

出國報告（出國類別：實習）

## 實習低碳排放發電技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鍾年勉/主任

派赴國家：荷蘭、瑞典

出國期間：104年9月7~18日

報告日期：104年11月3日

QP-08-00 F04

出國報告名稱：實習低碳排放發電技術		
出國人姓名 (2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
鍾年勉	主任	綜研所
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：104年9月7日至104年9月18日		報告繳交日期：104年11月3日
出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目的地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人： 單位： 主管處 總經理  
 主管： 主管： 副總經理：

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：實習低碳排放發電技術

頁數 34 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人事處/陳德隆/ 2366-7865

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鍾年勉/台灣電力公司/綜合研究所/主任/ 8078-2271

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 9 月 7 ~18 日

出國地區：荷蘭、瑞典

報告日期：104 年 11 月 3 日

分類號/目

關鍵詞：風機噪音、熱均壓、HIP

內容摘要：(二百至三百字)

本公司發電端在減碳、減核趨勢下，積極朝向低碳之風力發電與天然氣複循環發電(NGCC)方向規劃，本出國計畫即針對風電風機噪音模擬評估與複循環發電氣機葉片之熱均壓設備安全規範兩項技術而擬定並執行，其中風機噪音模擬評估部分赴 B&K 安排之合作廠商荷蘭 DGMA 實習噪音模擬軟體 Predictor，熱均壓設備部分則赴瑞典 AVURE 實習熱均壓設備與安全規範；報告內容涵蓋前言與出國行程、兩項行程實習過程與內容以及實習心得與相關建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目 錄

	頁次
一、 前言與出國行程	5
二、 實習低碳排放發電技術(風機噪音模擬評估)	7
三、 實習低碳排放發電技術(熱均壓設備與安全規範)	14
(一)議程	15
(二)AVURE QUINTUS 熱均壓設備簡介	16
(三)、討論議題摘要	21
四、心得與建議	27

## 一、 前言與出國行程

### (一)、前言

(1)、風力發電為本公司推動低碳發電再生能源大宗，而風機噪音影響漸為為近年來陸域風場建置之最大障礙，也是本公司機組運轉常見民眾關切議題，本公司尚未全面建立相關評估與量測技術；本所本年度成立「風機噪音模擬評估與量測」研究計畫，引進評估軟體與量測設備，並挑選大潭、核三等風場進行實測應用。本次赴歐實習行程之一為 B&K 公司，為該領域軟硬體設備與經驗之領導廠家。

(2)、燃氣複循環電廠應是本公司未來低碳發電實際面的唯一大量選項，而本所熱段組件葉片再生技術多年來也對相關機組成本降低貢獻良多；能源室目前規劃引進「熱均壓」設備與技術，期有助於葉片三次再生技術之發展，鑑於設備昂貴且須特別注意運轉安全與規範，因此規畫赴瑞典 AVURE 公司實習並參觀設備實際之運轉操作以及相關作業安全規範，AVURE 公司為該項設備設計製造以及熱處理代工領導廠家。

(3)、前述兩項計畫為本所能源室積極推動之低碳發電重點計畫，擬透過國外專家經驗分享與問題討論，現場軟、硬實際操作與技術討論、以及設備安全設計與房屋結構規範需求進行討論，以利計畫推動方向之檢討與進度之掌握以及技術之引進等計畫管理項目，另並期有助於

「熱均壓」實驗室房屋結構設計需求規劃與相關設備、技術之引進程序規劃以及相關管理決策時機有效性和準確性。

(二)、出國行程

9/7-9/8	往程	Taipei-Amsterdam
9/9-9/10	荷蘭阿姆斯特丹	實習低碳排放發電技術(風機噪音模擬評估)
9/11-9/11	行程	Amsterdam-Stockholm-Vasteras
9/12-9/16	瑞典 Vasteras	實習低碳排放發電技術(熱均壓設備與安全規範)
9/17-9/18	返程	Vasteras-Stockholm-Amsterdam-Taipei

## 二、 實習低碳排放發電技術(風機噪音模擬評估)

本段行程與本室唐文元先生以及工研院涂沖賢博士共同拜訪 B&K 公司噪音模擬技術軟體開發合作之荷蘭 DGMR 公司(報告內容相同於唐先生與涂博士)。

DGMR 專注於解決在建築,製造,基礎設施,空間規劃和環境問題,也開發和相對應之技術支持軟件。技術上包含聲學,城市健康和安,建築物理,火災調查,消防安全,節能與綠能建築等持續發展的業務。

下圖是 DGMR 軟體經理 Erwin Hartog van Banda 於參訪當日提供之簡報摘要。



### Expansion of noise zone of Amsterdam Westpoort industrial area

The number of trucks has increased with the growth of Amsterdam Westpoort. The noise zone has expanded and the level of noise has increased. The noise zone is now larger than the area that was previously defined. This is a direct result of the increase in the number of trucks that use the road through the area.

The noise zone is now larger than the area that was previously defined. This is a direct result of the increase in the number of trucks that use the road through the area.

The noise zone is now larger than the area that was previously defined. This is a direct result of the increase in the number of trucks that use the road through the area.




Consultants for construction, industry, energy, environment and software [www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)

### Research and consultancy for light rail Zeeburger and Uithoofdplein Utrecht

Research and consultancy for light rail Zeeburger and Uithoofdplein Utrecht. The project involves the construction of a new light rail line in Utrecht, Netherlands. The project is a part of the city's public transport expansion plan.

