

出國報告（出國類別：實習）

燃料填換處理台車(RFP/FHP)  
控制系統維護出國報告

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張欽枋、主辦機器維護專員

派赴國家：美國

出國期間：101年9月16日至9月25日

報告日期：101年11月20日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：燃料填換處理台車(RFP/FHP)控制系統維護實習		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
張欽枋	主辦機器維護 專員	第二核能發電廠
出國期間：101年9月16日至101年9月25日		報告繳交日期：101年11月20日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2. 格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 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"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式:	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2. 退回補正,原因: _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見:	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「出國報告資訊網」為原則。

	單位	主管處	總經理
報告人：	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： 燃料填換處理台車(RFP/FHP)控制系統維護實習

頁數 15 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/0223667685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

張欽枋／台灣電力公司／燃料填換處理台車(RFP/FHP)控制系統維護實習／  
主辦機器維護專員／2498-5990 轉 2468

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他(洽公)

出國期間： 101 年 9 月 16 日至 9 月 25 日 出國地區： 美國

報告日期： 101 年 11 月 20 日

分類號／目：

關鍵詞： 燃料台車、燃料填換處理

內容摘要：(二百至三百字)

核能二廠兩部機四套燃料填換處理台車，於民國 94 年更新控制系統，為美國西屋公司所屬 PAR NUCLEAR 公司的 FuelNet Controls System，燃料填換處理台車在大修期間實為重要，且須保持可靠運作的設備；在 PAR NUCLEAR 公司與相關人員共同討論該控制系統近年來在台電核能二廠之運作、報修狀況與維護對策。

PAR NUCLEAR 公司相當肯定核能二廠對新燃料台車控制系統啓用後所碰到的一些狀況之處置對策，可充分防止類似問題再度發生。該公司也認為核能二廠對燃料台車控制系統各項設備異常原因之分類及資料收集分析相當用心。台電公司如能安排三座核能電廠燃料台車維護人員至 PAR NUCLEAR 公司接受整合機台之實做及專業課程訓練，將可建立紮實的專業維護技術，日後應有百倍的回收效果。

PAR NUCLEAR 公司針對燃料台車控制所發展的最新版本 MODEL GR 系統，可提供快速、可靠又容易維護的控制平台，該公司並負責備品之統籌管理、調度及貯存，可大幅簡化電廠相關作業及備品管理。

未來如可整合本公司林口訓練中心燃料台車，做為三座 BWR 電廠的訓練基地，應可充分發揮訓練功能，並增快各廠燃料挪移的進度，縮短大修工期，也可增加操作的安全性，減少設備因操作生疏而產生設備損壞的發生率。

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

# 目 錄

壹、出國目的-----	1
貳、研習過程-----	1
參、核能二廠燃料填換處理台車功能簡介-----	1
肆、維護方法及軟硬體技術交流-----	7
伍、心得及感想-----	10
陸、建議事項-----	10
附件：MODEL GR 燃料台車介紹-----	12

## 壹、出國目的

- 一、核能二廠兩部機新舊燃料之挪移、吊運與填換等工作，都在反應器廠房 7 樓及燃料廠房 3 樓之移動式燃料填換處理台車(RFP/FHP)上進行，而台車之定位控制則採用電腦化數位式控制系統，因此台車控制系統在大修期間實為重要，且須保持可靠運作的設備。
- 二、本廠於民國 94 年更新兩部機四套燃料填換處理台車控制系統，新系統為西屋(WH)所屬的 PAR NUCLEAR 公司所規劃設計的 FuelNet Controls System，該系統已經使用七年，鑒於大修工期愈來愈緊湊，而且爐心燃料挪移填換作業要求，越來越高。為確保該系統能穩定可靠運作，對台車控制系統軟體及硬體設備之維護與調校，仍有需精進及學習的地方。
- 三、前往 PAR NUCLEAR 公司研習燃料填換處理台車控制系統，研討維護方法及技術交流與故障診斷技巧，藉以學習台車控制系統維護經驗。

## 貳、研習過程

本次研習之出國期間共計 10 天，於美國明尼蘇打州 SHOREVIEW 的 PAR NUCLEAR 公司進行會議，隨後與該公司人員參觀燃料填換處理台車工廠，瞭解處理台車設備及控制盤面製作情形。之後再與 PAR NUCLEAR 公司處理台車部門進行控制系統故障處理心得交換及軟硬體技術交流，研討該公司最新發展的 MODEL GR 台車技術。

## 參、核能二廠燃料填換處理台車功能簡介

### 一、概述

核能二廠於 94 年將燃料填換處理台車控制系統，更新為 PAR NUCLEAR 公司自動燃料填換系統 (FuelNet Controls System)，新型控制系統之設計，具有自動定位、自我診斷與歷史記錄的功能。包括下列項目：

