



铜文化书系



铜与古代科技

Copper and Ancient Technology

主编 李 亮 关晓武



中国科学技术大学出版社

铜与古代科技

Copper and Ancient Technology

主编 李 亮 关晓武



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书结合古代科学技术发展的历史,从铜的基本物理和化学特性,铜开启的金属时代,铜的开采、冶炼和铸造,铜的合金技术,铜料的来源,铜在古代科技中的应用等方面,来揭秘铜这种古老元素,使读者更好地了解古人认识、生产和使用铜的历史。本书力求在知识性、趣味性上有所突破,尽可能地利用各类文物、考古、历史文献等资料,通过图文并茂的方式,从不同维度来揭示铜的科学与技术,以满足不同读者的差异化需求。

图书在版编目(CIP)数据

铜与古代科技/李亮,关晓武主编.—合肥:中国科学技术大学出版社,2018.4
(铜文化书系)

ISBN 978-7-312-04447-2

I. 铜… II. ①李… ②关… III. 铜—自然科学史 IV. O614.121-09

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第053168号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路96号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjsdxcbs.tmall.com>
印刷 鹤山雅图仕印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 14
字数 243 千
版次 2018年4月第1版
印次 2018年4月第1次印刷
定价 68.00 元

铜文化书系

编 委 会

主 任 倪玉平

副主任 张梦生 程双林 罗云峰 叶 萍 王纲根

黄化锋 黄学龙 陈昌生

委 员 李伯谦 华觉明 刘庆柱 谭德睿 关晓武

吕凌峰 李必胜 徐常宁 姚学能 程保平

钱玉贵 任 理

秘书组 吴新华 郑丽丽 陈 佳

总 序

倪玉平

一

铜是一部活生生的史书。

人类文明由铜开始铸就。在人类历史发展进程中，铜是金属家族里伟大的先行者和开拓者。

铜为人类早期使用的金属之一。铜器的出现，成为人类进入文明社会的三大标志之一。无论是两河流域的苏美尔人，还是尼罗河岸的古埃及人，都与铜结下不解之缘；无论是希腊的迈锡尼文明，还是中西欧的钟杯战斧文化，都有铜刻下的深深烙印。

世界各大文明都先后经历过青铜时代，但只有中华文明创造出青铜时代的别样辉煌，使人类青铜文化臻于鼎盛。中国古代青铜器自诞生之初，就被赋予很多特殊内涵，远远超出其一般的实用功能，而与当时的政治、经济、文化以及人们的思想与信仰等紧密联系在一起。夏、商、周三代，青铜器既是祭祀、礼乐、战争等文化的物质载体，又是宗法制度、礼器制度、等级制度的外在化身，甚至成为国家、权力、地位和财富的象征。多变的造型、精美的工艺、奇异的纹饰、典雅的铭文，让古代青铜器散发出穿越时代的独特美学气质和文化气息，令人叹为观止。青铜时代夯实了中华文明的根基，对中华文明的发展和演进产生了非常深远的影响。与之相关的历史典故和传说，色彩斑斓，绚丽灿烂，如大禹铸鼎、问鼎中原、一言九鼎、干将莫邪等，不仅丰富了青铜文化的精神内涵，而且成为中华民





族精神风貌的一种表征。

春秋战国以降，青铜器承载的礼制与政治功能逐步式微，铜生产开始走向世俗化。秦汉之际，一千五百多年的中国青铜时代宣告谢幕。虽然如此，铜的光彩并没有被湮没，铜器制作并没有衰退，铜的生产对象加快转变，实用功能特别是经济功能日益放大。秦汉之后，铜的主要用途之一是铸造货币，如秦代的半两、两汉的五铢、唐至明清的通宝等，铜作为货币材料的历史超过两千年。帝国时代，铜器皿成为中国钱币文化、商业文化、宗教文化、科技文化与生活文化的物质载体，铜文化的面貌全面更新。

“铜之为物至精”，堪称一种神奇的金属。它有良好的延展性能，有高效的导热导电性能，有易成型、耐腐蚀、与其他金属相融性强等特点。因此，在工业化时代，铜是不可或缺的重要生产资料。随着人类科学技术水平的发展，铜也成为高科技应用领域的首选材料之一，在信息化时代的应用前景非常广阔，铜的未来必将焕发新的光彩，书写新的辉煌。

