

青铜时代铜的开采和冶炼

胡永炎 黄功杨

根据目前的考古发掘资料，我国用铜的历史可以追溯到 4000 多年前的夏代，甚至更早。到了商代，我国已有举世闻名的青铜文化，青铜器皿的器型之厚重，品种之丰富，造型之精美在世界上都是无与伦比的。但是，铸造这些青铜器的铜是怎样开采、怎样冶炼的，古文献中没有明确记载，也没有找到与之相应的矿冶遗址。长期以来，不少知识的学者在对青铜文化进行研究时，凡涉及铜的采冶问题，或避而不谈，或存而不论，或引用外国的考古资料予以阐述。铜绿山古矿冶遗址的发现，填补了这一缺环，为初步回答这一重要的史缺课题，第一次提供了可靠的依据。现就铜绿山的考古发掘资料，对青铜时代铜的开采和冶炼问题，试作初步探讨。

铜绿山位于湖北省大冶县，西距城关 5 里，三面环水、一面依山、乘船经大冶湖可进入长江，古代交通堪称方便。古矿区的范围，南北长约两公里，东西宽约一公里，矿区内矿体多、储量大、埋藏浅、品位高，经考古调查，现已发现古代露天采场 7 处，地下采区 18 个，古冶炼场地 50 余处，地表遗留的古代炼渣占地面积 14 万平方米，约 40 余万吨，据此推算累计产铜在 10 万吨左右。经考古发掘的古矿井有 7 处，共清理出不同结构，不同支护方法的竖井、斜井数百座、平巷近百条，发掘古冶炼场地 3 处，出土了一批古炼铜炉。随同出土的还有大量用于采矿和冶炼的铜、铁、竹、木、石制生产工具以及一批生活用具。根据对出土文物的考证及同位素碳十四测定，遗址的年代至迟始于西周，经春秋战国一直延续到西汉，其间历经 1000 余年，其后的宋代在此也进行过冶炼生产。它是我国迄今已发掘的古矿遗址中年代最早，生产时间最长、规模最大的一处，现已列为全国重点文物保护单位。

一、青铜时代的找矿与探矿

地质找矿和探矿，是开采的前提条件，茫茫大地，铜矿在何处是必须解决的问题。《管子·地数》篇中说：“黄帝问于伯高，……伯高对曰：上有丹沙考，下有黄金；上

有慈（磁）石者，下有铜金；上有陵石者，下有铅锡，赤铜；上有赭者，下有铁”这里明确地总结了某些金属矿产的垂直分布规律。《管子》成书于战国，此处记载的却是黄帝时代的事，因此这些地质理论早已在找矿实践中验用。铜绿山矿区为一矽卡岩型铜铁矿床，其上为铁帽（即磁石）其下为含铜的氧化带，再下为氧化密集带，矿体的垂直分带极为明显。应该说古代利用上述成矿规律，发现铜绿山矿区是完全可能的。又据清同治修《大冶县志》记载：铜绿山“山顶高平，巨石对峙，每骤雨过时，有铜绿如雪花小豆点缀土石之上，故名”。这一奇特的地质现象，说明孔雀石已出露于地表，为古代找到这一矿区提供了条件。此外，铜绿山还生长着一种铜矿指示植物——海洲香茅（俗称铜草）。每当深秋季节，紫蓝色的铜草花盛开后，遍布矿区，景色十分壮观，是寻找铜矿床的极好标志。但是，要开采含铜品位高的矿石，单凭上述办法是不够的，在采掘过程中，还必须实施一些探矿工程。从发掘情况看，古代所使用的探矿手段主要是挖掘浅井，其净断面仅有 450 毫米见方。如果在浅井中发现富矿，就在周围开挖密集的群井开采，但有些小井打在贫矿带或火成岩上，那它就孤立存在，这些孤立存在的小井应该是起探矿作用的。

矿石品位的高低，肉眼往往难以鉴别，古矿井中遗存有不少分析矿石品位高低的木制淘沙盘，有的似船形，有的似元宝形，还有木杵、木臼、木盛水槽等遗物。为了使井巷的方向沿着富矿带掘进，只需在井壁或巷壁取一定数量的矿粉，先放在木臼中捣碎，然后放在淘沙盘内在水槽淘洗，由于矿岩比重不同，矿物就沉积在淘沙盘的底部，矿物沉积越多，说明品位越高。发掘资料证实，古矿井大都在含铜品位高的氧化富集区内，这充分说明上述重砂测量法，在探索矿脉的走向，指导井巷的开采中具有重要作用。

二、青铜时代铜的开采

在铜绿山共发掘了 7 处古矿井，其时代分属于西周、春秋战国、战国至西汉几个不同时期。这几个时期的古矿井，都是采用木支护结构的竖井、斜井、平巷联合开拓法进行探井开采，矿井的一般深度在 30 ~ 40 米。由于古矿井都处在大理岩和火成岩的接触带内，围岩松软，为使开拓的井巷不致坍塌，所以从早期到晚期都采用木制方框支护，只是组接方式和护壁方法不同。春秋以前的方框支架采用间隔式榫接结构，后期则采用密集式搭接结构。井巷断面早期较小，一般为 50 厘米 × 50 厘米，继而发展为 60 厘米 × 60 厘米，到西汉时竖井断面一般为 100 厘米 × 100 厘米，平巷断面最大可达 195 厘米 × 160 厘米。采用上述方法支护的井巷至今仍保存完好，说明其抗压能力很强，能够满足生产的实际需要。

