

先秦两汉钢铁技术发展传播研究新进展*

陈建立

(北京大学考古文博学院)

摘要：先秦两汉时期，铁器手工业成为当时手工业生产及技术创新的重要领域之一。自20世纪20年代以来，中国学者已就中国钢铁技术起源问题进行了讨论。20世纪50年代以后，随着大规模考古工作的进展和对出土铁器及冶铁遗址的科学研究，我们对中国古代钢铁技术的起源、发展、技术特色和管理体制等一系列问题有了较为深入的研究。笔者近年先后对河南、河北、山东、安徽、陕西、甘肃和新疆等地40余处战国两汉时期冶铁遗址进行了田野调查，并参与部分遗址的发掘工作，完成部分遗址和墓地出土铁器和冶铸遗物的采样和分析工作，对先秦两汉时期铁器和冶铁遗址有一些新的认识。本文主要报告笔者与合作者开展的中国古代钢铁技术的研究结果，包括冶铁遗址的田野调查、铁器的制作技术及年代学研究等内容，并对先秦两汉时期钢铁技术的发展情况进行简单讨论。

关键词：铁器 手工业 冶铁

先秦两汉时期，铁器手工业成为当时手工业生产及技术创新的重要领域之一。自20世纪20年代以来，中国学者已就中国钢铁技术起源问题进行了讨论。20世纪50年代以后，随着大规模考古工作的进展和对出土铁器及冶铁遗址的科学研究，我们对中国古代钢铁技术的起源、发展、技术特色和管理体制等一系列问题有了较为深入的研究。如河南巩县铁生沟、郑州古荥镇、南阳瓦房庄等地汉代铁工厂遗址的大规模发掘，积累大批实物材料，奠定了对当时各环节生产设施的形制、冶炼技术、产品种类及作坊布局等方面的基本认识。但是，对于中国古代钢铁技术体系中的一些问题的认识还不清楚，例如中国何时开始使用铁器？冶铁技术是如何起源的？秦汉时期钢铁技术大发展的社会、经济及技术原因是什么？铁器与冶铁技术的传播与交流情况如何？这些问题需要利用考古学、冶金学等多学科的方法对出土考古资料进行系统梳理和科学检测，才能有所收获。

* 本文得到国家自然科学基金（编号：51074010）、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目（编号：10JJD770014）和国家社科基金重大项目“史前时期中西文化交流研究”（编号：12&ZD151）的资助。

不过,现在大规模发掘的机会越来越少,由此产生一些与工作理念与方法相关的新问题。例如,如何以不全面的发掘来尽可能获取必需的资料?如果发掘单位仅仅为废弃堆积,又该如何整理与分析、提取更多信息来认识作坊的性质与组织?近年来,河南省文物考古研究院、山东省文物考古研究所、济南市文物考古研究所、北京市文物研究所、成都文物考古研究所、四川大学、南京大学、北京科技大学和北京大学等单位先后对两汉和宋辽时期的不少冶铁遗址进行了调查与发掘,为解决这些问题提供了新资料,成绩斐然。

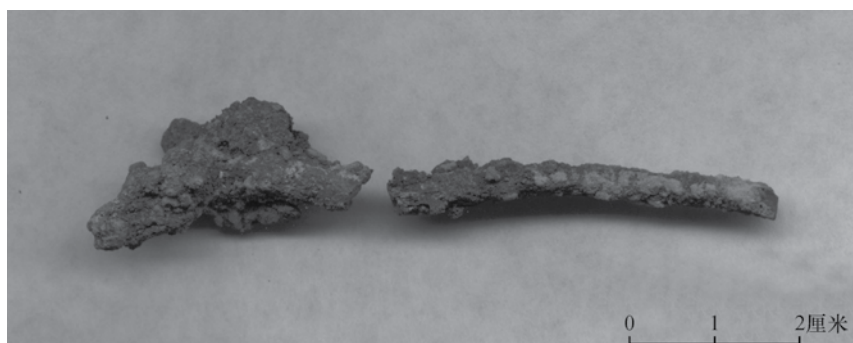
近年来,笔者先后对河南、河北、山东、安徽、陕西、甘肃和新疆等地40余处战国两汉时期冶铁遗址进行了田野调查,并参与部分遗址的发掘工作,完成部分遗址和墓地出土铁器和冶铸遗物的采样和分析工作,对先秦两汉时期铁器和冶铁遗址有一些新的认识。本文主要报告笔者与合作者开展的中国古代钢铁技术的研究结果,包括冶铁遗址的田野调查、铁器的制作技术及年代学研究等内容,并对先秦两汉时期钢铁技术的发展情况进行简单讨论,以回应上述部分问题。

