

第二章 相關理論與文獻探討

第一節 技術知識特質

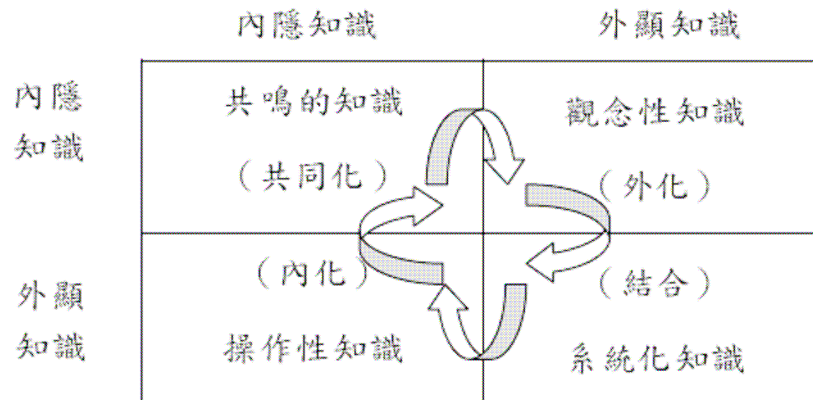
技術知識特質對於企業的創新程序、創新行為與創新管理的影響相當重要，尤其在組織知識吸收、創造或蓄積等方面，國內外學者發現，技術知識特質是影響企業進行創新時最需要注意的關鍵要素。

一、技術知識之內隱程度

外顯知識 (Explicit Knowledge) 是可以用正式語言來表現，很容易在彼此間傳遞的知識；相反的，內隱知識 (Tacit Knowledge) 則是深埋在個人經驗中的個人知識，包括：個人信念、觀點、直覺與價值觀等無形因素。簡單的說，外顯知識可藉由語言、文字或機械操作，簡化轉譯成簡單的符號。由於外顯知識的這項特質，所以在流通或擴散上都比較容易。然而，內隱知識不具有這項特質，因此無法轉譯，只能透過面對面、同步溝通模式進行知識的擴散。

Nonaka & Takeuchi (1995) 研究日本企業獨特的知識創造方式，發現日本企業重視內隱知識 (Tacit Knowledge)，因為內隱知識根植於個人的行動與經驗中，極為個人化且難以外顯化；反之，外顯知識則比較容易透過文字和數字來表達，也可以藉由具體的文件資料、科學公式、標準化程序，或者普原則進行溝通與知識分享。Nonaka & Takeuchi (1995) 將內隱知識定義為：無法用文字或句子表達的主觀且有形的知識，包括認知技能和透過經驗衍生的技術技能。Nonaka & Takeuchi 將知識創造區分為四個轉換模式如圖 2-1-1：

圖 2-1-1：Nonaka & Takeuchi 知識創造轉換模式圖



資料來源：Nonaka & Takeuchi (1995)

(一) 內隱至內隱 (共同化)：

指組織成員間內隱知識的移轉，即透過經驗分享從而達到創造內隱知識的過程，例如心智模式與技術性技巧的分享。個人可以不透過語言而自他人處獲得內隱知識。學徒即是透過觀察、模仿和練習來學習大師的技藝，而非透過語言。在企業環境中，在職訓練基本上運用的是同樣的原理，獲得內隱知識的關鍵在於經驗。缺少某種形式的共同經驗，一個人將很難瞭解另一個人的思考過程。如果脫離了分享經驗所賴以為繫的相關情感和特殊情境，僅是資訊傳遞將沒有多大的意義。

(二) 內隱至外顯化 (外化)：

此即將內隱知識明白表達為外顯觀念的過程，在這個過程中，內隱知識透過隱喻、類比、觀念、假設或模式表達出來。當試圖將意象觀念化時，通常會將其精髓訴諸語言。表達本身難免辭不達意或前後矛盾，然而意象和表達之間的差異與隔閡，卻可以促進個人間的互動和省思。知識轉換外化模式最常見於觀念創造的過程當中，並由會談或集體省思發端。常用來創造觀念的方法之一，是結合演

繹和歸納兩法。當無法經由演繹和歸納等分析法適切地表達一個意象時，就必須利用非分析的方法。這即是為何外化通常被迫使用隱喻和類比的原因。領導者豐富的象徵性語言和想像力，是誘導出專案成員內隱知識的內隱必要因素。在四種模式中，外化更是知識創造的關鍵，因為它由內隱知識中創造出新的、明確的觀念。若要有效地將內隱知識轉換成外顯知識，必須連續地使用暗喻、類比和典範。

(三) 外顯至外顯 (結合):

即將觀念加以系統化而形成知識體系的過程。此模式的知識轉化牽涉到結合不同外顯知識體系。個人透過文件、會議、電話交談、或是電腦化的溝通網路交換並結合知識。經由分類、增加和結合來重新組合既有的資訊，並且將既有的知識加以分類以導致新的知識。學校教育多屬於此種形式。在企業的環境中，知識轉換的組合模式最常見於中階經理人將企業願景、觀念或產品概念分為細目，並且加以操作化。透過建立編碼資訊和知識的網路，中階經理人在新觀念的創造上扮演重要的角色。有創意地運用電腦化的通訊網路和大規模的資料庫可以促進這類知識的轉換。

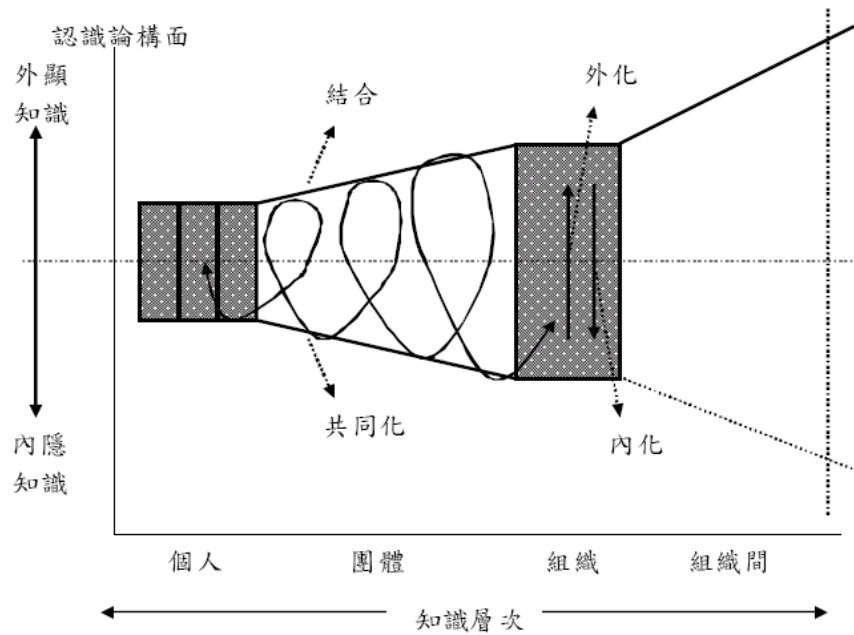
(四) 外顯至內隱 (內化):

內化是將外顯知識轉化為內隱知識的過程。此過程與「邊做邊學」學習相關。當經驗透過共同化、外化與結合，進一步內化到個人的內隱知識基礎時，它們即成為有價值的資產。以語言、故事傳達知識，或將其製作成文件手冊，均有助於將外顯知識轉換成內隱知識。

Nonaka & Takeuchi (1995) 認為組織知識創造是內隱知識和外顯知識持續互動的結果，即組織知識的創造為一螺旋的過程，由個人層次開始，逐漸上升並擴大互動範圍，從個人擴散至團體、組織，甚至組織外及組織間，過程中不斷有共同化、外化、結合及內化的知識整合活動，Nonaka & Takeuchi 因此提出組織知識創造螺旋，如圖 2-1-2：



圖 2-1-2：Nonaka & Takeuchi 組織知識創造螺旋圖



資料來源：Nonaka & Takeuchi (1995)

二、技術知識之系統複雜度

國內學者塗瑞德（1998）亦透過下列指標衡量光資訊產業中技術知識系統複雜度：

- 產品開發所需耗費的工時，即開發時數 × 參與人數（全職）。
- 該公司整合的技術知識領域。
- 技術層次高低。例如在半導體業界一般皆以製程線距做為衡量複雜度的指標。

此外，技術知識的複雜程度，會影響組織知識的蓄積，因為當技術知識複雜程度越高，必須透過文件才能有效蓄積組織知識，尤其是在工程師異動的時候，

更能展現其價值。

三、技術知識之標準化程度

技術知識標準化程度的表現在於「產品是否主流設計之標準」。賴威龍（1997）提出產品專案標準化程度量表，將標準化程度由高而低劃分成：1.標準跨越產業間、2.產生組件的產業標準、3.組件稍作修改即可混用於不同廠商間、4.公司內部標準、5.公司內部產品組件亦無法混用等五個等級。

四、技術知識之路徑相依程度

技術發展通常會具有某種特定的路徑相依程度，且會受到特定技術典範（Technology Paradigm）的影響（Dosi，1982），亦即在某些特定的問題上，基於現有的科學原理及材料選擇所推導出的一組特定解決方式，而技術軌跡則是指基於這些技術典範的基盤，所形成的日常解決問題的形式。因此組織在發展新的產品或程序時，通常也會依循過去在特定技術軌跡所累積之成功經驗（Teece，1996）。

