

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以案例推理為基礎的維護診斷訓練模擬雛型之開發

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2623-7-009-013-

執行期間：93年01月01日至93年12月31日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：許尚華

計畫參與人員：王淑玲

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 3 月 22 日

以案例推理為基礎的維護診斷訓練模擬器雛形之開發

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 93 - 2673 - 7 - 009 - 013 -

執行期間：93 年 1 月 1 日 至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：許尚華

共同主持人：王淑玲

計畫參與人員：溫明輝

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學工業工程與管理系

中 華 民 國 94 年 3 月 15 日

摘要

先進武器系統的複雜度高，一旦失效會嚴重影響武器系統的妥善率，因此，如何提升維修人員失效診斷的績效，是國軍在軍備現代化階段一個重要的議題。失效的診斷是一個複雜的知識型作業 - 作業人員需要一系列的失效症狀特徵的資訊擷取、整合資訊並進行維修診斷的推理與驗證。再加上，為了及時能夠恢復武器系統的妥善度，這些診斷作業通常需要在時間壓力下進行，因此診斷作業的知識需求與認知負荷的要求常超過人員所能承擔的負荷，而造成時間的延拖或診斷的疏失。由此，人因工程由三方面著手來有效降低維護診斷疏失，縮短診斷時間：(1)透過人因工程設計將系統設計簡單化，降低複雜度；(2)開發訓練模擬系統來提升維護人員的能力與心智模型。(3)發展輔助工具(如 Job performance aids)以提供人員在作業時所需的知識與技能。本研究以一武器系統為例，利用人因工程認知作業分析方法(Cognitive Task Analysis, CTA)，擷取專家維修診斷知識，開發一以案例推理為基礎(Case Based Reasoning, CBR)之維護診斷訓練模擬器(part-task training simulator)之雛型，希能提升人員之診斷能力，減少維護作業人員診斷疏失，增進維護效率，進而達到提昇武器系統的維護性與妥善率之目標。

關鍵詞：認知作業分析方法、知識擷取、案例推理、模擬器、訓練

ABSTRACT

As weapon systems become more complicated, fault diagnosis tasks become more difficult. Fault diagnosis is a knowledge-based task, that is, it includes the following cognitive process: searching for symptomatic information, integrating information, and formulating as well as testing hypotheses. Moreover, diagnosis tasks are often conducted under time pressure environment. Consequently, cognitive workload imposed by diagnosis tasks usually exceeds the capabilities of maintainers. This purpose of this study is to develop a prototype of fault diagnosis training simulator. The training simulator will be a case based reasoning system. To development of this system, expert knowledge will be acquired by applying cognitive task analysis techniques. The simulator is intended to enhance training effectiveness and reduce diagnosis error.

Keywords: Cognitive Task Analysis, Knowledge Acquisition, Case Based Reasoning, training simulator.

第一章 前言

先進武器系統的複雜度高，一旦失效會嚴重影響武器系統的妥善率，因此，如何提升維修人員失效診斷的績效，是國軍在軍備現代化階段一個重要的議題。失效的診斷是一個複雜的知識型作業 - 作業人員需要一系列的失效症狀特徵的資訊擷取、整合資訊並進行維修診斷的推理與驗證。再加上，為了及時能夠恢復武器系統的妥善度，這些診斷作業通常需要在時間壓力下進行，診斷作業的知識需求與認知負荷的要求常超過人員所能承擔的負荷，而造成時間的延宕或診斷的疏失。

有關失效診斷的研究，Klein(1993)提出組態辨識決策理論(Klein's theory of recognition-primed decision making)(Klein, 1993)，闡述專家於診斷決策過程中，會由過去的經驗知識中搜集資訊以支援決策或故障診斷活動，尤其是有經驗的決策者通常會運用自己的專業知識(expertise)，採用適當的經驗解答來解決目前所面臨的問題情境。Klein 的理論已被美國軍方運用於提升診斷能力的訓練，另外，著名的認知工程學者 Rasmussen 進一步指出，有經驗的問題解決者會採用問題辨識、解決法則以及捷徑等所建立之問題原形辨識 (recognition-primed)以解決所面臨的問題，並且獲致良好的問題解決績效(Rasmussen, 1985; Rasmussen, 1986)。根據以上之探討，可瞭解一有經驗之決策者或故障維修者進行問題解決之策略架構。因此，如果採取 Klein 在 1993 年所提出之組態辨識行為模式可有效地排除相似但不熟悉之故障問題，也就是說一般新手或維修者，在不熟悉之環境下，若能賦予專家的知識與經驗，藉由維護診斷模擬訓練系統，所提供類似專家的故障案例之組態辨識訓練，則可以提昇維修者的診斷績效。

為了達到預計之訓練目標，本研究採用案例推理法(CBR)來建置維護診斷模擬訓練系統。案例推理法(CBR)是常被用來建構知識管理系統之方法技術之一(Kolodner, 1993; Aamodt, 1994; Leake, 1996; Hunt, 1997; Wilson, 1998; Maher, 1998; Zhang and Yang, 2001; Wang & Hsu, 2003;Huang and Tseng, 2004; Wang and Hsu, 2004) 由於 CBR

可以藉由提取先前相似的案例，以再利用既有的經驗知識，來解決新發生的問題，因此引用該方法機制來建構模擬訓練系統將有助於國防武器維修知識之累積、傳遞、分享與訓練，進而提昇武器系統之維護績效。

本研究運用 CBR 推理方法整合相關網路資訊技術，發展 AT3 戰機發動機故障維修為目的之診斷模擬訓練之雛形系統，本系統首先運用知識獲取方法(knowledge acquisition approach, KA))獲取飛機發動機維修專家之經驗知識，進一步發展發動機維修之模擬訓練雛型系統。相關研究成果，希能在本國亟於推動「亞太飛機製造暨維修中心」之際，可作為航太產業界維修經驗傳承與發展訓練系統之參考。

第二章 文獻探討

2.1 失效診斷

診斷(diagnosis)是指運轉員在問題解決的環境中，嘗試對問題了解並建立模型的認知困難程度 (Wickens,1992)，而失效診斷(fault diagnosis)則是指運轉員偵測到系統失效後，對失效的來源進行診斷(Rause,1981)。當失效或異常(abnormality)被運轉員偵覺到時，他必須要執行特定的動作來進行反應，且必須要符合三個重要的準則：(1) 所執行的動作將能夠確保系統或工廠的安全；(2) 所執行的動作將不會危及系統的經濟與效率；(3) 診斷的動作將能夠局部份的修正失效(Wickens, 1992)。針對此一類型的問題，Rasmussen(1974)針對人員進行電子化的疑難排解(electronic troubleshooting)以及程序控制型 (Rasmussen,1978)的失效診斷作業發展了質化的模型，提出了失效診斷作業中，人員進行問題解決行為的三種概念層級：技能基礎(skill based)、規則基礎(skill based)與知識基礎(knowledge based)。

失效診斷活動可以分為兩個重要的主題：分別是即有的領域知識(prior domain knowledge)以及搜尋的策略(search strategy)兩種(Venkatasubramanian et al., 2003)。先前的領域知識是指當失效被運轉員察覺時，能夠定位其所察覺的訊息與失效狀態之間的關係，亦即能夠用既有的知識來解釋其所察覺的失效狀態；而失效診斷的搜尋策略是指運轉員如何進行診斷作業的執行，又可以分為拓樸搜尋(topographic search)策略與癥候搜尋(symptomatic search)策略兩種(Rasmussen,1986)。其中，拓樸搜尋策略是指當運轉員對問題情境不熟悉時，以其先前的經驗，採取推理的技能(reasoning skill)與功能性的思考(functional thinking)來進行診斷作業；而癥候則是，運轉員面臨熟悉的問題時，則透過辨識的過程，形成問題原因的假設，將正常與不正常的線索結合以便從記憶中擷取特定的假設。藉由運轉員進行失效診斷時的決策行為與癥候搜尋的策略之文獻探討，將可有助於我們對於人員與失效診斷作業中之認知處理程序之了解。

2.2 故障維修之輔助方法

由相關文獻探討，可歸納增進故障可歸納增進故障維修績效的方法，主要為訓練(training)、自動化診斷系統(automatic diagnosis)、以及輔助支援系統(assist support system)。

(1)訓練(training)，是一般改善工作績效最傳統的方法，Morris 和 Rouse 即認為最有效率的訓練方式是以預先設計好的流程或採取直覺式的操作來教導診斷程序。而 Schaafstal(2000)則提出一個結構化的方法結合領域獨立的策略來訓練故障維修新手，並提高了其工作績效。

(2)自動化診斷系統(automatic diagnosis)，由於人類常有認知上的偏差、失誤或是知識上的不完整等現象，使得許多研究者探討如何將部份或完全的診斷步驟自動化，主要是將診斷的步驟儲存於電腦中，當有癥候出現時即自動啟動與檢測。然而，自動化診斷並不能保證具有絕對的績效。這些影響自動化診斷績效的因素包括：(1)自動化仍需要操作人員擔任啟動的動作，而問題也往往會發生在此環節；(2)自動化系統可能有設計不周全的問題，當面臨的作業或系統愈複雜或缺乏規則性時，自動化系統愈沒有辦法面面俱到；(3)自動化系統的功能，往往在設計之初就已經預先設定好了，對於突如其來的變化無法應變；(4)自動化後，人們必須學習如面對自動化系統，無疑是另一種挑戰；(5)由於在高度自動化後，人們漸漸將工作轉移給系統，因而逐漸疏於面對問題，導致知識與經驗無法長期累積。

(3)輔助支援系統(assist support system)，是指由人員和電腦系統共同來完成工作，由輔助支援系統負責提供即時正確的訊息以協助人員進行診斷或維修任務，Yoon 及 Hammer 即認為與其指示操作人員採取怎樣的行動，倒不如提供有用的資訊以協助其問題解決。而一般的支援方式包括：顯示器設計(display design)、專家系統(expert system)、資訊輔助(information aiding)等。

然而，無論是輔助系統或訓練系統之設計，均必需要考慮到人機互動的協調性問題，才能發揮其效果。

2.3 案例式推理法

一九八十年代，所謂規則式的生產系統(rule-based production system)，或以知識為基礎的系統成為電腦輔助研究之主導。然而，由於規則式的推理系統僅能解決定義清楚的問題，因此，如何定義問題與規則對設計者而言往往不是很容易。一九九十年代，案例式(case-based)的推理方式開始被推展，問題解決者可利用以前的案例來解決複雜的問題。

