

第一篇

自然科學發展的歷史回顧

第一章

自然科學的萌芽與興起



- ◆第一節 古希臘的科學
- ◆第二節 中國古代的科學

4 自然科學概論

科學，從狹義的觀點來看，它是一種可用經驗事實來檢驗的關於自然界規律的知識系統；從廣義的觀點來看，它是一種探究自然界規律的特殊的社會文化活動。人不僅是一種生物的人，更重要的是一種文化的人。自從有了人類以後，各種人類文化活動如語言、原始技術、原始藝術、神話和原始宗教、歷史和哲學就先後相繼地應運而生。科學，可以說是人類歷史上出現較晚的一類文化現象，它可以看成是今天人類文化最高層次和最為獨特的成就。它是一種只有在特殊條件下才可能得到發展的甚為精緻的成果。雖然既存的科學理論並不是絕對真理，人們可以對其提出各種質疑，但是作為接受經驗事實檢驗的科學理論，它的一般的認識功能和社會功能卻是無可置疑的。正是科學給我們洞察自然界以精確的工具，使我們對自然界產生具有可知性的信念，以至於早在兩千多年前阿基米德（Archimedes）就誇口說：「給我一個支點，我就能搬動地球。」在變化不定的自然界中，正是科學為人們確立了推動地球的支點。

第一節 古希臘的科學

一、古希臘（Greece）早期的科學成就

科學最早主要是包含在哲學的文化形態之中的，自然哲學就是它的前身。自公元前 6 世紀以來，西方思想家們一直在尋求一套統一的觀念，用以解釋各種自然現象，評價個人生活方式以及社會習俗和制度，為人們提供一個進行道德思考和社會政治思考的理論框架。「哲學」就是古希臘人（Greek）找到的這樣一種觀念的總名稱。哲學作為一種文化觀念系統來說，涉及領域十分廣泛，如自然哲學、形而上學、語言哲學、藝術哲學和科學哲學等等，其中自然哲學專以自然界為研究對象，它是哲學家們的自然觀；從研究的具體內容來看，哲學又可分為本體論、認識論和方法論，其中本體論論及「存在」以及「存在什麼」，它與自然哲學關係非常密切。自然哲學在西方最早出現於古希臘（Greece），古希臘的哲學家都是自然哲學家，他們都明確地以自然界作為自己的研究對象，探究自然界萬物的本原，解釋自然現象千變萬化的原因。

古希臘的自然哲學起源於公元前 6 世紀初的米利都（Militus）學派，代表人物是泰勒斯（Thales）、阿那克西曼德（Anaxiurander）和阿那克西美尼（Anaximenes）。其代表作是《論自然》、《論天球》等。他們的自然哲學的特點是原始科學的和唯物主義的。公元前 6

世紀中葉的畢達哥拉斯（Pythagoras）學派，從原始數學的視角來洞察自然界。公元前6世紀末和公元前5世紀初的赫拉克利特（Heraclitus）學派，又提出了具有樸素辯證法思想的自然哲學，其代表作是《論自然》。與此同時，埃利亞（Elea）學派則用畢達哥拉斯學派的觀點去改造和提高米利都學派的自然哲學。公元前5世紀中葉的恩培多克勒（Empedocles）和阿那克薩戈拉（Anaxagoras）的自然哲學則以多元素的觀點代替一元素的觀點，以組合的觀點代替轉化的觀點，其代表作是《論自然》、《論事物的本性》、《醫論》等。公元前5世紀後期的留基伯（Leucippus）和德謨克利特（Democritus）提出了原子論的自然哲學，其代表作是《小宇宙系統》。公元前5世紀末之後，蘇格拉底（Socrate）否定個體性，追求普遍性，貶斥感性，推崇理性，並把哲學研究對象擴大到人，這是哲學發展的一次有深遠影響的轉折。柏拉圖（Plato）（前427—前347）師從蘇格拉底，建立了龐大的理念論體系，成為唯心主義思想的創始人，其自然哲學的代表作是《蒂邁歐篇》等^①。從泰勒斯到柏拉圖約經250年，為後來的亞里士多德（Aristotle）綜合出一個完備的自然哲學準備了大量的素材。

