

出國報告(出國類別：其它)

速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作 (HSC)計畫案-濾鏡交換機構交運日本接收 測試返國心得報告

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： 日本
出國時間： 100/06/21~100/7/22
報告日期： 100/08/15

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(HSC)計畫案-濾鏡交換機構交運日本接收測試返國心得報告		
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	日本 國立天文台及三菱電機公司	出/返國日期	<u>100.06.21</u> / <u>100.07.22</u>
建議事項	<p>1. 此次在日本三菱電機公司所執行之整合配裝，本院研發之濾鏡轉換機構通過各項嚴格測試，驗證本院在天文觀測機構設計之能力。藉由本次與國外合作機會，學習到日本在高精密機電整合機構設計之關鍵技術，提升本院精密機械設計能量，建議本院持續與中研院合作參與後續國際合作計畫。</p> <p>2. 本案為國際合作案，供應零件來自不同國家，介面整合技術相當重要，日本國家天文台雖為研究機構，但介面整合能力及管理方式相當優異，此次與該機構合作學習到相關機構介面整合技術，可應用未來其它計畫界面管制，提升產品品質及計畫控管，建議本院持續與中研院合作參與後續日本國家天文台開發新設備計畫。</p>		
處理意見	<p>1. 未來參與中研院參與類似之國際合作計畫，將選擇各國高階關鍵設計技術轉移，並律定於合約中或取得合作國家簽署相關技術轉移同意書。</p> <p>2. 未來透過中研院持續與日本國家天文台合作，在後續合作合約中除工程技術交流與引進，並律定參與有關計劃介面管理相關資訊交流，藉此引進日本大型研究機構，在介面管理優點及新技術。</p>		

國防部軍備局中山科學研究院
100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

本案屬跨國合作案，除技術門檻高外，配合介面亦相當複雜。在出差同仁的努力下，順利完成前後兩次濾鏡轉換系統與其他系統間的界面配裝與聯合組測任務，實值得肯定。

在與日方人員協同工作期間，同仁們除觀察到日方最新技術的應用外，也見識了日方在工作態度與工安要求的嚴謹度，期望他們能吸取日方在技術與管理方面的各項長處，並落實於日後的工作中。

同仁也了解到要在國際上競爭，除須具備專精的本業技能外，也須加強個人跨領域第二專長知識。因此，鼓勵同仁積極參加院內外舉辦的各式第二專長訓練，以充實自我迎向未來的挑戰。

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(HSC)計畫案-濾鏡交換機構交運日本接收測試返國心得報告			
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 交機測試 _____（例如國際會議、國際比賽、業務接洽等）		
出國期間：100年6月21日至100年7月22日		報告繳交日期：100年8月15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_____		
	<input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：報告內容不涉機敏，資訊可公開。 敬會：保防官及保防督導官		
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：	2.出國類別：	3.完成日期：	4.總頁數：
CSIPW-100F-E00 06	其它	100.08.15	42
5.報告名稱：速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作(HSC)計畫案-濾鏡交換機構交運日本接收測試返國心得報告			
6.核准 文號	人令文號	國人管理字第 1000007169 號(100/05/31)	
	部令文號	國備科產字第 1000007255 號(100/05/25)	
7.經 費		新台幣：36 萬 4,065 元(由中研院支付)	
8.出(返)國日期		100 年 06 月 21 日 至 100 年 07 月 22 日	
9.公 差 地 點		日本	
10.公 差 機 構		國立天文台、三菱電機公司	
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(HSC)計畫案-濾鏡交換機構
交運日本接收測試返國心得報告

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：

100/06/21 至 100/07/22

出國地區：

日本/國立天文台、三菱電

報告日期：

100/08/15

機

分類號/目

關鍵詞：廣角相機、HSC 計劃、濾鏡交換機構

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(HSC)計畫」案，本所依合約派員赴日本執行濾鏡交換系統(FES)之第二次介面整合配裝與測試工作。本次任務分為兩階段執行，第一階段從 6/21 日至 7/3 日，地點在日本國立天文台(NAOJ)，主要工作內容為排除第一次聯測後日方所反映的問題與為提高系統穩定性與可靠度所進行的精進與修改；第二階段從 7/4 日至 7/22 日，地點在日本三菱電機公司(MELCO)，工作內容為執行濾鏡交換系統與相機本體機座之整合安裝與聯測。

本次任務在出差人員的齊心協力下順利完成各項工作，且經實地與望遠鏡主要組件整合運作與測試後，驗證本所負責之項目的設計結果符合需求規格要求。

目 次

壹、 目的.....	12
貳、 過程.....	13
第一階段工作項目與內容	13
一、 處理至 5/25 交運後至 6/21 日方所反映的問題.....	13
二、 配合日方界面整合軟體開發執行控制與程式修改與功能測試.....	13
三、 提高系統穩定性、可靠度與安全性所執行的精進項目	14
四、 整理與裝箱準備將零件運送至日本三菱電機公司	29
第二階段工作項目與內容	31
一、 零件開箱與清點	32
二、 零件復裝至測試架並執行功能測試	32
三、 拆下中央單元組件與鏡頭組件執行配裝	32
四、 中央單元軌道校正調校	34
五、 吊裝濾鏡升降機並安裝於相機本體基座上	37
六、 濾鏡轉換系統軌道校正調校	37
七、 濾鏡轉換系統吊裝重覆性精度測試	39
八、 濾鏡轉換系統功能測試	39
九、 拆下濾鏡舉昇架並取出濾鏡後分別裝箱	39
十、 拆下中央單元復裝至測試架並再執行軌道調校程序	40
十一、 中央單元裝箱，工具整理與裝箱	40
參、 心得.....	41
肆、 建議事項.....	42

圖 目 錄

圖 一、原濾鏡卡銷機構.....	15
圖 二、濾鏡卡銷之極限開關加裝防止跳脫角片.....	15
圖 三、原本中央單元濾鏡舉昇馬達之行程下死點近接開關.....	16
圖 四、下死點近接開關改安裝在舉昇架側邊.....	17
圖 五、定位精度較高的接觸型極限開關.....	18
圖 六、止檔未安裝前.....	19
圖 七、安裝止檔於齒條完成圖.....	19
圖 八、水平位置偵測之極限開關.....	20
圖 九、水平位置偵測之極限開關安裝於濾鏡升降機.....	20
圖 十、安裝牽引車停車電磁卡銷復歸位置偵測之極限開關前.....	21
圖 十一、安裝牽引車停車電磁卡銷復歸位置偵測之極限開關後.....	22
圖 十二、舊界面機匣鎖緊螺栓與防掉落機構.....	23
圖 十三、新界面機匣鎖緊螺栓與防掉落機構.....	24
圖 十四、安裝濾鏡匣下方防撞板.....	25
圖 十五、安裝軸聯軸器防掉蓋前.....	26
圖 十六、安裝軸聯軸器防掉蓋後.....	26
圖 十七、上死點極限開關.....	27
圖 十八、上死點極限開關安裝於閘門.....	28
圖 十九、零件裝箱情況.....	30

圖 二十、由搬運公司將零件搬運至貨車.....	30
圖 二十一、中央單元組件與鏡頭組件執行配裝.....	33
圖 二十二、昇降機首次與相機本體組合完成後工作人員合影.....	37
圖 二十三、我方人員使用經緯儀調較情況.....	38
圖 二十四、填隙墊片調整.....	39

速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作(HSC)計畫案-濾鏡交換機構交運日本接收測試返國心得報告

壹、 目的

本院航空研究所受中研院天文所委託，承接「速霸陸望遠鏡廣角相機計畫之技術合作(HSC)計畫」案-相機快門與濾鏡交換系統之設計組合測試及交運相關計畫。主要工作為完成 1 套相機 6 片裝之濾鏡交換系統的設計、組裝與接收測試並交運至日本及最後安裝在夏威夷速霸陸望遠鏡上。

100 年 3 月本所已於國內完成濾鏡交換系統之組裝與測試，且完成 -10°C 之低溫環境功能測試。並於 5 月 10 日至 5 月 25 日赴日完成系統交運、接收測試，此期間同步與日方設計之快門機構及鏡頭機構執行界面配裝與聯合測試。

本所依合約於 6 月 21 日至 7 月 22 日再次派員赴日本執行濾鏡交換系統第二次介面整合配裝與測試工作。本次任務分為兩階段執行，第一階段從 6/21 日至 7/3 日，地點在日本國立天文台(NAOJ)，主要工作內容為排除第一次聯測後日方所反映的問題，及為提高系統穩定性與可靠度所進行的精進與修改；第二階段從 7/4 日至 7/22 日，地點在日本三菱電機公司(MELCO)，工作內容為執行濾鏡交換系統與相機本體機座之整合安裝與聯測。

本次任務在出差人員的齊心協力下順利完成各項工作，且經實地與望遠鏡主要組件整合運作與測試後，驗證本所負責之項目的設計結果符合需求規格要求。

貳、 過程

工作項目與內容說明

第一階段工作項目與內容

第一階段的工作可分為以下四大主要項目：

一、 處理至 5/25 交運後至 6/21 日方所反映的問題

1. 排除濾鏡保護閘門(Filter Protection Gate)上下運動時發出異音的現象。

濾鏡保護閘門運動時會與濾鏡框架磨擦發出異音，經調整閘門背面之線性滑軌的安裝角度後排除。

2. 排除牽引車(Tractor)前端之濾鏡連結卡榫無法正常翻轉現象。

因為牽引車在安裝濾鏡連結卡榫處有結構變形現象，使得電磁閥安裝座與卡榫安裝座發生不同心現象，對卡榫轉動產生阻力造成而卡榫無法平順翻轉。經使用調隙墊片調整安裝座高度後排除。另外當執行濾鏡抓回程序時卡榫無法翻轉則是因卡榫與濾鏡之連結塊發生干涉，經調整牽引車前端極限開關的安裝距離後排除。

