

# 吉林四平二龙湖古城出土部分铁器的金相实验研究

刘文兵 陈建立

**内容提要:**本文通过对二龙湖出土铁器的采样与分析,从遗址所属时代的制铁技术出发,结合已有的研究成果,对这批铁器进行了金相实验与研究,提出了燕国的冶铁业形成了冶炼、铸造、加工等多种环节紧紧相扣的一整套完备的产业体系,并成为燕国最重要的手工业部门之一。燕国把诸多的冶铁业作坊布置在宫城周围,是为了直接有效的对冶铁业进行管理和监督,官府把持着冶铁这一生产部门和行业,说明了燕国已实现了冶铁官营,也说明冶铁业在燕国的重要地位。

**关键词:**四平二龙湖 铁器 金相实验

二龙湖古城遗址是吉林省西南部东辽河上游地区最具代表性的一处战国晚期文化遗存,也是东北地区较有代表性的历史文化遗产之一。2002年,吉林省文物考古研究所和四平市文管办对该遗址进行考古发掘,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。其中燕国刀币、饕餮纹铜带钩、琵琶形铜带钩、三翼釜孔铜镞、三棱铁铤铜镞、云纹瓦当、弦纹瓦当、绳纹板瓦、筒瓦及圜底釜、折肩瓮、长孔甗、折腹钵、柱把豆、梭形网坠、蒜头形纺轮,尤其是大量的长方形釜孔铁镞、内戈式铁镰、半月形铁掐刀、方釜铁镞等,均为战国至汉初的典型器物,为判定古城的使用年代提供了可靠的实物资料。本次发掘出土300余件铁器,为研究当时钢铁技术提供了弥足珍贵的考古资料,为此本文选择11件铁器进行金相实验研究。为不影响铁器的形制,所有样品均取自铁器的残断处,样品经镶样、磨平和抛光后用5%硝酸酒精溶液进行浸蚀,然后在金相显微镜下观察其显微组织,所有工作完成于北京大学考古文博学院。金相组织观察结果及材质判定结果列于表1。

从燕国铁器的发展看二龙湖遗址出土铁器的制作技术:

## 1. 燕国铁器出土及研究情况

燕国是战国时期重要的大国之一,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国的铁器数量有了大幅度的增长,同时还发现了多处冶铸遗址。

