

汉代平板陶范竖式浇铸法铸钱工艺的研究

廉海萍, 惠明, 周祥, 徐惠康

(上海博物馆, 上海 200003)

摘要: 平板范竖式浇铸工艺是我国早期铸钱的基本形式, 根据材质的不同, 可将平板范分为石范、陶范和金属范。由于与平板陶范竖式浇铸法铸钱相关遗物出土数量少, 该方法不是汉代铸钱工艺中的主要方法, 故目前还未对其开展系统的研究。本工作对平板陶范竖式浇铸法铸钱相关遗物进行了归类分析, 表明该工艺不仅在西汉早期一直在使用着, 到东汉时期, 仍然被用于铸钱。通过模拟实验对汉代的平板陶范竖式浇铸法铸钱工艺进行了研究, 其工艺过程为: 铸造金属制范模, 在模上翻制陶范, 陶范经阴干焙烧后铸造钱币。金属制范模的制作, 提高了陶范制作的效率, 同时也保证了钱币在型腔尺寸和文字上的一致性。

关键词: 汉代; 平板范竖式浇铸; 陶范铸造; 铸钱工艺

中图分类号: K875.6 **文献标识码:** A

0 引言

东周时期的铸铜遗址中出土了较多铸钱用的陶范, 是由两块平板陶范组成铸型, 共用一个浇口杯, 数枚钱币型腔分布于浇口杯或直浇道两侧, 一次浇注可得成批钱币, 为与叠铸工艺区别, 将这种工艺称之为平板范竖式浇铸工艺, 是我国早期铸钱的基本形式。

平板范竖式浇铸工艺是从结构简单的青铜兵器、工具和农具等的铸造工艺中继承过来, 在春秋中后期之后的数百年内广泛用于铸钱业, 是春秋战国、汉代铸钱的主要工艺。根据材质的不同, 可将平板范分为石范、陶范和金属范, 其中金属范是主要的材质。由于汉代与平板陶范竖式浇铸法铸钱相关遗物出土数量较少, 且平板陶范竖式浇铸法非汉代铸钱工艺中的主要工艺, 故目前还未对其开展过系统的研究。

本工作在对平板陶范竖式浇铸法铸钱相关遗物归类分析的基础上, 通过模拟实验对汉代的平板陶范竖式浇铸法铸钱工艺进行分析和研究。

1 平板陶范竖式浇铸法铸钱相关遗物的概况

目前发现的汉代铸钱遗址中出土的遗物或为石范, 或为用于铸造金属范的陶范, 或为金属范, 或为

与金属范组成铸型用于铸钱的陶背范(分型面上无型腔, 或仅有钱币内外廓型腔的陶范)或为叠铸范。相比于石范铸钱和金属范铸钱, 与平板陶范竖式浇铸法铸钱相关的遗物目前发现数量较少, 就目前已经发现的平板陶范竖式浇铸法铸钱遗物而言, 可分为三类: 制作陶范的钱模、铸钱陶范、用陶范铸造出来的钱币或钱树(铸件毛坯, 钱币仍连接在浇注系统上)等。

1.1 制作陶范的钱模

根据形制将制作陶范的钱模分为两类: 金属制范盒和制范钱模。

1) 金属制范盒。目前发现的金属制范盒一共有三件:

最早的 1 件金属制范盒是陕西临潼县秦芷阳作坊遗址出土的半两金属制范盒(图 1)^[1], 秦代, 长方形, 浇口端折肩, 长 30 mm 宽 10 mm 厚 1.75~2 mm, 直浇道模居中, 两侧设置了 2 排共 14 枚半两钱币模, 设有内浇道连接钱币与直浇道。用该制范盒制作的陶范经阴干焙烧后, 与平板背范组合, 一次可以铸造 14 枚平背半两钱。

1 件是陕西宝鸡市博物馆收藏的四铢半两阳文金属制范盒(图 2)^[2], 长 15.9 mm 宽 7.1 mm 厚 1.5 mm, 边框宽 1 mm, 直浇道模居中, 两侧设置了 2 排共 10 枚半两钱币模, 设有内浇道连接钱币与直浇道。用该制范盒制作的陶范经阴干焙烧后, 与平板

