

第一章 準備工作 Preparation

跋足而不迷路能趕過健步如飛但誤入歧途的人。

- 弗蘭西斯·培根 -

學習·著手研究問題·提要

學習 Study

科學研究工作者是活到老學到老的。由於必須使自己跟上知識的發展，研究人員的準備工作是永無止境的。這主要通過閱讀當前的科學期刊。如同看報一樣，這種學習成為習慣，構成科學家正常生活的一部分。

一九五二年版的《世界科學雜誌一覽》編入了五萬多種期刊。簡單計算就可看出：這相當於一年閱讀近二百萬篇文章，或一周四萬篇。這說明，除了閱讀與自己最相關的那一小部分文獻外，要想多涉獵其它是絕對不可能的。大多數科學研究工作者，試圖定期查看或至少是翻閱二十種到四十種期刊文章的標題。同看報一樣，大部分資料只略讀一下，只有對自己可能有所裨益的文章才細加閱讀。

初學者應該請教本行中有經驗的研究工作者，以了解那些雜誌對自己最為重要。文摘期刊 (review) 總是比原期刊遲後一段時間，僅就這點而言，價值也很有限；但文摘刊物能使科學工作者了解各種不同的文獻內容，對那些接觸不到大量雜誌的人尤為可貴。在通過索引刊物和目錄查找參考資料，並學會使用圖書館方面，需給學生以適當的指導。

通常，對於述及有關自己研究的文獻要仔細地閱讀。然而，也有科學家認為這樣做並不明智。關於這一點，乍看之下似乎令人不解。他們說：閱讀他人有關這一課題的文章會限制思想，使讀者也用同一方法去觀察問題，從而使尋求新的有效方法更加困難。有人甚至提出理由，反對過多閱讀所要研究的學科領域中一般性的論文。凱特林 (Charles Kettering) 曾參與發現把『四乙鉛』作為發動機燃料的抗震劑，並改進了卡車、公共汽車用的柴油機。他說過：閱讀傳統教科書會使人墨守陳規，而擺脫陳規和解決這個問題一樣費勁。很多成功的發明家並不是在他們受到訓練的科學領域做出了輝煌的發現。巴斯德 (Louis Pasteur)、梅契尼科夫、伽伐尼 (Luigi Galvani) 就是著名的例子。一個名叫米爾斯 (J.H.W. Mules) 的牧羊人，沒有受過科學研究的訓練，卻發現了很多科學家未能發現的一種防止澳大利亞羊群發作肉蠅病的方法。發明生產廉價鋼方法的貝塞麥 (Henry Bessemer) 說過：『比起許多研究同樣問題的人，我有一個極為有利的條件，那就是：我的思想沒有被長期既定的慣例所形成的固定觀念束縛，而造成偏見。現存的一切都是正確的信念，也沒有讓我受害。』但是，如同許多這一類的『門外漢』那樣，貝塞麥雖在某一個學科領域中一無所知，並擺脫了既定思想方式的影響，但在其他學科領域中卻是有知識、有訓練的。貝爾納的話也是同樣的意思：『構

成我們學習上最大障礙的是已知的東西，而不是未知的東西。」所有從事創造性研究工作的人都面臨這一難題。拜倫 (George Gordon Byron) 寫道：『要有獨到之見必須多思少讀。但這是不可能的，因為在學會思考以前自己勢必先閱讀。』蕭伯納 (George Bernard Shaw) 的妙語『讀書使人迂腐』也說明了這個問題，並不像初看起來那樣荒誕無稽。

這一現象可以這樣解釋：當充滿豐富知識的頭腦思考問題時，相關的知識就成為思考的焦點。如果這些知識對於所思考的問題已經足夠，那就可能得出解決的方法。但是，這些知識如果不夠（從事研究工作時往往如此），那麼，已有的一大堆知識就使得頭腦更難想像出新穎獨創的見解，其原因下面再談。此外，有些知識也許實際上是虛妄的。在這種情況下，對於新的有成效見解的產生，會造成更嚴重的障礙。

因此，如果研究的對象是一個仍在發展的學科，或是一個新的問題，或問題雖已解決但卻是一種新的看法，這時對學科內行的人最有利。但是，若研究的是一個不再發展的學科，這一領域的問題業已解決，那麼就需要一種革命性的方法，而這種方法更可能由一個對此外行的人提出。內行人幾乎總是對革新的思想抱著懷疑的態度，這正說明已有的知識變成了障礙。

