

明日譯叢②

創新與突破

科學的・技術的・社會的

原著：丹尼斯・嘉伯

(1971年諾貝爾物理獲獎人)

譯者：余 繁



淡江出版部編譯

明日譯叢 ②

創新與突破

譯者：余 繁

發行人：姜 文 銘

出版者：驚聲文物供應公司
台北市永康街12號之1

3217610

登記證：局版台業字0993號

印刷者：華信彩色印製企業有限公司

台北市東園街100巷168號

電話：3022883

基本定價： 一元六角

譯序

發明、創新自古以來就不斷地發生，到我們這個時代，更是急速地推進。別的不談，單拿我們日常生活常見的電子錶、計算機、電視機、音響設備來說，近年來推陳出新，進步得相當快。這可能是知識爆發與研究發展的結果。但是，許多其他跟我們有密切關係的發明或創新，例如生活環境的淨化、經濟制度的改革、罪惡腐敗的消滅等，還有待我們去努力進行。

本書的原作者丹尼斯·嘉伯(Dennis Garbor)是一九七一年諾貝爾物理獎的得主，在這本書中所寫的就是預測十年甚至二、三十年以後，有關科技、生物和社會的發明和創新，可說是明日世界新的一面。

這本書的翻譯工作曾獲得詹益光博士及黃永達和蔡必毓二位碩士的幫忙，我衷心感謝。

由於這本書牽涉到材料、化學、太空、教育、都市計劃、海洋開發等各方面，其中有些專有名詞的翻譯可能不甚妥當，尚請讀者指正。

余繁 六五、六、二八

于淡江學院電子工程系

目錄

譯

序

第一章 引言

第一節 科學和工業技術：從希臘人的思想到緊急計劃

第二節 數量改變成品質

第三節 發明與創新之項目的引言

第二章 『硬體』發明和創新

第一節 材料

第二節 功率

第三節 化學

第四節 運輸

第五節 通訊

第六節 計算機與資料處理

第七節 機器人

一
五
八
一二
一七
一八
二三
二四
三八
四四
四七
六一

第八節 自動化·····	六四
第九節 教育與娛樂·····	七三
第十節 太空·····	七九
第十一節 海洋研究與開發·····	八一
第十二節 和平發明·····	八二
第三章 生物創新·····	八七
第一節 糧食·····	八七
第二節 生物工程學·····	九一
第四章 社會創新·····	一〇二
第一節 人類生態學與人類環境生態學·····	一〇三
第二節 與罪惡及腐敗之戰鬥·····	一一四
第三節 貨幣與經濟的改革·····	一一九
第四節 國內與國際和平·····	一二六
第五節 邁向一個穩定成熟的社會·····	一三三

第一章 引言

當人類出現於地球上，多少有些像現在的模樣，那時候便開始創新了。早期的人類所具有的頭腦和以後能夠寫“*Principia Philosophiae Naturalis*”及“*Principia Mathematica*”等書的頭腦是同類的，但是當時的頭腦幾乎是空的。首先所要出現的是所有發明中最偉大者：語言；然後是工具、武器和一種適合於農業與馴養動物的原始社會組織。在一段相當的時間以後，接着是寫作，而這就是我們現在所稱的歷史。

現在所謂的創新，其中仍然具有一項本能的元素。就是由於此項本能驅使原始人來產生像弓和箭等奇妙的發明，或想出像圖騰制度（*totemism*）的複雜社會組織（譯者註：圖騰是原始民族用作種族、部落、家族等之象徵的自然物）。從史前時代進步到現代，機械上的發明和社會上的創新，依然是不可缺少但不易獲得的夥伴。他們是由二種不同的人所發明出來的，而這二種人長期地受到第三種人的壓制，這第三種人所喜歡的不是工業技術，也不是社會進步，而只是權力。很遺憾地，歷史所記載的大部份是這第三種人的功績和惡行。

