

出國報告(出國類別：其它(開會))

# 速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作委 託案出國報告

服務機關： 中山科學研究院  
姓名職稱： 廖俊易 聘用技正  
              邱琪芳 聘用技正  
              何丞林 聘用技士  
              賴滄智 技術員  
              李曜丞 技術員  
派赴國家： 美國  
出國時間： 101/04/30~101/05/13  
報告日期： 101/05/28

國防部軍備局中山科學研究院出國報告建議事項處理表

報告名稱	速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作委託案出國報告		
出國單位	第一研究所 熱動組	出國人員級職/姓名	聘用技正/廖俊易、聘用技正/邱琪芳、聘用技士/何丞林、技術員/賴滄智、技術員/李曜丞
公差地點	美國夏威夷速霸陸天文台	出/返國日期	<u>101.04.30</u> / <u>101.05.13</u>
建議事項	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案濾鏡保護門檔之線性滑軌及滑塊，由於運送時遭受額外震動負載，使得零件受損，經立即應變採購新品更換解決問題，後續與日方人員協調，建立機架運送標準作業程序，律定需先將濾鏡取出，方可執行機架移動作業，防止零件再次受損。建議未來如有重要儀器需執行移動作業，需先行評估移動作業對儀器本身是否有任何影響，方可執行搬移。</li> <li>2. 此次任務執行過程中有部份零件損壞，經緊急協調中研院人員在台灣採購新件並攜來夏威夷後，方能順利完成更換。建議重新審視備份件清單，備足所需備份件以降低待料風險。</li> </ol>		
處理意見	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 未來執行重要儀器搬運作業，需於事前先執行相關作業安全評估，確保零件運送不會因震動及其它不確定因素，造成不必要零件損壞。</li> <li>2. 重新擬定備份件清單，並儘速備足以降低待料風險。</li> </ol>		

國防部軍備局中山科學研究院  
101年度出國報告審查表

出國單位	中山科學研究院 第一研究所	出國人員 級職姓名	聘用技正/廖俊易、聘用技正/邱琪芳、聘用技士/何丞林、技術員/賴滄智、技術員/李曜丞
單 位	審 查 意 見		簽 章
一級單位			
計 品 會			
保 防 安 全 處			
企 劃 處			
批			示

# 國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

本案的濾鏡轉換系統為世界各國大型天文台中首次採用的設計，所需的技術門檻相當高，配合介面相當複雜，系統功能可靠度要求亦相對提高。在前幾次的任務中，同仁們鍥而不捨地精進設計以滿足各種新增需求，並解決多項工程疑難，除提高了系統的可靠度，同時在此案中看到了同仁經驗學習與成長的進步，實值得肯定。

本次出差同仁在高海拔且低溫的環境下，辛苦地完成各項零件換裝與功能測試工作，十分值得嘉許。在任務執行過程雖發生部份零件損壞事件，但同仁仍能臨危不亂，即時協調獲得新件更換，顯示出工作團隊很強的應變能力。期望同仁能吸取本案的執行經驗，將齊心互助的團隊精神應用在未來各項工作中。

## 出國報告審核表

出國報告名稱：速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作委託案出國報告		
出國人姓名（2人以上，以1人為代表）	職稱	服務單位
邱琪芳等五人	聘用技正	中山科學研究院第一研究所
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>開會</u> （例如國際會議、國際比賽、業務接洽等）	
出國期間：101年4月30日至101年5月13日		報告繳交日期：101年5月28日
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 <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.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"/> 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <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"/> 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"/> 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"/> 其他_____	
審核人	出國人員	初審（業管主管）
		機關首長或其授權人員

說明：

- 一、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。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

# 報 告 資 料 頁

1.報告編號： CSIPW-101F-E00 02	2.出國類別： 開會	3.完成日期： 101.05.28	4.總頁數： 42
5.報告名稱：速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作委託案出國報告			
6.核准 文號	人令文號 部令文號	國人管理字第 1010004606 號(101/04/11) 國備科產字第 1010004975 號(101/04/05)	
7.經 費		新台幣：34 萬 8,015 元(由中研院支付)	
8.出(返)國日期		101 年 04 月 30 日 至 101 年 05 月 13 日	
9.公 差 地 點		美國	
10.公 差 機 構		夏威夷速霸陸天文台	
11.附 記			

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作委託案出國報告

頁數 42 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

邱琪芳/中科院/熱動組/聘用技正/04-27023051 轉 503115

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

廖俊易/中科院/熱動組/聘用技正/04-27023051 轉 503952

邱琪芳/中科院/熱動組/聘用技正/04-27023051 轉 503115

何丞林/中科院/熱動組/聘用技士/04-27023051 轉 503115

賴滄智/中科院/熱動組/技術員/04-27023051 轉 503690

李曜丞/中科院/熱動組/技術員/04-27023051 轉 503944

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：

101/04/30 至 101/05/13

出國地區：

美國/夏威夷速霸陸天文

報告日期：

101/05/28

台

分類號/目

關鍵詞：速霸陸望遠鏡廣角相機、濾鏡交換系統

內容摘要：(二百至三百字)

為執行中研院天文所委託本院「速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作計畫」案，本所依合約派員赴美國執行濾鏡交換系統研改零件換裝及可靠度測試。本案主要工作內容是執行該相機濾鏡交換系統之：1. 研改零件換裝及受損組件更換。2. 儀電線路重整及控制軟體修改。3. 研改零件換裝後之可靠度測試。

本次任務在出差人員的齊心協力下順利完成各項工作，驗證本所負責之項目，其設計結果符合需求規格要求。

# 目 次

壹、	目的.....	12
貳、	過程.....	12
	1. 介面機匣上之 V 型導軌更換 .....	14
	2. 濾鏡框架上之近接開關感測角片換裝 .....	15
	3. 濾鏡升降機之上、下死點極限開關換裝 .....	17
	4. 新增舉升臂垂直位置感測開關 .....	19
	5. 牽引車新型捲線器換裝 .....	22
	6. 濾鏡保護門檔之線性滑軌及滑塊換裝 .....	26
	7. 新增中央單元濾鏡感測器 .....	29
	8. 濾鏡匣內之濾鏡感測開關換裝 .....	30
	9. 新增之各式感測開關之線路佈裝 .....	32
	10. 控制軟體修改 .....	35
	11. 補抓車感測器更換 .....	37
	12. 研改零件換裝後之可靠度測試 .....	39
參、	心得.....	41
肆、	建議事項.....	42



# 圖 目 錄

圖 一、舊型介面機匣上之 V 型導軌.....	14
圖 二、新型介面機匣上之 V 型導軌.....	14
圖 三、舊型角片.....	15
圖 四、新型角片.....	15
圖 五、新型角片安裝完成圖.....	16
圖 六、角片換裝過程.....	16
圖 七、原下死點極限開關.....	17
圖 八、原上死點極限開關.....	17
圖 九、新下死點極限開關.....	18
圖 十、速霸陸天文台周遭.....	19
圖 十一、速霸陸天文台外觀.....	20
圖 十二、原組裝位置安裝之角度感測器.....	20
圖 十三、新增舉升臂垂直位置感測開關.....	21
圖 十四、牽引車舊型馬達電源捲線器.....	22
圖 十五、牽引車舊型控制器電源捲線器.....	23
圖 十六、牽引車新型馬達電源捲線器.....	23
圖 十七、牽引車新型控制器電源捲線器.....	24
圖 十八、牽引車舊型電源捲線器.....	24
圖 十九、牽引車新型電源捲線器.....	25

圖 二十、牽引車電源捲線器配線.....	25
圖 二十一、線性滑塊受損情況.....	26
圖 二十二、捕抓勾受損歪斜情況.....	27
圖 二十三、濾鏡保護門檔之線性滑軌.....	27
圖 二十四、線性滑軌換裝過程.....	28
圖 二十五、日方人員檢視換裝後結果.....	28
圖 二十六、中央單元濾鏡感測器.....	29
圖 二十七、中央單元濾鏡感測器.....	29
圖 二十八、鏡匣內濾鏡感測開關安裝前.....	30
圖 二十九、鏡匣內濾鏡感測開關安裝後.....	31
圖 三十、近接開關轉接頭焊接.....	32
圖 三十一、近接開關維修快拆頭.....	33
圖 三十二、我方工作人員執行機匣線路整理.....	33
圖 三十三、我方工作人員執行下死點感測器佈線.....	34
圖 三十四、我方工作人員執行控制盒線路重整.....	34
圖 三十五、主控制面板.....	35
圖 三十六、光學端控制面板.....	35
圖 三十七、紅外線端控制面板.....	36
圖 三十八、中央單元控制面板.....	36
圖 三十九、感測器異常凸出圖.....	37

