古代的金屬工藝

陳　良　佐

上　篇
有色金屬與青銅冶鑄工藝
甲、金、銀、錫、鉛、水銀等金屬工藝
乙、青銅冶鑄工藝
一、銅的起源
二、春秋戰國的採礦技術
三、選　礦
四、冶銅爐
五、青銅的冶煉
六、製　范
七、銅器的鑄造
八、春秋戰國青銅器的發展
九、青銅器包金銀和外鍍金屬工藝
十、青銅器裝飾工藝
下　篇
鐵鋼冶鑄工藝
一、鐵的起源
二、塊煉鐵與鑄鐵
三、鼓風爐與生鐵的冶煉
四、春秋戰國鐵器的發展
五、鍛鑄鐵和柔化處理技術的發展
六、滲碳鋼和淬火
七、鐵兵器
八、結　論

上　篇

有色金屬與青銅冶鑄工藝

引　言

本文是討論先秦金屬工藝的發展和成就。古代的金屬包括了金、銀、錫、鉛、銅、水銀等有色金屬和鐵。青銅和鐵是古代最重要的兩種金屬，是本文研討的重點。

商代是我國青銅工藝發展的重要時期，已有專文詳論。作者在本文中討論的重點是以春秋戰國的金屬工藝爲主。

甲、金、銀、錫、鉛、水銀等金屬工藝

一、金

金有美麗的黃色和光澤，富延性和展性，在空氣中不氧化，並有抗腐蝕性。金的產量不多，從古至今一直都是貴重的金屬。金的用途，在戰國作裝飾品或鑄造貨幣。黃金製的用器，在古代的遺跡中，還未發現。

金主要是以自然金存在於自然界。石英礦脈中的金，稱山金；於河中沙石者，稱砂金。我國古代得到的金，大概是從砂中淘出的砂金，由礦石中開採者很少。

殷墟出土的遺物中，有金塊、 金片、金絲、金葉以及包金銅泡[1]。 殷代的黃金加工技術，已相當的熟練，侯家莊出土的金葉極薄，厚皆不超過 0.2mm[2]。有的金箔厚度，僅有 0.010mm. ± 0.001mm. ；金相組織：「其晶粒度大小不均勻，而且晶粒界平直」說明這是經錘鍛加工和退火處理的[3]。

西周或東周初年出現了純金製的金泡，辛村出土的包金金獸頭是極精美的包金工藝[4]。

春秋時代黃金加工技術比之殷和西周進步，除了錯金工藝以外，並且也發明了壓

本文爲中國上古史待定稿第四本之一章。審閱人：李濟之、許倬雲二位先生。

書名縮寫：

集刊，中央研究院歷史語言研究所集刊。

備要，四部備要。

青，郭寶鈞著，中國青銅器時代，1963年，北平三聯書店出版。

簡，北京鋼鐵學院，中國冶金簡史編寫小組編，中國冶金簡史，1978年，北平科學出版社出版。

通，考古通訊。

參，文物參考資料。

考，考古學報。

古，考古。

1. 青， p. 48；吳振錄，保德縣新發現的殷代青銅器，文物，1972(4)， p. 64。
2. 侯家莊1001號大墓，下冊，p. 334，1962。
3. 簡史，pp. 34-35。
4. 郭寶鈞，濬縣辛村，pp. 61-62，1964。

印花紋的技術。壽縣春秋時代蔡侯墓中出土 12 件黃金飾物，其中有壓印花紋金葉[5]。輝縣戰國墓葬出土的壓花金葉，據云，花紋的作法是將金葉舖在特製的模子壓成的[6]。蔡侯墓出土的壓印花紋金葉的製法，大約也是用模子壓成的。

戰國時代金製工藝更爲精緻，河南輝縣出土戰國一件螭龍透紋黃金劍柄(圖一)，紋飾是以卷曲之螭龍互相纏繞所構成，以中央一頭二身重疊之螭龍爲中心[7]。這件黃金劍柄製作的非常精美，顯示了精湛的技術。很可惜，不知是怎樣製成的，雕製的還是鑄造的？

戰國南方的楚國又用黃金作貨幣，安徽阜陽出土的金幣，每塊上面加蓋「郢爰」二字方印[8]。此種金幣應該是鑄成的。

二、銀

銀與黃金的性質大致相同，同屬貴重金屬，但次於黃金。我國使用銀，大約在春秋末期或戰國初年。關於銀的文獻資料，見於尚書禹貢和山海經[9]。銀在我國出現較晚，可能是我國缺乏重要銀礦。

銀的主要礦石爲輝銀礦（Ag_2S）及角銀礦（AgCl)。自然銀在自然界中存在者很少。而我國僅能從鉛礦中提煉銀。方鉛礦與銀輝礦常共生。用這種礦煉銀，根據菽園雜記（十五世紀）的記載，用灰吹法（Cupellation）；而天工開物的記載，類似近代所謂之 Pattimson 法，卽鉛與銀不生固鎔體，在 2.3% 處析出共晶[10]。至於戰國時代如何煉銀，不能詳考。

湖北江陵戰國（公元前第五世紀）的墓葬中，發現了外包金、銀箔作冥幣的鉛

---

5. 書，p. 48
6. 郭寶鈞，輝縣發掘報告，p. 102, 1956年，科學出版社。
7. 袁德星編，中華歷史文物上冊，p. 234，圖 235，民國65年，河洛圖書出版社。
8. 安徽阜陽地區出土的楚國金幣，考古 1973(3). p. 164。
9. 禹貢，「梁州……貢……銀……。」山海經西山經：「麗堂之山，其上多白玉，其下多銀。」山海經箋疏，四部備要，中華書局，卷二，p. 10b。
10. 菽園雜記，卷 14, p. 162，叢書集成；天工開物，卷下，pp. 236-237，世界本；薮內清，天工開物之研究 pp. 163-165，臺北，1956，中華叢書。

餅[11]。輝縣固圍村戰國的墓葬出土的鏤花銀片，花紋頗爲別緻。這些鏤花銀片大概是鑲在某種器物上用的[12]。

銀的主要用途作裝飾，如戰國時代的金銀錯青銅器，很多都是精美的工藝品（見後）。成都羊子山戰國墓葬中出土了一件銀盤，器壁極薄，成橢圓形[13]。這是迄今爲止，出土古代金銀器中，唯一的一件純銀製的生活用具。

三、錫

錫是青銅原料之一，錫可以從錫礦（SnO_2）直接用木炭原還。殷墟曾出土純錫錠[14]。錫在平常溫度下不受氧及水之侵蝕，所以金屬表面鍍錫可防銹蝕。殷、周青銅器常發現有鍍錫者（見後）。

古代純錫器皿者不多見，湖北江陵望山一號墓槨板銜接處，使用錫攀釘[15]，除此以外，尚未見純錫器。

四、鉛

鉛與錫類似，可從鉛礦直接還原。尚書禹貢載有鉛。殷代已出土鉛器。按鉛的化合物多有毒，鉛質又軟，不能作飲食器與用器。所以鉛在古代多數用來製冥器和青銅。

1955年安陽大司空村，殷代墓中，出土的鉛器計有：觚1、爵1、戈8[16]。洛陽東郊西周墓葬也出土了四件鉛戈[17]，洛陽中州路兩座春秋中期的墓葬，出土的鉛器計有：鼎1、鬲1、盤1、匜1、舟1、戈1、冑2、銜2。這些鉛器都是仿照銅器製成的。又中州路1號墓出土戰國初期鉛人一個，高27.6厘米，雙膝跪坐，手持圓筒，

11. 湖北江陵三座楚墓出土大批重要文物，文物，1966(5), p. 36。
12. 輝縣發掘報告，p. 103。
13. 成都羊子山第172號墓發掘報告，考古，1956(4), p. 18。
14. 高去尋先生見告。
15. 同註 12, p. 36。
16. 青，p. 48。
17. 同前。

造型生動，眉目清晰，大概是「童子隅坐而執燭的燭臺」[18]。

五、水　　銀

水銀又稱汞，自然界偶而也有自然生成的汞。汞的最主要礦石爲辰砂。汞或水銀這兩個名詞，不見於先秦的典籍。不過司馬遷記載秦始皇的墓，以水銀爲江河。史記（卷六）秦始皇本紀六：

葬始皇……以水銀爲百川江河大海，機相灌輸……。

戰國墓葬出土一些銅器表面帶金。一些學者主張是鎏金，是用汞齊鍍金法（見後）。此說若是無誤，這是表明戰國時代已經成功的從辰砂（HgS）煉出水銀來。

乙、青銅冶鑄工藝

一、銅的起源

青銅是接着紅銅的冶煉而來。我國甘肅齊家文化遺址中發現了不少的純銅器，含銅爲 99.87%；銅器有澆鑄的，也有鍛製的[19]。齊家文化 C^{14} 的測定年代距今 3690±90或 3660±95年[20]，卽公元前17世紀。又龍山文化遺址中也發現了紅銅鍛造器，在商代早期的文化遺址中發現了數量很少的青銅小刀[21]。河南偃師二里頭第三期商代早期文化遺址出土了青銅或紅銅製的鑿、刀、鏃、爵、錛等；例如一件銅爵含銅爲92%，錫 7 %；一件銅錛，銅 98%，錫 1 %[22]。由此看來，二里頭的銅器，可能是青銅器的原始時期。二里頭第三期文化，C^{14} 測定的年代爲公元前 1245±90，樹輪校正年代

18. 同前。
19. 甘肅武威皇娘娘臺遺址發掘報告，考古學報，1960(2)，pp. 59-60；甘肅永靖大河莊遺址發掘報告，考古學報，1974(2)，pp. 53-54；甘肅永靖秦魏家齊家文化墓地，考古學報，1975(2)，p. 74；武威皇娘娘臺遺址第四次發掘，考古學報，1978(4) pp. 435-436。
20. 李衆，中國封建社會前期鋼鐵冶煉技術發展的探討，考，1975(2)，p. 1。
21. 江蘇出土文物選集，p. 24，1963 年，文物出版社；新中國考古的收穫，p. 44，1961年。
22. 河南偃師二里頭早商宮殿遺址發掘報告，考古，1974(4)，pp. 238-239；河南偃師二里頭遺址三、八區發掘簡報，考古，1975(5)，p. 304。

爲 1450±155 B. C.[23]。有的學者推論青銅的冶鑄技術是商族人發明的，發明時間大約在夏代[24]。

二、春秋戰國的採礦技術

近代所謂之青銅，乃是銅、錫的合金；但古代的青銅，卻是銅、錫、鉛的合金，其中銅爲最主要的成分。古代的礦坑，目前只發現春秋戰國時代採銅的礦坑，即湖北大冶銅綠山礦井遺址，12線礦井是屬於春秋時代；24線，則是戰國時代。

人類最初採礦必然是露天開採，及至表層礦藏採盡以後，就必需深入山腹及地下。於是複雜的採礦技術從而得到了發展。

湖北銅綠山 12 線古礦井深入地表 40 餘米，24 線深入 50 餘米[25]。礦井採用了竪井、斜井、斜巷、平巷相結合的開拓方式。初步的解決了井下的通風、排水、提升、照明和巷道支護等一系列的複雜技術。

通風方面，利用井口高低不平產生的氣壓，形成自然風流，並採取密閉已廢棄的巷道來控制風流，使其流向採掘的方向，保持空氣達到工人採挖的地區。

排水方面，利用木製水槽等簡單工具，構成地下排水系統，把水引向井下積水坑，再用水桶提升井外。

提升方面，利用轆轤提升。轆轤並非古代通常用的滑車，反而與後世裝有曲柄軸的轆轤類似。它是一個圓木軸（見圖二），裝上支架，重物繫於圓木軸上，軸上鑿孔一圈，插入木條，扳動木條，就可使重物上升[26]。

巷道支護方面，爲了防止井巷崩塌，礦井都用木材作了支護工作；創造了「榫接」和「搭接」相結合的支架形式，有效的承受了巷道的頂壓、側壓和底壓。直到今日有的巷道支架還相當牢固。

特別值得重視的，當時已創造了分段充填的上行採礦法，即從礦層底部由下而上

23. 李衆，中國封建社會前期鋼鐵冶煉技術發展的探討，考，1975(2)，p. 1。夏鼐，碳-14 測定年代和中國史前考古學，附表，考古，1977(4)，p. 229。
24. 江蘇出土文集，p.24。
25. 湖北銅綠山春秋戰國古礦井遺址發掘簡報，文物，1975(2)，pp. 2-3；簡史，p. 52。
26. 同前註，p. 8，圖一六。

逐層開拓平巷，在井下將採下的礦石經過分選，以貧礦、碎石和泥土充填廢巷，運出的大多是富礦[27]。

採掘的工具，春秋時代的礦井中發現了木槌、木瓢及銅製的斧和鈽等；戰國時代的礦井發現了竹、木和鐵器，24線戰國的礦井出土的工具：

(1) 採掘工具：鐵斧、鐵鑽、鐵錘、鐵耙、鐵鋤、木槌。

(2) 裝載提運工具：竹畚箕、竹筐、藤簍、木轆轤、木鈎、大繩。

(3) 排水工具：木水槽、木桶、木撮瓢[28]。

總之，春秋戰國時代，利用簡單的工具，初步的完成了一系列的採礦措施，可以順利的將地下的深礦開採出來。

三、選　　礦

銅綠山是銅、鐵共生的礦床，礦床中含有的礦物計有：孔雀石（$CuCO_3 \cdot Cu(OH_2)$）、赤銅礦（Cu_2O）、自然銅、褐鐵礦（$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$）、磁鐵礦（Fe_2O_4）和赤鐵礦(Fe_2O_3)。當時主要開採的對象是自然銅和孔雀石[29]。按孔雀石呈綠色；赤銅礦，老紅色；自然銅，金紅色。依照礦的顏色來選礦和找礦，應當是古人使用的方法。殷墟，發現了許多孔雀石，有的竟達 18.8 公斤[30]。這是說明殷人藉着銅礦的色澤建立了初步的選礦法。

銅綠山第12線礦井中發現了船形的木斗和木瓢，船形木斗可能是淘洗礦的工具，類似今天的「淘金斗」。「此種木斗裝上礦土，在水裏淘洗，比重較小的泥沙被淘去，比重較大的礦物就沈澱在盤裏，類似今天的重力選礦法，用來鑒定礦石品位的高低，確定井巷的開掘方向」[31] 並且保證運出來的都是富礦。

至於鉛、錫礦的開採，亦必與採銅相類似。

---

27. 石文，湖北銅綠山春秋戰國古礦井遺址是奴隸創造歷史的光輝見證，文物，1975(2)，p. 14；簡史，p. 53。
28. 上文見於註25、27，文物，1972(2)，pp. 1-18。
29. 湖北銅綠山春秋戰國古礦井遺址發掘簡報，附錄：湖北銅綠山古礦井的地質情況，文物，1975(2), p. 10。
30. 劉嶽震，殷代冶銅術的研究，安陽發掘報告第四期，p. 681, 1933。
31. 同註 29，p. 2。

四、冶　銅　爐

商代冶銅爐可能有兩種：一種通常稱爲將軍盔；另一種爲大口尊的陶缸。鄭州出土的大口尊（圖三）口徑爲 38.8 厘米，壁厚二厘米，殘高 55.4 厘米；尊的內外都塗有草拌泥，內壁燒流了，並粘有銅渣、木炭[32]。

殷和西周的冶銅爐，已能產生 1200°C 高溫。因此對耐火材料的問題也獲得了解決；並且可能有了原始的鼓風設備。冶金學家對商和西周的煉爐檢查的結果：

> 爐襯的耐火材料是由石英砂和粘土組成的，石英顆粒細小均勻，帶有棱角，這說明原料是經過人工粉碎、篩分、混合以及成型等工序。對爐壁和爐渣熔點進行測定結果，爐壁熔化溫度一般是 1160-1200°C ， 而爐渣熔化溫度是 1100-1200°C。達到這樣高的溫度，說明了當時可能已有原始的鼓風設備[33]。

春秋戰國時代的冶銅爐一定有所改進。生鐵的冶煉，顯示春秋末期已有高爐。毫無疑問的 ， 生鐵的發明是在冶銅的基礎上發展出來的 。 如果煉爐與鼓風設備沒有改進，生鐵很難出現。出土商代煉銅坩鍋，有的直徑竟達86 厘米[34]。這一事實足以說明春秋戰國高爐出現的可能性。春秋時代的煉爐爲竪爐，由「爐基、爐缸、爐身三部分組成 ， 幷有風口、風溝、金門等設施，基本具備了近代鼓風爐的式樣 ， 銅渣含銅量爲百分之零點七左右，這個指標相當於歐洲十九世紀末葉冶煉同類礦石的小平 [35]。

根據出土的遺物，來推測古代煉砂與鑄器是分開的。煉銅大概在礦山附近，煉出的銅或錫，運到城市附近的鑄造作坊精煉並鑄造青銅器。在銅綠山礦場遺址，發現了十餘個餅狀銅錠以及數座煉爐 [36]。礦山附近煉砂，不僅爲着燃料方便的緣故，也爲減少運輸礦石的困難。

五、青銅的冶煉

青銅發展的歷史過程，研究我國古代銅器的專家萬家保先生，引西人 Lueas 的觀

32. 簡，p. 27，圖 1-9。
33. 簡，p. 28。
34. 張子高、楊根，從侯馬陶范和興隆鐵范看戰國時代的冶鑄技術，文物，1973(6)，p. 63。
35. 文物考古工作三十年 p. 301，文物出版社，1979年，北平。
36. 同註 29，p. 1。

點，可分三個階段：(1) 銅礦石加錫礦石（或鉛礦），在煉爐中煉出青銅；(2) 將煉出的銅錠，加錫礦(或鉛礦)，或錫錠加銅礦；(3) 將已經煉好的銅、錫(或鉛)，按一定的比例混合後，在爐中冶煉[37]。殷代青銅的冶煉是屬於最後的一個階段。安陽殷墟出土了純銅錠和錫錠[38]。銅，經過化驗，含銅量高達 99.2%[39]。這是說明殷代青銅的冶煉，是先煉好銅和錫，以後再煉成青銅[40]，而且銅和錫可能還經過精煉一步手續。

按純銅和純錫硬度低，青銅的硬度隨含錫量增加。照商、周青銅器化學分析資料來看，其主要成分爲銅、錫、鉛，以及一些微量元素。在29件商和西周的青銅器化學分析，銅的含量73.38-96.06，錫和鉛，3.68(1.83+1.85)—24.51(12.10+12.41)，鐵、鎳、矽等微量。其中錫、鉛含量佔 10-20 %之間者，有 19 件，而且絕大多數青銅器中，含錫量多於鉛，有的甚至全不含鉛，或全不含錫[41]。

上述29件青銅器中，有五件戈，所含銅、錫、鉛的量分別爲：(Cu%)88.98, (Sn%)4.01, (pb%)2.59; 82.72, 13.16, 0.78; 87.44, 10.75, 0.10; 73.38, 12.10, 12.41; 84.31, 11.65, 0。由這些數據來看，銅、錫（十鉛）的比例與考工記 80:20 或 75:25 的規定不合。萬家保先生根據他所見的資料，也是如此[42]。

青銅中含錫的成分佔17-20%時，最爲堅靱，30-40%時，硬度最高。同時青銅的色澤亦隨錫的含量，由少到多而發生變化：赤銅色⟶赤黃色⟶橙黃色⟶淡黃色⟶灰白色[43]。古人在長期的經驗中，逐漸獲得了錫在青銅中含量的關係，從而利用此種特性，鑄造功能不同的青銅器。並且從經驗中總結出六齊的規律。

周禮考工記是古代工藝製造的紀錄，其中記載了冶煉青銅，銅、錫配合的比例。關於此書的年代，有春秋或戰國兩種說法[44]。作者目前的看法，考工記寫成的時間，

37. 萬家保，論殷商的青銅技術及其相關的問題，東吳大學，中國藝術史集刊，第五卷，p. 7, 1975 年。
38. 史語所考古館存有安陽出土之純錫錠塊，高去尋先生見告。
39. 簡，p. 23。
40. 日本學者，藪內清與佐藤武敏等亦主張殷代青銅是先煉出銅、錫，以後再合煉成青銅，見中國古代的科學，藪內清著，宋念慈譯，中華復興月刊，第五卷，第五期，p. 50；佐藤武敏著，中國古代工業史の研究，昭和52年，第二版，p. 313，吉川宏文館。
41. 簡，pp. 23-24，表 1-2a, 1-2b, 1-3。
42. 萬家保，殷商的青銅工藝及其發展，大陸雜誌，41卷，4 期，p. 11，1970年。
43. 青，p. 12。
44. 郭沫若主張考工記是「春秋年間的齊國官書」，見十批判書，p. 28。1956 年；簡史的作者，亦從此說，p. 72；郭寶鈞先生認爲考工記是戰國時代工藝製造的記錄，見山彪鎮與琉璃閣，p. 10, 1959 年。

下限不會晚於戰國中期，最可能是春秋末年（公元前第六世紀）到戰國初年的作品（將來或有專文討論）。考工記云：

> 金有六齊；六分其金而錫居一，謂之鍾鼎之齊；五分其金，而錫居一，謂之斧斤之齊；四分其金，而錫居一，謂之戈戟之齊；參分其金，而錫居一，謂之大刃之齊；五分其金，而錫居二，謂之削殺之齊；金，錫半，謂之鑒燧之齊[45]。

周禮冢宰治官之職：

> 亨人：掌共鼎鑊，以給水火之齊[46]。

鄭注云：「齊，多少之量」[47]。又段氏說文解字注云：「今人藥劑字，乃周禮之齊字也」[48]。所以齊字卽量的配合；六齊卽是六種銅、錫配合而成的六種青銅。引文的「金」字究竟是指青銅，還是純銅？考工記的本文曖昧不明。因此六齊的銅錫之比便有了A（金爲青銅）、B（金爲純銅）兩種計算，如下表：

合金名稱	銅和錫之比		含銅量(%)		含錫量(%)	
	A	B	A	B	A	B
鍾鼎之齊	5:1	6:1	83.33	85.71	16.66	14.29
斧斤之齊	4:1	5:1	80	83.33	20	16.67
戈戟之齊	3:1	4:1	75	80	25	20
大刃之齊	2:1	3:1	66.66	75	33.33	25
削殺矢之齊	3:2	5:2	60	71.43	40	28.57
鑒燧之齊	1:1	2:1	50	66.66	50	33.33

這兩種計算的方法，那一種合理呢？目前尚難確定。照考工記文字而論，A項的解釋似乎合考工記本意。但根據青銅器化學分析的資料而言，B項的解釋更適合。例如近代學人對先秦銅鏡的分析，錫的成分，從未超過31%，如超過32%，青銅則變脆而不合用[49]。湖南戰國出土的銅器，兵器的化學成分分析的結果：銅的含量由71%～78%；錫的含量爲14%～18%；鉛，1%～10%；銅鏡的成分：銅，66%～71%；錫，19%

45. 卷 40, p. 6a，四部備要。
46. 同前註卷 4, p. 6a。
47. 同前註。
48. 說文解字詁林正補合編，劑字條，鼎文影印，冊四，p. 866。
49. Joseph Needham, *Science and civilization in China*, Vol IV: 1, p. 89, 1962。

～21％；鉛，2％-3％[50]。由這些資料顯示，銅錫的配合與B項戈戟、大刃和鑒燧比較接近。

從考工記的六齊以及上述銅器化學分析資料的結果來看，春秋戰國時代青銅器含銅量普遍的比商、西周低，而錫鉛的含量反而提高。這表示青銅技術的進步。尤其戰國的銅器，通常「壁薄形巧，花紋精細，對青銅鑄造性能的要求更高」。增加錫和鉛的含量，可降低青銅熔點，提高銅液的流動性，改善鑄造性能[51]。

考工記的六齊雖然與當時實際銅、錫配合的比不盡符合，但無法否認的一件事實：六齊是從長期經驗中歸納出來的配方，基本上，符合器物性能的實際需要。青銅含錫量過高，固然剛而脆，變得不實用；但含量若在30～40％，青銅成灰白色，可以返光作鏡子。出土的銅鏡成碎片者，其含錫量接近33、33％[52]。所以考工記六齊錫的含量，基本上符合實際的需要。

研究青銅器的學者萬家保先生，對六齊中錫的含量（A、B兩種比例合併考慮）與青銅機械效能作了考察，證實古代青銅抗拉強度和硬度與近代青銅機械性質相比，兩者的差約在百分之五左右[53]。所以六齊確是累積了前人「鑄造青銅合金的經驗，所形成的合金成分與器物的關係，綜合而得的結果」[54]。

就現有青銅化學分析的資料，絕大數的青銅中都含有鉛。前已提及，殷代鉛戈是作冥器。這顯示殷人已能區分鉛、錫是兩種不同的金屬。商、周以來，青銅器就含有鉛，有時含鉛的量很多。可以肯定，青銅器的鉛，並非無意摻入的。冶煉青銅時，鉛能增進銅液的流動性，進而使銅器表面紋飾更細緻。關於這個問題，萬家保先生有極精闢的說法：

> 鉛在青銅中游離存在，有增進青銅的流動性，增進表面的緻密度，和改變合金的色澤諸作用。鉛在青銅中的化學物理性能和錫完全不同的。這一事實應該最遲在春秋時期業已發明了[55]。

---

50. 揭開戰國兵器合金的秘密，參，1957(8)，p. 85；夏鼐，沈括和考古學；考，1974(2)，p. 6。
51. 簡，p. 74。
52. 青，p. 12。
53. 殷商青銅的金相學研究，史語所專刊，pp. 9-12，1970 年；同註 37，p. 10。
54. 殷商青銅的金相學研究，p. 12-13。
55. 中國古代青銅器金屬組織初探，大陸雜誌，49卷，3 期，p. 3。

至於青銅器中含有鐵、鎳、矽、金、銀等微量元素，乃是由銅、錫、鉛礦帶進去的，因爲古代不能煉出百分之百的純金屬。

鑄造銅器以前，銅與錫皆需精煉，考工記云：「㮚氏爲量：改煎金、錫，則耗。不耗而後權之」[56]。金屬冶煉的時候，也憑藉着火焰的顏色來判斷爐內化學反應的進度。古代沒有儀表，全憑經驗，觀察火焰是最重要的一個方法。考工記接着前文，又陳述精煉青銅過程的火候：

> 凡鑄金之狀：金與錫黑濁之氣竭，黃白次之；黃白之氣竭，青白次之；青白之氣竭，青氣次之；然後可鑄也[57]。

冶金學者認爲古人藉着火焰的顏色，對青銅合金冶煉時的物理化學反應過程，觀察的非常周詳，顯示出當時熟練的冶金技術。關於上述煉爐內化學反應的現象，冶金學者作的解釋：

> 物質加熱時，由於蒸發、分解、化合等作用而生不同顏色的氣體。開始加熱時，銅料附着的碳氫化合物燃燒而產生黑濁氣體，隨着溫度的升高，氧化物、硫化物和某些金屬揮發出來形成不同顏色的烟氣。當呈青色時，說明銅錫中所含雜質大部分都跑了，就預示着精煉成功，可以澆鑄了[58]。

我國成語的「爐火純青」就是指精煉青銅時火候而言。

六、製　　范

㈠ 陶　　范

范是用以鑄器的模型，商代青銅器絕大多數用陶范鑄成的，只有極少數器形簡單的器物用石范或石膏范，如江西吳城出土的石製鋌范（圖四）以及包頭出土戰國安陽方足石質布范[59]。所謂陶范，是用陶土製成，再加火烘烤。殷人製陶范，茲不贅敍。

