

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

具有二階段喉部的濕壁型高效率文氏洗滌器(1/2) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2622-E-009-189-CC2
執行期間：98年12月01日至99年11月30日
執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：蔡春進

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99年09月07日

具有二階段喉部的濕壁型高效率文氏洗滌器

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：

執行期間：98 年 11 月 10 日至 100 年 11 月 9 日

計畫主持人：蔡春進

共同主持人：

計畫參與人員：陳信佑

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學環境工程研究所

中華民國 99 年 5 月 31 日

自從1940年代起，文式洗滌器被廣泛工業洗塵作業上，以去除氣體中之有害微粒。文式洗滌器具有高除塵效率以及低操作費用之特點，可用來去除微米級及次微米級微粒。傳統文式洗滌器構造與廢氣處理流程如圖1所示，其主要構造可分為三部分：文式收縮段(convergence section)、文式喉部(throat section)與文式擴張段(diffuser section)。文氏洗滌器是利用氣體通過窄的喉部時產生61~244 m/sec 的高速氣流，剪斷並打碎注入管壁之液體產生龐大數目的小液滴，使微粒與液滴的慣性衝擊效率增加而使集塵效率增加。在文氏洗滌器後端通常會外接一個旋風集塵器以分離廢液和乾淨空氣。

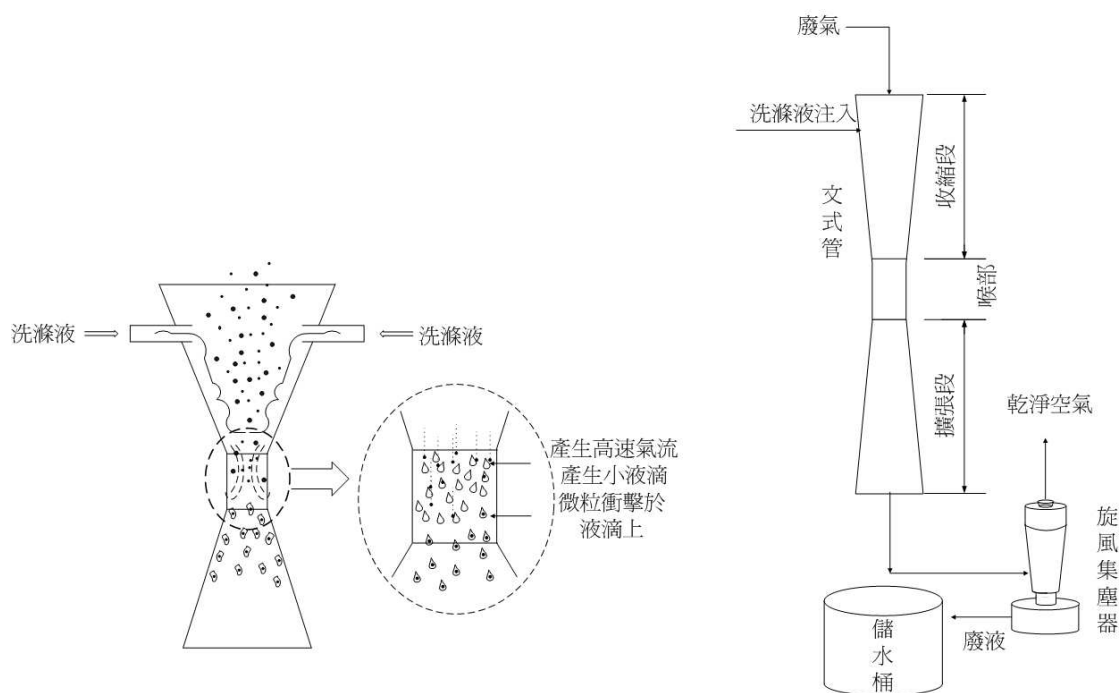


圖1 文式洗滌器構造與廢氣處理流程圖

過去關於文式洗滌器的研究大部分著重在微粒去除效率與氣體壓力降，氣體壓力降與操作成本有直接的關係，最理想的操作條件是在盡可能在最低氣體壓力降下達到最高微粒去除效率。傳統構造的文氏洗滌器收縮段的漸縮結構在長期處理含有高濃度微粒的廢氣時，粉塵容易堆積在收縮段而造成阻塞並提高氣體壓力降與操作成本。

