

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

發展整合性物料規劃與產能模擬系統
-以金屬五金加工業為例

研 究 生 ：周安杰

指 導 教 授 ：王立志 教授

中 華 民 國 一 〇 五 年 六 月

**Development of an Integrated Material and
Capacity Simulation System –Applying in Mechanical
Ironmongery Machining Industry**

By
An-Chieh Chou

Advisor: Prof. Li-Chih Wang

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and
Enterprise Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2016
Taichung, Taiwan

發展整合性物料規劃與產能模擬系統-以金屬五金加工業為例

學生：周安杰

指導教授：王立志 教授

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

國內金屬製造企業面臨全球訂單動態性變化的挑戰，除須提高產能效率外，更須對物料存貨及採購進行精實的管理，以達成降低庫存及縮短交期時間的目標，進而提升企業競爭優勢。金屬五金加工業的生產製程主要可分為鍛造、加工、熱處理、組裝四大階段，各階段的生產特性與規劃邏輯都不盡相同，生產管理者須克服複雜背景的困難，規劃出具可執行性的排程計畫。許多企業雖然已導入企業資源規劃(ERP)系統來協助生產，但仍以物料需求規劃(Material Requirements Planning; MRP)模組策畫生產與採購排程時，由於 MRP 仍有功能上的不足，管理者經常面臨物料管理效益不佳，而影響產能的問題。

本研究針對國內某金屬五金掛鉤製造公司為案例，以該公司生產線及所面臨的問題為背景，利用先進物料規劃 (Advanced Material Planning, AMP) 邏輯，結合 Excel VBA 程式與 Plant Simulation 軟體工具，採用模型驅動架構 (Model-Driven Architecture) 系統設計程序，發展出整合性物料與產能模擬系統 (Integrated Material and Capacity Simulation System; IMCSS)。該系統經過實作驗證其系統的架構、邏輯、數學及因果的關係，確認 IMCSS 設計內容均能符合該公司的現況與需求。同時利用系統模型，模擬導入 AMP 及 IMCSS 方案對關鍵績效指標之改善效應，模擬結果顯示 AMP 及 IMCSS 具備實際運作之能力，並可解決個案公司物料與產能效率的問題。

關鍵詞：物料需求規劃、系統模擬、先進物料規劃、模型驅動架構

Development of an Integrated Material and Capacity Simulation System – A Case Study of Mechanical Ironmongery Machining Industry

Student: An-Chieh Chou

Advisor: Prof. Li-Chi Wang

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

The domestic metal manufacturing enterprises are facing challenges of the dynamic changes of global orders. They have to increase productive capacity and precisely manage the material inventory and procurement for targeting the decrease of inventory amount and product delivery time, thus promoting the competitive advantage of business. The manufacturing process of a metal ironmongery machining industry can be mainly divided into four stages (i.e., forging, machining, heat treatment, and assembling). Since each stage has its unique productive characteristic and planning logic, it is very difficult for a planner to propose a production schedule which is fully executable in shop floor. Although many companies have implemented the Enterprise Resource Planning (ERP) system, they still use Material Requirements Planning (MRP) module to plan the production and purchasing schedules; thus managers often have problems of material and capacity according to the deficiency of MRP.

This paper uses a case study of a domestic metal-ironmongery-machining company to develop an integrated material and capacity planning system (IMCSS) for resolving the production problems of the case company. The IMCSS deploys several technologies including advanced materials planning (AMP) logic, combining with Excel VBA program and Plant Simulation software tools, as well as the model driven architecture (MDA) approach to develop the simulation system. During the process of development and verification on the IMCSS this study has confirmed that the operating system architecture, logic, mathematics and causal relationship of system model are all fitted in with the case company's operational situation and practical requirement. This paper utilizes the simulation model to predict the improving effects on key performance indicators by implementing AMP and IMCSS. The simulated results reveal that the AMP and IMCSS are available in practice and can resolve the material and production issues of the case company.

Keywords : Material Requirements Planning, System Simulation, Advanced Materials Planning, Model Driven Architecture

誌謝

研究所兩年能夠完成此論文，首先要感謝的就是我的指導教授 王立志老師。從老師身上學到許多的知識，不管從實務上的產學合作經驗，還是課業與論文上的指導，老師都不吝傳授當中的學問與知識，我從老師身上學到最重要的也是最應該要銘記在心的就是，不管在做什麼事，態度決定你是否可以成功。感謝老師總是對我耐心的教導與付出。

在研究所的這兩年裡，學習的道路是非常艱辛的，不過也留下了許多美好的回憶。感謝在我進來研究所時的學長姐，思逸、台彥和小胖，不管是專案還是論文上，都給了我很多的建議與想法，讓我可以平安度過；感謝鳳芷在我趕論文的時候提醒我各種注意事項，讓我能順利畢業；最後當然要感謝跟我一起進來念研究所的麻吉，菜梗、偶像、紹鈞、土斤、海馬、晉章、育正、思智跟啟鑫，讓我在念研究所的時候，帶給我各種歡笑與喜悅，讓我能過程中繼續撐下去，真的很謝謝我在研究所遇到的大家。

最後還是要感謝我的家人，大學四年加上研究所兩年，在這漫長的求學過程中，給予我鼓勵與支持，讓我可以順遂的一路走過艱辛的道路，謝謝我的爸爸媽媽與家中的親人，在我無助的時候會陪在我身邊給我鼓勵。

周安杰 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系研究所

中華民國一百零四年六月

目錄

摘要	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	v
圖目錄	vi
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	6
1.3 研究方法與步驟.....	6
第二章 文獻回顧.....	8
2.1 物料需求規劃.....	8
2.2 先進規劃與排程系統.....	10
2.3 應用模擬技術於產能規劃.....	12
2.4 模型驅動架構方法介紹.....	14
第三章 發展物料規劃與產能模擬系統.....	18
3.1 物料規劃與產能模擬系統整體架構.....	18
3.2 MDA 系統分析	25
3.3 系統設計與建構.....	39
第四章 整合性物料規劃與產能模擬系統驗證與實作展示.....	48
4.1 面談驗證法.....	48
4.2 IMCSS 改善方案模擬展示及效益評估.....	62
4.3 綜合評估.....	67
第五章 結論.....	68
5.1 未來研究方向.....	69
參考文獻.....	70

表目錄

表 2.1 MDA 開發程序步驟說明	14
表 3.1 需求訪談表.....	27
表 3.2 要因特性分析表.....	28
表 3.3 系統分析目的說明表.....	29
表 3.4 Plant Simulation 軟體基本物件表.....	42
表 4.1 實況驗證項目表.....	48
表 4.2 訂單資訊表單.....	50
表 4.3 庫存資訊表.....	52
表 4.4 在途資訊表.....	53
表 4.5 採購表單資訊.....	53
表 4.6 物料供需總表.....	54
表 4.7 產品複雜度區別表.....	63

圖目錄

圖 1.1 金屬五金製造業生產製程特性與流程.....	2
圖 1.2 掛鉤品項 8-015-07 的 BOM 及途程示意圖.....	4
圖 1.3 個案公司 MRP 現況作業流程圖.....	5
圖 1.4 單一物料及產能規劃之缺點示意圖.....	5
圖 1.5 研究步驟.....	7
圖 3.1 IMCSS 系統架構圖.....	19
圖 3.2 物料規劃與產能規畫模擬系統運作流程圖.....	25
圖 3.3 MDA 系統發展步驟圖.....	26
圖 3.4 個案公司問題分析魚骨圖.....	28
圖 3.5 系統關聯圖(Context diagram).....	30
圖 3.6 物料規劃系統使用者案例圖(Use Case Diagram).....	30
圖 3.7 物料規劃系統的類別圖(Class Diagram).....	31
圖 3.8 成品料號 BOM 展開邏輯圖.....	32
圖 3.9 庫存數計算邏輯圖.....	33
圖 3.10 訂單、工單、採單配置邏輯圖.....	34
圖 3.11 物料規劃系統循序圖(Sequence Diagram).....	35
圖 3.12 產能規劃模擬系統之使用者案例圖.....	36
圖 3.13 產能規劃模擬系統的類別圖.....	37
圖 3.14 產能規劃系統循序圖(Sequence Diagram).....	39
圖 3.15 物料規劃系統整體設計邏輯圖.....	40
圖 3.16 倒扣帳邏輯圖.....	41
圖 3.17 Frame 分類功能.....	43
圖 3.18 Event Controller UI 功能.....	43
圖 3.19 單一程序單元(Single Process UI)功能.....	44
圖 3.20 倉儲單元(Store UI).....	45
圖 4.1 X-015-07 BOM.....	50
圖 4.2 X-016-10 BOM.....	51
圖 4.3 生產線現場單位實際使用模具特性表(以 CNC 銑床模具為範例).....	55
圖 4.4 IMCSS 系統展示機台模具使用狀.....	56

圖 4.5 IMCSS 產生之物料生產途程資訊彙整表.....	56
圖 4.6 IMCSS 產生之工單與機台報表資訊.....	57
圖 4.7 個案公司現有系統規劃之真實排程情境案例.....	58
圖 4.8 IMCSS 產出之 WIP 表單功能	59
圖 4.9 IMCSS 模擬工單排程資訊總表.....	60
圖 4.10 人工作業方式之排程進度;IMCSS 模擬預測之排程進度	62

第一章 緒論

1.1 研究背景

金屬掛鉤及吊鍊屬於金屬五金加工產品之範疇，其市場普遍運用於工漁牧農業，工業用巨型鉤具可承載數十噸產品，小型鉤具可運用於個人用安全部件。主要產品類別可以分為合金鋼安全起重鍊吊鉤、鋼索連接器、高級卸克 (Shackle)、工業安全帶五金零件及不鏽鋼製鋼索配件等五類。全球安全吊鉤市場在 2015 年時產值約為新台幣 227 億元，產業整體成長率都固定維持在 15~16%。但是在全球經濟環境變化加劇的環境中，產品需求端變異性大增，另外，面對新產品的銷售市場，企業對銷售及生產供需預測的準確性更顯得不足，上述原因導致製造商的產能調整無法配合市場需求的變化，造成企業營運績效不佳。

工業用大型鉤具屬於客製化之產品，生產技術層次較為複雜；而個人用安全配件吊鉤屬於代工型生產模式，生產技術層次較工業用大型鉤具為低。一般而言，工業用大型鉤具是採用接單式生產 (Make To Order; MTO) 的模式，常常會因採購量小於經濟批量而造成不必要的庫存；而個人用安全配件吊鉤採用計畫性生產 (Make To Stock; MTS) 的模式，雖然訂單需求大的顧客會提供年度銷售預測，但是在新產品開發的市場中，業務部門的銷售預測準確性仍然不足，導致上游供應商供貨上的誤差，及製造企業界生產線排程的衝擊。

整體而言，金屬鉤具及吊鍊類五金加工業在生產製程方面主要可以分為四大製程段，分別為鍛造、加工、熱處理及組裝（如圖 1.1 所示），由於各製程段的生產特性及設備的數量差異很大，如鍛造製程屬於少量機台的大量生產特性，而後段的加工與裝配屬於多機台的少量多樣生產特性，而加工製程一般容易成為瓶頸製程站。生管人員在做排程規劃時，必須分為四大段來做規劃，導致排程時間的拉長與各製程排程的串接效果不佳，導致產能效率低落，因此，如何保持各製程段之間生產速率的平衡，需要進行有效益的物料及產能規劃，以充

分利用產能及縮短生產週期時間，已成為金屬五金加工產業面臨的一大課題。

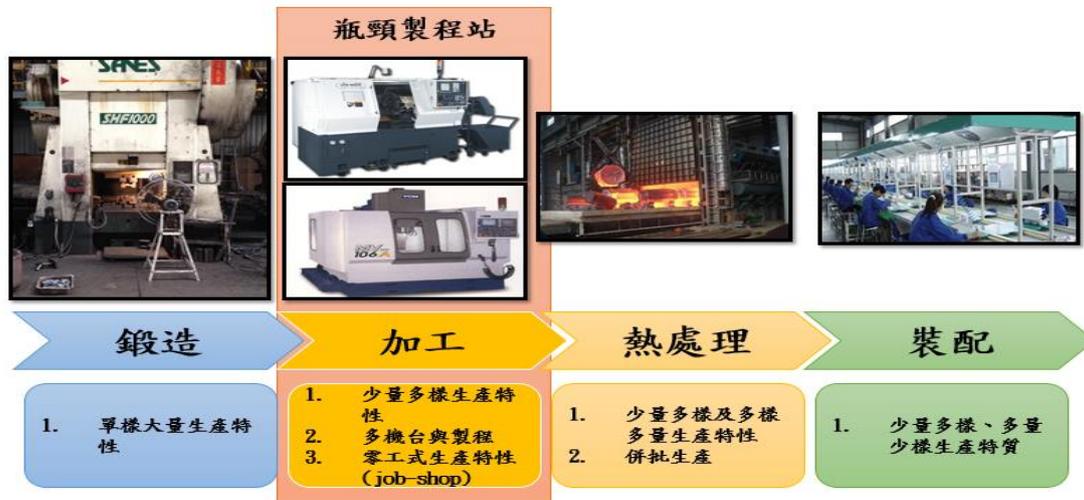


圖 1.1 金屬五金製造業生產製程特性與流程(本研究整理)

本研究藉由國內一家具代表性的的金屬鉤具五金加工公司為案例，經由深入訪談及長期合作過程，找出該公司所面臨的一些供料及生產問題，並協助尋找解決的方法。該個案公司已經導入 ERP 系統，且利用物料需求規劃(Material Requirements Planning; MRP)模組所規劃的製令(Manufacturing Order, MO)進行產能規劃與生產排程。但是 MRP 規劃的方式面臨以下最急迫的問題，分述如下：

1. 生產計劃無法即時反應外部需求與供給變動

由於 MRP 規劃作業係將所有產品需求量(含預測與真實訂單需求量)累加後，按照產品之料件結構表(Bill Of Material; BOM)展開，並依物料階層、需求時程彙整所有相同物料(含成品、半成品、零組件及原料)的需求而進行規劃，它是一種總量的規劃，亦即在規劃製令(planned MO)或規劃採購單(planned purchase order (PO)的過程中，無法精確掌握這些 MO 或 PO 是為了滿足哪幾張訂單，當訂單需求時間或數量變更時，往往不易及時調整相關的 MO 或 PO，以致增加存貨成本或延誤交期。

2. 生產及採購計劃更改頻率高

由於 MRP 以無限產能與預計前置時間的規劃邏輯，往往造成規劃結果（例如 MO 的預定開工與完工時間及 PO 的預定發放與進料時間）與實際執行實況的落差，以致生管與資材人員須經常地更動生產及採購時程，造成生產計劃延宕或延遲出貨。

3. 不易即時因應需求預測不準確的挑戰

隨著消費市場產品多樣化的趨勢，以需求為導向的「客製化生產」(Configuration to Order; CTO) 模式日趨普遍。為因應少量多樣的客製化訂單需求，許多供應鏈組織上的企業，只能藉由半成品或成品的存貨策略，來緩和供應商與顧客在變動供給與需求所造成的衝擊，減少由於供需預測不易掌握，所造成呆料與庫存過多的情形。

4. 需要繁瑣的人工排程作業支援

生管人員經常利用 MRP 的規劃結果，以試算表（例如 Excel）調整或直接以人工作業方式，進行例行性的生產規劃與排程作業。但是預定的 MO 開立至現場執行時，常因無法及時掌握物料、生產現場發生異常狀況或顧客臨時緊急插單等事件，以致 MO 需要反覆修改。此現象耗費大量人力與時間在跨部門的溝通協調，很難達到該公司要求在最低成本下，快速且有效回應顧客需求的供應鏈管理目標。

基於上述個案公司在 MRP 作業上的缺失及原因，生管人員每天仍得耗費相當多時間，調整 ERP 系統所規劃的生產與採購計畫。尤有甚者，由於相當多的 MO 與 PO 的規劃(Planned MO)與發放(Released MO)，均是依系統考量所有需求(含預測與真實訂單)的規劃結果，以致生管人員需以人工方式，由 ERP 系統的不同基本資料或產出報表（例如訂單資訊、庫存資訊、工單資訊、採單資訊、途程資訊）的各類欄位，彙整出相關資訊（例如訂單對應工單資訊、各階在製品(Work-in-process, WIP)資訊、各階庫存資訊），以解決業務單位經常性詢問的問題，包含近期內（例如兩週）顧客訂單是否能準時出貨，

生管單位詢問現行已發放的 MO 及 PO 是否能為滿足短期內（例如四週）的顧客訂單需求，是否需調整時間或規劃新的生產與採購計劃等問題。

此做法不僅耗時且易出錯，以品項 8-015-07 掛勾為例，該品項由 YK8015-07NPD 配件、YK8015-07MAS 配件、YK8015-07BPPK 本體掛勾等半成品以及兩個箱子(外箱與內箱)組成如圖 1.2 所示，該品項的主要本體會經過磁探、噴砂、熱處理、銑床等多道製程。生管人員在進行訂單對應工單資訊時需先從 ERP 系統中的訂單報表查詢 8-015-07 的訂單資訊，計算這次的需求訂單的數量以及交期時間，再從庫存報表查詢該品項的各階庫存是否足夠，若發覺該品項的成品及半成品庫存無法滿足這次的訂單，生管人員便會從在途報表中查詢該品項的工單資訊，確認在製品目前正在哪道生產製程、是否有足夠的數量，若發覺加上在製品的數量也無法滿足訂單需求，生管人員便根據計算出來的不足需求量，進行開立新工單或是新採單等動作，來滿足此訂單需求。

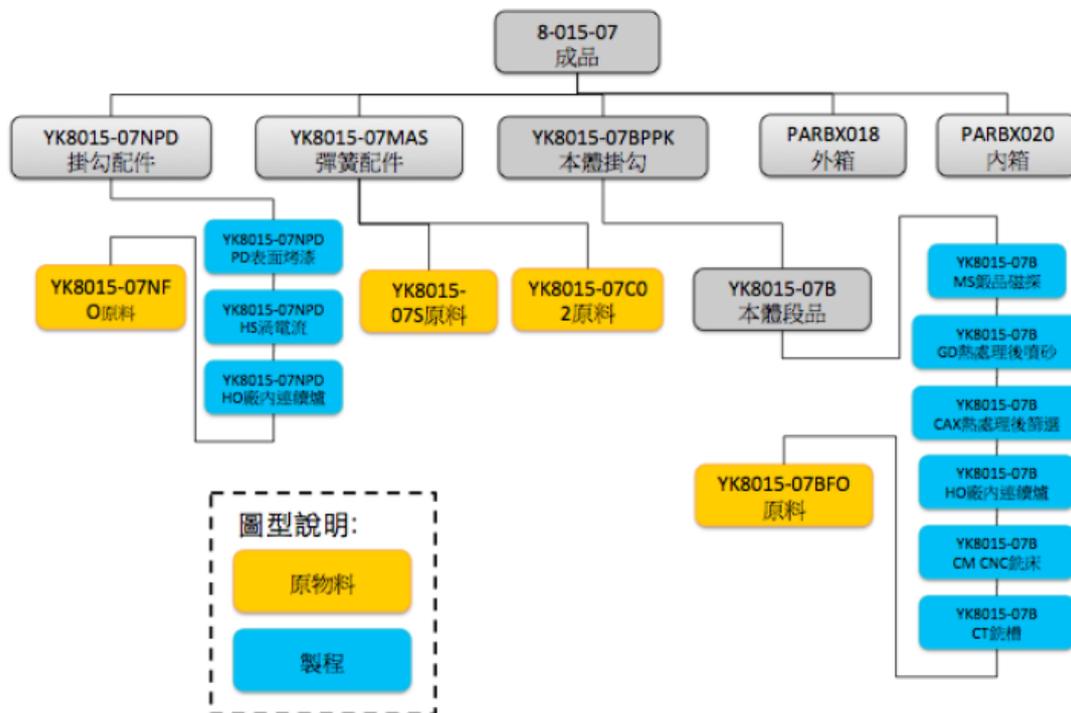


圖 1.2 掛鉤品項 8-015-07 的 BOM 及途程示意圖(本研究整理)

從上述所舉的例子中可得知，生管人員在進行開立新工單時會經過冗長的流程如圖 1.3 所示，在查詢各種資訊時都需打開新的表單的動作，並且在計算需求量時都需以人工的方式進行運算，不僅耗時且容易出現需求數、庫存數計算錯誤、訂單與工單對錯料等問題。

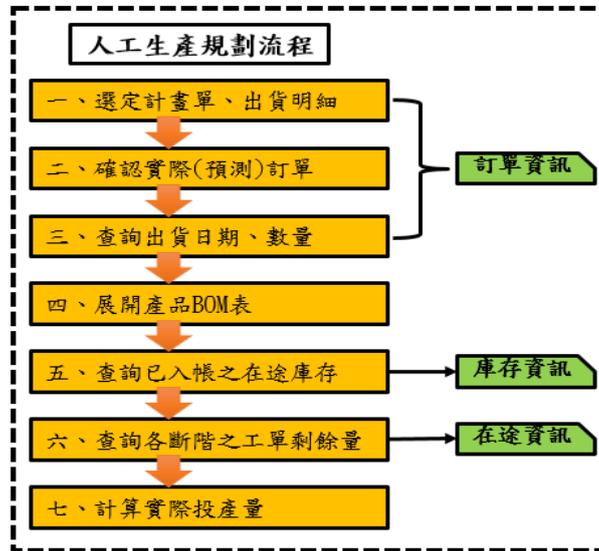


圖 1.3 個案公司 MRP 現況作業流程圖(本研究整理)

在個案背景及問題分析過程，本研究發現若生產線只單一進行物料規劃或是只單一進行產能規劃都會有問題產生，詳如圖 1.4 所示。若只考慮物料規劃，會造成無限產能的問題產生，由於物料規劃注重於原物料與零組件間的進料時程與投入產出的規劃，並無法考慮產能的限制；若只考慮產能規劃，則無法考慮物料的投料數量，物料與產能需進行完善的整合，才能有效的進行生產規劃。

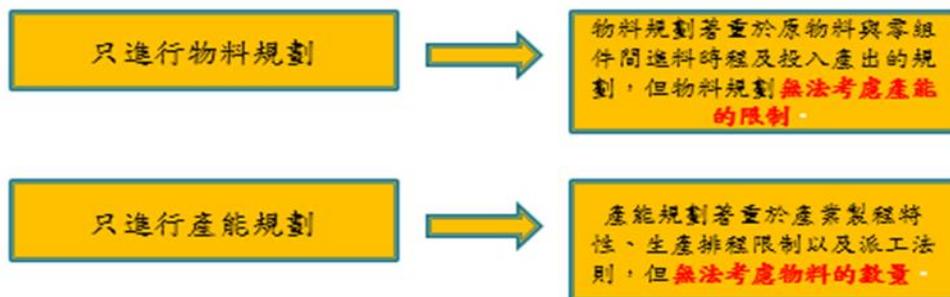


圖 1.4 單一物料及產能規劃之缺點示意圖

(資料來源: <https://zh.wikipedia.org/wiki>)

1.2 研究目的

本研究為解決個案公司所面臨之問題，發展出一套整合性物料與產能模擬系統(Integrated Material and Capacity Simulation System; IMCSS)，此系統承接 ERP 系統中 MRP 模組的規劃結果，自動彙總出前述生管人員目前以人工手動方式產生的供需規劃與關聯資訊，進一步地，本研究利用先進物料規劃邏輯，依訂單優先順序，分配既有庫存、工單、採單，亦即建立訂單-存貨-工單-採單的配置關係，生管人員可依據工單的實際生產進度、採單的實際採購進度，以了解顧客訂單的生產進度。此外，本系統亦可依各訂單所訂製之各階物料不足數量，規劃新的 MO 與 PO，供生管人員管控及修改生產計畫的依據。綜合上述，本論文的目的與目標如下：