1960～1961年山西侯馬村出土了春秋後期到戰國前期鑄銅陶范三萬餘塊。其中有

56. 卷 40, p. 11a。
57. 同前 p. 12b。
58. 簡，p. 64。
59. 簡，p. 31，圖 1-11；山西陽高天橋出土的戰國貨幣，考古，1965(4), p. 169。石膏范，見吳榮曾，中國古代的錢幣，通，1956(4), p. 63。

百餘件能成形配套[60]。這些范有單范與合范兩種。器形簡單者，用單范，一范可以多次使用。器型複雜的空心鑄件，都是用合范[61]。

(1) 製范的材料和溫度　鑄器的陶范共分模范(或母范)、外范和內范三類。侯馬村出土的陶范，經考查的結果，各種范的材料和製法都因其功用和性能的不同而有差異。模范、外范、內范以及外范上塗的草泥，泥、砂成分分別爲(%)：60, 40; 83, 17; 74, 26; 65, 35。模范和外范的土質細膩，砂粒細小而均勻，看來是經過淘洗和選擇。內范和外范的塗泥，土質粗糙，砂粒粗細不勻[62]。各種范製好陰乾後，燒烤的溫度亦不同：模范和外范爲 800°C，內范與外范上的塗泥爲 400°C[63]。

(2) 製范的步驟和方法　根據對侯馬出土春秋戰國陶范的研究，范的製造分以下三個步驟：第一，模或模型依照要造的器物形狀用手或模製造，手製後再雕刻紋飾；模製的紋飾是在模上預先刻好。第二，外范（鑄型），從模范上翻下來的，直接用以鑄造器物。在翻范前，通常模范上塗以草灰或稻糠灰，或一層油作爲脫范的材料，以便於取下[64]。外范的好壞直接影響器物的質量，故對外范製造的要求高。外范材料配好、調好以後，均勻的塗在模范上，陰乾後，放到爐內烘烤。在未完全乾以前，用刀劃成數塊，以便利取范。第三，內范（泥心，萬家保先生稱之心型），也有手製和模製的兩種。內范在澆鑄時，受銅液的衝擊和包圍，故需要一定的強度，承受壓力。當銅液凝固時，有一定的收縮量，故內范亦需有一定的退縮性和透氣性，幫助散發銅液的氣體。爲着解決這些問題，侯馬出土的內范，除了泥、砂比較粗糙以外，並摻入植物質。當內范烘烤時，植物質燃燒後，出現許多氣孔[65]。如此內范便可具有散發熱氣，並增加它的退縮性。

(3) 合范　合范是指各塊外范重新復合，並安裝內范。外范接合是用楔形榫卯，合好後，外邊塗一層草泥。

---

60. 張萬鍾，侯馬東周陶范的造型工藝，文物，1962, (4) (5) 期，p. 37。
61. 同前註。
62. 同前，p. 38。
63. 同前。
64. 張子高、楊根，從侯馬陶范和興隆鐵范看戰國時代的冶鑄技術，文物，1973(6), p. 64；同註60, p. 39。
65. 同註 60, pp. 39-40。

(4) 內范、外范的安裝和固定　有腹腔的器物，必須有內范，內范與外范之間的距離，卽銅器壁的厚度。侯馬內范、外范的安裝和固定有兩種方法。第一種，使用內范座。內范一端有多出鑄件的一塊泥頭，稱內范頭(或泥心頭)，有不對稱的榫；與內范相應的外范，同樣有多出一塊的泥頭，稱內范座（泥心座）；與內范頭的榫，相應的泥心座，做不對稱的卯，范的另一端，外范上做卯，內范做榫[66]。內范頭直徑的大小，可決定銅器壁之厚度。器物鑄好後，內范頭要打掉才能取出內范，所以范只能使用一次。第二種，稱支釘固定法。此種方法多用在小形的鑄件或附件，而且鑄好後，內范不再取出來。內范上的表面做突起的三角形支釘，用這些支釘固定外范和內范[67]。內外范合好，支釘的高度，使內范和外范保持一定的距離，亦卽器壁的厚。

(5) 澆鑄系統　澆鑄系統主要表現在澆口、冒口的設置，侯馬出土陶范澆口有圓形或橢圓形的澆口杯，以及漏斗式的楔形澆口杯兩類，澆口都是設在外范上（圖五）。

冒口亦甚重要，當銅液澆注時所產生的熱氣，能及時排出，以免范脹裂。一般性的鑄件，澆口就可以代替冒口，大形鑄件應專設冒口。但侯馬出土的陶范。還未發現有冒口設置的痕跡[68]。

總之，對侯馬出土的陶范，通過檢查後，得知春秋戰國陶范製造的技術，在多方面顯示出高度的技巧和實用性，有的陶范造型極爲優美生動，紋飾精巧美觀，例如侯馬出土的獸頭陶模范，是一件非常傑出的工藝美術品。

(二) 金　屬　范

陶范製造的技術條件低於金屬范。這兩種范的使用，是社會發展不同層次的顯著標誌。金屬范代表社會對這種器物大量的需求。我國金屬范出現於戰國時代。銅製金屬范主要是用來鑄造錢幣。鐵范，主要鑄農具。

戰國時代工商業發達，貨幣的需求量大增，爲了大量供應貨幣的需要，除了主要

66. 同前註，p. 40-41，圖 4，簡；p. 29，圖 1-10。
67. 同前註，p. 41。
68. 同前註，pp. 41-42。

使用石膏范和石范、沙范外，又發明了銅製的范[69]。

戰國時代造幣，不僅使用了銅范，還發明了疊鑄法。所謂疊鑄法，就是把許多范（陶范或金屬范）層層疊起來，用一個總澆灌口，一次鑄出許多產品。河南新鄭縣，鄭、韓故城冶鐵遺址出土的多澆口多層鎒范[70]。戰國齊刀幣就是使用多層疊鑄法[71]。有的沙范或石膏范，一次可以鑄出三個齊刀或一次十個圓形銅幣（圖六）[72]。

戰國時代最重要的金屬范是鐵鑄的農具范，河北興隆發現的戰國鐵鑄工具范，有鋤、鎌、钁、斧、鑿、鏟等[73]。其他的鐵器如犁、臿等，可能也是用鐵范翻鑄的。

河北興隆出土的白口鐵工具范，分單范和雙合范兩種，白口鐵的雙合范代表了戰國時代鐵范鑄造的成就。例如一付鐵鋤范共三件組成，上、下兩面雙合，上面是平板，下面是鋤的形狀，還有一條四角椎形的鐵心，范的邊緣有三枚子母榫，可使上下兩面范扣合，范的背後有帶弓形的把手，澆口在上端，鑄出的鋤板僅有 0.5 厘米[74]。河北興隆鐵范，具體的代表了當時鑄造技術的成熟：

> 范的形狀與鑄件外貌基本一致，這不僅可以降低鑄范用鐵的消耗，也減輕了范的重量，操作方便，而且可以使鑄范的每一部分冷卻迅速均勻（基本符合散熱均勻和抵抗冷卻形變的強度要求[75]），對鑄件質量和鑄范壽命都可保證。
>
> 另外，從鐵芯使用上也可看出當時技術成熟的程度。在上述的寬面鐵鋤范中，使用了鐵內芯來形成鋤柄孔，即通過鋤范壁插入一根鐵芯子。這是在現代用金屬型鑄造簿壁零件時較難克服的困難，因爲澆鑄薄壁鑄件如不及時取出鐵芯，將會導致裂紋和裂口的產生。這也說明當時的人民已經掌握了相當成熟的技術[76]。

---

69. 朱活，談山東濟南出土的古代貨幣——兼論春秋戰國時期有關各國鑄幣的幾個問題，文物，1965 (1)，p. 42。吳榮增，中國古代的貨幣，1956(7), p. 63；夏江，書刊述評，陳直著，兩漢經濟史料論叢，通，1958(12), p. 51。
70. 簡，p. 118。
71. 河南漢代冶鐵技術初探，考，1978(1), p. 15。
72. 梓溪，談幾種古器物的范，參，1957(8), p. 45，圖 26,27。
73. 鄭紹宗，熱河興隆發現的戰國生產工具鑄范，通，1956(1), p. 29-35。
74. 同註 64, p. 64。
75. 先秦兩漢時期的冶鐵技術與儒法鬪爭，古，1974(6), p. 339。
76. 從侯馬陶范和興隆鐵范看戰國時代的冶鑄技術，文物，1973(6), p. 64。

鐵范，先製陶范，再用鐵液澆鑄。漢代鐵范製作方法，就是這樣。例如鏵犁鐵范，先用「六塊泥范鑄成一套三件的鐵范」[77]。戰國時代應當也是如此。鐵鑄范的發明，目的在供應大量生產的需要，這件事實背後所含的意義非常重大。因爲陶范在一般的情形，只能使用一次；換言之，鑄一件器物之後，就得重新造一個新范；生產的速度和數量因而受了很大的限制。但鐵范可多次重複使用。現代用鑄鐵范生產小型鑄件，每一個范可用 1500～5000 次[78]。所以生產率高，質量亦好。

綜合上述，製范的程序如下：

模型（泥）⟶翻外范（泥）⟶製內范（泥）⟶合范、固定內外范⟶鑄金屬范⟶澆灌器物。

戰國時代金屬范，大都是比較簡單的小型物件，如貨幣或生產工具等等。雖然如此，它在冶金史上輝煌的地位是不能抹殺的。歐洲到了 16 世紀才開始使用金屬范製造生鐵砲彈，而我國在戰國的中期就成功的用鑄鐵范鑄造壁厚 0.3～3 厘米的鋤、臿等農具[79]。

七、銅器的鑄造

春秋戰國澆鑄銅器仍然使用殷、周合范澆鑄法。不過在鑄造方面，普遍的採用了分鑄法（或稱二次鑄造），即將銅器本體與耳、足或其他附件，分別來鑄；鑄好之後，再焊接或嵌鑄成一體。戰國輝縣出土的青銅器多是使用分鑄法。又河北賈各莊出土的公元前第五世紀初葉的銅敦，其上的鈕，再鑄的痕跡非常明顯[80]。

此種分鑄法，實際來自商代，湖南出土商代四羊尊(圖七)，經過專家的研究，此尊確是「普通分塊陶范巧妙地分鑄而成」，「羊頭與角的接聯處可以看到分鑄的鑄痕」[81]。但大體而言，春秋以前多採用通體合鑄法；春秋以後，則多採用分鑄銲接

77. 河南漢代冶鑄技術初探，考，1978(1), p. 17。
78. 同註 77, p. 16，註 (1)。
79. 同前註，p. 18；湖北銅綠山出土的鐵耙，板厚 0.5-2 厘米，文物，1975(2), p. 6。
80. 安志敏，河北省唐山市賈各莊發掘報告，考，1953(6), p. 92。唐山東周的墓葬，原報告定爲戰國早期。但依照洛陽中川路出土的銅器來分期，又定於春秋晚期或戰國早期，見洛陽中州路，p. 130, 1959 年。按該書戰國開始的年代爲403 B. C.。所以吾人若以 475B. C 爲戰國初年，則春秋晚期，即成了或國初期。
81. 簡，p. 33，圖 1-6 p. 20，中華歷史文物，p. 86。

法。

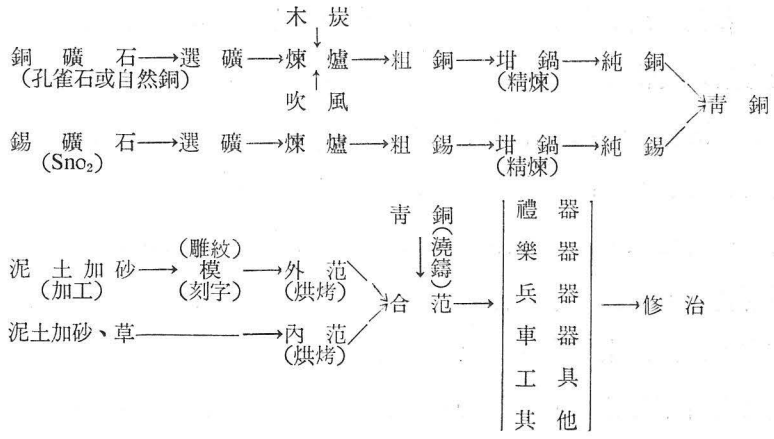
分鑄法的優點，可使鑄件器壁薄，一般的情形可使器壁在二毫米左右。爲着增加其穩定性，耳、足內范的泥心留在壁中。但從另一方來看，不免偷工減料，不如殷和西周的銅器堅固、穩重[82]。

鑄造青銅器最後的一個步驟是修治。去范後，銅器表面粗糙，多稜角，並且暗然無光。所以必須去掉稜角，砥礪磨光。荀子彊國篇對銅器的鑄造，有很扼要的描述[83]：

> 刑范正，金錫美，工冶巧，火齊得，剖刑而莫邪已！然而不剝落，不砥礪則不可以斷繩；剝落之，砥礪之，則劖盤盂刎牛馬忽然耳！

上文的大意：鑄造銅器，必須范型要作得好；銅、錫要精煉；工人的技巧要熟練；銅、錫的比例要配合好，火候要恰到好處（火齊得）；最後砥礪磨光。荀子的話很短，卻把鑄銅器所有的步驟都概括了。

綜合前述，我國古代青銅器的鑄造，從開礦到器形完成，整個程序如下：



春秋時期，我國還發明了銅的冷鍛加工技術。河北懷來縣北辛堡出土了春秋末期一件紅銅槌胎的薄缶；器壁僅有一毫米（mm.）左右，壁的厚薄十分均勻；並且缶的全身（雕？）「有精細、流利的針刻紋」[84]。

---

82. 青，p. 15；簡，p. 68。
83. 世界本，卷11，p. 194。
84. 簡，p. 70。

八、春秋戰國青銅器的發展

春秋戰國的青銅器，是在殷和西周的基礎上向前發展，但是此期鑄造的技術、風格以及用途，均與以前不盡相同。至於青銅裝飾工藝，是這一時期最突出的成就。

㈠ 彝器的演變

出土的殷和西周銅器，以彝器和兵器爲主，而彝器最重要，具有代表性。這一時期的禮器，一般都是厚重而品質高。就藝術和風格的角度來看，造型端重莊嚴，紋飾通常採用圖案化的禽獸紋，如饕餮紋、夔龍紋、夔鳳紋、雷紋等；華美瑰瑋，並且還保留了原始母題的造形。

春秋時代的銅器，在紋飾方面，出現了蟠龍紋、蟠螭紋等。製作紋飾的方法亦有異。殷和西周是把花紋雕在模型上，翻范時，花紋就印在外范上。到了春秋時代，又發明了印紋法，以同一圖案爲單位的木刻印模，連續印在模型上[85]。至於戰國的紋刻法，是器鑄成以後，用鋼刀或硬度高又尖銳的石器刻劃紋飾，有的紋刻竟細如毫髮[86]，其實此種紋刻法，春秋時代就有了，例如前述懷來縣出土銅缶的紋飾，就是用紋刻法。

春秋以後青銅器變化最大的是在風格方面。春秋時代的銅器完全擺脫了西周以前那種呆板、厚重、對稱、千篇一律的作風，「代之以體制輕便，形式新穎、種類繁多等標新立異的新特色」。如河南新鄭出土春秋後期一對蓮鶴方壺（圖八），方圈足下是一頭吐舌歪頭的怪獸，器身爲浮雕蟠虺紋，兩耳爲一對反首吐吞的虎形怪獸，壺蓋是雙層透雕蓮花瓣，中間是亭亭佇立一隻展翅欲飛，伸頸欲鳴的白鶴，造型生動又逼眞[87]。又如山西渾源出土的春秋紋豆，紋飾是以狩獸爲體裁，用紅銅鑲嵌而成[88]。以上兩種銅器（也許不是禮器）造型的風格和紋飾，是以前所未有的。孔子的話：「觚不觚，觚哉！觚哉！」（見論語雍也第六），大概就是感嘆當時製造銅器不遵守古制。此類青銅器，觀賞的意味極重，正說明具有宗教色彩的彝器已趨衰微了。到了戰國時則更進一步代之以藝術品和更多的實用器。

---

85. 青，p. 15。
86. 青，p. 15。
87. 簡，p. 66；袁德星編，中華歷史文物，上冊，p. 193，臺北，1976。
88. 簡，p. 70-71。

青銅彝器多數有銘刻，商代銅器上的銘文字數都很短，到了西周始有長篇的銘文。那時文字刻在模范上，反字。春秋時期仍是承襲前期的方法，不過同時又發明了排字法，例如秦公敦（底？）上的銘文，是用一顆顆字釘，排進內范（？）後，鑄出來的[89]。有的學者主張，古銅器銘文的鑄造，以印刷的觀點來看，前者是雕板，後者是活字印刷術之鼻祖[90]。

（二）青銅工具與實用器具

青銅生活用具和生產工具，在春秋戰國時代，無論是質或量都超越了前代。各種禮器開始不太被人重視了，而各種實用的器物愈來愈佔重要的地位[91]。

生產工具中最重要的是青銅農具的鑄造。商代的銅農具，在數量上所佔的比重一定很有限；西周時代，可能還是如此。但從春秋到戰國中期，銅農具的使用，在某些地區，如三晉和齊魯等地，可能佔有很重要的地位。否則吾人很難理解，戰國中期以前（即鐵器還未廣泛使用於生產），社會、經濟發生巨變之原因。山西侯馬是春秋後期到戰國初期的一個鑄銅遺址。其中出土的大量實用工具范，有成套的鏟和鏃范（圖九）[92]。尤其山西長治分水嶺出土戰國時代的五齒銅耙（圖十）[93]，顯示當時銅製農具已越過了最重要的起土工具，而開始製造一般性的農具。這是銅農具普遍使用有力的間接證明。戰國中期以後突然大量鐵農具的製造，必然是與青銅農具有關。否則鐵農具不可能突然間大量出現。

詩經大雅臣工提到的農具有錢、鎛、銍，大概其中有銅製的。錢，類似鏟。可能是鎒，爲起土的農具。王楨農書云：「錢，……今鍬與鍤同此。……似鍬非鍬，殆與鏟同」[94]。鎛、銍兩種農具，漢劉熙釋名云：「鐏（按：與鎛同）亦鋤類也。……銍，穫黍鐵也」[95]。

銅製的農具，國語和考工記有記載。國語齊語云：「美金以鑄劍戟，試諸狗馬。

89. 圖，見郭沫若，兩周金文大辭系，p. 288。
90. 青，p. 16；鄭德坤，中國文化人類學，p. 42，1973 年臺北影印。
91. 簡，p. 66。
92. 侯馬村古城南東周遺址發掘報告古，1962(2)，pp. 58，62；簡，p. 66。
93. 山西長治市分水嶺古墓的清理，古，1957(1)，p. 111，圖版伍，1。
94. 卷 13，p. 191，商務。
95. 古今逸史，卷 7，p. 1b。

惡金以鑄鉏夷斤劚，試諸壤土[96]。」就國語前後文來看，金應當是銅不是鐵；惡金就是劣質的銅，而且在管子時代還不可能有鐵製農具。又考工記云：「攻金之工……段氏爲鎛，桃氏爲刃。」[97]按考工記冶金之工有六種，段氏爲第五種；其餘五種很清楚的都是冶鑄青銅器。故段氏所製造的農具，必然是用青銅，又考工記云：

粵之無鎛也，非無鎛也；夫人（人）而能爲鎛也[98]。

鄭注云：「粵地塗泥多草蕨，而出金、錫，鑄冶之業，田器尤多。」[99]按粵卽越，例如史記稱粵王勾踐，漢書稱越王勾踐。[100]故考工記所謂之粵卽吳越地區。當時，南方使用青銅農具似乎比之地方更爲普遍。

地下出土的銅農具有鏟、臿、钁、鋤、耜等。

鏟和臿：安陽大司空村殷代遺址，出土的大銅鏟，長 22.45 厘米，重2.25市斤，刃已用卷[101]。江蘇六合程橋出土春秋末期的刃口平直銅鏟，長10.4，寬 7 厘米[102]。臿是古代很重要的起土工具，直到西漢仍然普遍的使用。臿類似鍬，刃部作凹形。在西周到戰國的墓中，出土銅、鐵兩種臿。西周和春秋的遺址，出土都是銅臿，也發現過木臿；鐵口木臿多發現于戰國及西漢的墓中[103]。

钁（或鐝）也是起土的工具，鄭州殷代前期鑄銅的遺址，曾出土了大量鐝範[104]。鄭州二里岡出土殷代的銅鐝與信陽長臺關戰國墓中出土的銅鐝農具是同一型式[105]。殷代鐝的鞏在頂端，故柄爲曲柄[106]，與戰國的鐵鐝不同。輝縣出土戰國的鐵鐝，與近代

96. 備要，卷六 p. 8 b.
97. 卷 40, p. 5 b。
98. 卷 39, p. 2 b。
99. 同前註。
100. 史記卷 100, p. 2979；漢書卷 95. p, 3895；標點本。
101. 青，p. 18。圖版參，1。
102. 江蘇六合程橋二號東周墓，古，1974(2)，p. 119。
103. 文保，馬王堆三號漢墓出土的鐵口木臿，文物，1974(11)，p. 46，圖一；又淮南市八公山區的古墓出土的銅器，有一件春秋吳國末期（根據戈上的銘文）的銅臿（原文爲鐝，但照圖片，似乎應該爲臿），見淮南市八公山區發現重要古墓，文物，1960(7)，pp. 71-72。
104. 簡，p. 15。
105. 簡，p. 17，圖 (2)；青，圖版參，2,3 照圖版所示，殷代鐝與鎒很類似，以往多稱斧或鋳。但從戰國出土的鐵器來看，此種器物有的是斧或鋳，有的應當是作農具的鐝。因爲此種器物內部的「刃部鈍厚，多與農具共存」（見李文信，古代的鐵農具，參，1954(9)，p. 81。
106. 青，p. 18；圖見，參，1954(9)。

華北所使用者，完全一樣（見後）。戰國時代的鐵鏃，大約是從類似銙的銅鏃發展出來的。

鋤是中耕除草的農具。江蘇六和出土春秋末期的銅鋤，器身作凹形，寬刃微弧[107]，與起土農具臿很類似。到了戰國時代的鐵鋤，與近代北方所用者，相去不遠。此種凹形器，命名不一，或稱臿，或稱钁，或稱鋤。竊謂其區別可能是在凹形器的大小重量與裝柄的方法；形較大而重，安有直柄者爲臿；小而輕，安曲柄爲鋤。（圖十一）

耙是平土的農具，山西長治出土戰國的銅耙，僅有五齒，尖鈍，柄細長，方鞏[108]，比近代的鐵耙齒數少。

斧與斤是木工用的兩種工具，斧的刃與木柄的方向相同，用於砍木，亦可作兵器。斤的刃與木柄垂直，用於平木，又名銎。銅斧和銅斤，在殷、西周、春秋、戰國的墓葬都有出土[109]。（圖十二）

刀和削這兩種工具的形狀和功用皆不同，刀是凹背凸刃，用於切物；削反之，凸背凹刃，用於削物[110]。

鑽、鑿、錐三者都是穿孔的工具。鑿穿方孔，用錘打。鑽穿圓孔，用弓旋。錐施於皮革等物，用手捅。青銅鑽殷墟有出土，在卜骨上鑽洞。青銅鑿，從殷初到戰國末，出土了不下數十支[111]。銅錐，小屯出土了兩件，山彪鎮春秋末期的墓出土了8件[112]。

鋸是剖物或截物的工具。最早的鋸是蚌製的。小屯商代的遺址以及山彪鎮的墓葬皆出土了青銅鋸；先秦出土的銅鋸都很短，不超過20厘米[113]，大概施於角、骨等物。至於鋸木的大鋸還未發現。

1975年，在安徽含山縣孫家崗出土了商代中、晚期一件類似的銅鐮，背成弧形，刃部有細小鋸齒一排[114]。此外，江蘇，浙江還出土春秋末期一種青銅鋸鐮，鋸鐮的一面有平行篦狀條紋，另一面爲光面，磨光面就可出現鋸齒形的刃部（圖十三）[115]。以

107. 同註 103。
108. 山西長治市分水嶺古墓的清理，考古，1957(1)，p. 111，圖版伍，1。
109. 青 p. 99；古，1974(2)，p. 119。
110. 青，p. 20。
111. 青，p. 20。
112. 青，p. 21。
113. 青，p. 22；江蘇六合程橋二號東周墓，古，1974 (2)，p. 119；青，圖版貳。
114. 安徽含山縣孫家崗商代遺址調查與試掘，考古，1977(3)，pp. 167-168。
115. 江蘇六合程橋二號東周墓，考古，1974 (2)，pp. 119-120；平樂銀山嶺戰國墓，考古學報，1978 (2)，p. 247，圖版拾貳，6。

上兩種工具，可能是鋸，也可作收穫用的鐮刀。

錯是磨治器物的工具，銅錯還未出現以前，都是用石製的，如詩經小雅鶴鳴：「它山之石，可以爲錯。」商代和西周的錯，還是石製的，到了東周始有銅製的錯。壽春春秋的墓中出土了二件銅錯，一件爲直錯，一件爲彎錯[116]。

刻鏤刀是古代雕刻竹木器的用具，形狀似今日的刻字刀或雕花刀。山彪鎮出土的銅製刻鏤刀，比殷代小屯出土者大[117]。到了戰國時代，可能有了鋼製的鏤刀。

實用青銅器，除了建築構件和車器附件外，還有鏡、帶鈎、燈、爐等等。銅器用具在殷和西周的時期，多半是貴族們享有。但是到了戰國，一些小件日用銅器，已普及到一般庶人[118]。

銅礎是建築房屋木柱下面的基石，最初用石頭，殷的宮室有的建築使用銅礎[119]。到了春秋戰國銅礎的使用就更爲普遍了[120]。戰國後期趙、秦宮室並且使用了銅柱。戰國策趙策一：「公宮之室，皆以鍊銅爲柱」[121]。又史記（卷86）刺客列傳：「荆軻……乃引其七首以擿秦王，不中，中桐（燕丹子，作銅）柱。」陝西咸陽窑店以及小蘇村秦阿房宮遺址，發現了許多青銅建築構件[122]。這是說明銅建築構件已廣泛的用於宮室的建築。

日用銅器出土較多者是銅鏡。銅鏡在殷墟出土了五件[123]。但那時銅鏡的數量可能非常少。一般人都是用水盛在器皿裏來照面，如墨子所說：

> 古者有語曰：「君子不鏡於水而鏡於人。鏡於水，見面之容；鏡於人，則知吉與凶。」[124]

銅鏡的使用，大約到了春秋始漸漸增多，戰國時代已相當的普遍。在春秋早期虢國貴

116. 青，p. 22。
117. 同上。
118. 陳夢家，銅器歷史的發展概要討論，參，1953 (7), p. 128；簡，p. 67。
119. 青，p. 133。
120. 朱捷元，陝西長安縣小蘇村出土的銅建築構件，古，1972(2), p. 109。
121. 四部備要，中華，卷 18, p. 2。
122. 朱捷元，陝西長安縣小蘇村出土的銅建築構件，古，1975(2), p. 110。
123. 高去尋，殷代的一面銅鏡及其相關之問題，集刊，29 本下冊，p. 685。1976 年。安陽殷墟又出土了四件銅鏡，見殷墟考古發掘的又一重要新收穫，考古，1977(3), p. 152。
124. 四部備要，非攻中第十八，卷五，p. 5b。

