



NEWSLETTER

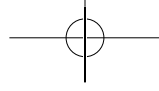
考古科学中心通讯

CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE
NEWSLETTER

2024 年第 1 期 (总第 2 期)



四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY Center for Archaeological Science
<https://cas.scu.edu.cn>



主任致辞

非常高兴与大家继续分享四川大学考古科学中心在 2024 年上半年的重要进展和成果。在过去的半年里，中心继续致力于推进多学科交叉研究，促进考古科学的创新发展，取得了一系列令人振奋的成果。

考古科学中心自成立以来，一直致力于推动跨学科的科研合作，并在文物产地分析、文物保护技术研发、西南地区生物遗存研究等多个领域取得了显著进展。2023 年度的开放课题项目进展顺利，共有 11 个项目获得了重点或一般资助。这些项目的科研团队以严谨的学术态度，逐步推进各自研究，取得了一系列有价值的学术成果。我们欣喜地看到，四川大学的考古学与科学的结合正在产生新的反应，催化了不少新成果，不断拓展我们对古代社会的理解。

今年，我们还举办了多期“考古科学论坛”，邀请了国内外的专家学者，就考古科学中的前沿问题进行了深入探讨。从青藏高原的动物考古研究，到斯里兰卡玻璃珠生产的国际合作发掘，再到东天山地区的史前文化交流，每一期论坛都吸引了来自不同学科背景的师生，展现了学术交流的深度与广度。我们深信，这些论坛不仅推动了科学研究，也为年轻学者们提供了宝贵的学习和交流机会。

在科研成果方面，今年上半年，我们的研究团队在考古科学多个方向上取得了突破性进展，在综合性科学期刊如 Scientific Reports、Current Biology 等，考古领域的旗舰杂志 Antiquity、Journal of Archaeological Science 等发表论文 20 余篇。在古 DNA 分析领域，成功获取了西南地区多个遗址的人类和动植物遗传信息，为理解该地区古代人群的迁徙和生态适应提供了新视角。此外，我们在文物保护技术方面开发了新的材料与方法，大幅提升了出土文物的长期保存效果。在考古材料分析方面，通过先进的光谱技术和显微分析，我们对青藏高原出土陶器和金属器物的制作工艺有了更深入的理解，得到了国内外同行的广泛关注。

在实验条件建设方面，我们购置了多种先进设备，继续完善实验室设施，为各类科研工作提供有力的支持。实验室的不断发展和设备的完善，将为中心未来的科研工作提供更为坚实的基础，也为推动考古科学中心成为全国领先的研究机构奠定了重要基石。

未来，我们将继续秉持开放合作的理念，广泛吸引国内外的专家学者，聚焦学科前沿，开展多维度、多学科的研究，共同探讨和破解人类历史的诸多谜题。我们期待在各方的支持下，大家的共同努力下，四川大学考古科学中心能够在学术研究、社会服务和人才培养等方面取得更多的成果。

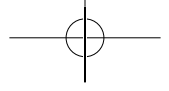
我们也将从本年开始，中心的通讯将开始以半年刊的形式发布，让我们期待 2024 年第 2 期在年底与大家见面。

衷心感谢所有为考古科学中心的发展付出努力的老师、同学和合作伙伴。让我们继续携手前行，探索未知，传承文明。

吴红亮

四川大学考古科学中心

2024 年 7 月 1 日



CONTEMPORARY

目录

01

人才培养与条件建设

02

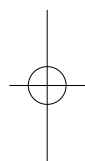
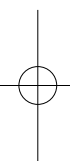
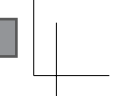
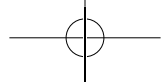
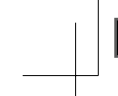
考古科学论坛

03

科研成果

04

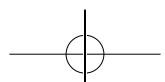
媒体报道



01

INTERDISCIPLINARY TRAINING PROGRAM AND FACILITIES INVESTMENT

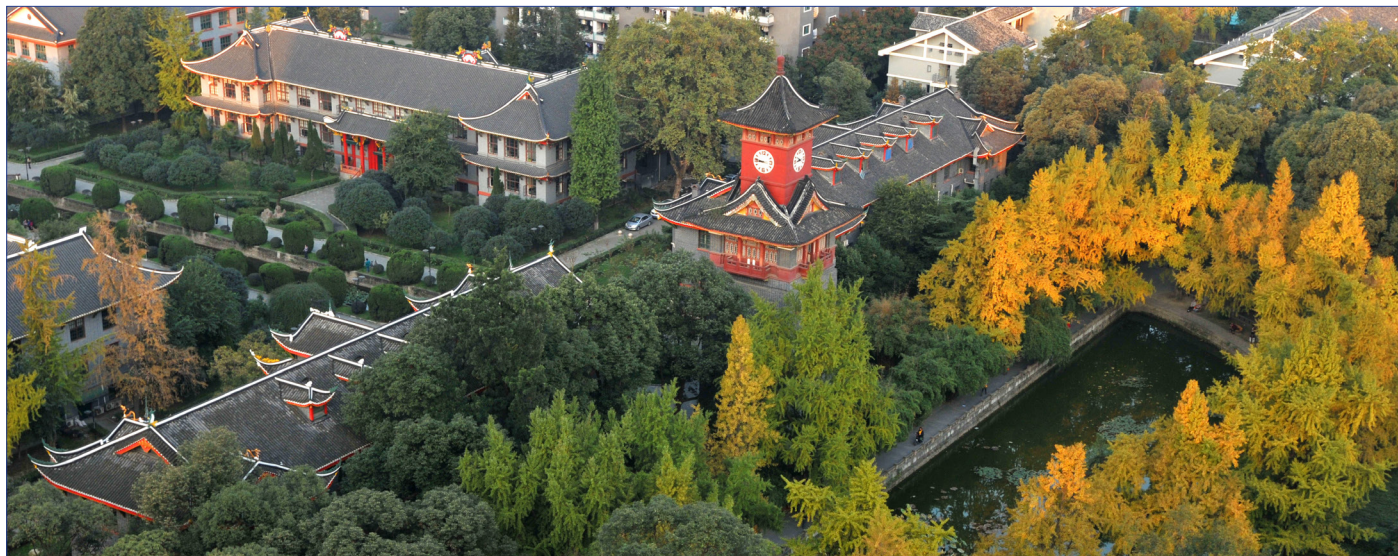
人才培养与条件建设



INTERDISCIPLINARY
TRAINING CULTIVATION

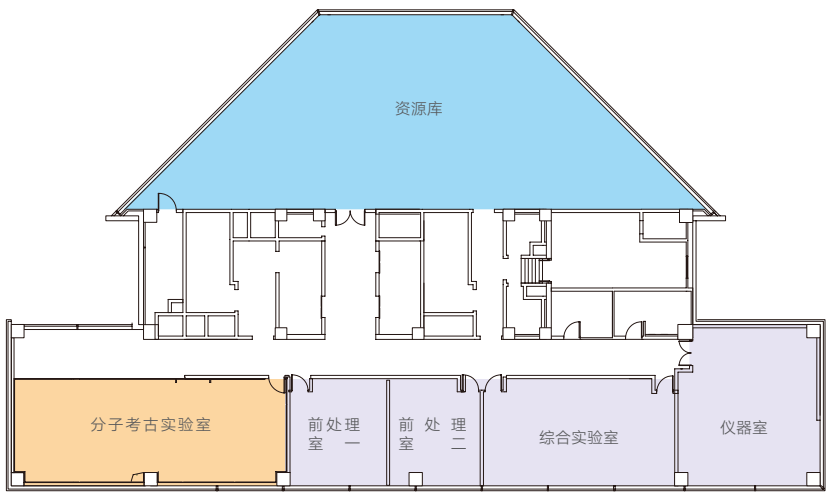
跨学科人才培养

排序	招生专业代码	招生专业名称	导师姓名	申请指标数	备注
1	071000	生物学（遗传学）	袁慧军	1	遗传学与考古科学中心联合培养
2	0803	光学工程	冯国英	1	电子信息学院与考古科学中心联合培养
3	071000	生物学（微生物学）	李雨庆	1	微生物学与考古科学交叉
4	071000	生物学（遗传学）	吴 洋	1	医学前沿科学中心与考古科学中心联合培养
5	070300	化学	吕 弋	1	分析测试中心与考古科学中心联合培养

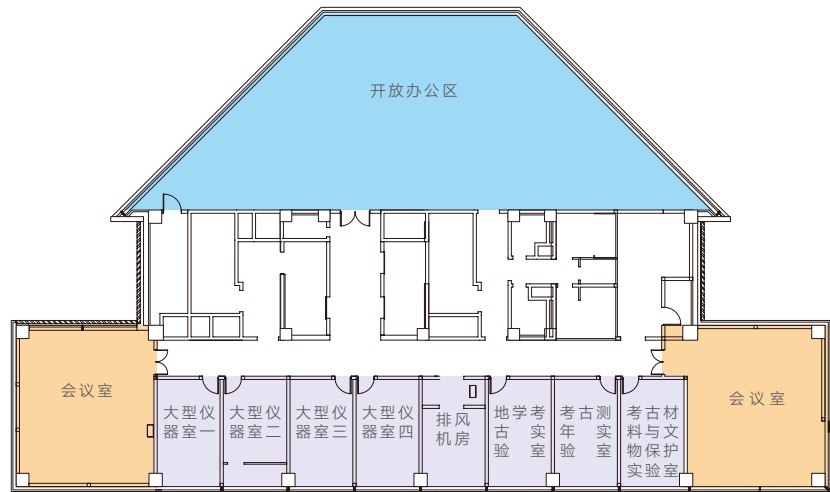


FACILITY
CONSTRUCTION

设备采购和实验室建设



第八层实验室平面图



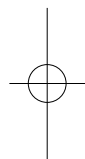
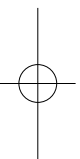
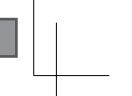
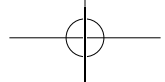
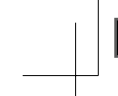
第九层实验室平面图

自中心启动建设以来，设备采购和实验室建设顺利进行。

考古科学中心现有同位素质谱仪 (Thermo Scientific DELTA Q)、全谱直读型电感耦合等离子体发射光谱仪、X 射线荧光分析仪、激光拉曼光谱仪、3D 扫描仪、单频 GPS 接收机、田野测绘软件、地理信息系统、红外光谱仪、紫外可见分光光度计、激光粒度仪、EA3000 元素分析仪、旋转蒸发仪、Phenom Pro XL 台式扫描电镜、金相样品制样系统及金相显微镜系统、体视显微镜、浮选仪等设备。

考古科学中心 2023 年度购置考古测年、分子考古、考古材料与文物保护、地学考古等相关实验设备 39 种 61 套，总计 1074.5493 万元。包括显微激光共聚焦拉曼光谱仪、X 射线显微分析仪、三维数字视频显微镜、倒置材料显微镜、沉积层 242 种哺乳线粒体 DNA 捕获试剂盒、人类 Y 染色体全序捕获试剂盒、微量离心机、球磨机、考古用低本底计数器、热成像仪、低速精密切割机、考古用岩相精密切割研磨一体机、便携式伽马谱仪、双光源单颗粒装置、片段分析仪系统、释光测年仪、金相标样组织套装 (145 样)、金相试样磨抛机、镶嵌机、真空干燥箱、气电窑炉、推拉力计、三摄航拍机、无极变速液晶触屏拉坯机、微机控制电子万能试验机、户外电源、分子杂交炉、实验室超纯水机 (200L)、实验室超纯水机、岩石与矿物标本套装 (共 336 种)、医用 -80℃ 冰箱等。

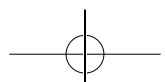
已制定实验室 (博物馆科研楼 8-9 楼) 改造装修设计方案，正待交付。



02

ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛





ARCHAEOLOGICAL
SCIENCE FORUM

考古科学论坛

为充分发挥四川大学考古科学中心、考古学实验教学示范中心聚焦学科前沿、凝聚团队、凝练课题平台等作用，促进考古学多学科交叉研究和考古学成果转化，考古科学中心开展“考古科学论坛”系列学术活动。至上半年已成功举办26期。

论坛总体安排如下表所示：

序号	时间	讲者	报告题目
9	2023年12月22日	庞政	“舍利”与“舍利”：汉晋图像与文本中的一个误读
10	2023年12月29日	孟琦	东天山地区史前晚期文化格局的演变与早期丝绸之路
11	2024年1月22日	张正为	青藏高原的动物考古探索
12	2024年3月8日	李玉牛	斯里兰卡帕巴鲁伽拉遗址的发掘与收获
13	2024年3月15日	韩芳	末次冰消期以来西北地区狩猎采集者的技术适应
14	2024年3月22日	何光林	古基因组探究人类疾病起源与演化
15	2024年3月29日	焦阳	林场遗址西汉车马坑探析
16	2024年4月12日	陈心舟	西藏中西部的田野考古与史前文化交流网络的定量研究
17	2024年4月17日	韩宾	考古有机残留物分析实践
18	2024年4月26日	张桂英	基于质谱的动物考古学 (ZooMS) 分析实践
19	2024年5月10日	张虎才	抚仙湖演化与西南地区人地关系
20	2024年5月17日	闫雪	木材分析在西南地区考古中的应用
21	2024年5月24日	李凯	文物元素分析仪器与实验方法
22	2024年5月31日	石涛	早期国家的资源策略：一个边缘的视角
23	2024年6月7日	李雨庆	牙齿中的人类演化奥秘
24	2024年6月12日	张健平	上山文化遗址植硅体分析揭示东亚水稻从野生采集到驯化的10万年历程
25	2024年6月21日	张国文	胡风国俗：拓跋鲜卑－北魏生业经济和丧葬习俗变迁研究
26	2024年6月28日	董树义	地貌“漫谈”

2023年12月22日，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第9场在四川大学江安校区文科楼二区518会议室举行。庞政副研究员主讲《“舍利”与“舍利”：汉晋图像与文本中的一个误读》，四川大学考古文博学院王煜教授主持。

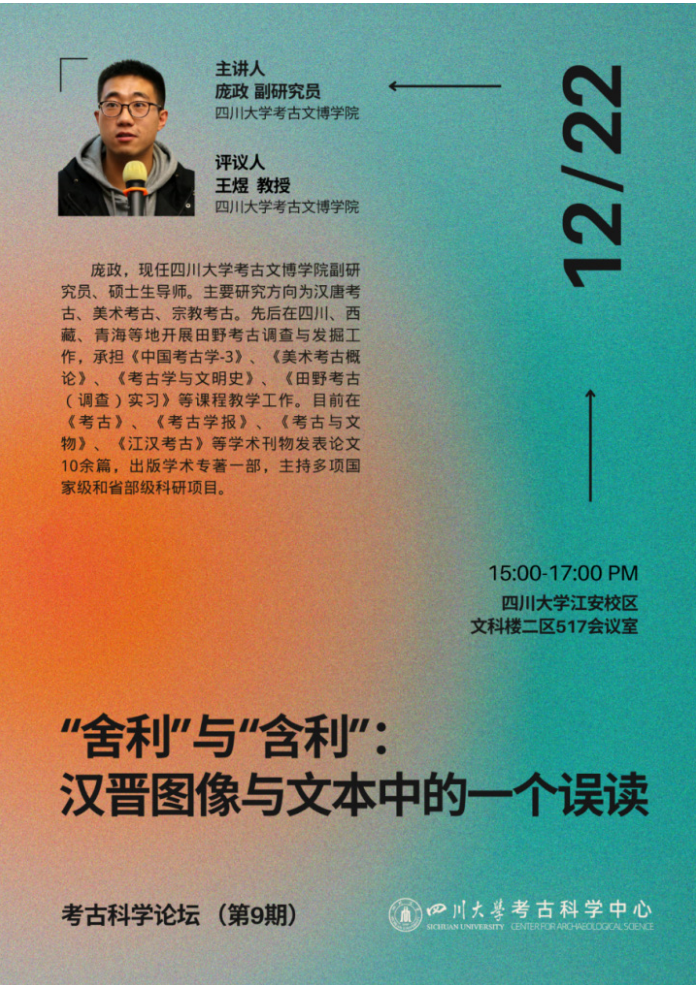
讲者首先从汉晋时期“舍利”图像由来讲起，舍利图像是伴随着“舍利”或“獐獬”榜题的考古发现而确认的。最早在内蒙古和林格尔壁画墓中出现，可惜的是，“獐獬”榜题及其图像发现不久后即损毁，未见于任何出版物上，仅有发掘人员的回忆录记载。李作智在《和林（格尔）汉代壁画墓初次调查记》称，“在‘东王公’的北侧稍偏下一些的地方绘有一盘状物内放有四个圆球形的东西，在其左上方题有‘獐獬’二字。”俞伟超先生将其与同墓所发现的“仙人骑白象”图并列研究，认为这是东汉桓灵时期的重要的佛教图像，后多被引申为这是佛教初传中国的一个证据。

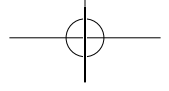
近年来随着越来越多的汉代神兽图像和文字榜题的出土，讲者梳理了汉代图像中有关“舍利”（以往称为“舍利”）神兽的材料，其形象主要为头生双角而有翼的长吻神兽，往往口含璧、钱或吐出珠状物，流行时代主要在东汉中西晚期，在魏晋时期的敦煌地区也有延续。而后依据安阳西高穴M2出土的“画像石一”中的神兽图像和榜题，并且结合相关历史文献和出土文字资料，认为此类神兽的名字应为“舍利”。将“舍利”释读为“舍利”，是长期以来有关佛教初传中国的相关考古图像与文本中一个重要误读。

舍利通指佛骨，舍利信仰是佛教信仰中重要的一项内容，具有特殊的宗教含义。“舍利”兽与佛教的“舍利”并无关联，但却与汉代“鱼龙曼衍”之戏相关，是其中的重要角色之一。时人认为“舍利”是仁义之兽，可以“吐金”，和“眩人”均是来自西方的事物。“眩人”和“舍利”的传入中华，使得汉代的百戏更加兴盛，其中包括“鱼龙曼衍”在内的幻化表演与西来的“眩人”和“舍利”神兽均密不可分。汉代通西域之后，西来的眩人和幻术表演与西王母为代表的神仙信仰联系起来，将“舍利”等神兽图像刻画在墓内，表达了墓主渴望升仙的愿望，是汉晋时代中国传统文化与外来文化因素重构之后形成

的产物，但与佛教信仰无关，也不是佛骨“舍利”的象征。

四川大学考古文博学院王煜教授进行了综合评议，他指出该项研究从细微处入手，深入剖析“舍利”图像的来源及寓意，从多角度论证误读产生的原因，逻辑令人信服，具有极强的学术意义。最后，参会师生就汉晋佛教传播等问题进行了深入的讨论。





ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十期

2023 年 12 月 29 日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第十期在四川大学江安校区文科楼二区 518 会议室举行。四川大学考古文博学院孟琦助理研究员主讲《东天山地区史前晚期文化格局的演变与早期丝绸之路》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

考古发现表明，张骞“凿空”西域前，丝绸之路沿线已存在频繁的人群移动和文化、技术交流，并逐步产生了“早期丝绸之路”或“史前丝绸之路”的学术概念。天山廊道是丝绸之路交通要道，沿线考古资料对于探索早期中西方文化交流有重要意义。

东天山地区位于新疆最东端，是内地进入新疆腹地连接中亚地区的必经之地，目前发现的史前晚期文化遗存主要分布于哈密盆地和巴里坤-伊吾盆地。学界对于新疆地区史前时期、青铜时代、早期铁器时代的划分存在较大争议。讲者认为，划分新疆地区青铜时

代和早期铁器时代是有必要的，上限为公元前 3 千纪初，下限为公元前 2 世纪前后；两个时代的分界在新疆不同地区有所差别，整体而言，西部和北部较早，东部和南部较晚，约在公元前 1 千纪前半叶。

