



圈足上的镂孔 试论商代青铜器的泥芯撑技术

刘 煜 (中国社会科学院考古研究所)

摘要:商代青铜器的圈足部位常常可见一些孔洞,这些孔洞的形成与泥芯撑的设置有关。泥芯撑是使用复合范铸造青铜器时非常重要的技术手段,用于范和芯之间的定位和保持壁厚,避免盲芯成为“悬芯”。这一技术看似简单,却有其重要的工艺价值,其本身的技术演进路径与青铜器铸型技术的发展密切相关。本文试图梳理从二里头到晚商时期各类青铜器使用泥芯撑技术的概况,丰富对商代青铜器铸造工艺的整体认识。

关键词: 商代青铜器; 泥芯撑; 十字镂孔

Abstract Some square or criss-cross holes commonly seen in the ring-foot of Shang bronze vessels are thought to be caused by clay spacers made in the clay core prior to casting. Clay spacers are some ridges in the clay core, sometimes in the outer-mold, which can maintain the wall thickness, keep mold sections register and help the core fixed. The evolution of clay-spacer technique is related to the development of section-mold casting technology of bronze vessels. Study on the usage of clay spacers in different type of bronze vessels from Erlitou period to late Shang dynasty, more details of section-mold casting technology of Shang bronzes are discussed.

Key words Shang bronzes, Clay-spacer, Criss-cross hole

在商周的金属成形工艺中,铸造占着统治的地位,其中绝大部分采用陶范铸造,而中原地区的冶铸业在商周青铜器技术演变中起着主导作用。使用复合陶范铸造,一个重要的问题是定位,外范大多采用榫卯连接的方式,并将整体合范后外抹草拌泥来固定。对于泥芯与外范的定位,通常使用芯撑的方式。

所谓芯撑,是指在铸型中用于范与芯之间定位、保持壁厚的小块,包括自带泥芯撑和金属芯撑两类。前者一般是指在泥芯上突起的小块,铸后形成小孔;后者是独立的金属块状物,又称“垫片”,有时在器表可见,但也有时必须借助X射线透视技术才能观察到。由于芯撑技术是与范、芯的设置密切相关的,因此可以透过这一技术反映商周青铜器陶范铸造技术的演变,具有重要的学术意义,早在六十年代盖顿斯(Gettens)和巴纳(Barnard)的著作中就有探讨,八、九十年代苏荣誉和周建勋更是对特定的青铜器群的芯撑设置做过系统的讨论。台北故宫的张世贤曾利用X射线透视技术研究毛

公鼎的真伪,其中一个重要的论据就是毛公鼎内垫片的发现。笔者也曾在文章和报告中讨论过部分殷墟青铜器的芯撑技术。以上的研究更多地关注金属芯撑(垫片)的使用,关于泥芯撑的使用却只是简单提及。其实,这一技术看似简单,却有其重要的工艺价值,其本身的技术演进路径与青铜器铸型技术的发展密切相关。本文试图梳理从二里头到晚商时期各类青铜器使用泥芯撑技术的概况,以期丰富对商代青铜器铸造工艺的整体认识。

一、圈足器的泥芯撑技术

1. 泥芯撑的早期使用

我们经常可以观察到二里岗青铜器的圈足上分布的较大的十字形或者方形孔洞,通常在考古报告中会称为镂孔。这种孔洞就是泥芯撑的遗痕(图一),是在泥芯上设置的与器物壁厚相等的十字形或方形块状突起,经浇注后形成的。这一技术出现的动因,当是为了解决铸型装配时保持范和芯的距离的技术性难题。很多时候,泥芯撑设置的位置对

应于范线,这又有助于解决范块之间定位和配合的问题。

其实,早在二里头时期,青铜容器上已经有镂孔的出现。二里头遗址出一件假腹上有四个镂孔的铜爵(80YLIIIIM2:2),其镂孔四周隆起如同兽眼,具有装饰的意义。天津博物馆亦藏有一件传出河南商丘,形制与其类似的爵(图二)。考究镂孔的形成,



