

大會開幕式

“二十一世紀的科技” - 香港中文大學博文講座教授暨北京清華大學教授楊振寧

中國, 南京 - 2001 年 9 月 17 日

二百多年以前，佛蘭克林（1709-1790）在講到未來年代時曾經說過“人類的知識將會大大增長，今天我們想不到的新發明將會屢屢出現。我有時幾乎後悔我出生過早，不能知道將要發生的事物。”

他說得不錯，這二百年來，人類知識確實大大增長了，也確實出現了許許多多新生事物。舉凡火車、輪船、高樓、電燈、電影、電話、無線電都是佛蘭克林所沒有看見過的。到了二十世紀後半，新生事物更是層出不窮：電腦、核能發電、電視、超音速飛機、人造衛星、鐳射、生物工程、器官移植、網路通訊、等等，等等，不但都是佛蘭克林所沒有見過的，也是比他晚一百年的人都夢想不到的事物。

爲什麼人類歷史發展到了二十世紀能有如此高速的進步？回答很簡單：科學發展通過五、六個世紀的蘊釀、萌芽與成長，到了二十世紀達到了技術起飛的地步，從而使人類的生產力以指數的速率年年增長，使致力於新技術的人數年年增加，使投資於新技術的資金年年增長，所有這些發展造成了二十一世紀的今天的興旺前景。

舉兩個簡單資料來證實上面所說的高速發展情況。第一個資料：二百年前世界農業人口占總人口 80% 以上；而今天美國農業人口只占全人口 1% 到 2%。以這麼少的農業人口，而農業產品還可以出口，表示農民生產力已達以一擋百的效率。第二個資料：近三十年來新成立的科技公司之總資產已接近一萬億美元（見美國 Fortune 雜誌 1998 年 4 月 27 日），這是史無前例的加速重點投資。

在討論二十一世紀科技發展前景以前，讓我們先看一下二十世紀兩個極重要的科技發展的起源：近代電腦與 DNA 的雙螺旋結構。

近代電腦

1930 年代開始就已經有了用許多真空管連接起來的電腦，可以說是近代電腦的遠祖。可是要進化成近代電腦還須要兩個關鍵性的新觀念與新技術。第一個是數學家 J. von Neumann（1903-1957）所提出的觀念。他在 1945 年於討論一個新電腦的結構時，曾寫道：

The overall logical control of the machine will be effected from the memory... by orders formulated in a binary digital code.

（此機之總體邏輯將由記憶部門之程式控制，這些程式用二進位元數位表示。）

這是革命性的新觀念，因爲程式記在記憶中，極容易，也極迅速地，可以更改，不必經過人

的操作。所以近代電腦實際應稱爲“儲存程式的電腦”（Stored Program Computer）。

爲什麼引進此觀念的人是數學家 von Neumann 而不是工程師呢？這裏面有一令人深省的道理：von Neumann 曾在數理邏輯領域做研究，而此領域一重大突破是 Godel（1906-1978）所引進的 Godel 數：用數位表列所有可能的邏輯命題（Propositions）與證明（Proofs）。Von Neumann 對 Godel 數有極深的認識，所以想到應把此邏輯領域的突破引到電腦結構中，從而產生了儲存程式的電腦。

第二個是 1950 年代的半導體的發現。半導體代替了真空管，而半導體體積可以非常小，所以今天可以很便宜地大量製造功能相當於一百萬個真空管的晶片，從而使電腦應用伸延到了社會的每個角落，使計算機工業變成世界最大工業之一。

在這裏我要特別提出一點，即半導體是怎麼被發現的：它是量子力學的產物，而量子力學是 1920 年代純基礎物理學研究的產物，當時與任何應用都完全無關。

DNA 的雙螺旋結構

1953 年 James Watson（1928-）與 Francis Crick（1916-）發表了一篇文章，提出生物遺傳分子 DNA 的結構爲雙螺旋。這篇文章現在公認爲是二十世紀生物學界最重要的文章，因爲它指出生物衍生繁殖的機構是基於雙螺旋中兩個螺旋之間的化學力量，可以連合，也可以分開。這篇文章指出了造物者的一項重大秘密，把人類帶進了人造生命的時代，影響極其深遠，生物工程的誕生就是其影響之一。

在這裏我也要特別提出一點，就是雙螺旋結構的發現是純理論的發現，本來也與應用無關。

未來三、四十年的科技發展

今天科技發展的高速度使得我們無法預測二十一世紀末世界將發展成什麼樣子，就像二十世紀之初沒有人能夢想到二十世紀末的生物工程與網路通訊一樣。可是如果我們只討論以後三、四十年間的發展，那麼有一些大趨勢現在實際上就已經相當明朗化了，下面我想就此問題提出我個人的幾點看法。