二

铜陵是铜所成就的一座城市。

回望历史，细梳脉络，可以发现，铜陵在华夏青铜文明衍生之际就占有一席之地，在推动历史发展进程中一直发挥着独特作用，堪称中华青铜文明的一处源头和中国历史发展的一面镜子。

铜陵在中国冶金史和先秦文明发展史上的位置不可替代，与古今中外其他任何产铜地区相比，更有其不可比拟的独特性。

其一，历史悠久，绵延不断。师姑墩遗址考古证明，早在商周之前，铜陵地区就已经开始了青铜采冶铸造活动。此后，经春秋、战国、秦汉、唐宋、明清，一直延续到当代，三千多年几无间断。世界上产铜最早的地方或许有待考证，但论及产铜持续时间之长、历史跨度之大，铜陵首屈一指，独领风骚。



其二，规模巨大，举足轻重。自商周起，铜陵一直是国家铜资源的战略要地和重要的产地之一，为中国青铜文化的繁荣与发达提供了源源不断的原料支撑。西周时期太伯封吴、春秋之季吴楚争霸等一幕幕历史大剧，都隐隐约约与古铜陵地区有着千丝万缕的联系。在矿冶专家眼中有“世界冶炼史上的奇观”之称的罗家村大炼渣，是汉唐时期铜陵冶炼规模盛大的历史见证。1991年，著名矿冶考古专家华觉明先生评价：“铜陵从商周到唐宋一直是我国采铜冶铜的中心，铜陵在古代所处的地位，就像今天的宝钢、鞍钢一样，举足轻重。”

其三，技术先进，质量一流。考古发掘和大量出土的青铜器证明，古代铜陵地区不仅掌握了先进的铜冶炼技术，而且拥有高超的铸造技艺。“木鱼山冰铜锭”是迄今中国最早的硫化铜冶炼遗物，它的发现，把中国冶炼硫化铜矿的历史推前了一千多年。“青铜绳耳甗”“饗饗纹爵”“饗饗纹罍”等青铜器的面世，见证了失蜡法铸造工艺的“铜陵存在”。与冶炼技术相关，铜陵所产久负盛名，自古有“丹阳出善铜”之说，这无疑是铜陵地区最早的口口相传的产品质量广告。

其四，铜官流韵，积淀深厚。为维护中央集权，汉武帝推行“盐铁官营”“货币官铸”等一系列政策。在此背景下，“盐官”“铁官”“铜官”等国家管理机构应运而生。盐官、铁官设于多处，唯有铜官设于铜陵，全国独一无二。显而易见，铜官地位更为特殊。铜官的设立，是古代铜的经济功能迅速放大的一个重要分界节点，对汉代之后的政治、经济和社会发展产生了重要影响。铜官在铜陵设置，使得古铜陵地区与整个国家经济命脉直接产生联系，因而也是铜陵历史发展进程中的一个重要分界节点。此后，历代王朝大多在此地设置中央直属机构，只是管理内容或有变化，南北朝后增加了铸币功能，其中著名的“梅根冶”，自南朝宋开始定名，一直沿用至明清时期。唐代在铜陵先置铜官镇，后设义安县，铜陵及周边地区有“梅根监”“宛陵监”和“铜官冶”三个铸币机构，唐玄宗甚至诏封铜陵的铜官山为“利国山”，史所罕见。铜官迭代更新，人文荟萃，大大丰富了铜陵铜文化的底蕴与内涵。

新中国成立后，铜陵满怀豪情重整矿业。六十多年来，创造了新中国铜工业的多项第一：自行设计建设了第一座机械化露天铜矿，第一次掌握了氧化矿处理技术，建成了第一个现代冶炼工厂，炼出第一炉铜水、产出第一块铜锭，诞生出中国铜业第一个上市公司，电解铜产量连续多年保持全国第一……与此同时，为国家有色金属产地培养输送了大批技术人才与熟练工人，成为共和国的铜业摇篮。如今，铜陵年产电解铜超过百万吨，稳居世界前列；铜加工材年产量超过电解铜，铜陵铜业加工迈入新时代。2016年，国际铜加工协会总裁马克·拉维特评价铜陵：“中国铜产业链条最长，产品品种最全，技术水平最高。”而今，在实现中国梦的伟大征途中，铜陵正按照“抓住铜、延伸铜、不唯铜、超越铜”的思路，朝着建设“世界铜都”的目标奋勇进发。

