

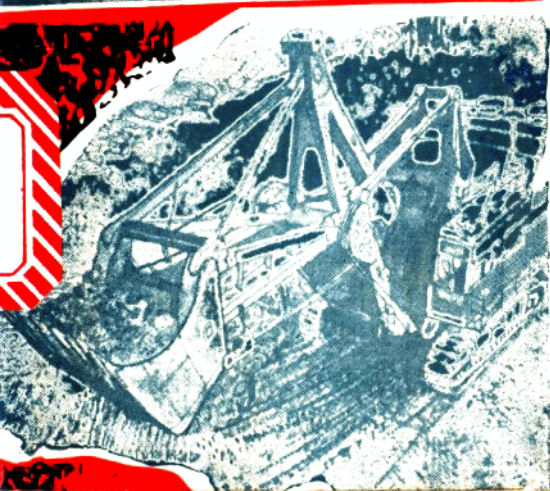
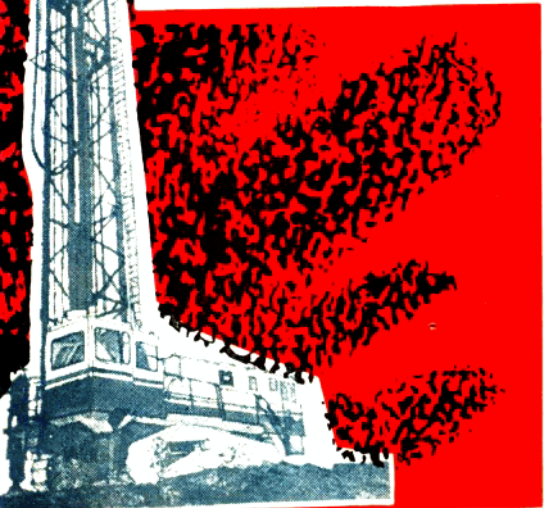
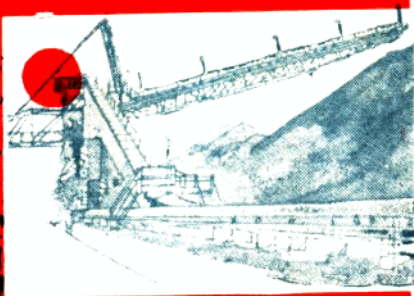
● 湖南科学技术出版社

● 中国有色金属工业总公司『八·五』攻关课题

中国有色金属

● 关锦镗 主编

科学技术史简编



前 言

本书是中国有色金属工业总公司“八五”攻关课题。编写本书的主要目的在于以简短的篇幅描述我国有色金属科学技术发展的基本特征和规律，以期达到如下的目的：第一，使各行各业的科技工作者和生产者能以较短的时间和较少的精力了解我国有色金属生产和科技的发展，以便能更好地关心和支援它；第二，是总结我国有色金属科技兴衰的主要原因，汲取历史的经验教训，以便更好地振兴祖国的有色金属事业；第三，弘扬祖国优秀传统文化，激发爱国主义热情。众所周知，我国古代的冶金科学技术曾后来居上，遥遥领先于世界达数百乃至千余年之久。温故而知新，历史这面镜子不但对“数典忘宗”者的一面“照妖镜”，而且也是一面鼓舞后人前进、激发爱国主义的“望远镜”。

本书名为中国有色金属科学技术史简编，但其内容已稍稍越出了它的范围，即包含了简短的黑色金属科技史的内容。原因是：有色金属科学技术与黑色金属科学技术，二者在发展过程中有着密切的相互关系，它们经常是互为前提，并相互推动；其次在生产数量上也有一个客观的比例关系。因此要充分揭示有色金属科技发展的规律就有必要对黑色金属科学技术的发展作简短的叙述。

本书由关锦镗教授主编。参加编写的成员如下：第一、二、三、五、八、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十九、二十章由关锦镗教授撰写；第四章由章伯垠总编辑、朱

