

中國科技史 論文集

何丙郁等著 ◆ 編輯委員會編

中國科技史論文集

中國科技史論文集編輯小組編

中國科技史論文集

84.02.1658

中華民國八十四年二月初版

定價：新臺幣380元

有著作權·翻印必究

Printed in R.O.C.

編者 中國科技史論文集編輯小組
執行編輯 方清河
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：7627429·3620308
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 957-08-1313-X (平裝)

2001. 11. 5

中國公司

No. 0021741

¥ 161.54

中國科技史論文集 / 中國科技史論文集編輯

小組編.--初版.--臺北市：聯經，民84

面； 公分

ISBN 957-08-1313-X (平裝)

1. 科學-中國-歷史-論文，講詞等
2. 技術-中國-歷史-論文，講詞等

309.2

83012397

目次

陶文與甲骨文中的一些科學知識·····程貞一	1
從科技史觀點談易數·····何丙郁	19
關於中國古代黃銅存在問題的商榷·····萬家保	35
試論西周政治社會的演變對中國用銅文化發展的影響·····張世賢	49
秦始皇“車同軌”問題的再檢討·····韓復智	69
從單表到雙表——重差術的方法論研究·····李國偉	85
我國古代對環境保護的認識·····劉昭民	107
極星與古度考·····黃一農	127
司南是磁勺嗎？·····劉秉正	153
試探北宋天文儀器製作技術的發展·····葉鴻灑	177
元代以前中國蒸餾酒的問題·····劉廣定	195
南懷仁爲什麼沒有製造望遠鏡·····席澤宗	217
墨海書館時期(1852-1860)的李善蘭·····洪萬生	223
雷俠兒與《地學淺釋》·····龍村倪	237
歸國留學生 1949 年以後在中國科學、技術發展中的地位 與作用·····李佩珊	267

陶文與甲骨文中的一些科學知識

聖地亞哥加州大學物理系和爲公研究院 程貞一

一、前言

在十九世紀末期與廿世紀初期，許多歷史家與漢學家幾乎否認了周朝之前的中華歷史，也就是在這疑古高潮之際，大批甲骨文在安陽出土，確定了《史記》中〈殷本紀〉的歷史可靠性^①。甲骨文之出土，不但給歷史不可否認的實證，增加了對商代文化的認識，同時也給探考古代科技可貴的線索。跟著近來考古探掘的發展，出土文物逐漸增多，而且發現了更古遠的文化層，給上古史提供了極爲重要的實物資料，推廣了中華上古史。在上古文物中，值得注意的是陶文。這些比甲骨文更原始的文字，不但給上古文化提出更進一步的認識，並給科學萌芽之前的過程，提出有意義的線索。本文的計劃是探索陶文與甲骨文中的一些科學知識。

二、符號陶文與象形陶文

出土陶器上有刻畫符號早在三十年代就已有發現^②，但自六十年代以來這類發現逐漸增多，地域也增廣。現把陝西西安半坡及臨潼姜寨仰韶文化層在 1954 至 1957 與在 1972 到 1974 所出土的陶器符號^③ 以其結構分列

-
- ① 見王國維，《殷卜辭中所見先公先王考》及《續考》（1917）；孫詒讓，《契文學例》（1917）。其他著作見董作賓，《甲骨學五十年》（台北：大陸雜誌社，1955）。
- ② 見李濟等，《城子崖——中國考古報告之一》（1934）。此報告中記有 1928 年在山東龍山鎮城子崖龍山文化層出土的三片刻有符號的陶片。
- ③ 陝西省西安半坡博物館，《西安半坡》（文物出版社，1963）圖版 169—171；臨潼縣文化館，〈臨潼姜寨新石器時代遺址的新發現，文博簡訊〉，《文物》，1975（8）：82—86。

於表 1。C-14 測定刻有這些符號的陶片標本的年代是在 4800 B. C. 到 4200 B. C. 之間。

表 1 在陝西西安半坡與臨潼姜寨仰韶文化層出土的符號陶文
(4800 B.C 到 4200 B.C)

