

# 基於WSEIAC模型之美海軍戰術用長程飛艇效益分析

著者／李宗麟

海軍官校正期85年班、中正理工學院造船工程研究所97年班  
國防大學理工學院國防科學研究所兵器工程組中校學員

飛艇是目前世界上最先進的武器系統載台之一，它可以執行長時的國土監偵、沿海巡邏、護航、反潛、空中攝影偵察、海上佈雷排雷、傘兵部署運輸、貨物人員運輸等重大任務，由於這些任務主宰了戰場的決勝因素，故其動力系統的妥善率相形重要，本文即在針對飛艇動力系統裝置的可靠性和維修度進行探討。

用於系統效能分析的方法很多，目前國內外較普遍的有專家評定法、試驗統計法、指數法、解析法等，其中美國工業武器系統效益諮詢委員會（WSEIAC）提出的解析法模型，在武器系統和作戰指揮系統的效能分析中已得到廣泛應用，本文即利用WSEIAC模型對「先進武器系統 台一飛艇」推進動力系統進行效能分析，及探討其可靠性(MTBF)與維修性(MTTR)對其系統效能的影響。

## 壹、前言

飛艇（Airship，如圖1～圖4<sup>1~4</sup>）是一種輕於空氣的航空器，屬經濟效益高、可長時滯空執行海面監視任務之武器載台，根據美海軍航空系統司令部（NAVAIR）的初步估計，使用飛艇執行監視任務比使用固定翼飛機或旋翼機節省25%～30%的費用<sup>5</sup>。

史上第一艘飛艇1784年於法國問世後，便由於其龐大的載運能力、多功能的戰略用途，及低廉的生產價格，開始主宰了整個航空界，各世界主要強權，如：德、中、美、義、英等亦

相繼投入，但也由於科技的落後，飛艇的輝煌期至1937年興登堡號墜毀後，正式終止<sup>6</sup>。

隨著科技的進步，飛艇的多功能性又再次受到重視，並自2005年起，重新發展這即將縱橫未來空域的新霸主，之所以能重新成為各主要先進國家的青睞，係因飛艇是目前世界上最先進的武器系統 台之一，它可以執行長時的國土監偵、沿海巡邏、護航、反潛、空中攝影偵察、海上佈雷排雷、傘兵部署運輸、貨物人員運輸等重大任務，而這些重大任務，亦主宰了戰場的決勝因素，因此使其成為未來主要的空優來源<sup>6</sup>，也是世界各主要軍事強國繼無人飛行

具之後，另一武器系統研製發展重點<sup>7,8</sup>。

目前各先進國家於飛艇方面的運用，包含美海軍之「介於人造衛星與偵察機之間」的「內大氣層」巨型飛船研發，其可飄浮在19825m（65000呎）高空長達10年之久，可將海面上任何具威脅性的活動、戰術戰法等有效加以蒐集<sup>7</sup>；美軍針對巡弋飛彈的威脅，亦考慮採用中空繫留飛艇，其可滯留在3050公尺高度，以X-band雷達進行敵飛彈的偵測，協助掌握所有來自空中或水面上的威脅，其偵蒐距離可大於250公里<sup>9</sup>；另美海軍研製STI載人反恐飛艇與攀登者號近太空機動飛艇，可分別執行海港巡邏之恐怖組織潛水員等可疑水上活動搜索，與擔任類似衛星與偵查機功能之高空偵察及通訊中繼（如C4ISR）等任務<sup>7</sup>。

以色列研發可連續工作達3年之巨型飛艇，採太陽能電池搭配燃料電池之再生式能源提供動力，屬無人駕駛、遠程遙控模式，並自帶導航、制導及控制系統之先進飛艇，預劃停留在21000公尺高空，對地面實施偵查作業，其偵察範圍達1000公里，監偵功能已遠超過一般之間諜衛星<sup>7</sup>。

日本航天機構研發同溫層遙控飛艇，作為軍事通信、偵查及天氣觀測；另與美軍合作研發代號HULA之高空飛艇，用以監視反制中共及韓國之潛艇<sup>7</sup>等海上作戰任務。

