

文章编号: 1000-8934(2017)01-0065-06

DOI:10.19484/j.cnki.1000-8934.2017.01.012

“铸铁中国”溯源

——以“最早炼出生铁”为中心

刘培峰¹ 李延祥²

(1. 南京信息工程大学 科学技术史研究院, 南京 210044; 2. 北京科技大学 科技史与文化遗产研究院, 北京 100083)

摘要:谁最先提出中国“最早炼出生铁”? 这个观点是怎样完善,又一步步验证的? 中国为什么能“最早炼出生铁”? 通过对百年学术史的回顾,初步回答以上问题。劳费尔、丁格兰、瑞德三位欧美学者最先提出并进行了初步的验证和分析,国内学者最终通过对出土文物的科学检测完成了验证,但是国内外学者对于中国发明生铁的技术原理和工艺过程还缺乏统一的认识,对起源的时间和地点也需要进一步的探讨,随着这些问题的深入研究,必将促进冶铁史的发展。

关键词:生铁; 发明创造; 学术史

中图分类号: N031 **文献标识码:** A

引言

以生铁为本的钢铁冶炼技术是中国古代重要的科技发明创造之一。⁽¹⁾柯俊总结的我国古代问鼎世界十个重大发明中,生铁是第四大发明。⁽²⁾华觉明把“以生铁为本的钢铁技术”列为我国古代二十四项发明之一。⁽³⁾生铁冶炼之所以能够代表中华民族在钢铁冶金技术方面的一系列成就,除了反映古代科技发展的先进水平,对中国乃至世界文明有重要影响外,最为重要的是这项发明的原创性,即中国是世界上最早炼出生铁的国家。比西方约早18个世纪,并以生铁冶铸为基础,发展出了一整套独特、先进的钢铁冶炼和加工工艺,诸如铁范铸造、铸铁柔化术、炒铁、灌钢等,从而创造了辉煌的钢铁文明,为战国至近代社会、经济、文化发展奠定了技术、物质基础。

发现和证明中国是最早炼出生铁的国家是中国科技史特别是冶金史界的一项最为重要的成果,也是国内外各个领域的专家、学者在上百年的时间里不断探索的结果。由于“生铁”的冶炼是中国古

代钢铁技术方面一系列发明创造的基础,所以对它的研究也反映了相关学科的发展历程、学术脉络和学科特点,从这个意义上来说,回顾和梳理这段历史,不仅能够揭示各位科技史家的卓越贡献,还可以从历史的角度认识科技史学科理论和方法的来源以及研究问题的源流、趋向。

一、发现“中国最早炼出生铁”

1914年,由美国著名东方学家劳费尔(Berthold Laufer)所著的《中国泥塑》一书出版,该书是劳费尔于1908—1910年在中国进行考察的研究报告。书中第三章为《汉代防卫盔甲》,文中根据外形和装饰风格判断汉代铁兵器与青铜兵器之间有继承关系,并发现汉代日用铁工具有明显的范缝和铭文,以及其他铸造的工艺特征,因此他提出“中国人巧妙地把铸铜技术应用到了铸铁上,用砂型铸造,在新材料中延续了青铜器的样式”。⁽⁴⁾劳费尔最早注意到了我国早期铁器是由生铁铸造而成的。由于他在国际汉学界的影响力,后代的许多学者开始关注这一问题,并不断验证,激发和促进了对古代冶铁

收稿日期: 2016-10-15

基金项目: 南京信息工程大学人才启动经费资助项目“江苏省传统冶铁工艺调查与初步研究”(20162033)。

作者简介: 刘培峰(1978—),山西代县人,南京信息工程大学科学技术史研究院讲师,主要研究方向:技术史、传统工艺研究;李延祥(1962—),辽宁铁岭人,北京科技大学科技史与文化遗产研究院教授,主要研究方向:科学技术史、科技考古。

技术的研究。

1924年北洋政府农商部地质调查所聘请的瑞典矿冶学家丁格兰(Tegengren, F·R)用英文写成了《The iron ores and iron industry of China》。此书在总结清末民国时期众多国内外矿冶专家对当时中国冶铁技术调查资料的基础上,提出了一些新颖的观点和看法。如:

“如前所述,没有证据证明中国的冶铁技术早于很早就进行冶铁的近东诸国。然而,古代中国一旦掌握了该技术,就对其进行了巨大的改进。很惊人,当西方在掌握了炼铁技术后2000甚至更长一直进行粗糙的不经济的冶炼,把矿石直接炼成没有熔化的海绵铁,然后再通过锻打加工成所需的形状。中国好像几乎很快就开发出了一种新的不同的冶铁方法,生产含碳量高,液态的可以用来铸造的铸铁。事实上,中国冶铁工匠要比欧洲同行早1500年开发出铸铁生产。这项惊人的发明可能主要依赖于中国在冶铁出现之前的早已达到几近完美的铜器砂模铸造,从前一项冶炼生产中获得的经验自然被吸收、改进以适用于新金属。”⁽⁵⁾

这是目前所见文献中最早提出“中国最先炼出生铁”这一概念的,这一观点在中国古代冶铁史研究上具有里程碑式的意义。

1925年,国内学者也开始注意到了文献中所反映的我国早期铁器的铸造特征。章太炎从文字记载中注意到了春秋时期就有铸造铁器的技术,也认识到由生铁到钢铁的生产工艺,而且从行文中看作者是独立发现这些问题的。但可能是因为作者不了解国外早期炼铁技术,认为用生铁加工钢铁是必然的工艺过程,因而没有明确提出“中国最早炼出生铁”这一概念。章太炎的研究代表了当时国内学者的问题趋向——关注开始炼铁的时间段,没有注意冶炼技术。

1934年,美国矿冶学家瑞德^①发表了《早期生铁——铁器时代的一个阶段》一文,专门讨论了生铁发明的意义和价值。在文中作者否定了两位学者关于中世纪之前没有生铁的错误说法,回顾了欧洲早期偶然可以炼出生铁的记载,并与中国古代铸铁的记载、实物及自己的实地调查相比较,认为“中国的生铁早在公元前两世纪,也可能早于公元前六世纪出现”。⁽⁶⁾是国外学者首次专门著文论述中国古代钢铁技术的特殊性,并就中国钢铁史上的一些问题提出假设,这大大促进了国外学者认识我国古代钢铁技术。

1951年我国材料学家李恒德写成了《中国历史

上的钢铁冶金技术》。文中指出“从历史上的记载来看,中国在钢铁冶金技术上的发展似乎和欧洲相反。欧洲人是先用锻的方式来制作,所以他们早期的炼铁炉叫做锻炉(Forge);而中国可能是先掌握了铸的技术,因此我们历史上的剑是‘铸剑’,历史上提到坑冶时也总是说‘鼓铸’、‘冶铸’”。⁽⁷⁾化学家朱振和在1954年发表的《中国古代人民怎样用铁》一文中从“遂赋晋国一鼓铁,以铸刑鼎”的记载中提出“中国在纪元前六世纪时炼铁技术已经非常发达了,那时的晋国已经用鼓风炉生铁铸造刑鼎”。⁽⁸⁾1955年,著名历史学家杨宽在《试论中国古代冶铁技术的发明和发展》中同样利用晋国铸刑鼎的文献提出中国在春秋时期能够炼出生铁,是“最早发明炼铸铁的国家”,并由此推测中国开始冶铁的时间更早。⁽⁹⁾在上文基础上,杨宽于1956年出版了《中国古代冶铁技术的发明和发展》,该书以文献为主并与当时考古出土铁器相结合证明我国在公元前六七世纪的春秋时代已经发明了冶铸生铁的技术。⁽¹⁰⁾1956年,国际知名中国科技史家李约瑟发表《中国钢铁技术的发展》,通过对古文献的分析,认为中国最迟从公元前4世纪开始出现铸铁,并且梳理了中国钢铁技术的发展概要。⁽¹¹⁾

由此,“中国最早炼出生铁”基本确立,而且由于以上各位学者,尤其是杨宽和李约瑟作品在国内外的广泛影响力,这一观点被学界所普遍认可。

劳费尔是从铁质文物上的铸造特征出发发现中国最早炼出生铁,丁格兰主要是以对中国传统炼铁技术的调查为基础作出推测,瑞德则综合了文物、调查和文献记载,并且把这一发明放到世界冶金史的大背景下进行讨论,进一步揭示其意义和价值。李恒德、朱振和主要以历史文献和冶炼技术为依据做推论,从冶金原理分析中国冶铁起源的特征;杨宽则结合了最新的科技考古成果把这一观点作了更加全面的阐释。

二、证实“中国最早炼出生铁”

