

古代矿冶遗址的重要考古新发现

北京延庆大庄科辽代矿冶遗址群

撰稿人 北京市文物研究所 刘乃涛 郭京宁 北京科技大学 李延祥 潜伟
北京大学 陈建立

大庄科矿冶遗址群位于北京市延庆县大庄科乡，南距北京市区 70 公里，西距延庆县城 40 公里，地处延庆县东南部深山区，燕山山脉腹地。

2011 年 10 月至 2014 年 11 月，经国家文物局批准，北京市文物研究所联合北京科技大学、北京大学对延庆大庄科矿冶遗址群进行了考古调查、勘探及发掘工作，并开展了文物保护及科技考古研究工作。工作得到了北京市委市政府、延庆县委县政府及大庄科乡政府的大力支持。

延庆大庄科矿冶遗址群主要由矿山、冶炼、居住及作坊遗址等构成，分布区域主要位于水泉沟、铁炉村、汉家川、慈母川等地。考古调查、勘探及发掘取得了重要成果，发现了从采矿到冶炼的遗迹，并且找到了冶铁工匠工作、生活、居住的地方，遗址类型比较系统、丰富。

大庄科矿冶遗址群的发现是非常重要的，反映了辽代接受、运用中原的生铁冶金技术的情况，是辽代向西传播生铁冶金技术一个非常重要的环节，同时体现了辽代物质文化的发展水平，发现这个遗址群具有一定的国际意义。

辽代极其重视冶铁业，铁冶的设置以及不断和中原地区的技术交流，对其生产力的发展和军备力量的提高产生了重要的影响。以大庄科矿冶遗址群为代表的燕山地带矿产资源开发和金属冶炼技术与中原冶炼水平相当。

大庄科矿冶遗址群是目前国内发现的辽代矿冶遗存中保存冶铁炉最多，且炉体保存相对完好的冶铁场所，其基本形貌清晰可见。炉内结构完好，鼓风口清晰可见。发掘所揭示的炉型结构为正确认识中国古代冶铁高炉的炉型结构演变提供了弥足珍贵的资料。

北京延庆大庄科矿冶遗址群的发现为开展辽代冶铁技术研究乃至中国古代冶金史研究提供了极为宝贵的考古材料。

— 专家点评 —

张忠培（故宫博物院 教授）

大庄科矿冶遗址群不是仅仅发掘了几座冶铁炉，而是发现了从采矿到冶炼的遗迹，并且找到了冶铁工匠工作、生活、居住的地方，遗址类型比较系统、丰富，取得了重要成果，填补了辽代冶铁史的空白，具有重要意义。过去发现过一些冶铁遗址，就考古发现而言，这不是第一次发现，年代也不是最早的，重要的是辽代的矿冶遗址群。拥有如此之大的规模而冶铁炉保存较好的辽代矿冶遗址群还是第一次发现。在全国已发掘的辽金时期的冶铁遗址中，此处冶铁遗址的规模也是很大的，尤其是冶铁炉保存的完整程度是最好的。铁器生产的产业链十分庞杂，简单说来，基本上包括采矿、冶炼、铸造、运输和进入到使用时的社会配置这几个社会流程的环节，同时包括采矿、冶炼、铸造环节中的技术、技术流程与分工，以及由分工产生的组织、管理及其制度。考古工作思路按照从采矿到冶炼生铁的过程进行，通过发掘工作展现了冶铁者的工作、生活情况。可以看到，考古队在对采矿、冶炼、铸造技术及工艺，以及矿冶遗址、居住遗址及其墓葬的调查、勘探与发掘的基础上，走向铁器产业的研究。大庄科矿冶遗址群要做整体保护，从人类活动的思路来保护遗址，实现铁器产业流程的各个环节都能够保护下来。

徐光冀（中国社会科学院考古研究所 研究员）

北京市延庆大庄科矿冶遗址群是一处包含采矿、冶炼、作坊等功能于一体的大遗址群。北京市文物研究所采取勘探、调查为主，并辅以局部发掘的方法，对整个遗址群进行了考古研究工作。通过考古调查和勘探，查明了大庄科乡矿冶遗址的大体分布状况及多种功能类型，如采矿、冶炼、作坊遗址等等。绘制出了各个遗址点的分布平面图，结合原有水系及地形，可以对该遗址群的运作方式展开深入研究，将采矿、冶炼、加工、居住、运输等完整结合起来。通过对水泉沟这处冶炼和作坊遗址的考古发掘，获得了大量重要的实物资料，可以基本确定该遗址群的主要活动时期是在辽代，应是辽南京附近的一处重要的矿冶遗址。

遗址地层分布简单明确，但依然可以通过出土器物和冶炼炉的形制及排列方式看出，该遗址具有一定的时间跨度，下一步的工作除着眼于做好遗址的地层及分期工作外，还应扩大勘探和局部发掘范围，以深入全面了解矿冶遗址群的整体状况。

李伯谦（北京大学 教授）

大庄科矿冶遗址群非常重要，遗址位于辽南京、金中都附近，属于京畿地区。矿冶遗址群的发掘工作对于辽金时期手工业的研究确实很重要，要把它发掘好、保护好、展示好。考古发掘工作不是针对单体的冶铁炉来做，而是引入了聚落遗址的理念，对遗址年代、性质的判定较为可靠。考古发掘中对遗址进行了分期，对冶铁炉产生的先后次序，对年代的差异进行了判定，工作都是很有必要的。通过考古调查及勘探工作，发现五处遗址有矿山，水泉沟是较为系统的一部分。建议对遗址进行保护展示，做好规划，遗址的保护级别要升高。北京市的重点文物保护单位有很多，但这种性质的没有，对这处遗址的工作应作为北京市文物工作的重点来考虑。大庄科矿冶遗址群的发掘研究工作，多学科参与工作的方式很好，加强了研究规划。