- 1.吊鉤(Mast)為更輕的四方形設計
- 2.使用精密、各軸雙編碼器的方式，定位更精確及更可靠。
- 3.驅動馬達為交流伺服型馬達(AC servo-type motor)
- 4.控制系統為可程式邏輯控制器(PLC—Programmable Logic Controller)與電腦人機介面，使燃

料填換處理台車，能預先程式化自動移動定位，在吊鉤上設有攝影機與照明燈，易於定位抓取燃料元件、確認燃料元件編號與爐心確認工作。

5.可三軸同時移動( X 軸-為 BRIDGE 前進及後退，Y 軸-為 TROLLEY 左移及右移，Z 軸-為 HOIST 上升及下降 )，速度更快，自動定位，可增進效率並降低操作員的人為疏失。

6.增加多項安全連鎖、安全性與可靠性。

## 二、 設備介紹

### 燃料台車設備基本架構：

核能二廠燃料台車設備主要包括 BRIDGE、TROLLEY、HOIST、位置及重量感測器、傳動設備、控制系統、人機操作介面、水底攝影機與監視器、Auxiliary Frame Hoist 以及 Monorail Hoist 輔助吊車等。

### 燃料填換台車 (REFUELING PLATFORM，RFP)：

位於電廠反應器廠房 7 樓，架設跨越於反應爐容器上方與燃料儲存池兩側的軌道上，其主要目的乃做為爐心燃料填換或挪移用，同時亦可處理因執行燃料填換作業而需要挪移的反應器其他物件。在任何情況下，所有的操作或處理皆必需維持在水面下運作。

1.功用—可在反應爐及燃料儲存池上方，藉水為屏蔽，處理水中燃料元件或其他組件。

2.跨越整個燃料儲存池及反應爐上方，可在地面鐵軌上移動。

3.燃料填換台車計有三部吊車，各有其獨立個別的操作控制器。這三部吊車不可同時操作，同一時間僅可使用一部：

a.主燃料吊車(Main Hoist)。

b.固定副吊車(Auxiliary Frame Hoist)

c.單軌副吊車(Monorail Hoist)

4.各吊車均有負載感測裝置及安全煞車。

5. 主燃料吊車有電腦自動定位系統及手動操作定位，藉觸控螢幕操作，利用雙重編碼器 ( ENCODER )，將 BRIDGE、TROLLEY 及 HOIST 深度位置，編碼送至可程式邏輯控制器 (PLC) 計算，由 PLC 驅動及 BRIDGE、TROLLEY 及 HOIST 的交流伺服馬達，並提供電氣連鎖，依事先設定的燃料填換位址，自動操作至定位。

當主燃料吊車空車要去夾燃料元件(Fuel Assembly),自動下降至離燃料元件上方約 20 吋時自動停止,再由操作員以手動下降至定位,並以手動操作吊鉤嚙合(Grapple Engage),抓取燃料元件,提升 HOIST 至燃料元件底部已離開 Rack 後,改為自動模式使填換台車依需求程序,自動移至下一個目標位置,再手動操作放置燃料元件,定位後吊鉤釋放(Grapple Release),如此一再重複執行,準確度為±0.15 吋。

6.燃料填換台車位置可由下列各處控制(皆在燃料填換台車上):

- a.在吊籃 (Trolley, 可在鐵軌垂直方向移動)內控制器操作。
- b.可利用固定副吊車操作器(懸掛吊籃旁)控制。
- c.可利用單軌副吊車操作器(工作人員走道上)控制。

7.吊籃位置可在吊籃內控制器或固定副吊車操作器控制。

8.燃料填換台車移動速度可在 0~60 呎/分,以 JOYSTICK 搖桿調整,搖桿前推及後拉方式,控制前進及後退,亦有 TRAVERSE SYSTEM 可操作,速度為 5 呎/分。

9.吊籃移動速度可在 0~40 呎/分,以 JOYSTICK 搖桿調整,搖桿左推及右推方式,控制左移及右移,亦有 TRAVERSE SYSTEM 可慢速操作,速度為 5 呎/分。

### 燃料處理台車(FUEL HANDING PLATFORM, FHP):

●位在燃料廠房 3 樓,其結構及控制系統類同燃料填換台車。

1.功用—便於處理用過燃料儲存池內燃料,在大修前將新燃料置入用過燃料儲存池內,再將新燃料透過斜面燃料傳送系統( IFTS ),傳至反應器廠房 7F 的燃料儲存池,大修時使用燃料填換台車,移入反應器爐心或將爐心舊燃料移出,反向傳回燃料廠房 3 樓,置入用過燃料儲存池內存放,也可將池內之用過燃料裝入護箱,做乾式儲存用。

