

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果  
報告

空軍飛機運作壽命週期成本  
分析模式研究 (II)

計畫類別：個別型計畫    整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2623-D-002-002-

執行期間：八十七年七月一日至八十八年六月三十日

計畫主持人：陳文華

執行單位：國立台灣大學

※中華民國九十年二月二日

# 研究目的與研究限制

## 一、 研究目的

空軍新一代戰機(包括 IDF，F-16，MIRAGE-2000 三型戰機)部署服役已達兩年以上，在此階段，以較客觀、仔細的態度與方法來研究，驗證新系統在運作階段初期的成本資料，確有必要。因此，本研究以空軍因應新系統服役所籌備的「後勤資訊管理系統」(LIMS)之「修護管理系統」(MMS)與「補給管理系統」(SMS)為研究對象，探討基地階層( Air Base Level )在維修資料與器材補給方面運作的情況。本研究的目的是有以下四點：

- (一) 研究空軍新一代戰機器材耗用成本的結構性問題
- (二) 比較分析維修資料的蒐集情況及準確性
- (三) 驗證 LIMS 系統在新武器系統管理上所提供的管理、決策功能
- (四) 探討空軍爾後在新一代戰機的運作效益上應考慮的因素，並且提出建議

## 二、 研究限制

因受限於研究時程及資料取得來源等問題，本研究存在下列三項研究限制：

- (一) 研究對象以空軍新一代戰機三個系統(IDF, F-16, MIRAGE-2000)為主, 未包括其他機種。
- (二) 研究資料取得的來源以空軍目前已建置完成之「後勤資訊管理系統」(LIMS)為依據。
- (三) 研究範圍以空軍基地階層為主, 未包括其他階層。

## 壹、 研究方法與過程

### 一、 研究方法

本研究透過文獻探討，資料蒐集與分析，專家訪談，模式建構等方式進行研究，茲說明如下：

- (一) 文獻探討：從有關壽期成本的文獻中，探討模式建構的方式及壽期成本運用的新趨勢。
- (二) 資料蒐集與分析：由「後勤資訊管理系統」(LIMS)中，發掘足以作為壽期成本分析的資料來源，設定蒐集資料的範圍、方式與分析的方向。
- (三) 專家訪談：訪問空軍各相關階層及專家，進一步確認系統運作方式與資料分析的方法。
- (四) 模式建構：本研究經過多方面嚐試，考量資料的型態，最後決定採用迴歸分析法作為模式建構的基礎。

### 二、 研究過程

本研究歷經一年的時間，其研究過程簡述如下：

- (一) 資料蒐集一：專訪空軍總部資訊中心，確立研究方向與資料蒐集來源與方式。
- (二) 資料蒐集二：專訪空總派駐CKK基地之資訊專家，前後

約有八次，一方面擷取分析資料，一方面共同探討資料分析結果的可用性。

(三) 資料蒐集三：赴四九九、四二七、四五五、七三七聯隊

實地了解系統運作的情況及資料產生的流程。

(四) 模式建構：透過文獻探討進行模式建構。

(五) 資料分析與驗證：以蒐集所得之資料進行分析與驗證。

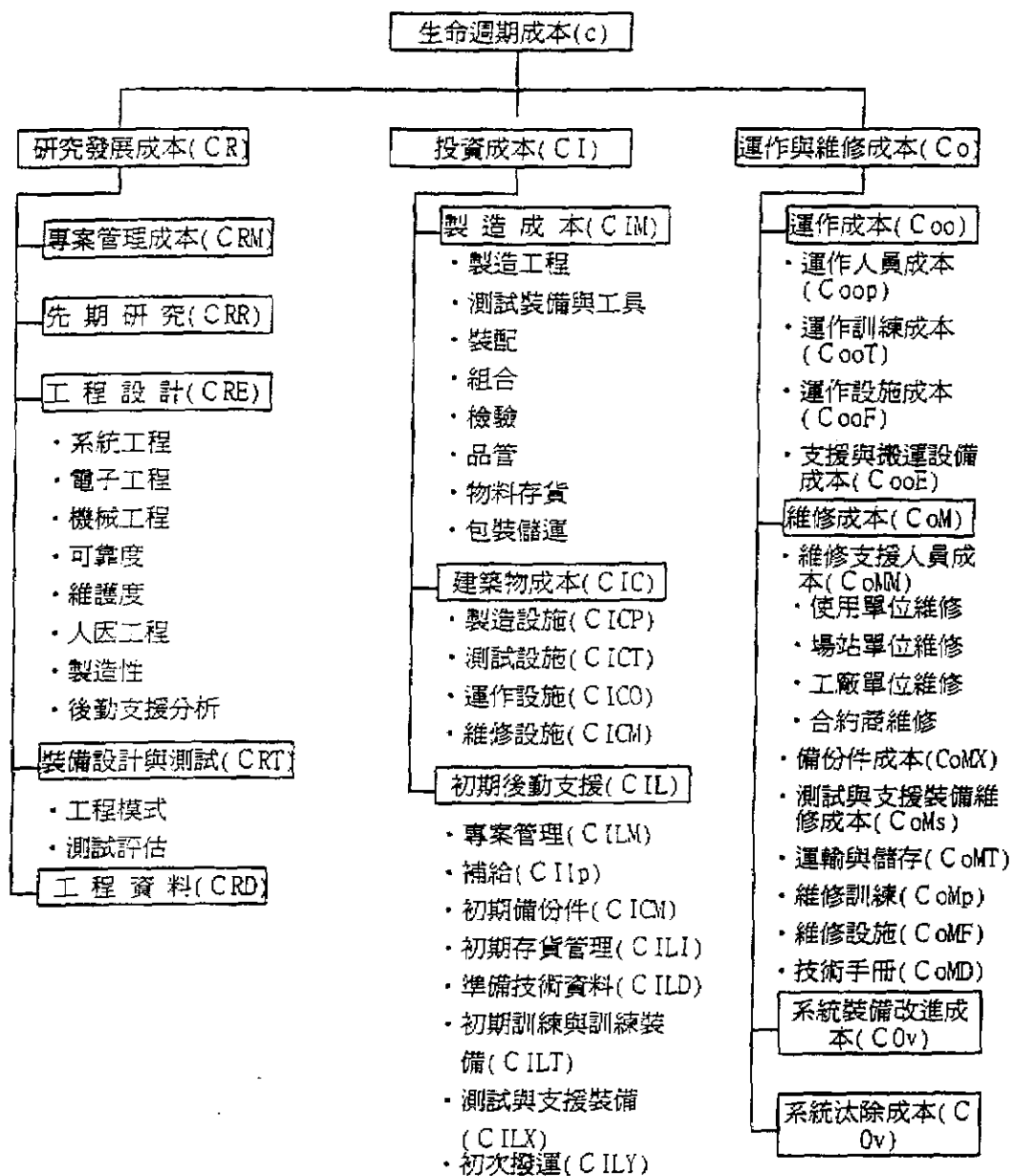
## 參、飛機運作壽命週期成本分析模式之探討

### 一、系統壽命週期成本之內容

#### (一) 壽命週期成本(Life Cycle Cost)的內容

一個大型系統，如捷運系統、衛星系統、國防系統，因其研發、測試、製造、使用的期程相當長，因此在設計或採購時，從成本面來看，不但要計及當前的已發生成本，而且要計及爾後將發生的成本，稱之為系統的「壽命週期成本」(Life Cycle Cost)，簡稱L.C.C。就武器系統之整體後勤支援(ILS)而言，佔有重要的角色地位。

若以系統的生命週期來看，則生命週期成本包括研發成本、投資成本、操作成本、汰除成本等四項（詳如圖一）。



圖一 系統生命週期成本架構

## (二) 強調壽期成本的原因

強調壽期成本的原因，可分為下列三點：

1. 要使壽期成本透明化：因為某些成本是隱而不顯的，如操作/支援成本。

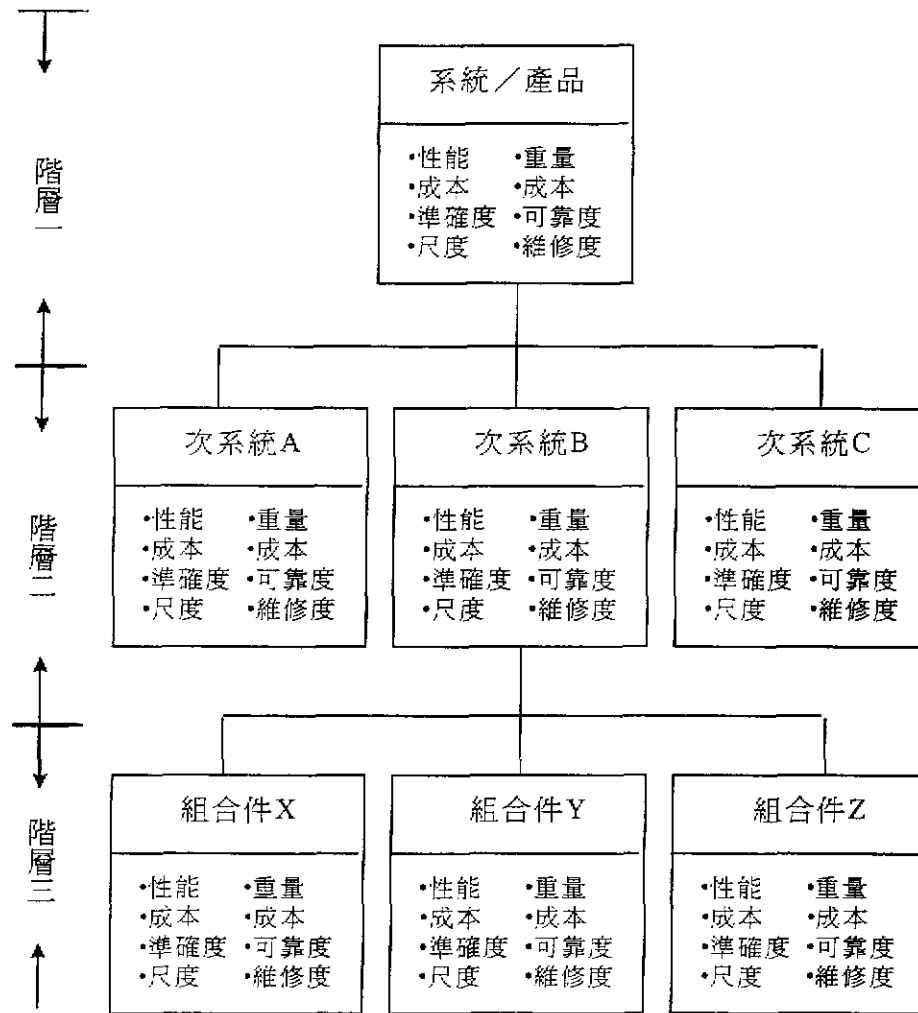
2. 可以將成本正確地分類：在此前提下，就有「成本分析結構」(Cost Breakdown Structure: CBS)的出現。
3. 可作為計畫管制的要項：計畫管理管制的三個要項是性能、時程及成本，這三個要素決定了一個計畫的成敗。

### (三) 研究壽期成本的目的

在研究壽期成本時，概有下列三個目的：

1. 評估系統設計的方案與構型：由於系統必須合乎成本 (design-to-cost)，因此它是系統設計的參數，可做為成本分配(cost allocation)的基礎 (詳如圖二)





圖二 系統性能與成本分派

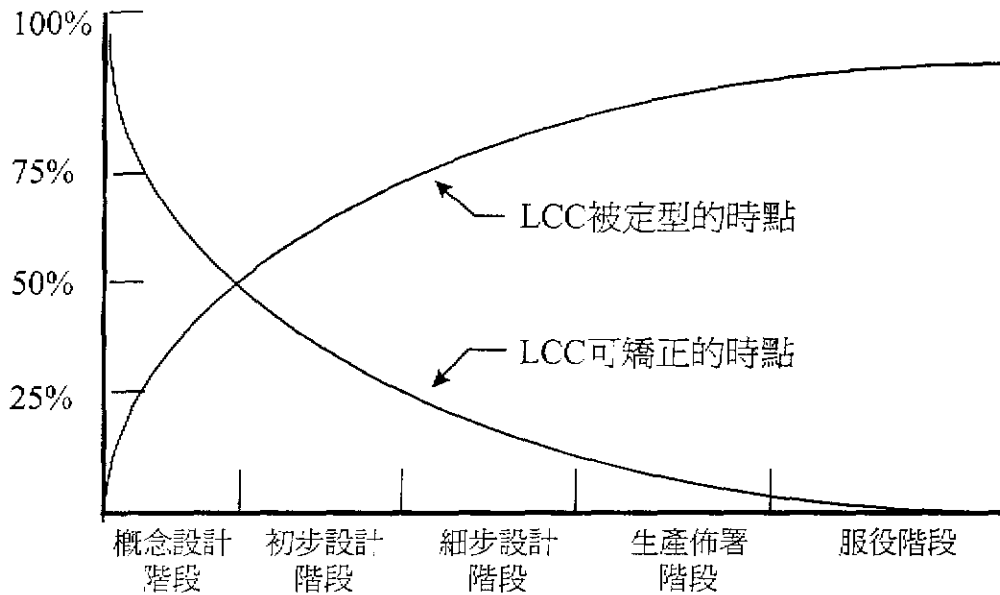
資料來源：Benjamin S. Blanchard, System Engineering and Analysis, p509

2. 確定生產構型：在成本因素確定之後，則系統的生產構型即可確定。

3. 確定後勤支援政策：壽期成本決定的系統爾後的維修型態及年度預算需求。

具體而言，研究壽期成本，其目的在及早設定儘早發現足

以影響成本的因素，適時採取有效的管制措施，避免發生成本失控的情況。圖三說明系統壽期中，各階段壽期成本被定型的百分比以及可矯正的百分比。



圖三 LCC 定型/可矯正的時點

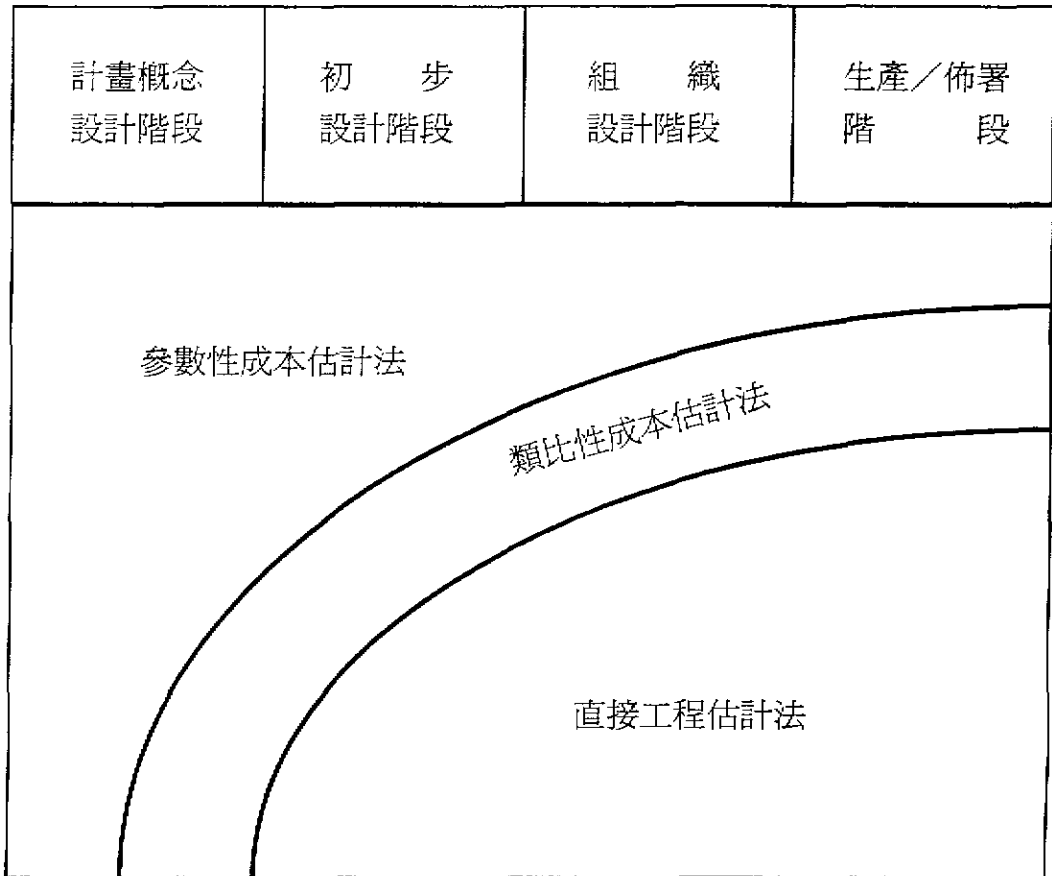
4. 成本管理是武器系統獲得計畫管理的重點。

## 二、文獻探討

### (一) 壽期成本分析方法

關於壽期成本的分析方法有三種分類：

1. 第一種分類：區分為參數性成本估計法、類比性成本估計法、直接工程估計法（如圖四）



圖四 系統壽期中 LCC 分析的方法

資料來源：Benjamin S. Blanchard, Systems Engineering and Analysis, p519

## 2. 第二種分類：區分為下列四種方法

- (1) 簡單線性迴歸法(Simple Linear Regression)
- (2) 簡單非線性分析法(Simple Nonlinear Analysis)
- (3) 非連續跳躍函數法(Discontinuous Step Function)
- (4) 其他：如類比成本估算法(Analogous Cost Estimation)、分級-順序成本估算法(Rank-order Cost Estimation)