信立祥（中国国家博物馆 研究员）

延庆县大庄科乡矿冶遗址是一处集矿山开采、冶炼、居住、河道运输于一体的综合性矿冶大遗址群。通过多年的考古调查、勘探、发掘及对相关遗物的科技检测，确认这是一处辽代遗存。如此大规模的辽代矿冶遗址群的发现在国内尚属首次，对于我国中世纪冶金史和科技史的研究具有重大意义。其中在水泉沟揭露出的四座冶铁炉保存相对完整且结构清晰，有多次修补和使用痕迹，具有很高的研究和保存价值。冶铁炉北侧的作坊和居住遗址地层明确、各类遗存功能清晰，真实再现了当时的工作和生活场景。通过考古调查和勘探工作，在大庄科乡全境内还发现了大量与水泉沟遗址类似的遗址点，这样大规模的矿冶遗址群与辽南京毗邻，可见其在当时的重要性。为了充分发挥这处重要文化遗产的作用，建议将考古成果尽快实现两个转型。一是向保护转型，在现有工作的基础上摸清各遗址点的功能和联系，划定保护区，提高保护级别；二是向展示转型，建立考古遗址博物馆，将考古成果对公众开放，同时保证考古和研究工作的可持续性。

赵 辉（北京大学 教授）

大庄科矿冶遗址群很重要，生活区很复杂。无论在科学研究上，还是未来的保护利用上都有重要意义。生活区的发掘下了功夫，遗迹较为复杂，发现了房屋、道路、冶铸等遗迹。对房屋的拐角、屋墙的构筑方式、院落、遗迹间的关系进行了研究，当作聚落来做。从冶炼区到生活区，这一套东西全国没有。建议政府采取措施保护下来。考古工作者对遗址时段的划分，空间结构布局的区分，遗迹关系的处理，像对新石器、商周遗址一样按聚落考古的思路去做。探方上隔梁的打断对遗址采取全面、系统的揭露是非常重要的，对聚落情况的复原是很有帮助的。

魏 坚（中国人民大学 教授）

北京市延庆县大庄科乡分布有较多的冶炼遗址，特别是在水泉沟发掘出土的一排四座炼炉，炉壁、炉膛和鼓风口等保存基本完整，而且从炉膛截面观察，炼炉保留了多次使用的痕迹。炼炉的前面保留了完整的工作台面，附近亦有成片的居住址。从发掘现场出土的陶、瓷片和铁箭头、炉渣等分析，这批炼炉的使用年代可以早到辽金时期。辽代是北京地区成为北方民族都城（辽南京）的开始，虽然当时辽代的统治中心尚不在此，但由于延庆地区良好的铁矿冶炼条件，南下的契丹人把这里作为铁矿冶炼区域则是最好的选择。这批形制完整的炼炉遗址和与其配套的工作场

所及居住址的发现，在北京乃至北方地区都属首次。其在冶金史的发展与冶金技术研究方面具有十分重要的意义。建议对该区域的冶炼遗址，特别是水泉沟成排的炼炉遗址采取必要的保护措施，建立遗址博物馆加以保护和展示。

朱延平（中国社会科学院考古研究所 研究员）

大庄科矿冶遗址群规模较大，是近年来矿冶遗址考古的重要发现，有重要的学术价值，为中国古代冶金史的研究提供了不可或缺的宝贵资料。此次矿冶遗址的考古工作包括调查、勘探与发掘，特别是在调查、勘探矿冶遗址的基础上，对其关键部位进行了发掘，基本搞清了大庄科矿冶遗址的布局及其周边矿冶遗址群的构成。在北京延庆发现这么好的一处矿冶遗址，绝不是偶然的。事实上，北京地区的冶金传统颇具特色。延庆西拨子、玉皇庙、葫芦沟、西梁堯等遗址都出土过重要的冶金制品，同属附近山地的平谷刘家河等地则出土了时代更早的大量青铜器。像西拨子铜器，其特殊的风貌不见于其他地域，给人感觉似乎来无影，去无踪，其实，这反映的正是北京北部山区的冶铜特色。所以，北京境内的军都山等北部山地应该是各具冶金传统的地域，大庄科矿冶遗址群的背景应该与此有关。

李延祥（北京科技大学 教授）

水泉沟遗址是目前中国发现的保存状态最完好的冶铁遗址。公元前八百年前后，中国人就发明了生铁冶炼技术，领先欧洲近两千年。战国至汉代的冶铁遗址多有发现，但未能发现相对完好的炼炉，因而对炼炉结构的研究缺乏实物证据。水泉沟遗址炼炉遗址群的发现，为炼炉结构的复原和演变研究提供了最新最完整的实物证据。水泉沟遗址是宋辽时期中国冶铁遗址的典范，是揭示辽代冶铁业发达的最完整的实物证据。史料记载，辽在建国之初就开始大兴炉冶，以提高其物质实力。辽代冶铁遗址在辽西及燕山地带多有发现，只有水泉沟遗址出现了保存相对完好的炼炉遗址群及附属居住遗址，为研究辽代冶铁技术提供了最佳研究对象。水泉沟遗址地近中原，其冶铁技术应与同时期中原冶铁技术有密切的联系。水泉沟遗址的深入研究，对揭示中原同时期的冶铁技术及冶铁技术向东北亚地区的传播都有重要价值。水泉沟遗址是一处集冶铁和制钢工艺于一身的完整的钢铁生产遗址，除发现四个生铁冶炼炉之外，还在生铁冶炼炉边发现炒炼炉多处，表明该遗址实现了生铁冶炼和炒钢工艺的联合运行，把明代宋应星《天工开物》所记载的同类工艺提早到了辽代。目前已经探明，延庆县大庄科乡还有慈母川、汉家川、铁炉村等几处同时期冶铁遗址，表明当地存在着以水泉沟遗址为代表的冶铁遗址群，对这些遗址的深入发掘和研究，必将为全面揭示辽代冶铁技术提供更充实的科学证据。综上，水泉沟等冶铁遗址的发掘和研究，是中国钢铁冶金考古一个新的里程碑。

