

## 第四章

# 中國科技發展史

中國古代科學技術在世界科技發展史上有其重要歷史地位。它的發展從遠古時代原始積累，春秋戰國奠定基礎，兩漢、宋元兩次高峰，中經魏晉南北朝的充實提高和隋唐五代的持續發展，至明萬曆以後雖比之同時期的西方已經大為落後，但仍有緩慢進展，也出現了一系列集大成的著作，傳統科學思想從高峰走向總結。

綜觀整個發展歷程，16 世紀以前的中國科學技術一直處於世界領先地位。傳統科學思想和科學技術的突出成就，正是中國古代的科技先驅辛勤耕耘，善於觀察，長於思索，勇於探究，注重整合，聯繫實際的產物，閃耀著我們中華民族智慧的光輝，對世界文明作出了巨大的貢獻。馬克思就曾經指出：「火藥、指南針、印刷術這是預告資產階級社會到來的三大發明。」而今天眾多著名科學家對中國傳統科學思想珍貴價值的重新肯定，必將使得在 21 世紀科學技術發展中顯示出東方智慧新的轉移與新的實現，這種情況在一些學科已初見端倪。深信偉大的中華民族必將在新世紀裡對人類文明再次作出自己的應有貢獻。

中國古代科學技術的發展，特別是科學思想的發展，既有連續性，又顯示出階段性高潮的特點。中國古代社會從傳說時代（五帝）、夏、商、周、春秋戰國直至清末，凡 4000 年，一直綿延不斷，既不會發生過像羅馬帝國那樣中斷無繼的歷史悲劇，也不會經歷西歐中世紀的黑暗時代。這就使中國古代科學技術的發展得以世代相傳、連續積累，並在這個基礎上走向自己的巔峰。另外，經驗性、描述性、實用性與本土化是中國古代科學技術的一個突出特點，中國古代科學技術特點是在秦漢時期形成的，從建立與鞏固新的社會秩序出發，要求科學技術直接為生產服務就成為必然的事，因此它更多地具有實用性的色彩。秦統一中國後，出現了焚書坑儒事件，「所不去者，醫藥、卜巫、種樹之類」，意思是那些有實用價值的書要保留，也就是說科技的實用性還是受到重視的。

世界著名科學史家李約瑟曾把中國古代各個時期的重要科技成就作為縱線，世紀年代作為橫線，製作了一幅科技發展的示意圖，它清楚地表明：無論是以前 4000 年，還是近 500 年來，中國科學技術「事實上一點沒有退步」，而是「一直在穩緩地前進」。然

而在 4000 年漫長的歷史長河中，春秋戰國、兩漢（尤其是東漢）與宋元（尤其是北宋）時期，中國古代科學技術的發展基於政治、經濟、文化、社會等方面的內外因素，又都顯示出階段性的高潮。春秋戰國時期可以說是中國古代科學技術的全面奠基時期，也是第一次大發展時代，由於各國主權伸張將人力資源從貴族豪門解放出來，新的時代社會生產力優於之前的社會生產力，其成就不僅趕上而且超過了早期科學技術最發達的古希臘。

## 4.1 農業的發展

春秋末期出現了塊煉鐵滲碳鋼，戰國時期又出現了白口鐵處理技術，這些冶鐵技術的發明，是一個突出的標誌，大大促進了農業和手工業的發展。在農業方面形成了以精耕細作為主要內容的中國傳統農業，戰國末年寫成的《呂氏春秋》，其中的〈上農〉、〈任地〉、〈辯土〉、〈審時〉等篇稱得上是這種農業科技的論文開端。以都江堰、鄭國渠兩個大型灌溉工程的興建為標誌，展現出為農服務水利工程設施的空前發展。《考工記》中生產工具、樂器、建築、交通運輸、皮革製造、染色、樂器、玉器等 36 項專門實用工藝技術的記述，顯示了這一時期手工業內部的細密化及其技術的規範化，與科學化程度已達到相當高的水平。它記載了大量實用力學知識，是中國古代第一部工程技術知識的總匯。《墨經》中包含有關於力學、光學、聲學、幾何學、邏輯學以及對物質結構的猜測等科學成就，它不僅是中國第一部幾何光學著作，而且在世界上也是領先的，比歐幾里德幾何光學要早百餘年。同時，它也是古代力學與光學論說的代表作，力學概念的提出，光直線傳播思想的揭示，使這部著作更增添了亮麗的光彩。可以這樣說，《考工記》與《墨經》為中國古代經驗科學出現的標誌，是春秋戰國時期人們將生產、生活實踐中取得的豐富經驗進行抽象概括的成果。代表的中國古代科學家陶弘景介紹如後。

陶弘景 (452-536) (圖 4-1)，南朝丹陽句容人。他很愛讀書，《南史》曾說他幼年時就常「以荻為筆，灰中學書」，並且具有「一事不知，以為深恥」的鑽研精神。10 歲時，讀了葛洪



圖 4-1 陶弘景

的《神仙傳》，對他這位同鄉前輩傾倒不已，也奠定了他以後博學多才的一生。他在科學上的成就是多方面的，無論天文、曆法、山川、地理、醫術本草、冶金煉丹都十分精通。譬如他製造能夠演示天象的天文儀器「渾天象」。此儀器「高三尺許，地居中央，天轉而地不動，以機動之，悉與天相會」，可見得多麼精巧逼真，並曾推算過曆法。

陶景弘還是記述中國古代灌鋼冶煉方法的第一個人。他說：「鋼鐵是雜煉生鐵作刀鎌者。」生，指生鐵；鑠，指熟鐵；雜煉生鐵，把生鐵和熟鐵混雜起來冶煉。生鐵含碳量高而熔點低，因此先把生鐵熔化，然後灌入熟鐵內，同熟鐵發生強烈的氧化作用，除去渣滓，並且滲入碳分，這樣就得到了品質比較好的鋼。這種冶煉的方法叫灌鋼冶煉法，是中國早期煉鋼技術上的一個突破。

由於博學多才，他著作等身，除了最著名的《本草經集註》、《名醫別錄》、《肘後百一方》等之外，還有《學苑》百卷，《孝經論語集註》、《帝代年曆》、《今古州郡記圖像集要》、《王臣記》、《七曜新舊術疏》、《占候合丹法式》等等，多達 40 餘種，可惜多已失傳了。但陶景弘的最大成就還是在醫術丹藥上，尤其是藥物的分類和鑑別上。在醫術上他除了改進葛洪的《肘後方》為《肘後百一方》外，還編輯了《養性延命錄》一書。這本書輯錄了不少古代氣功的方法與理論，而占該書近半的〈服氣療病〉與〈導引按摩〉兩部分中，有些與目前應用的動靜功法極為相似。

陶弘景最有名的著作是《本草經集註》，一方面將最早的藥書《神農本草經》的藥物總數由 365 種擴為 730 種，增加了一倍。他依藥物自然來源，把 730 味藥分成玉石、草木、蟲魚、禽獸、果菜、米食及有名無用七大部，這種分類對於形態、採集、鑑別有很大的好處，在中國藥物學上有很大的影響。

## 4.2 建築的發展

中國建築主要是指 1911 年以前建造的中國古代建築，也包括晚近建造的具有中國傳統風格的建築。一般來說，中國建築包括官式建築與民間建築兩大類。官式建築在明清時代又分大式與小式兩種。大式建築包括歷代皇家宮苑、陵寢，以及敕建的佛寺、道觀、壇廟中有斗栱的建築；小式建築則沒有斗栱，一般用於園林中，或較次要的建築中。民間建築，除了散落在各地風格迥異的民居建築，如士紳商賈的宅院、祠堂、會館之外，也包括一些地方性廟宇。此外，還有一些不能簡單歸類的建築物，如歷代建造的佛塔、橋梁、城台、城市中心的鼓樓、鐘樓、市樓等，也都屬於中國建築的範疇，而李誠即為代表性人物。