巴里坤-伊吾地区存在南湾类型、拜其尔类型及石人子沟类型等三支考古学文化类型。从文化因素分析的角度看，天山北路文化的构成比较复杂，至少可区分出六组不同的文化因素，分别为西城驿文化因素、四坝文化因素、切木尔切克文化与小河文化混合的文化因素、欧亚草原文化因素、齐家文化因素和卡约文化因素。

在分析了东天山地区史前晚期考古学文化的时空框架和文化因素构成的基础上，可以大体把握本地区早期文化格局的发展演变情况。从约公元前 2000 年开始，西城驿-四坝文化传统从河西走廊向西发展至哈密盆地，同时吸收了切木尔切克文化、小河文化及欧亚草原部分青铜文化因素，衍生出了天山北路文化，后者在公元前 1500 年前后向天山以北地区传播，同时吸收了部分四坝文化因素，形成南湾类型。从约公元前 1300 年开始，天山北路文化与持续西进的四坝文化相结合，在哈密盆地形成了极具特色的焉不拉克文化，后者在哈密盆地一直延续至公元前 1 千纪后半叶；继天山北路文化之后，焉不拉克文化继续翻越天山向巴里坤和伊吾地区传播，与本地的南湾类型结合，形成拜其尔类型。从约公元前 400 年开始，巴里坤-伊吾地区的文化面貌发生了明显的变化，一方面延续本地的焉不拉克-拜其尔传统，并受到西部吐鲁番地区苏贝希文化的影响，另一方面受到图瓦-阿尔泰地区以巴泽雷克文化为代表的游牧文化的强烈影响，向游牧社会转变。

综上，讲者从东天山地区的地理环境讲起，探讨该地区考古学文化的时空框架，并分析其文化因素、文化格局演变以及文化传播动因，以此阐释东天山地区史前晚期文化形成、发展与交流的过程。

四川大学历史文化学院原海兵副教授进行综合评议，他指出该研究从考古学时空框架、文化因素及文化格局演变等多个方面详细阐述了东天山地区史前晚期文化形成、发展与交流的过程，具有极强的学术意义。会后，参会师生就东天山地区史前考古现状等问题进行了深入的讨论。

2024 年 1 月 22 日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第十一期在四川大学望江校区中国藏学研究所第一会议室顺利举办。四川大学考古科学中心张正为助理研究员主讲《青藏高原的动物考古探索》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持，四川大学生命科学学院毛康珊教授评议。

青藏高原高寒缺氧的环境给人类和动植物的生存带来巨大压力，然而考古发现和研究表明，人类至少在 16 万年前就已经生活在青藏高原，对海拔 4000 米以上高海拔区域的拓殖活动也早在 4 万年前就已开始。那么古人是如何适应青藏高原的呢？讲者由此提出其探索的两个问题：动物如何帮助古人适应青藏高原？古人如何帮助动物适应青藏高原？

为探索这些问题，讲者的目光首先投向目前高原上动物考古数据丰富的东部地区。小恩达遗址为认识藏东史前生业方式提供了较好材料。动物考古研究表明该遗址主要依赖野生动物资源，遗址中发现的动物骨骼经鉴定，以野生麝和狍为大宗。此外讲者还尝试探索遗址利用的季节性，通过观察分析样本中动物骨骼生长的季节性指标、季节性迁徙现象等，分析狩猎行为和遗址占据的季节性。

接着，为了全面观察高原先民的适应策略，主讲人将焦点转到稍晚的时段。考古学观察揭示，在距今 4000 年左右，青藏高原可能发生了一次生业形态的转变——人们主要利用的动物资源由野生动物转变为牧业动物。讲者在此从动物考古视角主要论述青藏高原最具代表性的动物——牦牛的驯化。邦嘎遗址的动物遗存中有许多牛骨骼遗存，可鉴定出牦牛和黄牛两种，进一步的 DNA 鉴定则发现邦嘎牛群中存在黄牛和牦牛杂交的种属——犏牛。通过基因溯源，讲者团队发现邦嘎黄牛与中国北方的普通牛有较高的亲缘关系和连续性，青藏高原的黄牛由中国北方传入的可能性很大，其背后隐含着牧业人群的迁徙等更加深入的考古学课题。

青藏高原高寒的环境不止给人类带来生存挑战，也给原栖于低海拔的动物带来挑战。考古发现表明邦嘎遗址的居民蓄养绵羊作为主要的牧业动物，讲者用邦嘎遗址的羊骨骼遗存研究结果来阐发“古人如何帮助动物适应青藏高原”这一问题。通过整合青藏高原多个地区从历

ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十一期

史时期至二十一世纪的畜牧生产数据，讲者建立了青藏高原绵羊死亡模式的新模型。邦嘎的绵羊死亡模式与自然环境差组的曲线最为吻合，分析发现邦嘎羊羔（<1 岁）死亡率超过 60%，恶劣的自然环境导致邦嘎绵羊的折损率过高。结合其他遗址的情况，初步推测羊羔死亡率高可能是青藏高原牧业普遍面临的一大挑战，可能导致羊群规模增长缓慢，严重影响牧业的可持续发展。

四川大学生命科学学院毛康珊教授在评议中赞赏了考古科学中心营造的跨学科交流氛围，并与张正为老师充分讨论了青藏高原古代遗址的地理分布以及高原古人种植牧草的可能性等问题，毛康珊老师特别提出在探索高原古代人类行为时，要注重积累和融合高精度的高原古代生态变迁数据。在讲演结束后，现场的老师和同学们就张正为老师述及的相关问题、结合自己的研究兴趣，纷纷提出问题同张正为老师交流。



主讲人
孟琦 助理研究员
四川大学考古文博学院

评议人
原海兵 副教授
四川大学考古文博学院

孟琦，现任四川大学考古文博学院助理研究员。主要研究方向为欧亚草原考古与牧业考古，着重探索丝绸之路沿线早期文化交流、技术传播、贸易网络和人群移动等相关内容。先后在新疆、青海、四川等地开展和参与多项田野考古发掘和调查工作。目前在《考古与文物》、PLOS ONE 等中英文期刊发表论文 5 篇，主持或参与多个国家级和省部级科研项目。

12/29

15:00-17:00 PM
四川大学江安校区
文科楼二区 518 会议室

**东天山地区
史前晚期文化格局的演变
与早期丝绸之路**

考古科学论坛（第 10 期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



主讲人
张正为 助理研究员
四川大学考古科学中心

评议人
毛康珊 教授
四川大学生命科学学院

张正为，四川大学考古科学中心助理研究员，考古学国家级实验教学示范中心动物考古实验室负责人。关注青藏高原与西南山地，通过综合运用动物考古学、稳定同位素及民族志考古方法，重点探索该地区古人的狩猎策略、牧业经济起源与发展、特色家畜/家禽的驯化以及古人在文化仪式中对动物的利用。近年在相关领域以第一作者或合作者身份发表研究论文十余篇，主持中国国家社科基金青年项目一项、联合主持美国国家自然科学基金会（NSF）博士项目一项。

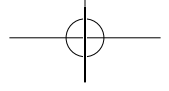
01/22

15:00-17:00 PM
四川大学望江校区
藏研所红瓦一楼会议室

青藏高原的动物考古探索

考古科学论坛（第 11 期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十二期

2024年3月8日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第十二期在四川大学望江校区文科楼200会议室举行。四川大学考古科学中心李玉牛副研究员主讲《斯里兰卡帕巴鲁伽拉遗址的发掘与收获》，四川大学历史文化学院院长吕红亮教授主持，四川大学原子核科学技术研究所安竹研究员评议。

帕巴鲁伽拉（Pabalugala）遗址是南亚地区目前发现保存最完整的玻璃珠生产制造遗址之一，其位于斯里兰卡西北部库鲁内加拉（Kurunegala）的吉里巴瓦村（Giribawa）附近，遗址分布面积约33英亩，主要为公元前3世纪至公元10世纪遗存。讲者以帕巴鲁伽拉遗址为基础，通过对遗址发掘与资料整理，厘清了斯里兰卡玻璃珠手工业生产的具体工艺流程，并探讨了斯里兰卡玻璃珠产品流通等问题。

2024年1-2月，四川大学考古科学中心、四川大学考古文博

学院联合斯里兰卡国家考古局、斯里兰卡凯拉尼亚大学、四川省文物考古研究院、成都文物考古研究院在该遗址开展国际联合考古。主要包括调查勘探、试掘等工作。发掘中采用高精度铯光泵磁力仪等勘探遗址面积270万平方米。考古发掘约48平方米，清理玻璃生产遗迹多处，出土夹砂红陶、褐陶、各色玻璃珠等超过万件遗物，为研究帕巴鲁伽拉遗址文化特征和历史变迁提供了珍贵的实物材料。

随后，讲者详细介绍此次发掘中的重要发现。探方T1发现窑炉1座（L1），半地穴式，平面呈椭圆形，平砖砌筑，南壁为直壁；炉门朝东，炉门前发现操作台面，炉底及操作平台底部均发现坚硬烧结平面，灰白色；炉门两侧由大块立石砌筑。炉内填土出土大量红烧砖块。T1出土少量陶片、成品玻璃珠、玻璃碎块、砖块、炉壁等。TG2发现灰坑2个，石墙1段，柱洞2个。TG2和TG3出土大量陶片、珠子等玻璃制品，共计出土完整珠子5769个，破碎珠子9357个。另采集到少量动物骨骼，其中1件为牛下颌骨。

最后，讲者据考古发现探索斯里兰卡玻璃珠生产的具体工艺流程及玻璃珠产品流通等问题。印度-太平洋玻璃珠制作工艺流程包括：1 玻璃烧制，2 玻璃管制作，3 玻璃珠制作三个步骤。对古人来说，石英高达1710℃的熔点不是能轻易获得的温度，因此，在玻璃冶炼阶段，势必需要助熔剂来帮助降低熔点，以便在减少耗能的情境下更为便利地获取由石英砂（SiO₂）、碱（Na₂CO₃）加石灰石（CaCO₃）混合后加热烧制成的玻璃。

四川大学原子核科学技术研究所安竹研究员在评议中肯定联合考古队的辛劳付出与工作成果，在与主讲人和会谈嘉宾充分交流讨论后，针对玻璃研究方向提出了宝贵的建议。安竹研究员提出在玻璃成分分析研究的基础上，同时应注意物相的分析，即不同价态元素对玻璃颜色的影响；还应注意建立好玻璃分析数据库，这对探讨玻璃原料来源问题以及对了解背后的贸易与文化交流都有重要的意义；最后提出了一些可应用于玻璃分析的新思路，并表示在后期的分析检测工作中可与联合考古队深入交流合作。最后，参加讲座的师生就斯里兰卡帕巴鲁伽拉遗址出土玻璃珠科技分析等问题进行深入广泛讨论。

2024年3月15日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第十三期在四川大学望江校区中国藏学研究所会议室顺利举办。四川大学考古科学中心韩芳助理研究员主讲《末次冰消期以来西北地区狩猎采集者的技术适应》，四川省文物考古研究院旧石器研究所郑喆轩所长评议，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

论坛伊始，讲者介绍了末次冰消期以来西北地区狩猎采集者技术适应的基础理论背景。末次冰消期是地球气候从末次冰盛期向全新世过渡的时期，该阶段气候波动明显，主要反映在几次重大气候事件上。在气候快速转变的大背景下，中国境内的考古发现也呈现出相应变化，如南北方地区几乎同时出现磨制石器、陶器等因素，在黑龙江饶河小南山遗址、江西万年仙人洞遗址、湖南道县玉蟾岩遗址等均有所体现。然而，在中国西北地区的干旱区域，因环境条件相对恶劣，这类新的考古学文化因素发现相对较少。

鸽子山遗址位于宁夏青铜峡市贺兰山东南，属干旱草原与沙漠交界区，年降水量少。自80年代发现以来，历经多次发掘，尤其是2014-2017年联合考古揭示其第10地点富含三层文化层，含柱洞、火塘及鸵鸟蛋壳装饰等遗物。石制品丰富，包括简单石核-石片、细石叶及刮削器、两面器等工具，还有磨盘、磨棒等加工工具，年代追溯至距今1.4-1.1万年前。

结合石核-石片技术和细石叶技术分析来看，鸽子山遗址存在“精致性”和“权宜性”两种技术组织策略，石料利用模式体现出以再利用和二次加工为特征的强化利用趋势。鸽子山遗址所处时期是该地区泉水活跃的时段，区域资源分布集中，结合遗址遗迹遗物情况，推测该遗址为一处古人类中心营地，同时显示出该地区古人类较低的营地移动策略。动物资源和植物资源的利用方面，该遗址似显示出末次冰消期全球广泛出现的“广谱革命”事件。植物考古和石器残留物分析均显示，古人类利用的植物种类丰富，利用方式多样，表现在食用、建筑和薪柴等方面。

最后，讲者对鸽子山遗址所呈现的古人类生存信息进行总结。鸽子山遗址的研究揭示末次冰消期这一波动的气候转型期背景之下，古人类在沙漠边缘区域的营地建

造、石器生产和采集狩猎活动。不同的技术策略体现该遗址人群不同的活动需求，对石料和动植物资源的强化利用显示出古人类对地区资源分布的适应。

四川省文物考古研究院旧石器研究所所长郑喆轩在评议中肯定鸽子山遗址的研究价值，在我国目前发现的末次冰消期阶段遗址中，鸽子山遗址既处于沙漠边缘，又处于青藏高原边缘，是几个资源区的互动区域。末次冰消期以来，随着人口数量的增加，人均资源的占有量变少，迫使人类进一步思考对工具的利用，促使古人类的体质和认知水平进一步提高，遗址信息也呈现出更为复杂的资源利用情况。石器技术是旧石器时代人群生产生活中最重要的技术，对鸽子山遗址石器技术的不同侧面进行研究，能够从石制品角度理解该遗址狩猎采集人群的生态适应策略。随后，在座师生就遗址泉水的利用、沙漠环境下的石料来源、细石器技术流动性等问题进行探讨。



主讲人
李玉牛 副研究员
四川大学考古科学中心

评议人
安竹 研究员
四川大学原子核科学技术研究所

李玉牛，四川大学考古科学中心副研究员，博导。主要研究方向：冶金考古、科技考古、实验考古、产业考古。致力于结合传统考古研究与科技分析力量复原古代冶金技术；通过实验考古模拟汉代生铁冶炼生产体系，拓宽冶金考古研究内涵，为阐释古代技术与社会变迁提供新的方法与视角。在Antiquity, Archaeological and Anthropological Sciences等国内外相关学术期刊发表研究论文20余篇，出版冶金考古中文译著一部。主持项目4项，包括国家自然科学基金、国家重点研发、博士后面上、西藏自治区科技重大专项；参与多项国家社科基金重大招标、国家文物局中外联合以及四川省文化厅重点项目。

03/08

16:00-18:00 PM
四川大学望江校区
文科楼200会议室

斯里兰卡帕巴鲁伽拉遗址 的发掘与收获

考古科学论坛（第12期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



主讲人
韩芳 助理研究员
四川大学考古科学中心

评议人
郑喆轩
四川省文物考古研究院
旧石器研究所所长

韩芳，现任四川大学考古科学中心助理研究员，主要从事旧石器时代考古研究，重点关注旧石器时代晚期石器技术传播与人群扩散、狩猎采集者研究理论与极端环境下人类行为适应等问题。在《考古》、《人类学学报》、Archaeological and Anthropological Sciences等期刊发表多篇论文，出版专著一部（合著），主持国家自然科学基金青年项目及博士后基金等研究项目。

03/15

15:30-17:30 PM
四川大学望江校区
藏研所红瓦一楼会议室

末次冰消期以来西北地区 狩猎采集者的技术适应

考古科学论坛（第13期）

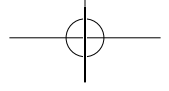
四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE

11 NEWSLETTER

NEWSLETTER 12

第二期.indd 16-17

5/19/25 下午3:07



ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十六期

2024年4月12日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第十六期在四川大学江安校区文科楼518会议室举办。四川大学考古科学中心陈心舟助理研究员主讲《西藏中西部的田野考古与史前文化交流网络的定量研究》，四川大学考古文博学院张长虹教授主持。

讲者首先用目前发现的不同年代的史前遗址地理位置图梳理了青藏高原史前考古的基本脉络。青藏高原的旧石器及后旧石器时代考古的重点研究话题是青藏高原早期拓殖的历史，涉及年代在更新世晚期到6000BP。目前在新石器时代发现的史前遗存主要集中在高原东部，高原食物生产的起源与传播以及彩陶南下的历程是这一时期学术讨论的热点话题。青铜及铁器时代青藏高原经历了农牧业的广泛传播和聚落的扩张，随之而来的是更大时空范围内的物质文化交流。

接下来讲者按照遗址年代顺序介绍了近年来在西藏中西部参与

的田野工作收获及相关研究成果。讲者首先介绍了2023年夏达错遗址的新发现。夏达错遗址位于西藏阿里日土县，2023年联合考古队在该遗址进行了系统调查，发现夏达错湖北岸阶地上遍布多处史前时期堆积，并发现该遗址可能存在窝棚一类的建筑遗存。夏达错遗址为研究高原狩猎采集者的聚落模式提供了珍贵线索。随后介绍2015-2018年在西藏山南市邦嘎遗址及其周边区域进行的四个年度的发掘与调查，以及邦嘎遗址的早期堆积所出物质文化遗存的特征。邦嘎遗址位于琼结县，年代约在公元前第一千纪。已发表的邦嘎遗址资料表明，该遗址的文化面貌与同一地区年代稍早的曲贡文化有一定差别，可能反映了西藏腹地的一次文化变迁事件。

最后讲者介绍青藏高原史前文化交流网络与农牧互动的移动网络的定量研究。使用GIS模型、陶器社会网络分析以及文化因素对比的方法，能够定量探讨生业、移动性、文化三者的关系，探索文化变迁的可能机制。讲者分别介绍了以下研究方法：使用GIS流量模型和卫星遥感数据模拟农牧互动路线的方法；陶器社会网络的研究方法；以及陶器类型学及文化因素对比所揭示的青藏高原中西部地区的史前文化交流格局。最后讲者总结道：农牧业及其移动网络作为一种文化交流的机制，在3600-2200BP这段时间内体现在三个可以观察到的现象上：1. 基于植被生物量模拟的农牧互动移动网络与聚落模式正相关；2. 农牧互动所造成的移动网络与文化交流强度在高原东部正相关；3. 相比较而言，高原中西部的交流格局更加强烈地受到高原外因素的影响，与高原面上的农牧互动模式关联性较小。

四川大学考古文博学院李帅副教授评议指出：田野工作对于研究青藏高原考古具有重要意义，此类空间范围较大的研究离不开田野工作提供的基础资料和在田野上形成的感性认识。参会师生就曲贡文化的性质，不同性质的考古遗存对于模型有何影响，GIS模拟和社会网络模型如何验证，及其优缺点等问题与讲者进行了讨论。陈心舟老师特别提出：这种模拟研究的优点在于能够与考古学文化的基础研究结合，使得我们在考古学中能够进行量化的假设检验；在高原考古中的缺点则主要是会受到可用考古资料数量的较大限制。

2024年4月19日下午，四川大学考古科学中心“考古科学论坛”第十七期在四川大学望江校区文科楼200会议室举办。中国科学院大学人文学院考古学与人类学系韩宾副教授主讲《考古有机残留物分析实践》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

讲者首先系统地阐述了当前有机残留物在考古学各种材料检测分析中的应用历史、检测技术和方法以及优势、局限和不足。通过陶器等有机残留物分析、古纸残片鉴定和古代化妆品残留物等多个具体考古案例展现出有机残留物分析在考古学领域的重要作用 and 独特价值。通过多学科的科技分析将有助于重建先民的饮食结构、生计模式，对于理解古人的动植物资源利用和社会组织结构也至关重要。