圖 四十、濾鏡 V 型止檔塊受損情況 .....	37
圖 四十一、感測器受損情況 .....	38
圖 四十二、速霸陸望遠鏡內部圖 .....	40
圖 四十三、於速霸陸天文台內執行低溫可靠度測試 .....	40

# 速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作委託案出國報告

## 壹、 目的

本院第一研究所受中研院委託執行『速霸陸望遠鏡廣角相機』乙案，並應中研院要求再次於 101 年 04 月 30 日至 05 月 13 日派員赴美排除前次在夏威夷大島毛納基峰觀測基地執行該相機濾鏡交換系統可靠度測試時所出現系統不穩定現象。

本院依約派遣機械、電子及控制等相關工程人員，赴美國夏威夷大島毛納基峰(海拔 4200 公尺)速霸陸天文台觀測基地，順利排除前次系統問題，除此之外於本次任務執行過程中還發現濾鏡保護門檔之線性滑軌結構強度不足，及濾鏡升降機之定位精度有飄移現象，此兩項問題亦於此次一併完成修改，本報告將介紹此次任務執行之過程與內容。

## 貳、 過程

預劃時程表

日期	星期	工 作 項 目
101.04.30	一	搭機前往美國夏威夷。
101.05.01	二	執行 OPT 側升降機匣捲線器換裝。
101.05.02	三	執行 OPT 側升降機匣捲線器換裝後功能測試。
101.05.03	四	執行 IR 側升降機匣捲線器換裝。
101.05.04	五	執行 IR 側升降機匣捲線器換裝後功能測試。
101.05.05	六	執行中央單元調校。
101.05.06	日	撰寫報告。
101.05.07	一	執行中央單元調校。
101.05.08	二	執行濾鏡交換系統與望遠鏡本體組合安裝。
101.05.09	三	執行濾鏡交換系統與望遠鏡本體組合安裝。
101.05.10	四	全機功能測試。

101.05.11	五	全機功能測試及測試後研討。
101.05.12	六	整理工具打包及前往機場搭機。
101.05.13	日	返抵桃園機場。

本次任務過程中所執行之研改零件換裝、換裝後之系統儀電線束及控制軟體修改項目如下：

1. 介面機匣上之 V 型導軌更換
2. 濾鏡框架上之近接開關感測角片換裝
3. 濾鏡升降機之上、下死點極限開關換裝
4. 新增舉升臂垂直位置感測開關
5. 牽引車新型捲線器換裝
6. 濾鏡保護門檔之線性滑軌及滑塊換裝
7. 新增中央單元濾鏡感測器
8. 濾鏡匣內之濾鏡感測開關換裝
9. 新增之各式感測開關之線路佈裝
10. 控制軟體修改
11. 補抓車感測器更換
12. 研改零件換裝後之可靠度測試

各項研改零件皆由我方先行在台設計與製造後，再託運至夏威夷執行換裝，工作內容詳述如下：

#### 1. 介面機匣上之 V 型導軌更換

原設計之介面機匣上之 V 型導軌(圖 一)於濾鏡升降過程中，因摩擦面過大易產生噪音。本次研改(圖 二)則將滾子安裝於導軌的摩擦面上，使濾鏡升降時更平順，且降低摩擦噪音。



圖 一、舊型介面機匣上之 V 型導軌



圖 二、新型介面機匣上之 V 型導軌

## 2. 濾鏡框架上之近接開關感測角片換裝

原濾鏡框架上之近接開關感測角片(圖 三)，因組裝公差造成感測器與角片距離較遠，經過可靠度測試後發現，感測器訊號不穩定，且舊構型感測角片安裝於濾鏡上無法準確定位，較不容易控制感測距離。研改設計則將感測角片與感測器距離縮短，且增加定位搭接面(圖 四至圖 六)，以改善訊號不穩定及確保感測距離足夠。