1. 發展一套整合性物料與產能模擬系統(IMCSS)，並與個案公司現行 ERP 系統及生產規劃系統做整合，改善該公司面臨的物料及生產管理問題
2. 藉由方式，了解金屬五金加工業的接單至出貨流程中，銷配、生產與採購運籌的特性及機台作業模式與關聯性，並發掘該生產工廠所面臨的生產問題。
3. 將 IMCSS 系統導入案例公司，以驗證此系統的實務應用效用與價值，並能將此系統推廣運用至其他金屬加工產業。

1.3 研究方法與步驟

本論文主要研究步驟如下圖 1.5 所示，共分成六個階段，包含以問題定義、目標架構設立為起始，接著進行系統分析與設計(包含物料規與產能規劃)；架構確立後，蒐集大量案例公司背景資料並開始建立模擬模型，最後經過模型驗證，並在案例工廠導入本研究之 IMCSS 系統，並進行實況模擬驗證與效益評估。

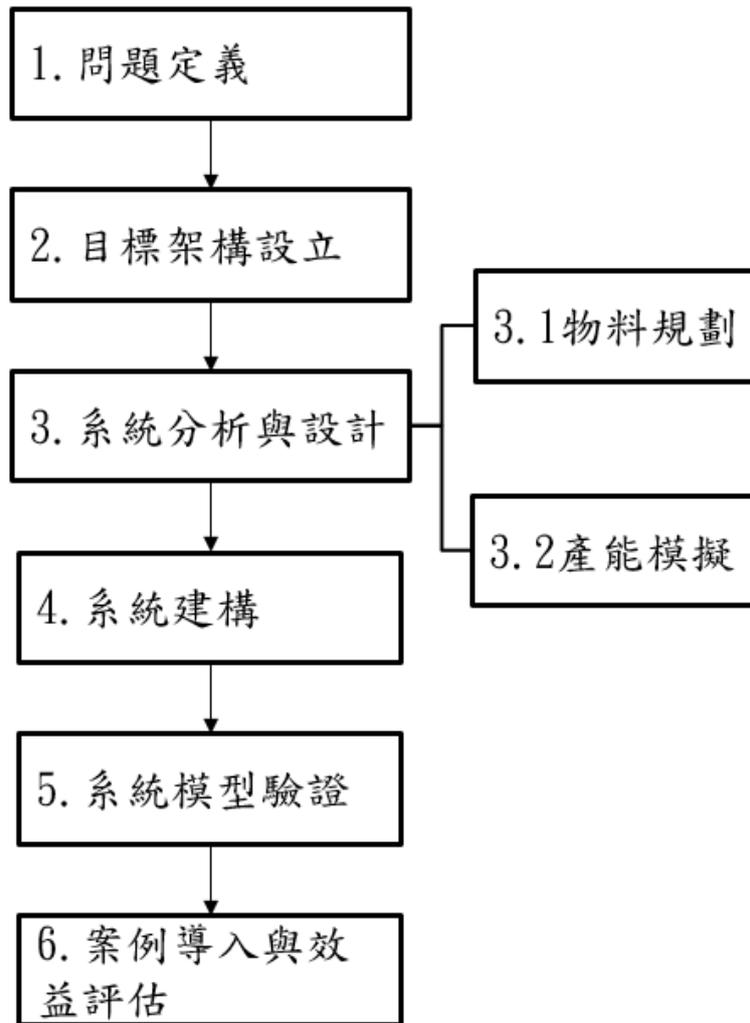


圖 1.5 研究步驟

第二章 文獻回顧

本章節將回顧過去探討有關製造加工業之物料規劃及模擬系統應用相關的文獻，並歸納成(1)物料需求規劃(2)先進規劃與排程系統 (APS, Advanced Planning & Scheduling System) (3)應用模擬技術於產能規劃(4)模型驅動架構 (Model-Driven Architecture, MDA) 等四個部分。

2.1 物料需求規劃

由於企業應用系統在生產及物料規劃的邏輯皆是以 MRP 理論為基礎，無法考量產業的各種需求。Euwe 與 Wortmann(1997)指出大部分的物料規劃依照 MRP 為基礎的邏輯執行，主要的缺點包含規劃批量、產品結構、產能限制與替代計畫上缺乏彈性，導致 MRP 在應用時的困境，因此許多學者針對 MRP 所缺乏的彈性進行研究與改善。

許多學者在不考慮產能限制的條件下探討有關 MRP 的相關議題，例如 Anders(1995)考量 MRP 的規劃缺少自動追溯時間的能力 (automatic time-phasing)，對於單據需要異動的調整能力較差，因此提出覆蓋時間規劃(Cover-Time Planning; CTP)方法，考量以下幾點:主生產排程(Master Production Schedule; MPS)、預期的覆蓋時間、是否要釋放訂單至現場、訂單重新排序及有無看板的影響，主要求解物料需求率及供給時間因素。Dellaert *et al.*(2000)針對 MRP 系統中多皆批量(Multilevel Lot-Sizing; MLLS)的生產規劃問題，在不考慮產能限制，並考慮一般性的產品結構，利用啟發式演算法求得各期間內應生產個品項的數量及最小成本。Lyu & Lee(2001)利用平行式演算法(Parallel Algorithm)解決動態批量問題(dynamic lot-sizing)解決 MRP 系統對於生產結構過於複雜，計算成本必須花費大量時間，在不考量產品結構與產能限制下，如何動態調整週期內的生產批量，以求得最小存貨成本與整備成本。Dellaert & Jeunet(2003)針對 MRP 系統中多階批量(Multilevel Lot-Sizing; MLLS)的生產規劃問題，在不考慮產能限制及變動的時間成本下，求解規模可達 500 各組成品項，利用基因演算法

求解期間內應生產各品項的數量及最小成本。J.C.Ho *et al.*(2007)針對單一階層(single-level)的 MRP 系統庫存因品質損耗對於批量(lot-sizing)的影響，提出一啟發式演算法，不考慮產能及成品缺貨，探討庫存耗損的狀況下各期間規劃的批量大小，目標是最小化整體成本。另外，MRP 邏輯可用來展開及追溯已知前置時間及有線的批量大小的製令及採購令，卻無法已整體的角度計算製令及採購令所需物料最佳化數量，因此 Yenisey (2006)提出一側約束流網路(Flow Network with Side Constraints；FNSC)方法，考量週期、產品結構與存貨等相關資訊，透過線性規劃找出最小成本下應生產與採購的數量；但其線性規劃模式限定產品階層數為三階，產品數量擴大時也會影響到求解的效率。Han *et al.*(2009)針對 MRP 系統中多階批量(Multilevel Lot-Sizing；MLLS)的生產規劃問題，在不考慮產能限制及產品結構下，提出一粒子群最佳化演算法(Particle Swarm Optimization；PSO)，一次針對單一成品(finish good)進行規劃，目標是最小化在規劃期間內的整備成本與庫存持有成本。

也有部分學者加入了產能限制，來達到更完整的物料規劃，如 Suerie & Stadler(2003)利用混整數規劃(multi-item Capacitated Lot-Sizing Problem；CLSP)，考慮多品項、有限產能、原物料供給無限的連批生產，希望最小化庫存成本與整備成本。Akrami *et al.*(2006)提出了一混整數之非線性規劃模型求解彈性是生產流程下經濟批量與排程(economic lot-sizing and scheduling)的問題，由於問題過於複雜，因此該利用基因演算法與禁忌搜尋法(tabu search algorithm)求解相同的問題，在考量產能限制、多階層製程、多品項的條件下，規劃出最小化庫存成本與整備成本。Kampf & Kochel(2006)考慮多產品產能隨機的批量問題(multi-item Capacitated Stochastic Lot-Sizing Problem；CSLSP)，考慮單一階層(single-level)成品面對不確定性的需求、原物料供給無限、產能有限及有存貨政策的情況下，透過模擬，找出各期間應生產的數量及剩餘的存貨，使規劃成本最小。Song(2006)已訂單式(Make-to-Order；MTO)的環境下為探討對象，此研究目標主要找出最佳原物料釋放至現場的時間使總成本為最小化，總成本包含在製品

(Work-in-Progress ; WIP)持有成本，產品過早完成成本和產品延遲成本。考量資源有限、產能無限、產品結構為多階及製程加工時間為隨機的眾多因素，Song 使用基因演算法將各階製程時間隨機化，於總成本最小化的限制下，找尋釋放物料至現場的最佳時間。Moreno & Montagna(2009)以批次生產的環境下為探討對象，考量多工廠、多製程、多產品、時間、製程時間、批次次數以及物料平衡因素(某產品在各製程所需存放的物料數量)的眾多因素，制定一個混和整數線性規劃模型，可得到最大收益的全體最佳化與合理的製造批量及物料採購數量。

少數學者則探討有關採購規劃特殊的議題，例如 James *et al.*(2009)以 TFT-LCD 產業為例，因 TFT-LCD 產業物料規劃繁複，對於不同供應商採購時的購買比例及物料該如何分配給訂單，故 James *et al.*(2009)提出單期關鍵料規劃模型(Single-period critical material planning ; SPCMP)及多期關鍵料規劃模型(Multi-period critical material planning ; MPCMP)並應用替代物料清單(alternative bill of material ; ABOM)的觀念，利用線性規劃找出對於不同供應商購買原物料的購買比例最佳化及顧客偏好因素。

Gao-Ji Sun(2010)考慮現今市場為原物料單位價格與供應量不確定的環境，故制定一個兩階化模糊物料購買規劃(material procurement planning ; MPP)，將市場的材料單位價格和供應量假定為模糊變量的分配與已知的可能性，考量產品結構下求解物料購買總成本小於某一允許投資水準。

2.2 先進規劃與排程系統

APS 是依照物料或產能的限制，決定未來數月或數年生產優先順序。APS 系統使用一個專屬的伺服器 and 記憶器，再加上一些特殊的演算法，就已知的物料、產能及其他的限制去計算，以產生生產計劃。通常，APS 系統會從 ERP 系統或其他系統下載資料，作快速的生產規劃，產生主生產排程和物料需求計畫(劉渙釗，2002)。傳統上，以 MRP 邏輯為主的生產規劃與排程系統進行規劃時，並未將企業的資

源限制與企業目標納入考量，使規劃結果無法達到最佳化，而 APS 系統應用數學模型、啟發式搜尋演算法、模擬方法等先進的規劃技術與方法，擬訂可行且最佳化的生產規劃與排程。

Erringto (1997) 認為 APS 系統在生產架構上已改變以往個別獨立的模組架構，將所有生產活動中的功能模組或作業流程，整合在同一個系統架構中。此種做法對現今強調供應鏈合作與整體規劃的企業尤其重要。為使 APS 系統發揮企業的整體效益，APS 系統須與企業其他資訊應用系統緊密整合。例如，Malmstrom (1997) 認為將 APS 系統與製造執行系統(Manufacturing Execution System; MES)結合，將使企業的交期、週期時間、存貨及資源利用績效大幅提升。

在一個先進計劃與排程(APS)系統中，APS 規劃引擎扮演了一個關鍵角色，Hvolby *et al.* (2010)認為 APS 需植基於很好的最佳化演算法及以限制條件為基礎的規劃演算法 (constraint-based planning algorithm)，藉由這些技術才能善用企業財務及相關資源，產生能滿足多項目標的各種計畫。學術上，已有相當多的研究與 APS 建模有關，但較侷限於問題導向，例如，Cohen *et al.*(1988)提出考量物料成本、生產成本、完成品存貨成本與配銷成本，利用 APS 系統，以求得最佳化服務水準的模式。Cohen *et al.* (1991) 考量了生產成本、採購成本及配銷成本，以 APS 獲得最小成本化的模式。Ozturk & Ornek (2014)發展出一套可應用工廠規劃層次，以修正式混整數規劃模式為基礎的 APS 系統，此模式亦可延伸進行訂單達交績效規劃。然而，在運用 APS 系統進行規劃時，有許多相關基本資料與規劃參數需要設定，Hvolby *et al.* (2010)針對 APS 系統導入企業的技術議題進行研究，發現 APS 系統的導入效益，相較於 ERP 或 MRP 系統，確實能大幅提升企業整體績效。然而，學者們認為 APS 的效益的高低與設定該系統的規劃參數（常有互相衝突者）品質，有相當高的關連性。

此外，在國內的 APS 系統的發展與應用方面，黃忠誠(2003)依不銹鋼產業特性，運用 APS 的概念建立不銹鋼企業的供應鏈管理架構；並應用此規劃架構導入案例公司及進行分析，並與未使用 APS 的情

況做績效比較。該研究結果顯示：藉由 APS 輔助中上游不銹鋼企業的 ERP 系統，可即時反應現場及需求的變動，而能協助管理者快速回應，以平衡上下製程產能，快速重新規劃準確可行的生產計劃。陳伊誠(2006)針對中科機械總廠生產機台產能規劃方面的問題，提出 APS 的物料規劃與產能規劃兩個模型，先對工廠訂單做生產物料的規劃與安排，接著再針對資源產能超出負荷的機台，運用平衡堆疊的方法，來調整超出的產能負荷，但是未考慮到物料存貨以及產品製程的問題。而任筱立與陳鈺璋(2008)則利用 APS 系統的主規劃、物料規劃等模組，依據有限產能及限制理論基礎，規劃生產排程，以更快速回應顧客之訂單探詢，來彌補 ERP 系統之不足。此外，陳建宏(2013)探討整合元件製造廠如何導入 APS 系統，來解決生管人員以人工計算或試算表軟體進行生產及物料規劃所發生的若干問題，並透過實際驗證過程，發現系統整合的問題並提出解決方案，研究結果可作為其他業者引進 APS 系統時的參考。

2.3 應用模擬技術於產能規劃

模擬系統本身是一個用來評估的工具。林志聰(2005)說明在模擬系統模式下，模式的輸入是一組決策參數，而模式的輸出則是系統的績效，例如機台的稼動率、平均等候時間等。

Law and Kelton(1991)整理有關模擬系統的優點，敘述如下：

1. 在現實世界中，許多複雜的問題是難以利用數理規劃的方式來求解，因為現實世界中有太多繁雜的因素需要考量，導致模型的建置過於龐大且運算時間過長，因此模擬系統是非常適合解此類型的問題。
2. 模擬系統可以依據不同的研究目的，建置系統的參數與作業方案，並針對模擬後的系統績效做評估，以瞭解不同研究方案的預期表現。
3. 在同一個模擬系統中，透過調整不同的參數設定，得以驗證不同的績效成果，可以讓管理者作為決策的重要依據，並可以透過調整不同的參數，獲得最佳化改善方式。

4. 在模擬系統中，可以藉由調整參數，方便又迅速的執行各種不同的實驗，可深入了解系統各重要參數與績效指標之間的因果關聯，提供管理者容易且方便的控制系統中各項變數。
5. 針對長時間運作或高複雜性的個案研究，數學分析模式常耗費較常運算時間，利用模擬系統可以縮短實驗的時間，去推算長時間的系統運作變化。

Gummar Bolmsj and Harlin (2002)探討使用離散事件模擬(Discrete Event Simulation; DES)應用在製造業和能源部門，求解有關製造系統設計與規劃的問題;Chan, Chan, and Lau (2002)運用模擬技術運用在一個彈性製造系統(Flexible Manufacturing Systems; FMS)的個案，解決面臨的排程規劃問題，經過收集數據及分析後，找出此製造業案例的最佳生產參數組合;Jahangirian, Eldabi, Naseer, Stergioulas, and Young (2010)統整了從 1997 年到 2006 年的相關文獻，探討有關離散事件模擬的技術應用在傳統製造業與商業的效益。

Lejmi and Sabuncuoglu (2002)使用模擬系統和統計技術來分析機台負荷、作業時間與到期日的變化及在一個製造環境中排程規劃對營運績效的影響。Liang and Wang (2005)提出一種結合模擬系統和統計技術分析的方法，開發一個模組化系統來預測自動物料搬運系統(Automated Material Handling System, AMHS)的送貨時間與批量;Zhuo, Chua, Kim, Huat and Wee (2012)利用模擬方式來分析並評估一個流程式生產系統的改善方案，解決排程與派工的問題。而模擬技術也應用在半導體產業上如 M.Aybar & Kishore(2002)等人利用模擬建置進行集束型設備(Cluster tools)的產出最大化研究，或者是陳勝一(2007)曾針對爐管區機台為例，進行批量加工的排程問題，此種的模擬方式，會特別強調要能夠把生產特殊性考量在內，而模型精細度就會依據需求來決定要到多精細。Arisha and Young (2004)提出結合模擬和人工智慧的規劃方法，目的在減少在製品的目標和產出的時間。Lee et al.(2009)提出一種利用斐式網路進行多目標規劃的方法，並且利用模擬方式進行驗證。Barua et al.(2005)提出一種啟發式演算法應用於

排程與規劃，並用模擬來評估該方法的應用績效。Chen et al.(2011)提出用離散事件方式進行模擬，並考量生產排序和生產過程優先順序。Chen(2012)提出兩種智能規劃規則方式，並用模擬方法進行評估。Gupta & sivakumar(2002)提出結合分析方法和離散事件模擬，達成生產多目標規劃的一個近似最佳解研究。Kabak & Kernan, (2012)提出一迴流性的黃光製程模型，考慮黃光製成的細部派工，並分析循環時間(Cycle Time)，對產出之影響。

2.4 模型驅動架構方法介紹

模型驅動架構(MDA)方法是是由 OMG(Object Management Group)組織在 2001 年所提出的軟體發展概念，主要是為了提升程式開發的速度，使程式開發人員將重心擺在模型的建置上，開發出真正切合需求之模型。

使用 MDA 方法的程式開發程序有四步驟，如下表 2.1:

表 2.1 MDA 開發程序步驟說明

程序步驟	內容	說明
Computation Independent Model; CIM	對應的開發階段為「客戶需求分析」，聚焦於業務系統及客戶需求，但不涉及系統的細節	先進行需求的瞭解，重點在系統功能目標的確認，確定系統最終完成的產出，但此階段不會討論到系統細節。
Platform Independent Model; PIM	對應的開發階段為「系統需求分析」，聚焦於系統的行為，但不涉及與任何特殊技術平台 (Technology Platform)的關係，如 EJB，.NET 或關聯性資料庫等	開始進行系統分析，將第一階段所收集到的需求，轉變成系統需求，開始確認系統有需要並且能夠達成的功能。

程序步驟	內容	說明
Platform Specific Model; PSM	對應的開發階段為「系統設計」,結合 PIM 所擬定的規格來顯示系統將如何在特殊技術平台進行設計,聚焦於系統落實於特定實體平台的技術細節。例如, Spring、EJB2 或.NET 都是一種實體平台	開始進行系統設計,把第二階段討論瞭解後所需要的系統,開始進行相關設計,包括介面呈獻方式、跨系統或跨資料庫的結合、使用者操作方便性等。
Implementation Specific Model; ISM	根據一組轉換規則,透過工具將 PSM 轉換為可執行的應用系統,或是由人為遵循 PSM 編寫出程式碼	開始進行系統實做,把前面所提出三階段的需求、做法等,逐一產生出來,變成真實的系統。

資料參考:(<http://thomas0728.pixnet.net/blog/post/26352961>)

在 MDA 程序中,其中兩種較為重要的模型(Model),一種是指描述系統抽象邏輯的 Platform Independent Model (PIM),另一種則是將系統抽象邏輯投射到實作平台後的模型,稱為 Platform Specific Model (PSM)。由於過去在系統塑模時,通常是直接塑模 PSM 的資訊,然而這樣做的結果卻會造成系統將來在轉移實作平台時的困難。其原因為系統的抽象邏輯已經和實作平台的資訊綁在一起,使得模型的資訊無法重複使用,需要再依據新的實作平台重新製作 PSM,造成資源的浪費,而這也就是 MDA 將系統的抽象邏輯獨立出成為 PIM 的理由 (Object Management Group[OMG],2001)。OMG 組織除了定義兩種模型外,也描述了共四種模型間的轉換內容。分別描述如下:

1. IM to PIM:此種轉換發生於 PIM 需要進行精練(Refine)程序。由於設計一個良好穩定的系統並非一蹴可及，而是以漸進演化的方式來建構。而這演化的過程所隱含的意義就是 PIM 到 PIM 的轉換。
2. PIM to PSM:此種轉換發生於當系統的 PIM 已經完成，並要投射至某個實作平台上時。
3. PSM to PSM:此種轉換發生於 PSM 需要執行精練(Refine)程序。由於每個實作平台都可能會有各自的特性，在本研究的發展程序中，可能會需要將 PIM 投射出的 PSM 做微調的動作，來發揮該平台的優勢，而這微調的動作就屬於 PSM to PSM 的轉換。
4. PSM to PIM:此種轉換發生某個舊有的系統(Legacy System)需要執行精練(Refine)程序，。一個企業應用系統的開發，常無可避免地必須與舊有系統做整合，一般比較常用的方式是以調適(Adapting)方式建立溝通的介面，像是在新系統與舊系統之間建立 Message Oriented Middleware (MOM)伺服器做資訊交換。另外一種整合方式則是以反向工程來反轉產生舊有系統的 PIM，經過修改後，再重新部署至新的平台，而這過程就是屬於 PSM to PIM 的轉換。

架構在 MDA 上的開發流程大致上是先將系統的抽象邏輯塑模成 PIM，再透過 PIM to PSM 轉換投射成某個實作平台的 PSM，之後再經過 PSM 到編碼(Code)的轉換，產出系統的程式碼。這些轉換的動作可以是手動，或是透過工具程式做半自動甚至是全自動的轉換，且目前市面上也已經有許多廠商開發出 MDA 的開發工具。以 MDA 概念搭配商業化工具來開發系統，具有下列的好處(李佳瑋，2003):

1. 縮短系統開發的週期:由於系統的程式碼可以從模型產生出來，所以可以降低系統實作的時間。
2. 降低系統開發的成本:由於部分程式的實作可以透過工具產出，所以可以減少專案對人力的需求。

3. 增加系統的品質:由於程式碼可以是從 PSM 模型自動或是半自動的產出程式碼，意味著可以降低人為的疏失以及確保程式碼的品質。
4. 降低異質平台轉換的困難度:由於 MDA 可以從系統的 PIM 直接投射到某個實作平台上的 PSM 後再產出程式碼，所以可以降低異質平台轉換的困難度。
5. 增加模型的重複使用性:由於系統的 PIM 描述的僅是系統的抽象邏輯，所以將來若有其他專案系統的設計跟原有系統類似，就可以直接使用或是修改原有系統的 PIM，所以透過 MDA 可以增加模型的重複使用性。

本研究利用文獻回顧結果，結合 APS-MP 邏輯、產能系統模擬技術與模型驅動架構方法，針對案例公司的背景與生產問題，發展出一套整合性物料規劃與產能模擬系統(IMCSS)，以提升個案生產線的管理與控制效能。

第三章 發展物料規劃與產能模擬系統

本章介紹 IMCSS 的發展方法及技術，內容分成三個小節，第一節說明此系統整體架構及其內涵；第二節說明使用 MDA 系統發展方法，包括 IMCSS 之系統分析與系統設計；最後，說明如何結合 Excel VBA 與 Plant Simulation 商用套裝模擬軟體發展 IMCSS。

3.1 物料規劃與產能模擬系統整體架構

為了能夠提升案例研究公司生產規畫人員執行生產排程的品質與速度，減少計畫內容與實際生產時的偏差，本研究依據該公司背景及需求，發展出一套能提升管理效能的 IMCSS，該系統整體架構由三個主要模組所構成：(1)基本資料輸入(2)物料規劃系統(3)產能規劃模擬系統，詳如圖 3.1 所示。其中的先進物料規劃邏輯，將依訂單優先順序，進行訂單-存貨-工單-採單的配置與規劃，一方面幫助生管人員快速掌握顧客訂單的生產進度，也能有效因應外部需求與供給變動，另外可及時調整相關 MO 或 PO 的時程或規劃新的 MO 及 PO，以下介紹詳細的內容。