2. 燃料處理台車類同反應爐廠房之燃料填換台車,唯不同處是:

主燃料吊車四方形燃料吊鉤只有 3 層。

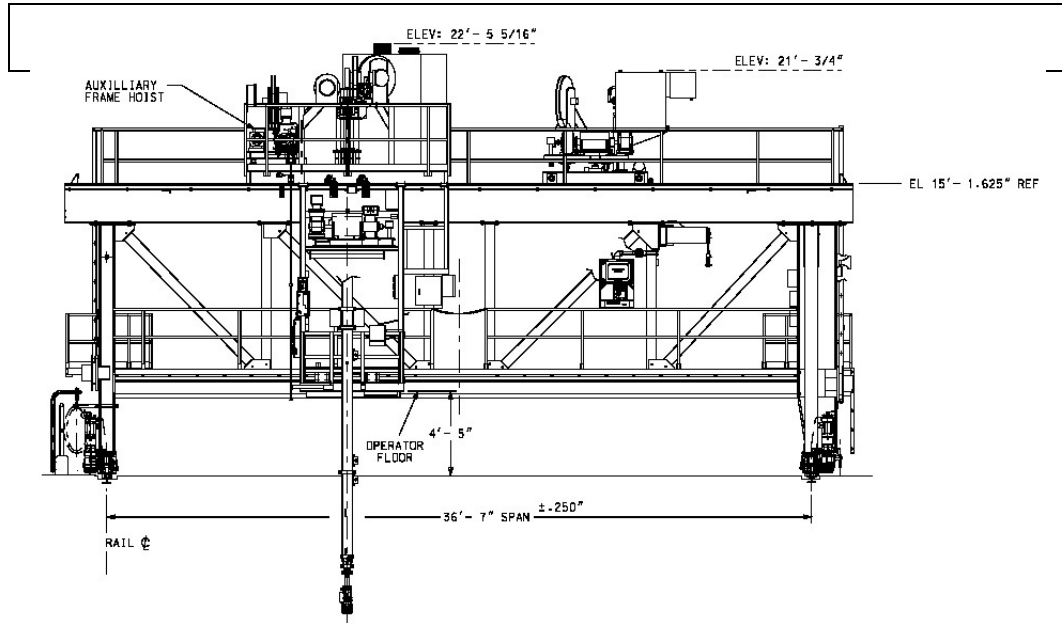
與反應爐保護連鎖無關。

無 SRO STATION 可供監看。

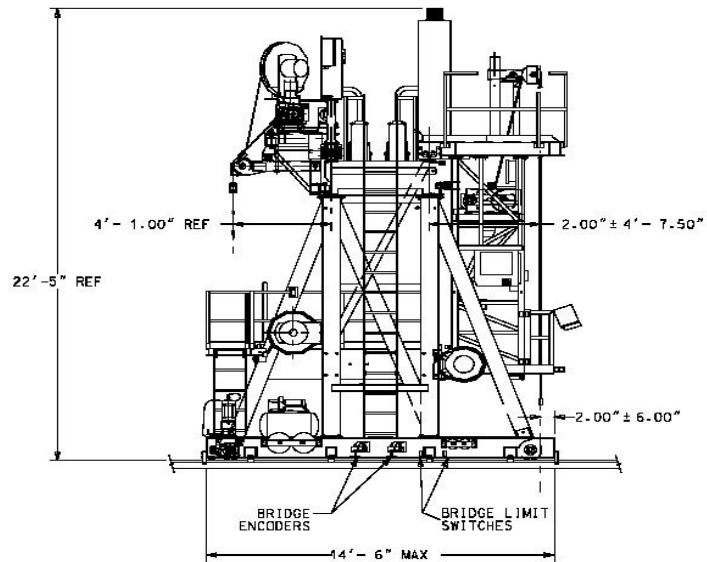
無固定副吊車(Auxiliary Frame Hoist)。

### 林口訓練中心的燃料台車:

林口訓練中心的燃料台車控制系統在民國 96 年更新為 PAR NUCLEAR 公司的 FuelNet Controls System,設備架構完全與核能二廠相同,也由核能二廠負責維修及運作。