五、小結

本研究以技術知識之「內隱程度」、技術知識之「路徑相依程度」、技術知識之「系統複雜度技術」、與知識之「標準化程度」四個研究變項。其中，技術知

識之「系統複雜度技術」包括「產品開發所需耗費的工時」、「整合的技術知識領域」、與「技術層次高低」等三個次研究變項。



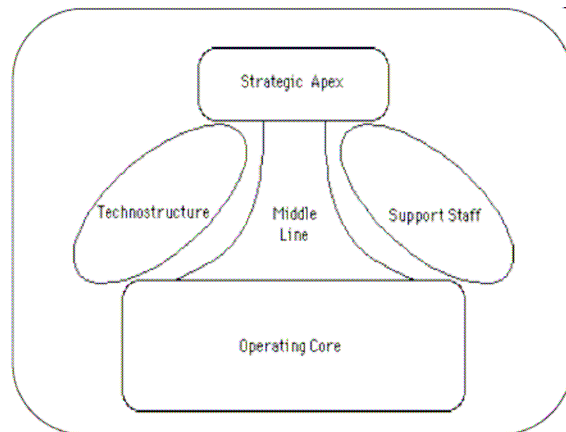
第二節 組織結構特質

一、組織構型

Mintzberg (1989) 對組織結構與形式的分析，提供了一個以組織行為人為基礎架構。Mintzberg 指出，組織可以分成六個部分(圖 2-2-1)：

- 1) 作業核心(operating core)：位於組織的基部，從事最基本的工作，製造產品與提供服務。
- 2) 策略層峰(strategic apex)：在組織的頂端俯看整個組織，負責整個組織的決策。
- 3) 中階直線(middle line)：位居作業核心與策略層峰之間的權力階層。
- 4) 技術官僚(technostructure)：位於中階直線職權的階級制度之外，負責規劃與控制。
- 5) 支援幕僚(support staff)：提供各種內部服務。
- 6) 意識型態(ideology)：組織的傳統與信念，使組織有別於其他的組織。

圖 2-2-1：Mintzberg 組織的六個組成部分



資料來源：Mintzberg (1989)

以及六種分權形式：

- 1) 垂直和水平集權：所有的權力都集中在策略層峰上。
- 2) 限制性水平分權(選擇性的)：策略層峰和技術官僚(專門為其他人的工作進行標準化)一起分享某些權力。
- 3) 限制性垂直分權(平行的)：委派權力給單位經理人，由單位元經理人來控制絕大多數的決策。
- 4) 垂直和水平分權：多數權力集中在作業核心。
- 5) 選擇性的垂直和水平分權：不同的決策權力被分散到組織的不同地方，也就是由經理人、幕僚專家和作業核心所組成的各種小組。
- 6) 單純性分權：組織中的每一個成員都可以平均分享到一些權力。

在組織的這些組成要素之間，Mintzberg 強調，沒有一個組織可以只依賴單一的協調機制或是分權形式，這些機制或多或少可以相互取代，而且在任何一個先進的組織當中，都可以看到所有這些協調機制的影子。Mintzberg 認為，不同的組織組成部分佔據組織最重要的位置，便會有對應的組織形式出現。此外，不

同的組織形式也意味著組織隨著時間不斷在演化當中。

以創業型組織為例，是由領導人親自指揮的簡單組織。在創業型組織當中，組織結構是簡單、非正式而且有彈性的。在這樣的組織結構下，幾乎沒有什麼中階直線經理人或幕僚專家。策略層峰會運用領導(lead)的拉力，藉以保持決策的控制權，並透過直接監督來達成協調。中階直線經理人在尋求自治的時候，會產生割據(balkanize)結構的拉力，透過限制性的垂直分權，將權力集中到自己的單位。組織為了回應這股拉力，會將組織分成幾個單位，各有明確的產出目標。作業核心的成員會產生專業化(professionalize)的拉力，為的是減少工作上的干預。組織為了回應這股拉力，會形成專業型的結構配置，權力被水平分權到作業核心，協調則是透過知識與技術的標準化。綜合以上的分析，Mintzberg 將對組織做出主要貢獻的成員與組織的結構配置之間的關係，做了如表 2-2-1 的分類。

表 2-2-1：Mintzberg 組織關鍵組成部分與結構配置之間的關係

結構配置	主要的協調機制	組織的重要部分	分權的類型
創業型組織	直接監督	策略層峰	垂直和水平分權
機械型組織	工作程序標準化	技術官僚	限制性水平分權
多角化組織	產出標準化	中線	限制性垂直分權
專業型組織	技術標準化	作業核心	水平分權
創新型組織	彼此適應	支援幕僚	選擇性分權
使命型組織	規範標準化	意識型態	分權
政治型組織	無	無	多樣化

資料來源：Mintzberg (1989)

二、正式化程度

組織結構是描述組織的架構。人類有骨骼，同理組織也有結構。組織結構可

用以下三種尺度來描述：

複雜性：指組織分得多細。分工越細，上下層級越多。

正式化：指組織藉著手續和規定來引導員工行為的程度。規定和管制越多，組織結構就越正式化。

集權化：考慮決策之職權。有些組織是高度中央集權，問題由下向上反映，再由資深主管決定。有些組織則集權化程度很低，通常稱為「分權」，決策由較低階層主管決定。

檢視組織結構的組織行為與風格，Robbins(1990)提出正式化的定義如下：正式化程度(Formalization)：使用規定與標準處理流程以規範工作行為的程度；正式化程度指組織中的工作是否標準化的程度，愈標準化則擔任此工作之人愈少有主見，大多依規章行事。傳統西方管理一直將組織視為一個資訊處理的機器。但隨著組織功能不斷分化、組織規模的不斷擴大，組織對資訊處理有較高的需求，始能有效協調各專業部門。但是，在此資訊處理模式下，組織為了有效控制、協調各部門的行動，因此認為有系統、正式的資訊才是唯一有用的資訊(Nonaka, 1991)。過度重視數量化資訊予正式的運作程序，使得決策效率低落、組織僵化。

三、小結

本研究以「組織構型」與「正式化程度」(包括「組織複雜性」、「組織正式化程度」、與「組織集權化程度」等三個次項目)為「組織結構特質」的研究變項。

第三節 創新平台

一、Leonard – Barton (1995) 的創新活動

Leonard-Barton (1995)以「核心能力」之知識基礎觀點，將核心能力視為可以提供或區別公司競爭優勢的知識集合。核心能力的具體呈現需要以下要素相互搭配，包括員工知識和技能、實體技術系統、管理系統、價值觀和規範。

(一) 員工知識和技術：

包含企業專屬的技術和科學理念，至少有三種知識和技能構成這一構面的核心知識－科學的（公用的）、產業特定的及企業專屬的。企業的專屬知識難以複製。

(二) 實體技術系統：

不同專家在企業內日積月累的隱性知識，經過長時間的組合及整理，自會具體表現在軟體、硬體及可接受的程序當中。由於知識的彙集與整理來自多重的管理，因此整個技術系統的綜合效果大於各部份的加總。構成核心能力之一環的實體系統，其性質視產業的競爭基礎而定。這類系統可能包括軟、硬體及儀器，而它帶來的優勢可能是暫時性或長久的。

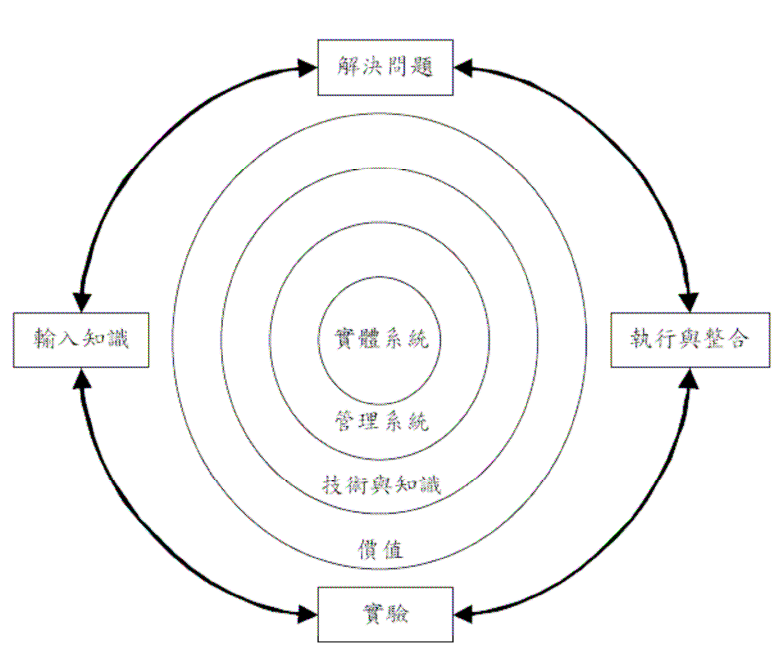
(三) 管理系統：

員工知識的累積係由企業的教育、報酬和激勵系統加以導引和監督。這些管理系統，尤其是激勵系統，創造了知識取得和流通的管道，同時對不合需要的知識活動設立障礙。也就是組織化的日常資源累積和調度佈置。此構面較不明顯，但是激勵、教育計畫或升遷作業卻能誘發有利公司的行為。重要的管理系統可能非常不正式，但仍能對企業的獨特能力有所貢獻。

(四) 價值觀和規範：

體現於人身上，並深植於實體系統及管理系統的知識和技能，會因不同企業的價值觀而展現相異的特質。某些企業價值觀是一般性的，大抵適用於企業內的人際互動，或是對人生的一般看法。價值觀和規範決定應追求和培育何種知識，以及何種知識創造活動可被容許和鼓勵。

圖 2-3-1：核心能力的四個構面



資料來源：Leonard-Barton，「知識創新之泉」，1995

組織除了是知識的儲存庫外，同時可以產生與創造知識；組織亦藉由知識創造的活動，建立組織獨特的能耐。有四種主要的創新活動，可以創造與擴散知識，而這四種創新活動，分別代表組織中不同的時間點以及不同來源的創新，以下分別就各項創新活動提出說明。

(一) 共同解決問題(目前)

在學習型的環境中，求進步並非仰賴某些專家，而是每個人的職責所在。這種創新方式最大的優點是：「每個人都能夠提出好主意。機器操作原也能夠提出很多意見，因為問題發生時，他們就在現場」。這種共同解決問題的方式聽起來有點混亂，有時候也的確難以避免。但是當所有的員工均願意利用一己的智慧來解決問題，直到問題解決為止，除非有新的理論出現，否則，在這樣的情況下，這種創新方式還是較有效率，並且能夠管理知識，使得在組織中知識能夠做全方位的移動。