解決這個問題的最好方法是以批判精神來閱讀，力求保持獨立思考能力，避免因循守舊。過多閱讀滯礙思想的發展，這主要是對那些思想方法錯誤的人而言。若是用閱讀來啟發思想，若是科學家在閱讀的同時積極從事研究活動，那就不一定會影響其觀點的獨創精神。無論如何，多數科學家都認為：研究一個問題時，對該問題的解決已經到什麼程度一無所知，是更為嚴重的障礙。

開始從事研究工作的年輕科學家，最普遍的一個錯誤是：盡信書上所言，把報導的實驗結果與作者對結果的解釋混為一談。培根說：『讀書時不可存心詰難作者，不可盡信書上所言，... 而應推敲細思。』

具有正確研究觀點的人養成這樣一種習慣，把書上所言跟自己的經驗知識加以比較，並尋找有意義的相似處和共同點。這種學習方法也是形成假設的一種方法。例如，達爾文 (Charles Robert Darwin) 和華萊士 (Alfred Russel Wallace) 就是這樣找到進化論中『適者生存』的觀點。

成功的科學家往往是興趣廣泛的人，他們的獨創精神可能來自他們的博學。正如我們以後在『想像力』一章裏要談到的，獨創的精神往往在於把原先未曾想到會有關連的觀點聯繫起來。此外，廣博會使人觀點新穎，而過於長時間鑽研一個狹窄的領域則易使人愚鈍。因此，閱讀不應局限於正在研究的問題，也不應局限於自己的學科領域，甚至不應拘限於科學本身。然而，除了與自己直接有關的知識，為了儘量節省用於閱讀的時間，絕大部分資料可以浮光掠影，一帶而過，而仰仗摘要和書評來跟上發展的主流。科學研究工作者如不培養廣泛的興趣，其知識層面可能越來越狹窄，只局限於自己的專業知識。教書的一個有利條件是，一個兼做教學工作的科學家，比一個單純從事研究工作的科學家，更會要求在廣泛的領域裏跟上科學的進展。

對於普遍定律具有清晰的概念，而不把它們看作一成不變的法則，這比用一大堆瑣碎的技術資料來充斥頭腦重要得多，因為這種技術資料在參考書和索引卡片上很容易找到。對於創造性思維來說，見林比見樹更重要（學生常有見樹不見林的危險）。一個頭腦成熟，對科學事物有過深思熟慮的科學家，不僅有時間積聚技術細節，而且掌握了足以見到森林的全局觀。

上述這些決不是要貶低在基本科學方面打下完備基礎的重要性。在廣闊的領域裏『泛讀』和『略讀』具有什麼價值，大部份取決於讀者是否有足夠的知識層面，以便迅速思量其所報導的新成果，並攫取其中重要的發現。有人說：青年時期在科學上所奠定的基礎，其所能負載的極限，就是他日後科學思維發展的極限。這確實有他的道理存在。

在無需細讀的時候，學會略讀的技巧是很有幫助的。正確的略讀可使人用很少的時間接觸大量的文獻，並挑選出具有特別意義的部分。當然，有些作品的風格本身就比其他的更適合於略讀。對於嚴密推理或精煉的文章，或任何一篇讀者意欲深入鑽研的文章，則不可略讀。

大多數科學家發現，做索引卡片的方法很有用，即在卡片上把與自己的研究特別有關的文章作出簡明的摘要。再者，做摘要的過程也能幫助自己記憶文章的要點。在通篇快讀對全貌有所了解以後，讀者可以回到那些此時方才充分認識其意義的章節段落，重新閱讀與思考，並做筆記。

