

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

在工業 4.0 架構下網宇實體的系統組織與管理：
以汽車售後零件為例

研 究 生：林昊騰

指 導 教 授：黃欽印 博士

陳武林 博士

中 華 民 國 一 〇 五 年 六 月

Organization and Management of Cyber-Physical Systems in Industry 4.0: Illustrated by an Example of Automobile Parts in Aftermarket

By
Hao-Teng Lin

Advisors : Dr. Chin-Yin Huang
Dr. Wu-Lin Cheng

Organization and Management of Cyber-Physical Systems in Industry
4.0: Illustrated by an Example of Automobile Parts in Aftermarket

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

在工業 4.0 架構下網宇實體的系統組織與管理：以汽車售後零件 為例

學生：林昊騰

指導教授：黃欽印 博士

陳武林 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

以往，生產廠商為了滿足大量客製的需求，往往會先做到一定程度的庫存量以備不時之需，然而，這作法容易造成許多的庫存及製造成本的浪費；拜現今科技所賜，廠商與市場、廠商與廠商的之間的關係緊密連結。

因為設計端將可以無遠弗屆地將製造數據輸出給鄰近需求端的工作站，生產製造的基地選擇成為一個需要解決的問題。換言之，因為材料與製造設備的需求特性差異，如何決定生產製造基地及材料是本研究的課題。

過去雖然有不少關於材料及工作站選擇相關的論文，卻鮮少有整合性的研究，若決策者沒有同時思考這兩件事，使得材料位置與生產基地無法配合，所作出的製造策略往往無法使用。

本研究透過本體論的技術將材料、製程、工作站、倉儲、位置等概念連接起來成一個挑選材料及工作站的知識本體框架，知識本體框架使得工廠之間可以共享知識，使工廠可依各種情境設計各種推論規則，從中揭露出隱含於知識本體內的材料與工作站的答案。

關鍵字詞： 汽車售後市場、工業 4.0、虛實整合系統、本體論、SWRL、SQWRL

Organization and Management of Cyber-Physical Systems in Industry 4.0: Illustrated by an Example of Automobile Parts in Aftermarket

Student : Hao-Teng Lin

Advisors : Dr. Chin-Yin Huang
Dr. Wu-Lin Chen

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

In the past, manufacturers often accumulate a certain level of inventories in order to meet this customized requirement. However, this way will cause waste of inventories and manufacturing. Current advanced scientific technology makes the link between manufacturers and vendors closer and closer.

Because the designer transfers manufacturing data to the adjacent workstations continuously, how to choose the manufacturing base becomes a requisite problem to be solved. In other words, because of the differences of the demand characteristics between materials and manufacturing equipment, how to determine the manufacturing base and the material is the subject of this study.

There were a huge number of essays regarding the selection of materials and toolsets in the literature, yet there were scarce integrative researches. If decision makers don't consider two points at the same time, the manufacturing strategy which they make can not usually be used. The reason is that the location of material and that of toolsets are different.

This study builds five concepts to construct an ontology-based knowledge framework for engineering material and toolset selection: material, process, toolset, warehouse and area. The manufacturers can share their knowledge though the framework. It will find the solution that is hid under the ontology-based knowledge framework in many situations.

Keywords : Auto Market, Industry 4.0, Internet of Things, Cyber Physical System, Ontology, Protégé, SWRL, SQWRL

致謝詞

轉眼之間，研究所的生涯到了尾聲，而我能夠完成這份論文，除了感謝我的父母外再來就是我的指導教授黃欽印老師及陳武林，因為有兩位老師在這兩年時間的細心指導，每週抽空與我們討論並緊盯著我們的進度，使我獲益良多。

學生的生涯中，有機會跟很多領域的老師學習到各種不同的學習許多某生的智慧與技術，黃老師殷殷切切的告訴我們要有形而上思考的重要性，透過這層思考讓我不致於成為一個普通的工程師，而思考的高度與廣度也比其他人更好。

做研究時所遇到的壓力跟大學部是截然不同的，除了女朋友吳侑蓁在旁鼓勵我，同時也有著許多同學、朋友互相鼓勵才能順利走完這碩士升學路，我想我這輩子不會忘記我們之間共同擁有的回憶，也將成為我生命的一部分。

東海大學就是這麼充滿生命與活力同時也富有人情味的地方，衷心祝福未來學弟妹顏晁、瀟方、兆廷及林楠在未來的碩士生生活可以乘風破浪，在未來，東海工工系運昌隆。

林昊騰 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系研究所

中華民國一〇五年六月

目錄

摘要	i
ABSTRACT.....	ii
致謝詞	iii
目錄	iv
表目錄	v
圖目錄	vi
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 工業 4.0.....	2
1.3 研究方法與目的	4
1.4 論文架構.....	4
第二章 文獻探討	5
2.1 工程材料選擇	5
2.2 選擇工作站	8
2.3 本體論.....	10
2.4 小結	17
第三章 建構工程材料與工作站選擇之知識本體模型	18
3.1 模型概觀	19
3.2 知識本體框架	21
3.3 推論層架構.....	27
第四章 實驗驗證與分析	33
4.1 開發環境與工具	35
4.2 知識本體框架建構.....	36
4.3 推論規則建立	49
4.4 小結	60
第五章 結論	61
參考文獻	63

表目錄

表 2.1 工程材料選擇變數表	7
表 2.2 常用本體庫的功能比較	16
表 4.1 本研究硬體需求規格	35
表 4.2 本研究軟體需求規格	35
表 4.3 材料的屬性值表	39
表 4.4 產品、半成品的產品設計要求	43
表 4.5 工作站與製程關係表	46
表 4.6 倉儲原材料的庫存量	47
表 4.7 產品設計要求對應材料屬性範圍	49
表 4.8 以產品的設計需求找出合適的材料推論規則	50
表 4.9 機台選擇推論結果資料表說明	57
表 4.10 機考慮機台位置的材料選擇的結果資料表說明	59

圖目錄

圖 1.1 台灣汽車零組件銷售值預測	1
圖 1.2 智慧工廠概念圖	3
圖 2.1 系統化材料選擇策略流程	6
圖 2.2 Triple.....	12
圖 3.1 專家系統基本設計	19
圖 3.2 工程材料與工作站選擇之框架概觀	20
圖 3.3 知識層架構概觀	21
圖 3.4 工程材料概念的階層圖	22
圖 3.5 材料屬性與單位之間的關聯圖	22
圖 3.6 製造流程與原物料間的關係	23
圖 3.7 ToolSet 階層圖	24
圖 3.8 ToolSet 概念圖	24
圖 3.9 製成品要求概念	25
圖 3.10 區域概念本體論模型	26
圖 3.11 倉儲概念圖.....	26
圖 3.12 SWRL 說明圖示	28
圖 3.13 方便人類閱讀的 SWRL 格式	28
圖 4.1 車頭燈示意圖	33
圖 4.2 情境驗證模型流程圖	34
圖 4.3 本體論模型概觀圖	36
圖 4.4 本體論建構材料屬性模型圖	40
圖 4.5 材料屬性對應產品設計要求映射圖	42
圖 4.6 產品設計要求屬性值	44
圖 4.7 製程概念本體論概觀描述	45
圖 4.8 製程、工作站、時間概念關聯圖	46
圖 4.9 倉儲本體論概念圖	47
圖 4.10 區域位置本體論建構圖	48
圖 4.11 第一階段候選材料.....	53
圖 4.12 滿足所有產品設計需求的材料	53

圖 4.13 機台選擇推論結果	56
圖 4.14 同時考慮機台與倉儲位置的材料選擇	59

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

2003 年 10 月 1 日歐盟發布新汽車產業競爭障礙排除條款 BER (Block Exemption Regulation)，放寬車廠使用汽車零件來源。該法令開放後，保險公司將大幅使用經過認證的非原廠零件。這對擅長汽車售後市場之汽車零配件的台灣廠商在估計歐洲每年將有 120 億美元的潛在商機中有機會分一杯羹 (車輛研測資訊，2006)。

工研院產業經濟與趨勢研究中心(2015)指出，汽車零組件種類繁多，AM 外銷市場比例高並以汽車碰撞零組件(如保險桿、板金、後視鏡與車燈等)為主，該產業產值預測如圖 1.1，而台灣的廠商的生產品質有國際水準，通過歐美地區售後零組件相關認證，國際行銷通路完整，中衛體系配合完整，電子通訊技術極具競爭優勢產品製造彈性高、供貨管理能力佳。

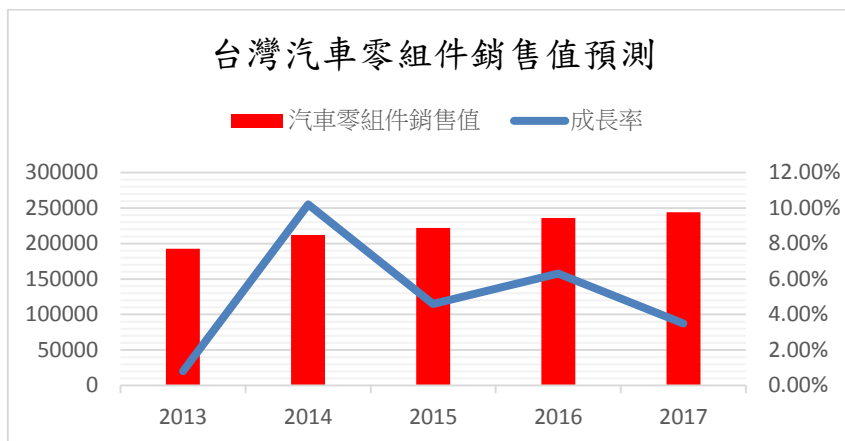


圖 1.1 台灣汽車零組件銷售值預測

資料來源：本研究整理

汽車售後市場規模來看，台灣的內需市場不及國外，故此國內的製造公司需往國外銷售會有更大的獲利機會，想分食國外市場的大餅，汽車售後維修廠除了生產技術外還需要一定程度的大量客製化能力，而多數工廠為了解決的這類問題往往會使用庫存去應對，而這過程中會產生成本浪費以及環境汙染，還有一點需要注意的就是人口老化的問題，這也會嚴重影響台灣的製造能力。

1.2 工業 4.0

過去曾經歷了三次的工業革命，第一次的革命是蒸氣機的使用，首次機器取代人力；第二次工業革命則是「電」的使用，得以實現大量製造；第三次工業革命則是 PLC 等自動化設備使用，每一次的工業革命都使得人均生產力得以提升，亦即是說可以讓每一個人得到更多產能進而減少人裡的使用，每一次的工業革命都使得製造生產能力有著相當顯著的提升。

第四次工業革命(Industry 4.0)主要由物聯網(Internet of Things, IOT)、虛實系統(Cyber Physical System, CPS)、大數據(Big Data)為基礎的革命，工業 4.0 不僅使得人均生產力得到更高的提升同時也利用大數據分析等的方法使得工廠的庫存降低，物聯網及虛實系統等先進製造的技術落實城鎮製造化，電子商務縮短了製造端與市場端的資訊、地理距離等等，而這都必須拜現今科技所賜—第四次工業革命得以實現。

工業 4.0 有著許多範疇上的應用，其中智慧工廠是工業 4.0 中最耳熟能詳的也是其中的精髓的範疇，Think Action 雜誌於 2014 年的 3 月對說明工廠 4.0(智慧工廠)的運作模式概念圖如圖 1.2，圖中可以看出在微觀經濟下的智慧工廠如何相互聯繫全球市場；其關鍵因素，對外建構一個供應商網絡連結未來資源、新的客戶需求。工廠內部則使用先進的生產技術、先進材料和儲存的新途徑，處理和共享數據。

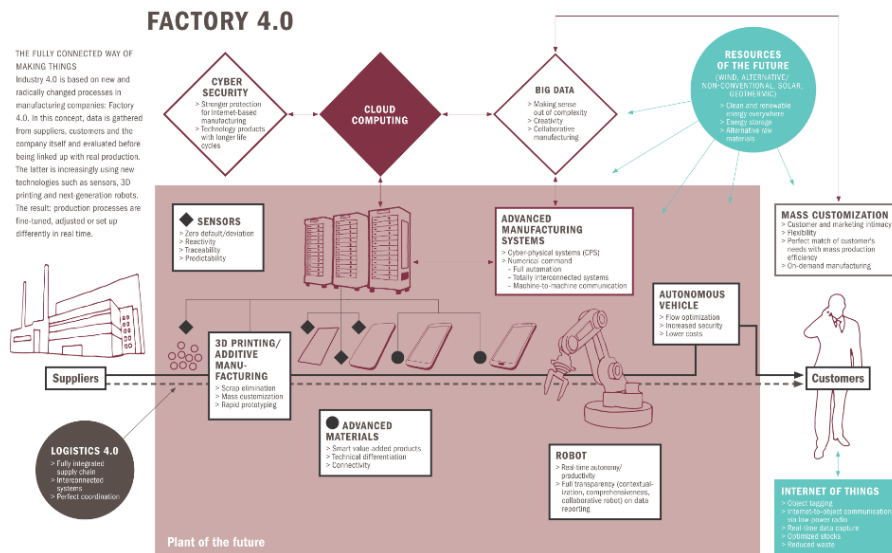


圖 1.2 智慧工廠概念圖

資料來源：Think Action, 2014

智慧工廠內的主要是智慧型的生產設備，對內，這些生產設備可以連上網路、互相溝通使管理者可以迅速掌握工廠的生產狀況；對外，使用互聯網使不同地點的智慧工廠間具備協調能力進而形成「虛實合一」的生產系統，即時生產的能力有著飛躍性的成長，使得產品可以更加大量客製生產。

過去雖然有著工作站、材料選擇的研究卻只是將其定義於某一工廠的最佳化做考量；互聯網及物聯網的普及使的工廠與工廠間的界線愈來愈模糊，甚至可以將某一工廠視作工作站；「移動」向來是沒附加價值的活動，因此，工作站與倉儲之間的距離關係與工廠間知識是否能共享將比產能這議題來的重要。

1.3 研究方法與目的

物聯網及互聯網的普及下資料收集不在困難，然而如何將跨工廠的資料進行有效的儲存與分析，智慧機器與分析出來的資訊是否能夠緊密配合，這將是左右智慧工廠成敗的因素。

本研究透過本體論的技術將許多不同的材料、產品設計要求、生產製程、工作站、倉儲及位置等概念、資料整合成一個材料及工作站選擇的知識體系框架，透過該知識框架可以使用的不同工廠之間的資料能夠互相分享，最後藉由推論器去執行各種推論規則找出隱含在知識體系下的答案或是結論，而本研究的具體目標如下：

1. 如何透過本體論的方式去尋找合適的工程材料。
2. 如何透過本體論的方式去尋找合適的機台。

Zhang 博士提出材料選擇的本體論框架，而本研究認為該框架缺乏了對於工作站及倉儲的描述，以致所作出來的材料選擇往往不能滿足現實狀況的需求，由其是汽車售後市場這類需要跨多國生產及外銷，在思考材料的選擇需要考慮的狀況就更多，而本研究在原本的框架下再整合了幾個概念已作出更健全的選擇(Zhang, Luo, Zhao, & Zhang, 2015)。