Research and consultancy for light rail Zeeburger and Uithoofdplein Utrecht. The project involves the construction of a new light rail line in Utrecht, Netherlands. The project is a part of the city's public transport expansion plan.



Consultants for construction, industry, energy, environment and software [www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)

### Vibrations and the railway in Vught

Vibrations and the railway in Vught. The project involves the construction of a new railway line in Vught, Netherlands. The project is a part of the city's public transport expansion plan.

Vibrations and the railway in Vught. The project involves the construction of a new railway line in Vught, Netherlands. The project is a part of the city's public transport expansion plan.



Consultants for construction, industry, energy, environment and software [www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)

### About DGMR consultant engineers

About DGMR consultant engineers. The project involves the construction of a new railway line in Vught, Netherlands. The project is a part of the city's public transport expansion plan.

About DGMR consultant engineers. The project involves the construction of a new railway line in Vught, Netherlands. The project is a part of the city's public transport expansion plan.



Consultants for construction, industry, energy, environment and software [www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)

### Large petrochemical plant in Scotland

Large petrochemical plant in Scotland. The project involves the construction of a new petrochemical plant in Scotland. The project is a part of the country's industrial expansion plan.

DGMR consultancy:

- A one day course general acoustics
- A one day hands on training on how to noise prediction the Predictor soft
- Additional consult how to solve noise problems with fl




Consultants for construction, industry, energy, environment and software [www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)

### Kemys olefins project in Saudi Arabia

Kemys olefins project in Saudi Arabia. The project involves the construction of a new olefins plant in Saudi Arabia. The project is a part of the country's industrial expansion plan.

Environmental noise abatement



Consultants for construction, industry, energy, environment and software [www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)



圖 2.1 DGMR 之簡報資料摘錄

在 DGMR 之環境噪音傳遞模擬軟體中(Predictor)主要依循 ISO 9613 規範設計與模擬，ISO 9613-1 包括第一部份大氣衰減之估算與第二部分戶外聲學傳遞之衰減計算。ISO 9613-2 旨在預測風向、風速傳遞路徑之障礙之八音階頻帶的聲音壓力位準，是目前已發表的預測方法中在國際間最容易被接受的，可以應用於許多種類的地面音源，用於環境噪音影響評估、建築工程與噪音源之傳遞影響、智慧城市之環境規劃、風力發電機噪音之傳遞模擬與評估，在衰減計算的內容涵蓋隔音牆、建築物、樹林、地形等效應。此方法之應用與限制包括僅模擬點音源或組合式點音源之噪音分布，因此，線或面音源需由多

點之「點音源」組合計算。

衰減特性包括幾何距離、大氣吸收、地面吸收與反射、隔音牆、建築物、樹林等在傳遞路徑產生之「屏障」，所以對一些噪音改善設施之安裝前後之模擬預估可直接進行成效之評估。

應用於平面、高架道路、鐵路、工廠、營建工地等地面活動之噪音分布計算。

並不適用在衝擊噪音之計算與評估。

風力發電機之噪音測試視在聲功率之宣告依循 IEC 61400 與 CNS

15176 相關規範進行，在風力發電機噪音模擬時，會依風力發電機等效成一個點音源之視在聲功率值，向四面八方均勻之傳遞，受音點的噪音計算方式，音源出發、經過衰減距離、大氣吸收衰減、地面條件產生之衰減、繞射衰減、過剩衰減得到受音點之聲壓位準。而反射音則由音源經過反射面反射衰減後，視為「鏡向音源」(image source)，同樣經過一連串的衰減計算到達受音點，而受音點的音壓位準則為各音源的貢獻值加成而得。

$$L_{rr}(DW) = L_w + D_c - A$$

其中  $L_{rr}(DW)$  為下風處(downwind)受音點之音壓位準

$L_w$  點音源所產生之八音度(octave)聲功率位準(單位: dB / ref 1 pW)

$D_c$  是指向性修正(單位: dB)

$A$  為點音源至受音者間之為八音度頻帶之衰減(單位: dB)

上式音源至受音者間之衰減量  $A$  可以表示

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

其中  $A_{\text{div}}$  是距離之衰減 (attenuation due to geometrical divergence)

$A_{\text{atm}}$  為大氣吸收衰減 (attenuation due to atmospheric absorption)

$A_{\text{gr}}$  為地面條件產生之衰減(attenuation due to ground effect)

$A_{\text{bar}}$  為屏障繞射衰減(attenuation due to a barrier)

$A_{\text{misc}}$  為過剩衰減(attenuation due to miscellaneous other effects)

所以風力發電機噪音發散之指向性問題，在模擬中僅藉由傳遞環境之衰減項進行模擬修正，而音源本身 DGMR 建議還是依據 ISO 9613 之無方向性之點音源方式進行設定，其他例如 DAL 32 模式也可應用於風機噪音模擬分析，但是為了避免造成風機噪音模擬之差異(此差異指不同軟體於相同模型、相同方法之模擬結果的差異)，DGMR 仍建議採用 ISO 9613 模式進行。

