

CSIPW-90H-L1000

國外公差報告

中山科學研究院

國 外 公 差 心 得 報 告

批		示		
公年 差度	九十 年度	所屬單位 各級主管	政戰部	企劃處
單 位	系發中心 系統模擬室			
級 職	荐聘 技士			
姓 名	駱仁和 張添祿 張延鑑			

國外公差人員返國報告主官（管）審查意見表

1. 依限繳交出國報告，內容充實完備。
2. 對本項裝備了解完整深入，對後續之安裝驗收及日後應用甚有助益，已達成本項公差之任務。
3. 後續維修計畫對裝備效益之發揮，至為重要。文中建議之零備件購買及維修訓練請積極進行。

依本院 85.11.25 (85) 蓮菁字 15378 號令，返國報告上呈時應附主官評審意見

報 告 資 料 頁

1. 報告編號：	2. 出國類別：	3. 完成日期：	4. 總頁數：
CSIPW-90H-L1000	研究	90年9月10日	24
5. 報告名稱：角運動模擬器外購案赴原廠規格驗證報告			
6. 核准 文號	人令文號	(90)銓鑑字第 003707	
	部令文號		
7. 經 費		新台幣： 261,462. 元	
8. 出(返)國日期		90年07月03日至90年07月10日	
9. 公差地點		瑞士蘇黎克	
10. 公差機構		瑞士 ACUTRONIC 公司	
11. 附 記			

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：研究)

(裝
訂

角運動模擬器外購案赴原廠規格

驗證報告

服務機關：中山科學研究院

出國人職稱：荐聘技士
姓名：駱仁和 張添祿
張延鑑

出國地區：瑞士蘇黎克

出國期間：90年07月03日至07月10日

報告日期：90年09月10日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：角運動模擬器外購案赴原廠規格驗證報告

頁數 24 含附件：否

出國計畫主辦機關：中山科學研究院

聯絡人：駱仁和

電話：(03)4712201 分機 355100

出國人員姓名：駱仁和 張添祿 張延鑑

服務機關：中山科學研究院

單位：系發中心/系統模擬室

職稱：荐聘技士

電話：(03)4712201 分機 355099 或 355100

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：90 年 07 月 03 日 出國地區： 瑞士蘇黎克
至 07 月 10 日

報告日期：90 年 09 月 10 日

分類號/目：CSIPW-90H-L1000

關鍵詞：角運動模擬器(簡稱飛行轉台)，電子控制器，液壓系統，蓄壓器，觸控螢幕，角速度，角加速度，準確度，頻率響應。

內容摘要：

本院委託國防部採購局向瑞士 ACUTRONIC 公司所購(採購案號：XJ89151W053PE)之角運動模擬器(簡稱飛行轉台)，屬高精密之模擬設備。在飛彈實體迴路模擬時，飛行轉台模擬飛彈在飛行中之各種作動、姿態。配合即時飛行模擬計算機，可模擬飛彈在空中之六自由度運動飛行，用以驗證飛彈之控制、導引、追蹤迴路之性能，是飛彈研發過程中不可或缺之主要設備。

因此在本購案貨品交運之前，為確保新購轉台之性能及規格符合計畫需求，並掌握新型控制器之特性及介面技術，以及未來安裝時，能與現有之基礎、油壓管路、微波暗房等完全配合，因此派實體迴路模擬與維修人員共 3 人赴瑞士原廠執行出廠前之規格驗證測試及學習各項驅動介面程式、操作、維護及系統調校技術，以利未來模擬工作之遂行。本次公差任務圓滿完成，有效縮短計畫研發時程，並可大幅提昇實體模擬之高傳真度。

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：角運動模擬器規格驗證報告	
出國計畫主辦機關名稱：中山科學研究院	
出國人姓名：駱仁和 張添祿 張延鑑共 3 員 職 稱：荐聘技士 服 務 單 位：中山科學研究院/系發中心/系統模擬室	
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <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"/> 8. 其他處理意見：
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

