



Useful Skill

Art Casting 实用

艺术铸造技术

叶学贤 赖锡鸿 编著



化学工业出版社

Useful Skill for Art Casting

实用

艺术铸造技术

叶学贤 赖锡鸿 编著



化学工业出版社

·北京·

艺术铸件是雕塑创作和科学技术相结合的艺术工程产物。它的生产包括雕塑创作、翻制模具、制作雕塑、合金选择、熔炼浇注、清理、修理、组装、表面处理等工序。

本书针对艺术铸件的要求和特点,结合作者多年从事艺术铸造的实践,详细介绍了制作各种艺术铸件的铸造技法,原辅材料,焊接、着色、清理、打磨、精修等艺术品后处理方法和技巧。

全书立足于实用,可作为开设金属雕塑课程的艺术专业,开设艺术铸造课程的工程专业的教材或教学参考书,也可以为生产艺术品的铸造厂家的工程技术人员和工人、从事青铜雕塑创作的艺术家的,以及对金属雕塑有兴趣的艺术爱好者和从事装饰工作的人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用艺术铸造技术/叶学贤,赖锡鸿编著. -北京:
化学工业出版社, 2009.12
ISBN 978-7-122-06881-1

I. 实… II. ①叶…②赖… III. 金属器物-铸造-
工艺美术 IV. J526.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 191849 号

责任编辑:刘丽宏

装帧设计:张 辉

责任校对:吴 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:化学工业出版社印刷厂

装 订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 10¼ 彩插 8 字数 217 千字 2010 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究



前言

铸造历史表明,人类自从掌握了金属铸冶技术,就生产了艺术铸件。古今中外琳琅满目,美不胜收的铸品遗存说明,在世界各国历代都创造出种类繁多、精湛无比的艺术铸件成型技术和装饰技艺。因此,艺术铸造和铸造一样,已有几千年的历史。有许多铸造技术最早是因艺术铸件制作的需要而产生的,随后推广于一般技术铸造,从而促进了整个铸造技术和生产的发展;有些铸造工艺技术的发展,用于艺术铸造,又推动了艺术铸造的发展。前者如中国传统艺术铸造方法中的范铸法(泥型铸造法)、拔蜡法等,后者如近代的熔模铸造法、树脂砂铸造法、陶瓷型铸造法、实型铸造法、消失模铸造法等。因此,艺术铸造与铸造技术是相互促进和发展的。但是,艺术品铸造与一般工业品铸件铸造又有所不同,它具有自己的特点。首先艺术铸造是一项艺术创作与科学技术相结合的工程,它具有精神生产与物资生产双重属性。艺术铸件中,主体是艺术创作,铸造是完成艺术作品的手段,铸造方法服务于艺术要求,忠实于艺术要求,应完全地体现艺术作品的精神与风貌,要体现艺术作品的思想内涵和艺术家的风格。比如在铸造工艺和铸造合金选择上,工业铸件看重的是铸件的力学性能(内部质量)和铸件的尺寸精确度、表面粗糙度(表面质量)。艺术铸造件更看重的是形状准确、纹理清晰、表面色泽及其耐久性以及质感,对于响器,还有音响要求等。因此,艺术铸造是一个专门的门类,是铸造学科中的一个重要分支,同时也是一门与文化艺术等多门类学科相结合的边缘学科。

随着我国经济振兴和发展,文化产业、旅游产业也快速地发展,对于城雕、铜像、佛像、纪念铜雕、文物复制、旅游纪念品、礼品的需求日益增加。20世纪80年代后,我国已相继出现专门从事艺术铸造的企业,近年更有较大发展。同时,不少铸造企业也经常接到有关铸造艺术品的订单,艺术铸造已逐渐形成了一个行业。为了适应社会、经济发展的需求,除了原有的美术院校雕塑专业,我国一些高校和专科院校,纷纷增设了有关雕塑的专业。但就目前来说,艺术与铸造之间的沟通还不够,存在着搞艺术创作的人不了解铸造工艺,从事铸造工艺的人不了解艺术家对作品的要求。有些学校还建立了艺术铸造的实习工场,开设有关课程,但苦于缺乏系统的教材;从事艺术铸造的人员也难于找到有关书籍。鉴于这种情况,我们撰写这本书,其目的是从艺术铸件的要求和特点,以及作者从事艺术品铸造实践经验上来介绍制作各种艺术品的实用铸造技术以及相关的焊接、着色、表面效果处理技术和方法。本书立足于实用,可作为开设金属雕塑课程的艺术专业,开设艺术铸造课程的工程专业的教材或教学参考书,也可以为生产艺术品的铸造厂家的工程技术人员和工人、从事青铜雕塑创作的艺术家的,以及对金属雕塑有兴趣的艺术爱好者和从事装饰工作的人员提供参考。