對於台灣風力發電機噪音抱怨問題之發生，常與季節之風向有關，風機噪音軟體對於短期間之噪音模擬上，DGMR 建議由環境參數著手，

以調查期間之環境條件代表風場之長期環境狀態，進行風場噪音模擬評估，可降低特定期間範圍之噪音量測結果與模擬評估結果之差異。對於噪音模擬結果中所獲得之接受者(噪音抱怨者)位置之噪音量，為數種音源所貢獻，對於那個音源貢獻最明顯之分析，DGMR 建議由軟體之風力發電機特性與音源特性方式進行設定，如此可判斷那個風機、或是音源是優先減噪之對象，對於可能之風機噪音抱怨者之環境噪音控制會更有直接、且風場營運之效益不至於會降低太多。



圖 2.2 DGMR 經理向參訪者說明該公司專案/工作管理流程

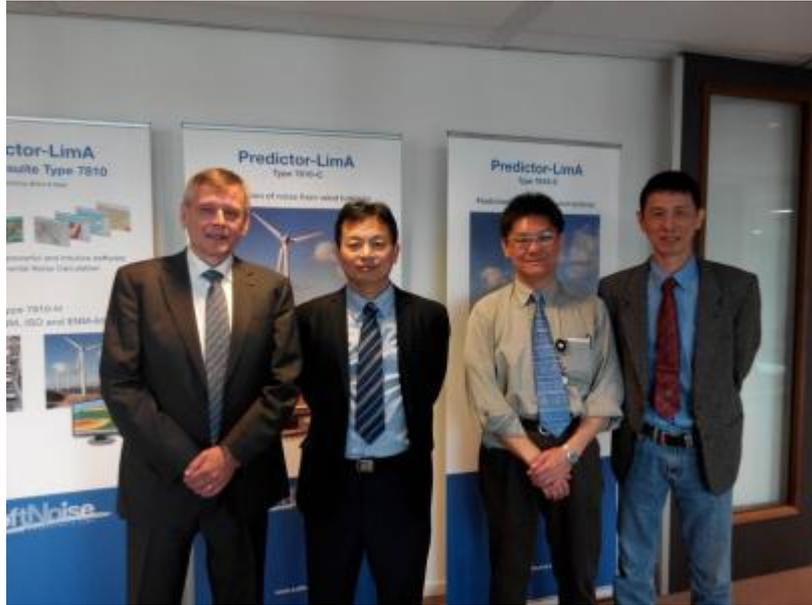


圖 2.3 DGMR 參訪合影

### 三、 實習低碳排放發電技術(熱均壓設備與安全規範)

韋斯特羅斯(Västerås) 位於瑞典中部梅拉倫(Mälaren)湖畔，斯德哥爾摩往西 100 公里處，人口約為十餘萬人，目前是瑞典第四大城(如圖 3.1)。韋斯特羅斯是瑞典最古老的之一，早在在 11 世紀初維京人時代，就已發跡，現代的韋斯特羅斯是一個工業城市，梅拉倫湖邊港口可藉由內河航運直達斯德哥爾摩與波羅的海。19 世紀末，大型電力設備製造商，ASEA，即在韋斯特羅斯建立，1988 年 ASEA 改組成為 ABB 公司，AVURE 在此之前即屬於 ASEA 成員之一，城鎮內到處皆可見 ABB 和 Alstom 公司之標誌，稱韋斯特羅斯為 ABB 城亦不為過(如圖 3.2)。

AVURE 公司是國際著名的熱處理系統設備設計製造公司，尤其是其熱均壓設備(Hot Isostatic Press)因具 QUINTUS 設計專利，大大提高其設備安全性與效能，而得以在此方面執國際之牛耳(如圖 3.3)。本所長期進行氣機葉片再生計畫績效有目共睹，目前正積極規劃引進大型熱均壓設備以延長葉片使用壽限與提高再生產能，本次拜訪 AVURE 公司行程與實習議題即針對該設備之設計、運轉、安全、維修與購案執行案例討論來擬訂，以建立未來規畫執行熱均壓試驗設備之參考。本實習行程 AVURE 公司主要接待與安排人員為銷售經理 Jouni Wedenstrand 與技術經理 Roger Thunholm，並全程參加，其他各項

議題則由各相關部門負責人簡報並參與討論，其中在本所需求報告議程該公司 CEO Jan Soderstrom 並特別出席參加，三天議程與議題安排如下：

(一)議程：

1. Introductions and Agenda reviews
2. Company presentation AVURE technologies
3. Company presentation Taiwan Power
4. Project requirements Taiwan Power
5. Plant Tour(如圖 3.4)
6. Process Support and blade know how
7. Larger HIP Project walk through
  - A. Provide detail review of project execution.
  - B. Give examples of other projects and explore each phase of the project.
  - C. Review project and schedule risks.
  - D. Review what factory acceptance testing can be performed prior to shipment.
8. Demonstration of HMI system
  - A. What will the operators see under normal operations.
  - B. What types of alarms and warnings would the operators see.
  - C. Review of other control system features.
9. Project and engineering workshop and engineering discussion.
  - A. Review of complete project and capacity requirement.
  - B. Define scope, need of tech. support and actions.

