

設備維護管理系統與生產製造績效之關係 探討

A STUDY ON MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEMS AND THEIR PRODUCTION PERFORMANCE

何應欽

中央大學工業管理所

范良楨 林偉仁

中央大學企業管理學系

Ying-Chin Ho

Institute of Industrial Management

National Central University

Liang-Chen Fan Wei-Jen Lin

Department of Business Administration

National Central University

摘要

設備維護管理系統是製造業爲了維持設備的持續運作，以使生產流程更加順暢，而所發展出來的系統。設備維護管理系統於近年來非常受到重視，也有各式各樣的系統（如：Reliability Centered Maintenance，RCM、High Performance Maintenance Management，HPMM 與 Total Productive Maintenance，TPM）被提出與導入於實際的製造系統中。雖然如此，仍有些問題待回答，例如：目前台灣企業使用設備維護管理系統的情況、各種設備維護管理系統的要素與其產生的維護績效與生產績效的關係、和那一種設備維護管理系統對企業強化其內部運作有較好的貢獻等議題。本研究首先整理各種設備維護管理理論，回顧設備維護管理的演變，然後深入剖析幾種設備維護管理系統（如：RCM、HPMM 與 TPM 等）的運作構面，探討其彼此間的互動關係。本研究藉由問卷調查與結構方程式模型，驗證這些設備維護管理系統，不僅對企業的

設備維護管理績效有正向的影響，對企業的生產製造績效也有正向的影響。本研究也發現相較其它設備維護管理系統，TPM 系統對生產製造績效的影響效果較大。

關鍵字：設備維護管理，維護管理績效、生產製造績效

ABSTRACT

Maintenance management systems are considered by many companies as the key to keep their equipments running under normal operation without breakdowns. In recent years, there has been much and rapid development in maintenance management system. Various systems, e.g. RCM (Reliability Centered Maintenance), HPMM (High Performance Maintenance Management), and TPM (Total Productive Maintenance) systems, have been proposed and implemented in real-life manufacturing systems. Despite so, there are some vital questions remained to be answered. For example, what is the current status of Taiwanese manufacturers' implementation of maintenance management systems? What are the key elements of some popular maintenance management systems and the effects they have on a manufacturer's maintenance and production performance? In addition, which maintenance management system can result in better maintenance and production performance? This study reviews several maintenance management systems (e.g. the RCM, HPMM and TPM systems) and their historical development. The key elements of these systems are identified and analyzed. The relationships between these systems are also studied. After that, a survey is conducted on Taiwanese companies. The data collected from the survey is used to build up the model that is necessary to understand the elements of these systems, their relationships and their effects on the maintenance and production performance. The analysis result indicates that maintenance management systems have positive effects on the maintenance and production performance of Taiwanese manufacturers. The analysis result also shows that the TPM system can result in better production performance than other systems.

Keywords: Maintenance Management, Maintenance Performance, Production Performance

壹、前言

企業的競爭力取決於其內部的價值鏈，是否能有效的連結運作，採購、製造與銷售的連結，形成了企業的內部價值鏈，而生產製造則是此價值鏈的核心。生產製造績效的優劣，則取決於其生產活動是否能被有效的管理。人員、製程與設備提供了生產營運活動的三個基本構面。精實的生產管理有效的串聯了每一生產流程，促使員工有紀律的執行每一細節、與管理階層對整體系統效率的承諾，也確立了人員構面對整體運作影響。作業流程的精簡、產品品質的提昇、良率的改善、浪費的減少與生產成本的有效降低等，皆能提昇製程能力。穩定的設備運作則能確保生產計劃的順利推行，且成爲生產營運活動的穩固基石。

產品差異化、提昇生產良率與降低成本是生產製造的重要目標。生產良率的提升，則來自於「設備妥善率的提昇」與「製程瓶頸的去除」。而設備妥善率的提昇，則仰賴設備維護是否能落實。至於製程瓶頸的去除，則須更多的資金，來投入於新設備的添購。但是「落實設備維護」與「去除製程瓶頸」，似乎與企業的成本降低目標有所衝突。爲了解決此衝突，各種設備維護管理系統也因應而生，例如：西方發展的統一式維護管理系統、日本於 1970 年代所發展出來的全面生產保全系統 (Total Productive Maintenance, TPM)、以及 5S、SMED (Single Minute Exchange of Die)、RCM、QCC (Quality Control Circle)、ISO 9000、TPM (Total Productivity Management)、TQM (Total Quality Management)、TQMEX (TQM Excellence)、ISO 14000、ISO 18000、與杜邦公司採用的 HPMM (High Performance Maintenance Management) 等。不論企業採用何種設備維護管理系統，其目的皆是想解決前述的問題，以強化其競爭力。本研究對目前台灣企業使用設備維護管理系統的情況、各種設備維護管理系統的要素與企業的維護績效與生產績效間的關係、以及那一種設備維護管理系統對企業強化其內部運作有較好的貢獻等議題加以釐清，以期能幫助企業選擇、設計與修正其設備維護管理系統。

本研究以國內的製造業爲研究對象，並對上述議題加以探討，其研究步驟如下：

1. 首先，吾人從設備維護管理系統的相關文獻，整理出幾種常見的設備維護管理系統之共同構面因素與獨特構面因素，以及設備維護管理績效的衡量指標。
2. 從生產管理系統的相關文獻，整理出衡量生產製造績效指標的構面因素。
3. 由所整理出的構面因素，建立研究模式，並提出假說。

4. 藉由問卷調查，來驗證台灣地區製造業所推行的各種設備維護管理系統，對設備維護管理與生產製造績效的成效是否有顯著的影響。
5. 藉由路徑分析找出那些設備維護管理系統，對生產製造績效有較顯著的影響，且值得企業參考與採用。

貳、設備維護管理系統與績效

一、設備維護管理之理論分類與歷史演化

近年來，設備維護管理已逐漸受到學術與企業界的重視，且發展成各有其獨特思維的不同學派。Anderson (2002) 依據 Koontz (1961) 的研究，將設備維護管理理論分成作業流程學派 (The Process School)、數學學派 (The Mathematical School)、可靠度學派 (The Reliability School)、品質學派 (The Quality School)、條件基礎學派 (The Condition Based School) 與工作管理學派 (The Work Management School)。在設備維護管理的實務運作過程，因設備的複雜性與有限的人力資源，不同的企業依其特性採用了不同學派的精華，來建構自己的設備維護管理系統。Jabar and Bhd (2003) 將整個「設備維護管理」的演變分為三個世代(表 1)。第一個世代約從 1930 年至 1950 年，此世代的設備維護管理策略僅強調故障的排除與設備的修護。第二個世代約從 1950 年至 1990 年，在此世代，由於產業的演變，設備維護工作開始進入計劃執行與支援的管控，定期的設備保養觀念也因此產生。此世代的設備維護管理策略也強調設備可靠度的提升，與統一化的維護管理運作。第三個世代約從 1990 年至今，在此世代，由於電腦、資訊與半導體產業的興起，因此多種可監測設備運轉與預知故障的應用工具也於此世代出現，例如：電腦系統的應用使得資料的收集、整理與分析能更加快速，進而提昇預知設備故障與故障分析的能力。

二、設備維護策略分類與定義

由於設備維護管理學派的百家爭鳴，設備維護策略在各學派也有不同的名稱，因而造成許多混淆。爲了釐清混淆，英國標準局 (British Standards Institution, BSI) 發表設備維護管理專門用語的標準定義，但此標準定義並非是世界通用的。Dunn (2002) 根據其多年的設備維護管理經驗，將各種設備維護策略的不同名稱加以整理。有些設備維護策略雖然名稱不同，但其意涵卻是相同的，以下整理這些設備維護策略：

表 1 設備維護管理歷史演化

第一代(1930-1950)	第二代(1950-1990)	第三代(1990-現今)
1. 壞了再維修。	1. 定期執行大修保養維護。 2. 使用系統，有計畫的控管維護工作。 3. 較低階的技術水準與計算能力。	1. 預知保養。 2. 設計階段便考量設備可靠度與可維修度。 3. 危害分析。 4. 高階電腦技術的引用。 5. FMEA 技術的引用。 6. 專家系統。 7. 多能工與團隊運作。

1. 緊急搶修策略：即設備不做任何計畫保養，直到設備故障時才進行矯正措施，緊急搶修策略的其他不同的名稱包括：Breakdown Maintenance (BM)、Corrective Maintenance (CM)、Run-to-Failure (RTF)、與 No Scheduled Maintenance。
2. 預防保養策略：即根據設備的特性，排定固定週期來更換可能損壞的零組件，以避免因設備的突然故障，而所造成的生產流程嚴重損失。預防保養策略的其他不同的名稱包括：Time-Based Maintenance (TBM)、與 Preventive Maintenance (PM)。
3. 預知保養策略：即根據設備的操作條件，來進行長期的監控。當操作條件有異常時，則立即加以更正，以避免設備故障發生，並達成即時且有效的設備維修。預知保養策略的其他不同的名稱包括：Condition Based Maintenance (CBM)、On-Condition Maintenance (OCM)、與 Predictive Maintenance (PdM)。
4. 主動保養策略：即只要是應用了預防保養 (PM) 或預知保養 (PdM) 策略之維護保養作業就屬於主動保養，主動保養策略又稱為 Proactive Maintenance (PaM)。

Jabar and Bhd (2003) 也整理出四種設備維護管理策略 (表 2)，且對主動保養策略有更進一步的詮釋。Jabar and Bhd (2003) 認為主動保養策略，除了應用預知保養或預防保養策略外，也強調將設備故障原因找出，以排除設備缺陷與延長設備壽命，進而達成零缺失與零故障的目標。