目前傳統的文氏洗滌器可分為噴霧型(throat sprays)、濕壁型(wetted throat)、可調節喉部型(adjustable throat)等三種。噴霧型文氏洗滌器的設計是在氣體進入喉部前以噴霧方式產生液滴，液滴在喉部與微粒碰撞而將微粒收集，但因水霧無法完全潤濕文式喉部，以致於當廢氣含有高濃度微粒時，微粒易在喉部堆積並發生阻塞現象。濕壁型文氏洗滌器可用來處理含有高濃度微粒的廢氣，可避免粉塵在喉部中阻塞，但缺點是濕潤文式收縮壁面的洗滌液會流入喉部而造成氣體壓損過大。可調節喉部型文式洗滌器因具有可改變截面積之文式喉部，故可以藉由調節文式喉部面積來處理不同流量之廢氣，以維持固定的去除效率。但與噴霧型文式洗滌器類似，可調節喉部型文式洗滌器也無連續清洗文式收縮段壁面之設計，因此在處理高微粒濃度廢氣時會在喉部發生粉塵阻塞而使壓

損提高；若藉由擴大喉部截面積來避免粉塵阻塞，則將會造成處理效率之下降。具有二階段喉部的濕壁型文氏洗滌器能解決此問題，此文式洗滌器結構如圖 2 所示，收縮段與喉部及擴張段分開，在收縮段處以切線方向注入管壁清洗液來清洗堆積於縮段管壁的粉塵，並於其底部端設置二導管，使得清洗文氏收縮段壁面之洗滌液可沿著導管被導引至下方之洗滌液儲槽。洗滌空氣之液體由喉部注入，與清洗管壁堆積粉塵為分開作業，此收縮段與喉部分離之結構可在避免粉塵阻塞的前提下長期處理含有高濃度微粒之廢氣。

