

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

燃煤鍋爐效能優化 (模擬測試評估)技術

服務機關：台灣電力公司

出國人職稱：一般工程師

姓名：楊泰然

出國地區：加拿大

出國日期：104年10月5日至10月14日

報告日期：104年11月5日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：燃煤鍋爐效能優化(模擬測試評估)技術

頁數 40 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

楊泰然/台灣電力公司/綜合研究所/一般工程師/（02）8078-2330

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：104 年 10 月 5 日至 10 月 14 日 出國地區：加拿大

報告日期：104 年 11 月 5 日

分類號/目

關鍵詞：燃煤鍋爐效能優化， 模擬測試評估， 燃燒調整

內容摘要：（二百至三百字）

此次實習主要配合電廠委託研究計畫「中 9 機鍋爐燃燒調整測試評估研究」之執行，赴 NELS 公司(加拿大)實習，任務在於實習燃煤鍋爐效能優化(模擬測試評估)相關技術，瞭解 NELS 在模擬測試評估相關領域之發展現況。

實習目標主要研討燃煤鍋爐重要設備的模擬與測試評估技術，未來可據以釐清特定鍋爐燃燒效能不彰主因，積極著力於燃煤鍋爐燃燒調整改善，探討爐膛空氣動力場、鍋爐冷態/熱態試驗、燃煤鍋爐燃燒調整之各項技術施行內容、步驟與要點等重要議題，並瞭解 NELS 公司在燃煤鍋爐效能優化技術及模擬測試評估之應用與績效。

計畫緣起於本公司各燃煤鍋爐曾經發生爐膛結渣灰渣囤積在燃燒器出口周遭(burner eyebrows)干擾粉煤與空氣之流動與混合，影響火燄穩定，甚至造成燃燒器變形損壞，電廠為減緩爐膛結渣對鍋爐運轉產生不良影響，避免發生停機檢修之嚴重後果，陸續委託本所進行鍋爐燃燒調整測試評估等相關研究，因此適時引進燃煤鍋爐效能優化技術及落實相關模擬測試評估應用，實為當前各火力電廠迫切之需求。

計畫實施方式主要與相關專家討論燃煤鍋爐效能優化相關施行概念，實習燃煤鍋爐效能優化技術有關燃燒調整重點議題，瞭解加拿大 NELS 公司在模擬測試評估技術之最新發展;最後就實習任務提出此行之心得報告與建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://report.nat.gov.tw/reportwork>）

目 錄

出國報告審核表	
出國報告提要	
圖目錄	2
第壹章 前言	
一. 出國目的	3
二. 出國行程	3
第貳章 實習內容	
一. NELS 公司的專業服務	5
二. 物理建模與 CFD 建模	18
三. 燃煤鍋爐燃燒調整	35
第參章 心得及建議事項	39
參考資料	40

圖 目 錄

圖1-1.NELS公司的實績表(1/4) -----	06
圖1-2.NELS公司的實績表(2/4) -----	07
圖1-3.NELS公司的實績表(3/4) -----	08
圖1-4.NELS公司的實績表(4/4) -----	09
圖2-1. NELS應用CFD的建模 -----	12
圖2-2. NELS物理建模試驗室 -----	13
圖3. NELS現場實測及分析服務 -----	15
圖4. NELS的物理與CFD典型建模-HRSG -----	19
圖5. NELS的物理與CFD典型建模-BOILER -----	20
圖6. NELS的物理與CFD典型建模-WFGD -----	20
圖7. NELS的物理與CFD典型建模-SDA -----	21
圖8. NELS的物理與CFD典型建模-ESP -----	21
圖9. NELS的物理與CFD典型建模-BAGHOUSE -----	22
圖10. NELS的物理與CFD典型建模-WET STACKS -----	22
圖11. NELS的物理與CFD典型建模-SCR -----	23
圖12. NELS的物理與CFD典型建模-BURNER -----	23
圖13. NELS的物理與CFD典型建模-FIRED HEATER -----	24
圖14. NELS的物理與CFD典型建模-GAS TURBINES -----	24
圖15. NELS的建模實例-WFGD -----	25
圖16. NELS的建模實例-Inlet duct for SCR -----	25
圖17. NELS的建模實例-Rectangular ductwork for SCR -----	26
圖18. NELS的建模實例-Gas turbine exhaust diffusers(HRSG) -----	26
圖19. NELS的建模實例-HRSG with turbine and ID fan -----	27
圖20. NELS的建模實例-Corner fired coal boiler(OFA) -----	28
圖21. NELS的建模實例-Evaporative cooler test tunnel(Turbine) -----	29
圖22. NELS的建模實例-Evaporative media block -----	29
圖23. NELS的建模實例-Large wind tunnel and baghouses -----	30
圖24. NELS的建模實例-Waste Incinerator Furnace -----	30
圖25. NELS的建模實例-Fluidized bed test tower -----	31
圖26. NELS的建模實例-Rotational kiln -----	32
圖27. NELS的建模實例-Wet scrubber -----	33
圖28. NELS的建模實例-Multiple wet scrubber(WFGD) -----	34
圖29. NELS的建模實例-Ductwork (Multiple ESP unit) -----	34

第 壹 章 前 言

一、出國目的

此次實習主要配合電廠委託本所研究計畫「中 9 機鍋爐燃燒調整測試評估研究」之執行，赴 NELS 公司(加拿大)實習，目的在於實習燃煤鍋爐效能優化(模擬測試評估)相關技術，及瞭解 NELS 在模擬測試評估相關領域之發展現況。

實習目標主要研討燃煤鍋爐重要設備的模擬與測試評估技術，可據以釐清特定鍋爐燃燒效能不彰主因，積極著力於燃煤鍋爐燃燒調整改善，探討爐膛空氣動力場、鍋爐冷態/熱態試驗、燃煤鍋爐燃燒調整等，各項技術施行內容、步驟與要點等重要議題，並瞭解 NELS 公司在燃煤鍋爐效能優化技術及模擬測試評估之應用。

本計畫緣起於公司各燃煤鍋爐曾經發生爐膛結渣灰渣囤積在燃燒器出口周遭(burner eyebrows)干擾粉煤與空氣之流動與混合，影響火燄穩定，甚至造成燃燒器變形損壞，電廠為減緩爐膛結渣對鍋爐運轉產生不良影響，避免發生停機檢修之嚴重後果，陸續委託本所進行鍋爐燃燒調整測試評估等相關研究;因此適時引進燃煤鍋爐效能優化技術及落實相關模擬測試評估應用，實為當前各燃煤火力電廠迫切之需求。

二、出國行程

本次出國行程，期間從 104 年 10 月 5 日至 104 年 10 月 14 日，前後共計 10 天(含往返飛程 3 天)，前往 Canada 的 NELS 公司參訪，藉簡報與研討方式實習相關技術主題，參訪該公司流場模擬試驗室，瞭解 NELS 專業服務及發展現況。

計畫實施主要內容，係與相關專家討論燃煤鍋爐效能優化相關施行概念，實習燃煤鍋爐效能優化技術有關燃燒調整重點議題，瞭解加拿大 NELS 公司在模擬測試評估技術之最新發展與未來走向。

於104年10月5日晚間飛抵加拿大，次日起~104年10月12日期間，參訪NELS公司(Canada) 及安排實習活動:

- 簡介NELS公司專業服務內容與績效
- 研討燃煤鍋爐效能優化相關施行概念
- 實習模擬測試評估技術-關於物理建模與應用
- 實習模擬測試評估技術-關於CFD建模與應用
- 研討燃煤鍋爐燃燒調整議題-爐膛空氣動力場/冷態與熱態試驗
- 實習燃煤鍋爐燃燒調整議題-煤粉細度與均勻分佈的調整
- 實習燃煤鍋爐燃燒調整議題-燃燒器出口流速及流率的調整
- 實習燃煤鍋爐燃燒調整議題-燃燒器的負載分配及投停方式
- 實習燃煤鍋爐燃燒調整議題-空氣過剩係數的調整
- 參訪NELS公司模擬測試評估試驗室
- 研討模擬測試評估之應用實例

第 貳 章 實習內容

在該公司實習期間所安排的簡報與研討會，由 NELS 總裁-史蒂芬博文(Steve Bowen, B.Sc. President)親自接待簡報該公司技術服務全貌 (NELS Specialized Engineering And Laboratory Services)，並分別安排由專人負責主講燃煤鍋爐燃燒調整之相關主題，回答此行預先提出之相關技術與施行概念等問題，以及研討鍋爐爐膛空氣動力場、鍋爐冷態試驗、鍋爐熱態試驗、燃煤鍋爐燃燒調整之各項技術內容、步驟與要點等議題。另亦安排時段參訪各模擬模型試驗室，由專人展示說明相關冷流場模擬分析之建模案例。主要內容分列如下：

一. NELS 公司的專業服務

加拿大 NELS 公司(Nels Consulting Services Inc., Canada)，迄今已成立 38 年，始終堅持全面性的服務理念，擁有工程配套齊全的現場實測以及實驗室建模分析服務能力，兩者 38 年來一直針對發電電廠設備及公用事業設施，提供效能提昇改善及系統評估等服務，該公司之組成與技術服務特色詳如下列，服務對象除遍及全加拿大境內之外，亦對國外提供跨國之技術服務，擁有諸多實績(詳列如圖 1-1~圖 1-4)。



NELS 總公司及試驗室



NELS 模擬模型試驗室(之一)



NELS 總裁(Steve Bowen)