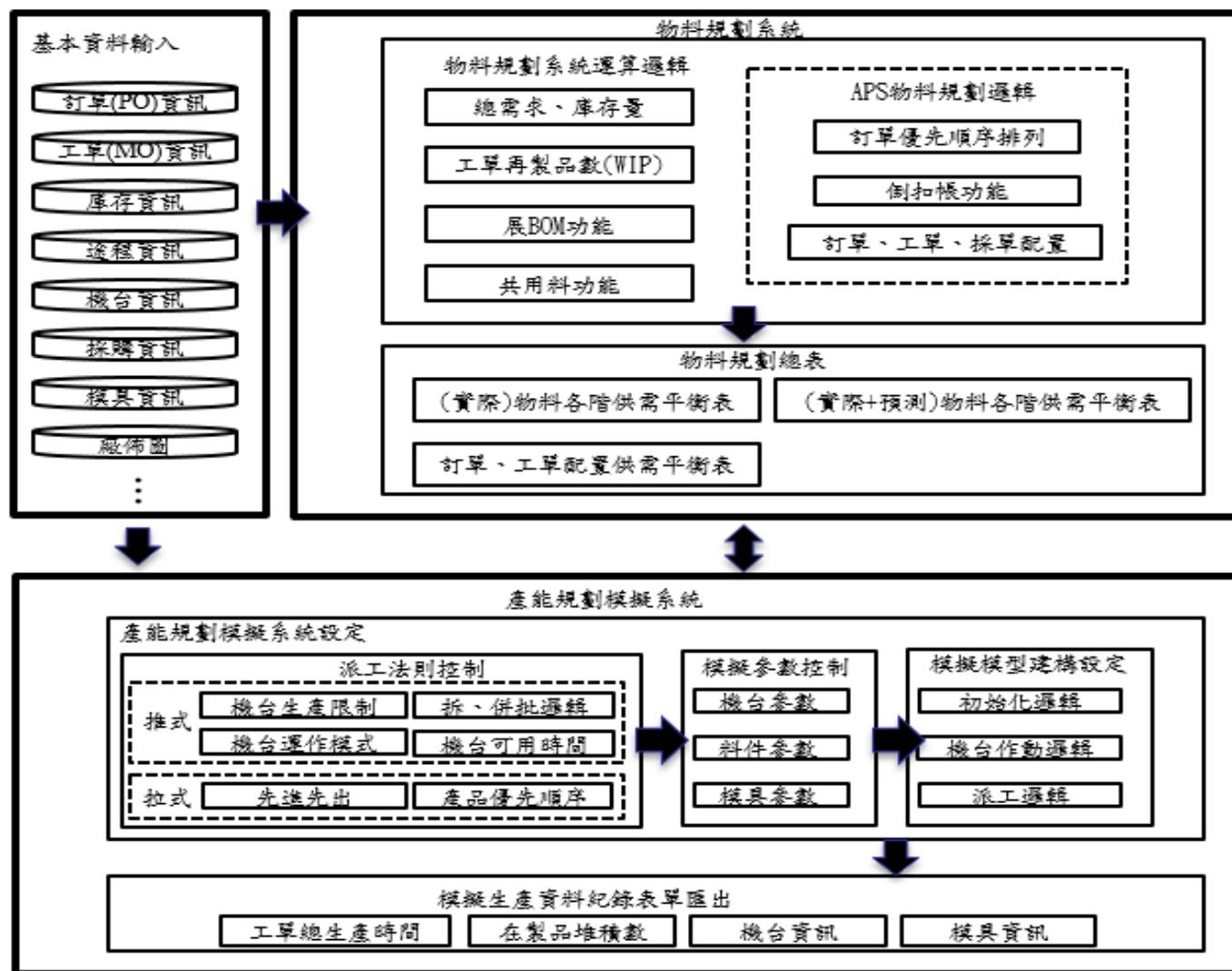


圖 3.1 IMCSS 系統架構圖

1. 基本資料輸入模組:

將案例公司SAP ERP系統產生的各種表單資訊 (例如訂單、庫存、工單、途程及採購資訊) 匯出後，進行資料整理，並將有用的資訊匯入物料規劃系統模組中；而機台基本資料、模具資訊、現場廠布圖等資訊則匯入產能模擬系統模組，作為建模的一個依據。

2. 物料規劃系統模組

當各種表單輸入後，執行物料規劃邏輯可分為兩階段，第一階段為計算供給與需求是否平衡，並在計算過程中會展開需求物料的BOM表資訊，另計算各階層與階層之間的比例及共用料等功能邏輯；第二階段則會導入先進物料規劃(AMP)邏輯，根據交貨日期進行優先順序排列及訂單、工單、採單進行配置規劃等，當在進行在製品數(WIP)計算時，會進行倒扣帳 (Back Flush) 功能邏輯，並將需求訂單，最後將運算結果呈現於「供需規劃與關聯資訊」總表上，該總表可以有不同的呈現方式，例如，僅考慮實際訂單，亦可同時考慮實際訂單與預測訂單，並決定是否有生產不足的需求量，此報表功能可以提供生管人員，作為是否需再另開立工單及訂定生產數量的依據。

該物料規劃模組的內部功能說明如下:

(1) 計算總需求、庫存量功能:

透過基本資料中的訂單、庫存資訊，篩選需進行規劃的訂單，計算各訂單中的總需求數，並且區分預測訂單及真實訂單，以及計算各個物料的總庫存數。

(2) 計算工單在途數(WIP)功能:

透過基本資料中的在製品資訊，計算工單的總投料量，以及在現場的WIP數，並且在計算時加入倒扣帳邏輯。

(3) 成品展BOM功能:

根據基本資料中的途程資訊，展開每筆成品料號的用料結構，顯示成品須由那些半成品組成，並且顯示這些半成品會經過哪些製程，以及原物料為何種棒材。

(4) 半成品共用料功能:

有些物料可同時供給不同的成品料號，進行供需平衡計算時，會特別考量供給數是否足夠。

(5) 訂單優先順序排列邏輯:

將所有訂單(預測訂單及真實訂單)根據交期的截止日期進行排列，交期較早的優先進行供需平衡，以確保達交率在一定水準之上。

(6) 在製品倒扣帳邏輯:

為一種先進物料規劃的邏輯，簡單來說就是先完工入庫，在向倉庫領料。倒扣料就是等產品完工後，根據完工的數量在進行發料，只有消耗性料件才能進行倒扣帳。

(7) 訂單、工單、採單配置邏輯:

在計算供需平衡時，會顯示每筆訂單的需求是由那些工單、採單進行供給平衡，若仍無法滿足訂單，則顯示不足數。

3. 產能規劃模擬系統模組

經由物料需求規劃後，生管人員便能依現場提供工單的實際生產進度，透過訂單-存貨-工單-採單配置關係，掌握顧客訂單的生產進度，維持、調整或規劃新的MO與PO，作為重新進行生產規劃的依據。接著，透過產能規劃模擬模組，將物料規劃系統模組所規劃的工單(Planned MO)及已發放至現場的工單(Released MO)，進行產能模擬，並針對超出產能負荷的關鍵瓶頸機台，進行前推後拉(Push/pull)的產能平準化，此項調整可能影響原先物料規劃模組所規劃的工單，包含預定開工及完工時間，因此，這些訊息將回饋給物料規劃系統模組的AMP，以便重新進行規劃，直到產能規劃足以負荷時，獲得之數據可呈現在表單上。

一般的模擬模型都是建構完成後，設定參數後開始運行模擬，而這類型的模擬模型大多是固定式模型架構及邏輯，可以變動的部分較為稀少，且僅能用於特定案例；而本系統為了能活用模擬模型，不讓模型侷限於特定案例，因此，將模型建構也化成參數，並讓模型建構成為模型中的一個部分。

(1) 派工法則控制

a、 推式派工法則

所謂的「推式派工法則」是指選擇依指定機台進行加工；即料件被安排至選擇的機台進行加工，此法則運用於選擇推式生產時之邏輯，如機台限制情況、拆併批邏輯等。

b、 拉式派工法則

所謂的「拉式派工法則」是有閒置機台可以進行加工時，主動拉取待加工之料件；即機台選擇料件進行加工，此法則運用於拉式生產時之邏輯，例如先進先出生產情況 (First In First Out)、優先順序 (Priority)。

(2) 模擬參數控制

a、 機台參數

包含調整加工時間、當機參數、機台種類等。

b、 料件參數

包含調整投料方式、途程路徑、優先等級等。

c、 模具參數

包含模具的使用壽命、模具載數等。

(3) 模擬模型的建構

根據第一個部分所設定的參數和選擇的法則發展出一模擬

模型；模型將根據機台的分布和樓層去建立，並且會給予每個機台不同的時間參數設定，如：運作時間(Process Time)、整備時間(Set-up Time)等。

(4) 設定模擬運作邏輯

模型建立完成後，接著就是執行模擬產能規劃模擬模型，而模型模擬運行考量以下幾種邏輯：

a. 初始化邏輯

(a) 在製品數量

在現實工廠中，不論哪一個時間點，必定會有一定量的WIP滯留於產線上，因此為了符合現實的生產狀況，本模型運行最初會有初始的WIP投入，已重現初始模擬時間點的生產狀況。

(b) 投料優先順序

投料的方式根據第一個部分所決定的投料表格去進行投料，可以是根據過去歷史的投料方式進行投料，也能給模型建立一個符合供需平衡新的投料模式。

b. 機台作動邏輯

(a) Batching

機台運作比較特別的是集批型的機台，在金屬五金製造程序中，有許多是利用集批型機台生產，集批式的派工邏輯是收集到一定批量後，再投進機台加工。

c. 派工邏輯

(a) Routing

金屬五金業製造過程中，會有許多不同類型的產品，因此根據不同的產品，也會有不同的加工程序，模型的

Routing 邏輯就是根據不同產品指派不同的途程去派工。

(b) 推貨邏輯

Push：當機台有空閒時，模型將會把可加工料件推進機台進行加工。

Store：當這項「推貨」條件沒有滿足時，也就是沒有可以使用的加工機台時，Store 的邏輯將會發動，將這些不能即時被送入機台的料件，送進倉儲中。

(c) 拉貨邏輯

Pull：由於前一部分的推貨邏輯，使機台的使用率很快的被填滿，並且消化 WIP 數量，因此，這時我們需要將已經入庫的 WIP 拉出來做加工，此即為「拉貨派工」邏輯，而本論文模型是以先進先出(FIFO)的方式進行派工。

(5) 模擬生產資料紀錄表單(Record)：

模擬生產的目的是為了做產能規劃，因此需要蒐集機台加工時間等相關的作業時間資訊；並收集在模擬運行過程，產生各種可以供分析使用的數據(如：工單總生產時間、機台稼動率、WIP 的堆積量、模具資訊等)，本研究設定「模擬生產資料紀錄邏輯」執行此一功能。

圖 3.2 為物料規劃與產能規畫模擬系統主要作業流程圖，第一步驟，先把訂單資訊依據交期進行先後排列，之後開始進行需求供給估計，判斷供給(庫存、工單、採購單)是否能滿足需求(訂單)，若能滿足需求訂單，是由那些工單、採購單滿足的，逐一顯示出來，並且計算出剩餘的供給數；若無法滿足需求訂單，則顯示出需求不足數，並且建議生管人員進行開立新工單或外包等動作重新規劃。接著進行工單生產模擬，一開始先進行初始化設定，先進行 WIP、機台等基本設定，接著模擬工單的投入及產出時間，將規劃出來的時間去判斷是否

有超過交期，若超過交期則建議生管人員進行開立新工單或外包等動作重新規劃；若工單完工時間小於交期，則顯示最後的工單模擬開始、完工時間，與機台的剩餘產能作為生管人員進行其他規劃的依據。

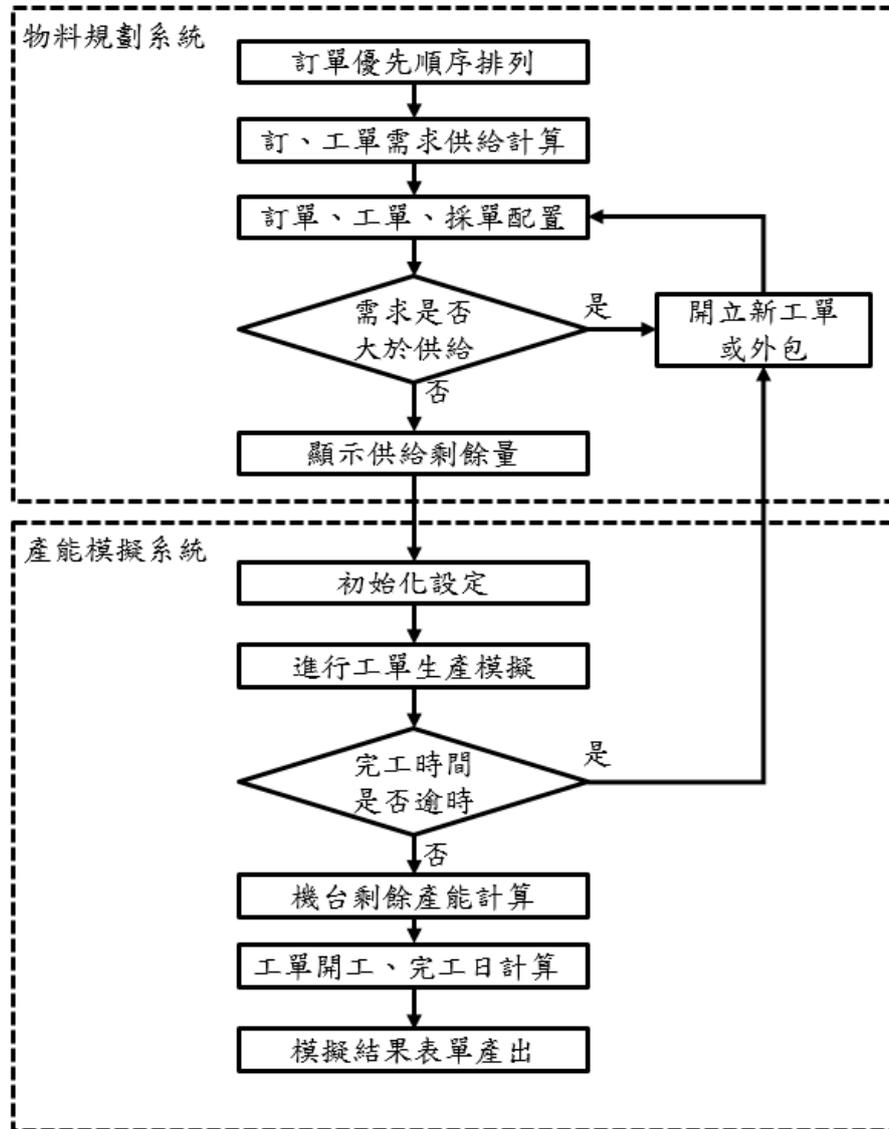


圖 3.2 物料規劃與產能規畫模擬系統運作流程圖

3.2 MDA 系統分析

本研究運用 MDA(Model-Driven Architecture)的概念發展 IMCSS，發展步驟詳如圖 3.3 及以下說明：

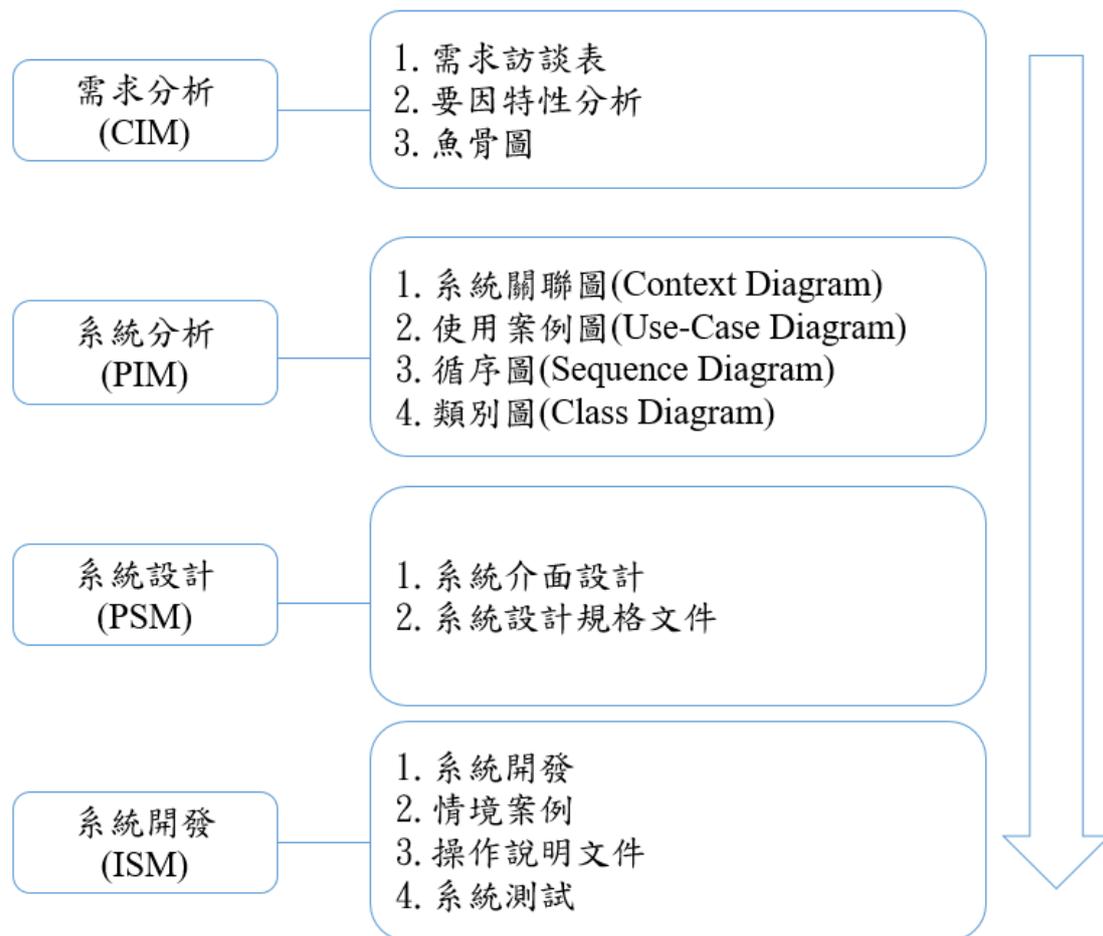


圖 3.3 MDA 系統發展步驟圖

3.2.1 需求分析

以本研究所要發展的 IMCSS 系統為例，在需求分析階段運用需求訪談表、要因特性分析表和魚骨圖，來收集各項分析所需要的資訊，並進行分析，細部說明如下：

先利用訪談方式與個案公司關鍵管理幹部與使用員工，進行深度的需求與實況訪談，需求訪談表範例如表 3.1。

表 3.1 需求訪談表

REQUEST FOR INFORMATION SERVICES			
製表人：		日期：	
使用者姓名：		服務需求類型：	
職稱：	生管部門	現場改善系統	<input type="checkbox"/>
電話：		現場作業系統	<input type="checkbox"/>
辦公室：		資訊作業系統	<input checked="" type="checkbox"/>
		資訊策略系統	<input type="checkbox"/>
主要使用成員：	生管主管與其部門相關人員		
其他參與的成員：	<ul style="list-style-type: none"> • 倉儲 • 採購 		
其他利益關係者：	<ul style="list-style-type: none"> • 現場作業員—讓現場不缺料穩定生產。 • 業務—了解公司的接訂單狀況及準時達交給顧客。 • 管理者—了解公司的接訂單狀況並評估公司現況。 		
相關描述：	這個系統最主要是依照振峰的需求結合SAP系統讓生管人員清楚且簡單的了解每一個物料應該要配給在哪一張訂單上；讓採購明白每個料件實際進廠的時間點；讓倉儲人員能夠即時備料使現場人員能在不缺料的情況下穩定生產。		

從需求訪談表可以知道，過去該公司生管人員都是以手工的規劃方式，無法有效處理料況問題，對於使用者來說可能需要其他物料規劃方式才能解決問題。

在與使用者了解需求之後，再使用魚骨圖的方法進行特性分析，希望確認出現行物料規劃方式不準確的原因，魚骨圖分析範例如圖 3.4，由圖中可以看到包括從資料、人員、訂單處理、排程方法及資訊系統，都是造成該公司物料規劃評估不準確的原因。

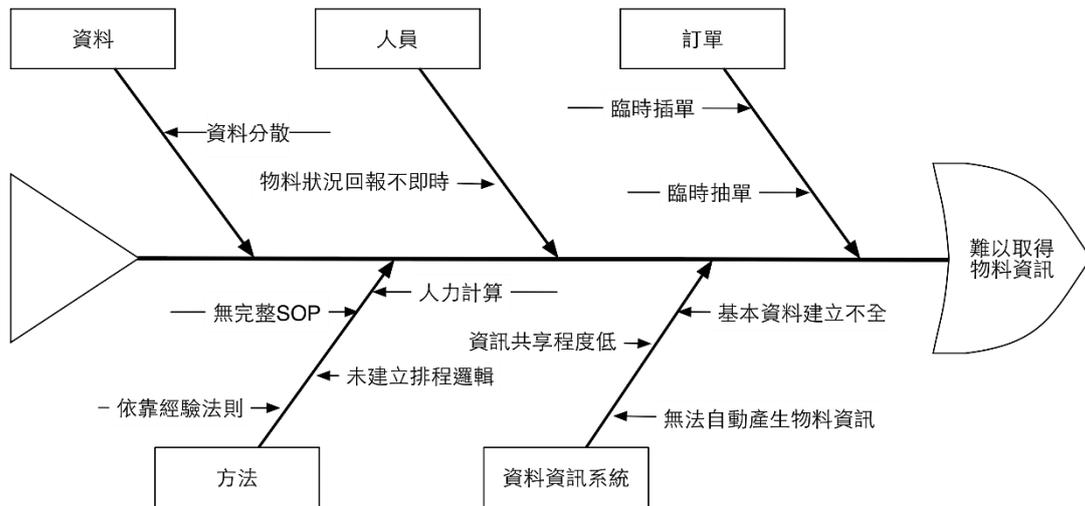


圖 3.4 個案公司問題分析魚骨圖

從前述階段可了解物料規劃所遇到的問題原因後，在需求分析的最後階段，使用要因特性分析法，來分析因果關係及訂定系統改善之目標，並描述系統限制，列舉要因特性分析表範例如下表 3.2。例如該公司面臨缺少有效的物料查詢系統問題，造成查詢耗時、排程需人工計算等情況，經研究人員與現場管理者充分研討後，發展出 IMCSS 作為改善方案。

表 3.2 要因特性分析表

Cause-And-Effect			
Project :		Project Manager :	
Created by :		Last Updated by :	
Date Created :		Date Last Updated :	
CAUSE-AND-EFFECT ANALYSIS		SYSTEM IMPROVEMENT OBJECTIVES	
Problem\ Opportunity	Causes and Effects	System Objective	System Constraint
無有效查詢物料系統	1. 各工單物料資訊並沒有集中處理；所需查詢的程序太過繁複。 2. 沒有有效的系統進行排程計算，查詢結果必須人為計算與排程。	1. 建立一平台供使用者查詢物料狀況。 2. 將所需資訊彙整於同一系統內，減少查詢程序的步驟與時間。 3. 有效的提供資訊以提供了解各階段物料狀況。	

3.2.2 系統分析

需求分析結果完成後，開始做第二階段的系統化分析，本研究預計會用到分析圖和使用目的如下表 3.3 所示：

表 3.3 系統分析目的說明表

圖形	說明
Context diagram	目標系統與其他系統、人員之間的流程
Use case diagram	使用者執行目標系統的關聯
Class diagram	目標系統中，各表單的屬性與之間的關連性
Sequence diagram	了解目標系統執行物料查詢表單的執行順序與表單間的關係

此階段希望找到系統所要達成目標，因此開始時先定義系統相關使用者關係。此系統之使用者包含生管部門人員、IT 部門人員，而整個系統大部分基本資料則是由 ERP 系統所提供，運用關聯圖 (Context Diagram) 方式表示整個系統的關係如下圖 3.5。

