

架構導向電爐生產系統模型之研究

Study on Architecture-Oriented Electric Arc Furnace Manufacturing System Model

黃柏翰
聯煒科技工程
有限公司

黃隆敦
聯煒科技工程
有限公司

李復孝
文藻外語學院產官
學合作處

尤柄文
樹人醫專講師

Sales@lanwell.com.tw ld.lanware@seed.net.tw Billlee56@gmail.com andy9808@szmc.edu.tw

摘要

鋼鐵製造業是基礎工業，鋼鐵是相當重要的金屬材料。鋼種上除碳鋼外最大宗應是不鏽鋼，用途相當廣泛。其中電爐生產系統是製造不鏽鋼重要的一個製程。近年來鋼鐵廠逐漸開始重視系統整合，以期望能提高生產製造的效能與效率。本研究是針對電爐生產系統依照 SBC(Structure Behavior Coalescence)之六大金律提出一套架構導向電爐生產系統模型，以協助不管是委外開發或是自行建置這樣的系統時，能符合當初所規劃目標。

Steelmaking industry is one of key industries, and steel is essential metal material. Except carbon steel, the type of steel has been used mostly is stainless steel. The electric arc furnace manufacturing system is one of significant processes of making stainless steel. Steelmaking industry progressively pays much attention on system integration recently, and hopes to produce effectively and efficiently. This research proposes the architecture-oriented electric arc furnace manufacturing system model according to the structure behavior coalescence, and hopes that this kind of system could be built by self or other vendors as formerly planning.

一、研究目的

在不鏽鋼工業在自動化程度也一直在提昇，不外乎希望透過軟硬體之整合，技術與管理之整合，來提高生產績效，降低成本、減少資源浪費、減少污染，這是一個趨勢，也是製造業必走之路。台灣

現階段之製造業仍屬於斷層情形，生產設備基本上都有 Level 1 之自動控制系統，在管理方面也都有 Level 4 之 ERP 系統，但都欠缺 Level 2 之製程監視系統及 Level 3 之製造執行系統，使得 ERP 系統在製造業上遭遇到很大困難。ISA-95 於 2000 年開始推展，因係由自動控制系統延伸到 MES、ERP 系統，在整合的架構上還有些摸索，如何透過有實際需求如唐榮不鏽鋼廠，探討出一套電爐生產系統模型。

二、文獻探討

電爐主要熔煉生產流程包括放入爐料(Furnace Charging)、熔煉(Melting)、精煉(Refining)、出渣(De-slagging)、出鋼(Tapping)及倒爐(Furnace turn-around)[1]。

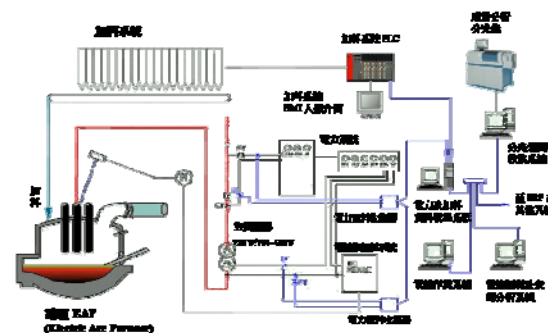


圖 1 電爐生產系統

熔煉是電爐生產流程中很重要的一個步驟，是將能量供應到電爐內部，比較常見的是採用石墨電極，此方式是將石墨電極插入爐料內再加入電能，產生高電流電弧生熱，將加入鋼料熔融成鋼液，於完全熔解後取樣經分光儀分析成份後，依據與標準

成份之比對，計算出調整加料量，透過加料系統自動加料後，再熔煉，於成份調整到合乎標準範圍內後，經去熔渣後出鋼到轉爐，然後送往下製程做精煉。

如圖 1 所示，整個電爐生產系統含蓋有：

- 電力控制系統：提供電爐加電能時，可以控制電能避免超過負載，同時記錄用電量。
- 自動加料系統：提供精煉過程自動將合金送入電爐內的功能。
- 成份分光儀：當熔煉完畢，作業人員會從電爐內取樣給檢驗人員，接著檢驗人員使用分光儀分析，以作為精煉調配的參考。
- 電爐作業系統：提供熔煉、出渣、出鋼及倒爐等相關電爐操作控制。
- 製程監視及生產報表：提供電爐溫度、投料與產出重量及每爐最後成分檢驗等的即時資料，以及將資料彙總分析提供給管理人員。

