

## 清華大學科技政策研究中心

### 基本資料

原始文件：	
原始文件出處：	Directorate for Science, Technology and Innovation, Committee for Science and Technology Policy, OECD
原始文件標題：	Challenges and Opportunities for Innovation through Technology: The Convergence of Technologies
原始文件出版日期：	2014
撰稿文件	
文章標題：（自定）	由科技而創新的挑戰與機會：科技的聚合

### 壹、 聚合科技詞語的歷史

對於聚合科技的特別興趣主要開始成長於 2001-10 年初期，特別是在美國與歐洲，奈米科技、生化科技、資訊科技、認知科學（NBIC）是當時主要具前景的聚合領域。聚合科技（converging technology）具有改變社會和產業型態的潛力。過去的五年中，某些特殊領域的聚合有令人振奮的發展，例如神經資訊學與合成生物學等。

上個世紀發生過數次有關科技聚合的討論，例如 1950 年代的材料科學、1970 年代以來的資訊與通訊科技、1980 年代的生物科技等。不過在 2000 年代早起開始，聚合科技這特別的概括式詞語便具高度能見度，並多與研究和科技政策以及 NBIC 科技有所連結。有趣的是，歐盟的 CTEKS 報告將聚合概念擴展至所有科學和技術以及治理方式的發展。在亞洲、南美和中東地區，聚合科技或 NBIC 詞彙的使用較少。於此同時，其他行為者也踏入有關聚合科技的討論與爭辯中，例如國際風險管理委員會（International Risk Governance Council），除了治理與政策討論外，某些倫理和社會科學的研究者也在探索有關 NBIC 聚合科技所帶來的社會與倫理影響。不過 NBIC 和聚合科技兩者皆未能成為詮釋聚合的專有名詞。在某些地方科技聚合成為新前景科技發展領域的一項動力，例如歐洲議會科學與技術評估單位（Science and Technology Options Assessment）挹注的創造完美生活（Making Perfect Life）計劃即藉由生物科技與工程的相關聚合來探索科技聚合。世界上許多國家與研究單位也正在問「甚麼是科技聚合？」這樣一個問題，例如美國麻省理工學院近來提出生命科學、物理和工程學的聚合白皮書。

有關 NBIC 和聚合科技討論和活動的短暫歷史顯示一股朝向特定學科和科技結合的趨勢，這些並不限於 NBIC 科技，亦包含可使 NBIC 大有可為的其他概念，常見的概念是聚合不僅是不同學科或科技的結合，亦包含會導致協同增效作用以及增加更多價

值。因此，一個廣泛的解釋是：聚合發生於科學學科或關鍵使能科技與其他學科或使能科技互相結合並且保證協同增效作用後具新的或附加的價值。

## 貳、 科技聚合的特徵

聚合活動的特徵主要可以分為五項領域，即科學研究、商業化、產品發展和製造、市場和社會的科技採用、社會研究和爭論。

在科學研究中的聚合常見於，當不同科學社群聚在一起來創造許多社群相關的知識以及促成一個新的社群的時候，這樣的相聚並不容易，例如分子生物學家和材料科學家合作時，兩者有不同的實驗工作方法、工具、設備、標準等。科學和技術研究的新領域會浮現於學科內在或之間。當它們為學科內部時，新領域多浮現於某一穩定架構中被歸類為值得做的研究，例如高能雷射物理以及次世代半導體製造的顯影科技。當新領域是跨學科的，它們以混合方法來做研究、使用多樣化分析工具並且不與評估值得做的方法來對齊的形式出現，這類跨學科聚合領域的基準是新的規章制度、新的分析工具、新的評估值得投入方向的方法。自 2000 年代開始，跨學科即為聚合科技爭論與討論的重點，聚合是學科的新結合以創造新研究領域和專門社群，當有分享知識的事件發生時，即可見到這樣專門的社群。生物光子學和合成生物學是兩個新領域聚合的例子。當聚合發生於新結合的科學研究層次中時跨學科是關鍵的議題，新結合整合的程度是分析特定科技聚合發展的輸入點。如果科技聚合正在進行或被支持，為了更優化調配資金以及其他激勵整合的措施，衡量整合的工具和方法是重要的。聚合的過程應被分析以為決策過程提供資訊，實證研究或更準確過程概念話可以改善研發政策的策略決定，避免不當配置資金以及協助鑑別聚合的新領域。