在文明的進展歷史中，我們現在已經到達必須停下來的重要關頭。經過一段相當長而大部份是悲劇性的黑暗時期以後，大約在三百年前，工匠的經驗技藝結合以有系統的自然知識和從事實而非從幻想來推理的方法，我們稱之為科學。技術和理論科學的會合產生了應用科學，而逐漸地，應用科學變成與近

代工業技術同義。一如我們大家都知道的，近代工業技術現在已經到達一個至少暫時地能夠毀滅所有的文明的階段，或者到達能夠創造一個新的和更幸福的世界的階段——假若人適應於此一世界那就好了。對於「史後人」（Post-historic Man）的遠景——如由洛德克·塞登博格（註一）（Roderick Seidenberg）所描繪者，是暗淡無光的。當我們窺視遙遠的將來時，就會感到苦惱而懷疑究竟人——這奮鬥的動物——是否有一天能夠覺得幸福而安定下來。人們也懷疑，當我們的本能和歷史的價值大部份被否定，而最後甚至人類的才智變成不必要時，像這樣的一種狀態是否值得來達成呢？我們這個時代最偉大的人之中有許多人，像愛因斯坦，已經得到一個結論，即人類正接近他們的終極目的。

但是，從森林中赤裸的無尾猿演變為現代人的本能告訴我們：我們不能停止。人類已經和自然及其同類抗爭了大約十萬年之久；現在他們必須和他們自己的本性相鬥爭；最後，這必將是我們這個時代及未來歲月中任何具有遠見之創新者的目標。

目前，在創新中存在着一種可怕的不平衡。在許多世紀中，創新幾乎是不知不覺的，而在另外的許多世紀中，所有技術上的進步被認為是人類的進步，經過這些世紀之後，我們現在已經到達一個階段，即創新已經變成強迫性的——但只是工業技術上的創新。在前鋒工業和研究機構中已經產生廣泛的關心，相信「不創新即死亡」。人類在月球上的登陸就是這種發展的縮影；當大部份具有思攷力的美國人對於他們在社會的健全性充滿着重大的疑問之際，這是屬於應用科學和屬於一個顯赫的合作組織的輝煌勝利。

在一般的意識上，所謂的發明時代尚未過去。我們已經創造的科學和工業技術的複合體，由於其本身的慣性，將幾乎自動地創造更多的發明品，這與保守主義是很不相同的。這是根據牛頓的（實際上是加利略的）第一個定律：「一個物體除非受到外力的作用，否則將保持一致的運動」所謂的慣性。毫無疑問的，我們從新發明品能得到更便宜和更豐富的動力、更準確的通訊網路、以及在訊息處理網路上革命性的改進。但是，從生物科學所能獲致的在人文和社會方面的創新却是少有成就。他們已經以死亡控制攪亂我們這個世界的平衡；現在他們能夠把我們這個世界攪得更糟，那就是以產生足夠的食物，提供給更多幾十億人，一直到這個世界變成不可忍受地過度擁擠為止。他們也將毫無疑問地提供我們以有力的心意控制方法，這種方法可以應用於有益的事情上頭，也可以應用於有害的事情上。

對於控制者我們將能夠加以控制嗎？這並沒有簡單的答案。求得簡單解答的時間還早，雖然我們仍舊使用十九世紀中過份簡化的口號，例如「自由企業」，或「生產工具的共同所有權」。很早以前我們就已經進入妥協的時代，對於人性和具有國家及國際所希望目標之既定利益逐件加以調解的時代。很不幸地，跟這些相反力量的奮鬥最近已經明顯地縮短了「領先的時間」，我們可看到政府作未來數個月的計劃，而不是未來十年到廿年或更多年的計劃。

假如這種期間持續得相當長，即使不發生一、二全面的核子戰爭，我們一定陷入大災難中。按照目前的趨勢來看，世界上的人口到紀元二〇〇〇年將增加一倍——而紀元二〇〇〇年並不是世界的終結。很不幸地，所有我們做事的能力和樂觀的看法都必然會繼續成長；而「成長嗜好」為我們這個時代不成文

和不承認的信仰。對工業及國家來說，「成長」已經變成「希望」的同義字。毫無疑問地，量的成長將必須再持續許多年，但除非在本世紀結束前有所轉機，不然到那個時候將是太遲了。

