

新知叢書

科學方法新論



How We Know An Exploration of the Scientific Process

作者 高斯坦夫婦 Martin and Inge F. Goldstein
譯者 李執中 杜文仁 等
校閱 林正弘

這是一本討論科學方法的入門書
但所引用的實例
卻是科學史上的三個學科的個案研究
涉及傳染病、熱學以及精神病等領域
儘管如此
本書以三個領域的研究個案出發
在孔恩的影響下
一觸及各科學領域的方法論反思
是一部深入淺出的科學哲學著作

科學方法新論

How We Know

高斯坦夫婦一著

Martin Goldstein and

Inge F. Goldstein

李執中／杜文仁等一譯

林正弘一校閱

08532

科學方法新論

著者——高斯坦夫婦
譯者——李執中／杜文仁等
校閱——林正弘

出版者——桂冠圖書股份有限公司
地址——台北市106 新生南路三段96-4 號
電話——02-22193338 02-23631407
購書專線——02-22186492
傳真——02-22182859~60
郵政劃撥——0104579-2 桂冠圖書股份有限公司

印刷廠——成陽印刷廠
裝訂廠——欣亞裝訂有限公司

初版二刷——2001 年10 月
網址——www.laureate.com.tw
E-mail——laureate@laureate.com.tw

本書若有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回調換

ISBN 957-551-495-5 定價——新台幣350 元

Goldstein, Martin, 1919—

How we know.

Copyright ©1978 Plenum Press, New York

©1994 Chinese copyright

by LAUREATE BOOK CO., LTD.

All rights reserved.

原序

本書目的在提供感興趣的讀者一些科學方法的新概念，像如何認識科學方法，以及如何辨識科學方法與其他瞭解世界的各種方法的不同。我們也希望透過本書，使讀者領受到科學給人在知性上的激越與感性上的滿足。

本書的撰寫，並無意按傳統處理**方法論**(methodology)的方式進行。我們的取捨標準，除了這個研究課題真正重要的內容外，更考慮到我們為讀者解說這個研究課題的能力。因此，我們捨棄了許多一般方法論專家們細究的題材。我們為這種取捨感到抱歉，也承認這樣的選擇已反映出我們的偏見和侷限。

為方便傳達我們的重要觀念，我們在書中採用了**個案史研究法**(case-history approach)，分別從三個領域挑選出研究與發現的實例，包括醫學、物理學和心智違常的研究等三個領域。我們按底下三個判準來選出這些案例：第一，它們要能被非專業人士所理解；第二，它們必須讀起來相當有趣；第三、它們要能提供科學歷程的真正重點。

在運用這些個案研究時，我們模倣了科學史家的一些面相。然而，我們的個案研究並不就是專業歷史學家所謂真正的「歷史」。譬如，在敘述約翰·史諾(John Snow)發現霍亂如何傳染的這段故事時，我們僅僅使用史諾的說明，而毫無徵引任何當代的資料。我們撇開了科學史家可能質問的一些問題，諸如：史諾的

說明真的正確嗎？霍亂的發現果真如他所說的那麼回事嗎？我們的個案史研究，跟歷史學家的目的有所不同，也因此我們把焦點擺到不同的事物上。儘管如此，我們卻努力從這些個案研究去揭露事實真相，縱使它還不是全部的真相。

我們的思考深受孔恩《科學革命的結構》(*The Structure of Scientific Revolutions*)一書的影響，明眼人不難看出。不過，我們也同樣受到許多其他科學家、哲學家、歷史學家們的著作所影響。我們在書裡援引了許多不同資料來源的引文，但我們有時並未徵引最重要的資料，反倒引用較次要的資料。我們這種直接引用的判準，端視它能否突出重點，以及它是否毋須改寫就顯得很有趣而定。至於在每一章的註解中，我們都附加了建議閱讀資料，也可顯示出到底有哪些人影響了我們。

本書的撰寫，受到許多人的鼓勵、批評，有的還兩者兼而有之；我們要在此感謝他們，不過，他們並無責任為本書負責。他們包括：James Anderson, Ora Fagan, Eric Goldstein, Michael Goldstein, Seymour S. Kety, John Kreniske, Ernest Loebel, Suzanne Loebel, Zella Luria, Leonard Nash, Martin Perl, Teri Perl。此外，在製作圖表、攝影、書目編排、核對等工作上，我們也要向John Mack, Michael Goldstein, Eric Goldstein, Avia Goldstein表示謝意。

同時，我們還要向「求實出版公司」(Plenum Publishing Corporation)前資深主編Thomas Lanigan致謝，感謝他對本書的建言與關注，更感謝他對本書所表達的十足信心。

馬丁·高斯坦 (Martin Goldstein)

英格·高斯坦 (Inge F. Goldstein)