韩宾老师详细介绍考古遗址出土脂质遗存的分析发展历程。通过对刘家洼遗址平民区陶制炊饮器中残留物的分析，发现刘家洼遗址平民的“菜单”包括小米、非反刍动物体脂（猪）和反刍动物（牛和羊）体脂及奶。其中，刘家洼遗址陶片中发现黍素，首次直接证明芮国先民蒸煮食用小米。通过气质联用分析揭示青海铜线遗址火塘沉积物中含有动植物脂质，包括各类脂肪酸、二羧酸和烷酮等。脂肪酸单体碳同位素研究表明，这些脂质可能来源于C3植物和非反刍类动物脂质的混合。

造纸术的诞生极大地推进了世界文明进程。韩老师所在团队通过对桑耶寺出土古藏纸的综合研究揭示了古藏纸残片上书写的是《般若波罗密多心经》，通过字体分析确认其创作年代约为12至13世纪，与碳十四测年的结果相一致。显微和成分分析进一步表明，这些藏纸的填料主要由碳酸钙和小麦淀粉构成。此外，蛋白质组学分析首次发现了一种独特的施胶剂——“奶+小麦淀粉”，推测这些奶的来源是牛属动物，根据地理位置推测为牦牛奶。

2017年，陕西省渭南市澄城县刘家洼的春秋芮国遗址一座男性贵族墓发掘出土了一件微型铜罐，罐内保留的6克左右残留物遗存。通过科技分析，证实该残留物由反刍动物体脂（牛脂）作为基质混合了一水碳酸钙颗粒，是目前发现的中国最早的男性化妆品。这是先秦时期手工业发展和化妆品应用的重要考古实物证据，弥补了中原先秦时期化妆品实物的空白。继刘家洼芮国遗址

ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十七期

男性贵族墓发现面霜后，通过对韩城梁带村两周芮国遗址出土微型铜容器内残留物分析，又发现了迄今所知世界上最早用于美白的人工合成铅白化妆品遗存。梁带村芮国遗址出土实物证实中国人工合成铅白在时间上要比西方早两三百，且梁带村人工合成铅白的方法异于西方，说明中国人工合成铅白是独立起源的。

综上所述，韩宾老师从陶器、古纸和古化妆品三个大的主题，深入探讨了有机残留物分析在考古学领域的重要应用，从全新的角度去理解古人的生活和社会模式。

四川大学考古科学中心原海兵副教授进行综合评议，他指出韩老师所在团队的研究是科技考古，特别是有机残留物分析方面的范例，从多学科多角度阐释了有机残留物的分析过程，值得广大师生学习。参会师生就有机残留物分析的具体细节和实验过程中的具体参数进行了深入交流。



主讲人
陈心舟 助理研究员
四川大学考古科学中心

评议人
第宝锋 教授
灾后重建与管理学院
李帅 副教授
四川大学考古文博学院

陈心舟，四川大学考古科学中心助理研究员，研究方向为青藏高原史前考古，在西藏、四川等地参与考古发掘、调查二十余次。先后在《考古》、《南方民族考古》、Antiquity、Scientific Reports 国内外刊物发表研究论文多篇，参与国家级研究项目多项，任Archaeological Research in Asia等杂志审稿人。

04/12
2024

14:00-16:00 PM
四川大学江安校区
文科楼二区518会议室

西藏中西部田野考古与史前文化交流网络的定量研究

考古科学论坛（第16期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



主讲人
韩宾 副教授
中国科学院大学

评议人
吕红亮 教授
四川大学考古科学中心

韩宾，中国科学院大学人文学院考古学与人类学系副教授，专注于科技考古研究。研究领域为考古有机残留物分析，旨在通过对古代残留物的理化分析，探讨先民对动植物资源的利用和生计模式。主持多项国家自然科学基金和国家社会科学基金课题，在Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Cellulose, Analyst, Journal of Archaeological Science Reports, Archaeometry等期刊发表多篇论文。

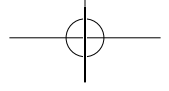
04/19
2024

15:00-17:00 PM
四川大学望江校区
文科楼200会议室

考古有机残留物分析实践

考古科学论坛（第17期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十八期

2024年4月26日上午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第十八期在四川大学江安校区文科楼二区518会议室举办。四川大学考古科学中心张桂英博士主讲《基于质谱的动物考古学 (ZooMS) 分析实践》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

依据骨骼的形态特征识别考古现场出土动物骨骼的种类、种属是动物考古的一项重要内容。然而，很多骨骼因特征点破损或经过加工而变得难以辨认。利用古DNA和古蛋白技术可以弥补传统形态学鉴定的不足，尤其是古蛋白技术更为优越。

古蛋白质研究是一个既古老又年轻的领域。2000年，古蛋白质研究迎来了重大突破。佩姬·奥斯特罗姆等科学家成功从5万年前的野牛骨骼中提取出骨钙素，标志着古蛋白质组学这一新领域的诞生。古蛋白质组学主要依靠两种技术，即MALDI-TOF的肽质量指纹识别和LC-MS/MS的鸟枪蛋白质组学。这两种技术各有成本、时间、敏感性、规模和范围上的优缺点，为古蛋白质研究提供了不

同的可能性。讲者将主要讨论MALDI-TOF肽质量指纹识别技术。

肽质量指纹谱 (Peptide mass fingerprinting, PMF) 是一种通过酶消化后产生的肽质量来识别蛋白质的技术。首次开发于上世纪90年代，PMF在分析单个蛋白质时表现最佳，能最小化峰值分配的模糊性。它适用于分析含有一种或多种主要蛋白质的样本，比如骨骼中的胶原蛋白或羊毛和羽毛中的角蛋白。简而言之，ZooMS就是利用结合飞行时间 (TOF) 分析仪的MALDI-TOF质谱系统分析肽质量指纹谱 (PMF)，从而识别蛋白质。

在介绍了ZooMS的发展历程及原理后，讲者详细阐述了其分析流程。首要步骤是从动物遗存中提取蛋白质。对于含钙样品（如骨头、蛋壳），首先是脱钙处理：将样品浸泡在盐酸中数天，直到完全脱钙后离心。脱钙后将酸溶性蛋白的上清液转移到超滤管中，离心过滤，留下蛋白质，然后进行胰蛋白酶酶切。对酸不溶蛋白，则将脱钙样品清洗后加NH₄HCO₃缓冲溶液，明胶化后进行胰蛋白酶酶切，产生肽段。酶切后的肽段溶液酸化，使用ZipTip C18微量柱纯化，然后将纯化溶液取适量置于MALDI-TOF-MS专用钢靶上，与基质溶液混合，干燥后进行MALDI-TOF-MS检测。

最后，演讲者介绍了几个采用ZooMS技术的科研案例。在丹尼索瓦洞的长期挖掘中，共发现了135,600块骨骼碎片。由于这些碎片小且受到严重侵蚀，仅通过形态学难以确定其来源，导致大部分骨骼无法被正确识别。为克服这一挑战，研究者引入了ZooMS技术。2015年，萨曼莎·布朗等人通过ZooMS在2,315块骨骼碎片中鉴定出一块约9万年前的人类骨骼。这万里挑一的珍贵材料不仅仅保存了古蛋白质信息，更重要的是，它还携带了线粒体DNA信息，这块骨骼似乎属于一个尼安德特人 (Neandertal)。后续研究更为有趣，该化石主人的核DNA竟然显示出了杂合的情况，这说明，化石的主人并不简简单单地属于丹尼索瓦人或者尼安德特人，她的情况更为复杂——这是一个混血儿，一个女孩儿，她的母亲是尼安德特人，而父亲则是丹尼索瓦人。

四川大学考古科学中心原海兵副教授进行综合评议，他指出张老师从ZooMS的发展历史、分析步骤及考古实例详细阐述了这项技术，对有需要使用ZooMS进行动物鉴定的同学很有帮助。参会师生就ZooMS中的操作细节进行了深入交流。

2024年5月10日下午，四川大学考古科学中心“考古科学论坛”第十九期在四川大学望江校区中国藏学研究所第一会议室举办。云南大学东陆特聘教授张虎才主讲《抚仙湖演化与西南地区人地关系》，四川大学考古科学中心主任吕红亮教授主持。

报告伊始，张虎才教授首先总结了湖泊研究的要点，包括湖泊动力学、湖泊生态、区域气候及湖泊沉积等，湖泊沉积和环境变化又包含沉积过程、化学过程和生物化学过程等。针对中国最大的深水型淡水湖泊——云南抚仙湖，从湖泊的形成历史、演化过程以及古代文明的关系，以最新并尚未发表的研究结果给大家详细介绍了研究进展及认识。

关于抚仙湖的形成历史，传统观点认为其形成年代为距今300-200万年。通过详细的地质勘探和地层重建，可知抚仙湖基底形态复杂多样，构造活动剧烈、频繁，地震记录丰富，抚仙湖沉积厚度超过1200米，推测可能其形成年代应超过1200万年。

基于抚仙湖沉积物的地球化学分析，课题组重建了10000年以来湖泊水位演化过程，将其分为四个阶段。值得注意的是，在第三阶段（6300-2200BP）湖泊水位发生两次显著下降，尤其在距今4400年前后更是断崖式下降，水位从-32米下降到-22米，在距今2200年之后湖泊水位又快速上升。

最后，张虎才教授展示了抚仙湖东北侧疑似水下古城的调查结果，通过大量水下实拍照片和水底三维地形重建，推测该古城形成可能与第三阶段水位下降有关，水位下降，较为平坦的地形及滨水环境吸引人类在此聚集生活，之后被湖水逐渐上升淹没而废弃。受限于研究材料，目前尚未获得古城淹没精确年代证据，有关水下古建筑群形成、废弃等问题难点依然待解。

四川大学建筑与环境学院黄成敏教授进行综合评议，他指出张虎才教授的研究结合地质学、气候学等学科知识，对抚仙湖沉积进行了综合分析和解读，发现了一些有趣的现象和规律，如沉积物层序的变化、地质构造的演化趋势等，这些发现为我们理解抚仙湖地区的地质历史、气候变化以及生态环境提供了新的视角和认识，展

ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第十九期

示出地球化学分析在研究地质环境和古地理演变中的重要性和应用前景。会后，参会师生就抚仙湖的形成与演化过程、西南地区环境变迁与人为活动等问题展开了热烈的讨论。



主讲人
张桂英 博士
四川大学考古科学中心

评议人
张正为 助理研究员
四川大学考古科学中心

张桂英，四川大学考古科学中心实验员，博士毕业于中国科学院大学，主要研究方向为微生物学和分子生物学。参与多项国家自然科学基金项目，在Frontiers Microbiology、Molecular & Cellular Proteomics等期刊发表学术论文、授权专利5项。

04/26
2024

10:00-12:00 AM
四川大学江安校区
文科楼二区518会议室

基于质谱的动物考古学 (ZooMS) 分析实践

考古科学论坛 (第18期)

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



主讲人
张虎才 教授
云南大学

评议人
黄成敏 教授
四川大学

张虎才，云南大学东陆特聘教授(二级)，专注于湖泊沉积、气候变化及湖泊生态研究，长期在中国西部地区开展湖泊、生态环境和季风变化的研究。曾参与德国DFG非洲撒哈拉项目和国际大洋发现计划 (IODP361)，跨学科开展丰富的田野考察。承担国家自然科学基金重点项目、国际合作重点项目、NSFC-云南联合基金重点项目、云南省领军人才计划和高端引进人才等项目，在Cell、Science等学术刊物上发表论文300余篇，编著《元素表生地球化学特征及理论基础》等著作，获国家自然科学基金二等奖、教育部自然科学一等奖、国家教委科技进步一等奖等荣誉。

05/10
2024

15:00-17:00 PM
四川大学望江校区
藏研所红瓦一楼会议室

抚仙湖演化与西南地区 人地关系

考古科学论坛 (第19期)

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第二十期

2024年5月17日下午，四川大学考古科学中心“考古科学论坛”第二十期在四川大学望江校区藏研所红瓦一楼会议室举办。成都文物考古研究院闫雪主讲《木材分析在西南地区考古中的应用》，四川大学考古科学中心副教授宋吉香主持。

讲座伊始，讲者对木材分析这一方法的重要性进行了说明，并介绍了西南地区复杂的地理和环境背景。聚焦成都平原先秦时期考古出土木材的分析，通过理论方法、考古年代框架等说明，以人类生态系统和种群生态原理等生物学理论为基础，结合成都平原先秦时期的古环境、动物和植物考古研究成果，引入社会学与民族学阐释理论，从广义生计视角来探讨成都平原先秦时期人类与环境、资源之间的相互关系。

在古生态重建过程中，讲者以木炭、孢粉数据进行对照，表明成都平原先秦时期林地植被结构存在地域性和历时性差异。宝墩文

化早期，聚落周围分布有以壳斗科或樟科树种为上层树种的较密闭顶级群落。宝墩聚落周围林地中竹亚科、建群种和喜光树种差异并不明显，建群种以次生群落特征的栎属为主，同时存在大量喜光树种林地开阔。宝墩文化晚期，聚落周围竹林和喜光树种较发育而建群树种较稀少，当地可能并未发育顶级阔叶林群落。聚落周围喜光树种以蔷薇科为主，还有榆科、桑科等。十二桥文化时期聚落周围分布的林地以竹林为主，其次为蔷薇科树种。

先秦时期聚落周围生长的草本/藤本植物没有明显的地域性和历时性差异，均以栽培作物稻、粟和黍为主，伴有一定水田和旱作杂草等。水田杂草以稗属、藨草属和莎草属等为主，杂草以狗尾草属、野豌豆属、豇豆属、藜属、拉拉藤属、紫苏和葡萄属等为主。

依托这些基础研究，探讨了成都平原先秦时期人群的生计方式。从宝墩文化到十二桥文化时期，成都平原先民植物性食谱颇为稳定，未发生显著变化。稻、粟和黍等栽培作物一直是先民食谱的主要植物种类。生存策略的转变主要体现在动物性食谱和新柴结构的变化上。这一转变很可能发生在人群从岷江支流向干流迁徙的聚落变迁过程中，或居住形式由大规模聚居向小规模聚居转变的情形下。自然因素和人为干扰对林地植被结构变迁呈现双重影响。

此外，讲者以城河流域马鞍山聚落为例分析了新石器时代和青铜时代的先民生计方式。还以西藏阿里札达盆地的考古证据，探讨了“喜马拉雅早期金属时代‘木材之路’”研究的新进展。通过对木器器类、组合、器型及所用木材的树种组合进行分析，可知这些器物很可能产自札达盆地，而器物用材的乔木则可能来自喜马拉雅山南麓。早在公元前一千纪后半叶，可能已存在跨越喜马拉雅山地的木材流通

四川大学考古科学中心副研究员贺可洋进行综合评议，他指出木材分析是一种日渐重要的科学研究方法，能起到重建植被环境和还原人类活动两方面的作用。横断地区、西藏高原地貌复杂、物种多样，在西南地区进行木材分析是极具挑战性的工作，采用多种方法相互补充、结合，避开各类单一指标研究的局限性应是最佳的研究策略。会后，参会师生就西南地区古植被、古环境等课题进行了深入讨论。



主讲人
闫雪 馆员
成都文物考古研究院

评议人
贺可洋 副研究员
四川大学考古科学中心

05/17

2024

15:00-17:00 PM
四川大学望江校区
藏研所红瓦一楼会议室

木材分析在西南地区
考古中的应用

考古科学论坛（第20期）



2024年5月24日，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十一期在四川大学江安校区文科楼二区518会议室举办。四川大学考古科学中心李凯博士主讲《文物元素分析仪器与实验方法》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

论坛伊始，讲者从元素分析的考古及文物保护应用价值谈起，通过检测和分析考古材料和文物元素组成和分布，可以揭示其来源、制作工艺和历史背景，为考古研究和文物保护提供科学依据。当前元素分析主要有滴定分析法、化学发光法、电感耦合等离子体原子发射光谱法（ICP-OES）、电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）等。在分析过程中，通常受到电离干扰（来自易电离元素Na、K、Ca、Mg、Fe、Al等的过量电子造成离子或原子浓度的变化，通常电离干扰会抑制目标元素的信号，但有些元素信号可能增强）、基体干扰（由于溶解的固体含量的改变，表面张力或粘度差异造成了雾化效率的改变，进而导致了相同浓度的目标元素响应值不同）、光谱干扰（基体发出与分析波长相同或相近波长光线造成了背景干扰，如背景漂移、光谱重叠等）、质谱干扰（基体发出与分析m/z相同或相近粒子造成了背景干扰，如粒子重叠等）和记忆效应（分析高浓度样品时带来的交叉污染，某些元素易于滞留在样品引入管路中，影响下一个样品的测量）的影响，导致分析结果不准确。

X射线荧光光谱分析仪（XRF）是一种利用X射线激发物质产生荧光辐射进行元素分析的技术。在考古与文物保护中，主要用于：通过分析文物表面的元素组成，鉴定其年代、来源和制作工艺。例如，分析青铜器中的铜、锡、铅含量，可以推断其制作年代和工艺特点。检测文物表面的腐蚀产物和污染物，评估其保存状况，制定相应的保护措施。包括波长色散型XRF（WD-XRF）、能谱色散型XRF（ED-XRF）。其中，WD-XRF的精密度高于ED-XRF、但分析速度慢，且对样品平整度要求较高。

随后，讲者介绍了文物表面元素分析的最新科研成果，“Imaging Mass Spectrometry with a Low-Temperature Plasma Probe for the Analysis of Works of Art”这篇文章展示了一种新颖的成像质谱技术在艺术品分析中的应用。低温等离子体探针成像质谱技术凭借其非破坏性、高灵敏度和高空间分辨率的优势，为艺术

品的材料分析、修复鉴定和保存状况评估提供了强有力的工具。这项技术的应用不仅丰富了艺术品分析的方法手段，也为文物保护和修复提供了新的科学依据，具有广阔的应用前景。

最后，讲者以金属文物为例，从金属元素平均含量、非金属元素平均含量、夹杂物元素组成与含量、不同元素晶体结构/物相组成与含量、表面元素分析、元素深度剖析等多个角度，深入探讨了实现不同目标可采取的实验仪器及试验方法。

四川大学考古科学中心王学烨特聘副教授进行综合评议，她指出李老师从仪器的原理、结构、分析对象、优缺点等方面综述了考古与文物保护中的元素分析仪器与实验方法，对地学与环境考古、文物分析与保护等方向的同学有很大帮助。参会师生就日常科研中遇到的元素分析中的操作细节与技术问题进行了深入交流。



主讲人
李凯 博士
四川大学考古科学中心

评议人
王学烨 特聘副研究员
四川大学考古科学中心

05/24

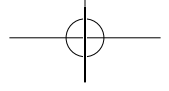
2024

10:00-12:00 AM
四川大学江安校区
文科楼二区518会议室

文物元素分析仪器
与实验方法

考古科学论坛（第21期）





ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第二十二期

2024年5月31日上午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十二期在四川大学江安校区文科楼二区518会议室顺利举办。四川大学考古文博学院、四川大学考古科学中心石涛副教授主讲《早期国家的资源策略：一个边缘的视角》。四川大学考古文博学院于孟洲教授评议，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

论坛伊始，讲者引入了世界文明体系资源研究的理论意义和价值，研究表明，世界范围内都存在早期国家兴起和资源分布不均衡的现象。近年来，学界开始反思“中心与边缘理论”，越来越多的学者认为不仅要从中心视角对政治经济系统进行观察，同时也需要思考所谓“边缘地区”在中心-边缘互动关系中的能动性。

讲者以矿业生产组织模式为研究对象，其从矿业考古理论出发，研究矿业生产组织模式。矿业规模和矿业景观是重要的生产组织模

式观察视角。小规模、广泛性的矿业生产和大规模、集中式的矿业生产，其在工作方式、参与人员、生产活动的安排、在矿区形成的聚落形态，都会在考古遗存上呈现迥然有别的表征。以长江中下游和中条山地区为矿业生产组织观察对象。通过梳理铜绿山的矿业考古资料，可知春秋时期前后，铜绿山矿业生产模式可分为两种。春秋之前，矿业生产模式应成为一种小规模、本地式、季节性生产模式。这种模式下，生产者不仅冶炼铜矿石，同时制作铜器成品。而从春秋时期开始，矿业生产模式转变为一种大规模、集中式、专业化的生产，铜绿山矿区的冶金聚落反映出矿工不仅从事专业化矿业生产，且专门制作粗铜或铜锭。四方塘墓地的考古材料显示出这一时期铜矿生产是被监管或监控的，可能是国家控制的产业模式。

