

利用語意網建構 Web-based 機械故障診斷專家系統-以壓鑄機為例

張桂綺

黃錦法

國立雲林科技大學 資訊管理研究所

g9423216@yuntech.edu.tw huangch@mis.yuntech.edu.tw

摘要

隨著製造技術的進步以及市場功能的需求，使得機械構造與技術都變的更加複雜且更加專業。機械通常是由大量的零件組合而成，不同的零組件之間互相關聯耦合，只要有某一個零組件受損常會引起連鎖反應，可能造成機械的斷裂、爆炸或焚燒等。另外也有可能因為人為操作不當，造成機械故障(Fault)無法正常運作甚至停止運轉，這不僅有公共安全的疑慮，也牽繫著企業的經濟損失或其他無法預計無形的損失。若要機械運作正常且順暢，就需要有具備專業知識的人才，當機械出現故障時，能及時(Seasonable)且快速的進行必要的指導將故障排除，提高機械運作的可靠性(Reliability)、安全性(Safety)與有效性(Availability)，把故障帶來的損失降至最低。

本研究建構一個具有 Web-based 介面的專家系統，透過本體論(Ontology)知識管理，將故障的症狀與原因整合且利用機械的機構來作分類，當故障症狀產生時，可以很精確快速的找出故障的原因。並且本研究利用語意網(Semantic Web)的本體論語言 OWL 及語意網規則語言 SWRL 來表示領域知識及運作知識，使故障診斷(Fault Diagnosis)可以經由電腦的輔助來做判斷。這將會提升機械整體的運作機能，使機械的壽命延長也提高了機械的價值。

關鍵詞：語意網、本體論、故障診斷、專家系統。

Abstract

As the improvement of the manufacturing technology and the requirement for the function of the market increasing, the structure of the technological machinery will also become more complicated and professional. Machinery is usually designed to make up by a large number of parts, and each different spare part is connecting to each other. If there is a certain spare part was damaged, it might cause a chain reaction, mechanical fracture, explosion or burning etc. However, if the manual operation works improperly that might cause mechanical fault, disorders, and risk the public's safety. Furthermore, the improper manual operation may also let the enterprises of the development lead to economic losses or cause other unpredictable losses. To demand a smoothly normal operation, then, a talented man with adequately professional knowledge is certainly needed. When the machinery breaks down, the person should be seasonable enough to process a necessary guidance for

solving the problems immediately, improve the reliability、guarantee the safety and the availability of the mechanical operation. Most importantly, the losses that cause from the fault may lead to the least.

“Building” constructs an Expert System with a web-based function. Through the information management of the ontology, to classify the symptom and the reasons of the fault is by combining and making the use of mechanical organization. When the fault symptom occurs, the Expert System can be very accurate, and its will figure out the causes of the fault swiftly. Then, match the construction of the Semantic Web, search the fault diagnosis through the computer. Through out the whole process, it will improve the operational function of the machinery, and will make the mechanical life lengthen and improve its value, too.

Keywords: Semantic Web, Ontology, Fault Diagnostic, Expert System

1. 前言

電腦化與知識化的時代來臨，企業必須提供更完整的知識及方便獲取的管道，以達到快速而有效的溝通，這就必須仰賴企業領域知識(Domain Knowledge)的管理。在機械領域的相關技術知識，不論是設計(Design)、製造(Manufacture)或是維修(Maintain)方面的，都是機械技術工程師逐年的經驗累積，因而彰顯了機械領域專業知識的寶貴。當專業技術工程師因離職或是退休等因素而離開，若沒有將其技術知識傳承，將對機械製造商造成莫大的損失，因此需要透過知識管理的概念，將機械專業技術知識整合並且 E 化。

在機械的領域知識裡，維修方面的故障診斷佔了相當大的部份，因為一台機械的構造複雜且環環相扣，一個故障的訊息出現時，可能同時有幾個機械機構的零件損壞或是使用者的不當操作所造成。一般機械的操作手冊在安裝及操作說明之後，通常都會在最後附上維護及主要機構的故障維修說明，但這都只是部分的故障說明，很多故障情況主要還是靠著設計人員或技術人員的經驗來做判斷及維修。當機械出現問題或停止運轉時，使用者通常並無法有效且快速的判斷這是哪個故障原因所導致的，大多告知技術人員機械故障。然而技術人員也只能從使用者告知的故障情形去判斷哪個機構或零件毀損，這樣的故障診斷方式既無效率也常有判斷錯誤的情況。

