

出國報告（出國類別：其他）

## 赴英國 ROTORK 公司及 HOPKINSONS 公司參訪

服務機關：核能研究所

姓名職稱：陳文新 助理工程師

徐渝昌 助理工程師

林祐詳 工程助理員

派赴國家：英國

出國期間：102年1月8日~102年1月18日

報告日期：102年2月27日



## 摘 要

核能研究所協助台電龍門電廠建廠工作迄今近五年，其中安全相關電動閥驗證測試工作係依美國核管會(USNRC)之 IE BULLETIN 85-03 及 Generic Letter 89-10 與 Generic Letter 96-05 之要求，進行安全相關電動閥之功能評估與診斷測試。

為解決測試時所遭遇之瓶頸以及提升測試技術，派遣安全相關電動閥驗證測試團隊中三員赴英國 ROTORK 公司及 HOPKINSONS 公司參訪。確認分析及測試過程中之技術疑義，做為日後工作之參考。

本次出國行程，不但精進了測試團隊對於核能級電動閥測試的技術及故障排除之能力，且問題獲得解答將更能確保龍門電廠電動閥的運轉安全。

關鍵字:電動閥、驅動器

# 目 錄

摘 要 .....	I
一、目 的 .....	1
二、過 程 .....	2
三、心 得 .....	19
四、建議事項 .....	21
五、附 錄 .....	22
六、附 表 .....	26

## 圖 目 錄

圖 1. ROTORK 公司及 HOPKINSONS 公司位於英國地理位置圖.....	4
圖 2. ROTORK 公司廠房內之組裝線 .....	5
圖 3. 驅動器下線前之測試 .....	6
圖 4. 塗裝部.....	7
圖 5. 維修部.....	8
圖 6. 馬達電源線外層護套包覆 .....	9
圖 7. RPTORK 驅動器內部結構 .....	11
圖 8. 扭力開關與彈簧夾作動 .....	11
圖 9 感應電動機的等效電路 .....	12
圖 10. 感應電動機-轉速與轉矩的特性曲線.....	12
圖 11. 廠區全景.....	15
圖 12. 閥體部份.....	15
圖 13. 閥盤部份-蝶閥.....	15
圖 14. 閥盤部份-閘閥.....	15
圖 15. 閥盤部份-球型閥.....	15
圖 16. Packing Load 組裝部份 .....	15

圖 17. 閥體壓力測試 .....	15
圖 18. 閥體壓力測試之控制儀器 .....	15
圖 19. Thermal Binding .....	16
圖 20. Pressure Locking .....	17
圖 21. 計算閘閥需求推力必須列入項目的分佈 .....	18
圖 22. Seal Face 計算公式 .....	18

## 表 目 錄

附表 1. 各型式驅動器不同閥號測試數據比對表 .....	26
附表 2. 1E11-MBV-0011A 測試數據表 .....	26
附表 3. 1E11-MBV-0011B 測試數據表 .....	27
附表 4. 1E11-MBV-0011C 測試數據表 .....	28
附表 5. ROTORK 三相 60Hz 電源 21/57 rpm 轉速下各型式驅動器最大輸出扭 力對照表 .....	29
附表 6. HOPKINSONS 公司參訪行程表 .....	30
附表 7. ASME III 規範之分級概述表 .....	30

## 一、目的

核能研究所機械及系工程專案之機械測試分組團隊自 2008 年協助台灣電力公司龍門電廠建廠工作，迄今業已將近五年。其中安全相關電動閥推力驗證測試工作為主要工作項目之一。

近五年來在龍門電廠一號機廠區內的每只安全相關電動閥，測試團隊皆已執行過數次推力驗證測試，且對各式的驅動器與閥均已累積深厚之分析、評估與功能測試之經驗。

關於 ROTORK 型式的驅動器，在做過各型號（不同閥號）的驅動器測試數據整理及比較後發現奇怪的現象（詳如附表 1）。經多年來之實作經驗，吾人發現在驅動器與閥的性能上，分別有以下技術上之疑慮有澄清之必要，例如：

- （一）同型號之驅動器，在相同扭力開關設定下，驅動器之輸出扭力常有離散性偏大之現象。
- （二）扭力開關設定較小的為什麼會比扭力開關設定較大的驅動器之輸出力還大？

詢問並了解電廠運轉人員操作方式，再經測試團隊不斷的開會討論；分別針對學理的探討與技術的分析，皆得不到合理的解釋。故派員赴英國 ROTORK 公司及 HOPKINSONS 公司參訪。期盼藉由此次參訪，精進測試團隊對於核能級電動閥測試的技術及故障排除之能力，並解決龍門電廠測試工作之技術困難。

## 二、過程

為了能獲得良好之參訪成果，吾人在出發前完成了任務分組而分別進行資料準備，並先行各別 E-mail 給二公司之聯絡人員 Ivan J Burnell & I. Tough，以期在討論時能有事半功倍之效。

### (一) 事前準備工作

1. ROTORK 驅動器，不同型號以及不同閥號驅動器的輸出推力/扭力測試數據(詳如附表 1)。討論重點為：
  - (1) 出廠時之扭力開關設定標準與程序，是否可能導致驅動器輸出扭力離散？
  - (2) 出廠時之扭力頂桿調整標準與程序，是否可能導致驅動器輸出扭力偏大？
2. 閥號 1E11-MBV-0011A (詳如附表 2)，1E11-MBV-0011B (詳如附表 3)，1E11-MBV-0011C (詳如附表 4) 相關測試數據。討論重點為：
  - (1) 附表 4.之 2012/10/25 為當天的實驗測試數據；相同扭力開關設定，驅動器經連續操作後輸出力明顯下降。
  - (2) 如附表 3.及附表 4.之備註欄內標註有” adj SP”的實驗測試數據；為提昇驅動器的輸出力而將彈簧夾再鎖緊的做法是否合宜？
3. 以龍門電廠 RCIC 之 E-51 系統之 3811、3813、3821 及 3871 資料夾為佐證，對於安全相關直流電動閥所欠缺的資料 (共四份)，包括正確之額定扭力輸出數值應完成蒐集。
4. Hopkinsons 之閥在預防 Thermal Binding 及 Pressure Locking 之設計考量，及在評估需求推力時之建議數值及其實驗理論依據？

5. 在對該電動閥進行需求推力計算時，發現部分閘閥有較大的 **Sealing Force**。期盼能藉由原廠對閘體的測試或模擬數據而取得合理的 **Sealing Force** 值，以避免因取值過於保守而造成計算值過大。

## (二) ROTORK 公司參訪

ROTORK 公司成立於西元 1958 年，迄今分公司遍及全世界，目前員工大約有 2365 人。其地理位置座落於英國西南端的 Bath，距倫敦西方約 150 公里處之小鎮(如圖 1 所示)。

在此 ROTORK 公司參訪過程中；分別由業務代表 Ivan J Burnell 與 Kevin Sweet 接待，並介紹其公司歷史沿革及最新產品功能；接下來 Ivan 繼續帶領我們參觀他們公司的驅動器組裝工廠；下午，Ivan 與他們公司的 Kevin Sweet (Principal Engineer – Nuclear Products) 和我們一起共同做問題討論。

