

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：實習)

赴新加坡參加「中新衛星進階訓練」

報告書

服務機關：中華電信股份有限公司

國際電信分公司

出國人職稱：助理工程師 助理工程師 助理工程師

姓名：葉于虎 薛友平 洪三育

出國地點：新加坡

出國期間：92.9.28～92.10.10

報告日期：92.12.31

行政院研考會／省(市)研考會 編號欄

116 / 09300159

公務出國報告提要

頁數: 17 含附件: 否

報告名稱:

中新衛星進階訓練

主辦機關:

中華電信國際電信分公司

聯絡人/電話:

/23445280

出國人員:

葉于虎	中華電信國際電信分公司	海衛處	助理工程師
薛友平	中華電信國際電信分公司	海衛處	助理工程師
洪三育	中華電信國際電信分公司	海衛處	助理工程師

出國類別: 進修

出國地區: 新加坡

出國期間: 民國 92 年 09 月 28 日 - 民國 92 年 10 月 10 日

報告日期: 民國 93 年 01 月 09 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: 中新衛星

內容摘要: 本公司國際電信分公司海纜衛星處助理工程師葉于虎、薛友平、洪三育等三人，奉派於民國九十二年九月二十八日至十月十日期間，赴新加坡 Seletar 衛星地面站(亦為中新衛星新方之主控站)參加由原廠 Astrium 公司所指導之衛星操控進階訓練。該訓練地點分別在台北及新加坡之主控站舉行，為期共十八天，第一階段九天之訓練已於九十二年三月在台北完成，此次在新加坡之訓練為第二階段。本次訓練課程包括姿態及軌道控制、酬載、電子電能等子系統，衛星操控 module 2，任務分析及異常狀況之模擬實習。衛星進階訓練旨在提昇中新雙方工作團隊衛星健康之分析能力，進而取代目前 Astrium 公司在軌維護合約的 TM Analysis，ST-1 Yearly Performance Report 及 Insurance Report 等工作，因而降低中新衛星營運成本約新台幣二千萬元。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

摘 要

本公司國際電信分公司海纜衛星處助理工程師葉于虎、薛友平、洪三育等三人，奉派於民國九十二年九月二十八日至十月十日期間，赴新加坡 Seletar 衛星地面站(亦為中新衛星新方之主控站)參加由原廠 Astrium 公司所指導之衛星操控進階訓練。該訓練地點分別在台北及新加坡之主控站舉行，為期共十八天，第一階段九天之訓練已於九十二年三月在台北完成，此次在新加坡之訓練為第二階段。

本次訓練課程包括姿態及軌道控制、酬載、電子電能等子系統，衛星操控 module 2，任務分析及異常狀況之模擬實習。

衛星進階訓練旨在提昇中新雙方工作團隊衛星健康之分析能力，進而取代目前 Astrium 公司在軌維護合約的 TM Analysis，ST-1 Yearly Performance Report 及 Insurance Report 等工作，因而降低中新衛星營運成本約新台幣二千萬元。

目 錄

	頁次
第一章 前言-----	1
第二章 姿態及軌道控制子系統-----	3
第三章 酬載子系統-----	4
第四章 衛星操控 module 2-----	5
第五章 任務分析-----	7
第六章 ARO 模擬實習-----	9
第七章 ESR 模擬實習-----	10
第八章 電子電能子系統-----	11
結 語 -----	17

第一章 前 言

本公司國際電信分公司海纜衛星處助理工程師葉于虎、薛友平、洪三育等三人，奉派於民國九十二年九月二十八日至十月十日期間，赴新加坡 Seletar 衛星地面站(亦為中新衛星新方之主控站)參加由原廠 Astrium 公司所指導之衛星操控進階訓練。該訓練地點分別在台北及新加坡之主控站舉行，為期共十八天，第一階段九天之訓練已於九十二年三月在台北完成，此次在新加坡之訓練為第二階段。