一、西北地区早期铁器的使用

从考古资料上看,中国早期铁器主要出土于新疆、甘肃、青海、宁夏和陕西西部等西北地区,河南、陕西和山西交界地带的中原地区,以及长江中下游的古代吴楚地区。而根据出土铁器的种类、数量和年代来看,以西北和中原地区为早为多。其中西北地区早期铁器的研究取得重大进展,如在甘肃临潭陈旗磨沟墓地发现的铁器为目前中国最早的人工冶铁制品,为研究中国冶铁技术起源提供了线索^[1];而新疆等地发现的战国两汉时期铸铁脱碳钢制品则进一步证实中原地区的生铁冶炼技术已在汉代传播到新疆地区^[2]。

磨沟遗址位于甘肃省临潭县陈旗乡磨沟村,地处洮河南岸的马蹄形山间台地。区域内发现有仰韶中晚期、马家窑、齐家文化和寺洼文化的遗存,出土数量众多的铜器、陶器及不同材质的装饰品等。2009年6月,在M444头龕右侧A5、A6陶双耳罐中间土中发现铁条1件(M444:A7),此墓未经扰动,确为埋藏时的随葬器物。铁条出土时已断为两节,稍长的一段长约3.9、直径0.6厘米;稍短的一段呈弯曲状,长约3厘米(图一)。2009年8月在发掘M633时靠近墓底的填土中发现铁锈块1件,亦未有扰动痕迹,但锈蚀严重,本文未对其进行检测分析。M633共出土4件陶器,均发现于头龕内,其中3件属齐家文化,分别为红陶双大耳罐、高领圆腹罐和豆,1件属寺洼文化,为灰陶罐。从陶器的组合和形制来看,此墓葬的年代应处于从齐家向寺洼文化的过渡阶段,早于M444的年代。

为判定墓葬和铁器的绝对年代,我们选择两墓的墓主人骨和M444墓内出土铜斧釜内木炭等3件样品进行AMS-¹⁴C测年。结果表明,M444的2件样品的¹⁴C年代分别为距今3090年±30年和3075年±35年,二者在误差范围内一致,树轮校正年代为公元前

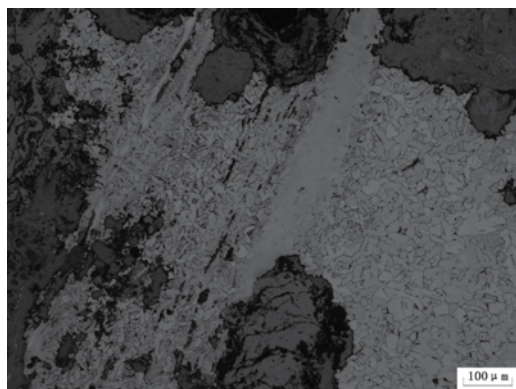


图一 铁条的实物照片

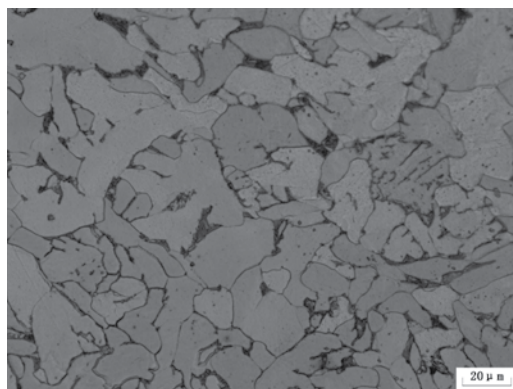
1430—前1260年 (2σ)；M633 墓主人骨的 ^{14}C 年代为距今3145年 \pm 45年，树轮校正年代为公元前1510—前1310年。 ^{14}C 测定的结果与两墓陶器所反映的年代相符，M633年代较M444早，均为寺洼文化早期。因此，可将这两座出土铁器的墓葬的年代定为公元前14世纪左右。

根据陈旗磨沟墓葬出土铁条的夹杂物元素组成特征和金相组织观察结果（图二、图三），可以判定铁条（M444：A7）为块炼渗碳钢锻打而成，系人工冶铁制品，该件铁器也是目前中国境内出土最早的人工冶铁证据，对于研究中国冶铁技术的起源具有重要意义。如果陈旗磨沟铁器是自西方传来的话，也就意味着可能会有更多的早期铁器在这一地区、河西走廊和新疆出土。如果陈旗磨沟铁器是本土制作的，那么应该具备相应的技术条件，而根据墓地出土铜器的检测分析来看，冶铁技术的出现亦有可能。所以铁器起源的研究不能仅仅看单件器物的出土，更应注意其文化背景及文化交流等情况。

笔者还选择灵台、天水等地出土春秋至汉代11件铁器样品，包括刀、剑、鼎、犁铧等，进行金相组织鉴定和AMS- ^{14}C 年代测定，发现有生铁、铸铁脱碳钢制品等材



图二 铁条的金相组织

图三 铁条的金相组织
(铁素体及晶粒间少量珠光体组织)