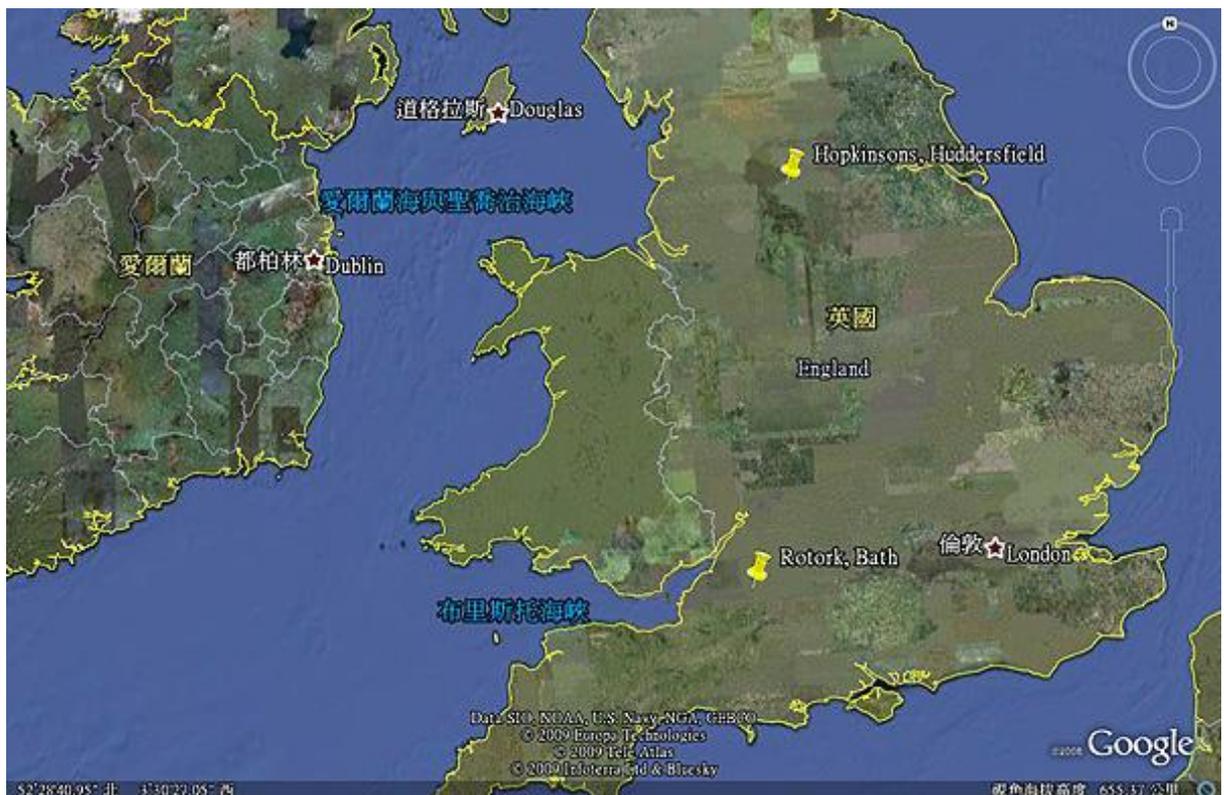


圖 1. ROTORK 公司及 HOPKINSONS 公司位於英國地理位置圖

## 1. ROTORK 公司之廠房參觀

ROTORK 公司廠房內之驅動器組裝作業方式，是由每位技師以個別接單方式來進行輸送帶式組裝。ROTORK 公司廠房內並無製造及生產，其零件部分全部由上游廠商負責提供。

如圖 2 所示，組裝線上的每位技師依訂單上的需求明細去領取零件，並進行輸送帶式的個別組裝。

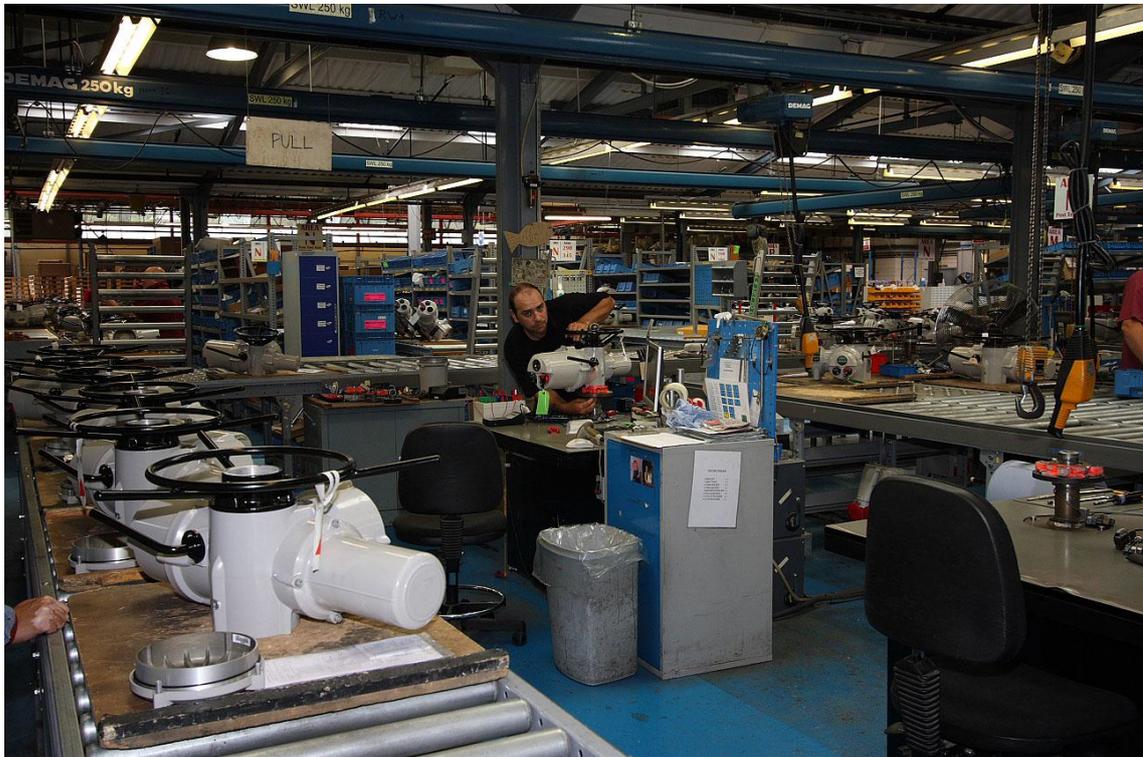


圖 2. ROTORK 公司廠房內之組裝線

如圖 3 所示，組裝完成後之驅動器轉交由測試技師進行其各項功能測試。每一具驅動器於下線之前，都必須經過測試機台測試；測試內容除確認驅動器之各項動作及功能外，重點是確認驅動器之出力是否符合需求。



圖 3. 驅動器下線前之測試

如圖 4 所示，最後將完成功能測試的驅動器交由塗裝部技師進行驅動器外部的烤漆作業，一般噴完漆必須在烤漆室裡加熱烘烤二個小時以上。

據 Ivan 表示：他們公司採用這種組裝程序，不但可提高組裝線上之人員調度的靈活度，還可降低人事成本，最重要的是能夠應付每日來自不同國家之訂單。

另外 ROTORK 公司廠辰內亦設有維修部門(如圖 5 所示)，客戶可將故障之驅動器送回檢修或翻修。



圖 4. 塗裝部



圖 5. 維修部

## 2. 問題研討

經過了一個早上 Ivan 的簡報及帶領工廠參觀後，使得我們對於 ROTORK 公司的歷史沿革及驅動器的組裝流程有了概略的認識。

在 Ivan 的簡報介紹到其公司研發的新產品時，提到了他們公司生產的驅動器，在不同環境下的平均使用壽命：關於機械部份，正常運轉磨損下大約為 4000 cycles；高溫環境下 54°C~66°C 大約為 13 年，54°C 以下則可超過 40 年以上；正常的輻射承受含量為 70.00E+04 Gy (70.00E+06 Rad)。

參觀 ROTORK 公司的驅動器組裝工廠，當行進至馬達組裝站並看完了工程師組裝過程後，這時才想到：”原來去年年底在龍門電廠執行一只電動閥的測試時（閥號為 1E11-MCV-0004C），發生了一件馬達電源線被馬達轉子捲入，而造成線路短路的事件，原來是馬達在回裝時忘了將防護套套回去所造成的。（如圖 6 所示）



圖 6. 馬達電源線外層護套包覆

關於下午討論的重點為:

