

波普的否證論

林崇安

（中央大學太空所,2006）

一、前言

●總綱：科學哲學是以「科學方法」對各種「存在」追根究底，以增加智慧、減除疑惑的一門學問。針對科學知識的增長，不同的「科學哲學家」建立不同的理論，此中，波普建立了「否證論」（證偽主義）。

【背景】

波普（K. Popper，1902-1994）是奧地利人、英國人，生於維也納。成名著作：《科學發現的邏輯》，德文版初印於 1935 年，英文版初印於 1959 年，波普並於 1972 年對原著補上「追記」，此書有查汝強、邱仁宗的中譯本。波普的《猜想與反駁》一書，認為科學是一種猜想，要用經驗來檢驗、來反駁，反駁不了就暫時保存著，直到被駁倒。波普深受愛因斯坦的影響，建立否證或證偽（falsification）的新觀念，以「可否證性」（falsifiability）來區分科學和非科學。波普不僅是科學哲學家，也是一位傑出的社會學家。他嚴格區分「開放型的社會」和「封閉型的社會」二者的差異，指出科學發現與創造是開放型社會進步與發展的源泉動力。證偽主義開創了科學哲學研究的新天地，因此也被稱為「科學知識進化論」。

二、邏輯實證論的出現

歐洲十七世紀哥白尼的「日心說」取代傳統教會的「地心說」，是對自然世界的一種新認識，興起了探索自然的科學活動。經由伽利略、牛頓等人的努力，科學研究已成風氣。科學的研究採用歸納法和演繹

法。隨著科學的發現，理性論和經驗論的哲學家們也開始從認識論的角度來檢驗科學發現本身的可靠性。從經驗論出發，有「實證論」的出現，要求理論要立足在嚴謹而客觀的實驗和觀察上。

由石里克(M. Schlick,1882-1936)等人組成的維也納學派，提出「邏輯實證論」(1923-1936)，指出科學理論的意義就是它的實證方法，認為科學理論具有預測性，所預測的要能符合實際觀察的結果，這就是邏輯實證論判定真理的標準和證實該理論的方法。在科學哲學的發展中，邏輯實證論佔有關鍵性的地位。但也遭到批判，最有名的是波普，提出完全相反的「證偽主義」(否證論)。波普深受愛因斯坦的影響，愛因斯坦的科學哲學結合了約定論、經驗論、科學理性論、意義整體論、綱領實在論的觀點，並採用假說演繹法、邏輯簡單性原則和形象思維等方法來進行科學研究。經由波普等人的評擊，邏輯實證論後來演變成「邏輯經驗論」。

三、波普的否證論（證偽主義）

科學命題一般都是全稱命題。例如：「所有烏鴉都是黑色的」。波普認為，要證實這個命題就要觀察過去、現在和未來的所有烏鴉，而這是不可能的，相反的，只要找來一隻非黑色的烏鴉便能否證這個命題。所以，科學命題只能被證偽而不能被證實。因此波普的方法論採取嚴格的否證法。否證法是一種試錯法（method of trial and error），整個否證法的運作過程是：

問題（P1）→嘗試的理論（TT1）→消除錯誤（EE1）→

新問題（P2）→TT2→EE2→...

P：問題是科學的開始

TT：自由猜想、非理性的因素

EE：觀察、實驗是用來否定錯誤的理論而不在於支持某一理論

第一階段：「問題」的出現

1. 來自一個理論體系內部的不協調。
2. 來自兩個不同理論間的矛盾。

3. 來自理論與觀察、實驗的衝突。

第一階段否定科學是從觀察開始、從經驗開始。

波普：科學只能開始於「問題」。

第二階段：期望與試探的理論

TT：自由猜想、非理性的因素

波普：一切理論都是推測、假設。理論的假設，來自靈感的激起和釋放，靠創造的想像和直覺。這是一種非理性的因素。

此階段反對理論是通過歸納法歸納出來的。

波普：一般陳述不能從個別陳述得來，全稱命題不是許多單稱命題的拼盤。

第三階段：排除錯誤

EE：觀察、實驗是用來否定錯誤的理論。

波普：對假設、理論進行批判，要通過檢驗。檢驗的目的在於排除錯誤。檢驗就是要駁倒、要否證。一個理論經得起駁倒，則它暫時確立了。暫時確立的理論將來可能還是會被駁倒、被否證。