图一 白家庄出土的罍(C8M2:1),引自《中国青铜器全集》(夏商1),图版一二八。



图二 二里头时期的爵(传出商丘,现藏天津博物馆),引自《中国青铜器全集》(夏商1),图版九。

应是在底范上设置四个突起的小块,浇注后形成的孔洞。由于二里头时期的青铜器器壁特别薄,这四个小块对于底范和外范之间的定位以及保持距离,具有泥芯撑的功用。从这个意义上说,爵上的长三角形镂孔,应该是范自带鏊部泥芯上的三角形凸块形成的,这凸起部分具有类似的功能性质。因此,似乎可以认为二里头时期类似泥芯撑的做法已经开始使用,但尚未规范化。与图二爵形制类似的还有一件爵,保存在天津博物馆,传出自陕西洛宁。上海博物馆藏有一件角,假腹上带有一周镂孔(10个),其装饰作用应是主要的。这些孔的边缘向外凸起,可能与前述两件爵的孔的制作方式不同(图三)。

2. 簋

二里岗时期,绝大部分圈足器的圈足部都有镂孔,也就是说使用了泥芯撑技术。通常而言,尊、罍、盘、甗、簋等截面为圆形的器物的镂孔一般为三个,这一阶段的芯撑孔尺寸都比较大,位置分别对应于三条垂直范线的下端,也就是说,三分的外范与圈足芯配合成铸型的时候,泥芯撑还起到定位的作用。湖北黄陂盘龙城遗址 PLZM2 深腹簋在圈足上部有三个“凸”形的芯撑孔,在圈足底端有三个长条形缺口(图四)分别与其对应,推测这种条形缺口很可能也是定位用的。盘龙城出土的另一件簋,圈足



图三 角(上海博物馆藏),《中国青铜器全集》(夏商1),图版一二。



图四 盘龙城出土的簋(PLZM2:2)

上也有三个镂孔,为接近方形的十字形(图五)。这件已知最早的双耳簋,其簋耳是后铸的,却并未采用在兽面纹饰两侧对称设置的方式,而是采用了对应于一条范线的方式,即兽耳、镂孔的中线与范线在垂直方向成一条直线,这也许显示了当时工匠的制作习惯,与殷墟三期以后簋的铸型差别较大。后者不仅双耳的位置变得对称,而且已经使用对称的四分外范,很多时候圈足上没有芯撑孔,是采用芯头的方式完成圈足芯与外范的配合的(图六)。当然,殷墟二期时仍旧存在垂直方向三分外范的簋,这一类的簋的圈足上有三个均布的镂孔,对应于范线的位置,但镂孔的尺寸已经很小(图七)。殷墟还出土有一种带扉棱的簋,可能是垂直方向六分的。由于泥芯撑在浇注后会形成孔洞,因此一般不用于底部。保持器底壁厚通常采用铜芯撑,殷墟二期



图五 盘龙城出土的簋(PLZM1:5)



图六 殷墟出土的簋(04ASM303:79),引自《殷墟新出土青铜器》,云南人民出版社,2008年。



图七 殷墟出土的簋(小屯M18:5),引自《中国青铜器全集》(商2),图版八五。



图八 白家庄出土的盘(C8M2:3),引自《中国青铜器全集》(夏商1),图版一六六。

M663 38 簋的底部有 3 个均布的方形孔洞,可能是铜芯撑脱落的结果。

3. 盘和豆

商代出土的盘并不多,但其泥芯撑的设置,也有与簋类似的演变过程。二里岗期盘的圈足上有三个较大的方形镂孔(图八),属于中商末期的平谷刘家河出土的盘,甚至有着更大的孔(图九)。这些盘都是三分外范的,镂孔对应范线的位置。殷墟二期之后的盘的圈足上的镂孔变小(图一〇),甚至根本没有镂孔(图一一)。盘和簋在圈足部位不再出现镂孔,说明没有使用泥芯撑技术。跟其他圈足器如觚、尊等相比,圈足的高度相对较小,因此可能无需再在使用芯头与外范配合的情况下使用泥芯撑,另一方面可能与底部使用了较多铜芯撑定位有关。



