

出國報告(出國類別：其它)

ALMA 計劃第三套接收機交運智利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：謝坤志 聘用技士
派赴國家：智利
報告日期：99/5/25
出國時間：99/4/25 至 99/5/5

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	ALMA 計劃第三套接收機交運智利接收測試返國心得報告		
出國單位	第一研究所 航系組	出國人員級職/姓名	聘用技士 謝坤志
公差地點	智利 阿卡達瑪	出/返國日期	99.4.25/ 99.5.5
建議事項	<p>第三具接收機交運方式與第二套相同為整具接收機交運，其差異在於使用經研發改良後之量產型搬運機櫃，運抵測試基地後，外觀檢查並未發現任何損傷，且測試所有模組均屬正常。但因偏壓模組設計選用不同材質組裝，進而歷經長時間使用下來後，會隨著環境與溫濕度變化而產生材料介面電位差之化學變化，而產生白鏽之現象。因此建議偏壓模組之材料選取上需一致，可延長使用壽命。</p>		
處理意見	<p>相關建議已提供中研院與 ALMA 計畫參考，納入後續搬運機櫃及接收機零件設計考量。</p>		



5A01409900266

國防部軍備局中山科學研究院 九十九年度出國報告審查表

出國單位	第一研究所 航系組	出國人員 級職姓名	聘用技士 謝坤志
單位	審 查 意 見		簽 章
一級單位	<p>一. 本出國報告依規定期限內提交。 二. 案內第三項接收機交運及測試紀錄詳開厚 申請紀錄相符。</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em; opacity: 0.5;">H081</p>		<p>第一研究所 江秋霞 計管組組長 9905271000</p> <p>第一研究所 晏以明 計管組組長 9905311400</p> <p>第一研究所 陳俊宏 計管組副組長 9905311200</p> <p>第一研究所 邱祖湘 第一研究所長 9906091705</p>
計品會	<p>本案係一所參與跨國之 ALMA 計劃，派員至智利交運第三套接收機，並執行接收測試及研討後續配合事宜，圓滿完成任務，符合出國目的。</p>		<p>計品會 謝福汴 專任委員 9906111050</p> <p>計品會 高筱爵 策研室主任 9906141500</p> <p>中山科學研究院 鄭明傑 計品會副主委 9906141605</p>
保 全 防 處	<p>已 完 成 資 料 審 查</p>		<p>中山科學研究院 方世賢 保防安全副處長 9906151545</p> <p>中山科學研究院 吳英傑 保防安全副處長 9906151610</p>
企 劃 處	<p>一、本案列 99 年出國計畫第 99008 號，報告內容符合核定出國計畫及事由。 二、建議修訂：(一)Atacama 譯名請統一、(二)p5 審核意見請增列「無抄襲相關出國報告」、(三)p6 公差機構為「受訪機構」。 三、P5 項 8，請掌握報告上傳以外公開發表方式，後續提供本處相關佐證資料備查。 四、批示後，請於規定時限內，將奉核報告紙本裝訂 5 份移本處呈局審核，並將報告電子檔登錄行政院及本院圖書館資訊網。</p>		<p>企劃處 梁瓊真 科技組組長 9906121500</p> <p>企劃處 吳炳文 科技組組長 9906171705</p> <p>企劃處 廖家仁 9906191600</p> <p>中山科學研究院 洪惠明 9906181135</p>
批		示)	
		<p style="font-size: 3em; text-align: center;">送</p> <p style="text-align: right; font-size: 2em;">達明</p> <p style="text-align: right;">9907050900</p>	

國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

此次公差為第三套前級(Front End)接收機交運，依約派遣本院工程人員與中研院工程人員偕同赴智利，並執行交機臨時現地驗證測試，交運方式採用歐洲整合測試中心(EU-FEIC)研發改良後之量產型整機搬運箱，將整具前級接收機以不拆卸整機交運之方式運送，此次交運並未受航班問題而造成交運延遲，且安全順利運交至智利。因歷經了第二套整具接收機交運方式的經驗，本所為配合計畫所規劃的第四套接收機組裝與測試時程，縮減赴智利交運測試時間，不參與拆箱作業由智利的工程人員全權負責，後續之測試由雙方共同完成。其交機地點為三千公尺高山沙漠區，適逢智利已進入秋天季節，環境除相當乾燥外，日夜溫差也相當大，在工作人員不辭辛勞努力及加班趕工下，順利完成第三具前級接收機交運，並完成整套接收機後續交機之標準作業程序，確保本計畫若未來不派人赴智利交運之狀況下，能夠使得作業順利執行。

第一研究所
航空系統組組長 齊立平

9905251600

中山科學研究院
第一研究所所長 邱祖濟

9906101370

H081

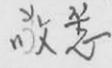
出國報告審核表

出國報告名稱：ALMA 計劃第三套接收機交運智利接收測試返國心得報告

出國人姓名	職稱	服務單位
謝坤志	聘用技士	中山科學研究院

出國期間： 99年4月25日至98年5月5日 報告繳交日期： 99年5月25日

計 劃 主 辦 機 關 審 核 意 見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" 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"/> 不符原核定出國計劃 <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份內容 <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：
--	---

敬會：保防官


第一研究所 保防員 杜愛中
 9906231440A

審核人	出國人員	初審(業管主管)	機關首長或其他授權人
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 第一研究所 航空系統組技士 謝坤志 9905251600 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 第一研究所 計畫組副組長 江秋霞 9905271600 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 第一研究所 計畫組副組長 陳俊宏 9906101770 </div>

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-99F-E0003	2.出國類別： 其它	3.完成日期： 99/5/25	4.總頁數： 35
5.報告名稱：ALMA 計劃第三套接收機交運智利接收測試返國心得報告			
6.核准 文號	人令文號 部令文號	國人管理字第 0990005605 號 國備科產字第 0990005127 號	
7.經 費		新台幣：13 萬 9,709 元(由中研院支付)	
8.出(返)國日期		99 年 4 月 25 日 至 99 年 5 月 5 日	
9.公 差 地 點		智利	
10.公 差 機 構		ALMA 計畫智利操作支援測試基地	
11.附 記		本報告無涉及機密等級	

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：ALMA 計劃第三套接收機交運智利接收測試返國報告

頁數:35 含附件：是否

出國計劃主辦機關/聯絡人/電話

劉慶堂/中科院/航測組/聘用技監/04-27023051 轉 503595

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

謝坤志/中科院/航測組/聘用技士/04-27023051 轉 503822

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(交貨接收測試)

出國期間：

99/4/25 至 99/5/5

出國地區：

智利 聖培卓

報告日期：99/5/25

分類號/目

關鍵詞：天文望遠鏡、ALMA 計劃、接收機前級整合測試中心、現地初步接收測試
(Preliminary Acceptance On-Site Test PAS)

內容摘要：(二百至三百字)

此次依約赴智利執行第三套接收機交運接收測試驗證，交運測試地點在智利北部之阿卡達瑪沙漠高原(標高 3000 公尺)，該基地並不受此次強烈地震所影響仍持續建置中，其接收機實驗室整建設備也仍在籌備中，由於此次交運採用不拆卸整機運送之方式，但因接收機實驗室仍缺乏部分有效用的輔助機具，若是需要拆裝接收機執行更細部檢測則會相當不方便。此地工作時間，採工作 8 天休 6 天無週末休息，每天由上午 8 點工作至下午 8 點，中午 1 點午餐休息一小時，我方人員配合該地作息時間，且配合計畫規劃將接收機安裝於天線之時程，在我方人員及基地工程人員共同努力下順利完成各項接收測試，如期如質完成交運接收測試工作，順利完成履約工作。

此次在工作進行中我方人員依交運測試及組裝程序執行，並依現況修訂定部分測試程序，納入將來若不派人赴智利執行交運測試狀況下之標準接收程序，以利後續之交運接收測試工作。

目 次

壹、 目的	9
貳、 過程	10
參、 心得	11
一、 量產型整機搬運箱	13
二、 接收機現地初步接收測試	21
三、 接收機現地初步驗證測試結果	33
肆、 建議事項	35

ALMA 計劃第三套接收機交運智利接收測試返國心得報告

壹、目的

本次赴智利主要目的在執行 ALMA 計畫 EA-FEIC 第三具接收機交運現地初步接收測試 (PAS)，確認交運至操作維護基地之接收機無損傷及功能正常，本次交運採用不拆卸整機運送，因此檢測流程較為簡化，依程序執行驗收測試，第三套測試流程如圖一所示：