本研究利用語意網(Semantic Web)的本體論語言 OWL 及語意網規則語言 SWRL 來表示故障診斷的領域知識及運作知識，建構一個 Web-based 的機械故障診斷專家系統。本研究的故障診斷系統不會受到時間與地點的限制，提供技術人員與使用者能有效、迅速的分享或擷取機械故障知識，提升企業的服務品質及競爭力。

2. 文獻探討

2.1 語意網與本體論

語意網 (Semantic Web)[1][18] 是由 Tim Berners-Lee 博士所提出的一個新的網路概念，全球資訊網(WWW)便是語意網的前身。語意網的發展是因應網際網路的發展，其網路資源漸趨龐大，增加了搜尋的困擾，所以需要一個讓電腦可以理解網路資訊的表示方式。

語意網技術中可以使用本體論(Ontology)[16]進行資訊分類及表示概念與概念間的關係，目前常用的是 OWL 語言；另外語意網規則語言 (SWRL)[1][17]可以表示規則並能夠與本體論語言 OWL 結合，可以有效來表示運作知識。

2.2 專家系統與故障診斷

在維修領域的專家系統(Expert System)最為廣泛的應用是故障的檢測 (Detection) 與診斷 (Diagnosis)，主要是根據故障的現象，利用維修領域專家知識和經驗，進行故障檢測與診斷[3]。隨著電腦與網路科技的發展及故障診斷的及時性需求，專家系統不再只用於單機使用的系統，透過網際網路可以不受時間與地域的限制，能夠快速有效的來進行故障診斷。不過目前的專家系統還是以單機系統佔多數。

故障診斷(Fault Diagnostic)[20][21][22][23]是當設備發生異常時所做的偵測與評估。利用故障診斷可提早預防或避免設備大規模的故障及損害，將事故發生率降到最低。早期的故障診斷大多應用在國防、航太等尖端科技工業。隨著各種技術的發展，故障診斷也被廣泛的應用在各種機械的故障偵查、診斷與維護。本研究整理近幾年國內的相關故障診斷技術研究論文(表 1)，這些論文普遍使用了幾種技術來診斷如：類神經網路、案例式推論等。然而這些技術有其缺點：

➤ 類神經網路

以迭代方式更新值，計算量較大耗費電腦資源；有無限解，難以確定何者為最佳；神經元的數量會影響準確性，要得到最佳神經元數量往往需要許多的測試找尋。

➤ 案例式推論

案例庫的資料會不斷的增加，便需要較大的記憶容量與計算能力；屬性與權重的制定還是必須仰

賴正確的資訊以及專家的回饋；案例在做比對的時候，需要具有代表性或比例分配均勻的案例，以確保準確度；在案例修正方面，還是需要由人工來進行。

上述這些技術還有一個共通缺點就是無法互相分享知識與再利用知識。然而本研究利用語意網的本體論語言 OWL 及語意網規則語言 SWRL 來表示專家知識，有助於解決知識的分享與再利用的限制。

表 1 國內相關故障診斷系統之研究

研究者	年	研究
黃榮吉	90	應用資料探勘與本體論之半導體設備遠端診斷系統之開發[11]
鄭芳田、洪敏雄	91	汽油引擎之類神經模糊故障診斷[9]
陳聖洲、陳沛仲	91	遠端智能性機械狀態監測[4]
李柏青、潘敏俊	91	代理人架構下用戶端系統及網路故障診斷與復原之研究[6]
林坤宏、李錫捷	92	整合資料探勘與案例式推論於機台故障診斷維護系統之研究[10]
郭家齊、侯東旭	92	應用模糊類神經網路於積體電路之微影製程機台故障診斷分析[7]
林易俊、王泰裕	93	應用適應性演算法則於旋轉機械之故障診斷[12]
黃晉璋、吳建達	93	以人工智慧推論診斷沖床異常之研究[15]
程育中、謝其源	93	齒輪故障診斷之模糊類神經網路[14]
張智傑、康淵	94	光碟製程設備中射出成型機遠端維護與故障診斷系統初步探討[5]
沈靖傑、王國雄	94	