李誠 ( 1035-1110 ) ( 圖 4-2 ) 為北宋河南鄭州管城人，他是北宋晚期傑出的建築工程師。他的父親在王安石變法時，是一個積極推行青苗法、市易法、均輸法等新法的得力官員，後來做到龍圖閣直學士。李誠最初做過曹州濟陰縣的縣尉，1092 年 ( 宋哲宗元佑七年 )，他被調到開封將作監任職，將作監就是古代負責營造建築方面的機構，相當於現在的建設局營建課。

因為宋朝的將作監是掌管宮室、城郭、擋樑、舟車營造的官署，所以李誠在將作監任職期間，曾經營建了不少宮廷建築，如五王邸、龍德宮棣華宅、朱雀門、景龍門、九成殿、太廟，慈欽太后佛寺等，都是精巧壯麗的建築，也監造一些官府公用的房屋，如辟雍、尚書省、開封府廡、班直諸軍營房等，規模都很大。

李誠是一個學問淵博、多才多藝的人。他擅長書法和繪畫，且喜愛著書。生平著作有《續山海經》十卷、《續同姓名錄》二卷、《琵琶錄》三卷、《馬經》三卷、《六博經》三卷、《古篆說文》十卷、可惜都失傳了。唯一流傳下來的著作是《營造法式》。

《營造法式》是中國古代一部重要的建築著作，他的編寫和北宋中、晚期的社會背景有密切關係。全書共有 357 篇，3555 條，其中 308 篇，3272 條都是根據工匠們的實際經驗而寫的。因此這一部書成為當時一部確實可行的工程法令。此書共為 34 卷，其中主要內容可分為四部分：關於建築方面一般名詞的解釋，以及對於營建的某些規定和數據的說明都很詳細；關於建築的標準做法；關於人工、材料定額；關於各種工程的圖樣都非常細緻，其中更設計有細膩而豐富的門窗圖案和彩畫畫稿，反映了當時的社會風尚和工藝發展的程度。

總之，《營造法式》不但在我們中國，就是在世界上，也是一部重要的建築學著作。它的價值，不僅總結了幾千年來中國先民在建築工程技術方面的偉大成就，而且有力地證明了變法革新運動對科學、技術和文化事業所引發的刺激作用和促進作用。1920 年，江蘇省圖書館曾重刊《營造法式》，大量地流傳到歐美和日本各國，在國際上引起普遍的重視，進一步說明了這一部著作的重要意義以及它在科技史上的價值。



圖 4-2 李誠

## 4.3 醫學的發展

中醫及中藥學吸收了周易、道家、儒家等的哲學思想，特別是元氣論、陰陽學說、五行學說；再以陰陽五行說為主導，包含八綱辯證、六經分證、經絡腑臟、治則治法、藥方配伍、預防及癒後等在內的一系列理論成果，並把它們轉化為醫學倫理，以此為基礎來闡述和理解人的生理、病理現象和規律。中醫學以元氣論為基本，強調整體的分化性及由此決定的不可分解性。一方面，人與客觀環境是統一的、不可分割的，人是自然之氣演化的產物，從而提出了天人相應、五運六氣、外邪六淫等理論。另一方面，人體自身是整體的、不可分解的，人體內部的結構與功能是由混沌未分的整體分化而成的，人的整體性具有原發的、先天的性質，中醫學從這種整體性來理解人的生理、病理，並由此提出了藏象、經絡等理論。中醫學有著 2000 多年的歷史，及豐富的臨床經驗，獨特的理論體系，因此發展出卓越的治療效果。在中國古代醫學發展史中，代表性人物除了前述的陶弘景外，另外就是華陀與李時珍，其生平簡述如後。

### 4.3.1 華陀與麻沸散

華陀 ( 145-208 ) ( 圖 4-3 )，字元化，東漢末年豫州沛國譙縣 ( 今安徽亳縣 ) 人。華陀精於養性之術，少年時立志行醫，以救世人。華陀行醫並無師傳，精研《黃帝內經》、《黃帝八十一難經》、《神農本草經》等醫學典籍，以及望、聞、問、切四診原則，和導引、針灸、藥物等診治手段的運用。無論內、外、婦、小兒各科的疾病，只見他用藥不過數種，針灸不過數處，多隨手而癒。華陀特別擅長外科手術，他發明的麻沸散，更開創了世界麻醉藥物的先例。歐美全身麻醉外科手術的記錄最早始於 18 世紀初，比華陀晚了 1600 餘年。



圖 4-3 華陀

華陀本是士人，一身書生風骨。華陀也很重視養生，創立五禽戲，即模仿虎、鹿、熊、猴、鳥的動作做運動，以預防疾病。華陀年輕時，曾遊學徐州，通曉各種經書，喜愛醫術和養生之學，由於他刻苦鑽研，不怕困難，努力學習，善於總結群眾經驗，所以醫學知識十分淵博，故沛相陳珪和太尉黃琬曾先後多次徵召他做官，但華陀均予辭謝。華陀兼通內、外、婦、兒、

五官、針灸各科，尤以外科和針灸著稱，其在外科方面的成就是驚人的，後世更尊奉他為外科鼻祖，特別是他發明麻沸散，開了全身麻醉的先例，可說是世界上最早使用麻醉術做腹腔手術的人，據《後漢書·華陀傳》記載：「若疾發結於內，針藥所不能及者，乃令先以酒服麻沸散，既醉無所覺，因剖破腹背，抽割積聚。若在腸胃，則斷截湔洗，除去疾穢，既而縫合，傅以神膏，四五日創癒，一月之間皆平復。」

至於麻沸散是怎樣被發明的呢？據說古代人在受傷需動手術時，會先捆起病人的手腳，或用棍擊、放血等方法使病人昏厥，然後再施行手術，華陀為了減輕病人痛苦，便根據《神農本草經》中關於烏頭、莨菪子、麻黃、羊躑躅（鬧羊花）等功效的記載，又結合自己的臨床經驗，將洋金花（曼陀羅）等幾種具有麻醉作用的藥物，編成一組藥方，定名為麻沸散，接著又從多喝酒能使人醉而不省人事中得到啟發，將麻沸散和酒在外科手術前一起服用，從此在外科手術中廣泛使用。

曹操患有頭風病，就將華陀召來擔任私人醫生，每次曹操頭風病發作，都是靠華陀施針醫治，所以華陀治療曹操是用針灸，並非用外科手術。不久，華陀藉口妻子生病而要求回鄉，回鄉後逾假不歸而被抓，華陀被抓後，荀彧認為華陀醫術高明，救活世人無數為由，向曹操求情。但是曹操卻認為世上比華陀醫術高明的醫生多的是，沒必要為了他而破壞法律，因此執意處斬華陀。華陀臨死前，將紀錄畢生所學的醫書送給獄卒，但獄卒害怕受到牽累而不敢收，因此華陀就自行將醫書燒毀，華陀絕技因而失傳。建安十三年，曹操愛子曹沖重病而死，曹操悔恨當初殺死華陀，害得曹沖無藥可救。

#### 4.3.2 李時珍與本草綱目

李時珍（1518-1593）（圖 4-4），字東璧，號瀕湖，湖北蘄（今湖北省蘄春縣）人。他家世代業醫，祖父是「鈴醫」。父親名聞，號月池，是當地名醫。那時，民間醫生地位很低。李家常受官紳的欺侮。因此，父親決定讓二兒子李時珍讀書應考，以便一朝功成，出人頭地。李時珍自小體弱多病，然而性格剛直純真，對那些空洞乏味的八股文，怎麼也學不進去。自 14 歲中了秀才後，9 年中 3 次到武昌考舉人都落第了。於是，他放棄了科舉作官的打算，專心學醫，於是向父親表示了這樣的決心：「身如逆流船，心比鐵石堅。望父全兒志，至死不怕難。」父親無奈，只好答應了他



