

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

限制理論前瞻式瓶頸優先方法在雙重資源限制系統之研究
(第2年)

研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 99-2221-E-216-023-MY2
執行期間：100年08月01日至101年07月31日
執行單位：中華大學工業管理學系

計畫主持人：吳鴻輝

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：蔡騰輝
碩士班研究生-兼任助理人員：甘能昊
大專生-兼任助理人員：李皓安
博士班研究生-兼任助理人員：蔡孟桓

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 101 年 10 月 09 日

中文摘要：機台和作業員同時存在的雙重限制資源系統(Dual Resource Constrained, DRC)在工廠是很普遍的，由於DRC系統的作業員數小於機台數，因此如何指派作業員於機台間，以發揮DRC系統的最大效益，是一個熱門的研究領域。但大部份的DRC系統的研究都假設機台是平準化而沒有瓶頸，但實務上卻是存在有瓶頸的，因此已有少數研究探討如何應用瓶頸優先方法來改善DRC系統，其中以限制理論所提出的限制理論前瞻式瓶頸優先方法(TOC-LABF)的應用最為廣泛。因此本計畫之目的即在針對DRC系統應用TOC-LABF等瓶頸優先方法的問題，提出可行的解決方法，以強化TOC-LABF方法及實務應用之不足。本計畫之研究主題有二：第一年為改良式TOC-LABF方法之研究及第二年整合限制驅導式排程方法(DBR)與TOC-LABF於相依DRC系統應用之研究。這份報告主要是第二年之成果報告。

雖然許多文獻與研究已充分證實，限制理論(TOC)所發展出的限制驅導式現場排程技術(DBR)於實務上應用有相當的成果，但過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念，例如排程計畫及各站訂單優先次序之派工等，而忽略了作業員人力與機台會有資源不平衡的情況，亦即研究皆假設作業員人力與機台配置充裕。因此本研究針對此不足處，提出了兩種在DBR環境下的雙資源人員指派法則，分別為「剩餘緩衝指派法則」及「CCR-WIP動態指派法」，來與傳統指派法則做比較，以探討不同人員指派法則對DBR管理環境的影響。透過多人多機台零工型環境實驗結果的驗證，在人力不足的DBR管理環境下，DBR的產出績效會隨著人員使用率的增加而降低。其次以瓶頸機台優先並同時兼顧其他非瓶頸機台的CCR-WIP動態指派法則，對於整體產出的效益較佳，尤其當人員使用率增加時，更能顯現其效果。

中文關鍵詞：限制理論、雙重限制資源、瓶頸優先法、前瞻式瓶頸優先法、作業員指派、限制驅導式現場排程

英文摘要：The Drum-Buffer-Rope (DBR) method is the production application of Theory of Constraints (TOC), a global managerial methodology that helps the manager to concentrate on the most critical issues. The DBR methodology is now being implemented by a growing number of manufacturing organizations. By enabling better scheduling and decision making on the shop floor, its results are remarkable such as higher throughput, lower WIP, and shorter cycle time.

Although, the DBR methods and its applications in some industries have been studied in some literatures recently, little research on the problem of Dual Resource Constraints (DRC) on DBR. In this paper, operators dispatching rules are provided to study the impact of DRC on DBR management system. These rules are discussed first and a case of job shop with two operators and seven machines is then utilized to evaluate the effective of these rules. The final results of experiment show that the performance of DBR system declines when labor utilization increases and the CCR-WIP dispatching rule facilitate to improve the CCR utilization, especially in the case of high labor utilization.

英文關鍵詞： Theory of Constraints (TOC), Dual Resource Constrained (DRC), Bottleneck First, Look Ahead Bottleneck First, Labor Assignment, Drum-Buffer-Rope (DBR)

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

期中進度報告
 期末報告

限制理論前瞻式瓶頸優先方法在雙重資源限制系統之研究

The Study of the TOC Look-Ahead Bottleneck First Method under the Dual Resource Constrained Systems

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 99-2221-E-216-023-MY2

執行期間：99年8月1日至101年7月31日

執行機構及系所：中華大學 工業管理學系

計畫主持人：吳鴻輝

共同主持人：

計畫參與人員：99年度 碩士班研究生：徐孟軒、任威達，大學生：田敏琪

100年度 博士班研究生：蔡孟桓

碩士班研究生：蔡騰輝、甘能昊，大學生：李皓安

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

赴國外出差或研習心得報告

赴大陸地區出差或研習心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除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

中 華 民 國 101 年 10 月 30 日

目錄

摘要、Abstract.....	I
一、前言與研究目的.....	1
二、文獻探討.....	1
三、研究方法.....	3
四、實驗設計.....	5
五、研究結果.....	8
六、結論.....	10
七、參考文獻.....	10
八、計畫成果報告自評表.....	12
九、國際學術會議心得報告.....	13

中文摘要

機台和作業員同時存在的雙重限制資源系統(Dual Resource Constrained, DRC)在工廠是很普遍的，由於 DRC 系統的作業員數小於機台數，因此如何指派作業員於機台間，以發揮 DRC 系統的最大效益，是一個熱門的研究領域。但大部份的 DRC 系統的研究都假設機台是平準化而沒有瓶頸，但實務上卻是存在有瓶頸的，因此已有少數研究探討如何應用瓶頸優先方法來改善 DRC 系統，其中以限制理論所提出的限制理論前瞻式瓶頸優先方法(TOC-LABF)的應用最為廣泛。因此本計畫之目的即在針對 DRC 系統應用 TOC-LABF 等瓶頸優先方法的問題，提出可行的解決方法，以強化 TOC-LABF 方法及實務應用之不足。本計畫之研究主題有二：第一年為改良式 TOC-LABF 方法之研究及第二年整合限制驅導式排程方法(DBR)與 TOC-LABF 於相依 DRC 系統應用之研究。這份報告主要是第二年之成果報告。

雖然許多文獻與研究已充分證實，限制理論(TOC)所發展出的限制驅導式現場排程技術(DBR)於實務上應用有相當的成果，但過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念，例如排程計畫及各站訂單優先次序之派工等，而忽略了作業員人力與機台會有資源不平衡的情況，亦即研究皆假設作業員人力與機台配置充裕。因此本研究針對此不足處，提出了兩種在DBR環境下的雙資源人員指派法則，分別為「剩餘緩衝指派法則」及「CCR-WIP動態指派法」，來與傳統指派法則做比較，以探討不同人員指派法則對DBR管理環境的影響。透過多人多機台零工型環境實驗結果的驗證，在人力不足的DBR管理環境下，DBR的產出績效會隨著人員使用率的增加而降低。其次以瓶頸機台優先並同時兼顧其他非瓶頸機台的CCR-WIP動態指派法則，對於整體產出的效益較佳，尤其當人員使用率增加時，更能顯現其效果。

關鍵字：限制理論、雙重限制資源、瓶頸優先法、前瞻式瓶頸優先法、作業員指派、限制驅導式現場排程

Abstract

The Drum-Buffer-Rope (DBR) method is the production application of Theory of Constraints (TOC), a global managerial methodology that helps the manager to concentrate on the most critical issues. The DBR methodology is now being implemented by a growing number of manufacturing organizations. By enabling better scheduling and decision making on the shop floor, its results are remarkable such as higher throughput, lower WIP, and shorter cycle time. Although, the DBR methods and its applications in some industries have been studied in some literatures recently, little research on the problem of Dual Resource Constraints (DRC) on DBR. In this paper, operators dispatching rules are provided to study the impact of DRC on DBR management system. These rules are discussed first and a case of job shop with two operators and seven machines is then utilized to evaluate the effective of these rules. The final results of experiment show that the performance of DBR system declines when labor utilization increases and the CCR-WIP dispatching rule facilitate to improve the CCR utilization, especially in the case of high labor utilization.