衛星進階訓練旨在提昇中新雙方工作團隊衛星健康之分析能力，進而取代目前 Astrium 公司在軌維護合約的 TM Analysis， ST-1 Yearly Performance Report 及 Insurance Report 等工作，因而降低中新衛星營運成本約新台幣二千萬元。

本次訓練包括以下課程，

- 一、 姿態及軌道控制子系統(補充)
- 二、 酬載子系統
- 三、 衛星操控 module 2
- 四、 任務分析(Mission Analysis)
- 五、 ARO(Automatic Reconfiguration Order)模擬實習
- 六、 ESR(Emergency Sun Reacquisition)模擬實習，及

七、 電子電能子系統

將在以下各章節中一一介紹。

第二章 姿態及軌道控制子系統

此子系統課程為期五天，三月在台北已經舉辦了。但原編寫講義之工程師因故未能前來，而代課老師也未能詳述其意旨，尤其是自動控制基礎，故在此單元闡釋該自動控制基礎。

真實的系統會有外界的干擾(perturbation)，感應器(sensor)會有量測誤差，致動器(actuator)有非線性(non linearity)及齊準誤差(misalignments)。而控制器的增益(gain)越大，穩態誤差(static error)會越小。但感應器若有延遲(delay)現象，會降低系統穩定度；若感應器有雜訊(noise)，也會透過此增益放大該雜訊。若引入干擾的估算器(estimator)，亦可有效減少穩態誤差。

衛星的干擾有兩種，其一是由太陽表面輻射出的粒子，碰撞衛星，另一種是衛星使用推進器時。前者可用衛星所量測到的控制力矩的平均值，後者可由地面輸入。所以衛星適合使用干擾的估算器，減少穩態誤差。

第三章 衛星酬載子系統

ST-1 衛星酬載子系統分為 C 頻及 KU 頻， KU 頻因涵蓋區不同又分為 K1(東南亞地區)及 K2(印度地區)。 C 頻共有 20 個轉頻器， 14 個轉頻器提供線上作業， 6 個提供備援之用。 C 頻上鏈頻率為 6425-6725 MHz， 下鏈頻率為 3400-3700 MHz， 訊標頻率為 3695.5 MHz。 KU 頻共有 24 個轉頻器， 16 個轉頻器提供線上作業， 8 個提供備援之用。 KU 頻上鏈頻率為 14000-14500 MHz， 下鏈頻率為 11450-11700 MHz 及 12500-12750 MHz， 訊標頻率為 11450.25 MHz(H 極性)、11699.75 MHz(V 極性)、12500.25 MHz(H 極性)、12749.75 MHz(V 極性)。

本次衛星酬載子系統訓練之重點分為二部份。 第一為酬載故障處理， 第二為 ST-1 滙流排電力平衡處理。 酬載故障處理主要係利用輸出入開關切換以備援設備替代故障元件。 ST-1 有 4 個轉頻器 KMT02， KMT05， KMT08 及 KMT11 可選擇連接至滙流排 1 或滙流排 2， 目前皆為備援狀態。 在衛星生命末期， 滙流排 1 及 2 之電力供給可能產生差異， 透過適當安排此 4 個轉頻器之電力連接， 將可平衡兩個滙排之電力需求。

第四章 衛星操控 module 2

衛星操控 module 2 探討衛星發生緊急狀況時之應變措施。主要討論 3 個重點，分別為 ARO (Automatic Reconfiguration Orders)、ESR (Emergency Sun Reacquisition)及 Payload Shedding。