- C. Agree on next step
  - D. Discuss path forward for firm offer
10. In-service support discussion
- A. Review the support agreement
  - B. Review the maintenance interface between TPC and AVURE
11. HIP LAB Discussion
- A. Review of Lab HIP support
  - B. TPC Lab service need
  - C. Discussion of URC and UQC
12. Closing and Summary

## (二)AVURE QUINTUS 熱均壓設備簡介

壓力容器組合(Pressure vessel assembly)，(如圖 3.5)

### Wire-wound cylinder

繞線、預應力式壓力容器缸由鍛造鋼製成，並用多層高強度鋼絲纏繞以形成充分預應力設計，用以承受徑向壓力。壓力容器頂部設置有法蘭與可調螺栓用以支撐頂蓋與對齊，繞線組與壓力容器缸壁之間的冷卻通道則用以冷卻繞線與和容器壁，並提供了非常高的熱傳能力。

### Wire-wound Frame

由上下兩組纏繞有高強度鋼絲之鍛造框架與軛鐵組成以形成完整的預應力結構框架，上下兩組框架結合是透過上下兩繞線之拉緊固

定，而非焊接或鑼栓。上下兩組框架與上下蓋作為承受上、下方向壓力之結構支撐，

#### Upper and Lower closure

上、下蓋是由高強度鋼鍛造加工而成，具防水與高壓止洩功能。下蓋板並具有氬氣與抽真空和排氣的進出通道開口，以及電熱器電源與熱電偶通道開口，正常運轉情況下，下蓋板不移動而與容器缸維持緊密。

#### Closure manipulator

上蓋操縱器連接到框架的上端，透過液壓缸與精確控機構使得上蓋運動完成安全的起重操作。

#### Cylinder and frame support

繞線式壓力容器置於焊接或螺栓固定之支撐結構上，而繞線式結構框架則架在可移動之台車上，上述支撐結構與台車軌道則固定於緊鎖於地基基礎上之鋼樑。

#### 加熱爐(Furnace)

加熱爐包覆於壓力容器內，是 HIP 運轉之核心組件、高溫提供來源(如圖 3.6)。該加熱爐組合由絕熱的爐殼和承載加工件重量之爐底座所構成。HIP 運轉條件極端嚴苛，在全壓力運轉下的介質（氬氣）密度接近水的密度，因而該工作流體具有強烈之對流傳熱特性，又由

於爐壁內外部之間的溫差大，因此，熱損失與加熱區域良好的溫度均勻性是為 HIP 性能重要參數。所有 Avure 的標準爐和爐底座皆是插入式(plug in)設計，運轉設計同時多爐使用，當一爐在運轉，第二爐則做加工件準備，如此循環運轉可最小化周轉時間，增加效率，所有專為均勻冷卻（URC）設計的爐子相較於非配置 URC 爐在週期時間縮短了一半以上(如圖 3.7)。

### 氣體處理系統

氣體處理系統如圖 3.8，主要用於壓力容器的加壓和釋壓。該設備基本上包括壓縮機（多個），冷卻器，氬氣操作閥門，壓力表和安全閥和安全裝置以及一個手動操作的緊急洩壓閥，可同時測量容器和儲存壓力的壓力感測器，氣路系統，對於較小的 HIP 系統中只有一個活塞式壓縮機，較大的系統可能有兩個或更多的活塞式壓縮機。

### 真空系統

用於移除系統中之空氣，其容量取決於 HIP 的尺寸，可以由單一級旋片式真空泵或為大型 HIP 系統之魯氏鼓風機。真空系統還配備了必要時關斷閥，排氣閥，過壓閥和真空傳感器。

### 多重冷卻系統與緊急冷卻功能

冷卻系統被設計成三個獨立的迴路，一個開放系統（外部）和兩個封閉系統。開放系統從工廠的外部水輸送到封閉系統高效能熱交換

器。主要封閉水路系統用於氣缸和上下蓋的冷卻，該系統之水為蒸餾水或經離子交換劑處理過且加有腐蝕抑制劑之除礦水，較小的封閉水路系統用於冷卻 VRT 的和電器，水質為蒸餾水或水的離子交換劑處理過、不含添加劑的水。主封閉水路系統設置有兩個循環泵運轉以冷卻壓力容器，當一台運轉中則第二台熱待機。如若選擇的冷卻水泵在循環期間故障則另一台並聯之冷卻泵將自動啟動。如果所有的冷卻水泵都失效，氬氣驅動的緊急水泵將會自動啟動以安全冷卻壓力容器，主封閉水路系統的水的體積設計上足夠安全地冷卻壓力容器，即便運轉於最大負荷和溫度之下。

#### 安全設計

熱均壓是一利用熱量和高壓同時施加到金屬工件使材料緻密化方法(如圖 3.9)，因此加壓是製程重要程序之一，就安全觀點，當大量能量存儲在一定體積之壓力容器內(壓縮氣體為氬氣)，若儲存的能量突然在非控制下被釋放，例如爆裂，結果將是災難性的(如圖 3.10)，而其等級可由 TNT 炸藥說明，例如圖 3.11，大型 HIP 加壓空間 25 立方米，運轉壓力 100 Mpa 的所存儲的能量相當於 650 公斤 TNT 的爆炸效果。因此，AVURE 在設計上採取 ” Leak before Break” 的原則，亦即在最壞的情況下，最嚴重的爆裂結果是所存儲的能量受控制下釋放，Avure 的壓力容器具備鋼絲纏繞的全預應力(QUINTUS®) 特性如