中譯本序

一九八九年暑假期間，有一小羣來自不同學校及不同科系的博士班或碩士班研究生，每星期在桂冠圖書公司編輯部的會議室聚會一次，共同研讀並討論一本大家都感興趣的書：馬丁·高斯坦(Martin Goldstein)與英格·高斯坦(Inge F. Goldstein)合著的《我們如何知道》(*How We Know: An Exploration of the Scientific Process*, New York: Da Capo Press, Inc., 1980)。這是一本討論科學方法的入門書，但所舉的實例卻是三個科學史上的個案研究，涉及傳染病、熱學、精神病等領域。參與討論的研究生各就自己所專精的領域，負責向其他人做詳細的解說並回答別人的疑問。他們就在這樣分工合作之下，把這本書的前十三章譯成中文，互相審閱潤飾之後，交給桂冠圖書公司出版，書名改為《科學方法新論》。本人因當年全程參與他們的聚會討論，但未參加翻譯工作，桂冠圖書公司乃把寫中譯本序言的工作分派給我。

近年來，有關科學方法、科學哲學及科學史的著作極為盛行，其中有不少譯成中文在臺灣出版發行。在眾多相關的書籍中，本書具有三項特色，值得向讀者推薦。

第一，本書使用將近一半的篇幅詳細介紹三個科學史上的個

案，以實例顯示科學方法的一些重要環節，不像一般入門書只以簡單的例子來點綴而未加深論。另一方面，本書也用了一半以上的篇幅對科學方法做通盤的詳細解說，並與所舉個案實例相呼應，不像一般個案研究的科學史或科學哲學論著過分偏重個案中的細節而忽略其在方法學上的義涵。

第二，本書論述和解說雖頗詳細而深入，但仍相當淺白易懂；不像一般點到為止的方法學入門書，因過分簡略或通俗化，而產生誤導；也不像一些科學哲學論著，在具有爭議性的論題上反覆辯難，把初學者引入迷陣中無法脫身。

第三，孔恩(Thomas S. Kuhn)的《科學革命的結構》(*The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1962)一書出版以來，介紹、討論、批評及辯護的論著數量非常驚人。但據本人所知，尚未有依據孔恩的基本立場所寫的方法學入門書。本書的論述雖非完全符合孔恩的立場，並作者也承認明顯受到孔恩觀點的重大影響。故本書雖非孔恩學說的忠實介紹，但仍可引導讀者去瞭解孔恩的觀點，比直接閱讀孔恩本人的著作較為容易。

我們很高興看到這本書的中譯本即將問世，樂意向讀者鄭重推薦，並盼望得到讀者的批評與指正。

林正弘

一九九二年十月二十五日

譯者簡介

- 李執中** 臺灣大學心理學博士，負責第五章。
- 杜文仁** 臺灣大學哲學碩士，負責第一、二、六、七章。
- 林崇熙** 清華大學科技史博士，現於美國攻讀科學史博士，負責第十二、十三章。
- 洪雪行** 清華大學物理學博士，負責第四章。
- 劉麗娜** 清華大學科技史碩士，負責第三章。
- 顧毓民** 輔仁大學哲學博士候選人。負責第八、九、十、十一章。
- 以下為本書翻譯過程共同參與討論人士：
- 林正弘** 美國柏克萊加州大學哲學博士。
- 莊文瑞** 臺灣大學哲學博士。
- 鈕則誠** 輔仁大學哲學博士。
- 蔡傳暉** 臺灣大學土木研究所碩士。

目 錄

原 序	i
中譯本序	iii
譯者簡介	v

第一篇 導 論

第 一 章 科學是什麼	3
第 二 章 事 實	21

第二篇 個案史

第 三 章 史諾與霍亂	41
第 四 章 熱是物質嗎？	89
第 五 章 誰是瘋子	155

第三篇 普遍性原則

第 六 章 科學——追求理解	259
第 七 章 科學以普遍性為目標	269
第 八 章 科學——實驗測試	279

第九章	實驗者與實驗	311
第十章	測量及其陷阱	329
第十一章	假說那裡來？	349
第十二章	冷靜的科學家	373
第十三章	科學的文化基礎	385
索引	409

第一篇

導論

第一章

科學是什麼

為什麼要學習科學？

本書旨在說明科學方法。我們不是為專業的科學人員，而是為一般受過教育的人所寫。然而，我們也希望本書能有價值地提供科學家一個比他的專業角度更廣闊的視野來看待科學方法。我們編寫本書，是因為我們相信，一個生活在科學已扮演舉足輕重角色時代的人，需要知道有關科學方法的一些事：如科學的新發現如何達成？理論如何成型？理論如何檢驗（測試）？以及為何理論會使人信服或遭人摒棄？

科學方法的知識之所以重要，其理由有以下數端：

首先是文化層面的理由。許多科學概念，如達爾文的演化論，熱力學第二定律，物理學的測不準原理（uncertainty principle）等，對於哲學、文學與神學等領域所產生的衝擊，深深影響著當代的思潮。然而，科學概念本身，做為一種觀看、瞭解以及改變世界的方式，也許要比上述科學發現的個別例子更具影響力。

現在有許多人視科學為洪水猛獸，不僅是因為由科學發現所發展出來的現代工藝技術的使用，具有傷害性與毀滅性；更因為科學精神所提供的世界圖象是機械式而非人性化的，才使它成為

