

目 次

壹. 目的.....	2
貳. 過程.....	3
1.0 天線結構本體拆卸.....	3
1.1 結構本體拆卸程序.....	3
1.2 碟盤結構拆卸過程.....	4
1.2.1 碟盤拆離結構本體.....	4
1.2.2 碟盤精密反射板拆卸.....	11
1.2.3 碟盤第二反射鏡支撐結構拆卸.....	15
1.2.4 碟盤支撐結構(Backup Structure)拆卸	25
2.0 電力與控制系統協助拆卸.....	46
3.0 結構本體拆卸.....	52
4.0 零件包裝與裝入貨櫃.....	59
參、心得.....	68
肆、建議事項.....	69

大型毫米波暨次毫米波陣列計畫之技術合作委託案出國報告

壹. 目的

本次赴美國國家天文台位於新墨西哥州長基線陣列基地(Very Large Array)，協助中研院執行天線拆卸，並收集相關後續天線結構組裝及天線控制與電力系統佈線相關資料，以利後續天線重新安裝於格陵蘭。本院此次派遣 4 位工程人員，一位機電整合，兩位電控工程師及一位機械技術員，赴美協助執行拆卸工程，整體天線拆卸中研院委由美國 Mechantech 公司負責執行天線結構本體拆卸(參閱圖 1)，拆卸程序與步驟主要由中研院與德國 Vertex 公司負責規劃，本院提供部分拆裝程序建議及現地拆卸問題協助解決。



圖 1.天線拆卸前工程人員合照，著深色工作服為中研院與中科院工作人員，左側三員為 Mechantech 公司工作人員

貳. 過程

中研院取得之 ALMA 計畫原型天線為 Vertex 在美國公司負責設計及製作，原設計工作溫度在 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ，未來在格陵蘭工作環境為 -55°C ，存活環境需耐 -73°C ，因此相關零件須作修改及更換為耐低溫環境，因此需將天線拆卸送至原廠或其它廠商做修改，再運至維吉尼亞州美軍諾福克港，交由美國海軍運送至格陵蘭圖雷港執行重新組裝及基本功能測試後再運至離圖雷港距離 700 英里之觀測基地安裝。此次主要工作是執行天線拆卸，有關整體天線拆卸程序及現地拆卸過程將敘述於後續章節。

工作人員參與拆卸執行，配合中研院時程每週工作 6 天，在團隊努力合作下，使工作進度提前兩週完成，並達成預期目標收集相關拆裝資料提前返國，有助於未來協助中研院天文所執行天線復裝工作。

1.0 天線結構本體拆卸

天線拆卸主要分成結構本體、碟盤及電力與控制系統，本章節主要說明結構本體拆卸過程。

1.1 結構本體拆卸程序

拆裝程序由原廠德國 Vertex 公司負責提供程序，中研院天文所負責轉換為執行細部程序，中科院以後勤整體支援經驗提供執行拆卸過程中及後續組裝準備事項建議。德國 Vertex 公司及中研院拆裝計畫書考量智慧財產權不附在本文。拆卸時可重新使用及預備汰除零件分別編列清單，執行拆卸時則方法不同，拆卸後分區儲存，主要零件如下：

1. 碟盤支撐結構（分成 24 個區塊）背部包覆板，防雷擊系統，第二反射鏡控制盒（安裝於外側蓋板）。外側蓋板（Cladding）數量每一支撐結構區塊 3 片共 72 片。
2. 精密反射板 264 片，每片反射板 5 支垂直方向調整器共 1320 支，及 3 支水平方向調整器共 792 支。
3. 支撐電二反射鏡 4 支腳架及中心轂、第二反射鏡及位置控制機構，腳架有 3 個位置，每個位置兩個孔位，固定於 BUS，每個接點兩側各 1 個共 48 個薄墊片(Washer)。
4. 碟盤支撐結構(Backup Structure BUS) 24 個複材鋁蜂巢結構及 448 個厚墊片(Shim)。
5. 特殊鋼材錐體(Invar Steel Cone)，承載碟盤固定於儀器控制艙之介面結構。
6. 儀器控制艙(Cabin)、俯仰驅動機構，行星方向驅動機構，及支撐 Cabin 兩側叉狀結構。
7. 行星與俯仰驅動系統與控制伺服系統。
8. 叉狀結構底部橫向結構。

9. 電器設施。
10. 機械設試。
11. 天線後側兩層平台。
12. 天線與地面固定錐形基座

上述為本次拆卸主要大項，其它細項將依拆卸現況紀錄零件項目及名稱。

1.2 碟盤結構拆卸過程

天線拆卸需將天線設定於俯仰角為 90° 並使用電動固定銷子鎖定天線，接著關斷所有儀器供應電源，切斷內部所有供應電源，關斷外部供應電源，並拔掉供應電源線，以確定電力系統完全關斷，避免拆卸時發生電擊事件。

1.2.1 碟盤拆離結構本體

碟盤位於天線最頂端，整體天線拆卸需先執行碟盤拆卸，碟盤為天線結構件最精密零件，因此拆卸時需依照程序執行，以免傷到碟盤複材支撐結構或精密鋁質反射板，碟盤拆卸主要由中科院協助執行，首先由中科院執行碟盤外側兩具電力及控制訊號連接盒，再執行碟盤外側蓋板拆卸，外側蓋板拆卸後才可進行，碟盤與結構本體接合結構(Invar Cone)，碟盤初始拆卸工作均需人員操作高空作業車，中科院人員操作前均接受美方基地安全人員，基本訓練取得操作許可。碟盤拆離天線本體首先要拆除外側蓋板，才可拆除碟盤支撐結構與天線本體結合介面之錐形結構，錐型結構為降低熱膨脹冷縮影響，使用熱膨脹係數接近零之特殊鋼材(鎳鐵合金鋼 Invar Steel)，外側蓋板因目前構型未來無法在格陵蘭使用，同時當初設計時使用海綿已有腐化現象，因此無法順利整片移除，經討論後決定使用電鋸切開再移除之破壞式拆除，外側蓋板拆除由中科院人員負責執行過程參閱圖 2 -圖 5。



圖 2 中科院工作人員使用人員升降機執行碟盤控制系統電力與訊號電氣盒拆卸



圖 3 中科院工作人員使用人員升降機執行碟盤外側蓋板拆卸



圖 4 執行碟盤外側蓋板拆卸高空作業工作人員全程著安全裝備及防粉塵口罩



圖 5 碟盤外側蓋板 24 片拆卸完成準備下階段碟盤與本體結構拆離

在外蓋板拆除後可以進手拆除碟盤支撐結構與結合介面(Invar Cone)之固定螺栓與可調式螺桿(Turnbuckle)，固定螺栓須由天線外側拆卸，因此未來組裝時需考量在格陵蘭執行高空作業，可調式螺桿須由結構本體儀器艙內部拆卸。碟盤結構拆除包括反射板及相關支撐架重約 10 噸，整個碟盤拆除規劃在碟盤拆離本體結構後進行，原計劃僅將碟盤放置於水泥地上進行拆卸，後經評估安全性與 Vertex 公司建議，將 Invar Cone 固定於地面上再將碟盤安置於 Invar Cone 上執行後續拆卸較安全，碟盤拆離本體及安置於 Invar Cone 過程參閱圖 6 至圖 10。

