

出國報告（出國類別：其他）

執行核一廠一號機  
定子線圈重繞案之設備出廠查驗

服務機關：台灣電力股份有限公司第一核能發電廠

姓名職稱：黃兆禎 保防電氣課長

派赴國家：美國

出國期間：101年11月11日至101年11月20日

報告日期：102年1月11日

## 摘要

為確保核一廠採購之主發電機定子線圈相關設備之交貨品質，因此，選定最重要之出廠測試項目前往查驗，包括定子線圈耐壓絕緣測試、交流高壓破壞測試、定子棒尺寸量測、電阻量測與耗損因子量測等。同時，本案施工技術與作業流程相當複雜，亦前往西門子總公司開會，詳細推演所有施工細節，以確保在大修期限內如期完成本案。核一廠執行主發電機定子線圈重繞、封油系統與比流器等三者同時更新，在本公司為首例，成功與否可做為大型機組更新之指標性案例。

## 目次

一、 目的.....	1
二、 過程.....	1
(一)發電機定子線圈出廠查驗.....	1
(二)主發電機定子線圈重繞施工研討.....	2
三、 心得與建議.....	26

## 一、 目的

為穩定供電，避免主發電機故障造成系統風險，核一廠規劃於 EOC-26 大修(102.3.27 至 102.5.31)進行一號機主發電機定子線圈重繞及附屬系統更新。本案於 101 年 5 月 8 日與原廠西門子公司正式簽約，並預計 102 年 1 月 25 日前 FOB 交貨主要設備。

依合約核一廠可有 1 次權利前往西門子公司審查設計、圖面與討論施工細節，有 3 次權利前往當地工廠查驗設備之測試情況。為確保廠商交貨品質，因此，擇定最重要之定子線圈高壓絕緣破壞測試、定子棒尺寸量測、電阻量測(tube-to-copper, tube-to-tube)與耗損因數(Dissipation Factor  $\tan \delta$ ) 量測等前往查驗。同時，本案施工技術與作業流程相當複雜，且工作指揮調度難度高，因此，亦前往西門子總公司開會，詳細推演所有施工細節，以確保在大修期限內如期完成本案。

核一廠執行主發電機定子線圈重繞、封油系統與比流器等三者同時更新，在大修期限內施工內容多，考驗施工文件完整性、工作流程之協調力與勞務人力之有效調度與管理能力，在本公司為首例，成功與否可做為大型機組更新之指標性案例。

## 二、 過程

### (一) 發電機定子線圈出廠查驗(2012.11.12 - 2012.11.13)

此行主要目的在查驗定子線圈完成品之電氣試驗情況。位於阿拉巴馬州 Fort Payne 小鎮的工廠為西門子公司製造全球主發電機定子設備的主要基地。步入該工廠，映入眼簾的是該廠力行多年的工作文化「第一次就做對(right the first time)」及「每次都安全(safety every time)」。原以為定子線圈製造全為自動化生產，實際製造流程，仍須相當熟練的技術與勞力介入。對於大型發電機而言，高資本投入與技術密集，實為發電產業難以跨入的高門檻主因。由於西門子公司管制攝影與技術文件(智慧財產權)，本次查驗定子線圈高壓絕緣破壞測試、定子棒尺寸量測、電阻量測(tube-to-copper, tube-to-tube)與耗損因子(dissipation factor) 量測等，無法呈現在本報告上。該公司將以正式的出廠測試品保文件，在交貨前送達核一廠。

核一廠主發電機定子線圈額定 19kV，此次實際查驗上半部線圈(top coil) 與下半部線圈(bottom coil)各一支，執行交流高壓絕緣破壞測試。測試結果 top coil 高達近 78kV，bottom coil 高達近 82kV，始發生定子棒絕緣燃爆現象，證實定子線圈絕緣處理相當優異。此外，為避免成形的定子棒在安裝時，因太緊而無法放入鐵心槽內，定子棒尺寸量測亦為重點。經特殊工具衡量二支成形的定子棒，皆未發現有成形不良的情況。電阻量測(tube-to-copper, tube-to-tube)與耗損因數等電氣測試，亦皆符合西門子出廠作業要求數值。

## (二) 主發電機定子線圈重繞施工研討 (2012.11.14 - 2012.11.16)

西門子美國總公司位於佛羅里達州 Orlando，主發電機定子重繞線施工細節研討會在此舉行。討論議題分四大主軸，逐一推演細節，由西門子專案經理 Mr. Brad Cox 主持，依實際需要加入西門子各部門人員討論，會議進行中立即或隔天修正報告內容，以求詳盡無遺漏重要事項。

Part 1	大修前預備作業	PLANNING
Part 2	大修工期安排	SCHEDULE
Part 3	大修現場建置	SETUP
Part 4	定子線圈重繞線	REWINDING
MOD 1	線圈拆除	WINDING REMOVAL
MOD 2	發電機外框車修	FRAME MODIFICATION
MOD 3	發電機防止外物入侵	FME
MOD 4	鐵心檢修	CORE MODIFICATION
MOD 5	錐形環安裝	CONE INSTALLATION
MOD 6	線圈安裝	COIL INSTALLATION
MOD 7	主引線回裝	MAIN LEAD INSTALLATION
MOD 8	線圈連接及絕緣	CONNECT & INSULATE
MOD 9	徑向線圈末端夾緊	RADIAL CLAMPING
MOD 10	槽楔處理	SLOT WEDGING
MOD 11	安裝監測儀器	INSTRUMENTATION