Keywords: Theory of Constraints (TOC), Dual Resource Constrained (DRC), Bottleneck First, Look Ahead Bottleneck First, Labor Assignment, Drum-Buffer-Rope (DBR)

一、前言與研究目的

許多文獻對於限制驅導式現場排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR)的實務應用已有相當多的成果驗證，例如：Ball Seal 公司^[15]在導入這套管理方法不到 60 天，其製造前置時間從 6 週降為 2 週而獲利提升了兩倍；或 Moon^[16]是將限制驅導式管理系統應用於儀器製造廠，而使得製造前置時間減少一半、交期達成率從 50%~70% 提升到 95%~98%、以及 WIP 降低了 60% 等。其他的成功個案可參考吳等人之整理^[3]或美國 APICS 每年所舉辦的限制管理研討會之論文集^[4]。許多的案例皆證明，DBR 為實用可性之管理技術。過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念的排程計畫(含投料排程及瓶頸排程)及各站訂單優先次序之派工，因此對於各站作業員配置的設定皆為資源充足，人員與機台隨時待命等待制定(Order)的來到，這忽略了實務上可能有作業員、機雙重資源限制(Dual Resource Constraints, DRC)之特性，由於現場各種不定因素，在各類型的作業型態皆有可能會面臨到作業員與機台不平衡，造成所謂的雙資源限制系統問題。

因此本研究將探討在作業員與機台兩種資源受到不平衡的限制下 DBR 的運作成效，研究重點在於作業員與機台雙資源指派法對於排程法的影響。DBR 排程法透過限制驅導節奏、緩衝管理及投料節奏來確保瓶頸機台的充分利用即訂單即時達交，但這都是在有足夠的作業員與機台前提下，各種資源全力配合限制驅導排程法而達到的成效。但如果當人力不足以操作機台時，想必 DBR 排程法勢必面臨考驗。因此在此情況下，探討作業員與機台的指派法則是有意義的，故本研究將建構 DBR 環境下雙資源指派模式，以探討人、機指派法則對於 DBR 成效的影響。

二、文獻探討

2.1 限制驅導式現場排程與管理技術(DBR Review)

限制驅導式現場排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR) 是由高瑞博士(Dr. E. M. Goldratt)於 1986 年所提出的現場排程與管理技術^{[10],[11],[12],[13]}，這是一套建立在限制理論(Theory Of Constraints, TOC)的管理哲學上的生產管理方法。這套技術主要包含了現場排程與控制兩部份，其中現場排程的方法是限制驅導式現場排程方法(DBR)而現場控制的方法則是緩衝管理(Buffer Management)^{[3],[12],[18]}。由於這套技術提供了提綱挈領的現場排程與管理思維，其導入後所獲得改善的主要共同特徵都是製造前置時間(Manufacturing Lead Time)顯著的降低、交期不再延誤、存貨降至歷史新低、及獲利明顯提升等。而最不可思議的是這套管理理念並不需要鉅額的投資，亦不需要大動干戈的改變現有工廠的佈置或流程，所要改變的只是管理工廠的思維而已，因而成效都能在短短的三至十二個月即可呈現。由於限制驅導式現場排程與管理技術不但可應對目前市場多種少量且交期快且準之競爭需求，而且可導引工廠體質之持續改善(Continuous Improvement)，因此被學者專家視為是一套能滿足現在與未來市場多變之競爭環境的工廠管理方法。

圖 1 為限制驅導式管理方法(DBR)之基本概念圖，其中 Drum 是指瓶頸的生產節奏或排程，Buffer 是保護瓶頸所需的保護時間或 WIP，至於 Rope 則是指投料必須和瓶頸的生產同步，以避免系統不必要的 WIP 或 WIP 過高。

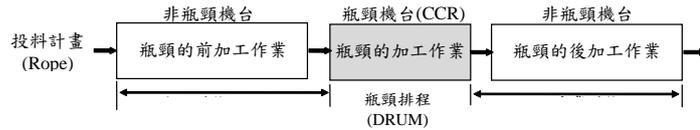


圖 1. 限制驅導式排程方法之基本概念圖

2.2 雙重資源限制系統(DRC Review)

所謂的雙重資源限制(Dual Resource Constrained, DRC)系統，根據 Park^[17]的定義有兩個特性：

- (一) 一個製造系統的機台並未充分的配置作業人員，即無法一台機台配置一位作業員或作業員數小於機台數；及
- (二) 工件要能在一台機台上加工，必須該機台和作業員都同時在可用(availability)的狀態，例如大部份工廠的作業員主要的服務工作是負責工件(一件或一批)的上下機台(Loading and Unloading)之工作，所以一台機台要能開始加工工件，必須要有作業員先移動到這一機台，然後再安裝工件到機台上(如果機台上有已加工完成之工件時，則需先卸下已完成之工件)，這樣機台才能開始加工該工件。

在此特性下，為了追求 DRC 系統的有效運作，已有不少的研究在探討 DRC 系統運作的一些決策問題，例如最佳的作業人員的彈性程度、最佳的人機比、最佳集中化(或分散化)程度的人員配備、或最佳人員/機台的指派方法等。由於本研究所要探討為 DRB 應用於 DRC 系統中，不同人、機指派法則下對於 DRB 成效的影響，以下將針對 DRC 系統有關人員/機台的指派決策作說明。

由於在 DRC 系統的作業人員數小於機台數，為了使各機台都能生產工件，作業人員必須在機台間來回移動(服務)，因而有作業人員應先服務那一機台會較佳的人員/機台的指派決策問題。這個決策問題基本上可分為三個層次^{[1], [12]}，即「何時移動」(“When to move”, WHEN)、「移動到那裡」(“Where to move”, WHERE)及「誰移動」(“Who to move”, WHO)等。所謂 WHEN(何時移動)是指一位作業員可被調離目前所服務機台的時機，而當一位作業員可被調離目前所服務的機台時，就出現該作業員該被移動到那一機台 WHERE(移動到那裡)的決策問題，至於 WHO(誰移動)的問題則出現在 DRC 系統的作業員為多數且同時有兩位以上閒置時，當有一機台也閒置時，該由那一位作業員去服務會較佳的決策問題^[5,7,8,9,15]。

DRC 系統有關人員/機台的指派決策問題是一個很活躍的研究領域，但這些研究的共同點都是假設系統中機台的負荷都是平準化(evenly loaded)而無瓶頸機台，但實務上卻是存在有瓶頸機台的。雖然 DRC 系統存在於各類型之生產環境^[19]，例如平行機台、單元製造(Cellular Manufacturing)、流線型(Flow Shop)或零工型(Job Shop)等，但若根據機台間是否有製程相依之特性來分類，則可分為兩類，即獨立 DRC 系統，如平行機台等，以及相依 DRC 系統，如單元製造、流線型(Flow Shop)或零工型等兩類。獨立 DRC 系統的特性是各機台都是獨立的，相當於只有一站，各機台的料可以假設為已知而不會有缺料問題，至於相依 DRC 系統的特性則是各機台會因工件製造程序而有相依特性，相當於是有多站製程，除了第一站可以假設料已知外，其餘各站的料必須來自於前製程，因此一個機台必須作業員、機台及料三者都 Ready 才能開始加工。

三、DBR 環境下雙資源指派模式

在相依需求作業環境中，各工作站之人、機及料皆到齊備妥方能運作，而如何使工作站順利作業則必須仰賴法則的整合。DBR 提供物料(WIP)了良好的生產節奏、排程並有效保護瓶頸機台使之不挨餓，但在人力與機台雙資源不平衡時，同時也需要良好的雙資源指派法則來全力配合 DBR 排程法則，有效的整合人力、機台及物料三種資源。圖 2 DBR 環境下雙資源指派模式概念圖，本研究在原有的 DBR 概念下，加入人機指派法則，作業員透過指派法則決定操作機台的順序並全力配合 DBR 排程，使瓶頸機台充分利用，訂單及時達交。

DBR 排程法是在有足夠的作業員與機台前，各種資源全力配合限制驅導排程法而達到的成效，一旦人力資源無法充分配合機台時，DBR 排程法勢必受到考驗。在雙資源限制系統中，即使有了緩衝管理的保護，但還是有可能因人力無法即時到位或物料無法到達而打亂排程，因此如何透過指派法則使三元素能充分配合限制驅導排程是重要的。本研究針對兩個原則提出指派法則：(1)使瓶頸機台(站)能盡可能充分利用；(2)並同時兼顧限制資源緩衝區機台與出貨緩衝區機台的平衡。

- (1)使瓶頸機台(站)能盡可能充分利用：DBR 排程最重的的環節為限制驅導排程，因此瓶頸機台(站)必須優先的作人力資源分配，在每種法則前優先檢查瓶頸機台是否閒置。
- (2)同時兼顧限制資源緩衝區機台與出貨緩衝區機台的平衡：DBR 排程法中，將產線的機台分成三種區塊，分別為限制資源緩衝區(CCR-Buffer)、產能限制資源(CCR)及出貨緩衝(Shipping-Buffer)，如要使排程節奏穩定除了 CCR 優先做人力指派外，其他兩區的人力資源平衡也是相當重要。

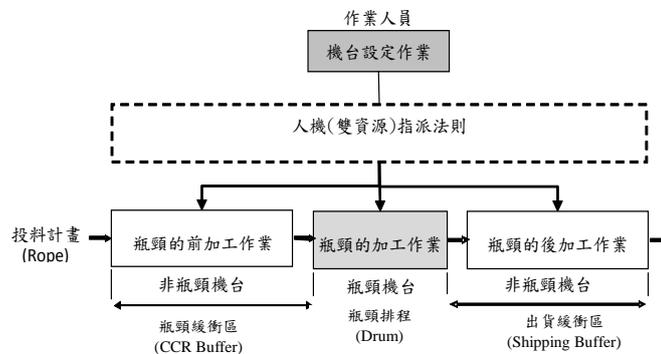


圖 2. DBR 環境下雙資源指派模式概念圖

基於上述兩原則，本研究提出了「剩餘緩衝指派法則」及「CCR-WIP 動態指派法則」等兩法則。

3.1 剩餘緩衝指派法則

DBR 排程法中瓶頸機台排程為限制驅導節奏，為了保護系統排程的順利而設置了兩的緩衝區；分別為 CCR-Buffer(CCR-B)及 Shipping Buffer(Shipping-B)，前者是針對 CCR 之前的生產資源，給與一段緩衝來保護 CCR 的排程，後者是針對 CCR 到出貨之間的生產資源給與一段緩衝來保護出貨的達交。其中這生產資源包括了人、機台及物料，本研究因兩區所要保護的目標不同而提出剩於緩衝比的概念，訂單如在 CCR-B 區其剩餘緩衝比為，訂單到達 CCR 的剩餘時間除以 CCR-B，訂單如在 Shipping-B 區其剩餘緩衝比為訂單到達出貨的剩餘時間除以

