

冶金考古Ⅲ

中国古代 金属冶铸文明新探

陈建立 著



科学出版社

冶金考古Ⅲ

中国古代金属冶铸文明新探

陈建立 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

中国古代冶金技术的发展是在不断吸收、消化各外来技术的过程中,结合自身文化和技术逐渐形成的,体现了中华文明兼容并蓄、博采众长,海纳百川、有容乃大的特质。本书围绕这一主题进行了讨论,主要包括:冶金考古研究方法,铸铜遗址及其出土冶铸遗物,陶范的制作技术,中国冶铁技术起源,生铁技术体系的完善与传播,先秦时期金的制作技术,明清时期炼锌技术,冶金技术的交流、传播与文明发展研究等。目的在于进一步完善冶金考古研究方法,解析冶铸遗物的技术内涵,揭示中国古代冶金技术的创新因素,填补除铜铁之外其他金属冶炼技术发展史的空白,探索冶金技术与文明发展之间的联系,诠释具有中华文明特质的中国古代冶金技术体系。

本书可供考古学、历史学、经济史、冶金史、化学史及其他相关专业的研究人员及高等院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国古代金属冶铸文明新探 / 陈建立著. —北京: 科学出版社, 2014.3
(冶金考古; 3)

ISBN 978-7-03-039995-3

I. ①中… II. ①陈… III. ①冶金史-中国-古代 IV. ①TF-092

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第041784号

责任编辑: 樊 鑫 / 责任校对: 鲁 素
责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 科地亚盟

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年3月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014年3月第一次印刷 印张: 30 3/4

字数: 720 000

定价: 220.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

今年年初，建立来找我送来他新写的这部《中国古代金属冶铸文明新探》（以下简称《新探》）书稿，他向我介绍了《新探》的主要内容，并请我为此书写个序，我当即欣然应允。我用了几天的时间通读了书稿，脑海中像过电影似的想起建立和我在一起的日子。他走入冶金考古研究领域是在1995年，是我从北京科技大学金属物理专业动员来的，1998年他在科学技术史专业（工科）硕士毕业、又攻读博士，2001年毕业后，申请到日本学术振兴会博士后的职位，赴日本进修学习两年。他的朴实学风、科研能力、工作效率都给我留下了深刻印象。2003年底回国后，他选择去北京大学考古文博学院工作，我十分不舍，但我也只能忍痛割爱。2003~2013年建立在北京大学已工作了整整十年，《新探》一书也是他十年研究工作的阶段总结。我读书稿时真正感到建立成长了、也成熟了，不愧是科技考古学科的接班人、青出于蓝胜于蓝的年轻学者。我非常高兴和欣慰。

我读《新探》感到有以下特点：

《新探》基础研究工作扎实。他坚持与国内外多所高校和研究机构，以及国内数十家考古单位和博物馆的工作者密切合作，赴各冶铸遗址、考古工地、文物工作队和博物馆考察、学习，采样，有针对性地进行系统研究，牢记为考古学服务的原则，这是冶金考古工作者优良的传统。对前人研究工作也做了总结，这些内容在《新探》书中每一章中都能体现。

《新探》研究的地域范围扩大。该书不仅涉及中原地区，对西北、东北、西南、东南地区近年发现的冶铸遗址、新考古发现，他及其团队和合作者都进行了研究，为研究工作需要，不辞辛苦可以赴一处遗址数次进行调研考察。对每一地区冶金考古研究都有新的成果，并及时与考古工作者进行沟通。

《新探》涉及研究课题方向全面。有先秦时期冶铜、铸铜遗址新的研究结果，对陶范原料、焙烧温度及其显微结构进行了检测；对大量生铁冶炼遗址及其遗物、钢铁制品进行了技术研究；不仅有成分、显微组织观察研究，对中国冶铁技术的起源及冶铁技术东传、西传、南传也做了初步的分析。对先秦时期的金制品制作技术、明清时期的炼锌术等内容都有论述。

《新探》涉及新的研究方法。建立及其团队研究冶金考古问题使用仪器较多，他们携带便携式X射线荧光分析仪、X射线照相设备、小型金相显微镜等赴考古发掘现场、

考古工地和博物馆进行普查；选择有代表性的器物样品进行深入分析，使用金相显微镜、扫描电镜、电子探针、X射线衍射分析仪、微量元素分析方法等，取得大量数据和照片，进行综合分析并统计处理。对于深入研究冶金史反映的技术问题是非常必要的。特别要指出的是建立非常重视出土冶铸遗物和金属文物的年代问题，有时他并不完全认同已发表资料的年代判定结果，而重新选择相关样品甚至铁器本身进行测年，并综合考虑。如他受中国社会科学院考古研究所仇士华研究员用出土铁器进行 ^{14}C 年代测定的启示，非常注意用出土铁器进行 ^{14}C 测年，他去日本进修也专门学习、研究了用出土铁器制备样进行年代测定的新方法，为解决考古遗址的年代问题提供了依据，在书中对遗址和铁器的测定中均给出了新证据。

