

# 第九届国际冶金史大会纪要

陈坤龙 刘思然

(北京科技大学科技史与文化遗产研究院,北京 100083)

文献标识码 A

文章编号 1673-1441(2017)04-0489-06

2017年10月16日至19日,第九届国际冶金史大会(Beginnings of the Use of Metals and Alloys,简称BUMA-IX)在韩国东亚大学召开(图1),来自中国、韩国、美国、英国、法国、意大利、西班牙、奥地利、捷克、澳大利亚、日本、印度、土耳其、泰国、印度尼西亚、菲律宾等近20个国家和地区的60余位学者,齐聚釜山,共襄盛会。从欧亚草原的早期冶金遗存,到近代中国镍白铜技术的西传,与会学者在极为广阔的时空范围内,从各自的视角阐释了“金属使用与文化互动”(Cultural Interaction and the Use of Metals)这一会议主题,充分显示了BUMA系列会议的国际学术视野和文化多样性。

本次会议共接收参会论文60余篇,在两天的会期内设置了1场大会演讲、4场主题演讲、12组(6个专题)学术报告和学术海报张贴环节,集中展示了国际古代金属技术研究的新进展。作为古代社会最重要的基本金属材料,铜、铁及其合金的生产和使用依然是与会学者关注最多的内容,半数以上的参会论文以此为主题。与此同时,贵金属、货币、金属矿物及其冶炼,以及冶金模拟实验和冶金考古研究方法等方面也颇受重视,并分别设立了专题。本文根据会议摘要集和笔者的参会笔记,分议题摘记、综述会议要点,以供学界同仁参考。由于会议内容丰富,议程紧凑,本纪要难免挂一漏万,甚或有理解不确切之处,敬请参会同仁和读者谅解。



图1 第九届国际冶金史大会与会学者合影

## —

欧亚大陆的早期金属技术交流是学术界长期关注的热点问题。英国剑桥大学拉迪沃耶维奇(Miljana Radivojevic)博士的报告指出,东哈萨克斯坦七河地区贝加什(Begash)和达利(Dali)两处青铜时代遗址出土铜器的材质和技术各具特点;达利遗址存在铜冶金生产的证据,其金属矿料与沿中亚天山山麓的亚洲腹地山地走廊关系密切;她还尝试通过复杂网络分析,来理解该地区早期牧民社会对冶金技术的接纳与改变。北京科技大学陈坤龙博士的研究显示,新疆伊犁河谷的铜器技术可以区分为早晚两个不同的阶段,这种时代差异在金属物料来源信息上也有所体现;早期器物多以成品的形式直接输入,公元前第1千纪初期本土的冶金生产开始发挥重要作用,反映了不同时期金属技术交流的方式和机制的差异。蒙古高原地区的早期冶金是当前研究中的重要缺环。美国加州理工大学后备支托马斯·芬恩博士(Thomas Fenn)基于数百件铜器的便携式XRF成分数据,通过合金/微量元素分组的方法,分析讨论了蒙古国青铜和早期铁器时代金属物料的流通情况;指出蒙古高原早期金属器物在与东部欧亚草原地带和中国北方地区存在密切联系的同时,也体现出部分区域性的技术特征。匹兹堡大学的林嘉琳(Katheryn Linduff)教授考察了青铜时代晚期中国北方与欧亚草原地带的金属交流,指出战国晚期已有中原青铜作坊为周边地区生产金属器物的考古证据,但其流布仅限于边疆地区;至公元前2世纪,技术、器物甚至人员交流,则涉及了中国北方、中亚巴克特里亚、南西伯利亚甚至更远的广阔地域,这或是中原汉王朝和匈奴帝国之间政治冲突和经济妥协并存的复杂关系的反映。