- (1) 額定扭矩不一致之情形。(參考附表 1)
- (2) 連續操作後，輸出扭矩逐次下降之情形。(參考附表 3 之 2010/10/25 當天之測試)
- (3) 調整彈簧夾緊度後，其輸出力有明顯增加之趨勢。(參考附表 3 之 2013/1/2 及附表 4.2012/10/31 之數據)

第一點討論重點：下表為附表 5 之節錄（在 60Hz 三相 480V 電源供應下，不同轉速 21/57 rpm 與不同型式驅動器之最大輸出扭力對照表）。

rpm at 60Hz	21	57
Actuator size	Torque (ft-lbs)	
14A	120	80
16A	225	150
40A	750	500
90A	1500	1000

向 Ivan 和 Kevin 提出：由附表一之數據與上表對照後，吾人可發現二異常現象：a.同型號的驅動器在相同扭力開關設定下，輸出扭力有明顯的差異；b.不同扭力開關設定下，設定小的比設定大的輸出扭力還大。

Kevin 僅概略解說 ROTORK 驅動器的作動流程（如圖 7 圖 8 所示），並交付部份技術資料以供參考，無法給予明確的回覆。

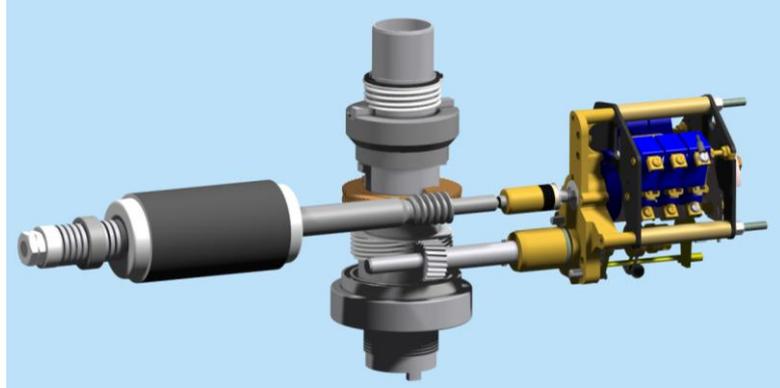


圖 7. RPTORK 驅動器內部結構

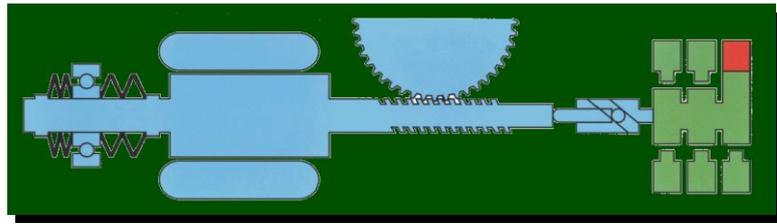


圖 8. 扭力開關與彈簧夾作動

期間 Kevin 透過投影機投射的資訊及帶去佐證的資料，一一核對各個直流電動閥的出廠序號，並至塵封已久的檔案櫃內翻出資料影印一份（詳如附錄 2），交給吾人帶回。

第二點討論重點：吾人在龍門電廠執行測試時，發現驅動器在連續操作幾次運轉後，其輸出扭力有下降之趨勢。經電廠人員要求，做如附表 4 之 2010/10/25 實驗，表格內所列為在相同扭力開關設定下，連續四次操作所取得的測試數據。

依據如圖 9 感應電動機的等效電路，Kevin 說：「馬達於長時間運轉下，輸出功率會因轉子與定子間的摩擦發熱而降低。」

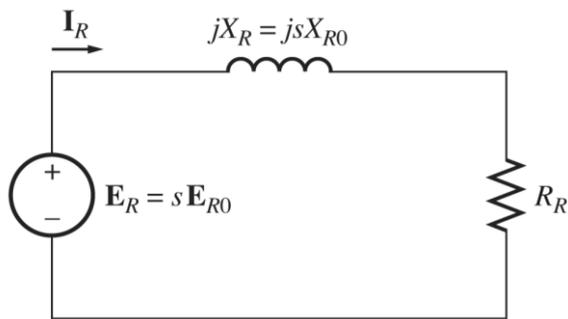


圖 9 感應電動機的等效電路

吾人又問到：「一般在設計感應電動機時，不是會增設散熱裝置？」

Kevin 說：「核能級的驅動器，為避免不必要的污染源侵入驅動器內部，都採密封式設計。雖然密封之馬達外殼會造成運轉時所產生之熱能累積而不易排出，但是對於安全相關的電動閥，一般只做緊急狀況下單次開或關的動作，故不需增設散熱裝置。」

隨著又在白板上畫出感應電動機-轉速與轉矩的特性曲線圖（如圖 10 所示），並解說：「在額定的輸出下其轉速為恆定，但隨著負載加大其轉矩也會跟著變大。當負載持續加大到達崩潰轉矩時，馬達會有 stall 的危險。若無適當的過電流保護裝置，將造成馬達燒毀或其他設備損壞。」

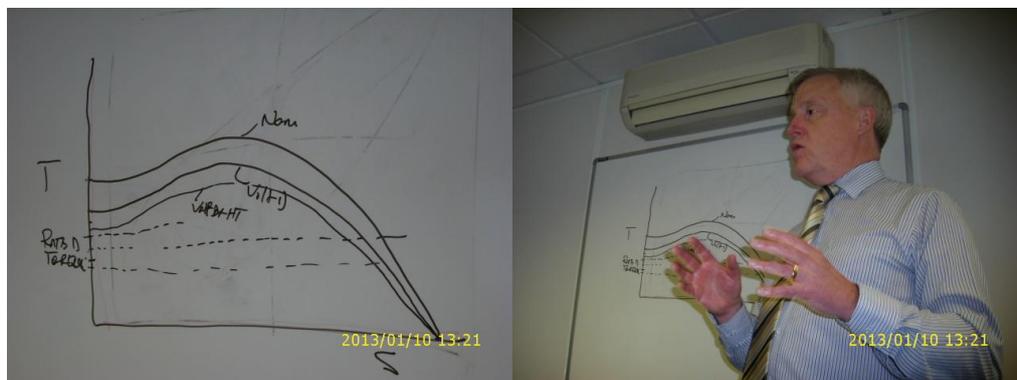


圖 10. 感應電動機-轉速與轉矩的特性曲線

第三點討論重點：吾人在龍門電廠執行測試時，發現扭力開關設定最大時扭力並未達到最大值。經電廠人員建議指示，試著將彈簧夾再鎖緊測試，觀察是否能使驅動器輸出扭力變大。經實驗結果，其輸出扭力確實變大。

**Kevin** 說：「在產品出廠時已做過相關試驗，至於會造成當扭力開關設定在最大時，而輸出扭力未達之現象，可能是彈簧夾變軟的關係，故建議電廠發現此現象時能將驅動器更換。」

### (三) HOPKINSONS 公司參訪

WEIR 集團目前有一百多家分公司分佈於全世界，員工已達 11750 人。而 HOPKINSONS 為 WEIR 集團 Power & Industrial 部門的子公司，座落於 Huddersfield，Huddersfield 為英國中部的一個城鎮。(如圖 1 所示)

此次 HOPKINSONS 公司參訪的過程(詳如附表 6)；第一天上午由 I. Tough 介紹其公司歷史沿革及目前產品發展的焦點方向。下午由 M. Sanderson 及 M. Charlton 引導參觀他們公司的驅動器組裝工廠及介紹其公司的產品。第二天上午 I. Tough 與 K. Clayton 一起問題討論。

#### 1. HOPKINSONS 公司之廠房參觀

HOPKINSONS 公司為英國 WEIR 集團旗下的 Power & Industrial 的一個部門，主要為閥門及閥體的設計與製造。其生產線流程為閥門及閥體組立與測試；當每一只閥門及閥體在組裝完成後，都要依法規的要求經過壓力測試、應力測試及耐震測試等作業，以確保閥門及閥體之正常功能性。