陈建立（北京大学 教授）

中国古代生铁冶炼及生铁制钢技术是世界公认的重大发明创造，但无论在生铁冶炼炉型结构、炒钢制品的判定等技术方面，还是在冶铁作坊的聚落形态、生产组织管理等方面的研究仍有较多空白。北京延庆水泉沟辽宋时期冶铁遗址群的调查和发掘，发现了迄今保存最为完好的冶铁竖炉和一系列采矿、铸造和炒钢遗存，以及冶铁工匠的生活设施和遗物，获取了整个冶铁制钢工艺流程和生产组织管理方面的信息，为正确认识辽金和中原地区冶铁技术的关系、完善中国古代冶铁技术体系提供了极为宝贵的考古依据。本项工作使用多种测绘技术对遗址进行空间信息采集，针对冶金遗址发掘、保护和展示问题，制定了详细的发掘、采样、实验室检测分析、文物保护和展示方案并有效实施，根据炉型结构测量和炉壁、炉渣等冶炼遗物检测分析结果，开展了生铁冶炼计算机仿真研究和冶铁实验考古操作，真正做到了多学科交叉融合。

遗址发现与考古发掘

大庄科矿冶遗址群于 2005 年由当地村民建房时最先发现并报告给延庆县文化管理委员会，随后北京市文物研究所、北京科技大学和北京大学等单位对该遗址开展了田野调查和实验室分析工作，并对其年代进行了初步测定，认定该遗址是燕山地区规模较大、保存最为完整的辽代冶铁遗址。鉴于其重要科学价值，国家重大文化专项指南针计划中又专门安排课题对该遗址进行了更

为深入的研究。

通过考古调查及勘探工作，发现矿山五处，分别为榆木沟矿山、东三岔矿山、香屯矿山、东王庄矿山、慈母川矿山。发现冶炼遗址四处，分别为水泉沟冶炼遗址、汉家川冶炼遗址、铁炉村冶炼遗址、慈母川冶炼遗址。发现居住及作坊遗址三处，分别为水泉沟居住及作坊遗址、铁炉村居住及作坊遗址、汉家川居住及作坊遗址。其中水泉沟的生产链条较为齐备，在遗址群中居于核心的位置。

遗址群所在的大庄科乡矿产资源十分丰富。现已探明的有铁、锌、石英石、白云石、钼、金、铜和大量的花岗岩。现已开采的品种有铁、锌、石英石、花岗岩等。

矿冶遗址群开采铁矿石的矿洞及部分露天采矿遗迹分布在山脚及半山坡范围内，采矿洞口清晰可见。榆木沟铁矿为致密块状磁铁矿，磁性很强。香屯矿山现存露天采矿遗迹一处，主要包括磁铁矿、赤铁矿及褐铁矿。东三岔铁矿体较长，在灰岩中呈团块状，储量较大。东王庄铁矿主要为磁铁矿、含锌磁铁矿。矿体是顺着裂隙侵入，洞内主要为大量的磁铁矿，部分矿物晶形较好。慈母川铁矿石以磁铁矿为主，黄铁矿、赤铁矿次之。

矿山周边地形切割较为严重，地表径流排水较好，水流通畅，乡域水资源丰富。怀九河环绕榆木沟、莲花山、香屯、东三岔、东王庄、汉家川、水泉沟等矿冶遗址周围，铁炉河环绕慈母川、铁炉村等矿冶遗址周围。丰富的水资源不仅为矿石的运输提供便利，同时对冶炼过程中的用水以及矿冶管理机构、冶炼工匠的饮用水源提供了便利。

大庄科矿冶遗址群目前发现保存相对完整的冶铁炉 10 座，其中水泉沟冶炼遗址 5 座，汉家川冶炼遗址 3 座，铁炉村冶炼遗址 2 座。

冶炼遗址均位于半月形黄土台地边缘处，呈缓坡状，为河流二级台地。

水泉沟冶炼遗址所处的半月形黄土台地海拔 420 米，由东北向西南倾斜，坡度较小。目前已发掘水泉沟冶铁炉 4 座。遗址周围有矿山和古代采矿的铁石坑。

以发掘清理的冶铁炉 Y3 为例来说明冶铁炉的基本结构。

冶铁炉 Y3 为竖炉，开口高于地面，中部外弧，横截面近圆形，残高 3.8 米。冶铁炉主要由炉腹、炉腰、炉门、出铁口、出渣口、鼓风口、前后工作面等组成。冶铁炉残缺部分主要是炉腰以上部位。炉壁用耐火材料垒砌。冶铁炉后壁中部有鼓风口。风道内、外风口均为长方形，竖直高度大于水平宽度。外侧风口内壁抹耐火层，表面平滑，可见白色风干痕迹。内侧风口内缘只剩石砌炉壁，内缘炉壁表面粘有较薄的炉渣，据此推测内壁没有涂抹耐火层，现存风口尺寸与冶炼时相同。炉门位于炉身下部，拱形，鼓风口正对炉门。炉门底部有铁水沟槽遗存。炉腹、炉腰有明显的内径变化。从现存炉型曲面走向来看，缺失部分仍有内倾，但角度已经减小。冶铁炉 Y3 的主要特征是水平截面呈圆形，采用单风口，风口位于炉腹部位，倾斜向下鼓风，有明显炉身角，其收口式结构符合常规设计。

炉前工作面供冶铁操作和临时存放生铁产品，炉后残存有一不规则工作面，较为平坦，用来堆放燃料和铁矿，进行燃料和矿料的破碎、筛分等工序，最后将矿料和燃料由后上方装进冶铁炉里。炉壁内侧用较为整齐的石块砌成，十分平整，缝隙平直、细小，外侧用石块围砌，炉内壁粘结大量不规则的坚硬炼渣，炼渣断口有的呈玻璃状，有的呈蜂窝状。炉底部用经过细加工的耐火土填实，形成高炉基础。

冶铁炉最内层是烧流区域，可以看到玻璃态的炉渣、矿石，从炉渣的流动状态可以判断冶铁炉能够较好地实现渣铁分离。冶铁技术均为生铁冶炼技术。冶炼过程中加了白云石做助熔剂以降低炉渣熔点，便于冶炼操作。