二、亞里士多德（Aristotle）的科學成就

亞里士多德（Aristotle）（前384—前322）是柏拉圖的學生，是蘇格拉底傳統的擁護者，同時他又是前蘇格拉底哲學的繼承者。為了研究自然哲學的需要，他也從事科學研究活動。他是古典物理學和生物學的創建人，其著作有《論天》、《物理學》、《天象學》和《論靈魂》等。現將其主要科學思想概述如下。

在關於自然界的結構方面，亞里士多德從當時人們的觀察經驗和柏拉圖及其學生歐多克斯（Eudoxus）的宇宙模型出發，提出了以地球（earth）為中心，月亮（moon）、水星（Mercury）、金星（Venus）、太陽、火星（Mars）、木星（Jupiter）、土星（Saturn）和諸恆星（fixed star）依次按不同大小的軌道繞地球作圓周運動的同心圓結構，其中月亮的軌道半徑最小。每一個同心圓算一個天層，恆星天層之外的叫原動天層。這樣，地球之外共有九個天層。他假定神是宇宙萬物各種原因的始點，神推動原動天後，原動天推動最外層的恆星天層，運動就這樣從外到內依次傳下來。

在關於自然界的組成方面，亞里士多德首先將自然界以月亮天層的軌道為分界，把整個自然界分為「月上區」和「月下區」，月上區即月亮天層及其之外的各個天層的區域，月下區即地球與月亮天層之間包括地球在內的區域。在他看來，月下區是一個世俗地區，每一種實際物質均由「土」、「水」、「氣」、「火」這四種元素之一或它們的組合組成。

^① 苗力田編譯：《古希臘哲學》（原著選編），中國人民大學出版社，1989年版。

6 ✦ 自然科學概論

基於自然界的這種物質組成，亞里士多德解釋了自然界萬物變化、運動的原因。他認為，這四種元素能按任何比例結合而生成荷蒙米利亞（*homoioimeria*），它們是組成血、石頭、肉的微粒。這些微粒再結合起來，形成安荷蒙米利亞（*anhom-oioimeria*），如臉、手等等。元素及其微粒結合的方式有三類：合成、化合和摻和。他用這種結合去解釋他所知道的一切化學現象。為了說明四元素的存在狀態和它們之間的相互轉化，他提出了元素可以和一組「質」並存的設想。基本的質有四種，即熱、冷、乾和濕。它們可以組合成四對，即熱和乾、濕和熱、冷和乾以及冷和濕。這四對質分別隸屬於四元素：火是熱和乾的，氣是熱和濕的，水是冷和濕的，而土則是冷和乾的。他認為，由於這些質在程度上可以任意變化，於是一種元素完全可以變成另一種元素。例如，由於氣和水都含有濕，所以只要以冷克熱，即可變氣為水。他還認為，四種元素都具有達到它們原來各自靜止的「天然位置」的趨勢或意向：土元素在最底層，即地球的中心是它的天然位置，土的天然位置之上依次是水、氣和火的天然位置，後者已接近月亮天層。元素的這種趨向天然位置的意向是月下區物體作天然運動的原因。對月上區，亞里士多德則認為它是一個完美的地區，它們中的一切如月亮、水星等天體，均由另一種元素「以太（*ether*）」組成。以太是完美的，由它構成的天體都是球體並作圓周運動，因為球和圓都是完美的。他還認為，自然界的一切活動是有秩序的，這種秩序呈現出一種目的性。形式就是構成這種目的性的本原。自然界的一切事物都是生成（*gignesthai*）的，是由質料和形式而生成的。^②