关于东南亚和中国西南地区的早期冶金研究曾有过长期争论,近年来取得了许多重要进展。美国伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校的邱兹惠博士(TzeHuey Chiou-Peng)回顾了云南早期金属的考古发现和概况,指出经由青藏高原东缘,来自中国西北地区金属生产中心的影响对云南金属技术的产生发挥了重要作用;云南的铜器生产从早期使用特殊矿物制作小件器物,逐渐发展出多种相对复杂的铸造技术,并在中国西南和东南亚地区广泛传播。法国国家科研中心奥利弗·普赖斯(Oliver Pryce)博士长期从事东南亚地区冶金考古研究,他的报告在新的年代框架下,指出该地区的金属使用和生产开始于公元前第2千纪末,并根据数百件早期铜器和冶金遗物的铅同位素数据,揭示了东南亚地区史前金属物料流通的复杂面貌;同时强调,老挝新发现的塞蓬(Sepon)古矿冶遗址的冶金生产延续了长达1500年(公元前1000—公元前500年),产品的分布范围涵盖了从缅甸北部到泰国南部的广阔地域,可能是该地区史前时期最为重要的金属生产中心之一。

## 二

铜是人类使用历史最长的金属材料,不同地区曾生产和使用过种类繁多、作用各异的铜合金制品,是冶金史研究的重要分支。土耳其安卡拉大学的塔伊丰·伊尔迪里姆教授(Tayfun Yildirim)回顾了安纳托利亚冶金考古研究的进展,近期乔鲁姆(Corum)地区的考古发掘和相关研究,为早期铜冶金生产和锡料来源提供了重要信息;公元前第2千纪前期,赫梯人控制的安纳托利亚和美索不达米亚、叙利亚等地存在着包括铜、锡、金、银、铁等多种金属的广泛贸易。捷克布拉格大学博士马丁·奥德勒(Martin Odler)报告了莱比锡大学博物馆所藏古埃及铜器的研究成果,指出自公元前第3千纪显示,埃及与近东密切联系在铜器生产上已有所体现;砷铜在埃及的涅伽达(Naqada)文化时期可能已开始使用,至中王国时期被锡青铜所替代;铜器中含硒、碲的非金属夹杂物显示,新王国时期可能已开始硫化矿物的冶炼。

北京科技大学刘思然博士的报告,结合遗迹考察、现场检测、遗物分析和模拟冶炼实验探索了冶金遗存研究方法,并用于安徽阜南台家寺商代遗址出土冶铸遗物研究;揭示了从粗铜精炼、合金化到铜器铸造的相对完整的生产链,为认识商代铜器的生产、使用和流通网络提供了重要信息。中国台湾“中央研究院”饭塚义之(Yoshiyuki Iizuka)博士以对安阳出土铜器的科学检测为基础,讨论了使用金属铜和锡石矿物混合冶炼生产锡青铜的可能性,进而提出以铜和锡石的体积比来理解“六齐”之说的新观点。北

京大学博士生张吉的研究显示,两周之际至春秋早期,中国出土青铜容器的合金成分稳定且铅同位素比值高度集中,主要金属物料主要来自长江中游地区;春秋中期,低锡含量容器逐渐减少,且铅同位素比值也出现明显变化;春秋晚期以降,青铜容器的含锡量趋于上升,且与“六齐”的记载较为相符;战国早中期,中原地区铅同位素比值再度变化,新的比值区间至西汉时期仍然常见。通过梳理合金成分和铅同位素比值的变化趋势,可为理解东周铜器的风格演变和生产组织提供新的视角。湖北省文物考古研究所陈树祥研究员介绍了大冶铜绿山四方塘遗址的发掘和研究进展,发掘资料揭示了采矿、选矿、冶炼等矿冶生产关键环节,以及矿冶生产人群的文化归属和等级差异。日本奈良国立文化财研究所的丹羽崇史(Niwa Takafumi)博士综述了东亚地区古代熔铜坩埚鼓风管设备的相关发现,并讨论了不同种类鼓风管的使用方式及其分布范围。

