

試論中國銅器的製作在西周自鼎盛轉趨衰頹的緣由

張世賢

——兼論中國開始使用硫化礦煉銅的年代

壹、前言

中國人製作銅器來使用的歷史，長達數千年，許多學者將這段歷史畫分為下列五個時期：①濫觴期，②鼎盛期，③衰頹期，④中興期，⑤沒落期。濫觴期相當於夏代晚期到商代早期，鼎盛期相當於殷商及周代的文、武、成、康、昭、穆諸世，銅器的紋飾富原始風格，銘文簡約，字體端肅，形態凝重結實。但從西周的共王開始，紋飾刻鏤即比較浮淺，多粗紋幾何圖案，形態簡陋輕率，呈現衰頹的景象，直到春秋中葉為止。此後銅器的製作才又展現活力，無論造型、紋飾或鑄造的技术，都開創了新的局面〔註一〕。

就現有的資料看來，這樣的分期大致是合乎事實的。從西周共王以後直到春秋中葉，中國銅器的製作所以會由鼎盛轉趨衰頹，可能與下列因素有關：①政治情勢與銅器功能的變化，②鑄造原料短缺，③當時可能開始認真發展硫化銅礦的冶煉技術，忽略了紋飾與造型的講究。第三個原因是第二個原因造成的，第二個原因則與第一個原因息息相關。本文試從這個角度考察中國早期用銅文化發展史上的起伏階段，並略事討論中國開始採用硫化礦煉銅的年代。

貳、殷商末年銅錫即已短缺

一九七六年中國大陸的社會科學院考古研究所殷墟發掘了一座殷王室大墓，根據隨葬品特徵及銅器銘文，認為是殷商早期統治者武丁的配偶「婦好」之墓，年代約為西元前十三世紀。從該墓出土的銅器共四百餘件，以禮器（祭祀用器）和武

器爲主；將其中的九十一件加以分析的結果，發現製作所用的材料可以分爲銅錫合金和銅鉛合金兩種，前者佔百分之七十三，後者佔百分之二十七。在這些殷墟早期的銅器成分資料中，值得注意的有三點：①分析過的十二件武器都用銅錫合金製成，不加鉛；②四件生產工具雖由銅錫鉛合金製成，但其含鉛量均少於百分之三；③在五件鑄有相同銘文的禮器中，小件禮器含錫量高，含鉛量低，大件禮器則含錫量低，含鉛量高。從這三點可以看出，殷墟早期已經知道鉛加入銅錫合金會降低硬度，因此當時鑄造武器都避免把鉛混進去，而在需要一定硬度的生產工具中雖然加了鉛，但數量很少；另外，鉛的冶煉遠比錫爲容易，鉛料的成本要比錫料低得多，因此在鑄造大件禮器時，就以廉價的鉛代替一部份昂貴的錫，只不過加鉛的數量有一定的準則，並非漫無節制。可見早在商朝的武丁時代，鑄工們已經掌握冶鑄銅錫鉛三元合金的工藝技術了【註二】。

一九六九至一九七七年在安陽小屯西區發掘了近千座中小型殷代墓葬，大部份屬於平民的，出土了一千六百多件青銅器和五十多件鉛製禮器、兵器。根據墓中遺物推測，這些墓葬年代屬於殷墟二至四期，即從武丁晚期至帝乙、帝辛。根據李敏生等人的報告，將這些出土銅器中的四十三件加以分析的結果，發現它們的鑄造原料有純銅、銅錫合金以及銅鉛合金。在一般平民中產階層的墓葬裡，早期使用的禮器爲含錫量高的青銅，晚期逐漸以廉價易得的鉛代替錫以作陪葬器；在武器的質地方面，殷墟二期以銅鉛合金所製者爲多，後期則銅錫合金和銅錫鉛三元合金增多，使性能得到進一步改進。這種現象說明了，殷墟早期重禮之風較盛，後期則注重實用器具的生產。另外值得注意的是西區出土的武器，都出于男性墓中；而在二十四件武器裡，有九件爲銅錫合金或銅錫鉛合金所製的，都從有禮器的墓葬出土，但質地比較軟的銅鉛型和純銅型武器，多出現在沒有禮器的墓葬中。這說明不同等級、不同身份的人使用的銅合金器物是不同的，也說明當時的人對各種銅合金器物品質的高下，已經有所認識。

因此，殷商時代的鑄工對金屬鉛的性能是相當瞭解的，非到不得已時，不會使用大量的鉛來鑄造器物。到殷墟三期的時候，由於大量鑄造含錫量高的青銅器，導致銅缺錫貴，不得不煉鉛來使用，不僅以銅鉛合金鑄造的禮器逐年增加，並且還用純鉛來鑄造兵器。到殷墟末期，由於連年征戰，消耗了大量的青銅兵器，銅錫奇缺，鉛質禮器也隨著鉛質武器之後問世了

