

## 第十章 戰略和戰術 Strategy

研究，完成，出版。

- 法拉第 -

研究工作的計劃和組織·不同類型的研究·科學研究中的移植法·戰術·提要

### 研究工作的計劃和組織 *Planning and organizing research*

關於研究工作的計劃有不少爭論。主要分歧是：純理論研究和應用研究各有什麼價值。主張計劃研究的激進派認為：有意識地為社會某種需要服務的研究才是唯一有價值的，而純理論研究只不過是浪費時間，怡情適性的消遣而已。而另一方面，反對計劃的人（英國有一個『爭取科學自由協會』）則認為，被組織起來的研究工作者變成了例行公事的調查員，因為失去了精神上的自由以後，獨創精神就不能發揚興盛。

往往由於未能闡明所謂計劃的含義，因而攪混了關於研究工作計劃的討論。我們應區分三種不同的計劃：第一種是研究人員本身對研究工作的處理，相當於戰爭中的戰術，時間很短，一般只包括一、兩個實驗。第二種是規模較大、時間較長的計劃，相當於戰爭中的戰略。參加此類計劃的不限於研究人員本身，還往往包括研究工作的指導人員和技術委員會。第三種是研究方針的計劃，這類計劃主要是由一個委員會主管，決定研究那些問題，資助那些項目和人員。

我們已經指出，許多新發現不是預見之中的：並且，在生物學研究的下列兩方面，個人的努力扮演主要角色：(1) 識別預期之外的發現，並進行深入研究；(2) 進行長時間集中的腦力活動直至產生新想法。根據計劃的安排，系統地積累資料，按這樣的方法得出的重大發現也許是很少的。有些人以為，對問題不具備基本的知識，就不可能找到解決問題的答案。但事實並非如此。要獲得一個經驗性的發現，通常是先提出解決方法，以後再對原理進行理論闡述。從本書敘述的那些新發現中，我們應吸取的一個主要教訓是：研究人員在決定了研究的方向以後，決不應給自己戴上思想的遮眼罩，從而像一匹拉車的馬，只見腳下的那塊路，而看不到道旁的景色。

從科學發現的歷史所給予我們的種種教益來看，由一個委員會來制定科學研究的戰術，不如由從事研究的工作者本人，隨着研究工作的進展制定自己的方法，這樣效果更好。對於大多數研究人員來說，科學研究是一種個人的活動，規劃戰術的責任最好留待研究者個人承擔。這樣，若給予研究人員所必需的動力和獎酬以進行有效的研究，他們會把全付的精力用在這一項研究上。過多的監督會影響創造性，因為只有讓人感到這是自己的東西，才會全心全意，全力以赴。洛克菲勒醫學研究所的創始人弗萊克斯納 (Flexner) 一貫認為：只要人選恰當，你就可以完全放心，這些人自己的主意總比別人想出的好。決不應要求科學家一板一眼、分毫不差地按照自己制定的研究計劃行事，而應容許他們根據發展的需要適時的對計劃修改變動。

已故的托普萊教授說：『委員會是一種危險的東西，需予以密切的注視。我相信研究委員會能做一件有益的事，但僅只一件。委員會可以找到最適合研究某一問題的人員，把他們組織起來，給他們方便的條件，然後讓他們自己去進行工作。委員會可以定期審議工作的進展，進行調整。但此外要多加干預，就有害處。』技術委員會和研究工作的指導人員在戰略計劃方面常可發揮某種作用，但他們必須要與從事這項研究的人員有所配合，切不可在戰術方面發號施令。在研究方針的計劃上，委員會有很大的價值，它可以喚起社會對某些重要問題的關注，並籌措必要的資金，調動必要的人員。委員會有時還可發揮這樣的作用來推動科學的發展：為各實驗室的人員溝通彼此的進展情況，以減少通常因發表報告所造成的延誤。有些戰術委員會用這樣的方法來協調各個分散的研究工作，發揮了很好的作用。