寿康教授撰写；第六章由肖禧砥教授撰写；第七章由彭世英副教授撰写；第九章由曾长秋副教授撰写；第十章由赖健清撰写；第十八章及第十三章第二节由毛长松副教授撰写。

本书出版费由关锦镗资助，中国有色金属工业总公司教育局的负责同志和章伯垠同志为本课题的研究工作给予了热情的支持，谨此一并致以衷心的感谢。

中南工业大学科技史研究室

一九九三年八月·长沙

第一部分 中国古代金属 科学技术史

第一章 铜的采、选、冶、铸技术史

第一节 古代冶铜技术产生的经济、技术前提

一、古代使用金属的开端、铜石并用时期

据目前出土的文物，我国史学界一般认为我国在距今约五千年前的新石器时代晚期即已开始使用金属制作工具。

齐家文化遗址（甘肃武威皇娘娘台、永靖大何庄、秦魏家和青海贵南马尕台等地，距今约 4000 年），已出土铜器 40 余件，其中有红铜、青铜的材质。甘肃武威皇娘娘台出土的铜器件有刀、锥、凿、环，其制作原料是红铜（是自然铜或人工冶炼的红铜则未知）。

另外，在山东胶县出土的龙山文化遗址（距今约 3700 年左右）的小铜棍（锥）是含少量铅锡的铜锌合金。甘肃齐魏

家出土的小刀（距今约 3800—3900 年），是含铅约 5% 的铜合金。

上述这些出土文物的共同特点是：1. 主要是小工具和生活用具，不是主要的生产工具；2. 制作原料大多是红铜，至于红铜是自然铜或由人工冶炼而得的红铜，目前还未弄清；3. 铜合金如何制得？是由含有杂质的铜矿石冶炼而成还是由添加铅、锡于铜之中而制成也未弄清。

总之，从这段时期出土的器物来看，制作器物的主要原料还不是金属，尤其不是制作主要生产工具的主要原料。主要生产工具仍然是石器、骨、木器。也就是说，这段时期属于铜石并用的时期。金属的使用、铜的冶铸还处于初始阶段。

二、青铜时代的开始及其产生的社会技术前提

由夏代开始，我国开始进入青铜时代。夏代开始进入青铜时代的考古文物根据如下：山西夏县东下冯遗址出土的文物中有铜凿、铜镞^①和铸铍^②石范（见中国社会科学院考古研究所东下冯发掘队：《山西夏县东下冯遗址东区、中区发掘简报》，《考古》1980 年第 2 期）。另外，河南偃师二里头遗址（前期属夏文化）中发现有铜渣和残片。

铜镞是一种大量生产的兵器，它的生产说明当时的青铜冶铸业已具有相当大的规模，因为它的生产需要耗费大量的铜材料，而生产大量的青铜材料就必须有较大规模的青铜冶铸设备和较为成熟的冶铸技术。二里头遗址前期地层中所发现的铜渣和残片正是较大规模的有组织生产铜的佐证。

夏代进入青铜时代并非偶然，它是以一定的社会经济和

① 镞：zú，箭头

② 铍：bēi，（～子）削平木料的工具，刃具扁而宽，使用时向下向里用力。

生产技术条件为前提的。

在社会经济条件方面，有组织的较大规模的青铜冶铸需要较高的社会生产力水平和较发达的社会分工，因为只有较高的社会生产力水平，农牧业生产能提供较多的剩余产品，社会中才有可能有较多的手工业者，从事青铜的冶铸生产。夏代是我国第一个奴隶制的国家，生产力水平较高，农业与手工业的分工也较发达，从而为有组织的较大规模的青铜冶铸提供了社会经济前提，当然随着奴隶主新兴阶级和奴隶制新生产方式的出现，新的生产关系促进社会生产力的发展，为社会生产的发展提供了新的需求，对于青铜冶铸生产的发展无疑也提供了巨大的动力。

其次，从技术发展的前提来看，青铜时代，青铜冶铸技术较为成熟并非偶然，它是在前期制陶技术和铜石并用时期铜冶铸技术的基础上逐步发展完善起来的。

从制陶技术与铜冶铸技术的关系来看，我国仰韶文化（距今约 6000 多年到 5000 多年）与龙山文化时期制陶技术已相当成熟，为以后的金属冶炼提供了技术条件。冶铸所需的高温技术，耐火材料和造型材料不少都是从制陶技术中承袭而来。例如：仰韶和龙山文化时期某些陶器中掺有石英砂，以便使陶土的成型性能和耐热急变性能更好。以后，商代用以冶铸青铜的炉衬及范中也都掺有石英砂，以便提高耐热度及减少开裂变形。