以組織的觀點來看，共同解決問題是以目前組織所遭遇的問題，來進行創新與知識創造，也就是以眼前的觀點來看創新的可能性，因此，再創新的四個活動中，共同解決問題通常是第一個創新的活動，或是目前所面臨的創新壓力來源。

(二) 執行與整合新技術程序及工具(內部)

當組織在面臨問題時，需要透過整合新的技術與方法來進程序的創新，以有效解決問題，這就是組織的內部創新。透過引進新的技術、設備、方法與工具，有助於引發組織中的新知識產生與傳遞，而透過這樣的組織知識成長，也能產生更多的創新。

執行與整合新技術程序及工具，是組織的內部創新，舉例來說：在採用新機器與新方法時，通常會有一些創新方法伴隨而來，某些改良還足以申請專利。因此，組織也可以利用輪調的方式，讓這些跟隨著新技術及工具而來的創新，能夠在組織中流動與傳遞。

(三) 實驗與原型試製(未來)

某些知識必須靠著持續探索不熟悉的領域方能獲得，在組織中，多數的創新所需要的不只是個好點子，他們通常必須經過一個長短不同孕育期，且需仰賴眾人之力始能完成。因此，持續不斷的正式與非正式的實驗，有助於組織不斷的嘗

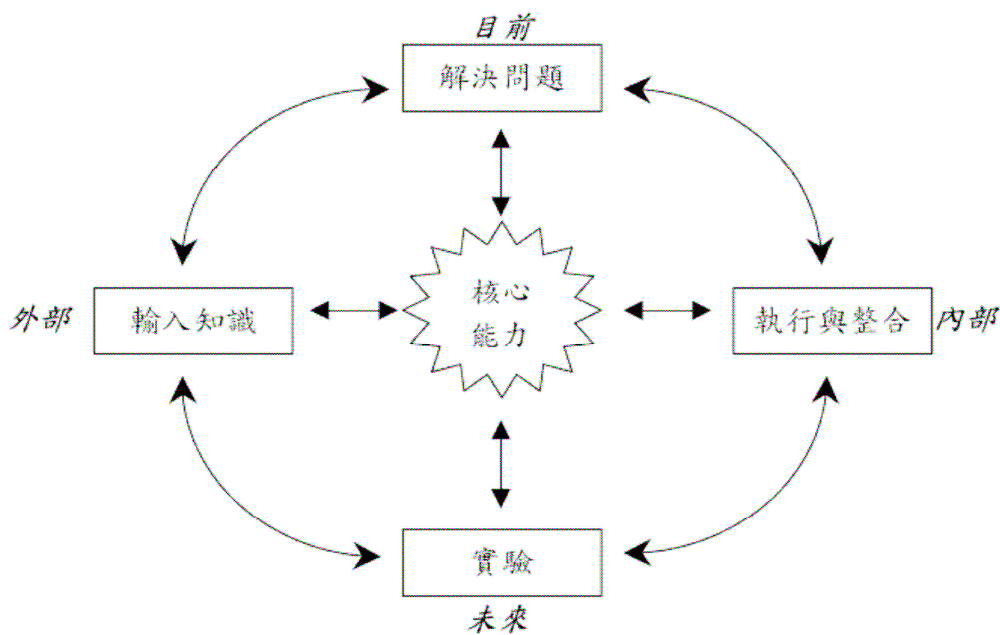
試與改進，在組織的觀點中，這樣的方式是為了建立未來的能力，不斷的累積知識，才能成就未來的創新。

(四) 輸入和吸收外部知識(外部)

當公司發現重要的策略性資產沒有或是不能內部獲取時，「能耐落差」即出現。這時，公司就必須從外面獲取知識。外部的科技知識來源有很多，公司需培養吸收知識的機制，判別是否可移轉與可用性，且必須有管理學習的能力。組織必須監督外界的技術變化，以廣泛的吸收機制，自外界引入知識，並與外界不斷互動，培養技術守門員 (Technological Gatekeeper) 等，以有效地自外界學習知識。僅只有少數的公司能夠完全的自行發展核心能力，大多數的公司皆需要藉助外界的知識。因此，公司有效成功的吸收外界技術知識對公司來說是很重要的。其指出技術知識可能有以下的外部來源：顧問、顧客、國家實驗室、供應商、大學、其他競爭或非競爭公司。

以上四個創新與知識創造擴散活動，是組織在面對問題與創新上的主要活動，這四個活動源自於組織的核心能力，但同時也有助於組織的核心能力發展，不但能夠滋養組織的核心能力，更可以將其發展成為組織的知識資產。實驗以及原型試製，能替公司創造許多科技的選擇。然而鮮少有公司能夠在不假外求的情況下，建立所有的核心能力。因此成功地吸收外界科技的重要性和困難度，並不亞於成功地融合公司內部各部門的知識其關係如圖 2-3-2 所示：

圖 2-3-2：組織的創新活動及知識創造



資料來源：Leonard-Barton，「知識創新之泉」，1995

二、Nonaka & Takeuchi（1995）的組織知識創造過程

Nonaka & Takeuchi 提出組織知識創造過程包含五個階段：

（一）分享內隱知識：內隱知識主要是透過經驗所獲得，較無法訴諸言語。因此要與他人溝通或傳遞給他人也較為困難。因此背景、觀點和動機不同的許多個體分享內隱知識，便成了組織知識創造關鍵性的一步。

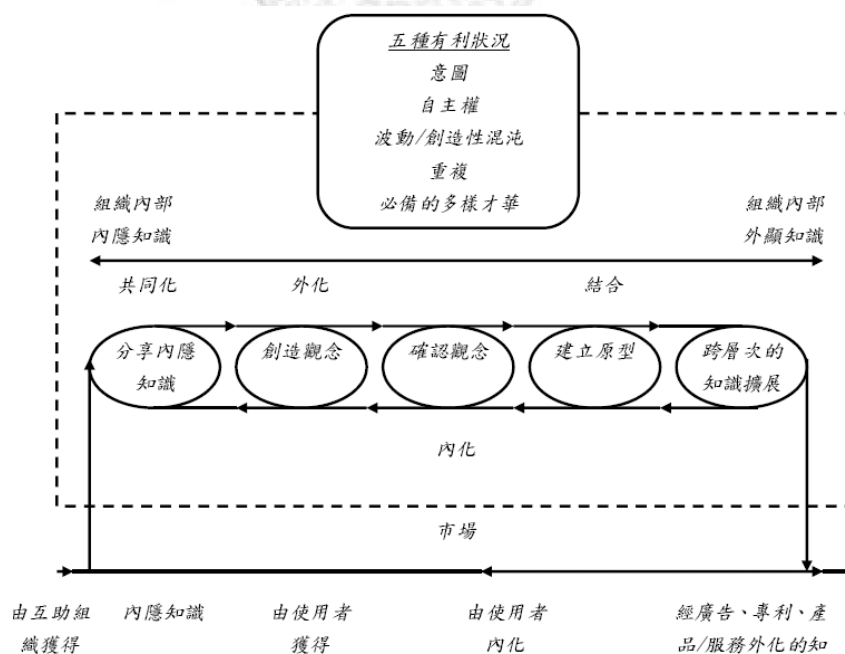
（二）創造觀念：內隱和外顯知識最強烈的互動發生在此。一旦分享的心智模式在互動的範圍內形成，自我組織小組便可以藉著進一步的持續性會談將其表達的更明確。分享的心智模式化為單字、片語，最終成為具體化的外顯觀念，此階段相當於外化的過程。

(三) 證明觀念的適當性：個人或小組所創造的新觀念必須在某一階段加以確認。這和過濾過程十分相似，在這過程中，個人似乎不斷地和下意識地在確認或過濾資訊、觀念或知識。然而組織卻必須以較明確的方式執行確認觀念的工作，以瞭解新觀念是否無損於組織原本的意圖且符合社會整體的需要。

(四) 建立原型：在此階段已經確認的觀念將會被轉化為較有形或具體的原型。在新產品發展的個案中，產品模型即可視為原型。在服務或組織創新的情況下，原型可以是理想的操作機制。由於確認的觀念是外顯的，而轉換之後的原型也是外顯的，因此此階段相當於結合。

(五) 跨層次的知識擴展：組織知識創造是一個不斷自我提升的過程。新的觀念經過創造、確認和模型化後會繼續前進，在其他的本體論層次上發展成知識創造的新循環。在跨層次的知識擴展的互動和螺旋過程中，知識的擴展發生在組織內部以及組織之間。

圖 2-3-3：Nonaka & Takeuchi 組織知識創造過程五階段模式



資料來源：Nonaka & Takeuchi (1995)

三、團隊組合

(一) 專業多元化

Leonard-Barton (1995) 認為個人和組織的創造力容易受限於背景、訓練，以解決問題時所偏好採用的方法。因此組織的成員易受限於「招牌技巧」(signature skills)(即人們偏好用來界定自己的職能力)。「招牌技巧」指的是人們偏好用來界定自己的職業能力。人們常將它視為自身的一部分，就像個人的簽名一樣。

而創造性摩擦則是核心僵化與招牌技巧的解毒劑，因為它可迫使組織不斷重新檢視當時的主導觀點。然而，創造性摩擦並不會自動發生，必需有賴組織的精心規劃。

(二) 管理專業化

由學有專精的個人所組成的團體，需要可翻譯不同「語言」以及降低衝突性觀點的機制。翻譯者可以是團體成員，或是經理人。如具有 T 型技巧及 A 型技巧的人。具 T 型技巧者隨著經驗的成長，有些人會明顯發展出截然不同的招牌技巧，尤其是結合深刻的學理和實務經驗。由於他們可用兩種或兩種以上的專業「語言」，同時又能以不同觀點看事情，因此成為整合各類知識的寶貴人才，擁有這種技巧的人通常可以靈活運用知識來解決問題，而不囿於問題應以某種容易辨視的特別方式出現。由於廣泛運用與職務相關的知識經驗，他們也具有整合增效的思考能力。具 A 型技巧者雖然少見，但有些人確實體現了科技的融合。T 型技巧意味著對於某項學問有所專精，但對於互動的學科則僅有表面知識。有些人卻同時擁有兩種專業知識(兩種以上則較為困難)，因此具備「兩種學科優勢」。這類技巧的取得通常有先後次序。