3. 壓鑄機之故障分析

3.1 壓鑄機種類

壓鑄機起源於 1838 年，發展至今其用途已由金屬製品推廣到塑膠製品，進而演變成爲一門新興的製造工業。壓鑄機可以依照壓鑄模安裝方向與鑄入設備等來分類；依壓鑄模安裝方向可以分爲橫式(臥式)壓鑄機、立式壓鑄機與垂直鑄入橫行(臥式)壓鑄機等 3 種；依鑄入設備可以分爲熱室壓鑄機與冷室壓鑄機等 2 種[2]。本研究是以冷室壓鑄機為故障診斷對象。

3.2 冷室壓鑄機機構

冷室壓鑄機的基本構造(圖 1)包括有射出機構、鎖模機構、押出裝置及附屬裝置等 4 個部分。各機構、裝置內包含之構造零件說明如下：

■ 射出機構

射出開關(操作箱)、射出油壓缸、射出桿活塞組、射出料管組、蓄壓器。

■ 鎖模機構

固定模板、可動模板、開鎖鎖模裝置、模板繫桿。

■ 押出裝置

押出油壓缸、押出限動桿、押出棒。

■ 附屬裝置

自動給湯裝置、自動噴霧裝置、自動取出裝置。

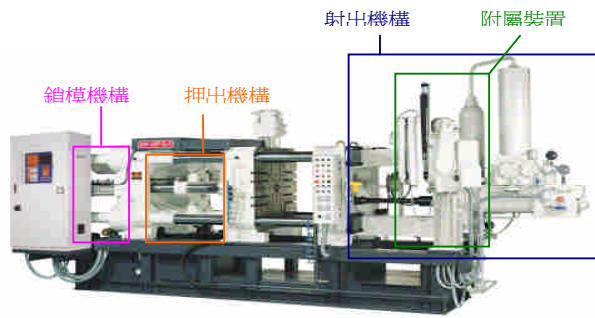


圖 1 冷室壓鑄機構造

3.3 冷室壓鑄機工作流程

冷室壓鑄機的工作流程如圖 2 所示，主要包含 14 個階段。

Phase1：清理冷卻鑄模

在執行壓鑄前，需將鑄模清理冷卻，避免製品沾黏雜質影響品質。

Phase2：噴入離型劑

由自動噴霧裝置在鑄模表面噴離型劑，確保製品不會沾黏鑄模上無法取出。

Phase3：(中子入 1)

此階段視鑄模設計，可有可無。

Phase4：按啟動鈕

確認前幾階段動作完成後，按下啟動鈕啟動關閉鑄模。

Phase5：關模

此時鑄模閉合。

Phase6：(中子入 2)

此階段視鑄模設計，可有可無。

Phase7：注入熔液

鑄模閉合後，自動給湯裝置會將熔液注入料管。

Phase8：按射出鈕

待熔液注入料管完成，且自動給湯裝置回復後，按射出鈕。

Phase9：射出

此時熔液被射入鑄模穴內。

Phase10：(中子退 2)

此階段視鑄模設計，可有可無。

Phase11：開模

射出之後，熔液在鑄模內停留等待冷卻時間，待熔液凝固成型即自動開模。

Phase12：(中子退 1)

