建樑，"西方各國核能電廠緊急應變計劃之彙整與比較"，核能研究所，(1991)。
6. 林崑政，"石油化工廠如何加強化學災害應變措施"，工業安全衛生月刊，第58期(1994)。
7. 袁保強、葛仲光，"美國化學廢棄物處理場的實例介紹"，工業污染防治，第25期，(1988)。
8. 東海大學，"電鍍專業區-專欄報導"，東海化工三十五年專刊，(1989)。
9. 張錦輝，"化學工廠安全與衛生"，台灣省勞工處(1986)。
10. 康城工程公司，"公民營廢棄物清除處理機構專業技術人員講習訓練班-訓練教材"，行政院環境保護署，台北(1991)。
11. 台北工專，"實驗室環保、安全手冊"，教育部，台北(1991)。
12. 王明陽，"如何由管理上做到污染防治"，工業污染防治技術手冊，中技社工業污染防治技術服務團，台北(1987)。