亞里士多德早在古希臘時期就認為，探究自然現象的規律是有一個完整的認識程序的，並且總是首先從對某些現象的觀察開始的。藉由觀察人們獲得大量有關自然現象的經驗事實，這是第一步。然後對這些經驗事實進行歸納推理（如簡單枚舉歸納法），概括出具有一般性的科學原理即定律或理論，這是第二步。第三步是根據這些科學理論去解釋自然現象中的某些問題，這一步可以用演繹的方法去完成，即以科學理論為大前提，藉由三段論推理，演繹出關於自然現象的有關陳述。這是人類首次提出的經驗主義科學探究程序。

亞里士多德也是公理化思想的創始人，他認為，一個成熟的科學理論是可以被組織在一個演繹化的體系中的，其中可以將少量的、基本的命題作為出發點即公理，將剩下的大量的命題作為派生的定理。同時，他認為公理化方法必須滿足三項要求，即公理應是不證自明的真理，定理與公理應具有演繹關係，定理必須與經驗事實一致。其中這第三個要求很重要，滿足這一條就使理論具有經驗意義，這是現代意義的科學理論的一個重要特點，否則它就跳不出哲學的形態。顯然亞里士多德的古典物理學就具有這種特徵。^③

② 苗力田編譯：《古希臘哲學》（原著選編），中國人民大學出版社，1989年版。

③ 洛西著：《科學哲學歷史導論》，華中工學院出版社，1982年版，第6—16頁。

從現代科學論來看，亞里士多德的物理學可以算作科學，但是他關於生命是什麼的「靈氣說」卻只能算作是「原始科學」或曰「前科學」。例如他認為，生物與非生物之所以不同，是因為生物體內具有一種可稱之為「靈氣」（或稱「靈魂」）的實體；靈氣乃是有生命軀體存在和運動的原因的本原；生物體的行為常常表現為一種目的性，這正是靈氣所致，靈氣為生物提供了這種目的；具體地來說，生物有植物、動物和人之分，植物只有一個植物性靈氣，它導致植物攝取體外養料的能力，以及生長、繁殖的能力；動物除此以外還有感覺的靈氣，它導致了動物的感覺和運動的能力；而人類則除此以外，還具有理性的靈氣，它導致了人的思維和認識的能力。這就是亞里士多德「靈氣說」的大意。它試圖揭示自然界生命現象的本質，但是至今人們並不將其看作是現代意義上的科學理論。因為一個刻畫自然現象規律的理論，如果稱得上是「科學的」，必須滿足兩條原則，一是「內部原則」，二是「橋樑原則」。內部原則是指，該理論在表述上要講清自然現象背後存在那些實體；這些實體之間如何相互作用；其相互作用中有那些規則性。橋樑原則是指，該理論在表述上還要講清「這些實體之間相互作用的過程」，如何與人們在觀測自然現象時所取得的經驗事實溝通起來。只有這樣，該理論才具有經驗意義，否則就是玄學。以上兩條原則對判斷一個理論是否是科學理論缺一不可。一個理論只有同時滿足上述兩條原則，它才是科學的。從上述兩條原則來看，亞里士多德的「靈氣說」顯然是滿足第一條內部原則的，但是不滿足第二條橋樑原則，例如它並沒有指明在什麼條件下靈氣將開始在植物體內動作，沒有指明靈氣是如何引導植物從體外攝取空氣、水和養料，如何導致植物新芽的萌發、花蕾的開放、種子的結實等等人們可觀測的經驗事實的發生。這樣，「靈氣說」只是抽象地、直覺地、甚至是武斷地告訴人們，植物生長、繁殖是靈氣支配的結果；它沒有具體地、明確地告訴人們自然現象發生的條件，一旦這種條件具備，人們便可毫無疑問地在現實中觀測到理論預言的結果。因此，當今的科學家們只能把亞里士多德的「靈氣說」視為「玄學」，而不是科學，不予接受。我們在此之所以要不厭其煩地講清這一點，是想說明作為科學起源的一些古希臘科學理論只具有「前科學」的性質。