《新探》一书是建立及其团队十年研究工作的阶段总结，自然会存留一些需要深入探讨的问题及空间。如从铸铜遗址出土陶管、青铜器镀锡和金制品的使用这三个方面来讨论冶金术的中西方交流问题，是一个新的视角，当然在一个跨地域、长时段的文化和技术交流过程中，还有更多的因素需要考虑；再者讨论生铁冶炼技术起源、钢铁制品的判定标准、冶金技术与文明的关系等方面还有更多尚未解决的问题；最后本书的写作有些地方仍显冗长，进而影响了全书的体系结构。但建立没有回避存在的问题及今后的努力方向，实事求是的学风是体现一个优秀科学史和科技考古工作者品质的试金石。

建立是个高产者，他与陈铁梅教授合写的《简明考古统计学》、与刘煜合编的《商周青铜器的陶范铸造技术研究》、与黄维等合写的《马家塬墓地金属制品技术研究——兼论战国时期西北地区文化交流》，都是近年的新作；建立手头工作很多，他又是个有求必应的人，时间安排特满，生活太紧张。我与陈铁梅教授都认为他需要好好计划今后的工作，要量力而行、有所为也要有所不为，注意劳逸结合，身体健康才能永葆科研的生命力和创造力，才能取得更大的成绩。

是为序。



2014年2月17日

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 冶金考古的研究内容	(1)
1.2 中国冶金考古研究概况	(3)
1.3 本书的研究目的与内容	(5)
第二章 冶金考古研究方法简论	(7)
2.1 文献调研	(7)
2.2 田野调查、发掘、采样与资料整理	(13)
2.2.1 冶金考古田野调查	(13)
2.2.2 矿冶遗址的发掘与采样	(15)
2.2.3 冶铸遗物的整理	(18)
2.3 实验室检测分析	(29)
2.3.1 炉渣形态和成分所反映的铜铁冶炼技术	(29)
2.3.2 古代钢铁制品冶炼方法和材质种类的判定	(31)
2.3.3 铁器的加速器质谱 ¹⁴ C测年研究	(35)
2.4 冶金实验考古	(37)
2.5 矿冶遗址的保护与展示	(40)
第三章 先秦时期青铜冶铸遗址研究概况	(44)
3.1 炼铜遗址	(44)
3.1.1 辽西地区铜矿冶遗址	(44)
3.1.2 中原地区铜矿冶遗址	(47)
3.1.3 长江中下游铜矿冶遗址	(47)
3.1.4 其他地区早期铜矿冶遗址的研究	(49)
3.2 铸铜遗址研究	(50)
3.2.1 早期铸铜遗址	(50)
3.2.2 商代铸铜遗址	(53)
3.2.3 西周铸铜遗址	(60)
3.2.4 东周铸铜遗址	(70)
3.3 青铜冶铸遗址研究的几点建议	(73)
第四章 先秦铸铜遗物及青铜器工艺研究	(77)
4.1 冶铸遗物的检测分析	(77)
4.1.1 铜陵师姑墩遗址	(77)

4.1.2	枞阳汤家墩遗址	(89)
4.1.3	周原地区铸铜遗址	(99)
4.2	合金熔炼所用原料的考古证据	(109)
4.2.1	铜料	(109)
4.2.2	锡料	(110)
4.2.3	铅料及其他原料	(112)
4.3	青铜器的元素组成及制作工艺	(113)
4.3.1	黄陂盘龙城遗址青铜器	(114)
4.3.2	绛县横水墓地青铜器	(123)
4.3.3	随州擂鼓墩二号墓青铜器	(142)
4.4	铜器生产与原材料流通研究展望	(158)
第五章	先秦铸铜遗址出土陶范的检测分析	(161)
5.1	陶范的研究史	(161)
5.1.1	通过陶范考察青铜器的铸造技术和产地	(162)
5.1.2	陶范制作技术的检测分析	(164)
5.1.3	青铜器的范铸模拟实验	(165)
5.1.4	陶范制作技术的综合研究	(167)
5.2	陶范原料及显微结构的新资料	(168)
5.2.1	枞阳汤家墩陶范的检测	(169)
5.2.2	周原地区铸铜遗址出土陶范的检测	(173)
5.2.3	新郑郑韩故城出土陶范的显微结构分析	(177)
5.2.4	从显微结构分析看陶范的生产	(186)
5.3	陶范的焙烧温度分析	(187)
5.4	陶范表面残留物分析	(189)
5.5	从陶范的研究看青铜器的生产组织	(189)
第六章	中国冶铁技术起源的新探索	(192)
6.1	中国铁冶金考古研究简史	(193)
6.2	中原地区早期铁器：以韩城梁带村 M27 出土铁器为例	(195)
6.3	黄河上游地区早期铁器：以陈旗磨沟墓地出土铁器为例	(200)
6.4	新疆早期铁器	(206)
6.4.1	新疆出土早期铁器概况	(207)
6.4.2	伊犁地区早期铁器的鉴定	(214)
6.4.3	新疆早期铁器的年代及研究展望	(219)
6.5	长江中游地区早期铁器：以老河口杨营遗址出土铁器为例	(221)
6.6	中国冶铁技术起源简论	(229)
6.6.1	块炼铁技术起源	(229)
6.6.2	生铁技术起源	(231)