矿山生产要解决的另一个问题是采矿方法。从发掘资料看，西周时期采矿是从地表

露头沿矿体向下开挖竖井，到一定深度再开平巷，平巷下部再开盲井，这样跟踪矿脉逐渐向下延深，这种方向可视为群井跟踪矿脉开采法。春秋时期采矿是先从矿体露头部分开拓竖井，到地表以下的富矿带时，即开平巷，数条平巷平行排列，沿矿脉走向水平延伸，进行回采，即进路式回采。采完后，为追踪富矿，再在平巷底部向下掘盲井，并于一定部位扩向下层回采，形成下向式单框竖分条采矿。战国至西汉时的采矿，是将竖井或斜井开拓到矿体底盘再凿穿脉平巷进入矿体，在富矿带内，用大方框平巷沿走向水平伸展，然后在其上部用小方框平巷回采矿石，下层采完后再采上层，上层方框的底梁落在下层方框的顶梁上。上层所采的矿石经手选后运往地表，将贫矿和浚石充填到下层巷道，这样既有效地处理了下层采空区，又减少了大量滚石的运输这种方法类似现代的向上式方框支柱、水平分层，选别充填采矿法。

古矿井中出土了大量生产工具，其中竹制、木制工具各时期的矿井中都在使用，而且器形变化不大，如木铲、木槌、木耙、竹菱、竹簸箕等，但是金属工具却有明显的时代特征。春秋战国以前的矿井全部使用青铜工具，如：铜斧、铜钁、铜凿等。而战国至西汉时的矿井，青铜工具则全部被铁制工具所取代，出土的铁工具有锤、斧、钻、耙、锄等。这时的井巷断面大，开拓深，矿产量高，这与铁制工具用于采掘生产是有密切关系的。

此外，古矿井中还遗存有不少用于提升、排水、通风、照明的遗物，同样反映了古代采矿工匠们的聪明才智和创造能力。

三、青铜时代铜的冶炼

在铜绿山矿区的 11 号矿体，曾出土了八座炼铜竖炉，炼炉周围遗存着大量古代炼渣，和炼炉同时出土的还有冶炼用的木炭、矿石；筑炉用的铁矿粉、耐火材料；碎矿用的石砧、石球以及铜工具，粗铜块和陶器等。这批炼炉的年代为西周晚期至春秋早期。

竖炉似腰鼓形，由炉基、炉顶、炉身三部分组成。从缸底到炉顶的复原高度为 1.5 米，容积 0.32 立方米。炉缸呈椭圆形，长轴两端各设一个风口，对称鼓风。炉缸前壁设有金门，用于开炉时架炭点火，冶炼时排箭放铜，修炉时捣搪炉缸。炉缸底部设有风沟，用于防潮保温，防止炉缸冻结。筑炉所用的材料有红色黏土、高岭土、石英砂、铁矿粉、木炭粉等，其耐火性好，又有一定强度。竖炉周围设有筛分场，加料台和泥池等辅助设施。

根据以上出土的遗迹遗物，我们可以对当年炼铜的工艺流程试作如下分析。

- 1) 为运输矿石方便，在古矿井附近选择一处较干燥的坡地作为冶炼场。
- 2) 加工筑炉材料。

3) 按设计炉型筑炉。首先用红色黏土、铁矿粉、石英砂、火成岩碎屑等强度较好, 又有一定耐火性的材料垒筑炼炉炉基和炼炉外壁, 再用耐火性能好的高岭土, 木炭粉等捣搪内壁, 并在竖炉两侧安装鼓风机。

4) 炼炉预热。在炉缸和风沟内用木炭将新筑的炉子预热烘烤, 排出炉体内的水分。

5) 开炉冶炼。首先用耐火泥将金门堵严, 从炉顶开口加入一层木炭, 一层矿石 (矿石经过破碎, 一般在 2 ~ 3 厘米左右), 并在炉的两侧往炉内送风, 并逐层加入木炭和矿石, 其料柱在 1.2 米左右, 此时炉温应控制在 1200 度左右为宜。

6) 配矿选箭。在加入木炭和矿石的同时, 根据实践经验, 投入一定数量的铁矿石作熔剂, 用以调整渣的硅酸度, 使渣完全熔化, 矿石中的铜能够充分还原出来。

7) 排渣。由于渣、铜的比重不同, 铜液沉在炉缸底部, 炼渣浮在上面, 此时在金门上沿打开一小口, 渣即可放出。

8) 放铜。通过多次放渣后, 铜液沉积渐多。放铜时在金门下沿打开一小口铜液即可流出。

为了验证竖炉各部结构的功能及操作工艺, 曾在铜绿山冶炼遗址现场作过古炼铜模试验, 经 12 小时冶炼获粗铜 100 余公斤。至此, 我们对青铜时代铜的冶炼方法有了一个较为完整的认识。至于当时冶炼所达到的技术水平, 除了竖炉结构本身能说明很多问题以外, 还做了大量分析检验工作, 都证明我国古代冶金技术达到了很高水平。

铜绿山古矿冶遗址的内涵极为丰富, 现在发掘的仅是其中一部分。随着考古发掘工作的深入开展, 我们相信必将还有更多的发现展示在人们面前。当前存在的一个重要问题是, 发掘出土的古矿井支护木干缩变形极为严重, 不易维护保养。另一个问题是古矿井井壁的围岩松脱, 致使支护木脱离井壁而移位, 破坏了出土时的原始形态。在此, 我们恳请社会的各位专家和代表, 研究一下解决这个问题的办法, 让这份珍贵的文化遗产, 在建设社会主义精神文明中发挥更大作用。

(原刊于《文物保护技术》辑刊 1991 年第六辑第 55 ~ 60 页)