

出國報告(出國類別：實習)

## AMS-02 太空磁譜儀監控技術研討 與培訓出國報告

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院

姓名職稱： 聘用技正 林玉蘭

研發替代役 呂理銘

研發替代役 陳司桓

研發替代役 黃耀嶽

研發替代役 陳承聖

研發替代役 黃國維

研發替代役 魏敬霖

派赴國家：瑞士

出國時間：102 年 4 月 13 日至 5 月 3 日

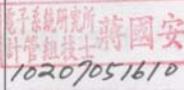
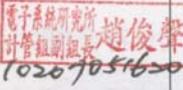
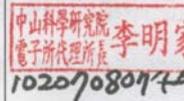
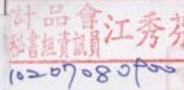
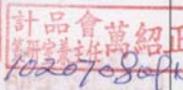
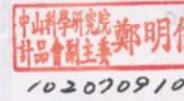
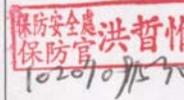
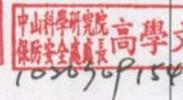
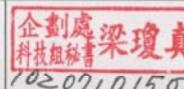
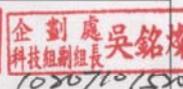
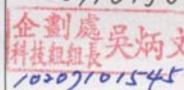
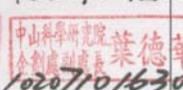
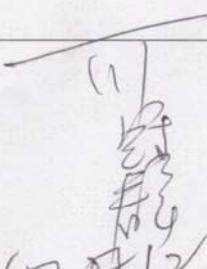
報告日期：102 年 7 月 05 日

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	AMS-02 太空磁譜儀監控技術研討與培訓出國報告		
出國單位	電子系統研究所 工程測試組	出國人員級職/姓名	聘用技正/林玉蘭 研發替代役/呂理銘 研發替代役/陳司桓 研發替代役/黃耀焱 研發替代役/陳承聖 研發替代役/魏敬霖 研發替代役/黃國維
公差地點	瑞士日內瓦	出/返國日期	<u>102.04.13</u> / <u>102.05.03</u>
建議事項	<p>一、AMS太空磁譜儀預定在國際太空站上運行15年至20年，本院亞洲監控中心需持續維持15年至20年的監控任務，建請長官持續支持亞洲監控中心人員赴歐洲粒子研究中心派訓與技術交流研討，以因應各種緊急狀況應變處理，使本院深耕太空監控技術研發，將來作太空科技更多的應用與發揮。</p> <p>二、AMS太空磁譜儀監控軟體即將昇級，美國航空太空總署NASA軟體設計人員預定八月底蒞臨本院亞洲監控中心執行Upgrade Software安裝與測試，建議AMS團隊確認NASA 人員蒞院期程，並安排適當人員一起進行軟體昇級。</p>		
處理意見	<p>一、本院已逐年提報AMS太空磁譜儀亞洲監控中心赴歐洲粒子研究中心人員派訓與技術交流研討計畫需求，未來在太空技術研發的策略上將持續作長遠的規劃與推動。</p> <p>二、本院AMS團隊已作好工作規劃，NASA人員執行軟體安裝時將有本院監控人員陪同，並作為期一週測試與除錯工作</p>		

# 國防部軍備局中山科學研究院 102年度出國報告審查表

## 國防部軍備局中山科學研究院 102年度出國報告審查表

出國單位	電子系統研究所 工程測試組	出國人員 級職姓名	聘用技正/林玉蘭 研發替代役/呂理銘 研發替代役/陳司桓 研發替代役/黃耀嶽 研發替代役/陳承聖 研發替代役/魏敬霖 研發替代役/黃國維
單 位	審 查 意 見	簽 章	
一級單位	奉核後，報告電子檔請依規定上傳本院工作報告資訊網及行政院網頁。	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	
計 品 會	<ol style="list-style-type: none"> <li>本案培訓太空監控技術人才，對提昇我國國際能見度與國際技術交流有莫大助益。</li> <li>本出國案對後續龍園 AMS 亞洲監控中心及歐洲 AMS 監控中心的任務銜接與監控，有更具體、更進一步的分工合作，對 AMS 持續在太空中運行(15年)有極佳之效益。</li> </ol>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	
保 防 安 全 處	案內出國報告(AMS-02太空磁譜儀監控技術研討與培訓)已完成保密檢審作業，對於貴所將本件列為一般性資訊，本處敬表同意，無附加審查意見。	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
企 劃 處	<ol style="list-style-type: none"> <li>案列102年出國計畫第102003案，派員赴瑞士歐洲粒子物理研究中心執行監控標準作業程序相關技術研討與培訓，報告內容詳盡，符合核定出國計畫。</li> <li>已按局令審查意見辦理敘事性文字(第11-12頁)及報告「建議事項」內容之修訂。</li> <li>請將奉核報告電子檔及紙本裝訂2份送本處續辦。另請於返國後3個月內，將報告電子檔登錄行政院資訊網及本院圖書館工作報告資訊網。</li> </ol>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
批		示	
<div style="text-align: center;">               1020712104         </div>			

## 國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

一、此次本院派遣七位同仁至歐洲粒子研究中心參與 AMS-02 計畫酬載監控任務，執行太空梭發射後太空磁譜儀系統監控運作及會議研討任務，均能本著為本院與國家爭取榮譽的信念，謙和有禮、認真努力、展現專業，深獲 AMS 計畫主持人丁肇中院士及參與計畫各國負責人與學者專家的肯定。

二、本次出國人員於出國前召開多次行前講習，出國期間的工作內容與進度皆按時回報，均能符合預期目標。本次出國報告技術內容豐富、記載詳實並輔以圖片說明，成效良好，可供本院 AMS 太空磁譜儀亞洲監控中心之人員培訓與建置之參考。

三、本院同仁此行亦致贈各國團隊代表 AMS Asia POCC 開幕時所製作的紀念杯子與帽子，充份交流與互動，展現友善與誠意，對日後長期監控合作有所助益。



# 報 告 資 料 頁

1.報告編號：	2.出國類別： 研究實習	3.完成日期： 1020705	4.總頁數： 97
5.報告名稱：「AMS-02 太空磁譜儀監控技術研討與培訓」出國報告			
6.核准 文號	人令文號	102/04/08 國人管理字第 1020005472 號	
	部令文號	102/04/02 國備獲管字第 1020004526 號	
7.經 費		新台幣： 1,571,731 元	
8.出(返)國日期		102.04.13 至 102.05.03	
9.公 差 地 點		瑞士日內瓦	
10.公 差 機 構		歐洲粒子物理研究中心	
11.附 記			

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：AMS-02 太空磁譜儀監控技術研討與培訓出國報告

頁數 97 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

中山科學研究院/林玉蘭/(03)4712201 轉 353174

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林玉蘭/中山科學研究院/電子所工程測試組/聘用技正/353174

呂理銘/中山科學研究院/系發中心跨國計畫組/研發替代役/329608

黃耀崑/中山科學研究院/系發中心跨國計畫組/研發替代役/329608

陳司桓/中山科學研究院/系發中心跨國計畫組/研發替代役/329610

呂陳聖/中山科學研究院/系發中心跨國計畫組/研發替代役/329610

魏敬霖/中山科學研究院/系發中心跨國計畫組/研發替代役/329610

黃國維/中山科學研究院/系發中心跨國計畫組/研發替代役/329610

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：

102.04.13 至 102.05.03

出國地區：

瑞士日內瓦

報告日期：102/07/05

關鍵詞：AMS、太空磁譜儀、反物質、暗物質、宇宙射線、NASA、CERN、ISS、

POCC

內容摘要：

本次出國去歐洲日內瓦受訓源起於 AMS-02 (Alpha Magnetic Spectrometer) 太空磁譜儀監控任務計畫，AMS-02 計畫為諾貝爾物理獎得主暨中研院院士-丁肇中博士主持，主要目的是尋找宇宙射線中的「反物質」(anti-matter)、「暗物質」(dark matter)，進而探討宇宙形成之謎。

本院於去年 AMS 監控中心於龍源園區成立前後，電子所就派遣六位種子專家，前往美國詹森太空中心與歐洲日內瓦 AMS 監控中心，進行系統監控培訓及會議研討任務。六位前輩取得實務值班經驗後，返國做為種子教官至今，在亞洲監控中心做相關技術與經驗傳承。

而今年本院系發中心跨國計畫之六位研發替代役男，於年初開始投入本院 AMS 亞洲監控中心訊號監控的值班任務，丁肇中院士要求需到 CERN 監控中心接受相關技術的訓練。

有了這次出國受訓，相信回到亞洲監控中心對於值班監控任務可以更上軌道並獨當一面，值班發生狀況可以清楚問題的原因，並有效率的處理和與歐洲總部回報並記錄。

# 目 次

壹、目的.....	09
貳、過程.....	11
參、心得.....	75
肆、建議事項.....	96

# AMS-02 太空磁譜儀監控任務與受訓之出國報告

## 壹、目的

本次出國去歐洲日內瓦受訓源起於AMS-02 (Alpha magnetic Spectrometer) 太空磁譜儀監控任務計畫，AMS-02計畫為諾貝爾物理獎得主暨中研院院士-丁肇中博士主持，主要目的是將磁譜儀架設於國際太空站ISS (International Space Station,ISS)，以尋找宇宙射線中的「反物質」(anti matter)、「暗物質」(dark matter)，進而探討宇宙形成之謎。

AMS-02為執行15年太空偵測實驗計畫，有美國、俄羅斯、瑞士、法國、德國、義大利....台灣等十六國參與研究，在AMS-02磁譜儀發射前，本院電子所就有參與負責AMS-02電子系統與資料擷取系統 (Data Acquisition System, DAQ) 研發與測試，深受丁院士肯定。於 2011 年 5 月16 日，美國NASA 之太空梭「奮進號」(Endeavour) 搭載 AMS-02 太空磁譜儀，於佛羅里達州甘迺迪太空中心 (Kennedy Space Center) 發射台順利升上太空至國際太空站。

三天後 (5 月19 日) 太空磁譜儀正式部署於國際太空站 ISS 上，系統開始啟動執行宇宙射線之資料蒐集。因為磁譜儀為24 小時不間斷持續運作，故丁院士在瑞士日內瓦歐洲粒子物理研究中心 (CERN) 946 館成立AMS-02監控中心 (Payload Operation and Control Center, POCC)，以監控太空磁譜儀之健康狀況、校正、資料傳輸控制、與蒐集資料評估分析。

地面監控中心需24小時監控全儀器運作情形，以後若有故障情形，則為問題排除之重要依據。而所獲得之科學資料 (Science Data) 則提供高能物理學家研究、解讀、篩選，探討與判斷反物質尋獲的根據及分析計算，做成論文解釋宇宙的起源。

繼瑞士日內瓦設立 AMS 歐洲地面監控中心後，台灣受 NASA 認證獲選籌設亞洲監控中心 (Asia POCC)，於去年 2012 年 07 月 01 日在本院龍源園區正式啟用，加入 AMS-02 監控研究團隊之輪值作業。馬英九總統出席典禮表示，相當肯定研究團隊努力，馬總統說，AMS 亞洲監控中心能夠設在台灣，更代表中華民國的科技實力真正贏得了國際社會的重視。葛斯登梅爾並頒發合格認證書給統籌亞洲監控中心的中研院院士李世昌，以及本院系發中心跨國計畫單位的總主持人荊溪暘。

本院於去年 AMS 監控中心成立前後，電子所就派遣六位種子專家，前往美國詹森太空

中心與歐洲日內瓦 AMS監控中心，進行系統監控培訓及會議研討任務。六位前輩取得實務值班經驗後，返國做為我們的種子教官至今，教導我們在亞洲監控中心相關運作技術與經驗傳承，以做為AMS-02計畫15年亞洲監控中心執行之延續發展。

而今年本院系發中心跨國計畫之六位研發替代役男，於年初開始投入本院AMS 亞洲監控中心訊號監控的值班任務，接受六位種子教官前輩之專業指導監控技術與注意事項，雖然基本的監控操作任務已經熟悉，但要更深入了解操作原理意義與整個AMS計畫運作和獨立值班操控以及突發狀況、解決問題、緊急應變等部分，丁肇中院士要求值班相關人員需到CERN 監控中心接受進一步的訓練。

此行丁肇中院士規畫各探測器Sub-detector完整的訓練課程，安排本院同仁與專家作一對一教學訓練，以盡早承接亞洲監控中心太空磁譜儀酬載之監控任務，本院同仁亦於現場與歐洲日內瓦 AMS監控中心各位負責人與專家作亞洲監控中心這9個月來經驗交流與技術研討，並提供軟體修正的建議，使監控任務更加完善與健全。

監控中心區分為五個監控位置，分別是 LEAD, DATA, PM, TEE, Thermal，目前亞洲監控中心先承接 PM 與 TEE 兩項任務，以後視實際狀況調整。而 AMS 磁譜儀上設計有不同的型態的偵測器，為了要能分精確偵測及量測分辨出不同的宇宙粒子，其中主要的偵測器有TRD (Transition Radiation Detector)、TOF (Time of Flight) 、Tracker 、RICH (Ring-Image Cherenkov Detector)、及ECAL (Electromagnetic Calorimeter)等5個偵測器，以及其它的子系統如TTCS溫控系統、ACC(Anti-Coincidence Counter) 、DAQ 等系統。PM分項主要任務是監控TOF, RICH 跟 ECAL偵測器; TEE分項主要任務是監控TRD與ACC, Tracker與TTCS溫控系統，主要監控各偵測器與子系統的健康狀況，如溫度壓力和電源系統是否正常運作；另外則是蒐集科學資料，如粒子的訊號trigger, 偵測器上的occupancy, calibration, 以及event size 等等。

本次出國任務主要內容為: 1. 參與各探測器Sub-detector的專家講說之訓練課程，明白各子監控器和子系統的工作原理 2. 接受 PM, TEE 等二大分項工作之實務經驗與監控技術訓練，並蒐集太空站相關資訊文件 3.丁院士安排瞭解 LEAD 與 Thermal 的基本監控，可以更明白整個 AMS-02 計畫的系統架構之運作 4. 本院同仁於現場與歐洲日內瓦 AMS監控中心各位負責人與專家作亞洲監控中心這9個月來經驗交流與技術研討。相信此行回到本院亞洲監控中心對於值班監控任務可以更上軌道並獨當一面，於值班時發生狀況可以更清楚問題發生

的原因，有效率的處理且及時向歐洲總部回報並記錄。

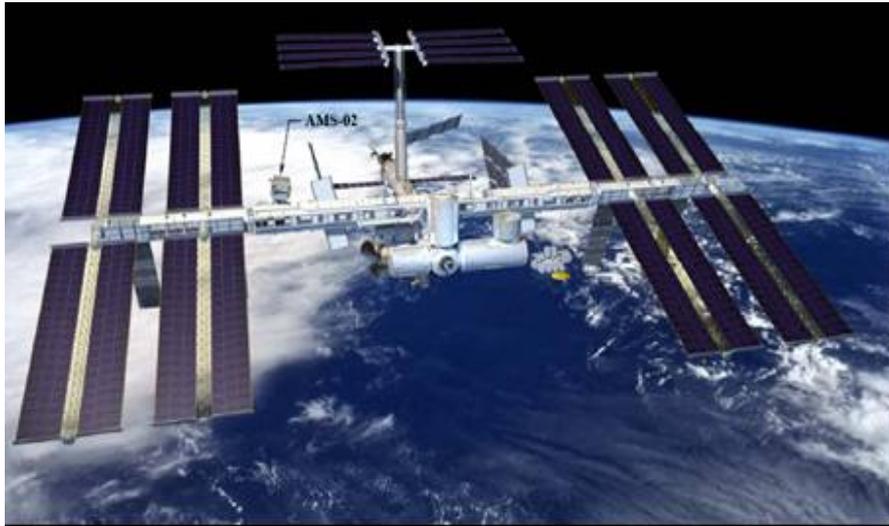


圖 1. AMS-02 磁譜儀於國際太空站 ISS 示意圖

## 貳、過程

本次出國計畫由電子所測試組的林玉蘭組長帶隊，其他為本院今年度6位研發替代役役男之值班人員，於4月13日啟程，執行為期21日的太空磁譜儀研討與培訓任務。

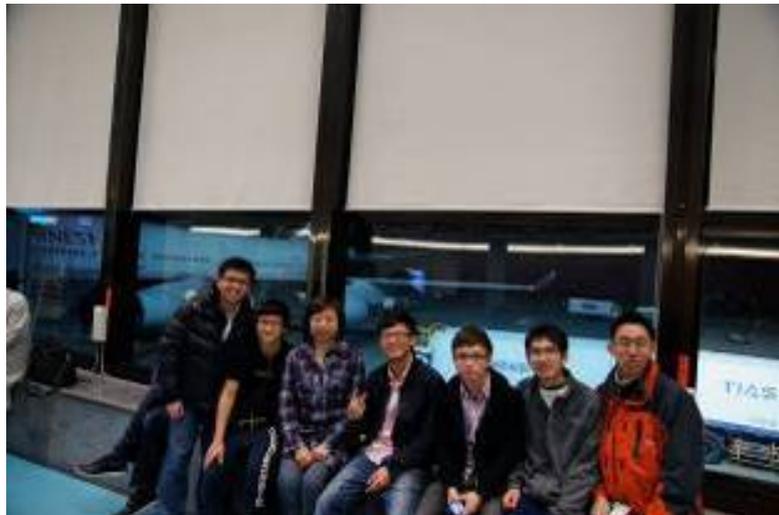


圖 2. 本次執行出國任務人員

(2013/4/15 工作紀要)

1. 於歐洲粒子能量中心(CERN)總部註冊辦公室(User Office)完成報到手續後，隨即前往 CERN 946 館AMS-02監控中心（Payload Operation and Control Center, POCC）與各國偵測器專家討論在CERN訓練課程與三週的值班規劃，並參加丁院士主持的例行會議，討論4月13,14,15三天POCC監控status。



圖 3. Laurence 小姐協助辦理 CERN 工作證



圖 4.人員抵達 AMS 監控中心六位研發替代役合照 圖 5.與 AMS 專家 Joe Burger 的合影

(2013/4/16~2013/4/17工作紀要)

參加AMS-02磁譜儀各偵測器基本原理之訓練課程，由國外6位AMS團隊專家來親自為我們傳授原理概述，下圖為AMS磁譜儀的基本架構，共分為5大偵測器: TRD、TOF、Tracker、RICH、及ECAL。4/16主要說明DATA,TOF跟 Tracker，4/17主要說明ECAL, RICH跟TRD。

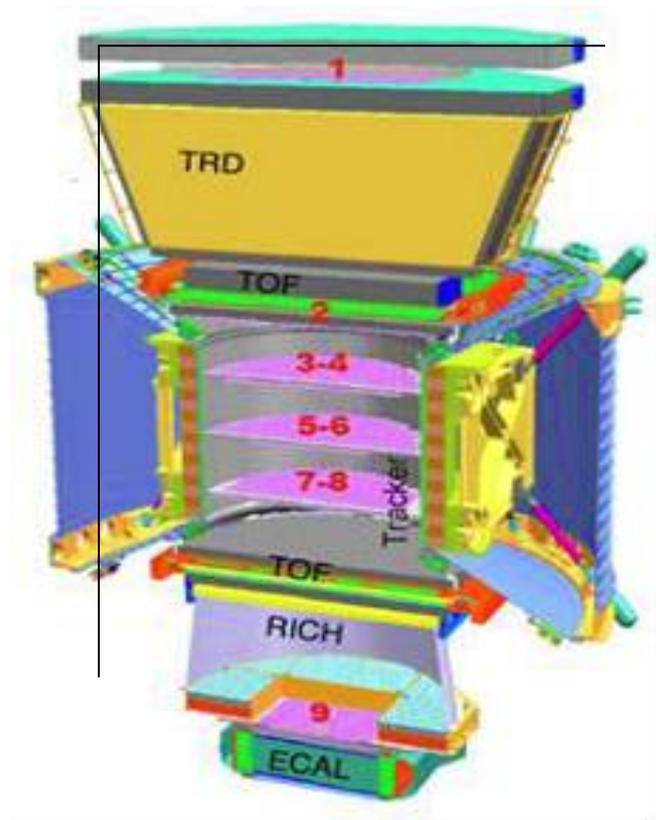


圖 6. AMS 磁譜儀基本架構與各偵測器位置

1. AMS 的 DATA 課程訓練講師: Matthew Krafczyk



圖 7. 與 DATA 課程講師 Matthew Krafczyk 的合照

AMS 資料傳輸路徑：如下圖 8.所示，AMS 全系統負責資料傳輸之區塊可各為三大部分，

- a.) 承載 AMS 的國際太空站 ISS
- b.) 馬歇爾太空中心之 HOSC
- c.) 與歐洲的 AMS 指管中心 POCC。

整體而言，AMS 的資料傳輸在系統層級上主要分為資料下載或命令上傳兩個路徑。

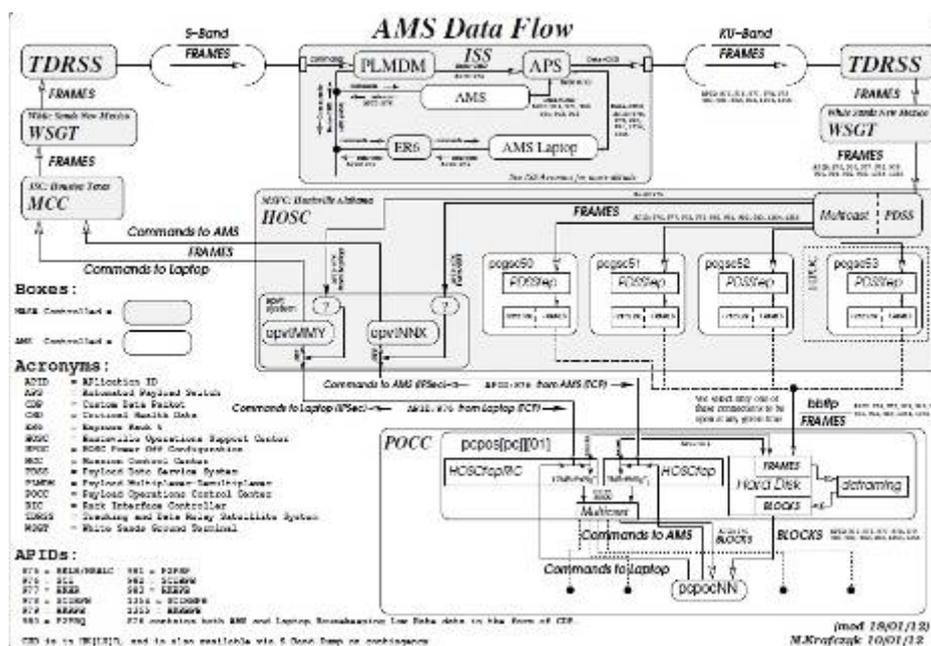


圖 8. AMS 全系統傳輸路徑

資料上傳由 POCC 為命令端，無論送到AMS 或AMS Laptop 的控制命令，皆須通過 MSFC 的Huntsville Operations Support Center(HOSC)中之EHS Remote Interface System (ERIS) 系統，其功能為NASA 官方保密之用途，將命令編碼為特殊格式送出(frame)。該命令經過美國德州休士頓的Johnson Space Center 之Mission Control Center、New Mexico 州之White Sands Ground Terminal(WSGT)、最後經由高空之Tracking and Data Relay Satellite System(TDRSS)使用S-band 頻帶傳至國際太空站ISS。

資料下載則由國際太空站 ISS 送出，使用Ku-Band 頻帶將特殊格式之資料送到 TDRSS，經過地面的WSGT 接收後，直接傳輸到HOSC。在此有四台伺服機提供儲存，僅有一台為接收端主要伺服機，其餘三台為備份機台。HOSC 接收的資料最後會傳送到歐洲AMS 的監控中心POCC，在POCC 執行反格式化程序(Deframing)，儲存AMS 和側錄裝置AMS laptop 兩者的資料。

AMS Streams Data 通分為兩種: housekeeping data跟 science data, housekeeping為偵測器的健康與狀態的即時資料。而science data 是經過buffer儲存後再play back回到 AMS的電腦，是AMS主要探測粒子訊號與分析的資料。

## 2. AMS 的 TOF(**Time of Flight**)課程訓練講師: Andrey Rozhkov



圖 9. 與 TOF 課程講師 Andrey Rozhkov 合照

- TOF 功能：**
1. 粒子穿越軌跡追蹤器的快速觸發訊號
  2. 判定粒子是由上而下還是反向穿越磁譜儀
  3. 量測粒子電荷

**TOF 構造：**

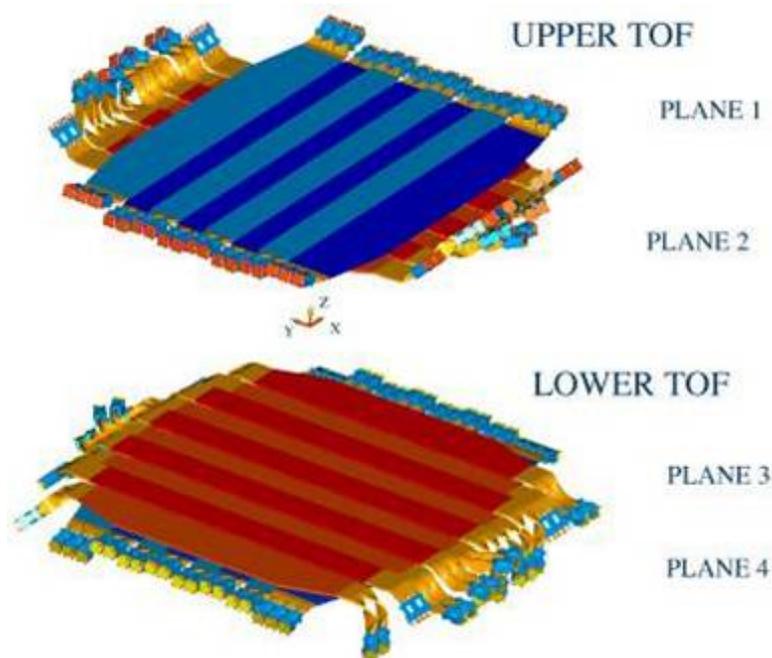


圖 10. TOF 基本構造

TOF由四個偵測平面構成，倆倆為一組互相以九十度角交錯，在Tracker上方的那組TOF偵測平面稱為UPPER TOF，編號為平面一平面二，平面一與平面二均由八條偵測帶組成。在Tracker下方的TOF偵測平面稱為LOWER TOF，由上往下依序編號為平面三平面四，其中平面三由十條偵測帶組成，平面四由八條偵測帶組成。



圖11. TOF 實體圖

每支偵測帶由苯乙炔基原料(樹脂玻璃)做成，如下圖12，寬12 公分，厚1 公分。每個閃爍偵測器有上下蓋，蓋子材質是含鋁聚酯薄膜。

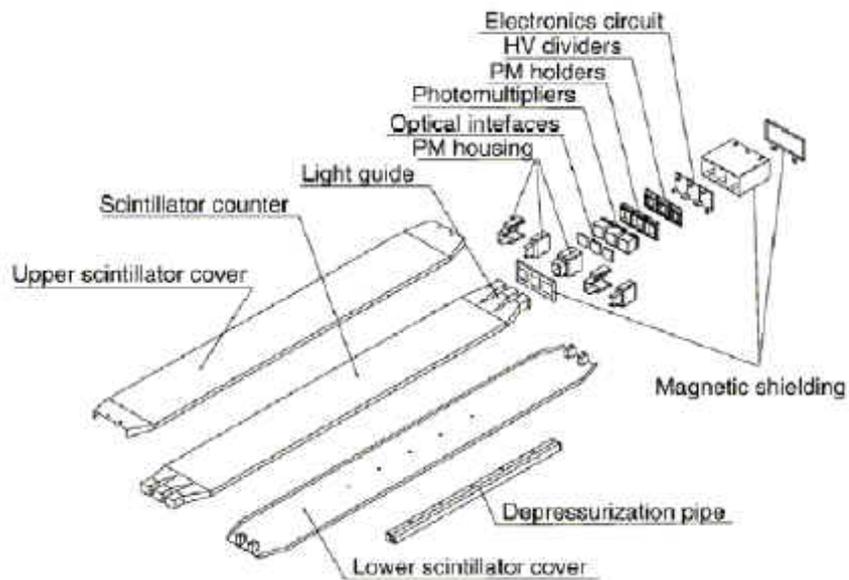


圖 12. 偵測帶組合件

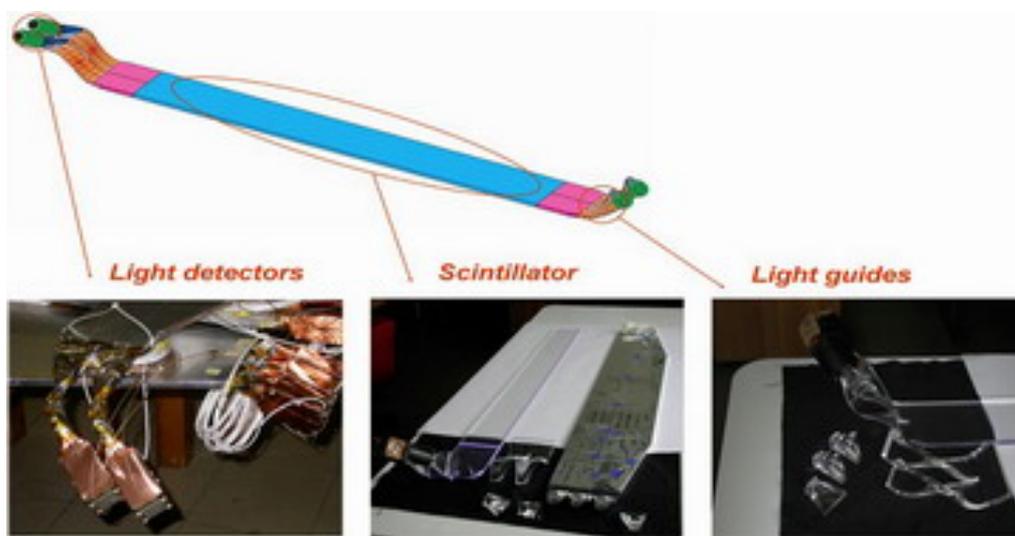


圖13. 偵測帶組件實體圖

偵測帶兩端有光導引管將光線導引至光子放大管與後端電路做訊號處理。光導引管為彎曲設計，減少磁場與光子放大管間的角度，可減弱磁場干擾，將環境因素影響降至最低。

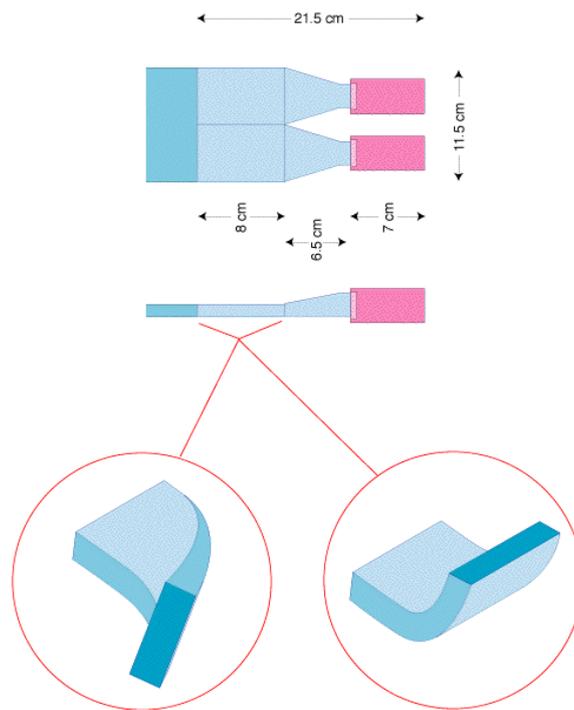


圖 14. 光引導管彎曲構造

TOF 有155 支Hamamatsu R5946 光子放大管用以偵測閃爍器產生的光，光子放大管工作電壓700-750 Vdc，由SHV 供電。偵測器兩端光子放大管的訊號會加總，藉以提供S-crate 所需的觸發訊號。S-crate即為TOF(Time of Flight)飛行計時器。