至于铜石并用时代的铜冶炼技术与青铜时代冶炼技术的关系就更为密切了。从铜石并用时代的铜出土物来看，早期大多是较小的用具，以后才逐步发展为较大的生产工具。在采用的原料方面则从自然铜为主发展为从铜矿石冶炼而得的红铜、青铜，再发展为以添加金属于红铜而配制成青铜合金；

从制作工艺方面则从锻造发展为铸造等等。后者是较为进步和高级的技术，它的产生是以前者为基础的。没有前者便没有后者，前者大多是铜石并用时期技术，后者则大多属青铜时代的技术。例如：属铜石时代的甘肃武威皇娘娘台的出土铜器大多是小件的用具；制作原料是红铜；制作工艺多数是锻造，少数是熔铸。

第二节 铜矿的找矿与采选技术

一、找矿知识与方法

古代在长期观察、实践和经验的基础上总结出一些找矿的知识和方法。

大体说来有如下的几种：

1. 是从矿藏出露入手。如《管子·地数篇》描述说：“上有丹砂者，下有黄金；上有慈石（磁石）者，下有铜金；上有陵石者，下有铅、锡、赤铜，上有赫者（铁类），下有铁，此山之见荣者也”。（意即矿苗露头）。这种方法实际就是根据矿苗与矿物共生或伴生寻找矿床。再如《山海经》（世界最古老的地质矿产文献，大约成书于公元前五世纪左右），其中的《五藏山经》也列举了某些岩山或矿物与其他岩石、矿物共生的现象。如赤铜与砾石，铁与文石，银与砥砢，铁和美玉以及青皇，黄金与银，金与银以及铁，金玉与赭石等。

2. 以植被分布作为找矿的一种标记。如：荀子劝学篇中所说：“玉在山而草木润，润渊生珠而涯不枯”。把找矿和地表植物联系起来的思想在南北朝梁代的有名著作—地境图

(原书已佚)中大大充实了,如该书写道:“二月,草木先生下垂者,下有美玉;五月中,草木叶有青厚而无汁,枝下垂者,其地有玉;八月中,草木独有枝叶下垂者,下必有美玉;有云:八月后草木死者亦有玉。山有葱,下有银,光隐历正白。草茎赤秀,下有铅;草叶黄秀,下有铜器。这种利用植物指示找矿的方向是正确的。在此之后隋唐时代的生物学家段成式对植物指示找矿的传统经验作了初步的总结:“如山上有葱,下有银;山上有薤^①,下有金;山上有姜,下有铜锡;山有宝玉,木旁枝皆下垂。”

二、铜矿的开采技术

目前我国已发现的古铜矿遗址有位于大兴安岭余脉的林西铜矿,该铜矿遗址年代约距今 2700—2900 年左右,有露采矿坑 40 余处。另外是位于现今麻阳铜矿产区内的麻阳古铜矿,已发现矿井 5 处,井巷高 1.5—1.4 米。有木支柱、木槌、铁锤等遗物。据对遗物年代的考证是西周到春秋时期的采矿遗址。

1988 年 9 月在江西瑞昌铜岭古矿遗址所作的发掘表明该铜矿遗址是迄今已发现的最早铜矿遗址,也是迄今已发现的最早有木支护的采矿遗址。

该铜矿遗址位于赣北瑞昌县西北部、铜岭村境内的合连山与铜岭交界处,距县城 22 公里,总面积(包括冶炼区)约 1.5 平方公里。在已发掘的 300 平方米面积内有暴露竖井 24 口,平巷 2 条,斜井两条,露天采矿坑、槽坑各一个,还有一处溜槽及尾砂池。从 11 号井所发现的陶器(^Ⅲ)来看,其

