

明代中国传统钢铁技术史研究述评^{*}

陈虹利, 潜 伟

(北京科技大学 科技史与文化遗产研究院, 北京 100083)

摘 要: 在分析国内外关于明代传统钢铁技术史研究成果的基础上, 从铁矿产地及开采技术研究、冶铁、制钢及其加工技术研究、铁器和冶铁遗址调查研究、个案研究以及其他研究等几个方面对研究现状进行了述评, 尝试总结出明代钢铁技术史研究所呈现出的特点与问题, 并讨论了明代中国钢铁技术史研究的未来走向与展望。

关键词: 明代; 传统钢铁技术; 研究现状; 展望

中图分类号: K207; TF811 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-8462(2016)04-0046-07

DOI: 10.16177/j.cnki.gxmzzk.2016.04.007

0 引言

中国传统钢铁业自兴起之日起, 就成为极其重要的手工业生产部门, 其技术水平的高低深刻影响了我国古代的经济、军事实力。明代作为中国古代传统钢铁技术发展的集大成阶段, 也是中国传统钢铁业兴衰发展的转折点。因此, 对明代钢铁技术史进行剖析, 不仅对中国古代传统冶铁史, 而且对世界冶铁史的发展都具有重要的参考价值。

20 世纪 20 年代以来, 学者们从不同的研究视角出发对明代钢铁技术史做出了探讨, 除了肯定明代钢铁技术发展所获得的成就之外, 更多的研究集中于冶炼过程中的各种技术问题。这些研究不但理清了明代钢铁技术在整个中国古代冶铁技术发展史中的特殊地位, 还清晰地呈现了明代冶铁、制钢技术的相关细节, 使得明代钢铁技术研究呈现出丰富的研究成果。本文从技术史研究的角度出发, 对 20 世纪初以来明代钢铁技术相关研究进行分析, 并按照研究问题的侧重点进行划分, 对明代钢铁技术史研究现状、关注焦点以及研究中的问题进行总结。

1 明代传统钢铁技术史研究之现状

1.1 铁矿产地及开采技术研究

学者对中国古代铁矿资源及其产地的研究, 主要依据地理志、地方志等古文献记载开展。对明时期全国铁矿产地分地域统计的学者有章鸿钊^[1]、夏湘蓉^[2]、李仲均^[3]、王根元、李庆元以及彭毓^[4]等人。由于依据史料的不同, 在明代铁矿产地的地域认定上出现了一定的分歧。章鸿钊指出明时期河北地区发现铁矿资源并生产铁的地方主要有真定府赵州临城县、顺德府沙河县、永平府卢龙县、双岭、遵化县^{[1]334}等地; 夏湘蓉等则认为明代的河北地区只有遵化、卢龙、迁安等存在铁矿开采。^{[2]142} 白寿彝^[5]也详细罗列了明代官营、民营产铁量及其产地。还有学者关注了明清时期特定地域的铁矿资源开发, 如赵连稳等^[6]对明清时期顺天府铁矿资源的主要分布地点进行了统计; 邓开颂^[7]则通过数据统计的方式区分了明至清前期广东冶炉和铁冶作坊土炉的分布情况; 郭娟娟^[8]对宋元明时期山西铁矿产地的分布做出了统计; 赵连文^[9]梳

* 收稿日期: 2016-05-10.

作者简介: 陈虹利(1986—), 女, 广西容县人, 北京科技大学科技史与文化遗产研究院在读博士生, 研究方向: 传统工艺、冶金史。潜伟(1972—)男, 江西赣州人, 北京科技大学科技史与文化遗产研究院院长、教授、博士生导师, 研究方向: 冶金技术史、科学技术与社会、科学学与科技政策。

理了山西各历史时期铁资源的利用情况及其铁资源的分布位置。

从20世纪80年代开始,在明代铁矿产地的研究上,学者们不再局限于对分布地域的简单罗列,而是进一步从历史地理学的角度分析中国历代铁冶点、铁矿产地的空间地理分布及其变迁情况。郭声波^[10]详细探讨了黄河流域历代铁冶点的地理布局及其演变,指出铁矿分布、燃料来源和交通条件等是决定古代铁冶点地理位置的主要因素。但该研究考察的是整个历史阶段黄河流域的铁冶点分布情况,对明代铁冶点的分析就较为简略,整个明代铁冶点的分布和变迁情况尚未得到深入剖析。随后,薛亚玲^[11]通过筛选史料的方式,勾勒了中国历史上各个朝代铁矿生产的分布格局,提出从秦汉到清代(明初除外)中国的冶铁生产重心主要位于黄河流域。李鄂荣^[12]也罗列了中国古代各个朝代金属矿业的开发地域,但相对来说,这样的描述还只是对史料记载的事实梳理,并没有得出与“演变轨迹”相应的结论。