<u>目</u>	<u>錄</u>	<u>頁次</u>
壹、	出國目的及緣由-----	01
貳、	公差心得-----	02
參、	效益分析-----	03
肆、	國外工作日程表-----	12
伍、	社交活動-----	12
陸、	建議事項-----	14
柒、	附件(參考資料)-----	14

圖 表 目 錄

圖 3.1	飛行轉台電子控制器-----	03
圖 3.2	液壓動力系統控制器-----	03
圖 3.3	液壓動力系統-----	04
圖 3.4	蓄壓器-----	04
圖 3.5	飛行轉台負載-----	04
圖 3.6	飛行轉台三軸機械環架、致動器-----	05
圖 3.7	飛行轉台之機械基座-----	05
圖 3.8	飛行轉台電子控制器觸控螢幕-----	06
表 3.1	FAT 測試結果-----	07
圖 3.9	Roll 軸 (Inner Ax) 最大角速度與角加速度測試結果	15
圖 3.10	Roll 軸 (Inner Axis) 最小角速度試結果-----	16
圖 3.11	Yaw 軸 (Mid. Ax) 最大角速度與最小角速度測試結果	17
圖 3.12	Roll 軸速度準確度測試結果-----	18
圖 3.13	Yaw 軸速度準確度測試結果-----	19
圖 3.14	Roll 軸頻率響應圖 (小信號 0.05 度) -----	20
圖 3.15	Yaw 軸頻率響應圖 (小信號 0.05 度) -----	21
圖 3.16	Roll 軸頻率響應圖 (大信號 0.5 度) -----	22
圖 3.17	Yaw 軸頻率響應圖 (大信號 0.5 度) -----	23
圖 3.18	Roll 與 Yaw 軸轉動慣量測試結果-----	24
圖 5.1	我方人員與 A 廠執行副董 Terstappen 及 專案經理 Rusterholtz 於歡迎牌前合照-----	13
圖 5.2	駱仁和與 A 廠執行副董於各式轉台模型前之照片-----	13

壹、出國目的及緣由

鑑於現有轉台(民國 73 年 3 月購買)使用至今，故障率偏高，控制器元件已老化、Yaw 軸致動器與環架之間固定螺絲常鬆動、定位銷間隙過大、精度與性能均降低，已無法滿足高精度模擬之計畫需求，須更新為高性能轉台及新型控制器，以充份驗證彈上軟硬品之性能並尋優改良其設計。

本室因應計畫需求，於 89 年度提購”角運動模擬器”(簡稱飛行轉台)一台，經本院委託國防部採購局向瑞士 ACUTRONIC 公司採購(採購案號:XJ89151W053PE)，角運動模擬器有 Roll (Inner), Yaw (Middle), Pitch (Outer) 三個軸分別模擬飛行物體在幾何空間之滾轉角、偏航角及俯仰角。在進行飛彈實體迴路模擬時，模擬飛彈在飛行中之各種作動及姿態。配合即時飛行模擬計算機，可模擬飛彈在空中之六自由度運動飛行。本設備運用於驗證飛彈之導控及目標追蹤迴路性能，為飛彈研發過程中不可或缺。

為確保新購轉台之性能及規格符合計畫需求，並掌握新型控制器之特性及介面技術，以及未來交貨安裝時，能與現有之基礎、油壓管路、微波暗房等完全配合，須赴原廠執行出廠前之規格驗證測試及學習各項驅動介面程式、

