

出國報告（出國類別：實習）

建立核電廠一次圍阻體排氣過濾 設計安裝能力

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：郭東裕 組長

派赴國家：瑞典、瑞士、德國

出國期間：104年12月5日至104年12月18日

報告日期：105年2月26日

QP-08-00 F04

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：核能電廠汽機效率及液壓控制系統穩定度提升之維護策略

頁數 6 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司 / 陳德隆 / (02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

郭東裕/台灣電力公司/核能技術處/組長/(02)2366-7355

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他（洽公）

出國期間：104.12.05~104.12.03 出國地區：瑞典、瑞士、德國

報告日期：105 年 02 月 26 日

分類號/目

關鍵詞：圍阻體排氣過濾、FCVS

內容摘要：

目前歐洲許多國家的核電廠多已安裝 FCVS，為強化本公司 FCVS 專案之審查及設計安裝能力，本次實習於 104 年 12 月 5~18 日，分別前往瑞典、瑞士及德國拜訪設備廠家及已安裝 FCVS 之核電廠，除實地了解其安裝細節及相關配套設計如：屏蔽設計、防爆設計、補水及洩水設計、手動操作設計等，並與廠家技術人員進行技術討論，包括過濾因子之驗證、系統容量計算、電源、水源及氣源配置等議題。

本次實習訪問的 3 個廠家(西屋、CCI 及 AREVA)其 FCVS 設計各有特色，依分類屬於濕式濾洗系統(Wet Scrubber System)，其截留元素碘的機制大同小異，均是以濾洗溶液中的硫代硫酸鈉(Na_2SO_3)與元素碘經化學作用將元素碘轉化成碘離子後溶於水而達到截留元素碘的效用。主要設計差異在於各自截留圍阻體排氣中懸浮微粒(Aerosol)的機制有所不同，至於其性能則均可符合原子能委員會所訂定之「具備過濾功能之圍阻體強化排氣系統設計要求」中對於除汗因數的要求。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)，實習所取得廠家資料為廠家業務機密，列於附件供本公司內部參考，不上網。

目 次

一、 出國目的與實習心得

1. 目的.....	1
2. 行程.....	1
3. 實習心得.....	2
(一) 西屋公司過濾系統.....	2
(二) IMI CCI 公司過濾系統.....	3
(三) Areva 公司過濾系統.....	5
4. 建議.....	6

二、 附錄

附件 1：西屋公司討論會議及觀摩相關資料

附件 2：IMI CCI 公司討論會議及觀摩相關資料

附件 3：Areva 公司討論會議及觀摩相關資料

一、 出國目的與實習心得

1. 目的

目前歐洲許多國家的核電廠多已安裝 FCVS，為強化本公司 FCVS 專案之審查及設計安裝能力，本次實習於 104 年 12 月 5~18 日，分別前往瑞典、瑞士及德國拜訪設備廠家及已安裝 FCVS 之核電廠，除實地了解其安裝細節及相關配套設計如:屏蔽設計、防爆設計、補水及洩水設計、手動操作設計等，並與廠家技術人員進行技術討論，包括除污因數之驗證、系統容量計算、電源、水源及氣源配置等議題。藉由實地觀摩並與廠家技術人員討論之後將可進一步強化審查及設計安裝能力。

2. 行程

本次出國之行程摘要如下表：

起始日	迄止日	機構	國家	工作內容
12/05	12/06			往程(台北—法蘭克福—斯德哥爾摩)
12/07	12/08	西屋公司	瑞典	12/7 西屋公司技術討論 12/8 參訪西屋實驗室
12/09	12/11	IMI CCI 公司	瑞士	12/9 路程(斯德哥爾摩—蘇黎世)及 CCI 公司技術討論 12/10 參訪 Leibstadt 核電廠 12/11 參訪 Beznau 核電廠
12/12	12/12		瑞士	(周末)整理資料
12/13	12/13		德國	12/13 路程(蘇黎世—法蘭克福)
12/14	12/16	Areva 公司	德國	12/14、12/15 Areva 公司技術討論， 12/16 參訪 Areva 實驗室
12/17	12/18			返 程 (法蘭克福—台北)