### 3. 第三種分類

(1) 統計分法：以估算 CER(Cost Estimate Relationship) 為主。

(2) 學習曲線法(Learning Curve)

(3) 經驗法則(Rule of Thumb)

(二) 執行壽期成本分析時，應竭盡所能地發覺相關資料的來源，這些資料來源包括：

1. 現在的資料庫：以實際的歷史性資料庫中具有類似性、相關性的資料。如維修記錄、物料成本等。
2. 前瞻的系統產品計畫資料：包括市場分析資料、系統/產品的需求定義與維修概念等資料。
3. 個別的成本預估、分析資料：例如循環性成本(Recurring Cost)與非循環性成本(Nonrecurring Cost)。
4. 供應商的資料：由報價書(Proposals)設計資料中所獲得的資料。
5. 工程測試與系統產品使用後的資料：從系統產品的測試與使用過程擷取到的資料。

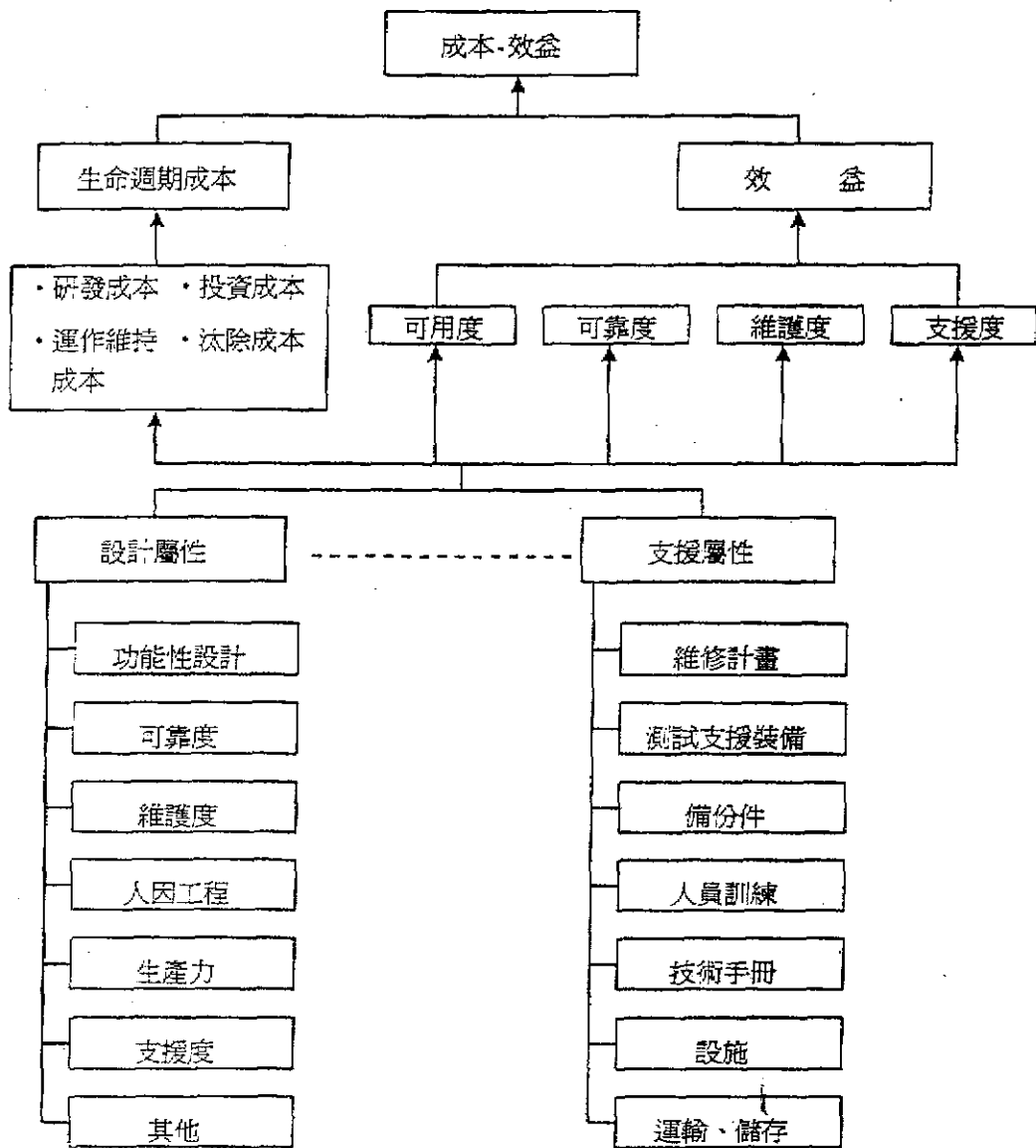
若以一個航空系統壽期成本的「成本估算關係因子」(Cost estimating relationship; CER)之成本驅動因子(Cost

driver)來看，大略可歸納系統的：重量、動力、尺寸、速度、製造量飛行小時等，而分析方法則有迴歸、模擬、類比法等。

#### (五) 成本管理的意義

成本管理(Cost Management)乃武器系統從獲得、運作、乃至汰除的過程中所採取規劃、控制成本的計畫作為。

在此一管理過程中，為明確評估成本的使用效率，通常可以成本效益分析(Cost-Effect Analysis)的方法加以評估，關於成本-效益的衡量，請參考圖五所示，這裡所稱的成本指武器系統的生命週期成本，而效益則包括了可靠杜、可用度、維護度、支援度等四個夠面。



圖五 成本效益分析示意圖(一)

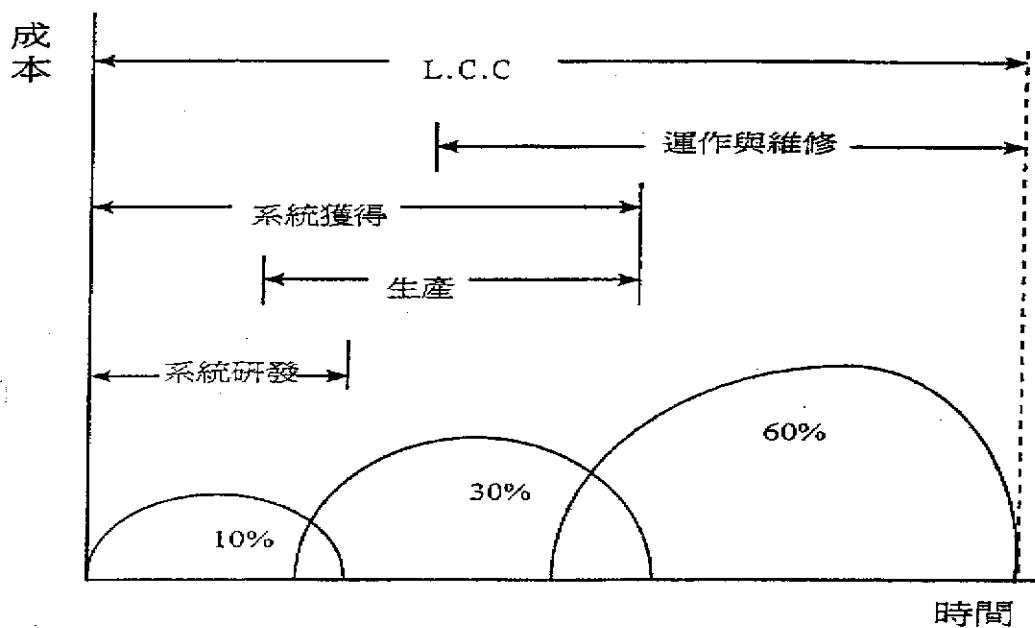
資料來源：Blanchard, B. J., Systems Engineering and Analysis. N. J., Prentice Hall, 1990, p81

#### (六) 系統生命週期成本的特性

根據文獻探討所得資料，若進一步研究壽期成本的分配比率，約可得到下列的數值：

成本項目	比率
研究發展成本	10%
投資成本	30%
運作與維持成本	60%
系統汰除成本	-
合計	100%

其中系統汰除成本乃指殘值而言，可視為成本的減項，但有某些系統其汰除成本不但是成本的減項，而且成本相當的高，例如核能電廠的核廢料處理即屬之。此外，若將上述的成本比值以圖形來表示，可以得到圖六的結果。



圖五 系統生命週期成本結構分配圖

資料來源：DSMC, Integrated Logistics Support Guide, Virginia: DSMC, May, 1986, p6-3

(七)壽期成本觀念的運用現況：

目前在相當多的領域中，均有採用壽期成本的概念，例如 Butch & Schroeder(1999)以 LCC 模型作為比較軟體維修政策制定的問題；Kalogirou(1996)以 LCC 探討太陽能系統運作的經濟性；Chang & Lewins(1997)以壽期成本的觀念採用 Monte Carlo 模擬法研究商源評選過程中的決策準則之取捨問題；Woodward(1997)經由壽期成本探討資產設備採購政策的問題，Monga & Zuo(1998)以壽期成本研究裝備維修與保固政策如何謀求最適的解答；Shtub & Versano(1999)，以類神經網路法與迴歸分析探討油管配置政策；Chen & Wu(1998)以動態規劃法之壽期成本模式探討電力配置的問題；Azapagic & Clift(1999)以壽期成本之多目標規劃法探討產業全壽期的環保問題；Karyagina et al. (1998)以標點程序法(Marked Point Processes)探討系統的維修政策問題；Ahmed(1995)以壽期成本的觀點探索系統的全壽期管理問題。

由以上的相關的文獻中，可以歸納出壽期成本的觀點是廣泛被使用的，以空軍新一代戰機的運作觀點來探討壽期成本問題，不但合乎系統管理的理念，而且非常必要。



## 肆、空軍新一代戰機部署服役初期之壽期成本資料分析與驗証

### 一、資料說明

空軍的第一代戰機，包括 IDF，F-16，MIRAGE-2000 等部署服役已有二年的時程，此時進一步分析此三個戰機系統的成本資料，一方面可以瞭解不同系統間耗用成本的結構性問題，一方面也可以深入探索爾後如何更有效地搭配使用此三個系統。因此，在進行研究資料蒐集時，由兩方面著手，一個是由現行的「後勤管理資訊系統」(LIMS)之「修護管理系統」(MMS)中，擷取飛機與引擎的維修資料；另一個則是從「補給管理系統」(SMS)中，擷取撥發(BS1)及補欠撥(BS2)之補給行動資料，作為分析的基礎。

### 二、壽期成本資料分析

#### (一) 分析模式說明

由前述蒐集所得的資料，本研究採迴歸分析法，探討飛行小時與器材耗用成本，飛行小時與維修工時之關係。在分析飛行小時與器材耗用成本時，分別以器材總耗用成本與分項器材耗用成本的觀點來探討，並且在分項器材分析時，特別找出 15、16、28、29、30、53、59、61、62 等 9 個分類器材(器材類別

說明請參考表一)進行分析。在分析飛行小時與維修工時的關係時，則分別以總維修工時(引擎維修工時除外)，與引擎維修工時等兩個方向來探討，茲將分析模式說明如後：

表一、空軍器材類別各種對照說明表

類別	名稱
15	飛機及其構架組成件
16	飛機組成件及附件
28	引擎、渦輪及其組零件
29	引擎附件
30	機械動傳送裝備
53	五金材料及磨料
59	電氣及電子裝備組成件
61	電線及電力配電裝備
62	照明器具及燈

1. 器材總耗用成本分析模式：

(1) 器材總耗用成本分析模式

$$Y_1 = A_1 + B_1 X_1$$

$Y_1$ ：器材總耗用成本

$A_1$ ：固定成本(飛機未飛行，但仍需維修之耗用器材)

$B_1$ ：斜率

$X_1$ ：飛行小時(FH)

$$Y_2 = A_2 + B_2 X_2$$

$Y_2$ ：每飛行小時耗用器材之總成本(\$/FH)

(2) 分項器材之耗用成本分析模式

$$Y_3 = A_3 + B_3 X_3$$

$Y_3$ ：分項器材之耗用成本

$A_3$ ：固定成本

$B_3$ ：斜率

$X_3$ ：飛行小時(FH)

$$Y_4 = A_4 + B_4 X_4$$

$Y_4$ ：每飛行小時耗用之分項器材成本(\$/FH)

2. 修護資料分析模式：

(1) 總維修工時(引擎維修工時除外)之分析模式

$$Y_5 = A_5 + B_5 X_5$$

$Y_5$ ：總維修工時(MMH)

$A_5$ ：固定維修工時(飛機未飛行，但仍需執行維修之工時)

$B_5$ ：斜率

$X_5$ ：飛行小時(FH)

$$Y_6 = A_6 + B_6 X_6$$

$Y_6$ ：每飛行小時所需之維修工時(MMH/FH)

## (2) 引擎之維修工時

$$Y_7 = A_7 + B_7 X_7$$

$Y_7$ ：引擎之總維修工時

$A_7$ ：固定維修工時(飛機未飛行，但仍需執行引擎維修之工時)

$B_7$ ：斜率

$X_7$ ：飛行小時(FH)

$$Y_8 = A_8 + B_8 X_8$$

$Y_8$ ：每飛行小時所需之引擎維修工時(MMH/FH)

## (二) 資料分析與驗證

在執行資料蒐集與分析的過程中，發覺自變數(飛行小時)與因變數(耗用器材成本、維修工時)之間的關連性不大，不容易找出合適的關係數(迴歸分析中之  $R^2 < 0.5$ )，尤其以器材耗用成本的資料更有此種傾向。進一步探究後，發覺造成此種現象的原因有三，其一為 IDF 等三個武器系統都在部署服役初期，有相當多的器材撥補是為了充實工作檯存量，與維修或戰機系

統飛行與否並無直接關係；其二為某些器材需求是由於非正常因素(如飛安事件)所造成的；其三為執行維修(飛行)與撥補不同步，如 BSI 即屬於補欠撥所形成的。在探討飛行小時與器材耗用成本之間常出現時間上的落差，所以才會出現自變數與應變數之間關連性相當低的原因，可行的辦法即是將資料做合理的調整，再進行分析。本研究即依據此種客觀條件與認知，在原始資料無法找尋出關係時，進行補償性的分析。茲將 IDF、F-16、MIRAGE-2000 等三個系統之器材耗用成本、維修工時分析如後：

