

出國報告(出國類別：其他)

# 維護可靠度及成本分析研討會 出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：董欣展 / 檢查員

派赴國家：美國洛杉磯

出國期間：104年9月19日至9月27日

報告日期：104年12月21日

壹、目的.....	2
貳、過程.....	2-3
參、心得.....	4-21
肆、建議事項.....	22

## 壹、目的:

本次研討會課程主要是波音公司針對維護和可靠度計劃之的演變、相關法規要求與規範、維護成本、航空公司營運之經驗及資料收集等項目進行深入說明及討論，使參訓人員對維護可靠度計畫及成本分析之發展有全面性認識，除有助於航空公司維護計畫管制人員規劃並執行各式機型之維護計畫外，亦可藉本研討會課程了解原製造廠於資料收集及研擬維護計畫時，所爰用之分析方法及思考邏輯。

深入了解製造廠對可靠度計畫制定之精神，可有利於提升航空業者編訂可靠度管制計畫審查之能力，有助於確保業者再可靠度運作之有效性並滿足維護計畫及航空器適航需求。

## 貳、過程:

一、 本次出國行程 (共計 9 日) 摘要如下

日期	行程
9 月 19 日	桃園—美國洛杉磯 (航路檢查)
9 月 20 日	Reception and Pre-Registration
9 月 21 日	Evolution of Maintenance and Reliability Programs. Reliability Regulatory Requirements. Organization and Performance Standards. Extended Operation Maintenance Program (ETOPS).
9 月 22 日	Data Collection System. Data Display & Reports. Data analysis & Correction Action. Developing a Component Reliability Program.
9 月 23 日	Powerplant Reliability. Structures Reliability. Schedule Reliability. Maintenance Program Interval Adjustments.

9 月 24 日	Airline Maintenance Costs. Task Optimization and Risk Maintenance. Reliability Mapping- Charting the Way from Surveillance to Success. Rogue Component - Their Effect and Control.
9 月 25 日	Maintenance Costs and the Value of Reliability. The Value of Sharing Reliability Data — In-Service Data Management.
9 月 26-27 日	美國洛杉磯—桃園 (航路檢查)

## 二、駕駛艙航路查核:

### (一)去程

104 年 9 月 19 日執行長榮航空公司 BR-12 桃園-美國洛杉磯國際航線駕駛艙航路檢查，該班次機長正駕駛邱○然，巡航正駕駛蔡○杰，副駕駛陳○宇，客艙長張○騫及另十五位客艙組員；飛航前各項資料提供完整，飛航前艙組員逐項檢查及確認證照齊全，前後艙組員聯合提示後，依程序執行各項安全檢查與準備工作，後艙組員與前艙協調良好，操作正常。

### (二)返程

104 年 9 月 27 日執行長榮航空公司 BR-15 美國洛杉磯-桃園航線客艙航路檢查，檢查組員及飛機各項證照均在有效期限內，該班次機長正駕駛趙○隆，巡航正駕駛 Ritchie, Maurice John，副駕駛劉○榮，客艙長袁○敏及另十五位客艙組員。組員任務提示完整、各項檢查均依規定實施；後艙組員與前艙協調良好，依程序執行各項安全檢查與準備工作，檢視後艙裝備含心臟電擊器及醫療包等均在效期內，由桃園機場 05R 跑道落地，後艙組員間工作協調合符要求。

## 參、心得:

### 一、維護可靠度計畫之演變



1960-80 年代起逐步發展出由下而上分析的 MSG-1 / MSG-2 及由上而下分析的 MSG-3(附圖 1)等三種維護決策邏輯。波音於 1969 年應用 MSG-1 理念來研發 747 飛機，以數據分析、決定性之邏輯圖及維護成本之節省做為考量。經綜其資料後，波音就 DC-8 與 747 兩種飛機維修為例，當飛行時數至 20,000 小時比較，DC-8 維修之人力需高達 400 萬工時，但以 MSG-1 理念之維修之 747 則只需 66,000 工時。

但委員會(MRB)發現 MSG-1 用於發動機或飛機某些系統上是無法攔截/防範到問題，即修訂 MSG-1 架構並於 1971 年發展 MSG-2 維修理念，並應用於 DC-10 飛機之研發，其訂定維護計畫理念演變成「視情況維護理念」(On Condition)，使所有飛機普遍的使用此概念，運用”最大的安全性”與”可靠性”之邏輯判斷盡可能降低成本。並將所有計劃的維護工作被劃分成三個維修流程:

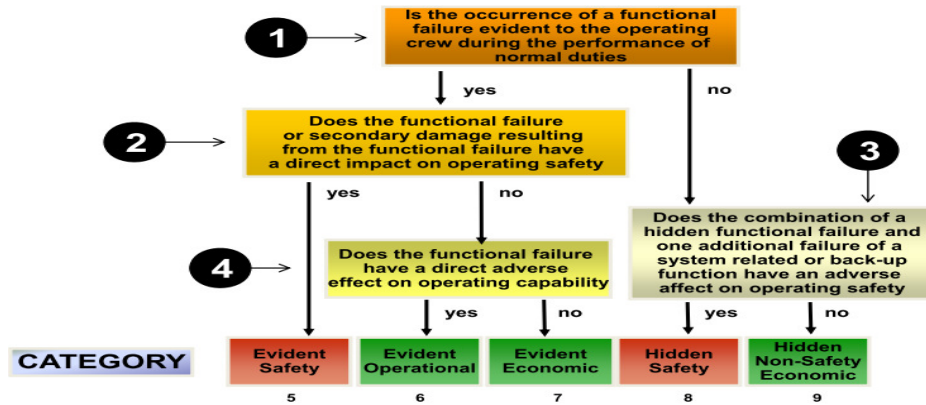
- (一).定時更換(Hard Time).
- (二).視情況(On Condition) .
- (三).情況監控(Condition Monitoring)

MSG-2 做為維護之可靠度於風險上還是無法滿足，故委員會(MRB) 於 1983 年再研發出 MSG-3 概念(附圖 2、3)，以系統為主要分析對象，在成本上與人力負擔上，可優於現階段組件制定維護計畫的方式。將預防維護工作區分為系統設備、結構與區域檢查三種(附圖 4)，經民航主管機關以 MRB Report 發布為該機型最低維護要求，再由製造廠家再加以補充後，以維護計畫資料/文件 (Maintenance Planning Document /Data, MPD) 之方式，提供航空器使用人編訂機型維護計畫 (Aircraft Maintenance Program, AMP)。