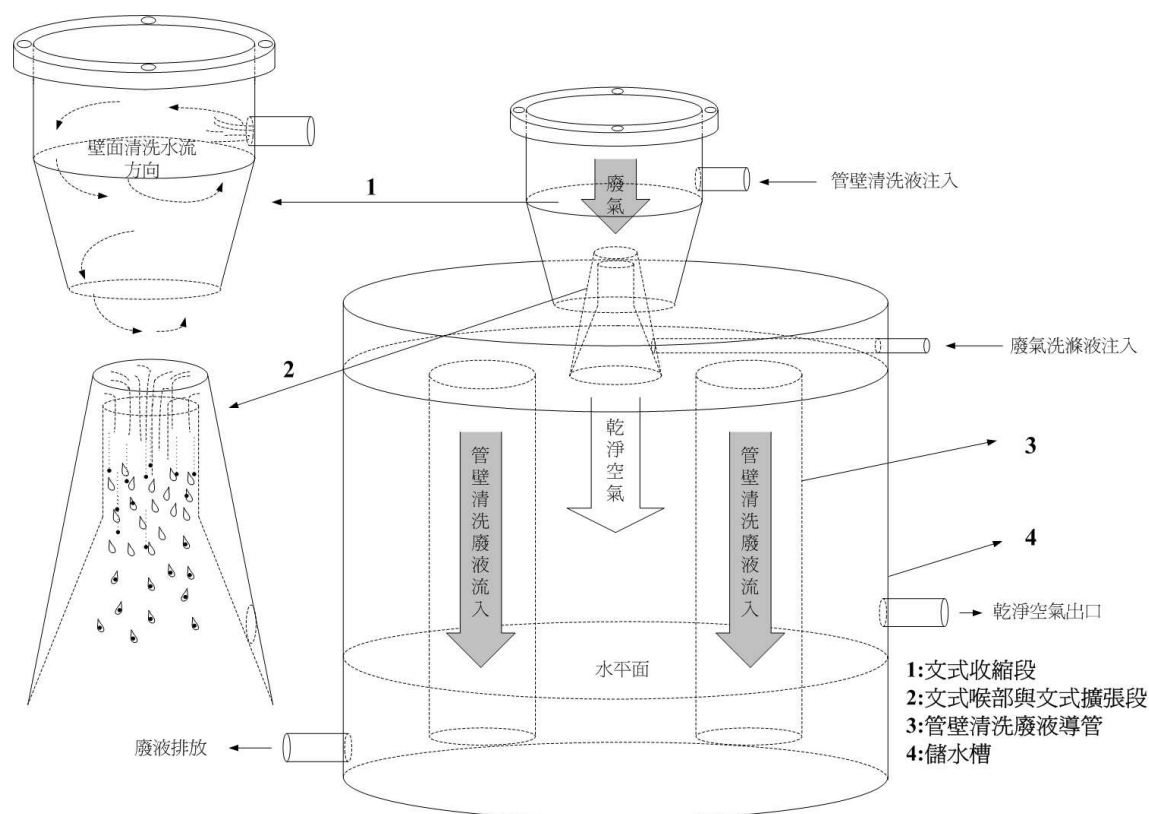


圖 2 具有二階段喉部的濕壁型文氏洗滌器構造圖

在第一年計畫裡，已完成實驗室機台效率測試、壓損測試與粉塵阻塞測試，其結果如下。

二階喉部文氏洗滌器於微粒成長前的收集效率測試

圖 3 為系統氣體流量為 200 lpm 時，二階喉部文氏洗滌器在微粒成長前不同液氣比下對於 NaCl 微粒的去除效率。在液氣比 1.5 與 2.0 l/m^3 時各粒徑的去除效率約在 0~20 %，液氣比提升到 2.5 可讓粒徑大於 180 nm 的微粒去除效率達到 20 % 以上，此與理論上去除效率與液氣比成正相關符。

圖 4 為系統氣體流量為 250 lpm 時，二階喉部文氏洗滌器在微粒成長前不同液氣比下對於 NaCl 微粒的去除效率。在液氣比 1.5 與 2.0 l/m^3 時各粒徑的去除效率約在 0~30