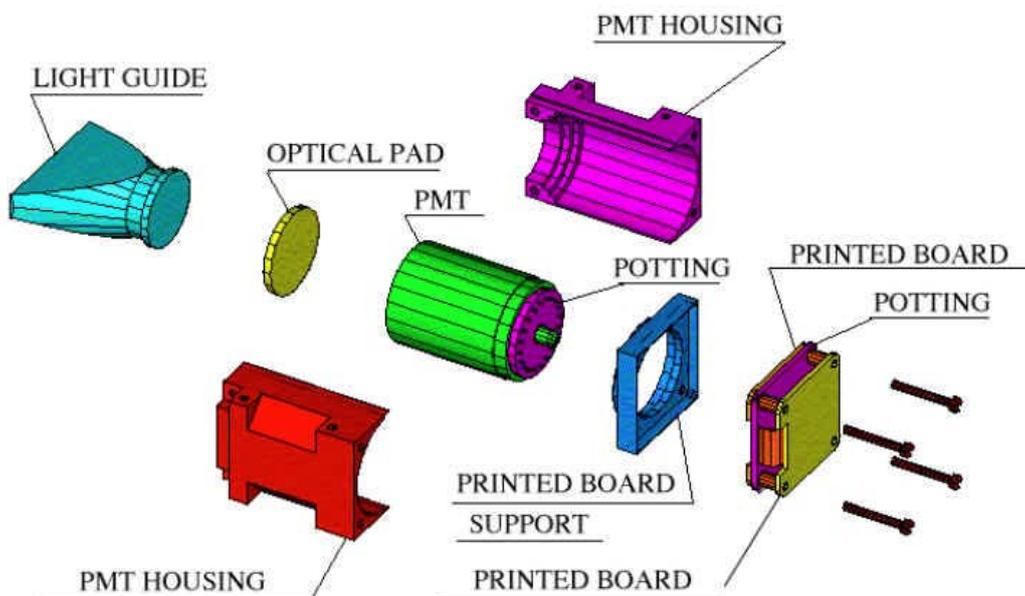


圖 15. 光子放大管組套件

### 3. AMS 的 Tracker 課程訓練講師: Domenico.D'urso

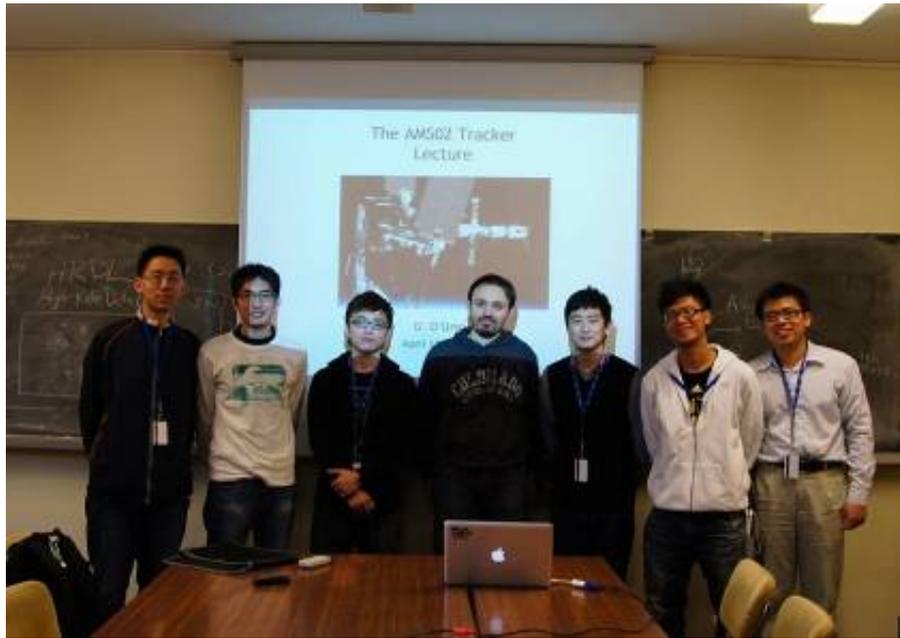


圖 16. 與 Tracker 課程講師 Domenico.D'urso 合照

#### Tracker 偵測器簡介

Tracker是由九層的Silicon感測器所組成，為太空磁譜儀AMS-02上最主要的粒子偵測器，其所在的位置如圖21，位於整個AMS-02的中心處。第一層在TRD偵測器的上方，第2層在Upper TOF偵測器的下方，第3、4層位於同一平面的正、反二面，5、6層也同樣位於一平面的正、反二面，再接著為7、8層，最後再RICH偵測器下面是第9層。其中第3~8層位於永久磁鐵中空柱的內部。涵蓋TRD及頂層TOF以及底層TOF、RICH直至ECAL探測器的上方，而外圍由圓柱型的永久磁鐵所包覆，柱內有穩定而強力的磁場，當宇宙高能帶電粒子由上往下穿過Tracker感應器層時，會因為所帶的電性和磁場作用而造成粒子的軌跡偏移，而偏移的角度大小及方向跟宇宙高能帶電粒子所帶的電性、速度、入射方向、以及能量有關。能量越強，粒子越不容易發生偏折；能量越弱，軌跡越容易因為磁場的作用而偏移。帶正電與帶負電的粒子因為電性有所不同，故受磁場作用而產生的軌道偏折也會完全相反。其動量與電荷量和曲率的關係式可以表示如下：

$$\text{Rigidity } R = p/Z$$

其中R為粒子的Rigidity，p為粒子的動量，Z為粒子的電荷量。

由上式可知當動量 $p$ 越大時，則曲率半徑 $R$ 越大，即越不容易發生偏折。而若是一個不帶電的中性粒子經過Tracker感測器，則 $Z$ 趨近於零，曲率半徑則接近無限大，則代表粒子軌跡將不發生偏折而依入射方向成一直線直接通過Tracker。

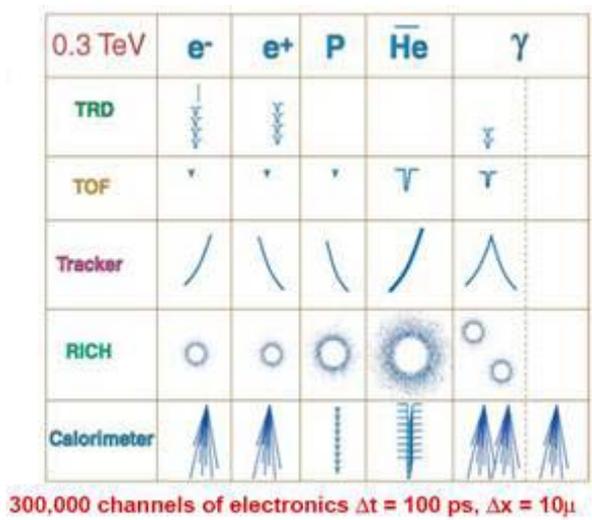


圖 17. 各個偵測器偵測之粒子特性

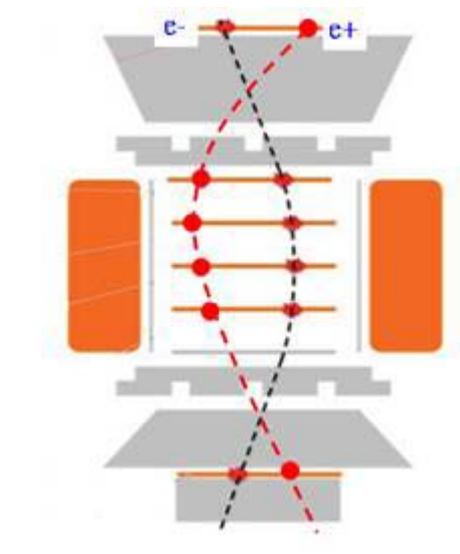


圖 18. 正電子與負電子通過 Tracker 的軌跡

原先AMS-02設計的Tracker外圍所使用的磁鐵為超導磁鐵，其使用的年限約為三年左右，但由於國際太空站ISS進行了延壽計畫，因此要將太空磁譜儀的壽命延長為十五年，而原先的超導磁鐵並沒有辦法達到新的工作壽命，因此將原先設計的超導磁鐵更改為當初AMS-01所使用的永久磁鐵，但是永久磁鐵所產生的磁場僅為超導磁鐵產生的磁場的六分之一，如此一來將會影響到所探測到粒子的資料的精確度，為了彌補此一不足，將Tracker原先設計的八層感測器修改成九層，把原先的最下一層搬到TRD偵測器的上方成為第1層，另外增加一層在ECAL偵測器的上方成為第9層。

如此Tracker 經過重新設計後，其所能偵測的解析度在Y軸方向(帶電粒子彎曲的方向)可達約10um，在X 軸方向可達約30um，而可偵測到質子最大Rigidity值(maximum detectable rigidity)約為2 TeV，與原先採用超導磁鐵的解析度幾乎相同。但因為這個額外增加的一層以及位置的移動，造成原先監控軟體上的一些問題，因為監控軟體內部份的資料及圖型是以原來的編號來作計算，故在看Tracker監控軟體時要特別注意這一項，同時要有這幾層感測器原來及更改後的各自位置，如此才能正確的解讀Tracker 監控程式內資料所代表的意義。

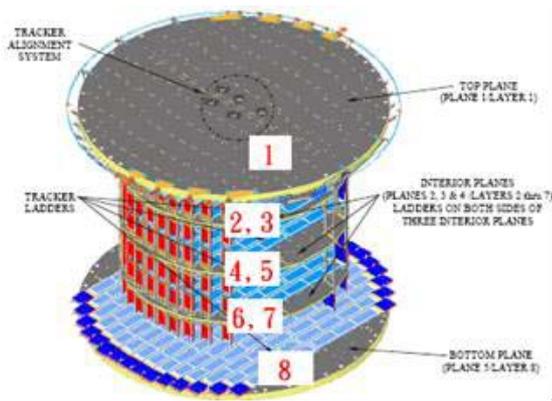


圖 19. 原先設計超導磁鐵的八層 Tracker 結構

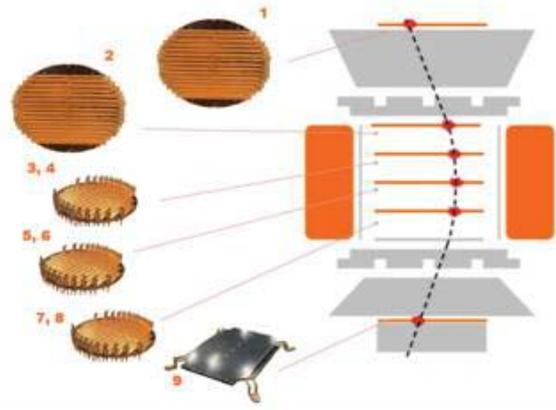


圖 20. 改為永久磁鐵的九層 Tracker 結構

### Tracker 感測元件

在Tracker 偵測器上最小的訊號讀出單位稱之為ladder，它是由不同單位的矽製微波傳導感測晶片 (silicon microstrip sensor) 沿著粒子彎曲的方向(Y 軸方向)所組成的單位，每一個感測晶片是由N-doped 高感度矽晶片所製成，其每一片的面積為 $41.360 \times 72.045 \text{mm}^2$ ，厚度為 $300 \text{um}$ 。每一個ladder 共有1024 個感測訊號輸出，在Y 方向有640 個，而在X 方向有384 個輸出，因此Tracker 一共有 $196,608(192 \times 1024)$ 個感測點，其中在Y 方向有 $122,880$  個( $192 \times 640$ )，在X 方向有 $73,729$  個( $192 \times 384$ )。

除此之外，每一個ladder的前端連接有2 個前端訊號處理電路模組稱之為hybrids (S-side 及K-side)，在hybrid 的前端有16 個電壓放大器稱之為VA，而每一個VA 處理64 個感測訊號輸出，其中10 個VA 處理S-side 的輸出訊號，6 個VA 處理K-side 的輸出訊號。而hybrid 電路模組則連接到稱之為TDR (tracker data reduction board)的電路板上。每一片TDR 電路板可以連接二個ladder 共4 片的hybrid 電路模組，而每兩片TDR 電路板組成一個電源組(power group)。4 組的電源組(共8 片TDR)則放入一個名為T-Crate 的機匣內，在AMS-02 上共有8 個獨立的T-crate，同時此T-crate是AMS-02 上體積最大之機匣。

感測器的電子訊號在經過T-crate 後再送到稱之為JINF電子模組，而經過JINF 處理過的訊號再送至AMS-02 的系統DAQ 模組進行處理。在Tracker 偵測器內一共有192 個ladder 分佈在9 層上，由上而下各層的ladder 數目為26，22，22，22，20，20，22，22，16。第1 層為最上層，而第2至8 層稱之為內層，第9 層為最下層。其中第3、4 層，5、6 層，及7、8 層分別為位於同一平面的上下二面，而第1、2、9 層則是各自單獨使用一個平面。

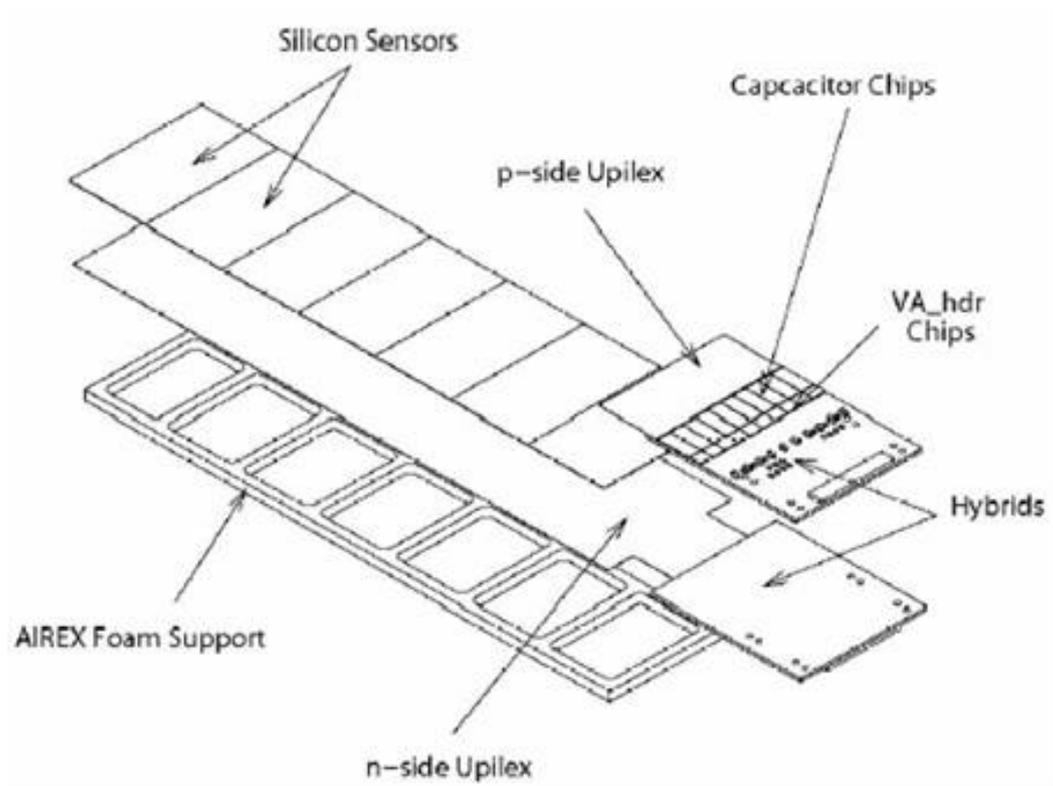


圖 21. 感測元件 Ladder 各部位分解圖

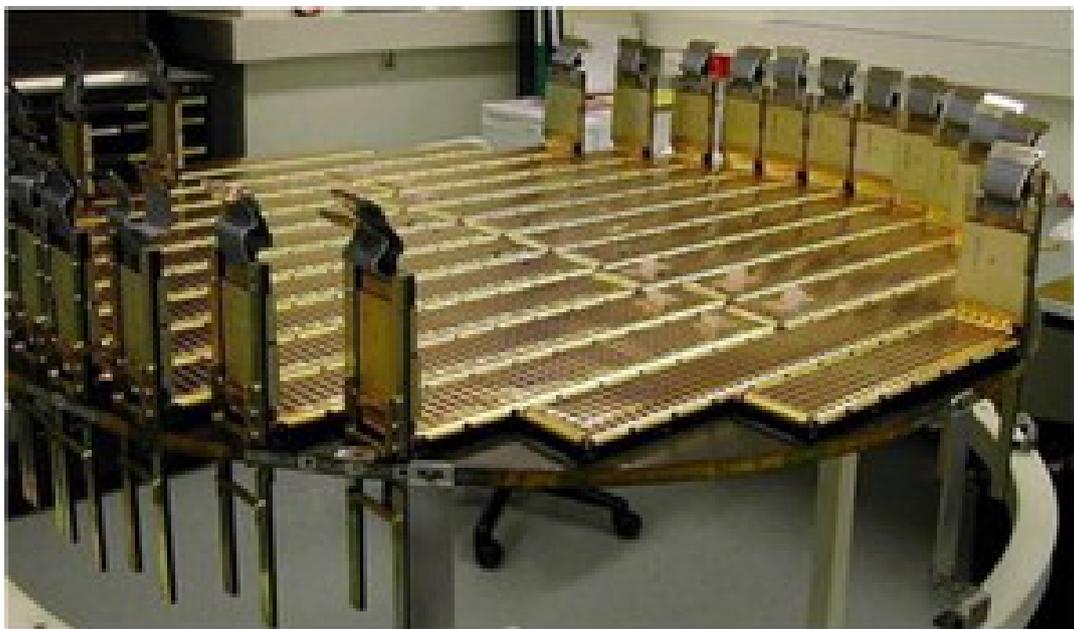


圖 22. 感測元件 Ladder 組合後的照片

#### 4. AMS 的 ECAL 課程訓練講師: Marco Incagli



圖 23. 與 ECAL 課程講師 Marco Incagli 合照

#### ECAL 電磁量能器

ECAL 是由細微的鉛-閃爍能量與取樣 9層光纖架構堆疊而成，用了50000 條光纖，重 1200 lb，可以量測3D 縱橫交錯的電磁兩狀圖形(electromagnetic shower)，與其他偵測器結合藉以分辨電子/強子，同時量測該粒子的能量。量測電子、正電子、 $\gamma$ 射線的能量最高可達1 Tev

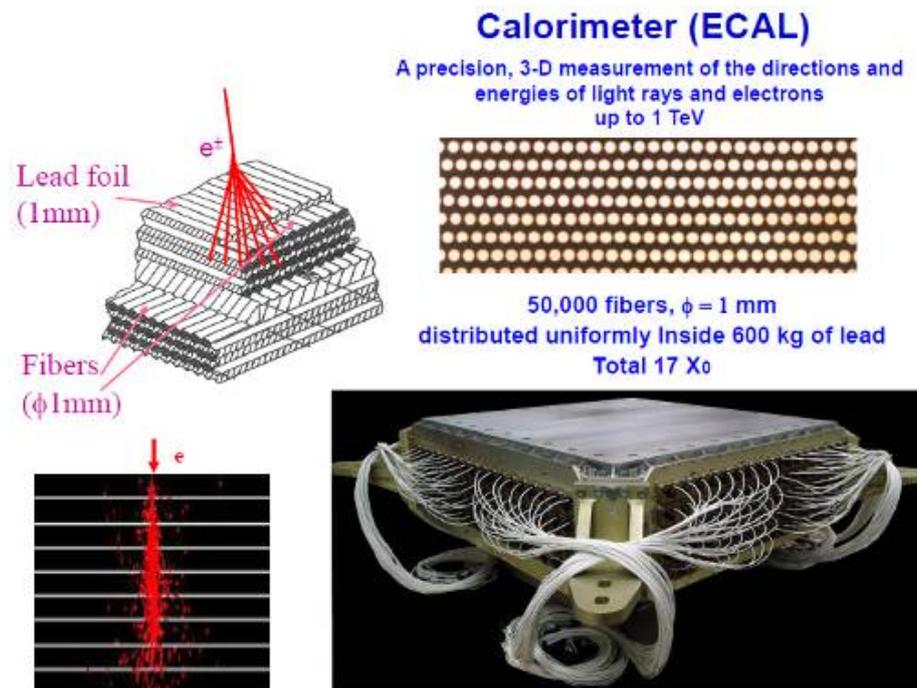


圖24. ECAL量測粒子電磁波能量基本原理示意圖

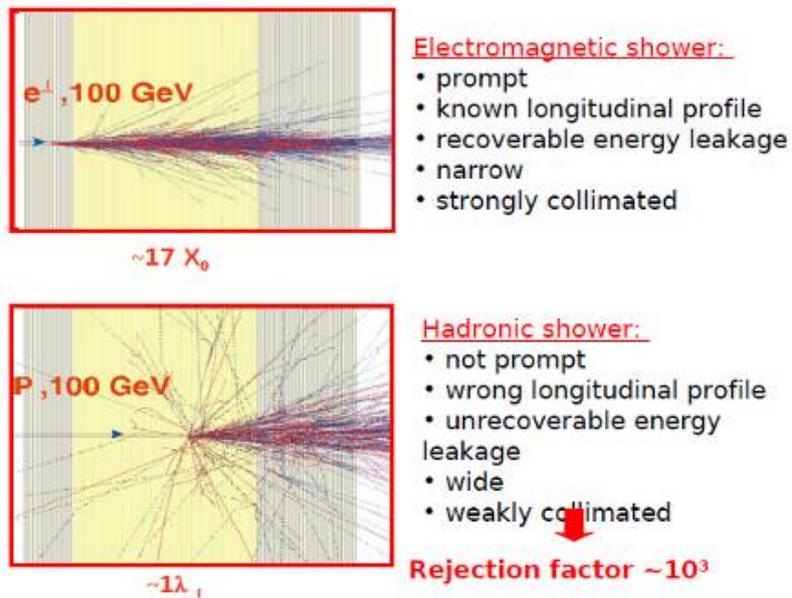


圖25. 縱橫交錯的兩狀圖形(electromagnetic shower)示意圖

偵測單元由 1mm 的鉛錒箔材料與聚合物閃爍光纖組成，光纖與鉛箔使用 BICRONBC-600 膠材黏在一起，每一層有490 條光纖組成，寬度為658mm。每個厚層則由10 個光纖層與7 個鉛箔層構成，同一厚層的光纖走向一致，厚層間彼此垂直交互堆疊成一個9 英寸後的餅狀物，這是偵測器主要的元件。

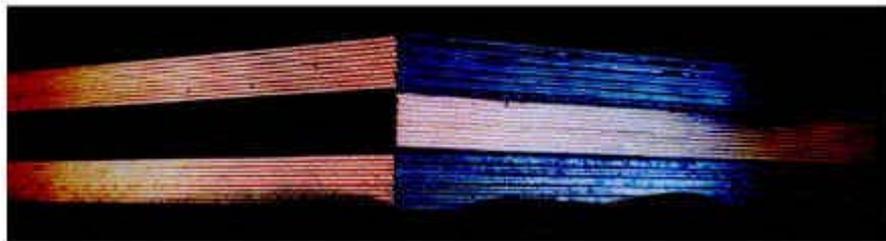


圖26. 光纖厚層

靈敏的光子放大管環繞在餅狀物四周光纖尾端，每個放大管偵測的範圍如下圖所示。

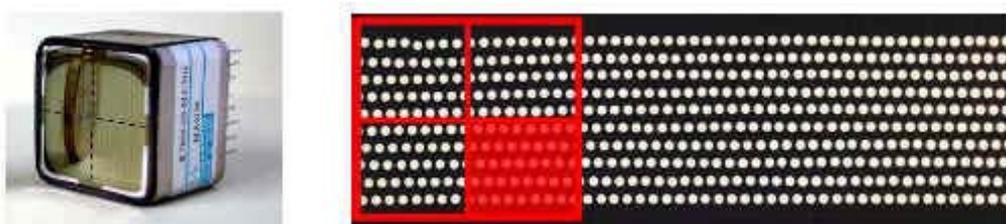


圖27. 光子放大管偵測範圍

整個 ECAL 大小有80 x 80 cm，高25cm，重643kg，四分之三的重量為鉛箔。餅狀物放置於ECAL 盒裡面，四周是方格狀的鋁結構，集光系統一組偵測四層厚層，共72 個。另一組 TRD 光子放大管偵測五層厚層，共90 個。

每個集光系統由抗磁金屬包圍，內含導光管、光子放大管、電子電路，尾端有鋁材固定。訊號經由ECAL Intermediate Boards (EIBs)電路板與E-crate 連接，做為資料擷取之用。另外高壓電源盒提供800 VDC 給光子放大管用。

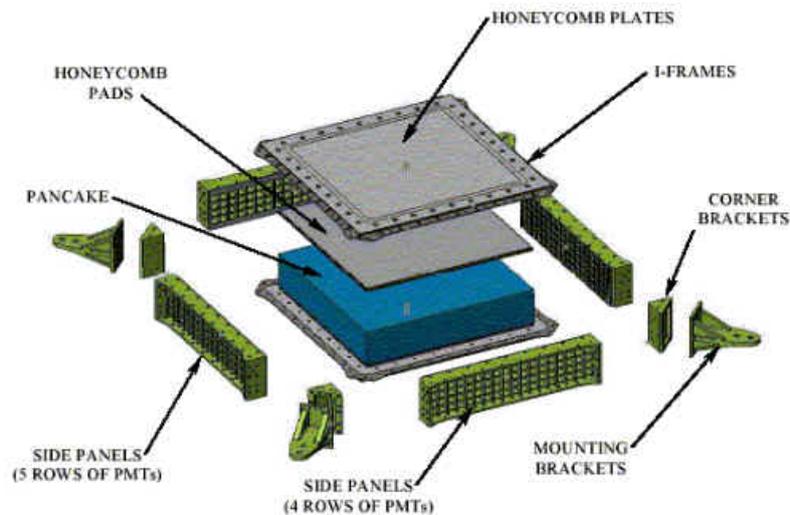


圖28. 電磁量能器分解圖

##### 5. AMS 的 RICH 課程訓練講師: Francesca Giovacchini



圖 29. 與 RICH 課程講師 Francesca Giovacchini 合照

## RICH基本介紹:

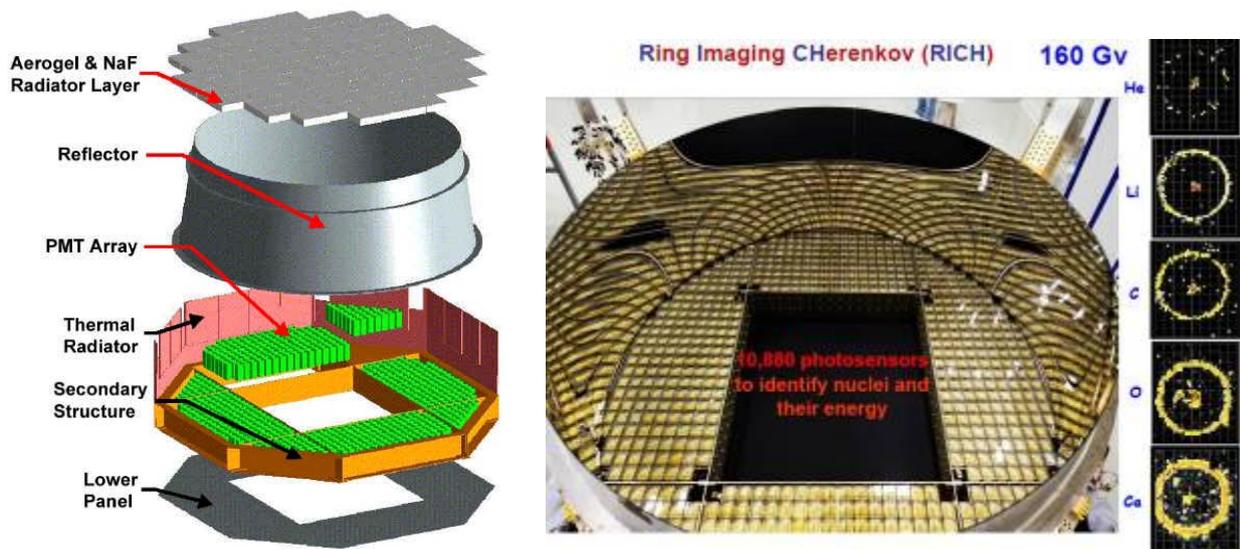


圖30. RICH 分解圖

由西班牙、義大利、法國合作製作，位於下層TOF 下方，ECAL 上方。有680 個PMT(photomultiplier tubes)，每個有16 個ch，共10880 個ch，粒子加速，速度超過光在該介質中的速度時，會產生契倫可夫輻射，發出角錐狀藍光，宇宙射線打到radiator(介質)，發出藍光輻射，偵測器可以重建粒子的電荷與速度，而能量 =  $1/2mv^2$  平方。RICH 可以經由契倫可夫效應量測帶電粒子的速度，當帶電粒子穿越矽膠或氟化鈉時，契倫可夫輻射會經過透明非導體發射，速度比光在該介質的速度還快。周圍必須使用高效能反射板，使收集到的光子數量比直射到光子放大管還多。RICH 與軌跡追蹤器結合，計算穿越偵測器的粒子質量，軌跡追蹤器可以建立粒子的動量，精度達1%。

分解 RICH，以功能區分可以分為三個區塊，最上層是太空凝膠與氟化鈉所組成的，當高能粒子穿越時，會產生契倫可夫輻射。中層是圓錐狀反射板，下層是光子放大管與結構件。上層區塊會使用氬氣清潔，50  $\mu\text{m}$  的過濾器可以避免太空凝膠與氟化鈉的雜質進入。