### 1. 器材耗用成本分析

#### (1) IDF 戰機耗用器材成本分析

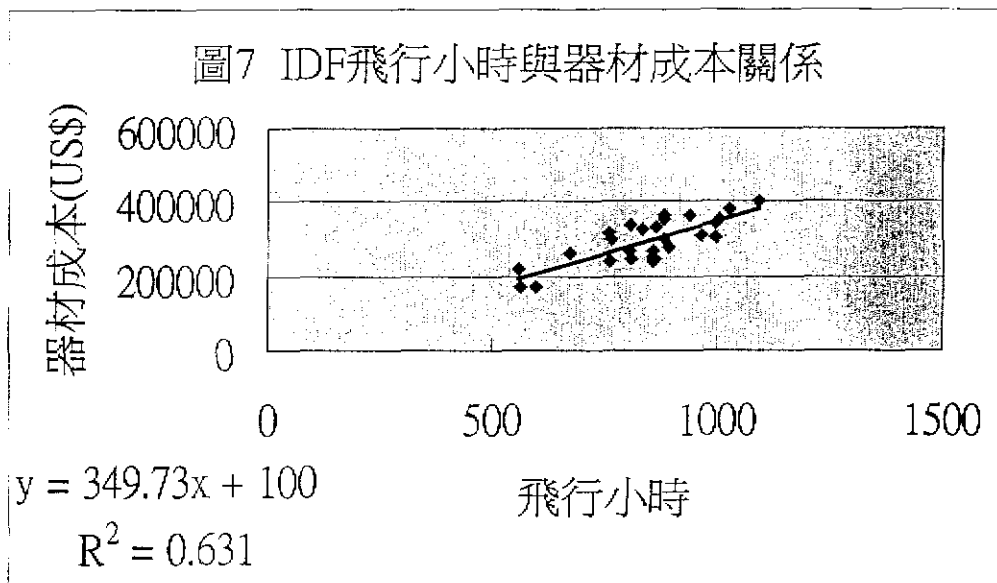
##### A、器材總耗用成本分析

##### (A) 器材總耗用成本之關係

$$Y=348.69X+1000\cdots(\text{詳如表二及圖七})$$

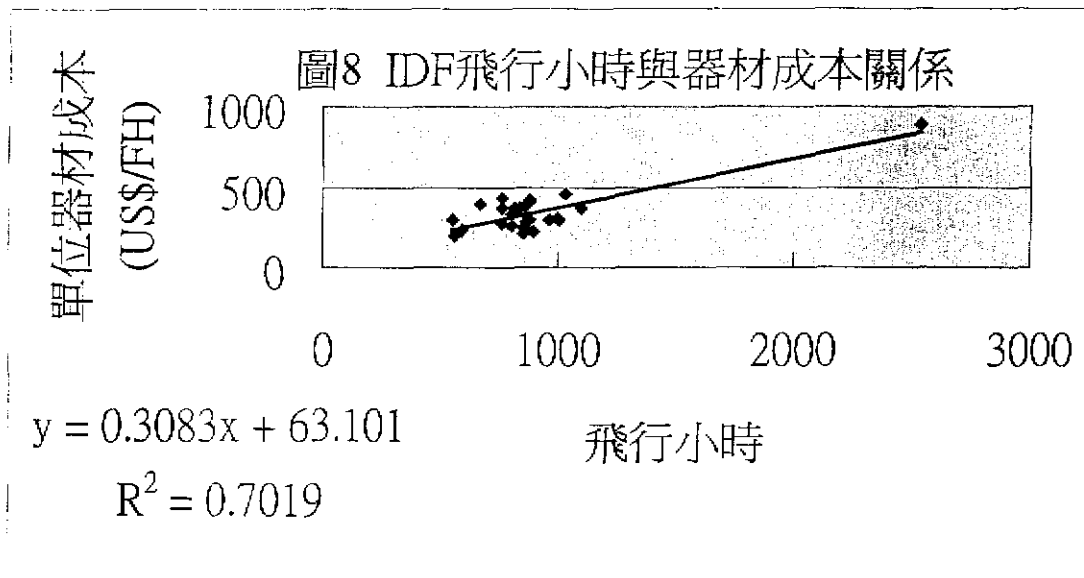
表二 IDF 戰績部屬初期之器材耗用成本分析彙整表

項次	資料名稱	迴歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與總器材成本之關係 FH. Tol Cost	$y = 334.78x + 1,000$ ( $y' = 348.69x + 1,000$ )	0.3949 (0.631)
2	飛行小時所需之器材成本 Cost / FH	$y = 0.2742x + 104.9$ ( $y' = 0.3083x + 63.101$ )	0.348 (0.7019)



(B) 平均每小時之耗用器材成本

$Y = 0.308X + 104.9 \dots$  (詳如表二及圖八)



若以 86/1~88/12 之資料分析，IDF 每飛行小時之平均用成本為 329.85(US\$/FH)，請參考表三。

表三 86/1~88/12 IDF 戰機每飛行小時之器材平均耗用成本分析

總飛行小時 (FH)    器材總耗用成本 (U. S. \$)    U. S. \$/FH

24345.5

8,030,536

329.85

B、 分類器材耗用成本分析

(A) 分類器材耗用成本分析

15、16、28、29、30、53、59、61、62 等九個分類

器材之總耗用成本，詳如表四所列(及圖 9、11、13、

15、17、19、21、23、25)

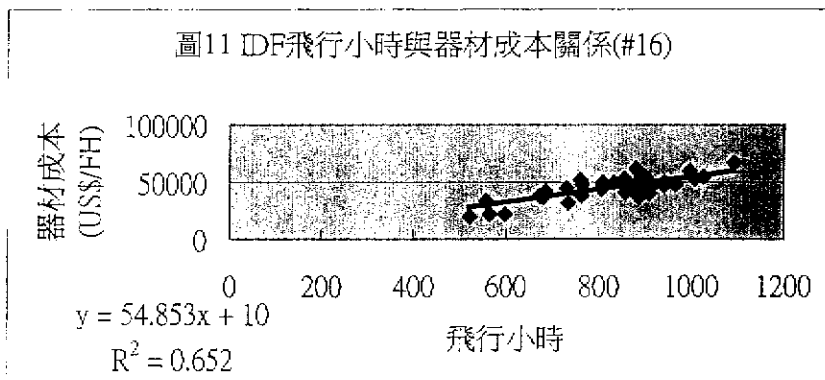
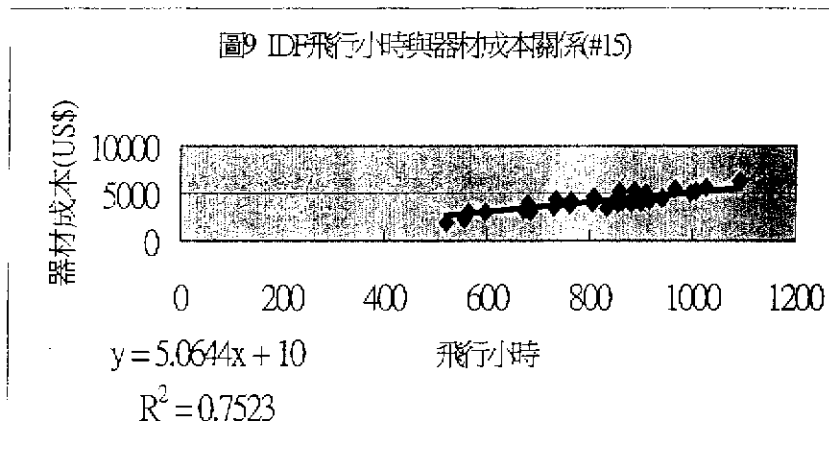


圖13 IDF飛行小時與器材成本關係(#28)

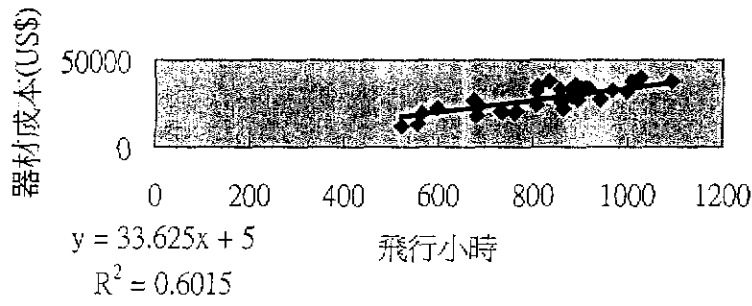


圖15 IDF飛行小時與器材成本關係(#29)

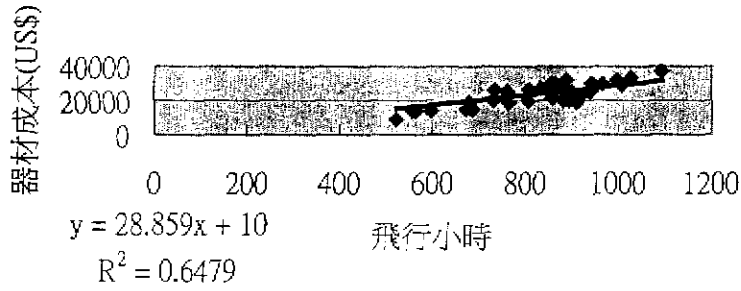


圖17 IDF飛行小時與器材成本之關係(#30)

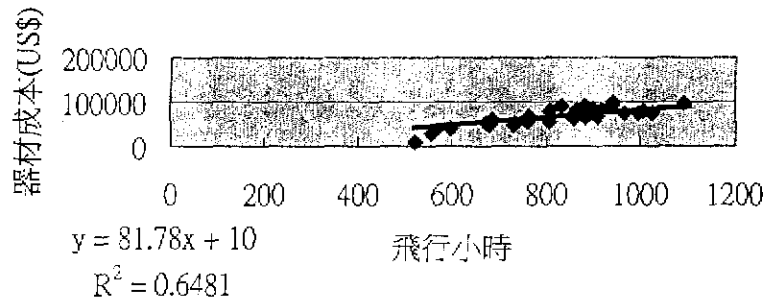
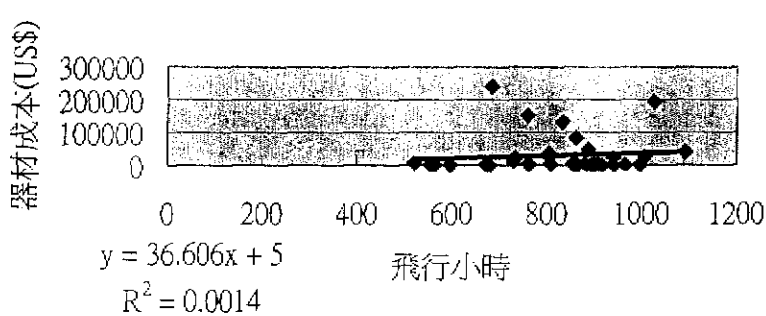
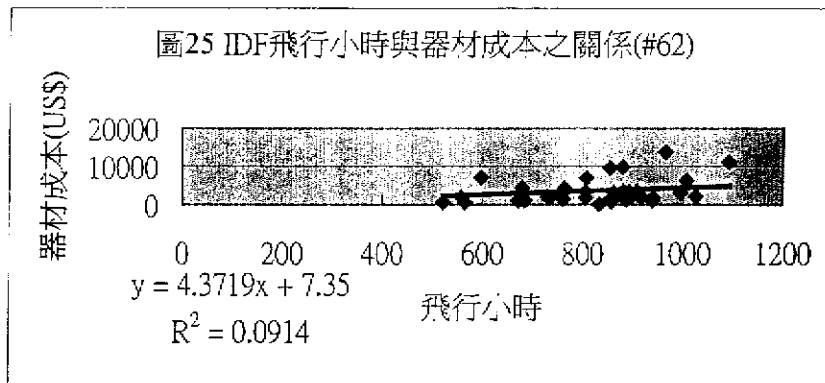
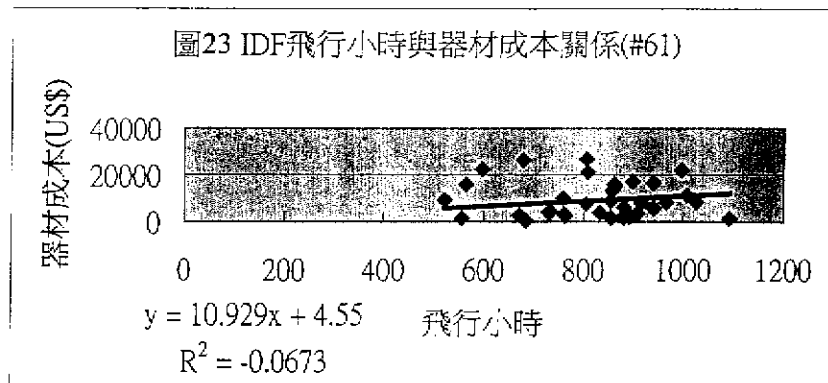
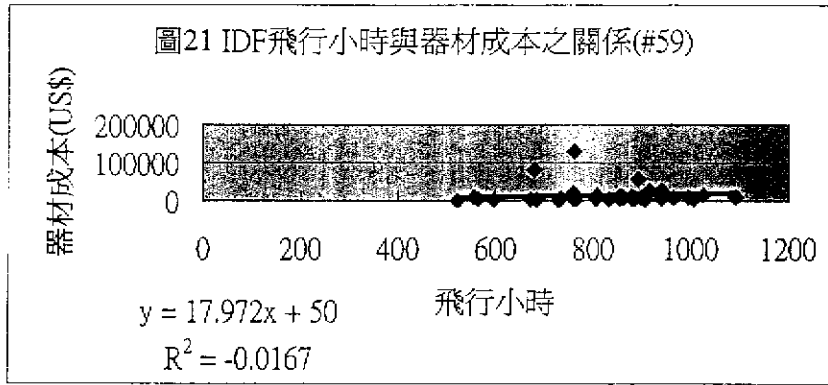


圖19 IDF飛行小時與器材成本之關係(#53)







(B)分類器材平均每飛行小時之耗用成本

15、16、28、29、30、53、59、61、62等九個分類

器材每飛行小時之耗用成本，詳如表四所列(及圖

10、12、14、16、18、20、22、24、26)

表四 IDF 戰機部屬服役初期之分類器材耗用成本分析彙總表

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與 15 類器材耗用成本之關係 FH. #15 Tol Cost	$y = 3.8312x + 1,000$ ( $y^1 = 3.8935x + 1,000$ )	0.215 (0.6779)
2	每飛行小時所需之 15 類器材耗用成本 #15Cost / FH	$y = 0.0044x + 1.8444$	0.0068
3	飛行小時與 16 類器材耗用成本之關係 FH. #16 Tol Cost	$y = 52.334x + 500$ ( $y^1 = 54.274x + 500$ )	0.286 (0.6504)
4	每飛行小時所需之 16 類器材耗用成本 #16Cost / FH	$y = -0.2006x + 236.46$ ( $y^1 = 0.0143x + 42.599$ )	0.0851 (0.0564)
5	飛行小時與 28 類器材耗用成本之關係 FH. #28 Tol Cost	$y = 28.216x + 4011.6$ ( $y^1 = 33.619x + 10$ )	0.0177 (0.6015)
6	每飛行小時所需之 28 類器材耗用成本 #28Cost / FH	$y = 0.0135x + 22.012$	0.0964
7	飛行小時與 29 類器材耗用成本之關係 FH. #29 Tol Cost	$y = -16.105x + 58,041$ ( $y^1 = 28.753x + 100$ )	0.0002 (0.6469) 一次性撥發
8	每飛行小時所需之 29 類器材耗用成本 #29Cost / FH	$y = 0.016x + 15.019$	0.2055
9	飛行小時與 30 類器材耗用成本之關係 FH. #30 Tol Cost	$y = 77.145x + 100$ ( $y^1 = 81.674x + 100$ )	0.0409 (0.6467)
10	每飛行小時所需之 30 類器材耗用成本 #30Cost / FH	$y = 0.0663x - 24.674$	0.3071
11	飛行小時與 53 類器材耗用成本之關係 FH. #53 Tol Cost	$y = 36.606x + 5$ ( $y^1 = 58.653x + 5$ )	0.0008 (0.7279)

12	每飛行小時所需之 53 類 器材耗用成本 *53Cost / FH	$y = 0.016x + 44.853$	0.0901
13	飛行小時與 59 類器材耗 用成本之關係 FH. *59 Tol Cost	$y = 17.972x + 50$ ( $y^1 = 22.647x + 50$ )	-0.0167 (0.6507)
14	每飛行小時所需之 59 類 器材耗用成本 *59Cost / FH	$y = -0.0249x + 39$ ( $y^1 = 0.0061x + 17.446$ )	0.01 (0.0639)
15	飛行小時與 61 類器材耗 用成本之關係 FH. *61 Tol Cost	$y = 10.929x + 4.55$ ( $y^1 = 11.273x + 4.55$ )	-0.0673 (0.645)
16	每飛行小時所需之 61 類 器材耗用成本 *61Cost / FH	$y = -0.0221x + 30.025$ ( $y^1 = -0.0003x + 11.534$ )	0.0812 (0.0008)
17	飛行小時與 62 類器材耗 用成本之關係 FH. *62 Tol Cost	$y = 4.3719x + 7.35$ ( $y^1 = 3.9602x + 7.35$ )	0.0914 (0.6755)
18	每飛行小時所需之 62 類 器材耗用成本 *62Cost / FH	$y = 0.0042x + 0.7713$ ( $y^1 = 0.0018x + 2.4108$ )	0.0252 (0.129)