## (1) 大修前預備作業---工作內容

項次	日期	工作內容
1	2012/12/31 B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本廠工作協調會議 1 次</li> <li>2. 西門子貨櫃屋辦公室進駐本廠(3 只 40 Ft)與臨時用電</li> <li>3. 汽機 3 F laydown area measurement</li> <li>4. 預留 6-10 PHS 電話給 Siemens</li> </ol>
2	2013/01/31 B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 訂製 FME Barrier (30 - 40 只)利用停止飼水加氫時先做部份</li> <li>2. 訂製 Seal Oil Flush Reservoir 1 只 3000 加侖油洗槽 Size 12' x7' x5'</li> <li>3. 訂製 Hopper (4 只)</li> <li>4. 持續追蹤 DCR 文件與圖面進度。</li> <li>5. <u>新編#1 機封油系統大修程序書。</u></li> <li>6. 1 月 16 -17 日與西門子公司開會(Project Readiness Review)，本廠、核發處、核安處、修護處等聯合協調會議</li> <li>7. 準備驗貨場地 (約 7 只 oversized crates，14-15 只 containers/trailers，3500 項以上物料)，<u>小坑倉庫附近搭臨時帳棚。須室內儲存之材料，借放在材料倉庫。</u></li> <li>8. 西門子預計 1 月 25 日前完成主要組件交貨(FOB)，本公司支付 25%契約金額。</li> <li>9. 開始發包作業(1) 比流器安裝工程，(2)封油系統安裝工程，(3)定子線圈重繞工程</li> </ol>
3	2013/02/28 B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 驗收作業完成，支付 5%契約金額。</li> <li>2. Follow up: FME Barrier, Oil flush Reservoir, Hopper 交貨完成。</li> <li>3. 發包作業完成。</li> <li>4. 汽機 3 樓 laydown 與修配組、修護處完成協調。</li> <li>5. 停止飼水加氫期間，部份組件開始移至汽機 3 樓。</li> <li>6. 備妥臨時電源及 power cable/ breaker (phase 1)</li> </ol>

項次	日期	工作內容
4	2013/03/01 - 2013/03/25	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Follow up 前述所有工作。</li> <li>2. 新封油系統組件，移至現場置放： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 因吊車容量不足，須將拆封油部份組件，整組 skid 從 hatch 吊下時，準備木板或鐵板以分散地板重量。</li> <li>• 準備平板推車運送組件</li> <li>• 拆除通道的工作梯</li> <li>• 油洗電源 460V, 3Φ, 150A</li> </ul> </li> <li>3. 3月1日-20日 SIEMENS 先期動員 1 位工程師+4 位技術員至電廠處理材料驗收與配置。</li> <li>4. 3月25日前西門子工作人員須完成進廠手續(進廠訓練與體檢等)。</li> </ol>

**(2) 大修前預備作業 ---技術性人力需求(核一廠負責提供)**

- 督導---1ps (每值 1 人)
- 現場領班--- 1ps
- 電氣工
  - 5ps (臨時用電配置初期)
  - 2ps (定子繞線開始至結束)
- 機械工(millwrights) --- 8ps
- 起重(forklift operator) ---1ps
- 吊車(操作與指揮) ---2ps
- 搭架/木工
  - 2ps (整個大修)
  - 2ps (拆搭架更動時)
- 勞力支援(非技工)---2ps

估計大修開始前 7 天(現場建置期間)，僅定子繞線工作(不含封油系統及比流器更新工作)，每值需 24 人(一天二值，則一天需 48 人)。開始定子繞線後，每值最少仍需 19 人。

### (3) 大修前預備作業---驗貨與存放場地



材料、機具與設備估計數量有：

23 只 20ft 標準櫃(container)

1 只 40ft 標準櫃(container)

