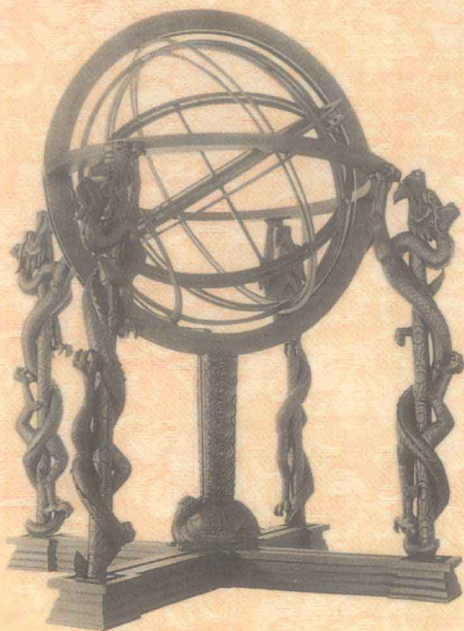


海納百川

科技發源與交流史

何丙郁・著



清華文史講座

海 納 百 川 :

科技發源與交流史

何丙郁

清華文史講座

海納百川：科技發源與交流史

·A12020-06·
83.08.1612

中華民國八十三年八月初版

定價：新臺幣150元

有著作權，翻印必究

Printed in R.O.C.

著者 何 丙 郁
發行人 劉 國 瑞

本書如有缺頁，破損，倒裝請寄回更換。

出版者 聯經出版事業公司
臺北市忠孝東路四段555號
電話：3620137・7627429
郵撥電話：6418662
郵政劃撥帳戶第0100559-3號
印刷者 世和印製企業有限公司

行政院新聞局出版事業登記證局版臺業字第0130號

ISBN 957-08-1254-0(平裝)

海納百川：科技發源與交流史 / 何丙郁著.

初版. --臺北市：聯經，民83

面； 公分. --(清華文史講座)

參考書目：面

ISBN 957-08-1254-0(平裝)

I. 科學-歷史

309

83007722

謹以此書獻給
愛丁堡皇家學會會士，奧本涵爵士

This book is dedicated
to
Tan Sri Datuk Sir Alexander
Oppenheim, FRSE

七十八年度蔣經國國際學術交流基金會補助

導 言

今春我應聘蔣經國國際學術交流基金會、國科會，承乏清華大學特約講座，參與歷史研究所之術數研究計劃，並在該所碩士班開講一門科技史課程。這門課程旨在介紹科技在世界不同文化地區的成長，及其互相交流的歷史，從古代的埃及、美索不達米亞、希臘、印度和中國，歷中世紀前後的阿拉伯回教國家和歐洲，至科學革命時代的歐洲以及西學東漸時的中國，指出許多不同的民族，在歷史上的不同時代，曾經在科技發展過程中，各有所貢獻。他們的貢獻，有如百川納入現代科學的大海中。

我在英國劍橋大學，參與研究生講習會，都是由研究生們負責講課，做老師的僅是發問和答問，當然研究生們也可以發問。聽說清大的研究生在講習會上較少發言，而只聽老師講課。因此我就嘗試一個或者可能是兩全其美的辦法，即：由老師先備講義，由同學搜尋補充資料和講課，兩方都有發言的機會。那麼講義可說是個綱要。這部書所記述的，就是發給同學們的講稿，讓他們從參考書目中，自己再進一步深究。這部書也收納了他們的一些意見。

科學是有助於人文，人文也有助於科學。科學不能逃避歷史，但科學也能創造歷史。科學與文科是一線牽著的，可是，在這個世紀，由於科技的迅速發展，新知識累積越來越多，有關的學科也分得越來越細，且常有新學科的產生，所

以文科和理科之間，就出現了一道鴻溝。多年來已受到國際間的關注。國際大學教育協會也多次討論這個問題，尋求補救良策。其中一個提案是鼓勵大學科技史課程。科技史可以說是一個文理咸宜的課程。在取材方面，本課程是專為著文科同學而設，沒有涉及現代科學，無論是文科或理科的大學生，都能應付自如。