全书共九章，第一章、第二章、第四章、第五章由叶学贤、赖锡鸿编写，第三章、第六章由叶学贤编写，第七章～第九章由赖锡鸿编写。

艺术铸造涉及学科范围很广，所采用的材料就有各类金属合金材料，矿物材料，有机、无机、高分子化工材料，本书仅从实用角度对涉及内容予以介绍，不作更细的原理上或理论上的探讨。艺术铸造包括的内容广泛，而且还在不断发展，本书在编写内容上，难免有疏误之处，恳请诸位同行及广大读者不吝指正。

在本书编写过程中得到了王良滔、邓涌、蔡灿等同志的帮助，也得到了相关厂家的大力协助，谨致谢意！

本书内照片大部分由作者拍摄，小部分引自有关书刊，未能逐一联系作者，对有关作者谨致谢意！

编著者

目 录

第一章 艺术铸造概述	1
1.1 我国历代艺术铸造和代表作品介绍	2
1.2 国外历代艺术铸造和代表作品介绍	3
第二章 传统艺术铸造的工艺与技术	5
2.1 中国传统艺术铸造方法	5
2.1.1 范铸法	5
2.1.2 失蜡法	12
2.1.3 大型铸件泥型失蜡铸造法	16
2.1.4 搬砂铸造法	18
2.2 国外不同地区传统艺术铸造方法	22
2.2.1 路易十四骑马像制作工艺	23
2.2.2 日本“真土型铸造法”	23
第三章 艺术铸造模型模具材料选择及处理	27
3.1 黏土	28
3.2 石膏	28
3.3 硅橡胶	31
3.3.1 高温硫化硅橡胶	31
3.3.2 室温硫化硅橡胶	33
3.4 环氧树脂	35
3.5 低熔点合金	35
3.6 蜡 可熔模材料	36
3.6.1 模料的组成	36
3.6.2 模料的制备	38
3.6.3 模料的回收和处理	38
3.7 气化模材料	38
第四章 大型雕塑的现代铸造技法	41
4.1 树脂砂块型铸造法	42

4.1.1	树脂砂块型铸造法工艺过程	42
4.1.2	模型分块设计	43
4.1.3	树脂自硬砂	45
4.1.4	蜡料, 泥片, 骨架	52
4.1.5	造型, 合箱, 浇注	53
4.2	水玻璃壳型熔模(失蜡)铸造法	55
4.2.1	工艺过程	55
4.2.2	模型要求及准备	56
4.2.3	浇注系统设计	56
4.2.4	水玻璃涂料及砂的配比和工装设备	57
4.2.5	脱蜡方法及焙烧工艺	59
4.2.6	典型应用实例	60
4.3	陶瓷型铸造法	61
4.3.1	陶瓷型铸造工艺过程	61
4.3.2	模型设计及制作	61
4.3.3	陶瓷型材料	62
4.3.4	陶瓷型铸造工艺	67
4.3.5	涂敷浆砂陶瓷型铸造工艺	70
4.4	石膏砂型熔模铸造法及应用实例	71
4.4.1	常规石膏砂型熔模造法	71
4.4.2	石膏砂型直接法熔模铸造	86
4.4.3	捏塑成形直接法熔模铸造	93
4.5	实型铸造法	93
4.5.1	工艺过程	95
4.5.2	模样制造	95
4.5.3	实型铸造工艺	98

第五章 小、中型雕塑的精密铸造技法

101

5.1	水玻璃熔模精密铸造法	101
5.1.1	蜡模制作	101
5.1.2	浇注系统	102
5.1.3	涂制壳型	102
5.2	硅溶胶熔模精密铸造法	103
5.2.1	工艺过程	103
5.2.2	硅溶胶黏结剂	103
5.2.3	硅溶胶涂料制备	106
5.2.4	制壳工艺	107