【註三】。

叁、西周的封建與宗法制度使青銅禮器的需求量有增無已

近年來在西周王朝的根據地一帶屢次發現銅器窖藏，那是王朝崩潰時，分封的宗室、家族倉皇東逃而埋藏的。例如一九七六年陝西扶風縣出土了西周窖藏銅器一〇三件，是徵姓史官歷經七代所製作的家族器，年代從周初武王至西周中期，器上的銘文記載著十分珍貴的史料【註四】。諸侯所製作的銅器，也屢見出土，例如河南濬縣辛村出土了衛國的器群，衛是周公之弟康叔的封國【註五】；北京琉璃河及遼寧喀左多次出土土匭侯作器，為燕國之器【註六】【註七】。近年來在西周的鎬京附近（今陝西長安縣斗門鎮）發現西周墓葬群，其中遺留不少青銅禮器，有人說部份是周初封於魯的伯禽為祭祀其父周公所作之器，部份是魯考公祭祀伯禽所作之器【註八】；也有人說那是「束」家族製作的禮器，該家族屬於姜姓，仕於周且與王室通婚【註九】。一九八〇年代在河南平頂山市郊也發現兩件銅簋，係鄧國嫁女至應國時的陪嫁禮器。鄧為周室分封的公爵國，曼姓，地望在今河南鄧縣，鄧、應兩國通婚可能在中晚期【註一〇】【註一一】。類似的墓葬或銅器窖藏，今後可能會陸續出現。這些家族或封國鑄造銅器，為的是銘功紀事，享獻祖先，傳諸子孫永遠寶愛使用，也在日常應答禮俗方面派上用場。

周室克商之後，對商人採取懷柔政策，同時進行武裝移民和軍事佔領，把一部份新得的領土，交給親屬、姻戚和功臣，由他們建立新國，以武力作有效的控制。周初武王成王兩世封立的新國，就有七十多個，同時黃河下游和長江南北舊有的國家或部族，還不知多少，有的歸附周朝，有的處於獨立狀態。總計周初及中末期所建的國和舊有的國，至今可考者約一百七十多個【註一二】。

周人除了大舉封建之外，還實行嚴密的宗法制度，把家庭繼承制度擴大到政治上去，使整個天下「家庭化」，可以說封建制度是靠宗法制度來維持的。周王以嫡長子繼承王位，長子諸弟則封為諸侯；諸侯也以嫡長繼位，而以餘支為大夫。如此經過累世王位的繼承後，分封的諸侯國和有關的家族便越來越多。目前既發現許多家族或封國都各自製作銅器來使用，可以想見西周開國以後青銅禮器的需求是越來越大的。

同時，青銅禮器的性質到西周中期又有了變化，前此用來祭祀的禮器，這時也以使用禮器的數目來代表使用者的身份了

，例如士用三鼎，卿大夫用五鼎，諸侯用七鼎，只有天子可用九鼎。如此演變的結果，銅器終於由日常用器進而成為維護宗法權力結構的「宗廟重器」，後來甚至以銅鼎為一家一國的象徵而有「楚子問鼎」的故事。這種在宗法社會裡自然形成的體制，強化了銅器的世俗功能〔註一三〕，使衆多諸侯貴族更以鑄造銅器為大事。

因此，我們可以說，在殷商末年銅錫奇缺之後，西周的封建制度和宗法制度又間接促使銅料的需求量有增無減，供應起來必定十分緊張。

肆、戎狄的侵擾益增兵器的需要及採礦的困難

在殷商時代，有一個名為「鬼方」的種族盤據在今山西北部及陝西北部、西部，常常侵擾商人，商王武丁曾對它用兵達三年之久。周人建國後，稱鬼方為犬戎。犬戎在周初屢次出沒京畿以西和以北之地，成王及穆王均曾加以討伐；懿王時勢力漸強，曾寇侵鎬京，逼使周室一度遷都。到厲王末年，乘周室內亂，犬戎更形猖獗，不時寇略西陲，深入京畿。

狄人與犬戎同源而異派，分佈在今河北、山西與陝西，也經常困擾周人。至於南方，周初即有淮夷、徐戎、吳、越、群舒等外族盤據，與周室為敵，屢敗分封諸侯，構成相當大的威脅〔註一四〕。可見西周自始即受困於外患，不能不大量鑄造兵器以鞏固邊防。但戎狄的侵擾當然又影響了採礦的安全和進度，處在中原地帶的周人必深深感受到銅料供應的困難了。

伍、中國可能在西周中期開始認真發展硫化銅礦的冶煉技術

在地表上，自然銅很容易辨識，但十分稀少，先民能够大量採掘並以簡易的程序即可冶煉應用的是氧化銅礦；這些由地質作用形成的次生礦，都在銅礦礦床的上部，蘊藏量遠比原生的硫化礦為少。因此，當先民大量消耗銅合金之後，銅礦的採掘就向深部拓展，就必定要使用硫化礦了。