① 薤: xiè 草本植物,地下茎可以吃。

形制与河南郑州二里岗上层（商代中期）出土的器物相似。据此，可认为该遗址最早的年代可到商代中期，因而是目前我国采矿遗址中年代最早的一个。（见刘礼纯《铜岭古铜矿遗址发掘记》，载《文物天地》1989年第3期）

湖北大冶铜绿山古矿冶遗址，南北长约2公里，东西宽约1公里，经多年对该古矿冶遗址发掘已发现地下采区18处，井巷近400条。据对竖井坑木碳化测定：该古矿开采年代至迟始于西周，并延续至战国中、晚期或更后。可见它是目前我国已发现的先秦时期古矿冶遗址中规模最大、采冶时间最长的一个，所发掘的遗物也最多。该遗址及遗物所反映的古代采矿技术如下：

在矿床开采技术方面是采用竖井、斜井、斜巷、平巷相结合的采掘方式。竖井是作为交通孔道，后期深度达50米，由此将矿石及地下水提出地面，并将井架支护材料送往井下。斜巷是从矿床表面开到底部的巷道，其用途主要是探矿。沿水平方向开的平巷用途是为了从矿床的底部向上回采。

在井下通风技术方面则是利用不同井口气压差的高低，形成自然气流，并封闭已经废弃的巷道，使气流流达深处的工作面。在井架支护技术方面，早期用榫接的方框支护井壁，稍后的框架则在坑木的端部作成尖楔，插入井壁。竖井的截面早期为50×50平方厘米，以后扩大为60×60平方厘米。斜井的支护方式与竖井略同。至于平巷则用圆木框架支护，早期较矮，后期约高2米。支护木料是直径5—10厘米的圆木。

井下探矿和选矿技术是用船形木盘，进行重力选矿，并以此确定采掘方向。

在采矿工具方面则使用铜斧、铜凿、铁斧、铁锤、铁耙、铁锄和木制的铲锹。还使用了镰铲和平衡石等。

第三节 青铜的冶铸技术

一、青铜的冶炼

古代最早用铜矿石炼出的红铜大都含有少量的铅、锡、铁等杂质，这种带有铅、锡等杂质的红铜还不是青铜。青铜是人们在冶炼中有意识地将锡矿或铅矿加入铜矿中而形成的青铜。以后，再进一步发展为将预先炼好的铜、锡、铅按一定的比例配合而熔铸成青铜器的。商代已发展到这一阶段（安阳殷墟出土的纯铜，其含铜量高达97.2%）。从目前出土的青铜器物的分析中，有三种不同的成份构成。一种是锡青铜，如偃师二里头早商的青铜器含铜91%，锡8%。另一种则是铅青铜，例如，郑州出土的两件商代前期的大方鼎。第三种是含锡、铅的青铜。例如春秋战国的货币多属该类青铜。

青铜冶炼在商、周长期实践的基础上，到了春秋末年在齐国人的著作《考工记》中对青铜冶铸的工艺作了总结。除记载“攻金之工”六种叙述编钟各部位的名称，尺度比例，熔铸时的火色变化外，对后人青铜冶铸具有巨大意义的是“六齐”合金配比的记述。所谓“六齐”即青铜各组成元素的六种配比。这是世界最早的关于合金化规律的认识。六齐规则如下：“金有六齐：六分其金而锡居其一，谓之钟鼎之齐；五分其金而锡居一，谓之斧斤之齐；四分其金而锡居其一，谓之戟^①之齐；三分其金而锡居一，谓之大刃之齐；五分其金

① 戟：古代兵器，柄上装有枪夹，旁边附有月牙形锋刃。

而锡居二，谓之削杀矢之齐；金锡半谓之鉴燧之齐。”这些合金化规则除最后一条，其余五条均符合实际，与出土青铜器物合金成分的分析也相近。鉴燧之器所讲金锡半则与出土的铜镜成份化验不相符。一般出土的铜镜，锡铅之和大约占 25—30% 左右，故有人把金锡半解释为“铜—锡半”，即锡相当于铜的一半，占青铜合金的 1/3。由于“六齐”规则是长期实践经验的记载和总结，因此必然带有一定的时代与区域局限，但就基本方面来看是正确的，因而是具有普遍意义的。