族墓出土了四面銅鏡，三件是素面的，一件的背部鑄有虎、馬、獸等簡單的動物紋飾[125]。

從上述銅鏡簡單的紋飾來看，春秋早期的銅鏡還是發展的初步階段。到了戰國時代，銅鏡的鑄造便有了高度的成就，尤其在紋飾方面極見技巧之能事。成爲當時傑出的工藝美術品之一的銅鏡，它的紋飾具有多樣化的精美圖案。紋飾一面承襲了殷和西周彝器的圖案，同時也表現了春秋以後紋飾的特色，如植物紋和狩獵紋等[126]。顯示紋飾的方式也是多樣化的，有淺浮雕、高浮雕、透雕、金銀錯和鑲嵌等等[127]。洛陽金村出土的金銀錯狩獵紋鏡[128]（圖十四），極盡華美，充分顯示戰國工藝之技巧。1964年臨淄出土戰國時代的一面大銅鏡，紋飾是錯以金絲並嵌以綠松石和銀質乳丁九枚；製作精工華麗，圖案結構謹嚴[129]。又美國哈佛弗格美術館藏的一面戰國的銅鏡，背面紋飾用藍白二色玻璃珠和玉鑲嵌而成；玻璃珠曾經二千餘年，仍未脫落[130]。

總之，春秋戰國的銅鏡，尤其南方戰國楚式（舊稱淮式）鏡，無論是鑄造技術或圖案設計，都具體的表現了當時金屬工藝的傑出成就。

至於古代銅鏡反光的處理是用什麼方法，目前還未成定論。根據明宋應星的記載，銅鏡開光，先用磨鏡石磨光，再塗以水銀。天工開物，冶鑄第八：

> 鏡……開面成光，則水銀附體而成，非銅有光明如許也[131]。

我國記載磨鏡最早的文獻是公元前二世紀的淮南子修務訓：

> 明鏡之始下型，朦然未見形容，及其粉以玄錫，摩以白旃，鬚眉微豪可得而察[132]。

文中的玄錫，有的學者認爲就是水銀；鏡面塗以水銀後，再用白氈磨光，鏡面的光澤

---

125. 1957年河南陝縣發掘簡報，通，1958(11)，p. 73。
126. 王士倫，試談中國紋飾的發展，參，1957(8)，p. 28；沈從文，古代鏡子的藝術特徵，參，1957 (8)，p. 24。
127. 同前註。
128. 中華歷史文物，p. 217，圖。
129. 齊文濤，概述近年來山東出土的商周青銅器，文物，1972(5)，p. 9. 15-16。
130. 中華歷史文物，p. 223。
131. 卷中，p. 159，世界本。
132. 卷 19，p. 337，世界本。

是水銀磨擦生熱後所引起的變化[133]。另有學者主張玄錫是水銀和錫粉混合劑[134]。但也有不少的學者反對此說，認爲銅、錫合金中，錫佔一半時卽作銀白色[135]。英人李約瑟亦從此說。不過他也提出了其他的方法，李氏認爲古人如在鏡面塗上一層錫，如加熱至 230°C，會使光的反射達到80%。後來則用汞齊敷在鏡面上，使其返光[136]。從「粉以玄錫」這一句來看，作者認爲「玄錫」可能是水銀與錫粉的混合劑。

（三）兵　　器

兵器在青銅器中佔有甚大的比重。春秋以前的兵器均爲青銅鑄造。到了戰國中期以後，鐵兵器始漸普遍；但青銅兵器仍爲秦和西漢重要的兵器；直到東漢時期，除了部分地區仍有少量銅兵器外，主要兵器已全部爲鐵製的[137]。

青銅兵器中最重要者是戈、戟、刀、劍、斧、鏃、鉞、弩及盔等。戈是勾兵；矛是刺兵；戟是勾刺兩用的兵器；斧、鉞是砍劈的兵器；刀是殺兵；劍是刺殺兩用的兵器；弓箭和弩是遠射的兵器；甲、胄、盾是防禦性的武器。今就地下出土的銅兵器以及文獻所載的規格和製法，選擇數項，列述於後。

1. 戈　戈與戟是我國特有的兵器。戈在石器時代便有了。戈在古代是很重要的兵器。但到了漢代以後，戈始漸廢。根據李濟與郭寶鈞兩位先生的研究，戈的形制變化很大，胡的變化尤其大[138]。殷代的戈有援、內，無胡無穿，到了西周始有胡，也只有一穿[139]。從西周以後，胡愈來愈長，穿亦隨之增加。春秋時代便有了雙穿或三穿的戈[140]。戰國，胡上有三穿者最多；戰國中、晚期更出現了四穿的戈，內也有一穿[141]。長胡多穿，使戈頭與柲的固定更爲牢靠。（戈的各部名稱，見圖十五。）

133. 史樹青，古代科技事物四考，文物，1962(3)，p. 48；張開友，銅鏡，參，1957(8)，p. 37。
134. 沈從文，古代鏡子的藝術特徵，參，1957(8)，p. 24。
135. 夏鼐，清理發掘和考古研究，參，1954(9)，p. 61。
136. Joseph Needham, *Science and civilisation in china*, Vol. IV, 1, p. 91。
137. 夏鼐，新中國的考古收獲，p. 78, 1962 年。
138. 李濟，豫北出土青銅句兵分類圖解，集刊，第二十二本，pp. 1-17，1950；郭寶鈞，戈戟餘論，集刊，第五本，第三分，pp. 313-326，1935。
139. 戈戟餘論，p. 319。
140. 同前，p. 318。
141. 陳瑞麗，戰國時代鋒刃器之研究(一)，臺灣大學，考古人類學刊，第二十一、二十二期合刊 pp. 35-36，1963。

周禮考工記對戈的製造有簡要的記述。今就考工記的記載對戈各部分及形制作一簡單的介紹。考工記冶氏：

戈，廣二寸，內倍之，胡三之，援四之。

已倨則不入，已句則不決。

長內則折前，短內則不疾；是故，倨句外博。

重三鋝[142]。

戈爲鈎兵，「援」爲攻擊殺傷的部分，尖而有上下兩刃。與援反方向的一段，稱「內」。殷和西周時代的戈，內均無刃。到個戰國時代又有了「鈎狀式」內和「斜刃式」內[143]。胡是與援和內相交接，胡上有穿，靠近援的一面的刃是援下刃的延長。照考工記的規制，各部分的寬皆爲二寸（＝4.62cm），其他各部長如下：

內長＝2寸×2＝4寸＝9.24cm.

胡長＝2寸×3＝6寸＝13.86cm.

援長＝2寸×4＝8寸＝18.48cm.

援與胡的交角爲小於 100° 的鈍角（見後）。至於戈的重量，照鄭氏注云，一鋝爲六兩大半（$6\frac{2}{3}$兩），三鋝（＝$6\frac{2}{3}\times3$）＝20 兩[144]。

清人程瑤田在考工創物小記中對戈的各部長短關係和角度大小，有很詳細的解說。今擇其要點，並加上作者的解說：

「已倨則不入」；謂援倨於外博，太向上也。（按：援與胡相距太遠，卽援與胡形成很大的鈍角。）戈啄人蓋橫用之，太向上是以不能入也。「已句則不決」；謂援倨於外博，橫啄之，雖可入，然太下與胡相迫（按：援與胡交角爲銳角），是以入而難決斷也（按：戈橫擊或下擊，中敵後，向後拉戈以決斷）。倨句外博（按：援胡交角爲不太大的鈍角），則二疾除。「長內則折前」：前，謂援也；內長則重，而援輕，輕則爲重者所累，故易掉折，亦啄而不能入（之深）也。「短內則不疾」：內短則輕而不足以爲援助，故入之而不疾也。二疾

142. 備要，卷 40, p. 6b。
143. 同註 141, p. 47。
144. 卷四十，p. 7b。

弗除，雖倨句外博，戈亦未盡善也[145]。

「倨句外博」，照程氏注，可以知援胡成角之大概，但不能得其詳，必須求之於實物。李濟之先生曾把河南出土的六十六件戈，各部分作了詳細的度量。關於戈的「倨句」，商代的戈，絕大多數略小於 90°；周代的戈絕大多數大於 90°。大於 100°者，有六件，角最大者爲 103°30′[146]。輝縣琉璃閣第二次發掘出土的14把銅戈，李純一先生的度量如下表[147]：

HLM060 出土的青銅戈頭尺寸表（單位 cm.）

登記號	原來號	援長	援寬	內長	內寬	胡長	厚	重量(克)	倨 句	刃線比	備 註
R18790	2：927	17.5	3.7	7.5	3.5	10.3	0.6	296.875	97.5°	0.836	內呈  形
R18792	2：740	17.5	3.3	7.9	3.2	11.0	0.6	328.125	97°	0.837	內呈  形
R18796	2：822	17.5	3.4	7.8	3.4	10.9	0.6	328.125	97.5°	0.837	同上
R18791	2：825	17.5	3.4	7.8	3.2	10.9	0.6	343.75	97.5°	0.837	援末略缺損
R20468	2：823	17.5	3.3	7.8	3.2	9.1	0.6	343.75	97.5°	0.816	
R20496	2：1074	12.9	3.4	7.6	3.8	7.6	0.6	250	98°	0.901	內呈  形
R18730	2：890	12.9	3.4	7.6	3.8	7.6	0.6	250	98°	0.933	內呈 
R18729	2：869	12.9	3.5	7.6	3.9	7.6	0.6	281.25	98°	0.933	同上
R18815	2：1075	12.9	3.5	7.6	3.9	7.6	0.6	265.625	98°	0.9006	同上
R18728	2：865	12.9	3.5	7.6	3.9	7.6	0.6	250	98°		內呈  形，胡殘，無法算出刃線比
R81818	2：870	12.9	3.5	7.6	3.9	7.6	0.6	265.625	98°	0.939	內呈  形
R18714	2：889	12.9	3.5	7.6	3.9	7.6	0.6	265.625	98°		內呈  形，胡殘
R18814	2：905	12.9	3.5	7.6	3.9	7.6	0.6	281.25	98°	0.893	內呈  形
	2：824	13.0	3.0	7.6	3.1	10.7	0.5	156.25	99.5°		實物遺失

表中十四件戈，援與胡交角在 97°～99.5° 之角。綜合上述，可以得一結論，春秋到戰國時代戈倨句的度數爲 90°～100°。

表中十四把銅戈的重量，僅有遺失的一件爲 156.25 克。其他 13 件重量在 250～343.75克。遺失的一件戈的重量與其他相去甚遠，是否登記錯誤或是一件殘戈，無法

145. 皇清經解，卷 537, p. 51。
146. 李濟，豫北出土青銅句兵分類圖解，集刊，第二十二本，表十一。
147. 陳瑞麗，戰國時代的一把包金劍，集刊，第三十七本，p. 225，1967。

斷定。現存的十件戈平均重量爲 288.462 克，與考工記的三鋝，相差多少，目前不能確定。不過表上戈的寬以及援、內、胡之長，基本上符合考工記的記載。

上表援與內的寬不完全相同，但其差僅有 0.1～0.4cm 。所以援與內的寬可說大體上相等，與考工記所述是一致的（表中無胡寬，可能不易取其平均值）。

表中戈的內、胡、援長，比考工記的規格略有出入。按考工記戈廣與內、胡、援長的比爲 1:2:3:4 。上表頭五件戈（R1870—R20468），廣與內、胡、援的比接近 1:2:3:5。例如，取第一件戈廣＝$(3.5+3.7)\frac{1}{2}=3.6$，依照考工記的規格，內、胡、援的長應由：$3.6\times2=7.2$, $3.6\times3=10.8$, $3.6\times4=18$，與實際長的差爲：0.3, 0.5, 0.5cm 。其他四戈，相差亦不甚大。中間八件戈（R20496—R18814）廣與各部長的比接近1:2:2:4。例如取第六件戈（R20496），廣＝$(3.4+3.8)\frac{1}{2}=3.6$，則 $3.6\times2=7.2$, $3.6\times3=10.8$, $3.6\times4=14.4$，與戈內、胡、援長的差爲 0.4, 0.4, 1.5cm。最後一件戈廣與內、胡、援長的比接近 1:2:3:4。取戈廣＝$(3.0+3.1)\frac{1}{2}=3.05$，則 $3.05\times2=6.1$, $3.05\times3=9.15$, $3.05\times4=12.2$，差爲 1.5, 1.55, 0.8cm。

綜合以上資料，可見輝縣出土的戈，各部分長基本上與考工記的規格大體吻合。

關於琉璃閣墓葬的年代，據陳瑞麗先生的看法，它「當不出春秋晚期或戰國早期」[148]。

2. 矛　矛是直刺的兵器。李濟之先生認爲矛是外來的武器[149]。安陽侯家莊商代墓葬一次出土了百餘支銅矛[150]。可見矛在商代也是重要的兵器。周禮考工記廬人有製矛的規格，但只敍及柄的長短以及前後的關係[151]，至於矛頭本身並無談到，所以只有求諸於出土實物。

戰國時代的青銅矛頭與商代不盡相同。商代的矛頭較短呈三角形，而戰國的矛略顯細長，而邊刃平直，鋒刃銳利[152]。安柲之處呈筒形，故曰「筒」，筒爲圓形中空，有的矛可直達矛的頂端，有的只達中部。此種矛鑄造的技巧較難，但能加強固定柲的

148. 同前註。
149. 李濟，殷墟銅器五種及其相關之問題，慶祝蔡元培先生六十五歲論文集，p. 86, 1933 年。
150. 簡，p. 17。
151. 卷 41, pp. 12a-13a
152. 同註 141, p. 49，圖八。

作用。總之，矛的發展，除了戰國後期的鐵矛以外，青銅矛頭在基本形制上的差異不太大。（矛頭各部分名稱，見圖十六。）

戰國後期又出現了鐵矛。河北易縣燕下都發現了 19 件鐵矛。鐵矛共分三式：Ⅰ式，葉部較短，葉骹（即筩）間有一段較長的莖；Ⅱ式，葉部發達；Ⅲ式，葉與骹之間有一長莖（圖十七）[153]。這些矛安柲的筩皆爲圓形中空，有的矛有穿，用鐵釘固定矛柄。矛頭只有一件作過金相鑒定，是塊煉鋼製成的；其他的矛未作分析，照其細長的形狀，絕非生鐵是可斷言的。竊疑，可能也是鋼製品或熟鐵（低碳鋼）鍛製的。

3. 戟　戟是句兵與刺兵合爲一體的兵器。換言之，戟是把戈加上直刺的矛頭。戟大約起於春秋時代[154]。最初的戟可能就是把戈柲頂端裝上矛頭而已。以後始有戈與刺合鑄的戟。但就出土的實物而言，先有合鑄的戟，再有分鑄的戟，最後又是合鑄的戟；例如辛村衞墓出土合體戟（圖十八），山彪鎭是戈刺分體的戟（圖十九），燕下都出土的鐵戟又是合體的戟。出土戰國時代的戈、刺分體的戟有多處，如河南汲縣山彪鎭，輝縣趙固區，洛陽澗西地，洛陽中州路，河北邯鄲百家村，四川巴縣冬笋壩等地[155]。陳瑞麗先生就出土戈、刺分體的戟，以內而言，共分四種型式：第壹式爲斜刃內形；第貳式，長方狀內形；第參式，鈎狀內形；第肆式，缺下角內形[156]。

裝矛的戈，與前述單獨使用的戈，就圖所示，規格完全一樣。但戈、刺合體的戟，與戈、矛的規格不同。如衞墓出土二件戟圖所示（圖版十八）[157]：內、胡、援、刺的寬大致相同（以各部分中間爲準）；援與胡交角爲 90°；而戟寬 (a) 與胡、援的比相當接近 1:4:5，唯獨寬和內的比，與考工記 1:3 不合，內太短。另一戟無內。周禮考工記云：

> 戟：廣寸有半寸；內，三之；胡，四之；援，五之；倨句中矩，(援)與刺；重三鋂[158]。

153. 河北易縣燕下都44號墓發掘報告，古，1975(4)，p. 232 圖六，3,4,5。
154. 郭寶鈞，戈戟餘論，集刊，第五本，p. 318。
155. 戰國時代鋒刃器之研究(一)，pp. 61-64。
156. 同前註，pp. 60-64，圖十三。
157. 戈戟餘論，圖版壹，pp. 323-324，（插圖八，p. 320）
158. 卷 40, p. 7b

考工記的規格：廣 1.5 寸，內 4.5 寸，胡 6 寸，援 7.5 寸；倨句中矩爲直角[159]，即援與刺正交。衞墓出土的三件戟以及燕下都出土的鐵戟，援與刺皆成直角。

河北燕下都出土了戰國後期12件鐵戟，無內；刺、胡基本上同在一條直線上；援大體上與「刺、胡垂（直相）交；援上置一方穿，長胡四穿；除刺、援、胡相交處爲圓穿外，其餘三穿方形，胡末內側有一缺口」；銎爲蛋圓形[160]。又根據完整無缺的四件鐵戟，胡、援長大致相等，其中一件胡比援長 3 厘米[161]。這與考工記所載，援最長，胡、援之比爲 4:5，不合。

綜合以上所述，可知考工記的記載與戰國後期鐵戟的規格，相去較大，而與衞墓出土的戟近似。郭寶鈞先生認爲句、刺合體的戟，起於春秋中葉，此說雖不中亦不遠。

4. 刀　根據李濟之先生的研究，小屯出土的銅刀，其中大型厚背獸頭刀，是在短兵相接時作白刃戰的[162]。此種銅刀是用合范鑄成的，中空的獸頭，必然要用內范[163]。河北唐山出土的銅刀，在形式上承襲殷代發展出來的[164]。古代的銅刀無銘文，可見不像劍爲人所重視，出土的銅刀亦不多。由此而言，銅刀在古代不是重要的兵器。刀在後世成爲一種很重要的兵器，這是鋼刀出現以後的事了。

5. 劍　劍屬於短兵，左傳有多處提到劍[165]，如桓公10年(702 B.C.)：「虞公……又求其(虞叔)寶劍。」從左傳記載的語氣來看，劍在當時還不是普通的兵器。故銅劍的出現，可能是在西周末春秋初。張家坡出土西周早期柳葉狀的匕首（全長 27cm），可能是銅劍的濫觴[166]。我國各地出土的銅劍有許多類型[167]，而考工記銅劍的規格：

桃氏爲劍：臘廣二寸有半寸，兩從半之。以其臘廣爲之莖圍；（莖）長，倍。

159. 見拙文，先秦數學的發展及其影響，集刊，第四十九本，第二分，p. 299。
160. 河北易縣燕下都44號墓發掘報告，考古，1954(4)，p. 232；圖六，1,2，p. 233。
161. 同前註，p. 232，表三，M44 鐵戟統計表。
162. 李濟，記小屯出土之青銅器，中國考古學報，第四冊，p. 37. 1949 年。
163. 同前註，p. 35。
164. 安志敏，河北省唐山市賈各莊發掘報告，考，1953(6)，pp. 93-94，1953。
165. 左傳桓公十年，襄公十八年，二十三年，昭公二十七年，襄公十六年。
166. 澧西發掘報告，p. 119；1962年，文物出版社出版。
167. 陳瑞麗，戰國時代鋒刃器之研究(二)，國立臺灣大學文學院考古人類學刊，第二十三、二十四合刊，pp. 12-34，1964 年，臺北。

中其莖，設其後。參分其臘廣，去其一以爲首廣而圍之。身長，五其莖長，重九鋝，謂之上制，上士服之；身長，四其莖長，重七鋝，謂之中制，中士服之；身長，三其莖長，重五鋝，謂之下制，下士服之[168]。

上文的專用名詞，程瑤田在考工創物小記的解釋[169]：

「臘」者何？……前承劍身而後接莖。

「莖」者何？人所握者。

「中其莖者」何？當莖長之中也。

「設其後者」何？後之言緱也，以繩纏之謂之緱。

「首」者何？戴於莖者也。

「臘」、「莖」、「首」的解釋很明白。其他二句並不十分瞭然。周禮正義疏云：

「設」當訓爲置，……古劍把莖外之飾蓋分三節，上近刃及下近譚者，各自爲一木夾，兩夾之間以銅爲環，大於兩夾著於莖五寸適中之處……[170]。

劍各部位名稱，依照商承祚對程氏的補正如圖所示（圖版二十）[171]。根據考工記，劍的規格如下：

劍臘廣＝2.5 寸。

劍身廣 2.5 寸＝5.75 cm（取 1 寸＝2.3cm），劍身中間有脊，脊左右兩面的寬$\frac{1}{2}$2.5寸＝$1\frac{1}{4}$寸。

莖圍＝2.5 寸，莖長＝2.5 寸×2＝5 寸。

首廣（劍首的直徑）＝$\frac{3-1}{3}$×2.5 寸＝$1\frac{2}{3}$寸。

首圍（劍首的周長）＝$\pi \times 1\frac{2}{3} \div 5\frac{1}{6}$寸（取 $\pi=3.1$）。

劍的長有三種：

上制：5寸×5＝25寸＝57.5cm.

中制：5寸×4＝20寸＝46cm.

---

168. 卷 40, pp. 7b-8a。
169. 皇清經解，卷 538, p. 1。
170. 卷 78, p. 9a。
171. 戰國時代鋒刃器之研究（二），p. 15。

下制：5寸×3＝15寸＝34. 5cm.

琉璃閣出土了三把戰國早期青銅劍，劍身廣、身長以及全長，分別爲（cm)[172]：4. 2, 3. 9, 3. 2; 27. 5, 27. 9, 24. 3; 34. 7, 35. 3, 35. 4。這三把劍的全長與考工記的下制非常接近，但劍身廣與劍身長，相去較大。至於戰國後期燕下都出土的鋼劍，全身100. 4 厘米[173]，則與考工記的規格相去更遠。湖北江陵出土的越王勾踐青銅劍（圖二十一）：寬 4. 6 厘米，柄長 8. 4cm，身長 55. 7cm [174]。這與考工記的上制相當的吻合。又唐山出土的戰國時代的Ⅰ、Ⅱ式銅劍則相當於中制，而Ⅲ式銅劍的長，多數與下制合[175]。

古代的青銅兵器，除了銅、錫爲主要成分外，還含有其他的元素。例如楚國兵器，經過分析，銅、錫之外還含有鉛、鋅、銻、鎳、鐵等[176]。有的青銅劍還含有砒、硫、金、銀等。據云，硫可使刃部剛柔相濟，金、銀可增加光彩和防禦腐銹之效用[177]。這些微量元素，有的是礦中滲入者，有的元素可能是有意加入的。

戰國到西漢的楚國墓葬中，還出現了製造特殊的青銅劍。此種劍脊部含錫較少，「有的呈赤色，像嵌合赤銅一樣。含錫少則質柔而堅，不易斷折。刃部含錫較多，質硬而脆（堅），適合刃部的要求」[178]。其中一把銅劍化學分析，銅錫的比例，脊部爲78:10，刃部爲 78:18。上海博物館藏三件銅劍的化學分析，結果亦復如此，刃部的含錫量超過了脊部[179]。按古代青銅兵器大多數是一次鑄造的，但這種成分不同的二種金屬合造的兵器，是否也是一次鑄的呢？目前還不清楚。如果使用鍛造法，則比較簡單。近代北方土法造刀都是用熟鐵（或低碳鋼）爲脊，中夾鋼刃。若是用熔成液體的二種金屬去鑄造刀劍，甚爲困難。

上述二種成分不同的合金青銅劍，文獻無明文記載，但也不是無蛛絲馬跡可尋。

---

172. 戰國時代的一把包金劍，p. 227，表二。
173. 簡，p. 60。
174. 同註 11。
175. 安志敏，河北省唐山市賈各莊發掘報告，考，1953(6), p. 95。
176. 揭開戰國兵器合金的秘密，參，1957(8), p. 85。
177. 周緯，兵器史稿，p. 151, 1957 年。
178. 夏鼐，沈括和考古學，考，1974(2), p. 6。
179. 同前註。

呂氏春秋別類篇[180]：

金柔，錫柔；合兩柔則剛。

相劍者曰：「白，所以爲堅也。黃，所以爲忉。畢沅曰，忉與韌同黃、白雜，則堅且忉，良劍也。」

郭寶鈞先生認爲上文的「白」是錫，「黃」是銅[181]。此說值得商榷。「金柔，錫柔；合兩柔則剛」，毫無問題是指：柔軟的銅合柔軟的錫熔煉成剛的青銅。既然如此，後文的「白」與「黃」就不應是錫和銅。而且既前言錫柔，怎能又說它堅呢？實際錫確是軟質的金屬。所以「白」絕不是指錫。竊謂，「白」是指含錫較高顯出白色的青銅，故可以稱「白」爲堅。「黃」是含銅較高，顯示黃色的青銅。青銅含錫少，自然也就柔了。用這兩種含錫不同的青銅合金造的劍，自然便是既堅且韌。後世的鋼劍便是用此種方法，夢溪筆談云：

古人以劑鋼爲刃，柔鐵爲莖幹，不爾則多斷折[182]。

此種造劍法，與古代用兩種含錫量不同的金屬來鑄造，必然有關係。

傳世的古代寶劍，常有肉眼可見的異光花紋顯示在劍刃上[183]。此種花紋，直到如今吾人還不能知其詳。1965年湖北江陵出土的勾踐和吳王夫差的寶劍，兩劍「表面花紋清晰，光彩照人」（圖二十一）[184]。越王勾踐劍，劍格（臘）兩面有花紋並嵌以藍色玻璃，整個劍身飾以菱形暗紋，暗紋排列整齊，以劍脊爲對稱線，在劍身靠近劍格的地方（刻？錯？），有雙行八字的鳥書銘文：「越王鳩淺（卽，勾踐），自作用鐱（劍）」，此劍刃薄而鋒利[185]。1964年山西原平縣出土吳王光青銅劍，劍身上的花紋分成三排，劍脊上一排，靠近邊刃兩排[186]。此種花紋根據檢驗的結果，是經過硫化處理的，「用硫或硫的化合物和劍表面起作用所形成的」[187]。由這些花紋劍的發現，證

180. 許維遹，呂氏春秋集釋，卷 25, pp. 3-4，世界本，第二個「黃」字，原文「黑」，誤。
181. 青，p. 10。
182. 夢溪筆談校正，下冊，p. 629，世界本。
183. 同註 177, p. 153。
184. 簡，p. 68；圖 2-13, p. 69；中華歷史文物，p. 210。
185. 簡，p. 68；湖北江陵三座楚墓出土大批重要文物，文物，1966(5), p. 36。
186. 簡，p. 69，圖。
187. 朱壽康，古劍初析，科學試驗，1978(12), p. 21。

實古人所謂之干將、莫邪、魚腸、沈盧等花紋名劍[188]，絕非古人向壁虛構。

又前言所謂之「鳥書」或「鳥篆」，是春秋時代發明的一種美術字，筆劃作鳥形，故稱之。古代青銅器上的鳥書文字，多用錯金。

6. 鏃與弩機　弓箭在石器時代便有了，那時的箭鏃是石或骨製的。到了商代始用青銅箭鏃，從地下出土的實物來看，鏃的變化不大。商代鏃共有薄七式、圓錐式、三棱式、平頭式四種；其中以薄七式爲最多。商代還是銅鏃和骨、石鏃並用。三棱式鏃，商代多是骨製的。戰國時代多流行三棱銅鏃，而且大多是銅鏃鐵鋌（圖二十二）[189]。戰國末期，造箭技術更爲進步，銅鏃表層鍍以鉻化物防銹蝕。

弩是古代殺傷力最強的一種兵器。弩起源於中國，現爲世人所共認[190]。徐中舒先生認爲弩在殷周以前就有了，是黃河流域華夏民族所發明的，以後又傳到南方[191]。但就文獻以及出土的遺物而言，弩大概是春秋時期楚人的發明。

古代的典籍，如墨子備高臨、周禮司弓矢、荀子議兵、戰國策的韓策等書都論到弩。所以就文獻的資料，戰國時期，弩已普遍的應用於戰場上，已是不爭之事。在湖南出土的弩機，有長沙南郊 138 號墓、東南郊15號墓，以及常德12號墓。這些墓葬的年代，上自春秋下至戰國晚期。常德12號墓葬，確定屬於戰國中晚期[192]。出土的戰國中期弩機，已經相當的進步，各部機件與後世弩機相差無幾，「在結構原理上，製作技巧上，爲後世所盛行的弩機奠定了基礎。在它以前，必然有一個發展過程。因此，把它的發明時代定在春秋是可以的，至晚也應在戰國早期，至於木製弩機則可能更早」[193]。