NELS 模擬模型製作



Experience Listing in Burners, Heaters and Furnaces

If you require a list dating past 2000 please advise

<u>Project No.</u>	<u>Client</u>	<u>Work Description</u>
P003.00	KTI	Bechtel/Exxon 66 Burner Exxon Coker
P018.00	D.B. Riley	Burner Coal Pipe Model
P031.00	RJM Corporation	Ontario Power Generation - Lakeview 5 & 6
P073.00	RJM Corporation	B&W Burner - Sherco #3
P130.00	Exxon Mobil	Mobil Exploration Indonesia Burner
P131.00	Exxon Mobil	L.D. Duiker Burner Study
P153.00	Wheelabrator Spokane	Furnace and Boiler Systems Units 1 & 2
P154.00	D.B. Riley (Babcock Borsig Power)	Pinellas Furnace Units 1 and 2
P155.00	D.B. Riley (Babcock Borsig Power)	Pinellas Furnace Unit 3
P156.00	American Ref-Fuel	Niagara Plant OXY #3 Furnace
P159.00	Callidus	12 Burner Vertical Fired Heater, Thermax, India
P037.01	Public Service Electric & Gas	Mercer Burners Units 1 & 2
P079.01	DB Riley	2 Phase using model from P018.00
P082.01	Zeeco	Equistar 40 Burner Ethylene Unit
P123.01	Babcock & Wilcox	APS Four Corners Unit 4 Using Model P210.99
P128.01	EPCOR	Clover Bar Units 1 & 2 Combustion Controls
P161.01	Santee Cooper	Winyah Unit #1 Furnace Outlet Model Study
P178.01	Pacific Gas & Electric	Hunters Point Unit 4
P179.01	INCO	Flash Furnace 2001
P230.01	Washington Group	HEC / ExxonMobil Indonesia Burner
P231.01	Washington Group	L.D. DUIKER / ExxonMobil Indonesia Burner
P001.02	Advanced Burner Tech. Vatsky	Deseret ABT Burner Retest (P026.97)
P005.02	Public Service Electric & Gas	Mercer Burners Consulting
P055.02	RJM	Decker Unit #1 CE Furnace Windbox
P060.02	RJM	Holly Station Unit 4 CE Furnace Windbox Model Study
P090.02	Foster Wheeler FWFH	Syncrude UE1 CO Boiler Model Study
P091.02	Sure Alloy Steel Co.	Nanticoke Pulverized Fuel Piping
P097.02	ExxonMobil	30 Burner Inlet Manifold & New Airheater

圖 1-1.NELS 公司的實績表(1/4)

P098.02	Power & Industrial	PSNM San Juan Station Unit 1
P106.02	UNOCAL 76 Chicago Carbon Co.	K1 Pyroscrubber Model Study
P131.02	ExxonMobil	Baton Rouge Refinery, PCLA3 F-3 Furnace Combustion Air Ducting
P136.02	OPG	Nanticoke Pulverized Fuel Piping Splitter Box Two Phase Flow
P151.02	Jupiter Oxygen Corp.	Natural Gas/Oxygen Burner Test Evaluation
P162.02	Jupiter Oxygen Corp.	Coal Oxygen Burner
P199.02	Jupiter Oxygen Corp.	Waste Oil Burners
P201.02	Jupiter Oxygen Corp.	Coal Burner Model Study
P202.02	Jupiter Oxygen Corp.	Gas Burner Model Study
P206.02	RJM	CE Furnace Windbox 466 MW Texas T-Fired Furnace
P022.03	Jupiter Oxygen Corp.	Coal Burner Combustor Full Size
P028.03	John Zink Luxembourg	Mitsubishi Furnaces, Iran
P029.03	John Zink Luxembourg	Tosi Furnaces, Iran
P037.03	Sure Alloy	2 Phase Coal Model
P045.03	Wheelabrator Liberty Lane	Undergrate Zone Duct Model Study
P057.03	US NELS/Morton Salt	Burner Impeller Test
P058.03	Exxon Mobil Baton Rouge	Far East Coker F-501B Furnace Model Study
P064.03	US NELS	AGC Warrick Plant Unit 3 Boiler Tuning
P075.03	Callidus Technologies Inc.	Syncrude 20 Burner Furnace
P095.03	Solvay Minerals	#6 Burner Inlet Ductwork Model Study
P116.03	Wheelabrator	Pinellas Boiler Retest
P128.03	US NELS/MORTON SALT	Burner Optimization
P147.03	Lafarge Exshaw	Coal Fired PreCalciner
P157.03	Act Advanced Combustion	Blue Ridge Paper Burner Upgrade
P166.03	Exxon Mobil Baton Rouge	Carmagen Eng. Far East Coker F-501A Model Study
P167.03	Exxon Mobil Baton Rouge	Carmagen Eng. Far East Coker F-501A Fab Drawings
P168.03	Callidus Technologies Inc.	Bayway Refinery 7 Pipestill 10 Burner Furnace F701
P180.03	Covanta Energy	Lee County Boiler Additional Testing (using P056.02)
P195.03	Foster Wheeler Clinton	Recirculating Bed Reactor
P205.03	John Zink Luxembourg	Petrogal, Portugal 4 Burner Furnace Model Study
P206.03	John Zink Luxembourg	Mitsui MB 200 Boilers Shiraz Project, Iran
P207.03	John Zink Luxembourg	Fontana Boilers Shiraz Project, Iran
P018.04	Foster Wheeler PG Chicago	Coleman #3, Hawesville, KY Windbox Model Study
P023.04	RJM	Possum Point #5, 860MW Furnace, Model Study and Report
P041.04	Sure Alloy	2 Phase Model Burner Test
P114.04	Covanta Energy	H-Power, Honolulu, Hawaii, RDF Boiler System
P120.04	County Sanitation Dist. Of LA County	Zurn Boiler, Puente Hills Landfill
P139.04	Greenbank	Nanticoke Coal Pipe Testing
P143.04	Sure Alloy	Nanticoke Coal Pipe Testing
P183.04	OPG	Nanticoke Pulverized Fuel Testing
P214.04	PSE&G	Mercer Unit 1&2 Coal Pipe-Burner
P223.04	PSE&G	Mercer Tank Trap
P016.05	Foster Wheeler Clinton	Sutton 3 Burner Nozzle Tips
P041.05	Exxonmobil	HHLA-S F-201 Fired Heater CFD

圖 1-2.NELS 公司的實績表(2/4)

P042.05	Exxonmobil	HHLA-S F-201 Fired Heater Model Study
P077.05	Lafarge Exshaw	Precalciner Phase 2 Coal Burner (using P147.03)
P078.05	PSEG	Mercer Tank Traps Unit 1
P087.05	Advanced Combustion	Monroe Station Coal Testing
P100.05	TOYO-ENGINEERING CORP.	ExxonMobil Japan Furnace JLSMG10
P208.05	Foster Wheeler FWFH Calgary	Qatar Furnace Model Study (using P071.97)
P044.06	KEI-TEK Equipamentos	Windbox Model Study (Brazil)
P070.06	RJM	Kilroot Furnace and Burners
P125.06	Act Advanced Combustion	Belews Creek Coal Burner Testing (using P087.05)
P151.06	Foster Wheeler FWFH	Qatar Furnace Model Study (using P208.05)
P168.06	Sure Alloy	Riffler
P170.06	Foster Wheeler UK	CO Combustor & Waste Heat Boiler - JGC Petrovietnam
P197.06	Sure Alloy	Riffler (P168.06) - Additional Testing
P203.06	Advanced Combustion Tech.	City Utilities - Riley/ACT Coal Burner
P079.07	BOUSTEAD INT. HEATERS	Imperial Oil,Dartmouth-Comb Air Ducting w/24 Burners
P102.07	Maralto Environmental Inc.	Wellhead Waste Gas Incinerator System Evaluation & Optimization
P155.07	Foster Wheeler FWFH	BP Whiting Cokers Flue Gas Ductwork/Combustion Air Ducts
P173.07	Maralto Environmental Inc.	Wellhead Waste Gas Incinerator Cold Flow Model
P206.07	PSEG Power LLC	Mercer Units 1 & 2 Burner Scroll Inserts Model Study
P029.08	Petro-Chem Development	BP Whiting Cokers Combustion Air Ducts Model Study
P092.08	Air Products	Port Arthur Hycogen-2 Model Study (using P217.04)
P097.08	Foster Wheeler FWFH	Samsung Engineering Co. WHRU with SCR & Duct Burners
P107.08	Imperial Oil	Strathcona Refinery CO Furnace Model Study
P114.08	Power & Industrial	Typical Burner Two Phase Flow Model
P123.08	Arizona Public Service Co.	Four Corners Station Unit 3 Two Phase Model (using P170.99)
P172.08	KTI	BP Whiting Refinery Crude (H-101 A/B) Heater Model Study
P173.08	KTI	BP Whiting Refinery Vacuum (H-102 A/B/C) Heater Model
P008.09	AUS	Holman Boiler SCR Retrofit "O" Type Boiler Model Study
P009.09	AUS	Holman Boiler SCR Retrofit "D" Type Boiler Model Study
P045.09	Callidus Technologies	Standard Oil Co. Crude (F6101) Heater Model Study
P046.09	Callidus Technologies	Standard Oil Co. Vacuum (F6102) Heater Model Study
P074.09	RJM	Eggborough Furnace & Coal Burners
P118.09	AUS	Holman O-Type Boiler Urea Injection Additional Testing (using P008.09)
P129.09	CRRA	RDF Boiler Combustion Hartford CT FD Fan to SDA Inlet
P141.09	Babcock & Wilcox	BFB/CFB Fluidization Test Rig
P007.10	Wheelabrator Baltimore	New Bullnose Testing U1
P065.10	OPG -Nanticoke	Burner Fuel Distribution Study
P066.10	Power & Industrial	ADDITIONAL BURNER TESTING(P114.08)
P090.10	TULSA HEATERS INC.	AIR FLOW MODEL STUDY BP CHERRY POINT 24 BURNER CRUDE HEATER COMBUSTION AIR DUCTING
P115.10	MIDDOUGH INC.	Toledo Refinery CO Boiler - Burner & Windbox Study
P014.11	RJM	Burner Optimization Ferrybridge Plant 2 Phase Flow
P068.11	BP Cherry Point	Boiler 6 & 7 Burner Improvements
P070.11	METSO	Whitecourt BFB Physical Flow Model Study
P071.11	Callidus Tech. /Honeywell	Furnace Revamp Combustion Air Ducting w/30 Callidus Burners