HOPKINSONS 公司對於核能級閥門之設計與製造，皆遵循 ASME III 之規範。閥門之設計依照 ASME 之規範，其規範可分為 Class 1、Class 2、Class3 等三個等級(詳如附表 7)。

廠房內的閥體與閥體皆由上游廠商所提供，廠區內只做組裝與功能測試(如圖 17~18 所示)。



圖 11. 廠區全景



圖 12. 閥體部份



圖 13. 閥盤部份-蝶閥



圖 14. 閥盤部份-閘閥



圖 15. 閥盤部份-球型閥



圖 16. Packing Load 組裝部份



圖 17. 閥體壓力測試



圖 18. 閥體壓力測試之控制儀器

## 2. 問題研討

經過了一天的簡報與閥體及閥盤的組立工廠參觀後，使得我們對於 HOPKINSONS 公司的歷史沿革及閥體及閥盤的組立工廠作業流程有了概略的認識。

關於第二天的問題討論重點：

- (1) 閥體的評估：Thermal Binding 及 Pressure Locking 的考量。
- (2) 需求推力的評估：加入 Sealing Force 計算的取值。

第一點討論重點：根據 GL 95-07 的要求，在擬訂電動閘閥機構規劃時必須加入 Thermal Binding 及 Pressure Locking 的考量。貴公司是否有閥體與閥盤組立設計時的模擬數據，以及組立完成後的實驗數據可供參考。

K. Clayton 概略解說 Thermal Binding 及 Pressure Locking 發生的原因，

(圖 19 中之  $F_s$  為開啟時的需求力量； $F_t$  為 Thermal Binding load。)

改善 Thermal Binding 的問題，一般是改用平形閘閥；而改善 Pressure Locking 的方法，可在 Bonnet 或閥體底部加裝洩油/壓管。

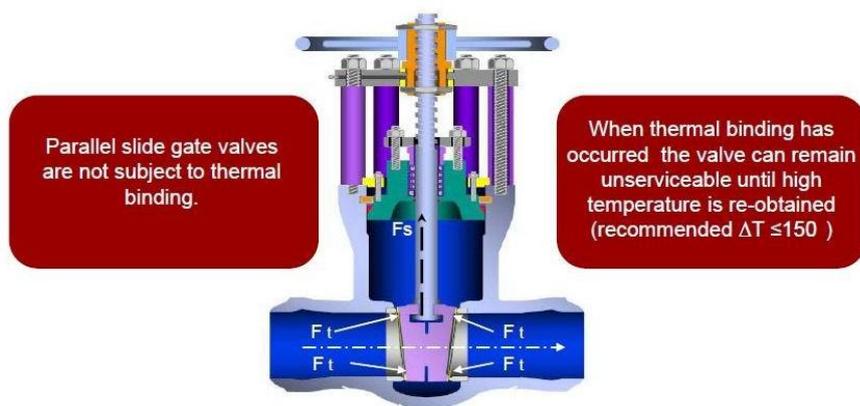


圖 19. Thermal Binding

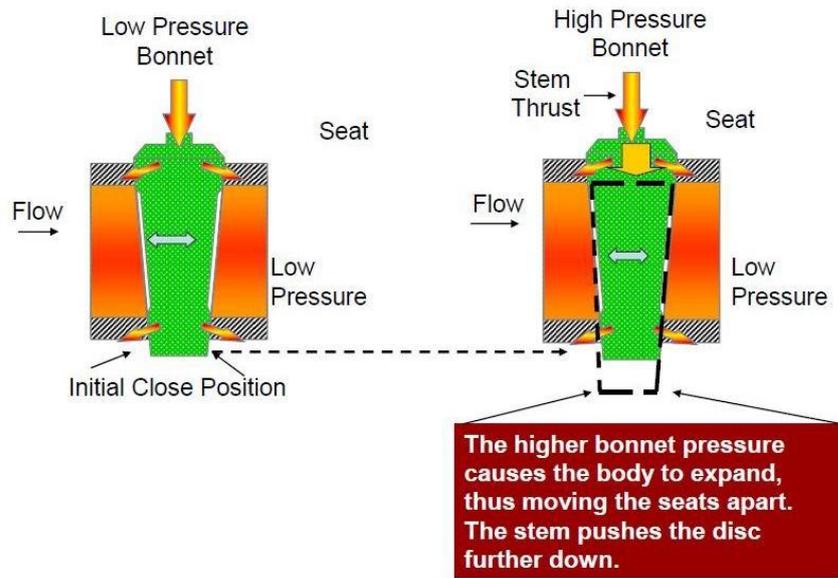


圖 20. Pressure Locking

繼續詢問索取相關模擬數據，K. Clayton 回答：「如有需求，可委託公司代為製作。」

第二點討論重點：由於貴公司給龍門電廠出廠資料中，只有閥的應力極限值而無 **Sealing Force** 值。依要求在做需求推力評估時必須考慮許多的因素（如圖 21 所示），關於閘閥必須再加入 **Sealing Force**(Fs)計算。貴公司是否有組立完成後的測試實驗數據可供參考。