在中国明代铁矿开采技术的研究上,学界近乎一致地对明代采矿技术的进步持肯定态度,普遍认为中国古代的采矿技术发展到了明代已渐趋于全面成熟。同时指出,明代已采用火药爆破技术进行采矿,但该技术具体起源于何时,尚未得出明确的答案。如北京钢铁学院《中国冶金简史》^[13]185-201编写小组认为明万历年间可能已经在采矿上使用火药爆破技术;对此,卢本珊^[14-15]也持相同意见。李仲均^[16]认为明代陆容所著的《菽园杂记》所记载的关于开采浙江处州铜矿的凿岩方法是“火爆法”,但是其起源于何时,作者并未给出明确答案。不同的是,罗丽馨^[17]认为当时采矿可能同时使用了烧爆法和火爆法。此外,赵连稳、董晓丹等则指出明清时期大多矿井已安装了安全、通风、排水和照明设备,有些已将气井、气巷和工作井巷分开。^{[5]80}

1.2 冶铁、制钢及其加工技术研究

研究表明,明时期冶铁技术主要分为坩埚炼铁和竖炉炼铁两种类型。但相对而言,明代关于坩埚炼铁技术的记载极少,学者们更多地聚焦在对竖炉炼铁技术的分析与讨论上,成为这一时期生铁冶炼技术研究的主流方向。

坩埚炼铁方面,目前仅见刘培峰较为系统地分析了明清时期山西地区的坩埚炼铁技术。其从文献考证和技术类型分析相结合的角度对山西坩埚炼铁的源流进行了追溯,^[18]认为目前所见最早记载坩埚炼铁技术的文献为清康熙四年的《颜山杂记》。他对山西古代坩埚炼铁进行了系统调查,提出“明清时期,随着冶

铁中心的南移和民间铁冶的兴盛,北方除河南、陕西、河北等地局部还保留木炭竖炉炼铁外,坩埚炼铁在山西逐步兴盛,并把技术和产品输入北方各地,从而出现了一个以山西为中心,以坩埚炼铁技术为代表的非高炉炼铁区域。”^[19]

竖炉炼铁方面,学者通过各种历史文献的记载对竖炉冶铁相关技术要点进行了详细分析。高炉筑炉技术及炉型结构方面,李约瑟^[20]在解读《天工开物》的基础上提出中国明代无论是冶铁高炉还是坩埚炉,在筑炉时都已经使用了性能优良的耐火黏土。杨宽、^[21]韩汝玢、^{[13]584}柯俊等也对《天工开物》进行了解读,认为明代的高炉一般都用盐和泥砌成,砌炉用泥需要长时间锤炼而成,砌炉方式主要有靠山穴而筑和用巨木匡围两种,鼓风使用的是需要4~6人才能鼓动的大风箱。何堂坤^{[22]570-571}则明确指出,《天工开物》反映的是明代晚期炉子构筑及冶炼的一般情况,而用“巨木匡围”或“巨藤束之”的加固式筑炉方法应是明清筑炉技术的一个进步。关于炉型研究,何堂坤认为当时广东的冶铁炉已具有炉身角和炉腹角,鼓风上也已使用风扇送风并使用机车上料;^{[18]569}杨宽等指出,清初广东地区的冶铁炉与明代的冶铁炉有着相同的规模,但是广东清代的冶铁炉在高炉结构上已取得更大进步。^{[17]192}黄兴结合史料记载和田野调查结果对明代遵化铁厂的冶炼炉进行了炉型分析和复原,认为明代遵化铁厂使用的是一种方口冶炼竖炉。^{[23]102}

明代生铁冶炼用鼓风机问题上,学者都较为一致地认为明代已经普遍使用活塞式风箱进行冶金鼓风。《中国冶金简史》明确指出明代的冶铁已经将简单的木扇改成了活塞式木风箱。^{[11]189}随后,杨宽^{[17]158-162}对《天工开物》中的风箱及其结构进行了介绍和解释,认为明代已经使用活塞式木风箱进行冶铁。韩汝玢、^{[13]597}柯俊、杜石然、^{[24]128}罗丽馨^{[15]80}等在分析《天工开物》的基础上,也得出了“明时活塞式鼓风机已经普遍用于冶铁铸造”的结论。但是,在活塞式木风箱出现的具体年代及其使用地域等问题上似乎还存在不少疑问,李约瑟^{[25]148}在推测活塞式木风箱的出现年代时,根据最先出现在宋元之交(公元1280年前后)《演禽斗数三世相书》中的图像,指出双作用活塞风箱在唐以前就已发明。冯立昇^[26]提出双作用活塞风箱应该在北宋期间得到发明,到了明、清时期完全取代木扇风箱,成为最主要的鼓风设备。王星光^[27]、徐庄^[28]、王大宾^[29]等也认为活塞式木风箱可能出现在宋代,在明代被广泛应用于冶铁业。何堂坤没有明确指出明代是否使用活塞式鼓风机用于冶铁,但他认为明代鼓风技术的主要成就在于风箱技术的推广,而明