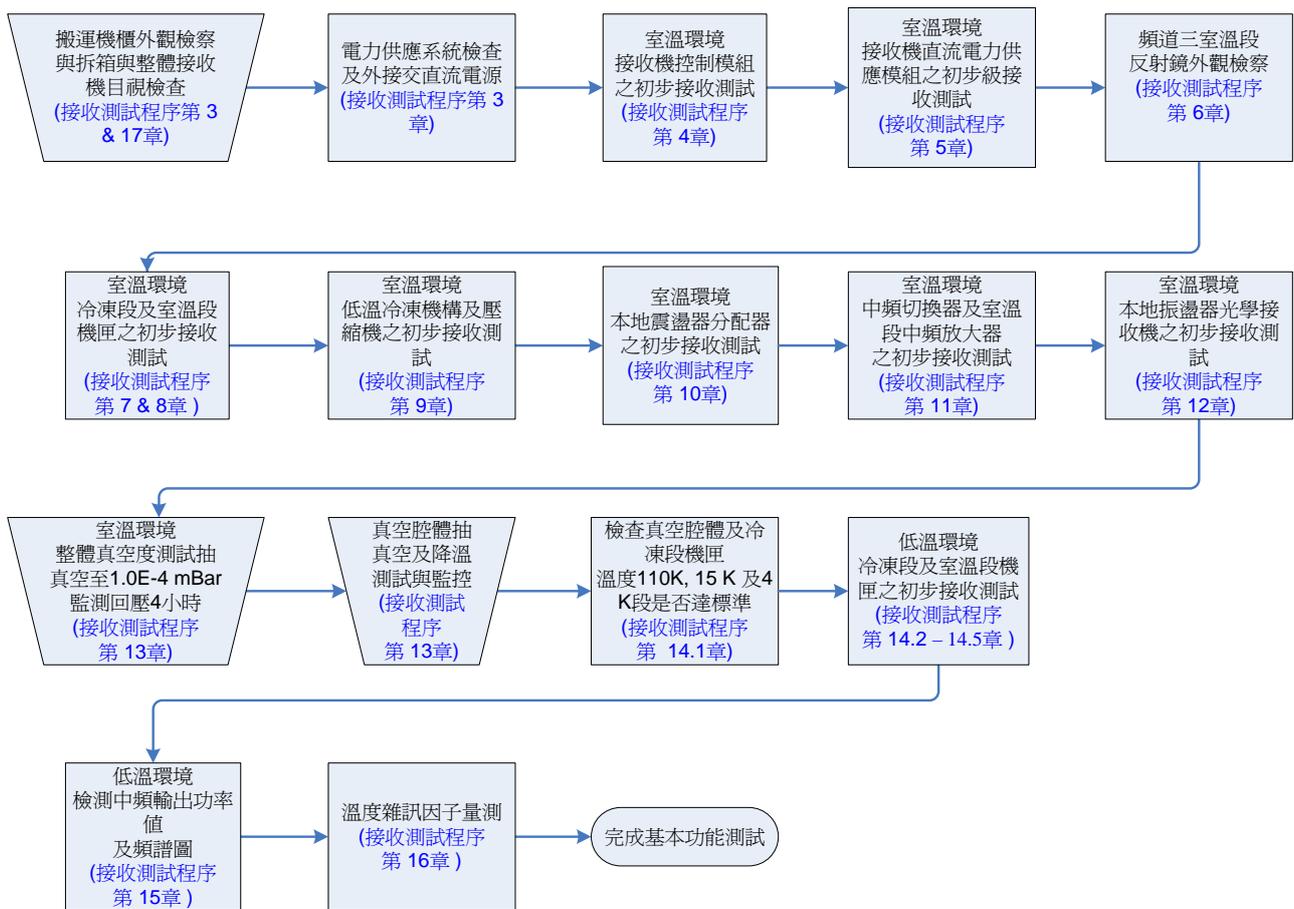


圖 1 整機交運現地初步驗證測試(PAS)流程圖

貳、 過程

日期	工作項目
04/25 (星期日)	10:00 AM 由桃園國際機場搭機前往智利。
04/26 (星期一)	1.抵達智利聖地牙哥轉赴聖培卓(San Pedro) 阿卡達瑪(Atacama), ALMA 計畫運作維護基地。 2.至前級接收機實驗室與基地工程人員 JP Garcia 討論目前測試進度。
04/27 (星期二)	1.執行接收機五大控制模組運送後室溫基本功能 PAS 檢測。 2.執行整體真空度檢測, 監控抽真空狀況。 3.品保人員檢查接收機組裝現況。
04/28 (星期三)	1.完成整體真空度測試, 開始降溫測試預計 36-48 小時降溫程序。 2.執行 Band# 3、6、7、9 冷凍段機匣低溫功能。 3.執行中頻器功率及頻譜檢測。
04/29 (星期四)	1. Band# 3、6、7、9 系統雜訊指數(Y Factor)量測。 2.搭機離開觀測基地(卡拉瑪)赴智利聖地牙哥。
04/30 (星期五)	1.至 ALMA 計畫總部大樓, 參加北美、歐洲與亞洲三個整合測試中心計畫執行進度會議。 2.參加第三套前級接收機 PAS 測試報告審查會議。
05/01 (星期六)	1.參加 7 米天線設計審查會議。 2.討論第四套前級接收機組裝進度, 以及零件交運狀況。
05/02 (星期日)	搭機離開智利聖地牙哥, 轉赴洛杉磯轉機。
05/03 (星期一)	抵達洛杉磯待轉機。
05/04 (星期二)	由美國洛杉磯出發返國途中。
05/05 (星期三)	返抵桃園國際機場。

參、心得

此次赴智利執行第三具接收機交運接收測試，交運測試地點維持在智利阿卡達瑪沙漠高原(3000 公尺)，該基地並不受此次強烈地震所影響仍持續建置中(參閱圖 2~4)，歷經前兩次交運經驗，前級接收機實驗室還是維持簡易型接收測試裝備，尚無改善，依目前測試裝備執行接收測試可以滿足測試需求，但接收機測試若有問題，則不利拆裝進行更細部的檢測。此地工作時間為早上 8 點到晚上 8 點共 12 小時，且工作 8 天休 6 天無週末休息，為加速工作進度，一到當地馬上前往實驗室與基地工程人員執行 PAS 測試，以至當晚因尚未能適應當地高山環境作業，身體產生頭重腳輕高山症現象，但經當晚妥善休息後身體狀況已大幅改善，接連幾天與基地測試工程人員共同努力下完成各項接收測試。

此次交貨驗收測試主要目的為，完成第三套交運程序及驗證整體交運測試程序，再次確認基地接收人員執行接收測試執行能力，減少未來交運人力需求，並律定後續接收機交運測試程序，利於後續接收機交運，測試結果分別敘述如后。



圖 2 ALMA 計畫阿卡達瑪沙漠操作支援基地擴建區



圖 3 ALMA 計畫日本天線組裝區



圖 4 ALMA 計畫接收機與天線組裝後測試區

一、量產型整機搬運箱

接收機交運方式經第二套研發型再次改良及測試後，目前歐洲整合測試中心 (EU-FEIC) 已進入量產型整機搬運箱階段，將接收機整具裝於量產型搬運箱(參閱圖 5~7)，交運器材為掌握運送過程是否有不正常搬運，均安裝傾倒指示計、簡易震動指示計，精密震動紀錄器及溫溼度紀錄器。

包裝方式使用氣囊包覆整個前級接收機並灌入氮氣作防朝保護(參閱圖 8~12)，規定氣囊灌氮氣壓力為 1.3 psi，但因維修基地高 3000 公尺大氣壓力變化，會造成氣囊體積膨脹過大，因此本院經固算後建議以體積估算約灌入一半體積即可，並在此次運送獲得驗證達到保護效果且未損傷搬運機櫃。



圖 5 歐洲設計量產型整體搬運機櫃外觀佈置



圖 6 歐洲設計量產型整體搬運機櫃外部鋁材蓋板及覆蓋塑膠防水布



圖 7 歐洲設計量產型整體搬運機櫃避震底座



圖 8 第三具接收機在中科院安裝於量產型整機搬運機櫃



圖 9 固定安裝接收機於量產型整機搬運機櫃



圖 10 除氣囊保護外本院再增加一層鋁膜真空包裝保護



圖 11 灌入氮氣作防潮保護



圖 12 覆蓋防水袋於機櫃上

交運智利維修基地開箱檢驗

此次搬運為整具接收機交運僅一箱，開箱檢查程序經討論及修定後，律定程序如下:

1. 檢查箱子外觀是否有異常或損壞，若有須作紀錄及拍照存證，並與支援維修基地品保人員作完整紀錄。
2. 拆開外側防雨帆布，移除箱子綁帶，再檢查鋁殼箱子外觀是否有異常或損壞，若有須作紀錄及拍照存證，並與支援維修基地品保人員作完整紀錄。
3. 打開鋁箱蓋時須先由檢查視窗，檢視內側保護氣囊是否有膨脹過大現象，若有則須先找尋視窗附近氣閥將氣洩除，否則開鋁箱蓋時會彈出或解開扣栓有危險。
4. 打開所有扣栓，移開兩片鋁箱蓋，移動時注意上側較重要預防傾倒。
5. 將保護氣囊氮氣洩放，由黑色灌氣頭將中心壓力柱壓下即可洩氣,洩到氣囊扁平後，將密封式拉鍊打開後再使用刀子將鋁箔切開，切時要小心不要誤傷內部接收機，開啓鋁箔後再將接收機之保護氣泡塑膠布拆除。
6. 檢視接收機外側是否有異常或損壞，若有須作紀錄及拍照存證，並與支援維修基地品保人員作完整紀錄。

- 7.將四條固定接收機綁帶鬆除，再移除 16 顆 M10 螺栓。
 - 8.由支援維修基地人員，使用適當機具將接收機吊起，再移入實驗室，在吊起接收機前須將 3 組震動紀錄器及 1 組溫溼度紀錄計拆下，並下載紀錄資料，將資料撰寫於接收報告。
 - 9.將搬運櫃重新包裝準備寄回交運測試中心，包裝時須注意要將紀錄器儀一併運回，以便下次交運使用。
- 拆檢後確認交運過程中接收機外觀無損傷，確認此次包裝與運送是成功(參閱照片 13~16)，此次包裝方式將列入未來執行參考。



圖 13 安全運送至測試基地



圖 14 水平監測器已經被觸發變換為紅色



圖 15 溫度記錄為 33°C



圖 16 吊起接收機安裝四個輪子

二、接收機現地初步接收測試

開箱目視檢驗後確認無外觀損傷後(圖 17)，開始後續零組件現地初步驗證測試，確認零件仍屬正常狀態，初步接收測試主要分兩階段，室溫環境下之接收機系統測試以及 4 度 K 低溫環境下之接收機系統測試，此次接收測試由接收整合驗證工程人員(AIV)負責執行，本院測試人員負責程序驗證與測試結果研討及接收機問題排除。