3. 排除當濾鏡透過牽引車輸送至中央單元(Central Unit)後濾鏡定位卡銷無法打入現象。

經檢視後發現此現象的肇因是牽引車左右兩側齒輪不同步，在輸送濾鏡時造成濾鏡稍微扭轉，使得濾鏡上之卡槽偏位，導致濾鏡定位卡銷無法打入，經拆除牽引車齒輪重新定位後排除此現象。

二、 配合日方界面整合軟體開發執行控制與程式修改與功能測試

1. 修改我方系統與三菱電機 (MELCO) 系統間之防碰撞控制器 (CCBC, Collision signal Concentration Box and Controller) 界面之控制邏輯，修改控制軟體，與日方共同執

行功能測試，符合三菱電機（MELCO）需求。

2. 新增中央單元（Center Unit）濾鏡定位之精密極限開關（Precision Limit Switches）輸出訊號與牽引車控制器運動停止（E-STOP）控制，透過三菱電機之控制線束之直接電控連線，修改控制軟體與線路板，執行測試，驗證功能無誤。
3. 新增安裝手臂制動器（Arm Actuator）水平定位極限開關（Limit Switches）與濾鏡昇降（Elevator）、保護門擋（Protection Gates）、牽引車（Tractor）等系統之驅動器控制互鎖（Driver Interlock）安全功能機制。修改軟體與電控線路，執行功能測試，符合速霸陸天文台之安全要求。
4. 新增安裝保護門擋（Protection Gates）開關狀態與手臂制動器（Arm Actuator）間之安全互鎖（Safety Interlock）功能機制。修改軟體與電控線路，執行功能測試，符合速霸陸天文台之安全要求。

三、提高系統穩定性、可靠度與安全性所執行的精進項目

本案在執行第一次聯測(5/10~5/25)後為提高系統穩定性與可靠度、並防止誤動作之發生須進行部分機構、儀電與控制軟體的精進與修改。此項修改工作須於第二次聯測前完成，因此預先在台灣完成設計、製造與籌補，再於日本國家天文台執行換裝與功能測試，完成後再運至三菱電機公司執行第二次整合配裝與聯測。精進修改工作詳細內容說明如下：

1. 增設中央單元濾鏡卡銷極限開關防跳脫裝置

在執行系統功能測試時發現用於感測中央單元濾鏡卡銷位置之極限開關有時會有跳脫的情形發生，而造成控制系統誤判，因此增設防跳脫角片來防止此現象再次發生(如圖 一及圖二)。



圖 一、原濾鏡卡銷機構

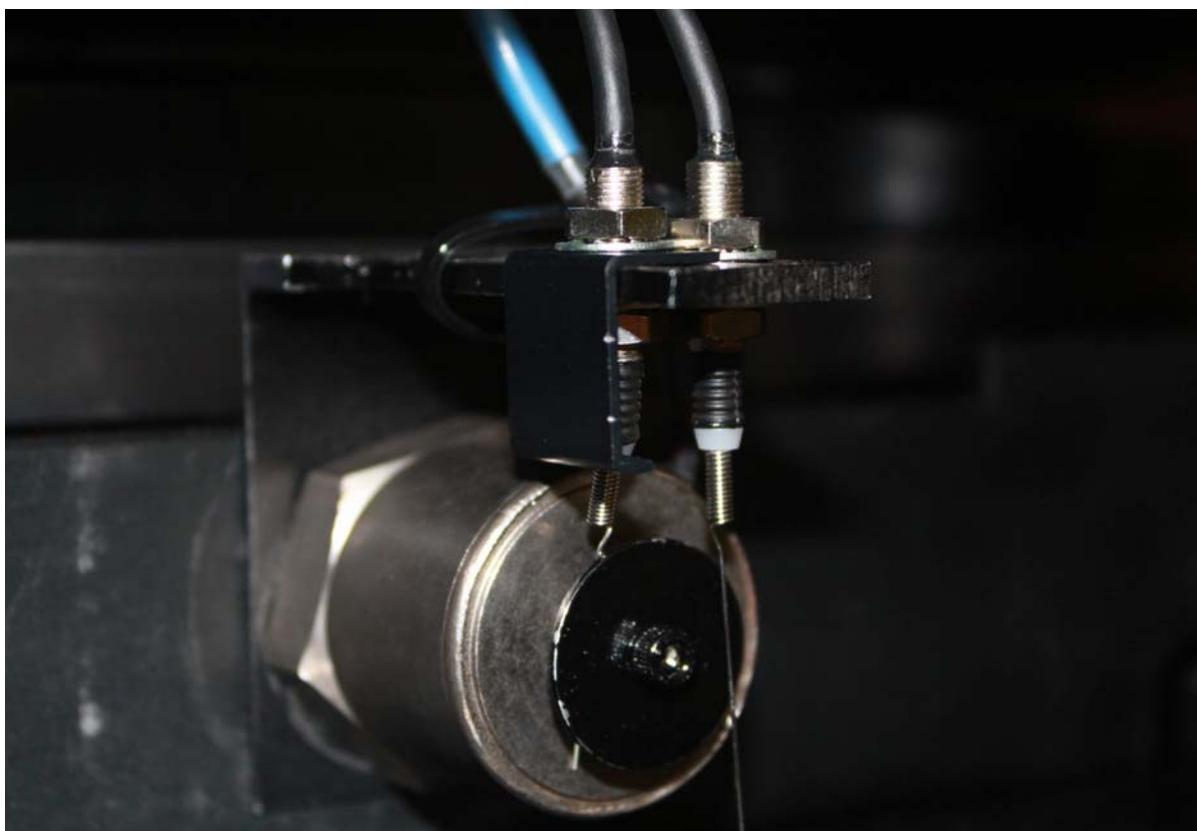


圖 二、濾鏡卡銷之極限開關加裝防止跳脫角片

2. 變更中央單元濾鏡舉昇架馬達行程上死點極限開關與下死點近接開關支撐座設計

原本中央單元濾鏡舉昇馬達(Filter Lifting Motor)之行程下死點近接開關除具有偵測舉昇架是否在下死點位置的功能外，也兼具判斷濾鏡進出方向的功能。因此必須安裝於濾鏡進出的通道上(圖 三)，但經實測後發現電磁感應式近接開關之偵測距離常有偏移現象，進而導致控制系統誤判。為避免此現象，安裝開關時常須刻意縮短偵測距離之設定，但因開關是安裝於濾鏡進出的通道上，過小的偵測距離又會導致濾鏡進出時發生干涉。精進的方式是將濾鏡進出方向的偵測改由濾鏡定位極限開關來判斷，而將馬達之行程下死點近接開關改安裝在舉昇架(Lifting Frame)側邊(圖 四)。