英国伦敦大学学院博士研究生本索奈利(Agnese Benzonelli)基于考古样品的科学检测数据,模拟制备了铜基合金(Cu-Sn、Cu-Ag、Cu-Au等)的黑色表面锈蚀,并通过多种方法进行了科学表征,为理解古代不同地区“乌铜”制品的技术特点提供了重要参考。牛津大学詹姆斯·刘易斯(James Lewis)和扬科斯基博士(Lyce Jankoski)报告了阿什莫林博物馆收藏的韩国钱币(11—19世纪)研究进展,指出晚期(尤其是19世纪30年代之后)钱币中的锌含量呈现下降趋势,同时铅含量上升;锌含量的下降或许反映了钱币的反复重熔,这与其他资料所见19世纪经济衰退相协调;含砷铜料的使用,可能反映了日韩之间的金属贸易。中山大学黄超博士介绍了中国古代白铜冶炼技术的研究进展,根据调查和科学分析结果指出,在云南牟定、姜驿(元谋)等处的矿冶遗址仅发现矿石焙烧的遗迹,其产品可能是含镍的粗铜;而锌的加入和白铜器的制作则可能是在昆明、重庆和广州等地进行。

关于古代铜器制作工艺的研究可大致分为两类:铸铜技术和锻造成型、铸后加工等其他工艺技术。在铜器铸造工艺研究方面,韩国首尔大学的罗亨用(Ra Hyung-yong)教授以大会演讲的形式介绍了韩国古代铸钟技术的研究成果;指出公元6世纪,韩国佛教庙宇中开始出现金属钟;精美的表面纹饰和精确的音准控制,是韩国古代铸钟技术的重要成就。日本冈山大学的南健太郎(Kentaro Minami)博士通过模拟实验,记录了铸钟陶范和铜钟产品的表面显微特征,从而为判别铸造痕迹和后期使用痕迹提供了依据。其他学者的研究,多集中在东南亚地区的古代铸铜技术。莱顿大学/巴黎第三大学的玛蒂尔德·梅克林博士(Mathilde Mechling)利用显微成像、断层扫描以及元素分析等手段,分析了集美博物馆收藏的印尼青铜塑像,结果显示塑像多为锡青铜整铸,铸后雕刻表面装饰。法国远东学院的(Brice Vincent)博士报告了吴哥城皇家铸造作坊遗址的考察工作,及目前对遗址年代、布局和铸铜遗物分布情况的认识。奥地利弗林德斯大学的马丁·波尔金霍恩(Martin Polkinghorne)博士则介绍了柬埔寨“青铜湖”(Boeung-Samrid)铸造遗址的发掘资料,从熔炉尺寸和大量坩埚碎片判断,此处很可能曾从事大型塑像铸造。韩国国立文化财研究所的李载成(Lee Jae-sung)博士对缅甸蒲甘出土金属造像的研究显示,其材质包括锡青铜、铅锡青铜和铅黄铜等多种合金,但早期(9世纪之前)只见锡青铜;高锡青铜的使用应与控制佛像的颜色有关。

锻造成型和铸后加工方面,英国李约瑟研究所/北京科技大学的梅建军教授介绍了近期关于先秦铜器锻造技术的研究进展,指出先秦时期以薄壁铜器和金属箔片为代表的锻造工艺,应得到充分重视;根据对湖北、河南、陕西等地出土器物的调查和科学分析,初步分析了中国先秦时期锻造工艺的发展脉络和区域特征。武汉大学潘春旭教授的研究揭示,秦始皇帝陵出土铜丝材质为纯铜,系由锻打的薄片裁剪而成;湖北安陆出土的两件薄壁铜器材质为高锡青铜,其制作经历了铸造粗坯、锻造、镀锡、淬火等多道工序。英国不列颠博物馆的王全玉博士分析了3件东周时期镀锡青铜兵器,X射线探伤分析显示了剑柄的连接存在不同方式;不同器物镀锡层的厚度也有差异,显示可能存在多种镀锡工艺。韩国科学技术研究院金东益博士(Kim Dong-ik)的研究指出,韩国4—5世纪镀金铜丝晶粒沿纵向拉长变形,系锻打成型;孪晶晶界形态和织构弱化显示锻打中曾经历回火处理。意大利梅尔考古分析中心(AGM Archeo-analisi)的朱梅利-马伊博士(Alessandra Giunlia-Mair)分析了热那亚东方艺术博物馆收藏的晚期中国青铜