此階段視鑄模設計，可有可無。

Phase13：頂出

開模後再由押出棒將製品頂出。

Phase14：取出製品

由自動取出裝置取出製品，再回復階段 1 的工作。

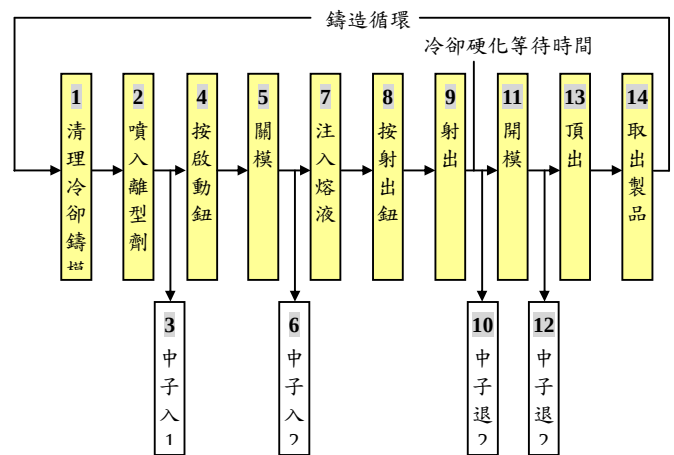


圖 2 冷室壓鑄機之工作流程

3.4 壓鑄機故障原因與症狀

壓鑄機的故障主要可分為機械自動偵測與人工感官判斷等兩種類。在機械自動偵測方面，有可程式控制(PLC)與微動開關(Limiter)偵測故障，這些故障機械會自動偵測顯示於燈號或電子數據板；在人工感官判斷方面，則是經由使用或操作者透過視覺或聽覺判斷其故障位置。以往由機械自動偵測出的故障，大部分可依機械的操作手冊或是由機械電腦引導排除故障，但由人工感官判斷的故障往往需藉由專業人員提供相關的服務進行處理排除故障。

本研究利用本體論將機械故障的問題由機械構造來做分類，主要可以分為射出機構、鎖模機構、押出裝置及附屬裝置等 4 大類。表 2 整理射出機構之故障原因與症狀。圖 3 為射出機構故障診斷樹。

表 2 射出機構故障原因與症狀

故障原因	故障症狀
1.操作箱高速射出開關沒開啓	1.射出無力
2.射出油壓缸電磁閥磨損或卡死	2.射出壓力無法達到正常
3.射出油壓缸電磁閥燒壞或接觸不良	3.射出桿漏油
4.射出油壓缸高速閥內彈簧老化斷裂	4.射出油壓缸前蓋漏油
5.射出油壓缸射出主軸油封損壞	5.射出桿震動
6.射出油壓缸活塞U型環磨損	6.射出桿於射出後無法後退回復原位
7.射出油壓缸油封損壞	7.高速射出無法正常運作需一直補壓
8.活塞冷卻不足	8.蓄壓器內氮氣不足
9.料管與活塞磨損導致間隙過大	9.射出活塞膨脹塞住
10.蓄壓器油封磨損	10.機台油溫過高
11.蓄壓器方向閥閥門卡死	

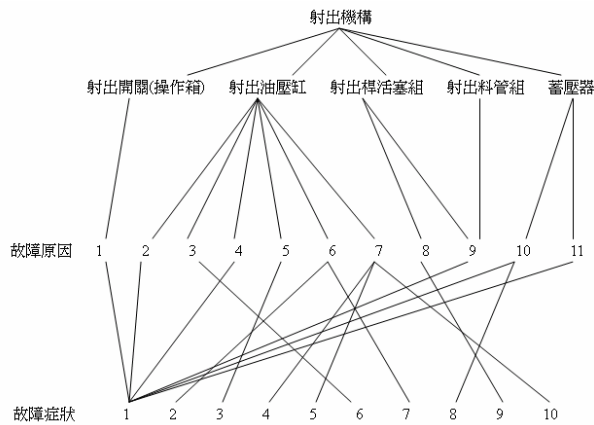


圖 3 射出機構故障診斷樹

4. 系統設計

4.1 系統架構

本研究將專家系統知識庫區分成領域知識及運作知識，且提供網頁使用者介面，以提昇知識庫內容的分享與再利用以及系統的可用性。系統架構主要包含三大部分：知識建構、專家系統開發工具、網頁使用者介面(圖 4)。