既然殷商末年已出現銅料短缺的現象，西周宗法制度、封建制度的推行以及青銅禮器世俗功能的強化，又促使銅器的需求有增無減，再加上內憂外患的因素，殷商以來探勘開採的氧化銅礦礦床到西周中期很可能出現枯竭的現象，而迫使人們

認真發展硫化銅礦的冶煉技術了。從前有氧化銅礦的充份供應時，即使採掘到硫化銅礦，也不會費心設法去冶煉它；但在西周的政治及社會狀況下，無論就儀禮祭祀上的需要或國家防衛上的需要而言，供應充足的銅料都是要優先辦理的大事，當銅料短缺及外患頻仍之際，想盡辦法去冶煉儲量遠比氧化礦為豐富的硫化銅礦，是很自然的事，即使後來又發現了足夠的氧化礦礦床，主其事者基於長遠的打算，還是會投注心血，繼續發展硫化銅礦的冶煉技術。

陸、中國以硫化礦煉銅的早期線索

一九七七年安徽省貴池縣徽家沖青銅窖藏中，發現七件銅錠。金相分析表明，銅錠的主要相組成係銅固溶體和鐵固溶體，用永久磁鐵測試，又有較強的磁性，證明銅錠中有大量的鐵以獨立相存在，為一種過飽和的銅鐵固溶體；它的化學成分很不均勻，各部份差別很大，銅從百分之五—九五不等，鐵從百分之四—九五不等，在深部取樣分析，則其平均值約為銅百分之六三鐵百分之三四。雜質中主要含有矽和硫兩種元素，其他的很少。研究人員認為，矽是使用矽酸鹽為助熔劑而帶來的雜質，硫的含量高則表示熔煉時使用了硫化銅礦，多半是用黃銅礦（ CuFeS_2 ）。從出土器物的器形和銘文來看，初步判斷係春秋晚期到戰國初期的遺物【註一五】。這表示中國最遲在春秋晚期就使用硫化礦來煉銅了。

筆者認為，這種由銅鐵固溶體所組成的含硫銅錠在中國大陸上出現的年代應該可以推前到更早。近年來的調查報告指出，中國大陸上蘊藏着極為豐富的銅礦，在銅鐵礦床中的大量黃銅礦以及分布很廣的銅鉛鋅共生礦礦床，是我國銅礦資源的兩大特色【註一六】。在這兩類礦床中，黃銅礦和黃鐵礦經常共生在一起。一九六五年在湖北大冶銅綠山發現的一個春秋時代就已開採的大規模古礦井，是這類銅鐵礦床的典型範例。該礦遺址礦體中有黃銅礦、黃鐵礦和風化衍生的氧化銅礦、自然銅等，在開採過的「老窿」中主要的礦物則為孔雀石、自然銅、磁鐵礦和赤鐵礦【註一七】。

在這古礦井遺址四周堆積的煉渣約有四十萬噸之多，可見當初開採及冶煉規模之大。經初步分析，其煉渣成分包括氧化亞鐵（ FeO ）百分之三九，氧化鐵（ Fe_2O_3 ）百分之九，銅百分之一、一四，說明這是煉銅的爐渣，雖然此處礦山的礦體為銅鐵共生礦，但並不用來冶鐵【註一八】。在未被開採的礦體中有共生的黃銅礦和黃鐵礦，開採過的「老窿」中則沒有這兩種

含硫的礦物；以當時煉銅的規模看來，老窿中原來若有共生的黃銅礦和黃鐵礦，則很可能是被採去煉銅了。冶煉這種共生礦後的渣滓，自然含有銅、鐵和相當數量的硫等雜質。銅綠山古礦井煉渣的成分分析沒有包括硫的分析，無法由此確定黃銅礦被利用的可能性；但倫敦大學考古學院台里科特（R. F. Telycote）教授所做的早期冶銅方法的簡易實驗裡，發現氧化銅礦熔煉後的渣滓中，含氧化亞鐵百分之五十，氧化鐵百分之一、九，氧化銅（CuO）百分之〇、一，而含硫銅礦熔煉後的渣滓中，則含氧化亞鐵百分之四三，氧化鐵百分之七、四，硫化銅（Cu₂S）百分之二、一（註一九）。銅綠山遺留的煉渣成分顯然與後者接近而與前者相去甚遠，如果早期的銅渣因其礦石的不同而有特殊的成份，則可說明當日有在該地開採黃銅礦的可能。又銅綠山遺址曾經發現一些西周時代的陶片，或能指示該礦至遲在西周即已開採【註二〇】。從種種跡象看來，我們也不能排除銅綠山礦床裡共生的黃銅礦和黃鐵礦在西周時代就被開採利用的可能性。

