

卢嘉锡 总主编

中国科学技术史

矿冶卷

韩汝玢 柯俊 主编



科学出版社

卢嘉锡 总主编

中国科学技术史

矿冶卷

韩汝玠 柯俊 主编

科学出版社

内 容 简 介

中国古代科学技术的辉煌成就举世瞩目,对其进行系统整理和研究是几代中国学者的愿望。《中国科学技术史》由中国科学院自然科学史研究所与科学出版社联合组织,在数百位学者数十年的共同努力下,各分卷陆续出版,成为一项全面系统、结构合理的重大学术工程,堪称中国学者研究中国古代科学技术的集大成之作。

本书各卷分可独立成书,合则成为有机整体,经纬交错,斐然成章,对于研究中国古代科学技术传统的国内外学者具有极高的参考价值,同时也是公众准确认识和深入理解中华文明史的重要读本。

图书在版编目(CIP)数据

中国科学技术史 / 卢嘉锡主编. —北京: 科学出版社, 2016. 7

ISBN 978-7-03-049360-6

I. ①中… II. ①卢 III. ①科学技术—技术史—中国 IV ①.N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 159988 号

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 5 月第三次印刷 印张: 1068 1/2 插页: 24

字数: 26 800 000

定价: 6920.00 元

(26 卷套装)

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《中国科学技术史》的组织机构和人员

顾问 (以姓氏笔画为序)

王大珩	王佛松	王振铎	王绶琯	白寿彝	孙 枢	孙鸿烈	师昌绪
吴文俊	汪德昭	严东生	杜石然	余志华	张存浩	张含英	武 衡
周光召	柯 俊	胡启恒	胡道静	侯仁之	俞伟超	席泽宗	涂光炽
袁翰青	徐莘芳	徐冠仁	钱三强	钱文藻	钱伟长	钱临照	梁家勉
黄汲清	章 综	曾世英	蒋顺学	路甬祥	谭其骧		

总主编 卢嘉锡

编委会委员 (以姓氏笔画为序)

马素卿	王兆春	王渝生	孔国平	艾素珍	丘光明	刘 钝	华觉明
汪子春	汪前进	宋正海	陈美东	杜石然	杨文衡	杨 熺	李家治
李家明	吴瑰琦	陆敬严	罗桂环	周魁一	周嘉华	金秋鹏	范楚玉
姚平录	柯 俊	赵匡华	赵承泽	姜丽蓉	席龙飞	席泽宗	郭书春
郭湖生	谈德颜	唐锡仁	唐寰澄	梅汝荪	韩 琦	董恺忱	傅熹年
廖育群	潘吉星	薄树人	戴念祖				

常务编委会

主 任 陈美东

委 员 (以姓氏笔画为序)

华觉明 杜石然 金秋鹏 赵匡华 唐锡仁 潘吉星 薄树人 戴念祖

编撰办公室

主 任 金秋鹏

副 主 任 周嘉华 杨文衡 廖育群

工作人员 (以姓氏笔画为序)

王扬宗 陈 晖 郑俊祥 徐凤先 康小青 曾雄生

总 序

中国有悠久的历史 and 灿烂的文化,是世界文明不可或缺的组成部分,为世界文明做出了重要的贡献,这已是世所公认的事实。

科学技术是人类文明的重要组成部分,是支撑文明大厦的主要基干,是推动文明发展的重要动力,古今中外莫不如此。如果说中国古代文明是一棵根深叶茂的参天大树,中国古代的科学技术便是缀满枝头的奇花异果,为中国古代文明增添斑斓的色彩和浓郁的芳香,又为世界科学技术园地增添了盎然生机。这是自上世纪末、本世纪初以来,中外许多学者用现代科学方法进行认真的研究之后,为我们描绘的一幅真切可信的景象。

中国古代科学技术蕴藏在汗牛充栋的典籍之中,凝聚于物化了的、丰富多彩的文物之中,融化在至今仍具有生命力的诸多科学技术活动之中,需要下一番发掘、整理、研究的功夫,才能揭示它的博大精深的真实面貌。为此,中国学者已经发表了数百种专著和万篇以上的论文,从不同学科领域和审视角度,对中国科学技术史作了大量的、精到的阐述。国外学者亦有佳作问世,其中英国李约瑟(J. Needham)博士穷毕生精力编著的《中国科学技术史》(拟出7卷34册),日本薮内清教授主编的一套中国科学技术史著作,均为宏篇巨著。关于中国科学技术史的研究,已是硕果累累,成为世界瞩目的研究领域。