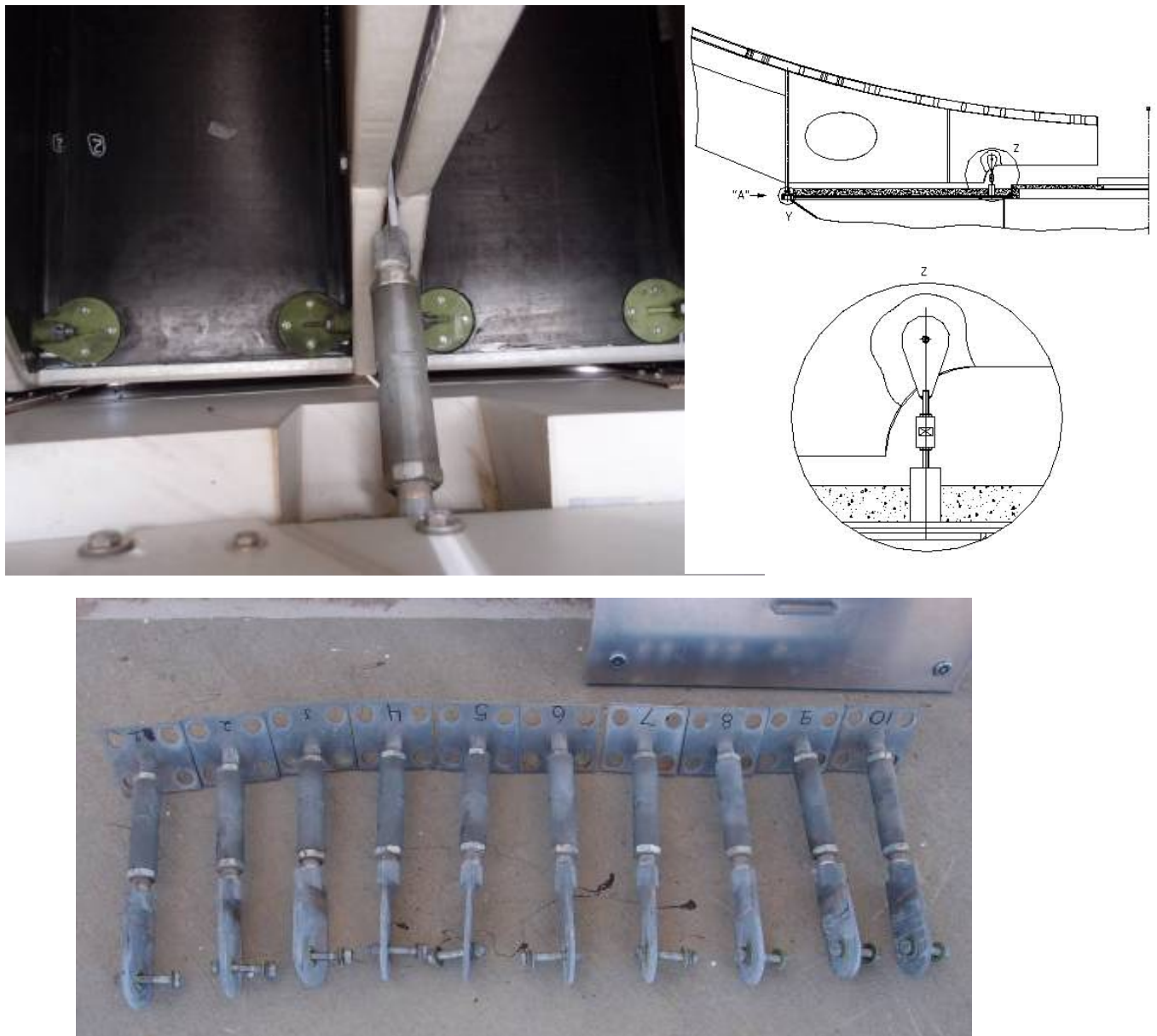


圖 6 可調式螺桿(Turnbuckle)共 10 支需由儀器艙內部拆卸

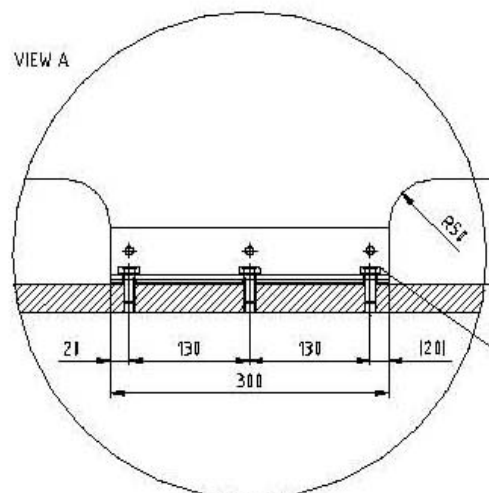


圖 7 固定每個支撐結構區段(碟盤由 24 個區段組成)螺栓



圖 8 由外側高空作業拆卸固定每個支撐結構區段(碟盤由 24 個區段組成)螺栓



圖 9 中科院人員與 Mechantech 人員合作拆卸碟盤前移除最後外側固定螺栓



圖 10 碟盤吊離結構本體



圖 11 碟盤暫時先安置於地面，工作人員討論安全程序完後準備下一階段工作



圖 12 碟盤安置於鎳鐵合金鋼材圓錐體(Invar Cone)準備下一階段拆卸工作

1.2.2 碟盤精密反射板拆卸

碟盤與天線本體拆離後，依拆裝程序先拆 256 片精密反射盤，再拆卸支撐第二反射鏡之支撐架，最後再拆卸 24 個複材區塊組成之碟盤支撐結構(Backup Structure, BUS)，此項工作由中科院與中研院人員在 Vertex 工程人員指導下執行拆卸，Mechantech 人員協助吊具之操作。碟盤拆卸過程參閱圖 13 – 圖 19。

碟盤安裝時由 5 支垂直方向可調整螺桿固定，此螺桿一端固定於反射板，再由螺帽固定於 BUS 之孔位，另外水平方向調整由 3 支調整螺桿組成，此螺桿固定於 BUS，拆卸精密反射板時，垂直方向螺桿會一併拆出，因此拆卸第一排時因無進手空間很難拆，又需考量不能損傷反射板(Panel)，拆卸時工作人員不可站立於反射板，BUS 結構表漆上保護漆非常光滑，因此拆卸時工作人員很難站立，幸好水平方向調整螺桿固定於 BUS 結構上，可以作為防滑阻擋再鋪上軟墊解決無法站立問題。

精密反射板拆卸後須馬上拆卸調整螺桿，再做儲存保護等待包裝於紙箱及裝入運送木箱，反射板包裝時使用保護紙覆蓋反射面，以防止鋁板與保護海綿直接接觸產生化學變化，造成海綿附著在鋁板上無法清除。反射板拆卸過程參閱圖 13 至圖 19。