青铜的冶炼所需的设备和工具，其产生和发展经历如下：

1. 熔铜设备：从郑州商城及其周围的冶铜遗址，安阳殷墟附近的冶铜遗址，洛阳西周冶铜遗址，侯马六周冶铜遗址及其他冶铜遗址的出土物看，古代熔铜炉子大体上有三种类型。一种小型的埴埴，如安阳出土的“将军盔”（是红黄色土质器）；第二种是中型的，如郑州南关出土的“大口尊”，其口径为 36.8 厘米，壁厚 2 厘米，残高 35.4 厘米。第三种是大型的，即中国科学院考古研究所在殷墟范围内所发掘出的直径约一米的熔铜炉。

这三种熔炉的共同技术标志如下：

① 炉衬由经过加工制作耐火材料—石英砂和粘土所组成，石英砂均匀，说明经人工加工。

② 炉壁溶化温度为 1100℃—1200℃。

③ 熔铜时用“内加热”，即把铜料和木炭加入炉内，在炉内鼓风燃烧。

青铜冶炼设备除上述熔铜炉外，还有炼铜竖炉。

目前出土的最早炼铜竖炉是铜绿山古矿冶遗址的炼铜竖炉，炉高复原为 1.2—1.5 米。炉基内修筑有 T 形风沟。沟壁用高岭土搪衬。风沟的作用是防止地面水渗入；在冶炼时又

可起保温的作用。炉缸是椭圆形，顺长轴对称处有两个风口，使风能吹到炉的整个截面，用高岭土、石英砂、岩屑、铁矿粒等修筑而成。炉身用混合耐火材料筑成，有内壁、外壁和炉衬。炉的前壁下部有金门，其用途是点火、修炉时捣搪炉缸等。金门上方设有放铜和出渣的孔洞，故炼炉可从事半连续性作业，不需毁炉出铜。

2. 冶铜的鼓风设备：上述熔铜、冶铜炉子的发展过程是由矮小的炉子发展到有一定高度的鼓风炉。无论用小的或大的炉子冶铜都需要有鼓风工具。最早的鼓风设备称为橐^①，它是用皮做成的风袋，用时将橐往复拉压，将风鼓入炉内。有关橐的记载见诸于古籍。如《诗·大雅·公刘》中说：“于橐于橐”。又如，《墨子·备穴》中说：“具炉橐，橐以牛皮”。《吴越春秋阖闾内传》中记载：“使童男童女三百人鼓橐装炭”。《淮南子·本经训》中则有“鼓橐吹锤，以销铜铁”的记载。

大冶铜绿山古矿遗址所发掘的炼铜竖炉设有鼓风口，说明当时冶铜炉已大体具备现代鼓风炉的雏型。

二、湿法炼铜工艺——胆铜法

我国人民在生产实践的基础上，最先创造了湿法炼铜工艺——胆铜法。早在西汉古书的《淮南万毕术》中就有“曾青得铁则化为铜”的记载。而欧洲直至 15 世纪 50 年代才发现将铁片浸入硫酸铜溶液，铜便出现于铁的表面，但却没有将这一发现运用于生产铜。