三、古希臘晚期的科學成就

亞里士多德之後，科學在許多方面取得了進步。

在天文學方面的典範是托勒密（Ptolemaeus）（公元約90—168）的《天文大全》，在這部著作中他沿襲柏拉圖和希帕克（Hipparchus）的天文學思想，最終提出了一套完整而精緻的「地心學說」。該學說設想出描繪宇宙圖景的一種幾何結構，其中心是地球，所有的天體包括太陽都是圍繞地球旋轉，其軌道由本輪、均輪決定。托勒密在他的著作中，對繞地球轉

8 ✦ 自然科學概論

的天體的位置有過大量而較為精確的計算。

在光學方面，歐幾里得（Euclid）於公元前 300 年左右從幾何光學（geometrical optics）的角度初步地探究了視覺透視理論，著有《光學》一書。公元 150 年托勒密探究了光的反射（reflection）和折射（refraction）原理，著有《光學》一書。

在力學方面，阿基米德（約前 287—前 212）研究了橫樑或槓桿的平衡原理，著有《論平面的平衡》，又研究了物體的浮沉現象，著有《論浮體》。他將工程技術與科學結合起來，他也是這一時期希臘人中最傑出的代表。

在生理醫學方面，蓋倫（129—200）繼承和總結了自希波克拉底（Hippocrates）（前 460—前 370）、亞里士多德以來的醫學和生理學成果，在對人體的心臟和血管系統、大腦神經、腎臟和膀胱等系統或器官研究方面均有獨到的發現。他著作頗豐，代表作有《人體各部分的功用》等。^④

第二節 中國古代的科學

一、中國古代的科學成就

中國是一個歷史悠久的文明古國，在古代中國技術曾經一度領先於世界，科學也有過輝煌，只是在近代之後才被西方發達國家超越。到公元 1500 年之前，中國古代科學在天文學（astronomy）、數學、物理學、化學、地學、生物學以及工程技術的諸多方面均取得相當的成就。本文僅以天文學、地學和醫學生物學為例來說明中國古代科學的文化特色。

（一）華夏天文與曆法

中國古代天文學是世界上產生和發展最早的科學之一，最初只是研究太陽、月亮、恆星在太空中的位置和運行規律，藉以定方位、定時間、定季節，指導人們的生產和生活。這種方法當時叫做「觀象授時」。中國古代曆法就是由於天文學的影響與農牧業生產實踐的需要而創造和制訂的。天文學愈發展，曆法的精確度也愈高。

早在夏代，中國已有觀察天象的記載，已有天干記日法。商代甲骨文（oracle）中曾

^④ 戴維·林德伯格著：《西方科學的起源》，中國對外翻譯出版公司，2001 年版，第 73—138 頁。

有五次日食和「歲」星〔即木星（Jupiter）〕的記載，還有一些新星出現的記錄。周代天象觀測也有不少新發現。春秋時將天球黃赤道帶附近的恆星分為 28 組，定名為二十八宿。它實際上是描述整個宇宙天象的直觀系統。春秋戰國時期對異常天象留下不少寶貴記錄。據史書不完全統計，日蝕達 50 次，流星雨（screen saver）至少有 180 次以上。《春秋》中載有一次彗星（comet）出現在魯文公十四年（公元前 613 年），這是哈雷彗星（Halley Comet）最早的記錄。從秦始皇七年（公元前 240 年）至清宣統二年（1910 年）哈雷彗星共出現 29 次，每次中國都有詳細記錄。

曆法方面，商代使用干支記日法，此曆法沿用了幾千年，形成了具有中國特色的曆日制度體系。周代已經發明了用圭表測影的方法，確定冬至和夏至的節氣；還發明了計時儀器——漏壺，將一晝夜分為十二時辰，用地支命名，比商代前進了一步，也更加量化了。到春秋後期，產生了一種取回歸年長度為 365.25 日（比正確長度只多 11 分鐘），採用十九年七閏為閏周的曆法——古四分曆。這是當時世界上十分先進的曆法。中國特有的 24 節氣，大致在戰國時已齊備，這是一種特殊的太陽曆，對農業生產起著重要的指導作用。