K. Clayton 列出了 **Sealing Force** 計算公式（如圖 22 所示），並概略的講述閥在開與關計算上的差異。並說：「關於 **Sealing Force**，目前只是理論計算值，建議龍門電廠做動態測試時再進行核對。」

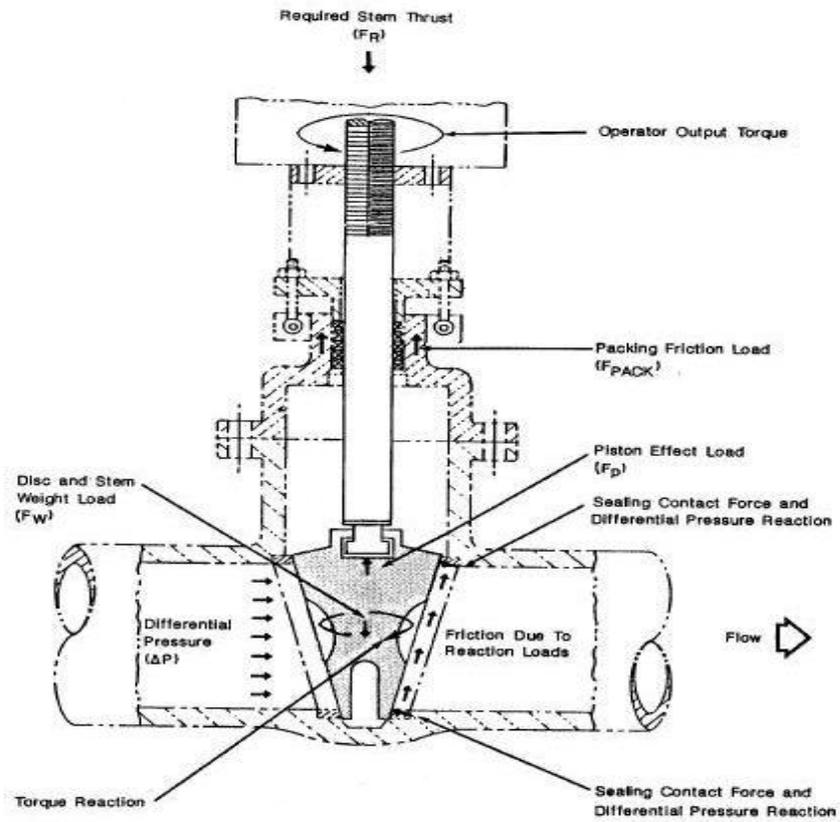


圖 21. 計算閘閥需求推力必須列入項目的分佈

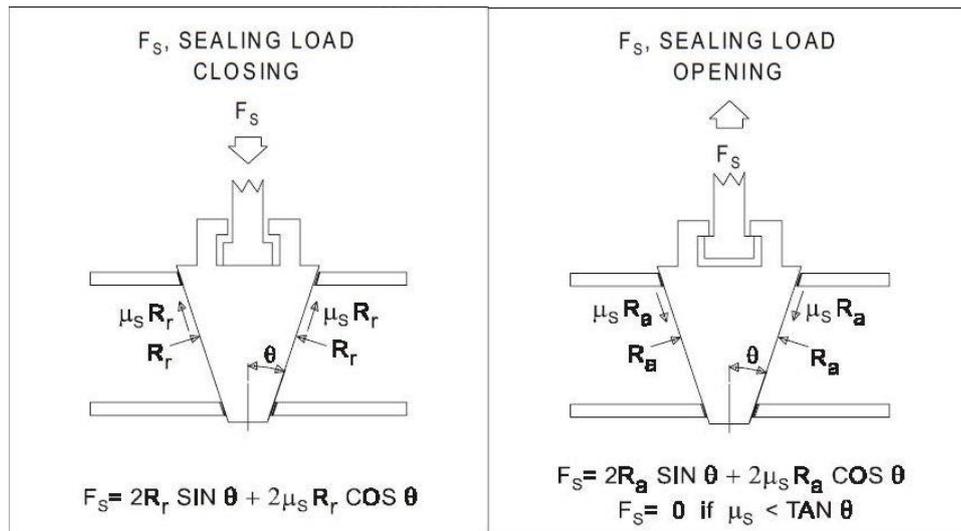


圖 22. Seal Face 計算公式

### 三、心得

此次參訪交流；釐清了驅動器作動的許多疑問，以及廠商給予閥體評估的建議。這將有助於未來在龍門電廠繼續執行電動閥診斷測試時的判讀能力。下列為心得整理：

(一) ROTORK 公司的簡報中，看到了 16NA 型式的驅動器在歷經模擬的七級以上強烈地震後，依舊能夠正常操作的測試影片。回國後檢查並核對了龍門電廠關於 ROTORK 各型式驅動器的測試相關資料，大多均為較 16NA 更重型之驅動器，理應能承受更大之地震負載。因此增深吾人對於龍門電廠內所使用 ROTORK 驅動器耐震的信心。

(二) ROTORK 公司舊型的驅動器，已進行改良或組合製作成新的 E 化產品。日後如果台電公司新購這些新產品，E 化操作將列入未來的學習課程中。

再則，目前龍門電廠廠區內所使用的驅動器，都是十幾年前廠家的舊產品。看到了廠家推陳出新的產品而停產舊產品，對於龍門電廠日後的備料及維修上乃是一大隱憂。

(三) ROTORK 公司提供的資料中，龍門電廠 RCIC 之 E-51 系統之額定扭力輸出數據（詳如附錄 1），與本測試團隊先前已完成之評估數據進行比對並作局部修訂。修訂後少部份電動閥之需求推力數值有少量異動；其中 E51-MBV-0004 為增加幅度 3.24%，E51-MBV-0008 為減少幅度 1.89%，而 E51-MBV-0006 & E51-MBV-0010 將另進行測試後比對。

(四) 對於 K. Clayton 講述 Pressure Locking 的改善方法；回到龍門電廠後發現廠區內大多數的楔型閘閥，在 Bonnet/閥體底部都有裝設洩壓管/洩水口。根據電廠值班測試人員表示，在靜態測試下 Pressure Locking 的影響並不明顯。

於後測試團隊重新查閱動態測試之數據，發現在龍門電廠所提供之運轉參數下，Pressure Locking 之現象似乎不會發生。但是在正式運轉下其壓力、流量及溫度逐漸的建立，Pressure Locking 之現象還是要特別的留意。

(五) 依照 EPRI Proprietary Licensed Material 之 5.1.5.10 中所列的公式計算，發現部份楔型閘閥有較大的 Sealing Force。若加入計算，勢必要提高此驅動器的輸出力以達到其需求推力。如 K. Clayton 所說：「Sealing Force 只是一個理論的計算值，在實際的操作下量測不到」。雖是如此，測試團隊在後續測試，尤其是動態測試；依其不同的流量及壓力，將特別留意數據變化。以期利用夾擊的計算方式，推導並修正適當的 Sealing Force 值。

#### 四、建議事項

(一) 參觀 ROTORK 公司後，深感龍門電廠之驅動器已為相當舊型之產品，電廠日後之維修與保養勢必將面臨無法備料與更換新品之窘境；此一趨勢必衝擊至運轉安全之前提，尤其台電公司對 ROTORK 型式驅動器在技術、資訊與人才均不足之現況下，應儘早規劃人才培養與設備維修。

(二) 本所 MOV 測試團隊之人才與設備執本國之牛耳，且已多年服務大多數之核電廠（核一廠除外）。建議應在適當時機，多向台電高層推銷本所技術，以深植本土技術。

(三) 建議龍門電廠對 Pressure Locking & Thermal Binding 作額外之研究。

# 五、附 錄

附錄 1. 直流電動閥額定扭力輸出數據

<b>Rotork Actuation</b> Rotork Actuation Rotork Actuation Rotork Actuation		Rotork Controls Inc. 19 Jet View Drive Rochester NY 14624		Rotork Controls (Canada) Ltd. 9, 820-28 Th. St. N.E. Calgary, Alberta T2A 6K1		Rotork Controls Ltd. Bath, England. BAI 3JG		<b>Test Certificate</b> Nuclear Actuator				
<b>CUSTOMER ORDER NUMBER</b> M2736 B31449340101		<b>TYPE</b> MDC1EPA14		<b>ACTUATOR</b> 16		<b>ENCLOSURE</b> IP68 DMC WT		<b>DATE</b> 01-11-00				
<b>ELECTRICAL CHECK</b> Circuit continuity checked to diagram High potential test A.O.P.I./potentiometer value obtained Customer Voltage N.B. Multiply 60Hz customer voltage by 0.834 for 50Hz test voltage		MD07591-02 2.0 KV. 120 V    0 Hz    0 Ph		<b>PERFORMANCE CHECK</b>		OPEN		CLOSE				
				Condition	Lb/Ft	Nm	amp	Cosφ	Lb/Ft	Nm	amp	Cosφ
				Idle			2.7				3.1	
				Light run			4.8				5.9	
				Torque setting 1	60	81	7.7		68	92	9.4	
				Torque setting 2	127	172	9.8		141	191	10.7	
				Torque setting 3	161	218	11.7		159	229	12.0	
				Torque setting 4	192	260	13.9		199	270	14.4	
				Torque setting 5	234	317	27.0		242	328	28.7	
				Stalled	416	564	9.8		370	501	234	10.6
				Torque set at	165	224	0		173	234	0	
				Test Voltage	120		V				Hz	
				Spgr Test Voltage	85							
				Stall @ Spgr volt	289	392	19.1		245	332	21.6	
<b>MECHANICAL DETAILS</b> Limit switch ratio Lead screw T.P.I. / Turns set Actuator direction to close Hand gear / Side handwheel ratio Actuator checked for oil leaks. Thrust Compensation Rating.		25:8 32 / 7 CLOCK 1:1 YES		<b>OPERATOR I.D.</b> A    C    E    G B    D    F    H		H    C4 229		<b>CHECKED BY</b>				
<b>MOTOR DETAILS</b> Winding ref Make I.D. number Thermostat trip Insulation class		<b>MOTOR CHECK</b> Poles W/gear ratio Winding Res Actuator speed		60:1 Ohms. 24		<b>SECOND STAGE OPERATOR TYPE</b> Type / Size Final direction of output linear Bore & Keyway dimensions Actuator & second stage operator light run current		<b>CHECKED BY</b>				
M43919 INVENSYS H N/A H		24 24		Clock    Anticlock		<b>ACCESSORIES/SPECIALS - VISUAL INSPECTION</b> Linear drive assembly Cover tube (ins.) Stub shaft/pedestal Paint Isolators Plugs/sockets		<b>CHECKED BY</b>				
Q/A APPROVAL EXTERNAL INSPECTION		0111/CM		Drive sleeve retainer    Pos 1&2 Drive sleeve    ADVANCE Tags    YES Labels    ENGLISH Misc.    Cable/CO ASA / YES		0111/CM						

