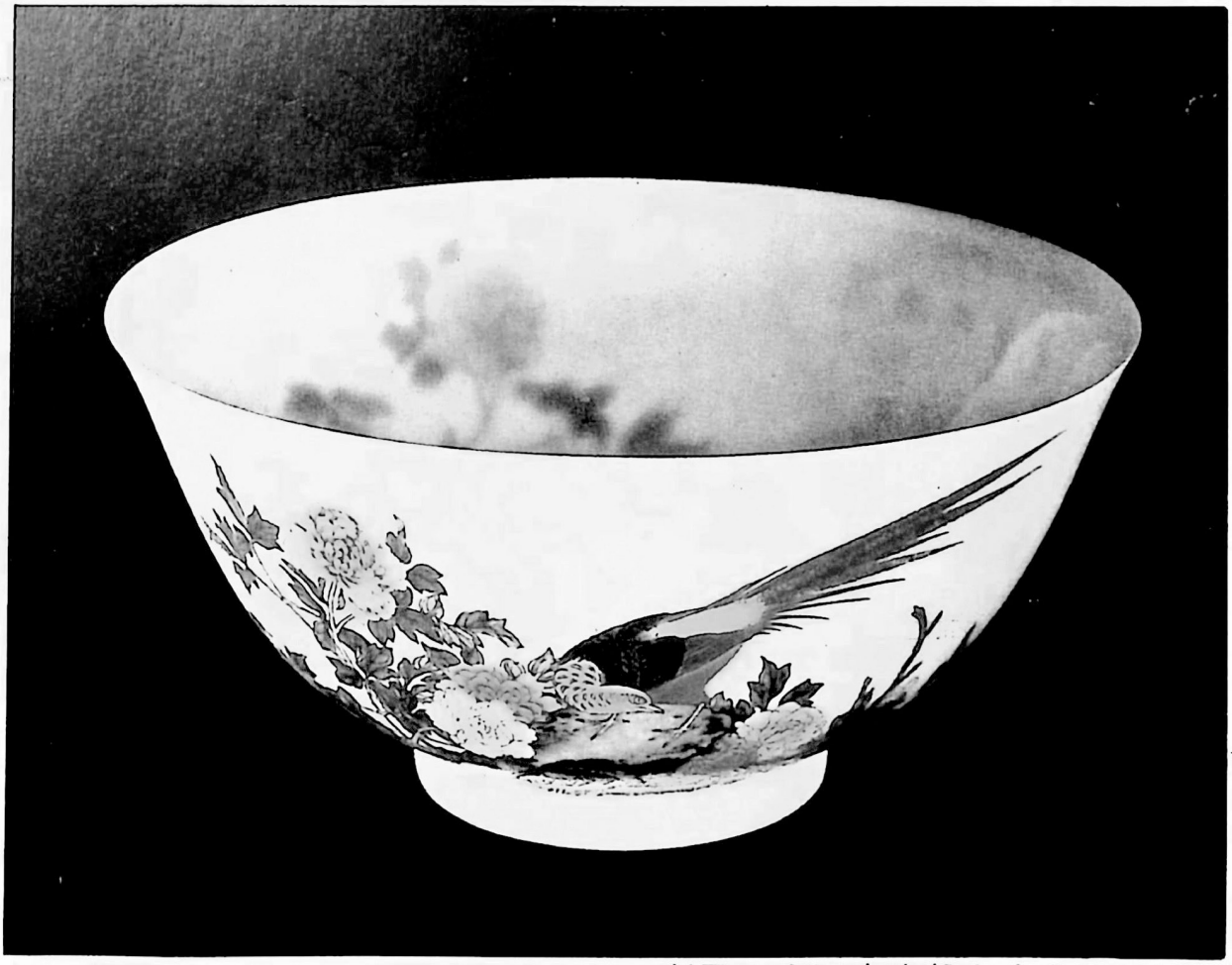
中華民國75年12月出版

科學史通訊

第五期



封面：雍正宮窯粉彩金雞牡丹圖盌

（故宮博物院藏）

第一屆科學史研討會實況照片

目　錄

從古代青銅器的鑄造試釋金文的「鑄」字

萬 家 保

壹、金文的另一種解釋途徑

陳槃先生在討論古代社會田狩和祭祀關係的一篇文章中，曾說過這樣一段話：（註一）

「古史中之問題，又往往其理解本近在日用飲食之間，俯拾即是。而腐儒學究，亦有鴻生通人，必求之高深，致之玄遠，是其義初在耳目之前，一旦乃謬于千里。尤其禮俗問題，大不乏此例。」

陳先生所舉的事例，雖然是古史中的問題和「日用飲食」的關係，我們認爲有關古代技術和技術用語間的關係，亦不妨循此一觀念試圖詮釋。

近四、五十年來，由於地下發掘資料的累積，試驗室中經驗的日增，對中國古代青銅的鑄造技術已經有了較前任何一個時代更爲深入的了解。因此我們可以將金文的「鑄」字和古代青銅器鑄造技術的關係，就技術知識所知加以解釋。

古文字的研究，尤其是附麗於青銅器上的「金文」的研究，在宋代就有很豐碩的成績。皇祐以後，像楊南仲、章友直、劉原文、蔡君謨、歐陽永叔都雅好鐘鼎文字。到了元祐壬申（一〇九二年）呂大臨作《考古圖》，同時又作了《考古圖釋文》，這可說是金文的第一本專書。（註二）

元代的戴侗是一位在文學中開闢新途徑的學者，他的《六書故》，把文字分成九類，即數目字、天、地、人、動、植和工事等等。立了四七九個目，其中一八八個是文，四十五個是疑文，二四五個是字。文是獨立的原始字，所以一切文字可以攝入二百多個指事、象形的文或疑文項下。他曾用這種方法說明金文，如「鼓」象「擊鼓」；「壴」才象「鼓」（筆者按四七九個目可能是四七八個目）。

跟戴侗的實事求是態度大相逕庭的，有另一派學者，想用沒有條理的玄學解釋古文字，如莊述祖的《說文古籀疏證》。莊述祖企圖把一切文字溯源於甲子。甲子是後起的陰陽五行思想，來解釋早期古人因記載「日常事務」而產生的文字，當然是行不通的。

今人掌握、蒐集的古文字資料，顯然遠較古人爲豐富，甲骨文之發現就是一個好例子。今人治學較古人有系統，有條理且較科學。因之囿於古人的觀念是不必要的。而金文中的「鑄」字，和鑄造有直接的連系，更不必「致之深遠」了。

貳、「鑄」字和鑄造技術

從古代的鑄造技術來試圖解釋當時記述此一技術的金文「鑄」字是可行的。因爲在中國文字傳統中，文字常是表達意義的符號，或是

含義的「義符」的注音記號。就是因爲這樣，所以用一種生產過程解釋代表這過程的「義符」是可能的；甚且可以反過來，用「義符」幫助我們了解生產過程，也未嘗不可。鑄的解釋就是基於以上的事實。

近代工業書刊描敍生產過程所採用的方式有些很和中國文字表達的方式相類，就是用了所謂流程圖。下面的流程圖（表一）取自台北鐵路機場閘瓦鑄造：

以上的流程圖是用文字表達的，但也有的以畫面表示，就更醒目些。

中國古代的鑄銅技術，一般說可以分成四個步驟，就是：

一、模的彫塑及心型的製成。

二、範的形成，和範與心型的組合，而範是所謂的塊範。

三、青銅的混製和熔解。

四、澆鑄和鑄後的加工。

合金的原料通常是錫、銅和鉛等，工具有坩堝、風箱、熔爐等。燃料則多用木炭。整個的鑄造程序可以流程圖表示如下（表二）：

參、「鑄」字的一些解釋

容庚的《金文篇》提供給我們相當完備的金文「鑄」字的材料；最近周法高先生又搜羅了各家對金文的解釋編著了《金文詁林》一書，（註三）。這篇文章就用這些爲立論的基礎。容庚的金文「鑄」字搜集了五十三字，如圖一。

從這五十三個金文，我試著把它分成了主要的單體，它們都是出現次數比較多的。當然這幾個重要單體並不必同在一個金文「鑄」字出現，這可能是因爲「鑄」這個字當時還沒有標準的寫法，也可能是適度的簡化了。但是在鑄弔簠、鑄子鼎和鑄公簠三件青銅器上的鑄字，這六個單體同時出現。圖二示這六個單體和它出現的頻度。

上文中我們暫時把鑄字拆成了所謂六個單體，是稍嫌大膽了些。筆者對文字學素無訓練，因此把一個字這樣的拆解是否合理也或成問題。我們不妨參照前人的看法，試看他們是怎樣分析這個字。劉心源在解釋榮伯 [illegible] 上的「鑄」字時，把 [illegible] 和 [illegible] 合在一齊，他說：「此從 [illegible] 余以爲黃，古文作 [illegible] 即此也。鑄以 [illegible] 蓋用爲樞，所謂 [illegible] 也。」[illegible] 就是皮製的風箱，一種鼓風的器具。致於 [illegible] 這一單體，他認爲是聲母，這是和很多文字學家的意見相符的。

說文：「鑄，消金也，從金壽聲，壽從 [illegible] 聲，而 [illegible] 從 [illegible] 聲。」如此這般壽和鑄都是從 [illegible] 聲了。這樣 [illegible] 這一個單體是可以獨立的。不過 [illegible] 這個形聲字的聲符到底是什麼呢？按照唐蘭的說法：「每一個形聲字的聲符，原來總是有意義的。」於是 [illegible] 也不能例外。但它是可以獨立，而成一單體大致沒有疑問。

高田忠周解釋「鑄」字，有另一套理論，他說：「劉以從 [illegible] 非，此篆（按指濟宁鍾氏大保鼎銘中的鑄：[illegible]）[illegible] 即 [illegible] 之省，[illegible] 者羊之略，而三牲也。合羊皿爲血字義。孟子有牛羊何擇焉，語牛羊並得爲釁鑄也。若 [illegible] 與鑄作意義毫無關矣。」可是他又說：「今審此篆形，從金，從 [illegible]，從 [illegible] 從 [illegible]，[illegible] 聲。而參齊侯鎛鐘及鑄子黑姬鼎以下諸文，猶當從火而省之也。其從 [illegible] 從 [illegible] 從火與 [illegible] 同意，亦或以 [illegible] 省，鑄 [illegible] 象意，血亦當 [illegible] 義。」，但以後又「轉爲凡鑄作義」。

高田忠周的理論，簡單的說，這個金文「鑄」字本來是釁字，就是鑄造禮器以使用牛羊血塗之，但以後假借作鑄字之用。

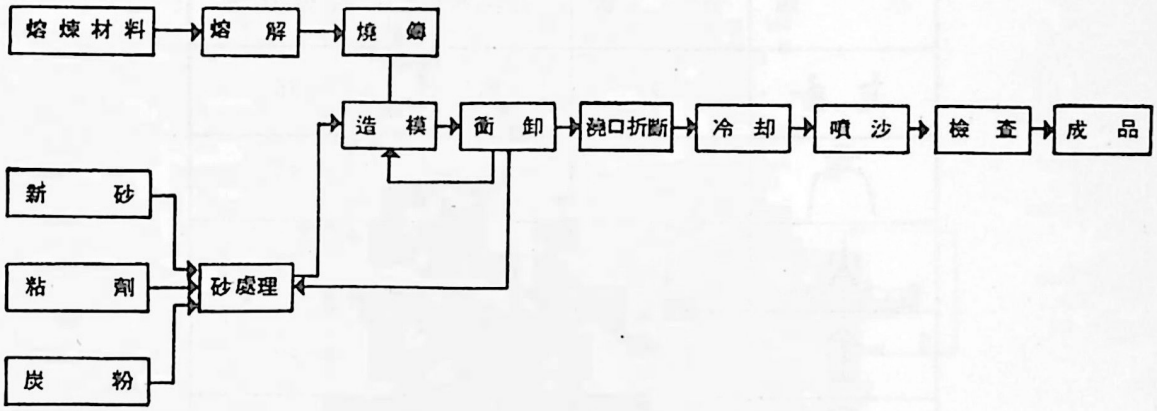
在金文詁林中集了好多學者的意見，有一些就像高田一樣，「必求之高深，致之玄遠不可。」我們可以置之不論。

當然有些學者，像吳大澂就直接了當的解釋古「鑄」字象「手鑄器，形下象爐火中爲金，以火銷金曰鑄，（見）鄦子妝簠。」這樣的解釋不但易於了解而且，也不必轉彎抹角，多

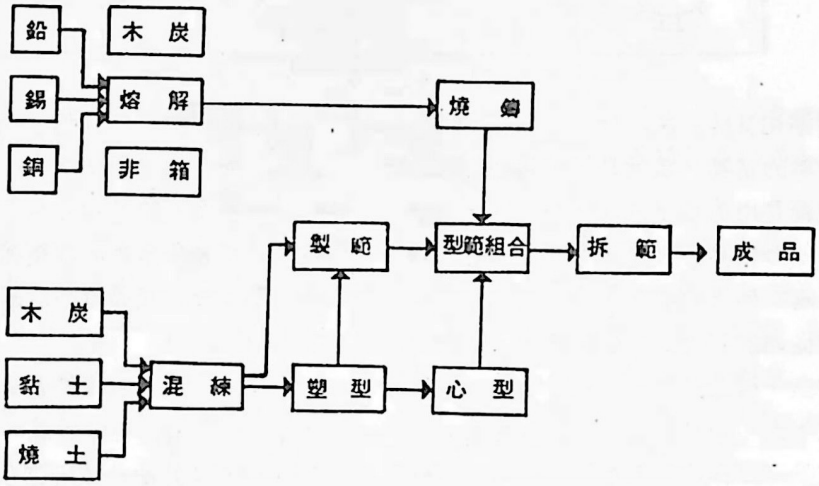

鑄大保彝
王鑄解
作冊大彝
荀伯盨
荀公彝
荀公壺
鄀子盨
楚子盨
仲殷父盨
楚嵐西
公父宅西
鄀公華鐘
湯弔盤
曰差鐘
鄀王彝
棄玄盨
庚午盨
用乎自
宇盨
鄭聲家鬲
鄀始鬲
取虘盤
取虘西
奉虎壺
旅虎盨
弔皮父盨
榮伯鬲
命尸夷壺
鄀孝王彝
余又鐘
瓶弔盨
居盨
余半盤
述素盨
仲絲盨
王人觥
番匊生壺
伯孝朝盨
莊之公鐘
鑄客彝
舍肯彝
舍志彝
鑄客盤
舍肯盤
鑄客盨
鑄客盨彝
國名呂氏春秋封黃帝之後於鑄史記作祝
鑄弔盨
鑄子彝
鑄公盨
鑄子盨

圖一

表一　閘瓦鑄造的流程圖



表二　中國古青銅器鑄造的流程圖



所徵引，但却嫌不夠具體。

肆、一項對「鑄」字的新看法

近代中國考古學的收獲很多，不過按照青銅器和有關青銅技術最要緊的發現來看，最值得大書特書的是關於青銅鑄造術的遺存和遺物。在這些遺存和遺物中和金文「鑄」字最關重要的是兩項：其一是鑄造用的範，其一是田野考古學家稱作「將軍盔」的熔銅用的坩堝。

劉嶼霞在《殷代冶銅術的研究》一文中，對民國廿年春季發現的「將軍盔」之所以爲坩堝（他稱之謂煉鍋）有很詳盡的描寫，並且證明它是「煉鍋」。關於煉鍋和坩堝之分野，筆者曾作過一些辨正。但是在這篇文章中並不須引用，在這兒我們姑且把它稱作坩堝是恰當的。

這俗稱將軍盔的坩堝，重七公斤余，容積是三公升，是陶質內含有許多雲母碎片。據劉嶼霞稱和湘西一帶煉生銻的陶罐頗爲相似，而其體形和倒立的尖頂盔相倣。也就和金文「鑄」字的第二個單體絕似。我們逕行認爲它是倒傾著的坩堝是不會有太大錯誤的，我跟幾位文字學家先輩李孝定、張秉權和故世的屈萬里先生請益，他們都同意這個看法，於是它自成單體也不會有問題的。

圖二　鑄字的六個單體和它出現的頻度

單　　體	序　　數	出現頻度	百分比%
	1	45	85
	2	47	89
	3	28	53
	4	16	30
	5	23	43
	6	42	79

安陽發掘和其後一些商代遺址的發掘出現的另一項要緊的遺物，這就是用來鑄造青銅器的範。這些範是用燒灼了的泥土製成的，而且鑄造一件青銅器須要好幾塊，所以又稱着塊範。譬如，要鑄一件青銅鼎，大致是分成三塊。這三塊範是從鼎的三隻足的中線分界。若是要鑄一件爵的話，得分成上下兩組，上面的一組分成四塊，下面一組分成三塊。這樣組合起來再加上心型就可以作成一套型範的組合，以備青銅熔液澆入。鑄造程序也可以參考表二的流程圖，但是詳細的分範方法，不是本文所討論的目的。總而言之，中國古代青銅器鑄造的模子（mould），是採用多塊燒土塊範所組合而成的。

因爲上述的塊範鑄造方法，我想到了第五號單體的形狀，我私下認爲這單體意味著塊範。爲了這個問題，我請教了一些前輩古文字學家。可是他們認爲第五號單體在鑄字中，扮演的是聲符不具任何意義，也不會是範。所以這一個單體在意義上說是不能確定的，而下文中所述的，也是在沒有堅強文字學基礎上，暫時假定的說法。

在甲骨文中，第五號單體出現的機會很少。李孝定先生的甲骨文集釋中，把它解釋爲田疇的「疇」字。於是我想是不是有分劃、分割的意思；或是象形的形容幾塊田疇的意思，這又和塊範有幾分相通也不能確定；但我還暫把它看作範的意思。

下面我用這六個單體畫成如圖三的流程圖，這是一項不甚成熟的假設。這假設是這樣的（從左到右，且按前頭所指）：

一、手形代表用手的動作，也即是工作的開始，當然不是用手執坩堝。應該是以手用工具來執坩堝，也就是從事鑄造的開始。

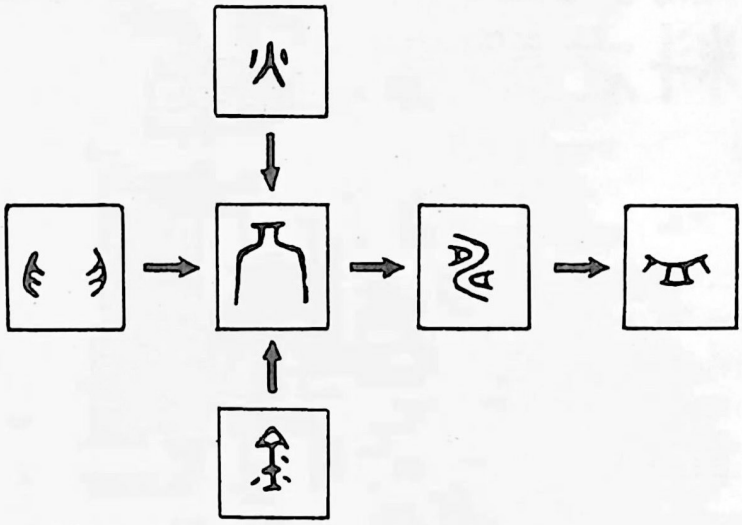
二、坩堝的形狀是倒的，表示傾倒的動作。

三、火是加熱的意思，這是再顯明沒有的了。

四、金字代表了應加入於坩堝內的金屬。金特別是指的銅，因爲「六齊」中金就是銅的代稱，當然錫和鉛也是金的一種。

五、按照以上不確定的看法，這是將坩堝

圖三　鑄字六個單體繪成的流程圖



內的熔銅，傾入塊範的組合裏。我想，如果這第五個單體是聲符，並不能阻止它不代表區分著的塊範。

六、最後一個單體是皿字，我以爲是汎指器皿而言，就是成品。

伍、結　　語

這一篇小文章，受了陳槃先生的幾句話的鼓勵，才敢寫出來的。陳先生說的「理解本近在日用飲食之間」，我才有勇氣用一些自己知道的淺薄知識草成此文。錯誤是難免的，但在解釋「鑄」字的一些文獻裏，也許不失是一個新的看法。

我自知在解釋方法不免有牽就「流程圖」這一觀念，也許這一觀念會助於別的表示工作的字彙的解釋亦未可知。總之，這個嘗試希望能獲得指點而加以改正。

註　一：陳槃，古社會田狩與祭祀之關係，頁三〇九，史語所集刊第三十六本，上册。

註　二：唐蘭，《中國文字學》，樂天出版社。

註　三：請讀周法高著《全文詁林》，中文出版社，頁 1986～1987。本文有關金文「鑄」字的各家解釋，都從周先生此詁林中得來的，可是若有錯解文義時，仍由筆者負責。

※本文作者任職於中央研究院歷史語言研究所

試論我國古代陶瓷工藝中坯料之調製問題

陳　學　光

前　　言：

燒製陶瓷的程序裏，坯料的調製相當重要。成品的品質與坯土有密切的關係。中國陶工將歷代的經驗累積下來，自選土、淘鍊、摻和料到養土，每一步驟都有獨到和豐富的知識。本文試著整理出土和實驗分析的報告和資料，以供讀者了解中國陶工曾使用過的調製坯料的方式，並從中觀出一項工藝的發展與其受材料局限時所作的因應之道和突破後的發展情形。

壹、陶瓷工藝的坯料

我們之所以稱之爲「坯料」是因爲要造就陶瓷器所須的原料，有時並不只是單純地用一種土。爲了調整成品的耐急熱急冷的特性；增加坯體的強度；爲了在燒造過程中能耐1200℃以上的高溫而不致變形軟塌；以及改變坯體的色澤、質感，而於土中加入摻和料。

摻和料曾用過砂粒、著色劑、滑石、素燒粉或是磨成細末的廢瓷片。如今討論最多的則是景德鎮的坯料，宋朝使用的是瓷石，自元代起，明清兩代均於瓷石中配入部分的高嶺土，成爲有名的二元化坯料。

一、選土和摻砂

調製坯料有許多步驟，第一步就是選土。以前大家誤以爲古代陶工隨意取用周遭的黏土。事實上陶工對於土的選擇相當講究。例如目前已知的考古資料可以知道新石器時代的陶工曾依器皿的用途不同，而調配坯料。他們所用的黃黏土不是隨處可得的普通黃土，而多半是河床旁和冲積扇的沉積土。（註一）至於用來作爲化粧土的白土，爲次生高嶺土。

以仰韶文化的陝西西安半坡遺址出土的夾砂陶爲例，許多器底有煙炱，表示用來作爲炊器的罐、盆等夾砂陶，其陶坯經過測定，發現所用的坯料中摻有砂子。這些砂子顆粒均勻，光滑而無稜角，爲天然形成的砂粒，推測爲河砂。（註二）是有意識的將河砂摻入黃黏土中的。

炊器摻砂的目的是要耐急熱急冷，猶如今日的煲鍋。這種摻砂以利成品耐急熱急冷的經驗，在稍後的龍山文化中也有例證。例如在山東泰安之大汶口遺址，出土的白陶器，這些以北方瓷土製作的白陶器，由於燒成溫度尚未達到「瓷化」的程度，只能稱爲陶器。作爲容器用的白陶帶蓋筒形豆、白陶帶蓋寬肩壺、白陶帶蓋單把杯和高足杯等，都是細泥的胎質。至於被視爲龍山文化的獨特器形～「陶鬶」（註三），雖然有的也是

白瓷土作成，但於坯土中摻入砂子，其目的是耐急熱急冷，因爲陶鬶的用途爲溫酒器，須擱置火上溫酒。（註四）

摻了砂的坯料，成形的手法多半用手製。以圈泥法（泥條盤築法）和揑塑拼接的方法合用。如圖一，此陶鬶爲山東濰坊市姚官莊出土，三袋足均先以圈泥分別作成尖底空袋狀，在盤泥的過程，以草墊支撐以免變形是必要的。最後再拼合，加流口、長頸和把手。兩部分拼接時，坯土的乾濕程度必須掌握住。作把手時，坯土的可塑性必須充分了解，否則就遭致失敗。

圖一 陶鬶

龍山文化晚期出現了輪製技術，許多器皿如豆、高足杯、高足盤等，先在陶輪上以手拉坯的方式作好高圈足和盤或杯的部分，待稍乾再拼接起來。前面所提到的白陶細泥質容質，均爲輪製。我們要說的是，像這般輪製的器皿所用的坯料，無論是白陶、黃陶或黑陶，都是細泥質。至於摻砂的坯料，則多半以圈泥法完成。坯料的粗細不同，所用的成形手法也不同。

選用黃黏土作坯，如果陶窯內燒成氣氛始終維持氧化焰的話，只能燒出黃陶或紅陶（含鐵分較高）。但是在燒陶的過程中，於〔土的還原時段〕，也就是700℃～800℃之燒窯時段，添加木柴或木炭，並減小烟道的流量和出烟口的數目，使得窯內充滿游離的碳素和一氧化碳，於是坯體的O_2被CO奪取，產生CO_2逸出窯外，在這當兒游離的碳素滲入坯體，形成所謂的「滲炭」作用。換言之，龍山文化的黑陶並不是使用黑土作成的，而是運用燒窯時的還原焰的控制手法，燒成裏外均黑的黑陶。（註五），黑陶所用的仍是黃黏土。圖二爲山東安邱縣景芝鎮出土的高足杯。