圖 17 接收機準備執行接收測試

1、室溫下控制模組檢測

控制模組檢測項目及測試結果如下：

a. 前級接收機監控模組(Front End M&C Module)測試。

利用 Front End Control 最新版本 2.2.5 軟體透過 CAN Bus 介面儀控所有系統裝備和擷取資料，正常連接上後則會顯示出 FEMC 的韌體版本及其基本資料、所有控制模組的電子序號，以及目前真空腔體內的溫度，其中 AMBSI Info 項目中的 Serial Number 空白係因原廠無提供最新版本之韌體及其特殊下載硬體裝備，故此軟體無法顯示其序號如圖 18 所示。但可就藉由原廠所提供其他軟體來讀取此序號為：10 D8 5E 6F 01 08 00

7E。

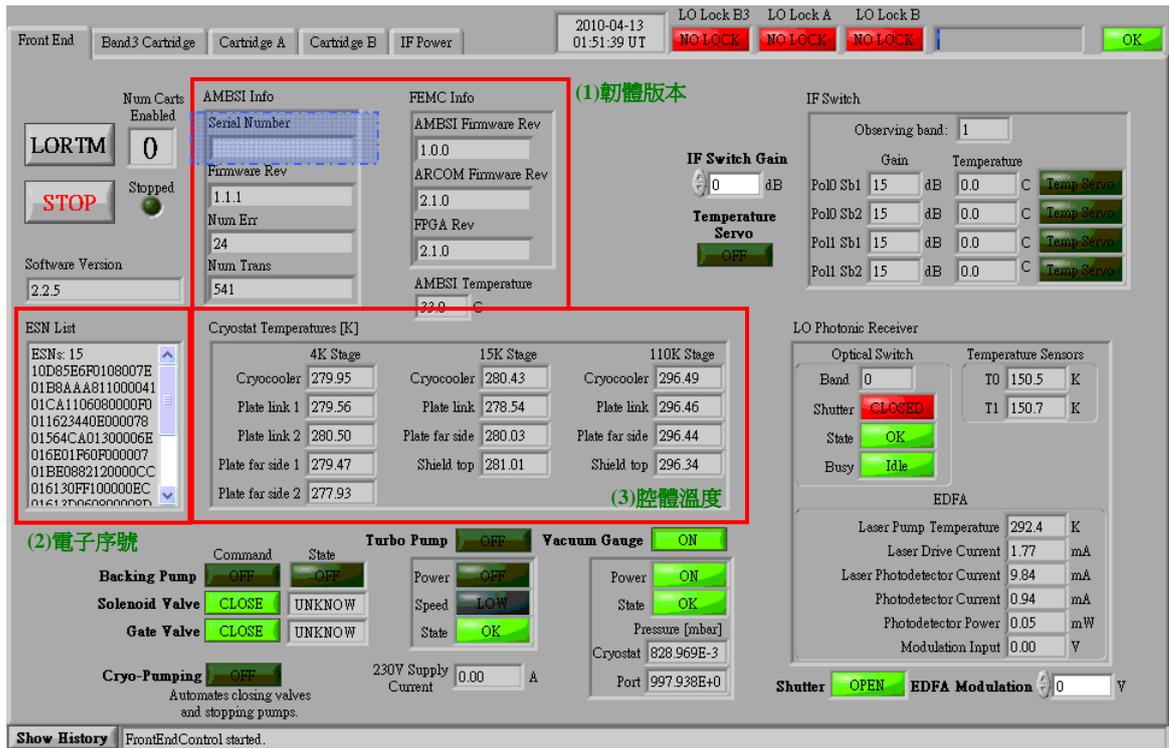


圖 18 電腦與 FE M&C 連結後之狀態

b. 機匣電力分配系統(Cartridge Power Distribution System) 測試。

此直流電源主要是提供 WCA 與 CCA 電源，測試目的在於確保 CPDS 輸出電源符合每個 band 的特定電壓使用範圍值內，使避免接收器的損壞；可藉由開啓 Front End Control 軟體分別測試頻段(Band) 3、6、7 以及 9 的電源，如圖 19 顯示頻段 7 輸出電壓與電流值。其測試結果如部份電壓與電流值超出規格範圍值，經討論後與此問題與北美整測中心交運接收機相同，將列入後續執行項目，由接收機計畫整合團隊負責處理。

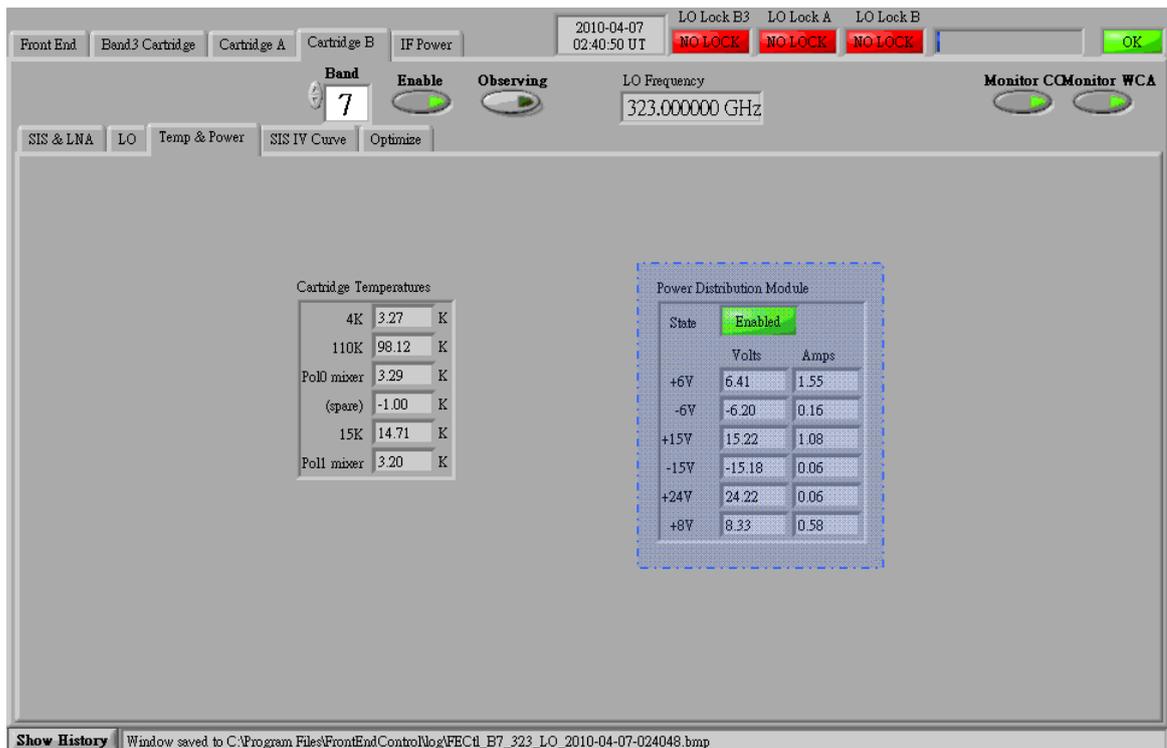


圖 19 顯示 Band 7 輸出電壓與電流值

c. 第三頻道室溫段光學組(Band 3 Warm Optics) 目視檢查。

此光學組為一訊號接收反射鏡，其安裝於冷凍腔體(cryostat)外部的第三頻段位置上，經維修基地品保人員檢查後，並無任何刮痕，如圖 20 所示。

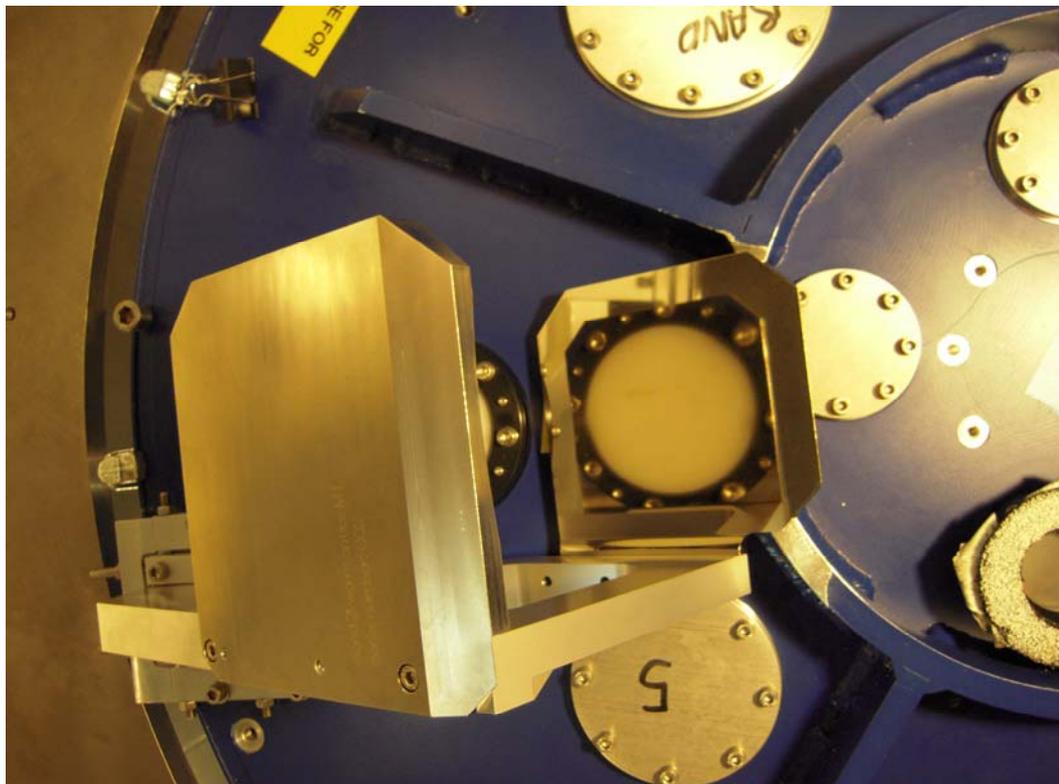


圖 20 第三頻道室溫段光學組

d. 室溫下冷凍段機匣(Cold Cartridge Assemblies) 測試。

CCA 在室溫環境下之接收機系統功能測試。此測試目的是為了解將 CCA 安裝於運送期間是否有損害，進而執行 cryostat 為室溫環境且壓力為接近一大氣壓條件下之 CCA 功能測試，記錄所有頻段(Band 3、Band 6、Band 7 以及 Band 9)測試資料，其中 Band 9 的極化 (Polarization) 0 與極化(Polarization)1 之低雜訊放大器(LNA2)、超導-絕緣-超導體混波器(SIS2 mixer)與電場激磁組(Magnet)非正常讀值係因 Band 9 無此裝置元件，如圖 21 所示。其測試結果皆正常。