燃料填換台車前視圖



燃料填換台車側視圖

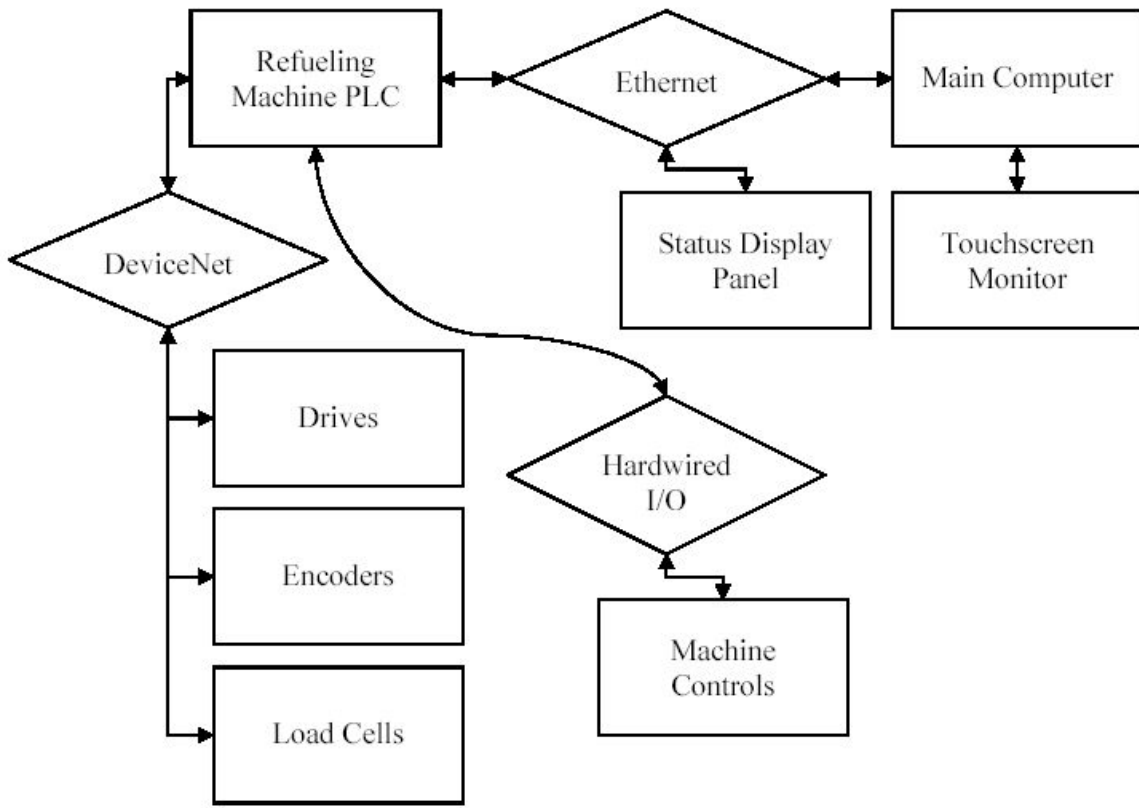




主燃料吊車右手控制器及指示燈



主燃料吊車左手控制器及指示燈



主燃料吊車控制系統方塊圖

## 肆、維護方法及軟硬體技術交流

一、與 PAR NUCLEAR 公司相關人員共同討論台電核能二廠燃料台車控制系統更新後之運作、報修狀況以及維護對策

- 設備未到達自動定位地點即停止：

問題：設備運行中，只要有任何 ERROR 或 FAULT 狀況出現，系統即會停止自動定位運作。

對策：必須透過 GE FANUC PLC 的 LM90 軟體查看 PLC 內部控制邏輯，是由那些異常狀態信號導致上述錯誤現象，加以排除之後，再起動自動定位程序。因此，維護人員必須非常熟悉系統運作方式與 PLC 之軟體邏輯，才能快速找到問題，並加以修護。

- 台車定位不準確：

問題：燃料挪移期間，反應器爐心冷卻水流常會推偏吊桿(MAST)，造成定位偏移問題。

對策：在機組停機大修初期，依照實際水流情形，再次做台車三軸向 BENCHMARK 定位點及爐心區域校準定位，就能免除水流影響，使定位準確。

- MAIN HOIST CABLE KEEPER 動作：

問題：大部份為 SLACK CABLE 設定點偏移，未拉緊的鋼纜捲動，造成鋼纜未依序排列在鋼鼓上，脫軌感測微動開關即動作。

對策：在大修使用前，必須做台車之 LOAD CELL 重量校正。

- MAIN HOIST REEL 捲動不順：

對策：台車 MAIN HOIST 有三個 CABLE REEL，分別為 AIR HOSE、CAMERA CABLE 及 GRAPPLE RELEASED AND ENGAGED CABLE，皆為彈簧力回捲型式，在使用前，必須做彈簧力回捲力量及轉軸檢查。

- MAIN HOIST CAMERA 畫面不清楚：

對策：原廠 CAMERA TUBE 為抗輻射型，但非為低照度型式，改用新型且為

低照度型式，並加強水底照明，可完全改善，畫面相當清楚，定期更換 CAMERA TUBE，可防止元件老化，影響清晰度。

● BRIDGE 及 TROLLEY ENCODER COMPARE ERROR：

問題：燃料台車之 BRIDGE 和 TROLLEY 各有兩組位置感測 ENCODERS，控制系統時時刻刻互相比對兩組感測器的位置資訊，如兩者差額大於 1 吋時，即會出現 COMPARE ERROR，停止此軸向的設備移動。