圖二 黑陶高足杯

白陶在龍山文化晚期已經出現，，在殷商的晚期最爲盛行。商代的白陶片沒有摻砂的情形。二里頭宮殿遺址出土的商早期白陶片，以拍印的繩紋和堆紋爲裝飾。商晚期之安陽殷墟小屯則出土兩類白陶片、刻紋白陶和樸素粗厚的白陶片。整個說來，白陶佔商代陶器之極小部分。（註六）小屯白陶片的燒製地點仍未確定。瓷土的來源則是北方的某地。因爲小屯白陶片的化學成分中含有1～2％的氧化鈦T_iO_2，這是江西省的星子高嶺土所沒有的成分，而北方瓷土中卻往往含有氧化鈦。（註七）這說明華北地區的瓷土礦（次生高嶺土）在新石器時代晚期的龍山文化期，和殷商時期均被陶工發現並運用，製成華美的白陶器。

不過白陶的燒成溫度不高，所以雖然用的是純高嶺土，但由於築窯的技術未臻理想，坯體未瓷化，也只能算是陶器而已。例如殷墟白陶片的燒成溫度，在1000℃左右。（註八）以吸水率而言，硬度高的白陶，其吸水率仍有7～18％以上。燒成溫度偏低的白陶，吸水率更大。（註九）也就是說以白陶製作裝酒的容器是會滲漏的，相當不划算。

二、瓷　石

目前學者研究中國歷代南、北方青瓷，他們對於南北方的青瓷瓷胎發現了有意思的結果。北方青瓷瓷胎中所含的三氧化二鋁Al_2O_3比較高，二氧化矽S_iO_2較低，至於氧化鈦T_iO_2等雜質含量相當高。這種情形，以河南地區爲甚。（註十）所用的原料就是當地的瓷土。

南方青瓷以越窯（浙江）爲例，所含的

S_iO_2很高，鹼金屬氧化物的比例也偏高，幾乎爲河南青瓷的一倍。陝西的耀州青瓷在兩者之間。浙江地區的青瓷器，歷東漢晚期、三國、西晉和唐、五代，其瓷胎都有同樣的情形，化學成分也都與浙江一省所產的瓷石成分十分接近。浙江的瓷石是一種含石英～高嶺～絹雲母類型的花崗岩類風化後的礦物。（註十一）這種風化過的瓷石，可以單獨用來作爲坯料。宋代的龍泉青瓷在坯料中還摻入一定量的紫金土，一方面提高坯料的含鐵量以作成灰色胎骨，另一方面可提高可塑性增加手拉坯的有利條件。（註十二）

使用瓷石爲坯料的情形在其他的地區也極普徧，但是由於浙江省瓷石的產量極豐，以致於自古至宋元，浙江全省境內大大小小的窯場密布，成爲全國窯場最多的省份。其他的地區如四川的成都市青羊宮窯，爲唐宋時期的窯址，其上限可能更早。此窯所用的原料都是一種。爲岩石末經淘洗沉澱後的石漿。此種岩石爲四川各地普遍有的紅色水層岩，質疏鬆，含有鐵分。這種石漿原料能耐火，燒成後胎質堅硬細密，中無氣泡，色呈赭紅。（註十三），由於燒成後呈赭紅色，因此在青羊宮窯址可以見到使用化粧泥，以遮飾原來胎色的情形。

最著名使用瓷石爲坯料的例子是江西景德鎮。目前對景德鎮五代和北宋的瓷胎的研究分析得知，陶工用來作爲坯料是的景德鎮一帶所產的瓷石。這些瓷石是採掘上層經過風化的瓷石，Al_2O_3的含量一般高達18～19％，鉀、鈉等鹼金屬氧化物經過風化、流失後仍有3％左右。由於鉀鈉部分流失而鋁氧富集，含量較高。因此在 1200℃ 左右燒成也不易變形。（註十四），五代北宋的陶工所用的是上層瓷石，而南宋陶工多用中下層瓷石作坯料。蝕變型的下層瓷石和風化型的中層瓷石相近，一般鋁氧的含量爲15～17％，鉀鈉等含量爲4～6％。至於風化型的下層瓷石，鋁氧13～15％，鉀鈉等高達5～7％，也就是說如果單獨用它來作坯料，燒成時容易變形。（註十五），不過鉀、鈉等鹼金屬氧化物含量高，二氧化矽S_iO_2含量高，可燒製成半透明的傑出瓷胎。南宋時期景德鎮湖田窯所燒製的影青瓷、白瓷，瓷胎有半透明的效果，手持瓷盌於燈光下檢視，可以看到手指若隱若現。若是瓷胎作得較薄，指掌更是清晰可見。

另一個使用瓷石的例子是德化窯白瓷。雖然有人稱之爲瓷土，然而從其化驗分析的結果看來仍是瓷石。（註十六）德化縣城附近的仙榮「瓷土」，含二氧化矽（S_iO_2）73.01％、三氧化二鋁（Al_2O_3）13.65％、三氧化二鐵（Fe_2O_3）0.14％～0.98％、二氧化鈦（T_iO_2）0.05％，仙榮「瓷土」含二氧化矽較高，此外還含有少量的鹼金屬氧化物（鉀、鈉、鈣）等，因此燒成溫度約1200℃，就可以瓷化。以仙榮「瓷土」的成分和較低的燒成溫度的特徵看來，應是「瓷石」的特性。我們知道一般純粹的瓷土，含二氧化矽（S_iO_2）46.51％，三氧化二鋁（Al_2O_3）39.54％，熔點在1780℃，景德鎮所產的瓷土，如高嶺村所產的高嶺土。基本符合此條件，是需要極高的溫度才能瓷化的。

德化窯所使用的作坯原料，除了仙榮瓷石之外，在褒美村（屈斗宮附近）的瓷石也曾大量使用。屈斗宮有宋元時期的窯址。這裏的瓷石甚至不含三氧化二鐵，燒成品的白度比景德鎮的宋代青白瓷、白瓷更高。由於原料～瓷石中含有少量的鹼金屬氧化物，而致燒成溫度低，因此燒成品晶瑩滋潤，潔白如玉，成爲獨特的德化白瓷。缺點是燒結溫度低，成品極易變形。德化窯的作品一般的胎體較厚，極少薄胎器，恐與此有關。

明代的德化窯所選用的原料稍有不同，燒成品色澤帶黃，當然是原料中所含的三氧化二鐵較多而使用氧化焰燒成所致。相信所用的原料耐火度稍高，因此作品特別是捏塑的佛、神像成功的作品傳世極多。原報告尙

未發表這一類作品所用原料的成分爲何。（註十七），不過，我們相信僅用瓷石一種原料，它的可塑性和黏性較差，遠不及陶土，無法單獨使用它來揑塑人像。如果在瓷石中添加少量的黏土，才能改善坯料的可塑性和黏性而製作揑塑人像了。添加物爲陶土，或爲瓷土，還是只用單味的瓷土，這一點還得留待化驗分析的報告表才能明白。不過，明代景德鎭陶工已經是將少許的瓷土（高嶺土）添入瓷石之中作爲坯料，這個調製坯料的經驗自元代已經開始，因此到了明晚期十六世紀的嘉靖、萬曆，德化窯的名家～何朝宗、張壽山、林朝景等人，能製作如來、彌陀、觀音、達摩等瓷塑像，必然是對於坯料的調製有了相同的經驗，才能克服技術上的困難而發展瓷塑的。

三、高嶺土

前面說過，南宋時期景德鎭地區燒製影青瓷的坯料是經風化的瓷石。而從元代開始，景德鎭湖田窯所使用的坯料爲瓷石摻入部分的高嶺土。這種「二元化」的坯料對於景德鎭的製瓷業有極重要的意義：

(一)可使用的瓷石增量

宋代陶工所使用的瓷石是表層風化程度較大的瓷石。就是景德鎭地區的瓷石礦而言，表層風化的瓷石產量少，不及中層下層之蘊藏量豐富。上層瓷石的莫氏硬度只有四、五度，易於採掘。同時在風化過程中鹼金屬氧化物流失，鋁氧富集。其三氧化二鋁的含量一般高達18～19％，鉀鈉氧化物的總量一般低於3％。在1200℃左右燒成不易變形，可以單獨用來作坯。燒成後可成半透明的瓷胎，這些特點前文已經提過。然而上層瓷石的產量有限。下層瓷石的三氧化二鋁含量僅13～15％，鉀鈉等鹼金屬氧化物含量高達5～7％，燒至1200℃時會軟塌變形。其硬度爲莫氏6～7度，較難挖掘。然其蘊藏量豐富。

當上層瓷石的產量逐漸減少的情況下，能夠引進高嶺土摻入下層瓷石之中，以提高瓷胎的耐火度，使得蘊藏量豐富的下層瓷石也得以用來造瓷。這對於製瓷業不啻是一項轉機。

於是從元代開始，景德鎭的陶工無論使用上層或下層瓷石，均加入高嶺土，可以提高坯料中的鋁氧，使製品的燒成範圍增寬，並減少變形，提高成品率。

(二)降低成本

高嶺土含三氧化二鋁約35％，質地純淨。自礦區採來只須淘洗就能使用。不像瓷石需要經過粉碎磨細才能使用。必竟土礦硬度低，挖掘容易，因此相對地降低了成本。

(三)燒造硬質瓷

瓷石中摻入部分的高嶺土，改善了易軟塌變形的瓷胎，從此可以燒造更高溫的硬質瓷，而非燒成溫度僅1150℃±20℃之軟質瓷。

今日所說的高嶺土，元明時人不稱爲高嶺土，來源也不只浮梁縣高嶺村之高嶺山一地。以遺址和文獻的考證，證明了明朝人所說的「麻倉土」，即後人所稱之高嶺土。（註十八），麻倉礦區開採在前，高嶺礦區開採在後，我們可以說麻倉土爲高嶺土的前身。

元人將高嶺土稱之爲「御土」，產地就在麻倉礦區。根據劉新園的考證，元代之「御土」——麻倉高嶺土的發現與應用，其年代不會早於「浮梁瓷局」設置的時間——西元1278年，最晚也不得晚於元英宗至治二年（1322）。（註十九）

明人因襲元人之舊，也將麻倉土視爲「官土」。

景德鎭境內的各個高嶺土礦，古代只開採了麻倉、高嶺土、李黃、大洲四個地區。記述麻倉土的文獻出現於明嘉靖年間，（註二十），比其他三個礦區要早得多。高嶺山是萬曆年間開始的，李黃開始於乾隆後期，

大州開始於清嘉慶年間。（註二十一）

麻倉礦區的瓷土到了萬曆初期，已經逐漸枯竭。據乾隆七年（1742）《浮梁縣誌》卷十《陶政・陶土》記載：

「明萬曆十一年（1583）管廠同知張化美，見麻坑老坑土膏已竭，掘挖甚難，每百觔加銀三分。」

麻倉土的價錢原來是一百斤值銀七分，（註二十二），如今瓷土將竭，價錢昂貴不說，勢必另覓礦區不可。至萬曆中期以後，文獻中不再見到麻倉土的記載，代之而起的是「高嶺土」。

「明萬曆三十二年（1604）鎮土牙戴良等赴內監，稱高嶺土爲官業，欲漸以括他土也，檄采取。地方民衣食于土者甚恐，守道葉雲仍，知縣周起元爭之，還其檄。」（清康熙二十一年（1682）《浮梁縣志》卷四《陶政・陶土》條）。

這段記載說明了當時已有百姓在高嶺山採土爲生。這一處礦區距離景德鎮東北約四十五公里，明清兩代留下的採掘遺址有四個地段。高嶺村前之「水口亭」有萬曆三十四年（1606）至乾隆三十六年（1771）的石碑四方，記述此水口亭爲交通樞紐，是來往客商之必經之地。乾隆五十七年還發生爭奪山場，強取瓷土的糾紛。見高嶺《馮氏宗譜》卷三《馮光發傳》乾隆五十七年（1792），馮氏與婺源縣民之爭；云：

土名麻石坳等處之山，被婺邑在山搭有蓬廠數百，人數千餘，強取磁土。（註二十三）

高嶺一地的瓷土自萬曆至清康熙、乾隆年間的大量挖掘之後，礦區附近堆積的尾砂（註二十四）共約 653 萬噸。根據劉新園的推算，這兩百年來景德鎮的瓷器燒造量，不論精粗，最少不會少於 652 萬噸。（註二十五）

法國耶穌會傳教士殷宏緒（d' Entrecolles）曾將景德鎮當時的製瓷情況記於書信上寄回國，他的西元 1712 年（康熙51年）的書簡上曾記著：

要作細瓷，則將高嶺和白不子等量相配，要作中等瓷，則高嶺和白不子的配比爲四比六，但高嶺和白不子的配比最小爲一比三。這一條記載對於了解應加入多少比例的高嶺土，有個比較清晰的概念。就是現代，高嶺土25％、瓷石75％的配法也與之相去不遠。書信中所記的「白不子」應該是瓷石，因爲高嶺土雖然也製成方磚的形狀以便於自礦區搬運下來，但是高嶺土的不子顏色微黃，有別於瓷石。狹義的「白不子」應指瓷石而言。

高嶺村的高嶺土礦的開採，造成十七、八世紀景德鎮窯業的空前興盛。同時，清代並未將高嶺土像明代萬曆以前將麻倉的高嶺土據爲官土，因此民窯和官窯都能採用品質良好的高嶺村高嶺土，於是官窯和民窯俱能製作極佳的瓷器。

但是到了乾隆後期，由於濫挖高嶺土而導致尾砂掩沒良田，水土保持被破壞，且因爭土而釀致人命等等情事。於是勒石嚴禁開挖瓷土。（註二十六），不僅是高嶺土，連李黃一帶也禁採瓷土。禁令一下，於是開始採用大洲高嶺土，但是大洲所產的瓷土，淘洗後只得淨泥13％左右，不久就大量使用星子高嶺土了。嘉慶道光年間採用星子高嶺土，其淘洗後所得淨泥是「三分成土，七分成沙。」（註二十七）出泥率相當低。同時星子高嶺土的礦區離景德鎮有二百公里，水路航程爲麻倉礦區和高嶺礦區的四倍。因此星子高嶺土的成本要比麻倉、高嶺要高出許多。無怪乎晚清景德鎮窯業「執役勞苦」，而「無一富戶」。（註二十八），同時瓷土的來源艱厄，民窯關閉歇業者相當多。（註二十九），這說明了晚清景德鎮窯業衰蔽的一項重大因素。

貳、坯料的處理

談到坯土的處理方式，大致說來搬回的土

塊須先舂細。例如西周張家坡的陶窯遺址，發現陶杵之類的製陶工具。（註三十），也有用木杵將土塊舂細，用手揀去雜物石塊，就可和水調泥了。商代清江吳城所燒製的原始青瓷，所用的瓷土曾經過淘洗。（註三十一），在浙江寧波的東漢郭塘瓷窯，所用的瓷石也曾經粉碎和淘洗。（註三十二），河南安陽的隋代瓷窯，其瓷窯附近的瓷土原夾有鐵分，但從燒成的瓷片看來，瓷土曾經淘洗。因爲有的胎粗的瓷片，胎中仍夾鐵銹色的顆粒。而大部分的青瓷爲精製者，胎色灰白而質細，所用的坯料是淘洗過的瓷土。（註三十三）

淘洗，是將舂細的土裝進池內，加大量的水，充分攪拌，讓砂子和較粗的顆粒沉澱，汲取上層的稀薄泥漿，注入另一池內，甚至用篩子濾過，講究者要重覆好幾次。如果是瓷石則必須先作粉碎、磨細的工作。瓷土則直接淘洗，拋棄尾砂。通常在礦區都已經先作過淘洗的工作，但是淘洗過（粗製）的瓷石、瓷土，經過晒乾、切塊成方磚狀（景德鎭稱之爲不子），運至窯廠，還要精製過。

浙江龍泉縣的安福窯址曾是燒製青瓷的宋元窯廠。在窯址發現七個淘洗池，高低有落差，可以作爲沉澱池用。也可以貯泥、養泥。（註三十四），這是保存良好的淘洗池遺迹。

至於文獻資料上的記載，明崇禎十年（一六二七）成書之《天工開物》曾記載：

此鎭（景德鎭）從古及今，爲燒器地，然不產白土。土出婺源、祈門兩山。一名高梁山（高嶺），出粳米土（高嶺土），其性堅硬，一名開化山，出糯米土（瓷石），其性粢軟。兩土和合，瓷器方成。其土作成方塊，小舟運至鎭，造器者將兩土等分，入臼舂一日。然後入缸水澄（淘洗）。其上浮者爲細料，傾跌過一缸。其下沉底者爲粗料。細料缸中，再取上浮者（再次淘洗），傾過爲最細料，沉底者爲中料。

既澄之後，以磚砌方長塘，逼靠火窯，以借火力。傾所澄之泥于中吸乾。然後重用清水，調和造坯。……（《天工開物》）

這裏將明代陶工如何淘泥、如何以磚塊和火逼將泥弄乾燥後，再調清水和泥造坯。

清乾隆八年成書的唐英《陶冶圖說》，說到「淘鍊泥土」這一項時曾云：

淘鍊之法，以水缸浸水，木鈀翻攪。漂起渣滓，過以馬尾細羅，再入雙層絹袋。始分注意過泥匣鉢。俾水滲漿稠。用無底木匣，下鋪新磚數層，覆以細布大單，將稠漿傾入，緊包罅壓吸水。水去成泥，移置大石片上，用鐵鍬翻撲令實，以便成器。凡各種坯胎不外乎此。惟分類按方，加配材料，以別其用。

唐英所記述的是清雍正乾隆時御窯廠的造瓷技術。以如此細的坯料來作瓷器，無怪乎能製作出官窯極細極薄毫無瑕疵的白瓷胎，再經過精細地描繪釉上彩，其精工可想而知。圖三爲雍正官窯粉彩金雞牡丹圖盌，胎薄可透光。

一般的史料只記述如何淘土、鍊土。除了以「汲水滋土，人逐數牛，錯趾踏成稠泥。」（註三十五），或者是「用鐵鍬翻撲令實」。多半是靠指掌將泥團旋壓揉成均勻合用的泥團。至於談到「養土」的就很少了。明代周高起的《陽羨茗壺錄》曾記載：

圖三　雍正官窯粉彩金雞牡丹圖盌

造壺之家，各穴門外一方地，取色土篩搗。部署訖，弇窖其中，名曰養土。取用配合，各有秘法，秘不相授。（註三十六）

周高起並未解釋養土的理由爲何。原來土中所含的三氧化二鋁經過長時間的「水解」，是可以將少部分轉變成膠狀的氫氧化鋁，對於土的塑性和黏度有一定的影響。中國古來作陶者流行將土泡在水中，名曰「養土」，這種長年累月將土泡「爛」之想法和作法，是有其經驗作

基礎的。

註　解：

註　一：參見周仁、張福康，<我國黃河流域新石器時代和殷周時代製陶工藝的科學總結>，《考古學報》1964～1。

註　二：參見《西安半坡》，頁140，1963年，文物出版社。

註　三：參見唐蘭，<論大汶口文化中的陶溫器>，劉心健、范華<從陶鬶談起>，《故宮博物院院刊》，1979～2。參見台灣大學考古人類學系教授黃士强，<中國新石器時代的鬶與盉>，《文史哲學報》，第26期。

註　四：參見劉敦愿，<日照兩城鎮龍山文化遺址調查>，《考古學報》，1958～1。

註　五：同註一，頁15。

註　六：參見拙文<殷商的白陶與釉陶>，《故宮文物月刊》第3期。

註　七：參見註六，以及梅原末治，《殷墟白陶之研究》頁42，並參見《殷墟器物甲編—陶器》，頁16。

註　八：參見《殷墟器物甲編—陶器》<陶器質料之初步鑒定>。

註　九：同註八。

註　十：郭演儀、王壽芄、陳堯成，<中國歷代南北方青瓷的研究>，《中國古陶瓷論文集》，頁19。

註十一：周仁、郭演儀、萬慈義，《龍泉青瓷原料的研究》，1963，浙江輕工業廳。

註十二：參見拙文<龍泉窯—歷代風格的演變及燒製技術>,《科學月刊》，第12卷，第2期，1981。

註十三：參見江學禮、陳建中，<青羊宮古窯址試掘簡報>，《文物參考資料》，1956～6，頁57。

註十四：參見劉新園、白焜，<高嶺土史考>—兼論瓷石、高嶺與景德鎮十至十九世紀的製瓷業。《中國陶瓷》，1982～7，<中國古陶瓷研究專輯>，頁145。

註十五：同註十四。

註十六：參見曾凡，<關於德化窯的幾個問題>，《中國古陶瓷論文集》，頁247。

註十七：同註十六，頁247。

註十八：同註十四，頁153。

註十九：同註十四，頁154。

註　廿：明王宗沐，《江西省大志》卷七《陶書・砂土》條。王宗沐為嘉靖至萬曆間人。

註廿一：同註十四，頁153。

註廿二：同註二十，「砂土」條云：「麻倉官土一百斤值銀七分。」

註廿三：同註十四，頁157。

註廿四：尾砂是指淘洗後剩下而拋棄的粗砂，主要發現於古代採瓷土的礦區。王宗沐在《江西省大志》的《陶書・砂土》條說：「麻倉官土一百斤值銀七分，淘淨泥五十斤，曝得乾土四十斤。」這種原生高嶺土，淘泥率高達50％左右是符合現代的實驗結果。

註廿五：同註十四，頁160。

註廿六：同註十四，頁167，引乾隆五十九年（1794）石碑碑文：「……照得浮邑境內山場多產磁土，每有棍徒鉆謀開挖。無知業主貪利租售，以致侵碍良田，損傷坟脈，訟端繁興，貽累无休。近有婺源氏人洪光祖等謀挖高嶺、天寶堂等山，釀成命案。業經本縣勘明封禁在案。……」

註廿七：清同治十一年（1872）《南康府志》、《物產・白土條》記道光年間，南康府查訊案的情狀。狀文中有「據舉人汪自清…等供稱：廬山白土歷來無人挖掘。自夏家塆夏姓在景德鎮燒窯，始取白土遠赴景德鎮售賣，獲利數十倍。以後即有星（子）、都（昌）

兩縣民人徐坤壯等，陸續在南排嶺、七溪墟、五福港、余家斜等處開設數十廠。……各廠俱在貼近港堰處開池堵水淘洗，三分成土，七分成沙。…」。

註廿八：見清吳允嘉《浮梁陶政志》，道光十一年之《學海類編》本。

註廿九：同註廿七，記道光二十年星子縣民項家福的呈文，文中有「本年因土乏用，各窯關閉數十家，現存不及一半，轉瞬一、二年歇業，自必殆盡。民窯既盡，官窯從何燒造？此理易明。且景德靠窯謀生者不止數十萬人，一經歇業。此輩從何安置？其禍不可勝言。」

註三十：參見《商周考古》，頁 172，1979年。

註卅一：參見李科友、彭適凡，<略論江西吳城商代原始瓷器>，《文物》1975～7，頁 79。

註卅二：參見林士民<浙江寧波漢代瓷窯調查>，《考古》，1980～4，頁 343～346。

註卅三：參見楊寶順<河南安陽隋代瓷窯址的試掘>，《文物》，1977～2，頁 48～53。

註卅四：參見將忠義<浙江龍泉縣安福龍泉窯址發掘簡報>，《考古》1981～6，，頁 506，圖版十之二。

註卅五：見《天工開物》、《磚》條。中華書局中華學術名著叢刊版本。

註卅六：見《明代社會經濟史料選編》，第二章《手工業生產技術》，頁一六八所引文。

※本文作者任職於故宮博物院

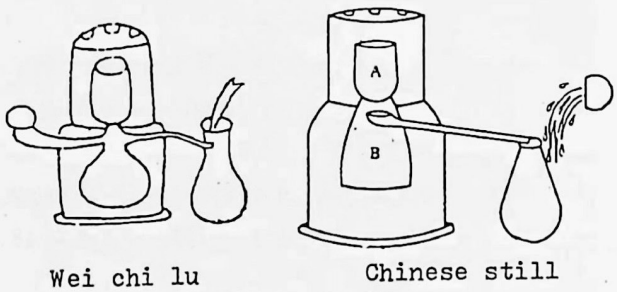
中國古代煉製金丹器具的一些問題

（本文曾在一九八六年五月十六至二十一日於澳洲雪梨舉行之第四屆中國科學史國際會議中宣讀）

劉廣定

我國的金丹術大約源起於漢初（註一、二、三），大盛於唐，至宋後衰微（註一）。有關的記載見於道藏及本草類書籍中，而以道藏中所含較爲完全。正統道藏中述及煉製金丹的方法及用具之書約八十種。但若將雲笈七籤與庚道集等所蒐集之經訣計入，則其數超過百種以上。其中敘述各種煉製金丹器具較詳的有《丹房須知》、《金華冲碧丹經秘旨》等十餘種道書。曹元宇參考道藏中的資料，於民國二十二年撰成<中國古代金丹家的設備及方法>（註四），是說明我國古時煉師術士所用的工具與方法的第一篇學術價值很高的論文。在約半世紀之後，陳國符發表<中國外丹黃白法詞誼考錄>（註五），詳細解說道藏中有關金丹術的設備、方法、藥物及理論等，不但闡明了極大部份隱晦難解文詞的意義，並指出多種器物與用法的時代性，是中國化學史研究中最重要的論著之一。席文則曾依古代丹方，利用模擬之設備試製金丹（註六）。

何丙郁與李約瑟曾研究中國古代煉製金丹器具的演變情形和與西方的比較（註七），並詳述於李約瑟的鉅著《中國之科學與文明》之中（註八）。在這書中有許多新穎的解釋及看法，但就升華及蒸餾的器具而言，則有一些可商榷之處。李約瑟以爲中國古代的金丹術相當進步，他不僅認爲前述的一些道書中所繪的反應器圖有錯誤，例如《丹房須知》中的未濟爐應是一冷却效果很好的蒸餾器（如圖一）。而且一些漢代的燈（錠）則是一種升華器（如圖二）。本文擬就這兩個問題加以討論。