5.2.5 脱蜡	108
5.2.6 焙烧	109
5.3 复合型壳精密铸造法	109
5.4 石膏型真空模精铸法	109
5.4.1 模具和蜡模	110
5.4.2 制石膏铸型	110
5.4.3 焙烧、熔炼、浇注	110
5.5 低熔点合金耐热硅橡胶铸造法	110

第六章 艺术铸造用合金及熔炼 113

6.1 铸造金属工艺品对合金材料的要求	113
6.2 常用艺术铸造用合金	115
6.2.1 铜合金	115
6.2.2 铝合金	121
6.2.3 锌合金	122
6.2.4 低熔点合金	123
6.2.5 铸铁	123
6.2.6 铸造不锈钢	124
6.3 合金的熔炼和浇注	124
6.3.1 熔炼设备	124
6.3.2 常用材料	126
6.3.3 铜合金的熔炼工艺	128
6.3.4 各种铜合金熔炼工艺特点	130
6.3.5 铝合金的熔炼工艺	131

第七章 艺术铸造的清理、焊接、打磨、精修 135

7.1 清理工艺	135
7.2 焊接设备及工艺	137
7.2.1 设备	137
7.2.2 艺术铸造铜合金的焊接工艺	138
7.3 打磨精修工艺	139

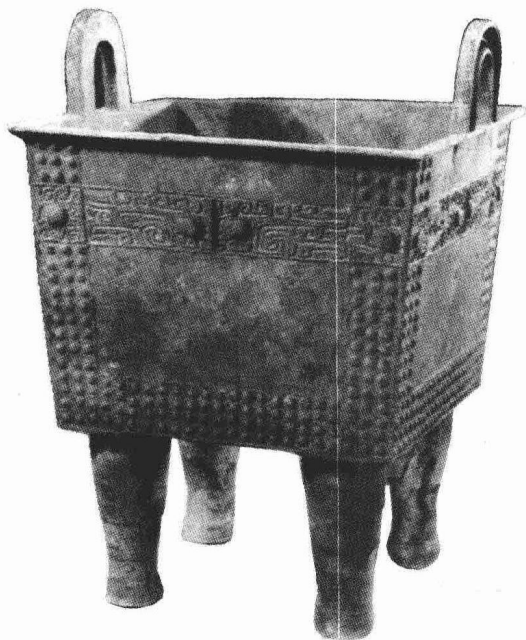
第八章 艺术铸件的表面处理 141

8.1 化学着色处理前的准备	142
8.2 化学着色处理的配方及工艺	142
8.3 表面封闭工艺	149

第九章 艺术铸造作品的后期处理 151

- 9.1 小型作品的底座配置 151
- 9.2 大型作品的安装与保养 152

参考文献 154



第一章

艺术铸造概述

艺术铸造的历史，可以说是经过石器时代以后，整个人类文明史的一个重要部分。早在大约公元前 5000 年～公元前 4000 年在伊朗南部、土耳其东南部和美索不达米亚一带就已产生最早的青铜艺术铸件。艺术铸造是从青铜器开始的，最先是制造器皿，然后是增加上纹饰或造成各种动物，人物的装饰性用品、宫廷用品、礼器、乐器等。随着经济文化的发展出现了宗教，人们又制造了各种铜铸的宗教雕塑品，如神像、佛像等。在欧洲，人们铸造了无数神像、人物或动物的铜雕像；在亚洲，人们铸造了大量佛像和各种随葬的青铜雕像。这些，都是发展而来的铜雕塑。

人们制造和使用铜器，在我国已有近四千年历史。在已出土的铜器文物中，河南偃师二里头发现的一件“爵”，据考证是目前最早的青铜器。二里头是发掘夏代文化的重点遗址，也就是说，夏代已有了青铜器的铸造，而夏代是在公元前 21 世纪～公元前 16 世纪。据说最早的青铜器是在公元前 18 世纪的夏代后期、商代前期，这就是说，离现在三千七百多年，我们的祖先就已能够铸造青铜器。

再往前追溯，铜器的出现和石器与陶器都有关系。在石器时代，人们用石块打砸、去掉多余部分而制成各种用具如石斧、项饰等。当偶然找到一块美丽而纯度很高的铜矿石时，把它当成普通石块来打砸，以便制造工具。但这块矿石并没有像普通石块那样被打碎或破损，却是逐渐凹陷下去，这种金属的特殊性质——