圖 三、原本中央單元濾鏡舉昇馬達之行程下死點近接開關

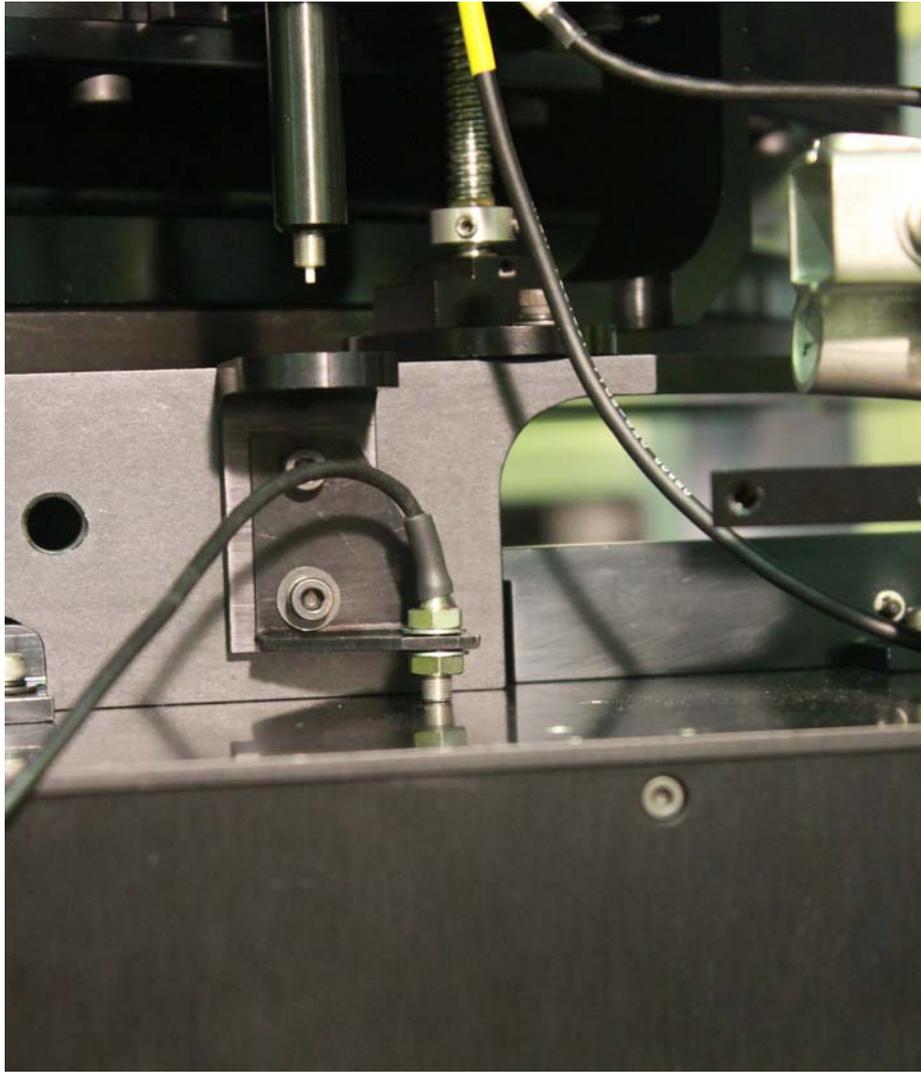


圖 四、下死點近接開關改安裝在舉昇架側邊

原本濾鏡舉昇馬達之行程上死點偵測裝置亦採用電磁感應式近接開關，其功能僅是告知控制系統濾鏡已在咬合位置，並不具有濾鏡定位功能。而當驅動馬達執行濾鏡咬合或釋放時，如出現過載將導致舉昇架傾斜，必須以人工方式復歸舉昇馬達至原先預設定的咬合位置。經實地整合配裝後發現，上述現象發生時無足夠的進手空間可進行人工復歸程序，必須改以遠端遙控的方式執行。為滿足這項功能須將原本馬達行程上死點近接開關更換成定位精度較高 ($\leq 1 \mu\text{m}$) 的接觸型極限開關(圖 五)，並配合修改相關控制軟體與調校程序來完成。

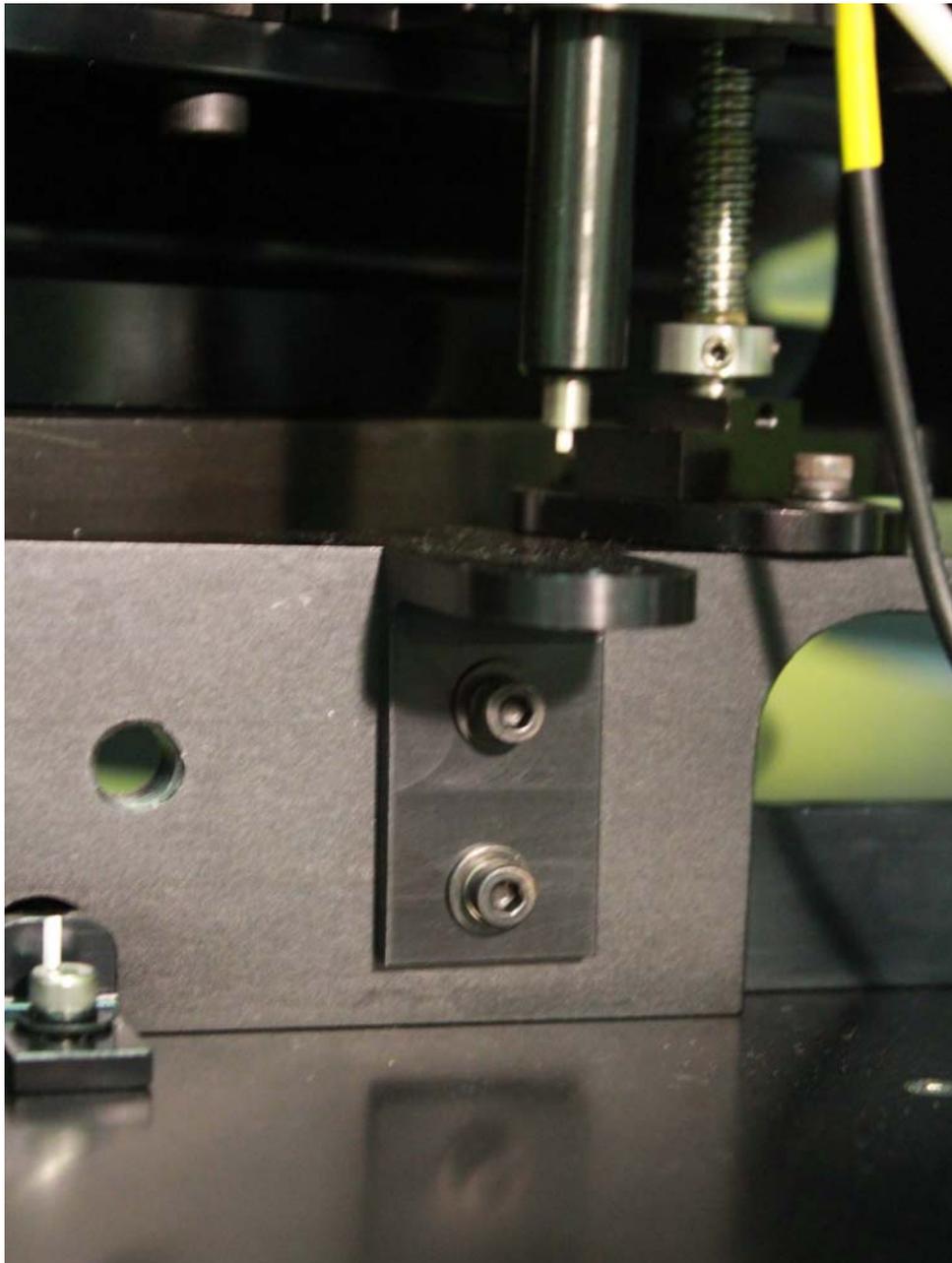


圖 五、定位精度較高的接觸型極限開關

3. 增設防止牽引車從軌道上掉落之止檔

濾鏡的送退片是透過牽引車前進與後退來完成的，而牽引車則是以步進馬達配合齒輪與齒條機構來執行前進與後退的運動。但原設計於齒條端點並未有止檔的裝置，如果牽引車馬達發生異常不受控制時，牽引車有從軌道掉落之危險(圖 六)。爲了避免上述異常現象進一步導致更嚴重的損壞，因此在齒條的端點加裝止檔以阻止牽引車繼續前進(圖 七)。

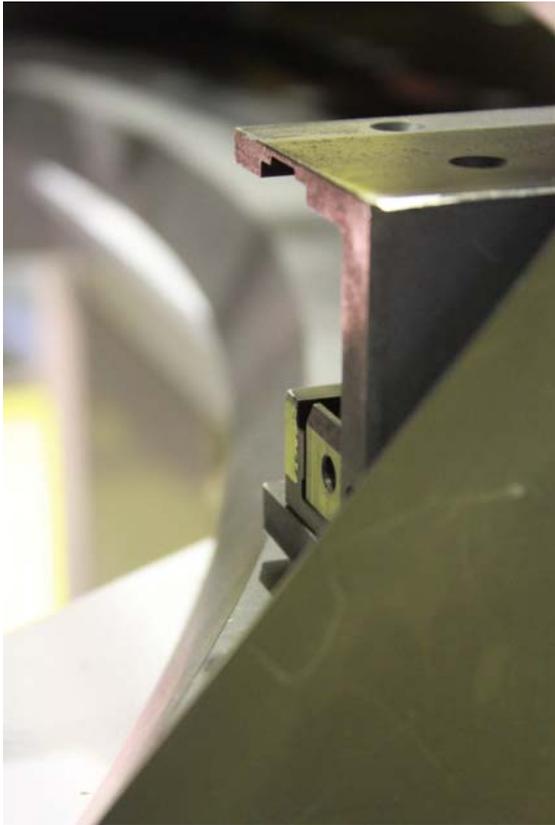


圖 六、止檔未安裝前

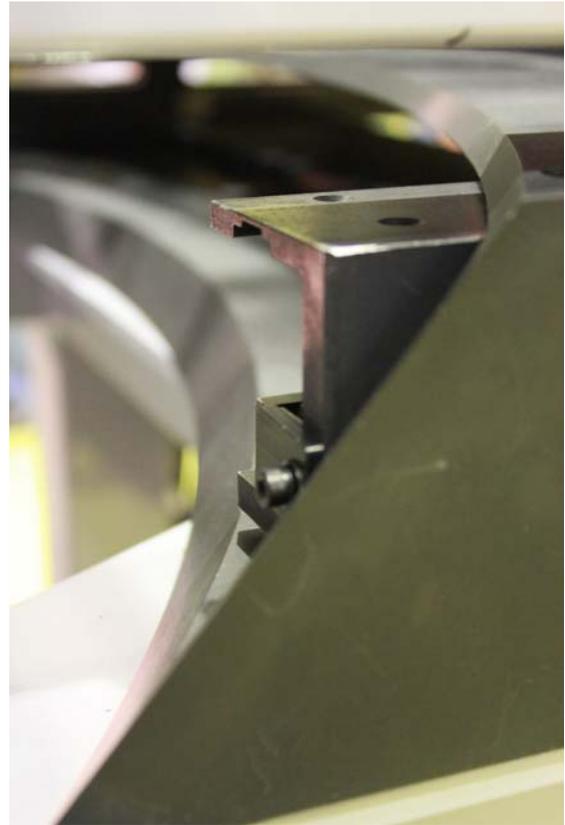


圖 七、安裝止檔於齒條完成圖

4. 增設濾鏡昇降機水平位置偵測之極限開關

本天文望遠鏡在觀測天象時必須將濾鏡昇降機(Stacter)收回到垂直的位置，以減小遮光面積。而在有更換濾鏡需求時則又必須將濾鏡昇降機伸展至水平位置以對正換鏡通道。執行換鏡時必須執行濾鏡匣(Elevator)升降與開啓濾鏡保護閘門等一連串的機構運動，但這些機構運動如果在濾鏡昇降機處於垂直位置時執行，會因重力的因素造成濾鏡墜落或零件毀損的情形發生。因此，爲避免因程式故障或人員操作不當而發生上述事故，必須增設可偵測濾鏡昇降