1.4 論文架構

本研究分成五章進行討論，第二章文獻探討將針對目前常見工程材料、工作站如何選擇及行文獻蒐集與討論，並介紹本研究所使用之相關方法。第三章研究方法將說明本研究所提出建模及推論流程。第四章本研究將設計一個虛擬個案用以驗證本提出之方法並與現今的方法作比較分析。第五章為本研究之結論，並提出本研究之不足處及未來研究的方向。

第二章 文獻探討

本研究的目的是為了找出適當的「材料、工作站的選擇」，該章節的目的就是去蒐集過往研究是如去進行材料與工作站的選擇，從中去尋找過往研究的缺口，及可以拿來應用的地方。

該章節分成五節進行討論，第一、二節分別是工程材料及工作站的選擇，該節探討過去進行材料選擇的方式，從中找出缺口及本研究可參考的方式；最後一節是本體論的介紹，亦是本研究的核心技術，透過這探討可以瞭解本體論是如何將概念建立關聯作成「知識」從中推論出「智慧」。

2.1 工程材料選擇

工程材料的選擇程序往往是一件非常複雜且繁瑣的作業，他需要考慮的條件很多，像是材料的屬性會限制產品的表現，而即使材料的屬性上是能配合的，但是其地理位置、所處的環境是否有足夠的能力器使用該材料等等都是決策者應該要考慮的條件，所以如何系統化地尋找一個最佳的工程材料是一職以來的研究課題。

於 2013 年 Ashby 等學者提出系統化的流程操作並去挑選材料，不僅僅是列出特定材料、評估整體材料的屬性，還需要試著在可接受的成本和最小的環境污染下尋找最合適的材料以滿足最大的性能表現，並建立了一個可靠的決策流程(Ashby, Cope, & Cebon, 2013)。

2.1.1 系統化的選擇的步驟

於 2013 年 Ashby 等學者提出最佳化材料的選擇和信息來支持它，該系統的方法見圖 2.1，其出發點是一個原組件(component)去翻譯(translate)原組件找出其技術要求(technical requirements)。這些可滿足其原組件的限制或目標值材料的屬性稱之為材料指數(material indices)。不是所有的材料都是可以拿來被使用的，所以要用特定的方法篩選(screen)材料，再排序(ranking)欲滿足的目標順序，由其餘材料中去搜尋(seek)滿足最大化的一個或多個指標的目標值，最後繪製在其他相關文件，以做出最優明智的決定，接下來的部分詳細介紹這些步驟(Ashby et al., 2013)。

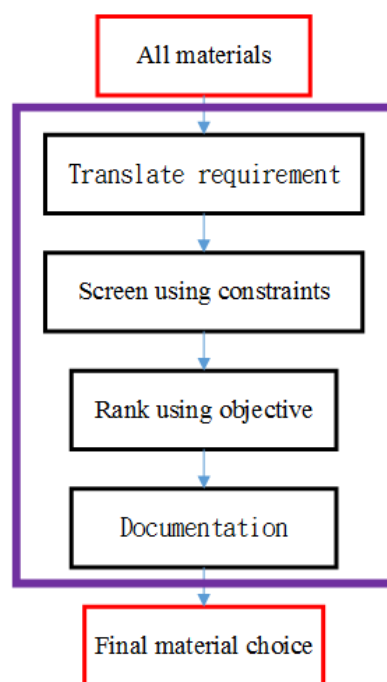


圖 2.1 系統化材料選擇策略流程

資料來源:本研究整理

1. Translate

任何一個工程原組件都會有一個至一個以上的功能(Functions)需求，如導熱性、導電性等等，而設計者在設計其原組件都會有一個或一個以上的欲求最佳化的目標值(Objective function)；雖然為了想達到其目標值也是有著必須要去達到的限制條件(Constraints)必須去遵守，例如，不可以超過亦不可以太小，像是要做一個硬度的最大值但不能無條件加大體積等等，為

了達到這目的，設計者可以自由地選擇其材料則這些材料又稱自由變數 (Free variables)。

將設計者的需求明確地提出作為材料的選擇依據以供後續的作業稱之為翻譯(Translate)，變數整理如表 2.1。

表 2.1 工程材料選擇變數表

Functions	該工程原組件要做什麼？
Constraints	該原組件、材料必須面對且沒得商量的問題？
Objective Function	什麼方面的功能表現必須是極值？
Free Variables	設計師可以自由選擇的材料是什麼？

2. Screen using constraints

利用限制的條件將不適用的材料進行消除而這動作就稱之為篩選 (screening)，通過篩選的材料可以稱之為候選材料。

3. Rank using objective

候選材料裡的排列優先使用的材料順序往往需要一個優秀的準則，而這些準則最重要的就是「該材料是否是最適合這份作業」，所以在考慮排序的時候，往往不能只靠單一個的目標最佳化來作為決策的依據，像是船體下水，不能只考慮到密度的最佳化，同時亦考慮到硬度等條件，如此一來才能找出最適切的材料。

4. Documentation

排序好的候選材料會產生文件，而文件上面記錄著原組件上所需要面臨的限制條件，還有著選擇的基準，文件的形式通常會有圖表、材料使用的圖片等等，同時也應該要有著材料跟材料之間所產生的交互作用，對環境的是否會造成汙染等等相關資料。

2.2 選擇工作站

王立志(2006)供應鏈運籌與系統化管理一書曾提出產品定位策略通常是依據顧客訂單的需求特性(例如：客製化程度)、顧客對滿足訂單的前置時間及企業本身的存貨成本與製程能力等因素，大致可分為下列三種。

1. 計畫式生產(Make To Stock, MTS)

接收到顧客訂單後直接以「存貨」的去滿足，MTS的產品定位策略使顧客的訂單前置時間最短，提供最好的服務水準，然而此定位策略必須承受存貨成本的壓力及風險。

2. 訂單式生產(Make To Order, MTO)

接到訂單後依照顧客的需求進行生產，無法事先預備存貨去滿足顧客，其客製化的能力較高。

3. 接單後組裝式生產(Assemble To Order, ATO)

顧客下訂單後將可模組化的零組件都進行生產規劃組成最終項目以滿足顧客需求。

汽車維修零件對於客製化的要求很高且訂單量也比原廠的量來得低；汽車售後維修零件廠與原廠委託廠的產品定位策略也就不同，售後維修零件廠比起計畫式生產，更偏向訂單式生產、接單後組裝式生產，而此種的產品定位策略更需要回應顧客訂單的能力，選擇合適的工作站便是一個重要的議題。

2016年 Kurz 博士提出現今工作站選擇的方式大抵是使用產能規劃(Capacity Planning)或模擬(Simulation)的手法的方式進行評估、選擇工作站(Kurz, 2016)。

對於製程複雜、市場有著高度不確定、客製化需求大等的產品類型，製造能力彈性的重要性便不言而喻，例如半導體工業是最複雜的工業之一，其製造成本也是相當高昂的。為了應付瞬息萬變的商業環境中，其製造能力必須更具有彈性，快速生產新產品或適應產品結構的變化(Rowshannahad, Dazère-Pérès, & Cassini, 2015)。

落實彈性製造要考慮的因素很多，不一定只有考慮到產能的最佳化這手法，甚至產能最佳化不一定是最重要的，如產品設計、生產設備的擴充、自動化物流、智慧倉儲等等都是彈性製造的因子，現今處於資訊技術發達的時代，可以更加快速收集各工作站(ToolSet)的狀況。

本研究以本體論(Ontology)的方式描述工作站和流程等之間的狀況，並以此資訊推論出更多元的方式、條件(例如可以考慮產能、汙染)找出適當的工作站。

2.3 本體論

2.3.1 語意網(Semantic Web)概述

語意網路為第一代網路的延伸，目的在改變我們對網路資源的使用方式，藉事前定義資訊內涵，使資訊得以被有效率的搜尋與應用，並使電腦能理解網路資源所隱藏的意涵，達到網路自動化處理的目的。語意網路建構於現有的網路環境以執行網頁服務與內容管理，使用具有完善表達能力的語言描述資源，提供機器可判讀與了解的技術(Ruckhaus, Ruiz, & Vidal, 2008)。Daconta 等人在 2003 年提出語意網路是網路未來的願景，定義網際網路的資源、將關聯的資源連接成網，使機器可理解並使用。不僅連結現有網頁，對於各種相關的資源，均可提供自動化操作、整合及重複利用(Daconta, Smith, & Obrst, 2003)。

未來的網路提出兩種觀點：第一、讓網路成為協同合作的媒介。其次，使網路可被機器了解及處理(Daconta et al., 2003)。以此建構網際網路的未來方向—語意網路，使網路資源的語意內容，可由機器自動處理並引導網路 meta-data 的使用。

2.3.2 語意網路表示方式

如上述所言，語意的意義在於建立起讓電腦可以閱讀人類的語言格式並描述其知識架構，而為了讓知識架構能順利傳遞，所以在知識的表示上會有所規範，以下為較常看見的表述方式。

1. XML

由於 HTML 的目的在於呈現網頁內容給使用者，而不是用來紀錄、描述資料的內涵，不能有意義的標示語言，因此沒有邏輯上的意義。加上各大瀏覽器廠商在 HTML 標準規格之外推出自己的標籤，造成不相容，致 XML 應運而生。

Extensible Markup Language (XML) 為 W3C (全球資訊網聯盟) 於 1998 年二月發布的標準，XML 是用來建立描述結構化資料標示的語言，使用者可定義自認為有意義的標籤，並自行建立標示語言的文法或規則。XML 具備跨平台資訊的自動轉換、整合、查詢與處理的能力，故可達到「資料分享」的目的。XML 具有唯一的根節點，必須以 XML 文件宣告為起始。其應用有延展性，是可以自訂標籤的開放性語言。

2. RDF/RDFS.

RDF (Resource Description Framework) 是用於表達 W3C 資源的資訊語言，用簡

單的屬性 (property) 及屬性值來描述資源，因此 RDF 可用於表達任何有關 Web 上被標識的事物的資訊。RDF 有三個主要的資料模組：即來源、屬性與敘述。

(1) 來源 (Resources)：用 URI 定義的物件就稱為資料來源。

(2) 屬性 (Properties)：描述資料來源的特徵。

(3) 敘述 (Statements)：資料來源由三重屬性 (triple) 組成。

敘述的語句以 RDF 的格式 Subject、Predicate 和 Object 表示。如圖 2.2 所示。

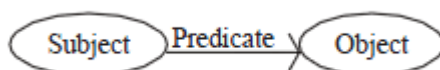


圖 2.2 Triple

其中 Subject 表示資料來源，Predicate 表示屬性，Object 是文字或是其他來源。RDF 無法針對特定應用定義類別與特性，須透過 RDF 辭彙描述語言：即 RDF Schema (RDFS) 來定義。RDFS 提供 RDF 的規範以供本體論使用，再使用 RDF 表示本體論的實例。但因 RDF Schema 對關係型態的描述不夠豐富，而後產生 DAML+OIL 和 OWL。

3. OWL (Web Ontology Language)

OWL 是 W3C 推薦的本體論描述語言，是語意網路的一種表達方式，是由 DAML+OIL web 本體語言合併 DAML+OIL 的設計與應用之後的修訂版。在語意的表達上，OWL 的能力比 XML、RDF 或 RDFS 更好，因此 OWL 在陳述網際網路機內容的能力超過這些語言。DAML 的設計是以 RDF 為基礎，可作為推論語言的撰寫和本體論的建立。OIL 是第一個結合敘述邏輯元素的本體論語言，以 XML 和 RDF 的方式呈現。而 OIL 提供良好的對映，藉由 SHIQ Description Logic 呈現語意(Eiter, Ianni, Lukasiewicz, Schindlauer, & Tompits, 2008)。OWL 以 XML 為基礎，仍使用 RDF 的語法，而 OWL 補足 RDF Schema 缺乏的類別描述關係。OWL 依據表達的能力和推理能力再細分三種子語言，分別為 OWL Lite、OWL DL 和 OWL Full 三種，OWL Lite 的表達能力最弱，適用於描述本體類別較簡單的階層結構。OWL Full 表達能力最強，包含所有 OWL 語言所提供的限制及 RDF 的使用語法，但 OWL Full 表示的本體論無法進行推論。OWL DL 表達能力介於 OWL Lite 和 OWL Full 之間，適用於需要在推理系統進行運算。

OWL-DL 發展出語意規則描述語言 Semantic Web Rule Language (SWRL) (Maedche & Staab, 2001)，而 SWRL 為透過 RuleML 法則形成的概念並結合 OWL 本體論形成規則描述語言 (Horrocks, Patel-Schneider, Bechhofer, & Tsarkov, 2011)。然而在 SWRL 靜態規範的背後需要有一個推論引擎來支持 Ontology 層級相關的法則推論。Pellet 是眾多推論引擎中支援 OWL-DL，然而 Pellet 的推論內容僅限於本體本身，當需要推論本體以外時就須透過 rule 層級的推論引擎。

近來，語意網的興盛，推論規則與規則庫的建立也越來越被重視，其中規則的標準化與共用性是一極被強調的重點。而為了標準化並分享規則庫，許多規則撰寫與描述語言陸續被發展出—例如 RuleML、SWRL、Metalog 與 ISO Prolog 等。其中，SWRL (Semantic Web Rule Language) 更為專門為了語意網所發展出來的規則語言(Maedche & Staab, 2001)。

SWRL 是由 RuleML 所演變而來，它是以 OWL DL 與 OWL Lite 作為基礎的規則描述語言。透過 SWRL 所撰寫出來的規則可輕易的與 OWL 知識庫做結合與連結，因此 SWRL 可直接使用 OWL 定義好的詞彙與關係，而不必另外或自行定義，亦可減少衝突或錯亂。此外透過 SWRL 規則，其可從現有的 OWL 知識庫中推論出新的知識，這對於知識密集的應用例來說是極具重要的特色。因此，在本研究中採取了 OWL DL 來描述與建置知識本體架構並輔以 SWRL 進行實例間關係描述與推論規則應用，藉此建構本研究應用領域的完整之知識本體模型。

其中 Jess 法則引擎使用著名的 Rete 演算法，而此演算法善於處理多對多的配對問題。以 Protégé 整合 Pellet 與 Jess 推論器的引擎。這麼一來，使得 SWRL 描述而是有外展能力的推論。

2.3.3 本體論的發展工具

在創建本體的過程中，會因為身在不同的專家領域而影響實例的概念、性質等等使得發展出的本體各不同。因此，在創建本體庫的同時我們需要考量以及判斷知識本體框架應屬於哪一方面的專家領域。常用的本體論編輯器如下：

