

第二節 產品模組化規劃實施

一、R 公司原有的產品線研發設計生產模式

由於 R 公司為因應市場需求長期強調客製化的行銷策略，對每一筆訂單均採製造命令專案管制，研發及加工組裝生產人員以完成訂單任務為目標，只要求品質規格功能符合客戶需求，並未強調導入「模組化 Module」的設計理念，造成產品與料件種類，每年超過 8000 筆的速度快速增加。

R 公司原有的產品設計架構，較接近整合性架構設計(歐芝岑 2001)，以創造「最佳化」產品為主，產品功能需求較複雜，也就是非一對一方式對應到實體元件上，元件介面間彼此耦合。由於以「最佳化」為設計目標，因此產品設計先依顧客需求定義完整的最佳產品屬性，R 公司稱之為訂單審核，接著再將產品屬性轉換為所需的產品功能，並將產品功能分解至各元件，形成初步設計。在一連串將零件整合的最佳化過程後，才形成最終的最佳化設計。整合性架構設計中元件與元件間介面的設計於反覆最佳化過程中確立，產品架構亦於最佳化產品設計完成後才加以定義。

藉電腦輔助設計之助，設計人員可彼此引用現有的產品設計，加以修改以快速回應訂單的要求，但由於整合性架構其元件間介面彼此耦合，因此任何功能的改變將需同時變動數個元件，同時由於元件的生產流程不具彈性，無法達到產品多樣性。因缺少模組化的設計理念，同一筆訂單設計人員可能引用不同現有的產品設計加以修改，而有不同的產品架構出現，更有甚者，對一筆新接訂單設計人員可能不知引用最適的現有產品設計作最小幅度的修改，而有全新的產品架構出現。由於產品與料件種類無預期的產出，造成對各部門明顯的負面影響：

(一) 對業務部門造成下述的負面影響

1. 對客戶的產品機能需求無法清楚切割，常導致客戶購買了多餘的閒

置機能。

2. 對客戶的產品承諾，經常無法與研發設計與廠務單位完整無誤的溝通，縱使有研發設計與廠務單位的參與訂單審核也會有落差。
3. 成本掌握不易，經常直到產品完工才知道是否有利潤，面對同業競爭無法清楚接單的售價底線。
4. 不易預測市場需求，無法安排計劃性生產。

(二) 對採購單位造成下述的負面影響

1. 資材人員無法進行計劃採購，改採依訂單批次採購，採購批量減少，成本不易降低。
2. 由於資材人員無法進行計劃採購，採依訂單批次採購，為回應訂單交期，經常須以加班或給予協力廠商額外費用例如換線費用，以求完成任務，造成額外成本增加。
3. 為新增料件尋找合格協力廠商、議價、與協力廠商技術交流等隱藏性成本增加。

(三) 對加工組裝單位造成下述的負面影響

1. 缺少量產的學習效果，多能工養成不易。
2. 缺少生產工時等經驗數據，不利於生產排程與產能負荷預估。

(四) 對客戶之售後服務造成下述的負面影響

1. 售後服務所須的料件種類繁多，無法一一備齊，易造成客戶機械維修待料而停機。
2. 產品品質問題不易作系統性的收集分析，無法提供研發設計與採購單位作為改善依據。

二、R 公司採取產品模組化做法如下述

(一) 產品模組分割

對機械組裝製造業而言，產品模組化的目的簡言之，就是不希望產品從商品基本構想企劃、開發、設計到產品試作階段，一切「從零開始」。模組化手法可粗略區分為：

1. 由製造觀點做模組分割。
2. 由功能觀點做模組分割。
3. 由綠色觀點做模組分割。

上述產品模組化分割法，各有其優點與限制，端視產品特性、設計者專業能力或企業政策而作取捨，選擇一項或多種方法併用。本研究以顧客價值方面探討，因而使用功能觀點作模組分割。

R 公司以現有機械產品系列作模組化探討，機械產品絕大部份為鋼材鑄鐵等金屬材料，而廢鋼材鑄鐵材料有完整的國際性的回收系統，理論上這些機械產品最終都會進入回收系統，原為簡化研究問題，現有機械產品系列作模組化過程中，不考慮第三項由綠色觀點做模組分割，但近年來環保法令要求日趨嚴格，機械產品中使用的部分橡塑膠零件設計，仍無法規避綠色環保的要求。

R 公司以現有產品系列作模組化(圖 3-1)，由於要適應客製化的生產模式，經常以快速回應滿足客戶需求為首要考量，產品設計時很難兼顧爾後系列產品的標準化與模組化，造成具某一模組功能組件無法組裝於其他系列產品，或者為了組裝某一模組功能組件，而必須修改其他功能組件的情況，造成料件種類無限制地增加，降低產品系列作模組化後帶來的料件種類減少的正面效益，所以以現有產品系列作模組化，模組架構中各別介面的導入是有必要的，關鍵在於因模組化產品導入的成本降低價值須高於因各別介面的導入所增加的成本。