ARO 為衛星之自我保護措施，當衛星姿態異常或設備發生故障時，衛星會自動切換至備援設備並嘗試以不同感測器的控制迴路調整衛星至正確姿態。ST-1 之 ARO 包含 16 項設備及姿態驗證。當發生 ARO 後，若衛星姿態發生晃動，則視晃動角度大小採取不同之步驟以恢復正常姿態。當晃動角度 < 2 度時，可將衛星轉入 TNM(Thrust Normal Mode)模式，以推進器修正衛星姿態。當晃動角度在 $2 \sim 6$ 度間，則須改用晃動衰減(Nutation Damping)程序。當晃動角度在 $6 \sim 14$ 度間，晃動衰減程序可能失敗。當晃動角度大於 14 度時，則 ESR 為必要手段。ARO 又分為 ARM1、ARM2 及 ARM3 等 3 種狀態，主要係依據衛星發生故障時所屬之模式而有不同之處理邏輯。

若衛星故障無法由 ARO 回復時，則衛星會進入 ESR 模式，以類似衛星剛發射進入同步軌道定位太陽及地球的方式，調整衛星至正確的姿態。ESR 為一廣泛可適用於各種狀況之終極手段，但需耗費較多燃料。ESR 整個過程最少需耗費 2 個小時。ESR 之執行須考量日

蝕、紅外線地球感測器(InfraRed EarthSensor)及偏航角(Yaw)可見度三個限制因素。

Payload Shedding 的目的在關掉衛星酬載設備以保護電池。當電池容量不足、匯流排低壓或匯流排第 1&2 級之 delatch(由電池供電恢復為太陽電池板供電)失敗時皆會觸發 Payload Shedding。當 Payload Shedding 發生時，所有散熱器及轉頻器皆會關閉，衛星溫度會逐漸下降，當溫度下降至衛星臨界點時，CIU 之 UnderTemp 保護程式會啟動替代散熱器以維持衛星之工作溫度。

第五章 任務分析

此課程講述下列四項：

1. 回顧衛星之飛行、軌道原理。
2. 簡介 COSMIC 軟體如何計算修正衛星軌道所須之速度。
3. 介紹如何估算衛星壽命，
 - (1) 由現有的 manoeuvre file，計算出 manoeuvre efficiency，並外插推估未來之 manoeuvre efficiency。
 - (2) 推估未來燃料槽的壓力，以估算未來推進器的 Isp。
 - (3) 利用上述參數估算未來修正軌道的燃料消耗量，直到燃料用盡為止，即為壽命終了。
4. 介紹 TPGT 估算燃料法，

原理：對衛星燃料槽加熱一段時間，並蒐集加熱即冷卻時之溫度曲線，由燃料槽之剩餘燃料與溫度變化的數學模式，推算出目前燃料槽之剩餘燃料。

應用：(1) 自衛星壽命中期時約每半年執行一次。

 - (2) 傳統方法為總量減去估算的推進器使用量，得到剩餘燃料值。此 TPGT 方法正好可以修正傳統方法在估算推進器使用量之數學模式誤差。一般而言，當衛星越接

近壽命終了，傳統方法之誤差越大，而 TPGT 之誤差越
小。

第六章 ARO 模擬實習

ARO 模擬係透過 DSSS(Dynamic Spacecraft Simulator Software) 衛星模擬軟體來虛擬 ST-1 衛星之動作，以訓練衛星操作人員當發生 ARO 時如何應變。衛星操作的首要目標在確保衛星的安全，故必須確認電力、燃料動力、姿態控制、熱控制、酬載及通訊等子系統皆能正常運作。如果衛星晃動過大，無法鎖定地球則必須考慮進入 ESR(Emergency Sun Reacquisition)。

本次 ARO 模擬係在衛星 Station Keeping 的過程中，虛擬 Mode Relay 2 故障，導致 MACS 的 ARO 保護啟動。衛星在 Station Keeping 的過程中發生 ARO 與其他 ARO 狀況有一點不同。由於 Mode Relay 2 故障，造成 PAP4 Station Keeping 致能之 Telecommand BL100 失敗，在狀況不明(ARO 尚未發生而衛星指令失敗)而 Manoeuvre 時間又趨近之情況下，BL100 被重送一次，造成再一次之由 GYRO 角度偏離過大所引發之 ARO。綜而言之，當 ARO 發生時，在作任何分析之前應立即執行相關程序將衛星置於一個安全組態。然後分析 ARO 發生之原因。當 ARO 發生之原因確定後，即可切回或選用正常之設備。