制定戰略的和方針性的計劃是一項責任重大的事，必須委任給真正理解研究工作並具有相當科學知識的人，才有成功的希望。這個道理十分明顯，也許不值一提。人們普遍承認：制定研究工作戰略規劃的委員會，其主要成員應是在這一科學領域內積極從事研究活動的人。遺憾的是，很多委員會為了萬無一失，只資助那些已經訂出詳盡計劃，從事一般性研究的項目，而不肯冒風險，這就常常做不出有價值的發展。

各種計劃和方案，是用於解決已經認識到的發問，亦即應用研究的。但是科學也需要那種不考慮實際結果，不受其它因素影響而從事純理論研究的人員。

在研究組中，某個或某些人員通常會扮演領導作用，對問題考慮得多一些。當然，也有一些科學工作者不適合從事獨立的研究活動，但作為研究組的成員，在別人的密切指導下，也能發揮很有益的作用。在其他條件相同的情況下，想像力豐富的人比只具有單純邏輯頭腦的人，更適於擔負領導工作。因為前者更富有啟發性、而且足智多謀。但是研究組的領導人本人也必須積極參加研究；換言之，戰術的計劃最好由研究人員而不是由辦公室行政人員來制定。如果研究組推不出一位領導人，那麼可將問題分割開來，使每個具有獨立工作能力的人員，分別對某一方面的工作負責。研究組必須儘量避免把計劃訂得過細、過死。然而，在互相配合的過程中，工作必須充分協調，使每個成員不僅了解自己負責的是那一方面，而且能移掌握全局。埃利希很好地闡述了研究組工作的原則：『集中進行研究，而每個成員又有相對的獨立性。』一切計劃都應看成是暫時的，可隨工作的進展而變動的。這裡切不可混淆研究工作的計劃和個人實驗的部署。在部署實驗時，必須精心構思，嚴格按計劃進行。這一點是毋庸置疑的。

相互配合對於跨越多種學科的研究工作是非常必要的。例如讓醫生、細菌學家和生物化學家同時研究一種疾病。在進行生物化學方面的研究時，常使用大型的研究組，因為它需要相互配合的、熟練的技術工作。在開拓個人的研究時，往往也需要研究組的配合。

研究組還有一個重要的用途：它能使有才華之人之能力超越自己雙手和技術條件所容許的限度。特別是這一類的研究組，還能夠為初學者提供學習從事研究工作的機會。青年科學工作者能與一位有經驗的研究人員共事合作，比僅僅得到後者的監督要

獲益更大。而且，這樣他也更有希望品嚐成功的滋味，這對他有極大的好處。再者，青年人的敏感和獨創精神，一經與成熟科學家豐富的知識和經驗相結合，就能相得益彰。在需要密切配合的時候，各個研究人員的個性當然也是值得認真考慮的。大多數富有才華的人，能啟發別人思考，但有些人想像力過於豐富，試驗新想法的願望過於迫切，以至對想要試驗自己想法的青年同事起了阻礙作用。此外，一個人可以是個卓越的科學家，但卻在了解和處理人與人的關係上完全不成熟。

反對研究組配合的主要觀點是：如果研究人員不能隨意離開本題進行研究工作，那麼，就可能錯過機會，不能在一些預想之外的枝節問題上獲得新發現。弗萊明會指出，他當初若是參加了一個研究組，就不可能放下手裏的研究，去深入追蹤別的線索，也就發現不了青黴素。