歷史必須停止重演，瘋狂的量的成長必須停下來；但是創新一定不能停止——它必須採取一個完全新的方向。不是盲目地工作著，使事情變得更大和更好，它必須工作著來改進生命的品質而非增加它的數量。創新必須朝向一個新的調和、新的平衡邁進，否則它將只有導致爆炸。

在Arnold Toynbee的不朽文章Study of History中，有許多觀點我是不同意的，但我完全贊同他的論點：不經過挑戰的文明終必毀滅。對於新的一代的所有創造精神，這裡有一個至高無上的挑戰：停止朝向過度擁擠的瘋狂競賽；停止軍備競賽；停止成長嗜好；塑造一個能夠與其本身和其世界和平相處的「新人」。

青年人的無耐性最近表現於遍及全世界的大學暴動中，但我認為這是我們文明的病症的一種徵候，而不是覺悟出新的問題的徵兆。我們所需要的不是一些叛徒，這些叛徒想要搗毀他們所不瞭解的學校，而是需要一些男人和女人，他們每一個人都在他或她所瞭解的本行上，有耐性但不減緩地創造新的學府，而經常以全世界的遠景放在他們的眼前。雖然我的懇求大部份是對於賢達、名流而言的，可是一般人假如獻身於教育而非致力於無謂的物質增產，那麼也能夠有所貢獻的。

在下面我將首先介紹物質的發明和創新，然後我將盡我所能略述比較重要的社會創新。我不能期望完全地成功；這些不只是一個人的問題，而是整個一代人的問題。

第一節 科學和工業技術：從希臘人的思想到緊急計劃

現在已經傳佈到全世界的西方的科學是希臘的科學的直接繼承者，再經過短暫的阿拉伯文藝復興的奇妙閃現加以充實。印度的科學對於它具有很小的影響，而有聲望的中國土產科學對於它的影響更小。直到最近幾年，對於西方的科學的歷史，是在中國喪失對西方的領導地位後幾世紀以後，我們才得窺其全貌。

當希臘的科學降生時，它幾乎與工業技術完全無緣，而與政治更是無關。它興盛了大約五百年之久，在這個時間裡，希臘的政治力量不斷地衰退，而縮減到幾乎等於零。當時卓越的希臘知識份子不瞭解科學力量經由工業技術的科學力量最後變成政治力量。亞里斯多德（Aristotle）避開社會創新，因為他相信任何改變都將是更糟的。他曾經發表有名的聲明：當織布機的織梭本身能自己轉動時，奴隸制度將是不需要了。可是他似乎從來沒有真正地想到，即使沒有一個奴隸來抽動織梭，織梭也能夠轉動的。

到歐洲的文藝復興以前，科學和工藝學依然分開著。當時在歐洲，科學不僅停滯不動，而且幾乎完全地被遺忘，但是工藝學却在手工匠的手中，在其本身的力量下發展起來。這些手工匠導致好多重要的發明，例如適當的馬具、鐵犁和眼鏡等，都是在文藝復興前幾個世紀發明出來的。加里略（Galileo, 1564～1642）可能既是科學家也是工藝家的第一個人。在他的一生當中，科學必須與「有用的技術」相結合的觀念傳佈得這麼快，因此被一個局外的人——法蘭西斯·培根（Francis Bacon）律師所完全地瞭解，稍後此觀念就變成皇家學會（Royal Society, 1660）創立者的教條。這也是進步的觀念初次出

