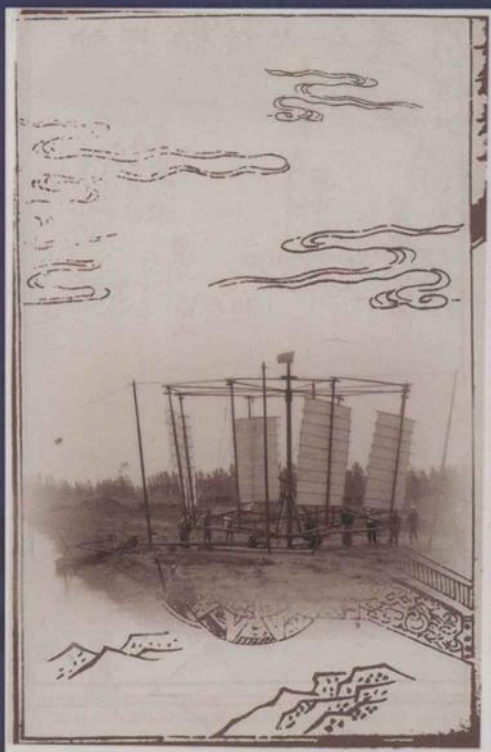


国家“十二五”重点图书出版规划项目

鉴古证今

——传统工艺与科技考古文萃

中国科学院自然科学史研究所 编
中国科学院传统工艺与文物科技研究中心



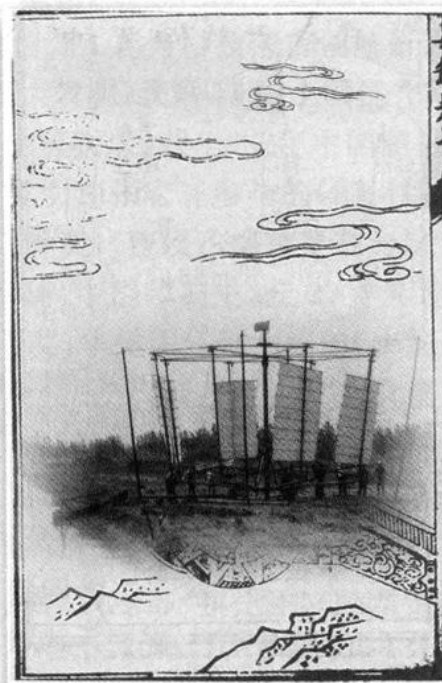
时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

国家“十二五”重点图书出版规划项目

鉴古证今——传统工艺与科技考古文萃

中国科学院自然科学史研究所 编
中国科学院传统工艺与文物科技研究中心

JIANGU ZHENGJIN
CHUANTONG GONGYI YU
KEJI KAOGU WENCUI



ARTIME
时代出版

时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

鉴古证今:传统工艺与科技考古文萃/中国科学院自然科学史研究所,中国科学院传统工艺与文物科技研究中心编. —合肥:安徽科学技术出版社,2014. 1

ISBN 978-7-5337-6193-6

I. ①鉴… II. ①中…②中… III. ①科学技术-考古-中国-文集 IV. ①K875-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 238592 号

中国科学院自然科学史研究所
鉴古证今——传统工艺与科技考古文萃 中国科学院传统工艺与文物科技研究中心 编

出版人:黄和平 选题策划:方菲 责任编辑:王宜
责任校对:陈会兰 责任印制:梁东兵 封面设计:冯劲
出版发行:时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>
(合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场,邮编:230071)
电话:(0551)63533330

印制:合肥晓星印刷有限责任公司 电话:(0551)63358718
(如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂商联系调换)

开本:787×1092 1/16 印张:50.5 字数:1292 千
版次:2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5337-6193-6

定价:158.00 元

版权所有,侵权必究

前言

中国科学院自然科学史研究所(以下简称“研究所”)长期致力于科学技术史研究以及传统工艺与科技考古研究,解决了许多重要学术问题,受到国内外学界的赞誉。以研究所为依托的中国科学院传统工艺与文物科技研究中心(以下简称“研究中心”)自2004年成立以来,着力打造跨学科、跨所的开放性研究平台,鼓励综合运用技术史、科技考古学、人类学、民俗学、社会学等学科的方法,获得了一些新的研究成果。“十二五”期间,研究中心将重点开展传统工艺、文物与遗址的认知研究,包括实地调查、模拟实验与数字化仿真,以深化对古代发明创造的认识,为文化遗产保护提供科学依据。