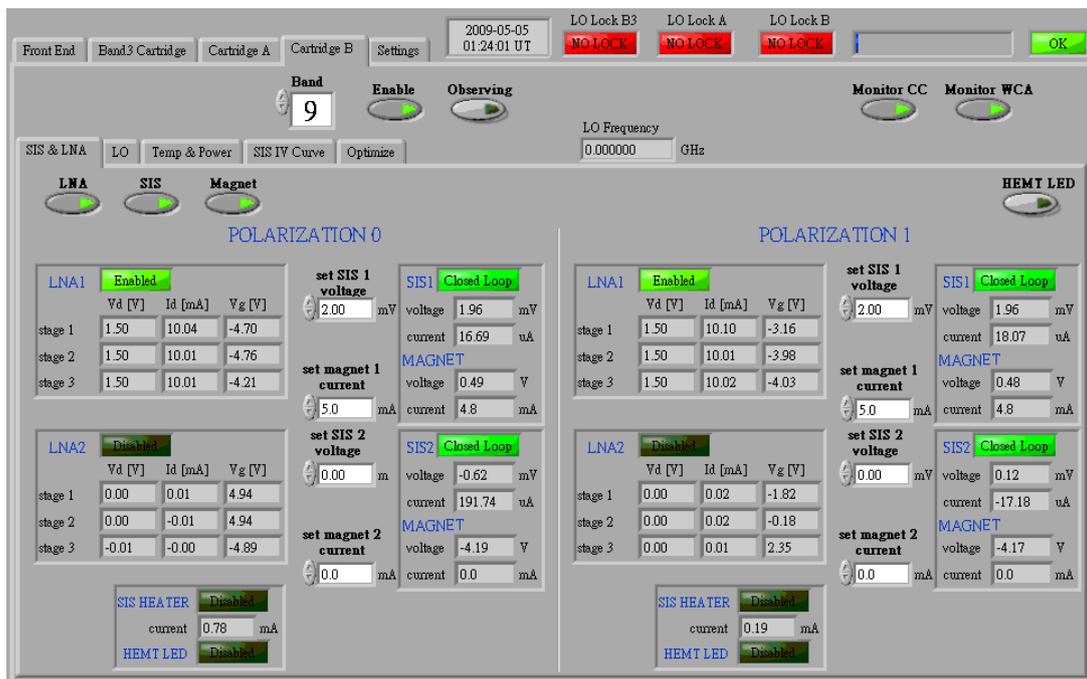


圖 21 顯示 Band 9 之 CCA 功能驗證

e. 室溫下室溫段機匣(Warm Cartridge Assemblies) 測試。

WCA 在室溫環境下之接收機系統功能測試。依據不同頻段的中心頻率參數設定，量測所有 WCA 頻段(Band 3、Band 6、Band 7 以及 Band 9)在室溫工作區的功率放大器(PA)與主動式多工器(AMC)等功能響應(如圖 22)。其測試結果皆正常。

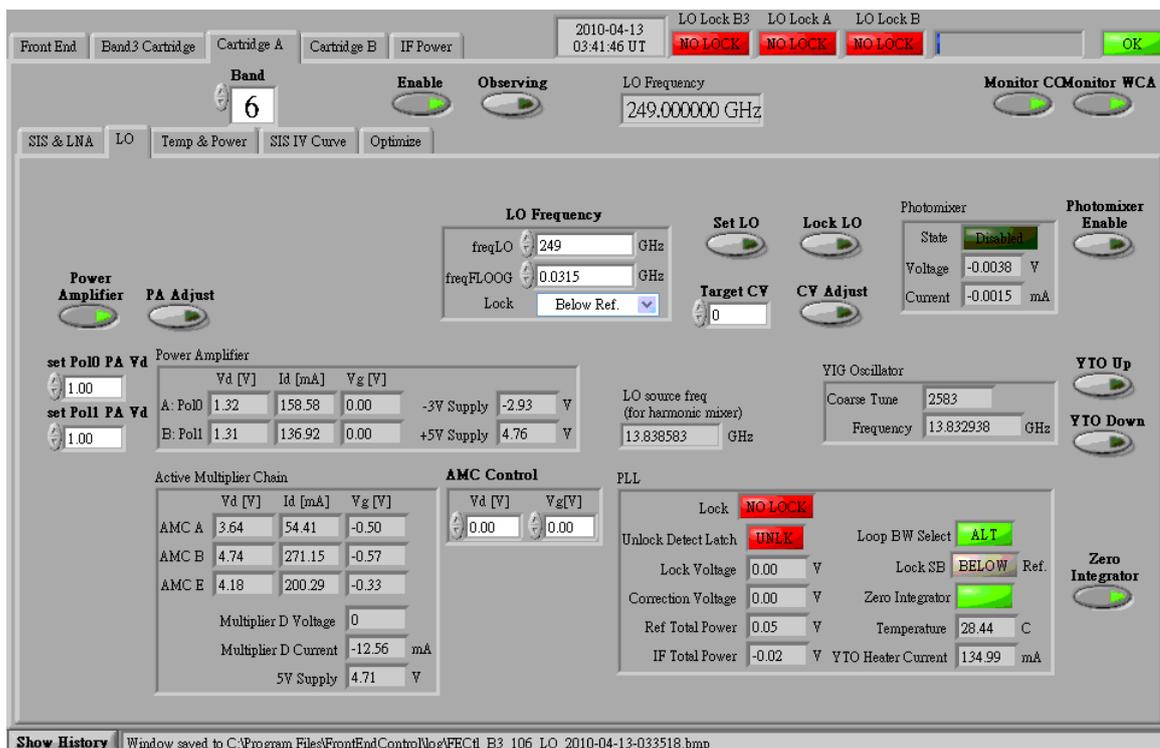


圖 22 顯示 Band 6 之 WCA 功能驗證

f. 真空低溫冷凍系統(Cryogenic and Compressor System)測試。

主要目的在測試 Cryostat M&C 模組和抽真空裝備，並可由軟體監控 Cryostat 目前的壓力與溫度，如圖 23 所示。抽真空之步驟如下：

- (1) 安裝外部初抽馬達(Roughing pump)至冷凍艙輔助抽真空口(cryostat auxiliary vacuum port)，加快抽真空速度。
- (2) 等到冷凍艙真空度值 $< 1.0 \text{ E-2 mBar}$ 。
- (3) 啟動接收機自備初抽真空馬達(Backing Pump)，滑鼠點按 Backing Pump：ON。
- (4) 等到接收機自備初抽真空馬達壓力小於 3 mBar。
- (5) 打開電磁閥(solenoid valve)，滑鼠點按 Solenoid Valve：OPEN。
- (6) 啟動渦輪馬達(turbo pump)，滑鼠點按 Turbo Pump：ON。
- (7) 等到渦輪馬達(turbo pump)顯示高速(Speed：High)。
- (8) 確認冷凍艙真空度值與渦輪馬達真空度之壓力相差小於 30mBar。
- (9) 打開冷凍艙關斷閥(gate valve)，滑鼠點按 Gate Valve：OPEN。
- (10) 關閉外接初抽馬達並移除。