收稿日期: 2007-10-17 修回日期: 2009-05-17

基金项目: 国家文物局文物保护科学和技术研究课题(2003018)

作者简介: 廉海萍(1965—), 女, 上海博物馆文物保护与考古科学实验室, 研究馆员, Email: haiPinglian@hotmail.com

背范组合, 一次可以铸造 10 枚平背半两钱。

还有 1 件是上海博物馆收藏的五铢金属制范盒(图 3), 根据钱模上的穿下半月等特征, 其应属于郡国五铢, 年代在公元前 118 前 113 年之间, 长 22.3 cm 宽 10.5 cm 厚约 2 cm 内槽深约 1.4 cm 钱模的设置采用对称性原理, 直浇道模居中, 直浇道的左侧是 6 枚五铢阳文面模, 右侧是 6 枚背面模, 上下端设置了用于合范定位的 2 对榫卯, 对称性原理的运

用, 使得仅使用同一件制范盒制作出的所有陶范两两对合组成铸型, 一次可以铸造 12 枚有背郭的五铢钱。

三件金属制范盒分属于秦代半两、西汉四铢半两与郡国五铢, 采用的都是平板范竖式浇铸工艺, 半两制范盒上的钱模都为有文字的面模, 而五铢制范盒已采用对称性设置原理, 使制作的任意两件陶范都可以组合成一组铸钱陶范, 制范与铸造技术大为进步。



图 1 半两金属制范盒

秦代, 陕西临潼县秦芷阳作坊遗址出土^[1]

Fig. 1 A metal model of Banliang coins for clay molds, Qin dynasty, unearthed from the Zhiyang workshop, Lingtong county, Shaanxi Province^[1]

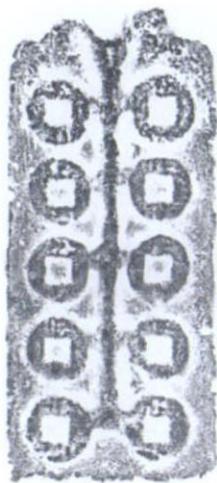


图 2 半两阳文青铜制范钱模

陕西宝鸡市博物馆藏^[2]

Fig. 2 A bronze model of Banliang coins for clay molds, the collection of the Baoji Museum, Shaanxi Province^[2]



图 3 五铢金属制范盒

西汉, 上海博物馆收藏

Fig. 3 A metal model of Wuzhu coins for clay molds, Western Han dynasty, the collection of the Shanghai Museum.

2) 制范钱模。目前发现的制范钱模也有三件, 都为铅质。

1975 年喀喇沁旗发现一块战国时期燕国“一化”方孔圆钱的铅质阳文模(图 4)^[3], 已残, 厚 1 cm 现存三行共七枚, 左边两行中间有一条直浇道模, 由内浇道模连接起每个钱模, 直浇道顶端向右侧弯曲, 右边残存的两枚钱模与中间三枚钱模无连接。因此, 此范应该设有两条直浇道模, 四行钱模, 制作出的陶范采用的铸钱工艺是平板范竖式浇铸工艺中的“分流分铸式”。

1962 年北京市朝阳区发现的一件铅质半两钱阳文模(图 5)^{[2]79}, 长 18.5 cm 宽 10 cm 直浇道模居中, 直浇道两侧和底部共设置了 11 枚半两钱模, 制作出的陶范采用的铸钱工艺是平板范竖式浇铸工艺中的“直流分铸式”。

1983 年河北平泉发现的一件铅质半两钱阳文模(图 6)^[4], 长 15.9 cm 宽 8.9 cm 厚 0.5 cm 直浇道模居中, 直浇道两侧共设置了 8 枚半两钱模, 制作出的陶范采用的铸钱工艺是平板范竖式浇铸工艺中的

“直流分铸式”。

三件制范钱模分属战国的方孔圆钱模和西汉的半两钱模, 皆为铅质。



图 4 “一化”圆钱铅质制范钱模

战国, 喀喇沁旗出土^[3]

Fig. 4 A lead model of round-shape coins for clay molds Warring States found at Kharachin, Inner Mongolia^[3]