為使碟盤將來組裝時較順利，在拆卸時將每一個精密反射板拆卸時之相對位置編號及標示位置，編號方式如下: 2-8R-0834

2: BUS 第 2 區塊、8R:第 8 圈反射板右側、0834: 反射板序號

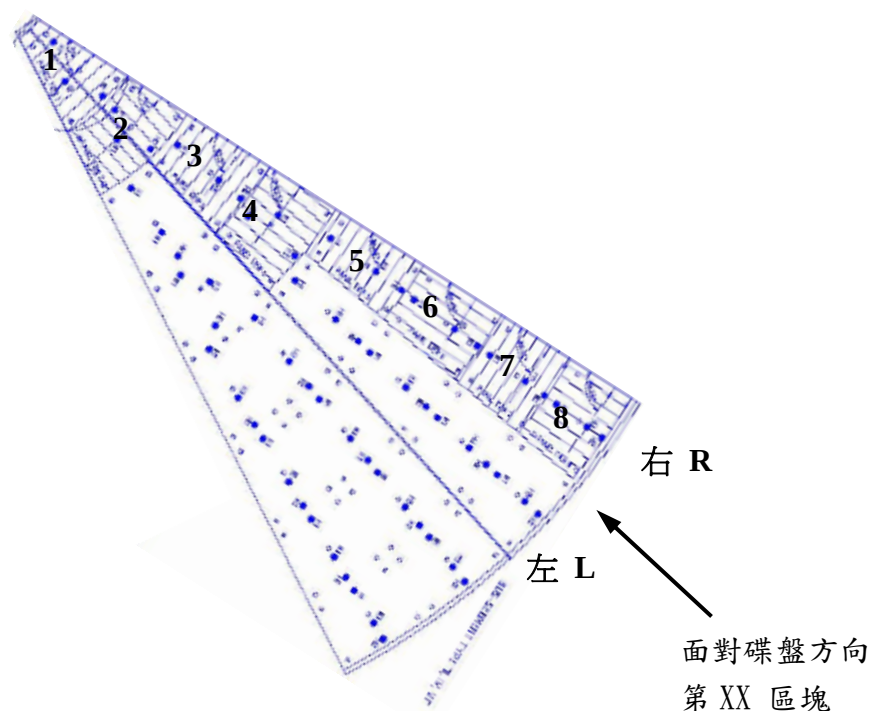




圖 13 Vertex 工程人員指導拆卸碟盤調整螺桿及說明設計原理與調整方法



圖 14 碟盤精密反射板拆卸需三個人合作，一個人先在碟盤背面，將固定於支撐結構之垂直方向調整螺栓之螺帽移除才能移除精密反射板



圖 15 碟盤精密反射板拆卸需三個人合作，另外兩個人在碟盤正面將反射板小心往上提，拆卸時不可碰撞鄰近反射板，也不可接觸精密加工反射面，僅可握住背面固定機構



圖 16 第一片精密反射板在 Vertex 工程人員指導下完成拆卸工作，搬移至包裝區



圖 17 碟盤精密反射板拆卸後先作拍攝存證紀錄序號及組裝位置，作為未來重新安裝之參考資料，5 支垂直方向調整螺桿須移除後，才能進行後續包裝



圖 18 碟盤精密反射板拆卸後先暫存於貨櫃等待後續包裝

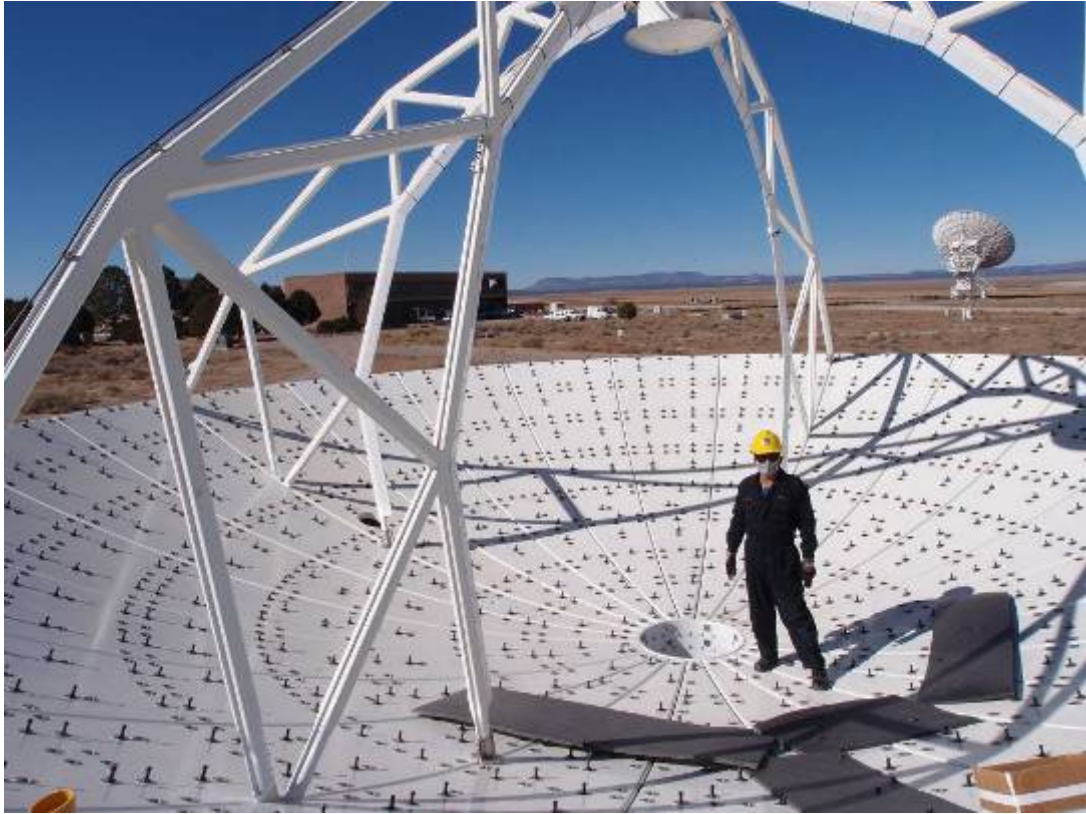


圖 19 中科院工作人員將碟盤精密反射板 264 片全部拆卸完成

1.2.3 碟盤第二反射鏡支撐結構拆卸

第二反射鏡支撐結構由 4 支複材腳架(Quadripod Legs)組合而成，拆卸時須先將反射鏡及六軸調整位置機構移除才能拆卸，拆卸時使用綁帶固定，綁帶位置相當重要，若位置錯誤會損傷腳架，因腳架設計時複材纖維大部分考量為軸向力，因此側向力在拆卸時需避免側向力，未來組裝時也需要注意相關施力位置，支撐架拆卸後進行檢查時發現有數處損傷，依損傷程度初步研判，若採用修護方式，未來使用環境及性能可能會有問題，是否要重新製作仍待確認。相關拆卸及檢查結果參閱圖 20 至圖 35。