三、架構導向電爐生產系統模型建構

架構導向電爐生產系統模型 (Architecture-Oriented Electric Arc Furnace Manufacturing System Model 簡稱 AOEFMSM) 透過架構描述語言塑模為本研究之重點。依照 SBC 之六大金律 [6] 逐步繪製 AOEFMSM 系統架構圖。

(一) AOEFMSM 架構階層圖

結構行為合一的第一金律是繪製架構階層圖，我們可以從此架構階層圖了解到架構導向電爐生產系統內部結構元素層次的分解與組合關係，如圖 2 所示。

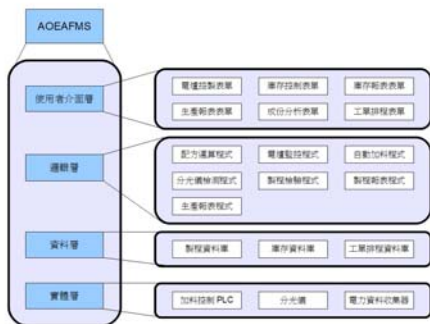


圖 2 AOEFMSM 架構階層圖

(二) AOEFMSM 結構元素圖

結構行為合一的第二金律是繪製結構元素圖，可用來表示 AOEFMSM 由那些結構元素所組成，如圖 3 所示。



圖 3 AOEFMSM 結構元素圖

(三) AOEFMSM 結構元素服務圖

結構行為合一的第三金律是繪製結構元素服務圖，可用來表示 AOEFMSM 內各結構元素所提供的服務，如圖 4 所示。

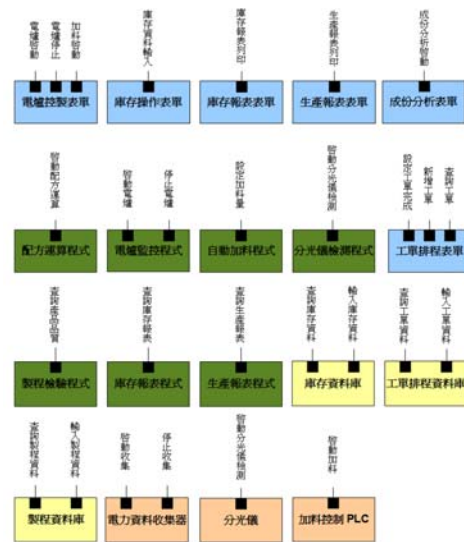


圖 4 AOEFMSM 結構元素服務圖

(四) AOEFMSM 結構元素連結圖

結構行為合一的第四金律是繪製結構元素連結圖，可用來表示 AOEFMSM 其外界環境與系統內結構元素以及系統內結構元素間之關連，亦能初步了解到各結構元素互動關係，如圖 5 所示。