50多年来,研究所在传统工艺与科技考古领域研究成果卓著,曾获得多项奖励,如潘吉星《中国古代四大发明》获第11届全国优秀科技图书奖一等奖;张驭寰《中国古代建筑技术史》(中英文版)获1986年中国图书奖、1988年中国科学院科学技术进步奖二等奖;华觉明和张宏礼参与的《浙川编钟复制与研究》获1981年机械工业部科技进步奖二等奖,《曾侯乙编钟复制与研究》获1984年文化部科技成果奖一等奖;张秀民、韩琦《中国印刷史》获2006年度优秀古籍图书奖一等奖、2008年首届中国出版政府奖;华觉明任副主编的《中国传统工艺全集》于2006年获得中华优秀出版物奖;研究所还于2009年获“文化部非物质文化遗产保护工作先进集体”称号、华觉明获评“先进个人”等,在国内外享有良好的学术声誉。

《鉴古证今——传统工艺与科技考古文萃》一书是一部论文集,本论文集的编选,是为展现50多年来自然科学史研究所在传统工艺与科技考古领域所取得的重要成果,探索古代科技发明创造研究的新思维、新路径,深入开展认知研究,建立新的理论框架,以及对外学术交流,打下基础。

本书录选的论文限于传统工艺与科技考古领域,以研究所和曾在研究所工作过的学者在所期间完成的论文,研究生在所攻读硕士、博士学位期间发表的论文,以及新近入所的青年科研人员的学术论文为主,大致反映50多年来研究所同人在传统工艺与科技考古领域的重要研究成果。

选入本书中的论文共计52篇,大部分已发表,少数是未刊之作,分成冶铸、造纸印刷、造船、建筑、纺织印染、机械及技艺和文化等七类,前六类中同一大类按发表日期排序,不同大类按论文篇数或首篇论文发表的日期排序;并将获奖成果与作品、重要论著和论文编成三个目录附录于后,以便查考。由于篇幅所限,无法将各位作者最满意的论著全都纳入本书内,敬请作者和读者谅解。

本书的编选得到了作者们的大力支持。一些作者提供了电子文本,为编辑排版节省了时间;潘吉星、张驭寰、何堂坤等先生对编选工作提供了很大支持。华觉明先生对编选方案提出了建议,帮助遴选了一些论文。张柏春所长与研究中心主任关晓武共同策划文集的选题,关晓武负责文集的组织实施、资料的归类整理以及与出版社的接洽等事务。研究所编辑部艾素珍主任、党委办公室李映新主任、科研处彭冬玲副处长和陆岭老师、研究生部罗凤河老师、图书馆孙显斌馆长和联合办公室张宗鹤老师等在资料查找方面提供了很多帮助。研究所学术委员会主任罗桂环先生提供了周世德先生的信息,中国科学技术大学人事师资处张志辉副教授提供了张秉伦先生的资料。研究所古代科技史研究室和研究中心成员陈晓珊博士在联系作者、汇集论文和整理图片等方面做了大量工作,综合实验室助理吴世磊扫描处理了部分图片资料。安徽科学技术出版社慨允出版本论文集。由于部分论文发表时间较早,其中的图片已变得模糊,因其底片已散佚,无法翻拍,为了维持图片原貌,由出版社对其做了适度处理。文中的生僻字、繁体字在专业研究领域依然有其存在的价值,所以我们予以保留,并由出版社对所有的生僻字重新录入。在此,谨向所有帮助我们完成这项工作的同志深表谢意!

由于我们学识有限,本书中必定存在诸多疏漏,恳请学界同人和读者不吝赐教。

中国科学院自然科学史研究所
中国科学院传统工艺与文物科技研究中心

2013年9月

目 录

冶 铸 篇

妇好墓青铜器群铸造技术的研究·····	华觉明 冯富根 王振江 白荣金(5)
汉魏高强度铸铁的探讨·····	华觉明(36)
拨蜡法的调查和复原试制·····	华觉明 王安才(56)
强国墓地青铜器铸造工艺考察和金属器物检测·····	····· 苏荣誉 胡智生 卢连成 陈玉云 陈依慰(65)
从技术成因探讨中国冶铜术的起源·····	苏荣誉(139)
曾侯乙编钟冶铸技术与声学特性研究·····	华觉明 王玉柱(144)
关于镔铁的产地和生产工艺·····	何堂坤(171)
商周青铜器铸造工艺的若干探讨·····	周建勋(181)
火器论著《兵录》的西方知识来源初探·····	尹晓冬(195)
双音青铜编钟的研究、复制、仿制和创制——兼论多重证据法和技术史研究的 社会功能·····	华觉明(205)
殷墟青铜礼器铸造工艺研究综论·····	刘 煜(227)
17世纪传华西洋铜炮制造技术研究——以《西法神机》《火攻挈要》为中心·····	尹晓冬(240)
云南会泽石范铸铁的调查·····	杨瑞栋 李晓岑 李劲松 华觉明(261)
江苏省东海县博物馆青铜甬钟的修复——兼论现代修复理念与中国青铜器 传统修复的契合·····	刘彦琪(281)
中国古代高锡青铜熔炼和制作技术初步研究·····	何堂坤 王佩琼(293)
The technological tradition of zinc distillation and other crucible smelting processes in China·····	Zhou Wenli(307)

