

幫創新技術做體檢

技術成熟度機制 助技術產業化行穩致遠

現代資訊與知識的流通速度達到前所未有的水準，過去科學家埋首實驗室的發明，得數十年才會進入應用，現在透過技術成熟度評估機制（TRL），可讓更多科技人加入創新行列，幫助新技術及早問世。

撰文／王珮華

創新科技的進展，從來不是今天發明，明天就可以成為產品造福人群。

就拿人類最偉大的發明之一「燈泡」來說，這類將電能轉換為光能的人造光源，可追溯到 19 世紀初，以兩根碳棒通電的「電弧」，僅能亮幾分鐘；到了 1879 年愛迪生團隊打造的碳絲燈，已可亮數十小時，中間已經過了 70 年。20 世紀初，許多科學家均投入燈泡的改良，鎢絲燈泡終於出現，美國奇異（GE）公司成功找到可成本低廉的鎢絲量產方式，自此鎢絲燈泡照亮世界超過

百年，成為我們熟知的「電燈泡」。

連結新技術發展的橋樑

在知識與資訊交換快速的現代，創新科技從發想到做出產品，或許不用花 70 年，但研發的過程卻猶如馬拉松接力，公認為發明大王的愛迪生，仍無法單憑一己之力做出電燈泡，更遑論科技越來越複雜，科學家、研究機構、企業如何一棒接一棒，將創新點子推向社會大眾，成為「好用」、「用得起」的新產品，必需靠一套有系統、具客觀標準的方法，讓每階段的創新者，能夠牢牢接住前一階段的棒子，順利奔向商品化的終點。

技術成熟度（Technology Readiness Levels, ；TRL）為此應運而生。技術成熟度是在 1969 年由美國太空總署（NASA）提出，對於需要高投資的航太產品，評估研發過程中，關鍵技術（如材料、組件、設備等）的成熟狀態，可讓後續投入的研發資源配置更有效率，也確保技術後續整合於任務所需之產品能符合任務需求。

目前歐盟、日本及韓國都已陸續以 TRL 評估機制來掌握重要研發計畫之



人類最偉大發明之一的「燈泡」即為創新科技進展的實例。

進度與成果；國內則有工研院、中科院採用 TRL 機制以提升研發成效，正因越來越多研究導入 TRL 機制，TRL 也成為跨領域、跨國研究的共同語言，希望能有效提升研發成果的產業化效率。

同一技術不同應用成熟度各異

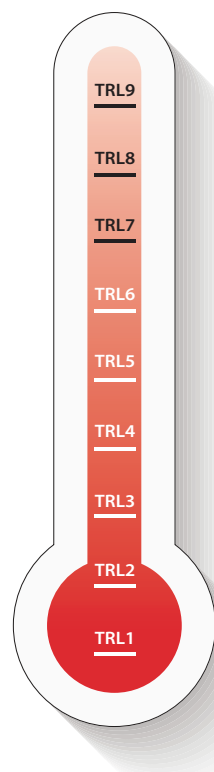
TRL 把創新技術從實驗室的概念研究開始，到真實環境的系統或產品應用之間的歷程，分為九級：該技術的關鍵功能在理論上得到初步驗證，進而發展出概念應用，這個階段屬於第一到第三級；材料／元件／原型驗證，也就是從實驗室到真實世界的轉換，則屬於四至五級；原型進行不斷的測試與驗證，到接近可以生產的階段屬於六至七級；達到試量產或可量產階段，則分別為八至九級。級數越大，表示新技術通過越多測試驗證關卡，已經越來越靠近市場。

工研院企劃與研發處副處長賴世卿表示，新技術要進入市場，一定要經過驗證與測試，即使是成熟的技術，在不同的應用上，也有不同的成熟度分級。例如大氣電漿塗佈技術於特定工業產品已經進入成熟應用，但若應用在牙齒美白、農業殺菌，必得重新測試驗證，「尤其應用於人體上，還有法令的規範，成熟度當然要重新評估，」賴世卿說。

創新技術商品化過程漫長

根據文獻研究，創新的航太技術要從 TRL 1 走到 TRL 9，平均得花上 16.3 年的時間。例如，知名碳纖維材料大廠東麗（TORAY）70 年代開始量產碳纖維，直至 2013 年才獲波音公司採用為 787 客機的主體材料，這期間經歷 40 多年；三井化學的塑膠鏡片材料從推出，到進入蘋果供應鏈，也花了 20 年。

創新技術縱使暫時沒能跨越產業化的「死亡之谷（missing middle）」，也未必是失敗的創新。賴世卿舉例，全世界電池領域不斷在尋找容易取得、便宜的電池材料，鋁電池已經發展了 2、30 年，最近才在壽命與充放電速度上出現突破，距離市場又拉近了一大步，「TRL 越前期，需要花比較長的時間突破，但越到後面，速度會加快，遭遇風險也越小。」



技術成熟度指標

由美國太空總署（NASA）率先提出，評估研發過程中，關鍵技術的成熟程度。從實驗室之概念研究，到真實環境的系統或產品應用，分為九級。

TRL 1-3

基礎科學轉譯為應用研究：技術關鍵功能在理論上得到初步證明，進而發展出概念應用。

TRL 4-5

材料／元件／原型驗證：從實驗室到真實世界的轉換。

TRL 6-7

系統展示：原型的試驗驗證接近可生產。

TRL 8-9

系統／產品：達 TRL 9 可投入量產，或於實際環境使用。

資料來源：美國太空總署（NASA）、美國國防部（DoD）

TRL 利於跨領域創新

工研院自 2012 年，在時任副院長的劉仲明院長的建議下導入 TRL 機制。2013 年起，部分具重大效益的研究計畫需運用 TRL 來評估，以利後續追蹤。而工研院從 2008 至 2016 年獲得全球百大科技研發獎（R&D 100 Awards），在獲獎當年度，TRL 從 Level 5 至 9 都有，而且目前九成獲獎技術均已邁入產業化。

賴世卿表示，TRL 是很重要的溝通工具，特別在跨領域合作上，「因為講的是共同語言，一項材料相關的創新技術 TRL 是 4，另一項光電領域的創新技術 TRL 是 6，這樣就很容易知道彼此在哪個階段，合作起來比較有效率。」現今產業界也漸漸有 TRL 的概念，有些廠商有能力從 TRL 5 就承接新技術，但多數中小企業則會到 TRL 7 至 9 的技術，才有意願技轉。

科技日益複雜，系統與解決方案成為產業趨勢，TRL 在溝通與資源調配上的優勢也逐漸凸顯，讓研發人員在漫長的創新過程中，更專注關鍵技術的突破，提高研發到產業化的成功率與價值。■