代广东地区的冶铁业中依然保留着风扇。^{[18]572} 黄兴^[30]提出筒形封闭式扇车至迟出现于明代。史晓雷^[31]则认为活塞式风箱最早只能上溯到16世纪中叶的明嘉靖时期。

在生铁冶炼使用何种燃料的问题上,大部分学者承认明代已经出现焦炭,但是否已经大量使用焦炭炼铁尚不可知。周蓝田指出我国用煤冶铁的记载虽早,但使用焦炭的记载却晚在明代李诩的《戒庵漫笔》一书中,他认为“焦炭在明末虽已应用,但范围并不广”。^[32]随后,《中国冶金简史》也引用了该文献,并根据《物理小识》的记载,指出明代已用焦炭作为冶铁燃料。^{[13]185} 刘云彩、^[33] 华觉明^{[34]426}等也得出了一致的结论。祝慈寿^{[35]749-801}认为,中国从明代开始在大多数的冶铁工厂使用石炭(即煤)作为燃料;黄启臣指出煤炭的普遍使用为明时期钢铁的生产发展提供了充足的燃料,并多数用煤,同时也开始用焦炭制钢。^{[36]69-72} 何堂坤则认为明代主要使用的是木炭,^{[18]570}同时他认为“我国古代炼焦技术约发明于宋金时期,而有关炼焦和用焦炼铁的记载却是到了明末清初才看到的”。^{[18]573} 刘培峰^[37]则从“焦炭”概念辨析的角度质疑了《戒庵漫笔》《物理小识》中关于“焦炭炼铁”的记载,认为这两部文献所记内容并不能充分证明我国在明代就已实现焦炭炼铁,而清初主要是在坩埚炼铁中使用焦炭,中国何时在竖炉中使用焦炭炼铁是一个有待考察的问题。

关于明代的生铁制钢技术,目前的研究都较为一致地指出,明代著作《天工开物》中记载的就是汉以后中国存在的两种主要制钢工艺——炒炼法和灌钢法,研究都对灌钢技术在明代的发展给予肯定,但在分析具体技术细节时,不同学者研究的重点各有不同。

一是对灌钢技术本身进行解读的,如华觉明^[38-39]解释了灌钢技术的定义,他将“灌钢”技术称为匀碳制钢术;何堂坤^[40]则总结了灌钢工艺的原理,认为灌炼过程中的熟铁可能增碳,也可能不增碳;陈亦人^[41]对灌钢技术进行了归类,认为灌钢、生铁淋口、焖钢和百制钢等都属于增碳制钢工艺类型;庚晋和白杉^[42]除了肯定灌钢技术在明代所取得的革新与进步外,还指出明中期以后的灌钢法进一步发展成为了“苏钢”;祝慈寿也指出“苏钢”这一新的制钢工艺至迟出现在明嘉靖时期。^{[28]756}

二是对“灌钢”过程中的“堕子钢”进行辨析,《中国冶金简史》^{[11]188-189}指出,“堕子钢”是一种经过凝聚沉积而成的一种含碳较高、夹杂较少的钢。但是,杨宽认为《天工开物》中的“堕子钢”只是广南生产的一种优质生铁,实质上是一种适于炒炼熟铁或钢的优质

生铁而已。^{[17]190} 汪前进^{[43]157-178}也指出《天工开物》中所提到的“造熟铁”工艺是一种炒炼可锻铁的方法,其中的“生钢”、“堕子生钢”、“广南生铁”以及原文“生熟铁炼炉”图中的“堕子钢”,其实质作用都等同于生铁,是制钢原料。

此外,值得注意的还有 Donald B. Wagner 对明代制钢技术的研究,他^[44]指出宋应星著作中“精炼钢铁的方法与广南地区的堕子生钢法是一致的”。在他随后的文章^[45]中, Wagner 对这些记载中的制钢技术提出了质疑,认为其中存在较多的不合理性。他也分析了《天工开物》中所记载的“铁砂”淘洗、高炉建造方法以及使用的耐火材料成分、炒钢过程中使用的“乌潮泥”成分及其作用等内容,指出了书中文字描述与插图所示内容的不一致。^{[46]290-294} 随后,何堂坤提出串联式炒炼法是明代制钢技术中的创新所在,而以生铁为原料的半液态脱碳制钢法称为“炒”,始于明代。^{[18]574-583}