現於有思致力的人的新紀元。

科學和工藝學的結合並不是在一步裡達成，而是在三個世紀的過程中逐漸地達成的。甚至於在十九世紀中這種結合還是相當不完全，以致雖然法拉第（Faraday）和馬克士威（Maxwell）發現了有關電和磁的定律，並且全部地予以公式化，但是在皇家學會的國家中，却連一部電的機械都發明不出來。在其他的國家中，這種結合也是不完全的。在一八八七年，亨路其·赫茲（Heinrich Hertz）產生電磁波，這種電磁波自從一八六八年以來就暗示於馬克士威的方程式中，但是直到一八九六年，馬可尼（Marconi）才發明了天線，其全部的理論都包含於赫茲的方程式中。對於十九世紀的大部份和廿世紀的早期來說，在科學上的發現和技術上的應用之間，典型上保持着廿年到四十年的時差。只有在我們本身這個時代中，此時差才大大地被縮短。從鄂圖·哈恩（Otto Hahn）發現核子分裂起，到一九四五年變成第一顆原子彈為止，花費了六年的時間，而領導歷史上這第一個緊急計畫的龐大工作組的人，其本身就是科學家，並且大部份是「理論的」物理學家。

這並不是說在我們的時代中，如此長的時差不會發生，而對於發明家不理會超過若干年的科學結果來說，那將是不聰明的。雷射（laser）早在一九一七年就暗示於愛因斯坦（Einstein）的方程式中，但是直到一九五八年才由湯斯（Townes）和蕭勒（Schawlow）列出實現雷射的法則。然後，只花了二年的時間就由梅曼（T.H. Maiman）產生第一個紅雷射，並由傑文（A. Javan）製造出第一個氦—氖雷射。

當缺少發明的一個必需組件時，最常發生這種長時間的耽擱。十九世紀的發明家凱萊（Cayley）、史純飛勒（Stringfellow）、皮納得（Pénard）及其他的人所想像的飛機，實際上就具有現代的形狀，但是直到內燃引擎出產以前，這種飛機不能自己升高離開地面。早期對於氣體渦輪機的實驗，由於缺乏在高溫度時具有高强度的優良壓縮器和材料，所以不幸地失敗了。噴射引擎由於鎳鉻合金（Ni-*monic*）和類似合金的應用而及時地派上用場。利用離心機把鈾 235 予以分離，早在一九四〇年就被加以研討，但是只有在大約廿五年以後，由於出現新的、具有二種狀態的極高抗張強度材料，它才變成具有實際的可能性。立體照相術在一九四八年是一種理論上的實驗，當一九六三年雷射第一次被應用於這種立體照相術時，它就完全地成功了。

現代的緊急計劃有時候可以在「加速的步伐」下用來供應組件發明。當年有「Polaris」潛艇的構想時，知道要完成它需要四個主要的發明，即核子動力、準確的水下定位、使用固態燃料的火箭、和慣性導向。所需要的第五個發明叫「PERT」，也就是把成千上萬的零件由一一〇〇〇個廠家及時地供應並裝配在一起的設計方案。

雖然「Polaris」潛艇實際上是一件工程上的偉大成就，但是電晶體的發明典型上却屬於現代的發展，其中科學和工程間的分界線已經模糊不清了。蕭克力（Shockley）、巴登（Bardeen）和布天（Brattain）從固態放大器的需要開始，在十年間發展出接頭電晶體，這個事實說明了電晶體的發明是與有關半導體中電流的物理的瞭解，以同等的比例來進展的。科學家和工藝家又一次地結合為一體，就

如加利略的情形一樣。

第二節 數量改變成品質

以前的發明家各自從物理和化學的老教科書中獲得一點知識，而在他的閣樓中單獨作研究。現在已經改變為含有各等人才的現代超級組，共同從事研究。此外，還從數學家改變為機械師。再者，研究發明的時間也從一代或二代減縮為數年。如果把這些改變認為只是數量上的改變，那將是大大地錯誤的。像這樣的改變意指品質上的改變，固有性質、目標上的改變以及發明和創新的程序的結果。