Duffuaa, Raouf, and Campbell (1999) 認為整體的設備維護管理策略的全貌應如圖 1 所示，圖中的預防保養包含了「預知保養」與「可靠度分析」。Duffuaa et al. (1999) 也引入「機會保養」(Opportunity Maintenance) 的新名詞，此乃以生產管理為主軸之

表 2 設備維護策略分類

設備維護策略	設備維護運作方法	影響程度
緊急搶修 Breakdown Maintenance	故障時再處理	大筆的維護費用
預防保養 Preventive Maintenance	定期執行設備保養	定期元件被更換
預知保養 Predictive Maintenance	監測設備運作條件	依設備運作條件決定維護時機
主動保養 Proactive Maintenance	找出故障根源	故障根源排除

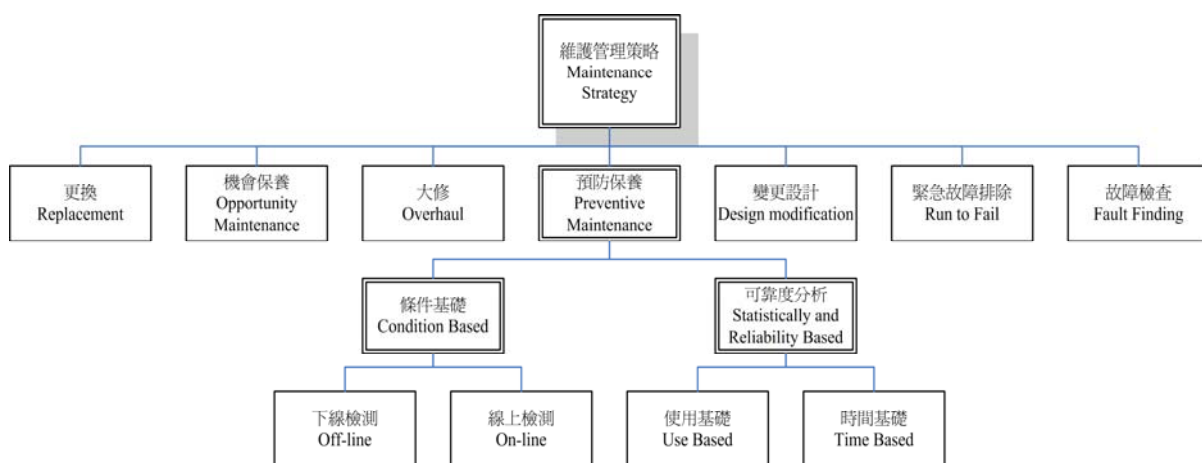


圖 1 設備維護管理策略

實務執行過程的必然結果。「機會保養」爲了短期生產效率的穩定，犧牲預防保養的週期，直到生產流程有適當的時機，才進行設備維修，例如：在生產線切換產品時，維護保養工作便可切入進行。

三、設備維護管理整合策略

由前文的介紹，吾人應可體會設備維護管理的複雜性，也能了解現今的設備維護管理，是不能單靠「維護策略」來執行。「預知預防保養」的執行，除了要有完善的事前規劃，人力安排與物料準備，也須排定計畫執行時間。但在執行過程中，設備維

護管理往往會受到緊急搶修而中斷，或是生產需求的變動而延後，或因企業內部的臨時需要，而干擾計畫性工作的執行。即使無這些干擾，維護工作計畫與排程的複雜性，通常就足以影響整體運作的成效。

爲了因應不同的設備維護管理觀念，設備維護管理整合策略也逐漸成形，例如：「可靠度核心維護管理系統」(Reliability Centered Maintenance, RCM)，便是起源於1960年代的美國航空工業設備維護管理系統。RCM系統經數年改版後，於1978年由Stan Nowlan與Howard Heap正式命名，目前已被各個工業領域所採用。RCM系統利用可靠度與邏輯分析，來決定關鍵性設備的預防保養週期，並藉由有效且有紀律的推行，來達到設備的最高可利用率。Moubray (1997)更將RCM系統修正爲RCM II，並提供了問題集，來簡化了RCM系統的推行，一般使用者不需有深厚的可靠度技術，便可執行RCM II。

日本電裝株式會社爲了徹底實施豐田生產方式，在1970年提出全面生產保全系統(Total Productive Maintenance, TPM)系統。Nakajima (1988)說明TPM系統的整體運作是以設備爲主軸，強調全員參與、消除浪費與提昇設備利用率，進而強化生產效能的全面生產保全系統，並以設備維護管理策略，將設備維護工作擴展至全體員工。台灣中衛中心在引入TPM系統時，有鑑於此系統是以生產者爲主軸，與爲了使中文命名更貼切，於是採用「全面生產管理」(Total Productivity Management)來詮釋TPM系統。Bond (1997)也提出了「以利潤爲中心的設備維護管理系統」(Profit-Centered Maintenance, PCM)，強調減少沒有價值的設備維護工作，改造設備維修作業流程與降低設備維修成本。Pun, Chin, Chow, and Lau (2002)提出「以做對的事取代把事情做對」爲核心思維的「效能核心的設備維護管理系統」Effectiveness-Centered Maintenance (ECM)，經由全員的參與，來強化品質的改善與設備維護策略的開發，且以績效指標評估與統計推論，來評判整體運作是否有效，並以「做對的事」取代「把事情做對」來提升其內部的競爭力。Hughes (2001)提出的「企業核心的設備維護管理系統」(Business Centered Maintenance, BCM)，強調組織的扁平化過程，且指出企業要維持龐大的組織運作已不可能，留下核心專業的運作是現代的趨勢。Thomas (2002)指出現今設備維護管理的問題如下：

1. 設備維護管理並非隸屬於核心領導管理團隊。
2. 缺乏了解整體企業營運方向，沒有企業營運的思維。
3. 設備維護單位主管缺乏管理技能。
4. 設備維護單位與其他功能部門缺乏整合連結。
5. 計畫性維護工作越來越少。

6. 新技能資訊取得快速，但缺乏基本技能訓練。

設備維護管理與企業營運之間的落差開始擴大，爲了減低此落差與改善企業內部的效能，企業領導人需重新評估與審視設備維護管理的重要性，強化設備維護管理績效，如同重新將基礎打穩，使得生產管理能有效運作，以滿足整體企業經營目標。

四、設備維護管理系統運作

爲了落實設備維護管理整體運作效率，吾人須進一步了解設備維護管理的基本活動。依據 Duffuaa et al. (1999) 所提出的典型設備維護管理系統（見圖 2），吾人可藉由設施、人力，設備，備品與管理的投入，配合工作的規劃與組織的運作，並透過回饋機制修正與控管，來達成設備持續穩定的運轉。以下的探討將以此典型的設備維護管理系統架構，來探討 RCM 系統，TPM 系統、杜邦公司的 HPMM 系統與 ISO 9000 的設備維護系統。

(一) RCM 系統

根據 Anderson and Neri (1990)，RCM 系統的四大步驟如下：

1. 執行故障模式分析，找出關鍵項目。
2. 針對各關鍵項目，應用 RCM 決策分析模式，找出哪些設備採用緊急搶修模式，哪些設備採用定期預知保養模式，哪些設備採用儀表直接偵測，進而有效分配有限資源，達到設備維護最佳化的組合。
3. 藉由設備維護工作的方法、設備維修的需求程度以及設備維修週期的界定，進而執行 RCM 系統所決定的每一事項，同時於執行過程中，收集必要的訊息，以利未來的分析。
4. 經由實際設備運轉經驗，掌握設備的壽命，進而調整設備維護的策略與執行內容，以使整體設備維護達到最佳化。

Kennedy (2002) 更將此四大步驟，細分爲七個步驟，分別爲選擇影響層面較顯著的區域、決定關鍵功能與績效標準、找出明確的功能故障因素、找出故障模式及其影響層面、選擇彈性有效的維護戰略、排程與執行選定的戰略目標與最適化整體戰略計畫。

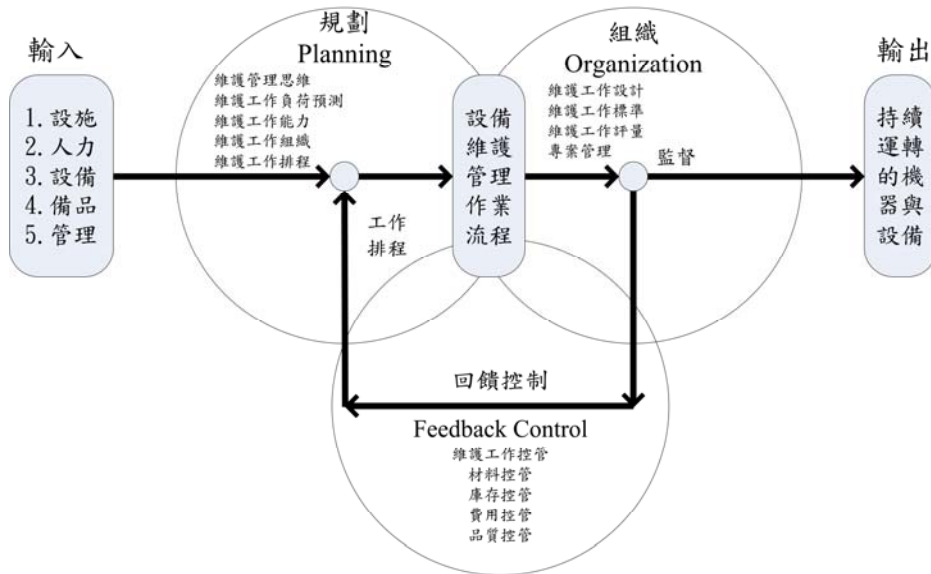


圖 2 典型維護管理系統

(二) TPM 系統

高福成（1994）認為 TPM 系統是提倡設備導向的管理，也是將現有的設備做最大的利用。他指出 TPM 是從經營者至第一線作業員，全員參與的生產保養活動，以排除設備效率的六大損失（即：突發故障損失、準備損失、停機損失、速度損失、不良整修損失及暖機損失），也確保 TPM 績效的五大支柱（即：改善設備的六大損失、作業員實行的自主保養、保養部門實施的計劃保養、作業員、保養人員的訓練、與初期流動管理）。推行 TPM 的過程，可分三個階段，分別是導入準備階段、正式導入階段、與導入實施階段。高福成（1994）也敘述六大指標：生產量、品質、成本、交期、安全與意識和設備的關聯性。