延展性被人们发现而利用了,就形成了最初完全经敲打而成的原始红铜器。这些矿石是含铜较高的红铜矿石,这种铜器,不经提炼,纯粹把制作石器的方式应用在铜器的制作上。似乎可以说,先有敲铜(锻铜),后有铸铜。

陶器开始是人们在编织或木制容器上涂上黏土,使之能够耐火而产生的。这样做时,人们不久便发现:成型的黏土,不要附着的容器,也可以用于这个目的。同时人们发现,编织物或木被烧毁后,黏土器皿却被保存下来,而且很坚硬。于是,最初的陶器产生了。而在烧陶的过程中,提高了对火温的控制,附着于陶器的铜——也就是陶泥中含有的铜——熔解了,经过冷却,模印了陶器的形状或上面刻划的纹饰,这也是最早的铜器使用“陶范”^①作铸型的原因。于是,铜的另一种性质被发现了:铜这种矿石是可以在高温下熔化的,而熔化后的铜液冷却后是可以模印出特定的形状或纹饰的,于是,灿烂的青铜时代便由此展开了。同时也是艺术铸造历史的开始。这门古老的技术,随着人类生产力的发展、历史的进步而提高,日臻完善。

1.1 我国历代艺术铸造和代表作品介绍

中华民族有五千年以上的文明史,中国金属技术是中国古代文明的重要部分。我国灿烂的青铜文化,以其制作规模的宏大、造型的优美、纹饰的繁复、刻镂的精细、铭文字体的多样而独树一帜于世界美术史中,几千年来,创造了很多精美绝伦的艺术铸品,如夏代的青铜爵(彩图 1-1);商早期的兽面纹方鼎(彩图 1-2, 81cm×55cm×53cm);商中期的龙虎尊(彩图 1-3, 50.5cm×45cm),提梁壶(彩图 1-4);商晚期的刘鼎(彩图 1-5),司母戊方鼎(彩图 1-6, 133cm×112cm×79cm, 重 875kg),青铜人像(彩图 1-7),四羊方尊(彩图 1-8, 58.3cm×52.4cm×52.4cm, 重 34.5kg);春秋时期的铜禁(彩图 1-9),王子午鼎(彩图 1-10, 共七件,最大一件 67cm×66cm, 重 100.2kg);战国时期的曾侯乙尊盘(彩图 1-11, 尊 33.1cm×62cm, 重 8kg、盘 24cm×47.3cm, 重 19.2kg),曾侯乙编钟(彩图 1-12, 共 65 枚, 重 2500 多公斤, 架长 748cm, 宽 335cm, 高 273cm)、鼓(彩图 1-13)、铜虞金人及铜座(彩图 1-14);秦皇的铜车马(彩图 1-15, 车舆接近正方形, 宽 78cm, 进深 88cm, 铜车马总共由 3462 个铸件组成, 总重达 1241kg);汉代长信宫灯(彩图 1-16, 灯体通高 48cm, 重 15.85kg);东汉的铜车和驭手(彩图 1-17);北宋的铜佛(彩图 1-18);明代的永乐大钟(彩图 1-19, 通高 675cm, 最大外径是 330cm, 重约 46.5t);明代的浑仪(彩图 1-20, 明代正统 2 年~7 年间制造),武当山的金殿[彩图 1-21, 始建于明永乐 14 年(1416 年),是中国现存最大的铜铸建筑物,金殿高 554cm, 宽 440cm, 深 315cm, 重约 400t, 是铜铸鎏金、仿木构建筑];五台山显通寺的铜殿[彩图 1-22, 建于明朝万历 34 年(1606 年),铜殿高 830cm, 宽 470cm, 深 450cm, 重约 500t],大型铁神(人)像,以及历代宫廷内精美细致的铜狮、铜麒麟等(彩图 1-23, 彩图 1-24)。

① 古称陶制的铸型为“陶范”。



近百年艺术铸造发展缓慢,部分作品如立于上海虹口公园的鲁迅像(彩图 1-25,作者:萧传玖,1956年,高 290cm);立于大连市的苏军烈士纪念碑(彩图 1-26,作者:卢鸿基,1955年,高 800cm);立于哈尔滨市的抗洪胜利纪念碑(彩图 1-27,作者:鲁迅美术学院雕塑系,1958年,高 1200cm)等。