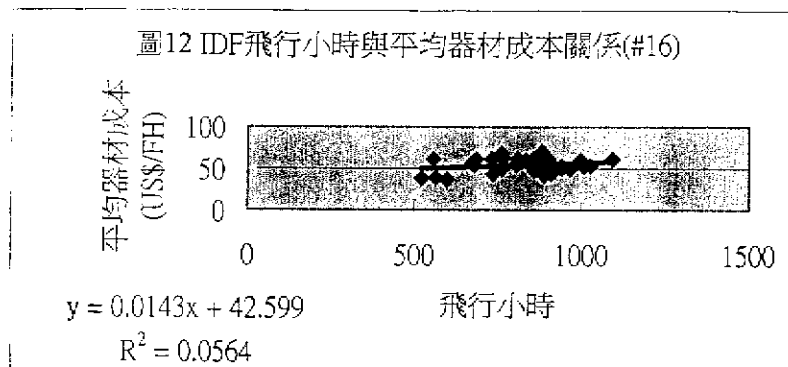
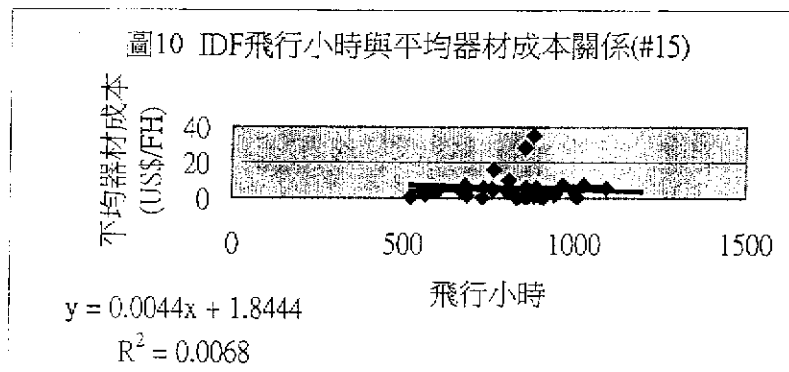
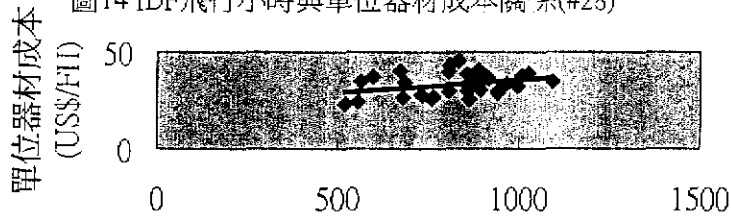


圖14 IDF飛行小時與單位器材成本關係(#28)

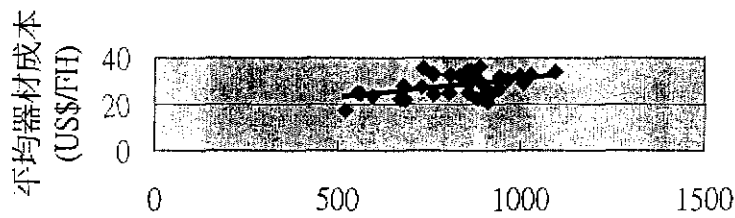


$$y = 0.0135x + 22.012$$

飛行小時

$$R^2 = 0.0964$$

圖16 IDF飛行小時與平均器材成本關係(#29)

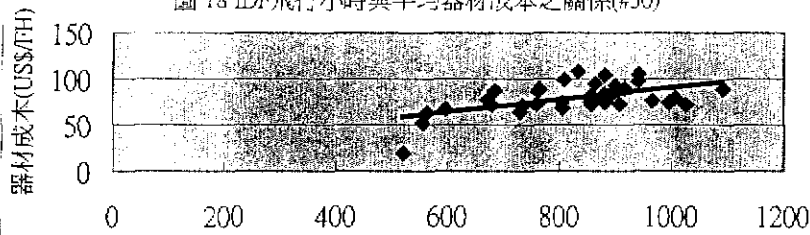


$$y = 0.016x + 15.019$$

飛行小時

$$R^2 = 0.2055$$

圖18 IDF飛行小時與平均器材成本之關係(#30)

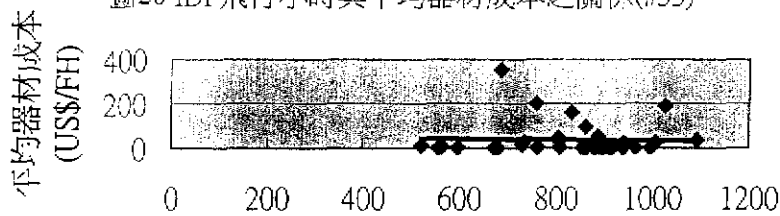


$$y = 0.0663x + 24.674$$

飛行小時

$$R^2 = 0.3071$$

圖20 IDF飛行小時與平均器材成本之關係(#53)



$$y = -0.0155x + 50.088$$

飛行小時

$$R^2 = 0.0008$$

圖22 IDF飛行小時與平均器材成本之關係(#59)

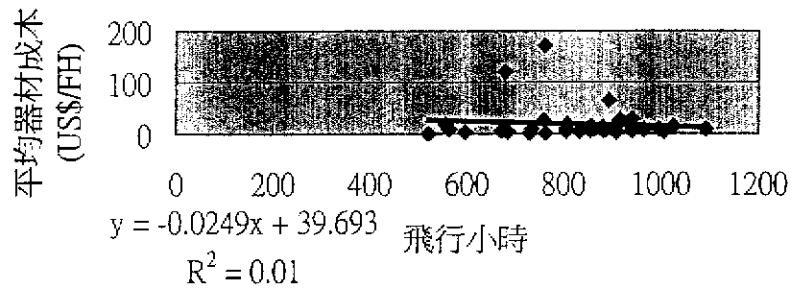


圖24 IDF飛行小時與平均器材成本之關係(#61)

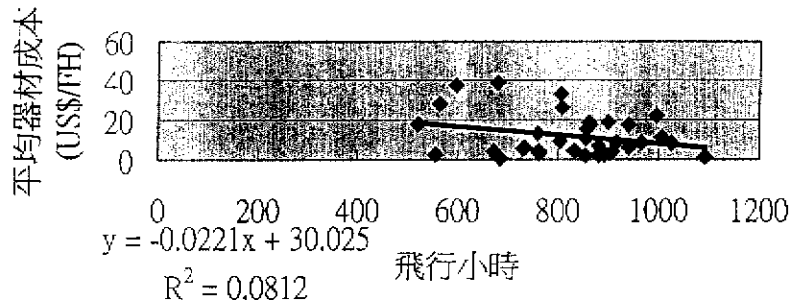
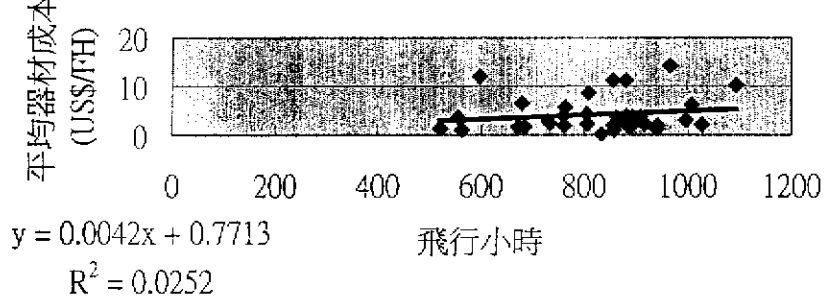


圖26 IDF飛行小時與平均器材成本之關係(#62)

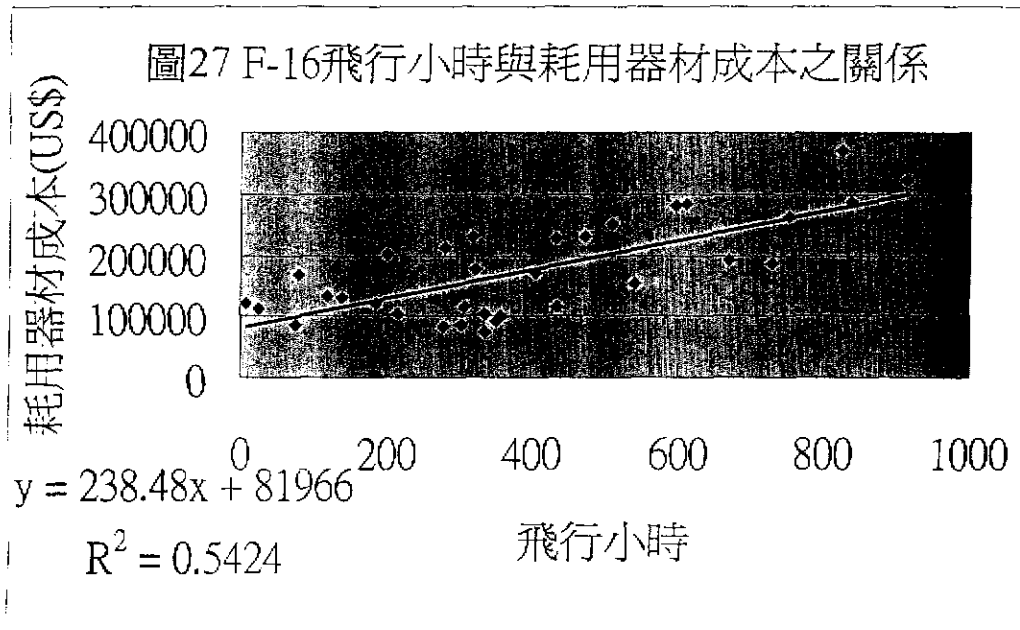


## (2) F-16 戰機耗用器材成本分析

### A、 器材總耗用成本分析

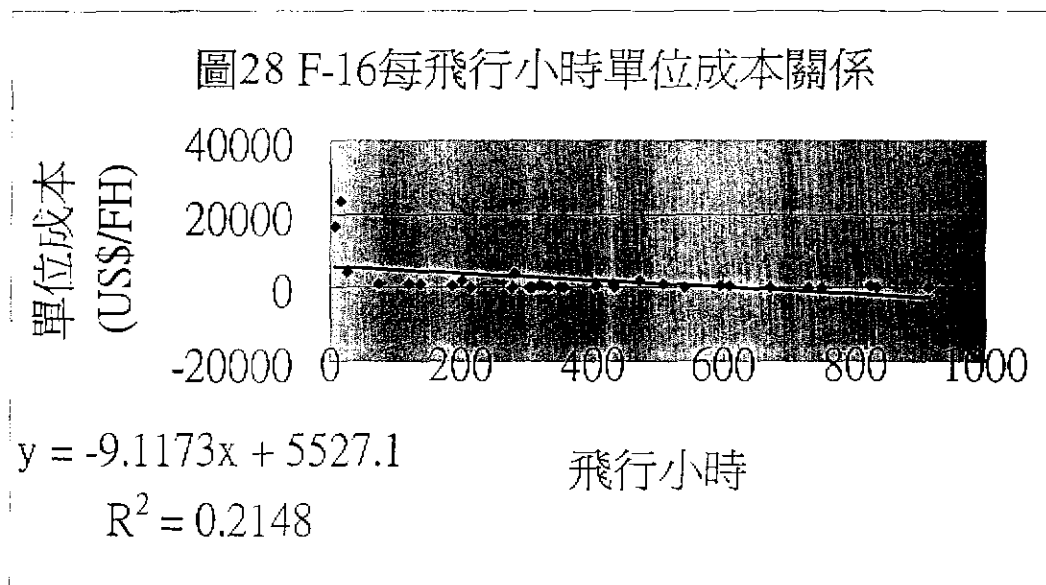
(A) 器材總耗用成本之關係

$$Y=259.32X+84.106 \text{ (詳如表五及圖 27)}$$



(B) 平均每小時之耗用器材成本

$$Y=-9.1173+85527.1 \text{ (詳如表五及圖 28)}$$



表五 F-16 戰機部屬服役初期器材耗用成本分析彙總表

項次	資料名稱	迴歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與總器材成本之關係 FH. Tol / Cost	$y = 238.48x + 81966$ ( $y^1 = 259.32x + 84,106$ )	0.5424 (0.7055)
2	每飛行小時所需之器材成本 Cost / FH	$y = -9.1173x + 5527.1$	0.2148

若以 86/4~88/12 之資料分析，F-16 每飛行小時之平

均耗用器材成本為 796.12(US\$/FH)，請參考表六。

表六、86/4~88/12 F-16 戰機每飛行小時之器材

平均耗用成本分析

總飛行小時 (FH)	器材總耗用成本 (US\$)	US\$/FH
5403.8	4302089	796.12

B、分類器材耗用成本分析

(A)分類器材耗用成本分析

15、16、28、29、30、53、59、61、62 等九個分類

器材之總耗用成本，詳如表七所列(及圖 29、31、33、

35、37、39、41、43、45)

圖29 F-16飛行小時與器材耗用成本關係(#15)

$$y = 15.274x + 100$$

$$R^2 = 0.3084$$

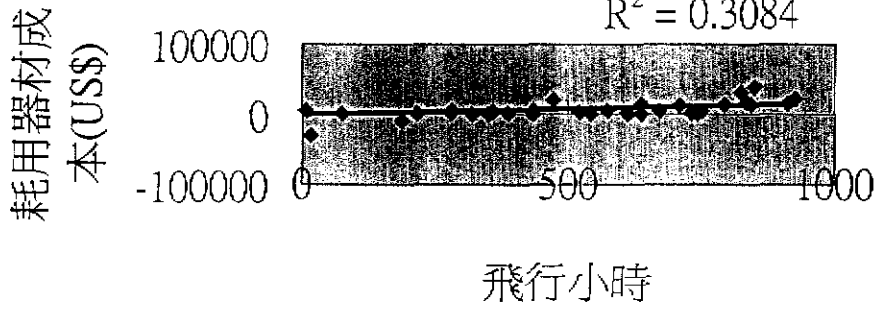


圖31 飛行小時與器材耗用成本關係(#16)

$$y = 26.78x + 50$$

$$R^2 = 0.3515$$

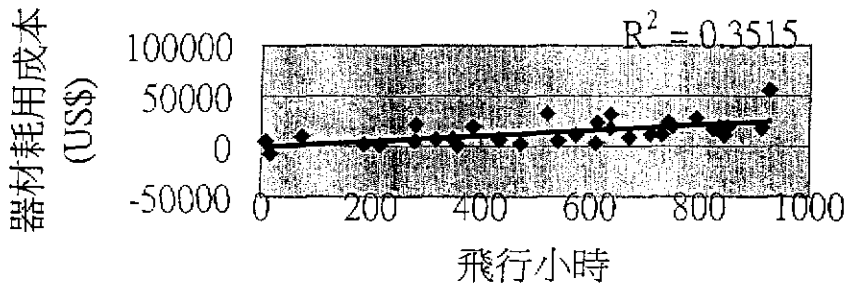


圖33 F-16飛行小時與器材成本之關係(#28)

$$y = 0.3093x + 119.29$$

$$R^2 = 0.2665$$

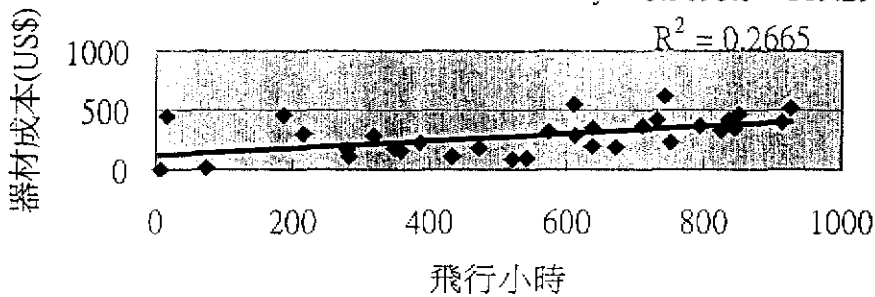
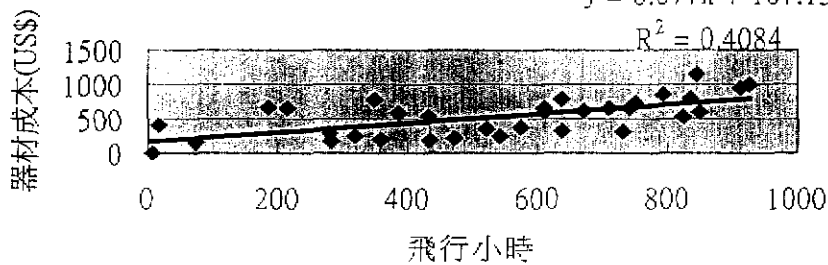