由於資料探勘(data mining)是近幾年來資料庫應用領域中，相當熱門的議題。而此領域蓬勃發展的原因在於科技發展的結果人們將面臨超載與無結構化的資訊，而這些現象均使得人員的決策行為更加地困難，甚致產生混淆或誤用。如果能透過資料探勘技術，從大量的資料中發掘所需要的資訊，以作為決策或問題解決之用，相信對於決策者或問題解決者無疑是很大的助益。

然而，資料探勘是一個知識發現的重要過程，需要許多的工具來支援，其中案例推理法(CBR)即是其中一種可行的工具。由於案例式推理適合於解決複雜和動態的問題與決策，因此，此方法已成為電腦輔助系統或知識管理系統一個值得探討的研究領域。該推理方法即是以「案例」作為類比式推理的依據，以協助對既存的知識的再利用(Kolodner,1993; Leake,1996; Maher,1998)。此種推理方式主要考慮到人類實際上的推理方式，人們在遇到問題時並不是從零點開始為起點，往往會嘗試從以前的經驗中找尋最相似的情況，然後再以此為基礎進一步推理。尤其，此種推理方式能提供一個更好的方式將人類的經驗知識轉換並且存放在電腦當中，以節省使用者的時間，並且發揮知識儲存、分享與再利用的效益。

尤其，案例式推理(CBR)是以認知心理學為理論基礎而發展出來的，主要是藉由模擬人類的案例式推論所建構的人工智慧系統，而從 1980 年代至 1990 年代亦已發展出許多領域的應用系統，其應用的層次從規劃、診斷到設計而逐漸廣泛而深入，已具有一定的實際驗證效果。

以下即針對 CBR 的推理詳細步驟及流程加以說明如下(如圖 2-1)(Kolonder & Simpson, 1989)：

當我們透過使用者界面輸入資訊到 CBR 系統時，這些輸入的資料與資訊將被視為案例擷取的指標(the indexes)，使用者需要輸入指標到 CBR 系統。而舊案例則被存放在案例庫(case library)中，依結構化地存放著，以供使用者檢索與選取。至於，案例比對，相似度分析及案例調整則於案例推理引擎中執行。

CBR 的推理流程可詳細說明如下(如圖 2-1)(Kolonder & Simpson, 1989)：

1. 首先選定索引指標，決定指標屬性，以辨識問題。
2. 選取案例，藉由相似性法則，將案例庫中與此問題類似之案例擷取出來。
3. 調整案例，將原始案例進行調整，以適應新的問題。
4. 測試，實際測試新案例，記錄其執行結果。
5. 解釋，如果建議的方法失敗，則調查其原因；若是無法解決適應的特殊問題，則進行因果分析，以修正解決問題。
6. 若建議的解答足以解決問題，則將此新的案例安排適當的指標，並且存入案例庫中。

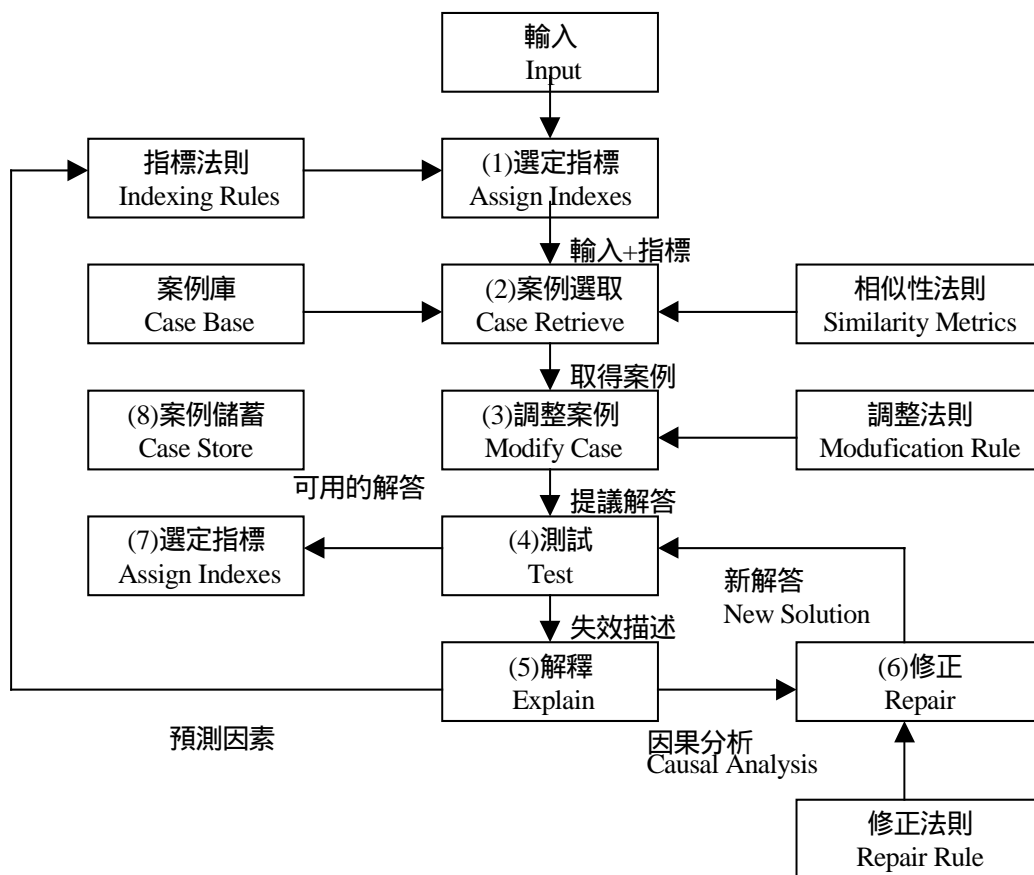


圖 2.1 案例式推理流程圖 (Kolonder & Simpson, 1989)

2.4 知識擷取技術

經過長時期的研究與發展，知識擷取技術已逐漸成熟。許多研究者亦一致認同知識擷取(KA)技術對於領域專家的專業知識的模式化有幫助(Shaw & Gaines, 1993; Schreiber, Wielinga, Akkermans, Velde & Hoog, 1994; Shadbolt & O'Hara, & Crow, 1999; Beydoun & Hoffmann, 2000)。然而，如何將 KA 技術導向模擬訓練系統之發展則是另一值得探討的議題。然而，從探討一般知識基系統之文獻可發現，目前在知識之識別與獲取方面仍然存在許多問題，這些問題包括：

1. 組織單位雖然包含了大量的技術知識，但卻缺乏有效的獲取與交換分享機制 (Davenport & Prusak, 1998)。
2. 隱含的知識對於組織單位而言是相當重要的，但是欲有效地獲取及編碼卻顯得相當地困難與費時(Nonaka & Takeuchi, 1995)。
3. 缺乏通用的溝通語言，使得知識的傳遞與分享受到阻礙(Allen, 1990)。

在人工智慧領域的研究者已致力於發展知識擷取技術與方法目的就是希望解決以上這些問題。Schreiber et al.(1994)即指出許多以知識工程為目的所建立的方法與模式對於發展知識基系統有所幫助。例如，the SPEDE project 應用知識擷取技術以協助企業知識擷取，並支援企業 Brainstorming , Knowledge Auditing , Knowledge Sharing , Group elicitation 及 decision-making。此外，Milton, Shadbolt, Cottam, Hammersley(1999)以 PC-PACK 為工具，實際研究 Unilever and Andersen Consulting , 及 the Rolls-Royce 兩知識管理個案，可發現組織使用 KA 工具擷取知識時仍有許多問題有待突破，這些問題包括：

1. Terminology 方面，由於 PC-PACK 是設計給專業的知識工程師使用的，因此，其所使用的術語，對於新手而言顯得陌生、抽象或模糊不清。
2. Categorizing Knowledge 方面，新手花很長的時間於判斷某一知識元素應該被歸類在那一個知識類別，而且經常產生不一致的結果。
3. Inconsistent Relationships 方面，新手在於建立 Hierarchies 時，通常很難維持一個一致的語意結構。

4.Choice of Tool 方面，新手通常很難知道何時及如何良好使用 PC-PACK 中的 KA 工具，因此，提供多種的工具與表達對於專家而言是有利的，但對於新手而言反而是一種阻礙。

5.Representing the physical domain 方面，PC-PACK 和一般得 KA 工具的共同問題是，強調問題解決的結構，而未支援 the modeling of physically oriented knowledge。

基於以上的探討可知，發展一知識擷取技術應該考慮到使用者的需求。

Beydoun & Hoffmann 在 2000 年即指出，一知識技術需要具備兩個重要的特性包括：(1)其必須包含廣泛的方法，亦即需要整合一些方法和表達方式。有關知識的編碼(codification)亦需要一些支援的工具，例如以軟體協助知識擷取(Software-assisted knowledge acquisition, SAKA)；(2)在應用層面則要能為新手所使用(Beydoun & Hoffmann, 2000)。基於以上之探討，本研究整合了認知作業分析技術、網路為基礎之案例推理模式、以及群聚分析法建置於模擬訓練系統中以獲取飛機發動機故障維修之案例知識，並透過圖形化之介面增進知識獲取工具之可用性，進而提昇模擬訓練系統之效能。

2.5 認知作業之分析方法

認知作業的分析方法(Cognitive Task Analysis Method；簡稱 CTA)是系統設計過程中，確認關鍵認知作業(critical cognitive tasks)及人員績效需求(human performance requirements)的重要工具。經由 CTA 分析進行系統設計可增進良好的人機介面，幫助工作者執行效率並減少失誤的發生，此外，以 CTA 方法可擷取專家知識發展訓練或建構專家系統的知識庫內容，如此可增進或強化自動化系統的優勢。

Kaempff 等(1996)在美國 AAW(Navy Anti-air warfare)的決策過程中，即是運用 CTA 技術以最佳化使用者介面的設計。透過 CTA 分析技術能有系統地抽取決策相關的資訊，由於採取結構化的訪談程序，能有系統地擷取 AAW 專家在關鍵事件中做決策的經驗知識，並且有效地識別執行工作時所採取的認知步驟與需求。而這些資料可進一步地規範於專家系統的知識庫當中。因此，本研究採行 CTA 分析方法的主要理由為：

- (1) CTA 適合於分析複雜性的作業，而電腦維修工作為需要高度專業知識與技術的作業，因此適於採用此方法。
- (2) CTA 分析結果可用於支援自動化系統的發展與設計，符合本研究發展 PC 維修診斷專家系統的目標。
- (3) 本研究欲蒐集電腦維修專家的領域知識，透過 CTA 可瞭解與蒐集其專業知識的特性。
- (4) 運用 CTA 可識別以及描述維修專家的認知結構(如知識基組織、維修技能、及認知過程等)。
- (5) 運用 CTA 可識別維修專家的知識內涵(如結構化的知識內容(structural knowledge)及自動化的技能(automated skills)、以及表達的技能(representational skills))，進而瞭解其問題解決的策略。