质,并且测定的5件铁器样品的¹⁴C年代与考古认定的年代基本相符,为研究西北地区早期铁器的制作技术提供了新资料^[3]。

新疆地区是研究中国冶铁技术起源的关键。针对新疆铁器的年代学问题,我们对新疆伊犁地区尼勒克穷科克一号墓地、穷科克二号墓地、萨尔布拉克沟口墓地、吉仁托海墓地、别特巴斯陶墓地、乌图兰墓地、特克斯恰普其海墓地和哈密东黑沟遗址等几个遗址和墓葬出土42件铁器进行金相组织分析和年代学研究,结果表明汉代以前的铁器均为块炼铁和块炼渗碳钢锻打而成,而东黑沟等遗址出土汉代铁器则出现中原地区铁器传统的铸铁脱碳钢制品,系中原地区钢铁技术向西传的证据之一。

二、中原地区早期铁器及冶铁遗址群的调查与分析

2001年,韩汝玢、段红梅完成了对晋南地区战国—汉代10处墓地和3个冶铁遗址(包括侯马的乔村和虢祈、长治的屯留和分水岭等、榆次的猫儿岭等)的研究,发现97%的铁器制品系采用生铁铸造而成,有的经过退火处理,表现出较高质量,创造性地指出春秋战国时期晋国可能为当时中国冶铁中心之一^[4]。2005年陕西省考古研究所发掘的韩城梁带村两周时期墓葬,出土大量精美玉器、铜器和金器等,其中M27出土铁刃铜戈和铁刃铜刀两件铁器,年代定为春秋早期偏晚,为研究中原地区冶铁技术起源提供了新资料。我们对这两件样品进行检测分析,判定为人工冶铁制品,即两件器物的铁刃部位均采用块炼渗碳钢锻打而成^[5]。这两件铁器较河南三门峡虢国墓地出土铁器略晚,比天马—曲村出土铁器稍早,三者成鼎立之势。其中三门峡虢国墓地出土的6件铜铁复合器中有3件陨铁制品和3件块炼铁制品,而天马—曲村遗址有块炼铁和生铁制品。由此可知,自西周晚期到春秋早期在晋、陕、豫交界地带从陨铁到块炼铁最后到生铁的出现有非常明确的发展脉络,出土的铁器数量较其他地区为多,也是中原地区年代最早的,这说明该地区可能是中国冶铁技术本土化的起源地之一。

战国秦汉时期,临淄一直是山东半岛的冶铁中心,近年来在临淄故城中发现了冶铁遗址6处,说明当时冶铁业十分发达,中国社会科学院考古研究所和山东省文物考古研究所等有关单位已对部分冶铁遗址进行了发掘。笔者选择5件战国中、晚期墓葬出土的铁器样品进行实验分析研究。根据金相鉴定结果可知,5件铁器中有除1件为块炼铁制品外,其余4件均为铸铁脱碳制品,采用了铸铁退火技术,表明战国时期,生铁技术体系已成为山东地区的冶铁技术主流^[6]。而杜宁等人在临淄故城城内冶铁遗址调查和矿石、炉渣样品分析的基础上,指出临淄故城在战国至汉代时已进行生铁冶炼,所使用的矿石应该来自于附近的金岭铁矿,少部分炉渣可能是炒钢技术的产物,冶炼工序比较完善^[7]。2007年山东大学对山东莱芜单家庄矿冶遗址进行了考古发掘,对烘范窑、烧炭窑和部分采矿遗址进行了调查与清理,采集了陶范和铁矿石等一系列冶铸遗物,此系山东境内第一次系统发掘的矿冶遗址,具有重要意义^[8]。2009年以来,章丘东平陵故城冶铁遗址的发掘与冶铁遗物的检测工作也取得重要进展。

战国秦汉时期，河南是生铁冶炼技术最为发达的地区之一，到目前为止，河南仍是发现冶铁遗址最为丰富，尤其是在南阳盆地及其周边地区已发现的20多处冶铁遗址中，除少数为宋代，多为战国秦汉时期。我们在前人工作的基础上，又对舞钢、西平冶铁遗址群（10处遗址）、鲁山望城岗、西马楼、黄棟树、泌阳下河湾、桐柏张畈、毛集、南阳瓦房庄、方城赵河和南召下村等遗址进行田野调查、样品采集和实验室检测工作。分析结果进一步证明，战国秦汉时期以南阳盆地地区为代表的中原地区已构建出一个较为完整和成熟的采矿、冶炼、铸造、炒钢、锻造等铁器生产的技术体系。如鲁山望城岗冶铁遗址是个集冶炼、铸造和炼钢为一体的大型工场，持续时间较长（自战国到宋代），具体工艺表现为采用选好的褐铁矿在高炉中炼出生铁，然后铸成器物，存在脱碳制钢的处理工艺，并且在冶炼时可能使用了煤炭作为燃料^[9]。