6.6.3 中国冶铁技术的起源及研究展望	(235)
第七章 古代生铁冶炼技术的研究	(236)
7.1 生铁冶炼遗址概况	(236)
7.1.1 调查、发掘与保护现状	(236)
7.1.2 炉型结构	(241)
7.1.3 鼓风技术	(245)
7.1.4 冶炼燃料	(247)
7.2 生铁冶炼遗址的冶炼技术研究	(249)
7.2.1 河南舞钢、西平冶铁遗址群	(249)
7.2.2 河南鲁山冶铁遗址群	(259)
7.2.3 安徽淮北相城冶铁遗址	(269)
7.2.4 四川蒲江铁牛村冶铁遗址	(272)
7.3 战国两汉时期铁器的制作工艺：以河北徐水东黑山遗址出土铁器为例	(279)
7.4 宋元明清时期铁器的制作工艺	(294)
7.5 中国古代生铁及生铁制钢技术体系新探	(302)
第八章 生铁技术的传播与交流研究	(308)
8.1 生铁技术的东传	(308)
8.1.1 先秦时期东北地区铁器及冶铁业	(309)
8.1.2 汉晋南北朝时期东北地区铁器及冶铁业	(319)
8.1.3 从铁器的鉴定看生铁技术在东北地区的传播	(330)
8.1.4 朝鲜半岛早期铁器和冶铁技术研究	(340)
8.1.5 日本列岛早期铁器和冶铁技术研究	(342)
8.1.6 简论生铁技术的东传途径	(344)
8.2 生铁技术的南传	(347)
8.2.1 战国秦汉时期南方地区出土铁器	(348)
8.2.2 从铁器的鉴定看生铁技术的南传	(350)
8.2.3 简论生铁技术的南传	(369)
8.3 生铁技术的西传	(371)
8.3.1 西北地区出土铁器的检测	(371)
8.3.2 简论生铁技术的西传	(381)
8.4 东亚地区生铁技术传播的相关问题	(382)
第九章 先秦时期金的制作技术研究	(384)
9.1 商及商以前金制品	(386)
9.2 西周时期金制品	(393)
9.3 春秋时期金制品	(398)
9.4 战国时期金制品	(404)

9.5 先秦时期金的制作技术发展脉络	(409)
第十章 明清时期炼锌技术研究	(411)
10.1 古代炼锌技术研究概况	(412)
10.1.1 锌与早期黄铜	(412)
10.1.2 古代炼锌技术起源之争	(413)
10.1.3 西南地区传统炼锌工艺调查	(415)
10.2 重庆丰都、石柱炼锌遗址群的调查	(417)
10.2.1 调查缘由	(417)
10.2.2 丰都炼锌遗址群	(418)
10.2.3 石柱铅锌采冶遗址群	(420)
10.2.4 遗址群的年代	(423)
10.3 丰都庙背后遗址炼锌技术研究	(425)
10.3.1 炼炉	(425)
10.3.2 坩埚	(426)
10.3.3 炉料	(429)
10.3.4 炉渣	(429)
10.3.5 金属	(432)
10.4 中印古代炼锌技术的再比较	(434)
10.4.1 冶炼技术	(434)
10.4.2 起始时间	(438)
10.5 古代炼锌技术研究的收获与展望	(439)
第十一章 冶金技术与中华文明发展	(442)
11.1 中国早期冶金术中的西方因素	(442)
11.1.1 铸铜遗址出土的陶管	(442)
11.1.2 金珠工艺	(448)
11.1.3 青铜镀锡技术	(454)
11.1.4 从陶管、金珠和镀锡看冶金术的东西交流	(460)
11.2 青铜冶铸技术与中华文明起源	(461)
11.2.1 中国史前文明的多元演进道路	(461)
11.2.2 中原地区的早期青铜冶铸技术	(466)
11.2.3 青铜冶铸技术与中原地区早期国家的形成	(469)
11.3 生铁技术与秦汉帝国的建立	(470)
11.3.1 生铁工农具的推广使用与农业革命	(470)
11.3.2 生铁制钢技术对军事的影响	(471)
11.4 中国古代金属冶铸文明的文化特质	(477)
后记	(479)

第一章 绪 论

1.1 冶金考古的研究内容

石、铜、铁三种材质工具的创造和使用，把人类社会不断推向新的时期，这些材料成为人类社会和历史发展的重要物质基础。丹麦考古学家 C. J. 汤姆逊根据不同材料对人类社会的不同作用，将古代社会发展进程分成石器时代、青铜时代和铁器时代，“三期说”的提出推动了考古学的深入发展。当前，人类社会正迈向以硅材料为基础的信息时代，但金属材料依然是当今社会发展的物质基础。冶金技术涉及原材料供应处理、化学反应和物质改性等多方面因素，代表着人类对自然界认识和利用水平的提高，反映了多方面知识、技艺及生产管理方式的进步，冶金技术成为文明的重要标志之一。因此，冶金技术史的系统研究，可为正确认识人类历史提供新的视角。