圖 1-3.NELS 公司的實績表(3/4)

P079.11	RJM	Maritza Beater Mill – Dust Model
P101.11	FW USA Fired Heaters Div.	ExxonMobil Cold Flow Modelling
P126.11	ExxonMobil	Joilet Refinery Coker Heater CFD modeling
P145.11	BP Cherry Point	Gas Cane Balance Model
P018.12	RJM	MARITZA STATION - BEATER MILL INLET FUEL DRYING (using P079.11)
P111.12	Foster Wheeler USA Corp.	FH Div. Tupras Ismit Refinery Residue Upgrade Double Fired Coker Heaters
P118.12	RJM	EDF Energy - West Burton Power Plant Secondary Optimization
P149.12	Wheelabrator	Refuse Boiler, Secondary Air (using Baltimore/Spokane model)
P151.12	RJM UK	EDF Energy - Cottam Power Plant - Riffler (Two Phase Flow Model Study)
P152.12	RJM UK	EDF Energy - Cottam Power Plant - BURNER (Two Phase Flow Model Study)
P153.12	RJM UK	EDF Energy - West Burton Power Plant Coal Pipe and Burner Study
P001.13	John Zink Company	Coen Co., Petroleo Brasileiro S.A. Petrobras, 4 Burner Windbox and Combustion Air Ductwork, Flow Study
P015.13	Foster Wheeler USA Corp	FH Div. Tupras Ismit Refinery Residue Upgrade Double Fired Coker Heaters (using P111.12) Additional Work
P016.13	Wheelabrator	R&D FGR Design
P018.13	Doosan Power Systems Limited	Burner Coal Nozzle Testing
P077.13	John Zink Company - 9137566	Petroleo Brasileiro S.A. Petrobras 4 Burner Windbox & Combustion Air Ductwork
P078.13	John Zink Company - 9137010	Petroleos Mexicanos 6 Burner Windbox
P093.13	RJM	Ferrybridge Burner Revisited - Two Phase Flow Study
P104.13	Burns & McDonnell	Windbox Model Study ref. P069.13
P020.14	RJM	PF Burner Two Phase Flow Study
P026.14	Doosan Power Systems Limited	Burner coal Nozzle Testing Phase 2
P033.14	Burns & McDonnell	Arcelor Mittal USA Inc. Indeck Boiler #504 CFD Model Study
P051.14	RJM	EDF Energy West Burton Power Plant Modified Secondary Air System (P118.12)
P056.14	Burns & McDonnell	Burner Windbox Modifications (P104.13)
P065.14	Wheelabrator Technologies	Westchester - FGR Engineering Design
P083.14	Wheelabrator Technologies	Side OFA - Rear Typical Refuse Boiler
P098.14	RJM	EDF Energy West Burton Power Plant Modified Secondary Air System (P118.12)51.14
P003.15	RJM	Rugeley Burner
P008.15	Doosan Power Systems Limited	MK III Burner Modeling
P019.15	Foster Wheeler Fired Heater	ExxonMobil Antwerp, Two 108 Burner Terrace Wall Coker Heaters; FWFHD Ref. 5-16-1207

圖 1-4.NELS 公司的實績表(4/4)

< NELS 公司的專業設施 >

該公司擁有世界一流的專業設施，提供建立模擬模型/研究發展(R&D)和現場實測測試的支援。其設施項目包括如下列:

1.主要建模/研發實驗室

NELS 的主要建模/研發實驗室/測試區(含辦公室),擁有超過 50 英尺淨空高度約 10 萬平方英尺的樓板空間,配備有大型工業規模尺度應用(電力/供氣)能力,使得他們的服務能夠處理各種超大尺寸設備,作為特定專業建模之應用。超大容量的各型風扇可提供總額超過 50 萬 acfm,流量範圍從 500cfm 到 15cfm,加壓壓力高達 34”水柱的氣流;大量庫存的水泵,則可提供流量控制從 25 加侖到 800 加侖範圍,壓力高達 600 PSIG 的水流。

重要裝備如下列:

500 cfm 流量可供壓高達 150psig 的壓縮空氣

460V/600V 電壓提供高達 1200amps 電流的電力

30,000 cfm 容量的袋式除塵器(布袋)

125/20 ton 的橋式起重機裝備

2.專門的試驗平臺

設置在總公司區域外,有 3 萬平方英尺的空間,作為先導系統的建置、試驗式鍍膜實驗室、額外的建模工作,可提供進行:

除霧器測試 (Mist eliminator testing)

全尺寸燃氣燃燒器 (Full size gas fired burners)

液壓和空氣霧化噴嘴測試 (Nozzle hydraulic and atomized testing)

兩相流燃燒器/粉煤管 (Two phase burner/coal pipe)

煙囪排放/下洗 (Stack exit/downwash)

顆粒式流體化 (Particulate fluidization)

侵蝕測試設備 (Erosion test facility)

3.加工車間

NELS 擁有超過 5 萬平方英尺的製造區,

類別包括有:

各木工/塑膠成型車間(Woodworking/plastic forming shops)

鈹金車間(Sheet metal shop)

焊接車間(Welding Shop)

4.倉庫建物

NELS 有 1.6 萬平方英尺的儲存設施，提供他們對於額外需要更廣泛測試和反覆試驗的模型之妥善處理機會，由於試驗裝置鄰近於實驗室，亦供應了利於檢索和快速流通的運作模式。

5.分析實驗室

NELS 擁有完整的分析實驗室可測量：

粒徑分佈 (Particle size distribution)

比重和容積密度 (Specific gravity / bulk density)

休止角 (Angle of repose)

水分含量 (Moisture content)

氣體成分 (Gas constituents)

過濾權值 (Filter weights)

設備包括有過篩/振動器/烤箱和及整套具校準砝碼的分析天平。

6.提供服務

NELS 在技術和工程方面，為客戶提供一系列量身定製的服務，以滿足全球客戶的需求。其主要業務在於空氣污染控制和發電系統的流體流動模型的構建和測試，這樣的服務並已經從事了 38 年;另外，他門有應用計算流體力學 (CFD-Computational Fluid Dynamics) 模型方面的豐富經驗，可單獨或者與物理模型一起使用，據以評估各種流體現象以達成設備性能方面的改善要求。

該 NELS 的工程團隊能為顧客解決流體流動、熱混合、應力分析、結構和機械等相關問題，也為特定的零組件製造提供諮詢服務。在空氣動力學的研究和開發及結構和儀器儀表相關問題的領域，NELS 同時提供了支援和技術專長，並經常受到大公司的委託協助進行特定的專案。

NELS 雇用由具有各個現場專業領域的人才，所組合而成的團隊對於現場測試服務具有深入而豐富的工作經驗，可通過氣體淨化裝置及應力測試等，對各原型結構(prototype structures)作出氣流特性的分析評估。

在先導系統(pilot systems)、現場實地測試和故障排除方面，經由聯結利用物理模型和 CFD 模型，皆可在相關節能減耗、提昇改善設備效能、儘量減少維護問題等領域中獲得顯著的效益。也由於 NELS 在所有這些領域中的豐富經驗，而得以有得天獨厚的優勢去結合運用適切有經濟效益的技術組合，為各種行業提供解決方案。

<關於 CFD>

NELS 的 CFD 流體建模部門擁有發電系統和其他工業等方面，多項領域超過 10 年以上的背景經驗。目前，NELS 已利用 Fluent 6.3.26 的 CFD 求解器和最近升級的硬體、專有人才等，來進一步改善和擴展 NELS 的建模能力。

典型的案例有環保排放控制、燃燒和注液優化等，專案包括進行研究以確定或優化系統的壓損、速度分佈、溫度混合、物種混合和濃度。研究當中也應用了微粒追蹤/微粒濃度、液滴軌跡和液滴蒸發、聲學特性和熱傳（熱傳導/熱對流和熱輻射）等進行確認工作。

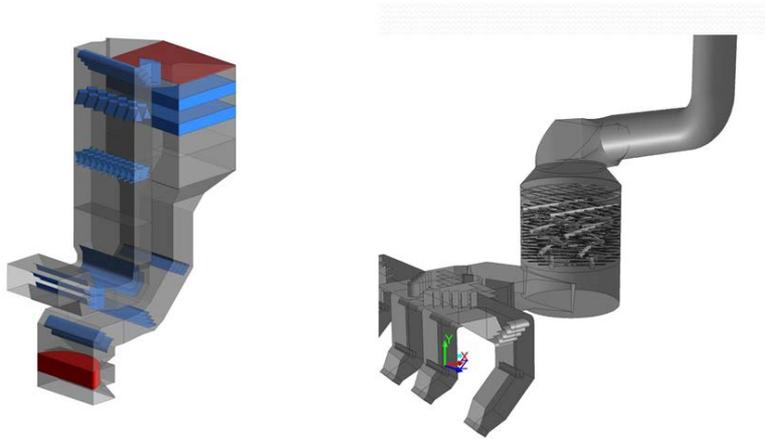


圖 2-1. NELS 應用 CFD 的建模

NELS 已使用 CFD 對下列設備作過建模：

- 靜電集塵器 (Electrostatic precipitators)
- 袋式除塵器裝置 (Fabric Filter Installations)
- 餘熱鍋爐 (HRSG)
- 粉煤鍋爐 (PC Boilers)
- 觸媒轉化系統（燃煤/燃氣）(SCR systems(Coal fired/Gas fired))
- 注氨網格和混合器 (Ammonia Injection Grids and mixers)
- 活性炭噴注系統 (Activated Carbon Injection systems)
- 大顆粒粉灰收集/遮罩 (Large Particle Ash Collection/Screens)
- 排煙脫硫 (Flue Gas Desulphurization (WFGD) and SDA))
- 乾/濕煙囪內襯 (Wet and Dry Stack Liners)
- 煙囪排氣下洗 (Stack Exhaust Downwash)
- 包含風扇(離心式/軸向式)進氣口之風道系統 (Ductwork systems including Fan inlets (centrifugal/axial))