图九 平谷刘家河出土的盘,引自《中国青铜器全集》(商 4),图版一七六。



图一〇 小屯 M18 出土的盘(M18:14),引自《中国青铜器全集》(商 3),图版一六八。

4. 尊、罍和甗

与簋的情形略有不同,尊、罍、甗等圈足器一直保留了使用泥芯撑的方式。尊、罍都是包含样式较多的器类,除大口折肩尊和无耳小口折肩罍外,前者还包括觚式尊和各种动物形尊,后者还包括不带圈足的鼓肩、深腹、肩上和下腹有耳的器型。下文主要论及带圈足的大口折肩尊和无耳小口折肩罍以及甗,前两种器形其实非常接近,基本上只有大口、小口的区别。觚式尊的情况与觚接近,故而放在觚一节里讨论。

如前所述,早商时期的尊、罍,圈足上一般都有三个较大的镂孔(图一二),甗的情形也是如此。其后,属于中商三期的殷墟小屯 M232、M333 等出土的尊、甗的圈足上可见同样的孔,与早商时期的样貌和做法非常接近。到殷墟一期,花东 M60 所出尊、甗以及 59 武官北地 M1 甗的圈足上的孔,明显较前者细小,说明这一工艺的熟练性增强,开始考虑外形的美观(图一三)。肩部附设兽头的尊、罍、甗,圈足的芯撑孔多数不在兽头的垂直下方,而是会在与其成六十度夹角的位置(如图一三),当然也

有芯撑孔正对着兽头下方位置的情形(图一四)。这种尊带有六条扉棱,垂直六分外范,镂孔做得非常规整,可能还在颈部、肩部和下腹部进行水平分范。泥芯撑设置的规律除了随时代的变迁会有变化而外,地域和文化的差别也会引起不同。张昌平指出,郑州和殷墟出土的尊和罍通常是三分的,设置三个泥芯撑,而殷墟时期南方地区出土的同类器物往往是四分的,会留下四个芯撑孔(图一五)。



图一一 M1046 出土的盘(M1046:8)



图一二 盘龙城出土的尊(PLZM1:8)



图一三 花东 M60 出土的尊(M60:57)



图一四 小屯 M18 出土的子鱼尊(M18:13),引自《中国青铜器全集》(商 3),图版九七。



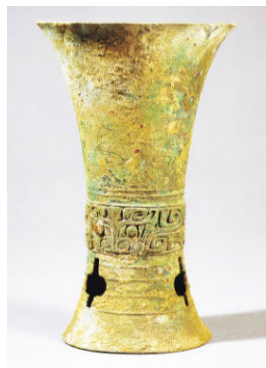
图一五 新干出土的罍(XDM:44),引自《中国青铜器全集》(商 4),图版九二。

5. 觚

觚的芯撑技术的演变却与罍、尊等有些不同。二里岗时期,虽然觚的铸型是使用 2 个对分的外范,圈足部位却多有三个等距的镂孔,一般为近方形的十字形或者方形,设在圈足上部的弦纹中间,其中一个镂孔对应一条范线(图一六)。也有的觚的圈足上有两个镂孔,完全对称,对应于两侧的范线(图一七),这种形式的觚数量少于前一种。有的折棱觚在圈足底端与镂孔对应处有长条形的小缺口,比如郑州二七路 M2 出土的觚