造纸印刷篇

关于翟金生的“泥活字”问题的初步研究·····	张秉伦(325)
关于翟氏泥活字的制造工艺问题·····	张秉伦(328)
从考古发现看造纸术的起源·····	潘吉星(333)
中国的蜡版印刷术·····	韩 琦(351)
On the origin of movable metal-type technique·····	Pan Jixing(355)
《无垢经》:中、韩学术论争的焦点·····	潘吉星(367)
宋元文献中的毕昇与泥活字印书·····	韩 琦(380)

造 船 篇

中国沙船考略·····	周世德(387)
“广州秦汉造船工场遗址”说质疑·····	戴开元(409)
挂铜连接工艺及其起源考·····	徐英范(421)

中国古船桨系考略·····	周世德(426)
关于郑和宝船船型的探讨·····	金秋鹏 杨丽凡(441)

建 筑 篇

陕甘地区古代建筑考察·····	张驭寰(457)
长子法兴寺的唐、宋、元代建筑·····	张驭寰(465)
对北魏洛阳城永宁寺塔的复原研究·····	张驭寰(470)
关于隋朝舍利塔的复原研究·····	张驭寰(477)
守圉增壮——明末西洋筑城术之引进·····	郑 诚(485)

纺织印染篇

刻丝的发展·····	赵承泽(515)
美丽精致的壮布和壮锦·····	赵承泽(525)
横锭大纺车·····	赵承泽(528)
中国古代多臂织机再研究·····	赵翰生(537)
四川永兴汉墓出土染色绢分析·····	朱 冰 曹红霞 夏秀丽 高来宝 杨俊霞(551)
汉晋双层斜编织物的编织工艺研究·····	刘 辉 赵 丰(559)

机 械 篇

中国传统水轮及其驱动机械·····	张柏春(569)
宋代水运仪象台研究与复原中的两个问题·····	胡维佳(589)
传统立轴式大风车及其龙骨水车之调查与复原·····	孙 烈 张柏春 张治中 林聪益(597)
西藏甲米水磨与糌粑食用礼俗·····	关晓武 黄 兴(611)
中国深井钻探技术的起源、发展和西传·····	潘吉星(626)

技艺和文化篇

关于西周的一批煤玉雕刻——兼论我国开始用煤作燃料的时间·····	赵承泽 卢连城(659)
藏族古代技术文明及民族技术交流的研究·····	王 工(665)
张小泉、王麻子剪刀传统工艺的调查研究·····	李克敏(689)
17、18 世纪中国传统技术的西传及其影响·····	韩 琦(703)
北京“聚元号”弓箭制作方法的调查·····	仪德刚 张柏春(712)
传统工艺研究、保护和学科建设·····	华觉明(730)
典型的白酒生产工艺·····	周嘉华(739)
中国传统制针兴衰初探——兼及社会背景考察·····	王 斌(769)

附 录

附录一 传统工艺与科技考古论著获奖记录·····	(783)
附录二 传统工艺与科技考古学术专著目录(按作者姓氏音序排列)·····	(784)
附录三 传统工艺与科技考古学术论文目录(按作者姓氏音序排列)·····	(787)

冶铸篇

鉴古证今——传统工艺与科技考古文萃

鉴古证今



华觉明，1933年生，江苏无锡人。1958年清华大学机械系毕业，1967年中国科学院自然科学史研究所矿冶史研究生毕业，1978年起历任该所助理研究员、副研究员、研究员、副所长，1993年离休。先后做过澳大利亚国立大学、日本帝京大学、纽约大都会博物馆、柏林工业大学访问学者，曾任清华大学科技史暨古文献研究所所长、中华和钟总设计师。现任中国传统工艺研究会理事长，国家文物局文物科技专家组成员，清华大学、中国科学技术大学、北京航空航天大学、同济大学兼职教授。主要研究领域为古代青铜冶铸术、钢铁技术、机械史和技术哲学，近年来致力于传统工艺研究及其保护。