石砌竖炉的炉型在竖直截面的变化比夯土竖炉更加丰富，其重要原因是石料的抗剪强度远高于夯土，特别是在高温状态下这一特征尤为重要。使得石砌炉体对炉身角的限制放宽，炉型设计自由度增加。石砌炉体对防止渗漏，避免石块爆裂等建炉工艺要求较高。

在冶铁炉内发现少量已炼出的生铁块，炉内填土层中发现有铁矿石、红烧土、木炭、耐火材

料及大量炉渣等遗物。其他出土器物主要有陶器、瓷器、板瓦、钱币等遗物。

冶铁炉遗址地层情况，第①层为表土层，黄褐色，沙土团粒结构，土质疏松，含草根、红烧土颗粒，现代瓷片等。第②层为辽代文化层，黑褐色，沙土团粒结构，含较多红烧土颗粒，土质稍松，出有炉渣、辽代瓷片、钱币等。②层以下为生土层。

地层关系显示，大庄科矿冶遗址群一、三号炉的始建年代要早于二、四号炉，根据炉型和时代的判断，一、三号炉应为辽代所建，参照了中原的大型、圆形冶铁炉结构。水泉沟二、四号炉以及一号炉改建后的炉型都可视为长方形，炉身收口，采用单风口斜吹。

通过考古调查和勘探，已发现生活及作坊遗址3处。目前已发掘清理水泉沟生活及作坊遗址1处，位于冶铁炉遗址东北侧，距冶铁炉约100米，东距怀九河约30米，占地面积约20000平方米。

生活及作坊遗址文化层堆积较为简单。根据土质土色分布情况可划分为两个文化堆积层。第①层为表土层，黄褐色，土质疏松。发掘前地表种植板栗，土层中分布有大量植物根系。第②层为辽代文化层，灰褐色，土质较为松散。包含物主要有白瓷片、灰陶板瓦、冶铁块、炉渣、红烧土等。②层以下为生土层。

出土器物主要有矿石、铁块、炉渣、铁箭镞、铁刀、石碾盘、石碾子等。建筑材料主要有石块、灰陶板瓦、兽面纹瓦当、长条形沟纹砖等。生活用品主要有瓷碗、酱釉罐、陶罐、砚台、铜钱等。

房屋由于破坏较为严重，没有一处十分完整的房址，只残存用石块砌成的部分房基以及部分柱础石等。房屋均为地面起墙的建筑，房址平面形状一般呈方形或长方形。以发掘清理的其中一处房址F7为例来说明房屋的基本结构。

房屋坐北朝南，由院门，院墙，正房，东西厢房组成。院落平面呈长方形，院墙东西长24.3米，南北宽10.6米，墙体残高0.18~0.6米。

院门开在南方，满足房屋冬暖夏凉，光线充足的需求。院子内部踩踏面明显。

房屋基础的构筑方法是平地起建。正房位于院内中部，房屋面宽5.2米，进深4.8米。墙基用石块砌成。房屋上部原覆盖有灰陶板瓦，现已塌落。

房屋南侧设门，门前安放长方形过门石。房屋内有一踩踏面，土质呈灰褐色，含红烧土颗粒及草木灰屑等，土质较为紧密，呈块状，厚约0.1米。正房内西北侧有长3.3米，宽1.5米，残高0.2米的火炕，石板上部用泥土抹平。炕内设三条宽0.2~0.3米，深0.2米东西走向的烟道，上有小块花岗岩石板作为炕面。房址西北角有一排烟口。

房内东南角有一灶，平面呈弧形，灶壁四周有一层烧结面，遭到不同程度破坏。灶内填土呈褐色，含红烧土颗粒，土质结构紧密，底部有草木灰。灶壁用黄土砌成，烧成红褐色。灶门开于灶南偏西处。灶膛西北角与炕内烟道相通。

作坊遗址区发现辽代车辙和道路遗迹。路面上共清理出10条车辙。道路呈南北走向，向南可抵达水泉沟冶炼炉遗址，向北可抵达汉家川冶炼区。道路L1宽15.8米，发掘清理长度19.5米，路土厚0.3米。路土上距地表深0.6~0.9米，路土呈灰黑色，较脏，稍杂，坚硬，含有炭灰等。路土面上有车辙，单辙宽0.25~0.3米，辙沟深0.15~0.19米，两辙中心间距约2.4米。车辙内填土灰褐色，坚硬，有的底部垫有小石块。

炒钢炉6座，以3号炒钢炉C3为例说明，炒钢炉呈椭圆形，东西约0.55米，南北约0.4米，残高0.1米。炉底留有一层铁渣，底部垫有石块，石块呈红色，外围红烧土范围约1.1米。

文物保护与科技考古

在大庄科矿冶遗址群的考古发掘过程中，遵循考古发掘与文物保护并重的原则，制定了文物保护方案，将考古发掘与文物保护放在同等重要的位置。在考古发掘过程中，采取多学科合作的方式，利用现代自然科学技术和方法，对文物遗存进行了测试、分析和鉴定，获得了丰富的考古学信息，为进一步开展大庄科矿冶遗址群的研究提供了新的资料。

在发掘的同时,大庄科矿冶遗址群的文物保护工作同步开展,妥善解决遗址保护的问题,结合北京市沟域经济发展规划,遗址与当地居民的日常生活以及与当地社会、经济发展的相关问题,制定文物保护规划,实现大庄科矿冶遗址群得以长期有效的保护。通过制定保护规划使大庄科矿冶遗址群的文物价值和社会价值得到实现,保护大庄科矿冶遗址群的真实性和完整性,从而使大庄科矿冶遗址群的文物价值与社会价值得以延续。为下一步大庄科矿冶遗址群的文物保护提供控制管理的法律依据、工作框架和具体措施,使大庄科矿冶遗址群获得科学、有效的保护和合理的利用。通过多学科共同参与,加强大庄科矿冶遗址群的保护、修缮、加固和管理。通过对相关山形、水系的保护与村庄、环境治理,保护环境的真实性和完整性。结合考古调查、勘探与发掘,揭示大庄科矿冶遗址群的各个层面,进而体现大庄科矿冶遗址群深厚的历史文化积淀。结合大庄科矿冶遗址群的分布特点和遗存性质,结合本体保护,形成有主题、有系统的展示。划定保护范围与建设控制地带,妥善处理周边环境关系。在保护的前提下,探索科学、合理的利用模式,进一步增进公众参与意识,提高文物保护意识,使文物保护工作进入良性循环。