圖 3.12，而得以滿足公認的“Leak before Break”安全標準，並符合

ASME 鍋爐及壓力容器規範。

Avure 所謂的 QUINTUS<sup>®</sup> 設計具備兩大特色：鋼絲纏繞與全預應力容器壁結構設計如圖 3.13、圖 3.14；一般壓力容器的設計特別重視材料疲勞而危及結構安全，結構材料疲勞循環壽命計算需使用破裂力學作為計算依據進行應力和疲勞分析，然而材料起始裂縫的發生與傳播速度不確定性相當高，且壓力容器內高壓力會增長裂縫成長速度，特別是在非預應力的設計，由於壓力介質滲透到裂縫的尖端而增加了一個應力，裂縫因此加速成長，爆裂風險增加。另一項影響 HIP 結構安全之因素為熱應力，當 HIP 運轉在容器壁移熱需求緩慢時，容器牆壁厚薄影響不大，但當緊急狀況發生或運轉在快速降溫條件下而須快速移熱，則牆壁之溫差大，形成之熱應力對裂縫之成長將增強其負面作用，因此容器壁設計應該最小化。QUINTUS<sup>®</sup> 多層繞線設計的冷卻通道置於繞線包覆和內部容器筒之間，有助於減低熱應力的不良影響。總的來說，AVURE HIP 具有下列 4 項設計特點以達成滿足快速冷卻之功能需求以及運轉安全之目標：

(1) 壓力容器的基本設計應當使得所有的承載組件無應力集中發生之可能。施加在頂蓋之軸向力應由外部軛框架(yoke frame)承受以避

免嚴重的應力集中情形發生。

(2) 壓力容器主要負荷承載元件的組件的為多層設計，具有內在的止裂性能。

(3) 最重要面壓力之構件為鍛造之內壓力容器圓筒，在任何工作條件下應維持一定預應力(壓縮)的層度，以減少裂紋擴展的風險和速率。

(4) 即使在壓縮應力下不能完全在排除由於在尖端局部拉應力效應造成之裂紋擴展，必須保證臨界裂紋深度低於壓力容器內筒的壁厚。

目前 Avure 已生產交付廠家運轉數百個 HIP 設備，其中一些一週運轉 7 天，每日 24 小時分 3 個週期，每班運轉壓力高達 300Mpa，其中一些爐體直徑大於 2m，60 年來該繞線設計從未發生裂紋擴展以致爆裂情事。

### (三)、討論議題摘要

#### (1) 熱均壓試驗室空間配置規劃(如圖 3.15、圖 3.16)

出國前即假設以 AVURE 公司開發之 QIH(173)型設備做為參考標的，並提供樹林所區熱均壓試驗室空間規劃草案供其針對主設備與附屬設備之佈置進行初步規劃。討論即依照 AVURE 完成之佈置草圖進行逐項檢討，並針對不符現場需求或佈置微調可行性方案進行探討。總結來說，我方原先空間配置規畫至少有四項可能不夠周延，分別是(1)

氫氣氣瓶與熱交換器等輔助系統的位置選擇，如無適當室外空間，屋頂可作為其次選項，但必須考量屋頂結構承載能力，例如熱交換器設備重約十餘噸，(2) 熱均壓主設備(包含電力、冷卻、氣體與壓力等設備和控制模組)原先本所規劃僅預留約 10.5m 長度遠遠不足，如依 AVURE 規劃最少需要 15m，且需改變其標準化配置設計而降低工作效率，理想之空間長度為 20m，(3)配合氫氣氣瓶佈置位置之管線佈置以及涉及安全之抽氣管線佈置與管道間設計(原先規畫無考慮)。(4) 地板之載重設計(原先規畫尚未考慮)。

## (2)設備吊裝與運送

熱均壓設備因考量安全性設計一般來說皆相當大而且重，以參考標的 AVURE 公司開發之 QIH(173)為例，其設備總重約 90 噸，雖可拆成模組方便運送，但最大之部件長度仍約 8 公尺、重量約 49 公噸，AVURE 特別強調其運送與吊裝經驗豐富，載具與車輛應該不成問題，唯一不確定的是國內海運港口至樹林所區運送路徑、所區內道路、道路迴旋空間等，所區內現有道路如不符則可能須進行短期變更因應。至於吊裝，由於 FRAME 長度長，重量重，吊裝時須由平放姿態轉呈垂直，因此需要兩樣吊裝設備同時運作，例如既有天車(高度需足夠，例如 10m)與吊車(則屋頂需設計成可拆裝形式)，或是臨時型門式吊

裝設備等，依目前屋頂之鋼筋混凝土規劃吊車高度會有所限制。另一方面，實驗室大門寬度亦得容許 FRAME 進出。

另考量運送成本與製造成本，我方提出氫氣氣瓶與熱交換器等輔助系統是否可由國內供應或自行採購，AVURE 回應基本上是可行的，不過未來施工與驗收過程中權責的劃分與進度的掌握是我方必須費心的部分。

### (3) 運轉安全與工安事項

由於熱均壓設備運轉壓力與溫度高達 200 Mpa、2000°C，且運轉時爐內充滿氫氣，因此爆炸與氫氣洩漏兩項安全顧慮在設備建置規劃階段最為我方所關切，討論歸納如下：(a)設備運轉在高溫高壓下時儲存能量相當於數百公斤 TNT 炸藥，AVURE 主要透過 Leak before break 設計(繞線預力 wire-wound fully pre-stressed QUINTUS)來達到構設計安全的要求，以符合 ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII 之要求，另一方面則透過溫度與壓力自動安全監控系統以及快速洩壓與熱移除系統來達到運轉安全之目的

(b)QUINTUS 熱均壓爐產品在過去數十年的運轉從未有爆炸事故紀錄，但其他廠家非繞線設計的爐子則有過紀錄，影響程度如圖所示，(c)由於氫氣較空氣為重且無色無味，如果氫氣洩漏會沉積於地下室，又