為了使自己的工作有所遵循，研究人員在工作剛開始的時候，應制定某種暫時的總計劃，並為具體實驗訂出詳盡方案。在這一方面，指導人員的經驗對青年科學家會有很大的幫助。後者介紹他所收集資料的概況，以及自己對擬議中工作的想法，以資討論。沒有經驗的科學家往往不知道科學研究中那些可行那些不可行，對於需時一年的工作，有時會提出一項要十年才能完成的計劃。有經驗的人懂得，在實際中應當限於一項比較簡單的項目進行工作，因為他知道即便是簡單的項目，也意味着它含有不少的工作量。因為只聽到科學研究中成功的例子，於是一個新手往往會得出一種假像，認為研究工作易如反掌。其實每一點滴的進展都是緩慢而艱巨的，一個人一次只能著手解決一項有限的目標。新手在遇到計劃以外的重要線索時，應與指導自己的人進行討論。因為，他雖然可能發現追蹤的有益線索，但如果對於出現的每個未解之題都跟蹤下去，那是既不可能也不合適的。在這些問題上提出建議並幫助解決出現的困難，就是研究工作指導人員的主要任務。被指導者的成敗便繫於指導者對科學研究的性質理解程度如何而定了。隨著青年科學家的成長，應逐步鼓勵他減少對指導者的依賴。青年科學家獨立工作的程度應根據他表現的才能以及他獲得的成就來決定。

不論是參加小組的研究人員，或是獨立工作的研究者，都應記下預計要試驗的想法和實驗。列出一項工作方案，並不斷進行修訂。

有些人認為，研究工作在小規模機構中進行較適宜，在那裏指導人員對所有的工作都能躬親過問，規模一大，效率就要降低。無疑，很多例子證明：在小機構中平均每人的成果要多於大機構中。這些地方的指導人員往往不僅是一個能幹的科學家，而且善於激發他的工作人員之幹勁。有些大的機構效率也很高，在那裏可能有幾個活躍的中心，每一個中心又都有一個精明的領導者做核心。

### **不同類型的研究** *Different types of research*

科學研究一般分為『應用研究』和『純理論研究』兩種，這種分類頗為主觀且不嚴謹。通常，所謂應用研究是指對具有實際意義的問題進行有目的之研究，而純理論研究則完全是為了取得知識而研究的。可以這樣說，一個搞純理論研究的科學家具有一種信念，認為任何科學知識本身都是值得追求的，追問原因的時候他會說，十之八九總有

一天會有用的。絕大多數最偉大的發現，諸如電、X 射線、鈾和原子能，都是起源於純理論研究。在進行這種研究時，研究人員追蹤有趣的意外發現，並不考慮它是否具有任何實際價值。在應用研究上，所支持的是研究計畫，而在純理論研究方面，人們支持的是科學家。然而，二者之間的區別有時失之膚淺，因為衡量的標準可能僅僅在於研究的項目有無實際價值。例如，研究池水中原生動物的生命週期是純理論研究，但如果該原生動物是人體或家畜身上的寄生蟲，則這項研究就可稱為應用研究。還有一個基本方法，可用來大體區分應用研究和純理論研究，即：在前者是先有目標，而後尋求達到目標的方法；在後者是先作出發現，然後尋求用途。

有些地方的知識界有一種鄙視應用研究的傲慢傾向，主要由兩種錯誤的觀念造成。一種認為新知識主要由純理論研究發現，而應用研究只是應用已得的知識；一種認為純理論研究是一種高級的腦力活動，需要更高的科學研究能力，而且其難度也更大。這兩種觀點都是十分錯誤的。很多重要的新知識都是通過應用研究發現的：例如，細菌科學主要起源於巴斯德對啤酒業、葡萄酒釀造業和蠶絲業中實際問題的研究。通常，應用研究比純理論研究更難獲至成果，因為研究人員必須堅持解決既定的任務，而不能任意追蹤可能出現的、有希望的線索。還有，在應用研究方面，大多數領域已經被人探索過，很多簡單的、顯而易見的問題已經解決了。我們切不要將應用研究與某些學科中應用現有知識的例行步驟相混。我們既需要純理論研究，也需要應用研究，二者是相輔相成的。