金属在世界各地文化中均有重要地位。五行理论是中国古代关于世界物质组成的学说之一，金、木、水、火、土构成世上的万事万物，其中金即指各种金属。罗马神话中用太阳、月亮、金星、木星、水星、火星和土星分别代表金、银、铜、锡、汞、铁和铅。众多文化都敬奉司掌金属冶炼的神，如中国的太上老君、希腊神话中的赫淮斯托斯等。不同社会或不同历史时期，金属生产有不同的生产组织和管理模式。研究金属的使用情况，是研究社会发展的重要组成部分。

然而，关于古代冶金技术的文字记载较少，考古发掘所揭示的技术信息比较有限，在面对诸如“冶金术是如何起源的？起源于何时、何地？”“某地区的冶金术是独立发展起来的，还是从外传来的？它们的交流模式、传播路线和范围如何？”“冶金技术在不同文化中的特点和作用是什么？”“冶金技术在人类文明中的地位如何”等一系列问题时，仅通过文献和传统考古学很难解决，因而引入多种现代科技对出土冶金遗物进行分析研究具有重要意义，冶金考古（archaeometallurgy）正是在这一过程中逐步发展起来的。

欧美发达国家在基本实现对本国考古发掘的早期铜器、铁器进行科学检测的同时，在环地中海地区、东南亚及南美洲等地开展了大量铜、锡等矿冶遗址的调查和发掘，探讨了各地区文明的起源和早期发展面貌情况。对非洲、西亚、南亚及北欧地区冶铁遗址的调查、发掘和研究，为揭示钢铁技术的起源与传播及其对各地区文明进程的影响提供了科学依据。自 1928 年殷墟的科学发掘至今，中国考古界已调查和发掘了较多矿冶遗址，掌握了大量的金属文物标本，提供了充足的实验研究对象。考古学家和冶金史专家密切合作，开展了大量与金属矿冶技术研究有关的文献梳理、田野考古调查

与发掘、实验室分析、保护以及展示工作,提取、揭示了金属文物及矿冶遗址的内在价值,取得了令人瞩目的成果。这些工作使冶金考古成为研究古代文明史的重要基础性学科之一。

冶金考古的“金”主要包括“金、银、铜、铁、铅、锡、锌、汞”这八种常见的金属。根据已有的考古发现,古人最早使用和冶炼这八种金属的年代有所不同。一般而言,采集、使用自然金属(如自然铜、陨铁和金)的年代较早,从矿石中提取金属的冶炼技术年代较晚,由于不同金属的化学性质不同,冶炼有难有易,所以化学性质越活泼的金属被冶炼出的时间越晚。铁比铜活泼,冶炼难度大,所以冶铁术的产生比较晚,这也是首先开始的是铜器时代,然后才是铁器时代的原因。

冶金考古研究中,需对采矿、冶炼、精炼、铸造、锻造等不同性质的矿冶遗址进行多学科结合的调查、发掘与整理,利用现代分析技术对冶铸遗物进行检测,研究采矿、冶炼及金属器制作方面的技术特点,对组织结构、生产工艺进行判断和复原,了解其产品特征和数量,探索产品的社会功能,在更广泛的范围内讨论冶金技术的发展及交流情况,更深层次地研究冶金技术在人类文明发展中的作用,并将研究成果应用于文物保护与公众展示。简言之,冶金考古是对古代金属制造业遗存及冶金技术在文明发展中的作用开展研究的一门学科,其涵盖的研究内容如图 1.1 所示。

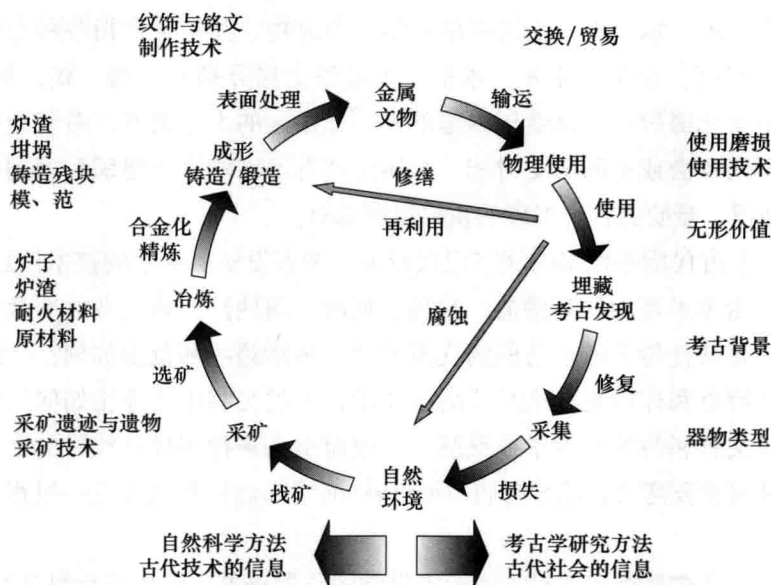


图 1.1 冶金考古研究内容示意图^①

^① Rehren Th, Pernicka E. Coins, Artefacts and Isotopes: Archaeometallurgy and Archaeometry. Archaeometry, 2008, 50(2): 232-248.