其中具有三個因素，即時間尺度上的改變，大小和創新的社會影響上的改變，以及在範圍和目標上的改變。讓我們逐項地討論。

在社會生活上，自然的時間單位為一代。除了很少的例子以外，人們在整個生命中總是堅守着他們在兒童時代或當青年時所已經得到的生活理想。中古時代的人期望他的孫子和他的曾孫如他一樣地生活，而具有相同的生活理想。工業技術的改變幾乎是察覺不出來的。戰爭和瘟疫是暫時的騷亂，有時候可以堅忍的鎮靜來加以忍受，有時候爆發大量的歇斯的里症，但是這些事情發生以後，生活多少有些在舊有的方式中安頓下來。社會的變遷，例如在英倫三島中的社會變遷，比起幾乎停滯的工業技術要具有較持久的效果。只有在十九世紀時發生了一個根本的改變，當時機械的織布機，使成千的織工陷入難堪的貧窮境況，但是它只影響一小部份的人口；對於絕大部份的人而言，仍舊是一個穩定的世界。人口緩慢地增加，即使在上一世紀內，在工業化國家中的人口在大約一百年的時間中才增加一倍。只有在我們的

時代中，此加倍的時間才減小為大約一代，而在不到一代的時間內，生活的方式就發生實質上的改變。

其次談到大小的改變。火藥、馬克沁 (Maxim) 重機槍，甚至於載有強烈炸彈的轟炸機只可能殺死一部份的人口；氫彈以及可能還有在生物戰爭中所培養的某些殘酷的濾過性微生物却能殺死幾乎所有的人口。機械的織布機使得好幾千織工失業。現代的機械化、經濟原則化、和自動化不但不使每年由於出生超過死亡所致的過剩人口增加工作機會，反而在美國可能減少大約每年一百萬的勞工。在英國，此「節省」可能大約是一樣的，雖然其勞工的數目大約僅為美國的三分之一，但是在英國的工業中，通常發生運用過多勞工的情形。當然，只要我們還不知道如何來應付數百萬的失業者，這種情況將不發生，而且也不能讓其發生。它清楚地說明了工業技術上和社會上的創新間之不平衡，以及一種狀態的不健全性，那就是當此瓶頸在老早以前就已轉變為應用科學和社會間的不適當配合時，大部份具有最佳頭腦的人仍舊嘗試着要改進工業技術。

此不平衡的另一個社會上的影響不得不提出來。亞瑟·科斯特勒 (Arthur Koestler) 在一九四〇年在他的偉大小說「中午時的黑暗」(Darkness at Noon) 中曾爭論說，每一個新的發明對於民主政治都是一個威脅，因為它使得一般頭腦簡單的人無法了解政治。在一九四〇年，這似乎是一個誇張的言詞；但三十年以後就不再如此了。「現代的工業境況」，或者叫「工業電子社會」，就好像已有的各種名稱者，實在是街上的行人所不能了解的。一個頭腦簡單的人如何以他的表決來決定像由柏傳·喬維尼 (Bertrand de Jouvenel) 所提出來的問題：「如何來保持充分的就業，每年不超過百分之二的通

貨膨脹，以及一個不低於百分之三點五的穩定實際成長率的國際支付平衡呢？」這只不過是政府所必須解決的問題的適當陳述罷了，但是有那一個政黨敢把此一問題付諸表決呢？一般的人所將考慮的是，那一個政黨或有可能為他的階級的利益提供最佳的服務（如果他是一個工資階級的人，那是提高工資的充分就業；如果他是屬於中等階級者，那是較低的所得稅），但這是民主政治嗎？它可能仍舊是「為」人民所制定的法規，而不是「由」人民所制定的法規。

第三個改變顯然是屬於性質上的，這個改變發生於有關發明和創新的範圍和目標。直到最近，發明家還是為根本的需要或原始的人類慾望而努力：把原先為一葉片增長為二葉片；跟遙遠地方的朋友說話；快速地旅行；飛行。當然，現代的植物滋生器不但能增長二倍的葉片，而且他們甚至能生產稻米，為以前產量的四倍。但是假如人口增加得很快，以致比以前有更多的人口要挨餓時，這又有什麼用呢？即使假如我們能供給他們全部以食物，如果他們都擁擠在數百萬人口的城市，而變成要爆炸時，這又有什麼用呢？

當亞歷山大·格雷安·貝爾（Alexander Graham Bell）發明電話時，他可能正確地感覺到他已经使得人類的一個原始願望感到滿足。但是現在我們有了電話，而到達我們不能缺少它，並且男人（而女人更甚）花費他們的時間中的相當大部份在電話上的地步，還有什麼要發明呢？是顯像電話嗎？不只要聽到他的聲音而已，還要看到對方說話的人。是的，當然是，但到那時我們將已經到達飽和的程度。