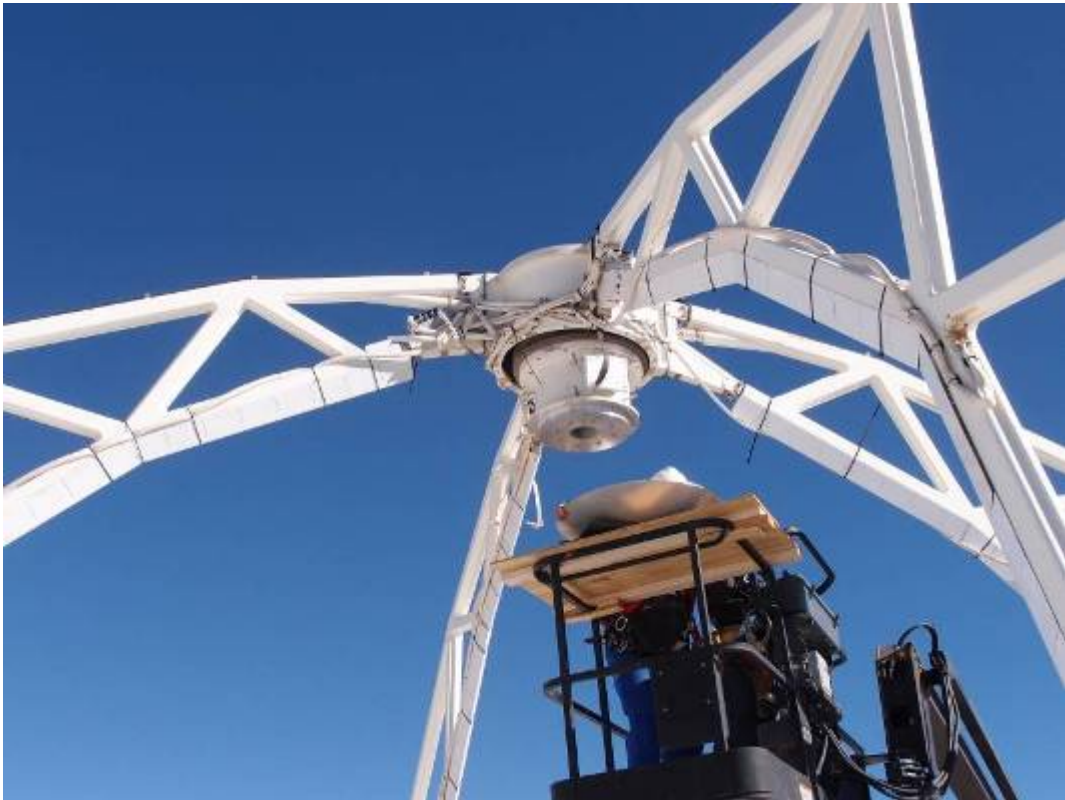


圖 20 拆卸第二反射鏡系統首先移去與轉接機構接合之反射鏡面

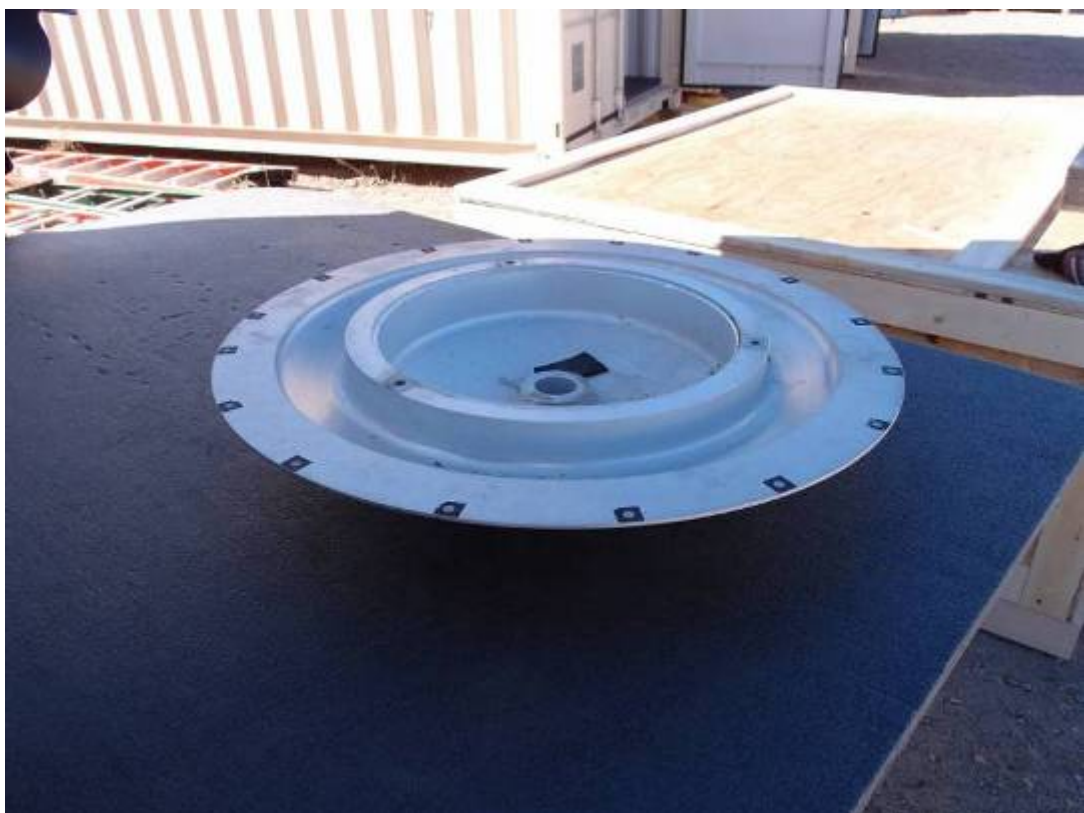


圖 21 反射鏡面背面結構



圖 22 調整反射鏡面位置之六軸可調整機構



圖 23 第二反射鏡系統移除後之支撐結構準備進行拆卸



圖 25 另外有三處固定於支撐結構區塊接合處，須先由支撐結構下方，移去固定腳架螺栓，並放鬆固定腳架區塊之接合處螺栓，使腳架可以移動



圖 26 放鬆固定腳架區塊接合處之螺栓，在靠近中心位置為封閉結構，人員需由設計開口處鑽入才可拆除螺栓



圖 27 工作人員使用高空作業車安裝 4 條吊帶於可以承受拉力及靠近重心位置，準備吊離支撐腳架



圖 28 吊離支撐腳架時需有 4 人照料支撐腳架 4 支腳，保持水平及防止移動時撞擊支撐結構造成損傷，另外需有人指揮吊車及控制支撐腳架移動方向



圖 29 吊離支撐腳架後將 4 支腳架逐支拆卸，以對稱方式拆卸使支撐腳架仍能保持平衡，拆卸第一支腳架需注意平衡



圖 30 以對稱方式拆卸第二支腳，使剩餘兩支撐腳架仍能保持平衡



圖 31 剩餘兩支撐腳架仍能保持平衡



圖 32 剩餘兩支撐腳架拆卸方式採用放平方式，將兩支腳及中心圓殼平放於木箱上，再進行拆卸



圖 33 拆卸中心圓轂與固定腳架接合螺栓

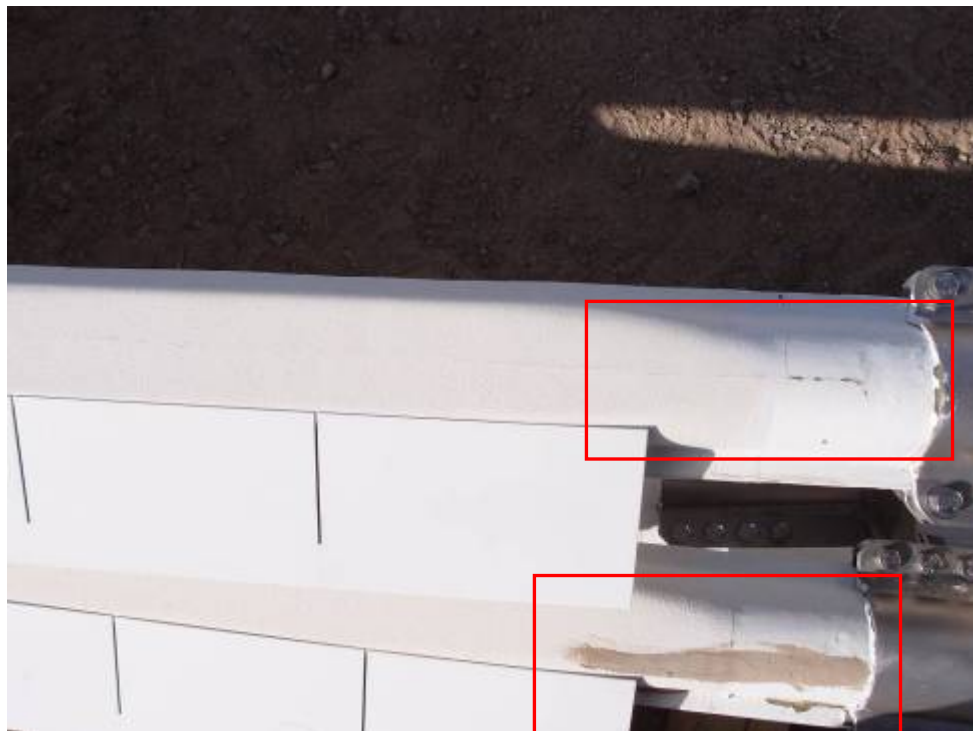


圖 34 檢查腳架發現有兩支腳有嚴重損傷



圖 35 檢查腳架發現有兩支腳有嚴重損傷，一支腳裂縫長約 50 公分



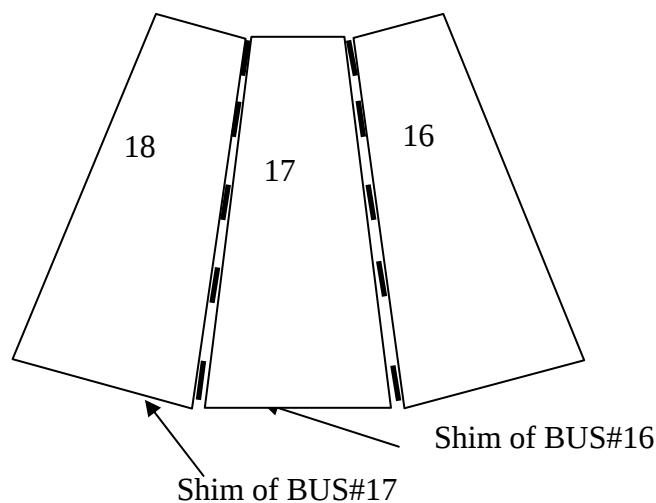
圖 36 檢查腳架發現有兩支腳有嚴重損傷，另一支腳為破洞

1.2.4 碟盤支撐結構(Backup Structure)拆卸

