

出國報告（出國類別：洽公）

# DE-40-4 鑽機柴油引擎/發電機組及矽控整流 系統電力控制室汰舊換新廠驗及技術研習

服務機關：台灣中油股份有限公司探採事業部  
姓名職稱：陳漢中 彭森榮 張添豪/ 電機工程師  
發變電技術員 機械工程師  
派赴國家：美國  
出國期間：105 年 11 月 6 日至 105 年 11 月 22 日  
報告日期：105 年 12 月 14 日

## 壹、摘要：

本次赴美國 M&I 公司進行設備之廠驗及技術研習。主要係因 40 級成套鑽機於自民國 77 年啟用至今，其柴油引擎發電機組已經損壞無法修復使用；另，矽控整流系統電力控制室已超過使用年限，故障頻繁，部分零配件原廠已停止生產，零配件採購不易。因此探採事業部於 102 年編列分年預算汰舊換新 3 台柴油引擎發電機組及 1 台矽控整流系統電力控制室。本案於 104 年 11 月 23 日由美國 M&I 公司得標。台灣中油公司依合約規範於交貨前前往得標廠商之製造廠進行設備之廠驗及技術研習。

1. 設備廠驗：主要是依合約規範，檢查設備的體積尺寸、所有電氣功能測試、並作三台發電機同步併聯運轉測試、負載測試(包含直流負載及交流負載)、司鑽台各項選道功能測試、柴油引擎發電機組各項功能測試、噪音測試等…。
2. 技術研習：技術研習主要針對矽控整流系統電力控制室及柴油引擎發電機組所有功能之技術研習。以矽控整流電力控制室而言即：發電機控制盤(GENERATOR CABINET)、矽控整流控制盤(SCR CABINET)、動態剎車控制盤(DYNAMIC BRAKE)、磁場供給單元(FIELD SUPPLY)、馬達控制中心(MCC)、暖通空調(HVAC)、司鑽控制台(DRILLER' S CONSOLE)、接地故障(GROUND FAULT)…等。引擎的部份至 CATERPILLAR 工廠進行引擎技術研習，包含新世代引擎知識及維修保養技術。

本次前往得標廠商 M&I 製造工廠進行設備廠驗工作，對於即將於民國 106 年 1 月 23 日前交貨的設備事先找出問題所在。讓廠商在交貨前修正完畢，有助於交貨後，在台灣組立驗收的過程能順利進行及減少買賣雙方履約爭議之情形發生。

## 貳、目次：

一、目的

二、過程

三、

(一)行程概述

(二)M&I Beaumont 工廠廠驗

- 1.檢驗柴油/引擎發電機組及矽控整流電力控制室外觀尺寸
- 2.柴油引擎/發電機組與矽控整流系統電力控制室連線運轉測試
- 3.檢驗 MCC 及所有輸出負載盤插座

4. Lighting Panel 測試
5. SCR 盤、司鑽控制台、Power limit
6. 暖通空調測試
7. 接地故障測試
8. 貝勒渦電流剎車控制器測試
9. CATERPILLAR 3512C 柴油引擎發電機檢驗

(三) M&I Houston 總部技術研習

1. 發電機控制單元
2. 矽控整流控制單元
3. 司鑽控制台
4. MCC
5. CATERPILLAR 3512C 柴油引擎發電機

四、心得及建議

## 參、 本文：

### 一、 目的

本次出國為進行台灣中油公司探採事業部鑽探工程處新購柴油引擎發電機組三台及矽控整流系統電力控制室一台之設備廠驗及技術研習。其主要目的為確保得標廠商在交貨前能依合約規範進行財務履約，避免交貨後發生履約爭議。同時能確保年度資本支出預算之執行達成率。其二為設備之操作訓練及維修保養技術研習，加速同仁對於新設備之熟稔，以利後續鑽修井工程業務推展。

### 二、 過程

#### (一)行程概述

日期	工作內容
105.11.06	自桃園機場搭機赴美國休士頓
105.11.07 至 105.11.13	前往 M&I 製造工廠，位於德州博蒙特： 進行柴油引擎/發電機組及矽控整流系統電力控制室設備廠驗工作。右圖為 M&I 製造工廠位於德州博蒙特。 
105.11.14 至 105.11.20	前往 M&I 總部，位於德州休士頓： 進行柴油引擎/發電機組及矽控整流系統電力控制室技術研習。右圖為 M&I 總部位於德州休士頓。 
105.11.21 至 105.11.22	自美國休士頓搭機返回桃園機場

(二)M&I Beaumont 工廠廠驗

1. 檢驗柴油引擎發電機組及矽控整流電力控制室外觀尺寸

1.1 首先進行矽控整流電力控制室尺寸量測，結果如下：

矽控整流系統電力控制室		
	量測值	合約規範
長	36 英呎	36 英呎
寬	8 英呎	8 英呎
高	9 英呎	9.18 英呎

量測結果：矽控整流系統電力控制室之長、寬、高均在合約規格內。

1.2 接著進行三台柴油引擎發電機組尺寸量測，結果如下：

矽控整流系統電力控制室		
	量測值	合約規範
長	34 英呎	36 英呎
寬	7 英呎	8 英呎
高	8 英呎	9.18 英呎

量測結果：三台柴油引擎發電機組之長、寬、高均在合約規格內。

1.3 進行矽控整流系統電力控制室外觀檢查

1.3.1 外觀檢查發現矽控整流系統電力控制室入口處有生鏽情形，如下圖所示。



將此項列入缺失並請廠商改善。

1.3.2 外觀檢查發現暖通空調與矽控整流系統電力控制室安裝界面空隙過大，如遇大雨恐造成電控室滲水如下圖所示。



將此項列入缺失並請廠商改善。

1.3.3 矽控整流系統電力控制室內部的發電機盤及 SCR 盤門板閉合不順必須調整，如下圖示，一併列入缺失並請廠商改善。



1.3.4 在檢視矽控整流系統電力控制室時發現在輸出負載盤的外觀檢查過中發現缺少除泥機#1 的動力插座名牌，將此項列入缺失並請廠商改善。

1.3.5 在檢視矽控整流系統電力控制室時發現 MCC 之 2E 及 9D 盤沒有門插鎖，將此項列入缺失並請廠商改善。

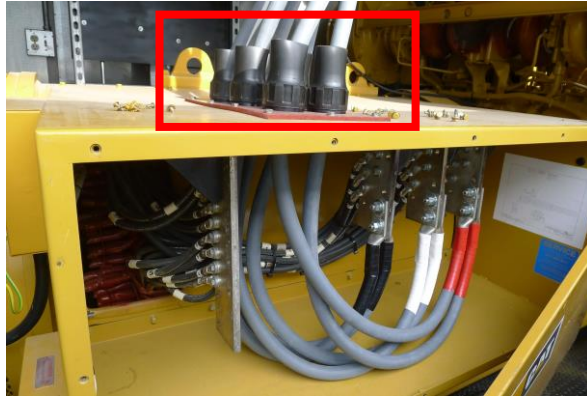
1.3.6 在檢視矽控整流系統電力控制室時發現：MCC 之 1J、2G 盤少了綠色燈蓋。4J 盤少了紅色燈蓋。