- (一) 1 2 3 4 5 6 7
- (二) 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
- (三) 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
30 31 32 33 34 35 36
- (四) 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
- (五) 49 50 51 52
- (六) 53 54 55 56 57 58 59

是否這些抽象符號是漢字的起源？學者們意見不一^{④~⑥}。但這些符號是一種早期文字是無疑的，它在陶器上的出現不是偶然而是有意義的。不論是記人、記事、記物或記時，這些符號應有它獨有的指定涵意。現簡稱這類在陶器上的符號為符號陶文。由表 1 可見這些陶文可能有其內在構造典型與相互關係。考釋符號陶文的工作已有初步進行^{⑤、⑥}。雖然符號陶文出土的地區已逐漸增廣，數量也增多^⑦，但重複或合組出土

④ 郭沫若，〈古代文字之辨證的發展〉，《考古學報》，1972(1)：2-13；裘錫圭，〈漢字形成問題的初步探索〉，《中國語文》，1978(3)：162-171；王志俊，〈關中地區仰韶文化刻劃符號綜述〉，《考古與文物》，1980(3)；楊建芳，〈漢字起源二元說〉，《中國語文研究》(香港中文大學)1981(3)；高明，〈論陶符兼談漢字起源〉，《北京大學學報》，1984(6)：47-60；Cheung Kwong-yue(張光裕)，“Recent Archaeological Evidence Relating to the Origin of Chinese Characters”，*The Origin of Chinese Civilization* (Berkeley: University of California Press, 1983), Ed. David N. Keightley, pp. 323-391.

⑤ 于省吾，〈關於古文字研究的若干問題〉，《考古》，1973(2)：32-35。

⑥ 陳偉湛，〈漢字起源試論〉，《中山大學學報》(哲學社會科學版)，1978(1)：69-76。

⑦ 見如，上海市文物管理委員會，〈上海市青浦縣崑崙遺址的試掘〉，《考古學報》，1962(2)：1-30；〈上海馬橋遺址第一、二次發掘〉，《考古學報》，1978(2)：109-136；甘肅省博物館文物工作隊等，〈永昌鴛鴦池新石器時代

的符號仍然很少，考釋工作甚為困難。值得注意的是這些符號陶文與雲南和四川的普米族至今還使用的刻畫符號甚為類似^⑧。典型（二）的符號（見表1）在不同遺址重複出現的比率較高，可能與數字符號有關，在研究甲骨文中數字體系時再予討論。

除了符號陶文之外，在陶器上也發現象形陶文。現有最早象形陶文出土於山東莒縣陵陽河的大汶口晚期文化層，據 C—14 測定大汶口文化年代是由 4300 B. C. 到 1900 B. C.。圖 1 中的四個象形陶文是在陵陽河 1959 年出土的四個陶罇上分別出現^⑨。陶罇出土的文化層的年代大約是 2500 B. C.。這四個象形陶文中的△和△₂似乎已超出圖示象形而涵有會意的意思。

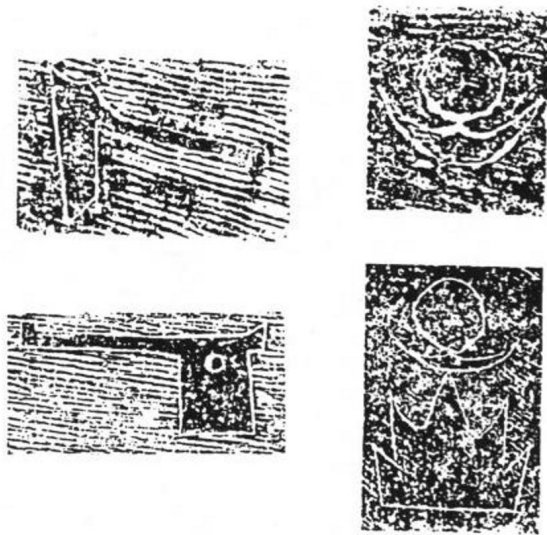


圖 1 1959 年由山東莒縣陵陽河的大汶口晚期文化層（約 2500 B.C.）出土的四個分別刻在四個陶罇上的象形陶文

（續）墓地的發掘》，《考古》，1974（5）；季雲，〈藁城台西商代遺址發現的陶器文字〉，《文物》，1974（8）：50-53；青海省文物管理處考古隊等，〈青海樂都柳灣原始社會墓地反映的主要問題〉，《考古》，1976（6）：365-377。