**Rotork Actuation**  
**Rotork Actuation**  
**Rotork Actuation**

Rotork Controls Inc.  
 19 Jet View Drive  
 Rochester NY 14624

Rotork Controls (Canada) Ltd.  
 9, 820-28 th. St.  
 N.E. Calgary, Alberta T2A 6K1

Rotork Controls Ltd.  
 Bath, England.  
 BA1 3JQ

**Test Certificate**  
**Nuclear Actuator**

<b>CUSTOMER ORDER NUMBER</b>	007978	<b>TYPE</b>	NADCLERPA16
<b>JOB NUMBER</b>	D09525270101	<b>ACTUATOR MODEL</b>	16
		<b>S/SET</b>	16
		<b>ENCLOSURE DATE</b>	IP68 UNC WT 05-07-02

<b>ELECTRICAL CHECK</b>	
Circuit continuity checked to diagram	ND07591-02
High potential test	2.0 KV.
A.O.P.I./potentiometer value obtained	
Customers Voltage	120 V 0 Hz 0 Ph
N.B. Multiply 60Hz customer voltage by 0.834 for 50Hz test voltage	

<b>MECHANICAL DETAILS</b>	
Limit switch ratio	25:8
Lead screw T.P.I. / Turns set	32 / 12
Actuator direction to close	CLOCK
Hand gear / Side handwheel ratio	1:1
Actuator checked for oil leaks.	YES
Thrust Compensation Rating.	

<b>MOTOR DETAILS</b>		<b>MOTOR CHECK</b>	
Winding ref	N43919	Poles	
Make	BROOK	W/gear ratio	60:1
I.D. number		Winding Res	1.8 Ohms.
Thermostat trip	N/A	Actuator speed	24
Insulation class	H		

<b>COMPLETED ACTUATOR</b>		<b>EXTERNAL INSPECTION</b>	
FINAL PROD RELAS/rotork Final Inspection	Q/A APPROVAL		
			

Condition	OPEN				CLOSE			
	Lb/ft	Nm	amp	Cosφ	Lb/ft	Nm	amp	Cosφ
Units			2.5				2.5	
Light run								
Torque setting 1	42	57	4.2		96	130	6.9	
Torque setting 2	113	153	7.7		155	210	9.5	
Torque setting 3	146	198	9.6		186	252	11.0	
Torque setting 4	180	244	11.3		213	289	12.3	
Torque setting 5	250	339	14.8		248	336	14.6	
Stalled	393	533	25.4		369	500	27.1	
Torque set at	253	343	14.6		245	332	14.0	
Test Voltage	120		V	0	Hz	0		Ph
Spqr Test Voltage	79							
Stall @ SPQR volt	282	382	19.2		293	397	18.1	

<b>OPERATOR I.D.</b>					
A	C	E	G		
B	D	F	H	C4	229

<b>SECOND STAGE OPERATOR TYPE</b>				<b>CHECKED BY</b>	
Type / Size	Linear	Clock	Anticlock		
Final direction of output	Linear	Clock	Anticlock		
Bore & keyway dimensions					
Actuator & second stage operator light run current					

<b>ACCESSORIES/SPECIALS - VISUAL INSPECTION</b>				<b>CHECKED BY</b>	
Linear drive assembly	Drive sleeve retainer	Pos 3			
Cover tube (ins.)	Drive sleeve	Pos 3			
Stub shaft/pedestal	Tags				
Paint SPECIAL	Labels	ENGLISH			
Isolators	Misc.				
Plugs/sockets	Cable/CO ASA / YES				

**Rotork Actuation**  
 Rotork Actuation  
 Rotork Actuation

Rotork Controls Inc.  
 19 Jet View Drive  
 Rochester NY 14624

Rotork Controls (Canada) Ltd.  
 9, 820-28 th. St.  
 N.E. Calgary, Alberta T2A 6K1

Rotork Controls Ltd.  
 Bath, England.  
 Bath 310

**Test Certificate**  
 Nuclear Actuator

<b>CUSTOMER ORDER NUMBER</b>	D09525280101	<b>TYPE</b>	MADCIERPA14
<b>JOB NUMBER</b>	007978	<b>ACTUATOR MODEL</b>	16
		<b>S/SET</b>	16-07-02
		<b>ENCLOSURE DATE</b>	IP68 UNC WT

**ELECTRICAL CHECK**

Circuit continuity checked to diagram	WD07591-02
High potential test	2.0 kv.
A. O. P. I./potentiometer value obtained	
Customers Voltage	120 V 0 Hz 0 Ph
N.B. Multiply 60Hz customer voltage by 0.834 for 50Hz test voltage	

**MECHANICAL DETAILS**

Limit switch ratio	25:8
Lead screw T.P.I. / Turns set	32 / 12
Actuator direction to close	CLOCK
Hand gear / Side handwheel ratio	1:1
Actuator checked for oil leaks.	YES
Thrust Compensation Rating.	

**MOTOR DETAILS**

Winding ref	M43919	<b>MOTOR CHECK</b>	Poles
Make	BRUK	W/gear ratio	60:1
I.D. number		Winding Res	2.0 Ohms.
Thermostat trip	N/A	Actuator speed	24
Insulation class	H		

**COMPLETED ACTUATOR**

FINAL PRODN. RELEASE	O/A APPROVAL	EXTERNAL INSPECTION
		
263		

**PERFORMANCE CHECK**

Condition	OPEN				CLOSE			
	lb/ft	Nm	amp	Cosφ	lb/ft	Nm	amp	Cosφ
Units			2.4				2.6	
Light run								
Torque setting 1	79	107	4.9		57	77	3.9	
Torque setting 2	149	202	7.6		124	168	7.0	
Torque setting 3	168	228	9.5		178	241	10.2	
Torque setting 4	216	293	11.2		196	266	11.4	
Torque setting 5	245	332	13.1		252	341	14.4	
Stalled	371	503	32.5		318	431	32.7	
Torque set at	252	341	13.7		261	354	14.4	
Test Voltage	120		V	0			Hz	0
Spqr Test Voltage	79							
Stall @ SPQR volt	280	379	16.3		262	355	16.1	

**OPERATOR I.D.**

A	C	E	G
B	D	F	H
			C4 229

**SECOND STAGE OPERATOR TYPE**

Type / Size		Checked BY
Final direction of output linear	Clock	Anti-clock
Bore & keyway dimensions		
Actuator & second stage operator light run current		

**ACCESSORIES/SPECIALS - VISUAL INSPECTION**

Linear drive assembly	Drive sleeve	Pos 3	Checked BY
Cover tube (ins.)	Drive sleeve	Pos 3	
Stub shaft/pedestal	Tags	YES	
Paint	SPECIAL ENGLISH		
Isolators	Misc.		
Plugs/sockets	Cable/CO ASA / YES		

**Rotork Actuation**  
 Rotork Actuation  
 Rotork Actuation

Rotork Controls Inc.  
 19 Jet View Drive  
 Rochester NY 14624

Rotork Controls (Canada) Ltd.  
 9, 820-28 th. St.  
 N.E. Calgary, Alberta T2A 6K1

Rotork Controls Ltd.  
 Bath, England.  
 Bath 3JQ

**Test Certificate**  
 Nuclear Actuator

**CUSTOMER ORDER NUMBER** W0601  
**JOB NUMBER** B29557070101  
**TYPE** NADCLBPA14  
**ACTUATOR MODEL** 14  
**ENCLOSURE DATE** IP68 UNC WT 01-11-00

**ELECTRICAL CHECK**  
 Circuit continuity checked to diagram WD07591-02  
 High potential test 2.0 KV.  
 A.O.P.I./potentialmeter value obtained  
 Customer Voltage 120 V 0 Hz 0 Ph  
 N.B. Multiply 60Hz customer voltage by 0.834 for 50Hz test voltage

**MECHANICAL DETAILS**  
 Limit switch ratio 25:8  
 Lead screw T.P.I. / Turns set 32 / 6  
 Actuator direction to close CLOCK  
 Hand gear / Side handwheel ratio 1:1  
 Actuator checked for oil leaks. YES  
 Thrust Compensation Rating.