對策：必須做 ENCODER BENCHMARK 定位點校正，且 ENCODER 轉輪與齒條須定期清潔，防止 ENCODER 轉輪轉動時脫軌或打滑。

● 人機介面電腦故障，無法運作：

問題：人機介面電腦上舊版本的 CPU 主機板因電源設計不良，容易故障。

對策：向原廠採購 10 片新版本的 CPU 主機板，並將現場 4 台人機介面電腦主機板全部換新後，已徹底解決上述問題。

● 人機介面電腦換觸控螢幕(TOUCH SCREEN) 無反應：

問題：TOUCH SCREEN 為五線電阻式，用壓力來感測位置，其內部銀導線容易氧化，造成故障。

對策：每五年更換觸控螢幕，可防止大修使用時故障。

● GRAPPLE RELEASED 及 ENGAGED 指示燈不亮：

對策：其 CABLE 透過銅質圓環與接點接觸，供給指示燈電力，必須定期清潔銅質圓環與接點，防止接觸不良發生。

● MAIN HOIST HANG-UP ERROR 無法消除：

問題：MAIN HOIST HANG-UP 信號是為保護 HOIST 而設計，當其上升或下降過程，重量瞬間變化量大於 150 磅時，MAIN HOIST HANG-UP 信號就會動作；通常較易發生在 HOIST 下降，燃料元件底部要進洞時，因角度不正或偏差，重量先減少又滑下而瞬間增加，而出現此 ERROR 信號。

對策：必須用目視檢查燃料元件四週，確認 HOIST 未卡到異物，而且台車沒有異狀，再按住 TRAVEL OVERRIDE，同時操作 HOIST JOYSTICK 下降，使重量重新偵測一次，重量如感測正常，應可消除此 ERROR。

- GRAPPLE RELEASED 及 ENGAGED 指示燈同時亮：

對策： RELEASED 或 ENGAGED 的動作為磁性近接開關作用，當 GRAPPLE 嚙合會推動鐵片靠近 ENGAGED 近接開關，而使開關動作，嚙合指示燈亮，反之吊鉤釋放，則使 RELEASED 近接開關動作，釋放指示燈亮，如有鐵屑堆積在磁性近接開關附近，可能造成上述情況發生，可在大修前，做清潔移除鐵屑措施。

- 燃料放置位置錯誤：

問題：當有一或多盞水底燈不亮時，常會造成水中亮度不足，不易看清楚燃料束放置位置，容易發生燃料在爐心區錯置問題。

對策：在燃料挪移期間，只要水底燈不亮，必須立刻修復，並在置放燃料時，需參照爐心電腦座標顯示畫面，做相對位置比對，確認標的位置，可防止燃料錯置的發生。

## 二、PAR NUCLEAR 公司心得交換

- PAR NUCLEAR 公司人員相當肯定台電核能二廠在燃料填換處理台車維護上的努力，而且我們對燃料台車控制系統報修狀況的處置對策、方法適宜且妥當，可充份防止類似情形再發生。他們也感受到電廠針對各項設備異常原因之分類及資料收集分析，以維持燃料台車可靠運作的用心。
- 核能二廠每次大修前，利用林口訓練中心的燃料台車來加強值班操作人員的訓練，採取自我查證、雙重確認及三向溝通等技巧，除可建立團隊的默契，也可增加操作的熟練度，可增快大修燃料挪移的進度，亦可大幅減少人因疏失的機會，PAR NUCLEAR 公司對台電核能二廠此項訓練措施，給予極為正面的肯定。
- PAR NUCLEAR 公司得知台電其他核能電廠，並未使用林口訓練中心的燃料台車做為運轉及維護人員訓練之用，認為相當可惜，未能充份發揮林口訓練中心燃料台車設施之訓練功能。