中国科学技术史的研究,包涵一系列层面:科学技术的辉煌成就及其弱点;科学家、发明家的聪明才智、优秀品德及其局限性;科学技术的内部结构与体系特征;科学思想、科学方法以及科学技术政策、教育与管理的优劣成败;中外科学技术的接触、交流与融合;中外科学技术的比较;科学技术发生、发展的历史过程;科学技术与社会政治、经济、思想、文化之间的有机联系和相互作用;科学技术发展的规律性以及经验与教训,等等。总之,要回答下列一些问题:中国古代有过什么样的科学技术?其价值、作用与影响如何?又走过怎样的发展道路?在世界科学技术史中占有怎样的地位?为什么会这样,以及给我们什么样的启示?还要论述中国科学技术的来龙去脉,前因后果,展示一幅真实可靠、有血有肉、发人深思的历史画卷。

据我所知,编著一部系统、完整的中国科学技术史的大型著作,从本世纪50年代开始,就是中国科学技术史工作者的愿望与努力目标,但由于各种原因,未能如愿,以致在这一方面显然落后于国外同行。不过,中国学者对祖国科学技术史的研究不仅具有极大的热情与兴趣,而且是作为一项事业与无可推卸的社会责任,代代相承地进行着不懈的工作。他们从业余到专业,从少数人发展到数百人,从分散研究到有组织的活动,从个别学科到科学技术的各领域,逐次发展,日臻成熟,在资料积累、研究准备、人才培养和队伍建设等方面,奠定了深厚而又广大的基础。

20世纪80年代末,中国科学院自然科学史研究所审时度势,正式提出了由中国学者编著《中国科学技术史》的宏大计划,随即得到众多中国著名科学家的热情支持和大力推动,得到中国科学院领导的高度重视。经过充分的论证和筹划,1991年这项计划被正式列为中国科学院“八五”计划的重点课题,遂使中国学者的宿愿变为现实,指日可待。作为一名科技工作者,我对此感到由衷的高兴,并能为此尽绵薄之力,感到十分荣幸。

《中国科学技术史》计 30 卷,每卷 60 至 100 万字不等,包括以下三类:

通史类(5 卷):

《通史卷》、《科学思想史卷》、《中外科学技术交流史卷》、《人物卷》、《科学技术教育、机构与管理卷》。

分科专史类(19 卷):

《数学卷》、《物理学卷》、《化学卷》、《天文学卷》、《地学卷》、《生物学卷》、《农学卷》、《医学卷》、《水利卷》、《机械卷》、《建筑卷》、《桥梁技术卷》、《矿冶卷》、《纺织卷》、《陶瓷卷》、《造纸与印刷卷》、《交通卷》、《军事科学技术卷》、《计量科学卷》。

工具书类(6 卷):

《科学技术史词典卷》、《科学技术史典籍概要卷》(一)、(二)、《科学技术史图录卷》、《科学技术年表卷》、《科学技术史论著索引卷》。

这是一项全面系统的、结构合理的重大学术工程。各卷分可独立成书,合可成为一个有机的整体。其中有综合概括的整体论述,有分门别类的纵深描写,有可供检索的基本素材,经纬交错,斐然成章。这是一项基础性的文化建设工程,可以弥补中国文化史研究的不足,具有重要的现实意义。

诚如李约瑟博士在 1988 年所说:“关于中国和中国文化在古代和中世纪科学、技术和医学史上的作用,在过去 30 年间,经历过一场名副其实的新知识和新理解的爆炸”(中译本李约瑟《中国科学技术史》作者序),而 1988 年至今的情形更是如此。在 20 世纪行将结束的时候,对所有这些知识和理解作一次新的归纳、总结与提高,理应是中國科学技术史工作者义不容辞的责任。应该说,我们在启动这项重大学术工程时,是处在很高的起点上,这既是十分有利的基础条件,同时也自然面对更高的社会期望,所以这是一项充满了机遇与挑战的工作。这是中国科学界的一大盛事,有著名科学家组成的顾问团为之出谋献策,有中国科学院自然科学史研究所和全国相关单位的专家通力合作,共襄盛举,同构华章,当不会辜负社会的期望。