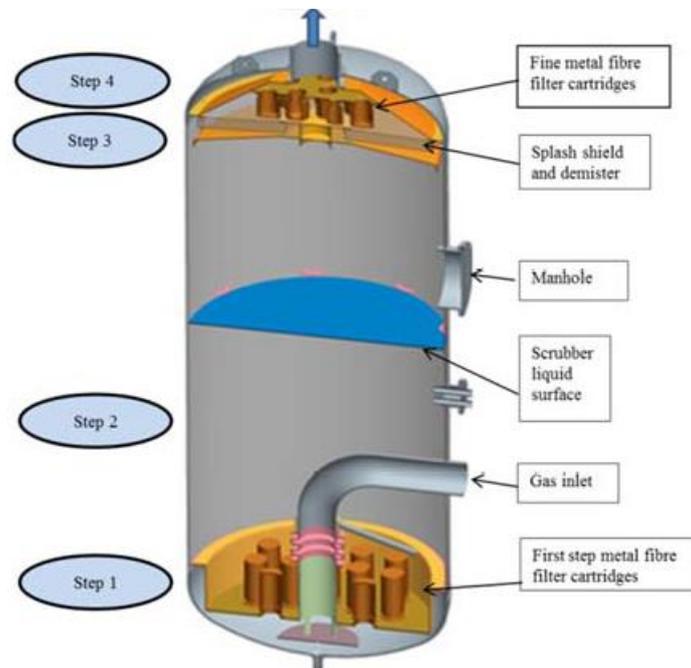
3. 實習心得

本次參訪的 3 個廠家(西屋、CCI 及 AREVA)其有意提供本公司的圍阻體排氣過濾系統(以下稱 FCVS)均屬於濕式濾洗系統(Wet Scrubber System)，其工作原理與空氣汙染防治使用之濕式洗塵系統類似，當待處理氣體通過濾洗溶液(Scrubber liquid) 時經由物理及化學交互作用將懸浮微粒及可溶性氣體予以截留；本次參訪的 3 個廠家其圍阻體排氣過濾系統截留元素碘的機制大同小異，均是以濾洗溶液中的硫代硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)與元素碘經化學反應將元素碘轉化成碘離子後溶於水中而達到截留元素碘的效用；而各家的主要設計差異在於其截留排氣中懸浮微粒(Aerosol)的機制有所不同。

本次實習所取得部分資料為廠家業務機密，列於本報告附件供本公司長官參考，以下將依照本次實習的順序，分別就本次實習所獲之心得，摘要說明 3 個廠家各自 FCVS 之工作原理及關鍵組件：

(一) 西屋公司過濾系統

西屋公司的 SVEN 圍阻體排氣過濾系統截留懸浮微粒(Aerosol)及元素碘(I_2)等輻射物質的方式可概分成 4 個階段：



第 1 階段：圍阻體排氣經由管路導入過濾器壓力容器內部下方後，經由歧管將排氣平均分配至沉浸於濾洗溶液中的多組過濾器，氣體流經過濾器上的金屬纖維濾網後約 99% 以上的懸浮微粒(Aerosol) 將會被截留於金屬濾網上，而被截留於濾網上的懸浮微粒之中的放射性核種

所產生的衰變熱則由壓力容器內的瀹洗溶液(Scrubber liquid)加以冷卻。

第 2 階段：通過金屬瀹網之後的排氣在瀹洗溶液中形成細小的氣泡與瀹洗溶液混合並進行物理作用及化學反應，部分懸浮微粒會被截留而大部分的元素碘則在這個階段被截留，瀹洗溶液係硫代硫酸鈉及氫氧化鈉之水溶液，其中硫代硫酸鈉與元素碘經化學作用將元素碘轉化成碘離子溶於水中，而氫氧化鈉則用來保持水溶液的初始酸鹼值在 pH13 以上，以確保瀹洗溶液在整個排氣過程中均維持鹼性，避免碘離子在酸性環境下的再揮發