7 只 40ft 平板櫃(flat rack) 610 x 244 x 244 cm / 20411 kgs

6 只 散批大件(break bulk) OVERSIZED CRATES

(1) 400 x 84 x 90 in 18,000 lbs (1016 x 213.26 x 228.6 cm)/8181 kgs

(2) 400 x 84 x 90 in 18,000 lbs (1016 x 213.26 x 228.6 cm)/8181 kgs

(3) 352 x 85 x 83 in 17,500 lbs ( 894 x 215.90 x 210.8 cm)/7955 kgs

(4) 400 x 84 x 80 in 10,000 lbs (1016 x 213.26 x 203.2 cm)/4545 kgs

(5) 353 x 85 x 81 in 18,080 lbs ( 894 x 215.90 x 205.7 cm)/8218 kgs

(6) 150 x 150 x 60in 30,000 lbs ( 381 x 381 x 152.4 cm)/13636 kgs

由於平板櫃與散批大件，均無 container 可防雨水，且其中最重 1 只的散批大件有 13.6 公噸，核一廠現有最大貨車仍無法載運。



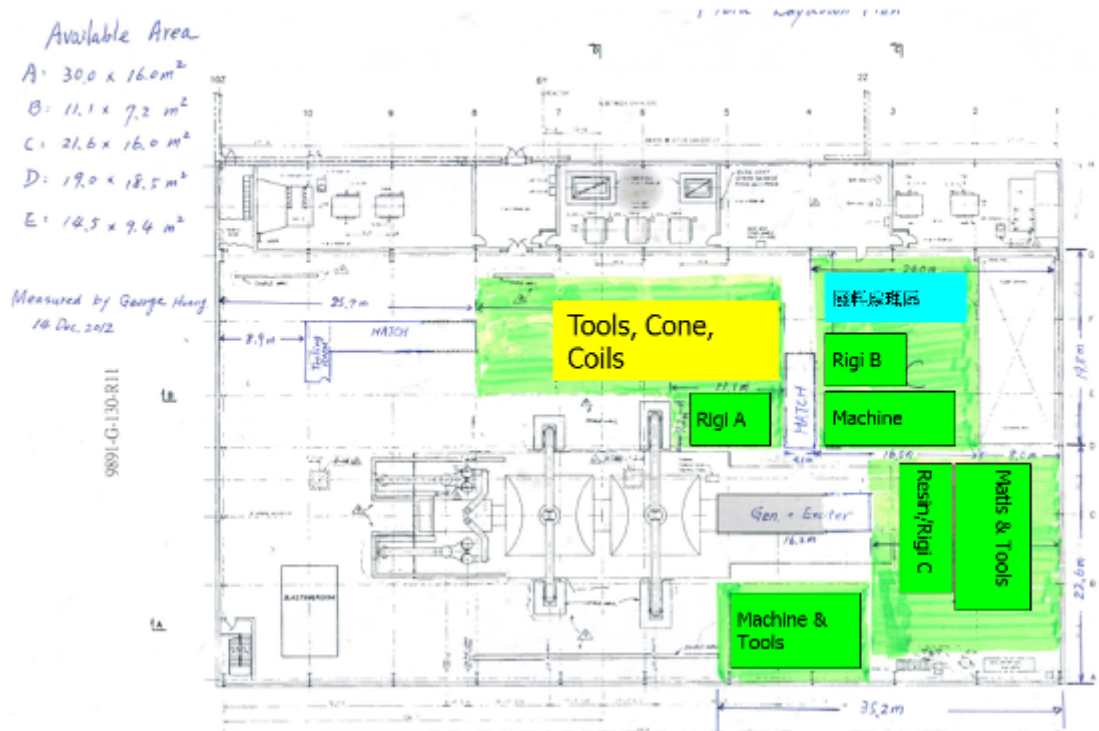
(4) 大修前預備作業---吊車事先維護，確保可用

Crane inspection prior to outage



(5) 大修前預備作業---現場配置協調

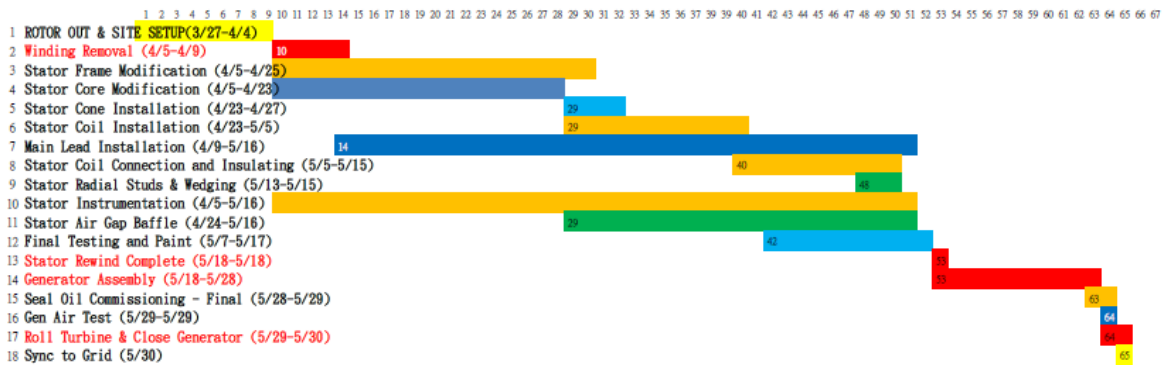
■ Turbine Deck 現場材料機具配置計畫 (laydown plan)



由於核一廠汽機 3 樓大修時已無多餘空間可利用，須與西門子公司、核一廠修配組與修護處等協調現場配置。可考慮在 T11 門外設置機具材料暫存區，將未動用的機具、材料與設備暫放於 T11 外(如 TURBINE, EXCITER HOUSING)。另外，為避免污染，不可讓廢料落地，立即偵測後，攜出至 T11 門外暫存，後送倉庫下腳。

## PART 2 大修工期安排

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
	9 days (3/27 - 4/4)	43 days ( 4/5 - 5/17 )	11 days (5/18-5/28)	3 days (5/29 -5/31)
Gen	抽出轉子 (6d) 現場 SETUP (7d)	<ul style="list-style-type: none"> <li>拆舊線圈 96 支定子棒 (5d)</li> <li>鐵心檢修 (19d)</li> <li>定子 Cone 安裝(5d)</li> <li>安裝新線圈 96 支定子棒 (13d)</li> <li>線圈連接與絕緣(11d)</li> <li>安裝 wedge(6d)</li> <li>測試(1d)</li> </ul>	回裝發電機系統(11d)	Air Test Gen (5/29) Roll Turbine (5/29) 1 <sup>st</sup> Sync to Grid (5/30)
Seal oil	封油系統洩油 (2d)	<ul style="list-style-type: none"> <li>拆舊封油系統 (6d)</li> <li>安裝新封油系統(15d)</li> </ul>	油洗 (4d) 初步功能測試 (5d)	
CT	拆線準備(3d) Old CT 拆除 (4d)	Old CT 拆除 (24d) New CT 安裝(19d)		