比飽和程度更壞的或許要算是人類同樣的原始願望，即快速的旅行以及飛行。汽車已經擠滿某些城

市，到達每天必碰到交通擁塞的地步，假如不是來穿過往來的車輛有困難，真寧願步行。在空中，「倖免於難」是值得慶幸的，而只有藉人們所能設計出最精巧的裝置才能避免碰撞。但是現在空中運輸量每七年就增加一倍，如果這種情況繼續增加下去，即使運用最精巧的電腦控制裝置，並且使用可載五〇〇到一〇〇〇旅客的最大空中巴士，也不可能避免在飛機場的交通擁塞或在空中的頻頻碰撞。現在，航空運輸仍舊是運送旅客的所有方法中到目前為止最安全的方法。但是在一九六九年，一〇四條航線所載送的旅客，其全部數目到達二億三千二百萬人，其中五千七百萬人屬於國際航線，後者在五年之內就要增加一倍。還需要多久的時間空中運輸的死亡數將接近道路死亡的水準呢？十年或廿年？不過在到達這個時間之前，這種死亡數必須中止下來，因為人們在公共運輸上不會容忍他們在私人運輸上所接受的死亡率。

除了在路上或在空中的交通擁塞及死亡之外，還有空氣、河流、湖水和海水等污染的問題，都向我們指出過去的發明和今日的發明間可能是最重要的區別所在。在今日的工業技術上，其最重要和最迫切的問題，不再是根本需要和原始願望的滿足，而是由昨日的工業技術所造成之災禍和損害的補償。

在其他地方，爲了表明這一點，我已經說過，我們不能停止發明，因爲我們正騎在一隻老虎上。化石燃料勢將耗盡；因此我們必須有核子動力。死亡的控制已經破壞人口的平衡，因此我們必須有節育藥丸。機械化、經濟原則化、和自動化已經攪亂就業的平衡；那麼我們必須有什麼呢？至少在短暫時間內，我們沒有比柏金森定律（Parkinson's Law）和限制性的運用更好的辦法。

第三節 發明與創新之項目的引言

當我第一次在臨時的形式下擬定下列的項目時（註一），由赫曼·康（Herman Kahn）和安東尼·維納（註二）（Anthony J. Wiener）所編輯的一百個發明和創新項目給我的幫助很大，這些項目是發表於數月前。現在我仍舊很感激這些作者。他們的項目和我的項目間的主要差別，並不在於好多我所刪掉他們的項目以及我所加上我自己的項目（主要為有關社會上的發明），而在於我所採用的相當「合於規範」的方法。他們是按照發明可能實現的年代次序來編列他們的項目，而避免對於他們的價值加以判斷。我則無拘束地表明我個人對於這些發明和創新的好處和缺點的想法。

我也很感激我的朋友奧拉夫·赫馬（Olaf Helmer），他與許多共同工作者已經創始並擴充用以預測工業技術上和科學上發展的DELPHI方法，他起初是在RAND公司，現在則是在康乃狄克州（Connecticut）米得唐（Middletown）之韋斯里楊大學（Wesleyan University）的未來研究院（the Institute for the Future 即 IFF）。此DELPHI方法是尋求專家們對於未來的創新的一致意見，例如「自動化的語言翻譯機之實驗室操作，此語言翻譯機能夠應付具有某一語言特性的造句法之錯綜複雜性」。應答者被詢問以他們預測事件以百分之十、五十和九十的主觀可能率（註四）發生的日期。由此乃計算應答者的半數把此可能率估定為百分之廿五、五十以及七十五的日期。這些日期就稱為第一個時間象限、中間時間象限和第三個時間象限。DELPHI方法中新奇的地方是，對於應答者的意見調查係不記名通信聯絡的，因此當服從於大多數的意見時，他們不須有食言的感覺。經驗顯示着，在