胆铜法是把铁放在胆矾（即硫酸铜）溶液中，使胆矾中的

① 橐：tuó，〈书〉一种口袋。

铜离子被金属铁所置换成为单质铜沉积下来的一种产铜方法。如前所述，这种方法最早在《淮南万毕术》中便有记载。此外，东汉时的《神农本草经》也有“石胆…能化铜”的记载。

到了宋元，这种炼铜法已不只停留在认识上，而且还发展到将认识运用于大量生产铜。胆铜法的生产过程具体运用方法有三种：

一是在胆水产地挖掘沟槽，用茅席铺底，把击碎的生铁铺在沟槽内，再将胆水引入沟槽浸泡，待颜色改变后，将浸泡过的水放出，便可收集沉积在茅席上的铜。

二是将打成薄片的铁放进胆水槽内，浸渍几天后，薄铁片上便有一层铜粉复盖，将铁片取出，刮取铁片上的铜粉，再放在炼炉中炼制而成为纯铜。

三是将胆水放在铁容器中煎熬，经一定时间后便在容器中得到铜。

宋代由于经济发展需要铜原料较多，加以水法炼铜特有的优点，故不少地方用该法生产铜，仅文献记载便有十余处之多。

三、青铜铸造工艺及所用工具——范和蕊

1. 出土青铜器件的种类及其特点

现有青铜出土器物如按其种类划分，有如下三类：

① 生产工具（包括手工工具和农具）

如河南偃师二里头出土的青铜器中便有凿、锥、小刀等手工工具。除考古资料以外，大量的文献也记载了商周时期的手工工具是以青铜为主。例如：《考工记》中便记载了30个工种大多使用青铜手工工具。

除手工工具外，还有农业工具。如郑州商城铸铜遗址中便出土了大量农具的铸范。我国历年出土的青铜农具有铲、镢、镰、斧及犁、铧等。但目前出土青铜工具中，农具较少。有些研究者认为我国商周时期未曾使用过青铜农具。但更多的研究者则持不同看法，认为青铜农具之所以较少发现是由于它较少用作随葬品，加上后代多将农具重铸和不重视保存的原因所致（见唐兰《中国古代社会使用青铜农具问题的初步研究》转引自华觉民《世界冶金史》第498页）。

② 青铜兵器

目前已出土的青铜器中，以兵器数量较大，种类也繁多，主要有戈、矛、剑、斧、钺、镢、戟等。从这些出土物中反映出当时青铜冶铸水平是很高的。例如：越王、吴王剑，在地下埋葬二千多年，至今仍然花纹清晰，口锋刃锐。秦始皇陵陶俑坑出土的青铜镢，也同样表面光洁不锈。越王剑铸造工艺高超，是分两次铸造的复合剑，先铸剑柄和剑背，后铸剑刃并和脊的榫部接合为一体。脊部由于锡低而韧，不易折断，刃部由于锡高而坚硬，利于击刺，二者接合为一体便使剑兼具坚硬、锋利而不易折断的优点于一体。至于秦始皇陵陶俑坑出土的青铜镢，则是极为先进的金属表面处理技术，遥遥领先于世界其他国家同类的技术。

③ 青铜礼器和生活用具

该类青铜器在出土青铜器中所占比例最大，包括有礼器（供祭祀用和礼仪用），供随葬用的“明器”，还有生活用具（如各种酒器，乐器、车马器、鉴镜等）。

上述三种青铜器物在不同历史时期各有其不同的特色。例如商代的青铜器则具有形体庞大，工艺精巧的特点。商代前期的大方鼎（1974年出土），高达一米，重82.5公斤。安

阳殷墟出土的“司母戊”鼎高达 1.33 米，重 875 公斤，是目前世界上最大的青铜出土物。在工艺精巧方面可以商代四羊尊为例，其结构极为复杂。四只羊头上除有卷曲的羊角外，还有突出的龙头，缕空的扉边，而所有这些又都是用陶范，采用分铸和嵌铸等工艺铸成的。整个铸件，既有浅雕、浮雕，又有圆雕，既有平面图像，又有立体浮雕，把冶铸和艺术巧妙地结合起来。

战国时铸造的编钟，在铸造工艺精巧与高超艺术结合方面更发展到了新的高度，例如：湖北随县曾侯乙编钟群共有八组 65 枚，分三层曲尺形排列，总用铜量达八吨。其中下层甬钟布满变体龙纹，其中有的细如发丝。所有的钟均可发双音，音域宽达五个半八度，半音齐备，可以旋宫转调（见华觉明《世界冶金史》第 501—508 页）。由于具有如此高超的艺术性与精湛的工艺，因而获得世人极高的赞誉。美国学者麦克莱恩誉之为“世界第八奇迹”。