(三) 杜邦公司的 HPMM 系統

杜邦公司的高績效的維護管理系統（HPMM）是以高階主管對設備維護管理的承諾，來制定設備維護管理策略，並藉由策略的展開，來訂立設備維護管理計劃的七大支柱：設備完整性、品質確保與管制、標準作業程序、人員績效管理與訓練、可靠度工程的改善、包商管理與工作規劃與排程。杜邦公司為了評估 HPMM 系統運作的成效，建立了優良設備維護系統認證計劃（Maintenance Excellence Recognition Program，

MERP)，並以八大指標（即：領導階層的承諾、PM 計劃與執行、PPM 計劃與執行、可靠度工程改善之計劃與執行、物料管理，包商管理、人員訓練與新技術程度），來了解整體設備維護系統。

(四) ISO 9000 之設備維護系統

強調「寫=說=做」的 ISO 9000 品質管理系統，以品質為出發點來要求作業流程的標準化，與人員的訓練，來規範設備維護管理的執行過程，以確保能有效的掌握產品生產過程的品質。由於 ISO 9000 品質管理系統是以品質為出發點，也因此它要求對能影響產品品質的設備必須有所規範，不論採行哪一種設備維護管理策略，都須以製造生產者對產品品質的要求，來對那些與品質相關之設備或儀器進行維護保養。而且人員訓練、標準作業程序、執行紀律與確立品質設備與儀表等構面，皆會影響設備維護管理系統的推行。

(五) RCM、TPM、HPMM 及 ISO 9000 之實施要素整理

本研究比較了 14 篇與 RCM 實施要素與特徵相關之文獻(即:Backlund & Akersten, 2003; Murthy & Verbitsky, 2003; Hansson, Backlund, & Lycke, 2003; Jia & Christer, 2002; Deane, 2002; Ednie, 2002; El-Haram & Horner, 2002; Wilmeth & Usrey, 2000; Lin, Zuo, Yam, & Meng, 2000; Ben-Daya, 2000; Dunn, 1997a, 1997b; Pujadas & Chen, 1996; Srikrishna, Yadava, & Rao, 1996; Sherwin & Jonsson, 1995)，10 篇與 TPM 實施要素與特徵相關之文獻（即：Dightman, 2004; Stewart, 2003; Anonymous, 2003; 張致誠, 2002; 吳志雄, 2002; Ireland & Dale, 2001; Nakajima, 1988; McKone, Schroeder, & Cua, 2001; McAdam & McGeough, 2000; 高福成, 1994），以及 3 篇與 ISO 9000 品質管理系統與設備維護管理有關之文獻（即：Bamber, Sharp, & Hides, 2002; Pheng & Wee, 2001; Ke & Hwang, 1997），然後將各系統之共同實施要素納入 COM1-COM13，同時列出各系統的獨特實施要素 RCM1-RCM4，HPMM1-HPMM4、TPM1-TPM2，並歸納整理於附錄表 1。

五、設備維護管理績效衡量

HiBi (1977) 說明杜邦公司以工作規劃 (Planning)、人力負荷 (Work Load)、維護成本 (Cost) 與生產力 (Productivity) 等四個領域，來評量維護管理系統的績效。不同的學者 (Roup, 2004; Mathew & Kennedy, 2002; Farrero, Tarres, & Losilla, 2002; WesterKamp, 1998; Dunn, 1998; Dunn, 1997a, 1997b; De Groot, 1995; Cummings, 1993) 也在不同的時期，分別提出不同的設備維護管理績效指標，例如：工作規劃與排程指

標、設備維護費用指標、人力工時指標與設備效能指標等四大指標，這些四大指標可為設備維護管理的績效評估準則。高福成（1994）指出 TPM 系統下，生產製造績效之六大指標為生產量、品質、成本、交期、安全與意識和設備的關聯性。

六、生產管理績效衡量

Orr（1999）由 13 篇文獻整理出製造策略因素，分別為成本、品質、可靠性、彈性、創新／功能、速度、服務與市場範疇等，而製造策略的目的即在創造作業績效（即生產管理績效）。Dangayach and Deshmukh（2000）也提出一些製造績效指標，分別為成本、品質、交貨可靠性、交貨速度、彈性與創新。葉焜煌（2001）參考 Orr（1999）的文獻資料，並整理從 1998 年到 2001 年間之 8 篇與製造績效相關之文獻後，將這些文獻之共同製造績效構面，分別為成本、品質、時間、彈性、服務與創新。許靜宜（2002）提到製造績效為作業策略的基礎，且包含品質、時間、成本和彈性等共同因素，在及時採購導向對製造績效之影響的研究中亦採用成本、品質、時間、彈性、服務與創新為製造績效之衡量基礎。張致誠（2002）依據 36 篇文獻，整理出生產製造的績效準則彙總表，共有八個指標，分別為成本、品質、交貨準時、彈性、速度回應率、創新／特徵、服務與市場範圍等。張致誠（2002）採用產品品質、生產成本、交貨速率與生產彈性（產能變化）等指標，為其生產製造績效的衡量指標。

參、研究架構與假設

目前台灣製造業之各個廠商的設備維護管理系統，皆各有其特別的要求，且 RCM、HPMM 與 TPM 等系統也各具有其獨特之處。雖然各廠商的設備維護管理系統有其相異之處，但也有其相似之處。本研究將各系統間之相似處歸納於基礎系統（COM），大多數企業的設備維護管理系統是含有此基礎系統（COM）。然後，本研究針對下述議題加以驗證：(1)設備維護管理基礎系統（COM）是否會影響 RCM、HPMM 與 TPM 系統的運作，(2)這些設備維護管理系統對設備維護管理績效是否有影響，與(3)這些設備維護管理系統甚而對生產製造績效是否有影響。本研究架構整理於圖 3。

一、設備維護管理基礎系統（COM）對 RCM、HPMM 與 TPM 等系統的影響

企業在推行特定系統（如：RCM、HPMM 與 TPM 系統）前，內部既存的設備維護管理系統，均有一些基礎，而 ISO 9000 品質管理系統的設備維護管理系統，是許多

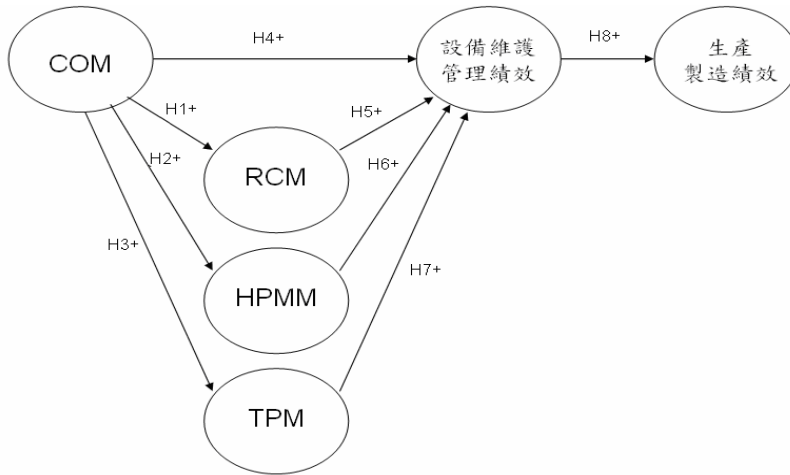


圖 3 研究架構圖

企業內部的設備維護管理基礎。Bamber et al. (2002) 在其整合設備維護管理系統的研究中，說明設備維護管理基礎對 TPM 系統是有正向的影響。Ke and Hwang (1997) 也指出以 ISO 9000 品質管理系統為基礎系統，對於推行 RCM 系統有著顯著的正向影響。而杜邦公司對於 HPMM 系統的推行過程，是以 ISO 9000 品質管理系統先行運作後，再以 HPMM 系統來強化整合內部設備維護管理系統的運作。由此推論，吾人可設定基礎系統 (COM) 為 RCM、HPMM 與 TPM 等系統的前因變項且具有正向關係，並做出下面的假說：

- H1：基礎系統 (COM) 的推行對 RCM 系統的實施有正向直接的影響。
- H2：基礎系統 (COM) 的推行對 HPMM 系統的實施有正向直接的影響。
- H3：基礎系統 (COM) 的推行對 TPM 系統的實施有正向直接的影響。

二、COM、RCM、HPMM 與 TPM 之基礎技術的實施對設備維護管理績效的關係

不同的設備維護管理系統基礎技術實施後，對自身系統之管理績效是否有正向直接的影響，與不同的系統運作對設備維護管理績效是否有正向的關係等議題，皆是本研究所要驗證的，故提出如下的假說：

- H4：COM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響。
- H5：RCM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響。
- H6：HPMM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響。