操作、維護及系統調校技術，以利未來模擬工作之遂行。

貳、公差心得

- 一、此次赴瑞士 ACUTRONIC 公司驗證角運動模擬器外購案 (XJ89151W053PE)規格，第一個感覺是瑞士精密工業甚為發達。我們所購買之角運動模擬器(飛行轉台)，在控制器之 Touch Screen 上所顯示三軸角位移之數位讀取值，可到小數點第五位，由此可見他們所用之角位移解析器(Position Sensor)非常的精密，比我們目前所使用的各型飛行轉台(有效位數至小數點第三位)為高。
- 二、ACUTRONIC 公司飛行轉台之控制器電路全部數位化，數位伺服控制迴路採用先進之 SVF(State variable feedback) And feed-forward techniques。也就是說飛行轉台可以同時自模擬計算機，透過介面輸入 position, rate, acceleration command 其中 rate, acceleration command 是作 feed-forward 直接輸入到內層迴路，使控制系統反應變快，頻寬變寬，相位落後變小。而我們目前所使用的各型飛行轉台，控制器電路是使用類比線性控制電路，補償器之調整較不方便。
- 三、ACUTRONIC 公司之飛行轉台控制器，另外有一台 IPC(工業級電腦)透過介面與主控制器連接，可作三軸之頻率響應測試，可隨時監控轉台之性能，方便系統之調校與維修。新轉台亦提供多種介面如 Serial, Parallel, IEEE488, ScramNET 等 Interface 可供模擬計算機連線之選擇。本組新一代模擬計算機即為 IPC，上述介面原廠提供之測試驅動程式(Test Program and Driver)可直接加以應用植入模擬程式，大幅降低研發風險與時程。

參、 效益分析

一、 可確認飛行轉台之設計與實體功能符合模擬需求，並有效縮短研發時程

此套飛行轉台是屬於油壓驅動，整個系統主要包含電子控制器，液壓動力系統，機械環架致動器等三大部份。如圖 3.1 所示為飛行轉台電子控制器，轉台各軸之角運動命令均由此下達，此控制器包括 Single Board Computer, Encoder Control Processor, Video Processor, Touch screen, Pressure control card, IPC, Touch Interface, Serial, Parallel, IEEE488, ScramNET Interface, Power Supply, Analog/Digital I/O Panel 以及油壓控制操作面板等。圖 3.2 所示為液壓動力系統控制器，其功能是提供液壓動力，控制液壓動力系統所有管路之油壓閥、Sensor(油溫、油壓與油量)與冷卻系統，以及控制轉台在滑軌上前後移動等。



圖 3.1 飛行轉台電子控制器

圖 3.2 液壓動力系統控制器

圖 3.3 所示為液壓動力系統，包括油槽、3 個馬達 (75 HP X 3)、3 個幫浦、油管、水管、冷卻系統等，其功能是提供飛行轉台三軸運轉時所須之即時流量與壓力。圖 3.4 所示為液壓動力系統之蓄壓器，總共有十個蓄壓瓶，瓶內充滿氮氣，其功能為：如果飛行轉台瞬間接到很大之速度與加速度命令，致油壓與流量不足時，蓄壓瓶可即時補充油壓與流量，以提高其性能。



圖 3.3 液壓動力系統



圖 3.4 蓄壓器

圖 3.5 所示為飛行轉台假負載，其功能是模擬未來欲裝載導控段 (含慣性導航儀、尋標器) 及鼻錐罩之重量及轉動慣量等。

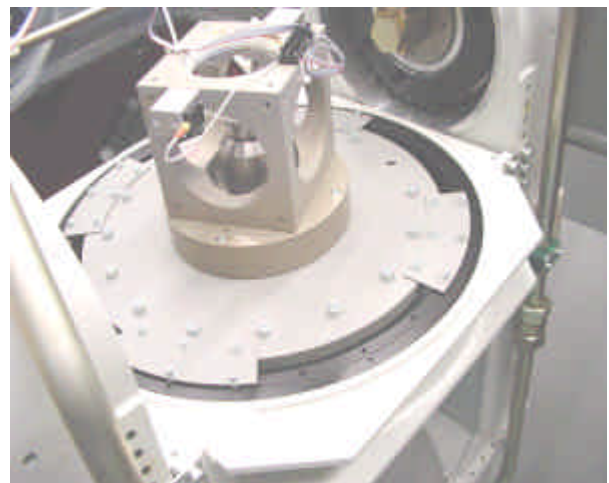


圖 3.5 飛行轉台假負載

圖 3.6 所示為飛行轉台 ROLL, YAW, PITCH 三軸機械環架、致動器、伺服閥、油壓感測器等，其功能是裝載欲模擬之尋標器、導控段等。由即時計算機下命令，控制三軸之姿態角，與目標作追蹤運動。實體尺寸經測量，可與本室之無反射室完整結合，達到設計目標。