謹以此書獻給我的老師，前馬來亞大學數學講座教授和該校首任校長拿督奧本涵爵士（Tan Sri Datuk Sir Alexander Oppenheim）。又承我的多年知交，蘇瑩輝教授替本書作序和閱稿，新竹國立清華大學歷史研究所張永堂所長在本書的出版上，費了不少心神，並此謝忱！

目次

導言	i
第一章 古埃及在科技上的貢獻	1
第二章 美索不達米亞古代科技成就	13
第三章 古希臘：歐洲古代科學的發源地	23
第四章 希臘：雅典與科學發展	35
第五章 希臘化時代的科學發展	45
第六章 羅馬統治下的亞歷山大城	57
第七章 中國古代科學的發展	67
第八章 唐宋的科技發展	79
第九章 古印度的科學發展	93
第十章 阿拉伯回教國家的科技成就	105
第十一章 阿拉伯科學知識的西傳與歐洲的中世紀	115
第十二章 歐洲文藝復興時期的科學發展	127
第十三章 文藝復興與近代科學的開端	141
第十四章 公元 16 至 18 世紀間中西科技交流	153
參考書目	165

第一章 古埃及在科技上的貢獻

從廣義來說，凡知識之有系統，而能歸納於原理者，都可以稱為科學。科技史一般上所涉及的，是狹義上的科學和它的應用，包括自然科學和實用科學。另一方面科技史所講的是科學和技術的歷史，科技史這個學科也可以算是屬於人文科學的範疇，也有人說它是文、理兩科之間的橋樑。

我們所居住的地球外殼，是大約在 16 億年前固結，大約在 6 至 7 億年前，單細胞組織的、和多細胞組織的生物，開始在地球上出現。人類的祖先是出現在新生代中。這只不過是距今大約二、三百萬年的事情。人類起源的地點尚是一個未成定論的問題。以前許多專家都認定是在發現猿人化石最多的非洲。可是在這二十多年來，自從公元 1965 年，在雲南省元謀縣發現，依據古地磁斷代的測定是距今大約 170 萬年前的元謀人化石後，這個問題又再掀起爭論了。（另一說是根據地質年代的估計，元謀人的年代不應超過 73 萬年。）

科學的前史溯源至史前原始人開始使用石器和用火的時期，這是在舊石器時代。例如，1929 年，裴文中等發現距今大約 46 至 23 萬年前的北京人，已經知道用火和使用石製工具；1963 年，陝西省藍田縣的陳家窩村和公主嶺，先後發現藍田人的化石，從古地磁氣學的測定，陳家窩村的年代

是大約距今 60 萬至 50 萬年前，而公主嶺的早期直立人化石年代是距今大約 80 萬至 75 萬年。此外，非洲多處發現猿人化石，南亞洲出現爪哇人，歐洲的德國和法國也有早期直立人化石的遺跡。前史屬於考古學的範疇，不屬科技史。

先有文字後有史。我們都知道，在舊大陸所產生的古老文明，一切都是出現在大河流的流域。例如，中國的黃河與長江，印度的恒河與印度河，美索不達米亞的幼發拉底河與底格里斯河，和埃及的尼羅河。劍橋大學考古家丹尼爾 (Glyn Daniel) 認為世界上有六個古老文明，即：舊大陸的中國、印度、美索不達米亞、埃及，和新大陸的墨西哥和秘魯。荷蘭學者弗蘭克福特 (Henri Frankfort) 則認為印度、美索不達米亞、和埃及之間的各個文明，曾經歷長期的互相影響，墨西哥和秘魯之間，亦有長期的互相影響，所以主張僅有三個古老文明，即：中國、近東、和中美洲及西南美洲。考古學家發現中美洲的瑪雅人 (Mayas) 和印加人 (Incas) 已經有了一種象形文字，瑪雅人能夠進行天文觀察和簡單的計算等，而且亦有瑪雅人的天文臺遺跡。可是，公元 1492 年，哥倫布發現新大陸以前的有關新、舊兩大陸的文化交流資料，異常缺乏。本書的範疇，僅限於舊大陸各地區之間的科技發源和互相交流，藉以顯示科技在歷史上的發展，是有賴於世界上許多不同文化民族的努力和貢獻，唯有較重要的角色，是在不同的時代，由不同的文化或民族所扮演。首先讓我們從埃及這個古代文明開始。