第七章 ESR 模擬實習

此實習模擬衛星在 2003 年 9 月 21 日格林威治標準時間 9 點 20 分左右，衛星發生快速旋轉，失去地球指向，無法由衛星之 ARM 自動回復正常姿態。經由 Astrium 專家建議，應即刻進入 ESR 模式，即衛星先對準太陽。再啟動 COSMIC 軟體，由當時太陽、地球及衛星之相對位置，找出適當之時機使衛星再度指向地球。

由於該日適逢秋分，約七、八小時後衛星將進入地球陰影區，屆時將失去太陽這個參考目標，延遲衛星恢復正常之地球指向。因此學員們背腹受敵，務必在這幾個小時內，將衛星恢復正常。

ESR 之執行程序如下，

- 一、 檢查發生 ESR 後，各設備之狀態。
- 二、 確認衛星已對準太陽，並輸入 ESR 所需之各項參數。
- 三、 衛星再度指向地球，並啟動轉輪。
- 四、 確認轉輪運轉穩定，並將衛星切回正常模式，減少燃料無謂消耗。

學員們歷時五小時將衛星恢復正常之地球指向。

第八章 電子電能子系統

一、 電子電能子系統主要目標：在不同的太空任務期間生產、儲存、調節、及分配足夠的電能給衛星工作平台及酬載，其所需之條件如下：

- 電能產生：由衛星上附著有光電池之太陽能電池板將太陽能轉換成電能，經由電刷傳送至衛星本體。
- 電能儲存：由兩座鎳氫電瓶儲存電能以備日蝕季節時所需。
- 電能分配：電能是經由兩個電能匯流排分散至衛星平台及酬載。

二、 電子電能子系統之主要組成：

- 兩個太陽能電池板(Solar Array Wings)。
- 兩座鎳氫電瓶(Nickel Hydrogen)。
- 一個集中式保護裝置。

三、 電子電能子系統之特性

- 太陽電池板之組成：有兩翼，每一翼由五片矽晶太陽能電池板組成。
- 鎳氫電池

- 兩個電池，每一電池由 27 電池細胞組成。
- 每一電池面板容量是 146 安培小時。
- 匯流排功率之調節容量：
 - 最高有 6.8kW，壽命是 15 年。
 - 壽命開始時，在日蝕時有超過 6 kW。
 - 日蝕與月蝕同樣作電池充放電之管理。

四、 電子電能應用程式

- 電池管理程式
 - 電池之充電計算及監視任務。
 - 日蝕時之任務。
 - 去栓鎖(Delatch)任務。
- 電池細胞掃描程式
 - 用於監視個別電池細胞之電壓。
 - 計算每一電池細胞之電壓最小最大及平均值。
- 酬載卸流程式
 - 這是最終的衛星安全保護程式，它提供一個自主的方法，當電子電能子系統發生嚴重之問題時，減少在匯流排中能量之消耗。

- 關掉負載，也就是 TWTA 及電熱器(Heaters)。
- 突發卸流保護程式
 - 這個程式主要目的是在接收到不正確的 TM 信息時，避免誤啟動酬載卸流應用程式。
 - 當電池管理程式控制電池放電電流或太陽電池板溫度偵測失敗時，此程式立刻將酬載卸流程式關閉，以免造成誤啟動。

五、 正常操作 (Nominal operations)

- 在軌操作 (On-station operations)
 - 這些應用程式被用作管理日照/日蝕，充電/放電以及組織充電網路。
 - 當陽光照射時，地面必須監視子系統之狀態。
- 在日蝕季節前電子電能之組態
 - 設定電池管理程式季節旗號。
 - 二個四相二極體被置於串聯狀態，以允許電池充電及將電池與匯流排隔離。
 - 設定終止充電之臨限值。
- 月蝕 (Moon eclipse)
 - 限制電池放電之深度。