Shipping-Buffer。下列將對指派法則步驟做說明，如下圖 3 所示：

Step1：當有人員閒置時，人員需確認 CCR 是否有 WIP 且為無指派人員，如有 WIP 且尚未指派人員，則優先指派 CCR，如條件不成立則 Step2。

Step2：確認投料時間是否已到($\leq T_{now}$)，如是則優先投料，條件不成立則 Step3。

Step3：Non-CCR 機台為閒置且有 WIP 者，剩餘緩衝比小者優先指派。

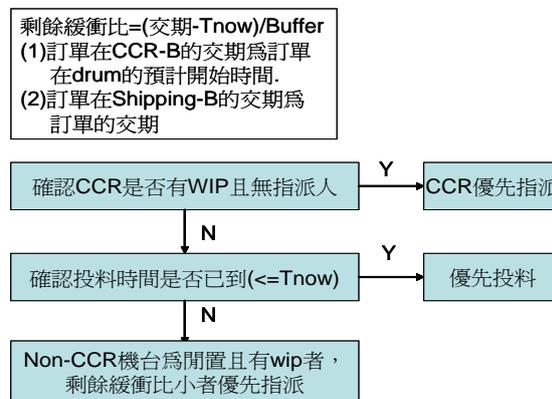


圖3 剩餘緩衝指派法則

3.2 CCR-WIP 動態指派法則

為了避免由於人力不足可能會嚴重影響 CCR 節奏，基於保護 CCR 原則，本研究在剩餘緩衝比小優先指派法則中加入考慮瓶頸 WIP 的條件，已減少 CCR 斷料的風險，當 CCR WIP 小於 2 件時，優先考慮 CCR-B 區之機台的指派，指派法則步驟如下圖 4。

Step1：當有人員閒置時，人員需確認 CCR 是否有 WIP 且為無指派人員，如有 WIP 且尚未指派人員，則優先指派 CCR，如條件不成立則 Step2。

Step2：確認投料時間是否已到($\leq T_{now}$)，如是則優先投料，條件不成立則 Step3。

Step3：CCR 上 WIP 是否小於兩件，如是優先指派 CCR-B 區剩餘緩衝比小之機台。如條件不成立則 Step4。

Step4：Non-CCR 機台為閒置且有 WIP 者，剩餘緩衝比小者優先指派。

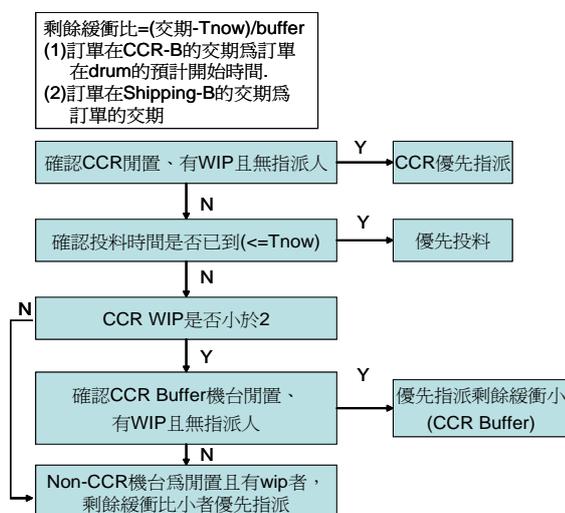


圖 4. CCR-WIP 動態動態指派法則

四、實驗設計

4.1 實驗環境與假設

本研究建構一個雙資源系統，隨機產生 3 種產品，以 DBR 排程法控制投料節奏，目的要探討在不同人力水準下人員指派法則對於 DBR 系統的影響。本系統共有七站，每站只有一機台，其加工時間如表 1 所示，有一~四位作業員負責操作，其每次操作(上下料)時間為 18 時間單位，產品有 A、B、C 三種其製造途程如表 2 所示。其餘內容如下：

- (1) 四作業員操作七機台。
- (2) 作業員一次只能被指派、操作一機台包含投料，操作時間呈常態分配，平均數為 18 時間單位，(3) 標準差為 0.5 時間單位。
- (4) 假設來單週期呈常態分配，平均數為 85 時間單位，標準差為 0.5 時間單位。
- (5) 每次來單批量呈常態分配，一批平均數為 10 件，標準差為 1 件。
- (6) 產品來單比例為 A : B : C = 5 : 3 : 2
- (7) 模擬測試時間長度為 5000 時間單位。
- (8) DueDate 設定：來單時間 + 產品 Cycle Time * 批量 * 3
- (9) 實驗次數 25 次。
- (10) CCR-Buffer=300 時間單位；Shipping-Buffer=300 時間單位

表 1. 各機台(站)加工時間

時間單位	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
加工時間/件	3.5	1.6	4	6.5	1.3	4	4

表 2. 不同產品之製造途程

產品	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7	Station 8	Station 9
A	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7		
B	M2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M5	M7
C	M1	M2	M1	M3	M4	M5	M7	M6	

圖 5 為測試實驗長度 5000 時間單位下，四位操作員以人員指派法則為 LNGQ(Longest queue) 的系統 WIP 分布狀況，圖中 500 時間單位後 WIP 開始呈現平穩狀態，因此擷取 1000~5000 之資料統計較為有信度。

其次由表 3 可得知，此環境測試在 95% 信心水準下，不同人力因子中各指標誤差在正負 5% 內，所需實驗樣本不需超過 10，因此將設定每種因子的實驗次數為 10。且不同人員數所呈現的使用率，4 人操作時人力使用水準為 45~50% 左右，三人操作時人力使用率約為 65%，二人操作時人力使用率約為 85%~90%，一人操作時人力使用率大於 95%。

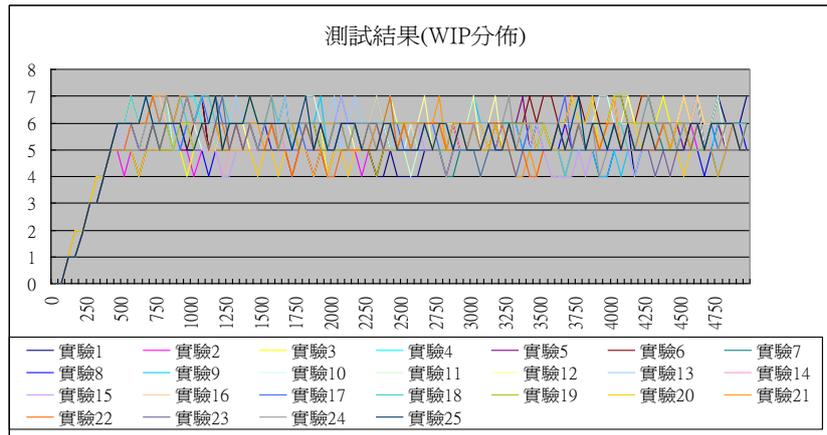


圖 5 測試實驗各時間點 WIP 分佈狀況

表 3. 測試實驗信賴區間 95% 下樣本估計

$(Z^2_{0.025} \times S^2) / \epsilon^2$	4人操作測試數據			
	平均CT	CCR使用率	完成件數	人員使用率
母體平均值	462.93	94.03%	54.16	45.59%
母體標準差 σ	14.99	1.32%	0.55	0.86%
信心水準	0.05	0.05	0.05	0.05
$Z_{\alpha/2}$	1.96	1.96	1.96	1.96
ϵ	23.15	0.05	2.71	0.02
N	1.61	0.30	0.16	0.55
$(Z^2_{0.025} \times S^2) / \epsilon^2$	3人操作測試數據			
	平均CT	CCR使用率	完成件數	人員使用率
母體平均值	476.85	94.01%	53.96	60.83%
母體標準差 σ	17.22	1.50%	0.54	1.29%
信心水準	0.05	0.05	0.05	0.05
$Z_{\alpha/2}$	1.96	1.96	1.96	1.96
ϵ	23.84	0.05	2.70	0.03
N	2.00	0.39	0.15	0.69
$(Z^2_{0.025} \times S^2) / \epsilon^2$	2人操作測試數據			
	平均CT	CCR使用率	完成件數	人員使用率
母體平均值	593.25	91.25%	51.28	88.50%
母體標準差 σ	30.59	2.64%	1.14	2.48%
信心水準	0.05	0.05	0.05	0.05
$Z_{\alpha/2}$	1.96	1.96	1.96	1.96
ϵ	29.66	0.05	2.56	0.04
N	4.09	1.29	0.76	1.21
$(Z^2_{0.025} \times S^2) / \epsilon^2$	1人操作測試數據			
	平均CT	CCR使用率	完成件數	人員使用率
母體平均值	1,258.89	50.86%	27.52	99.75%
母體標準差 σ	101.60	1.90%	1.29	0.00%
信心水準	0.05	0.05	0.05	0.05
$Z_{\alpha/2}$	1.96	1.96	1.96	1.96
ϵ	62.94	0.03	1.38	0.05
N	10.01	2.15	3.40	-