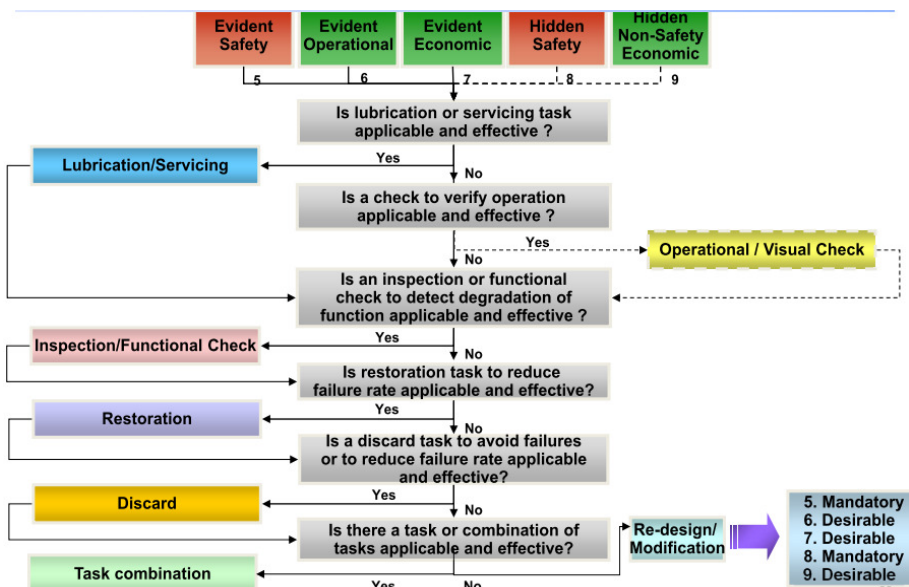
目前 MSG-3 已為第四代之理念其歷史演變如附圖 5 所示，MRB 仍不斷繼續研發更有益於維護可靠度來補充現行之不足。

MSG-2	MSG-3
<b>Analysis</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>System</li> <li>Structures</li> </ul>	<b>Analysis</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>System</li> <li>Structures</li> <li>Zonal</li> <li>Enhanced Zonal Analysis Procedure (EZAP)</li> </ul>
<b>Bottoms up Approach</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Airplane</li> <li>System</li> <li>Part Number</li> <li>Component Serial No.</li> </ul>	<b>Top Down Approach</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Airplane</li> <li>System</li> <li>Part Number</li> <li>Component Serial No.</li> </ul>
<b>Process Oriented System Analysis</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hard Time (HT)</li> <li>On-condition (OC)</li> <li>Condition Monitoring (CM)</li> </ul>	<b>Task Oriented System Analysis</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lubrication/Serviceing (LUB/SVC)</li> <li>Operational/Visual Check (OPC/VCK)</li> <li>Inspection/Functional Check (GVI/DVI/FNC)</li> <li>Restoration (RST)</li> <li>Discard (DIS)</li> </ul>
Analysis at the lowest manageable level	Analysis at the highest manageable level