與專注於介面標準化的生產平台相反，科技平台多表現為研發使能者、科技選項的群族和處理連續的產品發展。科技聚合的一個重要組織議題是研究的科技平台不僅是裝備的蒐集，亦有規章制度、流程、研究管理機制等。對許多興起於聚合過程的研究而言，科技平台是至關重要的。在研究組織層級上，對於科技平台潛力的認知會激勵研究機構或政府機關採取行動來發展之，這特別於奈米科技領域最為顯著，此外認知到科技平台可以提供研究核心同樣是重要的。

聚合科技是多種學科的多層次結合，也是許多產業和科技鏈的結合，這會形塑現有研發的組織配置。科技群聚會支持領域內聚合的發展，也涉及到大規模基礎建設的投資，以奈米生物科技和奈米生物材料的聚合為例，這些科技需要比其他科學更大且更乾淨操作環境。組織上來說，群聚需要不同科技/研究領域之設施、設備和熟練技術人員的分享，在研究背景中熟練技術人員是關鍵要素並且時常在科技聚合的討論中被遺漏。科技群聚的組織有兩種主要路徑，其一為由下至上路徑，科技機會和平台是藉由其可供

利用的功效而產生，另一個路徑為由上至下，科技機會必須從一開始被制定和設計。

商業化於此處被定義為允許從研究到產品發展轉變的活。研究和產品發展間的接合依賴於商業化策略，商業化策略使產品發展成為可能。對於科技聚合，商業化策略有兩項要素：智慧財產管理、商業模式。隨著全球性朝向科學研究商業化利用的轉變，大學研究實驗室和公共研究中心也增加了其促進新創公司創造、專利取得和商業化研究成果的動力。合成生物學提供一個有趣的例子。由於合成生物學快速的發展，造成藉由專利權保護智慧財產似乎成為管理智慧資本的不適當措施，加以合成生物學研究結構是一個公開獲取的文化以及鼓勵相互分享研究室成果資料的取得，這在產品應用的使用中造成了如何擁有和分享智慧財產的問題。

另一項商業化要素是實際商業模式的創造和執行，特別是對在新型或新興領域中的小型高科技企業，商業模式的創造以及建構聯盟是重大的挑戰。系統單晶片科技提供例子，解釋當試圖在產業結構尚未到位之處進行商業化新聚合科技所面臨的阻礙。過去五十年演變的一個產業例子是半導體產業，其製造電子晶片的工程和製造任務包含集成電路的設計和製造以及整合至單一晶片或系統，原本整個流程可由單一公司運作，然而其複雜化造成製造電腦晶片成為分散組織的發展，因此過去三十年中，產業結構轉變為數個公司結合作或一起處理產品過程中的某些部分。成本和電力消耗是數位市場的主要趨力，特別是手機產品（如智慧手機、平板電腦等），這給與半導體產業尋求減低成本和電力消耗晶片技術的壓力，並且可能會持續改變傳統晶片發展風貌轉而增加晶片設計中系統層次整合的景象。如此整合亦可增加電子裝置的附加價值。半導體產業的科技聚合過程也引領製造過程中的組織聚合，增加行為者間合作的數量，造成共同研究與發展是必須的，而以往分開的組織和人員也會進行分享。在合作挑戰的背後，多功能是系統晶片的一項關鍵，不過越複雜的裝置，其製成科技也越難達成百分之百信任。歷史上，集成電路發展的製造即傳統上被視為反覆測試與選擇的過程，這造就了學習曲線以至於改進生產方法，這類學習曲線需要有足夠生產量並且有相符的生產過程與產品市場。

聚合科技現已被包覆於一個時常被稱之為第三次工業革命的大前景之中，這個前景提供政策行為者和產業者激勵，但是於此同時也可能造成對設想利得認識的阻礙，它造成行為者不確定應循著哪些方向，因此減低投資實體發展的意願且可能採行停看聽的策略。在聚合科技的討論中，轉移科學研究至產品或大型科技系統的必要產業結構和過程很少被提及。生物醫療工程中 3D 列印應用的價值鏈提供一個理解聚合科技的產品發展和製造挑戰的例子。價值鏈已經在這三十年中被使用於分析企業和它們的對應成效以便於鑑別和處理績效落差和挑戰。創新的研究顯示，從具前景科技到社會可用的產品有一個轉化過程，這個轉化發生於特定部門的產業層級，價值鏈模式概念於此用來做為探索科技層次和產品發展聚合和鑑別政策意涵的背景。