三

文化是城市的灵魂，也是推动城市发展的重要资源。铜陵三千年炉火，熔炼的是铜矿，最终也锻造出这座城市文化精魂，“古朴厚重，熔旧铸新，自强不息，敢为人先”，正是其精神内涵的表达。铜矿等物质资源固然是铜陵极为宝贵的发展资源，但几千年积淀形成的铜文化资源，无疑是铜陵蕴藏更丰厚、价值更宝贵的资源，取之不尽、用之不竭，对铜陵今后的转型发展更具有重大而深远的意义。

改革开放以来，特别是近些年来，铜陵把铜文化的研究、保护、开发和利用摆上重要日程。先后规划建设了数十项铜文化项目，包括修建铜文化古遗址，打造铜文化博物馆，建设铜文化雕塑，发掘运用铜文化元素，发展铜文化相关产业。这些努力，有效地塑造了城市特色，提升了城市品位，也显著增强了城市文化凝聚力和文化自信。

建设“世界铜都”是铜陵发展的一大定位。实现这一愿景，不仅需要推动铜及其关联产业实现大发展，而且需要铜文化建设取得大突破。从文化传承的角度看，发掘铜文化精华、弘扬铜文化精神，是弘扬中华优秀传



统文化的题中应有之义。铜文化虽不专属于铜陵，但是作为“中国古铜都，当代铜基地”，推动铜文化实现“创造性转化、创新性发展”，铜陵既有责任、有义务，更应有担当、有作为。

四

基于以上动因，2016年铜陵市人民政府经过研究，决定组织编撰“铜文化书系”。我们邀请国内相关专家，围绕铜是什么、青铜时代的内涵、铜陵在中国铜文化中的历史定位、青铜器鉴赏与铜文化故事等五个专题，进行深入研究，期望作出比较系统完备的概括和论述，进而更好地促进铜陵地域特色文化加速开发、利用、成型。

该项工作启动以来，我们本着认真负责的精神，在专家遴选、进度安排、选题论证等方面精心组织。参与编撰的专家团队本着治学严谨的精神，在内容筛选、谋篇布局、学术论证、叙述风格上一丝不苟，反复推敲，精益求精。经过一年多的努力，终于完成编撰工作并付梓。在已经成文的书系作品当中，《铜与古代科技》以科学的视角，多侧面讲述铜的物理属性、化学属性以及铜与其他金属、学科之间的关系，力求整体、全面、系统地展示铜的风采。《青铜器与中国青铜时代》以通俗的语言，全景式讲述中国古代青铜器从史前“初步使用”发展到“寓礼于器”及再回归世俗的历史进程，以青铜时代的重要事件如王国崛起、族本结构、社会秩序、经典铜器等论述“道与器”“器与礼”的关系。《从铜官到铜陵：铜陵与中国大历史》以铜官设置为主线，考证铜官与国家经济的关系，铜官的来由、职能和发展过程，论述铜陵与铜官、铜与江南经济崛起的密切关系。《图说中华铜文化》将仰韶中期到当代的跨度分为八个历史时段，讲述各时期铜器的特点、制造工艺和鉴赏方法，全面、多元地反映中华铜文化的丰富内涵。《铜文化故事》汇集历史上一个个跟铜相关的经典故事，让人在轻松阅读中形象、直观地感受铜文化的魅力。总体上看，本书系比较全面地反映了铜文化概貌。

作为国内第一套全面介绍铜文化的普及性读物，我们衷心期望本书系能够有助于广大读者了解铜陵、走进铜陵，感受铜文化魅力，拓展文化视野，增强文化自觉与文化自信。对广大文化工作者（包括城市规划设计工作者）而言，则期望其能够从中有所启发，有所感悟，有所借鉴。同时，也希望相关领域的专业工作者，在现有研究的基础上，有新的拓展、新的创见，把铜文化研究进一步推向深入。