## 伍、心得及感想

- 一、感謝公司提供此次出國研習機會，個人得以至燃料台車原製造廠商觀摩研習，瞭解廠商對台車控制系統設備製作、軟硬體設計的構想及概念，也瞭解台車控制邏輯設計的關連性，更能提升故障設備的查修技巧。
- 二、PAR NUCLEAR 公司所推出最新版本之 MODEL GR(介紹如附件) 燃料台車控制系統，是該公司花費數百萬美金研發設計而成的，適合全球 BWR 電廠使用，可提供快速、可靠又容易維護的台車控制系統。
- 三、美國已有數座核能電廠之燃料台車控制系統更新為 PAR NUCLEAR 公司的 MODEL GR，運作上非常良好。
- 四、台電核能二廠目前所使用的燃料填換處理台車控制系統架構，最接近 PAR NUCLEAR 公司所發展的 MODEL GR 系統，大部份組件皆相同，只有極少數模組不同。
- 五、PAR NUCLEAR 公司計劃將全球各核電廠目前使用中的燃料台車控制系統更新為 MODEL GR 統一版本，且統籌備品管理、調度及貯存，該公司只要接到購買組件需求，就會由倉庫寄出，各電廠不須擔心備品採購、停產、貯存以及使用年限等問題，可大幅簡化電廠作業及備品管理。
- 六、台電公司三座 BWR 核能電廠的燃料台車控制系統，有部份控制組件原廠已停產，日後會有無備品可買的危機，本公司必須認真面對此問題；而核能二廠只有 GE S2K MOTOR DRIVE 在今(2012)年七月剛停止生產，尚可買到備品，且亦有代用品可用，尚無此問題。

## 陸、建議事項

- 一、PAR NUCLEAR 公司總部建有燃料台車 MOTOR DRIVE、ENCODER、SERVO MOTOR 及 PLC 整合訓練機台，可安排專業課程，提供核能電廠人員訓練使用，但需訓練費用，個人認為這些是燃料台車控制系統的核心關鍵設備，唯

有良好的參數調校及 PLC 軟體邏輯故障診斷技巧，燃料台車才能運行平順，並可快速排除故障。建議本公司應有長遠規劃，考慮推派三座 BWR 核能電廠維護人員來到 PAR NUCLEAR 公司總部，接受原廠專業課程及實做訓練，以培養紮實的專業技術，確保設備可靠度與系統可用性，進而提升電廠營運績效。

二、本公司林口訓練中心的燃料台車控制系統目前只做為核能二廠大修前操作訓練及維護實習用，建議未來可考慮配合其他核能電廠之更新計劃，改為 MODEL GR 控制系統，以提供各電廠的燃料台車運轉、維護訓練平台，充分發揮林口訓練中心的燃料台車之訓練功能，除可增快各廠燃料挪移的進度，縮短大修工期，也可增加操作的安全性，減少設備因人員操作生疏而造成的故障或損壞。

## 附件-MODEL GR 燃料台車介紹

### PaR Nuclear Standard Product for BWR Refueling Platforms – Model GR-1-3111

The Model GR is a standard product designed to replace the control systems and major components on almost every BWR refueling machines in the industry. The GR-0 is an upgrade package that includes replacement controls, motors, encoders, load weighing system, operator interfaces, cables and cable handling components. Options for the GR-0 include a Frame Hoist improvement package, a Monorail Hoist improvement package and a Senior Reactor Operator (SRO) viewing station. The GR-1 uses all of the same components and configuration as the GR-0 but it includes a complete new structure designed to replace older less ridged machines. Options to the GR-1 can include a PaR Nuclear designed FuelMaster telescoping mast and a grapple/camera replacement. Some of the features included in the Model GR are listed below.

- Three modes of operation improve performance, reduce operator fatigue and enhance safety.
- Improved structural design with larger working area, easier access to critical components and a ridged bridge drive system for improved performance and accuracy. (Model GR-1)
- AC Servo Drives and Motors improve the machine operation through infinite slow speed control and continuous torque capabilities.
- Enhanced safety: FuelNet controls monitors all three axis motions via 6 encoders and restrict unwanted movement through an extensive interlock system that is monitored and controlled by a PLC.
- Load weight system uses 4-20MA signals making it EMI/RFI resistant and reliable. A response time of 150 millisecond allows the controls to react quickly to load changes.
- DeviceNet communication networks establish a clean reliable communication between critical drive and positioning components to ensure accurate and smooth machine motion.
- Dual Encoder Systems on each axis offer a redundant level of safety during Automatic moves and an on-board spare in Manual operations.
- Quick disconnects on a majority of components reduce down time in the even a component change out is necessary.
- The Human Machine Interface (HMI) touch screen is a centralized location for all machine operation instructions and error messages. It includes multiple graphical displays depicting machine location and mode of operation.
- Two “down view” panels give the operator the ability to see the hoist position and load while looking down at fuel and the grapple. An optional grapple camera gives the operator a close up view of fuel and gripper fingers in motion.
- An optional Senior Reactor Operators (SRO) Station allows the SRO to view everything the operator is seeing without the need to follow the trolley as it traverses the bridge.
- Exclusive to PaR Nuclear is a corrosion resistant stainless steel fluid path on all 3 hoist hose reels. This feature eliminates the potential of a hose reel lock up caused by unwanted moisture in the air system, which corrodes the hose reel swivels.