談到埃及這個古國，就使人聯想到金字塔、沙漠、和尼羅河。金字塔使人聯想到數學，尤其是幾何學，和建築技術。沒有相當的數學和工程學知識，就無法建造那些龐大金字塔。沙漠上的天空少雲掩蓋天上的星，有利於觀察天象。尼羅河每年雨季時候水漲氾濫，淹沒沿岸的耕種田地，水退

後再需把田地分劃，這要靠幾何學知識，由此可以料想，古埃及人在幾何學、天文學、工程學方面，該有相當的認識。

古代埃及人使用一種象形文字 (hieroglyphics) 和二十四個像有子音功能的文字。他們逐漸把這種文字簡化，到了大約公元前 1900 年，成立了一種祭司用的文字 (hieratic)，又到了大約公元前 400 年，古埃及的文字再進一步簡化，這就是古埃及的通俗文字 (demotic)。起初埃及的文字是刻在石面上，不便於書寫篇幅較長的文章，因此埃及的文字就有簡化的趨向。古埃及人又逐漸採用獸骨、泥、皮革、象牙、布帛等作為文具。後來他們發明用紙草。紙草 (papyrus) 來自一種繁殖在尼羅河的三角洲裡的長莖菅茅，植物名 *cyperus papyrus*。紙草莖長約二公尺，橫剖面作三角形。古埃及人把紙草的長莖縱剖，取出莖髓，縱剖為薄片，將兩片或三片縱橫疊上，浸水後，經過壓搾和擦亮後就成為紙草。紙草上的文字是用一支細毛筆浸上顏料書寫。紙草的優點是價廉容易購買，而且能夠黏貼成長卷。現存世界上最長的紙草書卷首推倫敦大英博物館編號第 9999 號的《哈里斯一號紙草》(*Papyrus Harris No.1*)。這卷書長約 40.5 公尺，闊約 0.42 公尺。由於紙草能夠連貼成長卷，許多古埃及的手抄書卷能夠整卷留存至今日。相反的古代蘇美爾楔形文字和商代的甲骨文記載就不能完整留存。它們有像數以千、萬的益智分合圖混雜在一起，而且其中一些碎片恐怕已經遺失。要把這些分合圖復元，並不是一件簡單的事情。埃及的氣候乾燥，適宜保存紙草書卷。要是在華南或臺灣的潮濕地帶發明使用紙草的話，書卷就不能保存多久留傳於後世。

英文指紙 “paper” 這一個字，源自拉丁文 “papyrus” (紙草) 一字，引起許多誤解，使人誤認埃及是紙的發源地。其實紙草和紙是兩回事。紙是指任何纖維通過排水作

用所黏成的一種薄片。紙草本身雖然是纖維，但是沒有經過製紙的過程。

現存最早的埃及數學紙草書，是藏在莫斯科的距今大約 3900 年前的《戈倫尼斯切夫紙草書》(*Golenischev papyrus*)。另外有一部是距今大約 3650 年前，從一部更早的紙草書抄錄的《賴因德紙草書》(*Rhind papyrus*)，這卷書現藏在倫敦大英博物館。

古埃及象形文字數字符數如下：

									∩
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
∩∩	∩	∩	∩∩	∩∩∩	∩∩∩	∩∩∩	∩∩∩	∩	99
11	12	13	20	21	30	40	50	100	200
∩99	999	∩	∩						
210	300	1000	10000						

圖 1-1

埃及數學的特色是加法的運用以及單位分數的應用。例如，乘數不用乘數表而用連加法。假令要解答 123×17 ，古埃及的數學家就會先算出 1 加 1 得 2，123 加 123 得 246；2 加 2 得 4，246 加 246 得 492；4 加 4 得 8，492 加 492 得 984；8 加 8 得 16，984 加 984 得 1968。1 加 16 得乘數 17，答案是 123 加 1968 得 2091。