### PART 3 大修現場建置 SITE SETUP

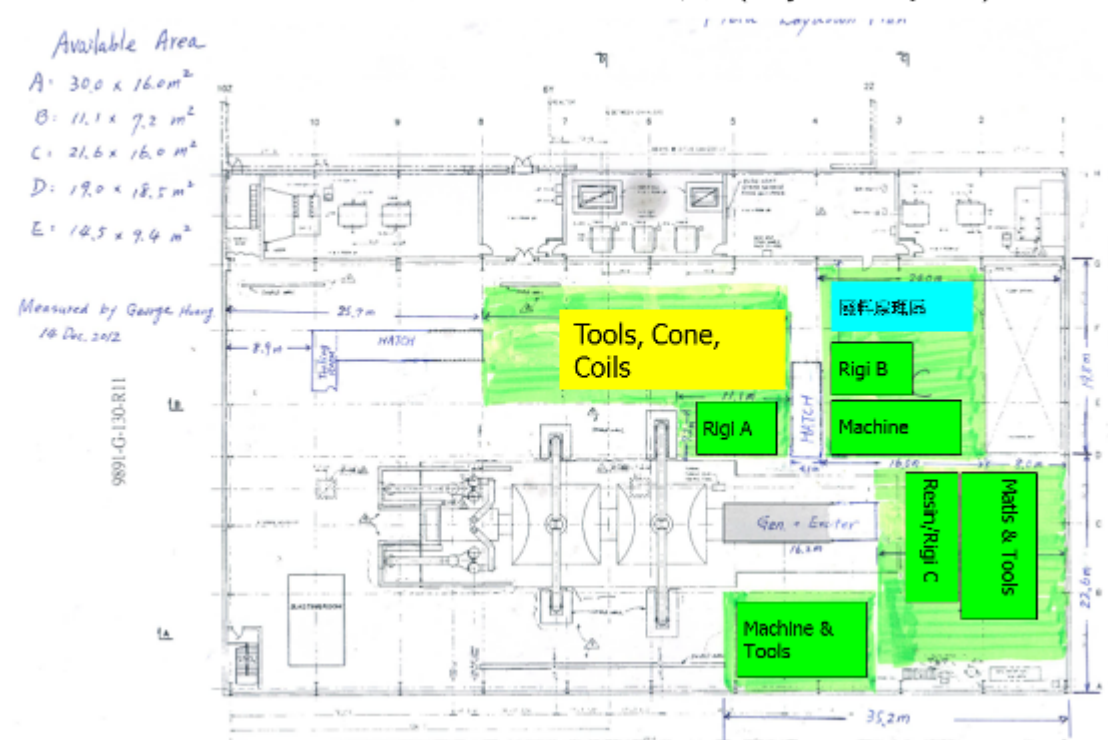
(大修開始後 7 天內必須完成，屬核一廠責任工期)

#### (1) 現場建置---工作內容

- 配置：辦公貨櫃、重繞線工作貨櫃及工具
- 電源：4.16kV, 480V, 220V, 120V
- 氣體：氧氣、乙炔、氬氣、壓縮空氣
- 材料：化學品貼標籤、分類放置
- 工具：捲揚機架設
- 廢料：暫存與偵測區位置

#### (2) 現場建置---材料機具配置

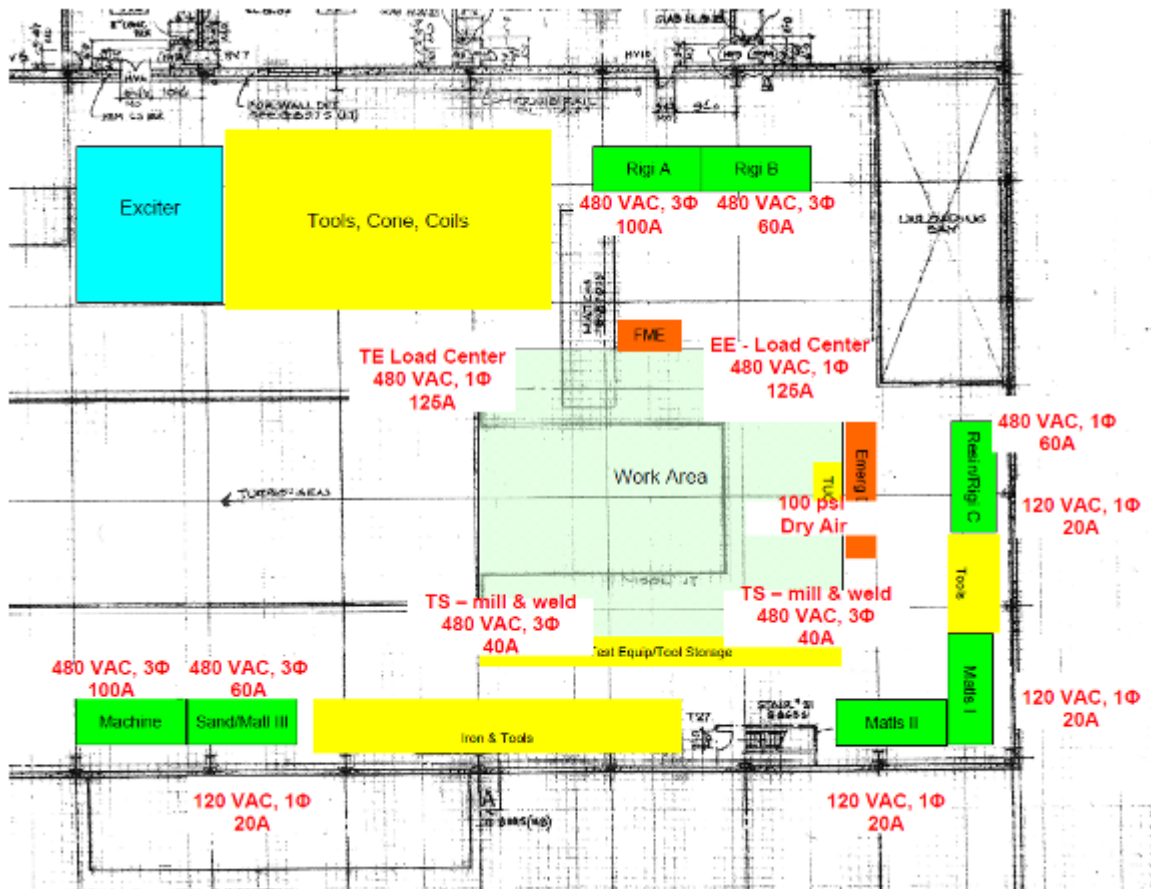
##### ■ Turbine Deck現場材料機具配置計畫(laydown plan)