英軍計畫研製空貓1000超級飛艇、中國自製JH2000型高空飛艇及哨兵-3繫留飛艇，據稱已於2008奧運執行實際監偵任務<sup>7</sup>。

美國、德國構想運用飛艇發展空中航母，

美、俄則運用離子引擎，使飛艇達200公里/小時的速率，中國亦將發展空中母港，供輕型戰鬥機（如蘇-30機型）執行起降作業，預劃一天航程達5000公里<sup>7,10</sup>。

由以上各先進國家於飛艇的運用，我們可了解到飛艇的重要性，已涵蓋了整個戰場的致勝關鍵，故其動力系統的妥善率相形重要，本文即在探討飛艇動力系統裝置的可靠性和維修度。

各類武器系統的設計，除須考量性能的展現外，其系統效益（System Effectiveness），包含系統的可用度（Availability）、系統的信賴度（Dependability），及系統展現性能的能力（Capability）等，亦是衡量一系統良窳之重要指標。

用於系統效能分析的方法很多，目前國內外較普遍的有專家評定法（針對某些難以量化的指標，如機動性、火力、情報通信能力等，由專家進行評定，並得到所謂的分數後加以分析，以取得系統效能值，缺點：主觀性大、專家之遴選方式變數大）、試驗統計法（係指將武器系統置於某些特定環境中進行性能測試，並藉由所獲得的大量試驗資料加以分析統計，以取得系統效能；其所獲得之結果精確度高，惟所耗費用及時間亦偏大，且無法於武器系統研製前執行，屬其缺點）、指數法（係指一標準之評定方法，由各級專家們提出，並採用統一的指標與量化數據，以供系統效益評估；其評估之結果精確度高，且可避免多數不確定之因子，降低噪音，惟須經大量時間的討論，



圖1~4 飛艇

且各系統之分層應明確劃分)、解析法(係以數學表達式之方式,描述系統效能模型,其優點:易於了解,且模型之有效性高、通用度廣,已取得了廣泛的運用,包含仿真法、主因素法、能力指數法,與WSEIAC模型)等,其中美國工業武器系統效益諮詢委員會(WSEIAC)提出的解析法模型,在武器系統和作戰指揮系統的效能分析中已得到廣泛應用,本文即利用WSEIAC模型對「先進武器系統台一飛艇」推進動力系統進行效能分析,及探討其可靠性(MTBF)與維修性(MTTR)對其系統效能的影響。

## 貳、研究方法

WSEIAC模型係美國武器系統效益工業諮詢委員會(Weapon System Effectiveness Industry Advisory Committee)於1960年代,協助美國空軍所建立,利用 $E=A \cdot D \cdot C$ 關係,以推估武器系統之系統效益;亦即系統效益(System Effectiveness, E)是由系統的可用度(Availability, A)、信賴度(Dependability, D)和能力

(Capability, C)所共同組成,相關理論概述如后:

### 一、系統效益

系統效益係指預估某系統完成某一特定任務的程度量度,與該系統的可用度、信賴度及能力值有關,亦是該系統可用度、信賴度及能力值的函數。

### 二、可用度

可用度亦稱為有效性,係指系統開始執行任務時的狀態量度,與系統的妥善率有關,包含可靠性、可維修性、維修人員數量、維修器材狀況等,是武器、人員、程序之間的函數。若系統是由許多次系統(subsystem)組成,且於部分次系統故障狀態下,全系統仍可降級使用,則將會出現2種(含)以上之系統狀態,可以列向量的方式表示如下式: $A=[a_1 \ a_2 \ a_3 \dots \ a_n]$ ,其中 $a_i$ 表示系統於任意時間起,其處於某一設定狀態 $i$ 的機率,故可得知 $a_i=1$ 。系統可用度可由系統之平均失效間隔時間(Mean time between failure, MTBF)和平均維修時間(Mean time to repair, MTTR)獲得,其關係為: $A_i=MTBF/(MTBF+MTTR)$