妇好墓青铜器群铸造技术的研究^{*}

华觉明 冯富根 王振江 白荣金^{**}

1976年殷墟小屯妇好墓青铜器群的出土,是我国考古工作的重大收获,为研究殷商青铜冶铸技术提供了十分丰富、珍贵的实物资料。本文从典型器物(方鼎和圆斚)的铸造工艺剖析入手,结合文献资料、冶铸遗址及其他出土实物,并通过复原试铸和使用现代科学手段进行检测,对这一青铜器群铸造工艺的各个环节和技术特点,做了较全面的探讨。分析表明:商代青铜冶铸技术发展到了妇好的时代,已臻于鼎盛,达到很高的技艺水平;和以往的说法相异,青铜器的分铸法不是春秋时期才出现的,而是在小屯时期已具有多种型式、能娴熟地使用,而这正是理解殷商青铜器取得极高成就的一个关键;各类器件铸造工艺的规范化则进一步说明该时期青铜冶铸业的兴盛及其成熟程度。

一、司母辛方鼎的铸造工艺

在青铜礼器中,鼎占据着重要的位置。爵和斚曾经盛行于商代,西周中期以后即很少出现,作为乐器的铙后来演变为钟,这样的具有阶段性的器物不少。唯有鼎从商代前期起就予使用,秦汉以后才逐渐消失,它的制作工艺反映了各个时期冶铸工艺的变化与进步。考古发掘表明,方鼎远比圆鼎为少,而且西周成康以后就较少见到了。但是,最大的鼎从二里岗期的张寨大鼎到小屯时期的司母辛大鼎、司母戊大鼎和牛鼎、鹿鼎,恰恰都是方鼎。它们一般不出自小型墓葬,而是王室、贵族殉葬之物,这正说明方鼎在商代礼器中的重要性^①。这类重器的铸作,无疑荟萃了该时代冶铸技艺的精华,将其作为典型器物予以剖析应是适宜的。

妇好墓共出方鼎5件,其中柱足鼎3件,扁足鼎2件。3件柱足鼎,两大一小。789号方鼎和809号方鼎分别重128 kg和117.5 kg,后者有“司母辛”铭文。834号小方鼎仅重700 g,铭文为“妇好”。在妇好墓青铜器中铭为“司母辛”的只有5件,是王室成员为祭祀墓主所做的,地位既重要,铸作年代又最晚,最能代表该时期的冶铸水平。就本文所述809号方鼎来说,它通高80.5 cm,上口长64 cm,宽47.6 cm,耳高15.3 cm,足高31.5 cm,壁厚约0.8 cm,形状规整,制作精细,纹饰美好,器身内外上下经仔细检验表面铸造缺陷很少,堪称商器中的上品。这

^{*} 原载于《考古学集刊1》,北京:中国社会科学出版社,1981年,第244—272页。

^{**} 合作者:冯富根,工作单位为机械科学研究院;王振江,在中国社会科学院考古研究所工作;白荣金,中国社会科学院考古研究所研究员,文物修复专家,尤精通古代甲冑复原研究。

^① 左传昭七年:“郑子产聘于晋,晋侯赐子产莒之二方鼎。”表明方鼎在春秋时期仍受人珍视,而且和张寨、小屯的情形类似,常常是成对的。

样巨大的铸件能铸作得这么完好,即使在现代技术条件下也不是轻易能办到的,这是我国青铜冶铸技术经过长时期发展,在一系列工艺环节上取得成熟经验的结果。

(一)造型材料的选取和制备

现已发现的郑州南关外、紫荆山、安阳殷墟、洛阳北瑶、侯马牛村及新郑等商周青铜冶铸遗址所出陶范以及出土青铜器内残存的范、芯,其造型材料的主要组分均是黏土和砂;小屯苗圃北地出土的 7 件商代陶范经北京钢铁学院岩相鉴定,主要成分是石英,其中又有正长岩、斜长岩、角闪石、辉石和云母等。一般来说,模和范的含泥量要多些,使之有良好的可塑性、复印性;芯的含泥量少些,砂粒有时稍粗,以利通气,或属有多量的植物质。由于各地都是就地取材,因此黏土和砂的配比并不一致,小屯苗圃北地商代铸铜遗址所出铸范和妇好墓青铜罍、尊、簋的芯料也是如此(表 1 至表 3),司母辛方鼎所用造型原材料应与之类似。