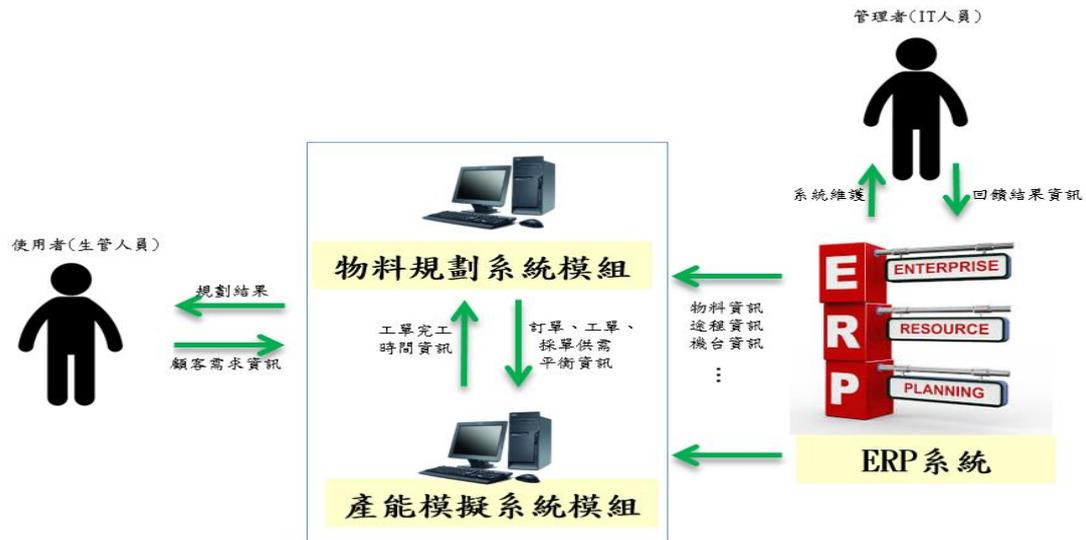


圖 3.5 系統關聯圖(Context diagram)

以下開始進行相關說明，在此階段會分別以物料規劃系統模組、產能模擬系統模組分別進行系統分析。

3.2.2.1 物料規劃系統分析

如圖 3.6，透過使用者案例圖可以說明，使用者在物料規劃系統中能使用的功能，物料規劃系統除了有最基本的物料供需平衡功能外，還具備訂單、工單、採單配置及倒扣帳邏輯等的功能。

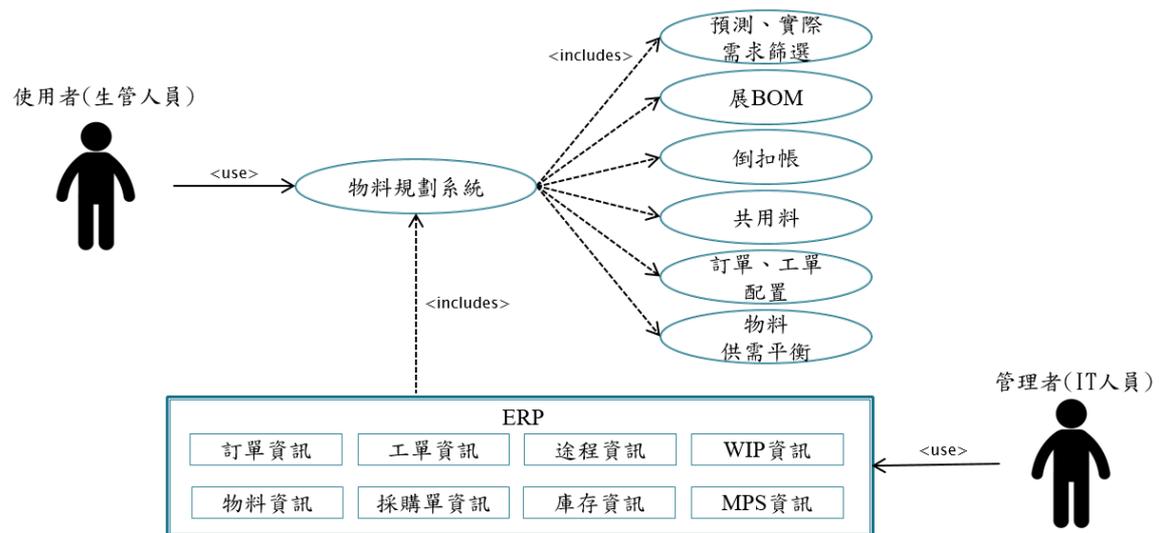


圖 3.6 物料規劃系統使用者案例圖(Use Case Diagram)

本研究利用類別圖(Class Diagram)，先了解物料規劃中所使用的各種物料類別及屬性，會與系統所使用的表單關聯性是哪些。物料規劃系統的類別圖範例詳如圖 3.7。

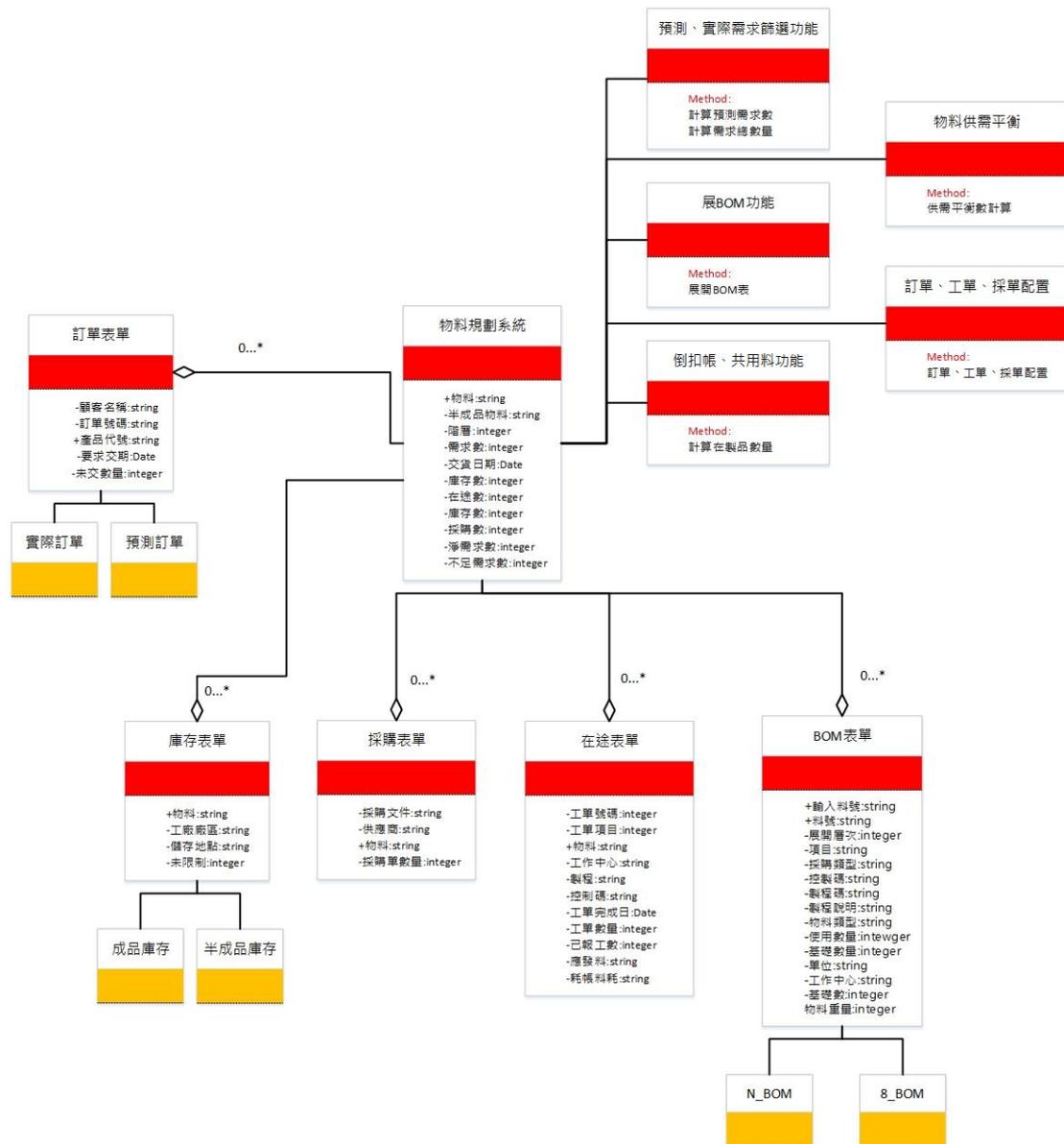


圖 3.7 物料規劃系統的類別圖(Class Diagram)

如圖所示，該物料規劃系統的最終表單的各欄位資訊，皆從各種不同的表單中取得，如從訂單表單欄位屬性如訂單料號名稱、需求數等，並且訂單表單還可分為實際訂單與預測訂單；庫存表單欄位的屬性如物料名稱、庫存數等；採購表單欄位屬性有採購單料號、採購量等；在途表單欄位屬性有工單號碼、已報工數等；BOM 表單欄位屬性有料號、製程碼、階層等，透過這些表單中的各屬性資訊關聯，進

行各種方法邏輯計算如展 BOM 功能(圖 3.8)，需求數、庫存數計算(圖 3.9)或訂單、工單、採單配置等詳細邏輯(圖 3.10)等。

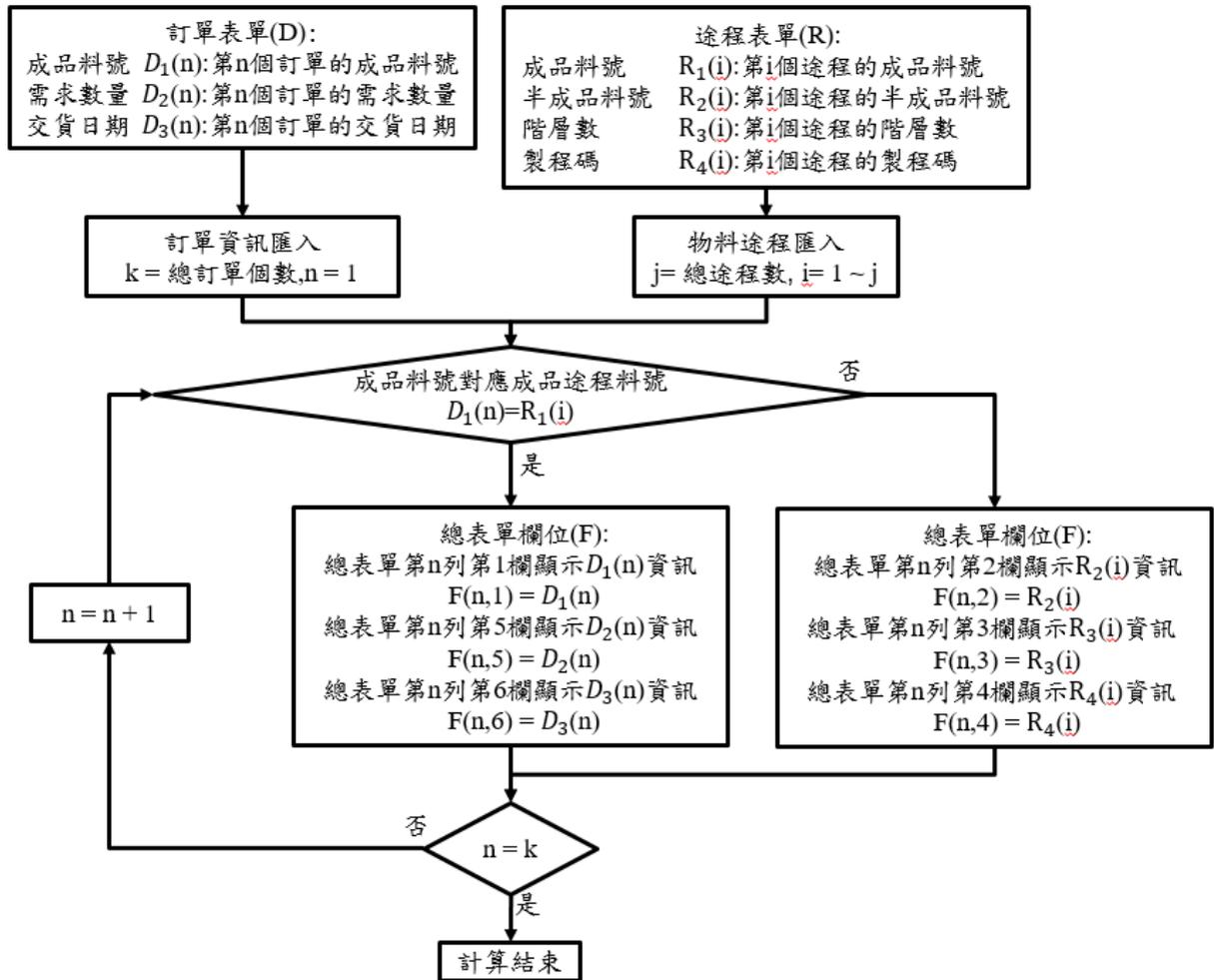


圖 3.8 成品料號 BOM 展開邏輯圖

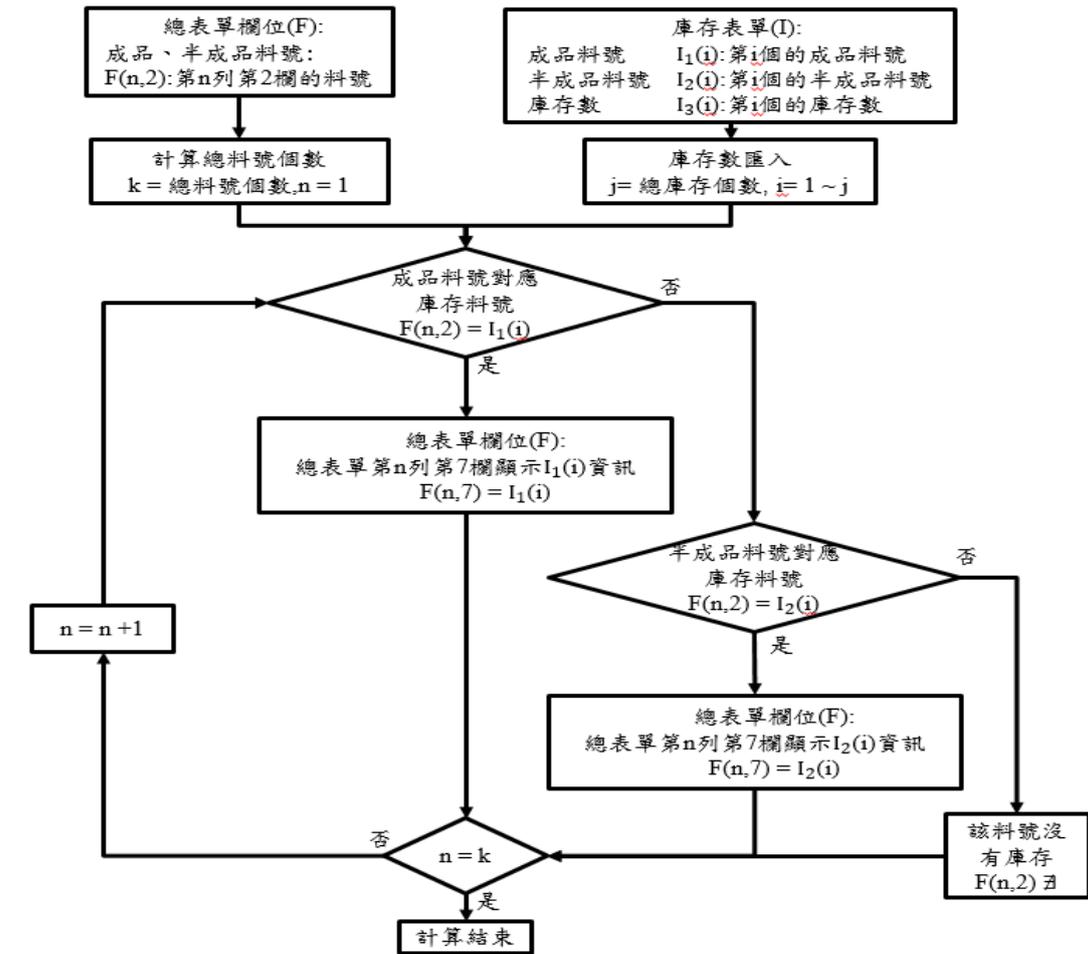


圖 3.9 庫存數計算邏輯圖

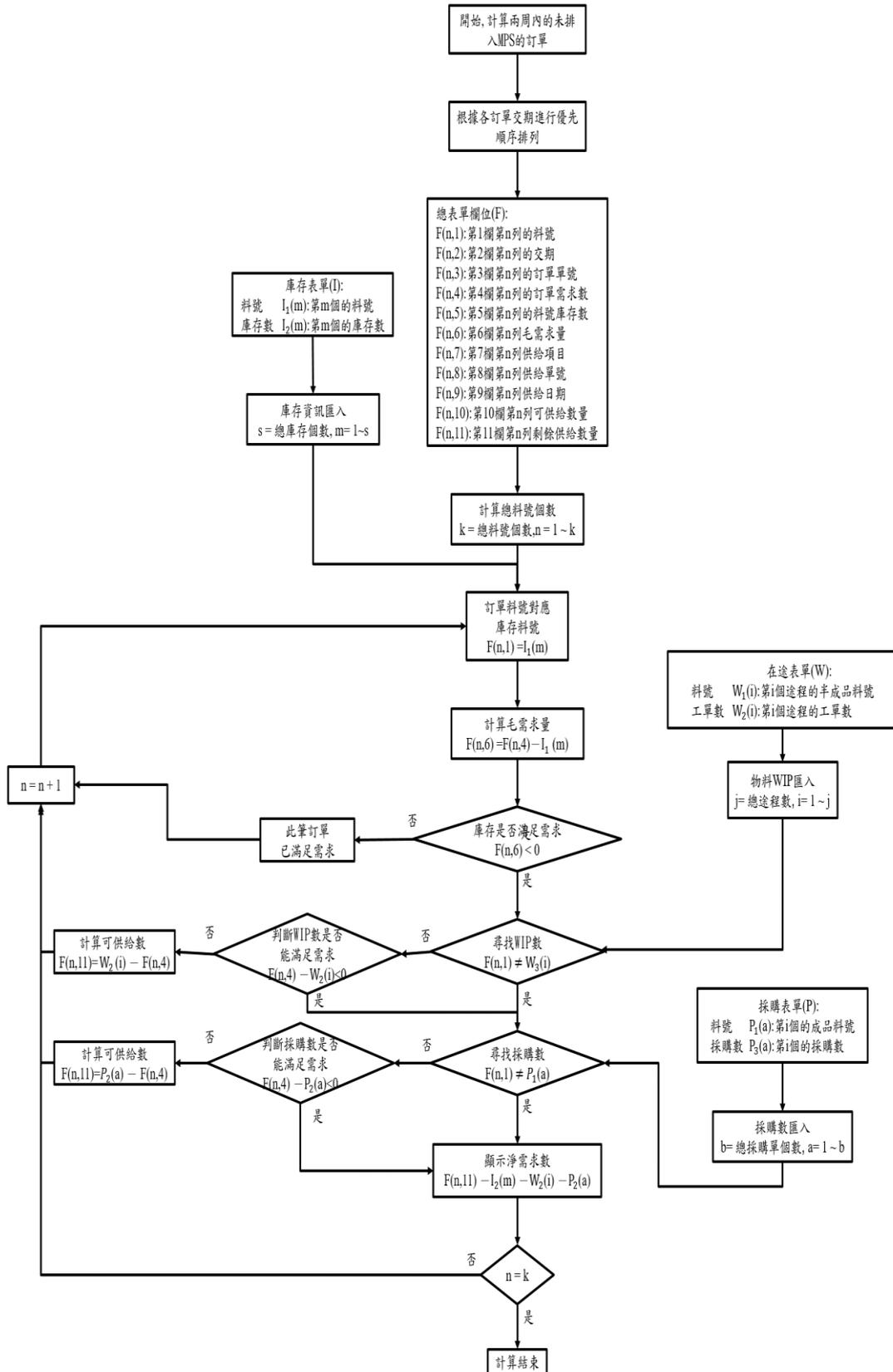


圖 3.10 訂單、工單、採單配置邏輯圖

本研究依照系統之架構，來繪製系統循序圖(Sequence Diagram)，圖 3.11 可說明先從各表單當中讀取重要因子後，利用系統循序圖分析過程後，最後再執行物料供需平衡計算程序。

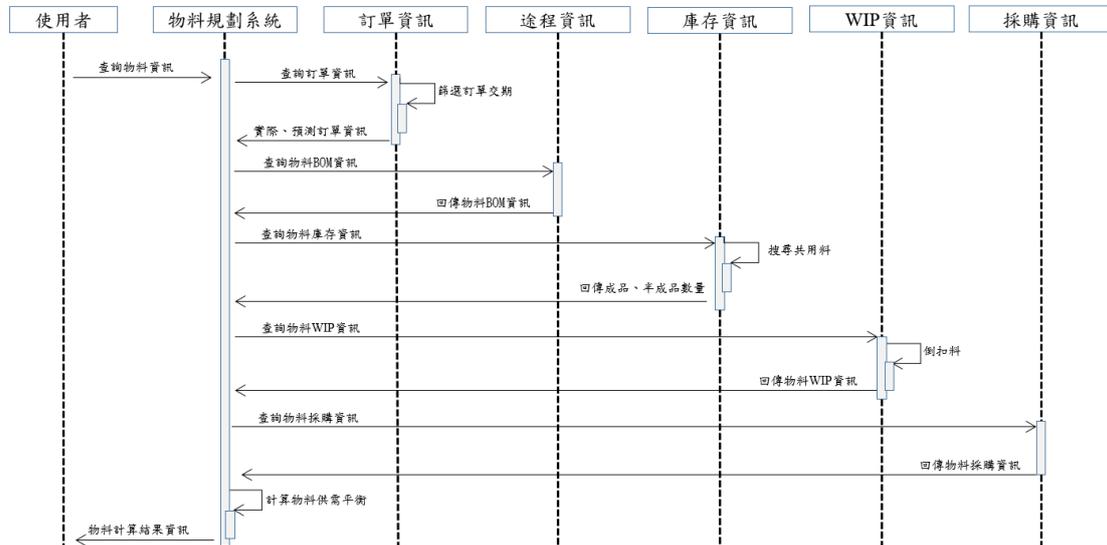


圖 3.11 物料規劃系統循序圖(Sequence Diagram)

圖 3.11 說明物料規劃系統的規劃邏輯(演算法)與流程，首先進行步驟(1): 計算完成品品項的庫存數是否有足夠，若不足，則進行步驟(2): 計算下階品項的半成品庫存數是否足夠，若仍不足夠，再進行步驟(3): 計算品項半成品在途的數量，判斷生產現場是否有足夠的量可滿足需求，若最後仍不足以平衡需求，則會在「供需規劃與關聯資訊」總表上以負值來呈現不足需求量，以提醒生管人員進行開立新工單或採單等動作。

3.2.2.2 產能模擬系統分析

本研究使用 Plant_Simulation 模擬軟體作為產能規劃的工具，透過使用者案例圖(Use-case Diagram)，詳如圖 3.12，可以得知使用者在產能模擬系統中能使用的功能，除了從 ERP 資料庫中擷取的基本資訊(機台資訊、庫存資訊及途程資訊等)外，還具備派工法則及生產限制等主要功能。