4.2 實驗因子

(1) 人員使用率水準

為了探討在不同人員使用率水準下人員指派法則對於 DBR 系統的影響，因此將人力使用率設為實驗因子，初步實驗中四人操作七機台時，人力使用水準為 45~50% 左右，三人操作時人力使用率約為 65%，二人操作時人力使用率約為 85%~90%，一人操作時人力使用率大於 95%，因此人力使用水準因子分別為 50%、65%、85%、95%。

(2) 指派法則

本研究針對次系統使用四種法則，除了上述兩種改善法則(即「剩餘緩衝指派法則」及「CCR-WIP 動態指派法則」)，另外加入兩種傳統法則來當對照組，分別為 CR(Critical

Ratio)、LNGQ(Longest queue)，此兩種法則，將是建構在瓶頸機台優先指派的原則下。

4.3 績效指標

- (1) CCR 使用率：目的要觀察在不同人力水準與不同指派法則下對瓶頸站的影響，瓶頸站的產能利用關係著系統的產出。
- (2) Cycle Time(CT)：在人力不足的情況下，系統除了機台瓶頸外，人力也有可能成為另一項限制，因此經由觀察 CT 有助於全面了解法則對於人力分配的影響。

五、實驗結果

由圖 6 實驗結果可得知，隨著操作人數變少；人員使用率提升，CCR 的使用率會隨著遞減，人員使用率員達 85%時 CT 開始有明顯人力不足的情況發生，此時為人力與機台開始分配不均的臨界點。當人員使用率達 95%，人力嚴重不足。由 76 可得知，人員使用率員 85%時，CCR-WIP 動態法則對於提升 CCR 使用效果最佳，其次為剩餘緩衝法則，再者為 CR 和 LNGQ 法則。

其次由圖 8 實驗結果可得知，隨著操作人數變少；人員使用率提升，CT 會之遞增，人員使用率員達 85%時 CT 開始有明顯改變。由圖 9 可得知，人員使用率員 85%時，CCR-WIP 動態法則對於縮短 CT 效果最佳，剩餘緩衝與 CR 指派法則，沒有明顯的差別，LNGQ 法則 CT 最長。

當人、機分配比例處於臨界，而人力資源開始不足分配給機台時，指派法則的影響最為明顯，由圖 10 可看出人力使用率約為 85%時達交狀況有明顯差異，CCR-WIP 動態法則，明顯優於其他法則，其次為 CR 法則、剩餘緩衝法則及 LNGQ 法則。