H7：TPM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響。

三、設備維護管理績效對生產製造績效的關係

De Groote (1995) 指出有效的設備維護工作的安排與人力資源的有效運用，不僅能降低設備維護費用，也是強化設備維護管理績效的重要指標。另外 Westerkamp (1998) 的研究也顯示，提昇設備運轉的效能可降低機會成本。設備運轉的效能提高了，停機的成本也自然的下降，產品重新修改與再製的機會也會降低，當然額外投入的人力與物力也會減少，進而緊急工作量也會降低，生產產能相對也會提昇，以及不良品比率將會下降。Mathew and Kennedy (2002) 與 Farrero et al. (2002) 的研究也指出設備維護管理績效對生產製造績效有著顯著的正向關係。由以上的討論，吾人可推論，設備維護管理績效為生產製造績效的前因變項，並且具有正向關係，並可提出如下的假說：

H8：設備維護管理績效對生產製造績效有正向直接的影響。

依據附錄表 1 的彙整，吾人將各個設備維護管理系統的共同基礎，以十三個共同構面因素來衡量，分別是管理階層的承諾 (COM1)、重要設備清冊 (COM2)、維護工作計畫與排程 (COM3)、標準作業程序 (COM4)、物料管理 (COM5)、保養部門實施 PM 計劃 (COM6)、保養人員的教育訓練 (COM7)、資料收集與紀錄 (COM8)、維護管理策略 (COM9)、維護管理目標管理 (COM10)、實施 PPM 計劃 (COM11)、操作紀律與員工的承諾 (COM12) 與實施可靠度工程管理 (COM13)。其相關的問題項，合計 50 個衡量變數，皆以李克五點尺度衡量。

在 RCM 設備維護管理的基礎技術，則以四個構面因素來衡量，分別是 FMEA 故障樹模式的運用 (RCM1)、RCM 邏輯性決策流程 (RCM2)、可靠度與可維修度模型 (RCM3) 與系統生命週期評估 (RCM4)。其相關的問題項，合計 11 個衡量變數，皆以李克五點尺度衡量。

在 HPMM 設備維護管理的基礎技術，則以四個構面因素來衡量，分別是設備完整性 (HPMM1)、新設備引入 (HPMM2)、包商管理執行情況 (HPMM3) 與網絡關係 (HPMM4)。其相關的問題項，合計 12 個衡量變數，皆以李克五點尺度衡量。

在 TPM 設備維護管理的基礎技術，則以二個構面因素來衡量，分別是改善設備的六大損失 (TPM1) 與作業者實行的自主保養活動 (TPM2)。其相關的問題項，合計 12 個衡量變數，皆以李克五點尺度衡量。

在設備維護管理績效的基礎技術，則以四個構面因素來衡量，分別是工作規劃與排程指標（MP1）、設備維護費用指標（MP2）、人力工時指標（MP3）與設備效能指標（MP4）。其相關的問題題項，合計 15 個衡量變數，皆以李克五點尺度衡量。

在生產製造績效的基礎技術，則以四個構面因素來衡量，分別是產品品質（PP1）、生產成本（PP2）、交貨速率（PP3）與設備生產量與生產彈性（PP4）。其相關的問題題項，合計 11 個衡量變數，皆以李克五點尺度衡量。

為了解回收問卷的來源與背景，吾人也訂定了行業別、公司規模、填答人身份（職稱）、服務廠區規模、公司與工廠引用的系統別等變數。因為不同產業或公司引用的系統，可能會因製程的差異，而有不同的作法，工廠規模與組織型態也會影響設備維護管理的策略運作，因此在問卷中，也設計了各種組織特性變數，並以名目尺度衡量。

肆、研究結果分析

本研究以台灣製造業為研究對象，透過企業網站取得各大企業基本資訊與連絡人，並以電話連繫與 E-mail 並用發出問卷，受訪對象為服務於生產製造與設備維修單位的主管或從業人員。發出時間為九十三年十二月一日至十二月十五日，新竹科學園區共發出 250 份，觀音工業區共發出 150 份，高雄林園工業區共發出 50 份。其中，紡織業共發出 125 份，汽車業共發出 25 份，鋼鐵業共發出 25 份，航運業共發出 10 份，其它中小企業共發出 300 份，合計 935 份。共回收 123 份，扣除填答不完整及逾時者的 20 份後，實際可用於分析的有效問卷有 103 份，有效回收率為 11.0%。

一、樣本特性分析

針對回收的有效問卷，吾人首先運用敘述性統計分析方法，對回收的有效問卷之組織特性加以分析，並整理於表 3。由表 3 可知，回收樣本以電子工業（33.01%）、紡織工業（27.18%）以及塑膠化學（24.27%）為主。在公司型態的分類上，分為企業集團（41.75%）、大型企業（24.27%）、中小企業（14.56%）以及外商企業（19.42%）等四類。在資本額規模的分類上，有 100 億以上（42.72%）、10 億~100 億（37.86%）以及 10 億以下（19.42%）等三類。同時，在維護系統的類型上，HPMM 佔 14.56%、RCM 佔 12.62%、TPM 佔 24.27%與無特定系統佔 48.54%。

另外，在工廠年齡上，20 年以上的工廠佔 31.07%、11~20 年佔 38.83%、6~10 年

表 3 回收樣本之基本資料次數分配表

分類	項目	樣本數	百分比	分類	項目	樣本數	百分比
產業別	電子工業	34	33.01%	維護管理系統	HPMM	15	14.56%
	紡織工業	28	27.18%		RCM	13	12.62%
	塑膠化學	25	24.27%		TPM	25	24.27%
	鋼鐵工業	4	3.88%		無特定系統	50	48.54%
	汽車工業	3	2.91%	工廠年齡	20 年以上	32	31.07%
	其它	9	8.74%		11 ~ 20 年	40	38.83%
企業集團	43	41.75%	6 ~ 10 年		26	25.24%	
公司型態	大型企業	25	24.27%	5 年以內	5	4.85%	
	中小企業	15	14.56%	工廠人數	500 人以上	38	36.89%
	外商企業	20	19.42%		201~500 人	32	31.07%
100 億以上	44	42.72%	200(含)人以下		33	32.04%	
資本額	10 億~100 億	39	37.86%	維護人員數目	50 人以上	45	43.69%
	10 億以下	20	19.42%		10~50 人	31	30.10%
	500 人以上	59	57.28%		10(含)人以下	27	26.21%
員工人數	201~500 人	22	21.36%	維護人員年資	10 年以上	26	25.24%
	200(含)人以下	22	21.36%		6 ~ 10 年	41	39.81%
	公司	ISO	99		96.12%	5 年以內	36
系統	其它	4	3.88%	職稱	設備維護人員	57	55.34%
					非設備維護人員	46	44.66%
				行政別	技術人員	60	58.25%
					行政人員	43	41.75%

佔 25.24%與 5 年以內佔 4.85%。在工廠人數上，500 人以上的工廠佔 36.89%、201~500 人佔 31.07%與 200(含)人以下佔 32.04%。在維護人員數目上，50 人以上佔 43.69%、10~50 人佔 30.10%與 10(含)人以下佔 26.21%。在維護人員年資上，10 年以上佔 25.24%、6~10 年佔 39.81%與 5 年以內佔 34.95%。在問卷填答人的職稱上，設備維護人員佔 55.34%、非設備維護人員佔 44.66%。最後，在行政別上，技術人員佔 58.25%，行政人員則佔 41.75%（見表 3）。

二、對應分析

如圖 4 所示，對應分析結果顯示不同的產業別與設備維護關係，由圖 4 可知，塑膠化學產業偏向採用 RCM 系統、汽車工業傾向採用 TPM 系統、電子工業界於 TPM 系統或無特定系統，其它產業均無特定設備維修管理系統。另外，如圖 5 所示，年齡十一年以上但二十年內的工廠採用 RCM 系統與 TPM 系統較為普遍，年齡五年以上的工廠較多採用 HPMM 系統，年齡五年內與年齡二十以上的工廠相近，多半屬於無特

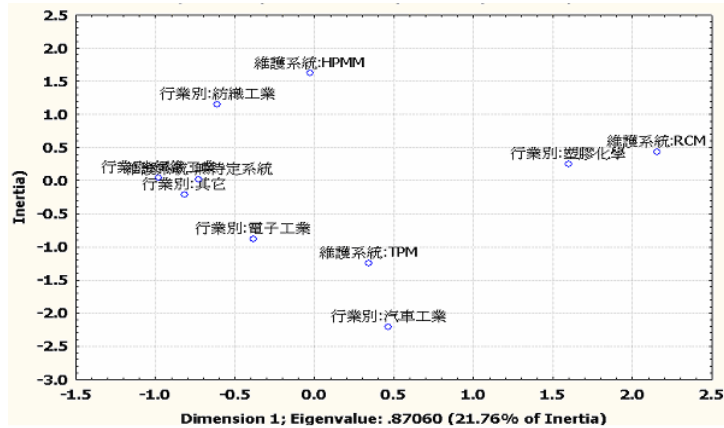


圖 4 產業別與設備維護管理系統的關係圖

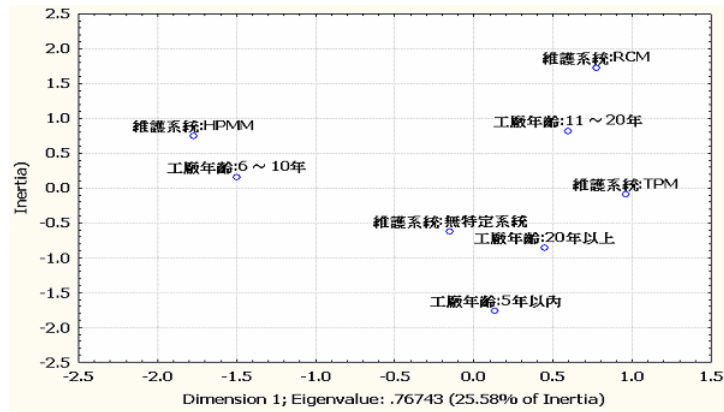


圖 5 不同時期設備維護管理系統引用關係圖

定設備維護管理系統存在。另外，如圖 6 所示，隨著設備維護工作者年資的成長，引用特定的系統來強化設備管理工作的現象愈明顯。在企業內設備維護工作者人員配置上，如圖 7 所示，國內製造業之設備維護人員的配置，則約佔公司總人數的 10%。