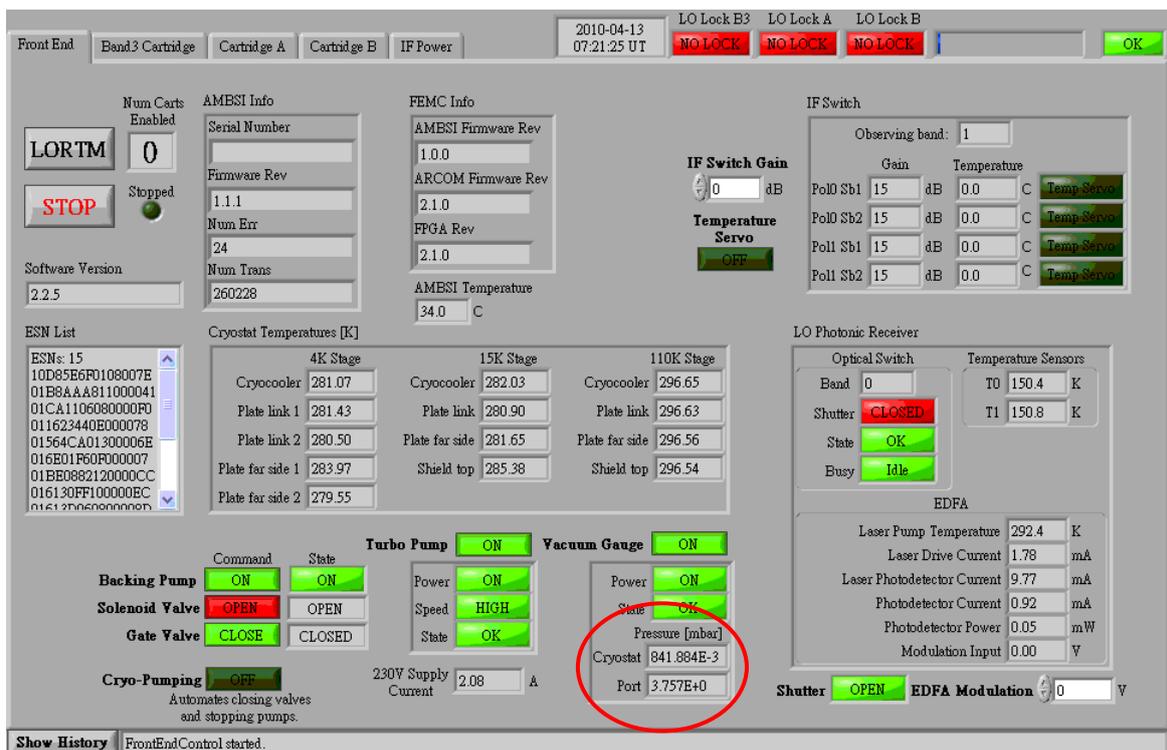


圖 23 顯示 Cryostat 目前的溫度與壓力

需經 12 小時以上連續抽真空使壓力達到小於 $10E-4$ mbar 之後，將所有抽真空之 pump 與 valve 關掉進行真空度保持測試，並記錄 Cryostat 開始抽真空到真空度保持完成時所有的真空壓力值與時間，如下圖 24 與 25 所示，並與 EA-FEIC 所測試資料比較。

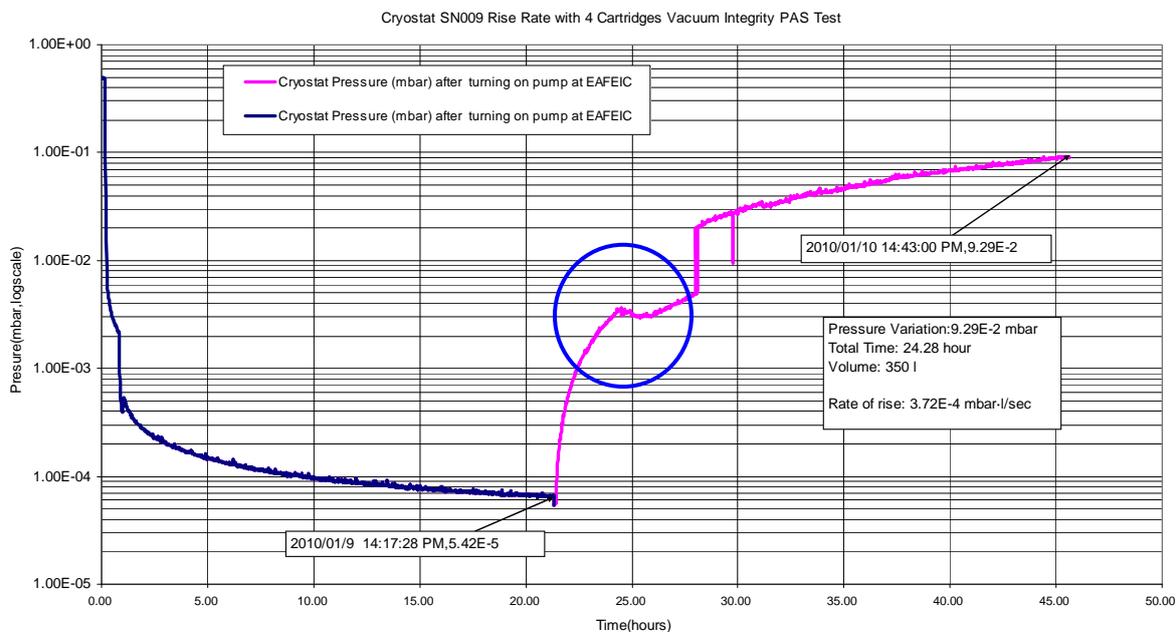


圖 24 EA-FEIC 真空度壓力測試資料

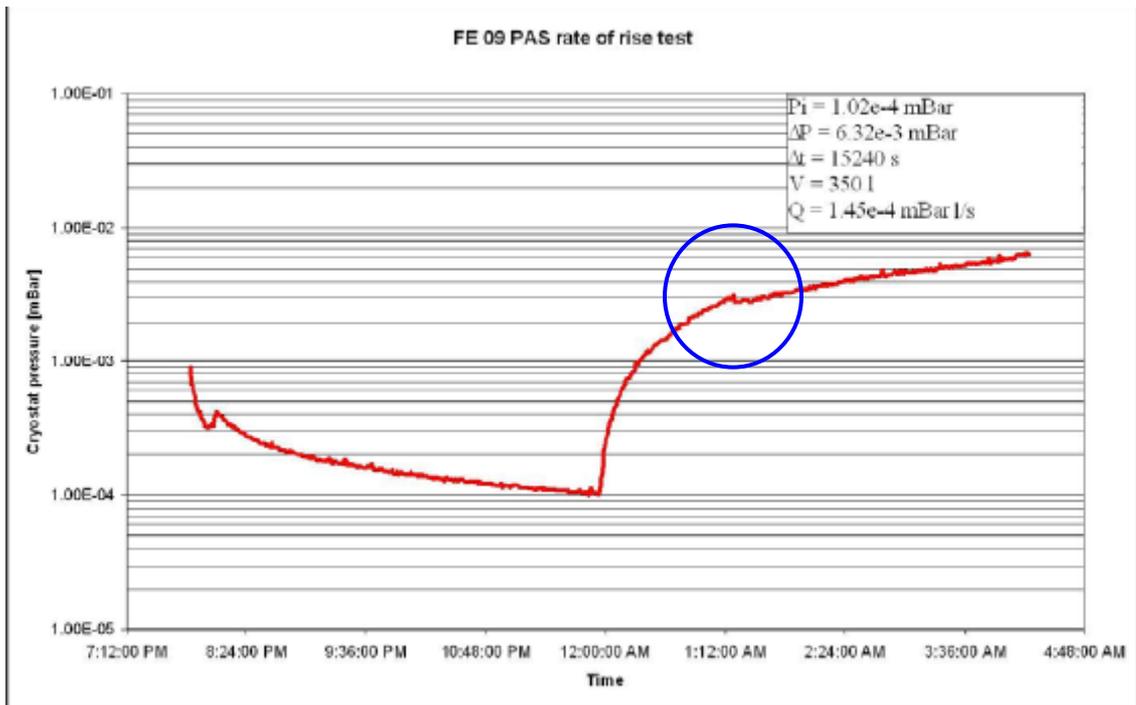


圖 25 基地的真空度壓力測試資料

g. 第一級本地震盪分佈器(FLOOG distributor)測試。

此目的在於使用信號產生器輸出(頻率 30Mhz, 功率+12dBm)的中頻信號至每一個不同頻段的 WCA 後，記錄全功率參考(“Reference Total Power”)量測值(圖 26)並與整合測試實驗室(EA-FEIC)量測值比較，其測試結果功能正常。

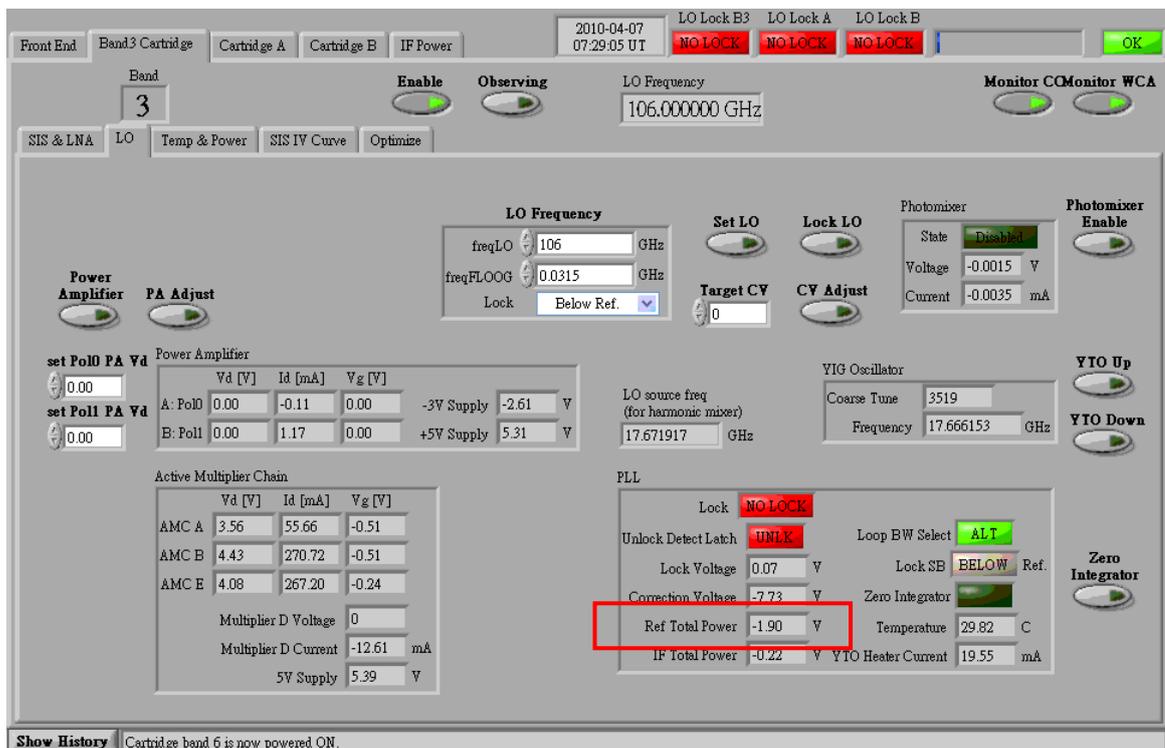


圖 26 顯示 Band 3 中頻信號電壓準位

h. 中頻切換系統及室溫中頻放大器(IF Switch Assemblies and warm IF Amplifiers)測試。

由接收機控制(Front End Control)軟體可監控目前待測之機匣、設定的中頻信號增益(IF Gain)值以及其中頻切換(IF Switch)模組的監控溫度。IF Switch 接收 cartridge 輸出信號，當作 Front End 的 IF output，此 IF output 包含 2 個線性極化 (Pol0 與 Pol1)，且每個線性極化又包含 2 個 sideband (USB 與 LSB) sb1 與 sb2，所以可分成 Pol0 sb1、Pol0 sb2、Pol1 sb1 以及 Pol1 sb2。其中所有 sideband 的 gain 值預設為 15dB，可藉由 IF Switch Gain 來調整 0~15dB 變動範圍的增益值，如圖 27。其中，Pol Sb2 之溫度監控讀值顯示為 NaN，是因為這個溫度感測器壞掉所造成。