中国古代科学技术是祖先留给我们的一份丰厚的科学遗产,它已经表明中国人在研究自然并用于造福人类方面,很早而且在相当长的时间内就已雄居于世界先进民族之林,这当然是值得我们自豪的巨大源泉,而近三百年来,中国科学技术落后于世界科学技术发展的潮流,这也是不可否认的事实,自然是值得我们深省的重大问题。理性地认识这部兴盛与衰落、成功与失败、精华与糟粕共存的中国科学技术发展史,引以为鉴,温故知新,既不陶醉于古代的辉煌,又不沉沦于近代的落伍,克服民族沙文主义和虚无主义,清醒地、满怀热情地弘扬我国优秀的科学技术传统,自觉地和主动地缩短同国际先进科学技术的差距,攀登世界科学技术的高峰,这些就是我们从中国科学技术史全面深入的回顾与反思中引出的正确结论。

许多人曾经预言说,即将来临的 21 世纪是太平洋的世纪。中国是太平洋区域的一个国家,为迎接未来世纪的挑战,中国人应该也有能力再创辉煌,包括在科学技术领域做出更大的贡献。我们真诚地希望这一预言成真,并为此贡献我们的力量。圆满地完成这部《中国科学技术史》的编著任务,正是我们为之尽心尽力的具体工作。

卢嘉锡

1996 年 10 月 20 日

目 录

总序	卢嘉锡
第一章 绪言	柯俊 (1)
一 矿冶技术史的研究对象与内容	(1)
二 矿冶技术史的研究方法	(1)
三 中国古代矿冶技术成就概述	(6)
第二章 中国古代采矿技术	卢本珊 (10)
第一节 史前期采矿技术	(11)
一 关于采矿的技术背景	(11)
二 金属矿开采技术的起源	(15)
第二节 夏商采矿技术	(17)
一 手工业分工促进矿业发展	(17)
二 商代探矿技术	(19)
三 商代采矿技术	(21)
第三节 西周采矿技术	(39)
一 关于西周的主要产铜地区	(40)
二 西周采矿技术的发展	(45)
三 西周选矿技术	(63)
第四节 东周时期的采矿技术	(70)
一 东周矿业发展概况	(70)
二 找矿方法	(73)
三 采矿技术的发展	(76)
第五节 秦汉魏晋南北朝采矿技术	(110)
一 社会经济的发展和矿业管理的加强	(110)
二 采矿技术的提高	(113)
第六节 隋唐五代采矿技术	(127)
一 矿业政策的变化和矿业辅助技术的发展	(127)
二 金属矿山的分布概况	(129)
三 采矿技术的进一步提高	(138)
第七节 宋元采矿技术	(142)
一 坑冶制度的变革和矿物学知识的增长	(142)
二 主要矿山的分布及遗址概况	(143)
三 采矿技术的持续发展	(150)
第八节 明清采矿技术	(153)
一 矿业政策与厂矿管理	(153)