台里科特教授做過早期冶銅方法的實驗後認為，只要加入正確的助熔劑和足夠的木炭以產生還原焰，即可成功的冶煉氧化銅礦；至於含硫銅礦的冶煉，則有兩種途徑：①在氧化焰中加以燒烤，除去揮發性元素，然後用碳火還原為銅；②先熔化成含有銅、鐵及其硫化物的混溶體，除去大部份揮發性元素，進一步氧化後，再用還原焰把銅還原出來【註二一】。安徽貴池發現的春秋晚期銅錠，為不均勻而含有多量硫的銅鐵固溶體，看來是用上述第二種方法冶煉硫化礦而得的，並且是只把礦石熔化成銅鐵混溶體，除去大部份揮發性雜質後，就沒再進行精煉的步驟了。當時是否已經發展成功精煉的技術，不得而知；目前可以確定的是，貴池發現的銅錠含有多量的鐵和硫，而貴池也是歷史上著名的銅礦產地，它和附近地區都蘊藏著豐富的黃銅礦，至今仍在開採【註二二】。

由上舉中國大陸近年來關於銅礦資源的調查報告、湖北銅綠山和安徽貴池的考古發掘所得、殷商末年銅缺錫貴的事實、以及西周政治社會各方面的狀況看來，我們假設中國人至遲在西周中期就已經採用硫化礦煉銅來鑄造器物，是有相當根據的。以類似貴池發現的粗銅錠來熔鑄銅器，則鑄得的成品必定飽含包括鐵、硫在內的各類雜質。海內外收藏的一些西周中晚期銅器接受X光透視後，呈現了十分特殊的品質，正是支持這項假設的另一個有力物證。

柒、部份西周銅器可能是以硫化礦冶煉的銅液鑄成的

在故宮的藏品中，有一件編號爲 JW 一二五九二三八的竊曲紋方甗（圖一）。這件在運來臺灣以前即已破損的西周中晚期銅器，左前方及左後方口緣破片的斷面遍佈大小氣孔，孔內儘是間有閃閃亮光的黑褐色焦炭狀物體，與一般銅質差異極大（圖二、三）。

從圖四—八所表現的 X 光透視中，我們發現這件銅器的四面器壁都佈滿氣孔，上端口緣部份分布最密，大略依次遞減，至下端器底最少，較大的氣孔大致都是上下走向，再配合口緣破片的斷面看來，黑褐色物體大多在氣孔內。另外在氣壁上散佈著許多尺寸不小的墊片，有些輪廓清晰可辨，有些呈半熔狀態，有些則顯然被銅液熔化了。

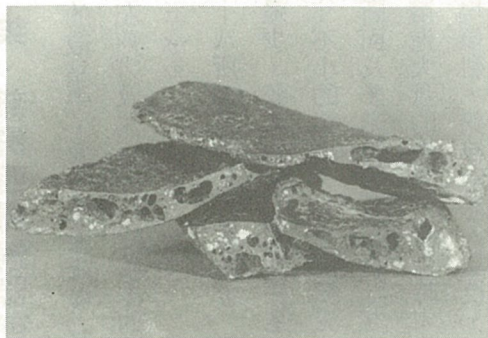
由破口斷面及 X 光透視顯現的器內特徵，我們可以看出鑄造這件銅器所用的銅液中含有相當多的熔渣，並且銅液的溫度相當高，曾溶進大量的空氣，冷卻時才形成那麼多氣孔。我們也可以看出，用來熔解銅、錫原料的，必是坍塌之類的器具，灌鑄時將坍塌傾斜，銅液即注入陶模，由於熔渣較輕，浮在上面，而銅器又用倒鑄，因此大部份熔渣都先倒進兩耳及口緣部份的陶模，隨著溶在銅液中的空氣向上飄浮。這件銅器在口緣部份的熔渣及氣孔最多，依次遞減，當是這種原因造成的。

同樣的狀況也發生在故宮收藏的毛公鼎（編號 JMT 一〇一〇四〇，西周中晚期）。這件曾經被部份學者疑係僞品的大型銅器【註三】，在 X 光透視片上給人的第一印象，是百孔千瘡、結構鬆散的；由氣孔和熔渣造成的大小缺陷，幾乎遍佈全器，看來支離破碎。內部的缺陷影響了它的外觀，以致器表銅質十分粗糙，難怪有人要對它的真假是非大作文章了。它的缺陷，尺寸不一，在靠近耳根及口緣的比較密，也比較大。它表現得更特別的是，許多長形或油滴狀的氣孔裡積聚著類似熔渣的雜質，顯著表現了倒鑄時熔渣先灌下去而與空氣同往上飄的景象。它的透視片比前述竊曲紋方甗更能說明這類銅器的內部特徵【註四】。