要解決實際問題，僅僅應用現有的知識是不夠的。我們經常會發現知識中需要填補的空白點。此外，如果在應用研究中僅限於解決眼前的問題，而不去努力理解其內在的原理，那麼，這種解決的方法也許只適用於局部的具體問題，而無廣泛普遍的意義。這可能意味著，類似的和相關的問題必須從頭開始研究。而如果最初研究得法，則可收舉一反三之效。即便如具體發展某項發現的簡單任務，也可能帶來意想不到的困難。在使用新的殺蟲劑六六六作為羊的浸洗液之前，曾作過認真的檢驗和實地試驗，證明無毒無害。但是，儘管做過大量的試驗，在牧場廣泛使用時，很多羊在浸洗後卻得了跛足病。經研究證明：這種跛足病不是由於六六六的緣故，而是由於某種細菌的感染，某些羊攜帶的細菌污染了浸洗液。從前使用的浸洗液有殺害這種細菌的作用，而六六六卻沒有。在生物學上對照物所發生的問題常常因地而異。瘧疾寄生蟲有時以某一不同種的蚊子作為中間宿主，肝吸蟲也可能利用一種不同的釘螺作為中間宿主。在試圖把新發現的知識用於具體問題時，純理論科學便涉及到應用研究。然而，應用研究科學家並不滿足於等待理論研究科學家的發現，儘管這些發現很有價值。理論研究科學家在他不感興趣的方面留下了重大空白，應用研究工作者就可能不得不在這些方面進行基本研究，以填補這些空白。

科學研究還可分成開闢新領域的探索性研究和發展前者（新領域的探索性研究）的發展性研究。探索性研究比較自由，富於冒險性，偶而能作出重大的，也許是意外的發現；有時則可能一無所得。發展性研究通常由按部就班、一絲不苟的科學家進行。他們安於去鞏固已獲得的進展，在已開闢的領域內探索較小的發現，並付諸應用以充分利用已取得的成果。後一種有時稱為『混飯吃』的研究或『安全第一』的研究。

『跨領域 *borderline*』研究是一種在兩門學科交界領域內進行的研究。科學家如有廣泛的科學基礎，能運用並聯繫兩種學科中的知識，則很容易獲得成果。甲學科中一項普通的事實、原理或技術，應用於乙學科時，可能是非常新奇而有效。

科學研究還可分成不同的階段，隨着一種學科或一項課題的進展而先後達到。首先是觀察型的研究，由實地考察的博物學家或由實驗室中具有類似智力的科學家來進行。原始的粗略現象和素材經過逐步提煉變成更精確但更受條件限制的實驗步驟，而最終變成精細的物理和化學過程。任何一個人，他所具有的專業知識，在某個研究階段上要想超出一定的範圍，實際上是不可能的。博物學家的作用並不低於他的同事，他的成就主要歸功於他的觀察能力和天生的穎慧，但常常缺乏深刻的基礎科學知識，因此不能充分發展自己的發現。而另一方面，一個基礎科學方面的專家，可能在思想上和實踐上都脫離自然現象太遠，不能像博物學家那樣去開闢新的研究方向。

### 科學研究中的移植法 *The transfer method in research*

一切科學上的進展都是以先前的知識為基礎的。發現者是為大廈的拱門提供冠石的人，他們把主要由別人建造的完整結構揭示於世界。然而在這一節裏，我不想多談作為發展基礎的知識背景，而想談談如何使一種新的知識適用於不同的條件和環境。

有的時候，決定一項研究的基本思想是來自應用或移植其他領域裏發現的新原理或新技術。這種取得進展的方法稱為研究中的『移植法』。這也許是科學研究中最有效、最簡便的方法，也是在應用研究中運用最多的方法。但決不可因此而輕視它。科學上的進展來之不易，所以必須運用一切有用的方法。這類貢獻與其稱做『發現』不如稱為『發展』，因為它並未披露新的原理，揭示新知識也有限。然而，在把新發現的原理或技術應用於不同的問題時，通常會取得一些新的知識。

移植是科學發展的一種主要方法。大多數的發現都可應用於本身領域以外的領域。而應用於新領域時，往往有助於促成進一步的發現。重大的科學成果有時來自移植。利斯特移植了巴斯德證明腐爛是由細菌造成的這一成果，發展了外科手術的消毒法。