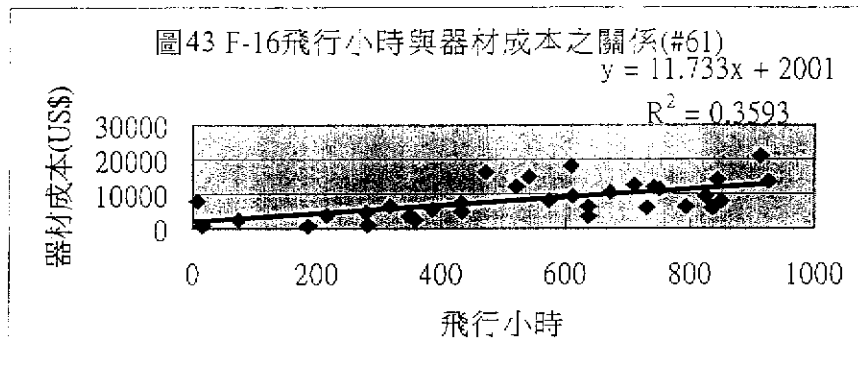
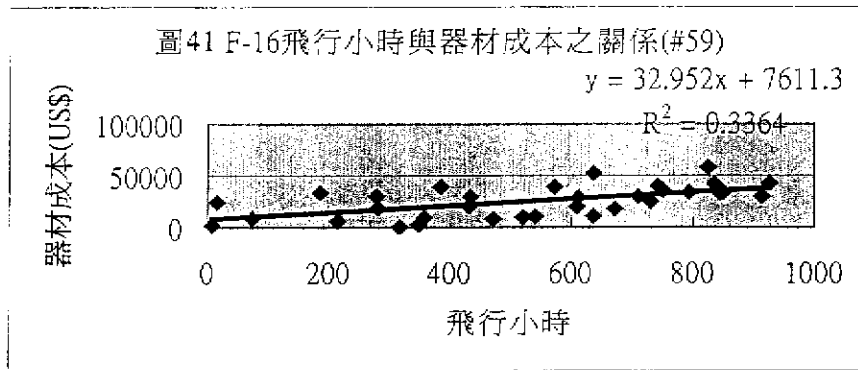
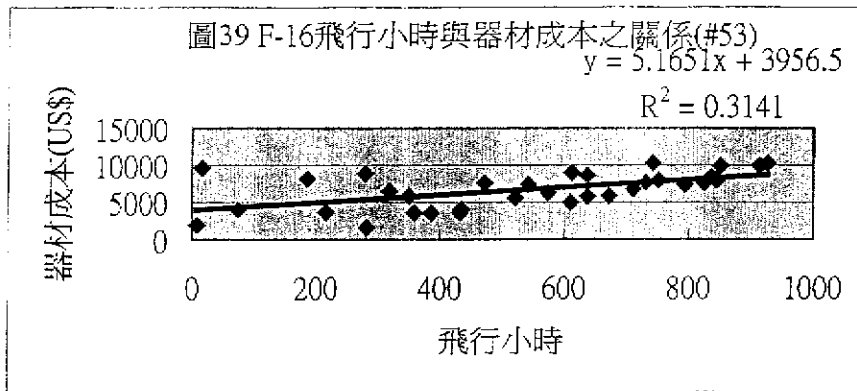
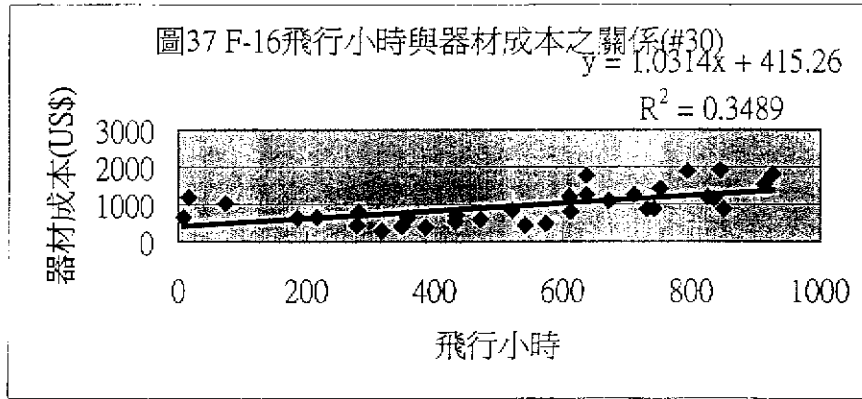
圖35 F-16飛行小時與器材成本之關係(#29)

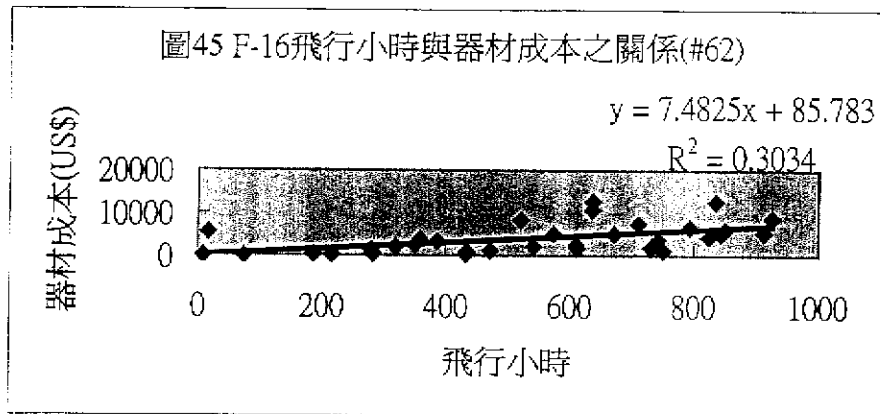
$$y = 0.677x + 167.15$$

$$R^2 = 0.4084$$









(B)分類器材平均每飛行小時之耗用成本

15、16、28、29、30、53、59、61、62 等九個分類

器材之總耗用成本，詳如表七所列(及圖 30、32、34、

36、38、40、42、44、46)

表七 F-16 戰機部屬服役初期之分類器材耗用成本分析彙整表

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與 15 類器材耗用成本之關係 FH. #15 Tol Cost	$y = 14.832x + 100$ ( $y^1 = 14.557x + 100$ )	0.3159 (0.6309)
2	每飛行小時所需之 15 類器材耗用成本 #15Cost / FH	$y = -1.4159x + 1,021$	0.1775
3	飛行小時與 16 類器材耗用成本之關係 FH. #16 Tol Cost	$y = 26.78x + 50$ ( $y^1 = 23.089x + 50$ )	0.3515 (0.6836)
4	每飛行小時所需之 16 類器材耗用成本 #16Cost / FH	$y = -0.1114x + 100$ ( $y^1 = -0.1181x + 100$ )	0.0151 (-0.0041)
5	飛行小時與 28 類器材耗用成本之關係 FH. #28 Tol Cost	$y = 0.3093x + 119.29$ ( $y^1 = 0.4056x + 52.451$ )	0.2665 (0.727)

6	每飛行小時所需之 28 類 器材耗用成本 *28Cost / FH	$y = -0.0068x + 5.0338$ ( $y^1 = -0.0022x + 1.9435$ )	0.1339 (0.1303)
7	飛行小時與 29 類器材耗 用成本之關係 FH. *29 Tol Cost	$y = 0.677x + 167.15$ ( $y^1 = 0.753x + 143.88$ )	0.4084 (0.6427)
8	每飛行小時所需之 29 類 器材耗用成本 *29Cost / FH	$y = -0.0067x + 5.3689$ ( $y^1 = -0.0064x + 5.2228$ )	0.1564 (0.1453)
9	飛行小時與 30 類器材耗 用成本之關係 FH. *30 Tol Cost	$y = 1.0314x + 415.26$ ( $y^1 = 1.1791x + 269.95$ )	0.3489 (0.6574)
10	每飛行小時所需之 30 類 器材耗用成本 *30Cost / FH	$y = -0.0413x + 28.93$ ( $y^1 = -0.0294x + 21.032$ )	0.2978 (0.2305)
11	飛行小時與 53 類器材耗 用成本之關係 FH. *53 Tol Cost	$y = 5.1651x + 3956.5$ ( $y^1 = 7.1797x + 2564.2$ )	0.3141 (0.6917)
12	每飛行小時所需之 53 類 器材耗用成本 *53Cost / FH	$y = -0.2191x + 156.65$ ( $y^1 = -0.1325x + 99.13$ )	0.264 (0.3319)
13	飛行小時與 59 類器材耗 用成本之關係 FH. *59 Tol Cost	$y = 32.95x + 7611.3$ ( $y^1 = 31.516x + 12,726$ )	0.3364 (0.4865)
14	每飛行小時所需之 59 類 器材耗用成本 *59Cost / FH	$y = -0.0249x + 39$ ( $y^1 = 0.0061x + 17.446$ )	0.1938 (0.2103)
15	飛行小時與 61 類器材耗 用成本之關係 FH. *61 Tol Cost	$y = 11.733x + 2,001$ ( $y^1 = 14.112x + 2284.6$ )	0.3593 (0.6311)
16	每飛行小時所需之 61 類 器材耗用成本 *61Cost / FH	$y = -0.2662x + 190.47$ ( $y^1 = -0.2696x + 195.65$ )	0.1399 (0.1446)
17	飛行小時與 62 類器材耗 用成本之關係 FH. *62 Tol Cost	$y = 7.4825x + 85.783$ ( $y^1 = 7.9223x + -798.09$ )	0.3034 (0.7072)

18	每飛行小時所需之 62 類 器材耗用成本 *62Cost / FH	$y = -0.073x + 55.647$ ( $y^1 = 0.0031x + 4.3692$ )	0.1019 (0.0438)
----	---	--	--------------------

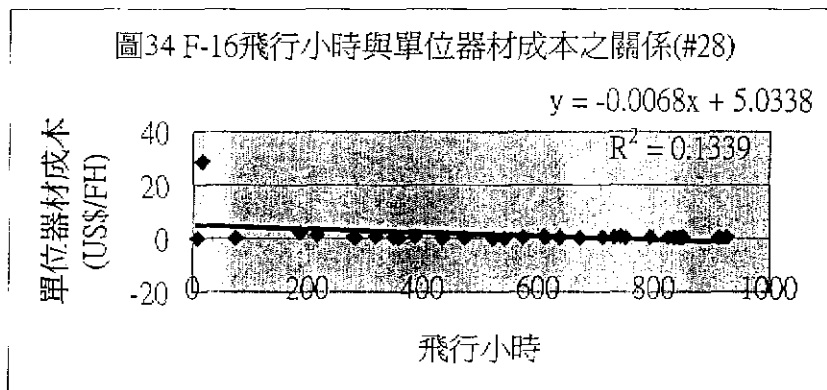
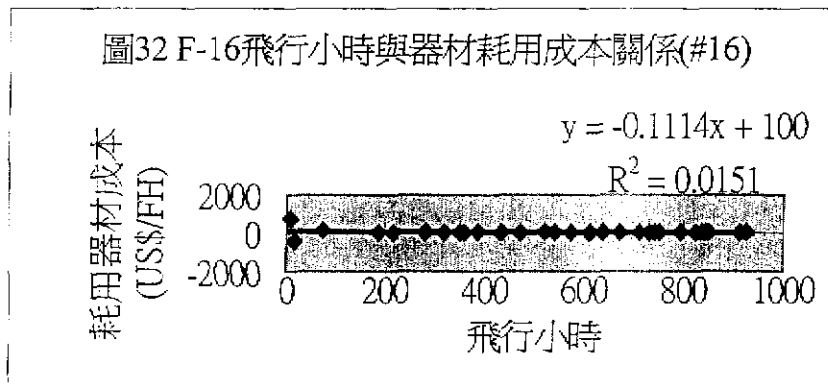
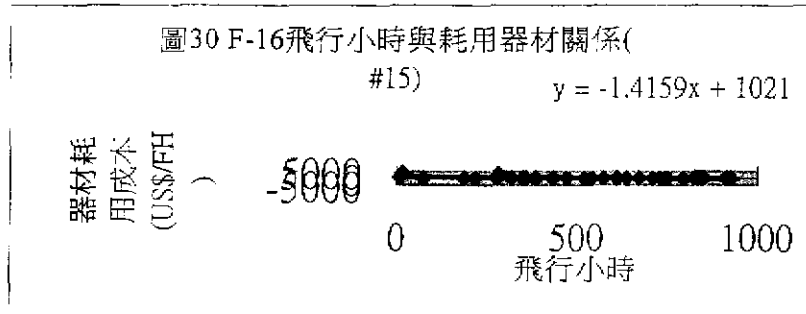


圖36 F-16飛行小時與單位器材成本之關係(#29)

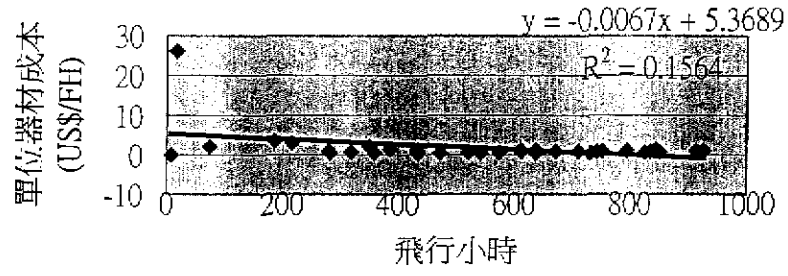


圖38 F-16飛行小時與單位器材成本之關係(#30)

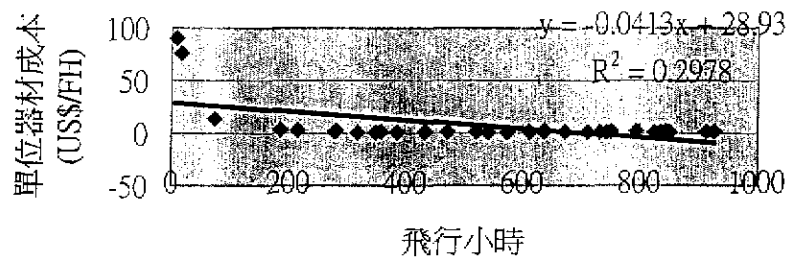
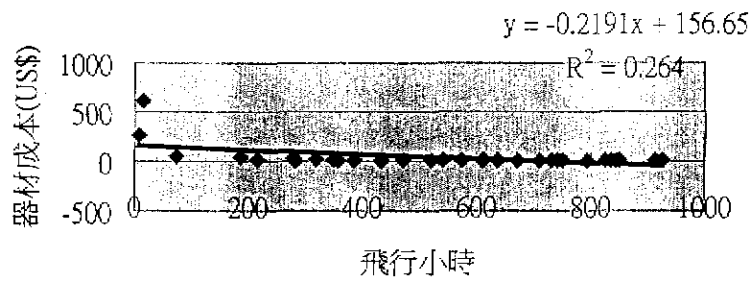
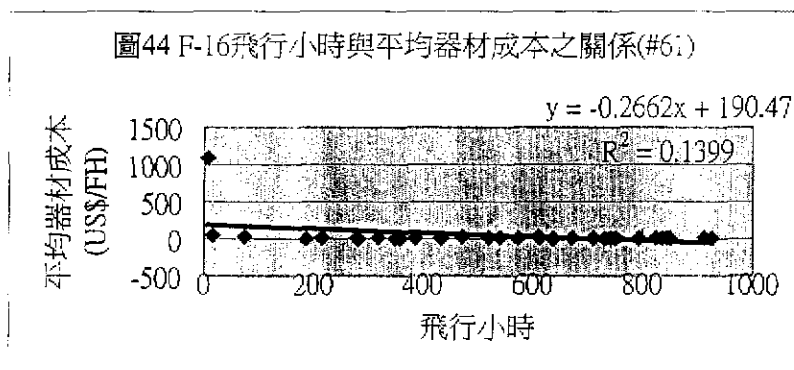
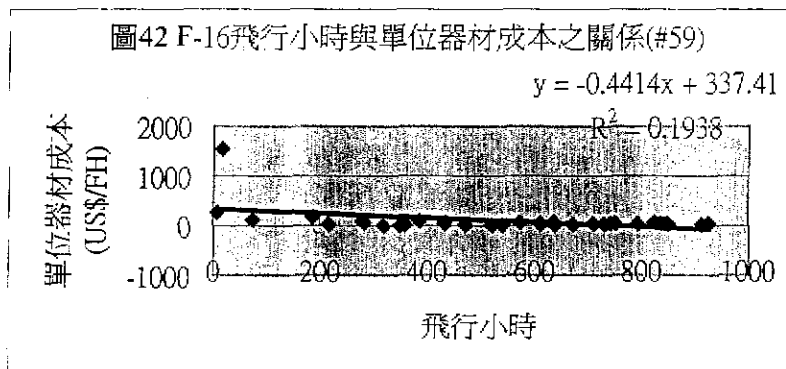
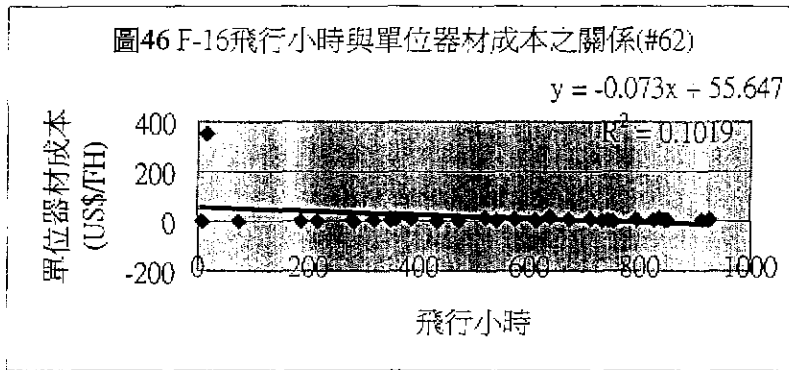


圖 40 F-16飛行小時與單位器材成本之關係(#53)