出土弩機的地區，以南方楚地爲最早。戰國後期河北燕下都也發現了銅弩機[194]（

188. 見吳越春秋闔閭內傳第四；越絕書，外傳記寶劍。
189. 青，p. 180；古，1975(4)，p. 233，圖九。
190. Needham, *science and civilization in China*. Vol. I. pp. 240-241; Mark, Elvin, *The Pattern of Chinese Past*, p. 26, 1973。
191. 弋射與弩之溯源及關於此類名物之考釋，集刊，第四本，第四分，pp. 431, 433，1934。
192. 高至善，記長沙、常德出土弩機的戰國墓——兼淡有關弩機、弓矢的幾個問題，文物，1964(6), pp. 33-40。
193. 同前註，p. 41。
194. 河北易縣燕下都44號墓發掘報告，考古，1975(4), p. 235，圖版伍，4。

圖二十三）。周禮考工記，據云，乃齊人的著作[195]。此書著作的年代，就作者目前的看法，它是戰國中期以前北方工藝品製造的記錄。該書對弓和鏃的製造有非常詳細的記載。如果當時弩已經普遍流行，考工記不應當無隻字提及。這是說明在考工記的時代，弩機還未在北方普遍的使用。關於弩的發明，漢人將其歸功於楚人。趙曄著吳越春秋：

> （楚）琴氏以爲弓矢不足以威天下。當是之時，諸侯相伐，兵刃交錯，弓矢之威不能制服。琴氏乃橫弓着臂施機設樞，（釋名：弩柄曰臂，鈎弦曰牙，外曰郭。郭下有懸刀，合而名之曰機。言機，功也。亦如門戶之樞機，開闔有節。）加之以力，然後諸侯可服。琴氏傳之楚三侯[196]。

弩的最主要部分有郭、臂、牙、望山、懸刀等。郭又稱匣，是盛弩機者。臂是郭前手握的柄，牙又有許多名稱如機鉤或檢（漢人的名稱）等；牙的作用是扣弓弦。望山又稱照門或深目（漢簡的名稱），瞄準器。懸刀又稱撥機，卽扳機，用鍵與牙相聯[197]。明茅元儀武備志記載弩的各部名稱（圖版二十四）：

> 今曰機鉤，古曰牙，今曰照門，古曰規；今曰匣，古曰郭；今曰撥機，古曰懸刀；今曰墊機，古無名。……二鍵……[198]

長沙南郊138號楚墓出土的弩機，與明代的弩機非常相近。該弩有木郭和木臂。木臂爲堅木合成，通體髹以黑褐色漆。木臂上面有安放矢的凹槽，接近後端的槽較寬且深，是放箭尾羽的地方。機件爲銅製：有牙兩個（另一弩機有一個望山）和懸刀、拴塞等。弩機的下面有半環形木板和小木栓，便于把握，在張弓後可起保險的作用，以免觸動懸刀[199]（圖二十五）。

古代弩上的弓，有臂拉和腳張兩種。漢書申屠嘉傳（卷42）如淳曰：「材官之多力，能腳踏彊弩張之，故曰蹶張。」又顏師古注云：「今之弩，以手張者曰臂張，以足蹋者曰蹶張。」早期的弩弓皆用手張，大約到了戰國晚期便用腳張了。荀子議兵篇云，魏的武卒「操十二石之弩」[200]。又戰國策韓策云：

---

195. 錢寶琮，中國數學史，p. 14, 1963年。
196. 吳越春秋第九，新興書局影印筆記小說大觀，第四編，第一冊，p. 221。
197. 同註 192；勞幹，居延漢簡考證，pp. 48-51。中央研究院歷史語言研究所專刊之四十，1960，臺北。
198. 自居延漢簡考證轉引，p. 48，圖，pp. 49, 50。
199. 同註 192, p. 33，圖四，p. 35。
200. 荀子集解，卷卅，p. 180，世界。

天下之強弓勁弩皆自韓出，豯子、少府、時力、距來皆射六百步之外。……韓卒之勇，被堅甲蹠強弩帶利劍，一人當百不足言也[201]。

射程六百步，非臂張之弩所能達。說文云：「楚人謂跳躍曰蹠。」故蹠強弩，卽如淳所謂之「腳踏強弩」。照一件漢代銅鐘上蹶張的刻像，是雙足踏弓，雙手拉弦[202]。戰國的情形，可能也是如此。

戰國時期大概還有一次發射數支箭的連弩。墨子臨高第五十三，曾有兩次提到「連弩」[203]。諸葛亮曾對這種連弩加以改良。三國志（卷35）諸葛亮傳引魏氏春秋：

亮……又損益連弩，……一弩十矢俱發。

（四）貨　　幣

南海產的貝，郭寶鈞先生認爲，在商代仍停留在裝飾品的階段，被視爲財富，還未用作貨幣。到了西周時代，貝始爲交易的媒介，成爲貨幣。同時裝飾的功用仍未取消。西周的貿易，以物易物的交換方式亦然流行於民間[204]。

春秋時期商業活動的規模始漸漸擴大，而大盛於戰國。各國也隨着商業的活躍，先後鑄造了青銅貨幣。有的學者主張春秋中期前後，各國正式鑄造銅幣[205]。國語周語下：「景王二十一年（524B. C.），將鑄大錢」，[206]這是文獻上關於鑄錢的最早記載。至於考古發現的布，也證實了學者們的擬測。河南伊川發現大平肩空首布和斜肩有銘文「武」字的空首布；新安發現銘文爲「安臧」的小型空首布。據考古學家的認定，前者是鑄行於春秋早期，後者爲春秋中葉[207]。

戰國時代的貨幣，中原各地都有出土，出土貨幣的數量相當的驚人。燕國的明刀在遼寧撫順出土了四千多枚，重達一百公斤；熱河承德地區一次在甕內就發現了成捆明刀達四千五百多枚[208]。在中國邊境地區，出土這樣多的貨幣，可想當時中國經濟發

201. 卷 26，p. 2b-3a，備要。
202. 同註 192，p. 41。
203. 卷 14，p. 11b，備要。
204. 青，pp. 94，97-98。
205. 朱活，談山東濟南出土的一批古代貨幣——兼論春秋戰國時期有關齊國鑄幣的幾個問題，文物，1956(1)，p. 42，郭寶鈞先生亦主張春秋時期鑄造貨幣，見青，p. 10。
206. 卷 3，p. 10b，備要。
207. 洛陽博物館，洛陽附近出土的三批空首布，考古，1974(1), p. 14。
208. 陳鐵卿，一種常見的古代貨幣——明刀，文物，1959(1)，38；汪慶正，十五年來古代貨幣資料的發現研究中的若干問題，文物，1965(1)，p. 29。

達的中心地區，貨幣的流通是如何的盛了。齊國用疊鑄法來鑄造刀幣，正是說明戰國時代大量使用貨幣這件事實的眞象。

戰國時代的青銅貨幣大致可分四類（圖二十六）：(1)鏟布，形狀像農具中的鏟，鏟布可能是由於農具成爲商品交換發展過程轉化而來的[209]。鏟布有多種形式，有空首布、圓肩、方肩、圓足、尖足等等。它流行的地區，主要是三晉。(2)刀貨，形狀像刀，可能是從工具刀轉化而成的[210]，主要流行於齊、燕、趙等地區。齊國的刀貨較大，尖頭；而燕、趙刀貨較小，方頭或圓頭。(3)圓錢，內孔有圓和方兩種。方孔的圓錢出現的較晚。此種圓錢流行的地區，主要是東周、西周、秦、趙、魏等國沿黃河兩岸[211]。(4)銅貝或蟻鼻錢，形狀像貝，從古代貝的形狀演變而來，是楚國通行的貨幣[212]。

（五）編　　鍾

鍾是我國古代最主要的樂器。西周出土的編鍾，仍然與殷代相同，只有三件三個音[213]。東周以後，出土編鍾個數漸多，音律亦增廣。新鄭鄭伯墓出土了19編鍾，信陽楚墓編鍾13，山彪鎭14[214]。

按古代的鍾並非正圓，大體而言，是一橢圓體。考工記曾詳細的記錄了製鍾的規格和各部位的名稱（名稱的定義不很嚴謹）。作者根據考工創物小記與周禮正義等書[215]，將鍾的重要名稱解釋如下：

銑：橢圓（按鍾之橫戴面近似一橢圓）長軸兩端點的集合（成一直線），卽鍾體之長。

鼓：鍾下部，所擊之處。

鉦：鼓以上鍾的曲面。

于：鍾口之邊緣（成一橢圓）。

銑間：（鍾口）橢圓長軸之距離。

209. 楊寬，戰國史，p. 51。
210. 同前註。
211. 同前註，p. 52。
212. 同前註。
213. 青，p. 263。
214. 同前；郭寶鈞，山彪鎭與琉璃閣，p. 6, 1959年。
215. 考工創物小記，卷 538, pp. 18-26；周禮正義，卷 78, pp. 10b-16b。

鼓間（于間，較爲合理）：（鍾口）橢圓短軸之長。

鉦間：由鍾口向上二個單位長橫截面所成橢圓長軸之距離。

舞修：（鍾上部）橢圓長軸之距離。

舞廣：（鍾上部）橢圓短軸之長。

甬：鍾頂之柄。

（圖二十七）

鍾之音色與音律固然與青銅品質有關，但最重要的因素是鍾之構造，如大小、長短、厚薄等等。考工記對這些條件都有嚴格的規定[216]：

> 凫氏爲鍾：兩欒，謂之銑。銑間（？）謂之于。于上謂之鼓，鼓上謂之鉦，鉦上謂之舞，舞上謂之甬……
>
> 十分其銑，去二以爲鉦。以其鉦爲之銑間；去二分以爲之鼓間。以其鼓間爲之舞修；去二分以爲舞廣。以其鉦之長，爲之甬長。……
>
> 薄厚之所震動，清濁之所由出，侈弇之所由興，有說。鍾之厚則石；大厚則聲不發；已薄則播；大薄則聲散。侈則柞（咋然之咋，聲大也。：侈，鍾短而口大。）（按）；弇則鬱（聲不舒揚。：弇，鍾長而口窄。）長甬則震。是故：大鍾十分其鼓間，以其一爲之厚；小鍾十分其鉦間，以其一爲之厚。鍾大而短，則其聲疾而短聞。鍾小而長，其聲舒而遠聞。……

根據考工記，令銑＝a，鍾各部之關係如下：

$$鉦=\frac{10-2}{2}=\frac{8}{10}a；銑間=\frac{8}{10}a；鼓間=\frac{10-4}{10}=\frac{6}{10}a；舞修=\frac{6}{10}a；舞廣=\frac{10-6}{10}=\frac{4}{10}a；甬長=\frac{8}{10}a；大鍾的厚=\frac{1}{10}鼓間；小鍾的厚=\frac{1}{10}鉦間。$$

在山彪鎮一座戰國貴族的墓（約 300～240 B. C.），出土編鍾兩組（一組五枚，一組九枚）十四個，大小相次，形狀略同。未失音者有十個，仍可擊出十個高低不同的音階[217]。根據實測，各部分的比例，與考工記的規定略有微差，例如第一鍾長爲36厘

216. 卷 40, pp. 8b-10b，備要；圖見考工創物小記，卷 538, p. 21。

217. 郭寶鈞，山彪鎮與琉璃閣，p. 6, p. 47。

米，按考工記規定的比例與實測的數據如下[218]：

考工記	實測
銑間$=\frac{8}{10}\times$36厘米$=$28.8厘米	33.80 厘米
鼓間$=\frac{6}{10}\times$36厘米$=$21.6厘米	29.00 厘米
舞修$=\frac{6}{10}\times$36厘米$=$21.6厘米	29.00 厘米
舞廣$=\frac{4}{10}\times$36厘米$=$14.4厘米	24.50 厘米
大鐘厚$=\frac{1}{10}\times$21.6$=$2.16厘米	0.75 厘米

由上表可以看出，這個古鍾各部實測之數據，與考工記規定之比例，雖略有出入，但基本上大致吻合。就外形而言，按考工記規格製出的鍾略瘦而長，而此組編鍾略短而肥[219]。1956 年河南信陽戰國墓葬出土了筍簴（鍾架）和 13 枚編鍾（圖二十八）。

鐘號	音名及十二平均律頻率	音分差	頻率	音分值	與上一音的音分值差
1	$\dot{b}$ 493.88	+44	506.60	5944	
2	$\dot{c}\#$ 554.37	−41	541.39	6059	115
3	$\dot{d}\#$ 622.25	−47	605.59	6253	194
4	$\dot{f}\#$ 739.99	−31	726.86	6569	316
5	$\dot{g}\#$ 830.61	−43	810.23	6757	188
6	$\dot{a}\#$ 932.33	−46	907.88	6954	197
7	$\dot{b}$ 987.77	−17	978.11	7083	129
8	$\ddot{c}\#$ 1108.73	−32	1088.4	7268	185
9	$\ddot{d}\#$ 1244.51	−50	1209.1	7450	182
10	$\ddot{f}\#$ 1479.98	−3	1477.4	7797	347
11	$\ddot{g}\#$ 1661.22	−17	1645.0	7983	186
12	$\ddot{a}\#$ 1864.66	−49	1812.6	8151	168
13	$\ddot{d}$ 2349.32	+3	2353.4	8603	452

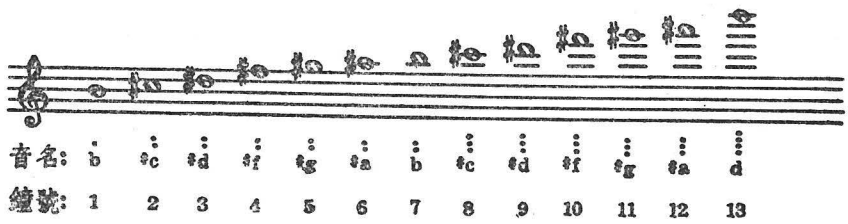
$\dot{a}$ 頻率$=$440，音分值$=$5700

218. 同前註，p. 10。

219. 同前註。

編鍾，除了表面有一薄薄氧化層外，保存得完整如新，無絲毫銹蝕的情形，十三編鍾音的測定如上表[220]。

將各鍾的音名記在五線譜上如下：



九、青銅器包金銀和外鍍金屬工藝

（一）包金銀的青銅器

前述殷墟出土的金箔，應當是作銅器包金。西周衞墓第42號出土的銅戈、車器、矛柄等，包有條形、圓形、人字形、三角形金片。至於出土的包金獸頭二個，刻鏤精細，包金薄而勻，花紋纖細畢露，包金技術極爲精良[221]。戰國時代的包金技術更爲進步。玻璃閣出土的千餘枚包金銅貝，金質薄有若鎏金[222]。玻璃閣第 60 號墓葬出土了一把包金的劍，從金葉剝脫的情形來判斷，包金的方法，是先將金葉剪成要貼的形狀，然後黏在劍璏、劍莖、劍首上，再用槌細細敲打，使金葉與銅密合[223]。

銀潔白發光，富有展性和延性，在不含硫化物的空氣中不生銹，故可作裝飾品，而僅次於金。春秋以前，未發現銀製品；就是戰國時代，除了金銀錯工藝品之外，包銀的銅器亦少見。固圍村第 3 號墓，出土鑲花銀片，以及包銀的銅泡三枚[224]。此外，湖北江陵的墓葬中，出土了金、銀箔包鉛的冥幣[225]。總之，我國古代銀製品比之金，在

220. 王世襄，信陽戰國楚墓出土樂器初步調查記，參 1958 (1), pp. 16, 18；顧鐵符，有關信陽楚墓銅器的幾個問題，參 1958(1), p. 7；參 1957(8)，封面。
221. 青，p. 48；郭寶鈞，濬縣辛村， p. 62, 1964。
222. 青，p. 49；山彪鎮與琉璃閣，p. 61。
223. 陳瑞麗，戰國時代的一把包金劍，集刊本37，上冊，p. 229, 1967。
224. 輝縣發掘報告，p. 103，1956年。
225. 潮北江陵三座楚墓出土大批重要文物，文物，1966(5), p. 36。

數量上少的很多，這是因爲我國沒有豐富的銀礦。

（二）鍍金的青銅器

青銅鍍金工藝，我國通常稱爲「火鍍金」或「鎏金」。此種工藝，是我國金屬裝飾工藝非凡的成就，直到現今仍在民間流行。鎏金可分爲四個主要程序：第一、「殺金」，即用水銀溶解金（或銀）成汞劑，俗稱「金泥」；第二、「抹金」，用「塗金棍」（銅製，一端打扁）沾金泥和鹽、礬的混合液塗在銅器表面上；第三，「開金」，用木炭火烤，使水銀蒸發後顯出黃金；第四，「壓光」，用瑪瑙或玉石製成「壓子」，把銅器表面的金壓緊、壓平，使金與銅器結合牢固[226]。鎏銀的技術，與鎏金相同，不過我國鎏銀工藝品在古代很少發現。

說文無鎏字；集韻的解釋，美金謂之鎏。鎏金，我國古代可能稱爲「金塗」。東漢初年一件鎏金銅斛的銘文：

> 建武廿一年(45 A. D.)，蜀郡西工造乘輿一斛承旋，……銅塗工崇，雕工業，凍工康，造工業……[227]。

從「塗」字來看，此件銅斛表面的金必定是用上述方法鍍上去的。汞齊鍍金法，文獻上的記載，就作者所知，最早見於後漢書祭祀上：

> 建武三十年……禪泰山……（玉）檢用金鏤五周，以水銀和金以爲泥……[228]。

在戰國的墓葬中，出土了不少表層飾以黃金的青銅器。這些銅器，有的稱爲包金器，有的稱爲鎏金器。包金和鎏金，若不是經過專家的檢定，很難加以區分。所以出土戰國青銅器物中，終究有多少確是青銅鍍金器，難以斷定。關於鎏金（火鍍金）工藝的發明，直到 1978 年，冶金學家還是主張開始於戰國時代[229]。但是非常遺憾，未能見到專家們具體的科學報告。

（三）鍍錫的青銅器

青銅器外鍍錫以防銹蝕在我國古代非常流行。殷、周兵器、銅盔，常發現表面有

---

226. 溫廷寬，幾種有關金屬工藝的傳統技術方法，參，1958(3), pp. 62-63；蔣博光，鎏金技術，科學試驗，1978(2), pp. 36-37。
227. 方國錦，鎏金銅斛，參，1958(9), p. 70。
228. 鼎文影印，第六冊，pp. 3161, 3164。
229. 簡，p. 72, 1978 年二月出版；蔣博光，鎏金技術，科學試驗，1978年第二期，p. 36。

一層發光的錫[230]。兵器外鍍錫的技術，甚至傳到邊境少數民族的地區。1955年以來，在雲南晉寧石塞山挖掘了一批戰國末年到晉初的墓葬。墓中出土的青銅器經過化學分析，得知青銅器含鉛很少。一把銅斧表面「鍍上一層錫以保護銅不易腐蝕」[231]。

我國典藉中的「鋈」，就是指銅器鍍以錫。詩經國風小戎，「鋈錞」即鍍錫的錞，漢劉熙釋名云：

> 鋈：沃也，冶白金；以沃灌韎環也[232]。

說文解字詁林：「說文無沃字，玉篇，沃同渥。沃，即渥之隸省。說文：渥，灌漬也。灌漬則土肥」[233]。所以釋名鋈字，就是冶錫（白金）鍍（沃灌）皮帶上的銅環。明方以智亦云：「說文謂鋈爲白金者，非；鋈乃鍍之法也」[234]。古人鍍錫，可能是把銅器浸在錫溶液中，或錫溶液澆灌在銅器的表面上。

（四）鍍鉻的青銅器

鉻（Cr）是白色的硬金屬，不生銹，鍍在其他的金屬上可防銹蝕。陝西臨潼秦始皇陵墓東側陶俑坑出土了大量箭鏃，銅鏃表面呈黑色，至今毫無銹蝕（圖二十九）。此種銅鏃，經過金相及電子探針的檢查，始發現銅鏃表面有一層鉻的氧化物，冶金學家研究的結果：

> 鏃的表面有一層致密的氧化層，起着良好的防銹作用，其中含鉻約2％，而在保護層內部的青銅中則不含鉻。這表明黑色氧化層是用含鉻化合物人工氧化得到的[235]。

鍍鉻的鏃不僅在秦始皇的墓中有發現，河北滿城漢武帝時代的墓葬中出土的箭鏃，經檢定，與秦始皇墓箭鏃，同樣的含有鉻的氧化層來防銹蝕[236]。從陝西臨潼秦始皇墓到河北滿城漢武帝時代的墓，相距千里，時隔百年，而箭鏃表面同樣的含有鉻化層，這是說明青銅箭鏃鍍鉻化物的技術，在此時間內曾廣泛的應用。

---

230. 兵器史稿，p. 152。
231. 楊根，雲南晉寧青銅器的化學分析，考，1958(3)，p. 76。
232. 釋名，卷7，釋車第24，p. 8b，藝文影印百部叢書第84種，小學彙函第一函。古今逸史中的釋名；「鋈，金塗沃也，……」多了金塗二字。
233. 說文解字詁林正補合編，鼎文影印，第十一冊，pp. 1187, 1316。
234. 通雅，卷 48，p. 2a，四庫全書珍本三集，商務。
235. 簡，p. 121，圖 3-17。
236. 同前，p. 122。

接鉻是西人 Louis Vanquelin 於1797年所發現[237]。鉻是以化合物存在於自然界，無論是鉻鐵礦〔$Fe(CrO_2)_2$〕，或是鉻鉛礦（$PbCrO_4$）都不能用一般還原方法得到鉻。近代青銅鍍以鉻化物是用鉻酸鹽或重鉻酸鹽處理其表面，使之生成一層灰色或深灰色的薄層，以防腐蝕。此種技術是 1937, 1950 年先後爲德、美列爲專利。鉻酸鹽或重鉻酸鹽可以用鉻礦和火硝，在溫度800—1000°C 焙燒後浸出來[238]。我國古代箭鏃鍍鉻化物，可能就是利用上述的方法。我國在公元前三世紀發明了鍍鉻的工藝，實在是冶金史上的奇蹟。

十、青銅器裝飾工藝

春秋戰國的青銅器裝飾工藝是古代銅器製造中傑出的成就之一。春秋戰國的銅器很薄，一般都在2毫米（mm.）左右。所以器上紋飾不適合凸起的陽紋。因而發明了鑲嵌和錯金；卽器表面鑲嵌鮮明異色金屬，如紅銅、銀、金、綠松石、玻璃或彩漆等等。此種工藝通常稱爲金銀錯。

鑲嵌金屬的工藝，大約起於春秋中期以後。殷代許多青銅器上，鑄有粗大的陰溝，其中嵌以綠松石。黏着劑可能是一種樹膠[239]。錯金工藝大約是從殷代鑲嵌技術發展出來的。

(一) 工　　序

根據專家的研究，錯金銅器製作工序，除了鑄造不論，大體可分以下三個主要步驟[240]。

1. 鑄槽或刻槽　錯金是把金屬嵌入銅器表面的縫中。所以未嵌之前，必先製凹槽。凹槽通常是鑄器時預先鑄出來，外范成陽紋，器鑄成後，銅器表面便留下凹槽。鑄成以後，並需加工鏨鑿。

有的銅器上的凹槽是鑄成以後，再用硬度大的尖銳石器或鋼刃刻成[241]。使用此種

237. *The World Book Encyclopedia*，第三冊，p. 418, 1963 年，U.S.A.。
238. 簡，pp. 121-122。
239. 石璋如，殷代的鑄銅工藝，集刊，第26本，p. 128, 1955。
240. 史樹青，我國古代的金錯工藝，文物，1973(6), pp. 68-69。
241. 左傳哀公元年「器不彤鏤。」說文云：「鏤，剛鐵也，可以刻鏤。」器是指木器或銅器而言。

方法，多半是銅器需要精細的花紋，而此種纖細的凹槽又是無法鑄出來。刻紋以前，大約需要用筆繪好，然後根據紋樣，刻成略有U形的淺槽；槽底凹凸不平，以便金絲嵌鑲的更牢固。此種工藝，表現了高度的技巧，有的器物上的紋飾就是使用紋刻法。例如河南輝縣出土的燕樂射獵刻紋銅鑑，「裏壁用利刃精刻花紋兩列，紋細如髮，用放大鏡始清楚可見」[242]。

2. 鑲嵌　鑲嵌的材料，銅、金、銀等可能都是先加以適當的溫度，再槌成箔，剪成絲。錯金的銅器，如胎質薄，嵌金屬時，不宜捶打，便使用一種玉石或瑪瑙製的工具大小如手指，把金屬絲擠入槽內。此種工具，後世稱爲「壓子」。

3. 錯磨　金屬擠入凹槽，但高低不平，還需加以錯磨。錯的工具是用磨石。詩經小雅鶴鳴：「它山之石，可以爲錯」。磨好以後，最後的一道工序是打光，用木炭加水打磨銅器的表面，使之光潔平滑。

（二）鑲嵌金屬的種類

1. 錯銅　山西渾縣出土春秋時代的狩獵紋豆（圖三十）和河北唐山賈各莊出土的狩獵紋壺，其中的人、獸、鳥以及人與獸格鬪的圖像，都是用紅銅鑲嵌成的；圖案清晰、生動又美觀，反映了當時的狩獵景像[243]。又河南山彪鎮出土戰國水陸攻戰紋銅鑒，畫面描寫戰爭、犒賞、送別等情節。這件銅鑒上紋飾，是鑄器時按照畫面先鑄出凹槽，再用紫銅嵌入槽中[244]。

2. 錯金　先秦出土的金屬裝飾工藝中，以錯金者爲最多，而且很多是精美的藝術品，今僅舉一例。陝西興平縣出土一件戰國末年的嵌金銅犀尊（圖三十一），犀尊高 24.4 厘米，長 58.8厘米，重13.3公斤；犀遍體嵌金作流雲紋[245]。這件犀尊造型之美，可謂空前的。尊有雙角，一前一後，鼻角長而額角短，兩耳短小聳立，雙目嵌以黑色料珠，眼珠大小比例恰如其分，頸上五折紋，尾尖稍翹，短腳三瓣蹄，肥臀，身體顯得厚重，給人一種龐然巨物的感覺。總之，這件犀牛各部分大小比例和位置，

242. 郭寶鈞，輝縣發掘報告，pp. 115-116，圖一三八。

243. 簡史，pp. 70-71，圖 2-16；安志敏，河北唐山賈各莊發掘報告，考，1953(6)，p. 85，圖版拾。

244. 郭寶鈞，山彪鎮與琉璃閣，科學出版社，1959年，pp. 18-23；史樹青，我國古代的金錯工藝，文物，1973(6)，p. 71。

245. 陝西興平出土的古代嵌金銅犀尊，文物，1965(7)，pp. 12-13，彩色圖版。

幾乎就是一條活生生的非洲犀牛。犀牛所表現的神態，生動逼眞，好像迎風昂首佇立，雙目前視，顯示出震撼大地的雄偉氣概。這個犀尊就寫實造型藝術而論，是一件不朽的藝術傑作。

3. 錯銀　四川涪陵出土了一件錯銀銅壺（圖三十二）。銅壺有蓋，小口，長頸，深腹，圈足，肩上有獸面銜環的雙身。壺身自口至腹下，全身錯以極細的銀絲，並嵌以曲狀之銀片，形成大小不同的連續對稱雲紋，圈足也用銀嵌成水波紋[246]。