1.3.7 在檢視矽控整流系統電力控制室時發現：在合約規範中我方有訂定溫度警報裝置，而廠商遺漏了，將此項列入缺失並請廠商改善。

1.3.8 在檢視司鑽控制台時發現 DWA、DWB 鑽機電流指示錶的最大刻度為直流 1000 安培，與合約規範直流 2000 安培不符，將此項列入缺失並請廠商改善。

#### 1.4 進行柴油引擎發電機組外觀檢查

1.4.1 檢測發電機輸出電壓電氣箱時發現電氣箱外側之電力電纜基座應標示紅、白、黑三種顏色對應至箱內的電纜，如下圖所示，將此項列入缺失並請廠商改善，如下圖示。



1.4.2 檢視柴油引擎發電機組內的主動力線要求廠商要固定好並遠離鋒利之邊緣。

#### 2. 柴油引擎/發電機組與矽控整流系統電力控制室連線運轉測試

本採購案廠商所提供之柴油引擎與發電機均為 CATERPILLAR 公司製造，經檢驗其動力及電氣規格均符合台灣中油公司採購規範。下圖為廠驗時，三台柴油引擎發電機組及一台矽控整流系統電力控制室。



分別進行以下測試：

- (1) 柴油引擎發電機組#1 #2 #3 單獨運轉並與矽控整流電力控制室連線測試  
柴油引擎發電機組#1 與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。



柴油引擎發電機組#2 與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。  
柴油引擎發電機組#3 與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。

- (2) 二台柴油引擎/發電機組同步併聯與矽控整流電力控制室連線測試  
柴油引擎發電機組#1#3 同步併聯與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。  
柴油引擎發電機組#2#3 同步併聯與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。  
柴油引擎發電機組#1#2 同步併聯與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。
- (3) 三台柴油引擎/發電機組同步併聯與矽控整流電力控制室連線測試  
柴油引擎發電機組#1#2#3 同步併聯與矽控整流電力控制室連線測試---測試結果正常。

柴油引擎/發電機組單機運轉及二台併聯運轉及三台併聯運轉均完成測試，且過程中並無發生任何問題。

### 3. 檢驗 MCC 及所有輸出負載盤插座

MCC 盤及輸出負載盤分別如下左、右圖所示



此部份要把所有的 MCC 盤及其於輸出負載盤上所對應的插座(包含動力插座與控制插座)全部測試過一遍。MCC 主要供應井場額定壓為交流 460 伏特的負載。合約規範要求動力變壓器必須採用分接頭式，且預設輸出電壓為交流 460 伏特，得標廠商依合約規範已調整為 460 伏特。測試時廠商依本公司合約規範準備了交流負載，測試過程中，除馬達是否會轉動之外還必須確認其轉動方向。測試過程照片如下圖所示。廠商準備之交流負載在圖中右下方。





我們分別為每個 MCC Bucket 做 MCC 控制、MCC/Site 控制、轉動及方向、指示燈之測試，測試結果僅攪拌機 #2 在遠端控制上有異常，得標廠商 M&I 在隔日隨即將問題排除。

下表為最終測試結果，全數通過測試。

項目	負載名稱	MCC 控制	MCC/Site 控制	轉動及方向	指示燈
1	電動捲揚機	正常	正常	正常	正常
2	直立式馬達	正常	正常	正常	正常
3	空氣壓縮機 #1	正常	正常	正常	正常
4	空氣壓縮機 #2	正常	正常	正常	正常
5	壓力供水 #1	正常	正常	正常	正常
6	壓力供水 #2	正常	正常	正常	正常
7	中速離心機	正常	正常	正常	正常
8	高速離心機	正常	正常	正常	正常
9	泥漿篩 #1	正常	正常	正常	正常
10	泥漿篩 #2	正常	正常	正常	正常
11	除氣機	正常	正常	正常	正常
12	備用 35hp #1	正常	正常	正常	正常
13	備用 75hp #1	正常	正常	正常	正常

14	攪拌機 #1	正常	正常	正常	正常
15	攪拌機 #2	正常	正常	正常	正常
16	攪拌機 #3	正常	正常	正常	正常
17	攪拌機 #4	正常	正常	正常	正常
18	攪拌機 #5	正常	正常	正常	正常
19	攪拌機 #6	正常	正常	正常	正常
20	剎車冷卻水泵	正常	正常	正常	正常
21	回收水泵	正常	正常	正常	正常
22	迷你篩 #1	正常	正常	正常	正常
23	迷你篩 #2	正常	正常	正常	正常
24	調泥機 #1	正常	正常	正常	正常
25	調泥機 #2	正常	正常	正常	正常
26	除砂機	正常	正常	正常	正常
27	除泥機	正常	正常	正常	正常
28	二次除泥機	正常	正常	正常	正常
29	MP1 充泥泵	正常	正常	正常	正常
30	MP2 充泥泵	正常	正常	正常	正常
31	MP1 鏈條潤滑油泵	正常	正常	正常	正常
32	MP2 鏈條潤滑油泵	正常	正常	正常	正常
33	泥漿回收	正常	正常	正常	正常
34	柴油供給	正常	正常	正常	正常
35	備用 5hp #1	正常	正常	正常	正常
36	備用 5hp #2	正常	正常	正常	正常
37	備用 7.5hp #1	正常	正常	正常	正常
38	備用 7.5hp #2	正常	正常	正常	正常

39	備用 10hp #1	正常	正常	正常	正常
40	備用 10hp #2	正常	正常	正常	正常
41	備用 20hp #1	正常	正常	正常	正常
42	備用 20hp #2	正常	正常	正常	正常
43	備用 35hp #2	正常	正常	正常	正常
44	備用 50hp #1	正常	正常	正常	正常
45	備用 50hp #2	正常	正常	正常	正常
46	備用 75hp #2	正常	正常	正常	正常

#### 4. Lighting Panel 測試

此盤主要供應井場 220/110 伏特的電源，包括矽控整流系統電力控制室內部的照明及插座用電、井架照明、四台直流馬達加熱器、三台發電機加熱器、日夜電、公用設備、四棚捲揚機、高壓沖洗機、井務控制電源…等。Lighting Panel 如下圖所示。