近三十多年来,随着文化事业的繁荣,各地逐步恢复和发展了艺术铸造。例如 20 世纪 70 年代后期,广东就使用传统泥型失蜡铸造法和现代水玻璃熔模精铸法铸造铜雕塑。80 年代初,便陆续铸造出大型铜雕塑,如使用传统泥型失蜡法铸造的纪念铜像——“陈嘉庚”像(彩图 1-28,作者:潘鹤,1983 年,高 230cm),中山温泉的“孔雀女”(彩图 1-29,作者:胡博,1981 年,高 160cm),复制曾侯乙编钟等;使用现代工业技术——水玻璃熔模精铸法铸造的大型铜雕塑深圳市的“孺子牛”(彩图 1-30,作者:潘鹤,1983 年,长 560cm,4000kg)、“艰苦岁月”(彩图 1-31,作者:潘鹤,1984 年,高 250cm,2400kg)等。

80 年代以后,艺术铸造蓬勃发展,铸铜城雕塑如雨后春笋在各地涌现,不胜枚举。例如:立于广州的“流溪河”(彩图 1-32,作者:梁明诚,1988 年,高 150cm);立于上海的“蔡元培像”(彩图 1-33,作者:刘开渠,1988 年,高 250cm);立于大连市的“关向应纪念像”(彩图 1-34,作者:张秉田,1988 年,高 825cm);立于平顶山市的“平顶山地质工作纪念碑”(彩图 1-35,作者:吴树华、耿泉声,1992 年,高 900cm);立于湖北竹山县的“施洋大律师像”(彩图 1-36,作者:项金国、孙绍群、陈育村、傅中望,1993 年,高 500cm);立于深圳市的动物雕塑“抚爱”(彩图 1-37,作者:滕文金、乔红,1996 年,高 400cm);立于北京的“寰宇传书”(彩图 1-38,作者:侯一民,1996 年,高 500cm);立于广州的“冼星海”(彩图 1-39,作者:梁明诚,1997 年,高 680cm)。

90 年代以来,各地还铸造了一些超大型的佛像、鼎、钟等。例如立于香港的“天坛大佛”(彩图 1-40,作者:侯瑾辉、段起来,1993 年 12 月 29 日开光,大佛身高 26.4m,加上底座,总高度近 34m,重达 250t);中国赠联合国的世纪宝鼎(彩图 1-41,1995 年,鼎座高 0.5m,鼎身高 2.1m,鼎重 1.5t);大型编钟群——“中华和钟”(彩图 1-42,1999 年,108 枚,架长 2100cm,高 388cm);武汉黄鹤楼千年吉祥钟(彩图 1-43)等。

各个历史时期各种艺术铸件层出不穷,美不胜收,在世界艺术宝库中放射着璀璨的光辉。这说明中国历代创造出种类繁多、精湛无比的艺术铸件成形和装饰技艺,形成中国传统艺术铸造方法。

1.2 国外历代艺术铸造和代表作品介绍

我国的艺术铸造,在商周青铜时代,由创始而达到了全盛期。然而,在世界各文明古国中还不是最早的,西亚的伊朗南部、土耳其东南部和美索不达米亚一带,大约在公元前 5000 年~公元前 4000 年就产生了最早的青铜艺术铸造件。在各大洲,艺术铸造在历代都有不同的发展,创造出各自的辉煌。在欧洲,著名的古希腊雕塑“掷铁饼者”高 1.73m,是公元前四百余年的作品,原作就是青铜铸



造, 现在流传的是罗马时代的大理石仿制品。1928年在希腊海边发现的一个最珍贵的男性青铜裸体雕像“宙斯”, 高210cm, 也是公元前四百余年的作品(彩图1-44); 再如1972年在切里亚发现的两座古希腊武士青铜雕像, 每座高约2m, 重约250kg, 也是2500年前的作品(彩图1-45), 从中我们看到古希腊的雕塑艺术和铸造技术都已达到极高的水平。