1.2 中国冶金考古研究概况

早在 20 世纪 20 年代, 中国第一代考古学家对殷墟发掘时就开始了冶金考古研究, 如殷墟铸铜遗物的分析、青铜器铸造工艺的研究和金属文物合金组成的研究。50 年代, 河北承德寿王坟战国至东汉时期的古铜矿、山西运城东汉古铜矿都得到了初步考察和研究。60~70 年代, 关于金属的检测分析工作也不断开展起来。随后山西侯马铸铜遗址的发掘, 以及河南郑州、南阳、温县、鲁山以及晋南地区的冶铁遗址调查与发掘工作, 为揭示中国古代冶金技术提供了重要的科学资料。而通过对这些矿冶遗址出土冶铸遗物的检测分析, 以及其他遗址和墓葬出土金属文物的检测分析, 对中国古代金属技术体系有了系统认识。70~90 年代, 以湖北大冶铜绿山矿冶遗址群的发掘、研究和保护为开端, 把中国冶金考古的研究推向了新的阶段, 带动了各地区矿冶遗址的调查与发掘等工作。这一时期, 关于中国冶金技术起源、商周青铜器的铸造工艺、生铁冶炼和生铁制钢技术体系的研究取得了重大成果, 冶金考古引起了学术界的重视。

21 世纪以来, 冶金考古的工作模式有所转变, 冶金考古研究方法也有较大发展。西方 20 世纪 60~70 年代对阿拉伯谷地提姆纳遗址的研究、中国 20 世纪 70~80 年代对大冶铜绿山遗址的研究都是以大规模发掘为主。现在则转变为对矿冶遗址进行详细考察和研究, 即充分利用自然科学在年代测定和检测分析方面的优势, 获得对遗址属性、技术类型和生产水平的判断, 进而揭示其考古学、历史学和遗产学价值, 为遗址保护、开发和利用提供基础资料和指南。这种转变是与我国发展中国家的地位、众多矿冶遗址难以进行全面发掘研究等现实情况相符合的。适应这种转变, 可发挥多学科优势, 以有限的经费和时间开展尽可能多的工作, 为考古研究提供更多的科学证据, 同时也是对矿冶遗址进行价值评估、实施重点保护的最好方式。这种转变的结果是, 文物考古研究者与冶金史学者合作更加紧密, 在若干地区主动、系统地开展矿冶遗址调查与发掘, 深入、细致地研究中国冶金史上存在的难点问题, 从矿冶遗址的调查、考古发掘及金属文物的检测分析各方面取得了新的突破。

矿冶遗址是研究古代金属技术发展最直接的实物证据。经过多年探索, 冶金考古研究在矿冶遗址的调查、发掘和冶铸遗物的检测方面, 成果颇为显著。运用各种科技手段和现场分析装备对数量巨大、分布广泛的古矿冶遗址进行普查, 对其中具有重要价值的遗址进行发掘和综合研究, 可弥补文献研究之不足, 也可为阐明古代冶金技术提供实物证据和展示标本。从这个意义上讲, 矿冶遗址调查与发掘是冶金考古研究的基础。得益于根据矿冶遗址内大量存在的炉渣的检测分析建立起的古炉渣学及矿冶遗址田野调查方法, 对各地矿冶遗物的年代和文化属性有了正确认识, 揭示了其冶金技术内涵、规模和特征, 为探讨冶金技术对中华文明诞生与发展的作用提供了一系列新的科学依据; 通过对冶铁遗址出土冶铸遗物的检测分析, 初步建立起中国古代钢铁技术体系。迄今, 经过系统研究的大冶铜绿山等 30 余处古矿冶遗址(群)已被列为全

国重点文物保护单位,其中包括铜矿冶遗址、铁矿冶遗址、汞矿冶遗址、金银矿冶遗址和炼锌遗址等。而冶金考古研究也成为“中华文明探源工程”和“指南针计划”等国家重大课题的重要组成部分。

对冶金遗物的实验分析是开展冶金考古研究的必要手段。年代判定是构建冶金技术发展历程的前提。矿冶遗址调查和发掘获取的冶铸遗物及遗址或墓葬出土的金属文物制品,可用多种方法测定其年代,如 ^{14}C 测年、热释光和古地磁法等,但每种测年方法各有其优缺点和使用范围,需要在实际工作中加以注意。尽管可根据冶铸遗物的宏观形态进行类型学的描述,但冶铸遗物成分和结构的检测是正确揭示冶铸技术的唯一途径。如炉渣、耐火材料、陶范和金属制品在不同的条件下具有不同的制作工艺,在成分和显微结构上也有明显差异,为正确揭示这些冶金遗物的技术信息,必须进行实验室的检测分析。