機水平位置之極限開關，當濾鏡升降機離開水平位置時，會自動透過控制程式將可能發生危險的運動機構的電源關閉，以確保系統的安全(圖 九)。



圖 八、水平位置偵測之極限開關

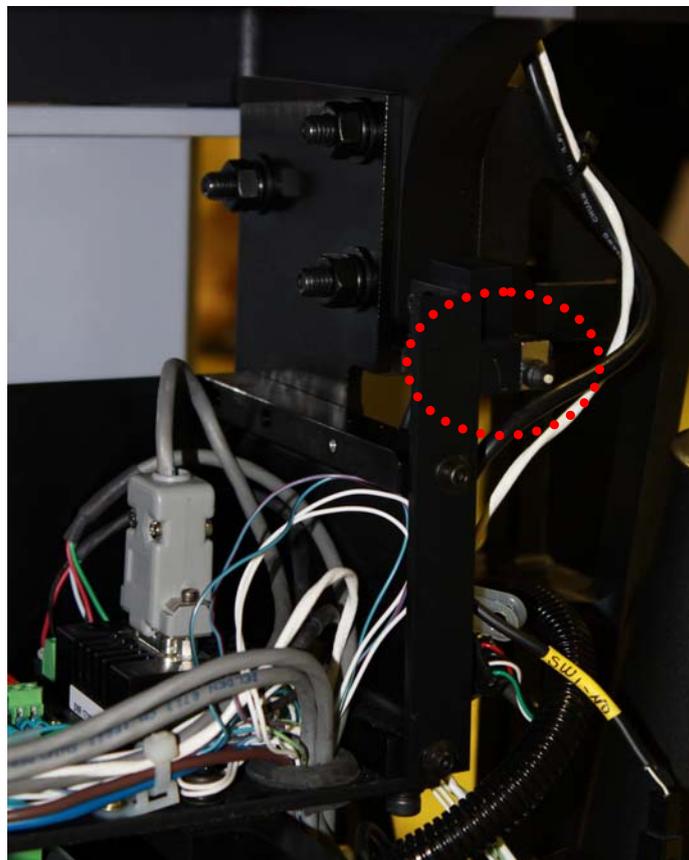


圖 九、水平位置偵測之極限開關安裝於濾鏡升降機

5. 增設牽引車停車電磁卡銷復歸位置偵測之極限開關

牽引車在完成換鏡指令後會自動退回停車架(Tractor Parking Frame)儲放，而停車架上設計有當濾鏡升降機處於垂直位置時，固定牽引車防止它掉落之電磁卡銷。但是原有的設計缺乏偵測電磁卡銷致動位置的裝置，無法判斷牽引車是否已被電磁卡銷固定，此時如果執行濾鏡升降機收回至垂直位置的指令，將可能造成牽引車墜落。因此須增設可偵測電磁卡銷復歸位置(即牽引車被卡住位置)的極限開關，提供控制程式執行之參考以確保系統的安全(圖 十及圖 十一)。