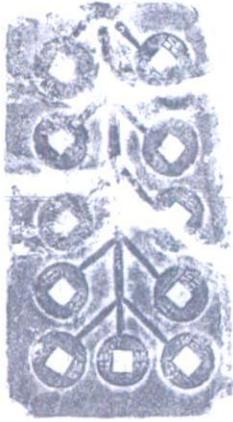


图 5 阳文铅质半两钱模
北京市朝阳区出土^{[2]79}

Fig. 5 A lead model of Banliang coins for clay molds, found at Beijing^{[2]79}

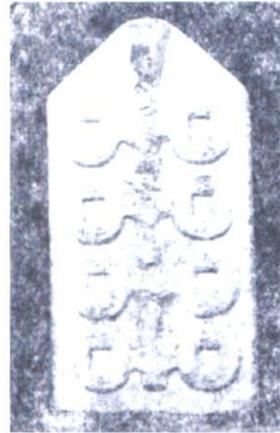


图 6 阳文铅质八枚半两钱模
(含铅量 90.61%),河北平泉出土^[4]

Fig. 6 A lead model of Banliang coins (90.61% lead) for clay molds, found at Pingquan, Heibei province^[4]

1.2 铸钱陶范

铸钱陶范有半两和五铢两种,图 7 是 1975 年洛阳 613 研究所出土的一块半两残陶范^[5],陶质细腻,呈灰色,残余下半部,直浇道居中,两侧共 2 排型腔,残长 14.5 cm 宽 9.2 cm 厚 1.5 cm;图 8 是陕西长安县出土的五铢钱陶范^{[2]105},型腔面的中部是浇口杯和直浇道,直浇道两侧设置了 2 排共 14 枚型腔,型

腔面上还设有三个三角形榫,用于与背范的合范定位,陶范长 23.5 cm 宽 9 cm 厚 3.1 cm;上海博物馆也收藏了一件五铢钱陶范(图 9),型腔设置与陕西长安县出土的五铢钱陶范相同,区别只是钱币型腔为 12 枚,陶范上也有三个三角形榫,长 22.5 cm 宽 8.3 cm 厚 3 cm;根据五铢钱型腔的特征,该陶范应属郡国五铢。



图 7 半两陶范
河南洛阳出土^[5]

Fig. 7 A clay mold for Banliang coins from Luoyang, Henan province^[5]

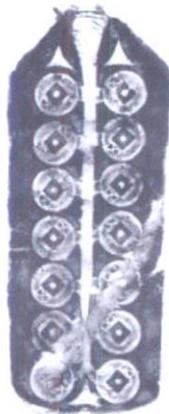


图 8 五铢陶范
陕西长安县出土^{[2]105}

Fig. 8 A clay mold for Wuzhu coins from Chang'an, Shaanxi province^{[2]105}



图 9 五铢陶范
西汉,上海博物馆藏

Fig. 9 A clay mold for Wuzhu coins, Western Han Dynasty, the collection of the Shanghai Museum

1.3 陶范铸造出的钱币

图 10 是上海博物馆收藏的一件东汉时期五铢钱树,基本完整,仅残缺 1 枚五铢钱,根据在两面残留的铸造披缝及其上仍保留的陶范可知采用的是平板陶范竖式浇铸法铸钱工艺,钱树的中部是直浇道,直浇道两侧各 1 排共 8 枚五铢钱,右侧为

五铢钱的正面,左侧为五铢钱的背面,因此,铸钱的陶范是采用与图 3 相似的金属制范盒制作的,采用对称性设置的金属制范盒制作出的陶范具有两两互换性。

因此,汉代时平板陶范竖式浇铸法铸钱工艺过程为(图 11):

- 1) 铸造金属制范盒或阳文制范模。
- 2) 在金属制范盒或阳文制范模上翻制陶范。
- 3) 陶范经阴干焙烧后, 铸造钱币, 得到一串带浇注系统和钱币的钱树。



图 10 五铢钱树
东汉, 上海博物馆藏

Fig. 10 A rough casting for Wuzhu coins, Eastern Han Dynasty, the collection of the Shanghai Museum



(a)



(b)



(c)