古罗马人有从死者面部直接印制面模, 保存死者肖像的习惯。他们以蜡取形的方法, 通过阴阳模的转换而使青铜铸造也达到了很高的水平, 形成罗马雕刻艺术高度写实主义的传统。在公元前3世纪~1世纪的罗马共和国时代, 铸铜技术早为希腊和意大利本土的伊特拉里亚人所掌握, 罗马第一批青铜雕像就是用自然复制的方法、用蜡模翻制成的, 在公元前27年开始的罗马帝国时代, 据记载当时在罗马就铸造了八十尊银制的奥古斯都大帝全身像, 一批金制骑马像以及一尊驾驶四轮马车像。

在13世纪开始的文艺复兴时期, 欧洲涌现出多那泰罗、米开朗基罗、乔凡尼·波隆那、贝尼尼等杰出的雕塑家, 他们的很多作品也就成了著名的青铜雕塑, 如多那泰罗的青铜雕塑“大卫站在被杀巨人旁”(彩图1-46); 波隆那的“赫尔姆斯”高180cm(彩图1-47)。十八世纪法国的乌东不但是杰出的雕塑家还是铸铜专家(彩图1-48)。欧洲工业革命以及自由民主制度的发展, 给雕塑艺术和艺术铸造创造了新的条件, 罗丹、布德尔、马约尔等一批杰出的雕塑家都创作了大批青铜铸造的雕塑作品, 这些风格各异的作品, 无不展现出欧洲艺术铸造的精湛技术(彩图1-49~彩图1-52), 近代的摩尔、达利等雕塑大师的铸铜作品, 更是在高超的铸造技术基础上发展了丰富多彩的表面着色技术(彩图1-53和彩图1-54)。

东方各国和地区, 没有欧洲那种为艺术而艺术或为娱乐而艺术的观点和传统, 如东南亚、印度等大量铸造的佛像是为宗教信仰和宗教仪式服务的(彩图1-55)。

而20世纪的苏联时期, 前苏联、南斯拉夫等东欧各国雕塑家则创作和铸造了大量带浓厚政治色彩的青铜雕塑作品(彩图1-56和彩图1-57)。



第二章 传统艺术铸造的工艺与技术

2.1 中国传统艺术铸造方法

中国传统的艺术铸造方法有很多，最重要，应用最广泛的方法有：

- ① 范铸法，后来发展成为泥型铸造法；
- ② 拔蜡法，也叫失蜡法；
- ③ 搬砂法，掰砂法，又叫翻砂法。

2.1.1 范铸法

研究指出，在商周的金属成形工艺中，铸造占着统治的地位，迄今经科学鉴定的商代和西周时期的青铜器件绝大多数采用铸造成形。而陶范铸造是商周时期占统治地位的铸造方法，后来发展成为泥型铸造法。范铸法的工艺流程是：造型材料的选取和制备→模、范、芯的制作→铸型的干燥、焙烧和装配→熔化和浇注→脱范和清理、磨砺。现以 1976 年在殷墟小屯妇好墓出土的 809 号方鼎为例来讨论范铸浇注法。该鼎重 117.5kg，有司母辛铭文，通高 80.5cm，上口长 64cm，宽 47.6cm，耳高 15.3cm，足高 31.5cm，壁厚约 0.8cm，形状规整，制作精细，纹饰美好，见图 2-1。

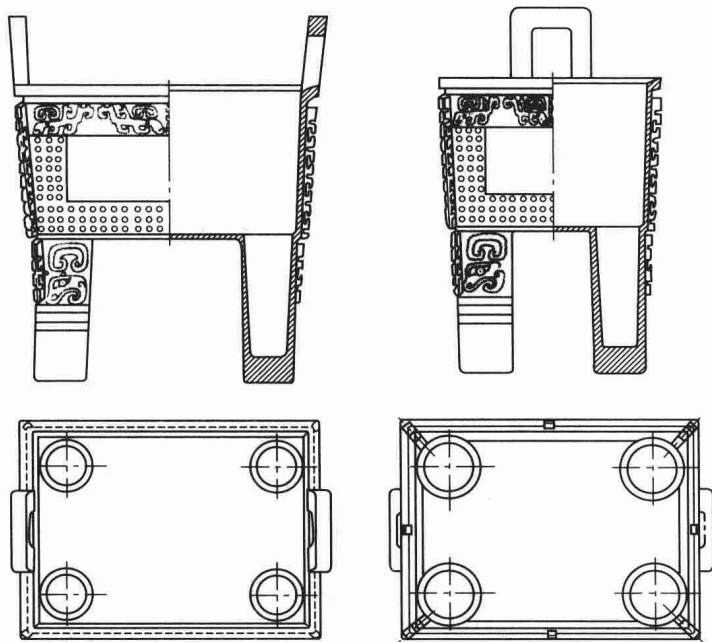


图 2-1 司母辛方鼎的纹饰和结构

2.1.1.1 模、范、芯材料的选取和制备

现已发现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成都是黏土和砂，经岩相鉴定，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，使其有良好的可塑性、复印性，芯的含泥量少些，砂粒有时稍粗，以利于通气，小屯出土的商代范、芯的化学成分见表 2-1。