二	明清主要金属矿山的分布及遗址概况	(155)
三	集大成的明清采矿技术	(162)
第三章	中国早期铜与铜合金技术	孙淑云 (175)
第一节	概论	(175)
一	铜与原始铜合金是人类最早冶炼的金属	(175)
二	青铜是人类古代文明的重要标志之一	(176)
第二节	中国早期黄铜器的冶金学研究	(181)
一	早期黄铜器的检测与模拟实验	(182)
二	冶金物理化学研究	(185)
第三节	中国公元前 3000 年前后铜器和冶铜渣研究	(190)
第四节	中国公元前第三千纪后期的铜器	(192)
一	马厂文化时期的铜器	(192)
二	齐家文化时期的铜器	(192)
三	龙山文化晚期的铜器与铜冶铸遗物	(193)
第五节	中国公元前第二千纪前期的铜器	(195)
一	甘肃	(196)
二	内蒙古自治区和河北、京、津地区	(201)
三	山东岳石文化青铜器	(204)
四	河南、山西二里头文化铜器	(205)
五	新疆早期铜器	(210)
第六节	铜冶铸技术的产生和早期发展总结	(213)
一	中国冶铜技术的起始阶段	(213)
二	中国铜冶铸技术的早期发展阶段	(213)
三	中国铜冶铸技术迅速发展阶段	(214)
第四章	中国发达的青铜合金技术	孙淑云 (216)
第一节	中国商代青铜器及合金技术	(216)
一	商代出土青铜器的分布	(216)
二	商代青铜器出土种类及数量	(217)
三	商代青铜器的合金成分	(219)
四	商代青铜合金配制的遗迹	(226)
五	四川广汉三星堆出土铜器研究	(227)
第二节	西周时期青铜器及合金技术	(233)
一	西周时期青铜器的特点	(233)
二	西周早期青铜器的合金技术	(236)
第三节	春秋战国时期青铜器	(239)
一	春秋战国时期青铜器特点	(239)
二	春秋战国时期的青铜合金技术	(241)
第五章	中国古代有色金属冶炼技术	李延祥 (259)
第一节	炼铜技术	(259)

一	炼铜技术的文献研究	(259)
二	以炉渣为主研究古代火法炼铜技术的方法	(269)
三	辽西地区早期炼铜技术	(275)
四	长江中下游地区早期炼铜技术	(290)
五	新疆奴拉赛古铜矿冶炼技术研究	(304)
第二节	铅银冶炼技术	(308)
一	中国古代用铅银概述	(311)
二	铅银矿产资源	(315)
三	铅银冶炼技术	(316)
第三节	炼锌技术	(328)
一	炼锌炉及炼锌罐	(330)
二	冶炼操作	(332)
三	中印古代炼锌技术的比较	(333)
第四节	炼汞技术	(335)
一	古代炼汞技术	(335)
二	土法炼汞简介	(336)
第五节	炼锡技术	(340)
一	贺富钟南丹炼锡法	(341)
二	个旧炼锡法	(342)
第六章	中国古代钢铁冶金技术	韩汝玢 (344)
第一节	陨铁の利用	(344)
一	陨铁的特征	(344)
二	陨铁制品	(349)
三	我国是记载陨星最早的国家之一	(358)
第二节	中国铁器的使用和人工冶铁的起源	(360)
一	使用铁器的古代文献记载	(361)
二	属于公元前五世纪出土的铁器制品——春秋战国时期冶铁业兴起	(362)
三	早期铁器的金相学研究	(377)
第七章	战国中晚期铁器制作技术的大发展	韩汝玢 (390)
第一节	公元前三世纪即战国中晚期铁器的考古发现	(390)
一	战国中晚期出土的铁器	(390)
二	战国时期冶铁手工业遗址	(400)
第二节	战国中晚期出土铁器的金属学鉴定	(406)
一	湖北大冶铜绿山古矿井出土铁制工具的鉴定	(406)
二	阳城铸铁遗址出土铁器的金相鉴定	(410)
三	河北易县燕下都 44 号墓出土铁器的金相分析	(413)
第三节	山西战国中晚期铁器及冶铁遗址考察与研究	(418)
一	山西战国中晚期冶铁遗址的再考察	(418)
二	山西侯马地区出土战国铁器的金相学研究	(424)