但是,相比国内矿冶遗址数量庞大、出土文物众多等现实情况,目前开展的田野和实验室工作明显不足。迄今仅对一些重要的铜矿冶炼遗址进行了系统研究,金、银、锡、铅、锌、汞等有色金属冶炼遗址的研究工作仍处于起步阶段。对钢铁冶金技术的研究大多通过铁质文物的检测进行,大量冶铁遗址有待深入的调查和研究;对宋代以后用煤炼铁引起的钢铁技术的变化及其对社会的影响研究仍很薄弱。只有把金属文物研究与采矿、冶炼、铸造等遗址的研究结合起来,才能全面揭示古代各项冶金技术的细节及其对当时社会的影响。

在中国铜冶金技术研究方面,关于冶铜技术起源和青铜器铸造技术等方面的研究虽然较多,但仍有许多关键问题需要进一步解决。例如,以块范法铸造为特点的商周青铜器铸造技术是中国古代冶金技术的重要发明之一,但对于系统了解青铜器陶范铸造技术来说,目前的研究无论在深度和广度上均有欠缺。如目前尚未对铸造流程各环节进行系统研究,因而对“造型材料的选择与制备”、“铸型的设计与制作”、“干燥和焙烧的工艺”以及“铸后清理与加工”等问题的认识尚不充分;“铸造工场的组织、分工与协作”、“青铜器区域风格的形成与制作技术的关系”、“中国古代陶范铸造青铜器传统的形成机制和对相关工艺(如金属范铸造、失蜡法、锻造等)的影响”等都需要进一步研究,才能更全面、准确地揭示中国古代陶范铸造技术的特征。

生铁冶炼及生铁制钢技术体系是中国古代冶金技术的另一大创造,尽管从铁器入手的对“中国生铁冶炼和生铁制钢技术”的研究已经较为充分,但对“中国冶铁技术起源的时间和机制”、“大规模使用生铁的意义”、“炒钢技术的发明动因”、“灌钢技术所体现的思想”以及“炒钢、灌钢制品的判定标准”等问题仍需深入研究。关于中国冶铁技术起源的问题,应从矿石、鼓风、炉型结构、操作流程等多方面考古学证据,放在更广阔的考古学背景中加以讨论。炒钢技术在中国钢铁技术发展史上具有重要地位,但是由于缺乏考古背景明确的有关炒钢冶炼遗物的检测分析,目前得出的相关结论说服力不够,没有得到国际冶金史界的广泛认同。另外,关于“生铁及生铁制钢技术对社会进步的作用”的研究也值得重视。为此,应在充分调研国内外文献的基础上,将冶铁制钢遗址的调查工作与炉渣分析结合起来综合研究。将铁器和冶铁技术交流的

问题放在整个物质文化交流史的框架下,对东西方以及中国与周边国家的交流与传播问题进行整体分析,以期有所突破。

相对铜铁研究而言,有关中国古代其他有色金属及其合金工艺的研究还很不系统,有些方面研究较为深入,有些才刚刚开始。总体来说,这方面研究以铜和铜合金的冶炼与制作工艺最为重要,其次是有关炼锌技术的研究(近期因在重庆等地发现明清时期的炼锌遗址而使相关研究得到了极大推动),关于金、银、铅、锡和汞及其合金的冶炼、制作工艺研究也有不少,但突破性的研究成果不多。

文物工作的生命力在于其研究成果一定要与群众共享。但在矿冶遗址及金属文物的研究、保护与展示方面,国内的工作还有不少需要提高的地方。如目前常以静态实物、模型和图片为主展示金属文物,形式比较单一,成果推广力度不强。同时,随着全国城乡建设的全面展开,大批古代金属文物出土,很多古代采矿、冶铸的生产遗址相继被发现,这些遗物、遗迹都面临着艰巨的保护任务,也亟待开展相关研究揭示其历史、艺术和科学价值,但限于各种条件,这一工作仍有较大空白。

另外,以往的冶金考古以个案研究居多,并多从配合考古和历史研究的角度开展,考古工作者更关心某遗址出土物的分析研究,科技工作者则更偏重金属器物 and 冶铸遗物科技内涵的提取,虽然各自取得了一些成果,但缺乏总体把握和系统考虑。近年来,国内冶金考古工作内容发生了较大变化,已从早期被动接受考古学家送样检测,发展到现在调查之前考古学家即与冶金史学家开始合作,共同制定调查、发掘、保护和展示方案,开展田野和实验室工作,对实验结果进行解析,进行展陈设计等。在一定程度上做到了考古学研究与冶金史研究的双赢,标志着冶金考古逐渐走向成熟。

