

科学研究的艺术

金 汝 煌 摘 译

人民卫生出版社

科学研究的艺术

俞允德 编著

人民卫生出版社

科学研究的艺术

金 汝 煌 摘 译

人民卫生出版社

一九六三年·北京

內 容 提 要

本書系根据英国剑桥大学动物病理学教授W. I. B. Beveridge 著《The Art of Scientific Investigation》一書摘譯而成。它簡要地介紹了一些进行科学研究工作的具体方法，从科学研究前的准备工作到实验研究和在研究过程中如何应用假設、想象进行观察、思考、推理以及如何战胜困难等都有簡明的敘述。本書內容深入浅出、文字精練，虽在某些問題的認識和提法方面值得商榷，但所介紹的一些具体方法却仍可供我国科学研究人員、特别是初做科学研究工作的同志參考。

这本摘譯稿的全文曾經《光明日报》連續刊出，現將原文稍加整理，印成專冊。

科学研究的艺术

开本：787×1092/32

印张：1 $\frac{2}{16}$

字数：22 千字

金 汝 煌 摘 译

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可証出字第〇四六號)

• 北京崇文區錢子胡同三十六號 •

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 • 各地新华书店经售

统一书号：14048·2697

1962 年 9 月第 1 版—第 1 次印刷

定 价：0.15 元

1963 年 11 月第 1 版—第 2 次印刷

印 数：2,686—4,835

目 录

第 一 章 准备工作	3
学习	3
研究题目的确定和准备研究的步骤	4
第 二 章 实验	5
生物学实验	5
实验的设计和评价	7
不正确的实验结果	8
第 三 章 机会	9
例子	9
机会在研究发现中所起的作用	9
抓住遇到的机会	10
充分利用机会	11
第 四 章 假说	11
例子	11
假说对研究的用处	12
应用假说时应注意之点	13
第 五 章 想象	14
创造性思考	14
假的线索	15
激发思考的好奇心	15
刺激思考的讨论	16
习惯性思想程序	17
第 六 章 直觉	17

寻找和抓住直觉的方法	18
科学的鑑識力	19
第七章 推理	21
推理的限制性和特点	21
在科学中使用推理时应注意之点	22
推理在研究中的作用	24
第八章 观察	25
观察的困难	25
科学观察	26
第九章 困难	27
对新事物的对抗心理	27
解釋的謬誤	28
第十章 战略和战术	30
研究工作的計劃和組織	30
不同类型的研究	31
轉移法在研究中的应用	32
战术	33

第一章 准备工作

学 习

研究工作者为了准备研究必須經常研讀科学文献。現在世界上的科学期刊很多(1952年就有50,000种),因此,只可能閱讀其中与自己的研究工作最有关系的一小部份。一般研究工作者經常閱讀20—40种期刊;然而也只能仔細閱讀其中少数的文章,而其余的只是看一下題目就行了。因此,刚开始做研究的人應該請求有經驗的研究人員指示最重要的期刊。文摘杂志往往要比原文迟发表好多時間,因此价值不大,但对于杂志很少的人是很有用的。初学的人应学习使用索引杂志和目录来查找文献的方法。

閱讀文献时應該用自己的批判力和思考力,不要只是为了积累資料而做一个书呆子。“尽信书不如无书”,对于科学工作者是很好的格言。太相信文献会束縛一个人的想象力和創造力。但是多讀文献再加上思考就会使人注意到一个問題的关键,从而能解决一个問題。

青年科学工作者的一个最常犯的毛病是,全部相信文献,而不区别文献报告的实验結果和作者对这些結果的解釋。應該考虑他的解釋是否是正确的,而不應該把作者的解釋都認為是对的。

成功的科学家往往有广泛的兴趣。专讀一类书籍往往

使人的心境愈來愈狹。因此，科學家必須知道比自己研究的那一門更廣博的科學領域內的发展情况。這主要是閱讀一些文獻的總結和文獻綜述。在掌握資料時應了解到一般的原理，而不必記住許多詳細的技術資料的“條條”。對於創造性思考說來，重要的是見“林”而不是見“木”，而對於初學者說來，主要的危險是只見木而不見林。做摘要卡片是一種好的方法。這就是在先快讀一遍以後，再細讀其中的重要部份，再做摘要。

剛從大學畢業的人往往需要學習外語和其他科學，但是學的一定要是“有用的”，因為學習不必要的科目是浪費時間。另外，他也要學習科學論文寫作的技巧和方法。閱讀科學家的傳記往往使青年科學家得到啟發。閱讀科學史能開廣人的眼界和加深對科學的理解。