表 1 小屯出土的商代造型材料及其工艺性能的测定

器物名称	含泥量(%)	颗粒组成(目)	粒度	粒形	烧结点(℃)	放大镜观察	标本来源
铸芯	49	<270	集中	多角形	960	粒度细匀,杂有氧化铜渣	妇好墓
罍芯	14	<200	分散	多角形	1 020		妇好墓
范	25	<270	集中	多角形	1 100	红黄色、暗黄色的砂粒较多,颗粒较细,含有泥分,已经浇铸,表层呈砖红色,中间为黄色,后背土色	苗圃铸铜遗址
芯	30.8	<270	分散	圆形、多角形	1 040	颗粒均匀,周围有粉状物包裹	苗圃铸铜遗址

表 2 小屯出土的商代范、芯的粒度分析

器物名称	筛分后的分留量(g)											样重(g)	总分留量(%)
	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270		
铸芯		0.17	0.55	0.35	0.90	0.48	1.13	0.53	1.40	0.57	0.70	25	99.04
罍芯			0.62	0.35	0.75	0.36	0.83	0.58	1.23	0.50	0.58	10	101.0
范		1.54	2.22	0.97	1.90	0.86	2.40	1.87	3.58	1.45	1.70	50	99.86
芯			0.10	0.10	0.40	0.23	0.65	0.52	1.12	0.52	0.72	25	99.68

表 3 小屯出土的商代范、芯的化学成分

器物名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Cu	灼减	附 注
铸芯	53.86	10.44	0.60	3.54	2.03	1.55	1.56	1.43	0.037	10.90	11.90	少量 Pb、Sn 痕量 Cr、V、Ni、B
罍芯	55.44	10.17	0.50	3.25	8.87	1.90	1.66	1.77	0.045	3.53	10.33	少量 Pb、Sn 痕量 Ag、Cr、V、Ni、B
方尊芯	53.86	9.70	0.50	2.88	1.87	1.35	1.64	2.31	0.037	12.35	10.79	少量 Pb、Sn 痕量 B、Cr、Ni、V
范	72.60	12.20	1.36	3.39	2.48	1.44	2.08	2.75	0.051	0.019	2.56	痕量 B、Cr、Ni、V、Pb

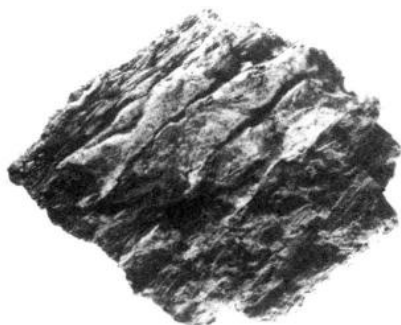
注:(1)SiO₂、Al₂O₃、TiO₂ 用化学定量法分析,少量、痕量采用发射光谱摄谱法定性,余用原子吸收光谱法分析。
 (2)Cu 均已换算为金属铜,实际为氧化铜和碱式碳酸铜。
 (3)由于范、芯均经焙烧和浇注时的灼烧以及长期埋置,必然影响到分析数据的精确性,与原来的化学组成有所差别,以上仅供参考。造型材料的测定也是这样。
 (4)表 1、表 2、表 3 各项数据均由沈阳铸造研究所检测和提供。



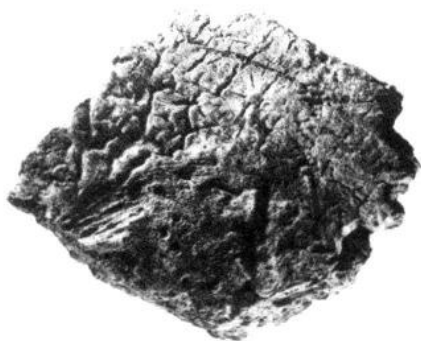
罗振玉《古器物范图录》说“(三代)冻土之法至精”，这是确实的。云南傣族、佤族制陶，须从特定地点，有时从地下几米的深处取土、晒干、春碎、筛分，再经浸泡和揉搓练熟，方可用来制器。从中原地区新石器时代遗址中发现的大量彩陶和黑陶，其泥质之精细，反映出远在铸铜业发展之前，人们对于陶土的选取与加工已经有了非常丰富的经验，这些工艺措施不仅被冶铸业所继承，而且在陶瓷、制砖等手工业中也被长期沿用^①。我们在商代青铜器铸造试验中，按上述工序制备泥料，使用效果较好，翻得的泥范范面光洁、花纹清晰，干燥时不折裂[图 1(a)]，所用原材料系采自侯马铸铜遗址地下 8 m 处，范、芯烘烤后的外表、质感、断面、色泽和安阳所出基本一致。有一种意见，根据对古代陶范的观察——许多砂粒呈棱角状，认为所用原料是经加工粉碎的。其实不然，天然黄土中的砂粒也有呈棱角状的，并不一定经过人工破碎^②，侯马泥料就是这样。所以砂粒呈棱角状并不能成为曾经加工破碎的充分依据。反之，由于造型原



