

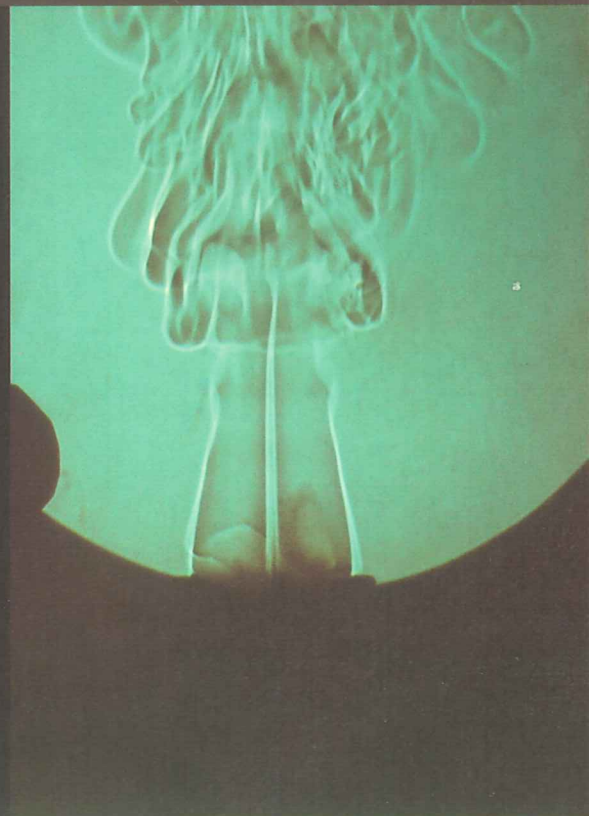
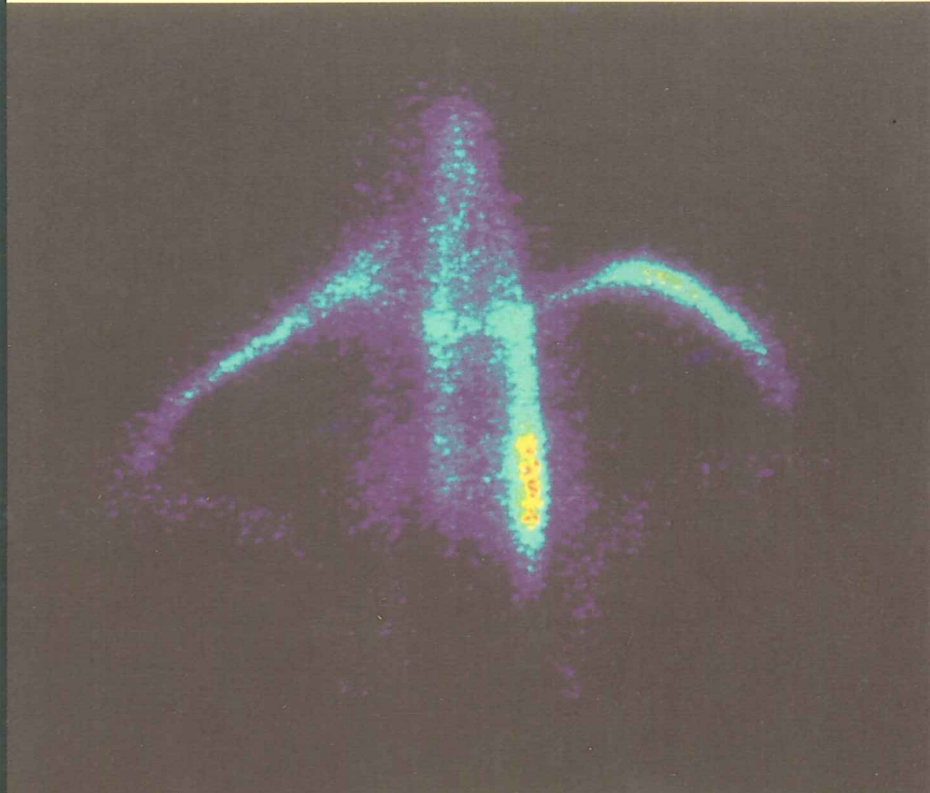


中華民國燃燒學會會刊
The Combustion Institute of R.O.C.

燃燒

25

中華民國 87 年 12 月



Vol.7 No.4

目錄

- ◎ 會務活動記要
- 2 第四屆理監事第三次聯席會議會議記錄 學會秘書處
- 6 學會近期經費收支一覽表 財務委員會
- ◎ 專題報導與經驗交流園地
- 7 靜電集塵器設計、操作與維護實務講習會會後報導 歐正章
- 9 1998 AFRC-JFRC研討會 張瑞進
- 11 「燃燒應用技術研究計畫」介紹 張瑞進
- 13 EP Electrodes and How They Perform Crynack, Robert
- 22 影像處理應用於二維流體化床氣泡行為之研究 鄧治東、李文駿、
林春宏、曾華裕
- 28 流體之黏滯性對衝擊式注油器霧化特性之研究 黃祖宏、黃文榮、
賴維祥、江滄柳
- 34 第四屆熱流觀測圖片競賽記要及回顧 張克勤、侯順雄
- ◎ 會訊
- 37 中華民國燃燒學會入會暨贊助者優惠措施 財務委員會
- 38 燃燒學會入會申請書 會員委員會
- 39 會刊徵稿啟事 出版委員會



中華民國燃燒學會第四屆第三次理監事聯席會議
會議記錄

學會秘書處

一、時間：民國八十七年十一月二十日下午 2:00 -- 5:00 p.m.

二、地點：竹東鎮工研院能資所 201 會議室

三、出席理監事：劉通敏、王覺寬、林大惠、馬小康、洪福亮
夏筱明、施聖洋、李聰盛、張瑞進、蘇玉本
方良吉、黃重裕(洪福亮代)、顏瑞和(馬小康代)

學術委員會：陳俊勳

經濟部：陳炯曉

秘書處：紀慶嘉、張枝成

四、主席致詞：劉理事長通敏

1. 首先感謝各理監事的參與。
2. 在此特別感謝能資所張瑞進組長熱心提供此次會議場地與會前所為我們提供的工業爐蓄熱式(HRS)燃燒機使用現況與研究的四場簡報。
3. 馬理事提及鍋爐學會近期接洽的案子看來，本學會若能仿效與鍋爐學會交流，以期達到促成學術界的投入產業界。
4. 今天的議程中有關會刊內容討論與英文簡介定案，請各理監事踴躍給予意見。
5. 由於會前之四場簡報主題與內容甚佳，在此邀請張理事將簡報內容以書面方式刊登於會刊中。另外英文簡介方面，可讓各委員出國時，做為為學會宣傳的刊物。
6. 今天的會議的另一重點為讓各理監事與各工作委員會主任委員了解 ASPACC-99 籌備進度。

五、會務報告：

●學術委員會

1. ASPACC-99 的籌備狀況。舉行日期:1999/5/10-12

- a. 論文徵稿方面:正式定稿共有 69 篇，其中台灣有 15 篇，日本 19 篇，大陸

14 篇，澳洲 6 篇，韓國 1 篇，新加坡 1 篇，美國 1 篇，進一步在邀稿的有日本方面，在美國方面則請 Professor C. K. Law 幫忙。

- b. 我們把收稿日期延至 12 月中，依目前收稿狀況肯定可達 80 篇，估計澳洲與日本會再投稿。另外請各位理事日前投稿一篇要再投稿第二篇。
 - c. 對於延長徵稿日期，澳、日方面有邱輝煌教授分別已連絡對方，美國方面有 Professor C. K. Law 主動請世界燃燒總會再次發文通知。同時在成大航太所與中正理工學院的網頁都會有最新的消息發佈。
 - d. 貴賓邀請方面，已經敲定包括李遠哲在內的 10 人，餘將於近期內回函。
 - e. 募款方面，募款計畫已經定案。國科會與教育部方面由於論文篇數要確定才能申請，所以還要過些日子。
2. 第九屆中華民國燃燒科技應用研討會。舉行日期:1999/5/9。Call for paper 的徵文啓事，初稿收件日期 1999/1/15，英文稿截稿 1999/3/15，確定後會交於秘書處寄發。
 3. 由於第九屆中華民國燃燒科技應用研討會與第二屆亞太燃燒會議，將連著召開，希望國內各人士，能延續參加。
 4. 熱流觀測圖片競賽籌備事宜。將用回顧展的方式。一方面可展現我近幾年熱流燃燒研究的成果，同時可在 ASPCC 會場展示。
 5. 目前分工如下：
ASPACC-99：林大惠教授
第九屆中華民國燃燒科技應用研討會徵稿：賴維祥教授 等協助
熱流觀測圖片回顧展：張克勤教授 等協助
 6. Paper committee Chairman Professor C. K. Law 將於近期內來華一趟。
 7. 建議事項：
 - a. 第九屆中華民國燃燒科技應用研討會 Call for paper，將要求有一頁的英文摘要。
 - b. 熱流觀測圖片，同時會有邀請的部分。
 - c. 會議前周轉金，希望學會能借助。

● 產業技術委員會

1. 產業委員會所主辦之“靜電集塵器設計、操作與維護實務講習會”已於 9/29-

9/30 圓滿完成，共來自工業界九十餘位學員參與。報名費收入計 219,500 元，支出計 163,105 元，合計 56,395 元(明細如會議手冊第 3 頁)，已繳回學會支用。

2. 有關此次講習會之報導，已整理(如會議手冊第 4 頁)，將提供下次學刊予以刊登。
3. 目前工作為產業技術界燃燒人才資料庫整理，已先從會員名單進行篩選中；將另設計表格函寄公司行號，爭取更多專家參與。

建議事項:

- a. 建議人才資料於 ASPACC 會議前完成，使之能成為會場中的文宣資料將學會推廣出去。
- b. 人才資料庫應具備英文姓名。

●國際合作委員會

1. 國際合作委員會，近期邀請三位燃燒國際人士加入委員會，參見如會議手冊第 14 頁。
2. 三位人士為陳志彥、陳瑞弘、宋知人，皆為知名教授。

建議事項:建議將上述三位委員邀請加入會員。(相關辦法併於提案討論)

●財務委員會

學會經費收支情形，請參閱會議手冊第 5 頁。

●出版委員會

1. 第 25 期會刊內容預定綱要，請參閱會議手冊第 6 頁。
2. 會刊內容討論。(併入提案討論)

六、提案討論：

- 1.案由：討論會刊轉型內容的建議與提議。

決議： 1.會刊內容多元化、重要部份由產業界認養專欄。

2.環保署專欄、消防專欄、能委會專欄、應用科技小組專欄。

3.能委會規劃工作專欄，請陳炯曉博士介紹。

4.學生論文競賽得獎作品，依次刊登於會刊。

5.請國際委員會邀請新加入的委員，就燃燒相關的內容，邀稿並刊於會

刊中。

2.案由：有鑑於本會與國際學會交流日盛，基於平等互惠的原則，凡是我國會員現在可以享受世界燃燒總會的若干會員優惠，故提議凡加入燃燒總會的會員也平等享有我國會員於國際總會所享有的若干優惠。

決議： 1.同意上述提議。
2.相關事務交與秘書處辦理。

3.案由：討論使學刊成為教育部的優良刊物。

決議： 1.請夏理事負責收集優良刊物的相關辦法。
2.出版委員會與夏理事密切聯繫，共同研擬相關辦法。

七、臨時動議

提議：下一次聯席會將頒發各委員會委員證書，請主任委員再次確定資料有無錯誤。同時再次定確定英文簡介內容。

提議：下一次聯席會會場的決定。1999/1/22 星期五於高雄市。

提議：ASPACC-99 邀請能委會陳昭宏處長開場致詞。



八、散會

敬祝全體會員：

新春愉快，萬事如意

事業順利，學研精進



第四屆全體理、監事暨秘書處全體同仁賀



中華民國燃燒學會經費收支一覽表

(87.08.20~87.11.17)

財務委員會

科目摘要	金額	小計	備考
● 上期結餘			
承上期結餘款	629,653		
		\$629,653	
● 收入			
研討會活動收入	48,895		黃重裕主委等人辦EP靜電集塵器講習會暫時結餘(另工研院能資所之報名費7,500元尚未入帳,入帳後則總結餘將為56,395元)
年費	800		黃惠輝300元,蔡榮峰500元(溢繳200元移作下一年度年費)
		\$49,695	
● 支出			
印製費	51,500		印製第24期會刊, 會刊信封及公文封
郵費	2,629		會刊、函件、通知之寄發
事務雜支費	1,170		理監事會議底片相片沖洗, 學會贈淡大花籃等
劃撥手續費	25		各項繳費劃撥入
交通費	300		秘書處開會
業務費	11,964		王安邦教授辦雷射熱流量測技術研討會結餘13,436元(上期收支表暫時結算為結餘25,400元,故需歸還王教授11,964元)
		\$67,588	
● 本期結存		\$611,760	



EP Workshop

靜電集塵器設計、操作與維護實務講習會 會後報導

中國鋼鐵公司新材料研究發展處能源環工組 歐正章博士

工業界經由燃燒所產生之污染物，大部份均自固定污染源排放，而粉塵又為此一固定污染源主要排放成份之一。隨著環境保護理念日受重視且政府環保法規日趨嚴格，使得粉塵主要污染排放業者，例如鋼鐵廠、水泥廠、汽電共生廠、玻璃廠以及發電廠等，需特別加強改善煙氣粉塵之排放。也因此，煙道氣中去除粉塵之設備，例如靜電集塵器或袋式集塵器等，已成為各公司控制空氣污染物主要設備之一。

為促進國內、外產學研相關單位在靜電集塵器(EP)設計、操作與維護實務之溝通與交流，及提升國內在此方面之技術應用與水準。本會結合中國鋼鐵公司、中華民國環科協會、中華民國汽電共生協會、中國技術服務社工業污染防治中心與工研院高雄工服部等單位，於民國87年9月29-30日假工研院高雄工服部舉辦【靜電集塵器設計、操作與維護實務講習會】。