自動偵測警報故障且操作人員不查而進入該空間，在短時間極可能發生窒息死亡事故，實際上類似工安事故的確曾經發於英國且造成兩人死亡事故，(d) 預防氫氣洩漏，在設計上則透過地下室氣門隔間與運轉 interlock 控制設計，防止運轉中有人在該區域，另一方面則裝置氫氣偵測系統、自動警報設施與自動氣體關閉和排氣系統，提升運轉人員安全，(e) 熱均壓設備安裝與運轉相關執照申請與工安檢查行政程序所需之設計資料與參考案例，需要及早提供與規劃。

#### (4) 維修服務與備品

依過往經驗，本所大部分特有之實驗設備之維修與零件更新幾乎都需洽原廠或代理商以限制性招標方式辦理，因此，設備供應商在策略上可能以低價取得設備合約，但在之後維修與備品供應卻大幅提高價錢。討論議題包括，(a) 熱均壓設備運轉在高溫高壓下，因此有些組件是為消耗品，必須定時更新，不同組件運轉的壽命週期與備品價格的參考應隨採購合約中提供，(b) AVURE 可提供維修服務之選項包括由保證設備使用率之統包式服務到僅提供備品或故障排除 (trouble shooting) 之單一服務中間之各種組合，完全取決於設備使用方之需求，(c) 就一般統包式服務維修合約每年約為購價之 6-10%，因此，我方在本項設備採購階段除設備本身價格因素外，對於每年維

修與備品費用仍需詳細斟酌，納入運轉成本考量。

#### (5)人員訓練與運轉操作

熱均壓設備運轉於高壓與高溫，且運轉批次交替時爐內氬氣需進行充洩動作，雖然設備自動控制系統可自動完成上述程序，但樣品上下吊架與進出爐內仍須人員進入地下室操作，仍具潛在工安風險。討論議題歸納如下：(a)依 AVURE 經驗，建議每班至少安排兩位經完整訓練之員工當班，一位負責控制面盤，一位負責樣品 Loading、Unloading，兩者可相互支援，(b)人員操作設備並無強制性執照要求，但應為熟練之受訓合格人員，AVURE 可代為訓練並發放合格證明，(c)近期 AVURE 出口相似設備到亞洲之經驗顯示，該國利用裝機試運轉時機在 AVURE 指導進行人員運轉訓練以及基本維護和故障排除訓練，我方未來於採購規劃應可參考此案例將訓練議題納入。

#### (6)機型需求與爐內吊掛裝置檢討

由於我方假設以 AVURE 公司開發之 QIH(173)型設備做為參考標的，AVURE 以該型爐體尺寸並依其經驗估算我方葉片熱處理需求而有所疑問，討論歸納如下：(a)我方假設之參考機型可能高估容量需求，而設備價格強烈相關於爐體直徑，AVURE 建議我方可針對需求再做精算，

(b)設備建置完成列帳後每年折舊即成為運轉成本，加上維修成本亦正比於設備資產，我方宜避免高估需求而過度投資，

(c)因無法以 upgrade 方式更新爐體尺寸，我方宜再評估未來需求之不確定性與近期需求之分界或考慮分次採購的可行性(兩次採購小型爐取代一次大型爐)，(d)爐內樣品吊掛裝置由於涉及爐內流場與溫度分布均勻性以及 AVURE 商業機密，建議交由 AVURE 設計製造，惟需求與熱處理樣品幾何特性需由我方提供。

#### (7)商業條款

AVURE 公司在國際商業採購交易一般採用 ORGALIME S 2012 標準合約，所謂的 ORGALIME 代表 mechanical, electrical, electronic and metalworking in Europe，不過該公司在對我方未來可能的採購交易卻提出額外的修訂項目，部分條款明顯與本公司現行作法矛盾，例如：修訂條款 14 條，要求交貨違約期限需增加 31 天之寬限期，又例如修訂條款 40 條，要求免除乙方在設備裝置期間人員傷害或財產損失為甲方設備造成之責任。討論中，AVURE 並不能明確說明為何要訂定額外條款，不過未來採購過程，除技術細節外，商務合約法務相關事項與條款仍需特別注意，如有必要仍需尋求專業協助。

#### 四、心得與建議

(一)目前本所熱均壓試驗場土建規劃設計正委由本公司營建處辦理中，相關熱均壓試驗主設備與輔助設備等最適規格仍未完全擬定，建議應加快相關設備規格評估速度，並納入設計考量，避免設備安裝需要進行二次施工，耗時費事。

(二)工安至上是本公司奉行之圭臬，AVURE 公司 QUINTUS 熱均壓設備在安全的設計上考慮相當周詳，Leak rather than Break 的設計原則亦符合保守安全的概念，數百個該公司各尺寸之熱均壓試驗爐運轉數十年皆無爆裂紀錄，因此該公司 QUINTUS 設計概念值得推崇與採用。由於本公司設備採購原則上以公開採購為主，建議規範上應可要求廠商設備具有 QUINTUS 相同設計概念，以確保設備運轉安全，惟規範要求上應避免綁標爭議。

(三)在設備之採購規劃上，除設備本體須由國外廠家提供外，輔助設備可評估由國內廠商供應之可能性；由於設備體積重量龐大，運輸安裝相關問題與協調應在規範中有所要求，另外由於設備昂貴，且本所之前無相關經驗，應可評估將備品與一定期限之維護合約納入採購項目之可行性。