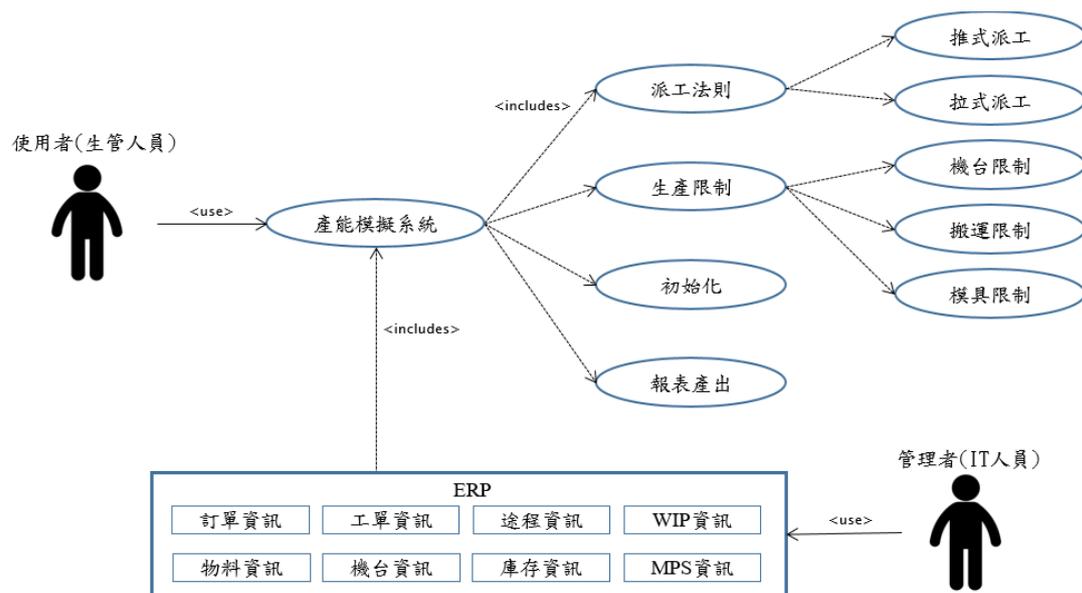


圖 3.12 產能規劃模擬系統之使用者案例圖

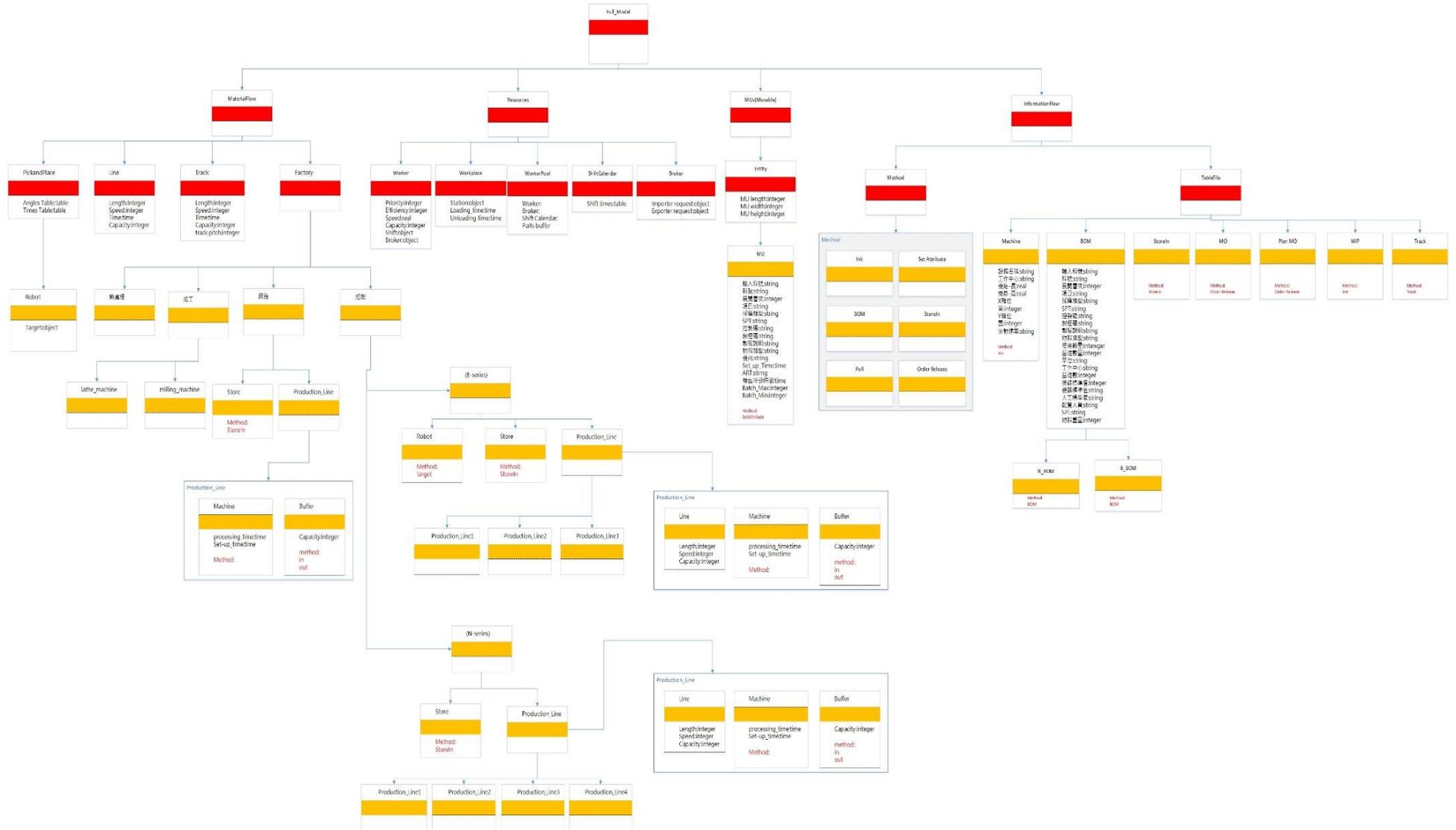


圖 3.13 產能規劃模擬系統的類別圖

圖 3.13 是產能規劃模擬系統的類別圖，此圖說明該系統包含哪些物件，從最上層的模式開始，接下來分為四個主要分類，由左而右分別用物流(Material Flow)、資源(Resource)、移動物件(Move Unit)及資訊流(Information Flow)來分類。透過此類別圖可描述系統各個物件之間的靜態關係，並說明各物件的屬性、加工流程、方法及物件間的關連，藉以了解系統元素之間的架構，詳細說明如下。

1. 物流(Material Flow)

包含各種機台資訊、機械手臂、搬運資訊等，說明此系統所使用機台的所有屬性(Attitude)及作業方法(Method)，當中可以用不同產業特性進行區分。如金屬五金加工業的製程分為四大部分，而每一製程機台特性皆不同，因此可從機台中往下分類，顯示各製程中的機台屬性及作業方法。

2. 資源(Resource)

描述此系統所耗用的人力、時間等資源，包含此系統的員工工時為多少小時，是否需加班等資訊。

3. 移動物件(Move Unit, MU)

MU 為此系統在進行模擬時所運作的物件，包含此物件的參數設定或是特殊的生產特性。以金屬鉤具五金加工業來說，鉤具就是移動物件，而鉤具的屬性就包含料號、產品途程等資訊。

4. 資訊流(Information Flow)

此系統的資訊流使用表單方式呈現，例如途程表單、產品表單及庫存表單等，另包含所有會用到的方法，例如機台派工、搬運邏輯等。

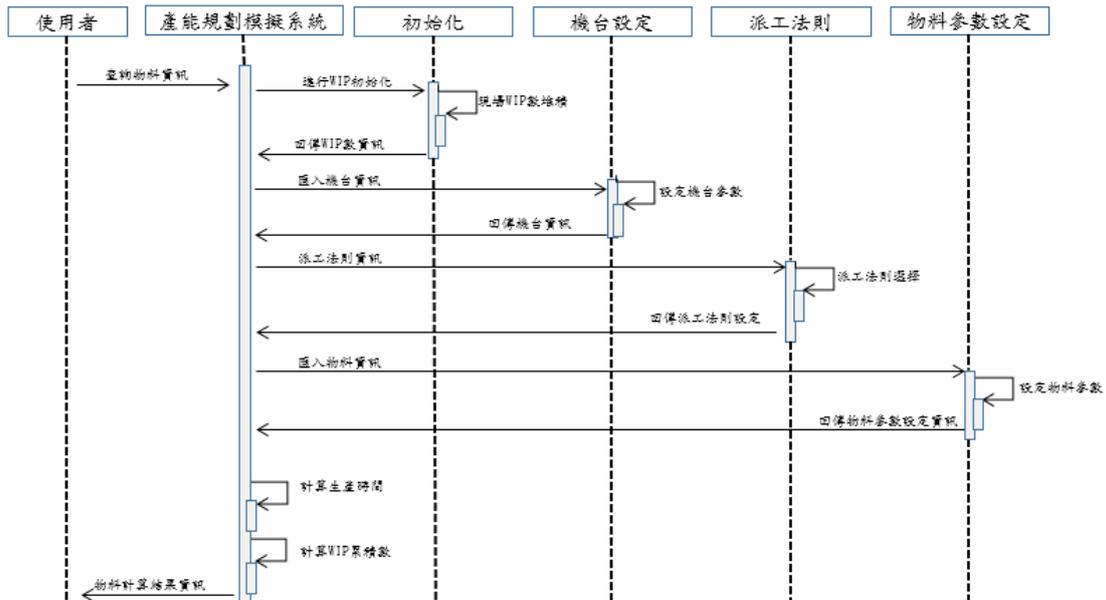


圖 3.14 產能規劃系統循序圖(Sequence Diagram)

圖 3.14 說明產能模擬系統的流程順序，首先進行初始化設定、根據現場資訊，把原本現場 WIP 數設定至模型中，接著進行機台設定，把各個製程的機台加工時間、模具數量等進行參數設定，再來選擇派工法則，在模型進行模擬之前可選擇需要進行何種的派工法則，來得到不同情境的結果，最後進行報表資訊匯出，透過各種報表資訊，如工單總生產時間表單、WIP 堆積表單、機台資訊表單等，可以得到不同的資訊。

3.3 系統設計與建構

在完成需求分析與系統分析之後，可以得到許多有用資訊，包括使用者需求、人員、功能、目的及目標需求等，將這些需求以圖型方法呈現，作為系統設計階段的依據；在進行設計 IMCSS 之前，需要了解及確認個系統的規劃邏輯，本研究物料規劃邏輯如下圖 3.15 所示。

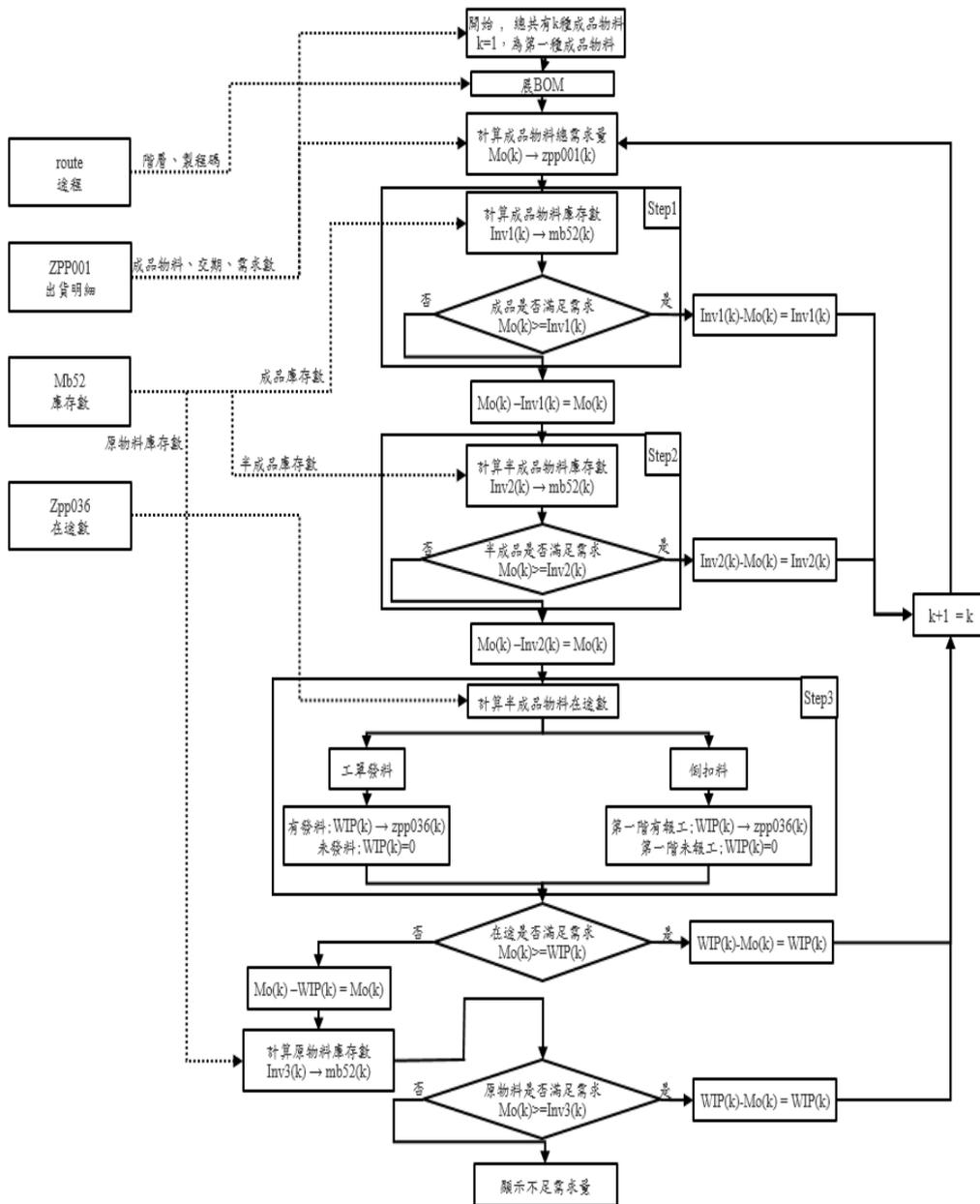


圖 3.15 物料規劃系統整體設計邏輯圖

圖 3.15 是根據個案公司 SAP ERP 系統所提供的預測及實際訂單需求量進行計算的邏輯圖，在展開品項階層需求後，系統針對顧客訂單展開的物料需求，先進行存貨與 WIP 的配置，並以存貨先滿足需求邏輯，在存貨配置完成後，若仍未能滿足需求，系統則需規劃新的工單或採單，以滿足不足的數量，最後呈現系統規劃完成的結果。在物料規劃系統中，除了包含先進物料規劃邏輯，其中包含倒扣帳功能，圖 3.16 是系統設計的倒扣帳邏輯圖，倒扣帳功能是物料規劃較特別的邏輯，當從庫存中申領料件時，都會進行報工動作，告知 ERP 系

統申領多少料，而倒扣帳功能是一次先拿走一大批料，當這批料用完時才進行報工，通常都是在計算一些難以量化的料件上，如螺絲釘及螺帽等耗材類零件，或是較高單價的原物料需要估算成本的關係，會先提前申領，以避免庫存成本過高。

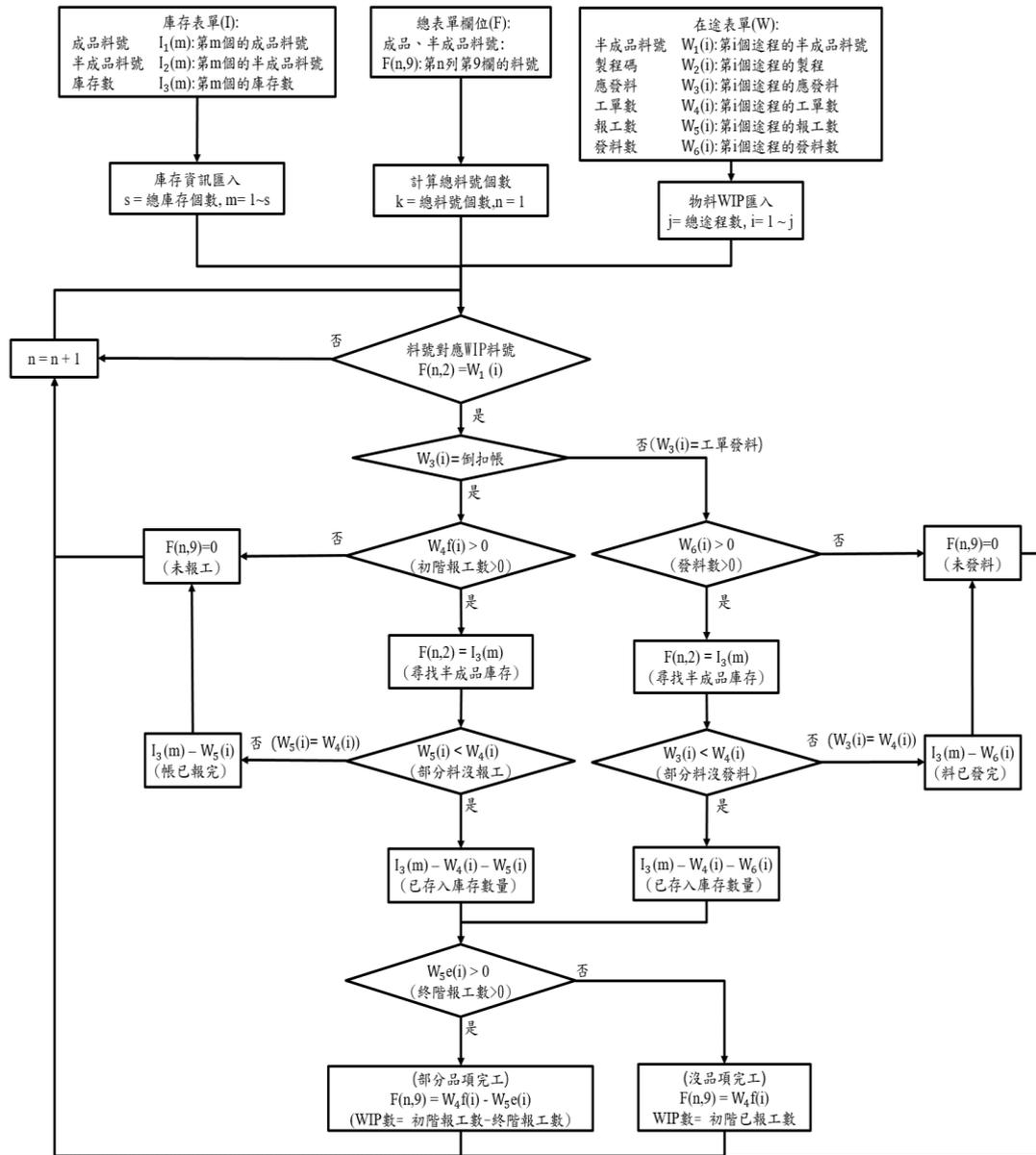


圖 3.16 倒扣帳邏輯圖

3.3.1 產能規劃模擬系統的軟體介面介紹

本研究使用 Plant Simulation 軟體來開發產能規劃模擬系統，為便於設計介面，在此將 Plant Simulation 軟體一般常使用的物件列於下表 3.2，並介紹其操作介面功能。

表 3.4 Plant Simulation 軟體基本物件表

Icon	Name
	Frame
	Event Controller
	Single Process
	Buffer
	Store
	Entity
	Container
	Tablefile
	Method
	Init Method
	Variable
	Trigger
	ODBC

1. 框架(Frame)

以()在模型中表示，是 Plant Simulation 11 的重要元件之一。一個 Frame 底下可能包含一個或多個物件，為了保持畫面的簡潔明瞭，整個模型可切割成多個框架，以 Frame 分類整理，如圖 3.17 所示。

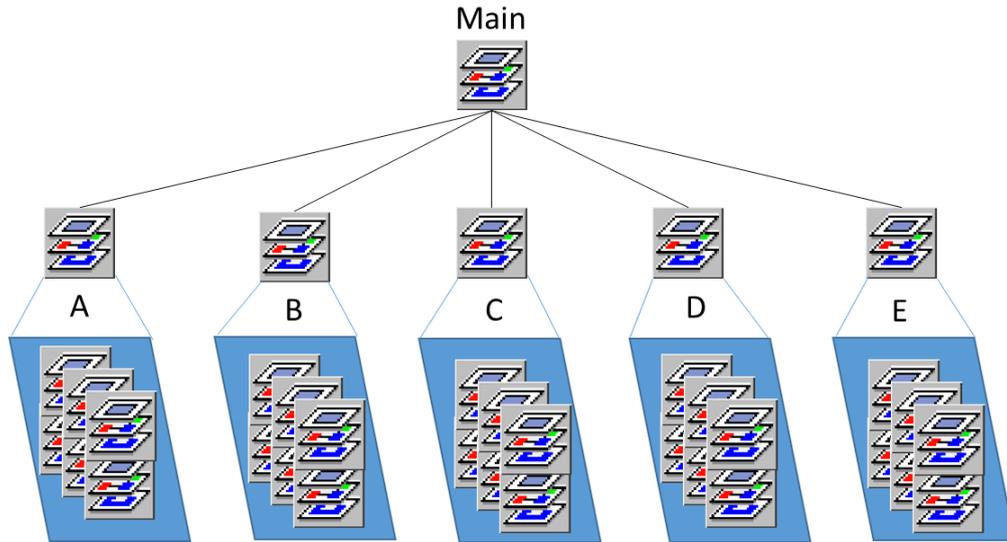


圖 3.17 Frame 分類功能

2. 事件控制器(Event controller)

事件控制器為 Plant Simulation11 軟體中內建之模型控制元件，圖樣為。用於控制系統的運行或停止，其操作介面如圖 3.18 所示。

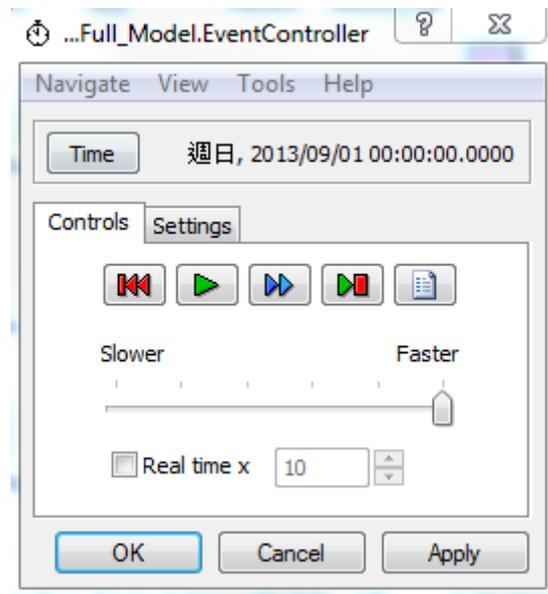


圖 3.18 Event Controller UI 功能

3. 單一程序(Single Process)

單一程序的模擬物件功能其圖型為，通常做為單一機台的模擬使用，雙擊圖樣即可進行設定，如圖 3.19 所示；介面

中能夠設定該 Single Process 的加工時間、前置時間等功能，並且可以選擇其分配方式。

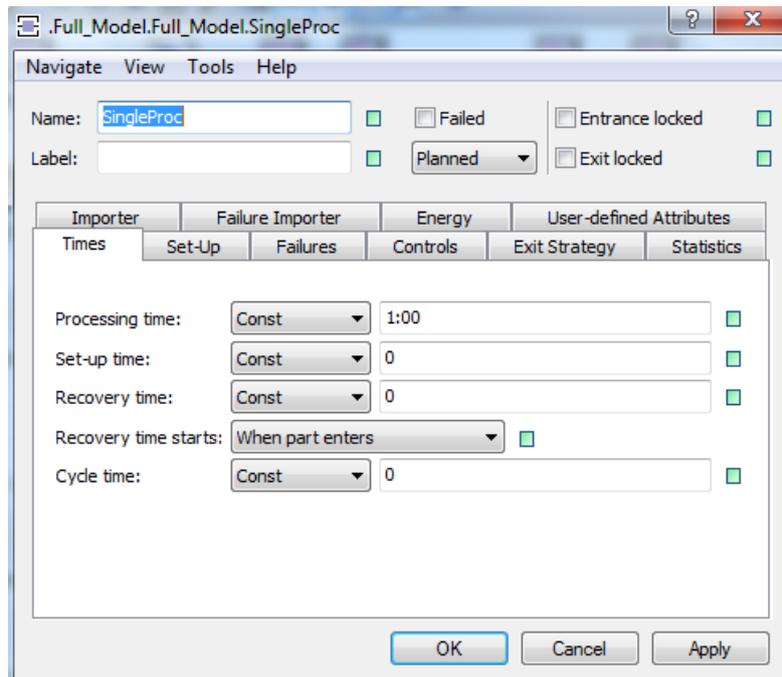


圖 3.19 單一程序單元(Single Process UI)功能

在圖 3.19 頁籤中，可設定機台當機方式及屬性等功能。

4. 暫存區(Buffer)