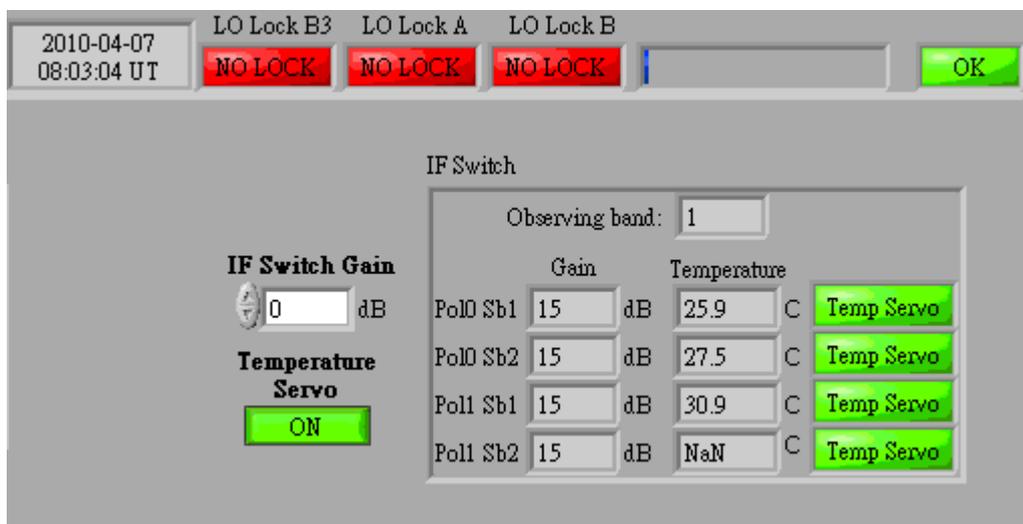


圖 27 IF 增益與溫度監控值

i. 本地震盪器光子接收器(LO Photonic Receiver, LPR)

LPR 含有 1 對 10 的光頻放大切換器，設定輸入光波產生器之波長 1550nm 與功率強度+12dBm，並且將光參考訊號放大後切換到待測 WCA 的光波混合器，可將光波轉換為中頻信號，藉由使用 Front End Control 軟體調整光強度調變輸入電壓，記錄光波混合器的電流值，以及光強度所有資料(如圖 28~29)並與 EA-FEIC 量測值比較，其測試結果功能正常。

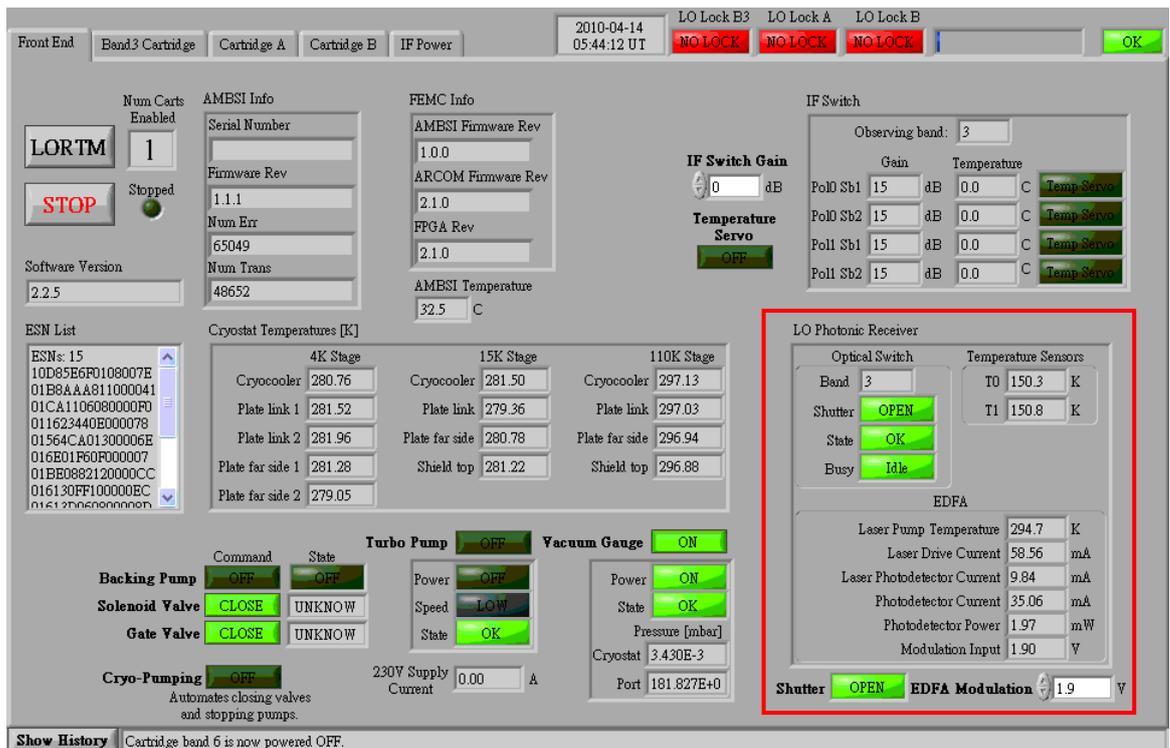


圖 28 LPR 模組輸出功率監控值

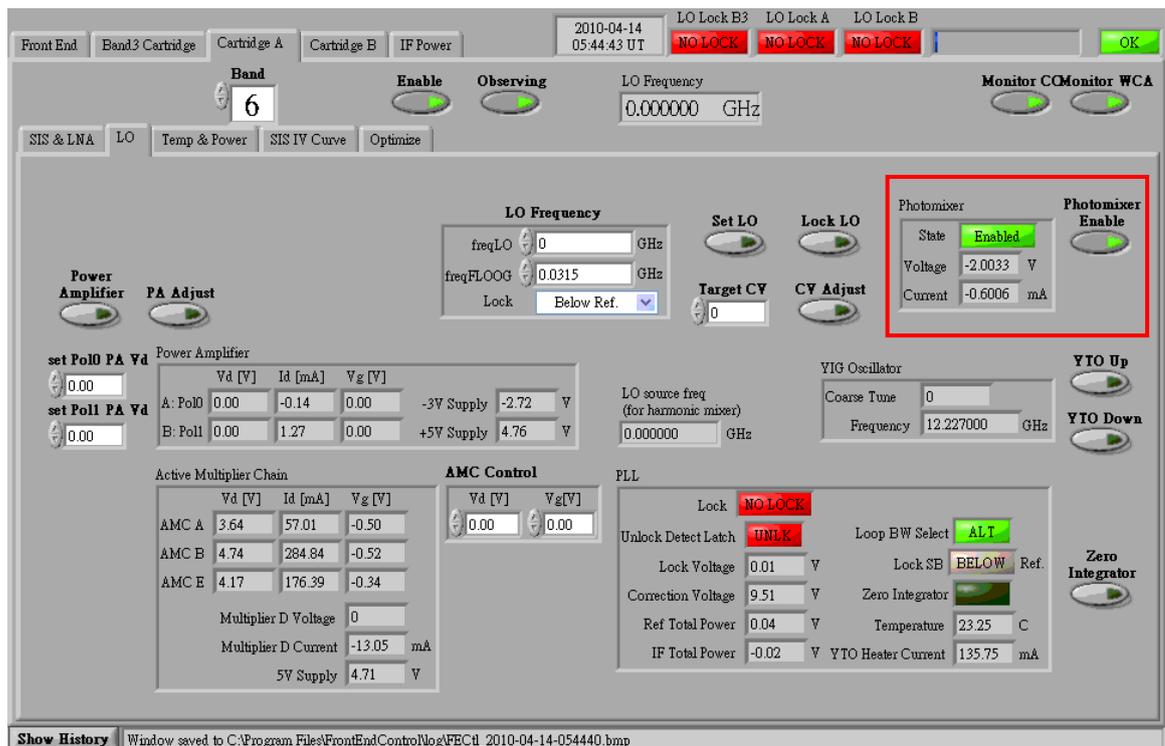


圖 29 光波混合器電流監控值

2、低溫環境功能驗整測試

a. 降低溫(Ultimate cryo-cooler temperatures)測試。

因接收機部份元件為超導體材料，故需將真空腔體降至 4K，其超導體材料的特性才

會產生。待 cryostat 之洩漏率沒問題後進行降溫測試(如圖 30) ，需再次進行抽真空才可開啓降溫系統，當 4K 與 15K 之 Cryocooler 達成 30K 後會自動關閉抽真空裝備。