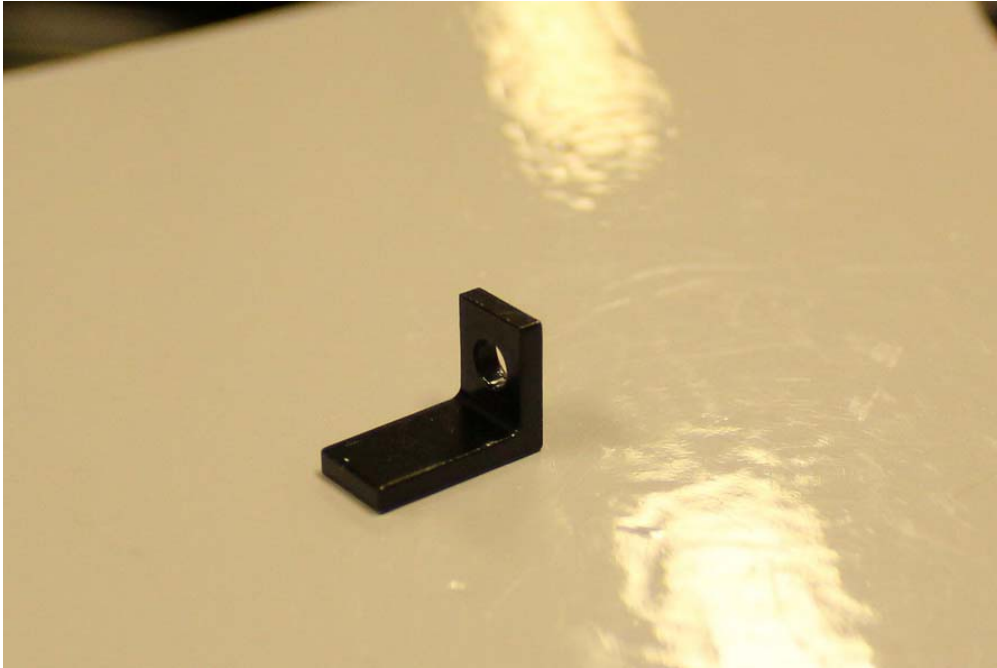


圖 三、舊型角片

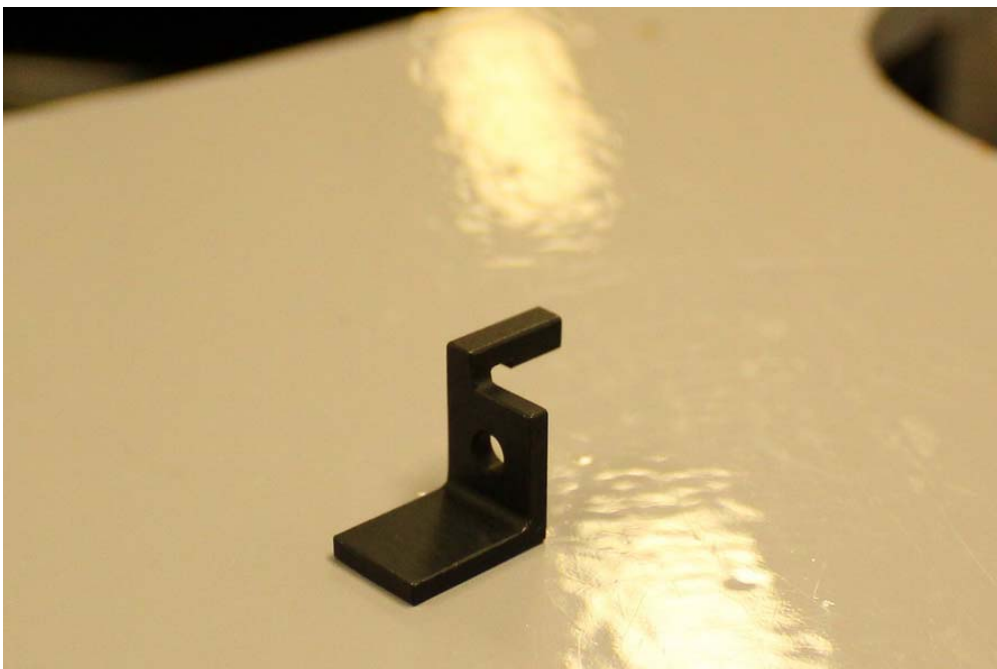


圖 四、新型角片

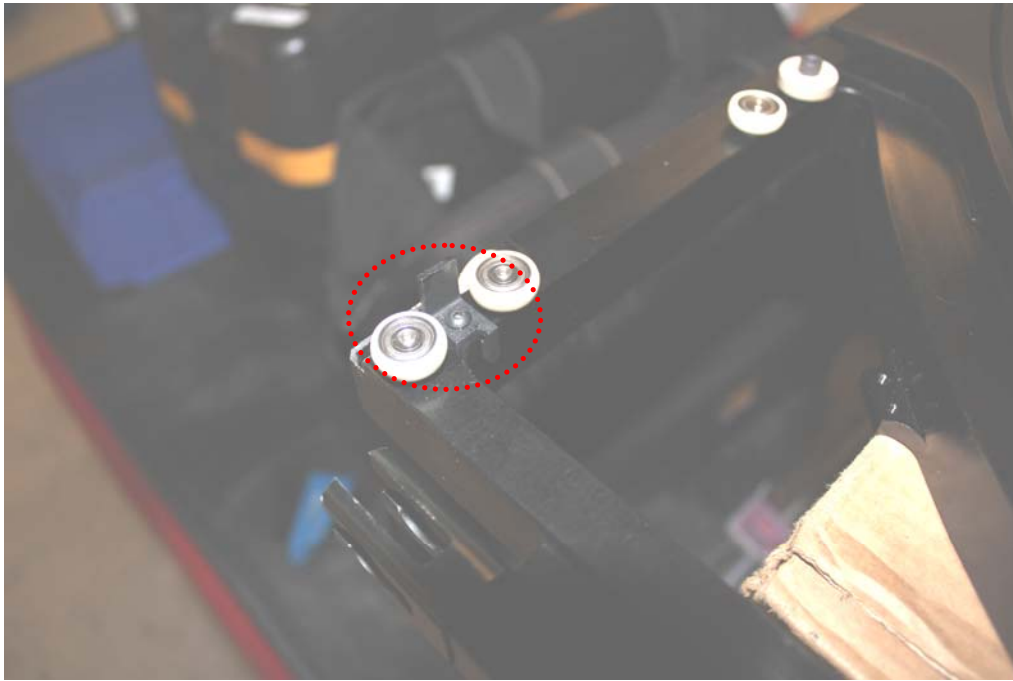


圖 五、新型角片安裝完成圖



圖 六、角片換裝過程



### 3. 濾鏡升降機之上、下死點極限開關換裝

在上次可靠度試驗時發現，近接開關於低溫時感測距離會有飄移現象，造成系統不穩定，需定時調校近接開關訊號，造成濾鏡轉換機構使用不便，因此本次出差將原先使用近接開關之濾鏡升降機上、下死點極限開關(圖 七及圖 八)，更換為接觸式開關(圖 九)，以改善訊號飄移問題。

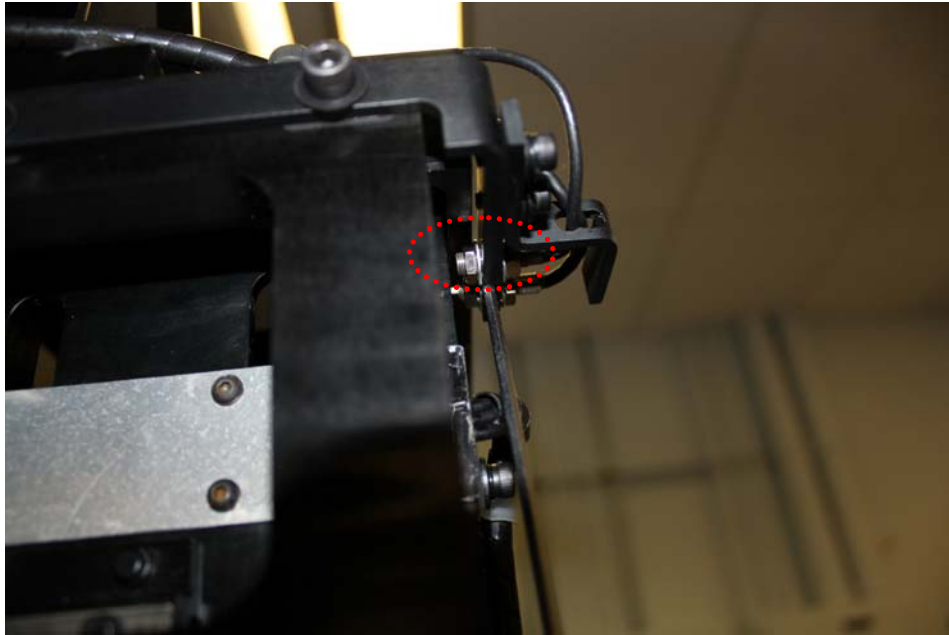


圖 七、原下死點極限開關



圖 八、原上死點極限開關



圖 九、新下死點極限開關

#### 4. 新增舉升臂垂直位置感測開關

速霸陸天文台觀測基地位於夏威夷大島毛納基峰，由於山頂空曠無任何遮蔽物(圖 十及圖 十一)，風速經常大於 20mph，因此當濾鏡轉換機構收合時，舉升臂垂直位置就相當重要，如果收合時舉升臂垂直位置不對，將使得整個機構會因風吹而搖晃，造成望遠鏡震動且濾鏡交換系統本身可能會受損，原先設計是使用兩個角度感測器(圖 十二)來確認舉升臂位置，但由於使用之角度感測器為增量式，當系統斷電後數值將歸零，造成無法正確判斷濾鏡轉換機構正確位置，本次研改則將一個角度感測器拆除，並安裝一組新機構(圖 十三)，讓濾鏡轉換機構於垂直時可觸發接觸型感測器，達到精準控制位置，防止濾鏡轉換機構收合時晃動。