(3) 現場建置----工作電源配置

**PLANNING - POWER REQUIREMENTS**

- Electrical support required for terminating & reconnecting during outage
- 480V, 3-phase
  - Machine trailers, welders, brazers, chillers, A/C
- 480V, 1-phase
  - Office, Break, Tool & Resin trailers, load centers
- 240V, 1-phase
  - EL-CID
- 120V, 1-phase
  - Lighting & hand tools





(4) 現場建置----其它

- 乾燥壓縮空氣(80-100psi) (可能需要氧氣、CO2、H2 及乙炔)
- 化學品携入申請/分類置放
- 廢料暫存/HP 污染偵測/搬運携出
- 飲水(每值提供 2 次,請 HP 協助)

(5) 現場建置----廢料搬運桶 Hopper

- Minimum of four (4) - 4'x6'x4' hoppers
- Typically capable of handling about 5,000 lbs each
- Hoppers would be removed from the turbine hall directly or emptied into a 40 cubic yard dumpster



將拆出的廢料放入廢料搬運桶(hopper)內，在 TE/EE 各放 2 只 Hopper。

(6) 現場建置----廢料處理區




為避免 T/B 3F 無空間可用，建議廢料處理區設在 T11 門外。  
放在 Hopper 內的廢料不要倒在 T/B 3F 地板上，應立即偵測後，吊出於 T11 門外的暫存區。

(7) 現場建置----捲揚機架設

**TUGGER INSTALLATION**

- **CRAFT**
- Tugger is bolted (preferred) or welded (atypical) to the floor ~ 55' from frame on centerline
- Studs will be used to bolt the tugger base plate to the deck
- Requires a large volume of plant air ~ 100 psi @ ¾" air line



利用捲揚機拉出舊線圈(定子棒)

Part 4 定子線圈重繞線

REWINDING

(屬西門子公司責任工期 43 天)

定子線圈重繞之重要工作項目，以 12 個模組(Module)分別說明之。

MOD 1	線圈拆除	WINDING REMOVAL
MOD 2	發電機外框車修	FRAME MODIFICATION
MOD 3	發電機防止外物入侵	FME
MOD 4	鉄心檢修	CORE MODIFICATION
MOD 5	錐形環安裝	CONE INSTALLATION
MOD 6	線圈安裝	COIL INSTALLATION
MOD 7	主引線回裝	MAIN LEAD INSTALLATION
MOD 8	線圈連接及絕緣	CONNECT & INSULATE
MOD 9	徑向線圈末端夾緊	RADIAL CLAMPING
MOD 10	槽楔處理	SLOT WEDGING
MOD 11	安裝監測儀器	INSTRUMENTATION

MOD 1 線圈拆除

WINDING REMOVAL

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
拆搭 EE/TE 工作架、移除封油管路、EE/TE Bearing bracket 及 H2 cooler support		○
拆定子線圈、parallel ring、bracing、wedge 及 RTD、主引線(main leads)	○	
搬運線圈、廢棄物處置、清潔主引線箱、H P 偵測		○
主引線及鉄心檢修、ELCID TEST、LOOP TEST	○	
移除石棉物及打包	○	
發電機 Frame 外部所有電氣接線、提供臨時管線		○
全部線圈移出之後，拆移 tigger		○