檢驗的過程要用到理性因素（邏輯演繹）以及經驗因素（觀察、實驗）。觀察、實驗不是用來支持某一理論。

此階段反對「可證實性」。真正的檢驗是企圖反駁理論、否證理論。

波普：「理論」不可能得到證實。要證實一個理論，要包括過去、現在和未來的所有有關的事例，這是不可能辦到的。

第四階段：新問題的出現

經由邏輯上的檢驗、實驗中的檢驗，若得出負的結果，新問題就出現了。

波普否證論的特色：

- （1）反對經驗論，（2）反對歸納主義，（3）反對實證原則：
- 以可否證性來區分科學和非科學。
- 凡具有可否證性的理論，才佔有科學的地位。
- 凡不具有可否證性的理論，都不屬於科學。
- 科學是由假設、推測所組成，因此「科學」不等同於「真理」。

波普的一些重要見解：

【1】科學和非科學之間如何劃界？

科學和非科學之間的界線並不是經驗的「證實」，而是「可否證性」。

- (a) 一個假說必須演繹出預測的命題，接受經驗證據的否證：
相對論應是科學，因為相對論的預測結果如果和日蝕觀測的證據不合就會被否證故。
- (b) 理論和經驗證據符合時的確認或實證(verification)，並不是科學的主要特徵。弗洛伊德的精神分析理論雖然處處可以找到確認的證據，但在波普看來是缺乏科學的可否證性。如果想尋求確認，很容易獲得確認。占星學的含糊預測，或事後引入「特置假設」(ad hoc hypothesis)，很容易逃避被否證，因而不是科學。
弗洛伊德的精神分析理論、占星學，應不是科學，因為缺乏科學的主要特徵，因為不能滿足「可否證性」的判準而不會被否證故。

【2】猜測－反駁(conjecture-refutation)

- (a) 科學是一種「猜測－反駁」的冒險事業。科學家總是在可用的資料外，進行大膽的猜測，提出假說，再以實驗來反駁這假說。
- (b) 如果一個科學假說通過了一次否證的檢驗，這個假說就得到一次「認可」(corroborated)。經歷多次不同實驗而未被否證的假說，被認可的程度越高。
- (c) 嚴格的否證精神：一旦假說被否證了，科學家應該服從事實，放棄該假說，而不要採取「特置假說」或新的定義來挽救這假說。

【3】判決實驗(crucial experiment)與否證

培根所說的判決實驗(決斷實驗)是對兩個對立的理論所作的一個決定性的判決實驗，判定何者為是、何者為非。由波普來看，這是將其中錯的理論否證掉，未被否證的理論則暫時成立，但是未來還要再接受否證。

舉例：關於熱的本質問題，以前有熱質說(caloric theory)和熱動力論(kinetic theory of heat)兩派理論。

- (a) 熱質說的思想最早起源於古希臘的德莫克利圖（420 B.C.）和伊壁

鳩魯。熱質說的代表人物是英國的布雷克(J. Black, 1728-1799)，認為熱是一種稱作熱質（卡路里，calorie）的物質流體。熱質無質量，既不創生，也不消滅，保持總量守恒。物體內所含熱質的多少，決定物體溫度的高低。熱質說成功地解釋了當時遇到的一些簡單熱現象。例如，兩種不同溫度的物質混合後能達到同一溫度，是交換熱質的結果；熱傳導是來自熱質的流動等。