此一講習會由本會產業技術委員會主任委員黃重裕主持開幕式，並邀請中華民國環科協會理事長，中鋼鋁業公司董事長齊育金先生，蒞臨致詞。本講習會很榮幸地邀請到國內、外專家學者前來我國授課。其中，中國技術服務社污染防治中心徐世杰工程師講授“國內靜電集塵器之應用與調查”，而美國WPCA (Worldwide Pollution Control Association)之4位資深工程人員則分別講授“靜電集塵器之設計、操作維護、效率提升、改造技術與實例”課程。參加本講習會之學員計有來自國內各公、民營事業單位共90多人參加，學員除來自主、協辦單位外，還包括工研院化工所、工研院能資所、中宇環保工程公司、中國石油公司、中國人造纖維公司、中興工程顧問公司、中鋼鋁業公司、正隆公司、台耘工業公司、台朔重工公司、台灣電力公司、台灣化學纖維公司、台灣塑膠公司、永豐餘造紙公司、艾波比公司、吉興工程顧問公司、東展興業公司、東雲公司、奇美實業公司、長春人造樹脂公司、嘉新水泥公司、信立化學公司、美商益天環保公司、遠東紡織公司、幸福水泥公司、中央大學、台灣科技

大學等單位。

學員們經過兩天的講習會，藉著在課堂上彼此間相互交流、溝通、討論，學習、了解更多有關靜電集塵器設計、操作與維護之技術，將可提升國內靜電集塵器效率、減低粒狀污染物排放、進一步營造國內更舒適生活環境。與會學員們對本次靜電集塵器講習會均留下極為深刻的印象。

*編按，靜電集塵器設計、操作與維護實務講習會在主辦單位之努力下已圓滿完成，茲摘錄課程表，相關講習主題提供未能與會會員參考。

87年9月29		
時間	主 題	主 講 人
08:30~09:00	報到	
09:00~09:20	主席致詞	理事長
09:20~10:20	台灣靜電集塵器應用調查	中技社污防中心 徐世杰工程師
10:20~10:40	休息	
10:40~12:00	EP Design & Fundamentals	P.Crommelin, EPSCO
12:00~13:00	午餐	
13:00~13:45	Resistivity & Back Corona	R. Crynack, EPSCO
13:45~14:30	EP Controls- Fundamentals	P. Ford, Redkoh Industries
14:30~14:50	休息	
14:50~16:00	EP Controls- Advanced	P. Ford, Redkoh Industries
16:00~17:10	EP Conditioning	J. Riley, EnviroCare
87年9月30		
09:00~09:45	EP Operation and Maintenance-I	R. Crynack, EPSCO
09:45~10:30	EP Operation and Maintenance-II	P. Crommelin, EPSCO
10:30~10:50	休息	
10:50~12:00	Wet EP Design & New Technology	J. Riley, EnviroCare
12:00~13:00	午餐	
13:00~13:45	EP Applications	P. Crommelin, EPSCO
13:45~14:30	EP Electrodes & How They Perform	R. Crynack, EPSCO
14:30~14:50	休息	
14:50~16:00	Rebuild & Upgrading Existing EP	R. Crynack, EPSCO
16:00~17:00	General Discussion	全體講師

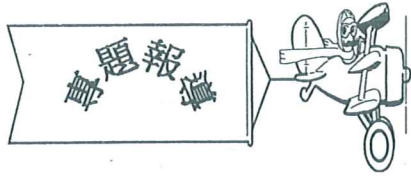


本次年會(1998 American-Japanese Flame Research Committees, International Symposium)於十月十一至十四日假美國夏威夷州Maui島Marriot Resort舉行,共有來自世界各地的學者專家160餘位參家,發表論文132篇。大會由美國能源部的「下世紀工業燃燒技術」專題報告揭開序幕,其重點為能重新塑造公元2020年的工業燃燒技術,美國燃燒協會已擬定數項原動力方案,這其中又以市場與經濟、環境品質與溫室氣體和製程改善等三項影響最大。次為日本通產省「高溫空氣燃燒技術發展」專題報告,其重點為因應聯合國於1992年的環保及永續發展的會議,研發高性能工業爐,並以發展利用高溫($>1000^{\circ}\text{C}$)空氣燃燒技術為基礎。應用此技術不僅可減少引起溫室效應之二氧化碳的排放30%,也同時降低一半的氮氧化物排放。自從高溫空氣燃燒技術在1994年初次被証實後,目前在日本已有15家工業爐製造商和15家燃燒研究機構參與研發計畫。這項技術的元件為高循環蓄熱型熱交換器,以預熱燃燒空氣至 1000°C 以上再與燃料充份混合。雖然R&D數據已顯示二氧化碳和氮氧化物將降低很多,但是理論的分析則尚未完全澄清,因而阻礙此先進技術廣泛的應用於產業界。經由此技術的推廣,根據日本的產業界估計,僅工業爐改善的效果,即可望於公元2010年達到減少35%的二氧化碳,此約相等於公元1990年的排放值。

本人參加AFRC-JFRC研討會共發表蓄熱式燃燒技術應用的論文兩篇,一為『Demonstration of a Continuous Billet Holding Furnace and Its Modeling』連續式鋼棒保溫爐的示範,是國內第一座採用蓄熱式燃燒系統的生產工業爐,使用十萬Kcal/hr的燃燒機八對,在爐溫為 1200°C 的情況下保持排氣溫度低於 260°C ,其燃料節省較無熱回收高出52%,比起傳統的熱交換器高出30%,足証蓄熱式燃燒系統的節能優勢。由於保溫爐的功能為對鋼胚的保溫或加熱,因此裝置在保溫爐的分區控溫加熱,更是蓄熱式燃燒技術應用的優點。由於鋼胚係已經過走樑式工業爐加熱,因此保溫爐的加熱與在降溫中鋼胚的表面特性有關,本論文的重點除顯示節能的效益外,更探討分區控溫達成整支鋼胚均溫性。與會專家如美國的John Zink和North American,以及日本鋼

管和中外爐公司都提出許多寶貴的comments,特別是鋼胚輸送的速度對分區控溫的影響,說明本計畫應積極發展Dynamic Modeling of Heating Patterns,方能找出蓄熱式燃燒的分區控溫加熱最佳操作點。

另一篇為『An Investigation of Aromatic Derivatives Destruction by Regenerative Combustion』芳香族衍生物蓄熱式破壞去除的探討,是蓄熱式燃燒之另一典型的利用。著眼點為提高含芳香族的VOC氣體的破壞去除率,此種VOC氣體的自燃點溫度(auto-ignition temperature)超過650°C,此溫度高出一般熱交換器可回收的溫度。當VOC氣體在燃燒前未能加熱至超過自燃點,芳香族衍生物將進行部份氧化(partial oxidation),形成CO和中間體,此更進一步提高混合氣體的自燃點溫度,導致於燃燒室必須操作於更高的破壞去除溫度,不僅消耗更多的燃料且降低去除率。本計畫整合蜂巢型蓄熱體與旋轉盤的設計,利用蜂巢型蓄熱體可預熱VOC廢氣至700°C以上,比起球狀或馬鞍(saddle)狀的蓄熱體的效益,比僅操作溫度低且效率高出近10%。目前旋轉盤系統的洩漏缺點正尋求改善,希望本年度能建立設計技術。



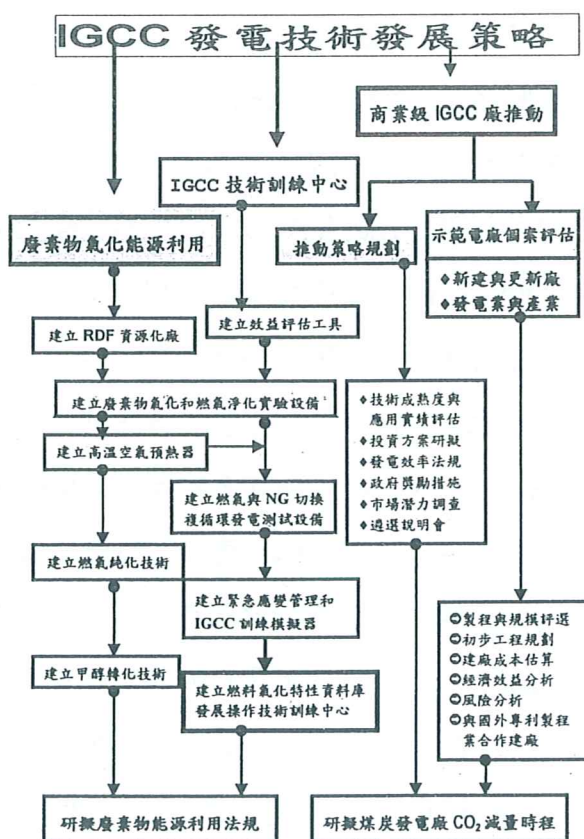
「燃燒應用技術研究計畫」介紹

工研院能資所 張瑞進

87年11月20日假工研院能資所召開燃燒學會理監事會議,燃燒技術組有幸將本組的燃燒應用技術研究的現階段成果,有系統的向各位與會委員報告,以促進未來產官學研的合作計畫。本組的研究工作分為蓄熱式燃燒應用技術和燃燒污染預防技術開發,並搭配再燃燒技術引進示範,以及氣化複循環發電技術策略性評估等四項,以下分別扼要說明。

1. 蓄熱式燃燒應用技術開發—產品開發著重雙燃燒機式的蓄熱燃燒系統 (Twin-type Regenerative Combustion System),蓄熱體採用高表面積的蜂巢陶瓷體,蓄熱效率可超過90%。以天然氣或液化石油氣為燃料已完成開發,並於今年陸續在鋼鐵廠示範啓用,燃料節省超過30%以上。由於國內工業爐仍以六號重油為燃料,目前本計畫正積極開發高溫的重油霧化器,除將初步成果發表在十二月京都先進能源技術研討會 (RAN98) 外,並與日本工業爐株式會社進行合作,以促使本應用技術商品化。為能推廣此產品至各型高溫工業爐,本年度已進行業界合作計畫,將燃氣式的產品應用至以COG為燃料的製程,並合作開發耐高溫 ($> 1350^{\circ}\text{C}$) 的蓄熱陶瓷體。未來的業界合作將更積極與工業爐製造商合作,以開發蓄熱式高溫工業爐的設計技術,另一方面則是尋求學界的關鍵性的基礎技術合作,特別是高溫空氣燃燒抑制NO_x生成的機制,以及內部煙氣迴流和重油霧化器的設計。
2. 燃燒污染預防技術開發—產品開發著重旋轉盤式的蓄熱燃燒系統 (Rotary-type Regenerative Combustion System),與前者的區別為切換機制的不同,蓄熱效率亦可超過90%。本計畫係將高溫蓄熱的優點,應用於有機氣體 (VOC) 的破壞去除,本年度已建立轉盤式蓄熱燃燒系統,除探討轉盤導流裝置影響破壞去除率外,並進行蓄熱材性能評估,以作為蓄熱式破壞去除的最佳條件。從各種不同產業廢氣組成的測試,本計畫已建立蓄熱式VOC燃燒去除的規劃軟體,將可技術移轉設備製造商,並共同尋求產業界合作示範廠,進行商品化產品的建立。在學界合作方面,燃燒室氣流/熱流場分析,以找出其對破壞去除的影響是計畫的基礎技術。

3. 再燃燒技術引進與示範—本計畫是建構於環保署為降低氮氧化物排放量,裨助於新排放法規的推動,因此間接委託本組,針對國內燃煤汽電鍋爐並選擇示範廠,自美國引進再燃燒技術,除示範降低NO_x的可行外,本組也希冀建立自主的NO_x控制技術能力。在推動此一重大計畫當中,產官學研的合作是一成功的關鍵,因此除建立再燃技術的基本設計外,業界合作將與鍋爐製造商合作,以完成示範廠的技術示範,學界合作則是不同燃料De-NO_x之最適化空燃比及鍋爐流場分析。
4. 氣化複循環技術 (IGCC) 引進與示範—本計畫是建構於經濟部能源會為推動清潔燃料的使用,以降低國內燃煤發電廠CO₂排放量。如下表所示,本年主要的工作項目即是與中鋼和台電工司合作,進行商業級IGCC技術的應用先期評估,除邀請廠家及專家學者分別來講演授課外,並分別參觀歐美技術示範廠和考察鄰近亞洲國家IGCC技術的發展,以研提未來國內示範廠推動的參考依據;另一方面,本計畫將利用國際技術合作的機會,引進氣化技術的模擬軟體和業界合作建立操作人員訓練軟體,也可建立國內燃料氣化應用的資料庫。在研發方面,為提高生質能利用的比率,本計畫積極規劃廢棄物衍生燃料氣化技術,所產生的燃氣經過純化分離,以進行MCFC技術之改質器 (Reformer) 應用的探討。



RIGID DISCHARGE ELECTRODES FOR ELECTROSTATIC PRECIPITATORS

By Robert R. Crynack, Ph.D.

INTRODUCTION

The purpose of the discharge electrode in an electrostatic precipitator is to provide a source of ionization to charge the particulate and to provide an electrodynamic field to drive the charged particulate toward the collecting electrode. The design of the discharge electrode determines its effectiveness in achieving its purposes, and thus, the efficiency of the precipitator.

Discharge electrode designs have evolved since the initial application of electrostatic precipitators to industrial processes in the early 1900s. The key to good precipitator performance is the electrical characteristics of the discharge electrode. These characteristics are presented and comparisons are made between rigid discharge electrodes and more conventional discharge electrodes.

DISCHARGE ELECTRODE GEOMETRIES

The original discharge electrode design in electrostatic precipitators in the United States was the weighted wire shown in Figure 1A. This is the simplest of designs and generally consists of long round wires, approximately 0.1 to 0.125 inches in diameter. As the name implies a weight is generally hung at the bottom of the wire to provide tension to prevent the wire from vibrating. This design is referred to as an "American" design. This design may also be referred to as the Cottrell precipitator named after one of the pioneers in the field of electrostatic precipitators.