圖 4-4 李時珍

的請求。經 10 餘年的刻苦鑽研，李時珍 30 多歲時便成為當地很有名望的醫生。據說當時常隨父親在當地的玄妙觀內為病人診治。

李時珍行醫，既珍視前人經驗，又注重親身實踐，醫術不斷提高。很快他的名聲即傳遍蘄州。當時封藩在蘄州的富順王朱厚焜，特請他到王府為自己的兒子診病。此子愛吃燈花、生米、泥土，李時珍根據上述症狀，診其為蟲病，於是用殺蟲藥物治好了這種怪病。不久，封藩在武昌的楚王，又把李時珍請去當侍醫。一天，楚王的兒子突然昏厥不省人事，李時珍根據中醫理論辨證後，大膽施用催吐、攻下類藥物，從死亡邊緣救回了世子的性命。因此，李時珍被特聘為楚王府奉祠正（掌祭祀禮節的官署），並兼管王府的良醫所，期間曾治癒許多疾病，楚王欲重金酬謝，但都被李時珍拒絕。由此可見，李時珍是一位不重權貴，不務名利，只求為病人解除痛苦的一位醫德高尚的醫生。

1551—1556 年這段時間內，皇帝徵如醫官，下令各地選拔醫技精湛的人到太醫院就職，於是在武昌楚王府的李時珍，也被推薦到了北京。關於李時珍這一段在太醫院工作的經歷，史學界有諸多爭論，有人認為李時珍曾出任太醫院院判（正六品），但也有人認為他只是當御醫（正八品）。無論其職位高低，李時珍被薦於朝是不可否認的事實。太醫院的工作經歷，有可能給他的一生帶來了重大影響，為他日後著作《本草綱目》埋下很好的伏筆。這期間李時珍非常積極地從事藥物研究工作，經常出入於太醫院的藥房及御藥庫，認真仔細地比較、鑒別全國各地的藥材，搜集了大量的資料，同時他還有機會飽覽了王府和皇家珍藏的豐富典籍，與此同時他也可能從宮廷中獲得了當時有關民間的大量本草相關信息，並看到了許多平時難以見到的藥物標本，使他大大開闊了眼界，豐富了知識領域。

《本草綱目》乃是一部集 16 世紀以前，中國本草學大成的著作。李時珍用了大約 27 年的時間才編寫完成，經過了 3 次改寫，1578 年（萬曆六年）才完成撰寫，1596 年（萬曆二十三年）在南京正式刊行。在這個過程中，李時珍參考了 800 多種書籍，多次去各地進行實地考察，採集樣本，耗費了他非常大的心血。全書共分 52 卷，載藥 1892 種（其中李時珍新增藥物 374 種），書中附有藥物圖 1109 幅，方劑 11096 首（其中 8000 餘首是李時珍自己收集和擬定的），約 190 萬字，分為 16 部、60 類。每種藥物分列釋名（確定名稱）、集解（敘述產地）、正誤（更正過去文獻的錯誤）、修治（炮製方法）、氣味、主治、發明（前三項指分析藥物的功能）、附方（收集民間流傳的藥方）等項。全書收錄植物藥有 881 種，附錄 61 種，共 942 種，再加上具名未用植物 153 種，共計 1095 種，占全部藥物總數的 58%。李時珍把植物分為草部、谷部、菜部、果部、本部五部，又把草部分為山草、芳草、溼草、毒草、蔓草、水草、石草、苔草、雜草等九類。此書不僅是一部藥物學著作，還是一部具有世界性影響的博物學著作，書中涉及的

內容極為廣泛，在生物、化學、天文、地理、地質、採礦乃至於歷史方面都有一定的貢獻。

## 4.4 數學的發展

中國人民尋求對自然界物質本源的認識，繼五行、陰陽說之後，元氣說與原子論是兩大發展線索，確立於荀況與墨翟。兩漢時期是中國古代科學技術發展的又一高峰期，一方面由於科技本身經過了春秋戰國的長期醞釀、積累和實踐，到這時達到了量變足以引起質變的地步；另一方面，則是社會政治上的統一與安定，經濟的恢復與持續發展，為科技活動和科技新高潮的到來創造了良好的外部條件。它呈現出科技人才輩出，科技著作大批問世，科技成果輝煌，科技對生產的滲透與協調日益顯著等諸多特點，而這些科技需要精確的計算方法。

《九章算術》以及《周髀算經》的成書顯示出以算盤為計算工具的獨特數學體系的形成，形數結合，數學算術化是其特徵。今天，由於計算機的出現，算術化傾向於現代數學中的作用已日漸顯著，中國古代算術的思想與方法和現代計算機科學與技術正相融合，為此它將重新煥發青春，以嶄新的面貌重現，在數學發展中扮演重要角色是可以預期的。代表人物為中國古代科學家祖沖之。

祖沖之（圖 4-5）原籍是范陽郡遼縣（今河北省涿源縣），其祖先因戰亂遷居江南。429 年（劉宋元嘉六年），祖沖之誕生於南朝宋的士大夫家。祖父祖昌曾任大匠卿官職，大匠卿是朝廷裏負責建築的官員。另據《隋書》的記載，祖家世代掌管天文、曆法司職，對天文、曆法很有研究。在這樣的家庭氣氛薰陶下，祖沖之自小時候起，便對各種科學技術，特別是對天文、曆法、數學發生了濃厚的興趣。祖沖之在青年時代，就有博學多聞的名氣，並且被朝廷徵召到當時的學術研究機關（華林學省）從事研究工作。



圖 4-5 祖沖之

祖沖之把中國古代的天文學和數學，推進到一個新的成就。在天文學的領域中，祖沖之經過長年累月、艱苦辛勤的觀測與推算，發現當時所頒行的《元嘉曆》錯誤很多，不精密，也就是說，該曆法與實際天象之間的誤差很大，例如，日、月所在的位置與實際天象差了 3 度；冬至和夏至那天的日影，都推前了一天；所推算的金、木、水、火、土等五大行星的出沒時間，有的竟和實際的相差了 40 天之多。祖沖之在 33 歲時，也就

是 462 年 ( 劉宋大明六年 )，修正了當時曆法的錯誤，制定了一部新的曆法「大明曆」。

祖沖之在數學方面也有卓越貢獻，特別是圓周率的計算。他算出圓周率值在 3.1415926 與 3.1415927 之間，這一準確到小數點後 7 位的結果，相當於需要對 9 位數字的大數目進行各種運算 ( 包括開方在內 ) 130 次以上。這在今天用筆算來運算，也是一件十分繁複的工作，何況在當時是用算籌法來運算的。祖沖之所求出的圓周率數值，遠遠走在當時世界的前列。直到 1000 年之後，即 15 世紀阿拉伯的阿爾卡西和 16 世紀法國的維葉特，才超越了他的成果。祖沖之還提出約等於  $355/113$  (  $\approx 3.1415929$  ) 的「密率」，這是分子分母在 1000 以內的圓周率的最好的分數形式近似值。這個數值也是 1000 年後才由德國的奧托和荷蘭人安托尼茲重新提出，在西方的數學史上，這個分數形式的近似值，被稱為「安托尼茲率」。

## 4.5 天文學及曆法的發展

中國曆法確立了後代的曆法體系、規範和基本內容的原始框架，以張衡為代表，對天文儀器的研製，對天象的觀察與記錄以及論天三家為代表的宇宙論，則形成了中國古代天文的固有傳統。《漢書·地理志》開拓了沿革地理研究的新領域。《神農本草經》是中國秦漢以來藥物知識的總結，它為後世本草學奠定了基礎；《傷寒雜病論》不僅確立了辯證論治的醫療原則，而且大為充實了中醫藥體系的內容，更加切合醫療的實際應用。《汜勝之書》可以說是對農業知識的總結。《論衡》、《淮南子》、《淮南萬華術》、《周易參同契》、《爾雅》等書中也包含了豐富的物理、化學或生物學，在生產技術方面，成為中國古代傳統特色的主要技術，像冶鐵、紡織機械、農具製造、造紙工藝、漆器工藝、船舶製造等都已出現，並達到了相當的水平。像趙過的铁脚耬車，杜詩的水排、梯級船閘設計的原理與方法，木結構建築風格，豎爐冶煉法，實測基礎上繪製的地圖等等都是突出的成果。造紙術更是漢代一項最重大的發明，也是中國對世界文明的一大貢獻。牛耕的推廣，與代田法、區田法耕作制度的創新，則在當時條件下起了解放和促進生產力發展的重要推動作用。