使用多種語言的經理人能夠從容遊走於多種專業領域，並同時使用一種以上認知風格的經理人，通常可為多樣化的創造性團體提供組織凝聚力。經理人必須能夠，同時也願意適時介入對立團體的互動：並非粉飾太平，而是把能量導至正面的方向。另外，對於具有單一專業知識的傳統經理人，則稱為I型技巧者。

(三) 清楚的目標

清楚的目標，是經理人在管理創造性能量時的最佳盟友。每個新產品開發專案，基本上都會有兩個相互影響的目的：產品本身以及更加完善的新產品開發過程——也就是產品概念和專案指導的遠景。產品概念可在小組成員考慮產品對客戶的影響時給予指引，並協調成員間的不同決定；而專案遠景則可在小組成員考慮產品對組織的影響時給予指引，並協調不同的決定。以這兩項指引為標竿，不論在考慮所設計的產品或是在設計的過程當中，專案成員便能自行做出無數獨立的決定。

四、使用者參與程度

Leonard-Barton (1995)認為使用者可以提供很多值得加以整合的知識。透過使用者參與與相互調適的方式，可以促進跨越組織間的知識流通，整合並執行創新程序及工具。使用者參與就是使用者參與專案或是新技術系統的開發，透過此種方式可以將使用者專屬的知識融入其中，使用者也較能夠接受改變。不過，使用者參與應該加以細心管理，因為由非典型、毫無興趣，或者只重視短期結果的使用者身上所護得的知識，不但可能無法提高，反而會損及新製程工具的設計。依據使用者參與的程度可分為四類：

(一) 交付模式或是隔牆交易：

開發小組在沒有任何使用者的規格或甚至在使用者未曾表達需求的情況

下，即自行開發工具，開發完成後，交付一整套的工具給使用者，有時連訓練或手冊都沒有，純粹是兩團體之間的隔牆交易。當使用者和開發者的思考模式和技巧均極為吻合的情況下，產品觀念源自開發者對自我需求和慾望的瞭解，因此不需透過與使用者之間的互動，就能隔牆互動得到滿足。但是符合這類的情形相當罕見。由於開發過程中沒有使用者的回饋，只有單向的資訊流通，開發者可能無法正確預測使用者的需求，使用者也可能不具備整合新工具和工作環境的技巧，而無法瞭解新工具的潛力。

（二）諮詢模式：

相信定期向使用者徵詢有關特色和功能的看法，就能有足夠的機會獲得使用者的意見和回饋，常用的方法有問卷、討論小組和購物中心研究等市調技巧，或是藉由技術系統的原型或是和舊模型的互動的方式，來將知識予以規格化。其中的使用者團體被視為需求各異的客戶，有權影響但卻非引導發展。由於產品已存在市場上，且使用者對其功能也相當熟悉，他們輕易就能發現自己的需求並提供改進的意見，也就是說使用環境的工作程序建立的相當完整，且該領域的相關知識也已系統或制定書面規定，這時開發小組通常不認為需要使用者的加入。這種互動模式適用於當延伸的產品線以既有的客戶為對象時，或是將工作程序標準化，並進一步的自動化或電腦化時。但不論這種訪談的技巧有多精細，它們僅能挖掘受訪者已知或有能力表達的需求和渴望，此外，當使用者團體數目愈多，任務就愈複雜。

（三）共同開發：

在共同開發的專案中，使用者是開發小組的一員，他們全程參與，來協助知識的開發，對新工具的設計影響頗深。不僅適用於新的尖端科技系統，更能成功開發全新生產系統（新科技系統及工作程序的重新設計），使用者參與共同開發的優點和重要性，已無庸置疑。而共同開發適用於：（1）開發者不確定其系統會

和工作程序產生何種互動；(2) 使用者一開始不確定如何重新設計工作，才能完全發揮新科技系統的潛力。使用者富有創新能力，同時能夠預見公司未來的方向，那麼合作專案的成功程度，可能遠超過使用者或開發者的預期；但使用者過度參與的風險是：使用者可能沒有足夠的遠見來引導專案，使用者可能會帶領開發小組把已經快過時的程序自動化。

(四) 見習模式：

使用者利用本身工作情況的知識，全權負起建立新工具所需專技的整合，他們常請教工具設計人員，實習見習以便開發和建立系統，開發人員多扮演教師的角色，而非提供者的角色，見習的使用者自行在腦海裡整合所獲得的知識，並擴展個人能力，他們時常接續扮演開發人員的角色，但是使用者則必須願意投資足夠的時間和資源，以成為相關技術的專家。此外，使用者團體可能會拒收見習人員所開發出來的創新知識。

雖然只要符合若干情況，上述四種使用者參與模式均有成功的機會，但只有共同開發和見習模式牽涉到整合兩個迥異團體 - 軟體開發和使用者的知識。除此之外，見習模式對於使用者組織的衝擊，相對也較低。

見習的使用者自行在腦海裡整合所獲得的知識，並擴展個人的能力；他們時常會接續扮演開發人員的角色。不過，見習人員對於開發人員的團體卻不會有太大的影響，而使用者團體也可能拒收見習人員所開發出來的創新知識。這種情況對於企業創新能力的提昇並無多大助益。

最大的競爭優勢可能來自於相互調整的過程 - 科技和使用者環境相互調適，以期開發所有的潛能。能夠同時應用使用者參與和相互調適的經理人，較可能由製程創新中獲得可觀、並可持的成果。

五、專案組織結構

Clark & Wheelwright (1993) 以不同的整合與協調機制，將新產品開發的專案組織結構分為功能型團隊 (Function Team)、輕型團隊專案管理者 (Lightweight Team)、重型團隊 (Heavyweight Team) 以及自主型團隊 (Autonomous Team)。

(一) 功能型團隊

功能型團隊屬於在傳統的功能性結構組織下的團隊組成方式，不同部門間的溝通與協調是透過詳細的工作規範或不定期會議的方式溝通。在此種組織功能架構為主的運作下，專案開發的責任會隨時間經過從一個部門移轉到另一個部門，這時的責任移轉是一種「丟過牆」(throw it over the wall) 的方式，也就是原先的部門便幾乎從此不再過問此專案，功能型團隊的好處是權責分明，經理人的權責合一，在管理上能更有效能。然而這必須要在專案可以加以切割的情形下才能產生，若專案任務無法明確切割，則權責會變得很難釐清，問題是大部分的專案任務都很難清楚的切割，因此仍有許多的協調和整合必須發生，此時功能型團隊運作便會產生問題。此外，由於大部分的升遷都是以功能別的方式進行，因此功能型團隊成員的考績可以由同部門的主管加以考核，使得專案績效與成員升遷直接關連，然而，由於專案團隊裡個別成員的績效主要仍繫於整體專案之成敗，因此在此「這是整個團隊的責任，是組織運作機制的缺失」的名義下，個別成員對於專案成敗不必負責，於是變成「成功大家分享，失敗沒人負責」的窘境。最後，由於同功能裡的人員專門從事某項次系統或零組件的設計，因此可以累積經驗與知識深度，然而他們也常會太過技術導向，而純以技術的眼光定義次系統或零組件的規格，而較少注意整體系統的特性或是場要求，因此，在將次系統或零組件組裝時，常會出問題，或產品不符市場需求。

(二) 輕型團隊結構

輕型團隊結構如同功能性團隊一般，但各功能別下多出一個協調者 (liaison person)，協調者會與輕型專案經理 (常為設計工程師或產品行銷經理) 一起工作。此專案經理之作用在於進度監測、計畫核對、校定與聯絡協調，然而他所以稱為「輕型」的原因在於他常是一位中低階主管，而且通常在組織內的位階或影響力都不高。這種人常在其功能部門工作多年，此時獲得專案經理的指派，只是一種豐富經驗的性質而已。輕型團隊的關鍵資源仍在各功能部門主管的手上，而專案經理很難有效掌控相關資源。通常，這種專案經理在單一專案上，不會花費超過他 25% 的工作時間。

輕型團隊的優缺點與功能性團隊相同，但這時至少可以有一個人 (專案經理) 負責監督整體專案的運作。因此當專案運作欲從功能性轉變為輕型團隊時，溝通與協調便成為重要的關鍵。然而，由於關鍵權力仍然掌控在各功能別經理的手中，因此專案的速度、品質與效率仍然不易提昇，而且專案經理對這種現象，最多只能容忍或視而不見，難以進行更多努力。

(三) 重型團隊

重型團隊的專案經理可以直接指揮所有參與此專案的人員，同時也負起成敗的直接責任，他通常至少需要扮演五種角色，包括需求判斷者，資訊彙整者、直接管理者、立即行動者與概念擁護者，除了負責管理與評估團隊成員外，亦在專案期間直接接受核心成員之報告，且在成員具有衝突時，適時扮演使計畫順利成形之核心概念擁護者。重型團隊的領導者通常是公司的資深經理，其位階高於功能部門經理，且在組織中有重大的權力，此外，他們對於專案內成員有影響力，可以直接監督團隊成員的工作。

通常，團隊裡的核心成員會與專案經理一起工作，並且也如專案經理般的全心投入此專案。然而，儘管重量型專案經理對於成員的績效考核有重大的影響

力，但團隊成員長期的升遷發展仍取決於部門經理的考核。

(四) 自主型團隊

自主型團隊也被稱為老虎團隊 (Tiger Team)，此種團隊特徵包括 (1) 來自不同功能別的人員被編派在一起，相互合作並全心投入此專暗的運作；(2) 專案經理對於個別功能提供的資源，有全權的掌控能力；(3) 專案經理成為團隊成員唯一的績效考核者。自主型團隊不會被要求去遵循組織現有的規範或例規，相反的，他們可以自行創造。因此，專案成員必須對專案的成敗負完全的責任。自主型團隊最基本的優點是資源及成員心力的集中，他們能以最有效率的方式進行跨功能部門的整合。他幾乎不會視任何組織例規或現象為既定事件，他們可以擴張其專案疆界的定義以及將舊有的產品重新設計，而不限於組織規範框架裡，因此，自主型團隊常是新事業單位孕育的溫床，或者常會在專案完成後會有高於平均值人員的流動率。然而自主型團隊若沒有事先及建立清楚的方向，資深經理人便很難再不摧毀團隊運作機制的前提下，在專案進行的過程進行修正。