- (b) 熱動力論的代表人物是出生於美國，後來加入英國國籍的倫福特伯爵(C. Rumford, 1753-1814)，他原名班傑明·湯普生，巴伐利亞的選帝侯封他為伯爵。

1746 年，俄人羅蒙諾索夫提出《關於熱和冷的原因的思索》的論文，1748 年提出《試論空氣的彈力》的論文，在這兩篇論文中，他說：「熱的充分根源在於運動」。但這兩篇論文並未受到重視。

1798 年，倫福特在巴伐利亞的首府慕尼黑監督炮筒鑽孔工作時，注意到用鋼鑽給銅炮身鑽孔時，產生了大量的熱，使炮身鑽孔處溫度很高。

熱質論者可以辯解說：這種現象是因為銅屑和銅炮身的比熱大不相同，因而銅屑脫落下來時，把熱量給了炮身，使炮身溫度提高。

倫福特接著進行了一系列「炮身鑽孔實驗」，比較鑽孔前後金屬和銅屑的比熱，發現金屬的比熱沒有改變。

他還用很鈍的鑽頭鑽炮筒，半小時後炮筒從 60°F 升溫到 130°F，銅屑只有五十多克，相當於炮筒質量的九百四十八分之一，這一小部分銅屑能夠放出這麼大的熱嗎？倫福特做出結論：

「這些實驗所產生的熱，不是來自金屬的潛熱或綜合熱質。……看來在這些實驗中，由摩擦生熱的源泉是不可窮盡的。不待說，任何與外界隔絕的物體或物體系，能夠無限制提供出來的東西，決不可能是具體的物質實體；在我看來，在這些實驗中被激出來的熱，除了把它看做是運動以外，似乎很難把它看做是其他任何東西。」

熱質論者可以辯解說：倫福特實驗中的熱是從周圍的「熱質海洋」中吸收來的。

1799 年倫福特回到英國，於英國皇家學院提出上述報告。學院聘有

楊（1773-1829）和戴維（1778—1829）等年青講師，戴維當時只有 21 歲，設計了一個更有說服力的實驗以支持倫福特的觀點：在一個絕熱裝置裏（隔離了熱質海洋），利用鐘錶機件使裏面的 29°F 的兩塊冰互相摩擦而溶解為水。按照熱質論的觀點，整個裝置沒有足夠的熱質去融冰，可是冰卻融化了。戴維認定是機械運動轉化成熱，並斷言「熱質是不存在的」。戴維在他的第一篇文章裏介紹了這實驗的結果。（今日有些科學史家卻懷疑這個實驗是不成功的，冰實際上是因為裝置漏熱才融化的）

無論如何，這些實驗否證了熱質說，並不存在所謂的「熱質」。

熱動力論成為暫時可被接受的理論。

以上說明了：實驗是為了否證錯誤的理論。

【4】因果律與規律的出現

- （1）因果律：B 事件恆常地在 A 事件之後發生，A 事件是 B 事件的原因。休謨認為：即使我們觀察再多次的 B 事件跟著 A 事件而發生，我們也無法必然地推出未來 A 事件發生時，B 事件也必定發生。換言之，歸納推論無法給我們「邏輯必然性」的保證。
- （2）但是，我們為何一直在進行著歸納推論？
休謨說：這是出於人們的心理「習慣」：相信事件之間有恆常的「規律性」。
- （3）波普反對休謨的心理學的「習慣」解釋，認為「規律性」的信念，不都是從重複中產生，因為一次印象深刻的觀察即足以創造定律的信念。
- （4）波普認為我們應該容許從非歸納的程序來獲得規律性的知識：我們不是被動地由重複來獲得規律性，而是主動地嘗試把規律性施加在世界上。我們嘗試發現相似性，並以我們發明的定律來解釋相似性。這種主動的嘗試稱作「試錯法」或「猜測—駁斥法」。
- （5）波普認為，康德主張我們把定律加諸於自然之上，這點是對的。但是，康德相信我們可以成功得到必然的真理，這點是錯的。
- （6）古今的兩種態度：
 - （a）獨斷態度：尋求規律性，把定律施加自然上。在某種程度上這是必要的。