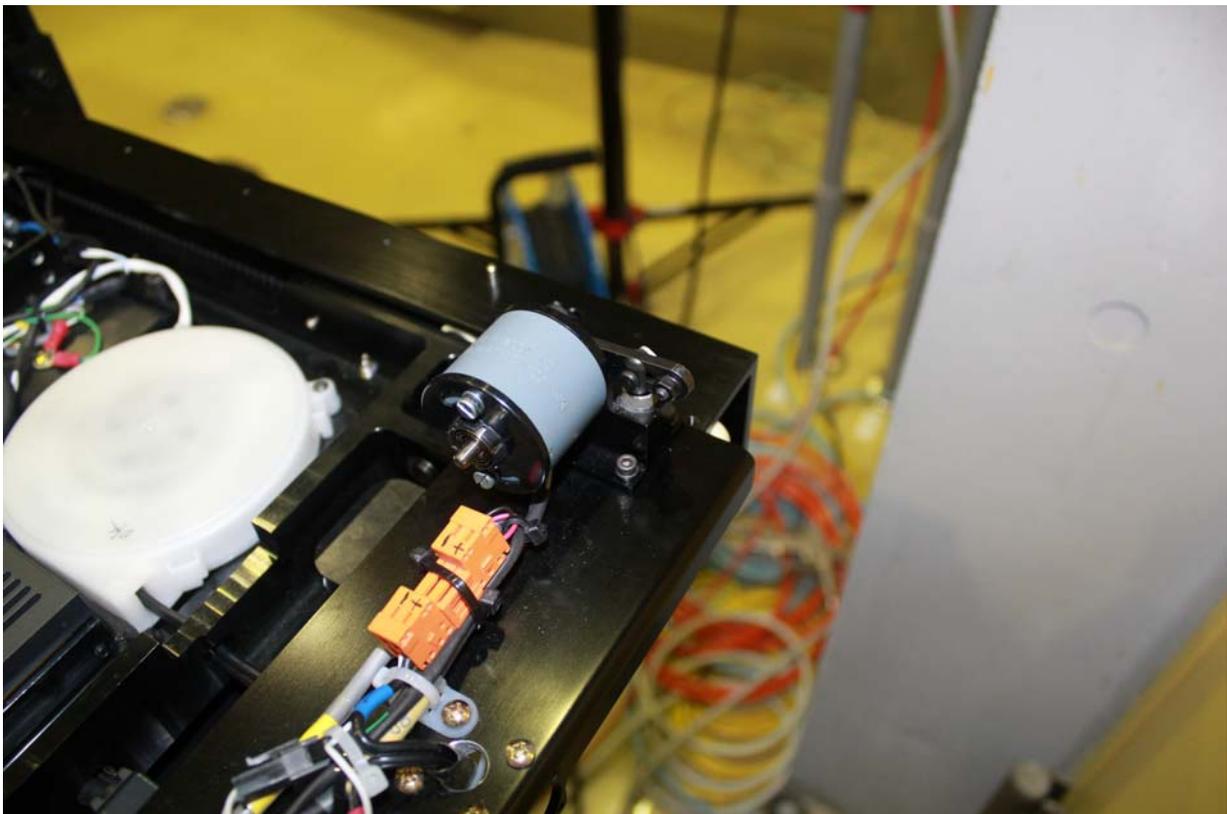


圖 十、安裝牽引車停車電磁卡銷復歸位置偵測之極限開關前

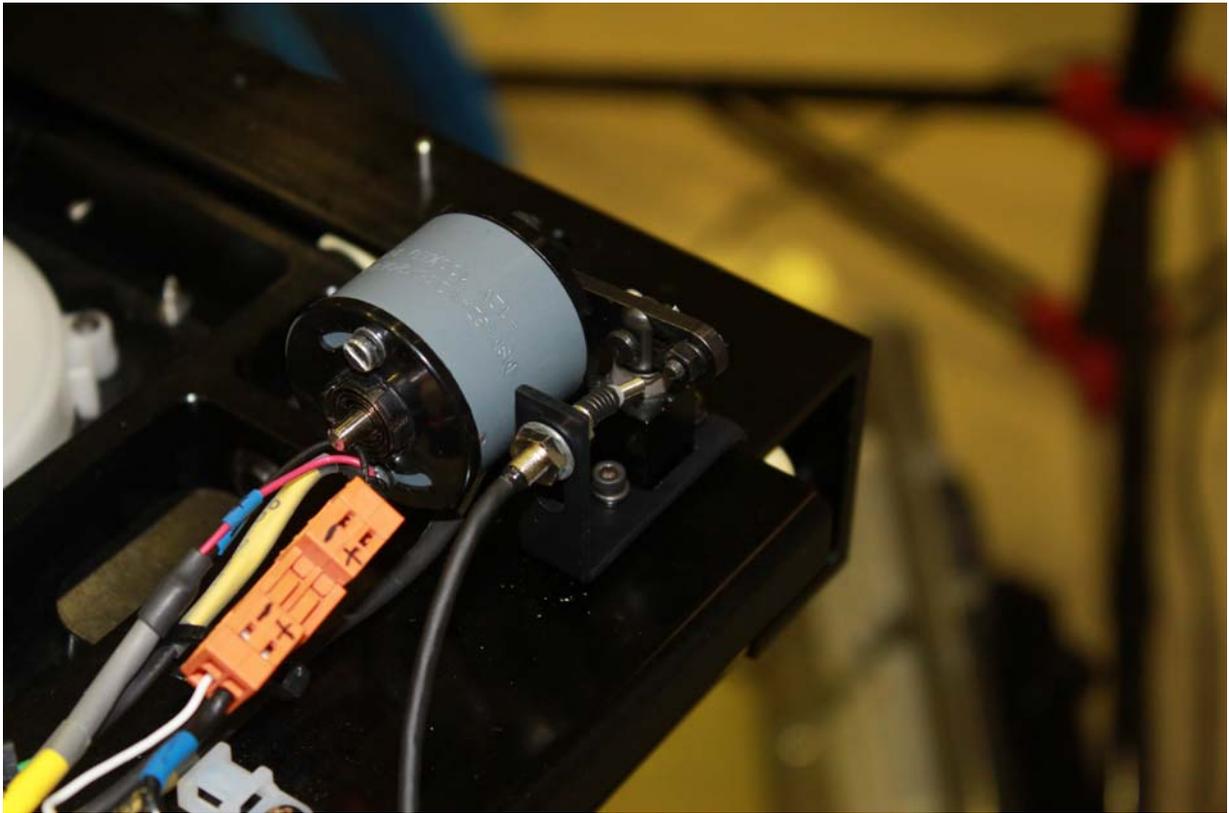


圖 十一、安裝牽引車停車電磁卡銷復歸位置偵測之極限開關後

6. 界面機匣鎖緊螺栓與防掉落機構重新設計

濾鏡轉換系統是利用界面機匣法蘭上的 12 處 M8 的螺栓緊固於相機基座之法蘭上，而為避免螺栓與墊片於組裝時掉落造成下方的反射鏡片損壞，原先的設計是在墊片上裝有繫繩再將繫繩鎖在界面機匣法蘭上以防止螺栓與墊片掉落（如圖 十二）。但經使用時發現鎖緊螺栓時常會有繫繩纏繞現象，造成濾鏡轉換系統組裝困難。經檢討後得知螺栓鎖緊時會壓迫到墊片，產生的磨擦力將帶動墊片旋轉進而造成繫繩纏繞。改善的方式是在螺栓銑槽並加裝扣環，而將繫繩改安裝在扣環上(如圖 十三)。換裝後經實際多次試裝後，已成功排除繫繩纏繞現象。



圖 十二、舊界面機匣鎖緊螺栓與防掉落機構



圖 十三、新界面機匣鎖緊螺栓與防掉落機構

7. 增設濾鏡匣下方防撞板與轉軸聯軸器防掉蓋

為避免當濾鏡升降機的馬達控制器損壞導致馬達失去控制，使得濾鏡匣的上下運動超出預設的範圍，進而碰撞到安裝於升降機框架下方的濾鏡匣下死點極限開關造成開關損壞。我們在升降機框架下方增設濾鏡匣向下運動的止檔塊，並於止檔塊上黏貼防撞橡膠墊(如圖 十四)。且為避免當濾鏡升降機驅動軸上的聯軸器因過載而損壞時，破損的零件掉落造成下方的反射鏡片損壞，我們在每個聯軸器的外圍加裝保護蓋防止零件掉落(如圖 十五圖 十六)。