利用詳盡的 CFD 模型，NELS 已經能夠為廣泛的流體相關系統提供成功並且具有成本效益和實際可行的解決方案。然而，CFD 再連結 NELS 物理建模程式的時候，可以獲得最大的成功。通過組合每個建模技術的最佳元素，可發展為優化的解決方案。

<關於物理模型>

NELS 在物理的流體建模方面，隨著數以百計於其國內北美及世界各地的研究案例，已擁有超過 38 年的工作經驗。其客戶名單非常廣泛，包括有各個委託製造商(OEM)和透過 NELS 物理建模開發而成功施行解決方案/設計案的終端用戶。

NELS 的物理流體建模部門在發電電廠、鐵金屬及非鐵金屬的生產、水泥及其他工業系統等領域，皆有著豐富的經驗。



圖 2-2. NELS 物理建模試驗室

下列羅列的是 NELS 曾建立過物理模型的一些設備:

- 靜電集塵器 (Electrostatic precipitators)
- 袋式除塵器裝置 (Fabric Filter Installations)
- 機械式收集器/多旋風 (Mechanical Collectors/multi-clones)
- 餘熱鍋爐-多樣性排氣 (HRSG with a very large variety of turbine exhaust types)
- 粉煤鍋爐 (PC Boilers)
- 流體化床燃燒器/鍋爐 (CFB Combustors/Boilers)
- 鍋爐後爐膛 (省煤器/空氣預熱器(旋轉式/直管式))
(Boiler back-pass (Economizers/air heaters (rotary/ tubular)))
- 觸媒轉化系統 (燃煤/燃氣) (SCR systems (Coal fired/Gas fired))
- 排煙脫硫 (Flue Gas Desulphurization (WFGD/SDA/CFB))
- 乾濕煙囪 (Wet and Dry Stack)
- 除霧器 (Mist eliminators)
- 燃燒空氣系統/風箱，供氣風道 (Combustion air systems/windboxes， supply air ductwork)
- 含低氮氧化物之燃煤/油/氣燃燒器 (Coal/Oil/Gas fired burners including Low NOx)

- 粉煤管及分流器系統 (Coal Pipe and Riffler systems)
- 燃燒爐(發電/金屬產品) (Furnaces (power generation/metal production))
- 熱處理烘爐 (Heat Treatment Ovens)
- 各種製造業/工業系統 (Various Manufacturing/Industrial systems)
- 包含風扇(離心式/軸向式)進氣口之風道系統 (Ductwork systems including Fan inlets (centrifugal/axial))

一般情況下，對各種系統的冷流三維物理模型，建模範圍為 1/12~1/1 實體尺寸。該模型的構建應注重細節及包括所有必要的元素，以求正確模擬所研究的系統。模型被構造成在流體分佈、溫度和氣體混合的區域內，能有最大流體可視化和臨界性能標準化的測量。一些模型也可用來評估兩相流（水-氣體或者微粒-氣體），以確定沉積區、顆粒分佈和侵蝕問題的區域。

NELS 在自己的實驗室地點，進行所有物理流體模型的建構和組裝工作，以便容易進行修改和改善品質控制。

NELS 應用於測量流量（水/氣）、溫度、氣體濃度和微粒濃度所用的儀器是廣泛而先進的。設備包括有各種風速計、壓力計、溫度探測器、燃氣分析儀、振動感測器、加速度計、聲學和高速數據拮取系統。此外對於詳盡的流體可視化，有專用的高速相機和攝影裝置。

NELS 已能夠為各種流體相關的系統，提供成功、具備有效成本和實際可行的解決方案。雖然有人認為物理模型較昂貴和費時，但往往物理模型卻是解決流體相關問題時，最為即時和有效的工具。對於物理模型與全尺寸系統之間存在的良好相關性，有著非常廣泛的歷史，並且經由現場實測和模擬模式結果之相互比較已獲得驗證。

<關於現場測試>

NELS 的現場測試服務部門對於發電、非鐵金屬和含鐵金屬的生產、水泥及相關工業系統領域，具有全尺寸測試的豐富經驗。現場測試通常用來與物理模型或 CFD 流體建模相結合，用以確認所建模型或者收集那些無法進行有效建模之資訊。

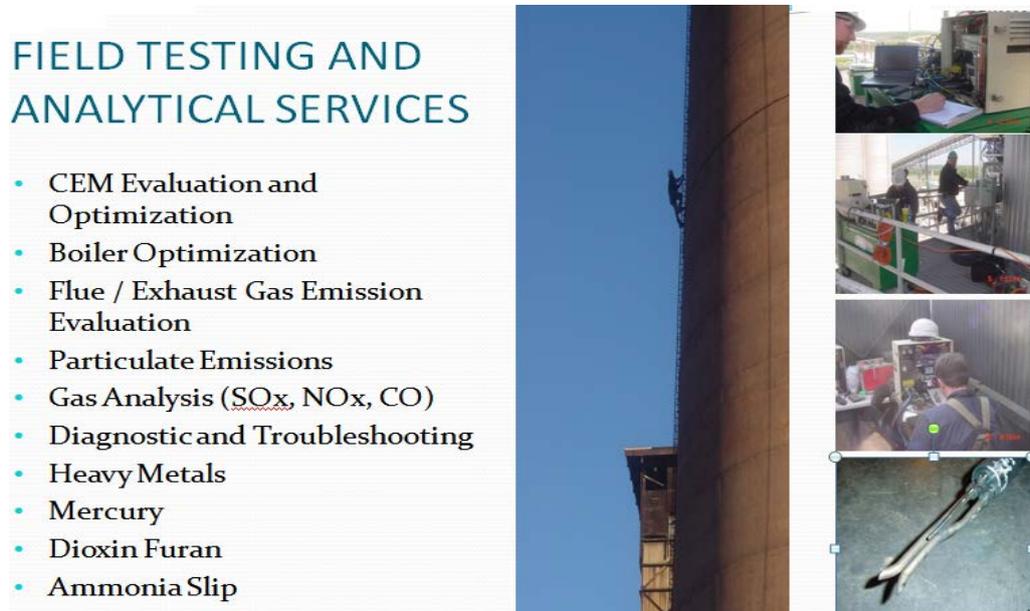


圖 3.

NELS 現場實測及分析服務

下面條列 NELS 現場測試經驗的一些領域：

- 對流體相關設備作機械式檢測，包括驗證流量分佈/液體收集裝置等。NELS 曾對所有類型的環保排放控制設備作過檢測，及進行故障排除工作。
- 對靜電集塵器進行冷空氣之流速測試。
- 對供給空氣及廢氣流排放管道，進行流速、溫度、壓力和氣體成分等檢測。
- 依據美國 EPA 協議的煙囪/風道測試，作以下的測量: 顆粒、金屬、排放、黛奧辛/氟氯甲烷、碳氫化合物、揮發性有機化合物(VOC)。

使用上述的測試方法，NELS 目前所展現的經驗有下列：

- 靜電除塵器性能測試（入口/出口顆粒/功耗/細微性分析）(ESP Performance Testing (inlet/outlet particulate/power consumption/particle size analysis))
- 袋式除塵器測試（入口/出口顆粒/功耗/細微性分析）(Fabric Filter Testing (inlet/outlet particulate/power consumption/particle size analysis))
- 觸煤還原反應器性能測試（氮氧化物、滑氨、AIG 調整）(SCR Performance Testing (NOx、NH3 slip、AIG tuning))
- 鹼洗裝置效能測試 (Scrubber (WFGD/SDA) Performance Testing)

- 空氣加熱器性能（進/出口 O₂）測試 (Air Heater Performance Testing (O₂ in/out))
- 鍋爐效能和建置 (Boiler Performance and Set up)
- 高溫鍋爐攝影檢測 (High temperature boiler camera inspections)
- 用於測量鍋爐熱對流區之水冷式探測器 (Water cooled probes for measuring in convective sections of boilers)
- 燃煤/天然氣/全氧燃燒等燃燒器之優化 (Burner (Coal/Gas/Oxy-Fuel) Optimization)
- 粉煤管粉煤平衡 (Coal Pipe Air/Fuel Balancing)
- 燃燒空氣/風箱的流量測量及儀表校準 (Combustion air / windbox flow measurement and meter calibration)
- 火上風/二次風之建置及平衡 (Over fire/ Secondary set up and balancing)

雖然能夠執行符合 EPA/RATA 標準的測試，但 NELS 有別於標準協議測試組，他們擁有的是診斷技能。經歷利用物理模型/CFD 模型和現場故障排除/檢測，NELS 在解決流體相關的問題上擁有豐富的經驗，他們已有能力對各種不同的環保排放控制系統及燃燒相關設備等的性能問題，提出解決方案。