針對知識力的崛起，李仁芳 (1999) 提出了組織設計的三權假說：資源統治機制的權力(管理權)中心與知識中心 (知識權) 中心重疊度越高，價值轉化與價值分配就越有效能。資源統治機制的權力(管理權)中心與報酬 (財產權) 中心重疊度越高，價值轉化與價值分配就越有效能。

企業的資源統治歸根究底是知識權的問題。如果決策所需的專質性知識分佈較為零散，最適統治機制會較為接近市場交易模式；如果專質性知識是集中的，組織便是較為恰當的資源統治機制。知識的分佈狀態不同，恰當的組織構形也會有所不同。當策略層峰擁有對產業/企業深入而細節的掌握實，簡單結構便是恰當的；當作業核心掌握關鍵知識時，專業科層便是適當的。

在知識經濟時代，出現了「知識權的下授」，工作組織中的工作知識，逐漸從高階主管下移到中低階成員。而隨著知識權的下授，最瞭解經營狀況的組織成

員獲得對應於其知識權的經營決策權，可以獲致效率決策，稱之為「管理權的下授」。為了要避免代理問題，降低影響成本，將相稱的財產權授予擁有知識權和管理權的成員，可以獲得最佳的激勵效果，則是稱之為「財產權的下授」。

李仁芳認為，當此三權在組織各個成員的分佈相互吻合時，組織設計的協調與激勵兩構面達到最適組合，組織生產力較高。也就是說，在組織設計中，擁有專屬性知識的工作者獲得相關的管理權與財產權時，組織績效較佳。一般言之，經濟組織的三權相合者強，相離者弱，相背者亡。

六、知識分享機制

Davenport & Prusak(1998) 將知識分享的過程視為企業內部所擁有的「知識市場」(knowledge markets)。其認為無論組織的運作狀況如何，知識都在組織中到處流動，知識受到市場力量的推動，其運作方式與實質的商品類似。知識市場之所以交易的原因，是因為此市場的所有參與者都相信可自此獲得好處。以經濟學家的術語來說，就是這些參與者期望這樣的交易會產生『效益』，組織中的知識市集 (Knowledge Marketplaces) 提供了這些知識一個交換的場所。

在現代的組織中，知識市集主要藉由以下的形態具體的呈現出來

(一) 提供員工非結構化的知識分享場所與時間

非結構化的知識分享並沒有特定的任務目的。經過研究的結果，組織中的茶水間或是自助餐廳常成為員工進行非結構化知識分享的場所，人們在彼此詢問工作近況時，除了交流想法外，也會提供解決問題的建議，這種非結構化的知識交流地點與場所在組織中比比皆是，例如與工作無關的社團活動、假日時跨部門的休閒旅遊等，這些都可以讓平時上班時碰不到面的員工，有機會進行交流。雖然

這不表示可以在這些非結構的知識交流地點與場所中找到某些特殊與急迫需要的資訊。但這些未經結構化的知識分享，卻具有開啟尋寶大門的優勢。透過這樣的機會，能夠激盪新想法，而能解決問題的員工會自發性的同聚一堂進行交流。

(二) 提供員工結構化的知識分享場所與時間

結構化的知識分享大都有特定的目的。在現代組織中，成員常透過組織內部的圖書館及電腦化的資料庫來進行知識的分享，而由於資訊科技的發達，兩者之間的界線已經逐漸模糊。而較大型的結構化知識分享場所則包括了知識展覽會與開放的論壇。知識展覽會就好像是貿易展覽會或是農產品市場，是賣方暫時聚集，並吸引潛在買方前來的場所。參加者可以展示各自的資訊與討論他們的工作內容，並且到處走動以索取任何他們覺得有用的資料。組織所期望看到的是，參加者能夠藉著自由交談，建立起新的關係，和發掘新的合作方式。現場論壇以及電子論壇，是另一種型態的知識市集。人們在論壇中集合起來，對共同有興趣的議題展開討論。雖然論壇通常比知識展覽會更結構化，但在成功的論壇中，參與者依然有充分的時間或空間，可以私下進行討論。

七、小結

在定義本研究的創新平台之前，先檢視之前研究者的定義以為參考，如下表

2-3-1：

表 2-3-1：各研究者之創新平台定義彙整

研究者	論文題目	創新平台定義（含組織平台、創新行為、知識創造、平台建構等等）
王緯中（1998）	台灣軟體產業創新平台之研究	1. 概念生成與發展 2. 專案組織架構

		<ol style="list-style-type: none"> 3. 團隊成員組成 4. 團隊領導者的角色 5. 概念溝通與問題解決 6. 開發合作網路
李憲璋 (2002)	大學實驗室組織平台與知識流通之研究—以八間光電領域之實驗室為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 團隊領導者的角色 2. 成員的教育訓練 3. 激勵制度 4. 團隊溝通與合作 5. 實驗室團隊組成
徐健銘 (2003)	高科技中小企業產品創新與知識管理之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 共同解決問題 2. 執行與整合 3. 實驗與原型 4. 外部知識
許銘舜 (2003)	線上遊戲產品特性與創新組織平台之研究--以台灣自製遊戲廠商為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 專案組織架構 2. 概念溝通與問題解決 3. 部門間連結與移轉 4. 與顧客/市場端的連結
劉昱岑 (2004)	台灣生物科技公司創新行為之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 共同解決問題 2. 執行與整合 3. 實驗與原型 4. 外部知識
王亨佳 (2004)	使用者社群創新協作平台建構之研究-以數位內容產業為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 經營管理方式 <ol style="list-style-type: none"> 1.1. 與消費者保持主動、外顯、且頻繁的雙向對話 1.2. 動員顧客設群 1.3. 管理客戶的多樣化 1.4. 創造個人化經驗 2. 智財權的設計與管理 3. 知識創造流通與加值
陳重嘉 (2005)	軟體公司知識創造與能耐積蓄之平台建構	<ol style="list-style-type: none"> 1. 傳授知識與分享文化 2. 左右腦認知風格的差異

		3. 社會對管理機梯職位與技術階梯職位評價 4. 概念傘 5. 知識管理
--	--	--

資料來源：本研究整理

以上觀之，創新平台可以由多重尺度來做定性的檢驗。在經過初步分析後，本研究採用 Leonard-Barton (1995) 創新活動與組織知識創造過程的四個變項（含共同解決問題、整合新技術程序及工具、實驗與原型試製，以及輸入和吸收外部知識）、團隊組合、使用者參與程度（交付模式、諮詢模式、共同開發，以及見習模式）、專案組織結構（功能型團隊、輕型團隊、重型團隊、自主型團隊），以及知識分享機制（提供員工非結構化的知識分享場所與時間、提供員工結構化的知識分享場所與時間）等為系統整合軟體的創新平台研究變項。

第四節 半導體智慧工廠系統整合軟體技術

一、T 公司介紹

T 公司成立於 1987 年，是全球第一家以最先進的製程技術提供晶圓專業製造服務(即一般所謂晶圓代工)的公司，同時亦成功地開創了晶圓專業製造服務產業。T 公司以穩定成長的資本支出和優於同業的表現，持續成為市場的領導者。1996 年本公司的營業額達到新台幣二千六百四十五億元，目前全球共有超過二萬名員工。為了充分滿足客戶需求，T 公司在台灣、北美、歐洲及日本都設有客戶服務辦事處，為客戶提供即時的最佳服務。

1992 年，由於全球的業務量，T 公司是第一家進入半導體產業前十名的晶圓代工公司，其排名為第九名。T 公司預期在未來的數年內，這個趨勢將會持續的攀升。T 公司目前擁有兩座最先進的十二吋晶圓廠、五座八吋晶圓廠以及一座六吋晶圓廠。公司總部、晶圓二廠、三廠、五廠、七廠和晶圓十二廠等各廠皆位於新竹科學園區，而晶圓六廠以及十四廠則位於台南科學園區。此外，T 公司亦有來自其轉投資子公司美國 W 公司、上海分公司以及新加坡合資 S 公司充沛的產能支援。

除了致力本業，T 公司亦不忘企業公民的社會責任，常積極參與社會服務，並透過公司治理，致力維護與投資人的關係。T 公司立基台灣，客戶服務與業務代表的據點包括台灣新竹、日本橫濱、荷蘭阿姆斯特丹、美國加州的聖荷西及橘郡、德州奧斯汀，以及麻州波士頓等地。T 公司股票在台灣證券交易所掛牌上市，其股票的存託憑證在美國紐約證券交易所掛牌上市。

T 公司較為人所知的即是穩定而豐厚的員工分紅制度，這個強烈的誘因使許多優秀的工程師願接受長時間與繁重的工作。如果當季全公司業績達成，還有

0.5 到 1.0 個月的績效獎金。這些金錢上的報酬，以基本月薪為底，並考慮職等，年終的考績。固定薪資的部分為一年 14 個月，其中兩個月為年終獎金。固定薪資的總和在業界不算多，變動部分為主要薪資收入。T 公司的激勵與薪酬薪酬系統制度在 2001 年至 2006 年，並無太大的變化。不過產業分析師認為，半導體產業的成長，包涵晶圓代工業的成長，將隨著個人電腦的成長趨緩。因為被預期成長趨緩，對公司的股價產生了壓抑作用。同時，這些年對於員工分紅的檢討壓力，從國外到國內引起了不少關心。一般預料，T 公司員工分紅的發放金額，會隨著時間逐漸遞減，其薪資結構與會計方法，也將逐漸與國外大企業對齊。而這些改變，也考驗 T 公司對高素質人才的吸引力。T 公司針對此一嚴厲問題，於董事會成立「薪酬與風險委員會」，定提檢討相關的政策與議題。