In the early 1960s "European" precipitator designs began appearing in the United States. In general, the discharge electrode consists of two parts - the support components and the discharge components. The most common type of European design is the rigid frame. Typically in this design, the support member is a rigid pipe frame around the perimeter with intermediate horizontal and vertical cross members. The discharge members, usually wires, are strung between the horizontal cross members as shown in Figure 1B. A variation of the rigid frame design is the mast design, where a single support mast with horizontal support members protruding from the center mast is used in place of the completely enclosed pipe frame. This design is shown in Figure 1C. The advantage of the rigid frame or mast discharge electrode system compared to weighted wire systems is its reliability. The short sections of wire strung between cross members provide higher reliability by reducing the potential of wire breakage and the resultant shorting of electrical fields.

*編按轉載自靜電集塵器設計、操作與維護實務講習會論文集

The wires used in rigid frame and mast discharge electrodes vary widely, depending on the EP supplier and application. Common types of wires are shown in Figure 2.

During the 1970s the rigid frame and mast type discharge electrodes began to dominate the electrostatic precipitator market. In the late 1970s the rigid discharge electrode (RDE) was introduced and began to make inroads in the marketplace.

Before proceeding a definition of a rigid discharge electrode (RDE) is appropriate. The term RDE has been used to refer to both the mast type and rigid frame type of discharge electrode discussed previously in this paper. For the purposes of this paper the rigid discharge electrode is defined as a truly rigid, unitized component that combines both the mechanical support and discharge component in one single heavy duty electrode. Although not unique to U. S. suppliers of electrostatic precipitators, the U. S. manufacturers are the leaders in the supply of RDE electrostatic precipitators.

The form of the rigid discharge electrode varies widely. Several common types are shown in Figures 3, 4, and 5. Although these RDEs are very different in design, they all have the same characteristics - a massive body for support with a means of generating corona.

CHARACTERISTICS OF A GOOD DISCHARGE ELECTRODE

Several important characteristics of good discharge electrodes are (1) cost effectiveness, (2) ease of installation, (3) alignability, (4) rapability, (5) reliability and (6) performance. Each of these will be discussed briefly.

Obviously, it is important that the discharge electrodes be cost effective. The manufacturer cannot sell and purchaser will not buy if the cost of the discharge electrodes makes the design noncompetitive. Ease of installation is also a cost factor, whether the manufacturer has a turnkey project and installs the electrodes himself, or whether the purchaser hires a separate contractor. Proper electrode alignment is important for good performance of the electrostatic precipitator. Alignment requirements at initial installation and also its ability to maintain that alignment over the life of the equipment is important. Although most of the particulate is collected on the collecting electrode, the discharge electrodes collect a significant amount of particulate. The rapability of the discharge electrode is as important, if not more important, than the collecting plate in order to maintain good performance. The reliability of the electrode and resistance to breakage is important in long term maintainability and minimal maintenance costs. The key to good performance of a discharge electrode is its electrical characteristics. These electrical characteristics will be discussed in the next section.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The electrical characteristics of a rigid electrode determine its performance. The theory of particle charging and collection, along with discussions of voltage-current curves and current distribution, are presented in this section.

Theory

Particle charging and collection theory says that the migration velocity of the particulate is proportional to the product of E_c , the charging electrostatic field, and E_p , the precipitating electrostatic field. In single stage electrostatic precipitators the typical assumptions have been that the charging electric field and precipitating electrode field are approximately the same, and that these are approximately the average electric field in the precipitator. Thus, the migration velocity is proportional to the square of electric field. Since the average electric field is the voltage divided by the nominal electrode spacing, the migration velocity is proportional to the square of the operating voltage.

This is a gross simplification of the process since the actual electrostatic fields for both charging and collecting are complicated. The electric field depends on the geometry, current density and charged particulate density in the interelectrode space. With the availability of finite element analysis computer modelling in recent years, attempts have been made to determine the electrical field strength of electrode geometries. The simple concentric wire and pipe precipitator is easily evaluated. Considerable efforts have been made to conduct further evaluations on a duct type precipitator with flat plates and evenly spaced simple round discharge electrodes. It is a much more complicated modelling process to model a rigid discharge electrode shape.

In a paper by D. Pontius, et.al, they conclude that "the conventional practice of designing corona discharge electrodes so as to maximize the production on current is not necessarily advisable. The theoretical description of electrostatic precipitators supports the practice of optimizing the electric field strength while treating current much less critically." Their testing showed superior performance by a 3/8 inch diameter wire compared to a more typical 1/8 inch diameter wire. The rigid discharge electrode does precisely what this paper recommends by altering the electrical properties of the discharge electrode to enhance electric field strength.

Voltage-Current Curves

The simplest of the electrical characteristics to consider is the voltage-current (V-I) curve. Figure 6 shows typical V-I characteristics of round, spiked and rigid discharge electrodes. Typically, a spiked wire electrode will have a lower corona onset voltage than a round one. The spikes on the rigid discharge electrodes typically simulate the corona onset levels of a spiked wire. The spiked wire has a much steeper V-I curve, whereas the rigid discharge

electrode will have a relatively flat V-I curve. A round wire will typically have a shallower sloped V-I curve than a spiked wire, but much closer to the shape of the spiked wire V-I curve than the RDE V-I curve. Which V-I curve is preferable is a matter of interpretation. Based on the previous theoretical discussion, the flatter V-I curve should result in higher operating voltages, and thus, higher precipitator efficiency.

In general terms, if the power in an electrical section of the precipitator is limited by the maximum current output of a transformer/rectifier set as shown in Figure 7, then the operating voltage for the rigid discharge electrode is higher than that of the round wire. Based on the previous theoretical discussion, this would imply higher precipitator efficiency. If both discharge electrodes have the same sparkover voltage as shown in Figure 8, then the corona current is higher in the round wire and lower in the RDE. However, the higher current may not lead to better efficiency.

A key to the performance of a rigid discharge electrode is its ability to withstand breakdown and maintain a high voltage. This high voltage results in a high electric field strength to drive the particles to the collecting surface. So in determining which type of discharge electrode is superior, one needs to establish comparative operating voltage characteristics of the various discharge electrode types.

Consider the pilot electrostatic precipitator test results shown in Figure 9. This figure shows a comparison of a rigid frame electrode (RFE) and an RDE performance in a pilot electrostatic precipitator with both a current and voltage setpoints. For the current (mA) setpoint case, the average kV is substantially higher for the RDE than for the RFE, accounting for its higher efficiency. For the fixed kV case, the RDE performance is marginally better than the RFE, but at substantially lower corona current and power levels.

Current Distribution

Uniformity of corona current at the collecting plate enhances electrostatic precipitator operation. Poor current distribution may result in poor EP performance because of two reasons - (1) more particle reentrainment due to non-uniform electrostatic forces holding the particulate to the plate, and (2) higher current densities may result in generation of back corona in high resistivity applications. Rigid discharge electrodes are claimed to suffer from non-uniform current distribution. Laboratory measurements of current distribution on collecting plates are misleading. These tests are typically done in free air with a dust layer on the collecting plates. To the author's knowledge the reported data in the literature does not include the case where particulate is passing between the electrodes, thus not simulating actual precipitator conditions.

In the absence of particulate, the corona current is carried to the plate via the ionized gas molecules, which follow the electrodynamic field lines. In an actual electrostatic precipitator the corona current is carried to the collecting plates by the charged particulate, whose mobility is several orders of magnitude less than the mobility of the gas ions. If one

observes the precipitation patterns on the collecting plate of an RDE precipitator, it can be seen that there is substantial particulate collection opposite the body of the RDE as well as opposite the corona generation locations. It is clear from this observation that the current distribution in an actual precipitator is substantially different than that measured in the laboratory under free air conditions. There is an adequate current flow through the entire dust layer and there is no abnormally high dust reentrainment due to uneven current distribution.

With regard to the concerns about back corona problems with rigid discharge electrodes, the uniformity of current distribution discussed previously applies to this situation also. The assumptions that maldistribution of corona current will result in high areas of corona current and produce back corona are invalid. Furthermore, as discussed previously in this paper, the typical V-I curve of an RDE is flatter than other electrodes. The flatter V-I curve will result in a lower corona current for a given operating voltage and will substantially reduce the total corona current in normal operation. Thus, there is a lower probability of generating back corona under high resistivity applications with the RDE.

Rigid discharge electrodes have specific sharp points or edges to produce the corona. This is a preferable design to a plain discharge electrode such as round or spiral wire. As the round or spiral electrodes become contaminated with particulate, the corona generation sites may shift. In cases of tenacious dust where normal discharge electrode rapping may be inadequate, heavy particulate build-up along the length of the discharge electrode may result in poor vertical distribution of the corona current. Furthermore, these patterns may change with the time. The specific corona generation points of an RDE are advantageous because these points will not change with time. The continuous corona generation at these points result in the corona generation point being maintained at their designated optimum position.

DESIGN FLEXIBILITY

One advantage of the design of a rigid discharge electrode is its flexibility to modify the V-I characteristic for specific applications. Since the support and corona generation functions are separate, the corona generation components may be altered without affecting the support component. Changing the distance of the discharge point from the support body, the number of discharge points (point spacing), and the orientation of the points toward the collecting plate can all significantly affect the V-I curve. Each of these three factors will be discussed briefly.

The spacing of the discharge point from the support body of the RDE is the first consideration. The further the point is away from the body, the less effect the body has on the corona generation. Figure 10 shows V-I curves for an RDE with spike lengths of three quarters of an inch and two inches. The closer the discharge point is to the body, the higher the corona starting voltage and the flatter the V-I curve. There appears to be a critical distance above which the V-I curve is unaffected and below which the curve is

significantly affected. The critical distance will vary depending on the actual electrode body shape. The V-I curves in Figure 10 show a significant effect with the three-quarter inch distance.

The number of points per length or discharge point spacing is the second factor. Figure 11 shows V-I curves with point spacings of six inches and three inches. Doubling of the number of discharge points increased the slope of the V-I curve. In this example the corona current is increased by 30% for doubling of discharge points.

The last design flexibility factor is the orientation of the discharge points toward the collecting plate. In the normal RDE design the discharge points are located on the centerline between collecting plates. But if the discharge points are bent toward the collecting plate, the V-I curve can be shifted. Figure 12 shows a comparison of V-I curves if the discharge points are at the center of the gas passage or bent toward the collecting plate.

VOLTAGE WAVEFORM ENHANCEMENT

The RDE may enhance EP performance by modification of the shape of the voltage waveform of the precipitator. A simplified electrical model of an electrostatic precipitator is shown in Figure 13. If we make the simplifying assumption that the capacitance and resistance of the dust layer are negligible, a simple parallel resistor-capacitor network is left. For a given resistance, the larger the capacitor, the more uniform the voltage waveform will be. Due to the thyristor control of power in an electrostatic precipitator, current does not flow continuously. This results in ripple in the DCkV. This is shown in Figure 14 as waveshape A. An increase in the capacitance of the precipitator system will result in a flatter, less peaked waveshape as shown in waveshape B. If a precipitator is in the sparking mode and the peak voltage is the point at which sparkover occurs, then the average voltage will be higher in the case with higher capacitance. The larger body of the RDE produces a higher electrode-to-electrode capacitance, and may provide enhanced EP performance over other discharge electrode types.

SUMMARY

This paper has provided a summary of the designs of discharge electrodes in electrostatic precipitators. Characteristics of properly designed discharge electrodes were presented and include cost effectiveness, ease of installation, alignability, rapability, reliability and performance. Emphasis was placed on the electrical characteristics of discharge electrodes and the paper discussed how rigid discharge electrodes enhance the electrical properties of discharge electrodes, and thus, enhance electrostatic precipitator performance. The flatter voltage current curve, good current distribution, ability to be customized for different applications, and ability to modify the precipitator voltage waveshape, make the rigid discharge electrode a superior design in many aspects. It is

the author's belief that just as the rigid frame and rigid mast discharge electrode designs have replaced weighted wire designs in the past, so will rigid discharge electrodes replace rigid frame and mast type discharge electrodes in the future. The rigid discharge electrode is truly a third generation design.

REFERENCES

J.R. McDonald and A.H. Dean. Electrostatic Precipitator Manual Park Ridge: Noyes Data Corporation, 1982, pp. 29 -35, 145 -147.

H.J. White. Industrial Electrostatic Precipitation. Palo Alto: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1963, pp. 155 -159.

Rigid Discharge Electrode Electrostatic Precipitators. Environmental Management Associated, Inc., April 1983, pp. 19-21, 54 -110.

D. Pontius, P. Vann Bush, and L. Sparks. "Performance of Large Diameter Wires as Discharge Electrodes in Electrostatic Precipitators." Journal of the Air Pollution Control Association, December 1984, pp. 1203 -1207.

G. Gawreluk. "Operating Experience with Rigid Electrode Precipitators on Wood-Fired Boilers." Proceedings of the Third International Conference on Electrostatic Precipitation, October 1987, pp. 823 - 830.

H. Krigmont, R. Allan, R. Triscori, H. Spencer III. "Laboratory and Full-Scale Characteristics of Electrostatic Precipitators with Rigid Mast Electrodes." Proceedings: Fifth Symposium on the Transfer and Utilization of Particulate Control Technology, Vol. 2, August 1984, pp. 12/1 - 12/21.

K. Pole, S. Mortmain, M. Bergstrom. "Modern Electrode Geometries and Voltage Waveforms Minimize the Required SCAs." Proceedings of the Eighth Symposium on the Transfer and Utilization of Particulate Control Technology, March 1990.

R. Adams and P. Gelfand. "Development and Evaluation of a New Precipitator Emitter Electrode." Proceedings of the Fourth Symposium on the Transfer and Utilization of Particulate Control Technology, Vol. 2, October 1982, pp. 35 - 50.