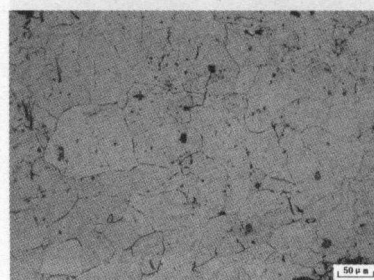


图 1. 13001 的铁素体组织

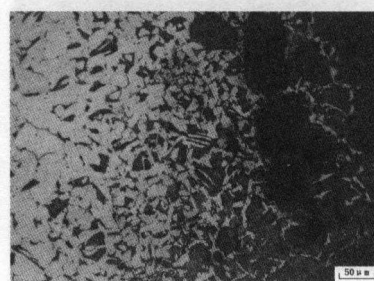


图 2. 13001 的金相组织过渡层

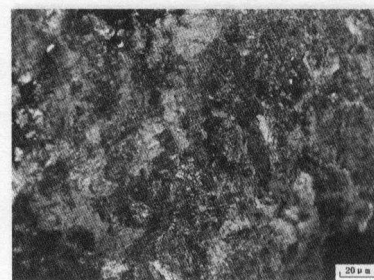


图 3. 13001 的马氏体组织

表 1:采集铁器样品清单

实验室编号	考古编号及器物名	金相组织观察结果	材质
13001	02SEG1:43 铁钁	样品含碳量不均匀,边部为铁素体组织,向内含碳量逐渐增高,分别为铁素体组织(图1)→铁素体基体上有少量珠光体组织(图2)→珠光体组织(图2)→最内层的马氏体组织(图3、4),本样品经过淬火处理。	铸铁脱碳钢淬火
13002	02SEG1:44 铁钁	样品基本不含碳,为铁素体组织,少量小球状单相夹杂物,并有较多锈蚀(图5、6)。	铸铁脱碳钢(熟铁)
13003	02SEG1:52 铁钁	锈蚀严重,没有金属残余,无法判定其组织。	-
13004	02SEG3:3 铁镰	锈蚀严重,没有金属残余,无法判定其组织。	-
13005	02SEG3:15 铁钁	质地纯净,样品基本不含碳,为铁素体组织,晶粒大小不均,少量小球状单相夹杂物(图7)。	铸铁脱碳钢(熟铁)
13006	02SEH4:6 铁钁	质地纯净,样品基本不含碳,为铁素体组织,晶粒度均匀,有因磷偏析引起的浮凸组织(图8)。	铸铁脱碳钢(熟铁)
13007	02SET04 14 ① :16 铁钁	铁素体基体上有团絮状石墨,极少夹杂(图9、10)。	黑心韧性铸铁
13008	02SET04 16 ③ :10 铁钁	铁素体基体上有团絮状石墨,极少夹杂,但石墨处锈蚀严重(图11、12)。	黑心韧性铸铁
13009	02SET06 17 ③ :10 铁钁	质地纯净,铁素体组织,极少夹杂物(图13、14)。	熟铁(铸铁脱碳钢)锻打
13010	02SET07 16 ② :10 铁钁	质地较为纯净,铁素体组织基体上有少量锈蚀产物(图15、16)。	铸铁脱碳钢(熟铁)
13011	02SET08 18 铁钁	组织比较均匀,大部分为共晶白口铁组织(图17),局部为含板条状渗碳体的过共晶白口铁组织(图18)。	白口铁铸造

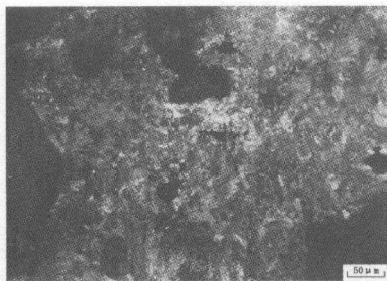


图 4. 13001 的马氏体组织

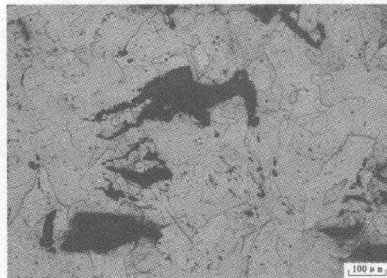


图 5. 13002 的铁素体组织

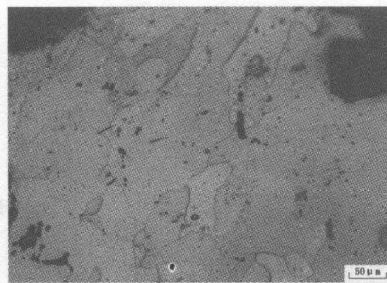


图 6. 13002 的铁素体组织

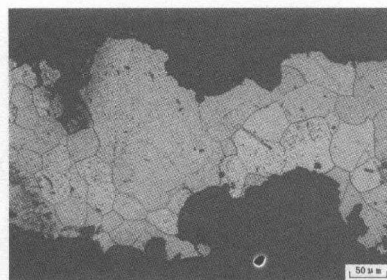


图 7. 13005 的铁素体组织

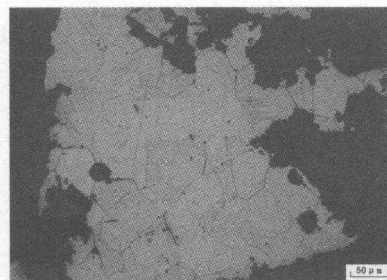


图 8. 13006 的铁素体组织

易县燕下都遗址是战国中晚期燕国的都城，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。除了在燕国的核心统治地区发现有大量铁器外，在燕国的边远地区(今内蒙古东南、辽宁、吉林南部)也出土了较多的铁器(见表 2)，说明燕国范围内铁器已经得到了普遍的使用。