Buffer 如同字義，即為物料的暫存區，以為圖示。雙擊圖示即能進入 Buffer 設定介面；與 Single process 相同，能設定加工時間，亦能設定屬性，唯一不同的是有容量(Capacity)的變量可作設定。

5. 倉儲(Store)

Store 是 Plant Simulation 中的倉儲功能，圖型為，期儲位可以從 1 個至 N x N 個儲位，雙擊圖樣可以進行設定，如下圖 3.20。

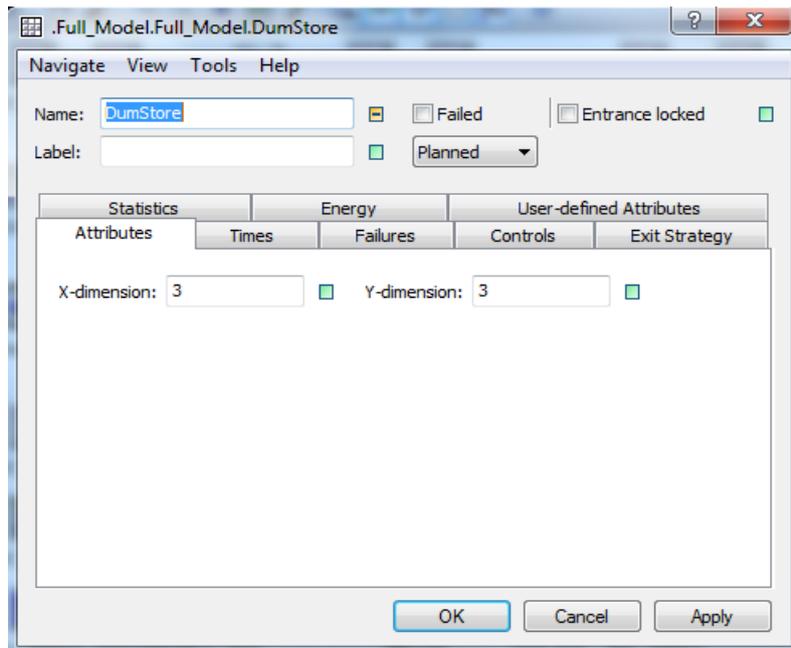


圖 3.20 倉儲單元(Store UI)

6. 物件(Entity)和載具 Container 功能

物件(Entity)和載具 Container 功能以() 和()圖型表示，此兩個功能為模型的移動物件，在本系統中，Entity 主要是扮演產品的角色，Container 扮演棧板的角色。

7. 表格(Table File)

Table File 是 Plant Simulation11 中的工作表(Table)，可以記錄各式各樣的數據，比較特別的是此表格格式以”欄”為最小單位格式，假設設定本欄為日期格式，則此欄只能填入日期，不接受日期以外的資料。

8. 方法(Method)

Method 功能圖樣為( 或 )；Method 在模型中扮演角色是系統中任何邏輯的判斷行為，包括派工邏輯、集批邏輯、途程的邏輯及控制介面(Control Panel)等，都必須藉由 Method 功能來撰寫邏輯。本系統將其分為兩類：重新啟動(Initial)時經過的邏輯判斷及事件觸發(Event trigger)式的邏輯判斷，因此有兩種不同的圖樣。

9. 變數(Variable)

為 Plant Simulation11 中的參數功能，可以用於重要資料的紀錄，也能用於控制開關的工具。

10. 時間觸發(Trieger)

除前面在 Method 中有提過的事件觸發功能外，若找不到適當的事件點去觸發 Method，可使用 Tigger 元件改以”時間”來

觸發事件，其圖樣為()。

11. 開放式資料庫連接(Open Database Connectivity, ODBC)

圖樣為()，Plant Simulation11 為一高度物件導向之模擬軟體，在處理大量數據的效能上，Plant Simulation 可支援 ODBC，藉 ODBC 去連接其他資料庫，如，SQL Server、Oracle 或 Access 等，並運用外掛的方式去處理大量資料。

3.3.2 IMCSS 模型建構與使用者介面設計

本研究根據前一節所介紹的 Plant Simulation 基本物件功能，建構 IMCSS 的模型，並設計出符合個案公司使用者需求之系統介面，而在 IMCSS 的系統主要介面上，將包含金屬鉤具製造的四個主要製程，如圖 3.21 及圖 3.22 所示，每一製程均符合個案工廠實況生產佈置(Layout)，並於介面下方建立許多表單功能來處理資料，另外運用 Excel 軟體的物件功能連接物料規劃系統，除此之外，系統應用 Method 物件處理派工邏輯並設計一控制面板來控制派工邏輯與設定其他系統內的運作邏輯。

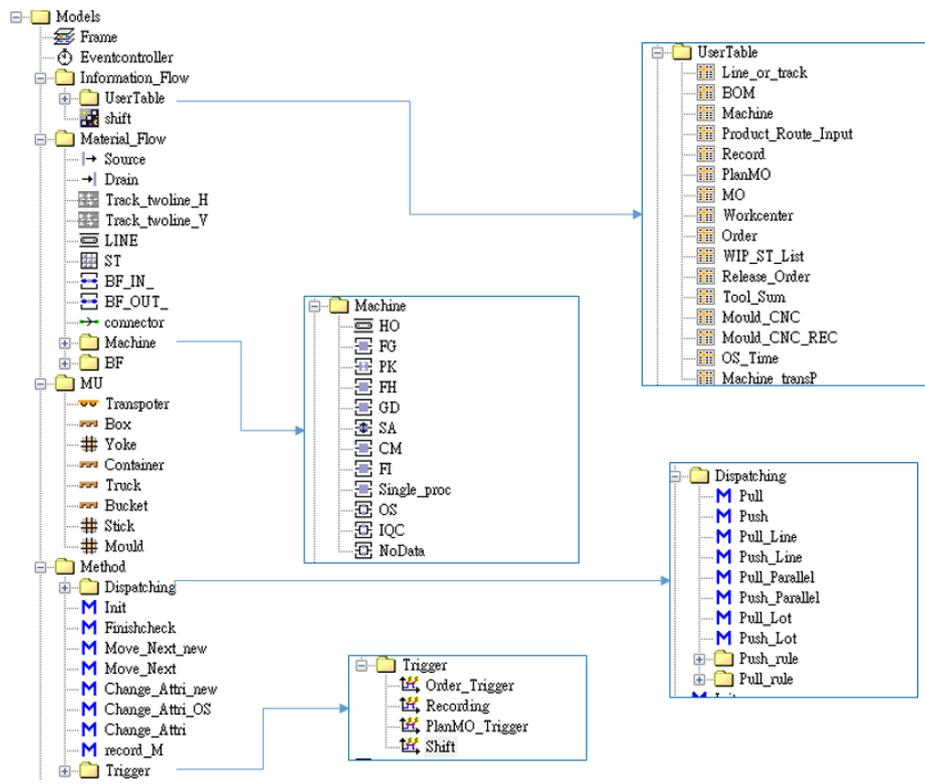


圖 3.21 IMCSS 模擬模型基本物件圖

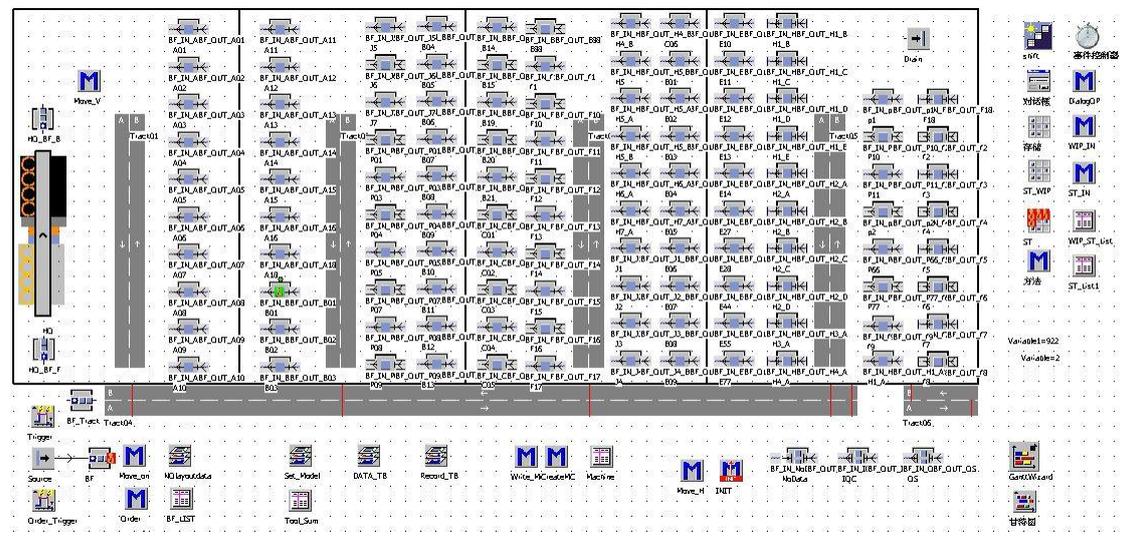


圖 3.22 IMCSS 模擬模型介面圖

第四章 整合性物料規劃與產能模擬系統驗證與實作展示

4.1 面談驗證法

「面談驗證法」(Face Validation)廣泛運用於模擬模型的驗證(Law and Kelton, 1991; Sargent, 2013)，本研究使用此方法驗證 IMCSS 的設計邏輯與實際運用效能。本研究人員利用 6 個月時間，密集地會見生產線作業人員與管理幹部，進行系統資料訪查與設計內容展示，並以實作驗證方式，檢測系統的架構、邏輯、數學及因果的關係，確認系統內容的正確性、合理性與適用性均能符合該公司的現況與需求。本研究以下列四項範例說明驗證內容，包含(1)物料規劃邏輯正確性(2)機台模具運作功能(3)生產途程設定功能(4)機台加工時間。表 4.1 說明個案公司生產線管理人員驗證 IMCSS 產出的數據與現行作業實況相符，詳細說明如下面章節敘述。

表 4.1 實況驗證項目表

驗證項目	目的	方法
(1)物料規劃邏輯	確認物料規劃的邏輯正確性，避免資料庫物料庫存及計算邏輯錯誤。	根據利用 IMCSS 之物料規劃系統產出的最終總表，在展開表 BOM 後，累計各類物料需總數量，與現場管理者確認其正確及合理性。
(2)機台模具運作功能	確認模型之中機台運作的正確性，增加模擬的可行性。	在機台限制中加入不同的模具設定參數，並且與現場相關人員進行運作結果比對，以確認模具在系統中的設定符合實況。

驗證項目	目的	方法
(3)不同生產途程	確認系統模型在生產各類產品的途程設定過程均符合正確性。	在系統輸入兩個以上的產品途程，並檢驗產品在生產過程之邏輯及程序是否正確。
(4)機台加工時間	確認模擬系統的加工時間計算與設定邏輯是正確的。	執行工單生產模擬，查驗模擬報表之機台加工時間與真實實況所需時間是否相符。

1. 物料規劃邏輯驗證範例

以兩個料號 X-015-07 及 X-016-10 兩種產品進行說明，生管人員在進行物料規劃時，會先從訂單表單中搜尋訂單的料號、需求數及交期等資訊如表 4.2，表單中顯示出訂單的客戶名稱、訂單號碼、產品代號、要求交期以及未交數量等資訊，其中若為預測訂單則號碼顯示為預測需求，透過此表可以看出兩種產品從 2015 年 2 月 28 日至 2016 年 2 月 28 日，一年期間的訂單需求量，以及每個訂單的交期期限，接著從 BOM 表資訊中查詢兩種物料的途程如表圖 4.1 及圖 4.2。

表 4.2 訂單資訊表單

項次	客戶名稱	訂單號碼	產品代號	採購類型	要求交期	未交數量
1		預測需求	X-015-07	E	2016.01.04	3692
2		預測需求	X-015-07	E	2015.12.01	11083
8		預測需求	X-015-07	E	2015.06.01	16200
9	2B89381 PWB ANCHOR	31402	X-015-07	E	2015.05.07	5400
10	2A88324 KJAETTINGFABRIKEN A/S	31574	X-015-07	E	2015.05.06	3600
11		預測需求	X-015-07	E	2015.05.04	1800
12	2A80202 SUPERCHUTE LTD	31147	X-015-07	E	2015.04.14	300
13	2A80202 SUPERCHUTE LTD	30437	X-015-07	E	2015.04.14	300
14		預測需求	X-015-07	E	2015.04.01	15600
15	2A80223 OCEANSIDE EQUIPMENT LTD	30505	X-015-07	E	2015.03.26	1800
16		預測需求	X-015-07	E	2015.03.02	19800
17		預測需求	X-016-10	E	2016.01.04	2322
18		預測需求	X-016-10	E	2015.12.01	9264
25	2A80297 SATURN INDUSTRIES LTD	31589	X-016-10	E	2015.05.18	1800
26	2A88324 KJAETTINGFABRIKEN A/S	31574	X-016-10	E	2015.05.06	1800
27	2A80208 WILLIAM HACKETT CHAINS LTD	31602	X-016-10	E	2015.05.04	3600
28		預測需求	X-016-10	E	2015.05.04	3600
29	2A80208 WILLIAM HACKETT CHAINS LTD	31000	X-016-10	E	2015.04.13	3600
30	2B89381 PWB ANCHOR	30949	X-016-10	E	2015.04.10	1800
31		預測需求	X-016-10	E	2015.04.01	5400
32	2B83807 KUPFER HNOS. S.A.	30569	X-016-10	E	2015.03.27	600
33	2A80223 OCEANSIDE EQUIPMENT LTD	30505	X-016-10	E	2015.03.26	2400
34	2B80422 ELEPHANT CHAIN BLOCK CO., L	29817	X-016-10	E	2015.03.25	1800
35		預測需求	X-016-10	E	2015.03.02	3726

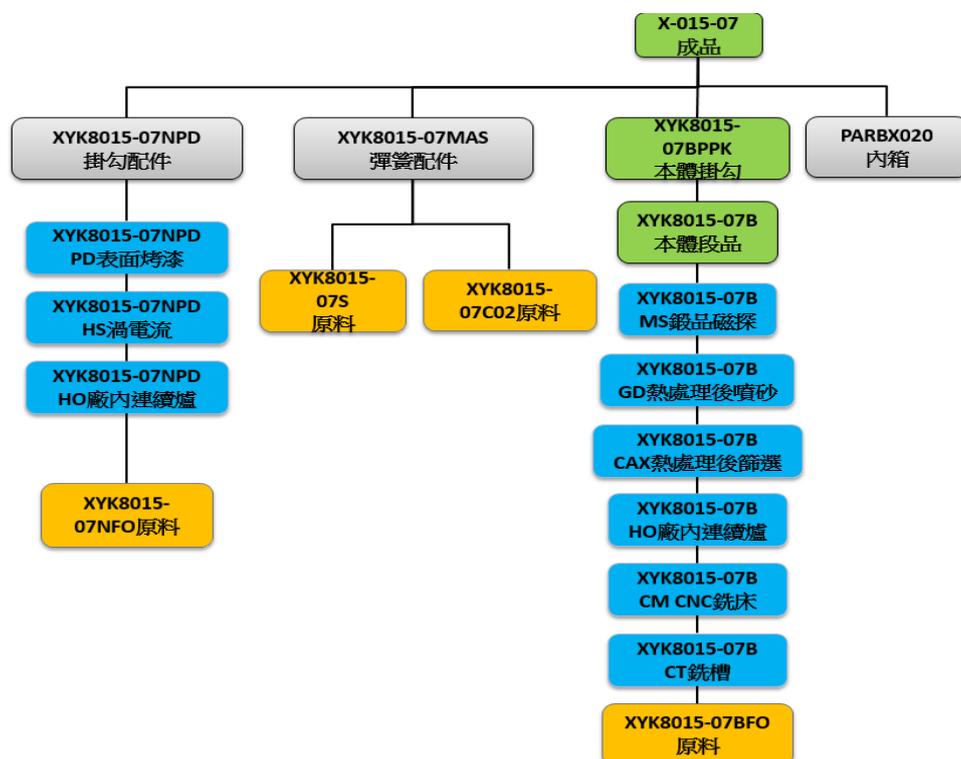


圖 4.1 X-015-07 BOM

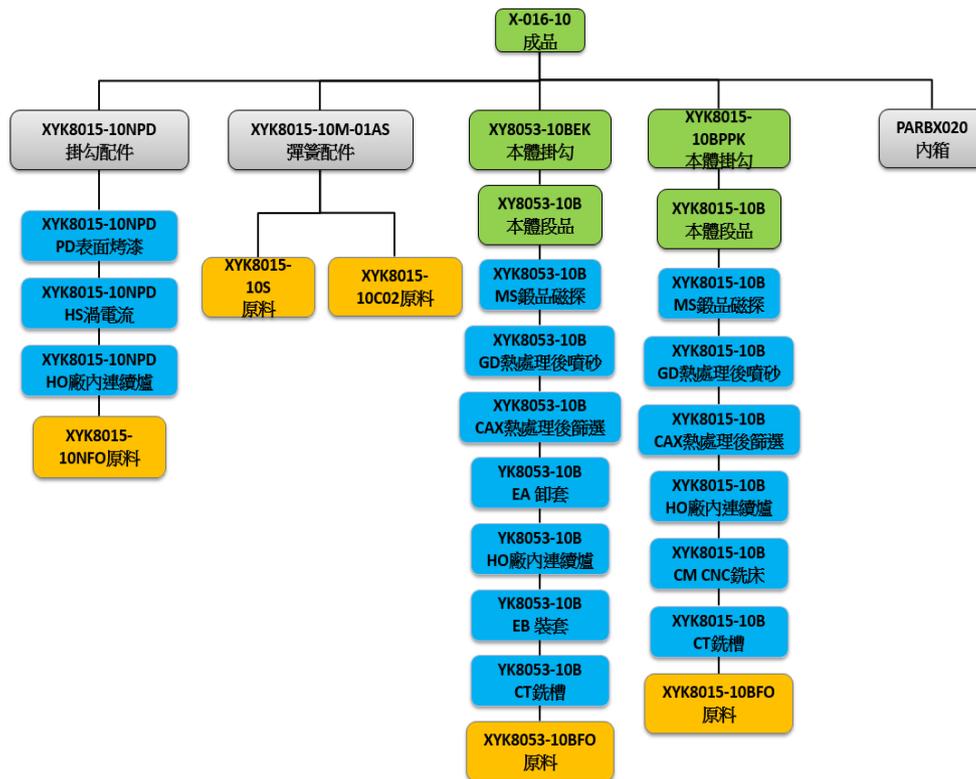


圖 4.2 X-016-10 BOM

從上圖 4.1 及圖 4.2 可以看出，組成兩種產品的 BOM 不同且複雜，原物料須經過各種加工作業程序，以圖 4.1 中的半成品 (XYK8015-07B) 為例，原物料 (XYK8053-10BFO) 經過銑槽 (CT)、銑床 (CM)、連續爐 (HO)、熱處理 (CAX)、磁探 (MS) 等多道製程後，半成品才算完工。

生管人員經過 BOM 表查詢過程，得知各種產品的組成資訊後，便可得產品是由哪些半成品所組成的，接著可從庫存表單中，查詢訂單產品料號的庫存數是否足夠，如表 4.3 中 X-015-07 及 X-016-10 所顯示之數量 (灰底欄位所示)。

表 4.3 庫存資訊表

物料	工廠	儲存地點	批次	基礎計量單位	庫存數	在途和移轉	品質檢驗中
X-015-07	BP01	8001	YWF	PC	373	0.000	0.000
X-015-07	BP01	8001	YWH	PC	4885	0.000	0.000
X-015-07	BP01	8001	YWK	PC	22454	0.000	0.000
X-015-10	BP01	8001	YRS	PC	1386	0.000	0.000
X-015-10	BP01	8001	YRU	PC	10690	0.000	0.000
X-015-10NGN	BP01	8001	VAE	PC	9	0.000	0.000
X-015-10PM	BP01	8001	SVN	EA	1	0.000	0.000
X-016-06	BP01	9001	RPG	PC	14.000	0.000	0.000
X-016-07	BP01	9001	SKK	PC	10.000	0.000	0.000
X-016-10	BP01	8001	WRG	PC	60	0.000	0.000
X-016-10NGN	BP01	9001	MST	PC	0.000	0.000	0.000
X-016-13	BP01	8001	VDY	PC	3	0.000	0.000

從表 4.3 可顯示 X-015-07 的庫存數有 3 筆資料，代表從不同時間點入儲的數量，生管人員須以人工方式，把相同的物料庫存數進行累加，以獲得正確的庫存數量，據以判斷產品(X-015-07)的庫存數是否能滿足需求訂單。若無法滿足，則會再經由產品 BOM 表資訊，查看下一階半成品(XYK8015-07B)庫存數是否足夠，若仍無法滿足需求，生管人員便會查詢在途表單(如表 4.4)，以管控半成品生產報工進度。

表 4.4 在途資訊表

確認碼	工單號碼	工單項目	物料	工作中心	批號	製程	控製碼	工單完成日	工單數量	已報工數
129591	001000095416	0010	YK8015-07B		YWL	CT	PP02	2015/3/31	22000.000	22000.000
129592	001000095416	0020	YK8015-07B		YWL	CM	PP02	2015/3/31	22000.000	22000.000
129593	001000095416	0030	YK8015-07B	1144H3	YWL	HO	PP01	2015/3/31	22000.000	21995.000
129596	001000095416	0035	YK8015-07B	1144H3	YWL	CAX	PP01	2015/3/31	22000.000	21995.000
129594	001000095416	0040	YK8015-07B	IQC	YWL	GD	ZM01	2015/3/31	22000.000	0
129595	001000095416	0050	YK8015-07B	IQC	YWL	MS	ZM03	2015/3/31	22000.000	0
129601	001000095417	0010	YK8015-07B		YWL	CT	PP02	2015/4/15	20999.000	20943.000
129602	001000095417	0020	YK8015-07B		YWL	CM	PP02	2015/4/15	20999.000	20943.000
129603	001000095417	0030	YK8015-07B	1144H3	YWL	HO	PP01	2015/4/15	20999.000	20941.000
129606	001000095417	0035	YK8015-07B	1144H3	YWL	CAX	PP01	2015/4/15	20999.000	20941.000
129604	001000095417	0040	YK8015-07B	IQC	YWL	GD	ZM01	2015/4/15	20999.000	0
129605	001000095417	0050	YK8015-07B	IQC	YWL	MS	ZM03	2015/4/15	20999.000	0
119701	001000090632	0010	XY8053-07B		YHV	CT	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119702	001000090632	0020	XY8053-07B		YHV	CM	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119703	001000090632	0030	XY8053-07B	1131A4	YHV	EA	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119708	001000090632	0040	XY8053-07B	1144H3	YHV	HO	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119704	001000090632	0050	XY8053-07B	1134E5	YHV	EB	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119705	001000090632	0060	XY8053-07B	1141H1	YHV	CAX	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119709	001000090632	0070	XY8053-07B	IQC	YHV	GD	PP01	2015/3/16	879.000	879.000
119706	001000090632	0075	XY8053-07B	IQC	YHV	MS	ZM01	2015/3/16	879.000	879.000

表 4.4 顯示在途物料之生產狀況，例如料號 YK8015-07B 有兩筆工單(工單號碼為 001000095416 及 001000095417)正在進行生產，工單號碼 001000095416 的生產數量為 22000 EA，並且從已報工數可以看出，該生產進度正在進行噴砂(GD)製程，現場還未進行報工，並且預計 2015/3/31 完工；料號 XYK8053-07B 有一筆工單(工單號碼 001000090632)正在進行生產，並且從已報工數上，可以看出在最後一階製程磁探(MS)已進行報工，並且報工數量(879)等於工單數量(879)，可確認該單工已生產完畢。