碟盤支撐結構主要功能是支撐主反射板及第二反射鏡次組合件，由 24 個鋁蜂巢複材結構區塊(Segment)組合成(參閱圖 37)，拆卸時需將架設於支撐結構上之附屬機構與零件移去，再逐一移除每一個區塊，拆除工作最困難為移除第一片，因無任何進手空間，每一個區塊幾乎緊密結合在一起，重量為 275Kg。移動時需使用吊車逐一吊離，拆卸順序仍需考量平衡需求，因一個圓盤有缺角會造成不平衡，因此除考量平衡外需要而外固定器材來固定，使拆卸過程中能儘量保持重量平衡。

碟盤區塊間使用螺栓固定，兩個區塊間為保持一定間距，使碟盤支撐結構圓形儘量接近設計規格，使用不同尺寸墊片，墊片厚度及數量由 Vertex 公司提供組裝時使用厚度資料，為確認墊片厚度，因此需要將每一區塊使用之墊片逐一清點，因此在拆卸時需將每一格墊片位置標示清楚，但在實際拆卸時並無法確認每一個墊片位置，僅能確認是屬於那一個區塊之墊片，後續在實際量測厚度比對 Vertex 提供的資料是否正確，因未來重新組裝時需將墊片依設計位置重新裝回。拆卸程序及檢查結果參閱圖 37 至圖 46。

墊片(Shim) 位置判定如下:由 BUS 內側(細小端)向外看，右側為此 BUS 之 Shim。



拆卸前先將 BUS 分成 4 區每一區為 6 個區塊(BUS Segment 編號由 1 至 24)，為配合平衡每一區將選一個區塊使用綁帶固定，如編號#6、#12、#18、#24，拆卸時可以由#1(#鄰近#24)開始拆，依序將#1、#2、#3、#4、#5 拆下留下#6，再依序拆#7、#8、#9、#10、#11 拆下留下#12，再依序拆#13、#14、#15、#16、#17 拆下留下#18，再拆卸#19、#20、#21、#22、#23 拆下留下#24，在拆卸最後 #24、#6、#12、#18。



圖 37 為考量平衡使用綁帶先固定 4 個區域之 4 個區塊(Segment)