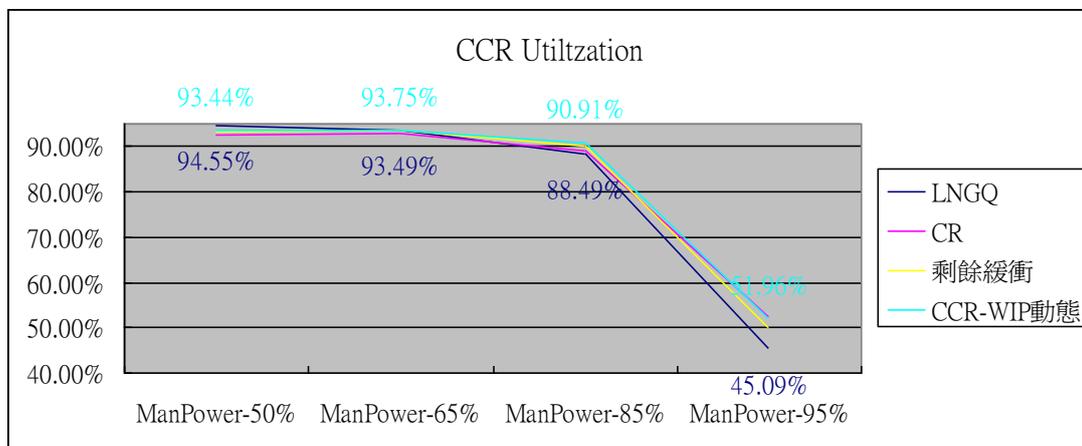


圖 6. 各人力水準各法則 CCR Utilization 差異

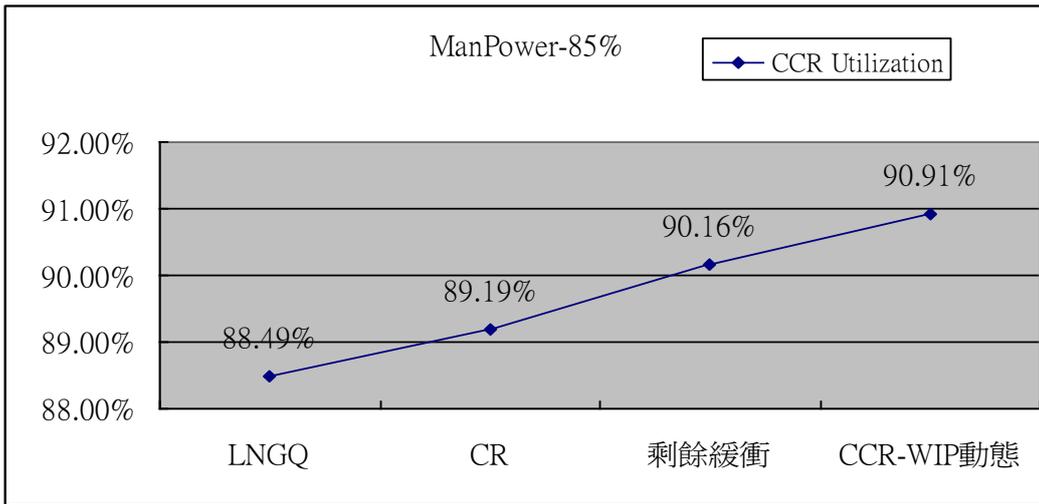


圖 7. 人力水準 85% 各法則 CCR Utilization 差異

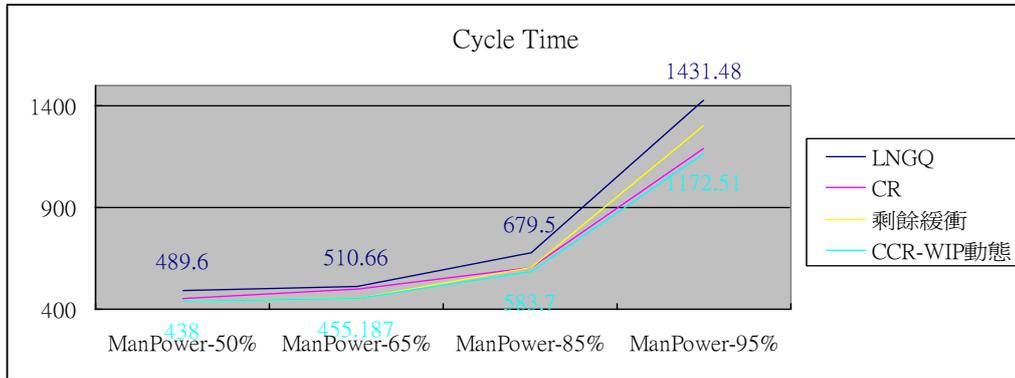


圖 8. 各人力水準各法則 CT

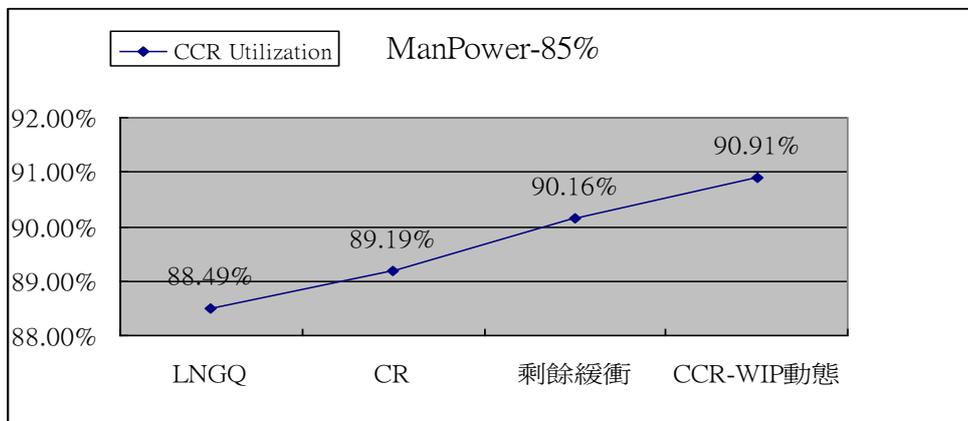


圖 9. 人力水準 85%各法則 CT 差異

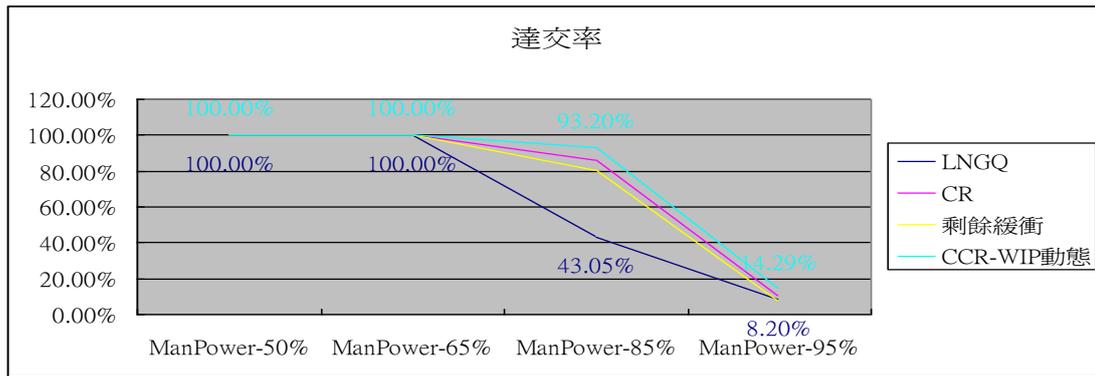


圖 10. 各人力水準各法則達交情況

六、結論

雖然許多文獻與研究已充分證實，限制理論(TOC)所發展出的限制驅導式現場排程技術(DBR)於實務上應用有相當的成果，但過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念，例如排程計畫及各站訂單優先次序之派工等，而忽略了作業員人力與機台會有資源不平衡的情況，亦即研究皆假設作業員人力與機台配置充裕。因此本研究針對此不足處，提出了兩種在DBR環境下的雙資源人員指派法則，分別為「剩餘緩衝指派法則」及「CCR-WIP動態指派法」，來與傳統指派法則做比較，以探討不同人員指派法則對DBR管理環境的影響。

透過多人多機台零工型環境實驗，綜合上述實驗實驗結果可以得知，當人力不足時，NON-CCR無法全力配合CCR，此時DBR排程法的效益會大打折扣。意即在人力不足的DBR管理環境下，DBR的產出績效會隨著人員使用率的增加而降低。其次人、機指派法則即是資源平衡分配的重要角色，由實驗結果可以看出，本研究所提出之剩餘緩衝法則與CCR-WIP動態法則，在人力不足時皆有助於CCR使用率的提升，其中CCR-WIP動態法則對於人、機資源的平衡更是有顯著的效果，在各項績效指標皆有顯著的效益，尤其當人員使用率增加時，更能顯現其效果。

本計畫目前已發表之研討會論文：

H.H. Wu and M.F. Li, 2011 “A Study of the Look-Ahead Bottleneck First Rule under Dual Resource Constrained Systems,” 2011 International Conference on Engineering and Business Management, Wuhan China, March 2011, p.p.1363-1369.

Hornng-Huei Wu and Ming - Feng Li, 2012, “The dispatching rules of Dual Resource Constraints under DBR environment,” International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012), Shanghai, China, March 2012, pp.66-70.

接下來將進一步整理上述之成果，發表於 SCI 國際期刊論文。

七、參考文獻

- [1] 吳鴻輝與李明峰，「爵士鼓製造廠之瓶頸優先指派模式研究」，2008 管理策略與經濟發展學術研討會論文集，pp. 221-236，4月21日，台灣新竹(2008)。

- [2] 吳鴻輝與李榮貴，限制驅導式現場排程與管理技術。台北：全華科技圖書公司(1999)。
- [3] 吳鴻輝、林則孟與吳凱文，「限制驅導式管理系統於半導體封裝廠之應用」，工業工程學刊，16，1，13-37(1999)。
- [4] APICS, Constraints Management Symposium Proceeding: Making Common Sense A Common Practice, March 22-23, Phoenix, AZ.(1999)
- [5] Bokhorst, J.A.C., Slomp, J. and Gaalman, J.C., “On the who-rule in Dual Resource Constrained (DRC) manufacturing systems,” *International Journal of Production Research*, 42, 23, 5049-5074(2004).
- [6] Blackstone, J.H., Gardiner, L.R. and Gardiner, S.C., “A Framework for the Systemic Control of Organizations,” *International Journal of Production research*, 35, 3, 597-609(1997).
- [7] Blackstone, J.H. and Cox III, J.F., “Designing Unbalanced Lines – Understanding Protective Capacity and Protective Inventory,” *Production Planning & Control*, 13, 4, 416-423(2002).
- [8] Fryer, J. S., “Operating policies in multiechelon dual-constraint job shops,” *Management Science*, 9, 1001-1012 (1973).
- [9] Goldratt, E. M., *Theory of constraints*, North River Press (1990).
- [10] Goldratt, E.M. (1986), *The Goal*, 2nd revised edition, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- [11] Goldratt, E.M. (1988), “Computerized shop floor scheduling,” *International Journal of Production Research*, 26, 3, 443-455.
- [12] Goldratt, E.M. and Fox, R.E. (1990), *The Race*, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- [13] Goldratt, E.M. (1990), *The Haystack Syndrome*, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- [14] Kher, H.V., “Examination of worker assignment and dispatching rules for managing vital customer priorities in dual resource constrained job shop environments,” *Computers and Operations Research*, 27, 525-537 (2000).
- [15] Latamore, G.B. (1999), “How Three Manufacturers Successfully Met Customers’ Needs and Achieved Competitive Advantage by Applying Theory of Constraints,” *APICS-The Performance Advantage*, March, 30-36.
- [16] Moon, S.A., “TOC at Parr Instrument: A View from the Inside,” 1996 APICS Constraints Management Symposium and Technical Exhibit, April 17-19, Detroit, MI, USA, 50-65(1996).
- [17] Park, PS, “A Study of Labor Assignment Rules with Bottleneck,” *OMEGA*, 18, 3, 247-257 (1990).
- [18] Schragenheim, E. and Dettmer, E.W. (2001), *Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance*, St. Lucie Press/APICS Series on Constraints management, Virginia.
- [19] Televen, M., “A review of the Dual Resource Constrained system research,” *IIE Transactions*, 21, 3, 279-287 (1989).

八、國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

- 達成目標
- 未達成目標（請說明，以 100 字為限）
- 實驗失敗
 - 因故實驗中斷
 - 其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

- 論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無
- 專利： 已獲得 申請中 無
- 技轉： 已技轉 洽談中 無
- 其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

2008 年金融風暴後，市場競爭更加激烈，工廠為了維持價格的優勢與合理利潤，除了開發新產品與市場外，無不以精簡人力因應，因此使得工廠現場雙重限制資源系統 (Dual Resource Constrained, DRC) 的管理更顯困難與複雜。本計畫根據限制理論所提出的限制理論前瞻式瓶頸優先方法 (TOC-LABF) 的管理思維為基礎，針對 DRC 系統應用 TOC-LABF 等瓶頸優先方法的問題，提出可行的解決方法，以強化 TOC-LABF 方法及實務應用之不足。

本計畫第一年提出改良式 TOC-LABF 方法之研究，其目的在確保工廠在現有人力下能進一步提升其有效產出，或在人力精簡下，依然能確保其有效產出。第二年進一步提出整合限制驅導式排程方法 (DBR) 與 TOC-LABF 於相依 DRC 系統應用之研究，正視 DBR 在工廠應用時，會面臨到人力不足的現實問題，而提出解決方案。其目的在確保在人力不足下，DBR 的有效性、出貨速度及工廠的有效產出。因此本研究成果將有助於國內廠商有意改善其生產力之參考。

九. 國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：101年4月11日

計畫編號	NSC 99-2221-E-216-023-MY2		
計畫名稱	限制理論前瞻式瓶頸優先方法在雙重資源限制系統之研究		
出國人員姓名	吳鴻輝	服務機構及職稱	中華大學 企業管理系 教授
會議時間	101年3月26日至 101年3月28日	會議地點	中國上海
會議名稱	(中文) 2012年工程和商業管理學術會議 (英文) International Conference on Engineering & Business Management		
發表論文題目	(中文) 在 DBR 環境下的雙資源指派法則之探討 (英文) The dispatching rules of Dual Resource Constraints under DBR environment		

一、參加會議經過

該會議於上海市寶隆美爵酒店三樓會議廳舉行，本人於3/25日搭乘華航班機抵達上海，並於隔日當地參訪公共設施。3/27下午參加 Session 2 的論文發表，該 Session 共有 13 篇論文口頭發表，本人於該場次發表的第八篇，前後並觀摩其他論文的報告，晚間並參與該主辦單位於該酒店一樓所提供之自助式晚餐。3/28日中午本人即搭機經由廈門短暫停留並返台。

二、與會心得

該研討會主辦單位雖然盡心盡力，然近年來參加的國際學者逐漸減少，因而國際化的特色逐步衰減。

三、考察參觀活動(無事項活動者略)