我们还对大规模冶炼活动与遗址区域附近的生态环境之间的互动关系等问题进行了初步研究^[10]。通过舞钢、西平地区10处冶铁遗址的空间分布的调查，结果显示，遗址根据其功能的不同，在坡度和汇流积累量方面有比较显著的差异，而在坡向上则呈现统一的规律，说明古人在冶炼工场的选址方面有一定考虑，如采矿遗址具有明显的资源依赖性，分布地点接近矿源，普遍坡度较大，处于整个流域的上游位置；精炼制钢遗址呈现交通依赖性，分布在地势平坦、接近河流的位置，处于整个流域的下游；冶炼遗址则需要兼顾资源和交通，因此空间分布特征上介于两者之间，往往处于距离矿源不远、离河流较近的平原地带，处于整个流域的中游。继而，通过构造土壤侵蚀模型，对大规模冶炼活动与遗址区域附近的生态环境之间的互动关系问题进行了探索性研究，指出该地区西北部和南部山区广泛分布的粗骨性土壤与大规模的冶炼所需的砍伐活动存在的因果关系；随着砍伐活动的加剧，土壤侵蚀量的进一步增大，可能由此导致该地区生态破坏，燃料匮乏。因此，其盛极一时的冶铁工业之所以在晋之后衰落，可能也与此有关。

三、先秦两汉时期中原地区生铁技术向周边的传播

生铁冶炼和利用生铁制钢技术是区别于块炼铁技术的属于中原地区的独特创造。自中原地区最早出现生铁和生铁退火处理制品之后，周边地区陆续出现类似的产品，反映了当时钢铁技术的传播与交流。

新疆巴里坤东黑沟遗址出土铸铁脱碳钢制品的鉴定结果应是中原系统钢铁技术西传的新证据。铸铁脱碳钢是中原生铁和生铁制钢技术体系中重要的产品之一。为克服生铁硬度高、脆性大的弱点，迟于公元前5世纪发明了将白口铁退火处理的技术，即将生铁铸件在氧化气氛中进行退火，使之脱碳成钢或熟铁制品，提高了钢的生产效率，产品的硬度和韧性也适合多数农具、工具的使用要求。在炒钢技术发明以前，铸铁脱碳钢技术是战国秦汉时期钢制品的主要生产方式。但中原地区这些先进的钢铁技

术对当时的周边地区的传播受到严格控制,如汉代即实行“别异蛮夷,隔绝器物”的封锁政策。但钢铁技术的传播还是以其他方式进行,如《史记·大宛列传》载“自宛以西至安息国……不知铸铁器,及汉使亡卒降,教铸作它兵器”。本次经鉴定的10件铁器中,有块炼铁、块炼渗碳钢和铸铁脱碳钢制品,这也说明当时新疆地区的铁器使用情况。近两年,笔者赴俄罗斯的图瓦地区、米努辛斯克盆地、阿尔泰共和国和阿尔泰边疆区等地进行考察期间,发现在一些匈奴时期的铸造铁犁铧,也证明了生铁制品的传播情况。

中原地区钢铁技术已在战国末至秦汉时期传播到岭南地区,但相关遗址调查和铁器检测工作尚未深入展开。黄全胜和李延祥赴广西进行矿冶遗址调查,发现冶炼炉、炒钢炉和炉渣等冶铁炼钢遗物,并对广西地区年代最早的一批铁器进行样品采集工作。结果表明,出土战国时期铁器系铸铁制品,系自中原地区输入的;通过炉形结构及炉渣分析判定了块炼铁冶炼炉和炒钢炉,但¹⁴C测年结果与考古工作者判定年代有一定差异,需要进一步研究^[11]。

为研究东南沿海地区铁器和冶铁业的起源和发展状况,笔者对福建武夷山城村汉城出土汉代铁器进行年代及制作技术的实验研究,结果发现汉代钢铁技术在城村汉城得到较多地体现,如生铁、韧性铸铁、铸铁脱碳钢和炒钢等钢铁制品普遍存在,淬火和铸铁退火等多种热处理工艺及优越的锻造技术在城村汉城也得到广泛应用,表明人们对钢铁性质的认识达到了较高水平,特别是城村汉城炒钢制品的发现,为炒钢技术的发展和大规模使用提供了实物资料^[12]。