在明代铁质金属加工工艺方面,学者们关注的主要是明代铁质农具的加工。《中国古代冶金技术专论》指出,“生铁淋口”技术在宋代已经产生,是中国古代用来强化农具和工具的加工工艺,但出现在明代也称为“擦渗”或者“擦生”。^{[47]305-316} 黄启臣指出明代后期,“擦生”铁农具的出现及其推广是我国古代铁制农具发展史上的第三次重大改革。^{[29]35-41} 鲍彦邦^[48]分析了明清时期广东地区铁农具的生产、发展、使用过程及其普遍推广情况,指出广东在明清时期发明了“擦生”的铁农具,即生铁淋口技术。

1.3 铁器、冶铁遗址调查研究

除了上述所列的直接对明代冶铁技术进行的研究之外,学界还开展了一些明代出土铁质文物检测、明代冶铁遗址考古调查和发掘等工作。

20世纪50年代开始,随着中国考古事业的蓬勃发展,全国各地陆续出土了一批以铁质兵器为主的明代铁质文物,对这些出土器物的描述记载以及相关的科学分析都为明代钢铁技术的研究提供了实物证据。如古运泉、^[49] 史宝珍、^[50] 刘兴文、^[51] 罗宏才、^[52] 苏小幸和王嗣洲、^[53] 邱和顺、^[54] 南宁、^[55] 赤城县博物馆^[56]等对各地出土明代铁质文物的描述与展示工作。这些研究主要从考古类型学的角度出发,以对各地出土遗物的出土、断代情况及器物类型进行描述为主要目的,相当于考古报告,即使有少量的分析也只是为了突出其在兵器史上的地位,或强调该器物的出土地点及其在军事防御上的重要地位,并没有过多地关注其材质及制作工艺。其中,蒋祖缘^[57]对明清时期佛山冶铁业中的军器生产情况进行了较为详细的分

析,肯定了广东佛山在明末清初时作为重要军器生产基地的特殊地位。

王珂^[58]在论述宋以后用煤炼铁的文章中对10个明代铁器进行了科学分析,指出宋以后使用煤炼铁成了铁器中硫含量增加的原因。《黑龙江省博物馆馆藏的两尊明代铁炮》^[59]一文结合文献记载对该器物上的铭文进行了识别,从而确定了该器物的制作年代、督造官及其铸地。朱培建^[60]利用其搜集到的明清时期佛山铁钟的铭文对这一时期佛山铁钟的使用范围、目的、资金来源、外形特征等进行了初步分析。《甘肃省博物馆馆藏明代铁佛的修复和保护》^[61]则从文物保护的角度出发,通过分析馆藏明代铁佛的保存状况和腐蚀病害类型,总结了影响明代铁质文物保存的主要因素,并提出相应的修复材料与保护技术。

明代冶铁遗址调查、考证方面,目前仅见少量成果。万小伟^[62]结合考古资料对贵山冶铁遗址的大体形貌、历史源流、历史地位等进行了探讨,最后指出该遗址是自唐早期开始延续到明朝的铁冶,并且是《天工开物》中冶铁部分史料的主要来源处。而申小红^[63]则结合田野调查与文献资料对目前佛山现存冶铸遗址的地理分布情况进行了梳理,提供了一份较为详细的调查报告,但是该研究尚属于初步的田野描述,并未开展深入的考古发掘与科学分析。此外,晏子有^[64]根据文献记载的内容对燕京的元明铁冶厂遗址进行了简单的分析,并结合《天工开物》的内容对这一遗址的冶炼技术进行了初步的推测。

1.4 个案研究

从历史进程来看,明代是中国古代传统钢铁技术的集大成阶段,也是民营铁业与官营铁业兴衰变化的特殊阶段。就官营铁业而言,明代的遵化铁厂是明代官营铁冶规模最大,生产持续时间最长的一个冶铁厂,其竖炉冶炼技术在某种程度上代表了明代冶铁技术的最高水平,因此在研究明代冶铁技术过程中,遵化铁厂是不可回避的重点。

刘云彩^[65]关注的是遵化铁厂冶铁高炉的构造问题,解释了冶铁高炉的“深”与“广”,并推算出遵化高炉铁口和渣口的砌砖内径;同时指出遵化炼铁已使用石头砌炉,以磁铁矿为原料、萤石为助熔剂。杨宽、韩汝玢、柯俊等对此持相同的观点,但在高炉的深度上有不同的计算结果。^[66]此外,华觉明、^[67]何堂坤^[68]⁵⁷⁰等在解读《涌幢小品》的基础上,肯定了使用萤石作为助熔剂,并认为遵化炼铁炉炉膛横断面为梯形,但前者指出遵化铁炉从炉底到炉口的高度为3.73米;而后者则认为是3.84米。华觉明^[69]还指出遵化铁厂所采用的“由铁矿石还原得到液态生铁,再把生铁炒成