(二) 產品模組化觀點

建立各產品模組的直接成本，有利於業務部門依客戶功能需求，作產品模組組合挑選，快速回應客戶報價要求，為了導入「模組化 Module」

的設計理念，且須面對以往已推出的產品售後服務需求的情形下，R 公司集合研發、業務以及生產部門主管，擬定模組化步驟：

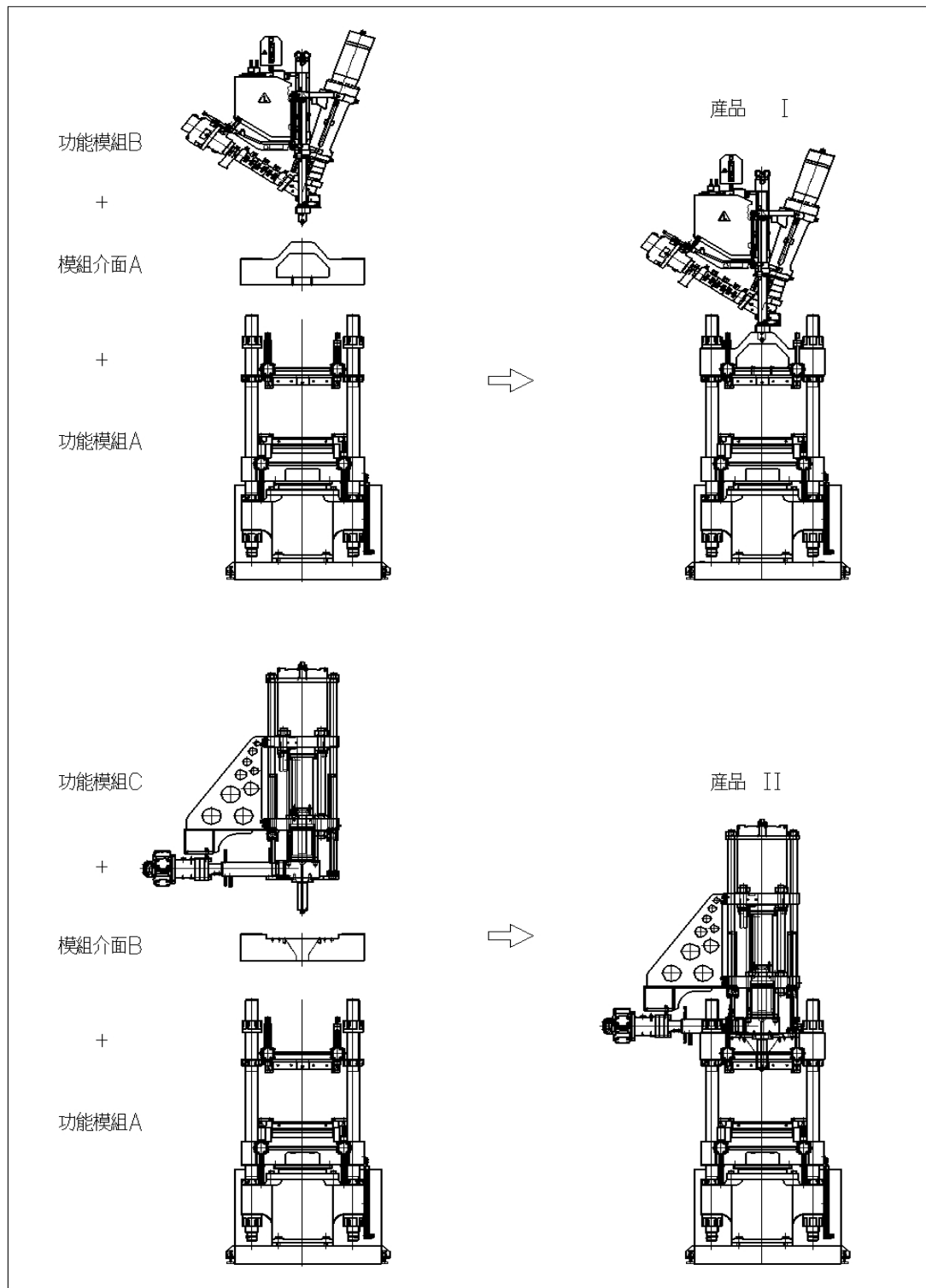


圖 3-1 現存產品模組與模組介面切割案例

資料來源：本研究整理

1. 決定產品大分類與分類原則建立產品樹，清楚掌握系列產品範圍，依據下述分類原則：

- (1).分屬不同產品結構，不易共用相同模組。
- (2).產品的使用範圍有共通性，可形成一系列產品，
- (3).產品使用的料件有高度的重複或類似，
- (4).市場上客戶對系列產品有近似族群的認知，例如消費者對汽車會有主觀上的認定，那些屬於休旅車族群，那些屬於轎車族群。
- (5).形成之系列產品以佔營業額比重排序。

R 公司將 1997 年至 2000 年所銷售的機器產品，依據上述原則區分成六大類，選擇 1997 年至 2000 年所銷售的機器產品作分類，主要考量是 R 公司於 1997 年 4 月導入 MIS，有利於資訊的收集。六大類產品：

- A 類 柱形加硫機系列
- B 類 旁板形加硫機系列
- C 類 橡膠射出機系列
- D 類 橡膠預成型機系列
- E 類 C 形加硫機系列
- F 類 門形加硫機系列及其他無法明確歸類至上述分類之產品

2. 選定進行模組化的產品類別，由業務部門對上述六大類機器產品作 1997 年至 2001 年佔營業額比重分析，分析結果由於 A 類柱形加硫機系列及 C 類橡膠射出機系列佔營業額比重高達 80%，為集中資源快速驗證，並獲取效益，經部門經理會商決定由此兩系列產品設定為維護改良型產品，在不破壞產品架構與標準化原則下，進行模組化及目標成本之研究探討。

而 D 類橡膠預成型機系列、E 類 C 形加硫機系列及 F 類門形加硫機系列及其他無法明確歸類之產品，該公司設定為重新再造

型產品，即仍維持依客戶訂單生產，不作產品標準化考量，此一決定固然是因產品訂單批量小，功能規程差異大，佔營業比重不高所致。但另一重要原因是，模組化雖具備以合理成本創造多樣化產品的優點，但模組化會降低與限制產品設計自由度，若企業完全依賴模組化的概念開發新產品，R 公司惟恐面臨無法突破既有產品架構的窘境，更何況 R 公司長期將自己定位為客製化之機械製造業，且獲得成功，自然希望仍保有這方面的能力。

B 類旁板形加硫機系列，該公司雖設定為重新再造型產品，主要原因是剛投入開發小批量試產，但開發過程仍須同時考量單一產品最佳化與未來整體產品線標準化，隨著系列齊全與產品多樣化，標準化效益將逐漸呈現，此產品類型將轉移成維護改良型。

(三) EMFD

EMFD 除具有 MFD 為基本架構外，另延伸四點(如下)使產品模組化可更周全。

1. 顧客價值體系
2. 系統模組化循環
3. 全方位設計(DFX)
4. 目標成本到改善成本

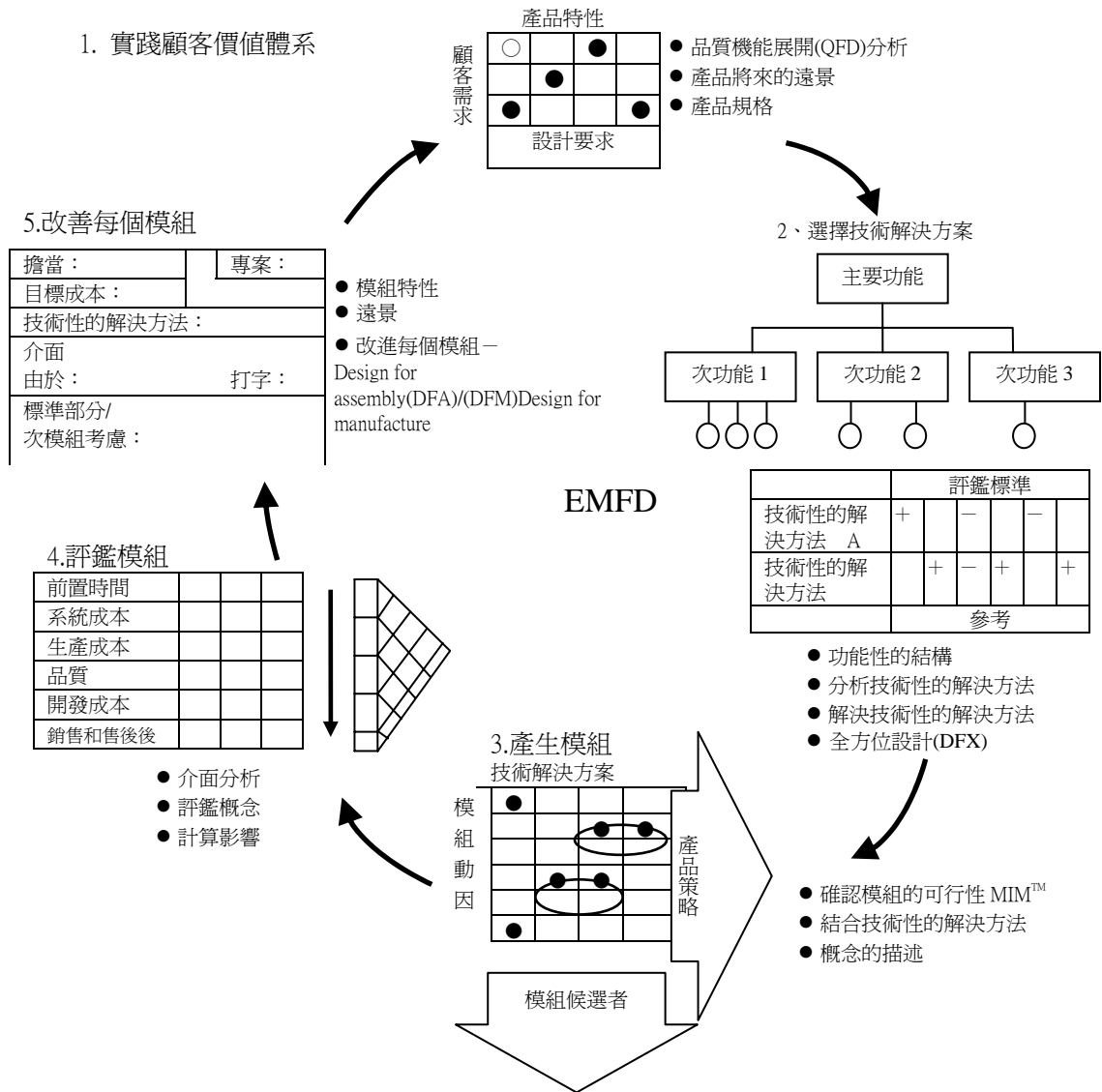


圖 3-2 EMFD 的五個步驟

資料來源：本研究整理

(四) R 公司目標系列產品模組功能開發步驟及說明

經過上述兩過程將產品區分為六大類別，並且選定 A 類柱形加硫機系列與 C 類橡膠射出機系列為優先產品模組功能開發對象，但因長期客製化結果，產品功能規格與使用料件均無一明確輪廓，必須對既有產品線再作模組功能開發循環重新檢討，並依照 EMFD 的五個步驟進行產品模組化，R 公司推動方式如下。

步驟 1. 實踐顧客價值體系

界定產品在市場定位為「產品滿足兩極化市場，須滿足歐美等要求產品高精度多功能價格接受度高的市場，同時滿足亞非南美等要求產品功能單純價格接受度低的市場，產品給所有客戶具有品質穩定的生財器具的強烈印象，市場售價高低不表現於產品外觀品質」。