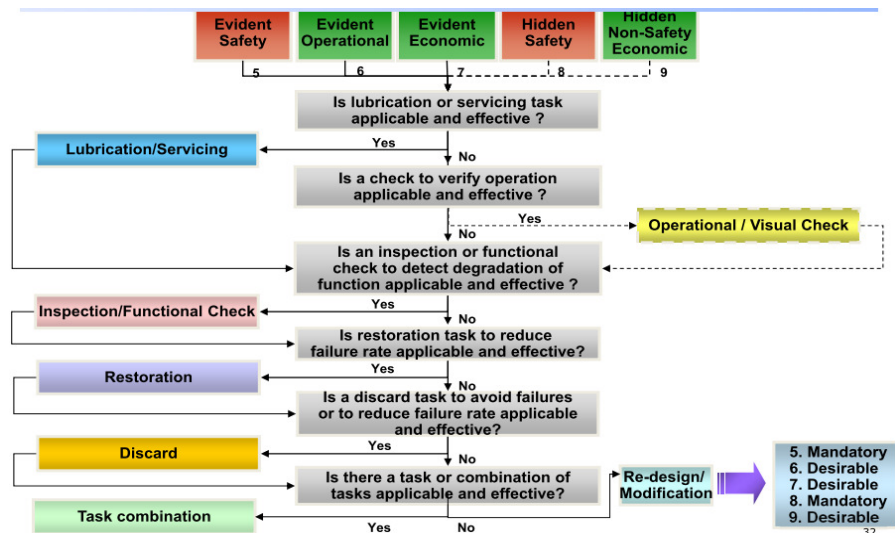
附圖 1、MSG-2 由下而上分析及 MSG-3 由上而下分析



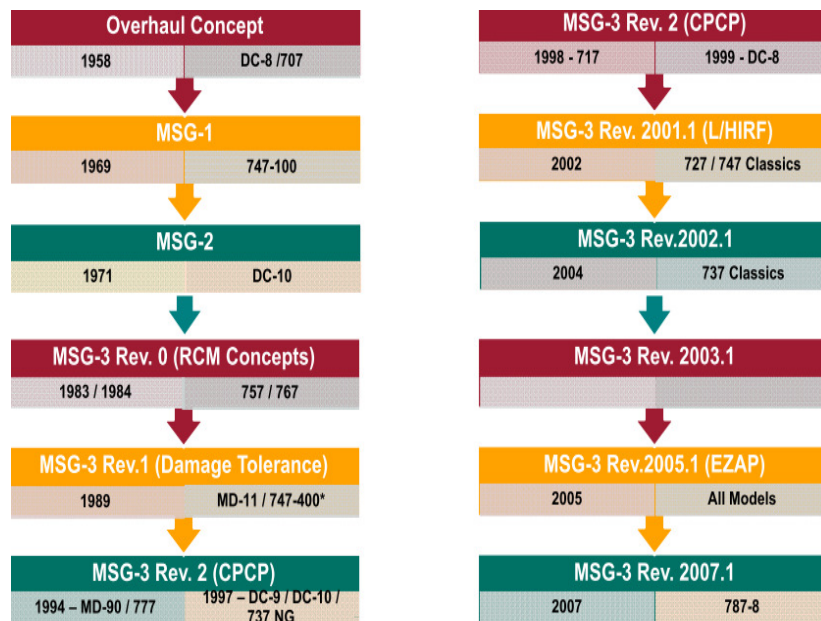
附圖 2、系統流程與分類



附圖 3、系統流程與分類



附圖 4、預防維護工作區分為八項檢查方式



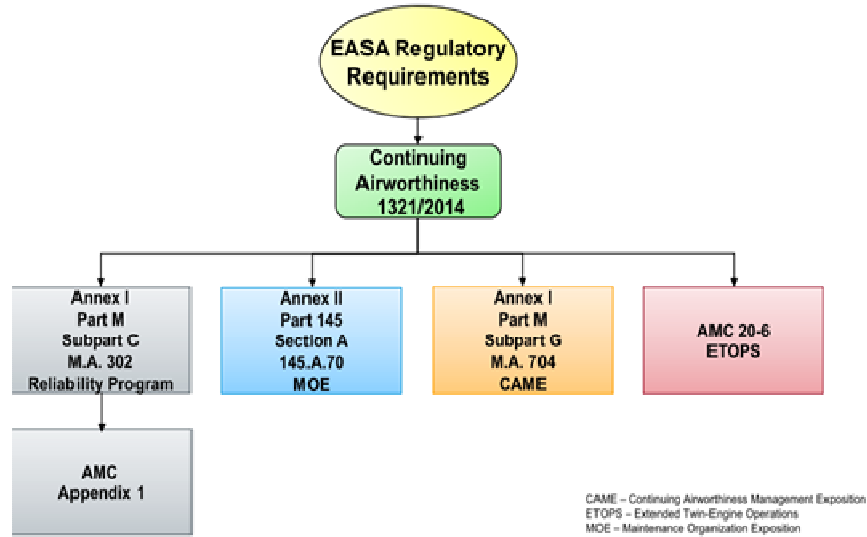
附圖 5、MSG-1-MSG-2-MSG-3 之歷史演變

## 二、可靠度規範之要求

(一).EASA - Annex 1, Part M, Section A subpart C, M.A.302 維護計劃 (附圖 6)：維護計劃應當包含所有細節，包括維護頻率，所有維護之執行包含任何特定之工作與特定之操作。該計劃必須包括可靠度計劃做

為維護計畫之基礎：

- 在維護指導組(MSG)的邏輯。
- 主要的視情況狀態監控。



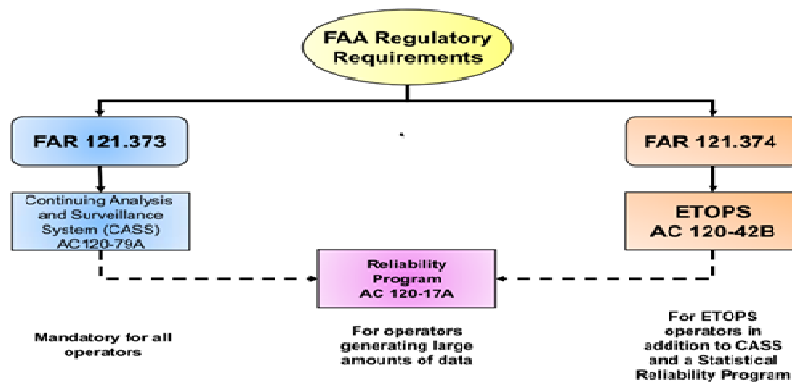
附圖 6、EASA 法規規範

(二).FAA 法規規範要求(附圖 7):

1. FAR 121.373，AC120-79A 持續統計和監控系統

(Continuing Analysis and Surveillance System，CASS)。AC 120-17A Reliability Program。

2). FAR 121.374，AC 120-42B ETOPS。AC 120-17A 可靠度計畫(Reliability Program)。



附圖 7、FAA 法規規範

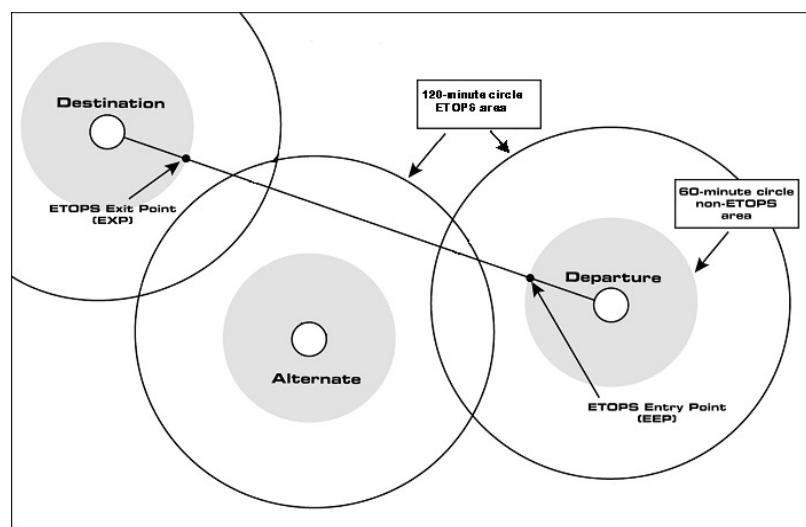
我國民航法規「航空器飛航作業管理規則」第 151 條規定民航運輸業



需訂定維護計畫，據以執行各種維護工作。

### 三、雙渦輪發動機航空器延展航程作業 (ETOPS)

**定義：**雙渦輪發動機之飛機延展航程作業門檻時間：於航路中之任一航點轉降至其適當航路備用機場，不得超過以單發動機失效之正常巡航速度及靜風狀況下飛航六十分鐘之距離，雙發動機之飛機 ETOPS 作業之門檻時間訂為六十分鐘。ETOPS 航路之進入點(Entry Point)如附圖 8 所示：



附圖 8、ETOPS 航路之進入點

#### ETOPS 理念和背景:

- ETOPS 概念已成功應用十餘年，現在已廣泛使用，在美國北大西洋航線之美籍航空公司使用 ETOPS 構型航空器，飛航 ETOPS 航路之架數，已多於使用 3 或 4 個發動機之航空器，此一情況說明航空器、發動機、系統、APU 在適航性之可靠度越來越高，新飛機研發之製造廠家及有 ETOPS 作業經驗之業者，因此提出減少使用經驗加速 ETOPS 作業核准之議題，並不斷展現其適航性所維持高可靠度之能力，故美國 FAA、歐洲共同組織體 EASA 分別編訂指引供航空公司有所遵循。
- 基於此概念之動力系統(Propulsion System)經設計及測試驗證，確保其空中關車率及飛機系統設計、測試，其可靠度在可接受程度；因此製造廠家之航空器經美國 FAR 25.1535 驗證(或 EASA)，為 ETOPS 航空器構型。例如飛