1. Protégé
2. Webonto
3. OntoEdit
4. WebODE
5. OILED
6. Ontosaurus
7. Ontolingua

Shen 等學者針對上述的本體庫進行功能分析如表 2.1 (Shen, Zhang, Song, & Tang, 2013)。

其中 Protégé 本體發展工具是由 Stanford University 所開發，它內建 Resource Description Framework (RDF)、Resource Description Framework Schema (RDFS)、Web Ontology Language(OWL)的編輯以及修改本體的部分；並納入 OKBC 模組(Open Knowledge Base Connectivity)，提供框架式與圖形化的知識表達方式與一個開發推論引擎的環境，讓使用者建構以本體論。

除了上述的特點外，還能從外部匯入掛載的程式(Plug-in)，本身具有下列特點：

1. 圖形化介面：Protégé 採用圖形化介面，易學習，並提供使用手冊與教學。
2. 提供 API 方便程式撰寫員可依照需求撰寫程式碼，達到讀取、刪除或新增。
3. 支援多種儲存格式及資料型態。
4. 提供開放原碼，支援 Plug-in 開發。

5. 免費開放源軟體。

為本體的發展提供了可靠與有效率的環境。

表 2.2 常用本體庫的功能比較

Name Function	PROTÉGÉ	Webonto	OntoEdit	WebODE	OILED	Ontosaurus	Ontolingua
OWL	√			√	√		
Visualization	√	√		√			
Ontology merging	√		√	√			√
Chinese support	√						
Network technology		√	√	√		√	√
Fuzzy ontology							
Cooperative development		√	√	√		√	√

資料來源：Shen et al., 2013

2.4 小結

現今科技技術，電腦的普及運算能力以一日千里的速度成長，資料探勘及製造的能力不可與昔日而比，生產能力大幅提升，工廠間知識能夠共享的情況下，工廠與工廠間能緊密配合，產能最佳化不在是問題，材料與工作站之間是否能互相配合才是關鍵。

要使工作站做到「隨需而製」，工作站的選擇除了考慮產能外，還要考慮材料倉儲與工作站的位址的是否能互相配合，如此當工作站開始作業時，材料才有辦法做到「隨需而至」。但過去鮮少有文獻進行整合性的研究，這情況下所作的材料、機台的選擇往往不盡如人意。故此，本研究在進行工作站的選擇除了考慮產能外，還會考慮材料庫存的位址上的議題。

故此，本研究以本體論的方式描述各材料的特性及材料如何在工廠內進行各類加工，在設計各類的推論規則，進而選出適當的材料與工作站。

為何本研究會使用本體論作為核心技術，在下一章節會作出說明。

第三章 建構工程材料與工作站選擇之知識本體模型

無論是工程材料的選擇亦或是工作站的選擇系統最後必然會產生出選擇規則，過去，這類的法則(Rule-based)通常是以”IF-THEN”的架構呈現，然而這類的架構通常缺乏深入的概念，進而忽略更多的選擇，再者，如果想新增或刪減某些類別，往往會造成程式碼的須重寫的窘境，因此本研究以語意網的方式去建立知識框架，進而減少上述狀況的發生(Zhang et al., 2015)。

傳統的資料庫無法將資料之間的邏輯、因果關係建構方式難以清楚表達，使得資料無法使機器有效進行分析；透過本體論所建立的知識框架，可使處在相同知識領域的參與者有共通的辭彙可以溝通，電腦進行推論的過程中可以明白資料的意義與所屬於概念，進而避開不必要的錯誤。故此，本研究所採取的方式是先以本體論的方式建構之式框架，再由資料庫匯入框架並進行推論。

該節將介紹本研究的「材料及工作站選擇的知識本體層」及「推論層」是如何建置與部屬，此外這兩層亦是本研究的核心技術，透過「知識本體層」可以將所有生產相關的概念建立關聯成為知識網路，透過推論層可以協助決策者找出隱藏於知識本體層中「意想不到」的答案。

3.1 模型概觀

專家系統的基本設計如圖 3.1，由圖知，專家系統大體上可以粗分成知識庫(Knowledge Base)以及推理引擎(Inference Engine)兩個部分，決策者可以將新發現的事實輸入至知識庫，而推論引擎會根據推論規則去推論出特定領域的專家知識給使用者進行決策。

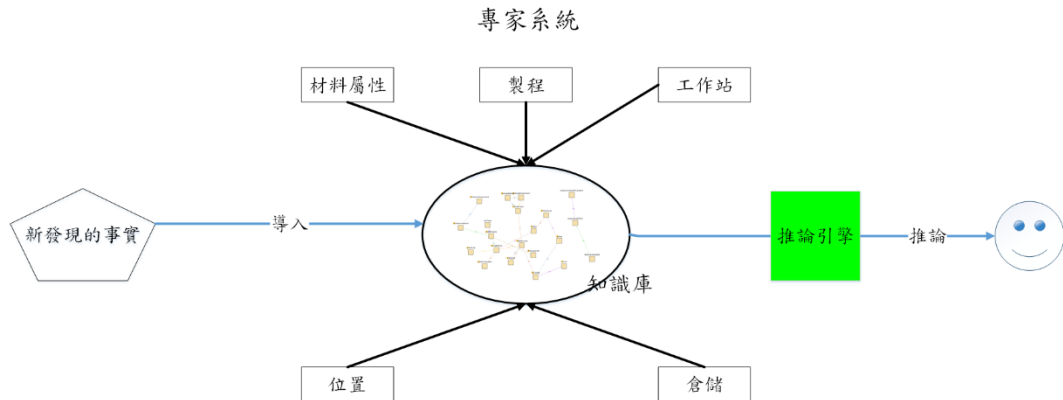


圖 3.1 專家系統基本設計

本研究上述專家系統的基本架構為基礎，結合本體論的技術進行設計出一個「工程材料與工作站選擇之框架系統概觀」見圖 3.2，在圖的右邊為使用者介面層，在介面層主要的工作有三個，其一是建構知識本體層與推論層的架構，其二是將資料匯入已建構好的知識本體層中，並在其概念下建立一個實例，資料匯入的方式除了手動輸入外，亦可透過「工作站」及「原物料」的相關感測器將蒐集來的資料存放至資料庫中，再透過本體論 API 的方式將其資料彙整至知識本體層中。

作該圖左下角為知識本體層，該層由材料、製程、工作站、倉儲等概念之間的關聯所建構起的工作站及材料選擇的知識本體，該層中會存放著許多資訊、知識而要如何進行推論就是左上角推論層的工作。

概念之間有各種不同的邏輯關係，透過這些關係可以將各種不同的概念、資訊建立起知識網路，而推論層的目的就是從該知識本體網路中找出「該用什麼材料」、「該用什麼機台」的答案出來。

而本研究是以 Protégé 作為其知識本體的編輯器來進行本理論相關代碼的編程，該編輯器可以良好地整合 Jess 推論器及 MySQL 資料庫，同時本研究亦將它作為使用者介面。

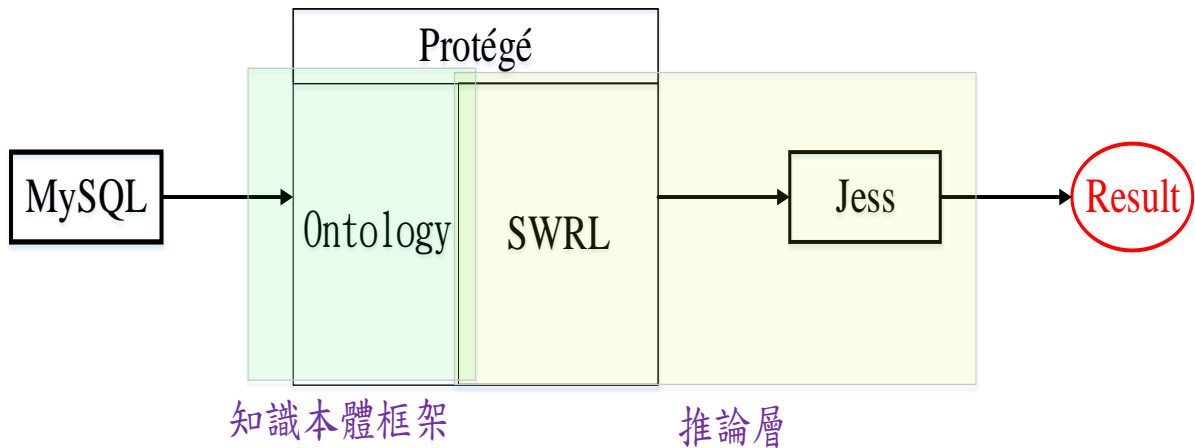


圖 3.2 工程材料與工作站選擇之框架概觀

3.2 知識本體框架

Zhang 博士等人在 2015 年提出了一個原物料選擇的知識本體論放置於知識層中，用於描述原物料在工廠內的傳統工業產品的生產過程，同時亦包括了設計限制級成本等描述，可以方便管理者在未來因應不同的需求作出各種材料推論、選擇的結果。

然而，過去研究的材料選擇知識本體層缺乏了對於工作站及倉儲的描述，如果以此進行材料選擇，會產生出在設計要求上材料雖然合適，但可能會因為存放的位置無法用於現實的環境中，故此，本研究以上述的知識層為基礎加入了工作站及倉儲的概念描述，透過這兩個概念的描述可使得本研究的本體論模型更貼近現實環境其知識層概觀圖如圖 3.3。

有此圖可知該知識本體框架由四個核心的概念(圖 3.3 黃色的部分)向外延伸，另外藍色的概念是為了方便後續推論所設計的，各概念的作用如下小節所示。

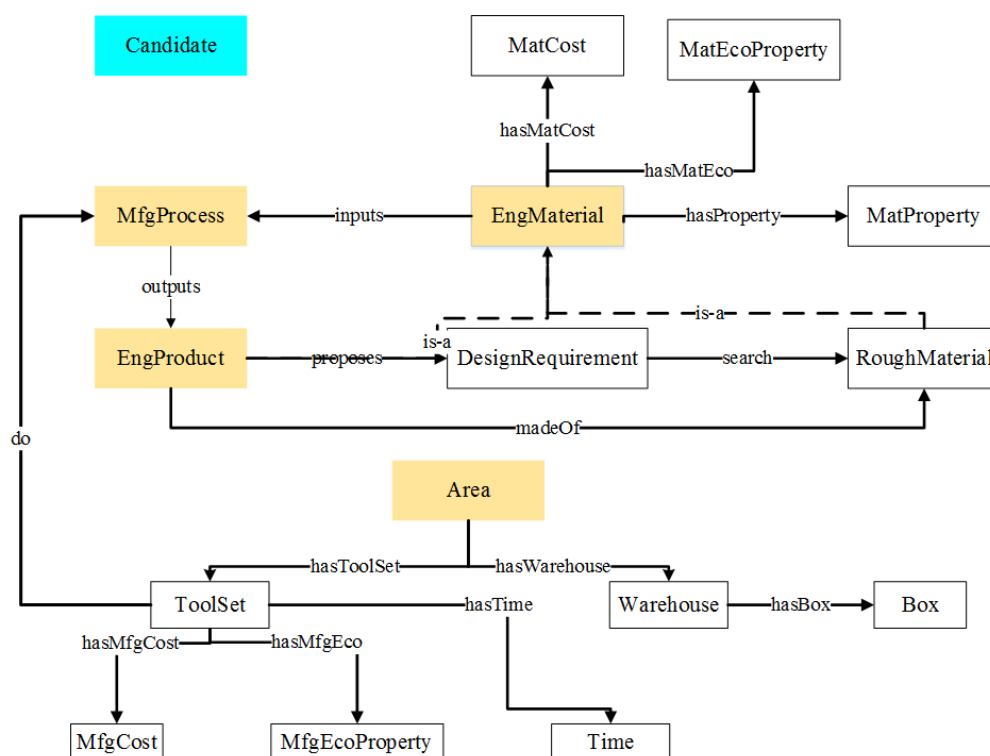


圖 3.3 知識層架構概觀

3.2.1 工程材料概念

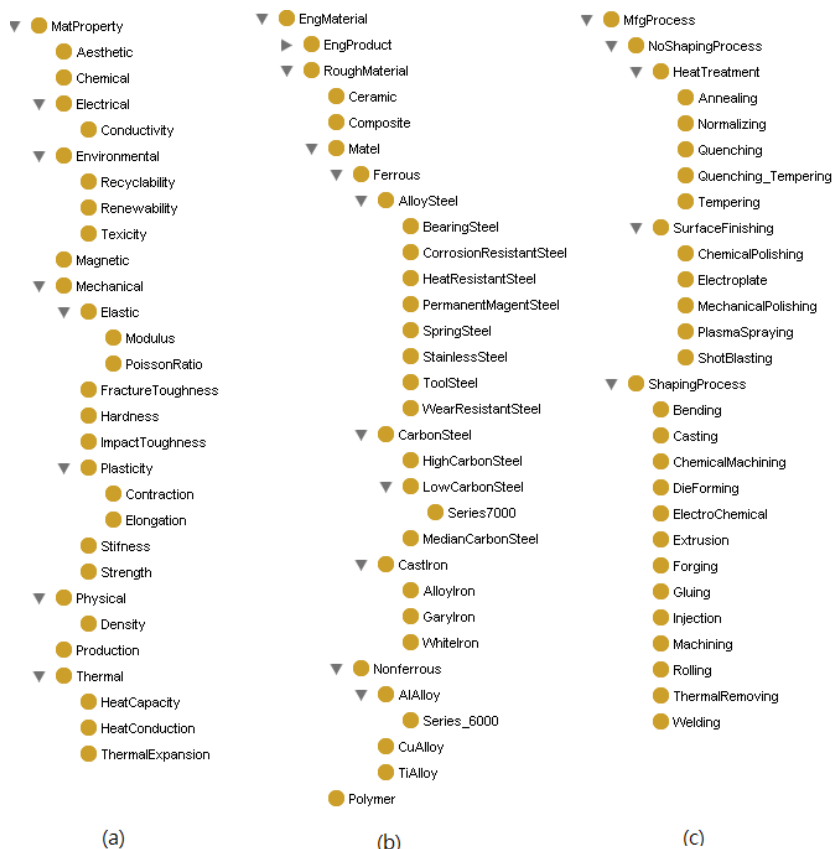


圖 3.4 工程材料概念的階層圖

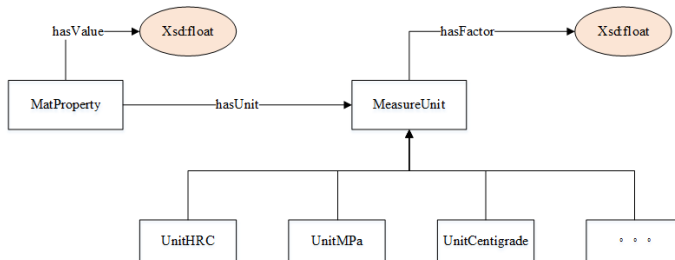


圖 3.5 材料屬性與單位之間的關聯圖

工程材料概念(Engineering Material Concept)，此一概念在知識架構層中又叫”EngMaterial”，該概念可以用四種屬性加以描述，其一說明該材料的屬性，包括了材料的各種物理及化學性和材料的微觀結構等如圖 3.4(a)，其二說明材料和產品是屬於哪一個類別如圖 3.4(b)，第三則說明特定材料欲成為特定成品應進入哪一個製程如圖 3.4(b)，最後則是說明該材料是所存在的倉儲位置。