西南地区特别是成都平原的冶铁遗址发掘工作取得了重大收获,关于冶铸遗物的检测工作也引人注目,相信在四川大学和成都市文物考古研究所的坚持下,这一地区的钢铁技术研究会取得更大成绩。自20世纪50年代以来,贵州省考古工作者在赫章可乐遗址及威宁中水遗址进行了多次大规模的调查和发掘工作,获得了一批重要的遗迹和遗物,出土包括铜柄铁刀、剑、削刀、矛、镞、铲、镰、锄、釜、凿、锥、锤、剪、斧等一大批铁制兵器、生产工具和日常用具。为深入研究这些铁制品的制作技术,我们选择可乐遗址2000年和中水遗址2004年发掘出土14件铁器样品进行金相组织分析,其中农具3件、工具4件、兵器6件和其他日常用具1件。发现有脱碳铸铁、麻口铁、铸铁脱碳钢和炒钢等制品,具有较高的制作技术水平,中原地区钢铁技术在该地区得到较多体现和应用^[13]。

东北地区是中国先进的生铁冶炼和制钢技术向朝鲜半岛和日本列岛地区传播的通道之一,在中国钢铁技术的传播与交流问题上具有重要地位。为考察中原地区和东北地区战国两汉时期钢铁技术发展面貌,近期,我们对河北徐水东黑山遗址^[14]和吉林梨树二龙湖遗址^[15]出土燕国铁器及燕下都遗址采集炉渣进行了分析。

东黑山遗址位于河北省徐水县大王店乡东黑山村村南,2006年的发掘出土了完整或可复原各类文物800余件,其中铁器159件,铜器43件。遗址时代上横跨战国、两汉、唐宋、金元,其中以战国城址和西汉中晚期—东汉遗存最为重要。我们对战国

两汉的66件铁器进行了检测。分析结果表明：铁器的制作技术以生铁和生铁制钢技术为主，有铸铁退火、炒钢、锻打、淬火和渗碳工艺等，与中原地区的生铁技术传统一致。

二龙湖古城位于吉林省南部东辽河上游地区，是最具代表性的一处战国晚期到汉初的文化遗存，2002年的考古发掘，揭露面积3480平方米，出土石器、铜器、铁器、陶器、骨器、玉器、玻璃器等各类遗物800余件，其中铁器300余件，为研究当时钢铁技术提供了弥足珍贵的考古资料。为推断这批铁器的制作工艺，我们选择32件铁器进行金相实验研究。结果表明，除2件完全锈蚀无法判定其材质和制作工艺外，其余30件均为生铁或利用生铁退火技术生产的产品制作而成，其中18件为铸铁脱碳钢、5件为脱碳铸铁、4件为韧性铸铁、2件为白口铁、1件为麻口铁；根据器物形制上来看，有的是直接用生铁铸造成器物，有的在铸造后进行了退火脱碳处理，有的是利用铸铁脱碳钢锻打而成，并有1件铁镢经过淬火处理，1件经过了后期的冷加工。根据这些金相组织和材质的判定结果，明确表明二龙湖遗址出土铁器的制作技术与东黑山遗址、燕下都遗址等地出土燕国铁器的制作技术并无二致，为同一技术传统。

从二龙湖、燕下都、东黑山等遗址出土铁器的制作技术上看，燕式铁农具、工具和兵器的生产已有较高的专业化和标准化程度。材质有白口铁、灰口铁、麻口铁、脱碳铸铁、铸铁脱碳钢和块炼铁等多种，存在铸造、退火、锻打、淬火等工艺，说明当时的燕已经有较完备的钢铁技术。值得注意的是，生铁铸造和退火脱碳技术后来居上，逐渐取代了块炼铁技术，推动了铁器的大规模生产和普及使用，其表现为燕式铁器的数量在战国至汉代时期得以剧增。这一现象当与燕对铁业的管理有关。从燕下都的城市布局来看，诸多的铁业作坊分布在宫城周围，说明官府对铁业进行较为严格管理和监督，也说明了铁业在燕国的重要地位。

燕是战国时期北方重要的大国之一，特别是公元前284年燕破齐时曾经显赫一时，考古资料证明这一时期燕地出土的铁器数量有了大幅度的增长。易县燕下都遗址是战国中晚期燕的都城，也是研究燕国历史的重要遗址。燕下都出土了大量的战国铁器，其中武阳台村西北21号作坊遗址出土铁器数量最多，达861件。除了在燕的核心地区发现有大量铁器外，在其边远地区（今内蒙古东南部、辽宁、吉林南部）也出土了较多的燕式铁器。此外，在燕国地域内还发现了多处冶铁遗址，燕下都发现了高陌村西北5号、郎井村西南13号、武阳台村西北18号、21号、23号等至少5处铸、锻铁作坊遗址，其密度之高也是其他同类遗址中比较罕见的。在河北兴隆也发现了大量的生铁铸范、炉渣和炉子。这些现象说明战国至汉代在燕的影响范围内铁器已经得到了普遍的使用。

李仲达等对燕下都遗址出土的14件铁农具进行金相鉴定，认为铁农具全部为铸造成形，有些还经过退火处理，说明燕国已采用白口铁铸件和白口铁铸件退火脱碳处理后的产物来制作铁农具，使铁农具不仅保留了白口铁坚硬、锋利和耐用的性能，又有一定的韧性。东黑山遗址出土的4件战国晚期铁农具除均为生铁和铸铁退火制品外，还