⑧ 嚴汝嫻，〈普米族的刻劃符號〉，《考古》，1985（3）：312-315。

⑨ 山東省文物管理處和濟南市博物館，《大汶口》（北京：文物出版社，1974），頁 117，圖版九四。

于省吾認為這兩陶文均為原始的「旦」字，一為繁體^⑩，他的解釋是“這個字上部的○，象日形，中間的△，象雲氣形，下部的𠄎象山有五峰形”。即“山上的雲氣承托著初出山的太陽，其為早晨且明的景象，宛然如繪”。唐蘭也認為這兩陶文相同，一為繁體。但釋意為“靈”^⑪。值得注意的是這四個象形陶文是分別刻畫在四個陶罇上而且是在同一遺址同一文化層出土的。那麼，為什麼要有兩個罇刻同一字，其唯一不同的只是一為簡體另一為繁體？除了莒縣陵陽河遺址之外，在諸城前寨遺址也出土了一個這類陶罇。雖這罇出土時已破裂，但所剩破片的陶文仍可認出為𠄎（見圖2）^⑫。同一陶文在不同遺址出現，表示在當時陶文已定形而且普遍應用了。雖然這兩象形陶文的釋意有其難處，但考慮到陶罇的功用，適當的解釋可能與當時的祭禮有關^⑬。

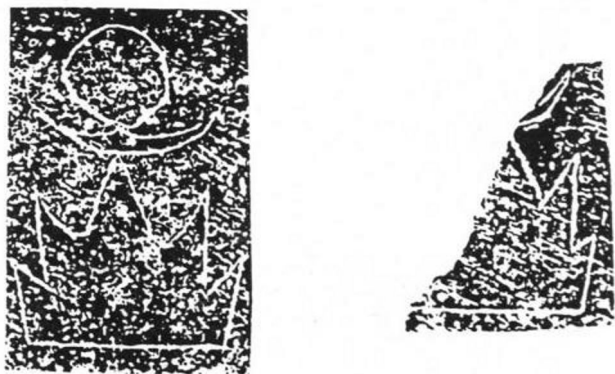


圖2 由山東諸城前寨的大汶口晚期文化層（約2500 B. C.）出土的陶罇破片上的象形陶文

三、陶文中的科學知識

⑩ 唐蘭，〈關於江西吳城文化遺址與文字的初步探索〉，《文物》，1975（7）：72-76。

⑪ 任日新，〈山東諸城前寨遺址調查〉，《文物》，1974（1）：75-79。

⑫ 邵望平，〈遠古文明的火花——陶罇上的文字〉，《文物》，1978（9）：74-76。

(一) 數學方面的知識

仰韶文化彩陶的一特徵是極大多數彩陶採用幾何圖形作主題(見圖3)。值得注意的是在這些彩陶圖形中所重複出現的是一些基本幾何圖形。如點、直線、曲線、三角形、方形和圓形。在仰韶文化時代,幾何學當然是無影無踪,那麼為什麼基本幾何圖形重複的在這些彩陶上出現?一個可能性是這些幾何圖形就如圖示陶文已涵有指定的意義。那就是說在仰韶文化時代,人們對這些基本幾何圖形已有抽象的認識,這認識絕不僅是在審美方面,也不僅是在崇拜方面,必涵有對自然知識方面的認識。這與後來所謂的數學知識是有關係的。除了與幾何很明顯的圖形關係之外,這些基本圖形也涵有數的概念。