- 確保在出月蝕時，兩個電能匯流排應處在 SOLAR ARRAY 模式下。
- 暫時減少衛星之熱能消耗。
- 暫時減少一些酬載之消耗。
- 位補償電池放電可能升高微充電之電流(2 amps max)。

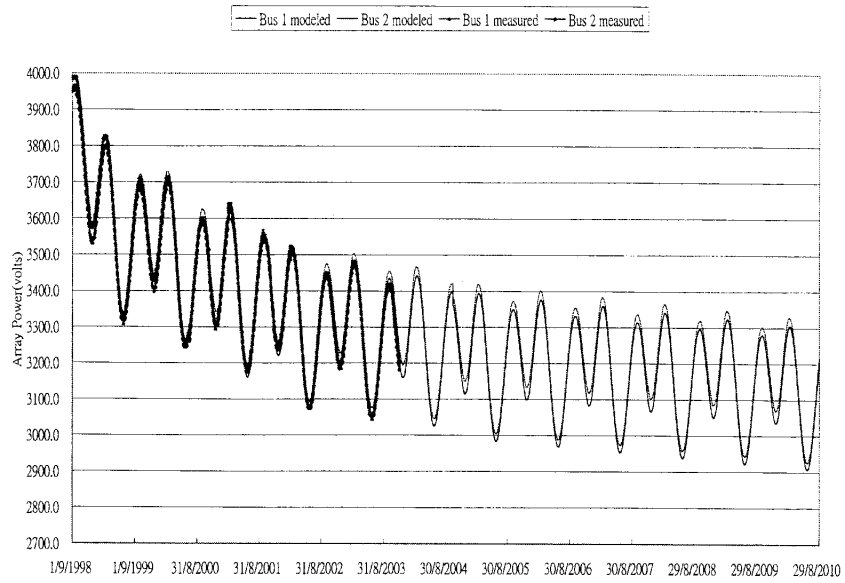
六、 太陽能電池板電能之估計 (Solar array power estimation)

太陽能電池板性能之估計可經由電壓及電流遙測訊號如下：

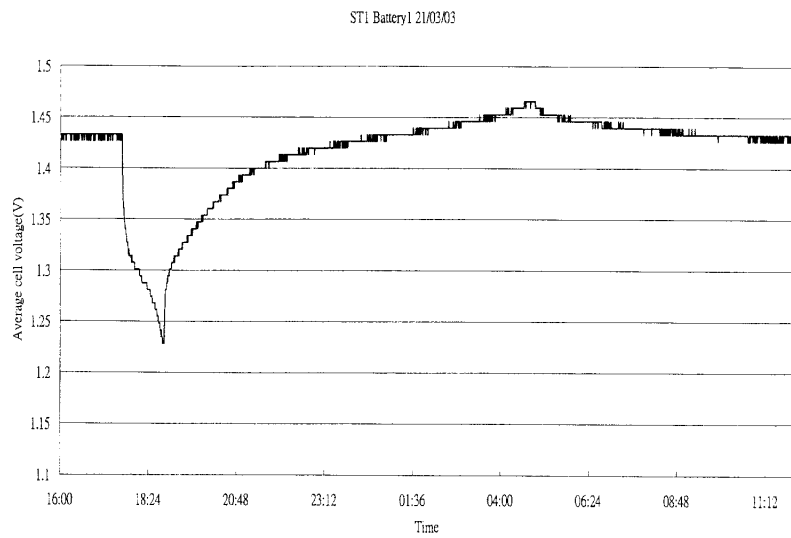
- 充電電流 A129 & A149。
- 匯流排電流 A017 & A019。
- 匯流排電壓(正常調節常數值為 42.5 V)。