機設計階段，需考慮貨艙滅火系統能否壓制火勢及防堵之時間等等。因此航空器使用人必須有 ETOPS 維護計畫 (CAMP)以補充基本維護計畫之不足，另為維持航空器、發動機及系統之可靠度，亦必須建立可靠度計畫，監控維持航空器及系統可靠度，並透過 ETOPS 適航簽放人員以人為因素考量，設計雙重維修(Dual Maintenance)與離站前之維護檢查(PDSC)，確保飛機之適航性，以排除發生轉降情況。

## ETOPS 維護計畫

### (一).ETOPS 維護要求:

ETOPS 之持續適航維護計畫必須包括特殊 ETOPS 需求，作為基本持續適航維護計畫之補充需求，該補充需求含加強維修與訓練作業，確保維持 ETOPS 構型航空器所需性能之可靠度。

### (二). ETOPS 航空器重要系統(Significant System.)：

飛機系統包含推力系統失效或故障將影響 ETOPS 飛航安全，或影響到 ETOPS 轉降之安全飛航與安全落地。ETOPS 飛機為第一類(Group 1)或第二類(Group 2)重要系統。

#### 第一類(Group 1)系統:

具失效安全之特性直接連結冗餘系統與飛機發動機數量成正比。例如:有第二套動力系統－氣源(Pneumatic)/電力(Electrical)。

- 失效或故障會導致空中關車之系統、失去推力控制或喪失動力。例如:發動機控制系統(Engine Control System)/發動機火警偵測系統(Engine Fire Detection Systems)/燃油系統(Fuel Systems)。
- 任何系統動力來源喪失，如一具發動機不能操作，備用系統仍然提供 ETOPS 轉降之安全。例如: 備用發電機(Back-up Generator)/備用系統(Back-up Systems)/輔助發動機發電機(APU Generator)/ 燃油交輸閥(Fuel Cross-Feed Valve)。
- 飛機一具發動機不能操作之高度下，仍必須有長時間飛航能力。例如: 防冰系統(Anti-Icing System)/發動機防冰系統(Engine Anti-Ice System)/氣象雷達(Weather Radar)。

#### 第二類(Group 2)重要系統:

未列於 ETOPS 第一類重要系統者。該系統失效不會導致飛機飛航性能喪失或造成艙壓環控問題，但會造成飛機轉降或回

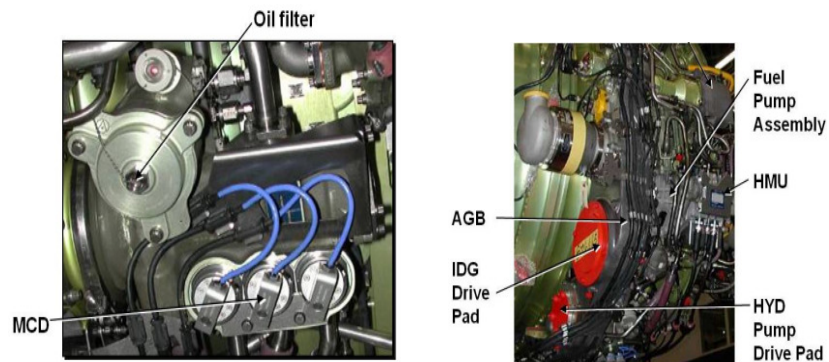
航。例如:長程通訊(Long-range Communications)/貨艙滅火系統(Cargo Fire Suppression)/氣象雷達(Weather Radar)。

(三).雙重維修限制(Limitations on Dual Maintenance):

雙重維修：意為對相同 ETOPS 重要系統執行維修工作，在定期與非定期維護時對二個或以上相同但分隔系統之元件，進行相同之維護工作。雙重維修在性質類似的 ETOPS 重要系統，其雙重維修之意義為同時分別在兩具發動機執行其驅動組套件之維修工作。

AC 120-42B 定義雙重維修之目的：

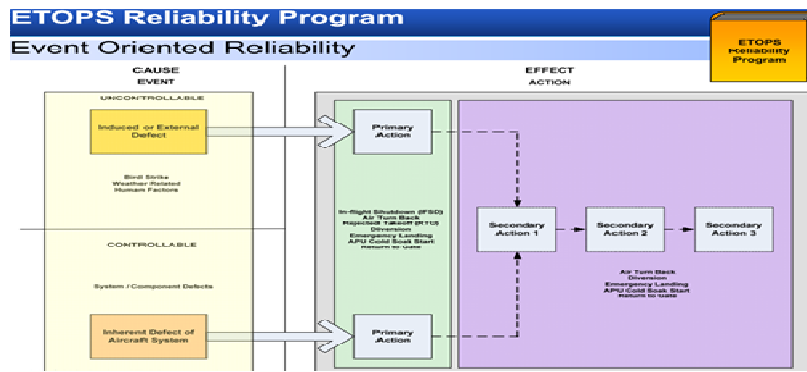
- 為了確保執行 ETOPS 例行或非例行性之重大系統相同工作有重復發生錯誤之風險。
- ETOPS ”相同”重要系統維護，例如:兩顆發動機滑油濾之拆換(Removal of both engine oil filters)/ 兩顆金屬偵測器拆換(Removal of both chip detectors)/更換左右邊發電機(Replacement of left and right Integrated Drive Generator IDG))。(附圖 9)



附圖 9、ETOPS 相同重要系統

(四).ETOPS 可靠度計畫(ETOPS Reliability Program):

- 航空器使用人必須發展可靠性計畫或強化當前可靠度或持續分析和監控系統。此計畫主要目標係設計能早期識別出或預防 ETOPS 有關之問題，計畫必須以事件導向及編入不利於 ETOPS 飛航之重要事件報告之程序。因此可靠度計畫必須經主管機關核准之。
- 以事件作為導向(附圖 10)