讲者认为，春秋之前，早期国家获取资源的方式很可能是间接控制铜矿的开采和初步加工，因投入-产出比较低，早期国家不可能以直接控制的政治经济成本去获取相对微不足道的铜矿资源。二里岗时期，早期国家可能采用一种“资源吸收”的模式保证国家铜资源供给，很可能通过控制交通要道的方式，保证资源获取通道畅通，而非直接控制铜矿开采。二里头应当是一种更加灵活和动态的资源获取模式。铜矿周边人群获取资源的能动性应当着重考虑。

四川大学考古文博学院于孟洲教授评议指出，这场讲座从独特的“边缘”视角切入探讨了早期国家的资源策略，引发对古代文明支撑体系形成、发展的深思。通过清晰地展示不同时期早期国家面对资源稀缺性的应对策略，强调了资源分配在国家发展中的关键作用。参会师生就早期国家资源策略在塑造历史发展进程中的重要作用进行了多角度的探讨。



主讲人

石涛 副教授
四川大学考古科学中心

评议人

于孟洲 教授
四川大学考古文博学院

05/31

2024

10:00-12:00 AM
四川大学江安校区
文科楼二区518会议室

早期国家的资源策略：
一个边缘的视角

考古科学论坛（第22期）
四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE

2024年6月7日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十三期在四川大学望江校区文科楼200会议室举办。四川大学华西口腔医学院/口腔疾病防治全国重点实验室李雨庆研究员主讲《牙齿中的人类演化奥秘》。讲座由四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

首先，讲者从人类牙齿的结构、排列、形态和发育以及与人类演化的关系讲起。在人类演化过程中，牙齿呈现出尺寸由大到小、形态由复杂到简单的规律性变化。牙齿是生物体中演变较为规律的组织，可以作为考察个体生长发育情况的重要依据。对牙齿化石中残留的锶同位素等进行检测和分析可推知早期人类的活动范围。牙齿横纹和生长线、齿冠咬合面、牙骨质等细节都可见微知著地反映一系列人类演化的奥秘。

近来，国内外关于牙结石微生物群落的研究日益得到学界关注，古人类牙结石微生物群落的研究策略、方法以及在考古学及口腔医学领域的应用前景引人注目。牙结石是矿化的牙菌斑生物膜，不仅包含细菌、病毒和有毒重金属等全身性疾病致病因素，还可作为生物信息存储库，为探究人类口腔疾病、全身疾病及人类学研究提供参考信息。牙结石高度矿化的特性为牙菌斑生物膜中细菌及DNA提供良好保存环境。研究表明，微生物及古DNA在牙结石中可以保存很长时间，且结构较为完整。早在1988年，科学家就利用扫描电子显微镜技术在古人类牙结石中发现细菌。随着近年古DNA修复提取技术、新测序技术和分析手段的出现，将极大促进对古人类口腔微生物群落组成、结构及功能的研究。

四川大学考古科学中心原海兵副教授评议指出，此选题是从医文结合的角度来探讨牙齿与人类演化的关系。牙齿包含着一切有关生长、健康及饮食文化的信息以及人类的演化历史。通过对古今人群牙齿及牙结石中生命物质的深入分析，挖掘古今人群饮食、健康与疾病、微生物群落结构、代谢特征及演替规律等信息，可为揭示古今人群演化、迁徙和适应历史提供新的观察视角。古人类牙结石中很可能蕴涵大量具有潜在现实应用价值的微生物类群和基因资源，有待进一步思考。参会师生就

牙齿及牙结石资源在考古学中的应用前景等问题进行了多角度的深入交流。

考古科学论坛第二十三期



主讲人

李雨庆 研究员
四川大学华西口腔医学院
口腔疾病防治全国重点实验室

评议人

原海兵 副教授
四川大学考古科学中心

06/07

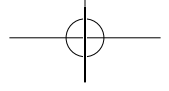
2024

15:00-17:00 PM
四川大学
望江校区文科楼200会议室

李雨庆，四川大学华西口腔（学）院口腔疾病防治全国重点实验室研究员，博士生导师，长期从事口腔微生物群落结构、致病机制与口腔疾病防治研究。先后主持国家自然科学基金、四川省重点研发计划、四川省科技合作重点项目等10余项课题，以一作/通讯在PLOS Pathog、mSystems、J Dent Res、Int J Oral Sci、Environ Microbiol、mSystems、Antimicrob Agents Chemother、J Proteome Res、《中华口腔医学杂志》等期刊发表学术论文90余篇，授权发明专利10余项，主编专著教材4部，荣获5项，获得省部级科技奖励一等奖1项，二等奖2项，中华医学科技奖2项。

牙齿中的人类演化奥秘

考古科学论坛（第23期）
四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第二十四期

2024年6月12日上午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十四期在四川大学望江校区文科楼200会议室顺利举办。中国科学院地质与地球物理研究所张健平研究员主讲《上山文化遗址植硅体分析揭示东亚水稻从野生采集到驯化的10万年历程》，四川大学考古科学中心吕红亮教授主持。

农业起源是人类社会发展的重要转折点，标志着人类从渔猎采集性经济过渡到农业生产性经济的时代，开启了人类文明诞生的历程。水稻不仅是目前世界半数人口的主食，而且其栽培和驯化对中华文明的形成和发展产生了深远的影响。水稻是什么时候开始被人类采集利用的？水稻从野生到驯化的过程是怎样的？带着这些社会和学术界长期以来关注的焦点问题，讲者详细阐述了浙江上山文化遗址植硅体最新研究，揭示东亚水稻从野生采集到驯化的10万年历程。



主讲人
张健平 研究员
中国科学院地质与地球物理研究所

评议人
吕红亮 教授
四川大学考古科学中心

张健平，中国科学院地质与地球物理研究所研究员，主要研究方向为环境考古、植物考古。近年来专注于植硅体形态学研究，建立了国际认可的旱作、稻作、茶叶、麻类等作物及其祖本植物植硅体、植钙体鉴定标准，并应用微体化石分析，在我国旱作和稻作农业起源与传播、遗址生态环境重建及其与环境变化关系研究等领域取得了新的进展。在 Science、PNAS、Science Bulletin 等发表论文60余篇，引用3000余次，获2020年度国家自然科学基金二等奖（排名第四），任中国古生物学会理事，中国第四纪科学委员会专业委员会委员，中国科技史学会专业委员会委员，中国地理学会微体与古环境研究工作组副组长。

06/12
2024

10:00-12:00 AM
四川大学
望江校区文科楼200会议室

**上山文化遗址植硅体分析
揭示东亚水稻从野生采集
到驯化的10万年历程**

考古科学论坛（第24期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE

讲者所在的中国科学院地质与地球物理研究所吕远研究团队在多年对现代野生稻-驯化稻的植株、土壤中水稻植硅体的系统研究基础上，厘定了区分野生稻与驯化稻鱼鳞纹扇型植硅体比例的阈值，建立了水稻野生-驯化的判别标准。在有了判定标准后，进一步与浙江省文物考古研究所、临沂大学、上山遗址管理中心等全国13个单位的专家紧密合作，详细研究了浙江上山文化遗址植硅体，进而揭示东亚水稻从野生采集到栽培驯化的连续历史。

研究表明，早在约10万年前，野生水稻就已经在长江下游地区广泛分布；大约在24000年前向末次盛冰期过渡期，人类就已经开始采集并利用野生稻；在大约13000年前，即博林暖期结束前，开始了野生稻驯化前栽培的过程；在大约11000年前，随着新仙女木冷期的结束，水稻植硅体驯化比例迅速积累达到显著标准，这标志着稻作农业起源的开始。这一发现不仅揭示了东亚野生稻从采集到驯化完整而漫长的过程，为稻作农业起源研究构建了清晰的演化框架，而且进一步确认了我国是水稻的起源地。11000年前上山文化区的稻作农业起源与西亚两河流域的麦作农业同步，对世界人类社会的历史进程产生了深远影响。

四川大学吕红亮教授在综合评议中指出，该研究通过多学科攻关和田野考古，成功建立了区分野生水稻和驯化水稻的科学标准，取得了一系列重大发现，是一项科学突破，也启示了文明进程。研究表明，上山遗址的水稻驯化证据与西亚两河流域的麦作农业起源时间同步，深化了对世界农业起源的理解，并增强了民族文化自信。参会师生就水稻驯化中的具体问题，判定野生稻和栽培稻的标准等问题进行了深入讨论。

2024年6月21日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十五期在四川大学望江校区文科楼200会议室顺利举办。南开大学历史学院张国文教授主讲《胡风国俗：拓跋鲜卑-北魏生业经济和丧葬习俗变迁研究》，四川大学考古科学中心王学烨副研究员评议，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

拓跋鲜卑——北魏的历史进程见证了汉至北朝时期北方人群间的文化交流和民族融合，其为中华文明的发展、中国统一多民族国家的形成奠定了坚实的基础。故而，对拓跋鲜卑—北魏进行深入的考古学研究具有重要的学术意义。张国文教授首先点明了拓跋鲜卑-北魏历史和考古研究的重要学术意义，他主要从生业经济和丧葬习俗两个大的方面对拓跋鲜卑-北魏历史进程中的民族融合和文化交流进行了探讨。生业经济方面结合考古和文献证据，主要以考古出土骨骼稳定同位素分析为方法，对拓跋鲜卑和北魏人群的食物结构和生业经济进行探讨，对生业经济变迁及其内在动因进行揭示。

丧葬习俗主要从两个方面入手。首先，张国文教授对拓跋鲜卑-北魏墓葬的合葬墓进行了梳理和类型学研究，基于对比分析，讲者认为：大同地区北魏合葬习俗既保留有早期拓跋鲜卑“旧习”，也有吸收汉晋十六国时期北方农耕民族的“新俗”。大同地区北魏合葬习俗的形成与发展历程是对当时民族融合背景下丧葬文化互相影响、交融，并逐渐发生重组，最终建立起新礼俗的重要佐证。其次，张国文教授全面梳理了考古出土的拓跋鲜卑-北魏墓葬及其附属设施出土的动物骨骼（骨器除外），对其种属、组合、部位、摆放方式等进行统计分析和归纳总结，揭示拓跋鲜卑-北魏殉牲习俗的内涵及其变迁轨迹，进而探讨汉-北朝时期的丧葬习俗、民族融合和文化交流。

四川大学考古科学中心原海兵副教授进行综合评议，他指出该研究通过深入的史料研究，同时结合考古发现，向我们展示了拓跋鲜卑生业经济和丧葬习俗的变迁过程，内容丰富，见解独到，具有很高的学术价值和启发性。主讲人通过细致入微的研究和生动的讲述，使我们对北魏时期的生业经济和丧葬习俗有了更全面和深入的认识。随后，参会师生就拓跋鲜卑的生业经济和丧葬习俗的具体细节进行了更深入的讨论。



主讲人
张国文 教授
南开大学历史学院

评议人
王学烨 副研究员
四川大学考古科学中心

张国文，南开大学历史学院教授、博士生导师，教育部重点研究基地中国社会史研究中心专职研究员，兼任安阳师范学院校长助理（挂职），入选2024年中组部和团中央“博士服务团”和南开大学“百名青年学科带头人计划”。研究方向为北方民族考古和生物考古。主持国家社科基金冷门绝学和一般项目、国家自然科学基金青年项目等多个国家级研究课题。出版专著《拓跋鲜卑-北魏先民生计方式的稳定同位素考古研究》，以第一作者或通讯作者在《考古》、Journal of Archaeological Science等国内外核心期刊上发表学术论文30余篇。

06/21
2024

15:00-17:00 PM
四川大学
望江校区文科楼200会议室

**胡风国俗：拓跋鲜卑-北魏生
业经济和丧葬习俗变迁研究**

考古科学论坛（第25期）

四川大学考古科学中心
SICHUAN UNIVERSITY CENTER FOR ARCHAEOLOGICAL SCIENCE



ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第二十六期

2024年6月28日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十六期在四川大学望江校区藏研所红瓦一楼会议室举办。成都理工大学地球与行星科学学院董树义副教授主讲《地貌“漫谈”》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

报告伊始，董树义副教授详细介绍了地貌定义、形成原因及其分类。地貌的多样性是内外地质作用综合作用于地壳的必然结果，其成因纷繁复杂，但内力作用在其中占据主导地位。地质作用的核心要素可归纳为三方面：地质营力、传递介质及能源。在地质作用的具体分类中，岩浆活动尤为显著，它通过侵入与喷出两种形式，分别塑造了侵入岩与喷出岩，并进一步形成了火山锥、火山口湖以及具有特征性的玄武岩柱状节理等地貌景观。构造作用则涉及地壳的水平与垂直运动，其核心表现形式包括水平构造、倾斜构造、褶皱构造及断裂构造。这些构造类型分别对应并塑造了水平山、倾斜

山、褶皱山及断层山等地貌特征，深刻体现了地壳运动的多样性和复杂性。风化作用作为地表岩石破坏与改造的重要过程，涵盖物理风化、生物风化与化学风化等多种机制，其结果是岩石逐渐破碎、分解，进而形成如球状花岗岩等特色地貌。剥蚀作用，特别是冲刷与溶蚀作用，对于地表形态的塑造同样具有关键作用。前者通过水流等自然力量的冲刷，后者则通过溶解作用，共同作用于地表，形成了包括喀斯特地貌在内的多种独特景观。沉积作用方面，水、冰川及风是三大主要驱动力。水的沉积作用形成了冲积扇、河流冲积平原及河口三角洲等典型地貌；冰川的沉积作用则留下了中碛、侧碛、尾碛等遗迹；而风的沉积作用，则广泛分布于干旱与半干旱地区，塑造了岩漠、戈壁、沙漠及黄土塬等地貌类型。地貌的形成是地质作用长期而复杂的结果，其多样性与独特性反映了地球内部与外部力量相互作用的复杂性和动态性。

随后，讲者深入探讨了地貌知识如何与古人类行为及选址决策相关联，聚焦于泥河湾古湖周边等关键区域的人类生活遗迹，进行了系统性分析。主讲人特别指出，河流阶地凭借其得天独厚的自然条件——肥沃的土壤适宜农业种植，加之其较高的地理位置赋予的相对安全性，成为了古人类理想的居住与繁衍之地。为进一步明晰地貌特征，主讲人辅以详尽的图片资料，直观展示了河流阶地与洪积物在形态、成因及空间分布上的显著差异，为理解古人类生存环境的选择提供了坚实的科学依据。

四川大学考古科学中心的李兰副教授在综合评议中强调，“地貌”作为考古学研究的关键要素，其重要性不容忽视。然而，她指出当前我们在该领域的认知仍存在显著的知识缺口与不足。本次讲座通过深入浅出的讲解，不仅填补了这一知识空白，还极大地丰富了在场师生的学术视野，收获颇丰。李副教授进一步勉励，希望未来能够加大对地貌学相关知识的学习与研究力度，深化跨学科合作，以更加全面的视角审视古人类活动与环境变迁之间的复杂关系。讲座结束后，参会师生围绕地貌与古人类这一核心议题，展开了热烈而深入的学术讨论，促进了思想碰撞与学术创新。

2024年7月4日下午，四川大学考古科学中心主办“考古科学论坛”第二十七期在四川大学江安校区文科楼二区518会议室举办。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员主讲《现代人出现与演化的化石证据》，四川大学考古科学中心原海兵副教授主持。

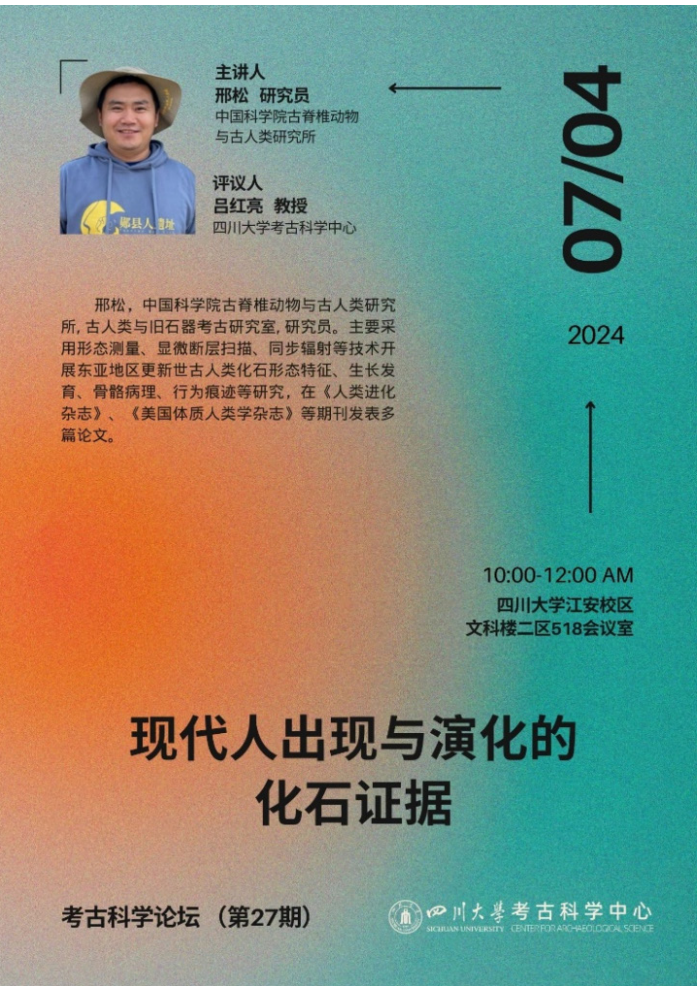
历经一个多世纪的深入探索与不懈追求，古人类学界凭借累积的丰富人类化石资料，建立了约700万年人类演化的大致框架。其中，现代人的起源与演变历程，是30-20万年以来人类历史的重要事件。这不仅是考古学领域的核心议题，也深深吸引着社会公众的广泛兴趣与讨论。现代人在形态学上的变化，诸如脑容量的显著增长、身体结构的精细化趋势，以及生长发育周期的延长等，共同构成了其标志性的特征集合。这些特征不仅反映了人类生物适应性的进化轨迹，也为我们理解现代人如何在自然选择与文化变迁的双重作用下逐步成型提供了宝贵线索。