4. 錯金銀　此種金屬裝飾，是銅器用金、銀絲或片，兩種金屬嵌成各種紋飾，比單用一種金屬，可以藉着鮮明彩色的對比，使之圖象更爲生動。錯金銀的工藝，大約到了戰國時代才出現。陝西咸陽出土戰國錯金銀雲紋鼎，是用金銀片錯成幾何雲紋，蓋頂飾以蓮瓣花紋[247]。洛陽金村出土戰國錯金銀狩獵銅鏡，花紋精細，圖象生動，彩色鮮明，是一件極爲珍貴的工藝品[248]。

5. 錯金銀嵌綠松石　此種銅器的紋飾除了錯以金銀外，還鑲嵌綠松石。陝西寶鷄出土戰國錯金銀並嵌以綠松石的銅壺[249]。山東臨淄出土戰國錯金銀鑲嵌銀質乳丁和綠松石的大銅鏡，直徑 29.8 厘米，形體巨大，「製作精工華麗，圖案結構謹嚴，是我國偉大藝術寶庫中一件罕見的珍品」[250]。

6. 錯漆　從戰國到兩漢時代，有的銅器在鏨槽內並不嵌以金屬，而是填以黑漆，或漆內摻以金銀粉；填好後，再錯光磨平[251]。湖北江陵楚墓出土一件銅尊，尊的腹部及蓋均有龍形的紋飾。紋飾是先鏨刻成形，再在槽內填以摻金銀粉的漆，再磨光，極似金銀錯[252]。

7. 錯金銀的鐵器　1965—1966年在湖北江陵的楚墓中，出土了一件錯金的鐵帶鈎，長達46.3厘米。錯金的圖案與錯金銀的青銅器相似[253]。又河南輝縣褚邱區戰國墓，

246. 四川涪陵地區水田溪戰土坑墓清理簡報，文物，1974(5)，p. 67，圖版貳，3，圖六。
247. 簡，p. 72，圖 2-15。
248. 袁德星編，中華歷史文物，p. 218，1976 年，臺北。
249. 文化大革命期間出土文物，p. 2，1972 年，文物出版社出版。
250. 同前註；齊民濤，概述近年來山東出土的商周青銅器，文物，1972(5)，pp. 15-16，彩色圖版壹。
251. 同註 240，p. 71。
252. 同前註。
253. 夏鼐，巴黎倫敦展出的新中國出土文物展覽巡禮，古，1973(3)，p. 173。

也出土了一件錯銀的鐵帶鈎。帶鈎的紐並有鎏銀的殘痕兩片[254]。

下　篇

鐵鋼冶鑄工藝

一、鐵的起源

從鐵礦石煉鐵，我國從何時開始，就文獻的資料，很難得到眾人共認的結論。楊寬與郭沫若主張西周和春秋業已發明了鐵[255]。他們根據文獻的資料如下：

1. 尚書費誓：「備乃弓矢，鍛乃戈矛，礪乃鋒刃。」
2. 詩經大雅公劉：「取厲取鍛。」
3. 詩經秦風駟鐵：「駟鐵孔阜。」
4. 班簋銘文：「土御戠人。」[256]
5. 齊叔夷（581-554 B. C.）鍾銘文：「造戠徒四千。」[257]

楊、郭二人主張「鍛」乃是指鍛鐵而言。「戠」、「戠」卽今日的鐵字，戠徒卽冶鐵工人[258]。但近來學者反對上說，認爲鍛是指青銅兵器冷鍛以增加其硬度[259]；鐵、驖是戠的假借字，表示黑的顏色[260]，也有人主張「造」和「戠」是地名[261]。

至於尚書禹貢、禮記月令以及管子等書有關鐵的文字，更不足以作爲春秋時代使用鐵器的證據。因爲這些書皆爲戰國時代的作品。

研究我國冶鐵起源的學者，無不徵引左傳、國語兩處文獻，作爲春秋使用鐵器的

254. 輝縣發掘報告，p. 132。

250. 楊寬，中國古代冶鐵技術的發明和發展，pp. 15-16，上海，1956年；郭氏，中國史稿，第一冊，p. 163, 1962。

256. 郭沫若，兩周金文辭大系考釋，圖，p. 9，考釋 p. 21。

257. 同前註，圖，p. 245；考釋，p. 203。

258. 郭氏，中國史稿，第一冊，p. 164；同註257；郭氏，文物，1972 (9), p. 10。

259. 黃展岳，關於中國開始冶鐵和使用鐵器的問題，文物，1976(8), p. 63；簡，p. 43。

260. 同前註，黃文，p. 63。

261. 簡，p. 43。

證據。左傳昭公 29 年（513 B. C.）：

冬，晉趙鞅、荀寅帥師城汝濱，遂賦晉國一鼓鐵，以鑄刑鼎[262]。

國語齊語，管仲對桓公云：

美金以鑄劍戟，試諸狗馬；惡金以鑄鉏夷斤斸，誠諸壤土[263]。

從南宋歐陽土秀以後就有不少的學者對「一鼓鐵」提出疑問，認爲是「一鼓鍾」[264]，即統一容量單位「鼓」和「鍾」。至於國語中的「惡金」，學者們解釋爲鐵。作者認爲這個解釋甚有商榷的餘地。按金字，在古代都是指銅或黃金而言，所以惡金實際是指劣質的銅而言。學者們把惡金解爲鐵，因其基本的觀念認爲銅不作農具。但就上節所述，銅不僅用來製作農具，而且春秋時代銅農具還相當的普遍。所以上引國語也不能作爲春秋時代使用鐵器的證據。春秋以前的文獻雖然沒有確鑿而明顯使用鐵器的資料，但春秋時代確實已發明了煉鐵術。在出土的遺物中，出現了春秋時代的鐵器。

截止目前，我國出土最早的鐵器是屬於春秋（770-476 B. C.）末期。在這一時期的鐵器，計有長沙楚墓的鐵鉇、削，常德德山楚墓鐵鏃，江蘇六和程橋第一、二號墓出土的鐵丸和鐵條[265]。（圖三十三）

出土的商代鐵刃銅鉞，經過金相、電子探針等方法的鑒定，證實鐵刃是用隕鐵鍛成的[266]。但上述春秋時代的鐵器，卻是由鐵礦石煉出的塊煉鐵和白口生鐵。經過鑒定，江蘇六合程橋二號墓出土的鐵條是塊煉鐵（熟鐵），一號墓的鐵丸是白口生鐵[267]。

江蘇六合程橋墓葬的斷代，是經過了相當嚴格的考察。該墓出土器物的「製作技術，器形和紋飾」與壽縣蔡侯（518-491 B. C.）墓出土者相同。再從出土編鍾上的「攻敔」銘文來推定，此鍾爲春秋末期吳國的銅器[268]。按吳國亡於 476 B. C.

---

262. 十三經註疏，阮元審定本，卷 53, p. 11a。
263. 備要，卷六，p. 8b。
264. 黃展岳，關於中國開始冶鐵和使用鐵器的問題，文物，1976(8), p. 64。
265. 北京鋼鐵學院，中國冶金簡史，p. 45，表 2-1。
266. 簡，p. 41。
267. 簡，p. 44。
268. 南京博物院，江蘇六合程橋二號周墓，古，1974(2), p. 120；夏鼐，巴黎、倫敦展出的新中國出土文物展覽巡禮，古，1973(3), p. 173。夏氏定春秋爲 770-475 B. C.，5 可能爲 6，夏氏手誤。

[269]。綜合各種條件來看，六和程橋墓應當是公元前六世紀的墓葬。

春秋末期出土的十一件鐵器中，有四件爲農具，這是顯示當時已脫離了原始煉鐵的階段。因此關於我國開始煉鐵的時代，似乎還要往前推。至於我國原始鐵器出現的時代，以目前的資料還不能確定。

我國首先發明鐵的地區，可能是長江流域的吳、楚。目前發現最早的鐵器，都在春秋末期的吳楚地區。中原地區，出土最早的鐵器是戰國初期。從春秋末期到戰國早期，出土鐵器的地區，共有九處。其分佈的情形：春秋末期屬於吳楚地區者，各兩處；戰國早期，洛陽二處，山西長治分水嶺一處；戰國早中期，楚地信陽一處，山西長治一處[270]。這個情形似乎說明一件事實，吳楚地區最先發明了煉鐵的技術，再北傳到了中原地區。

長江流域首先發明了冶鐵術，並不是偶然的；它與南方高度發展的陶器與銅的冶煉有密切關係。我國原始瓷器大概是由南方的硬陶發展出來的。西周張家坡發現的原始瓷碎片，是經過 1200°C 的溫度燒成的；它的成分與北方青瓷有很大的差別；但與南方的硬陶和青瓷很接近。所以這些原始瓷器，可能是南方燒造的[271]。1200°C 的溫度可以使鐵礦石還原成爲液體（見後）。

在文獻上一再稱道南方吳楚地區產精良的鐵兵器。例如荀子議兵篇：「楚人……宛鉅鐵鉇，慘如蠆蠭。[272]」史記（卷78）范雎傳：「吾聞楚之劍利……。」又漢人著，越絕書與吳越春秋，記載了善造名劍的歐治子與干將，前者爲越人，後者爲吳人。他們爲楚王和吳王所造的劍都是極鋒利的花紋鋼劍[273]。這些資料也可以作爲吳楚地區首先發明鐵的佐證。

---

269. 華氏出版社（1978年），中國歷史紀年表，定春秋爲 770-476 B.C.。吳亡於 476 B.C.。該書紀年與李宗侗先生，春秋左傳今註今譯，在襄公元年以前相同，以後則有異；例如後者，襄公元年，572B.C.，二年仍爲 572 B.C.；又襄公十五年，559 B.C.，十六年爲 555 B.C.，顯然李文有誤。
270. 簡，p. 45，表 2-1。
271. 澧西發掘報告，附錄二，張家坡西周居住遺址陶瓷碎片的研究，pp. 163, 165; 1962 年，文物出版社出版。
272. 荀子集解，p. 187，世界。
273. 新興書局影印筆記小說大觀，第四編，第一冊，p. 100, pp. 182-183；又見拙文，我國傳統的煉鋼法，屈萬里先生七秩榮慶論文集，p. 203, 1978 年，臺北出版。

我國冶鐵技術在南方發明不久，可能很快的傳至北方。中原地區原是我國冶鑄青銅的中心，所以冶鐵業在北方的發展非常快速。戰國中期以後的鐵農器大部分是在北方出土。早期楚墓出土的農具器形都小，數量也不多。但戰國以後，北方出土的農具無論是數與量均非南方所能比。

二、塊煉鐵與鑄鐵

塊煉鐵是鐵礦石在較低的溫度（約 1000°C 左右），鐵被木炭還原生成固態的熟鐵。此種鐵含碳、硅、硫、磷等元素很少，但其中含有許多氧化物雜質，組織疏鬆成海棉狀。塊煉鐵性質柔軟，加熱後鍛打可以擠出氧化物雜質，改善機械性能，鍛造成型，或滲碳成鋼。

江蘇六合程橋二號墓出土春秋末的一根鐵條，長 25.5 厘米；經過金相考察，確定它是塊煉鐵[274]。到了戰國中期，鑄鐵雖然相當的普遍，仍有許多鐵器是由塊煉鐵鍛造的。例如河南輝縣五座戰國墓，出土鐵器計有削、鏟、銎、钁和斧等95件，其中有白口鐵鑄件，也有塊煉鐵鍛件[275]。到了戰國末期，鍛鐵器較少，但兵器多是用塊煉鐵滲碳鋼製成的（見後）。

鑄鐵或生鐵是鐵礦石在較高的溫度（約1100-1200°C 以上），鐵被木炭還原生成液體狀態的鐵。生鐵含碳比熟鐵和鋼高，約 2％-4.5％。白口鐵基本組織爲滲碳體 (Fe_3C) 和萊氏體。生鐵性質脆硬，不能鍛製，但適合鑄造。

江蘇程橋一號墓出土春秋末期的鐵丸，雖已銹蝕，仍可看出生鐵所特有的萊氏體組織痕跡[276]。河南洛陽水泥廠最近發現了戰國早期（公元前第五世紀）的鐵鈽、鐵鏟，經過金相檢驗（圖版三十四），確定它是白口鐵鑄成，並經過較低溫度下短時間的退火處理，使表層變成鋼一樣的組織[277]。

生鐵之中還有一種灰口鐵，鑄鐵時溫度緩慢冷卻，大部分碳成爲片狀石墨而與純

274. 簡，p. 56，圖 2-6。
275. 簡，p. 56。
276. 簡，p. 59。
277. 簡，p. 44, 圖 2-2；p. 59, 圖2-7；p. 64。

鐵之晶粒共存[278]。灰口鐵斷口呈灰色，硬度比白口鐵低，脆性較小，具有良好的耐磨性和潤滑性能等[279]。灰口鐵大約是西漢中期發展出來的新技術。劉勝墓內發現了灰口生鐵錠和車鋪[280]。然而戰國可能出現了麻口鐵。

按麻口鐵是白口鐵與灰口鐵混合的一種生鐵；卽白口鐵組織中含有片狀石墨的鐵[281]。戰國中期，湖北銅綠山出的鐵錘中有片狀的石墨存在[282]。麻口鐵冶煉的技術，基本上與灰口鐵冶煉的方法相似，但必須提高爐溫，冷卻時速度要緩慢[283]。

生鐵的冶煉是冶金史上劃時代的大事，其重要性絕非塊煉鐵所能比。塊煉鐵要鍛製成型，化費的工力非常大。不僅如此，因塊煉鐵是在固體狀態下還原，故必須毀爐取鐵。換言之，煉一次鐵就需製一個冶鐵爐，影響鐵的產量甚大，難以大量生產。而生鐵是在高溫狀態鐵被還原成鐵水，出鐵時，鐵水可從爐中流出；冶鐵爐可一再的使用。同時生鐵冶爐，一般的情形都是高爐，容積大、產量多，所以生鐵可以大量生產，大量鑄造工具。這對經濟的發展可謂具有革命性的意義。我國農業和手工業的高度發展，與生鐵的冶煉實在無法分開。

塊煉鐵與生鐵的發明，根據出土鐵器的時代，塊煉鐵與鑄鐵是在相差不遠的時間內，不同的地區，先後出現；也可能是同時發明的[284]。就目前吾人所見到的資料而言，確實如此。然而從商代使用隕鐵鍛造加工製鐵刃的銅鉞（約公元前 14 世紀），到春秋末期鑄鐵的出現，在將近一千年的時間裏，是否曾有一段冶煉熟鐵的階段呢？吾人今日仍難遽下斷言。

我國古代可能有許多銅、鐵伴生的礦藏。例如山海經北山經云：「白馬之山，……其陰多鐵，多赤銅。」；又中山經云：「丙山……多黃金、銅、鐵。」[285]山海經

278. 化學，教育部五十三年審定高中化學（自然組），下冊，p. 228。
279. 李衆，中國封建社會前期鋼鐵冶煉技術的探討，考，1975(2)，p. 6。
280. 同前註，p. 20；簡，pp. 102, 262。河北興隆出土戰國的鐵范，據云，是灰口鐵鑄件（見鄭紹宗，熱河興隆發現的戰國生產工具范，考古通訊，1956(1)，pp. 29-35），但不見於近數年的出版物。
281. 同註 279，p. 6。
282. 同前註，簡，p. 262，附錄。
283. 同註 279，p. 3。
284. 冶軍，銅綠山古礦井遺址出土鐵製工具的初步鑑定，文物，1975(2)，pp. 19-23；黃展岳，關於中國開始冶鐵和使用鐵器的問題，文物，1976(8)，p. 68。
285. 備要，卷 3，p. 18b；卷 5，p. 41b。

另外有多處稱某山「其陽多銅，其陰多鐵」。這些記載可能都是指銅、鐵共生。湖北銅綠山就是一個銅、鐵伴生的礦區和煉銅場，礦坑中許多鐵礦石都當着廢料[286]。礦區附近的煉渣，其中所含的氧化鐵高達47.99%[287]。

按純銅的熔點是1083°C，純鐵的熔點是1534°C。在一個銅、鐵伴出的礦藏開採銅礦，選礦無論怎樣精細，銅礦中必然要混入鐵礦。因此在煉銅的過程中，當銅已熔成液體，而鐵仍爲固體。但當爐溫在 1000°C 左右，鐵礦石可以在固體狀態下還原成塊煉鐵。從這個觀點而言，竊疑，我國塊煉鐵的發明可能是煉銅的副產品。這種塊煉鐵大概有很長的時間當着煉渣而未被利用。也許當銅的產量減少，始漸漸嘗試利用此等廢物，將其加工，於是鍛鐵工具開始就出現了。鍛鐵工具較爲費時、費力。我們的祖先就設法如何能使這些固體的鐵成爲液體，能像青銅一樣的鑄造。於是就改進鼓風和煉爐的設備，提高了溫度，達到了使鐵礦石熔爲液體的溫度，從而發明了生鐵。

三、鼓風爐與生鐵的冶煉

我國冶鐵工藝是在燒陶、冶銅的基礎上發展出來的。塊煉鐵與生鐵的冶煉，主要的條件是煉爐的溫度。（礦石的處理和燃料的選擇也有關係，但不是最重要者。）當爐溫在 1000°C 左右，鐵爲木炭還原成固態鐵[288]。爐溫增加到1100-1200°C 以上，即略高于純銅的熔點 (1083°C)，被還原的固態鐵迅速吸收碳素，使鐵開始熔化的溫度和全部熔化的溫度皆逐漸下降；在含碳爲2.0%時，開始熔化的溫度爲 1146°C，全部熔的溫度爲 1380°C；當含碳量超過 2 %時，開始熔化的溫度仍爲 1146°C，但全熔的溫度則下降；含碳爲 4.3%時，全部熔化的溫度在 1146°C 。當含碳爲2%，而爐溫爲 1200°C 時，熔化成液體的鐵可佔全部的11%[289]。所以當爐溫能達到 1200°C 時，就可以煉出生鐵。

我國古代燒陶和冶銅時，爐溫都可達到 1200°C。西安張家坡出土的西周原始瓷碎片，就是在 1200°C 的溫度燒成的。商周煉銅爐，根據冶金學家的研究，爐襯的耐火

286. 湖北銅綠山春秋戰國古礦井遺址發掘報告，文物，1975(2)，p. 9。
287. 同註 284，冶文，pp. 19,23；黃文，p. 68。
288. 簡，p. 54。
289. 同註 279，p. 3。

材料是加工後的石英砂和粘土組成的，爐壁熔化溫度一般是 1160-1300°C；爐渣熔化的溫度爲 1100-1200°C；冶鐵爐能達到這個溫度，當時可能有了原始的鼓風設備[290]。由此可知我國古代冶銅的設備，可以使鐵礦中的鐵還原成爲生鐵。

鼓風裝置是冶煉生鐵的關鍵性的設備。我國鼓風工具稱爲橐，它是用牛皮製的囊；爐的通風管稱「籥」、「甸」或「埵」。老子云：

天地之間，其猶橐籥乎？虛而不屈，動而愈出[291]。

墨子備穴第六十二：

橐以牛皮，鑪有兩甸，以橋鼓之……。橋，桔皐也[292]。

淮南子本經訓：

鼓橐吹埵，以銷銅鐵。（高誘注云）：鼓，擊也。橐冶鑪，排橐也。[293] 埵，銅藥口，鐵筒；埵入火中吹火也。

按，籥，像笛之樂器，三孔。墨子備穴：「水甸，容三石。」注引玉篇云，「甸同缶。」[294]甸卽陶製之容器。所以引文中的「籥」與「甸」乃指冶鐵爐用的鼓風管。戰國時代是陶製，漢代也是如此。出土漢代鼓風管，「內胎陶質，外敷厚約45毫米的草拌泥。」[525]但從高誘的注來看，漢代冶鐵爐的鼓風管，有的已用鐵、銅製的。

我國明代鼓風器是木製的風箱，裝有一個大活塞，四個或三個活門；推拉活塞可連續不斷的鼓風[296]。此種風箱可能是從宋、元鼓風的「木扇」演變而來的[297]。王禎農書「水排」圖，鼓風器「排扇」就是木扇。從木扇的構造來看，不能連續鼓風[298]。由此來推斷，我國古代鼓風的橐可能無法連續不斷的鼓風。這對於冶鐵爐溫度的提高，

290. 簡，p. 28。
291. 備要，上篇，p. 3。
292. 備要，卷 14, p. 17a。
293. 卷 8, p. 122，世界本。
294. 卷 14, p. 16b。
295. 河南漢代冶鐵技術初探，考，1978(1), p. 12。
296. 天工開物，pp. 162-163，世界；楊寬，中國古代冶鐵鼓風爐和水力冶鐵鼓風爐的發明，見李光璧、錢君晔，中國科學技術發明和科學技術人物論集（1955 年）p. 92，風箱圖五、六。
297. 見宋曾公亮，武經總要前集，卷 12, p. 63b，「行爐」圖，四庫全書初集；王禎農書，卷 19, pp. 403-404，商務。
298. 農書，卷 19, pp. 403-405，商務。

影響甚大。爲着補救這個缺點，我們祖先是在冶鐵爐周圍裝上許多的　。墨子記載的地道戰，用烟熏敵人的竈，裝有四個鼓風的橐。墨子備城門第五十二

竈用四橐，穴且遇，以桔皐衝之，疾鼓橐熏之[299]。

地道戰的竈尚且裝有四個橐，而冶鐵爐豈僅有一橐？漢代冶鐵爐鼓風者稱「排橐」。「排」字正表示多數之意。由出土漢代橢圓形冶鐵爐所留的痕跡來看，爐的兩側有兩個風口，全爐共四個風口[300]。

冶鐵爐，我國古代稱鑪，蒼頡篇云：

炭鑪所以行（火）銷鐵也[301]。

又史記（卷84）賈誼的賦云：

且夫天地爲鑪兮，造化爲工；陰陽爲炭兮，萬物爲銅。

漢代的冶鐵爐多數是使用高爐。高爐不僅能容納更多的炭，產生高溫，而且鐵的產量大。出土漢代的冶鐵爐就是屬於高爐；有的爐身高達 5-6 米，有效容積約五十立方米左右[302]。到了西漢中期又出現了橫斷面爲橢圓的高爐；西方到了十九世紀中葉始發明了此種高爐[303]。春秋戰國時代的冶鐵爐，應當就是冶銅的煉爐。有些學者確信先秦已有了高爐，有的學者主張公元前六、七世紀的冶鐵爐已是高爐了[304]。到了戰國時高爐更有進一步的發展[305]。吾人若從漢代冶鐵爐觀察，高爐絕非開始於漢代。作者也認爲最遲於戰國中期以後，我國應當使用高爐了，否則無法供應鑄造大量鐵器的需要，也無法解釋何以漢代有如此進步的高爐。

四、春秋戰國鐵器的發展

從出土古代鐵器來分析，春秋戰國鐵器的發展，大致可分三個時期：第一期，從

299. 卷 14, p. 8b。朱希祖，墨子備城門以下二十篇係漢人僞書說，見古史辨第四冊，pp. 261-271；按：朱氏所舉之證據，均不足爲憑。墨子所論之地道戰，韓非子八說篇（卷 18, pp. 6b-7a）記載：「干城拒衝，不若堙穴伏橐。」

300. 河南漢代冶鐵技術初探，考，1978(1), p. 7。

301. 孫星衍輯蒼頡篇，卷下，p. 19a，岱南閣叢書。

302. 同註 300, p. 5。

303. 劉云彩，中國古代高爐的起源和演變，文物，1978(2), p. 20；同註 300, p. 7。

304. 溜吉星，成就卓著的我國古代化學，文物，1978(1), p. 61。

305. 劉云彩，中國古代高爐的起源和演變，文物，1978(2), p. 19。

春秋末年到戰國早期；第二期，到戰國中後期；第三期，戰國晚期。第一期的特徵有以下數點：⑴鍛、鑄鐵器並重，即塊煉鐵鍛件佔有相當大的比重；⑵鐵製工具，如削、錘、斧、刮刀、鑿等，佔有很大的比重；鐵農具的數量較少，在農業生產中鐵器還未發生重大的影響[306]；⑶鍛鑄鐵的發明，作者認爲它和生鐵是這一時期最偉大的成就，影響也最爲深遠。第二時期，是冶鐵業快速發展的一個階段，它的特點：⑴鐵器農具大量的使用，鐵范的出現足以說明這件事實；⑵鍛鑄鐵件廣泛的使用。第三期，滲碳鋼和淬火技術的發明。

戰國時期鐵器普遍的使用，是非常值得重視的一件事，「北起遼寧，南到湖南，東起山東半島，西到四川、陝西」都有戰國鐵器出土[307]。尤其黃河流域，各處冶鐵的規模都相當大。齊國都城臨淄冶鐵遺址，發現了四處，其中最大的一處，約佔四十餘萬平方米。河北易縣燕下都發現了三處遺址，總面積共有三十餘萬平方米[308]。

戰國中期以後，出土的鐵農具佔有很大的比例。河北興隆燕國冶鐵遺址出土的一批鐵范（圖三十五），共42付，78件，重 190 公斤。「其中屬於農具的鐵范共計28付，佔全部鐵范的66%」[309]。河南輝縣固圍村一號墓出土鐵器65件，其中農具佔了58件；包括有鎒、鋤、鏟、鐮、犁鏵等農具（圖三十六），爲全部鐵器的89%。河北石家莊趙國冶鐵遺址，出土農具「佔這個遺址出土全部鐵、石、骨、蚌工具的65%」。遼寧蓮花堡燕國遺址出土的鐵農具，佔全部出土農具的85%[310]。到了戰國後期，河北易縣燕下都44號墓出土的生產工具全部都是鐵製的[311]。

從以上統計資料，可見戰國時中國北方鐵農具的使用，已佔領導的地位，有的地區，鐵農具大致已完全取代了銅、木、石等農具。孟子問陳相曰：「以鐵耕乎？」（滕文公上）正表示使用鐵農具是當時最流行的工具。鐵農具大量而廣泛的用於農業生產，這在農業經濟上是具有革命性的意義。

---

306. 簡，p. 46。
307. 簡，p. 46。
308. 簡，pp. 50-51。
309. 簡，p. 47。
310. 簡，p. 47。
311. 河北易縣燕下都44號墓發掘報告，古，1975(4)，p. 230。

出土戰國的鐵製生產工具，種類繁多，計有：斧、鑿、錘、鋮、耙、鋤、臿、鍬、鐮、鏟、犁鏵等[312]。鐵范有比較原始的單范，也有進步的合范。到了戰國後期鐵范製造技術相當的高。例如河北興隆鐵范，「基本符合散熱均勻和抵抗冷卻變形的強度要求，標誌着戰國後期我國鑄造工藝的水平達到了相當的高度」[313]。

總之，我國鐵器的發展，從春秋末期到戰國後期，將近三百年的時間，鐵器的進步非常驚人。

五、鍛鑄鐵和柔化處理技術的發明

我國古代生產的鐵爲白口銑鐵。此種鐵的組織爲滲碳體與萊氏體。白口鐵熔點低塑型好，但缺點是脆而易碎，不能鍛。所以生鐵器的實用性受到了極大的限制。我們的祖先，爲着克服這個缺點，於是發明了鍛鑄鐵，使生鐵得到了廣泛的使用。

按生鐵脆硬的性質，是由於其基本組織爲滲碳體（Fe_3C）。所謂鍛鑄鐵或韌（展）性鑄鐵（Malleable Cast Iron）是利用柔化退火的技術改善鑄鐵性能。鍛鑄鐵器是用白口鐵件加熱到900°C左右，覆蓋氧化劑，保持三至五天，使其脫碳，或使滲碳體分解爲石墨，由許多小石墨聚在一起成爲團狀石墨。鍛鑄鐵又分白心鑄鐵和黑心鑄鐵兩種。白心鑄鐵以脫碳爲主，黑心鑄鐵以石墨化爲主[314]。