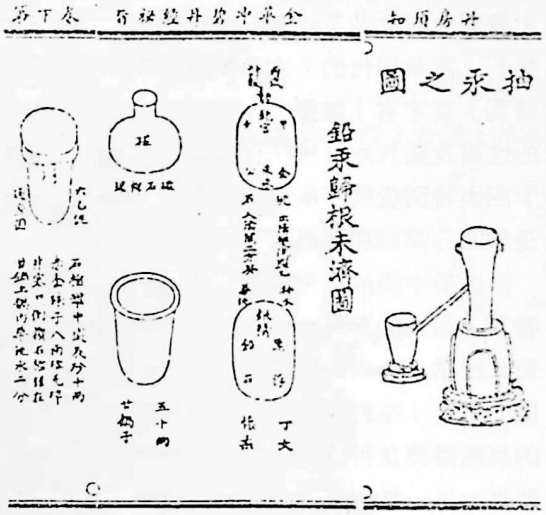
圖一　未濟爐

圖二　金陵大學博物館藏之「虹燈」

依據陳國符的考證，可確定道藏中的某些經訣的出世朝代（註八）。因此可知中國古代煉製金丹的設備，大約到東晉時代已相當完全。實驗枱（壇、丹臺），加熱器（爐、竈、丹爐、藥爐等），容器與反應器（鼎、匱、神室、混沌、合子或盒子、鐺、釜、罐、瓶、甘堝等），冷却用具（水海、水筦或水管等），進行液態反應用的「華池」，保溫用的「灰池」，其他擣、篩、濾、錯、研磨等使用的工具，以及密封反應器用的「六一泥」等應有盡有。然而，中國人雖可能早在西元前約五百年時（註九），已經知道以簡單的原始蒸餾法製得汞。但在整個中國金丹術歷史裏，「蒸餾」一直是個不受重視的分離方法。故除了提煉汞所用下導蒸餾式的石榴罐及「抽汞」器（圖三）外，幾乎找不到其他利用蒸餾技術來分離物質的實例。

金丹家不用蒸餾法的一種原因可能由於他們所用的原料直到初唐時期都是用金屬和礦物，所要收集的產物是沸點很高的無機化合物，當然就用不著蒸餾了。他們認爲草木「虛脆危弱不堪，而久煮卽爛，埋之則腐，燒之則灰，停之則朽。不能自堅豈能堅人乎，不能自生豈能生人乎。」所以「草木之藥可以攻疾療疾病，不可以致長生也。」（註十）因而用的很少，最初用時也只是將植物或植物與礦物混合而已，例如南北朝時行世的《太極眞人九轉還丹經要訣》中所載「黃帝四扇散方」或「王母四童散方」俱是。以後雖然用草木的漸多，但其一般用法只是與金屬或礦物共熱，目的在將汞、硫、及砷化合物變成不揮發性物（結砂子、伏汞、伏硫、死砒），或使與金屬作用（淬金、枯鉛）（註十一）。也有將金屬與草木「和研」或「共煮」以除「暈」（金屬表面變色），例如《龍虎還丹訣》卷下載三十五種「出暈」法中有十種用草木爲藥。卽使以植物與礦物合煉丹藥，也多僅止於煎煮。少數用升華的例子如《修煉大丹要旨》卷下的「四丹方」。

雖然在近代化學中，蒸汽蒸餾及升華都是



圖三　簡單蒸餾器

萃取草木精華成分的簡易有效方法，但中國古時却多只用擣、研、壓（搾）、浸、煮等法。有時也用以水蒸氣來炊煮以達到萃取目的的「蒸」，但與「蒸餾」不同。不但煉製金丹時如此，萃取香料或藥品時亦如此。據宋朝的《陳氏香譜》裏記載的「蒸」法，直到南唐李後主時代，還不是用蒸汽蒸餾（註十二）。大概是在北宋後期（西元十一世紀左右），中國才有人仿阿拉伯的方法，「採薔薇花蒸氣成水」（註十三），但似仍未普遍採用（註十四）。

中國人很早就開始用香，但是利用升華製造固體香料却是很晚的事。中國不產「龍腦」，大約在梁代（西元六世紀初）已知外國有「龍腦」（註十五）且可能已用爲藥（註十六）。中國南方雖有樟樹，但却很遲才知道「樟腦」，可能直到北宋初年還不知道，因《太平御覽》裏沒有「樟腦」。以升華法製取樟腦，是北宋時的事。《陳氏香譜》中的「飛樟腦」法有四種，其中兩種是：「樟腦一兩，兩盞合之，以濕紙糊縫，文武火熔半時，取起，候冷用。」「樟腦，不以多少，細研用篩過，細壁土拌勻，捩薄荷汁少許灑在土上，以淨盌相合定，濕紙條固四縫，甑上蒸之，腦子盡飛上盌底，皆成冰片。」（註十七）另外兩法也大同小異。宋代的本草書籍如《圖經本草》或《重修政和經

史證類備用本草》中都只有「龍腦」而無「樟腦」。直到明代的《本草綱目》及《本草品彙精要》裏才有「樟腦」，其中所記樟腦和龍腦的性質及藥效均不同，而且《本草綱目》卷三十四裏特別說明了取樟腦的方法，可知中國人是能區分樟腦和龍腦的。

由於中國的金丹家除了汞外並不蒸餾其他物質，而汞的沸點高達 357 ℃，空氣冷却即可使其凝結，沒有必要使用冷却效果良好的冷凝器。所以，李約瑟等所「修正」的那些道藏中的反應器圖是否正確，洵屬可疑。實際上，道藏裏的另一些記載也可以說明「未濟爐」確是一種「上火下水」的加熱器具而非蒸餾器（註十八）。

中國在漢代既不知何物爲樟腦，漢代的錠（或鐙）當然不可能是樟腦升華器。那麼，是否可能是用來升華其他物質呢？李約瑟認爲 1965 ～ 1971 年間在長沙出土的西漢器物中的那盞一般視爲燈的（截面圖如圖四），應也是升華器，因爲它的上方容器部份，還有一些蠟狀殘留物。此器物與《西清古鑑》中記載的「周素錠」非常相似，如果李約瑟是正確的話，則香料或藥物乃放在下方容器中，受熱後升華物沿管內壁上升而凝集在上方器內（如圖五）。然而，從化學常識可知會升華的物質即使靜置在室溫下也會逐漸揮發而逸失，不可能經過兩千年還留在「升華器」中。

再從一些可證明是漢代的道書（註五、十九）中所記，可知當時煉製金丹用的是「土鼎」，升華時要用「六一泥」密封。都與漢代的「錠」（鐙）不同，所以那些李約瑟認爲是升華器的青銅器，應是漢代的「燈」。

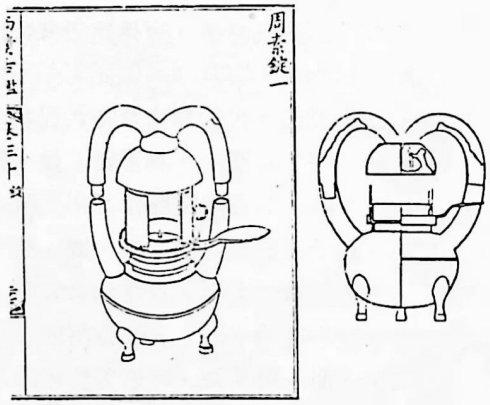
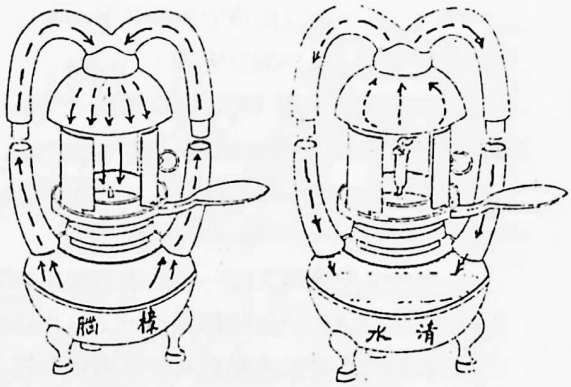


圖 四　古「燈」



圖五　假想的「升華器」

註　釋：

註　一：陳國符，《道藏源流考》，附錄五（1963）。

註　二：勞榦，《中央研究院歷史語言研究所集刊》第七本第四分519頁（1936）。

註　三：劉廣定，《科學月刊》十七卷一期48頁（1986）。

註　四：曹元宇，《科學》十七卷一期31頁（1933）。

註　五：陳國符，《道藏源流續考》（1982）。

註　六：Nathan Sivin, "Chinese Alchemy: Preliminary Studies"(1968)。

註　七：Ho Ping-Yu and Joseph Needham, Ambix, 7, 57 (1959)。

註　八：Joseph Needham, "Science and Civilisation in China." Vol. V：4, Chapter 33(f), 1980。

註　九：《吳越春秋》。

註　十：《黃帝九鼎神丹經訣》卷十三。

註十一：《諸家神品丹法》、《龍虎還丹訣》、《修煉大丹要旨》、《丹方鑑源》等書。

註十二：《陳氏香譜》卷二「李王花浸沉」條：「……摘花一盌，以瓷盒盛之，紙蓋入甑蒸，食頃取出，去花留汗汁浸沉香……」由文義可知是中國傳統的「蒸」而非蒸餾。

註十三：蔡絛：《鐵圍山叢談》，卷五。

註十四：《游宦紀聞》卷五所載取「朱樂」花香之法，李約瑟（註八）以為是「蒸餾」，但仍可能所謂的「蒸」只是「煮」。

註十五：《梁書》卷五十四。

註十六：《證類本草》卷十三。

註十七：《陳氏香譜》卷一。

註十八：例如《庚道集》卷四。

註十九：例如《太清金液丹經訣》卷上，《黃帝九鼎神丹經訣》卷一，《三十六水法》及《太上八景四藥紫漿五珠降生神丹方》等。

※本文作者現任教於國立台灣大學化學系。

方圓、影響與自然、人文思想

劉 君 燦

摘　　要：

借著「外圓內方」「天圓地方」「方外」「圓寂」「方法」「藥方」「方便」「方寸」等談到中國自然秩序與人文秩序的互動。並借「光影聲響」「聲光」「生色」「響應」「感動」「共鳴」談到傳統的聲光科技以及感應型態的科技發展特色。因而帶出，以「類比」爲方法，以「感應」爲中心觀念，以「器、象、類、數」爲主要結構的中國科學思想。以及中國知識論的「類比擴充」特色。

再談及西方「化方爲圓」以及延及中古對圓和球的崇拜在天文、人文上的影響。並涉及西方「抽象」（Abstraction）「孤離」（isolation），即「理想化」（idealization）過程的形上背景問題。

壹、方圓與影響

「不以規矩不能成方圓」是流傳至今的格言，而傳統中中國人祖先之一的伏羲與女媧也都各持規與矩（圖一），而與針炙有關的「針砭」也成了日常名辭。這幾個事項告訴我們，老祖宗對科技的接納到了什麼地步。不過傳統的科技是怎樣的「模式」（mode 或 pattern），則有待不肖子孫重新發掘。

由這幾個事例多少可以看出在中國自然秩序與人文秩序的互動與溝通，否則在「方圓」上我們怎麼會說人做人方正，行事圓滑，期望圓滿，要求「外圓內方」呢？甚至佛教中國化後，僧尼也自稱「方外」，因爲他們求斷七情六慾，的確在「十方大衆」之外，但「方外」仍在「圓內」啊！所以他們死的時候要稱「圓寂」，不能再「方寂」了，甚至不能再睡方方的棺材，只能把臭皮囊火化，以精華的舍利子還諸天地，或者坐缸（圓的）得不壞金身，以求全身舍利了……，如此「方圓」之道豈不通貫了自然與人文！

中國傳統科學的特色還可由「影響」這個詞語看出來。「影響」其實是「光影聲響」，這一則表示中國是重「聲光」科技的，否則墨經中怎麼那麼早就幾乎把面鏡成像這幾何光學的問題處理的差不多了，對聲律的探討甚至入了正史的「律曆志」，也最早詮釋並利用了「共鳴」現象呢？

其次「聲光」是自然與人以及人與人間溝通互動的媒介，首先「如響斯應」，再者一個人聲光煥彩的聲名代表知名度高，「聲色」「生色」有時也足以「光」門楣，甚至「本色」也喻安頓人的「本體」，因爲「空中有色，色可無，空豈可無乎？」（註一），空間是安頓人之所，既求安頓，當溯「本色」啊！甚至『說文』「光，從火在人上」，正要求人正用天之火種，用心正傳天之神光，對人的「本色」有多大的稱許。而「出色」也表示一個人「出類拔萃」。所以「色」在中國代表事物的秩序，「目迷五色」是搞不清楚事物的秩序了，「色即是空，空即是色」代表脫離了事物安排的

秩序即無所謂空間，空間是依賴事物的秩序存在的，我們可以想像空的空間（empty space），但空的空間仍是「有」，而不是「無」，此所以「天地者，萬物之逆旅也！」而「空間」的「間」是「間架」（framework）「間架」要「空」才能安排事物，所以空間是指可以安排事物秩序的地方。另外「時間」是安排「事件」（event）秩序的地方「寺」廟上的「日」影遷移代表流變，可以安排流變中事件秩序的便是「時間」此所以「光陰者，百代之過客也。」！（註二）

既然「光影聲響」，對聲光的重視超逾當時世界，甚至幻燈之所以稱爲「幻燈」，而不把「projector」譯爲「映像器」（實際功能如此），正因爲其前身的「影戲」可遠溯及漢武帝的思李夫人，唐明皇也睹影戲而夢遊月宮（註三），即使影戲不夠清晰，但似幻以眞豈不更讓人牽腸掛肚，魂遊天外，如此雖然幽明異路，也可獲得暫時的慰藉，一解馬嵬坡前，貴妃的恨事吧！所以對「聲光」著重的另一層意義就是表示中國的科技與人文都是重「感應」的，陰陽與否，不過其代稱而已。

因爲重「感應」，所以即使「物各從其類」（註四），在「同類相動，異類相感」下（註五），雖然「同異有別」，也強調彼此的互動，醫書《內經》中有「天有陰陽，人亦有陰陽，天地之陰氣起，人之陰氣應之而起」，強調自然環境與人身健康的關聯性，而這也是中國生理學與病理學的一大特色。而中國與希臘都有磁鐵礦，也都發現磁鐵吸鐵的事實，但希臘除了做「磁食鐵爲生」的說明外，並無發展，中國則認爲這是天地的感應，足以指點迷津，透露吉凶與方向，因此發明了指南針，並因而發展出羅盤。形上秩序影響形下秩序由此可見一斑。

在「銅山西崩，靈鐘東應」（註六）的思想下，中國東漢時的張衡甚至制作了世界上的第一具「地震儀」——「候風地動儀」；風雨雷電也都出之於「感應」的銓譯，天籟地籟以出衆聲正是「聲氣相求」的結果，莊子就最擅於如此的吹大氣以嚶鳴求友。天人感應，天地交泰自是自然而然的了。所以易經下經的首卦爲「咸卦」，「咸」表天地萬物都是有感應的，而「咸」加「心」爲「感」，一者咸卦是繼上經的天地始論人事，所以人心則爲感，二者天道大抵是「圓」的，但人心可措度效法，當然這一切有一定的章法、方式，所以中國叫人心爲「方寸」之地，不過「方寸」是可容天的。

並且自古有道：「天圓地方」，中國古代不管是「蓋天說」「渾天說」，乃至「穹天」等說，即使考慮到「天圓地方」那四角如何安排的問題（註七）；大體仍認爲地雖不平，仍具體而方。所以唐時一行和尚測得南北不同之處，同一天午正日規的投影長度不同；這明明是大地曲率的明證，卻從未認爲地是圓球（註八）。眞正的地圓說必需等待明末教士傳入中國；而一傳入，詫異一番後也很快接受了，因爲這一來曆法計算精確多了；二來眞天統天地（註九），實際上地圓地方不礙思想大局。

貳、天道與地道

其實令他們大惑不解的應該說是：中國的「天圓地方」並不著重在實際的天地，而著重在「天道曰圓，地道曰方」，（註十）這「道」的概念上。「天」是中國人敬崇的大自然造化，「天機不可洩露」，人難揣度但大抵圓滿，而地是具體的，有一定格局的，所以在不同的「地方」，有不同的行事「方式」與「方法」，和遵行「方向」，甚至一定的病情，也有一定的「藥方」對治；這些有待踩在堅實大地上，處在天覆地載間的人的智慧去衡量。而所謂的「方士」也是希望他們效天地以濟人事甚至「方便」也要「有方」不可隨地大小便也！

所以《易經・繫辭》有言：「蓍圓而神，卦方以智」，「蓍」是占卜中用的蓍草。中國人最認識人的有限性，常常詢問老天爺的意思，看老天爺如何「天垂象」。但在卦象未現之

前，實具有一切的變化與可能，所以是「圓而神」的，妙不可測；等到卦象已出，事情有了一定的格局，那就有待人的努力，智者可以趨吉避凶；所以無論卦象本來吉凶如何，「應之以治則吉，應之以亂則凶」（註十一），這就是爲什麼「人定（穩定，並非一定）亦可勝天，天定亦可勝人」（註十二）的道理，而老祖宗也一再告誡子孫「天作孽，猶可違；人作孽，不可活」了。

這種「方以智」表示中國人一方面認識了人的有限性，人「父天母地」，是從屬於天地的；但另一方面，認爲人的努力可以旋乾轉坤，中國人的勤奮是其來有自的，天地人三才由人出發，而回歸到人，中國的人文精神也由此大張。即使努力一輩子，成就有限，但「缺憾還諸天地」，不也去得坦然，所以孔夫子要說：「血氣既衰，戒之在得」。

「敬天法地」使中國人尊重自然，固然「天有不測風雲，人有旦夕禍福」，但事情即使「變卦」了，人仍有因應自然之道，因爲「天道好還」。所以「安身立命」並不是純粹的「認命」，否則何足以安個人之身，立民族之命！

中國人對人努力的推崇甚至到了可以「女媧補天」的地步，煉五色石補天一方面還透露了當時的玻璃工藝（註十三），但重要的是強調了人的努力可以「出神入化」。所以中國的神，無論八仙媽祖，岳王關帝，甚至改進紡織技藝的黃道婆，他們廟享香火，列位仙班，不是因德，就是因能，也就是說中國人的神都是人變的；甚至「衆生皆有佛性」後，「鯉魚躍龍門」後，可爲仙子，猴子道行夠了，也可爲「齊天大聖」一番……。所以中國強調「神的人性」，與西方強調「人的神性」，瑪利亞處女生子，因爲耶穌是神的兒子，這一點是很不同的。

叁、賈寶玉補天

不過人「補天」可以，但人並不是天，只能「天工人其代之」（註十四），「假天之工，以爲己力」；人文上也只能「替天行道」「代天巡狩」。正因爲是「假」，是「代」，所以一方面「闢僞」，要求「誠正」「順天行事」，天理雖在人欲之中，但人欲世不就是天理，因此固然高尊男女性交爲「人道」，「君子之道」也「造端乎夫婦」，但並沒有說「止於夫婦」，這一切有待「昇華」與「擴充」。另一方面更以「人爲」爲「僞」，推崇人的「假」與「代」，畢竟「道心要由人心顯」，一切的自然秩序與人文秩序要靠人的創造與安排。『易經、序卦』說的好：「有天地而後有萬物，有萬物而後有男女，有男女而後有夫婦，有夫婦而後有父子，有父子而後有君臣，有君臣而後有上下，有上下而後禮儀有所措」；一方面措政治秩序於文化秩序之後，一方面強調「身在天地後，心在天地先，天地自我出，其餘何足言？」（註十五），強調人的秩序創造力，這與物理學者維薩克（von Weissäker）的「自然先於人，人先於自然科學」（註十六）；波帕（Karl popper）的人生活在人配合自然所創造的「第三世界」中（註十七），就「物有本末，事有始終」的秩序認識而言，豈不「異曲同工」（又以聲來喻理），的確是「知所先後，則近道也」啊！

中國人對「假」的推崇，還到了「玻璃」是「賈寶玉」，女媧煉石補天剩下的頑石，也勝過「甄（眞）寶玉」；人之所爲也許只是「太虛幻境」的「紅樓一夢」，但這才是眞正的「石頭記」！

玻璃對人的實用有時超過珠寶是因「通靈」，通過了人智慧的創造，但即使高妙到「出神入化」，仍然在神之外（出神），化之內（入化），人可以改變自然環境，但人也是自然環境的一部分，在大化流行之中，追求無限，回歸有限，這種認識不可謂不深刻。

肆、道器與形象

「方中求圓」是中國人的嚮往，也代表對有限性，無限性的認識；那此中的方式、方法，遵行方向又如何呢？可以說在《易經、繫辭》中已具見輪廓：就是涉及「制器尚象」的「器」「象」「類」「數」幾個概念。

「形而上者謂之道，形而下者謂之器」（註十八），「器」在中國並不只是器械，器具這些實物，而是顯道的實體，一切有一定格局的東西。就人的才性而言，就是有用的專家，人起碼要做個有用的人，所以我們期望子女個個「成器」，但只做個有用的專家是不夠的，因爲就是螺絲釘，也要知道自己這個螺絲釘在整部大機器中該安放在那裏，何況君子儒是要有通觀全局，洞識大體的本事，所以先賢要求「君子不器」，也就是我們不只要做個有用的人，更要做個完整的人，並且「完整」不是「大雜燴」，今天通識教育所要重視並注意的應是這一目標。

「器」是顯道的存在，所以「器」既代表一定格局的典章制度，也代表科技上的一切創制，無論理論或器械。那如何去創制呢？這要觀察透視自然或人文世界中老天爺所顯現出來的「象」。「尚象」一則表示「敬天法地」；二則表示中國的「制器」是「具象抽離」（concrete abstraction)式的，因爲「象也者，像此者也」（註十九），「像」不見得就是實物，可能符號化了，但中國的符號不抽象，而有具象的意涵，《易經》的陰陽符號「——」「一」就是一個代表，它是符號，但民初有人說是性器崇拜，這話是有相當道理的，不過更表示先賢不避諱「造端乎夫婦」的「人道」。

從文字的構造，語辭的運用都可看出「具象抽離」這一特質，文字上「六書」皆出自「象形」，語辭上前述的「規矩」「影響」「針砭」等就是例子，甚至於大太太爲「正室」，小太太爲「偏房」，也都是借實物來別事物的「類」，當然這也透露了中國人文秩序與自然秩序的互動。

就借著建築來闡述一下儒、道兩家對秩序的態度。儒家比較重視秩序的安定，代表儒家的建築格局可以說是「四合院」，其實皇帝的三宮六院也不過是四合院的重複放大而已。在四合院中一進一進廂房與正廳的配置都有著深重的含義：正廳是祖先牌位所在，代表家族的傳衍，所以民間的正室，皇帝的正宮都是尊榮的。而東主、西賓也是一定的格局，房東、店東乃至西席就如是而來，甚至張生、紅娘、崔鶯鶯的西廂記情愛佳話，發生在西廂已有喧賓奪主之嫌，如果來個「東廂記」那還得了！中國地處北半球，春天的東風代表未來生命的期望，所以太子必居東宮。再者所謂大房，二房無不期望一個秩序的安定。

道家比較重視秩序的超脫，代表道家的建築格局可以說是「園林」。秩序的超脫的第一個講求就是「變化」，曲徑通幽處，竹喧人不見，廻廊、轉閣、亭台、水榭無不著就勢取勢的變化趣味，甚至「借景」還把週遭環境納入畫圖，這些都是秩序的超脫。在建築上當然也有儒道交融的，諸如設立屏風以免開門見山，門窗的安排，隔與不隔等等。

人都有追求秩序的願望，因爲秩序會給我們一個安定感，人也都期望自由，因爲自由的追求可以使我們得以抒發、創造。但秩序如果僵化成了壓制，自由如果欲望成了放縱，那安定感與創造力可能兩失，爲人所不願見。甚至某種的安定可以促進創造，某種的自由可以帶來安定。在中國儒家對安定秩序的要求與道家對秩序超脫的安排得到難得的和諧，我想是中國社會經歷數千年的外患兵災，經濟、科技變革猶得屹立的主要因素。因爲這對人的自由欲望與安定欲望都有相當的滿足，而不致像某些現代人走到了「逃避自由」（心理學家佛洛姆 Fromm 的名言）的地步，自由反而成了一種負擔。

伍、同類相動與數以定象

再來說「器、象、類、數」的「類」，中

國先賢認爲在「物各從其類」（註二十）下，人適當的方法、方式是在「別同異」，也就是「分類」。那如何「別」，如何「分」呢？就必須經過人的判斷，《荀子》有「以類度類」（註二十一）的看法，以人所見物各從其類的事實，從既成的人類知識，經由「類此」（Analogy）去做新知的獲取。因爲完全相同那是「一義重覆」（tautology），沒有新的創發；完全相異那就無關係的建立，沒有關係，沒有互動就沒有一切，因此必須「同中有異，異中有同，同異交得」，才能百花齊放，生生不息。這是就是「類此」的功効與價值，事實上文化的學習，傳衍與創發莫不如此。

《荀子》還說「類」的功夫做到家了，自然成「統」（系統），因此大談「統類」（註二十二），至於「類」的工夫如何「分」「定」，雖然猶待從經典中採尋，但大抵而言，在「幾微」之處必須靠「數」，也就是《易經、繫辭》所說的「由數來定象」。雖然《易傳》時代的數學仍很素樸，不像今天的奇峯競秀，但「由數來定象」這一點的認識卻十分深刻。不過先賢對「數」的限界也認識的十分深刻，「數可以定象」，但「天道不可盡數」，所以中國沒有「數值崇拜」，不愛玩弄數字魔術，甚至中國的科學也傾向於「定性」，不追求絕對的「定量」，絕不要求「人格也有量表」。並且大部分的科學也都與人文融鑄在一起，《墨子》中的「墨經」並不專談科學，董仲舒的《春秋繁露》、劉安的《淮南子》，乃至宋沈括的《夢溪筆談》，朱熹的《朱子語類》大多如此，可以說除了一些技藝書，如《相牛經》《相馬經》《魯班經》之外，沒有專門成書的科技典籍，而且即使在這些技藝書中也有很濃厚的人文氣息，所以中國自然秩序與人文秩序的溝通可以說是全面的。