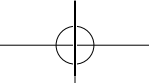
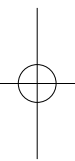
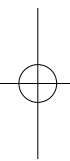
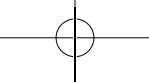
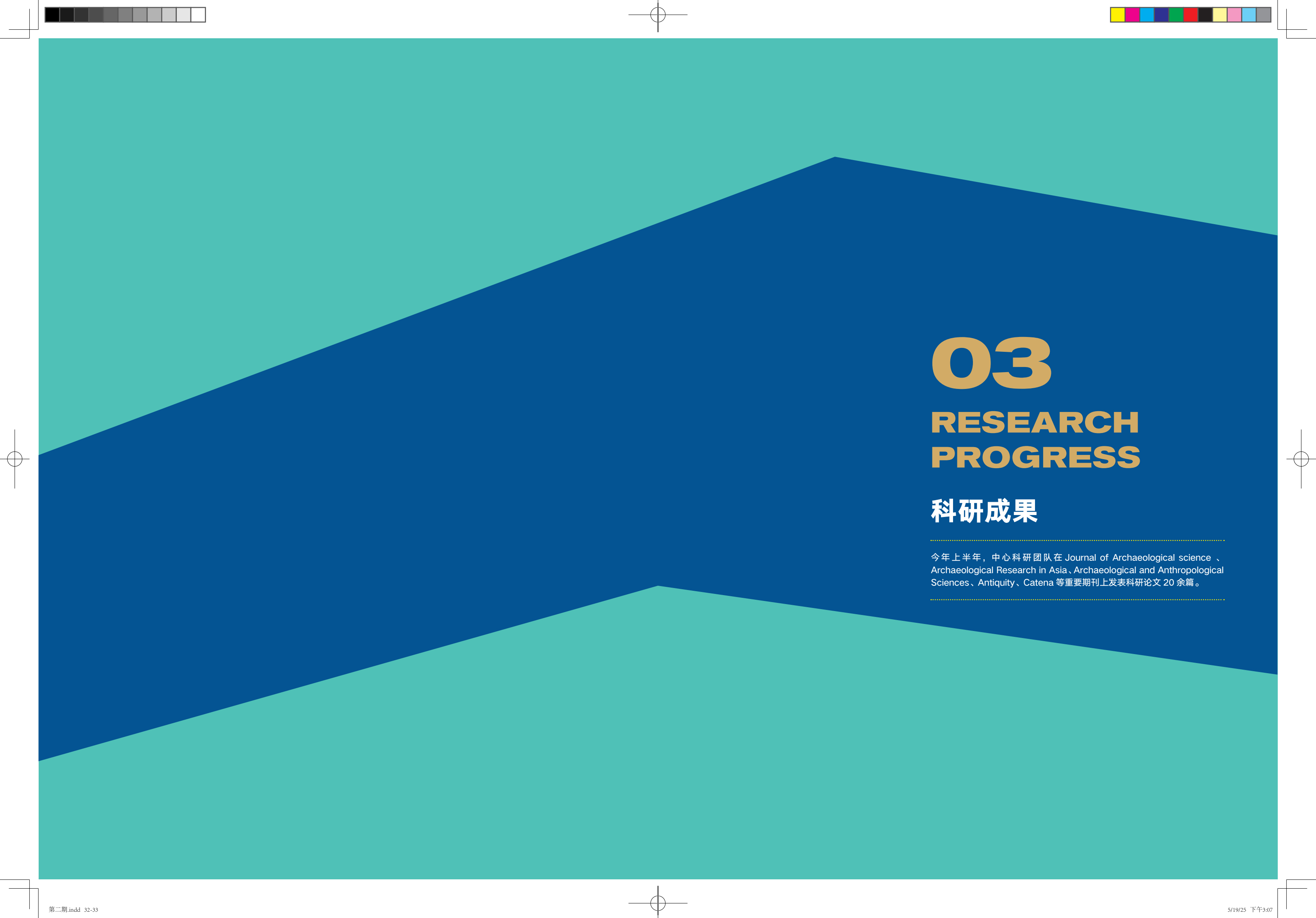
近年来，随着研究技术的不断革新与全球范围内考古遗址的深入发掘，学术界对现代人起源与演化的认识实现了质的飞跃。具体而言，关于现代人在各大洲主要区域的初现时间、其在迁徙扩散过程中与古老人类群体的复杂交流模式，以及晚更新世晚期现代人演化所展现的多样性与动态性，均有了更为详尽且深入的理解。本次报告，系统梳理非洲与欧亚大陆关键区域内现代人化石的最新发现，同时回顾并对比这些地区现代人出现前古老型人类化石的证据。通过整合年代学测定成果、分子古生物学分析的前沿进展，深入探讨现代人起源和演化的相关理论进展。

四川大学考古科学中心原海兵副教授评议指出，此报告深入探讨了人类起源与演化这一古老而复杂的科学命题，通过对世界各地发现的化石遗迹进行系统梳理与分析，不仅为我们揭示了现代人起源的时间框架，还阐明了其在演化过程中的关键适应性变化，是理解人类生物多样性和文化发展的重要基石。随后，参会师生就人类起源与演化等问题进行了深入的探讨。

ARCHAEOLOGICAL SCIENCE FORUM

考古科学论坛第二十七期



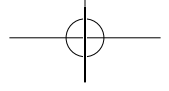


03

RESEARCH PROGRESS

科研成果

今年上半年，中心科研团队在 Journal of Archaeological science 、
Archaeological Research in Asia 、Archaeological and Anthropological
Sciences、Antiquity、Catena 等重要期刊上发表科研论文 20 余篇。



RESEARCH PROGRESS

科研成果

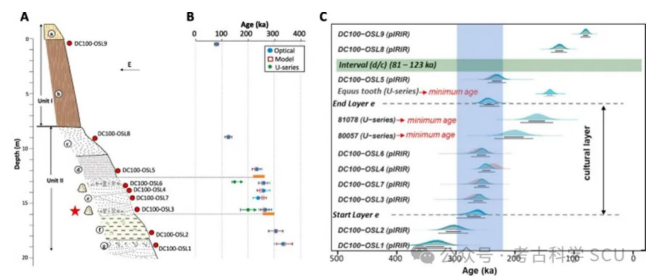
1. 丁村古人类遗址提供了新的年代框架 (New age of the Dingcun 54:100 hominin site in northern China)

四川大学考古科学中心考古测年实验室胡越副研究员在国际期刊《Journal of Archaeological Science: Reports》上发表文章《New age of the Dingcun 54:100 hominin site in northern China》，报道了山西襄汾丁村遗址 54:100 地点新的年代框架。中心胡越副研究员为第一作者，伍伦贡大学李波教授为通讯作者。该研究最初由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所赵凌霞团队发起，参与合作单位还包括中国科学技术大学、南京大学、香港大学，国家自然博物馆和襄汾丁村民俗博物馆等在内的多家单位与机构。

丁村遗址由分布在汾河两岸的 14 个旧石器地点组成，是我国久负盛名的旧石器时代遗址，于 1953 年被发现。次年，由贾兰坡和裴文中等老一辈考古学家主持发掘，出土了化石、石制品以及多颗古人类牙齿化石。该遗址是继北京周口店遗址之后中国又一个重要的旧石器时代遗址，丁村遗址群的发现也成为开创新中国旧石器考古局面的一个标志。

54:100 地点因发现了早期古人类牙齿与顶骨化石成为丁村遗址的标志性地点。鉴于该遗址的重要意义和科学价值，学者曾用多种测年方法，包括古地磁，铀系，氨基酸法、电子自旋共振法等，为该遗址进行测年。然而，不同方法所获取的年代结果差别较大（所获得的年代范围距今 7-21 万年），该遗址的年代遗址存在一定争议，限制了该遗址在研究东亚现代人演化及其文化内涵的重要性。

为了更好地探究东亚现代人及其文化内涵，本研究通过最新的单颗粒光释光测年法，结合动物化石的铀系年代，为该遗址的沉积地层提供了一个完整的年代学框架。结果表明该遗址的文化堆积年代为距今约 30-23 万年。



丁村 54:100 地点的测年结果

光释光的测年原理是测试沉积物最后一次见光年龄，由于本遗址既为考古遗址也为河相沉积，样品中可能存在一定的混合与不完全晒退颗粒，因此本研究采用单颗粒测年技术对样品的混合和晒退情况进行评估，以此获得可靠的年代框架。本研究从上到下采集了共 9 个沉积物样品（图 1），并对样品中的石英与长石颗粒进行了测年。结果显示由于年代过早，本遗址的大部分石英颗粒都接近于“饱和”，更老地层的年龄无法获得。但长石相较石英而言有更高的饱和剂量，因此除最上部的两个较年轻的样品外，其余地层的年代结果均由对长石的测量和分析获得。

对于长石的测量，除了常规的两步法红外激发（pIRIR）与单片再生剂量法（SAR）外，还通过建立全球增长曲线（SGC）提高结果的精度，且极大地节省了测量时间（图 2）。本研究还首创了“natural SGC”方法来对已有的方法进行校正，进一步获得可靠的等效剂量（De）。

在获取了可靠样品年龄后，本研究对所有的释光年代采用了贝叶斯统计分析，引入了采样位置并结合之前铀系测年手段的年代，为 54:100 的文化层获得了可靠的模式年代框架（图 3）。

结果显示该剖面最早的沉积年代早于 33 万年，古人类活动时段为距今约 30-23 万年。作为新中国建立后首个发掘的大型旧石器遗址，丁村遗址群不仅出土了早期东亚现代人化石，还伴随着阿舍利元素的石器工业。因此，一直以来备受考古学界关注，并被视为我国古人类和旧石器研究中具有里程碑意义的遗址之一。本研究建立了 54:100 地点完整且可靠的年代学框架，在提供东亚现代人扩散、迁徙与行为模式研究所需的时间背景方面起到重要作用，也进一步证实了光释光测年的可靠性与研究东亚古人类演化领域上极大的应用前景。

2. 距今 1.3-0.47 万年前中国汶川古堰塞湖及溃决洪水的地质考古证据 (Geoarchaeological evidence of an ancient landslide dam (13–4.7 ka) and consequent outburst flood on the Minjiang River near Wenchuan, China)

四川大学考古科学中心在国际著名期刊 Catena 发表题为 Geoarchaeological evidence of an ancient landslide dam (13–4.7 ka) and consequent outburst flood on the Minjiang River near Wenchuan, China（距今 1.3-0.47 万年前中国汶川古堰塞湖及溃决洪水的地质考古证据）的最新研究成果。通过汶川境内岷江古堰塞湖研究的视角，为探索岷江上游营盘山等遗址古代人群的生存发展及四川盆地新石器时代文化的传播、形成提供了新的认识。



Geoarchaeological evidence of an ancient landslide dam (13–4.7 ka) and consequent outburst flood on the Minjiang River near Wenchuan, China

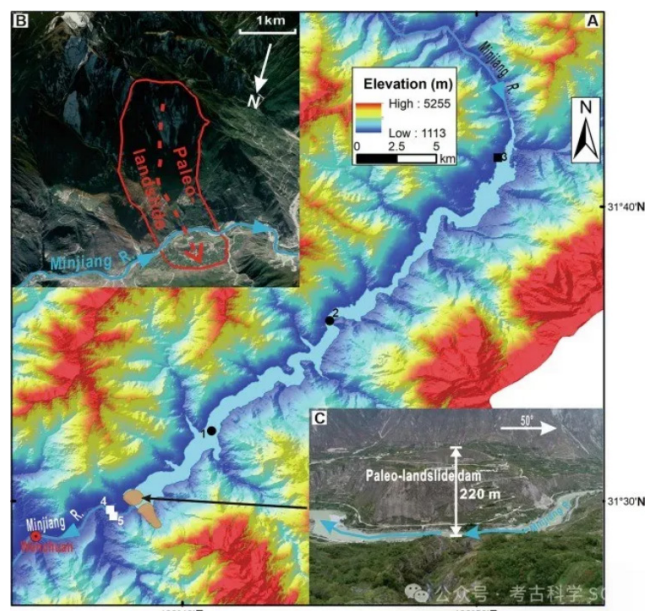
Niannian Fan^{a,b}, Xinguo Yang^{a,b,*}, Michael J. Storzum^c, Xuefeng Cheng^{a,b}, Lan Li^a 考古科学 SCU
Weiming Liu^a, Zhipeng Lin^a, Xingnian Liu^a

2008 年的 5·12 汶川大地震及滑坡堰塞湖等自然灾害让人触目惊心。汶川及周边作为地形陡峭的地震多发区，该地区在史前时期也常发生大的地震和相应的次生灾害。通过对汶川境内岷江干流残留的堰塞坝、下游溃决洪水沉积物和上游湖相沉积物的调研，研究重建了距今 1.3 万年前到 4.7 千年前的岷江汶川古堰塞湖沉积。该堰塞湖坝高超过 200 米，回水长度 50 余公里，溃决时洪水最大流量超过 2 万立方米 / 秒，是现今该河段实测最大暴雨洪水的 7 倍。溃决洪水在下游 90 公里峡谷河段势能几乎不衰减，但流过今都江堰范围，进入成都平原后呈现快速衰减趋势。

川西高原地处藏彝走廊核心地带，自古以来便是人群迁徙、文化交流的重要孔道。岷江上游营盘山遗址是五千年来长江上游重要的新石器时代文化遗址。营盘山文化继承了黄河上游马家窑文化传统，对成都平原宝墩文化产生了重要影响。今营盘山遗址地处岷江左岸高出河面约 100 余米的台地上。营盘山及周边遗址曾出土渔猎遗存似与今日湍急的河水，且较少鱼类繁殖的岷江相差较大。本文古堰塞湖的研究可以很好地解释这一问题，应该说，古堰塞湖的形成及人类在湖畔的活动形成了营盘山等十多个文化遗址。另外，古堰塞湖消失的年代与营盘山遗存衰落的年代耦合，应该说古堰塞湖的消失在一定程度上影响了营盘山文化人群的生活方式，并促使了部分营盘山先民第次向成都平原的人口迁移，继而促进成都平原宝墩文化的后续形成。

堰塞湖的灾害效应已引起学者的广泛重视。通过研究表明，如果堰塞湖形成后可以为周边提供较为稳定长期的生存环境，也会成为古人生存繁衍的重要地点。此外，气候变化对人类文明演进的影响也值得关注。类似于岷江上游等地质灾害多发区，地质灾害等因素对人类文明演进、更替的影响也应被重新审视。

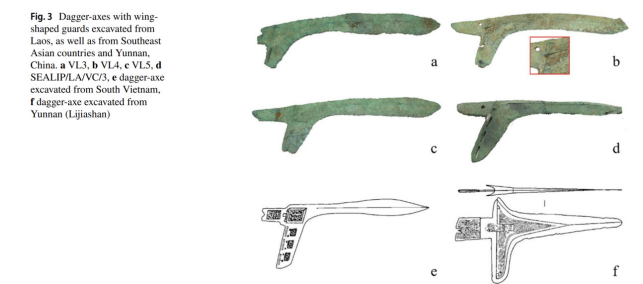
该成果为四川大学考古科学中心地学考古实验室立足西南地区丰富考古资源，充分发挥川大多学科优势，聚焦四川及周边古代人类迁徙与流动、人地关系等考古科学前沿问题，开展多学科协同创新的科研新尝试。本研究得到第二次青藏高原科考项目（2019QZKK0204）和四川大学考古科学中心开放课题（23SASA04）等资助。



3. 铁器时代东南亚金属交换的新证据：对老挝维拉波利出土青铜器的科学分析 (New evidence of metal exchange in Southeast Asia during the Iron Age: scientific analysis of excavated bronze in Vilabouly, Laos)

四川大学考古科学中心联合云南省文物考古研究所、老挝信息文化和旅游局遗产司以及北京大学，共同完成了一项关于老挝沙湾拿吉省 Vilabouly 地区铁器时代青铜冶炼传统的研究。以 New evidence of metal exchange in Southeast Asia during the Iron Age: scientific analysis of excavated bronze in Vilabouly, Laos（《铁器时代东南亚金属交换的新证据：对老挝维拉波利出土青铜器的科学分析》）为题，发表于综合性期刊 Archaeological and Anthropological Sciences。

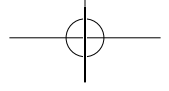
研究者对出土的青铜器进行了形态和风格的比较，发现它们与西南中国和东南亚大陆的青铜器有明显的相似之处，同时也有一些地方特色。例如，出土的青铜斧分为对称型和非对称型两种，与云南和泰国的青铜斧有共同的特征；出土的青铜戈有细长的刃和宽阔的前端，与云南、越南和泰国的青铜戈有相似之处，有简易的翼状护手但没有表面纹饰；出土的青铜鼓高 48 厘米，直径 64 厘米，鼓面中央有十二瓣的太阳图案，周围有各种动物和几何图案，与西南中国和东南亚大陆的青铜鼓有共同的风格。



老挝 Vilabouly、越南和云南出土的同类型铜戈

研究者对青铜器的合金成分进行了分析，发现不同类型的青铜器有不同的合金比例和制作工艺。出土的青铜斧含锡量较高，平均为 13.86%，主要采用铸造技术，有的还经过锤炼或退火处理，以提高机械性能；出土的青铜戈含锡量较低，平均为 1.92%，只采用铸造技术，没有经过任何加工或使用痕迹，可能是作为随葬品而制作的；出土的青铜鼓含铅量较高，达到 26.91%，是一种铜-铅-锡的三元合金，铅的加入可能是为了降低熔点和增加流动性，便于铸造大型器物。

研究者还对青铜器的铅同位素比值进行了分析，以探讨青铜器的原料来源和交流情况。他们发现，维拉波里地区的青铜器的铅同位素比值有一定的变化范围，可能说明这些青铜器并不都是用同一种铜矿原料制作的，而是有多个不同的铜源参与了供应。其中，一种可能的铜源是维拉布里地区的铜矿，另一种可能的铜源是来自外部的中间产品，即多层结构的铜锭，它们是在冶炼过程中形成的，



RESEARCH PROGRESS

科研成果

含有铜、铜硫化物和渣的层状物质。研究者认为，这些中间产品可能是维拉布里地区的金属交流网络的基础，而不是成品的交换。

研究者进一步将维拉波里地区的数据与泰国和柬埔寨的数据进行了比较，发现维拉波里地区的青铜器的铅同位素比值与泰国的巴农瓦特和柬埔寨的普姆斯奈的青铜器有较高的相似性，说明这些地区可能存在金属交流的联系。研究者指出，维拉波里地区在东南亚铁器时代的金属交流网络中扮演了重要的角色，它不仅是一个大型的铜冶炼中心，而且是一个金属中间产品的交易中心，为周边地区提供了铜原料。

本文是考古文博学院参与的中考联合考古项目的成果之一，为研究东南亚铁器时代的金属交流提供了新的证据和视角，展示了维拉波里地区的青铜器制作技术、原料来源和交流模式的多样性和复杂性。本文的研究也体现了考古科学方法在揭示古代金属文化的内涵和外延方面的重要作用。本项研究第一作者为四川大学考古文博学院博士生杨梓舒，通讯作者为四川大学考古文博学院、四川大学古科学中心黎海超教授。

4. 中国南北旧石器时代晚期骨器传统的区域差异 (Regional variation in bone tool technology in China: Insights from the Zhaoguodong Cave in Southwest China)

四川大学考古科学中心团队在国际期刊 Journal of Archaeological Science: Reports 发表题为“Regional variation in bone tool technology in China: Insights from the Zhaoguodong Cave in Southwest China”的研究论文，报道了贵州招果洞遗址骨器研究的最新进展。四川大学考古文博学院在读博士研究生杨国兵与张兴龙为论文共同第一作者，通讯作者为吕红亮教授。参与研究的还有湖南省文物考古研究院张寒冬（四川大学考古文博学院毕业生）和四川大学古科学中心胡越副研究员。该项研究得到了国家自然科学基金 (42002201) 的资助。



Regional variation in bone tool technology in China: Insights from the Zhaoguodong Cave in Southwest China

Guobing Yang^{a,b,1}, Xinglong Zhang^{a,b,c,1}, Handong Zhang^d, Yue Hu^{a,b}, Hongliang Lu^{a,b,*}

^a Center for Archaeological Science, Sichuan University, Chengdu 610071, China

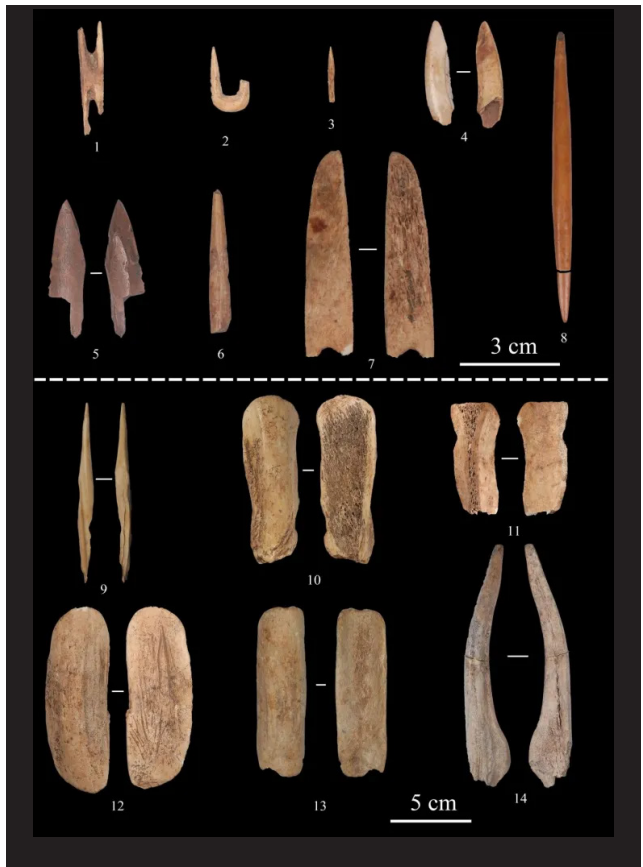
^b School of Archaeology and Museology, Sichuan University, Chengdu 610071, China