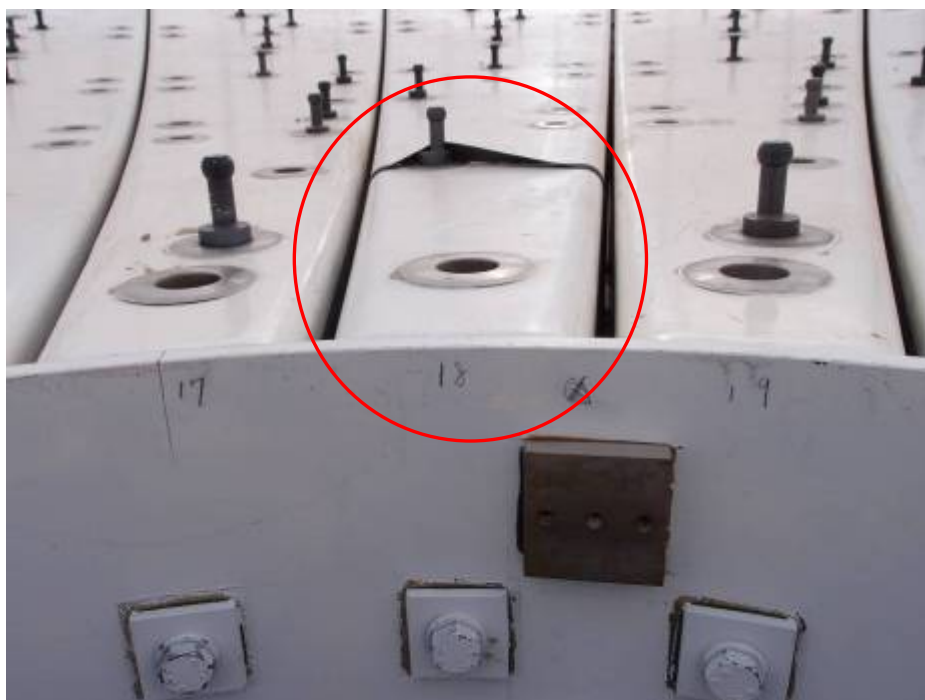


圖 38 為考量平衡使用綁帶先固定 4 個區域之 4 個區塊(Segment) #18



圖 39 Vertex 工程師示範每個區塊固定螺桿移除時機及方式，移除時須由內部往外拆，由下往上，因此未來組裝時需由外往內固定，以免內部結構受力太大



圖 40 Vertex 工程師示範第一個區塊拆卸，螺栓移除大部分留下外側及內側各 4 支，放鬆不可移除，然後鬆動區塊準備使用吊帶吊離



圖 41 Vertex 工程師示範第一個區塊拆卸，安裝吊帶準備吊離



圖 42 吊帶安裝妥當並確認吊在重心位置，使用吊出開始吊離，吊離時需一組人於下方扶持避免撞及鄰近 BUS



圖 43 第 1 塊 BUS Segment 移出碟盤結構



圖 44 第 1 個 BUS Segment 使用臨時托架，準備移入臨時儲存區



圖 45 第 2 個 BUS Segment 移出



圖 46 第 3 個 BUS Segment 移出



圖 47 第 4 個 BUS Segment 移出



圖 48 第 6 個 BUS Segment 移出

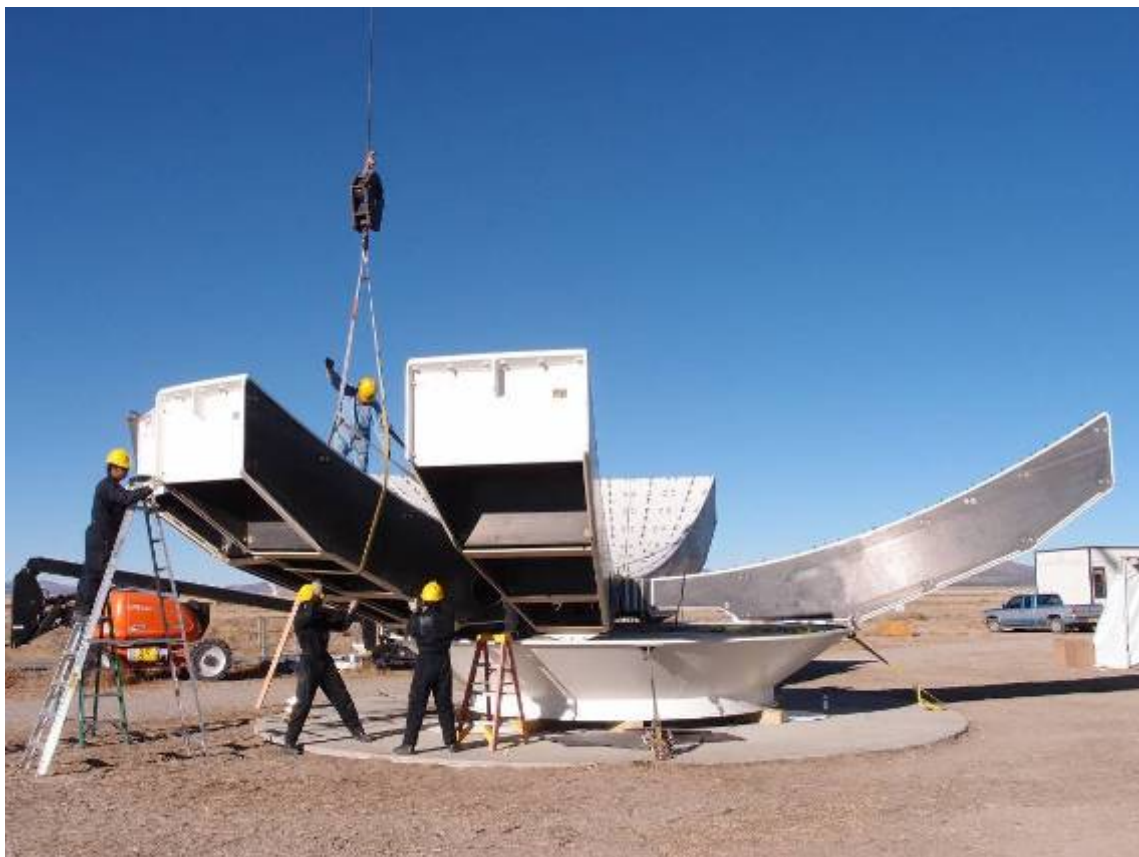


圖 49 第 7 個 BUS Segment 移出



圖 50 完成 3 個區域 BUS Segment 移出，共 15 個區塊餘 9 個待移除



圖 51 第 16 個 BUS Segment 移出



圖 52 拆卸最後 4 個保持平衡之 BUS Segment



圖 53 拆卸最後 3 個 BUS Segment，因不對稱因此無法保持平衡，其餘未拆卸之區塊需使用綁帶固定，以防止傾倒



圖 54 拆卸最後 2 個 BUS Segment，因不對稱因此無法保持平衡，其餘未拆卸之區塊需使用綁帶固定，以防止傾倒



圖 55 拆卸最後 1 個 BUS Segment，因不對稱因此無法保持平衡，需使用綁帶固定，最後一個拆卸前要先拆中心轂



圖 56 中心轂拆卸完成，搬運至臨時儲存區



圖 57 拆卸最後 1 個 BUS Segment



圖 58 拆卸後 BUS Segment 移入臨時搭建帳篷準備檢查及裝入貨櫃



圖 59 拆卸後 BUS Segment 移入臨時搭建帳篷執行檢查，Vertex 工程師與我方工作人員共同檢查



圖 60 研討檢查後 BUS Segment 缺陷如何記錄及缺陷判定



圖 61 BUS Segment 發現裂縫缺陷



圖 62 固定反射板水平調整螺桿之基座膠合不完整，會造成水氣進入複材結構



圖 63 固定反射板垂直調整螺桿之基座附近有裂縫，強度減弱及造成水氣進入複材結構



圖 64 BUS 結構損傷，強度減弱及造成水氣進入複材結構



圖 65 BUS 固定螺栓孔附近複材結構脫層，強度減弱及造成水氣進入複材結構



圖 66 BUS 複材結構脫漆及結構表面損傷，強度減弱及造成水氣進入複材結構



圖 67 每一個 40 呎貨櫃裝載 4 個 BUS 內側裝 2 個平放



圖 68 每一個 40 呎貨櫃裝載 4 個 BUS 外側裝 2 個一平放，另一高架裝載



圖 69 BUS Segment 先裝在低固定木架再移入貨櫃



圖 70 BUS Segment 裝在高固定木架準備移入貨櫃



圖 71 BUS Segment 裝在固定木架移入貨櫃定位後，確認安裝位置以免產生干涉
無法裝載其它 BUS Segment



圖 72 BUS Segment 裝在固定木架移入貨櫃定位後，需使用木塊固定前後及左右，
確保運送中不會前後左右移動



圖 73 BUS Segment 裝在固定於高木架移入貨櫃定位後，需使用木塊固定前後及左右，確保運送中不會前後左右移動



圖 74 BUS Segment 裝在固定木架定位及使用木塊固定後，再使用綁帶緊固，確保運輸時不會晃動而造成損傷



圖 75 BUS Segment 裝於貨櫃內側使用綁帶緊固，確保運輸時不會晃動而造成損傷



圖 76 BUS Segment 裝於貨櫃外側使用綁帶緊固，確保運輸時不會晃動而造成損傷

2.0 電力與控制系統協助拆卸

天線電力系統主要為電力供應系統、變頻器、不斷電系統及雷擊保護裝置等，控制系統主要為指向系統、空調系統及伺服系統，拆卸時依設備是否再使用執行拆卸方式，不再使用零件及線束，拆卸時線束採用剪斷模式，零件則儘量以不破壞模式，若無法順利拆卸則採用破壞模式。重複使用零件之電氣箱及線束均保留原功能小心移除，線束也儘量做標示並與原設計圖比對做紀錄，在檢查原設計圖時發現有些構型與設計圖略有不同，Vertex 提供之資料是否完整與版別需再進一步確認，以利未來重新組裝時獲得正確組裝資料，避免將來無法執行組裝，拆卸過程參閱圖 77 至圖 87。