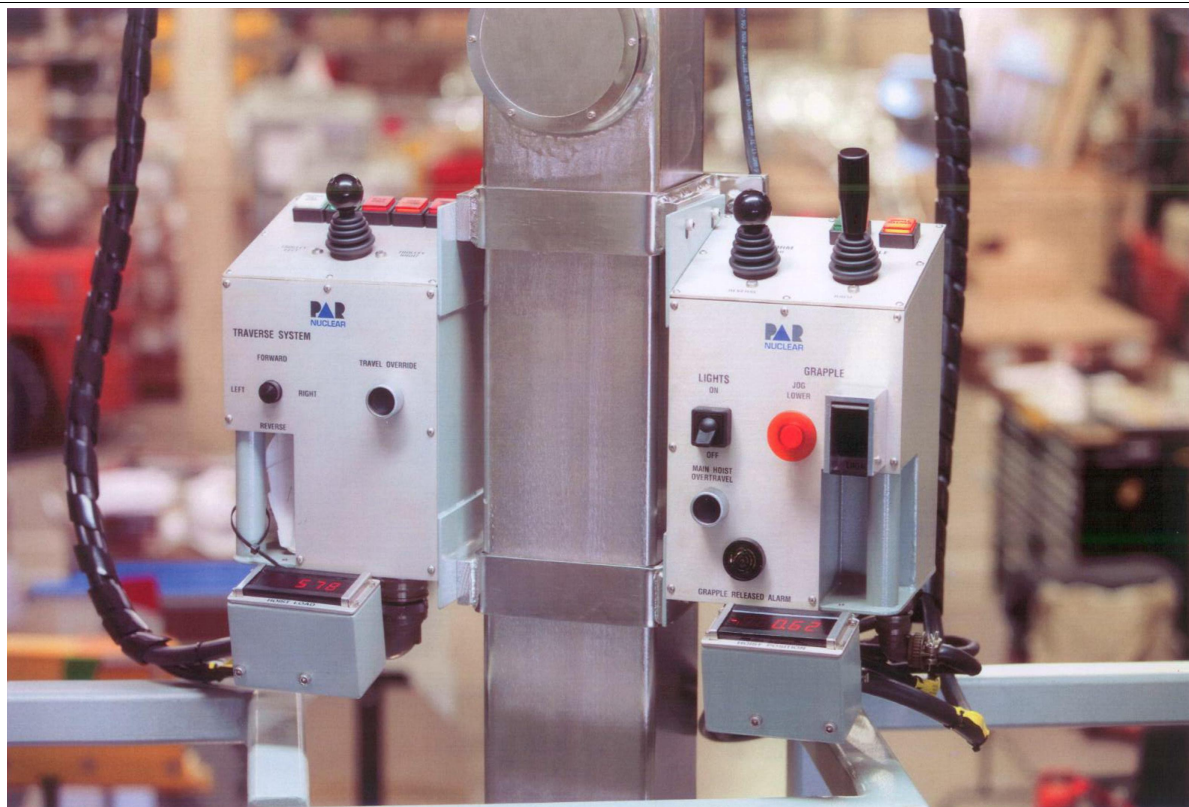
MODEL GR 燃料台車側視圖



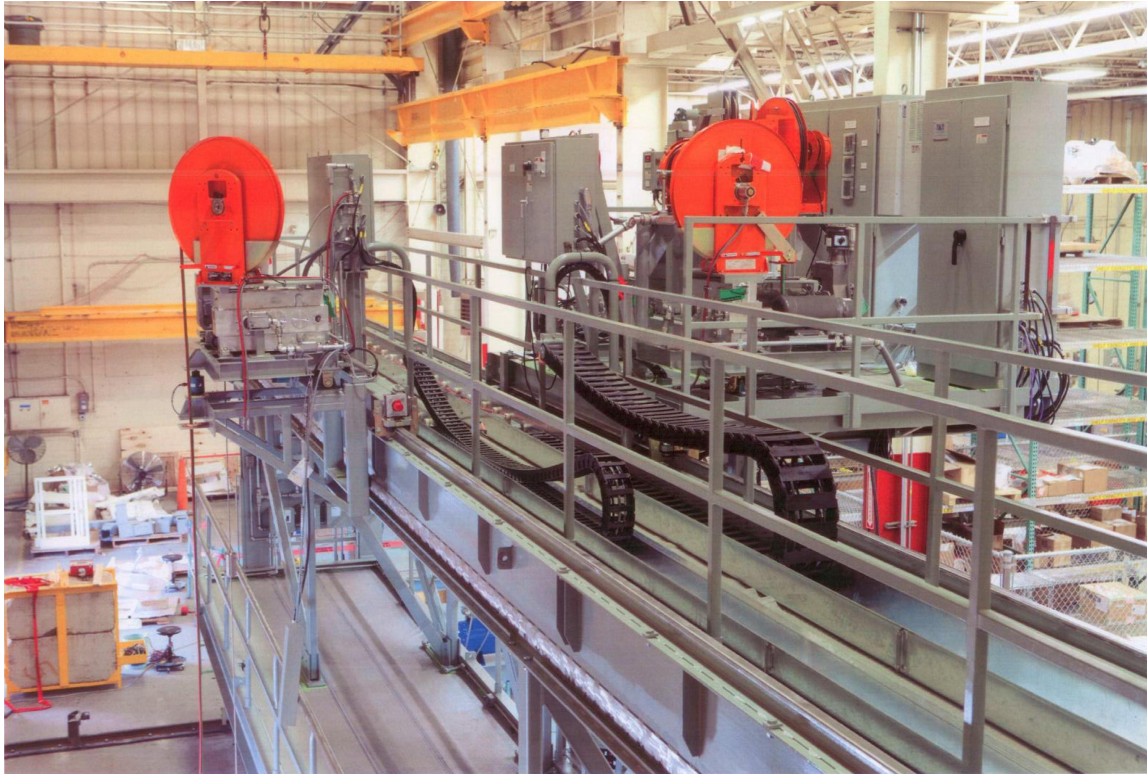
MODEL GR 燃料台車走道設備圖