界定目標客戶群重要性的優先次序，R 公司產品雖經過部份設計改善可適用於廣泛的橡膠製品產業客戶群，事實上橡膠製品產業如交通器材、製鞋業、運動器材、醫療器材、資訊器材、密封器材等等對機器產品需求均有其差異性，未對目標客戶群重要性的優先次序作區隔，會模糊客戶對產品的真正期望，影響到產品設計要求。

經過界定產品在市場定位與目標客戶群重要性的優先次序後，R 公司由研發部門生產部門以及與顧客直接接觸的業務服務單位組成之工作團隊，透過如(表 3-1)品質機能展開，確保現有產品模組化過程能持續滿足顧客需求程度，汰除多餘不必要的功能，而且目標客戶群需求均列入考慮。

界定目標市場與產品需求後，由業務與研發部門對市場上競爭者產品作品質與價格分析，藉以完成或修正所界定的客戶需求與公司須要。

步驟 2. 選擇技術性的解決方案

針對(表 3-1)品質機能展開分析中所述的品質特性，界定產品的主功能與次功能，此過程也稱為功能模組的分解。功能的分解以各功能最大的獨立性、最小的相互作用及最少的模組介面聯結，作為分解的依據。當功能需求確定須進一步以工具樹(means tree)來檢視(圖 3-3 主機部功能與工具樹)。由於 R 公司是以既有產品線作模組功能展開，產品銷售記錄在技術解決方案過程中，亦可再度確認

是否有具市場價值的客戶需求被忽略。

表 3-1 品質機能展開

顧客價值體系【What】		產品特性【How】	權重	趨勢	熱板面壓力均勻	熱板溫度誤差	熱板平行度	機器壓力最大值	機器操作高度	離形劑隔離密閉性	合計
目標		影響	屬性										
品質	機械所生產產品品質	硬度均質性	5	→	3	9	1						70
		外觀尺寸均質性	5	→		3		9					60
		密度均質性	5	→	9	9	9						14
	機械的品質	內外部不能有氣泡	4	→									36
		機械外觀美觀持久	1	→									9
		主結構滿足業界共認期望壽命週期	2	↑				9					18
成本	產品壽命週期成本	產品不被污染	3	→								9	36
		定期保養與故障維修成本	3	→									63
		操作成本(稼動率,人工成本,水電費用..等)	1	→									12
	市場目標價格	高稼動率	2	↑									20
安全	操作環境	初期投資成本	3	↑									27
		機械噪音低	1	→									12
	廢氣的排放安全	2	→										24
人身安全法規	操作者與維修者安全性	5	↑									60	
環保	綠色環保設計	生產餘料最小化	1	→									6
		鑄件鋼材再使用	1	→									3
		液壓油橡塑膠品回收	3	↑									9
方便	操作方便性	操作符合人體工學	1	→									9
		產品脫模需求模具層數	4	→									36
	安裝方便	機械吊掛搬運	3	↑					3				9

計分方式：由弱（1分）、中（3分）與強（9分）來計算。

資料來源：本研究整理

透過產品樹的建立，可以看到完整的產品樹狀圖，能清楚掌握各項產品功能模組的應用，及模組與模組介面需求。

當明確顧客對產品機能需求，目標銷售價格即能以公司規劃之售價提出，有快速報價的效果，但以產業環境而言，處於消費者經濟時代，機械製造業最後成交價格受到競爭對手售價影響最大，通常不易依企業的策略利潤目標來堅持售價底線。透過產品樹的建立與應用還有其他正面效益：

(1)由產品樹狀圖可得知產品對營業額與毛利率貢獻度的分佈情形。

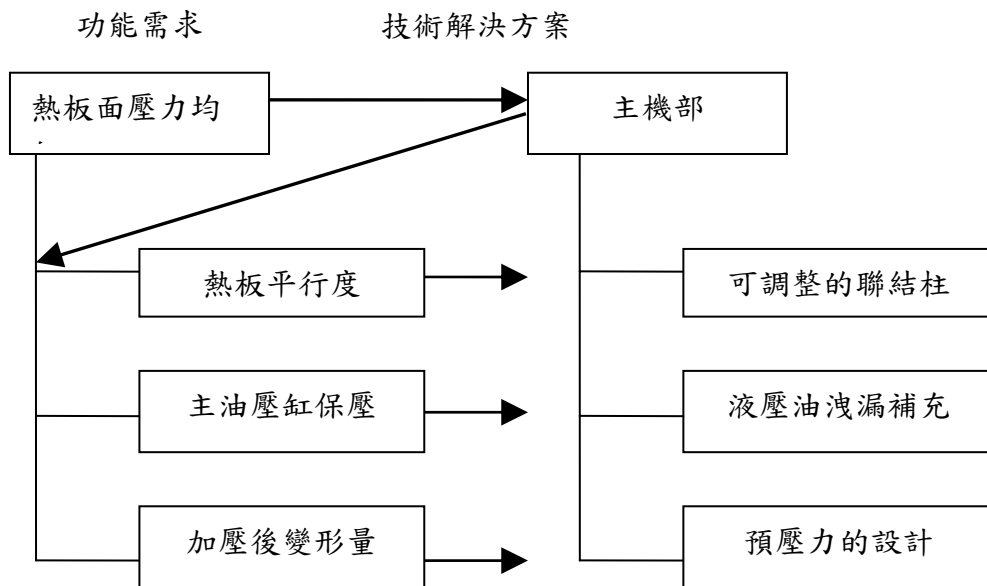


圖 3-3 主機部功能與工具樹

資料來源：本研究整理

- (2)由產品樹狀圖與客戶詢價頻率可得知產品在市場需求情形，結合業務部市場預估，決定各模組安全存量。
- (3)新產品線應用舊有技術與機能模組的可行性探討。
- (4)機能模組因品質問題的維修作業對整體產品線影響評估等等。

以上各項分析，可讓企業有效地決定資源的配置，避免企業投入大量資源於客戶詢價頻率低甚至於無市場需求的產品。

步驟 3. 產生模組

在模組動因的幫助下，藉由模組標示矩陣(module indication matrix,MIM)(表 3-2)，以點數系統為基礎評等分析與定義步驟 2 的技術解決方案。

表 3-2 模組標示矩陣 (MIM)

主機部系統	主機部	9	3	9	9			9	1	9	9								
	機器台座	9	1		9			9	1	9	3								
成品原料取放系統	脫模部	9	9		9	9		9	9	9	3	9	3	9				3	
	射出部	9		9	9			9	9	9	9		9	9					
	傳動部				9				1	9	1								
	上支架部				9				1	9	1								
電氣控制系統	電氣箱及附件	9	3		9						3							1	
	微動開關部									9	3						3		
	電氣系統	9	9				9			9	9	9	9	9	9	9	3	3	
	真空系統	9								9	9								
動力	油壓系統	9					9			9	9	9	9			9	3		
支援性系統	介面選擇件					9													
	五金市購件			1							9								
技術解決方案		快速報價	功能差異	成本改善	呆滯品減少	設計變更容易	分離品質測試	料件簡化	製程簡化	共用件	採購批量提高	減少專業技術需求	品質	成本	安全	環保	方便	模組動因	
																		行銷企劃	

計分方式：由弱（1分）、中（3分）與強（9分）來計算。

資料來源：本研究整理

R 公司研發部門將 A 類柱形加硫機系列與 C 類橡膠射出機系列，先依組裝程序與研發、資材組織功能區分為 4 大系統(主功能)(圖 3-4)與 1 個支援性系統，4 大系統往下階再區分 11 項功能模組(次功能)，支援性系統往下階再區分 2 項次支援性系統。R 公司 4 大系統及下階之 11 項次功能模組分別為：

(1) 主機部系統

A 功能模組 主機部

B 功能模組 機器台座

(2) 成品原料取放系統

C 功能模組 脫模部

D 功能模組 射出部

E 功能模組 傳動部

F 功能模組 上支架部

(3) 電氣控制系統

G 功能模組 電氣箱及附件

H 功能模組 微動開關部

I 功能模組 電氣系統

J 功能模組 真空系統

(4) 油壓動力系統

K 功能模組 油壓系統

支援性系統

A 次支援性系統 介面選擇件

B 次支援性系統 五金市購件

各項功能模組說明如下：

A 功能模組 主機部：包含產生夾持力之主油壓缸、頂座、支柱(或旁板)、熱盤等，是為機器成品之主要結構及規格所在，決定的因素有夾持力(total force)、行程(stroke)、熱盤尺寸(heating platen dimension)