對於青年科學家說來，參加科學會議能得到寶貴的經驗。他能在會議中了解到怎樣來研究，怎樣來批評和根據什麼，並且可以在會中和做同一類研究的科學家交換意見，應該參加權威科學家的特別演講。

研究題目的確定和準備研究的步驟

如果研究工作者能自己選定題目，則成功的希望很大，因為那題目一定是他最感興趣和平常想得最多的。所選的題目最好是在高級研究員的研究範圍以內的，那麼他能得到指導和關心。但是，如果題目是指定的，那末專心研究也會培養出興趣來。在開始做研究時，應該是比較容易的，而且是他的技術能力所能做到的，因為成功是最大的刺激，而失敗會使人灰心。

在确定題目后，就要查閱有关的文献。先看教科书和最新的文献綜述，然后再讀研究报告。查閱文献时可以利用各种索引杂志。第二步是收集第一手的实地資料，进行調查詢問。例如，在研究傳染病时就要进行实地調查。第三步是整理所得到的資料，明确問題所在；再将問題分为几个小問題，再开始实验。为了解釋所得到的資料，可以提出多种假說。在充分考虑后，就用实验来試驗可能是最正确的假說，以便得到結果。可以同时對数种假說进行試驗，但力量不应太分散，在得到一些綫索后就应集中力量突破一点。

第二章 实 驗

生物学实验

所謂实验就是在尽可能地除去外界的許多影响，并在能細密地觀察到各种現象之間的关系的条件下使某一事物发生。

在生物学实验中，最重要的是“对照实验”的观念。在这种实验中，有二个以上的类似的組（除生物学材料所固有的变异性以外，其他方面完全相同），其中一組是“对照”組，作为比較的标准，而其他組是“試驗”組，受到我們要試驗的因素的作用。这些組是用“任意”（不作任何挑选）分配的个体組成的。

在一个研究中，应尽早地做一个决断性实验，以确定所考虑的主要假說是否是正确的。詳細的实验可以在以后做。例如，在試驗各种化学成份的毒性以前，应先試粗的

提取物有无毒性。又如在試用細菌的純培养引起一种疾病以前，应先用患病組織試驗其傳染性。

另一种类似的一般原則是所謂“系統消去”法。例如在称重量时，先試太重的和太輕的砝碼，再逐漸得到正确的重量。在研究一个病的原因时，有时往往先要消去各种可能性，而后才能将研究集中于一个小的範圍內。

在生物学實驗中，最好先做小規模的初步實驗，例如“指导”實驗。这就是在實驗室中进行小規模的實驗，以确定是否需要做大規模的野外實驗。另一种初步實驗是“觀測”實驗。例如，在用动物滴定一种毒剂时，先用差別很大的稀釋度（如 100 倍）和少数动物（如每組二只）进行“觀測”實驗。在得到結果后，再用差別較小的稀釋度（如 5 倍）和多数动物（每組 5 只）进行實驗。这样使人能用最少数的动物得到最准确的結果。

“篩选”試驗是另一种初步實驗。这就是对許多物质（如藥物）进行簡單的試驗，以图发现其中哪一些值得进一步試驗。

令人滿意的實驗應該是能重复的。在生物学實驗中，如果已知的因素不变而實驗結果不同，則說明有对結果起影响的未知因素存在。这种事情是應該欢迎的，因为在寻找未知因素时可能使人得到重要的发现。

在做實驗时应注意技术操作的各个細節，不要粗心大意。實驗工作各个細節的詳細記錄是很重要的，以便以后考虑和查对。

實驗者應該知道他所用的技术方法的限制性和准确的程度。只有充分熟練地掌握了實驗方法，才能得到可靠的結果。

實驗的結果應該尽可能地用客觀的測量方法來衡量。但這有時做不到，例如，臨床症狀的輕重和組織學變化的比較。此時，應使判斷的人不知道所觀察的對象是屬於那一組，使主觀的偏見不會起作用。

實驗的設計和評價

實驗的設計和評價都要使用生物統計學的方法。生物統計學就是將數學統計的方法應用到生物學上。在選擇對照組和試驗組時，必須先確定各組是在同一時間和同一地點進行試驗的，然後用統計方法決定各組的大小，並按任意分配法將動物分成各組。要各組完全相同是不可能的，因為就是性別、年齡、重量、種類等相同的動物，也可能有其他未知因素方面的差異。解決這問題的方法是在評價結果時將差異性估計在內。