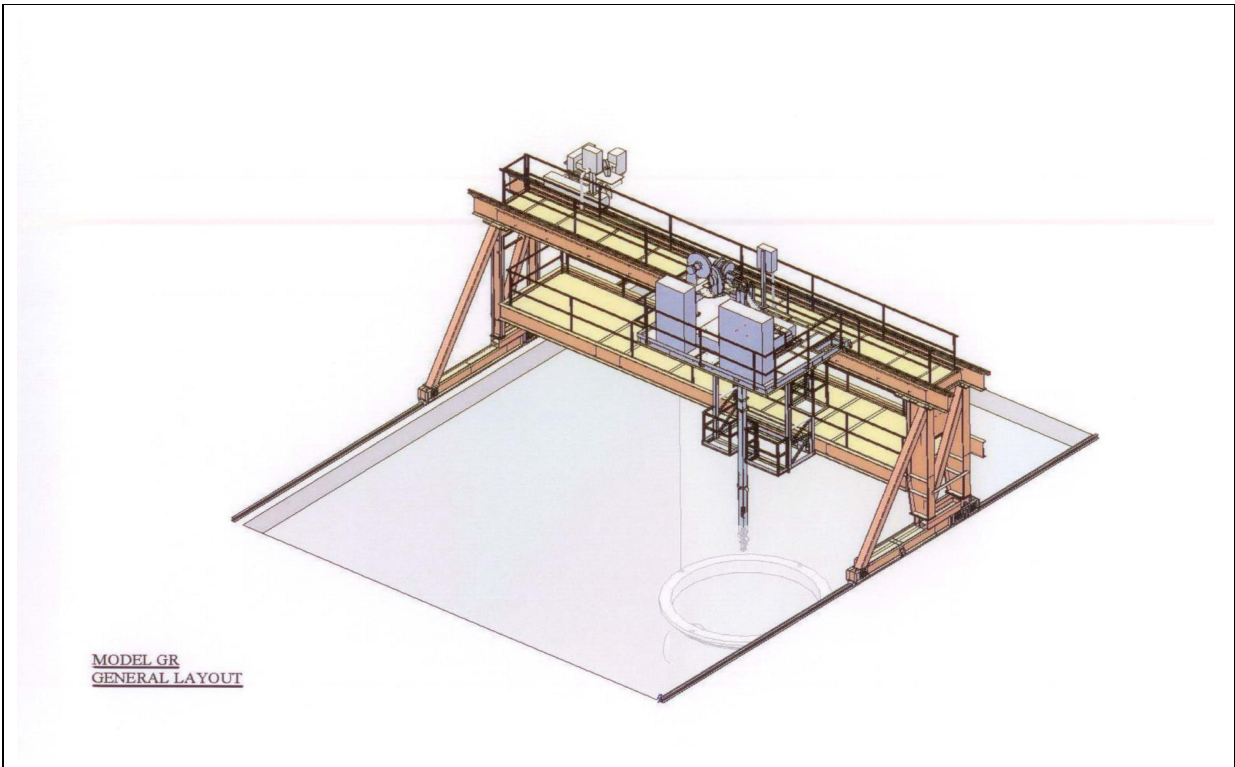
MODEL GR 燃料台車吊籃設備全圖



MODEL GR 燃料台車左右手控制器圖



MODEL GR 燃料台車上層設備圖



MODEL GR 燃料台車 LAYOUT 圖