B 功能模組 機器台座：承受所有功能模組的結構體

C 功能模組 脫模部：模具由分離機構分離，以供取出產品，區分為上下方離形，所謂上下方是以操作者立場觀之

D 功能模組 射出部：原料是由入料與押出機構注入模具

E 功能模組 傳動部：令模具進出主機部的機構

F 功能模組 上支架部：承脫模部之結構

G 功能模組 電氣箱及附件：電氣箱、操作電控箱及托架等配件

H 功能模組 微動開關部：機器動作與電氣控制之介面安排，並不限定微動開關之形式

I 功能模組 電氣系統：包含動力、溫度、程序控制的所有電氣料件

J 功能模組 真空系統：機器生產過程中，抽取模具空氣之系統

K 功能模組 油壓系統：產生機器動作及壓力源之油壓迴路系統

A 次支援性系統 所有模組之間各個介面件組合。

B 次支援性系統 五金市購件：安裝於 1 至 8 功能模組的市購件集合。



圖 3-4 產品四大系統

資料來源：本研究整理

R 公司將五金市購件單獨列出，是為方便進料時程控制，因為五金市購件採購前置時間短，延後採購時間減少資金積壓。這是遷就個別企業採購行為的功能模組規劃。

為執行作業改善達成同步作業與專業養成，研發單位的組織區分為機構、油壓、電氣三類技術專業，資材部門採購人員也區分為託工件與市購標準件兩類。

步驟 4. 評鑑模組

主要作業包括模組介面分析管理與產品樹的呈現。由模組介面圖中顯示各模組介紹關聯性，以 R 公司油壓機械產品特性，模組介面區分為三類：(圖 3-5、3-6)

第一類：為幾何上形狀與位置組裝關係，以 G (geometrical)表示，介面的重要因素為 1.形狀尺寸 2.強度 3.裝配公差。

第二類：為能量傳遞關聯，以 E(energy transmitting)表示，介面的重要因素為 1.信號的輸入/輸出 2.能量的輸入 3.能量的大小。

第三類：為液壓傳遞關聯，以 H (hydraulic transmitting)表示，介面的重要因素為 1.力量的大小 2.力量的方向 3.力量的速度。

由品質機能展開、設計特性矩陣(design property matrix ,DPM)、模組標示矩陣組成產品進展管理圖(product management map,PMM) (表 3-3)，可將顧客的需求、技術層面與模組間的關係和成本形成連結，對產品開發管理提供一個明確的指標。

R 公司產品功能模組切割是以產品品號編碼原則之第四碼切割，產品品質問題也是歸類至功能模組，完成售後服務作業後，將品質問題歸類鍵入售後服務系統(圖 3-21)，研發設計人員能依客戶別、機型別、功能模組、客服人員、出貨期間等，加以追溯泛查，作產品改善維護顧客價值體系的依據。

產品設計時即考量方便模組介面的組裝拆卸、定位與固定，產品維修時可採取整個模組拆卸更新方式進行，減少機器停機之損失。

對現有產品樹各個功能模組，有完整的成本資訊，處理客戶詢價報價要求時，研發設計人員與採購人員對報價單規劃重心，在於模組間的界面設計與成本估算作業。若有模組功能的更新設計，

成本估算作業也侷限於更新設計部份，範圍減少，作業時程也較短，可快速回應詢價報價要求，估算準確度也相對提高。訂單審核目的在於確保業務、研發、廠務部等對訂單的要求有一致的認知，並確認生產技術及交期能滿足訂單需求，以保障客戶權益。產品模組化後，訂單審核範圍縮小在產品功能確認與模組間的介面或更新設計部份，可縮短時程並減少錯誤。

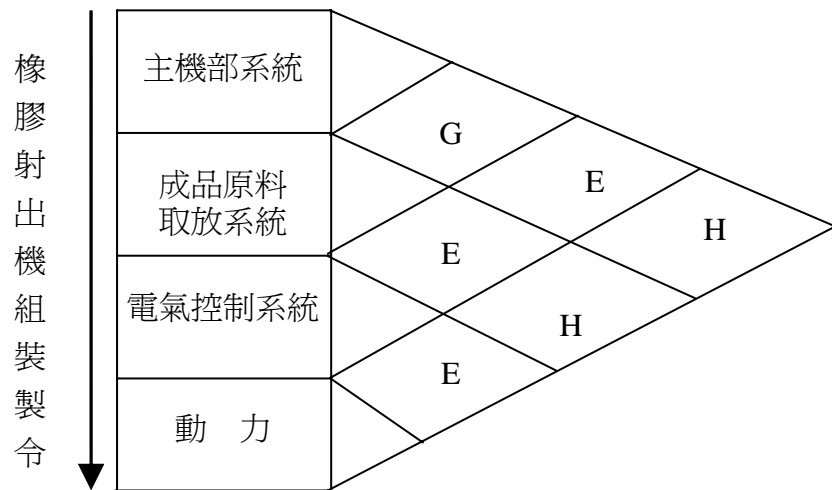


圖 3-5 產品四大系統介面圖

資料來源：本研究整理

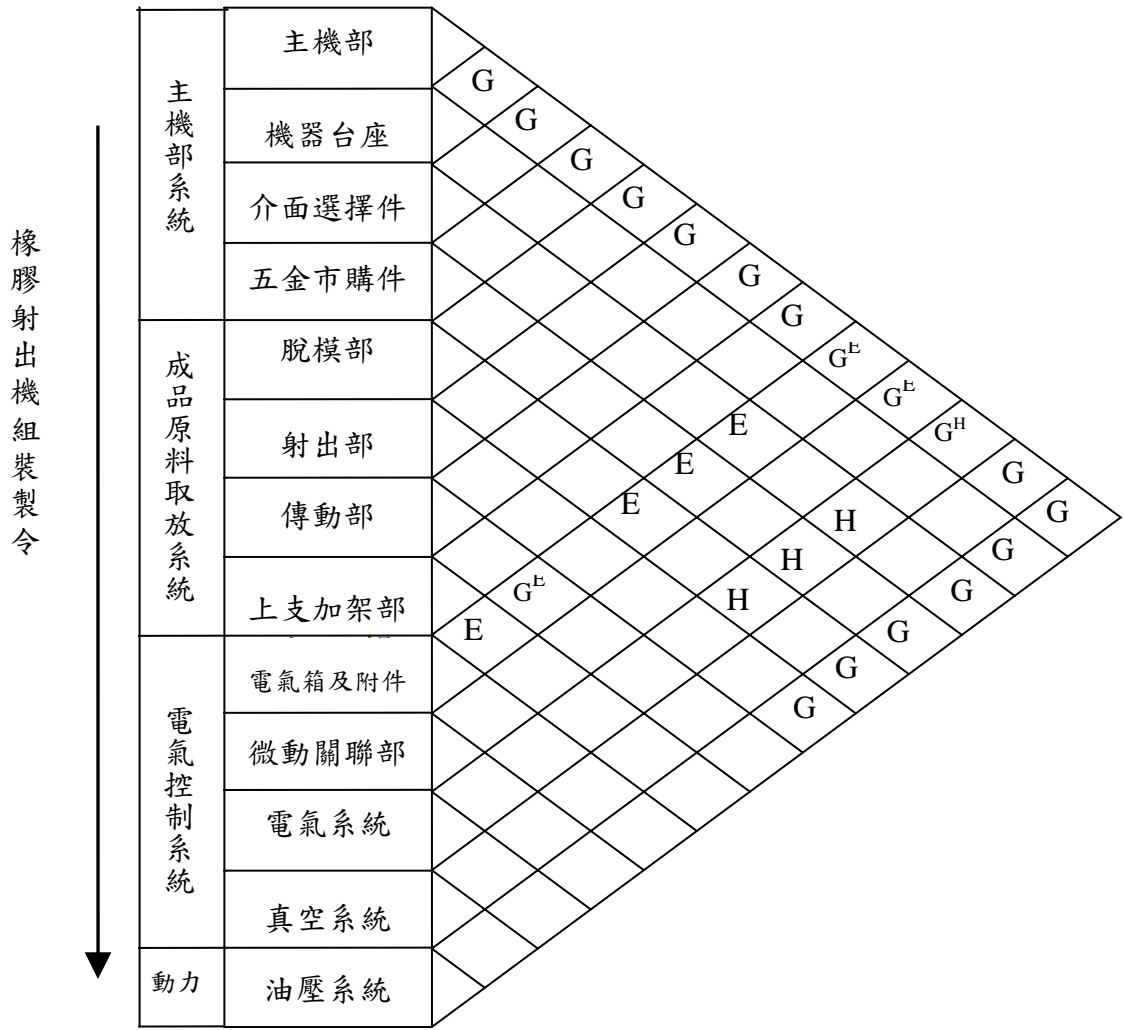


圖 3-6 產品四大系統 11 模組介面圖

資料來源：本研究整理

步驟 5. 改善每個模組

模組概念的改善必須下展至個別功能模組，換言之產品的整體改善績效是累積各個模組改善成果，改善聚焦於成本與技術績效，而技術績效涵蓋(表 3-1)品質機能展開分析中的品質項目。個別模組的改善時間點是在概念評估之後，但以一完整的產品營運週期而言，生產作業與售後服務所得到的資訊更是模組持續的改善動因。EMFD 與系統模組化循環五個環節銜接，使上線生產與售後服務的情報回送至 EMFD 的知識庫(表 3-4)，以便進行價值鏈全面檢討促進 EMFD 的效果的提升。R 公司推行 EMFD 的狀況(表 3-5)。