科技考古工作主要开展了炉渣、矿石的科技分析、冶铁炉三维激光扫描、采用计算流体力学方法对炉内气流场进行模拟等冶炼科技研究。

大庄科矿冶遗址群发现的古代冶铁竖炉炉型共有两类,一号炉以及三号炉为一种类型,该炉型横截面呈圆形,炉体高大。二号炉以及四号炉为另一种类型,该炉型横截面呈长方形,炉体略小。

大庄科矿冶遗址群水泉沟三号冶铁炉保存较好,水平截面接近圆形,单风口炉腹鼓风,炉身内收明显。借助三维激光扫描技术获取了高精度炉型数据。竖炉冶铁追求的是在尽量低能耗的条件下,通过受控的炉料与煤气流的逆向运动,高效地完成还原、造渣、传热及渣铁反应等过程,得到化学成分和温度较为理想的生铁,供下一步工序(铸造、炼钢)使用。设计合理的炉型,配合炉料、鼓风等技术,控制炉内气流合理分布,是竖炉冶铁重要的技术内容。

从炉渣分析看冶炼技术。冶炼技术可通过对矿石、炉渣、炉壁挂渣等冶炼遗物的分析进行综合判定,其中对炉渣的金属颗粒、物相组织和化学成分的化学分析,可较为准确的判定遗址的冶炼技术水平。通过金相组织观察、扫描电子显微镜观察和能谱仪化学成分分析(SEM-EDS),大庄科矿冶遗址群排出渣中残留金属颗粒均为铁颗粒、并多呈圆滴状,炉渣基体为FeO-SiO₂-CaO系的玻璃相硅酸盐,可判定遗址冶炼技术为生铁冶炼技术。矿石的物相成分分析(XRD)显示水泉沟所用的矿石主要为磁铁矿。湿化学成分定量分析显示含铁量在40-50%之间,品位中等偏下。矿石中含大量的镁、硅、钙类脉石,含有少量的锰、钒、钛等。而排出渣中含有大量的镁、钙,其不仅来源于矿石,而是添加了较多含钙的助熔剂的结果,如白云石等。水泉沟炉渣及金属颗粒中硫含量较低,认为主要使用了木炭作为燃料和还原剂。

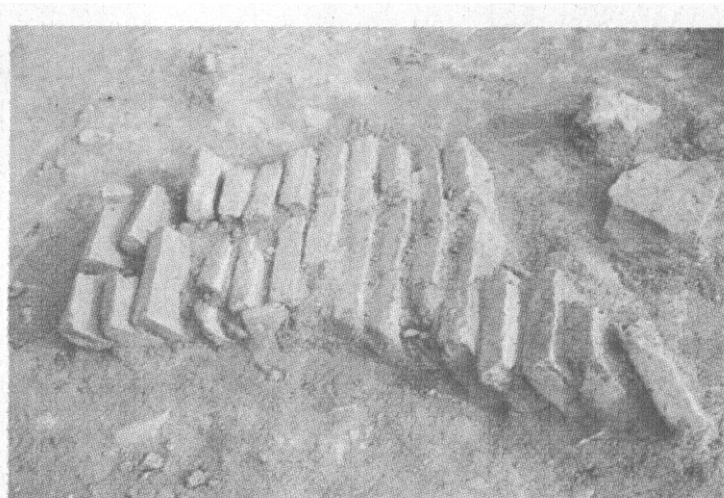
为了比较水泉沟四座冶铁炉的冶炼技术水平,在炉壁上直接取得炉壁挂渣样品,对炉渣和炉壁挂渣样品进行主量氧化物的湿化学成分定量分析,分别比较不同炉子排出渣和炉壁挂渣的化学成分差异。认为排出渣总体差异不大,但一号炉、三号炉的成分分布范围较四号炉较广,可能说明小型、方形冶铁炉的排出渣成分更为均匀,冶炼过程成分控制较好。而炉壁挂渣则更好的反映了四座炉子之间的差异,认为一号炉成分分布范围较二、四号炉更广,同时挂渣中铁含量更高,可能说明了小型、方形冶铁炉吃铁量更少、更易控制铁的流失。

水泉沟冶铁遗址古代冶炼技术评析。汉代和唐宋时期是中国古代冶铁技术取得突破性进展的两个重要时期。炉型演变与鼓风技术、砌炉材料以及木炭强度的关系非常密切。根据全国范围的冶铁遗址调查,宋辽时期冶铁炉的筑炉材料、鼓风技术发生了重大改变,衍生出多种炉型。唐宋时期,竖炉冶铁已经使用木扇、风箱等硬质封装鼓风机。此类鼓风机可承受更高气压,也能做得更大。采用水力或多人驱动,产生很高的风压和流量。采用活塞式结构,依靠活塞板往复运动鼓风,机械效率高于气囊式鼓风机,实现了鼓风性能大幅提升。这为提高炉体高度,扩大炉容提供了鼓风技术保障。由于木炭材料耐压、耐磨等强度性能所限,炉料自身所能支撑的炉料高度有限。