附圖 10、事件導向之可靠度

- 當未達警戒線時，確認何時進行調查。
  - 當問題發生時，隨著問題進行調查。
  - 若發生以下之事件應通報主管機關：
    - \* 空中熄火。
    - \* 轉降或空中回航。
    - \* 非控制中改變發動機動力或推力不穩定。
    - \* 發動機失控。
    - \* ETOPS 重大系統問題。
    - \* 任何事件導致損壞執行 ETOPS。
  - 發生事件後必須做調查及報告。
  - 維護困難報告(SDR)，業者於 72 小時要通報 ETOPS 飛機(無關於 ETOPS 飛航或非 ETOPS 飛航)項目。
- (五).ETOPS 動力系統監控( ETOPS Propulsion System Monitoring):
- ◆ 必須依廠家提供之 ECM/ETCM 指引對 ETOPS 發動機發展
    - 監控計畫，說明監控之參數、資料蒐集之方式及如何進行改善作業。此計畫之目標可提前發現發動機衰退傾向，在安全飛航受影響前，採取改正措施。
  - ◆ 蒐集每次飛航中 ECM 資料，當航空器到達飛航中穩定之巡航速度時，記錄巡航參數含 EPR,N1,N2,EGT 等，記錄方式可採人工或電子自動記錄，人工記錄則由飛航組員記錄在飛航記錄表內，再輸入電腦後得到傾向趨勢，用來偵測發動機提前衰退情況，並找出問題完成缺點改正，使受影響之發動機能安全運作，申請人應按發動機製造廠家 ECM Guide 擬訂 ECM 計畫，並展示 ECM 計畫之分析資料證明發動機情況。
  - ◆ 要追蹤航空公司的空中熄火(IFSD)率。
  - ◆ 確定 IFSD 的原因。
  - ◆ 制定、實施和確認改正措施。
  - ◆ 準備報告提交給主管機關。
  - ◆ 追蹤航空公司 12 個月滾動平均值的 IFSD 率。

(六). ETOPS 滑油消耗監控(ETOPS Oil Consumption Monitoring):

- 必須發展發動機滑油監控計畫，確保有足夠滑油供發動機完成定期 ETOPS 飛航。飛機發動機滑油消耗率，不得超過製造廠家建議之消耗率，監視滑油消耗趨勢，應有能力找出滑油異常消耗之原因。
- ETOPS 飛機從事 ETOPS 或非 ETOPS 飛航可發展一種計畫，該計畫在每一非 ETOPS 場站確認駕駛艙內之發動機滑油量指示數值，以彌補滑油消耗監視計畫，找出滑油消耗原因。例如 ETOPS 飛機加滑油次數很少且油量未定期紀錄，將很難決定正常滑油消耗率，及在 ETOPS 離站前檢查期間應加多少滑油，或在滑油消耗突然增高，在 ETOPS 離站前很難做好調查及完成改善。
- 本計畫可以人工或電子化進行作業，計算在 ETOPS 場站所加滑油量，參考平均滑油消耗量，及監視滑油消耗異常激增。要持續監視在非 ETOPS 飛航及 ETOPS 離場所加滑油。例如，加完滑油，維修人員要決定滑油消耗情況，此為離場檢查之一部分。所加滑油量也要通報集中維修管制部門，供 ETOPS 離場前計算出滑油消耗率。
- 如果 ETOPS 飛航須用到 APU，則必須包括 APU 滑油消耗監視計畫，在 ETOPS 離場前，確認滑油消耗情況，對異常消耗應採取改正工作。
- 滑油消耗監視計畫應檢查發動機及 APU 滑油油量、視需要加油、精確記錄所加之滑油量、計算滑油消耗率（如每小時消耗多少 Quarts 或 Liters），每次檢查要比較出滑油消耗率是否可接受或找出問題所在，該問題必須在 ETOPS 飛航派遣前完成缺點改正。使用人應依製造廠家技術手冊建議（如無建議則按可靠性分析資料）擬定可接受之油量消耗率，以供控管及調查。

(七). ETOPS APU 空中啟動計畫(ETOPS APU In-Flight Start Program):

- ETOPS 飛航期間正常情況不會在空中使用 APU，航空器使用人必須發展 APU 空中啟動及運轉之可靠性管制計畫，以確保 APU 能持續達到製造廠家建立之性能與可靠度。
- 計畫要查證空中啟動與運作能力，不需要在空中使用 APU 之電力與氣動力。包括定期抽樣每一飛機之 APU

空中啟動能力，不要重複抽樣同一具 APU。

- 航空器使用人可依系統性能與機隊之成熟度調整抽樣之時距，業者與民航局應定期審查 APU 空中啟動計畫資料，以確保維持空中啟動之可靠度，當 APU 連續 12 月的空中啟動滾動平均值低於 95%時，業者應啟動調查機制，找出肇因或程序上系統之錯誤。

(八).ETOPS 維護訓練( ETOPS Maintenance Training):

- 使用人應確認所有執行 ETOPS 飛機的維修人員，皆受過適當的 ETOPS 飛機-發動機組合之機型訓練，包含維修廠、廠家(Venders)及代理單位(Contract maintenance)維修人員，業者需將其維修 ETOPS 訓練計畫陳報民航局。
- 對發展 ETOPS 特殊作業訓練，要有評定確認涉及 ETOPS 作業人員已接受此訓練。ETOPS 特殊作業訓練要編入業者的訓練計畫之課程內，其訓練目的在確保從事 ETOPS 作業人員，已適當完成 ETOPS 維修作業訓練有資格執行該作業。此訓練計畫要經民航局同意，確保與 ETOPS 有關之維修人員完成此訓練。
- ETOPS 合格之維修人員是指已受過業者的 ETOPS 資格訓練課程者，必須在民航局檢定合格維修人員直接監控下，完整地執行所有 ETOPS 工作(該直接監控人員必須有從事過相同機種的 ETOPS 維修工作經驗)。對引進新進的機種，業者沒有該新型機維修之經驗之合格的民航局維修人員，在此情況下，該人員可依飛機製造廠家維修訓練計畫或經比較相等之訓練計畫完成訓練。

(九). ETOPS 合格的維修人員需具有：

- 機身/發動機之維護經驗。
- 完成 ETOPS 課程。
- 在合格人員的監督下執行 ETOPS 相關工作。

(十). ETOPS 程序改變:

- ETOPS 維護有實質性的改變或訓練計劃已核准後，若程序改變須由主管機關核准。
- 使用人和主管機關應該經溝通協調已達成以彈性方式允許實質性的改變。

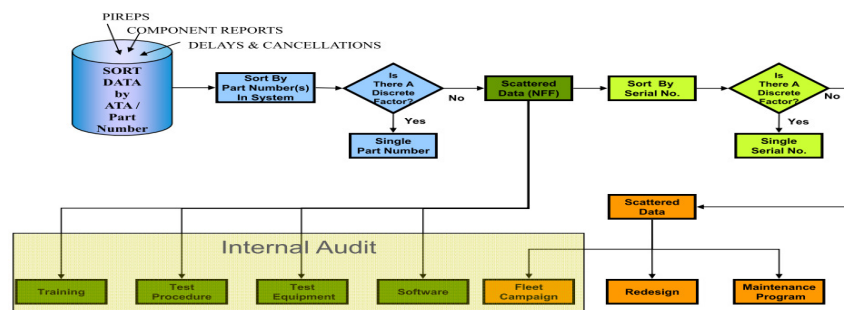
#### 四、數據分析和改正措施 (附圖 11)

##### (一).數據分析方法( Data Analysis Methods):

根源原因分析--提供一般常識的方法來評估問題，判斷出正確的問題和建立指導思想和找出可能發生問題的原因。

##### (二).改正措施之方法(Corrective Action Methods):

- 改變設計(Design Change)。
- 維護計畫(Maintenance Program)。
- 增加工單: 使用 MSG-2/MSG-3 之邏輯統計確認工作類型及調整維護時距。
- 將不適用之工單刪除。
- 內部稽核(Internal Audit)。
  - 對關鍵過程及功能充分之控制。
  - 可利用適當的資源。
  - 執行標準。
  - 政策和程序足夠含概工作之功能。
- 訓練(Training)。
  - 場站及停機線。
  - 程序。
  - 軟體。
  - 複訓。



(附圖 11、數據分析和改正措施

可靠度出發點即是收集和顯示可靠度之數據，提供問題的詳細分析以確定改正措施，然後將改正措施做追蹤統計。

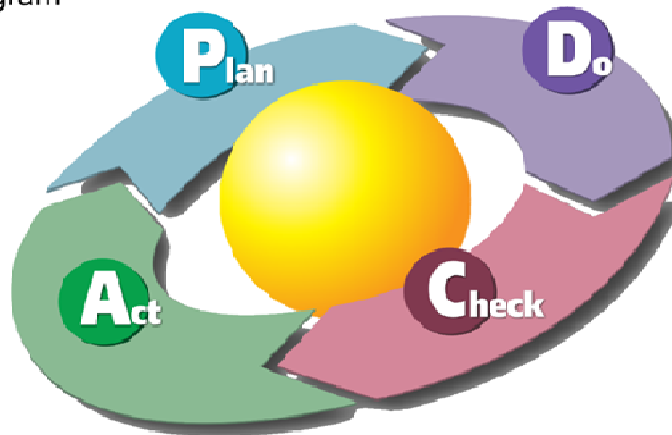
## 五、組件之可靠度計畫發展

追蹤組件可靠度之原因，為讓使用人利用和保持組件之可靠度計畫而獲得有效性之認可：

- 組件的性能不佳(Poor component performance)。
- 航機重常發故障(Repetitive aircraft problems)。
- 不當之替補程序(Improper bench procedures)。
- 維護訓練不足(Maintenance training deficiencies)。

計畫(Plan)-做(Do)-檢查(Check)-行動(Act)( The PDCA Cycle)(附圖 12):

Using the PDCA Cycle to develop a Component Reliability Program



附圖 12、計畫-做-檢查-行動之循環理念

計畫(Plan): 制定目標和過程來比較標準和門檻。

- 定義數據要求(Define data requirements)。
- 確認數據之來源(Identify data sources)。
- 辨別軟體系統(Identify software systems)。
- 制定被量測之度量(Establish metrics to be measured)。

---定義公式的方法包括：

平均拆除之間的時間 Mean Time Between Removals (MTBR)  
(附圖 13)



**Mean Time Between Removals – MTBR**

Item	Value	
Fleet Size	74 airplanes	$MTBR = \frac{\text{Fleet Flying Hours} \times QPA}{\text{Total Number of Removals}}$
Fleet Hours in the Period	152,000 hours	
Component	Widget Valve	$MTBR = \frac{152,000 \times 2}{(47 + 7 + 2)}$
Quantity Per Aircraft (QPA)	2	
Unscheduled Removals	47	$MTBR = \frac{152,000 \times 2}{55}$
Scheduled Removals	6	
Precautionary Removals	2	$MTBR = 5,527 \text{ hours}$
Failures	21	
No Fault Found	34	

附圖 13、MTBR 計算範例

平均非計劃拆除之間的時間 Mean Time Between Unscheduled Removals(MTBUR) (附圖 14)

**Mean Time Between Unplanned Removals – MTBUR**

Item	Value	
Fleet Size	74 airplanes	$MTBUR = \frac{\text{Fleet Flying Hours} \times QPA}{\text{Unscheduled Removals}}$
Fleet Hours in the Period	152,000 hours	
Component	Widget Valve	$MTBUR = \frac{152,000 \times 2}{47}$
Quantity Per Aircraft (QPA)	2	
Unscheduled Removals	47	$MTBUR = 6,468 \text{ hours}$
Scheduled Removals	6	
Precautionary Removals	2	
Failures	21	
No Fault Found	34	

附圖 14、MTBUR 計算範例

非計劃拆除率 Unscheduled Removal Rate (URR)( 附圖 15)

**Unscheduled Removal Rate – URR**

Item	Value	
Fleet Size	74 airplanes	$URR = \frac{1,000 \times \text{Unscheduled Removals}}{\text{Flight Hours} \times QPA}$
Fleet Hours in the Period	152,000 hours	
Component	Widget Valve	$URR = \frac{1,000 \times 47}{152,000 \times 2}$
Quantity Per Aircraft (QPA)	2	
Unscheduled Removals	47	$URR = 0.155$
Scheduled Removals	6	
Precautionary Removals	2	
Failures	21	
No Fault Found	34	

附圖 15、URR 計算範例

平均故障時間 Mean Time Between Failure (MTBF) (附圖 16)

## Mean Time Between Failure – MTBF

Item	Value	
Fleet Size	74 airplanes	$MTBF = \frac{\text{Fleet Flying Hours} \times QPA}{\text{Failures}}$
Fleet Hours in the Period	152,000 hours	
Component	Widget Valve	$MTBF = \frac{152,000 \times 2}{21}$
Quantity Per Aircraft (QPA)	2	
Unscheduled Removals	47	$MTBF = 14,476 \text{ hours}$
Scheduled Removals	6	
Precautionary Removals	2	
Failures	21	
No Fault Found	34	