表 2: 燕国边远地区部分遗址出土铁器统计表

序号	出土地点	年代	出土总数	铁器种类
1	内蒙古敖汉旗老虎山	战国 - 秦汉	129	农具、工具
2	辽宁建平喀喇沁河东遗址	战国中晚期	3	农具
3	辽宁锦西乌金塘	战国	1	农具
4	辽宁抚顺莲花堡	战国晚期 - 汉	80	农具、工具
5	辽宁旅顺后牧城驿	战国	4	有农具
6	辽宁铁岭邱台遗址	战国 - 汉	24	农具为主
7	吉林梨树二龙湖古城	战国 - 汉	9	农具为主

燕国出土铁器的数量从战国早期到战国晚期出现了迅猛的增长，同时铁器种类从以农具为主发展到农具、工具、兵器三足鼎立说明了其在种类上突破了单一的类型，而与铁器相对而言，铜器的数量和种类上也有增幅，但增幅小于铁器，其中以郎井村 10 号作坊遗址最为典型(见表 3)。

表 3: 郎井村 10 号铸铁、铜作坊遗址出土铁器、铜器比较

材质	战国早期		战国中期		战国晚期	
	数量	类型	数量	类型	数量	类型
铁器	3	生活用具	58	农具为主	216	农具、工具和兵器为主
铜器	7	兵器、铜印	23	兵器和生活用具	195	生活用具、兵器为主

从表 3 中可以看到，战国早期铁器不仅数量少而且种类比较单一，只有少量的生活用具；战国中期铁器的数量有了快速增长而超过了铜器的数量，铁器的类型以农具为主，铁农具已广泛运用在农业生产中；战国晚期铁器的数量迅猛增长，种类上也突破了单一的类型，形成了农具、工具和兵器共同发展的局面。因此，战国中晚期燕国铁器在数量和种类上最终取代铜器，成为