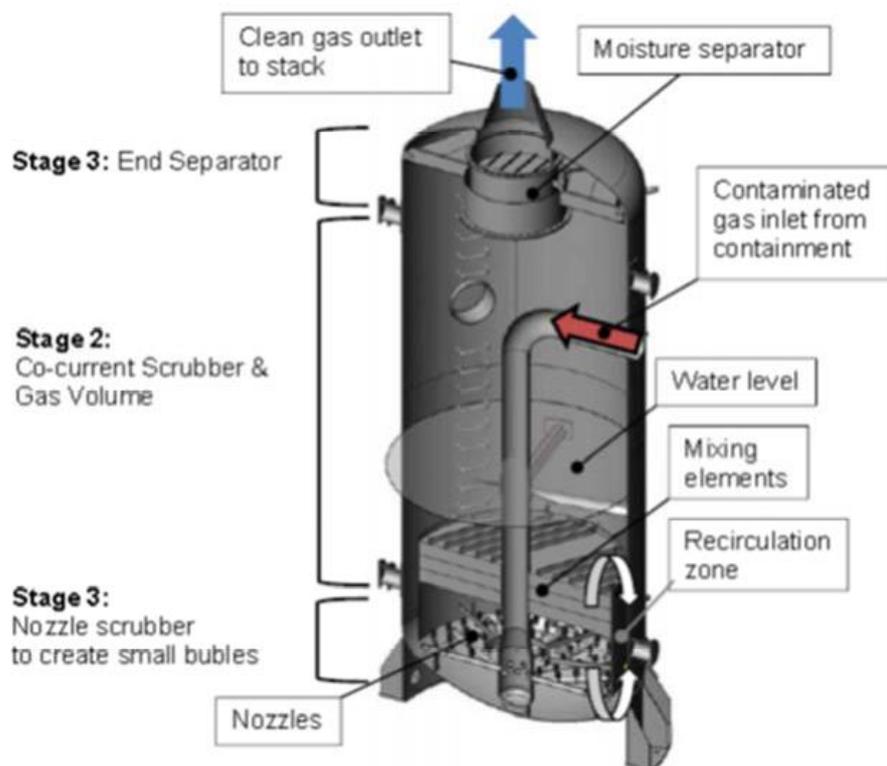
第 3 階段：西屋在瀹洗溶液液面上方設計有防濺擋板(splash shield)及汽水分離器(Demister)，可攔截排氣中的水分並將攔截下的水滴導回瀹洗溶液中，可避免再懸浮(re-suspension)的微粒被水滴帶出瀹濾系統。

第 4 階段：經過前述 3 個階段之後，SVEN 瀹濾系統對懸浮微粒的除污因數已可達到 1000 以上，此時排氣仍有少量細小的懸浮微粒，此系統設計有第 2 組瀹濾器其金屬纖維瀹網更為緻密可進一步將更細微的懸浮微粒予以截留。

(二) CCI 公司瀹濾系統

CCI 瀹濾系統因出口管嘴較小，為避免壓力容器內的出口管嘴被異物堵塞，其管路設計在圍阻體內排氣管路的進口端安裝了瀹籃以防止大型碎片進入排氣管路造成管嘴堵塞。

CCI 公司的圍阻體排氣瀹濾系統截留懸浮微粒及元素碘等輻射物質的方式可概分成 2 個階段：



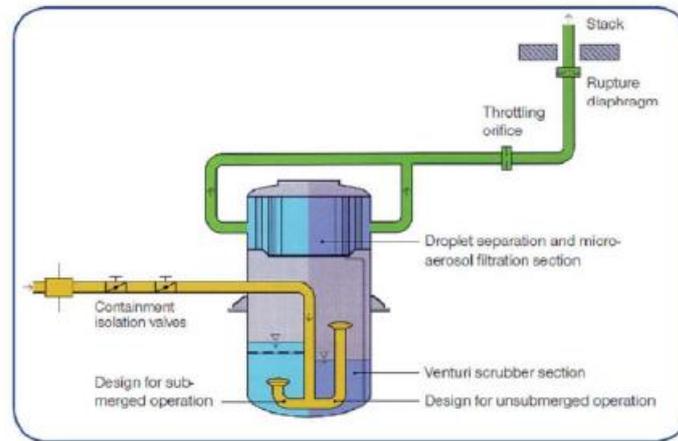
第 1 階段：CCI 圍阻體排氣過濾系統的工作原理與化工界常用的氣舉式反應器相當接近，圍阻體排氣經由管路導入過濾器壓力容器內後，在容器內部下方 CCI 稱為 **Riser** 的區域經由歧管將排氣平均分配至多組向上噴嘴(Nozzle)，每組噴嘴出口上方均設計有限流板及導流板以使氣體在濾洗溶液中形成紊流，並形成許多細小氣泡增加氣體與濾洗溶液的交互作用。