三、信度分析

本研究先以 Cronbach's α 信度係數，來說明各構面下的衡量變數量表的可信度，刪除可信度低的變數，使各構面組合信度提昇。刪除原則如下：若能提高單一構面可信度者，則刪除；同時單一構面 Cronbach's α 若低於 0.7 也刪除，以確保資料信度最高。在刪除可信度低的變數後，信度分析結果如下。

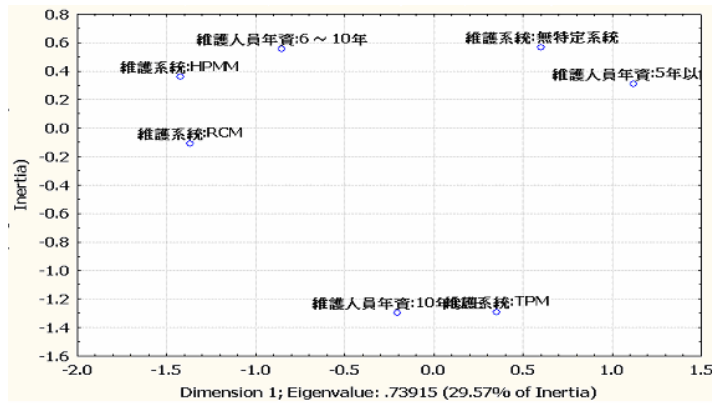


圖 6 工作者資歷與管理系統引用關係圖

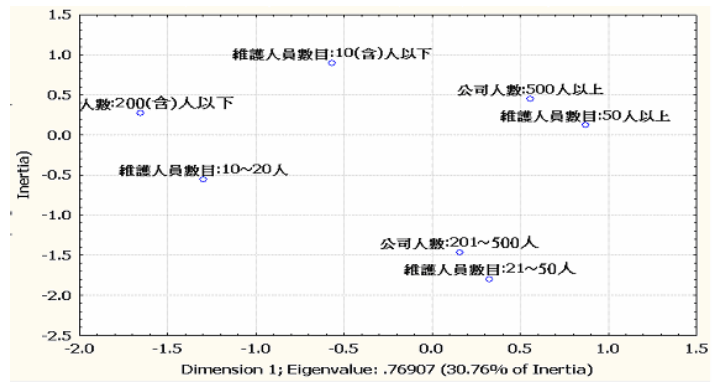


圖 7 企業內設備維護工作者人員配置

在「設備維護管理基礎系統技術」衡量構面的量表分析之信度，其 Cronbach's α 組合信度係數為 0.96。在「RCM 基礎技術」衡量構面的量表分析之信度，其 Cronbach's α 組合信度係數為 0.91。在「HPMM 基礎技術」衡量構面的量表分析之信度，其 Cronbach's α 組合信度係數為 0.90。在「TPM 基礎技術」構面的量表分析之信度，其 Cronbach's α 組合信度係數為 0.88。在「維護績效」構面的量表分析之信度，其 Cronbach's α 組合信度係數為 0.88。在「製造績效」構面的量表分析之信度，其 Cronbach's α 組合信度係數為 0.93。

四、背景變數對各研究構念分析

本研究就所收集到的樣本資料，依企業特性分成 5 項，分別是產業別、公司型態、

資本額、員工人數與公司系統；依工廠特性分成 5 項，分別是維護管理系統、工廠年齡、工廠人數、維護人員數目與維護人員年資；依個人特性分成 2 項，分別為職稱與行政別，合計十二個名目尺度變數作為背景變數，經由多變量變異數分析，進而判斷各背景變數對於研究架構的各構面是否會產生不同的影響。多變量變異數分析研究結果（見表 4）顯示背景變數之「產業別」、「維護人員數目」、「職稱」與「行政別」等變數，會對基礎系統、RCM、HPMM、TPM、設備維護績效以及生產製造績效造成顯著差異。

因背景變數「產業別」、「維護人員數目」、「職稱」與「行政別」等變數有分群的現象，所以本研究須分別對造成顯著差異的背景變數，進行探討分析，找出意見分歧的變數與以剔除，確保後續各項分析無群體差異存在，分析結果整理於表 5。

1. 「產業別」在研究構面上的差異分析：由表 5 可得知，「產業別」會對「COM1：管理階層的承諾」、「COM5：物料管理(QC)」、「COM11：實施 PPM 計劃」、「RCM1：重視設備故障模式分析與 FMEA (FMECA) 的使用」等四個變數，產生顯著的差異。
2. 「維護人員數目」在研究構面上的差異分析：由表 5 可得知，「維護人員數目」會對「COM11：實施 PPM 計劃」、「COM13：實施可靠度工程管理」、「RCM1：重視設備故障模式分析與 FMEA (FMECA) 的使用」與「RCM2：RCM 邏輯性決策流程」等四個變數，產生顯著的差異。
3. 「職稱」在研究構面上的差異分析：由表 5 可得知，「職稱」會對「COM12：操作紀律與員工的承諾」、「HPMM1：設備完整性 (MI)」與「MP3：人力工時指標」等三個變數，產生顯著的差異。
4. 「行政別」在研究構面上的差異分析：由表 5 可得知，「行政別」會對「MP3：人力工時指標」與「MP4：設備效能指標」等兩個變數，產生顯著的差異。

為了尋找總體模式的擬合結果，以使所有資料限定於同一群體內，依據表 5 背景變數的分析結果，本研究放棄以下構面：「管理階層的承諾 (COM1)」、「物料管理 (COM5)」、「實施 PPM 計劃 (COM11)」、「操作紀律與員工的承諾 (COM12)」、「實施可靠度工程管理 (COM13)」、「重視設備故障模式分析 (RCM1)」、「RCM 邏輯性決策流程 (RCM2)」、「設備完整性 (HPMM1)」、「人力工時指標 (MP3)」與「設備效能指標 (MP4)」。

五、結構方程式模型分析

經過信度分析、多變量變異數分析、剔除可信度不高的衡量變數與產生不同群體

表 4 背景變數之多變量變異數分析

背景變數	Wilks' Lambda	F 值	p Value	
產業別	0.000000	1.878191	0.005039	**
公司型態	0.000173	1.945977	0.014026	*
資本額	0.002490	2.326920	0.011321	*
員工人數	0.003424	1.966368	0.032241	*
公司系統	0.052689	2.397261	0.046774	*
維護系統	0.000182	1.908360	0.016357	*
工廠年齡	0.000555	1.281270	0.206083	
工廠人數	0.005902	1.468708	0.145339	
維護人員數目	0.000088	2.460388	0.001832	**
維護人員年資	0.014718	0.885219	0.680720	
職稱	0.033834	3.807469	0.006655	**
行政別	0.031143	4.147998	0.004479	**

* 表 P < 0.05 ** 表 P < 0.01

表 5 背景變數的組間效果分析

研究構面		產業別	維護人員數目	職稱區別	行政別
		F 值	F 值	F 值	F 值
基礎系統					
COM1	管理階層的承諾	1.629*	1.087	1.346	0.588
COM3	維護工作計畫與排程	1.398	0.505	1.953	0.220
COM4	標準作業程序	0.876	1.457	0.382	0.805
COM5	物料管理(QC)	3.039**	0.867	0.178	0.467
COM6	保養人員的教育訓練	0.726	1.167	1.114	0.437
COM7	保養部門實施 PM 計劃	0.399	0.803	2.064	1.213
COM8	資料收集與紀錄	1.329	1.878	1.317	1.449
COM9	維護管理策略	1.049	1.275	0.564	0.254
COM10	維護管理目標管理	1.115	1.650	0.363	0.237
COM11	實施 PPM 計劃	3.504***	2.387*	1.496	0.264
COM12	操作紀律與員工的承諾	0.725	0.321	5.893***	1.576
COM13	實施可靠度工程管理	0.964	2.026*	0.696	1.267
RCM					
RCM1	重視設備故障模式分析 FMEA(FMECA)的使用	1.817*	2.267*	1.541	0.519
RCM2	RCM 邏輯性決策流程	1.271	2.502*	3.079	1.647
RCM3	初期設備設計;可靠度與可維修度模型	1.356	2.056	2.020	0.425
RCM4	系統生命週期評估	1.391	1.184	2.179	0.413