圖例說明 MOD 1 線圈拆除工作

	
<p>搭工作架(汽機側) 搭階梯方便進出</p>	<p>搭工作架(汽機側) H2 COOLER 抽出後的空隙，設法搭架填平</p>

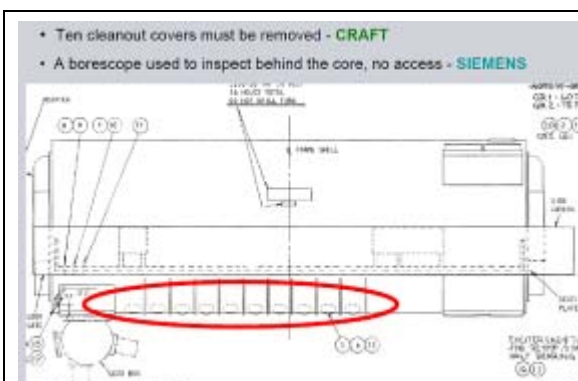




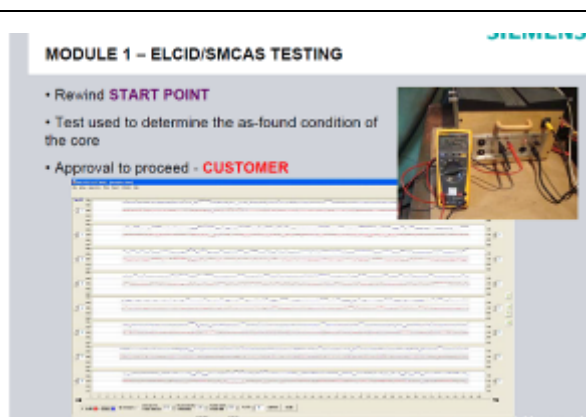
鋪設勵磁機側平台。避免地板不平絆倒。平台高度須適合進入發電機。



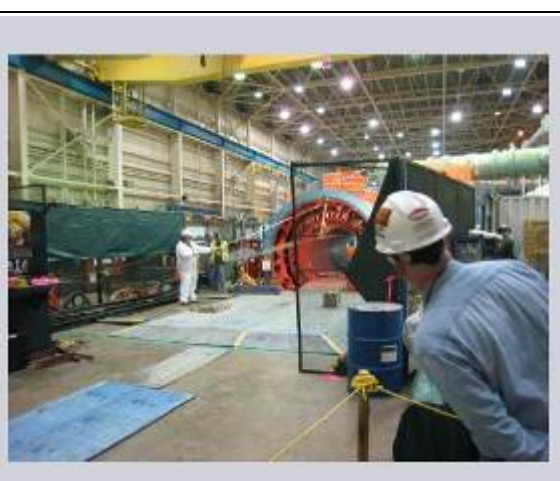
搭工作架(勵磁機側)。發電機外框與勵磁機床板之間的空隙，以木工施作工作架補平空隙。



檢查鐵心背面，本廠負責打開 10 只封蓋



移除定子線圈前，取 1 次電磁鐵心缺陷偵測 (ELCID)原始數據



移除定子線圈(96 支定子棒)





廢棄物處置 (警告！無法及時處置廢棄物，將造成工期延宕)

- 拆除 96 支定子棒(半支型線圈),約 32,000 Lbs
- 雜項廢棄物
- 有毒石棉物處置(西門子負責拆除及打包，核一廠負責處理)



西門子負責拆除與檢查 main leads，核一廠負責搬運與存放保管

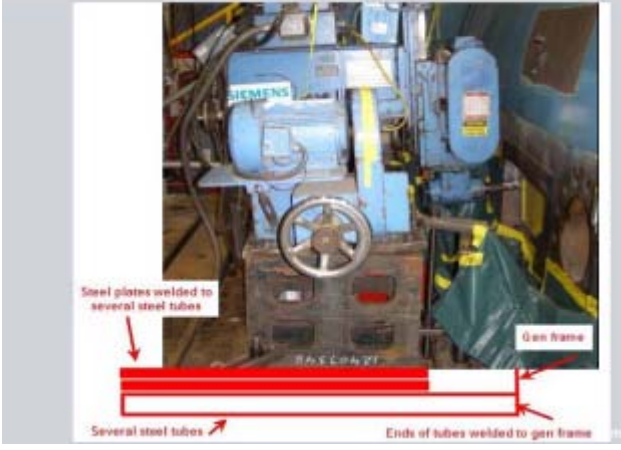
MOD 2 發電機外框車修



FRAME MODIFICATION

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
申請動火許可，架設車床及拉設電源		○
動火氣體		○
架設車床及電焊機	○	
發電機 Frame 除漆、車修、截切、焊接及 RTD 接線	○	
發電機 Frame 電焊	○	
TE 側上半部開始搭架		○

圖例 MOD 2 發電機外框車修

	<p>•Internal – cut/weld - SIEMENS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parallel Ring Ventilation Piping</li> <li>• Main Lead Cleat</li> <li>• Cooler support</li> </ul> 
<p>外框車修開孔及端子板安裝</p>	<p>內部截切及焊接</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 100%純氬氣--- 2 瓶</li> <li>■ 氧氣--- 2 瓶</li> <li>■ 乙炔--- 2 瓶</li> <li>■ 廠用壓縮空氣</li> <li>■ 電焊電源---3Φ, 460V, 40A ---2 個</li> <li>■ 銑床電源---3Φ, 460V, 40A ---1 個</li> <li>■ 銑床基座鋼板</li> </ul>	<p><b>Milling machine setup</b></p> 
<p>動火材料準備</p>	<p>銑床架設</p>

<p><b>New terminal board flange – pocket machining complete</b></p> 	<p><b>New terminal board flange – new flange welded in</b></p> 
<p>新接線端子板凸緣</p>	

**MOD 3 發電機防止外物入侵**

MOD 2 結束後立即進入 MOD3，西門子公司依其 FSP-089 工作程序作業管理西門子人員，核一廠另依程序書管理核一廠工作人員及包商。

FME 須設一個主要管制門(EE 側)，一個逃生門(TE 側)，一個可供大型物件進出的可拆除的門。

MOD 4 鐵心檢查 Core Modification


主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
拉設 loop test 電源，架設 loop test 工作架，Loop test 作業指令		○
架設 core consolidation cover (鐵心壓緊作業)		○
廢棄鐵心處置		○
鐵心檢查、鎖緊、壓縮、冷卻、修理	○	
電磁鐵心缺陷測試(ELCID) (此為第 2 次，MOD 10 槽楔處理後再執行 1 次)	○	

圖例 MOD 4 鐵心檢查

**SCAFFOLDING**

**CRAFT**

- Build Loop Test Table
- Build Core Consolidation Covers



相關工作架(scaffolding)工作

- (1) Loop test cable 支撐木桌
- (2) 搬運鐵心及相關儀器工具
- (3) 準備 loop test 電源





### LOOP TEST

- 4160V, Single phase, 80A
- SIEMENS 負責提供 Loop cable
- 核一廠負責接線及拆線，提供電源及電纜至 Exciter End
- 核一廠提供控制開關(control breaker), 設定 391 amps inrush, 80 amps steady state, 2-3 second delay