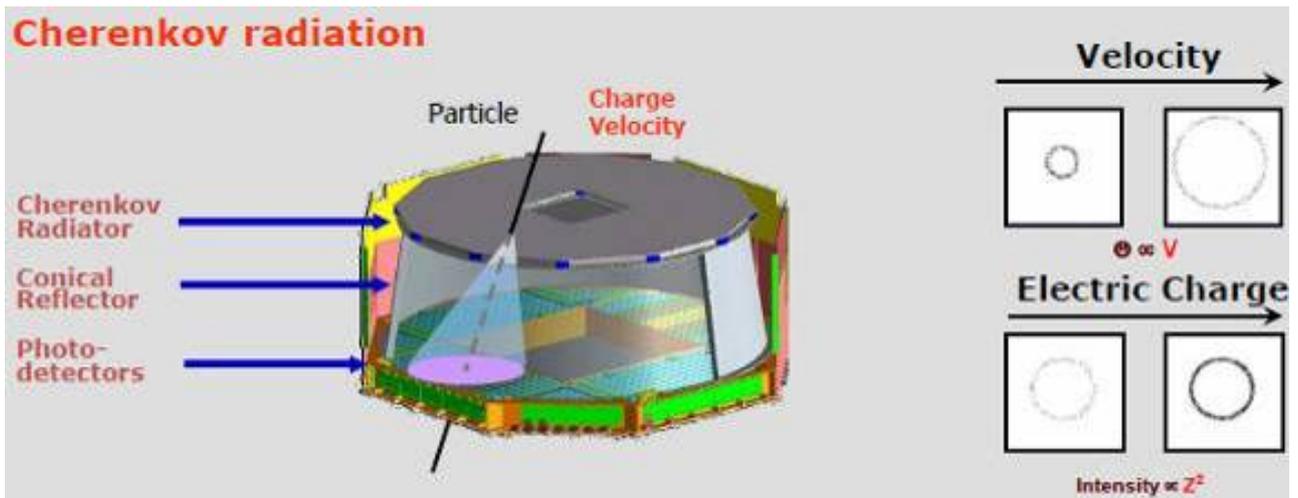


圖31. 契倫可夫輻射

中層圓錐狀反射板由三片氧化鋁、氧化鈦零組件組成，內層鍍上金、Cr、鋁、石英，外圍再豎立八片鋁板保護反射板，也做為散熱板用途。

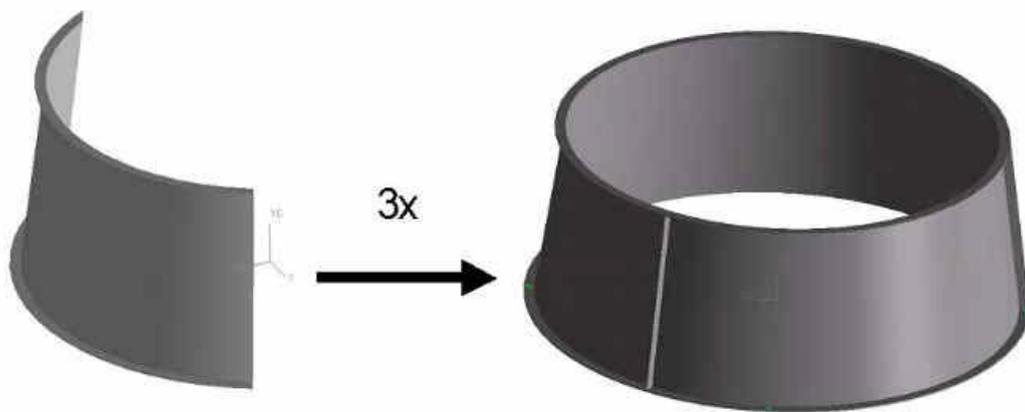


圖32. 反射板

下層是支撐 RICH 的機械結構與USS-02 的介面，位於其中的680 個光子放大管緊密排列在結構架上，在此處偵測契倫可夫光子。

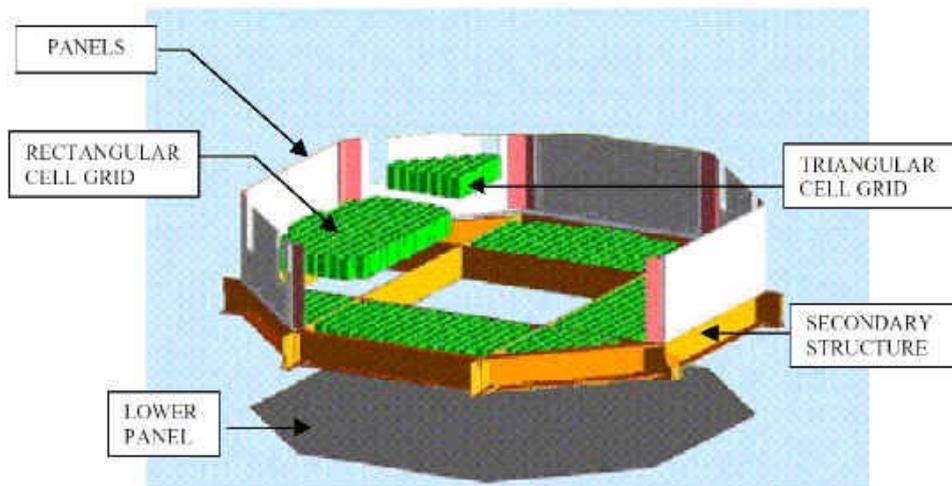


圖33. 偵測契侖可夫光子

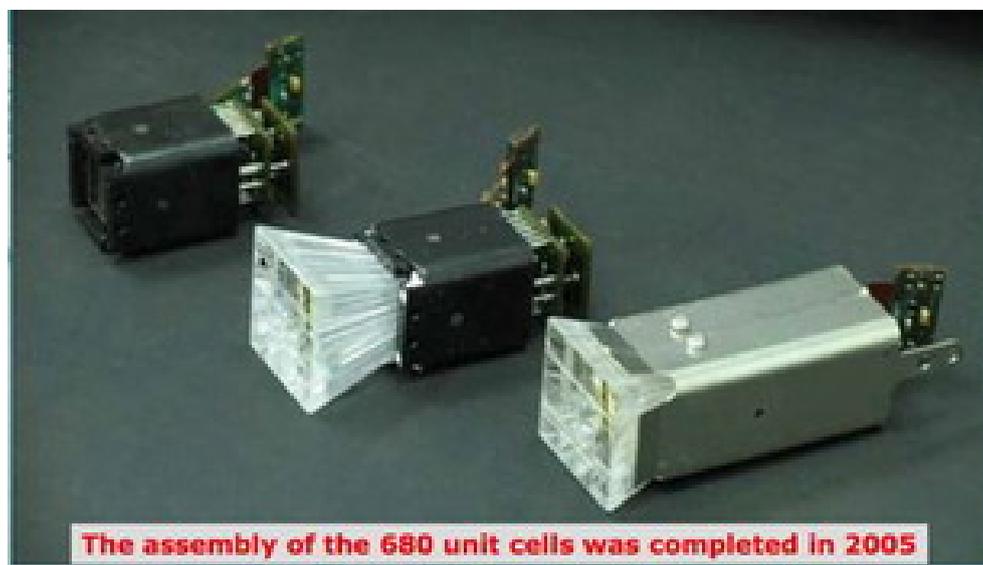


圖34. RICH 單元結構圖

### 資料傳輸:

AMS 各個偵測器之資料擷取電子裝備，均為相同之模組，其資料收集流程均類似，各個偵測器之資料之類比信號均經過 A/D 轉換器，在經過 JINF&JINJ 再送至主計算機 (JMDC)，所有資料流程控制與資料壓縮與打包均由 JMDC 之 CDDC(Command Distribution and Data Contribution) 程式所控制，如圖六所示，各個 Detector 之 Housekeeping 資料則經過 USCM(Universal Slow Control Module, CAN BUS)，送至 JMDC，再分類為 HKLR 與 SCI 資料經由 HRDL 及 LRDL 傳送至地面

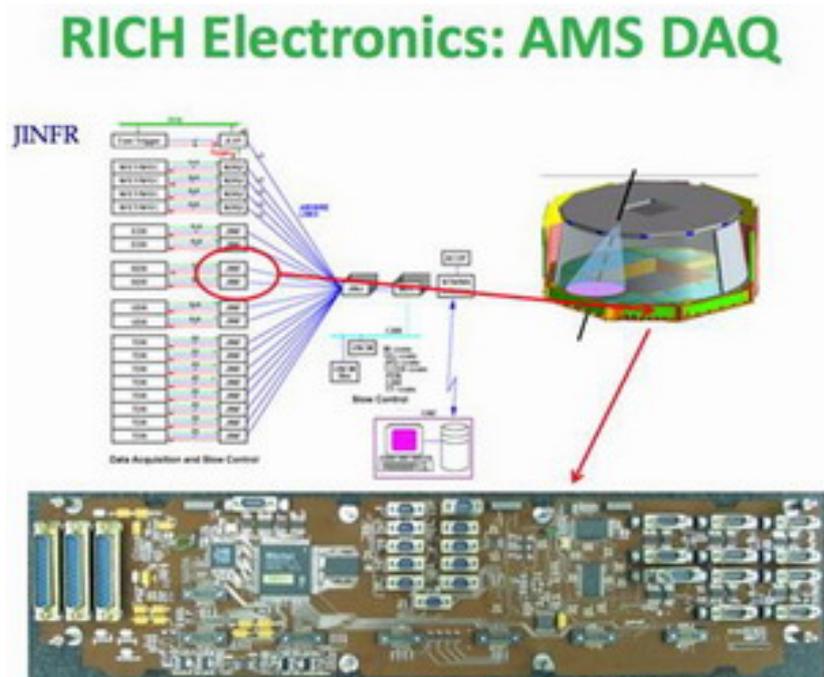


圖35. RICH-JINF 資料擷取流程圖

### 6. AMS 的 TRD 課程訓練講師: Thomas Kirn



圖 36. 與 TRD 課程講師 Thomas Kirn 合照

### 穿越輻射偵測器 (Transition Radiation Detector, TRD)

TRD 偵測器位置位於AMS-02 模組的最上方，其最主要的功能是用來分辨穿越過偵測器的宇宙粒子是屬於(正/負)電子(electron & positron)還是其它較重的粒子。因為對於能量非常高

的粒子(粒子動能大於200 billion eV)，例如質子的能量約在940 MeV，或是電子的能量約在0.5 MeV，或是介子的能量約在100 MeV 時，Tracker、ToF、或RICH 偵測器無法分辨出粒子的種類來，故需要利用TRD 偵測器的特殊偵測能力來分辨電子與其它的粒子。這項偵測能力對於偵測暗物質非常重要，因為需要能夠將高能量的正電子及質子分辨出來才能夠進行對暗物質的偵測。

### 1) TRD 工作原理

TRD 的工作原理是利用高能電子穿越過折射率不同物質時，會產生x-ray 輻射，而高能的質子穿越過折射率不同物質時卻不會產生x-ray 輻射的特性來作偵測。同時利用氙氣(Xenon)及二氧化碳(CO<sub>2</sub>)混合氣體在高電壓下對x-ray 輻射會產生崩潰式游離電子而造成電流的特性，再利用偵檢電路來偵測。為了提高單一電子所產生的電流以供偵檢電路偵測，在放大產生 x-ray 輻射的材料上使用聚丙烯及聚乙烯不同材料的纖維混合(polypropylene/polyethylene fiber fleece)，以其具有為數眾多的不同折射率層，以使得它子穿越愈多不同折射率層時，能放出更多的x-ray 輻射，以加強激化混合氣體的放電效應。

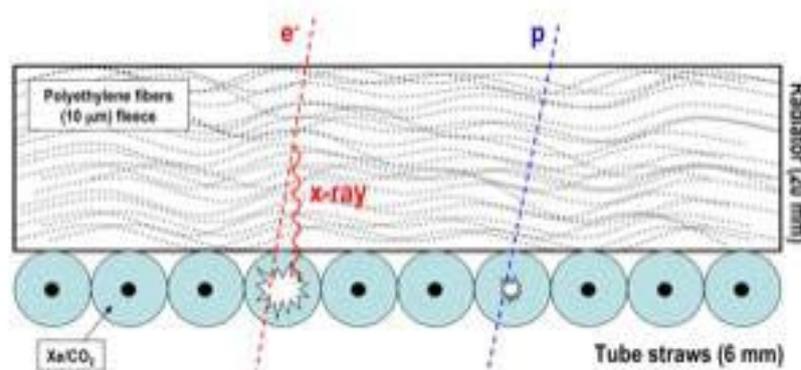


圖37. TRD 工作原理示意圖

### 2) TRD 偵測器構型

TRD 位於AMS-02 的最上層位置，其內部是由328 個感測模組塊所組成共堆疊成20 層，外型為八角倒楔型形狀；其中最上4 層及最下4 層的感測模組塊為X 方向排列，而中間12 層的感測模組塊為Y方向排列。每一個偵測模組塊厚度為20mm厚，並具有16 根混合氣體管在其中，模組塊依安裝的位置而長度不一，從80cm至200cm。

TRD 偵測器對溫度的變化非常敏感，其操作溫度變化必須控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 內，因此TRD 在維持恆溫的設計上，作了非常多之設計，以避免外界的溫度影響到內部溫控的環境，同時在整個TRD 的結構外部包上了40 層的絕熱材料(Multi-Layer Insulator, MLI)，以防止溫度的變化。

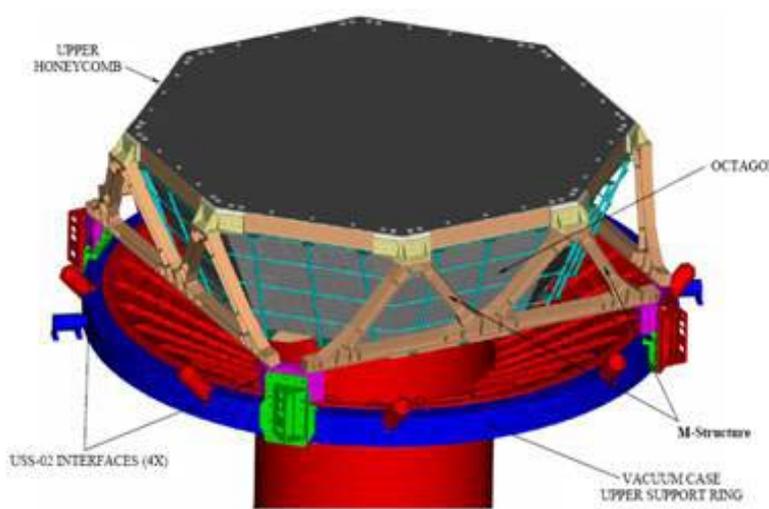


圖38. TRD 偵測器

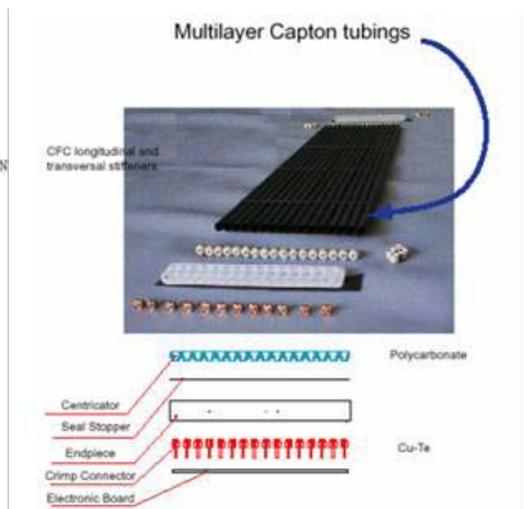


圖39. TRD 混合氣體管

### 3) TRD 混合氣體子系統 (TRD-GASS system)

TRD 偵測器內用來產生游離電子的氣體是用氙氣及二氧化碳氣體所組成，以80%(Xenon)及20%(CO<sub>2</sub>)的比例混合，並加以1600 伏特的電壓(在崩潰游離電壓區)。氙氣及二氧化碳是分別儲存在二個獨立的儲氣球體內，透過多個管路、加熱器、擴散筒、及閥門來管控氣體的壓力、流量、溫度、及混合比例，此系統相當的複雜，且有高壓氣體及高電壓，因此是一個在監控時要特別注意的系統。

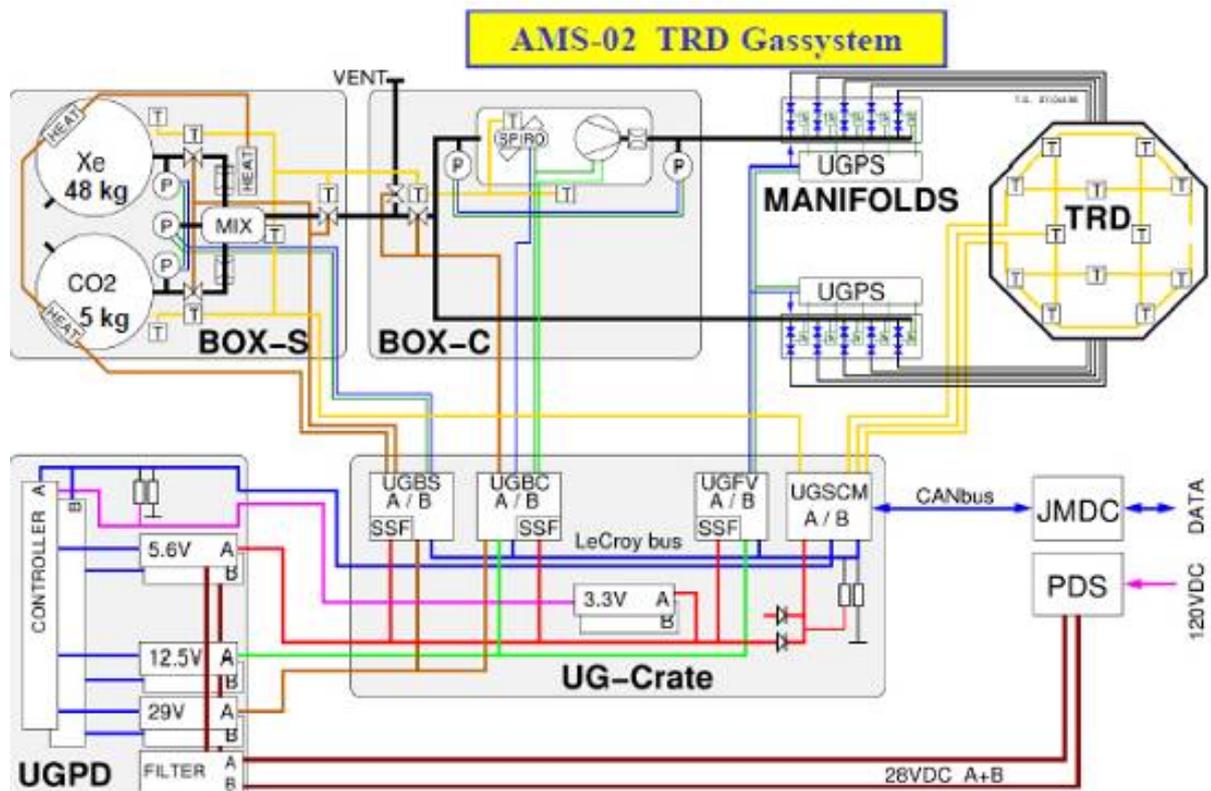


圖40. TRD-GASS system示意圖

**(2013/4/18~2013/5/1工作紀要)**

1. 開始輪流值班 PM 跟 TEE，2 個人為一組輪流值早班 8:00~16:00，以及晚班 16:00~24:00
2. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。
3. 林組長帶隊參加丁院士規定於 POCC 二樓主持每日下午 5 點的例行工作會議，討論太空磁譜儀各偵測器及電子系統運作狀況，若有異常狀況需儘速討論處理尋求解決之道。並當場律定行動項目，律定執行者及完成時間，以達到最高效率。
4. 參加 A. Lebedev 的 LEAD 的監控介紹，以及 J. Burger 的 Thermal systems 監控介紹。
5. 林組長參加丁院士在 CERN 主持的 AM S-02 S 計畫的物理分析發表研討會，於 CERN1 B500 會議室舉辦。

## PM : TOF 監控程式

### Work Space Data Monitor

在 terminal 輸入以下指令開啟程式：

1. `cd ~/TOF/Monitor2010`
2. `./monitor /Data/BLOCKS/SCIBPB/RT/ 0706522 b 5000`

黃色部分為 SCIBPB 之資料檔案名稱。須自行修改至最新檔名稱。

此程式會產生出五個視窗：Event Size、LT、HT、HT Plot 及 Board Temperature。

有時程式遇到 bug 會自動關閉，重開即可解決問題。

### Event Size

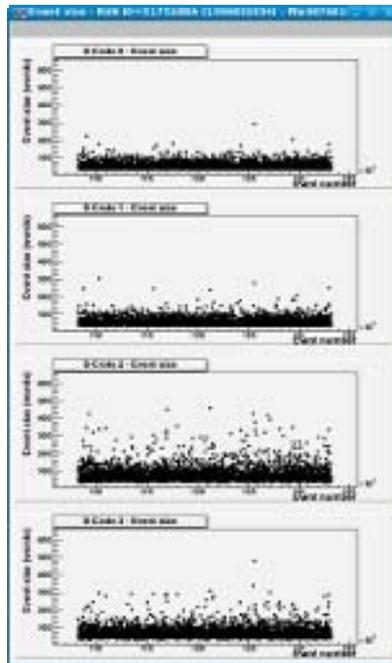


圖 41. TOF Event Size 監控畫面

Event Size：

Y 軸表粒子觸發事件個數，X 軸則為事件編號，正常情況下，Y 軸的 Event Size 均在兩百以下，若國際太空站(ISS)通過地球磁極異常區(SAA，在南美洲的阿根廷、巴西及西大西洋一帶)，粒子觸發事件個數會激增至三百多。

圖中有四個 S-Crate，由 0 至 3 依序由 1n2p、1p2n、3p4p 及 3n4n 組成，其中 n 表負計數端(negative counters side)，位於每一偵測平面上端，p 表正計數端(positive counters side)，位於每一偵測平面下端。數字代表第幾偵測平面。

## HT

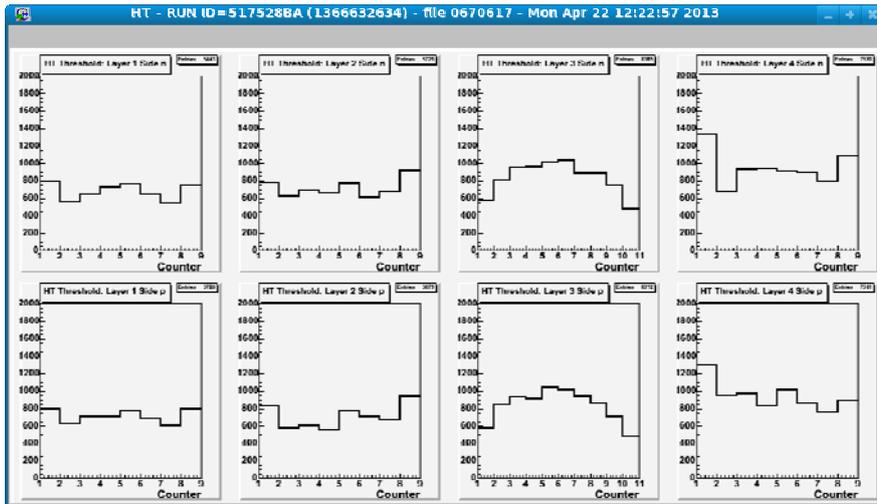


圖 42. TOF HT 監控畫面

## HT :

圖表為在一定時間內粒子通過 high threshold 產生的訊號數目，以柱狀圖顯示。由左而右分別是第一平面、第二平面、第三平面及第四平面，上層為負計數端(negative counters side)，下層為正計數端(positive counters side)。X 座標 counter 表偵測平面的偵測帶個數，其中平面三為十個偵測帶，其餘平面為八個偵測帶。

註：若此圖右上兩圖(layer3n,4n)歸零或是趨近於零，此為程式 BUG，重開即可解決問題。

## LT

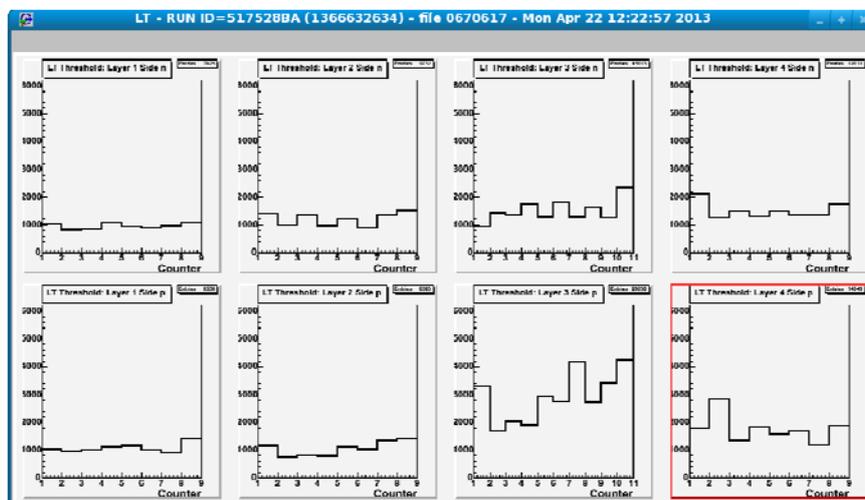


圖 43. TOF LT 監控畫面

LT :

圖表為在一定時間內粒子通過 low threshold 產生的訊號數目，以柱狀圖顯示。由左而右分別是第一平面、第二平面、第三平面及第四平面，上層為負計數端(negative counters side)，下層為正計數端(positive counters side)。X 座標 counter 表偵測平面的偵測帶個數，其中平面三為十個偵測帶，其餘平面為八個偵測帶。

### HT plot

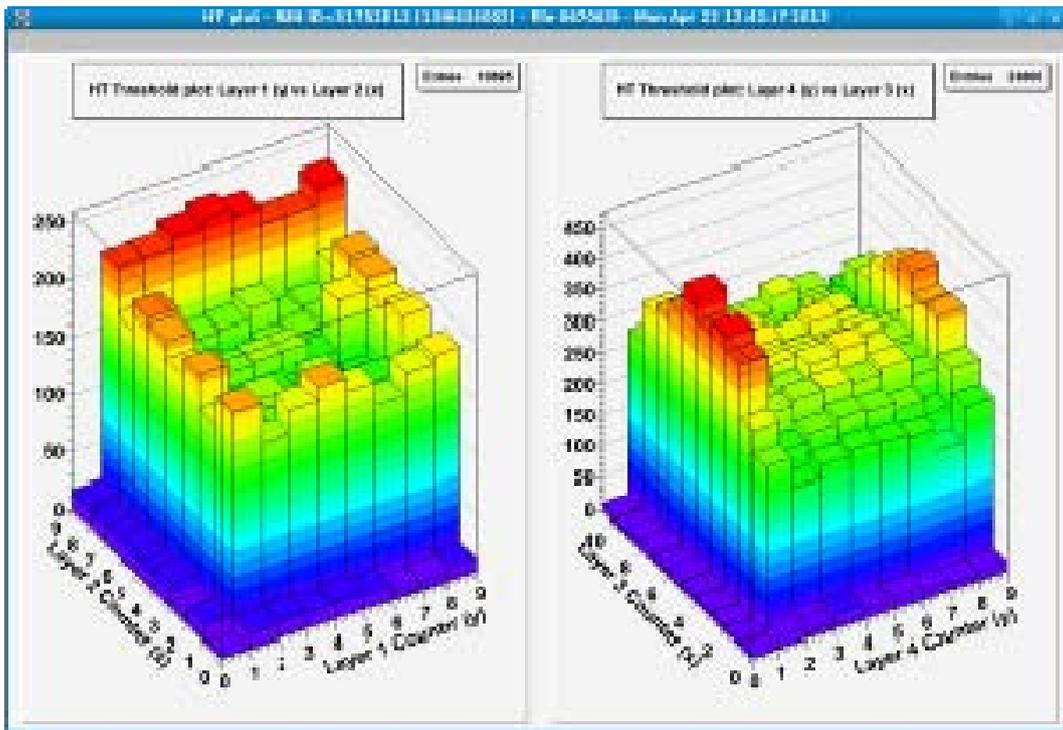


圖 44. TOF HT plot 監控畫面

HT plot :

此圖是根據上述介紹的 HT 所繪出的 3D 立體圖，左圖為 Upper TOF，由偵測平面一與偵測平面二的資訊數據為基底組成，右圖則為 Lower TOF，由偵測平面三與偵測平面四的資訊數據為基底組成。

## Board Temperature

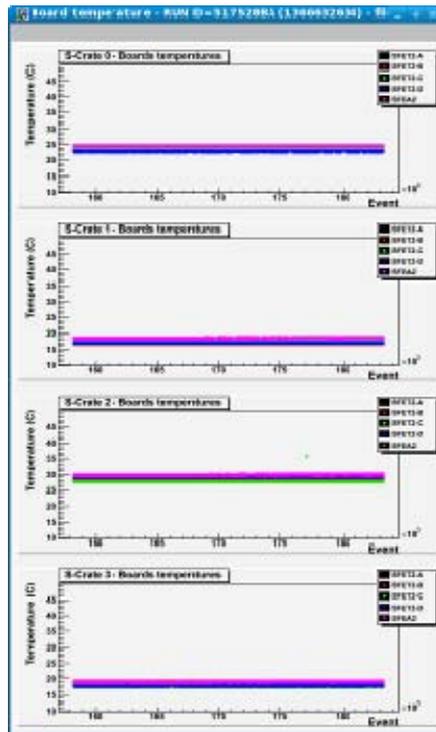


圖 45. TOF Board Temperature 監控畫面

Board Temperature :

由上而下依序為 S-Crate0、 S-Crate1、 S-Crate2 及 S-Crate3 的版面溫度，正常狀態下溫度為常數，且各版面內部感測器的溫度均一致，圖上線型有落差是為了方便區分不同的感測器，以免重疊導致判斷有誤。

### Work Space Data monitor 2

此工作視窗有三個程式需要開啟，分別為 Dynode pedestal monitor、Anode pedestal monitor 及 DTS monitor。

在 terminal 輸入以下指令開啟程式：

Dynode pedestal monitor : `cd ~/TOF/Qlistmon TOF-CALD-M &`

Anode pedestal monitor : `cd ~/TOF/Qlistmon TOF-CALA-M &`

DTS monitor : `cd ~/TOF/Qlistmon TOF-DTS-3-M &`

## Dynode pedestal monitor

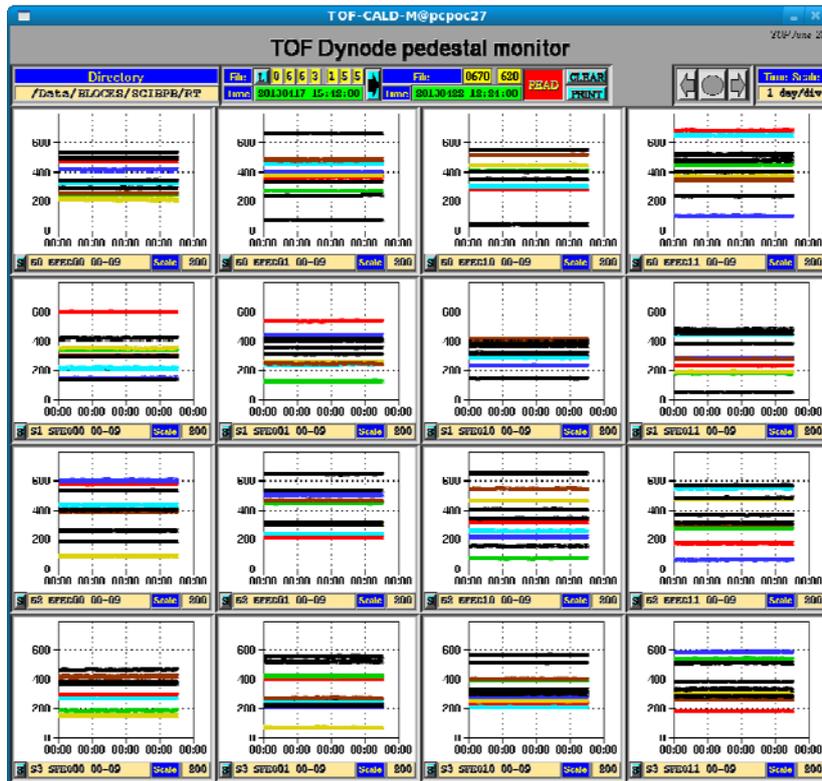


圖 46. TOF dynode Pedestal 監控畫面

Dynode pedestal monitor :

圖中每一列為某 S-Crate 各部位的電壓值，每部位有十個數據，共有四個部位。而 S-Crate 由上而下依序為 S-Crate 0、S-Crate 1、S-Crate 2、S-Crate 3。在正常情況下電壓值均為常數，為預設給定的電壓，此電壓是用來測量宇宙中粒子激發光子放大管的量化數據，由於 Dynode pedestal 的電位差由上往下增大，所讀出的數據較為粗糙，在底層的電位差值為最大，量測到的訊號能量也為最大。

若是粒子激發出的能量不能由這一層的 Dynode pedestal 來顯示，則會往下一層去，而通過每一層的 Dynode pedestal 時，會激發出更多高能粒子，一層一層放大，直到碰撞出來的能量數據範圍被某一層的 Dynode pedestal 接受，此訊號才會被視為有效訊號。換句話說，當最底層量到的訊號過大，造成非線性失真，則讀取上一層 Dynode pedestal 訊號，以此類推，直到得到一個適當的訊號強度為止。

## Anode pedestal monitor

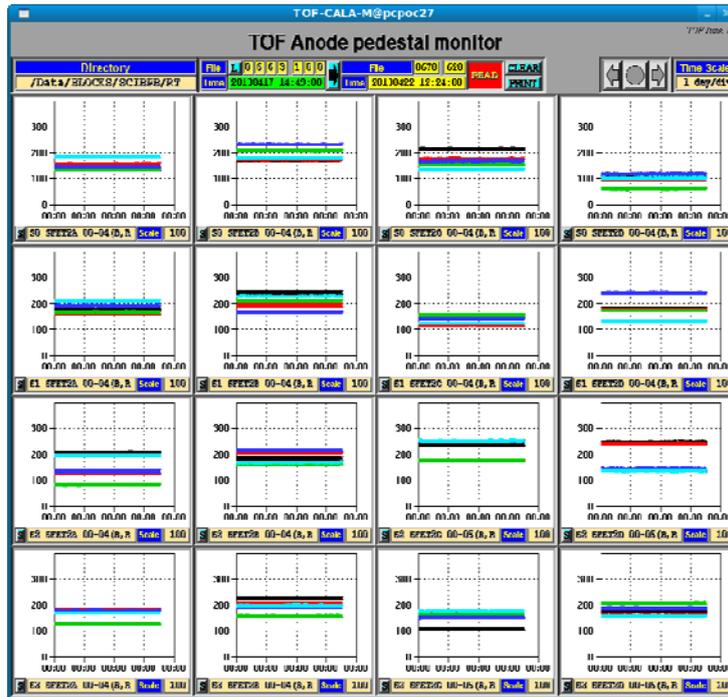


圖 47. TOF Anode pedestal

Anode pedestal monitor :