1.3 本书的研究目的与内容

为研究中国冶金技术起源及早期发展,及与其他地区的交流与传播问题,近年来,我们在国家自然科学基金委、国家文物局、教育部和科技部的大力支持下,对国内数百处古矿冶遗址进行了田野调查与发掘,对新出土金属文物进行了检测分析,对国外相关矿冶遗址和冶金考古研究状况进行了考察。研究目的在于:在深化冶金考古研究方法的基础上,解析矿冶遗址出土冶铸遗物的技术内涵,深入揭示商周青铜器冶铸技术的创新因素,更加完善中国古代生铁技术体系框架,填补除铜铁之外其他金属冶炼技术发展史的空白,探索冶金技术与文明发展之间的联系,诠释具有中华文明特质的中国古代冶金技术体系。

根据这一研究目的,本书针对上节所提出的冶金考古中存在的部分问题进行了更深入的探索。在写作中,不贪大求全,对于前人已系统论述的内容,本书不再详细介绍,只根据笔者和合作者共同完成的研究结果,主要对冶金考古的研究方法、铸铜遗址出土冶铸遗物和陶范的制作技术、中国冶铁技术起源、生铁技术体系的完善与传播、先秦时期金的制作技术、明清时期炼锌技术、中国早期冶金技术中的西方因素、冶金技

术与文明发展等内容进行讨论。对于遗址和墓葬中出土的金属文物,有时对其年代的判定有争议,我们尽量从多个方面对其文化属性和年代进行判定,并从检测分析结果入手,讨论其技术内涵等宏观问题。

兼容并蓄、博采众长,海纳百川、有容乃大,中华文明正是在不断吸收、消化各外来文化的过程中兴旺发达起来的。根据近年来的研究,我们发现从冶金起源到青铜范铸,从生铁冶炼到生铁制钢,中国早期冶金技术的发展道路也是不断吸收、消化各外来技术,并逐渐形成特色鲜明的冶铸技术体系,体现了中华文明的特质,本书将围绕这一主题进行讨论。

正是中原地区具有这种吸收外来技术为自己所用,并在外来技术的基础上进行再创造的能力,才在中华文明多元一体的发展中起到核心作用。中原地区所创立的这种金属铸造技术传统,对周边地区也产生了强烈影响。古代中国创造的冶铸文化,在世界冶金技术及人类文明的发展史上具有重要地位。如何更深入认识古代中国的冶金技术体系,正确对待祖先留下的宝贵文化遗产,是我们的责任,这也是从中汲取营养,建立创新型国家的意义所在。

第二章 冶金考古研究方法简论

鉴于金属冶炼和金属器大规模使用对人类文明发展的重要推动作用,古代金属矿冶遗址对于研究古代社会、经济和文化发展的重要意义,几十年来在多科学者及政府部门的参与和推动下,冶金考古研究取得了重大进展。从冶金考古学术史来看,前辈学者一直注重矿冶遗址的考古发掘方法、遗迹判定以及遗物的实验室检测分析等内容,这些研究成果得到了国际冶金史学界的高度评价。孙淑云、柯俊两位先生概括出冶金史的研究方法,主要包括:文献的收集整理方法,包括古代文献和近现代地质矿产文献资料;调查研究方法,包括矿冶遗址考察和传统工艺调查;检测与实验方法,包括样品的检测分析和实验模拟;综合研究与社会发展史结合的方法;多学科结合的方法等^①。2007年我们在南京举办的中国文物保护技术协会第五次学术年会上发表了《古代矿冶遗址的研究与保护》一文,提出了冶金考古研究与保护的工作思路,指出对矿冶遗址历史和科学价值的充分揭示是保护工作的前提,正确的研究方法及稳定的研究团队是信息提取的基础,加强矿冶遗址研究、保护与展示的理论 and 实践研究也十分必要^②。近年来,国内外关于矿冶遗址的研究和保护工作有了新的发现和成果,在研究方法上也有了新的趋势,有必要结合国内冶金考古发展的现状,对矿冶遗址调查、研究、保护与展示进行新的思考。

2.1 文献调研

冶金考古和其他学科一样,传统的方法依然是整理文献。中国具有悠久的史学传统,历代的官修史书、方志、野史等历史文献,《考工记》、《梦溪笔谈》、《大冶赋》、《淑园杂记》、《天工开物》、《滇南矿产图略》等科技典籍,大量金文、碑刻、诗词歌赋、笔记、游记、民间传说,以及考古及地质工作者完成的考古调查与发掘报告、地质调查资料、环境调查资料等,均记载了许多冶金技术的信息,包括金属矿的产地、开采技术、冶炼技术以及生产流通等,为了解和研究古代冶金提供了宝贵的资料,兹举几例简要说明。

《周礼·考工记》是先秦古籍中重要的科学技术文献。《考工记·攻金之工》载:

“金有六齐:六分其金,而锡居一,谓之钟鼎之齐;五分其金,而锡居一,谓之斧斤之齐;四分其金,而锡居一,谓之大刃之齐;三分其金,而锡居一,

^① 孙淑云、柯俊:《冶金史研究方法的探索》,《广西民族学院学报》(自然科学版)2004年第2期。

^② 陈建立、李延祥:《古代冶金遗址的研究与保护》,《中国文物保护技术协会第五次学术年会论文集》,科学出版社,2008年。

谓之戈戟之齐；五分其金，而锡居二，谓之削杀矢之齐；金锡半，谓之鉴燧之齐。”

这是我国乃至世界上已知的有关青铜合金成分规律的最早记载。关于《考工记》的成书年代，虽有诸多不同意见^①，但大多数学者同意郭沫若对清人江永“东周后齐人所作”说法的补充，认为“《考工记》实系春秋末年齐国所记录的官书”^②。然而，有关“六齐”所载青铜合金配制比例的科学性有较多争论，实质上是对“金”的涵义有不同理解。有学者认为是青铜^③，并进一步认为“金”即青铜，“六齐”的文意正如明代的注释：“六分其金而锡居一者，金五分，锡一分，共六分也。”有学者认为是纯铜^④；还有的学者对前五齐的解释与第二种观点相一致，只是将“鉴燧之齐”的铜锡配比由1:1改为2:1^⑤。其中，华觉明明确指出不能同意“六齐”中的“锡”即指锡铅总量的观点，他认为《考工记》“六齐”记述的只是商周时期实际应用的锡青铜、铜锡铅三元合金、铜铅合金或铅铜合金这三大系列之一的锡青铜六种配比而已。

以上三种观点虽不尽相同，却都有重要的启迪意义。目前，学术界对“六齐”的解释大都归结于张子高在“金即纯铜”的基础上发展而来的“金锡半”之说。然而经实物的化学成分检测，多数商周青铜器的含锡量与“六齐”并不相符。陈铁梅曾对战国青铜剑的合金元素组成进行了统计分析，指出检测结果并不符合“六齐”的记载，但在大的趋势上仍不失其科学性^⑥。所以，在这一问题上应本着实事求是的原则，正视《考工记》作为史料在科学研究中的重要价值，同时也要“如实地把‘六齐’看成是特定历史阶段特定地区部分青铜器件合金配制的反映，而不能要求它适用于商周时期各个历史阶段的所有地区和所有青铜器件”^⑦。为此，我们开展了高锡青铜刀具的实验考古

① 陈直：《古籍述闻》，《文史》第三辑，1963年，陈直认为《考工记》有楚人所附益。刘广定：《从钟鼎到鉴燧——六齐与〈考工记〉有关的问题试探》，《中国科学史论集》，台湾大学出版中心，2002年，第223~239页；刘广定：《从车轮看考工记的成书年代》，《中国科学史论集》，台湾大学出版中心，2002年，第241~254页。刘广定认为“《考工记》中与铜器有关的部分依汉人观点写成或至少使人怀疑这部分的内容在汉代曾为人所损益”。

② 郭沫若：《考工记的年代与国别》，《天地玄黄》，上海大孚出版公司、群益出版社，1950年，第605页。

③ 转引自张子高：《六齐别解》，《清华大学学报》（自然科学版）1958年第4卷2期；Chikashige M. The Composition of Ancient Eastern Bronze. Journal of the Chemical Society, 1920, 117: 917-922；王琰：《中国古代金属原质之化学》，《科学》1920年第6期；章鸿钊：《中国用锌之起源》，《科学》1923年第3期；梁津：《周代合金成分考》，《科学》1925年第10期；袁翰青：《我国古代人民的炼铜技术》，《化学通报》1954年第2期；周则岳：《试论中国古代冶金史的几个问题》，《中南矿冶学院学报》1956年第1期；闻广：《中国古代青铜与锡矿》，《地质论评》1980年第4期。

④ 陈梦家：《殷代铜器的合金成分及其铸造》，《考古学报》第7册，1954年；杨宽：《战国史》，上海人民出版社，1980年，第67、68页。

⑤ 张子高：《六齐别解》，《清华大学学报》（自然科学版）1958年第2期；郭宝钧：《中国青铜器时代》，生活·读书·新知三联书店，1963年，第12页；周始民：《〈考工记〉六齐成分的研究》，《化学通报》1978年第3期；田长浒：《从现代实验剖析中国古代青铜铸造的科学成就》，《成都科技大学学报》1980年第3、4期；吴来明：《“六齐”、商周青铜器化学成分及其演变的研究》，《文物》1986年第11期；凌业勤：《中国古代传统铸造技术》，科学技术文献出版社，1987年，第20~26页；华觉明：《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》，大象出版社，1999年，第251~293页；刘广定：《从钟鼎到鉴燧——六齐与〈考工记〉有关的问题试探》，《中国科学史论集》，台湾大学出版中心，2002年，第223~239页。

⑥ 陈铁梅：《定量考古学》，北京大学出版社，2005年，第283页。

⑦ 华觉明：《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》，大象出版社，1999年，第283页。