熟铁,然后合炼成钢”的方法是我国封建社会后期占主导地位的钢铁冶炼技术体系。张岗也根据文献的记载总结了遵化铁厂的冶炼技术,认为其已使用竖型冶炼炉、铁沙和木炭为原料和燃料、以萤石作为助熔剂进行冶炼。^[70]

目前看来,学界对竖炉冶铁技术的研究多在解读文献的基础上对技术做出解释,因此在砌炉技术、冶铁炉炉型、燃料和熔剂的使用等方面得到了几乎一致的认识,只是在竖炉尺寸上由于计算依据的不同而得出不同的数据。但总体来说,学者们关于遵化铁厂生铁冶炼技术细节的认定仍存在较多的疑点,如冶铁炉出铁口和出渣口的尺寸、熔剂的类型、“石子”是否就是萤石、铁砂或砂铁的使用等问题,仍需进一步考察和分析。

而对明代民营铁业开展冶铁技术史研究的个案几乎没有,更多的是在相关的钢铁手工业研究中略有提及。如黄启臣^[71]在其论著中就总结了明代生铁冶炼技术的高水平表现。此外,他还探讨了明代山西冶铁业的发展,^[72]从铁矿产地和铁冶的建立、铁产量的发展、冶炼及制钢技术以及铁器铸造工艺等方面进行了分析,但是很多技术细节并未深入探究。

1.5 其他研究中的明代钢铁技术研究

在一些21世纪初面世的经济史通史类著作中,也有一些明代传统钢铁手工业技术的综合性评价,主要有王毓铨主编的《中国经济通史:明代经济卷》、^[73]赵德馨主编、吴量恺等著的《中国经济通史:第七卷》、^[74]李绍强、徐建青的《中国手工业经济通史—明清卷》、^[75]⁶⁹⁻⁷⁴以及童书业的《中国手工业商业发展史》^[76]²¹⁴⁻²⁸²等。这些著作在论述明清手工业经济和商业发展的过程中都对明代传统钢铁手工业的发展情况有所论述,对明代传统钢铁业中的采矿、冶金等总体概况进行了较为宏观的描述。但这些研究大多旨在支持“历史进步”的观点,目的在于论证明代传统矿冶业尤其是传统钢铁手工业的经济发展和手工业技术的进步。

2 明代钢铁技术史研究之特点

综上所述,明代钢铁技术史研究已经取得了很大的成就,出现了一批高水平的研究成果。通过对这些研究进行综合分析,笔者认为:

首先,从研究内容来看,明代钢铁技术史的内史研究是目前研究的主流,外史研究则显得极为薄弱,如技术与政治、技术与经济、技术与社会的相互关系并未得到很好的剖析。就目前来看,明代钢铁技术史的内史研究已经涉及明代钢铁技术的各个方面,从采

矿、冶炼、加工,到铁器分析,再到冶炼遗址考察等都已经有了深入的研究;相关技术分析也已细化到炉型构造、砌炉、鼓风、燃料等方面。但相对地,专门探讨明代钢铁冶炼技术的兴衰、演变与社会相互影响的研究几乎没有,明代传统钢铁手工业技术与当地社会相互联系、相互影响的关系并未得到更全面的揭示。在特定地域钢铁业的研究上,明代的山西地区和广东地区成为学界关注的焦点;明代其他地区的钢铁业却被有意无意地忽略,特别是北方边境地区的钢铁手工业技术究竟处于怎样的一种发展环境还尚未得到进一步的揭示,这些都给明代传统钢铁技术史的研究留下较大空间。

其次,从研究角度来看,明代传统钢铁技术史研究呈现出多元化、多角度的研究态势,这是由其研究内容的多样性直接决定的,从研究现状也可看出,学界对明代传统钢铁手工业技术的探讨与分析并不是单一线性的,而是多方面进行。从现有研究成果看,有从冶金学视角来探讨明代钢铁冶炼技术的,如韩汝玢、柯俊、杨宽等;还有从历史地理学的角度对明代铁矿产地做出分析的,如郭声波、薛亚玲等;此外,还有万小毛、申小红等对冶铁遗址的调查;不仅如此,陈庚龄等对馆藏明代铁佛的修复研究还为这一领域的研究提供了文物保护方面的研究角度。但是同时也可以看到,运用多个学科交叉进行的研究还是较少的。

再次,研究方法以文献资料的考证与解读为主,实地考察与实验分析方法则极少运用,现代科技手段仍未得到重视。无论是对明代中国传统铁矿产地的研究,还是对钢铁冶炼技术的细节分析,对文献进行解读是最基础、最常用的方法。由于学者几乎使用相同的资料进行解读,因此所理出的钢铁技术发展脉络基本上是相似的,只在某些技术出现时间的早晚或某些技术细节的认识上出现了分歧。因此,对具体地域的冶铁技术进行具体的案例分析以揭示明代不同地域范围的冶铁技术仍显得十分有必要。