^c Guizhou Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Guiyang 550003, China

^d Hunan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Changsha 410006, China

骨器技术对于探索古人类的生存策略、技术选择和行为模式具有重要意义。以往的研究表明，骨器技术的发展在世界范围内是一个非线性的过程，具有明显的区域性特征。然而，中国旧石器时代晚期的骨器材料相对匮乏，导致我们对东亚骨器技术传统的认识不够深入。为此，本研究以全国十大考古发现招果洞遗址出土的骨器为材料，详细讨论了该遗址骨器的生产制作流程及其区域传统。

招果洞遗址位于贵州省贵安新区，2016-2020 年，由贵州省文物考古研究所、四川大学考古文博学院、成都文物考古研究院联合进行了 5 个年度的考古发掘，遗址文化堆积从距今 4 万年，一直延续到全新世，揭露出自旧石器时代晚期至全新世的 50 多个火塘和人类活动面，是云贵高原旧石器时代晚期的代表性遗址之一，为研究西南地区早期人类居住活动，进一步复原史前社会发展提供了重要证据。遗址共出土了 398 件骨角器，是迄今为止中国晚更新世至全新世早期骨器类型最丰富、数量最多的遗址之一。本项研究通过系统的类型学分析，招果洞遗址的骨器可以分为九类。微痕分析揭示了这些骨器的制造技术主要以刮削和研磨为主，还包括打制、切割、抛光等技术。



此外，本研究还通过对已发表的骨器记录的全面回顾，发现中国南北方在 c. 35 ka BP 均出现了规范骨器，但存在两种不同的骨器传统。中国北方骨器技术呈现出相对稳定的发展模式，其特点是在骨器制作的初始阶段就出现了精美的装饰品和成熟的穿孔技术，而这在南方地区并未发现。南方地区骨器技术的快速发展主要发生在末次盛冰期之后，表现在骨器数量增加、类型复杂多样以及原料获取策略多样化等方面。招果洞遗址的骨器是南方地区的典型代表，为了解中国骨器技术的区域特征提供了新的视角，揭示了旧石器时代晚期人类文化和技术的多样性。

5. 冶金术的南传：云南横断山区吉岔遗址考古新发现 (Southbound transmission of metallurgy: new excavations at Jicha in the Hengduan Mountains, Yunnan)

四川大学考古科学中心冶金考古团队与云南省文物考古研究所等机构在国际著名考古学期刊 Antiquity 发表题为 Southbound transmission of metallurgy: new excavations at Jicha in the Hengduan Mountains, Yunnan 的最新研究成果。文章根据云南吉岔遗址以及新发现的冶金遗存，提出了中国西南山地、大陆东南亚地区冶金术源流与冶金技术体系的新认识。

Antiquity 2024, page 1 of 8
<https://doi.org/10.15184/aqy.2024.70>

Project Gallery



Southbound transmission of metallurgy: new excavations at Jicha in the Hengduan Mountains, Yunnan

Jie Fu¹ , Yuniu Li^{1,2} , Changcheng Hu³, Gaoyuan Pan⁴, Xiuyun Yang⁴, Qionghui He⁵, Charles Higham⁶ & Yingfu Li^{1,*}

吉岔遗址位于云南省迪庆藏族自治州维西傈僳族自治县白济汛乡共乐村。2022 年 2-9 月，四川大学考古文博学院冶金考古团队、云南省文物考古研究所对该遗址进行了发掘，完整地揭露了一处新石器时代晚期至铁器时代早期的聚落，清理出一批石基建筑、干栏建筑、半地穴建筑及婴儿墓葬。最为重要的收获是于聚落中心发现了冶金生产区，清理了多座地穴式熔炉，出土了石锤、铸范、坩埚、炼渣、料块等冶金相关遗物，为复原西南山地的冶金生产链条提供了典型案例。



吉岔遗址冶金遗存

中国西南山地及大陆东南亚地区冶金术的起源是该区域的学术热点问题。多年以来，国际学界围绕相关问题争论不休，并逐渐形

成了两大理论模型。其一是乔伊丝·怀特（Joyce White）领衔的“长时段模式”（long chronology），基于泰国东北部班清（Ban Chiang）遗址的测年数据，提出铜冶金技术在公元前 2000-1800 年间由南西伯利亚地区的塞伊马-图尔宾诺（Seima-Turbino）人群传入中国西北地区，再经由“山地路线”，即青藏高原东麓山地走廊进入云贵高原及东南亚。其二是查尔斯·海厄姆（Charles Higham）主导的“短时段模式”（short chronology），基于泰国中北部班农瓦（Ban Non Wat）等多个遗址的测年数据，认为铜冶金技术于公元前 1100-1000 年间由中原地区商王朝经由“沿海路线”，即岭南地区进入云贵高原及东南亚地区。

吉岔遗址以其关键的地理位置、完整的年代序列和完备的冶金生产链条为上述问题提供了重要参考。吉岔遗址位于横断山区腹地、澜沧江沿线，是“山地路线”的关键节点。吉岔遗址二期遗存（公元前 1600-1200 年）出现了西北地区青铜时代考古学文化的黑彩彩陶，为该区域早期青铜时代提供了重要年代标尺。吉岔遗址发现的以扁圆石锤、地穴式炉、弯折式鼓风管为代表的冶金遗存，自作者团队于中越边境发现的龙脖河遗址之后，再次证实了该区域冶金技术体系的同一性与共源性。基于上述认识，作者团队提出了冶金术于公元前 1600-1200 年间经由青藏高原东麓山地走廊传入云贵高原及东南亚地区的观点，也即“山地金属之路”。

本文第一作者为四川大学考古文博学院博士研究生付杰，第二作者为李玉牛副教授，通讯作者为李映福教授。云南省文物考古研究所胡长城，迪庆藏族自治州文物管理所潘高原、杨秀芸，维西傈僳族自治县文物管理所和琼辉，新西兰奥塔戈大学（University of Otago）荣誉教授查尔斯·海厄姆（Charles Higham）为本文的共同作者。本研究受科技部科技基础资源调查专项基金（2022FY101505）、国家自然科学基金（T2350410495）、四川大学“双一流”人才专项基金（SKSYL2023-05）及 2035 先导计划（SKSYL2023-05）资助。



RESEARCH PROGRESS

科研成果

6. 西藏西部的世界最早磨制石针的考古学证据 (The world's earliest ground stone needles: Archaeological evidence from the Early Holocene of the Western Tibetan Plateau)

四川大学考古科学中心团队在国际期刊 Journal of Archaeological Science: Reports 发表题为“The world's earliest ground stone needles: Archaeological evidence from the Early Holocene of the Western Tibetan Plateau”的研究论文，报道了来自西藏西部全新世早期的 6 件磨制石针证据。四川大学考古文博学院博士研究生陈云为论文第一作者，四川大学考古科学中心副研究员胡越和吕红亮教授为本文的通讯作者。共同作者还包括西藏自治区文物保护研究所赤列次仁馆员、河北师范大学的李曼玥博士以及四川大学考古文博学院的博士研究生赵振和硕士研究生李梓嫣。该项研究得到了国家自然科学基金(42202017)的资助。



The world's earliest ground stone needles: Archaeological evidence from the early Holocene of the Tibetan Plateau

Yun Chen^{a,b}, Yue Hu^{a,b,c}, Ziyao Li^b, Zhen Zhao^b, Manyue Li^c, Chilie Ciren^d, Hongliang Lu^{a,b,c}

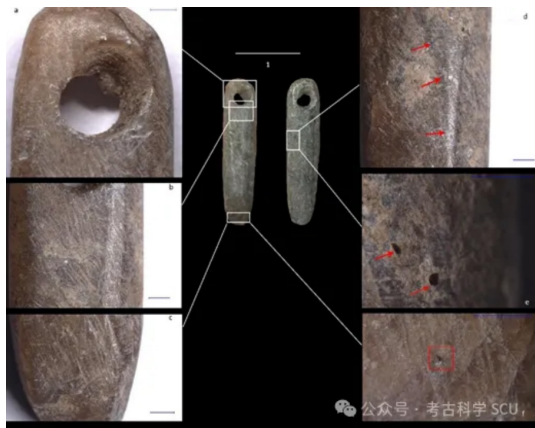
^a Center for Archaeological Science, Sichuan University, Chengdu 610071, China

^b School of Archaeology and Museology, Sichuan University, Chengdu 610071, China

^c College of History and Culture, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China

^d Institute for Archaeology and Conservation of Tibet, Academy of Tibet, China 850001, China

磨制技术的出现可以有效地帮助古人加工赭石、处理动物皮毛等，这一技术在旧石器时代中晚期主要用于骨角器的生产制作。代表着更为复杂的磨制穿孔技术的骨针在 MIS3 阶段出现于西伯利亚地区，而后逐渐向欧亚大陆及美洲等地扩散。与其他地方相比，史前人类占据青藏高原的时间稍晚，青藏高原内见诸遗址报道的骨针和磨制石器不仅种类较少，年代也更晚。本文报道青藏高原西部夏达错遗址出土的 6 件磨制穿孔石针不仅是青藏高原年代最早的磨制石器，也是目前世界上已知年代最早的石针。



石针的微观图片 a 针孔；b 刮削痕；c 尖部的刮磨痕；d 磨痕；e-f 加工时嵌入的石屑

夏达错遗址位于西藏自治区阿里地区日土县夏达错湖北岸阶地

上，海拔 4,237 米（图 1）。2020 年四川大学考古文博学院联合西藏自治区文物保护研究所对该遗址进行正式考古发掘。根据 AMS 测年结果，遗址年代为距今 8,517-8,998 年（图 2），是目前报道的青藏高原少见的具有原生层位堆积的史前遗址之一。遗址延续时间较长，出土了包括一处方形居址在内的丰富遗迹、石制品和动物骨骼遗存，同时包含有石片石器、细石器和磨制石器三种技术类型，特别是磨制石器的发现是目前青藏高原年代最早的记录，对于探索青藏高原西部全新世早期的人类活动提供了重要的考古证据。

夏达错遗址所见的 6 件磨制石针仅有 2 件为完整器，3 件从孔部断裂，1 件保留近端。完整石针全长 28.64-28.83 毫米，宽为 4.03-6.47 毫米，厚 2.53-3.7 毫米，可见孔径宽为 1.37-3.42 毫米。原料鉴定为滑石、蛇纹石、透闪石、阳起石，均不见于遗址中。

微痕分析和复原实验表明石针经过刮削成型、磨制针身和针尖以及钻孔几个基本步骤，并且可能存在抛光。通过微痕对比，确认了石针存在使用产生的磨损痕迹，具有实用功能；还发现了制造石针时意外产生的划痕以及加工石针时保留在针体上的石屑（图 3）。

SEM-EDX 分析显示石针上保留了赭石涂料的痕迹，根据保存状况和史前颜料的使用方式，我们推测这些颜料更可能表示具有象征意义的装饰作用（图 4）。与骨针和石质装饰品相比，石针的尺寸形态特征更接近骨针，并且具有加工痕迹和使用痕迹，而装饰品只有加工痕迹，几乎不存在使用痕迹。

夏达错遗址孢粉的研究结果显示当时气候环境主要为干冷，但在遗址主要占据期相对湿润，与班公错古环境研究结果一致（图 2）。遗址发现的居址主要为黑色细砂堆积，且没有发现石构遗迹和其它有机质建筑材料，因此推测此处居址可能与帐篷有关。根据微痕实验和以往骨针实验的结果，对石针进行钻孔所耗费的时间远大于骨针钻孔的时间，是高投入且低效的生产类型。民族学的研究表明当骨针的宽度大于 3 厘米被用于缝制较厚的皮毛，小于 3 厘米的则被用于缝制装饰品和较薄的兽皮。因此我们推测石针可能被用于缝制较硬的动物皮毛制作御寒衣物以及缝制帐篷以适应高原的寒冷环境。

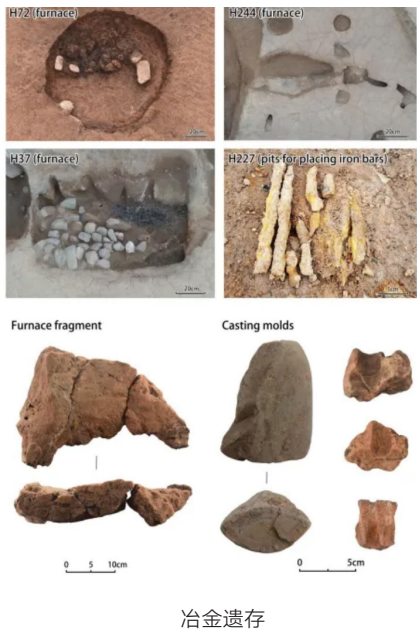
石针代表了现代人类在海拔地区所展现的特殊适应行为，这种适应方式尚未在世界其他地方发现。此外，石针上颜料的发现不仅揭示了其实用功能，还暗示了可能存在象征意义的装饰功能，这也是青藏高原目前已知最早的象征行为实例之一。

7. 湖南桑植县官田铸铁遗址出土铁器的科技分析 (Scientific analysis of iron objects excavated from the Guantian Iron Production Site at Sangzhi County, Hunan Province, China)

四川大学考古科学中心冶金考古团队在国际期刊《Journal of Archaeological Science: Reports》发表最新研究成果《Scientific analysis of iron objects excavated from the Guantian Iron Production Site at Sangzhi County, Hunan Province, China》。文章第一作者为四川大学考古文博学院博士研究生肖航，通讯作者为李玉牛教授。湖南省文物考古研究院莫林恒研究员和北京大学考古

文博学院陈建立教授为本文的共同作者。

官田遗址位于湖南省桑植县朱家坪村东北部，面积约 75000 平方米。2015 年~ 2022 年，官田遗址进行两次考古发掘。其中第二次发掘揭露面积共 3500 平方米，出土大量与铸造生产相关冶金遗迹与遗物（图一）。其中铁器 400 余件，包括生产工具、生活用具、兵器、杂器及大量残碎铁块。根据碳十四测年结果及出土器物类型学研究，官田遗址应是东汉至两晋时期武陵山区一处存在铸铁生产活动的基层聚落遗址。



冶金遗存

生铁冶炼技术最早见于春秋时期，至迟到战国晚期，各诸侯国已建立起自身的冶铁手工业。汉晋时期，在官方和民间的共同推动下，冶铁手工业得到了蓬勃发展，目前已发现了大量这一时期的冶铁遗存。然而，相较于江北地区，长江以南地区却少有发现此类遗存。官田遗址第二次发掘出土的铁器不仅数量多、种类丰富，还涵盖了中原、地方两类文化因素（图二），为研究汉晋时期，特别是“后盐铁专营时代”，江南地区铁器生产的技术传统和工艺特征提供了重要的实物资料。

研究团队通过对铁器样品进行金相观察和成分分析的研究方法，指出官田遗址的铁器生产是以生铁熔铸为核心，并采用了锻造、淬火、脱碳、渗碳及石墨化的加工技术，铁器材质包括有白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁、钢和锻铁（图三）。其中，铸铁固体脱碳技术是获取钢材的主要方法。

汉晋时期是生铁冶铸技术实现全国性普及的重要阶段，这其中，江南地区作为“蛮夷”族群的聚集区，其冶铁生产技术来源与发展长期为学界所关注。官田遗址地处长江南岸的武陵山区腹地，属文献记载中“武陵蛮”族群核心活动区域。通过对出土铁器的研究，研究团队揭示了东汉至两晋时期，生铁熔铸、加工技术在“武陵蛮”族群社会基层的根植与发展，并指出铁器生产推动了武陵山区社会生产力的发展，是当地族群在东汉时期逐步壮大的重要基石。

8. 全新世中期细石器人群在青藏高原共和盆地的广泛活动 (Intensive use of Northeastern Qinghai-Tibetan Plateau during the middle Holocene: New excavation of a base camp, Dongguotan site)

四川大学考古科学中心联合青海省文物考古研究院在国际期刊《Archaeological Research in Asia》报道了东果滩遗址细石器遗存的相关研究，题为《Intensive use of Northeastern Qinghai-Tibetan Plateau during the middle Holocene: New excavation of a base camp, Dongguotan site》。四川大学考古科学中心韩芳博士为第一作者，孟琦博士、吕红亮教授、宋吉香副教授，青海省文物考古研究院乔虹研究员、李冀源和夏艳平馆员，成都信息工程大学杨庆江博士为共同作者，四川大学考古科学中心杜战伟副教授为通讯作者。



Short communication

Intensive use of Northeastern Qinghai-Tibetan plateau during the middle Holocene: New excavation of a base camp, Dongguotan site

Fang Han^{a,b}, Qi Meng^{a,b}, Hongliang Lu^{a,b}, Jixiang Song^{a,b}, Hong Qiao^c, Jiyan Li^c, Yanping Xia^c, Qingjiang Yang^d, Zhanwei Du^{a,b,c}

^a Center for Archaeological Science, Sichuan University, China

^b School of Archaeology and Museology, Sichuan University, China

^c The Institute of Cultural Relics of Qinghai Province, China

^d College of Resources and Environment, Chengdu University of Information Technology, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Northeastern Qinghai-Tibetan plateau

Middle Holocene

Dongguotan site

Intensive site use pattern

ABSTRACT

The available archaeological materials indicate that the hunter-gatherers with microblade technology were widespread across the Qinghai-Tibetan Plateau. The limited chronological evidence and characteristics of the cultural remains suggest that most of the archaeological remains were temporary camps used for short periods of time. Our findings at the Dongguotan site indicate that hunter-gatherers established a camp site for explicitly longer-term occupation on the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau during the Middle Holocene, shedding light on the intensive use of this area.