(b) 批判態度：隨時準備修正先前的說法，允許懷疑，接受檢驗。

討論：

(1) 波普是用證偽的原則來給科學與非科學劃界。如果一個命題，模稜兩可，像算命先生所說的一樣，沒有辦法證偽，那就不是科學命題。

問：弗洛伊德的精神分析理論、占星學，是否真如波普所說的不具有「可否證性」？經濟學等學科是否合乎科學？

科學與非科學當決定於該學科所建立的原理與事實（含預測）的符度，此處牽涉到「不確定原理」（測不準原理）。

波普以「可否證性」來區分科學和非科學。但常會否證過頭，顯得「粗糙」。例如，由於基因突變出現一隻白色烏鴉，就否證「烏鴉都是黑的」。以一個耳朵識字實驗，就推翻一般的認知科學，這會令人覺得「粗糙」和難以信服。在發現「例外」時，應仔細檢驗原有的理論中，有何種被忽略的「條件」，因而會導致不能合乎觀測，有時則表示有更廣的一個理論有待建立，而原有的理論可能有其適用範圍有待釐清。例如在相對論力學建立後，科學家們知道牛頓力學是適用在相對速度遠小於光速時，並不是說牛頓力學沒有用處了。

(2) 要證偽或否證一個「全稱命題」只要一個例外就否證了。但要證偽或否證一個「非全稱命題」不是很容易的，例如，「天下有白烏鴉」，這要觀察完所有的烏鴉都不是白色後才能證偽。

(3) 判決實驗，可以判決某一個理論的對錯。事實上並不是那麼簡單，因為修改一些輔助假設和邊界條件後，還可以讓這個理論的推論符合實驗結果，使這個理論繼續保留下來。

(4) 波普否認真理的客觀實在性，這很難得到傳統哲學家的認同。

四、以「增智模式」來評析否證論

◎科學哲學的「躍升型」和「下推型」增智模式：

【前科學 1】→【科學 1】→【後科學 1=前科學 2】→【科學 2】→
【後科學 2=前科學 3】→【科學 3】…

【前科學 1】

步驟 1：首先收集正反相關資料。

步驟 2：將「問題」逐步明朗化。→問題 (P1)

步驟 3：醞釀到達「臨界點」時，癥結豁然開朗（靈光一現），得到可能的答案。→嘗試的理論 (TT1)

步驟 4：檢驗現象相關的細節是否一致。→消除錯誤 (EE1)

說明：步驟 1、步驟 2 是醞釀期，其時間長短不定，此中「問題」可能在古代就出現，因此，若主張科學是從「問題」開始也就未必盡然了。反而是步驟 3 豁然開朗得到正確答案的那一剎那，才是重要的一步，這是「理性論」所說的直覺、靈感，但這直覺、靈感是否正確，必須接受步驟 4 的嚴格檢驗！未通過檢驗得到正確的答案之前，不能算是科學的！而這種檢驗的精神是古代「理性論」所欠缺的。

另一方面，新工具開始啟用後，觀測到新現象或得到實驗結果的那一剎那，同樣也是重要的一步，這是「經驗論」所重視的觀察。未測到新現象或得到實驗結果之前，只能保持沉默！

出現「問題」時，尚屬哲學範圍或「前科學」階段。「消除錯誤」時，檢驗的過程雖採用科學方法：要用到理性因素（邏輯演繹）以及經驗因素（觀察、實驗），但是仍然屬於前科學，因為尚在摸索，理論與事實之間尚未確認。