**MOTOR DETAILS**  
 Winding ref N44314  
 Make INVERNIS  
 I.D. number H  
 Thermostat trip N/A  
 Insulation class H

**MOTOR CHECK**  
 Poles  
 W/gear ratio 30:1  
 Winding Res Ohms.  
 Actuator speed 48

**COMPLETED ACTUATOR**  
 FINAL BRDND. O/A APPROVAL  
 RELEASE EXTERNAL INSPECTION

**PERFORMANCE CHECK**

Condition	OPEN				CLOSE			
	Lb/Ft	Nm	amp	Cosφ	Lb/Ft	Nm	amp	Cosφ
Light run	—	—	2.6	—	—	—	3.1	—
Torque setting 1	33	45	5.9	—	35	47	6.6	—
Torque setting 2	48	65	7.1	—	53	72	8.0	—
Torque setting 3	55	75	8.6	—	63	85	9.5	—
Torque setting 4	71	96	10.2	—	77	104	10.5	—
Torque setting 5	81	110	10.8	—	84	114	11.3	—
Stalled	113	153	14.6	—	112	152	15.9	—
Torque set at	43	58	6.9	—	40	54	7.3	—
Test Voltage	120	—	V	0	—	—	Hz	0
Spgr Test Voltage	85	—	—	—	—	—	—	—
Stall @ SPGR volt	78	106	11.3	—	72	98	11.4	—

**OPERATOR I.D.**

A	C	E	G
B	D	F	H

C4 229

**SECOND STAGE OPERATOR TYPE**

Type / Size	Linear	Clock	Anti-lock
Final direction of output	Linear	Clock	Anti-lock
Bore & keyway dimensions			
Actuator & second stage operator light run current			

**ACCESSORIES/SPECIALS - VISUAL INSPECTION**

Linear drive assembly	Drive sleeve retainer	Pos 1&2
Cover tube (ins.)	Drive sleeve	ADVANCE
Stub shaft/pedestal	Tags	YES
Paint	Labels	ENGLISH
Isolators	Misc.	
Plugs/sockets	Cable/CD ASK	YES

Checked BY: ac/c/n

## 六、附 表

附表 1. 各型式驅動器不同閥號測試數據比對表

Actuator Type	Valve Numbers	(A)			(B)			(C)		
		TSS (close)	THRUST (lbs)	TORQUE (ft-lbs)	TSS (close)	THRUST (lbs)	TORQUE (ft-lbs)	TSS (close)	THRUST (lbs)	TORQUE (ft-lbs)
14NA-57	1E11-MBV-0017A / B / C	5	5453	66.3	5	5313	70	5	7112	80.6
14NA-21	1E11-MCV-0022A / B / C	2	11777	74.1	2.5	11659	130.1	4.5	7298	97.7
14NA-21	1E11-MCV-0023A / B / C	3.75	10115	83.4	3.75	7635	74	3.75	10213	86.8
16NA-21	1E11-MBV-0021A / B / C	5	11422	205.1	5	11915	190	4.5	13667	176.7
16NA-21	1E11-MCV-0024A / B / C	5	13976	118.8	3.75	11707	56.6	5	12687	161.6
40NA-21	1E11-MCV-0018A / B / C	5	35131	693	1.75	35726	337.3	5	30483	681.2
40NA-57	1E11-MBV-0011A / B / C	5	30923	447.2	4.75	29638	451.2	5	31501	409
40NA-57	1E11-MBV-0032A / B / C	5	29309	395.7	4.5	34666	474.7	5	34903	500.4
40NA-57	1E11-MBV-0033A / B / C	5	32720	423.3	5	31163	414.5	5	29806	391.3
40NA-21	1E11-MCV-0004A / B / C	5	36796	667.2	5	38208	662	3	37071	499.9
90NA-21	1E11-MBV-0001A / B / C	5	61852	1281.6	5	61771	1309.5	5	53407	941.4

附表 2. 1E11-MBV-0011A 測試數據表

1E11-MBV-0011A										
測試日期	TSS Close	C14-Thrust (lbs)	C14-Torque (ft-lbs)	C16-Thrust (lbs)	C16-Torque (ft-lbs)	C15 (A)	運轉電流 (A)	壓縮量 (inches)	S.F.	備註
2009/8/28	1	9880	135.9	17599	253.8	5.11	3.98	0.077	0.0138	
	3	18701	308.4	24333	370.7	8.46	4.01	0.096	0.0165	
	4	20106	329.6	24518	382.5	10.1	3.55	0.149	0.0164	
	4	22434	371	27367	422.1	10.21	4.05	0.134	0.0165	
	4	19859	NA	24429	NA	9.2	3.96	0.163	NA	
	4.75	21103	NA	25258	NA	11	3.9	0.15	NA	
	5	23679	NA	27476	NA	11.87	4.36	0.162	NA	
	5	24370	451.7	29921	558.1	12.26	4.31	0.17	0.0185	
	5	21736	414	24038	455.4	20.37	2.22	0.175	0.0190	
2009/8/31	5	26842	410.2	30439	459	12.93	4.15	0.161	0.0153	
	5	26794	410.6	30516	461.6	13.12	4.13	0.126	0.0153	
	5	30923	447.2	35409	505.5	12.54	3.92	NA	0.0145	
2012/9/5	5	32293	422.3	38949	511.1	9.3	4.68	0.165	0.0131	
	5	34291	435.2	40637	520	9.11	4.75	0.151	0.0127	

附表 3. 1E11-MBV-0011B 測試數據表

1E11-MBV-0011B										
測試日期	TSS Close	C14-Thrust ( lbs )	C14-Torque ( ft-lbs )	C16-Thrust ( lbs )	C16-Torque ( ft-lbs )	C15 ( A )	運轉電流 ( A )	壓縮量 ( inches )	S.F.	備註
2009/6/8	3	21165	316.7	26887	400.5	8.15	4.65	0.111	0.0150	
	4	27437	410.1	32139	490.9	9.72	4.58	0.134	0.0149	
	4.5	29715	446.3	33384	511	10.54	4.67	0.147	0.0150	
	4.75	29512	452.6	32852	512.5	11.12	4.49	0.151	0.0153	
	3	28166	446.4	31809	499.5	11.35	4.75	0.15	0.0158	
	4.75	24788	422.4	28575	484.7	10.51	4.56	0.155	0.0170	
	4.75	24241	401	27958	465.5	10.62	4.45	0.148	0.0165	
2012/10/4	4.25	29308	382.6	36675	472.5	9.59	5.23	0.153	0.0131	
	5	29418	415.3	36284	509.9	10.07	5.27	0.167	0.0141	
	5	28394	407.2	35475	522.4	10.22	5.32	0.165	0.0143	
	5	27869	435.3	34824	560.2	10.11	5.11	0.167	0.0156	
2013/1/2	3	21413	323.4	29730	460.2	8.1	5.17	0.138	0.0151	adj SP +2
	5	29438	455	36168	577.2	10.48	5.1	0.155	0.0155	
	2	23779	381.8	31140	500.1	9.33	5.2	0.131	0.0161	adj SP+2+4
	4	31939	505.9	37846	606.1	11.92	5.14	0.144	0.0158	
2013/1/3	4	31847	508	37628	593.1	11.9	5.38	0.142	0.0160	
	3	26740	443.6	33433	554.6	10.15	5.16	0.141	0.0166	
	3.5	29905	468.2	36800	587.6	10.88	5.14	0.144	0.0157	