材料屬性的概念可以再進一步地去描述材料屬性的單位，描述方式可由圖 3.4(a)看出，材料屬性中的量測屬性大致上可以分成密度、重量、硬度、導電度等等，每一個量測屬性必對應一個單位，例如密度的單位可以以 $\frac{kg}{m^3}$ 這樣表示，這層關係對往後的研究有著相當重要的意義，本研究以圖 3.5 的模式建立一個材料屬性及其單位之間關聯的表示方式(圓形部分為資料型別描述)。

3.2.2 製造流程概念

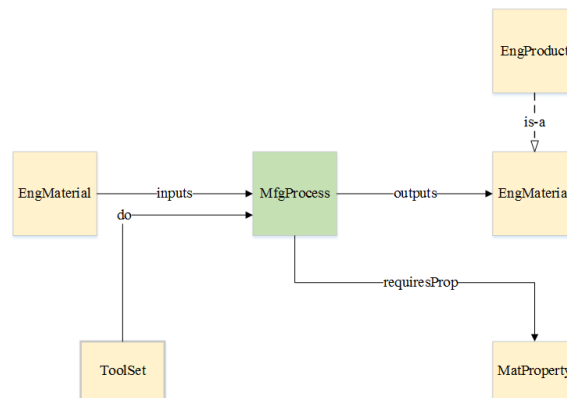


圖 3.6 製造流程與原物料間的關係

製造流程概念(Manufacturing Process Concept)在知識架構層中又稱為”MfgProcess”，此一概念是為了描述及介紹其工程材料製成產品所通過該製造方法，此一概念對於產品成形的過程、形狀和由設計要求等概念都有著相當密切的連接如圖 3.6。

圖 3.4(c)清楚地指出製造流程的概念裡的所有製程的分類，以供決策者作製程的選擇，然而原物料進入各種製程會有所謂的製程需求必須考慮，如熱處理等必定需要考慮不少的製程需求(Process Requirement)的條件，本研究在該概念層中加入了工作站(ToolSet)的概念，該概念透過屬性(do)去連接製程與工作站之間的關聯，進一步地說明哪些工作站可以完成哪些製程的關係。

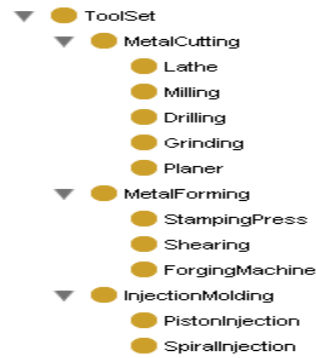


圖 3.7 ToolSet 階層圖

工作站(ToolSet)的概念除了指出製程可以用哪些工作站完成外(本體論的階層圖可用圖 3.7 的方式呈現)，同時加入時間的概念”Time”去詳加描述，”Time”的概念分別用下列三個概念描述：”CycleTime”、”Capacity”、”TimeUnit”，說明工作站的產能、週期時間及時間的單位，協助使用者更加合理地進行工作站的選擇，知識本體中的表達方式如圖 3.8。

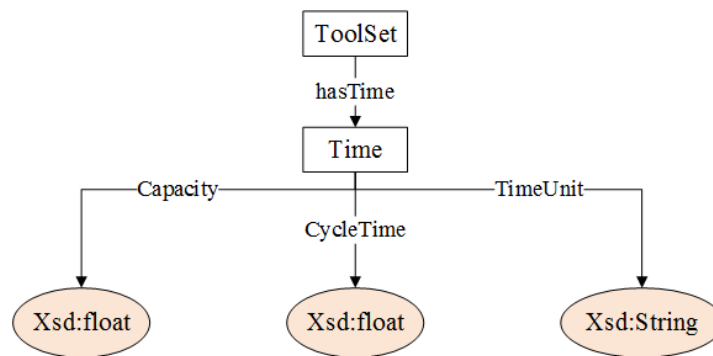


圖 3.8 ToolSet 概念圖

3.2.3 製成品概念

製成品概念(Engineering Product Concepts)：這一概念在知識架構層中又叫”EngProduct”，製程品是由一種或多種材料通過製造的方法所完成的，同時，此概念亦與製程對於各種設計的要求相互連結。

製成品要求分成兩類的概念分別為，限制要求(ConstraintRequirement)、客觀性要求(ObjectiveRequirement)，客觀性要求通常受一組材料的屬性或特性的影響。舉例來說的話，” CostObjective”是受材料成本，製造成本和使用成本所影響；限制要求是材料選擇的標準，包括：功能要求(Function)、生產要求(Manufacturing)和環保要求的(Environment)等概念，製成品要求概念的關係圖如圖 3.9。

客觀性要求會有一個影響屬性(InfluenceAttribute)，該屬性會連接著原料的屬性，以作為材料選擇所用的依據，而該影響屬性會有一個權重值，當多項屬性互相衝突時，可透過權重值來做決定哪一個設計屬性作為優先選擇。

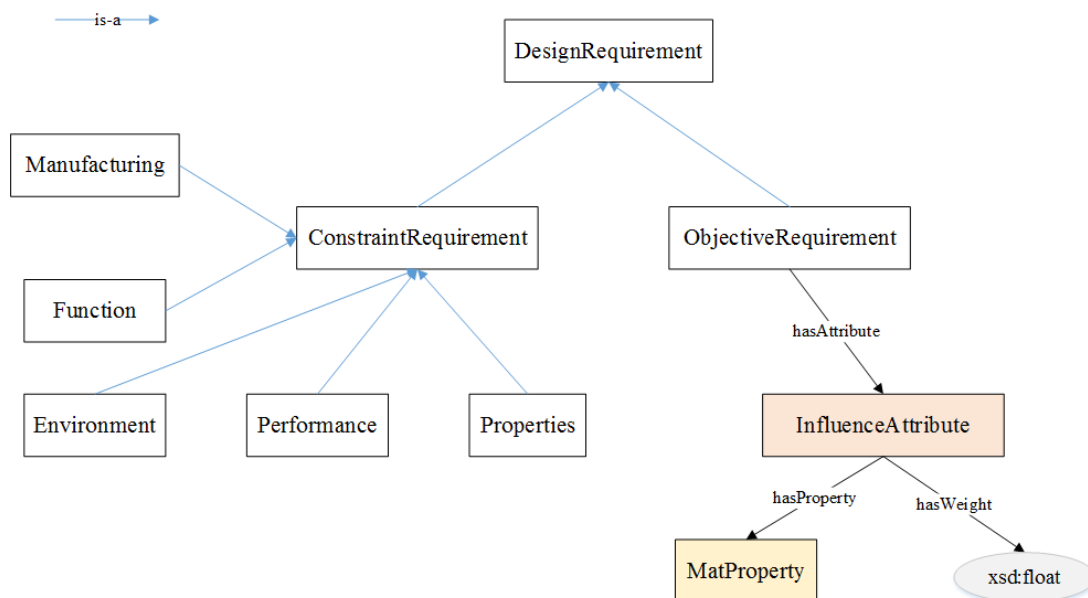


圖 3.9 製成品要求概念

3.2.4 區域概念

區域概念(Area Concept)，這一概念在知識架構層中又叫”Area”，該概念用工作站(ToolSet)及倉儲(Warehouse)這兩個概念加以描述，該概念層最主要的目的在於說明材料及工作站的所在位置，其本體論的建模方式見圖 3.10。

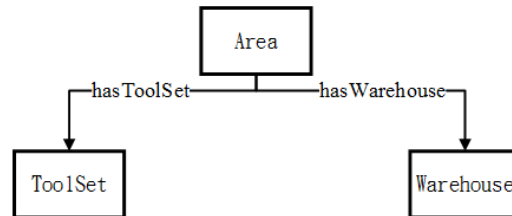


圖 3.10 區域概念本體論模型

而倉儲(Warehouse)的概念描述原物料及成品的儲存的位置，本研究將原物料、成品的種類、數量、單位屬性封裝成一個料架(Rack)的概念中，分別以”kind”、“number”、“unit”說明，表達方式如圖 3.11。

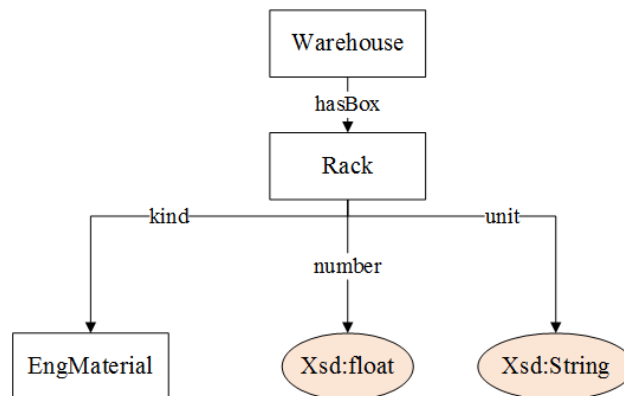


圖 3.11 倉儲概念圖

3.2.5 特殊概念

概念層中有一個較為特殊且獨立出來的概念稱之為”Candidate”，這一個的概念主要是將經過推論後的材料或是機台放置在這裡面，以便後續可以從中挑選合適的材料。

3.3 推論層架構

建構本體論模型後，本研究透過推論規則去尋找是實與宣告屬性等關係去尋找相關實例，進而找出隱藏於知識本體框架中的知識，雖然建置推論規則的工具有不少較有名氣的如 RuleML、SWRL、Metalog 與 ISO Prolog 等，本研究所採用的推論規則是以特別針對本體論的推論規則 SWRL(Semantic Web Rule Language)及 SQWRL(Semantic Query-Enhanced Web Rule Language)作為撰寫的語言(Horrocks et al., 2011)。

3.3.1 SWRL

推論規則(Rule)是在已知的條件下可以推論出概念架構下的隱含知識。而規則是由標頭(Head)和主體(Body)所構成，標頭是一個原子(atom)，主體是一個原子公式。若主體內的每一個原子公式都成立的情況之下，可以推得並確認標頭的事實，可以理解為：head 用來記錄這條法則域推論的結果而 body 則是紀錄達到該推論的條件，圖 3.12 為簡易的 SWRL 說明圖示。

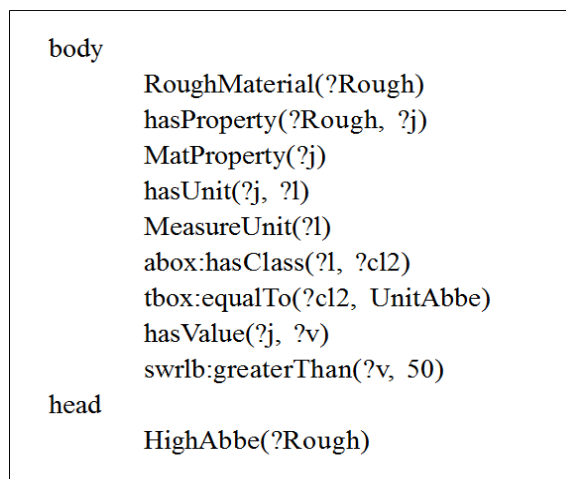


圖 3.12 SWRL 說明圖示

在圖 3.12 中，head 和 body 所使用的實例(instance)則是由原子(Atom)或變數(Variable)這兩類別提供：

1. Class(x) : C 是本體論所描述的概念。
2. Property(x,y) : P 是本體論所描述的屬性而 x、y 可以是變數、實例(instance)或本體論裡資料。

SWRL 還可以寫成人類容易閱讀的模式，進而方便開發人員去開發各種推論規則如下圖 3.13，這種表示方法就是一例，這推論式說明概念於概念或是變數與變數之間用屬性相連接。

$$C_1^1 \wedge P_2^1 \wedge C_2^2 \wedge P_3^2 \wedge C_3^3 \cdots \rightarrow M$$

$$C_1^1 \wedge P_2^1 \wedge P_3^2 \wedge P_4^3 \wedge P_4^4 \cdots \rightarrow M$$

圖 3.13 方便人類閱讀的 SWRL 格式

根據圖 3.13 的模式可以將圖 3.12 的推論規則寫成人類容易閱讀的格式如下式：

$$\begin{aligned} & \text{RoughMaterial(?Rough)} \wedge \text{hasProperty(?Rough, ?j)} \wedge \quad (1) \\ & \text{MatProperty(?j)} \wedge \text{hasUnit(?j, ?l)} \wedge \text{MeasureUnit(?l)} \wedge \\ & \text{abox:hasClass(?l, ?cl2)} \wedge \text{tbox:equalTo(?cl2, UnitAbbe)} \wedge \\ & \text{hasValue(?j, ?v)} \wedge \text{swrlb:greaterThan(?v, 50)} \rightarrow \\ & \text{HighAbbe(?Rough)} \end{aligned}$$

上述的推論式(1)的目的則是要從材料中挑選出阿貝系數大於 50 以上的塑料，並將其塑料放進高阿貝系數的類別中，然而光學塑料往往有複數個屬性，為了要了解其推論規則是如何準確的抓出是哪一個屬性之前，必須對運算符號還有各種限制式有一定的了解。

運算符號及限制式大體上分程 4 大類型分別為：(1)數學運算、(2)邏輯比較、(3) Abox(Assertion Component)、(4) Tbox(Terminological Component)。

■ 數學運算：

1. `swrlb:multiply(z,x,y)` 該函式可以將變數 x 及變數 y 相乘並將結果存入變數 z 中。
2. `swrlb:add(z,x1...xn)` 該函式允許多個參數，可以讀作 $z = \sum_{i=1}^n x_i$ 。

■ 邏輯比較：

1. `swrlb:greaterThan(x, y)` 該函式用以比較變數 x 是否比 y 的大，是的話就選用 x 。
2. `swrlb:greaterThanOrEqualTo(x,y)` 該函式用以比較變數 x 是否大於等於 y ，是的話就選用 x 。
3. `swrlb:lessThan(x, y)` 該函式用以比較變數 x 是否比 y 的小，是的話就選用 x 。
4. `swrlb:lessThanOrEqualTo(x, y)` 該函式用以比較變數 x 是否小於等於 y ，是的話就選用 x 。

■ ABox(Assertion Component) :

ABox 是以描述概念之間的關係進而定義對知識的其他說明，因此可以透過 ABox 補足概念與概念之間複雜性的描述在 SWRL 中可以透過 ABox 相關的函式進行概念之間的關係操作。

1. `abox:hasClass(x,y)` 查詢變數 `y` 是屬於個類別，並將其存入變數 `x` 裡。

■ TBox(Terminological Component) :

TBox 代表對事物認知的「概念」，在 Ontology 將知識的建構方式為概念及子概念的樹狀架構，在 SWRL 中可以透過 TBox 相關的函式進行概念的操作。