从研究材料看,史料的使用范围仍较为单一,各种地方志及相关碑刻资料、考古出土材料等还需得到进一步的重视和综合运用。纵观目前的研究,使用的资料都有很大的重复性,这在某种程度上就会很容易忽视前人尚未发现的文献、实物等材料。一般的,古代文献资料往往散落在各类史书、档案、地方志、以及地方碑刻上,历史研究就需要研究者尽可能完整地收集相关记载,并综合分析研究;尤为重要,随着目前考古工作的快速发展,各地考古出土的明代铁质遗物也往往包含有重要的技术信息,这些都需要我们一起去综合考察。

3 明代传统钢铁技术史研究之展望

从目前的研究成果及研究特点来看,关于明代中国传统钢铁技术史的研究仍留有较多的空白,需进一步的深入探究。

第一,科技考古研究方法与现代科学分析手段的应用应成为明代钢铁技术史内史研究的重要方法。就目前的研究成果来看,仅用文献考据、史料分析的方法来研究明代钢铁技术是远远不够的,很多技术内容并不能从文献史料中得到明确的证据来证明其正确性与存在性。新的冶铁遗址和冶炼遗物的发现,为钢铁技术史的研究、技术考证等都提供了丰富的材料。科技考古研究方法以及现代科学分析手段的应用将成为沟通考古遗址、考古遗物与相关技术细节之间的桥梁。

第二,明代钢铁技术史的外史研究应成为研究的重点与主流趋势。随着明代钢铁技术史内史研究的逐步加深,明代钢铁冶炼的相关技术细节已经逐步清晰与明朗。但是,相对而言,明代钢铁技术史的外史研究则出现了较大的空白,钢铁技术与社会各方面的交叉研究有待进一步推进。谢乾丰^[77]认为,冶金史的发展也是有其高潮和低迷的,并与历朝历代的政治制度及其所推行的政治意识形态有着不可分割的联系。明代作为中国古代钢铁技术发展的集大成阶段,其技术的繁荣、发展、衰落等与当时的政治制度究竟有何关系?当时的政治制度对明代钢铁技术的发展起了何种作用?这些问题仍需我们进一步的讨论。同时,明代钢铁技术与社会经济关系的分析尚不够深入,目前已有部分研究开始关注明代钢铁技术与明代经济的相互关系,但还仅限于从“技术进步”的观点出发来探讨明代钢铁手工业经济的发展。关于明代官营钢铁技术与民营钢铁技术的比较研究,两者与明代钢铁手工业经济的相互关系等的研究也尚未开始。此外,明代钢铁技术与明代军事相互作用的关系研究也是一个空白,明代钢铁技术是否对明代军事的发展、政权的颠覆等产生了影响?这些问题都有待成为下一步研究明代钢铁技术史的重点。

总的来说,目前国内外学术界对明代传统钢铁技术史的研究已经取得了不俗的成果,但是在研究内容、研究方法和研究材料的选择上仍存在着一些不足之处,需要做的工作还很多,可以做的研究也很多。需要更多不同学科背景的学者运用不同的研究方法和研究角度对明代中国不同区域的传统钢铁手工业进行综合研究和案例分析,以完善中国古代冶金史和

中国古代经济史研究.

[参 考 文 献]