附表 4. 1E11-MBV-0011C 測試數據表

1E11-MBV-0011C										
測試日期	TSS	C14-Thrust	C14-Torque	C16-Thrust	C16-Torque	C15	運轉電流	壓縮量	S.F.	備註
	Close	( lbs )	( ft-lbs )	( lbs )	( ft-lbs )	( A )	( A )	( inches )		
2009/11/20	1	12296	155.4	35520	462.8	12.13	5.15	0.147	0.0126	
	3	22876	294.6	35759	480.9	12	5.35	0.144	0.0129	
	5	28893	410.1	35426	512.7	12.76	5.24	0.163	0.0142	
	5	28075	422.9	37075	558.2	14.7	5.15	0.171	0.0151	
2012/9/10	5	26917	407.8	33873	522.2	9.35	4.96	0.159	0.0152	
	5	27476	407	33763	513.7	9.37	4.77	0.163	0.0148	
2012/9/28	5	25548	426.4	28373	476.8	8.91	4.79	0.125	0.0167	
	5	22527	391.1	28762	496.6	9.59	4.9	NA	0.0174	
	5	23673	379.6	29075	475.1	9.58	4.99	0.138	0.0160	
	5	29339	400.6	34316	485.6	9.64	4.91	0.132	0.0137	
	5	22677	387.7	29200	493	9.55	5.07	NA	0.0171	
	5	23217	377.6	29989	489	9.46	4.82	NA	0.0163	
	5	27056	357.4	33426	450.5	9.85	4.86	NA	0.0132	
2012/10/1	5	31206	403.7	37807	507.5	9.65	4.91	NA	0.0129	
	5	31428	400.7	38059	510	9.57	4.84	NA	0.0127	
	5	28961	409.8	33966	497	9.09	4.89	0.142	0.0142	
	5	27462	402.7	33329	497	9.24	4.84	0.148	0.0147	
	5	27853	392.2	35168	504.6	9.31	4.85	NA	0.0141	
	5	28759	388.8	35359	492.9	9.3	4.83	NA	0.0135	
2012/10/22	5	30023	379.3	35889	472.4	9.48	4.92	0.153	0.0126	
	5	24752	383.7	30973	492	9.65	4.81	0.149	0.0155	
	5	25347	396.6	29829	483.8	9.14	4.81	0.147	0.0156	
	5	23703	389.6	28375	471.7	9.4	4.86	0.145	0.0164	
	5	23077	391.7	28114	482.6	9.24	4.82	0.149	0.0170	
	5	22959	386.8	28187	483	9.1	4.83	0.152	0.0168	
2012/10/25	5	28131	408	32554	484.7	9.08	4.97	0.147	0.0145	
	5	27871	413.1	32269	494.4	9.14	4.93	0.149	0.0148	
	5	26528	412	31383	499.1	9.46	4.93	0.148	0.0155	
	5	24588	391.2	30772	502.4	9.36	4.91	0.151	0.0159	
	3	17239	272.3	22949	378.2	7.02	4.93	0.124	0.0158	
	3	15465	252.6	22504	379.4	6.99	4.97	0.112	0.0163	
2012/10/31	1	12297	160.6	25182	305.8	6.33	4.95	0.058	0.0131	adj SP +6
	3	28994	375.1	35583	470.1	9.03	4.9	0.113	0.0129	
	4	32900	447.3	37766	531.2	10.21	4.87	0.136	0.0136	

附表 5. ROTORK 三相 60Hz 電源 21/57 rpm 轉速下各型式驅動器最大輸出扭力對照表

## ROTORK 'A' RANGE

### PERFORMANCE SUMMARY

#### PERFORMANCE DATA FOR 3 PHASE ACTUATORS

Actuator Size	Actuator output speeds								Nominal motor†				
	Torque**		Nm		Ft lbf				50Hz		60Hz		
	rpm at 50Hz	18	24	36	48	72	96	144*	192*				
	rpm at 60Hz	21	29	43	57	86	115	172*	230*				
<b>7A</b>		34	34	31	27	27	22			0.08	0.16	0.1	0.18
		25	25	23	20	20	16			0.11	0.21	0.13	0.25
<b>11A</b>		68	68	61	54	54	43			0.15	0.24	0.18	0.29
		50	50	45	40	40	32			0.2	0.32	0.24	0.38
<b>13A</b>			108	95	81					0.31		0.36	
			80	70	60					0.42		0.5	
<b>14A</b>		163	163	135	108	108	81	61*		0.36	0.67	0.43	0.7
		120	120	100	80	80	60	45*		0.5	0.9	0.6	1.1
<b>16A</b>		305	305	257	203	203	149	108*		0.75	1.1	0.9	1.3
		225	225	190	150	150	110	80*		1.0	1.5	0.96	1.8
<b>30A</b>		542	542	508	407	407	325	257*		1.25	2.2	1.5	2.6
		400	400	375	300	300	240	190*		1.7	3.0	2.0	3.6
<b>40A</b>		1020	1020	845	680	680	540	406*		2.1	3.7	1.9	4.3
		750	750	625	500	500	400	300*		2.8	5.0	2.5	5.4
<b>70A</b>		1480	1480	1290	1020	1020	745	645*	540*	2.75	4.8	3.3	5.8
		1100	1100	950	750	750	550	475*	400*	3.7	6.5	4.3	7.8
<b>90A</b>		2030	2030	1700	1355	1355	1020	865*	730*	4.5	7.5	5.4	9.0
		1500	1500	1250	1000	1000	750	640*	540*	6.0	10.0	7.2	12.0
<b>91AR</b>								1355*	1355*		13.0		15.6
								1000*	1000*		17.4		21.0
<b>95AZ</b>			3000							4.8		5.8	
			2200							6.5		7.8	

\* Refer to Rotork if these speeds are required for direct mounted gate valve applications

† For Full motor data, refer to publication E230E

\*\* Torque rating is maximum torque setting in both directions. Stall torque will be 1.4 to 2.0 times this value depending on speed and voltage.

If maximum torque is required for more than 20% of valve travel refer to Rotork.

附表 6. HOPKINSONS 公司參訪行程表

**Agenda Tuesday 15<sup>th</sup> January:**

Time	Subject	Lead
09:30 – 09:45	Welcome and Health and Safety briefing	I. Tough
09:45 – 10:30	Nuclear Product Overview	I. Tough
10:30 – 10:45	Coffee Break	-
10:45 – 11:15	Case Study: Shin Ulchin & Baraka Severe Service and Safety Related Control Valves	I. Tough
11:15 – 11:45	Product Development Focus: MSIV	I. Tough
11:45 – 12:45	Lunch	-
12:45 – 14:15	Hopkinsons Product Training	M. Sanderson
14:15 – 14:30	Coffee Break	-
14:30 – 16:00	Blakeborough Product Training	M. Charlton
16:00	Close	-

**Agenda Wednesday 16<sup>th</sup> January:**

Time	Subject	Lead
09:30 – 10:30	Weak Link Question Review	K. Clayton
10:30 – 10:45	Coffee Break	-
10:45 – 11:45	Weak Link Question Review	K. Clayton
11:45 – 12:45	Lunch	-
12:45 – 14:30	Shop floor tour	I. Tough
14:30	Any other business / Close	-

附表 7. ASME III 規範之分級概述表

等級	使用 Code	簡述
Class1	NB-3500	需要最嚴格且詳細的分析，包括閥體最小壁厚、閥體形狀、第一應力及第二應力計算、疲勞要求、其他閥門零件分析、週期負荷、疲勞及地震分析。以上皆須包括於設計報告內，且品質要求最高。
Class2	NC-3500	需要之分析少於 Class1，僅有閥體最小壁厚、閥軛應力計算和地震分析。品質要求與 Class1 相似。
Class3	ND-3500	需要之分析與 Class2 相同，品質要求比 Class1 及 Class2 低得多。