出现了经过淬火的钢制品,加上汉代铁农具,钢制品在农具中占42%。退火脱碳成钢技术的使用,提高了铁农具的使用性能,扩大了铁农具的使用范围,延长了铁农具的使用寿命。二龙湖遗址作为燕国的北方的最远居址之一,在不大的发掘面积中就出土300余件铁制农具,多为生铁铸造并经退火处理,再次说明铁农具的重要作用,而这种制铁技术当来源于中原地区。

燕地出土铁器中另一重要类别是兵器。燕下都44号墓中出土了79件铁器,其中兵器51件,可以说M44中兵器占据了最主要的位置,同时还发现了年代最早的铁铠甲。该墓中铁器在出土金属器中的比重已达到65.8%,为铜器的两倍。随葬如此多的兵器表明这些铁器应当是在燕国境内生产的,铁兵器的生产已经普及开来。北京钢铁学院对燕下都M44中的9件铁器进行了金相鉴定,认为其中6件兵器为熟铁或钢制品,并且都经过反复锻打,其中3件经过淬火。李仲达等对燕下都遗址中12件兵器进行了金相鉴定,认为4件是铸造成形,8件熟铁或钢制品皆为锻制。东黑山遗址经分析的铁兵器均为低碳钢或熟铁材质,还出现了使用炒钢并经过锻打成形的工艺,提高了兵器的质量。燕国使用钢材制作兵器,并经过锻制、淬火等工艺,提高了兵器的机械性能,从而增强了其军事实力。

战国时期,燕、赵的势力曾一度由这里延伸到吉林中部地区,秦汉时期的主要交通线也延续到辽西地区。研究表明这一地区在中国先进铁器文化和冶铁技术向周边地区的传播与交流中起到重要作用。东北亚地区古代钢铁技术的交流与传播问题也成近三十年来中日韩学者关注的热点之一。

历史记载中国与朝鲜半岛的接触可以说是从公元前4世纪开始的,而西汉时期卫满朝鲜的建立和乐浪四郡的设置,为生铁技术在朝鲜半岛的传播起到重要推动作用。在朝鲜北部各地,曾发现中国战国时代燕国的货币明刀钱,并有战国式的青铜兵器和铁器等与之共存。在汉代遗迹和遗物相当集中的乐浪郡辖区,出土有“大河五”铭文的铁器,也偶有细形铜剑等遗物发现。根据潮见浩和川越哲志的工作,汉代乐浪地区墓葬出土铁器种类有刀、剑、环首刀、矛、戟、镞、斧、凿、镰、弩机、马具等,具有明显的汉代特色^[16],所以研究朝鲜半岛铁器起源问题应该从中国东北地区早期铁器入手。

申璟焕、李南珪、伊东锡、崔钟泽和卢泰天等人对朝鲜半岛冶铁技术进行了大量研究,他们鉴定了许多朝鲜半岛早期铁器制品的材质,考察其制作工艺,同时对许多冶铁遗址进行了考察,初步总结出朝鲜半岛早期冶铁技术发展历程。检测结果显示,平安北道的渭源郡龙渊洞遗址(公元前2世纪)、宁边郡细竹里遗址(公元前1世纪)和咸镜北道荣兴遗址(公元前1世纪)等遗址出土铁器均属于燕地铁器;一批铁器的材质为生铁和脱碳铸铁。而具有当地制作特点的铁器在公元前1世纪—公元1世纪才发现使用,铸造铁器的范和冶炼炉迹出现于公元2世纪—3世纪。所以李南珪在讨论朝鲜半岛初期铁器文化的形成和发展时指出,朝鲜半岛初期铁器文化起始受到中国战国时代铁器文化的影响,铁器文化的迅速发达一般认为是在汉乐浪郡设置以后,并指

出是由于大规模的移民而造成的^[17]。而朝鲜半岛中南部乐浪郡建立之前的遗址出土的铸造铁镬与燕国遗址所出的铁镬相同，很可能来自中国战国时期东北地区的燕地铁器作坊^[18]。

尽管对于日本冶铁业的起源年代尚有较大分歧，但日本列岛最早的铁器也与中国大陆和朝鲜半岛有关。大泽正己对弥生时代铁器进行鉴定，发现弥生时代前、中期已经大量出现可锻铸铁制品，弥生时代中、后期出现铸铁脱碳钢制品，而炒钢制品的出现则是在弥生时代后期以降，同时在福冈西新町遗址出土板状铁斧经鉴定为块炼渗碳钢制品，并发现有贴钢制品^[19]。这是和中国内地的冶铁技术发展相一致的，只不过时间上滞后而已，反映了技术传播的特点。到目前为止，发现的弥生时代铁器锻造作坊遗址有20多处，多集中于九州中部和北部，年代最早者为弥生时代中期初（旧年代观），表明至迟在公元前2世纪后半，铁器的锻造技术已经传到日本^[20]。