七、 電子電能子系統趨勢分析

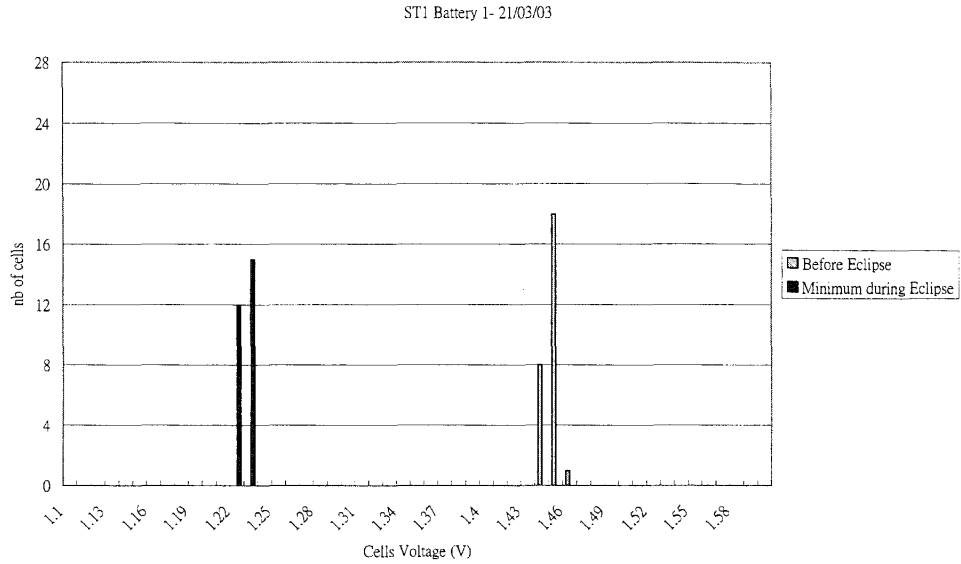
1. ST-1 Power



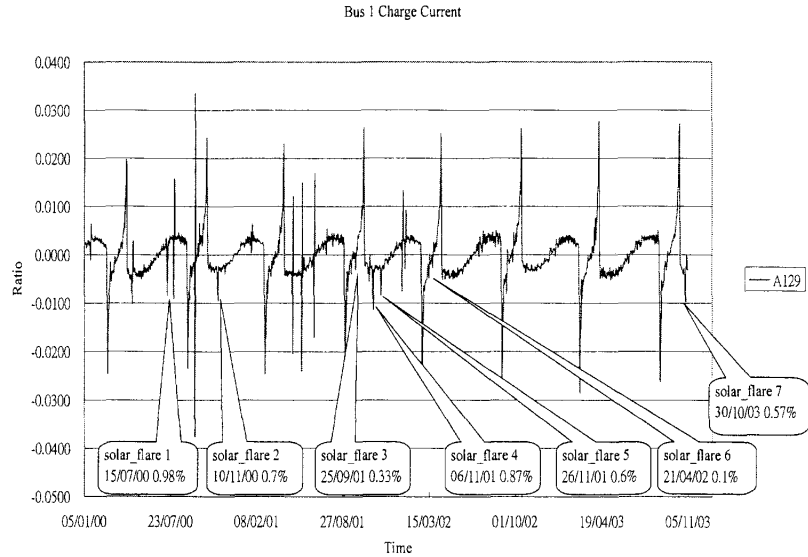
2. Battery Voltage



3. Battery Cell Voltage



4. Solar Flare monitoring



結 語

本次有幸獲得指派參加此進階訓練，吸收第一手之衛星操控及分析知識，受益匪淺，實應感謝上級長官栽培。在新加坡受訓期間，與新方學員一起上課，相處融洽，並同心協力處理、討論、解決老師所模擬之異常狀況，這種跨國合作的經驗，也彌足珍惜。相信未來中新雙方的合作關係，將更加穩固。我們也趁此受訓機會，向原廠 Astrium 工程師請教一些目前遇到的分析衛星的問題，便於日後分析衛星健康狀態。