此監測器與 Dynode 原理相同，差別在於 Anode 為激發電路中的最下層，電位差最大，也就是最敏感的部位，因為它非每層都有，所以圖中的線型沒有 Dynode 來的複雜，較為簡單。

## DTS (Dallas Temperature Sensors) monitor

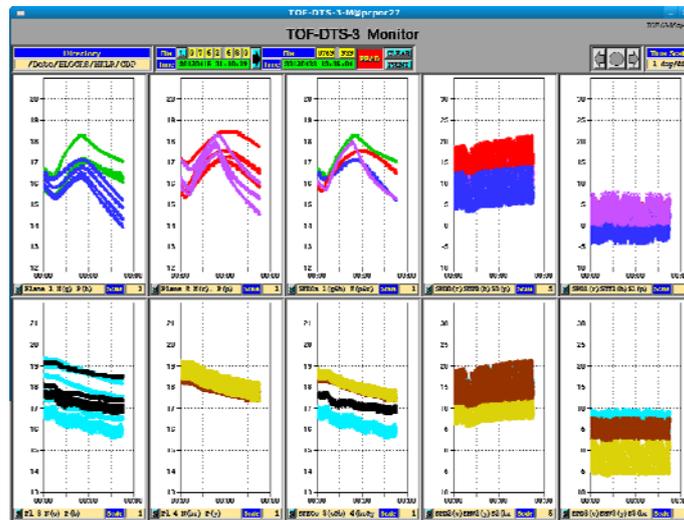


圖 48. TOF-DTS-3 監控畫面

## DTS monitor

左邊四張圖為四個偵測平面內光子放大管溫度圖，攝氏負三十度到攝氏三十五度為工作溫度範圍，正常溫度為十五度左右。中間兩個圖形為量化粒子激發能量的電子系統溫度圖，工作溫度範圍為攝氏負四十度至攝氏八十度，正常溫度為十五度左右。右邊四圖為 S-Crate 的溫度圖，攝氏二十度至攝氏五十度為工作溫度範圍，正常溫度為負五度至十五度之間。

## Work space Qlist monitor

此工作視窗有一個程式需要開啟，Housekeeping monitor。

在 terminal 輸入以下指令開啟程式：

**Housekeeping monitor2010** : `cd ~/TOF/Monitor2010_hk`

`./monitor /Data/BLOCKS/HKLR/CDP 41308 z`

其中黃色的部分為 HKLR/CDP 的檔案編號，請查詢最新編號後輸入。

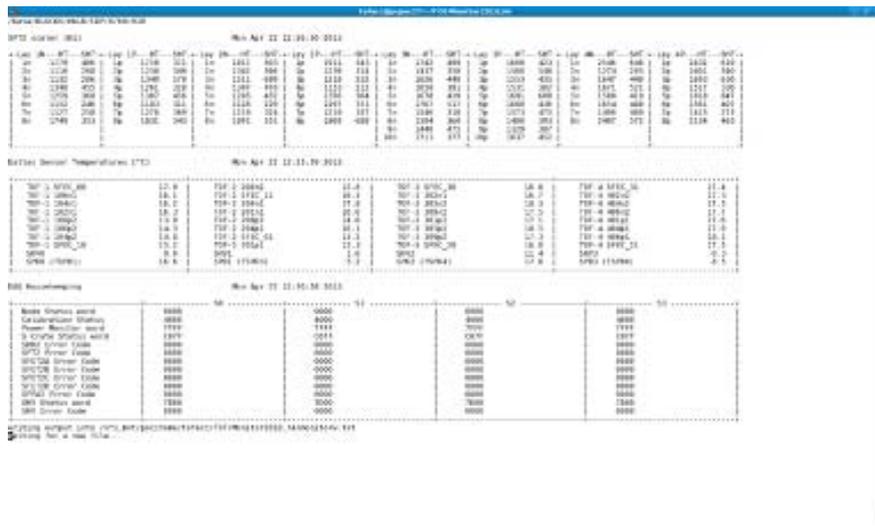


圖 49. TOF Housekeeping

## Housekeeping monitor2010 :

此監控程式分為三部分，第一部分為上端，顯示出每個偵測平面的 high threshold 實際電壓值，每個偵測平面又分為 n 及 p，又每個偵測平面由不同數量之偵測帶組成，詳細數據由此畫面顯示。第二部分為中間框框，它代表各偵測器由達拉斯感測溫度測量出來的值，正常情況下均為十幾度。第三部分為 TOF 偵測器的基本工作狀態，由此監控畫面可得知 TOF 是



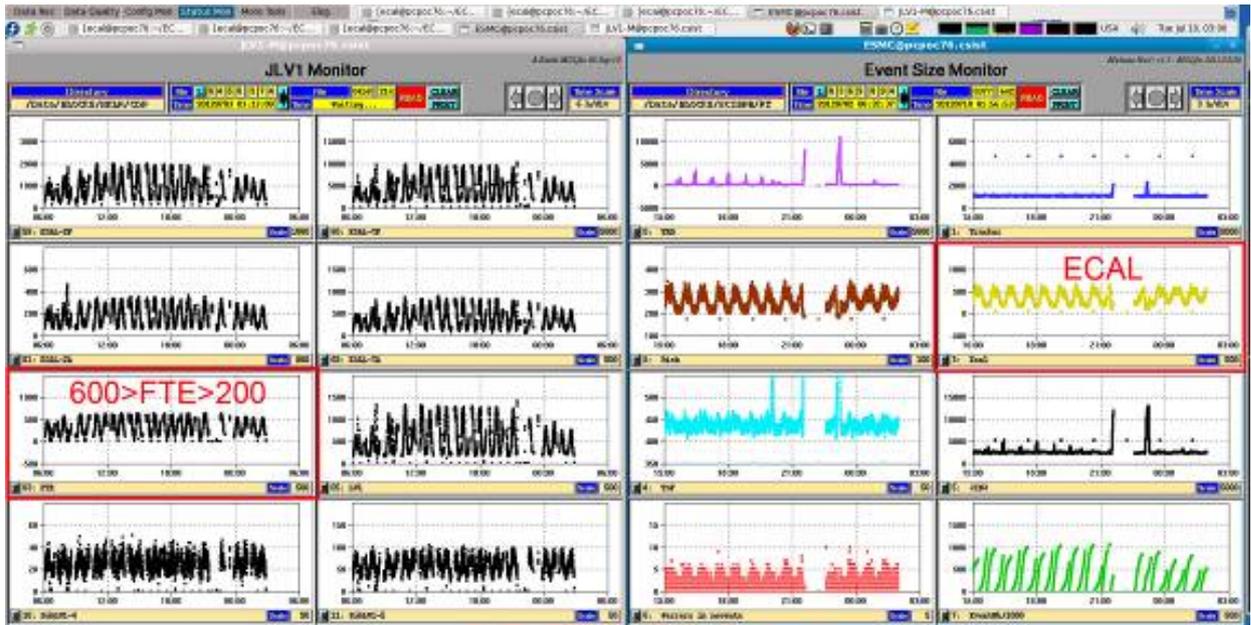


圖 51. Ecal 監視畫面 "Status Mon"

3. "Ecal Event Size"欄位位於"Status Mon"工作區的 Event Size Monitor 監控程式內的"Ecal"小視窗中，其質須介於 200~600 之間。
4. E0R1PD-A 和 B 以及 E1R0PD-A 和 B 欄位位於"Status Mon"工作區的 PDS Monitor 監控程式內，一般另一邊開啟時電流為 3.5A 則另一邊則為關閉電流為 0A。

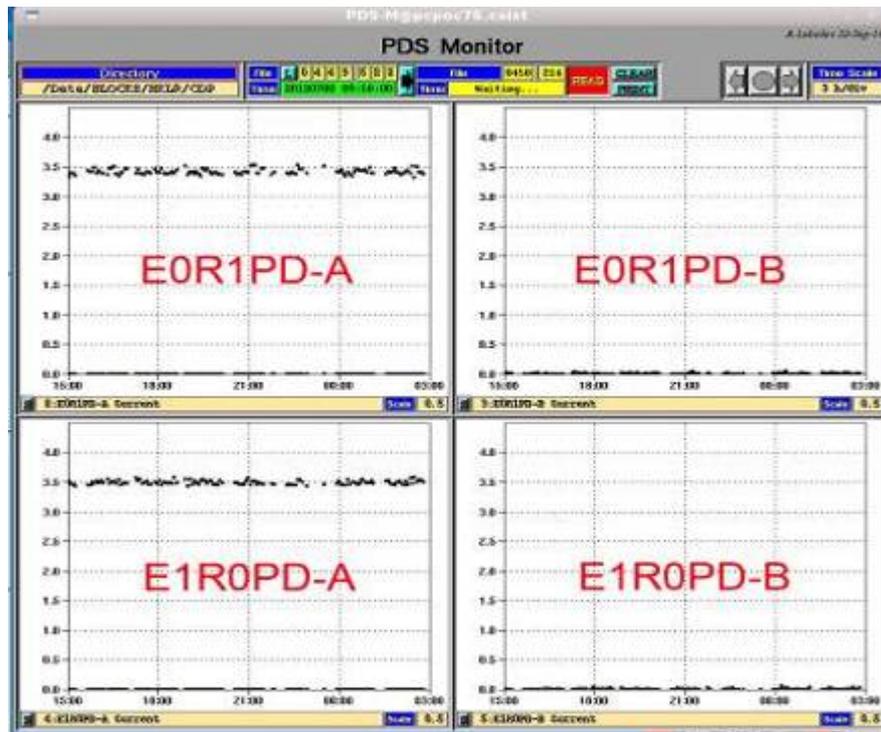


圖 52. ECAL 監視畫面 PDS Monitor

5. “PM、 EHV’S、 E0、 E1,”溫度顯示欄位位於”Config Mon”工作區的”Configuration and status Monitor”，工作溫度 PM 須介於-15~35 度之間，EHV’S 須介於-15~60 度之間，E0 及 E1 須介於-15~45 度之間。

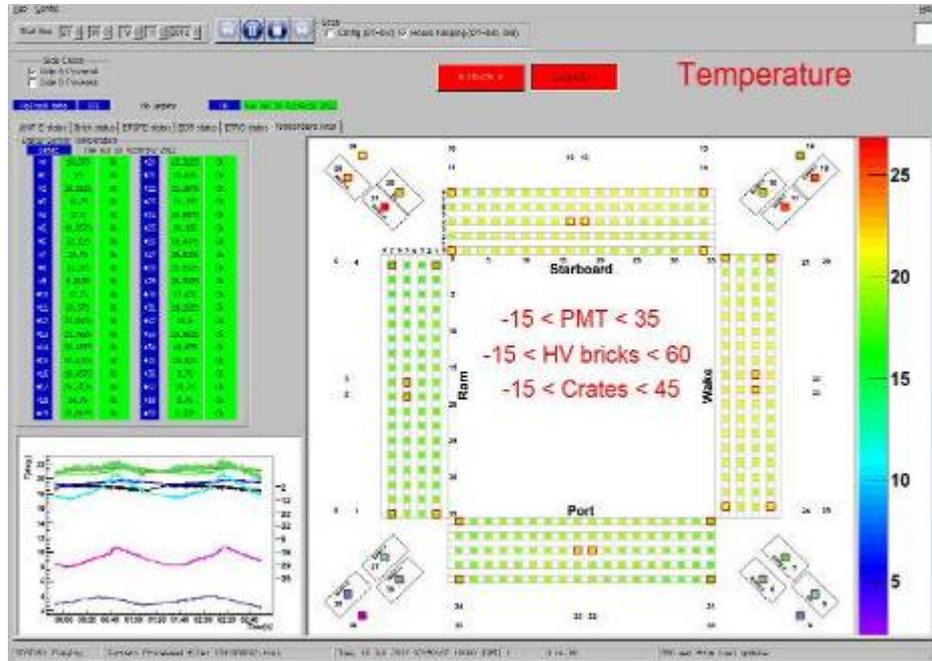


圖 53. ECAL 監視畫面 ”Config Mon”

6. “HV Vale”位於”Config Mon”工作區內的”configuration and Status Monitor”監控程式內 (Scan HouseKeeping)，其質約為 850。

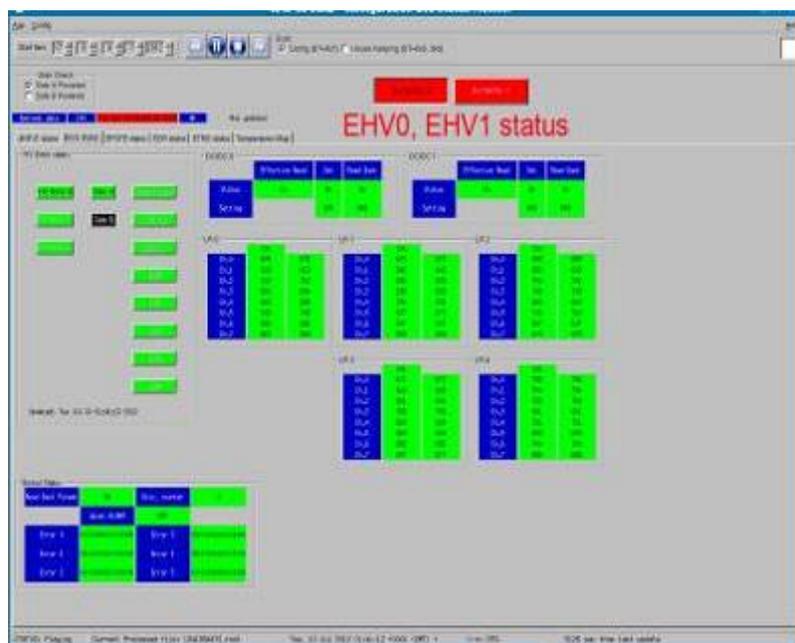


圖 54. ECAL 監視畫面 “HV Vale”

- “Bin2root data”欄位位於”Data Rec”工作區的 bin2root 視窗內，監控要點為確認資料傳輸有無中斷，因為 SCI data 和 HK RT data 為 AMS 接收資料後向下傳輸至 NASA 和 CERN, 如果 bin2root 中斷代表資料傳輸中斷，這是很嚴重的事件，需要馬上通知 expert 和 lead。



圖 55. ECAL 監視畫面 ”Data Rec”

- “Calibration”欄位位於”Data Quality”工作區內的 Ecal data quality monitor 視窗內，在每次要 check 的時候須按程式左上角有一個 last CLB 以更新最新的資料。Check list 只需要需要檢視 High Gain Pedestal 和 Low Gain Pedestal 以及 DYNODE 的負載值。

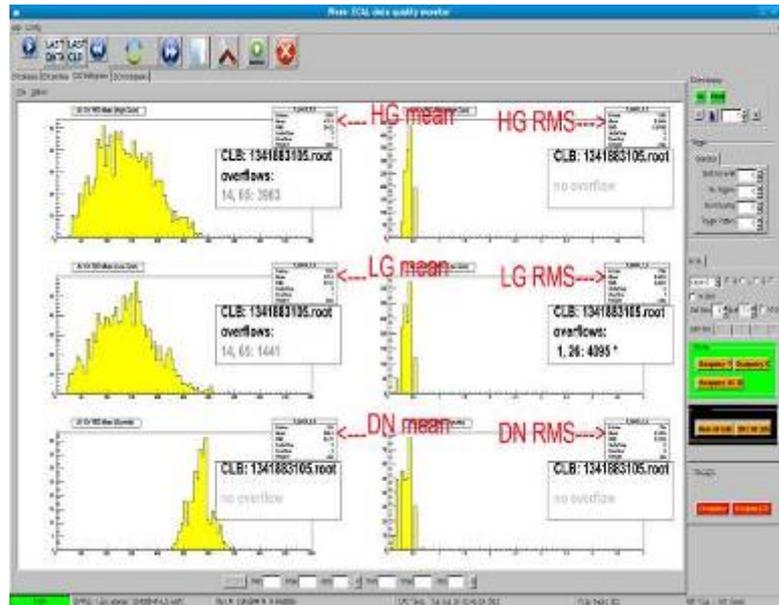


圖 56. ECAL 監視畫面 “Calibration”

- “DATA”欄位位於”Data Quality”工作區內的 ECAL quality monitor 視窗內，要檢視最新數據時，也必須要按一下視窗最左上角的 Last Data 以讀取最新的檔案封包。Checklist 需要檢視的為 High Low Gain 的 Occupancy 的 X 軸及 Y 軸上的觸發率。

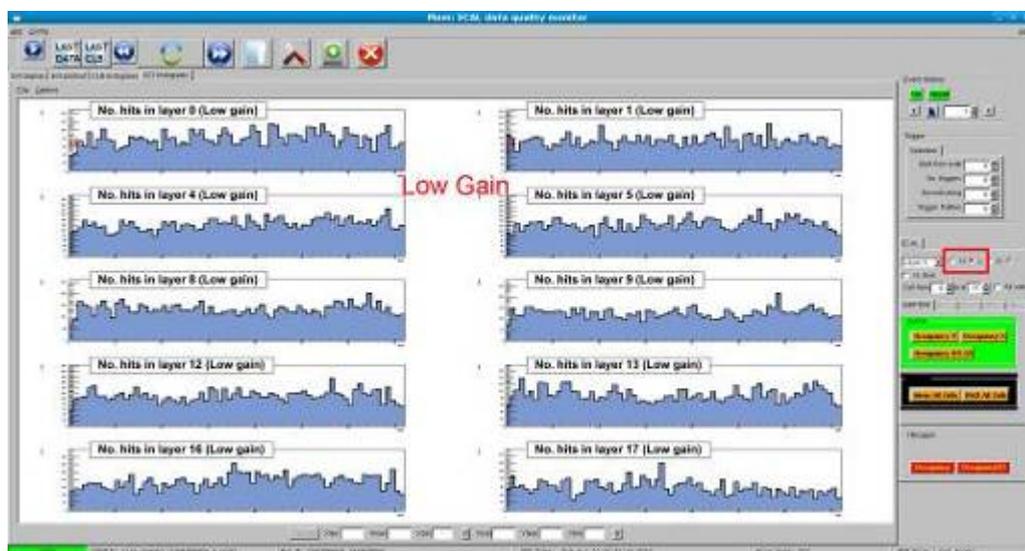


圖 57. ECAL 監視畫面 ECAL quality monitor

此資料為一系列的圖形資料，需要注意的是在某一個感測層上的感測器是否無輸出資料或是輸出過高的資料，以判斷是否有感測點有故障或是雜訊過高。若有發現異常輸出感測點（過高或過低），且此感測點不在已知的感測器上就必須記錄在Elog

上且通知值班專家(Email及電話通知)，下圖為部分資料的截圖，在資料數據為0的位置上為已知的故障感測器。

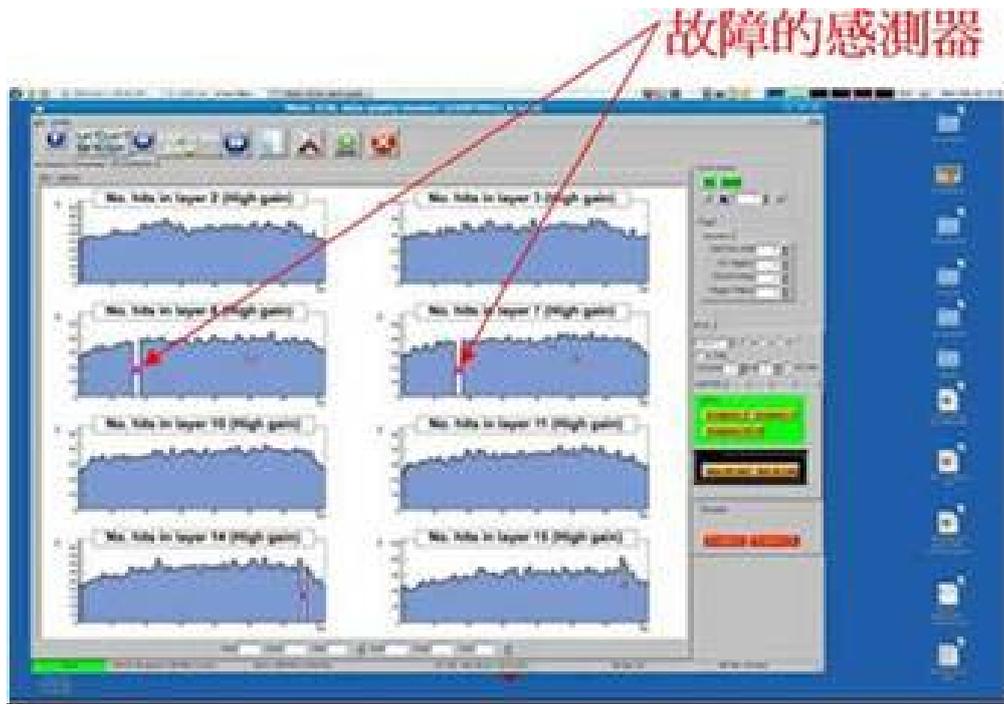


圖 58. ECAL 監視畫面

### PM : RICH 監控程式

監控電腦為pcpoc28，登入帳號：rich，密碼：\*\*\*\*\*。

資料擷取的參數組態記載於shift\_settings 檔。如果參數有所變動，必須修改該檔，並且執行指令

```
[rich@pcpoc28 ~] $ set_shift_settings
```

### RICH Chicklist 項目說明：

監控視窗由工作區四個視窗組成，第一個視窗顯示每個 BLOCK file 的

- 1).一般DAQ 與RICH DAQ 的資訊
- 2).DAQ 最新一筆錯誤訊息
- 3).從RICH 產生的最新一筆錯誤訊息
- 4).RICH 校準訊息

5).JINF-R HK

6).RDR, LV, FE, HK 訊息

7).RICH 最新溫度

(1). “mon\_read\_raw” 項目內的各個項目是由執行mom\_read\_raw 監控程式所產生的一個統計好的視窗畫面，其中就包含了1.1 項內需要填寫的八個項目的資料，同時此監控程式會隨著收到的最新資料來更新其內的資訊。只要是該視窗內沒有紅色的文字項目顯示出來(原本正常為綠色字)，即表示監控項目皆正常。若是有紅色項目出顯即需要處理，以及紀錄在 Checklist 及Elog 上。若是其中RICH Bad status 的數值超過100，則需要立刻聯絡RICH expert 請其作後續處理。下面幾張圖即為說明此監控程式視窗所顯示各個項目資料所在的位置。

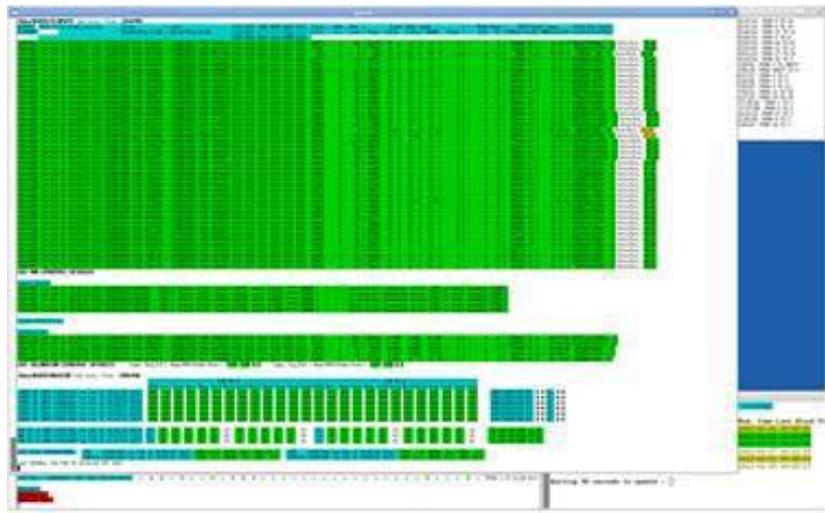


圖 59. mon\_read\_raw 主要視窗畫面(即 Servers 項目)



圖 60. RICH bad status events 及 bad hit 的顯示位置

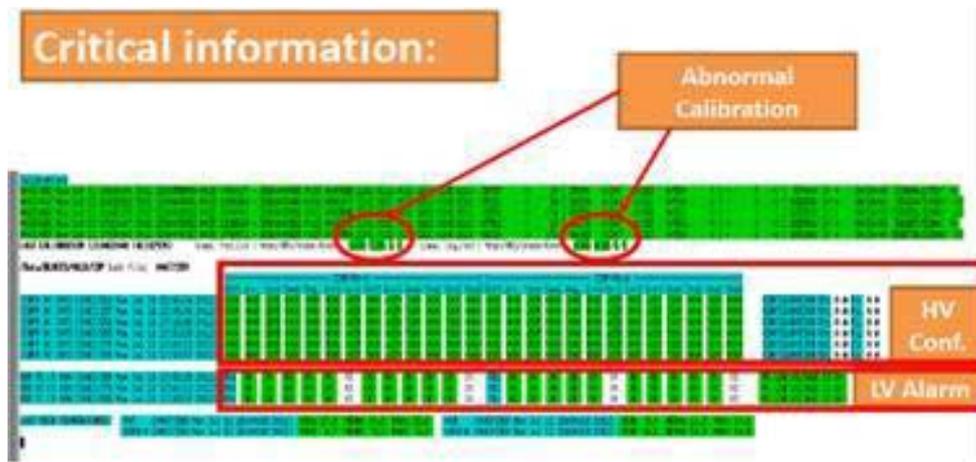


圖 61. Calibration, HV configuration, LV Alarm 項目

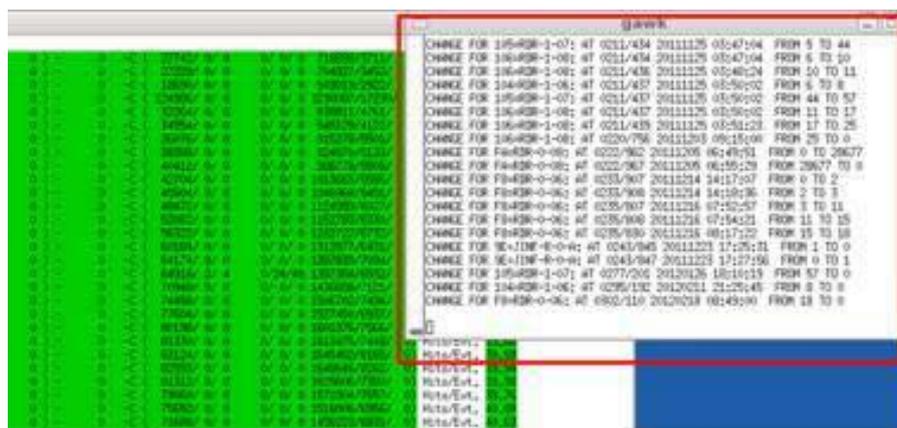


圖 62. AMS Wire Error 項目

(2)“RMON” 欄位內為執行RMON 監控程式所產生的一個圖形化的視窗，在Chicklist 上的二個檢查項目的畫面如下面二個圖形。第一個項目在監控RICH 感測器上各個頻道的擊中率大小是否有異常，在CHN Occupancy 畫面上所顯示的折線圖其最高的值不能超過0.01 。另一個項目為監控RICH 偵測器的高電壓電路的電壓是否正常，正常值在950 。

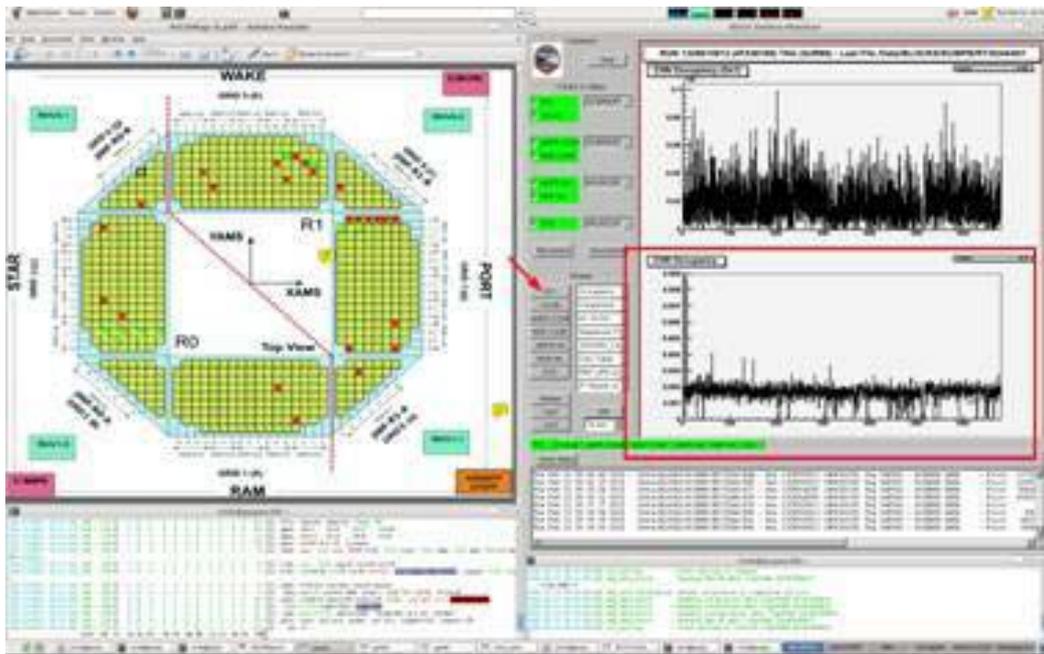


圖63. RMON 科學資料 CHN Occupancy 值

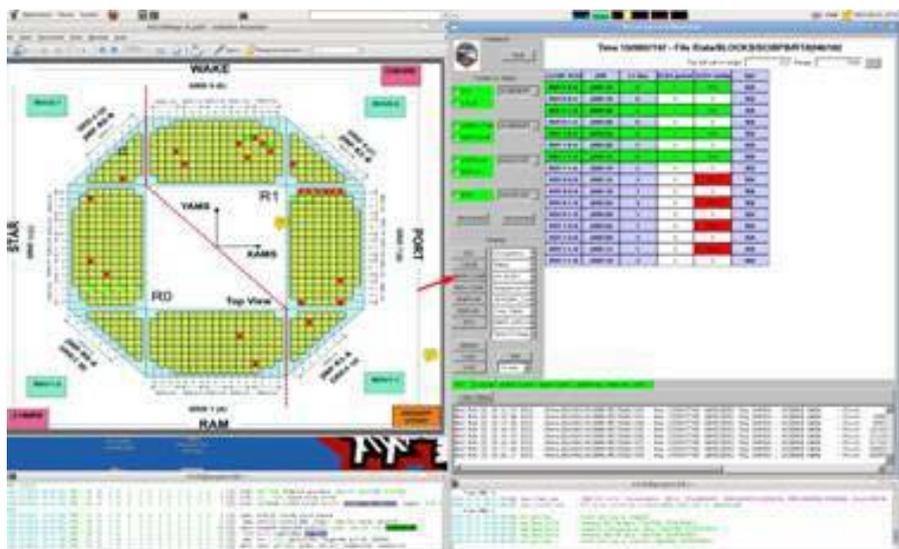


圖 64. RMON 科學資料 DCDC Values

(3). SLOW CONTROL 欄位區的項目分佈在RICHTEMP 及AMS 工作區內，是三個監控程式所顯示的資料(DTS-M-R，ESMC，PDS-M)。其中Temperature 是檢查RICH 偵測器上各電子組件的溫度；Data Size 項目是檢查RICH 偵測器所產生的Event Data Size的大小是否有異常(約在250 左右)；而Power 項目是檢查RICH 偵測器的電源模組的電流是否有異常(供電約3.5A，不供電約0A)。下面三張圖即為此三項項目的視窗。