(M2 :11),这种做法在湖北盘龙城遗址出土的觚中更为常见(图一八) 这种长条形缺口推测是用于定位的。辉县琉璃阁也出有一件这样的觚。

殷墟属于中商时期的墓葬,如 M232、M333、M388 等出土的觚中,除了 M333 和 M331 还各有一件 3 个镂孔的觚外,大部分已经变为 2 个,镂孔尺寸也略有减小。到了殷墟一期,花东 M60 出土的觚,1 件圈足上有 2 个对称的细小的十字形镂孔,因为锈蚀,这两个镂孔仅可以从器壁内侧观察到。1 件没有镂孔,1 件因为未发现圈足部分而情况不明。59 武官北地 M1 出土的觚与此类似,1 件圈足上有 2 个细小的十字形镂孔,1 件经过复原,情况不明。到了殷墟二期以后,镂孔的设置分为三种情形,一种是圈足上部有 2 个对称的十字形镂孔(图一九),一种是根本没有孔(图二〇),而另一种是有 4 个对称的镂孔,分别位于圈足部四条短扉棱的上方。这些镂孔都极为细小,有些没有完全铸出,而呈“一”字形。还有些铜觚的镂孔没有穿透,仅在圈足上部有十字形的凹陷。某些觚形尊上也可见这种情



图一六 铭功路出土的觚(MGM2:8),引自《中国青铜器全集》(夏商1),图版一四九。



图一七 盘龙城出土的觚(PLZM1:21)



图一八 盘龙城出土的觚(PYWM3-2)



图一九 花东 M54 出土的觚(M54:237)



图二〇 安阳梯家口 M3 所出觚,引自《中国青铜器全集》(商2),图版一一三。



图二一 山西灵石荆介所出觚式尊(M1:34),引自《中国青铜器全集》(商4),图版一九。



图二二 郑州向阳食品厂提梁卣(XSH1:11),引自《中国青铜器全集》(夏商1),图版一三六。



图二三 小屯 M331 阳首方卣,引自《中国青铜器全集》(商3),图版一三三。

形(图二一)形成这种镂孔的十字形凸起就是制作在外范而非泥芯上的。由此可见,到殷墟二期以后,圈足上的镂孔,更多的是一种装饰的作用,而非用来定位的泥芯撑的遗痕。这时的圈足芯的设置,主要是依靠芯头与外范的配合。

6. 卣、觶和壶

卣的器型前后其实有比较大的变化,二里岗到殷墟二期之前,多为瓶形卣,这种卣的圈足上通常有三个方形镂孔,位置与范线对应(图二二)。但殷墟一期小屯 M331 出土的羊首方卣,圈足上就没有镂孔(图二三)。从殷墟二期开始,卣多为一种扁体的卣,带提梁,圈足上没有镂孔,但也有少量卣,带有十字形的镂孔,并且位置比较特别,没有设置在卣的两个侧面,而是位于圈足正面的中部(图二四)。这种扁体卣的铸型不同于瓶形卣,瓶形卣的外

范多为三分的，而截面为椭圆形的扁体卣则是四分的。

觶和壶的情形有些类似，都是圈足上少见镂空。有镂空的一般都设在器物两侧，对应于范线，显示铸型是沿着扉棱和双耳垂直四分的(图二五)。

7. 方形圈足器

方壶(图二六)、方尊(图二七)的圈足上方一般有四个方形或十字形的镂空，对应于扉棱的中线，说明这些方形圈足器通常都是垂直方向八分的。



图二四 刘家庄北地 M1 提梁卣,引自《中国青铜器全集》(商3),图版一二六。



图二五 英国不列颠博物馆藏商代壶,引自《中国青铜器全集》(商4),图版一四七。



图二六 妇好墓出土方壶(M5:807),引自《中国青铜器全集》(商3),图版九三。



图二七 M54 出土方尊(M54:84)

二、三足器上的泥芯撑设置

对鼎、斝等三足器而言，泥芯撑的使用是与封闭器底、使用盲芯的技术进步直接相关的。从二里头时期到二里岗时期，所有的三足器都是空足的，耳部较小、不含泥芯，当器形较大的时候，使用槽耳的方式减轻耳部的重量和壁厚，从而避免浇不足或者断裂之类的铸造缺陷发生。空足对于盛装、烹煮