(四)AVURE 公司規模並不大，含工廠員工估計約百餘人，然該公司僅生產一項產品-熱均壓爐 HIP，歷時數十年，目前仍仍獨佔國際鰲頭，

觀察其訣竅在於掌握核心技術，並在原有基礎上不斷創新改良，使競爭者難以望其項背。同樣的這也應是本所在公司內外大環境快速改變下應該細細思量的課題。



圖 3.1 : Vasteras 小城風景一覽 圖 3.2 : AVURE 公司鄰棟(Alstom 招牌)



圖 3.4 : AVURE 工廠參觀

圖 3.3 : AVURE 公司大門

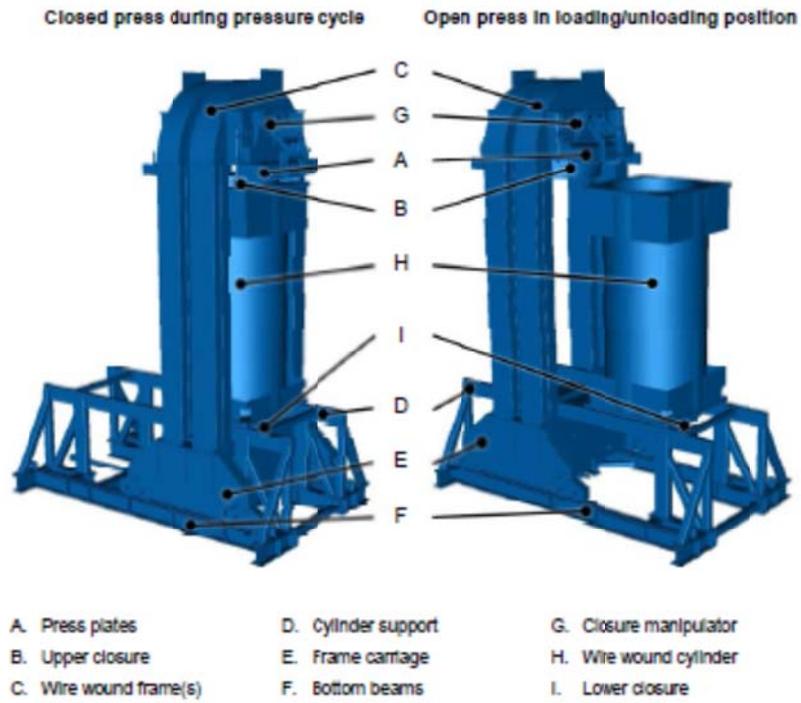


圖 3.5：壓力容器組合

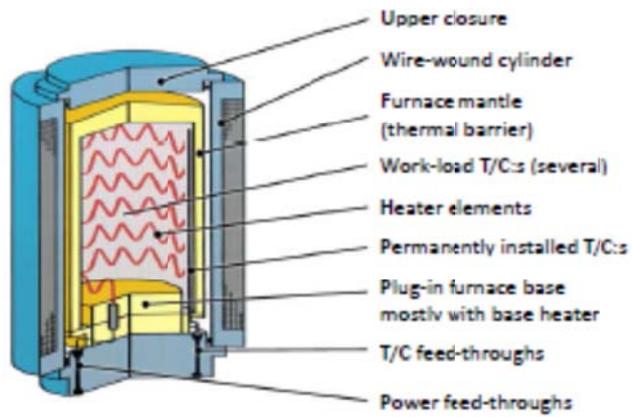


圖 3.6：加熱爐

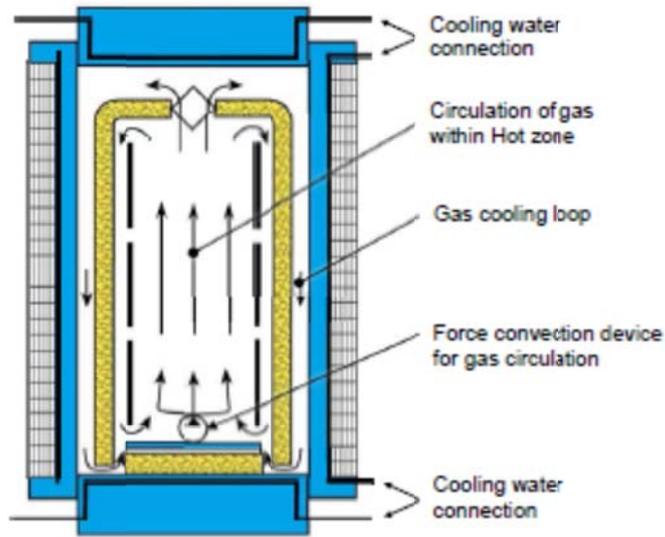


圖 3.7：爐內加熱氣體循環 URC



圖 3.8：氣體處理系統

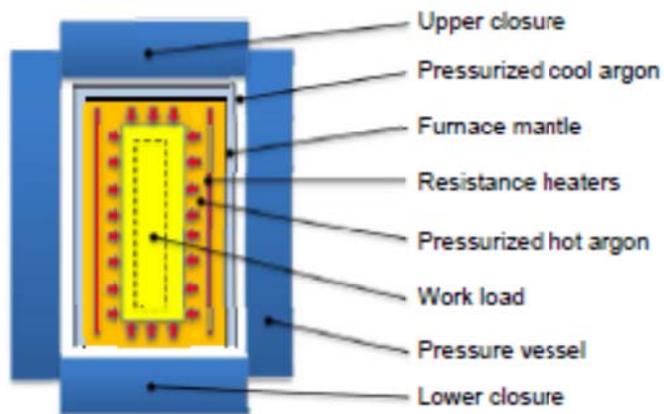