中國的科學技術自兩漢而後，經魏晉南北朝的充實和提高，到隋唐五代技術發展，呈現一股繼續高漲的趨勢。這種趨勢因宋元時期經濟發展、文化昌盛、理學形成、戰爭和其他需要而得到強化。統治階級為滿足自身、政權和社會對科學技術的多方面需要，通過完善教育體系，舉行多元化考試，獎勵發明創造和培養扶植科技人才等措施，助長、推動和促進了科技的發展，而安定與富裕的社會環境和發達的出版業則又提供了良好的研究條件。求索物理，格物致知，懷疑、探索、創新的學風促使知識分子中具有務

實思想的人考察和研究自然事物，以及如何使之有利於國計民生。國內各民族之間的文化交流與國外的文化交流，也加速科技的發展。這一切使宋元時期成為中國古代科技發展的黃金時代，不論天文、地學、生物、數學、物理、化學均有突出成就。其中著名的中國古代科學家有蘇頌及張衡，介紹如後。

#### 4.5.1 蘇頌與天文計時鐘

蘇頌（圖 4-6）是北宋的天文官員，專門研究天文科學，為朝廷察看星象，觀測氣候，修訂曆法，紀錄水旱災情等。他以一生的心血，設計了一座天文計時鐘，邀請了當時最負盛名的機械專家韓公廉，從 1088 到 1090 年，以將近 3 年的時間完成了建造。這座巨鐘既可報時，又可觀測氣象，為一項天下無雙的大發明，轟動了朝野。這座計時鐘包括有三樣東西，一是渾天儀，可以觀察地球、太陽、月亮在天體中的位置和運轉的狀況；二是天球儀，可以觀察天文星體的位置和活動狀況；三是計時儀，可以計算時間和報告時刻。蘇頌以他自己的心得，把新儀器的各部分分別取了名稱，著了一本《新儀象法要》。因此，他的各項研究結果得以傳諸後世。

以上三種儀器，由一個大車輪作為動力的框軸，利用水平來推動整座結構的機械設置，使其永遠運轉不息。渾天儀和天球儀都由計時鐘來帶動。而渾天儀上的望筒，永遠指向太陽，可以藉此校正計時鐘的準確度。三種儀器相互關聯，構造非常巧妙，如圖 4-7 所示。



圖 4-6 蘇頌

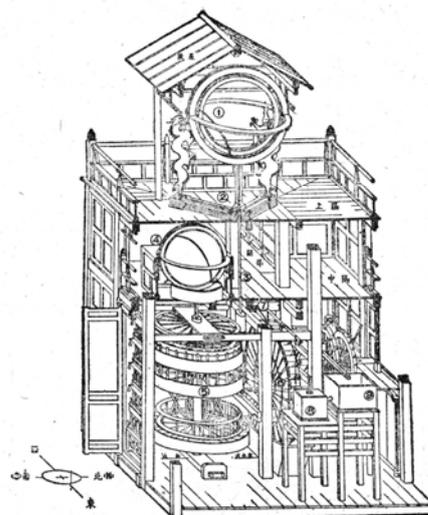


圖 4-7 蘇頌所發明的天文計時鐘

整座天文計時鐘共有三層，加上頂蓋，全座的高度約為 37 英尺，矗立在開封的皇宮裡。以機械來計時的鐘，在中國可能早在唐朝已經發明，但以蘇頌的天文計時鐘，最具規模。蘇頌於 1092 年完成《新儀像法要》的著作，1126 年金人入侵開封，將天文計時鐘擄走，原稿也曾一度佚失，到 1172 年才刻印出版。至 1922 年為止，約 750 年間，已經 7 次翻印，為現代鐘錶業的重要文獻。英國學者李約瑟發現殘留部分，如獲至寶，譯為英文，在《鐘錶學報》上發表。

#### 4.5.2 張衡與世界第一台地震儀

根據史書的記載，世界上第一台能偵測地震發生地點的儀器，首先出現在中國，名為候風地動儀，是中國東漢大天文學家張衡（圖 4-8）所發明創作的。張衡，字平子，是現在的河南省南陽縣人（古時稱南陽郡），生於 78 年（東漢章帝建初三年）。由於他生性好學，興趣又十分廣泛，因此在洛陽讀書的期間，他不但熟讀了五經及各種史書，精通詩賦寫作，而且也志同道合的朋友從事中國傳統天文、數學、曆法等方面的研究工作。100 年（和帝永元十二年），他回到家鄉南陽郡，因為欣賞當時任南陽太守鮑德的為人，就答應鮑德的聘請，出任替太守管理文書工作的主簿。在鮑德離開南陽太守的職務後，張衡也辭官回家，專心各種學術理論，特別是天文理論的研究工作。

當時，天文曆算是十分受到政府與民間學者所共同重視的學問，也曾經出現過如桓譚、王充等對這方面造詣很深的名學者。當時的皇帝安帝也因為聽說他「善術學」，於是特派專使至南陽郡，徵拜他為郎中官。不久又升他為負責天象觀測、曆法編修工作的太史令。



圖 4-8 張衡儀



圖 4-9 台北市立天文教育館複製的渾天儀

在張衡出任太史令的期間內，中國天文學界正興起一股熱烈探討宇宙組織真相的研究風氣。張衡根據自己的研究心得認為渾天說的理論與實際觀測的天文現象相吻合，他特別根據舊有十分簡陋的觀測儀器加以重新設計改良，製作了中國第一台設計精巧，能自動運轉的天球儀（就是一般人所說的渾天儀，如圖 4-9 所示），又名水運渾象。它是以一一個直徑約 5 尺的空心銅球表示天球。中間有根軸心，天球可繞天軸轉動。在球的表面上畫著 28 宿星群（古代天文學家將日、月、金、木、水、火、土五行星運行的天空中所有肉眼



圖 4-10 後人模擬製作之候風地動儀

可見到星分為 28 區，每一區稱為一星宿）及黃、赤道。緊附在球外面安裝了兩個銅圈，即地平圈和子午圈。天球半露出在地平圈之上，半隱藏在地平圈之下。此儀器所以被稱為水運渾象，是因為張衡十分巧妙的利用當時已頗有基礎的機械運用技術，以滴水的等時性為依據所製作的計時器漏壺，與天球儀連在一起，以漏壺在固定時間內所流出的水力，通過齒輪系的傳動，使天球每天均勻的繞天軸旋轉一周，這樣就能自動地，相當正確的把天象變化表演出來。這是世界上第一座利用水流推動齒輪，使儀器能正確顯示天空日、月、眾星運行變化過程的天球儀。可惜此儀器早已毀於戰火，但是他為說明渾天論及儀器運作原理的文章〈渾儀注〉卻保存了下來，也因而啟發了中國唐、宋時期的天文學家在天文儀器製作方面的輝煌成就。

除了天球儀的設計製作外，張衡另一項為後人所極為讚賞的成就，是他創作了世界上第一台能夠偵測地震發生地點的候風地動儀。東漢時期（25—220），各地經常發生地震，張衡為了幫助政府早日得知地震發生的時間與地點，便於賑濟災民，因此於 132 年首創了世界上第一台偵測地震發生時間與地點的儀器，即是候風地動儀（圖 4-10）。其外形據《後漢書·張衡傳》載：為「以精銅鑄成。圓徑八尺，合蓋隆起，形似酒尊。飾以篆文山龜鳥獸之形。」是說此儀器是一件用精銅鑄造，外表像酒樽的東西，頂上有一個凸起的圓蓋。器物的外表刻有山龜鳥獸等圖形及篆文。裡面的構造是以中間的一根「都柱」與它周圍的「八道」為主。儀器外表周圍鑄有八條小龍，按正東、正南、正西、正北，以及東南、東北、西南、西北八個方向排列。每一個龍頭口中都含有一個小銅珠，銅珠下面都各有一個張大嘴巴等待含接銅珠的蟾蜍。而八個龍頭內部則分別與