續下表

續表 5

研究構面		產業別	維護人員數目	職稱區別	行政別
		F 值	F 值	F 值	F 值
HPMM					
HPMM1	設備完整性(MI)	1.014	1.494	3.572*	0.166
HPMM2	新設備引入(QA) 新技術引入與研發	1.225	1.624	1.854	1.934
HPMM3	包商管理	1.032	1.362	2.515	0.857
HPMM4	網絡關係(Networking)	1.166	1.086	2.221	1.257
TPM					
TPM1	改善設備的六大損失(個別改善)	0.667	1.469	0.627	0.624
TPM2	作業者實行的自主保養活動	1.109	1.670	0.403	1.685
MP：設備維護管理績效					
MP1	工作規劃與排程指標	1.111	1.081	2.386	1.759
MP2	設備維護費用指標	0.857	0.543	1.399	0.244
MP3	人力工時指標	0.825	0.900	4.052**	5.318**
MP4	設備效能指標	1.122	0.682	1.951	3.346*
PP：生產製造績效					
PP1	產品品質	1.136	0.545	0.895	0.743
PP2	生產成本	1.352	1.120	0.427	0.389
PP3	交貨速率	1.098	0.711	0.500	0.283
PP4	設備生產量與生產彈性	1.085	1.448	1.450	0.520

* 表 $P < 0.05$ ** 表 $P < 0.01$ *** 表 $P < 0.001$

的構面項後，方可確認留下來的資料可信度高，與各構面均屬於同一群體。然後，本研究可進一步藉由結構方程式模型分析，來進行模型因果性的確認，如圖 8 所示。

爲了使整體模式衡量在執行分析時可行，有效的縮減衡量變數的數目是必要的。本研究採用各構面下的所有衡量變數得分的平均值作爲該構面的得分，進行因果模式分析。經由 Structural Equation Modeling 分析，初測整體模式可有效的收斂，然而內生隱性變數 (COM) 對外生隱性變數 (MP) 路徑 p 值 0.776 不顯著，同時外生隱性變數 (HPMM) 對外生隱性變數 (MP) 路徑 p 值 0.605 也不顯著，因此這兩條路徑必須被刪除，在此兩路徑刪除後，重新執行 Structural Equation Modeling 分析，結果整理於圖 9。

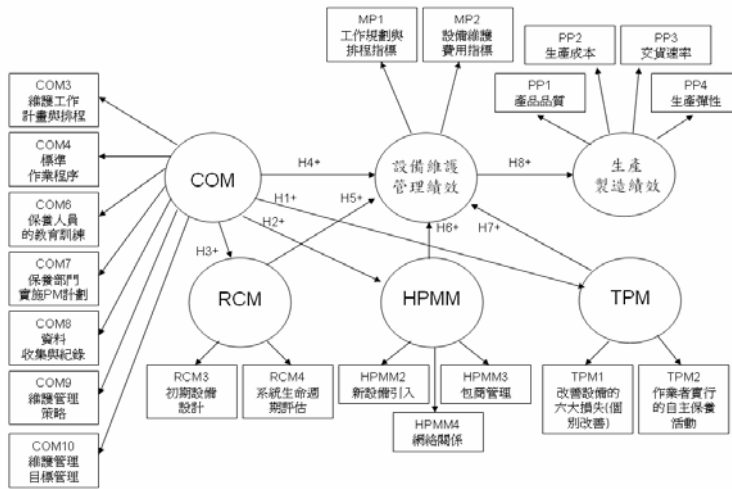


圖 8 因果模式概念圖(本研究整理)

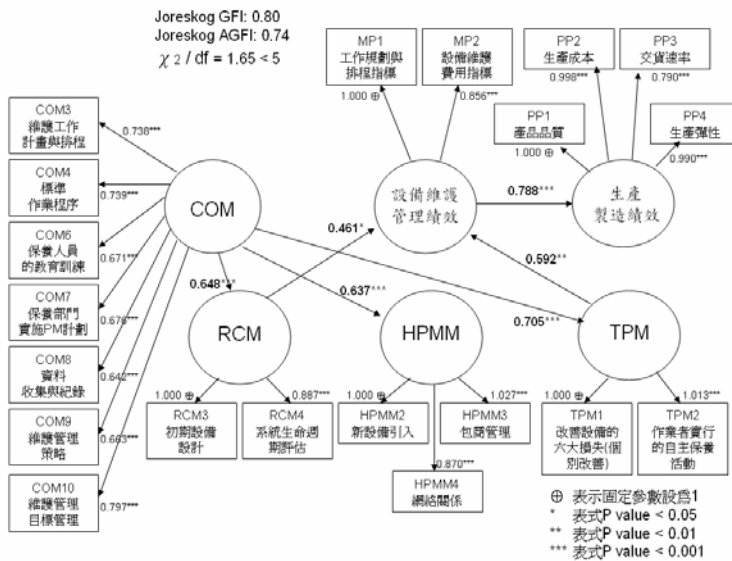


圖 9 最佳適配模式圖

如圖 9 所示，卡方值考驗值與其自由度之比為 1.65（低於 < 5 ），適配度指標 $GFI = 0.80$ ，調整後適配度指標 $AGFI = 0.74$ ，比較適配度指標 $CFI = 0.91$ ，常態適配度指標 $NFI = 0.80$ ，殘差均方根 $RMR = 0.06$ （低於 0.08），依據這些指標顯示整體模式擬合結果是不錯的，研究假設之檢定結果彙整於表 6。

根據以上的研究驗證，吾人可知「設備維護管理基礎技術」、「RCM 基礎技術」、「HPMM 基礎技術」與「TPM 基礎技術」對「設備維護管理績效」的影響和對「生產製造績效」的影響，是有兩條正向顯著影響的路徑，其路徑圖如圖 10 所示。路徑效果計算結果如表 7 所示，而路徑效果排序結果則如圖 11 所示。

伍、討論與管理意涵

由本研究可知，整體上台灣的製造業認為設備維護管理系統，確實對生產製造上有一定的正面影響。然而在多變量分析過程中，本研究發現因產業別的差異，會造成管理人員對執行設備維護管理認知上的不同，也會在物料管理面產生差異，同時 PPM 計劃的實施與 FMEA 技術的應用程度也會因產業別的差異，其作法也有不同。

另外，由於設備維護工具的使用（如：實施 PPM 計劃、可靠度工程的程度、FMEA 技術與 RCM 邏輯性決策流程的應用），會因企業投入設備維護人員的多寡產生不同程度的影響。然而由於在實務上，人力的精簡是現今企業的趨勢，因此管理者在精簡人力過程必須注意此一現象。換言之，管理者應注意人力的精簡，是否會對工廠內之 PPM 計劃、可靠度工程、FMEA 技術與 RCM 邏輯性決策流程等實施，產生重大影響。

設備維護人員與非設備維護人員對設備維護工作的認知不僅有差異，同時對設備完整性的保持認知也不相同，他們對設備維護管理績效下之人力工時指標，也存有不同認知。如何消除兩者的認知差異，在實務上，有些企業運用人員輪調，經歷不同工作訓練，進而讓員工對企業整體運作有全方位的認知，進而強化企業內部競爭力。

另外，工作執行者（如：技術人員與工程師）與行政管理人員（如：經理與非設備維護主管），對設備維護管理績效下的人力工時指標與設備效能指標兩個績效的認知，也有顯著的差異。在實務上，產生此差異的原因是人員對設備維護績效指標認知不夠一致，管理者如何讓從事不同特質的生產活動之工作者，對設備維護管理績效指標有一致的認知與了解，是有其必要性。

表 6 研究假設之檢定結果彙整表

研究假設	結果
H1：基礎系統(COM)的推行對 RCM 基礎技術的實施有正向直接的影響	成立
H2：基礎系統(COM)的推行對 HPMM 基礎技術的實施有正向直接的影響	成立
H3：基礎系統(COM)的推行對 TPM 基礎技術的實施有正向直接的影響	成立
H4：COM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響	不成立
H5：RCM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響	成立
H6：HPMM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響	不成立
H7：TPM 基礎技術的實施對設備維護管理績效有正向直接的影響	成立
H8：設備維護管理績效對生產製造績效有正向直接的影響	成立

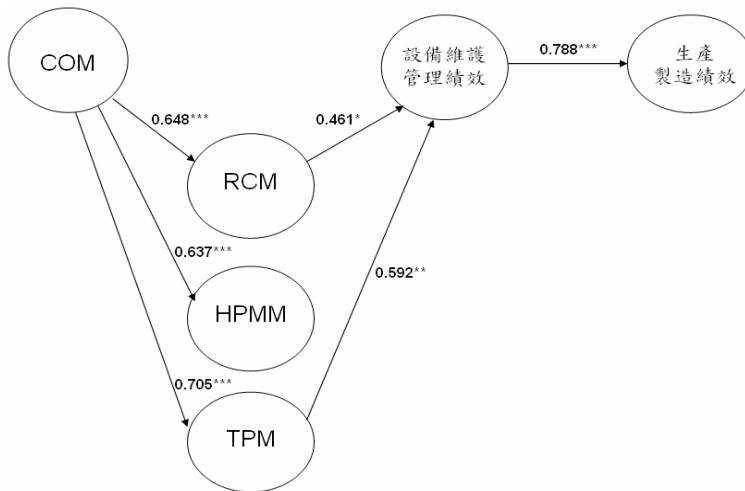


圖 10 路徑圖

表 7 路徑效果

路徑	路徑效果
COM->RCM->MP->PP	$0.648 * 0.461 * 0.788 = 0.235$
COM->TPM->MP->PP	$0.705 * 0.592 * 0.788 = 0.328$