（1）今後三、四十年全球科技發展的重點將繼續向技方面傾斜。科技研究可以大略分成基礎研究、發展研究與應用研究三個階層。（見圖一與圖二）。舉個例子，量子力學的研究是基礎研究，因爲它的專注目標是基本自然規律，與實用無關；它是二十世紀頭三十年的一項研究領域。半導體的研究是發展研究，因爲它的專注目標是用量子力學觀念發展出可以廣爲應用的元件，是介乎原理與商品之間的研究；它是 1950 年代的一項研究領域。晶片製造的研究是應用研究，因爲它的專注目標是日新月異的晶片的製造；它是 1970 年代開始的一項研究領域。

另一個例子是生物工程。1953 年發現 DNA 的雙螺旋結構的工作是基礎研究。以後幾十年，一直到今天，世界上許多生物學家基於 DNA 的結構研究出來許多新觀念與新技術，這是基

礎研究加發展研究。而基於這些觀念與技術，進三十年發展出來了新工業：生物工程，這是發展研究加應用研究。這裏面三種研究的分野比較不那麼完全明顯，但是大體上有上、中、下三遊的分類是不成問題的。

一般講起來，基礎研究加發展研究是科，是大學與研究所裏面的研究；發展研究加應用研究是技，是工業研究所與工廠裏面的研究。我認爲今後三、四十年全球科技發展的重點繼續向技方面傾斜。這一點可以從圖一與圖二的比較明顯看出來：雖然從 1950 年到 2000 年，基礎、發展與應用研究三者都有增加，但增加的幅度卻以後二者，尤其是第三者爲大。這個大趨勢是源於下面一個歷史事實：二十世紀上半基礎研究的成果大大增加了人類對物理世界與生物世界的瞭解與控制能力，從而使得新應用、新產品可以層出不窮，造成了圖二所顯示的今天應用研究的欣欣向榮的趨勢，而此趨勢在以後三、四十年還會繼續下去。

以後三、四十年間應用研究發展最快的將有幾個領域：（一）是晶片的廣泛應用，應用到大小建築，到家庭，到汽車，到人體，到工廠，到商店，到幾乎一切地方。（二）是醫學與藥物的高速發展。（三）是生物工程。這三個領域的發展我以為將是以後三、四十年世界經濟發展的火車頭。

（2）如何處理科與技發展的相對比重將是十分複雜的問題，尤其是在人口較少的國家（比如一千萬人口以下的國家），和發展中國家。一方面在這些國家資金比較缺乏，同時短期經濟發展的壓力又比較大，所以從科向技傾斜的傾向會特別明顯。可是另一方面又必須注意到技的發展的根源是科。前面所舉的數理邏輯、量子力學與雙螺旋結構都是科，不是技，可是長期下去，這些科都引發出了龐大的技。如何處理科與技的相對比重問題必須從每一個國家的歷史發展狀況來著眼，不能有全球性的規律。在這裏我要特別指出印度、巴西和中國這三個人口衆多的發展中大國過去的政策有一點不同之處，而此不同之處有重要的長期影響，這就是新中國的自力更生的精神。這個精神過去實施了三十年，然後在此精神之外加上改革開放的長遠政策，又實施了二十年，就產生了今天中國科與技都遠比印度和巴西進步的局面。這是十分值得詳細分析的歷史。

（3）貿易全球化勢將繼續發展，尤其在中國進入世界貿易組織（World Trade Organisation）以後。科學與技術的發展，到了今天，有了貿易全球化的可能。當然這麼大的，影響這麼多人的動向，不可能沒有反對的聲音。可是總體來說，全球化今天符合世界大多數人民的利益，所以必會繼續下去。

二十多年以前，鄧小平以他的卓越的遠見和無比的毅力，把中華民族帶上了一個新的方向，趕上了全球化的列車。這不僅是中國歷史上的大事，也是世界歷史上的大事。

全球化是沒有前例的大變更。一、二十年間它會帶來更多的全人類生產力，可是長久下去它也會帶來十分複雜的新問題，而這些新問題將和高速科技發展所帶來的資源、環保、道德與宗教等問題糾纏在一起，造成二十一世紀中葉人類必須面臨的新挑戰。

（4）中國在世界科技發展中的地位將大幅提高。今天中國的高科技比起先進國家還差一大

截，這就使得許多人認為中國的科技不行。這是完全錯誤的看法。近代科學引進中國是二十世紀的事情。一個世紀之間只幾代人就從真正的零開始發展到了今天中國的神州號飛船可以升天與收回的地步是史無前例的高速發展。關於這一點我曾於 1993 年的一篇文章《近代科學進入中國的回顧與前瞻》[載于《楊振寧文集》782 頁，華東師範大學出版社，1998] 中做過一些分析。我認為中國科技發展如此迅速有其內在的基本原因，而這些原因在二十一世紀是更加強了，更鞏固了，所以到了 2030 年與 2040 年代，中國的科技水準必定會達到世界的最前線。