然而，CTA 並非單一的方法論，其包含不同的分析方法與技術，常需視資料的特性與分析的目的而採取適當的方法。簡單言之，選擇時需考慮以下幾個因素：1.分析的目標；2.時間及其它資源的有效性；3.作業的特性；4.分析者本身的技能。此外，Cooke(1994)亦認為所引用的方法需能完整地蒐集、分析及、表達資料，且所引用的技術需具備一定的效度。以下經探討相關文獻彙整一般常用的 CTA 方法說明比較如下表(表 2.1)：

表 2.1 CTA 方法比較表

方法	時間需求	成本	適用情況
關鍵決策法 (Critical Decision)	中	中	關鍵性決策與判斷。
一致性元素法 (Consistent Component)	中	低	自動化技能。
繪圖法(Diagramming)	低	低	知識表達。
評比法(Ratings)	低	低	作業概念間關連分析。
排序(Sorting)	低	低	程序性的技能。
原案分析-口語報告法 (Verbal Reports)	高	中	程序性的技能或決策。

第三章 維護診斷作業之知識需求分析

維修診斷作業往往需要經過一系列的認知活動，對於一位維修技師而言，欲達成故障排除任務除了需要具備支援故障維護與評估所需要的工程背景知識以外，還需要具備完成維修任務所需要的技能。因此，人員在面對故障排除任務時，往往需要承受相當的心智負荷。依據 Duncker (1945)可將廣義的故障維修或故障排除作業區分為以下四個基本的步驟：(1)首先形成對問題的描述(formulate problem description)，此階段為故障維修的最初階段，在此階段技師的主要認知任務是，決定系統那裡出了問題。(2)問題原因的測試(generate causes test)，在此階段技師的主要認知任務則是，檢測系統所發生的可能故障的原因，而在此階段的關鍵在於，能不能正確地且迅速地搜尋出可能的問題，以便縮小問題空間。若對問題情境不熟悉時，技師通常會基於先前的經驗，採取推理的技能(reasoning skill)，以及功能性的思考(functional thinking)以便找出所發現的癥狀是來自於那一個介面或失誤環節，此即 Rasmussen's 所謂的拓樸搜尋(topographic search)策略；此外，當面臨熟悉的問題時，則透過辨識的過程，形成問題原因的假設，將正常與不正常的線索結合以便從記憶中擷取特定的假設，此種型態的搜尋方法即 Rasmussen's 所謂的癥候搜尋(symptomatic search)策略或 Klein(1993)所提出的以辨認為基礎的決策方法(recognition-primed decision making)。(3) 測試(test)，當找出可能的原因之後，則需要進一步針對這些原因進行測試，技師必須選擇正確的測試方法和手段，並且明白地解釋測試結果。(4) 維修與評估：故障維修的任務無非是希望使系統回復到正常的運作狀態，因此，在此階段人員的認知任務即是，追溯故障原因到系統的最底層的單元，加以修復或更換，亦即判斷或更換某一個特定的零件或單元，以排除可能的故障狀況。

由以上故障維修與排除任務的施行步驟可知，人員在進行此一任務時，得確需要經過許多的認知活動。然而，對於資訊處理能量與短期記憶都顯得很有限的新手而言，無疑地將面臨相當大的考驗。因此，需要瞭解人員進行故障維修與排除任務時之

認知需求，以發展切合其需求之訓練系統或輔助系統。茲針對發動機故障維修技師(維修經驗五年以下)進行各認知作業之知識需求以及訓練需求進行結構性訪談,並且加以彙整說明如表 3.2 :

表 3.2 故障診斷與維護之學習需求分析(本研究)

故障診斷認知 作業	故障維修者之知識需求(一般維修技師)	訓練需求分析
形成對問題的描述	此階段需要識別系統本身所出的故障線索,在此階段維修技師需要故障組態的辨識資訊,以便辨認出故障特徵,形成對故障問題的假設或描述。	訓練需求: 故障問題屬性辨識訓練
檢測故障原因	需要資訊以輔助決定在所辨別出來的故障組態下那些是可能的故障原因,應該進一步列入測試。	訓練需求: 故障原因推理與診斷訓練
測試	需要資訊輔助其決定那些是最有可能的故障原因,應該列入測試,並決定測試的次序。	訓練需求: 故障診斷程序訓練
維修與評估	需要能提供對照故障原因與故障排除方法之資訊,並且可索引到適當之故障排除方法與維修技巧之資訊。	訓練需求: 故障排除程序訓練

第四章 維修診斷模擬訓練系統發展方法

4.1 維修案例之知識表達

本研究以「案例」作為表達飛機維修知識之基本元素，至於有關案例知識表達方面，回顧許多研究者採用不同的表達方式來描述「案例」，例如 Kolodner(1993)採用「問題(problems)」、「解決方案(solutions)」、以及「結果(outcomes)」等三個部份來表達案例知識；另外，Liao(2000)則採用「問題(problems)」、以及「解答(answer)」這兩部份來表達案例，並且運用一案例推理決策支援系統(case-based decision support system)來記錄案例知識，然而有關案例知識的表達方式，需要具備彈性，避免因過度結構化而無法有效表達隱性的知識內涵(tacit knowledge)。

基於以上文獻探討，本研究在案例知識表達方面除了規範一標準化的表達格式以外，另一方面提供知識獲取模組與介面以允許彈性地表達非結構性的知識(unstructured knowledge)，並且支援多媒體的呈現方式。因此，本研究之案例知識表達方式包括以下四部份：案例屬性指標部份、案例解答部份、結果回饋部份以及案例屬性相似性評比部份，如案例知識表達範例如圖 4.1 所示。

<p>案例屬性描述： Operating Phrase：Take-Off Malfunctions Sub-System: Oil Section Symptoms: 滑油溫度過高</p> <p>故障原因： 無滑油壓力或滑油壓力過高。</p> <p>鑑別程序： 檢查滑油油面高度 檢查管路 檢查壓力表 檢查傳送器 檢查油磊輸出壓力 檢查發動機滑油磊</p> <p>改正辦法： 更換空氣/滑油散熱器溫度控制瓣，清洗滑油壓力調節器或更換滑油磊。</p>
--

圖 4.1 發動機故障維修案例之知識表達範例說明

以上為案例知識與表達方式，本研究並且進一步針對案例庫中之每一個案例知識加以分類，並且組織成語意化的分類結構，以利於系統使用者檢索與獲取案例庫當中所存放之案例知識。

4.2 發展模擬訓練系統之方法架構

本研究結合 CTA(cognitive task analysis)技術以及 CBR(case-based reasoning)機制為核心以「案例知識擷取方法(case-based knowledge acquisition method)」獲取國防武器系統之維護診斷知識以便建置訓練模擬器。

本研究首先採用 CTA 的知識抽取技術，進行國防武器維護診斷之相關知識抽取(knowledge elicitation)，並以所得之結果，透過人因工程之設計，使診斷維護流程之作業內容與人員能力相容，完成一具有維修診斷與學習模擬功能之整合型案例推論知識庫，並透過人機介面相關指導原則(Design Guideline)，進行此一系統控制器/顯示介面等人機互動設計，以操作人員在符合系統介面心智模型(mental model)之條件下，以好的效率完成武器系統維修診斷工作或模擬學習任務等功能，維修模擬訓練系統發展架構圖則如圖 4.2 表示：

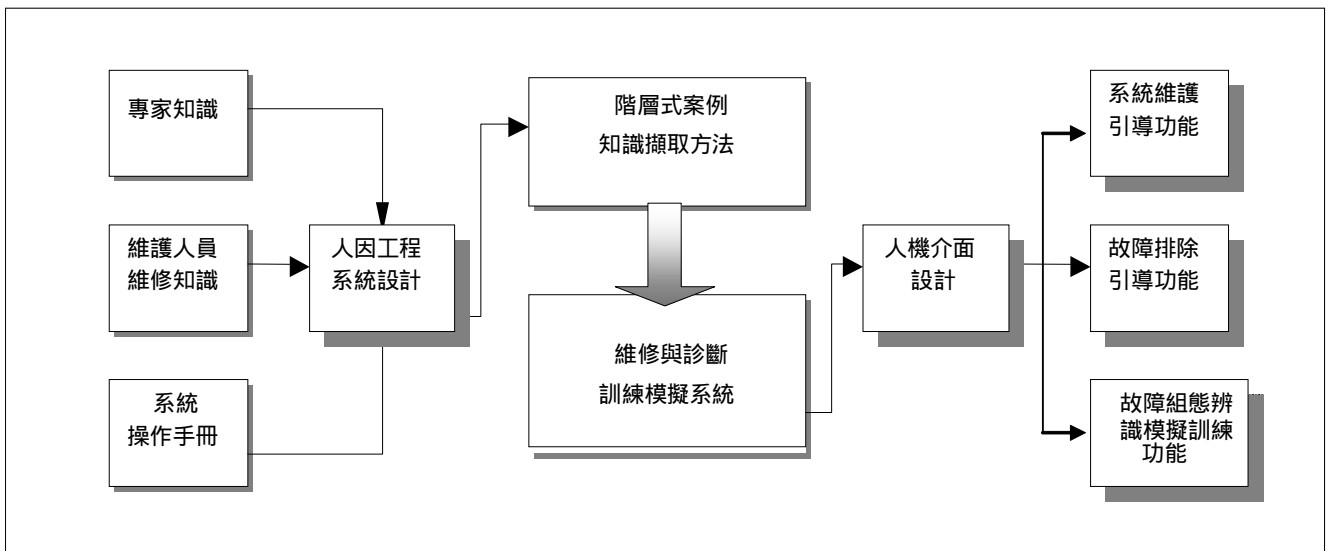


圖 4.2 維修模擬訓練系統發展架構圖

4.3 CBR 演算法

在本研究中主要是採用 Kolodner 在 1993 年所提出來的 “nearest-neighbor (NN) approach” 來計算兩兩案例間之相似度(similarities),此相似度通常正規化為 0~1 的範圍。有關 CBR 的推理流程詳細說明如圖 4.2 所示(Kolonder & Simpson, 1989)。而本研究採之案例推理演算法,主要是依據 Janet Kolodner 於 1993 年在其所著的 Case-Based Reasoning 一書中所闡釋的相似度演算法。進行推理演算之前首先依據評比作業所擷取之案例屬性的相似度矩陣,以及領域專家所設定之各個案例知識屬性指標的重要性權重值,以進行案例相似度推理演算,經演算結果獲得案例間相似度矩陣,其公式表示方式(如公式 1)說明如下:

$$\frac{\sum_{i=1}^n W_i \times Sim(f_i^I, f_i^R)}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots(1)$$

n : 屬性指標的個數

W_i : 各個屬性指標的權重值

f_i^I : 新輸入的案例

f_i^R : 案例庫中的案例

$Sim(f_i^I, f_i^R)$: 新輸入的案例與案例庫中的案例屬性的相似值

4.4 案例知識擷取方法

在本研究中採取認知作業之知識抽取技術藉以抽取「案例知識」,以下針對不同的知識型態採用其適用的抽取方法,分別說明如下:

1. 關於「案例屬性指標之描述性知識」方面:本研究採用結構性訪談(structured interviews)及概念抽取方法(Concept elicitation methods),要求領域專家依照其經驗列示與描述可能的案例知識的屬性特徵及其描述語彙等。
2. 關於「案例解答知識」方面:主要採用結構性訪談(structured interviews)及 CTA 法

加以抽取。預先設計一系列開放式的問題以引導組織人員以自省地(introspect)方式，口述(verb report)其經驗知識。

3. 關於「案例結構性知識」之抽取方法方面：本研究中有關結構性知識的抽取，主要是透過評比作業(rating task)。要求領域專家一一評定各案例知識之屬性描述下兩兩「相似度(similarity)」，由評比結果，最後可獲得案例知識屬性的相似度矩陣表。依據案例屬性的相似度矩陣表，進一步進行案例推理演算後可得一案例間的相似度矩陣表。

取得上述之資訊後，本研究依照 Uschold & Gruninger (1996)所提出的本體論(ontology)建立之方法步驟來組織案例知識，該方法共分成三個階段：第一階段：資料前置處理階段(data preprocessing)，此階段我們先將案例屬性的相似度值以及其權重值進行演算推理，並且搜集與建立案例知識的描述語彙；第二階段本體論建構(ontology construction)，本研究以本體論之觀念為基礎，建立一「案例知識之分類架構」；第三階段為評估(evaluation)，評估分類結果的合理性。

在案例知識的組織方面，本研究首先依據由評比作業所擷取之案例屬性的相似度矩陣，並且設定之各個案例知識屬性指標的重要性權重值，以進行案例相似度推理演算。

建立「案例知識的分類架構」，之詳細步驟則說明如下：

步驟 1、結構化案例實體知識

首先引用分群技術 (Dubes & Jain, 1987)將案例知識加以分群。建立相關案例之群組關係結構。

步驟 2、建立「領域的概念階層(domain concept hierarchy)」

依照階層式分群分析，進一步建立一個「領域的概念階層」，以便將分群結果以概念化的實體(ontology)架構表達出來。在本研究中定義「領域的概念階層」方式，主要是以物件導向式的方法(the object-oriented approach)來表達本體論架構。一個領域的本體論(domain ontology)通常包含角色(roles)及角色(roles)間關係的定義。一個角色(roles)代表一個真實世界的概念，而角色(roles)間關係則是由兩種關係來定義，IS_A 及 HAS_A。IS_A 關係顯示兩角色間是子集合或繼承的關係(the subclass and inheritance

relation)。在此架構中，抽象層級的概念比具體層級概念包含較少細節的資訊，許多具體的概念可能會分享相同的抽象概念。此步驟所建立完成的「領域的概念階層(domain concept hierarchy)」將使得領域知識的本體架構得以依照此原則與規範建立起來。

步驟 3、形式化案例實體知識(formalize ontology)

在此步驟，需將本體架構規格化與外顯化。依據「領域的概念階層(domain concept hierarchy)」，逐步由最低階層開始逐步展開案例屬性關係的語意結構，一直到所有的群落的語意結構被組織完成，最後再將各群落的階層式語意結構合併起來，即可完成問題領域的本體架構(ontology)。

步驟 4、評估階段(evaluation)

由現有軟體環境與文件來評估如何將本體架構透過程式語言建立起來。最後透過程式語言加以編碼化，建立一個案例知識之實體目錄，並且加以建置於模擬訓練系統中。

第五章 建置維修診斷模擬訓練系統

本研究以網路為基礎的案例推理模式(web-based CBR model)，以 TFE731 渦輪扇發動機維護診斷為實例，發展訓練模擬器之雛形系統，整體系統架構主要包括以下幾個部份，(1)系統使用者介面(user interface)；(2)知識獲取模組(KA module) (3)案例為基礎的推理引擎(the CBR engine)；(4) 案例知識庫(case library) ；(5) 故障組態辨識模擬訓練模組(pattern-recognition training module)。尤其，藉由建構 Ontology-based 的使用者介面可增進案例知識的可再利用性與可被分享性。相關功能模組與系統操作畫面詳細說明如下。

- (1) 使用者介面(user interface)：包括兩部份，一部份為案例知識查詢介面部份，主要以動態網頁呈現此介面。領域專家可直接透過與使用者介面的互動，來擷取案例知識，經系統進一步處理後將回饋給使用者。另一部份則為案例知識查詢介面部份。
- (2) 知識獲取模組(KA module)：此模組主要目的在擷取案例知識，以便建立與維護案例庫。此工具模組之目的在於獲取案例屬性的描述語彙以及故障排除方法；另外，案例知識自動分類與編碼工具，目的在於自動分類與編碼化新增的案例知識，系統畫面如圖 5.1 所示。
- (3)案例推理引擎(the CBR engine)：當使用者經由使用者介面，選取案例屬性之後，系統即會自動進行演算推理，並且列示出相似的參考案例。
- (4)案例知識庫(case library)：本系統以案例知識庫儲存案例知識，每一個案例均以其屬性作為案例索引的指標，並記錄案例的 know-how 知識或問題解決方法等。具體言之，案例庫所儲存的案例知識包括「案例屬性指標及其描述語彙」部份，以及「案例解答知識」部份。
- (5) 故障組態辨識模擬訓練(pattern-recognition training module)：此模組主要在提供故障組態之辨識訓練，希望提昇國防武器維修者，在不熟悉之環境下，採取 Klein 在 1993 年所提出之組態辨識行為模式以有效排除相似但不熟悉之故障問題。系統

藉由呈現系統故障特徵圖片及動畫線索以反覆訓練維修技師之故障特性辨識能力，以及故障原因診斷能力，系統功能畫面如圖 4.2、圖 4.3、圖 4.4、圖 4.5、及圖 4.6 所示。