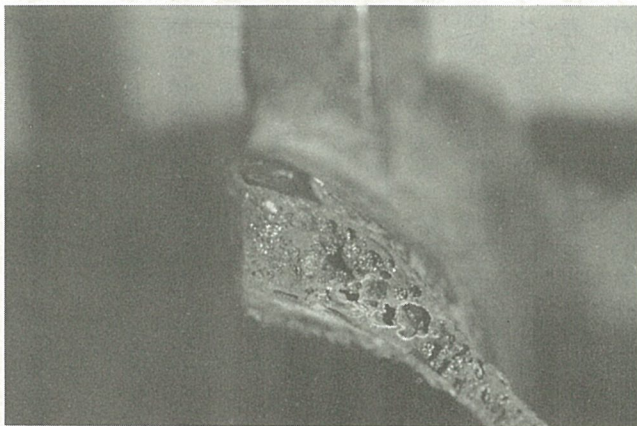
故宮另有兩件銅器，比毛公鼎稍小，但器壁甚厚，一是西周晚期的芮公鼎（編號麗七七〇），一是春秋早期的環帶紋鼎（JW 一二二三三三三八），器內也都滿佈缺陷【註五】。美國華盛頓福瑞爾美術館（Freer Gallery of Art）收藏的一件西



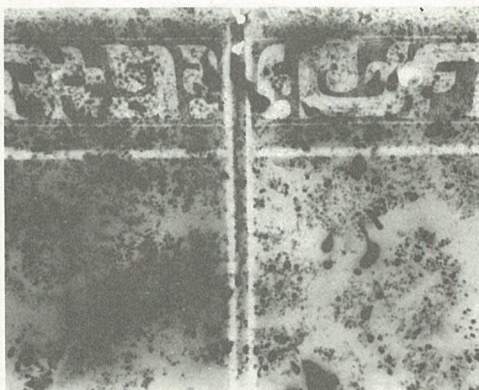
圖一 台北故宮博物院收藏的
西周竊曲紋方鬲 (Jw
2359—38)，銅質甚脆，
清末即已破損。



圖二、圖一銅器左上方口緣破片，可見器內
遍佈大小氣孔，孔內儘是間有閃閃亮
光的黑褐色焦炭狀物體。

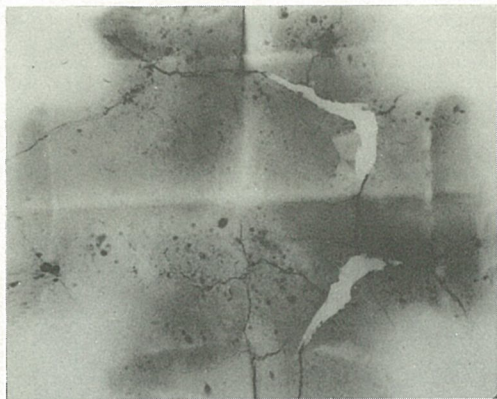


圖三、該器左耳附近的破口，可見內部幾乎充滿黑褐色物體。



NATIONAL PALACE MUSEUM

圖四～七 圖一銅器四面器壁的X光透視片，顯示器內佈滿氣孔，上端口緣部份分布最密，大略依次遞減，至下端最少，較大的氣孔皆呈上下走向。



圖八、器底的X光透視片，出現的氣孔較少。

周中期的銅壺（FGA 13.21），器內同樣佈滿小氣孔【註二六】。

在年代從西周中期到春秋早期的中國銅器中，作過X光透視的只佔小部份，在這小部份銅器裡我們發現上述五件是缺陷累累的，其中又以屬於西周中期或晚期的竊曲紋方壺及毛公鼎的內部缺陷最為嚴重，它們的特殊銅質值得作進一步探討。筆者認為，以當時中國鑄造銅器的技術水準而論，若原料供應充足，必定不會鑄出這種品質的銅器，鑄工們也不致故意製作這類銅器；所以會造成這樣的結果，必有難以控制的因素在。商周時代發展冶鑄工業，當以人力、技術、原料為其三大要素，不類今日尚須考慮資金、市場等問題。就此三大要素而論，最難控制的非原料莫屬。在以上羅列的西周政治、社會狀況下，一向由氧化礦冶煉的銅料很可能突然供需失調，不得不間或採用冶煉硫化礦所得的銅液來鑄造器物，由於技術未臻成熟而遺留大量熔渣於銅液裡，難免鑄成有缺陷的銅器；尤其是鑄造大件器物時，需要大量銅液，灌銅的動作也要迅速完成，以免因冷凝而失敗，如此勢必無法及時除去熔渣，即特別可能造成缺陷累累的狀況。觀諸形成無數氣孔的熔銅高溫，以上的假設當與事實相去不遠。