本人於3/27上午參觀台資企業“威達電子公司”上海分公司，參觀前由總經理江重良博士歡迎並主持公司營運簡報，之後江總經理並親自帶領參觀該公司之研發、倉儲、與製造部門，之後並與該企業郭董事長短暫會晤。該公司主要設計、製造工業電腦，為國內股票上市公司。中午與該公司主管簡單餐敘後，即由搭車前往寶隆美爵酒店參加研討會。

四、建議

五、攜回資料名稱及內容

攜回 Conference program guide 一本、會議論文集光碟一片

六、其他



工程和商业管理

国际学术会议

<http://www.scirp.org/conf/ebm2012/>

录用通知

尊敬的作者：

您好！

感谢您投稿至 2012 年工程和商业管理国际学术会议 (EBM2012)。我们很高兴地通知您，您的论文：

ID: 92786

题目：在 DBR 环境下的双资源指派法则之探讨

作者：吴鸿辉、李明峰

已经通过组委会的评审，被本会议录用。恭喜您！

会议由武汉大学，中华大学，中国科学技术大学，大连交通大学，美国科研出版社和工程信息研究院合作举办，会议论文集将由美国科研出版社出版。所有被会议录用并成功完成注册的文章将会被 ISTP 检索。

请按照以下步骤完成注册说明：

- 1、注册缴费；
- 2、提交终版文章；
- 3、提交版权；
- 4、提交注册信息。

我们期待着您的参与！

祝好！



國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：101年4月11日

計畫編號	NSC 99-2221-E-216-023-MY2		
計畫名稱	限制理論前瞻式瓶頸優先方法在雙重資源限制系統之研究		
出國人員姓名	吳鴻輝	服務機構及職稱	中華大學 企業管理系 教授
會議時間	101年3月26日至 101年3月28日	會議地點	中國上海
會議名稱	(中文) 2012年工程和商業管理學術會議 (英文) International Conference on Engineering & Business Management		
發表論文題目	(中文) 在 DBR 環境下的雙資源指派法則之探討 (英文) The dispatching rules of Dual Resource Constraints under DBR environment		

一、參加會議經過

該會議於上海市寶隆美爵酒店三樓會議廳舉行，本人於3/25日搭乘華航班機抵達上海，並於隔日當地參訪公共設施。3/27下午參加 Session 2 的論文發表，該 Session 共有 13 篇論文口頭發表，本人於該場次發表的第八篇，前後並觀摩其他論文的報告，晚間並參與該主辦單位於該酒店一樓所提供之自助式晚餐。3/28日中午本人即搭機經由廈門短暫停留並返台。

二、與會心得

該研討會主辦單位雖然盡心盡力，然近年來參加的國際學者逐漸減少，因而國際化的特色逐步衰減。

三、考察參觀活動(無是項活動者略)

本人於3/27上午參觀台資企業“威達電子公司”上海分公司，參觀前由總經理江重良博士歡迎並主持公司營運簡報，之後江總經理並親自帶領參觀該公司之研發、倉儲、與製造部門，之後並與該企業郭董事長短暫會晤。該公司主要設計、製造工業電腦，為國內股票上市公司。中午與該公司主管簡單餐敘後，即由搭車前往寶隆美爵酒店參加研討會。

四、建議

五、攜回資料名稱及內容

攜回 Conference program guide 一本、會議論文集光碟一片

六、其他

The dispatching rules of Dual Resource Constraints under DBR environment

Horn-Huei Wu¹, Ming - Feng Li²

¹Department of Business Administration, Chung Hua University, Hsinchu City, Chinese Taipei

²Institute of Industria Management, Chung Hua University, Hsinchu City, Chinese Taipei

Email: hhwu@chu.edu.tw, u8803042@chu.edu.tw

Abstract: The Drum-Buffer-Rope (DBR) method is the production application of Theory of Constraints (TOC), a global managerial methodology that helps the manager to concentrate on the most critical issues. The DBR methodology is now being implemented by a growing number of manufacturing organizations. By enabling better scheduling and decision making on the shop floor, its results are remarkable such as higher throughput, lower WIP, and shorter cycle time. Although, the DBR methods and its applications in some industries has been studied in some literatures recently, little research on the problem of Dual Resource Constraints (DRC) on DBR. In this paper, operators dispatching rules are provided to study the impact of DRC on DBR management system. These rules are discussed first and a case of job shop with two operators and four machines is then utilized to evaluate the effective of these rules. The final results of experiment show that the best dispatching sequence is that bottleneck is first, machines in shipping buffer are second, rope operation is third and machines in CCR buffer are final. A case of a DRC system is finally utilized to evaluate the application and effective of the LABF method.

Keywords: Drum-Buffer-Rope(DBR), Dual Resource Constrained (DRC) system, Bottleneck, Labor Assignment Method

在 DBR 環境下的雙資源指派法則之探討

吳鴻輝¹, 李明峰²

¹中華大學企業管理學系, 新竹市, 中華台北

²中華大學工業管理研究所, 新竹市, 中華台北

Email: hhwu@chu.edu.tw, u8803042@chu.edu.tw

摘要: 許多文獻與研究已充分證實, 限制理論(TOC)所發展出的限制驅導式現場排程技術(DBR)於實務上應用有相當的成果, 但過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念, 例如排程計畫及各站訂單優先次序之派工等, 而忽略了作業員人力與機台會有資源不平衡的情況, 亦即研究皆假設作業員人力與機台配置充裕。因此本研究針對此不足處, 提出了在DBR環境下的雙資源指派模式, 經由不同的作業員指派法則, 來探討作業員法則對DBR管理環境的影響。透過兩人四機台之零工型環境實驗結果的驗證, 在瓶頸機台優先指派下, 若再搭配出貨緩衝區機台優先於投料作業優先於瓶頸緩衝區機台的人員指派法則, 最能全力配合DBR的運作。

關鍵字: 限制驅導式現場排程; 雙重限制資源系統; 瓶頸機台; 作業員指派法則

1. 前言

許多文獻對於限制驅導式現場排程與管理技術 (Drum-Buffer-Rope, DBR) 的實務應用已有相當多的成果驗證, 例如: Ball Seal公司^[15]在導入這套管理方法不到 60 天, 其製造前置時間從 6 週降為 2 週而獲利提升了兩倍;或 Moon^[16]是將限制驅導式管理系統應用於儀器製造廠, 而使製造前置時間減少一半、交期達成率從 50%~70% 提升到 95%~98%、以及WIP降低了 60%等。其他的成功個案可參考吳等人之整理^[3]或美國APICS每年所舉辦的限制管理研討

會之論文集^[4]。許多的案例皆證明, DBR為實用可性之管理技術。過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念的排程計畫(含投料排程及瓶頸排程)及各站訂單優先次序之派工, 因此對於各站作業員配置的設定皆為資源充足, 人員與機台隨時待命等待制定(Order)的來到, 這忽略了實務上可能有作業員、機雙重資源限制(Dual Resource Constraints,DRC)之特性, 由於現場各種不定因素, 在各類型的作業型態皆有可能會面臨到作業員與機台不平衡, 造成所謂的雙資源限制系統問題。

因此本研究將探討在作業員與機台兩種資源受到不平

衡的限制下 DBR 的運作成效，研究重點在於作業員與機台雙資源指派法對於排程法的影響。DBR 排程法透過限制驅導節奏、緩衝管理及投料節奏來確保瓶頸機台的充分利用即訂單即時達交，但這都是在有足夠的作業員與機台前提下，各種資源全力配合限制驅導排程法而達到的成效。但如果當人力不足以操作機台時，想必 DBR 排程法勢必面臨考驗。因此在此情況下，探討作業員與機台的指派法則是有意義的，故本研究將建構 DBR 環境下雙資源指派模式，以探討人、機指派法則對於 DBR 成效的影響。

2.限制驅導式現場排程與管理技術(DBR Review)

限制驅導式現場排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR) 是由高瑞博士(Dr. E. M. Goldratt)於 1986 年所提出的現場排程與管理技術^{[10][11][12][13]}，這是一套建立在限制理論(Theory Of Constraints, TOC)的管理哲學上的生產管理方法。這套技術主要包含了現場排程與控制兩部份，其中現場排程的方法是限制驅導式現場排程方法(DBR)而現場控制的方法則是緩衝管理(Buffer Management)^{[2][3][12][18]}。由於這套技術提供了提綱挈領的現場排程與管理思維，其導入後所獲得改善的主要共同特徵都是製造前置時間(Manufacturing Lead Time)顯著的降低、交期不再延誤、存貨降至歷史新低、及獲利明顯提升等。而最不可思議的是這套管理理念並不需要鉅額的投資，亦不需要大動干戈的改變現有工廠的佈置或流程，所要改變的只是管理工廠的思維而已，因而成效都能在短短的三至十二個月即可呈現。由於限制驅導式現場排程與管理技術不但可應對目前市場多種少量且交期快且準之競爭需求，而且可導引工廠體質之持續改善(Continuous Improvement)，因此被學者專家視為是一套能滿足現在與未來市場多變之競爭環境的工廠管理方法。**錯誤！找不到參照來源。**

圖 1 為限制驅導式管理方法(DBR)之基本概念圖，其中 Drum 是指瓶頸的生產節奏或排程，Buffer 是保護瓶頸所需的保護時間或 WIP，至於 Rope 則是指投料必須和瓶頸的生產同步，以避免系統不必要的 WIP 或 WIP 過高。

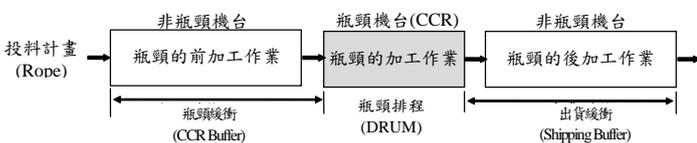


Figure 1. Basic concept of DBR.