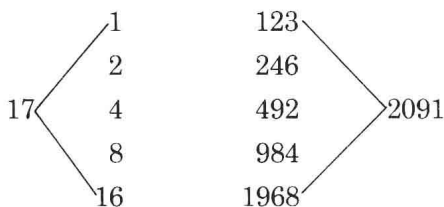


圖 1-2

現代的計算機所採用的也不是乘數表，而是類似古埃及的二對數方法 (dyadic method)。古埃及人的除數也是採用連加法。例如 $25 \div 3$ 是要先把除數 3 連加，即 $1+1=2$ ， $3+3=6$ ； $2+2=4$ ， $6+6=12$ ； $4+4=8$ ， $12+12=24$ ； $8+8=16$ ， $24+24=48$ 。被除數 25 是在 24 和 48 之間，減 24 餘 1。8 是和 24 同一排。即 $25 \div 3 = 8\frac{1}{3}$ （見圖 1-3）。

1	3
2	6
4	12
<u>8</u>	<u>24</u>
16	48

圖 1-3

埃及數學家常用單位分數，例如， $\frac{1}{2}$ ， $\frac{1}{3}$ ， $\frac{1}{4}$ ， $\frac{1}{5}$ ，等，把這些分數寫為 π ， π ， π ， π ，等。剛才的 $8\frac{1}{3}$ 則寫為 $\pi\pi$ 。除卻 $\frac{2}{3}\pi$ 以外，非單位分數都是寫成兩個相加的單位分數。例如， $\frac{2}{5}$ 就寫成 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{1}{15}$ 的相加，即 $\pi\pi$ 。

偶然也有些關涉方程式的數題在紙草書卷中出現，雖然這類的算題並不常見。例如，《柏林紙草書》(Berlin papyrus) 所載的一個算題涉及一個一百單位面積的方，分為一大一小兩個小方，較小的邊長等於較大的邊長的 $\frac{4}{3}$ 。採用現代的代數方式，這個算題可以用下列兩個公式表示：

設 x 、 y 為兩小方的方長，而 $x > y$

$$x^2 + y^2 = 100 \cdots \cdots (1)$$

$$y = \frac{3}{4}x \cdots \cdots (2)$$

這是一個二次方程式的算題。答案是 $x = 8$ ； $y = 6$ 。

前文提及建築金字塔和劃分田地都必須具有幾何學知識。古埃及人認為一個二等邊三角形的面積是等於一半邊長乘底邊長。（其實這個公式是不準確的，三角形的面積是半高長乘底邊長。古埃及人的公式僅可以用在一個高瘦的三角形，答案就不會相差太遠。）古埃及人說圓面積是等於

$\left(\frac{8}{9}\right)^2 d^2$ ， d 是圓的直徑。那圓周和直徑的比率 π 是等於 $4 \times \left(\frac{8}{9}\right)^2 = 3.16$ 。這是載在《賴因德紙草書》，是距今 3650 年以前，世界上最精密的 π 據數。古埃及的測量師以三條 3：4：5 比例長度的繩子，組成一個直角三角形。古埃及人在數學上的最高成就也許是在和金字塔有關的截頭稜錐體的體積上。設有方底的稜錐體，底邊長度是 a ，被截後上面成一邊長 b 的方形（圖 1-4）。上面和底面的距離（即截頭稜錐體的高度）是 h 。那麼埃及人的截頭稜錐體的體積 V 是：