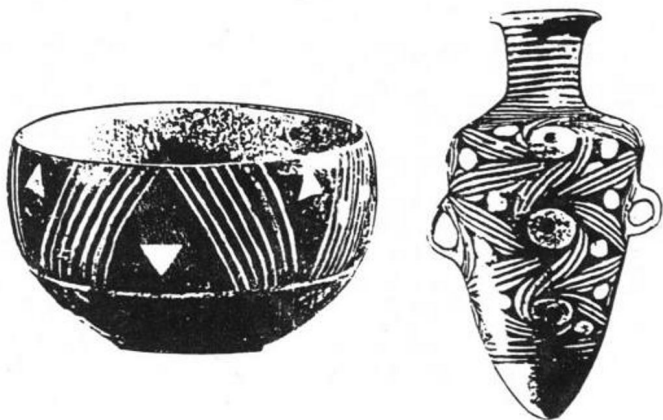


圖3 (左)1955年陝西西安半坡仰韶文化層出土的陶盆畫有三角形與平行線。(右)甘肅馬家窯仰韶文化層出土的尖底甌畫有圓形、點與曲線。

確定仰韶文化的基本幾何圖形涵有數的知識,我們可分析圖4中的一塊刻有三角形與平行線的陶片^⑬。這三角形和平行線與圖3中的設計甚類似但不是以顏色畫出而是以點排列出來的。用36點排列組合成一等邊三

^⑬ 此陶片的照像由陝西省對外科技交流中心劉明先生在1985年提供,作者在此致謝。

角形並非是一個簡單的數學問題。這三角形是由三個同中心的等邊三角形組合而成（見圖5）。最裡面是一個每邊兩點的等邊三角形，共用三點；中間是一個每邊五點的等邊三角形，共用十二點；最外是一個每邊八點的等邊三角形，共用二十一點。因此這三個同中心的等邊三角形共用 $3+12+21=36$ 點。

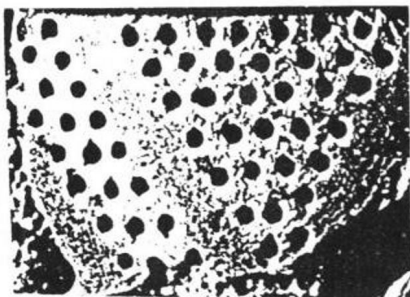
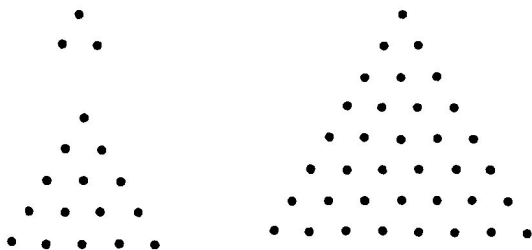


圖4 出土於陝西西安仰韶文化層的陶片刻有三角形與平行線
(4800 B.C.到 4200 B. C.)



36

圖5 仰韶文化三十六點等邊三角形的構造分析

我們所應考察的問題是創作這三十六點等邊三角形的創作人是否體會到這排列中的數學知識，雖然現有資料無法給這問題作一個完整的回答，但我們知道其他基本幾何圖形也有用點排列的出土實物，例如一百點的正方形^④。這正方形是用五個同中心的正方形排列組合而成（見圖6）。

④ 平均分爲一百點的正方形幾何圖案陶片出土於西安半坡，由科學院自然科技史研究所梅榮照先生在 1985 年告知。作者在此致謝。

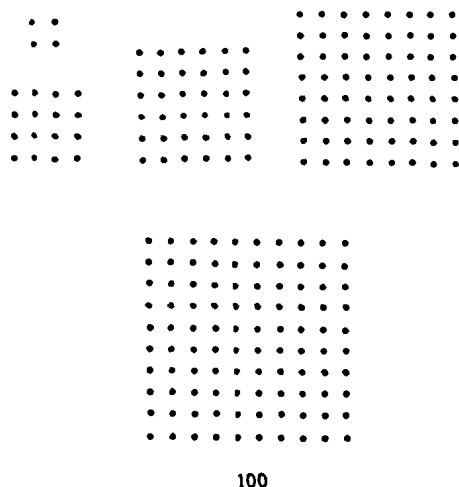


圖 6 仰韶文化一百點正方形的構造分析

這說明，在仰韶文化時代用點排列不同幾何圖形的不同規律已有相當的認識。這認識是無法脫離基本數的觀念。事實上，圖 5 與圖 6 中以點排列的幾何圖形與 Pythagorean 學派的幾何形數字 figurate numbers（或多邊形數字 polygonal numbers）不但是形象相同而且在概念上也有類似之處（見圖 7）。Pythagoras（生約 570 B. C., 卒約 497 B. C.）是公元前六世紀的人，他學派的幾何形數字在西方科學史中是很受重視的。仰韶文化以點排列的幾何圖形在科學史上的價值是不可忽視的。