器 指出根据材质可分为铅锡青铜和黄铜两类,可能反映了其制作年代的不同;当时的匠人使用了上色、涂漆等方式处理铜器表面,以达到仿古的效果。

### 三

古代钢铁技术是冶金史研究的核心领域之一,相关研究颇为丰富。根据研究主题可大致分为古代冶铁遗存研究、传统钢技术和刀剑制作技艺等3个方面。香港中文大学的林永昌博士以陕西杨凌郃城遗址出土铸铁生产遗存为对象,综合遗物的科学检测分析和空间分布,考察了西汉关中地区的制铁“产业链”形态,认为其总体上接近富兰克林(Ursula Franklin)所谓的“全程式生产”(Holistic production)模式;并进而提出,这种有利于小规模作坊高效率运行的生产组织模式,可能是汉代铸铁工业得以快速发展的重要基础。日本九州大学的宫本一夫(Kazuo Miyamoto)教授的研究指出,日本的冶铁生产起始于弥生时代中期(公元前1世纪前后)的西部地区;壹岐岛(Iki)发现的铁板、铸铁块和炼炉遗迹显示,该地区可能已存在铸铁脱碳和铁器制作;其铸铁原料应来自亚洲大陆,熟铁产品则传布于丝岛或远贺川下游,但在福冈平原尚未发现相关证据。爱媛大学的笹田朋孝(Tomotaka Sasada)准教授报告了蒙古国冶铁遗存的考古发掘情况,根据结构的不同将冶铁炉分为3类;在博尔刺斤(Bulagiin Am)遗址发现了1类和3类炼炉的叠压关系,前者系由后者在公元1世纪前后发展而来。

韩国韩神大学的李南珪(Lee Nam-kyu)教授介绍了韩国古代冶铁遗址的研究进展,指出块炼铁和铸铁生产在韩国均有所发现;目前所见的冶铁遗址多集中于韩国的三国时期(4—7世纪),尚未发现此时期之前的冶铁作坊,仅在居址零星发现锻铁遗存。全北大学的赵大允(Cho Dae-young)博士介绍了镇川、密阳等地发现的陶质鼓风机,并根据模拟实验探讨了其作用和使用方式。国立文化财研究所的李恩雨(Lee Eun-woo)博士介绍了忠州冶铁遗存的发现和研究,该地区目前已确认冶铁遗存90处,其中13处经过发掘;冶炼方式为直接法(块炼铁),排出渣内的铁含量较高,显示了相对较低的金属回收率。公州大学的赵南哲(Cho Nam-chul)教授和中原文化财研究所韩志仙(Han Jisun)博士等的学术海报,展示了韩国传统冶铁模拟实验的成果。

韩国弘益大学的朴长植(Park Jang-sik)教授对比了韩国、蒙古和印度的早期冶铁技术,认为韩国的铸铁生产技术系由中国传播而来;而基于块炼铁冶炼的铁器生产并非中国传统,在蒙古、印度和朝鲜半岛南部具有相似的技术特点,其间的联系值得深入分析。北京大学陈建立教授的报告指出,铸铁和块炼铁两种技术体系在古代中国长期并存,由是判别炒钢和块炼铁制品则显得非常重要;基于冶铁炉渣和古代铁器的检测结果,提出铁器非金属夹杂中存在磷钙复杂化合物,可作为判断炒钢制品的重要依据。伦敦大学学院的戴丁丁(David Larreina-Garcia)博士对湖北大冶地区冶铁遗存的研究也显示,块炼铁技术并未被铸铁技术完全替代,明清时期仍在继续使用;认识到块炼铁技术的持续存在,有助于对中国古代冶铁技术的整体发展及其对周边国家的影响等问题的深入理解。