白心鍛鑄鐵，在西方首先由法國物理學家 Bené Antome Réaumur 於1722年所證明；黑心鍛鑄鐵是 1826 年美國人 Seth Boyden 所發明[315]。我國鍛鑄鐵的發明是在戰國初年，即公元前五世紀。1974年，河南洛陽水泥廠出土了春秋戰國之際的鐵鋮兩件。鐵鋮經過金相的鑒定：

> 是在較低溫度下進行退火處理，靠銎的表面具有1毫米左右的珠光體帶，靠近萊氏體的部分是含碳略高于 0.8%的過亞共析組織，靠銎的表面可以觀察到很淺的脫碳層(主要爲鐵素體)。珠光體層（由退火溫度下的奧氏體轉變而來）過

312. 李文信，古代的鐵農具，參，1954(9)，pp. 80-86；簡，pp. 48-49，圖 2-3，2-4。
313. 簡，p. 63。
314. 簡，p. 64；李衆，中國封建社會前期鋼鐵冶煉技術發展的探討，考，1975(2)，pp. 4-6；拙文，我國傳統的煉鋼法，屈萬里先生七秩榮度論文集，p. 204。
315. *Encyclopaedia, Britannica*, Vol. 5, Iron, p. 37, 1970 年。

> 度的梯度較陡，沒有石墨析出，內部的萊氏體也沒有轉化。這些現象表明其退火溫度不高，大約在750°C 左右，時間也不會很長。這種簡單的退火使白口鐵的表面冷卻後形成一層珠光體組織（按：鋼以珠光體爲其基本組織），對於減少脆性和提高韌性，起了良好的作用[316]。（圖三十七A）

這件鐵鈽是白口展性鑄鐵件。與鐵鈽同時出土的鐵鏟，經過金相鑒定的結果：

> 柔化處理是將鑄件加熱到900°C 左右，保持三至五天，使滲碳體分解爲石墨，由許多小石墨片聚集在一起，成爲團絮狀石墨。這種工藝在戰國中、晚期已被廣泛應用于製造農具和兵器，……[317]

這件鐵鏟是「目前所知的世界上最早的黑心韌性鑄件」[318]。（圖三十七B）

我國古代柔化退火工藝，具有多樣化的技術，以便獲得效用不同的展性鑄鐵器。例如湖北銅綠山24礦井出土戰國中期的鐵斧[319]，用途在於衝鑿，所以「既要克服生鐵過脆的缺點，又要較高的耐磨性。因此就進行高溫（大約 900°C）退火的熱處理，同時加以保護，防止表面嚴重脫碳，結果變成了一個白心可鍛鑄鐵件」[320]。但礦井中的鐵鋤，鐵板很薄，白口鐵鑄件又很脆，古人爲了消除其脆性，同樣進行了熱處理。鐵鋤處理的方法與鐵斧不同，「推測是在氧化介質或氧化氣氛中，于723-910°C 溫度下較長時間退火，使碳分（素）由表面向裏逐漸脫去。脫碳時，鐵素體晶粒向裏生長，形成了一個明顯的垂直于表面的柱狀晶帶。處理後效果是明顯的。將鋤板彎曲90度，僅表面微裂而不折斷」[321]。又河北易縣燕下都出土戰國晚期的鐵钁（M44: 123），鐵鋤（M44: 13），是白口鐵鑄件，利用控制退火（727°-910°C）的辦法，獲得了復合展性鐵鑄件；鐵件中心爲硬的萊氏體和滲碳體，使其具有很硬耐磨的心部，中間的過渡

316. 簡，p. 64，圖 2-7。
317. 簡，p. 64，圖 2-11。
318. 同註300, p. 19。
319. 河南省博物館、石景山鋼鐵公司煉鐵廠，中國冶金史編寫組，於1978年第一期考古學報聯合發表的文章，河南漢代冶鐵技術初探（p. 19，註 1），根據鐵器上的銘文「江」和「河三」來判斷，這些鐵器屬於漢代的器物。但原報告，未見這些鐵器有銘文。又 1978 年北京鋼鐵學院、中國冶金簡史編寫小組，出版的中國冶金簡史，仍然認定這些鐵器屬於戰國中期的遺物。即使，此等鐵器確屬漢代的遺物，對吾人所討論的主題仍無重大的影響。
320. 銅綠山古礦井遺址出土鐵製及銅製工具的初步鑑定，文物，1975(2), p. 23, p. 21。
321. 同前註，p. 21。

層是珠光體，外邊由柔韌的鐵素體保護[322]。此種復合展性鍛鑄鐵農具，剛柔結合，既耐用又有鋒利的刃口。又河南澠池出土漢魏的鐵器，其中的鐵鏟和鐵鍤，需要具有耐衝擊和韌性好的特點，此類農具就通過柔化退火的技術，使其成爲黑心鍛鐵件[323]。總之，我國從戰國到漢魏，具備了多樣的柔化退火工藝，根據工具功能的不同，就對鑄鐵件進行不同的處理，以便獲得用途不同的工具。

鍛鑄鐵的發明，對生鐵器的發展具有重大的意義。展性鑄鐵補救了生鐵器脆硬的缺點，使快速又可大量鑄造的生鐵工具，有具鋼的某種程度的性能，成爲鋼的代用品；從而擴大了生鐵實用價值和範圍；甚至戰國時代一些兵器也是展性鑄鐵件[324]。不僅如此，柔化退火工藝又爲漢代的「鑄鐵脫碳鋼（戰國已有脫碳不完全的鑄鐵脫碳鋼）[325]以及「生鐵炒鋼」奠定了基礎。

由於展性鑄鐵克服了生鐵脆而易碎的缺點，使展性鑄鐵工具廣泛的使用於農業生產。漢代鐵農具主要是用展性鑄鐵。例如河南南陽瓦房莊出土經過檢驗的12件農具中，九件是展性鑄鐵件，兩件是鑄鐵脫碳鋼，白口鐵農具僅有一件。其他省區凡經過檢驗的鐵器，大抵都是如此[326]。漢代的手工業工具和兵器則爲滲碳鋼或鑄鐵脫碳鋼，不用展性鑄鐵。至於戰國的情形，從中期以後，展性鑄鐵器，在燕、趙、魏、楚等國的廣大地區內可能廣泛的使用。有些地區的鐵器雖未曾鑒定，但「從出土實物的形制、功用來判斷，也應是經過退火處理的。」[327]

六、滲碳鋼和淬火

戰國時代文獻上的鏤、鉅等字，後世的注釋皆認爲鋼製的刻刀。禹貢的鏤，郭璞注云：「鏤者，可以刻鏤故爲剛鐵也。」[328]說文云：「鏤，剛鐵，可以刻鏤……」按

322. 易縣燕下都44號墓葬鐵器金相考察初步報告，考古，1974(4)，p. 243；簡，pp. 64-65。
323. 河南澠池窖藏鐵器檢驗報告，文物，1976(8)，p. 56。
324. 簡，p. 64。
325. 河南漢代冶鐵技術初探，考，1978(1)，p. 20。
326. 同前註，p. 19。
327. 同前註，p. 19。
328. 阮元審定，十三經註疏，尚書，卷6，p. 19a。

古代無鋼字，鋼乃剛之俗字[329]。又前引荀子議兵篇上有「宛鉅」，史記禮書第一（卷23），正義云：「鉅，剛鐵也。」

地下出土了許多春秋戰國的鐵器。經過冶金學家鑒定爲鋼製的鐵器，只有戰國後期燕下都出土的兵器。1965年在河北易縣武陽臺發現了戰國的墓葬，根據死者隨身携帶的貨幣來判定，此墓的年代，爲戰國後期，不會晚於戰國末年；因爲墓中未發現末年的貨幣[330]。在44號墓葬中發掘出79件鐵器，其中九件鐵器經過金相，電子束微區X射線等分析方法的鑒定；鑒定的結果，其中五件兵器是用塊煉鐵滲碳後，又經過淬火的鋼製兵器。關于金相組織（圖三十八）簡述如下[331]：

鋼劍（M44:12）及殘劍（M44:100）

M44:12 鋼劍……全長 985、寬40毫米，……M44:100 殘劍約長160毫米，兩組劍組織基本相同，由含碳分別爲 0.5-0.6% 及 0.15-0.2%的高碳層和低碳層相間組成，各層有寬有窄，分界有時明顯，有時有較厚過渡層。鋼劍曾經加熱至 900°C 以上淬火，在刃部，高碳部分爲馬氏體，局部有少量細珠光體（即所謂索氏體），中低碳部分爲帶有鐵素體的細珠光體，在心部，由于冷卻速度較低，馬氏體組織中，細珠光體量增加。低碳部分鐵素體部分增加。M44:100整個斷面上有折叠的低碳層多處，有的由方向相同的兩個叠層組成，有的由折叠方向相反的叠打一起，整個斷面上有彎折十處以上。在兩個彎折之間爲高碳層，其中尚有較大的夾雜物。鋼中細顆粒及大塊夾雜的結構與 M44:12中相似。根據高碳層，低碳層和夾雜物的含量分布推測，此劍不是用生鐵脫碳的鋼叠打而成。初步確定鋼劍的製作方法是將塊煉（即低溫固態還原）的海綿鐵鍛成薄片，增碳後，將斷面上含碳不勻的薄片加熱叠在一起鍛打，或先對折後再叠在一起鍛打成形，經過焠火，得到堅硬銳利的淬火高碳鋼刃部和具有韌性的高碳層（珠光體爲主）和低碳（鐵素體爲主）層叠組織。

鋼戟（M44:9）

329. （鼎文影印）說文解字詁林正補合編，冊4，p. 843，見剛字條，引句讀文。
330. 河北易縣燕下都44號墓發掘報告，考古，1975(4)，p. 228，p. 239。
331. 北京鋼鐵學院壓力加工專業，易縣燕下都44號墓葬鐵器金相考察初步報告，考古，1975(4)，pp. 241-243。

在胡部取樣，組織與 M44:12 及 M44:100 相似，但 (1) 低碳部分含碳較低，在 0.1%左右，高碳部分馬氏體略軟；(2)分層比較明顯，(3)沒有明顯折疊，據此，這把戟當係將增碳的鋼片疊在一起鍛打，或將鐵片疊好增碳鍛打成形，整體淬火得到的。

鏃鋌 (M44:87)

斷面爲正火組織，由鐵素體和珠光體組成，有分層現象，含碳量約 0.2% 左右。

鋼矛 (M44:115)

骹部取樣爲低碳鋼正火組織，含碳量比 M44:87 稍高。原奧氏體晶粒粗大，在三級左右，鐵素體爲魏氏組織，係高溫正火產物。

冶金學家又根據鋼劍中低的含磷量 (0.015-0.018%)，進一步確定上述鋼劍確是塊煉熟鐵滲碳所得的鋼件。因爲古代生鐵含磷量應高出上述數倍以上[332]。

上述經過金相鑒定的 9 件鐵器，二件農具，一件爲白口鐵鑄件，一件爲鍛鑄鐵件；七件兵器，一件鐵鐏爲展性鑄鐵，鐵劍 (M44:19) 爲海綿鐵鍛造，其餘五件皆爲熟鐵滲碳鋼件[333]。可見鋼製兵器在當時已佔有重要地位。按M44墓葬是一座普通士卒叢葬坑，兵器乃是士卒隨身所帶者[334]。這些士卒的死因還不甚明白。但士卒死後，他們的兵器並未收回。可見當時鋼製兵器已經不是什麼珍貴之物。

塊煉鐵質柔不堅，雖然經過鍛打滲碳成鋼，但仍不够堅硬，不能滿足兵器的要求。古代的冶鐵者從長期實踐中又發明了淬鋼技術。淬鋼或淬火 (Hardening) 是煉鋼中重要的一個環節。淬鋼是把鋼件加熱到適當溫度，放入水中或其他液體中急速冷卻，以改變其組織，增強硬度。淬鋼，我國古代稱爲「焠」或「淬」。漢書王褒傳云：「及至巧冶鑄干將之樸，清水焠其鋒。」師古注：「焠，謂燒而內水中以堅之鋒，刃芒端也。」[335]又晉書地理志上：「西平，有龍泉，水可用淬刀劍。」[336]

332. 簡，p. 61，圖 2-9。
333. 同註 331。
334. 同註 330, p. 239。
335. 漢書，卷 64 下，pp. 2823-2824，鼎文，標點本。
336. 晉書，地理志上，卷 14, p. 421，鼎文，標點本。

燕下都出土的五件鋼製兵器，三件是經過淬火處理，二件是經過正火處理。M44:12 長劍，M44:100 殘劍與 M44:9 戟，三件鋼製兵器，都發現了淬火產生的針狀馬氏體（圖三十九）[337]。

所謂正火，是指鋼件加熱到適當溫度使其形成奧氏體，然後在空氣中冷卻，得到較細而勻的珠光體和鐵素體組織，使機械性能較正火前有所改善[338]。M44:115 鋼矛的骹部（卽安柲之處）與 M44:87 鏃鋌都是正火處理的組織。按鏃鋌與矛的骹部需要機械性較好的鋼材。上述的情形，說明「當時除淬火之外還掌握了正火工藝，並能根據器物要求的不同性能，對鋼材進行不同的熱處理。」[339]

M44墓葬出土的鋼製兵器，是迄今爲止，我國出土最早的鋼製品實物。根據上述金相的分析，可知當時燕國煉鋼和淬火的技術已相當的純熟，絕非原始階段。熟鐵滲碳鋼可能是吳或楚人所發明的。在湖南 64 個楚墓中，出土了 70 多件鐵器，鐵兵器佔了33件，有的鐵劍長達 1.4 米[340]。由此可見兵器的製造在楚國冶鐵工藝中佔的比重相當大。這些鐵兵器絕非生鐵鑄件，當是塊煉鐵鍛製而成。塊煉鋼可能是從鍛造熟鐵兵器發展出來的。文獻上對於南方鐵兵器的讚語必然有事實的根據。長江流域的楚發明了此種煉鋼法，可能不久就傳入了北方，而且發展的非常快速。到了戰國晚期前後，北方煉鋼淬火技術已達到了相當高的水平。

總之，我國從春秋末期發明了塊煉鐵和生鐵以後，在短短的二三百年之間，冶鐵技術發展之快速實在驚人。除了鐵器的鑄造是承襲了青銅的技術以外，我們的祖先又發明了展性鑄鐵、塊煉鋼、炒鋼和多樣化的熱處理工藝。到了戰國晚期，大體而言，已逐漸獲得了生鐵、鋼、熟鐵之間的轉化技術。我們的祖先已初步的掌握了碳素（雖然古代沒有這名詞）對生鐵、鋼、熟鐵之間「硬」、「軟」轉化的關係。他們用滲碳、鍛打和淬火增加其「剛性」；而利用脫碳和柔化退火技術降低其脆性和硬度，從而得到柔韌的鐵材。

337. 同註 331, pp.241-242；簡 p. 62；圖 2-10，p.63。
338. 簡，p. 63，注(2)。
339. 同前註。
340. 黃展岳，近年出土的戰國兩漢鐵器，考，1957(3), p. 105。

七、鐵 兵 器

我國使用鐵製的兵器，始於戰國時代。長沙、衡陽出土的戰國鐵兵器計有：劍、刀、戟、矛、七首、箭等；其中以刀、劍爲最多[341]。而燕下都出土的鐵兵器，劍 15 件，矛 19 件，戟 12 件，刀僅有一件[342]。這些鐵兵器只有燕下都七件作了金相檢驗，五件爲塊煉鋼，一件是鍛鑄鐵，一件爲熟鐵鍛製。

文獻上還有鐵殳、鐵杖等兵器。韓非子南面篇：「鐵殳重盾而豫戒也。」[343]周禮夏官司戈盾：「祭祀授旅賁殳」。鄭注云：「殳，如杖，長尋有四尺。」[344]又呂氏春秋貴卒篇云：

> 吾丘鴳衣鐵甲，操鐵杖以戰[345]。

此種長的鐵兵，當是熟鐵，或塊煉鋼鍛製成的。

戰國中期後，鐵兵器雖然已顯出它的優越性，但仍不能完全取代銅兵。

古代防禦性的武器有盾、盔和甲。盾最初都是用皮、木或藤製成的，後世始爲金屬。鐵盾的記載，最早見於史記（卷95）樊噲傳：

> （高祖元年）項羽在戲下，欲攻沛公……樊噲在營外，聞事急，乃持鐵盾入列營[346]。

高祖元年爲 206 B. C.，去秦始皇統一天下（221 B. C.）僅有十四年。鐵製的盾應當在戰國末年或以前就有了。韓非子難勢篇云：

> 客曰：「人有鬻矛與楯者，譽其楯之堅，物莫能陷也。俄而，又譽其矛曰，吾矛之利，物無不陷也。」[347]

前已述及戰國後期已有鋼矛。顯然上文之楯絕非革、藤或木。否則怎能說「物無不陷

341. 湖南省文物工作隊，長沙衡陽出土戰國時代的鐵器，通，1956(1)，pp. 77-79；黃展岳，近年出土的戰國兩漢鐵器，考，1957(3)，p. 105。
342. 同註 330，pp. 231-234。
343. 韓非子，卷 5，p. 7b，備要。
344. 卷 32，p. 3b，備要。
345. 呂氏春秋集釋，卷 21，p. 16a，鼎文。
346. 史記卷 95，p. 2654，鼎文影印標點本。
347. 韓非子，卷 17，p. 2b，備要。

也」？所以韓非子的譬喻，顯出當時鐵製的盾或銅盾在當時已成爲商品。

盔、胄、冑、鍪、兜鍪等都是指作戰時戴在頭上作保護的武器。頭盔最初一定是用革製的，後世始用金屬[348]。安陽殷墟出土了不少的青銅盔。至於鐵盔，見於戰國後期的墓葬。燕下都44號墓葬出土了一件用圓角長方形的鐵片穿綴而成的胄（圖四〇）。全胄以89塊鐵片，共分六層，用絲繩或皮條穿綴而成。每塊鐵片，都在邊沿留孔。穿綴的方法，由胄頂開始，先橫後縱，上層壓下層，前面壓下面[349]。鐵片可能是用低碳鋼（塊煉鋼）或熟鐵（塊煉鐵）鍛造的。

鎧甲是護身的武器，最初也是用革製的，後世始用金屬。青銅鎧甲，未見文獻有記載。出土的遺物，中原地區也未曾發現，只有雲南少數民族的墓葬中（戰國末到西漢初）曾發現青銅製的鎧甲[350]。至於鐵鎧甲，我國可能始於戰國後期。韓非子內儲篇云：

> 夫矢來有鄉，則積鐵以備一鄉；矢來無鄉，則爲鐵室以盡備之；謂甲之金者，自首至足無不有鐵；故曰鐵室。備之則體不傷[351]。

「鐵室」即上文呂氏春秋的「衣鐵甲」，是保護全身的鎧甲。又戰國策有「鐵幕」一詞，史記蘇秦傳司馬貞索隱：「……鐵幕……謂以鐵爲臂脛之衣。」[352]鐵幕也是保護全身的鎧甲，可能並非僅保護臂與脛。

地下還未發現戰國時的鎧甲。目前最早的鐵甲是在呼和浩特出土漢武帝時代的鎧甲[353]。不過在秦始皇陵東側出土了大批披甲的陶俑（圖四一）。這批陶俑身上塑造的鎧甲構造與燕下都出土的鐵胄類似。陶俑無疑問的是模擬當時鐵、革或銅鎧塑成的。秦俑鎧甲可分三型[354]：

一型：僅在前身有護甲，兩帶過肩，在背後交叉，與腰部的繫帶相連。

二型：由身甲和披膊組成，都是整片的，結構與一型接近。但身甲只要胸部和腰

348. 見說文解字詁林，胄字。
349. 河北易縣燕下都44號墓發掘報告，考古，1975(4)，pp. 230-231，圖五。
350. 楊泓，中國古代的甲冑（上篇），考，1976(1)，p. 26。
351. 韓非子，卷9，p. 7a，備要。
352. 戰國策，韓策一，卷 26，p. 11b，備要；史記卷 69，p. 2252。
353. 呼和浩特二十家子古城出土的西漢鐵甲，古，1975(4)，p. 249。
354. 同註 350，pp. 30-31，圖版肆，2。

部嵌綴甲片。

三型：由披膊和身甲兩部分組成，全由甲片聯成。

上述三種型的鎧甲，從出土的秦俑來看，以第三型爲最多，第一型最少。這是表示第一型的鎧甲可能是比較原始的一種。至於甲片編綴的方法與前述燕下都出土的鐵胄相同。

出土漢武帝時代的鐵鎧甲與秦俑第三型的甲相同。甲片，經過金相鑒定，含碳量約0.1-0.15%，可能是「海綿鐵滲碳後反復鍛打退火（730°C 以上），表面脫碳晶粒長大，中心爲含碳略高的低碳鋼。」[355]戰國時代的鐵甲，還未發現，燕下都M44號墓出土的鐵胄，還未作金相鑒定，因此無法確定是由何種鐵製成的。但從各方面來考慮，戰國時代的鐵甲大概也是塊煉鐵或低碳鋼鍛製而成。

八、結　　論

我國古代冶煉的金屬有：金、銀、錫、鉛、水銀、銅和鐵。鉛、錫的用途主要作冶煉青銅的配料。金、銀的用途主要作裝飾，戰國時代楚國也用金作貨幣。

青銅和鐵的冶鑄是我國古代最偉大的二種金屬工藝，也是我國物質文明這一層面的基石。甘肅齊家文化（約公元前 17 世紀）遺址發現了純銅刀、錐等工具。純銅器的發現，使商代青銅冶煉技術傳自外國的說法，爲之動搖。又在商代早期的文化遺址中發現小青銅刀，這種商代早期的青銅器，含錫很低，顯示出早期青銅的特徵。根據碳-14 的測定，這些青銅的年代大約在公元前 13-15 世紀。

人類最初採礦都是露天開採，及至地表的礦採盡，勢必深入地下或山腹。湖北銅綠山古代礦坑深入地下 40-50 米，是春秋戰國採銅的廢井。從這些礦井發現的遺物以及礦井的結構來考察，我國古代採礦技術已達到了相當的水平，初步的解決了井下的通風、排水、提升、照明、巷道支護以及選礦等一系列的複雜措施。

冶煉金屬最主要的設備是煉爐與鼓風器。我國古代的煉爐都是土質的，殷和西周煉爐的容積還不太大，不過到了春秋戰國應當出現了小型的高爐。殷代爐壁熔化的溫

355. 同註 353, p. 250，圖一，p. 257。

度可達到 1200°C ，能產生這樣的高溫，說明當時已有了簡單的鼓風設備。戰國時代的鼓風器是皮革製的橐。當時的橐大概還不能連續鼓風。煉爐通常是安裝許多橐來鼓風。春秋戰國冶鐵業的發展，與煉爐的擴大以及鼓風設備的改良是分不開的。

我國古代的青銅是銅和鉛、錫的合金。古人從長期的經驗中得知青銅性能與錫的含量有關。大概到了春秋時代（最晚不過戰國中期）便從經驗中總結出銅、錫含量不同的六種青銅合金——六齊。考工記的六齊，與器物性能的要求，在基本上吻合。六齊「在世界青銅發展史上是一件創舉」[356]。

青銅的冶煉，從殷代中期，便是先由礦石分別煉出銅、錫或鉛，再合煉而成。春秋時代，銅、錫精煉以後，再按比例配合煉成青銅。

古代鑄器的范計有：石、砂、石膏、陶和銅、鐵等金屬范。器形比較複雜的銅器都是用陶范。春秋戰國陶范製造的技術極爲純熟。母范、內范、外范，其功用以及性能不同，因而材料的配製和燒烤的溫度亦有異。古代製造的陶范有不少是極佳的美術品，紋飾之美，形象之生動逼眞，可由遺物以及傳世之銅器得見。

器物上顯示的紋飾，首先雕在母范上，再翻製到外范上。內范，有的是把翻製外范以後的母范，刮去一層；刮去的厚度就是鑄器的壁厚。內范有時也另外製造。合范後，內外范的固定，用泥心頭、泥心座上的榫卯或內范表面的支釘，同時他們的大小或高度，也決定了銅器的厚度。

至於金屬范，是先製成陶范，再翻鑄銅范或鐵范。

古代銅器鑄造分通體澆鑄法和分鑄法，後者都是複雜的器物，將器物上的零件鑄好後，再焊接成一體，此法雖在商代就發明了，但到了春秋時代始爲流行。

古代的銅器大致可分：彝器、樂器、兵器、實用器和生產工具。彝器一直爲世人所重視，從殷商到戰國的彝器，無論是紋飾或是風格都有相當的差異。從殷末到西周前期，青銅禮器的鑄造達到最高峰。此期的銅器，厚重而端莊，紋飾多用圖案式禽獸紋，製作精美，形式、花紋、銘辭、字體等，毫不苟且[357]。但從恭王、懿王到春秋中葉，是青銅禮器衰退期；製作，一般都相當的草率；不過這一時期的禮器，通常有長篇銘文[358]。銘文是周代禮器的特點，商代銅器上的銘文，字數都很少，都是寥寥數字

356. 萬家保，由殷墟發掘所見的商代青銅工業，大陸雜誌，卷58，5期，p. 3, 1979 年。
357. 郭沫若，十批判書，p. 51 ；唐蘭，從河南鄭州出土的商代前期青銅談起，文物，1973(7), p. 13。
358. 郭氏，十批判書，p. 52； 夏鼐，巴黎、倫敦展出的新中國出土文物展覽巡禮，古，1973(3), p. 172。

而已。從春秋到戰國，青銅的製造再度復興，但這一時期的青銅器，無論是冶鑄的技術、風格、體裁以及用途，皆與以前大不相同。到了春秋以後，銅器造型輕靈生動，紋飾體裁趨向寫實。至於戰國時代，許多銅器已成爲供人欣賞的藝術品，完全失去了過去那種表現嚴肅的宗教精神和氣氛。

從出土的資料來看，音律複雜的編鍾，始於春秋。編鍾製的規格，基本上與考工記所記載的符合。

青銅兵器在古代青銅器中佔有非常重要的地位。兵器計有戈、矛、戟、斧、鉞刀、劍、鏃、盔、弩等等。戈是鉤兵，矛是刺兵，戟是鉤、刺合一的兵器。戈、矛殷代就有了。戟在春秋時代始出現，刺與戈有合鑄者，也有分鑄者。戟最初可能就是在戈上加一矛頭。戈、矛、戟在古代是重要的長兵器。

刀、劍是短兵。刀雖從殷代以後就作爲兵器，但始終不被重視。直到鋼刀出現才成爲重要的兵器。劍始於西周，而盛於春秋戰國，製造劍的技術甚爲巧妙。有的劍用含錫低的青銅作脊，高的作刃。因此劍可既柔且堅。越王勾踐銅劍，有排列整齊的暗紋。此種暗紋製作是由特別的技術處理而得到的。

弩機是傳統武器之中最具有殺傷力的一種。它是起源於南方的楚國。銅弩機出現於春秋時期。常德出土戰國中晚期的弩機，與明代的弩機相差甚微。戰國不僅有手張的弩，同時還有腳張的強弩和一次發射多支箭的連弩。

實用的銅器，大致可分爲飲食器如爵鼎等（這些銅器有時也是彝器），以及用器如銅鏡、燈、爐、工具、農具、貨幣以及其他雜器如車器、建築用的構件等等。

銅鏡在春秋早期還是發展的階段。到了戰國時代，銅鏡鑄造的技術已達到很高的水平。有些銅鏡，尤其楚式的銅鏡，許多都是極爲精美的藝術品。至於銅鏡返光，可能是由於含錫的成份多，或其他特殊的處理。