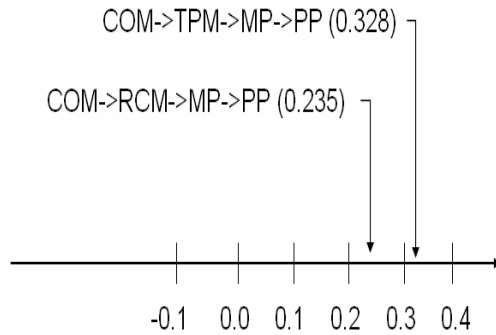


圖 11 路徑效果排序圖

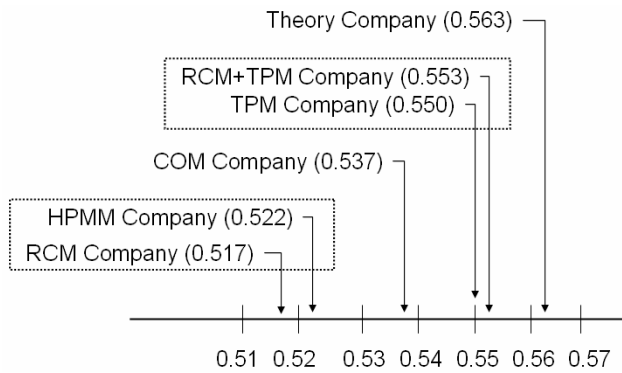


圖 12 各系統路徑效果比對

在實務上，由於企業通常不會同時執行 RCM、HPMM 與 TPM 系統，為了配合實務的運作，吾人進一步的驗證各單一系統運作下，最終影響生產製造績效的總路徑效果，同時也找出 RCM 與 TPM 同時推行下的總路徑效果。在執行各模式運算過程，所有適配度指標均與圖 9 相近，各模式之適配度效果也不錯，且各路徑顯著效果佳，其相關結果整理如下，圖 12 則彙整各系統推行之總路徑效果比對。

1. 企業實施基礎技術，不採用 RCM、HPMM 與 TPM 之特有技術，對生產製造績效之影響總路徑效果為 0.537。
2. 企業推行 RCM 系統，對生產製造績效之影響總路徑效果為 0.517。
3. 企業推行 HPMM 系統，對生產製造績效之影響總路徑效果為 0.522。
4. 企業推行 TPM 系統，對生產製造績效之影響總路徑效果為 0.550。

5. 企業同時推行 RCM 與 TPM 系統，對生產製造績效之影響總路徑效果為 0.553。

由此可知，TPM 系統的採用可強化原有基礎系統，進一步的強化生產製造績效，若以 TPM 基礎再納入 RCM 系統技術可再強化原有系統，但是相差不大，然而 RCM 與 HPMM 系統的推行，與實務經驗的比對，對設備有著強化的效果，但是將生產製造績效考量後，對整體生產製造績效影響反而下降。

由分析結果，吾人發現實施 RCM 與 HPMM 系統，不但沒有強化生產製造績效，反而對生產製造績效產生負面干擾。進一步的觀察發現 RCM 與 HPMM 系統的實施，確實對設備維護管理績效有顯著的影響，但也干擾了生產製造績效。回顧分析的資料，吾人發現塑膠化學產業一般偏向採用 RCM 系統。塑膠化學產業對製程安全的要求，比其它產業來的高，一但有毒的化學物質外洩，製造生產活動受到局部影響。以現今環境保護要求相當高的情境下，企業主若一味的要求提高產能，漠視環保，任何環保事故很有可能導致社區居民的抗爭，而面臨關廠的命運。另一方面，HPMM 系統目前僅限於杜邦公司所屬的關係企業所引用，而製程安全更是杜邦公司的核心價值。在杜邦公司任何具有安全顧慮的活動，是一律禁止的，即使犧牲生產製造產能，也在所不惜。由以上的分析，吾人應可了解，為何實施 RCM 與 HPMM 系統，不但沒有強化生產製造績效，反而對生產製造績效產生負面干擾的原因了。此原因便是 RCM 與 HPMM 系統強調「設備維護管理績效」優於「生產製造績效」，他們不容許設備製程有任何偏差，設備維修的週期一到，生產製造活動也必須被迫停止，因而造成生產製造績效的下降。

4.2 節的對應分析結果顯示，不同的產業別有不同的設備維護概念，如塑膠化學產業為連續性的生產流程，且常應用可靠度分析與邏輯分析最為主要品質管制與可靠度推論的基礎，因此設備維護偏向採用 RCM 系統。在執行上以有效益的資源分配和合理的設備維修週期推測，以及藉由實際設備維修經驗來調整設備維護的策略與執行內容等，將會是確保設備維護最佳績效的重點。

汽車工業與電子工業實行全面品質管理（Total Quality Management, TQM）最為常見，在此一品質管理系統中，強調自經營者到第一線作業員的全員參與的精神，和消除所有浪費以及強化生產效率與效能等已養成習慣，因此在設備維護偏向採用 TPM 系統，然而電子工業界中，亦有些個案無特定系統的現象。在執行上透過全面品質管理（TQM）的改善模式，如以 PDCA 循環（Plan-Do-Check-Act Cycle）為系統化持續改善的手法，和確保 TPM 績效的五大支柱相配合為最佳的搭配。

紡織業的製造特性亦為連續性的生產流程，在市場前端的策略性承諾下常伴隨著高品質績效的壓力，以高階主管對設備維護管理妥善性的承諾，發展設備維護管理策略最為常見，因此紡織業傾向採用 HPMM。執行上針對設備維護管理計劃階段的完整性、品質掌握能力、作業程序標準化，和執行階段的可靠度工程、持續改善、以及在績效考核階段對優良設備維護系統認證等各項活動，納入常態性的管理系統中，將會展現以高績效的維護管理系統支持策略目標。

由以上的分析得知。設備維護系統的選擇由企業的經營策略與設備維護策略而定，然而各種系統所衍生之邊際成本，則需要作進一步的分析研究。本研究結果可為以效率觀點做設備維護策略擬定的參考，和為對現有系統修正調整的依據。

陸、結論與後續研究建議

本研究發現普遍上，企業認為「維護工作計畫與排程」、「標準作業程序」、「保養人員的教育訓練」、「保養部門實施 PM 計劃」、「資料收集與紀錄」、「維護管理策略」與「維護管理目標管理」等基礎構面，對生產製造績效是有顯著的正向影響。工廠管理者必須先在這些構面上多下一些功夫，在確實建立基礎系統（即這些基礎構面）後，才能進行其他特定系統（如：RCM、HPMM 與 TPM 系統）之特殊的實施因素。在這些特定系統中，本研究發現 TPM 系統的「改善設備的六大損失」與「作業者實行的自主保養活動」等兩個構面對生產製造績效的效果，較其它系統強。以台灣一般製造業的特性，作者建議在基礎系統的建立後，業者可考慮導入 TPM 系統。

本研究對於後續的研究建議如下：

1. 在本研究，引入 RCM 系統多半是塑膠化學產業，然而根據文獻報導，RCM 系統是起源於航空工業，在航運業的應用也相對普及。目前，本研究是缺乏此兩產業的樣本，若能於未來的研究能進一步的收集到這些產業的樣本，將有助於吾人對 RCM 系統的了解。
2. 本研究架構下之各項衡量工具，無其他中介變數的量測基礎，於未來研究在更深入探討影響因素時，應可列為建構的項目。
3. 台灣的中小企業之設備維護管理系統的共同優缺點為何，需要那些構面來強化，企業如何在這些構面下，找出屬於適當自己的合理運作模式，也是未來研究的重點之一。

4. 最後，其他相關議題，例如：管理者在引入設備維護管理系統的決策時，該如何評量？不同的產業，該導入那些設備維護管理系統？或是基礎系統已足夠，不須另外導入其他系統等都是未來繼續研究的重點。

參考文獻

一、中文部份

1. 吳志雄(2002)，全面生產管理(TPM)活動之導入與成效研究－以汽車零組件為例，國立中央大學管理學院高階主管企管碩士論文。
2. 高福成(1994)，TPM 全面生產保養推進實務，財團法人中衛發展中心，專案改善系列。
3. 許靜宜(2002)，供應鏈管理對製造績效之影響：以及時採購為導向，大同大學事業經營研究所碩士論文。
4. 葉焜煌(2001)，e 化供應鏈管理之績效指標探討，資訊管理研究，3(2)，57-71。
5. 張致誠(2002)，實行 TQM、JIT 及 TPM 與企業績效間的關係，大同大學企業經營研究所碩士論文。

二、英文部份

1. Anderson, D. (2002). The maintenance theory jungle, from http://www.plant-maintenance.com/articles/maintenance_jungle.shtml.
2. Anderson, R. T., & Neri, L. (1990). Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods, London: Elsevier Science Publishers.
3. Anonymous. (2003). Pulp fact: South African paper mill's TPM journey, Strategic Direction, 19(4), 17-19.
4. Backlund, F., & Akersten, P. A. (2003). RCM introduction: Process and requirements management aspects, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 9(3), 250-264.
5. Bamber, C., Sharp, J., & Hides, M. (2002). The role of the maintenance organization in an integrated management system. Managerial Auditing Journal, 17(1/2), 20-25.