「八道」(八條與都柱銜接的通道)相連。如有地震發生時,儀器受到感應使都柱失去平衡,會觸動控制與地震發生方位相同的那一道機關,儀器發出聲音,並使此方向的龍頭張開嘴巴,吐出銅珠,落入銅蟾蜍口中。而其他七個龍頭則不會有任何變化,如此一來人們就能清楚的知道什麼時候那裏發生了地震。

138年(順帝永和三年)2月初3,地動儀朝向隴西(今甘肅省一帶)的龍頭突然張嘴吐出了銅珠,張衡向朝廷報告隴西有地震發生。幾天之後,自甘肅真的傳來了曾發生嚴重地震的消息,大家才完全相信了候風地動儀偵測地震的準確性與可靠性。可惜此儀器不但毀於戰火,而且也沒有留存下任何相關的製作原理和方法,因此失傳。

## 4.6 中國科技之四大發明

作為世界古代文明標誌的指南針、火藥、造紙術和印刷術等四大發明的出現或大規模使用均始於北宋,正是諸多科技前輩先後在各方面的努力,不斷將宋元時期的科學技術推進到一個新的高度。此四大發明與相關的中國古代科學家介紹如後。

### 4.6.1 指南針

指南針是中國史上的偉大發明之一,也是中國對世界文明發展的一項重大貢獻。指南針是利用磁鐵在地球磁場中的南北指極性而製成的一種指向儀器;黃帝打敗蚩尤的指南車,是利用機械的原理,與指南針無關。磁石的這種特性,被古人利用來製成指南工具。最早出現的指南工具叫司南,戰國時已普遍使用。它是利用天然磁石琢磨而成,樣子像一枝杓,重心位於底部正中,底盤光滑,周刻二十四向,使用時把長杓放在底盤上,用手輕撥,使它轉動,停下後長柄就指向南方。東漢王充記載了它的形狀和用法。《鬼谷子·謀篇》裡還談到鄭國人到遠處去採玉,就帶了司南,以免迷失方向。另外,指南車的發明亦進一步把這種儀器提升至更高的境界。指南針的出現為人類帶來貢獻,對人類的發展影響深遠。在其發明之後,更被廣泛地使用於軍事、生產、日常生活和航海事業等方面,而其中以航海事業的成就最為顯著,有鄭和七下西洋,以及造就了哥倫布的偉大航海成就。

1405年(明永樂三年)7月11日明成祖命鄭和(圖4-11)率領龐大的240多艘海船、27800名船員組成的船隊遠航,訪問了30多個在西太平洋和印度洋的國家和地區,加深了中國同東南亞、東非的友好關係,史稱鄭和下西洋。每次都由蘇州劉家港出發,至1433年(明宣德八年),他共遠航了有7次之多。最後一次航行,1433年4月

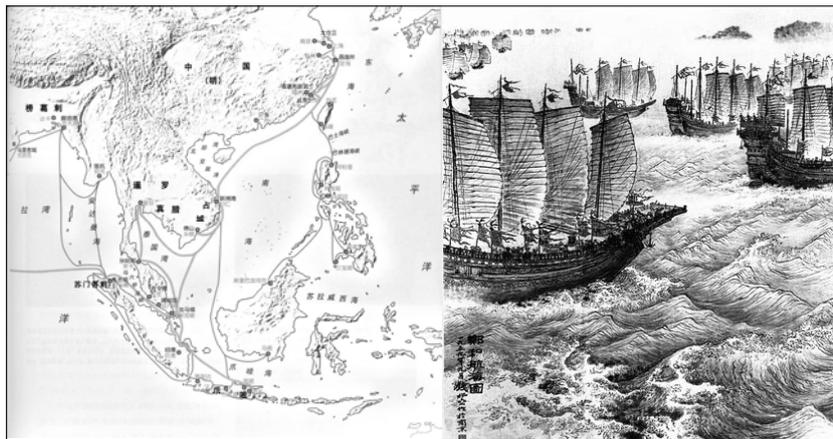
回程到古里時，在船上因病過世。民間故事《三寶太監西洋記通俗演義》將他的旅行探險稱之為三寶太監下西洋。鄭和曾到達過爪哇、蘇門答臘、蘇祿、彭亨、真臘、古里、暹羅、榜葛刺、阿丹、天方、左法爾、忽魯謨斯、木骨都束等 30 多個國家，最遠曾達非洲東部、紅海、麥加，並有可能到過澳大利亞。

鄭和下西洋的目的，不同的歷史學家有不同的看法，包括：耀兵海外，宣揚明成祖的天下觀。《明史·鄭和傳》中記載：「成祖疑惠帝亡海外，欲覓蹤跡，且欲耀兵異域，示中國富強。」尋找建文帝，明代多種文獻認為，鄭和下西洋是為了尋找建文帝的下落。包抄帖木兒帝國，歷史學家向達、尚鉞提出鄭和下西洋是針對帖木兒帝國，聯合印度包抄帖木兒帝國後方，牽制其東進。明初時，帖木兒帝國進攻明朝，因此從海外包抄是鄭和的一個主要目的。發展海外貿易，鄭和下西洋發展的海外貿易包括朝貢貿易、官方貿易和民間貿易。。

圖 4-11 鄭和



圖 4-12 為鄭和航海路線及當時所率領的船隊圖



鄭和出使西洋共 7 次：

1405 年 7 月 11 日從南京龍江港啟航，經太倉出海，1407 年 10 月 2 日回國。第一次下西洋人數據載有 27800 人。

1407 年 10 月 13 日出發，到達汶萊、泰國、柬埔寨、印度等地，在錫蘭山迎請佛牙，隨船帶回，1409 年夏回國。於錫蘭山時，鄭和曾布施該地佛寺並立碑留念。此碑現存於可倫坡博物館。第二次下西洋人數據載有 27000 人。

1409 年 10 月從太倉劉家港啟航，姚廣孝、費信、馬歡等人會同前往，到達越南、馬來西亞、印度等地，回國途中訪錫蘭山，其王亞烈苦奈兒「負固不恭，謀害舟師」，被鄭和生擒，回國獻永樂帝。1411 年 7 月 6 日回國。

1413 年 11 月出發，隨行有通譯馬歡，繞過阿拉伯半島，首次航行東非麻林迪，1415 年 8 月 12 日回國。同年 11 月，麻林迪特使來中國進獻麒麟（即長頸鹿）。在蘇門答臘時曾助當地平亂，擒其偽王蘇幹刺獻給朝廷。第四次下西洋人數據載有 27670 人。

1417 年 6 月出發，隨行有蒲壽庚的後代蒲日和，途經泉州，到占城、爪哇，最遠到達東非木骨都束、卜喇哇、麻林等國家，1419 年 8 月 8 日回國。

1421 年 3 月 3 日出發，往榜葛刺（孟加拉），史載「於鎮東洋中，官舟遭大風，掀翻欲溺，舟中喧泣，急叩神求佑，言未畢，……風恬浪靜」，中道返回，1422 年 9 月 2 日回國。永樂二十二年，明成祖去世，仁宗朱高熾即位，以財政空虛，下令停止下西洋的行動。

1431 年 1 月（宣德五年閏 12 月初 6）從龍江關（今南京下關）啟航，返航後，鄭和因勞累過度，於 1433 年 4 月初在印度西海岸古里去世，船隊由太監王景弘率領返航，1433 年 7 月 22 日返回南京。第七次下西洋人數據載有 27550 人。

#### 4.6.2 火藥

火藥的起源，我們要追溯至公元前一世紀至 2 世紀漢武帝時代，當時的方士正尋求一些能夠延年益壽、仙人不死的藥。當時的方士都只是訪尋植物的效用，並稱這方法為黃白術，最多以間接的煉丹砂以成黃金、白銀，然後用金銀製做飲食器具，以之飲食則益壽，益壽則可通仙，達到長生不死的目的。到戰國時代才開始有記載有關方士煉製不死之藥，而且更得到統治階級的支持與鼓勵，直到三國以前，一直有方士在進行煉製長生不老仙丹的實驗。三國以後，這些方士逐漸加入應時而興的道教，大批的道士開始學習與嘗試煉丹的工作，於是煉丹術與新興的道教結合，隨著道教在中國日益盛行，煉丹術也隨之日漸發達，奠定了中國火藥發展的基礎。