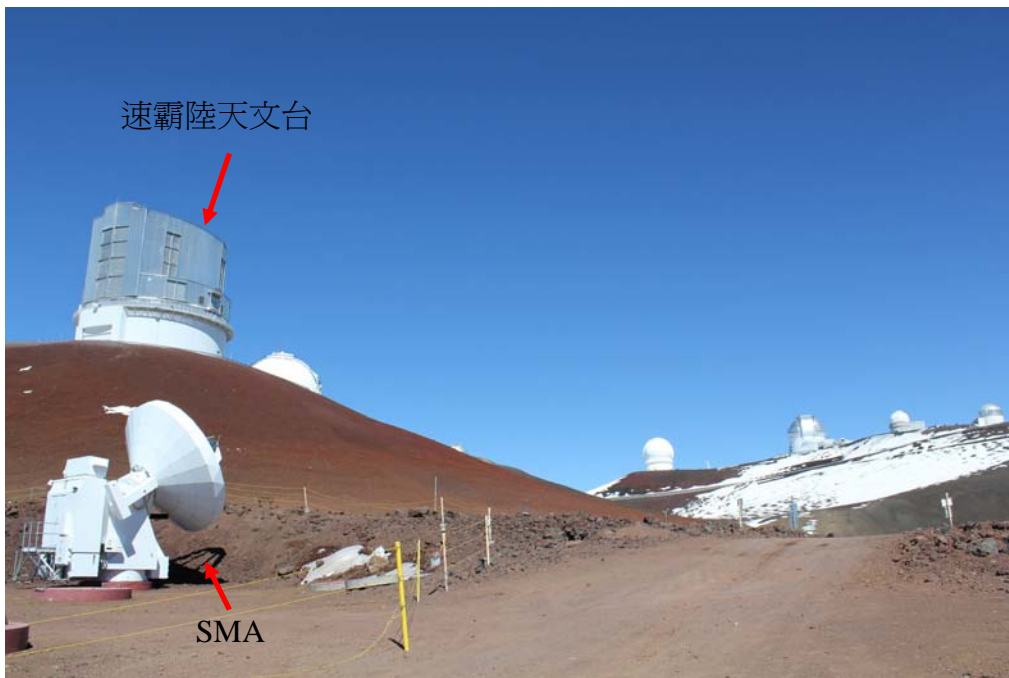


圖 十、速霸陸天文台周遭



圖 十一、速霸陸天文台外觀

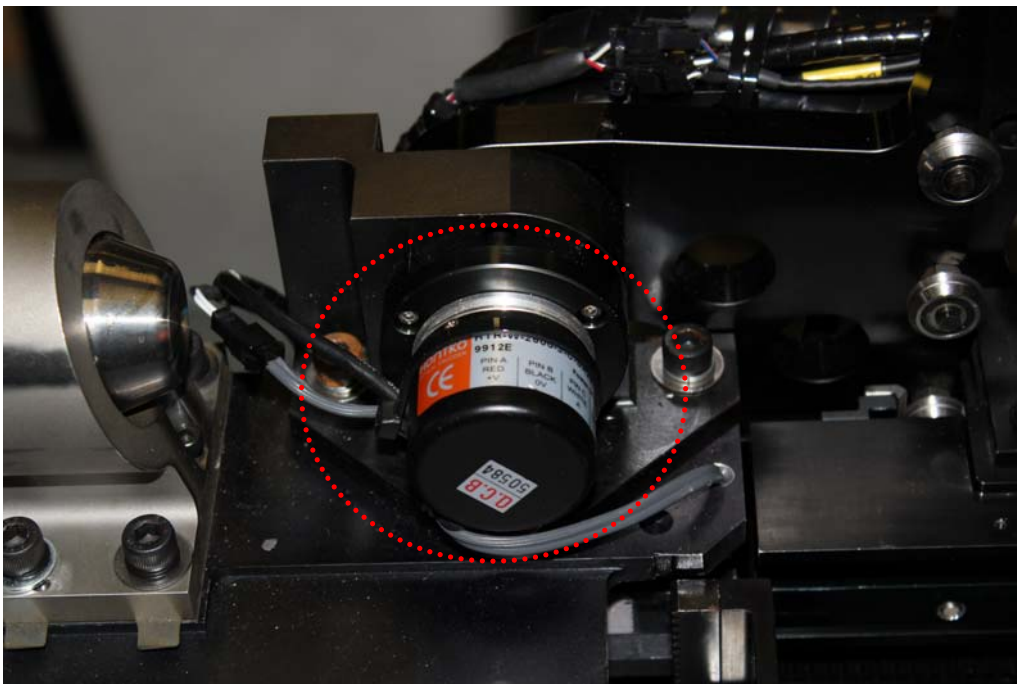


圖 十二、原組裝位置安裝之角度感測器

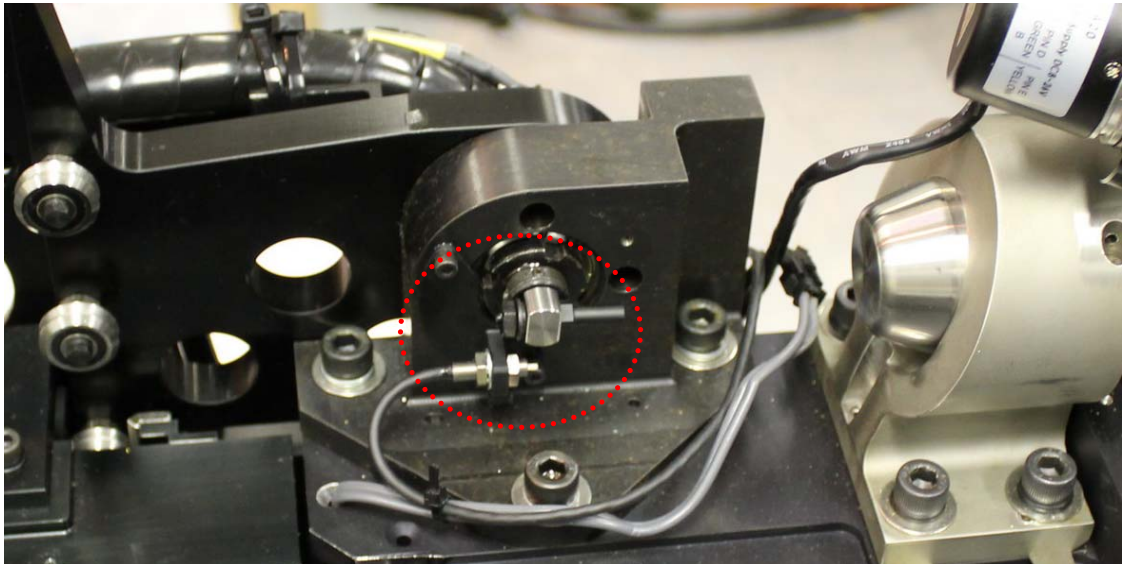


圖 十三、新增舉升臂垂直位置感測開關

## 5. 牽引車新型捲線器換裝

在前次低溫測試環境下，發現牽引車電源所使用的電源線(圖 十四及圖 十五)產生硬化現象，此將使電源線壽命縮短，讓捲線器無法將電源線依設計收入捲線盒中，造成牽引車行走時與電源線產生干涉，嚴重時電源線表皮因此破裂將造成電線走火，為了解決此問題，我方人員於台灣尋得較柔軟且耐低溫的電源線材(圖 十六及圖 十七)，並完成新線材冷凍及可靠度測試，此次攜帶通過測試之零件至夏威夷執行更換作業(圖 十八至圖 二十)，解決了前次電源線低溫硬化問題。