公元前 104 年，漢武帝下令「議造漢曆」，命名為太初曆（西漢末劉歆改名為三統曆）。此曆具備了氣朔、閏法、五星、交蝕週期等內容，把季節和月份的關係調整得十分合理，這個方法在農曆（或稱夏曆）中一直沿用到現在。至於兩漢觀測天象的成就，最突出的是世所公認的最早的太陽黑子（black spots）記述。《漢書·五行志》中將西漢河平元年（公元前 28 年）三月所見的太陽黑子現象記述得很詳盡。從漢代至明代 1600 餘年間，中國史書中關於黑子的記載超過 100 次。

秦漢時期，天文測量儀器也有突出的進步。在制定太初曆時，改進了渾儀。漢宣帝時以銅鑄成用以演示天象的渾象，相當於現今的天球儀，這是中國的一個創舉。東漢的張衡提出了五星視運動的重要理論和月蝕的成因，測得日月的視直徑為 $365.25/730$ （約等於 0.5）度，和今測值相近。漢代論天有蓋天、渾天和宣夜說三家，它們的思想淵源都可以追溯到春秋戰國時期。宣夜說由東漢鄒萌作了系統的總結。春秋戰國時產生的第二次蓋天說到西漢仍在流行。這一學說把整個宇宙描述為半圓形的天、拱形的地，日月星辰附麗於天而平轉，不能轉到地下面等。它比第一次蓋天說（天圓地方說）有進步，但已為大量天象觀測事實所否定。而渾天說在西漢時得到很大發展，經落下閎、鮮於妄人、耿壽昌、揚雄等人的努力，漸為人們所接受。張衡則是渾天說的集大成者，他的《渾天儀圖注》便是渾天說的代表作。渾天說是一種以地球為中心的宇宙理論，他認為，「渾天如雞子，天體圓

10 ✦ 自然科學概論

如彈丸，地如雞中黃，孤居於內，天大而地小。天表裡有水，天之包地，猶殼之裹黃。天地各乘氣而立，載水而浮。」他將宇宙結構形象地同構於雞蛋。在當時的歷史條件下，能比較近似地說明天體的運行，對後世產生了很大的影響。他還製造了用於演示渾天思想的儀器——水運渾象，形象地表達了渾天思想，解釋了若干天文現象。

南朝劉宋的祖沖之應用歲差原理改進了閏法，編製成大明曆。這是當時最精密的曆法。他還求出「交點月」是 27.21223 日，跟現在的實測相差一日的十萬分之一。

唐代的一行和尚曾與精通工程技術的梁令瓚鑄造黃道銅渾儀。他測到的星宿的經緯度比較準確，用七年時間編訂了大衍曆。他還實測子午線（meridian）長度，推算出子午線每一度長 351.27 里。這數位雖不十分準確，但卻是世界上第一次推算子午線。

北宋在 1010 年到 1106 年間進行過五次大規模的恆星位置觀察，其精確度比以前有很大提高。第四次觀察結果，在 1247 年左右由王致遠按黃裳原圖（約繪於 1190 年）刻石，圖面積 8 尺×2.5 尺，刻星 1430 多顆，以北極（North Pole）為中心，繪有三個同心圓，分別代表北極常顯圈、南極（South Pole）恆隱圈和赤道，28 條輻射線表示 28 宿距度，還有黃度（Yellow）和銀河（milky way）。這便是聞名世界的蘇州石刻天文圖。

元代是中國天文學發展的高峰時期。著名科學家郭守敬推算出一年有 365.2425 天，跟地球繞日一周的實際時間相比僅差 26 秒，和現行公曆的一年週期相同。它的開始使用比現行公曆的確立早了 300 年。他在天文觀測上有許多重要成果，如精密測定 1280 年冬至時刻、測定二十八宿距星度數比北宋時提高一度。他設計製造的仰儀等十餘種天文儀器也有不少創新。

與古希臘天文學不同的是，托勒密（Ptolemaeus）的天文學中蘊涵著一種較為強烈的宇宙數學模型的思想，他認為可以用數學特別是幾何學來建立宇宙圖景的結構模型。而中國天文學則因制定曆法的需要而側重於代數計算，疏於用幾何學去建立宇宙的結構模型。