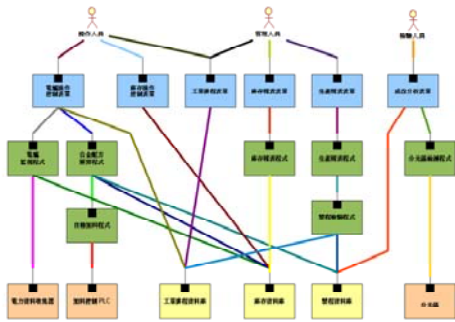


圖 5 AOEAFMSM 結構元素連結圖

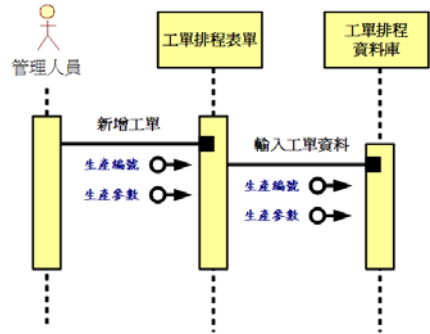


圖 7 「建立工單」行為之互動流程圖

(五) AOEAFMSM 結構行為合一圖

如圖 6 所示，結構行為合一的第五金律是繪製結構行為合一圖，可以讓我們同時看到 AOEAFMSM 結構與行為整合於一個圖型中，並且了解到各活動的流程。

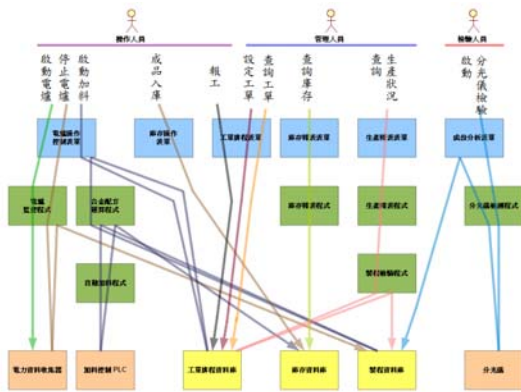


圖 6 AOEAFMSM 構行為合一圖

(六) AOEAFMSM 動流程圖

結構行為合一的第六金律是繪製互動流程圖，可以用來表示 AOEAFMSM 系統行為在結構元素間如何互動，以及其互動參數的輸入與回傳。以下針對 AOEAFMSM 其中一個系統行為『建立工單』繪出其互動流程圖，並描述其過程與參數，如圖 7 所示。表 1 顯示『建立工單』行為中牽涉到的參數及其型態與可能值。

表 1 『建立工單』行為參數說明表

參數名稱	資料型態	可能值																																				
生產編號	字串	970406A05																																				
生產參數	資料表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>上限</th> <th>下限</th> <th>目標值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0.023%</td> <td>0</td> <td>0.023%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>1%</td> <td>0.5%</td> <td>0.6%</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>1%</td> <td>0</td> <td>0.26%</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>0.03%</td> <td>0</td> <td>0.025%</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td>0%</td> <td>5%</td> <td>0.2%</td> </tr> <tr> <td>Cr</td> <td>15%</td> <td>14%</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>Mo</td> <td>0.03%</td> <td>0.45%</td> <td>0.55%</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>1.75%</td> <td>1.25%</td> <td>1.28%</td> </tr> </tbody> </table>	項目	上限	下限	目標值	C	0.023%	0	0.023%	Si	1%	0.5%	0.6%	Mn	1%	0	0.26%	P	0.03%	0	0.025%	Ni	0%	5%	0.2%	Cr	15%	14%	14.3%	Mo	0.03%	0.45%	0.55%	Cu	1.75%	1.25%	1.28%
項目	上限	下限	目標值																																			
C	0.023%	0	0.023%																																			
Si	1%	0.5%	0.6%																																			
Mn	1%	0	0.26%																																			
P	0.03%	0	0.025%																																			
Ni	0%	5%	0.2%																																			
Cr	15%	14%	14.3%																																			
Mo	0.03%	0.45%	0.55%																																			
Cu	1.75%	1.25%	1.28%																																			

四、非架構導向與架構導向電爐生產系統模型之比較

製造業過去長時間投資在製程控制系統 (Process Control System) 自動化上，而近年來製造業逐漸採用 ERP 系統，但在導入 ERP 系統常遇到與製程控制系統整合的問題[4]。對於製造業 ERP 系統要發揮功用，必須將製程資料連結到 ERP 系統。本節首先介紹 ISA-95 及對兩種電爐生產系統模型運用在軟體開發過程作比較。

(一) 企業與控制系統整合 (ISA-95) 簡介

ISA (International Society of Automation) 於 1990 年開始針對 ERP 系統與製程控制系統整合發展一套標準，可以降低系統整合的成本、錯誤與風險，也就是 ISA-95。ISA-95 包含三個模型及企業與控制系統整合可能牽涉到專用術語，可用來協助我們分析一個製造工廠，其所制定的模型與專用術語可用於籌備或執行以 ERP 與 MES 系統間資訊交