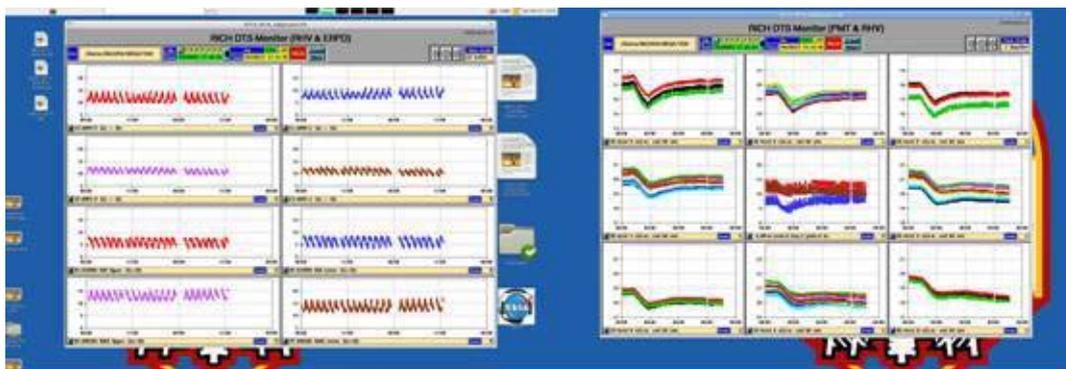


圖 65. Temperature 項目視窗

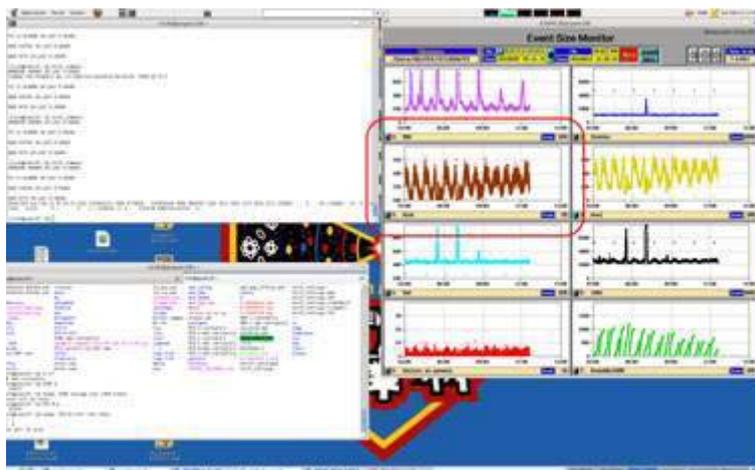


圖 66. Event Data Size 項目視窗



圖 67. Power 項目視窗

(4). Shift\_Summary 項目是在值班最後交接前要執行的一個綜合檢查程式，此檢查程式是開啟一個xterm 視窗後，在其中鍵入 shift\_summary 指令來執行。此程式會逐項進行最近8 小時

內RICH 偵測器的AMSWIRE ERROR、FE LV ALARM、BAD STATUS、BAD HITS 的檢查並將其以文字方式顯示在視窗內。監控人員必須將檢查後所顯示的文字copy 起來貼入到值班的elog 內作為檢查之紀錄。

## TEE : Tracker 監控程式

### Tracker 值班和指令

當電腦遇到不可解決的問題而重新開機時，我們需要將所有的監控程式分別在不同的工作視窗啟動，盡速將其恢復到平時的監控狀態之下，才能夠繼續執行工作，其相關指令如下：

在第一個 Workspace 其標籤名稱為 GLOBAL MON

(1). Open a terminal and then:

```
$ cd/pocchome/tracker/TrackerUser/Monitoring/scripts/
```

```
$ launch_watch.sh
```

在第二個 Workspace 其標籤名稱為 TRACKER

(1). Open a terminal and then:

```
$ cd/pocchome/tracker/TrackerUser/Monitoring/last
```

```
$ tkonline last_one_minute.root last_cal.root
```

在第三個 Workspace 其標籤名稱為 TEMP & TTCS

(1). Open Firefox and:

Connect to <http://pcposp1:8081>

Username: AMSWWW, Password: XXXXX

(You can use also <http://ams-farm.pg.infn.it:8081> , Username:

XXXXXX, Password:XXXXX) From the menu on the left select:

Views, Tracker Temps, Tracker and loop temps

Views, Tracker Temps, Plane 1 temps

Views, Tracker Temps, Subcooling

(2). Double click on ASM.jar on the Desktop

(3). Open a terminal and then:

```
$ TTCE-S &
```

```
Set directory /Data/BLOCKS/HKLR/CDP
```

完成以上所有程式的啟動之後，即可繼續執行監控任務，而我們主要需要定時檢查的部分為工作視窗 Tracker 和 TEMP & TTCS。

下面兩張圖為值班時 Tracker 工作視窗的顯示狀況，點擊 RawEntries 後左邊會出線感測器的狀態跟溫度，而點擊 SizeSummary 左邊則會出現 Event Size 等相關資訊，而右邊則顯示收到的訊號及背景訊號等資訊。

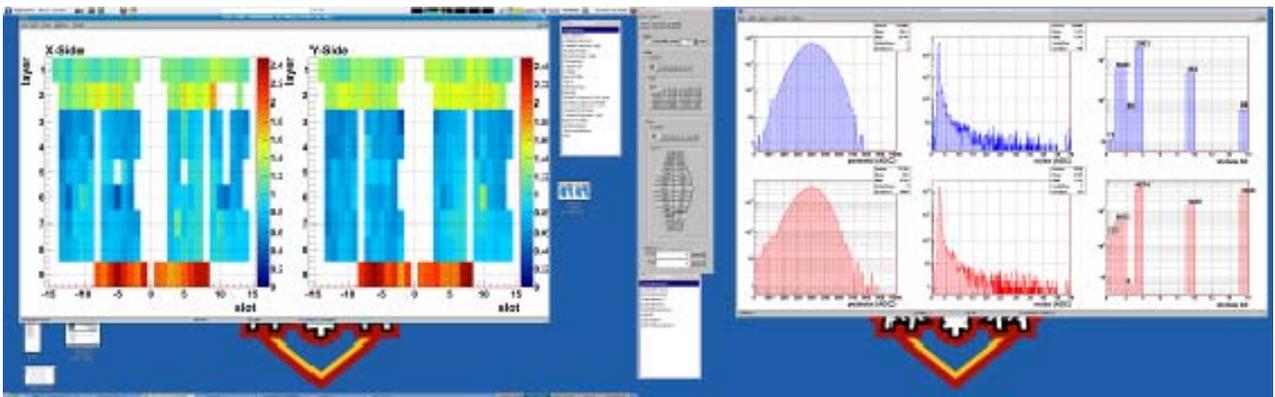


圖 68. 工作視窗 Tracker 的顯示畫面(1)

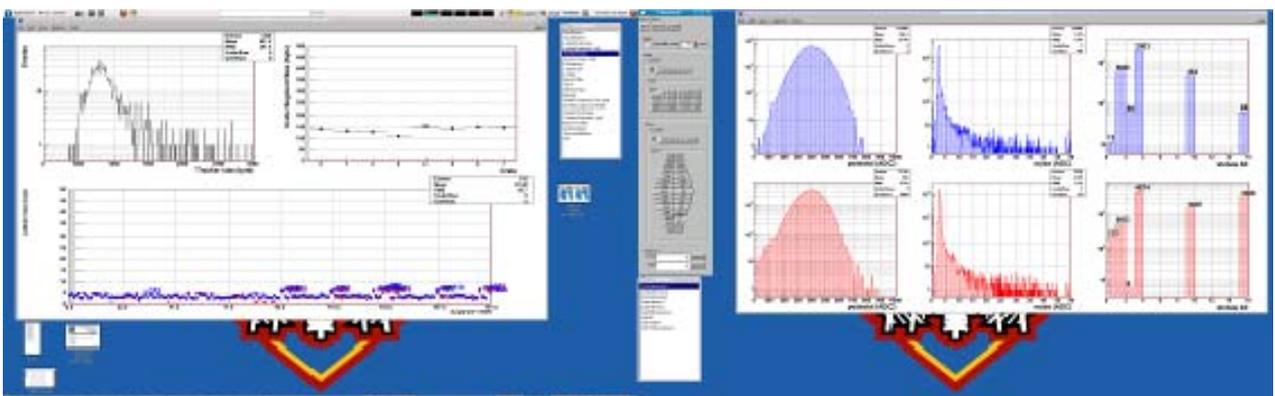


圖 69. 工作視窗 Tracker 的顯示畫面(2)

在 Tracker 工作窗中我們首先一到班便要先填寫當時的 Calibration number 還有 Run Number，而需要注意並每個小時做 check 的部分為：

- (1) Raw Occupancy: 訊號強度不可高於 10 並且沒有額外的白色空格(dead ladders)出現。
- (2) Event Size: 峰值位置不可以大於 1500byte。
- (3) Crate event size: 均小於 200byte。
- (4) Pedestals overflows Y 介於  $0 \pm 20$  之間。
- (5) Pedestals overflows X 介於  $2700 \pm 20$  之間。
- (6) Average noise Y 介於  $2.6 \pm 0.2$  ADC 之間。
- (7) Average noise X 介於  $3.0 \pm 0.2$  ADC 之間。
- (8) # strips, bit 3 的值 X,Yside 分別介於  $2000 \pm 200$  (Y),  $5000 \pm 500$  (X)之間。
- (9) #strips, bit 8,10,11,12,13,14 的值為 0。
- (10) #strips, bit 9 的值 X,Yside 分別為 463 (Y), 1469 (X)。
- (11) #strips, bit 15 的值 X,Yside 分別為 64 (Y), 3328 (X)。

以下三張圖為值班時 TEMP & TTCS 工作視窗的顯示狀況。

而在此工作視窗中我們需要定時檢查的項目為：

- (1) 在 Tracker & loop temps 的頁面我們需要檢查 sensor A, C, K, M 的溫度介於-10 度到 25 度之間。
- (2) 在 Plane 1 temps 的頁面我們需要檢查 sensor 1N-2, 1N-5, 1NS-2 的溫度介於-15 度到 35 度之間；sensor 1NS-1 的溫度介於-25 度到 35 度之間。
- (3) 在 Tracker subcooling 的頁面我們需要檢查 Pt01 的溫度減去 Pt02 的溫度要大於五度，而 Pump frequency 要大於 4000 rpm。
- (4) 跟以往不同的是，我們這次在 CERN POCC 值班時，Tracker 的 Checklist 的版本更新了一項檢查 Pt08 及 Pt11 的溫度必須大於-46 度，此新版本也馬上由 Lead 上傳並告知 Asia POCC 下載在台灣使用。



圖 70. 工作視窗 TEMP&TTCS 的顯示畫面(1)



圖 71. 工作視窗 TEMP&TTCS 的顯示畫面(2)

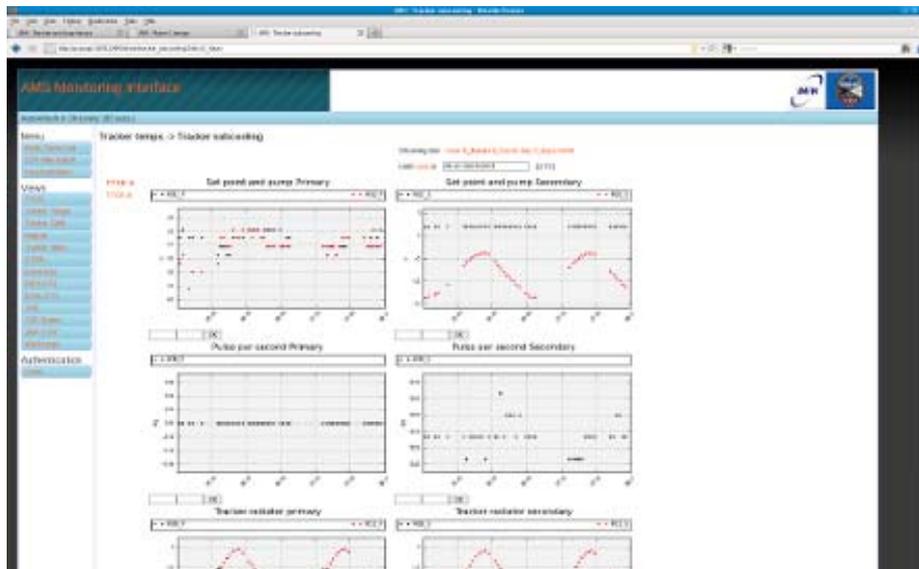


圖 72. 工作視窗 TEMP&TTCS 的顯示畫面(3)

## TEE : TRD 監控程式

TRD 監控電腦共有兩個螢幕，六個工作區，分別為：

- (1). TRD/GAS：穿越輻射偵測器及其氣體系統狀態監控。
- (2). DTS/TAS：DTS, Dallas Temperature Sensor 穿越輻射偵測器及氣體系統溫度監控；TAS, Tracker Alignment System 軌跡偵測器雷射校正系統監控。
- (3). ACC：Anti-Coincidence Counter，反符合計數器資料量及溫度等狀態監控。
- (4). CMD：Command，監控 TRD 訊號增益，以及專家下指令調整 TRD 高電壓使用，由於亞洲監控中心並無專家駐守，且無下指令之權限，因此通常不使用
- (5). GLOBAL MON：Event Size Monitor，用於監控太空磁譜儀各個子偵測器的事件資料量大小。
- (6). DOC/WORK：Document and Work，用於編輯文件及太空磁譜儀電子日誌(Electronic Log Book, E log)等其餘工作使用。

如下圖 73 所示，在亞洲監控中心較常使用的是工作區(1)及工作區(5)

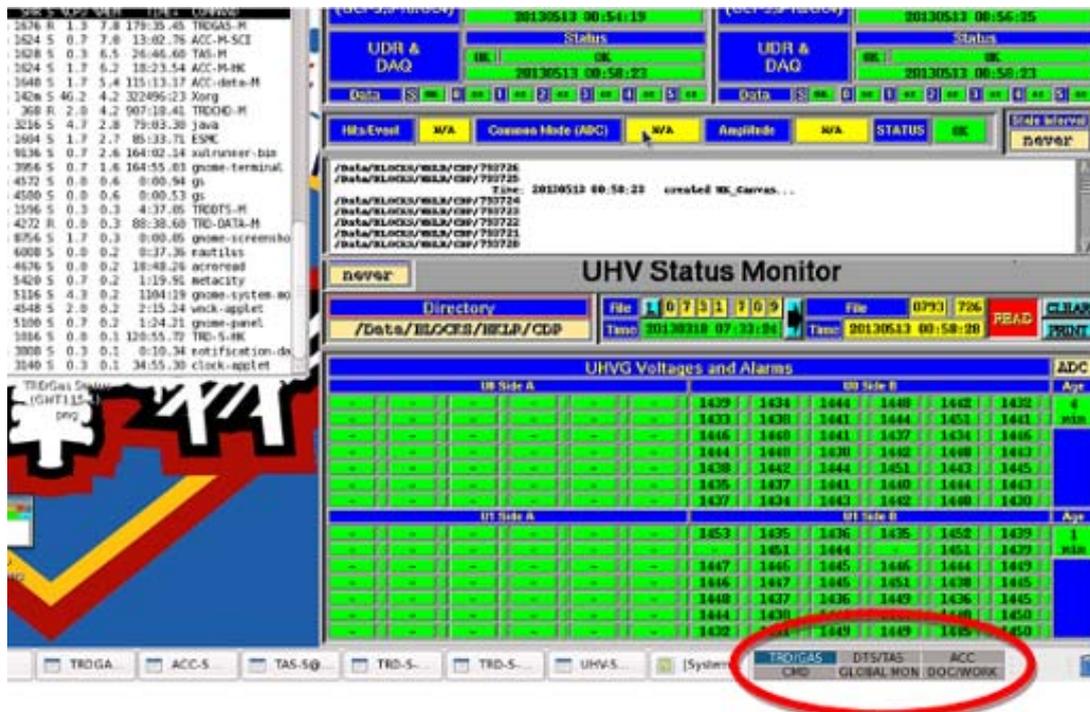


圖 73. TRD 監控電腦工作區(Work Space)

太空磁譜儀各偵測器監控一天分三班，每班八個小時，期間每小時均須依照值班查核表 (Checklist) 來確認其作業及關鍵健康狀態正常無異，才不會造成偵測器的損傷以及科學資料蒐集的可靠性，穿越輻射偵測器查核表如下圖所示

The image shows a 'TRD Checklist' form. At the top, it has fields for 'Date', 'Time (GMT)', and 'User'. Below that is a 'NAME' field and a 'TRC' field. A purple header section titled 'STATUS' contains the instruction: 'check every hour during AGO. If any anomaly or problem, report it in BLOG immediately'. The main body of the checklist is organized into several sections, each with a purple header:
 

- TRD Unit Status (U0, U1):** This section contains two identical blocks for units U0 and U1. Each block includes:
  - JINF & Crate Power
  - UDR & DAQ
  - HV Unit Power (normal)
- TRD Unit Status (U0, U1):** This section includes:
  - TRD Data Reduction
  - TRD Data Monitor
  - TRD Data Reduction
  - TRD Data Monitor
- TRD Data Monitor (DMC):** This section includes:
  - Pressure In < 120 bar
  - Pressure CO2 < 100 bar
  - Temperature TRD CO2 < 50°C
  - Temperature TRD CO2 < 50°C
  - Pressure Mating < 1000 mbar
  - Pressure Mating TRD < 1000 mbar

 At the bottom of the form, there is a 'Notes' section with a large empty box for writing.

圖 74. 穿越輻射偵測器值班查核表(TRD Checklist)

以下將針對轉換輻射偵測器值班查核表逐項說明

(1). TRD Status (TRD-S-HK)

此分項監控的是 TRD 健康狀態，包含電子機匣、資料擷取電路及高電壓供應狀態，細項說明如下

U0, U1：其中英文字母 U 為 TRD 之代號，而下標 0, 1 則是代表兩個機匣，在航太工程中為了增加可靠度，通常會實現複數個功能完全相同的設備以互為備份，因此 U0, U1 即為兩個完全相同的 TRD 機匣。

(1.1). JINF & Crate Power：JINF, J Interference Front-End 為資料擷取

(Data Acquisition, DAQ)的電子單元，此處亦須檢查機匣的電源供應狀態。

(1.2). HV：High Voltage，須檢查 TRD 的游離崩潰高電壓供應狀態。

(1.3). UDR & DAQ：UDR, TRD Data Reduction 為資料壓縮單元，此處亦須檢查資料擷取的狀態是否正常。

(1.4). HV Value：在每次值班的最後一個小時需在此處填寫該次值班 TRD 高電壓值。

以上各項均由 TRD Status Monitor 監控程式查核，如下圖所示

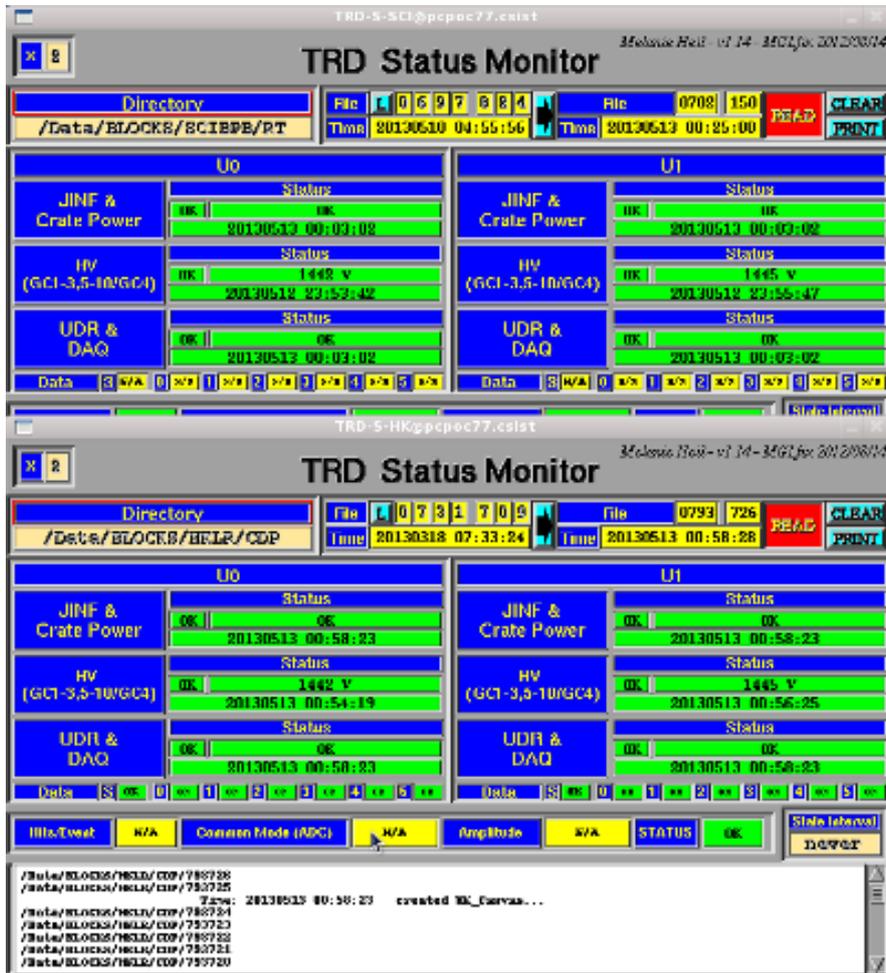


圖 75. TRD Status Monitor 狀態監控程式

其中上下兩個視窗為同一個監控程式，但是讀取不同的資料流，上方視窗讀取的是經過 J-BUX 儲存緩衝的資料路徑(SCIENCE Buffered Play Back/ Real Time, SCIBPB/ RT), 提供較為完整不中斷的資訊；而下方視窗則是讀取不透過資料緩衝的路徑(HouseKeeping Low Rate/ Customer Data Packet, HKLR/ CDP), 以提供最即時的監看。

視窗左上角必須設定為 X2 以提供其餘監控程式的圖形介面使用。一般來說，監控程式會自動判斷偵測器的溫度、電壓是否於正常範圍內，資料擷取狀態是否正確工作，若是則該欄位會以綠底色顯示”OK”，HV 欄位則可分別讀取 U0 , U1 的高電壓供應值。而下方的白底欄位則可讀取更詳細的訊息，警訊及錯誤等訊息亦在此處顯示。

## (2). TRD Gas Status (TRDGAS-S)

此分項監看的是 TRD 及其氣體系統狀態，包含溫度、壓力及氣體外洩速率等等，細項說明如下：

(2.1). TRD Gas Pressure：監看 TRD 氣體壓力 Xe < 150 Bar, CO2 < 80 bar 以及 BOX-S 氣體混和槽之壓力低於 4.6 bar。

(2.2). TRD Gas Temperature：監看 TRD 所有的溫度感測器，其須於攝氏零下三十度至攝氏五十度之範圍內。其中 BOX-C 溫度須高於攝氏十度，由於該處在低於攝氏五度時即無法運轉，低於攝氏零度則會造成損害，且該處並無設計加熱裝置，因此需要特別注意。在值班中該處較常出現警示，本次的受訓期間亦發生過一次，在值班工作紀要有較為詳細的描述。

(2.3). TRD Pressure：監看 BOX-C 壓力。在氣體幫浦未運轉時壓力須於 900~1500mbar 之範圍；而幫浦以全速之半運轉時 P3 壓力於 1220~1820mbar，P4 壓力於 580 至 1180mbar 之範圍。

(2.4). TRD Temperature：監看 TRD 側板(Side Panel)之溫度，須於攝氏五度至四十度之間。

(2.5). Leak：以 TRD 內外壓差監看 TRD 氣體是否以正常速率外洩。

以上各項查核均於監控程式 TRD Gas Status Monitor 完成，若狀態正常，則相對應的欄位以綠色底顯示”OK”，如下圖所示

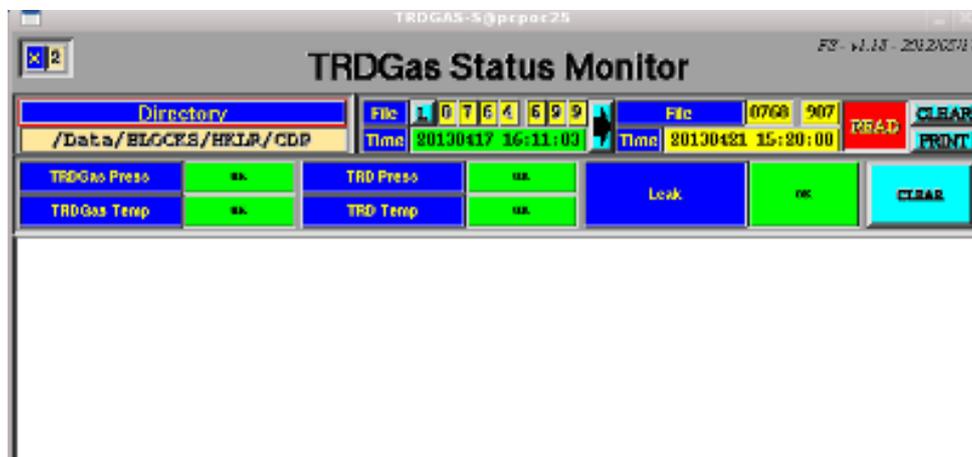


圖 76. TRD Gas Status Monitor 監控程式

### (3). TRD-Gas Monitor (TRDGAS-M)

此分項和第二分項相同，亦是監看 TRD 及其氣體系統的溫度及壓力，其不同點是在第二分項中監控程式由程式本身自動檢測並顯示狀態是否正常；此分項監控程式則是以圖形介面呈現出精確值，由監控人員來判斷偵測器的異常是否真的會造成損害，亦或只是合理的物理變化。細項亦如下說明：

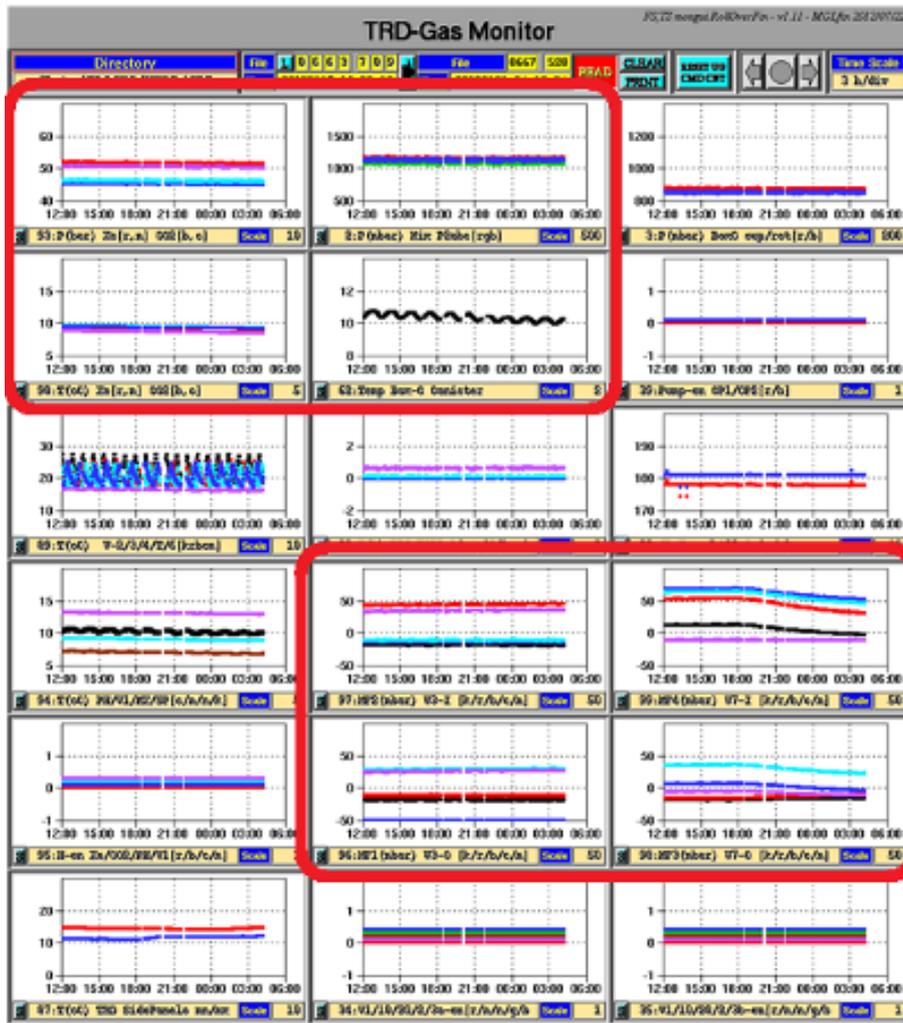


圖 77. TRD-Gas Monitor 監控程式

上圖為 TRD-Gas Monitor 監控程式，其中值班查核表列為每個小時須檢查的項目只有左上角四個視窗(視窗編號 93, 90, 2, 62)及右下方的四個視窗(視窗編號 97, 96, 99, 98)。

(3.1). Pressure Xe < 175 bar：視窗編號 93，紅色及桃紅曲線。

(3.2). Pressure CO2 < 100 bar：視窗編號 93，藍色及淺藍曲線。

(3.3). Temperature Xe/ CO2 in [-20:60] degreeC：視窗編號 90，Xe 為紅色及桃色曲線，CO2 為藍色及淺藍曲線。

(3.4). Temperature BOX-C > 10 °C：視窗編號 62。

(3.5). Pressure Mixing < 13000 mbar：視窗編號 2。

(3.6). Pressure Manifolds (MF1-MF4) constant：視窗編號 96-99 分別代表 MF1-MF4。

其中(3.1)、(3.2)、(3.5)三項皆在細項(2.1)中由 TRD Gas Status 監控程式重複確認。而(3.3)、(3.4)二項則在細項(2.2)中由 TRD Gas Temperature 監控程式中重複確認。

在監控時偶爾會發生 TRD 氣體閥門 Manifolds 有微幅的波動，如下圖所示，

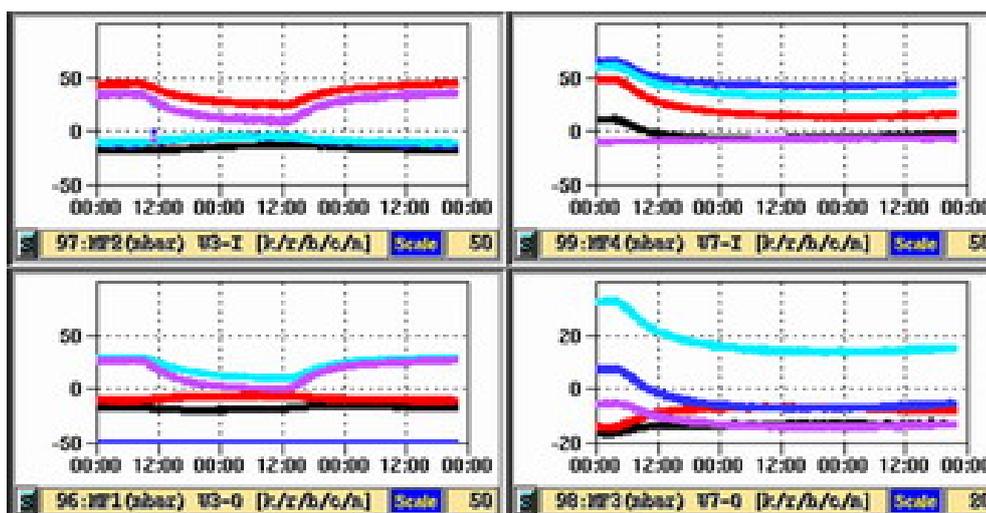


圖 78. TRD 氣體閥門變化折線圖

在值班查核表中表示該處氣體壓力必須為常數，專家解釋氣體壓力亦受溫度影響，因此當閥門壓力有緩慢變化時，可先觀察與其位置相近的 TRD 側板溫度是否也有變化；若是，則為正常情況；若否，或是氣體閥門壓力變化劇烈，則需加以注意，必要時須通知 TRD 專家緊急處理。下圖所示，本次閥門壓力變化狀況是因 TRD 整體溫度變化造成的，因此無須擔心。

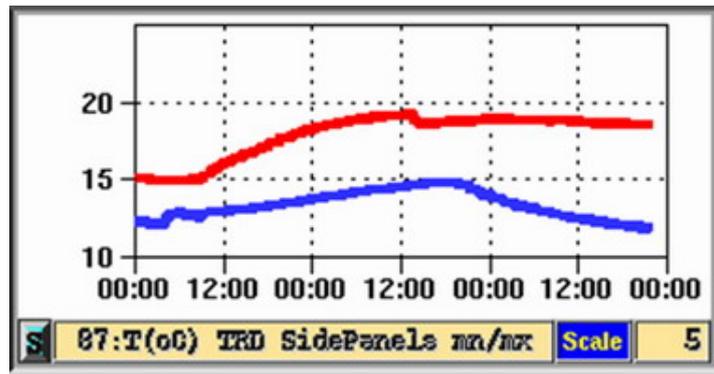


圖 79. TRD 側板溫度變化折線圖

#### (4). Event Size Monitor and Control (ESMC)

此分項須檢查 TRD 事件之資料量大小是否正常(須大於 150)，監控程式為 Event Size Monitor，該程式可監看太空詞譜儀所有子偵測器的事件資料量，並且在每次值班的最後一次檢查寫下該次值班的事件資料量平均值，如下圖所示。