測試發電機加熱器時，發生發電機加熱器熔毀。原因是廠商線路接錯所導致，線路經修正後，此功能已恢復正常。廠商會重新更換全新加熱器，將此項列入缺失並請廠商改善。

四台直流馬達加熱器之測試，其電源線是內含在 20 芯控制電纜線之 Pin 14、15，測試結果均正常。

其餘的部份均有各自插座位於輸出負載盤上，經測試結果全數正常。總結，Lighting Panel 測試結果如下表所示：

項目	名稱	斷路器極數	電壓	測試結果
1	井架照明	3P	3 $\phi$ 4W 220/127 伏特	正常
2	日夜電	3P	3 $\phi$ 4W 220/127 伏特	正常
3	公用設備	3P	3 $\phi$ 4W 220/127 伏特	正常
4	備用	3P	3 $\phi$ 4W 220/127 伏特	正常
5	井務控制電源 220 伏特	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
6	高壓沖洗機	3P	3 $\phi$ 4W 220 伏特	正常
7	四棚捲揚機	3P	3 $\phi$ 4W 220 伏特	正常
8	DWA 加熱器	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
9	DWB 加熱器	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
10	MP1 加熱器	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
11	MP2 加熱器 4	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
12	發電機#1 加熱器	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
13	發電機#2 加熱器	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
14	發電機#3 加熱器	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
15	發電機#1 照明盤	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
16	發電機#2 照明盤	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
17	發電機#3 照明盤	2P	1 $\phi$ 220 伏特	正常
18	電控室照明	2P	1 $\phi$ 110 伏特	正常
19	電控室插座	2P	1 $\phi$ 110 伏特	正常

#### 5. SCR 盤、司鑽控制台、Power limit

此部份主要測試司鑽控制台的所有選道功能開關及手動轉輪節流閥的功能，主要針對鑽機及泥泵的功能進行測試。

5.1 首先是鑽機測試，此次測試，廠商有依照合約準備二台 GE752 直流馬達，因此本項測試必須將直流馬達的 20 芯控制電纜線及動力電纜線接上矽控整流系統電力控制室 DWA 與 DWB 之插槽。

當司鑽台的鑽機開關打入 DWA 或 DWB 位置時，Blower 燈必須亮且直流馬

達的 Blower 必須運轉，此部份測試結果功能正常。

緊接著測試所有選道功能開關 1~11，DWA 會使用到 SCR1 與 SCR2。DWB 會使用到 SCR 1 與 SCR3，由選道位置決定。因此所有選道都必須測試過一遍此部份測試結果功能正常(司鑽控制台及 SCR 三個盤的所有指示燈皆正常)。因 DWA 帶動轉盤轉動，所以 DWA 多了一項反轉功能。此部份測試結果功能正常。

還有一項 DWS 功能，是 DWA 與 DWB 串聯，主要應用在拉井架使用，此部份測試結果功能正常。

5.2 接下來進行泥泵測試，本項測試必須將直流馬達的 20 芯控制電纜線及動力電纜線接上矽控整流系統電力控制室 MP1 與 MP2 之插槽。

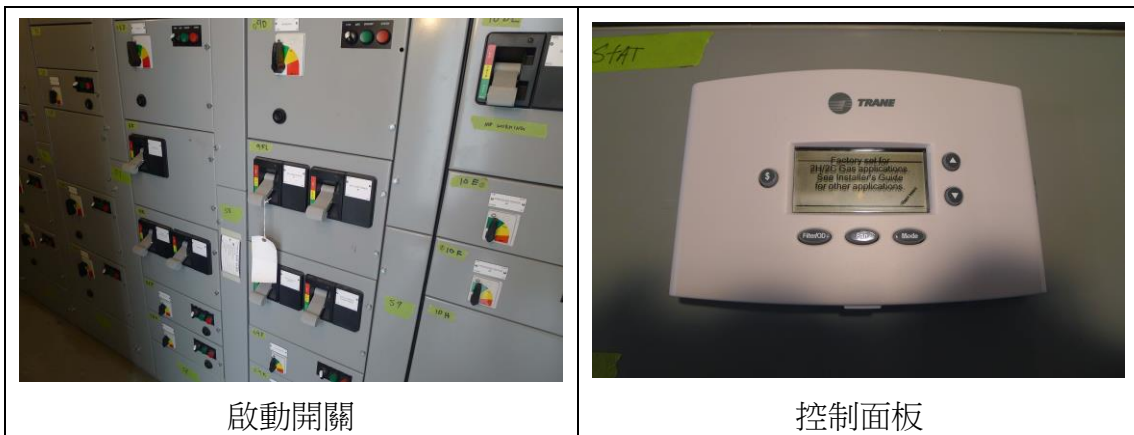
當司鑽台的鑽機開關打入 MP1 或 MP2 位置時，Blower 燈必須亮且直流馬達的 Blower 必須運轉，此部份測試結果功能正常。

緊接著測試所有選道功能開關 1~11，MP1 會使用到 SCR2 與 SCR3。MP2 會使用到 SCR2 與 SCR3，由選道位置決定。因此所有選道都必須測試過一遍此部份測試結果功能正常(司鑽控制台及 SCR 三個盤的所有指示燈皆正常)。

5.3 Power limit 測試是以模擬的方式作施作。在 AC 模組模擬電流信號與功率信號。首先模擬 KW Limit 的部份，結果 SCR 三個盤的 KW 錶及司鑽控制台的 Power limit 錶皆有動作。接著模擬 Current Limit，測試結果 SCR 三個盤的電流錶及司鑽控制台的 Power limit 錶皆有動作。此部份測試結果功能正常。Power limit 因矽控整流電力控制室體積的問題，安裝在 Dynamic Brake 盤的下方。與之前的設備安裝在發電機 1 盤裡有些許差異。

## 6. 暖通空調測試

暖通空調英文名為 HVAC(Heating Ventilation and Air Conditioning)。其功能為矽控整流系統電力控制室內部空調。總共有二部機組。每部機組在 MCC 盤皆有設置一個啟動開關盤，在電控室出入口之 MCC 盤上方各有一個控制面板，可控制空調開與關及設定溫度值。如下圖所示。



經測試結果功能正常。舊的設計在電力控制室上方有個接線盒，容易生鏽導致漏水。新的設計已去除接線盒，採用直接連接的方式可避免屋頂生鏽漏水問題。

## 7. 接地故障測試

接地故障包含二個部分：(一)、600 伏特接地故障 (二)、MCC(460 伏特) 接地故障

7.1 600 伏特接地故障：

此部份又分為 AC 與 DC 二種故障

7.1.1 AC 接地故障：是衡量單相接地故障，即單獨 ABC 各相的接地故障

經測試結果：當故障發生時，矽控整流系統電力控制室外部警報指示燈及盤面上的指示燈動作皆正常。但按下 Reset 鈕時無法復歸。此部份為異常，將此項列入缺失並請廠商改善。

7.1.2 DC 接地故障：是衡量單相接地故障，直流+Bus、直流-Bus 的接地故障

經測試結果：當故障發生時，矽控整流系統電力控制室外部警報指示燈及盤面上的指示燈動作皆正常。但按下 Reset 鈕時無法復歸。此部份為異常，將此項列入缺失並請廠商改善。