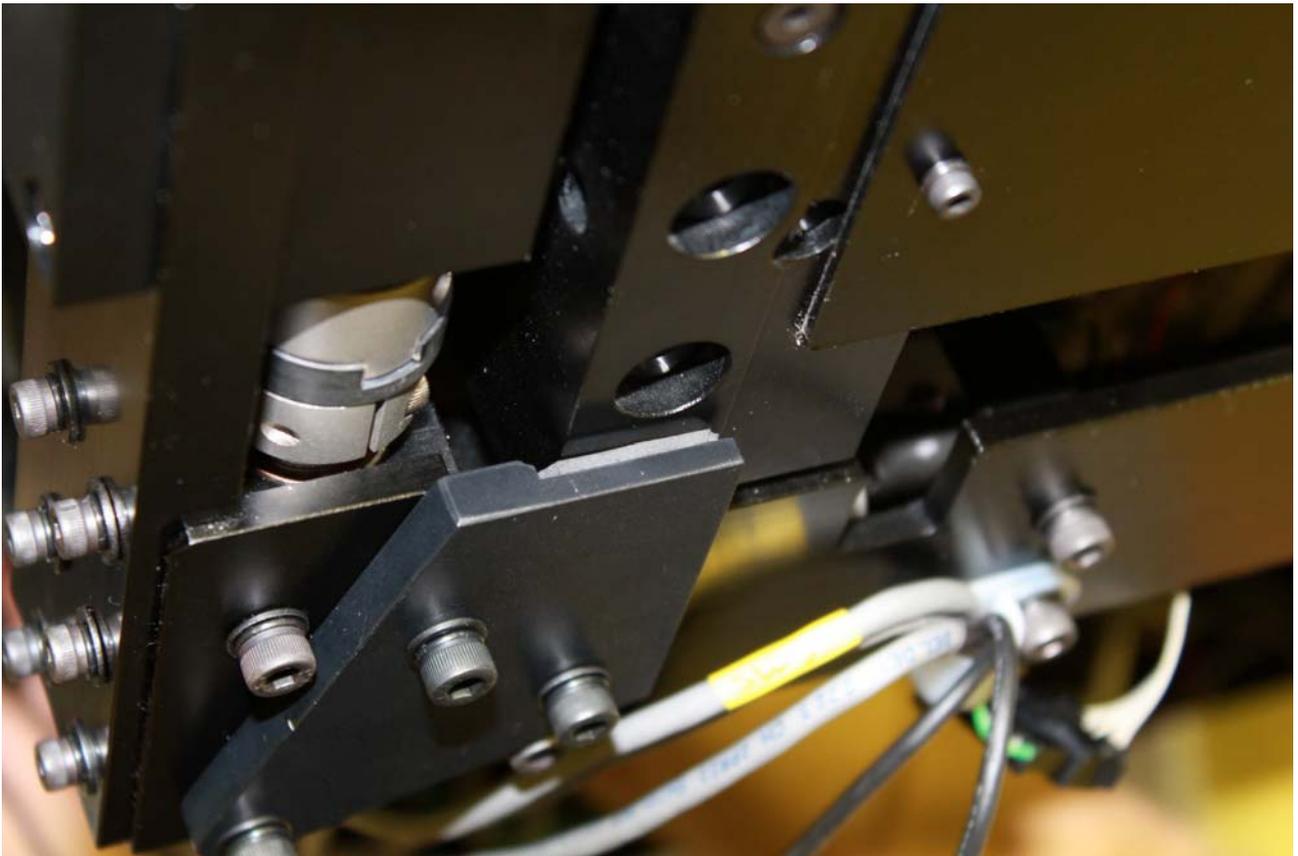


圖 十四、安裝濾鏡匣下方防撞板

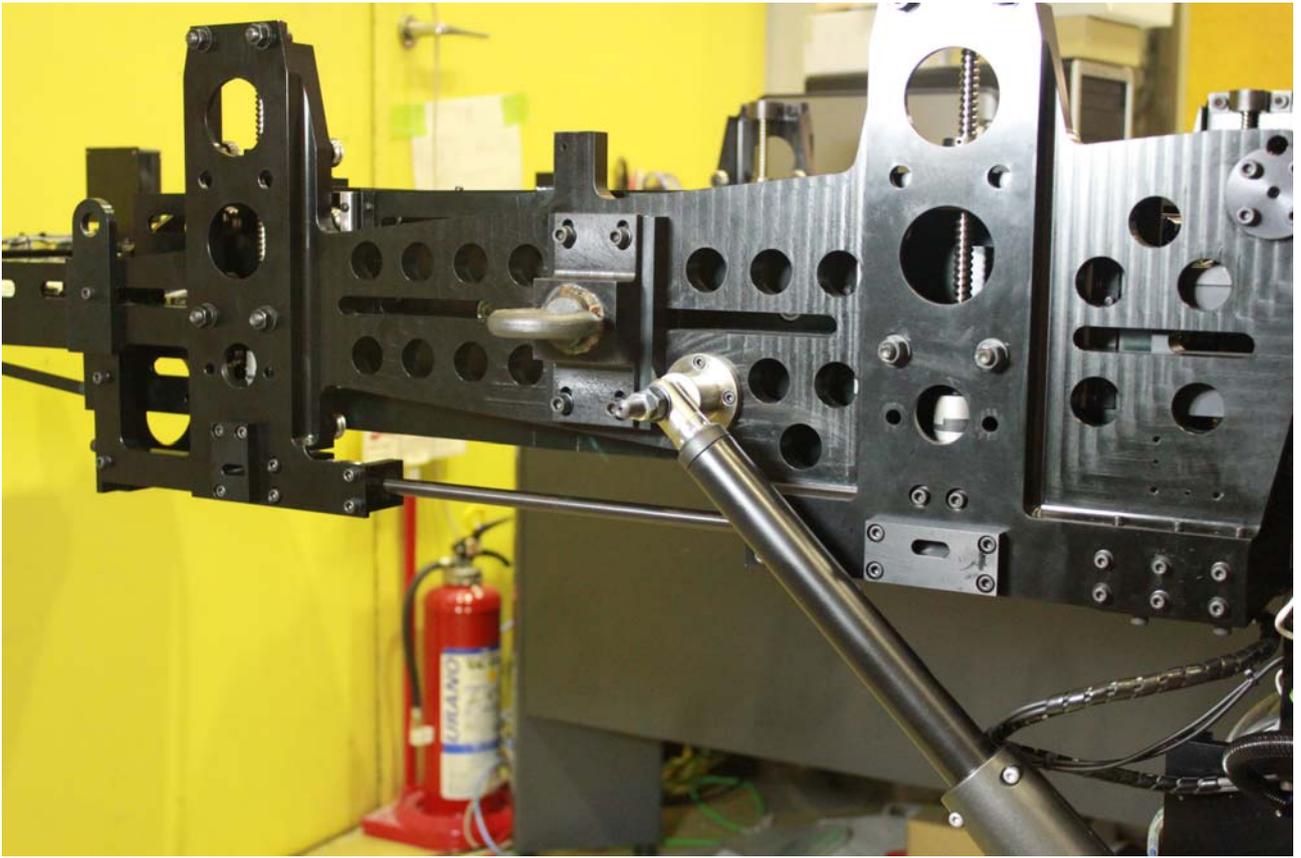


圖 十五、安裝軸聯軸器防掉蓋前

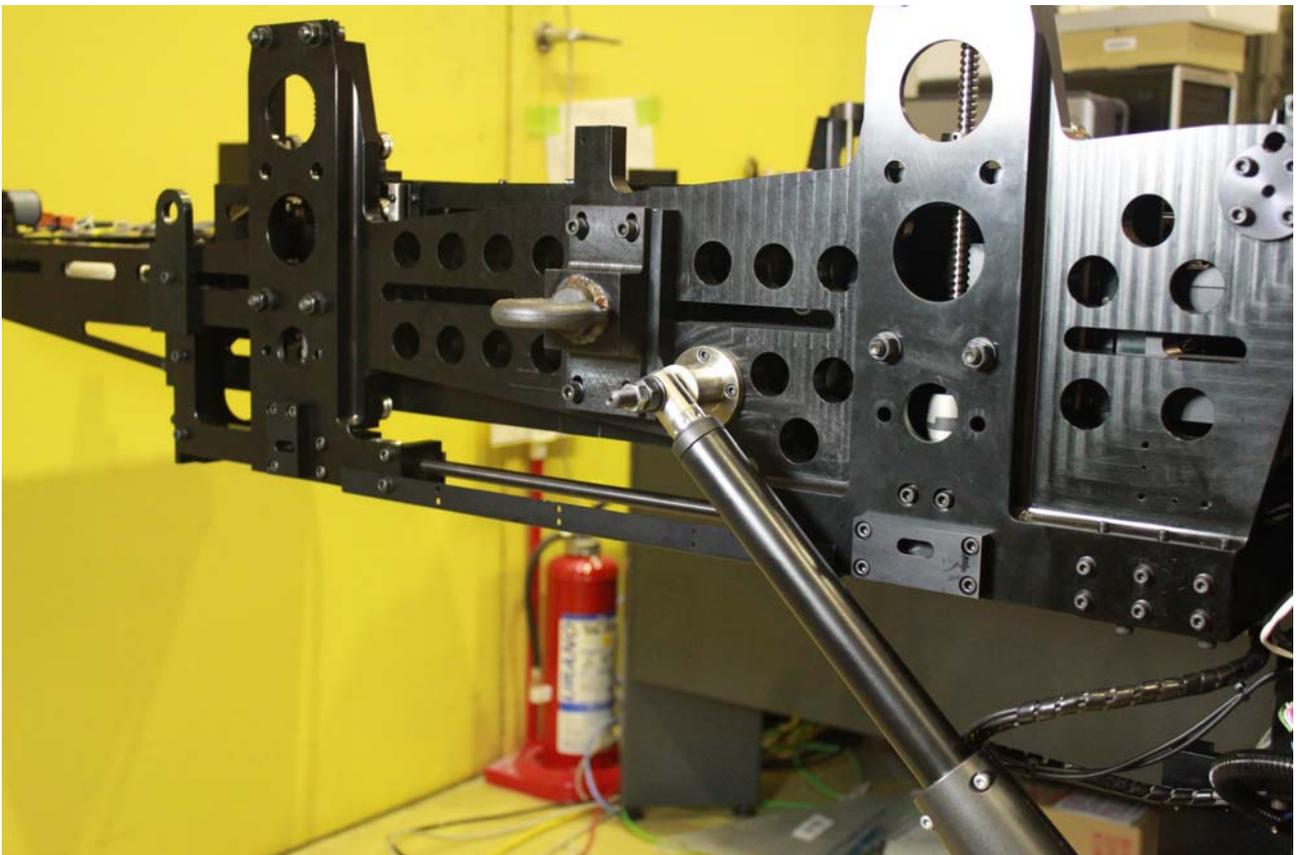


圖 十六、安裝軸聯軸器防掉蓋後

8. 增設濾鏡保護閘門馬達行程上死點極限開關

濾鏡保護閘門的功能是當濾鏡昇降機收回到垂直的位置時擋住濾鏡以防止濾鏡掉落，所以在執行昇降機收回程序時閘門必須是關閉的。為了避免在閘門開啓時，因人爲的誤動作或控制系統異常，誤執行了昇降機收回程序導致濾鏡掉落。我們增設了濾鏡保護閘門運動行程上死點(即閘門關閉位置)的極限開關(如圖 十七及圖 十八)，這個開關是常開式(Normal Open)的，當閘門離開關閉位置時將通知控制系統將昇降機舉昇馬達斷電避免誤動作的發生。



圖 十七、上死點極限開關

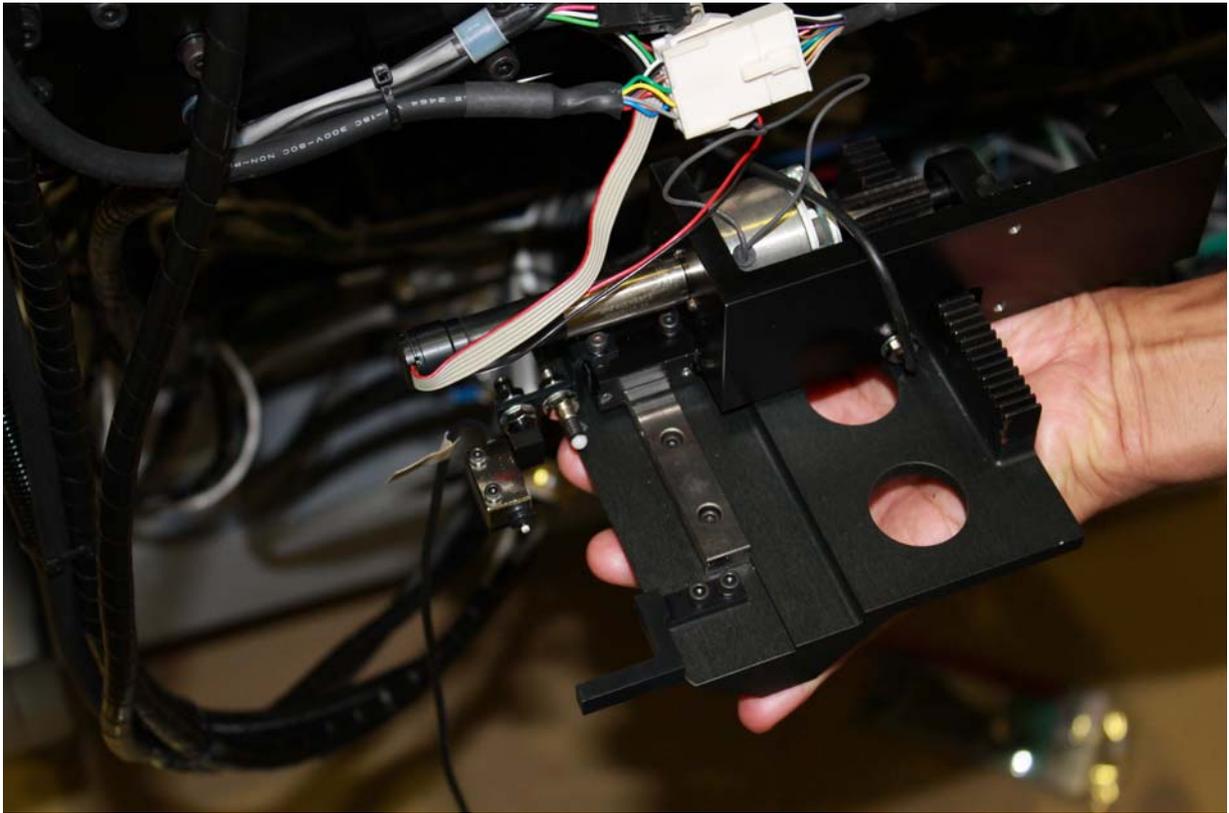


圖 十八、上死點極限開關安裝於閘門

9. 新增各項極限開關儀電安裝與線束重新佈線規劃

配合上述第二、四、五、八項新增或變更極限開關及其功能需求，修改各項相關儀電裝置與線路，工作內容如下：

因新增之緊急斷電電路(E-Stop)改由中央單元控制盒(FUC)之 PLC 讀取訊號，經 FUC ISO PCB 電路隔離再送至 IR 側與 OPT 側 PLC，必須更換 FUC 之 ISO PCB 板，並執行功能測試。

為配合 IR 側與 OPT 側 E-Stop 電路變更，須將原中央單元控制盒內 JP3 10 腳接頭更換為 13 腳軍規接頭；並更換 IR 側與 OPT 側控制盒內 26 腳、19 腳與 10 腳接頭，隨後並變更相關儀電線路。