人們也許以為，新發現一經公布，它在其它領域內所可能引發的應用就會立刻自動地接踵而來，但實際情況很少如此。科學家有時看不到其它領域中的新發現對自己工作可能具有的意義，或是雖看到了但不知道該做何種必要的修改。從發現細菌學和免疫學的主要原理，到把所有這些原理應用於各種疾病，中間經過了漫長的歲月。在赫斯特用流行性感冒病毒發現病毒可使血液凝集的原理以後，過了一段時間才發現，這一原理也同樣適用於其他多種病毒。當然，正如人們可以想法到的，須略加修改。後來，才發現這一原理也適用於某些細菌。

利用其他學科採用的新技術，是移植方法的一種重要形式。有些研究人員有意識地採用一種新技術，然後尋找一些可把這種新技術運用在其中的課題，借助新技術的特殊優點另闢蹊徑。舉例說，色層分離法和血液凝集法就曾這樣運用於與其最初發

現的領域相距甚遠的方面。

使用移植法有可能促成科學的進展，也許這就是為什麼研究人員對自己狹窄的研究範圍之外，具有重大意義的問題要有所了解的主要原因。

在本節裏我們不妨再提一下某些早經運用，但卻無科學根據的習俗與實踐經驗方面的科學發展，許多治療方面的藥物就是這樣被採用的。奎寧、可卡因、馬錢子和麻黃素等藥物，在進行研究認識其藥理作用之前，早就被採用了。據說，可提煉麻黃素的麻黃草的醫藥性能，早在五千年以前的中國，就由神農皇帝發現了。南美的土著發現奎寧、可卡因和馬錢子的經過已湮沒無考，但顯然，一定是純經驗的。順便提一下，人們提取奎寧的金雞納樹就是以金雞納伯爵夫人的名字命名的。這位夫人一六三五年用金雞納霜治癒瘧疾，後來又把它從秘魯引進歐洲。這類研究還有一例，即那些古老的加工行業，如蹂皮、製酪和各種醱酵法。很多這類加工程序，今天已發展成精確的科學步驟，得到改進，或至少是可靠性更大。種牛痘也許可算在這一類。

## 戰術 *Tactics*

為了考察並更好地理解一個複雜的過程，有時把這個過程分解成若干部分，然後分別加以考慮，這種方法常常很有幫助。我在這篇有關科學研究的專著中也是這麼做的。我先後描述了假設：推理、實驗、觀察、機遇和直覺在科學研究中的作用，並指出每一因素的特殊用途和不足之處。然而，在實際生活中，這些因素當然不是單獨作用的。通常需要幾個或所有的因素同時在研究中聯合發揮作用，雖然解決問題的關鍵往往只需一個因素，這一點我們可從上述的一些小故事中看到。

第一、二章中概述了解決實驗醫學和生物學上簡單問題的方法，在以後的幾章中又相繼討論了每個因素在研究中的特殊作用。章節順序的排列並無特殊意義，其篇幅的長短也與重要性無關。現在留待討論的只是一些有關戰術的考慮。為此，我們不妨把別處已經談過的各點再扼要重述並匯通。

進行科學研究並無一定的力法可循。研究人員應發揮自己的聰明才智、創造精神和判斷能力，並利用一切有用的方法。席勒寫道：『成功的方法必有價值。... 成功證明：在這一項研究上，研究人員做對了。他所選擇的重要事實，他所排斥的其它不相關部分，他應用『定律』將這些事實連綴起來，他作的推理，他感到的類似處，他對各種可能性的權衡，他作的猜測，他擔的風險，都對了。但僅是在這一項研究上。到了下一次研究時，雖然他認為這個項目與上次『基本相同』，而且看來是少有的相像，但是他會發現區別（兩個不同項目永遠有區別）是關係重大的，必須對自己的方法和假設有所修改，方能成功地解決它。』