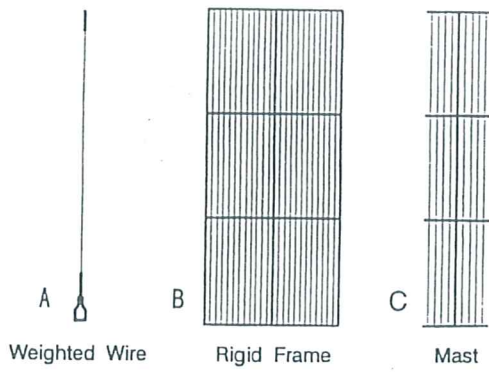


FIGURE 1. Discharge electrode types

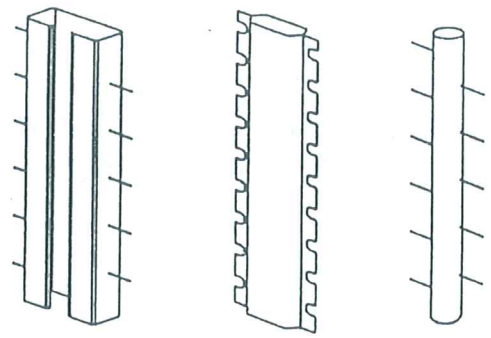


FIGURE 5. Typical rigid discharge electrodes

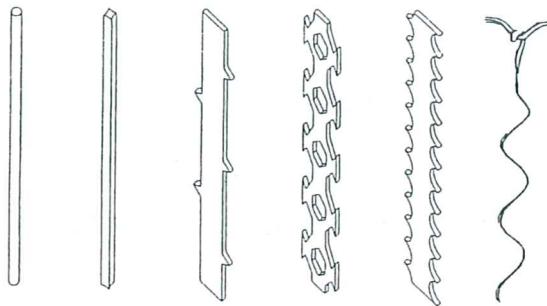


FIGURE 2. Typical discharge wires

V - I CURVES

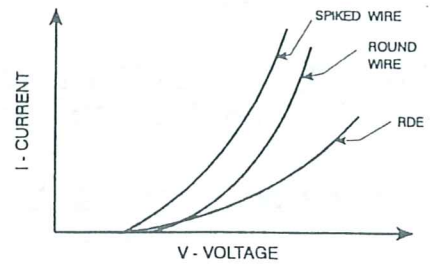


FIGURE 6. Comparison of V-I characteristics for various discharge electrodes

V - I CURVES

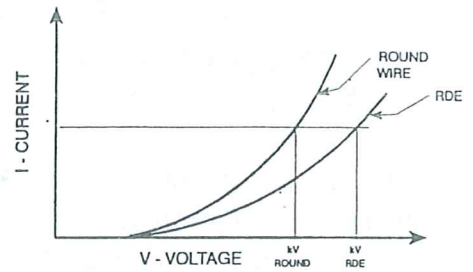


FIGURE 7. Comparison of operating voltages of discharge electrodes for fixed current

V - I CURVES

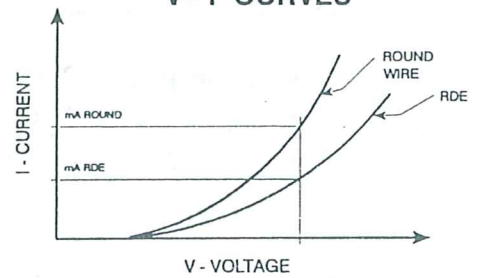


FIGURE 8. Comparison of operating currents of discharge electrode for fixed voltage

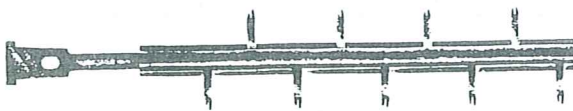


FIGURE 3. Typical rigid discharge electrodes

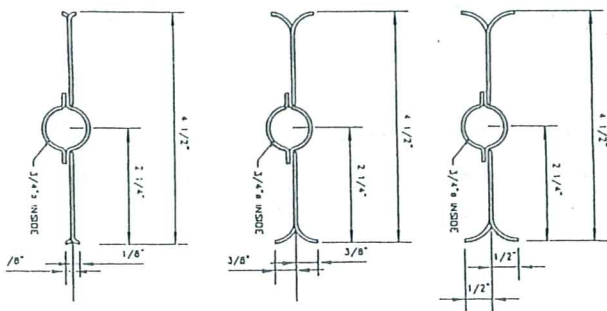


FIGURE 4. Typical rigid discharge electrodes

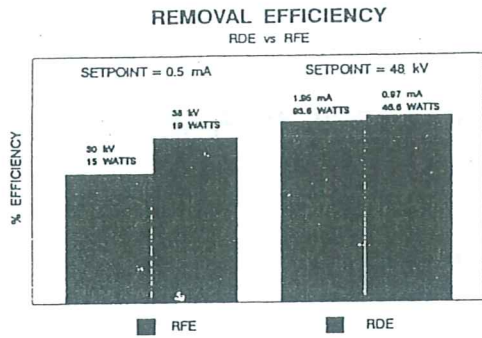


FIGURE 9. Comparison of RDE and RFE efficiency for fixed current and fixed voltage

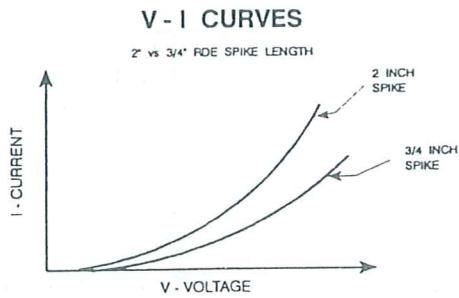


FIGURE 10. Comparison of V-I curves for short and long length discharge points

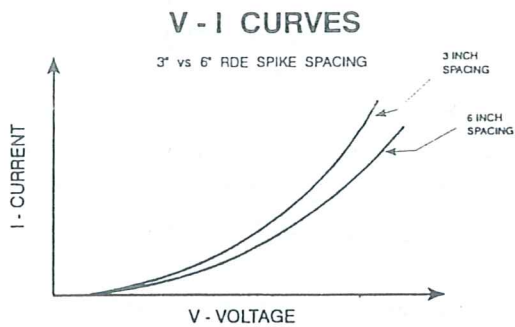


FIGURE 11. Comparison of V-I curves for various discharge point spacings

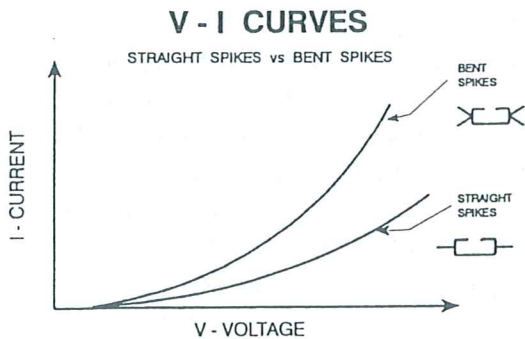
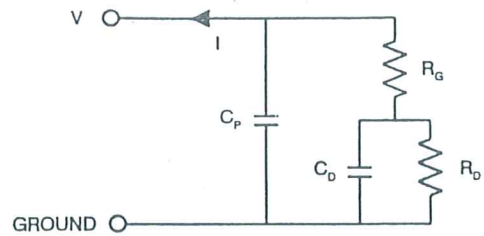


FIGURE 12. Comparison of V-I curves for various discharge point locations



V = Voltage applied across electrodes in volts
 I = Total conventional current flow in amperes
 C_p = Equivalent capacitance of the electrode system in farads
 R_g = Equivalent resistance of the inter-electrode region in ohms
 C_d = Effective capacitance of the dust layer in farads
 R_d = Effective resistance of the dust layer in ohms

FIGURE 13. Electrical model of EP

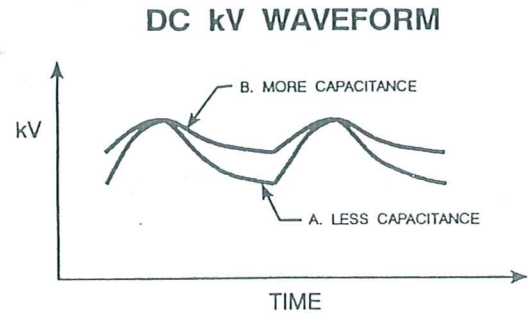


FIGURE 14. Capacitance effect on voltage waveshape

影像處理應用於二維流體化床氣泡行為之研究

鄧治東, 李文駿, 林春宏, 曾華裕
中原大學機械系
中壢市

本文乃針對二維流體化床, 發展出一套程式。其內容為利用影像處理的方法, 以記錄及評估二維床中氣泡個別及群體行為, 藉此改進傳統之壓力擾動量測方式, 並進一步計算出氣泡之面積及移動速率。所得結果顯示, 影像處理法已成功的應用在二維流體化床氣泡生成行為之量測, 此後更可依此量測技術, 深入的探討氣泡之成長速率與生成頻率, 本文所得結果對於流體化床氣體分配板與噴嘴之設計將有實質的貢獻。

關鍵字: 流體化床, 影像處理, 氣泡量測

前言

流體化床因具有良好氣固相粒子的混合效果、高熱傳及質傳效率等優點, 目前被工業界廣泛運用在兩相粒子的混合反應上, 如粒子的乾燥、燃燒、觸媒裂解、鍛燒、混合等。而氣體分佈器可謂為氣固流體化床之心臟, 是流體化床操作成功與否的關鍵, 因分佈器設計對流體化的品質有決定性之效應, 諸如流體化的均勻性、穩定性、氣固的流動型態、分佈器上的粒子靜滯區的範圍、氣體在分佈器的孔口上之噴氣現象及氣泡的生成機構、流體化不良時氣體渠道現象的程度、氣泡之大小與分佈、粒子從孔口滲漏至給風區以及床內的熱傳與質傳效果等, 均與分佈器之設計有關, 且分佈器的阻力為計算整組流體化床系統總流體流動阻力之重要因素。

傳統上研究流體化床氣體分佈器的方法, 乃利用探測儀器量測流體化床內之壓力擾動、溫度、濃度等物理性質, 作為判斷流體化品質的依據, 並發展出許多的經驗公式及理論模型。但傳統的方法因使用探針深入流體化床柵格區內部, 如此或多或少都會干擾到氣泡與粒子的壓力擾動及流場, 此乃一種破壞性的量測。因此欲發展一套可靠精確的流體化床氣體分佈器設計程序, 應先建立二維或三維流體化床影像處理系統, 用以量測氣泡的流體動力行為。

自 1950 年起就開始有針對流體化床氣泡行為的研究, 其中大部份是以壓力擾動做為量測依據。Grohse[1]是最早將 X-ray 吸收(X-ray absorption)方法運用在流體化床的分析上。他研究主要的目的是藉由 X-ray 被床中氣泡及粒子吸收的吸收率來計算氣泡的分佈狀況及即時監視流體化床局部的濃度及濃度變化。Rowe 及 Yates[2-4]藉由 X-ray 的幫助針對流體化床氣泡的生長、分裂, 分佈狀況及溫度、壓力效應進

行研究。Shell 以及 Esso[1]兩家石油公司利用 γ -ray 來量測流體化床的粒子分佈狀況。此外, Bartholomew 和 Casagrande[5]以及 Saxton 和 Worley[6]使用 γ -ray 吸收率來決定床質密度分佈。Turlier 等人[7]發展出工業級(industrial-scale)的 γ -ray 裝置, 可獲得單色三維密度分佈圖。其中將 γ -ray 吸收率使用在流體化床實驗研究上的報告亦相當的多[8-10]。儘管如此, 三維床中的氣泡量測, 受限於三維床中的粒子並非透明且彼此重疊, 因此必須使用具穿透性的 X-或 γ -ray, 但畢竟此等器材較為昂貴, 且所拍得的影像解析度較低, 因此三維床中的氣泡量測並非最佳之量測方式。

Lim 和 Agarwal [12]利用影像套裝軟體分析在二維床中氣泡的分佈、面積、速率等物理量。Mudde, Schulte 及 van der Akker[13]發展出一套半自動的影像處理系統來量測二維床中氣泡的大小、速度及形狀。此系統將 VHS 錄影帶的影像數位化成每張 256×256 像點, 每個像點具有 256 灰階的數位化影像; 再將影像以 TCL-Image 套裝軟體做影像的加強。在影像分割方面, 以最小熵值法(minimal entropy method)來決定門檻值(threshold value)。渠等之研究, 以人工的方式來選取適當的影像以供計算氣泡速率, 且並未考慮氣泡的分裂、合併等複雜情況; 對於快速的氣泡運動量測, 將造成人為取樣的誤差。

本文乃針對二維流體化床, 發展出一套利用影像處理的方法, 分別記錄及量測二維床中氣泡行為的系統。本研究利用 Raptor 影像擷取卡(Raptor's frame grabber)來擷取 CCD 或錄影帶所得之影像, 此卡置於 pc 486DX4-100 中, 此 pc 係傳輸、分析與解讀之工具。影像經擷取數位化後, 再將數位影像以電腦分析, 隨後再以影像處理方法對影像進行還原及加強、分割, 同時並考慮氣泡的分裂、合併等情況, 藉此自

*編按轉載自第八屆燒科技研討會論文集, 本文為學生親自報告論文得獎論文

動尋找屬於同一個氣泡的氣泡群，以計算氣泡的面積、上升速度及膨脹速率等物理量，提供往後氣體分佈器設計上之研究資料。

理論分析

為了使擷取之影像能夠更為準確的被分析，我們必須在處理影像前將影像還原，也就是消除在拍攝過程中因各種外在因素所造成的雜訊及失真。以下介紹本研究所使用的影像還原技術，以及影像分割的原理、方法：

圖形等化

對於灰階分佈範圍集中在非常窄區域內之原始影像，其灰階分佈圖藉由圖形等化(histogram equalization) [14]的影像增強方式，可使原始影像的各灰階值出現機率相同。更進一步，可將期望機率密度函數(desired probability density function)配合圖形等化使影像的灰階分佈圖能有我們期望的形狀，突顯某些灰階值範圍，以達到影像加強的目的。分佈圖圖形等化的公式如式(1)：其中 r 為灰階值， $p_r(w)$ 為灰階 r 的的機率(probability)， s 為轉換後的灰階值。

$$s = f(r) = \int p_r(w) dw \quad 0 \leq r \leq 1 \quad (1)$$

影像還原與加強

影像在光源的照射、流體視覺化、資料擷取等處理步驟下，皆會產生不同程度的失真，此步驟在使影像恢復原有的面貌，並進而將物體本身從背景中強調出來。擷取的影像可用下列的數學模式來表示：

$$g(x, y) = d(x, y) \times f(x, y) + n(x, y) + b \quad (2)$$

其中 $d(x, y)$ ：疊加的雜訊

$f(x, y)$ ：原始影像

$n(x, y)$ ：高頻雜訊

b ：亮度偏差(bias)