食物而言很不方便，但若浇注实足又可能在冷却时产生缺陷，因此空足的形制应当是技术障碍的结果而不是器形设计上的主动选择^①。使用盲芯可以减轻耳、足等部位的壁厚，从而不违反同时凝固原则，同时亦能封闭器底，满足承装食物的功能要求。具体做法是将泥芯保留并包裹在足内成为盲芯，而为避免盲芯成为悬芯，必须使用泥芯撑定位^②。盲芯技术的应用影响深远，殷墟文化晚期直至战国秦汉时期青铜器仍然广泛采用这种技术处理足、耳。孝民屯铸铜遗址发现有鼎足的泥芯(图二八)，芯的两侧及内侧均有作锥状凸起的泥芯撑，泥芯撑凸起的高度等于铸后足表面铜质的厚度。锥状的泥芯撑在铸后的器表上并不容易被观察到，往往需要借助 X 光识别，不过较大的泥芯撑则会导致在器表铸出较大的孔，从而露出泥芯。殷墟较大的铜鼎鼎足侧面有时露出空洞，往往是在泥芯撑的位置(图二九)。



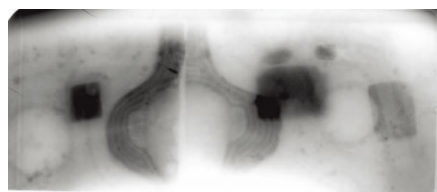
图二八 孝民屯铸铜遗址出土的鼎足泥芯



图二九 郭家庄 M160:32 鼎足部



图三〇 司母戊鼎右耳



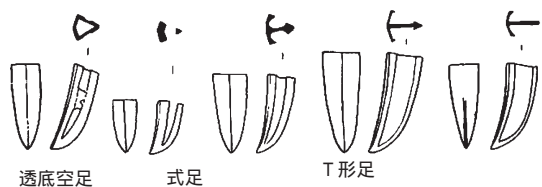
图三一 右耳的 X 射线影像

青铜器耳部的泥芯撑常常被青铜包裹而不能显露，但该部位的铜壁较周围其他部位为薄，X 射线阻挡能力较弱，可以通过 X 射线影像分辨其位置、形状。图三〇为司母戊鼎右耳(司母戊鼎出土后仅存右耳，左耳为后配)的情况，图三一上可以清楚

看到其中3个方形泥芯撑的位置。

但是,值得注意的是,即使盲芯技术开始应用后,也并不意味着所有的足、耳都是用这种方法制作的,比如M54:224鼎,就是透底空足的,而M160:135鼎就是实足的。前者形体较大、后者较小。足的直径相差也比较大,前者足的直径可达5.1厘米^⑬,后者直径可能不到2厘米^⑭。

李济早年曾把殷墟出土铜罍的足分为五种形式^⑮(图三二)。其中,I式和商中期空心足相同,



图三二 罍的五种足形

式和妇好墓M5:781的足相同,一V式都属于T形足。

式足是由罍腹泥芯截下形成足部空腔的一节,装上芯头,安到罍足铸范上,使成为盲芯制成的。由于这种方式的技术难度很高,所以定位非常重要,在罍足内部两侧各有1个浅槽,是为了把罍足泥芯安插在顶范芯座上的泥芯撑的遗迹,起定位的作用。59武官北地M1所出的罍就是采用了这种足形,说明这种铸型早在殷墟一期即已出现,图上可见三足内侧各有一个很大的芯撑孔。露出里面的泥芯(图三三)。李济把式足列于T形足之前,似暗示它先于T形足出现,可能是从形制的近似性来推定的。但是,T形足在中商晚期即已出现,如河南灵宝东桥出土的罍以及安阳三家庄窖藏出土的罍(图三四),说明T形足的出现早于式。张长寿指出:小屯早期墓葬如M188、M232、M333、M388



图三三 59武官北地M1:4罍,引自《中国青铜器全集》(商3),图版四七。



图三四 三家庄M3:3罍

等,凡是出土两件罍的,必有一件是透底空足,另一件为T形实足^⑯。可见,这两类罍足确有较为相近的联系,而且T形足的出现可能就是为改变空足的不便。所有这些足当中,式足的技术难度是最高的,芯的安装须很精确,在约1.0厘米的长度内,壁厚误差不得超过2.5毫米,也就是说,泥芯安装时和中线的偏差应在3度以内,它还须承受浇注时金属液的热力与冲刷,不发生大的位移和开裂。因此,使用式足的罍,三足内侧通常会每足各有2个较大的芯撑孔。这是因为如果不使用较大的泥芯撑,很难保证足的铸造质量。式足因而虽较T形足为美观,但始终属于少数,未能普遍推广,即使王室墓葬所出土的铜罍,仍以T形足为多。