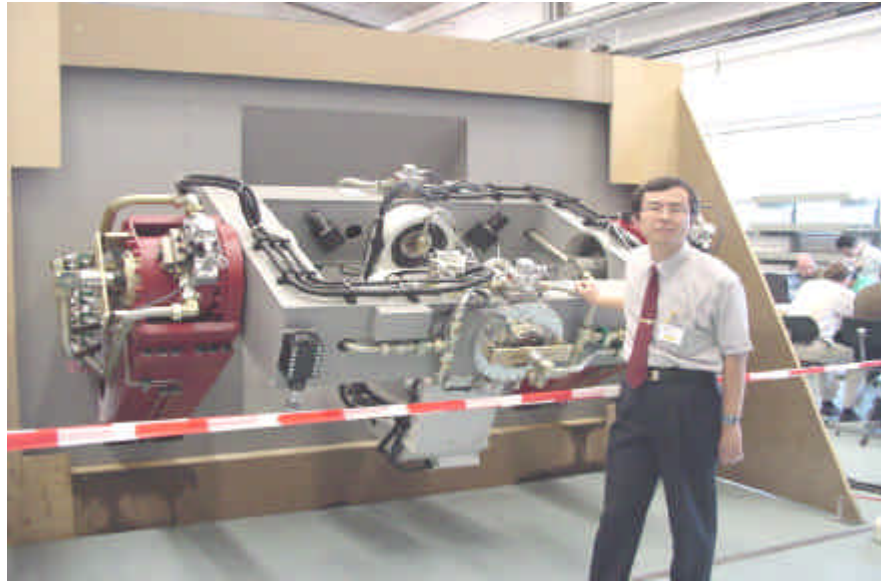


圖 3.6 飛行轉台三軸機械環架、致動器

圖 3.7 所示為飛行轉台之機械基座，為圖 3.6 之後視圖，基座底下有滑軌，模擬時由控制器按鈕下命令將轉台移動到暗房。除可精確定位外，亦可省時省力(單人操作)。



圖 3.7 飛行轉台之機械基座

圖 3.8 所示為飛行轉台電子控制器觸控螢幕，其功能是在 Local Mode 操作，螢幕上半部顯示三軸之角位置與動態角速度，暫存器，右邊顯示控制器各電路板之目前狀態。螢幕下半部顯示三軸之命令區，用手指觸摸 Mode Select 則會出現 POS. RATE. SYNTH.等 Mode 供選擇，再由右邊之數字鍵輸入各軸所須之命令。另外亦可定義 Analog/Digital I/O Panel 輸出入之信號，可供測試。目前已能進行各項模式操作與控制，有效縮短研發時程。