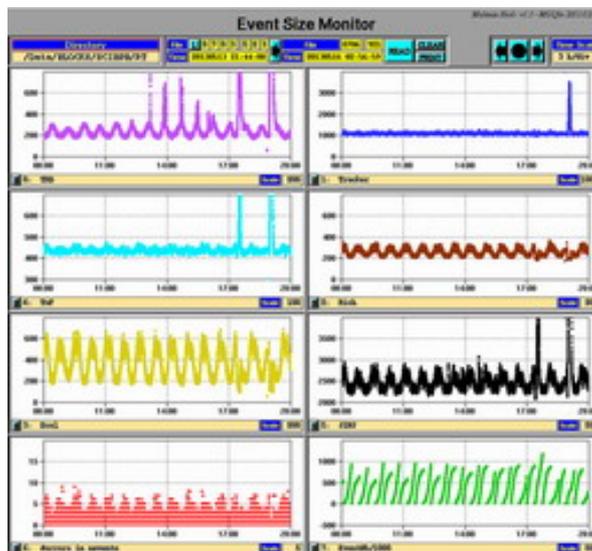


圖 80. Event Size Monitor 監控程式

其中 TRD 為左上角編號 0 視窗，其規律的小幅波動是由於太空站繞行地球時，在極圈會有較高的事件資料大小，在赤道則會有較低的事件資料大小，而不規律的高峰值則是由於太空站經過南大西洋異常區(South Atlantic Abnormally, SAA)時，受地磁的影響會有大量粒子穿過太空詞譜儀而造成。

## LEAD 觀摩學習監控介紹



圖 81. Dr. Mike 教導 Lead 監控介紹



圖 82. Dr. Lebedev 教導 Lead 監控介紹

LEAD 為 AMS 監控中心 POCC 最主要統籌命令的監控單位，要全盤了解並掌握所有監控狀況，其他 PM，TEE，Thermal 跟 DATA 有問題都要即時跟 LEAD 作回報以便快速掌握 AMS 狀況並發號命令去解決，所以 LEAD 的監控螢幕程式非常多，需要 4 個監視螢幕即時監控，故執行 LEAD 的值班人員通常都是歐洲 AMS 團隊 expert 專家。目前亞洲監控中心還未授權執行 LEAD 的值班，所以在台灣中科院 POCC 值班都要用 IVoDS (附件 1) 語音系統與歐洲值班的 LEAD 做通訊聯絡，checklist，E-log 以及回報所有異常問題，LEAD 了解異常狀況後，會請該偵測器的專家去處理解決。

而在日內瓦監控中心總部觀摩學習 LEAD 監控介紹可以更了解整個 AMS 運作的狀況，以及更清楚平常 PM 與 TEE 值班時監控的項目及機制，LEAD 監控程式不僅要瞭解 AMS-02 磁譜儀各偵測器的即時健康 (溫度壓力) 與狀況 (High voltage 電源)，整個資料擷取系統 (Data Acquisition System, DAQ) 傳輸是否正常，科學資料(event size, calibration, occupancy..etc.) 以及適時的下 command 來調整校正 AMS-02 整個系統的最佳運作。

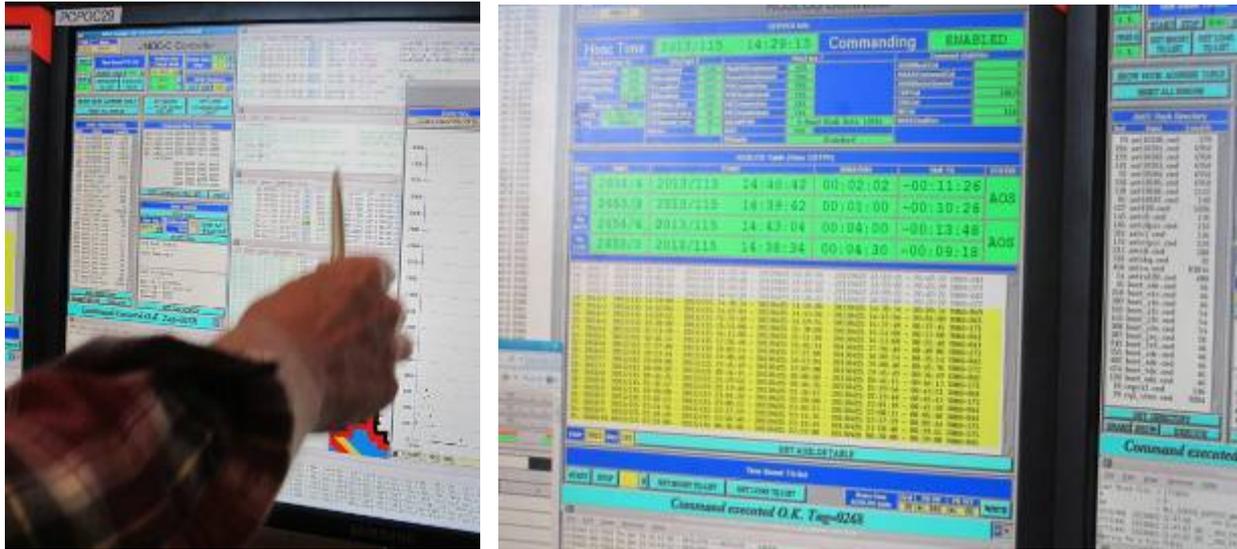


圖 83. LEAD 下 command 之監控螢幕 (1)

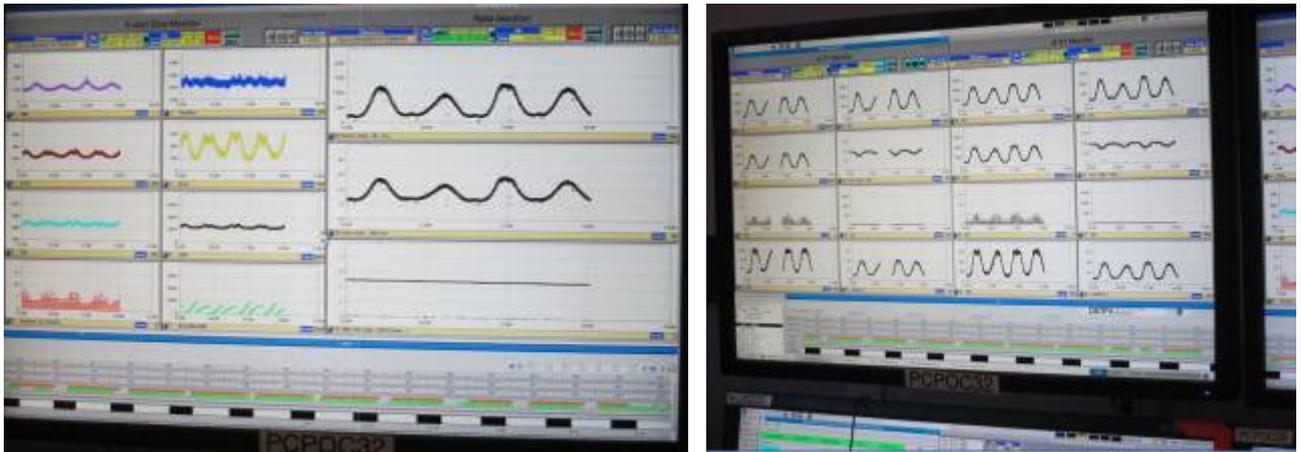


圖 84. LEAD 下 command 之監控螢幕(2)

而在觀摩 Dr. Lebedev 講解介紹 LEAD 監控最主要學習到AMS的電子資料傳輸系統架構- AMS 在NASA國際太空站上基本提供全系統三種不同類型之電子介面作為使用：電源介面(Power)、低速資料鏈結介面(Low Rate Data Link)、高速資料鏈結介面(High Rate Data Link)。AMS 在國際太空站機械安裝完成後，國際太空站上的臍狀式機械附著裝置(Umbilical Mechanical Attachment)隨即啟動連結。隨著電源到位後資料鏈結也被致動，實驗操作程序亦即展開。整體而言，在任務編號STS-134 的太空梭飛抵國際太空站的操作期間，NASA 已開始提供相對應之介面給予電力源、LRDL 與HRDL 做為資料轉移使用。



JMDC 接受命令與重新分配這些命令，不是傳送到本機JMDC 中的其他軟體給其餘JMDC，就是使用雙控制器區域網路(Dual Controller Area Network)或串接點對點系列鍊結傳送命令給電子式子偵測器的控制器。控制器將依序設定，舉例來說，像切換器與數位類比轉換控制變化複雜的實驗參數，如電壓值等。這些控制器也監控許多的溫度、電壓、與電流，並當JMDC 被要求執行回報這些數值時，控制器會適當地格式化命令並送至LRDL。

NASA 的處理單元包括：50% Duty Cycle 的S-Band 頻道、S-Band 接收器、指令與控制之多工器/解多工器、酬載自動切換器(APS)、高速通訊斷電記錄器(HCOR)、高速訊框多工器&高速數據機(HRFM/HRM)、最後是連接國際太空站的Ku-Band 會通過追跡與資料繼電器衛星(TDRS)與白沙地面通訊站給MSFC 與JSC 兩處太空中心。

AMS 系統內LRDL 之資料傳輸頻寬分配為最大20kbps，國際太空站內成員與NASA地面的控制人員可以透過此一路徑觀測到資料是否須增加頻寬，或是傳送關鍵之指令。在正常狀態所有的指令皆產生於POCC，其最大的頻寬係為1kps。鑒於指令與遙測功能對於實驗的操作程序而言十分關鍵，且NASA 提供之酬載並無容錯功能，所以AMS已在HRDL架構上設計了平行的資料路徑裝置，以期滿足任務之監控需求。

## 2. 高速資料鏈結介面((High Rate Data Link, HRDL)

在AMS 資料傳遞路徑中，HRDL 為主要資料之傳遞管道，其設計乃係根據NASA 所律定之光纖通訊規範。其在國際太空站內傳送頻寬最高可到達100Mbps、而在duty cycle 為70% 時最高的無線電波頻寬最高為46Mbps。在AMS 內，DAQ 系統收集相關資料並以主計算機JMDC 為緩衝儲存器。相同於LRDL，四具JMDC 每一單元皆連接著HRDL，並且附有纜線可於extra - vehicular activity 活動期間進行交換，避免單點失效之事件發生。

## 3. AMS 地面資料處理與遠端命令

在ISS連續不斷的飛行任務期間內，資料分析將是本國際實驗最顯著之重心，而物理學則需要持續地針對科學資料進行處理、校準、與監視。下圖為AMS-02 之地面資料處理與遙控命令系統。其地面計算機設備可概念地分成為三個功能單元：

### 1. 地面支援電腦群組(Ground Support Computers, GSC)

GSC從美國的HOSC 接受控制命令與科學資料，並緩衝傳輸該資料給 POCC與 SOC (Science Operations Center)。這些機台必須每日24 小時、每週七天地獨力運作，因此系統

的可靠性能必為極其重要之議題，該系統應有能力儲存兩週長度之資料量。有兩套相同之系統安裝，並同時且各自獨立地執行。如果發生電腦當機，資料傳輸將持續進行而不致中斷。

## 2. 酬載操作與控制中心(Payload Operations and Control Center, POCC)

POCC 為進行各項AMS 科學酬載操作之地點，包括了發送命令、儲存資料、執行快速有效的控制與回授而進行之分析周邊服務資料(Housekeeping Data)與部分科學資料解析。對於發送命令與慢速控制之監視(Slow Control Monitoring)，POCC 內之電腦將使用NASA 發展之 Telescience Resource Kit (TReK)軟體套件來進行作業。

## 3. 科學操作中心(Science Operations Center)

SOC 接受並儲存所有AMS 科學與周邊服務之資料，確保科學資料之完整重建，校準、調整、與保持資料安全無虞，可滿足物理科學分析需求。所有資料將被SOC 收集歸檔，最後生成資料重組結果並與蒙地卡羅模擬(Monte Carlo simulations)進行比對。

## Thermal觀摩學習監控介紹



圖 87. Dr. Burger 教導 Thermal 監控介紹



圖 88. 與 Dr. Burger 合照

AMS-02 負責熱控的Joseph Burger 教授指導我們有關thermal 監控要注意的項目及監控人員應該作的事項。Burger 教授很熱心的給我們上了一課，同時也提供了不少溫控相關的資料。在資料收集的部份，最重要的是收集到thermal 監控人員的值班手冊，同時也收集到

AMS-02 上各個溫度感測器位置及編號，以及各個偵測器溫控系統的資料。由這些資料的內容足以作為未來thermal 監控所需。

在 AMS-02 溫控系統上共有1000 餘個溫度感測器，分別屬於不同的子溫控系統。而這些溫度感測器位於不同的位置以量測不同部位的溫度，還有為數不少的加熱器提供必要時提昇溫度之功能。同時除了AMS-02 本身的溫控系統外，安裝於AMS-02上之部份偵測器也有其自我的溫控系統，以控制各自子系統的工作溫度，而各自設備的溫度所能承受範圍也不同；有的能承受零下20°C的溫度，有的僅能承受到0°C的溫度。例如Tracker 偵測器就有一套自我溫控系統，它是利用二相式二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 作為其冷卻媒介，這套溫控系統有自我的溫控電路、導熱及散熱管路、冷凝器、蒸發器、壓縮馬達、溫度感測系統等等。而TRD 偵測系統也有其自我的溫控子系統，此系統主要是要控制TRD 偵測器所使用氙氣(Xenon) 、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)及其混合氣體之溫度及壓力，以確保TRD 偵測器的偵測功能。

在 POCC 中心Thermal 監控站共有二台電腦，分別為PCPOC21 及PCPOC22，因為所需要監控的項目很多，故每台電腦各有二個顯示螢幕用來顯示所監控的程式。所使用的作業系統為Linux Fedora Release 11(Leonidas) 32 位元版系統。每台電腦的螢幕上分別規劃出6 個工作區(workspace)以便在不同的工作區域內顯示不同的監控程式。這6 個工作區的名稱為Main、PDS-M、OSTPV、DATA、AMS-Mon-intf、DTS-CTRL等6 個工作區，雖然二台電腦的工作區名稱是一樣的，但在各個監控區內所監控的溫度項目則不一樣。

Thermal 監控人員主要是監控各個溫測點的溫度，看是否有異常的現象；尤其是列為特別注意的監控點，更是每小時要紀錄一次其溫度，並觀查其溫度的走勢判斷其是否異常。另外就是配合臨時狀況監控特定點的溫度，例如某時段開啟了某氣體儲存槽的加熱器時，則thermal 值班人員就需要特別注意該氣體儲存槽附近及槽內的溫度，以避免因設備異常而造成問題。

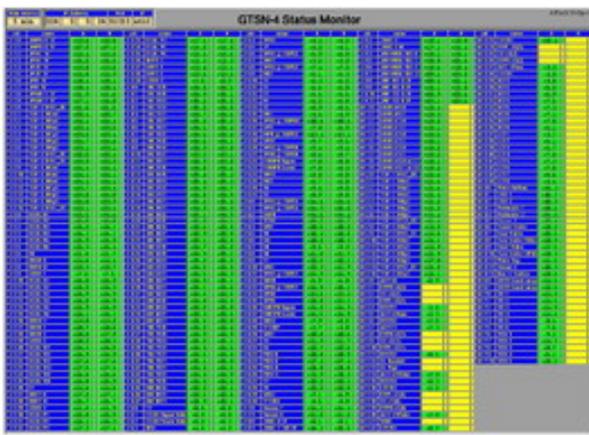


圖 89. Thermal 監控程式 (1)

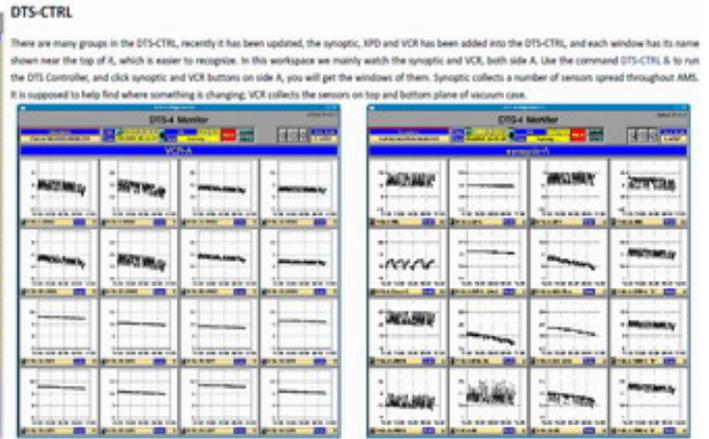


圖 90. Thermal 監控程式 (2)

Tracker 溫度控制系統(Tracker Thermal Control System, TTCS)

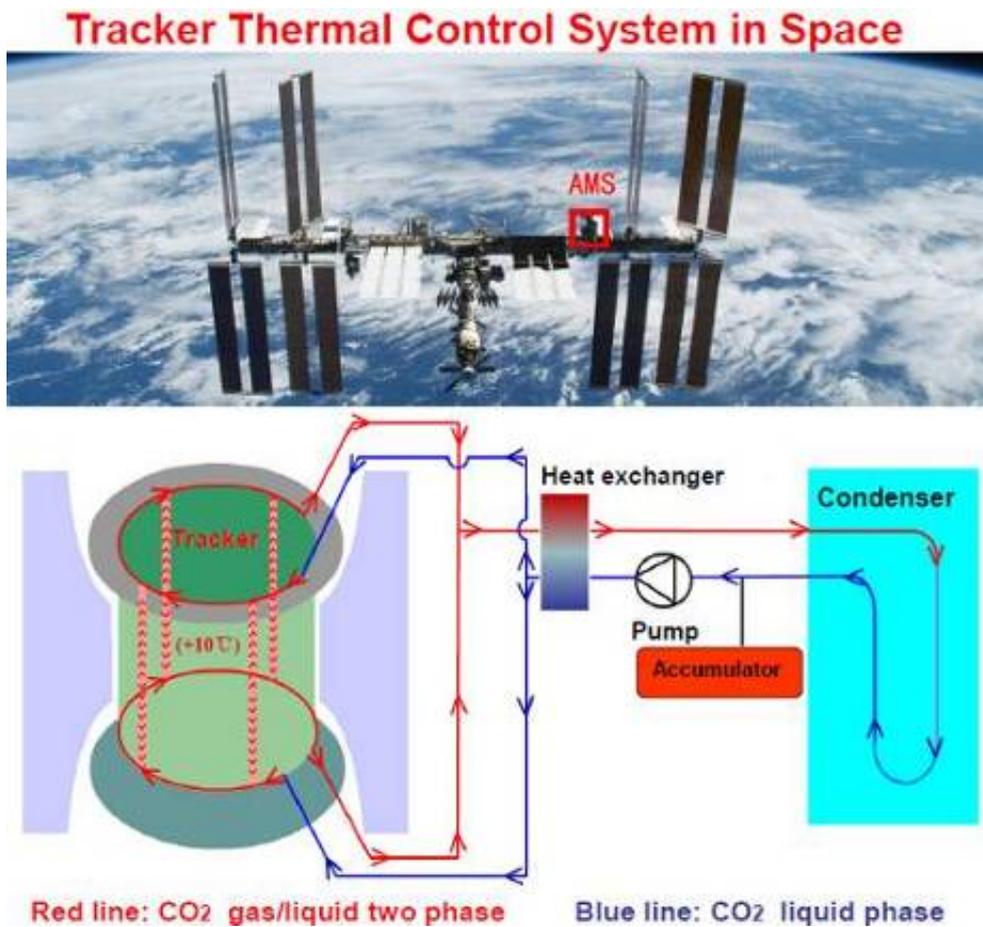


圖91. Tracker 溫度控制系統 in space

AMS-02在太空所遭遇到的溫差變化是相當劇烈的，而在磁譜儀中的精密電子設備有其所不能正常運作的溫度範圍，TTCS溫控系統的任務就是要將電子元件運作時的溫度控制在此範圍之內，例如當電子元件運作時所產生的高熱就必須順利地散發出去，以Tracker來說，其工作效率最佳的溫度範圍介於攝氏負十度到正二十五度之間，而所能承受的非破壞溫度範圍為負二十度到正四十度之間，對於溫度變化劇烈的太空環境而言，這五六十度的範圍實為一個極小的溫度區塊。由此可知TTCS溫控系統必須精確並即時地獲得AMS-02的溫度資料並且迅速地反應維持電子元件正常運作的工作溫度。

TTCS溫控系統採用二相式(液相及氣相)CO<sub>2</sub>作為熱導媒體，此系統主要的作用是利用液氣相的CO<sub>2</sub>經由預先安排好的管路流經各個Tracker發熱的電子模組將其熱量挾帶出來，並利用二個位於AMS-02外部Tracker的輻射板將熱量散發至太空中。此套溫控系統是由完整的管路、冷凝器、蒸發器、散熱器、溫控器、及幫浦等子系統，是AMS-02上最複雜的溫控系統。

為了完整地掌握AMS-02各個部位的即時溫度，在Tracker 系統溫度監控上安排有許多的溫度感測器以監控Tracker的溫度。

溫度感測器共分為二個群組：

(1). Global Temperature Sensor Network (GTSN)。

(2). Tracker 本身的溫度感測器。

所量測的溫度大致分為三個區域，其中最重要的幾個溫度量測位置的溫度感測器略述於下：

(1). Tracker 最上一層 (Plane 1N)，此區域的溫度感測是連接到GTSN 系統上，主要量測點位置及編號如下圖所示，其說明如下：

(a). 1N-2 (與Tracker 的 hybrid 電路模組相接)。

(b). 1N-5 (位於感測元件的下方)。

(c). 1NS (位於最上層的支撐平面上)。

(2). Tracker 內部層的溫度感測器，此區域的溫度感測器是屬於TTCS 系統，其重要位置上有：

(a). Sensor A 及Sensor C，此二個溫度感測器位於中央層上的溫度傳導桿(thermal bar)上。

(b). Sensor F 位於TTCS 系統的上部蒸發器上。

(c). Sensor I 位於TTCS 系統的下部蒸發器上。

(3). Tracker 最底層 (第9 層)上的較重要的溫度感測器,有屬於GTSN 系統的,也有屬於TTCS 系統的:

(a). Sensor K 及Sensor M, (與Tracker 的 hybrid 電路模組相接)。

(b). Sensor L 位於最底層感測器的中央。

(c). Sensor 8 位於溫度傳導桿(thermal bar)上,屬於GTSN 系統讀取。

這些重要位置的即時溫度在平時值班時的TEE及Thermal位置上均有專業的監控人員即時監控,並且在每個小時的Checklist上也要求值班人員詳細檢查,因為溫度的急遽變化絕對是造成精密電子元件毀損最重要的原因之一。

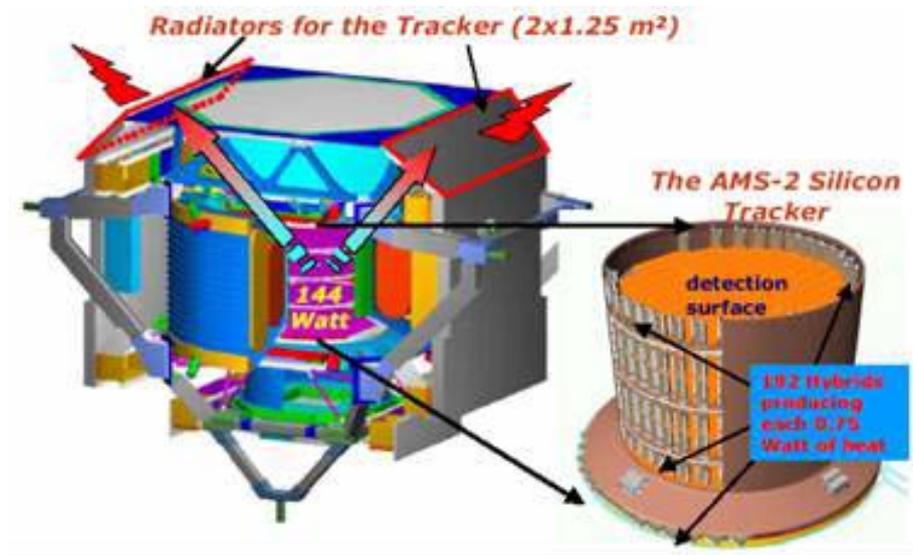


圖 92. TTCS 溫控系統

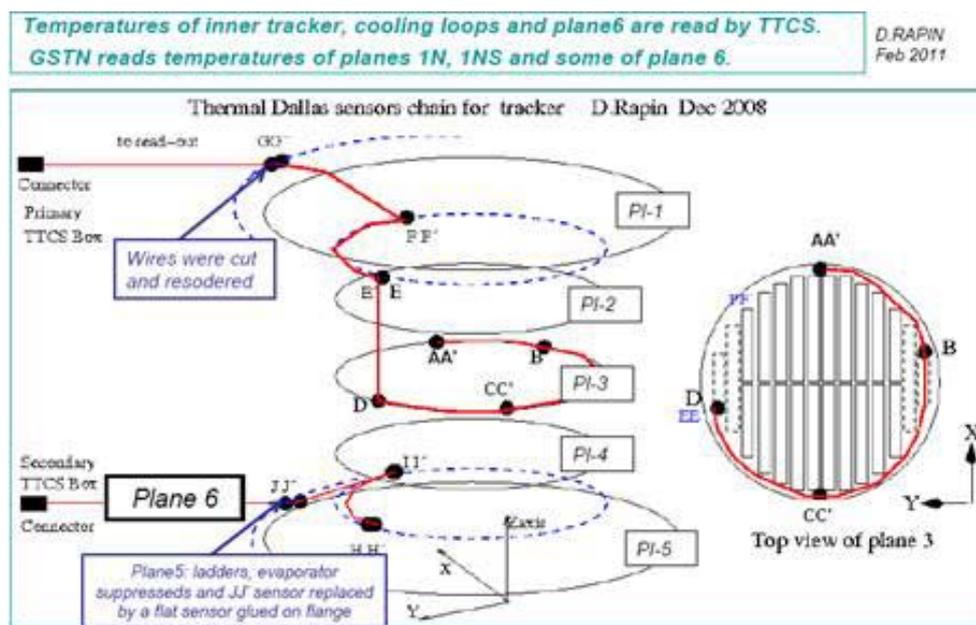


圖 93. TTCS 溫度感測器分布圖(1)

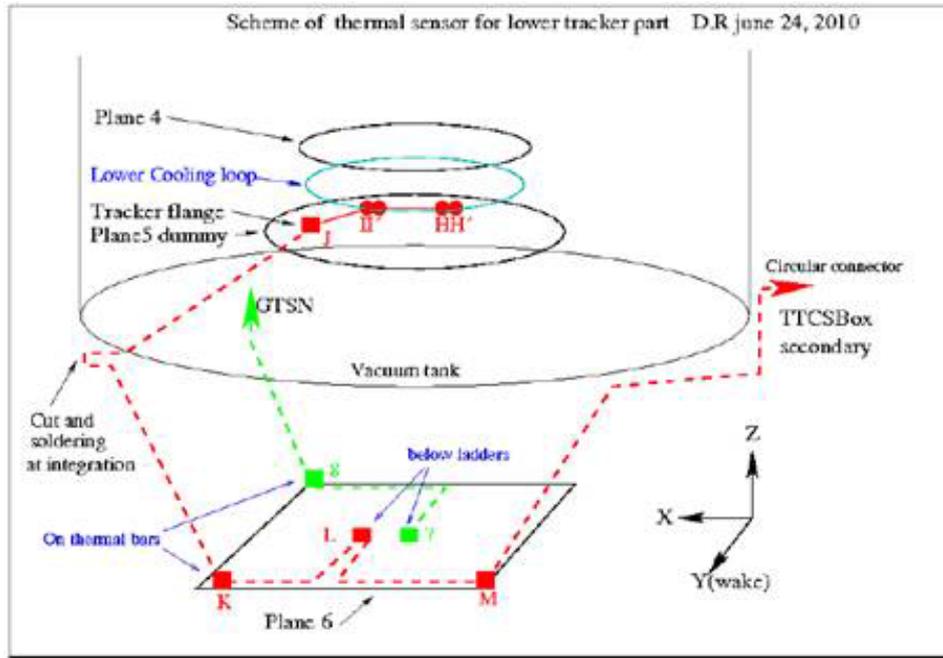


圖 94. TTCS 溫度感測器分布圖(2)

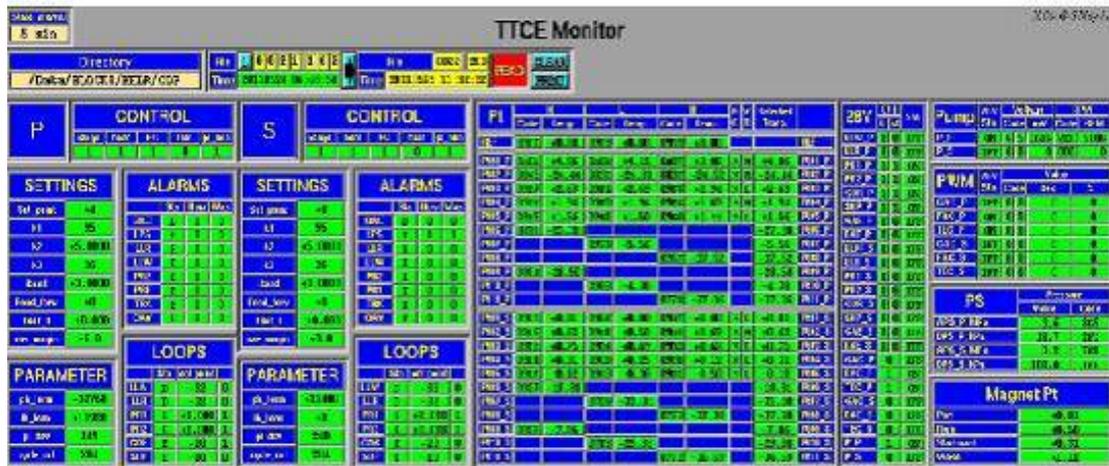


圖 95. TTCS 溫度監控程式

於歐洲粒子研究中心回報本院的週報如下：

<b>AMS-02 出國週報(4/15~4/19)</b>	
日期	工作內容
4 月 15 日 (一)	1. CERN 報到,辦理工作證，丁院士召集會議，同仁自我介紹，專長與畢業院校，院士要求林組長介紹 Dr. Mike Capell，與本院 AMS 計畫合作過程。 2.與 MIT 及 sub-detector experts 討論在 CERN 訓練課程與三週的值班規劃，參加丁院士主持下午 5 點的例行會議，丁院士要求把六位同仁介紹給與會的各國團隊代表並討論 4 月 13,14,15 三天 POCC 監控 status。
4 月 16 日 (二)	1.參加 DATA, TOF, Tracker 訓練課程及丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論當天 POCC 監控 status。丁院士要求除了 TEE 與 PM 的值班並增加 1 天的 LEAD 與 Thermal 的學習訓練，並取得 MIT training video。
4 月 17 日 (三)	1.參加 ECAL, RICH, TRD 訓練課程及丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論當天 POCC 監控 status，當日因 AMS POCC 停電，故在 Spare POCC 執行監控，所有 subdetector 運作正常。確認 6 位同仁的三值班 schedule，丁院士要求 Dr. Mike Capell, Dr. Alexey Lebedev and Dr. Joe Burger 向林組長說明 LEAD 及 Thermal system whole picture，中研院李世昌院士亦與會，林組長率同仁與李院士會面，林組長介紹六位同仁給李院士，李院士表示嘉勉。
4 月 18 日 (四)	1.早上 8 點到下午 4 點，陳承聖值 TEE 班 with Th. Kirn，黃國維值 PM 班 with C. Mana，下午 4 點到下午 12 點，陳司桓值 TEE 班 with I. Lazzizzera，魏敬霖值 PM 班 with R. Pereira；接受當班科學家指導監控技術、蒐集相關技術文件與撰寫工作紀錄。 2.林組長帶隊參加丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論當天 POCC 監控 status。Dr. Trent Martin 與 INFN Dr. Roberto Battiston 均與會，會中討論軟體及 IVoDS 執行現況，TRD 執行 HV adjustment -6V (調整完為 U0:1431V U1:1434V)。
4 月 19 日 (五)	1.早上 8 點到下午 4 點，呂理銘值 TEE 班 with Th. Kirn，黃耀崑值 PM 班 with R. Pereira，下午 4 點到下午 12 點，黃國維值 TEE 班 with I. Lazzizzera，陳承聖值 PM 班 with C. Mana；接受當班科學家指導監控技術、蒐集相關技術文件與撰寫工作紀錄。 2.林組長參加 Dr. Mike Capell 的 LEAD 監控說明、蒐集相關技術文件。 3.林組長帶隊參加丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論當天 POCC 監控 status。