2003年日本学者根据高精度加速器质谱¹⁴C年代结果将弥生文化的开始时间提前到公元前10世纪—公元前9世纪，比原来认识的要提前400—500年^[21]。其中关于日本早期铁器和冶铁技术从何而来的问题又引起广泛的争议，春城秀而对其中比较重要的几件与弥生早、前期（旧年代观）铁器有关的案例，如奈良县唐古遗址出土“刀柄”和木器加工痕、熊本县斋藤山遗址出土铁斧、福冈市板付遗址的疑似铁器的掘削痕、兵库县吉田遗址的铁板、福冈县曲り田遗址铁器、福冈县今川遗址铁镬和木头的铁器加工痕等，从考古类型学、田野调查等方面进行了再探讨，指出通过弥生早期—前期后半（新年代观）没有确切铁器的例子，铸铁器在日本的出现则是在弥生时代前期末至中期初阶段，即公元前4世纪左右，大致相当于中国的战国晚期，并且与燕地铁器相关。现在根据爱媛县小松町大久保遗址、福冈县北九州市中伏遗址和熊本县上高桥高田遗址出土铸造铁器的再加工品分析，日本列岛铁器出现时间可定在弥生中期初，从福冈市比惠遗址出土铸造铁斧和石川县小松市八日市地方遗址出土铸造铁斧看，日本铁器的普及时期定在中期中顷至后期比较妥当^[22]。

四、结 语

近年来，关于先秦两汉时期钢铁技术的研究为深入认识中国钢铁技术的起源、发展与传播提供了一些新的资料，在研究方法上也有一定程度的创新，主要收获有：①将中国开始使用人工冶铁制品的时间提前到公元前14世纪，为研究中国冶铁技术起源提供了新资料；②对中原地区钢铁技术的起源与发展进行了较为深入的梳理，提出中原地区生铁技术可能是在外来块炼铁技术在刺激下，结合自身的青铜冶铸技术传统产生的，生铁技术的发明和生铁技术体系的建立对中原地区经济和社会的发展起到重要作用；③在多种因素的作用下，战国秦汉时期中原地区的生铁产品及冶铸技术表现出较强的向周边地区传播的态势。

根据当前的研究，关于先秦两汉时期钢铁技术的发展脉络已比较清晰，但正如前

文所指出的, 仍有许多重要问题尚未解决, 仅就铁器的检测分析而言, 需加强: ①早期铁器的检测和年代学研究; ②中西方早期块炼铁技术的传播与交流研究; ③中国与周边地区生铁技术的传播与交流研究。

总体而言, 目前的铁冶金考古有非常明显的研究趋势, 即从传统上重视铁器样品的检测为主, 转移到在加强冶铁遗址的调查与发掘的基础上, 深化对各类冶铸遗物的检测分析, 进而探讨铁器的使用和冶铸活动的生产组织情况等研究方面。但在冶铁遗址的田野调查中也存在一定问题, 为此我们提出如下建议: ①应注重区域系统调查方法的应用; ②深入开展冶铁遗址的年代学研究, 解决“共时”和“历时”问题; ③冶铁遗址研究应由“操作链”到“运营链”拓展; ④应加强冶铁遗址古环境的复原与重建工作。所以在冶铁遗址的调查与发掘工作中, 注重样品的采集、记录与分析工作, 将会取得较好成效。

注 释

- [1] 陈建立、毛瑞林、王辉、陈洪海、钱耀鹏:《甘肃临潭磨沟寺洼文化墓葬出土铁器与中国冶铁技术起源》,《文物》2012年第8期。
- [2] 陈建立、梅建军、刘学堂等:《新疆伊犁地区早期铁器的制作技术及年代问题》,待刊。陈建立、梅建军、王建新、亚和浦江:《新疆巴里坤东黑沟遗址出土铁器研究》,《文物》2013年第10期。
- [3] 陈建立、马清林:《甘肃地区部分早期铁器的金相组织分析及AMS-¹⁴C年代测定》,《文物科技研究》第六辑,北京:科学出版社,2009年,第1—13页。
- [4] Han Rubin, Duan Hongmei, “One of the Centers of the Early Use of Iron Artifacts in the Ancient State of Jin, 9th-3rd C.B.C.” Jianjun Mei and Thilo Rehren, eds., *Metallurgy and Civilisation: Eurasia and Beyond*, Proceedings of the Sixth International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys (BUMA VI), Archetype Publications, 2009, pp. 107-115.
- [5] 陈建立、杨军昌、孙秉君、潘岩:《梁带村遗址M27出土铜铁复合器的制作技术》,《中国科学 E辑: 技术科学》2009年第9期,第1574—1581页。
- [6] 陈建立:《临淄出土战国铁器的金相实验研究》,《临淄齐墓·第一集》,北京:文物出版社,2007年,第489—491页,图版117、118。
- [7] 杜宁、李建西、张光明、王晓莲、李延祥:《山东临淄齐国故城东北部冶铁遗址的调查与研究》,《江西理工大学学报》2011年第6期,第12—15页。杜宁、李延祥、张光明、王晓莲、李建西:《临淄故城南部炼铁遗物研究》,《中国矿业》2012年第12期,第116—120页。
- [8] 李健:《新泰单家庄矿冶遗址综合研究》,山东大学硕士学位论文,2007年。
- [9] 陈建立、洪启燕、秦臻、刘海旺、韩汝玢:《鲁山望城岗冶铁遗址的冶炼技术初步研究》,《华夏考古》2011年第3期。
- [10] 秦臻:《战国秦汉舞钢、西平冶铁遗址群综合研究——从微观到宏观》,北京大学硕士学位论文,2011年。