甚至「正名」這件事也涵蓋了「自然」「人文」，乃至「語言」的本身。《荀子》所說的「明貴賤」在安排人文的秩序，「別同異」在安排自然的秩序，而對名言的檢討就在分析傳達訊息的語言工具本身有何變遷，功効何如。這樣的三管齊下又再度顯現了中國文化的整體性：自然、人文乃至名言的秩序交融，「方中求圓」！

而在「關聯感應觀」下，中國人提倡的知識路進路大抵是《中庸》的「盡己之性」→「盡人之性」→「盡物之性」或《孟子》的「盡心」→「知性」→「知天」，透過個人的返顧、類比來安排（註二十三），創制人文秩序與自然秩序。這可說是一番「身在天地後，心在天地先，天地自我出，其餘何足言？」（註二十四）的省視啊！

文化必須安頓人的欲望，文化也必須以「人」爲中心，中國先賢對人文秩序、自然秩序的安排，略如上述，那西方的「方圓」之道又如何呢？

陸、方圓與今晚的天空多麼希臘

西方文化有兩個源頭，一是希臘，一是希伯來，事實上到後來是二而一了。希臘人崇拜「完美的圓」，「化方爲圓」迄今是用圓規、直尺作圖的三大難題之一，今天我們瞭解「化方爲圓」涉及了「極限」的觀念，而極限觀念的探討正是微積分基礎的基礎。

希臘人崇拜圓，也崇拜天空，「今晚的天空多麼希臘」是浪漫兼理性的（註二十五），所以天體必然是球體，天體繞地的軌道也必然是正圓的。因爲地球自轉，恆星的視運動必然是圓的，但行星的軌道就不如是了，爲了解決這個問題，托勒密發明了「周轉圓」的觀念，即以圓中套圓的方式來處理。結果一個行星軌道的描述，有時要用好幾十個周轉圓，即使到了哥白尼，主倡行星繞日說，周轉圓的數目也並沒有簡化了多少，只是地球從宇宙中心的寶座上跌下來就是了。

後來開卜勒以橢圓軌道，一以馭萬的解決了這個問題，橢圓是圓錐曲線的一種，而圓錐曲線的數學在希臘時已處理得很不錯，但始終

沒有用到天體運行上來，這自然是「天體是完美的圓」觀念使然。形上秩序絕對會影響到形下秩序。

開卜勒崇拜的是上帝是簡諧的這個信念（註二十六），所以才有以一馭萬的創舉，但同時代的另一科學巨人——伽利略，卻一輩子攻擊橢圓軌道，因爲他一直崇拜完美的圓。不過伽利略本人了突破了不少天空是完美的神話：他製造天文望遠鏡、發現月球有高峯深谷，不是完美的球形，當時人辯說那是透明球體中的皺摺而已，一如今天小朋友玩的玻璃彈珠。他又看見了土星的耳朵（土星環），木星的衛星繞木星轉而不繞地球轉；最嚴重的是他發現了太陽黑子，偉大的光明之源居然是「麻子」，當料人無法辯解，只好說望遠鏡的放大力是假的……。（註二十七）。

伽利略相信從上帝直接創造的大自然中接近上帝，比從人揣摩上帝的意旨寫下的「聖經」，更容易接近上帝，所以他毅然離開庇護他的公侯，坦然到羅馬受審……。繼他而起的牛頓也是上帝的聖徒，簡諧性的崇拜者，他甚至認爲「鍊金術」也是上帝「無所不能」的顯示，他這方面的探討多少影響了他「光學」上的觀念……。並且「在眞理的大海洋沙灘上檢拾一二圓滑的石子」也成了他的名言。

柒、全能的上帝

而上帝的「無所不在、無所不知、無所不能」正是「完美」的代名辭，而「完美的」必是「精確的」，要精確就只有「數理」，尤其是「抽象的」數理。耶穌是神的兒子，教徒是上帝的選民，歐氏幾何的「點只有位置，並無大小；綫只有長短，並無寬狹；面只有範圍，並無厚薄」這種「抽象」，豈不正是「選民」的意識，所以亞里斯多德的希臘學術與教會神學結合成「理性神學」是「勢所必致」的。中世紀實在不能說是「黑暗時代」，中世紀的神學、科學正是近世數理科學的濫觴，以前思想家的醜詆教會代表處於十幾歲青少年的反抗親人期。君不見洛克仍然以面積、質量等高擧爲自然的第一性（Primary Qualities），具體所見所聞的「顏色、聲色」貶爲第二性（Secondary Qualities），這一「自然的二分」（Bifurcation of Nature懷德海語）的科學影響至今不衰，而懷德海，海德格攻擊這種思想的「非人化」也方興未艾（註二十八）。甚至強調「人的神性」的選民思想也影響了「普傳福音」的殖民主義與世界主義。

「天賦人權」是要人脫離「教會」而直接面對上帝，但血肉的人孤獨而毫無依傍的面對上帝，該是多麼沉重的負擔，只有追求速效的現世成就來肯定個人，而發展個人抓取速效正是近世文明的表徵……。

但人必竟是自然的生物，要求成群、要求繁衍，民族國家的興起，重視子孫生存環境的呼籲也揭竿了，在群體與個人間，在現世與來世間，在自由與秩序間，在分析與圓融間，如何求得和諧，謀取一更高的秩序——活活潑潑的秩序，正是這百年人類的最大考驗，一個自然一人文的整體考驗。海德格曾說康德的三大問題——如何能知（認識論），應如何行（倫理學），有什麼希望（神學）並不是終極問題；終極問題是：何謂人？這眞是一針見血之論!!

「小德川流，大德敦化」，在天覆地載中的人類，如何在有限的「地球太空船」上生生不息，也必須對自然，對人文，無論生態、無論文化，在同異的辯證交感下發展，才有將來，才有希望，世界是一整體，地球是渾圓的，無所謂「東方、西方、中心、邊陲」的絕然分野，「萬紫千紅總是春」啊!!

附：頃從兒童謎語書上，發現兩則謎語，意味深長，甚具哲理，感應的方圓哲學表露無遺，特抄錄於後：

「明」：「左邊圓的寫時方，右邊圓的寫時長；一個熱來一個涼，合在一起放光芒。」

「暗」：左邊一太陽，右邊一太陽，站在太陽上，反而不見光。」

月是日的延伸並開口，月光本是兆日光而來，而留人餘地即是留己餘地正是陰柔的德性，「朋友」之間是要陰柔相待，才可使友情不墜，此所以「朋」是兩個「月」，而不是兩個「日」。而易經坤卦（陰柔之卦）強調「東北（陽位）喪朋，西南（陰位）得朋」的用意也在此。

註　解：

註　一：方以智《東西均、公符篇》頁43。

註　二：「風水」也是一種時空中的安排配置，考慮到通風、避風、用水、水患等問題，並順山水之勢以成「風景」，又有了美學的考量，如風水之書有言：「南北之屋利居（取暖之故）；山水對暢之地必有福；臨溪而居，旺地；水不急聚，財興；凡五皆齊，祖上有德。」，都是期望居住者的安全、舒適，無論陽宅和陰宅。

註　三：參考明文書局《中國物理史話》頁146頁。

註　四：易乾卦九五辭小象：「子曰：『同聲相應，同氣相求；水流濕，火就燥；雲從龍，風從虎。聖人作，而萬物覩，本乎天者親上，本乎地者親下，則各從其類也。』」

註　五：董仲舒的《春秋繁露》有＜同類相動＞篇。

註　六：本出自東晉時《世說新語、文學篇》則，但漢時諸典籍中已有物感地動之言。

註　七：如《大戴禮記、天圓篇》：「如誠天圓而地方，則是四角之不揜也。」

註　八：直至明末典籍中未有明言地形實圓者，而《新唐書、天文志》《舊唐書、天文志》一行皆未言「地圓」，友人王道還有文「一行論寸影差千里」亦言及。

註　九：天陽地陰，天道以陽氣為主，而陽統陰陽，參看商務人人文庫本《物理小識》頁15，事實上這已是中國人的一常識。

註　十：如《大戴禮記、天圓篇》：「參嘗聞之夫子曰：天道曰圓，地道曰方。」

註十一：《荀子、天論篇》：「天行有常，不為堯存，不為桀亡。應之以治則吉，應之以亂則凶。」。

註十二：左傳。

註十三：王充《論衡、率性篇》有「消鍊五石鑄以為器，磨礪生光，仰以嚮日，則火來至」此或玻璃者乎？而周末有玻珠，漢時有玻璃殉葬品。女媧補天亦鍊五石，載之典籍亦漢時之《列子》等書。亦可參看李約瑟氏《中國的科學與文明》卷七《物理學》。

註十四：《尚書、皋陶謨》：「無曠庶官，天工人其代之。」

註十五：方以智著《藥地炮莊》頁 415 。

註十六：參閱劉君燦譯海森堡（W. Heisenberg）原著，《物理與哲學》頁44，民72年幼獅書局再版。

註十七：其「第一世界」為由天然物質所組成的客觀世界，「第二世界」為主觀的心靈世界，「第三世界」則是由心靈作用造成（不一定是有意的），但有客觀結構的世界。見其「客觀世界；一個演化論的觀點」（Objective Knowledge：An Evolutionry Approach）一書頁 117 ～8 。

註十八：《易、繫辭上傳》十二章。

註十九：《易、繫辭下傳》一章。

註二十：同註四。

註廿一：《荀子、非相篇》。

註廿二：《荀子、非十二子篇》：「若夫總方略，齊言行，壹統類。」等等。

註廿三：《中庸》廿二章・《孟子、盡心篇》首章。

註廿四：同註十五。

註廿五：這余光中的名詩句。

註廿六：參閱《新物理學的誕生》，史孝斌譯，I.B. Cohen 著，台中中央書局出版。

註廿七：參閱劉君燦譯，S. Drake 著《伽利略》頁 48，51，74（聯經、西方思想家譯叢）。

註廿八：懷德海著《自然的概念》頁 30～31。

※本文作者現任教於黎明工專。

清初南懷仁所帶來之氣象學術

劉 昭 民

摘　　要

清初，南懷仁前來我國傳教，他不但將西方新式之天文學觀測儀器介紹到我國來，而且還將當時新發明的溫度計和濕度計以及虹霓、暈、珥等大氣光學新知識介紹到我國來。對我國古代氣象學之發展有巨大之貢獻。

本文首先敘述南懷仁的生平，再從他的著作《驗氣圖說》和《新製靈台儀象志》兩書中，有關氣象學識之文獻加以分析和討論，特別引論空氣溫度計和鹿腸衣濕度計之製造原理、構造、使用方法及其功用。可以看出十七世紀初期，西方之氣象學術已比我國進步甚多。

壹、南懷仁之生平

南懷仁（Ferdinandus Verbiest, 1623-1688）字勳卿，又字敦伯，比利時耶穌會之教士，清順治年間來華，與湯若望等同至北京傳教，以明數理，任欽天監副，西年 1664 年撰有靈台儀器圖、驗氣圖說兩書。後詔命改製觀象儀器，成新式者六種，復繪圖立說，用新器測，爲諸表十六卷，名《新製靈台儀象志》。康熙中，擢監正，加太常寺少卿，並命督造大礮，試驗有效，繼湯若望完成《恆年表》，預推七政交食，成《康熙永年曆法》三十二卷，後進職右侍郎，隨駕盛京，測得其地高度，卒謚勤敏（註一）。

貳、驗氣圖說和新製靈台儀象志中的氣象學識

南懷仁於清聖祖康熙七年（西元 1674 年）撰成新製靈台儀象志十六卷，其中卷四標題曰：「測氣寒熱之分，測氣燥濕之分，測空際異色及虹霓珥暈諸象。」將西方當時的氣象學識介紹到中國來。有關溫度計及濕度計等兩種氣象儀器之圖則附在卷十六中。

南懷仁在驗氣圖說中首先說明空氣寒熱及燥濕之原理，文曰：

「四元行之中，惟氣行爲最易變，……，但其所爲易變者，難以分別，而大概則自冷熱乾濕而來。」

按前文中所言之「四元」；就是指土水氣火，似乎爲亞里士多德之理論。南懷仁接著說：

「蓋天之於地有上中下三域，上域近火，近火常熱。下域近水土，水土常爲太陽所射，故氣暖也。中域上遠於天，下遠於地，故寒也。」

「三域皆充滿氣，氣有寒暖之分，又有輕重厚薄之不同，若有南北二極之下，因遠太陽，則上下之暖氣薄，中之寒處厚。若赤道之下，因近太陽，則上下之暖氣厚，中之寒處薄，以是知氣域之不齊也。」

此處解釋大氣層上下及各處寒暖不同之原因，已經提到南北極和赤道地區氣溫之不同，乃因距離太陽有遠近之不同所致。南懷仁又提到測量冷熱變化和乾濕變化之觀念說，檢驗氣

論寒熱乾濕之定，全依人之觸覺，但「人之五官所司，惟觸司頑純，而不能顯其氣細微之變。」例如「有外熱攻伐吾身，而身內之本熱與之相等，則觸司必不覺之也；惟外來之熱有過不及於吾身之熱，而人之觸司方能辨其熱之強弱也」，所以需要製造儀器，憑藉人類感官中最靈敏之視覺，補充觸覺之不久和不足。

「測氣寒熱」之儀器，即溫度計，其製作方法在《新製靈台儀象志》卷四中有詳細的說明，文曰：

「所謂作法者，用玻璃器，如甲乙丙丁，置木板架，如一百八圖（見圖一之右圖），上球甲，與下管乙丙丁相通，大小長短，有一定之則，木架隨管長短，分三層，以象天地間元氣之三域。下管之小半，以地水平爲準，其上大半，兩邊各分十度。其所劃之度分，俱不均分，必須與天氣寒熱加減之勢相應。故其度分離地平線上下遠近若干，則其大小應加減亦若干。……蓋冷熱之驗，有所必然者，故氣候之見，自與之相應，而以冷熱之度，大小不平分相應之。」

南懷仁接著說明溫度計之原理和觀測方法說：

「蓋如上球甲一觸外來熱氣，則內所含元氣稀微舒放奮力充塞，則球隘既無所容，又無隙漏可出，勢必逼左管之水從地平而下至丁。右管之水從地下而上至戊矣！此熱之理所必然也。若冷之理則反是，蓋冷氣於凡所透之物，收歛凝固如本球甲，一觸外來之冷氣，則內所含之氣必收歛，左管之水欲實其虛，故不得不強之而上升矣！……如塞管之口而不使通外氣，即甲丁內氣爲外冷氣所逼，勢必收歛凝固，雖甲丁之器爲銅鐵所成，必自破裂，而受外氣以補盈其空闕矣！又自外來之氣其熱，而內氣必欲舒放，無隙可出，即甲丁既無所容，亦必自破裂而奮出矣！」

按加利略於西元 1593 年發明了空氣溫度計，而 80 年後南懷仁在我國朝廷的天文台中，也製造了一具溫度計，南懷仁的溫度計U形管，其管內注水，以一水平線爲基準，將管子劃分成上半部長，下半部短，對應元氣（大氣）之冷熱，作一不等分之分度，作爲測量溫度之標尺，類似加利略於西元 1593 年所發明的空氣溫度計（註二），沒有固定點，而且溫標是任意定的，對氣溫之感應也會受到氣壓之影響，皆爲其缺點。南懷仁說它可以測天氣、地氣、人物氣、太陰（月亮）、金、木等星之情氣，似乎太誇張了，觀測氣溫、地溫、人體溫度（以手握玻璃管即可測之）是辦得到的，但是觀測外星球之溫度在當時而言，是辦不到的。

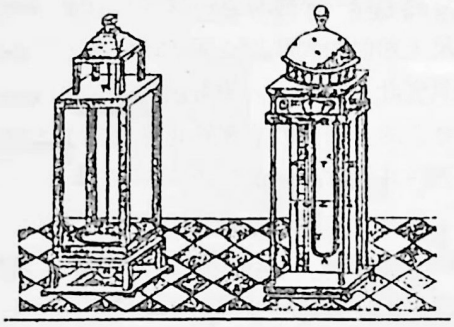
至於濕度計之製法和觀測原理，南懷仁在《新製靈台儀象志》卷四中也有詳細的說明，並附有圖片（見圖一之左圖）。原文曰：

「欲察天氣燥濕之變，而萬物中惟鳥獸之筋皮顯而易見，故備其筋弦以爲測器（見一百九圖）。法曰：用新造鹿筋弦，長約二尺，厚一分，以相稱之斤兩墜之，以通氣之明架，空中橫收之，下截架內緊夾之，下截以長表穿之，表之下安地平盤，全表中心即筋弦垂線，正對地平中心，本表以龍魚之形爲飾。」

驗法曰：天氣燥，則龍表左轉，氣濕，則龍表右轉，氣之燥濕加減若干，則表左右轉亦加減若干。其加減之度數，則於地平盤上之左右邊明畫之，而其器備矣！其地平盤上面，界分左右，各畫十度，而濶狹不等，爲燥濕之數，左爲燥氣之界，右爲濕度之界，其度各有濶狹者。若天氣收歛其筋弦，有鬆緊之分，故其度有大小以應之。譬如人用力緊紉一物，初用八分之力，而物可旋繞一周，再用八分之力，物繞不及一周，復再用八分之力，而物繞則僅半周矣！其用力同，而旋繞不同。夫天氣加減燥濕之氣，故收歛筋弦之理亦有然者。凡欲分別東西南北各方之風，或上下左右各房屋之氣燥濕何如，以此器驗之。」

按這種儀器是弦線式吸濕性濕度計，可測空氣之乾燥或潮濕，由弦線或腸線上端固定，下端懸掛適當的重物構成此一濕度計，利用弦線或腸線在乾濕情況下扭轉程度之不同，來測定濕度。這種濕度計和西元 1664 年法人虎克（Robert Hook，1635-1703）所發明的腸

線濕度計及燕麥鬚濕度計（註三）原理相同。



圖一：南懷仁自西方傳入我國的溫度計（右圖）及濕度計（左圖）（取自古今圖書集成曆法典第95卷儀象部及劉昭民編著中華氣象學史第203頁）

至於各種光象之觀測和研究，南懷仁在《新製靈台儀象志》卷四中也有詳細的說明，文曰：

「虹霓乃潤雲被日對照，而成多色之弧也。蓋雲者，虹之質，而雲之潤，乃所以必成其虹質之勢也。一被日對照，而虹乃由之以成矣！夫雲非當其化雨，則不能生虹，而雲非承日光，則虹無由而成，又日光非正對，則虹又無由而成，故虹之見也，必朝西而春東，亦或東北也。曰弧者，虹彩之曲也，曰多色者，列虹於諸色，他弧他象也。以日同時多虹可成。假如日當於午，東西方各有雲氣，日光照之，遂成虹矣！但因人目限於一方，止見其一，而不能並見其他耳。假使一方而有二雲，日光照之，其一正對者變虹矣！而其廻光照及相近之雲。又二變而爲虹矣！又由此雲所照之日光，退轉至於他雲，又三變而爲虹矣！若論其色之奇，三變不如其二變，二變不如其初變，蓋初所變之虹則受日光之正照，而一變與三所變之虹，不過受斜退之光已耳。虹色雖多，約分爲三，上如香圓色也，中如青草色也，下如紅花色也，然其所以不同之故，由於雲之厚薄異勢，故雲之上，白而且薄，接日之照則現黃色，中之體厚，則現綠色，其下尤厚，則從紅色矣！至若雲之厚薄之異，由於氣之勢異也，氣之輕且薄者，騰愈高，接日光愈深，其廻光愈弱，所生之色愈淡矣！氣之濁且厚者，騰愈愈下，日光愈淺，其廻光愈強，所生之色愈濃深矣！至言一變之虹，較之初變之虹，色雖同，而序相反，止反爲紅，中綠，自藍以下者反黃矣！

次曰：日月暈虹霓等象，皆爲圓形。其所以然者，乃由日光斜透之勢耳。凡現虹霓之時，皆太陽所映彩色，故碧落之雲，無不變現，但人目止見一圓弧之異色，因其斜透圓弧之光道，皆離太陽及離人目有一定之遠近故耳！如鵝鴿之頸，孔雀之翎向日，空中即往發多色，人目旁見之，必有一定之近遠，若或過或不及，則異色俱不見矣！天文家常測得虹霓之半徑爲四十五度，日暈半徑二十二度半。如甲爲日，乙爲人目，丙丁爲日暈，中心爲庚，過中心之走道，甲庚乙爲日暈之軸也。太陽所透周圍之光道，各離日月暈之中軸二十二度半，而此度數以內以外之光道，乙目皆不得見其所映之彩色矣！

月暈日珥及日月旁氣之象，其彩色皆倣此，凡此類通光，並生雜色之雲氣，比之取火之玻璃鏡，如太陽之透玻璃鏡近遠無不射其光，但其聚光聚火之處在圓光之中，離玻璃後面有一定之近遠，人目所見雲內彩色之處，亦在過不及之中耳。凡從原光所生之彩色，皆爲次生之類，比之原光，猶燈光之比日光焉！然燈光白日淡而不顯，夜則大顯五彩之光亦然，暗地則大顯者，是各發其所以映之異色也。夫太陽在地平之上，終日照耀四方，無不斜透空際之雲氣，而映成多色矣！凡異色於白日不顯，至晨昏倍覺分明，職此故耳。」

按我國先民自唐朝以來，即認爲虹霓乃日照雨滴而形成的，但是對其七種顏色的排列順序以及光學上之成因則未見有文獻記載（註四）。對於暈的結構，我國先民也很早就已經有詳細之分析（註五），但是未明其成因。十六世紀和十七世紀，正值西方科技勃興，天文學和物理學快速進步之時，對於虹霓和暈之光學上之成因亦已十分明瞭，所以南懷仁說，暈和虹霓等現象，「乃日光斜透之勢耳」，而且以

人目觀察，要有一定之角度才能見到這些現象，也就是說，要有一定之近遠，過或不及，則皆不能見。南懷仁並指出：當時歐洲天文家已測得虹霓之半徑爲四十五度（其實，人目視線與地平線呈四十度至四十二度之間），日暈半徑二十二度半（即二十二度暈，它的視半徑爲二十二度，乃六十度頂角之冰晶所產生者）。其他月暈日珥及日月旁氣之象，其彩色之成因亦類似。這些氣象學識對當時的我國而言，可以說是南懷仁所介紹來的氣象學新學識。

參、結　語

我國以農立國，而氣象變化和農業之發展有密切的關係，所以我國先民自古以來對氣象之觀察和觀測即非常注意，非常重視。我國先民曾經發明雨量計和濕度計，對虹和暈之觀察也很有成就。可惜，由於物理學的不發達，定量觀念的不夠澈底，以致未能發明溫度計和量化的濕度計，以及氣壓計，使得明清以後我國之氣象學術即逐漸遠落於西人之後。當時幸好有南懷仁將西方的最新氣象儀器傳入我國，使我國的氣象學發展不致發生斷層現象，當時國人若能好好地研究，並加以發揚光大，後來又若無雍正之禁教措施，使西方之科技傳輸工作因而中斷，則我國之氣象學術在清代中葉140年間，也許就不會呈現一片淒涼景像了！

註　釋：

註　一：見民國 64年台北中華書局出版之辭海上册第479 頁子集十部南懷仁條。

註　二：劉昭民編著西洋氣象學史（民國70年台北中國文化大學出版部出版）第82 頁。

註　三：同註二，第101頁。

註　四：劉昭民編著中華氣象學史（民國69年台北商務印書館出版）第93,94,120頁。

註　五：同註四，第87～90頁。

※本文作者任職於民航局氣象中心

中華民國七十五年十二月

物理學發展中的原因概念

原著：Thomas.S.Kuhn
譯者：魯　經　邦

爲什麼一個科學史家會應邀對一群兒童心理學家作一次有關物理學中「因果概念」（causal notions）發展的專題講演？對於所有熟悉皮亞傑（J. Piaget）的研究的人而言，第一個理由是很容易理解的。皮亞傑對於像兒童對時間、空間與運動，或是對世界的看法所作的深入觀察一再顯示了它們與更早期的成人科學家所掌握的觀念，有顯著的類似之處。如果在原因概念（notion of cause）方面亦有相似之處，那麼歷史學家與心理學家都將對有關它們的闡釋感到興趣。

然而，還有一個主觀的理由，或許它只對我本人以及在場的兒童心理學家們而言是如此。大約二十年前，我初次發現思想對科學史的影響（intellectual interest of the history of science）以及幾乎在同一時間也發現了皮亞傑的心理學研究。從此，這兩件事物與我的想法和研究工作發生了極爲密切的關係。我之知道如何去探詢一些有關已逝世科學家的問題，部份是學習自皮亞傑詰問兒童的方式。我很清楚地記得這個影響如何出現在我與柯瑞（A Koyré）的第一次會晤之中。柯瑞不同於其他任何一位歷史學家，當時已是我的導師。我告訴他，從皮亞傑世界中的兒童，學習到了如何了解亞里斯多德的物理學。而他的反應——是亞里斯多德的物理學教導他去了解皮亞傑世界裏的兒童——更加使我肯定了過去所學事物的重要性。即使在諸如「因果律」（causality）之類的領域之中，或許我們的看法迄未一致，我仍以能深受皮亞傑的影響而引以爲傲。