(a)用侯马陶土复制的陶范



(b)苗圃北地铸铜遗址出土的炉壁残块(正面)



(c)苗圃北地铸铜遗址出土的炉壁残块(背面)



(d)苗圃北地铸铜遗址出土的残炉壁

图 1 复制的陶范和殷墟出土的炉壁残块

① 明嘉靖十三年(公元 1534 年)成书的《造砖图说》记长州窑户制砖，泥料需经掘、运、晒、椎、春、磨、筛、滤、踩等工序。《天工开物·陶埴》：“凡埴泥造砖，亦掘地验辨土色……皆以粘而不散、粉而不沙者为上。汲水滋土人逐数牛，错趾踏成稠泥。”

② 刘东生、安芷生、文启忠等：《中国黄土的地质环境》，《科学通报》1978 年第 1 期，第 1—10 页。

材料需要量很大,在多数情况下应是通过寻找天然资源(地下、河床的冲积土、淤土等)来解决的,并且一直到近代在传统铸造业中都是采取这个办法。关于造型原材料是否都要经淘洗、澄滤的问题也是如此。《1958—1959 年殷墟发掘》一文(《考古》1961 年第 2 期)提出,小屯所出陶范均用经淘洗的土制成,我们认为实际情况不一定是这样的,澄滤过的埴泥确有出土,作为面料使用,但并不是所有面料(更不用说背料)都经过这类处理。

(二)模、范、芯的制作

《荀子·疆国篇》根据先秦青铜铸造的经验,指出“刑范正、金锡美、工冶巧、火齐得”是保证获得干将、莫邪一类优质铸件的四大工艺要素^①。有人曾释“刑”为芯,我们认为不甚妥当。“刑”应是模型。刑正,范才能正,才能使铸件得到预期的几何形状和纹饰。所以,制模是铸造工艺的第一道关键工序。竹、木、骨、石以及先期所铸器件固然都可以用作模型,但像司母辛方鼎这类难得铸造、不一定有现成的实物模型可用的大器,当是用陶土塑制成模的(图 2、图 3)。鼎模和成品大体相同,因此,塑模的过程同时也就是铸件的设计过程,按照惯例,这个模样要经审定获准后才能照样翻铸^②。

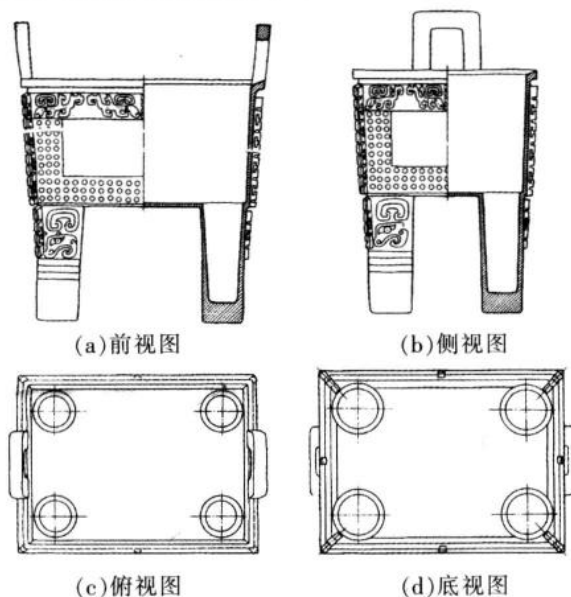


图 2 司母辛方鼎(M5: 809)

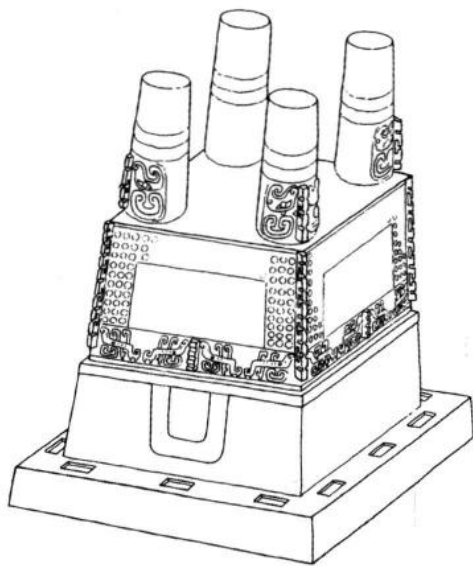


图 3 方鼎陶模

关于花纹的描画和制法,有过许多意见。郭沫若指出,彩陶纹饰已用笔绘,商代铜器花纹应当也采用了这种办法^③。有资料报道,安阳殷墟曾经发现朱、红二色描绘的花纹。本文所讨论的 809 号方鼎,口下四面中部及四个转角处各饰饕餮纹一组,由两条对称的夔龙纹组成,中以扉棱为界,四足的上端也有凸起很高的饕餮纹。这些鼓凸于器表的纹饰,都可以用泥料在模表堆塑成形再雕镂花纹。衬地的雷纹高出器表 1 mm,和器壁垂直,不易直接从模上翻出,在模土塑出乳钉与足下部的弦纹也比较费事,看来其是在范面上加工得到的,或者光从模上翻出大体形状再予修