為了減少動物間的差異，可以用雙生動物或同胎動物。使用同胎性雙生動物可以大大地節省動物的數目。例如，在一次測定奶油脂肪產量的實驗中，使用一對同胎性雙生牛的結果的準確性和使用二組每組55只牛的結果相同。

在第一次試驗一種方法時，往往不能預先估計要使用多少動物才能得到明確的結果。如果使用很貴的動物，則可以先用少數動物進行試驗，以後再重複試驗，直到累積的結果足以滿足統計學的要求為止。

飛雪（Fisher）氏認為，過去太著重在實驗中只改變一個因素的重要性，而在設計實驗時同時試驗幾個變數有明顯的優點。使用適當的數學方法使人能將幾個變數包括在一個實驗中，這不僅能節省時間和精力，而且也能使人

同时得到更多的資料，因为可以檢查每一个因素在各种情况下的作用和发现各因素之間的相互作用。

統計学在研究中的主要作用在于試驗一个假說是否正确。然而，在解釋結果时也需要应用常識。例如，統計学可能証明吸烟的人的寿命比不吸烟的人的短，但这并不意味着吸烟能縮短寿命。不吸烟的人可能由于更注意卫生而寿命較长。但是，在設計良好的实验中不会发生这种錯誤的結果，因为任意分配的方法就使各組可以比較了。

在科学报告上只提供平均数是没有什么意义的。應該說明頻率分布，而各个具体数值往往使人更能全面了解。曲綫图也能使人得到錯誤的概念，必須仔細地檢查其所根据的数据。如果图上的点不是很密的，則两点之間可能不象图上那样是一条直綫或曲綫，而可能有意想不到的上升或下降。

不正确的实验結果

实验的結果不一定完全是正确的。最常見的錯誤的原因是技术錯誤。只有熟悉技术操作的人才能得到正确的結果。

有时有意想不到的导致“錯誤”的原因。例如，在进行細菌学試驗时污染就会使人得到不正确的結果。

我們必須記住，实验結果只是在一定的条件下取得的。因此条件不同就会有不同的結果。例如，豚鼠会由于飼料的不同而发生不同的白喉毒素反应。有时引起不同結果的因素不能确定。例如，在美国伊頓氏的實驗室中，流感能在小白鼠之間傳布，但是，英国的安特魯氏用同一种

方法却不能够使同样的流感病毒在同一株小白鼠之間傳布。

因此，阴性的实验結果不一定可靠，即不一定証明假說是錯誤的。

第三章 机 会

例 子

机会在研究中所起的作用，可以用下列例子來說明：

1. 革兰氏染色法的发现。革兰氏本来是想发明一种腎切片的染色方法，他希望將細胞染成紫色，將腎小管染成棕色，因此試用了龙胆紫和碘液。他发现酒精能使染色的組織迅速退色，但留下了藍黑色的細菌，这样就发现了革兰氏染色法。

2. 明可夫斯基在研究胰的消化功能时給狗作了胰切除术，他的助手发现手术狗的尿引来了許多蒼蝇。他就对尿进行分析，发现尿中有糖，这样就发现了胰和糖尿病的关系。

3. 柯克氏在研究斑疹伤寒立克次氏体的培养法时，原来是用鸡胚組織的，但使用各种成份都沒有培养成功。有一次因为鸡胚組織沒有了，就試用了以前抛弃不用的卵黃囊，結果就发现了用卵黃囊培养的方法。

机会在研究发現中所起的作用

生物学和医学上的大部分发現都是偶然的机会，最突

出的化学疗法方面的发现，都是偶然遇到的。因此，研究工作应该了解机会在发现上的重要性，随时留心，抓住每一个机会。我們应该訓練我們的观察力，培养注意每一个偶然遇到的綫索的习惯。不要太拘束于假說，而忽略了和假說沒有直接关系的現象。

抓住遇到的机会

抓住机会的困难性可以分下列数点来討論。

1. 机会的难得。机会是很难得的。成功的科学家在实验上花了许多时间，試驗各式各样的方法，才有机会遇到“偶然”的发现。

2. 发现綫索。发现綫索往往需要銳敏的观察力，对意想不到的事有高度的警觉性和敏感性。

3. 解釋綫索。解釋綫索和抓住它的意义是最困难的事，需要“思想上有准备”。有許多沒有抓住机会的例子。以前有几个人看到霉菌抑制葡萄球菌菌落的現象，但只有弗来明氏研究这一現象而发现了青霉素。鲍台氏等曾見到細菌被抗血清凝集的現象，但只有格魯勃氏研究了这現象。