要证实中国是最早炼出生铁的国家需要多方面的证据,除了文献和传统炼铁技术调查外,最为重要的是对文物的科学分析。用现代实验方法检

^① 在天津大学(原北洋大学)校史资料中翻译为“李德”。

测古代铁质文物不仅能够从实物的角度验证中国在生铁冶炼方面的首创性,还能够把这项发明的年代确定到一个相对准确的时间段。

在劳费尔 1917 年出版的《中国瓷器开端》中从陕西学者袁甘园提供的咸阳马家寨汉墓出土文物中发现了铸铁炉(如图 1),该炉从类型、风格方面都与同时代的铁炉相同,而且上面还铸有“大吉昌宜候王”,因而判定是标准的汉代后期(公元 25—220 年)铸铁炉。^[12]这也证明早在汉代中国就能够铸造出造型优美的炊具。



图 1 陕西咸阳马家寨汉墓出土铸铁炉

20 世纪初,国外的专家最先开始利用现代科学分析方法对中国早期铁器进行检测。加拿大多伦多安大略考古博物馆收集了许多公元前 206—公元 220 年的中国铸铁器。为了证明这些有明显范缝的铁器是铸造而成,他们对其中一些进行了分析和显微观察^[6]。上文提到的瑞德利用其在北洋大学做教习的机会进行了田野考察,并对部分收集到的古代(公元 500—1000 年间)铁器进行了科学分析(如表 1),从碳含量来看,全部是生铁^[6]。

从这两则文献中可知,在二十世纪初,国外学者及研究机构已经开始运用现代科技方法检测中国古代铁器,以验证中国最早炼出生铁的观点。

表 1 古代铸铁成分^①

古物 试样	全部 炭量%	结合 炭量%	石墨 炭量%	Si%	P%	S%	Mn%
1	3.35	1.05	2.30	2.42	0.205	0.067	0.13
2	3.22	0.96	2.26	2.39	0.17	0.077	0.23
3	3.35	0.33	3.02	1.98	0.312	0.063	0.78
4	3.96	3.35	0.61	0.09	0.0231	0.022	
5	3.84	1.49	2.25	0.08	0.097	0.024	0.02

①目前所见瑞德文章中只提到了检测结果,并未列出具体数据,该表引自林宗彩、周取定所著《炼铁学》(北京:商务印书馆,1952: 37)。

1960 年华觉明、杨根与刘恩珠共同完成了《战国两汉铁器的金相学考查初步报告》,通过对十二件铸件的金相组织分析,认为我国“至迟在战国已经能够普遍地冶炼生铁”。^[13]1975 年,洛阳水泥制品厂出土的战国早期(公元前 5 世纪)铁镞经检测具有生铁特有的莱氏体组织(如图 2),是当时发现并经过检验的最早的生铁工具。^[14]

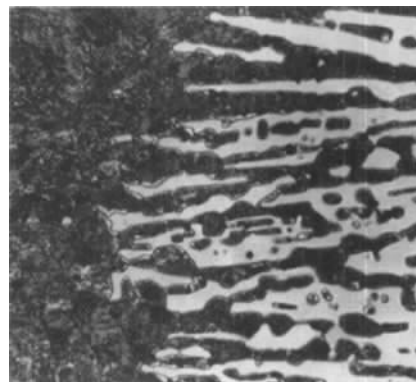


图 2 洛阳水泥厂出土铁镞金相组织,心部亚共晶白口铁,边部全珠光体是脱碳铸铁(×200)^[15]

1978 年出版的《中国冶金简史》中公布了对江苏六合程桥东周墓出土铁丸的检测,根据其金相组织判定是白口铁(如图 3),也是当时鉴定过的最早的生铁。^[16]

20 世纪末,韩汝玢对山西天马曲村晋文化遗址中发现的铁器进行分析鉴定(如图 4),其中出自遗址第四层的一件铁器残片,时代为春秋早期偏晚,经金相分析显示是过共晶白口铁,这是迄今中国发现最早的铸铁,说明中国中原地区早在公元前 8 世纪就能进行生铁冶炼。^[17]

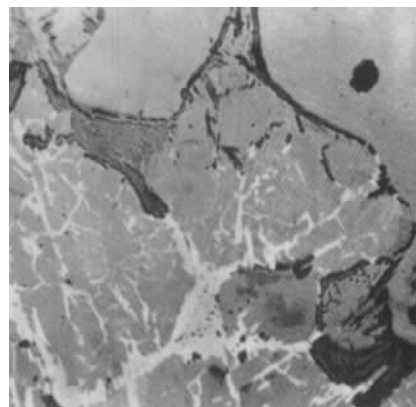


图 3 江苏六合程桥 M1 出土铁丸的铁锈中残留的白口铁组织(×100)