### 三、信賴度

指系統執行任務過程的狀態,與系統可靠度及使用過程的修復性有關,其型態可表示如下式。式中每一元素代表系統處於該狀態的機率,故每一列總合為1。

$$D(t) = \begin{bmatrix} d_1(t) & d_2(t) & \dots & d_{1n}(t) \\ d_2(t) & d_2(t) & \dots & d_{2n}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1}(t) & d_{n2}(t) & \dots & d_n(t) \end{bmatrix}$$

在執行任務過程中，如果發生之故障可以進行修復的系統稱為「可修復系統」，若不能修復則稱為「不可修復系統」。不可修復系統因無法由故障狀態返回較佳或正常狀態，其狀態僅會越來越糟，所以信賴矩陣會成為上三角矩陣，型態如下式所示：

$$D(t) = \begin{bmatrix} d_1(t) & d_2(t) & \dots & d_{1n}(t) \\ 0 & d_2(t) & \dots & d_{2n}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

#### 四、能力

武器系統的評估指標，是指由一系列相互關聯的評估指標所構成。它既包括描述系統各種特性的單項性能指標，也包含對有關聯的單項性能指標進行綜合量度、描述武器系統某一方面能力的綜合性能指標，以及對武器系統所有綜合性能指標進行全面、綜合評估的最高層次的綜合指標，簡言之，即為系統完成某一任務的能力。

### 參、系統架構及條件設定

#### 一、系統架構

本文以美海軍戰術用長程飛艇動力系統為研究對象，一般而言，該系統係由發電裝置、自動控制系統及電力驅動裝置串聯而成，系統架構說明如后：

##### (一) 發電裝置：

計有多種類別，本例以太陽能及燃料電池串連搭配設定，1組即為太陽能及燃料電池各1串連，共計2組構成並串聯系統；性能假設：2組發電裝置僅須任一組正常運轉即可提供足夠之動力來源；若每組發電裝置均失效，則系統失效。

##### (二) 自動控制系統：

由信號輸、出入、電力輸出等裝備串連組成，各裝備性能皆須正常，系統方可執行運作。

##### (三) 電力驅動裝置：

包含2組電動馬達；性能假設：2組電動馬達僅須任一組正常運轉即可提供足夠之動力推進；若每組電動馬達均失效，則驅動裝置失效。

為方便瞭解系統的串並聯關係與後續參數計算的參考，另將系統之組成圖整理如圖5。由圖說明如下：

1. 串聯架構中任一次系統故障，則全系統失效；若並聯系統中任一次系統故障，則可由備分系統取代，全系統功能不受影響。
2. 統計系統組成圖可獲得計太陽能系統等9個單元組成，若每個單元均只考慮「正常」與

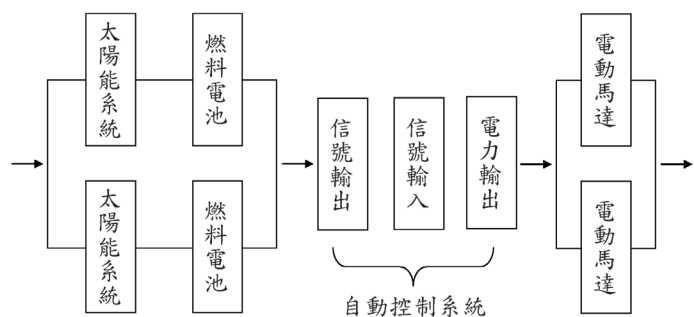


圖5 系統組成圖

「故障」狀態，則計有2的9次方(512)種狀態，故須加以簡化，以降低系統複雜度；簡化後，全系統區分為發電裝置組、自動控制系統及電力驅動裝置三部分，總計5個單元，則系統狀態，僅餘2的5次方(32種)；簡化後之系統組成圖及相關假定參數如圖6：