前 言

铜是人类最早认识和接触的的金属元素，在人类历史发展的长河中，人们不断探索和利用这种神奇的元素，许多重大发明和创新都与之息息相关。青铜器的发明与使用，使得铜成为了古代文明的重要载体，充分展现了先民的高度智慧。直到近现代，铜依然是许多技术密集型产业的重要原料。如今，我们对铜又有多少了解？古人又是如何逐步来认识和利用铜的？

目前已经有不少涉及铜主题的图书，其中大多与铜文化相关，涉及铜冶金和技术的图书亦有不少，但基本都是偏专业性的著作。

本书希望通过揭秘铜这种古老元素，使得读者更好地了解古人认识、生产和使用铜的历史。作为一种尝试，本书力求在知识性、趣味性上有所突破，尽可能地利用各类文物、考古、历史文献等资料，通过图文并茂的方式，从不同维度来揭示铜的历史，以满足不同读者的差异化需求。

全书共分为八章。第一章介绍铜的基本物理和化学特征，铜资源的分布以及铜相关的锡、锌、铅、砷等元素。

铜金属的制作是人类从蒙昧步入文明的标志之一，然而冶铜术的起源离不开它赖以发生的文化背景和技术条件。所以第二章介绍了铜的冶炼、铸造等生产工艺是如何经过漫长的历史时期逐步积累而成的，以及中国古代的铜业经历了怎样的发展，青铜技艺又取得了怎样的成就。

铜矿种类众多，古人对矿物的认识经历了一个长期的过程。第三章介绍了铜矿石的种类以及古人寻矿的方法。另外，还从采掘工具、井巷开拓、矿石提运、通风排水等方面介绍了古代铜矿的勘探和开采方法。

中国古代冶铜技术有火法冶炼和湿法冶炼两种类型，前者是利用铜与矿脉石的高温物理化学性能不同而使之相互分离，后者是利用铜与脉石的溶解度不同而使之相互分离。第四章通过中国古代的炼铜技术文献和考古资料介绍古代不同铜矿石的冶炼方法、炼铜设备等以及古人对合金比例“六齐”的经验性总结和对青铜合金的认识。



铜器与骨、石、蚌器等的制作不同，除了少数器物可用自然铜冷锻锤击成形外，大多必须用模具制成铸型，然后浇铸成形，所以铜器的制作是一个极为复杂的过程。第五章在介绍商周、春秋战国及秦汉铸铜遗址的基础上，讲述了古代范铸技术和失蜡法等青铜铸造方法。

古代的铜合金除了青铜，还有黄铜、砷铜、镍白铜等。最初的黄铜和砷铜合金的冶炼方法较为原始，是冶金技术初级阶段的产物。明代成功实现冶锌后，黄铜开始由单质铜、锌配制。镍白铜则到清代才大量生产。第六章通过阐述黄铜、砷铜、镍白铜发展的历史，介绍了中国古代铜合金技术发展的脉络。

随着现代科技的发展，考古学不再局限于传统的田野调查，新的分析手段不断被用于研究青铜器物，例如可以利用铅同位素比值分析古代青铜文物的产地。第七章介绍了铜矿源的元素示踪技术以及如何以此探究古代铜料的产地之谜。

除了铜自身的开采、冶炼和铸造等技术外，中国古代的一些其他科学技术也离不开铜的使用，不少科学器具或技术的实现都需要以铜作为载体。如作为国之重器的天文仪器、灿烂辉煌的印刷术、千古留韵的青铜编钟等都需要铜。可以说，中国古代科技文明在很多方面都依赖于铜的运用。第八章将从天文、印刷和钟乐几个方面阐述铜与古代科技。

在本书撰写过程中，中国社会科学院考古研究所王巍研究员、中国国家博物馆孔祥星研究员、中国科学院自然科学史研究所苏荣誉研究员、安徽省社会科学院陆勤毅研究员等专家为本书提供了诸多宝贵的建议，在此一并表示感谢。