有人把科學研究比做向未知世界開戰，這種說法使我們想到在戰術上可資借鑒的地方。首先考慮的是要有充分的準備工作，包括整理獲得的一切資料以及調配必要的物資和器材。進攻者如能設法擁有一種新式技術武器，就更具有利條件。最有希望取得進展的方法是：把兵力集中在敵軍最薄弱的地區。可用初步偵察和佯攻的方法發

現敵人的薄弱環節；如遇敵軍頑抗，則最好用計謀迂迴前進，避免正面強攻。在偶爾取得重要突破的時候，雖然頗有風險，但最好的方法還是迅速佔據大塊土地，而把鞏固陣地的工作留給後來人，當然前提是：工作很重要而足以吸引他們。然而，一般說來，進展是一步一步取得的。奪取新陣地後，必須鞏固已經奪取的陣地，才能把它作為下一步進攻的基地。這是進展的正常形式，不但在科學研究中是這樣，而且在一切形式的學術研究中都是如此。收集了材料以後，自然就要稍事停頓，予以綜合，加以解釋，然後，下一步是根據得到的新結論再去收集原始資料。

即使在應用研究方面，例如在對人體或家畜疾病的研究上，通常也是先盡力找出某個方面的問題，而不是有意以某一種特定的實際用途為目標。經驗給我們作了肯定的證明：充分理解問題，就幾乎一定能發見有用的事實。有時，發現致病寄生蟲生活周期中的某個薄弱環節，就能找到簡便的控制方法。想到這種可能性，在研究病毒或腸蟲之類傳染因子時，思考它的生命特性，仔細研究它如何生存，特別是在從一種宿主到另一種宿主的過渡期間如何生存，是很有好處的。

生物學上的新發現往往是恆常的現象，所以第一個目的通常是把新發現提煉為定量的，且能再現的過程，最後終於能歸結為化學或物理的根據。值得一提的是，在主要的科學期刊上，大部分的研究都自稱其目標是揭示某種生物過程的作用機制。我們的一個基本信念是：一切生物作用最終都能用物理學和化學加以解釋。以神秘的所謂『活力』為假設的活力論，以及以一種超自然的支配力量為假設的目的論，都早已為實驗生物學家所摒棄。但是，將目的論的含義加以修正，還是可以讓人們承認的，即理解為某個器官或某種功能所達到的目的，是幫助整個有機體或整個物種得以生存。

在科學上，最受尊崇、最受歡迎的進展，莫過於對新定律和新原理的認識，以及某些對人類最有實際用處的新事實的發現。通常，人們不太重視新的實驗技術和儀器的發明，儘管引進一項重要的新技術往往同新定律、新事實的發現一樣，能大力推動科學的進展。細菌的固體培養基、細菌濾器、病毒的血液凝集作用，以及色層分離法都是突出的例子。研究人員和科學研究的組織人員，如能對新技術的發展多加重視，必會有所裨益。

法拉第、達爾文、貝爾納以及幾乎所有的偉大科學家，都有這樣的特點：他們根據自己的發現，深入進行研究，不到窮盡，決不罷休。前面所述貝爾納針對家兔消化作用所做的實驗，就很好地說明了這種態度。當霍普金斯發現，某種蛋白質試驗法是由於試劑中含有二羥醋酸雜質的時候，他深入研究，找出二羥醋酸與蛋白質中何種基團相互作用，最後導致他作出著名的色胺酸離析。任何一個新事實都是一種潛在的、重要的新武器，有可能用來進一步揭示知識；一項小小的發現可能導致重大的發現。正如廷德爾所說：『知識一經獲得，便給自己的周圍投射上微弱的光亮。意義十分有限而不能披露自身以外事物的發現是沒有的。』新發現一旦作出，成功的科學家立刻從各個可能的角度予以觀察，並將它與其它知識相聯繫，找出科學研究的新途徑。科學發現中真正持久的愉快並不來自發現本身，而是由於想到有可能把它用作新進展的階梯。