① 国外冶金史家如 Forbes 等,常以矿石、炼炉、燃料、工具装备为冶金术的四要素。荀况把“工冶巧”作为决定铸件质量的一个重要因素,很有见地,是和他“制天命而用之”的唯物主义思想一致的。

② 参见《唐会要》卷八十九以及明清时期铸造鼎彝的有关著述。

③ 郭沫若:《奴隶制时代》,北京:科学出版社,1951 年。



整。铭文位于口下长边一面的内壁中部,应是先在泥模上阴刻成文,再用泥片复印成阳文,修整后嵌到芯上,接缝处又加修葺,消除镶嵌痕迹,铸后得到阴文的铭记。

方鼎铸型由芯和底范、四块腹范以及顶范组成。先做芯和底范,为增加压溃性,芯用较粗的泥砂,夯筑得稍为松散。早期的圆鼎范和觚范等,常不设底范,而是将腹范延长,使之直接抱住泥芯(图4)。对方鼎这样的大件器物来说,为增加范的稳定性和便于安装,有必要采用底范,所以芯和底范是联结在一起的。

其次是制作顶范(图5),它的上部可能略空,鼎腹底部和鼎足两侧的铸缝则是顶范的周界所在。

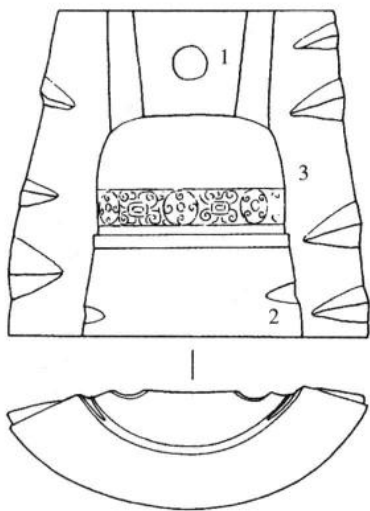


图4 安阳出土的鼎范(61APNM52: 601)

1、2. 卯 3. 榫

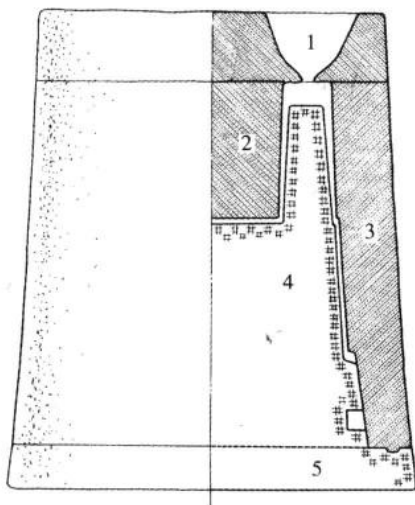


图5 司母辛方鼎铸型工艺

1. 浇口 2. 顶范 3. 范 4. 芯 5. 底范

腹范从鼎耳上端延至鼎足下端,不分段。

铸范厚度和铸件的壁厚、轮廓尺寸(在本文中是指鼎腹横截面的外廓尺寸)成正比,过薄将影响范的强度并易使范挠曲变形,过厚则费工费料且操作不便。图4所示小屯出土圆鼎范(61APNM52: 601,鼎高8.5 cm,腹径7.5 cm),范厚2.6 cm,另两件残鼎范分别厚2.5~3.5 cm、2.3~3.2 cm。洛阳西周鼎范,鼎高23 cm,范厚3.0~5.0 cm。小屯苗圃北地出土的大陶范长1.2 m,厚11 cm。据此推断,司母辛鼎腹范厚度约为12 cm,这种长达94 cm、高84 cm、厚12 cm左右的大铸范,重达150 kg,它的翻制、搬取、烘烤、修整与安装,自然都不是轻而易举的事,和一般中小型器件的做法应有所不同。我们认为,从腹范花纹分成几组来看,有可能先做出素面的腹范,再在预定位置嵌入花纹分范。素面范须干燥后,才从陶模取下并就地烘烤,云南地区有些少数民族目前仍使用类似方法来烧制陶器。司母戊方鼎两腹长边部分,由于范的变形,外鼓为1 cm多。司母辛鼎却没有出现这种情况,看来它在翻制、干燥、烘烤过程中,工艺处置较好,这使铸型装配大为简化,范的修整工作量也要小得多。