換自動化為主的專案。由圖 8 示，ISA-95 包含的各模型與圖形彼此間是有階層關聯的，越下層越能顯現出更多的細節與概念，一開始先制定出企業系統與控制系統的領域定義(Domain Definitions)，接下來定義出各領域的功能(Functions)，再從中尋找出牽涉到此系統整合的功能，並且定義出功能與功能之間的資訊流，接下來定義資訊分類，最後產出物件模型來描述這些資訊定義。ISA-95 主要模型包括：階層模型(Hierarchy Model)、功能資料流模型(Functional Data Flow Model)與物件模型(Object Model)

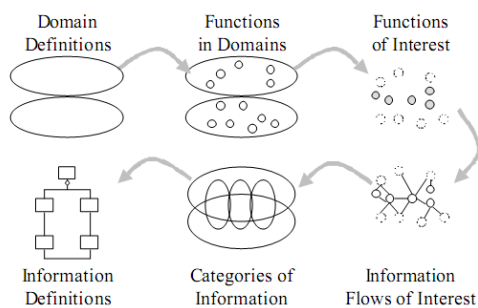


圖 8 ISA-95 之塑模概述圖 [4]

(二) 構導向與符合 ISA-95 電爐系統模型之比較

如何組織、條文化及管理我們的軟體開發活動，以追蹤軟體開發進度及最後實現整個系統，我們可以稱之為軟體過程(Software Process)。軟體過程可以分為七個主要活動，包括對系統建立商業評估、了解客戶需求、架構的建立與採用、利用架構進行溝通、分析與評估架構、基於架構建置系統及確保所建置的系統與規劃的架構相等 [5]。以下將依序說明架構導向電爐系統模型與符合 ISA-95 電爐系統模型比較各活動支援的程度。

第一個活動是對系統建立商業評估不僅是分析系統是否符合市場需求，還包含系統開發成本、系統開發時程及系統涵蓋範圍等等。如果沒做商業評估，是很可能無法達到當初所設的商業目的。

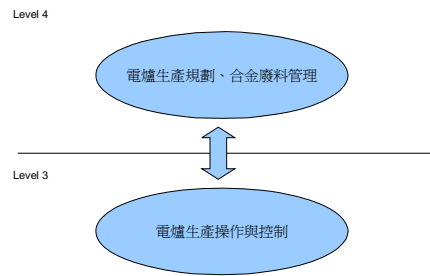


圖 9 ISA-95 電爐系統階層模型

如圖 9 示，ISA-95 電爐系統階層模型提供功能上的概觀，Level 4 的系統主要提供電爐生產規劃與合金廢料管理的功能，及 Level 3 的系統主要提供電爐生產操作與控制的功能。但在做商業評估時必須要了解到系統的結構，這樣才能對系統所涵蓋的範圍有個初步認知。如圖 2 所示，AOEAFMSM 架構階層圖清楚地描繪出系統結構，對於客戶及軟體開發從業人員來說，都能了解到系統所涵蓋的範圍及詳細內容，如此專案管理人員才可以進一步去規劃需要哪些適合的人員參與開發、所需的時程為何、所需的軟硬體等等，總和起來就能對於系統建立商業評估。

第二個活動是了解客戶需求，目前有許多種分析方法，其中物件導向分析是採用情境及使用案例來分析需求，而像安全關鍵系統(Safety-Critical System)會特別採用有限狀態機制模型(Finite-State-Machine Models)去探討嚴苛狀態下系統的反應。另一種方法則是建立一個原型(Prototype)，利用原型可以使系統關係人猶如實際體驗系統的運作，以讓他們能針對系統結構或使用介面設計等做出判斷。這樣綜合系統關係人的訪談結果，我們可以分析出必要的行為、使用者介面及所需要運用到的軟硬體等。