图 11 平板陶范竖式浇铸法铸钱的流程

(a) 铸造制范模(有铜质、铅质), (b) 制作陶范, (c) 合范浇铸

Fig. 11 The bunch-casting process for bronze coins in Han Dynasty

(a) Casting a metal model (bronze or lead models), (b) Making clay molds from the model, (c) Assembling two molds, casting bronze coins after baking the molds

2 平板陶范竖式浇铸法铸钱的模拟试验

上海博物馆收藏的五铢铜制范盒, 为复原平板陶范竖式浇铸法铸钱的工艺过程提供了实物依据, 我们以其为基础, 在实验室里进行了平板陶范竖式浇铸法铸钱的模拟试验, 具体的工艺过程如图 12 所

示。

1) 泥料准备。制作陶范的原料由原生土、熟料和木炭灰组成^[6]。将三者按原生土 5 份、熟料 3 份、木炭灰 2 份的比例加水混合均匀, 经陈腐、练泥后, 此时的泥料具有了一定的可塑性、复印性, 可用于制作陶范了。



(a)



(b)



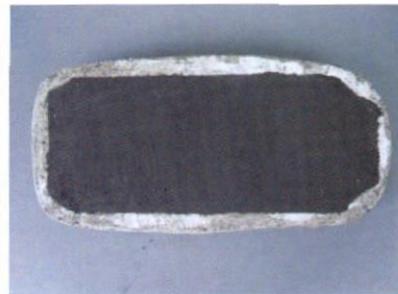
(c)



(d)



(e)



(f)



图 12 平板陶范竖式浇铸法铸钱模拟试验的工艺流程

(a) 泥料准备, (b) 将泥放入制范盒内, (c) 按压泥料, (d) 捣实, (e) 阴干, (f) 刮平表面, (g) 脱模, (h) 合范, (i) 阴干, (j) 糊草拌泥, (k) 焙烧, (l) 浇注, (m) 清理陶范, (n) 铸造出的钱树

Fig 12 The bunch casting simulated experiment process for metal coins

(a) Preparing mold materials (b) Putting a layer of clay into a metal model (c) Pressing clay (d) Pounding clay with a tool (e) Drying in the shade for some time (f) Scraping the top layer (g) Stripping the model (h) Assembling two molds (i) Drying in the shade again (j) Pastng some clay mixed with straw or chaff outside the molds (k) Baking the molds (l) Pouring the molten bronze into the mold's cavity (m) Peeling the clay molds (n) Casting

2) 制作陶范。平板范的制作, 早期是在泥范上直接雕刻出钱币型腔及浇口, 如河北燕下都遗址出土的匱字刀五刀范(79G 035)^[7], 这种钱范的制作时间较长; 随后出现了制作竖式浇铸平板范的模, 目前发现的有金属制范盒和铅质制范模。钱范上的钱币型腔和浇道可从模具上直接复印出, 不须逐个

雕刻钱币型腔, 提高了铸钱的效率, 又基本能保证钱币在形状、重量上的一致。本试验采用复制的金属制范盒为模具。

制作陶范时先将练好的泥压成一定厚度的泥片, 在制范盒内涂刷干燥的石粉或草木灰作分型剂; 据制范盒内框的大小截取下一块泥片, 平放入制范

盒内,用力按压泥料,使钱模与浇道都清晰地复印到泥范上;继续往其上顺序加泥料至高出制范盒,反复锤击加压。待泥范干燥到具有一定的强度时,刮平外表面,翻转制范盒,使泥范从制范盒内脱出。制作的 2 片范依榫卯与定位线合范,继续阴干数日。

经充分阴干后的陶范,外敷草拌泥,以固定 2 片陶范,防止浇注时金属液在充型压力下将陶范抬开而流出铸型。

3) 陶范的焙烧。焙烧陶范是为了使泥料中的发气成分大部分挥发、氧化和分解,使浇注时陶范不再产生大量的气体,金属液能平稳充型,避免产生气孔、浇不足等铸造缺陷。将陶范放入焙烧炉内,逐渐升至 800~900℃保温一定时间,出炉冷却后即可浇注铜液。