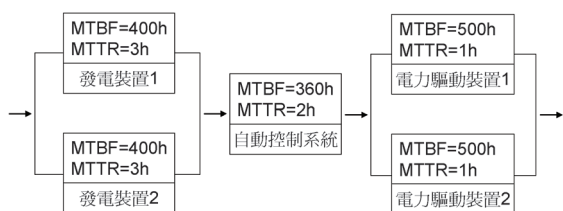


圖6 簡化後之系統組成圖

## (二) 條件設定

1. 全系統及其相關裝備只有「正常」與「故障」兩種狀態。
2. 系統為不可修復，在極短時間內僅可能發生1個單元故障，不可能同時發生2個以上單元故障。

## 肆、研究結果

### (一) 系統狀態分析

由系統組成圖，可將系統視為由5個單元所組成之串並聯系統，因各單元均只有正常與故障兩種狀態，故全系統於開始執行任務時共有32種(如表1)狀態。

經整理合併後，系統可歸納成五種狀態，分析如下：

1. 5個單元均正常，系統正常。
2. 發電裝置故障1組，系統正常。

3. 電力驅動裝置故障1組，系統正常。

4. 發電裝置及電力驅動裝置各故障1組，系統正常。

5. 系統故障。

## 二、系統可用度

假設發電裝置之可用度及不可用度分別為

$a_e$ 、 $\bar{a}_e$ ，組合體之可用度及不可用度為 $a_c$ 、 $\bar{a}_c$ ，

電力驅動裝置之可用度及不可用度為 $a_w$ 、 $\bar{a}_w$ ，

依可用度定義及所列MTBF及MTTR數值可得：

依可用度定義及前述系統狀態分類，可獲得各狀態下之可用度值。其中 $a_1$ 表示簡化後之系統5個單元均正常時之系統可用度， $a_2$ 表發電裝置故障1組(系統仍工作正常)之系統可用度...， $a_5$ 表示系統故障之可用度。

$$a_1 = a_c^2 * a_e * a_w^2 = 0.9758$$

$$a_2 = C_1^2 * a_e * \bar{a}_e * a_c * a_w^2 = 0.0146$$

$$a_3 = a_c^2 * a_e * C_1^2 * a_w * \bar{a}_w$$

$$a_4 = C_1^2 * a_e * \bar{a}_e * a_c * C_1^2 * a_w * \bar{a}_w$$

$$a_5 = 1 - a_1 - a_2 - a_3 - a_4 = 0.0056$$

故系統之可用度向量為

$$A = [a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4 \quad a_5] = [0.9758 \quad 0.0146 \quad 0.0039 \quad 0.0001 \quad 0.0056]$$

## 三、系統信賴度分析

假設發電裝置組之故障率為 $\lambda_e$ ，組合體之故障率為 $\lambda_c$ ，電力驅動裝置之故障率為 $\lambda_w$ ，從系統狀態表可分析及繪出系統的狀態空間圖(如圖7)，每條線條數字代表狀態間變化的趨勢及機率。