表 3-5 提升性的模組機能展開(EMFD)的五個步驟

步驟	主要任務	關鍵字/方法	表單編號
1.實踐顧客價值體系	<ul style="list-style-type: none"> •使用QFD轉譯顧客需求成產品特性(技術語言) •目標價格 	<ul style="list-style-type: none"> •顧客價值 •產品特性 •品質機能展開(QFD) 	A1、A2 B1~B8 C1
2.選擇技術性的解決	<ul style="list-style-type: none"> •建立次(sub-)功能，並找出技術性的解決方法去達成這些次功能的要求 •產品的目標成本 	<ul style="list-style-type: none"> •技術性的解決 •功能與工具樹 •DPM(design property matrix) •DFX (design for all the matters concerned)全方位設計 	C2~C9
3.產生模組	<ul style="list-style-type: none"> •在模組動因的幫助下，藉由使用 MIM，從技術性的解決方法來定義模組 •模組別(功能別)目標成本 	<ul style="list-style-type: none"> •模組動因(module driver) •模組化標示矩陣(MIM) 	D1~D11
4.評鑑模組	<ul style="list-style-type: none"> •定義與敘述介面。 •產生產品管理進展圖(product management map,PMM) 	<ul style="list-style-type: none"> •介面管理 •PMM 	E1~E5 F1~F4
5.改善每個模組	<ul style="list-style-type: none"> •經濟性和技術性的績效評鑑，與模組產品的最佳化 •環保設計 •RAM 設計 	<ul style="list-style-type: none"> •MIM •DFA(design for assembly)簡易組裝 •DFM(design for manufacture)簡易製造 	H1、H2

表單編號請參照(表 3-4)產品模組化營運週期相關活動及產出資料

資料來源：本研究整理

R 公司系列產品產品樹(product tree)的建立，首先是產品規格定義，這是市場上與客戶溝通的語言，通常無法以(表 3-1)中的規格與客戶溝通。

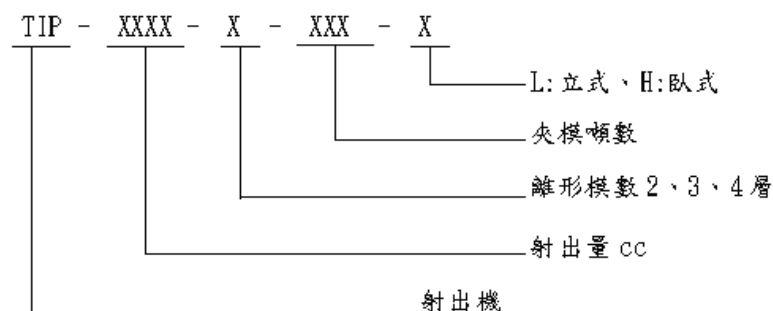


圖 3-7 射出機產品規格定義

資料來源：本研究整理

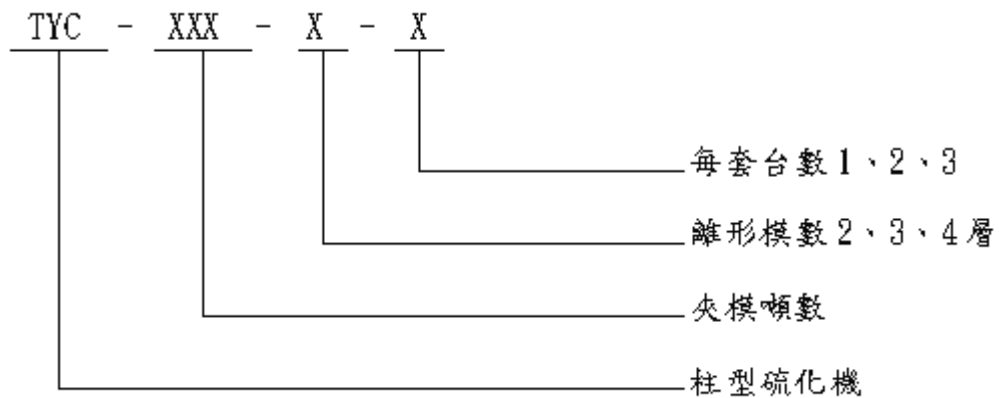


圖 3-8 柱型硫化機產品規格定義

資料來源：本研究整理

如(圖 3-7 射出機產品規格定義)與(圖 3-8 柱型硫化機機產品規格定義),依材料用量清單的階層架構原則建立理論上應有的完整產品線數目。但實際存在的系列產品線的建立仍受限於技術限制與市場需求,(圖 3-9)射出機理論上應有的完整產品樹計有 96 種產品,透過技術限制檢討,例如 4000CC 射出量的機器機構無法安裝於夾模噸數 100 的產品上,與透過市場需求的檢討,例如 500 夾模噸數的機器,客戶應用於大型模具,1000CC 的射出量是無法滿足其經濟效益,因此無市場需求,透過上述檢討得到(圖 3-10)射出機實際上應有的完整產品樹由 96 種減少為 42 種產品。