另外 NELS 還展示了在開發測試中獨特的“即開即用”方法(“out-of-the-box” methods)，以進一步瞭解該項正在研究中的系統之能力。例如，訂製的儀錶或測試的方法等，其尚未商品化的相關設計內容和施行方法。

NELS 經由具備現場的豐富經驗和能力，又結合強大的建模背景，使得 NELS 具有著獨特地位，能夠針對各行業相關的流體問題，提供最有效的解決方案。

<NELS的典型專案領域>

- Petrochemical
- Coal/Oil/Gas Fired Utilities and Other Power Generating Facilities
- Steel Making Facilities
- Aluminum Smelting Facilities
- Pulp and Paper Facilities
- Combustion systems
- Co-Gen Facilities
- HVAC
- Oil and Gas Facilities
- Garbage Incineration
- Manufacturing

(資訊取自NELS提出之簡報)

<NELS的主要客戶群>

- Aluminum Company of America
- Alstom Power
- Babcock & Wilcox
- AMEC Foster Wheeler
- Foster Wheeler U.K.
- Wheelabrator Inc.
- Exxon-Mobil / Imperial Oil
- Ontario Power Generation
- Mitsubishi Hitachi Power Systems
- Ishikawajima-Harima Heavy Ind.(IHI)
- General Electric
- Wuhan Kaidi Environmental Protection Co
- Andritz Environmental Services Inc. (AESI)
- Babcock Power Environmental Inc.
- ILVA Spa

(資訊取自NELS提出之簡報)

二. 物理建模與 CFD 建模

以下列舉關於物理建模與 CFD 建模的特性，兩者在建構應用步驟方面有所區隔，應用上也各有優缺點值得比較探討，接著除了列舉 NELS 具代表性的建模(物理及 CFD)成果外，此行亦安排參訪 NELS 各模擬模型試驗室，由專人展示說明相關冷流場模擬分析之物理模型案例等，依現場實拍列圖分別說明。

1. 物理建模

(1) 典型的物理建模技術，由下列三階段完成:

- a.模型的製作—利用有機玻璃建構縮小尺寸(典型為 1/12)的系統模型。
- b.模型的測試—藉由風扇建立各具代表性的流體狀況。
- c.分析與優化—經由儀器橫過通道測量以獲得結果。

(2) 物理建模技術之優點

- 可精準的吻合物理幾何。
- 有良好的可視化。
- 可快速開發。
- 可觀察兩相流及沉積區。
- 為直觀和實用的解決方案。

(3) 物理建模技術之疑慮

- 成本可能較高。
- 在細微區域會有測量之限制。
- 不具備熱傳能力。
- 受燃燒過程限制。
- 輸入條件無法靈活地作變動。

2. CFD 建模

(1) 典型的 CFD 建模技術，由下列四階段完成:

- a.產生 3-D 模型--利用電腦軟體工具建構系統的 3-D 模型。

- b.進行網格化--利用電腦軟體工具將模型網格化。
- c.模擬/迭代求解--對應有限空間以偏微分方程求解找出模式。
- d.分析與優化--對所需的通道橫截面進行計算，以得出結果。

(2) CFD 建模技術之優點

- 可分析微細區域(沒有測儀限制)。
- 可分析熱的傳遞/反應及燃燒。
- 數據有良好的圖示輸出。
- 能夠迅速地完成初步運算。

(3) CFD 建模技術之疑慮

- 開發較緩慢(需較長的運作時間)。
- 會受困於多重的幾何/流體條件。
- 快速擴張和多孔板物體。
- 會受限於網格化/電腦記憶體容量。
- 對兩相流較弱勢且無法預測沉積。
- 因不夠直觀容易導至不切實際的解決方案。