表1 系統狀態表

| 項次 | 系統狀態              |                                           | 系統情形 |
|----|-------------------|-------------------------------------------|------|
| 1  | 5個單元均正常           | 發電裝置1、發電裝置2、自動控制系統、電力驅動裝置1、電力驅動裝置2均正常     | 系統正常 |
| 2  | 4個單元正常，<br>1個單元故障 | 發電裝置組2、自動控制系統、電力驅動裝置1、電力驅動裝置2均正常；發電裝置組1故障 | 系統正常 |
| 3  |                   | 發電裝置組1、自動控制系統、電力驅動裝置均正常；發電裝置組2故障          | 系統正常 |
| 4  |                   | 發電裝置組1、發電裝置組2、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2均正常；自動控制系統故障 | 系統故障 |
| 5  |                   | 發電裝置組1、發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置2均正常；電力驅動裝置1故障 | 系統正常 |
| 6  |                   | 發電裝置組1、發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置1均正常；電力驅動裝置2故障 | 系統正常 |
| 7  | 3個單元正常，<br>2個單元故障 | 自動控制系統、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、發電裝置組2故障  | 系統故障 |
| 8  |                   | 發電裝置組2、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、自動控制系統故障  | 系統故障 |
| 9  |                   | 發電裝置組1、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2正常；發電裝置組2、自動控制系統故障  | 系統故障 |
| 10 |                   | 發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、電力驅動裝置1故障  | 系統正常 |
| 11 |                   | 發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置1正常；發電裝置組1、電力驅動裝置2故障  | 系統正常 |
| 12 |                   | 發電裝置組1、自動控制系統及電力驅動裝置2正常；發電裝置組2、電力驅動裝置1故障  | 系統正常 |
| 13 |                   | 發電裝置組1、自動控制系統及電力驅動裝置1正常；發電裝置組2、電力驅動裝置2故障  | 系統正常 |
| 14 |                   | 發電裝置組1、發電裝置組2及電力驅動裝置2正常；自動控制系統、電力驅動裝置1故障  | 系統故障 |
| 15 |                   | 發電裝置組1、發電裝置組2及電力驅動裝置1正常；自動控制系統、電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 16 |                   | 發電裝置組1、發電裝置組2及自動控制系統正常；電力驅動裝置1、電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 17 | 2個單元正常，<br>3個單元故障 | 發電裝置組1、發電裝置組2正常；自動控制系統、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 18 |                   | 發電裝置組1、自動控制系統正常；發電裝置組2、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 19 |                   | 發電裝置組2、自動控制系統正常；發電裝置組1、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 20 |                   | 發電裝置組1、電力驅動裝置1正常；發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 21 |                   | 發電裝置組1、電力驅動裝置2正常；發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置1故障  | 系統故障 |
| 22 |                   | 發電裝置組2、電力驅動裝置1正常；發電裝置組1、自動控制系統及電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 23 |                   | 發電裝置組2、電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、自動控制系統及電力驅動裝置1故障  | 系統故障 |
| 24 |                   | 自動控制系統、電力驅動裝置1正常；發電裝置組1、發電裝置組2及電力驅動裝置2故障  | 系統故障 |
| 25 |                   | 自動控制系統、電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、發電裝置組2及電力驅動裝置1故障  | 系統故障 |
| 26 |                   | 電力驅動裝置1、電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、發電裝置組2及自動控制系統故障  | 系統故障 |
| 27 | 1個單元正常，<br>4個單元故障 | 發電裝置組1正常；發電裝置組2、自動控制系統、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2均故障 | 系統故障 |
| 28 |                   | 發電裝置組2正常；發電裝置組1、自動控制系統、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2均故障 | 系統故障 |
| 29 |                   | 自動控制系統正常；發電裝置組1、發電裝置組2、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2均故障 | 系統故障 |
| 30 |                   | 電力驅動裝置1正常；發電裝置組1、發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置2均故障 | 系統故障 |
| 31 |                   | 電力驅動裝置2正常；發電裝置組1、發電裝置組2、自動控制系統及電力驅動裝置1均故障 | 系統故障 |
| 32 | 5個單元均故障           | 發電裝置組1、發電裝置組2、自動控制系統、電力驅動裝置1及電力驅動裝置2均故障   | 系統故障 |