在 **Riser** 區域上方則是混合區，此區裝設有混合元件(Mixing elements)其作用在保持紊流(turbulent flow)並使氣泡更為細小提高濾洗溶液與氣體的接觸面積，以增加懸浮微粒刷洗截留的效率，同時排氣在濾洗溶液中與濾洗溶液中的硫代硫酸鈉與元素碘經化學作用將元素碘轉化成碘離子溶於水中；同樣的，氫氧化鈉用來讓水溶液保持鹼性以避免碘離子在酸性環境下再揮發。在噴嘴區與槽壁之間所圍成的環型區域可讓大部分的氣水混合流體再導回噴嘴區下方形成對流以增加排氣與濾洗溶液的反應時間而將大部分的懸浮微粒及碘元素截留於槽內液體中。

第 2 階段：在濾洗溶液液面上方的空間除了可容納圍阻體排氣初期的凝結蒸氣之外，亦可避免懸浮微粒被水滴帶出過濾系統。在接近出口端安裝的汽水分離器(Moisture Separation Unit)，可攔截排氣中的水分並將攔截下的水滴收集、導回濾洗溶液中，避免懸浮微粒被水滴帶出過濾系統。

(三) AREVA 公司過濾系統

AREVA 公司的 FCVS 分為濕式濾洗區及乾式過濾區，是利用文氏管將排氣與濾洗溶液混合而截留懸浮微粒及碘元素的濾洗系統。



第 1 階段：濕式濾洗區

AREVA 圍阻體排氣過濾系統的工作原理利用文氏管做氣水混合，圍阻體排氣進入壓力容器後以高速通過文氏管喉部時將周圍的濾洗溶液吸入形成細小水滴，水滴與排氣碰撞而捕獲懸浮微粒，濾洗溶液中的硫代硫酸鈉則將元素碘轉化成碘離子溶於濾洗溶液中，而將大部分的懸浮微粒及碘元素截留於槽內液體中。

第 2 階段：乾式濾洗區

圍阻體排氣經過文氏管之後大部分的懸浮微粒與元素碘已被截留在濾洗溶液中，在壓力容器上方設計有汽水分離器及金屬纖維濾網，其中汽水分離器可攔截排氣中的水分，避免懸浮微粒及溶於水中的碘被水滴帶出過濾系統，剩餘的少量微粒則由金屬纖維過濾網予以截留於金屬濾網上，而被截留於濾網上的放射性核種所產生的衰變熱由於熱量不多可傳導至槽壁後由空氣散熱即可。

4. 建議

FCVS 設計時應注意下列幾點：

- 系統設計時應注意不可讓截留的懸浮微粒堵住過濾系統或使得排氣流量降低；例如：西屋公司之過濾系統採用金屬濾網，應注意其設計之過濾器數量是否與懸浮微粒之總數量相當。而 CCI 及 AREVA 之過濾系統則應注意其出口管嘴高度是否會被沉澱在壓力容器底部之截留懸浮微粒掩蓋。
- 系統設計應考慮啟動及蒸氣凝結造成之流量瞬間變化對系統之衝擊。
- 圍阻體內側排氣進口端應設計可阻隔較大尺寸之異物，以避免堵塞過濾系統或影響其截留效能。
- 濾洗溶液水位與汽水分離器之間應有足夠之空間，以防止水位因蒸氣凝結升高或氣體湧入噴濺使汽水分離器遭水淹沒而失去功能。
- 可能影響過濾系統效能的重要參數，細部設計時均應列入考慮(例如：最高流量、最低流量、最高水溫、最低水位、最低酸鹼值及添加物最小濃度..等) 由實驗或分析所得之系統效能數據應與電廠的特性進行比較，以驗證取得之效能數據與電廠實際狀況相近。