AMS-02 出國週報(4/20~4/26)	
日期	工作內容
4 月 20 日 (六)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，陳司桓值 PM 班 with S. Rosier，魏敬霖值 TEE 班 with Z. Zhang，下午 4 點到下午 12 點，呂理銘值 PM 班 with C. Mana，黃耀崑值 TEE 班 with Th. Kirn，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</li> <li>3. 檢視到丁院士將本院製作之 AMS-02 模型置放於 AMS POCC 的入口處，非常醒目。</li> </ol>
4 月 21 日 (日)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，黃國維值 PM 班 with J.P.Vialle，陳承聖值 TEE 班 with Z. Zhang，下午 4 點到下午 12 點，魏敬霖值 PM 班 with C. Mana，陳司桓值 TEE 班 with Th. Kirn，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</li> </ol>
4 月 22 日 (一)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，黃耀崑值 PM 班 with Li Tao，呂理銘值 TEE 班 with Z. Zhang，陳司桓及魏敬霖參加 A. Lebedev 的 LEAD 的工作介紹，下午 4 點到下午 12 點，陳承聖值 PM 班 with C. Mana，黃國維值 TEE 班 with Th. Kirn，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</li> <li>3. 林組長參加丁院士在 CERN 主持的 AMS 計畫的物理分析發表研討會。</li> </ol>
4 月 23 日 (二)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，陳司桓值 PM 班 with J.Berdugo，魏敬霖值 TEE 班 with A.Bachlechner，下午 4 點到下午 12 點，呂理銘值 PM 班 with Li Tao，黃耀崑值 TEE 班 with Z. Zhang，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</li> <li>3. 林組長參加丁院士在 CERN 主持的 AMS 計畫的物理分析發表研討會。</li> </ol>
4 月 24 日 (三)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，魏敬霖值 PM 班並由 J.Berdugo 檢查，陳司桓值 TEE 班並由 A.Bachlechner 檢查，下午 4 點到下午 12 點，黃耀崑值 PM 班並由 Li Tao 檢查，呂理銘值 TEE 班並由 Z. Zhang 檢查，林組長、陳承聖及黃國維參加 A. Lebedev 的 LEAD 的工作介紹，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</li> <li>3. 丁院士安排林組長參加我國駐瑞士伯恩大使團來 AMS POCC 參訪會議，丁院士親自簡報，特別提及本院在 AMS 計畫的貢獻與 ASIA POCC 的成立與運行，林組長亦向大使團報告本院參與計畫之工作內容及介紹</li> </ol>

	<p>目前 AMS POCC 監控之同仁，大使與各位同仁握手致意。</p> <p>4. 林組長帶隊參加丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論前五天 POCC 監控 status，會中利用視訊會議 video conference 與 NASA 人員討論增設 blanket 所帶來之影響及是否要增設。</p>
4 月 25 日 (四)	<p>1. 早上 8 點到下午 4 點，黃國維值 PM 班並由 J.Berdugo 檢查，陳承聖值 TEE 班 A.Bachlechner 檢查，下午 4 點到下午 12 點，陳司桓值 PM 班並由 Li Tao 檢查，魏敬霖值 TEE 班並由 Z. Zhang 檢查，呂理銘及黃耀崱參加 A. Lebedev 的 LEAD 的工作介紹，接受當班科學家指導監控技術。</p> <p>2. 林組長參加 J. Burger 的 Thermal systems 工作介紹。</p> <p>3. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</p> <p>4. 林組長帶隊參加丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論當天 POCC 監控 status，J. Burger 簡報 Blanket 在太空站安裝後的影響，會後全體同仁與丁院士合影。</p>
4 月 26 日 (五)	<p>1. 早上 8 點到下午 4 點，呂理銘值 PM 班並由 A.Rozhkov 檢查，黃耀崱值 TEE 班 W. Sun 檢查，陳司桓及魏敬霖參加 J. Burger 的 Thermal 的工作介紹，下午 4 點到下午 12 點，陳承聖值 PM 班並由 J.Berdugo 檢查，黃國維值 TEE 班並由 A.Bachlechner 檢查，接受當班科學家指導監控技術。</p> <p>2. 請教 Dr. Mike Capell 有關太空站 LAT+ALT+LON+INC+D/N+BETA 之 Data Source 可否傳至 ASIA POCC，Dr. Mike Capell 表示 AMS POCC 亦無法取得，故無法傳至 ASIA POCC。</p> <p>3. 蒐集研讀相關 NASA 及 AMS 計畫技術文件與撰寫工作紀錄與報告。</p> <p>4. 林組長帶隊參加丁院士主持下午 5 點的例行會議，討論當天 POCC 監控 status。</p>

AMS-02 出國週報(4/27~5/1)	
日期	工作內容
4 月 27 日 (六)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，魏敬霖值 PM 班並由 A.Rozhkov 檢查，陳司桓值 TEE 班 W. Sun 檢查，下午 4 點到下午 12 點，黃耀焯值 PM 班並由 J.Berdugo 檢查，呂理銘值 TEE 班並由 A.Bachlechner 檢查，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 參加 J. Burger 的 Thermal 的工作介紹，研討粒子追蹤器 Tracker 溫度感測器系統佈局位置與圖表數據檢查。</li> </ol>
4 月 28 日 (日)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，黃國維值 PM 班並由 A.Rozhkov 檢查，陳承聖值 TEE 班 W. Sun 檢查，下午 4 點到下午 12 點，陳司桓值 PM 班並由 J.Berdugo 檢查，魏敬霖值 TEE 班並由 A.Bachlechner 檢查，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 參加 J. Burger 的 Thermal 的工作介紹，研討穿越輻射偵測器 TRD 溫度感測器系統佈局位置與圖表數據檢查。</li> </ol>
4 月 29 日 (一)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早上 8 點到下午 4 點，呂理銘值 PM 班並由 A.Rozhkov 檢查，黃耀焯值 TEE 班 W. Sun 檢查，下午 4 點到下午 12 點，陳承聖值 PM 班並由 J.Berdugo 檢查，黃國維值 TEE 班並由 A.Bachlechner 檢查，接受當班科學家指導監控技術。</li> <li>2. 參加 J. Burger 的 Thermal 的工作介紹，研討飛行計時器 TOF 溫度感測器系統佈局位置與圖表數據檢查。</li> </ol>
4 月 30 日 (二)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 與 MIT 軟體設計師 A. Lebedev 研討軟體介面設計與 JBUX、AMS Laptop 資料儲存方式及信號傳輸原理與頻帶。</li> <li>2. 研討國際太空站 ISS 運轉軌道 Orbit 及 <math>\beta</math> 角度定義，蒐集相關科技資料，取得 CERN Account 以獲得 AMS 及 ISS 技術文件。</li> <li>3. 與歐洲 POCC expert 交換於 Asia POCC 監控心得與經驗交流。</li> </ol>
5 月 1 日 (三)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 與歐洲 POCC Lead Dr. Mike Capell 討論 AMS IVoDS(Internet Voice Distribution System)語音頻道介面原理與功能，當 AMS 需調節頻寬或線路發生問題時，可透過 IVoDS 與 NASA 詹森太空中心 Mission Control Center 人員及國際太空站上之太空人作討論。</li> <li>2 與歐洲 POCC expert 交換於 Asia POCC 監控心得與經驗交流。</li> <li>3 彙整三週所蒐集的資料及紀錄，向各位 Leads and Experts 致謝，丁院士致電本院長官對本院同仁三週在歐洲 POCC 主動積極、配合專業受訓與監控任務，並提出軟體改善建議，充份交流研討表示讚許。</li> <li>4 整理行囊，準備第二天一大早早班機，返抵國門。</li> </ol>

## 參、心得



圖 96. 日內瓦 AMS 監控中心

### 一、值班大事記

#### (1). GMT109 值 TEE

遇到一個問題在 check tracker 的 Event size(peak)和 Crate event size，他們的值皆超過規定的標準，Event size 須小於 1500 byte 和 Crate event size 須小於 200。但是在 GMT time 14:45 的時候本院同仁發現 Event size 值大於 2500 和 Crate event size 的值大於 450。在跟 TEE 值班人員 IGNAZIO LAZZIZZERA 討論後，他也說這是他值班以來第一次看到這個情況，這是很特別的狀況，因此當下立刻向 LEAD 報告，後來經過確認，原因應該為當國際太空站經過 SAA 地區時，會造成不正常的峰值，後來經過 15 分鐘後，當國際太空站離開 SAA 地區後，峰值就逐漸恢復到正常的值。

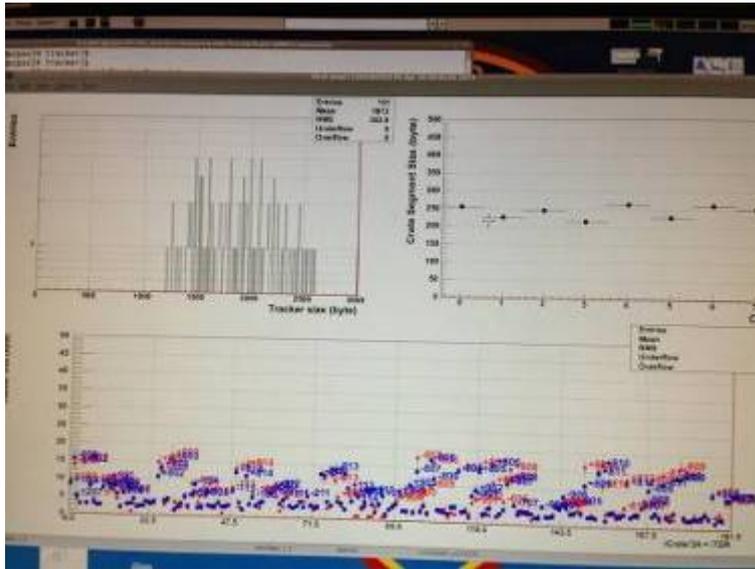


圖 97. Tracker Event size(peak)和 Crate event size 異常

### (2) GMT109 值 TEE

在 2000 時 lead 改過了 tracker 的 checklist，在 TTCS status 分項裡面新增了 pt08 和 pt11 這個欄位，而監控範圍則是此兩個溫度感測器溫度不得大於-46 度 C。

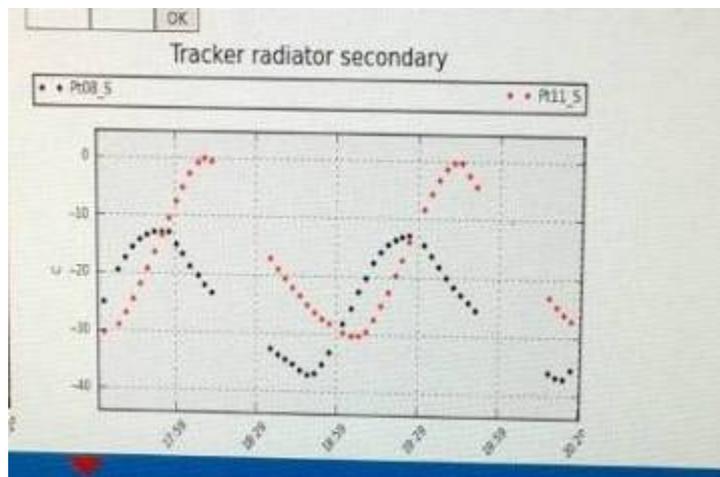


圖 98. 在 Tracker checklist 分項裡面新增項目

### (3) GMT109 值 PM

EXPERT: R. Pereira

TOF 一度出現 0.2 於下一次 UPDATE 時消失。RICH 一度出現兩行空白(如下圖)，詢問 LEAD 後，發現為 software calibration 所造成的，為正常現象。

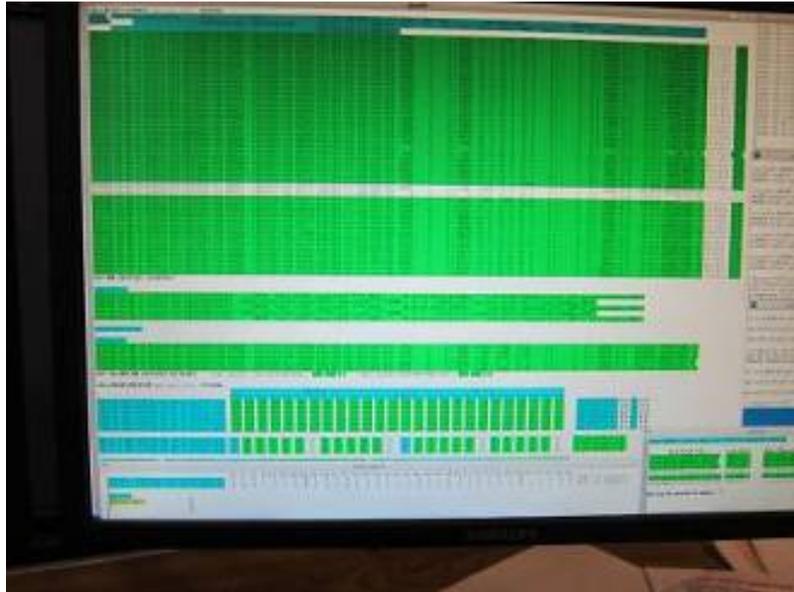


圖 99. RICH 程式 software calibration

#### (4) GMT111 值 PM

在 0610 的時候發現 TOF 的 house keeping words 有些出現紅字，值班人員也不知道為什麼，後來問了 TOF 專家來看以後，他說有可能是 AMS 傳輸回來一些不好的資料，再經過一分鐘左右，紅字消失了變回正常。後來 TOF expert 指導如何 read TOF house keeping words 之前的資料。因為螢幕上會顯示最新的資料，所以如果你想看先前的資料，必須在 linux 上打一些指令如下：

首先 開一個新的 terminal and then type : daq-monitor 接下來在後面加入

```
/Data/Blocks/HKBPB/RT/ -120 10000000 0 SDR2_HK_WAIT
```

就可以看到先前的將近一百萬筆資料，這個指令可以用來檢視如果值班人員在值班時沒有立刻發現，HK words 有出現任何異常的話，可以檢視先前的資料來確認。如發現任何異常但不是當下馬上看到的話，也可以從歷史資料來看發生的時間。

The image shows a screenshot of a TOF Qlist data table. The table has multiple columns with headers like 'ID', 'Name', 'Type', 'Status', etc. The data rows contain numerical values and text. Several cells in the table are highlighted in red, indicating anomalies or errors in the data.

圖 100. TOF Qlist 的 house keeping words 紅字異常

Ecal 發生 ECAL data quality monitor，解決辦法為重開程式，在指令視窗輸 ctrl+C 停止程式，並輸入指令./Mom 開啟式窗，在這裡需要注意一點，輸入的指令只會開啟一個監控程式，但一般在 AMS POCC 需要監控該程式中的兩個資料:Last DAT and Last CLB 所以在此有個小技巧可以把監控程式一分為二，首先用滑鼠點取 Last DATA 按鈕，之後把滑鼠移到左邊視窗邊緣中，點選滑鼠左鍵，Last DATA 視窗就會被分離出來。之後點選 automate update 就可以同時監控兩個視窗了。

### (5) GMT111 值 TEE

工作重點為 TRD 高電壓調整(High Voltage Adjustment)

TRD 訊號增益公式如下:

$$\text{Gain} \sim \left(\frac{1}{S}\right) \text{HV}$$

其中 Gain: 訊號增益

S: 氣體密度

HV: TRD 電壓

由於 TRD 中的氣體在太空中會漸漸漏失，逸散至太空中，由公式中訊號增益和氣體密度成反比，表示訊號增益會隨氣體流失而逐步上升，因此 TRD 專家必須定時(約每日一次)調降

電壓以維持固定的訊號增益(通常為 60 左右)，訊號增益監控程式可以自動計算出須調整多少電壓以達到所需的值，以今日的情況，TRD 專家 Th. Kirn 先生決定調降四伏特以維持適當的訊號增益值，如圖 101 所示。



圖 101. Gain Monitor 監控程式

下達調降電壓的命令以後，從磁譜儀上會反饋訊息讓我們得知該命令是否下達成功，如圖左下的指令視窗顯示已順利達成電壓的調降，並且其訊息也迅速反應在監控程 TRD-Status Monitor 中，由於上方監控程式讀取的是暫存在 JBUX 上並回放的 SCIBPB/RT 資料流，因此稍為延遲，下方監控程式讀取的是即時資料流 HKLR/CDP，因此即時反應出調降四伏特後的電壓值，如下圖所示。

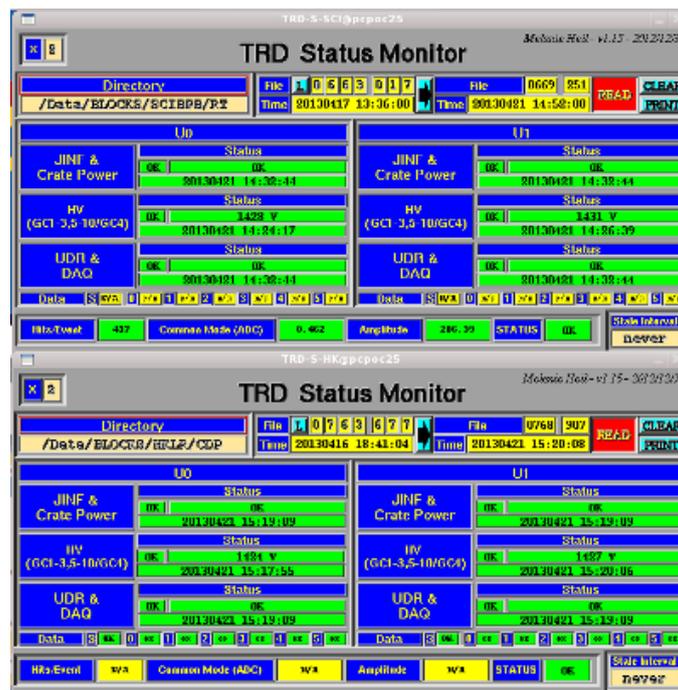


圖 102. TRD Status Monitor 監控程式

其中 TRD-Status Monitor 高壓值事實上為所有高壓模組(共 82 個)電壓值的平均，由於感測元件的製造誤差，不同的模組其敏感度亦不盡相同，因此需施以不同的高壓值以達到相近的訊號增益，調整高電壓值則通常是每一個子模組都調整相同的值，因此最後其平均值當然也調整了相同的電壓值。下圖的 UHV Status Monitor 即顯示了所有子模組的高電壓值。

UHV Voltages and Alarms												ADC
UHV Side A						UHV Side B						ADC
-	-	-	-	-	-	1411	1416	1426	1430	1424	1414	1
-	-	-	-	-	-	1414	1420	1422	1426	1424	1422	min
-	-	-	-	-	-	1423	1430	1423	1419	1416	1428	
-	-	-	-	-	-	1426	1430	1430	1424	1430	1425	
-	-	-	-	-	-	1428	1424	1426	1433	1425	1427	
-	-	-	-	-	-	1417	1410	1423	1422	1426	1425	
-	-	-	-	-	-	1419	1416	1425	1424	1422	1412	
UI Side A						UI Side B						ADC
-	-	-	-	-	-	1435	1417	1410	1417	1435	1421	0
-	-	-	-	-	-		1433	1426		1433	1421	min
-	-	-	-	-	-	1429	1420	1427	1420	1426	1431	
-	-	-	-	-	-	1429	1429	1427	1422	1420	1427	
-	-	-	-	-	-	1430	1419	1418	1431	1418	1427	
-	-	-	-	-	-	1426	1420	1420	1425	1422	1422	
-	-	-	-	-	-	1414	1413	1431	1431	1427	1431	

圖 103. TRD High Voltage 監控程式

(6) GMT112 值 PM

ECAL 程式畫面空白(如下兩圖)，重開後回復正常。

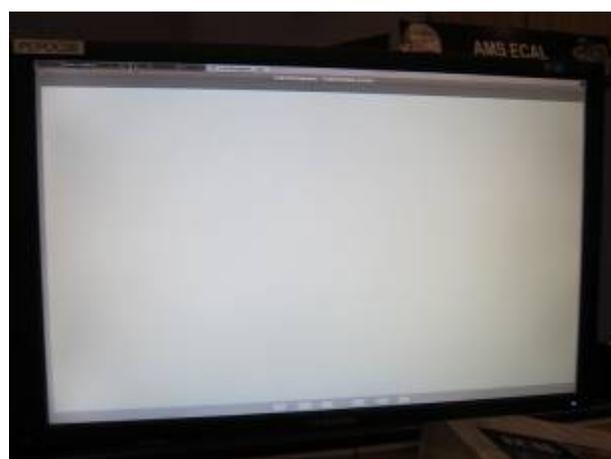
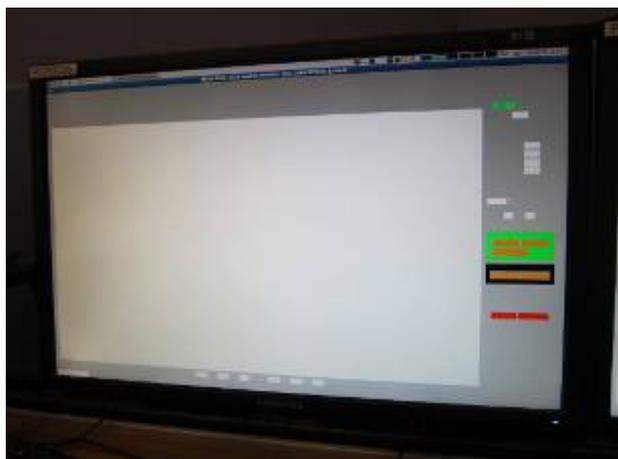


圖 104. ECAL 程式當機重開後回復正常

(7) GMT114 值 PM

RICH 一度出現兩行空白(如下圖)，為 TRD 調整 HV 所造成。

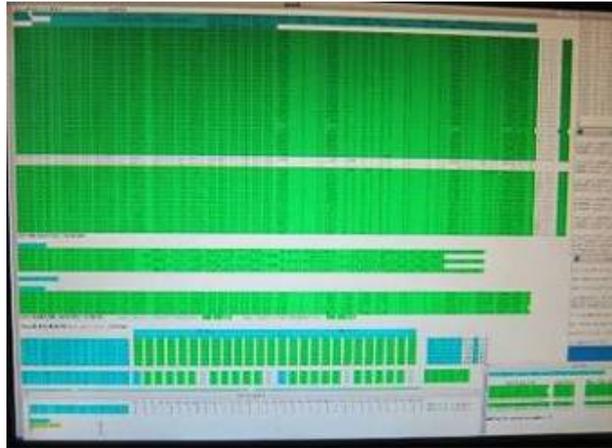


圖 105. RICH 程式因 TRD 調整 HV 所造成空白行

(8) GMT114 值 TEE

值班工作重點為 BOX-C 及 Side Panel 溫度過低。

值班在 TRD Gas Status Monitor 發現兩個問題，如下圖所示

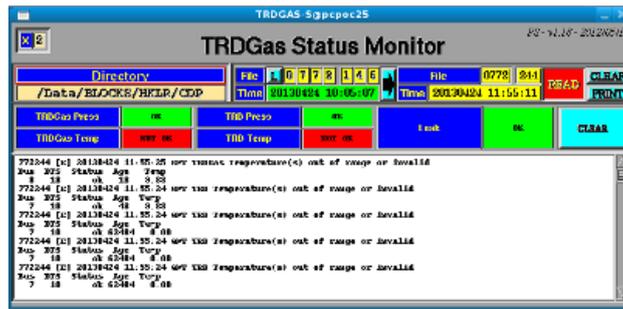


圖 106. TRD 氣體系統溫度警示

其中 TRD Gas Temp 警告是由於 BOX-C 溫度低於十度，BOX-C 是用於加速二氧化碳及氬氣平均分佈於 TRD 的氣體循環幫浦，若其溫度低於攝氏五度，會造成幫浦無法運轉，若低於攝氏零度，則可能對系統造成傷害，且該處並無加熱器，因此其溫度必須特別注意。該處溫度受到太空站軌道面及太陽日照夾角所影響，因此偶而會出現溫度過低情況，其溫度的高低起伏則是由於太空站繞行地球所受到日照影響，以 93 分鐘為周期不斷循環。

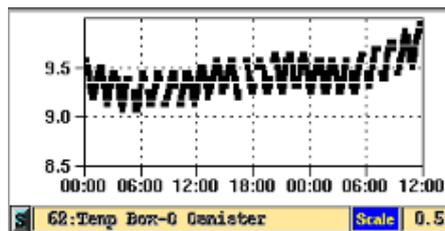


圖 107. TRD BOX-C Canister 溫度折線圖

另外 TRD Temp 警告則是由於 TRD 的側板 Side Panels 其中兩個溫度感測器低於攝氏十度，側板溫度如下圖所示，在下午五點的 AMS 例行會議中，Thermal 專家 J. Burger 表示由於該感測器位於 TRD 的外側，並非 TRD 內部的溫度，因此較不需擔心。

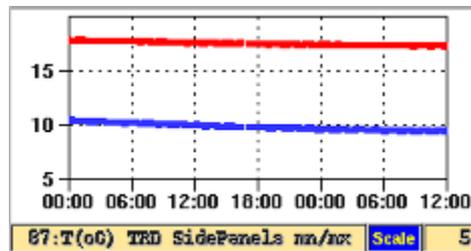


圖 108. TRD 側板溫度折線圖

下圖為整個 TRD 的溫度感測器監控程式，可以看到由於日照是由左下方照射，因此 TRD 由左下至右上呈現越來越低溫的趨勢，其中低於十度的感測器溫度曲線如下圖右上角所示。

TRD 的加熱觸發感測器位於八角形的最上方兩個角及最下方兩個角，此四個角落亦同時是電子機匣的所在，專家 Th. Kim 表示這是一個錯誤的設計，由於電子機匣亦會散發熱量，因此無法反映真實情況；例如當 TRD 左右兩側溫度很低，恰好電子機匣發熱使觸發感測器高於其觸發臨界值，則加熱器仍然不會啟動。較為理想的設計應該是將加熱觸發感測器安裝於離電子機匣稍遠以避免誤判，以此圖為例，即是 TRD 的左右兩側。

由於此錯誤設計，因此如今天發生側板溫度過低的情況無法透過加熱器加熱來解決，幸好此感測器是在側板外，表示該溫度為 TRD 外部溫度而非內部溫度，因此不至於造成嚴重問題。

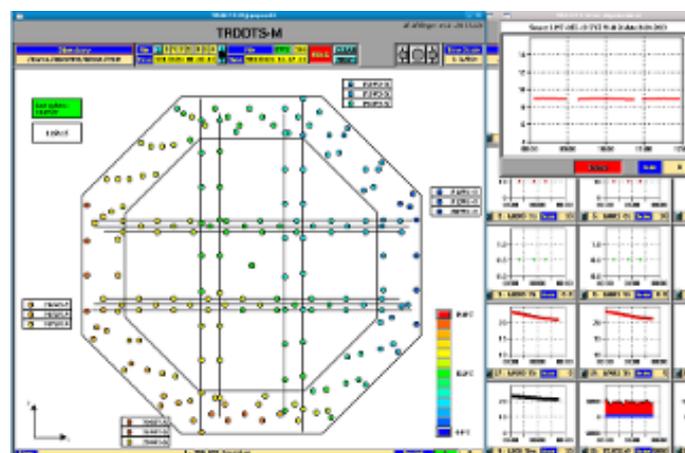


圖 109. TRD DTS 監控程式及側板溫度折線圖

值班時洽逢美國太空總署執行太空站推進(Reboost)程序

國際太空站(International Space Station, ISS)運行於海拔約 330 公里至 435 公里之太空軌道上，其海拔高度會受地心引力影響而逐漸降低，朝地球接近，為了將其重新推進回正常的軌道高度，美國太空總署會定期利用國際太空站上的火箭推進系統來達成此目的。如下圖位於南美洲南端標註的 Reboost 即是今日執行該程序的位置。

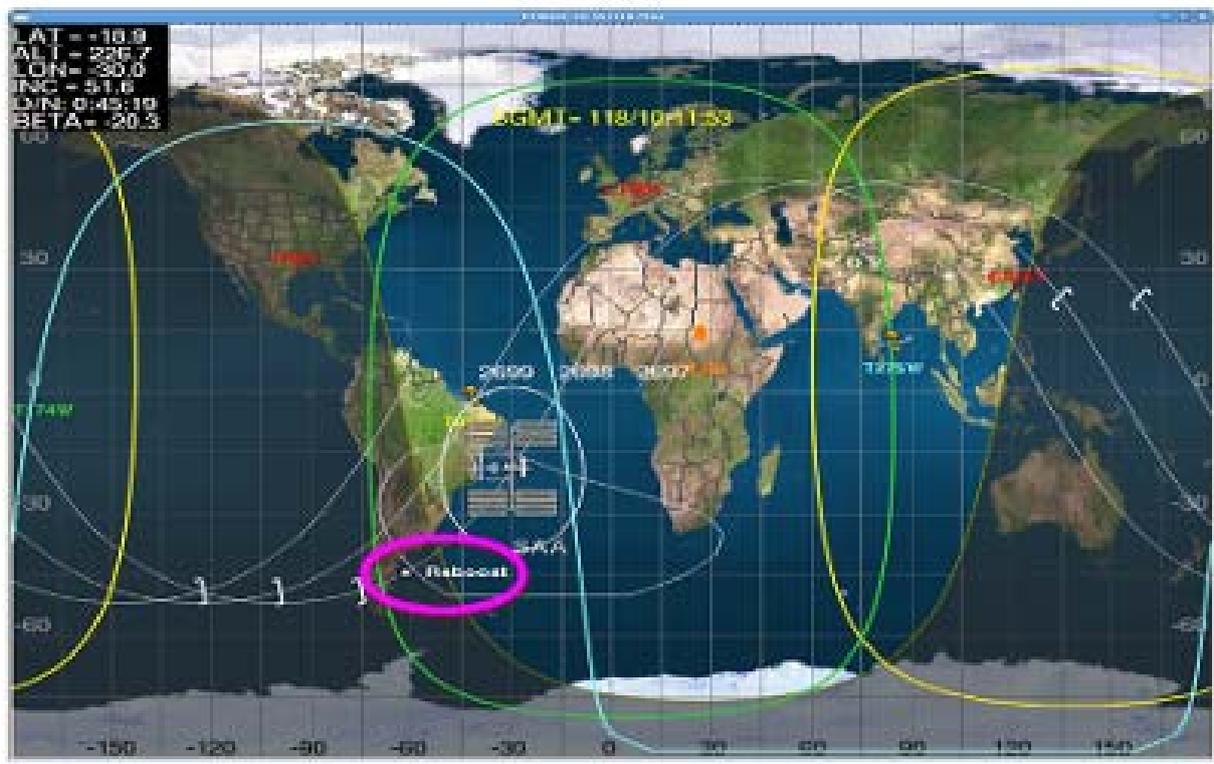


圖 110. 國際太空站推進程序

#### 1. 太空磁譜儀資料擷取及校正時程

AMS 所在的國際太空站繞行地球一周時間約為 93 分鐘，其會以正弦波形式的軌道依序經過地球赤道、北極區、赤道、南極區，最後繞行一周回到赤道，如下圖黃色軌道所示



圖 111. 國際太空站軌道圖

太空磁譜儀的資料擷取將一個完整的軌道週期分為四個區域:

- (1).赤道 => 北極圈
- (2).北極圈 => 赤道
- (3).赤道 => 南極圈
- (4).南極圈 => 赤道

太空站飛行過每個區域耗時約為 23 分鐘。AMS 專家將某段時間中持續擷取進來的資料稱為一個 RUN，即是將其擷取到的資料編入同一組的意思，通常一個 RUN 即是如上所述 AMS 行經四分之一個軌道區間內(耗時 23 分鐘)所收集來的資料群組，若在某些特殊情況下必須中斷資料擷取，一段區間(23 分鐘)內即可能有二個以上的 RUN。一個粒子完整的穿過所有 AMS 偵測器，並且其能量夠強的話，這次事件即會被列入採納，稱為 Event，其包含了粒子撞擊到各子偵測器產生的反應，粒子穿過各子偵測器的反應則稱為 Hit。