圖 77 拆卸驅動系統與第二反射鏡系統之電力分配系統電氣箱與相關線束拆卸



圖 78 拆卸電力分配系統相關線束拆卸

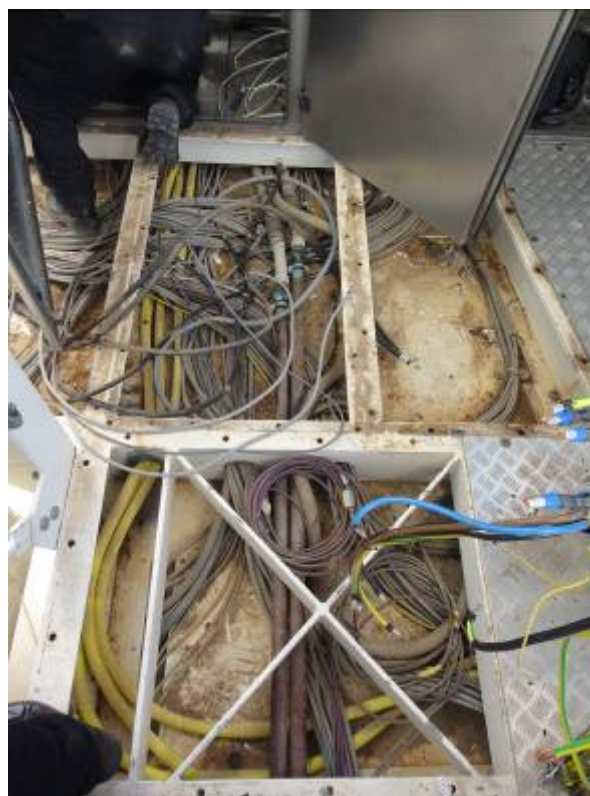


圖 79 平台地板下電力分配系統相關線束及空調系統冷凍劑管路

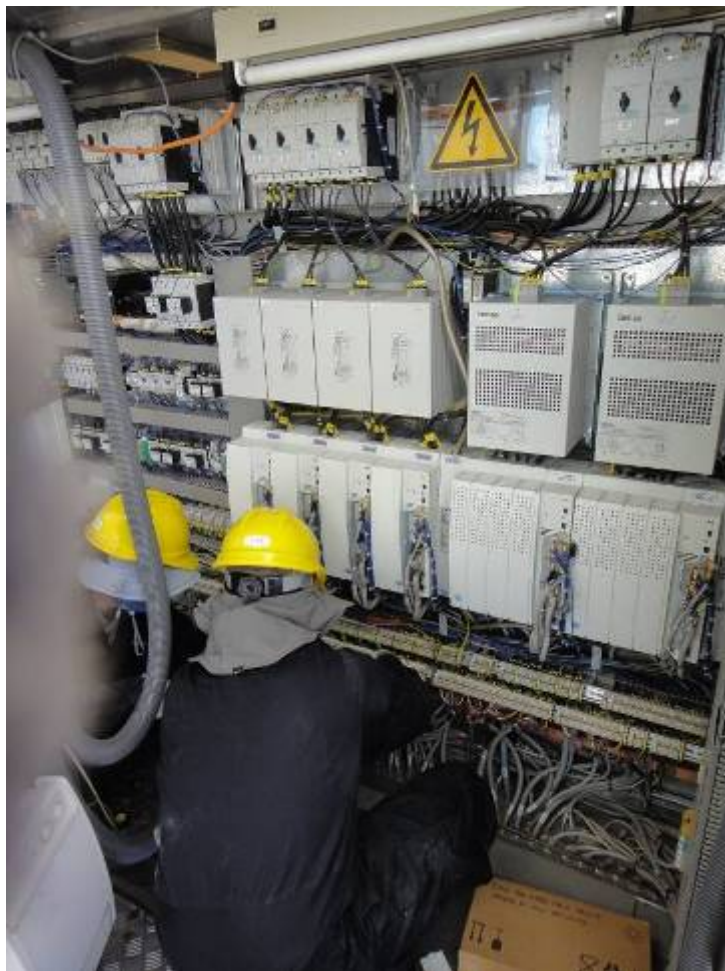


圖 80 驅動系統 PLC 控制箱及線束，不再使用卸時採用剪斷方式，減少拆卸時間



圖 81 不再使用線束拆卸後集中待後續資源回收處理



圖 82 拆卸外側可調式水平繞線機構，此機構將回收再使用



圖 83 拆卸天線結構內部光纖訊號線



圖 84 拆卸天線儀器艙之溫度控制系統



圖 85 拆卸基座內部主電源分配系統



圖 86 拆卸基座內部不斷電系統裝備



圖 87 拆卸天線碟盤防雷擊保護裝置

3.0 結構本體拆卸

結構本體部分大型零件拆卸，需使用大型吊具及拆卸工具，相關吊具操作需執照及美國相關工安規定，中科院同仁僅做協助工作及記錄拆卸零件名稱與存放位置，主要由 Mechantech 公司負責執行。拆卸相關工作執行參閱圖 88 至圖 101。



圖 88 協助拆卸天線外側平台支撐結構



圖 89 協助拆卸天線外側隔熱泡棉



圖 90 天線外側平台完全拆除，底部兩支 I 型樑將回收再使用



圖 91 天線碟盤拆卸使用大型吊車執行



圖 92 拆卸碟盤與結構本體結合之介面錐環(Invar Cone)



圖 93 天線叉型結構兩垂直臂與儀器艙一起拆卸



圖 94 天線叉型結構兩垂直臂拆卸前先將配重塊固定螺栓卸除，使配重塊與環測艙脫離減輕吊掛負荷



圖 95 拆卸安裝於天線叉型結構兩垂直臂之俯仰旋轉角度解碼器(Elevation Encoder)



圖 96 拆卸天線叉型結構橫向底座結構



圖 97 拆卸行星方向繞線器軸連接旋轉角度解碼器



圖 98 拆卸行星方向繞線器旋轉角度解碼器



圖 99 行星方向繞線器及固定旋轉角度解碼器夾具



圖 100 拆卸儀器艙內之空調溫控櫃



圖 101 碟盤與結構本體結合之介面錐環(Invar Cone)安置於搬運固定架

4.0 零件包裝與裝入貨櫃

拆卸零件依規劃分成待報廢清運、尚待確認用途、再回收使用等項目及交運回原廠進行修改，分別裝於貨櫃或因零件太大無法裝櫃存放於戶外，貨櫃有 10 具其中 6 具裝運碟盤支撐結構(BUS)，1 具裝運精密反射板(264 片)及調整螺栓及預備交運回台灣之零件，兩具貨櫃裝運工具及再使用零件準備運往格陵蘭，另一貨櫃裝載留在現地之待處理之零件。相關包裝及裝櫃過程參閱圖 102 至圖 119。