- [11] 黄全胜:《广西贵港地区古代冶铁遗址的调查及炉渣研究》,桂林:漓江出版社,2013年。
- [12] 陈建立、杨琮、张焕新、林繁德:《福建武夷山城村汉城出土铁器的金相实验研究》,《文物》2008年第3期。
- [13] 陈建立、黄全胜、李延祥、韩汝玢:《赫章可乐遗址出土铁器的金相实验研究》,《赫章可乐2000年发掘报告》,北京:文物出版社,2008年,第195—206页。
- [14] 刘海峰、陈建立、梅建军、石磊、贾金标:《河北徐水东黑山遗址出土铁器的实验研究》,《南方文物》2013年第1期。
- [15] 刘文兵、隗成军、张周瑜、刘海峰、陈建立:《吉林梨树二龙湖遗址出土的战国铸铁制品及其意义》,《亚洲铸造技术史学会研究发表资料集》7号,2013年,第251—269页。
- [16] 潮见浩:《東アジアの初期鉄器文化》,吉川弘文馆,1982年,第203—259页。川越哲志:《弥生時代の鉄器文化》,雄山阁,1993年,第7—14页。
- [17] 李南珪:《韩国初期铁器文化の形成と发展过程・地域性を中心として》,见《东アジアの古代鉄文化・その起源と传播》,たたら研究会,1993年,第18—30页。
- [18] 王巍:《东亚地区古代铁器及冶铁术的传播与交流》,北京:中国社会科学出版社,1999年,第64—75页。
- [19] 大泽正己:《弥生时代の中国産鉄制品・可鍛鉄、铸铁脱碳钢、炒钢、块炼鉄》,The Fourth International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys in Shimane. May 25-27, 1998.
- [20] 王巍:《东亚地区古代铁器及冶铁术的传播与交流》,第124页。
- [21] Mineo Imamura, Minoru Sakamoto, Shin-ichiro Fujio. The Beginning of Yayoi Period: New Dates and Re-evaluation, (Abstract) 18th International Radiocarbon Conference. Sept.1-5, 2003. p.168.
- [22] 春成秀而:《弥生时代早・前期の鉄器問題》,《考古学研究》,50,2003(3):11—17。春成秀而:《碳十四年代と鉄器》,《弥生時代の実年代:炭素14年代をめぐる》,春成秀而、今村峰雄编,学生社,2004,第148—160页。春成秀而:《弥生時代の年代問題》,《弥生時代の新年代》,西本丰弘,雄山阁,2006,第90—100页。

New Progress in Research on the Development and Dissemination of Steel Technology During the Qin and Han Dynasties

Chen Jianli

(School of Archaeology and Museology, Peking University)

Abstract: During the Qin and Han Dynasties, iron working was one of the important areas of handicraft production and technological innovation. Since the 1920s, Chinese scholars have been discussing the origin of Chinese Iron production. Since the 1950s, thanks to large-scale archaeological projects and scientific research on excavated iron objects and iron-

working sites, it has become possible to gain increasingly deep insight into the emergence, development, technical details, and organization of Chinese iron and steel production. During recent years, the author has conducted field survey work at over 40 Warring States and Han Period sites in Henan, Hebei, Shandong, Anhui, Shaanxi, Gansu, and Xinjiang, participating in excavation work, taking samples from iron objects and slag excavated from settlements and graves and analyzing them, thus gaining new insights into Qin and Han iron objects and smelting sites. This paper mainly reports the research results on early Chinese iron steel technology reached by the author and his collaborators, including the results of archaeological survey work on smelting sites, the technology and date of iron production, also making some preliminary suggestions on the development of iron technology during the Qin and Han Dynasties.

Keywords: Steel Technology, Iron Working, Qin and Han Dynasties