4) 熔炼浇注和铸后清理。将熔化的金属液浇注入陶范中,待高温铜液冷却凝固后,清理陶范,取出金属钱树,逐个摘取下铜钱,打磨铜钱侧面上的浇口残茬,清理毛边,完成钱币的铸造。

因此,汉代平板陶范竖式浇铸法铸钱的工艺过程为:铸造金属制范盒或阳文制范模;进行制范泥料的配制、练泥与陈腐;在金属制范盒或阳文制范模上翻制陶范;陶范经阴干焙烧后,铸造钱币,得到一串带浇注系统和钱币的钱树。

3 结 论

从以上对出土陶范的归类分析与平板陶范竖式浇铸法铸钱的模拟试验,可以得出以下结论:

1) 从出土的相关遗物中可以看出,其年代跨度从战国的金属制范模、到秦代的金属制范盒、再到西汉的金属制范盒与铸钱陶范、直至东汉以陶范法铸造的钱树,表明平板陶范竖式浇铸法铸钱工艺起始于战国,虽未成为主流的铸钱技术,但在汉代,平板陶范竖式浇铸法铸钱一直在使用着。

2) 汉代,铸钱陶范已采用金属制范模或金属制范盒制作,不需要在陶范上逐个雕刻每枚钱币的

型腔和浇注系统,提高了陶范制作的效率,同时也保证了钱币在型腔尺寸和文字上的一致性。

3) 汉代平板陶范竖式浇铸法铸钱的工艺过程为:铸造金属制范盒或阳文制范模;在金属制范盒或阳文制范模上翻制陶范;陶范经阴干焙烧后,铸造钱币,得到一串带浇注系统和钱币的钱树。

参考文献:

- [1] 张海云. 陕西临潼油王村发现秦“半两”铜母范[J]. 中国钱币, 1987(4): 19-20
ZHANG Haiyun. A Bronze model of Qin Ban liang coins found at Youwang village Lingtong county Shaanxi province[J]. China Numismatics 1987(4): 19-20
- [2] 陕西省钱币学会编著. 秦汉钱范[M]. 西安: 三秦出版社, 1992: 55
The Shaanxi Branch of the Chinese Coin Association. Coin models in the Qin and Han dynasties[M]. Xi'an: San Qin Publication Company, 1992: 55.
- [3] 郑瑞峰. 喀喇沁旗发现战国铅母范[J]. 中国钱币, 1987(4): 37
ZHENG Ruifeng. A lead model of the warring states from Kharachin[J]. China Numismatics 1987(4): 37
- [4] 张秀夫. 河北平泉的汉半两铅母范[J]. 中国钱币, 1987(4): 38-40(图 2).
ZHANG Xiufu. A lead model of Ban liang coin of Han dynasty from Pingquan city Hebei province[J]. China Numismatics 1987(4): 38-40(Illustration 2).
- [5] 程永建. 洛阳出土几批西汉钱范及有关问题[J]. 中国钱币, 1994(2): 43-48
CHEN Yongjian. Some molds of Han dynasty for casting bronze coins from Luoyang city and their[J]. China Numismatics 1994(2): 43-48.
- [6] 谭德睿. 中国青铜时代陶范铸造技术研究[J]. 考古学报, 1999(2): 211-250
TAN Derui. A study of the techniques of bronze casting with clay molds in Bronze Age China[J]. Acta Archaeologica Sinica 1999(2): 211-250.
- [7] 河北省文物研究所. 燕下都[M]. 北京: 文物出版社, 1996: 127-201, 202-287, 865-866.
Hebei Provincial Institute of Cultural Relics. The Lower Capital of Yan State[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 1996: 127-201, 202-287, 865-866.

The clay mold bunch casting technique for casting of Han Dynasty coins

LIAN Hai Ping, DING Zhong ming, ZHOU Xiang, XU Hu i kang

(Shanghai Museum, Shanghai 200003, China)

Abstract: The bunch casting technique which utilized two molds and the cavities laid out symmetrically side by side on both sides of the sprue was the first one to be used for casting bronze coins in China. The molding material
©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

could be some clay or metal. But most molds were metal or stone. Because only a few clay molds for casting coins have been found in China, it has not been a focus of research until now. The surviving Han Dynasty relics related to clay mold bunch casting are classified and analyzed in this paper. This technique was used not only in the early Han Dynasty but also to cast bronze coins up to the time of the Eastern Han Dynasty. Based on experimental castings made in laboratory, the Han Dynasty clay mold bunch casting process can be described as follows. First, a model was made. This could be a metal model cast in a two-part clay mold. Second, clay molds were made from the model. Third, after baking the molds, the molten bronze was poured into the mold's cavity to form bronze coins. Clay molds could be made with great efficiency by using a metal model. A metal model also could guarantee metal coins with consistent size and characters.