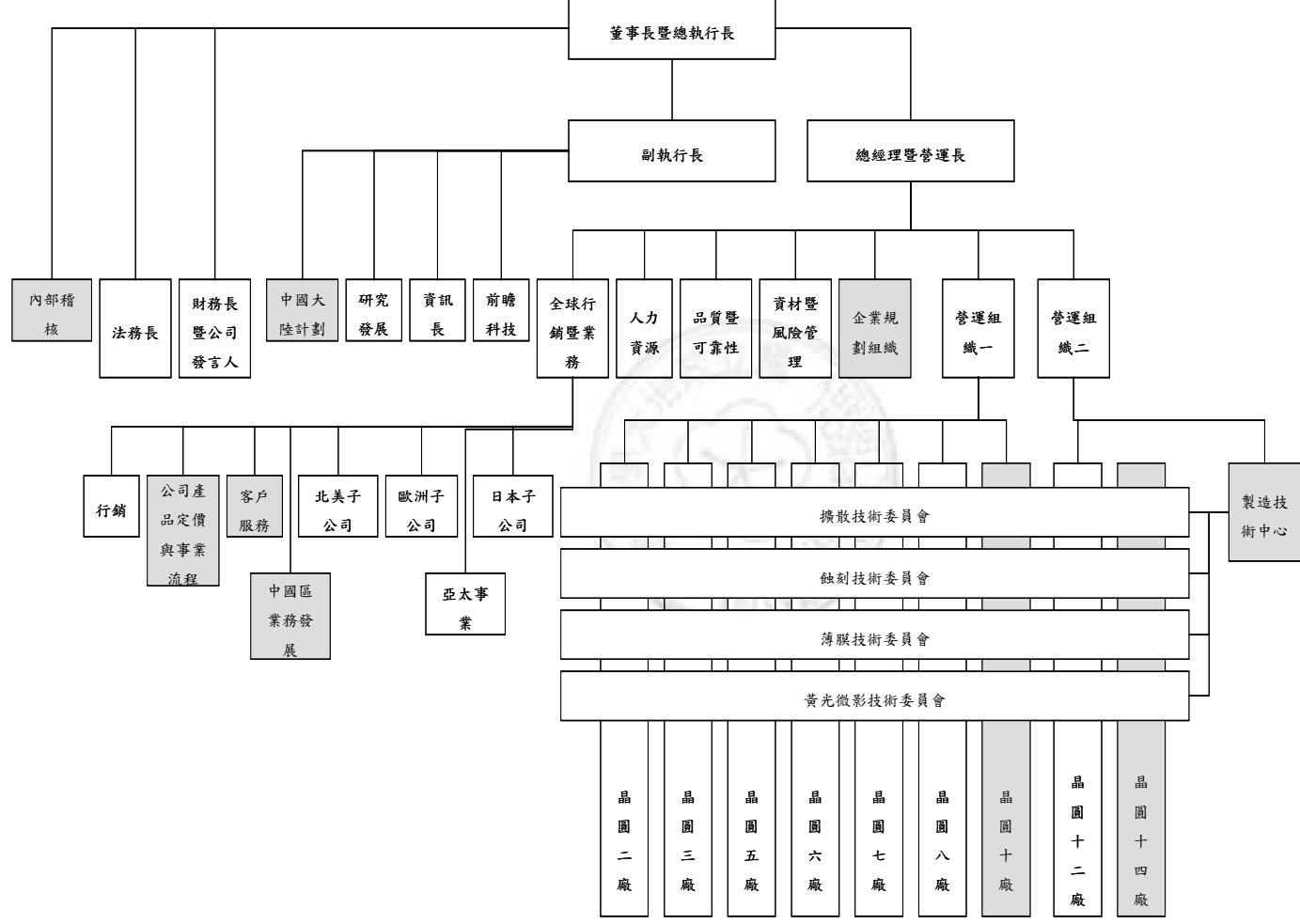
除了豐厚的所得之外，T 公司將「營造具挑戰性、有樂趣的工作環境」列為該公司「十大經營理念」，並定期以問券調查探求員工的工作感受。T 公司的企業核心價值定為 ICIC—Integrity, Customer Oriented Service, Innovation, and Commitment。為鼓勵員工彰顯核心價值，T 公司於 2004 年起開始頒發年度「創新與客戶服務獎」。獎勵的單位為個人或是團隊。由各副總提名表決，每年由董事長親自頒獎，並輔以高額獎金。此獎開始頒發後，立刻成為 T 公司內最受重視的年度大事。

為協助發展 T 公司主管與部屬間個人責任及合作關係，每位員工都有一份與直屬主管共同依據個人工作需求、績效評核結果與職涯發展所需而量身訂作的「個人發展計畫」(Individual Development Plan, IDP)。目前所規劃的一系列員工再進修課程，主要分成三大部份；主管階層的管理知識部分、專業人員的技能知識部分，及概括其他軟性知識的通識教育部分。IDP 乃是由員工和主管在每年評等考績時，共同討論下一年度進修計畫。主管會依據員工不同階段所需進修的課程提出建議，員工也可主動提出自己的生涯計畫；配合績效管理，是有目標的學習，不是為訓練而訓練。一般說來，IDL (非產線人員) 每年大概都會上到

50 個小時左右的進修課程。此外，為了讓學習無時無地限制，T 公司規畫了多元化進修管道，例如豐富的 e-learning 課程。

T 公司為一個規模宏大的企業，並且是單一事業，專門做晶圓代工製造。如同大部分的製造業一樣，為追求高效率與低成本，採用科層機械化的組織。除了傳統企業組織的生產、行銷、人力資源、研究發展、財務會計基本功能組織之外，增加了高科技產業的特色，例如法務、資訊、品質可靠、風險管理、與內部稽核等等功能組織。這些屬於支援型的功能組織人數均不多，但提升到功能組織級，正代表了 T 公司對它們的重視。如果以人數比例與所支配的公司資源來看，營運組織（各晶圓廠區）是最大的功能組織，也是公司營運的核心。最近組織架構的主要的增改為成立「中國大陸計劃」，增加對於中國大陸區的投資（晶圓十廠）以及業務。在行銷業務方面，為對抗 ASP（平均銷售單價）的下滑以其強化客戶服務活動，而分別成立「公司產品定價與事業流程」與「客戶服務」。在先進製程產能增加方面，則增加台南的晶圓十四廠。為改善企業內部流程效率，與流程改造，則增設「企業規劃組織」。「內部稽核」則改由董事長暨總執行長直接負責。2005 年公司組織如下圖 2-4-1：

圖 2-4-1：2005 T 公司組織結構



資料來源：修改自 T 公司 2004 年報（灰底框為新增改的組織）

T 公司的辦公室空間設計新廠與舊廠之間有些許不同，不過後來因為晶圓

12 廠辦公室空間供需不平衡，T 公司於 2003 年起陸續改成工作區與討論區分離設計，所以全公司的空間設計風格趨於一致。因為辦公室空間的安排，主要依照部門功能別配置，這使得跨知識領域的整合，少有非正式的場合機會。碰到問題的時候，常用三方通話或多方通話以及一個電腦螢幕的溝通方式，把問題解決掉，使得員工不必跑來跑去開會。雖然 T 公司有非常頻繁的廠區區間車，提供便利的交通服務給員工，但是 T 公司非常鼓勵使用 Microsoft Windows 內建的 NetMeeting，作為克服物理位置差異的溝通障礙。

二、晶圓處理製程介紹

基本晶圓處理步驟通常是晶圓先經過適當的清洗 (Cleaning) 之後，送到熱爐管 (Furnace) 內，在含氧的環境中，以加熱氧化 (Oxidation) 的方式在晶圓的表面形成一層厚約數百個的二氧化矽層，緊接著厚約 1000 到 2000 的氮化矽層將以化學氣相沈積 (Chemical Vapor Deposition; CVD) 的方式沈積 (Deposition) 在剛剛長成的二氧化矽上，然後整個晶圓將進行微影 (Lithography) 的製程，先在晶圓上上一層光阻 (Photo-resist)，再將光罩上的圖案移轉到光阻上面。接著利用蝕刻 (Etching) 技術，將部份未被光阻保護的氮化矽層加以除去，留下的就是所需要的線路圖部份。接著以磷為離子源 (Ion Source)，對整片晶圓進行磷原子的植入 (Ion Implantation)，然後再把光阻劑去除 (Photo-resist Strip)。製程進行至此，已將構成積體電路所需的電晶體及部份的字元線 (Word Lines)，依光罩所提供的設計圖案，依次的在晶圓上建立完成，接著進行金屬化製程 (Metallization)，製作金屬導線，以便將各個電晶體與元件加以連接，而在每一道步驟加工完後都必須進行一些電性、或是物理特性量測，以檢驗加工結果是否在規格內 (Inspection and Measurement)；如此

重複步驟製作第一層、第二層．．．的電路部份，以在矽晶圓上製造電晶體等其他電子元件；最後所加工完成的產品會被送到電性測試區作電性量測。

根據上述製程之需要，FAB 廠內通常可分為四大區：

(一) 黃光區 (Lithography)

本區的作用在於利用照相顯微縮小的技術，定義出每一層次所需要的電路圖，因為採用感光劑易曝光，得在黃色燈光明區域內工作，所以叫做「黃光區」。

(二) 蝕刻區 (Etch)

經過黃光定義出所需要的電路圖，把不要的部份去除掉，此去除的步驟就稱之為蝕刻，因為它好像雕刻，一刀一刀的削去不必要不必要的木屑，完成作品，期間又利用酸液來腐蝕的，所以叫做「蝕刻區」。

(三) 擴散區 (Diffusion)