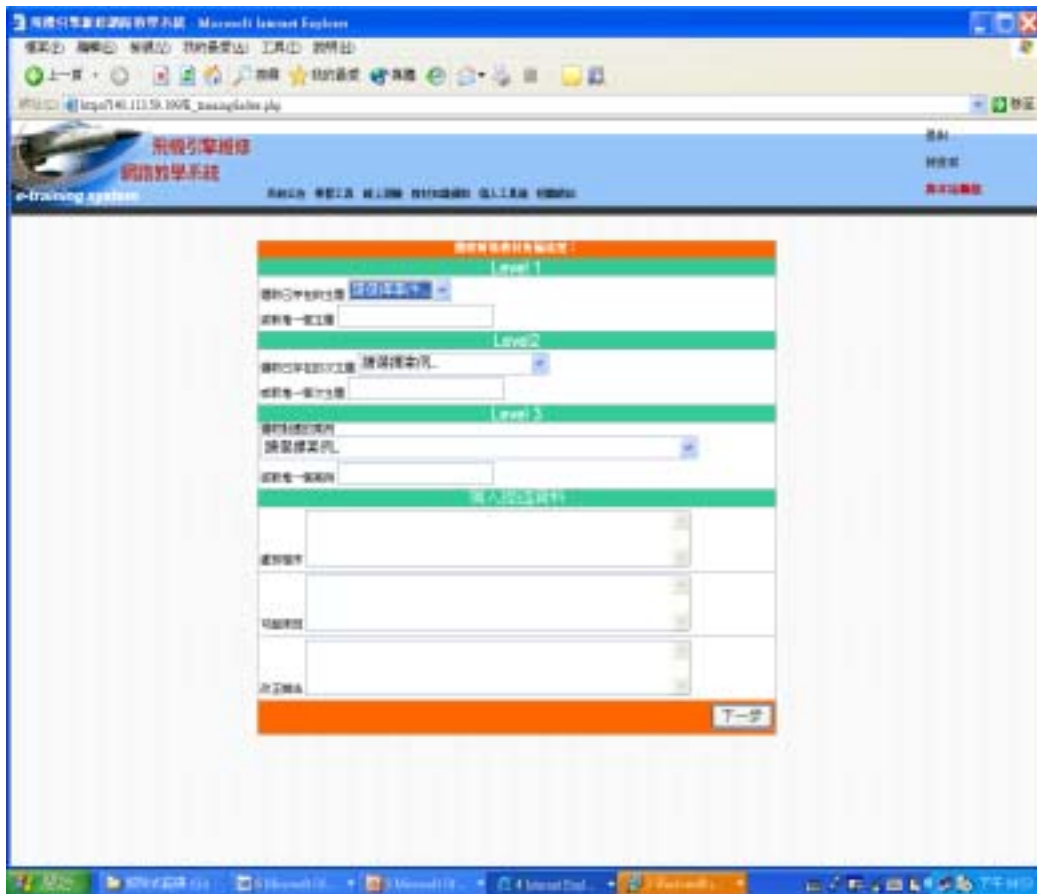


圖 5.1 案例知識擷取畫面



圖 5.2 故障組態辨識訓練之流程畫面



圖 5.3 組態辨識訓練(儀表板狀態)畫面



圖 5.4 儀表顯示故障線索辨識訓練畫面



圖 5.5 滑油系統故障部位辨識畫面

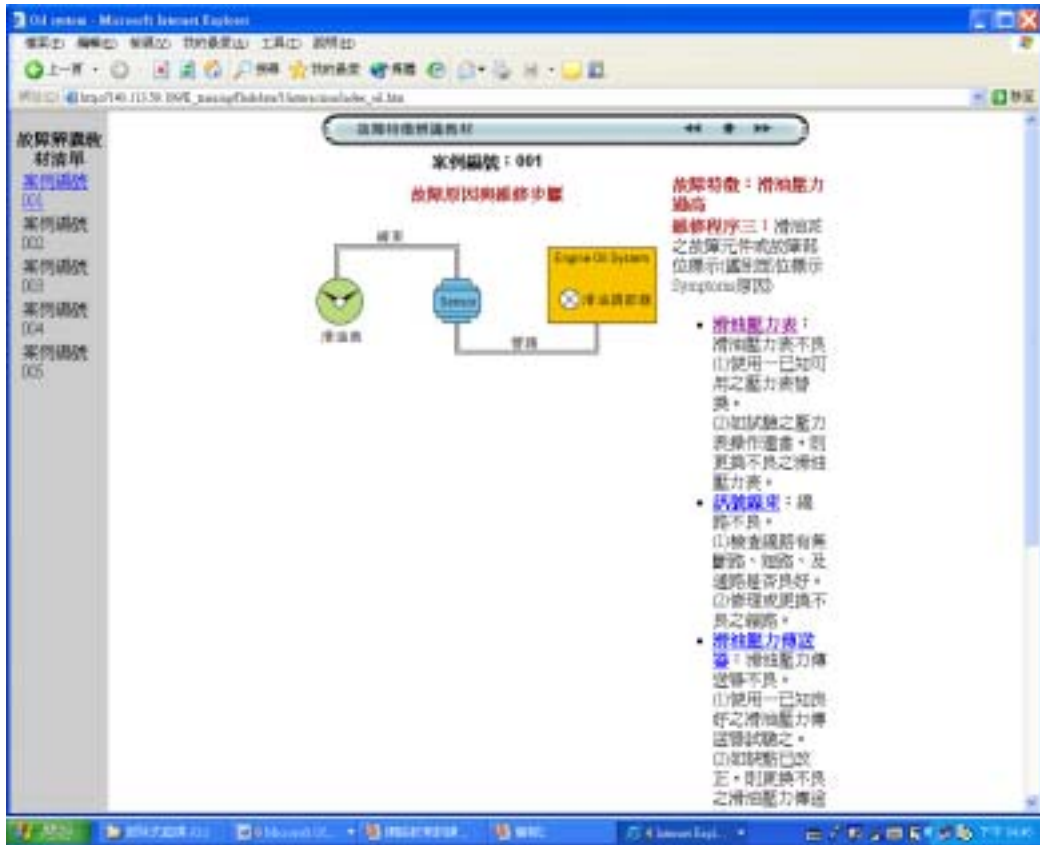


圖 5.6 故障原因診斷與維修方法訓練畫面

第六章 結論與未來發展

國防武器系統之維護性與妥善率對戰力影響甚鉅。國外研究發現，維護人員診斷的疏失與延遲是影響維修性的主要原因之一。然而多數機具維護之專業知識，通常伴隨著厚重的操作手冊，大量的文件缺乏管理的機制，面對突發狀況之處理，人員並不能藉由操作手冊即時的對故障進行有效率之反應；且許多專業之知識，來自於維護人員多年的經驗累積，一旦員工離職，知識與經驗也隨之流失，待新進人員再進入工作崗位時，必須重頭開始。因此，發展一套以獲取維護人員與專家隱含性知識為基礎之案例推論模擬訓練系統，除了可以引導維護人員經歷故障問題時之解決流程外，對於新進人員，亦可以透過此一故障推論系統提供之模擬功能，進行故障解決與排除之學習訓練。

本研究經以 AT3 軍用飛機所裝載之 TFE731 渦輪扇發動機維護診斷為實例，獲取專家維修之案例知識，運用 KA 以及 CBR 技術，最後建置完成模擬訓練系統之雛形。尤其，在使用者介面部份，本研究將案例描述性知識及案例結構性知識的抽取技術建構於系統中，並以動態網頁呈現使用者介面。領域專家可直接透過與使用者介面的互動，以獲取專家知識。此外，系統將所獲取的專家知識進一步編碼或處理後亦會透過系統介面回饋給使用者可使得案例知識外顯化，使得國防武器維修人員師容易檢索及學習案例知識，進而使維護人員能以良好的人機互動環境下，接收此一知識庫所提供之資訊，將有助於提升其面對真實作業環境時之操控性。

未來擬引用在實際應用之訓練情境下，並且評估與搜集使用者之學習效果，以分析瞭解系統之訓練效能，並且進一步獲取其它飛機維修案例知識以建置更完善之知識庫，以增進系統效能。

參考文獻：

- Aamodt, A., Explanation-driven case-based reasoning. In S. Wess, K. Althoff & M. Richter, Eds. Topics in Case-based Reasoning, 1994, pp. 274-288..
- Allen, T., People and technology transfer. The International Center for Research on the Management of Technology, 1990, pp.5.
- Anderson, J. R., "Cognitive skills and their acquisition." Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1981.
- Bedoun, G. & Hoffmann, A., Incremental acquisition of search knowledge. Int. J. Human-Computer Studies, 52, , 2000, pp.493-530.
- Card, S. K., Moran, T. P., and Newell, A., The Psychology of Human Computer Interaction, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- Cooke, N. J., Varieties of knowledge elicitation techniques, International Journal of Human-Computer Studies, 41, 1994, pp. 801-849.
- Duncker, K., On Problem solving. Psychological Monographs, 58 (5), 1945, pp. 1-113.
- Davenport, H. T., "Ten Principles of Knowledge Management and Four Case Studies," Knowledge and Process Management, 4(3), 1997, pp.187-208.
- Davenport, T. H. & Prusak, L., Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1998.
- Dubes, R. C., & Jain, A. K., Algorithms that Cluster Data, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A., Protocol Analysis: Verbal Reports as Data, Cambridge, MA, MIT Press, 1984.
- Gentner, D., Rattermann, M. J., & Forbus, K. D. "The Roles of similarity in Transfer: Separating Retrievability from Inferential soundness." Cognitive Science, 25, 1993, pp.524-575.
- Hoffman, R. R. "The problem of extracting the knowledge of experts from the perspective of experimental psychology," AI Magazine, 8, 1987, pp. 53-67.

- Hoffman, R. R., N. R. Shadbolt, A. M. Burton, and G. Klien. "Eliciting knowledge from experts: A methodological analysis," *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, 62, 1995, pp. 129-158.
- Hunt, J., "Case-based diagnosis and repair for software faults", *Expert Systems*, 14(1), Feb., 1997, pp.15-23.
- Kaempf, G. L., Klein, G., Thordsen, M., & Wolf, S., "Decision making in complex naval command and control environments", *Human Factors*, 38(2), 1996, pp. 220-231.
- Klein, G. a. A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making. In G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok(Eds.) *Decisionmaking in Action: Models and Methods*, Ablex Publishing Corporation New Jersey, 1993, pp.138-147.
- Kim K., Yoon W. G. & Choi S., Aiding fault diagnosis under symptom masking in dynamic systems, *Ergonomics*, 42(11), 1999, p1472-1481.
- Kolodner, J. L., Improving human decision making through case-based decision aiding. *AI Magazine*, 12(2), 1991, pp.52-68.
- Kolodner, J. L., *Cased-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, 1993.
- Kolodner, J. L., and Simpson, R. L., "The MEDIATOR: analysis of an early case-based problem solver," *Cognitive Science*, 13(4), 1989, pp.507-549.
- Leake, D. B., *Case-Based Reasoning-Experiences, Lessons, Future Direction* , 1996.
- Liao, S, Case-based decision support systems: Architecture for simulating military Command and Control, *European Journal of Operational Research*, 123, 2000, pp. 558 - 567.
- Morris, J. G. & Rouse, W. B., The effects of type of knowledge upon human problem solving in a process control task. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, 15(6), 1985, pp.698-707.
- Maher, M. L., & Allen, R., *Expert systems components, expert systems for civil engineers*, ASCE,

1987, pp.3-14.

Maier, M. L., "CBR as a framework for design," Proceedings of AAAI Workshop on Case-Based Reasoning Integration (1998).

Maier, M. L., CBR as a framework for design, Proceedings of AAAI Workshop on Case-Based Reasoning Integrations, 1998.

Milton, N., N. Shadbolt, H. Cottam, and M. Hammersley. Towards a knowledge technology for knowledge management, *Int. J. Human-Computer Studies*, 51, 1999, pp. 615-641.

NASA, User-interface guidelines (NASA DSTL-95-033). Greenbelt. MD: National Aeronautics and Space Administration Goddard Space Flight Center, 1996.

Nonaka, I. and H. Takeuchi. *The Knowledge-Creating Company*. New York: Oxford University Press, 1995.

Ohmann, C., Moustakis, V., Yang, G. and Lang, K., Evaluation of automatic knowledge acquisition techniques in the diagnosis of acute abdominal pain. *Artificial Intelligence in Medicine*, 8, 1996, pp.23-36.

Rasmussen, J., & Jensen, A., Mental procedures in real-life tasks: A case study of electronic troubleshooting. *Ergonomics*, 17, 3, 1974, pp. 293-307.

Rasmussen, J., "Reflections on the Concept of Operator Workload", *Mental Workload*, 1978, pp.29-40.

Rasmussen, J. *Information Processing and Human-Machine Interactions:an Approach to Cognitive engineering*(North-Holland, New York), 1986.

Rouse, W. B., *Human-Computer Interaction in the Control of Dynamic Systems*. *ACM Computer Surveys*, 13, 1, 1981, pp. 71-98.

Schaafstal A. & Schraagen J. M., *Training of Troubleshooting: A Structured, Task Analytical Approach*, *Cognitive Task Analysis*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 2000, pp.57-70, London: Mahwah, New Jersey.

Schreiber, G., B. Wielinga, and J. Brenker. *KADS A Principled Approach to Knowledge-Based*

- System Development, New York: Academic Press, 1993.
- Schreiber, G., B. Wielinga, J. Akkermans, W. V. D. Velde, and R. D. Hoog. "Common-KADS: a comprehensive methodology for KBS," *IEEE Expert*, 9, 1994, pp. 28-37.
- Sengupta, A. , D. C. Wilson, and D. B. Leake, "On constructing the right sort of CBR implementation," In *Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Automating the Construction of Case Based Reasoners*, 1999.
- Shadbolt, N. and N. Milton. "From knowledge engineering to knowledge management,." *British Journal of Management*, (forthcoming), 1999.
- Shadbolt, N., K. O'Hara, and L. Crow. "The experimental evaluation of knowledge acquisition techniques and methods: history, problems and new directions," *International Journal of Human-Computer Studies*, 51, 1999, pp. 729-755.
- Shaw, M. L. and B. R. Gaines. "Personal construct psychology foundations of knowledge acquisition and representation," *European Knowledge Acquisition Workshop*. Berlin: Springer-Verlag, 1993.
- Slade, S., 1991. Case-based reasoning for financial decision making, *Proceedings of The first International Conference on Artificial Intelligence on wall street*, pp. 232-237.
- Uschold, M. and M. Grüninger. "Ontologies: principles, methods and applications," *The Knowledge Engineering Review*, 11, 1996, pp. 93-136.
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Kavuri, S. K. A review of process fault detection and diagnosis Part II: Qualitative models and search strategies. *Computers and Chemical Engineering* 27,2003, pp.313-326
- Wang, S. L., Hsu, S. H., A Hierarchical Case Knowledge Acquisition Method for Troubleshooting, *International Conference on Computer, Communication and Control Technologies: CCCT '03 and The 9th. International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis: ISAS '03*, 2003.
- Wang, S. L., Hsu, S. H., A Web-based CBR Knowledge Management System for PC

Troubleshooting, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004.