7.2 MCC(460 伏特)接地故障：

是衡量單相接地故障，即單獨 ABC 各相的接地故障

經測試結果：當故障發生時，矽控整流系統電力控制室外部警報指示燈及盤面上的指示燈動作皆正常。但按下 Reset 鈕時無法復歸。此部份為異常，將此項列入缺失並請廠商改善。

## 8. 貝勒渦電流剎車測試

渦電流剎車功能主要是作為鑽機的輔助剎車，利用加諸在鑽機磁鼓圓盤上的磁場，當圓盤轉動時，如要剎車，則加大磁場強度，此時在圓盤上因楞次定律會產生渦電流，而渦電流所產生的磁場會與加諸的磁場交互作用進而抑制此鑽機磁鼓圓盤的轉動進而達到剎車的效果。此次要測試渦電流剎車變壓器及渦電流剎車控制器。這二個部份均由台灣中油提供提供給得標廠商並安裝矽控整流系統電力控制室。

8.1 渦電流剎車變壓器測試：一次側輸入 460 伏特，二次側輸出 186 伏特。變壓器測試結果正常。

8.2 渦電流剎車控制器：測試結果控制器有直流電壓輸出，結果正常。

8.2 渦電流剎車直流電壓輸出插座：此插座為 4 Pin，其中有 1 Pin 與插座外殼間有銅條相連接，經確認原廠 National Oilwell Varco 設計之插座並未連



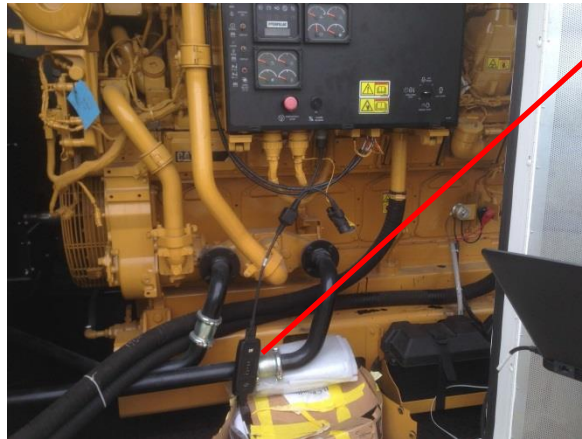
結。因此現場將此銅條移除，防止渦電流剎車設備發生接地故障。測試結果控制器有直流電壓輸出，結果正常。

## 9. CATERPILLAR 3512C 柴油引擎發電機檢驗

### 9.1.引擎過轉速停機

9.1.1.引擎啟動，怠速 700rpm。

9.1.2.利用 CAT 原廠監控軟體 ET 插入行車電腦，修改轉速上限值至 600rpm。



CAT 監控軟體 ET 轉換器，一端插入控制面板，一端連結軟體。

9.1.3.引擎停車，過轉速停車警示燈號亮起。

9.1.4.確認汽門閥是否關閉，確認電池供電閥是否關閉。



汽門閥



電池供電閥

9.1.5.汽門閥復歸至開啟位置；電池供電閥復歸至開啟位置。

9.1.6.引擎重新啟動，確認使否可正常啟動及過轉速停車警示燈號熄滅。

9.1.7.測試結果

機台	停機轉速 (rpm)	停機	汽門關閉	電池供電 閥關閉	警示燈號 亮燈	重新啟 動
No. 1	600	OK	OK	OK	OK	OK
No. 2	600	OK	OK	OK	OK	OK
No. 3	600	OK	OK	OK	OK	OK

9.2.引擎低油壓停機、高水溫停機、緊急停車鈕停機及全負載運轉測試  
受限場地設備因素，引擎低油壓停機、高水溫停機、緊急停車按鈕及全負  
載測試廠商提供出廠檢驗報告(附件一、二、三)檢視。測試結果如下：

9.2.1. 引擎低油壓停機

機台	警示 設定值	停機 設定值	警示	停機	燈號指示	警報聲 指示
No. 1	32psi	26psi	OK	OK	OK	OK
No. 2			OK	OK	OK	OK
No. 3			OK	OK	OK	OK

9.2.2.引擎高水溫停機

機台	警示 設定值	停機 設定值	警示	停機	燈號指示	警報聲 指示
No. 1	216°F (102°C)	225°F (107°C)	OK	OK	OK	OK
No. 2			OK	OK	OK	OK
No. 3			OK	OK	OK	OK

9.2.3.緊急停車按鈕停機

機台	警示 設定值	停機 設定值	警示	停機	燈號指示	警報聲 指示
No. 1	NA	按鈕按下	NA	OK	NA	NA
No. 2				OK		
No. 3				OK		

9.2.4.全負載測試

運轉條件：1103kW@1200rpm。

運轉時間：1小時。

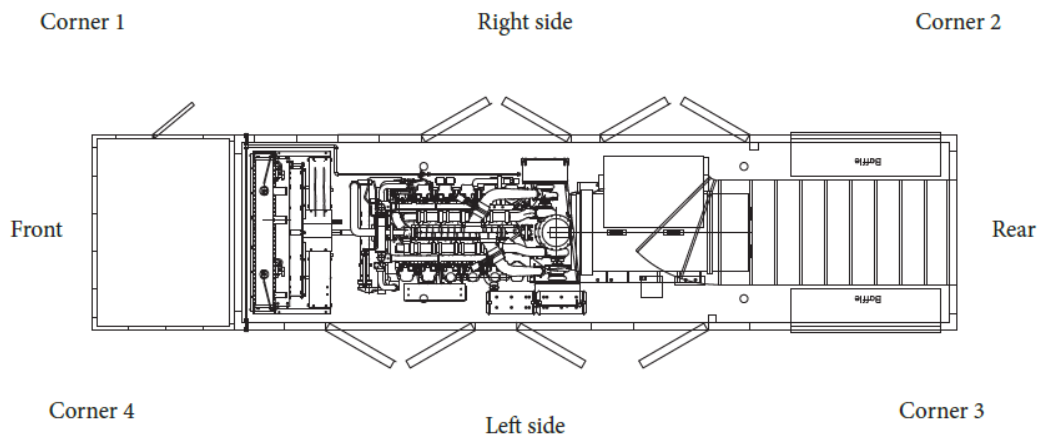
測試結果：三台皆合格。

#### 9.2.5. 噪音測試

受限場地設備因素，廠商亦提供一台出廠噪音檢測報告(附件四)檢視，台灣組立驗收時會再驗收測試。測試結果如下：

噪音規格：全負載運轉下，距離 1m 處小於 85dB。

測試點：



測試數據：

位置	噪音值(dB)
Front	84.49
Coner1	85.24
Right side	85.62
Coner2	84.02
Rear	79.89
Coner3	84.12
Left side	84.65
Coner4	83.85
平均值	83.99