细石器遗存广泛分布于高原各处，这指示了古人类对青藏高原的大范围开发与利用与细石器技术的扩散和人群流动关系密切。但以往考古材料大多来自地表采集，仅少量遗址经过系统发掘，细石器人群对青藏高原的开发与利用尚存在诸多不清晰的地方。对石器技术类型学研究的关注使得我们对细石叶工艺特征和技术来源已有了一定的认知，对已有材料的分析指示了大多数细石器遗存是功能不同的临时性营地，但鲜有大规模中心营地的发现。

2022-2023 年，青海省文物考古研究院和四川大学考古文博学院联合发掘了位于共和盆地的东果滩遗址，在发掘中获得了卡约文化、宗日文化、马家窑文化和细石器遗存。细石器遗存的发现是该区域继拉乙亥遗址发现之后又一大型的狩猎采集者营地遗址，体现了在全新世中期，细石器狩猎采集者对该区域的反复占据；同时，丰富的文化遗存指示了细石器人群在共和盆地广泛活动。

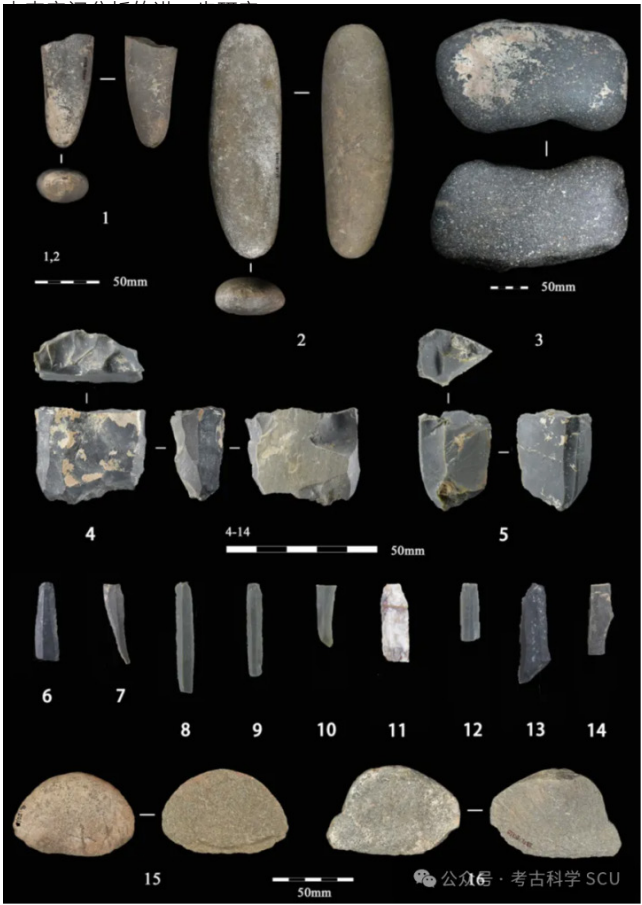
东果滩遗址位于兴海县黄河的二级阶地上，细石器遗存的发掘面积约 600 m²，考古队以自然层结合水平层的发掘方法，布设 1 米 × 1 米的探方，以 2-5 厘米的深度向下清理地层，并以 1/4 米为最小操作单位，对细石器遗存开展精细化发掘。发掘过程中，收集所有出土遗物并记录其空间位置信息，对所有土样进行水洗筛选，并浮选了重点遗迹单位的土样。同时，系统采集了年代学测试和古环境测试样品，为进一步年代学分析和古环境背景重建奠定基础。



RESEARCH PROGRESS

科研成果

根据遗存分布和年代学研究的初步结果，东果滩遗址细石器遗存可划分为 3 个古人类活动的重要时期，第一期为该遗址最早的占用时期，年代大体为距今 7600-7400 年，第二期为该遗址文化遗存最丰富的时段，年代大体为距今 7300-6900 年，第三个古人类活动时期大体为距今 6400-6200 年。各个时段均发现了丰富的文化遗物和遗迹，但文化遗存数量存在差异。主要包括 9000 余件石制品（不包括水洗筛选石制品），大量炭屑、少量动物骨骼和蛋壳碎片、穿孔串珠等遗物。排列规律的火塘、灰堆、炭屑密集区域等与古人类用火相关的遗迹，疑似柱洞遗迹的发现，并结合遗址出土石制品的分布情况，我们认为细石器狩猎采集者对遗址空间具有一定的规划和组织，并建立了建筑结构，其确认和古人类空间组织行为有赖于后续考古工作的进一步开展。



石制品是东果滩遗址最丰富的文化遗物，初步的技术 - 类型学研究结果显示，遗址包括简单石核 - 石片技术和细石叶工艺产品。简单石核 - 石片技术产品以不预制的砾石石核及各类石片为代表，常见修理简单的各类刮削器；细石叶工艺产品以非涌别的楔形细石核、锥形细石核和半锥形细石核为代表，还包括大量细石叶及细石核更新石片等。工具类型多样，主要包括各类刮削器、拇指盖端刮器、石锤、砍砸器、疑似磨刮工具等。

与以往青藏高原发现的大量细石器遗存不同的是，东果滩遗址细石器遗存保留了众多古人类生计策略的信息。植物考古的初步研究结果显示，细石器人群在该区域可能对野生植物进行了利用，蛋壳碎片的发现可能指示了古人类在该时段广泛的动物资源利用模式，进一步的分析结果将有赖于未来植物考古和动物考古的详细研究。

值得注意的是，在细石器遗存的第一和第二期发现了两枚穿孔串珠，这也是迄今青藏高原发现的最早的穿孔装饰品，也为我们进一步探索细石器人群在高原的生活提供了新的材料。

细石器狩猎采集者对青藏高原的开发利用是研究史前古人类适应高海拔环境的重要方面。东果滩遗址细石器遗存 3 个文化层的发现对还原青藏高原东部狩猎采集的生活场景提供了重要材料，丰富的文化遗存指示了他们在全新世中期广泛活动于共和盆地。该遗址具有中心营地性质，古人类对遗址空间进行了一定的组织与规划。未来植物考古与动物考古等相关研究将为探索该时段古人类的生活策略提供详细的信息。

9. 中国西南地区汉代城址内的炒钢新发现：新都城址炒钢遗存研究 (Exploring new discoveries of steel fining in a Western Han Dynasty city in southwest China: A case study of steel fining remains excavated from the ancient Xindu city in Sichuan Province)

四川大学考古科学中心冶金考古团队与成都文物考古研究院合作，在科技考古旗舰期刊 Archaeometry 在线发表最新研究成果《中国西南地区汉代城址内的炒钢新发现：新都城址炒钢遗存研究》。该研究由四川大学考古科学中心李映福教授、硕士研究生邱添，成都文物考古研究院杨洋副研究员、杨占风研究员共同完成。



Original Article | [Full Access](#)

Exploring new discoveries of steel fining in a Western Han Dynasty city in southwest China: A case study of steel fining remains excavated from the ancient Xindu city in Sichuan Province

Tian Qiu, Yang Yang, Zhanfeng Yang, Yingfu Li

First published: 18 June 2024 | <https://doi.org/10.1111/arcn.13004>

成都平原是秦汉时期西南地区最重要的铁工业生产中心。目前为止，成都平原发现的两汉时期铁器生产遗存均分布于远离城镇的区域，城市内部的铁器生产模式和技术类型并不清晰，新都城城址内冶金手工业遗存的发现为讨论该问题提供了新的证据。

新都城址位于成都青白江区，成都市文物考古工作队在新都城址西城墙内侧清理出大量炉渣、鼓风机等冶金遗物和 2 座破坏较为严重的“碗状”炉。结合炉渣表面附着木炭的碳十四测年结果和陶片的类型学分析，推测冶金活动的年代为西汉中晚期。为了能进一步确定炉渣对应的技术环节，研究团队对炉渣进行了渣相观察和成分分析，发现炉渣样品的微观结构以浮氏体和玻璃相为主，同时存

在不同含碳量的亚共析钢颗粒。此外，炉渣中的 CaO 和 P2O5 含量均较高，在微观结构和成分上均反映了炒钢渣的特点。



炒钢是利用生铁在半熔融状态下，通过搅拌，达到氧化脱碳制钢或熟铁的一种方法，是中国古代钢铁技术史上十分重要的发明创造。目前，已发现的汉代炒钢渣和炒钢制品主要集中在中原地区，尤其是关中地区。新都城址的炒钢遗迹、遗物是迄今为止西南地区发现的年代最早的钢铁冶炼加工遗存，不仅揭示了布局于成都平原汉代城市内的铁器生产模式和技术类型，对于认识汉王朝以先进的铁工业推进成都平原的中原化进程提供了新视角。

10. 全新世早期长江下游海岸带稻作融入海洋适应的证据 (Early Holocene rice cultivation integrated into marine adaptation in eastern China)

四川大学考古科学中心地学考古实验室贺可洋特聘副研究员在国际期刊《Journal of Archaeological Science: Reports》上发表文章《Early Holocene rice cultivation integrated into marine adaptation in eastern China》。我院贺可洋特聘副研究员为第一作者和通讯作者，浙江省文物考古研究所王永磊馆员为共同通讯作者。该项研究受国家自然科学基金重点项目“长江流域稻作农业起源与环境变化关系的微体化石研究”（41830322）第一资助。



Early Holocene rice cultivation integrated into marine adaptation in eastern China

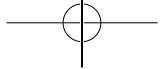
Keyang He^{a,b,*}, Guoping Sun^c, Yonglei Wang^{a,*,†}, Yunfei Zheng^c, Houyuan Lu^{d,e,f}

^a Center for Archaeological Science, Sichuan University, 610064 Chengdu, China
^b School of Archaeology and Museology, Sichuan University, 610064 Chengdu, China
^c Zhejiang Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, 310014 Hangzhou, China
^d Key Laboratory of Chinese Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 100029 Beijing, China
^e Institute of Earth Science, Chinese Academy of Sciences, 100029 Beijing, China
^f College of Earth and Planetary Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, 100049 Beijing, China

沿海地区在人类迁徙、人口增长和社会互动中发挥着重要作用。全新世早期气候变暖和海平面上升，在沿海地区催生了多种人类适应行为，包括海洋资源的利用和农业起源。然而，关于这两种之间的关系，尤其是生业模式从狩猎采集到农业的转变过程仍然不清楚。为此，我们对长江下游地区最早的新石器时代贝丘遗址——井头山遗址，展开了详细的植硅体和硅藻等微体化石分析，发现早在距今 8000 年前长江下游海岸带地区的水稻栽培，就已经融入以贝丘为代表的海洋适应生业模式，但是井头山遗址的水稻驯化进程较同期跨湖桥遗址存在明显延迟。

水稻扇型植硅体的形态和形态测量数据显示，井头山遗址水稻扇型植硅体总体变化不大，长宽与同期跨湖桥遗址接近，B/A 比值接近粳稻，但水稻扇型植硅体鱼鳞状纹饰 ≥ 9 的比例仅为 ~41.7 %，远低于同期跨湖桥遗址，指示宁绍地区水稻驯化过程延迟。微体化石组合证据表明，井头山遗址水稻栽培的开始和结束，分别对应了淡水硅藻出现和海洋硅藻扩张，指示海平面上升与水稻栽培有密切的关系。一方面，海平面上升引起的地下水位上升可能会导致湿地增加，从而导致野生水稻的扩张。另一方面，沿海地区的淹没可能会导致人口数量下降，从而削弱劳动力投入和人工选择压力。所有这些最终可能会导致水稻的去驯化和驯化过程延长。

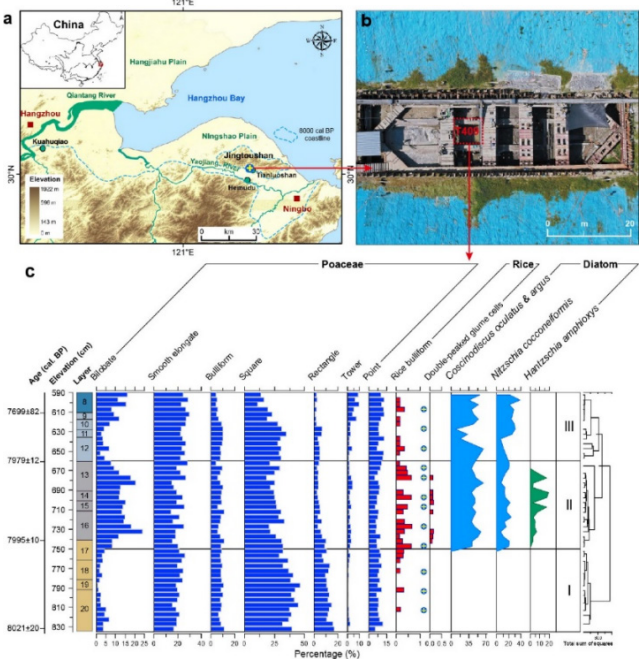
考虑到井头山遗址水稻驯化仍处于初级阶段，井头山遗址的生业模式仍然是依赖以橡子和贝类为代表的狩猎采集经济图。除了井头山遗址，中国南方沿海贝丘遗址主要分布在岭南的两广和东南的福建地区。其中，两广地区的贝丘遗址为淡水河口类型，水稻遗存年代或性质存疑；福建地区则是在多处沿海贝丘遗址，例如庄边山、黄瓜山等，发现了约 5000 年前水稻的确凿证据。与之前认为中国南部沿海贝丘遗址仅依赖于海洋适应而没有水稻栽培的观点相反，我们的研究表明，在距今 8000 年左右的井头山遗址，水稻栽培已经融入了海洋适应，并随后在距今 5000 年左右扩散到中国东南部



RESEARCH
PROGRESS

科研成果

地区。因此，井头山遗址不仅是河姆渡文化的祖先，而且可能是新石器时代南岛语族海洋扩张的先驱。



井头山遗址位置和微体化石组合图谱

11. 长江下游水稻驯化的地理镶嵌现象（Geographic mosaics of rice domestication in the lower Yangtze River indicated by morphological characteristics of rice bulliform phytoliths）

四川大学考古科学中心地学考古实验室贺可洋特聘副研究员在国际期刊《Archaeological and Anthropological Sciences》上发表文章《Geographic mosaics of rice domestication in the lower Yangtze River indicated by morphological characteristics of rice bulliform phytoliths》。贺可洋特聘副研究员为第一作者和通讯作者，中国科学院地质与地球物理研究所吕厚远研究员为共同通讯作者。该项研究受到国家自然科学基金重点项目“长江流域稻作农业起源与环境变化关系的微体化石研究”（41830322）资助。

Archaeological and Anthropological Sciences
https://doi.org/10.1007/s12520-024-01936-3

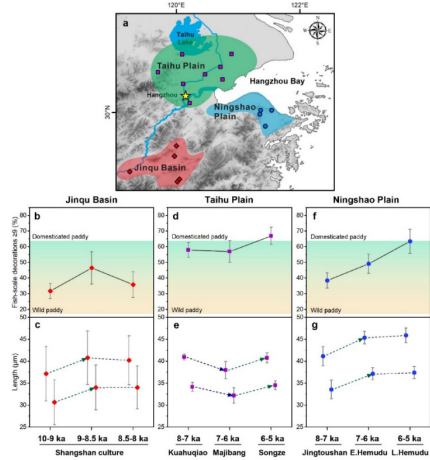
RESEARCH

Geographic mosaics of rice domestication in the lower Yangtze River indicated by morphological characteristics of rice bulliform phytoliths

Keyang He^{1,2,3}, Yonglei Wang⁴, Yunfei Zheng⁴, Guoping Sun⁴, Shao Lei⁵, Yongning Li⁵, Xiaoshan Yu^{1,2}, Jianping Zhang⁵, Houyuan Lu^{1,6}

Received: 27 June 2023 / Accepted: 9 January 2024
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2024

长江下游地区被广泛认为是稻作农业的起源中心，最早的水稻驯化可以追溯到 1 万年前，甚至更早的晚更新世。尽管遗传学和植物考古学的最新进展，已经揭示出了长江下游水稻驯化的时间序列，包括驯化的开始、加速和完成，但水稻驯化的空间格局和区域差异仍然不清楚。本研究通过与浙江省和宁波市文物考古研究所合作，在宁绍平原的井头山、河姆渡、鱼山和下王渡等遗址展开详细的植硅体分析，揭示长江下游水稻驯化呈地理镶嵌现象，即“马赛克式”分布的，而不是假定的不同区域之间同步发展。



长江下游不同区域水稻驯化过程对比

长江下游新石器文化演进可以分为三个地区，包括金衢盆地、太湖平原和宁绍平原。以往研究通常将其视为一个整体进行讨论，但三者的文化面貌和气候环境都呈现出一定差异。为此，本研究在宁绍平原四处遗址分析结果的基础上，又汇总了金衢盆地和太湖平原的已有研究，详细对比了水稻驯化过程的空间差异。本研究选取了水稻扇型植硅体作为驯化性状的代用指标，水稻扇型植硅体，位于叶片上表皮的水稻泡状 / 运动细胞，参与了水稻驯化过程中生境干湿变化的卷叶调节，因此，其形态参数可以作为追踪水稻驯化过程的重要代用指标，包括扇型植硅体长、宽和边缘鱼鳞状纹饰数量。

水稻扇型植硅体研究发现，长江下游水稻驯化开始于金衢盆地的上山文化时期（10–8.5 cal ka BP），并迅速增长，甚至超过了随后宁绍平原的井头山文化（8.3–7.8 cal ka BP）；到了全新世中期，太湖平原的水稻驯化水平普遍高于同期的宁绍平原，在 ~6000 cal BP 左右马家浜文化晚期就已完成；宁绍平原水稻驯化进程则可能要推迟到河姆渡文化晚期 ~5000 cal BP 才完成。总体上，长江下游水稻驯化呈现出多支线、多中心的地理镶嵌现象。

驯化，是人类与植物或动物之间通过自然或人为选择协同演化的过程，往往会呈现出地理镶嵌现象。除了镰刀收割等人类行为，区域环境的差异也是造成这一现象的重要原因。金衢盆地远离海岸线，区域水环境稳定，更方便人为制造适度干旱来刺激水稻驯化；相比之下，太湖平原和宁绍平原则受到全新世海平面波动的深刻影响，尤其是宁绍平原，田螺山、鱼山、施舌等遗址均发现海水淹没导致的文化和农业间断现象，从而导致水稻驯化完成推迟。

12. 农牧互动的地理模型描绘了青藏高原青铜至铁器时代（距今 3600–2200 年）的文化格局（Geospatial modelling of farmer–herder interactions maps cultural geography of Bronze and Iron Age Tibet, 3600–2200 BP）

四川大学考古科学中心联合美国圣路易斯华盛顿大学考古学家共同完成了一项关于青藏高原史前文化交流格局的研究论文，以《Geospatial modelling of farmer–herder interactions maps cultural geography of Bronze and Iron Age Tibet, 3600–2200 BP》（农牧互动的地理模型描绘了青藏高原青铜至铁器时代（距今 3600–2200 年）的文化格局），在线发表于 Springer Nature 旗下的综合性科学杂志 Scientific Reports（doi: https://doi.org/10.1038/s41598-023-50556-9）。本研究结合了陶器类型学、GIS 建模及陶器社会网络分析三种手段，定量分析了研究时段内文化交流模式与农牧互动路线的关系，解释了文化交流的动因。近年来，网络分析在考古学中的应用正在成为国际学术界的前沿课题。在此背景下，本研究融合了网络分析法与中国考古中器物类型学的丰富实践，延展了传统考古学研究的内涵和解释力。本研究也系陶器网络分析法在青藏高原考古中的首次成功尝试。

Article | [Open access](#) | Published: 02 February 2024

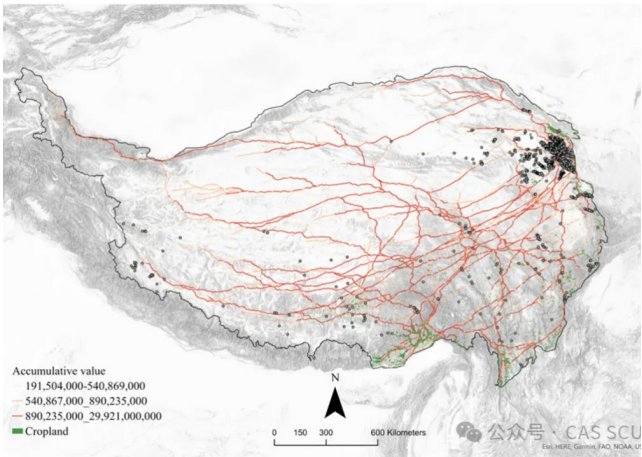
Geospatial modelling of farmer-herder interactions maps cultural geography of Bronze and Iron Age Tibet, 3600–2200 BP

Xinzhou Chen[✉], Hongliang Lü, Xinyi Liu & Michael D. Frachetti[✉]

Scientific Reports 14, Article number: 2010 (2024) | [Cite this article](#)

[Metrics](#)

多学科的科技考古成果表明，随着约 3600BP 之后驯化动植物的广泛传播，农牧业在青藏高原的史前生计中逐渐占据主导地位。基于器物类型学的文化谱系研究及多年考古工作所积累的遗址空间分布数据也显示青藏高原在该时间段的文化交流强度和广度明显增加，遗址分布的空间范围拓展到大量高海拔地区。这一文化交流格局和聚落模式的巨变尚缺乏全面的考古学阐释。



农牧互动网络（“高速公路”）与考古遗址分布的比较
针对这一研究空白，为探索究竟何种因素造就了 3600BP 之后的文化交流格局，本文基于全面的考古遗址数据库构建了两个计算机模型：一为模拟农牧民移动路线的农牧互动模型（SIMM）；二为定量描述文化交流格局的陶器社会网络。在考古类型学研究与计算机模型的定性比较的基础上，本研究探索了青藏高原 3600–2200BP 的文化交流格局的形成机制。