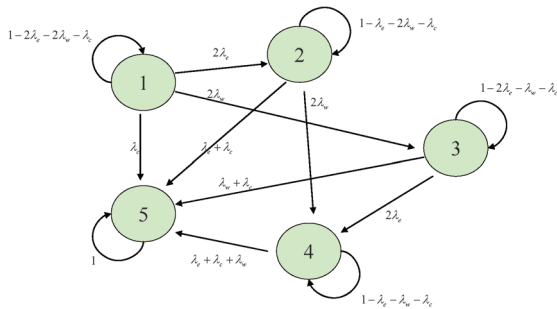


圖7 系統狀態空間圖

上述系統狀態間變化的機率可利用矩陣方式加以表示，並得到系統之狀態轉移矩陣P為

$$P = \begin{bmatrix} 1-2\lambda_c-\lambda_c-2\lambda_w & 2\lambda_c & 2\lambda_w & 0 & \lambda_c \\ 0 & 1-\lambda_c-\lambda_c-2\lambda_w & 0 & 2\lambda_w & \lambda_c+\lambda_c \\ 0 & 0 & 1-2\lambda_c-\lambda_c-\lambda_w & 2\lambda_c & \lambda_w+\lambda_c \\ 0 & 0 & 0 & 1-\lambda_c-\lambda_c-\lambda_w & \lambda_c+\lambda_w+\lambda_c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

其中，P11（第一列、第一行）表示系統一開始5個單元均正常（狀態一），且後續5個單元仍正常之機率；另外，因系統於執勤中為不可修復系統，所以系統狀態只會變差，無法返回較佳狀態，故狀態矩陣P為上三角矩陣。

在10小時之可靠度

$$R1 = R2 = e^{(-10/400)} = 0.9975$$

$$R3 = e^{(-10/360)} = 0.9972$$

$$R4 = R5 = e^{(-10/500)} = 0.9980$$

則

$$D11 = R1R2R3R4R5$$

$$D12 = 2(1-R1)R2R3R4R5$$

$$D13 = 2R1R2R3(1-R4)R5$$

$$D14 = 2(1-R1)R2R3R4R5 + 2R1R2R3(1-R4)R5$$

$$D15 = (1-R3)$$

$$D21 = 0$$

$$D22 = R1R3R4R5$$

$$D23 = 0$$

$$D24 = 2R1R3R4(1-R5)$$

$$D25 = R1(1-R3)R4R5 + (1-R1)R3R4R5$$

$$D31 = 0$$

$$D32 = 0$$

$$D33 = R1R2R3R5$$

$$D34 = 2R1(1-R2)R3R5$$

$$D35 = R1R2(1-R3)R5 + (1-R1)R3R4R5$$

$$D41 = 0$$

$$D42 = 0$$

$$D43 = 0$$

$$D44 = R1R3R5$$

$$D45 = (1-R1)R3R5 + R1(1-R3)R5 + R1R3(1-R5)$$

$$D51 = 0$$

$$D52 = 0$$

$$D53 = 0$$

$$D54 = 0$$

$$D55 = 1$$

故執勤10小時的信賴矩陣(D)為

$$D = \begin{bmatrix} 0.988 & 0.005 & 0.004 & 0.00002 & 0.003 \\ 0 & 0.991 & 0 & 0.004 & 0.005 \\ 0 & 0 & 0.991 & 0.005 & 0.004 \\ 0 & 0 & 0 & 0.990 & 0.007 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 四、系統能力度分析

系統能力指標定義為在執行任務期間，各次系統能夠完成應達到之系統效能。假設系統在五種狀態下的能力向量為

$$C = [0.8500 \ 0.7500 \ 0.7000 \ 0.5200 \ 0]^T$$

其中狀態5為故障，無法執勤；故該系統之能力向量為0。

## 五、系統效益估算

本文針對假定之系統已逐步完成可用度、信賴度及能力度分析，依系統效益定義 $E=A \cdot D \cdot C$ 關係進行計算求解，可獲得系統效益之值為0.8397。

## 六、敏感度分析

為瞭解各項參數對系統效益之影響程度，選定發電裝置組、組合體及電力驅動裝置的平均故障時間(MTBF)及平均修復時間(MTTR)值等參數進行敏感度分析，其作法為改變單一參數值並觀察系統效益值變化。

為利各參數間的比較，所有數值均以變化率進行研析，結果如后：

### (一) 發電裝置組

當改變發電裝置組之MTBF值時，可以發現其值達500小時，系統效率值收斂(即達最理想狀態)，可知系統效益增加不大(原系統效率值0.8397)，另降低發電機組之MTBF值至100小時之後，系統效率亦僅小幅度下降，顯示此並聯系統穩定、可靠，故投入更多資源提昇MTBF值，其效益不大；MTBF對系統效能影響趨勢圖如圖8。