三、讨论

由上面的分析我们可以看出,泥芯撑技术的使用是随着时代、地域的变化而不同的。早在二里头时期,就有此种技术的萌芽出现。二里岗时期,绝大部分圈足器的圈足部都有镂孔,也就是说使用了泥芯撑技术。通常而言,尊、罍、盘、甗、簋等截面为圆形的器物的镂孔一般为三个,这一阶段的芯撑孔尺寸都比较大,形状为方形或者近方形的十字形,凸字形等,位置分别对应于垂直范线的下端。一方面这些泥芯撑可以保证泥芯和外范的配合,不至于因为浇注时偏芯而造成孔洞,另一方面,这些芯撑对应范线的位置,可以使得外范之间的配合不错位,起到定位的作用。相比而言,二里岗期郑州之外的那些遗址出土青铜器的芯撑孔尺寸更大,这可能是因为这些地区的工匠的技术水准不够高超,故而需要更大的泥芯撑来完成芯、范之间的配合以及外范之间的定位。殷墟时期,特别是二期以后,泥芯撑的尺寸减小,三期以后有些器物甚至不设芯撑。位置也有简单的变化,比如觚,就不再使用三个芯撑的方式,而是采用两个或者四个的方式,从圆心对称的格局变成轴对称,提梁卣也有类似的变化。与此相对应,铸型的分范形式也发生了相应的变化,比如簋,从三分、六分变成四分。相比而言,新干大洋洲、广汉三星堆铜器使用泥芯撑技术的器物比例高于中原地区。殷墟三期以后,圈足器上的镂孔变得细小,甚至消失,说明这时泥芯撑的技术功能让位于镂孔的装饰功能。

从二里岗阶段到殷墟时期,是三足器完成封闭器底,从空足变换成实足的过程,若想避免封闭于耳、足内的泥芯成为“悬芯”,就必须使用泥芯撑或

者垫片。盲芯技术的应用影响深远而广泛,殷墟晚期直至战国秦汉时期青铜器仍然广泛采用这种技术处理足、耳。泥芯撑虽小,起到的作用可并不平凡。

致谢:本研究获得考古所创新工程“青铜器陶范铸造技术的发展与演变”课题以及中国科学院自然科学史研究所“科技知识的创造与传播”重大项目的资助。感谢安阳工作站的全体同事,为我的研究提供了很多便利。岳占伟、何毓灵、岳洪彬提供了部分殷墟青铜器的照片,盘龙城青铜器的照片则来自武汉大学的张昌平,司母戊鼎的照片及X光片由北京大学的胡东波提供,北京科技大学冶金与材料史研究所的刘建宇同学帮助扫描了部分照片,在此谨致谢忱。

注释:

华觉明:《中国古代金属技术——铜和铁的文明》,大象出版社,1999年。

R.J.Gettens, *The Freer Chinese Bronzes*, Vol. , *Technical Studies*, Freer Gallery of Art, Oriental Studies, No.7, Washington, D.C., 1969.

N. Barnard, *Bronze Casting and Bronze Alloys in Ancient China*. Monumenta Serica Monograph 14, Canberra: Australian National University, 1961.