Key words: Han Dynasty; Bunch casting; Clay mold; Coin minting techniques

(责任编辑 潘小伦)

· 科技信息 ·

氯离子和 BTA 对铜腐蚀的影响

对铜的电化学腐蚀机理的研究表明, 氯离子的存在能加速铜的腐蚀。苯并三氮唑 (BTA) 是常用的缓蚀剂, 它能与铜反应生成 $[Cu(I)BTA]_n$ 链状聚合物, 在铜表面形成保护膜, 起到有效的缓蚀作用。塞尔维亚贝尔格莱德大学工学院的学者进行了一系列实验, 研究了浸泡时间、氯离子浓度、BTA 浓度对铜腐蚀的影响。

实验在 0.1 mol/L 四硼酸盐 (简称硼砂) 溶液中进行, 以铜为工作电极, 饱和甘汞电极 (SCE) 为参比电极, 铂为辅助电极, 用恒电位仪测定各种条件下铜电极的开路电位和循环伏安曲线。

实验用循环伏安法测定了铜电极在硼砂溶液中分别浸泡 10 min、1 h、24 h、76 h 后的极化曲线。所有曲线都在低电位区域 ($0.100-0.200 \text{ V vs SCE}$) 显示一个峰 (E_{a1}), 在高电位区域 ($0.560-0.610 \text{ V vs SCE}$) 显示另一个峰 (E_{a2})。这两个峰分别与电化学反应中 Cu_2O 、 CuO 的形成相对应。随着浸泡时间的增加, E_{a1} 向正电位方向逐渐漂移, 电流密度逐渐增加, 铜电极表面 pH 值逐渐减小, 点蚀情况逐渐加重。

实验测定了铜电极在含有氯离子浓度分别为 0.100 、 0.050 、 0.010 、 0.001 mol/L 的硼砂溶液中浸泡 1 h 和 6 h 后的极化曲线。在绝大多数情况下, 氯离子对铜电极的腐蚀起到了活化作用。但在浸泡时间为 1 h 氯离子浓度为 0.001 mol/L 时, 电化学反应生成的 $CuCl$ 和 Cu_2O 对铜起到了一定的钝化保护作用。

实验测定了在硼砂溶液中加入浓度分别为 8.4×10^{-3} 、 8.4×10^{-4} 、 8.4×10^{-5} 、 8.4×10^{-6} 、 $8.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 的 BTA 后铜电极的极化曲线。随着 BTA 浓度的增加, 电流密度逐渐减小, 表面覆盖度逐渐增加, 对铜电极起到了明显的缓蚀作用。通过 Langmuir 等温吸附方程式, 计算得出 BTA 与铜表面的化学吸附标准自由能 (ΔG^{\ominus}) 为 -35.4 kJ/mol 。然而, 实验观察到在 BTA 浓度为 $8.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 时, BTA 对铜腐蚀反而起到了活化作用。

实验测定了铜电极在 BTA 浓度为 $1.7 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 时的硼砂溶液中分别浸泡 15 min、1 h、4 h、48 h 后的极化曲线。随着浸泡时间的增加, 表面覆盖度逐渐增加, 对铜电极的保护作用逐渐增加。

实验最后测定了铜电极在 BTA 浓度为 $1.7 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 、氯离子浓度分别为 0.500 、 0.100 、 0.050 、 0.010 mol/L 时的硼砂溶液中的极化曲线。在氯离子浓度较高时 (0.050 、 0.100 、 0.500 mol/L), $[Cu(I)BTA]$ 保护膜被破坏, 大大影响了 BTA 对铜电极的缓蚀效果。

黄河 参考文献《Corrosion Science》, 2009, 51: 28-34