圖 十四、牽引車舊型馬達電源捲線器

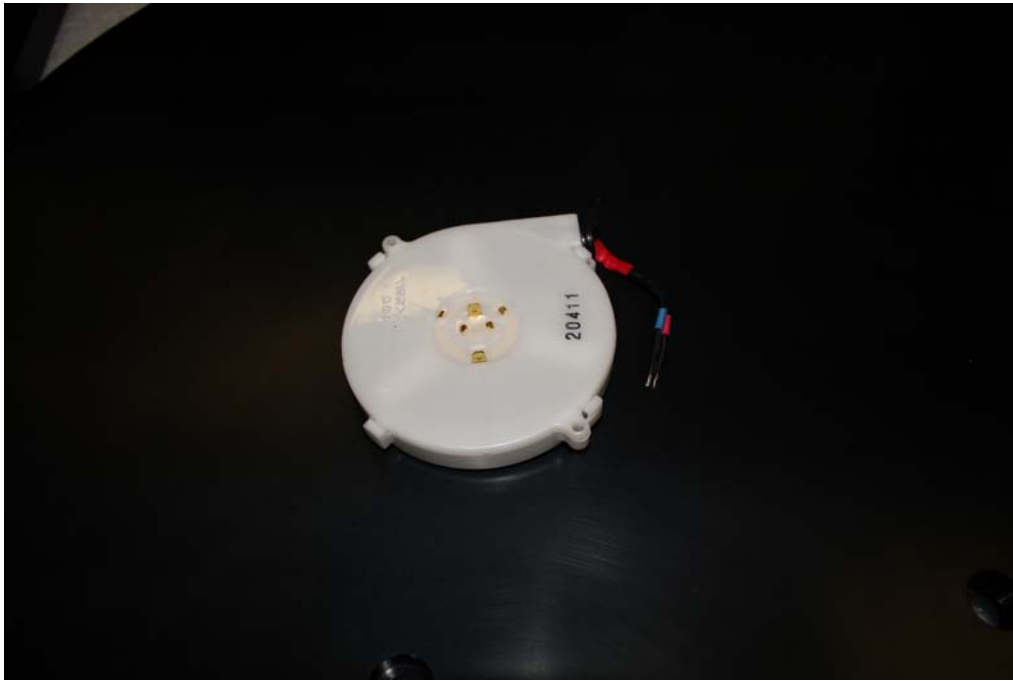


圖 十五、牽引車舊型控制器電源捲線器



圖 十六、牽引車新型馬達電源捲線器



圖 十七、牽引車新型控制器電源捲線器



圖 十八、牽引車舊型電源捲線器





圖 十九、牽引車新型電源捲線器

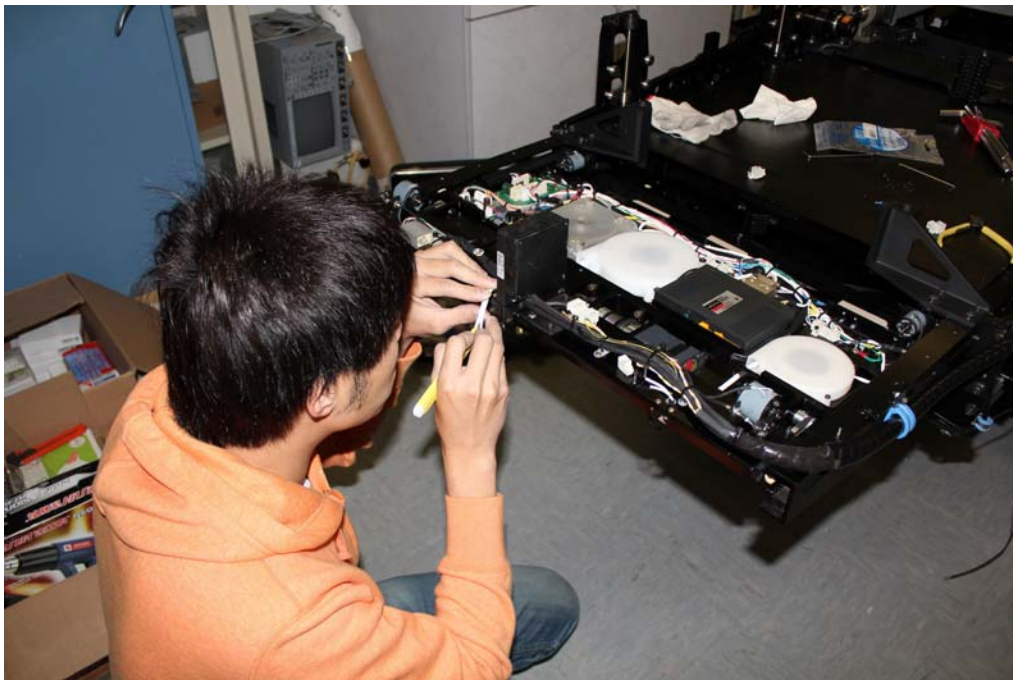


圖 二十、牽引車電源捲線器配線

## 6. 濾鏡保護門檔之線性滑軌及滑塊換裝

濾鏡保護門檔之線性滑軌及滑塊的原始設計，於靜態使用有 3.5 倍以上安全預度，但實際使用時發現，由於運送時遭受額外震動負載，使得零件受損(圖 二十一及圖 二十二)，經立即應變採購新品更換解決問題(圖 二十三至圖 二十五)，後續與日方人員協調，建立機架運送標準作業程序，防止零件再次受損。

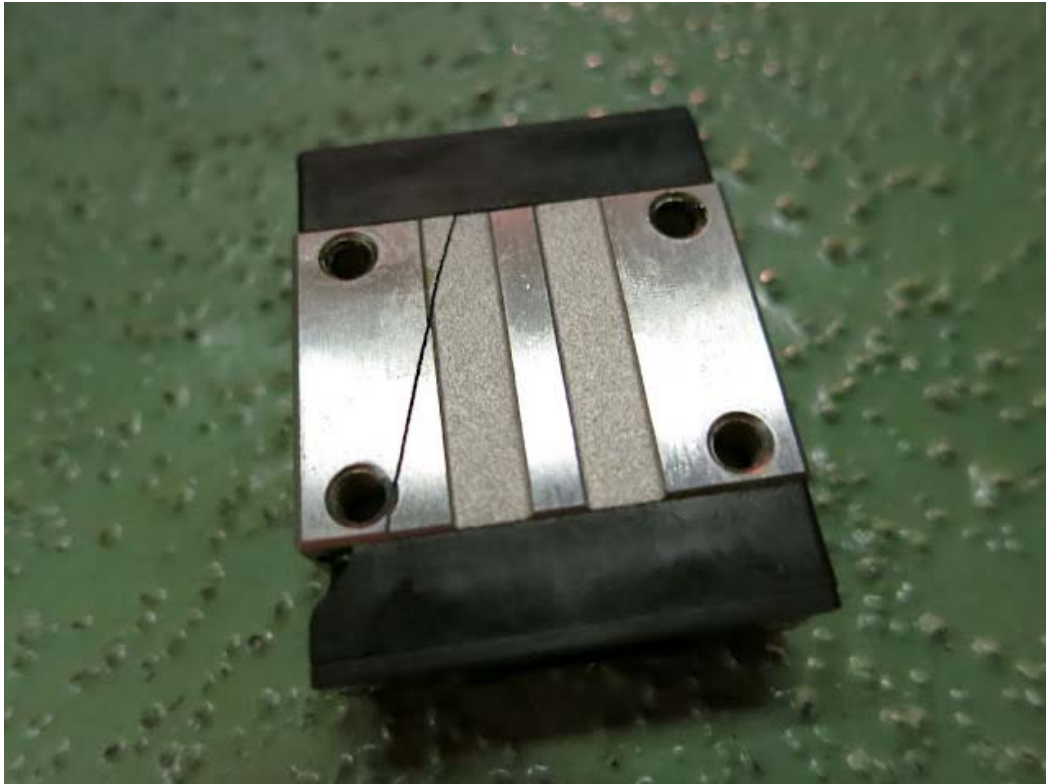


圖 二十一、線性滑塊受損情況



圖 二十二、捕抓勾受損歪斜情況

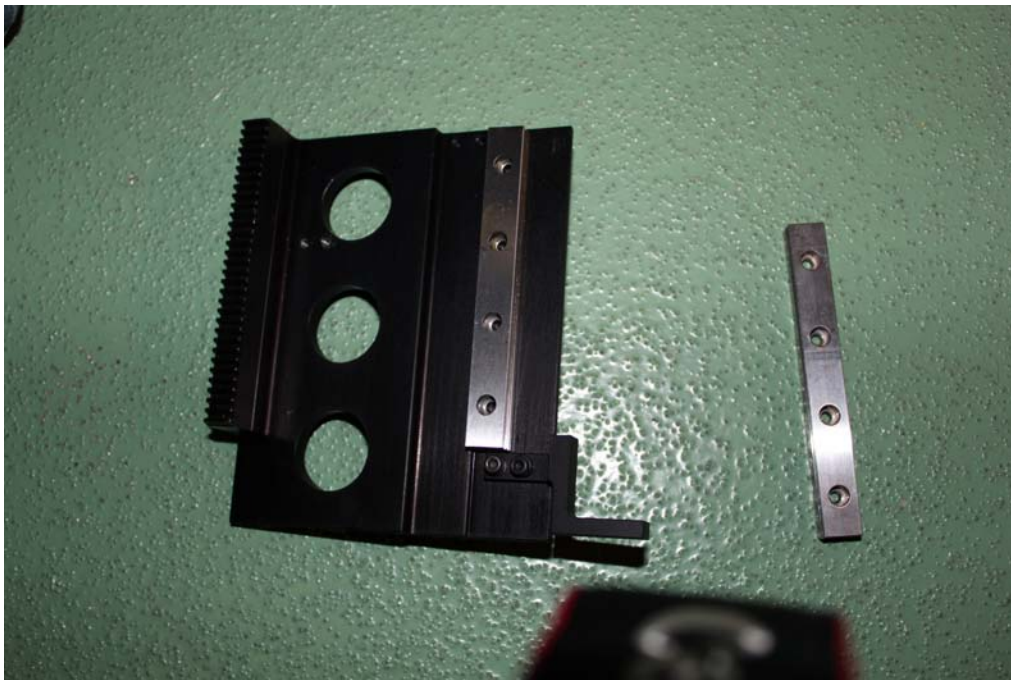


圖 二十三、濾鏡保護門檔之線性滑軌



圖 二十四、線性滑軌換裝過程



圖 二十五、日方人員檢視換裝後結果

## 7. 新增中央單元濾鏡感測器

中央單元濾鏡感測器為日方要求新裝設之零件，其主要功能為偵測中央單元內是否有濾鏡存在，防止人為操作錯誤造成濾鏡相撞，由於計畫時程的限制，濾鏡與中央單元已無法拆解執行額外機械加工，本院人員遂利用原先中央單元執行調校後未使用的孔位，安裝近接開關(圖 二十六及圖 二十七)，以達成日方要求。