近代科學的革命，常先由新工具觀測到新現象或得到實驗結果，而後出現新觀念，由新觀念預測新結果，而後再由新工具去檢驗是否正確。

a 豁然開朗得到正確答案的那一剎那，才是重要的一步，這是「理性論」所說的直覺、靈感，但這直覺、靈感是否正確，必須接受步驟 4 的嚴格檢驗。

b 另一方面，新工具開始啟用後，觀測到新現象或得到實驗結果的那一剎那，同樣也是重要的一步，這是「經驗論」所重視的觀察。

○波普否定科學是從「觀察」、從「經驗」開始，認為是從「問題」開始。但是如果從「增智模式」來看：「觀察」、「經驗」、「問題」都是同屬於「前科學」，此時沒有主從之分。

○什麼是嘗試的理論（TT1）？

「躍升型的增智模式」：此時嘗試的理論（TT1），指新的假說。

「下推型的增智模式」：此時嘗試的理論（TT1），指舊的定律配上初始條件（含邊界條件），去解釋已經觀測到的現象。

【科學 1】

步驟 5：一旦理論由事實確認，未受否證，此時理論暫時確立了。
科學只能開始於理論與事實相符的這一刻。若原理與觀測相符，則得到階段性的答案，並成為科學。例如：生物學的雙螺旋革命，天文學的大爆炸理論。（若不一致，則要回到步驟 1、步驟 2、步驟 3）

a「躍升型」增智模式下，此時是有了新典範，有了新硬核，也解釋了前面所提出的問題。

b「下推型」增智模式下，此時是有了明確的初始條件（保護帶），結合舊有的硬核，解釋了前面所提出的問題。

步驟 6：此後進入科學的應用階段（用邏輯演繹之理性因素以及觀察、實驗之經驗因素）。

【後科學 1 = 前科學 2】：

步驟 7：再提出哲學問題，給出「前科學」的解答…

新問題（P2）→TT2→EE2

小結：「增智模式」與「否證法」之比較結果

【前科學】= 問題（P1）→嘗試的理論（TT1）→消除錯誤（EE1）

【科學】=（未列出：暫時成立的理論 TT1）

【後科學】= 新問題（P2）→TT2→EE2

五、否證論與一科學實例（電弱理論的建立）

引言：弱力不似電磁力、磁力或重力般在日常生活中來得那麼重要，但是它在星球核心區域產生能量，以及製造各種化學元素的連鎖反應中扮演著一個重要的角色。

1896 年，貝奎雷 (H. Becquerel, 1852-1908) 發現一種稱為 beta 衰變的自發

性放射現象。(貝奎雷得 1903 物理獎)

1933 年，費米(E. Fermi)的 beta 衰變理論中，認為弱力並非像重力、電力或磁力那樣可以在一段距離之外作用；相反地，弱力會同時將原子核中的一個中子轉變為一個質子並創造出一個電子和一個反微中子，並把它們逼出原子核外，這是其他力都無法達成的事，所有這些過程皆在空間中的同一點發生。

1967 年，溫伯格(S. Weinberg)從「弱力理論」轉而研究「強力理論」，想將強力與電磁作用間的差異用「破壞對稱性」(broken symmetry)的現象來解釋，但這個方法在強力行不通，溫伯格突然想到它們可以做為解決有關「弱力理論」的數學基礎。

基於電磁作用的類比，它不只可以成為一個弱力理論，亦經證明可成為弱力與電磁力的統一理論：原始的「電弱理論」。該理論預測有類似光子的粒子：帶電的 W 粒子、中性的 Z 粒子。

1968 年，巴基斯坦物理學家沙拉姆(A. Salam)也提出相同理論。沙拉姆和溫伯格都提到此一理論將在弱力方面消去「無限大的問題」。

1971 年，伊霍特(G. 't Hooft)解決了無限大的問題。電弱理論開始迅速起飛而成為物理研究進程的一部分。

1972 年後，實驗證據開始接踵而來，顯出此理論較舊的費米理論為佳：正確地推出先前已被費米理論所解釋之弱力的所有屬性，以及量子電動力學先前所描述之電磁力的所有屬性。