%，液氣比提升到 2.5 可讓粒徑大於 400 nm 的微粒去除效率達到 40 % 以上，此與理論上去除效率與液氣比成正相關符。

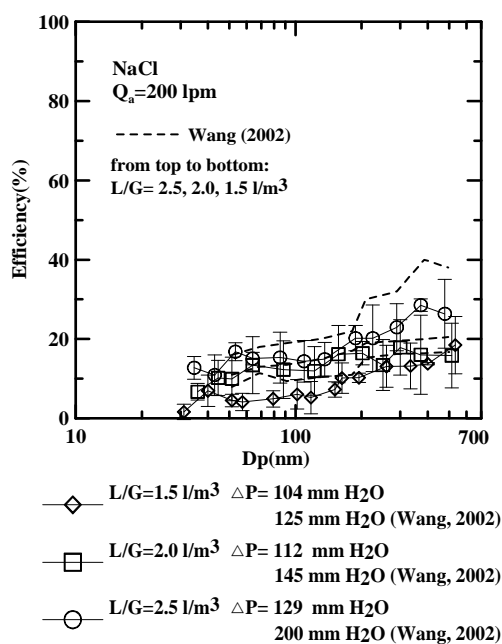


圖 3 流量 200 lpm 二階喉部文氏洗滌器在微粒成長前不同液氣比下對於 NaCl 的去除效率

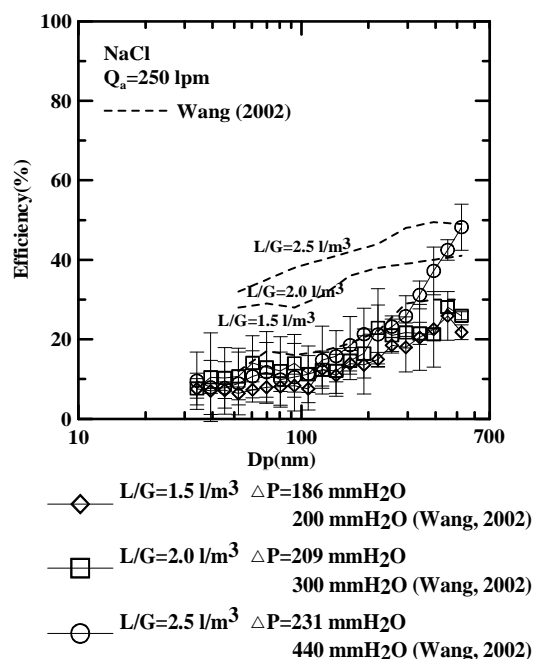


圖 4 流量 250 lpm 二階喉部文氏洗滌器在微粒成長前不同液氣比下對於 NaCl 的去除效

二階喉部文氏洗滌器於微粒成長後的收集效率測試

圖 5 表示系統氣體流量為流量 200 lpm 下，二階喉部文氏洗滌器在微粒成長後不同液氣比下對於 NaCl 的去除效率。比對在同一操作條件下微粒成長前二階喉部文氏洗滌器對於 NaCl 的去除效率(圖 3)，可知微粒成長後二階喉部文氏洗滌器對於 NaCl 的去除效率在次微米級粒徑有顯著的提升。當液氣比為 1.5 l/m³ 時去除效率由原來的 0~20 % 增加至 35~60 %，當液氣比為 2.0 l/m³ 時去除效率由原來的 10~30 % 增加至 40~70 %，當液氣比為 2.5 l/m³ 時去除效率由原來的 10~30 % 增加至 40~80 %。

圖 6 表示系統氣體流量為流量 250 lpm 下，二階喉部文氏洗滌器在微粒成長後不同液氣比下對於 NaCl 的去除效率。比對在同一操作條件下微粒成長前二階喉部文氏洗滌器對於 NaCl 的去除效率(圖 4)，可知微粒成長後二階喉部文氏洗滌器對於 NaCl 的去除效率在次微米級粒徑有顯著的提升。當液氣比為 1.5 l/m³ 時去除效率由原來的 10~20 % 增加至 60~73 %，當液氣比為 2.0 l/m³ 時去除效率由原來的 10~30 % 增加至 60~78 %，當液氣比為 2.5 l/m³ 時去除效率由原來的 10~45 % 增加至 60~83 %。

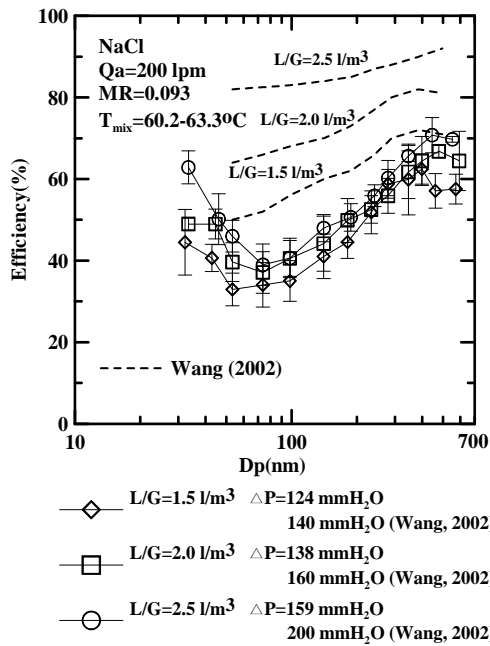


圖 5 流量 200 lpm 下，二階喉部文氏洗滌器在微粒成長後不同液氣比下對於 NaCl 的去除效率(氣體流量=200 lpm，混合比=0.093)

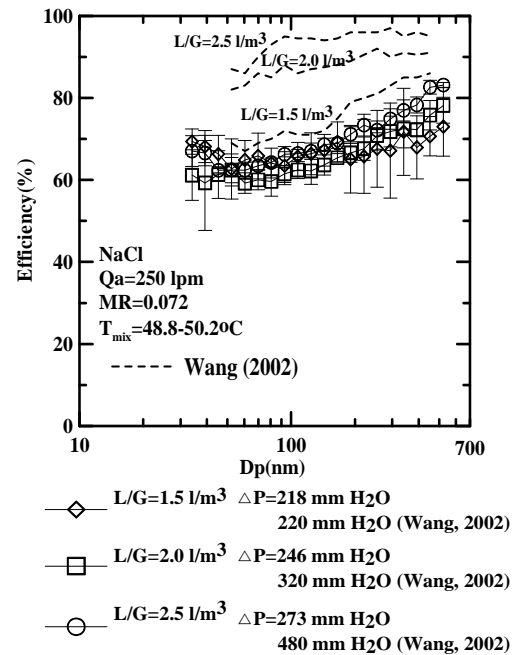


圖 6 流量 250 lpm 下，二階喉部文氏洗滌器在微粒成長後不同液氣比下對於 NaCl 的去除效率(氣體流量=250 lpm，混合比=0.072)