$g(x, y)$ ：擷取的影像

原始影像 $f(x, y)$ ，可由下式的處理步驟，從擷取的影像 $g(x, y)$ 中獲得：

$$f(x, y) = \frac{g(x, y) - n(x, y) - b}{d(x, y)} \quad (3)$$

式(2)中的 $n(x, y)$ 是在攝影機拍攝過程中、或是使用影像擷取卡在將影像數位化過程中，電子電路中所產生的高頻雜訊。顯示在螢幕上是一個個小而孤立的亮點。又在拍攝過程中由於氣泡移動的速度很快，因此所擷取之影像可能會有殘像的產生。本研究採用空間域低通濾波法以去除此殘像及消除雜訊。

空間域低通濾波

使用空間遮罩 (spatial mask) 來處理影像通常稱為空間域濾波法[14]。空間域濾波法一詞乃是相對於頻率域濾波法 (frequency domain filtering)。低通濾波將 Fourier domain 中的高頻部分消除，只留下低頻部份。目的在於減少雜訊，同時具有模糊影像的效果。我們可以利用一個 3×3 的遮罩 (mask)，中間及周圍的係數皆為正值，將影像中的每一個像點由左至右，由上而下以 3×3 的遮罩做遮罩 (masking)。用 z_1, z_2, \dots, z_9 表示遮罩下面任何位置上像素的灰階，像點的灰階值以 R 表示。則 R 值計算的方法如下：

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 \quad (4)$$

影像分割

影像分割(segmentation)是將影像中我們所關心的部分(物體)從背景(其它部分)中抽取出來。影像分割的方法很多，其中門檻法(thresholding)是最常使用的方法之一。

門檻法是分割(segment)灰階影像常用的工具。這種方法是建立在影像中的物體與背景可以藉由灰階值(gray level)區分出來的假設下。因為各種影像其物體與背景所佔的面積大小、灰階梯度、平均值、平均差都不同造成其灰階分佈圖(histogram)各種不同的分佈，所以有各種不同的門檻方法被提出來，以決定各類影像的門檻值。當門檻值決定之後，便以門檻法為依據將灰階影像二值化為0與1，其中1是表示物體本身，而0是代表背景，如此電腦便可判斷何者是物體何者是背景。數學式表示如下：

$$f(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(i, j) \geq \delta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

其中 $f(i, j)$ 為在座標 (i, j) 的灰階值， δ 為門檻值。在計算影像分割的門檻值上採用類神經網路中的自組織映射圖網路 (self-organizing feature map) [18]，其為一無監督式學習網路。原理就如人類神經細胞中物以類聚的特性，網路輸出的處理單元會相互影響，當網路學習完畢後，其輸出處理單元相鄰近者會有相似的功能，也就是具有相似的連結加權值，我

們便可以利用訓練完畢的網路將欲分析之資料分類。

自組織映射圖網路的演算法如下：

1. 以亂數設定神經元 (neuron) 連接間之權值
2. 利用下式找出輸入與輸出間的距離 d_i

$$d_i = \sum_j (X_j - W_{ij})^2 \quad (6)$$

其中 X_i 為第 i 個輸入

W_{ij} 為第 i 個輸入與第 j 個輸出單元間的連結加權值

3. 找出 d_i 最小者為優勝處理單元
4. 更新各輸入與輸出單元間的加權值

$$W = W + \Delta W$$

$$\Delta W = \eta \times (X_i - W_{ij}) \times f$$

$$f = \exp(-r/R) \quad (7)$$

其中 r 為輸出層處理單元與優勝單元間的距離

R 為鄰近半徑

η 為學習速率

5. 重複上述步驟直至各 W 值收斂為止

我們將欲分析影像之所有像點的灰階值分成四類，每一類的最小灰階值從大到小排列，則第二大的灰階值便是用於影像分割的門檻值。

氣泡的分裂與合併

流體化床內之氣泡的分裂與合併，為探討流體化品質的重要依據，因此如何辨識及計算氣泡的分裂與合併現象，乃本研究之另一重要課題。因此本文以位移(distance)作為判斷的標準。連續兩張圖中位移值最小之氣泡便視為同一個氣泡。

$$distance_i = (|x_{i1} - x_{i2}| + |y_{i1} - y_{i2}|) \times w_1 + (1/area_{i2}) \times w_2 \quad (8)$$

其中

(X_{i1}, Y_{i1}) : 上一張圖中，第 i 氣泡重心的位置點

(X_{i2}, Y_{i2}) : 下一張圖中，第 i 氣泡重心的位置點

$area_{i2}$: 下一張圖中，第 i 氣泡的面積

$$w_1 = \begin{cases} 1 & \text{if } y_1 - y_2 \geq 0 \\ \infty & \text{if } y_1 - y_2 < 0 \end{cases}$$

w_2 : 權值

位移值考慮兩個因素：(1) 氣泡彼此之間的距離，(2) 氣泡面積的大小。距離與大小兩者之間各應佔多少比重，牽涉氣泡本身的性質，如氣泡的速率、密度、膨脹速率，必須藉由調校權值以適應不同的性

質的氣泡。同時氣泡運動的方向應與重力相反，在影像中觀察，氣泡應由影像的下方朝上方運動。所以在式(8)中，若 $y_1 < y_2$ 時，這兩個氣泡判斷為不是同一個氣泡，此時權值 w_1 設為無限大。因這類氣泡的位移值與其它氣泡比較起來為最大，所以此氣泡與上一張氣泡是同一個氣泡的機率也就最小。另一權值 w_2 係一經驗值，一般而言係由分析者視流場之狀況而定。

計算氣泡面積與速度

根據完成的數位化氣泡資料，計算每一個氣泡的面積、重心，並根據氣泡的面積大小，由大而小的加以排序。接著依據數位化的氣泡資料以位移值為準則，考慮氣泡彼此之間的互動關係，來決定氣泡的合併與分裂。當氣泡的從屬關係決定之後，以每一個氣泡在連續影像中移動的距離來計算該氣泡的速度。速度計算方式如下：

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} / [T \times (n - p)] \quad (9)$$

其中 (x_1, y_1) : 前一張氣泡重心的位置

(x_2, y_2) : 下一張氣泡重心的位置

T : 每張影像的時間間隔

n : 下一張影像的編號

p : 前一張影像的編號

氣泡之等效直徑(equivalent diameter) D_{eq} 由下式獲得， A_b 為氣泡面積。

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4}{\pi} A_b} \quad (10)$$

實驗設備與方法

本文以寬500mm、高800mm，壓克力製的二維流體化床做為氣泡生成之研究，於床內裝填細砂，噴嘴位在床左側距分配板100mm處。在床底部邊緣及左側邊緣各有刻度，以便計算氣泡大小。光源則放置在流體化床另一側，以便在擷取影像時提供良好的照明，如圖一所示。

本實驗採用內含2MB快速VRAM的影像擷取卡(Raptor Video Frame Grabber) [16]，它可連接標準RS170 and CCIR攝影機，擷取卡的內部具有時脈可達40MHz的8-bit A/D 轉換器，可將類比輸入訊轉成

準RS170 and CCIR攝影機，擷取卡的內部具有時脈可達40MHz的8-bit A/D 轉換器，可將類比輸入訊轉成256灰階數位訊號。它擷取RS170影像為640×480像點，CCIR影像為768×752 像點。

首先將二維流體化床內填充細砂，調整一次空氣至起始流體化速度，經由底部分配板吹至床內，同時在床左側噴嘴通入空氣以產生氣泡。此時於流體化床背面放置光源，以增加影像的亮度與對比，並於流體化床前2公尺處架設CCD，並將CCD與影像擷取卡(frame grabber)連結以擷取流體化床氣泡的影像。

將CCD所拍得的影像，以影像擷取卡擷取每秒15張，每張640×480像點，每個像點256灰階的影像，擷取所需數目影像，存入硬碟。並以前述之影像處理理論所建構之程式，辨識氣泡位置與大小，進而計算出氣泡的上升速度、膨脹速率、生成頻率與分裂合併等現象[17]。

結果與討論

由CCD直接擷取下來的原始影像，如圖二所示。由圖二可看出在氣泡周圍與砂粒接觸部分有一灰色地帶，為氣體與砂粒彼此互相摻雜區。此灰色地帶也就是誤差產生的主要原因，砂粒與空氣兩者比例在何範圍是屬於氣泡，本是主觀上的界定而沒有絕對的標準，因此在考慮誤差時，只能以人眼根據經驗界定氣泡的大小來作為標準，再與系統處理的結果來作比較。經由系統處理後的影像如圖三所示，由圖中可看出經程式處理後所分割出的氣泡影像和以人眼來分辨的氣泡其範圍是相當接近的。

圖四至圖八為經過系統處理過後的連續二值化影像，氣泡當中的黑點為氣泡的重心，黑點當中的標號為系統給予該氣泡的編號。我們可以看出系統對於氣泡的合併、分裂等情況已可以自動分辨，如此將使得氣泡行為量測更為方便。在圖四的氣泡1分裂為圖五的氣泡1與氣泡4，圖五中氣泡1與氣泡4形成競爭關係，系統便依據位移值及運算法則來判斷何者與圖四當中的氣泡1是分屬同一個氣泡。由圖七中同時可觀察到氣泡3因移動速度緩慢，被後方從噴嘴產生的氣泡追上，合併成一更大之氣泡。在圖八中更可觀察到圖七當中的氣泡1在衝破床面時一部分氣泡因表面張力被拉回到床表面下，因而再度分裂為氣泡1與氣泡5。

圖十及圖十一分別為氣泡的等效直徑及上昇速度與床高之關係圖。由圖中可以看出隨著床高的增加氣泡之等效直徑及上昇速度因床壓力的減少而增加，其趨勢符合物理現象。我們可以由程式所分析出的數據、結果來研判氣泡的生成頻率及膨脹速率，藉以研究噴嘴及分配板之設計參數。

結論

本研究之初步成果顯示，影像處理法已成功的應用在二維流體化床氣泡生成行為之量測，對於傳統之測量方式已有顯著的改進。此後更可依此量測技術，深入的探討氣泡之成長速率與生成頻率，對於氣體分配板與噴嘴之設計將更有助益。

參考文獻

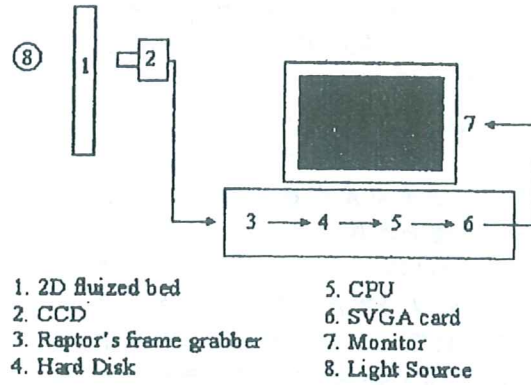
1. Grohse E. W., "AIChE J.," Vol. 3, p. 358, 1955.
2. Yates J. G., R.S. Ruiz-Martinez and Cheesman D. J., "Chem. Eng. Sci.," Vol. 45, p. 1105, 1990.
3. Yates J.G., Cheesman D. J. and Jordan S. P., in Potter O.E. and Nicklin D. J. (eds.), Fluidization VII, Engineering Foundation, New York, p. 185, 1992.
4. Yates J.G., Cheesman D. J., "AIChE", Symp. Ser., "Vol. 88, p. 34, 1992.
5. Bartholomew R. N. and Cassagrande R. M., "Ind. Eng. Chem.," Vol. 49, p. 428, 1957.
6. Saxton A. L. and Worley A.C., "Oil Gas J.," Vol. 68, p. 82, 1970.
7. Martin M. P., Turlier P. and Bernard J. R., "Powder Technol.," Vol. 70, p. 249, 1992.
8. Baumgarten P. K. and Gigford R. L., "AIChE J.," Vol. 6, p. 115, 1960.
9. Bloore P. D. and Botterill J.S.M., "Nature," Vol. 190, p. 250, 1961.
10. Clough D. E. and Weimer A. W., "Ind. Eng. Chem. Fundam.," Vol. 24, p. 235, 1985.
11. Bertollini G P., Oberdier L M., and Lee Yong H., "Image Processing System to Analyze Droplet Distributions in Sprays," "Optical Engineering, Vol. 24, No. 3, pp. 464-469, May-June 1985.
12. Simons S. J. R., "Image Techniques for Fluidized Bed System: a Review," the Chemical Engineering Journal, Vol. 56, pp. 83-93, 1995.
13. Mudde R. F., Schulte H.B.M., and van den Akker

H.E.A., "Analysis of a Bubbling 2-D Gas-Fluidized Bed Using Image Processing," Powder Technology, Vol. 81, pp. 149-159, 1994.

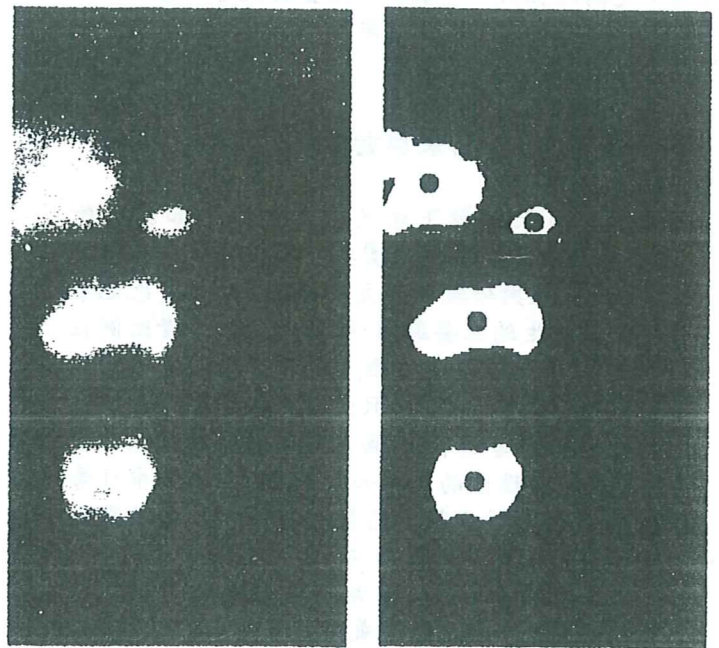
14. Gonzalez R. C., and Woods R. E., Digital Image Processing, 3rd Ed., Addison-Wesley, 1992.
15. Otsu N., "A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, pp. 62-66, January 1979.
16. Installation and User Manual, BitFlow Inc., 1993.
17. 李文駿, "以影像處理法量測二維床氣泡行為之研究", 中原大學機械系碩士班論文, 1997.1.
18. 葉怡成, "類神經網路模式應用與實做", 儒林圖書有限公司, 1995.