表 2-1 小屯出土的商代范、芯化学成分 单位：%

物品名称	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	53.96	10.44	0.60	3.54	2.03	1.55	1.56	1.43	0.037	10.9	11.90	少量 Pb、Sn，痕量 Cr、V、Ni、B
单芯	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
范	72.60	12.1	1.30	3.39	2.48	1.44	2.08	2.75	0.051	0.019	2.56	痕量 B、Cr、V、Pb

进一步研究发现，在古代陶范中，含有大量肉眼所看不见的古代植物燃烧体与植物硅酸体。植物的加入，可降低陶范材料的蓄热系数，提高液态金属的充型能力，加入的植物在一定数量与粒度范围内，不影响铸型配料的可塑性、可雕性及复印性。近代泥型铸造用泥料配料技术来源于古代陶范技术，后经发展而形成独特的配料工艺。各地配料因地而异，中原地区用地下几米处黄土，江南一带用紫泥与黄泥，其他配料还有：

① 稻芒，即水稻穗芒，质松性韧，稻芒掺入泥料后，可提高泥料强度，在



高温下，又可改变铸型蓄热系数。

② 稻糠灰，由籼稻谷壳经闷烧而成，此种稻壳烧成糠灰，制备泥料，制成铸型后可反复多次使用。

③ 松烟灰，是松树与松树根烧制而成的烟灰物质，有一定黏性，作为表面涂料。

④ 焦炭屑，即碎焦炭，分为三种型号，用 2cm 孔眼筛过筛，然后用 8 目筛过筛，留在筛中间的，为 1 号焦子；将 8 目筛过物料，经 12 目筛过筛，筛中的为 2 号焦子；12 目筛筛下的，为 3 号焦子。三种型号焦子各有用途。

⑤ 熟焦炭，又称老煤粉，是用过了的化铁炉底焦，破碎后，用 50 目筛过筛所得粉末，是制作厚型器物铸型的好材料，又是一种好的面层用料。

泥型制料工艺，一般可分为粒度精选、配料、练泥、陈腐等工艺过程，对需具有较高综合性能的配料，其工艺过程见图 2-2。

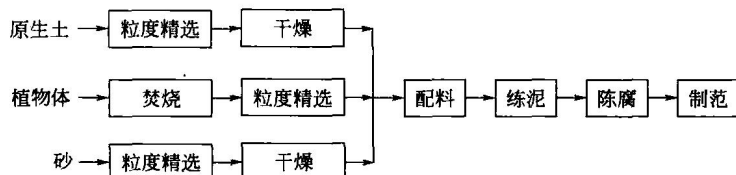


图 2-2 泥型制料工艺

其中，粒度精选过程在古代以漂流分级法来完成。对一般要求配料，粒度精选有时可以省略，其工艺过程见图 2-3。

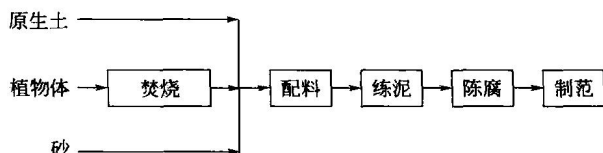


图 2-3 粒度精选工艺

练泥是一项重要的制料工艺，就是将配好的原生土、植物焚烧物、砂加水反复搅拌揉搓，当配料加水之后，配料颗粒便与水发生水化作用，形成胶团，泥料湿态黏结力是由泥土水化作用，依靠泥料颗粒间公共水化膜（即公共扩散层），通过其中的水化阳离子起“桥梁”作用，使颗粒之间相互结合而形成的。泥料质点的扩散层越薄，这种吸引力越强，黏结性就越大。练泥初期，泥料致密度并不一致，泥料在不同方向上的物理力学性能也不相同，练泥是以外力手段迫使公共扩散层变薄的过程，是颗粒与水分子充分湿润的过程，是赶走吸附在固体颗粒表面空气的过程。通过练泥的揉搓挤打，泥料层层之间会更有机地结合在一起，结构与密度更趋均匀，强度与可塑性进一步提高，泥料不同方向上的物理力学性能趋于一致。