壓力降實驗

圖 7 表示二階喉部文氏洗滌器在不噴入蒸氣的情況下，在不同氣體流量與液氣比下的壓降值，並與 Leith et al. (1985)所推求之壓降預測值做比較。在相同氣體流量下，提高液氣比可以提高微粒去除效率，但同時也升高了氣體壓降。實驗值與理論值相比，發現在液氣比 1.5 l/m³ 時，任何氣體流量下理論值皆低估，最大低估值為 20 mmH₂O。液氣比 2.0 l/m³ 時，在氣體流量 200 lpm 下理論值高估實驗值，在氣體流量 250 lpm 理論值低估實驗值。液氣比 2.5 l/m³ 時任何氣體流量下理論值皆高估實驗值，最大高估值為 45 mmH₂O。

圖 8 表示二階喉部文氏洗滌器在噴入蒸氣的情況下，在不同氣體流量與液氣比下的壓降值，並與 Leith et al. (1985)所推求之壓降預測值做比較。當氣體流量為 200 lpm 時各液氣比下的壓降比不噴入蒸氣時約高了 10 mmH₂O，氣體流量為 250 lpm 時各液氣比下的壓降比不噴入蒸氣時約高了 20~30 mmH₂O。

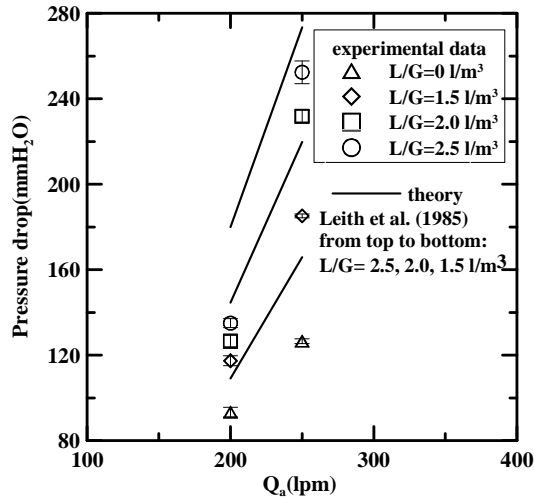


圖 7 二階喉部文氏洗滌器在不噴入蒸氣的情況下壓力降與 Leith et al. (1985) 壓力降預測值比較

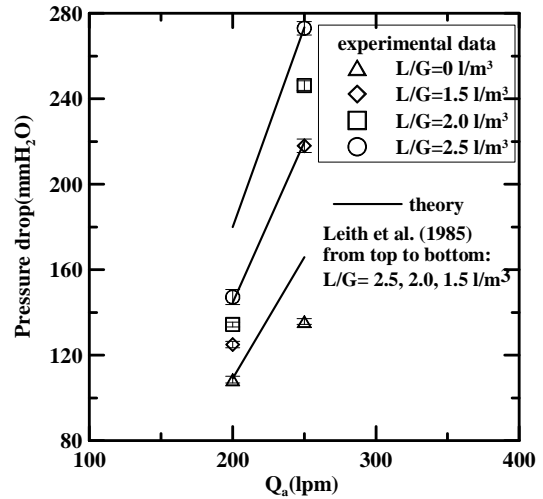


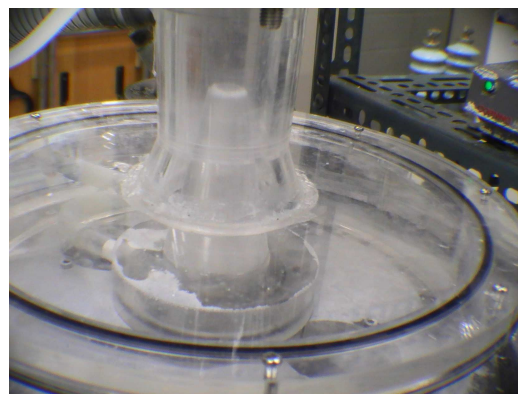
圖 8 二階喉部文氏洗滌器在噴入蒸氣的情況下壓力降與 Leith et al. (1985) 壓力降預測值比較