如果物理史家要完成一項對「原因概念」的分析，我認爲他必須認清在兩個相關的層面裏，這個原因概念與他平常所慣常處理的大部份其他的概念是不同的。在對其他概念作分析時，他必須從科學家的講話或著作中出現的像「原因」（cause）與「因爲」（because）之類的字眼著手。但這類字眼和與我們常見的觀念如「位置」（position）、運動（motion）、重量（weight）及時間（time）等等有關的詞彙不同，它們在科學論述中並不常見，只有在很特殊的論述中才會看到它們。總而言之，根據葛萊茲（J.B. Grize）以不同的觀點所作的結論，「原因」這個字主要的作用是屬於後設科學的（meta-scientific）而非科學的或物理學用語。

這樣的認識並不意味「原因」概念，不比那些更技術性的如「位置」、「力」與「運動」等概念重要。但仍然暗示了在這兩種情況中，在分析功能（analysis function）上利用的工具是有些不同的。在分析「原因」概念時，歷史學家或哲學家對語言與行爲之間細微差

異的辨識力必須遠比平常敏銳。他不但要意識到「原因」之類用語的出現，而且要認識造成這類用語出現的特殊環境。反過來說，他必須把分析的主體建立在他對整個脈絡認識的基礎之上，而這個脈絡雖然明顯地提供了一個原因，但並沒有任何措辭指示出在整個的訊息中那一部份與這個原因有關。以這個方式從事分析的人在完成他的工作之前或許會得到下面這樣的結論，與「位置」之類的概念比較，「原因」的概念實具有語言學的（linguistic）與群衆心理學的（group psychological）基本成份。

因果概念（causal notion）分析的那種面相自始就和皮亞傑所強調的另一種面相有很密切的關聯。他曾說過，我們必須從廣義與狹義兩方面來考慮「原因」概念。我認爲，狹義的原因最初是得自一個自我中心的「有效媒介概念（notion of an active）」，例如：「推」、「拉」、「施力」或「動力的表現（manifests a power）」。這與亞里斯多德的「有效因概念（concepts of the efficient cause）」相當接近，這是十七世紀中最先應用在物理學上分析碰撞問題（collision problems）的一個概念。廣義的概念，至少在表面上看來大不相同。皮亞傑曾把它描述爲「解釋的一般概念（general notion of explanation）」。描述一個事件的（一個或多個）原因，就是解釋它爲什麼會發生。物理解釋中的原因形式（cause figure in physical explanations）以及物理解釋的本身通常都是因果的。然而，認識了上述那麼多的事情，反而令人再度面對某些支配原因概念之判準的內在主觀性（intrinsic subjectivity）。歷史學家與心理學家都深切地了解，在物理學發展或是兒童成長的某個階段，提供解釋的一系列的名詞可能只會引起另一階段中進一步的問題。這樣是否充份地容許我們說蘋果之所以會落地，是因爲重力的吸引呢？抑或是「引力」本身的意義在停止懷疑之前必須得到解釋嗎？一個明確的演繹結構（deductive structure）也許是滿足一個因果解釋（causal explanation）的必要條件，但却非充份條件。因此當我們分析一個因果律（causation）時，必須探究它所引起的特別反應，如果缺乏「重要的影響力」（force majeur）將導致因果問題的退化而結束。

這兩個觀點的並存也同時擴大了另一個我們前面所遭遇的問題。至少有部份是因爲歷史的理由，上述狹義的概念通常被認爲是基本的，而廣義的概念則是用來配合它的，這樣的看法常常導致曲解。狹義的因果解釋必定有一個媒介與一個病人，亦即一個原因及其續發的效應。但是也有些其他自然現象的解釋——在下面即將討論——其中並沒有更早的事件或現象，也沒有任何活潑的媒介（active medium）作爲它們的原因。我們並不能因爲宣稱這類解釋是非因果的（noncausal）而有所獲「而且還喪失許多語言的本性（linguistic naturalness）」：它們並不缺乏任何曾經被用以解釋爲不明原因（missing cause）的事物。而且我們再也不能宣稱這類問題是「非因果的」：因爲在其他的情形下被問起時，它們可能會引起一個狹義的因果反應（a narrowly causal response）。如果自然現象的因果性解釋與非因果性解釋可以截然劃分，那麼所依賴的只不過是一些不相干的細微差異（subtleties that are irrelevant here）。而且將這類解釋以數學或文字轉變成一種允許將事物的早期狀態（例如原因）隔離的形式的作法並沒有什麼用處。或許這種轉換可以達成（有時是藉著我的朋友彭奇（Bunge）所展現的巧妙方法之一），但通常都會使這種經過轉換的表達喪失了解釋性的說服力。

下面我將概述物理學因果概念進化中主要的四個階段來引證並強調前面的論點。同時它也將鋪陳出幾個更廣泛的結論。一直到1660年代，亞里斯多德學派一直都是物理學的主傳統，而且亞氏的原因分析（analysis of cause）也一直居於主導的地位。然而在亞里斯多德

物理學傳統被摒棄了很久之後，其原因分析的理論依然存在，因此它自始就值得單獨拿出來加以研究。根據亞里斯多德的理論，任何變化包括「發生」（coming into being)在內，都具有物質的（material），有效的（efficient）、形式的（formal）與終極的（final）四種類型的原因。這四種原因道盡了各種解答的形式，這些解答都是用以解釋變化的。以彫像爲例，它存在的物質因（material cause）是大理石，它的有效因（efficient cause）則爲彫刻家心目中之作品的理想形態。而其終極因（final cause）則是那些深入希臘人心的美麗成品在數量上的增加。

理論上，每一個變化的原因都包括了上述四種形式中之每一形式的一個原因，但實際上一個有效的解釋所需原因的種類常會有許多的變化。對於物理學，亞里斯多德學派通常都只利用形式因與終極因兩種，而且它們通常都合併成一個原因。劇烈的變化——那些擾亂自然秩序的變化——當然被歸諸於有效因，如推、拉等等，但這種原因並不被認爲能夠提供進一步的解釋，因此被摒棄於物理學之外。至於僅僅處理自然秩序恢復與維持的問題，則通常依靠形式因。因此石頭落向地心是因爲它們的本質（nature）或形式（form）完全使它只認識這個位置使然；而火焰升起向四周擴散亦復如此；而星球則透過規則的運轉與永遠在適當的位置來確認它的本質。

在十七紀，這樣的解釋看來似乎有邏輯上的缺陷，只有文字的賣弄（verbal play)與無謂的重覆（tautologies)，而且這種評論已經由來已久。莫里哀嘲笑一位醫生用「催眠的潛能（dormative potency）」來解釋鴉片使人睡覺，迄今仍然膾炙人口。這樣的嘲笑已經發生了效力，而且在十七世紀這種嘲笑是有其必要的。然而，在這一種解釋之內並沒有邏輯上的瑕疵。只要人們能夠解釋「像亞里斯多德那樣，一個範圍（相對來說是）很寬的自然現象只用（相對而言是）少數的形式」，用形式來解釋就完全令人滿意了。只有在每一不同的現象似乎需要一種不同形式的創新之時，它們才會顯得無意義的重複。到現在社會科學大部份的解釋仍然顯現與此完全類似的形態。如果它們表現的力量不如預期，則其困難並不在於邏輯，而是在它所展現的形式。我必須簡單地聲明，形式的解釋（formal explanation）目前已經發揮極爲有效的功能。

但是在十七、八世紀中，它的份量是微不足道的，伽利略與刻卜勒通常是把目標指向簡單的數學規則，而不需作進一步的原因分析，其後所有的解釋都被要求爲機械論的。唯一可以接納的形式是物質最終粒子的形狀與位置。所有的變化，無論是位置或是某些特性如顏色或溫度的變化，都可以被瞭解成一群粒子對另一群粒子的物理撞擊（physical impact）所造成的結果。因此，笛卡爾將物體的重量解釋爲以太（aether）對物體外層表面撞擊的結果。亞氏所謂的有效因（efficient cause），推（push）、拉（pull）的概念，目前即主導著對變化的解釋。即使是牛頓的功（work)這一概念，被普遍地解釋爲粒子間，不按格律的非機械性交互作用（licensing nonmechanical interactions），也並不減低有效因的主導地位。當然，它摒棄了嚴格的機械主義，牛頓也受到那些把引進超距作用視作是開倒車的人士的多方抨擊。（在當時來說他們並沒有錯，十八世紀的科學家可能對每一種自然現象都引入一種新的力，而也有少數人已開始這麼做。）但是，牛頓的力通常被視作與「接觸力」是類似的，而且有關它的解釋也主要是機械性的。尤其是當時新興的物理學——如電學、磁學、熱學等方面——在整個十八世紀，它們的解釋都是由有效因來主導的。

然而，在十九世紀，力學較早已先產生一種變化，漸漸擴散到整個物理學中。因爲物理學逐漸數學化，它的解釋也愈來愈依賴這些數學的結果導出與適當的表達形式。就結構來說，還談不上是本質上的變化，但「解釋」則回

復到亞里斯多德物理學的形態。當物理學家被要求解釋一種特殊的現象，他將會寫下一個適當的微分方程式，並從它去推演其中所蘊涵的自然現象，或許也結合某些特定的邊界條件）。然後，他可能面臨要爲他所選擇的方程式提出證明的挑戰。但這種挑戰只是針對特定的數學公式，而與解釋的類型無關。不論他的選擇正確與否，它終究是一個微分方程式，並產生一種解釋的形式。而且就成爲一種解釋來說，這個方程式並不是可以進一步分割的，事實上，我們從這個方程式中找不到一個活潑的媒介，以及一個時間上先於結果的獨立原因，除非很嚴重地曲解了它。

例如，讓我們考慮火星何以是以橢圓軌道運行的問題。它的答案顯示了牛頓定律應用在一個平方反比引力關係的兩體隔離系統。這其中的每一要素對問題的解釋都很重要，但却無一是這個現象的原因。而且它們似並未較這個現象的解釋出現得更早，甚至似乎是同時或是更晚。或者讓我們考慮一個範圍更小的問題，爲什麼火星在特定的時間是位於空中特定的位置。這個答案可以將更早的某一時刻火星所在的位置引入方程式而得到，那些邊界條件描述一個更早的事件，而這個事件透過定律的推演與待解釋的事件連結在一起。但我們却無法回過頭去找回那個先前的事件，因爲有無限多個事件都可以取代它——造成火星在後來某一特定時間所在位置的原因。如果邊界條件提供原因，那麼原因就不再是解釋性（explanatory）的了。

這兩個例子在另方面亦有啓發性。它們可以解答某些問題，而這些問題是不會被人問起的，至少不會由物理學家所提出。被引用來解答這些問題的事物將可被更實際地描述或物理學家用來詰問自己或是展現給學生的問題的解答。如果我們稱它們爲解釋，由於它們曾被提出與了解，因此不再有問題可問：因爲物理學家所能提出來當做解釋的每一件事物都被提出過了。然而，仍然存在其他的脈絡裏，其中會有極爲類似的問題可供提出，而且在這些脈絡中，這些問題的答案的結構亦將有所不同。假定火星的軌道並非橢圓，或是它在特定時間所在位置與牛頓力學中的兩體邊界值問題（two body problem with boundary value condition）之解所預測者。則物理學家當時就會（或是在這個被完全了解之前問），到底有什麼不對勁，爲什麼經驗與他的期望不符合。這個問題的結案是，有一個明確的原因被忽略掉了——即其他行星對火星的萬有引力。與規律（regularity）不同的是，人們用了狹義的因果術語去解釋異常現象（anomalies）。與亞里斯多德物理學的相似之處又再度引人注目。形式的原因（formal cause）解釋自然的秩序，有效原因（efficient cause）則改變（或破壞）自然秩序。然而現在，異常（irregularity）與規律（regularity）一樣，都存在物理的領域裏。

這些選自天體力學的例子亦可從力學的其他部門及聲學、電學、光學或熱力學等等在十八世紀末期與十九世紀初期發展的學科中找到。不過，仍然需要強調的是，在這些領域裏顯示出與亞里斯多德式的解釋相似之處也只是在結構方面是如此而已。十九世紀中物理學解釋所展現的形式並不完全是亞里斯多德式的，而毋寧是笛卡爾與牛頓式的數學敍述。它們曾在十七與十八世紀位居主導的地位。然而這種機械式的局限只持續到十九世紀末，於是隨著電磁場的馬克士威爾方程式（Maxwell's equations）被接受，以及確定了不可能用機械以太的結構導出這些方程式，物理學家在作解釋時可以引用的形式就增多了。

因此，在廿世紀中在物理解釋方面又多了一項革命，這種革命是本質上的而非結構上的。我的朋友霍巴赫（Halbwachs）曾經指出許多有關這方面的細節。在此我只嚐試作一點點極廣泛的推論。關於電磁場，因爲它是一個僅能以數學方程式描述其形式特性的非機械性基本物理實體。也是進入物理學場論概念的唯一

入門。當代的物理學家瞭解其他的「場」亦復如此，而且它的種類仍在增加之中。一般而言，它們被用以解釋那些甚至在十九世紀中未曾被察覺的現象，也在許多的領域中取代了「力」的概念，如電磁學就是一個例子。正如十七世紀的情形一樣，某些曾經是解釋的事物現在已經不再是解釋了。不只是場，有一個新的實體也參與了這個變遷。物質也具有一些在機械論中所意想不到的形式特性（formal properties）——如自旋（spin）、宇稱（parity）、奇異數（strangeness）等等。上述的每一個特性都只能以數學來描述。終於，一種似乎是根深蒂固的機牽性原理引入到物理學中，在解釋的規範上引起了劇烈的變遷。對於可觀測的現象，現在已有很恰當的問題。例如，α粒子在什麼時間離開原子核而發射出來，這個問題在物理學家都認爲是無法用科學的原理來解答的。如果把這類現象，看成個別的事件，那麼α粒子發射與許多類似的現象是沒有原因的。任何用以解釋它們的理論都寧願去推翻量子論，而不願僅僅在它的基礎上增加一點內容。或許某些未來的物理學變遷會循著這個方式，但目前並沒有什麼物理學家認爲這種因果上的差距是一種缺陷。這個事實也許能教導我們一些關於因果解釋的事情。

從這個簡短的概述中，我們可以得到什麼結論呢？下面是我所作的一個最基本的結論。雖然狹義的原因概念是十七、八世紀物理學極爲重要的部分，然而它的重要性在十九世紀已經式微，甚而在本世紀幾乎消弭無形。主要的例外在於對那些看來似乎是違反現有物理理論的現象之解釋，但事實上並不然。事實上它們是把造成異常的原因隔離，然後再發現這是早些在解決問題時所忽略的因素來解釋的。然而除此之外，物理解釋的結構和亞里斯多德在分析形式原因所建立的結構甚爲相似。效應（effects）是由少數與物理解釋有關之實體的固有性質推演而來。這些性質與解釋所導引出它們自身的邏輯狀態（logic status）和亞里斯多德的具有相同的形式。於是「原因」在物理學中又變成廣義的概念，那就是解釋。

但是，如果現代物理學（modern physics）與亞里斯多德學派在因果結構方面的相似點是在於它的論辨（argaments）方面，那麼現今表現在物理上的解釋的形式將與古代與中世紀的物理學解釋大不相同。甚至在前面這麼簡短的討論中，我們已經發現了在物理學的解釋上可以發揮令人滿意的功能的形式類型（the types of forms）上的兩種主要的變遷：從定性形式（qualitative forms）「例如：固有的地心吸力（gravity)與浮力（lovity）」轉變爲機械形式（mechanical forms），以及從機械形式轉變爲數學形式（mathematical forms）。更詳盡的探討，將會揭示無數更微妙的變遷。然而這類的變遷將會形成一系有待探討的問題，雖然它可能是簡單的及教條式的。是什麼引起了這種解釋規範的轉變？它的重要性又如何？新舊解釋模式（explanatory mode)之間的關係又如何？

關於第一個問題，我認爲在物理學中，新的規範是伴隨著新的理論產生的，這種依附至少達到某一相當顯著的程度。新的物理理論，如牛頓的理論，一再地被那些一方面承認它能成爲一種可以解決前述的交互作用的問題的新觀點，却又堅持認爲它完全不能解釋任何事物的人士所排斥。後世基於它的影響力而被教導使用這個新理論的人，已經普遍發現它也是一種解釋性的理論。科學理論在實用上的成功似乎也保證了其解釋模式的最後成功。然而解釋的力量或許是一個長期的風尚（coming)。許多當代學者對量子力學的與相對論的體驗說明了一個人可能已深信一新理論，卻仍需要一種將它視爲是解釋性的而加以接受的再訓練（retraining）與習慣（habituation）。惟有時間才能達成這個目標，而以目前的情形來看，應是爲時不遠了。

依附新理論並不會使新的解釋模式變得不重要。物理學家努力瞭解並解釋自然，對他的

工作來說，是一項重要的條件。已爲人所接受的解釋規範，是告訴他那些問題仍有待解決的事物中的一部份。進一步來說，無論科學家研究什麼問題，流行的解釋規範對於決定他能解答那一類的問題有很大的助益。當我們還沒有掌握科學家所接受的解釋規範之前，是不可能了解任何一個時期的科學發展的。

在簡介了物理學因果概念的四個主要階段後，我要看看從它們之中是否可以窺出一個全貌？我們能否從某個角度來說，現代物理的解釋規範比十八世紀來得進步，抑或十八世紀物理學的解釋規範又超越了古代與中世紀的呢？就某種意義來說，答案顯然是肯定的。在每一時期中物理學的理論都遠較過去來得精確。解釋的規範，由於它和物理理論的本體是不可分的，因此它必定已經在物理理論的進步中作了必要的參與：科學發展允許對更精煉的現象作解釋。然而在任何明顯的情況下，只有現象而非解釋，會比以前更精煉。一旦我們把解釋從有關的理論中抽離，「重力」只不過是一個僅僅不同於一個「固有朝向中心的傾向」的概念罷了，「場」也只不過是一個僅僅不同於「力」的概念罷了！如果解釋規範的本身只當作是一種解釋的設計，而不參考那些借重他們用以解釋的理論，則後期用作物理解釋所能允許的起點，本質上不見得比前期者來得進步。甚至就某種意義來說，解釋模式的進化反而是退步的。雖然證據與結論之間仍然有很大的差距，但仍然暗示了當一門科學發展時，它在解釋上使用了在數量上永遠在增加的許多不可化約的各種形式。至於解釋，科學的簡單性則可能隨著歷史的演進減少。有關這個理論的檢查需另文專題討論，但只是考慮在這裏作個結論的可能性，應該已經足夠了。僅僅是研究解釋與原因概念的本身，並不能對科學知識的進步提供任何明顯的證據，顯然必須由它們所引導出的科學方能顯示出來。

※本文譯者任職於台灣電力公司

科學發現的歷史結構

原著：Thomas.S.Kuhn
譯者：潘　經　邦

本文的目的是擬將科學研究中我認爲的一個連續的歷史學上所謂的革命中之一小部份抽離出來加以闡釋（註一）。科學發現的結構是我特別關切的一個課題，而且藉著指出這個課題本身的殊異性，我可以作最深入的探討。科學家，乃至於近來的歷史學家普遍地都把科學發現視作一種事件（event），雖然這種事件可能有它的先期條件（preconditions），而且必然有其結果，但它却沒有內在的結構（internal structure）。通常某一事物的發現多被視爲單一的事件，例如：某一事物的發現是發生在某一特定時間、地點、人物上的一件事，而鮮有人認爲它是在時空世界中經歷過一段複雜過程者。

我認爲，科學發現的本質與科學團體（scientific community）的本質有很深的淵源。對於準科學家們（指主修自然科學的學生）來說，在所讀的教科書中，將特定自然現象之發現歸諸於最先發現它的歷史人物，是在其短短的歷史章節中常見的現象。由於他們在學習的過程中受到這個觀念以及來自其他層面的影響，使得「發現」一詞對許多科學家而言，成爲一個重要的目標。我們實在可以說，「發現一件事物」能在科學家的科學研究生涯中，爲他掙得一筆豐厚的財富。而且專業上的聲望也往往和這些收獲有著密切的關係（註二）。難怪科學發現的先後（priority）與獨立性（independence）的尖銳衝突也經常破壞了科學傳播（scientific communication）正常而平靜的趨勢。尤有進者，許多科學史家也將個別的發現當作量度科學進步的適當指標，並投下了大量的時間與人力去探究到底是何人在何時有了什麼發現。如果說研究「科學發現」有何驚人之處，那只不過是：不管投入了無限的力量與才智，不論是論辯性的或是苦學型的學識都很難正確地指出某一特定的發現能夠被恰當地指出它發生的時間與地點。

這種研究與論證上的挫敗，誘發了我現在想談的課題。許多科學發現，尤其是那些最有趣與最重要者，並不是那種可以適當地詢以發生在「何處」，甚至「何時」的事件。即使擁有一切可信的資料，這些問題也未必有正確的答案。然而我們却一再地被迫問這些問題，這實在是我們對「科學發現」在認知上的一項基本錯誤。我所關注的主要就是這種錯誤。我將首先從由試圖尋求一個重要發現的日期與地點所呈現的歷史問題著手。

這一類麻煩的問題包含了下列的發現－諸如氧、電流、X光與電子等。它們並不能從已知的理論去預測，因而震驚了整個科學界。我們即將對這類發現單獨地加以討論。但重要的是這樣的討論會幫助吾人注意到還有另一類型的科學發現，而却很少呈現出與前者相同的問題。第二類的科學發現包括了微中子（neut-

rino）、無線電波（ radiowaves）以及填補週期表空位的那些化學元素。這些事物在發現之前就已有理論預測了它們的存在，作了這些發現的科學家，事先也因此都知道他們所要尋找的是什麼。這種事先的預知並未降低了工作的需要與興趣，而爲科學家提供了一個判準，告訴他們目標在何時已獲得實現（註三）。結果發生了少數「孰先孰後」的爭執，而且能夠使歷史學家避免將這些發現歸諸於一特定時間與地點的資料也很缺乏。當我們再回到第一類那些困擾吾人的發現時，這些事例能幫助我們將所遭遇的困難抽離出來。在這些最令人關心的事例中，並沒有任何基準（ benchmarks ）在一個科學發現發生時示知科學家或歷史學家。

我們可以從「氧的發現」談起，來展現這個基本問題及其結果。由於人們反覆地以一種典型的關懷與技巧對它加以探討，這個發現似乎不會帶給人們任何實質上的驚訝。因此，它特別適宜用來澄清理論的寓意（註四）。至少有三位科學家夠資格宣稱自己是首先發現氧氣的人，這三個人是奚樂（ C. Scheele ）、普利斯里（ J. Priestley ）以及拉瓦錫（ A. Lavoisier ），而對於貝恩（ P. Bayen）發現氧氣的故事，有時也在爭論之列（註五）。雖然我們幾乎可以確定奚樂的發現發生在普利斯里與拉瓦錫之前，但是在普氏與拉氏的成就未被普遍接受之前，奚樂的發現並未公開（註六）。因此其間並無顯著的因果關係，爲了簡化我的討論，在此將這段故事予以省略（註七）。相反的，我將選擇貝恩發現氧的故事作爲探討的主要途徑，貝恩大約在 1744 年3月之前不久發現了水銀的紅色沉澱物（即硃砂，HgO）可以經由加熱產生一種氣體。貝恩把這個產物視作是一種穩定的氣體（二氧化碳），一種早期由布拉克（ J. Black ）所發現而爲大部份氣體化學家（ pneumatic chemists ）所熟悉的物質（註八）。當時人們已經知道有許多其他的物質可以產生這種氣體。

在 1774 年7月，在貝恩的發現幾個月之後，普利斯里重複了這項實驗，雖然他的實驗可能與前者無關，然而普氏發現這種氣體有助燃作用，因此改變了對它的認定。他認爲這是一種含氮的氣體（氧化亞氮，N_2O），這是由他自己在兩年以前發現的一種物質（註九）。隨後在同一個月裏，普氏前往法國並把這項實驗告知了拉瓦錫。拉瓦錫在同年11 月到次年2月間又再度重作了這個實驗，由於他的實驗比普利斯里做的更精密，因此他再一次改變了對這種氣體的認定。在 1775 年5月之時，他認爲這種由硃砂加熱生成的氣體既非二氧化碳亦非氧化亞氮，而是「環境中完全未經變化的空氣本身…，甚至可以簡單地說，它比空氣還要純粹。」（註十）。然而在同時，普利斯里又再進行實驗，並且在 1775 年3月之前，他也認爲這種氣體必然是空氣。到這時爲止，所有以硃砂加熱製造出這種氣體的人都認爲這種氣體是某種過去爲人所熟知的物質（註十一）。

現在，我將這個故事剩下的部份作一個簡短的述說。在 1775 年3月之中，普利斯里發現這種氣體的某些方面的特性要比空氣好得多，因此他又改變了對它的看法，而稱之爲「除去燃素之後的空氣」（ dephlogisticated air ），意指除掉了正常燃素成份之後的空氣。普利斯里並把這個結論發表在英國皇家學會的哲學會刊（ Philosophical Transactions ）之中，而且很明顯地，拉瓦錫也曾用它來檢證自己的研究結論（註十二）。這個再檢證的工作從 1776 年2月開始，在一年之內，拉瓦錫提出了結論，他認爲這種氣體實際上是可以從空氣中分離的一種成份。而在這之前，他與普利斯里都曾認爲空氣是同質的（ homogeneous ）。這時，由於這種氣體已被認爲是一極爲明確的物種，我們因此可以認爲「氧的發現」至此大功告成。