約 9 世紀中期，有一本書籍名為《真元妙道要略》，此書提及了當時的煉丹術及丹藥盛行於世；它記載了 35 種有害丹藥的配方，書中提及某些煉丹師將硫磺與雄黃（即二硫化二砷）、硝石、蜂蜜混合在一起加熱，結果是混合物突然燃燒，將煉丹師的雙手和面部炙傷，更將整座房屋燒毀。雖這件事是有辱道家的名譽，甚至勸籲煉丹師不應該仿效，可是這一事件的意義格外重大，因為它記載了混合硫磺、硝酸鹽和炭原料即可配成一種燃燒劑或是炸藥，也就是原始炸藥，因此它也是人類文明中最早記載的火藥資料。

所以，火藥是道士在煉丹時無意中發現的。唐朝末年火藥已被用於軍事。904 年（唐昭宗天佑元年）楊行密的軍隊圍攻豫章，《九國志·鄭璠傳》敘述部將鄭璠當時情況，「以所部發機飛火，燒龍沙門，帶領壯士突火先登入城，焦灼被體」，這裡所說的飛火，就是火炮、火箭之類。火炮是把火藥製成環狀，把引線點燃後用拋石機拋擲出去；火箭則是把火藥球縛於箭鏃之下，將引線點燃後用弓射出。到了宋代，戰爭接連不斷，促進火藥武器的加速發展。北宋政府建了火藥作坊，先後製造了火藥箭、火炮等以燃燒性能為主的武器，和霹靂炮、震天雷等爆炸性較強的武器。南宋在 1259 年造出了以巨竹為筒，內裝火藥的突火槍。到了元代又出現銅鑄火銃，稱為銅將軍。這些都是以火藥的爆炸為推動力的武器，在戰爭中顯示了前所未有威力。火藥是宋、元間經由阿拉伯人傳至歐洲的，新興的市民階層就是以火藥製成的火炮作武器，摧毀當時統治歐洲封建的城堡，打敗了舊的統治者，開創了歐洲歷史的新時代。

### 4.6.3 造紙術

提起造紙術，人們就馬上想起蔡倫。早在周、秦和西漢時期，人們已用竹木簡和縑帛作為書寫材料。西漢已經出現了用麻質纖維製成的紙片了，這是世界上已知最早人造紙片。所以蔡倫是造紙術的革新者。造紙術的西傳，對歐洲甚至整個世界學術的復興與進步幫助最大，對於整個人類的文明，有著極大的影響。

造紙技術的出現，在中國雖然很早，但是早期的紙是利用絲絮黏成的，價格昂貴，書寫也不方便，流傳並不廣泛，直到東漢時的蔡倫首先發明採用破布與漁網作原料，並研究出以人工將原料「搗挫」（利用杵臼將原料捶打）成細碎的纖維，製成價廉物美的紙張後，才使紙的產量大增，成為傳播知識與技術以及促進人類文明進步的大功臣，因此後世的學者都以蔡倫為中國造紙術的發明者。

由於蔡倫（圖 4-13）出生在貧苦家庭，自小就被賣入宮中當太監，因此史書上都沒有記載他確實的家世。只知道他是當時的桂陽郡（現金湖南省來陽縣）人，約在 70

年—75 年間（東漢明帝永平末年）被送入宮中當太監。因為天性聰明靈巧，做事認真，所以在 88 年，年僅 10 歲的小皇帝和帝即位之後，受到的重用，升任為隨侍皇帝身邊，負責與皇帝共同議定軍國大事的中常侍。蔡倫雖自幼即入宮中任職，但由於他勤奮好學，對事物的觀察與研究均極為用心，這使他不但很快的具備了治理國家大事的才能和學識，而且也熟悉了宮中各類工匠（技術人員）的各種製作技術，成為一個多才多藝的宮廷官員。由於這特殊的才能，後來被皇帝指派兼任管理宮中製作各種用品工廠的尚方令。於是他開始接觸到造紙技術。



圖 4-13 蔡倫

蔡倫命人取來大量的樹皮，採用煮蠶繭以抽取蠶絲的方法，將樹皮以較長時間的浸泡後再加以漚煮搥打，結果發現果然可以製成平滑而利於書寫的紙張。後來他又想到絲絮和樹皮之所以能製紙，是因為它們都有纖維。那麼破衣服（主要為麻製）、舊漁網也含有大量的纖維，一定也可以製紙。經過多次的實驗，果然如他所預測，這些取得容易而價格又非常便宜的樹皮、破衣服、漁網都可以成為製紙的原料。解決了原料問題後，蔡倫又開始著手研究製紙方法的改良。首先他發現將原料經過長期浸泡後，把泡爛而浮在水上的碎植物纖維放在竹簾上鋪平曬乾後取得的紙，品質遠比直接用樹皮搥打而成的紙好多了。於是指導紙工逐漸改用這種新而進步的方法製紙，並將此方法傳至各地。

後來他又發現製紙時所用原料的纖維越細小，製成的紙品質越好。於是又嘗試用各種工具與方法，將樹皮、破布、漁網等原料弄碎，最後終於獲得了用平常去五穀雜糧皮的杵臼，可以將浸泡後的原料纖維搥打得十分細小的心得。直至今日，在湖南省耒陽縣蔡倫故居門前有一個石臼，據說就是他當時搥紙用的石臼。由於經過蔡倫採用改良後的原料和方法所製成的紙，是當時品質最好的紙，獲得皇帝的讚賞，因此被稱為蔡侯紙以紀念他。

自從東漢的蔡倫改良了造紙技術，製成了價廉物美的紙張後，紙的製作技術與使用，很快的普及到全國各地，於是笨重的簡冊和昂貴的絲紙逐漸被淘汰。由於紙的普及，不但使知識的傳播更為快速便利，更加速了中華文化的發展與成長，而且也促成了拓印碑文的不斷進步，最後約在中國南北朝末期（6 到 7 世紀）終於引導出了中國另一項偉大的技術，即是印刷術的發明。

蔡倫所發明的造紙方法後來又經左伯（東漢末年）等傑出的造紙專家加以改良，紙

質與產量都不斷進步。到了隋唐時期紙的精密度技術已經達到令人驚嘆的程度，可製作出各種各樣不同顏色、平滑細緻的上等紙。甚至已能生產在半透明且平滑的紙面上，隱現鳥獸花草的暗花紙（水紋紙）等各種藝術用紙，成為中國所獨有的製紙技術，自此開始向世界其他地區傳播。首先傳入朝鮮（現在的韓國）和日本，接著再於唐玄宗時（8世紀中），中國與阿拉伯的戰爭，中國戰敗，被俘虜的士兵中有造紙工匠，經由這些紙工的傳授，阿拉伯人學會了造紙術。至11至12世紀，歐洲人占領了曾被阿拉伯人統治的西班牙後，才將造紙術傳入歐洲各國，促成了歐洲的文藝復興和產業革命。

蔡倫不但精研造紙術，對於其他各種工藝製作也十分有研究。他在出任尚方令後曾在97年（和帝永元九年），憑著不斷的嘗試改良，最後終於為宮廷製成了一批既堅固美觀、性能又好的寶劍和兵器，成為東漢以後製作此類武器的楷模。可惜這樣一位多才多藝的大發明家，在十分欣賞他的鄧太后死後，受到新皇帝家庭糾紛的牽累而被迫自殺，真是令人惋惜！

#### 4.6.4 印刷術

與造紙術一樣，印刷術也極大地改進了人類知識生活的設備條件。印刷術的原理確實非常簡單，圖章的使用在遠古時期就已很普遍，但歐洲直到14世紀才開始採用印刷術印刷圖像，15世紀開始有活字印刷。