一個剛剛畢業的學生，第二年常常學習一門別的科目，以便使自己有更好的條件做研究工作。過去那些說英語的從事研究工作的學生，如果不懂德語而又在中學學過法語，通常選學德語。我認為：在生物學方面，選修生物統計學對學生更有好處，其重要性下一章裏再談。能夠讀懂德語在從前是很重要的，但是，近十年來，用德語寫的生物學和醫學著作數量很少，以後幾年之內也不會很多。諸如斯堪的納維亞和日本等國的科學家，過去經常用德語寫作，現在則幾乎完全用英語。隨著科學在美國和英國的大發展，此時英語正在成為科學上的國際語言。一個學生物的學生若非有特殊理由要學德語，我則認為在德國科學振興以前，他應把時間花在其它更有用的事情上。在這方面也許值得一提德國偉大的化學家奧斯瓦爾德 (Wilhelm Ostwald) 有不尋常的觀點。他主張做研究工作的學生不宜於學習語言，他認為：拉丁文的傳統教學法尤其毀壞科學觀。斯賓塞 (Herbert Spencer) 也指出：語言學習易於助長對權威的尊崇，從而不利於獨立判斷能力的發展。而這種獨立判斷能力，對於科學家是特別重要的。好幾位著名的科學家，包括達爾文和愛因斯坦 (Albert Einstein) 在內，都對拉丁文深惡痛絕。這也許是由於他們獨立思考的頭腦，與不去搜尋佐證就接受權威的習慣是格格不入的吧。

上一段中關於語言學習可能造成有害影響的觀點並不是普遍被接受的。然而，在決定要不要學習某種語言或某門別的科目的時候，還有一個因素要加以考慮。那就是：學習價值不大的科目消耗了學習另一學科所需的時間和精力。而思想活躍的科學家經常面臨著一個所謂興趣競爭的問題：他難得有足夠的時間去做所有想做和應該做

的事，所以必須對什麼是可以忽略的東西作出抉擇。培根說得好：我們必須決定知識的相對價值。卡恰爾 (Cajal) 公開反對一切知識皆有益的觀點；反之，他說，學習無用的科目即使不佔據頭腦的位置，也佔用了寶貴的時間。雖則如此，我並不想說科目的選擇應該完全從實用的觀點出發，我們科學家無瑕閱讀一般文藝作品實在是件憾事。

學生如果不能上生物統計學的課，則可選讀有關這個科目中易懂的書或文章。我所知道最合適的有斯內德克 (G.W. Snedecor) 的著作，他論述統計學應用於動植物實驗裏的情況。還有希爾 (A. Bradford Hill) 的著作，主要談人體醫學中的統計學。托普萊 (Topley) 和威爾遜 (Wilson) 的細菌學教科書中有一章關於生物統計學在細菌學中的應用，很精彩。費歇爾 (R.A. Fisher) 教授的兩本書是經典著作，但有些人認為把它們當作入門學習稍嫌太難。如果生物學家對生物統計學不感興趣，則不必要求他成為這方面的專家。但是，他在這方面應該擁有足夠的知識，以免對它無故忽視或過分迷信，而且，他應該知道什麼時候該向生物統計學家請教。

年輕科學家還要注意科學論文寫作的技巧和藝術。科學論文的英語水準一般不高，無懈可擊者寥寥無幾。人們的主要意見還不在於英語不夠優美，而是 不清晰、不準確。正確使用語言之所以重要，不僅在於要能夠正確地論述研究過程，而且因為我們大部分的思維是通過語言進行的。有幾本很好的小冊子和文章是關於科學論文的寫作的。特里利斯 (Trelease) 專談寫作和編輯的技巧，卡普 (Kapp) 和奧爾伯特 (Allbutt) 則主要論述如何寫作各種英語文體，安德遜 (Anderson) 寫了一篇有關設計科學論文中圖表的文章，非常有用。我發現，撰寫書刊摘要幫助很大，能使我們通曉科學成果報導中出現的某些最嚴重的錯誤，同時領受到 惜墨如金 的良好訓練。

通過閱讀科學偉人的生平和著作，科學家豐富了自己的生活，加深了對科學的理解。從這些書本中得到的啟示使許多青年科學家受用終生。我可以推薦兩本最近出版的精彩傳記：杜博斯 (Dubos) 的《路易·巴斯德：科學的自由騎士》和馬夸特 (Marquardt) 的《保羅·埃利希 (Paul Ehrlich)》。近年來人們越來越注重科學史的研究。科學家對此都應略有所知：科學史對學科的日趨專門化是最好的彌補，並能擴大視野，更全面地認識科學。關於這方面的著作有些不寫成單純的編年史，而是深入評價知識的發展，把它看作演變的進程。還有浩瀚的文獻論述科學的哲學觀和科學方法的邏輯學。人們是否要進行這方面的研究取決於個人愛好，但是一般說來，這種學習對從事科學研究幫助不大。