但當回到最初的問題時，到底我們應該說氧是在什麼時候發現的呢？又我們要用什麼判準來回答它呢？如果說氧的發現只是某人手中掌握了一份不純粹的氣體樣品，那麼它早已在

古代就被第一個曾經將空氣裝入瓶中的人發現了。無疑的，以實驗的準則來說，我們必須求取到至少像普利斯里在 1774 年 8 月所獲取的那樣純粹的樣品。但在 1774 年普利斯里所知道的，只不過是發現了製造一種人們甚爲熟悉的物質的一個新方法而已。在那一年從頭到尾普氏的發現和早期貝恩所做的並沒有兩樣。而他們兩人又都與四十年前製造出相同氣體的霍爾斯（R. S. Hales）所做的事完全相同（註十三）。顯然就發現某種事物來說，科學家必須瞭解自己有所發現，並且知道自己發現了什麼。

而在這種情況下，他又必須瞭解到什麼程度呢？當普利斯里認定他所獲得的氣體是氧化亞氮時，他是否已經有了充份的了解？如果不是，當改變過去的認定，而宣告它是空氣時，他或是拉瓦錫是否又已有了更進一步重要的認識了呢？當 1775 年 3 月普利斯里再一次改變了他的看法時，我們又作何解釋？去燃素氣體仍然不是氧氣，即使是，對於支持燃素說的化學家而言，這完全不是期望中的氣體，它毋寧是一種極爲純粹的空氣。於是，或許我們可以期望拉瓦錫在 1776 年至 1777 年間的工作能夠解答我們的問題，在這段時間裏，拉瓦錫不但分離出這種氣體，而且知道它是什麼。但是這個結論也頗有問題，因爲從1777 年起，直到他臨終之前，拉瓦錫始終堅持氧是一種原子的酸素（an atomic principle of acidity），而且氧是酸素與熱質（caloric）所結合的產物。所謂熱質，是指熱的實體（the matter of heat）（註十四）。在這種情況下，我們是否應該說到 1777 年時，氧氣還未被發現呢？有些人可能想這麼說，但在化學界一直到 1810 年以後才拋棄酸素說，而熱質的觀念直到 1860 年代才被拋棄。而早在這兩個年代之前很久就已經成爲一種典型的化學物質。進一步來說，關鍵或許就在這裏。「氧氣發現」的地位似乎只要建立在普利斯里所做工作的基礎之上即已獲得，而不需要借助於拉瓦錫那種依然偏頗的再詮釋。

由上所述，我認爲我們需要一個新名詞以及一些新的概念以分析諸如氧的發現之類的事件。雖然「氧被發現了」這句話當然是正確的，但是它却爲一種認爲「發現某一事物就是一種單一而且單純的行爲，只要我們知道得夠多（事實上未必），即可明確地認定是什麼人在什麼時刻完成」的暗示所誤導。當這個發現並非如我們所預期的那樣時，要定出發現的確定時刻是永遠不可能的，而要認定誰是發現者通常也很困難。如果我們不考慮奚樂的成就，我們或許可以放心的說：氧在 1774 年還沒被發現，或者我們也可以說在 1777 年或稍後，氧氣已被發現了。在上述的時間之內，任何人想嘗試斷定氧氣發現的確切日期及其發現者，都將是枉然的。進一步說，那是因爲新現象的發現根本上是一個複雜的過程，這個過程包括了分辨「有某種新事物出現了」，還有了解「它是什麼」。觀察與形成概念，事實以及將事實融入理論中，和科學新事物的發現有著密切不可分割的關係。顯然，發現這個過程將需要一段時間以及一群人的參與來完成它。只有對前述第二類的發現－那些本質已事先爲人所知的發現－而言，「發現某種事物（discovering that）以及「了解發現什麼（discovering what）才可能在同一時間一起發生。

現在我要舉兩個更簡短且更單純的例子，它們可以顯現出「氧的發現」這一例子的代表性，並且導引我們尋求更精確的結論。在1781 年 3 月 13 日的晚上，天文學家赫塞爾（W. Herschel）在他的觀星日誌上作了這樣的記載：「在金牛座的天關星（Zata Tauri）附近天空中……，這可能是一個奇怪的星雲或是彗星。」（註十五）。一般都認爲這是一段有關發現天王星的記載，但事實上未必盡然。在1690 年到 1781 年這段期間裏，這顆星至少有十七次被天文學家觀察到並加以記載，而一般都認爲它是一個恆星。惟獨赫塞爾不同於別人，因爲它在赫塞爾自製的望遠鏡中顯得特別大，故

而假設它實際上可能是一顆彗星。在3月17日與19日，赫氏又兩度觀察這顆星球，從它在星球之間的運動，更肯定了他的猜測。因此赫塞爾向全歐的天文學家宣告了他的新發現。數學家們開始計算這個新彗星的軌道，在短短的幾個月之中所有把它的運動歸於一般彗星軌道的計算都無法與觀察吻合，天文學家拉克塞爾（Lexell）建議赫塞爾所發現的可能是個行星，這個建議經過證實後才被普遍接受。這時我們應該說天王星到底在1781年的什麼時間被發現的？而且我們是否完全可以確認是赫塞爾而非拉克塞爾發現了天王星？

或許讓我們考慮另一個更簡短的故事－X光的發現，它發生在1895年，那一天，物理學家侖琴（Roentgen）突然停止了他對陰極射線的例行觀察，因爲他注意到在他的儀器一段距離的地方，有一塗有亞鉑氣化銀（barium platinocyanide，一種螢光劑）的螢光幕在放電時會發出磷光（註十六）。隨後，他用了七個星期的時間，幾乎是足不出戶地待在實驗室內，全神貫注地研究這個現象。結果發現屏幕發光的原因是來自陰極射線管的放射線，它會爲金屬片所阻擋而在屏幕上產生投影，也不爲磁場所偏折…等等，還有許多其他的特性。在侖琴宣佈這項發現之前，他已相信這個效應並非陰極射線所造成，而是由於一種新的輻射，它的性質與光有些類似。因此，問題又再度出現了：到底我們應該說X光是何時被發現的？當然我們不能說是侖琴頭一次注意到屏幕發光的時候，因爲至少還有另外一個人也看到過相同的現象，只是他什麼也沒發現，我們可以想像當他見到侖琴的報告後該會有多麼懊惱。我們也不能把X光發現的時刻定在侖琴實地研究的那七個星期中最後一週之內，因當時侖琴所研究的是那已經發現了的新輻射線的性質。或許我們只能說：1895年11月8日至12月25日之間X光發現於德國烏茲堡（Wuszburg）。

我想，這些例子所共有的特性，應該也是所有我們所稱的第一類的科學發現所共有。因此我可以藉著討論三個普遍的特性以對前面這些簡短的論述作一個結論，或許有助於提供一個架構，俾供進一步研究那些爲吾人所習稱爲「發現」的長篇故事。

首先，讓我們注意前面所討論的三個發現－氧氣、天王星與X光－它們是都從在實驗中或觀察中將異常現象隔離開始，換言之，是由於「自然現象」無法完全與期望吻合。進一步的注意，我們可以了解，異常現象的引出過程中同時顯現了「必然」與「偶然」兩種顯然互不相容的特性。在發現X光的例子中，侖琴所獲得的第一條線索－屏幕所發的光－顯然是由於他把儀器作了一種偶然的排列所造成的。陰極射線的研究當時在全歐洲是很普遍的主題。這種研究都是很有規則地將陰極射線管、感光屏及底片並列的。結果，幾乎可以確定的是，侖琴發現屏幕發光的事在其他地方也會發生。如此看來，侖琴的處境似乎與赫塞爾及普利斯里甚爲相似。赫塞爾對北方天空的長期的觀測中首次發現這個太大而被視爲異常的星球。事實上除了他的望遠鏡所提供的放大功能外，赫塞爾的這項觀測與他先前反覆的觀測，與其他人偶然看到天王星的早期觀測並沒有什麼不同。普利斯里的情況亦復如此－當他分離出幾乎是而又不完全像空氣的氣體時－他正注意到了一種實驗的結果中某些被忽略以及不對勁的事物。因爲這類實驗在歐洲早就有人做過，而且過去也不止一次地產生這種新氣體。

這些現象暗示了科學發現的發生必須具備兩個條件。第一個條件是我在本文中始終都在肯定的，那就一種個人的技能、才智與天賦，能夠以一些重要的方法察覺異常現象。並不是每一個天文學家都能注意到未經記錄的星球不應該會如此之巨大，未必每一個科學家都能想到屏幕在陰極射線放電的過程中是不應該發出螢光的；或是想到含氮的氣體並不能維持生命。然而這種條件已經預設了另一種較少爲人接受的條件。無論人們察覺異常現象的天賦達到

什麼程度，異常現象不會在常態科學研究中產生，除非儀器或工具以及觀念的發展到足以讓它們適度出現；或是足以讓它們顯然違背常理的程度（註十七）。所謂「一個意外的發現，只有當某種失敗出現時才會發生。」的意思就是「它只有在科學家充份了解他的儀器應該如何以及自然現象應該如何以後才會發生。」普利斯里異於赫爾斯之處即在於他發現了異常現象而赫氏則否。這種差異大體上就是他們分別製造出氧氣的前後四十年間氣體實驗技術的發展及期望獲得實現的主要關鍵吧（註十八）。這少數人（指普利斯里、拉瓦錫等）的成就顯示了在1770 年之後氧的發現已是指日可待了。

異常現象在科學發現中所扮演的角色，就是前述三個發現事例共有的第一個特性。第二種特性則更簡單，因爲它已經完備了本文的主旨。雖然異常現象的察覺是發現的一個開端，但它畢竟只是個徵兆而已。一個完整的科學發現，在察覺異常現象之後多少需要一段時間以察覺異常現象的科學家本人以及通常是許多他的同行致力於使異常現象規律化。在這一段時間裏一定要作進一步的觀察、實驗以及反覆地思考。同時，科學家也不斷修正他們所預期的，通常指的是儀器、工具的標準（ instrumental standards ）或者有時是指最基本的理論而言。這麼說來，科學發現實際上是具有一段正常的內在歷史（ internal history）、先期歷史（ prehistory ） 與後期歷史（ prosshistory ）。進一步來說，在頗爲含混的內在歷史的分期中，歷史學家不可能鑑定出科學發現發生的那一時刻，即使他搜集了完整的資料。通常當一個科學發現的過程中涉及的人物不止一個時，我們甚至無法正確指出到底是誰才是眞正的發現者。

最後，話題轉到第三個共有的特性，讓我們稍微注意一下當一個科學發現的歷程結束後，會發生什麼結果。關於這個問題，完整的討論還需要進一步的證據並且另行撰文論述，在這裏我並不打算就發現的結果作詳細的說明。然而，我們並不能將它完全忽略，因爲它畢竟總是我們討論之主題的一個自然的結果。

大多數的科學發現，通常都只是被視爲科學知識成長的附屬品或過程而已，而這種看法促使個別的發現成爲量度科學進步的一個有意義的指標。但是我認爲這種看法完全只適用於類似發現週期表中待塡補的元素之類的事件，這類發現完全是在事先的預期之下去尋求，完全不需要專業上的內在調整，改變與同化。雖然本文中所討論的發現無疑就是一種科學知識的附加物，但它仍然代表某種意義上的進展。從某個角度來看，我多少能這麼說，它們也同樣地反溯前人已知道了些什麼，它們對某些衆所周知的事物拓展了新的視野，甚而改變了某些傳統科學中所導循的方法。那些以自身專業的能力發現新現象的科學家，通常是當他們從對與新發現相關的異常現象的努力探索之中突破時，改變了對世界與自身工作的看法。

例如赫塞爾，當他首先改變長久以來公認的行星數目（增加了一個）時，也同時敎導了天文學家在觀察熟悉的天體－即使是使用（比赫塞爾所用的大望遠鏡）更傳統的儀器－之時，如何發現新的事物。天王星被發現後的半世界中，原來只知道有七個環繞太陽運行的星球，增加了二十個，這種天文學家視野的擴大是一個主要的原因（註十九）。類似的情況，更清晰地表現在侖琴的例子裏。首先原有對陰極射線的研究技術必須有所改變，因爲科學家發現他們已經無法控制相關的變因。這些變遷包括了儀器的重新設計，以及修正探討老問題的方法。另外，科學家們也體會到了那種天王星發現後對天文學家視野的變化。X 光是十九世紀中繼紅外線與紫外線之後第一種新發現的輻射線。但在往後不到十年的時間，又有四種新的輻射線在新的感光材料與某些在侖琴成就及其同化作用（ assimilation ）的影響之下發展的新技術之下被發現（註二十）。

這類由科學發現所衍生的在科學技術上的變遷經常都被證實甚至要比由這些發現所提供

的知識增加來得重要。這點至少可以用天王星與X光的例子加以說明；而關於氧的發現的例子，則是絕對清楚的。正如侖琴與赫塞爾，普利斯里與拉瓦錫也教導科學家們以新方法認識舊事物。因此，正如我們所預期的，氧氣並非僅是在他們努力下唯一被鑑定的新物質。但是在氧氣的事例中，這種同化作用所需要的重整（ readjustments demanded by assimilation ），影響極爲深遠，使得它們在化學理論與應用的鉅變，也就是我們所熟知的「化學革命」之中扮演了極重要的角色，雖然它們並非造成化學革命的原因本身。我並不認爲每一個意料之外的科學發現都像氧的發現的事例有如此深刻和深遠的影響。但我認爲每一個科學發現都需要各類由關鍵人物所作的重整工作，而當這些重整的過程變得更顯著時，我們就將這個發現視爲科學革命。正因爲所有的科學發現都需要像這類的重整，我相信科學發現必然是一個具有結構而且需要時間的過程。

註　解：

註　一：更大型的革命（ revolution），將在我另一本著作*The Structure of Scientific Revolutions*中討論，本文的中心思想即引自該書，特別是第六章*：「異常現象與科學發現之產生」（1970 年第二版）。
（*譯者註：原註文誤植爲第三章）

註　二：有關這些問題，可參閱R. K. Merton，"Priorities in Scientific Discovery：A Chapter in the Sciology of Science"，刊於*American Socilogical Review* 22 (1957)：635 以及F. Reif，"The Competitive World of the Pure Scientist"，刊於*Science* 134 (1961)：1957。Reif的論文是在本文完成之後出版的，不過與這些問題很有關係。

註　三：並非所有的科學發現都正好是本文所劃分的兩種形式中的一種。例如：安德生（ Anderson ）發現正子（ Positron ）之時，他完全不知道狄拉克（ Dirac ）的電子理論，狄拉克的理論對新粒子存在的預測相當精確。另一方面布拉吉特（ Blackeett ）與歐齊亞利尼（ Occhialini ）隨後有效地利用了狄氏的理論設計了更完整的實驗，爲正子的存在提供了比安德生更爲有力的證明。關於這方面的問題，可參閱N. R. Hanson，" Discovering the Positron "，刊於*British Journal for the Philosophy of Science* 12(1961)：194；12(1962)：299。漢生教授建議了一些本文所討論的觀點，我很感激漢生教授提供給我這方面問題的一篇尚未發表之論文。

註　四：我也曾經從相同的觀點提出過一個一般人較爲陌生的例子，可參閱拙文：" The Caloric Theory of Adiabatic Compression "，刊於*Isis* 49(1958)：132。在我另一篇論文中對新科學理論的產生有類似的分析，請參閱拙作，" Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery " in *Critical Problem in the History of Science*，ed. M. Clagett.（Madison：University of Wisconsin Press，1959），pp.321-56（pp.66-104 abnve）。參考這些論文可以增加下面討論的深度與完備性。

註　五：參閱A. N. Meldrum，*The Eighteenth Century Revolution in Science：The First Phase*（Calcutta，1930）Chap.5. 其中對氧氣發現的論述迄今仍爲經典之作。另外，J. B. Conant，*The Overthrow of*

the Philogiston Theory : *The Chemical Revolution of 1775-1789*, (Harvard case Histories in Experimental Science, Case 2. Combridge Harvard University Press, 1950) 這本書中有更合宜而且更可靠的論述。M. Daumas, *Lavoisier theoricien et experimentateur* (1955 Paris), Chaps. 2 and 3。包括了對先後之爭(priority controversy)的論述，這是不可或缺的一個新論題。H. Guerlac, " Joseph Priestley's First Paper on Gases and Their Reception in France " *Journal of the History of Medicine* 12(1957):1. and *Lavoisier : The Crucial Year* (Ithaca: Cornell University Press, 1961), 等兩篇論文使我們對普利斯里與拉瓦錫早期的關係有更深刻的認識。有關奚樂(Scheele) 的部份可參閱: J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2d ed. (London, 1951), pp.104-9。

註 六：有關奚樂實驗日期之考訂，請參閱 A. E. Nordenskjöld, *Carl Willian Scheele, Nachgelassene Briefe and Aufzeichnungen* (Stockholm, 1892)。

註 七：巴克朗(U. Bocklund) 認為奚樂曾在 1774 年 9 月 30 日的一封信中告知拉瓦錫他發現了氧氣(參閱 " A Lost Letter from Scheele to Lavoisier " , *Lychnos* 1957-58 pp. 39-62)，這封信當然很重要，而且顯然它證明了奚樂是在普利斯里與拉瓦錫之前製造出了氧氣。但我認為這封信並不如巴朗所想的那樣，而且我無法了解究竟拉瓦錫如何能從這封信得知氧的發現。奚樂只是描述了空氣還原的程序，而非製造一種新氣體的過程，而且正如我們所了解，拉瓦錫從這裏所得到的資料與差不多同時得自普利斯里的幾乎完全相同。無論如何，並沒有證據顯示拉瓦錫曾經去作奚樂所建議的實驗。

註 八：參閱 P. Bayen, " Essai d'expériences chymiques, faites sur quelques précipités de mercure, dans la vue de d'ecouvrir leur nature, Seconde partie " , *Observations sur la physiqe* 3 (1774): 280-95. particularly pp. 289-91。

註 九：參閱 J. B. Conant, *The Overthrow of the Phlogiston Theory*, pp.34-40。

註 十：同前註，p.23. 康南特在這裏對拉瓦錫的原文作了完整而有用的翻譯。

註十一：為了簡單起見，我在全文中只用了 *red precipitate* 一詞。事實上，貝恩是用這種硃砂(譯者註：即這種紅色的沉澱物) 來作實驗；而普利斯里則是用了硃砂及直接煅燒水銀兩種方式得到氧氣；而拉瓦錫則只採用了後者。這種差異頗為重要，因為當時化學家們並不十分清楚這兩種物質事實上是同一種(譯者註：指兩種方法得出來的產物：氧)。

註十二：對於在這一方面拉瓦錫曾受普利斯里影響的說法，有人對此表示懷疑。但是在 1776 年 2 月，拉瓦錫曾在他的筆記中記錄下 " I'air dephlogistique de M. Priestley " 的話(譯註：這句話是說拉瓦錫也造出了普利斯里所製造出的除去了燃素的空氣。) (參閱 M. Daumas, *Lavoirsier*, p.36)。

註十三：參閱 J. R. Partington，*A Short History of Chemistry*，p.91。

註十四：有關拉瓦錫解釋化学反應之一貫基礎，參閱H. Metzger，*La phclosophie de la matière Chez Lavorisier*（Paris，1935），以及Daumas，*Lavoirsier*，Chap.7。

註十五：參閱 P. Doig，*A Concise History of Astronomy*（London：Chapman，1950），pp.115-16。

註十六：參閱 L. W. Taylor，*Physics，the Pioneer Science*（Boston，Houghton Mifflin Co. 1941），p.790。

註十七：關於這點在這裏雖然不會有所爭論，但是異常現象的發生以及異常現象為人所覺察到的條件在相當大的範圍之內是相同的。這個事實有助於我們瞭解大部份在科學發展中的「同時發生的發現」（simultaneous discovery）。

註十八：同註十三，Chap.6. 對氣體化學（Pneumatic Chemistry）的發展有很好的概述。

註十九：參閱 R. Wolf，*Geschichte der Astronomie*（Munich，1877），pp.513-15，683-93。在攝影術發明之先，小行星（asteroid）的發現，都被視為是受到波德定律（Bode's law）的影響。但這個定律絕非一全面性之解釋，也並不十分重要。皮亞齊（G. Piazzi）在 1801 年發現谷神星（小行星 1 號）（Ceres）與一般人所忽視的流傳中有一顆行星消失在火星與木星之間的「洞」（hole）的臆測有關。不同的是，像赫塞爾（W. Herschel）一樣，皮氏實際去觀測這顆行星。更重要的一點是波德定律在 1800 年之前已趨沒落（參閱同書 pp.683），在此之前只有一個人似乎還認定得去尋找這另一顆行星。實際上，波德定律的本身只建議大家去尋找其他的行星而並未說明要去那裏找。顯然，皮氏尋找行星的動機實在是源於赫塞爾發現天王星的成就。

註二十：有關 α、β 粒子與 γ 射線，這些發生於 1896 年後的發現，可參閱 Taylor，*Physics* pp.800-804。關於第四種新的輻射線——N 射線，參閱 D. J. S. Price，*Science Since Babylon*（New Haven：Yale University Press，1961），pp.84-89。N射線最後終成為科學界一大恥辱的根源，這一事實大大地揭露了科學社群的心態*。

（*譯註：有關N射線的故事，D.J.S. Price的書中有生動的描述，為使讀者有更進一步的瞭解，特將該書（1975年增訂版）相關的段落（pp.153-159）印於文後以供參考。並感謝國立清華大學歷史研究所傅大為教授提供這份資料。）

※本文譯者任職於台灣電力公司

In France, as everywhere else, X rays remained the dominant influence. At the University of Nancy, the professor of physics was René Blondlot, born in 1849 (just four years after Roentgen) of a father who had been a professor of science before him. His career, like that of Roentgen, was solid but undistinguished until the great discovery. In 1903, the same year as the work of Becquerel, he published a paper that had sprung from his previous activity in measuring the speed of X rays and proving, by great experimental ingenuity, that they were true electromagnetic radiation like light and radio waves.

Using the fact that a spark was affected by X rays and made brighter in their presence, Blondlot managed to detect by this means the expected phenomenon of polarization in X rays, analogous to the polarization of light. He discovered that just as crystals would turn the direction of polarization of light, quartz and lump-sugar rotated the plane of X rays and even of the secondary and tertiary rays thought at this time also to be given out by the Crookes tube.

That was on February 2. On March 23, Blondlot struck again; he was on to something good. Using the spark, he succeeded in showing that all X rays were automatically polarized on emission, and that not only could they be rotated, but also they could be refracted by quartz prism to form a spectrum, just like light. Further, they could be focused by a quartz lens. This was almost too good to be true, but better was yet to come. He noticed that the power fed to the Crookes tube could be turned down so low that there was no phosphorescence, and therefore presumably no X rays, and it would still exhibit all these phenomena detectable by the spark.

Within a few weeks he was back again. This time, having suspected that his new rays were more like infrared rays given off by an incandescent gas burner, he tried such a source, with good positive results. The rays from the lamp would pass through paper, wood, and metal, just like X rays, and still affect his spark. In a subsequent paper, he showed that the new rays were not quite infrared either, and at this point he christened them "N rays," after the University of Nancy, where the work was being done.

In paper after paper Blondlot mined the mother lode. All the phenomena showed by his fluctuating spark could be found in N rays given off by hot bodies or by the sun, and even by certain substances that had only been exposed to hot bodies or sunlight. He found that even the spark was not necessary, for exactly the same effect could be had from the apparent changes in brightness of a dimly illuminated sheet of paper or a spot of some dull phosphorescent chemical. N rays could be produced not only from a body that had been illuminated, but also from one that had been strained by compression or hardening, like a steel file.

While all this was going on, other scientists in France were flocking to Blondlot's banner. They were quite a distinguished band of physicists, including the best in the land, among them Jean Becquerel, son of the Henri of radioactivity, and also the more dubious A. Charpentier, who had been involved with experiments on hypnotism that were then reasonably thought to be quite fantastic. After Charpentier had shown that N rays were given off by all living matter, another man came along and claimed priority for the whole affair, since he had proposed years previously that all life emitted an aura of radiation. Blondlot had all the usual troubles of this sort, but this particular claim was passed to the medical section of the Academy and there left to lie on the table.

Once the start had been made the new field grew rapidly. Nearly one hundred papers on N rays were published in the official French journal *Comptes Rendues* during 1904, representing not only the product of Blondlot and his pupils and assistants but also of other teams of workers growing up in Paris and elsewhere in France. Something like 15 per cent of all physical papers in the journal in this period were on this subject. A success so resounding could not go unrewarded, and eventually, in the same year, the French Academy decided to honor their new discoverer with the considerable Leconte Prize of 20,000 francs and a gold medal.

As it happens, Blondlot had troubles greater than meeting a priority dispute for his claims. As with the work of Roentgen, physicists in all countries had been eager to try out the new effect. In this case, alas, it appeared that not a single Englishman, American, or German could detect satisfactory results. At first there was just disbelief of Blondlot, and the effect was attributed to a mere optical illusion due to the great difficulty of being certain of anything so subjective as small changes in brightness of a dim spark or patch of light in a darkened room. But later the effect had been worked on successfully by many French scientists in many laboratories. Further, when the matter was raised, Blondlot was able to meet the argument by succeeding (as he had not at first) in photographing the change in brightness of the sparks. This enabled him to submit quite absolute objective evidence.

With the consequent increase in perplexity, more scientists abroad tried the experiments, some of them spending much time and ingenuity in trying to get an effect. Some few in countries other than France were indeed successful, but for every one of these there were a dozen men of high repute who became convinced that something was very rotten in the state of French physics. At a summer congress in Cambridge, a number of these men were unofficially brought together. One who felt most strongly was Rubens, of Berlin, a pioneer in the study of infrared rays, upon which Blondlot had dared to touch. Rubens was sweating under a command from the Kaiser to come to Potsdam and provide a demonstration to show that German science was not to be outflanked by French.

From the discussion arose the clear consensus that a first-class physicist, adept in the art of detecting frauds, should go to Nancy and pry into the matter. There was only one man in the world who fitted this bill perfectly, and he was duly unofficially elected to volunteer for the job. The adept was Robert W. Wood, Professor of Physics at Johns Hopkins in Baltimore, one of the most ingenious optical experimenters of all times and the exposer of countless frauds of spiritualist mediums and other perpetrations.