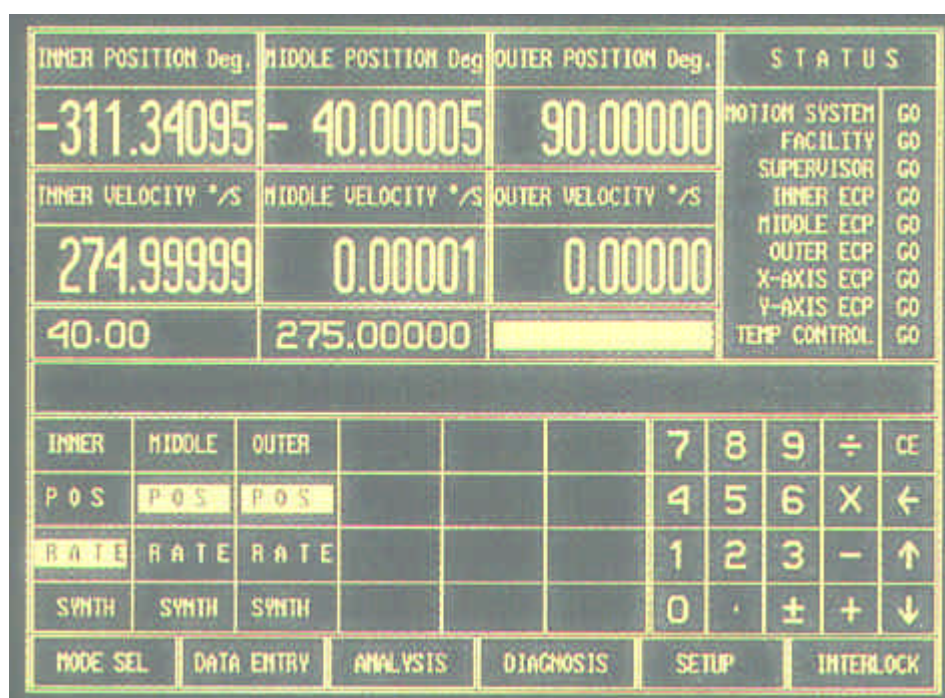


圖 3.8 飛行轉台電子控制器觸控螢幕

二、實地見證飛行轉台之各項規格確依核可 ATP 驗證

飛行轉台之主要規格是各軸之頻率響應(頻寬)、最大角速度、最大角加速度、精確度、角度範圍、負載轉動慣量、等，測試儀器有動態信號分析儀、數位示波器、計數器等。頻率響應測試是用 I/O Panel POS 之輸入與輸出端信號接到動態信號分析儀(PC+FFT Card)之輸入與輸出端做 Transfer function, 在 Frequency Domain 上看各點頻率相對應之振幅與相位。已見證原廠確依所核可之 ATP(Acceptance Test Procedure)進行測試，測試結果完全

可信。

三、即時獲得 FAT 測試結果，綜整如表 3.1。針對測試中所發生之問題，進行面對面深入討論，充分說明規格訂定之緣由及合理性，最後原廠完全接受我方意見，確保模擬器達到原訂性能需求，大幅提昇模擬傳真度。

表 3.1 FAT 測試結果 (1/5)

項次	驗證項目	規格	結果(註)
1	Roll 軸角度範圍，度	± 120	CW >120 CCW < -120 (合格)
	Yaw 軸角度範圍，度	± 45	CW >45 CCW < -45 (合格)
	Pitch 軸角度範圍，度	+90/ -30	CW =88 CCW < -30 (可調整式，出廠前可再確認)
2	Roll 軸最大角速度，度/秒	800	>800 (合格) 參閱圖 3.9
	Yaw 軸最大角速度，度/秒	350	>351 (合格) 參閱圖 3.11
	Pitch 軸最大角速度，度/秒	350	-----
3	Roll 軸最大角加速度，度/秒平方	35K	>35k (合格) 參閱圖 3.9
	Yaw 軸最大角加速度，度/秒平方	10K	(調整中)
	Pitch 軸最大角加速度，度/秒平方	12K	-----
4	Roll 軸最小角速度，度/秒	[0.001]	0.001 (合格) 參閱圖 3.10

項次	驗證項目	規格	結果(註)
	Yaw 軸最小角速度，度/秒	[0.001]	0.001 (合格) 參閱圖 3.11
	Pitch 軸最小角速度，度/秒	[0.001]	-----
5	Roll 軸速度準確度，%	[± 0.01]	0.0055 (合格) 參閱圖 3.12
	Yaw 軸速度準確度，%	[± 0.01]	0.00275 (合格) 參閱圖 3.13
	Pitch 速度準確度，%	[± 0.01]	-----
6	Roll 重覆性，度	[± 0.002]	-----
	Yaw 重覆性，度	[± 0.002]	-----
	Pitch 重覆性，度	[± 0.002]	-----
7	Roll 漂移(1 小時)，度	[± 0.001]	-----
	Yaw 漂移(1 小時)，度	[± 0.001]	-----
	Pitch 漂移(1 小時)，度	[± 0.001]	-----
8	A. Roll 軸頻率響應(小信號 0.05 度 p-p) ± 2 db, Hz	5Hz	+1.7db 在 10Hz (合格) 參閱圖 3.14
	B. Roll 軸頻率響應(小信號 0.05 度 p-p) -10 度, Hz	5Hz	-10 度在 10Hz (合格) 參閱圖 3.14
9	A. Yaw 軸頻率響應(小信號 0.05 度 p-p) ± 2 db, Hz	5Hz	-1.7db 在 5.1Hz (合格) 參閱圖 3.15