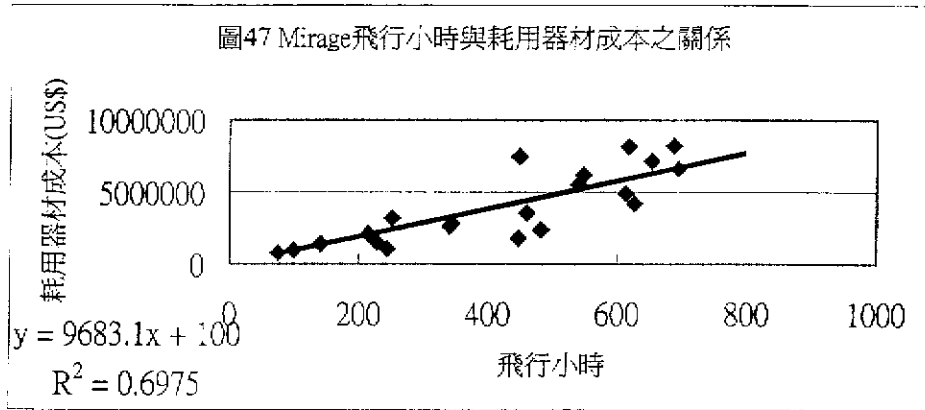
## MIRAGE-2000 戰機耗用器材成本分析

### A、 器材總耗用成本分析

#### (A) 器材總耗用成本之關係

$$Y=9683.1X+100\cdots$$

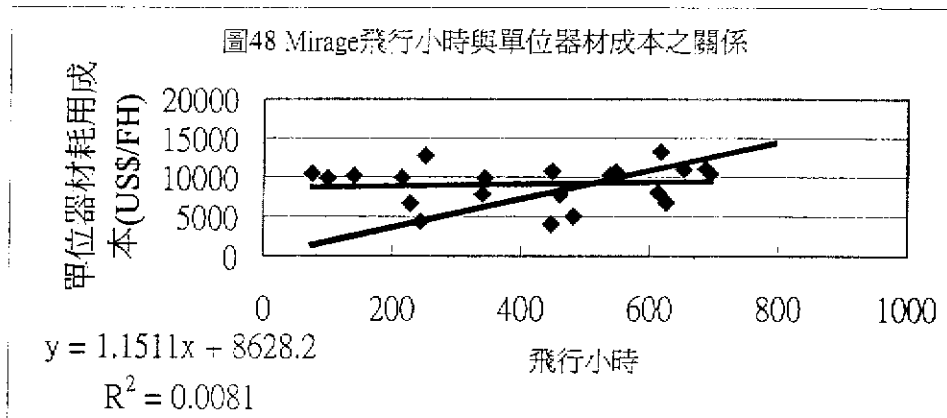
詳如表八及圖 47



(B) 平均每小時之耗用器材成本

$$Y=1.1511X+8628.2$$

詳如表八及圖 48



表八 Mirage-2000 戰機部屬服役初期之器材耗用成本分析彙總表

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時總器材成本之關係 FH. Tol Cost	$y = 9683.1x + 100$	0.6975
2	每飛行小時所需之器材成本 Cost / FH	$y = 1.1511x + 8628.2$	0.0081

[註 1] a. 公式說明：y 為器材成本，單位為美元

b. 括弧內的公式，表示修正後所得的結果

[註 2] 括弧內的資料，表示修正後所得的結果

若以 86/5-89/5 之資料分析，MIRAGE-2000 每飛行小時之耗用器材成本為 9111.19(US\$/FH)，請參考表九。

表九、86/5-89/5 MIRAGE-2000 每飛行小時之器材平均耗用成本分析

總飛行小時 (FH)	器材總耗用成本 (US\$)	US(\$/FH)
15480.85	141048999	9111.19

B、分類器材耗用成本分析

(A) 分類器材耗用成本分析

15、16、28、29、30、53、59、61、62 等九個分類

器材之總耗用成本，詳如表十所列(及圖 49、51、53、

55、57、59、61、63、65)



圖49 MirageMCost(#15)

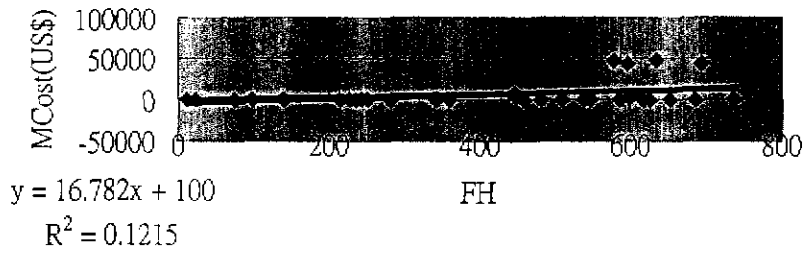


圖51 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#16)

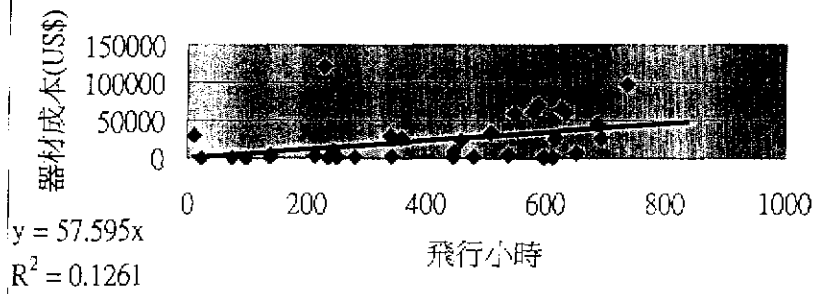


圖53 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#28)

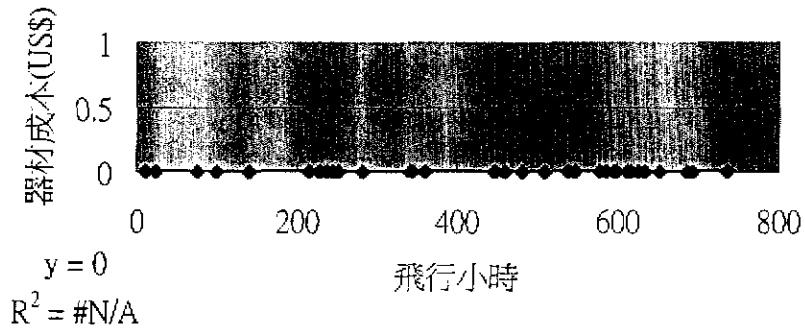


圖 55 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#29)

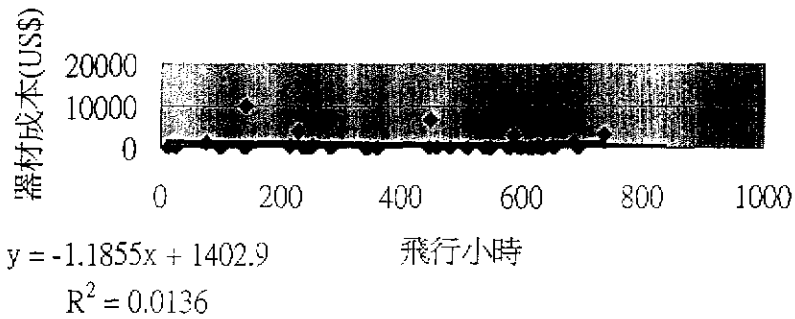


圖57 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#30)

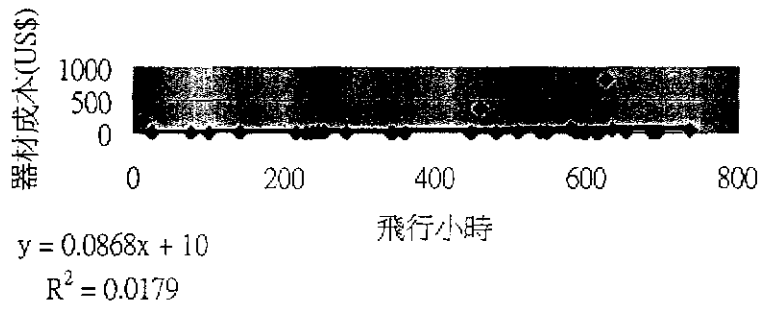


圖59 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#53)

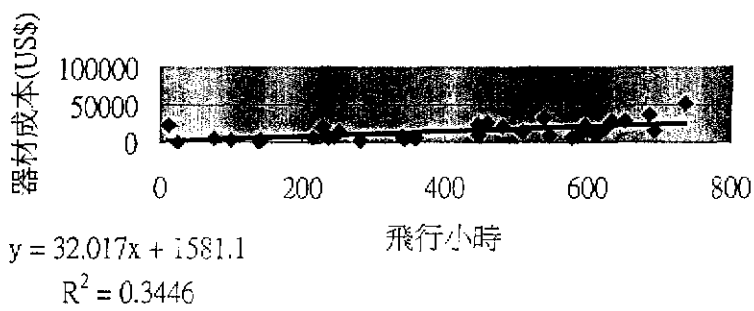


圖61 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#59)

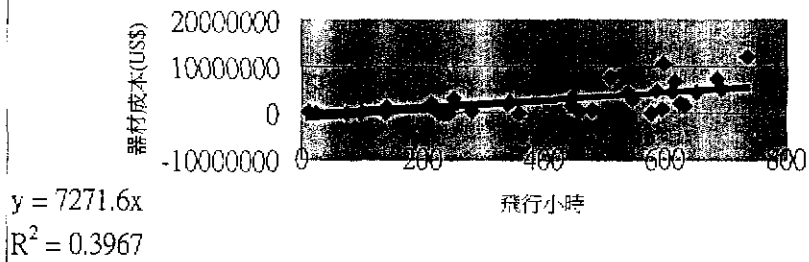
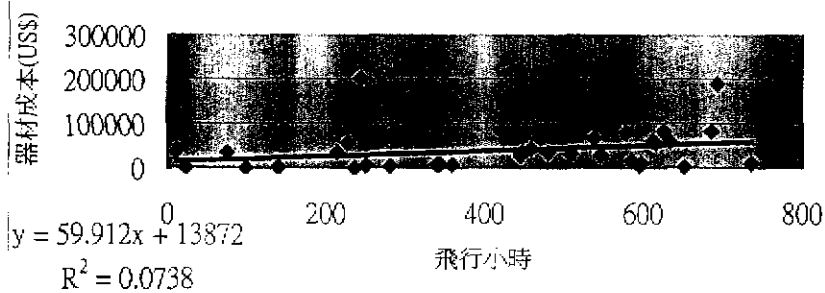
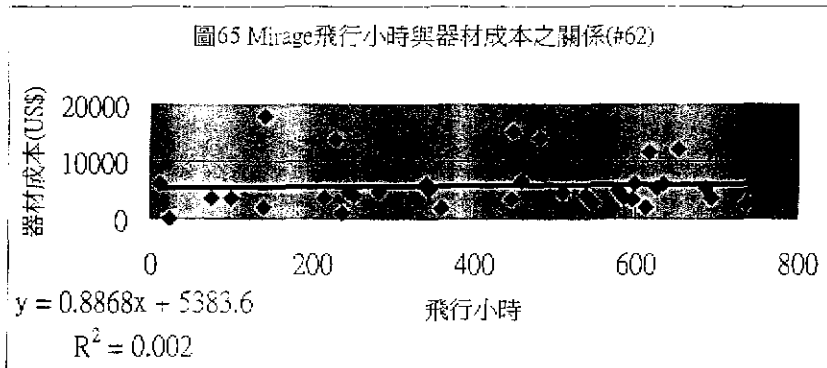


圖63 Mirage飛行小時與器材成本之關係(#61)





(B)分類器材平均每飛行小時之耗用成本

15、16、28、29、30、53、59、61、62 等九個分類

器材之總耗用成本，詳如表十所列(及圖 50、52、54、

56、58、60、62、64、66)

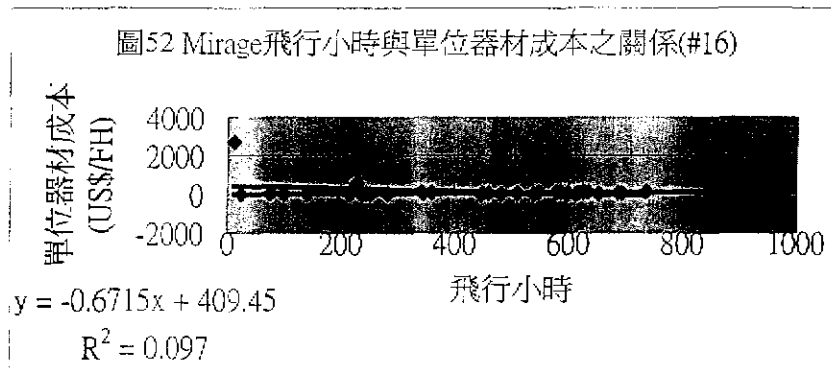
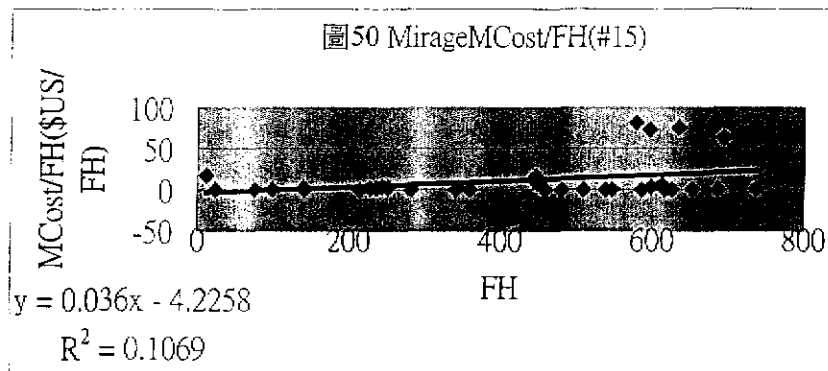


圖54 Mirage飛行小時與單位器材成本之關係(#28)

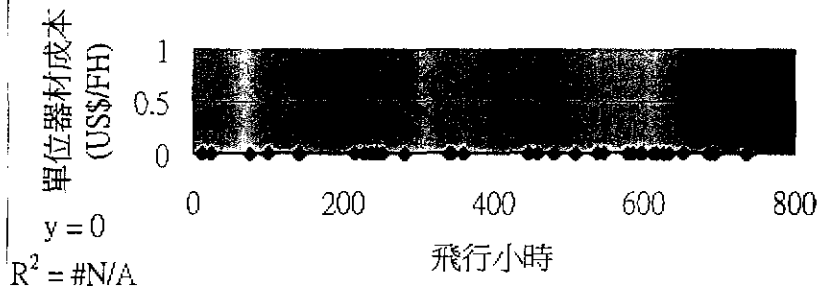


圖56 Mirage飛行小時與單位成本之關係(#29)

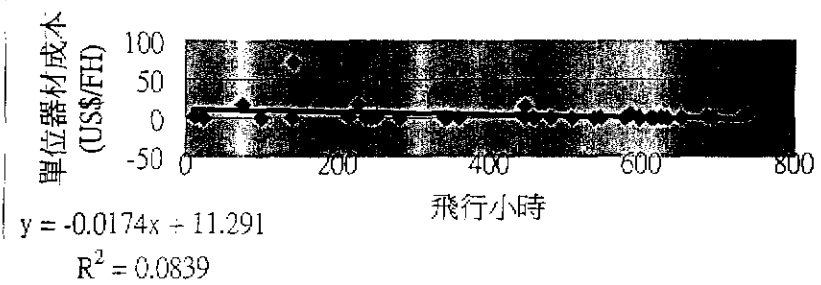


圖58 Mirage飛行小時與單位器材成本之關係(#30)