■ 知識建構

在知識建構這部份，使用本體論語言 OWL 建構領域知識與應用語意網規則語言 SWRL 建構運作知識。

■ 專家系統開發工具

專家系統開發工具主要提供一個結合領域知識本體論與運作知識規則的執行環境。

■ 網頁使用者介面

透過網頁使用者介面可讓使用者透過瀏覽器與專家系統互動。

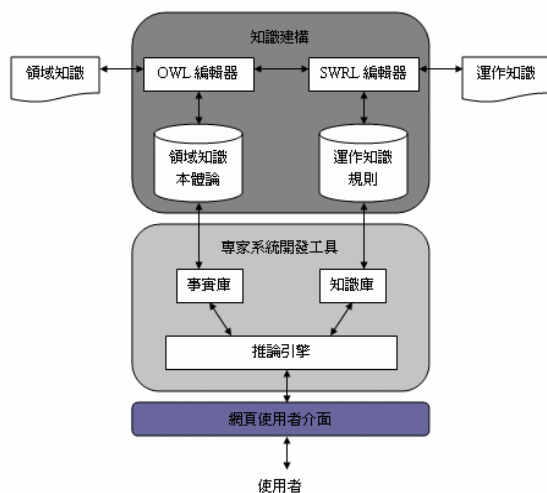


圖 4 系統架構圖

4.2 知識建構

專家系統的運作就如同使用者與真人專家之間的對話，針對某一特定領域，使用者描述事實，由專家依據本身的知識和經驗來回答，只是此概念中的真人專家由電腦程式所建構成的專家系統取代。因此要設計一個特定領域的專家系統，必須將該領域的領域知識與運作規則儲存於專家系統的知識庫中。

➤ 領域知識建構

在知識或專家系統中，知識的呈現與表示方法有很多方式，例如資料庫、XML、或是其他 AI 的呈現方式，每一種方式皆有其優劣處。Kralingen[19]提出在資訊系統中使用本體論的六點原因：知識分享、可驗證的知識基礎、軟體工程考量、知識的取得、知識再利用、領域論方法建立。本研究將上述這些因素當作在專家系統中使用本體論的原因，因為本體論屬於標準的資料形態，對於知識的分享和再利用有很大的幫助。另外藉由 OWL 建構領域知識來改善專家系統的知識表示能力，主要目標有：

■ 增強知識表達能力

■ 增加領域知識的分享再利用

➤ 運作知識建構

建構領域知識之後，就是要將領域的運作知識以規則語言來呈現。建構專家系統的基本工具一般可分為傳統程式語言、人工智慧程式語言與使用專家系統開發工具。過去專家系統在建構運作知識時，無論是使用何種開發運作知識方式皆具有兩項缺點：

■ 法則語法無法與領域知識呈現方式結合

■ 規則的語法受到推論引擎格式的限制，較難分享與再利用

本研究希望透過 SWRL 增加專家系統規則表示能力：

■ 法則與知識呈現方式結合

■ 提升規則語法的可攜性，易於分享再利用

4.3 專家系統開發工具

發展專家系統是一種高複雜性的工作，使用傳統程式語言開發專家系統會非常沒有效率，而且將專家系統的領域知識與運作知識推論使用傳統程式語言結合在一起時，會造成知識庫的混亂，導致系統難以維護與更新。於是有組織與學術機構發展一些專家系統的開發工具，提供知識工程師較完善的專家系統建構環境。使用專家系統開發工具建構系統的優點為開發時較省時省力，缺點為使用彈性小、格式會受到限制。專家系統開發工具通常由下列三個主要部份組成：

■ 事實庫 (Fact Base) — 包含用來衍生推理的資料。

■ 知識庫 (Knowledge Base) — 包含所有的法則。

■ 推論引擎 (Inference Engine) — 控制全部的執行流程。

專家系統在推論的過程中，推論引擎會使用事實庫中的事實與知識庫中的規則來做為推論的基礎。以 OWL 本體論和 SWRL 規則為基礎的專家系統中將知識分為領域知識本體論與運作知識規則兩部分，以提升專家系統的運作。

目前專家系統的推論引擎並不能接受 OWL 本體論和 SWRL 規則這兩部分的儲存格式，因此必須要透過格式的轉換，將其轉換為推論引擎可接受的格式，如此專家系統才可運作。因此在此階段的主要工作為將領域知識本體論匯入專家系統開發工具的事實庫中與將運作知識規則匯入專家系統開發工具的知識庫(圖 5)。使推論引擎可以使用事實庫與知識庫中的資料做推論，使專家系統可以正確的運作。