參加科學會議對青年科學家是很有幫助的。在科學會議上，青年科學家可以看到別人如何發展其研究過程而對知識界有所貢獻。看他們如何評議論文，根據什麼評議論文，並對同行的科學家之個性有所了解。認識你所讀論文的作者，甚至僅僅知道他們的容貌，都會給科學研究增添不少興味。科學會議也是一個表現科學上無任何獨斷專行的民主氣氛之場所。因為在會議上，那些老資格的科學家也同樣可以受到批評。我們應爭取一切機會參加著名科學家舉行的特別報告會，因為這種報告會常常給人極大的啟發。例如伯內特 (F.M. Burnet) 一九四四年說過這樣一件事：一九二〇年他出席了馬森 (Orme Masson) 教授的報告會。馬森教授是一個對科學懷有真正感情的人，他不僅極其清晰地說明了原子物理的未來發展，而且描敘了他對事物有了新的理解後，

內心的愉快情景。伯內特說：雖然報告的內容他已大部份忘記了，但是當時激動的感受卻終生銘記在心。

著手研究問題 *Setting about the Problem*

在開始科學研究的時候，顯然，首先要決定研究的題目。雖然在這方面有必要請教一位有經驗的科學家，但是，做研究工作的學生若是自己擔起選題的主要責任，那麼成功的可能或許會更大。這樣選出的題目他會感到興趣，覺得是他自己的，而且會多加考慮，因為成功與否責任全在他身上。他最好能在實驗室老資格科學家的研究範圍內選擇題目，這樣就能得益於他們的指導和關注，自己的研究也能促進他們對自己工作的理解。雖則如此，有時科學家卻不得不就某一特定題目進行研究，這種情況常見於應用研究。在這種時候，只要對問題考慮充分，就不難找到有真正價值的問題。甚至可以這樣說，大多數題目都是科學家自己創造出來的。美國大細菌學家史密斯 (Theobald Smith) 說：他總是著手處理眼前擺著的問題，主要因為這樣子容易得到資料，在沒有資料的情況下，研究工作會寸步難行。有真正研究才能的學生要選一個合適的題目是不困難的。假如他在學習的過程中不曾注意到那裏值得去研究或理論上不一致的地方，或是根本沒有形成自己的想法，那麼作為一個研究工作者他是前途不大的。初學研究工作的人最好選擇一個很有可能獲得成果的題目，而這題目當然不要超出他的技術能力。成功是進一步發展的推動力，而不斷受挫則可能引起相反的效果。

題目選定以後，下一步就要確知在這方面別人已經做過那些研究。作為研究的起點，教科書往往很有用處，一篇新近出版的評論文章則更佳，因為二者都對現有的知識作了全面的總結，並提供了主要的參考資料。然而，教科書只是著作者撰書時期重要事實和假設的匯編，為了使全書連貫一致，可能去掉了不銜接和有矛盾的地方。因此，我們一定要查閱原著。每篇文章中都提到其它文章，如此按蹤尋跡就能找到有關題目的全部文獻。索引雜誌全面報導了任一學科大約一年以前的參考資料，非常有用。索引雜誌未編進的資料則需到個別的有關期刊中搜尋。《醫學累積索引季刊》《動物學記錄》《獸醫學索引》及《農業書目》分別是有關學科的標準索引刊物。受過正規訓練的圖書館管理員知道怎樣系統查閱文獻，科學家有幸得到他們幫助便可獲得任何有關科目的全部參考書目。最好在研究工作開始初期，對全部有關文獻作充分的研究，因為即使只漏了一篇重要論文，也可能使我們浪費很多精力。再者，在研究的過程中，以及在留意有關課題的新論文時，廣泛瀏覽各種資料，注意有無可利用的新原理、新技術，是非常有益的。

在傳染病研究方面，第二步是盡量搜集該疾病當地病例的第一手材料。舉例說，如果研究的是一種牲畜病，一般要實地進行觀察，親自探訪農民。這是實驗工作的重要先決條件。研究人員忽視了這一點，有時就會做一些與實際問題不太相干的實驗。適當的實驗室標本檢驗，通常作為這種現場工作的輔助工作。