粉塵阻塞實驗

圖 9 為固定氣體流量為 200 lpm、液氣比為 1.5 l/m³ 的情況下，導入濃度為 48 mg/m³ 的 SiO₂ 微粒，在長時間觀察粉塵於文氏管內堆積的情況。圖 9 (a) 為實驗前文氏管內無粉塵堆積的照片，圖 9 (b) 為在經過 8 小時的實驗之後粉塵於文氏管內堆積的情況。實驗結果發現，粉塵主要堆積於文氏喉部入口處與溢流水槽內，長期觀察文氏管壓降皆介於 89~95 mmH₂O 間，代表粉塵並不會對喉部造成阻塞而使壓降上升。



(a)



(b)

圖 9 粉塵阻塞實驗前後文氏管內部粉塵的堆積

未來工作

在現階段的文氏洗滌器系統中，對於次微米級微粒的去除效率，與 Wang (2002) 高效率文氏洗滌器微粒去除效率的實驗數據比較，明顯低了許多，表示目前現階段的系統設計仍需改進。在經過微粒成長前與成長後的去除效率皆比 Wang (2002) 的實驗數據低，顯示造成去除效率不高的原因不只在文氏洗滌器系統本身，文氏管本身的設計也需改進。歸納目前微粒去除效率不佳的原因如下：

1. 廢氣相對溼度不夠高，與高溫蒸氣混合後無法達到最大飽和比。
2. 蒸氣與廢氣混合不均勻，微粒成長效果不佳。
3. 蒸氣使用加熱板加熱水產生，用該方式產生的蒸氣量不足，無法達到足夠的混合比。
4. 洗滌液於喉部霧化效果不佳，無法形成足夠的表面積以收集微粒。

為了解決以上幾點問題，系統設計的修改如下：

1. 在廢氣與蒸氣混合前增加一加濕桶，內含一噴嘴噴入細水霧，目的是使廢氣相對濕度達到飽和。桶內檔板的設計主要是使氣流轉向，藉以留下較大水滴，且可避免由噴嘴噴出的細小水滴濺入微粒進入口，使得微粒無法順利進入。
2. 在廢氣與蒸氣混合完全至文氏管入口端中間插入一噴嘴，順著氣流噴出水霧，目的是降低混合完後廢氣的溫度並增加飽和比，以增加微粒成長的空間。
3. 蒸氣使用蒸氣鍋爐產生，使混合比到達 0.1 以上，修改後的文氏洗滌系統如圖 10 所示。