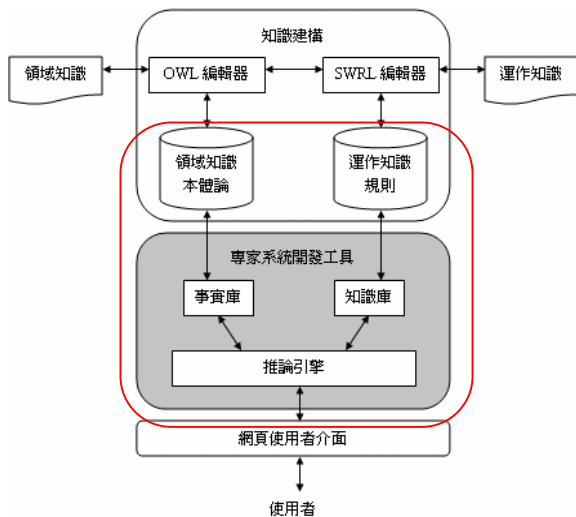


圖 5 轉換本體論規則架構

4.4 網頁使用者介面

全球資訊網的發明與普及造就了知識革命，同時也宣示了資訊時代的來臨，傳統的資訊系統也逐漸的被賦與 Web-based 的能力。以往專家系統只能在單一機器上操作，造成系統在使用以及維護方面皆受到限制。本研究將專家系統的使用者介面網頁化，提供 Web-based 的機制以達到可用性、即時性、使用者不需安裝系統、系統容易更新維護。

5. 系統實作

5.1 系統開發

知識建構的部份主要是將整理的壓鑄機故障原因與症狀利用 Protégé 來編輯，其中領域知識是使用 OWL 相關 Tab 來編輯；運作知識是使用 SWRL Tab 來編輯。然後，將編輯完成之 OWL 領

域知識利用 OWL2Jess 來轉換成專家系統工具 Jess 可以接受的事實；並且將編輯完成之 SWRL 運作知識利用 SWRL2Jess 來轉換成 Jess 可以接受的規則。

專家系統工具是使用 Jess 來實作，網頁使用者介面的部份是利用網頁技術 JSP 與 JessTabLib 來完成。

5.2 實例試用

本研究壓鑄機故障診斷專家系統之主畫面如圖 6 所示，在主畫面中可以選擇故障部份。例如當選擇【射出機構】時，系統會顯示射出機構可能的故障症狀(圖 7)，此時可以選擇壓鑄機故障症狀。例如當選擇【射出無力】時，系統會顯示射出無力可能的故障原因(圖 8)以供檢查。在此維修人員可以一一檢查可能的故障原因並確認，維修完成後將真正的原因及是否解決故障上網填寫，系統將統計真的故障原因以供維修人員參考。

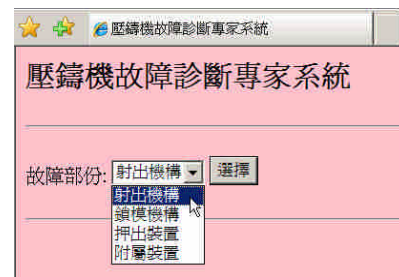


圖 6 系統主畫面

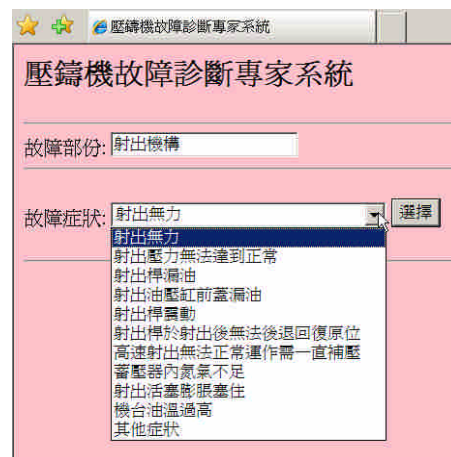


圖 7 射出機構可能的故障症狀

壓鑄機故障診斷專家系統

故障部份: 射出機構

故障症狀: 射出無力

故障原因	發生比例	檢查	發生
操作箱高速射出開關沒開啓	38%	☒	☒
射出油壓缸電磁閥磨損或卡死	27%	☒	☐
射出油壓缸高速閥內彈簧老化斷裂	13%	☒	☐
料管與活塞磨損導致間隙過大	10%	☒	☐
蓄壓器油封磨損	8%	☒	☐
蓄壓器方向閥閥門卡死	4%	☒	☐