經生管人員確認上述物料之在途資訊後，需核算庫存數加上在製品數是否能滿足需求，若仍無法達到供需平衡，生管人員需開立生產計畫單及在庫存表單確認原物料是否足夠，若原物料不足，則需增加採購表單(如表 4.5)，同時需確認該原物料目前採購的數量，以準確開立新增的採購量。

表 4.5 採購表單資訊

交貨日期	文件日期	採購文件	項目	供應商/供應廠	物料	採購單數量	仍待交貨(數量)	批次	訂單淨值	領料數量
2015/12/28	2011/8/12	4500029688	40	10507 亮工業有限公司	XYK8015-07BFO	30000	2587		126000	307.689
2015/12/28	2011/8/12	4500029688	50	10507 亮工業有限公司	XYK8015-07BFO	37880	37880		159096	0.000
2015/3/15	2015/2/4	4500086224	20	10806 源工具股份有限公司	XYK8015-07BFO	8000	5262		33600	30.767
2015/6/17	2015/3/12	4500088382	10	10806 源工具股份有限公司	XYK8015-07BFO	30040	30040		126168	0.000
2015/6/17	2015/3/12	4500088382	20	10806 源工具股份有限公司	XYK8015-07BFO	10	10		0.00	0.000

以上敘述內容是該個案公司目前以人工方式執行物料規劃的邏輯與程序，而本研究發展之 IMCSS 可自動從各種不同的表單資料庫，收集所需的物料表單資訊，系統並可繼續執行物料規劃邏輯，產出最終的物料供需總表如表 4.6。從此表顯示成品料號 BOM 展開後的半成品及原物料資訊，以某料號 X8-015-07 為範例，系統計算 1 年內所有的訂單總需求為 154,584，而訂單當中最早交貨日期為 2015 年 3 月 2 日，該物料的成品總庫存數為 22,454，經過計算後該物料還缺 132,130 EA，與現行生管人員規劃結果一致，如表 4.7。而此系統可進階顯示下階半成品有 42,943 EAWIP 仍在噴砂(GD)製程站，由於此成品物料與半成品組裝比例為 1:2，因此，若扣掉半成品的供給數(42,943EA)，還欠缺 221,317 EA 半成品，最後扣掉原物料庫存採購數的數量，仍需要 142,168EA 原物料。由 IMCSS 所產出的物料供需總表能提供管理者做物料規畫決策依據。本項驗證經過與使用者進行訪談後，確認系統規劃邏輯無誤，其內容是符合個案公司現行人工計算的規劃結果。

表 4.6 物料供需總表

物料	半成品物料	階程	製程	需求數	交貨日期	庫存數	在途數	WIP數	採購數	淨需求數	不足需求數
X8-015-07				154584	2015.03.02	22454		0		-132130	-132130
	X8-015-07	0	PK			0	0				-132130
	XYK8015-07BPPK	1					0				-264260
	XYK8015-07B	2	MS				42943	42943			-221317
	XYK8015-07B	2	GD				42943	42943			-221317
	XYK8015-07B	2	CAX				7	7			-221317
	XYK8015-07B	2	HO				7	7			-221317
	XYK8015-07B	2	CM				0	0			-221317
	XYK8015-07B	2	CT				0	0			-221317
	XYK8015-07BFO	3				43829	35320		35320		-142168
X-016-10				104239	2015.03.02	10690		0		-93549	-93549
	X-015-10	0	PK			0	0				-93549
	XYK8015-10BPPK	1				5997	0		0		-181101
	XYK8015-10B	2	MS				11566	11566			-169535
	XYK8015-10B	2	GD				11566	11566			-169535
	XYK8015-10B	2	CAX				8	8			-169535
	XYK8015-10B	2	HO				8	8			-169535
	XYK8015-10B	2	CM				0	0			-169535
	XYK8015-10B	2	CT				0	0			-169535
	XYK8015-10BFO	3				36002	230	230			-133303

表 4.7 生管人員人工計算結果

工單物料	元件物料	元件物料描述	元件採購群	基本開始日期	元件需求數	短缺數	未限制總庫存	元件實際短缺累加數
X8-015-07	XYK8015-07BPPEK	EK 去漆絞孔 本體-20		2015/3/2	154584.000	154584.000	22454	(132130.00)
X8-016-10	XYK8015-10ASPP	PP 烤黃漆 組合件		2015/3/2	104239.000	104239.000	10690.000	(93549.00)
X8-026-10	XYK8026-10ASPP	PP 烤黃漆 組合件	400	2015/1/12	2046.000	2046.000	1540.000	(2046.00)
X8-026-10	XYK8026-10FPD	PD 達可銹 雙清銹-10 /200/包	400	2015/1/12	2046.000	2046.000	6949.000	(765.00)
X8-041-07	XYK8041-07BPP	PP 烤黃漆 本體-07	400	2015/1/13	1200.000	1200.000	0	(1200.00)
X8-041-10	XYK8041-10BPP	PP 烤黃漆 本體-10	400	2015/1/9	643.000	643.000	0	(643.00)
X8-043/S-10	XYK8043-10BPPK	PPK 烤黃漆含絞孔	500	2015/1/8	1600.000	1600.000	1135.000	(409.00)
X8-051-07	XYK8051-07BEK	EK 去漆絞孔 本體-07	400	2015/1/12	120.000	120.000	0	(120.00)
X8-057-5T	XYK8056-22BPP	PP 烤黃漆 本體-22	400	2015/1/9	1300.000	1300.000	460.000	(1240.00)
X8-057-5T	XYK8057-5TBGD	GD 熱處理後噴砂 C型扣-05	400	2015/1/9	1300.000	1300.000	0	(1300.00)
X8-065-10	XYK8065-10BEK	EK 去漆絞孔 本體-10	400	2015/1/13	207.000	207.000	0	(207.00)
X8-066-10	XYK8066-10BEK	EK 去漆絞孔 本體-10		2015/1/9	472.000	472.000	0	(472.00)
X8-026-10	XYKD4X25L	空心銼 SK7M 熱處理 染黑/1000/包	300	2015/1/12	6138.000	6138.000	22034.000	(5902.00)

2. 模具邏輯驗證範例

IMCSS 中的設定程式可擷取資料庫數據，將機台模具的資訊作成記錄，並產出報表資料，圖 4.3 是現場人員實際使用模具的特性表(以 CNC 銑床模具儲位表為範例)，包含模取數量(一個模具上有幾個生產槽)及可共用模具項目。經過 IMCSS 執行模具資訊紀錄功能後，產出報表之擷取畫面如圖 4.4，展現內容包含該機台所使用的各類模具數量、模擬過程中模具缺乏的次數及模具的使用總數，本項功能經現場管理者確認符合生產邏輯與使用需求。

加工課 CNC銑床 模具儲位表					
	模 具	數 量	儲 位	模取數	模 具 共 用
YKX025-26BCM	單邊油壓模	1	A202	3	
YK8025-28CCM	6"	4	11上	2	
YK8025-28CCMA	平面模	1	R321	6	
YK8025-28LCM	平面模	1	R320	3	
YK8025T-16BCM	簡易模	1	B601	1	
YK8026-06LCM	第四軸	2	R211	10	
YK8026-07LCM	第四軸	2	R212	8	
YK8026-10LCM	第四軸	1	R212	8	YKX026-10LCM
YK8026-10LCM	第四軸	1	R213	8	YKX026-10LCM
YK8026-13LCM	第四軸	2	R213	8	YKX026-13LCM
YK8026-16LCM	平面模	1	R315	6	YKX026-16LCM
YK8837-32BCM	油壓模	1	A401	6	YK8838-32BCM YKDA838-32BCM
YK8026-16LCMA	8"	3	07上	1	
YK8026-20LCM	平面模	1	R318	5	
YK8026-20LCMA	8"	3		1	
YK8837-36BCM	油壓模	1	A401	6	YK8838-36BCM YKDA838-36BCM

圖 4.3 生產線現場單位實際使用模具特性表
(以 CNC 銑床模具為範例)

string 1	string 2	integer 3	string 4	integer 5	integer 6
模具名稱	製程碼	缺乏數	使用時間	缺乏次數	使用總次數
YKN3618B	CM			1	
YK8271-161C	CM			1	
YKN5261B	CM			1	
YKN3710B	CM			2	
YKX059-16B	CM			1	
YK8025-13B	CM			1	
YK8027-16L	CM			2	
YKN501110B	CM			1	
YKN5870C01/A	VG			1	
YKN5870B/A0713	VG			2	
YKN5870C01/ANT	CM			1	
YK8025-16B	CM			1	
YKN3633B	CM			1	
YKX026-10L	CMX			1	
YKN5271B	CM			1	
YK8501-04H	CM			1	
YKX025-13B	CM			1	
YK8043-10B	CM			1	
YKX026-10L	CM			1	
YK8066-10B	CM			1	
YKX0421-13B	CM			2	
YK8026-07L	CM			1	
YK8043-07B	CM			1	
YK8081-05L	CM			1	

圖 4.4 IMCSS 系統展示機台模具使用狀

3. 不同生產途程驗證範例

本研究在 IMCSS 模擬三個不同料件(X-023-22, X-025-06, X-025-07)進行不同途程之生產，圖 4.5 顯示該系統產生之物料生產途程資訊彙整表擷取畫面，可以看出每個半成品料號、生產製程碼、機台工作中心確實不同，而系統進行模擬生產時，會依照圖中設定的製程碼途程進行生產，經過實驗驗證後，現場管理者確認本項功能符合需求及邏輯之合理性。

string 1	string 2	string 3	string 4	string 5	string 6	string 7	string 8	string 9	string 10	string 11	string 12	string 13	string 14	integer 15
輸入料號	料號	展開層次	採購類型	製程碼	製程說明	物料類型	使用數量	基礎數量	單位	工作中心	基礎數			
134	X_023_22			CTY			460			1131A4	460			
135	X_023_22			MS			2500			IQC	2500			
136	X_023_22			GD			70			IQC	70			
137	X_023_22			CAX			960			1141H1	960			
138	X_023_22			HTW			147			1141H1	147			
139	X_023_22			EG			1380			NoData	1380			
140	X_023_22			CTA			455			1131A4	455			
141	X_023_22			CT			60			1131A4	60			
142	X_023_22			CM			86			1132B2	86			
143	X_023_22			HA			210			1143H2	210			
144	X_025_06			CMX			384			1132B2	384			
145	X_025_06			MS			4800			IQC	4800			
146	X_025_06			GD			3400			IQC	3400			
147	X_025_06			HO			76355			1144H3	76355			
148	X_025_06			CM			512			1132B1	512			
149	X_025_07			CMX			384			1132B2	384			
150	X_025_07			MS			4800			IQC	4800			
151	X_025_07			GD			2000			IQC	2000			
152	X_025_07			HO			48286			1144H3	48286			
153	X_025_07			CM			385			1132B1	385			
154	X_025_07			HA			4500			1143H2	4500			

圖 4.5 IMCSS 產生之物料生產途程資訊彙整表

4. 機台作業時間範例

本研究利用使用者提供的機台加工時間歷史紀錄，設定系統模型之相關時間參數，經過模擬驗證結果，機台與工單報表擷取畫面詳細如圖 4.6，由報表可顯示編號 801 機台進行模擬時生產的總工時、等待時間及搬運時間，經現場人員確認後，其內容均符合現場作業之合理性。

Lot_ID	工單號碼	料號	工單數量	工單開始日期	工單完成日	製程代號	完成%	機台	實際總工時	ST	Queue_time	Deliverry
Models.MJ.Yoke:95	1976783	YK8025-22B	45	2016/02/16 08:00:00.0000	2016/02/16 12:11:09.7674	CM		B01	4:11:09.7674	86	8:00:00.0000	2016/04/13 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:96	2114889	YK8837-16B	131	2016/02/16 12:11:09.7674	2016/02/16 14:54:29.2480	CM		B01	2:43:19.4805	385	12:11:09.7674	2016/04/11 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:10	2122111	YKN5870B/A	1500	2016/02/16 14:54:29.2480	2016/02/18 11:40:38.4787	VG		B01	1:20:46:09.230	390	14:54:29.2480	2016/04/18 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:12	2126861	YKN5271B	403	2016/02/18 11:40:38.4787	2016/02/18 14:32:07.8404	CM		B01	2:51:29.3617	1128	2:11:40:38.4787	2016/04/14 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:12	2126903	YKN5271B	9576	2016/02/18 14:32:07.8404	2016/02/24 14:30:38.3994	CM		B01	5:23:58:30.559	1127	2:14:32:07.8404	2016/04/15 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:16	1000109949	YK8027-10L	2500	2016/02/24 14:30:38.3994	2016/02/26 10:13:42.0547	CMX		B01	1:19:43:03.655	673	8:14:30:38.3994	2016/04/08 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:16	1000110315	YK8026-13L	1998	2016/02/26 10:13:42.0547	2016/03/03 08:06:32.6969	CMX		B01	5:21:52:50.642	327	10:10:13:42.0547	2016/04/20 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:17	1934675	YKN3620B	4518	2016/03/03 08:06:32.6969	2016/03/07 09:32:39.7557	CM		B01	4:01:26:07.058	1020	16:08:06:32.6969	2016/05/18 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:18	2114926	YKX025-07L	1054	2016/03/07 09:32:39.7557	2016/03/08 11:21:56.8986	CMX		B01	1:01:49:17.142	448	20:09:32:39.7557	2016/05/20 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:19	2115116	YK8025-13B	217	2016/03/08 11:21:56.8986	2016/03/08 14:48:12.3441	CM		B01	3:26:15.4455	505	21:11:21:56.8986	2016/06/01 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:19	2115221	YKX025-10B	434	2016/03/08 14:48:12.3441	2016/03/09 20:03:35.4211	CM		B01	1:05:15:23.076	156	21:14:48:12.3441	2016/05/27 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:19	2117719	YKN3630B	47188	2016/03/09 20:03:35.4211	2016/03/14 13:41:52.4058	CM		B01	4:17:38:16.984	8457	22:20:03:35.4211	2016/07/28 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:20	2123407	YKX026-16L	211	2016/03/14 13:41:52.4058	2016/03/14 16:42:43.8344	CM		B01	3:00:51.4286	560	27:13:41:52.4058	2016/05/20 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:20	2124117	YKN501110B	422	2016/03/14 16:42:43.8344	2016/03/14 23:38:39.8919	CM		B01	6:55:56.0575	487	27:16:42:43.8344	2016/05/03 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:20	2125067	YKX026-10L	2160	2016/03/14 23:38:39.8919	2016/03/17 17:24:40.5136	CMX		B01	2:17:46:00.621	386	27:23:38:39.8919	2016/05/10 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:22	2130011	YKN501110B/NO586	502	2016/03/17 17:24:40.5136	2016/03/18 12:15:28.3012	CM		B01	18:50:47.7876	339	30:17:24:40.5136	2016/05/09 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:23	2130224	YKX0421-16B	181	2016/03/18 12:15:28.3012	2016/03/18 19:29:52.3012	CM		B01	7:14:24.0000	200	31:12:15:28.3012	2016/05/23 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:23	2130337	YKN5871C01	6520	2016/03/18 19:29:52.3012	2016/03/31 20:21:43.8057	SA		B01	13:00:51:51.50	339	31:19:29:52.3012	2016/05/27 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:26	2122250	YKN5870B/A0713	502	2016/03/31 20:21:43.8057	2016/04/01 23:26:31.8057	VG		B01	1:03:04:48.000	200	44:20:21:43.8057	2016/06/07 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:26	2127526	YK8731-26B	36	2016/04/01 23:26:31.8057	2016/04/06 08:29:57.5200	CM		B01	4:09:03:25.714	140	45:23:26:31.8057	2016/06/29 00:00:00.0000
Models.MJ.Yoke:26	2127662	YKN5871B	6018	2016/04/06 08:29:57.5200	2016/04/20 16:09:08.8115	SA		B01	14:07:39:11.29	271	50:08:29:57.5200	2016/07/07 00:00:00.0000

圖 4.6 IMCSS 產生之工單與機台報表資訊

除以上各項系統及模型功能驗證外，本研究希能以改善前之真實排程情境，與導入 IMCSS 改善後之排程結果，做一個比較評估，並以輸入 4 張工單進行系統比較性驗證。圖 4.7 為個案公司生管人員以手動規劃方式產出的排程圖，該圖之基本資訊，需要從該公司 ERP 系統資料庫擷取，包含物料編號、生產訂單、數量、製程代碼、開始與結束日期等資訊。規劃人員經過許多程序及確認後，才可完成排程作業，4 張工單(生產訂單尾號為 265,045,046,297)之生產排程規劃顯示於該圖右邊。

物料編號	生產訂單	數量	起始日期	結束日期	製程	W/C	設備數	20151202	20151203	20151204	20151205	20151206	20151207	20151208	20151209	20151210	20151211	20151212	20151213	20151214	20151215	20151216	20151217	20151218		
YK8733-38B	1000090265	114	20151202	20151202	CR	1133C1	1	CO1 2																		
			20151203	20151203	GD	IQC	1		1																	
			20151204	20151204	CM	1132B2	1				B01 1															
			20151207	20151207	HQA	1141H1	1								HI-A 1											
			20151208	20151208	EG	113400	1								1											
YK8059-16B	1000091045	77	20151210	20151210	MS	IQC	1									1										
			20151202	20151202	CM	1132B3	1		B02 1																	
			20151203	20151203	GD	IQC	1		1																	
YK8015-13B	1000091046	8155	20151204	20151204	HT	1141H1	1																			
			20151207	20151207	MS	IQC	1							1												
YK8049-16B	1000091297	805	20160106	20160106	CM		1																			
			20160111	20160114	CT		1																			
			20160115	20160115	GD	IQC	1																			
			20160118	20160119	MS	IQC	1																			
			20160121	20160121	CAX	1144H3	1																			
			20160122	20160122	HO	1144H3	1																			
YK8049-16B	1000091297	805	20151202	20151214	CRX	1133C2	1	CO4 4	CO4 8	CO4 8				CO4 8	CO4 8	CO4 8	CO4 8									
			20151215	20151215	GD	IQC	1																			
			20151217	20151217	HT	1141H1	1																			
			20151218	20151218	DL	1131A5	1																			
			20151221	20151221	MS	IQC	1																			

圖 4.7 個案公司現有系統規劃之真實排程情境案例

而本研究發展的 IMCSS 會由 SAP 系統中擷取訂單、WIP、採購表單等資訊，透過物料規劃邏輯程式，自動計算及推演出各個訂單料件的交期、需求數、工單數等資訊，其次，由 IMCSS 產出的物料規劃表單內容，生管人員可以理解哪些訂單是由哪些工單或採單滿足的，並且顯示該工單號碼、預估完成日及工單供給數量。並從規劃結果可得知若有訂單的需求尚未滿足，管理者便需另行開立新工單來補足需求。另外，IMCSS 可透過 WIP 表單之報工資訊功能(舉例說明詳如圖 4.8)，得知各工單的生產進度正常、落後或超前，查詢物料最即時之製程進度。管理者可藉由 IMCSS 模型輸入即時的生產現況，包含設定模型中各參數之初始化 (Initiation) 數據，再執行模擬運作，可獲得包含工單進度之預測資料，本研究列舉 4 張工單之模擬排程進度詳如圖 4.9，該圖可顯示所有工單號碼、料號、數量、生產開始及完工日期，可提供管理者作為生管調控之參考。

工單號碼	工單項目	物料	工作中心	批號	製程	控制碼	工單完成日	工單數量	已報工數
001000095281	0040	YK8042-10B	IQC	AAK	MS	ZM03	2015/3/25	2108.000	1043.000
001000095286	0010	YK8025-13B	1132B2	YJF	CM	PP01	2015/3/30	2016.000	2016.000
001000095286	0020	YK8025-13B		YJF	CT	PP02	2015/3/30	2016.000	1344.000
001000095286	0030	YK8025-13B		YJF	CTA	PP02	2015/3/30	2016.000	1344.000
001000095286	0040	YK8025-13B		YJF	EG	PP02	2015/3/30	2016.000	1344.000
001000095286	0050	YK8025-13B	1144H3	YJF	HO	PP01	2015/3/30	2016.000	673.000
001000095286	0060	YK8025-13B	IQC	YJF	GD	ZM01	2015/3/30	2016.000	0
001000095286	0070	YK8025-13B	IQC	YJF	MS	ZM01	2015/3/30	2016.000	0
001000095286	0080	YK8025-13B	1131A1	YJF	CTY	PP03	2015/3/30	2016.000	0
001000095288	0010	YK8043-20B	1143H2	WNS	HR	PP01	2015/3/25	301.000	301.000
001000095288	0020	YK8043-20B	1132B2	WNS	CM	PP01	2015/3/25	301.000	301.000
001000095288	0030	YK8043-20B	1132B2	WNS	CMA	PP01	2015/3/25	301.000	301.000
001000095288	0040	YK8043-20B	1141H1	WNS	HT	PP01	2015/3/25	301.000	300.000
001000095288	0050	YK8043-20B	IQC	WNS	GD	ZM01	2015/3/25	301.000	0
001000095288	0060	YK8043-20B	IQC	WNS	MS	ZM03	2015/3/25	301.000	0
001000095326	0010	YK8211-015A	1141H1	UKR/UKU	HT	PP01	2015/3/12	2644.000	2643.000
001000095326	0030	YK8211-015A	IQC	UKR/UKU	GD	ZM01	2015/3/12	2644.000	2643.000
001000095326	0040	YK8211-015A	IQC	UKR/UKU	MS	ZM01	2015/3/12	2644.000	2633.000
001000095326	0050	YK8211-015A		UKR/UKU	CM	YP02	2015/3/12	2644.000	2633.000

圖 4.8 IMCSS 產出之 WIP 表單功能

	string 1	string 2	integer 3	datetime 4	datetime 5	string 6	string 7	string 8	string 9	integer 10	integer 11	string 12	string 13
string	工單號碼	物料	工單數量	工單開始日期	工單完成日	Bmsch	製程代	f	控制碼	完成	實際數	Date	Simulation_Tool
1	001000090265	YK8733_38B	114	2015/12/02 08:00:00.0000	2015/12/02 10:01:00.0000	7	CR	1	PP01		114		.Models.Frame.BF_OUT_C01
2	001000090265	YK8733_38B	114	2015/12/02 10:17:08.5714	2015/12/02 10:18:08.5714	28	GD	1	ZM01		114		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
3	001000090265	YK8733_38B	114	2015/12/04 10:18:08.5714	2015/12/07 14:56:19.4805	33	CM	1	PP01		114		.Models.Frame.BF_IN_B01
4	001000090265	YK8733_38B	114	2015/12/07 14:56:19.4805	2015/12/09 11:45:24.9351	66	HQA	1	PP01		114		.Models.Frame.BF_OUT_H1_A
5	001000090265	YK8733_38B	114	2015/12/09 11:45:24.9351	2015/12/09 13:22:36.9351	510	EG	1	PP01		114		.Models.Frame.BF_OUT_NoData
6	001000090265	YK8733_38B	114	2015/12/09 13:22:36.9351	2015/12/09 13:23:36.9351	1440	M5	1	ZM03		114		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
7	001000091045	YK8059_16B	77	2015/12/03 08:00:00.0000	2015/12/03 15:25:00.0000	96	CM	1	PP01		77		.Models.Frame.BF_OUT_B02
8	001000091045	YK8059_16B	77	2015/12/03 15:25:00.0000	2015/12/03 15:26:00.0000	180	GD	1	ZM01		77		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
9	001000091045	YK8059_16B	77	2015/12/03 15:26:00.0000	2015/12/05 16:20:25.9794	679	HT	1	PP01		77		.Models.Frame.BF_OUT_H1_B
10	001000091045	YK8059_16B	77	2015/12/05 15:20:25.9794	2015/12/05 16:21:25.9794	3883	M5	1	ZM03		77		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
11	001000091046	YK8015_13B	8155	2016/01/06 08:00:00.0000	2016/01/08 15:37:05.4545	1	CM	1	PP02		8155		.Models.Frame.BF_OUT_B03
12	001000091046	YK8015_13B	8155	2016/01/09 15:37:05.4545	2016/01/12 16:14:17.4545	1	CT	1	PP02		8155		.Models.Frame.BF_OUT_NoData
13	001000091046	YK8015_13B	8155	2016/01/12 16:14:17.4545	2016/01/16 08:59:12.8951	1	HO	1	PP02		8155		.Models.Frame.BF_OUT_H3_A
14	001000091046	YK8015_13B	8155	2016/01/16 08:59:12.8951	2016/01/18 16:46:57.8951	1	CAX	1	PP02		8155		.Models.Frame.BF_OUT_H3_A
15	001000091046	YK8015_13B	8155	2016/01/18 16:46:57.8951	2016/01/18 16:47:57.8951	1400	GD	44	ZM01		8155		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
16	001000091046	YK8015_13B	8155	2016/01/18 16:47:57.8951	2016/01/18 16:48:57.8951	7200	M5	5829	ZM03		8155		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
17	001000091297	YK8049_16B	805	2015/12/02 08:00:00.0000	2015/12/12 16:08:14.1176	102	CRX	815	PP03		805		.Models.Frame.BF_OUT_C04
18	001000091297	YK8049_16B	805	2015/12/12 16:08:14.1176	2015/12/13 16:09:14.1176	160	GD	1.11	ZM01		805		.Models.Frame.BF_OUT_IQC
19	001000091297	YK8049_16B	805	2015/12/13 16:09:14.1176	2015/12/14 08:00:45.2171	382	HT	3	PP01		805		.Models.Frame.BF_OUT_H1_C
20	001000091297	YK8049_16B	805	2015/12/14 08:00:45.2171	2015/12/16 16:47:59.0744	827	DL	2	PP01		805		.Models.Frame.BF_OUT_E07
21	001000091297	YK8049_16B	805	2015/12/16 16:47:59.0744	2015/12/18 16:47:59.0000	3398	M5	1.11	ZM01		805		.Models.Frame.BF_OUT_IQC