- [1]章鸿钊.古矿录[M].北京:地质出版社,1954:300-334.
- [2]夏湘蓉,李仲均,王根元,等.中国古代矿业开发史[M].北京:地质出版社,1980.
- [3]李仲均,李庆元,李卫.古籍中记载的铁矿产地[A]//李仲均.李仲均文集——中国古代地质科学史研究[G].西安:西安地图出版社,1998:106-132.
- [4]彭觥.古代矿业与地质知识溯源[A]//彭觥,汪贻水.中国实用矿山地质学(下册)[C].北京:冶金工业出版社,2010:25-38.
- [5]白寿彝.明代矿业的发展[J].北京师范大学学报,1956(1):95-129.
- [6]赵连稳,董晓丹.明清时期顺天府矿产资源开发初论[J].北京科技大学学报:社会科学版,2012(4):78-86.
- [7]邓开颂.明至清代前期广东铁矿产地和冶炉分布的统计[A]//广东历史学会.明清广东社会经济形态研究[G].广州:广东人民出版社,1985:170-186.
- [8]郭娟娟.宋元明清时期山西铁矿业的分布[J].沧桑,2006(4):11-12.
- [9]赵连文.明清时期山西地区铁资源利用初探[J].山西煤炭管理干部学院学报,2007(1):37-40.
- [10]郭声波.历代黄河流域铁冶点的地理布局及其演变[J].陕西师范大学学报,1984(3):48-56.
- [11]薛亚玲.中国历代冶铁生产的分布及其变迁述论[J].殷都学刊,2001(2):42-45.
- [12]李鄂荣.中国古代矿业发展的地域轨迹[A]//中国地质学会地质学史研究会,中国地质大学地质学史研究所合编.地质学史论丛(4)[G].北京:地质出版社,2002:334-336.
- [13]北京钢铁学院《中国冶金简史》编写小组.中国冶金简史[M].北京:科学出版社,1978.
- [14]李金尧,吴晓煜,卢本珊.中国古代金属矿和煤矿开采工程技术史[M].太原:山西教育出版社,2007:194-213.
- [15]韩汝玢,柯俊.中国科学技术史·矿冶卷[M].北京:科学出版社,2007:150-175.
- [16]李仲均.中国古代采矿技术史略[A]//李仲均.李仲均文集——中国古代地质科学史研究[G].西安:西安地图出版社,1998:166-171.
- [17]罗丽馨.十六——十七世纪手工业的生产发展[M].台北:稻禾出版社,1998.
- [18]刘培峰,李延祥,潜伟.从文献记载追溯坩埚炼铁的源流[J].自然科学史研究,2014(2).
- [19]刘培峰.山西传统坩埚炼铁技术研究[D].北京:北京科技大学,2014.
- [20]J. Needham. The Development of Iron and Steel Technology in China[M]. London: The Newcomen Society, 1958:15-19.
- [21]杨宽.中国古代冶铁技术发展史[M].上海:上海人民出版社,1982.
- [22]何堂坤.中国古代金属冶炼加工工程技术史[M].太原:山西教育出版社,2009.
- [23]黄兴.中国古代冶铁竖炉炉型研究[D].北京:北京科技大学,2014.
- [24]杜石然.中国科学技术史稿(下册)[M].北京:科学出版社,1982.
- [25]李约瑟,鲍国宝译.中国科学技术史(第4卷第2分册)[M].北京:科学出版社,1999.
- [26]冯立昇.中国传统的双作用活塞风箱——历史考察与实物研究[A]//Japan Society of Education for History of Technology, Technology and Society Division, Japan Society of Mechanical Engineering, China Institute of Technology. History of Mechanical Technology and Mechanical Design (5)——Proceedings of the Fifth China-Japan International Conference on History of Mechanical Technology and Mechanical Design[C].日本千叶,2005.
- [27]王星光,柴国生.略论中国古代的冶金鼓风设备与技术[J].商丘师范学院学报,2007(4):46-50.
- [28]徐庄.西夏双木扇式风箱在古代鼓风器发展中的地位[J].宁夏社会科学,2008(1):96-98.
- [29]王大宾,杨海燕.中国古代冶铁鼓风机械沿革问题浅探[J].湖南冶金职业技术学院学报,2009(1):1-4.
- [30]黄兴,潜伟.世界古代鼓风器比较研究[J].自然科学史研究,2013(1):84-110.
- [31]史晓雷.中国古代活塞式风箱出现的年代新考[J].中国科技史杂志,2015(1):72-81.
- [32]周蓝田.中国古代人民使用煤炭历史的研究[J].中国矿业大学学报,1956(2):9-22.
- [33]刘云彩.中国古代高炉的起源和演变[J].文物,1978(2):18-28.
- [34]华觉明.中国古代金属技术——铜和铁铸造的文明[M].郑州:大象出版社,1999.
- [35]祝慈寿.中国工业技术史[M].重庆:重庆出版社,1995.
- [36]黄启臣.十四—十七世纪中国钢铁生产史[M].郑州:中国古籍出版社,1989.
- [37]刘培峰,李延祥,潜伟.从文献记载看我国古代焦炭炼铁[J].中国科技史杂志,2014(1):41-48.
- [38]华觉明.中国古代钢铁冶炼技术[J].金属学报,1976(2):222-241.
- [39]华觉明.中国古代钢铁技术的独创性成就[J].钢铁,1978(2):59-65.
- [40]何堂坤.关于明代制钢技术的两个问题[J].自然科学史研究,1988(1):69-74.
- [41]陈亦人.对《天工开物》中古代制钢工艺的评述[J].台州师专学报,2001(6):70-73.
- [42]庚晋,白杉.中国古代灌钢法冶炼技术[J].铸造技术,2003(4):349-350.
- [43]汪前进.中国明代科技史[M].北京:人民出版社,1994.
- [44]Donald B. Wagner. Steel making in ancient China 1 st, 6th, 11th, and 17th centuries AD[J]. Metallurgy — a touchstone for cross-cultural interaction, London: British Museum, 2005-4-28:30.
- [45]Donald B. Wagner. Iron Production in three Ming Texts: T'ie ye zhi, Guangdong xinyu, and Tian gong kai wu [A]//傅汉思,莫克莉,高宣.中国科技典籍研究——第三届中国科技典籍国际会议论文集[C].郑州:大象出版社,2006(4):172-188.
- [46]Donald B. Wagner, Science and Civilization in China (volume 5: Chemistry and chemical technology) Part 11: Ferrous Metallurgy [M]. New York: Cambridge University Press, 2008.
- [47]孙淑云,李延祥.中国古代冶金技术专论[M].北京:中国科学文化出版社,2003.
- [48]鲍彦邦.明清广东铁农具的生产[J].暨南大学学报:哲学社会科学,1997(4):88-98.
- [49]古运泉.广东高要县发现明初铜、铁铸[J].文物,1981(4):94-95.