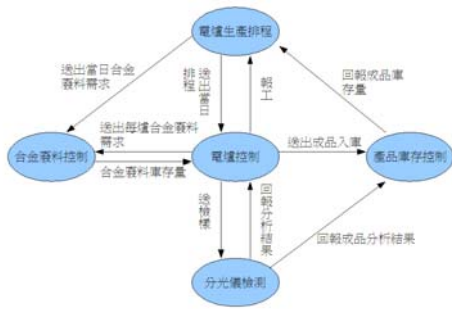


圖 10 ISA-95 電爐系統資料流模型

如圖 10，雖然 ISA-95 電爐生產系統資料流模型有表現出系統功能面的流程，但是缺乏系統結構與系統使用者的關聯。對於業務人員作需求訪談時，此模型不易讓業務人員了解相關功能與資料的訪談對象。同時，對系統關係人來說，此模型不易看出此系統與他們的直接關聯。顯然地，這樣模型並不能輔助系統關係人了解此系統。如圖 3 所示，AOEAFMSM 結構行為合一圖描繪出系統與使用者之間有那些行為關聯，業務人員可以利用這些關聯為依據，分別對相關使用者作訪談，再利用各個行為的互動流程圖來讓使用者檢視出流程與參數傳遞是否符合實際電爐作業。

第三個活動是根據需求分析建立架構，但是這未必需要等到所有需求擷取完畢才能進行。只要最關鍵的需求決定之後，就能開始建立架構。當架構建立至某種程度，通常就可開始開發雛形系統。因此，當系統具有相同關鍵需求時，亦可採用同樣的架構作為開發的基礎。

結構行為合一六大金律可用於建立任何系統的模型，對於類似的系統亦可直接採用相似的模型。譬如圖 6 電爐生產系統所規劃的 AOEAFMSM 結構行為合一圖，亦可用於 AOD 爐生產系統，因為兩系統具有相同特徵。而 ISA-95 電爐生產系統侷限在電爐生產規劃、合金廢料管理與電爐生產操作與控制之系統模型，如圖 6 所示，較不具彈性，同一個模型則可能無法適用於類似系統。

第四活動是利用架構進行溝通。當利用架構進行系統分析設計時，架構必須將所分析的結果清楚地傳達給系統關係人。換句話說，任何背景的人皆能從所建立的架構得到不含糊的資訊，然後做出相

對應的反應或回饋。譬如，專案管理人員可依據架構分配工作給各系統開發人員，而系統開發人員們亦可藉此互相溝通如何協同開發整個系統。

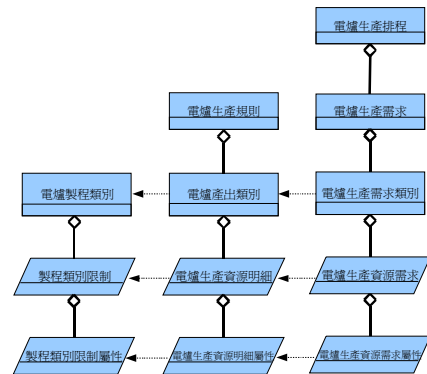


圖 11 ISA-95 電爐生產系統物件模型

如圖 11，ISA-95 電爐生產系統物件模型只能顯示出系統資料觀點，系統結構與行為必須靠其他圖形或文字補充。如圖 7 示，AOEAFMSM 互動流程圖可以顯現系統各行為之詳細流程，以及其互動方式，可以滿足不同系統關係人的興趣。

第五個活動是（五）分析與評估架構。在系統分析與設計過程中，會產生許多設計方案，從中挑選一適合的方案是件不容易的事。所以當某方案所建立的架構，專案管理人員應評估以此架構為基礎所開發的系統是否能滿足客戶需求，甚至是專案能否成功。

如圖 11，ISA-95 電爐生產系統物件模型並無法讓人了解到系統行為，必須藉由其他圖形或文字輔助，才能分析這樣物件模型是否滿足客戶需求。一但不適用，將必須重頭分析來建立新的物件模型。如圖 7 示，當使用者或是系統開發人員能透過 AOEAFMSM 互動流程圖去了解系統行為，便能藉由這樣的意見交流後去修改 AOEAFMSM 系統架構。