$$V = \frac{h}{3} (a^2 + ab + b^2)$$

這個公式是十分精密。建築一座金字塔首先要計算塔的體積，然後知道所需石塊的數量。這個公式就派上用場了。

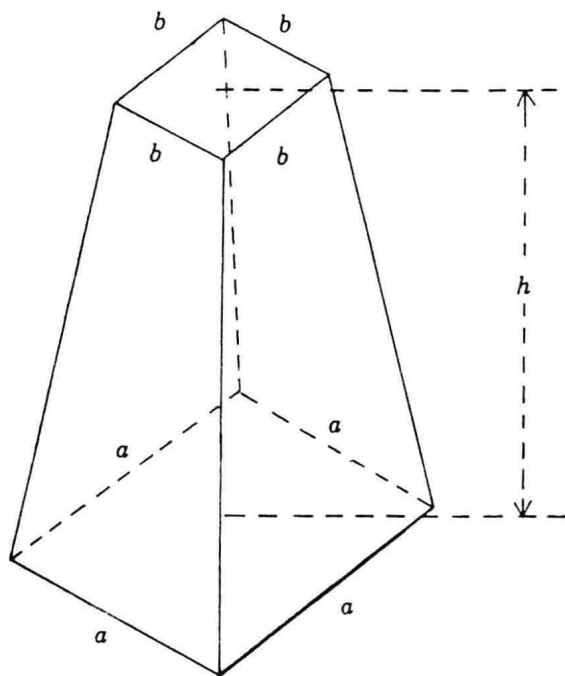


圖 1-4

埃及有許多座金字塔。最古老的是開羅南部埃及古都孟菲斯 (Memphis) 附近的金字塔，塔高約 61 公尺，建立在距今約 5000 年前。最吸引遊客參觀的是在 Giza 的三座金字塔，其中最大型的是大金字塔，建在距今大約 4900 年前；塔高大約 146 公尺，塔底邊長約 237 公尺，各底邊長度的相差不超出 14000 分之 1。建築原料是用重量約 3000 公斤的石灰岩石塊二百三十萬塊，由十萬人在三十年間築成。打做石塊要靠技術高超的石匠，搬運大量龐大石塊，再把它們從平地提昇至達 146 公尺的高空，等問題，曾經引起歷代一些學

者的注意。例如，古希臘史家希羅多德 (Herodotus) 認為古埃及人必然懂得槓桿的原理。

說到金字塔我們也可以同時提及埃及的方尖形石碑 (Obelisks)。這都是用花崗石製成的。不少古代的方尖形石碑已被運到外國處。例如，法國巴黎有一座重約二十二萬七千公斤的古埃及方尖形石碑。

上述建築在庫佛王 (Khufu) 時代的大金字塔的底座指向南北方向非常準確。當時還未有羅盤，必須從天文觀察確定方向。這個金字塔的西北面正中，有一入口，直通入地下室，和水平線作 30 度，恰好對著距今約 4900 年前的北極星位置，這都可以顯示古埃及人對天文學的認識。從古棺蓋的圖，可以看到古埃及人所認識的星座。例如，仙后、獵戶、天蠍、昴星、白羊等。古埃及人把天上的星座相配他們所信仰的天神，將天文學和神話相提並論。因此他們在天文學的成就，便較遜於古美索不達米亞人。

古埃及人觀察太陽所用的儀器有圭表和日晷。倫敦大英博物館藏有一具距今約 3500 年前的古埃及日晷。用在夜間觀測的，有一種特殊的儀器，稱為麥開特 (merhet) (見圖 1-5)。它的構造很簡單。A 是一個垂鉈，B 是一塊中間開縫的平板，沿板刻有記號。利用 A 就可以把 B 對準子午線，從而可測板縫中所見的星的地平高度。德國柏林博物館藏有一具距今約 3800 年前的古麥開特，認為是現存的最古埃及天文儀器。

在古埃及的時期，每一年中，當天狼星 (Sothis) 出現在東方地平線上時，尼羅河就開始河水泛濫。這是影響民生的一件大事情。較早時，埃及人以 360 日為一年，又把一年分

爲 36 個旬星 (decan)。旬星是什麼呢？原來古埃及人把赤道附近的星分爲 36 組，每組可能有幾顆星，也可能僅有一顆星：

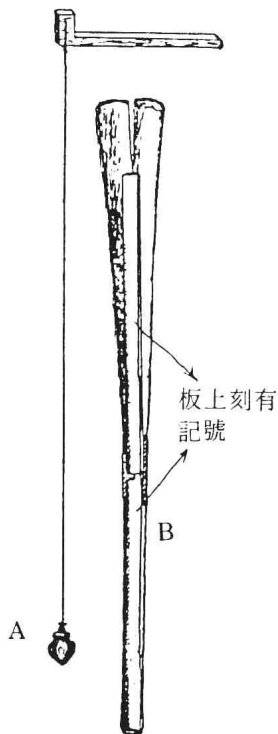


圖 1-5

每一組星管 10 天，所以稱爲旬星。當一組星在黎明前剛好昇到地平線上時，這就表示該旬星的來臨。古埃及人以三旬星日爲一月，一年有三季，即，洪水季、冬季 (peret)、和夏季 (shemu)。冬季播種，夏季收穫。當初古埃及年的一年中僅 360 日，後來經過長期觀察天狼星偕日升的時候，便將一年改有 365 日。古埃及人又知道經過每四年天狼星的出