3. NELS 的物理與 CFD 典型建模



圖 4. NELS 的物理與 CFD 典型建模-HRSG

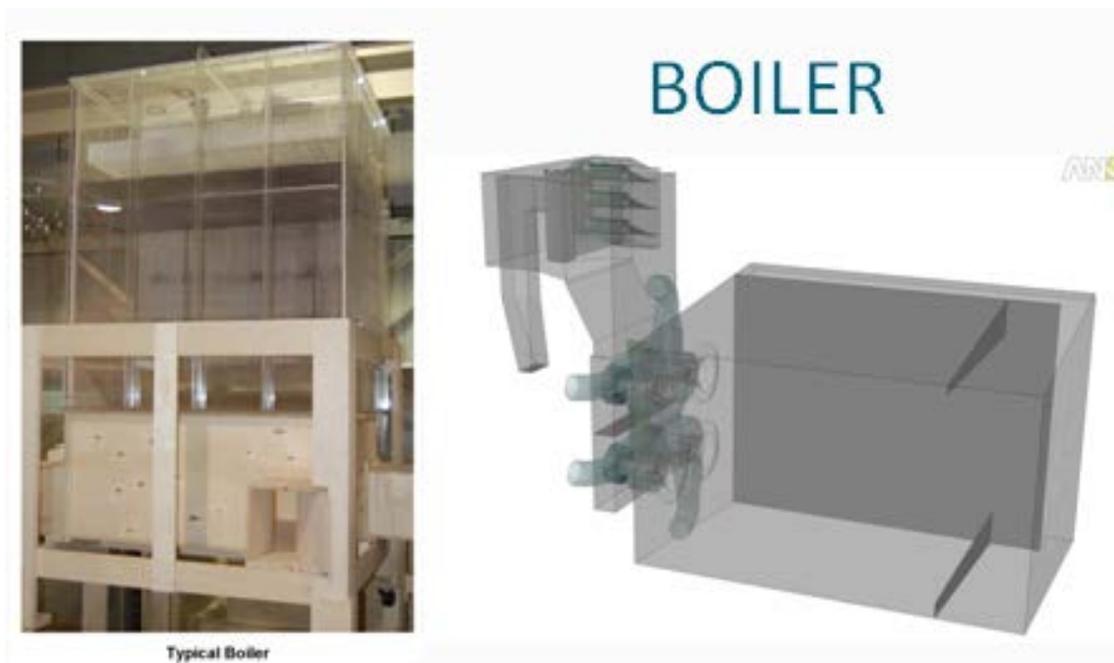


圖 5. NELS 的物理與 CFD 典型建模-BOILER



圖 6. NELS 的物理與 CFD 典型建模-WFGD

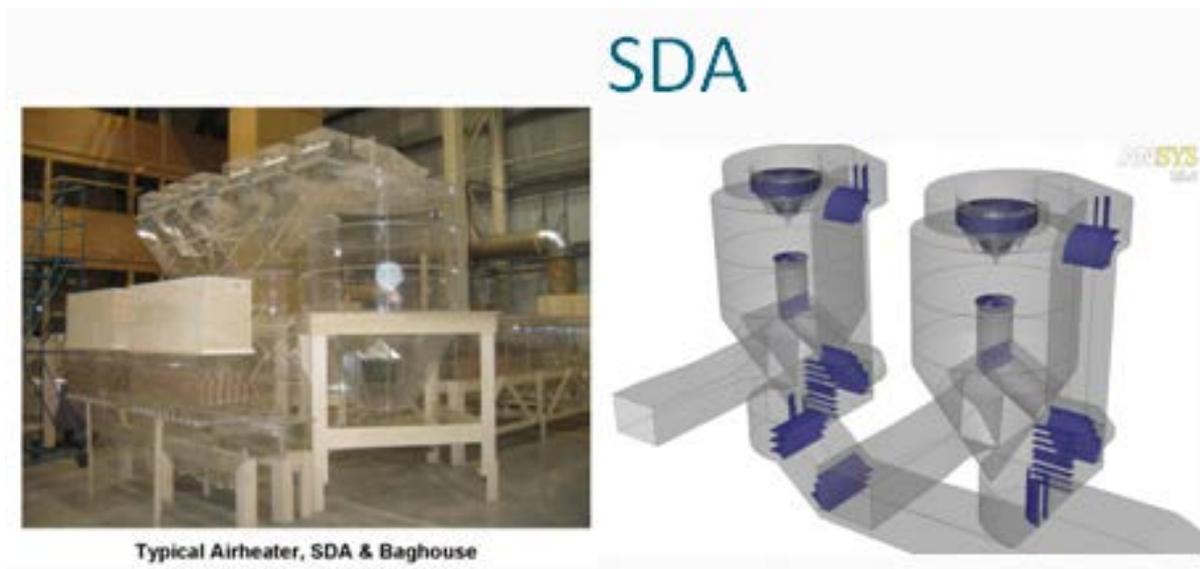


圖 7. NELS 的物理與 CFD 典型建模-SDA

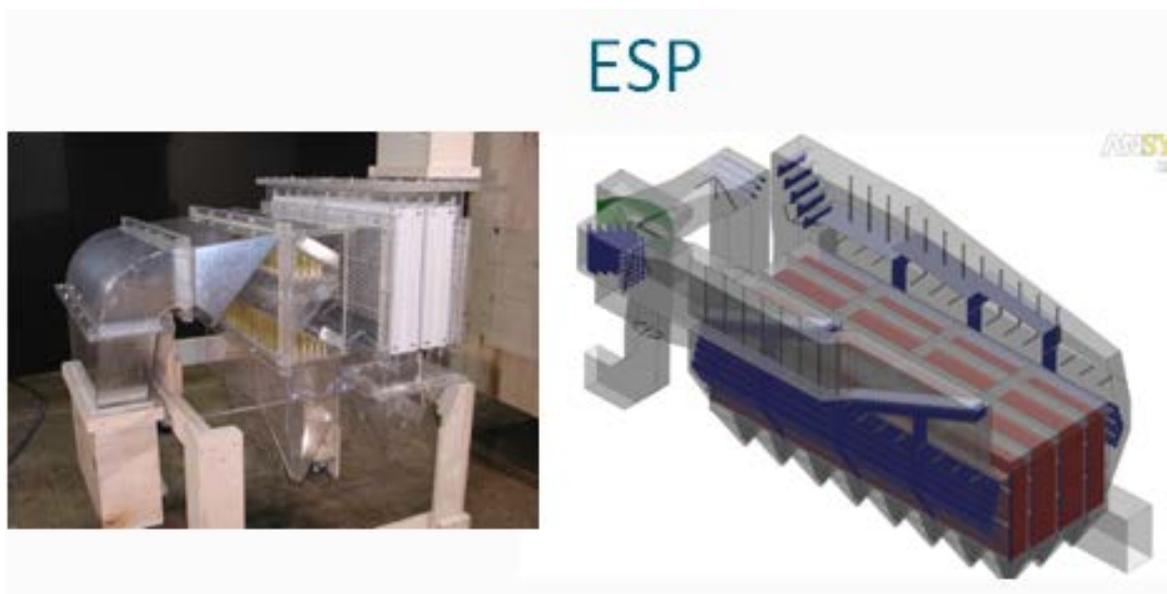


圖 8. NELS 的物理與 CFD 典型建模-ESP

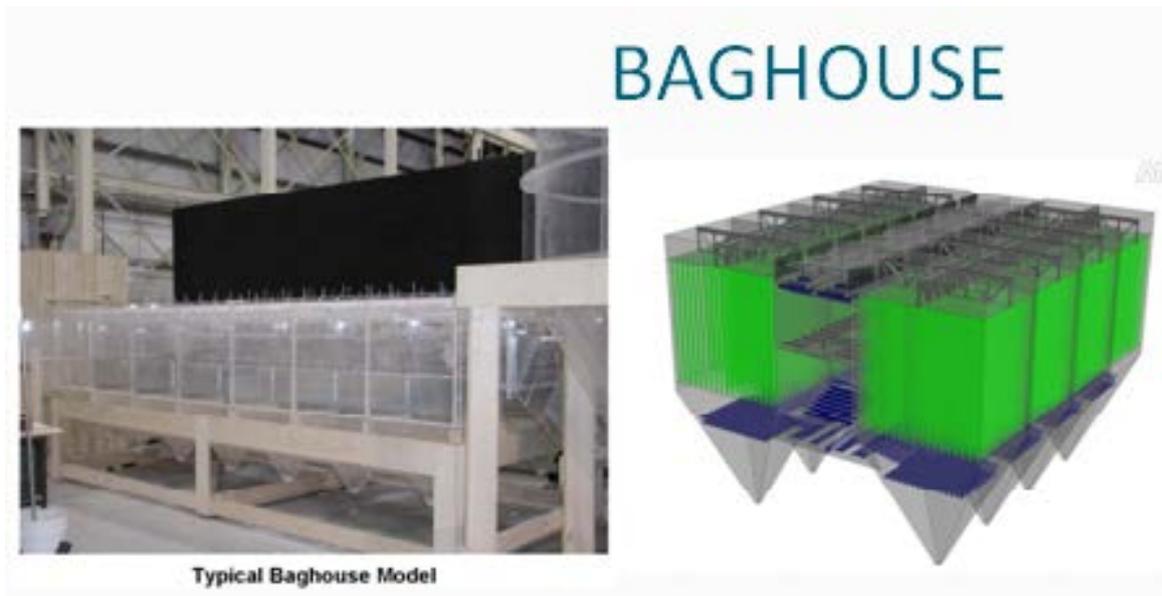


圖 9. NELS 的物理與 CFD 典型建模-BAGHOUSE



圖 10. NELS 的物理與 CFD 典型建模-WET STACKS



SCR

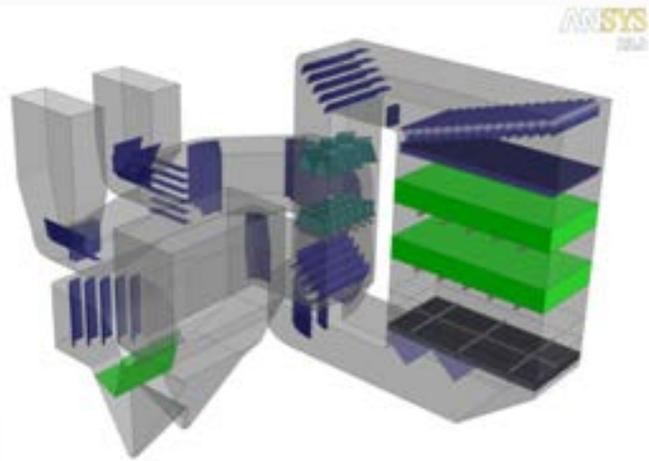


圖 11. NELS 的物理與 CFD 典型建模-SCR



BURNERS

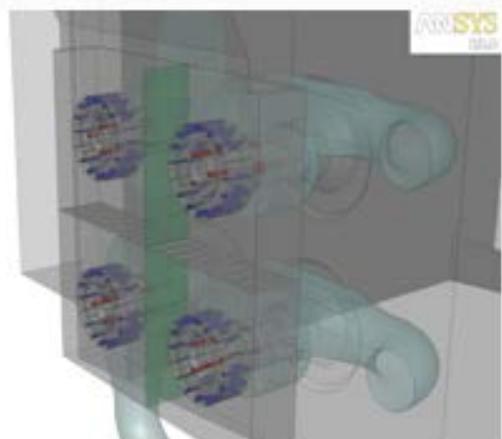


圖 12. NELS 的物理與 CFD 典型建模-BURNER

FIRED HEATER

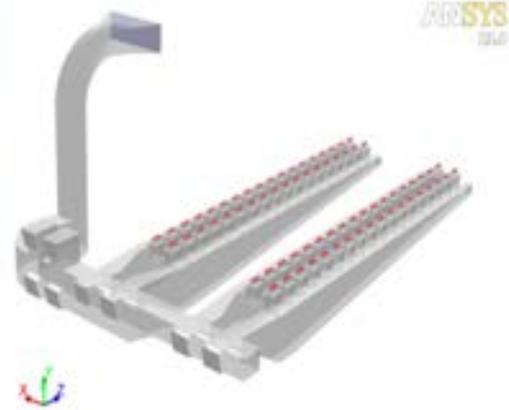


圖 13. NELS 的物理與 CFD 典型建模-FIRED HEATER

GAS TURBINES

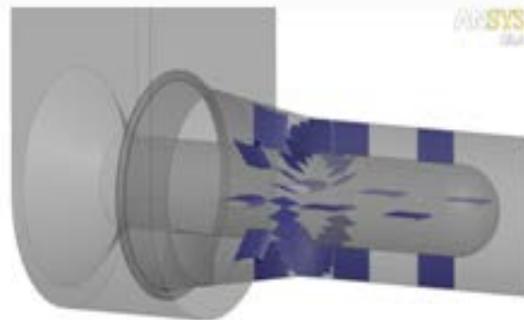


圖 14. NELS 的物理與 CFD 典型建模-GAS TURBINES

4. NELS 試驗室的各模型案例

以下各模型案例，為參訪 NELS 總公司/模型試驗室時在該公司專人陪同下拍攝的，並請 NELS 專人為各個模型案例加註(英文)說明，列圖如下供作參考。



圖 15. Model fabricator making conical transition duct for WFGD to ensure satisfactory operation of the full scale unit.



圖 16. Model fabricator making air heater inlet duct for SCR system to ensure satisfactory operation of the full scale unit.



圖 17. Model fabricator making rectangular ductwork for SCR system to ensure satisfactory operation of the full scale unit.



圖 18. Nels inventory of turbine exhaust diffuser models. Used to correctly simulate the flow conditions exiting a gas turbine for the purposes of modeling a HRSG correctly.



圖 19. Model of HRSG with turbine simulation installed and ID fan (Ready for testing)
HRSG modeled to ensure acceptable velocity distributions through the HRSG and catalyst layers.



圖 20. Corner fired coal boiler model used to evaluate the current and future design of the OFA system.

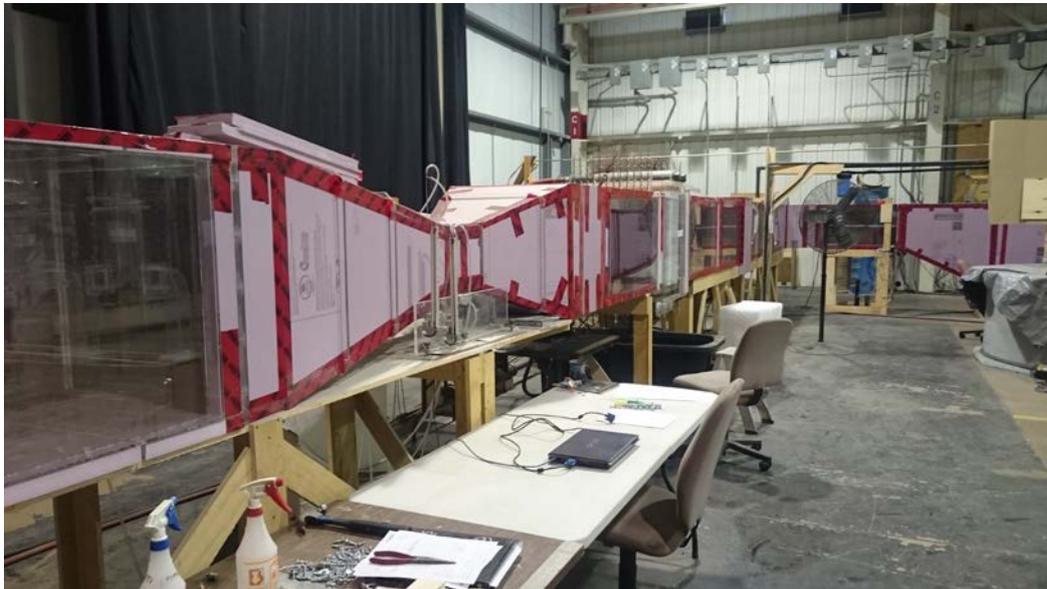


圖 21. Evaporative cooler test tunnel - temperature and humidity controlled to measure the evaporative efficiency of various media types for gas inlet conditions for turbine applications.