測試結果：合格。

### (三)M&I Houston 總部技術研習

#### 1. 發電機控制單元

##### a. AC Module

AC 模組主要負責引擎轉速、發電機輸出電壓、負載分配。使發電機保持固定的輸出電壓及頻率。在負載分配上必須平均分配給在線上的發電

機組。

AC Module 具備以下保護功能：

— 逆電力：當引擎正常運轉，其供給電力予滙流排，此電力係以 KW 來衡量，面盤 KW 錶將指示正常讀值；當引擎由於過熱或油壓不夠而切斷燃料時，其 KW 錶讀值亦降至 0 以下，此乃由於其他引擎正供電此停機之引擎以強制其繼續運轉，此即是逆電力現象。

保護電路中之比較器 Z6 之作用，乃係當  $I_{real}(=KW)$  回授信號超過設定值時，其可加以監測並觸發保護開關動作，而斷路器跳脫之延遲時間係過電流之函數，例如，若逆電力為 7%，則斷路器脫脫時間為 8~12 秒。

— 欠頻率：若頻率回授信號指示頻率已低於 56Hz，比較器 Z6 將觸發保護開關動作，Z7 同時提供一欠頻修剪信號予電壓調整器以降低發電機電壓。

— 過頻率：若頻率回授信號指示頻率已超過 69Hz，比較器 Z14 將觸發保護開關動作。

— 過電壓：若線電壓超過正常滙流排電壓約 1.3 倍時，由電阻 R90 及 R96 組成之電壓分路器接收電壓回授信號將觸發 Q6 動作。

— 無脈衝：當脈波拾取電路未接收到由裝設於引擎軸旁之磁場拾取裝置之脈衝時，無脈衝時，無脈衝信號由 +15V 切換到 -15V。保護開關之動作將延遲 100m sec 以防止擾動性跳脫。

b. Exciter card

每一個發電機盤都具備有一塊激磁電路板，其接獲 AC Module 指令調整發電機激磁電流大小以維持發電機正確的輸出電壓。

c. Power limit

電力限制卡的主要功能是防止引擎及發電機的過負載，其透過” phase back” 信號傳送給每一個 SCR，以減少 SCR 的功率消耗。此次交貨的矽控整流系統電力控制室其 Power Limit 因空間限制，安裝在動態剎車盤內。

電力設限電路係防止負載超過線上發電機之容量，若 KW 或 KVA 超過預定極限值，上述電路可透過監測所有發電機之  $I_{real}$  (KW) 及  $I_{total}$  (KVA) 以切離 SCR 電橋。此行為可令有用電力平均分配在 SCR 電橋，電力設限通常係設定在引擎馬力額定之 95%。

d. HOC

全名為 Hands Off Cranking。其主要功能為第一台柴油引擎/發電機要啟動前，供應工作電壓給 AC 模組，使 AC 模組能傳送啟動信號給第一台引擎的 ECM。AC Module 傳送 0~200mA 的 throttle 信號至 ECM。HOC 具備有充電電池，若長期不使用時，有個切換開關必須關閉。

e. Ground fault detection

安裝在發電機盤這一側之接地故障，其主要功能為偵測 AC 600V BUS 是

否發生單線接地故障及 DC Bus V+、V-是否發生接地故障。在矽控整流系統電力控制室的外部有安裝藍色的警示蜂鳴裝置。當發生接地故障時，藍色警示燈會閃爍及鳴響。電氣值班人員可進行重置。在電控室內部有 meter 指示故障百分比 AC 與 DC 各一個、A 相 B 相 C 相故障指示燈各一個、接地故障發生確認鈕、接地故障測試鈕。

f. Generator synchronizing system

發電機同步系統由以下元件構成：同步盒內含同步指示錶、電壓錶、頻率表、同步指示燈（2 個燈泡）、同步選擇開關。

同步上線切換手順如下：

假設目前僅第三台發電機上線運轉中，現要將第二台發電機併聯上線。

f.1 將同步選擇開關切到 GEN2 的位置。此時同步盒的所有儀錶指示均為 GEN2。

f.2 調整 GEN2 之電壓至 600 伏特，調整 GEN2 的引擎轉速鈕，使同步盒中的頻率錶約在 60Hz 再多一點點。多一點點的用意是為了讓同步指示錶能慢慢地順時針轉動（當 GEN2 大於 GEN3 時會順時針轉動，當 GEN2 小於 GEN3 時會逆時針轉動）。

f.3 將 GEN2 發電機斷路器作 Charge 的動作。

f.4 等同步指示錶指針順時針轉到 12 點鐘方向位置時，同步指示燈會熄滅，此時迅速按下 GEN2 盤面上的同步上線鈕。即可同步上線。

f.5 接上來調整 GEN2 的電壓鈕，並注意 KW 錶與 KVAR 錶的讀值，調整至 GEN2 與 GEN3 的 KW 錶相同及與 KVAR 錶相同，此目的是為了讓二台發電機的功因角相同。接著固定住調整鈕。

當併聯成功時，編號最小的那一台系統會自動預設為 MASTER，其餘的為 SLAVE。調整 MASTER 的頻率及電壓會連帶調整 SLAVE 的頻率及電壓。

f.6 將同步選擇開關切至 OFF 位置。

2. 矽控整流控制單元

a. DC Module

直流模組是一個類比控制器，負責直流馬達的控制及保護。它包含對每一個鑽井設備的電流預設限制值。典型地來說：泥泵為直流 1600 安培，轉盤為直流 50-900 安培，鑽機為直流 1100 安培。

b. SCR Bridge

SCR 電橋是驅動器的電源端。它由 600 伏交流供電。透過 DC 模組的命令，六顆 SCR 以特定的順序被觸發，以產生高達 750 伏的 DC。將 SCR 視為一個閘閥，對於少量的流量打開一點，當需要最大流量時一直打開。

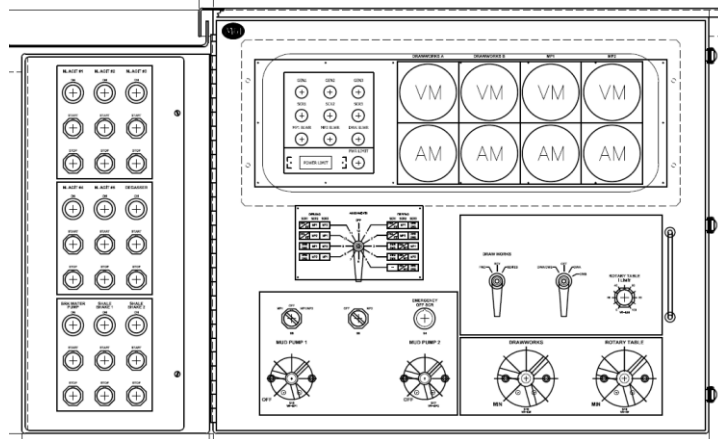
c. Assignment section

分派段是由接觸器所構成。這一套接觸器是設計給每個鑽井設備和電機組合所使用。泥漿泵獲得兩個接觸器以供電給二顆馬達。RT 和 DWKS A

各有 2 個接觸器及一個反向接觸器。DWKS B 有 2 個接觸器。這些接觸器發送電源到正確的直流馬達，例如：RT 和 DWKS 需要反向的情況下切換到反向的接觸器。