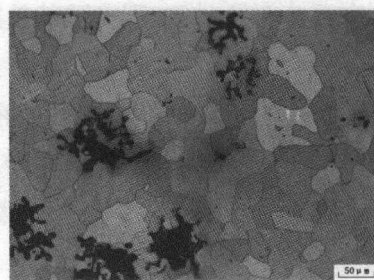


图 9. 13007 的团絮状石墨 + 铁素体组织

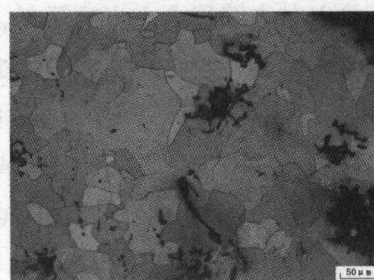


图 10. 13007 的团絮状石墨 + 铁素体组织

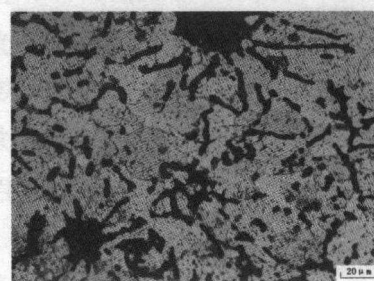


图 11. 13008 的团絮状石墨 + 铁素体组织

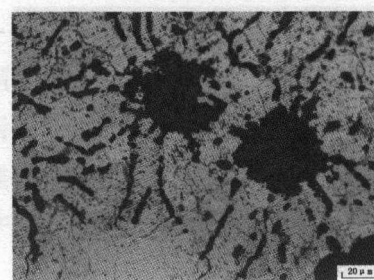


图 12. 13008 的团絮状石墨 + 铁素体组织

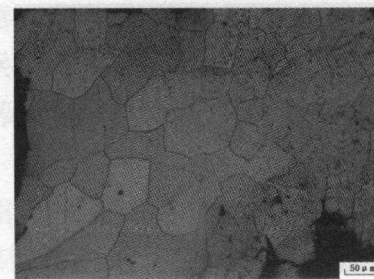


图 13. 13009 的铁素体组织

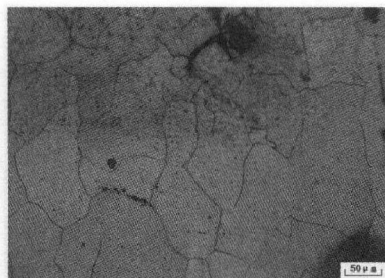


图 14. 13009 的铁素体组织

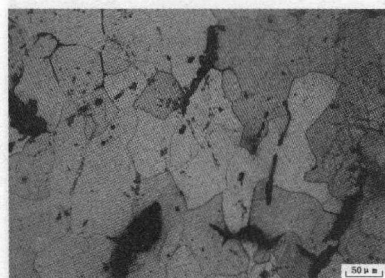


图 15. 13010 的铁素体组织

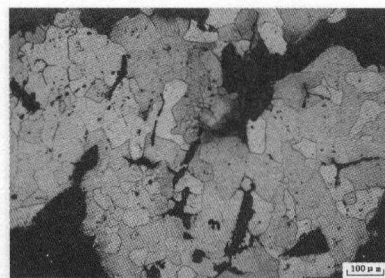


图 16. 13010 的铁素体组织



图 17. 13011 的共晶白口铁组织

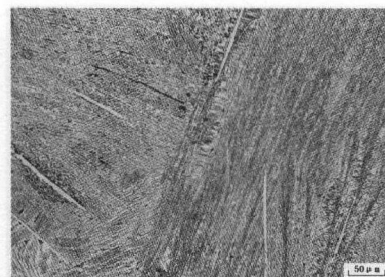


图 18. 13011 的过共晶白口铁组织

最重要的物质生产资料。

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所罕见的(见表 4)。在河北兴隆也发现了大量的铸范,较多冶铸遗址的发现说明了当时铁业在燕国不仅十分集中也非常普及,已经成为非常重要的手工业部门。

表 4: 易县燕下都遗址中与铁业有关的作坊遗址

序号	遗址名称	时代	用途	出土冶金遗物或铁器
1	高陌村西北 5 号作坊遗址	战国	铸造铁工具	炼铁渣、铁块等,斧、铤、镰、铲、镢、犁铧等铁工具和经过锻打的方形铁砧
2	郎井村西南 13 号作坊遗址	春秋早期-战国晚期	铸兵器、布币	残窑址 1 座,陶铤范、铤范、铁铤、铁铤、铜铤、铜炉渣等
3	武阳台村西北 21 号作坊遗址	战国中晚期	铸铁和铸铜,南部是铜铁铸件修整加工区	铁渣、碎陶范、铁料、炼锅残片、炉渣、可能与铸铁有关的细砂土,铁范、石范 3 件
4	武阳台村西北 23 号作坊遗址	战国晚期	铸兵器、布币	铁料、碎陶范
5	武阳台村西北 18 号作坊遗址	战国晚期	兵器	南半部铁块、炼铁渣、炉渣,北半部陶范残块
6	郎井村西北 10 号作坊遗址	战国早中期	铸铜	出土铁料、陶范、铁板铁器、铜器
		战国-汉	冶铜、铸铁	

燕国出土的铁器大多数为农具,与同时期的其他地区相比,燕国使用了较多的铁农具。经考察,燕国出土的铁农具类型包含了垦地、翻土、开沟、整地、中耕、除草和收获等农业生产各个环节中所需的器物。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。铁农具使用性能的提高,扩大了铁农具的使用范围,延长了铁农具的使用寿命,是一场农具的革命,使得当时农作技术得到全面的发展。

铁农具的广泛应用与当时牛耕的普及共同提高了农业生产效率和农业生产力,进而增加了粮食产量,《战国策》载:燕“粟支十年”,粮食储备已经超过了当时的齐、秦、韩等国。农业的发展和粮食产量的提高促进了燕国经济和社会的发展,增强了燕国的政治军事实力,为燕国成为“战国七雄”之一提供了物质保证。