要證明這一點，最好的辦法是分析這五件銅器的成分是否含有多量的鐵和硫，目前只知華盛頓福瑞爾美術館的壺所含的鐵（百分之一），比該館珍藏的絕大部份銅器都高【註二七】；至於其他四件的成分，還沒有詳細分析過【註二八】。

捌、從出土銅器和鑄造原料的成分看中國採用黃銅礦的年代

在中國早期銅器的成分中，鉛扮演著十分重要的角色。公元前兩千年至公元前一千五百年間，即青銅時代前期，中國已認識到鉛的存在。二里頭文化後期（約公元前一千六百年左右）的遺址出土了一塊不成形的鉛塊，是迄今所知最早的鉛塊

【註二九】，表示當時已知煉鉛。甘肅秦魏家文化（約公元前二千年）出土的銅環，是銅鉛合金所製的【註三〇】，甘肅玉門火燒溝遺址（公元前一千六百年以前）出土的二百多件銅器【註三一】以及上述殷墟晚期（公元前十一世紀左右）墓葬出土的銅器，也有很大部份是由銅鉛合金製成的（只含微量或不含錫）。在早期即出現這麼多銅鉛合金器，很值得注意。

按鉛和銅在固態互不溶解，液態的銅鉛合金熔液凝固後，鉛就形成細小顆粒，對銅基體沒有強化作用，因此固態的銅鉛合金硬度低，抗蝕性也差，物性遠遜於銅錫合金，並不實用。同時，鉛的主要來源是方鉛礦（ PbS ），而方鉛礦是經常和黃銅礦（ $CuFeS_2$ ）共生的，在鉛的生產過程中大概很難擺脫這種共生礦的參與。既然銅鉛合金不實用，鑄工們也早就認識鉛的性質，應該不致熱衷於熔合銅鉛兩種金屬來鑄造器物。但在包括殷商以前的年代裡，由銅鉛合金製成的器物却很多，不能不令人懷疑當時的鑄工是直接冶煉這種銅鉛共生礦來利用的。換言之，中國人利用硫化礦來煉銅的年代，可能早到殷商甚至更早的年代。

一些鑄造原料的出土提供了更為確實的證據。一九七一年在陝西扶風縣的西周遺址出土一塊直徑二三、五公分、重九、三市斤的圓形銅餅，並在附近發現許多煉渣，可見這類銅餅是冶煉過的鑄造用原料，但至今未見銅餅和煉渣的成分分析報告，無法研判當時所用的礦石種類【註三二】。一九七五年江蘇金壇縣西周墓中又出土了二百三十塊共重七十多公斤的銅塊，是一個大銅餅打碎的。其成分大致為銅百分之五十以上，鉛百分之三十至五十不等，還有微量的鐵、鎳、錳、銀、錫、銻、鉍等元素，顯然是銅和鉛組成的鑄造用原料【註三三】。最可能產生這種鑄造原料的方式是冶煉上述含硫的銅鉛共生礦，另外實在找不出要生產這種銅餅的理由。由此看來，若不考慮礦石的純度，則中國人開始利用硫化礦煉銅的年代，即使不在殷商，最遲也可能不會晚於西周的。

玖、結 語

衆所周知，中國的用銅文化發展到周朝，已臻燦爛輝煌的階段，那時的銅器是所謂的「家國重器」，在祭祀儀禮上必不可少，它的數目可以代表諸侯貴族的身份，是傳家傳國的寶貝，那時也已經擁有高度的技術水準，但却會在俱備這些優良條

件的情況下，出現不少內外品質迥稱簡陋的銅器，看來是由於鑄造原料的供應發生了問題，而這項問題的發生也有它的背景在。

殷商末年銅料短缺的狀況，到西周時代因封建制度、宗法制度的推行以及銅器世俗功能的強化而更趨嚴重，外患頻仍又使青銅兵器的生產日益迫切，同時也增加採礦的困難。西周中期以後，周人擺脫了殷商文化的影響，銅器的造型崇尚樸實，且把重點放在銘文的鑄造。因此，這個時期製作的銅器，無論內在與外觀都和其他時代有不小差異，其中用X光透視而為吾人所見的內部粗劣品質，可以前述五件滿佈熔渣和氣孔的銅器作代表，為其他時代所未有。如果將這個時期的銅器都加以透視，相信會出現更多類似的例子。

這些銅器的品質所以粗劣若此，很可能是偶或採用硫化礦來供應銅料的緣故。硫化銅礦的冶煉比氧化銅礦要困難得多。根據佛貝士（R.J. Forbes）的推測，古代冶煉含硫的銅礦，須經七次焙燒，才能提煉出精銅，但近年河南湯陰高村橋的土法煉銅，則只須焙燒四次【註三四】。無論如何，想來先民一再努力後，發現這種儲量豐富的礦石竟然也能煉出銅液時，必定十分興奮的用以鑄造銅器，而不去顧慮還有多少雜質尚未清除了，也許當時的技術並沒有達到能够精煉銅液的程度，銅料短缺時只得將就利用。那些飽含氣孔和熔渣的「家國重器」，很可能是在這種情況下產生的。