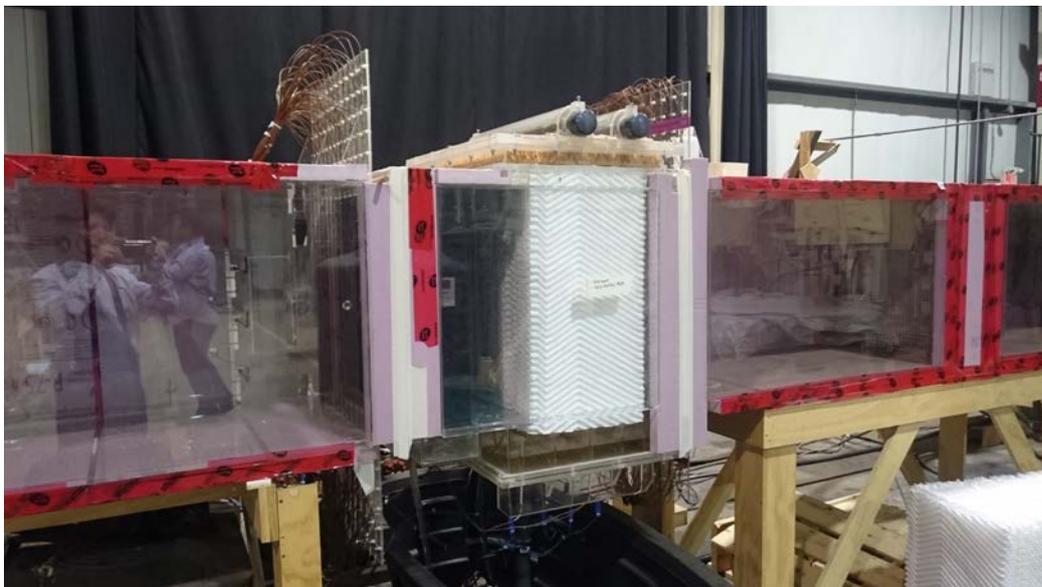


圖 22. Evaporative media block installed in test tunnel, same function as above point.



圖 23. Nels main laboratory showing large wind tunnel and several baghouse models

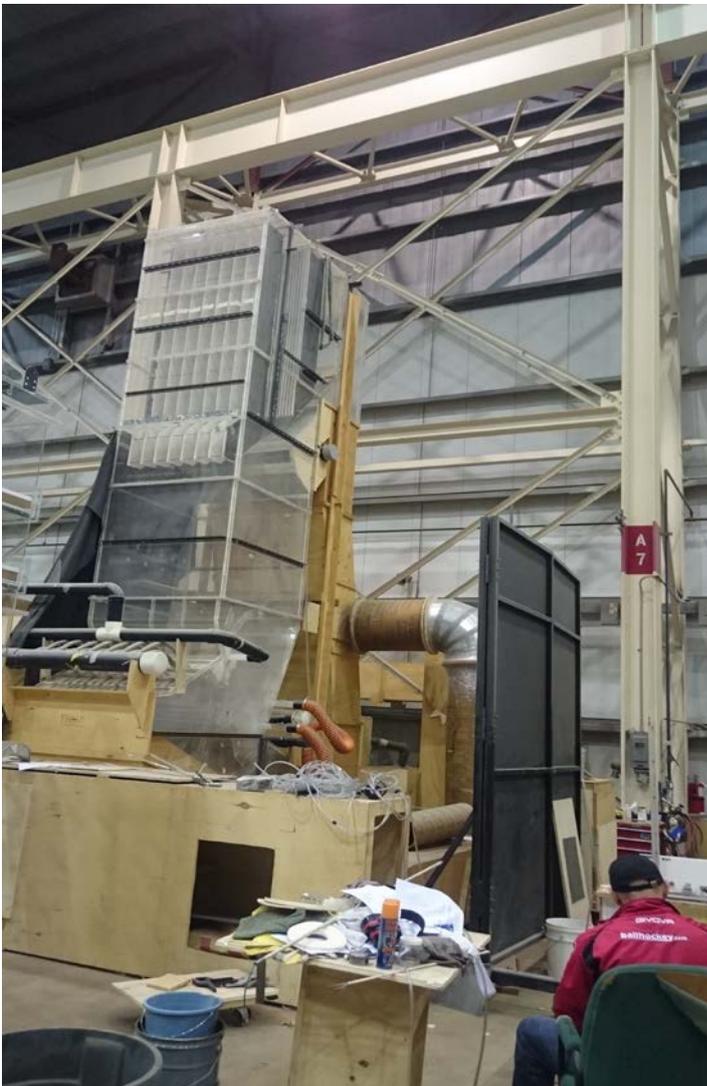


圖 24. Waste Incinerator Furnace System to evaluate and optimize the flow patterns and combustion efficiency of the operating unit while minimizing emissions.



圖 25. Nels fluidized bed test tower - used to evaluate the capability to drain solids from a fluidized bed reactor.



圖 26. Rotational kiln model used to evaluate the current operating characteristics of a nickel carbonyl kiln and developed modifications to increase the production rate of the kiln.



圖 27. Wet scrubber model in operation , tested to ensure satisfactory operation of the full size unit.



圖 28. Multiple wet scrubber installation model (old unit) , existing unit being modified to remove WFGD bypass system and scrub 100% of the gas flow as opposed to the previous 75-80%. Plant was operating poorly due to changes in the operation of the unit and required modifications to the design to ensure acceptable operation under the revised operating parameters



圖 29. ESP installation and ductwork (Multiple ESP unit) used to design the required flow distribution devices within each ESP box to achieve ICAC criteria and design the devices required to achieve the desired flow split between each of the 5 ESP boxes (4 existing and 1 new)

三. 燃煤鍋爐燃燒調整

此行藉參訪 NELS 之便，為探討有關燃煤鍋爐燃燒調整技術，特收集相關技術資料經與國外專家研討後，列出值得參考之重點議題，分別討論如下：

1. 燃調目的及重點

由於燃煤鍋爐燃燒狀況的良莠，會直接影響鍋爐設備和運轉的經濟性、安全性，若經由適當調整能使得燃料燃耗更充足、爐膛內有均勻的溫度場(即熱負載)，便可維持爐膛各受熱面水管的安全熱工，確保鍋爐能在環保排放限值內維持滿載運轉、避免結渣破管等事故。

因為燃煤鍋爐設備非常複雜，相關調整參數數量亦甚多，變動調整將對整個燃燒過程及相關造成影響，很難依局部觀察或依直覺而作出完善的操作，因此我們需要進行更系統性的鍋爐燃燒調整試驗。

而所謂的鍋爐燃燒調整試驗，便是依規劃改變特定參數及調控方式(主要在於粉煤及配風等匹配)，經由各種調變後的燃燒結果，依安全性、經濟性、可操作性等各方面加以評估分析，最後得以確認最佳運轉操作模式。

所以鍋爐燃燒調整試驗之目的：

(1)主要，在於確保鍋爐提供正常穩定的汽溫、汽壓和蒸發量，以及在著火穩定、燃燒核心適當、火焰分佈均勻、不會燒損燃燒器、避免結渣，保證過熱器等在安全狀況下運行，運轉效能可以達到最高的經濟性。

(2)其次，在於強化技術管理，當經由較全面性的燃燒調整試驗所獲得的的經濟特性，廣泛地包括粉煤、空氣、排煙、汽水等運轉參數狀況以及鍋爐運轉效率、廠內用電等，都是瞭解設備相關性能、制訂各運轉規範、改善燃燒系統以及提供全廠經濟性調整所必備的。

(3)附帶，透過燃燒調整試驗可以使運轉人員更適切地瞭解設備運轉性能，掌握調控的規則性，使操作實務和燃燒理論互相驗證，將在操作技術、安全經濟運轉等方面獲得更大的效用。

(4)為了達到上述之目的，大致上應著重下述 4 個方向的燃調重點：

- a. 粉煤機的磨煤細度與均勻分佈。
- b. 各燃燒器供給風的出口流速和風量。
- c. 各燃燒器之間的負載配比模式。
- d. 供給爐膛的總風量(即過剩空氣係數)。

2. 爐膛的空氣動力場

所謂爐膛空氣動力場主要指的是燃燒設備及爐膛內的空氣（包含所挾帶的粉煤）以及燃燒產物的流動方向和速度的分佈狀況。一般依試驗型態，可分為冷態和熱態試驗。燃煤鍋爐運轉的安全性、可靠性和經濟性，與爐膛空氣動力場狀況有密切的關聯。

良好的爐膛空氣動力場主要要求，各燃燒器有足夠的熱煙氣回流至射流的根部，使燃料噴入爐膛後能迅速受熱著火且保持穩定前緣、粉煤適當平衡使燃料和空氣的分佈適宜、良好的火焰充滿度，並形成區域適中的燃燒中心。