三	三晋地区是战国时期冶铁技术的中心之一	(436)
第四节	生铁农具与社会发展	(440)
一	秦简中的秦国农业	(440)
二	楚国的铁器与农业生产	(440)
三	燕国铁农具促进农业生产	(441)
四	粮食产量	(442)
五	生产工具的应用,促进了农田水利灌溉的发展	(443)
六	冶铁手工业的发展,促进了商业繁荣和城市建设	(444)
第八章	秦汉时期冶铁技术进入成熟阶段	韩汝玢 (446)
第一节	秦汉时期铁器的考古发现	(446)
一	大型新式铁农具	(446)
二	西汉开始使用铁器的地区迅速扩大	(448)
三	西汉长安城武库遗址	(452)
四	汉代窖藏出土铁器	(455)
五	汉阳陵附近钳徒墓的发现	(471)
第二节	汉诸侯王陵墓出土铁器	(472)
一	汉王陵出土铜、铁器的数量分析	(474)
二	汉王陵出土铁器的金相学研究	(475)
三	汉王陵出土铁器反映的钢铁技术	(499)
四	汉王陵出土铁器与社会发展	(501)
第三节	铁官与冶铁遗址	(502)
一	铁官与冶铁遗址分布	(502)
二	汉代陶釜上的铁官铭文	(508)
三	汉代冶铁遗址研究	(509)
第四节	从铁器的金属学研究看中国古代东北地区铁器和冶铁业的发展	(536)
一	东北地区出土的早期铁器	(537)
二	东北地区出土铁器的金属学研究	(541)
三	古代东北地区铁器的使用和发展	(545)
四	东北地区铁器和冶铁业的交流与传播	(547)
	附记:古代韧性铸铁中的球状石墨	(549)
第九章	古代炼铁炉	韩汝玢 (556)
第一节	炼铁炉分类	(556)
一	块炼炉	(556)
二	坩埚炼铁	(557)
三	冶铁竖炉及其演变	(559)
第二节	汉代及其以前的冶铁竖炉	(560)
一	现存最早的冶炼生铁的竖炉	(560)
二	汉代冶铁竖炉	(561)
第三节	唐宋时期冶铁竖炉的改进	(566)

一	唐宋时期的炼铁遗址与炼铁竖炉	(566)
二	河南是唐宋时代冶铁遗址发现较多的地区	(567)
三	宋代的行炉	(580)
第四节	元明清时期的冶铁竖炉	(580)
一	元代竖炉	(580)
二	明清时代冶铁竖炉的改进及冶炼技术	(582)
第五节	冶金燃料	(587)
一	木炭	(587)
二	煤	(587)
三	礁	(590)
第六节	古代鼓风技术	(591)
一	最早的鼓风器	(591)
二	皮囊	(591)
三	水排	(593)
四	木扇	(594)
五	活塞式木风箱	(597)
第十章	古代炼钢技术	韩汝玢 (599)
第一节	块炼渗碳钢	(601)
第二节	铸铁固体脱碳钢	(604)
一	最早发现的铸铁固体脱碳钢制品	(604)
二	固体脱碳钢板材	(609)
第三节	炒钢	(612)
一	炒钢炉	(612)
二	出土的炒钢制品	(614)
三	史书记载	(615)
第四节	百炼钢	(618)
一	文献记载	(618)
二	百炼钢实物鉴定	(619)
三	日本“百炼”刀剑	(623)
四	关于“涑”数	(626)
第五节	灌钢	(627)
一	灌钢	(627)
二	苏钢	(629)
第十一章	中国古代的铸造技术	李秀辉 (631)
第一节	铸造遗址	(631)
一	商周时期的铸铜遗址	(633)
二	春秋战国时期的铸造遗址	(638)
三	汉代铸造遗址	(644)
四	河南荥阳楚村元代铸造遗址	(650)

第二节	范铸技术	(650)
一	石范铸造	(650)
二	泥范铸造	(656)
三	金属范铸造	(662)
第三节	叠铸技术	(670)
一	叠铸技术的产生与发展	(670)
二	汉代叠铸工艺	(673)
第四节	失蜡法铸造	(676)
一	失蜡法源流	(676)
二	失蜡法工艺过程	(678)
第五节	钱币铸造技术	(680)
一	中国金属铸币发展概况	(680)
二	石范铸钱技术的研究	(687)
三	汉代铜范铸钱工艺的研究	(694)
四	萧梁钱币铸造工艺的研究	(696)
第六节	钟的制作技术	(698)
一	编钟	(698)
二	梵钟	(705)
第七节	大型金属铸件的铸造技术	(711)
一	有关大型金属铸件的文献记载	(711)
二	现存的大型金属铸件	(712)
三	大型铸件铸造技术的研究	(719)
第十二章	金属合金的发展	孙淑云 (725)
第一节	黄铜合金技术	(725)
一	鎔石的西来	(725)
二	黄铜的冶炼	(726)
第二节	砷铜合金技术	(727)
一	中国西北地区发现的砷铜	(727)
二	砷铜的组织性能	(728)
三	砷铜的冶炼	(732)
四	中国西北古代砷铜起源探讨	(734)
五	炼丹术与砷铜的点化	(735)
第三节	镍白铜	(737)
一	镍白铜的发明与传播	(737)
二	镍白铜的冶炼	(737)
第四节	金汞合金	(740)
一	分析检测	(741)
二	讨论	(743)
第五节	“连”与“鑊”	(744)