关于铸型的定位、装配,商代有些组合范只在范与芯座间设榫卯(如某些觚范),范的分型面是平整的。但多数铸范则在分型面开设榫卯,图6是榫卯定位结构的主要型式,小型铸范多用三角形,大型的多用长方形,有时(例如鼎的顶范)范的各面分别用三角形、圆形或长圆形榫卯,以便安装时识别,减少错误。

至迟到西周初期,制范已普遍使用面料,小屯出土铸范则多数使用单一的造型材料。但

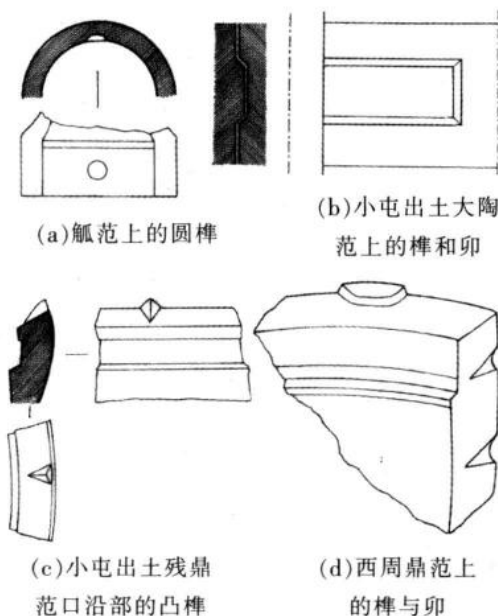


图6 榫卯定位结构

是,像司母辛鼎所用的大铸范,完全使用细泥是不太可能的,如果用含砂较多的泥或草拌泥作背料,不仅可节省面料,还能减少范的收缩。制范时应先熏模或撒分型剂、贴敷面泥,再填背料、夯实,然后在分型面上开设卯口,另一块铸范制得后便自然形成凸榫。为便于起模和装配,还要在范背做出凹窝(通常用手指按捺而成)。有一种意见认为这些凹窝是散热用的,这是不对的。

(三)铸型的干燥、焙烧和装配

泥范脱模后,需在背阴处自然干燥(阴干),使水分缓慢而均匀地蒸发,这对控制范的变形、保证其严密性至关重要。侯马春秋青铜冶铸作坊是把范放在地窖内干燥的。大件铸范的干燥时间可能要以月计。这种大范入窑焙烧有困难,应是和后世“掰砂法”那样,在地坑内干燥后再用火烘烤,顶温估计在 650°C 以上,经长时间保温,将范烘透、定性,方可使用。

范制得后,将鼎模去除,得到芯和底范,又经修整就可以装配。然后,在型外糊草拌泥使结合牢固并避免浇注时跑火。M5:809方鼎形状规整,四角的扉棱仅其中一个角有较明显的错箱,可见其铸型是相当严密的。

鼎的铸型在装配后,要再次烘烤、预热。浇注前在型的周围用土填实,型上方用插入坑壁圆木作为压重(图7)。鼎足上方安放浇口范,其中二足作为浇口,另二足是出气孔。有人在复原鼎范时,还在腹范上做出浇口,我们以为是不妥当的。这样的浇口,凝固后不易去除,出土鼎范

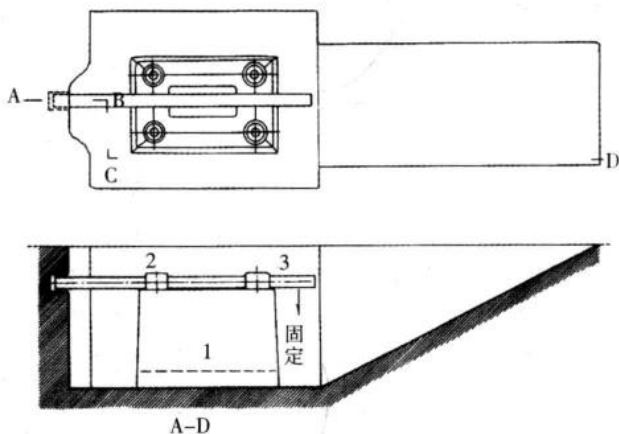


图7 铸型的装配与浇注

1. 铸型 2. 浇口范 3. 压重用的木杠