本书涉及铜历史的多个方面，由于作者在某些领域的积累有限，书中的错漏之处在所难免，恳请广大读者和方家批评指正。

编者

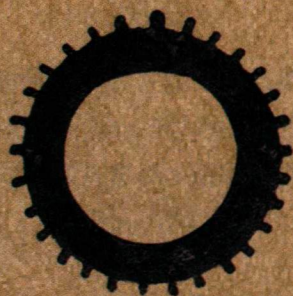
2017年11月6日

目 录

总序	i
前言	vii
第一章 神秘的29号元素	001
一、铜的特性	003
二、铜的符号	006
三、铜矿资源及储量	009
四、铜与其他金属元素	011
第二章 铜开启的金属时代	015
一、原始工艺与铜技术	017
二、世界古代的铜业	020
三、中国古代的铜业	028
第三章 铜的开采	039
一、铜矿及地质特征	041
二、世界铜矿遗址	051
三、中国古代的采铜	058
四、找矿与探矿	067
五、铜矿床开拓法	071
第四章 铜的冶炼	083
一、古文献中的炼铜	085
二、火法炼铜技术	090
三、胆水炼铜技术	104
四、青铜合金的冶炼	107

第五章 铜的铸造	113
一、青铜铸造遗址	115
二、范铸法	121
三、叠铸法	133
四、失蜡法	135
第六章 铜的其他合金	141
一、砷铜合金技术	143
二、黄铜合金技术	148
三、镍白铜技术	155
第七章 铜料来源之谜	161
一、铜矿源的元素示踪	163
二、铜料的产地	168
第八章 铜与古代科技	179
一、铜与天文	181
二、铜与印刷	193
三、铜与钟乐	197
参考文献	205





第一章

神秘的26号元素

铜是人类最早接触和使用的金属元素之一，在长期使用铜的过程中，人类不断摸索和实践，逐渐了解其特性。《汉书·律历志》就有记载：“铜为物之至精，不为燥湿寒暑变其节，不为风雨暴露改其形。”你对铜又有多少了解呢？让我们一同开始探索铜这种神秘元素吧。

一、铜的特性

如果提到铜，你会联想到什么？可能有人第一反应是铜丝电线，或者是传统的铜火锅。由于职业的缘故，对于我来说，最先想到的是古代的天文仪器以及丹麦著名天文学家第谷（Tycho Brahe，1546~1601年）的铜鼻子。

第谷最显著的标签，一是有开普勒（Johannes Kepler，1571~1630年）这个得力助手，另一个就是他的假鼻子。1565年秋，第谷转学到罗斯托克大学，同另一名丹麦贵族学生发生了争执。双方都仗着自己是名门望族，互不相让。两位贵族子弟一个虎视眈眈、一个咄咄逼人，愈吵愈烈，闹得不可开交。1566年12月29日夜里，两人最终决定以斗剑的方式来一决高下，也就是在这次争斗中，第谷被砍掉了鼻子。为掩盖脸部的缺陷，第谷自己设计铸造了一只金属鼻子，据说这只鼻子造型逼真，制作精巧，工艺高超，能够以假乱真。图1.1为带着假鼻子的第谷像。

第谷死后的几个世纪，人们一直想揭开第谷假鼻子所用材料的秘密。1901年6月24日，也就是第谷去世的300年后，位于布拉格老城广场泰因大教堂中的第谷墓穴终于被打开了。让考古学家惊讶的是，这只鼻子已经被氧化成绿色，也就是说第谷佩戴的不是传说中的“土豪金”鼻子，而是铜鼻子。

第谷为什么要选用一只铜鼻子？这可能与铜元素独特的物理和化学特性有关。除了在物理上容易铸造和锻造以外，铜还有独特的化学特性，那就是杀菌。例如，我们能经常喝到红酒，就多亏了铜的功劳。1878年，法国波尔多地区各庄园的葡萄遭受了名为“霉叶病”的植物病害，葡萄园中枝叶凋零，葡萄酒产量急剧下降，人们尝试了很多种杀菌剂都失败了，一时间大家无计可施。一直到1882年，一位叫米亚尔代（Pierre-Marie-Alexis Millardet，1838~1902年）的植物学家，发明了一种名为波尔多液的有效杀菌剂，才拯救了波尔多的葡萄园。