When Wood went to Nancy, he was regaled by a compre-

hensive demonstration lecture by Blondlot himself. All the great experiments were exhibited. Blondlot demonstrated how a hardened steel file held near one's eyes made a dimly lit clock visible enough to tell the time. He showed the culminating experiment of the N-ray spectroscope with its aluminum prism and lenses which spread the rays into a spectrum and allowed their wave lengths and other optical properties to be analyzed. While doing this, the assistants had become suspicious that Wood was no innocent bystander but had interfered with the apparatus. They repeated the experiment, watching Wood carefully, and suddenly putting on the light when Wood had gone up to the apparatus in the dark and then left it. But all was in order, and the visiting American left amicably after the demonstration.

Next morning, in a letter from Wood to the weekly "priority" paper *Nature*, the beans were well and truly spilled. In the first experiment, when Wood had been allowed to hold the steel file near the eyes of Blondlot, he had secreted it behind his back and held instead a wooden ruler over the forehead of the master. Nevertheless, although wood was one of the few non-emitters of N rays, the experiment had worked completely and Blondlot had seen the clock or not seen it in proper sequence. Wood said that when he tried it himself, no effect whatsoever could be seen. Then, in the big spectroscope experiment, sure enough, the wily American had spirited away the aluminum prism at the beginning of the experiment and sat with it in his pocket throughout the entire success. On the second occasion, when he had already surreptitiously replaced the prism, he fooled the assistant by making as if to do it again but in fact doing nothing.

Wood's letter to *Nature*,[3] a masterpiece of tongue-in-cheek restraint, had a devastating effect. In it he showed it reasonable to attribute all the subjective effects to wishful thinking and to the overpowering difficulty of estimating by eye the brightness of faint objects. The evidence of the objective photographs, he also showed, depended completely upon the easily upset skill of the observer in moving the screens and timing the duration of the very variable flickering spark. From that day onward, there were no N rays. A few papers came out after the fateful September 29 on which that issue of *Nature* appeared, but it seems that they had all been submitted to journals with longer lags between submission and publication, and the authors had failed to retrieve their manuscripts and their reputations.

Blondlot appeared in print only once more. It was another three months before the annual meeting of the Academy at which he was presented with his Leconte prize and gold medal. In a speech which was the epitome of diplomacy, the president, Poincaré, reported that the honor was bestowed for the recipient's entire scientific work rather than for the N rays in particular. He added that it so happened that circumstances had not allowed all members to acquire that conviction in this matter which could be lent only by personal observation. It was perhaps a belated attempt to acquit French science as a whole, for though some individuals had failed to reproduce the experiments, the movement had been too large in France for much opposition before the grand debunking.

3. *Nature*, 70 (1904), 530.

So it was that French science suffered a mortal blow. It took all the prestige of Becquerel and the Curies to effect a restoration of morale. Perhaps the hero-worship of Madame Curie herself was in part not only a tribute to her true worth and her value as a specimen of scientific womanhood but also as an analgesic at a period of traumatic shock for a nation so sensitive to honor. Poor Blondlot was not heard of again. He reached the age of retirement from the university faculty soon afterwards and lived out the rest of his life in Nancy, dying in 1930 after years of obscurity and ill health.[4]

Perhaps it is good that scientists keep always before them the banner of past successes and prefer to forget the few occasions on which science has taken a wrong turn. The historian, on the other hand, may learn more of the true spirit of science from the pathological example of an inglorious failure than from any normal progress. There are, however, not many good failures to talk about. That which springs to mind most readily is the story of phlogiston in early chemistry, but here the nub of the business is different. Phlogiston was plausible and, in a sense, in keeping with available observations of the chemistry of gases. It was a reasonable explanation—until, as more experiments accumulated, the properties of phlogiston had to be stretched so that it became so general and all-pervading and omni-propertied a gas as to be useless as an explanation.

4. While this book was in course of publication there appeared an excellent analysis of the story of Blondlot and his rays: Jean Rostand, *Error and Deception in Science* (New York, 1960), pp. 13–29. The only previous accounts had been that given by Cohen in *General Education in Science*, eds. I. Bernard Cohen and Fletcher G. Watson (Cambridge, Mass., 1952), p. 87, n. 19 and in the biography of Wood by William Seabrook, *Doctor Wood, Modern Wizard of the Laboratory* (New York, 1941), pp. 234 ff. Blondlot's original papers, translated by J. Garcin, were published in book form by Longmans Green, London, in 1905. Since this story is so worthy of preservation as a pathological example of deviation from the single-minded way in which the cold logic of modern science is often thought to achieve its goals, it would be worthwhile to pursue the facts a little further. Blondlot never told his side of the story. He gave his prize money to the town of Nancy for the purchase of a State Park (which still exists) and made no public statements. He might well have thought that Wood's dramatic treatment of him was unfair and not in the best interest of science.

The curious error of N rays is much more a sort of mass hallucination, proceeding from an entirely reasonable beginning. By no means can it be considered as any sort of hoax or crank delusion—it was a genuine error. It mushroomed into a complex that could have been possible only in that short and glorious epoch when physics had suddenly found the first great massive breakthrough in its modern history. Out of that arose the whole science of radioactivity, of atomic physics, and eventually all the material of particle physics.

Oddly enough in an age that has produced the new wonder of atomic bombs and energy, many physicists now feel that in some ways physics is once more near a point at which the end is almost in sight—for the theory, if not for the world. The present maze of fundamental particles is getting to that stage of complexity where it can be resolved only by some master stroke. It seems likely that such a stroke may also be closely linked with the basic problem of establishing some unified theory in which relativity and the quantum theory appear as separate facets or consequences of the same simple thing. This, if effected,

台灣醫界人物傳記索引初稿

陳 勝 崑

科學界人物的作爲，與該學科的發展是分不開的，醫界亦然。茲整理台灣醫界人物的傳記索引，作爲日後有心人著手寫「台灣醫學史」之參考。

（索引以被介紹者的姓氏筆劃多少爲先後順序）

1.「持志不懈和藹可親的長者——方懷時教授」 葉德輝著 台大景福會刊5期 民國70年10月1日。

2.「介紹王金河醫師」 周靜芝著 台灣醫界26卷3期 1983年3月。

3.「一位令人敬仰的醫壇耆宿——王耀東教授」 本社著 綠杏30期 民國67年11月12日。

4.「朱賈樸女士的回憶（正、續）」 龐平蘋著（P. P. Paung） 護理雜誌27卷34期 民國69年。

5.「回憶感言」 朱學琳著 台灣醫界27卷2期 1984年2月。

6.「25年往事細說從頭——訪江金培教授」 陳世釗著 南杏28期 民國70年10月16日。

7.「訪江萬煊醫師」 許明信著 神農坡3期 民國69年3月29日。

8.「介紹宋瑞樓醫師（上）」 江淑華著 台灣醫界25卷11期 1982年11月。

9.「介紹宋瑞樓醫師（下）」 江淑華著 台灣醫界25卷12期 1982年12月。

10.「B型肝炎疫苗現況——訪宋瑞樓教授談肝炎」 趙善楷著 青杏56期 民國71年12月。

11.「介紹杜聰明博士（二）」 江淑華著 台灣醫界25卷8期 1982年8月。

12.「介紹杜德和醫師」 周景音著 台灣醫界27卷4期 1984年4月。

13.「台灣醫界的播種者——杜聰明」 醫望創刊號 民國66年11月。

14.「中國第一位太空醫學家李旭初先生」 李邁先著 傳記文學9卷3期 民國55年9月。

15.「基礎醫學果然孤寂」 李師鄭著 台大景福會刊5期 民國70年10月1日。

16.「台灣早期的西醫」 李捷金著 台灣醫界23卷1期 1980年1月。

17.「追念李朝欽先生」 張明結著 台灣醫界23卷2期 1980年2月。

18.「藥理學研究所研究工作介紹」 李鎮源著 青杏32期 民國60年6月。

19.「介紹李鎮源教授（上）」 江淑華著 台灣醫界26卷1期 1983年1月。

20.「介紹李鎮源教授（下）」 江淑華著 台灣醫界26卷2期 1983年2月。

21.「李騰嶽驚材翁文存」 李騰嶽著 辛酉桐月出版 李克鍾印贈。

22.「介紹何禮棟醫師」 台灣醫界25卷5期 1982年5月。

23.「行醫五十年——何禮棟醫師」 台灣醫界25卷5期 民國71年5月。

24.「醫家、儒者——訪何耀輝教授」 李佳燕著 南杏28期 民國70年10月16日。

25.「與醫院行政結了不解之緣——訪邱仕榮教授」 陳爲堅著 台大景福會刊5期 民國

70 年 10 月 1 日。
26.「介紹邱賢添博士」　台灣醫 25卷10期　1982 年 10 月。
27.「介紹呂憲發醫師」　陳燊元著　台灣醫界 24 卷 3 期　1981 年 3 月。
28.「悼念年輕有爲的外科醫師——沈力揚教授」　郭宗波著　台灣醫界28卷 4 期　民國74 年 4 月 15 日。
29.「訪生化博士林仁混、藥理博士蕭水銀伉儷」　游丞德、黃文鴻著　青杏32期　民國60 年 6 月。
30.「象牙之塔春秋記」　林天祐著　台灣商務民國72年11月初版。
31.「介紹林天祐醫師（下）」　江淑華著　台灣醫界25卷10期　1982 年 10 月。
32.「悼我最敬愛的老師——林文士人教授」　李豐著　當代醫學 7 卷86期　民國69年12月。
33.「悼念——林文士人教授」　李豐著　台灣醫界24卷 4 期　1981 年 4 月。
34.「憶林文士人教授」　賴其萬著　當代醫學 8 卷91期　民國70年 5 月。
35.「四篇未完成的肝癌研究——敬悼林文士人教授」　李豐著　立達杏苑 2 卷 1 期　民國70年 3 月20日。
36.「抗戰八年追隨林可勝先生的回憶」　劉永楙著　傳記文學 16 卷 1 期。
37.「林可勝先生事略」　本社資料社著　傳記文學16卷 1 期。
38.「台北以南開心第一人——訪林永哲教授」　關尚勇著　南杏28期　民國70年10月16日。
39.「介紹林坤之醫師」　台灣醫界27卷 4 期　1984 年 4 月。
40.「介紹林秋江醫師」　周景音著　台灣醫界 27 卷 5 期　1984 年 5 月。
41.「『健康世界』的開拓者——訪林國煌教授」　白裕彬著　台大景福會刊 9 期　民國 72 年 10 月 1 日。
42.「訪林雲南醫師談臨床實習制度的興革」　本社著　綠杏32期　民國69年 9 月 3 日。
43.「從被遺忘的一群談起——訪林榮耀教授」　林聰義等著　青杏42期　民國 64年 6 月20日。
44.「訪吳英俊醫師」　林逸文著　神農坡 3 期　民國69年 3 月 29 日。
45.「吳俊重教授紀念專輯」　台大景福會刊 8 期　民國72年 4 月 1 日。
46.「回憶錄」　吳基福著　台灣醫界27卷 7 期　1984 年 7 月。
47.「回憶錄」　吳基福著　台灣醫界27卷 5 期　1984 年 5 月。
48.「訪吳基福醫師談醫政史上的革命」　本社著　綠杏32期　民國69年 9 月 3 日。
49.「回憶錄」　吳基福著　台灣醫界27卷 4 期　1984 年 4 月。
50.「醫師的人間像——記吳新榮醫師的世界」　立達杏苑 2 卷 3 期　民國 70年12 月30日。
51.「吳新榮先生逝世十週年紀念專輯」「懷念吳新榮先生」「一位可敬的知識份子」「醫術文學鄉史吟詠」「震瀛先生遺稿『採訪錄』序」「吳新榮先生傳略」　大學 105 期　民國 66 年 3 月。
52.「吳新榮先生逝世十週年紀念集」「張良澤、吳新榮先生傳略一爲」「先生逝世十週年紀念而寫」「楊逵著追思吳新榮先生」「吳南星著父親的生平軼事」「吳新榮著吳新榮作品選」　夏潮 2 卷 4 期　民國66年 4 月10 日。
53.「訪吳德朗醫師談臨床醫學教育的規劃」　本社著　綠杏32 期　民國69年 9 月 3 日。
54.「訪金堅年、林宏達醫師」　羅文林著　神農坡 3 期　民國69年 3 月29日。
55.「訪居小燕副教授」　廖國棟著　神農坡 3 期　民國69年 3 月29日。
56.「介紹周笑涵醫師」　羅業仁著　台灣醫界 27卷 5 期　1984 年 5 月。
57.「公費留考校友專訪之三——周孫隆醫師」　本社著　綠杏32期　民國69年 9 月 3 日。
58.「今日眼科——與洪伯廷主任一席談」　陳國良著　台大景福會刊 4 期　民國 70年 4 月

30日。

59.「訪台大外科洪啓仁主任——談外科住院醫師之訓練」 林昌平著 台大景福會刊5期 民國70年10月1日。

60.「爲抗日歷史做見證的小說家——紀剛醫師」 竺斯辨著 立達杏苑2卷1期 民國70年3月20日。

61.「記李敏求博士——鄉關夢斷」 紀剛著 中國時報8版 民國70年3月22日。

62.「鷄母珠研究的滄桑」 徐千田著 綠杏19期 民國61年6月30日。

63.「介紹徐千田醫師(上)」 江淑華著 台灣醫界26卷12期 1983年12月。

64.「介紹徐千田醫師(下)」 江淑華著 台灣醫界27卷1期 1984年1月。

65.「介紹徐榜興醫師」 余惠鈴著 台灣醫界26卷11期 1983年11月。

66.「介紹徐寶黎醫師」 余惠鈴著 台灣醫界27卷1期 1984年1月。

67.「介紹柯謙諒醫師」 胡慧玲著 台灣醫界23卷5期 1980年5月。

68.「訪范秉眞教授」 周德盈著 神農坡3期 民國69年3月29日。

69.「訪姜壽德教授」 黃怡超著 神農坡3期 民國69年3月29日。

70.「訪星兆鐸主任」 王啓彰著 神農坡4期 民國70年3月29日。

71.「介紹翁大有醫師」 台灣醫界26卷3期 1983年3月。

72.「懷念高不凡(天成)先生」 葉曙著 傳記文學5卷3期 民國53年9月。

73.「訪高明見醫師」 陳俊忠著 神農坡3期 民國69年3月29日。

74.「介紹陳水印醫師」 周靜芝著 台灣醫界26卷4期 1983年4月。

75.「介紹陳文慶醫師」 台灣醫界25卷12期 1982年12月。

76.「訪陳介甫主任、莊清堯副教授」 洪鴻龍、蔡世清著 神農坡4期 民國70年3月29日。

77.「陳五福醫師與慕光盲人重建中」 萬以文著 台灣醫界24卷9期 1981年9月。

78.「陳五福醫師榮獲第一屆台美基金人才成就獎」 編輯部著 健康世界98期 民國73年2月。

79.「訪陳五福醫師」 劉君謙著 台大景福會刊7期 民國71年10月1日。

80.「陳光明副教授訪問記」 張金堅、賴敏裕著 青杏32期 民國60年6月。

81.「介紹陳百川醫師」 白清山著 台灣醫界24卷4期 1981年4月。

82.「陳拱北教授紀念專輯」 台大景福會刊6期 民國71年4月1日。

83.「陳拱北教授紀念專輯」 醫望1卷3期 民國67年5月。

84.「台灣公共衛生中一位偉大的拓荒者——陳拱北教授」 千眞著 立達杏苑4卷1期 民國72年5月31日。

85.「介紹陳海永醫師」 台灣醫界25卷11期 1982年11月。

86.「淡泊明志、寧靜致遠——訪陳振武院長」 蘇宋儒著 南杏28期 民國70年10月16日。

87.「撒網的人——訪陳章義教授」 陳重榮著 南杏28期 民國70年10月16日。

88.「訪陳庵君醫師」 周德陽著 神農坡3期 民國69年3月29日。

89.「孜孜不倦的守牧者——訪陳添享教授」 趙明(轉載) 南杏28期 民國70年10月16

90.「介紹陳嘉音醫師」 台灣醫界25卷6期 1982年6月。

91.「骨科醫學界的先驅——懷念陳漢廷教授」 顧曉晨著 立達杏苑4卷3期 民國72年12月31日。

92.「訪陳慶餘醫師談全科醫師」 郭保麟著 青杏56期 民國71年12月。

93.「醫界人物——詩心俠骨的黃文陶先生」 編輯部著 醫望2卷2期 民國68年2月。

94.「介紹黃金火醫師」 孫平著 台灣醫界23

卷11期　1980年11月。
95.「介紹黃東洋醫師」　王志英著　台灣醫界23卷11期　1980年11月。
96.「訪黃啓剛副教授」　蕭國瑞著　神農坡4期　民國70年3月29日。
97.「一心想提高基礎醫學的水準——訪生化學科黃超伯教授」陳爲堅著　台大景福會刊5期　民國70年10月1日。
98.「懷念黃滄浪、許登豹」　林坤元著　台灣醫界26卷12期　1983年12月。
99.「許世鉅博士與家庭計畫——人口教育」張坤崗著　健康世界55期　民國69年7月。
100.「許世鉅博士其人其事」　張坤崗著　健康世界43期　民國68年7月。
101.「介紹許世賢醫師」　台灣醫界26卷7期　1983年7月。
102.「我國寄生蟲學的開拓者——許雨階先生」唐謙謀、王清風著　醫望2卷4期　民國68年8月。
103.「談台大醫院外科史——訪許書劍主任」鄭國祥著　青杏42期　民國64年6月20日。
104.「介紹許登豹醫師」　台灣醫界26卷5期　1983年5月。
105.「科學的醫學家——郭宗波教授」　簡浴沂著　南杏28期　民國70年10月16日。
106.「介紹郭維組醫師」　黃慶萍著　台灣醫界26卷3期　1983年3月。
107.「介紹莊媽江醫師」　孫平著　台灣醫界23卷8期　1980年8月。
108.「做一個麻醉的尖兵——曾清楷」　南杏28期　民國70年10月16日。
109.「公費留考校友專訪之二——曾凱元醫師」本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
110.「台北市立療養院與葉英堃院長」　立達杏苑2卷1期　民國70年3月20日。
111.「台灣法醫學先輩葉昭渠」　陳耀炳、吳廷臣、莊世昌、江桂英、許士立著　綠杏30期　民國67年11月12日。
112.「病理四十四年——耿介不阿的『裁判』—葉曙教授」　本刊專訪　健康世界31期　民國67年7月。
113.「病理卅三年」　葉曙著　傳記文學叢刊之16　民國59年9月1日初版。
114.「話病理研究心得——專家學者與中央研究院院士葉曙教授一席談」　台灣醫界28卷3期　民國74年3月。
115.「訪葉曙教授談醫學教育的沿革」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
116.「介紹葉曙教授（上）」　江淑華著　台灣醫界26卷5期　1983年5月。
117.「介紹葉曙教授（下）」　江淑華著　台灣醫界26卷6期　1983年6月。
118.「介紹彭明聰教授（上）」　江淑華著　台灣醫界26卷10期　1983年10月。
119.「介紹彭明聰教授（下）」　江淑華著　台灣醫界26卷11期　1983年11月。
120.「訪彭明聰院長」　許明信著　神農坡3期　民國69年3月29日。
121.「訪彭明聰院長談醫學教育的現況」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
122.「腦類嗎啡肽胜與針刺止痛」　張乙朝著　南杏26期　民國68年10月16日止。
123.「介紹張乃賡醫師」　台灣醫界25卷1期　1982年1月。
124.「訪張仲明副教授」　陳呈峯著　神農坡4期　民國70年3月29日。
125.「張傳烱教授訪問記」　孫維仁著　台大景福會刊5期　民國70年10月1日。
126.「張榮茂教授生平事略」　台大景福會刊5期　民國70年10月1日。
127.「沈默的耕耘者——張榮茂教授的一生」編輯著　醫望2卷1期　民國67年11月。
128.「恭忠體國一將軍——訪楊文達醫師」　余惠鈴著　台灣醫界26卷8期　1983年8月。
129.「現代鍾馗——楊日松法醫後繼無人嗎？」本刊採訪組著　健康世界29期　民國67年5月。

130.「介紹楊老居醫師」　白清山著　台灣醫界24卷3期　1981年3月。
131.「介紹楊克明醫師」　蔡慶明著　台灣醫界24卷4期　1981年4月。
132.「介紹楊振忠博士」　余惠鈴著　台灣醫界26卷9期　1983年9月。
133.「介紹楊維新醫師」　台灣醫界26卷6明　1983年6月。
134.「訪楊燕飛醫師」　盧啓文著　神農坡3期　民國69年3月29日
135.「台灣生化界第一人——與董大成院長一席談」　楊賢政著　台大景福會刋11期　民國73年10月1日。
136.「訪問萬家茂客座副教授」　羅吉津（執筆）、王宗前（訪問）　青杏32期　民國60年6月。
137.「訪廖許隆隆副教授」　蔡慧芳著　青杏52期　民國69年10月。
138.「介紹廖朝樹醫師」　台灣醫界26卷1期　1983年1月。
139.「『當代醫學』的掌門人——訪長庚醫院廖運範醫師」　彭成元著　台大景福會刋9期　民國72年10月1日。
140.「訪廖運範——談B型肝炎的研究」　林佳蓉、陳文玲、黃瑩欽著　科學月刋16卷4期　民國74年4月。
141.「正其誼不謀其利、明其道不謀其功——訪廖潤生教授」　南杏28期　民國70年10月16日。
142.「行醫五十年劉江性醫師自傳」　台灣醫界24卷9期　1981年9月。
143.「介紹劉炳南醫師」　余惠鈴著　台灣醫界26卷10期　1983年10月。
144.「介紹劉傳來醫師」　江淑華著　台灣醫界26卷7期　1983年7月。
145.「介紹劉肇芳醫師」　台灣醫界24卷12期　1981年12月。
146.「蔣渭水先烈的特質」　黃煌雄著　夏潮1卷6期　民國65年9月1日。
147.「臨床講義」　蔣渭水著、彭峯先譯　夏潮1卷6期　民國65年9月1日。
148.「蔣渭水先生大事略記」　黃煌雄著　夏潮1卷6期　民國65年9月1日。
149.「介紹蔡坤煌醫師」　江淑華著　台灣醫界27卷2期　1984年2月。
150.「行醫濟世渡有緣——蔡垂炤醫師談行醫五十年心得」　周景音著　台灣醫界28卷4期　民國74年4月15日。
151.「春山一路鳥空啼——慷慨澆酒，昂藏看劍悼故院長蔡滋理博士」　方憲瑞著　杏園30期（中山醫學院杏園雜誌社）　民國72年6月10日。
152.「蔡滋理教授生平著作及其指導著作」　杏園30期（中山醫學院杏園雜誌社）　民國72年6月10日。
153.「退休之際訪蔡錫琴教授」　溫武英、胡博淵著　青杏42期　民國64年6月20日。
154.「苦海燭光——故蔡錫錦醫師生平略傳」　鄭泰安著　台灣時報　民國70年12月5日。
155.「介紹潘聯輝醫師」　孫平著　台灣醫界23卷4期　1980年4月。
156.「介紹鄭金松醫師」　江淑華著　台灣醫界26卷9期　1983年9月。
157.「解剖室的回顧與前瞻」　鄭敏雄著　杏園30期（中山醫學院杏園雜誌社）　民國72年6月10日。
158.「病榻心聲」　盧光舜著　傳記文學35卷5期。
159.「病榻心聲」（一）」　盧光舜著　中央日報　民國68年10月1日。
160.「憶盧致德先生（上、下）——圖雲脚、江灣、水源地」　楊岑福著　台北市醫師公會會刋23卷9期、10期　1979年。
161.「追念恩師盧致德先生」　蔡作雍著　醫望2卷3期　民國68年5月。
162.「畢生獻力於麻風的賴尙和先生」　編輯部著　醫望1卷4期　民國67年8月。
163.「台灣最偉大的人道主義者——賴和醫師」

李南衡著　醫望3卷1期　民國68年11月。
164.「訪謝孟雄院長」　賴麗卿著　神農坡3期　民國69年3月29日。
165.「訪謝孟雄院長談台灣未來醫療網的規劃」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
166.「介紹謝洪秀枝醫師」　張迎治著　台灣醫界23卷8期　1980年8月。
167.「介紹謝德仁醫師」　羅業仁著　台灣醫界26卷4期　1983年4月。
168.「慟哉仁醫其凋（謝緯）」　梁德城著　青杏32期　民國32年6月。
169.「台灣的史懷哲——謝緯醫師」　編輯部著　醫望2卷3期　民國68年5月。
170.「訪謝獻臣院長談醫學教育的規劃」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
171.「介紹顏春輝博士」　江淑華著　台灣醫界25卷5期　1982年5月。
172.「台灣公共衛生拓荒者——顏春輝博士」　江淑華、萬以文著　台灣醫界25卷5期　民國71年5月。
173.「台灣公共衛生拓荒者——顏春輝博士」　江淑華、萬以文著　台灣醫界25卷4期　民國71年4月。
174.「介紹顏蒼淮醫師」　台灣醫界23卷3期　1980年3月。
175.「我的回憶（一）——出生及求學經過」　魏火曜著　台灣醫界23卷5期　民國69年5月。
176.「我的回憶（二）」　魏火曜著　台灣醫界23卷6期　1980年6月。
177.「我的回憶（四）」　魏火曜著　台灣醫界23卷8期　1980年8月。
178.「我的回憶（六）」　魏火曜著　台灣醫界23卷10期　1980年10月。
179.「我的回憶（七）」　魏火曜著　台灣醫界23卷11期　1980年11月。
180.「訪魏火曜教授」　王榮俊著　神農坡3期　民國69年3月29日。
181.「魏火曜教授——美國醫學教育的趨勢」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
182.「撫今憶舊話醫學——訪魏教務長」　採訪組著　青杏42期　民國64年6月20日。
183.「介紹魏炳炎醫師」　周景音著　台灣醫界27卷2期　1984年2月。
184.「醫國醫人的韓石泉先生」　編輯部著　醫望2卷1期　民國67年11月。
185.「韓良誠醫師訪問記」　台大景福會刊3期　民國69年10月1日。
186.「公費留考校友專訪之一——藍忠孚主任」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。
187.「訪羅光瑞醫師」　羅文林著　神農坡3期　民國69年3月29日。
188.「蘇丁愛醫師」　王志英著　台灣醫界24卷5期　1981年5月。
189.「訪蘇文鈴醫師」　林長熙著　神農坡3期　民國69年3月29日。
190.「介紹蘇振輝醫師」　台灣醫界25卷8期　1982年8月。
191.「悼嚴智鍾教授」　細菌學科著　青杏41期　民國63年。
192.「懷念蘭大弼醫師」　立達杏苑2卷2期　民國70年8月5日。
193.「視行醫爲奉獻的蘭醫師」　李師鄭著　醫望3卷1期　民國68年11月。
194.「所憶所感」　蘭大弼著　醫望3卷1期　民國68年11月。
195.「蘭大弼醫師其人其事」　張迎治著　台灣醫界23卷9期　民國69年9月。
196.「杏林特寫——彰基院長蘭大弼醫師」　本社著　綠杏32期　民國69年9月3日。