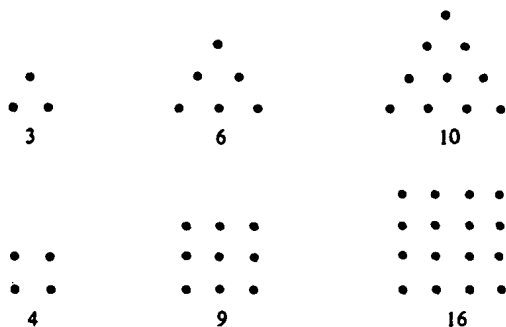




圖 7 Pythagorean 的幾何形數字











(二) 天文方面的知識

除了彩陶上出現如太陽、月亮、星座之類有關天文方面的圖象之外^⑮，出土文物可供上古時代天文知識研究的極少。可是大汶口文化的陶罇及其象形陶文卻給了我們一個新的路線探索上古時代在天文方面的知識^⑯。前面（第二節）已敘述過這些象形陶文（見圖1）。此處討論這些陶文與史前天文的關係。

《尚書》的〈堯典〉篇，有一段記載堯帝命天文官使去東南西北四方，“欽若昊天，曆象日月星辰，敬授人時”。其中命官使去東方的敘述如下：

分命羲仲，宅嵎夷，曰陽谷，寅賓出日，平秩東作。

那就是說，在堯帝之時曾命天文官使羲仲去陽谷，寅賓出日之禮，平秩東方農作。陶罇是古代儀式禮器，大汶口文化四個陶罇上所刻之象形陶文似乎會意在東方的使命（見圖8）。因此很可能刻有象形斧與象形鋤的兩個陶罇是為平秩東作的禮器；刻有陶文與的兩個陶罇是為寅賓出日的禮器。以年代來講，這四個大汶口文化的陶罇年代與傳統堯帝的年代是大致符合的。

用〈堯典〉篇來辨認這些陶罇的功用，同時也給罇上的陶文一個釋意的根據。那就是說，要符合這辨認，陶文和必與日出有關。因此，邵望平同意于省吾把這陶文釋為“且”字但不同意唐蘭釋為“炅”字以表示“熱”的意思^⑰。于省吾釋這陶文的方法是把的形象分析為“山上的雲氣承托著初出的太陽”而得“且”字，然後把認為的簡體省掉下部的山字。因此他認為《說文解字》中給“且”的解說“已與造字初義不符”^⑱。唐蘭認為不是“山”而是“火”字，故釋為“炅”字，但同樣地認為為的簡體字^⑲，值得注意的是單獨就可能是日出照地的象

^⑮ 李昌翰，〈大汶村新石器時代彩陶上的天文圖象〉，《文物》，1983（8）：52-54；
Xi Ze-Zong（席澤宗），“New Archaeoastronomical Discoveries in China”，
Archaeoastronomy VII（1-4）：34-45（1984）。