Abstract

In this study, we used the image processing technique to develop a computational methodology for recording and evaluating the individual and group behaviors of bubbles in a two-dimensional fluidized bed. The purpose of the work was to improve on the traditional pressure perturbation technique. In addition, the area and the speed of the bubble were determined in the present study. The methodology developed in this study can be used for the future investigation of the growth rate and formation frequency of the bubbles. These factors are essential for the designs of the nozzles and gaseous distribution plates for a fluidized bed.

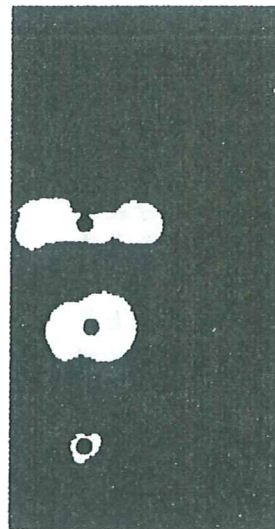


圖一 設備配製圖



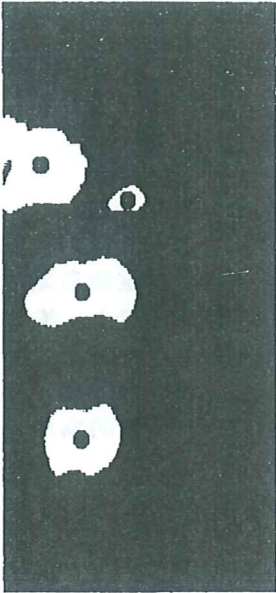
圖二 原始影像

圖三、處理後之影像

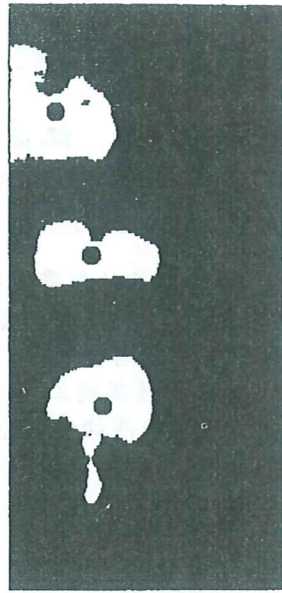


圖四、處理後之影像

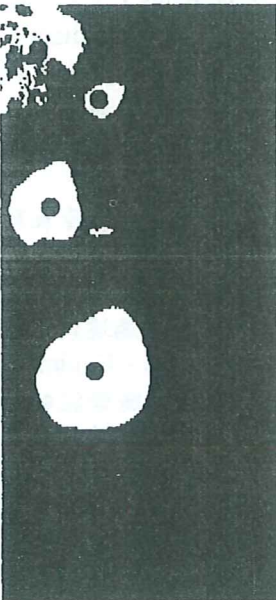
圖五、處理後之影像



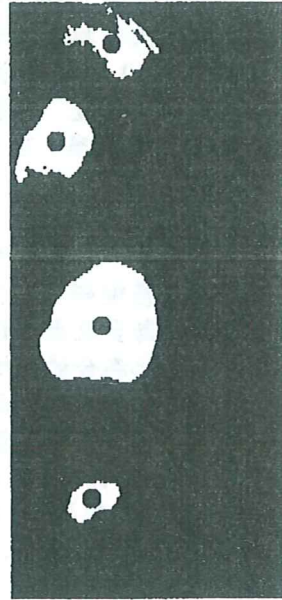
圖六、處理後之影像



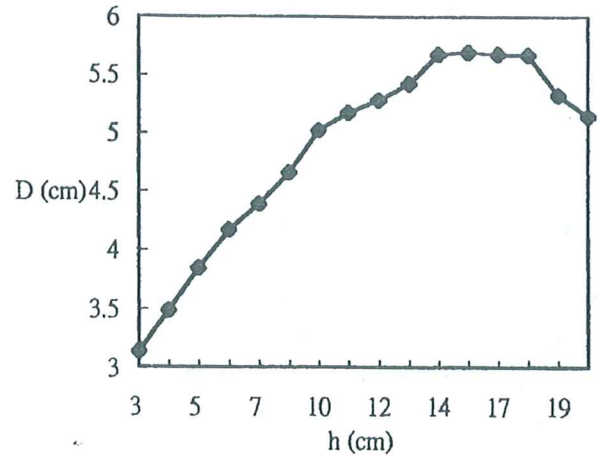
圖七、處理後之影像



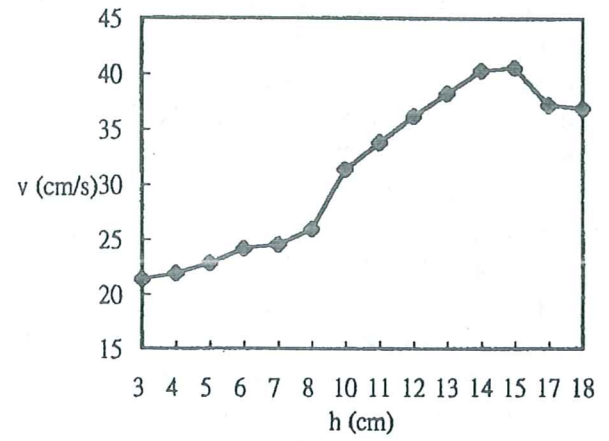
圖八、處理後之影像



圖九、處理後之影像



圖十、氣泡等效半徑與床高關係圖



圖十一、氣泡上昇速度與床高關係圖

液體之黏滯性對衝擊式注油器霧化特性之研究

黃祖宏* 黃文榮* 賴維祥** 江滄柳***

國立成功大學航空太空工程研究所

E-Mail: whlai@mail.iaa.ncku.edu.tw

摘要—本文目的在以實驗方法探討不同黏滯性的工作流體對衝擊式注油器霧化特性之影響。實驗結果顯示：在相同的噴流速度下，工作流體的黏滯性越大時，所得的液膜越小。另外，當衝擊流的速度越大、衝擊流衝擊角度越小及黏滯性越低的工作流體，其形成的液膜越容易由封閉環形（Close rim）轉變成週期性掉落（Periodic drop）。藉由Malvern雷射粒徑分析儀的量測得知，黏滯性高的工作流體在噴流速度較小時，會霧化出比低黏滯性的流體較大直徑的液滴。但在衝擊角度為90度及較高的噴流速度下，不管流體的黏滯性為何，皆霧化出直徑大約45 μm 的液滴，意即在此情況下霧化平均粒徑與流體黏滯性無關。

關鍵詞: 黏滯性、衝擊式注油器、液膜、平均粒徑

*研究生 **副教授 ***教授

一、前言

噴霧技術已經在現今的工業上廣泛地運用。霧化的過程是透過注油器（Injector，或是稱為霧化器“Atomizer”）的作用來完成。隨著所使用的環境不同，注油器也區分為非常多的種類，其操作的方式雖然不盡相同，但是目的並無二致，都是希望能將液態的工作流體（Working fluid），碎裂成直徑細小的液滴，達成符合我們使用需求的霧化品質，以促進液體之蒸發及與空氣之混合，並進而改善燃燒效率及減低廢氣污染。因此噴霧技術在燃燒科技扮演著非常重要的角色。在描述噴霧特性時，噴霧錐角（Spray angle）、霧化液滴平均粒徑（SMD）及其尺寸分佈（Size distribution）與空間分佈（Spatial distribution），以及其運動的軌跡（Trajectory）等資料，便代表了一個注油器的霧化品質。

注油器隨著不同環境的使用需求而有不同的形式，若是加以分類，主要可以區分為壓力型、速度型、機械型以及振動型等種類。上述的各種注油器皆有其各自的操作特性與適合的使用環境，因為有非常多的學者深入的研究，所以對它們的特性瞭解較為清楚。然而，廣泛地被運用在小型液態火箭引擎中作為推進劑供應及霧化混合作用的衝擊式注油器（Impinging-jet injector），由於其使用在與國防有關的領域上，技術資料常被列為機密，甚少公開發表，因此我們對它的瞭解相當有限。

衝擊式注油器的操作原理是利用兩股或者更多的噴流（Liquid jets）相互衝擊，藉由其衝擊時的巨大能量將噴流液柱（Jet stream）擊碎成直徑細小的液滴，這當中相互衝擊的噴流可以為同質性的液體，亦可以是異質性的液體，前者稱為同質衝擊（Like impingement），後者則稱為異質衝擊（Unlike impingement）。

衝擊式注油器之所以被廣泛的運用在小型雙推進劑液態火箭引擎燃燒室之中，是因為小型雙推進劑液態火箭通常使用可儲藏式（Storable）的自發性反應推進劑（Hypergolic propellants），為了在最短的距離內使推進劑當中的氧化劑（Oxidizer）與燃料（Fuel）能夠充分的霧化且均勻的混合，以縮短燃燒室的長度、減低重量，同時達到均勻穩定的最佳燃燒效率，衝擊式注油器便成為最佳的選擇。

有關衝擊式注油器方面的研究文獻發表雖然並不是很多，然而即便如此，早在1956年便有學者對其進行基礎研究，其中Rupe【1】提出：兩股同質噴流的動量及出口孔徑一致時，才能達到最佳的衝擊和霧化混合的特性，如圖一所示。Heidmann等人【2】利用甘油溶液為工作流體對衝擊流的衝擊碎裂與霧化特性進行基礎研究，將衝擊流衝擊碎裂的過程區分為四種模式：分別為封閉環形（Close rim）、週期性掉落（Periodic drop）、開放環形（Open rim）、以及完全發展（Fully developed）等。以及提出：在較高的同一噴流速度下，黏滯性越高的工作流體所量得的液膜長度及寬度越大。Dombrowski和Hooper【3】的研究結果顯示，在層流與紊流不同的衝擊噴流下，衝擊霧化後的液滴尺寸大小分佈的趨勢有著明顯的差異；而且衝擊角度越大，霧化後液滴的粒徑越小，分佈的範圍越廣且越平均。近年來，Jiang和Huang【4】以水為工作流體，對衝擊式注油器的衝擊霧化特性及霧化後液滴的空間分佈作基礎性的研究，結果發現當衝擊角度與速度越大時，則液滴空間分佈的均勻性也隨之較好。Kang, Shen與Poulikakos等人【5】以雷射全像攝影的方法，探討衝擊液膜的形狀與其所延展的面積，同時也以數學理論模式，預測不同衝擊角與衝擊噴流速度下液膜的形狀，以及分析液膜破裂後的液滴粒徑。Dorfner等人【6】藉著改變工作流體的黏滯

*編按轉載自第八屆燒科技研討會論文集，本文為學生親自報告論文得獎論文

性與表面張力對壓力式渦旋霧化器作霧化特性之研究，他們提出當工作流體的表面張力及黏滯性增加時，能獲得直徑較大的霧化液滴。

本研究是以實驗的方式，針對同一孔徑的噴嘴（0.5mm）、在不同的衝擊角度下（60° 和90°）、及黏滯性不同的工作流體，利用CCD影像分析系統，觀察液膜的成長。以及利用Malvern雷射繞射粒徑分析儀，量測流場霧化後液滴的粒徑分佈。

二、實驗設備及儀器

本研究所用來量測噴霧的實驗裝置如圖二所示，包括測試台架、液體供應系統、影像擷取分析系統及粒徑分析系統四部份。

測試台架包括三維移動平台、注油器固定及調整機構，以及液滴收集槽。注油器裝於一不銹鋼板上，用以固定角度，鋼板再連接一不銹鋼管，鋼管則固定於三維移動平台上，三維移動平台則由步進馬達(Stepping Motor)透過一驅動系統(Driving System)帶動，直接由電腦控制X、Y和Z軸三個方向的位置。

液體供應系統主要包括小型空壓機、液體儲存槽和高壓氮瓶。液體儲槽內之液體經由小型空壓機或高壓氮瓶所提供之壓縮空氣加壓後，經過裝有渦輪流量計(Turbine flowmeter, SPONSLER model MF20)，及控制閥的管路後到達注油器。液體的流量可由針閥來控制，須控制兩股噴流的動量一致，才能形成良好液膜形狀。

當液膜形成時，由CCD擷取影像存檔，並利用視訊影像處理軟體分析資料。

此次實驗之粒徑量測儀器為Malvern Model 2600雷射粒徑分析儀，鏡頭焦距為600mm。其原理是由一部2.6mV氬-氬雷射產生紅色的雷射光，藉由光束擴大器將雷射擴大成直徑9mm的平行光後，穿過噴霧流場中的液滴產生繞射光，經由傅立葉透鏡收集後，由光檢測器感應光強度，再將訊號傳送到個人電腦上，由軟體執行處理。此儀器不但可以省去對焦的麻煩，更因傅立葉透鏡將平行光聚焦於同一點的特性，可以不必考慮位置不同所造成的困擾。

實驗所使用之注油器為自行加工，注油器孔口直徑為0.5mm，長度直徑比(length to diameter ratio, l/d)為10，衝擊角度的選擇為60° 與90° 兩種。

三、結果與討論

參考Dorfner等人【6】之方法，本實驗所使用的工作流體為糖水溶液，利用淨化過的純水當作溶劑，糖當作溶質，藉由改變溶液的重量百分率濃度來改變溶液的黏滯性，而溶液的表面張力幾乎相