1. `tbox:equalTo(x,y)` 將變數 `x` 與 `y` 的交集找出，並將他存於變數 `x` 中。

推論規則(1)所述的情境是從所有的原物料的概念裡去尋找阿貝係數大於 50 的材料，並加以推論出來；詳細做法是先去尋找”RoughMaterial”概念下的實例，再透過連結概念”MatProperty”所用的屬性” hasProperty”，比較棘手的是，在一個材料下會有許多不同材料屬性的概念，要準確的找出阿貝係數這個屬性就必須透過上述介紹的函式，本研究是將概念”MatProperty”透過屬性”hasUnit”所連接的概念”MeasureUnit”再透過函式” `abox:hasClass`”去尋找該材料屬性的單位所屬的單位是什麼並將其存入變數”`c12`”，再透過函式” `tbox:equalTo`”去判斷” `c12`”的是否是阿貝係數所對應的單位，如果判斷出來該材料屬性為阿貝係數，再透過函式” `swrlb:greaterThan`”將阿貝係數大於 50 的材料找出來。

3.3.2 SQWRL

SQWRL 和 SWRL 同樣是本體論的延伸規則語言，當研究者需要對本體論模型內的資料做計算或設定條件來限制取得資料，這時就會需要一個描述性的查詢語言，稱為 SQWRL。

由於 SQWRL 是基於 SWRL 規則語言做一個擴充，所以可以相互整合進行複雜的查詢功能，下列兩條推論式進行說明。

$$\text{Rack}(?b) \wedge \text{number}(?b, ?n) \rightarrow \text{sqwrl:select}(?n) \quad (2)$$

$$\text{Rack} (?b) \wedge \text{number}(?b, ?n) \wedge \text{swrlb:lessThan}(?n, 1000) \rightarrow \quad (3)$$

`sqwrl: select (?n)`

推論式(2)的目的將所有料架(不限地點及倉儲)裡面所有的值給揭露出來；其作法是將概念”Rack”裡所有的實例中去尋找其”number”的值，並透過函數”sqwrl:select”把所有的值給印出來；而推論式(3)再透過 SWRL 的語法過濾大於 1000 的值，把其餘的值印出來，所以推論式(3)的值會較推論式(2)的長度短。

第四章 實驗驗證與分析

本研究將設計虛擬的情境驗證知識本體模型的可行性，假設一間汽車售後公司，並且該公司在四個地點(德國、日本、台灣、美國)皆設有倉儲與工作站，每一個工作站的產能都不一樣，且每一間倉儲都有不同種類的材料且數量也不同。

如今，該公司接到一張汽車車頭燈罩的訂單，該車頭燈示意圖見圖 4.1，該燈罩亦會有著產品設計上的要求，在考慮跨國的製造的前提下，如何挑選出適當的材料與工作站便是本研究的情境設定。



圖 4.1 車頭燈示意圖

圖片來源:

GRABCAD(<https://grabcad.com/library/mercedes-benz-s-class-2015-1>)

實驗過程分為兩個部分。第一部分是利用本體論建立概念層的步驟，該概念層所要建的概念模型分別為產品的屬性、產品設計需求、產品製造流程、還有工作站及倉儲位置這五個模型；第二部分則是依情境建立推論規則進而從中選擇出適當的工具機台及材料，如圖 4.2。

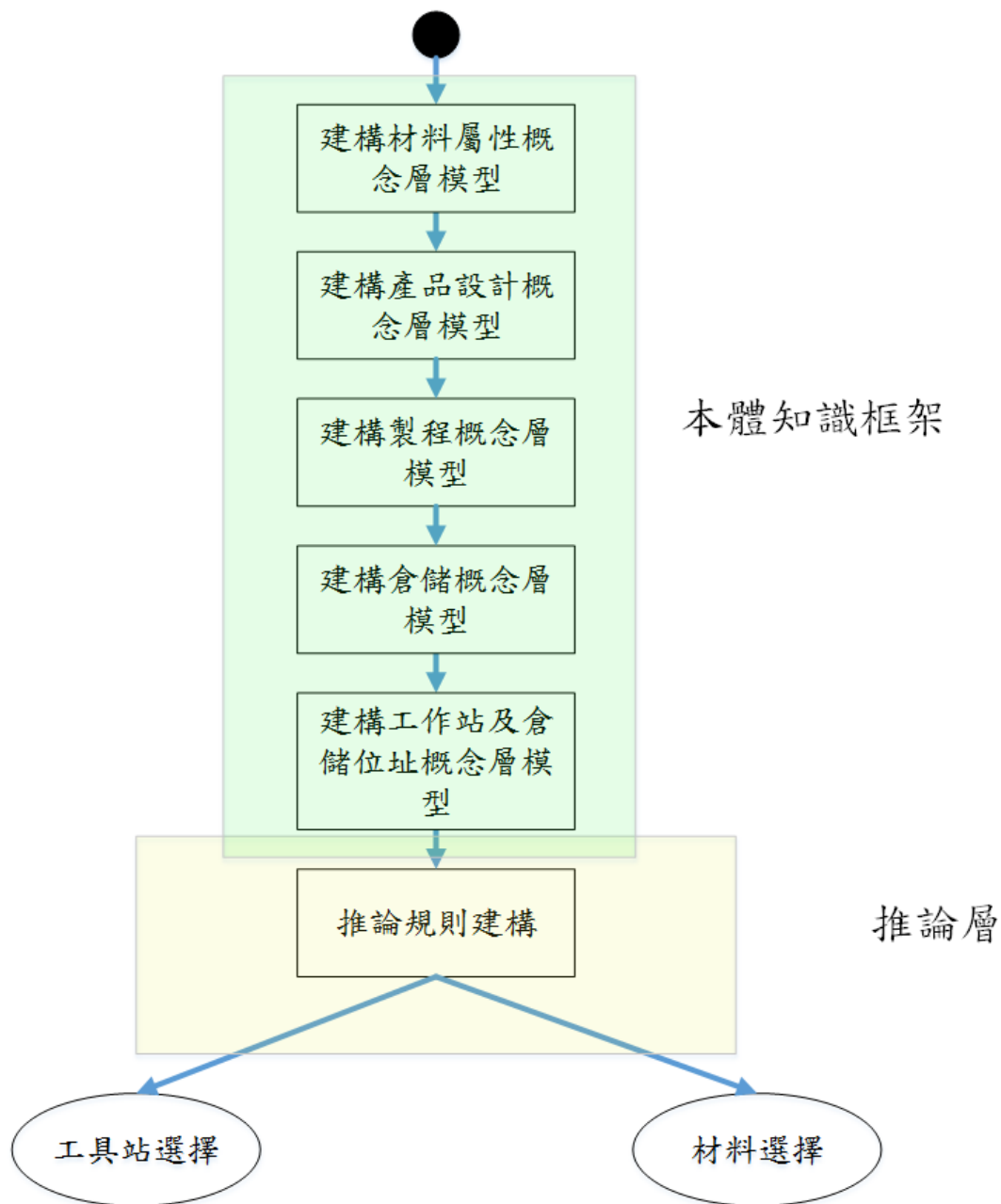


圖 4.2 情境驗證模型流程圖

4.1 開發環境與工具

表 4.1、表 4.2 為本研究的電腦環境和 CPU 規格，記憶體規格及作業系統的種類，也許可作為其他研究實驗的參考依據。

表 4.1 本研究硬體需求規格

電腦環境	說明
作業系統-Windows 版本	Windows 7 家用進階版
CPU 規格	T6570 2.10GHz
記憶體規則	6.00GB
系統類型	64 位元

表 4.2 本研究軟體需求規格

軟硬體工具	說明
Protégé3.4.8	建置本體論工具
Jess 7.1p2	作為本研究的推論工具

4.2 知識本體框架建構

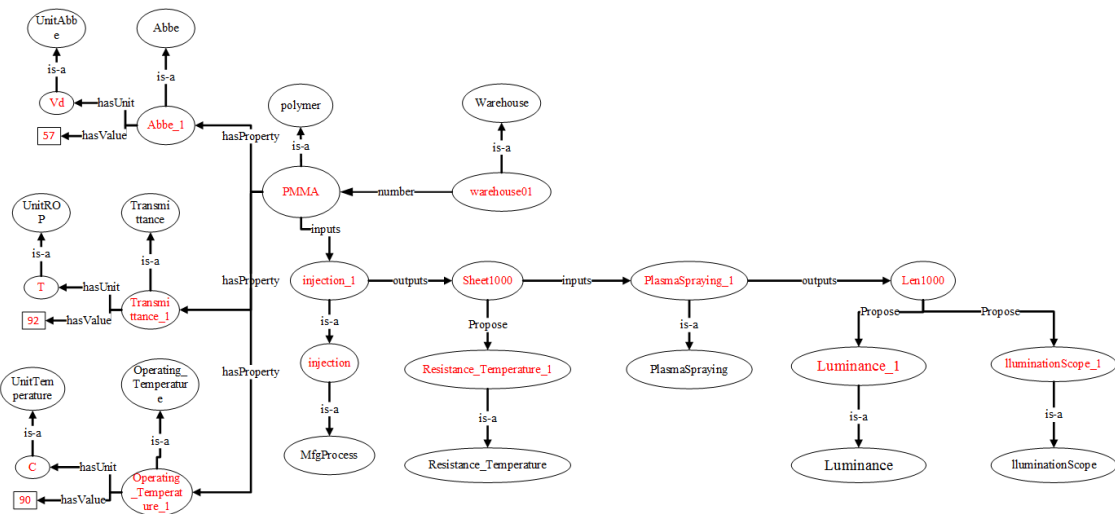


圖 4.3 本體論模型概觀圖

如前言所述，分散式的製造是未來工業 4.0 所描述的重點之一，在分散式的製造環境下工作站、倉儲與市場的位置的遠近及相依性是一個極為重要。

汽車車頭燈的產品設計上會有一些設計上的需求，例如工作溫度、光的穿透率及光的擴散程度，這些條件都必須在材料的選擇時就必須要作考慮。然而汽車售後市場屬於跨國分工的，甚至連銷售位置都有著跨國的特性，所以在建構本體論的概念模型亦必須考慮工作站及倉儲的位置。

一般來說車頭燈的光學透鏡的製造程序相當複雜，然而詳細的製程不是本研究的研究重點，故此本研究將簡化其製程分別為射出成形及鍍膜這兩個製程去做討論，並依照此製程手動建構一個本體論的模型，其本體論模型概觀圖見圖 4.3(以下的本體論模型圖，紅字為實例，黑字為概念)。

該本體論概觀圖是以 PMMA 的材料的製程及該材料的成品為例所繪製，由此圖可以看出材料 PMMA 會先進入射出成形的製程，並產出片材(Sheet1000)並有一個產品的設計需求(Resistance_Temperature_1)，之後，該片材再進入鍍膜的製程後，該製程將會產出鏡頭(Lens1000)亦會有其該對應的產品設計要求(IlluminationScope_1、Luminance_1)。

哪些製程可以透過哪些工作站去完成，及工作站及倉儲所處的區域位置要如何描述，本研究會在後續章節作描述如何做成本體論的模型。

4.2.1 建構材料屬性概念層模型

百度百科對於光學塑料的定義為「光學塑料是指用在光學透鏡的塑料」。主要用在批量較大的光學儀器中，廣泛應用於光學基板、透鏡、隱形眼鏡、有機光導纖維等。

本研究選擇四個較為常見的光學塑料作為材料選擇的基礎，以下為這四種材料的簡單介紹 (Baidu Encyclopedia, 2015)：

1. 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)，俗稱有機玻璃。是光學性能最好的塑料。然而，PMMA 力學和電學性能一般，吸濕性偏高。PMMA 除了能注塑、擠出和熱成型透明製品也可以使用澆鑄成型。
2. 環烯烴聚合物(COP)，具有較低的吸水性，可以有效防止變型，其光學性能上具有雙折射較低，透光度較高等等特性，比重也比許多材料來的低。
3. 聚碳酸酯(PC)，是綜合性能優良的塑料，PC 光學性能僅低於 PMMA。但耐熱耐寒。然而 PC 製品的硬度低，耐磨性差，成型時對水敏感，成型後殘餘應力高，但光學性質如雙折射率高。注射、擠出和吹塑高質量的 PC 透明製品有較高的產品設計要求。
4. 聚苯乙烯(PS)，光學性能比 PMMA 差，但吸濕率低。模塑成型光學製品時需注意，其光學性能上雙折射率大，在物理性質上，易應力發白和開裂。製品抗沖性能差，低溫脆性明顯，而且 PS 製品的耐候性差，長期存放和受陽光照射會發黃變濁。

設計產品的時，設計者須考慮產品使用的工作環境進行原材料的選擇，本研究依據 PIDA(2008)所公布的塑料的屬性值整理如下表 4.3。

表 4.3 材料的屬性值表

材料	Crown Materials		Flint Materials	
	聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	環烯烴聚合物 (COP)	聚碳酸酯 (PC)	聚苯乙烯 (PS)
阿貝系數 (Abbe)	57Vd	56Vd	34Vd	31Vd
穿透率 (Transmittance)	92T	92 T	88 T	89 T
最高工作溫度 (Operating Temperature)	90°C	120°C	125°C	80°C