項次	驗證項目	規格	結果(註)
	B. Yaw 軸頻率響應(小信號 0.05 度 p-p) -10 度, Hz	5Hz	-8.8 度在 5Hz (合格) 參閱圖 3.15
10	A. Pitch 軸頻率響應(小信號 0.05 度 p-p) ± 2 db, Hz	5Hz	-----
	B. Pitch 軸頻率響應(小信號 0.05 度 p-p) -10 度, Hz	5Hz	-----
11	A. Roll 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 1 db, Hz	12Hz	+1db 在 10Hz (調整中)
	B. Roll 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 2 db, Hz	22Hz	+2db 在 15Hz (調整中)
	C. Roll 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 3 db, Hz	28Hz	+3db 在 20.9Hz (調整中)
	D. Roll 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -10 度, Hz	6Hz	-10 度在 13Hz (合格) 參閱圖 3.16
	E. Roll 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -45 度, Hz	21Hz	-45 度 > 30Hz (合格) 參閱圖 3.16
	F. Roll 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -90 度, Hz	30Hz	-45 度 > 30Hz (合格) 參閱圖 3.16
	A. Yaw 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 1 db, Hz	11Hz	+1db 在 12Hz (合格) 參閱圖 3.17

項次	驗證項目	規格	結果(註)
	B. Yaw 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 2 db , Hz	17Hz	+2db 在 16Hz (調整中)
	C. Yaw 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 3 db , Hz	25Hz	+2.9db 在 20.9Hz (調整中)
	D. Yaw 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -10 度 , Hz	5Hz	-10 度在 12Hz (合格) 參閱圖 3.17
	E. Yaw 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -45 度 , Hz	16Hz	-45 度在 20Hz (合格) 參閱圖 3.17
	F. Yaw 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -90 度 , Hz	21Hz	-48 度>21Hz (合格) 參閱圖 3.17
	13	A. Pitch 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 1 db , Hz	12Hz
B. Pitch 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 2 db , Hz		16Hz	-----
C. Pitch 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) ± 3 db , Hz		25Hz	-----
D. Pitch 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -10 度 , Hz		5Hz	-----
E. Pitch 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -45 度 , Hz		17Hz	-----

項次	驗證項目	規格	結果(註)
	F. Pitch 軸頻率響應(大信號 0.5 度 p-p) -90 度, Hz	21Hz	-----
14	Roll 位置精確度, 度或 (arcsec)	[±0.002] (±7.2)	-----
	Yaw 位置精確度, 度或 (arcsec)	[±0.002] (±7.2)	-----
	Pitch 位置精確度, 度或 (arcsec)	[±0.002] (±7.2)	-----
15	Roll 軸轉動慣量 (Kg-m ²)	2.2	2.242 (合格) 參閱圖 3.18
	Yaw 軸轉動慣量 (Kg-m ²)	10	12.78 (合格) 參閱圖 3.18
	Pitch 軸轉動慣量 (Kg-m ²)	10	12.78 (合格) 參閱圖 3.18

註: ----- 表尚未測試, 已當面要求 ACUTRONIC 公司於交運前另寄測試合格結果給本院進行最終書面審查。

肆、國外工作日程表(行程及工作紀要)

此次赴瑞士公差，至 ACUTRONIC 公司驗證角運動模擬器外購案(XJ89151W053PE)規格，出差人員於九十年七月三日由台北啟程，搭瑞士航空經曼谷直飛蘇黎克(ZURICH)。全程計八日，圓滿達成任務，於七月十日安抵國門，行程及工作紀要如下：