圖 二十六、中央單元濾鏡感測器

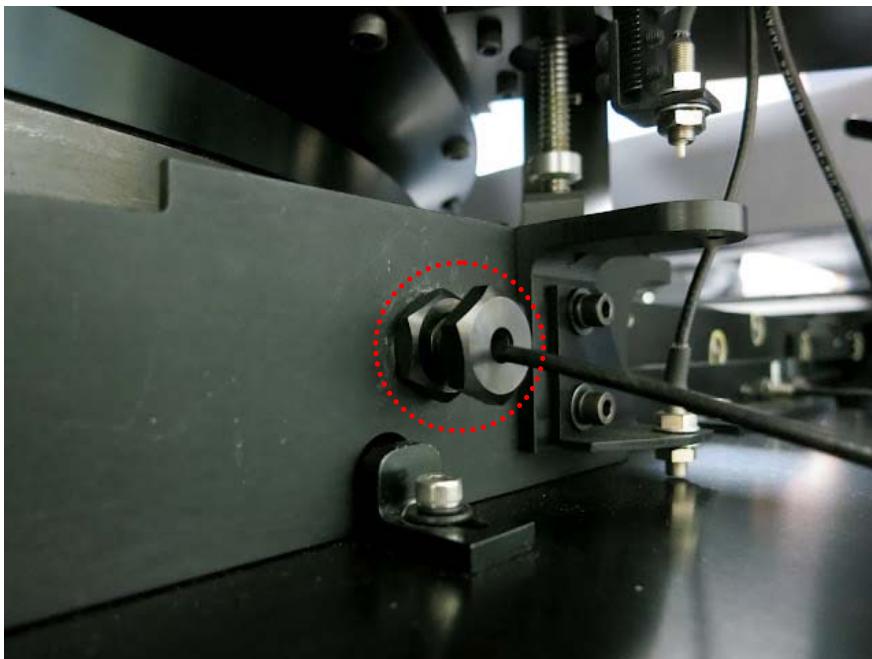


圖 二十七、中央單元濾鏡感測器

## 8. 濾鏡匣內之濾鏡感測開關換裝

本系統可提供 6 種不同濾鏡之轉換，濾鏡平時以各 3 片裝的方式儲放於左右兩側的濾鏡匣內。觀測時再將選定之濾鏡輸送至中央單元與鏡頭結合，因此兩側之濾鏡匣內將會有一個濾鏡槽是空的。當執行濾鏡轉換時則必須先將中央單元內之濾鏡收回至原先之空濾鏡槽後，再執行下一片濾鏡轉換，以免發生碰撞。為滿足此項需求，每一個濾鏡槽都安裝了六個近接開關以感測槽內是否有濾鏡存在。但因感測器安裝位置皆在同一側，如濾鏡偏向另一側會造成感測不到，讓系統因安全因素停擺。本次研改則修改原先設計，將六個感測器重新安裝於濾鏡匣對稱兩邊(圖 二十八及圖 二十九)，一邊各三個，使得濾鏡於運轉過程中無論偏向何處，皆有感測訊號，避免誤判。

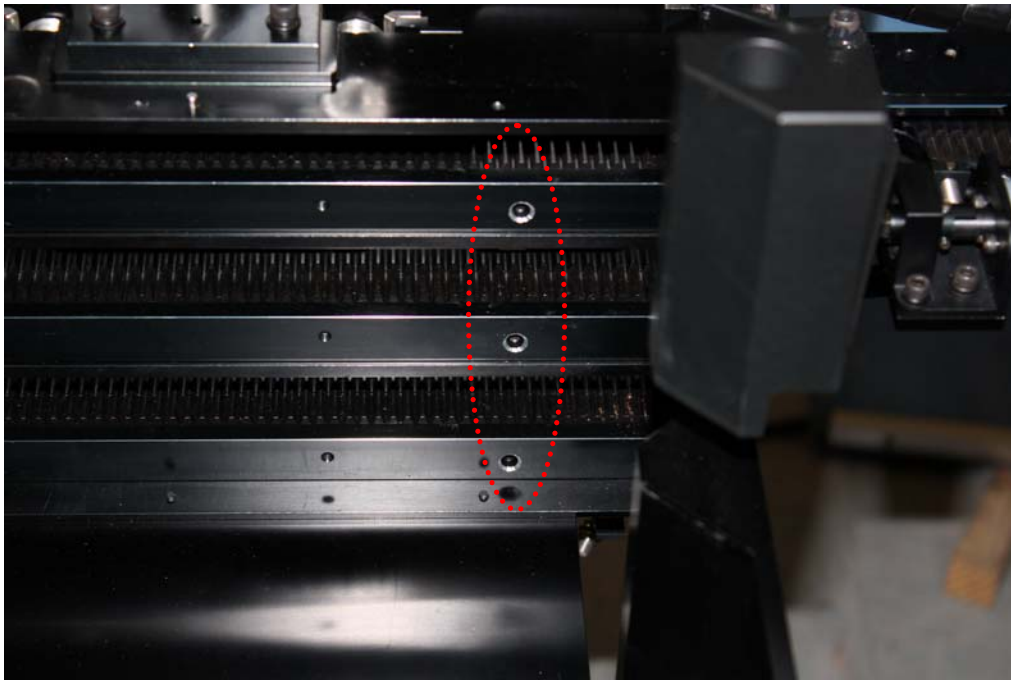


圖 二十八、鏡匣內濾鏡感測開關安裝前

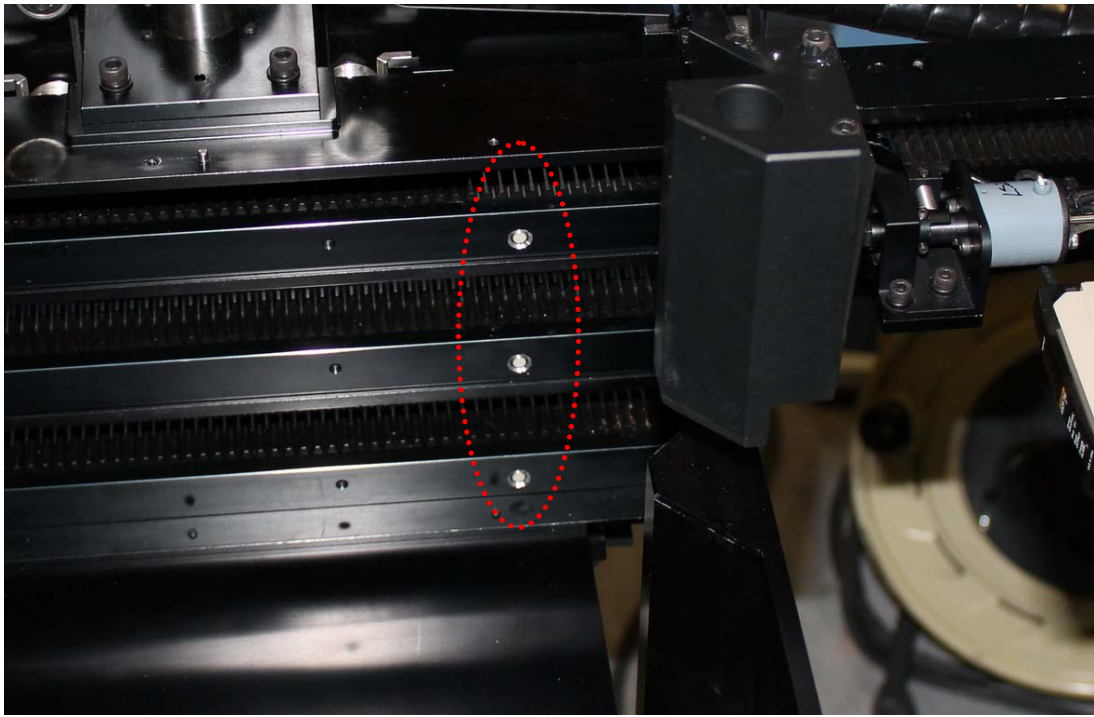


圖 二十九、鏡匣內濾鏡感測開關安裝後

## 9. 新增之各式感測開關之線路佈裝

本次儀電線路主要修改部份為 1.更換濾鏡匣上及下極限近接開關，改用接觸型開關，以改善因近接開關檢知距離漂移，造成自動測試時系統誤動作停機。2.新增濾鏡匣上、中及下三片濾鏡檢測近接開關(圖 三十)，以增加濾鏡檢測可靠度。3.增設濾鏡匣檢知近接開關維修快拆接頭(圖 三十一)。4.舊購型之線路抽換更換成研改型線路，並將佈線重新整理(圖 三十二圖 三十四)。