材料屬性概念設計其重點就是要如何將真實世界的屬性概念以本體論呈現，知識本體建構圖如圖 4.4。

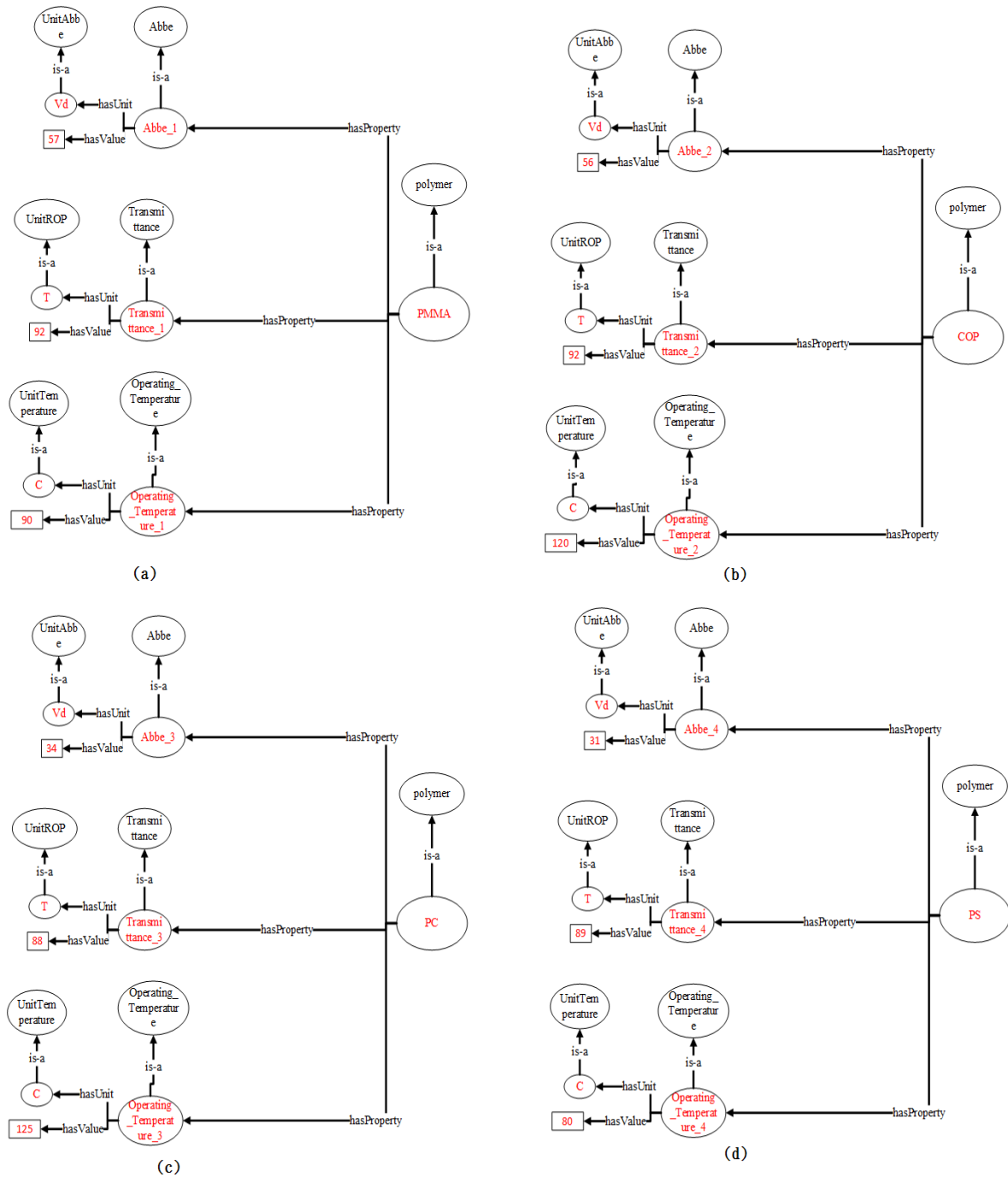


圖 4.4 本體論建構材料屬性模型圖

4.2.2 建構產品設計概念層模型

在上一節中，本研究選擇了阿貝係數、穿透率及最高工作溫度作為材料屬性的選擇依據，以這三個屬性作為選擇依據，主因是阿貝係數決定了光的色散程度，進而影響光照面積，在作為汽車的車前燈的透鏡不可太高亦不可太低，而穿透率會影響到光通過透鏡後的明亮程度，最後的最高工作溫度將會影響到透鏡的壽命。

本研究建構的映射圖去說明欲解決產品的設計的需求，可以利用哪一個材料屬性值對應產品設計的要求，其映射圖，如圖 4.5。

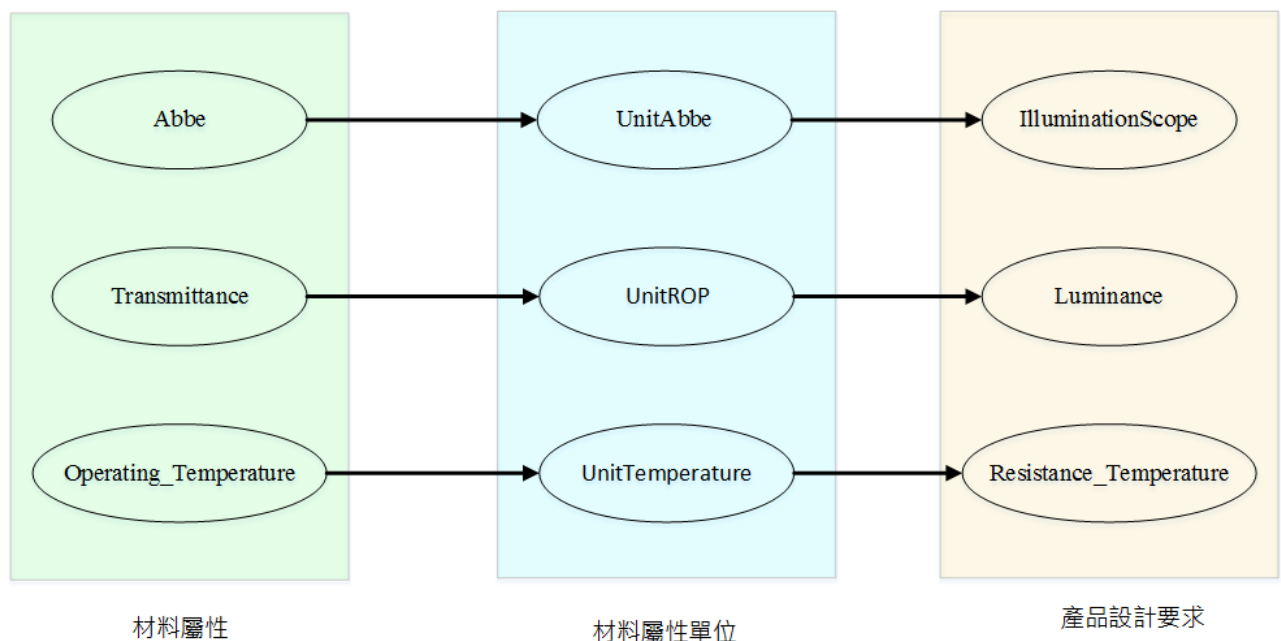


圖 4.5 材料屬性對應產品設計要求映射圖

以透鏡為例，該產品的設計要求其中有一項是光照的範圍 (IlluminationScope)，而設計者必須從材料的選擇中克服這點，上述已經有提到，光照範圍與阿貝係數有著密切的關聯，所以將光照範圍這項要求去映射阿貝係數的單位(Vd)，接著再去從材料的許多屬性中去尋找、揭露阿貝係數的單位(Vd)，將這兩個單位屬性進行比對，如果該單位是同一個屬性類別，便可以進行量化值的比較。

表 4.4 產品、半成品的產品設計要求

產品	Sheet100x	Lens100x
產品設計要求 (實例)	Resistance_Temperature_1 (Operating_Temperature >85.0 °C)	IlluminationScope_1 (50Vd<Abbe<60Vd) Luminance_1 (Transmittance>88T)

一個產品可以有複數以上的產品設計要求，而欲建構完整的產品設計要求的屬性必須先思考該設計要求如何與材料的屬性作映射，本研究的案例可參考圖 4.5。

片材所處的工作環境，抗高溫的材料屬性是愈高愈好，所以挑選材料的時候，應以操作溫度大於 85 度 C 最為優先的選項；而透鏡的光罩範圍也是愈大愈好，而影響光照範圍的材料屬性是阿貝係數，不能太高亦不能太低，本研究定為 50 至 60Vd 之間，最後則是明亮度的部分，這亦是愈大愈好，而影響明亮度的材料屬性是光通量，本研究定在 88T 以上，本研究將情境中的產品及半成品所需要的產品設計需求整理成表 4.4。

由於每一個國家對於產品設計的要求都不一樣，為了方便後續推論，表 4.4 的產品設計要求的值為本研究假設。

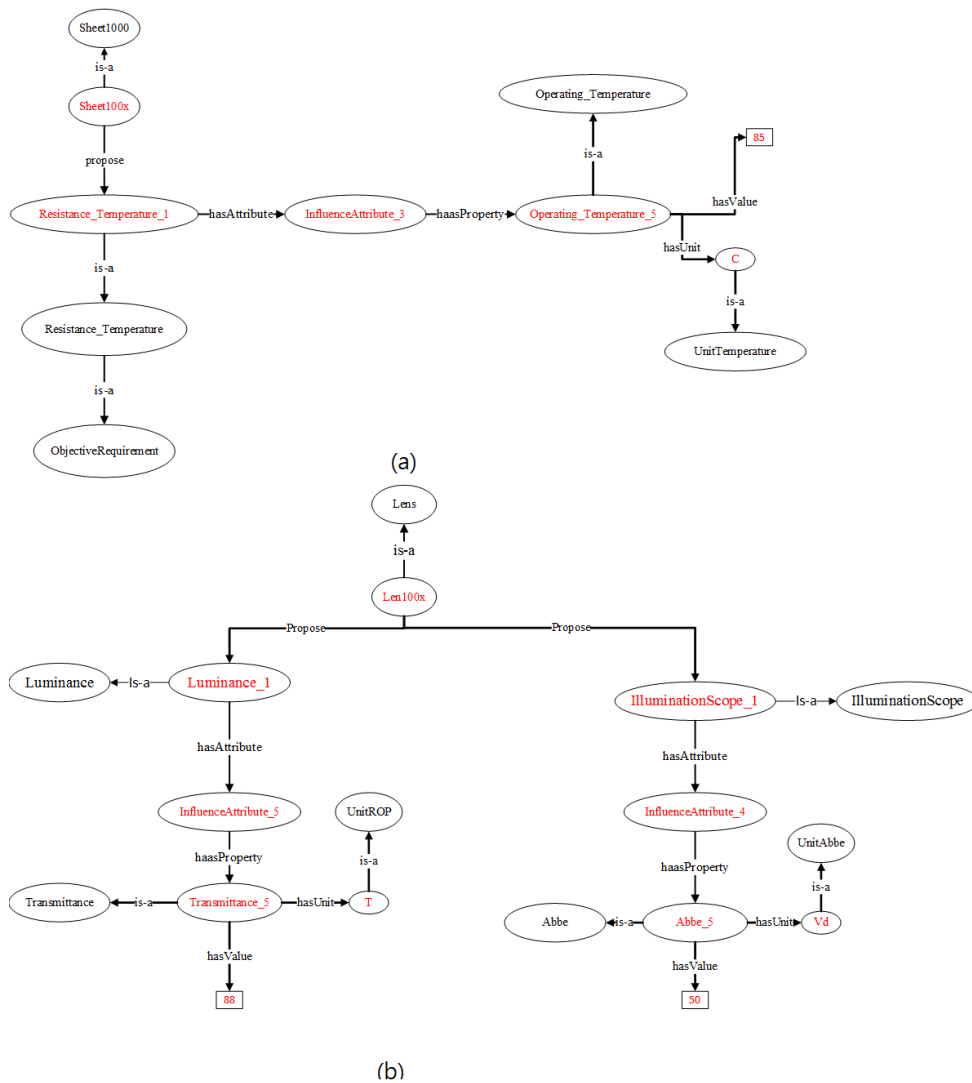


圖 4.6 產品設計要求屬性值

由圖 4.6(a)可知，從產品實例 Sheet100x(x=1 表示由材料 PMMA 所製作、x=2 表示由材料 COP 所製作、x=3 表示由材料 PC 所製作、x=4 表示由材料 PS 所製作)的例子來看，Sheet100x 這項產品有一個高溫度的工作環境的產品設計要求，本研究將在 Resistance_Temperature 的類別下建構一個產品設計要求的實例 Resistance_Temperature_1，由圖 4.5 得知，該產品的設計要求係以最高工作溫度處理。

4.2.3 建構製程概念層模型

如上一章所述，製造程序的概念主要是描述材料轉成原物料所需的過程，亦即是說一個原物料欲成為一個特定成品需要進入哪一個製程，而該製程輸出的成品又是什麼，而該製程所需要什麼條件在這裡亦需要描述如圖 4.6。

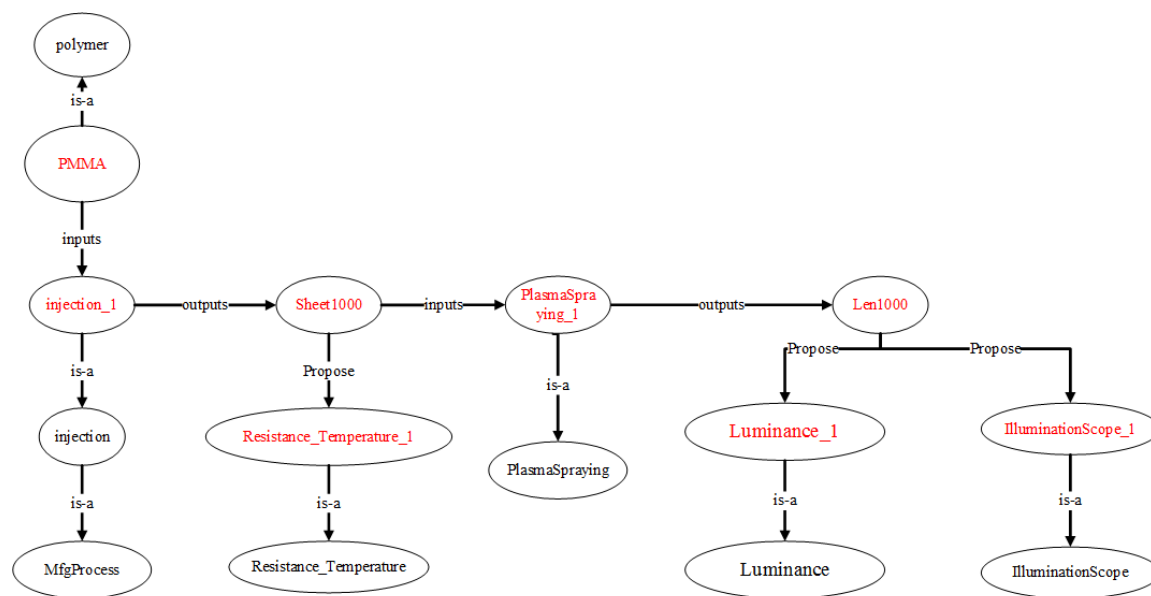


圖 4.7 製程概念本體論概觀描述

由圖 4.7 可知，”PMMA”是”polymer”概念下的實例藉由進入的製程”injection_1”可得名為” Sheet1000”的產品，在過去的研究中所提出的知識本體模型未描述完成製程所需要哪些工作站的配合，本研究對此提出了製程必須與工作站要建立關聯的觀點，亦即是說，而且一個工作站可以完成哪些製程，而完成一個製程需要多少時間，表 4.4 為該情境驗證中各工具站與製程關係表同時亦說明工作站所處的位置，如工作站 ToolSet_1 所處於 Japan_1 的位置裡。

表 4.5 已明確地指出欲執行什麼製程有哪些機台可以去執行、配合，在有這一個認識之後，便可以透過本體論的方式建構概念模型見圖 4.6，工作站可以完成的製程內容大多不止一種，以工作站 ToolSet_1 為例，該工作站便可以完成 injection_1、injection_2、injection_3、injection_4 這四個製程，以這為基礎下便可建立如圖 4.6 的模型。