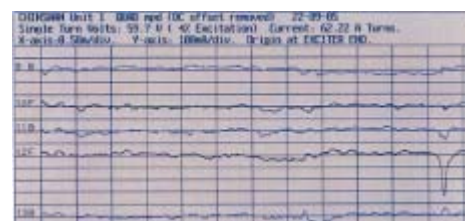
### 鐵心檢查

發現鐵心故障超出預期時，將延宕大修時程，主要有二種缺陷:

- Hot spot
- Building bolt damage



檢修過程需使同相當數量的木頭，這些木材為消耗品，因可能受污染，SIEMENS 不回收，核一廠將以廢棄物處置。



電磁鐵心缺陷測試(ELCID)  
在鐵心檢修完成及鎖緊後，執行 1 次 ELCID

MOD 5 錐形環安裝 Cone Installation

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
移除 Module 4 的工具設備		○
携入 Module 5 的工具設備及 cone (cone 暫存於倉庫)		○
拆除舊有的 cone/parallel ring		○
安裝新 cone (先 TE 後 EE)	○	○

圖例 MOD 5 錐形環安裝 Cone Installation



## MOD 6 定子線圈安裝

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
移除 Module 5 的工具設備		○
Module 6 定子線圈携入、安置		○
在 gen 與 exciter 間搭建通道(便橋)，以搬運線圈		○
定子線圈安裝前檢查與測試	○	
清潔與檢查鉄心槽	○	
安裝 bottom coils	○	○
固定(綁緊)線圈	○	
安裝 side filler	○	
電氣試驗	○	
核准高壓測試 hi-pot，並採取安全防護		○
Bottom coils hi-pot test	○	
終止 hi-pot		○
同上步驟執行 top coils		



圖例 MOD 6 定子線圈安裝



在 gen 與 exciter 間搭建通道(便橋)，以搬運線圈



定子線圈搬運、安置、檢查



定子線圈安裝，合力抬線圈





- 線圈固定---diamond spacer, end blocking, and coil support hoses

#### HI-POT OVERPOTENTIAL TESTING

- Bushing - 1 min proof
- After bottom coils installation – 1 min proof
- After top coil installation – 1 min proof
- Final testing – 1 min proof



#### Hi-pot 耐壓絕緣測試

Bottom coils 繞線完成後，執行 Hi-pot  
Top coils 繞線完成後，執行 Hi-pot  
最後上下線圈合併再執行一次 Hi-pot

#### 本案試驗項目總整理

- (1) DC Over Potential
- (2) Insulation Resistance of Each Phase
- (3) Phase Resistance Measurements
- (4) Stator Coil Tube to Tube Resistance Measurements
- (5) Stator Coil Tube to Copper Resistance Measurements
- (6) RTD Element Resistance
- (7) RTD Insulation Resistance
- (8) Perform Stator Wedge Tightness Evaluation
- (9) Check the Tightness of the Stator Core Building Bolts

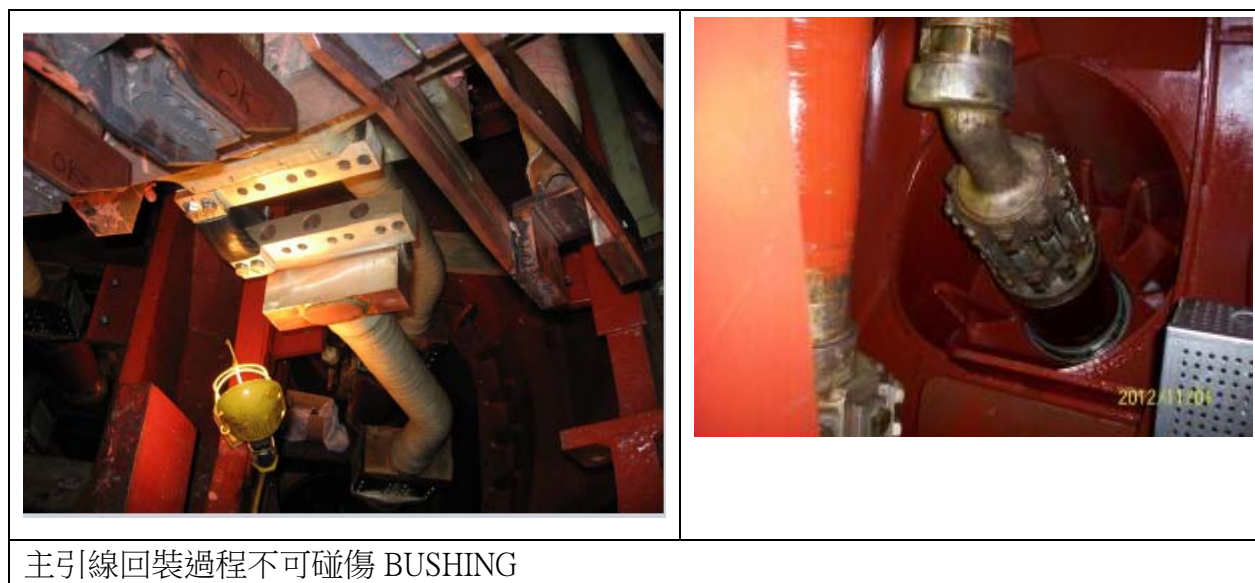
- (10) Ventilation Test in Air (During Start-UP)
- (11) ELCID (stator core)
- (12) Thermo-vision (stator core)
- (13) FFA Stator Winding