圖 三十、近接開關轉接頭焊接





圖 三十一、近接開關維修快拆頭



圖 三十二、我方工作人員執行機匣線路整理



圖 三十三、我方工作人員執行下死點感測器佈線



圖 三十四、我方工作人員執行控制盒線路重整

## 10. 控制軟體修改

配合新增舉昇臂垂直定位點接觸感測器，修改舉昇臂舉昇結束控制邏輯。同時為解決升降機原點飄移問題，於控制器與定位模組新增原點復歸程式（圖 三十五至圖 三十八）。

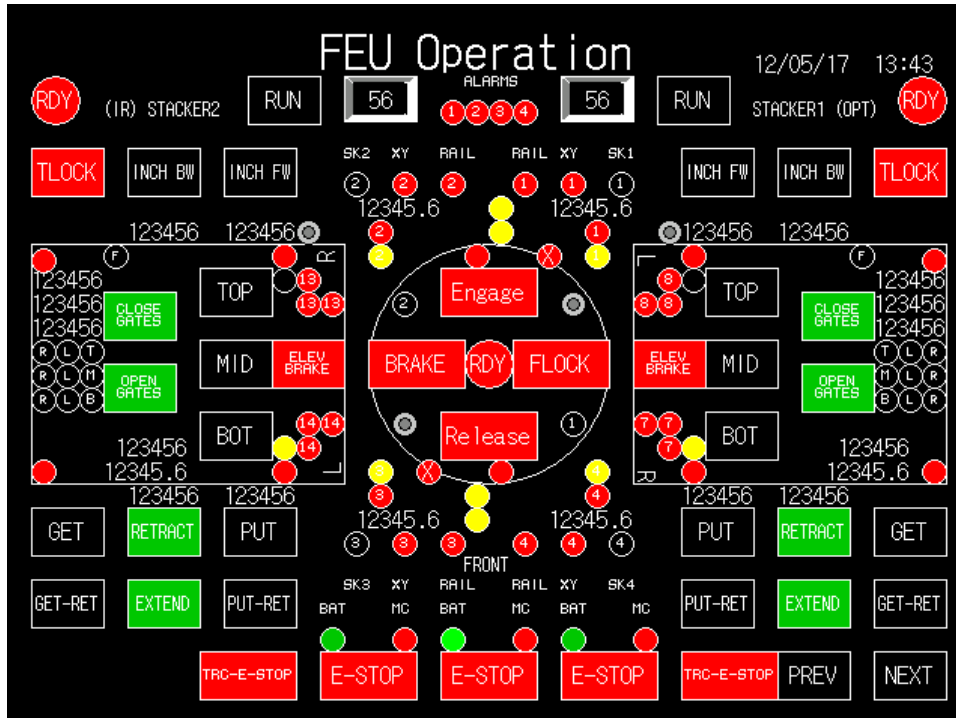


圖 三十五、主控制面板

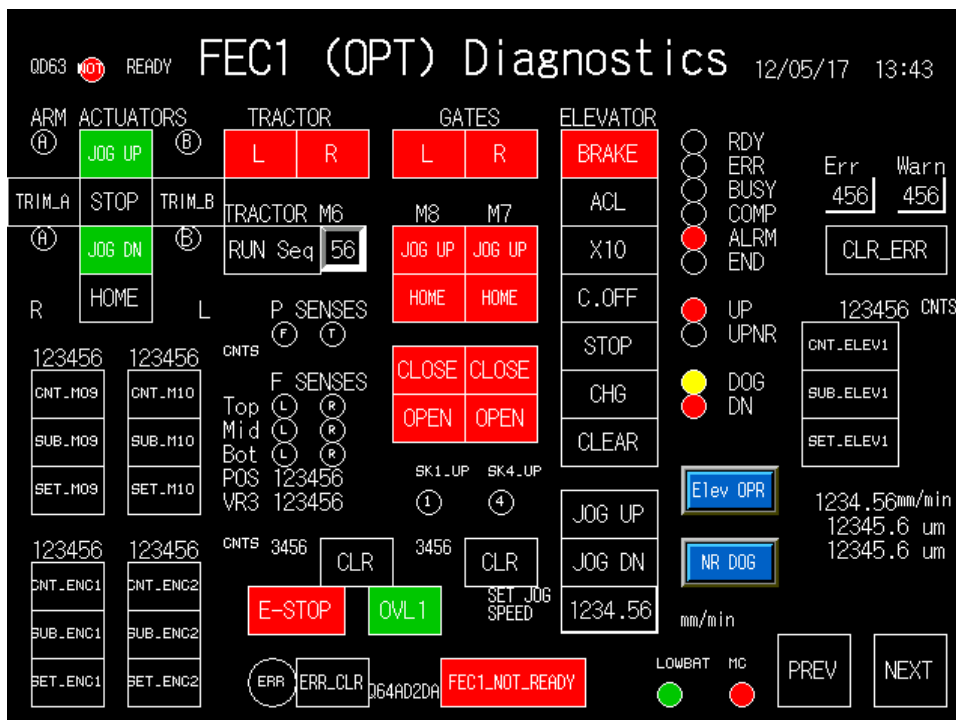


圖 三十六、光學端控制面板

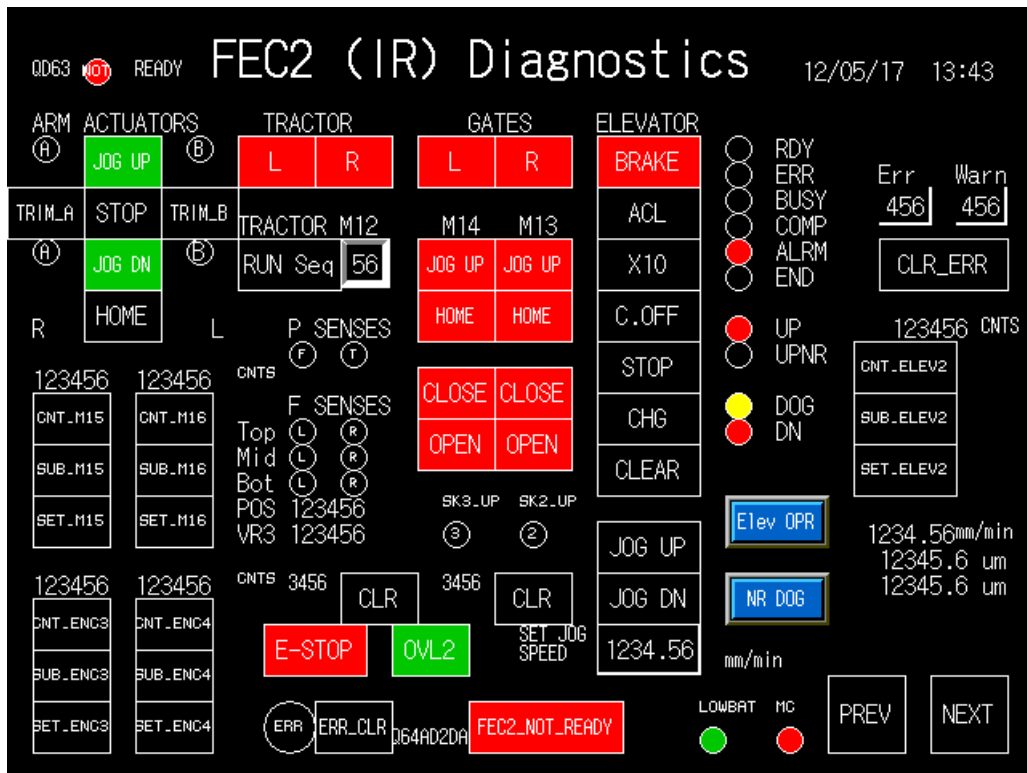


圖 三十七、紅外線端控制面板

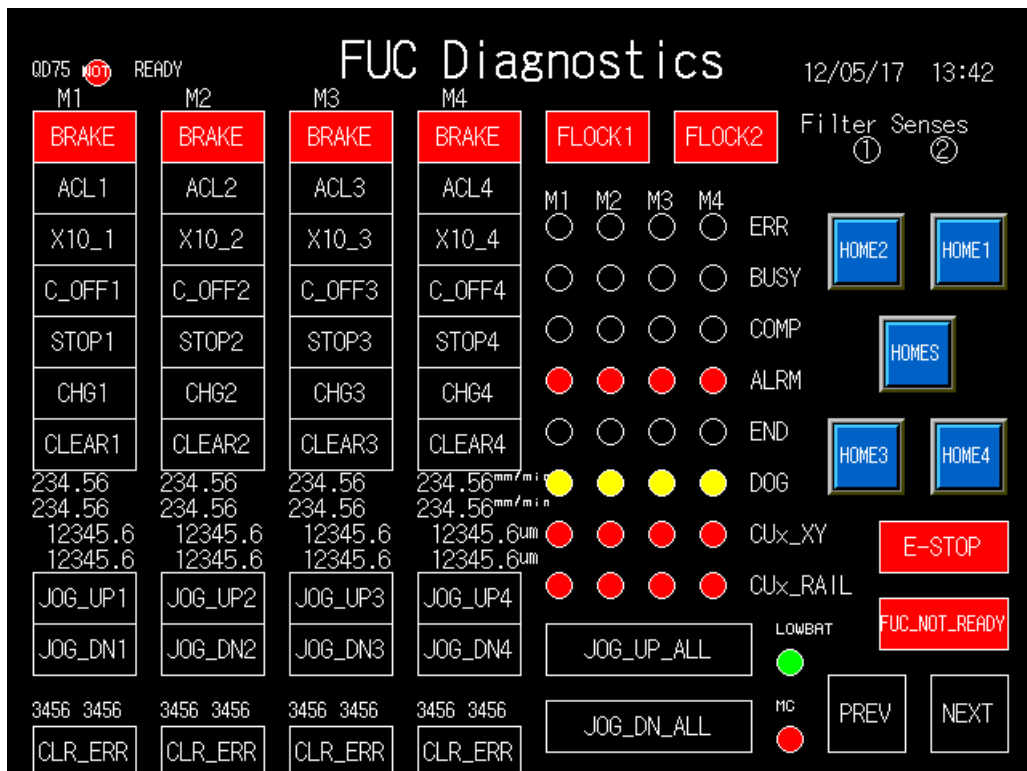


圖 三十八、中央單元控制面板

## 11. 補抓車感測器更換

由於補抓車感測器異常突出(圖 三十九)，造成機構運轉時感測頭與濾鏡 V 型止檔塊產生干涉 (圖 四十及圖 四十一)，使得感測器受損，測試停擺。我方工作人員發現此問題後，立即以備份零件更換，並執行相關參數調校，使得系統恢復運轉。