一	文献与考古资料中所反映的“连”、“镗”问题	(744)
二	对铅锡连镗的冶金学初步探讨	(746)
第十三章	铜镜与铜鼓	孙淑云 (749)
第一节	铜镜	(749)
一	铜镜的历史	(749)
二	铜镜的成分和组织	(751)
三	黑漆古铜镜	(768)
第二节	铜鼓	(777)
一	概述	(777)
二	铜鼓的铸造工艺	(779)
三	铜鼓的合金成分及金属材质	(786)
四	铜鼓制作技术及其与资源、社会形态的关系	(790)
第十四章	锻造技术及热处理技术	(793)
第一节	中国古代金属锻造技术概述	李秀辉 (793)
一	铜器的锻造	(793)
二	铁器的锻造	(794)
第二节	传统锻造工艺和产品简介	韩汝玢 (798)
一	金箔	(798)
二	斑铜	(801)
三	芜湖铁画	(802)
第三节	热处理技术	韩汝玢 (804)
一	退火	(804)
二	淬火	(806)
三	渗碳技术	(808)
四	贴钢	(809)
第四节	响铜器制作技术	孙淑云 (810)
一	响铜器的使用历史	(810)
二	中国传统响铜器生产工艺的考察	(811)
三	中国响铜器的实验研究	(816)
第十五章	中国古代金属表面处理技术	(827)
第一节	包金、鍍金、错金银技术	李秀辉 (827)
一	包金	(827)
二	鍍金	(827)
三	错金银	(831)
第二节	黄铜表面着色技术	孙淑云 (834)
一	文献记载	(834)
二	黄铜表面着色方法的实验研究	(835)
第三节	乌铜走金银技术	韩汝玢 (836)
一	乌铜走金银源流	(836)

二 工艺过程简述·····	(836)
第四节 古代青铜器表面镀锡技术····· 韩汝玢	(838)
一 鄂尔多斯青铜饰品·····	(839)
二 云南古滇国表面镀锡青铜器·····	(844)
三 巴蜀兵器表面虎斑纹·····	(846)
四 斑纹钺的鉴定·····	(849)
参考文献·····	(853)
后记·····	(857)
总跋·····	(859)

第一章 绪 言

人类从其出现开始，为了获得和制备食物、工具及准备衣着和居处，都会利用自然材料，并在此基础上进行加工、制造和改性。人类使用金属从自然金和自然铜开始，经过矿冶技术创造出许多金属合金材料，冶金是人类文明和社会发展的物质基础。矿冶技术史是人类文明史、科学技术史的重要组成部分。中国矿冶技术的产生、发展和历史证明，它对中华民族的生存、统一和发展曾起过重要作用；发掘和论述中国古代矿冶技术成就对研究中华文明起源、发展及其在世界文明史中的地位，弘扬它们使之进入世界文化遗产领域，占据应有位置都是非常必要的。

一 矿冶技术史的研究对象与内容

矿冶技术史以中国古代冶金技术的产生、发展及其演变为研究对象，涉及金、银、铜、铅、锡、汞、锌和作为合金元素的砷、锑等有色合金技术史、钢铁技术史，也包括它们的采矿、选矿技术、矿产资源及其分布，金属加工技术史包括铸造、锻造、热处理及金属表面处理技术等内容。在总结古代文献的基础上，系统而全面地阐明中国自公元前 3000 年开始使用金属起的古代矿冶技术产生、发展的历程，不同时代、不同地域冶金技术和产品的特征，中西相关技术的比较研究，与周边地区矿冶产品的交流及相互影响，剖析冶金技术与矿业发展对中国古代社会建立、巩固和发展，及农业经济的变革和军事技术变化所起的重要作用等。是近 30 年冶金考古工作者科研成果的总和，特别是包括了近期矿冶技术史研究的新进展。