與紙的使用一樣，中國印刷術的出現也非常早。隋朝時期，中國人民已經發明了雕版印刷術。雕版印刷即刻版印刷，它是將一篇文章用反手字刻在木板上，在木板上刷墨，凸起的字受墨，從而可以將文章印到紙上。用這種方法可以將一篇文章或一本書印成完全一樣的許多份。據中國歷史記載，印刷術開始於593年（隋文帝開皇十三年）。印刷術一旦問世，它對文化傳播所起的作用立刻就顯示出來了。唐代印刷業極為發達，四川成都幾乎成了刻書的中心，大量農書、醫書、曆書、字帖由此流傳到全國各地。佛教傳入中國後，印刷術則被用於大量印製佛經和佛像。1900年在敦煌發現了一部唐代刻印的《金剛經》，標明日期為「咸通九年四月十五日」，也就是868年，這是目前世界上最早印有出版日期的印刷品。歐洲最早有確切日期的印刷品是德國南部的「聖克里斯多夫畫像」，日期是1423年。

雕版印刷術在宋代達到了極高的水平，留存至今的宋代刻本的書籍有700多種，每本都十分精美。971年在成都刻印的全部《大藏經》共1046部，5048卷，雕版達13萬塊，花費了12年，這是世界印刷史上規模浩大的工程之一。雕版印刷雖然比人工手抄是一個巨大的進步，但它依然在人力和材料方面浪費很大。每一部書都要重新刻版，大

部頭的書往往要歷時數年，而將書印完後存放版片需占大量地方，如該書不再重印，則刻版就作廢了。這些缺點隨著印刷術的興盛日益顯示出來，作為對雕版印刷術的改進，1041 至 1048 年（宋代慶曆年間）畢昇發明了活字印刷術，使印刷技術產生了一個偉大的飛躍。

畢昇（圖 4-14）是一位優秀的刻字工人，在長期的刻字經驗中總結出了活字印刷術，其原理與現代印刷術完全相同，分三個步驟。先是製活字，畢昇所用材料是膠泥，在膠泥方塊上列好字後用火焙燒，使之堅硬如瓷，所有的字用紙袋裝好按音排列。其次是排版，在鐵板上放松香、蠟以及紙灰的混合物和一個鐵框，揀出來的字排在鐵框中，等排滿一框即對鐵板加熱，使松脂熔化，用一平板將泥活字壓平，等冷卻之後，字就固定在鐵板上了，版即製好。版製好後是印刷，方法與雕版印刷一樣，印刷完畢再將鐵板加熱，使松香和蠟熔化，將泥活字取下放好，以備再用。



圖 4-14 畢昇

畢昇的活字印刷術確實克服了雕版印刷費工費時的缺點，1241 至 1251 年左右，也就是畢昇發明活字印刷術後 200 年，已有人試用活字印刷術印行儒教經典。活字印刷術在畢昇之後不斷發展，在活字材料、揀字方法方面都有不斷改進。元代著名農學家王禎創造了木活字印刷術，並於 1293 年用此法試印了他的著作《旌德縣誌》，不到 1 個月的時間就印了 100 部，印刷速度頗為可觀。木活字改進了泥活字容易破損的缺點，是印刷技術的一次重大進步。王禎還創造了轉輪排字架，將所有活字都按音排在可以轉動的輪盤上，大大提高了揀字速度，減輕了揀字工人的勞動強度。在他的農學名著《農書》裡，有專門的一節「造活字印書法」，這是世界上最早闡述活字印刷工藝的著作。

除了泥活字、木活字外，還出現過磁活字、錫活字、銅活字等，今日的鉛活字在中國的 15、16 世紀也已出現。中國的雕版印刷術大約於 12 世紀傳到埃及，而活字印刷術則是通過維吾爾商人傳入高加索，再傳到小亞細亞和埃及的亞歷山大以及歐洲，保存到今天的世界上最早的木活字是維吾爾文的，有好幾百個。歐洲瞭解到中國的活字印刷術大約在元代，1450 年，德國古騰堡仿照中國活字印刷術製成了用鉛、鋅、錫合金為材料的歐洲拼音文字的活字，開始了歐洲活字印刷的歷史。

## 4.7 中國歷史上其他重要的發明及其人物

在中國歷史上，科學技術其他重要的研究成果如後所列。據《大戴禮記·夏小正》，夏朝已有關於動物習性的記載。據河南安陽殷墓出土的蠶絹，表示在公元前 1200 年，農民已經馴養家蠶，利用蠶絲織成絲絹。公元前 1000 年左右，《詩經》上記有植物名稱 100 餘種，動物名稱 200 多種。據《周禮》載，周朝時已把生物分為動、植物二大類，並將動植物各分為五類。

據《山海經》，公元前四世紀左右的戰國時代，已有近百種藥物的記載。扁鵲的《難經》有人體解剖、生理、病理、療法等記載，還提及氣血循環的理論；《黃帝內經》已有氣血循環等生理現象的記載和屍體解剖的知識。公元前三世紀，《爾雅》註釋了《詩經》中的草木蟲魚鳥獸之名。公元前一世紀，西漢後期汜勝之所著的《汜勝之書》，是中國現存最早的一部農書，總結了中國古代旱地農業耕作知識和多種農作物的豐產技術。

25 至 220 年，《神農本草經》中記載有 365 種藥物。2 世紀西漢時，崔實指出大麻有雌雄的區別。3 世紀初，漢末華佗發明麻醉劑麻沸散，在麻醉狀態下進行外科手術。晉代戴凱之所著的《竹譜》是最早的植物專譜。304 年，晉代嵇含所著的《南方草木狀》中，分草、木、果、竹四章，列舉華南植物 79 種，是中國最早的地方植物誌，書中並有生物防治的記載。

5、6 世紀，後魏時酈道元著的《水經注》內有魚化石的記載。6 世紀，北魏賈思勰的《齊民要術》中提到豆科植物肥四田的事實，即根瘤菌的作用。據傳 7、8 世紀，中國唐朝託名郭橐駝著《種樹書》中，記有很多嫁接的方法 7 世紀，唐朝孫思邈所著的《千金要方》中，記有腳氣病的症狀和療法，以及用龜甲治軟骨病，用羊豬肝煮汁治夜盲症等藥方。8 世紀，唐朝陳藏器所著的《本草拾遺》中記載有很多藥物知識。9 到 10 世紀，唐朝段成式所著的《酉陽雜俎》中已有記載動物逃避敵害的方法。10 世紀，宋朝王維德所著的《銅人針灸經》中，認為從夏商起就有針灸療法。10 世紀，宋朝劉蒙所著的《菊譜》中指出，變異可形成生物的新類型，並記有 35 個菊花品種。

1078 至 1085 年，宋朝陸佃的《埤雅》中，對 265 種動植物作了解釋。1163 年，中國宋朝已開始金魚家化的遺傳研究。13 世紀，宋朝宋慈發表《洗冤錄》，內容是屍體檢驗的各種方法，是一部較早的法醫著作。1270 年，宋代羅願的《爾雅翼》中，有生物界生存競爭的記載。中國宋代的《農桑輯要》中，已有人工選擇的方法和事例。13 世紀，元朝王禎的《農書》中，提出作物適於生長的地區因種類、本性不同而異的論述。

1406 年，明代朱橚的《救荒本草》中，對許多種植物作了簡要說明，並畫出了 414 種植物的圖。明朝耿蔭樓刊行的《國脈民天》中，提及人工選擇的原理。

1596 年，明代屠本峻的《閩中海錯疏》中有海中無脊椎動物的記載。17 世紀，明朝徐光啟的《農政全書》中，指出植物應天時而種植的重要性。清朝康熙年間出版《康熙幾暇格物編》，內有早已滅絕的古代毛象的記載。1688 年，清朝陳昊子的《花鏡》中指出植物隨氣溫而變異，並記有植物嫁接法。1742 年，乾隆皇帝時編的《授時通考》，是有關農業、園藝及工業的重要著作，內有栽培植物的考證。1742 年，清代帥念祖的《區田編》，有人工選擇的記載。1830 年，清代王清任的《醫林改錯》，在觀察屍體的基礎上，對古代的人體解剖圖作了更正。清代吳其浚的《植物名實圖考》，按實物繪圖，為中國 19 世紀主要的植物著作。