同，如表一所示。由表一可知，Fluid1為純水，Fluid2至Fluid5為黏滯性不同之糖水溶液。本文選擇Fluid2至Fluid5與純水作比較，其黏滯性分別約為純水之10、20、30及40倍。

圖三為Fluid1溶液在衝擊角度等於90° 下所產生的液膜與噴流速度的關係圖。由圖三可知，兩股噴流衝擊碰撞所形成的液膜其長度(Length)與寬度(Width)會隨著噴流速度的增加而變大。但液膜的長寬比(L/W)卻隨著噴流速度的增加而維持在一定值(L/W≈2.2)，即衝擊碰撞液膜之形狀在不同噴流速度大致保持不變。當噴流速度持續增加時，液膜會由週期性掉落型態轉變成開放環形以及完全發展型態。

圖四為較高黏性流體Fluid2至Fluid5溶液在衝擊角度等於90° 下所產生的液膜與噴流速度的關係圖，在量測速度範圍內，液膜均呈現封閉環形型態，與純水Fluid1形成週期性掉落有所不同。由圖可知，各黏滯性不同的工作流體所形成液膜的長、寬及長寬比與噴流速度的關係圖與純水有相同的趨勢，但是長寬比維持在2.5-2.7左右。由此圖可以發現，當工作流體的黏滯性越大時，在相同的噴流速度下，所形成液膜的長、寬會相對的較小。這是因為黏滯性較大的工作流體形成液膜時，會產生較厚的液緣(Rim)，導致較多的流體集中在液緣上，因此液膜相對的較小。

圖五為圖三和圖四的組合圖。由圖五可以發現，Fluid1為黏滯性最小的流體，但其產生的液膜卻小於高黏滯性流體所產生的液膜。這是因為Fluid1所形成的液膜型態為週期性掉落，如圖六。而高黏滯性流體所形成的液膜型態皆為封閉環形，如圖七。由圖六可知，在Fluid1所形成的液膜中(Periodic drop)，有一部份的流體沿著液膜邊緣的切線方向散射出來，形成液滴。所以，由Fluid1所形成的液膜會較高黏滯性流體形成的液膜來得小。這個實驗結果與Heidmann【2】的實驗結果相反，這是因為Heidmann所量得的液膜型態是屬於週期性掉落。因為在週期性掉落的型態下，黏滯性越大的流體其形成液膜的外緣(rim)越不容易散射出液滴，所以導致形成較大的液膜。

圖八為在衝擊角度等於60° 下Fluid3至Fluid5溶液所形成的液膜與噴流速度的關係圖。在此圖裏不包含Fluid2溶液所形成液膜的數據，這是因為Fluid2溶液在此衝擊角度下其所形成的液膜為週期性掉落型態，如圖九所示，而不是封閉環形型態。由前面敘述可知，噴流衝擊角度越小，液膜的型態越容易由封閉環形轉變成週期性掉落；以及黏滯性越大的流體其形成液膜越不容易由封閉環形轉變成週期性掉落。由圖八可以發現，在相同的噴流速度下，液膜的長及寬也隨著流體黏滯性的增加有些微的減小，長寬比大都維持在4左右。再由圖四及圖八相互比較可知：噴流的衝擊角度越大時，其產

生的液膜也較大。這是因為衝擊流的衝擊角度越大，則兩股噴流相互衝擊的動量分量也隨著變大，所以會產生較寬的液膜。反之噴流的衝擊角度越小時，其產生的液膜也較窄、較細長，即長寬比(L/W)較大。

圖十為孔口直徑等於0.5mm、衝擊角度在90°下，Fluid1和Fluid5其衝擊流衝擊霧化後，液滴的平均粒徑(SMD)與噴流速度的關係圖。由此圖可以觀察出，兩種黏滯性不同的工作流體在速度較小的區域(<10m/sec)，SMD皆隨著速度的增加很快的減小，且Fluid1霧化出較Fluid5小的SMD；在速度較高的區域(>20m/sec)，SMD隨著速度的增加平緩的減小，而且在高速度下，Fluid1及Fluid5其SMD皆趨近於一定值(≈45 μm)。

四、結論

由以上結果與討論，本實驗可獲致下列結論：

1. 當工作流體的黏滯性越大時，兩股噴流形成的液膜型態會越明顯，這與Heidmann【2】的觀察一致，且當兩股噴流衝擊形成液膜時，不管液膜的型態為何(Close rim或者是Periodic drop)，液膜的長、寬皆隨著噴流速度的增加而增加。但長寬比卻大致維持一定值，即液膜形狀保持固定。
2. 當所形成的液膜在封閉環形型態，在相同的噴流速度下，液膜形成的大小隨著液體黏滯性的增加而減小。而Heidmann之結論為液膜的大小隨著液體黏滯性的增加而變大，實由於其所形成的液膜屬於週期性掉落與開放環形的型態，與本文液膜型態不同。
3. 當兩股噴流相互衝擊形成封閉環形時，其液膜的長寬比(L/W)隨著衝擊角度的增加而減小。當衝擊角度在90°時L/W約為2-3，在60°時L/W約為3.5-4.5。
4. 當衝擊流的衝擊速度越大、衝擊流衝擊角度越小、以及黏滯性越低的工作流體，越容易使液膜由封閉環形轉變成週期性掉落。
5. 在較高的噴流衝擊速度下(衝擊角度為90°)，其霧化所產生液滴的平均粒徑與工作流體的黏滯性無關，皆趨近於45 μm。當噴流速度小於某值時，黏滯性高的工作流體會形成較大的霧化液滴。

誌謝

本文承蒙國科會計劃編號NSC87-2212-E-006-092支援研究經費，特此誌謝。

五、符號說明

l：噴嘴孔口長度
d：噴嘴孔口寬度
Length (L)：液膜最大的長度

Width (W)：液膜最大的寬度

SMD：平均粒徑

θ ：衝擊角度

六、參考文獻

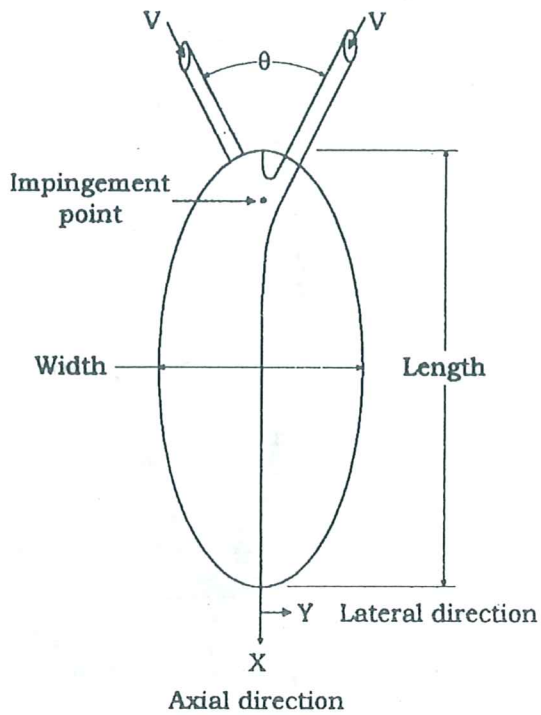
1. Rupe, J.H., Jet Propulsion Laboratory Progress Report 20-209, California Institute of Technology, Pasadena, CA (1956).
2. Heidmann, M.F., Priem, R.J. and Humphrey, J.C., "A study of sprays formed by two impinging jets," NACA TN 3835, March (1957).
3. Dombrowski, N. and Hooper, P.C., "A Study of the Spray Formed by Impinging Jets in Laminar and Turbulent Flow," Journal of Fluid Mechanics, pp.392-400 (1964).
4. Jiang, T.L. and Huang, W.R., "Experimental Study on Atomization Mechanism of Doublet Impinging Type Injector," The 37th Conference on Aeronautics and Astronautics, Taipei, Taiwan, R.O.C. (1995).
5. Kang, B.S., Shen, Y.B. and Poulikakos, D., "Holography Experiments in the Breakup Region of a Liquid Sheet Formed by Two Impinging Jets," Atomization and Sprays, Vol.5, pp.387-402 (1995).
6. Dorfner, V. J. Domnick, F. Durst, and R. Kohler, "Viscosity and Surface Tension Effects in Pressure Swirl Atomization," Atomization and Sprays, Vol.5, pp.261-285 (1995).

Viscosity Effect on the Characteristics of Impinging-Jets

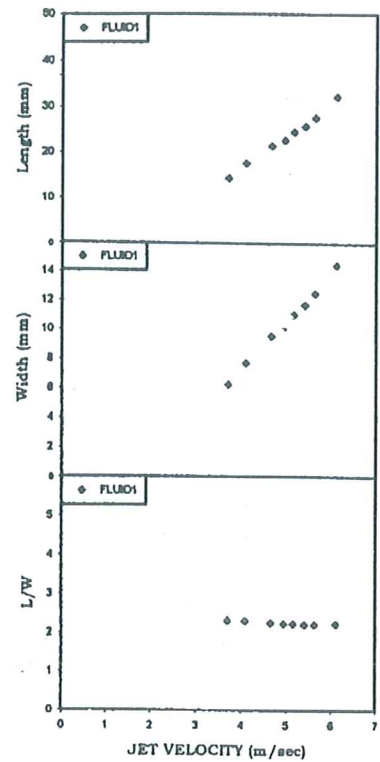
T.H. Huang, W.R. Huang, W.H. Lai, T. L. Jiang
Institute of Aeronautics and Astronautics
National Cheng Kung University
Tainan, Taiwan 70101

ABSTRACT

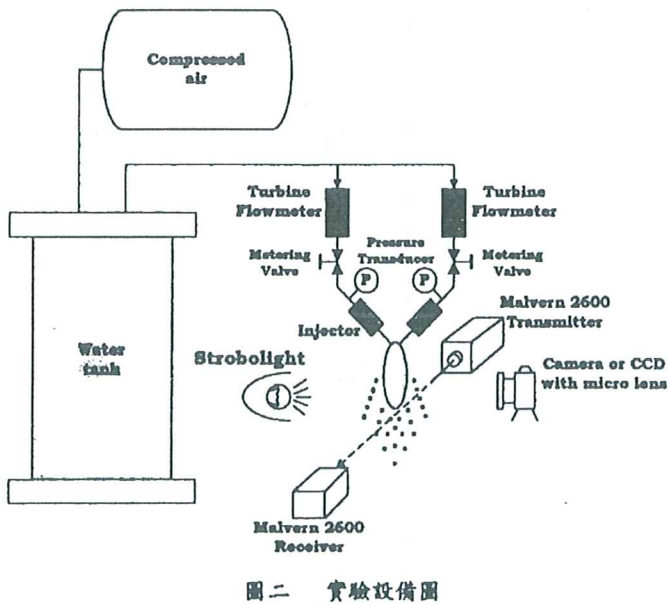
The objective of the present study is to investigate the influence of the viscosity of the working fluid on the atomization of impinging-jets injectors. The results show that the larger viscosity of the working fluid, the smaller liquid sheet is formed at the same impinging-jet velocity. Besides, it is easily transformed from "close-rim" mode to "periodic-drop" mode with increasing impinging-jet velocity, decreasing impingement angle, and decreasing the viscosity of the working fluid. With the measurement of Malvern particle sizer, it is seen that the mean drop size is bigger as viscosity of the working fluid getting higher at low impinging-jet velocity. However, it is atomized into about 45 μm droplets at higher impinging-jet velocity which is independent on the viscosity of working fluids.