社會鑲嵌是一項新科技在社會環境中採用的過程，這樣環境可能是健康照顧、休閒活動、交通、食物購買與消費、通訊等，這關乎社會的文化與行為、新科技如何能連接至社會的文化和行為系統或社會如何適應和改變以採用新的科技選項。歷史上來看，資訊和通訊科技的聚合已經製造許多重要的新科技以及新的做生意、交易和人際溝通的方法。在醫療照顧體系使用遠端監控技術是一個探查科技採用的例子，遠端監控是從家中傳輸病患資料至相關醫療照顧機構的自動化過程。目前醫療體系的遠端監控技術遭遇幾項挑戰。成本效益是其中一項挑戰。研發軌跡所遭遇的阻礙亦為一項挑戰，例如哪些臨床指標是最重要的，誰才是主要的客戶端（病患或醫療機構）等。另一項挑戰在於供應產業，特別在設計和行銷遠端監控科技，例如目前受訓練的臨床醫生和技術人員的不足影響到該科技被廣泛的汲取，如何在日常醫療工作中嵌入新科技並保持安全和臨床信賴度。

早期 NBIC 的討論多專注於藉由改善人類表現的人類增強議題，例如提供腦深層電刺激術、義肢和人工器官等。在 2000 年代後半，聚合科技的前景開始變闊，人類增強的討論變的更為清晰並且開始涉及其他科技，例如神經科技、合成生物學等。某些計劃開始專注於特殊內容，例如創造完美生活計劃探究廣泛的生物工程討論以及探索在生物工程領域中倫理和社會問題。不過在檢視目前的研究活動後，發現有關聚合科技的社會性爭論是有限或付之闕如的。相關討論多為社會經濟影響，例如隱私、公平、財富分配、對於特定社群的影響等。

### 參、 聚合的政策意涵

有關聚合的政策意涵可以分以下三個相關要素討論：科學研究、創新和產品發展、社會經濟影響。

圍繞科技平台的聚合是一種不同學科合作和整合的方法，在研究層級的許多聚合領域皆圍繞這樣的平台發生並且其建構和利用能夠使社群間緊密結合。這樣的平台難以勘測，工具和設備鮮為研究文章的焦點而許多沒有較廣的商業化應用，然而這樣的平台可能是聚合的主要組成份子，而監控和勘測這些要素的機制可能對指引政策決策有所幫助。因此進一步對這些平台和研究取向的型式和運作調查可能是有益的，特別對於區域性政策。

為了成功創新，研究、產業和第三方間的結盟和訊息交換是必要的，研究撥款計劃以及研究和科學組織亦逐漸認識到這點。有關聚合科技價值鏈的挑戰包含現有價值鏈的重組和創造新的價值鏈和商業模式。對於產品的興起，建立製造能力、創造和測試新商業模式和發展規則和標準皆需要時間和努力，這在先前處於分別產業的材料和功能性的結合中最為顯著。在創造/轉化價值鏈中發展製造流程標準和技術標準，行為者間的合

作是至關重要的。連結創新與研究的壓力和激勵以及聚合的高度不確定性已導致大量未來導向合作活動的建立，在過去八年中試圖聯合行為者來創立價值鏈的預期性論壇已在興起，例如歐洲的歐洲奈米醫學科技平台（European Technology Platform for Nanomedicine）。藉由科技聚合的創新需要多種學科間以及多種產業架構間的積極合作，並且能夠在創新價值鏈中各處發生。這樣的合作是創造科技－產品－基礎建設系統的必要條件，而且能使得新聚合的製造商成就相關產品。研究和發展中的技術必要性在許多聚合領域中成為迫切的議題。新興科技產品基礎建設需求的深入調查可以有助於聚合創新的支援政策。

預期聚合科技的潛在影響以及發展目前已有活動進行領域的管理方法是必須的，這會使得那些正被尋求提供利益的科技成為可能，不過聚合科技的潛在性突破本質，例如合成生物學和奈米生物材料等，意味著在產業結構、市場和使用者文化中的複雜性改變。在新科技領域演化中管理結構的深入調查是有益處的。聚合科技不是一個一致性，而是多樣、不同成分和豐富的科技興起領域。追蹤和評估聚合科技的社會經濟影響是需要的，雖然其影響具有異質性的，但是仍需要發展相關的指標來做評估。