二 矿冶技术史的研究方法

矿冶技术史与科学技术史的其他学科的研究方法具有共同之处，但也有其独特性。本书作者及同行，在其二三十年来的研究工作中，得到全国许多省市考古文物、博物馆工作者的大力支持和指导，以及国际同行的支持和认同，摸索和总结出的研究方法，有以下几个方面。

（一）文献的收集与整理

1. 古代文献

古代文献是我们祖先留给后人的宝贵财富，记载了历史上的科学技术，对古代文献的收集整理是科学技术史研究必不可少的重要方法之一。

中国古代文献中有关冶金的记载虽然不多，但为了解和研究古代冶金提供了宝贵的资料，《考工记》是先秦古籍中重要的科学技术文献。据清人考证，它是春秋末齐国人关于手工业技术的记录，其中“六齐”规律记载的是青铜中铜锡元素的六种配比。“六齐”规律是

世界上最早的合金工艺总结，对古代的这一杰出成就的了解，正是从整理文献中得到的。

东汉《越绝书》记载了战国初期吴越著名冶师欧冶子、干将、莫邪的事绩，近代出土的“越王勾践自作用剑”证实了其铸剑的技术水平。

我国胆铜法的发明，是对冶金技术的重大贡献。胆铜法首见于汉代《淮南万毕术》的记载：“曾青得铁则为铜。”曾青是指天然硫酸铜，色青味苦，称为胆水。当胆水和铁作用时生成铜的沉淀。在某些铜矿山流出的溪水中，投入铁，即可沉淀出纯铜来。这对于具有胆水资源的矿山来说，是一种方便且经济的方法。魏晋南北朝时期，胆铜法被用来在铁器上镀铜。

宋代洪咨夔撰写的《大冶赋》正文 2671 字，以“赋”的文体记载了当时饶州等地的金、银、铜的采、冶技术和铸钱工艺，其中“黄铜”法记述了有关硫化矿石开采、焙烧、冶炼、提银等全部工艺过程，是目前我国所见最早记载硫化铜矿火法冶炼冰铜和铜的文献。《大冶赋》还记载了宋代水法冶铜技术的兴起、发展、传播的过程，其中技术上对“浸铜”、“淋铜”分别作为单独的炼铜技术并列记载，使宋代其他有关水法炼铜文献中的混淆得以澄清。其中有关当时各炼铜场设置及管理机构的记录，是研究冶金手工业发展史的很有价值的史料。

明代宋应星所著《天工开物》，较系统地记载了我国古代各种工艺技术，被誉为“中国 17 世纪的工艺百科全书”。其中有关冶金的记载涉及各种古代金属矿产的开采、冶炼技术，特别是关于炼铁和炒钢两步并联的连续生产工艺、用生铁水灌入熟铁的“灌钢”法等工艺技术的记载，具有一定价值。

但是，古代文献存在着不可避免的历史局限，首先，古代文献只记载了有文字以来的历史，无文字的历史还要靠考古发掘来补充；其次，古代文献是古代读书文人的遗作，像冶金这样的工艺技术，因封建社会被视为“雕虫小技”，文人们一般是不屑于记载的。在封建社会里，一些精艺、绝技往往是家庭相传，对外保密，一般不会见诸于文字，常致使失传；第三，由于各种原因，文献严重失传，如宋代张甲所著《浸铜要录》、明代溥溥的《铁冶志》等重要冶金专著，都已佚失。另外，由于文人们没有亲自从事工艺实践，也不会长期深入生产现场调查，所以记载的生产过程和工艺技术往往存在偏差。像宋应星这样热衷于工艺技术的知识分子很少，能够深入实际调查已经不易，但所著《天工开物》中对某些工艺记录的错误和疏漏仍然不少。洪咨夔写《大冶赋》，由于“赋”的体裁限制，所记仅为原则性的工艺流程，而未有重要的技术数据。加之文辞华丽古奥，引经据典，令今人阅读非常困难。