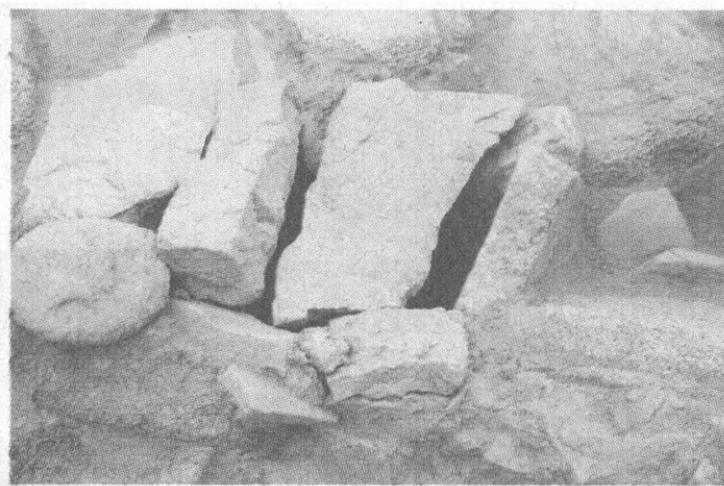
中国古代主要是通过调整炉身曲线，增加炉壁对炉料的支撑力度来解决。此时期内，较早阶段仍使用夯土竖炉，纵向抗剪强度较低，夯土竖炉炉身角不能太大，炉身曲线变化有限。这种情况在唐宋交接之际发生了重大改变。

大庄科矿冶遗址群位于辽南京附近，历史上是宋辽之间战场前沿地带。大庄科矿冶遗址群可能是生产兵器等军用产品的场所，也可能是冶铁技术自中原地区向边远地区传播的证据之一。辽灭国以后建立的西辽国，是中国古代生铁技术向西方传播的重要力量之一。对于大庄科矿冶遗址群的综合研究将深化冶铁技术交流与传播的研究。

生铁是中华民族最伟大的发明之一。中国在西周晚期开始进入铁器时代之初就能够冶炼和使用生铁，并于战国至秦汉时期形成了以生铁冶炼为基础的一整套钢铁冶金技术体系，奠定了中华文明发展壮大的物质基础。从战国时期开始，中原先进的冶铁技术不断向周边地区传播，成为华夏各民族进步的强大物质基础。据相关史料记载，辽代立国之初就大兴炉冶，从中原掠夺工匠，引进技术，其中冶铁业更是重中之重。



水泉沟居住遗址房屋用砖



水泉沟居住遗址房址炕洞



水泉沟居住遗址房址F6

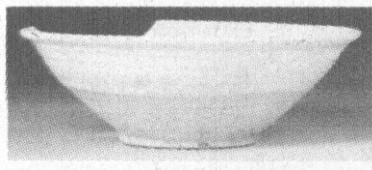


水泉沟居住遗址房址F3基础

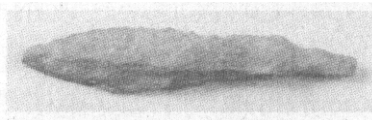


水泉沟居住遗址房址F1火道

白釉瓷碗



箭镞



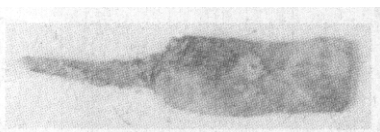
石器座



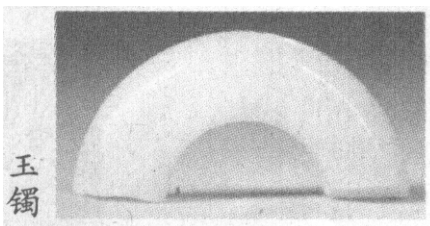
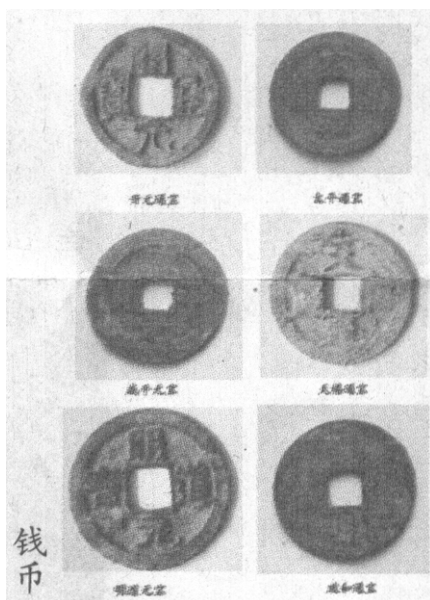
兽面瓦当

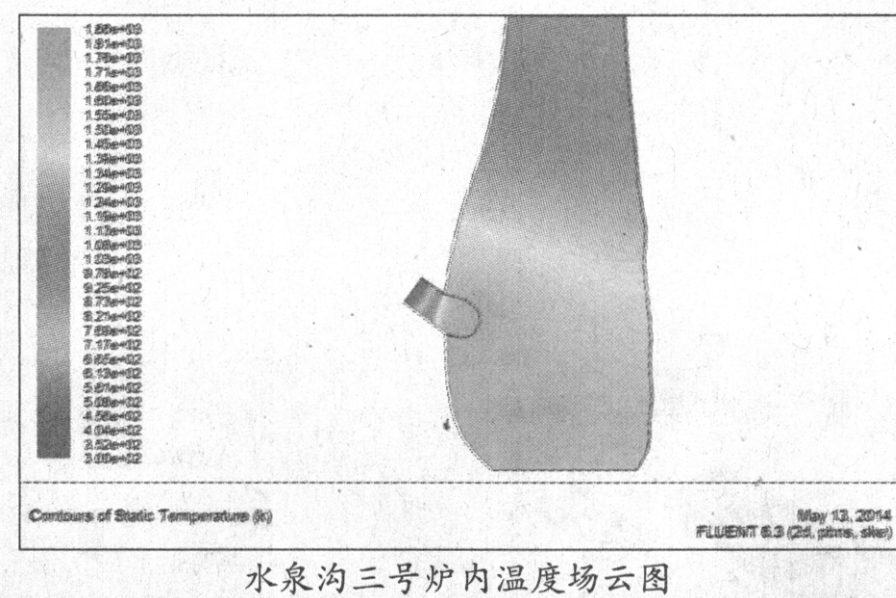
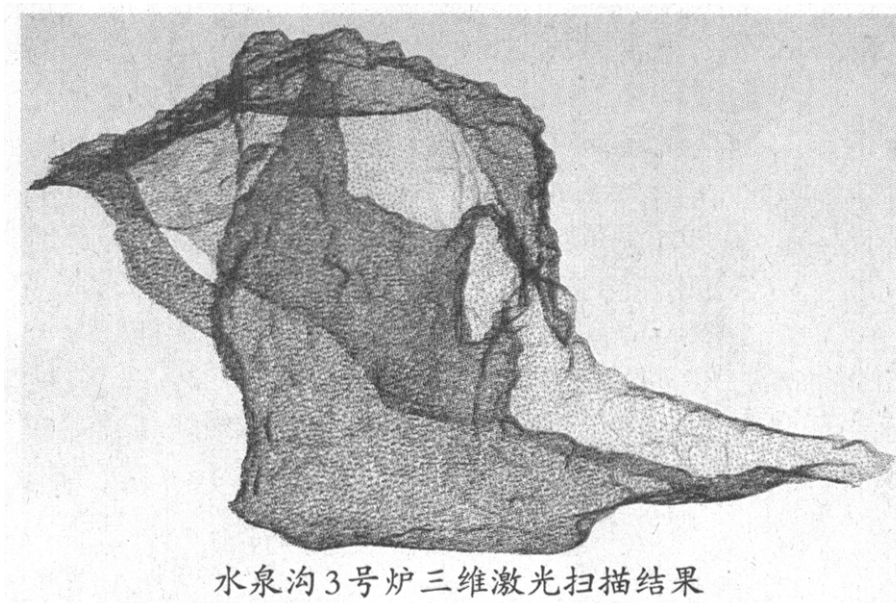