(二)獨特的中國醫學和藥物學

從文化的分類來看，現在一般把醫學和藥物學歸為技術類，但是它們與科學的聯繫很密切，因此窺視中國醫學和藥物學便可顯示中國古代生物學成就的一斑。中國醫學和藥物學不同於世界各國，是兩門獨特的治療疾病的醫學科學。在奴隸社會初期，中國醫學處於巫和醫不分的原始階段。商代中葉，甲骨卜辭中有關疾病的記載近 500 條，其中除了人體名的病患外，還有傳染性的瘧疾（malaria）。西周時有了進步，據《周禮》記述，已將醫和巫分開，並設立醫官，專施其職；醫師又分內科、外科、傷科及獸醫科。

春秋戰國至兩漢這 1000 年間，是中國醫學和藥物學發展較快的時期。這一時期有四部著名的醫學科學典籍問世，初步形成了中國醫學的理論體系。

在戰國時代，出現了一部經古代醫學家多次修訂而成的醫學巨著——《黃帝內經》，它分別從臟腑、經絡、病機、診法、治則、針灸等方面，對人體生理活動、病理現象及診斷治療方法作了比較系統全面的論述。名醫扁鵲採用「四診法」（即切脈、望色、聞音、問病）行醫，他所著的《難經》，分別對脈法、經絡流注、營衛三焦、氣血盛衰、臟腑經穴、用針補瀉等，進行了闡述和發揮。《神農本草經》一書則匯集了遠古至漢代以前的中國藥物學知識，收藥物 365 種，其中植物藥最多，次為動物藥和礦物藥。此書是中國現存最早的藥物學專著。東漢醫學家張仲景所著的《傷寒雜病論》（後人整理成《傷寒論》和《金匱要略》），確立了「理、法、方、藥」（即理論、治療法、處方和用藥）辨證論治的醫療原則。

從三國到明清各代，中醫學經臨床實驗，分別從病機理論、診療技術兩個方面，分科分類不斷加以總結、豐富、充實和發展，如三國時華佗著《中藏經》，精於方藥、外科手術等；晉代王叔和著《脈經》的脈學，皇甫謐著《甲乙經》的針灸學；唐代孫思邈著《千金方》對諸般雜症的研究；宋代錢乙著《小兒藥證直訣》對小兒科的發展。在藥物學方面，南朝梁初陶弘景著《本草經集注》，將藥物增為 730 種；唐代蘇敬等著《新修本草》，增為 844 種；宋代唐慎微著《證類本草》，增為 1558 種。這些著作均屬對《黃帝內經》理論體系的深化、增補、開拓。

中醫的分科，唐代為四科，宋代為九科，元代為十三科。分科越細，鑽研越精。在此基礎上，金、元時期產生了四大中醫學學派，即「金元四大家」：劉完素的「寒涼派」，張從正的「攻下派」，李杲的「脾胃派」，朱震亨的「養陰派」。他們都從不同的側面繼承和發展了《黃帝內經》的傳統醫學理論，使中醫學理論和實踐發展到一個新的高度。

明清兩代醫學最大的成果，是深入研究傳染病等熱性病發病原因、特點和醫治方法，在繼承前人經驗的基礎上，提出了新的理論、療法和預防措施，形成了一門「溫病學」，進一步豐富和發展了中國醫學體系，與傷寒論學派並駕齊驅。明崇禎十四年（1641 年），有吳有性的《溫疫論》。到清代中葉，有醫學家吳桂的《溫熱論》。後經吳塘和王士雄系統總結研究溫病的成就，使溫病學說達到成熟階段。這是中醫學史上的重大突破。

明代李時珍的《本草綱目》是一部既帶有總結性、又富於創造性的中醫學巨著。全書 190 萬字、52 卷，分 16 部、62 類，共收藥物 1892 種，附方 11096 則，插圖 1160 幅。對於每類藥物都分若干部，系統分明，分類較先進。對每種藥物一般都記名稱、產地、形