故障是否有解決: ☒ 有 ☐ 沒有

確認

圖 8 射出無力可能的故障原因

6. 結論

本研究利用語意網的 OWL 語言表示領域知識、利用 SWRL 語言表示運作知識，並利用專家系統工具 Jess、網頁技術 JSP 與 JessTabLib 實作 Web-based 壓鑄機故障診斷專家系統。經由實例試用結果發現，本研究所採用的方法可行。未來將實際應用於某壓鑄機製造商，並對系統效能方面進行評估分析。

參考文獻

- [1] Grigoris Antoniou、Frank van Harmelen 著，屠名正譯(民 95)。語意網技術導論。台北：基峯資訊股份有限公司。
- [2] 林宗獻編著(民 93)。精密鑄造。台北：全華科技圖書股份有限公司。
- [3] 曾憲雄、黃國禎、江孟峰、蔡昌均、林耀聰編著(民 91)。專家系統 導論/工具/應用。台北：文魁資訊股份有限公司。
- [4] 李柏青(2001)，遠端智能性機械狀態監測，國立中央大學機械工程研究所碩士論文。
- [5] 沈靖傑(2004)，光碟製程設備中射出成型機遠距維護與故障診斷系統初步探討，國立中央大學機械工程研究所碩士論文。
- [6] 林坤宏(2003)，代理人架構下用戶端系統及網路故障診斷與復原之研究，元智大學資訊管理學系碩士論文。
- [7] 林易俊(2004)，應用模糊類神經網路於積體電路之微影製程機台故障診斷分析，國立成功大學工業管理科學系碩士論文。
- [8] 陳俊源(2001)，以本體論為基礎之企業流程分析方法論，清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文。
- [9] 陳聖洲(2003)，汽油引擎之類神經模糊故障診斷，南台科技大學機械工程系碩士論文。
- [10] 郭家齊(2004)，整合資料探勘與案例式推論於機台故障診斷為護系統之研究，國立雲林科技大學工業工程與管理系碩士論文。
- [11] 黃榮吉(2002)，應用資料探勘與本體論之半導體設備遠端診斷系統之開發，國立成功大學製造工程研究所碩士論文。
- [12] 黃晉緯(2004)，應用適應性演算法則於旋轉機械之故障診斷，大葉大學機械工程研究所碩士論文。
- [13] 黃居仁，”語意網、詞網與知識本體：淺談未來網路上的知識運籌”，佛教圖書館訊，第 33 期，1-16 頁，2003 年 3 月。
- [14] 張智傑(2005)，齒輪故障診斷之模糊類神經網路，中原大學機械工程學系碩士論文。
- [15] 程育中(2005)，以人工智慧推論診斷沖床異常之研究，大葉大學機械工程研究所碩士論文。
- [16] Bunge, M., “Treatise on Basic Philosophy : Vol.3 : Ontology I : The Furniture of the World, MA : Reidel, Boston.
- [17] Horrocks, I., “SWRL : A Semantic Web Language Combining OWL and RuleML,” Version 0.6 of 30 April, 2004, <http://www.daml.org/2004/04/swrl/rules-all.html>.
- [18] J. Hendler, “Agents and the Semantic Web,” IEEE Intelligent Systems, pp.30-37, 2001.
- [19] Kralingen, B. W., Visser, P. R. S. et al., “A principled approach to developing legal knowledge systems,” International Journal of Human-Computer Studies, (51:6), pp1127-1154, 1999.
- [20] S. Dash and V. Venkatasubramanian, "Challenges in the Industrial Applications of Fault Diagnostic Systems", Comput Chem Eng, 24(2-7), in the Proceedings of the conference on Process Systems Engineering (PSE 2000), 785-791, 2000.
- [21] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, K. Yin and S. N. Kavuri, “Review of Process Fault Diagnosis - Part I: Quantitative Model-Based Methods”, Computers and Chemical Engineering, 27(3), 293-311, 2003.
- [22] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy and S. N. Kavuri, “Review of Process Fault Diagnosis - Part II: Qualitative Models and Search Strategies”, Computers and Chemical Engineering, 27(3), 313-326, 2003.
- [23] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, S. N. Kavuri and K. Yin, “Review of Process Fault Diagnosis - Part III: Process History Based Methods”, Computers and Chemical Engineering, 27(3), 327-346, 2003.