農民常常會給觀察到的事物加上主觀的色彩以配合自己的觀點，也許一般門外漢都是如此。頭腦未經正規訓練的人往往注意並記住那些符合自己觀點的事物，而忽

略了與自己觀點不合的事物。進行調查必須巧妙而深入，以便準確地確定觀察到的現象，即把人們觀察到的現象同人們對這些現象的解釋分開。這種耐心的調查常常是很有收穫的，因為農民有極好的機會搜集材料。雪貂容易感染犬瘟熱病這一重要發現，就是從一個獵物看守人的斷言得到啟發。科學家們對他的話起初並不在意，幸好後來他們決定研究一下他的話是否真有道理。據說，意大利的農民相信瘧疾的傳播與蚊子有關已有兩千年了，但是直到五十年前這一事實才得到科學研究的證明。

整理資料、弄清資料之間的相互關係並試圖規定課題，在這一階段都是有益的。例如，研究一種疾病時，應通過判斷疾病的症狀來說明這是什麼樣的疾病，並從而將這種疾病的症狀與其它可能引起混淆的病症加以區分。據報導，傑克遜 (Hughlings Jackson) 說過這樣的話：『對於已發生的現象之研究，應先於對引發此現象之原因的研究。』為了證明這樣做的必要性，這裏舉一個典型的例子：野口從鉤端螺旋體性黃疸病人身上分離出螺旋體，說這就是黃熱病的起因。這一似真的錯誤，延誤了對黃熱病的研究（但關於野口因此自殺的誤傳是沒有根據的）。嚴重程度稍遜於此的例子更是屢見不鮮。

到這一步的時候，研究人員可以將課題分割成若干公式化的問題，並從實驗著手。在準備工作階段，科學研究人員不應消極地讓資料充斥頭腦，而應該尋找現有知識上較為貧乏的領域：不同作者報告中的差別、本地觀察到的現象和原先報告之間的矛盾、與有關課題相似的地方，以及自己實地考察中發現的線索。思想活躍的研究人員通常能大膽地提出假設，解釋所得的材料。從這些假設出發，通過實驗，或經由搜集到的資料之觀察，通常即可證明或否定某些結論。研究人員在充分考慮課題以後，決定要做的實驗應該是有可能得出最有用的結果，而又不超出研究人員技術能力和資金的限制。往往最好是從課題的幾個層面同時著手；然而，精力不宜過於分散，一俟找到某種有價值的論點，就應集中力量進行這一方面的工作。

同大多數的工作一樣，實驗的成功與否主要取決於準備工作的細緻程度。最有成就的實驗家常常是這樣的人：他們事先對課題加以周密思考，並將課題分成若干關鍵性的問題，然後，為尋求這些問題的答案精心設計實驗。一個關鍵性的實驗能得出符合一種假設，而不符合另一種假設的結果。津澤 (Hans Zinsser) 在寫到法國大細菌學家尼科爾 (Charles Nicolle) 時說：『在制定實驗方案之前，尼科爾屬於周密考慮，精心構思，從而取得成功的人。他決不像第二流人物，做那種心血來潮考慮不周的實驗，自己卻急得如熱鍋螞蟻。確實，看到許多實驗室大量平庸的論文時，我常常想到了螞蟻。... 相對的，尼科爾做的實驗很少，而且很簡單。但是，他做的每一個實驗都是長時間智力孕育的結果，考慮到一切可能的因素，並在最後的試驗中加以檢驗。然後，他單刀直入，不做虛功。這就是巴斯德的方法，也就是我們這個領域中所有偉大人物所使用的方法。他們清晰明確的實驗結論，對於那些具有欣賞能力的人來說，是一種莫大的精神享受。』

據說，劍橋大學的大生理學家巴克羅夫特 (Joseph Barcroft)，有一種本事，能把問題化為最簡單的要素，然後用最直接的方法找出答案。研究工作的計劃這一問題將在後面『戰略和戰術』一章中討論。

提要 *Summary*

研究人員的職責之一是跟上科學文獻。但是，若要不失獨創精神或保持新穎的觀點，閱讀時必須秉持批判、思考的態度。僅僅把知識當作資本，累積的投資是不夠的。

科學家自己選定的課題往往最容易有成果。但初學者選題仍以不要過難並能得到專家指導為宜。

下面是研究醫學和生物學的一般程序：(1) 批判性地審閱有關文獻；(2) 詳盡搜集現場資料，或進行同等的觀察調查，必要時輔之以實驗室標本檢驗；(3) 整理資料並把其中具有關聯的資料聯繫起來，規定課題，並將課題分成若干具體問題；(4) 對各問題的答案作出猜測，並儘量提出假設；(5) 設計實驗時，應首先檢驗較具關鍵性問題的假設。