- [50]史宝珍.镇江出土的明代火器[J].文物,1986(7):91-94.
- [51]刘兴文.河北宽城县发现明代铁炮[J].考古,1987(11):1010.
- [52]罗宏才.定边县发现一件明代铁铤[J].文博,1988(4):92-93.
- [53]苏小幸,王嗣洲.大连发现元明铁炮和铜火铤[J].考古,1991(9):864.
- [54]邱和顺.河北抚宁县出土明代火铤[J].考古,1992(3):286-287.
- [55]南宁.山西宁武发现明代铁盔[J].考古,1994(1):65.
- [56]赤城县博物馆.河北赤城发现明代窖藏火器[J].文物春秋,1994(4):12-21.
- [57]蒋祖缘.试谈明清时期佛山的军器生产[A]//广东历史学会.明清广东社会经济形态研究[G].广州:广东人民出版社,1985:132-143.
- [58]王珂.从铁器的鉴定论宋以后用煤炼铁及煅炼法制钢[D].北京:北京科技大学,1988.
- [59]张立枚.黑龙江省博物馆馆藏的两尊明代铁炮[J].北方文物,2005(2):53-54.
- [60]朱培建.佛山明清时期铁钟的初步研究[A]//广东省文化厅主编.广东文化艺术论丛(2004下)[G].北京:中国友谊出版公司,2004:93-98.
- [61]陈赓龄,弥卓君.甘肃省博物馆馆藏明代铁佛的修复和保护[J].丝绸之路,2011(16):104-106.
- [62]万小毛.明代贵山冶铁遗址[J].南方文物,1993(1):85-88.
- [63]申小红.佛山老城区现存冶铸遗址调查报告[J].文化遗产,2010(4):137-143.
- [64]晏子有.燕京元明铁冶厂遗址[J].紫禁城,2003(3):44-46.
- [65]刘云彩.中国古代高炉的起源和演变[J].文物,1978(2):18-28.
- [66]杨宽.中国古代冶铁技术发展史[M].上海:上海人民出版社,1982.
- [67]华觉明.中国古代金属技术——铜和铁铸造的文明[M].郑州:大象出版社,1999.
- [68]何堂坤.中国古代金属冶炼加工工程技术史[M].太原:山西教育出版社,2009.
- [69]华觉明.中国古代钢铁技术的特色及其形成[A]//华觉明.中国冶铸史论集[C].北京:文物出版社,1986:18.
- [70]张岗.明代遵化铁冶厂的研究[J].河北学刊,1990(5):75-80.
- [71]黄启臣.十四——十七世纪中国钢铁生产史[M].郑州:中州古籍出版社,1989.
- [72]黄启臣.明代山西冶铁业的发展[J].晋阳学刊,1987(2):92-94.
- [73]王毓铨.中国经济通史(明代经济卷)[M].北京:经济日报出版社,2000.
- [74]赵德馨,吴量恺.中国经济通史(明代卷)[M].长沙:湖南人民出版社,2002.
- [75]李绍强,徐建青.中国手工业经济通史(明清卷)[M].福州:福建人民出版社,2004.
- [76]董书业.中国手工业商业发展史[M].北京:中华书局,2005.
- [77]谢乾丰.国内冶金史研究的现状及其发展方向[J].经济与社会发展,2007(5):127.

[责任编辑 黄祖宾]

[责任校对 黄招扬]

A Review on the Research of History of Traditional Iron and Steel Making Technology in the Ming Dynasty

CHEN Hong-li, QIAN Wei

(Institute of History of Science and Technology & Cultural Heritage,
University of Science and Technology Beijing, Beijing, 100083 China)

Abstract: This paper firstly summarized past research on history of traditional iron and steel making technology in the Ming dynasty from four major fields: locations of iron deposits and the mining technology; smelting, casting and smithing technology; iron objects and iron smelting sites; case studies. Then, this paper discussed the characteristics of these research and listed some questions which have not yet been studied. Lastly, a research prospect in the near future was given.

Key Words: The Ming dynasty; Traditional iron and steel making technology; Research status; Research prospects