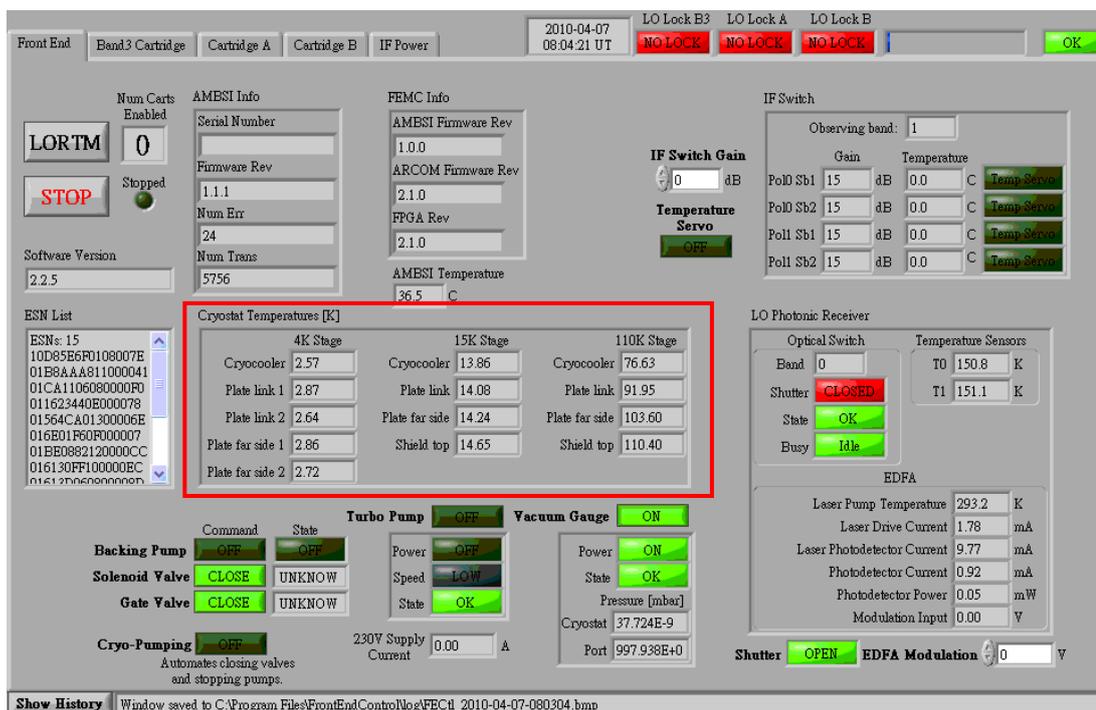


圖 30 Cryostat 溫度監控值

b. 4 度 K 下冷凍段機匣(Cold Cartridge Assemblies, CCA) 測試。

CCA 在 4 度 K 環境下之接收機系統性能測試。量測所有 CCA 頻段(Band 3、6、7 及 9)在低溫工作區的 SIS、LNA 以及 Magnet 等性能響應(如圖 31)。

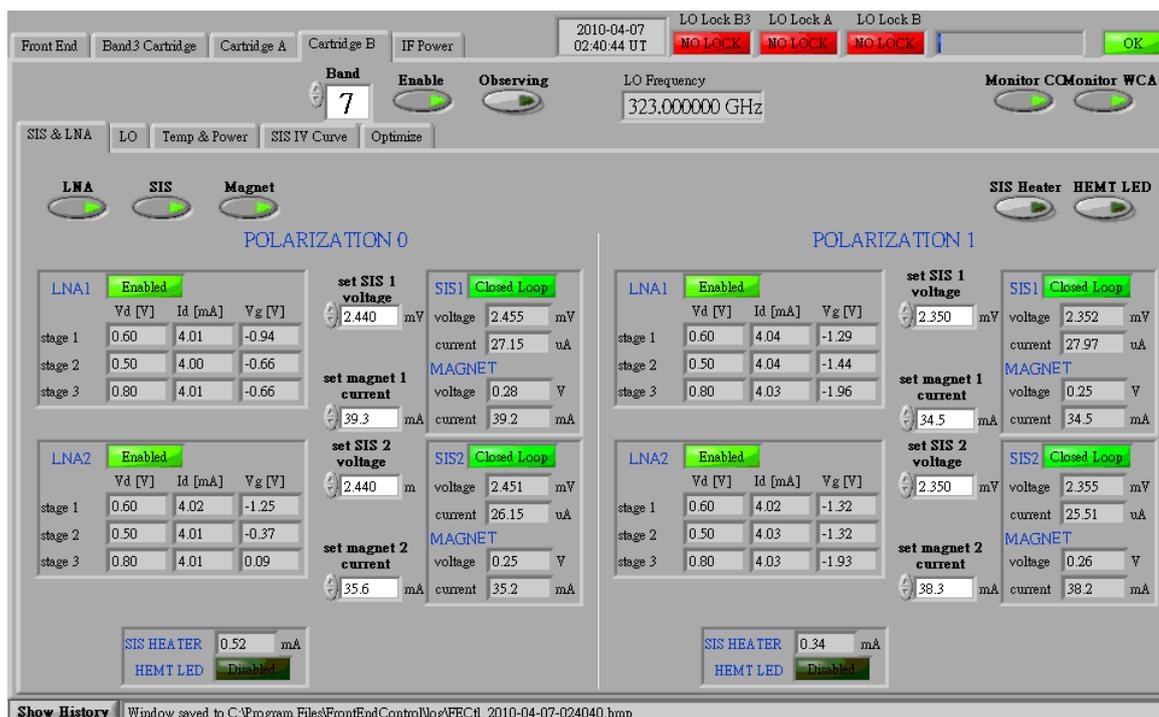


圖 31 顯示 Band 7 之 CCA 功能驗證

c. IF 功率與頻譜(IF Power Levels and Spectrum)測試。

分別設定 IF switch 之最小輸出功率 0dB 與最大輸出功率 15dB，由功率檢測器讀取其功率值，以及使用頻譜分析儀分別描繪出 2 個線性極化(Pol0 與 Pol1)的全中頻(0-18 GHz)與帶頻(4-8 GHz or 4-12 GHz)之頻譜(如圖 32~34)，並與 EA-FEIC 所測試資料比較。

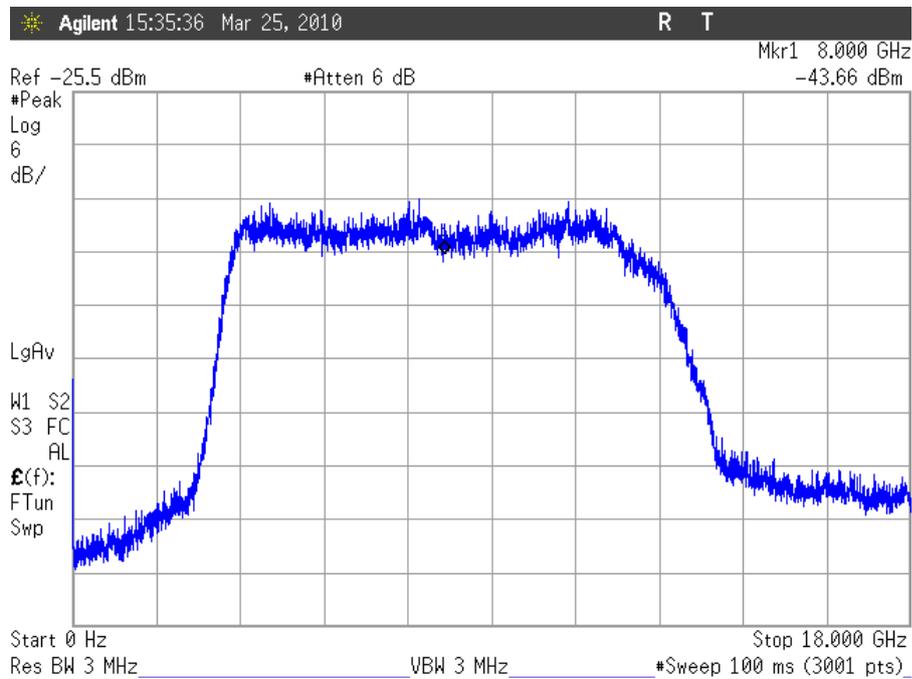


圖 32 顯示 Band 9 之全中頻(0-18 GHz)頻譜

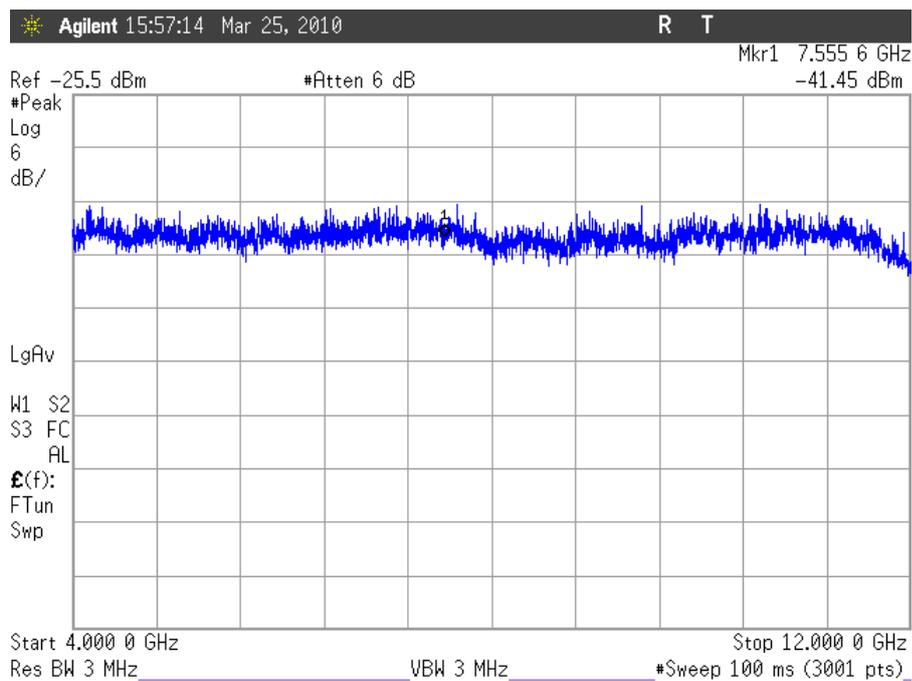


圖 33 顯示 Band 9 之帶頻(4-8 GHz)頻譜



圖 34 使用吸波材料測試功率變化

d. Y-factor 測試。

主要量測所有頻段(Band 3、6、7 及 9)以液態氮當作 Cold 與室溫 Hot 下所量測到的熱雜訊功率比值，量測方式如下列圖示 35 所示，記錄其量測值並與 EA-FEIC 所測試資料比較。