苏荣誉、卢连成、陈玉云、陈依慰:《邕国墓地青铜器铸造工艺考察和金属器物检测》,《宝鸡邕国墓地》上册,1988年。

周建勋:《商周青铜器铸造工艺的若干探讨》,见北京市文研所编《琉璃河西周燕国墓地 1973~1977》附录一,文物出版社,1995年。

a. 张世贤:《从毛公鼎的真伪展望古器物学的研究(上)》,《文物保护与考古科学》,Vol.6,1994年第2期; b.张

世贤:《从毛公鼎的真伪展望古器物学的研究(下)》,《文物保护与考古科学》,Vol.7,1995年第1期。c.张世贤:《古器物的鉴别与中国早期技术史的研究》,《第二届科学史研讨会汇刊》,1989年。

a.刘煜、原思训:《X射线无损检测在商周青铜器研究中的应用》,西北大学文博学院、中国化学会应化委员会考古与文物保护化学委员会编《文物保护与科技考古》,第29~33页,三秦出版社,2006年; b.刘煜、张昌平、胡东波、岳占伟:《技术选择和技术风格的形成:以鼎为例考察二里头时期到晚商青铜器的技术演进》,《金玉交辉:商周考古、艺术与文化论文集》,第191~225页,台北:中央研究院历史语言研究所会议论文集之十三,2013年11月; c.刘煜、胡东波、杨宪伟:《M54及花东小墓出土青铜器的X射线透视分析》,中国社会科学院考古研究所编著,《安阳殷墟花园庄东地商代墓葬》附录四,第302~304页,科学出版社,2007年。

张昌平:《殷墟时期南方的尊和鬲》,《考古学集刊》15,第116~128页,科学出版社,2003年。

中国社会科学院考古研究所编著:《安阳殷墟花园庄东地商代墓葬》,第240~241页,科学出版社,2007年。

① 马承源:《中国青铜艺术总论》,《中国青铜器全集(1)》,第11页,文物出版社,1996年。

② 张昌平、刘煜、岳占伟、何毓灵:《二里冈文化至殷墟文化时期范型技术的发展》,《考古》2010年8期。

③ 中国社会科学院考古研究所:《安阳殷墟花园庄东地商代墓葬》,第98页,科学出版社,2007年。

④ 《安阳殷墟郭家庄商代墓葬(1982年~1992年考古发掘报告)》,中国大百科全书出版社,1998年。

⑤ 李济:《记小屯出土之青铜器(上篇)》,《中国考古学报》第三册。

⑥ 张长寿:《殷商时代的青铜容器》,《考古学报》1979年第1期。

(上接第129页)

① 中国科学院植物研究所主编:《中国高等植物图鉴》第二册第660页,科学出版社,2002年。

② 王树芝、路超、岳洪彬、岳占伟、赵志军:《殷墟大司空M303出土的植物叶子研究》,《考古》2010年第10期。

③ a. 丁士友、顾红雅、翟礼嘉、陈章良:《PCR产物的RFLP分析在豆科黄芪亚族系统学的应用初探》,《植物学报》1995年第2期。 b. Hills D M, Moritz C. *Molecular Systematics*. Sunderland, Massachusetts, USA. Sinauer Associates, Inc. Publishers, 1990: 588.

④ a. Molvray M, Kores P J, Chase M W. Phylogenetic relationships within *Korthalsella* (Viscaceae) based on nuclear ITS and plastid trnL-F sequence data, *Amer J Bot*, 1999, 86: 249~260. b. Richardson J E, Fay M F, Cronk Q B et al. A phylogenetic analysis of *Rhamnaceae* using rb-

cL and trnL2F plastid DNA sequences, *Amer J Bot* 2000, 87: 1309~1324. c. Mes T M, Wiejers G J, Hart H T. Phylogenetic relationships in *Monanthes* (Crassulaceae) based on morphological chloroplast and nuclear DNA variation, *J Evol Biol*, 1997, 10: 193~216.

⑤ 中国科学院中国植物志编辑委员会:《中国植物志》45卷第3册,第114页,科学出版社,1999年。

⑥ 陈佩东、梁敬钰:《南蛇藤属植物化学成分及活性研究进展》,《海峡药学》1999年11卷第4期。

⑦ 浙江省文物考古研究所等:《萧山跨湖桥》,第152~153页,文物出版社,2004年。

⑧ 耿鉴庭、刘亮:《藁城台西商代遗址中出土的植物》,见《藁城台西商代遗址》,第193~196页,文物出版社,1985年。

⑨ 陕西省考古研究所:《高家堡戈国墓》,第136页,三秦出版社,1995年。