史前及上古時代在技術上的一點點進步，不知要經歷多長的時間。中國人開始成功的採用硫化銅礦的年代，實難以遽下定論。從新石器時代晚期直到殷商末年的銅器，許多是由物性不佳的銅鉛合金製作的，在鉛的特性早被認知的情況下，只有先民採用共生的銅礦和鉛礦來冶煉才可能解釋這種現象。然而，如果這還不足以確定中國人在那個階段已經採用了含硫的黃銅礦，則安徽貴池發現的銅錠應可證明中國在東周時代確已使用硫化礦來煉銅，而湖北銅綠山的古礦井遺留大量煉渣，江蘇金壇縣出土七十多公斤的銅餅，分析的結果也表明中國人使用硫化礦來煉銅的年代可能早到西周。不過，工業技術研究院的林凌全先生認為，組成上述銅餅的銅鉛合金，是由氧化銅和氧化鉛共熔而來的；將含硫的銅礦和鉛礦放在一起冶煉，由於銅和鉛的熔點相差太多，並且硫化銅須經多次氧化和熔煉才能煉出較純的銅，鉛在高溫下已揮發成氣體，因此它們很不可能形成銅鉛合金。

然而，明代宋應星所著《天工開物》卷下《五金篇》中記述中國鉛的產地及其冶煉法的一段有云：「……一出銅礦中，入洪爐煉化，鉛先出，銅後隨，曰銅山鉛，此鉛貴州爲盛……」。「既號稱「銅山鉛」，必然是連年開採大規模銅礦所得的副產物；它從煉銅而得，銅、鉛顯然共生。氧化鉛並不和氧化銅共生在一起，而方鉛礦（ PbS ）又是鉛的主要來源，中國大陸也蘊藏著大量的黃銅礦、方鉛礦和閃鋅礦（ ZnS ）的共生礦，看來「銅山鉛」很可能是方鉛礦所含的鉛，「銅山」也很可能是儲量豐富的黃銅礦組成的礦體。目前的問題是，宋氏未將當時冶煉的設備和程序交代清楚，更遑論商周之際的狀況了。中國在新石器時代的燒陶技術已經達到很高的水準，由經驗豐富的冶鑄工人應用高度的燒陶技術來冶煉含硫的銅鉛共生礦，會出現「鉛先出，銅後隨」的結果，也說不定。在古代對礦冶所知不多的情況下，讓熔化的鉛先從爐裡流出來，以免因溫度太高而揮發，然後再處理未熔的銅礦，或許是造成上述銅餅的可能程序。

西亞和北非地區蘊藏著大量含有鐵、砷、銻等的硫砷銅礦，那些地區使用這類含硫銅礦的年代就很早。在伊朗的 Tepe Yahya 地方，曾發現年代約公元前二千八百～二千五百年的含砷銅製工具，埃及則約在公元前三千年出現含砷量更高的銅製工具，無疑他們是採用硫砷銅礦來煉銅了【註三五】。既然中國在新石器時代的燒陶技術已經爲礦冶工業奠定了必要的基礎，中國在公元前一千五百年以後的用銅文化又漸次發展到頂峯，傲視任何地區的用銅文化，中國委實沒有理由在銅料需求迫切的上古時代忽略含硫銅礦的冶煉，而落後西亞和北非這麼長的時間。

從銅鉛合金鑄料及器物的大量出現，筆者認爲中國最遲在公元前一千一年左右的西周時代就發展含硫銅礦的冶煉，是有可能的。當時使用不易冶煉的硫化礦是銅料短缺的結果，銅料短缺則導因於殷商末年的動亂和西周建國後政治、社會狀況的變遷。鑄造銅器既是國家大事，銅料短缺必列爲應予優先解決的問題。在設備簡陋而技術原始的時代，當大家投注心血去發展硫化銅礦的冶煉時，更難免因內憂外患而忽略銅器紋飾和造型的講究，只凸顯宗法社會裡銅器在銘功紀事方面的主要作用了。從西周的共王時期直到春秋中葉，中國銅器的製作由華麗轉趨平實，由鼎盛轉趨衰頹，當係這些因素交互影響的結果。