附圖 16、MTBF 計算範例

做(Do): 需要實施計劃並收集數據。

檢查(Check): 從數據之收集和比較標準來分析結果。

行動(Act): 比較結果的標準做為實施改變之基礎。

航空公司可利用追蹤組件之可靠度，明確界定和封閉循環程序，針對所設定之計算標準及收集之數據執行做分析表現，最後以數據分析結果採取改正措施，以達到可靠度之功能。

## 六、發動機之可靠度

(一).發動機可靠性度的目標:

是保持發動機可長時間運作

- 盡量減少空中停車 IFSD
- 最大限度地減少被拒絕起飛的 (RTO)
- 最大限度地減少延誤和取消
- 最大限度地減少非計劃發動機拆除 (UER)
- 保留 ETOPS 認證

(二).這個目標如何實現:

- 預測性維護---從機載儀器預測失效---飛定期維護時距.
- 預防性維護---計劃定期維護故障之前 (預定保養)
- 改正性維護---執行維修後 (視維護工廠檢查結果)
- 結合服務通告，有助於提高發動機的可靠性。
- 專注於發動機預測性的維護 (發動機狀態監控)。

(三).兩種資訊來源:

- 飛機於地面檢查/維護中所發現。
- 飛機於飛行中所發現之故障。

數據來源.:例如內視鏡檢查(Borescope Inspections)，滑油消耗 (Oil Consumption)，磁性碎片偵測器)Magnetic Chip Detectors，

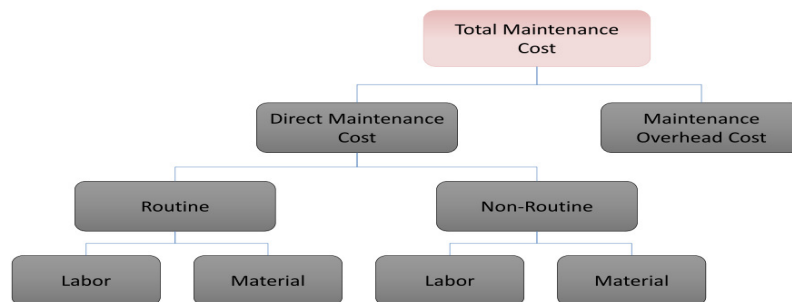
碎片監測系統(Debris Monitoring System)。

(四).當飛機於巡航高度飛行時，可獲取連續數據:發動機情況監控( Engine Condition Monitoring (ECM))，發動機震動監控 (Engine Vibration Monitor (EVM))。發動機狀況監控 (ECM) 或發動機健康監控 (EHM) 之訓練需由發動機製造廠培訓，航空公司應以每個事件之經驗，制訂資料庫對於發動機情況監控之訓練會有很大的幫助。故利用所收集之數據及參數執行分析，並針對問題執行改善，如此才可發揮發動機可靠度之監控。

## 七、航空公司維護成本

(一)維修費用概覽(附圖 17)

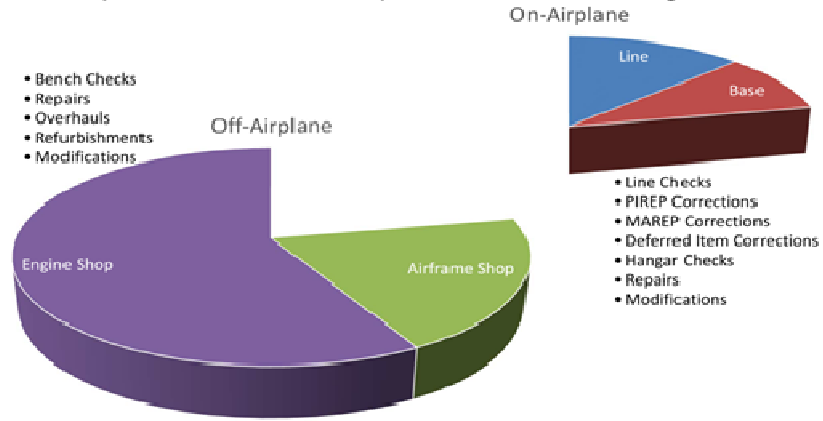
Understanding costs requires categorizing of the pieces



附圖 17、維修費用概覽

- 直接維修成本: 執行維護組件或飛機上所消耗之人力和材料成本。例如:於飛機上維護: A、C、D 檢查。  
工場維護: 起落架、APU、引擎、車輪、輪胎、剎車、其他組件。
- 無論是例行性和非例行性維護，此期間之維護都可能發生於飛機上或工場維護。(附圖 18)

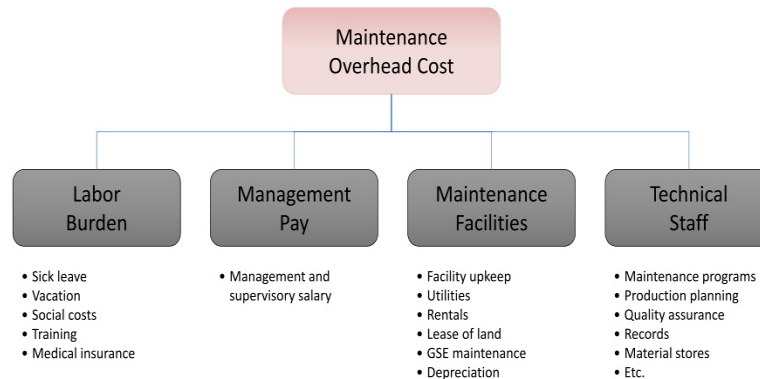
## On-Airplane versus Off-Airplane Cost Percentages



附圖 18、維護之成本比率

- 維護管理成本費用一般定義於非直接成本但是有利於整體維

護成本參考依據。(附圖 19)



附圖 19、維護管理成本費用

- 直接維修成本可以從幾個方面來看，影響維護成本的因素有

很多，包括：

- 航線運營：

商業模式、對維修費用的商業模式的影響、飛行時間和飛行週期的影響、使用率和任務對發動機成本的影響、利用發動機等級及降低額定效能，針對特定型號較低推力之發動機額定值其維修成本也較低。

- 額定效能降低：

起飛額定效能低即為推力值低若增加低額定值可減少發動機維護成本，機齡、環境、導航費用、落地費用亦是直接影響成本之主要因素。

- 實際維護：

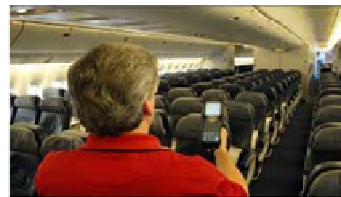
勞力生產率方面如(1).拆除/組裝蓋板、(2).工單排序、(3).