由於宇宙中的環境瞬息萬變，因此必須不斷更新資料擷取的基準點，才能確保所擷取到的科學資料質及量的穩定，這樣的程序稱為系統校正(Calibration)。

由於地磁效應的關係，在南北極圈及南大西洋異常區(South Atlantic Abnormally, SAA)上空會有較不規律的大量粒子及輻射線，為避免這種效應對系統校正造成影響，進而影響科學資料的可信度，磁譜儀的系統校正通常在相對穩定的赤道上空執行，因此在第一區間及第三區間的一開始，磁譜儀會執行約 30 秒的系統校正。

總和以上，可將 RUN 及 Calibration 的執行時機表示如下：



表 1 太空磁譜儀資料擷取及校正時程表

為了區別，每個不同的 RUN 以及 Calibration 專家們都會賦予一個獨特的識別碼，該識別碼即是在該次 RUN 或是 Calibration 中第一個事件發生時的 Unix 時間戳記(Time Stamp)，稱之為 RUN ID (RUN Number)及 Calibration ID (Calibration Number)，而 RUN 中的每個事件(Event)，亦有從 1 開始依序遞增編號的 Event Number 來做區別，其會在每次 Calibration 後重設為 1。

上述的科學資料、系統校正資訊以及太空磁譜儀的健康狀況資訊都會被打包成磁譜儀訂定特有格式的資料區塊(BLOCK)中，這些資料區塊將送往太空站，由美國太空總署再次打包成 FRAME 並且下傳至地面站。

## 2. 資料中繼衛星 TDRSS(Tracking Data Relay Satellite System)

國際太空站共有下列三個資料中繼衛星

T041W 黃色：黃色區塊代表該衛星未覆蓋的區域

T174W 綠色：綠色區塊代表該衛星未覆蓋的區域

T275W 青色：青色區塊代表該衛星未覆蓋的區域

其中 T275 衛星並沒有提供太空站的資料中繼服務，因此 T041W 及 T174W 未覆蓋區域的交集處，資料中繼衛星無法將資料送往地面，此區域稱為 ZOE(Zone of Exclusion)，約位於東經 60 度至 80 度，如下圖所示。

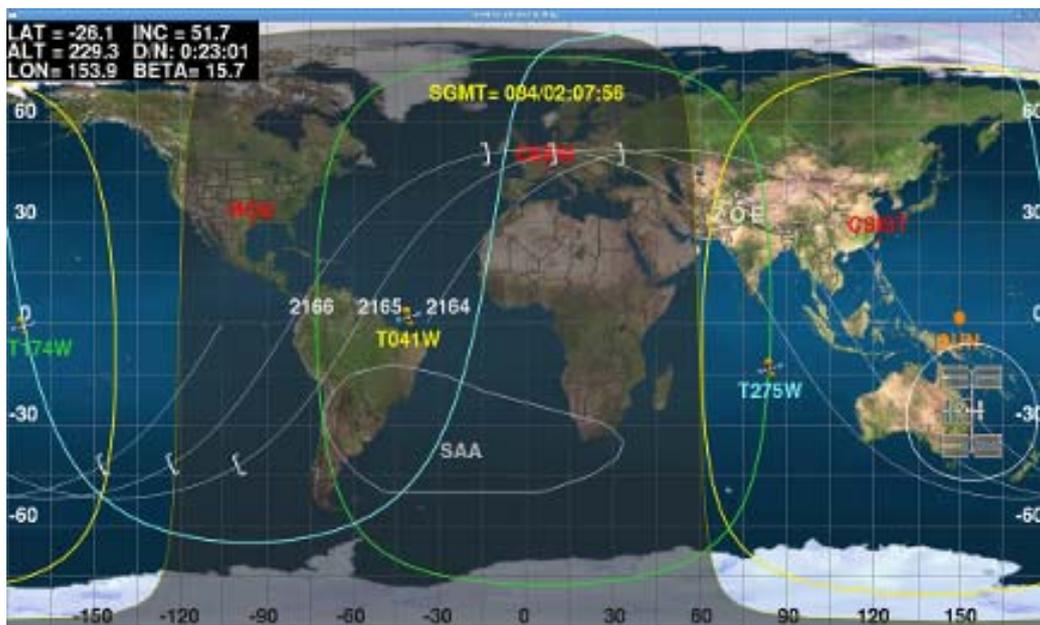


圖 112. 2-D ISS 軌道圖

另外，由於 2D-MAP 上顯示的晝夜區域是地面上的，而太空站海拔高度則約為 330 公里至 435 公里，因此兩者會有些許差異；亦即當 2D-MAP 顯示國際太空站進入黑夜區時，是指太空站正下方地面已經進入黑夜，但位於高空的國際太空站可能仍受到陽光照射，此為對照 2D-MAP 及 NASA TV 太空站即時影像時偶爾會感到有誤差的原因。

### 3. Event Display 粒子事件監控程式

會延遲數小時，出現綠色方形代表有粒子穿過反符合計數器 ACC，表示該粒子入射角度過大，由磁譜儀壁面穿過，因此資料並不完整，不能列入一個有效的粒子事件。

不同偵測器的「觸發」用不同顏色代表：

TRD：紅色

TOF：綠色

TRACKER：藍色

RICH：紫色及藍色

ECAL：青色



圖 113. Event Monitor 監控程式

所有 event 粒子事件發生都可用蒙地卡羅模擬(Monte Carlo simulations)，預測所有發生的可能性，並與實際的粒子事件做比對，蒙地卡羅模擬(Monte Carlo simulations)是一種物理實驗的統計方法，能準確的預測與大量的運算任何一種事件的可能性，以便讓我們驗證實際發生的事件情況做分析。下圖為用蒙地卡羅模擬粒子經由 AMS 磁譜儀的入射事件追跡圖。

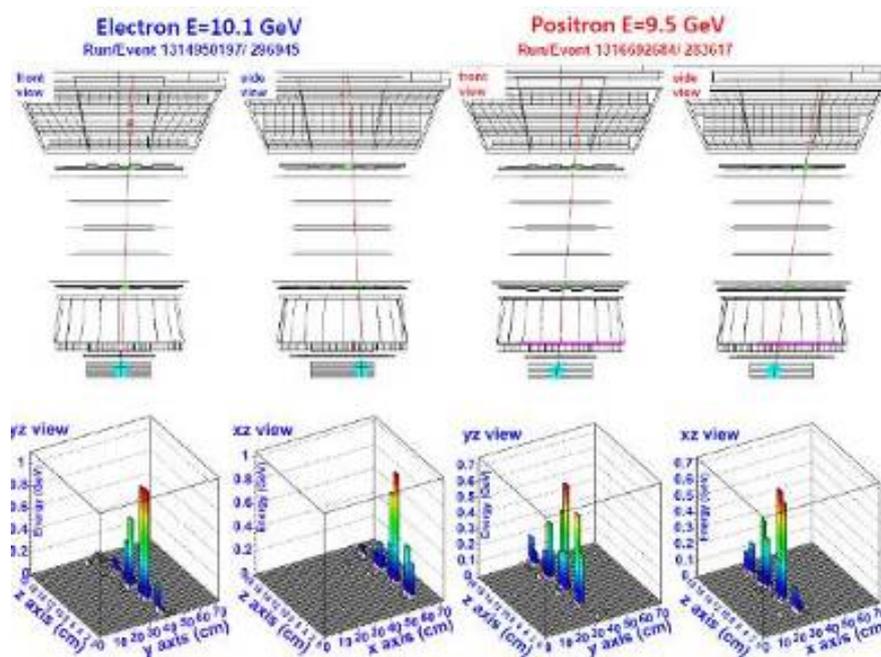


圖 114. 粒子(質子與電子)經由 AMS 磁譜儀的入射事件追跡圖

#### 4.參加每日監控研討會議

丁院士每日下午五點於POCC二樓召開監控工作會議，討論太空磁譜儀各偵測器及電子系統運作狀況，若有異常狀況需儘速討論處理尋求解決之道。並當場律定行動項目，律定執行者及完成時間，以達到最高效率。4/25 林組長帶隊參加丁院士主持下午5點的例行會議，討論當天POCC監控status，J. Burger簡報Blanket在太空站安裝後的影響，會後全體同仁與丁院士合影。



圖115. 參加例行監控會議結束後與丁肇中院士合照

## 二、網路語音系統 IVoDS

為美國NASA IT 認證授權給亞洲監控中心值班人員使用之保密通訊軟體。先登入IVoDS loop，校正耳機訊號高低，使用AMS OPS 頻道與LEAD 聯繫，做通訊檢查。

使用時有下列注意事項：

1. 帳號有有效期限，太久沒用會被取消。
2. 登入後離開前記得登出，否則會很麻煩，造成duplicate connection，無法連通。
3. 如何kill 掉忘記登出的IVoDS 帳號？需下指令找process

```
$ ps -ef | grep IVoDS
```

出現兩個process，緊接著的java process 共三個必須一併kill 掉，即可解開。

```

rich@pcpoc28:/Data/BLOCKS/SCIBPB/RT/0230
rich 6988 3692 1 Feb03 pts/6 02:42:48 jmsg -m hosc
rich 8139 1 0 Feb07 pts/0 00:00:34 xterm -geometry 312x90-500+0 -e gawk -f /pocchome/ri
rich 8142 8139 0 Feb07 pts/1 00:00:16 gawk -f /pocchome/rich/mon/watch.awk
rich 8255 1 0 Feb07 pts/0 00:00:12 xterm -geometry 100x14-0-0 -e gawk -f /pocchome/rich
rich 8258 8255 0 Feb07 pts/2 00:00:31 gawk -f /pocchome/rich/mon/watch_files.awk
rich 8283 1 0 Feb07 pts/0 00:00:04 xterm -geometry 80x22-0+0 -e gawk -f /pocchome/rich/
rich 8286 8283 0 Feb07 pts/3 00:01:16 gawk -f /pocchome/rich/AMSErrors/mon_error.awk
rich 9489 5597 0 Feb06 ? 00:00:15 [acoread] <defunct>
rich 9717 2371 0 Feb06 pts/13 00:00:00 bash
rich 11511 9717 1 Feb07 pts/13 00:41:40 RMDN
rich 11831 2374 0 Feb08 pts/0 00:00:00 xterm -geometry 212x7-1000-0 -e mon_pat
rich 11845 11831 0 Feb08 pts/4 00:00:00 /bin/csh /pocchome/rich/bin/mon_pat
rich 12395 2371 0 Feb08 pts/14 00:00:00 bash
rich 14751 2371 0 Feb03 pts/9 00:00:00 bash
rich 14804 2371 0 Feb05 pts/12 00:00:00 bash
rich 15335 2371 0 Feb08 pts/16 00:00:00 bash
rich 16739 14751 3 Feb03 pts/9 04:42:41 chd_disp -m hosc
rich 19276 1 0 10:14 ? 00:00:00 /usr/bin/pulseaudio --start --log-target=syslog
rich 19407 1 0 Feb08 ? 00:00:00 /usr/libexec/notification-daemon
rich 26761 1 0 07:04 ? 00:00:00 /bin/bash /pocchome/common/bin/IVoDS
rich 26762 26761 0 07:04 ? 00:00:00 /bin/bash /pocchome/common/bin/IVoDS
rich 26763 26762 4 07:04 ? 00:08:41 java -XX:+UseConcMarkSweepGC -XX:+PrintGCDetails -XX
rich 27080 11645 0 10:50 pts/4 00:00:00 sleep 500
rich 27563 1 0 Feb03 ? 00:20:14 /opt/Adobe/Reader8/Reader/intellinux/bin/acroread /p
rich 28547 8286 0 10:33 pts/3 00:00:00 sleep 60
rich 28825 8142 0 10:34 pts/1 00:00:00 sleep 15
rich 28830 8258 0 10:34 pts/2 00:00:00 sleep 1
rich 28831 3404 1 10:34 pts/5 00:00:00 ps -ef
rich 29514 14804 8 Feb07 pts/12 03:51:56 ESMC
rich@pcpoc28 0230$

```

圖116. IVoDS 程序



圖117：IVoDS軟體介面

### 三、Onboard Short Term Plan Viewer (OSTPV)

AMS 酬載之通訊，無論是上傳命令或下載資料皆須配合NASA 的OSTPV 活動安排。如下圖119所示，OSTPV 為NASA 的Johnson Space Center 基於網路平台所發展之應用介面，其目的為提供國際太空站所預定各類型任務之活動時間。所有國際太空站舉行之活動，無論地面或是太空中的將進行之事件皆被隸屬NASA 的Mission Control Center(MCC)安排登錄於該介面上。MCC 團隊一天中通常會進行幾次電子登錄，此過程係為其日常操作的一部分。

在大部分近期發布之活動事件中，OSTPV 主要針對太空活動之安排與資料共享能力作為改善目標。這類進階式使用者介面可讓大量資料訊息被完整規劃，方便國際太空站中之太空人員清楚了解並且順利執事，增進網路通訊之效率。

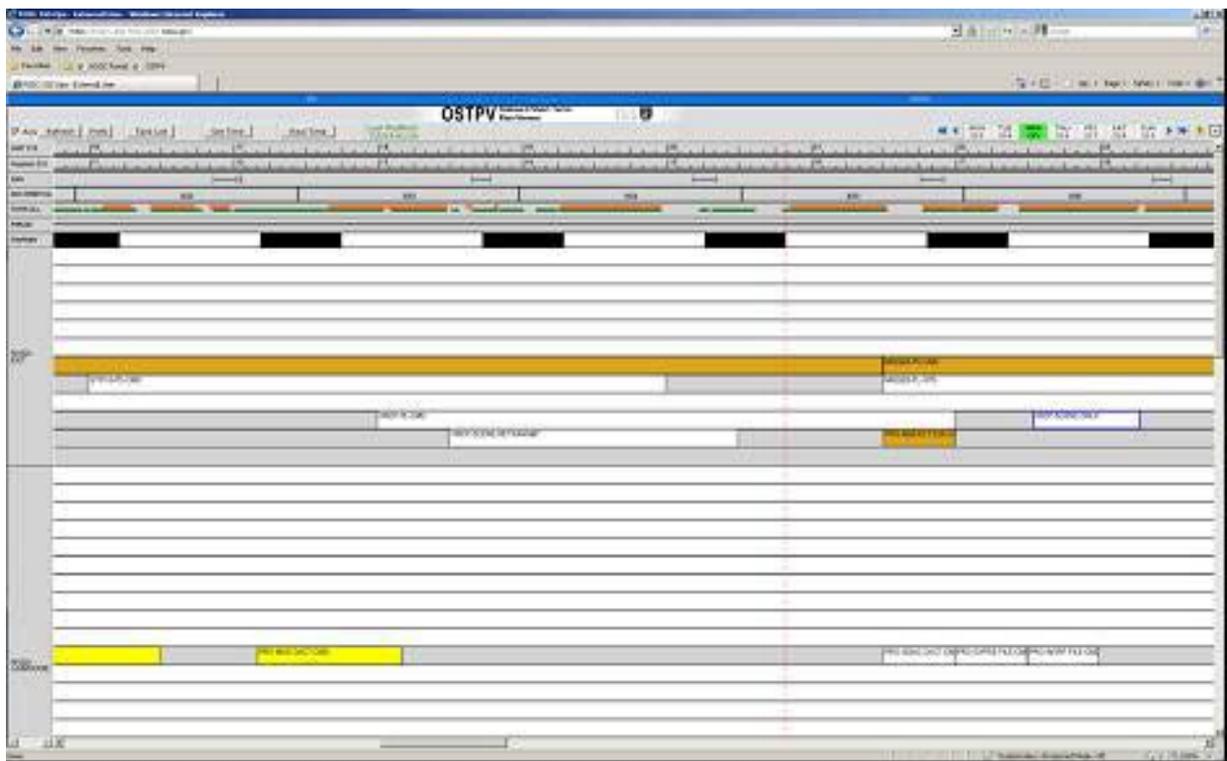


圖118. OSTPV事件圖

#### 四、AMS DATA 主要監控軟體說明

伺服器位置	軟體介面	註記
@CERN on pcpoc30 & pcpoc31:	HOSCfep HOSCfepRIC	With these programs you will monitor CDP data:  HKLR  HKALC
@CERN on pcpoc30 & pcpoc31:	jmdc_mon  jmsg  JBUX-M	
@MSFC main service : pcgsc50/51/52/53	PDSSfep2	With this program you will monitor:  HKHR  SCIBPB  HKBPB  in addition:  SCI  SCIRPB  SBAND1/2

表二：DATA 監控軟體

AMS DATA 監控人員必須針對各項監控工作持續進行監測與控制，確保傳輸線路正常無誤，萬一傳輸線路發生問題時須立即解決以避免持續發生資料遺失狀況。

Dr. Mike Capell and Dr. Alexie Lebedev 對本院同仁作各軟體介面功能介紹，其中 PDSSfep2 為一種通訊服務，並非單純程式，其在美國 HOSC 中心的伺服器啟動後亦會自行運作，並可手動地控制四台伺服器中任何之一，但此服務為唯一性質，不可並行於四台伺服器上。下圖為 PDSSfep2 之監控介面 PDSSfep2 monitor，四部分代表四台伺服器的接收狀況，其中一台為主操作伺服器，三台為備份。PDSSfep2 monitor 在執行時永遠自動會更新，其功能為回報監控人員已經接收的訊框(Frame)數量與正確存入之數量。

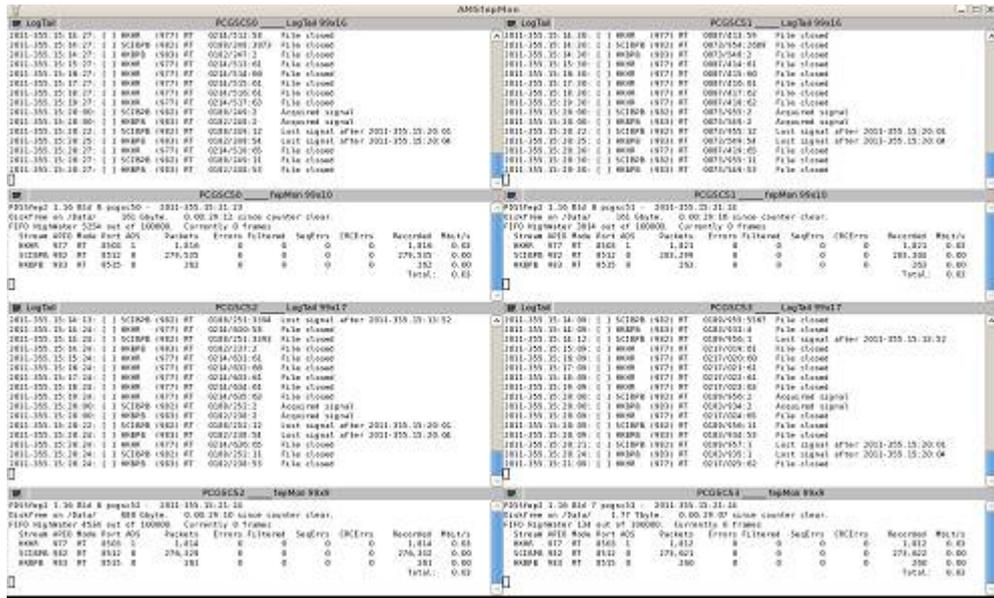


圖 119. : PDSSep2 Monitor 介面

本院研製的 Global Data Acquisition System 亦稱 J-Crate，其中 JBUX 在此傳輸過程中扮演非常重要角色，JBUX-M 為一圖形顯示介面，其代表意義為儲存於 AMS 記憶單元 JBUX 裡之檔案大小。其相關檔案以 MB 為大小單位，監控人員在 POCB 接收從太空上 AMS 傳送來的資訊，並於 CDP 封包(HKLR)裡的 CHD 資料解析獲得，簡單來說為目前 JBUX 裡的容量大小。一般的監控策略為下載越多越好，所以如果有必要時可要求 NASA 增加頻寬，以增進下載速度。

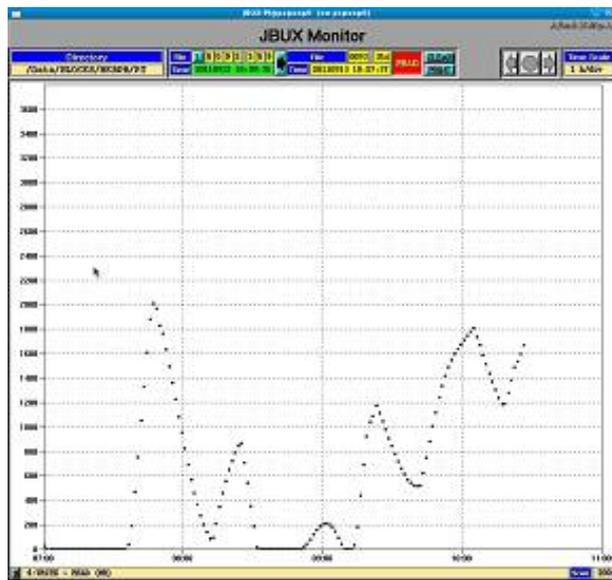


圖 120. : JBUX-M 介面

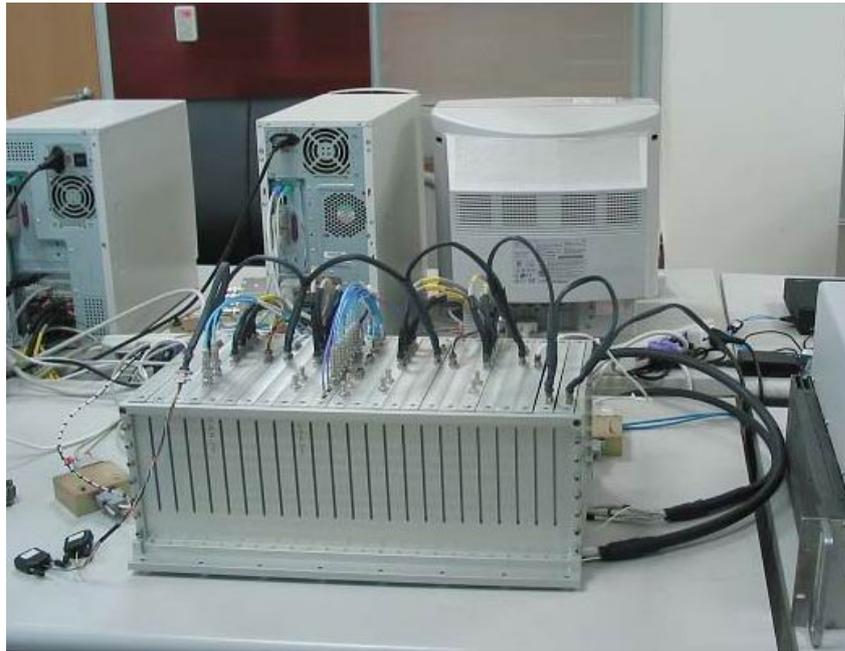


圖121.：Global Data Acquisition System 於本院研製時執行功能測試

## 五、AMS-02 在太空中需面臨之挑戰

- 1.穩態時 Steady State 整體承受力為 40 倍之重力。
- 2.振動承受力為 6.8 倍之重力。
- 3.壓力承受範圍為 2 分鐘內由一大氣壓降為零大氣壓。
- 4.真空環境中無空氣對流；但有材料本身氣體逸散問題（Out-gassing）。
- 5.操作範圍由- 20 °C 到 +50 °C 。
- 6.輻射損害為平均一年一仟雷得（1Krad/Year）。
- 7.AMS-02 與國際太空站之電磁相容問題。

克服方法為前三項以機械設計（Mechanical Design）；第四項以材料選用及熱分解設計/熱傳導設計（Material, Thermal Management）克服；第五項以元件選用及熱分析設計/熱傳導設計（Components, Thermal Management）克服；第六項以加速粒子驗證（Accelerator Particle Verification）克服；第七項以電磁遮蔽設計（Shielding）克服。AMS-02 Global Data Acquisition System 電子系統由中山科學研究院（CSIST）與麻省理工學院 MIT 共同合作開發設計，Sub-detector 探測器電子系統幾乎全部在中山科學研究院（CSIST）進行生產製造、測試驗證、太空環境溫篩震動測試，含品質驗證階段（Qualification Module; QM）與飛行版本階段（Flight

Module; FM)，共 70 種不同設計之電路板；總量約六百套，中科院並負責 AMS-02 電子系統太空等級包裝機匣 Crate 之生產製造，如示意圖 122 兩側一個一個 Crate 所示，如今正常運作在國際太空站上，備受丁肇中院士及美國航空太空總署肯定與嘉許。

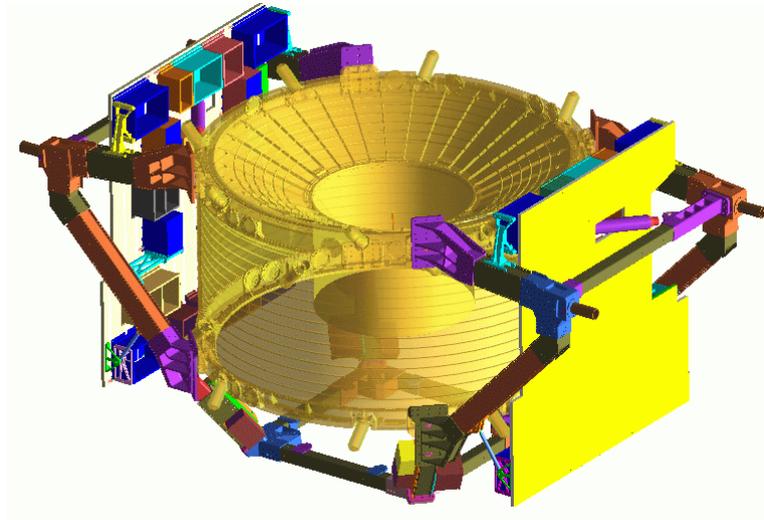


圖 122: AMS-02 電子系統之包裝機匣及熱之輻射器示意圖

六、本AMS-02計畫目前研成果於2013年4月5號發表在國際期刊- Physical Review Letters

“ First Result from the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station:  
Precision Measurement of the Positron in Primary Cosmic Rays of 0.5-350 GeV ”

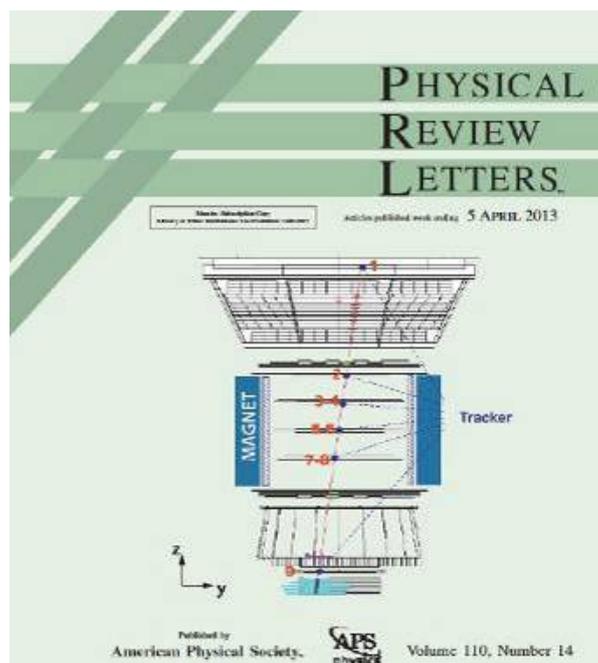


圖 123. AMS-02 計畫成果發表於 Physical Review Letters

## 七、成果:

1. 取得 AMS-02 太空磁譜儀 Update 地面監控程序及標準作業程序
2. 取得穿越輻射偵測器 TRD 運作原理與 Update 技術手冊
3. 取得粒子追蹤器 Tracker 運作原理與 Update 技術手冊
4. 取得飛行計時器 TOF 運作原理與 Update 技術手冊
5. 取得太空磁譜儀之熱控制系統 Thermal System 運作原理與 Update 技術手冊
6. 取得數據傳輸 DATA 運作原理與 Update 技術手冊
7. 參加丁院士安排 AMS-02 全系統、次系統完整周詳的訓練課程，各分項負責人親自授課並實機操作，對建立本院太空監控技術能量，助益良多
8. 與各國專家學者共同研究討論，對於監控紀錄及回傳資料進行分析解讀，針對異常狀況，進行異常排除，獲取寶貴經驗
9. 經過專業訓練，On-line 測驗，取得歐洲粒子研究中心 AMS-02 網頁帳號，可與美國太空總署詹森太空中心歐洲粒子研究中心同步分享監控即時資訊與數據傳輸狀況
10. 經過專業訓練，On-line 測驗，取得網路語音系統 IVoDS 帳號密碼，與各分項 LEAD 直接通話，作異常狀況回報與即時應變處理
11. 感謝各位長官大力支持 AMS 計畫 Asia POCC 亞洲監控中心之執行，本院同仁在歐洲 AMS 監控中心的工作表現受到各國學者專家的欣賞與肯定，對於本院同仁給予極高的評價，出國期間正逢我國駐瑞士俞大使一行來訪，丁肇中院士親自向大使團作計畫簡報，俞大使對本院在 AMS 計畫電子系統研製與太空站服役後執行監控任務的貢獻與表現深感欽佩，嘉許本院在國民外交上跨出傲人的一大步，AMS 計畫團隊將再接再勵、再創高峰。

## 肆、建議事項

一、AMS太空磁譜儀預定在國際太空站上運行15年至20年，本院亞洲監控中心需持續維持15年至20年的監控任務，建請長官持續支持亞洲監控中心人員派訓與技術交流研討，以因應各種緊急狀況應變處理，使本院深耕太空監控技術研發，將來作太空科技更多的應用與發揮。

二、AMS太空磁譜儀監控軟體即將昇級，美國航空太空總署NASA軟體設計人員預定八月底蒞臨本院亞洲監控中心執行Upgrade Software安裝與測試，建議AMS團隊確認NASA 人員蒞院期程，並安排適當人員一起進行軟體昇級。

## ACRONYMS

AMS (Anti Mater Spectrometer)

ALC (AMS Laptop Computer)

AOS (Acquisition of Signal)

APS (Automated Payload Switch)

CHD (Critical Health Data)

CDP (Customer Data Packet)

DMC (Data Management Coordinator)

DST (Daylight Saving Time)

EHS (Enhanced HOSC System)

ERIS (EHS Remote Interface System)

ECAL (Electromagnet Calorimeter)

FIFO (First In First Out)

FEP (Front End Processor)

HOSC (Huntsville Operation Support Center)

HRDL (High Rate Data Link)

HRFA (High rate Radio Frequency Antennas)

HCOR (HRDL Communication Outage Recorder)

HKLR (House Keeping Low Rate)

HKHR (House Keeping High Rate)

HKRPB (House Keeping Play Back from Laptop)  
HKBPB (House Keeping Play Back from JBUX)  
IVoDS (Internet Voice Distribution System)  
ISS (International Space Station)  
JMDC (J-crate Main DAQ Computer)  
KSC (Kennedy Space Center)  
LOS (Loss of Signal)  
MCC (Mission Control Center @ JSC)  
MSFC (Marshall Space Flight Center)  
OPS (Operation Payload Supporter)  
OC (Operation Coordinator)  
OCR (Operational Change Request)  
POCC (Payload Operation Control Center)  
POD (Payload Operation Director)  
PRO (Payload Rack Officer)  
PB (Play-Back)  
PLMDM (Payload Multiplex De-Multiplex)  
PDSS (Payload Data Service System)  
PM (Photo-Multiplier) (TOF/ECAL/RICH)  
POIC (Payload Operation Integration Center)  
RT (Real Time)  
RIC (Rack Interface Controller)  
RPI-OPS (Remote Principal Investigator)  
RICH (Ring Image Cherenkov Counter)  
SCI (Science Data)  
TDRS (Tracking Data Relay Satellite)  
TOF (Time of Flight)  
TRD (Transmission Radiation Detector)  
TTCS (Tracker Thermal Control System)  
TEE (Prefix with T) (TRD/TRACKER/TTCS)  
UDP (User Datagram Protocol)