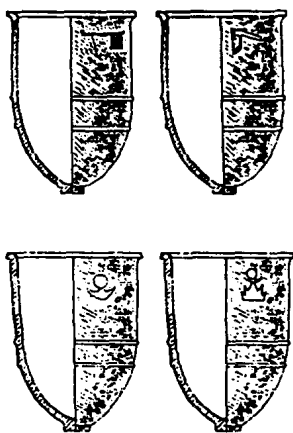


圖 8 刻有陶文的四個大汶口文化陶罇的形制示意圖

形，會意“明”的意思。這釋法與《說文解字》給“旦”的解說：“明也，从日見一上，一地也”也符合。因此△本身就可能是原始的“旦”字，不是由𠄎簡化而來的。陶文𠄎不是原始的“旦”字，應認為是由△與𠄎兩字合體而成的合體字。事實上，把𠄎釋為“火”字也並不一定與〈堯典〉篇的“寅賓出日”有所衝突。因為△與𠄎合起來可表示日出照地明亮如火，會意“見”的意思。“炅”字的原意為“見”與“光”同，“熱”的意思是後來演引而來的。因此，𠄎可能是原始的“炅”字。不論這兩陶文是否與原始的“旦”和“炅”字有關，其形象的確有使人會意日出的作用。《世本》把文字的起源歸功於倉頡，當然文字是逐漸演進而來的不歸功於一人。如果這傳說有其事實性，那就是說文字在倉頡時代已堪用了。倉頡約早於堯帝時代，這與大汶口文化象形陶文的年代也大致符合。

值得注意的是〈堯典〉篇還記有下面四句：

日中星鳥，以殷仲春。

日永星火，以正仲夏。

宵中星虛，以殷仲秋。

日短星昴，以正仲冬。

這記載是說在堯帝時代以鳥、火、虛、昴四組恆星來認春分、夏至、秋分和冬至四節氣。那就是說，在那時已知道這四組恆星的赤經相當於 90°、180°、270° 和 0°。因歲差的原因，春分點大約每 71.6 年西移一度，所以現在這四組恆星的位置與這四節氣關係也早已遷移了。如果用黃昏六時為觀察時間，向後推算回到堯帝時恆星與節氣的關係，可得觀察這關係的時代大約在 2400 B.C.^{①⑥}。這年代與大汶口文化的陶罇年代也大致符合。在此應提起，雖然黃昏六時是傳統的觀察時間，向後推算因觀察時間不同而有差異，因此這計算不能確證以上的看法。但傳統堯帝的年代，陶罇出土文化層的年代，與推算恆星與節氣觀察的年代均能大致互相符合是值得注意的。

以上對大汶口文化陶罇及其象形陶文的分析與看法雖配合多方面的資料與論據，但仍不夠精確，需要更進一步的證實。最理想的是在南西北其他三方向的遺址也能發現符合《尚書》中〈堯典〉篇所記載天文官使任務的類似文物的出土，這樣無疑地可確定〈堯典〉篇的可靠性。〈堯典〉篇中所載有關天文方面的知識與考古學中的大汶口文化和龍山文化是有密切關係的，這方面的研究工作是值得鼓勵的。

四、甲骨文中的數學知識

甲骨文的發現給研究有關商代科學方面的知識提出重要的線索與資料。分析甲骨文中記錄年月旬日的方法，我們對商代日曆及其閏月方法有了更進一步的認識^{①⑦}。甲骨文中所記錄的天象觀測，如日蝕、月蝕以及新星的出現與消失都是現代所無法再觀測的實際記錄，雖以現代水平來說，

①⑥ 最早用此法計算觀察時代的是 J. B. Biot 在 *Études sur l'Astronomie Indienne et sur l'Astronomie Chinoise* (Paris: Lesvy, 1862), p.263.

①⑦ 董作賓，《殷曆譜》（1945）；陳夢家，《殷墟卜辭綜述》（1956）；戴內清，〈殷歷に關する二、三の問題〉，《東洋史研究》15 卷第 2 號（1956）。

這些記錄不夠精密，但對研究天體運動及其形成仍為珍貴資料。因此考查與分析甲骨文中天象記錄，對現代天文學之研究還是有其價值。在這方面研究的近來例子，如用甲骨文中的日蝕記載，配合其他古代天象記載以求地球自轉速度的減慢率^⑮，及把甲骨文中所載公元前十四世紀的「新大星」與 γ -源 2gc 353+16 對應^⑯。甲骨文資料在天文方面的應用與研究已有顯著的進展，但從事於研究甲骨文中其他科學知識的工作，例如數學、氣象、醫學等方面的研究工作^⑰，並無特殊的發展。甲骨文給商代數字系統提出重要的資料。此節討論甲骨文中有關數字系統方面的知識與線索。