日本东京工业大学的永田和宏(Kazuhiro Nagata)教授的研究指出,“鞆鞆”制铁(Tatara)过程中所谓“沸花”(Wakibana),系由CO气泡携带的铁颗粒氧化而产生的白色火星,其可以作为判断炉内铁料熔化的指征,并讨论了Tatara铁中过饱和氧溶入的热力学机制。昭和女子大学的田中真奈子(Manako Tanaka)博士使用高能X射线探伤和中子CT技术对佐贺城堡铁钉进行了无损分析,揭示了其组织构成和非金属夹杂物的三维分布情况,进而指出铁钉可能系由两种不同原料锻接而成。法国巴黎萨克雷大学的斯蒂芬妮·勒罗伊博士(Stephanie Leroy)分析了柬埔寨吴哥窟出土的铁质建筑构件,并通过与缅甸、泰国等地同时期铁器的对比研究,讨论了高棉时期铁器技术的发展和生产使用情况。不列颠博物馆的保罗·克拉多克教授(Paul Craddock)回顾了含锰矿物在古代钢铁生产中的发挥的多种作用,指出含锰助熔剂在十八世纪谢菲尔德的高质量坩埚钢生产中可能发挥了重要作用;19世纪中叶,含锰混合物被用于钢铁脱硫,并最终成为钢中最为常用的合金元素之一。

传统刀剑技术吸引了众多学者的研究兴趣。意大利国家研究委员会的弗朗西斯科·格拉齐博士

( Francesco Grazzi ) 利用中子成像技术 , 分析了日本刀、印度-伊朗刀剑( 乌兹钢 )、爪哇克力士刀( Keris , 铁镍合金 ) 以及文艺复兴时期的索林根复合刀等古代名刃 , 为理解其不同的材质特点和复杂的热处理和机械加工过程提供了重要的科学依据。澳大利亚中子散射中心的菲洛梅娜·萨尔韦米尼博士( Filomena Salvemini ) 同样利用中子成像和衍射技术 , 分析了日本武士刀( Samurai Sword ) 叠钢的层片结构、非金属夹杂和缺陷分布 , 并结合残余应力分析 , 试图精细化重现其制作过程。美国加州大学伯克利分校的詹姆斯·里昂博士( James Lyons ) 以“备前传统”( Bizen tradition ) 日本刀的冶金学分析为基础 , 考察了 15 世纪前后日本传统刀剑制作的技术选择; 并结合历史学、民族志以及金属史的研究成果 , 探讨了传统刀剑制作独特技术体系的形成过程。德国汉堡应用科技大学的卡纳瓦博士( Constantin Canavas ) 则关注近东中世纪和近代削笔刀的制作技术 , 考察现代图像和口述民族学资料与传统文献记载的相互关系 , 试图还原这种特殊工具的技术传统以及发展脉络。

#### 四

在其它有色金属的冶炼和使用方面 , 伦敦大学学院博士生乔纳森·伍德( Jonathan Wood ) 探讨了古代银器中的金含量和铅同位素地质年龄的“混合线”及其对银矿料来源研究的意义; 对黎凡特南部银器窖藏的个案研究显示 , 在公元前 11 世纪时期 , 出自希腊、西班牙( 可能还包括撒丁岛 ) 以及一处未知矿源的银料已在地中海东岸被混合。该校马丁农·托雷教授( Marcos Martín-Torres ) 的报告显示 , 秦始皇帝陵出土青铜马车的金银饰件多为铸造成型 , 这似与早期秦文化金银器的西方技术传统( 锻造、缠丝、珠焊 ) 有所不同 , 而与中国本土的青铜容器和兵器生产的技术传统颇一脉相承。北京科技大学柯锋( Brett Kaufman ) 博士报告了耶路撒冷“巨石结构”( Large Stone Structure ) 遗址出土冶金遗物的研究进展 , 指出其与建筑建造过程中金属构件生产或回收有关 , 涉及铜、锡、砷铜、铅、铁、金、银等多种金属 , 显示了早期以色列王国已参与到长距离贸易之中; 考虑到建筑的年代和性质( 大卫王城 ) , 其贸易的主要对象极有可能就是著名腓尼基人。

中国科学院自然科学史研究所的周文丽博士介绍了湖南桂阳炼锌遗址的考古发掘和研究情况 , 通过动画生动地再现了炼锌作坊的布局、炼锌炉结构和冶炼过程; 指出湖南地区明清时期已形成使用硫化矿物的炼锌技术传统并延续至近代 , 与重庆等地使用氧化矿物炼锌似有不同 , 且比后者更为复杂。日本九州大学的井泽英二( Eiji Izawa ) 教授回顾了日本“白目”( shiromé ) 这种特殊“合金”的生产和作用; 白目是日本近代对 Cu-Fe-As-Pb 体系合金的统称 , 一般认为白目是“南蛮吹”( nanban-buki ) 炼银工艺中 , 熔析分离铅银合金和铜的副产品; 由于含银铜矿的矿物构成差异 , 因而不同矿区发现白目成分也各不相同。松江工业高等专门学校的幸田宪明( Hideki Kuma ) 博士使用三维激光扫描技术 , 采集了山梨县汤之奥金矿采集粉矿磨盘的形貌特征 , 并与传统的绘图和照相记录进行了对比。