昇降機舉昇馬達與牽引車互鎖保護電路安裝，當舉昇馬達致動時關閉牽引車、濾鏡保護閘門與濾鏡匣升降馬達之電源。

保護閘門與昇降機舉昇馬達互鎖保護電路安裝與線路修改，保護閘門離開關閉位置時關閉昇降機舉昇馬達電源。

為強化 PCB 板可靠度，IR 側控制盒更換新製 PCB 板。

將中央單元控制盒內 4 個直流馬達線路更換為可撓曲材質線束。

安裝牽引車電磁卡銷復歸位置的極限開關的相關電路，並執行功能測試。

整體儀電佈線方式與走線位置重新規畫與模擬。

四、整理與裝箱準備將零件運送至日本三菱電機公司

為配合第二次整合配裝與測試，必須將所有零件與工具打包裝箱，準備運往日本三菱電機公司。零件共分為五大箱包裝：第一箱為測試架與中央單元相關組件；第二箱為六片裝濾鏡；第三箱為 OPT 側濾鏡舉昇架；第四箱為 IR 側濾鏡舉昇架；第五箱為吊架與工具。(圖十九及圖二十)

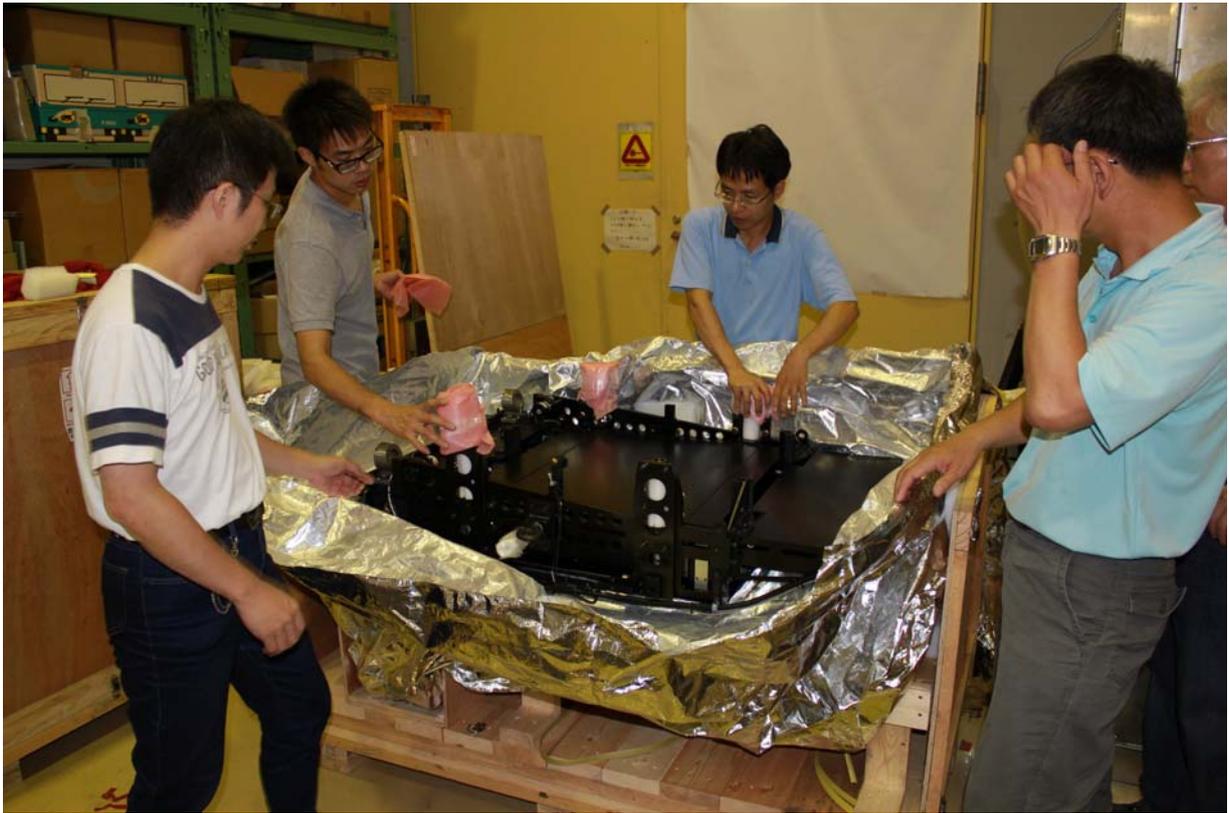


圖 十九、零件裝箱情況



圖 二十、由搬運公司將零件搬運至貨車

第二階段工作項目與內容

第二階段的主要工作內容是將日本國家天文台負責的鏡頭組件與我方負責的濾鏡交換系統安裝到三菱電機公司負責的相機本體基座上。並逐項模擬實際望遠鏡運作時的各項功能，以整合並驗證三個單位負責的組件在機械、儀電與控制等各項界面是否滿足規格需求。由於三菱電機公司規定不可攜帶相機入內執行拍攝，因此第二階段照片皆為三菱公司自行拍攝後提供給我方。預劃之工作項目與時程安排詳如下表，以下僅就我方負責的項目依執行的順序提出說明：

DAY			ITEMS
7/4	Mon	AM	Delivery of Dewar and FEU (9:00)
			Unpack of FEU
		PM	Unpack of Dewar Assemble Dewar and Dewar Frame
7/5	Tue	AM	Assemble Dewar and FEU-CentralUnit
		PM	Assemble Dewar and FEU-CentralUnit
7/6	Wed	AM	Install Camera Mechanics into HSC main unit
		PM	Install Camera Mechanics into HSC main unit
7/7	Thu	AM	Interlock Test
		PM	Interlock Test
7/8	Fri	AM	Interlock Test
		PM	Interlock Test
7/11	Mon	AM	Instrument rotator (InR) test
		PM	Instrument rotator (InR) test
7/12	Tue		Alignment of FEU-Stacker1
7/13	Wed		Alignment of FEU-Stacker1-2
7/14	Thu		Alignment of FEU-Stacker2

7/15	Fri	AM	Filter Exchange test
		PM	Filter Exchange test
7/19	Tue	AM	Detach FEU-Stackers
		PM	Move HSC main unit onto tilt platform
7/20	Wed	AM	Preparation for tilt test
		PM	Tilt test
7/21	Thu	AM	Tilt test
		PM	Disassemble Camera Mechanics and HSC main unit
7/22	Fri	AM	Disassemble Dewar and FEU-CentralUnit
		PM	Pack Dewar, FEU-CentralUnit and OBCP

一、零件開箱與清點

零件於 7/4 日運抵日本三菱電機公司，由我方人員開箱清點品項量後，再檢視各零件外觀，以查驗運送過程中是否有零件鬆脫或損壞。

二、零件復裝至測試架並執行功能測試

零件開箱清點無誤並完成外觀檢視後，立即執行零件的復裝工作。首先將濾鏡舉昇架等機械結構復裝於測試架上，後再由儀電人員執行配電及控制系統線路安裝，接著執行六片濾鏡的裝填程序。在完成零件大體復裝與細部調教後，隨即進行濾鏡送片；濾鏡咬合與釋放；濾鏡換片與舉昇架收放等各項功能測試，測試結果發現運送的過程對濾鏡轉換系統的各項功能並未造成影響。

三、拆下中央單元組件與鏡頭組件執行配裝

在測試架上我們使用模擬的鏡頭框架來執行濾鏡咬合測試，現在必須將中央單元相關組件，包含錐形耦合器母件(Female Conic Coupling)、舉昇馬達、舉昇架與軌道從測試架拆下裝

到日本國家天文台負責的真實鏡頭組件上(圖 二十一)。完成機械結構配裝後再進行各項感測器的安裝與控制儀電佈線。



圖 二十一、中央單元組件與鏡頭組件執行配裝

四、中央單元軌道校正調校

完成中央單元與鏡頭的配裝後，因為零件的製造公差與組裝公差的影響，我們必須重新執行中央單元軌道調校、濾鏡咬合位置調校與濾鏡舉昇馬達位置復歸原點設定等程序(詳如下表)，調校完成後隨即執行 5 次以上之濾鏡咬合功能驗證。

步驟	中央單元軌道調校步驟與狀況說明	量測參數	馬達 1	馬達 2	馬達 3	馬達 4
1	取下滾珠螺桿軸端連接座上的螺桿，並持續驅動馬達收回滾珠螺桿，直至與舉昇架上方平台之距離大於 15mm 為止。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	以手鎖緊軌道固定螺絲與舉昇架吊耳之固定螺絲，鎖緊後需再旋鬆退 0.5-1.0 牙。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	壓下開關收回濾鏡電磁卡銷。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	放入 SH 濾鏡並致動電磁卡銷固定濾鏡。 註：放入濾鏡時須留意濾鏡上之定位圓銷孔須與 Dewar 上之定位銷在同一側。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	以對角同步鎖緊吊桿抬高舉昇架方式來咬合 Coupling(可用手搖動濾鏡的方式來判斷 Coupling 是否穩固咬合)，咬合時需留意定位銷是否頂到。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	量測舉昇架上方平台至快門頂蓋之距離 (L1)，調整 4 吊桿之鬆緊度以使得 L1 值之差異在 0.15mm 以內，調整後須再確認 Coupling 仍然穩固咬合。	L1	2.571"	2.572"	2.571"	2.57"
7	計算 L1 之平均值 L1a。	L1a	2.571"			
8	計算 L2 之值 $L2=L1a-0.3$ 註：0.3mm 為使用手動吊點與馬達吊點咬合 Coupling 時，舉昇架在 L1 量測位置的變形量差異。	L2	2.544"			
9	量測舉昇架外框至濾鏡的距離(D)，並以 M10 螺桿調整舉昇架之左右位置使得 D 值之偏差在 0.05mm 以內。	D	20.14mm	20.15mm	20.14mm	20.1mm
10	鎖緊軌道固定螺絲。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