表 4.5 工作站與製程關係表

		ToolSet_1	ToolSet_2	ToolSet_3	ToolSet_4
Do		injection_1 injection_2 injection_3 injection_4	injection_1 injection_2 injection_3 injection_4	PlasmaSpraying_1 PlasmaSpraying_2 PlasmaSpraying_3 PlasmaSpraying_4	PlasmaSpraying_1 PlasmaSpraying_2 PlasmaSpraying_3 PlasmaSpraying_4
Time	Capacity (m)	48000	50000	46000	48000
	Cycle Time(m)	4	7	6	8
Area		Japan_1	Taiwan_1	Germany_1	USA_1
is-a		PistonInjection	PistonInjection	PlasmaSpraying	PlasmaSpraying

圖 4.8 以工作站 ToolSet1 為例，由圖可以看出，該工作站可以用來完成 injection_1、injection_2、injection_3、injection_4 此四個製程，而該工作站有 hasTime 的屬性去連結 Time 類別下的實例 Time_1，該實例可以描述產能 48000、週期時間 4，單位為分鐘。

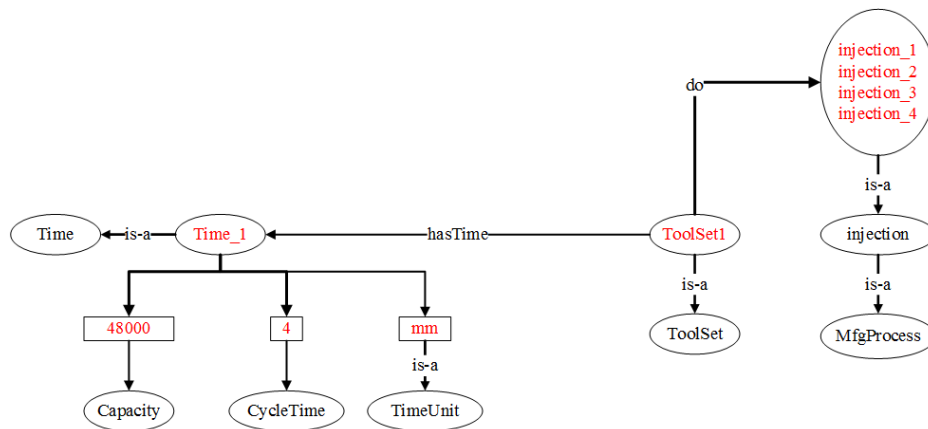


圖 4.8 製程、工作站、時間概念關聯圖

4.2.4 建構倉儲概念層模型

如前文所述，汽車售後市場通常工作站及銷售地點是在世界各地，所以如果要建構工作站及材料的選擇也必須考慮這問題，若考慮這個情境尚需考慮倉儲內的材料及成品。表 4.6 用以表達哪一個倉儲內有哪些原物料而量是多少單位，如倉儲 Warehouse_1 內有料架 Rack_1 及 Rack_2，而料架內分別有 1700 件 PMMA 還有 740 件 PC，該表亦說明倉儲所處的位置，如 Warehouse_1 在位置 Japan_1 裡，其倉儲內料架及材料之間關係的知識本體的模型建構方式見圖 4.9。

表 4.6 倉儲原材料的庫存量

Warehouse_1	Warehouse_2	Warehouse_3	Warehouse_4
PMMA/1700/pips (Rack_1)	PC/360/ pips (Rack_3)	PC/472/ pips (Rack_5)	PC/773/ pips (Rack_8)
PC/740/pips (Rack_2)	PS/600/ pips (Rack_4)	COP/667/ pips (Rack_6)	PS/694/ pips (Rack_9)
		PMMA/270/pips (Rack_7)	COP/472/ pips(Rack_10)
Japan_1	Taiwan_1	Germany_1	USA_1

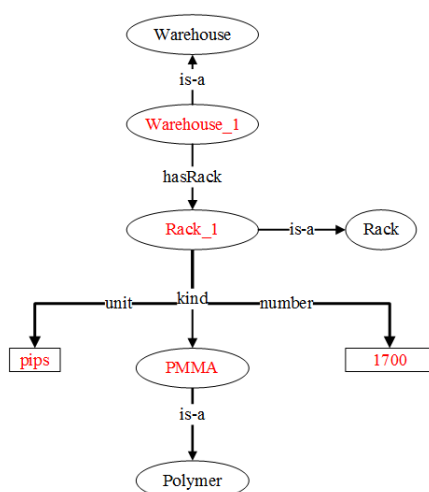


圖 4.9 倉儲本體論概念圖

4.2.5 建構工作站及倉儲位址概念層模型

位置的概念用以描述工作站及倉儲的位置，圖 4.10 是本體論描述倉儲、工作站及位置的描述方式，由圖可知，在日本的概念下建構一個日本的實例(Japan_1)，並且可以假設該實例為日本的某一市鎮或工廠，而在這實例下有著倉儲(Warehouse_1)及工作站(ToolSet_1)，此外，Japan_1 在此實例裡亦可以放置多台的工作站，在 Japan 的概念下亦可建立許多的實例。

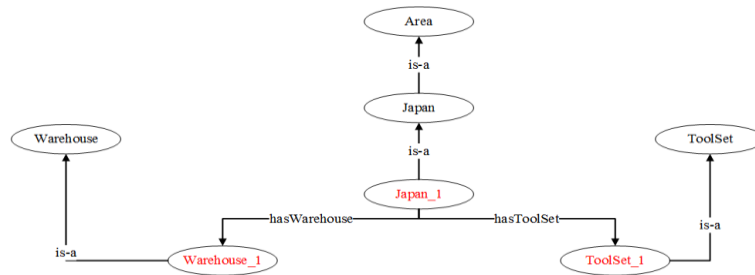


圖 4.10 區域位置本體論建構圖

4.3 推論規則建立

當概念層建立完成後，設計者必須透過設想的情境來制定推論規則，進而由概念與屬性之間的邏輯找出隱藏在其中的知識，找出隱藏的知識；本節建立如下三個製造情境，並針對該情境建立推論規則已找出適當的解以供決策者作為選擇材料及機台的選擇。

4.3.1 依產品的設計需求找出合適的材料

前文已提要選擇一個合適的材料其中一個很重要的依據是材料的屬性是否可以滿足成品的設計要求，以本研究為例，一個鏡頭的最高工作溫度會影響鏡頭的壽命；阿貝(Abbe)係數則會影響光照的範圍；光的穿透率則會影響光的明亮程度，本研究依據上述的考量，在此設定每一個成品所需要的產品設計要求見表 4.7。

表 4.7 產品設計要求對應材料屬性範圍

產品設計需求	最高工作溫度	光照範圍
需求範圍	Operating_Temperature \geq 85	50 \leq Abbe \leq 60
需求實例	Resistance_Temperature_1	IlluminationScope_1
產品設計需求	明亮度	
需求範圍	Transmittance \geq 88	
需求實例	Luminance_1	

本研究基於上述的考量，建構了一個基於產品的設計需求找出有哪些合適材料的推論規則，然而，本研究是將所有入圍的材料逐一揭示出來，因為即使該條件達到最佳值亦不能說明他就是最合適的材料，所以最理想的作法就是將可用的材料全部揭示出來，讓決策者可以從中考慮，進而作出最有利的決策，本研究分成兩個部分去進行，首先，針對個別產品設計要求逐一尋找適合的原物料，再將推論結果放至候選(Candidate)的概念裡，最後再從中找出所有條件都有交集的材料，其規則如下表 4.8：

表 4.8 以產品的設計需求找出合適的材料推論規則

<p>Operating Temperature\geq85</p>	<p>EngProduct(?Product) \wedge proposes(?Product,?b) \wedge DesignRequirement(?b) \wedge hasAttribute(?b, ?c) \wedge InfluenceAttribute(?c) \wedge hasProperty(?c, ?d) \wedge MatProperty(?d) \wedge hasUnit(?d, ?e) \wedge MeasureUnit(?e) \wedge abox:hasClass(?e, ?c11) Atbox:equalTo(?c11, UnitTemperature) \wedge hasValue(?d,?v2)\wedge Warehouse(?h) \wedge hasRack(?h,?_Box)\wedge Rack(?_Box) \wedge kind(?_Box,?Rough)\wedge RoughMaterial(?Rough) \wedge hasProperty(?Rough, ?j)\wedge MatProperty(?j) \wedge hasUnit(?j,?l)\wedge MeasureUnit(?l) \wedge abox:hasClass(?l,?c12)\wedge tbox:equalTo(?c12,UnitTemperature)\wedge hasValue(?j,?v) \wedge swrlb:greaterThanOrEqual(?v,85) \rightarrow CanResistance_Temperature(?Rough)</p>	<p>(4)</p>
---	---	------------

Transmittance \geq 88	<p>EngProduct(?Product) \wedge proposes(?Product,?b) \wedge DesignRequirement(?b) \wedge hasAttribute(?b, ?c) \wedge InfluenceAttribute(?c) \wedge hasProperty(?c, ?d) \wedge MatProperty(?d) \wedge hasUnit(?d, ?e) \wedge MeasureUnit(?e) \wedge abox:hasClass(?e, ?c11) \wedge tbox:equalTo(?c11, UnitROP) \wedge hasValue(?d,?v2)\wedge Warehouse(?h) \wedge hasRack(?h,?_Box)\wedge Rack(?_Box) \wedge kind(?_Box,?Rough)\wedge RoughMaterial(?Rough) \wedge hasProperty(?Rough, ?j)\wedge MatProperty(?j) \wedge hasUnit(?j,?l)\wedge MeasureUnit(?l) \wedge abox:hasClass(?l,?c12)\wedge tbox:equalTo(?c12, UnitROP)\wedge hasValue(?j,?v) \wedge swrlb:greaterThanOrEqual(?v,88) \rightarrow CanResistance_Temperature(?Rough)</p>	(5)
50 \leq Abbe \leq 60	<p>EngProduct(?Product) \wedge proposes(?Product,?b) \wedge DesignRequirement(?b) \wedge hasAttribute(?b, ?c) \wedge InfluenceAttribute(?c) \wedge hasProperty(?c, ?d) \wedge MatProperty(?d) \wedge hasUnit(?d, ?e) \wedge MeasureUnit(?e) \wedge abox:hasClass(?e, ?c11) \wedge tbox:equalTo(?c11, UnitAbbe) \wedge hasValue(?d,?v2)\wedge Warehouse(?h) \wedge hasRack(?h,?_Box)\wedge Rack(?_Box) \wedge kind(?_Box,?Rough)\wedge RoughMaterial(?Rough) \wedge hasProperty(?Rough, ?j)\wedge MatProperty(?j) \wedge hasUnit(?j,?l)\wedge MeasureUnit(?l) \wedge abox:hasClass(?l,?c12)\wedge tbox:equalTo(?c12, UnitAbbe)\wedge hasValue(?j,?v) \wedge swrlb:greaterThanOrEqual(?v,88) \rightarrow CanResistance_Temperature(?Rough)</p>	(6)

由上表可知，所有以產品的設計需求找出合適的材料推論規則是先找出產品的設計需求的屬性單位，再找出材料的屬性單位兩者如果相同再去比較其值，以最高工作溫度舉例，推論的步驟如下：

1. 找出成品中所有的設計要求，將最高工作溫度所對應的單位(°C)，並將其類別找出，把值存放於變數"?c11"中，由於要找出滿足最高工作溫度的所有材料，所以要檢驗"?c11"是否與 "UnitTemperature"是同一個類別，如果相同，則將量化值取出變數"?v2"。
2. 再從 Warehouse 去找尋所有庫存原物料的屬性，並查出該屬性所對應的單位屬於哪一個類別，並將其類別存入變數"?c12"，再去查"?c11"和"?c12"是否是同一個類別。
3. 當"?c11"及"?c12"是屬於同一個類別，便可以去比較原物料的屬性和成品的需求，進而揭露所有適合的工程材料。

完成上述的推論規則後(結果)，會將可以用的材料分別放進候選概念裡，在藉由"tbox:equalTo(?x,?y)"的語法去找出交集的部分，最後可滿足所有的設計要求便是本研究所需要的，其推論規則如下：

```

CanResistance_Temperature(?c1)  ^
CanLuminance(?c2)  ^
tbox:equalTo(?c1, ?c2)  ^
CanIlluminationScope(?c3)  ^
tbox:equalTo(?c1, ?c3)
→ sqwrl:select(?c1)
    
```



圖 4.11 第一階段候選材料

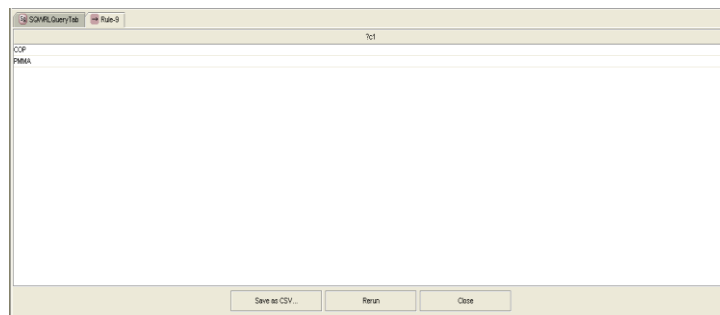


圖 4.12 滿足所有產品設計需求的材料

透過表 4.8 中推論規則(4)會將能在溫度大於 85 度 C 工作環境下的光學塑料挑選出來，並將其塑料實例存入” CanResistance_Temperature”的概念中以供後續推論使用，由圖 4.11(a)中可以看出滿足其推論規則的塑料有三個分別為：”COP”、”PMMA”及”PC”。

推論規則(5)會將光穿透律大於 88T 的光學塑料挑選出來，並將其塑料實例存入” CanLuminance”的概念中以供後續推論使用，由圖 4.11(b)中可以看出滿足其推論規則的塑料有四個分別為：”COP”、”PMMA”、”PC”及”PS”。

推論規則(6)會將阿貝係數介於 50 至 60Vd 的光學塑料挑選出來，並將其塑料實例存入” CanIlluminationScope”的概念中以供後續推論使用，由圖 4.11(c)中可以看出滿足其推論規則的塑料有兩個分別為：”COP”及”PMMA”。

而推論規則(7)會從候選名單中去找出所有材料交集者，交集者就是可以滿足所有產品要求的材料見圖 4.12，由推論結果得知可以同時滿足 3 個產品設計要求的僅剩下”COP” 和”PMMA”這兩個材料了。

透過上述的方法雖然可以藉由產品設計要求來決定合適的材料，但是卻不能保證該材料可以與工作站位置配合，假設”PMMA”在日本，但是能進行生產的工作站卻在美國，所以無法對該材料進行加工，此時該材料就稱不上是好的材料。

同樣的問題亦會發生在工作站選擇，下一節，本研究會建構一個常見的機台選擇方式，也就是單靠產能來選擇機台，進而說明單靠產能這依據所作出來的選擇不是最佳的。

4.3.2 計算機台的產能作為選擇機台的依據

機台的選擇除了要明白工作站可以作什麼，同時也必須明白該機台是否有足夠的產能去支持生產活動，倉儲內材料的庫存量乘上生產週期時間取得總需要的產能，進而去比較總產能，是過去生產排程手法中常用的手段，本研究亦以該方法來說明，在工業 4.0 的環境中該方法考慮不夠周全。