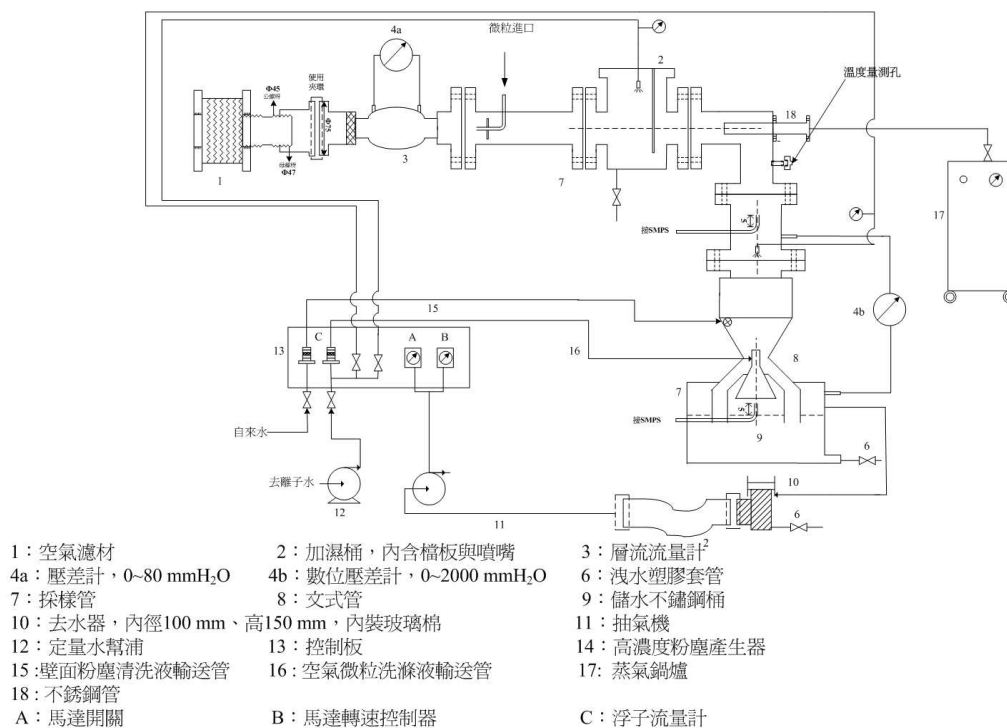


圖 10 修改後的文氏洗滌器系統

為解決洗滌液於喉部霧化不佳的問題，文氏管設計需做更改，修改後之文氏管設計圖如圖 11 所示。於喉部上方新增一收縮段，洗滌液由文氏管外側一水管導入收縮段上方，從一矩形入口以切線方式導入收縮段，使洗滌液以漩渦方式由收縮段注入喉部。