圖 4.9 IMCSS 模擬工單排程資訊總表

本研究利用上述 4 張工單排程為範例，驗證該個案公司導入 IMCSS 前與 IMCSS 模擬排程之結果如表 4.8，做一個比較評估，兩種排程數據進行比對如下圖 4.10，圖(a)為 4 張工單以人工作業方式獲得之排程進度，圖(b)為模擬模型預測之排程進度，比較進度內容可以看到 IMCSS 的規劃預估結果，與生管人員真實規劃之內容大致相符，經過現場人員與管理者進行認證後，證明 IMCSS 已具有可信度。

表 4.8 4 張工單模擬排程結果

工單單號	數量	物料料號	人工作業方式之排程進度		IMCSS 模擬預測之排程進度	
			開始時間	結束時間	開始時間	結束時間
0010009265	114	YK8733-38B	2015/12/02	2015/12/10	2015/12/02	2015/12/09
0010091045	77	YK8059-16B	2015/12/02	2015/12/07	2015/12/03	2015/12/05
0001091046	8155	YK8015-13B	2016/01/06	2016/01/22	2016/01/06	2015/01/18
0010091297	805	YK8049-16B	2015/12/02	2015/12/21	2015/12/02	2015/12/18

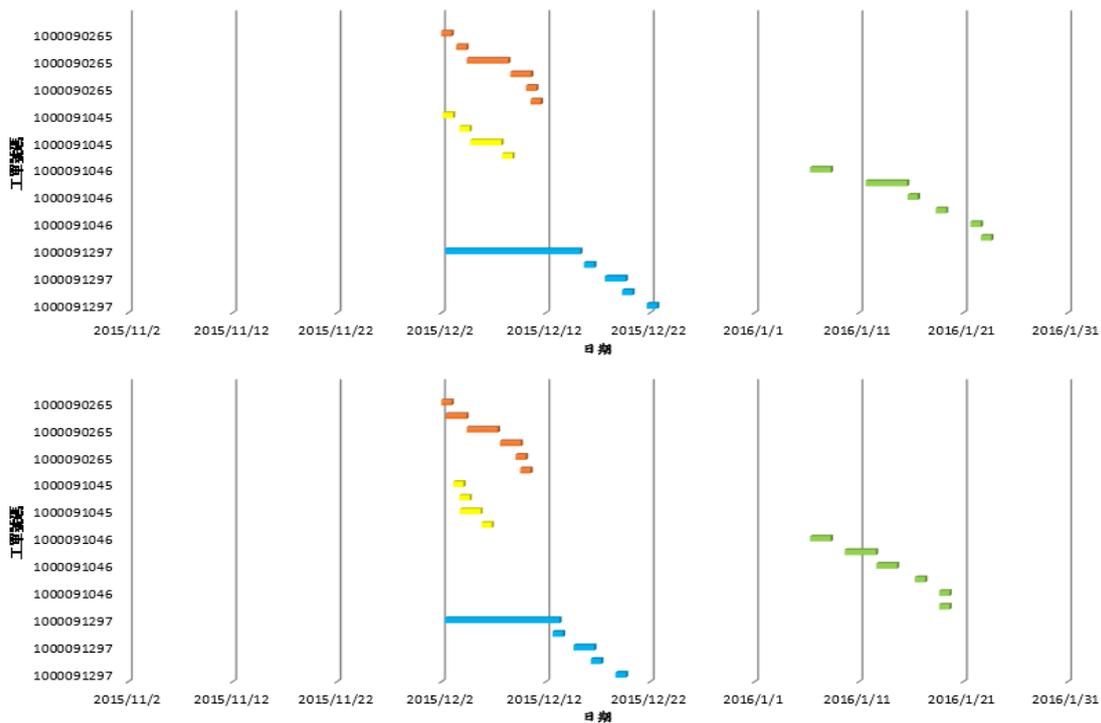


圖 4.10 (上圖)人工作業方式之排程進度;(下圖)IMCSS 模擬預測之排程進度

4.2 IMCSS 改善方案模擬展示及效益評估

為評估導入 IMCSS 之效益，本研究針對個案公司所面臨的物料及產能管理問題(詳如第一章 1.1 研究背景)，將個案公司實際生產數據納入 IMCSS 模型參數，並以(1)原公司 MRP 人工排程(現況)(2)先進物料規劃(導入後)及(3)IMCSS 規劃(導入後)等三種情境進行模擬，並作比較與評估。情境背景為模擬該生產線 20 張訂單需求，且 20 張訂單產品之 BOM 表複雜程度皆不同，複雜度以 BOM 表展開料件總數目做區分，可區分為 3 種等級如表 4.7 所示，模擬績效指標產出項目為 20 張訂單的完工時間及 13 個機台群組平均 WIP 數量等指標變化情況，詳如表 4.8 及表 4.9，根據三種情境之模擬規畫結果評估 IMCSS 對提升個案公司生產管理之效益。績效指標之模擬結果及分析如下敘述。

表 4.7 產品複雜度區別表

複雜度等級	1 級	2 級	3 級
物件 BOM 表展開之總 料件數目	1~15 件	16~30 件	30 件以上

1. 模擬工單完工時間

本研究透過實驗設計進行三種不同情境下的模擬，以 20 張工單作為模擬範例，在 IMCSS 模型中導入 3 種情境之參數及數據，模擬結果詳細如表 4.8，情境(1)為個案公司原執行之 MRP 排程方式，模擬結果發現 5 張工單因為複雜度最低(1 級)，完工時間在 3-9 天內，平均值也是 20 張工單中最短的，相對地，複雜度高的工單(3 級)平均完工時間最長，在 7-26 天內，而級數 2 之物料完工時間介於其間。此結果符合真實生產邏輯及現況，證明此模型具可用性及有效性。

情境(2)為模擬先進物料規劃(AMP)結果，結果顯示 20 張工單之中有 18 張工單均可減少完工時間，減少比率由 6.67%至 66.67%，顯示 AMP 方法對提升達交率有明顯助益。另外，對產品複雜度較低(1 級)的物料，其完工時間縮短比例較高，平均改善效果最佳(減少比率由 14.29%至 37.35%)，相反的，複雜度較高之物料(3 級)則平均改善效果相對較低(減少比率由 10.34%至 16.67%)，級數 2 之物料完工時間改善情形介於其間。由模擬結果證明先進物料規劃方法可有效改善個案工廠之生產效能，縮短完工時間。

情境(3)為導入 IMCSS 之模擬，結果顯示 20 張工單之中有 17 張工單均可減少完工時間，減少比率由 4.76%至 50.00%，顯示導入 IMCSS 對提升生產效率有明顯助益，另外，對產品複雜對較低的物料(1 級)，其完工時間縮短比例較高，平均改善效果較佳(完工天數減少比率由 11.11%至 42.86%)，相反的，高複雜度物料(3 級)則改善效果相對較低(減少比率由 4.76%至 20.69%)。級數 2 之物料完工時間改

善情形顯示變動範圍較大(減少比率由 6.67%至 50.00%)，但平均值皆有改善效果。由模擬結果證明導入 IMCSS 可改善個案工廠之完工時間。

由上述分析結果顯示，導入 AMP 及 IMCSS 之方案均獲得明顯的產能績效改善現象，有效縮短工單完工時間。

表 4.8 不同情境之工單完工時間統計表

工單單號	生產數量 (EA)	物料料號	產品複雜度	(1)原	(2)先進物料規劃		(3)IMCSS 規劃	
				MRP 規劃	完工天數	完工天數增減率(%)	完工天數	完工天數增減率(%)
00109104A	400	YK8059_13B	1	3	2	-33.33	2	-33.33
00109104F	1200	YK8059_12B	1	7	6	-14.29	4	-42.86
00109104I	400	YKN5271B	1	4	3	-25	3	-25
00109104N	1600	YKN5872B	1	8	5	-37.5	7	-12.5
00109104R	2900	YK8059_12B	1	9	7	-22.22	8	-11.11
00109107B	500	YK8015-13B	2	5	4	-20	3	-40
00109105C	300	YKX015-16B	2	12	4	-66.67	6	-50
00109106E	150	YK8026-07L	2	4	5	25	4	0
00010902G	3000	YK8733_11B	2	13	11	-15.38	10	-23.08
00109107J	500	YKN7029B	2	13	11	-15.38	14	7.69
00109105K	3420	YKN5869B	2	16	14	-12.5	12	-25
00109106M	150	YKN5871B	2	5	4	-20	3	-40
00010902O	3000	YK8733_11B	2	14	16	14.29	10	-28.57
00109106Q	3690	YKN3710B	2	16	14	-12.5	12	-25
00010902S	3560	YK8733_11B	2	15	14	-6.67	14	-6.67
00109104D	600	YKN3610B	3	8	7	-12.5	9	12.5
00109108H	6220	YK8015-32B	3	29	26	-10.34	23	-20.69
00109104L	2410	YKN3610B	3	21	23	9.52	20	-4.76
00109108P	6210	YKN3035M	3	30	25	-16.67	24	-20
00109108T	5960	YK8015-32B	3	26	23	-11.54	22	-15.38

2. 模擬機台平均 WIP 數量

本研究篩選 13 個主要生產機台作為範例，模擬其平均 WIP 數量，在 IMCSS 模型中導入 3 種情境之參數及數據，模擬結果詳細如表 4.9，情境(1)為模擬原生產線使用 MRP 之結果，13 個機台中，平均 WIP 數量由 10.47 個至 2044.61 個。再導入 AMP 之後(情境 2)，6 個機台 WIP 減量，減少比率由 0.09% 至 20.12%，但有 7 個機台輕微增加 WIP 數，增加比率由 0.65% 至 5.83%，模擬數據顯示 AMP 對降低機台平均 WIP 數有部分助益；情境(3)之模擬結果顯示，除 1 個機台增加 22.74% 外，其餘 12 個機台均有效減少 WIP 數量，減少比率由 3.99% 至 29.35%，模擬數據顯示導入 IMCSS 對降低機台 WIP 數有明顯的效果。

表 4.9 不同情境之機台平均 WIP 數量統計表

機台群 組編號	(1)原 MRP 規劃	(2)先進物料規劃		(3)IMCSS 規劃	
	平均 WIP 數	平均 WIP 數	WIP 增減率(%)	平均 WIP 數	WIP 增減率(%)
C03	10.47	9.58	-0.09	8.97	-14.26
B02	42.09	33.62	-20.12	40.41	-3.99
A01	201.48	208.44	3.45	142.34	-29.35
A02	260.37	275.55	5.83	209.10	-19.69
C01	510.41	520.87	2.05	444.30	-12.95
C02	550.08	558.00	1.44	522.61	-4.99
D06	601.27	605.39	0.69	489.25	-18.63
B04	615.04	594.27	-3.38	580.41	-5.63
D04	757.03	765.97	1.18	724.56	-4.29
D05	809.73	815.01	0.65	993.85	22.74
D03	918.94	893.83	-2.73	758.90	-17.42
D02	1208.96	1117.17	-7.59	909.42	-24.78
B03	2044.61	1844.87	-9.77	1857.25	-9.16

綜合而言，模擬情境(3)之改善生產績效結果，初步證明導入 IMCSS 可獲得最明顯的縮短工單完工時間及降低在製品存貨現象，但是執行方案(3)的影響效應，仍需要作長期及大量訂單的成本效益分析。

4.3 綜合評估

由以上兩章節之敘述內容，說明本研究以實作方式驗證 IMCSS 之效能與適用性，經個案公司現場專家及管理者檢測系統的架構、邏輯、數學及因果的關係，確認系統內容的正確性、合理性與適用性均能符合該公司的現況與需求。另外針對 3 種情境，對完工時間及 WIP 存量兩種關鍵績效指標作模擬結果，可以證明 IMCSS 具備實際運作之功能性，及解決個案公司物料與產能控制問題之能力。

第五章 結論

本研究針對國內某金屬五金鉤具製造公司之背景及該公司所面臨的物料及產能問題，利用 Excel VBA 程式結合 Plant Simulation 軟體作為工具，發展出整合性物料規劃與產能模擬系統(IMCSS)，發展過程運用 MDA 系統分析模式，以執行設計及開發程序。IMCSS 將生產排程納入模擬系統中，並提供系統能依使用者需求而變換模擬模型之功能，藉此功能可考慮物料規劃邏輯，解決複雜之派工與機台模具設定問題，同時可蒐集產線機台之生產資料，以利於分析變動因子對產能之影響，使 IMCSS 能夠執行多種不同情境之模擬實驗，有效率地提供生產管理者最適化的物料管理及排程規劃方案，可解決個案公司的生產瓶頸問題。

本研究建立 IMCSS 模型及其資料庫架構，經實際驗證及模擬展示結果，可解決個案公司面臨的物料及產能管理問題，綜合研究內容，可歸納以下結論：

1. 針對個案公司的背景與生產問題，利用 APS 邏輯、產能系統模擬技術與模型驅動架構方法，發展出 IMCSS，以提升個案生產線的管理與控制效能。
2. IMCSS 經過產線作業人員與管理幹部以實作驗證方式，檢測其系統的架構、邏輯、數學及因果的關係，內容包含四項主要驗證項目(1)物料規劃邏輯正確性(2)機台模具變化運作功能之設定功能(3)不同生產途程設定功能(4)機台加工時間等。最後驗證結果，IMCSS 設計內容的正確性、合理性與適用性均能符合該公司的現況與需求。
3. 利用 IMCSS 模型針對 3 種不同複雜度的物料，模擬個案公司現況排程及導入 AMP、IMCSS 後，對 20 張工單之完工時間作模擬評估，發現 AMP 及 IMCSS 之方案均獲得明顯的產能績效改善現象，有效縮短工單完工時間。

4. 利用 IMCSS 模型針對 13 個主要生產機台，模擬個案公司現況排程及導入 AMP、IMCSS 後，其平均 WIP 數量，模擬結果證明導入 IMCSS 具備解決個案公司減少在製品存貨與提升產能效率之能力。
5. 個案公司面對日趨複雜的生產訂單及製程環境，可利用 IMCSS 評估不同績效水準下的解決方案成效，縮短工單排程及完工時間，提升個案公司管理者之規劃與決策品質，提高顧客訂單達交率及增加企業經營績效。
6. 本研究雖然針對個案企業獲得 IMCSS 的初步驗證成果，若系統設計架構經過小幅調整後，可以推廣至其他類似之金屬加工產業，加強實務界在物料管理及排程規劃研究的不足，並將理論與實務技術結合，並使模擬分析具備管理及支援決策之功能。

5.1 未來研究方向

本研究發展之 IMCSS 僅針對一個企業做系統驗證，未來將增加驗證個案數量，以增加系統的可信度及改良系統之機會。另外，本研究在建立模擬模型過程仍有許多假設及限制，未來可再精確發展模型架構，並且擴展至其他供應鏈企業，建置更廣泛的 IMCSS，以整合供應鏈中需求、採購、生產、配銷等訊息，驅動改善行動，希望達到整合管理之目的。

參考文獻

- 任筱立、陳鈺璋。(2008)。中小型企業回應能力之提升—先進規劃排程系統之建置。建國科大學報：特稿，28(1)，63-80。
- 陳伊誠。(2006)。發展及運用先進規劃排程系統於生產作業之效益分析(碩士論文)。國立台灣科技大學工業管理所，台北市。
- 陳建宏。(2013)。整合元件製造廠導入先進規劃與排程系統之研究-以 A 公司為例(碩士論文)。國立臺北科技大學管理學院工業工程與管理所，台北市。
- 陳勝一。(2007)。批量加工之排程問題-半導體廠爐管機台為例(碩士論文)。清華大學工業工程與工程管理學系，新竹市。
- 黃忠誠。(2003)。先進規劃排程對不銹鋼供應鏈之影響(碩士論文)。國立成功大學企業管理學系，台南市。
- 劉渙釗。(2002)。什麼是 ERP? 。安瑟顧問 <http://www.anser.com.tw/>。
- Akrami, B., Karimi, B., & Moattar Hosseini, S. M. (2006). Two meta heuristic methods for the common cycle economic lot sizing and scheduling in flexible flow shops with limited intermediate buffers: The finite horizon case. *Applied Mathematics and Computation*, 183(1), 634-645.
- Arisha, A., & Young, P. (2004, December). Intelligent simulation-based lot scheduling of photolithography toolsets in a wafer fabrication facility. In *Proceedings of the 36th conference on Winter simulation* (pp. 1935-1942). Winter Simulation Conference.
- Barua, A, Raghavan, N, Upasani, A, & Uzsoy*, R. (2005). Implementing global factory schedules in the face of stochastic disruptions. *International Journal of Production Research*, 43(4), 793-818.
- Cohen, M. A., & Lee, H. L. (1988). Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and methods. *Operations research*, 36(2), 216-228.
- Cohen, M. A., & Moon, S. (1991). An integrated plant loading model with economies of scale and scope. *European Journal of Operational Research*, 50(3), 266-279.
- Chan, F., Chan, H., & Lau, H. (2002). The state of the art in simulation study on FMS scheduling: a comprehensive survey. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 19(11), 830-849.
- Chou, Y. C., Cheng, C. T., Yang, F. C., & Liang, Y. Y. (2007). Evaluating alternative capacity strategies in semiconductor manufacturing under uncertain demand and price scenarios. *International Journal of Production Economics*, 105(2),

591-606.

- Chen, Yin-Yann, Lin, James T, & Chen, Tzu-Li. (2011). A two-phase dynamic dispatching approach to semiconductor wafer testing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(5), 889-901.
- Dellaert, N., & Jeunet, J.(2000). Solving large unconstrained multilevel lot-sizing problems using a hybrid genetic algorithm. *International Journal of Production Research*, 38(5), 1083-1099.
- Dellaert, N. P., & Jeunet, J.(2003). Randomized multi-level lot-sizing heuristics for general product structures. *European Journal of Operational Research*, 148(1), 211-228.
- Euwe, M. J., & Wortmann, H.(1997).Planning systems in the next century(I). *Computers in Industry*, 34(2), 233-237.
- Errington, J. (1997, December). Advanced planning and scheduling (APS): a powerful emerging technology. In *Next Generation IT in Manufacturing (Digest No: 1997/315)*, IEE Colloquium on (pp. 13-36). IET.
- Gunnar Bolmsj, A., & Harlin, U. (2002). A Survey of the Use of the Discrete-event Simulation in Manufacturing Industry. *Journal of Xiamen University(Natural Science)*.
- Gupta, Amit K, & Sivakumar, Appa Iyer. (2002). *Simulation based multiobjective schedule optimization in semiconductor manufacturing*. Paper presented at the Simulation Conference, 2002. Proceedings of the Winter.
- Han, Y., Tang, J., Kaku, I., & Mu,L.(2009). Solving uncapacitated multilevel lot-sizing problems using a particle swarm optimization with flexible inertial weight. *Computer & Mathematics with Applications*, 57(11-12), 1748-1755.
- Hvolby, H. H., & Steger-Jensen, K. (2010). Technical and industrial issues of Advanced Planning and Scheduling (APS) systems. *Computers in Industry*,61(9), 845-851.
- Ho, J. C., Solis, A. O., & Chang, Y.L.(2007). An evaluation of lot-sizing heuristics for deteriorating inventory in material requirements planning systems. *Computers & Operations Research*, 34(9), 2562-2575.
- Lin, J. T., Chen T. L., Lin Y.T.(2009). Critical material planning for TFT-LCD production industry. *International Journal of Production Economics*,122(2).
- K ä mpf, M., & K ö chel, P.(2006). Simulation-based sequencing and lot size optimization for a production-and-inventory system with multiple items. *International Journal of Production Economics*, 104(1), 191-200.
- Kabak, Kamil Erkan, Heavey, Cathal, & Kernan, Brian. (2012). *Single toolset modeling approaches in semiconductor manufacturing*. Paper presented at the

Proceedings of the Winter Simulation Conference.

- Lyu, J. J., & Lee, M.C.(2001). A parallel algorithm for the dynamic lot-sizing problem. *Computer & Industrial Engineering*, 41(2), 127-134.
- Lejmi, T., & Sabuncuoglu, I. (2002). Effect of load, processing time and due date variation on the effectiveness of scheduling rules. *International Journal of Production Research*, 40(4), 945-974.
- Liang, S.-K., & Wang, C.-N. (2005). Modularized simulation for lot delivery time forecast in automatic material handling systems of 300 mm semiconductor manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26(5-6), 645-652.
- Lee, YF, Jiang, ZB, & Liu, HR. (2009). Multiple-objective scheduling and real-time dispatching for the semiconductor manufacturing system. *Computers & Operations Research*, 36(3), 866-884.
- Yenisey, M. M. (2006). A flow-network approach for equilibrium of material requirements planning. *International journal of production economics*, 102(2), 317-332.
- Moreno, M. S., & Montagna, J. M. (2009). A multiperiod model for production planning and design in a multiproduct batch environment. *Mathematical and Computer Modeling*, 4(7-8).
- Malmstrom, C. (1997, October). An integrated approach to planning and scheduling at Philips Semiconductors. In *Semiconductor Manufacturing Conference Proceedings, 1997 IEEE International Symposium on* (pp. D27-D29). IEEE.
- Öztürk, C., & Ornek, A. M. (2014). Operational extended model formulations for Advanced Planning and Scheduling systems. *Applied Mathematical Modelling*, 38(1), 181-195.
- Segerstedt, A.(1995). Cover-time planning, a method for calculation of material requirements. *Int. J. Production Economics* (41) 355–368.
- Sun G.J., Lin. Y.K., Lan Y.F.(2010). Optimizing material procurement planning problem by two-stage fuzzy programming. *Computers & Industrial Engineering*, 58(1), 97-107.
- Suerie, C., & Stadtler, H. (2003). The Capacitated Lot-Sizing Problem with Linked Lot Sizes. *Management Science*, 49(8), 1039-1054.
- Song, D.P. (2006). Raw material release time control for complex make-to-order products with stochastic processing times. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 371-385.