通過冷態空氣動力場試驗，可以直接檢驗爐內氣流的分佈、擴散、擾動、混合等現象是否良好。當鍋爐的燃燒狀況不正常時，空氣動力場試驗結果經常可以協助分析釐清一些問題，並從而有助於設備方面或運轉操作的改進。然而，它並不能完全如實地重現熱態的空氣動力狀況，也就是說仍會有某種程度的失真，所以只能做為燃調的參考和輔助手段。

3. 鍋爐的冷態試驗

(1)通鍋爐通過冷態試驗可以釐清燃燒系統的配風均勻性、燃燒系統的阻力特性、燃燒器的流體動力特性、三次風的調控要素、爐膛充滿度的要素、爐內結渣的空氣場、試驗出合理的運行模式。

(2)必要的工作包括一、二、三次風測速裝置之標定、二次風擋板開度特性試驗、各次風風量同層四角之間的均勻性試驗、水平煙道氣流速度分佈特性試驗及爐內空氣動力場試驗等。

(3)試驗中對於爐膛氣流主要觀測火焰或氣流在爐內的充滿度、氣流動態、各種氣流相互干擾情況等。

(4)冷態空氣動力場試驗之依據，有模型與實物的幾何相似、介質(普朗特數)、運動相似(雷諾數)、動量比相等條件。

4. 鍋爐的熱態試驗

鍋爐的熱態試驗一般主要安排在 80%、100%額定負載下進行，試驗項目有根據設計或經驗參數進行的初步調整、燃燒器配風方式的調整、輔助燃燒器及三次風調整、粉煤細度調整(改變煤粉細度)、空氣過剩係數調整(含 50%額定負載下)、負載特性試驗(多負載，有(或無)搭配合粉煤系統運轉)等。

5. 粉煤鍋爐的燃調

(1) 粉煤機的磨煤細度與均勻分佈的調整

煤粉細度的影響，在一般情況下，主要表現在鍋爐的經濟性上，它有一個組合的最佳值使損失和最小。粉煤粒徑的粗細分佈對火焰的行程、爐膛出口煙氣溫度均有所影響。

A.煤粉分佈不均勻**是指**:分配到各個噴口的煤粉量不等，引起各燃燒器的風煤比例失調；或者，同一噴口的橫截面上煤粉濃度和顆粒度分佈不等，引起局部缺氧、著火困難和燃燒不穩定、局部結渣、鍋爐效率降低等現象。

B.多數加裝低氮氧化物燃燒器(Low-NO_x burner)的廠家會要求廠方配合調整粉煤流量偏差小於 $\pm 10\%$ ，故粉煤平衡有其普遍的需求性。但由於典型的電廠運轉狀況下，各燃燒器分管管段與管段之間的粉煤流量偏差通常會大於 $\pm 20\%$ 以上甚至高達 $\pm 38\%$ ，故單獨只靠下游採用二次空氣的調整，將甚少有機會使燃燒器的空燃比(air/fuel ratio) 均勻化或燃燒均勻，因此通常會在施行安裝即時粉煤流量測儀或者使用空燃比管理系統之前，先提出建議要求做好上游之粉煤平衡。

C.如果使用磨耗性不高的燃煤並且在節流器的內側部位未明顯產生磨耗狀況，則經相隔三年前後重覆量測粉煤流量偏差，由實測數據顯示其分佈型態並未改變。使用“固定式陶磁節流器”(Fixed Orifice)通常可以很有效益地達成粉煤流量平衡並維持數年之久;對於會有燃料混拌改變或未來將有燃燒器更新或者使用易磨耗燃煤等情況，則應考慮使用“可調式節流器”(Adjustable Orifice)。

D.另外，唯有在磨煤機上游配合使用校正過的飼煤器才能達成鍋爐粉煤流量均勻化，故為了達成鍋爐燃燒均勻且降低飛灰燒失量，則有必要同時要求“應用節流器作粉煤流量調整”及“定期進行飼煤器校正”。對於目前已發展成商品之各種即時粉煤流量測儀系統(Real-time coal flow measurement systems)，仍建議使用前必需和工業標準之粉煤流量量測儀器(ISO 9931 RotorProbe)一起進行校正測試，經確認後再行使用。

(2) 燃燒器出口流速及流率的調整

燃燒器保持適當的各次風出口流度，是建立正常的空氣動力場和穩定燃燒所之必要條件。一次流速過高會推遲著火；過低則容易燒壞燃燒器，在管內造成煤粉沉積。二次風流速過高或過低都可能破壞氣流的正常混合擾動，降低燃燒的穩定性。燃燒器出口斷面的尺寸及氣流速度則決定了一、二、三次風量的百分比。一次風流率愈大，為達到氣粉混合物著火溫度所需要吸收的熱量就愈多，因而達到著火所需的持續時間就愈

長。這對揮發份較低的燃煤來講是不利的，當一次風溫較低時尤為不利。但是，對高揮發份的燃煤來講，維持著火並不困難，而著火後為保證揮發份的及時燃燼卻需要較高的一次風率。

(3) 燃燒器的負載分配及停用

燃燒器的負載分配就是將各燃燒器的風量和粉煤量調整趨於一致。但有時為了調整燃燒中心、改變火焰的偏斜現象、避免結焦、調節過熱汽溫分佈或提高運行經濟性等原因，常特意地改變各燃燒器之間的空燃比。

A. 燃燒器負載分配方式

- 對於蝸殼燃燒器的爐膛，可增加中間位置的各燃燒器的風粉量或風量獲得較好的燃燒效果；
- 對於四角佈置的直流燃燒器，為了減少火焰偏斜、避免結焦，將一側或相對兩側的流量降低也有些效果；

B. 燃燒器停用(一般)原則

- 停用燃燒器的主要目的是保證鍋爐參數和穩定燃燒；
- 停上用下方式，可降低火焰中心，將有利於燃燼；
- 四角燃燒的方式，宜對角停用，定時切換，使水冷壁受熱較均勻。

(4). 空氣過剩係數的調整

A. 對於粉煤鍋爐來講，空氣過剩係數的確定主要取決於鍋爐燃燒的經濟性，它有一個適宜值，一般在經濟負載範圍爐膛出口的空气過剩係數約在 1.15~1.25 範圍內。

B. 空氣過剩係數的調整試驗，調整方法一般是改變總風量(或二次風量)，同時應注意一次風量應維持適中。

C. 空氣過剩係數的大小常影響到爐膛的溫度分佈、局部煙流還原性氣氛，從而影響到受熱面的結渣。

D. 相對高揮發份的煤種通常需要較小的空氣過剩係數。

第 參 章 心得及建議事項

一. 此次在加拿大的實習，觀察到 NELS 具備的許多優勢，該公司之所以能夠維持世界一流的地位，其相關做法值得探討，足以作為本所規劃實務工作之借鏡:

- 一直堅守本業，在流體建模領域耕耘，38 年來累積了豐富經驗。
- 一直精進維持著高品質製作且多樣性的模型應用，並不局限於單一樣式。
- 目前公司成員只有 45 位，但其中有 8 成是具專業背景的工程師與技術人員。
- 設施方面提供大尺寸的服務能力，能與工業界相銜接。
- 建立了多元化高能力的實驗室，擁有種類繁多且具專業的測試設備。
- 對各行業設備之運轉操作有著豐富的背景經驗。
- 有能力提供設計，也對實際運轉系統的開發具經驗。
- 能提供具彈性的時程接納顧客的需求。
- 能對工作維持著具成本效益的品管。
- 提供顧客具保證的測試結果。
- 已開始在中國大陸，完成因應新環保法規的一些專案(Castle Peak, Changxing & Yuhuan Projects)

二. 此次實習主要配合電廠委託研究計畫「中 9 機鍋爐燃燒調整測試評估研究」之執行，藉 NELS 瞭解模擬測試評估技術之發展應用;建議在中 9 機的先行測試評估之後，目前應接續應用模擬測試評估技術，獲得中 9 機燃燒器系統流場確認與過剩空氣裕度潛在問題的釐清，以提供運轉員改善操作模式之明確依據，遠離/免除結渣停機風險之外，也能著力提昇鍋爐運轉效能。

三. NELS 以物理建模試驗、CFD 建模試驗及現場實測等三大技術區塊，相輔相成地成就以提供流場評估技術服務為主體之國際化公司，除了檯面上需要軟硬體設施兼俱之外，堅持各項專業技術經驗的累積與管理者努力的耕耘，更是該公司 38 年來能夠屹立不搖之主因;爰此，建議本所培養整合這三項技術之專業人才，針對公司關鍵需求，積極進行改善各電廠運轉效能之合作專案，逐步技術生根累積經驗，為將來電廠效能改善厚植專案管理能力。

參考資料

- 1.Specialized Engineering And Laboratory Services, NELS Brochure Slideshow-July 3, 2015
- 2.孫式國,超超臨界 1000MW 機組運行調試關鍵技術研究,碩士論文,April 20,2009
- 3.周強,旋流煤粉燃燒器的燃燒優化,碩士論文,May 26, 2008
- 4.陳兆兵,張長友.鍋爐燃燒優化調整的試驗研究[J].鍋爐技術,200334(4):50-53.
- 5.李永華,曾慶廣等.旋流燃燒器冷態模化試驗研究[J].發電設備,2001,(2):6-9.
- 6.Moyeda D. Payne R., Kuehlert K.H., Bish E.S., Application of CFD for a low-NO_x burner retrofit to a coal-fired utility boiler[J], Progress in Computational Fluid Dynamics, 2001,1:91
- 7.Fiveland W.A burner for utility boiler,C.E., Using of mathematical modeling in the design of a low NO_x Combustion,[J] Science and Technology, 1993, 93: 53-72.