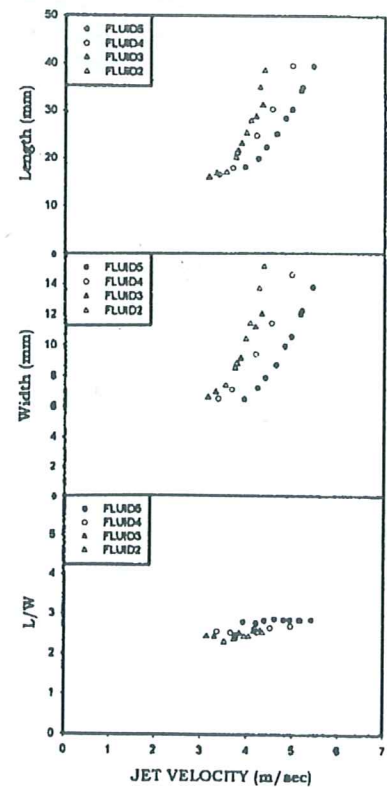
圖一 衝擊式注油器液膜形成示意圖



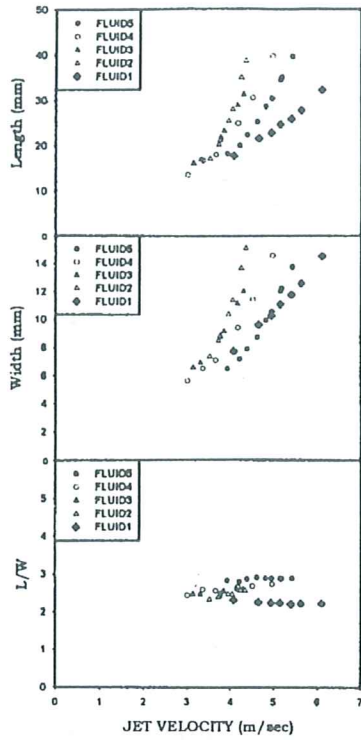
圖三 Fluid1溶液, 衝擊角度為90度液膜與噴流速度關係圖



圖二 實驗設備圖



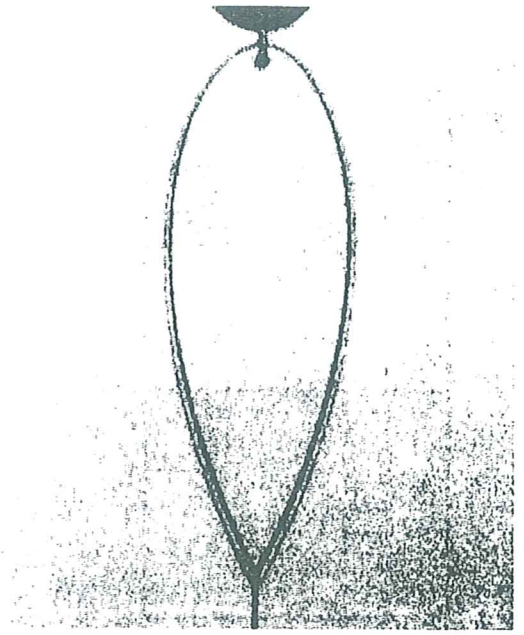
圖四 Fluid2至Fluid5, 衝擊角度為90度液膜與噴流速度關係圖



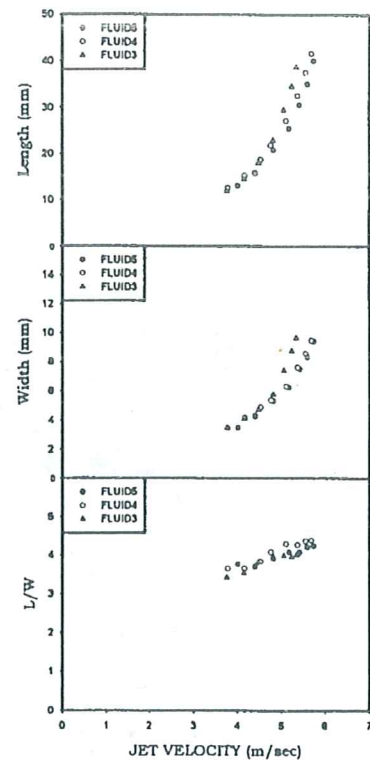
圖五 Fluid1至Fluid5, 衝擊角度為90度
液膜與噴流速度關係圖



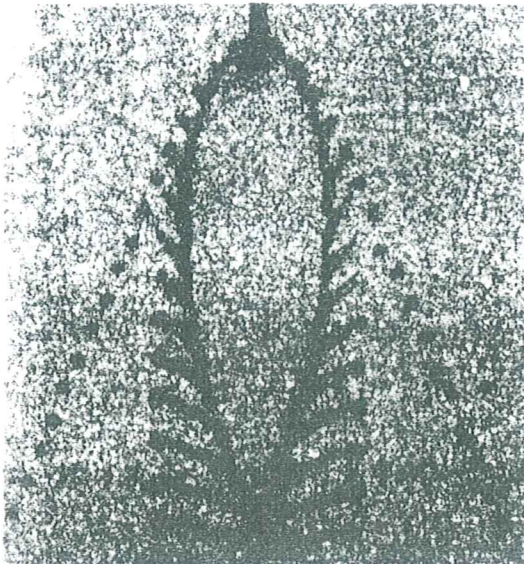
圖六 Fluid1 衝擊角度為90度
週期性掉落(Periodic drop)



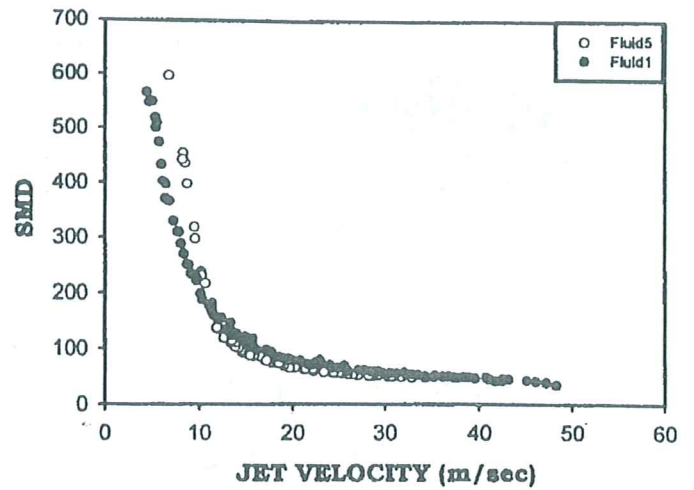
圖七 Fluid5 衝擊角度為90度
封閉環形(Close rim)



圖八 Fluid3至Fluid5, 衝擊角度為60度
液膜與噴流速度關係圖



圖九 Fluid2衝擊角度為60度



圖十 孔口直徑0.5mm,衝擊角度90度,噴流速度與霧化液滴平均粒徑(SMD)關係圖

表一 工作流體性質表

Fluid No.	Water wt%	Sugar wt%	Surface tension, σ $\times 10^{-3}$ (N/m)	Viscosity, μ $\times 10^{-3}$ (Ns/m ²)	Density, ρ (Kg/m ³)	ν (μ/ρ) $\times 10^{-6}$ (m ² /s)
1.	100	0	73.0	1.0	1000	1
2.	55	45	69.0	9.8	1205	8.1
3.	48	52	69.5	20.2	1247	16.2
4.	45	55	70.3	29.5	1260	23.4
5.	43	57	70.5	39.0	1267	30.8



第四屆熱流觀測圖片競賽記要及回顧

張克勤、侯順雄

熱流觀測圖片競賽之構想，源始於五年前和幾位從事燃燒實驗工作同仁間的一個看法，亦即由於量測技術及數值計算方法之進步，許多與燃燒相關之物理現象可以視覺化表達出來。因此自民國83年開始，配合當年舉行的中華民國燃燒科技應用研討會，同時舉辦第一屆圖片競賽，第二屆圖片競賽於兩年(85年)後舉行，之後變成逐年舉行。今年已邁入第四屆。由於第一屆圖片競賽之部分作品，經劉通敏教授之主動推薦，轉投稿至"International Journal of Flow Visualization"且很快被接受刊出，這個訊息鼓舞了我們，也對國內在視流化技術之發展現況，有了相當信心。在舉辦第三屆圖片競賽時(86年三月於台大舉行)還特別邀請了"International Journal of Flow Visualization"之總編輯楊文偕教授(服務於美國密西根大學 Ann Arbor 校區機械系)前來參加評審及指導。有關圖片競賽之名稱。在第一及第二屆時採用燃燒科技這個名詞，但為了將競賽的規模更為擴大，自第三屆開始，將競賽名稱改用熱流觀測四個字，並沿用至今。事實上，燃燒科技之內涵除了熱流(thermal fluids)之外還包括質傳(mass transfer)，因此在本屆競賽舉辦之初，除了在徵文啓事上強調熱流觀測圖片競賽包括流力，熱傳及質傳三大部份之外，同時也將徵文啓事擴大寄送至可能從事質傳研究工作之系所，如化工，環工等。

圖片競賽至今已舉辦過四屆，其參賽及評審方式卻仍在摸索當中。第一及第二屆時，參賽者只須提出乙幅參賽作品及500字以內之圖片簡介，再由評審委員會以書面審核方式定出參賽成績。但因為當時定出的評審內容包含(a)物理意義(b)技術難度(c)創意及(d)美觀四項，僅憑一張圖片及不到500字之介紹，有時很難評定前述四項內涵之分數。因此在第二屆的評審委員會之內部討論中，有委員建議下屆圖片競賽，應邀請參賽者親自上台報告說明，以便能更精確的評審給分，本項建議獲得該屆評審委員會一致支持，並轉送至燃燒學會理監事會通過後採納。自第三屆競賽開始，參賽者於投稿之時，除須選送乙幅主題作品之外，尚須準備一篇論文登載於該次會議之論文專輯(並同該屆燃燒科技應用研討會之論文)，且須在該次研討會上宣讀並接受評審委員

會及場內聆聽人士之口頭問答。評分之計算方式也改以書面審核(佔70%)及口頭審核(佔30%)進行，這樣的進行方式已類似一般研討會中的flow visualization sessions。圖片競賽舉辦四屆以來。其參展作品之數量。第一屆為最多，近四十件作品，第二、三屆降至23及15件。本(第四)屆經主辦單位大力邀稿，也僅有18件而已。從這些數據變遷看來。第一屆圖片競賽的成果最為豐碩，當時的燃燒學會理事長楊日昌博士(工研院副院長)並將該次得獎作品印制成燃燒學會84年月歷且廣為分發，深受好評。圖片競賽之參賽作品數量。逐年下降是一個事實，個人亦於本屆評審委員會中提出檢討。究其原因，邀稿宣傳不夠。固然是因素之一，但過度的復雜化投稿者的參賽過程。亦值得檢討。以目前的參賽方式，投稿者除須兼顧其參賽作品之物理含義、創意、美觀等因素外，尚須考慮其所使用之技術難度(是否只用普通照相機捕捉到一個難得的瞬間鏡頭，就因使用的技術太過簡單而不夠資格參加競賽?);同時要求參賽者提出一篇完整論文(本項要求更是杜絕了神來之筆作品的參賽可能性)，是否和同時舉辦之燃燒科技應用研討會之論文性質太過重復?諸如上述疑問在本屆評審委員會中被提出來討論。溫志湧委員以他曾參加美國物理學會(American Physics Society)所舉辦圖片競賽之經驗為例，APS是以post session 方式於該年研討會中一並舉行。因此參賽者只需提供參展作品及簡單說明(類似我們圖片競賽的第一、二屆所要求)，但須於大會安排的post session 時間內，出席且現場回答參觀人員所提之問題。依照APS所舉辦圖片競賽方式。我們能否沿用?如此評審方式將全部回復至書面方式且可配合於post session中同時進行評審，亦即評審委員若對該幅作品有所疑問亦可在現場中請該作者當面澄清。為使具高技術難度之作品亦有適當之發表方式，評審委員會建議燃燒科技應用研討會往後於其徵文範圍內增列熱流視流化 sessions 來容納。如此將圖片競賽回復至單純的針對作品中的物理意義、創意、美觀三項(有別於一般攝影競賽)來評分，參賽者也不需再為了一幅參賽的作品而要大作文章似的寫出一篇完整論文來說明它。本項舉辦方式的建議，將轉送燃燒學會理監事會中討論。

本屆評審委員會由張克勤教授(成大航太系)擔任召集人，委員包括黃榮方教授(台灣科技大學機械系)、施聖洋教授(中央大學機械系)、楊宏燦組長(中科院二所)、沈弘俊教授(台大應力所)及溫志湧主任(大葉大學機械系)，由侯順雄教授(崑山技術學院機械系)出任評審委員會幹事一職。委員之聘任是以本次未投稿參加競賽者為考慮原則，並依其專長擇聘。評審委員除先於87年2月19日假成大航太所完成書面評審作業，又分別擔任3日20、21日兩天中熱流觀測論文發表分組之主持人，進行口頭報告方式評

審。評審結果決定得獎作品如下：

第一名： "Flame Flickering in Nonpremixed Combustion behind a Bluff-Body Burner,"清華大學動機系，作者：潘國隆，楊鏡堂。

第二名： "Visualization and Characteristics Studies on the Spray Pattern of Like-Doublet Impinging-Jets."成功大學航太系，作者：黃文榮，賴維祥，江滄柳。

第三名： "Application of the Color Schlieren Technique to Supersonic Jet Flow,"成功大學航太系，作者：尤芳恣，王必昌。

佳作： "雛型燃燒器之三維渦流火焰結構，"成功大學航太系，作者：王覺寬，劉文豪，黃建銘，楊舒然。

佳作： "雙層噴霧火焰結構觀測，"作者：成功大學機械系，龔傳揚，林大惠以及崑山技術學院機械工程技術系，侯順雄。

以上得獎名單已轉送燃燒學會通知得獎人並敘獎。敘獎金額為第一名：壹萬元，第二名：八千元。第三名：六千元，佳作：四千元。另外評審委員會又從18篇參展作品中。推薦其中四篇稿件轉投"International Journal of Flow Visualization,"此部份後續工作已委由劉理事長通敏教授(擔任該學刊之 associate editor)來處理。

本次圖片競賽能夠順利完成，在此要感謝評審委員之辛勞及各參賽作者之支持。



中華民國燃燒學會入會暨贊助者優惠措施

類別	享有之權益	應負擔
個人會員	※燃燒相關技術資料發送 ※會刊免費寄送 ※免費參加研討會，講習會八折計費優待	*繳交入會費兩百元 暨常年會費參百元 *提供相關資訊俾供交流
團體會員	※燃燒相關技術資料發送 ※會刊免費寄送 ※免費參加研討會一名 ※參加學會舉辦之講習會八折計費優待	*繳交入會費兩百元 暨常年會費五千元 *提供相關資訊俾供交流
贊助者 (一)	※享有團體會員相同之權益 (免繳入會費及第一年之常年會費) ※於會刊上免費刊登黑白全頁廣告四期 ※免費參加學會舉辦之講習會一名	一次贊助伍萬元
贊助者 (二)	※享有團體會員相同之權益 (免繳入會費及第一年常年會費) ※會刊免費刊登黑白全頁廣告八期 ※免費參加學會舉辦之講習會三名	一次贊助拾萬元

● 有關入會申請事宜請洽會員委員會主委 顏瑞和教授
 聯絡電話：(02)3632137

● 有關贊助及繳費事宜請洽財務委員會主委 張枝成博士
 聯絡電話：(03)3809870 轉 26



中華民國燃燒學會個人會員入會申請表

申請日期： 年 月 日

姓 名	中文： 英文：	身份證編號：					
出生地	省(市)	縣(市)					
出生日期	民國	年	月	日			
性別	<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女						
最高學歷				畢業日期	年	月	
服務單位							
職稱							
通訊處	公						電話：
	私						電話：
會員類別	<input type="checkbox"/> 普通會員 <input type="checkbox"/> 學生會員 <input type="checkbox"/> 榮譽會員						
介紹人姓名	通訊處 / 電話						
以下欄位由本會填列							
收表日期	年	月	日	收表編號			
通過日期	年	月	日	(第 屆第 次理事會)			
收表日期	年	月	日	收表編號			
入會日期	年	月	日	入會地點			
發證日期	年	月	日	會員證號			
會費繳交記錄	入會費	常 年 會 費					
		87年	88年	89年	90年	91年	92年

● 本表填妥後請逕寄：桃園大溪郵政五支第三十六號信箱「燃燒學會祕書處」收。