11	以手旋鬆吊桿方式放下舉昇架，完成後取下手動舉昇機構。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	驅動馬達降下滾珠螺桿，直至滾珠螺桿軸端之連接座與舉昇架上方平台貼合為止。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	連結馬達滾珠螺桿與舉昇架。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	量測舉昇架上方平台至快門頂蓋之距離(L3)。	L3	2.08"	2.084"	2.081"	2.073"
15	計算 L3 之平均值 L3a。	L3a	2.0795"			
16	計算馬達行程： $S1 = L2 - L3 a$ ，並將行程設定於控制系統中。	S1	11.8mm			
17	驅動馬達以 S1 行程上升舉昇架，完成後量測舉昇架上方平台至快門頂蓋之距離 L4。 註：須以人為輔助方式觸發尚未安裝的下死點近接開關，以解除程式的限制。	L4	2.559"	2.559"	2.56"	2.557"
18	用手搖動濾鏡以判斷 Coupling 是否穩固咬合，如仍會鬆動則依據 L4 值之差異個別驅動馬達以調整滾珠螺桿長度直至 Coupling 穩固咬合為止。量測此時之 L4 值後並計算 L4 之平均值 L4a。	L4a	2.5588"			
19	再次計算馬達行程： $S2 = L4 a - L3a$ ，並將行程設定於控制系統中。	S2	12.174mm			
20	驅動馬達以 S2 行程下降舉昇架，並留意馬達是否出現過載訊號，如無過載則執行步驟 22。 註：須以人為輔助方式觸發尚未安裝的上死點極限開關，以解除程式的限制。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
21	如出現過載則重覆執行步驟 14-20，直至滿足 Coupling 上升時穩固咬合；下降時不會出現過載訊號為止。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
22	執行 3 次以上濾鏡上升與下降之重復性測試。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
23	驅動馬達降下濾鏡(如濾鏡已在下方則可免執行)。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
24	安裝馬達行程下死點近接感知器(編號 5、6)，以千分片(Filler Gage)設定感知器與快門頂蓋間之距離為 $0.8 \pm 0.1\text{mm}$ 。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
25	驅動馬達上升濾鏡，隨後安裝馬達行程上死點極限開關(編號 1、2、3、4)，並以特製工具設定開關本體前緣與舉昇架吊耳間之距離為 $13.5 \pm 0.1\text{mm}$ (詳如附圖)。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

26	降下濾鏡，隨後關斷電源再重開電，將馬達在下死點位置的數據歸零；或記錄此時控制面板上所顯示的馬達位置數據 L0，控制面板顯示數據的單位是 μm 。	L0				
27	以控制面板上的 Home 指令驅動馬達上升濾鏡，並分別記錄控制面板上馬達觸發極限開關時所顯示的馬達位置數據 L5。	L5				
28	以控制面板上的 Jog All DN 指令驅動馬達下降濾鏡約 1mm，再以 Home 指令上升濾鏡，記錄此時馬達位置數據 L5'。	L5'				
29	重覆執行步驟 27-28 直至 L5 與 L5' 的差異小於 $1\ \mu\text{m}$ 為止。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
30	計算馬達復歸咬合位置所需之行程 $L6=S2-(L5'-L0)$ 。	L6				
31	依據步驟 30 之 L6 值驅動馬達至咬合位置，隨後再以 S2 行程降下濾鏡。	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

五、吊裝濾鏡升降機並安裝於相機本體基座上

將濾鏡舉昇架收回至垂直的位置，然後使用垂直吊架依序將 OPT 側與 IR 側濾鏡舉昇架吊裝至三菱電機公司負責的相機本體基座上。原先的設計是使用水平吊架執行吊裝，但在吊裝的過程中發現水平吊架會與相機本體上之六軸平台致動器干涉，因此才改使用垂直吊架。此次安裝也是本院設計之濾鏡升降機與日方相機本體實體首次界面組合安裝(圖 二十二)。



圖 二十二、升降機首次與相機本體組合完成後工作人員合影

六、濾鏡轉換系統軌道校正調校

在濾鏡舉昇架與相機本體基座結合的法蘭上，我們利用填隙墊片來調整濾鏡舉昇架與相機內部的中央單元兩者間的相對位置，以對正兩者之軌道。讓牽引車可以順利從濾鏡升降機

輸送濾鏡經過相機本體基座，最後到達鏡頭位置執行濾鏡抽換。爲了調整兩者相對位置，我方人員使用經緯儀(圖 二十三)來確認兩者之間的位置的差異，讀取經緯儀數據後再於兩者界面放入適當墊片(圖 二十四)，如此重複測試確認墊片厚度，當墊片厚度確認後即將墊片更換爲永久型墊片，以確保日後維修的方便性。墊片安裝完成後，我方人員則實際利用牽引車輸送濾鏡於軌道上行走確認濾鏡輸送時無任何干涉且可穩定的行走即可。

原先規劃的調校原則是假設相機本體基座與內部的中央單元間有足夠的定位精度，使得在安裝時僅須調整濾鏡舉昇架的位置與角度來對正中央單元即可。但在試裝時發現相機本體基座與內部的中央單元間左右偏差約 0.75° ；上下偏差約 1.5mm ，超出使用填隙墊片可調整的範圍。經與日方人員討論後，由三菱電機人員先調整中央單元在相機本體內部的組裝方位與高度後，再由我方人員執行濾鏡轉換系統軌道對正調校程序。



圖 二十三、我方人員使用經緯儀調較情況



圖 二十四、填隙墊片調整

七、濾鏡轉換系統吊裝重覆性精度測試

因為最後望遠鏡是要安裝在夏威夷的山上，所以所有的零件都必須再分解包裝後運送至夏威夷重新組裝。為了解拆裝作業是否會影響到已經完成之軌道對正調校結果，我們重覆執行了兩次濾鏡轉換系統的拆裝，並確認重覆拆裝對軌道對正精度的影響是在可接受的範圍內。

八、濾鏡轉換系統功能測試

完成軌道對正調校後，隨即配合實際望遠鏡運作模式執行多次濾鏡抽換、濾鏡咬合與昇降機收回及伸展等各項功能測試。過程中並配合日方組件與控制邏輯運作方式，執行了部分控制程式調整與儀電線路的修改。

九、拆下濾鏡舉昇架並取出濾鏡後分別裝箱

完成我方負責之工作項目與測試科目後，須再使用垂直吊掛將濾鏡舉昇架從相機本體基

座上拆下，暫時置放於測試架上後取出濾鏡，最後再將濾鏡與濾鏡舉昇架分別打包裝箱。

十、拆下中央單元復裝至測試架並再執行軌道調校程序

從相機鏡頭組件上拆下中央單元組件，並將其安裝在測試架上。因為拆裝的過程會影響軌道對正，所以必須再重新執行使中央單元軌道調校。

十一、中央單元裝箱，工具整理與裝箱

最後再將測試架(含中央單元)與工具吊架分別打包裝箱，準備運回日本國家天文台。到此已完成此次差旅所有工作項目。

參、心得

本案所採用的濾鏡轉換機構的設計為全世界大型天文台首次採用，所運用的觀念相當先進，採用的技術門檻亦相當高，研發的過程中數度遭遇瓶頸，但在參與同仁齊心努力下終於完成系統的開發。本次赴日公差主要完成以下任務：

1. 排除自 5 月份系統交運後，日方使用期間所反應的問題與疑難。
2. 增設並換裝部份軟硬體，提高了系統操作之安全性與穩定性。
3. 增設濾鏡咬合機構發生故障時，以遠端遙控方式復原之程序與機制。
4. 與相機鏡頭、快門及相機本體機座執行配裝與整合測試，釐清了各分系統間機械、儀電與控制介面問題。
5. 執行軌道對正調校。
6. 執行濾鏡轉換機構吊裝重複性測試，確認吊裝作業不會影響軌道調校結果。

藉由此次整合配裝與測試，驗證了我方負責之零組件的功能符合設計規格需求，也確認與其它分系統間之溝通、整合與運作沒有問題，有利於後續在夏威夷組裝工作之執行。

我方參與同仁在此次本次整合測試中見識到日方(三菱電機公司)工作態度的嚴謹度，例如每日工作前任務提示與分工；每日下班前當日工作檢討與明日工作規劃；嚴格的工作場所紀律要求(全程穿著工作服、不可照相攝影、不可攜帶食物飲料進入與人員進管制等)；人性化管理(每日上午 10 時與下午 3 時強制員工休息 10 分鐘)；工安要求的落實(全程穿著工安皮鞋、戴安全帽、操作危險機具與高處作業前召集參與人員告知可能發生的危險與如何避免的正確作業方式)等等。三菱電機公司大門口顯示著連續 325 個工作日全廠零工安事故之紀錄，確實得來不易，實值得我們參考與學習。

肆、 建議事項

1. 此次在日本三菱電機公司所執行之整合配裝，本院研發之濾鏡轉換機構通過各項嚴格測試，驗證本院在天文觀測機構設計之能力。藉由本次與國外合作機會，學習到日本在高精密機電整合機構設計之關鍵技術，提升本院精密機械設計能量，建議本院持續與中研院合作參與後續國際合作計畫。
2. 本案為國際合作案，供應零件來自不同國家，介面整合技術相當重要，日本國家天文台雖為研究機構，但介面整合能力及管理方式相當優異，此次與該機構合作學習到相關機構介面整合技術，可應用未來其它計畫界面管制，提升產品品質及計畫控管，建議本院持續與中研院合作參與後續日本國家天文台開發新設備計畫。