此外 , 印度高等研究院兰加纳坦教授( Srinivasa Ranganathan ) 的主题演讲指出 , 从中国、印度到日本、韩国 , 从丝绸之路沿线到希腊文明中心 , 越来越多的研究显示 , 材料技术的交流在各地区历史发展进程中的重要作用; 现代科学技术手段的发展 , 将有力促进对历史遗存的认知和保护; 冶金材料史的研究具有融汇科学、技术、人文、艺术等多维度的综合交叉特点 , 其贡献不限于历史研究 , 还应在材料科学人才培养领域发挥重要作用。该院的 Jaikishan Sriperumbudur 博士介绍了阿迪勒·沙阿王朝时期( 16—17 世纪 ) 加农炮的炮耳( trunnion ) 的型制特点 , 以及由此带来的发炮操作的不同。

#### 五

国际冶金史大会( BUMA ) 创立于 20 世纪 80 年代 , 由我国的柯俊教授和美国的教授罗伯特·马丁( Robert Maddin ) 共同发起。首届国际冶金史大会于 1981 年在北京召开。此后 , 分别在郑州( 1986 )、三门峡( 1994 )、日本松江( 1998 )、韩国庆州( 2002 )、北京( 2006 )、印度班加罗尔( 2009 )、日本奈良( 2013 ) 举行了第 2—8 届会议。2009 年 , 在第七届国际冶金史大会上 , 梅建军教授和伦敦大学学院的任天洛教

授( Thilo Rehren) 接替柯俊教授和马丁教授,任大会执委会联合主席。柯俊先生于2017年8月8日因病在北京逝世,享年101岁;而马丁教授则将迎来百岁华诞。为此,本次会议专门设立了特别环节,向两位创始人致敬。陈坤龙博士代表柯俊教授的生前同事和学生,宣读了纪念演讲并播放视频资料,缅怀了柯俊先生献身科学和教育事业的伟大一生,与会学者深受感动。林嘉琳教授( Katheryn Linduff) 宣读了马丁教授的缅怀信,回顾了他和柯俊先生的深厚友谊,和共同创办、组织 BUMA 系列会议的历程。兰加纳坦教授发表讲话,称赞柯俊先生是真正的朋友、令人敬佩的科学家。随后,兰迪夫教授( Katheryn Linduff) 和朱梅利-马伊博士发表了精心准备的庆贺演讲,和与会学者一起,为远在美国家中的马丁教授献上来自“BUMA 大家庭”的生日祝福。

随后的闭幕式上,BUMA 会议执行委员会委员普赖斯博士( Oliver Pryce) 对本次大会进行了学术综述;秘书长马丁农-托雷教授宣布了执委会的决议,决定设立“国际冶金史大会”顾问委员会,并宣读了顾问委员会和新晋执委会委员名单。执委会决定第十届国际冶金史大会将于2021年在泰国曼谷举行。泰国艺术大学的 Pira Vennunan 博士,代表下届组委会介绍了会议的筹备计划,向与会学者发出了诚挚邀请。执委会主席梅建军教授作总结发言,并宣布会议闭幕。

会后,部分参会学者参观了金海国立博物馆、大伽倻博物馆、庆州国立博物馆,并考察了蔚山市传统制铁模拟实验。本届会议由韩国金属材料学会主办,东亚大学承办,该校崔昌钰( Choi Chang-ock) 教授任地方组委会主席。参会学者向主办方热情周到的安排,向组委会同仁的默默付出,表示衷心感谢!

致 谢 本文经英国李约瑟研究所梅建军教授和北京大学考古文博学院陈建立教授审阅,谨此感谢!