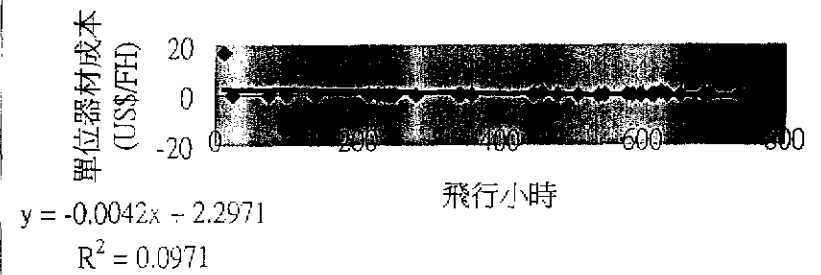
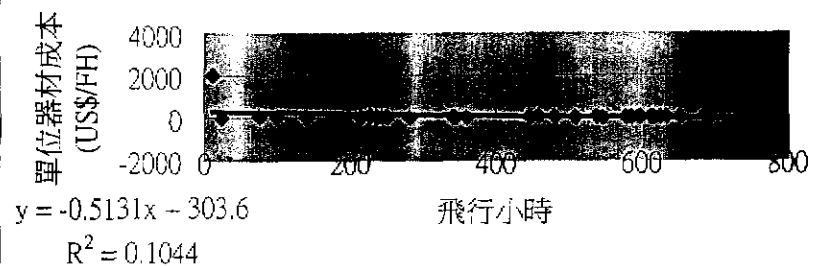
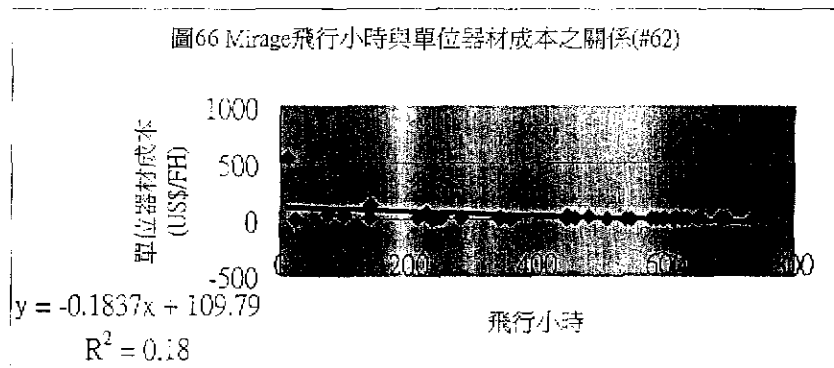
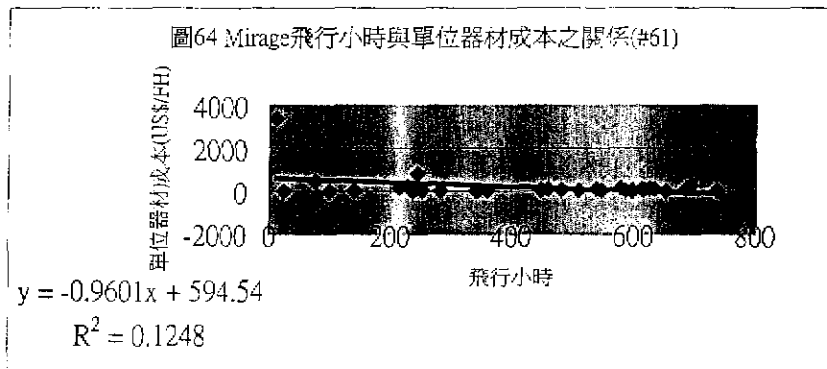
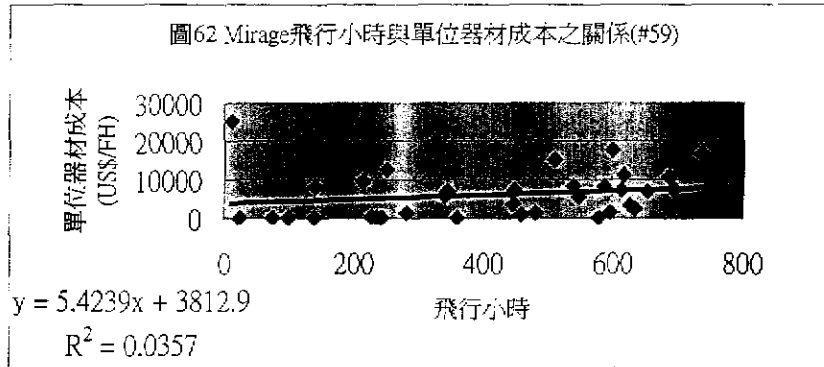


圖60 Mirage飛行小時與單位器材成本關係(#53)





表十 Mirage-2000 戰機部屬服役初期之分類器材耗用成本分析彙

整表

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與 15 類器材耗用成本之關係 FH. #15 Tol Cost	$y = 33.962x + 100$ ( $y^1 = 26.346x + 100$ )	0.4182 (0.6182)

2	每飛行小時所需之 15 類 器材耗用成本 *15Cost / FH	$y = 0.036x + -4.2258$ ( $y' = 0.0183x + 5$ )	0.1069 (0.0743)
3	飛行小時與 16 類器材耗 用成本之關係 FH. *16 Tol Cost	$y = 62.461x + 5$ ( $y' = 72.872x + 5$ )	0.402 (0.6394)
4	每飛行小時所需之 16 類 器材耗用成本 *16Cost / FH	$y = 0.1325x + 3$	-0.0739
5	飛行小時與 28 類器材耗 用成本之關係 FH. *28 Tol Cost	$y = 0$	NA
6	每飛行小時所需之 28 類 器材耗用成本 *28Cost / FH	$y = 0$	NA
7	飛行小時與 29 類器材耗 用成本之關係 FH. *29 Tol Cost	$y = 1.6975x + 225.6$ ( $y' = 2.2238x + 25$ )	0.1026 (0.6101)
8	每飛行小時所需之 29 類 器材耗用成本 *29Cost / FH	$y = -0.0053x + 4.9843$ ( $y' = -0.0009x + 2.6825$ )	0.0536 (0.0048)
9	飛行小時與 30 類器材耗 用成本之關係 FH. *30 Tol Cost	$y = 0.2272x + 10$ ( $y' = 0.3092x + 10$ )	0.2352 (0.616)
10	每飛行小時所需之 30 類 器材耗用成本 *30Cost / FH	$y = -0.0038x + 2.2225$ ( $y' = -0.3092x + 10$ )	0.0818 (0.0947)
11	飛行小時與 53 類器材耗 用成本之關係 FH. *53 Tol Cost	$y = 32.017x + 1581.1$ ( $y' = 31.062x + 2786.7$ )	0.3446 (0.6076)
12	每飛行小時所需之 53 類 器材耗用成本 *53Cost / FH	$y = -0.5131x + 303.6$ ( $y' = -0.5132x + 305.6$ )	0.1044 (0.1048)
13	飛行小時與 59 類器材耗 用成本之關係 FH. *59 Tol Cost	$y = 8277.3x + 500$	0.5243
14	每飛行小時所需之 59 類	$y = 7.9052x + 3397.7$	0.0794

	器材耗用成本 #59Cost / FH		
15	飛行小時與 61 類器材耗 用成本之關係 FH. #61 Tol Cost	$y = 90.11x + 703.4$ ( $y^1 = 92.963x + 2671.1$ )	0.2336 (0.6193)
16	每飛行小時所需之 61 類 器材耗用成本 #61Cost / FH	$y = -0.8859x + 554.1$ ( $y^1 = -0.8816x + 559.47$ )	0.1102 (0.1113)
17	飛行小時與 62 類器材耗 用成本之關係 FH. #62 Tol Cost	$y = 11.421x + 100$ ( $y^1 = 10.441x + 100$ )	-0.1606 (0.6153)
18	每飛行小時所需之 62 類 器材耗用成本 #62Cost / FH	$y = -0.1672x + 100.65$ ( $y^1 = -0.0238x + 23.826$ )	0.1543 (0.3048)

## 2. 維修資料分析

### (1) IDF 戰機之維修資料分析

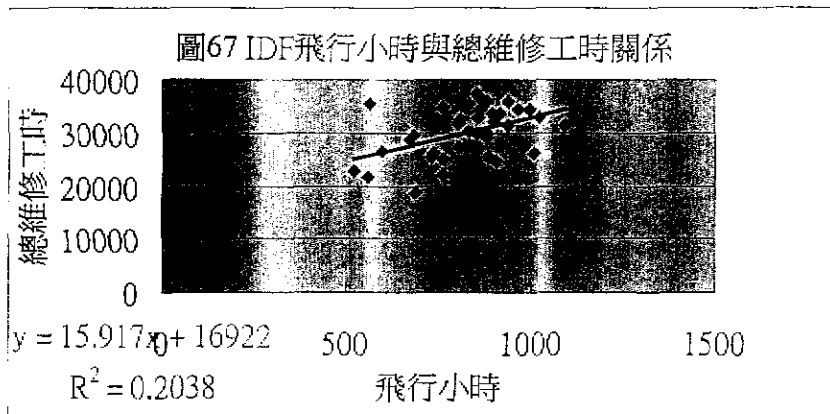
#### A、全機維修工時(引擎維修除外)之分析

##### (A) 飛行小時與維修工時之關係

IDF 戰機之維修工時與飛行小時之關係為

$$Y = 24.772X + 10.646$$

詳如表十一及圖 67

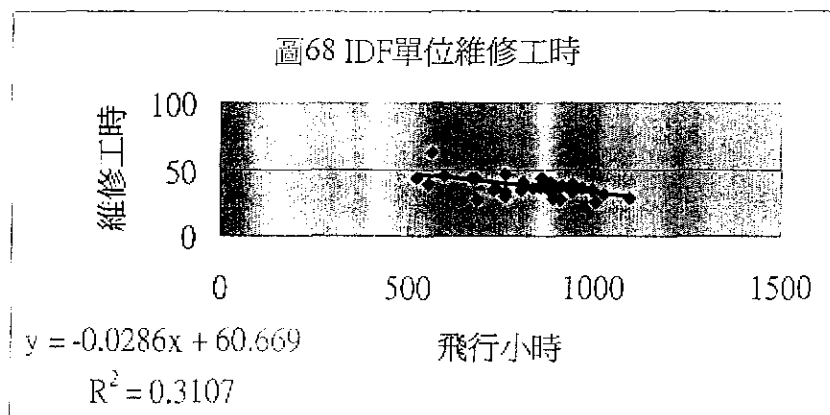


(B) 每飛行小時所需之維修工時

IDF 戰機每飛行小時所需維修工時之關係為

$$Y = -0.0286X + 60.669$$

詳如表十一及圖 68



以 86/1-88/12 之資料分析，IDF 每飛行小時所需之平均維

修工時為 36.46MMH/FH。

B、引擎維修工時之分析

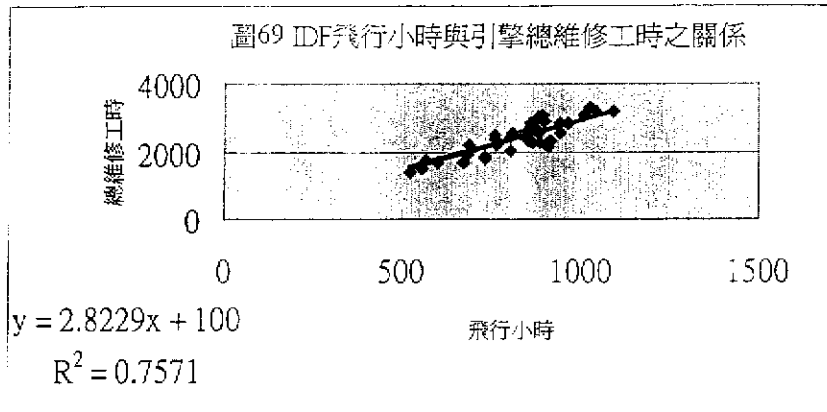


(A) 飛行小時與引擎維修工時之關係

IDF 戰機之飛行與引擎維修工時之關係為

$$Y=1.7606X+1000$$

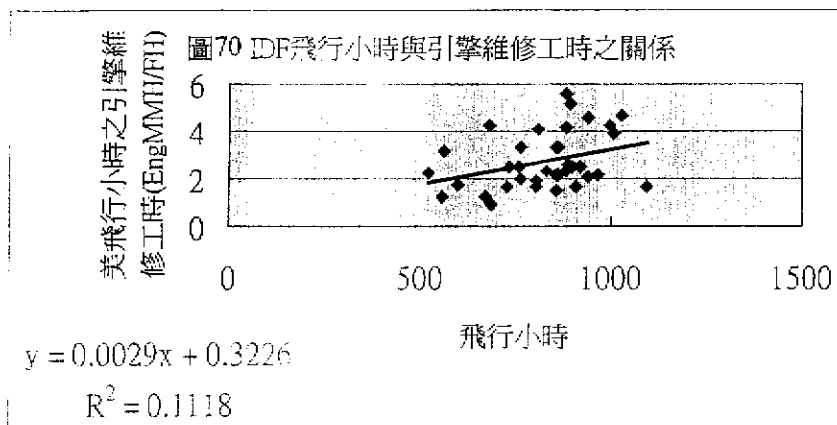
詳如表十一及圖 69



(B) 每飛行小時所需之引擎維修工時

$$Y=0.0029X+0.3226$$

詳如表十一及圖 70



表十一 IDF 戰機部屬服役初期之維修資料分析結果彙整表

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與總維修工時之關係 MMH. FH	$y = 15.917x + 16,922$ ( $y^1 = 24.772x + 10,646$ )	0.2038 (0.6381)
2	每飛行小時所需之維修工時 MMH / FH	$y = -0.0286x + 60.669$	0.3107
3	飛行小時與引擎總維修工時之關係 Eng. MMH. FH	$y = 2.7512x + 100$ ( $y^1 = 1.7606x + 1,000$ )	0.2572
4	每飛行小時所需之引擎維修工時 Eng. MM / FH	$y = 0.0029x + 0.3226$	0.1118

以 86/1~88/12 之資料分析，IDF 每飛行小時所需之引擎平均維修工時為 2.93MMH/FH。

(2) F-16 戰機之維修資料分析

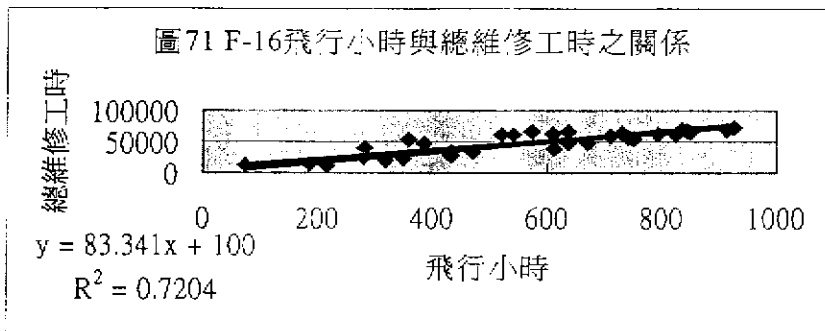
A、全機維修工時(引擎維修除外)之分析

(A) 飛行小時與維修工時之關係

IDF 戰機之飛行小時與總維修工時之關係為

$$Y = 83.341X + 100$$

詳如表十二及圖 71

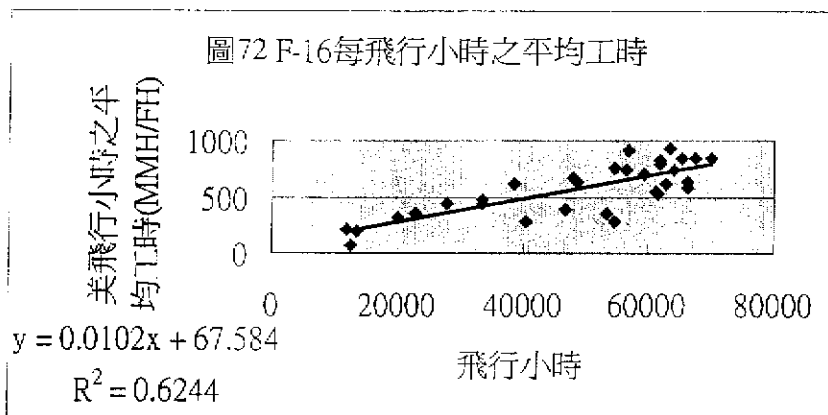


(B) 每飛行小時所需之維修工時

IDF 戰機每飛行小時所需維修工時之關係為

$$Y = 0.0102X + 67.584$$

詳如表十二及圖 72



以 86/1~88/12 之資料分析，F-16 每飛行小時之平均維修工

時為 86.55MMH/FH。

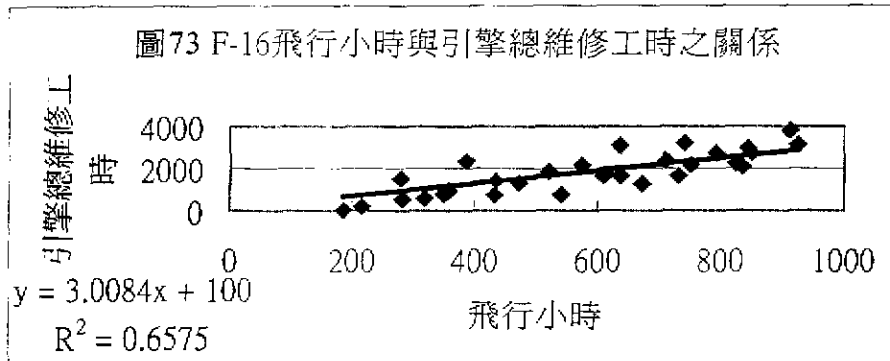
B、引擎維修工時之分析

(A) 飛行小時與引擎維修工時之關係

IDF 戰機之飛行小時與總維修工時之關係為

$$Y=3.0084X+100$$

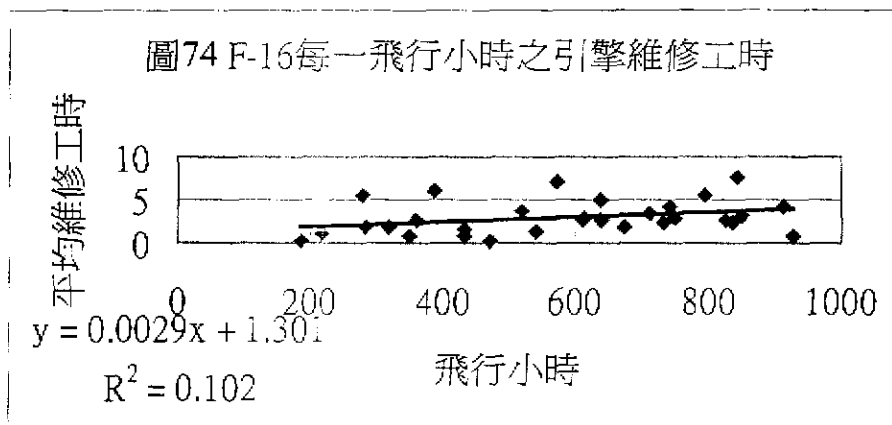
詳如表十二及圖 73



(B) 每飛行小時所需之引擎維修工時

$$Y=0.0029X+1.301$$

詳如表十二及圖 74



表十二 F-16 戰機部屬服役初期之維修資料分析彙整結果

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與維修工時之關係 MMH. FH	$y = 61.026x + 14,115$ ( $y^1 = 83.341x + 100$ )	0.6244 (0.7204)
2	飛行小時所需之維修工時 MMH / FH	$y = 0.0102x + 67.584$	0.6244
3	飛行小時與引擎維修工時之關係 Eng. MMH. FH	$y = 3.4432x + 100$ ( $y^1 = 3.0084x + 100$ )	0.4697 (0.6575)
4	每飛行小時所需之引擎維修工時 Eng. MM / FH	$y = 0.0029x + 1.301$	0.102