图4 山西天马-曲村残铁片金相组织,白口铁组织($\times 100$)

三、“最早炼出生铁”相关问题

技术是发明创造的基础,一项突破性的成就需要有独特的技术支持和工艺基础,还需要具备让发明广泛应用的一系列技术支撑。中国能够在全世界最早炼出生铁同样有独特的技术因素,探讨这些因素与发明之间的关系成为冶铁史研究的又一个主题。

在发现和证实中国最早炼出生铁的过程中,寻找其中的技术因素也是学者们集中研究的一个热点。明确提出中国最早炼出生铁的丁格兰首先寻找其中的“特殊条件”,他从化学成分与生铁熔点的角度推测其中起主要作用的是磷,认为“(中国)铁矿石及炼铁所用木炭,其中所含之磷皆不甚多,在古时所用之铸铁炉,实不易发生相当温度,使生铁充分熔融,需加相当磷分,熔融方易,中国古代虽未有关于磷的化学知识,但从经验上发现融铁吸收骨质后,较易铸作,则甚可能”⁽⁵⁾。最早对中国冶炼生铁进行全面阐释的美国矿冶学家瑞德最先想到的也是磷。他认为磷使熔化了铁水具有流动性。而且,从实地调查的经验中,瑞德从他最为熟悉的山西坩埚炼铁法中得到启示,认为是因为用煤做还原剂在坩埚中冶炼而使煤中的磷酸盐进入铸铁中,从而把熔点降到接近于铜,因为当磷含量达到6.7%时,铁的熔点是 900°C ,比铜的还要低 100°C ,比熔点最低的铁碳合金低 200°C 。然而,在对中国早期铁器的分析中显示并没有高磷现象(如表1)⁽⁶⁾。因此,这个假设只能作为一个建议等待以后的研究来验证。

李约瑟在继承了国外学者关于高磷降低生铁

熔点的观点外,还综合冶炼各方面的技术对这个问题进行了较为全面的分析,他认为主要的技术因素有以下三点:第一,使用富含磷的矿石,或者是少量的含磷较多的矿物加入到炼炉中;第二,优质耐火黏土的使用,不仅可以建造小型的竖炉,也可以用来做坩埚;第三,至少在公元前4世纪冶铁炉就应用了可以往复运动的双活塞鼓风机⁽¹¹⁾⁴⁷。韩汝玢从更加宏观的中国古代陶冶技术的传承方面总结发明生铁的技术原因有:第一,悠久的先进制陶技术成就;第二,古代青铜器制作技术的高度发展;第三,长期积累的竖炉冶炼经验和高度的冶炼技术;最后也是最为重要的一点,就是中国至迟在公元前5世纪就发明通过退火脱碳处理,改善生铁由于含碳量高铸造成器后性脆的缺点,扩大了铸铁器的使用范围,使生铁发明的价值真正体现了出来。⁽¹⁸⁾

在综合各方面技术因素分析生铁起源原因的同时,也有学者从具体的技术细节推测技术发明的过程,如李约瑟研究所负责撰写《中国的科技与文明》钢铁卷的华道安(Wagner)通过对考古资料的整理后,结合冶炼技术做出推测,认为中国发明铸铁是在化铜炉中融化块炼铁的过程中,导致铁增碳,熔点降低,炼出铁水,从而诱发了铸铁的发明⁽¹⁹⁾⁹⁸。何堂坤强调从块炼铁发展到生铁的技术关键是,一方面需要(竖)炉身足够高、大,以使炉料与冶炼生成的铁有足够的时间和空间进行传热、还原和渗碳;另一方面需要有足够强的鼓风能力,使炼炉能够获得足够的高温。⁽²⁰⁾

虽然目前学界普遍倾向于在竖炉中最先炼出生铁,然而从现有考古资料来看,战国到汉代的冶铁竖炉中还未发现具有明确冶炼特征的炼炉,因此该理论还有待进一步的探讨。最早在坩埚中炼出生铁的提法也只是一种推测,缺乏足够的证据。

技术基础为发明创造提供了必要条件,最后的成功还受到一定的充分条件的制约,因此,确定发明的时间和地点就成为两项重要的研究内容。

关于最早炼出生铁的时间,一般有两种倾向,一种从实证的角度出发,以当前所能找到的最早证据为依据,确定时间;另一种是从假设的角度出发,根据各种理论进行推论。国内较早明确提出中国冶炼生铁时间的学者朱振和根据《左传》中“遂赋晋国一鼓铁,以铸刑鼎”的记载,以及《吴越春秋》中干将铸剑的故事推断,中国在纪元前六世纪时铸铁技术已经非常发达⁽⁸⁾。由于文献在编著年代、版本考证和内容注解等方面都存在争议,很难形成较为统一的认识。因此,在20世纪70年代末,随着考古工