眾矢之的。科學所能提供的理解掛一漏萬，忽略了更深的生命意義及使生存具有價值的問題。①本書不打算回答這些質疑。這些質疑可能是對的，但我們把結論留給讀者們自行裁奪。我們的主張是：有關科學研究方法的知識，並不會使人腐化，而且有這類知識要比沒有的好；一個人可以自行決定是否要拒絕科學，但必須基於對科學有切實的瞭解之上。

此外，我們寫書的目標之一是說服讀者，使他瞭解科學並非把有用的事實有秩序堆砌起來的例行公事。科學是人類創造力與想像力的活動，不是電子計算器或任何機械的活動。創造力與想像力必須在素養與自我批判的控制之下進行，寫詩即是如此，不獨科學為然。正因為科學是一種富於創造力與想像力的活動，所以科學家從事科學研究和藝術家從事創作時所獲得的滿足並無二致。同樣地，科學成果本身所蘊含的美，如同詩、畫、樂曲一般，他人亦可享受得到。

通常，**科學方法**(scientific method)這個詞容易使人誤解。人們以為只要按照一套精確鋪陳出的程序去做，便會得到科學上的新發現。事實上並沒有這種「科學方法」。我們在這本書中要傳達的要點之一，即是科學家實際工作時的直覺面與不可預測面。《美國文粹大辭典》(*American Heritage Dictionary*)替**技藝**(art)這個字下的一個定義是：「一種善於表現的特殊技術，需要運用直覺的能力，無法但憑學而知之。」科學研究在此意義下，是一門**技藝**。

一個人需要瞭解科學方法，還有其他更實際的理由。身為公民的我們（或那些我們所授權的人），有許多決定，需要某些專門的科學知識——如化學、物理、生物等——方能做成。例如：住在核能廠附近的居民受意外爆炸波及的風險有多大？政府應如何

決定到底是要支持治療癌症的研究計畫，還是支持開發新能源的研究計畫？本書雖然無意提供這樣的專門知識，卻可以使我們瞭解，這類知識應如何取得，以及如何確知它的真實性。處理這類問題時，科學專家們往往意見紛歧。我們該相信誰？為什麼相信？面對這些問題時，在相當的範圍內，我們只能仰仗專家，但我們應對專家知識的來源及其限制有所瞭解。而且大多數人，在日常生活中所作的各種選擇、決定——票投給誰，買什麼，住那裡，吃什麼等等——在直覺上使用了科學方法的某些側面。他們通常不認為自己所做的是應用科學方法，也不會淋漓盡致地使用它。但即使是在這種日常生活中，對於一些基本的科學思考過程，能有一個較為清楚的概念總是好的。話說回來，大多數人對於科學思考都有些直覺的觀念，這對我們而言是一項鼓勵；假使我們解釋得更好，他們就可以獲得更清楚的瞭解。

到目前為止，我們尚未談到科學這個詞的意義，事實上，這個詞有好幾個定義。

對某些人而言，這個詞只適用於「精確」的科學（例如物理學），其特徵在於具有高度普遍性及廣泛適用範圍的法則，由此可以做出數量上精確的預測。②牛頓以一些簡單的數學方程式來描述運動，這項發現可以用來描述當時已知宇宙的種種運動形式——行星環繞太陽的運動，蘋果落地，海洋的潮汐，小提琴絃的振動等。這些運動可以很精確的描述，例如：數百年後日蝕的預測，其誤差在數秒之內。假使高度普遍性及準確預測力的定律是科學不可欠缺的要素，那麼沒有任何一門社會科學或行為科學符合這個判準。心理學或社會學所發現的「定律」，其適用範圍很窄，預測也不準，又在本學科中甚有爭議性，這些都與物理學定律截然不同。

對另一些人而言，科學意謂著能以**控制實驗**(controlled experiment)來檢驗理論。控制實驗指的是：被認定為某個現象之原因的質或量可加以控制，實驗者使這個假設的原因在一實驗組中出現，在另一對照組中不存在，然後比較兩組實驗的結果。電視機修護員要知道一架電視機為什麼出毛病時，他可以試著用新的機件取代舊的，一次換一個電晶體、電容器、真空管等，直到找出毛病為止。心理學家要知道，老師所屬的種族是否對黑人小孩的學習能力有所影響時，他可拿白人老師班上黑人小孩的表現與黑人老師班上白人小孩的表現做比較。修護員與心理學者做的均是控制實驗。③

然而，接受這個定義，則許多常為我們視為偉大科學成就的東西，就會被排除在科學之外了。天文學是最精確的科學之一，卻不能控制任何量：我們就無法移動火星，使之靠近太陽，看看火星一年的軌道長短會有什麼變化。地質學把北美大陸的許多地質特性歸之於二萬五千年以前「冰河時期」冰河運動的結果，但是我們卻無法讓冰河出現或消失，看看它們是否真的造成了這些特性。生物實驗室中所做的實驗只能為演化論提供少量的證據，大部分的證據是在自然界中早已存在的。

我們對科學的界說

我們決定把科學做更寬濶的界定——界定為含有下面三種特性的活動：

1. 科學追求**理解**(understanding)，所謂「理解」是為實在界的某個面相找到滿意說明的一種感受。