6. Ben-Daya, M. (2000). You may need RCM to enhance TPM implementation, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 6(2), 82-85.
7. Bond, T. (1997). Beyond Reliability to Profitability, Maintenance Technology Managize, from <http://www.mt-online.com>.
8. Cummings, G. (1993). Beyond most modern-day maintenance strategies: Strategy indicators, Industrial Engineering, 25(8), 22-23.
9. Dangayach, G. S., & Deshmukh, S. G. (2000). Manufacturing strategy: Experiences from select Indian organizations, Journal of Manufacturing System, 19(2), 134-148.
10. De Groote, P. (1995). Maintenance performance analysis: a practical approach, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1(2), 4-24.
11. Deane, T. (2002). Developing maintenance plans using RCM principles, Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, 95(1065), 104-105.
12. Dightman, S. D. (2004). Leveraging TPM to the corporate bottom line, Plant Engineering, 58(5), 25-26.
13. Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (1999). Planning and Control of Maintenance System Modeling and Analysis, New York: John Wiley & Sons.
14. Dunn, S. (1997a). Best practice maintenance strategies for mobile equipment, from <http://www.plant-maintenance.com/RCMforME.shtml>.
15. Dunn, S. (1997b). Optimising production scheduling for maximum plant utilisation and minimum downtime, from <http://www.plant-maintenance.com/ops.shtml>.
16. Dunn, S. (1998). Reinventing the maintenance process – toward zero downtime, from <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/MaintenanceManagement/Reinventing.htm>.
17. Dunn, S. (2002). Maintenance terminology – some key terms, from <http://www.plant-maintenance.com/terminology.shtml>.
18. Ednie, H. (2002). RCM helps operations get the most out of equipment, CIM Bulletin, 95(1065), 20-25.
19. El-Haram, M. A., & Horner, M. W. (2002). Practical application of RCM to local

- authority housing: a pilot study, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 8(2), 135-143.
20. Farrero, J. M. C., Tarres, L. G., & Losilla, C. B. (2002). Optimization of replacement stocks using a maintenance program derived from reliability studies of production systems, Industrial Management and Data Systems Wembley, 102(4), 188-196.
21. Hansson, J., Backlund, F., & Lycke, L. (2003). Managing commitment: increasing the odds for successful implementation of TQM, TPM or RCM, The International Journal of Quality & Reliability Management, 20(9), 993-1008.
22. Hibi, S. (1977). How to Measure Maintenance Performance, Tokyo Asian Productivity Organization: Tokyo.
23. Hughes, B. (2001). Business centered maintenance, from <http://www.maintenanceresources.com/referencelibrary/ezone/busscm.html>.
24. Ireland, F., & Dale, B. G. (2001). A study of total productive maintenance implementation, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 7(3), 183-192.
25. Jabar, H. B., & Bhd, S. P. S. (2003). Plant maintenance strategy: key for enhancing profitability, from <http://www.maintenanceresources.com/referencelibrary/ezone/chemclean.htm>.
26. Jia, X., & Christer, A. H. (2002). A prototype cost model of functional check decisions in a reliability-centred maintenance, The Journal of the Operational Research Society, 53(12), 1380-1384.
27. Ke, H. Y., & Hwang, C. P. (1997). Reliability program management based on ISO 9000, The International Journal of Quality & Reliability Management, 14(3), 309-318.
28. Kennedy, R. (2002). Examining the Processes of RCM and TPM, from <http://www.plant-maintenance.com/articles/RCMvTPM.shtml>.
29. Koontz, H. (1961). The management theory jungle, Academy of Management Journal, 4(3), 174-188.
30. Lin, D., Zuo, M. J., Yam, R. C. M., & Meng, M. Q. H. (2000). Optimal system design considering warranty, periodic preventive maintenance, and minimal repair, The Journal of the Operational Research Society, 51(7), 869-874.

31. Mathew, S., & Kennedy, D. (2002). Minimizing equipment down time under shock load conditions, The International Journal of Quality & Reliability Management, 19(1), 90-96.
32. McAdam, R., & McGeough, F. (2000). Implementing total productive maintenance in multi-union manufacturing organizations: overcoming job demarcation, Total Quality Management, 11(2), 187-197.
33. McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance, Journal of Operations Management, 19(1), 39-58.
34. Moubray, J. (1997). Reliability-Centred Maintenance, Butterworth-Heinemann: Oxford.
35. Murthy, D. K., & Verbitsky, D. E. (2003). Effective reliability management for transit system life cycle, Annual Quality Congress Proceedings, Kansas City, MI, 57, 169-182.
36. Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance, Portland Oregon: Productivity Press.
37. Orr, S. (1999). The role of quality management in manufacturing strategy: Experiences from the Australian wine industry, Total quality management, 10(2), 271-279.
38. Pheng, L. S., & Wee, D. (2001). Improving maintenance and reducing building defects through ISO 9000, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 7(1), 6-24.
39. Pujadas, W., & Chen, F. F. (1996). A reliability centered maintenance strategy for a discrete part manufacturing facility, Computers and Industrial Engineering, 31(1), 241-244.
40. Pun, K. F., Chin, K. S., Chow, M. F., & Lau, H. C. W. (2002). An effectiveness-centered approach to maintenance management: a case study, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 8(4), 346-368.
41. Roup, J. (2004). Strategy maximizes turnaround performance, Oil and Gas Journal, 102(20), 46-54.
42. Sherwin, D. J., & Jonsson, P. (1995). TQM, maintenance and plant availability, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1(1), 15-19.

43. Srikrishna, S., Yadava, G. S., & Rao, P. N. (1996). Reliability-centered maintenance applied to power plant auxiliaries, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2(1), 3-14.
44. Stewart, L. (2003). Maintenance reduces fleet size, Construction Equipment, 106(9), 68-69.
45. Thomas, C. (2002). Maintenance – a business centered approach, from http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/ebmanarticle99.htm.
46. Westerkamp, T. A. (1998). Evaluating the maintenance process, IIE Solutions, 30(12), 22-28.
47. Wilmeth, R. G., & Usrey, M. W. (2000). Reliability-centered maintenance: a case study, Engineering Management Journal, 12(4), 25-32.

2006 年 10 月 12 日收稿

2006 年 12 月 11 日初審

2007 年 02 月 16 日複審

2007 年 03 月 02 日接受

附錄

附錄表 1 RCM、TPM、HPMM 及 ISO 9000 之各項實施要素彙總表（本研究整理）

實行要素 (Key Factor)	代號	RCM 文獻															TPM 文獻								HPMM 文獻	ISO 文獻		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
管理階層的承諾	COM1	✓		✓			✓		✓		✓					✓				✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
重要設備清冊	COM2	✓	✓						✓		✓			✓	✓	✓					✓				✓	✓	✓	✓
維護工作計畫與排程	COM3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓				✓	✓	✓	✓
標準作業程序	COM4	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓					✓					✓				✓	✓	✓	✓
物料管理	COM5						✓		✓							✓					✓				✓	✓	✓	✓
保養部門實施 PM 計劃	COM6	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓			✓			✓
保養人員的教育訓練	COM7	✓		✓					✓		✓					✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
資料收集與紀錄	COM8	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓			✓		✓					✓				✓			✓
維護管理策略	COM9	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓					✓	✓			✓			✓
維護管理目標管理	COM10	✓		✓					✓							✓	✓				✓			✓	✓			✓
實施 PPM 計劃	COM11	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓		✓		✓						✓	✓			✓			✓
操作紀律與員工的承諾	COM12	✓		✓			✓									✓		✓							✓	✓		✓
實施可靠度工程管理	COM13	✓	✓		✓		✓		✓	✓				✓											✓			✓

註：1. Backlund & Akersten (2003)；2. Murthy & Verbitsky (2003)；3. Hansson et al. (2003)；4. Jia & Christer (2002)；5. Deane (2002)；6. Ednie (2002)；7. El-Haram & Horner (2002)；8. Wilmeth & Usrey (2000)；9. Lin et al. (2000)；10. Dunn (1997a, 1997b)；11. Pujadas & Chen (1996)；12. Ben-Daya (2000)；13. Srikrishna et al. (1996)；14. Sherwin & Jonsson (1995)；15. 高福成 (1994)；16. Dightman (2004)；17. Stewart (2003)；18. Anonymous (2003)；19. 張致誠 (2002)；20. 吳志雄 (2002)；21. Ireland & Dale (2001)；22. Nakajima (1988)；23. McKone et al. (2001)；24. McAdam & McGeough (2000)；25. 杜邦公司內部文件；26. Bamber et al. (2002)；27. Pheng & Wee (2001)；28. Ke & Hwang (1997)。

附錄表 1 RCM、TPM、HPMM 及 ISO 9000 之各項實施要素彙總表（續）

實行要素（Key Factor）	代號	RCM 文獻										TPM 文獻								HPMM 文獻	ISO 文獻								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
重視設備故障模式分析與 FMEA（FMECA）的使用	RCM1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓										✓			
邏輯性決策流程	RCM2	✓	✓					✓	✓		✓	✓		✓	✓														
初期設備設計；可靠度與可維修度模型	RCM3		✓																										
系統生命週期評估	RCM4		✓		✓			✓		✓															✓				
設備完整性	HPMM1																												✓
新設備引入	HPMM2																												✓
包商管理	HPMM3																												✓
網絡關係	HPMM4																												✓
改善設備的六大損失（個別改善）	TPM1																												✓
作業者實行的自主保養活動	TPM2																												✓

註：1. Backlund & Akersten (2003)；2. Murthy & Verbitsky (2003)；3. Hansson et al. (2003)；4. Jia & Christer (2002)；5. Deane (2002)；6. Ednie (2002)；7. El-Haram & Horner (2002)；8. Wilmeth & Usrey (2000)；9. Lin et al. (2000)；10. Dunn (1997a, 1997b)；11. Pujadas & Chen (1996)；12. Ben-Daya (2000)；13. Srikrishna et al. (1996)；14. Sherwin & Jonsson (1995)；15. 高福成 (1994)；16. Dightman (2004)；17. Stewart (2003)；18. Anonymous (2003)；19. 張致誠 (2002)；20. 吳志雄 (2002)；21. Ireland & Dale (2001)；22. Nakajima (1988)；23. McKone et al. (2001)；24. McAdam & McGeough (2000)；25. 杜邦公司內部文件；26. Bamber et al. (2002)；27. Pheng & Wee (2001)；28. Ke & Hwang (1997)