1973 年，歐洲核子委員會宣布發現電弱理論所預測的弱中性流：此是由 Z 粒子的交換所產生，它會在原子核所產生的微中子束散射中出現。

1976 年，一項危機發生了。電弱理論預測在電子和原子核之間的弱力將產生左右不對稱的現象。但是在西雅圖和牛津兩地進行傳導偏振光通過鉍(bismuth)蒸氣的實驗無法發現此一旋轉現象。(電弱理論似乎被嚴格的實驗否證了！)

說明：杜恩(P. Duhem)和奎因(W. V. Quine)早就指出，一個科學理論永遠不能因為某實驗結果而被絕對地排除其可能性，因為我們總是可以找到某些操縱理論或輔助假設的方法，以期在理論和實驗之間尋得一個一致點。

在牛津、西雅圖的實驗之後，許多理論家開始嘗試修正電弱理論，以解釋為何中性流並未具有預期中的左右不對稱性質。溫伯格也嘗試修

正電弱理論以符合最新的實驗數據，但是都行不通。

1978 年，史丹福大學的一項新實驗以一種全然不同的方式來測量電子與原子核間的弱力，運用史丹福大學的高能加速器產生的一束束高能電子打到重氫(deuterium)原子核而散出來。實驗結果發現了預期中的左右不對稱。

突然之間，各地的粒子物理學家都認為原始的電弱理論畢竟是正確的。

問：為什麼只有一個實驗提出與電弱理論相符，就使得物理學家普遍認定該理論必定為真呢？

此時物理學家所採用的是自然界具有簡單性與美的特性作標準，來取捨相互矛盾的實驗結果。

接著，在柏克萊和巴黎也做了一些新實驗，牛津和西雅圖的物理學家也重做原來的實驗，得到一普遍的看法：左右不對稱效應確實存在。

1983 年，歐洲核子研究委員會的盧比亞(C.Rubbia)所領導的小組發現了 W 粒子，1984 年發現了 Z 粒子，這些粒子的存在和屬性已被原始的電弱理論正確預測出來。

這是電弱理論最戲劇化的檢驗。（溫伯格的《最終理論》p.127-140）

【存有論的角色】

在電弱理論的成立過程中，也明顯看到存有論的角色：W 粒子、Z 粒子、中性流的左右不對稱性質，這些存在物的出現也判定了電弱理論的命運。原始的電弱理論是簡單而美的，刻意的修正反而是行不通的。波普的證偽假說有點粗糙，科學理論並不是一個實驗的不符就馬上被否定掉，有時還要堅持，因為常常不是理論錯了，而是輔助假設或邊界條件要修正。例如，以往天文學家觀察出天王星的運行軌道與牛頓定律所算出來的略有不同，科學家不會立即否定牛頓定律，有人反而猜想是否受到另一尚未發現的行星所干擾。果然找到了海王星。

六、結語

「大膽假設，小心求證」已經過時，代之以「大膽假設，嚴格否證！」

但是波普的否證論尚嫌粗糙，所以拉卡托斯（I. Lakatos, 1922-1974）就提出了「科學研究綱領方法論」來修正否證論，認為科學研究有其研究綱領，理論有內核，外部有邊界條件、輔助假設。一個理論經過檢驗，若未通過，其內核是不輕易放棄的，可以改變邊界條件、輔助假設再接受檢驗。實在不行才放棄。允許幾個理論相互競爭，看哪個能夠解釋較多的事實、能夠預測新的事實，相互競爭下，好的就保留。所以科學研究綱領方法論是一個精緻的否證論。

球員兼裁判
真真假假
假假真真
又是證實又是證偽
球迷都起鬨
棍棒都齊飛
不怕輸贏的只有大自然