圖 三十九、感測器異常凸出圖



圖 四十、濾鏡 V 型止檔塊受損情況



圖 四十一、感測器受損情況

## 12. 研改零件換裝後之可靠度測試

系統修改完成後，直接將濾鏡轉換機構置於望遠鏡下方（圖 四十二及圖 四十三），並執行低溫狀態下可靠度測試。以轉換一次濾鏡為一周期，一周期耗時約 13 分鐘，一共順利完成了持續 100 個周期的低溫狀態下可靠度測試。

一個周期的濾鏡轉換步驟說明如下：

1. 中央單元降下濾鏡；
2. 濾鏡轉換架伸展至水平姿態；
3. 移動升降架使空鏡槽對準換鏡通道；
4. 開啓濾鏡保護門檔；
5. 驅動牽引車前往中央單元與濾鏡連結並將它拖回至升降架；
6. 關閉保護門檔；
7. 牽引車釋放濾鏡並退回停車架；
8. 移動升降架將選定之濾鏡對準換鏡通道；
9. 驅動牽引車至升降架與濾鏡連結；
10. 開啓保護門檔；
11. 牽引車將選定之濾鏡運送至中央單元；
12. 牽引車釋放濾鏡並退回停車架儲放；
13. 關閉保護門檔；
14. 升降架降至儲放位置；
15. 濾鏡轉換架收回至直立姿態；
16. 中央單元咬合濾鏡。

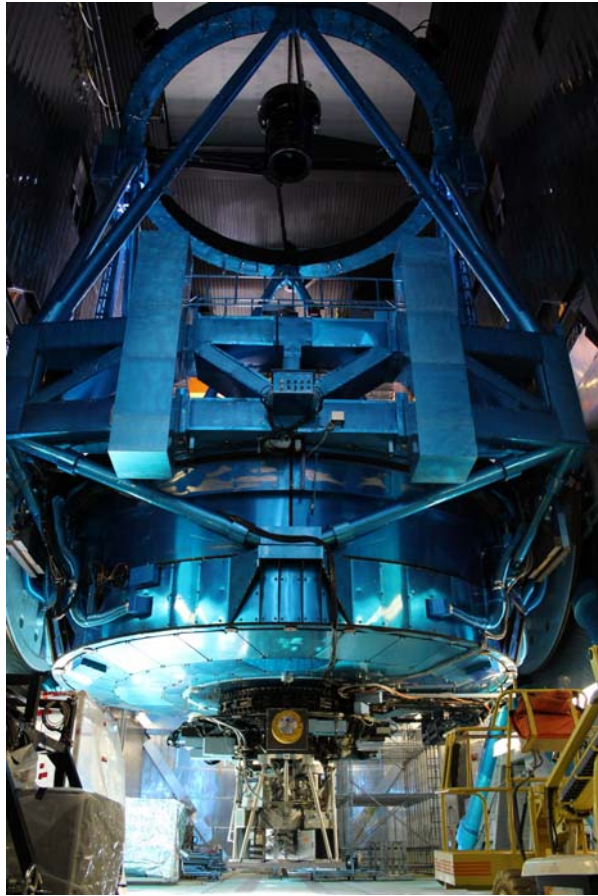


圖 四十二、速霸陸望遠鏡內部圖

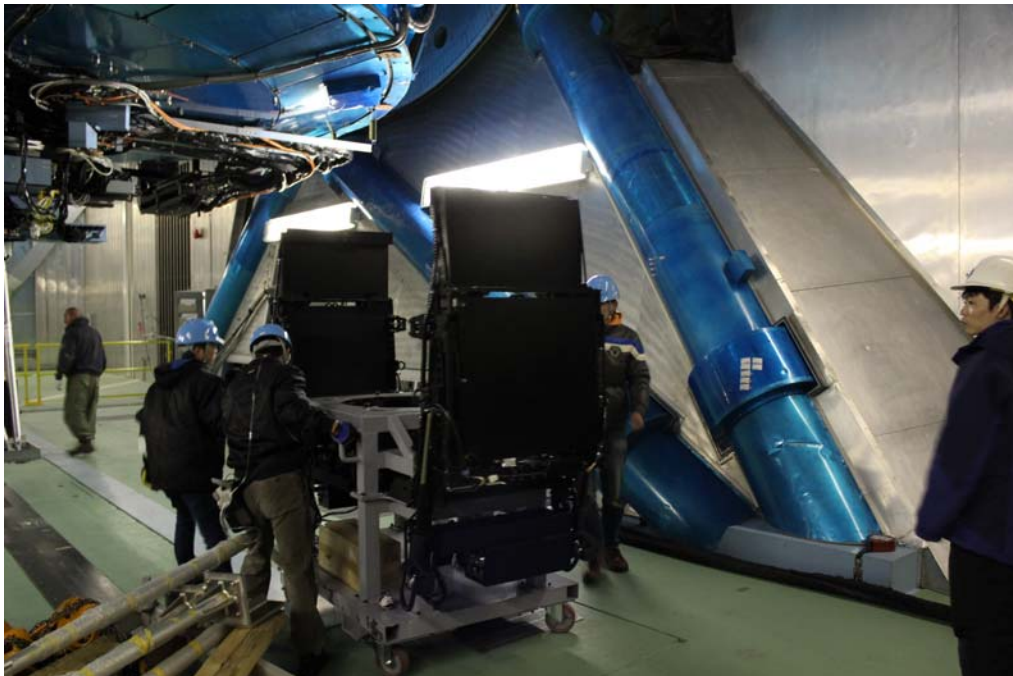


圖 四十三、於速霸陸天文台內執行低溫可靠度測試



## 參、心得

此次赴美國執行速霸陸天文台濾鏡系統研改零件換裝及可靠度測試，全程皆於高海拔之毛納基峰上工作，雖然夏天山上白天氣溫可回升至攝氏 5 度，但天文台爲了讓望遠鏡不因日、夜溫差造成設備有所影響，因此望遠鏡內仍控制溫度於攝氏 0 度以下，造成我方人員需長時間於寒冷且氧氣稀薄之環境下工作，相當辛苦。但在我方人員齊心努力下終於完成以下各項零件換裝與測試工作，順利完成履約：

1. 研改零件換裝及受損組件更換。
2. 儀電線路重整及控制軟體修改。
3. 研改零件換裝後之可靠度測試。

且經由此次測試後發現部分定位感知器(如近接開關與極限開關)，於長時間低溫環境下(此低溫條件仍符合感知器的操作規格)運作後，發生了定位精準度飄移現象，經當場重新調校方解決此問題。故定義此類感知器於日後更換新件時，必須在實際使用環境下重新調校設定，以確保功能正常運作。

## 肆、 建議事項

1. 本案濾鏡保護門檔之線性滑軌及滑塊，由於運送時遭受額外震動負載，使得零件受損，經立即應變採購新品更換解決問題，後續與日方人員協調，建立機架運送標準作業程序，律定需先將濾鏡取出，方可執行機架移動作業，防止零件再次受損。建議未來如有重要儀器需執行移動作業，需先行評估移動作業對儀器本身是否有任何影響，方可執行搬移。
2. 此次任務執行過程中有部份零件損壞，經緊急協調中研院人員由台灣採購新件並攜來夏威夷後，方能順利完成更換。建議重新審視備份件清單，備足所需備份件以降低待料風險。