以 86/4~88/12 之資料分析，F-16 每飛行小時之引擎平均維修工時為 3.18MMH/FH。

### (3) MIRAGE-2000 戰機之維修資料分析

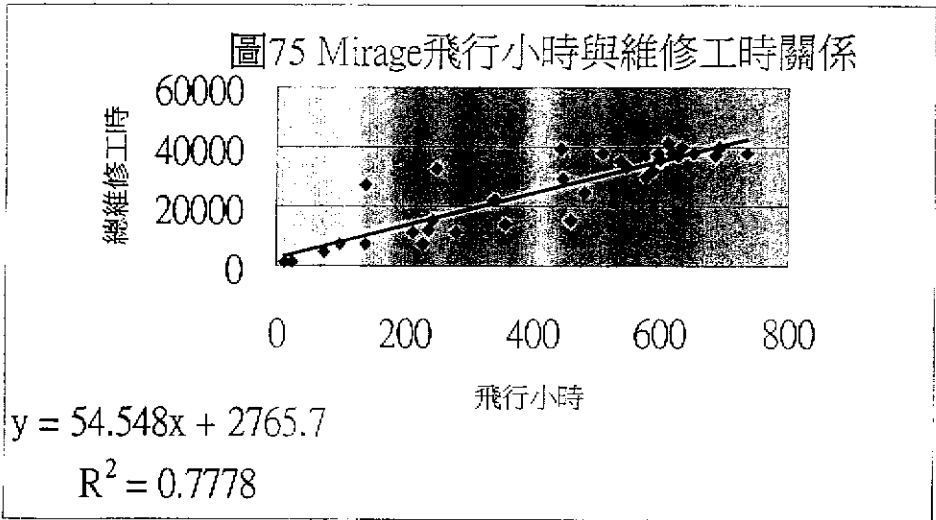
#### A、全機維修工時(引擎維修除外)之分析

##### (A) 每飛行小時所需之引擎維修工時

MIRAGE-2000 之飛行小時與總維修工時之關係為

$$Y = 54.548X + 2765.7$$

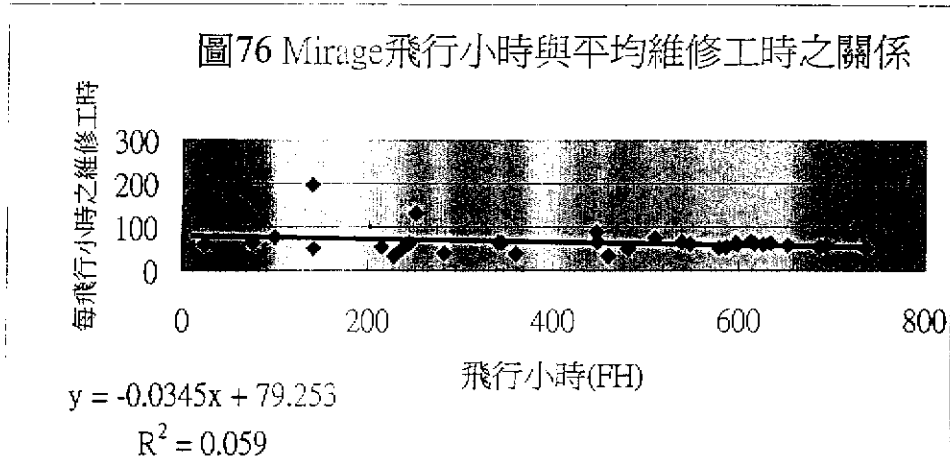
詳如表十三及圖 75



(B) 每飛行小時所需之引擎維修工時

$$Y = -0.0345X + 79.253$$

詳如表十三及圖 76



以 86/5~88/5 之資料分析，MIRAGE-2000 每飛行小時之平均

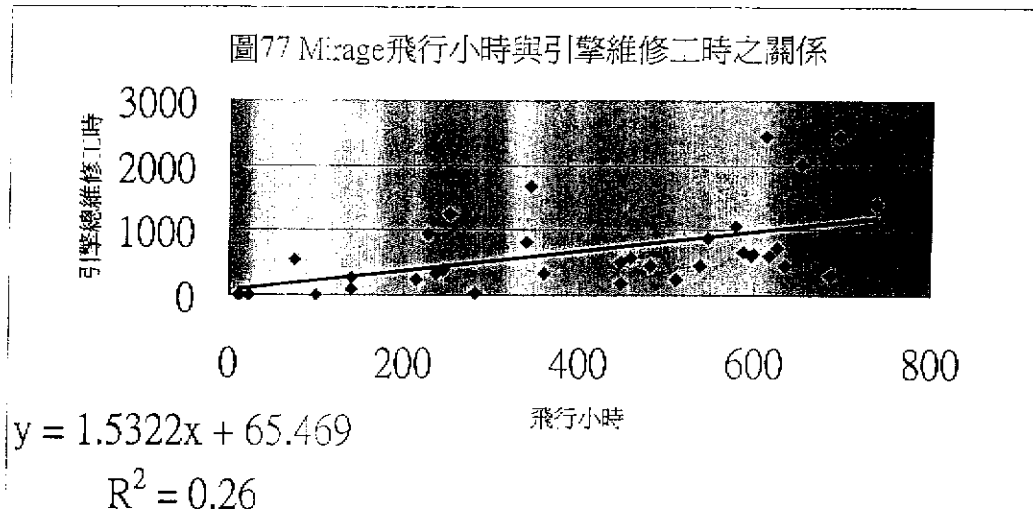
維修工時為 61.25MMH/FH。

B、引擎維修工時之分析

(A) 飛行小時與引擎維修工時之關係

$$Y=1.6279X+2.0095$$

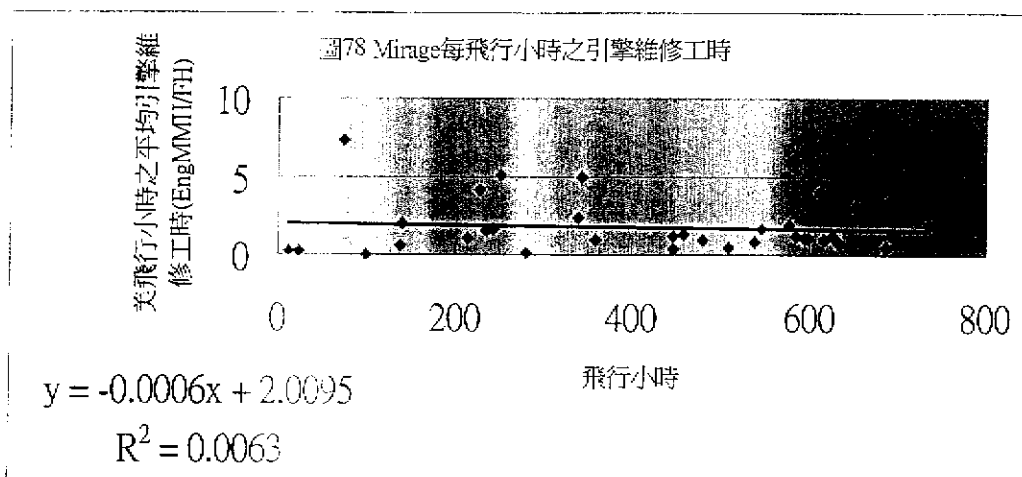
詳如表十三及圖 77



(B) 每飛行小時所需之引擎維修工時

$$Y=-0.0006X+2.0095$$

詳如表十三及圖 78



以 86/5-88/5 之資料分析，MIRAGE-2000 每飛行小時之引擎

平均維修工時為 1.69MMH/FH。

表十三 Mirage-2000 戰機部屬服役初期之維修資料分析結果彙整表

項次	資料名稱	回歸方程式	R <sup>2</sup> 值
1	飛行小時與維修工時之關係 MMH. FH	$y = 54.548x + 2765.7$	0.7778
2	每飛行小時所需之維修工時 MMH / FH	$y = -0.0345x + 79.253$	0.059
3	飛行小時與引擎維修工時之關係 Eng. MMH. FH	$y = 1.6279x + 57.853$	0.6012
4	每飛行小時所需之引擎維修工時 Eng. MM / FH	$y = -0.0006x + 20.95$	0.0063

### 3. 綜合分析

由 LIMS 系統蒐集得到的資料分析，得到成本與維修的資料綜合比

較如後：

#### (1) 成本資料綜合比較：

IDF、F-16、MIRAGE-2000 在部署服役初期，器材耗用成本上的比

較如表十四；因此，從成本面來觀察 MIRAGE-2000 的成本最高，

其次為 F-16，成本最低者為 IDF。

空軍新一代戰機部署服役初期之平均飛行成本



	IDF	F-16	MIRAGE-2000
每飛行小時之平均器材耗用成本(US\$/F)	329.85	796.12	9111.19

(2) 維修資料綜合比較：

IDF、F-16、MIRAGE-2000 在部署服役初期，每飛行小時所需之平均全機維修工時、引擎維修工時，比較如表十五；因此，從維修資料來觀察，平均引擎維修工時，以 F-16 最高，IDF 次之，MIRAGE-2000 最低。凡此，均反應出三個系統不同的維護度與進手性問題，但要考量 IDF 為雙引擎，F-16、MIRAGE-2000 則為單引擎。

	IDF	F-16	MIRAGE-2000
每飛行小時之平均全機維修工時(MMH/FH)	34.46	86.55	61.25
每飛行小時之平均引擎維修工時(MMH/FH)	2.93	3.18	1.69

## 伍、結論與建議

### 一、結論

由前述的分析，本研究得到下列四項結論

- (1) 在每飛行小時所耗用之平均器材成本方面，以 MIRAGE-2000 之成本最高，其次為 F-16，IDF 最低；分別為 9111.19US\$/FM，796.12US\$/FM，及 329.85US\$/FM。
- (2) 在維修資料之比較上，每飛行小時所需之平均全機維修工時，以 F-16 最高，MIRAGE-2000 次之，IDF 最低；分別為 86.55MMH/FH、61.25MMH/FH 及 34.46MMH/FH。每飛行小時所需之平均引擎維修工時以 F-16 最高，其次為 IDF，MIRAGE-2000 最低，分別是 3.18MMH/FH、2.93MMH/FH、1.69MMH/FH；但必需考慮 IDF 為雙引擎戰機，F-16 及 MIRAGE-2000 則為單引擎戰機。
- (3) 以目前三個戰機系統部署服役初期的資料分析，在分項器材成本上，15、29、59、61 類器材佔耗用器材成本之主要部份，但 15、16、29 等類會隨著系統服役累計時數增加之後，因達器材(或組件)更換年限，會有增加趨勢，宜持續觀察。
- (4) 由 LIMS 系統得到的資料顯示出 MMS 系統的資料較具參考

性，SMS 系統的資料較不具參考性的原因，在於本研究以 BS1(撥發)與 BS2(補欠發)的方式擷取資料，所以有需求與撥補行動不同步的情況，必須藉著資料的進一步調控，才能得到較佳的分析結果。

## 二、建議

由前述的分析，本研究有下列三個建議：

- (1) 本研究係以 IDF、F-16、MIRAGE-2000 三個戰機系統部署服役前二年的資料為基礎所作的分析，此種分析結果具有相當的參考性，建議將此模式設計於 LIMS 系統中，爾後每半年參考本研究模式更新資料作例行性的處理，以得出更精準的趨勢分析。
- (2) 由成本資料與維修資料的分析，顯示出 IDF 的器材成本與維修工時是最低的，其次是 F-16 與 MIRAGE-2000；因此，爾後如何在成本效益與預算限制的原則下符合空軍作戰的需求，妥善的制定此三個戰機系統的任務配比(飛行小時)，因為從資料中顯示 IDF、F-16、MIRAGE-2000 每月每機之平均飛行小時分別為 328FH、625FH、615FH)。
- (3) 從研究中發覺作戰適應性(維護性、支援性)的落實對戰

機系統效能(作戰效益性)的發揮確有幫助，這在空軍新一代戰機系統護得過程中得到驗證，因此，在新一代戰機後續服役的年代中需持續加強，更應紀錄此種經驗，應用於往後的新系統護得管理。

## 陸、參考文獻

### 一、 中文部份

1. 陳文華，「空軍飛機運作壽命週期成本分析模式研究(一)」，國推會委託研究未出版報告，民國八十七年。
2. 許光華、何文榮，「專案管理-理論與實務」，台北，華泰書局，民國八十七年。
3. 許光華，「迴歸分析法在系統/產品壽命週期成本估計上之應用」，空軍學術月刊，264期，民國八十六年。
4. 劉興岳，「國軍二代兵力後勤維持費與武器採購費結構之研究」，國防部後次室委託研究未出版報告，民國八十五年。

### 二、 英文部份

1. AFSC, THE AFSC Cost Estimating Handbook Series-Vol.1,1990.
2. Ahmed, N.U. A Design and Implementation Model for Life Cycle Management System, Information & Management, 28, 1995, p261~p269.
3. Azapagic, and Clife,R.,Life Cycle Assessment and Multiobjective Optimization, Journal of cleaner Production,7,1999,p135~p143.
4. Blanchard, B.S., Logistics Engineering and Management, N.J. Prentice-Hall, Inc, 1992.
5. Butcher, G. and Schroeder, C.,A Model for Addressing Software Volatility in New System Development, Information Sciences, 118,

- 1999, p121~p143.
6. Chang, M. and Lewing, J.D., Using Life Cycle Revenue Loss and Monte Carlo Simulation as Prior and Direct Assessment of Consequences of Un-Wished Events, *Ann. Nucl. Energy*, 25, NO.1-3, 1998, p117~p127.
  7. Chen, C.S. and Wu, T.H., Optimal Distribution Transformer Sizing by Dynamic Programming, *Electrical Power & Energy Systems*, 20, NO.3, 1998, p161~p167.
  8. Fabrycky, W.J. and Blanchard, B.S., *Life-cycle Cost and Economic Analysis*, N.J. Prentice-Hall, Inc. 1991.
  9. Kalonirous, S. *Economic Analysis of Solar Energy Systems Using Spreadsheets*, WREC, 1996, p1303~p1307.
  10. Karyagiona, M., W. and Vlacic, L., Life Cycle Cost Modelling using Marked Point Processes, *Reliability Engineering and Systems Safety*, 59, 1998, p291~298.
  11. Monga, A. and Zuo, M.J., Optionnal System Design Considering Maintenance and Warranty, *computer Op., Res*, 25. NO9. 1998, p691~p705.
  12. Shtub, A. and versnvo, R., Estimating the Cost of Steel Pipe Bending, a Comparison Between Neural Networks and Regression Analysis, *International Journal of Production Economics*, 62, 1999, p201~p207.
  13. Woodward, D.G. *Life Cycle Costing-Theory, Information Acquisition and Application*, *International Journal of Project Management*, 15, NO.6, 1997, p335~p344.