後記

筆者在礦冶方面的知識十分貧乏，本文在第一屆科學史研討會上宣讀後，承蒙工業技術研究院林浚全先生提供大量資料，闡明煉銅的過程，以及諸多可能和不可能的事項，是必須在此深致謝意的。然而，儘管從現代技術的角度看來，有多種合金不可能在上古時代出現，但我們對古人的技術成就，所知尚少，對中國的用銅文化何以如此燦爛輝煌，更有一連串的疑惑。這個有關考古和技術史的領域，正有待努力開發。本文純係個人憑目前存在的事實所作的推論，謬誤之處，自屬難免，尚祈方家不吝指正。

註釋

- 【註一】：容庚，「殷周青銅器通論」，頁十八，一九五六年，上海人民出版社。另外，馬承源等學者根據甘肅出土的青銅刀，認為中國使用銅器的歷史，可以上推到公元前三千年。
- 【註二】：殷墟金屬器物成分的測定報告（一）——婦好墓銅器測定，考古學集刊，一九八二年二期。
- 【註三】：李敏生，殷墟金屬器物成分的測定報告（二）——殷墟西區銅器和鉛器測定，考古學集刊，一九八四年四期。
- 【註四】：唐蘭，略論西周微史家族窖藏銅器羣的重要意義，文物，一九七八年三期。
- 【註五】：郭寶鈞，濬縣辛村，頁七二，一九六四年。
- 【註六】：考古，一九七四年五期，頁三〇九～三二一。
- 【註七】：遼寧喀左山灣子出土商周青銅器，文物，一九七七年十二期，頁三三～三三。
- 【註八】：陝西省文物管理委員會，西周鎬京附近部份墓葬發掘簡報，文物，一九八六年一期。
- 【註九】：黃盛璋，長安鎬京地區西周墓新出銅器羣初探，文物，一九八六年一期。
- 【註十】：河南平頂山市發現西周銅簋，考古，一九八一年四期。
- 【註十一】：河南平頂山市又出土一件邵公簋，考古與文物，一九八三年一期。
- 【註十二】：傅樂成，中國通史，頁二六，民國六十五年。

【註十三】：陳芳妹，家國重器——商周貴族的青銅藝術，中國文化新論，藝術篇，頁二〇九，聯合報文化基金會，民國七十一年。又「春秋公羊傳·桓公二年」何休註：「禮祭天子九鼎，諸侯七，大夫五，元士三也。」

【註十四】：同註十二，頁四一。

【註十五】：華覺明，貴池東周銅鏹的分析研究——中國始用硫化礦煉銅的一個線索，自然科學史研究，四卷二期（一九八五年），頁一六八～一七一。

【註十六】：經濟部大陸非鐵金屬研究小組，中國大陸非鐵金屬——銅、鉛、鋅之開發，民國七十一年。

【註十七】：湖北銅綠山春秋戰國古礦井遺址發掘簡報，文物，一九七五年二期。

【註十八】：冶軍，銅綠山古礦井遺址出土鐵製及銅製工具的初步鑑定，文物，一九七五年二期。

【註十九】：R. F. Tylecote, "Summary of Results of Experimental Work on Early Copper Smelting", Aspects of Early Metallurgy, British Museum Research Laboratory, 1980, pp. 5—12.

【註二十】：馬承源，中國古代青銅器，頁五，上海人民出版社。

【註廿一】：同註十九，頁五。

【註廿二】：同註十五，頁一七一。

【註廿三】：萬家保，毛公鼎的鑄造及相關問題，大陸雜誌，六十卷四期。

【註廿四】：拙作「從商周銅器的內部特徵試論毛公鼎的真偽問題」，故宮季刊，十六卷四期（民國七十一年），頁五五～七八。

【註廿五】：同前註，頁六三。

【註廿六】：R. J. Gettens, The Freer Chinese Bronzes, Vol. II, Freer Gallery of Art, Washington, 1969 p. 161.

【註廿七】：同前註，頁四九。

【註二八】：故宮博物院和清華核工所曾利用中子活化法試驗分析過毛公鼎的成分，該法必須具有成分類似古銅器的標準樣品才能作比較正確的測試，但到目前為止，各國皆未置備此種青銅標準樣品，實驗的準確度不易掌握，故其分析結果只能加以參考，未可作為定論。

【註二九】：李敏生，先秦用鉛的歷史概況，文物，一九八四年十期，頁八四～八九。

【註三十】：安志敏，中國早期銅器的幾個問題，考古學報，一九八一年三期，頁二六九～二八六。

【註三一】：同前註。

【註三二】：周文，新出土的幾件西周銅器，文物，一九八二年七期，頁九。

試論中國銅器的製作在西周自鼎盛轉趨衰頹的緣由

【註卅三】：江蘇金壇繁墩西周墓，考古，一九七八年三期。

【註卅四】：安志敏，山西運城洞溝的東漢銅礦和題記，考古，一九六二年十期。

【註卅五】：R. F. Tylecote, A History of Metallurgy, The Metals Society, London, 1976, pp. 8~9.



國立故宮博物院
NATIONAL PALACE MUSEUM