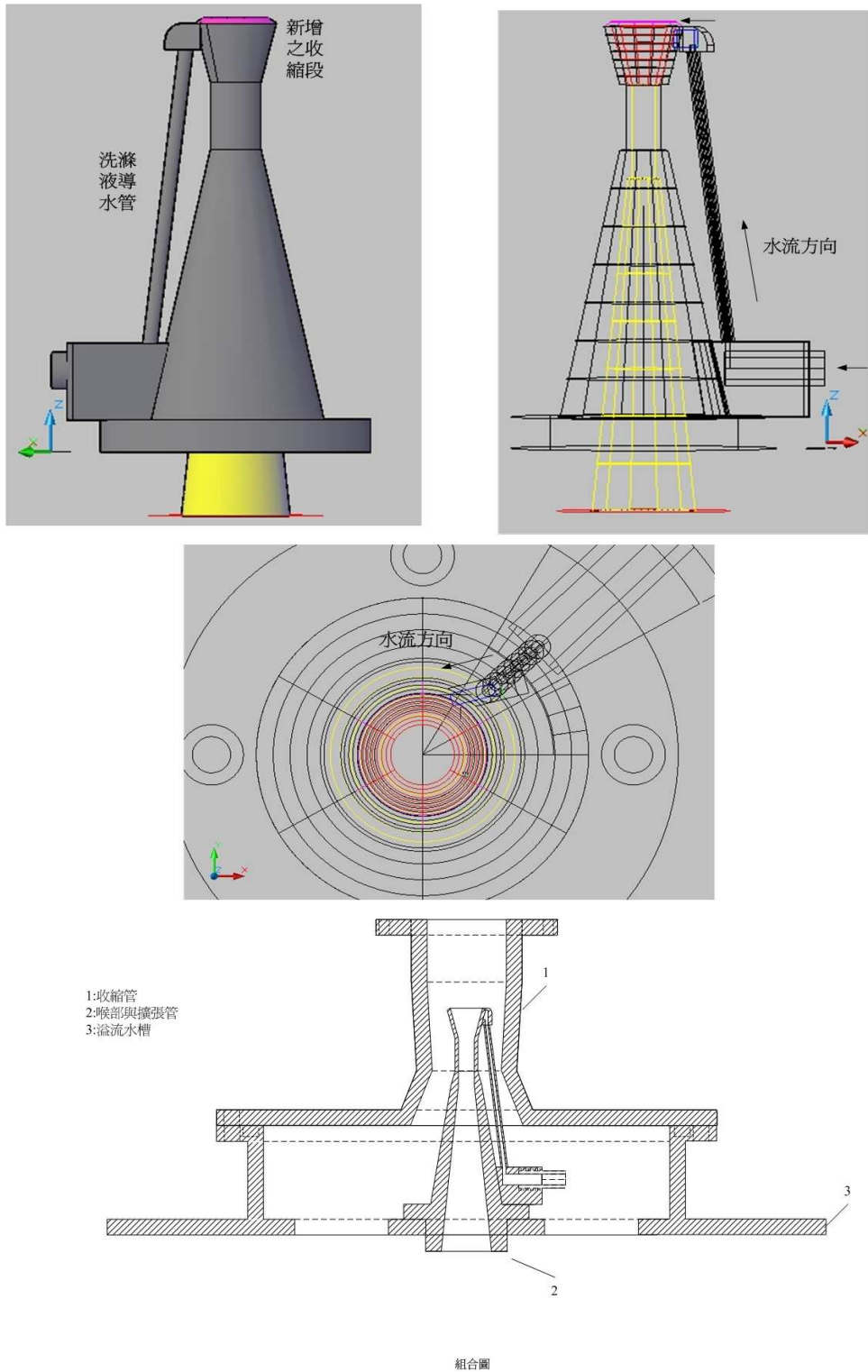


圖 11 修改後之文氏管設計

解決以上微粒去除效率不佳的問題後，進行之後續工作如下：

1. 完成常溫廢氣的壓力差與操作參數如廢氣流量、洗滌器噴霧液氣比間之關係的操作參數之關係。
2. 測試具有二階喉部文式洗滌器的常溫廢氣微粒收集效率與微粒氣動直徑及操作參數的關係。
3. 製作不鏽鋼製二階喉部文式洗滌器，以高溫蒸氣混合常溫廢氣或細水霧混合高溫廢氣提高文式洗滌器在高粉塵濃度下的微粒收集效率，並降低壓力降。
4. 比較高效率不鏽鋼製二階喉部文式與傳統文式洗滌器在粉塵阻塞、微粒收集效率及氣體壓力降差方面的差異。
5. 改進高效率二階喉部文式洗滌器的設計及操作條件。
6. 以半導體或光電業的化學氣相沉積製程(CVD)的廢氣，實際測試本開發案的文式洗滌器的長時間運轉情形，必要的更改設計尺寸及操作條件，以符合半導體或光電業之局部洗滌器之需求。

無研發成果推廣資料

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 預估 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 1 項	完成技轉授權 0 項
專利	國內	預估 1 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 1 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 3人，畢業任職於業界3人	博士 1人，畢業任職於業界0人
		碩士 3人，畢業任職於業界3人	碩士 1人，畢業任職於業界0人
		其他 3人，畢業任職於業界3人	其他 0人，畢業任職於業界0人
論文著作	國內	期刊論文 2 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 3 件	發表研討會論文 1 件
		SCI論文 2 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 3 件	完成技術報告 0 件
	國外	期刊論文 2 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 3 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 3 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 2 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 3 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 0 家	設立新公司或衍生公司(名稱)：
<u>計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限 600 字以內)</u>		文式洗滌器可處理半導體廠產生之廢氣，通常裝設在半導體製程尾氣處理設備(Local Scrubber)之前後端，以改善以往洗水設備(Packing Tower)粉塵去除效率不佳的困擾。而傳統文式洗滌器在處理含高濃度粉塵之廢氣時，常會發生文式喉部阻塞與管路阻塞之問題。以 Poly Light Dope 製程為例，其矽甲烷(SiH ₄)流量約為 1.5 lpm，因管路阻塞而進行維修之週期約為 7 天，因此亟需要裝設高效率文式洗滌延長維修週期。而本開發案可同時擁有高除塵效率、可避免喉部阻塞及製造成本低廉等特性，對於尾氣處理設備製造商而言，可提升產品的附加價值，目前市面上各式局部洗滌器處理設備價格約為 200~300 萬之間，2004 年國內局部洗滌器之市場規模約為 50 億元，若能將高效率文式洗滌器技術給產學合作廠商，將使廠商的營業額大幅增加。	