### 3. 司鑽控制台

司鑽控台設計圖如下所示。



左半邊有 9 台 MCC 的設備：分別為攪拌機#1、攪拌機#2、攪拌機#3、攪拌機#4、攪拌機#5、泥漿篩#1、泥漿篩#2、除氣機、冷卻水。

右半邊是操作鑽機、泥泵、轉盤的所有功能。

在司鑽控制台內有幾個 Terminal Block，其所扮演的功能如下：

- Terminal Block#100、#101：負責 MCC 相關功能。
- Terminal Block#1：負責 SCR 盤 1 之相關功能。
- Terminal Block#2：負責 SCR 盤 2 之相關功能。
- Terminal Block#3：負責 SCR 盤 3 之相關功能。
- Terminal Block#5：磁場供給單元之相關功能。
- Terminal Block#6：DC Motor blower 控制功能。
- Terminal Block#9：foot throttle（腳踏節流閥）相關功能。

在司鑽台的電控制電路上有以下設計：

- 鑽機手動轉輪節流閥轉動時，腳踏節流閥才可使用。
- 轉盤手動轉輪節流閥轉動時，腳踏節流閥無法使用。
- 當轉盤的手動轉輪節流閥轉動時，鑽機的手動轉輪節流閥無法使用。
- 司鑽控制台內有二個 Timer Relay, K04、K05。欲從使用中的 MP1 改切換為 MP2 使用，必須確保 MP1 完全停止下來才能啟動 MP2。反之亦然。如下圖所示。





—司鑽控制台內部有空氣壓力開關，其主要功能為防止鑽井過程中油氣滲入司鑽控制台內部造成爆炸。使用前必須外接空氣壓力源，使其內部保持正壓狀態。司鑽控制台內部有個蜂鳴器當內部壓力不足時會警報。

#### 4. MCC

MCC 全名為 Motor Control Center 馬達控制中心，供應交流 460 伏特頻率 60Hz 的電力給鑽修井工程現場的設備使用。此次 MCC 採用二種控制模式 Local 及 Remote。

—Local：當盤面之選擇開關切在 Local 位置時，設備只能由 MCC 控制。

—Remote：當盤面之選擇開關切在 Local 位置時，設備可由 MCC 及遠端的開關控制。

MCC 盤還附帶有接地故障偵測，它可偵測單相接地故障。

當三個指示燈都昏暗時，代表沒有任何接地故障發生。

當有一相發生接地故障時，故障那一相的指示燈會昏暗，另外二個指示燈會明亮。

MCC 460 伏特匯流排有發生任一相接地故障時，外部的警示燈會閃爍並發出鳴響。

#### 5. CATERPILLAR 3512C 柴油引擎發電機

5.1.引擎基本資訊：

(1)汽缸類型：V 型 12 汽缸，四行程。

(2)冷卻方式：水冷。

(3)壓縮比：14.7：1。

(4)額定轉速：1200 rpm。

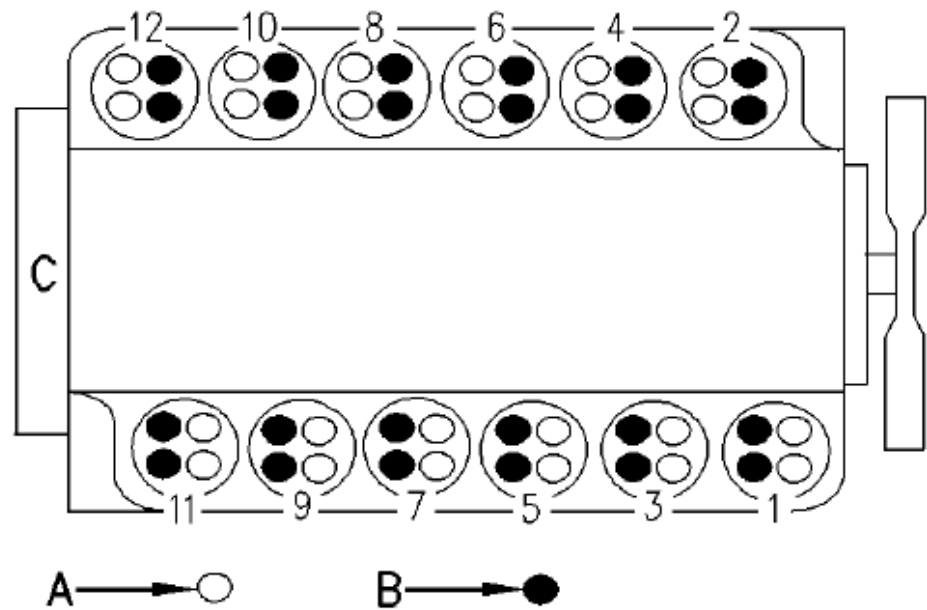
(5)怠速轉速：700 rpm。

(6)缸徑：170 mm(6.7 in)。

(7)沖程：190 mm(7.5 in)。

(8)進氣方式：渦輪增壓(含進氣冷卻)。

- (9)每缸排氣量：4.3 L(263 in<sup>3</sup>)。
- (10)總排氣量：51.8 L(3158 in<sup>3</sup>)。
- (11)燃油噴射方法：電子單體噴油器。
- (12)啟動方式：空氣啟動。
- (13)汽缸排列順序：



A：進汽門      B：排氣門      C：飛輪

## 5.2.控制系統：

5.2.1 此機型屬電腦控制系統，藉由各項感知器偵測運轉中數據再將資料回饋至 ECM(電子控制模組)來控制引擎運轉及監測。其中監控參數如下：

- (1) 電壓：低於 20V 啟動警告信號。
- (2) 冷卻水溫度：冷卻水溫度低於 80°C 啟動警告；
- (3) 海拔高度：根據傳感器判斷使用環境海拔高度來控制噴油量，每 305m 減低 3%，最大減幅至 35%。
- (4) 排氣溫度：廠商預設，不提供資訊。
- (5) 機油濾心壓差：機油濾心壓差 105kPa 啟動警告。
- (6) 燃油濾心壓差：燃油濾心壓差 70kPa 啟動警告。

## 5.2.2.停機保護裝置：

3512C 引擎停機保護裝置共有 3 項，如下：

- (1) 低機油壓力：低於 32psi 啟動警告信號，低於 26psi 停車。
- (2) 過水溫：冷卻水水溫高於 102°C 啟動警告，高於 107°C 停車。