（一）數字體系方面的創作

現用漢文數字屬於以“十進制”為原理的數字系統。不但有十個單位數字：〇、一、二、三、四、五、六、七、八、九，其基本組數十、百、千、萬等也是以十進制構製，如十個一進為十，十個十進為百，十個百進為千等等。這類數字系統以乘法為構造原則的最為先進，可分為“字符組合數字系統”與“排位數字系統”兩種^⑱。其不同在表達基本組數的方法，前者是以“字符”，後者是以“排位”表達基本組數，漢文數字屬於“字符數字系統”。例如三千四百八十二，其基本組數是以千、百、十字符表達。如用國際通用的“排位數字”，此數可寫為 3482，其中基本組數是以排位表達，2 在個位，8 在十位，4 在百位，3 在千位。

⑮ 見 K. D. Pang (彭颺鈞), H. H. Chou (周鴻翔), K. Yau, J. A. Bangert and D. A. Ahluwalia, "Shang Dynasty Oracle Bone Eclipse Records and the Earth's Rotation Rate in 1302 BC", *Bulletin of American Astronomical Society*, 21(1989).

⑯ Zhen-Ru Wang (汪珍如), "Two Gamma-Ray Sources and Ancient Guast Stars", *Science*, 235: 1485-1486 (1987)。此文獻由席澤宗先生提供，作者在此致謝。

⑰ 甲骨文資料在氣象方面的應用與研究見竺可楨，〈中國近五千年氣候變遷之初步研究〉，《考古學報》1972(1)，及劉昭民，〈中國歷史上氣候之變遷〉(台北：商務印書館，1982)，頁 29-39。

⑱ Cheng-Yih Chen (程貞一), "The Development of Numeration Principles in Current Positional Numerals", in *Proceedings of the 3rd International Conference on the History of Chinese Science* (Papers in English edition, 1984); *History of Mathematics in Chinese Civilization* (聖地亞哥加州大學中國研究課目 170 講義, 1980)。

甲骨文之出土不但給漢文“字符組合數字”提出最早實證，並給古代籌算中“排位數字”重要考證的線索。雖然甲骨文中之數字早已認定^②，但研究其構造演變及其與籌算“排位數字”的關係較少，李約瑟與王鈴曾建議籌算“排位數字”中位值的概念是由甲骨文數字中基本組數的字符演變出來的^③。分析甲骨文數字和籌算數字的構造及其演變，我們可見位值的概念產生於籌算數字本身，基本組數字符的出現與位值概念是有密切的關係，但後者不是由前者演變而來的。

(二) 甲骨文字符組合數字

甲骨文所載事蹟中常常有數目記錄，李儼早在 1937 年已有系統的收集，表 2 列入現有甲骨文中的數字^④。

表 2 甲骨文中出現的數字 (1400 B. C. - 1100 B. C.)

一	二	三	四	五	六	七	八	九
1	2	3	4	5	6	7	8	9
十	二十	三十	四十	五十	六十	七十	八十	
10	20	30	40	50	60	70	80	
百	二百	三百	四百	五百	六百		八百	九百
100	200	300	400	500	600		800	900
千	二千	三千	四千	五千			八千	
1000	2000	3000	4000	5000			8000	
萬		三萬						
10000		30000						

其中第一行是甲骨文數字中的單位數字，甲骨文數字中的基本組數的字符，可由分析表 2 中第二行到第五行的數字而認定，列於表 3。由表 2 與表 3，可見甲骨文數字是以乘為構製原理的十進位字符組合數字，例如甲

② 朱芳圃，《甲骨學文字編》（上海：商務印書館，1933）。
 ③ Joseph Needham (李約瑟) and Wang Ling (王鈴), *Science and Civilisation in China* (Cambridge: Cambridge University Press, 1959), vol. 3, sec 19, p. 83.
 ④ 李儼，《中國數學史》（上海：商務印書館，1937）；李儼和杜石然，《中國古代數學簡史》（香港：商務印書館，1976）。