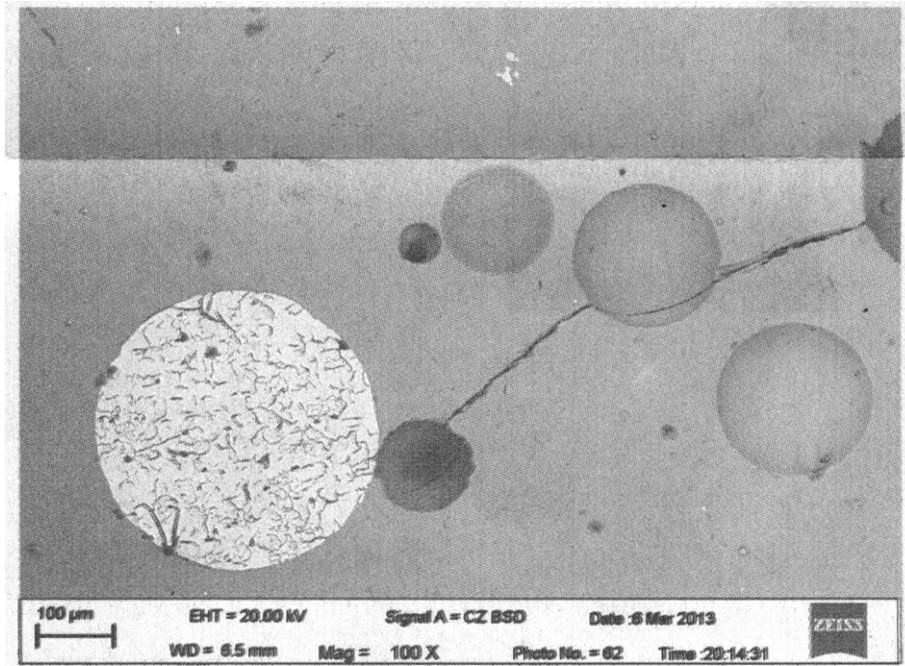
铁刀



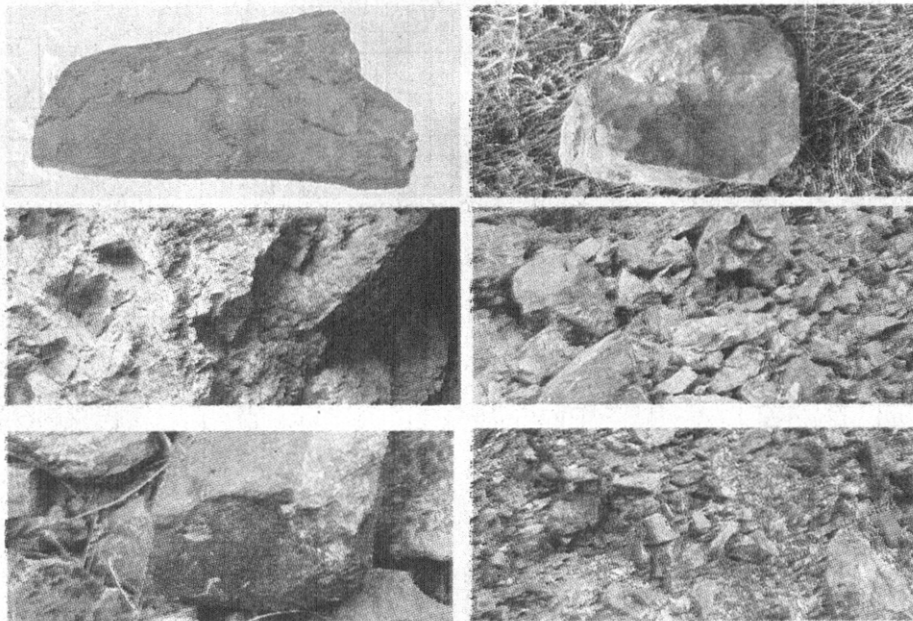
钱币



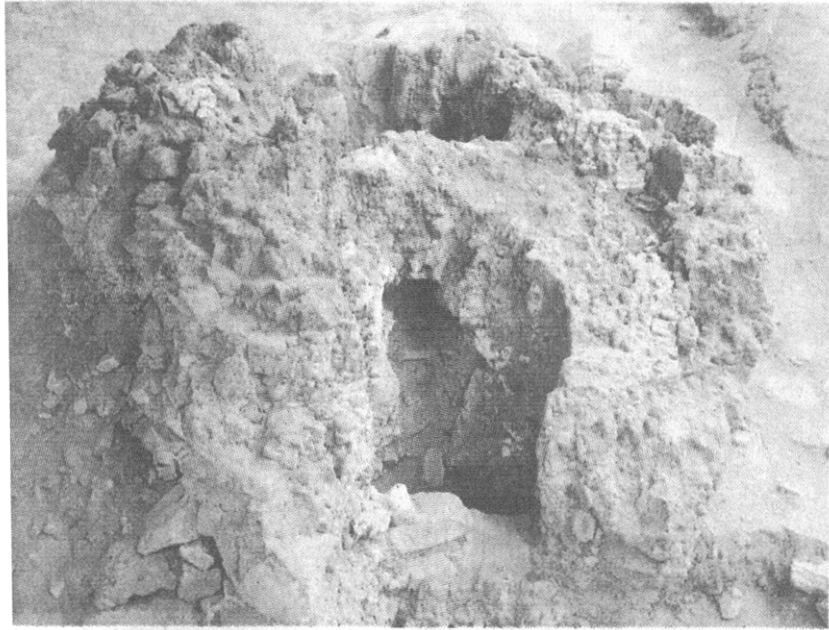




水泉沟遗址 FeO-SiO₂-CaO 系排出渣玻璃相基体
及圆滴状铁颗粒



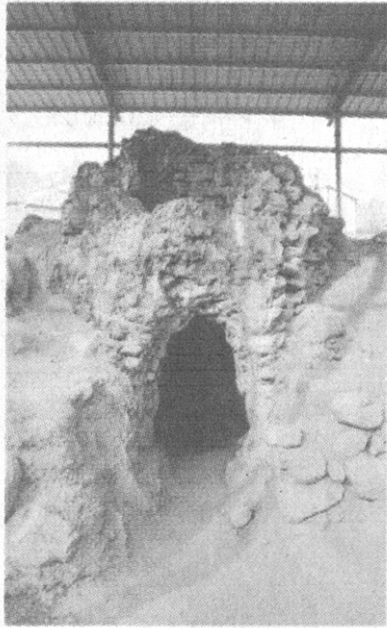