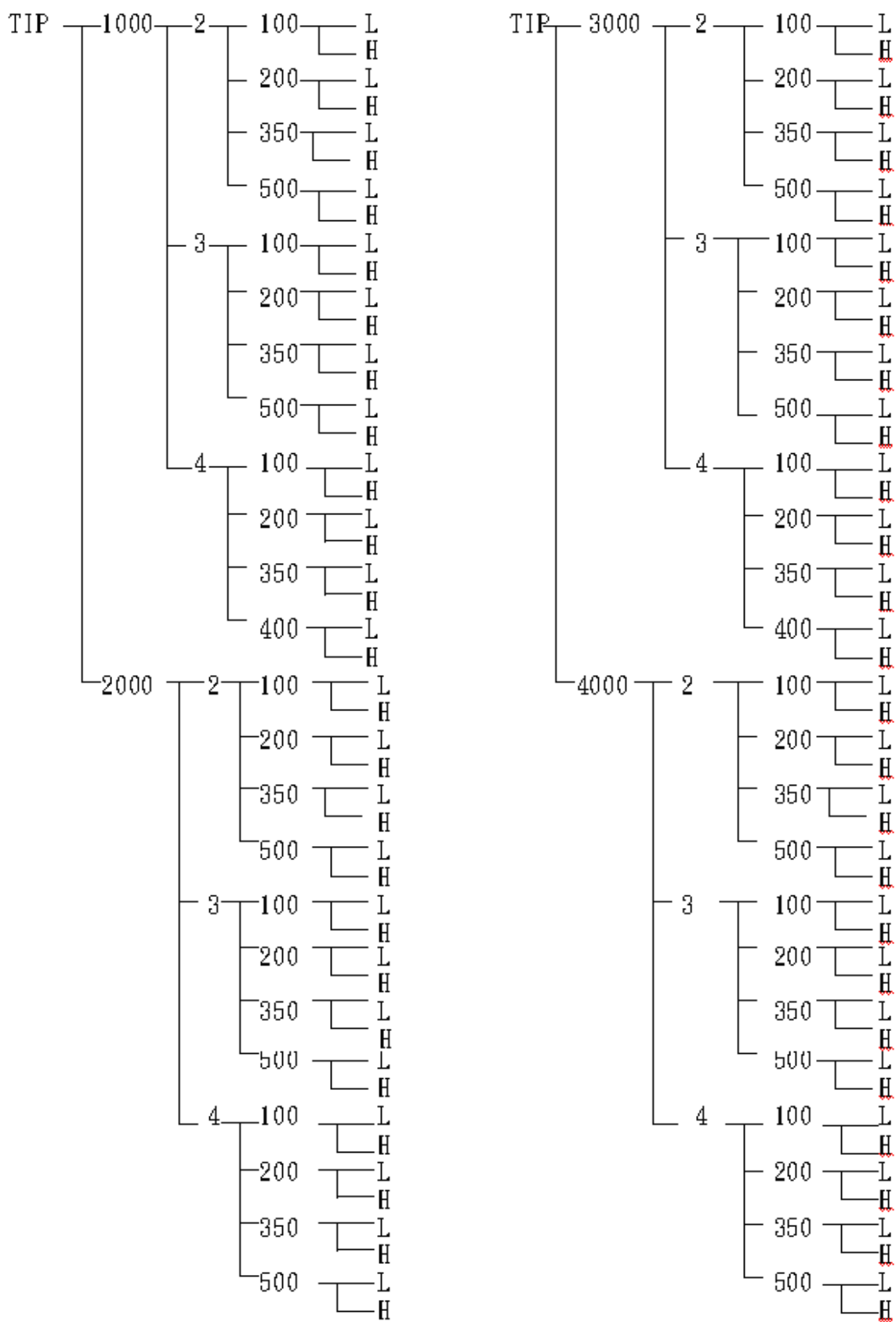


圖 3-9 射出機理論上應有的完整產品樹

資料來源：本研究整理

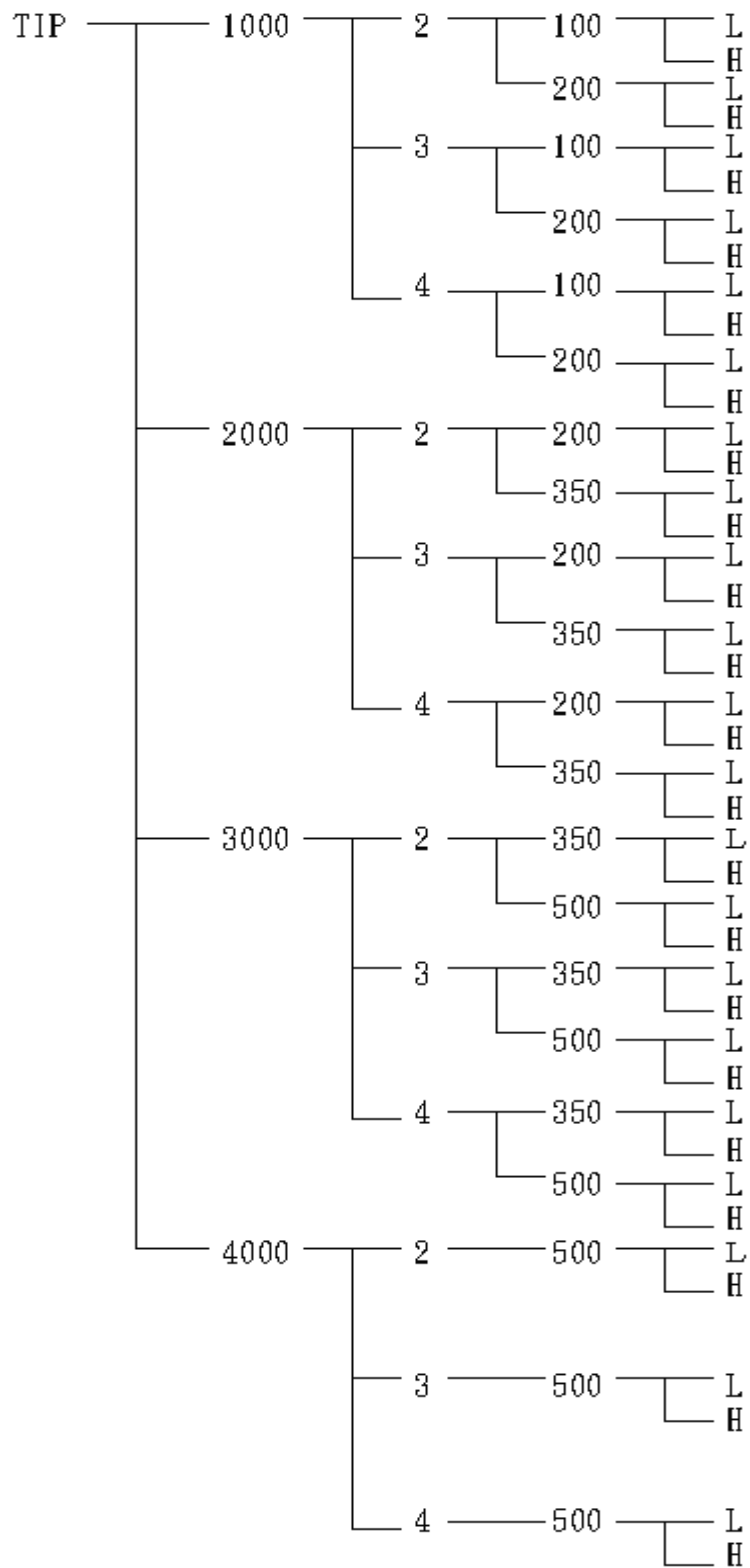


圖 3-10 射出機實際上應有的完整產品樹

資料來源：本研究整理

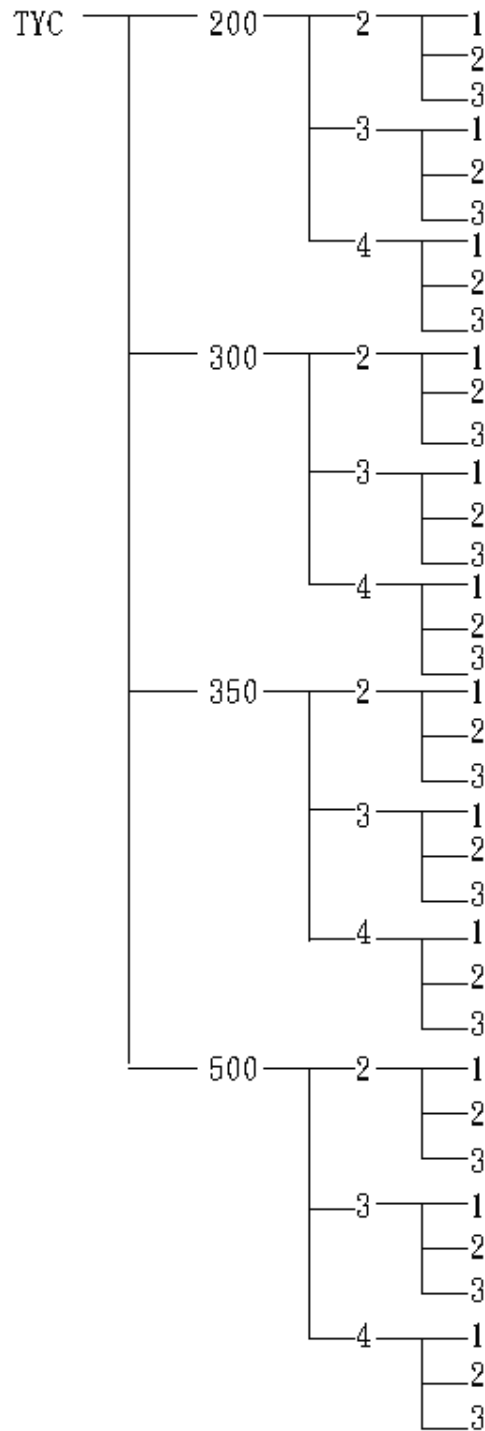


圖 3-11 柱型硫化機理論上應有的完整產品樹

資料來源：本研究整理

透過技術限制檢討與市場需求檢討過程來建立的，剛好理論上應有的完整產品樹與實際上應有的完整產品樹完全相同計有 36 種產品(圖 3-11)柱型硫化機理論上應有的完整產品樹。

三、程式模組化的原則

機器產品的組成硬體的機構固然是表現產品功能最主要部份，而電氣控制軟體系統也是表現客戶價值不可或缺的，因此除著重硬體機構模組化外，對電氣控制軟體系統也循著EMFD模組功能展開程序規劃。