## 4.8 中國科技的衰落與興起

西方工業革命之後，各國之間的交流日益密切。近代中國的衰弱，是西方文明的迅速發展及中國天朝的封閉自守，導致中國與世界的進步脫離。當時中國科技仍在進步，但是進步的速度卻遠不及西方文明的腳步。綜觀人類文明史，將近 6000 年的歷史，但直到近 200 年，科技才突發猛進、工業革命、啟蒙人文思想，連帶的就是資源被耗盡，戰亂加劇，而這些革新都起源於歐洲。自從 1990 年代起，中國大陸調整其政策，發展科技並吸引外資及外國科技；同時，憑藉其 13 億人口的勞力供應及市場需求，使得現今中國大陸的國力大增，在目前世界占有舉足輕重的影響力。

### 4.8.1 中國近代科技的衰落

自 16 世紀，中國統一後為求安定，用八股文束縛讀書人，唯有念四書五經方可當官，因此科學進展趨緩，煉鐵量是用來評估國家產力的重要指數。宋朝時，中國的每年煉鐵量總和就已相當於 18 世紀的全歐洲總煉鐵量，但明朝後，許多煉鐵廠反而荒廢了，社會經濟呈現衰退狀態，再加上天災、外敵，倭寇、流寇四擾，貪官污吏，中國沒多餘能力解決民生問題。反觀 16 世紀的歐洲，向來不是個統一的帝國，也由於諸小國林立，沒有獨強，因此競爭激烈，再加以歐洲地形變化大，各地物產不同，需互通有無方得生存，商業行為可獲巨利，再加上小國多，倘若一個國家無法行良策留住人才，那麼人才就會流往其他國家，許多中世紀的領主喜歡沒收銀行家或商人的資金，最後這些商人改到別國經商，自己的領地反而凋敝了。同理，一項新技術不被採用，那麼科學家

就會到別國去效命。歐洲最後就慢慢形成一套富國強兵的經世原則，這與春秋戰國時期是十分相像的，同樣是思想與技術的黃金時期，而在中國，不照皇帝那套規矩，就永遠沒機會出人頭地。

中國也有過遠洋計畫，鄭和最遠到達非洲，當時的中國造船術仍是最先進的，可航遠洋，船有數層樓高，可裝載一整隻軍隊，鄭和出航以政治為主，而非貿易為主，雖到過許多地方，但並未建造永久據點，除了宣揚國威，滅掉幾個南洋小國，帶點貢品回來外，並無太大收穫，鄭和死後，艦隊也裁撤了，成祖更實行海禁，白白喪失了貿易收入，把南洋海權拱手讓予日本及歐洲人，明朝的稅賦極少，宋朝時海上貿易收入就數倍於明朝年貢，海禁也間接讓中國趨於保守。反觀歐洲，歐洲海上探險源於為了拓展與東方的貿易，雖然規模小，但誘因強大，不論是那一國，到非洲或美洲建立殖民地，都是窮兇惡極的掠奪以充實國庫，皇室見有巨利可圖便持續下去，最後便形成帝國主義。

以農業國家而言，人口、糧食、尚武風氣是衡量國力的要素，但進入工業時代後，原料、工廠、政府效率卻是決定國力的條件，國家大小不再是最重要，一但以機器代替人力後，多餘的人口便可從事各種專精產業，都市化越高的國家，科技研發越迅速，所以工業國家相對於農業國家，其國力越差越大。結果是，中世紀最強的國家如印度、中國、阿拉伯世界等，在歐洲國家工業化後反倒成為被掠奪的國家。

#### 4.8.2 金磚四國與中國現代科技的興起

2003 年 10 月 1 日，一份編號第 99 的高盛全球經濟報告，隨著網路傳送到歐、亞、美洲各國機構法人的電子信箱裡，這是高盛引起最大回響的報告。報告中指出「金磚四國」—巴西、俄國、印度和中國經濟崛起。他們合組 Brazil、Russia、India 和 China 四國的起首字母，稱之為 BRICs (發音類似英文的磚塊 brick)，預測他們將逐步取代全球前六大經濟體(美國、日本、英、德、法、義)的地位。在 2050 年，世界經濟強權會劇烈洗牌，新六大經濟體的面孔將變成中國、美國、印度、日本、巴西、俄國。這六大經濟體的改變因素包括全球資本市場，匯率大幅升值，推升全球經濟成長率，能源市場需求激增，新消費群誕生，耐久財市場需求暴增等六項變貌。

2008 年中國是世界第六大經濟體系，第四大出口國，當然也是進口大國。2003 年中國生產了全球一半照相機，三成空調和電視，同時又是全球的銅、鎂、鋅、白金、鋼、鐵等的第一大消費國，第二大石油消費國。在資本進出方面，2003 年中國成為全球第一的引資國；在資本輸出方面，雖然基數很低，但近年高速增加。2008 年中國外匯存底已超過 1 兆美元，這是中國官方首度證實大陸外匯存底超越日本成為世界第一。

但值得注意的是中國屬於一封閉式經濟體系，資本帳未全面開放，代表大部分外匯儲備由中央持有，與日本等開放型經濟國家，民間擁有大量外匯資產均未有反映於政府的外匯儲備中的情形顯有不同。

1995 年 5 月召開的中國科學技術大會上，時任中共中央總書記的江澤民正式提出「科教興國」政策。1997 年，中國政府批准了中國科學院關於建設國家創新體系的方案，投資實施知識創新工程。1998 年 6 月，中國成立國家科技教育領導小組，表明中國從更高的層次上加強對科技工作的宏觀指導和整體協調。1999 年 8 月，中國政府召開全國技術創新大會，提出要努力在科技進步與創新上取得突破性進展。

到目前為止，中國科學家完成了人類基因組計劃的 1% 基因繪製圖，在世界上首次構建成功水稻基因組物理全圖；當今世界最大的水利樞紐工程長江三峽大壩，此水利樞紐工程許多指標都突破了世界水利工程的紀錄；全球最高之青藏鐵路；神州五號載人飛船發射成功並順利返回；以及 2008 年 5 月通車之全球第一長的上海杭州跨海大橋。

中國政府為主導的中央計劃體制正在轉變，一種以經濟建設必須依靠科學技術，科學技術工作必須面向經濟建設為原則，政府科技機構、產業研究部門以及高等院校之間分工明確，良性互動的新型科技體制逐步形成，民營科技企業迅速發展。開放的中國將以更加開放的姿態和視野展開新世紀的科技事業。

### ☞ 關鍵詞彙 ☞

火藥	印刷術	地震儀
李時珍	李誠	指南針
張衡	畢昇	造紙術
陶弘景	渾天儀	華陀
蔡倫	鄭和	蘇頌

### ☞ 自我評量題目 ☞

- [1] 在蘇頌發明天文計時鐘之前，中國人如何計時？
- [2] 請敘述祖沖之在數學上之貢獻。
- [3] 請敘述畢昇的生平及其在印刷術上之貢獻。
- [4] 雕版印刷和活字印刷有何不同？
- [5] 陶弘景把藥分成哪七種？

- [6] 簡述天球儀的構造與功能。
- [7] 簡述候風地動儀的構造與功能。
- [8] 蔡倫所發明的造紙術與歐洲的文藝復興有何關連？

### ☞ 參考文獻 ☞

- [1] 吳國盛，《科學的歷程》，科學技術出版社，長沙，1995年。
- [2] 曾少潛，《世界著名科學家簡介》，科學技術出版社，長沙，1981年。
- [3] 中國科學技術協會，《世紀輝煌》，科學普及出版社，上海，2001年。
- [4] 范曄，《後漢書》，卷10上，〈和熹鄧皇后傳〉。
- [5] 中國文化大學科技發展與人物編委會，《科技發展與人物》，中國文化大學出版部，民國89年。
- [6] 房玄齡，《晉書》，卷11，〈天文上〉。