矿石



水泉沟遗址冶铁炉 Y1



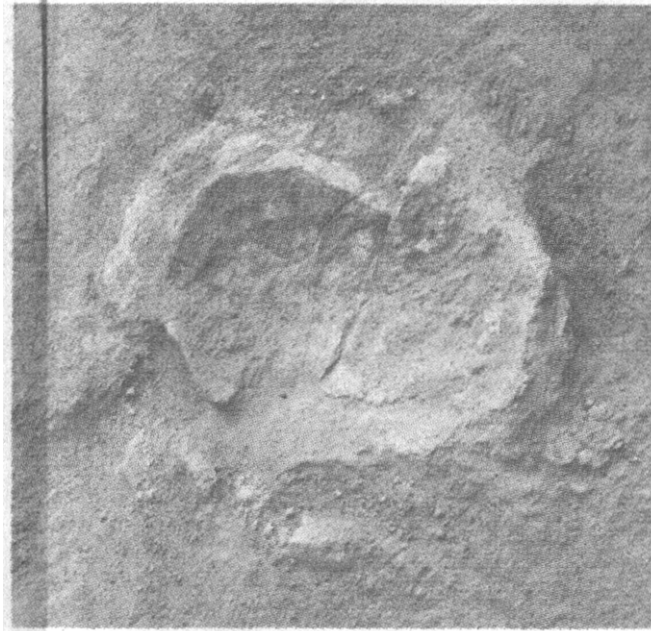
水泉沟遗址冶铁炉 Y2



水泉沟遗址冶铁炉 Y3



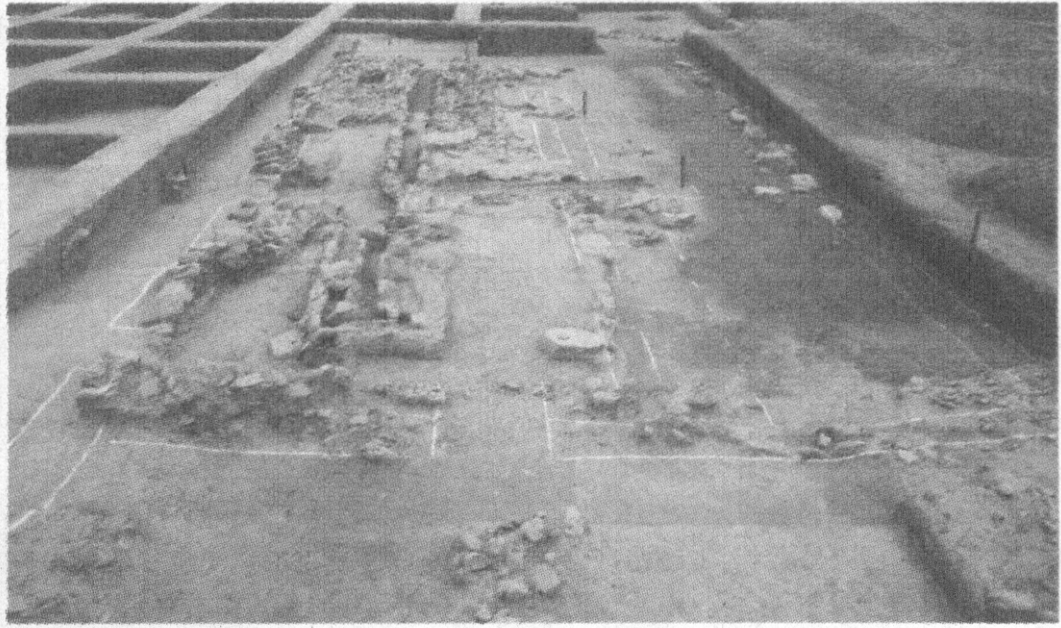
水泉沟遗址冶铁炉 Y4



炒钢炉 C1



炒钢炉 C3



水泉沟居住遗址房址 F7



道路及车辙 L2



水泉沟居住遗址灰坑H12