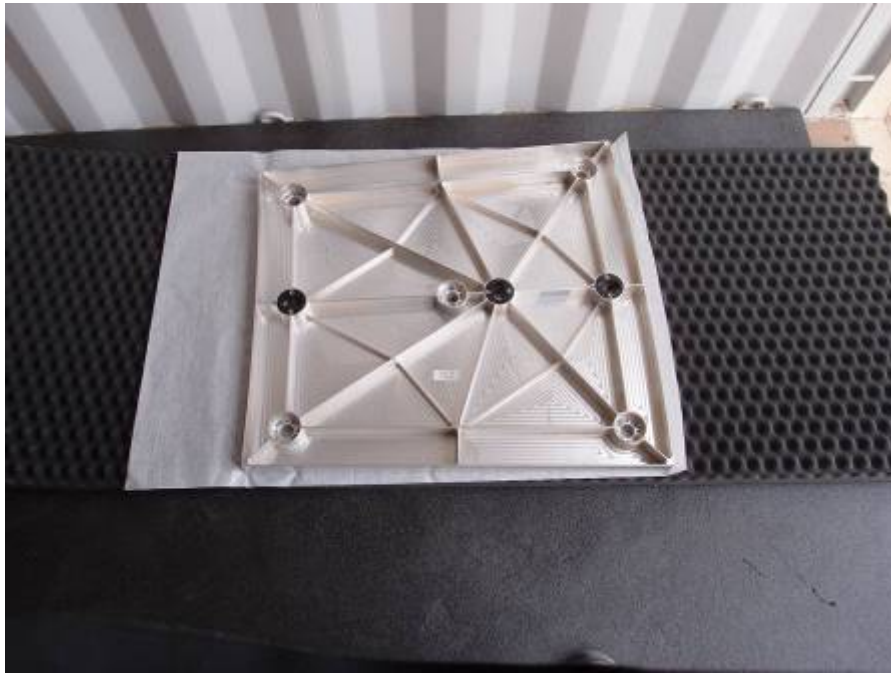


圖 102 精密反射板使用保護紙及軟墊保護，確保運送時不會損傷



圖 103 精密反射板使用保軟墊保護並裝入紙盒，確保運送時不會損傷



圖 104 每 20 片精密反射板裝入木箱，置入乾燥劑並用鋁箔密封



圖 105 精密反射板木箱裝入貨櫃，本院人員協助裝櫃引導鏟車



圖 106 精密反射板木箱裝入貨櫃，再使用手動油壓板車推至定位後以木樁固定



圖 107 再使用零件(水平繞線裝機構)裝箱，使用木樁固定，將交運格陵蘭



圖 108 碟盤中心殼裝箱準備運至格陵蘭再使用零件



圖 109 回收再使用零件及工具裝箱後裝入貨櫃準備運至格陵蘭。



圖 110 回收再使用零件及組裝吊具裝入貨櫃準備運至格陵蘭



圖 111 回收再使用零件精密反射板、調整螺桿與工具裝箱後，裝櫃準備運回台灣清理反射板及更換調整螺桿之彈簧及安裝除冰系統



圖 112 不再使用及尚未確定再使用零件裝櫃留在 VLA 基地



圖 113 不再使用及尚未確定再使用零件裝櫃留在 VLA 基地



圖 114 左側木箱爲行星齒輪準備寄運原廠修改，Invar Cone 將運往格陵蘭再使用



圖 115 天線基座將另行設計適合寒帶使用，原基座吊離水泥基座暫存於 VLA 基地待報廢



圖 116 右側 4 個貨櫃裝載 BUS Segments 將運往原廠檢修及修改



圖 117 貨櫃旁放置天線平台拆卸後不再使用待報廢零件



圖 118 六個貨櫃左側 2 個裝載 BUS Segments 將運往原廠檢修及修改，其它有 3 個裝載運送再使用之零件，1 個裝載待確認是否再使用零件留原地



圖 119 留原地大零件預交運格陵蘭再使用零件，安置於水泥基座並使用圍籬保護，圍籬外為待報廢之天線基座

參、心得

此次赴美執行 ALMA 計畫原型天線拆卸及零件檢測與包裝，部分預備交運原廠修改及部分可原件使用預備運往格陵蘭。在實際拆卸執行中，與 Vertex 及 Mechantech 公司工程人員一起工作及研討(此原型天線建置時由 Mechantech 公司負責組裝)，了解該天線當時組裝發生之問題及如何處理，在此次拆卸中也發生有關問題，提供了未來組裝時之問題處理模式，及提前預知相關問題，將有助於問題之提前處理或如何處理腹案。

本次拆卸工作原先預估 2 個月，行前多次研討及與 Vertex 及 Mechantech 公司研討及良好前置作業規劃，將工作分成兩個平行作業方式，大型結構及驅動機械零件由 Mechantech 公司負責，碟盤及較精密零件及線束，由中科院為主加上中研院部分人員組成團隊負責執行。整個拆卸時程大幅提前，電控系統拆卸提前 3 週完成，機械及結構件提前 2 週完成，大幅節省經費，因此事前工作程序規劃及人員編組運用相當重要。

本次國外公差順利完成中研院天文預期工作目標，完成工作項目如下：

1. 完成碟盤結構拆卸及相關零件包裝與裝箱。
2. 完成電力與控制系統拆卸及相關零件包裝與裝箱。
3. 完成拆卸後零件資料使用條碼系統管理。
4. 收集碟盤組裝相關資料，以利未來格陵蘭復裝參考。
5. 完成複材結構初步檢查及損傷零件紀錄。

肆、建議事項

針對未來協助中研院執行 ALMA 計畫原型天線轉應用於 VLBI 計畫，在此執行天線拆卸中收集相關資料針對未來組裝建議如下：

- 1、此計畫未來組裝工作在北極圈格陵蘭，該地溫度相當低工作環境很艱辛，未來台灣派遣工作人員須能克服低溫環境，且長期艱辛工作需考量人員心理素質，未來在格陵蘭需慎重考量極地生活訓練實施，以確保工作人員安全才能使工作順利進行，建議中研院安排工作人員行前接受極地訓練及確認能適應當地生活。
- 2、複材蜂巢碟盤支撐結構，經拆卸檢查後發現有數處裂縫及損傷，相關複材結構接觸水氣及雨水，可能已有水氣留在複材結構內，因殘留水氣在格陵蘭低溫將對複材結構膠合強度造成損傷，影響結構強度及壽命，建議中研院除損傷檢測外需加入含水分檢測。
- 3、未來組裝後需要執行功能測試，戶外相關測試所需儀器均有使用溫度限制，因此建議中研院需先評估相關儀器使用環境限制，尤其高精度光學及雷射量測儀器。
- 4、格陵蘭平均溫度均為零下，重新組裝程序在規劃時需考量低溫因素造成影響，如零件組裝因溫差造成熱應力，吊掛及鋼索強度在低溫時材料是否會因低溫脆化而影響強度等問題，將建議中研院將溫度影響因素納入組裝程序考量。