作的开展,有明确年代的出土铁器已经达到一定量之后,部分学者提出“根据现存的古籍和金文材料,企图说明中国开始冶铁和使用铁器的问题,是很困难的,必须更多地依靠考古发现及其研究成果”。在科技考古不断发展的情况下,更多学者认同其成果,把目前发现经检测铸铁的出土年代作为开始冶炼生铁的时代。但是由于已发现铁器的年代可能是生铁冶炼、铸造技术已经相对成熟的时期,比开始冶炼生铁的时间要晚,这就出现部分学者从各种角度出发进行推测。冶金学家阮鸿仪从温度、技术和矿产资源方面分析,认为青铜全胜时期的青铜器铸造技术水平(大小、少气泡、花纹、铜锡比)不是鼓风炉直接炭火熔化所能达到,而是必需要用到类似坩埚炉的设备的。坩埚炉间接熔化青铜,或先熔化红铜配制青铜的炉内温度,必定要达到1200℃。因此鼓风技术也已经达到相当高的程度。而与此同时,生铁的铸造,自然就成为可能的事实了。

在缺乏考古证据的时候,学界就中国最早用铁的地域进行了一番争论,无论是坚持南方起源的一方,还是秉持北方(中原)起源的一方都是从文献和推理出发,没有坚实的证据。当“中国最早炼出生铁”这一观点被学界所广泛认同之后,更多学者把关注点集中到了生铁的起源地上面。早期学者瑞德比较倾向于山西起源说,他指出“在我看来,一个非常重要的需要研究的地区是晋南、晋东南,那里作为中国冶铁起源地是很合理的,当把那里的史前史完全了解后,可能会重铸中华文明起源的观念”。此后,由于天马-曲村铸铁残片的出土和科学鉴定,山西起源说无形中加强了,并被较多学者所认同,因为考古证据、检测分析与文献记载(上文所述晋国“铸刑鼎”)相互印证。不过,也有学者仍然坚持南方起源说。如华道安认为天马-曲村遗址中出土有块炼铁产品,残铁片又存在多种可能性(铸铁器的一部分或仅仅是一块生铁片),而且缺乏更多的考古信息,从而推断该残铁片是块炼铁炉偶然生产出的铸铁;吴国由于铜、锡矿稀少,发展农业急需廉价的金属工具,因此在不断的尝试中,具备高超铸铜技术的工匠在化铜炉中熔化块炼铁,导致其增碳,熔点降低,从而流出了铁水,诱发了铸铁的发明⁽²⁰⁾¹⁰⁰⁻¹⁰²。

与坚持北方晋国或南方吴、楚这些“一元论”观点不同,持“多元论”的学者更倾向于认为矿产资源丰富、青铜冶铸技术发达、有大量使用铁器需求的地区都可能是生铁冶铸技术的发祥地。如华觉明认为太行山两麓及其余脉包括晋东南、河北邯郸、

河南北部等三省接壤地区,山东临淄地区,河南西南部的伏牛、桐柏山区,浙江东部地区,四川的邛崃和云南的滇池地区都有可能酝酿生铁冶铸技术。

综上所述,不管是技术发明的原理,还是起源时间、地域都还没有形成定论,还需要进一步的分析、研究,解决这些问题的路径无疑还是需要需要通过技术原理与科学实验的结合。

四、结 论

如果把技术还原于文化之中,作为整个文化系统的核心和决定性因素,技术进化的模式具有重要的影响,与国外特别是欧洲的冶铁技术相比,我国的技术在进化过程中呈现出不同的路线和发展模式,体现了多线进化的理论趋向,但中国从块炼铁发展为生铁冶炼技术并不仅仅是对生态环境的适应,而主要是技术在与相关文化适应过程中一种创新,更多的是一种技术的自我发展。

“中国最早炼出生铁”是由国外学者从技术特色的角度最先提出并初步论证的,最终由国内几代学者通过对出土文物的科学检测所证实,正是这种相互合作、以自然科学的方法验证文明起源的研究模式,使这一观点得到国内外学者的广泛认同。