以R公司每一部機器產品所須要的PLC程式，說明控制軟體模組化結果。

1. 主要是將一個大問題分成幾個小問題來解決。
2. 分解後再各個擊破(divide and conquer)。

例：一個射出機的程式(圖3-12)，可分解成多個小模組程式，如手動模組、自動模組、產量計算等等，各程式只處理各小模組程式內的工作。

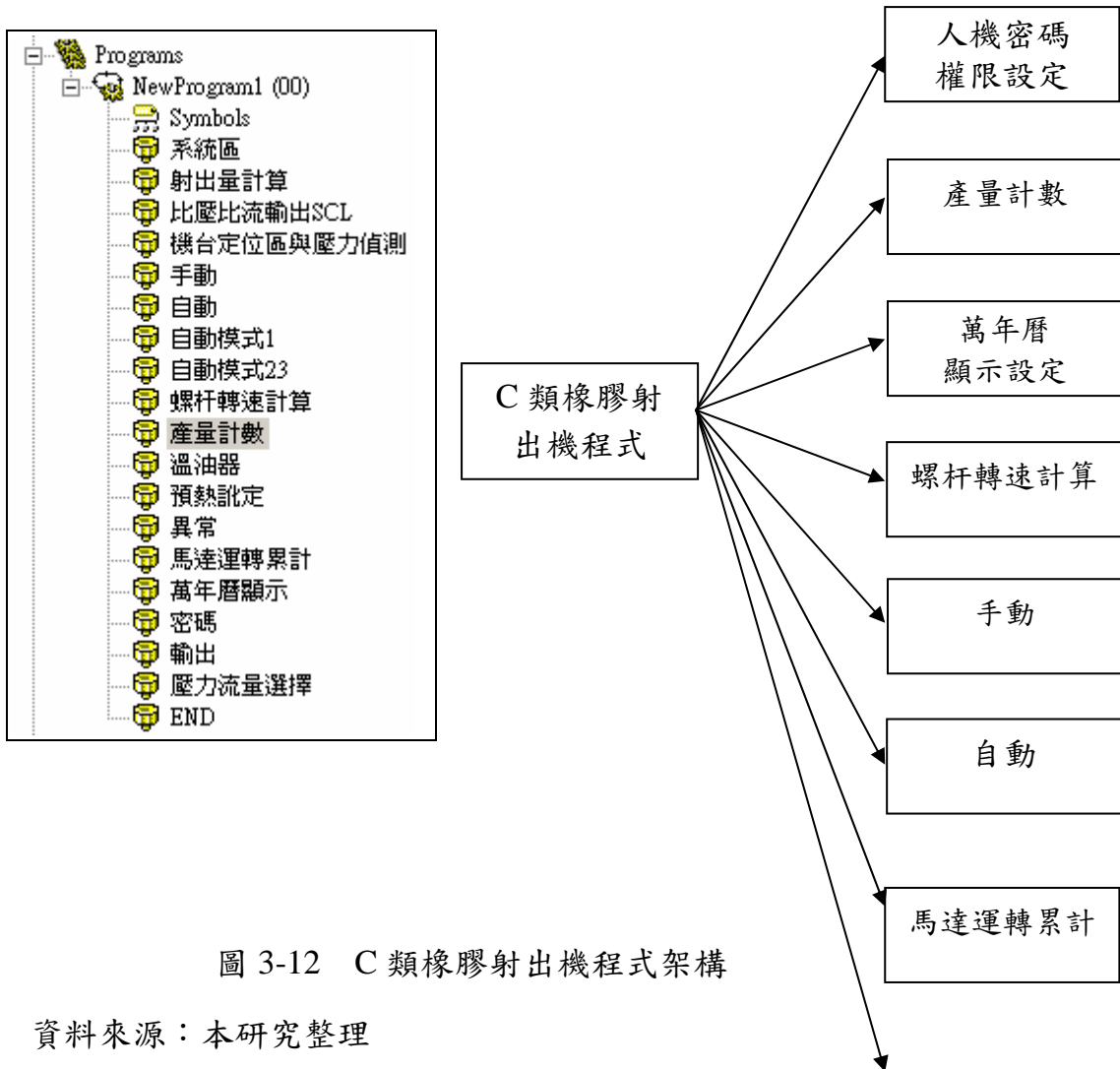


圖 3-12 C 類橡膠射出機程式架構

資料來源：本研究整理

(一) 模組的獨立性

模組功能上的獨立性，是要求一個模組只該負責執行某項單純的功能，並且以單純的介面來和其他模組溝通，避免與其他模組間有太多的關聯。介面單純，功能獨立性的模組較容易發展，在團隊同步作業時這樣的優點更是明顯。而且由於與其它模組間的關係被限制到最少，在程式要修改時其它模組受到的影響較小，若是由於修改而引發某些錯誤，其它模組受到波及較少，所以維護起來較方便。

例如：機器上的產量計數、人機密碼權限設定等等小程式就是一個獨立性的程式它只負責執行單純的功能受到其它模組影響較小。(圖3-13)

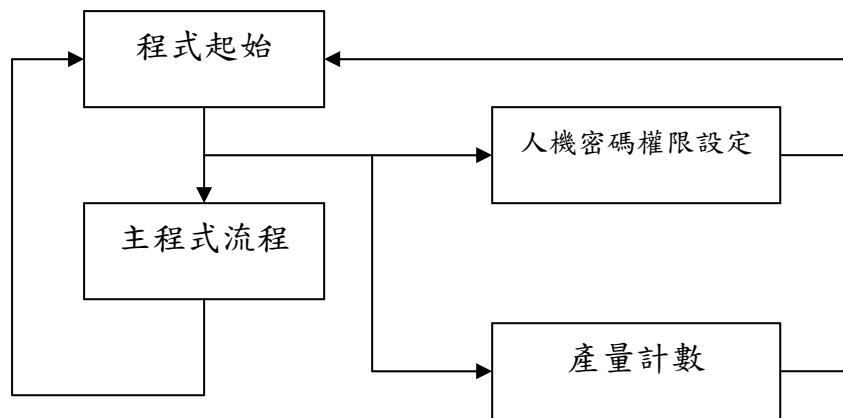
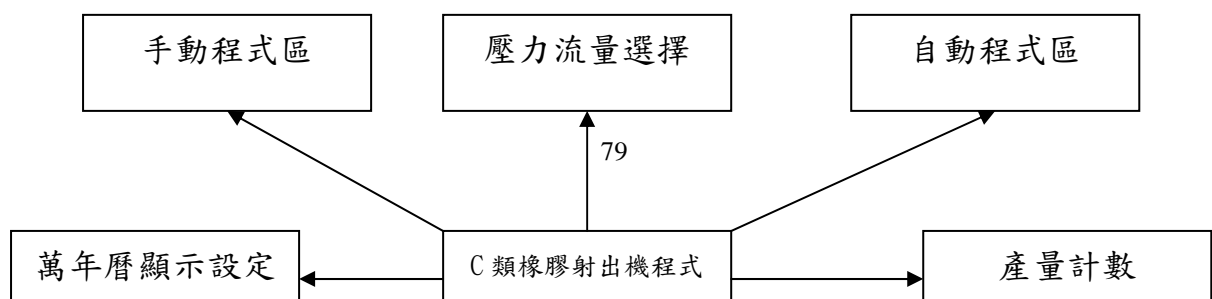


圖 3-13 程式的獨立性 (一)

資料來源：本研究整理

當系統的需求規格必須有少許的更動時，如果可以確保所需修改的只限於其中模組的設計方法就符合模組的連續性的要求，像這樣的改變不應該影響到系統的大體架構，也就是說不能影響到模組與模組之間的大體關係。