當發現有成功希望的線索時，應儘可能暫時放下其它活動或自己興趣的問題，而全力追蹤這個線索。這一點，一個稍具有研究精神的人是無需別人教給他的。但是，在研究過程中，進展往往非常困難，常常是『山窮水盡疑無路』。這個時候，我們需要想方設法，千方百計，用盡一切聰明才智。也許，首先應該嘗試的是把問題放下幾天，然後從新的角度重新加以考慮。將一個難題暫時擱置起來有三個好處：能有時間進行『孕育』，即讓頭腦的下意識部分消化資料；有時間讓頭腦忘卻那些受條件限制的思考；最後，不再固執地想一個問題，也就是避免鑽牛角尖。這種暫時放下的原則，在日常生活中當然是被普遍採用的。例如，對一個困難問題不馬上表明態度，而要『睡過一覺』再做決定。本書其它章節已強調過討論的用處，主要不在於尋求技術上的建議，而在於啟發新思想。討論還能幫助人們透徹地理解問題，這一點是非常重要的。

當人們處於絕境時，另一個應該嘗試的方法是：從頭開始，從不同的角度看問題，找出新的途徑。有時會從實地或臨床搜集到更多的資料，這些觀察到的新現象也許會有助於產生新想法。在把問題設計成實驗方案來進行探討時，研究人員可能由於選擇不當，以致做了無效的、錯誤的歸納，而在重新觀察原始問題時，他可以選擇另一個方面來研究。有時，可把難題分成若干個比較簡單的部分，分別加以解決。如果困難還解決不了，或許還可選擇別的技術方法來克服；在眼前的問題與其他已解決的問題之間，尋找相似的地方，可能會有所幫助。

為解決難題而一再努力之後，如果仍未有進展，那麼，通常最好是先把它放下幾天或幾個月，而進行別的工作，但仍不時考慮和討論它。有時一個新想法的產生，或是其他領域裏出現的一個新進展，可使我們重新開始研究這個問題。如果沒有新的進展出現，則只能放棄這個問題，認為根據目前有關領域的知識水準是無法解決的。然而一遇困難，或為別的研究方向所吸引而立刻衝動的放下手裏的難題，這可是科學工作者自身的嚴重缺點。一般說來，研究一經開始，研究人員就應竭盡全力去完成。一個不斷改變自己的任務，去追逐新想到的高明想法的人，往往會一事無成。

研究工作將近完成時，應予以書面報告供出版用。這在工作結束以前就應該著手進行，因為常常會發現一些空白點或薄弱環節；要乘手邊還有材料的時候加以彌補。即使研究工作未近完成，也最好每年寫出一篇研究報告，因為，如果不這樣做，待工作將近完成時再根據以前的筆記寫作，對實驗的記憶就會淡薄，工作就會增加困難，不易做好。此外，對研究的問題最好能定期回顧，理由在前面已有陳述。但是，未獲重要成果的研究工作則不宜發表，它使科學期刊質量降低，並有礙作者在有識之士心目中的聲譽。

工作完成以後，應該請一位有經驗的同事對文章提出意見，這不僅是由於這位同事可能比作者更有經驗，而且也因為人們更易看出別人著作或語言中的毛病。

這裏要提請大家注意，不要輕易發表未得明確結論的研究工作，特別是不要輕易作出未經實驗結果或觀察到的現象充分證明的解釋。白紙上的黑字將永存於文獻之中，發表的論文如果日後證明錯誤，將有損作者的科學聲譽。一般說來，一個安全的方法是：忠實記錄所得的結果，謹慎地提出對結果的解釋，嚴格區分事實與解釋。過