※本文作者現任教於台北醫學院

第一屆科學史研討會記實

魯　經　邦

本會是由一群專業的歷史學家及業餘的科學史研究及愛好者所組成。成立於民國七十年七月三日，並在中央研究院的支持下從事各項學術活動，本會在第一任主任委員王萍女士及現任主任委員劉廣定先生的領導及全體委員共同努力之下，各項活動已漸具規模，就以每年一期的「科學史通訊」來說，最早僅是委員介紹自己的著作或研究心得摘要的小園地，現在已演變成一種刊載學術論文的期刊形式。由此可以看出科學史研究已受到更普遍的重視，它的活動將更趨蓬勃。

本會有鑒於此，早在民國七十四年九月十四日的委員會議中，即已有提案提議七十五年底舉行研討會，並獲支持通過。復經主任委員劉廣定先生的策劃與奔走下，在今（七十五）年六月十四日的委員會中決議，訂於十二月廿日在中研院原子分子科學研究所演講廳舉行，且在八月九日組成「第一屆科學史研討會籌備小組」，由劉廣定先生任召集人，吳嘉麗女士、周功鑫女士、李國偉先生、張存武先生、萬家保先生、龍村倪先生擔任籌備小組委員，筆者擔任研討會秘書，負責彙刊的編輯與研討會報導的撰寫。另獲中央研究院專款補助新台幣陸萬元供舉辦研討會之用。

由於報名參加論文宣讀的人數超出了我們的預期，因此在十一月十二日第二次的籌備會議中決定將研討會延長爲一天半，並確定了在十二月十九日下午及十二月廿日全天舉行研討會，並決定邀請陳立夫先生、吳大猷院長及孫震校長及享譽國際的科學史者宿現任香港大學中文系主任的何丙郁教授等爲特別來賓蒞會指導。

本次研討會參加的人員除了本會委員外，還有各大專院校相關科系的師生、中研院、故宮博院等各學術機構的同仁總計六十餘人，大會於十二月十九日下午三時準時開幕，在主席說明了本屆研討會的源起後，首先由吳院長致詞，吳先生在致詞中表達了對科學史研究的關懷，並表示了他對本會各項學術活動的支持與期許。接著由台大孫校長致詞，孫校長雖然是一位經濟學者，但在言談中却充份顯示了他對國內科學史研究的動態有很深刻的認識與了解。此外，總統府資政陳立夫先生原擬親臨大會，但因事未能前來，仍專程來函大會致意。吳院長、孫校長的講詞及陳資政的函件將刊於本次研討會彙刊之中。

在簡單而隆重的開幕式之後，隨著論文宣讀的開始，大會的活動逐漸進入了高潮。本次研討會共有十五位學者發表論文，其中本會委員佔十一篇，另外有四位分別是清華大學歷史研究所傅大爲教授、東吳大學歷史系翁同文教授、中央研究院物理研究所胡進錕先生及故宮博物院科技室余敦平先生，（議程如附表），研討會的論文涵蓋的範圍很廣，有工藝史、化學史、科學思想史、數學史、物理學史、天文學史、科學史外在論、農業史、生物學史、氣象史等等各方面的論述。每一位先生準備的論文資料都極爲豐富，因此發問與討論的時間就不太夠，但從休息時間處處可見與會人士熱烈討論的景象，不難想像大會熱烈的氣氛。到研討會結束前的那一刻，都令人有意猶未盡的感覺。由於本次研討會將有論文彙刊出版，對各

篇論文的內容筆者在此就不再贅述。

大會中最精彩的活動，莫過於十九日晚間何丙郁教授那場特別專題演講－「科技史與文學」，何教授學識淵博，著作等身。他以生動、風趣的語調，對科技史與文學間的關係，提出了精闢的見解。他認爲科技史在文理兩個領域之間擔任一個橋樑的角色，在中國傳統的文學中有許多與科技知識有關的記載，透過科技史的考察，可以反映出有關時代的社會背景或是科技水平。在結論中何先生建議專門研究文學的人，不妨多點和科技接觸，不僅可以趕上時代，而且可以對文學獲得進一步的認識。從事科技的人們說不定能從文學史找到一些珍貴的科技史料，可加利用，至少眼界擴濶，訓練個人的思想能力，培養高尚的情操，從而發展成爲一個優良的品格。筆者相信，何先生的一席演講給了科學史研究者一個深刻的啓示，爲人文與自然科學間的關係作了精彩的詮釋，並指引了一條很有價值的路向。

綜觀這一屆的科學史研討會，對國內科學史研究的發展至少有下面兩點不尋常的意義：

一、在過去，科學史研究者多分散在各處，甚少有機會像其他專門的學術團體一樣，有機會共聚一堂彼此交換意見發表研究心得，從本會的成立到這次研討會的召開來看，未來形成一個專門的科學史學術團體（如學會形式的組織），是可以預期的。

二、這次研討會最大的意義，實在於它爲人文科學與自然科學之間提供了良好的溝通管道，自然科學出身的科學史家，可以經由這個管道獲得文史文獻處理的經驗與史學方法的啓示。而歷史學家也可以在此增進對自然科學更正確的認識。這是其他專業的學術團體比較不易具有的功能。

在世界上先進國家，科學史研究早已受到普遍的關懷與重視，並已形成一個獨立的學術體系，我國在這方面起步較晚，然我們欣見此一研討會的成功，爲未來的發展奠定良好的基礎，相信在第二屆的研討會舉行的時候將有更多更高水準的研究成果展現出來，並期望在不久的未來，國內科學史研究能納入世界學術的主流之中。

附註：聯合報及青年日報分別於12月14日及12月21日報導了與本次研討會有關的消息。

※本文作者任職於台灣電力公司

第一屆科學史研討會議程

十二月十九日（星期五）下午

2:00　報到

3:00　開幕式

論文報告（第一組）　主持人　萬家保

3:30-4:20　張世賢：試論銅器製作在西周由鼎盛而衰頹的緣由

4:20-4:50　余敦平：中國古銅鏡的一些科學現象

4:50-5:00　休　息

論文報告（第二組）　主持人　吳嘉麗

5:00-5:40　孫方鐸：古代火藥與火箭大事年表之試擬

5:40-6:10　劉廣定：從火藥的源起談科技史資料的運用

6:20-8:00　晚　餐

8:10-　特別專題演講　主持人　王　萍

何丙郁教授（香港大學）：科技史與文學

十二月二十日（星期六）上午

論文報告（第三組）　主持人　張存武

9:00- 9:50　劉君燦：中國傳統科學特質——一個科學哲學的考察

9:50-10:40　李國偉：論保其壽的渾圓圖

10:40-10:50　休　息

論文報告（第四組）　主持人　孫方鐸

10:50-11:40　胡進錕：相變幾何理論之歷史回顧

11:40-12:10　陳良佐：「九章算術劉徽注之研究」補遺——兼論我國古代數學經驗性的歸納法。

12:10- 1:10　午　餐

十二月二十日（星期六）下午

論文報告（第五組）　主持人　李國偉

1:10-2:00　傅大爲：周髀研究傳統的歷史發展與轉折

2:00-2:30　葉鴻灝：影響南宋科技發展的幾項重要因素之分析

2:30-3:00　張存武：水車的東傳

3:00-3:30　陳勝崑：「復興民族」的生物學——九一八事變後中國生物學家對國難的反應

3:30-3:50　休息（茶點）

論文報告（第六組）　主持人　周功鑑

3:50-4:40　劉昭民：我國古代對台灣氣象和氣候的認識

4:40-5:10　翁同文：溯源於蠶絲發明的幾項連鎖性技術發明

5:10-5:40　龍村倪：黃蠟與白蠟初考——兼談中國中世紀蠟的用途。

本會會訊

壹、本會七十五年度會議記錄

地　　點：中央研究院蔡元培館

時　　間：75.6.14.下午2時30分

主　　席：劉主任委員廣定

出席委員：劉昭民　陳仲玉　陳肇光
周功鑫　葉鴻灑　張世賢
李國偉　張之傑　龍村倪
張存武　孫方鐸

記　　錄：羅久蓉委員

一、主席報告：

㈠本人於5月中旬赴澳洲參加第四屆中國科學史會議，並發表論文，會中一共宣讀24篇論文，另外舉辦了11場專題演講。下屆會議訂1988年8月在美國聖地牙哥加州大學舉行，主辦人希望台灣學者踴躍出席。有興趣參加的委員請及早準備，並將英文姓名及通訊地址在8月底前寄台大化學系劉廣定先生，以便統一寄給美國主辦單位。

㈡第四期科學史通訊已於4月出刊，爲使編輯工作進行順利，撰稿模式似有統一必要，魯經邦委員已擬成撰稿細則，請各位討論。

㈢今年12月將舉行本會第一次學術討論會，籌備工作如何進行請討論。

㈣第五期科學史通訊截稿日期爲10月15日，請各位委員踴躍賜稿。

二、討論與決議事項：

㈠通過修訂之「科學史通訊撰稿細則」。

㈡學術討論會暫定12月20日舉行，籌備小組由劉廣定委員召集。

三、臨時動議：

張存武委員：本會章程規定，引荐及新聘委員必須以三年爲期，中間不得有新委員加入，殊不合理，請修改有關章程。

決議：下次委員會提大會表決。

四、附件：科學史通訊撰稿細則（如第61頁）。

貳、本年度大事記要

一、本會執行秘書羅久蓉委員於今秋出國進修，職務由李國偉委員代理。

二、淡江大學自六十七學年度（民國67年9月）開設中國科技史講座迄今已有八年的歷史，這項課程最早係由該校化學系教授吳嘉麗女士（本會委員）策劃開創，自七十一學年度起，歷史系教授葉鴻灑女士（本會委員）亦參與此一講座之策劃，使得這門課程的成長更見茁壯，歷久彌新。目前這個講座的演講論文集已出版了三冊，第一、二冊分別於民國69年10月、72年4月由自然科學文化事業公司出版，第三冊則於75年3月由茂文圖書有限公司出版。歡迎各位委員推荐或選用。另將淡江科技史講座七十四年度第二學期與七十五學年度第一學期的課表，載於本期通訊中以供各委員參考。

三、思與言雜誌社在今年6月8日，在台北市中興大學法商學院舉辦了一次「中國科技史研討會」，計有七位國內學者萬家保、龍村倪、劉昭民、劉君燦、陳勝崑（以上均本會委員）、楊翠華、范傳培等人在會中發表論文。這次研討會的議程如第58頁所載。

四、國立清華大學歷史研究所自75年10月起舉辦長期性之科技史研討會。籌備人爲清大歷史系傅大爲教授，這項命名爲「清華科技史研討會」的學術活動，在內容方面將涵蓋中國、西方與台灣三方面的科技發展史；方法上希望包括一些科技史中較爲理論層次的問題：如某種科技演變或革命的特性、科技發展與社會思想之關係、科學

理性與科學哲學中的一些題材等。

清華科技史研討會預定每月舉行一次，一年中至少有六至八次的研討會，地點暫訂爲清華大學人文社會學院與台北清華月涵堂兩地輪流舉行。

至編者發稿爲止，已舉行了兩次研討會，第一次是於10月16日在清大人文社會學院會議室舉行，由劉君燦先生（本會委員）主講，講題爲「方圓與自然、人文思想」；第二次於11月22日在台北清華月涵堂舉行，由李國偉先生（本會委員）主講，講題爲「是革命？還是典範——計算理論發展的史實」。兩次的研討會中討論極爲熱烈，可見科學史研究在國內已漸受到廣泛的重視，未來的各類學術活動將更趨於蓬勃。

五、本會在十二月十九、二十兩日在台大校園內中研院原子與科學研究所舉行第一屆科學史研討會，爲期一天半，計有國內科學史學者十五人宣讀論文，並邀請香港大學中文系國際馳名科學史家何丙郁教授與會，發表專題演講，講題爲「科技史與文學」。詳情可參閱「第一屆科學史研討會記實」一文及本期通訊附刊「第一屆科學史研討會彙刊」。

六、第一屆科學史研討會費用收支摘要如下：

收入：64,400（含中研院補助60,000元及出席人員晚餐費用收入4,000元）

支出：54,235元（截至12月29日止）。

暫結存：10,165元。

七、本會七十五年經費收支摘要：（不含研討會收支）。

上年結餘92,395元

本年收入41,528元（含中研院補助經常費10,000元，田家炳基金會補助30,000元及利息收入1,528元）

支　出

1.第四期通訊出版費用24,000元

2.其他雜支　3,000元

3.小　計　27,000元

結　餘　106,923元

「中國科技史研討會」議程

時間：民國七十五年六月八日（星期日）
地點：中興大學法商學院（台北市合江街53號自強大樓4樓）
報到：8:40 ～ 9:00

1. 第一場　9:00 ～ 10:20
(1)萬家保：關於中國早期銅合金含鋅的問題
(2)龍村倪：膽水煉銅——濕法冶金的始祖，中國古代的一項傑出技術成就

休　　息　　10:20 ～ 10:40

2. 第二場　10:40 ～ 12:00
(1)劉昭民：清初「幾暇格物編」中的科學史料
(2)劉君燦：「制器尚象」闡釋——試評中國科學思想

午休聚餐　　12:00 ～ 13:30

3. 第三場　13:30 ～ 14:50
(1)陳勝崑：中國科學社生物研究所的研究取向
(2)楊翠華：經濟地質學在中國的發展（1912 ～ 1937）

休　　息　　14:50 ～ 15:10

4. 第四場　15:10 ～ 16:20
范傳培：利瑪竇輸入西學的影響
總結報告

淡江大學中國科技史講座課程表(一)

七十四學年度第二學期（每週五下午 2：00 ～ 4：00 ）

日期	主講人	服務單位	講題
75. 2. 21.	葉鴻灝	淡江歷史系	中國科技史概論
75. 2. 28.	周功鑫	故宮博物院	中國雕漆工藝
75. 3. 7.	曹亮吉	台大數學系	中國的曆法
75. 3. 14.	陳大川	忠信紙業	機器造紙爲何首先於歐州而不在中國
75. 3. 21.	龍村倪	工技院能礦所	中國古代冶金技術發展
75. 3. 28.	劉廣定	台大化學系	有關古代煉丹工具的幾個問題
75. 4. 11.	陳擎光	故宮博物院	中國古陶瓷燒造技術簡介——配土、調釉、燒窰等問題。
75. 4. 18.	葉鴻灝	淡江歷史系	期中座談
75. 5. 2.	楊翠華	中研院近史所	淺談中國近代地質學的發展
75. 5. 9.	劉昭民	民航局氣象中心	中國古代對化石的認識
75. 5. 16.	黃克武	中研院近史所	中國古代的天文學
75. 5. 23.	吳嘉麗	淡江化學系	中國古代化學發展簡介
75. 5. 30.	葉鴻灝	淡江歷史系	中國中世紀科技進步原因何在
75. 6. 6.	那琦	文化大學	本草綱目研讀法
75. 6. 13.	葉鴻灝	淡江歷史系	期末座談

淡江大學中國科技史講座課程表(二)

七十五學年度第一學期（每週五下午2：00～4：00）

日期	主講人	服務單位	講題
75. 9. 19.	葉鴻灑	淡江歷史系	課程簡介、幻燈欣賞
75. 9. 26.	劉君燦	黎明工專	方圓、影響與科學思想
75. 10. 3.	孫方鐸	清華數學系	鍊丹與探金
75. 10. 17.	葉鴻灑	淡江歷史系	我國科技成就最輝煌的時期——北宋的科技
75. 10. 24.	蕭梅	台北工專	中國傳統庭園介紹
75. 11. 7.	王萍	中研院近史所	中國水利工程發展史
75. 11. 14.	傅大爲	清華歷史研究所	我國古代天文學中宇宙論的演變
75. 11. 21.	葉鴻灑	淡江歷史系	期中座談
75. 12. 5.	張世賢	故宮博物院	中國古代銅器的化學成份與鑄造技術
75. 12. 12.	李豐楙	政大中文系	中國氣功的理論與實踐
75. 12. 19.	陳惜珍	師大史研所	我國古代蠶桑的起源和發展
75. 12. 26.	劉廣定	台大化學系	中外交通對我國古代化學的影響

科學史通訊撰稿細則

壹、一般約定

一、本會通訊每年出版一期，內容計有下列項目：

㈠與科學史、技術史有關之學術論文。

㈡與科學史、技術史有關之譯作。

㈢科學史、技術史方面之書評。

㈣委員著作之摘要或簡介或委員平日研究心得報告。

㈤與科學史、技術史有關之學術活動報導。

㈥本會委員著作索引。

㈦新科學史史料介紹。

㈧本會年度內各次委員會會議記錄及年度內活動、大事記要。

凡屬上述各類或有關之稿件均受歡迎。

二、作者如需抽印本，請於投稿時向編輯小組說明，費用由作者自行負擔。

貳、原稿體例規範

一、字數：暫不限。

二、本通訊內文一律橫排，原稿請以稿紙橫寫。

三、標點：

㈠一律採用現行標點符號。

㈡私名（人名、地名等）號省略。

㈢書名號用《》，如《論語》，若篇名並引，則中間加點間格之，如《論語。學而篇》。卷、頁數用國字。

㈣論文名用〈〉表示。

㈤引語用「」，最後句點、問號或驚歎號寫在括弧內。

四、人名：文中涉及之重要人名，宜盡量於首次出現時註明生卒公元年代，生年或卒年不詳者從略。

五、標題：為彰顯撰文之題旨，作者得視需要採用不同層次之子標題。依層次之順序分別以壹、貳、叁、肆……；一、二、三、四……；㈠、㈡、㈢、㈣……；1、2、3、4……；(1)、(2)、(3)、(4)之標題序號表示，撰文規格如下：

㈠無子標題之文章，每段首行空兩格起書寫，次行起不空格，逕自行首起寫。

㈡有子標題之文章，則作下列形式：

壹……

一、……

㈠……

1.……

(1)……

(2)……

2.……

㈡……

二、……

貳……

叁……

六、若有參考書目，請依照下列規定書寫。

㈠每條書目包括作者、書名、出版年代處所、版本、版次，期刊須加註卷號及期別。

㈡書與文分別列出。

㈢書目請依年代先後排列，以阿拉伯數字編訂序號；譯文之參考書目，則按原文體例編排。

七、如有註文，其寫法如下：

㈠著作人，書名（視需要另加篇名），頁碼，出版時、地、處所，版本，版次。（如已列在「參考書目」中則出版時、地……等可省略）。

㈡對內容作補充性之解釋。

㈢同一篇文章重複出現時可寫「同註幾」代表之。

㈣記號寫法：（註一）、（註二）……等。

八、凡外來名詞如人名、地名、專有名詞等，需加註原文時，一律於其後加（ ）括弧，以原文註明之。

九、圖表及照片：

㈠圖表及其說明，以另紙繕畫書寫，貼於空白紙上，並在本文中標示其位置。

㈡照片以黑白光面爲原則，彩色者以幻燈片爲佳（仍製成黑白圖片），貼於空白紙上並加註說明，及在本文中標示位置。

㈢表之序號以（表一）、（表二）……表示之。

㈣圖分插圖與圖版兩類，圖之順序以（圖一）、（圖二）……表示之。

㈤圖版用（圖版Ⅰ）、（圖版Ⅱ）……表示之。

十、論文前列摘要，唯限於三百字以內。

國際科學史與科學哲學聯合會科學史組

中華民國委員會委員名單

劉廣定　（兼主任委員，任教於台灣大學化學系）
李國偉　（兼執行秘書，任職於中央研究院數學研究所）
王　萍　（任職於中央研究院近代史研究所）
王道還　（任職於中央研究院歷史語言研究所）
那　琦　（前中國醫藥院藥學研究所所長）
龐久蓉　（任職於中央研究院近代史研究所）
吳嘉麗　（任教於淡江大學化學系）
林滿紅　（任職於中央研究院近代史研究所）
林俊華　（畢業於高雄師範學院物理系）
周功鑫　（任職於故宮博物院）
洪萬生　（任教於師範大學數學系）
孫方鐸　（任教於清華大學應用數學研究所）
曾亮吉　（任教於台灣大學數學系）
張存武　（任職於中央研究院近代史研究所）
張世賢　（任職於故宮博物院）
張之傑　（任職於國立台灣科學教育館）
張臨生　（任職於故宮博物院）
黃進興　（任職於中央研究院歷史語言研究所）
黃耀能　（任教於成功大學歷史系）
陳良佐　（任教於成功大學歷史系）
陳勝崑　（任教於台北醫學院）
陳仲玉　（任職於中央研究院歷史語言研究所）
陳聲光　（任職於故宮博物院）
陳慈玉　（任職於中央研究院經濟研究所）
童依華　（任職於故宮博物院）
萬家保　（任職於中央研究院歷史語言研究所）
鄭景衡　（前中國蠶絲公司技術處處長）
葉鴻灑　（任教於淡江大學歷史系）
趙雅書　（任教於台灣大學歷史系）
臧振華　（任職於中央研究院歷史語言研究所）
鄧淑蘋　（任職於故宮博物院）
魯經邦　（任職於台灣電力公司核能發電處）
蕭　梅　（任教於台北工專工業設計科）
劉君燦　（任教於黎明工專電子科）
劉昭民　（任職於民航局氣象中心）
龍村倪　（任職於工業技術研究院能源暨礦業研究所）

第一屆科學史研討會實況照片(封面裡及封底裡)說明

1. 吳大猷先生致詞
2. 孫震先生致詞
3. 張世賢先生發表論文
4. 余敦平先生發表論文
5. 吳嘉麗女士擔任分組主持人
6. 孫方鐸先生發表論文
7. 劉廣定先生發表論文
8. 王莽女士（左）主持何丙郁（右）先生演講會
9. 劉君燦先生發表論文
10. 李國偉先生發表論文
11. 胡進鯤先生發表論文
12. 陳良佐先生發表論文
13. 傅大爲先生發表論文
14. 葉鴻灑女士發表論文
15. 何丙郁先生專題演講
16. 張存武先生發表論文
17. 陳勝崑先生發表論文
18. 周功鑫女士擔任分組主持人
19. 劉昭民先生發表論文
20. 翁同文先生發表論文
21. 龍村倪先生發表論文
22. 大會盛況
23. 發問與討論
24. 吳院長（右）與何丙郁教授（左二）寒喧（旁爲劉廣定教授（左）與李國偉先生）
25. 茶點時間熱烈討論（一）（自右至左：曹亮吉先生、李國偉先生、吳嘉麗女士、陳仲玉先生、萬家保先生與那琦先生）
26. 茶點時間熱烈討論（二）（自右至左爲翁同文教授、陳欽育先生、張存武先生、温振華先生、劉君燦先生、何丙郁先生、及劉昭民先生）
27. 大會會場外景（中研院原子分子科學研究所演講廳。）

本期通訊蒙

財團法人田家炳文教基金會

贊助出版，特此申謝！

勘　誤　表

頁別	行別	錯誤內容	更正內容
封面		雍正宮窯粉彩金雞牡丹圖盌	雍正官窯粉彩金雞牡丹圖盌
54	4	各學術機構同仁總計六十餘人	各學術機構同仁總計八十餘人
65	3	張世賢先生發表論文	孫方鐸先生發表論文
65	4	余敦平先生發表論文	劉廣定先生發表論文
65	5	吳嘉麗女士擔任分組主持人	王萍女士（左）主持何丙郁先生演講會
65	6	孫方鐸先生發表論文	張世賢先生發表論文
65	7	劉廣定先生發表論文	余敦平先生發表論文
65	8	王萍女士（左）主持何丙郁（右）先生演講會	吳嘉麗女士擔任分組主持人

（編者註：因封面裏頁照片順序在印刷時排列錯誤，故修改65頁的說明。）

第一屆科學史研討會實況照片

科學史通訊 第五期

The History of Science Newsletter. Vol.5

Dec. 1986

發 行 人：劉廣定
發 行 所：國際科學史與科學哲學聯合會
科學史組中華民國委員會
INTERNATIONAL UNION OF THE HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE
DIVISION OF HISTORY OF SCIENCE
NATIONAL COMMITTEE OF THE REPUBLIC OF CHINA
地　　址：台北市南港區研究院路二段128號
編輯小組：陳良佐、魯經邦、陳勝崑

中華民國七十五年十二月出版，印300册

非賣品