圖 3.9：HIT 基本原則



圖 3.10：非控制下爆裂結果嚴重

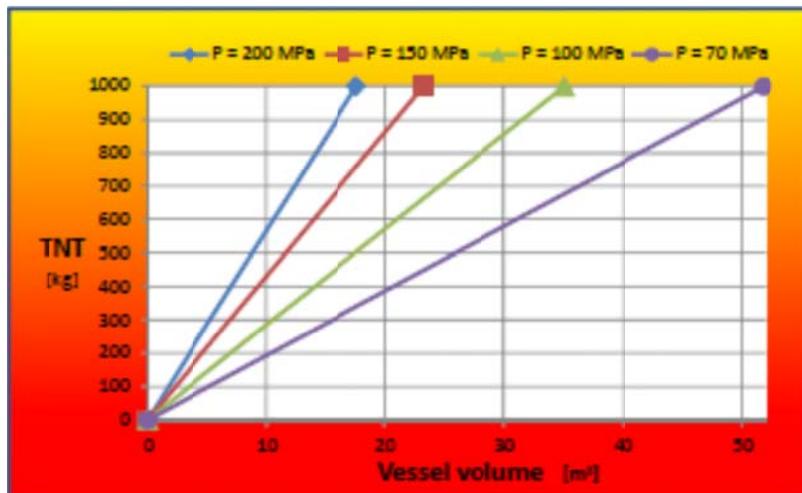


圖 3.11：HIP 爆裂強度等級可由 TNT 炸藥說明

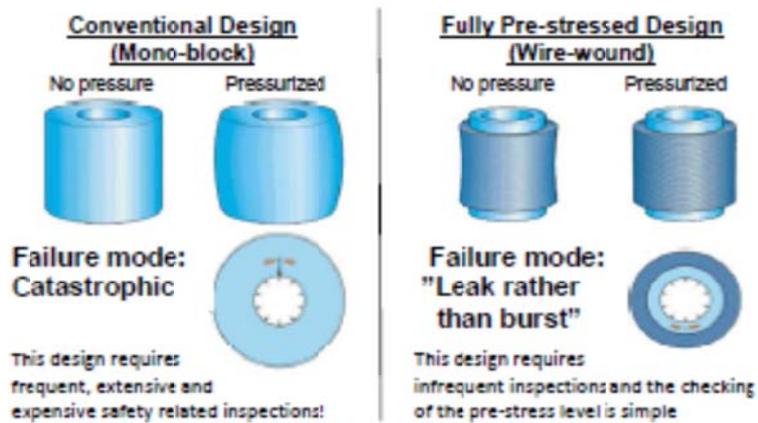


圖 3.12：壓力容器具備鋼絲纏繞的全預應力特性

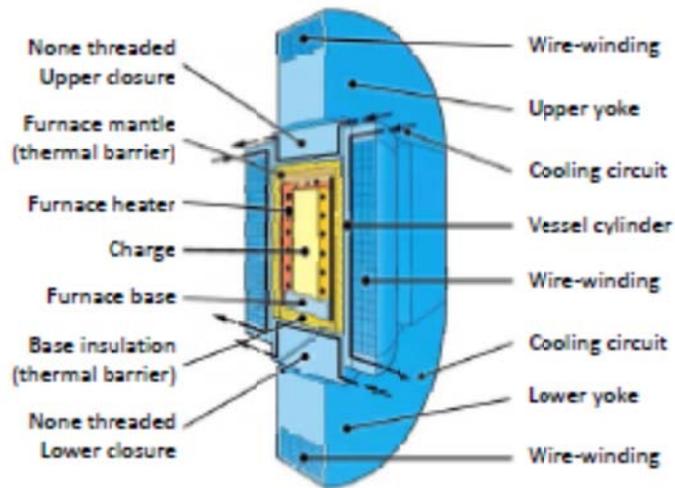


圖 3.13：鋼絲纏繞結構設計

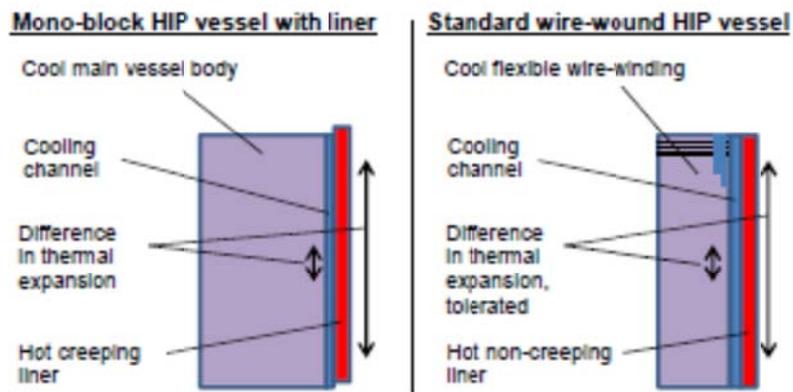


圖 3.14：全預應力容器壁結構設計

QUINTUS<sup>®</sup> Hot Isostatic Press  
Copyright © Avizo Technologies. All rights reserved.

Page  
17(46)



圖 3.15：大型 HIP 組件與配置



圖 3.16：大型 HIP 輔助系統與配置