燕国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,同时还发现了时代最早的铁铠,铁器在出土金属器中的比重已达到65.8%,已远超过铜器的32.5%。士兵们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件进过淬火。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。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,提高了其军事实力。

农具、工具和兵器是燕国铁器的大宗,燕下都遗址中的农具和工具为了大量生产而全部是铸造成型,而兵器为追求更好的机械性能采用了锻造、淬火工艺。河北东黑山遗址战国晚期3件铁器中白口铁、麻口铁和铸铁脱碳钢各1件,其中1件经过淬火处理。对燕下都遗址、M44和东黑山遗址中经过分析的45件铁器的材质进行统计,认为燕国当时存在块炼铁技术、生铁铸造技术、铸铁退火技术、淬火工艺和锻造工艺,燕国已经形成了较完备的钢铁技术体系。同时,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,成为最重要的钢铁技术,为铁器的大规模生产和普及起到了积极的推动作用,进而使得燕国铁器的数量在后期得以剧增。

从考古资料和金相研究成果可以看出燕国的铁业形成了冶炼、铸造、加工等多种环节紧紧相扣的一整套完备的产业体系,成为燕国最重要的手工业部门之一。燕国把诸多的铁业作坊布置在宫城周围,是为了直接有效的对铁业进行管理和监督,官府把持着冶铁这一生产部门和行业,说明了燕国已实现了冶铁官营,也说明了铁业在燕国的重要地位。研究也表明燕国铁器的材质、工艺和形制上大体相同,铁农具普遍使用白口铁铸件和白口铁铸件经过退火脱碳处理后的产物,铁兵器大量使用钢材制作且普遍采用锻制,说明了燕国铁器的生产已经实现了专业化和标准化。燕国境内大量冶铁遗址的发现说明了冶铁生产已经实现规模化,大量铁范的发现为燕国冶铁生产工具的重复性利用提供了证据,说明了燕国冶铁生产的连续性。

发达的钢铁技术、大规模的冶铁生产、冶铁生产的专业化、标准化、规模化和连续性以及冶铁官营的体制都说明了燕国铁业在战国时期已经居于领先地位,是当时铁器生产的中心之一。铁业的发达,使得铁农具在燕国得以广泛使用,也使得军队配备了质地优良的铁兵器,铁农具促进了农业生产的进步和社会经济的发展,铁兵器强化了燕国的武装力量,是燕国开发和保卫北部边疆的重要物质保证。

## 2.二龙湖遗址出土铁器的制作技术

从本次11件二龙湖遗址出土铁器的金相组织鉴定结果可以看出,除2件完全锈蚀无法判定其材质和制作工艺外,其余9件均为生铁或利用生铁退火技术生产的产品制作而成,1件铁钁为白口铁铸造而成,另8件均为铸铁脱碳钢(熟铁)制成,根据器物形制上来看,有的是直接用生铁铸造成器物,有

的是利用铸铁脱碳钢锻打而成,并有 1 件铁钁经过淬火处理。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燕下都等遗址出土燕国铁器的制作技术并无二致,为同一技术传统。

对二龙湖遗址出土铁器进行金相实验研究具有重要的学术意义:二龙湖遗址出土铁器种类和数量较多,具有明确的考古背景,是研究燕国铁器乃至东北亚地区铁器的制作技术的重要资料;与二龙湖遗址出土铁器形制类似的铁器在朝鲜半岛和日本列岛也有发现,韩国和日本学者也已开展了相关实验研究,而国内东北地区铁器的检测工作较少,通过二龙湖遗址出土铁器的检测分析,可以填补这方面的空白,以从技术角度正确认识东北亚地区钢铁技术的交流与传播问题。因此,希望能够对二龙湖遗址出土铁器进行更系统的检测工作。

(作者单位:吉林省博物院 吉林省四平市文物管理委员会)