Wickens, D. C., Engineering Psychology and Human Performance (Harper Collins, New York), 1992.

Wilson, K. D., “ Using case-based reasoning to support health and safety compliance in the chemical industry”, AI Magazine, Spring, 1998, pp. 47-57.

Yoon, W. C. & Hammer, J. M., A Deep-Reasoning Aid for Deep-Reasoning Fault Diagnosis, Proceedings of the Second International Conference on Human-Computer Interaction, Honolulu, Hawaii, August 10-14, 2, Elsevier 1987, pp.297-304.

Zhang, Z., and Yang, O. Feature Weight maintenance in Case Bases Using Introspective Learning. Journal Of Intelligent system, 16(2), 2001, pp.95-116.

附錄 A、案例推理之專家權重值以及案例屬性評比資料

一、案例屬性指標：

專家編號: E01

案例屬性指標	權重值	權重變項符號
Operating Phrase (操作階段)	25%	W_{op}
Sub-system (次系統)	40%	W_{sub}
Symptoms (特徵)	35%	W_{syp}

專家編號: E02

案例屬性指標	權重值	權重變項符號
Operating Phrase (操作階段)	10%	W_{op}
Sub-system (次系統)	5%	W_{sub}
Symptoms (特徵)	85%	W_{syp}

專家編號: E03

案例屬性指標	權重值	權重變項符號
Operating Phrase (操作階段)	20%	W_{op}
Sub-system (次系統)	35%	W_{sub}
Symptoms (特徵)	45%	W_{syp}

二、Operating Phrase (操作階段) 屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	起動	慢車	引擎加速	起飛	爬昇/巡航	引擎減速	關車	操作後檢查
起動	1	0	0.2	0	0	0.2	0.2	0
慢車	0	1	0	0	0	0	0	0
引擎加速	0.2	0	1	0.2	0	0.4	0	0
起飛	0	0	0.2	1	0.6	0	0	0
爬昇/巡航	0	0	0	0.6	1	0	0	0
引擎減速	0.2	0	0.4	0	0	1	0.2	0
關車	0.2	0	0	0	0	0.2	1	0.2
操作後檢查	0	0	0	0	0	0	0.2	1

專家編號: E02

	起動	慢車	引擎加速	起飛	爬昇/巡航	引擎減速	關車	操作後檢查
起動	1	0	0.8	0	0	0	0	0
慢車	0	1	0	0	0.4	0	0	0
引擎加速	0.8	0	1	0.2	0.2	0	0	0
起飛	0	0	0.2	1	0.8	0	0	0
爬昇/巡航		0.4	0.4	0.8	1	0.2	0	0
引擎減速	0	0	0	0	0.2	1	0.4	0
關車	0	0	0	0	0	0.4	1	0

操作後 檢查	0	0	0	0	0	0	0	1
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---

專家編號: E03

	起動	慢車	引擎加 速	起飛	爬昇/巡 航	引擎減 速	關車	操作後 檢查
起動	1	0.8	0.6	0	0	0	0.4	0.2
慢車	0.8	1	0.2	0	0.8	0.6	0.2	0.2
引擎加 速	0.6	0.2	1	0.8	0.2	0.4	0	0.2
起飛	0	0	0.8	1	0.2	0	0	0.2
爬昇/巡 航	0	0.8	0.2	0.2	1	0	0	0.2
引擎減 速	0	0.6	0.4	0	0	1	0	0.2
關車	0.2	0.2	0	0	0	0	1	0.8
操作後 檢查	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	1

三、Sub-system (次系統)屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	發動機燃油系	發動機起動及點火系	發動機潤滑系	火警警告及滅火系	發動機轉速指示系	發動機渦輪級間溫度指示系	發動機油門操縱系
發動機燃油系	1	0.8	0	0.4	0.2	0.4	0
發動機起動及點火系	0.8	1	0.2	0	0	0	0.2
發動機潤滑系	0	0.2	1	0	0.2	0	0
火警警告及滅火系	0.4	0	0	1	0	0.2	0
發動機轉速指示系	0.2	0	0.2	0	1	0.2	0
發動機渦輪級間溫度指示系	0.4	0	0	0.2	0.2	1	0
發動機油門操縱系	0	0.2	0	0	0	0	1

專家編號: E02

	發動機燃油系	發動機起動及點火系	發動機潤滑系	火警警告及滅火系	發動機轉速指示系	發動機渦輪級間溫度指示系	發動機油門操縱系
發動機燃油系	1	0	0.2	0	0	0	0
發動機起動及點火系	0	1	0	0	0	0	0
發動機潤滑系	0.2	0	1	0	0	0	0
火警警告及滅火系	0	0	0	1	0	0	0
發動機轉速指示系	0	0	0	0	1	0.2	0
發動機渦輪級間溫度指示系	0	0	0	0	0.2	1	0
發動機油門操縱系	0	0	0	0	0	0	1

專家編號: E03

	發動機燃油系	發動機起動及點火系	發動機潤滑系	火警警告及滅火系	發動機轉速指示系	發動機渦輪級間溫度指示系	發動機油門操縱系
發動機燃油系	1	0.8	0.2	0.4	0.6	0.6	0.8
發動機起動及點火系	0.8	1	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8
發動機潤滑系	0.2	0.4	1	0.2	0.2	0.2	0.4
火警警告及滅火系	0.4	0.4	0.2	1	0.4	0.6	0.2
發動機轉速指示系	0.6	0.6	0.2	0.4	1	0.8	0.8
發動機渦輪級間溫度指示系	0.6	0.6	0.2	0.6	0.8	1	0.8
發動機油門操縱系	0.8	0.8	0.4	0.2	0.8	0.8	1

四、發動機燃油系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	起動時發動機轉速不能上昇	發動機加速至慢車途中熄火	發動機 N2 超速	發動機減速時熄火	發動機無法關車	燃油流量表無作用	燃油流量表顯示錯誤
起動時發動機轉速不能上昇	1	0.4	0	0	0	0	0
發動機加速至慢車途中熄火	0.4	1	0	0	0	0.2	0
發動機 N2 超速	0	0	1	0	0	0	0.2
發動機減速時熄火	0	0	0	1	0	0	0.2
發動機無法關車	0	0	0	0	1	0	0
燃油流量表無作用	0	0.2	0	0	0	1	0.6
燃油流量表顯示錯誤	0	0	0.2	0.2	0	0.6	1

專家編號: E02

	起動時發動機轉速不能上昇	發動機加速至慢車途中熄火	發動機 N2 超速	發動機減速時熄火	發動機無法關車	燃油流量表無作用	燃油流量表顯示錯誤
起動時發動機轉速不能上昇	1	0.8	0.2	0.2	0.2	0	0
發動機加速至慢車途中熄火	0.8	1	0.2	0.2	0	0	0
發動機 N2 超速	0.2	0.2	1	0	0	0	0
發動機減速時熄火	0.2	0.2	0	1	0	0	0
發動機無法關車	0.2	0	0	0	1	0	0
燃油流量表無作用	0	0	0	0	0	1	0.6
燃油流量表顯示錯誤	0	0	0	0	0	0.6	1

專家編號: E03

	起動時發動機轉速不能上昇	發動機加速至慢車途中熄火	發動機 N2 超速	發動機減速時熄火	發動機無法關車	燃油流量表無作用	燃油流量表顯示錯誤
起動時發動機轉速不能上昇	1	0.8	0.2	0.6	0.4	0.6	0.6
發動機加速至慢車途中熄火	0.8	1	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6
發動機 N2 超速	0.2	0.4	1	0	0	0.2	0.2
發動機減速時熄火	0.6	0.6	0	1	0	0.4	0.4
發動機無法關車	0.4	0.4	0	0	1	0	0
燃油流量表無作用	0.6	0.6	0.2	0.4	0	1	0.8
燃油流量表顯示錯誤	0.6	0.6	0.2	0.4	0	0.8	1

五、發動機起動及點火系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	無法起動	無點火聲響	起動過程中冒煙/冒火球
無法起動	1	0.8	0
無點火聲響	0.8	1	0
起動過程中冒煙/冒火球	0	0	1

專家編號: E02

	無法起動	無點火聲響	起動過程中冒煙/冒火球
無法起動	1	0.4	0
無點火聲響	0.4	1	0.4
起動過程中冒煙/冒火球	0	0.4	1

專家編號: E03

	無法起動	無點火聲響	起動過程中冒煙/冒火球
無法起動	1	0.8	0
無點火聲響	0.8	1	0
起動過程中冒煙/冒火球	0	0	1

六、發動機潤滑系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	燃油與 滑油混 合	環控出 氣有滑 油氣味	滑油通 氣加壓 瓣有滑 油氣味	滑油消 耗量過 高	無滑油 壓力	滑油壓 力過低	滑油壓 力過高	空中滑 油壓力 偏低	滑油低 壓燈不 亮	低滑油 壓力警 告燈亮	滑油壓 力表擺 動	滑油壓 力表無 指示	滑油壓 力表顯 示錯誤	滑油溫 度過高	滑油溫 度表擺 動	滑油溫 度表無 指示	滑油溫 度表顯 示錯誤
燃油與 滑油混 合	1	0.2	0.2	0.6	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0	0.4	0	0	0
環控出 氣有滑 油氣味	0.2	1	0.2	0.6	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0	0.4	0	0	0
滑油通 氣加壓 瓣有滑 油氣味	0.2	0.2	1	0.6	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.4	0	0	0.2	0	0	0
滑油消 耗量過 高	0.6	0.6	0.6	1	0	0.6	0	0.4	0	0.4	0.2	0	0	0.2	0	0	0
無滑油 壓力	0	0	0	0	1	0.4	0	0.4	0	0.4	0	0.8	0.8	0	0	0	0
滑油壓 力過低	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	1	0	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0
滑油壓 力過高	0	0	0	0	0	0	1	0	0.2	0	0	0	0.8	0	0	0	0
空中滑 油壓力 偏低	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.8	0	1	0	0.8	0	0	0.8	0.6	0	0	0
滑油低 壓燈不 亮	0	0	0	0	0	0	0.2	0	1	0	0	0	0.4	0	0	0	0
低滑油 壓力警 告燈亮	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.8	0	0.8	0	1	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0
滑油壓 力表擺 動	0.2	0.2	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0.2	1	0	0.2	0	0	0	0
滑油壓 力表無 指示	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0.2	0	1	0.2	0.6	0	0	0
滑油壓 力表顯 示錯誤	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2	1	0.2	0	0	0
滑油溫 度過高	0.4	0.4	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	0	0	0.6	0.2	1	0.2	0	0.8
滑油溫 度表擺 動	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1	0	0.8
滑油溫 度表無 指示	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2
滑油溫 度表顯 示錯誤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.2	1