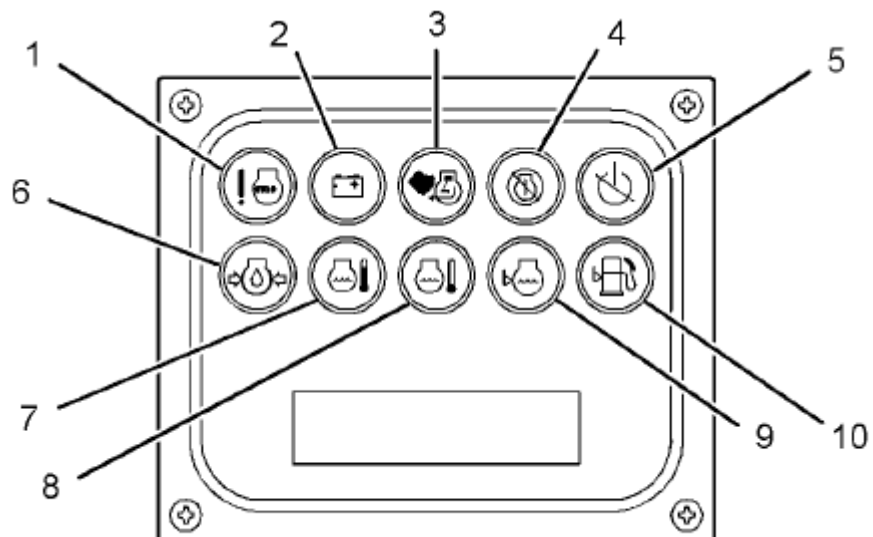
(3)過轉速：轉速超過額定轉速 1.18 倍(1416rpm)啟動警告並立即停車。

### 5.2.3.控制面板



控制面板各項說明如下：

(1)主模塊：

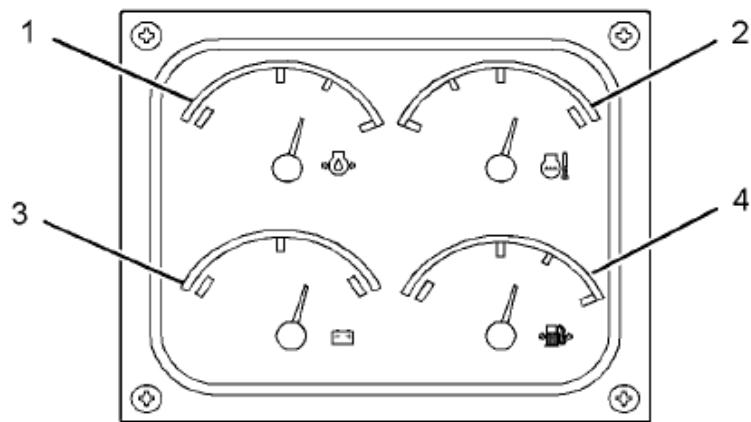


1. 緊急停機指示：緊急停機按鈕按下時，燈號閃爍。
2. 系統電壓：電壓低於 20V 時，燈號點亮警示。

3. 過轉速指示：引擎過轉速停機時，燈號點亮。
4. 超時拖動指示：若引擎在允許時間內無法啟動，燈號點亮警示。
5. 非自動模式：引擎運轉不在自動模式下燈號會點亮指示。
6. 機油壓力異常：機油壓力異常燈號點亮警示。
7. 高水溫警示：冷卻水溫度過高，燈號點亮警示。
8. 低水溫警示：冷卻水溫度過低，燈號點亮警示。
9. 冷卻水液位：冷卻水液位過低，燈號點亮警示。
10. 燃油液位：燃油液位過低，燈號點亮警示。

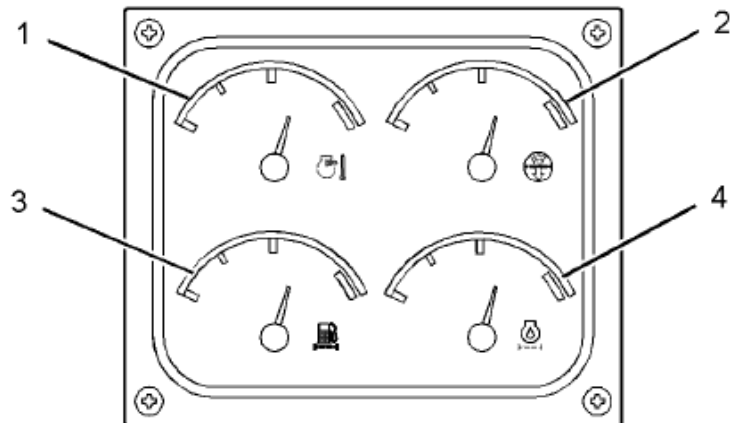
(3) 儀表組模塊：

右上儀表：



1. 機油壓力指示。
2. 冷卻水溫度指示。
3. 系統電壓指示。
4. 燃油壓力指示。

左下儀表：



1. 排氣溫度指示。
2. 進氣阻力指示。
3. 燃油濾心壓差指示。
4. 機油濾心壓差指示。

### 三、心得及建議

本次出國驗機及技術研習，參與同行之三人均受益良多。參與的人員除了本身要對設備有深入程度地了解之外，還必須在英文這方面要有一定程度以上的實力。否則是絕對無法勝任這一趟任務的。這一次出行三位同仁：一位電機工程師、一位資深的電氣技術員、一位機械工程師，正好發揮了互補的作用。每一個人人都盡司其職，使這趟出國任務能圓滿達成，很感謝參與同事們的協助與貢獻，表現均非常傑出。從這一次的驗機與研習了解到外國廠商之主管、工程師、技術員他們的工作態度都非常嚴謹、有條理、有依據、有制度及非常敬業，很值得我們效法學習。會成為泱泱大國絕非僥倖。尤其是矽控整流系統電力控制室及柴油引擎/發電機組，這一次為了配合台灣的道路交通法規有尺寸及重量上的限制。廠商絞盡腦汁克服萬難地完成設計及製造實屬不易。在矽控整流系統電力控制室雖然不是原來的製造廠所製作(原 DE-40-4 成套設備為現在的 National Oilwell Varco 公司)，但是一樣可以作出媲美 NOV 的產品。甚至更超越。這部份包括：

#### 1. 屋頂集水功能

在舊有的矽控整流系統電力控制室之設計中，屋頂是全平的，此設計當設備使用時間久時，屋頂上會有凹陷，容易導致積水，時間久會生鏽漏水或水過多會溢出流入發電機電力電纜輸入埠中，將導致設備嚴重損壞及電線走火。新的設計在電控室二側均有作集水槽，集水槽的設計並沒有凸出電控室的外牆，是包含在外牆內。屋頂並非作全平式，而是左右二側均有斜度，斜下來最低的部份緊接著集水槽。此設計可完全排除屋頂積水的問題。