所謂“思想上有准备”就是脑子里装滿了有关的資料而能看出新的苗头。当头脑內充滿了沒有关联起来的許多有关資料和不明確的观念时，一个能將它們連系起来的澄清关系的观念就会由于一些小的苗头而結晶出来。例如落下的苹果使牛頓得到了很大的启发。

在研究的过程中一个警觉性很高的人会遇到許多可以研究的枝节問題。要区别哪些是值得进一步研究的苗头就

要靠研究的艺术了。这要有想象力和丰富的知識，只有丰富的知識才能知道他的发现是不是新的。但是前人已見到过的苗头并不一定是不值得再作研究的。

充分利用机会

发现了苗头而不加以利用就没有什么意义，这往往发生在下列的情况中。

1. 不挖掘原来的苗头。有为的科学家往往不满足于当前问题的解决，而要利用新的知識来进一步发现另外更重要的东西。弗来明氏在1929年就得到了青霉素的粗制品，但没有进一步发展它成为一种药物，因为他没有得到其他人的支援和鼓励。数年以后弗洛来氏继续弗来明氏的工作，才发现了青霉素。

2. 不实际应用。有的发现只在许多年以后才能实用。兰特斯丹納氏在1901年发现了人的血型，但是直到第一次世界大战时发明了輸血法以后，他的发现才有实用的价值。

3. 他人的不关心和反对。新鲜事物往往不易为人所接受。

第四章 假 說

例 子

化学疗法的发现是一个良好的例子。这要归功于埃利希氏的假說，他认为，由于有些染料能选择地使細菌和原

生虫染色，因此一定可以找到一些能被微生物吸收并将它們杀死而不損害人体的葯物。他的信念使他在多次失敗后并不灰心，直到发现 606 为止。杜馬克氏相信埃利希氏的觀念，又試了許多“偶氮染料”，以至于在1932年发现了第一个磺胺葯：百浪多息。

另一个例子是白喉毒素的发现。茭弗勒氏在早年研究白喉时发现，在注射白喉杆菌而死的实验动物中，細菌仍局限于注射处。他提出了死亡是由于細菌所产生的毒素而引起的假說。魯氏企图用实验証明这个假說，但許多实验都沒有成功。以后用35毫升培养物滤液注射到一只豚鼠內，才引起了白喉中毒的病变。在証明这一点以后，他发现，以前实验的失敗是由于孵育時間太短而培养液內毒素的濃度太小的緣故。这发现导致了白喉免疫法的发明和抗血清的治疗应用。

武

假說对研究的用处

假說是研究者的最重要的腦力工作，其主要作用在于提出新的实验或新的观察。大多数实验和观察的目的在于試驗一个假說是否正确。但是錯誤的假說也会引起重要的发现，而大多数假說是錯誤的。

当一个假說用多个实验証实后，也只能說，仅在实验所具有的条件下这假說是正确的。而这就能作为解决当前問題或进一步研究的根据。如果一个假說在所有情况中都是正确的，那就成为一个理論，或一个定律。

一般說来，只有原来提出的人能相信他的假說，而只有实验的人会怀疑实验的結果。科学家在根据自己的假說

进行研究时往往劲头很大，失敗也不会灰心。如果根据別人的假說来研究，則一两次失敗就会使他放弃研究。因此领导研究的人要注意使下面的科学工作者提出研究的路綫，而不要使他們感觉到是根据別人的假說而研究。

应用假說时应注意之点

1. 不要抓住已証明无用的假說不放。当事实 and 假說不符时，就应该放弃或改变原来的假說。但是有时需要相信一个不能証实的假說，例如埃利希氏和魯氏就是这样。因此，就要求科学家客觀地区別一个和事实相反的假說和一个不能直接証实的假說。有时在不能証实一个假說时可以暂时擱在一边，待以后有新的資料或想到新的方法时再进行研究。

2. 要有假說服从事实的思想紀律。不要让主观的假說来影响我們对客觀現象的解釋和判断。

3. 对假說的批判性檢查。在确定一个假說以前，必須进行仔細的檢查。主要的危險在于“道理”似乎很“明显”，而不加考虑就认为是真的。例如在肝硬变时，用低蛋白质飲食使肝尽量休息似乎是合理的，但最近的研究証明，低蛋白质飲食本身会引起肝損害。直到数年以前，使扭伤的关节休息似乎是應該的，只在最近才发现运动是有益的。

4. 避免錯誤的觀念。錯誤的觀念或假說在沒有推翻以前往往会阻止科学的发展。例如“燃燒素”的学說阻碍了化学的发展。医学上的錯誤觀念非但会阻碍医学的进步，而且会造成損害。例如，18世紀的放血疗法和泄瀉疗