專家編號: E02

	燃油與滑油混合	環控出氣有滑油氣味	滑油通氣加壓瓣有滑油氣味	滑油消耗量過高	無滑油壓力	滑油壓力過低	滑油壓力過高	空中滑油壓力偏低	滑油低壓燈不亮	低滑油壓力警告燈亮	滑油壓力表擺動	滑油壓力表無指示	滑油壓力表顯示錯誤	滑油溫度過高	滑油溫度表擺動	滑油溫度表無指示	滑油溫度表顯示錯誤
燃油與滑油混合	1	0.4	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.2	0.6	0.4	0	0.2
環控出氣有滑油氣味	0.4	1	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.4	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0
滑油通氣加壓瓣有滑油氣味	0	0.6	1	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2
滑油消耗量過高	0.4	0.6	0.6	1	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0.4	0	0.4
無滑油壓力	0.4	0.4	0.2	0.4	1	0.6	0	0.6	0	0.8	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2
滑油壓力過低	0.4	0.4	0.2	0.4	0.6	1	0	0.8	0	0.8	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
滑油壓力過高	0.4	0.2	0.2	0.4	0	0	1	0	0.4	0	0.2	0	0.2	0	0	0	0
空中滑油壓力偏低	0.4	0.4	0.2	0.4	0.6	0.8	0	1	0	0.8	0.4	0	0.2	0.4	0.2	0	0.2
滑油低壓燈不亮	0	0	0.2	0	0	0	0.4	0	1	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0
低滑油壓力警告燈亮	0.4	0	0.2	0.4	0.8	0.8	0	0.8	0	1	0.4	0	0.2	0.2	0.2	0	0.2
滑油壓力表擺動	0.4	0	0.2	0.4	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.4	1	0.2	0.8	0	0.8	0.2	0.4
滑油壓力表無指示	0	0	0.2	0	0.2	0	0	0	0.2	0	0.2	1	0.6	0	0.2	0.2	0.4
滑油壓力表顯示錯誤	0.2	0	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6	1	0	0.2	0.2	0.4
滑油溫度過高	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0	0.4	0	0.2	0	0	0	1	0.6	0.2	0.4
滑油溫度表擺動	0.4	0	0.2	0.4	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2	0.8	0.2	0.2	0.6	1	0.4	0.4
滑油溫度表無指示	0	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	1	0.8
滑油溫度表顯示錯誤	0.2	0	0.2	0.4	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	1

專家編號: E03

	燃油與 滑油混 合	環控出 氣有滑 油氣味	滑油通 氣加壓 瓣有滑 油氣味	滑油消 耗量過 高	無滑油 壓力	滑油壓 力過低	滑油壓 力過高	空中滑 油壓力 偏低	滑油低 壓燈不 亮	低滑油 壓力警 告燈亮	滑油壓 力表擺 動	滑油壓 力表無 指示	滑油壓 力表顯 示錯誤	滑油溫 度過高	滑油溫 度表擺 動	滑油溫 度表無 指示	滑油溫 度表顯 示錯誤
燃油與 滑油混 合	1	0.4	0.2	0.6	0.4	0.6	0	0.6	0	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.2	0.6
環控出 氣有滑 油氣味	0.4	1	0	0.6	0.4	0.6	0	0.6	0	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.2	0.6
滑油通 氣加壓 瓣有滑 油氣味	0.2	0	1	0.6	0.4	0.6	0	0.6	0	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.6
滑油消 耗量過 高	0.6	0.6	0.6	1	0.4	0.6	0	0.6	0	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.6
無滑油 壓力	0.4	0.4	0.4	0.4	1	0.6	0	0.6	0	0.8	0.2	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0.6
滑油壓 力過低	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1	0	0.8	0	0.8	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.2	0.6
滑油壓 力過高	0	0	0	0	0	0	1	0	0.4	0	0.4	0.2	0.6	0.2	0.2	0.2	0.4
空中滑 油壓力 偏低	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0	1	0	0.8	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.2	0.6
滑油低 壓燈不 亮	0	0	0	0	0	0	0.4	0	1	0	0.2	0	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2
低滑油 壓力警 告燈亮	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0	0.8	0	1	0.4	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0.6
滑油壓 力表擺 動	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	1	0.2	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2
滑油壓 力表無 指示	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.2	0.4	0	0.8	0.2	1	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2
滑油壓 力表顯 示錯誤	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1	0.2	0.2	0.2	0.2
滑油溫 度過高	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	1	0.4	0.2	0.6
滑油溫 度表擺 動	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	1	0.2	0.6
滑油溫 度表無 指示	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.6
滑油溫 度表顯 示錯誤	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6	0.2	0.6	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.6	1

七、火警警告及滅火系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	火警警告燈誤警告	火警警告燈測試功能 無作用	滅火瓶誤起爆
火警警告燈誤警告	1	0	0.4
火警警告燈測試功能 無作用	0	1	0
滅火瓶誤起爆	0.4	0	1

專家編號: E02

	火警警告燈誤警告	火警警告燈測試功能 無作用	滅火瓶誤起爆
火警警告燈誤警告	1	0.4	0.6
火警警告燈測試功能 無作用	0.4	1	0
滅火瓶誤起爆	0.6	0	1

專家編號: E03

	火警警告燈誤警告	火警警告燈測試功能 無作用	滅火瓶誤起爆
火警警告燈誤警告	1	0.4	0.6
火警警告燈測試功能 無作用	0.4	1	0.2
滅火瓶誤起爆	0.6	0.2	1

八、發動機轉速指示系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	N1 轉速表顯示錯誤	N1 轉速表無指示	N2 轉速表顯示錯誤	N2 轉速表無指示
N1 轉速表顯示錯誤	1	0.2	0	0
N1 轉速表無指示	0.2	1	0	0.2
N2 轉速表顯示錯誤	0	0	1	0.2
N2 轉速表無指示	0	0.2	0.2	1

專家編號: E02

	N1 轉速表顯示錯誤	N1 轉速表無指示	N2 轉速表顯示錯誤	N2 轉速表無指示
N1 轉速表顯示錯誤	1	0.8	0.4	0.4
N1 轉速表無指示	0.8	1	0.4	0.4
N2 轉速表顯示錯誤	0.4	0.4	1	0.4
N2 轉速表無指示	0.4	0.4	0.4	1

專家編號: E03

	N1 轉速表顯示錯誤	N1 轉速表無指示	N2 轉速表顯示錯誤	N2 轉速表無指示
N1 轉速表顯示錯誤	1	0.6	0.8	0.4
N1 轉速表無指示	0.6	1	0.4	0.8
N2 轉速表顯示錯誤	0.8	0.4	1	0.6
N2 轉速表無指示	0.4	0.8	0.6	1

九、發動機渦輪級間溫度指示系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	渦輪級溫度表 顯示錯誤	渦輪級溫度表 無指示	渦輪級溫度表 擺動	熱起動-起動 時溫度超過規 定極限	加速時 ITT 值 較規定值略高	發動機穩定時 ITT 指示過高
渦輪級溫度表 顯示錯誤	1	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4
渦輪級溫度表 無指示	0.4	1	0	0	0	0
渦輪級溫度表 擺動	0.2	0	1	0	0.2	0.2
熱起動-起動 時溫度超過規 定極限	0.4	0	0	1	0.4	0.4
加速時 ITT 值 較規定值略高	0.4	0	0.2	0.4	1	0.6
發動機穩定時 ITT 指示過高	0.4	0	0.2	0.4	0.6	1

專家編號: E02

	渦輪級溫度表 顯示錯誤	渦輪級溫度表 無指示	渦輪級溫度表 擺動	熱起動-起動 時溫度超過規 定極限	加速時 ITT 值 較規定值略高	發動機穩定時 ITT 指示過高
渦輪級溫度表 顯示錯誤	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
渦輪級溫度表 無指示	0.6	1	0.2	0.2	0	0
渦輪級溫度表 擺動	0.6	0.2	1	0.6	0.4	0.4
熱起動-起動 時溫度超過規 定極限	0.6	0.2	0.6	1	0.6	0.6
加速時 ITT 值 較規定值略高	0.6	0	0.4	0.6	1	0.8
發動機穩定時 ITT 指示過高	0.6	0	0.4	0.6	0.8	1

專家編號: E03

	渦輪級溫度表 顯示錯誤	渦輪級溫度表 無指示	渦輪級溫度表 擺動	熱起動-起動 時溫度超過規 定極限	加速時 ITT 值 較規定值略高	發動機穩定時 ITT 指示過高
渦輪級溫度表 顯示錯誤	1	0.8	0.6	0.8	0.4	0.4
渦輪級溫度表 無指示	0.8	1	0	0	0	0
渦輪級溫度表 擺動	0.6	0	1	0.4	0.4	0.4
熱起動-起動 時溫度超過規 定極限	0.8	0	0.4	1	0.6	0.6
加速時 ITT 值 較規定值略高	0.4	0	0.4	0.6	1	0.8
發動機穩定時 ITT 指示過高	0.4	0	0.4	0.6	0.8	1

十、發動機油門操縱系屬性相似度評比矩陣表：

專家編號: E01

	移動油門手柄所需之力量過大	油門手柄動作不順暢	油門於大車檔位但發動機轉速未達設定值	油門拉回關車位置但發動機不能關車
移動油門手柄所需之力量過大	1	0.6	0	0
油門手柄動作不順暢	0.6	1	0.2	0.2
油門於大車檔位但發動機轉速未達設定值	0	0.2	1	0
油門拉回關車位置但發動機不能關車	0	0.2	0	1