以C類橡膠射出機程式為例：可修改手動程式模組，不會影響到自動程式模組。



要求當某個模組再執行時，如果發生不正常的錯誤狀況時，錯誤應該被侷限於這個模組內，不應影響到其他的模組(圖3-15)。

以射出機程式為例：當手動程式流程有錯誤動作時，其他的模組動作不會受手動程式流程的影響，仍然可以執行模組本身的動作。

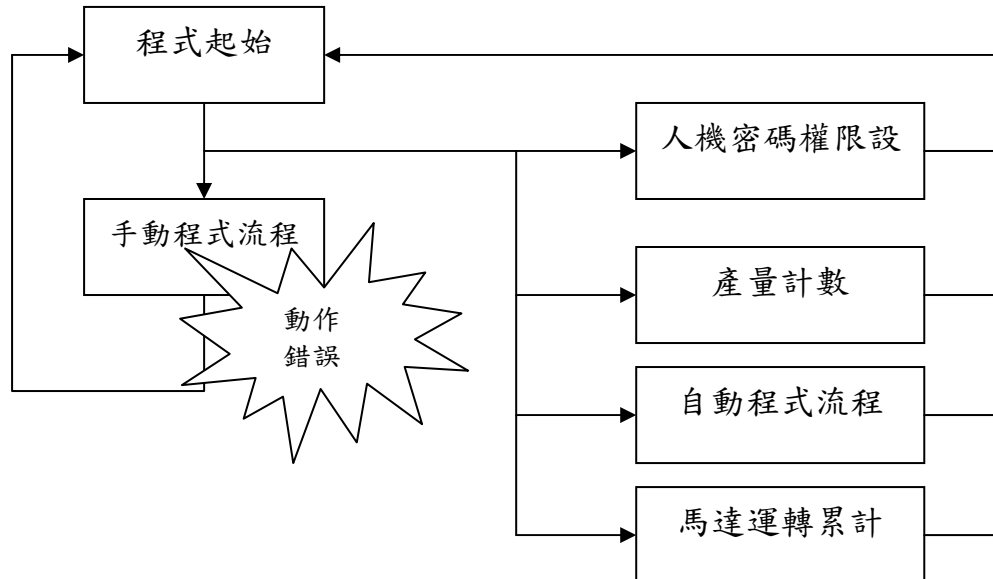


圖 3-15 程式的獨立性 (二)

資料來源：本研究整理

(二) 模組的可分解性(Decomposability)

一個優良的設計方法必須要有助於將一個新問題分解成幾個小的問

題，而個別地去解決；必須要能夠做到這一點才算是符合了模組的可分解性，分解後的各個模組可以交給不同的人來分別設計。

以C類橡膠射出機為例：主程式可以分出多個小模組程式，且可交給其他設計人員，設計其他的機器。(圖3-16)

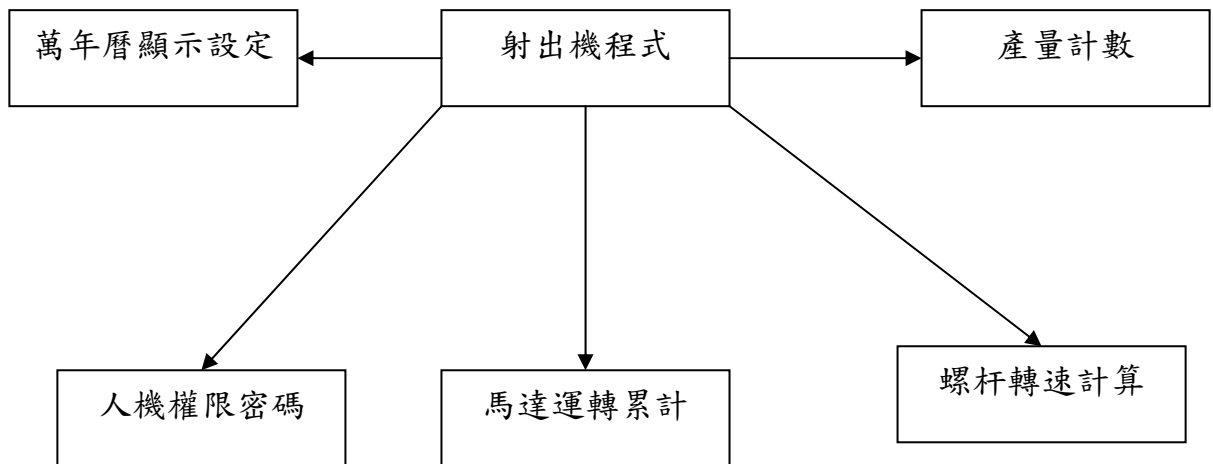


圖 3-16 程式功能的可分解性

資料來源：本研究整理

(三) 模組的可合成性(Composability)

符合模組可合成性要求的設計方法必須能幫助設計者能夠自由地把幾個模組組合起來而產生新的系統(圖3-17)。

以C類橡膠射出機為例：主程式可以分出多個小模組程式，且可交給其他設計人員，設計成柱型硫化機所需的控制程式。

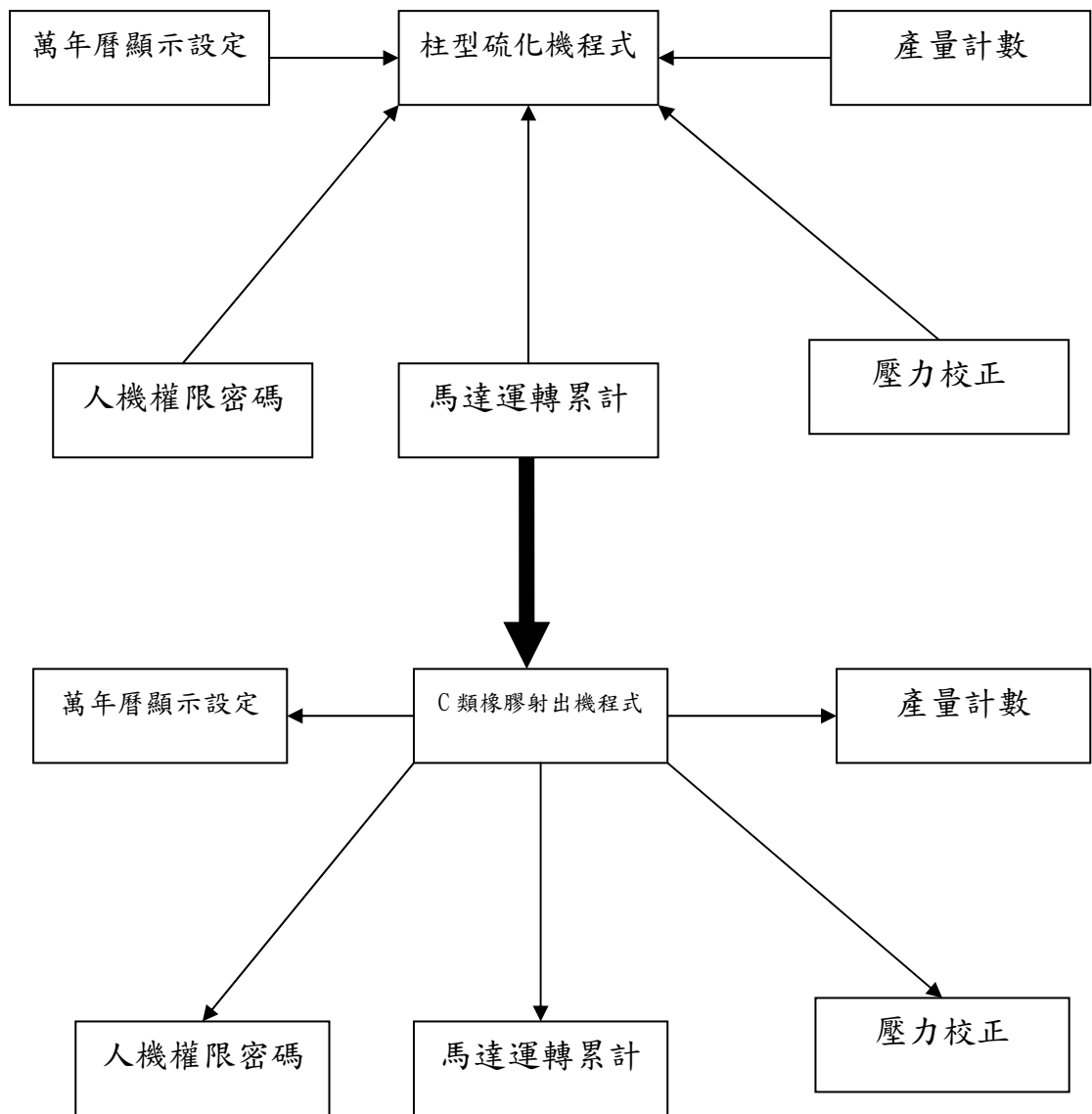


圖 3-17 程式功能可合成性

資料來源：本研究整理

(四) 模組的可瞭解性(Understandability)

如果有誰想要瞭解這個模組的話、只需單獨地看到這個模組的說明文件就可以了解此模組的動作、目的與行為，最差的情況也應只是參考相近的少數幾個模組而已，無須翻遍整份的PLC程式，最佳狀況是語言本身就足以將自己詮釋的夠完整。