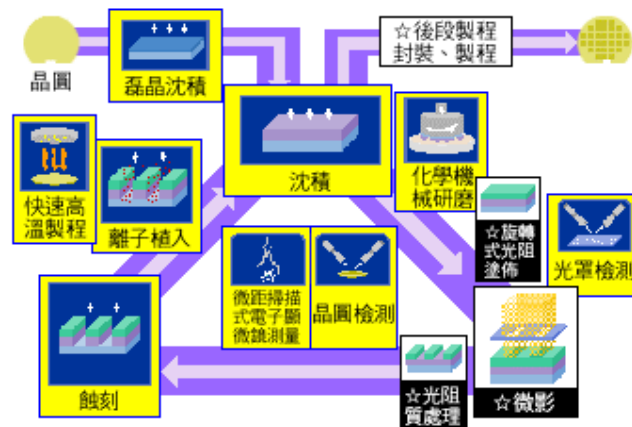
本區的製造過程都在高溫中進行，又稱為「高溫區」，利用高溫給予物質能量而產生運動，因為本區的機台大都為一根根的爐管，所以也有人稱為「爐管區」，每一根爐管都有不同的作用。

(四) 薄膜區 (Thin Film)

本區機器操作時，機器中都需要抽成真空，所以稱之為真空區，真空區的機器多用來作沈積暨離子植入，也就是在 Wafer 上覆蓋一層薄薄的薄膜，所以又稱之為「薄膜區」。本區也包括化學機械研磨技術 (Chemical Mechanical Polishing, CMP)，其兼有研磨性物質的機械式研磨與酸鹼溶液的化學式研磨兩種作用，可以使晶圓表面達到全面性的平坦化，以利後續薄膜沈積之進行。在薄膜區中有一站稱為晶圓允收區，可接受晶片的測試，稱為 WAT (Wafer Acceptance Test)。WAT 針對所製造的晶片，其製造過程是否有缺陷，電性的流通上是否有問題，

由製程整合工程師根據其經驗與電子學上知識做一全程的檢測；由某一電性量測值的變異判斷某一道相關製程是否發生任何異常。此檢測不同於測試區（Wafer Probe）的檢測，前者是細部的電子特性測試與物理特性測試，後者所做的測試是針對產品的電性功能作檢測。

圖 2-4-2：晶圓處理製程介紹



資料來源：菊地正典著，陳連春譯 (2001)，「透視半導體」，建興出版社

三、半導體電腦整合製造 (CIM)

電腦整合製造 (Computer Integrated Manufacturing) 其主要目的在於將公司內部各個獨立的局部自動化系統加以整合，以發揮整體的效益，避免形成自動化孤島 (Islands of Automation)。隨著國內勞工成本逐漸上揚，勞力普遍不足，再加上現代化產品生命週期日益縮短，相對在產品品質、價格、交貨期等方面之要求亦日趨嚴格，製造業之自動化、乃至 CIM 化已是一個必然的趨勢。

半導體製造有著相當精密、複雜的製程，機器設備成本又高，為了維持產品之穩定品質與提昇生產效率，對自動化之投入始終不遺餘力。根據德國某著名半導體潔淨室設計公司對附著於矽晶圓 (Wafer) 上之微塵 (Particle) 來源作分析

後指出，人體是 Particle 的最主要來源，而 Particle 又是影響半導體產品品質之最大殺手，因此要改善產品品質可靠度的最有效途徑便是盡量減少人與產品的直接接觸，高度自動化遂成為不二法門。

半導體廠商基於公司內部機密之考量，很少將其系統內容公開。因此就一般可以取得的文獻資料來看，德州儀器公司 (Texas Instrument) 所發展之 Microelectronics Manufacturing Science and Technology (MMST) 示範系統為例來說明半導體電腦整合製造 CIM 系統的功能 (McGehee, Hebley, Mahaffey, 1994)：

(一) 工廠管理 (Factory Manager)：此功能為 CIM 系統之最上層管理，透過整個系統架構之連接，可以掌握全廠訊息，並下達重要決策，舉凡系統之設定 (Configuration)、啟動 (Startup)、關閉 (Shutdown)、作業管理 (Operation Management)、在製品追蹤 (WIP Tracking)、效能監控 (Performance Monitoring) 等都透過此功能完成。

(二) 工廠模擬 (Factory Simulation)：模擬的主要目的是在下達真正的指令或動作前，預先推演可能之結果，甚至可以嘗試以不同的系統輸入，找出最佳之輸出結果，以避免資源之浪費。然而一個好的模擬器 (Simulator) 必須要有一個很好的內部推演機制，並結合專家知識才能準確預知系統之行為。

(三) 生產規劃 (Production Planning)：生產規劃是一種資源與目標配合的管理，根據工廠產能與機台能力限制，決定是否接單，並對所承接之訂單排定最佳之生產計劃與交期。半導體製造由於 Cycle time 長，生產期間之變因多，因此其生產規劃之困難度亦相對較高。

(三) 生產排程與自動派工 (Production Scheduling & Automatic Dispatching)：生產排程承接生產計劃，進一步決定生產資源的使用與晶圓加工的時程，因此是一種與資源密切結合，並力求資源要素平衡之執行性計劃，因為

決策考慮的時間範圍較短，因此可以視為一種短期規劃。主要工作內容包括自動派工、投料控制、工作指派等等。在進行派工時，舉凡貨批次優先權、機台故障、定期維修等因素都須列入考慮。

晶圓代工廠中的優先權乃依據每個產品中每批貨的緩急與重要性而定，至少可分為三個等級，分別是 Super Hot Lot、Hot Lot、Normal Lot。其中 Super Hot Lot 是指最緊急的貨，當此類貨到達時，機台必須淨空以供其使用；Hot Lot 則是指次緊急的貨，具有優先使用機台的權力；Normal Lot 則是指一般的貨，需依其到達機台的先後順序，來排隊使用機台。自動派工系統可以自動決定各批晶圓製造的優先次序，妥善安排每一部機器的運作狀況，促進機器產能資源分配的最佳化，並達成所有站台最有效率的使用，以滿足客戶的需求。

(四) 規範管理 (Spec. Management)：半導體製造存在許多規範，如製程步驟、流程順序、控制條件等工程資訊，為了使得生產能更有效率，應將這些規範予以電腦化管理，因此製程工程師可以離線 (Off-line) 編修產品之相關工程資訊，而在產品正式投料生產時，即可透過電腦將這些資訊叫出，並遵循所記載之順利與控制條件，以避免人為之錯誤。透過此種管理方式，甚至可以在產品未完成所有加工程序前，即時進行工程變更。

(五) 機台控制 (Equipment Control)：機台控制屬於最下層的作業控制，主要負責按照所接收到之工作指令，執行機台之作業順序、參數設定、機台校驗 (Calibration) 等工作，現代化之半導體設備價格昂貴，一般都有相當好的控制能力。

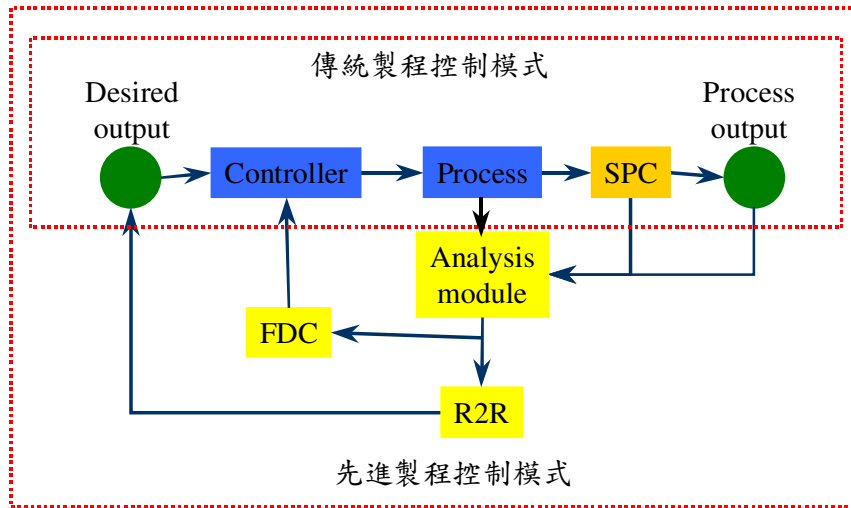
(六) 製程控制 (Process Control)：製程控制的目的是當製程有錯誤或偏移 (Drift) 發生時，能夠在最短的時間內即時修正以避免不良品的繼續產生，以確保製程品質的一致與穩定，進而提昇產品良率。

四、先進製程控制 (APC) 技術發展現況及未來

有別於傳統上藉由統計分析(Statistical Process Control, SPC)的手動製程控制方式，新一代的製程控制概念即是先進製程控制(Advanced Process Control, APC)或是先進設備控制(Advanced Equipment Control, AEC)；在1993年由美國德州儀器公司與美國政府合作提出。在過去十年，包含批次間控制(Run-to-Run control, R2R control)以及失誤偵測與分類(Fault Detection and Classification, FDC)的先進製程控制(APC)，已經從研究領域迅速地進展到實際應用 (C. Fiorletta, 2004)。近兩年來使用高階製程技術的晶圓廠已有多家進行少量或全線導入此系統與概念。面對產業的激烈競爭，各方人馬均著眼於 APC 所能提昇製程的控制能力以及設備的使用效率，進一步降低製造成本 (黃志濤，蘇林慶，2004)。

圖 2-4-3 表示最簡單的先進控制概念，在實際運用上，先進製程控制是源於單一製程的需求，例如增加精確度以及降低變異性。其程序大致不脫離以下步驟：在現有 SPC 的分析資料中，再加入製程設備所提供的機台參數進行更大規模的監測，再藉由製程結果的變異取得重要參數的影響性，由此建立製程分析模組(Analysis module)機構，分析完成後即可針對重要參數加以限制而取得先期的預警(FDC)。若製程分析模組的分析正確，甚至可以推展到預測製程結果。下一個階段則考慮多個變數的交互影響，由此系統建立參考模型來進化製程能力並由系統自行調整必要參數來提昇製程結果(R2R)。最終將可取得控制所有製程指標的能力。

圖 2-4-3：APC 系統概念示意圖



資料來源：黃志濤，蘇林慶(2004) (內圈虛線區域代表傳統藉由 SPC 進行控制的流程。外圈虛線區域則代表先進製程控制概念。)