为什么我国青铜器具有如此高超、精巧的特色？它是如何铸造的？使用什么工具？

2. 青铜铸造所使用的工具

铸造工具，首先是范。按制范的不同材料，范可分为石范，陶范（土范）、铜范、铁范、砂型等。

石范是铸造发展低级阶段所用的铸造工具，如已出土的石范有夏县东下冯的铤范、玉门火烧沟的鏃范，辽宁赤峰斧范，河北唐山和云南剑川的斧范、矛范等。

陶范在商周铸造工具中居主要地位。用以制作的材料是含砂的粘土或以粘土和砂配制而成。所谓陶范实是泥范，并非真属陶质。这类铸造工具在早商至战国的出土器件中数量极多。

继采用石、泥作为制造材料之后，又出现了以砂作为制范材料的砂型。在《天工开物》中记载明代有以土、炭来造型铸。

以后制范材料更从泥、沙发展为金属（铜、铁）。1953年河北兴隆所发现的铁范，包括锄、镰、斧、凿等共86件，证明我国早在战国时期便使用铁范来铸造金属器件。以后在河南南阳、郑州、镇平、河北清城，山东莱芜等地又相继出土了汉代铁范多件。另外，在战国和汉代也使用了铜制的范铸造钱币。

除使用金属范铸造外，还用蜡作范铸造，这就是所谓失蜡法。目前已知记载失蜡法的最早文献是《唐会要》卷89，其中说开元通宝已经使用蜡模。宋代赵希鹄《洞天清录集》具体记述这一工艺如下：先用蜡做成模，用泥浆多次烧淋蜡模，再加敷含有盐和纸筋的细泥和背泥，做成铸型后，去蜡即可浇铸。

3. 青铜铸造的工艺

古代青铜器铸造之所以能铸出工艺精巧的器件，原因之一一是使用了若干独特的铸造工艺。概言之，大概有以下几种：

①将多块范拼接成大型范以铸造大型铸件。如铸造大型铸件“司母戊鼎”，其鼎身是用32块外范拼成。鼎底由4块拼成，鼎是用三块拼成。大型器物的粗大部分还采用填范法铸成中空的，从而既节省了原料，又可避免铸件因厚薄差别过大而使铸件在冷缩时开裂。

②采用分铸法和镶嵌铸造。即将先铸好的部件放到范中去，使与器件铸接起来。古代不少复杂青铜器件之所以能够铸成，关键在于采用这种方法。分铸法可分为下列几种：一是后铸法，即先铸器件，再接附件；二是先铸法，即先铸附

件，再和器体铸接；三是多次铸接法；即通过后铸和先铸，分多次从不同部位将多个部件逐次接铸成为一体。

由于运用分铸法使形体复杂的铸件得以铸成。例如上述形体复杂的四羊尊便是采用这种方法铸接而成的。

③ 采用分块陶范，内外范之间设置土支钉，在型腔中放活泥芯和不平的分型面等办法。以铸造出形器复杂的器物。

④ 采用失蜡法、铸焊和青铜装饰工艺。

陶范铸造工艺发展到西周、东周之交，由于社会需求的推动，又开始出现比陶范铸造工艺更高级的铸造工艺。失蜡法，铸焊等工艺相继产生。

1978年曾侯乙尊盘出土（先秦器物）。1979年6月中国机械工程学会铸造会在武汉召开传统精密铸造工艺鉴定会议，确认尊盘透空附饰为熔模铸造。同年冬又发现河南淅川楚墓春秋晚期的青铜器（铜禁、铜盞）器件是用失蜡法铸造的。其纹饰比曾侯乙尊盘较原始，铸造年代较之早一百多年，故我国失蜡法铸造方法的起始应在春秋晚期之前。

铸焊起源于西周末东周初。目前出土的最早铸焊件是上村岭虢^①国墓地所出的壶和匜^②，其中壶耳和盥^③是分铸焊接的。（见郭宝钧：《商周铜器群综合研究》，转引自华觉明：《世界冶金发展史》第504页）铸焊方法最常见的是在器壁上预铸凸榫再将放有低熔点焊料附件安放在器体上，凝固后器件和附件便联结在一起。据曾侯乙铜尊焊料的分析，其成分大致与现今使用的603焊料成分相近。

① 虢：guó，周朝国名。西虢在今陕西宝鸡县东，后来迁到河南陕县东南。东虢在今河南郑州西北。

② 匜：yí，古代盥洗时舀水用的器具，形状象瓢。

③ 盥：pàn，器物上用手提的部分。