陈腐是继续练泥之后的一道工艺过程，是在一定温度湿度环境下配料静置的过程，陈腐的主要作用是，通过毛细管作用，使泥料水分分布更加均匀，促进黏土颗粒充分水化和离子交换，提高配料的可塑性性能。



司母辛方鼎复制研究时, 选用山西侯马春秋铸铜遗址范围内地表以下 8m 处挖出的两种泥料, 其中 1 号泥黏土含量较多, 2 号泥黏土含量较少, 又选取标准黏土及细砂, 经晾晒、破碎, 按表 2-2 组分配比, 经练泥, 陈腐, 选择综合性能较好的使用。

表 2-2 组分配比

泥料与号	侯马 1 号泥	侯马 2 号泥	标准黏土	北京细砂	水分	质量评证
1	85.70%				14.30%	塑性好, 但易开裂
2	43%	43%			14%	需要更长时间陈腐和练泥
3	64.50%	21.50%			14%	综合性能较好
4			20%	80%	适量	含砂量较多, 可作为芯料使用
5	66%			33%	适量	综合性能较好
6			60%	40%	适量	综合性能较好
7			70%	30%	适量	黏性过大, 不易脱模
8			50%	50%	适量	成团性较差

江南一带, 传统泥型铸造配料主要有以下几种。

(1) 稻芒泥 将干黄泥破碎后放入小池中, 加水浸透, 隔日打成浆; 用 10 目筛过筛, 除去杂质硬块, 掺入稻芒, 反复揉搓, 均匀混合, 储放 1~2 天, 即可使用, 其配比为黄泥泥浆 100kg, 配入稻芒 6~8kg。稻芒泥一般用于制作泥坯实样模, 泥芯模, 泥板与浇冒口。

(2) 老煤糠灰泥 将紫泥若干, 加水浸泡, 隔日打成浆, 过 10 目筛, 除去杂质硬块, 按紫泥浆 40~45kg, 加老煤粉 15~20kg, 糠灰 100kg, 水约 20kg 比例混合, 反复搅拌, 均匀混合备用。老煤糠灰主要用于制作铸型面层。

(3) 焦子泥 由“2 号焦子”和黄泥泥浆配制而成, 用于制作铸型、内芯中间层, 还可用于修型, 焦子泥配比为: 2 号焦子 100kg, 黄泥泥浆 60kg, 加水适量, 充分搅拌混合。由“3 号焦子”和黄泥泥浆配制而成的细焦子泥, 是修型必备料, 其配比为 3 号焦子 50kg, 黄泥泥浆 30kg, 加水适量充分混合搅拌而成。

(4) 轻煤 由松烟灰和水配制而成, 不同含水量的轻煤涂料用途不同, 轻煤的配比为: 松烟灰 100kg, 配水 70~80kg, 涂刷铸型的涂料用 20% 轻煤 (质量分数, 下同)+80% 水, 涂刷泥芯用涂料配比为 30%~35% 轻煤+70%~65% 水。

(5) 老煤泥 由紫泥浆和老煤粉配制而成, 为面层和修型材料。老煤泥的配比为 (按质量计) 20% 紫泥泥浆+70% 老煤粉+10% 水。

2.1.1.2 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, 金锡设, 工冶巧, 火齐得”, 这是在指出铸造生产的关键, 刑是模型, 范是铸型, 要得到质量好的铸件, 必须模型、铸型尺寸形状正确, 合金成分适当, 冶炼工艺正确, 浇注工艺合理。

范铸法除整体铸造古称浑铸法外, 很早就采用分铸法, 商代绝大多数青铜器经考证都是用陶范铸造, 之所以能得到高度复杂的器形, 关键是使用了分铸法。分铸法又分后铸法和先铸法。后铸法是先铸器体再在其上接铸附件的铸造方法; 先铸法是先铸附件再放入陶范中和器体铸接的分铸方法。