圖 1 限制驅導式管理方法之基本概念圖

3.雙重資源限制系統(DRC Review)

所謂的雙重資源限制(Dual Resource Constrained, DRC)

系統，根據Park^[17]的定義有兩個特性：

- (一) 一個製造系統的機台並未充分的配置作業人員，即無法一台機台配置一位作業員或作業員數小於機台數；及
- (二) 工件要能在一台機台上加工，必須該機台和作業員都同時在可用(availability)的狀態，例如大部份工廠的作業員主要的服務工作是負責工件(一件或一批)的上下機台(Loading and Unloading)之工作，所以一台機台要能開始加工工件，必須要有作業員先移動到這一機台，然後再安裝工件到機台上(如果機台上有已加工完成之工件時，則需先卸下已完成之工件)，這樣機台才能開始加工該工件。

在此特性下，為了追求 DRC 系統的有效運作，已有不少的研究在探討 DRC 系統運作的一些決策問題，例如最佳的作業人員的彈性程度、最佳的人機比、最佳集中化(或分散化)程度的人員配備、或最佳人員/機台的指派方法等。由於本研究所要探討為 DBR 應用於 DRC 系統中，不同人、機指派法則下對於 DRB 成效的影響，以下將針對 DRC 系統有關人員/機台的指派決策作說明。

由於在DRC系統的作業人員數小於機台數，為了使各機台都能生產工件，作業人員必須在機台間來回移動(服務)，因而有作業人員應先服務那一機台會較佳的人員/機台的指派決策問題。這個決策問題基本上可分為三個層次^[14]，即「何時移動」(“When to move”, WHEN)、「移動到那裡」(“Where to move”, WHERE)及「誰移動」(“Who to move”, WHO)等。所謂WHEN(何時移動)是指一位作業員可被調離目前所服務機台的時機，而當一位作業員可被調離目前所服務的機台時，就出現該作業員該被移動到那一機台 WHERE(移動到那裡)的決策問題，至於WHO(誰移動)的問題則出現在DRC系統的作業員為多數且同時有兩位以上閒置時，當有一機台也閒置時，該由那一位作業員去服務會較佳的決策問題^[5,7,8,9,15]。

DRC系統有關人員/機台的指派決策問題是一個很活躍的研究領域，但這些研究的共同點都是假設系統中機台的負荷都是平準化(evenly loaded)而無瓶頸機台，但實務上卻是存在有瓶頸機台的。雖然DRC系統存在於各類型之生產環境^[19]，例如平行機台、單元製造(Cellular Manufacturing)、流線型(Flow Shop)或零工型(Job Shop)等，但若根據機台間是否有製程相依之特性來分類，則可分為兩類，即獨立DRC系統，如平行機台等，以及相依DRC系統，如單元製造、流線型(Flow Shop)或零工型等兩類。獨立DRC系統的特性是各機台都是獨立的，相當於只有一站，各機台的料可以假設為已知而不會有缺料問題，至於相依DRC系統的特性則是各機台會因工件製造程序而有相依特性，相當於是有多站製程，除了第一站可以假設料已知外，其餘各站的料必須來自於前製程，因此一個機台必須作業員、機台及料三者都Ready才

能開始加工。

4. DBR 環境下雙資源指派模式

在相依需求作業環境中，各工作站之人、機及料皆到齊備妥方能運作，而如何使工作站順利作業則必須仰賴法則的整合。DBR 提供物料(WIP)了良好的生產節奏、排程並有效保護瓶頸機台使之不挨餓，但在人力與機台雙資源不平衡時，同時也需要良好的雙資源指派法則來全力配合 DBR 排程法則，有效的整合人力、機台及物料三種資源。圖 2 DBR 環境下雙資源指派模式概念圖，本研究在原有的 DBR 概念下，加入人機指派法則，作業員透過指派法則決定操作機台的順序並全力配合 DBR 排程，使瓶頸機台充分利用，訂單及時達交。

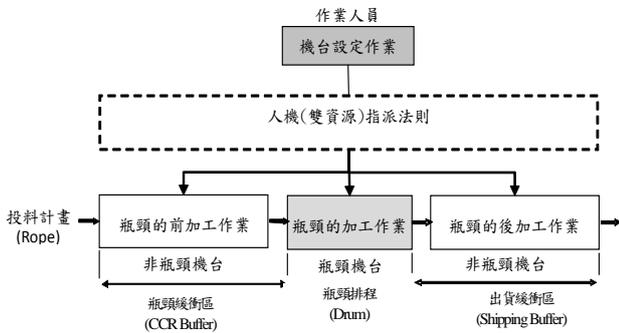


Figure 2. The operator dispatching concept under the DBR system.

圖 2 DBR 環境下雙資源指派模式概念圖

基本上 DBR 作業環境，人員在操作上依機台的種類與作業型態可分四類：

- (一) 投料區操作(R)：作業員必須依投料節奏次序執行。
- (二) 瓶頸區機台(B)：瓶頸機台必須依限制驅導節奏的次序派工。
- (三) 瓶頸緩衝區機台(CCRB)：瓶頸緩衝為瓶頸機台之先前作業的所有機台，為非瓶頸機台有料來要儘快完成往後送(先到先做)，否則即待命。
- (四) 出貨緩衝區機台(SB)：出貨緩衝為瓶頸機台之後到出貨前之所有機台，非瓶頸機台有料來要儘快完成往後送(先到先做)，否則即待命。

由於在 DBR 的環境下，系統限制是需被充分利用，因此瓶頸機台必須優先被指派作業員操作，以確保瓶頸機台的使用率不降低。至於其餘三區作業的優先次序，則是本文所要探討的重點，探討人員指派順序對於 DBR 環境之影響。

基本上這三區的優先排序，可歸納為以下六種：

- (一) R-CCRB-SB：投料優先，依序為瓶頸緩衝機台及出貨緩衝機台。
- (二) R-SB-CCRB：投料優先，依序為出貨緩衝機台及瓶頸

緩衝機台。

- (三) CCRB-R-SB：瓶頸緩衝機台優先操作，依序為投料及出貨緩衝機台。
- (四) CCRB-SB-R：瓶頸緩衝機台優先操作，依序為出貨緩衝機台及投料。
- (五) SB-R-CCRB：出貨緩衝機台優先操作，依序為投料及瓶頸緩衝機台。
- (六) SB-CCRB-R：出貨緩衝機台優先操作，依序為瓶頸緩衝機台及投料。

5. 模擬驗證

為了分析指派法則在 DBR 環境下的影響，因此本文將建立一座簡單的 JOB-SHOP 工廠，模擬 DBR 排程系統情境，探討六種人機指派法則對 DBR 成效的影響。

5.1 模擬情境

- (一) 本模擬環境為零工型非迴流工廠，共有四站，分別為 A、B、C 及 D，兩位操作員操作四台機台。
- (二) 工產生產四種產品分別為產品 1、產品 2、產品 3 及產品 4，各產品製程如下表 2 所示。
- (三) 操作員一次只能從執行一項作業，而操作每台機台時間與投料時間皆為 10 分鐘。
- (四) 模擬隨機產生 40 組工單，工單全部作完時驗證即停止。

Table 1. The product data.

表 1. 產品製程資料

TYPE	製程順序	加工時間(分鐘)
產品 1	A→B→C→D	20+30+17+18
產品 2	A→B→C	20+30+17
產品 3	A→B→D→C	20+30+18+17
產品 4	A→B→D	20+30+18

模擬環境為零工型(Job-Shop)生產線，使用 DBR 排程法則，即以 B 機台(瓶頸機台)為 Drum，投料作業為 Rope，針對 40 張訂單進行排程作業，有兩位作業員負責四機台的操作。由於 B 機台為瓶頸機台，因此 A 機台為瓶頸緩衝區機台，而 C 與 D 機台為出貨緩衝區機台。在此情境下分別模擬六種人機指派法則，以下列績效指標來分析、評估指派法則對 DBR 環境的影響：

- (一) 瓶頸機台使用率：設定此指標的目的要觀察瓶頸優先指派下，投料與其他非瓶頸機台的操作順序，是否會間接影響到瓶頸機台的使用率。
- (二) 平均 CT(Cycle Time)：觀察人機指派法則對於產品

Cycle Time 的影響。

(三) 與投料計畫與實際投料的時間差異 觀察指派法則對於 DBR 投料計畫的影響。

(四) 完成所有訂單所需時間 觀察指派法則對於達交時間的成效影響。

5.2 實驗結果

表 2 與表 3 為本實驗於 DBR 環境下，針對人機指派法則的驗證結果，兩位操作員的使用率約都在 70% 左右。其次，從各機台使用率來看，CCRB-R-SB 與 SB-R-CCRB 兩種排序，最能提高人員操作瓶頸機台的使用率，這兩種法則共同點為將投料作業放於指派順序的中間。其中 SB-R-CCRB 不管在機台使用率、平均 CT 或與總生產時間皆為最佳。

Table 2. The utilization of machines under different dispatching rule.