本研究基於上述的邏輯，建構了一個基於計算機台的產能作為選擇機台的推論規則，然而，本研究是將所有入圍的機台逐一揭示出來，讓決策者可以從中考慮，其推論規則如下：

$$\begin{aligned} & \text{ToolSet(?_ToolSet)} \wedge \text{do(?_ToolSet, ?_Process)} & (8) \\ & \wedge \text{MfgProcess(?_Process)} \wedge \text{hasTime(?_ToolSet, ?_Time)} \\ & \wedge \text{Time(?_Time)} \wedge \text{Capacity(?_Time, ?_Capacity)} \\ & \wedge \text{CycleTime(?_Time, ?_WorkingTime)} \wedge \text{Warehouse(?_warehouse)} \\ & \wedge \text{hasBox(?_warehouse, ?_box)} \wedge \text{kind(?_box, ?_product)} \\ & \wedge \text{EngMaterial(?_product)} \wedge \text{inputs(?_product, ?w_Process)} \\ & \wedge \text{MfgProcess(?w_Process)} \wedge \text{number(?_box, ?_number)} \\ & \wedge \text{tbox:equalTo(?_Process, ?w_Process)} \\ & \wedge \text{swrlb:multiply(?totalWorkingTime, ?_WorkingTime, ?_number)} \\ & \wedge \text{swrlb:lessThanOrEqual(?totalWorkingTime, ?_Capacity)} \\ & \rightarrow \\ & \text{sqwrl:select(?_warehouse, ?_product, ?_ToolSet, ?_Process, ?_Capacity, ?} \\ & \text{totalWorkingTime)} \end{aligned}$$

由推論規則(8)可知，以計算機台的產能作為選擇機台的依據推論規則，是先找出機台完成該製程所需的時間，再找出材料的屬性單位兩者如果相同再去比較其值，其推論的步驟如下：

1. 找出所有的機台可以完成哪些製程，並找出該機台完成製程所需要的工作週期時間，及該機台所有的產能分別存入變數”?_WorkingTime”及”?_Capacity”。
2. 從倉儲找出進入製程的原物料，並計算其數量(?_number)，透過數量乘上週期時間取得產能(?totalWorkingTime)。
3. 總工作時間和產能作比較，將產能大於總工作時間的工作機台列舉。

?_warehouse	?_product	?_ToolSet	?_Process	?_Capacity	?totalWorkingTime
Warehouse_4	COP	ToolSet_2	injection_2	50000.0	3304.0
Warehouse_4	COP	ToolSet_1	injection_2	48000.0	1888.0
Warehouse_3	COP	ToolSet_2	injection_2	50000.0	4689.0
Warehouse_4	PC	ToolSet_1	injection_3	48000.0	3302.0
Warehouse_4	PC	ToolSet_1	injection_3	48000.0	1888.0
Warehouse_3	PC	ToolSet_1	injection_3	48000.0	1888.0
Warehouse_1	PC	ToolSet_1	injection_3	48000.0	2860.0
Warehouse_2	PC	ToolSet_1	injection_3	48000.0	1440.0
Warehouse_2	PC	ToolSet_3	injection_3	50000.0	2520.0
Warehouse_4	PC	ToolSet_2	injection_3	50000.0	3304.0
Warehouse_3	PC	ToolSet_2	injection_3	50000.0	3304.0
Warehouse_4	PC	ToolSet_2	injection_3	50000.0	5411.0
Warehouse_1	PC	ToolSet_2	injection_3	50000.0	5180.0
Warehouse_4	PS	ToolSet_1	injection_4	48000.0	2776.0
Warehouse_2	PS	ToolSet_1	injection_4	48000.0	2400.0
Warehouse_4	PS	ToolSet_2	injection_4	50000.0	4656.0
Warehouse_3	COP	ToolSet_1	injection_2	48000.0	2668.0
Warehouse_3	PMMA	ToolSet_1	injection_1	48000.0	1080.0
Warehouse_1	PMMA	ToolSet_1	injection_1	48000.0	6000.0
Warehouse_3	PMMA	ToolSet_2	injection_1	50000.0	11800.0
Warehouse_3	PMMA	ToolSet_2	injection_1	50000.0	1890.0
Warehouse_2	PS	ToolSet_2	injection_4	50000.0	4200.0

圖 4.13 機台選擇推論結果

表 4.9 機台選擇推論結果資料表說明

資料欄位	欄位說明
?_warehouse	倉儲名稱。
?_product	存放的材料
?_ToolSet	工作站名稱。
?_Process	工作站可以完成的製程。
?_Capacity,	工作站產能。
?totalWorkingTime	工作站消耗掉倉儲內的材料所需總工作時間。

透過的推論規則(8)，可推論出在倉儲內的材料及可以透過哪個工作站完成所需製程，並且找出工作站的產能是多少，還有要完成倉儲內材料的量所需工作時間，如此可幫助決策者作出機台選擇，結果如圖 4.13。

圖 4.13 的資料表欄位說明見表 4.9；由圖 4.13 可以看出，四種材料皆可由工作站”ToolSet1”和”ToolSet2”進行加工。

但若需考慮跨國的情況下，產能問題就不是唯一的考量因素，舉例來說，假設產能-總工作時間需要 1 天，然而材料運輸卻需要 2 天，在這情境下，工作站及倉儲之間的位置距離比起產能更顯重要。

下一節，本研究會建構一個考慮機台與倉儲位置的推論規則，進而嘗試揭露機台及材料的選擇。

4.3.3 同時考慮機台的位置選擇材料

4.2.1 小節是考慮的重點是從材料屬性中去尋找所有符合產品設計的材料出來，但決策者再作材料選擇的決策不能光這條件，同時也必須考慮材料及機台位置的位置，同理 4.2.2 的機台選擇，只考慮到機台產能的狀況而不考慮材料可得位置，在這種情況下所作出來的機台往往也是有問題的，所以機台的選擇及材料的選擇必須同時考慮。

然而像汽車售後市場這類跨國生產、配銷的工廠，進行生產活動的時候必須考量材料與工作站位置是否能夠配合，進而才可以使材料的選擇更加合理，所以基於上述的考量，本研究建構了一個在考慮完產品的設計需求，並考慮機台與材料位置，最後，本研究會將所有入圍的材料、材料所屬的位置、存放於該位置的機台逐一揭示出來，讓決策者可以從中考慮，進而作出最有利的決策，其推論規則如下：

Area(?area) \wedge hasWarehouse(?area, ?warehouse) (9)

\wedge Warehouse(?warehouse) \wedge hasRack(?warehouse, ? rack)

\wedge Rack(?rack) \wedge kind(?box, ?rough)

\wedge tbox:equalTo(?rough, COP) \wedge number(?rack, ?count)

\wedge unit(?rack, ?Unit) \wedge hasToolSet(?area, ?toolset)

\wedge ToolSet(?toolset) \wedge do(?toolset, ?process)

→

sqwrl:select(?area, ?warehouse, ?rough, ?count, ?Unit, ?toolset, ?process)

Area(?area) \wedge hasWarehouse(?area, ?warehouse) (10)

\wedge Warehouse(?warehouse) \wedge hasRack(?warehouse, ? rack)

\wedge Rack(?rack) \wedge kind(?box, ?rough)

\wedge tbox:equalTo(?rough, PMMA) \wedge number(?rack, ?count)

\wedge unit(?rack, ?Unit) \wedge hasToolSet(?area, ?toolset)

\wedge ToolSet(?toolset) \wedge do(?toolset, ?process)

→

sqwrl:select(?area, ?warehouse, ?rough, ?count, ?Unit, ?toolset, ?process)

由推論規則(9)可知，同時考慮機台的位置選擇材料的論規則，先將區域裡所有倉儲裡材料的量、工作站揭露出來，再進行倉儲的量是否足夠本次的生產活動，其推論的步驟如下：

1. 將區域內的倉儲裡材料的量及種類揭露出來。
2. 將區域內的工作站揭露出來。
3. 將這些整理推論出來。

?area	?warehouse	?rough	?count	?Unit	?toolset
Germany_1	Warehouse_3	COP	667	pijs	ToolSet_3
USA_1	Warehouse_4	COP	472	pijs	ToolSet_4

(a)

?area	?warehouse	?rough	?count	?Unit	?toolset
Japan_1	Warehouse_1	PMMA	1700	pijs	ToolSet_1
Germany_1	Warehouse_3	PMMA	270	pijs	ToolSet_3

(b)

圖 4.14 同時考慮機台與倉儲位置的材料選擇

透過上述的推論規則，可以得出該位置有可以完成什麼製程的機台及倉儲，而倉儲內有多少材料，工作站有多少產能。有此資訊的提供，更可以幫助決策者作出更加萬全的材料、機台選擇，圖 4.14 的資料表欄位說明見表 4.10。

表 4.10 機考慮機台位置的材料選擇的結果資料表說明

資料欄位	欄位說明
?area	倉儲及工作站的位置。
?_warehouse	倉儲名稱。
?rough	存放的材料
?count	材料的數量。
?Unit	數量單位。
?_ToolSet	工作站名稱。

圖 4.14(a)可以看出，位於”Germany_1”的倉儲”Warehouse_3”有 667 件的”COP”，並且也有著工作站”ToolSet_3”可以進行加工；而在於”USD_1”有倉儲”Warehouse_4”，該倉儲有 472 件”COP”，並且在該地區也有著工作站”ToolSet_4”可以進行加工，圖 4.14(b)也是這樣判讀。

由 4.3.1 得知可以滿足產品設計要求的光學塑料只有”COP”與”PMMA”兩項；而 4.3.2 指出有足夠產能去支持生產活動的工作站僅”ToolSet_1”及”ToolSet_2”兩座工作站。將 4.3.1、4.3.2 及 4.3.3 此三小節加入考慮便可得出「位於”Japan_1”有一間”Warehouse_1”有 1700 個材料”PMMA”可用並且可以使用”ToolSet_1”進行加工」的解。

4.4 小結

本研究認為未來透過知識本體論的相關技術，使得跨國工廠之間的知識能夠共享進而使協同合作更加密切，因此本研究所設計的情境以跨國工廠為主，透過虛擬的工廠建構知識本體論的模型，驗證本研究的可行性。

本研究中舉凡產品設計要求、工作站產能、工作時間等數據多為設計過，真實環境下，有可能無法做出能滿足所有狀況的解，在這情況下，可能需要放寬材料或工作站選擇的標準。

第五章 結論

先進製造及先進材料的科技以一日千里的速度飛快成長，在進行工程材料及工作站的選擇，工程材料選擇所需要的知識的質與量更是不能同日而語；工作站選擇上除了需要製程相關的知識外，決策者也須快速掌握工作站及倉儲量等的狀況，共享知識框架的意義與價值也就不言而喻了。

本研究透過知識本體論所建立的材料與工作站選擇知識本體框架，可以使製造者得到下列三點的優勢：

1. 「整合」在未來的環境是一個重要的觀念，透過知識共享框架，讓製造者進行決策時能夠考慮到更多不同的情境，不同工廠的知識可以即時分享，使製造者可以做出更適合的決策。
2. 過去，透過庫存的方式處理客製化議題，而賣不出去的庫存就是「浪費」。如今，先進製造設備普及的時代，本研究發展知識本體 框架並透過推論規則的設計，使智慧工廠具有「隨需而至、隨需而製」的能力，這便是本研究的核心價值。
3. 先進製造的設備及材料不斷的推陳出新而工廠若要引進，過去的解決方式，生產管理者往往進行規則改寫，這使得管理系統難度提高錯失許多機會，而知識本體的方式則可以有效解決此問題。

在工業 4.0 的環境下，生產技術一日千里，城鎮製造、分散製造等等會產生許多情境，然情境種類之多，實非本研究所能窮舉，本研究也只能盡可能建立幾個可能的模型以工後續研究，基於情境的設計本研究亦有三個研究缺口未解決：

1. 知識本體的應用程序(Application Programming Interface, API)接口的應用，透過程序接口可以與諸多管理程式作應用，進而進行更加高度智慧化的製造生產應用。
2. 本研究係考慮特定時間之倉儲及工作站的量與產能未隨時間作變動，未來可考慮時間動態的問題。
3. 組合件的議題，只討論車頭燈的透鏡問題而未將其他組件的之間的關係納進討論。

參考文獻

- 高銘汶 (民 95 年 3 月)。「歐洲汽車售後維修使用市場有多大？」。車輛安全資訊網，
51，1-7。取自：http://www.car-safety.org.tw/uploads/Rule/車輛研測資訊/051/051_01_台灣汽車零組件另一個嶄新舞台-歐洲 Thatcham 驗證.pdf
- PIDA Photonics Industry & Technology Development Association. (2008, March). 精密光學元件工程技術及發展。2008 年新興光電技術發展與應用瞭望，p1-p3。取自：http://www.pida.org.tw/report/html/member/2008_optice_03.pdf
- Ashby, M., Cope, E., & Cebon, D. (2013). Chapter 10 - Materials Selection for Engineering Design. In K. Rajan (Ed.), *Informatics for Materials Science and Engineering* (pp. 219-244). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Baidu Encyclopedia (2015). Optical Plastics. Retrieved from <http://baike.baidu.com/view/69364.htm>
- Daconta, M. C., Smith, K. T., & Obrst, L. J. (2003). *The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*: John Wiley & Sons, Inc.
- Eiter, T., Ianni, G., Lukasiewicz, T., Schindlauer, R., & Tompits, H. (2008). Combining answer set programming with description logics for the Semantic Web. *Artificial Intelligence*, 172(12-13), 1495-1539. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.artint.2008.04.002>
- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Bechhofer, S., & Tsarkov, D. (2011). OWL Rules: A Proposal and Prototype Implementation. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web; Vol 3, No 1 (2005): Special Issue: Rules Systems*. Retrieved from <http://www.websemanticsjournal.org/index.php/ps/article/view/62>
- Kurz, J. (2016). Capacity planning for a maintenance service provider with advanced information. *European Journal of Operational Research*, 251(2), 466-477. doi:10.1016/j.ejor.2015.11.029
- Maedche, A., & Staab, S. (2001). Ontology learning for the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 16(2), 72-79. doi:10.1109/5254.920602
- Roland Berger. (2014, March). INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Think ACT, 10-11.
- Roland Berger. (2014, March). INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Think ACT, 10-11.
- Rowshannahad, M., Dauzère-Pérès, S., & Cassini, B. (2015). Capacitated qualification management in semiconductor manufacturing. *omega*, 54, n50-59. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.01.012>

- Ruckhaus, E., Ruiz, E., & Vidal, M.-E. (2008). Query evaluation and optimization in the semantic web. *Theory and Practice of Logic Programming*, 8(03), 393-409.
- Zhang, Y., Luo, X., Zhao, Y., & Zhang, H.-c. (2015). An ontology-based knowledge framework for engineering material selection. *Advanced Engineering Informatics*, 29(4), 985-1000. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2015.09.002>