Run-to-Run (或稱 Run-by-Run, R2R) 控制是先進製程控制技術的一部份，針對半導體製程受到漂動變異干擾時，一般以一個製程批次 (Run) 或 Lot 為基礎之離散時間控制系統，利用製程後量測資料來回授修正製程配方 (Recipe) 設定，進而補償或降低不同干擾所造成的影響。由於回授修正的對象的精細度不同，又在分成批次間 (Lot-to-Lot, L2L)，晶圓間 (Wafer-to-Wafer, W2W)，與顆粒間 (Die-to-Die, D2D) 三種等級。其中以顆粒間控制 D2D 的技術要求最高

基本上 Run-to-Run 控制包含有兩個步驟：(一)、利用實驗設計 (DOE；Design of Experiment) 建立製程線性迴歸 (Linear Regression) 數學模型，此模型描述製程輸入變數 (亦即製程配方設定) 與輸出響應間之關係；(二)、線上估測 (Estimation) 與製程控制，基於製程後量測資料來調整或更新製程數學模型並決定控制輸入，使製程能穩定於其目標值。目前已有多種控制法則被研發

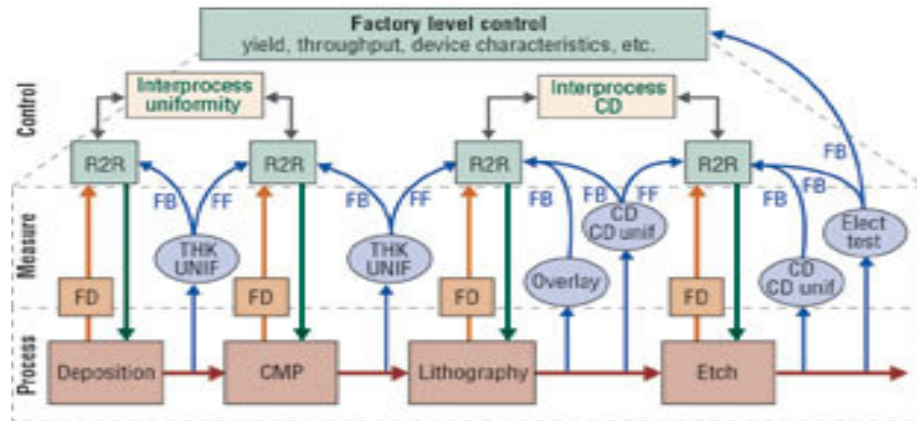
應用。其應用原以化學機械研磨製程為主，目前則進展成為晶圓廠最佳實務典範(best practices)的一個重要成份，在化學機械研磨、擴散、微影(關鍵尺寸與疊對)以及蝕刻製程廣為應用。由於維持或改善良率的需要，以及在面臨更小的幾何圖形、更大直徑的晶圓、更多的產品組合時，需要增加其產能；上述需求刺激了先進製程控制的進展。為瞭解決這些需求，成功地應用了先進製程控制，主要是應用在諸如微影的關鍵尺寸、寬蝕刻的關鍵尺寸與化學機械研磨厚度，以單一製程導向(process-centric)方式增加精確度與降低變異性。

儘管這種方法改善了個別製程的性能，但不能保證生產線指標(line metrics)，例如：良率與產能的提昇。在過去兩年，先進製程控制進展已經成功地將其重心轉移至整廠性的整合先進製程控制，除了傳統的單一製程導向目標之外，並將整體晶圓廠良率(overall fab yields)、生產率(throughput rates)以及電性(electrical characteristics)當作更寬廣的目標。可惜的是，大體上由於先進製程控制是源自程序導向觀念，在實踐強韌的整廠性先進製程控制解決方案之前，必須先解決一些挑戰。此情勢反映於 2003 年的國際半導體技術藍圖(ITRS)，ITRS 文件敘述“先進製程控制已經向業界證明瞭其主要價值，在某些程度，也已被大部份的製造廠商所採用，...不過真正全面性的先進製程控制製造策略則尚未真實化...”。

先進製程控制的階層式解決方法當業界從單一製程導向(process-centric)的“島式控制(islands of control)”轉向整廠性解決方案時，必須發展一套控制策略(control strategy)，經由各種製程參數的協同控制(coordinated control)，支援整廠性目標例如良率的控制與最佳化。這種廣為採用的控制策略將控制問題分成層次(layers)，造成圖 2-4-4 所描述的階層式控制結構(hierarchical control structure)。於此說明，晶圓廠被分成三層：製程(process)、量測(measurement)與控制(control)。控制層再近一步的細分為製程(process)、製程間(inter-process)以及晶圓廠層面的子層(factory-level sub-layers)。於最低的控制層，標準批次控

制解決方案使用了前饋(feed forward, FF)與後饋(feedback, FB)數據，對製程品質參數(process quality parameters)例如化學機械研磨薄膜厚度進行控制；對特定的目標，則使用失誤偵測與分類(FDC)以決定設備是否處於應該施加控制的可接受範圍，而且更進一步的將數據濾入控制器。於中間控制層，製程間控制解決方案協同製程控制器群組，完成多項製程目標。在微影與蝕刻製程步驟間進行協同的關鍵尺寸控制即為一例。在先進製程控制層階的頂端，晶圓廠控制計劃(factory control scheme)協同所有的控制方案以獲取整廠性目標，例如良率對產能的平衡(yield-to-throughput balancing)以及電性(electrical characteristics)。為了能更佳確認良率損失來源，良率管理系統能與失誤偵測分類(FDC)系統進行資訊協同。

圖 2-4-4：先進製程控制的階層式控制結構



資料來源：James Moyne (2004)

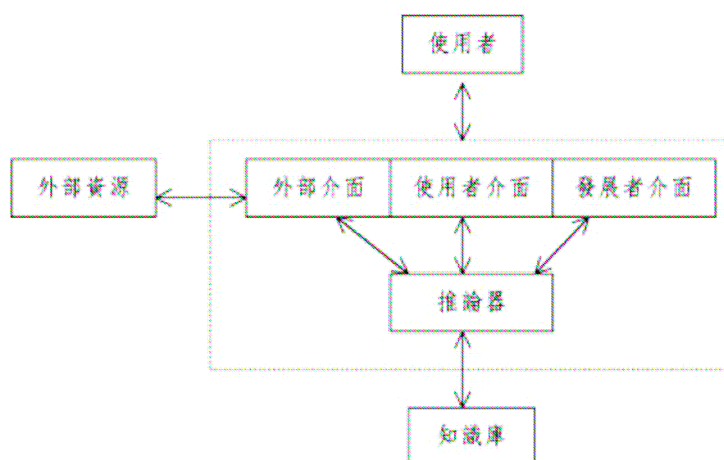
前瞻先進製程控制已經證明瞭其投資報酬率(ROI)；現在也被視為晶圓廠內許多製程的必要組件。即使如此，業界也僅僅剛開始利用到先進製程控制的真正能力而已。全廠性解決方案的推動，不但讓公司將先進製程控制與整廠性良率與產能目標緊密聯繫，最後也會將排程與分派、維修管理與預測、甚至是供應鏈管理這些組成與先進製程控制邏輯進行整合。這個深具影響力的願景需要一個完全以邏輯性整合的系統，最重要的是元件製造廠能以定義好的步驟實現此願景，而每個步驟都提供其顯著的投資報酬率。關鍵在於遵循能夠支援該轉變的整體性策略，下一個重要步驟的策略，意即邁向整廠性的先進製程控制，將強化這個長期願景。(Moyné, 2004)

五、工程專家系統 (Engineering Expert System)

專家系統是早期人工智慧的一個重要分支，它可以看作是一類具有專門知識和經驗的電腦智慧軟體系統，一般採用人工智慧中的知識表示和知識推理技術來模擬通常由領域專家才能解決的複雜問題。

一般來說，專家系統的基本組成模組包括「知識庫」與「推理器」，因此專家系統也被稱為基於知識的系統。知識庫中的知識源於領域專家，它是問題求解所需要的領域知識的集合，包括基本事實、規則和其他有關資訊。知識獲取機制負責建立、修改和擴充知識庫，是專家系統中把問題求解的各種專門知識從人類專家的頭腦中或其他知識源那裡轉換到知識庫中的一個重要機構。知識獲取方法有手工、半自動、自動、以及智慧化。推理器是實施問題求解的核心執行機構，它是對知識進行解釋的軟體模組，根據知識的語義，對按一定策略找到的知識進行解釋執行，並把結果記錄到動態庫的適當空間中去。一個專家系統必須具備三要素：領域專家級知識、模擬專家思維、達到專家級的水平。

圖 2-4-5：專家系統的基本組成結構



資料來源：曾繁綱等(1997)

專家系統最大的優點，在於其突破時間、空間的限制，只要研發一套完整系統，就可推廣至各個需求單位。除此之外，專家系統更具有整合專家知識、即時反應、以及解析問題的功用，也適於解決自動控制、決策支援、診斷性質的問題。茲將專家系統適於解決之問題型態條列如下：(曾憲雄等，2003)

1. 只能靠經驗或憑直覺來解決的非結構性問題。
2. 解決方案不明確，亦或找不到合適演算法的問題，如醫療決策、股票投資。
3. 危險環境下的操作問題。
4. 珍貴知識得以保留不至於失傳。

目前半導體製程監控與診斷仍十分需要專家以人工來判斷，人為的判斷不但費時、易發生疏失，且許多經驗累積的知識無法傳承下來，在另一方面，半導體製程繁多複雜且變動性高，製程即時監控與診斷不易達成，目前國內就有關於製程監控與診斷、製造設備故障維修診斷、良率提升診斷等有關的研究已提出。

六、小結

由以上的文獻內容可得知，半導體製造系統整合軟體的發展是非常動態的，隨企業核心能力的強化而演進，重要的系統整合軟體專案有兩個類型—半導體製造商本身「製程發展攸關」的系統開發（APC 與專家系統開發等等）與因應需求變遷的「資訊系統改造」的系統開發（採用主流資訊技術、解決原系統產能瓶頸等等，以持續有效的服務）。