表 2. 不同法則的機台使用率結果

單位分鐘	BN 使用率	CCRB 使用率	SB 使用率
R-CCRB	91.78%	72.59%	52.00%
R-SB-CCRB	89.92%	70.78%	50.58%
CCRB-R-SB	92.75%	73.03%	51.90%
CCRB-SB-R	92.08%	72.63%	51.08%
SB-R-CCRB	92.69%	73.77%	53.19%
SB-CCRB-R	91.52%	71.60%	51.94%

由表 3 得知，以 Cycle Time(CT)的表現看來，使每張工單的 CT 最短的人機指派法則為 SB-R-CCRB 與 CCRB-SB-R，歸納六種法則的順序特性，可以得知當 Shipping Buffer 機台優先於投料作業指派時，對於減少工單的 CT 是有幫助的。以投料計畫與實際投料的平均差異時間來看，將投料作業優先指派作業員，可以使實際投料更符合 DBR 的 Rope。

針對生產 40 張工單所花費生產時間來看，SB-R-CCRB 與 CCRB-R-SB 的表現最佳這同時也呼應了瓶頸機台的使用率，越能提高瓶頸機台的使用率，就越能縮短此驗證環境工單的總完成時間。

由上述的驗證數據可以得知，在人力與機台兩種資源不平衡時，人機指派法則確實會影響 DBR 環境的成效。整合以上數據本研究歸納得知，在兩人操作四機台的 DBR 環境下，作業員使用率在 70% 左右 SB-R-CCRB 為最佳人機指派法則。

Table 3. The CT and flow time of orders under different dispatching rule.

表 3. 不同法則的平均 CT、投料差異時間與總生產時間

人機指派法則	平均 CT	(實際計畫投料 平均時間)	完成所有 工單時間
R-CCRB-SB	576.15	18.1	1948
R-SB-CCRB	604.15	19.875	1955
CCRB-R-SB	552.975	18.675	1917
CCRB-SB-R	548.25	26.25	1944
SB-R-CCRB	540.1	25.425	1914
SB-CCRB-R	566.6	22.7	1958

5. 結論

限制理論所發展出的限制驅導式現場排程技術於實務上應用有相當的成果，但過去的研究偏重在瓶頸保護以及投料必須與瓶頸同步等觀念，而忽略了作業員人力與機台會有資源不平衡的情況。因此本研究針對此不足處，提出了在 DBR 環境下的雙資源指派模式，經由不同的作業員指派法則，來探討作業員法則對 DBR 管理環境的影響。透過兩人四機台之零工型環境實驗結果的驗證，在瓶頸機台優先指派下，若再搭配出貨緩衝區機台優先於投料作業優先於瓶頸緩衝區機台的人員指派法則，最能全力配合 DBR 的運作。雖然初步研究得知人機指派法則確實會影響 DBR 環境的運作成效，然而實務上存在有更多的影響因子與變異因素，因此後續將會針對此領域做更深入之探討。

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the National Science Council of the Republic of China, Taiwan for partially supporting this research under Contract No. NSC 99-2221-E-216-023-MY2.

參考文獻

- [1] Wu, H. H. and Li, M.F., "A Study of Bottleneck First Model in Jazz Drum Plant," 2008 Management Strategy and Economic Development Conference, pp.221-236, 21 April, Hsinchu, Taiwan(2008).
吳鴻輝與李明峰，「爵士鼓製造廠之瓶頸優先指派模式研究」，2008 管理策略與經濟發展學術研討會論文集，pp. 221-236，4 月 21 日，台灣新竹(2008)。
- [2] Wu, H. H. and Li, R.K., Introduction of Drum-Buffer-Rope Management Systems, 2nd Edition, Chuan Hwa Book Co. Ltd. Taipei(2002).
吳鴻輝與李榮貴，限制驅導式現場排程與管理技術。台北：全華科技圖書公司(1999)。
- [3] Wu, H. H. Lin, J.T. and Wu, K. W., "Implementation of Drum-Buffer-Rope

System in the Semiconductor Packaging Factory," Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 16, 1, 13-37(1999).

吳鴻輝、林則孟與吳凱文, 「限制驅導式管理系統於半導體封裝廠之應用」, 工業工程學刊, 16, 1, 13-37(1999)。

Optimizing Supply Chain Financial Performance, St. Lucie Press/APICS Series on Constraints management, Virginia.

- [4] APICS, Constraints Management Symposium Proceeding: Making Common Sense A Common Practice, March 22-23, Phoenix, AZ.(1999)
- [5] Bokhorst, J.A.C., Slomp, J. and Gaalman, J.C., "On the who-rule in Dual Resource Constrained (DRC) manufacturing systems," International Journal of Production Research, 42, 23, 5049-5074(2004).
- [6] Blackstone, J.H., Gardiner, L.R. and Gardiner, S.C., "A Framework for the Systemic Control of Organizations," International Journal of Production research, 35, 3, 597-609(1997).
- [7] Blackstone, J.H. and Cox III, J.F., "Designing Unbalanced Lines – Understanding Protective Capacity and Protective Inventory," Production Planning & Control, 13, 4, 416-423(2002).
- [8] Fryer, J. S., "Operating policies in multiechelon dual-constraint job shops," Management Science, 9, 1001-1012 (1973).
- [9] Goldratt, E. M., Theory of constraints, North River Press (1990).
- [10] Goldratt, E.M. (1986), The Goal, 2nd revised edition, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- [11] Goldratt, E.M. (1988), "Computerized shop floor scheduling," International Journal of Production Research, 26, 3, 443-455.
- [12] Goldratt, E.M. and Fox, R.E. (1990), The Race, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- [13] Goldratt, E.M. (1990), The Haystack Syndrome, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- [14] Kher, H.V., "Examination of worker assignment and dispatching rules for managing vital customer priorities in dual resource constrained job shop environments," Computers and Operations Research, 27, 525-537 (2000).
- [15] Latamore, G.B. (1999), "How Three Manufacturers Successfully Met Customers' Needs and Achieved Competitive Advantage by Applying Theory of Constraints," APICS-The Performance Advantage, March, 30-36.
- [16] Moon, S.A., "TOC at Parr Instrument: A View from the Inside," 1996 APICS Constraints Management Symposium and Technical Exhibit, April 17-19, Detroit, MI, USA, 50-65(1996).
- [17] Park, PS, "A Study of Labor Assignment Rules with Bottleneck," OMEGA, 18, 3, 247-257 (1990).
- [18] Schragenheim, E. and Dettmer, E.W. (2001), Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance, St. Lucie Press/APICS Series on Constraints management, Virginia.
- [19] Televen, M., "A review of the Dual Resource Constrained system research," IIE Transactions, 21, 3, 279-287 (1989).

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/10/09

國科會補助計畫	計畫名稱: 限制理論前瞻式瓶頸優先方法在雙重資源限制系統之研究
	計畫主持人: 吳鴻輝
	計畫編號: 99-2221-E-216-023-MY2 學門領域: 生產系統規劃與管制
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：吳鴻輝		計畫編號：99-2221-E-216-023-MY2				計畫名稱：限制理論前瞻式瓶頸優先方法在雙重資源限制系統之研究	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	接下來將進一步整理上述之成果，發表於SCI國際期刊論文。
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	4	4	100%	人次	
		博士生	1	1	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
----------------------------------------------------------------------------------------	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

2008 年金融風暴後，市場競爭更加激烈，工廠為了維持價格的優勢與合理利潤，除了開發新產品與市場外，無不以精簡人力因應，因此使得工廠現場雙重限制資源系統(Dual Resource Constrained, DRC)的管理更顯困難與複雜。本計畫根據限制理論所提出的限制理論前瞻式瓶頸優先方法(TOC-LABF)的管理思維為基礎，針對 DRC 系統應用 TOC-LABF 等瓶頸優先方法的問題，提出可行的解決方法，以強化 TOC-LABF 方法及實務應用之不足。本計畫第一年提出改良式 TOC-LABF 方法之研究，其目的在確保工廠在現有人力下能進一步提升其有效產出，或在人力精簡下，依然能確保其有效產出。第二年進一步提出整合限制驅導式排程方法(DBR)與 TOC-LABF 於相依 DRC 系統應用之研究，正視 DBR 在工廠應用時，會面臨到人力不足的現實問題，而提出解決方案。其目的在確保在人力不足下，DBR 的有效性、出貨速度及工廠的有效產出。因此本研究成果將有助於國內廠商有意改善其生產力之參考。