### MOD 7 主引線回裝

(MOD 7 至 MOD 11 可以伺機並行工作)

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
移除 Module 6 的工具設備		○
Module 7 以後的機具材料携入(鍍銅/冷卻工作) , 動火申請		○
回裝發電機外部接線至控制室(RTD, FOVM, Flux Probe)		○
主引線清潔及搬運		○
主引線回裝	○	○

圖例 MOD 7 主引線回裝



主引線回裝過程不可碰傷 BUSHING

## MOD 8 線圈連接及絕緣

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
<ul style="list-style-type: none"> <li>安裝電鍍機具及提供電源</li> </ul>	○	○
<ul style="list-style-type: none"> <li>線圈(連接點)鍍焊(brazing)</li> </ul>	○	
<ul style="list-style-type: none"> <li>線圈(連接點)非破壞檢驗(ultrasound)</li> </ul>	○	
<ul style="list-style-type: none"> <li>線圈絕緣</li> </ul>	○	

圖例 MOD 8 線圈連接及絕緣



每個連接處單獨焊接(Brazing)妥當後，以超音波 NDE 檢



絕緣處理



## MOD 9 牢固線圈末端 radial clamping

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
<ul style="list-style-type: none"> <li>徑向末端線圈牢固在 cone 上</li> </ul>	○	

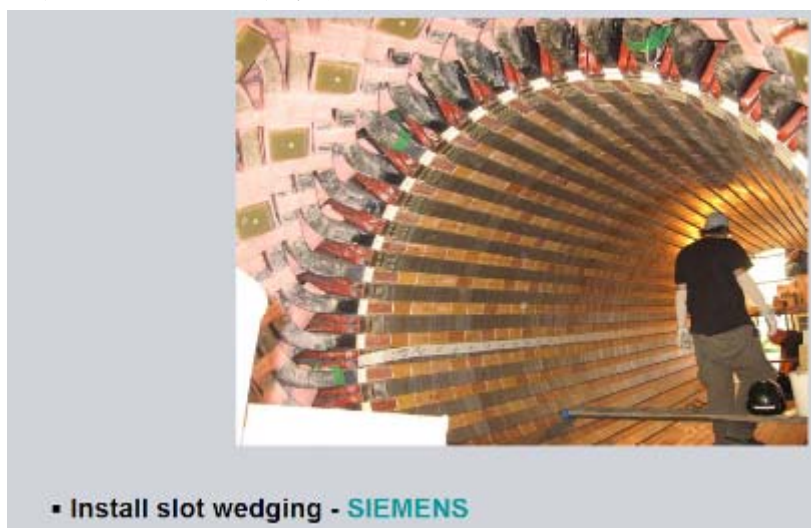
圖例 MOD 9 牢固線圈末端



## MOD 10 槽楔處理

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
安裝楔子(wedge)，穩固線圈	○	

圖例 MOD 10 槽楔處理



## MOD 11 安裝監測儀器

主要工作內容	責任區分	
	SIEMENS	核一廠
安裝 RTDs, FOVM, Flux Probe	○	
發電機至控制室之外部接線		○

至此，主發電機定子線圈更新結束(竣工日)，依合約在首次併聯發電後 25 天內，但最遲在竣工日後 60 天內，核一廠必須執行效能測試，依西門子測試程序與限定的運轉條件下，檢驗定子線圈排氣溫度不超過 64°C (IEEE C50.13)。

### 三、心得與建議

2008 年 10 月核一廠一號機大修(EOC-23)期間，發現主發電機第 29 槽定子線圈發生斷線故障，雖已急洽原廠修復受損之線圈，惟此事件延誤大修時程約 42 天，發電量損失甚鉅，衝擊電力系統供應之穩定性。且環顧全球同業，超過 20 年以上的主發電機組，多有將定子及轉子線圈更新之案例。另外，由於原製造廠商已不生產部份備品，為維持發電設備可靠度，汰舊換新設備更為急迫。因此，為穩定供電，降低系統風險，建議有延役計畫之電廠，應在機組商轉 25 年後，及早規劃更新主發電機系統與相關附屬設備。

本案為大型設備汰舊換新之指標性案例。專案內容涉及冗長的技術規範制定與商業談判、交貨與驗收、技術文件審查與追蹤、設計文件反覆澄清、工程發包、公司內部工作界面協調與排程管理等，須有專人負責協調，更需要組織團隊的支援。相對於西門子公司的組織專業團隊陣容，本公司的設計、施工與涉外溝通等，皆突顯技術支援與組織管理能力不足，造成設計部門審查時間不足，設計文件遲延；施工部門則工作太多、無法專心於大型專案的技術細節，造成發包拖延。因此，建議對於類似專案，除非外聘顧問，否則應有專責團隊花更多時間專心處理技術細節，同時培養工程管理與外語能力人才，在執行專案時，更能事半功倍。

本案現場工作需要台電修護處有經驗之技術人員，領導現場勞務工作人員，惟礙於修護處人員深夜值勤意願低，且領班輪值人數不足，可能衝擊大修工作時程。因此，建議各電廠（含火力、水力廠）曾負責發電機工作的工程師與技術員，透過跨系統協調，支援本專案之現場領班輪值工作，並趁此難得之學習機會，充實技能。各電

廠以後亦可考慮培養主發電機維護的駐廠包商參與大修，將來取代部份修護處人力，以解決修護處因故無法充份配合之問題。