出土的青銅工具計有：鑽、鑿、錐、錘、斧、斤、鋸、錯、刻刀、削等等。

近年出土的銅農具，是考古學上一件大事；更正了過去青銅不製農具的說法。地下出土的銅農具有：鏟、鎒、臿、鋤、耜等。臿和鋤很類似，皆是凹形器，此種凹形器，裝直柄如鏟者爲臿，裝曲柄如鎒者爲鋤。曲柄鋤與鎒的分別，可能前者較輕，柄亦短，如近代北方使用的小鎒。春秋時代，青銅農具，如起土的鏟、鎒、臿，已有普

遍使用的跡象。

春秋時代的青銅貨幣只有少數出土。但出土戰國時代各國的貨幣，數量非常大。從這些大量出土的貨幣，以及使用疊鑄法來鑄造貨幣，充分顯示戰國時代商業活躍的情形。

古代的銅器，絕大多數是鑄的，也有冷鍛的銅器。甘肅齊家文化遺址，出土的純銅器大多數是鍛製的，僅有少數是銅熔後鑄成的[359]。我國銅的冷鍛工藝整個發展的情形，因出土的實物不多，目前還不能確切的說明。但從河北出土春秋時代的銅缶來看，當時銅的冷鍛技術水平甚高，銅缶的壁薄而均勻，器身帶有精細的針刻紋。

我國古代的銅器，常有外包金葉以防銹蝕並作爲裝飾。同時還發明了外鍍金屬以防銹蝕並增加美觀。銅器鍍錫，商代就有了，鍍金和鉻這是戰國時代的新工藝。鍍金是用汞劑。鉻的氧化物可能是用鉻礦同硝石合煉製成的。金屬表面鍍以鉻的氧化物，這是二十世紀的新工藝。而我國在二千年前就發明了，這實在是冶金史上一件奇蹟。

鑲嵌是青銅裝飾工藝一項重要的成就。此種工藝是青銅器的紋飾用不同的顏色鮮明的金屬或漆顯示出來。鑲嵌的方法，是在銅器上，按著圖案鑄成凹槽，或器鑄好以後刻出凹槽；再在凹槽內嵌入金、銀、銅或彩漆，壓平，最後加以錯磨。此種銅器的紋飾通常是用金、銀，故又稱金銀錯。金銀錯大致開始於春秋中期而盛於戰國。許多製品都是極爲精美之工藝品。

我國冶鐵，可能首先在長江流域開始。考古發現早期的鐵器，都是屬於春秋末期吳楚地區。江蘇出土的塊煉鐵和鑄鐵，是公元前第六世紀的遺物。按長江流域有銅鐵共生的礦。即使精細的選礦，銅礦中仍不免摻入一些鐵礦。所以從這種礦石中煉銅，爐渣之中一定存在一些塊煉鐵。此種塊煉鐵可能有很長的一段時間都是當著爐渣棄去。我國生鐵的發明，是否由此種塊煉鐵的利用而導致？目前還不能確定。吳楚發明了煉鐵技術，可能不久就傳到了北方；因爲中原地區是古代冶銅的中心，積累了豐富的冶銅技術；因此冶鐵在北方發展迅速，反而後來居上。

我國冶鐵業是建立在高度發達的冶銅工業基礎上，無論是鑄造技術，還是煉爐以及鼓風器都是承襲冶銅的技術和設備而加以改進。春秋時代似乎有了小型高爐。古代

359. 簡，pp. 9-10。

的鼓風器是牛皮製的橐。戰國時代無疑問的，一個煉爐安裝許多的橐來鼓風。

公元前第六世紀我國南方出現了生鐵，公元前第五世紀中原地區發明了鍛鑄鐵。生鐵和鍛鑄鐵的發明，在冶金史上是最偉大的成就，也是影響最深遠的手工業。西方到了14世紀前後才有了生鐵[360]；而鍛鑄鐵卻遲到18世紀。生鐵最大的優點，可以大量而快迅的生產。鑄鐵器亦復如此。但它的缺點，脆而易碎，不能鍛製，不適宜作工具。爲著解決這些缺點，我們祖先發明了柔化處理技術，使鑄鐵器脫碳，或使生鐵中的滲碳體分解成小石墨片，聚成團絮狀，從而獲得白心或黑心可鍛鑄鐵，使原來的生鐵鑄件具備了一些鋼的性能。鍛鑄鐵擴大了生鐵實用的價值和範圍，使鐵器在戰國中期以後，迅速的傳播而普遍化。出土戰國時代的鐵器，經過檢定，鍛鑄鐵器有工具、農具和兵器；其中以農具爲最多。

戰國後期，河北燕下都出土了鋼製的兵器。兵器是用塊煉鐵滲碳成鋼鍛打而製成的，又經過了焠火。根據文獻，鋼似乎是吳楚人所發明的，以後又傳至北方。照燕下都出土的兵器來看，當時北方煉鋼的技術已相當的純熟，而且鋼製的兵器已不是珍貴之物。

戰國出土的鐵兵器有：劍、矛、戟、刀、匕首、鏃鋌、鐏、胄等。燕下都出土的劍、矛、戟、鏃鋌皆是塊煉鋼鍛製的。鐵鐏是鍛鑄鐵。其他的兵器如鐵杖、刀、匕首、鎧甲、盾等等，吾人的推測，不是塊煉鋼，就是鍛鑄鐵或熟鐵（含碳較高）鍛打的。鐵與銅的性能相差很大。所以有些鐵兵器的製造和式樣，與銅兵器相去甚遠，例如戟、矛、盔等。又戰國時代的鐵兵器已有漸漸普遍的趨勢，但銅兵器仍然是當時主要的武器。

戰國出土的鐵器可分爲：生產工具、兵器、車器、帶鈎等雜類。其中以生產工具爲最多，而農具佔的比重尤其大。生產工具的種類繁多，計有：刀、削、斧、鑿、錘、錛、耙、鋤、臿、鐮、鏟、銎鏵等。銎鏵可能是戰國發明的新農具。其他的工具大都依照青銅工具仿製的，或加以改進，如安曲柄的鐵鑺等。

鐵農具在戰國出土的鐵器中佔的數量爲最大，這件事實所代表的意義實在不尋常。從戰國中期以後，農具鐵范和疊鑄法的發明，充分說明了鐵器大量生產以解決農

360. Joseph Needham, *Clerks and Craftsmen in China and West*, p. 22, 1970年。

民的需要。當時農業發達的地區，絕大部分的農具都是鐵製的。

就技術的觀點而言，鐵范的鑄造是戰國冶鐵的另一項貢獻。西方到了16世紀始有金屬范。戰國的鐵范有單范，也有複雜的雙合范。鑄造薄壁帶銎的鐵器，在技術上有困難；但當時對這種困難都克服了，可以鑄出0.5厘米帶銎的鋤板。

我國從春秋末期楚國開始生產白口鐵工具，到戰國後期這三百年間，冶鐵技術飛躍的向前發展，進步的速度也許可以同近代的工業革命相媲美。戰國初期發明了可鍛鑄鐵；中期（？）發明了鐵范和疊鑄法；晚期出現了塊煉鋼和焠火技術。生鐵脫碳鋼，也有了萌芽的跡象[361]。總之到了戰國晚期，對生鐵、熟鐵、鋼之間轉化的技術，已經有了相當的認識和成就，爲漢代生鐵脫碳鋼，生鐵炒鋼，生鐵炒熟鐵，奠定了基礎；甚至爲南北朝時代的灌鋼作了預備的工作。因此吾人根據以上的事實，就必須承認，先秦時代的冶鐵技術是我國二千年來傳統冶鐵業的基石。以上所述若是不移之事實，吾人就必須追問一個問題，爲什麼戰國時代的二三百年冶鐵業如此快速的發展？這是耐人尋思，而又需解答的問題。若是能確實尋出其客觀的背景，相對的，也可解答了秦漢以後二千年科技發展緩慢的部分因素。

英人李約瑟云，中國鋼鐵技術之發展可以寫成一部眞正的史詩[362]。誠然，不僅是鋼鐵，就是其他冶金工藝，如銅器的製造，銅器裝飾工藝以及外鍍金屬等等，無不是美麗的詩章。

此外，透過古代金屬工藝的發展，特別是春秋時代青銅生產工具比以往較爲普遍的使用，以及戰國時代鐵農具的大量用於農業生產，可以給吾人對這一段歷史的發展，在物質文明這一層面，顯露出一些新的線索。

後　記

本文撰寫期間，因爲文獻分散，以及考古不斷的新發現，曾經多次易稿，直到1978年底始完成。當時引用大陸考古和冶金專文，只限於1978年九月以前，作者在中

361. 河南漢代冶鐵技術初探，考，1978(1)，p. 20。

362. 李約瑟著，范庭育譯，中國科學傳統的優點與缺點，中華雜誌，17卷，190期，p. 46，1979年，五月出版。

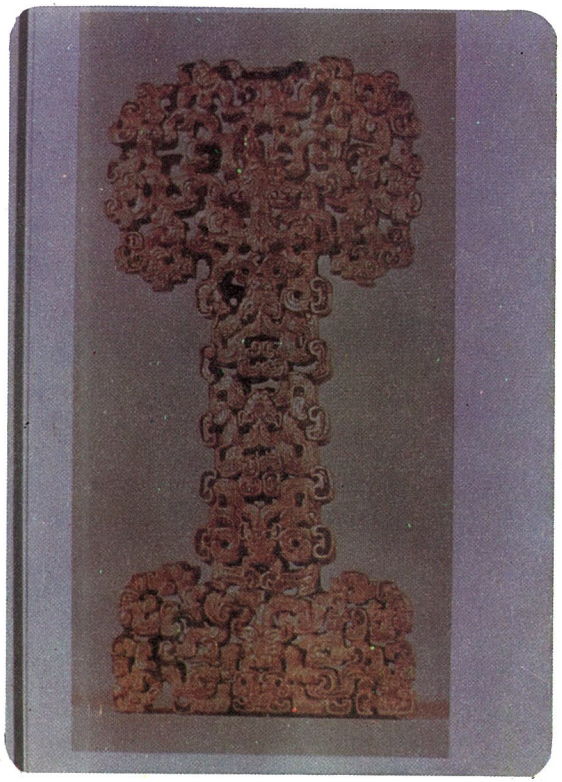
研院、國際關係研究所以及日本京都大學所能見到者。到目前爲止，就作者所見到的新資料而言，本文之中有四個問題應當予以補充：一、銅的起源；二、銅劍花紋的形成；三、春秋時代的煉爐；四、滲碳鋼發明的時代。關于二、三兩項，均依新得到的資料補入文內。至於一、四兩項，因爲原稿已定型，並且排版，更動有困難；因此原文不動，根據文物考古工作三十年（1979年，北平）等資料，作者將補正的文字附於此。

甘肅齊家文化遺址，發現的銅器有「斧、刀、匕首、鐮、錐、指環，鍰、鑄皆有，分別用紅銅和青銅製造。甘肅發掘的幾處齊家文化遺址，皆出銅器，說明齊家文化的人們已經躋入青銅器時代了」（p. 142）。秦魏家齊家文化墓地出土的銅環，經過測定其成分爲：「銅（95%）、鉛（5%）合成的鉛青銅（p. 151, 註16）」。齊家文化距今四千年左右，它的晚期與夏王朝同時（p. 142）。就目前作者所見的資料，銅器的出現，以甘肅爲最早，至於商代燦爛的青銅器是否來自夏代，或更西方的齊家文化，還是獨立發展出來的呢？恐怕還需要更多的證據。

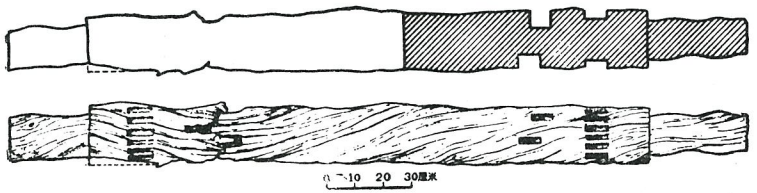
春秋晚期長沙楊家山 65 號墓出土了一柄銅格鋼劍，通長 384 厘米，經金相學考查，是「屬於球狀珠光體組織，含炭量爲 0.5-0.6%，劍身斷面可以看出反復鍛打的層次（按，此劍應爲熟鐵滲碳鍛打而成的），這是我國目前最早的一柄鋼劍，從而把我國鋼的出現又提早了兩個世紀」（pp. 312-313）

又遼寧寧城南山根夏家店上層文化遺址，所發現的兵器中，有一具青銅盾。盾爲圓形。此文化層的年代下限在東西周之際（見商周考古， pp. 218-223，圖一八四；1978年，北平）。

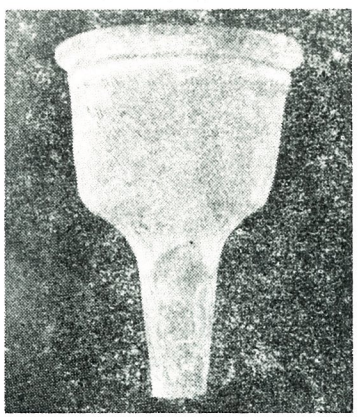
作者於民國七十年十二月十四日

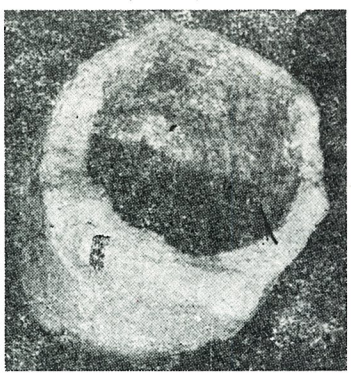


圖一　戰國　蟠龍透紋黃金劍柄（河南輝縣出土）



圖二　戰國　礦坑提升的木轆轤（湖北大冶）



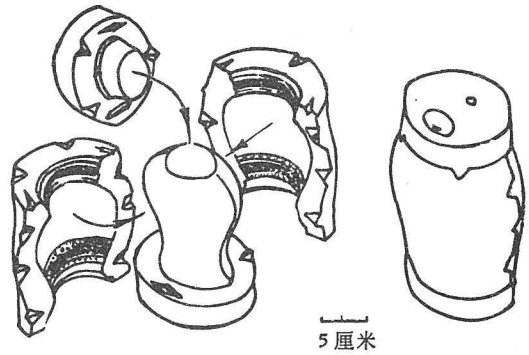


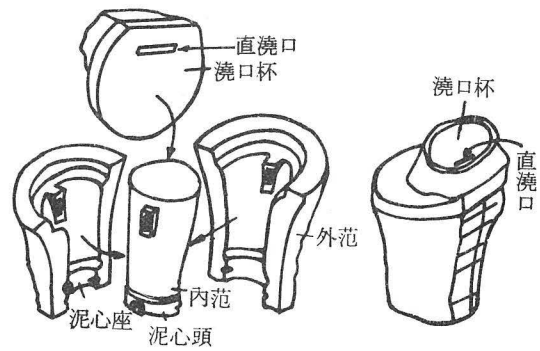
圖三　商代熔銅設備
（左）將軍盔（安陽出土）（右）大口尊（鄭州二里岡）

1-026

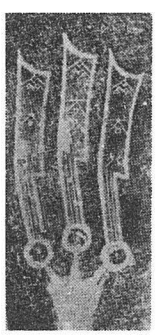


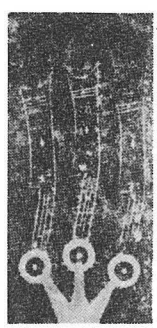
圖四　商代石製鈚范
（江西吳城）





圖五　二種合范形象示意圖
上、殷代銅觶　下、東周銅鼎

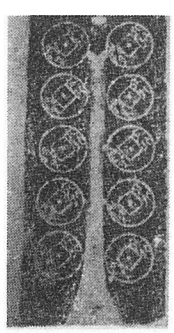




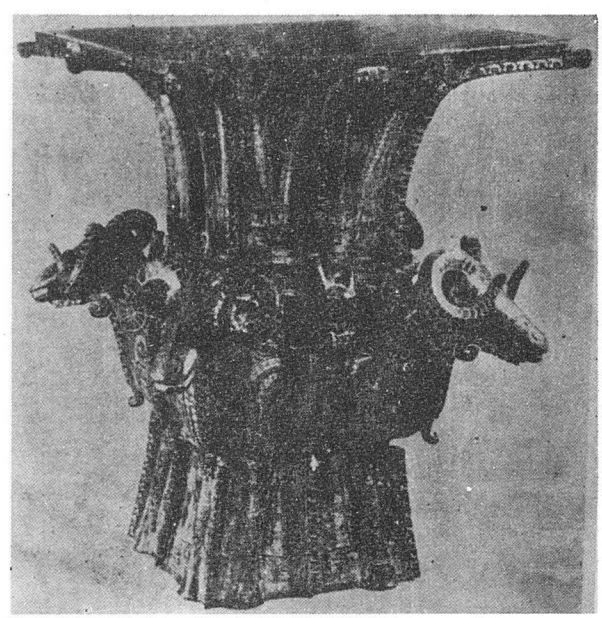
圖六

a. 齊刀范拓本
27.3×13.1厘米

b. 齊刀范拓本
27.4×13.2厘米



c. 圓金范拓本
23×10.2厘米



圖七　商代四羊尊（湖南出土）

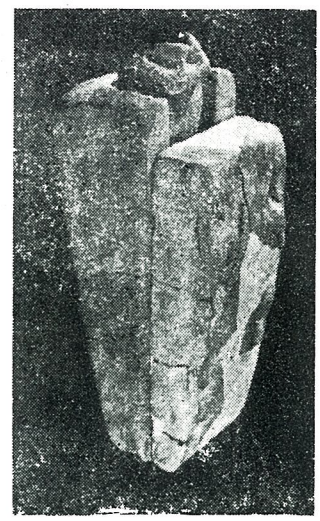
390-2

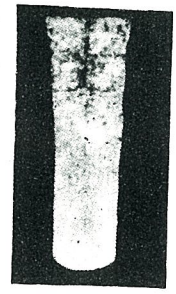


圖八　春秋　蓮鴦方壺（河南新鄭出土）

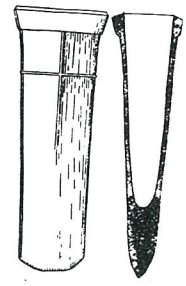


1





2



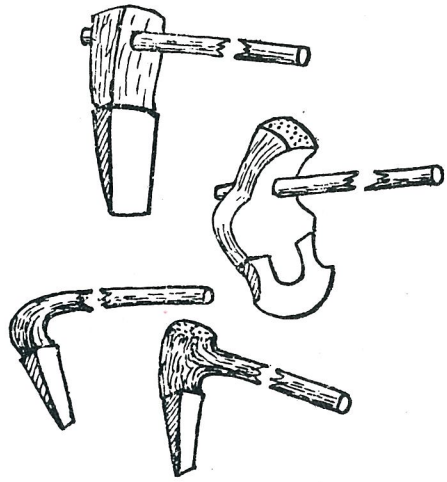
3

4. 春秋戰國鑄造青銅的陶製鏃范（山西侯馬）

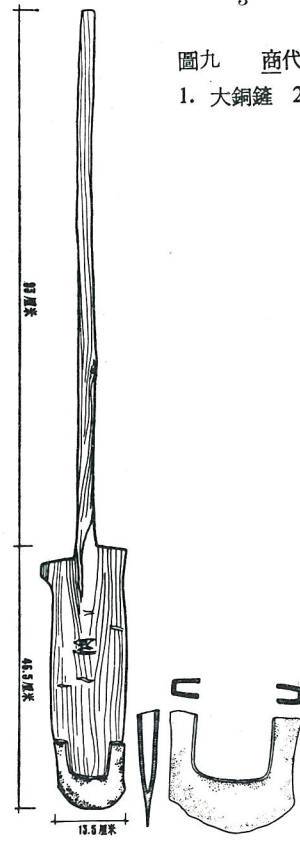
圖九　商代青銅農具
1. 大銅鏟　2.3 銅鏃



圖十　戰國銅耙
（山西長治出土）

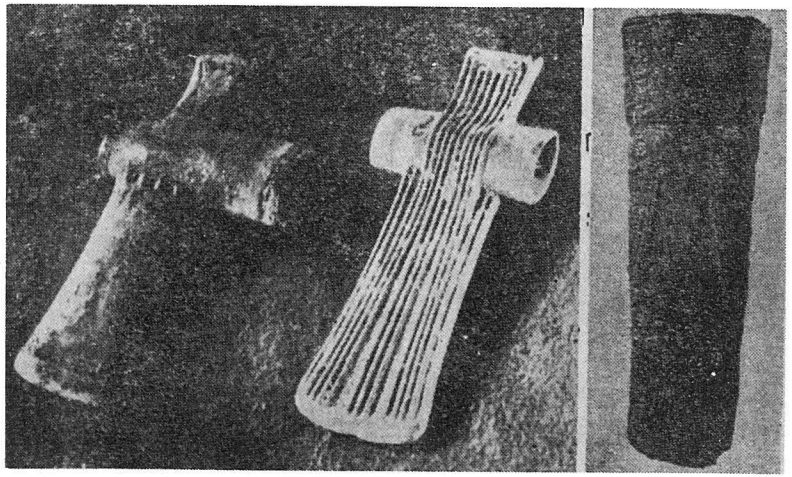


圖十一　1. 鏃（钁）鋤裝柄示意圖

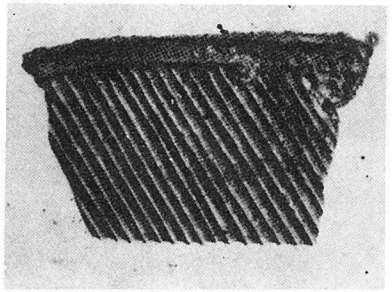


2. 西漢木柄鐵臿（湖南馬王堆出上）

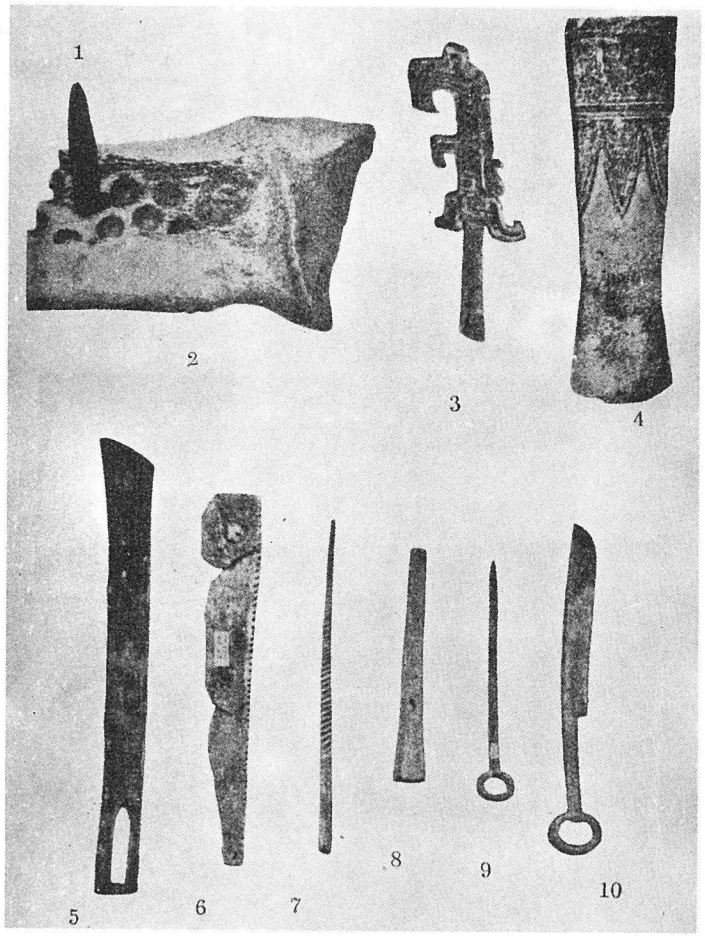
A-986



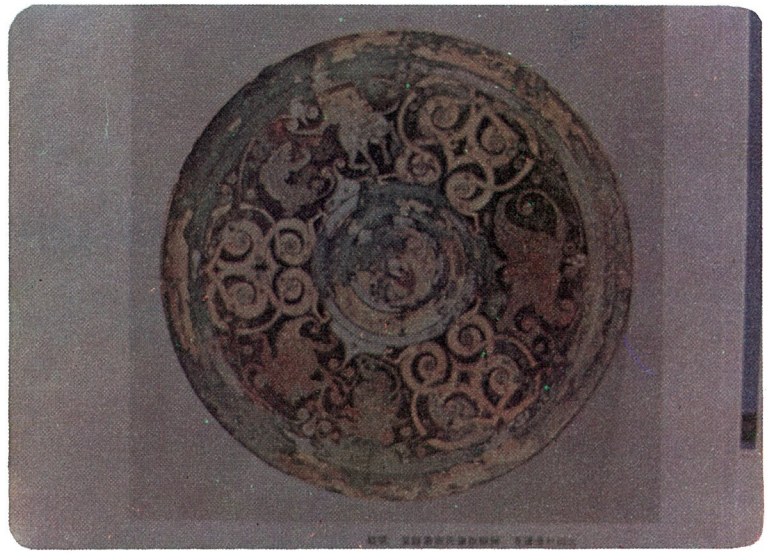
圖十二　商代青銅工具
（左）殷代銅斧（1971年山西保德出土）
（右）商代銅斤或銅鑿（鄭州二里岡出土）



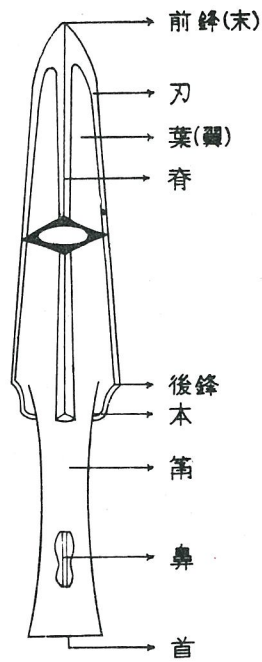
圖十三A　青銅鋸鐮



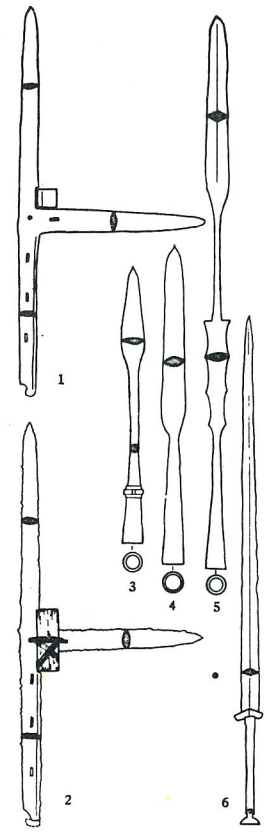
圖十三B　青銅工具舉例
1. 銅鑽　2. 卜骨　3. 刻刀　4. 銅斤　5. 刻刀
6. 銅鋸　7. 銅錯　8. 銅鑿　9. 銅錐　10. 銅削