因此，古文献收集整理虽然是冶金史研究不可忽视的重要方法，但由于存在以上种种局限性，单靠古文献是不能系统、全面地了解古代冶金技术的。

2. 近现代矿冶文献

我国近代开始到 20 世纪初的地质矿产调查，多是由受了科学教育的地质、冶金工作者进行的，因此调查报告和资料较之古文献具有较高的科学性，不仅对发展我国的采矿冶金工业具有重要意义，也为今人研究古代冶金提供了宝贵的资料。例如，关于镍白铜的产地、规模和数量，在明清时期的文献中有不少记载，但关于生产技术的描述甚为含糊。如清同治九年刻本《会理县志》中记有“煎获白铜需用青、黄二矿搭配”，虽指出冶炼白铜的原料，但未言及冶炼过程，亦不知青、黄二矿为何物。而查阅我国早期的地质资料，就会发现所记内容不仅明确而且多用专业名词，使今人极易读懂。如于锡猷先生于 1940 年写的《西康之矿业》中，对生产镍白铜的矿产、镍白铜的冶炼过程均有较详细的记述，为后人研究古代镍白

铜的冶炼工艺提供了清晰的流程。

因此，地质矿产资料的收集整理是文献研究的重要内容，也是矿冶史研究的重要方法之一。

（二）调查研究方法

1. 矿冶遗址考察

矿冶遗址保留有古代采矿冶金的大量信息，如古矿洞、矿石、采矿工具、残炉壁、炉基、炉渣、风管、坩埚、陶范等遗物，是今人研究古代冶金技术珍贵资料。与考古工作者合作对遗址的年代、性质进行考察、收集冶金遗物作进一步的分析是矿冶技术史研究的又一个重要方法。

例如，通过对云南东川铜矿、个旧锡矿、浙江遂昌银矿、内蒙古林西铜矿等古矿的调查，特别是对湖北大冶铜绿山古矿冶遗址的发掘调查，发现了那里展现了我国古代地下采矿从井巷开掘、支护到矿石运输、提升，直到通风、照明、排水等的一整套技术，是研究古代采矿技术难得的资料。河南郑州古荥镇汉代河南郡第三冶铁作坊遗址，发现的巨大“积铁”实为炼铁炉不顺行的炉缸积铁（salamander），它反映了炉缸尺寸、炉容、冶炼技术的发展过程以及汉代时期的冶炼技术和规模。

再如上述关于白铜的冶炼，文献（县志）有“九炼”记载，1984年经拜访毫耄冶工，得知“九炼”即多次冶炼、出炉，反复氧化，再与硫化矿作用，获得铜镍合金。实地调查使我国古代镍白铜冶炼工艺真相得以大白。

2. 传统工艺调查

我国是一个具有很强传统继承性的国家，许多工艺技术往往是代代相传，经世不绝。因此，调查研究现存在传统工艺对了解古代技术成果有着十分重要的价值。如安徽芜湖铁画、浙江龙泉宝剑、南京金箔和锡箔不仅有着悠久的历史，而且近年来基本还在延续传统方法继续生产。对其进行调查研究，不仅对了解古代精湛的工艺技术，而且使之继续流传、不至于绝迹，利用现代冶金理论和当代检测分析技术进行研究，并加以发展，对弘扬传统文明有着重要意义。

土法冶铸技术在我国一些偏远地区仍在延续，如山西晋城、平定、阳城的坩埚炼铁，贵州赫章、四川会理、湖南常宁的土法炼锌，以及云南鹤庆土法炼铅和山西阳城铸造犁镜（我国两汉之交发明，利用表面观察控制温度，保证产品具有高质量，供出口东南亚）的生产等，调查研究这些古代流传下来的工艺，是了解古代冶金技术的重要方法。

随着岁月流逝，老艺人、老工匠越来越少。传统工艺、土法生产的抢救性保护迫在眉睫，因此，调查研究的方法更加重要。

（三）检测与实验的方法

1. 样品的检测分析

利用现代分析仪器和方法对古代金属器物的成分、组织和炉渣、炉壁、陶范等冶铸遗物进行分析检测研究，是矿冶史研究的重要方法和特色之一。

古代金属材料的成分、组织在一定程度上反映了当时的工艺技术。通过对金属样品细致观察、分析工艺，有目的、有计划取样，进行科学目的明确的检测分析，运用化学、电化