專家編號: E02

	移動油門手柄所需之力量過大	油門手柄動作不順暢	油門於大車檔位但發動機轉速未達設定值	油門拉回關車位置但發動機不能關車
移動油門手柄所需之力量過大	1	0.8	0.2	0.6
油門手柄動作不順暢	0.8	1	0.6	0.8
油門於大車檔位但發動機轉速未達設定值	0.2	0.6	1	0
油門拉回關車位置但發動機不能關車	0.6	0.8	0	1

專家編號: E03

	移動油門手柄所需之力量過大	油門手柄動作不順暢	油門於大車檔位但發動機轉速未達設定值	油門拉回關車位置但發動機不能關車
移動油門手柄所需之力量過大	1	0.8	0.6	0.4
油門手柄動作不順暢	0.8	1	0.6	0.4
油門於大車檔位但發動機轉速未達設定值	0.6	0.6	1	0.8
油門拉回關車位置但發動機不能關車	0.4	0.4	0.8	1

附錄 B、故障案例資料彙整表

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
起動	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
慢車	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
加速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
起飛	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
爬昇/巡航	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
減速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
操作後檢查	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查摩擦阻力片。	油門手柄摩擦阻力片調整太緊。	重新調整適當。
起動	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
慢車	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
加速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
起飛	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
爬昇/巡航	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
減速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
操作後檢查	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢察鋼繩鋪設情形。	油門鋼繩之鋪設不當。	改正油門鋼繩之鋪設。
起動	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
慢車	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
加速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
起飛	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
爬昇/巡航	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
減速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
操作後檢查	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查滑輪有無破裂或擠壓。	滑輪破裂或擠壓。	更換損壞之阻件。
起動	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上拆除各鋼繩，並檢查油門手柄移動是否靈活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
慢車	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上 拆除各鋼繩，並檢查 油門手柄移動是否靈 活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。
加速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上 拆除各鋼繩，並檢查 油門手柄移動是否靈 活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。
起飛	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上 拆除各鋼繩，並檢查 油門手柄移動是否靈 活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。
爬昇/巡航	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上 拆除各鋼繩，並檢查 油門手柄移動是否靈 活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。
減速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上 拆除各鋼繩，並檢查 油門手柄移動是否靈 活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。
操作後檢查	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	自座艙油門扇形盤上 拆除各鋼繩，並檢查 油門手柄移動是否靈 活。	油門手柄及/或扇形盤卡住。	更換油門弧座。
起動	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是 否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。
慢車	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是 否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。
加速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是 否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。
起飛	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是 否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
爬昇/巡航	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。
減速	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。
操作後檢查	發動機油門操縱系	移動油門手柄所需之力量過大	檢查密封圈之安裝是否對正。	密封圈定位不良。	改正密封圈位置。
起動	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
慢車	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
加速	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
起飛	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
爬昇/巡航	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
減速	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
操作後檢查	發動機油門操縱系	油門手柄動作不順暢	檢查整個系統有無防滑銷及間隙。	油門鋼繩之鋪設不當或鋼繩出軌。	改正鋼繩之鋪設或更換損壞阻件。
起動	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查左，右燃油流量表斷電器。	施加電力不當。	將斷電器復位或更換不良之斷電器。
慢車	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查左，右燃油流量表斷電器。	施加電力不當。	將斷電器復位或更換不良之斷電器。
加速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查左，右燃油流量表斷電器。	施加電力不當。	將斷電器復位或更換不良之斷電器。
起飛	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查左，右燃油流量表斷電器。	施加電力不當。	將斷電器復位或更換不良之斷電器。
爬昇/巡航	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查左，右燃油流量表斷電器。	施加電力不當。	將斷電器復位或更換不良之斷電器。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
減速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查左，右燃油流量表斷電器。	施加電力不當。	將斷電器復位或更換不良之斷電器。
起動	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查流量表與流量傳送器間之線路有無斷路、短路，及適當之通路。	線路不良。	視需要修理或更換線路。
慢車	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查流量表與流量傳送器間之線路有無斷路、短路，及適當之通路。	線路不良。	視需要修理或更換線路。
加速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查流量表與流量傳送器間之線路有無斷路、短路，及適當之通路。	線路不良。	視需要修理或更換線路。
起飛	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查流量表與流量傳送器間之線路有無斷路、短路，及適當之通路。	線路不良。	視需要修理或更換線路。
爬昇/巡航	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查流量表與流量傳送器間之線路有無斷路、短路，及適當之通路。	線路不良。	視需要修理或更換線路。
減速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查流量表與流量傳送器間之線路有無斷路、短路，及適當之通路。	線路不良。	視需要修理或更換線路。
起動	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	使用一已知可用之指示器替換。	流量表不良。	如試驗之流量表操作適當，則更換不良之燃油流量表。
慢車	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	使用一已知可用之指示器替換。	流量表不良。	如試驗之流量表操作適當，則更換不良之燃油流量表。
加速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	使用一已知可用之指示器替換。	流量表不良。	如試驗之流量表操作適當，則更換不良之燃油流量表。
起飛	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	使用一已知可用之指示器替換。	流量表不良。	如試驗之流量表操作適當，則更換不良之燃油流量表。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
爬昇/巡航	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	使用一已知可用之指示器替換。	流量表不良。	如試驗之流量表操作適當,則更換不良之燃油流量表。
減速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	使用一已知可用之指示器替換。	流量表不良。	如試驗之流量表操作適當,則更換不良之燃油流量表。
起動	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查各接頭之插銷與插座有無污染、鬆動及連接不良情況。	電氣接頭鬆動或損壞。	清潔,修理或上緊鬆動之接頭。更換損壞之接頭。
慢車	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查各接頭之插銷與插座有無污染、鬆動及連接不良情況。	電氣接頭鬆動或損壞。	清潔,修理或上緊鬆動之接頭。更換損壞之接頭。
加速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查各接頭之插銷與插座有無污染、鬆動及連接不良情況。	電氣接頭鬆動或損壞。	清潔,修理或上緊鬆動之接頭。更換損壞之接頭。
起飛	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查各接頭之插銷與插座有無污染、鬆動及連接不良情況。	電氣接頭鬆動或損壞。	清潔,修理或上緊鬆動之接頭。更換損壞之接頭。
爬昇/巡航	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查各接頭之插銷與插座有無污染、鬆動及連接不良情況。	電氣接頭鬆動或損壞。	清潔,修理或上緊鬆動之接頭。更換損壞之接頭。
減速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	檢查各接頭之插銷與插座有無污染、鬆動及連接不良情況。	電氣接頭鬆動或損壞。	清潔,修理或上緊鬆動之接頭。更換損壞之接頭。
起動	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	以三用電表量測傳送器之電阻值。在電接頭之銷 1 與外殼間應為通路,在銷 2 與銷 3 間及銷 4 與銷 3 間均應為 875(+/-175)歐姆。檢查流量傳送器之操作情況。	流量傳送器不良。	如有不良,更換流量傳送器。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
慢車	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	以三用電表量測傳送器之電阻值。在電接頭之銷 1 與外殼間應為通路,在銷 2 與銷 3 間及銷 4 與銷 3 間均應為 875(+/-175)歐姆。檢查流量傳送器之操作情況。	流量傳送器不良。	如有不良,更換流量傳送器。
加速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	以三用電表量測傳送器之電阻值。在電接頭之銷 1 與外殼間應為通路,在銷 2 與銷 3 間及銷 4 與銷 3 間均應為 875(+/-175)歐姆。檢查流量傳送器之操作情況。	流量傳送器不良。	如有不良,更換流量傳送器。
起飛	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	以三用電表量測傳送器之電阻值。在電接頭之銷 1 與外殼間應為通路,在銷 2 與銷 3 間及銷 4 與銷 3 間均應為 875(+/-175)歐姆。檢查流量傳送器之操作情況。	流量傳送器不良。	如有不良,更換流量傳送器。
爬昇/巡航	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	以三用電表量測傳送器之電阻值。在電接頭之銷 1 與外殼間應為通路,在銷 2 與銷 3 間及銷 4 與銷 3 間均應為 875(+/-175)歐姆。檢查流量傳送器之操作情況。	流量傳送器不良。	如有不良,更換流量傳送器。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
減速	發動機燃油系	燃油流量無作用或顯示錯誤	以三用電表量測傳送器之電阻值。在電接頭之銷 1 與外殼間應為通路,在銷 2 與銷 3 間及銷 4 與銷 3 間均應為 875(+/-175)歐姆。檢查流量傳送器之操作情況。	流量傳送器不良。	如有不良,更換流量傳送器。
起動	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查燃油/滑油散熱器。	燃油/滑油散熱器破裂。	更換燃油/滑油散熱器。
慢車	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查燃油/滑油散熱器。	燃油/滑油散熱器破裂。	更換燃油/滑油散熱器。
加速	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查燃油/滑油散熱器。	燃油/滑油散熱器破裂。	更換燃油/滑油散熱器。
起飛	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查燃油/滑油散熱器。	燃油/滑油散熱器破裂。	更換燃油/滑油散熱器。
爬昇/巡航	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查燃油/滑油散熱器。	燃油/滑油散熱器破裂。	更換燃油/滑油散熱器。
減速	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查燃油/滑油散熱器。	燃油/滑油散熱器破裂。	更換燃油/滑油散熱器。
起動	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查附件傳動齒輪箱內密封是否不良。	附件傳動齒輪箱內密封不良。	更換齒輪箱內不良之密封。
慢車	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查附件傳動齒輪箱內密封是否不良。	附件傳動齒輪箱內密封不良。	更換齒輪箱內不良之密封。
加速	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查附件傳動齒輪箱內密封是否不良。	附件傳動齒輪箱內密封不良。	更換齒輪箱內不良之密封。
起飛	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查附件傳動齒輪箱內密封是否不良。	附件傳動齒輪箱內密封不良。	更換齒輪箱內不良之密封。
爬昇/巡航	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查附件傳動齒輪箱內密封是否不良。	附件傳動齒輪箱內密封不良。	更換齒輪箱內不良之密封。

Operating Phrase	Sub-System	Symptoms	鑑別程序	可能原因	改正辦法
減速	發動機潤滑系	燃油與滑油混合	檢查附件傳動齒輪箱內密封是否不良。	附件傳動齒輪箱內密封不良。	更換齒輪箱內不良之密封。
起動	發動機潤滑系	無滑油壓力或滑油壓力過低	檢查滑油油面高度。	滑油箱內無滑油。	將滑油箱加滑油。
慢車	發動機潤滑系	無滑油壓力或滑油壓力過低	檢查滑油油面高度。	滑油箱內無滑油。	將滑油箱加滑油。
加速	發動機潤滑系	無滑油壓力或滑油壓力過低	檢查滑油油面高度。	滑油箱內無滑油。	將滑油箱加滑油。