1. 七月三日離開台北。(飛行時間共約十六小時)
2. 七月四日上午到達 ACUTRONIC 總公司，先聽取公司簡報，再參觀研發與生產部門。下午則與專案經理、系統工程師、組測人員共同討論測試現況與行動項目。
3. 七月五日上午進行全系統介紹與實際操作訓練。下午進行第二軸(Middle Axis)各項規格(靜態與動態)驗證與討論。
4. 七月六日上午進行第一軸(Inner Axis)各項規格(靜態與動態)驗證與討論。下午則與執行及客服兩位副董(VP)討論全系統備份件之清單及其功能。
5. 七月七日參與第二、三軸(Middle & Outer Axis)之調整與最佳化測試(Parameters Optimization)
6. 七月八日進行系統規格確認與測試結果檢討。
7. 七月九日上午進行最後綜合測試及 IPC 透過 Scramnet 介面遙控(Remote Control)轉台運動之展示。下午則與公司總裁 Mr. Jung 及專案經理進行總結討論，雙方簽署備忘錄(Minutes)。
8. 七月十日返回台北。

伍、社交活動

- 一、此次出差，由於各有關單位的積極協助，對核定行程均予妥善安排，致使本次任務進行順利，發揮預期最大效益。同時與原廠 ACUTRONIC 公司建立了極佳的合作關係，對日後設備運轉妥善率與技術支援有很大的幫助。
- 二、由於時程極為緊湊，公差目的主要為驗證轉台之各項規格與技術細節，因此社交活動僅有拜訪 ACUTRONIC 總公司。拜訪摘錄之照片包括：圖 5.1 我方人員與 A 廠執行副董 Terstappen 及專案經理 Rusterholtz 於歡迎牌前合照，圖 5.2 駱仁和與 A 廠執行副董 Terstappen 於各式轉台模型前之照片。



圖 5.1 我方人員與 A 廠執行副董 Terstappen 及專案經理 Rusterholtz 於歡迎牌前合照



圖 5.2 駱仁和與 A 廠執行副董 Terstappen 於各式轉台模型前之照片

陸、建議事項

- 一、此套新轉台規格訂得很仔細且較嚴格，須驗證的項目繁多，有些項目之驗證較費時，另外 Pitch 軸因 3 stage Servo Valve 突然故障，而負責生產之次合約商供貨不及，造成該軸不穩定頻響無法測試，因此這次 FAT(赴廠規格驗證)部份測試項目尚未測完。已當面要求原廠在交運前儘速依合約將未測完之項目與需調整之項目一切按照規格全部作完，並將測試結果傳送本院，以茲審查。預估影響時程至多約 3 個月。
- 二、ACUTRONIC 公司飛行轉台之控制器電路全部數位化，而我們所使用的各型飛行轉台，控制器電路是使用類比線性控制電路，電路結構差異甚大。本室目前所使用的各型飛行轉台，因代理商無維修能力，所以均為購零備件以自行維修保養，可充分掌握時程與發揮效益；新購轉台將來也是朝自力維修規畫。這次赴原廠規格驗證 (FAT)，因時間有限所學維修的技術尚不完整深入，而原廠表示進階維修訓練需須另外計費。除已要求原廠於交貨時提供維修手冊以及詳細之電路與機械圖外，並提供零備件清單及維修訓練之報價，以便於保固期滿前(約在 91 年底)能進行相關購案，並獲得適當之零備件庫存及接受完整之訓練，以利後續之維修工作。

柒、附件(參考資料)

- 1.角運動模擬器外購案 XJ89151W053P 合約副本,89.04.05.
- 2.Minutes(CSIST/Acutronic),90.07.09.
- 3.Acceptance Test Procedure(ATP, Job 20944),89.12.18.
- 4.Test Plan and Test Report(Job 20943),90.02.16
- 5.Customer Report(Job 20944),90.07.09.