第六個活動是基於架構建置系統。良好的架構可以作為系統開發人員建置系統的依據，所以架構必須同時包含更多方面的資訊而且是容易被理解的。

ISA-95 之電爐生產系統物件模型只能反映出實際系統的資料庫如何設計。而電爐生產系統資料流模型能顯現出部分行為，但未能反映出電爐生產

系統與操作人員、管理人員及分析人員等等之關聯。最後電爐生產系統階層模型只能描繪出電爐生產系統結構初步的輪廓，詳細結構需要由其他文字或圖形去描述。AOEAFMSM 動流程圖的參數傳遞能描述資料庫有哪些設計需求，同時又能顯現系統結構元素與使用者互動流程，更能顯現出系統內結構元素的關聯。

第七個活動是確保所建置的系統與規劃的架構相符。是否能從所建置的系統反推回目前的架構是很重要的，因為只有如此才能反覆追蹤系統是否有按照架構所提出的藍圖去進行。

從電爐生產系統資料庫設計我們可以反推回目前的電爐生產系統物件模型，至於電爐生產系統程式的運作流程及電爐生產系統結構則無法直接反映出其他 ISA-95 模型。能從電爐生產系統的全貌，包含電爐生產系統行為、電爐生產系統結構及電爐生產系統資料庫設計等等，反推回目前 AOEAFMSM 型。

表 2 AOEAFMSM 與 ISA-95 之電爐生產系統模型應用於軟體過程中各活動之比較

Activity	AOEAFMSM模型	ISA-95之EAFMS模型
對系統建立與分析	可支援	缺乏明確觀點
了解客戶需求	可支援	只有功能模型，無法反應實際作業
架構的建立與採用	可支援	同一個模型可能無法適用於類似系統
利用架構進行溝通	可支援	需要其他圖形或文字補充
分析與評估架構	可支援	不能直接透過模型分析
基於架構建置系統	可支援	物件模型只反映資料庫如何設計
確保所建置的系統與規劃的架構相符	可支援	只能確保資料庫設計相符

所述各活動的比較分析彙整。如表 2 所示，用結構行為合一六大金律來建立電爐生產系統模型，可以彌補 ISA-95 建模方式應用在此系統軟體開發不足的部分。

五、結論與未來方向

本研究以系統架構學所提出結構行為合一六大金律，為電爐生產系統建構一套 AOEAFMSM 型。此模型同時描繪出電爐生產系統結構與其所衍生的相關行為，相較於 ISA-95 的方法來建立電爐生產系統模型，更適合用來整體系統分析與專案管理等。由於一貫作業鋼鐵廠包含了煉鐵、煉鋼及軋鋼等製程，各製程彼此連貫將鐵礦的化學及物理性質

改變到最後的鋼捲，各個製造系統必須彼此連結，所有作業才能連貫運作下去。雖然一貫作業鋼鐵廠 MES 架構模式 [7] 提供了整體系統架構，但尚欠缺各製程間實際互動流程。例如，將來可以以本篇為基礎與架構導向熱軋鋼帶工廠統計製程電腦模型 [8] 完成製程連結的模型。進一步來建立一套一貫作業鋼鐵廠系統架構框架 (System Architecture Framework)。

參考文獻

- [1] “Electric Arc Furnace Steelmaking”, *American Iron and Steel Institute (AISI)*, <http://www.steel.org>.
- [2] J. Harrington, “*Computer Integrated Manufacturing*,” NY: Industrial Press, 1974.
- [3] H. Geng, “*Manufacturing Engineering Handbook*”, McGraw-Hill, 2004.
- [4] “*Enterprise - Control System Integration Part 1: Models and Terminology*”, International Society of Automation (ISA), 1999.
- [5] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, “*Software Architecture in Practice (2nd ed.)*”, NY: Addison-Wesley, 2003.
- [6] 趙善中、趙薇、趙鴻，2008，系統架構學，科技圖書。
- [7] 洪敏鴻，2008，一貫作業鋼鐵廠MES架構模式之研究，國立中山大學企管研究所碩士論文。
- [8] 李頂立，2008，架構導向熱軋鋼帶工廠統計製程電腦模型之研究，國立中山大學資訊管理學系研究所碩士論文。