早地發表不能證實的工作，曾經損害了一些很有前途的科學家的名譽。大多數的科學家，對於最高級的形容詞和誇張手法都是深惡痛絕的，偉大的人物一般都是謙虛謹慎的。一八三一年法拉第給一位朋友寫信說：『我現在又忙在搞電磁效應，我覺得自己搞出點東西來了，但還沒把握。可能是根草，而不是一條魚，但是，經過這一番努力以後，總算可以拉出來了。』他拉出來的是一只發電機。一九四〇年弗洛里爵士給洛克菲勒基金會寫信，請求資助他有關青黴素的研究，當時他已很有根據，相信青黴素將成為一種比磺胺更有效的藥劑。人們以為在這樣一封信中，他會把自己的研究說得盡量好聽一些，但弗洛里肯於說出的就是下面這些：『這是一項很有希望的研究，我覺得這樣說並不是過於樂觀的。』日後證明這是一句多麼典型的過謙之詞啊！

我承認，我一直到將近寫完這本書時才讀了培根的著作。讀後我才體會到培根多麼清晰地看到大部分的發現都是經驗性的。我在研究了近代獲致成果的各種方法以後，也產生了同樣的觀點。培根贊同地引用了塞爾薩斯 (Celsus)的話：『首先找到藥物，然後再論述理由和原因；而不是先找出原因，再根據原因發現藥物。』再沒有比塞爾薩斯一千八百多年前所說的關於醫學科學的話，更能恰當地評述本世紀在化學治療方面所取得的進展了。當人們想到機遇和經驗是生物進化發展的方法時，也許就不再奇怪為什麼這些因素在生物學研究上起如此重要的作用了。

在科學研究中，我們常常必須最大限度、甚至超出限度地使用我們的技術，像肖汀 (Shaudinn)發現梅毒的蒼白螺旋體那樣，別人用當時所用的方法是很難發現的。在推理上也是如此，因為新發現通常不是推理所能做出。

物理學與生物學一樣，使用歸納邏輯是不夠的。愛因斯坦在這點上說得十分清楚：『決不能用歸納法來發現物理學上的基本概念。十九世紀許多科學研究工作者不認識這一點，他們最基本的哲學錯誤就在於此。... 我們現在特別清楚地認識到：那些相信歸納經驗就能產生理論家是多麼的錯誤啊！』

在正規的教育中，如果不是明白地，也是含蓄地讓學生相信，推理是科學進步主要的或甚至是唯一的手段。這一觀點得到所謂『科學方法』概念的支持，主要是上世紀某些對科學研究知之甚少的邏輯學家闡述的。在這本書裏我試圖指出這種觀點的錯誤，並強調推理作為一種工具在作出新發現過程中的限度。我並不懷疑，在已知的領域內推理是最好的指導，儘管在這個範圍內使用推理的風險也往往超出人們的估計。但是在科學研究中，我們不斷在已知領域之外摸索，這裏的問題不是放棄或不放棄推理，而是我們發現：由於沒有足移的知識作為正確推理的依據，我們根本無法運用推理。與其欺騙自己說：面對著知識不足、概念模糊的複雜自然現象，我們能夠有效地運用推理；依我看來還不如公開承認說：我們常常要訴諸於鑑賞力，要承認機遇和直覺在發現中的重要作用。

在科學研究中，顯然和在日常生活中一樣，我們經常必須根據個人的判斷來決定自己的行動。而個人判斷的依據則是鑑賞力。唯有科學研究的技術細節，在純客觀、純理性這個意義上才是『科學』的。儘管初看起來這點十分荒謬，但是，事實正如喬治所說：科學研究是一種藝術，不是一種科學。

## 提要 *Summary*

戰術最好由從事研究的工作人員制定。研究人員還應有權參與戰略規劃的制定。但是，在這方面，研究工作的指導人員，或是包括熟悉該工作的科學家的技術委員會，都能經常對研究工作者有所幫助。委員會的主要職能是計劃方針性的事務。人們只能計劃科學研究，而不能計劃新發現。

移植到另一科學領域的新發現，往往有助於揭示新知識。關於如何最好地開展科學研究中的各種活動，作者已作了一些提示，但卻無法制定明確的規則，因為科學研究是一種藝術。

科學研究的一般戰略是：研究時要具有明確的目標，但同時亦要保持警覺，注意發現並捕捉意外的時機。