圖十四　戰國　錯金銀狩臘紋銅鏡（洛陽出土）

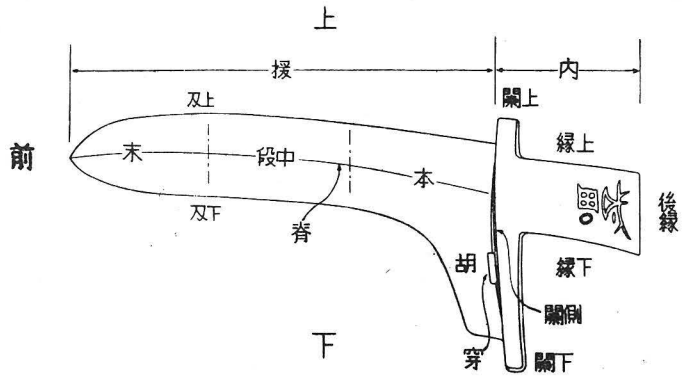


圖十六　矛頭各部分名稱

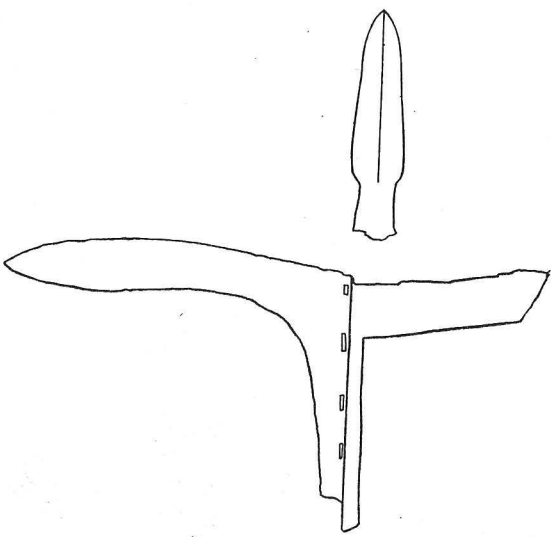


圖十七　戰國的鐵兵器
1. Ⅱ式戟　2. Ⅰ式戟
3. Ⅰ式矛　4. Ⅱ式矛
5. Ⅲ式矛　6. 劍

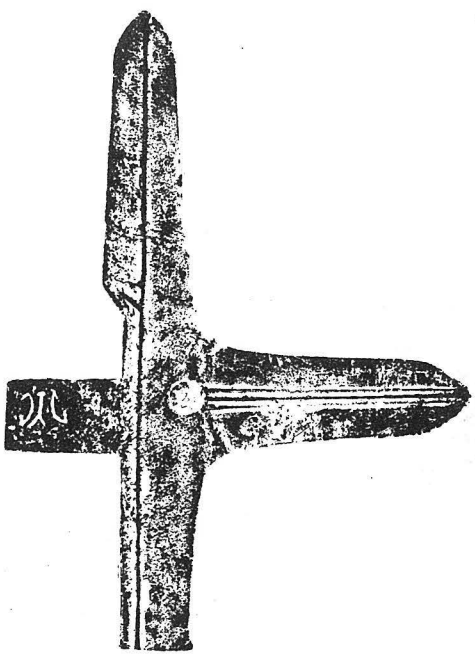
390-5



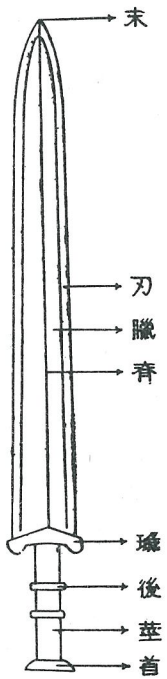
圖十五　句兵各部名稱圖解



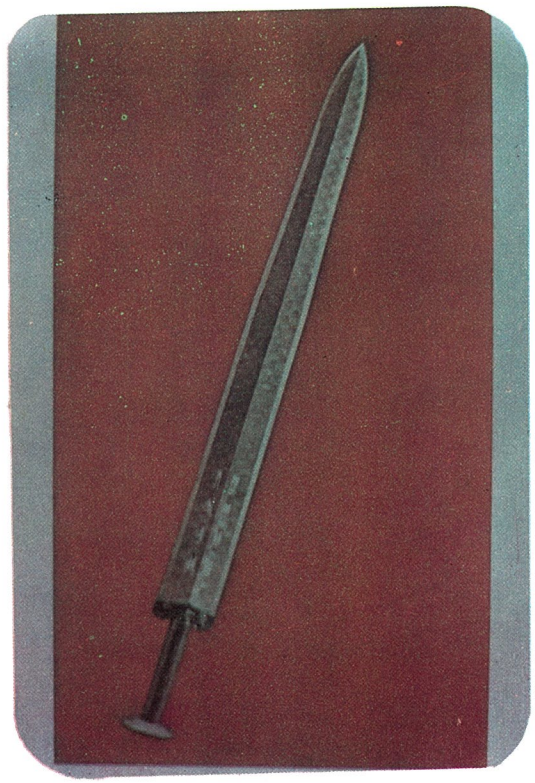
圖十九　汲縣山彪鎮　1：5號戈＋1：7號矛



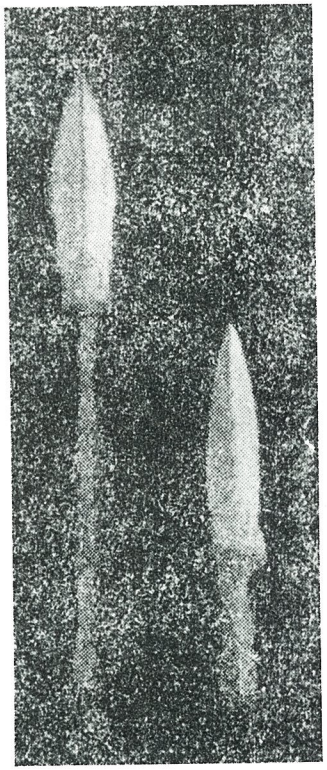
圖十八　河南濬縣辛村衞墓出土戈、刺合體的戟



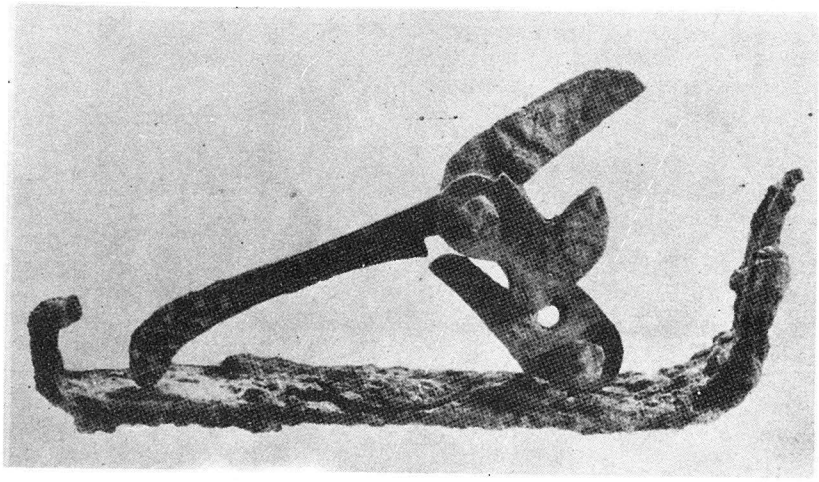
圖二十　劍之各部名稱
（依商承祚程瑤田桃氏爲劍考補正）



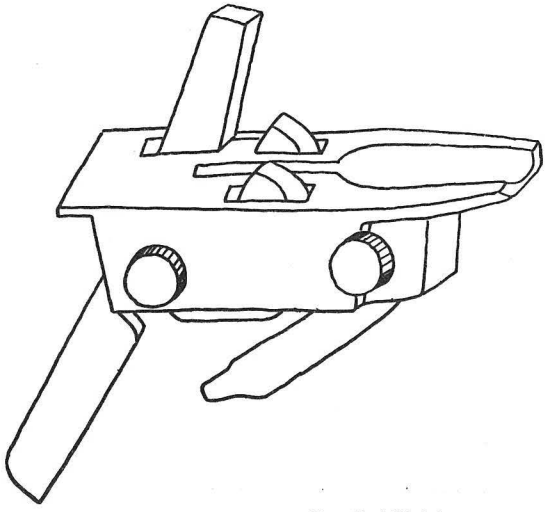
圖二十一　越王勾踐青銅劍（湖北江陵出土）



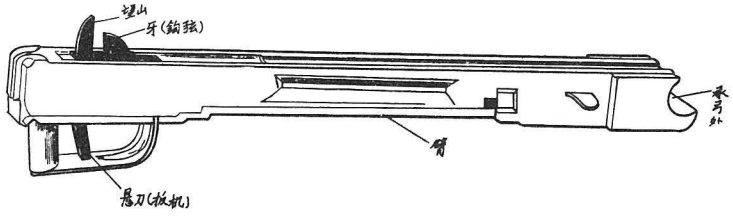
圖二十二　戰國　三棱銅鏃鐵鋌
（河北易縣出土）



圖二十三　銅弩機和鐵廓（河北易縣出土）

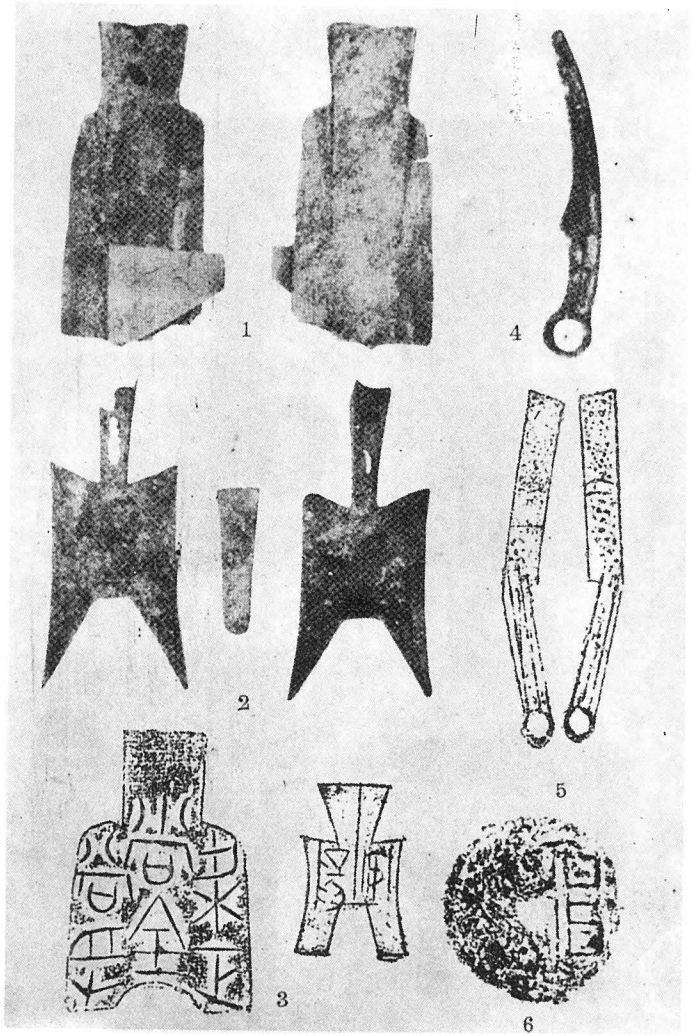


圖二十四　明茅元儀武備志弩



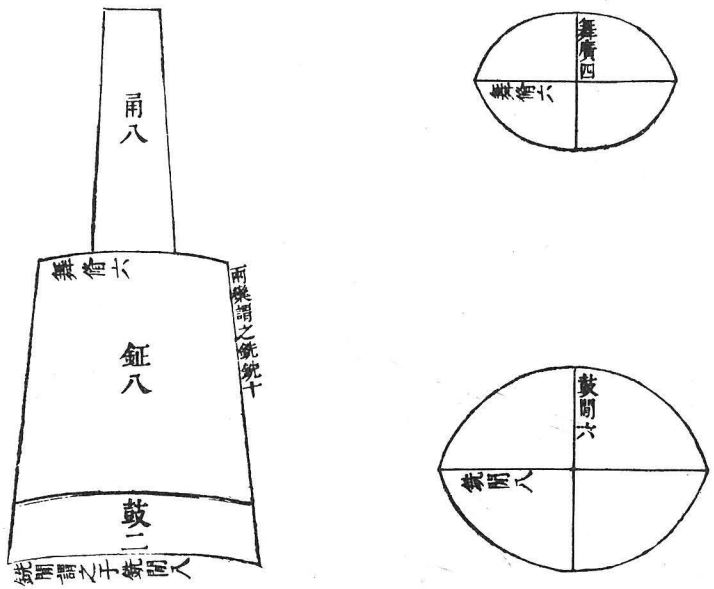
圖二十五　常德出土戰國弩機復原示意圖

290-8

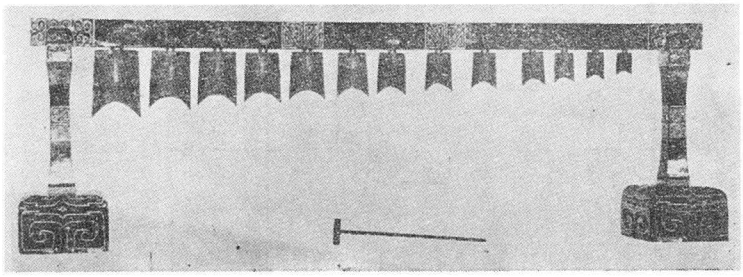


圖二十六　鏟布、明刀和圓錢

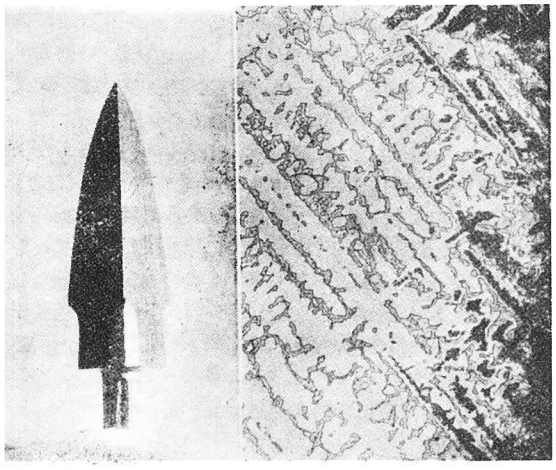
1. 鏟布（正、背）　2. 空首布（正、背）　3. 左，梁正布；右，安陽布
4. 銅削　5. 刀布　6. 圓錢



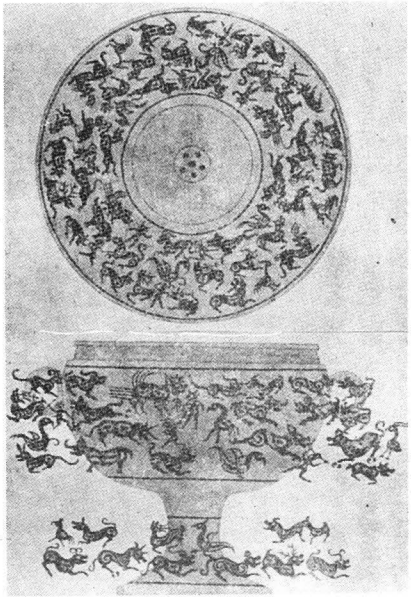
圖二十七　鍾之重要部位名稱
（圖取之考工創物小記）



圖二十八　戰國編鍾（河南信陽出土）



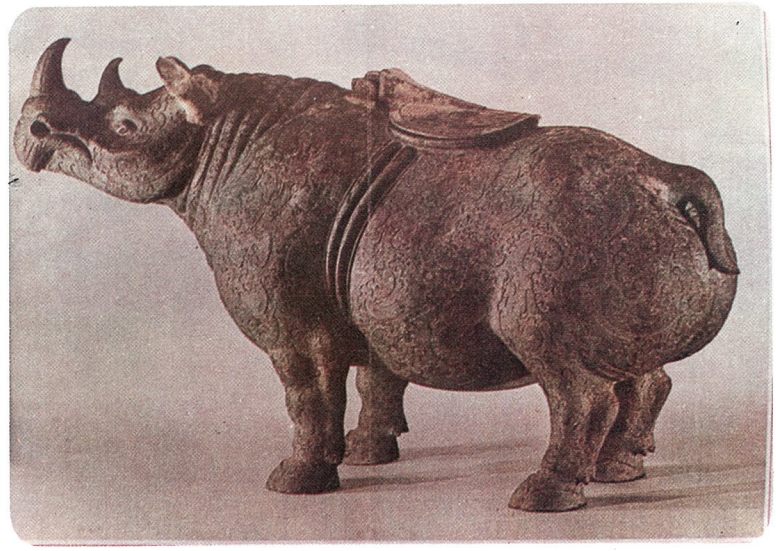
圖二十九　秦始皇墓出土的外鍍鉻化物的銅鏃
（左）箭鏃外形　（右）鑄造的金相組織
（白色：α 固溶體；灰色；δ 固溶體；
黑色：表面氧化層）



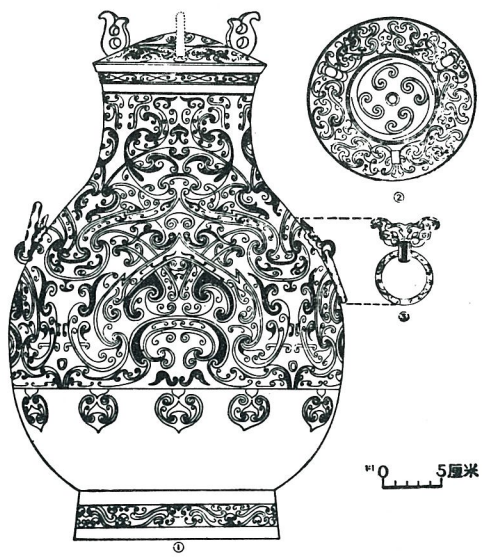


圖三十　山西渾源出土春秋嵌鑲狩獵紋豆；
右爲其外形圖

390-10



圖三十一　戰國嵌金銅犀尊（陝西興平出土）

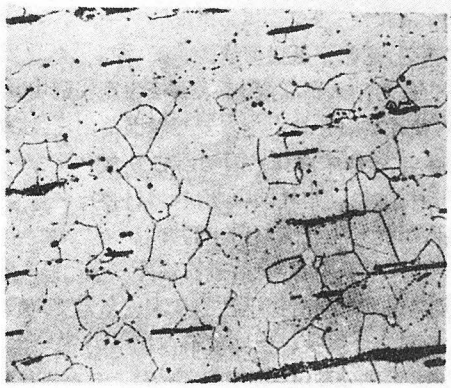


圖三十二　錯銀銅壺紋飾（四川涪陵出土）

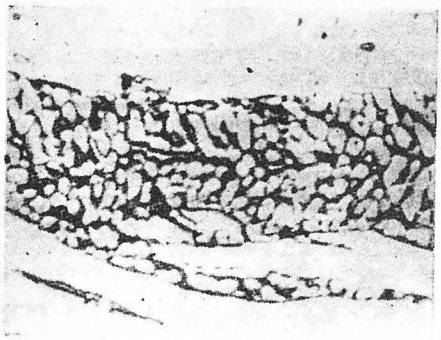
390-11



(1)



(2)



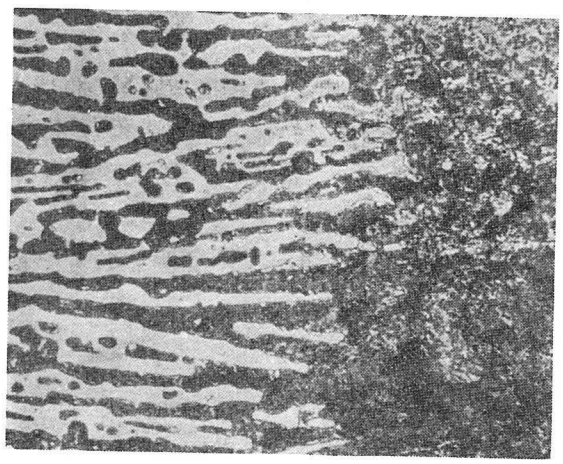
(3)

圖三十三

(1) 程橋鐵條（殘長 25.5 厘米）
(2) 金相組織（×150）
(3) 夾雜物（×250）

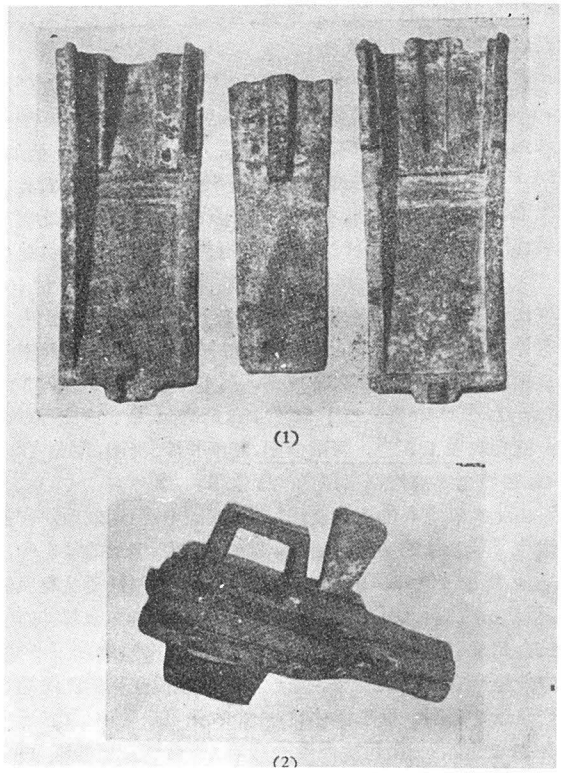


1. 洛陽出土我國最早（公元前第五世紀）的鐵鋌。

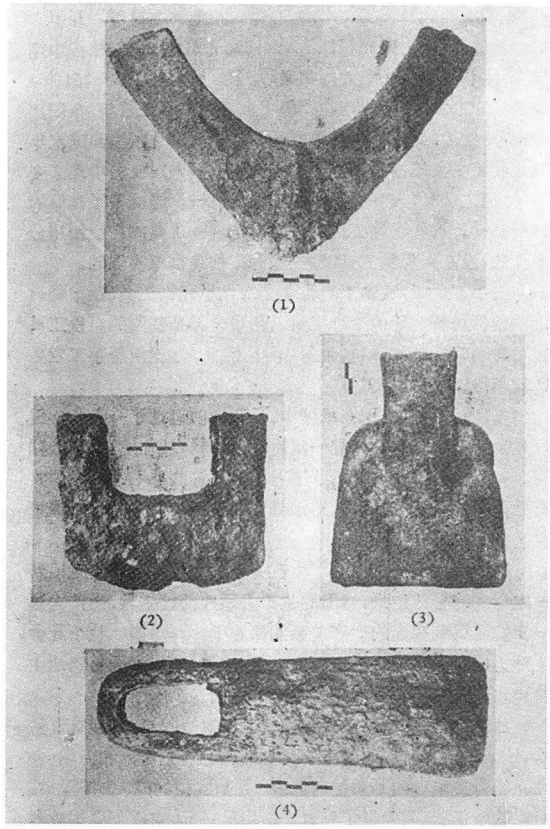


圖三十四 2. 洛陽出土鐵鋌的金相組織（×150），左側：心部，萊氏體；右側：邊部，珠光體。

390-12



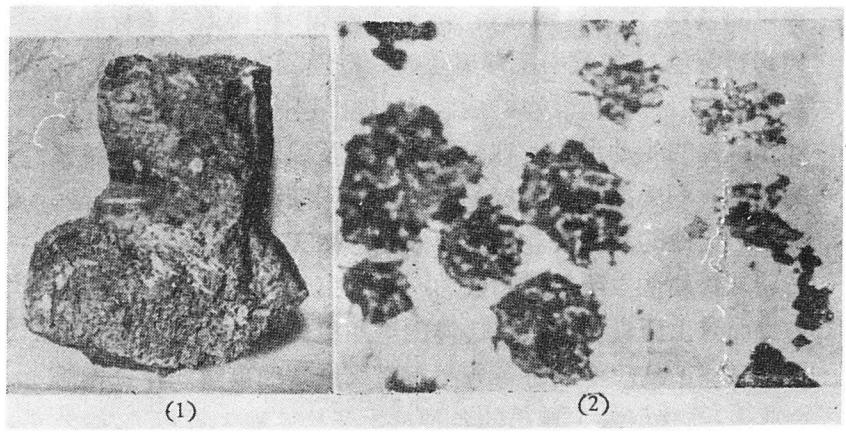
圖三十五　戰國鐵范（河北興隆出土）
（1）斧范（左右爲外范，長28.6厘米。中間爲內范，長21.9厘米）；
（2）合范（鋤）



圖三十六　戰國鐵農具（河南輝縣出土）
（1）鐵犁；
（2）臿（凹字形鋤刃）；
（3）鐵鏟；
（4）鐵鍬。

390-13

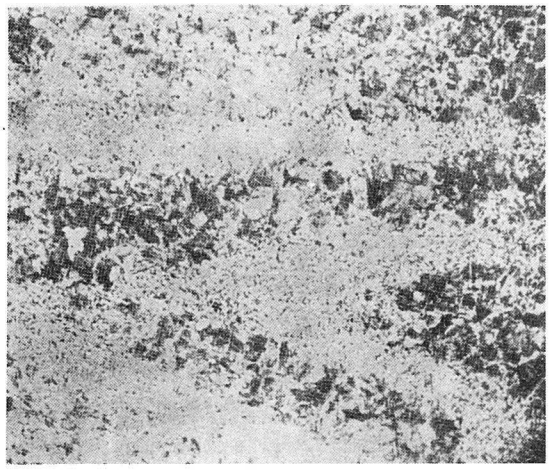
圖三十七A　白心展性鑄鐵鋌的金相組織



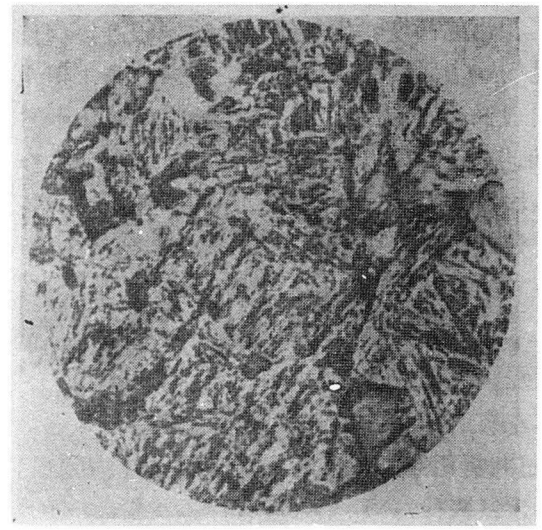
圖三十七B　最早的黑心展性鑄鐵

(1) 戰國早期鐵鏟（洛陽水泥製品廠出土）

(2) 鐵鏟的展性鑄鐵組織：基體爲白色的鐵素體，石墨呈黑色團絮狀。

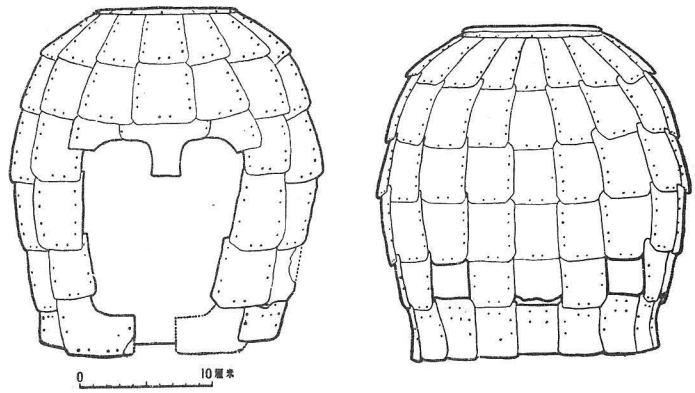


圖三十八　塊煉鋼的金相組織（×50）
燕下都鋼劍中高低碳分層和彎折的金相組織：淺色爲低碳區，鐵素體爲主；深色爲高碳區，珠光體爲主。



圖三十九　燕下都 M44:12 鋼劍淬火組織——針狀馬氏體（×400）。

390-11



圖四〇　河北易縣出土戰國後期的鐵冑



圖四一　秦始皇墓出土鎧俑，身穿第三型的鎧甲。

390-15