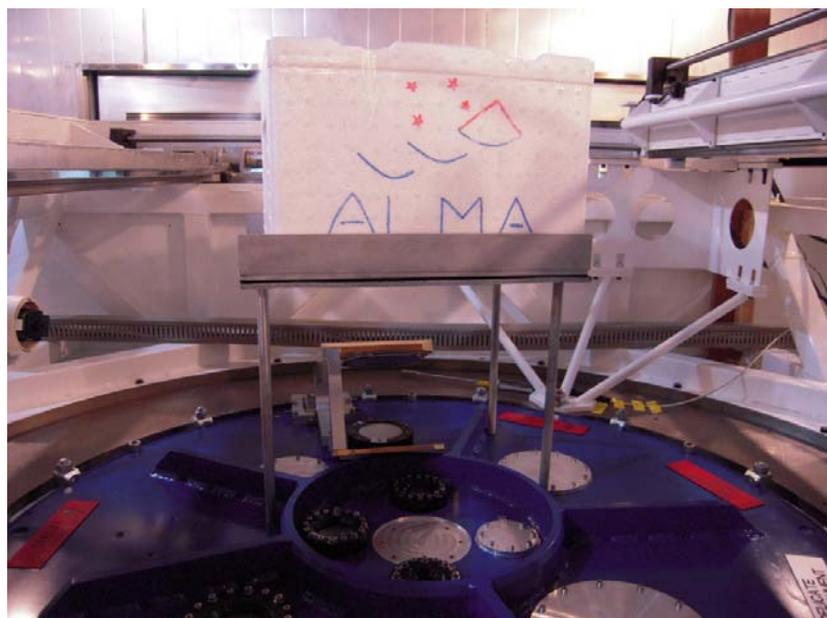


圖 35 調整 Hot 與 Cold 不同溫度

三、接收機現地初步驗證測試結果

此次交運智利與前次相同為整機交運方式，除測試接收機交運後的每個模組功能是否為正常外，並驗證由測試基地接收測試人員執行驗收測試能量，驗收測試結果經開會討論後有 7 項執行項目如下表 1。相關問題經本院測試人員提供建議及測試程序，由接收驗證單位(AIV)人員再檢測後確認，本院負責重要執行項目均已排除，其餘項目屬於設計問題須由接收機計畫整合團隊(Front End Integrated Project Team)負責處理。

完成交運測試後，本院工作人員、中研院 ALMA 專案經理及測試基地驗收測試工作人員，與接收機合照參閱圖 36。

表 1 第三套接收機(SN009) 交運測試結果執行項目表

執行項目	負責執行單位	執行現況	重要性	執行時限
1.低溫與壓力監控模組塑膠保護片尚未鎖緊。	整合測試中心 FEIC	利用特殊工具已鎖緊	一般	納入下一套交運驗證項目
2.Band 9 之偏壓模組(bias module)產生白鏽現象。	接收機計畫整合團隊(FE IPT)	IPT 提供新控制模組一併更新	重要	接收機裝入天線以前完成
3.Band 7 之偏壓模組(bias module)產生白鏽現象。	接收機計畫整合團隊(FE IPT)	IPT 提供新控制模組一併更新	重要	接收機裝入天線以前完成
4.Band 6 之偏壓模組(bias module)產生白鏽現象。	接收機計畫整合團隊(FE IPT)	IPT 提供新控制模組一併更新	重要	接收機裝入天線以前完成
5.Band 6 與 Band 9 的室溫段機匣(WCA)各缺乏一個墊圈(washer)	整合測試中心 FEIC	使用拆一個裝一個之方式加裝墊圈	一般	接收機裝入天線以前完成
6.光訊號輸入接頭相反	整合測試中心 FEIC	以顏色定義: 白色 - input 黑色 - spare 將兩接頭對調	一般	接收機裝入天線以前完成
7.遺失 AC 電源接頭固定夾	整合測試中心 FEIC	因拆箱人員忘記把固定夾拿起來安裝，已隨著搬運箱送回台灣	一般	待台灣收到搬運箱立即寄回智利

中研院
專案經理

本院
工程人員

日本國家天文
台駐地觀測員

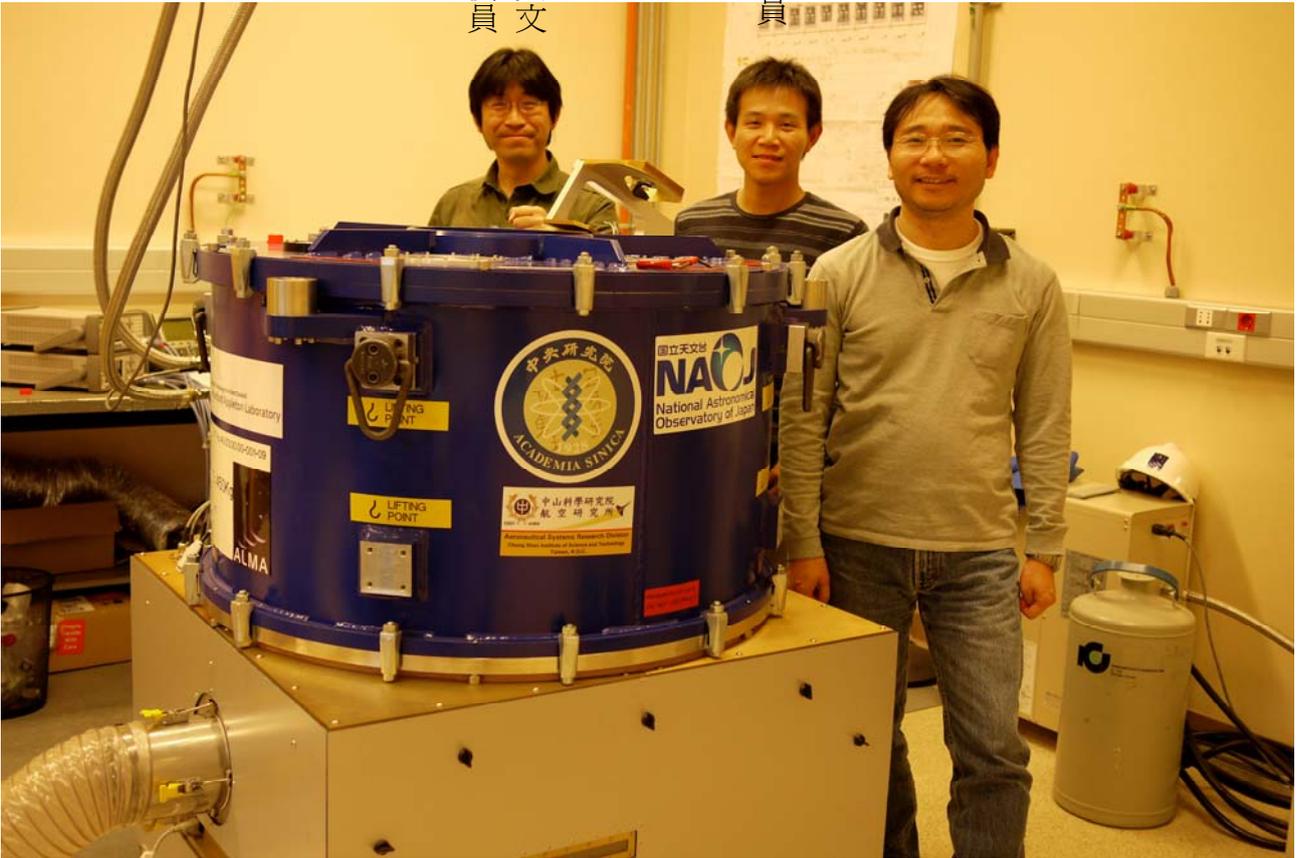


圖 36 第三套交運智利完成接收測試，執行驗收工作人員與接收機合照

肆、 建議事項

交運過程及測試程序建議事項已提供中研院及 ALMA 計畫參考，建議事項如下：

第三具接收機交運方式與第二套相同為整具接收機交運，其差異在於使用經研發改良後之量產型搬運機櫃，運抵測試基地後外觀檢查並未發現任何損傷，但因偏壓模組選用不同材質組裝，進而歷經長時間使用下來後，會隨著環境與溫濕度變化而產生材料介面電位差之化學變化，進而產生白鏽之現象(參閱圖 37)。因此建議偏壓模組之材料選取上需一致，可延長使用壽命。相關建議已提供中研院與 ALMA 計畫參考。



圖 37 底板與模組本身材質不同造成白鏽之化學變化