同時間定期之工單、(4).確保可用性之地面支援裝備、材料、需要之文件。

- 組件未發現故障 (NFF) : (1).操作注意事項、(2)飛行員報告、(3)設計缺陷、(4)飛機相關的故障、(5)組件修改、(6)自我偵測、(7)工廠試驗、(8)不良品組件、(9)人員訓練、(10)派遣之可靠度。
- 保固管理: (1).監控零件於保固期內(減少備件成本)、(2).需要電腦系統和 IT 支援。
- RFID 做維護使用其功能可執行標準件資訊、盤點管理、改善供應線管理和資產透明化。航空公司已廣泛使用無線射頻識別 (RFID) 來降低人力工作、(附圖 20)

#### Radio Frequency Identification (RFID)

- Reduces intensive labor tasks
- RFID gaining acceptance for use in airline maintenance
  - Standardized parts information
  - Inventory management
  - Improved supply chain management and asset visibility



附圖 20、RFID 維護之使用功能

- 資訊系統: 移動設備
  - (1).PC-based 之應用:數據豐富 - 信息不暢、功能繼續發展。
  - (2).Web-based 之應用: 適應並充分利用現有的系統、瞬間接駁、可節省潛在的節省 IT 成本。(附圖 21)

#### Information Systems

- Mobile Devices
- PC-based Applications
  - Data rich – Information poor
  - Functionality continues to be matured
  - Limited visibility across enterprise
- Web-based Applications
  - Willingness to adapt and leverage existing systems
  - Instant access
  - Potential savings in IT costs



附圖 21、PC/Web base 之應用

航空公司之可靠度組織架構直接影響駕駛/維修成本改善控制，維護成本分析應以最低的成本之理念應用於管制控制

上。並理解組件之成本和因素影響他們改善航空公司的競爭優點。

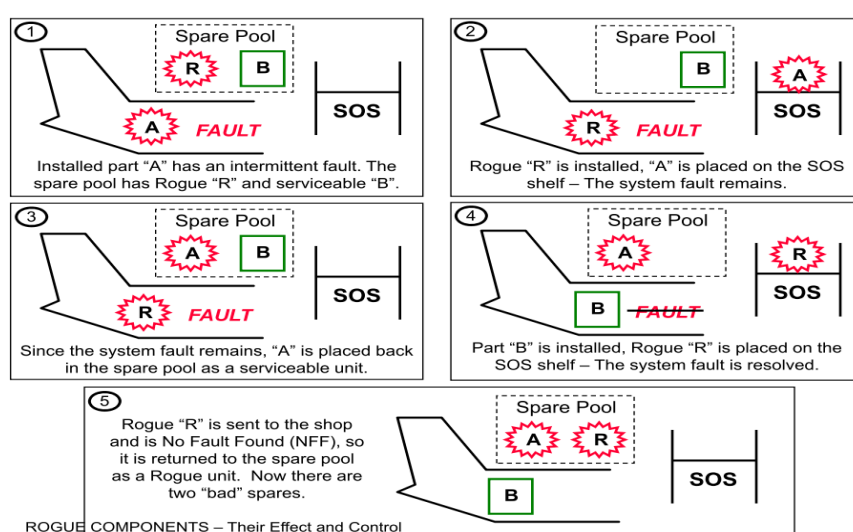
## 八、不合格品組件

定義:

(一)組件於安裝於機上時短期間重複出現信號，經更換後可排除系統故障。

(經由維修標準或翻修程序執行長期性修理，仍無法改善。

不合格品之組件會破壞程序計畫的完整性(附圖 22):



附圖 22、造成不合格品之原因

(三)認證和控制:

- 修理廠和零組件/機體 OEM 需要與航空器使用人共同努力，任何組件都會發生不合格品之潛在特性，如果不加以管制，不合格品組件將持續增長，不合格品組件會影響更多系統之維護。
- 何謂為不合格品組件，簡單說即為短時間重複發生、安裝後重複發生相同系統故障、於工作測試台/翻修測試仍無法通過故障標準測試、需以更換解決了系統故障。以上之現象皆為不良品組件。
- 當於維護設施及利用簡單的監控過程中識別不良品組件是  
很重要，如：由第三個連續的短在運行期間（即：每個 <1000 飛行小時或 750 個週期）。
  - \*相同系統故障確認每個去除率。
  - \*確認導致系統故障的分辨率。

\*轉發數據至維修工廠需詳記錄組件之---件號/ 序號、  
操作期間的持續時間（小時和/或週期）、於飛行/維護  
紀錄簿詳述拆除原因，如此才能收集到完整之數據。  
綜合以上方法為防止下一個不合格品組件產生之前，應先  
更改並確認 OEM / 修理工廠測試 / 翻修程序之故障模式。

## 肆、建議事項:

本次赴美國洛杉磯參加波音公司所主辦的維護可靠度和成本分析 (Maintenance Reliability and Cost Analysis)課程，除了與加拿大民航局適航檢查員及世界各地多家航空公司有所交流，交換彼此於監管航機維護及維護方面的經驗與方案外，最重要的是波音在課程內容上有許多資料相當富有參考價值及依據。例如 MSG-3 概念，係以系統為主要分析對象，在成本上與人力負擔上，可以優於現階段針對組件制定維護計畫的方式，同時若能徹底將飛航/維護紀錄簿登入的章節(ATA)精確至各章節統計並分析，對於維護計畫的制定以及機隊可靠度管理更加有實質上之幫助，於建立標準化流程，會有效避免在評估時產生的人為疏失(Human Error)。

業者可靠度計畫和成本分析若有更好的數據則會增強業務流程，可幫助增加其收入、降低成本、減少風險。故可靠度計畫和成本分析對航空業者來說是非常重要的資訊。

可靠度管制計畫藉由飛機維修數據之收集，經由資料分析歸納出性能未達預定目標之根本原因，訂出改正行動計畫，以確保飛機之安全性及適航性。「航空器飛航作業管理規則」第 151 條亦規定大型航空器使用人應訂定可靠性管制計畫，以監控及評鑑其航空器持續適航維護與操作經驗。建議本局應於原製造廠有開課時指派相關人員參加此課程，可讓我們了解最新之資訊與世界無縫接軌。