#### 2. HVAC 接線盒及控制器

在舊款的矽控整流系統電力電控室上方會有一個接線盒，電纜由接線盒再轉接上 HVAC。有了接線盒，長久淋雨會導致生鏽問題發生，一旦生鏽屋頂就會開始漏水。電控室一旦漏水就會導致設備嚴重損壞及電線走火的問題接踵而來。新的設計已取消屋頂接線盒，直接由輸出負載盤將電纜連接至 HVAC。

此外在矽控整流系統電力控制室內部具備有 HVAC 控制器，可設定室內溫度、開關機及其他設定。這是舊款設計所沒有的。

#### 3. MCC 控制模式

舊款的矽控整流系統電力電控室其 MCC 盤的控制為雙邊控制。新的設計除了

有雙邊控制功能外，還具備有本地端(Local MCC)控制的功能。當問題發生時，電氣查修人員可切換到這個模式來作 Trouble Shooting，以順利解決問題。

#### 4. 發電機盤及 SCR 盤斷路器設計

舊的設計發電機斷路器採用 G.E.的廠牌，矽控整流盤的斷路器採用 SIEMENS 廠牌，目前均已停產。新的設計採用同一家廠牌。在備料及管理上比較統一一致，可提升備料及庫存管理的效率。

#### 5. Lighting Panel 設計

以往的照明盤僅局限矽控整流系統電力控制室內照明及插座，此次新購的矽控整流系統電力控制室的照明盤除了本身電控室室內照明及插座的控制，還可控管井架照明、公用設備、日夜電、高壓沖洗機、四棚捲揚機、井務電源、發電機加熱器、直流馬達加熱器、發電機房照明盤。

#### 6. 電力系統切換功能

以往的設計當矽控整流系統電力控制室回到廠內維修時，因其已和柴油引擎發電機分離維修保養，因此電控室裡沒有電力，必須外接延長線來使用照明燈，會造成照度不足及地上電線過多等不便利問題。新的設計具備電力輸入埠及電力切換開關，可外接台電的電源來使用，使電控室內照明及插座可正常使用，以確保人員在安全的環境下作業，減少工安意外發生。

#### 7. 發電機 Heater 自動控制

新的設計當發電機停止時，矽控整流系統電力控制室會自動啟動發電機的加熱器以維持絕緣品質，一旦發電機啟動時，系統會自動切斷加熱器，防止電頭過熱的情形發生。

柴油引擎的部份也有以下新增功能：

##### 1. 柴油引擎採用 ECM 控制

舊式的引擎採用傳統控制方式，新世代的引擎採用電腦控制，即所謂的 Electrical Control Module。

##### 2. 防音箱內設有 Lighting Panel

舊款的設計防音箱內沒有電燈及照明盤。新的設計中防音箱內具備有照明盤統一管理整個防音箱內部的所有電氣設備。每一個防音箱內部都有 4 盞照明提供充足光線的操作與維修環境。

##### 3. 引擎門上有儀表觀測窗

舊的設計必須打開門才能觀測。新的設計在防音箱之引擎門有個觀測窗，可



在不開門的情況下，人員由外部直接觀測到內部引擎各式儀錶的讀值非常便利及人性化。

#### 4. Tier2 認證

新的引擎排放符合 Tier2 環保標準。

本次 404 鑽機更新案與 603 新鑽機採購案所採購引擎皆為 Caterpillar 3512C 型號引擎，是由電腦程式控制與監控整體引擎運轉狀態。本處目前成套設備中，僅 HDD 所使用動力引擎 Caterpillar 3456 為電腦控制，其餘皆為傳統機械式引擎。下表所列為機械式引擎與 3512C 較為顯著之差異。

	行車電腦	操作面板	引動器	柴油除水濾心	噴油嘴	電子感應元件
機械式引擎	X	錶頭	V	X	機械式(定量)	少
3512C	V	錶頭&螢幕	X	V	電子式(可控量)	多

就功能面上電腦控制引擎的噴油系統，可由感應器回饋至行車電腦運行狀態，進而控制噴油量來確保引擎的燃燒效率，進而達到省油以及降低燃燒不完全導致冒黑煙的情況，這對公司鑽井的成本或是環保面向都有相當助益。

然而也因為是首次使用較大功率的電腦控制引擎，操作、保養、維修上對內燃機部也是相對陌生。以新有的柴油除水濾心來說，原廠並無法提供準確的濾心更換時間，一切取決於柴油品質的好壞。這就需要內燃機部同仁多花心思觀察濾心的使用情況以及詳加記錄更換時間來做為往後採購數量的依據。所以除仰賴廠商依合約要求所提供之教育訓練外，更需內燃機部同仁對每次保養維修工作更加留意與詳細記錄，以維持引擎的效能與鑽井工程的順利，更藉此將內燃機部的維修能力提升。

就引擎的部份提出以下二點建議：

##### 1. Caterpillar 監控軟體 ET 採購

404 更新、603 新鑽機購案共購入 CAT 3512C 引擎 8 套，以及明年度 400 頓水平鑽機採購預定 2 台 CAT 引擎皆屬於電腦控制系統引擎。所以建議採購 ET，除可監控各項運轉中數據外，最重要是在故障排除時可藉由行車電腦提供錯誤代碼來判斷引擎哪部分系統出現異常，以縮短維修時間。

##### 2. 速度控制器採購

因引擎由行車電腦控制運轉，機台上並無引動器(油門)來控制引擎速度，除非連接上 SCR 才可控制速度，對於內燃機部維修作業上相當不便。因此建議購入速度控制器便可在不連接 SCR 時單機啟動，以便利內燃機部維修作業以及完成後的測試作業。

這一次的廠驗，出發前每位參與之同仁都做足準備工作。使廠驗過中均非常順利，同時也指出廠商許多缺失，如上驗機內文所述。首先，規範的部份必須非常清楚明瞭，才有辦法在第一時間指點出廠商遺漏的部份。廠商必畢是人不是神，還是會有一些東西遺漏未施作，如果這些部份未在驗機時被指點出來，將來貨運到台灣現場驗收時才發現。有可能會造成驗收問題，對於買方及賣方都會有所擔誤及損失，買方承受的損失是時間，賣方承受的損失是金錢，畢竟貨到台灣才修改比貨在原廠修改在成本上多太多了，情形嚴重者有可能廠商拒絕修改而造成履約爭議，為了避免上述的情形發生，廠驗扮演極重要的角色。好的廠驗確實可以避免事後履約爭議的發生。

由於探採事業部鑽探工程處的各式成套鑽井設備都是 30 年前的老舊設備，有很多零配件現在也都停產了。本處在 100 年即著手規劃要汰換 40 級成套鑽井設備的柴油引擎/發電機組及矽控整流系統電力控制室，本人有幸承辦此採購案。也因此肩負此次出國廠驗及研習任務，這次出國可以見識到全世界最新的設計及製造技術，能與世界接軌，機會相當難得。這次參與廠驗及研習的同仁們均受益良多。希望將來能有更多類似的機會讓其他同仁有出國磨鍊及增長知識的機會。