在百年的研究历程中,从文物中发现技术特征,结合文献记载、传统工艺、实验分析进行验证的研究方法逐步形成、确立,成为与传统的从文献出发的研究方法并立的技术史研究路径。

在不断的研究过程中,从生铁冶炼衍生出更多有关的学术问题,建立了以生铁为基础的中国古代钢铁技术体系,并与中国古代文明相结合,形成了“铸铁中国”理论。

参考文献

- (1) 中国科学院自然科学史研究所. 中国古代重要科技发明创造[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2016: 100.
- (2) 中国大学人文启示录编委会. 中国大学人文启示录(第三卷)[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999: 26.
- (3) 华觉明. 中国古代究竟有哪几项大发明[J]. 自然科学史研究, 2013(4): 427-435.
- (4) Berthold Laufer. Chinese Clay Figures[M]. Chicago: Field Museum of Natural History, 1914: 236.
- (5) Tegengren, F. R. The iron ores and iron industry of China[M]. Memoir Geol. Surv. China, ser. A, 1924: 308.
- (6) Read T. T. The Early Casting of Iron: A Stage in Iron Age Civilization[J]. The Geographical Review, 1934(4): 544-560.

- (7) 李恒德. 中国历史上的钢铁冶金技术[J]. 自然科学, 1951(12): 591-598.
- (8) 朱振和. 中国古代人民怎样用铁[J]. 化学通报, 1956(1): 59-62.
- (9) 杨宽. 试论中国古代冶铁技术的发明和发展[J]. 文史哲, 1955(2): 26-30.
- (10) 杨宽. 中国古代冶铁技术的发明和发展[M]. 上海: 上海人民出版社, 1956.
- (11) Needham J. The Development of Iron and Steel Technology in China [M]. London: The Newcomen Society, 1956.
- (12) Berthold Laufer. The beginnings of porcelain in China [M]. Chicago: Field Museum of Natural History, 1914: 80.
- (13) 华觉明, 杨根, 刘恩珠. 战国两汉铁器的金相学考查初步报告[J]. 考古学报, 1960(1): 73-88.
- (14) 李众. 中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨[J]. 考古学报, 1975(2): 1-22.
- (15) 韩汝玢. 中国早期铁器(公元前5世纪以前)的金相学研究[J]. 文物, 1998(2): 87-96.
- (16) 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: 44.
- (17) 韩汝玢. 天马-曲村遗址出土铁器的鉴定[C] // 邹衡. 天马-曲村 1980-1989. 北京: 科学出版社, 2000: 1178-1180.
- (18) Han Rbbin. The Development of Chinese Ancient Iron Blast Furnace [C] // 韩汝玢. 磨砺集. 北京: 科学出版社, 2014: 403-418.
- (19) Wagner D B. Chemistry and Chemical Technology. Part 11: Ferrous Metallurgy [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008: 102.
- (20) 何堂坤. 中国古代金属冶炼和加工工程技术史[M]. 太原: 山西教育出版社, 2009: 190.
- (21) 黄展岳. 关于中国开始冶铁和使用铁器的问题[J]. 文物, 1976(8): 62-70.
- (22) 阮鸿仪. 从冶金的观点试论中国用铁的时代问题[M]. 文史哲, 1955(6): 59-60.
- (23) Read T T. Chinese Iron: A Puzzl [J]. Harvard Journal of Asiatic Studies, 1937(2): 398-407.
- (24) 华觉明. 中国古代金属技术——铜和铁造就的文明[M]. 郑州: 大象出版社, 1999: 305.

“China Cast Iron” Origin: Revises of the Discovery, Prove and Related Problem about China Being “earliest in smelting cast iron”

LIU Pei-feng¹, LI Yan-xiang²

(1. Research Institute of History for Science and Technology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044;

2. Institute of Cultural Heritage and History of Science and Technology, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Who was the first to put forward China being "earliest in smelting cast iron"? Moreover, how is this perspective improved and verified step by step? Why China can be "earliest in smelting cast iron"? These questions are answered tentatively through reviewing the academic history of hundred years. Laufer, Ding Glenn and Reed, three western scholars first put forward this perspective and carried out preliminary verifications and analyses, the domestic scholars verified it through scientific testing of unearthed cultural relics. But domestic and foreign scholars lack a unified understanding regarding the technical principle and process of cast iron smelted by China, and the time and place of origin also need to be studied further, the in-depth research of these issues, will promote the development of iron smelting history.

Key words: cast iron; invention and creation; academic history

(本文责任编辑: 董春雨)