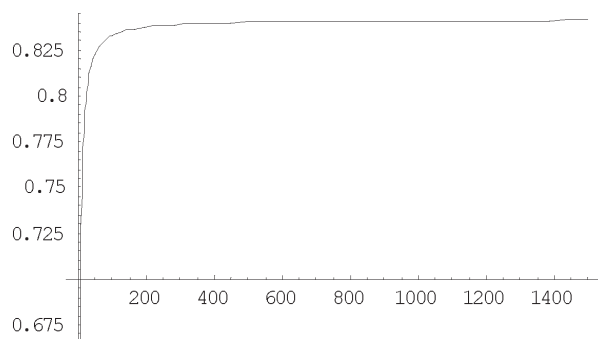


圖8 發電裝置組MTBF影響系統效益趨勢圖

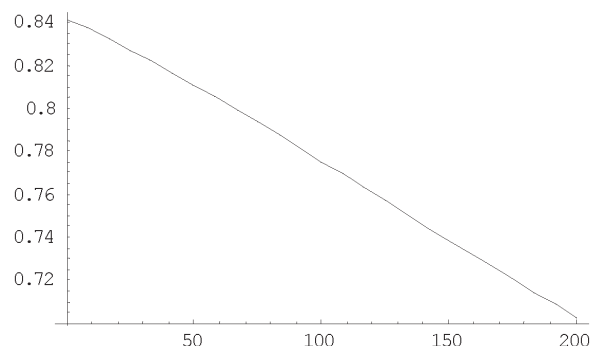


圖9 發電裝置組MTTR影響系統效益趨勢圖

在發電裝置組MTTR部分，由圖9(系統效能影響趨勢圖)可發現MTTR值與系統效益呈反比，即MTTR值上升，系統效益值下降，其結果可發現其影響程度較小，此乃MTTR值相對較小，惟若MTTR不予控管使之惡化，亦有可能嚴重影響系統效能。

### (二) 組合體：

在組合體部分，MTBF影響系統效益分析結果如圖10，MTTR部分則如圖11，兩者趨勢均與發電裝置組相同，惟影響程度較為明顯，推論乃組合體均為單一元件串聯，若故障將立即影響可用度與信賴度，造成系統效益變化。

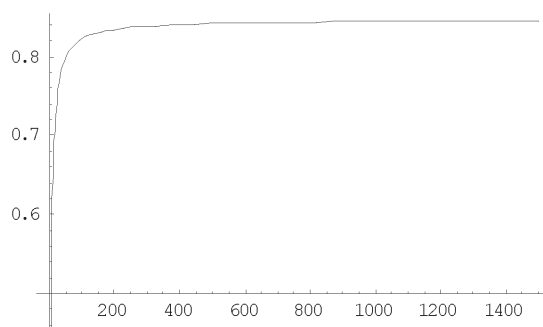


圖10 組合體MTBF影響系統效益趨勢圖



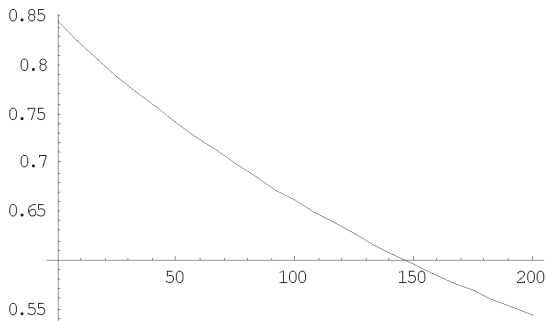


圖11 組合體MTTR影響系統效益趨勢圖

(三)電力驅動裝置運用相同模式獲得電力驅動裝置MTBF影響系統效益結果如圖12，MTTR部分則如圖13，兩者趨勢亦與發電裝置組相同，且影響程度亦不明顯，故推論為並聯系統的所致。

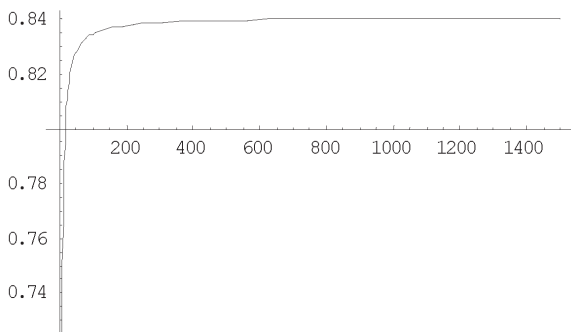


圖12 電力驅動裝置MTBF影響系統效益趨勢圖

## 伍、結論

本文以飛船動力系統進行系統效益分析，並估算出該系統於執勤1小時狀態下系統效益值為83.97%，由結果可知並聯系統確實對武器系統效能有穩定及可靠之作用，惟缺點即是增加裝備成本。本研究使用之數據皆非實際值，僅以舉例方式說明兵器系統效益分析的方式、過程與結論，如組合體，亦可能有相關類似作用的裝備可採並聯措施，提高系統可靠度；故若

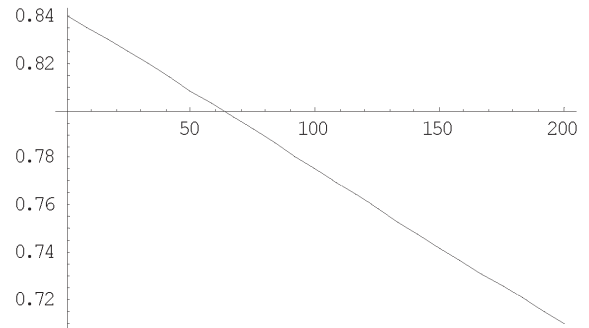


圖13 電力驅動裝置MTTR影響系統效益趨勢圖

能自裝備製造商取得相關正確數據，將可更精確描述相關平均故障時間與平均修復時間對系統效能之影響，以妥採較佳策略，將資源投注於敏感度較高之裝備，俾達系統效能最佳化。

本文介紹系統效益分析WSEIAC模型，該模型具有層次分明、容易理解的特點，雖然物理意義易懂，但實際操作過程卻困難重重，透過此篇報告可加深對系統效益評估的概念與實作能力，對未來類案的研究具顯著意義。👁️

## 參考文獻

- 1 Tech-FAQ, Hybrid Airship, <http://www.tech-faq.com/hybrid-airship.html>
- 2 Popular Mechanics, 4 New Blimp Designs Bring Return of the Airship, <http://www.popularmechanics.com/technology/aviation/air-ships/4242974>
- 3 Wikipedia, Airship, <http://en.wikipedia.org/wiki/Airship>
- 4 Dezeen.com, Manned Cloud by Jean-Marie Massaud, <http://www.dezeen.com/2008/01/10/manned-cloud-by-jean-marie-massaud/Airship>
- 5 軍事天地, 美海軍航空系統司令部評估球形飛艇的監視用途, <http://mil.big5.anhuinews.com/system/2004/07/05/000685536.shtml>
- 6 維基百科, 飛船, [http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%9E%E8%89%B7\\_\(%E8%BD%BB%E8%88%AA%E7%A9%BA%E5%99%A8\)](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%9E%E8%89%B7_(%E8%BD%BB%E8%88%AA%E7%A9%BA%E5%99%A8))
- 7 彭小龍, 楊志陽, 張長偉, "新天空艦隊世界軍用飛艇發展與展望", 國際展望, 2006卷, 12期, P40-P45, 2006
- 8 解放軍空中作戰能力之現況及發展, 尖端科技軍事雜誌, 第301期, 2009年9月
- 9 台灣要如何運用台海天險建構固若磐石的國防系列之三, 尖端科技軍事雜誌, 第295期, 2009年3月
- 10 H. Jacob, The Tenth RUSI Missile Defense Conference Airships Presentation, Lockheed Martin.