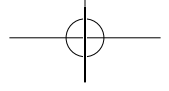
基于牧民“逐水草而居”的假设，本研究中的农牧互动模型采用了卫星遥感数据库提供的植被分布数据，模拟了古人沿最好的牧草向农区移动的最优路径。这一农牧互动网络与 3600–2200BP 青藏高原的遗址分布高度吻合，显示理论最优的生业移动路线与聚落空间分布模式呈正相关。

这一移动模式又如何造就了该时期的文化交流格局？本研究采用该时期遗址中已发表陶器的相似程度，定量地构建了一个陶器社会网络。该网络描述了该时期考古遗址之间的文化交流的强度。理论而言，农牧互动所频繁利用的牧草丰茂的通道正如现代所常用的高速公路一般：离这条“高速路”越近，文化交流的速度应当越快，遗址的文化面貌就应当具有更强的相似性。

有趣的是，两个网络的对比显示出青藏高原文化互动格局与农牧互动的地理格局具有区域差异。在青藏高原东部，农牧互动的强度与陶器相似程度大体相吻合，显示出该地区物质文化交流确与高原面上的农牧互动路线相关；而在高原西部，农牧互动的强度则远低于陶器相似程度，说明高原内部农牧互动路线无法充分解释西喜马拉雅地区的文化互动格局。

结合考古类型学的分析，本研究进一步认为：由于青铜至铁器时代古人拥有牧业动物的帮助，具备了大规模跨越喜马拉雅山的动机和能力，因此跨越喜马拉雅的农牧互动可能导致了该时期西喜马拉雅地区遗址中陶器的广泛相似性。这一互动模式改变了该时期青藏高原的整体文化交流的格局。

论文第一作者、通讯作者为考古科学中心博士后陈心舟，共同通讯作者为圣路易斯华盛顿大学人类学系教授、西北大学客座教授 Michael Frachetti，共同作者包括考古科学中心吕红亮教授及圣路易斯华盛顿大学刘歆益副教授。



RESEARCH PROGRESS

科研成果

13. 末次冰消期至新仙女木事件之前中国西北干旱沙漠地带狩猎采集者的技术适应 (Adaptions of hunter-gatherers before Younger Dyers in Gobi Desert, northwest China: Flexible technological strategies in Pigeon Mountain Locality 10)

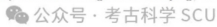
四川大学考古科学中心韩芳博士在国际期刊《Journal of Archaeological Science: Reports》发表文章《Adaptions of hunter-gatherers before Younger Dyers in Gobi Desert, northwest China: Flexible technological strategies in Pigeon Mountain Locality 10》。韩芳博士为第一作者，中央民族大学彭菲副教授为通讯作者，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所高星研究员，宁夏文物考古研究所郭家龙、王惠民研究员为共同作者。



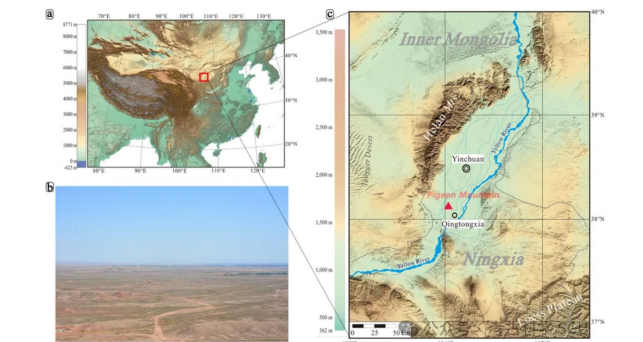
Adaptions of hunter-gatherers before Younger dyers in Gobi Desert, northwest China: Flexible technological strategies in Pigeon Mountain Locality 10

Fang Han^{a,b}, Fei Peng^{c,*}, Jialong Guo^d, Huiming Wang^d, Xing Gao^{e,f}

^a Center for Archaeological Science, Sichuan University, Chengdu 610000, China
^b School of Archaeology and Museology, Sichuan University, Chengdu 610000, China
^c Department of Archaeology and Museology, School of Ethnology and Sociology, Minzu University of China, Beijing 100000, China
^d Institute of Culture Relics and Archaeology of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750000, China
^e Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origin of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100000, China
^f The University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100000, China



末次冰盛期 (LGM) 之后，以绿洲经济为基础的狩猎采集模式在戈壁荒漠区域发挥了重要作用。位于中国西北干旱半干旱沙漠地带的鸽子山遗址群处于贺兰山南麓地带，是温带草原与温带荒漠的交界地带。是继水洞沟遗址群发现以来，中国西北沙漠地区发现的又一被狩猎采集者密集开发的区域，对理解古人类的极端环境适应有重要意义。



鸽子山遗址位置示意图 (a. 研究区域; b. 鸽子山盆地夏季景观; c. 鸽子山遗址位置)

鸽子山遗址群发现于 20 世纪 80 年代，共发现了 13 处石器地点，90 年代对第 3 地点进行过试掘。2013-2017 年，宁夏文物考古研究所、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所联合多家单位，对鸽子山盆地进行了系统调查，新发现了 14、15 地点，并对第 10 地点开展了连续多年的考古发掘。本研究在介绍鸽子山遗址第 10 地点主体文化层材料的基础上，从古人类石器技术组织策略和石料利用模式角度出发，探讨该地区古人类石器技术行为的变化与技术对环境

变迁的响应。

鸽子山遗址第 10 地点堆积厚达 9.5 米，连续多年的发掘共发现了 3 个文化层，碳十四及光释光年代学研究结果显示，遗址主体文化堆积的年代范围为距今 11760-12599 年 (CL2) 和 12117-13746 年 (CL3)，文化遗存集中分布于第三文化层。发掘中，获得了丰富的石制品、古人类用火遗迹 (火塘和密集的炭屑分布区)、柱洞、装饰品、动物骨骼等文化遗物，体现了遗址中心营地的性质。石制品类型丰富，包括细石叶技术、简单石核-石片技术产品，工具以边刮器、端刮器为主，还包括少量两面器、尖状器、磨盘、磨棒、铸状器、石锤等器物。

石料统计与利用显示，鸽子山遗址的石料以本地石英岩、硅质细砂岩及角闪岩砾石为主，还包括远距离运输的燧石、玛瑙和零星的蛋白石等。地质调查显示，燧石和玛瑙等石料可能来自距离 300km 以外的阿拉善高原，各类砾石原料均来自鸽子山盆地内部季节性河流两岸和盆地内松散的第四纪沉积物。两类石料存在不同的利用偏好，优质外来石料主要用于细石叶和小型刮削器的生产，本地石英岩、角闪岩既用于细石叶生产，也用于权宜的石核剥片。通过分析不同石料石制品尺寸变迁与比例，不同文化层两类石料的利用差异，以及石制品再利用和多功能的利用模式，我们认为，古人类对两类石料的利用呈现出强化的利用方式。而随着时间的推移 (CL3-CL2)，本地石料，特别是石英岩在细石叶生产中的比例逐渐增多、石制品再利用现象增多等现象体现了古人类对石料利用强化程度的增加。

石器技术特征的历时性变化较小。简单石核-石片技术体现出以下特征：1) 石片石核剥片简单，仅见直接锤击法；2) 石核主要为带石皮面的自然砾石，剥片面呈现出多样的组织模式，石片与石核均体现了不预制的生产方式；3) 石片石核及石片台面边缘可见明确的坑疤，体现了石核的多功能性 (图 3)。

遗址中的细石叶工艺特征为典型的非涌别楔形细石核、锥形细石核和半锥形细石核生产体系产品，但技术特征统一，体现了精致性的生产策略，同时，与简单石核-石片技术体现的石料利用策略一致，注重对石料的节约。具体如下：1) 细石核预制与剥片阶段不修整石核核体，保证台面和剥片面可用 (图 4)；2) 剥片阶段存在多次更新，台面更新体现为保证台面平坦、边缘可用，以沿四周向内剥去小疤的局部更新和整体更新台面的更新台面方式。剥片面更新理念旨在保证石核底部的汇聚形态，体现为沿边缘向台面方向的局部更新。在作业面完全不用时，以剥去过击石片的方式更新细石核作业面，遗址中的作业面更新石片即为此类更新方式的体现 (图 5)；3) 细石核废弃是多次打击事故，或细石核尺寸过小等因素影响的结果，直至石核完全不能使用为止。

鸽子山盆地内部存在大量泉水和丰富的石料资源，对于沙漠地带的狩猎采集者来说是极佳的生境，但面对资源集中程度较高的生存环境，狩猎采集者占据关键资源，并在此构建中心营地，石料资源的强化和节约、采用支持高流动性活动的细石叶技术是古人类应对资源集中的策略选择。末次冰消期之后至新仙女木干冷事件的到来是全球关键的气候波动转型期，鸽子山遗址第 10 地点的主体堆积正好处于该时段。随着时间的推移，文化遗物大幅度下降、对本地石料利用强化程度增强、对细石叶技术的持续依赖均体现了古人类对新仙女木事件到来的积极响应。

14. 蒙古高原人群复杂演化历史及代谢相关遗传调控基础的时空演化轨迹 (Evolutionary history and biological adaptation of Han Chinese people on the Mongolian Plateau)

2024 年 4 月 23 日，广东省毒品实验技术中心 (国家毒品实验室广东分中心) 刘超院士研究团队联合四川大学考古科学中心 / 四川大学华西罕见病研究院何光林研究团队和昆明医科大学胡利平研究团队在 hLife 上发表了题为 “Evolutionary history and biological adaptation of Han Chinese people on the Mongolian Plateau” 的研究论文。该研究基于 5583 套整合基因组数据重建的群体演化历史，表明地理广泛分布在蒙古高原的汉族人群具有强遗传同质性，并受到周围阿尔泰语人群基因流的影响；基于多种计算生物学方法绘制了蒙古高原汉族人群的生物适应性全景图，识别了与代谢相关的复杂生物适应特征；基于古今基因组泛祖源分析全面揭示了脂肪酸和叶酸代谢相关基因的关键突变在全球五万年时空尺度下的演化轨迹。



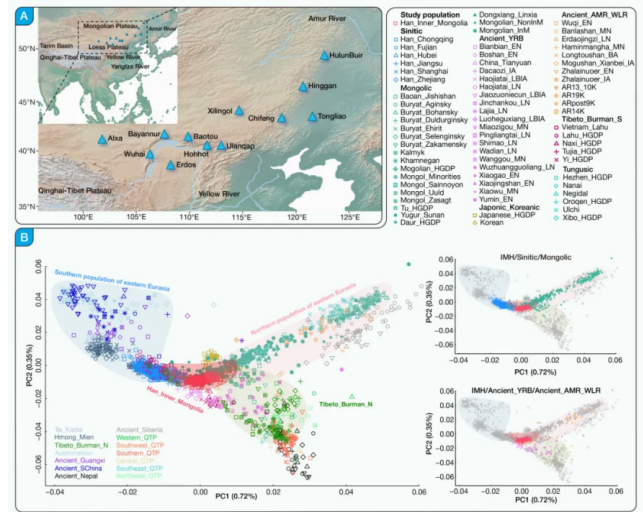
Evolutionary history and biological adaptation of Han Chinese people on the Mongolian Plateau

Xiangping Li^{1,3*}, Mengge Wang^{2,3*}, Haoran Su^{3,6}, Shuhan Duan^{3,7,8,9}, Yuntao Sun^{3,5}, Hongyu Chen¹⁰, Zhiyong Wang^{1,3}, Qiuxia Sun^{3,10}, Qingxin Yang^{1,3}, Jing Chen^{2,11}, Ting Yang^{1,3}, Yuguang Huang³, Jie Zhong³, Xiucheng Jiang^{3,7,8,9}, Jinyue Ma^{3,7,8,9}, Shijia Chen¹⁰, Yunhui Liu^{3,10}, Lintao Luo^{3,10}, Xinyu Lin^{3,12}, Shengjie Nie¹, Chao Liu⁴, Liping Hu^{1*}, Guanglin He^{2,3,7,9}

大规模古今基因组资源为解析人类起源、迁徙、混合、生物适应性及人类疾病的地理起源和扩散轨迹提供了直接的时空研究窗口。欧亚西部人群古今基因组祖源特异性研究已经揭示了欧洲更新世晚期的狩猎采集者祖源、新石器时期安纳托利亚农业人群祖源、青铜时期欧亚草原游牧人群祖源对现代欧洲人群腰臀比、身高等复杂性状的差异性遗传贡献。近期欧洲古今基因组路径特异性局部祖源分析揭示了 5000 年前西部草原人群的扩散塑造了现代欧洲人群多发性硬化遗传易感性北高南低的分布模式。目前，基于古今基因组数据库解析东亚人群疾病或生物适应性性状的地理起源和遗传演化轨迹的研究较为缺乏。

汉族是世界上人口数量最多的民族，广泛分布于中国生态环境与饮食模式各异的地区。蒙古高原位于东亚北部，共居着汉族和阿尔泰语系等少数民族 (蒙古族、赫哲族、鄂伦春族等)。历史资料记载了该地区过去汉族与匈奴、鲜卑、突厥、回鹘和契丹等游牧民族丰富的文化互动。考古学和遗传学等证据支持该农牧交错地带的人群存在着复杂的遗传互动模式。本研究聚焦于内蒙古高原汉族人群，整合大规模古今人群基因组资源，旨在探究蒙古高原农牧交错带汉族人群的遗传演化历史，生物适应性和医学相关性。

该研究基于共享等位基因模式和共享单倍型连锁模式的系列计算生物学方法进行了复杂的遗传混合和人口统计学建模，揭示了蒙古高原地理位置不同的汉族人群具有强遗传同质性。相对于中原汉族人群，蒙古高原的汉族人群与阿尔泰语相关的群体共享更多的遗传漂变。混合建模直接证实了蒙古高原汉族人群的基因池受到了阿尔泰语相关人群基因流的影响。



蒙古高原汉族的采样地图及东亚人群的群体结构

研究通过多种检测方法识别出与蒙古高原寒冷环境、饮食习惯改变及免疫相关的自然选择信号。研究者利用基于等位基因频率的 PBS、FST 和基于单倍型的 XP-EHH 和 iHS，绘制了蒙古高原汉族人群的生物适应性信号全景图，其中最显著的为与代谢相关的候选基因 FADS 和 MTHFR。FADS 基因家族编码脂肪酸去饱和酶，参与调节机体多不饱和脂肪酸的合成；MTHFR 基因编码亚甲基四氢叶酸还原酶，在叶酸循环中至关重要。研究者基于高时空覆盖度的古今基因组资源重建了 FADS1 基因上最显著的自然选择信号 rs174550 (图 4) 和 MTHFR 基因上最显著的自然选择信号 rs1801133 数万年来的演化轨迹 (图 5)。结果表明 rs174550-T 优势等位基因在出现后频率逐渐增加，最终稳定在 0.54 左右；rs1801133-A 优势等位基因在万年前的粟作农业人群中出现，与农业生计模式相关的饮食转变促进了该优势等位基因在北纬 40 度左右的区域高频出现。

在中国人群中，rs1801133-A 频率自北向南呈持续下降趋势。近东两河流域的大小麦农业文明和东亚黄河流域的粟作农业相关的生业模式的出现，加速了代谢相关基因遗传多样性模式的快速适应并逐渐趋于稳定。生物适应性信号的表型关联分析揭示了蒙古高原汉族人群复杂性状的多基因适应和基因多效性模式。总之，该研究加强了我们对群体遗传背景如何影响疾病和表型遗传基础的理解，为个性化精准医疗队列研究设计奠定了遗传学及生物学基础。



RESEARCH PROGRESS

科研成果

15. 语言差异性人群背后复杂的遗传起源和演化历史 (Differentiated adaptive genetic architecture and language related demographical history in South China inferred from 619 genomes from 56 populations)

近日，国际学术期刊《BMC Biology》在线发表了由四川大学考古科学中心 / 华西医院罕见病研究院何光林副研究员团队联合重庆医科大学基础医学院唐任宽教授团队的合作成果“Differentiated adaptive genetic architecture and language related demographical history in South China inferred from 619 genomes from 56 populations”。研究团队以广西地区六个不同民族（平话汉族、瑶族、壮族、水族、苗族、京族）为研究对象，旨在探索局部区域人群语言混合或借代背后人群精细遗传结构的相似与不同这一科学问题。该研究基于全基因组芯片数据解析了广西地区各民族的遗传结构、群体历史和适应性演化，并构建了广西平话汉族的遗传演化模型。该研究不仅为广西平话汉族“南北混合”起源假说提供了遗传学支持，也全面解析了语言相关人群之间存在明显的遗传差异。研究成果为进一步理解广西地区民族的群体结构、环境适应和医学相关性提供了新的视角。

RESEARCH ARTICLE

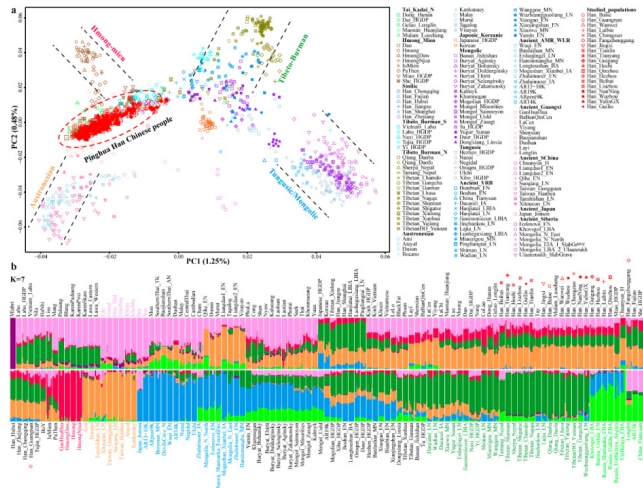
Open Access

Differentiated adaptive genetic architecture and language-related demographical history in South China inferred from 619 genomes from 56 populations

Qixua Sun^{1,2†}, Mengge Wang^{2,14†}, Tao Lu^{1†}, Shuhan Duan^{3,2}, Yan Liu^{3,2}, Jing Chen^{2,5}, Zhiyang Wang^{2,6}, Yuntao Sun^{2,7}, Xiangping Li^{2,9}, Shaomei Wang^{2,8}, Liuyi Lu^{4,2}, Liping Hu⁹, Libing Yun⁷, Junbao Yang⁴, Jiangwei Yan⁵, Shengjie Nie⁶, Yanfeng Zhu⁸, Gang Chen¹², Chuan-Chao Wang¹³, Chao Liu^{10,11}, Guanglin He^{1,14†} and Renkuan Tang^{1*}

广西，位于中国南部，因其复杂的地势环境、多元的语言文化、差异的族群遗传背景而备受关注。而生活在广西的平话汉族的遗传起源一直以来颇具争议：1）语言学的证据认为平话是汉族方言之一，因此支持广西平话汉族的单一汉族起源；2）而基于线粒体和Y染色体的证据却表明广西平话汉族是南方壮侗语人群受到了汉族人群语言同化的影响而形成。此外，人们对广西地区民族语言多样的群体间遗传的联系了解较少，因此，对于南方各族群群体历史的演化模式是否相同、同一地区不同族群的环境适应性机制是否类似、医学相关性位点在不同族群中的频率分布是由具有差异等关键科学问题亟需基于广西全域的多民族高密度全基因组资源进行全面解析。

研究团队首先在东亚背景下解析了广西平话汉族与其他东亚古今人群的遗传联系，并重构了广西平话汉族的遗传历史。具体而言，平话汉族与地理位置临近的少数民族拥有更近的遗传亲和性，并且和来自北方黄河流域的粟作农业人群以及南方的长江稻作农业人群均具有紧密的遗传联系，因此提出广西平话汉族的“南北混合”起源模型，并通过 admixture-f3 分析支持了该混合模型。进一步基于 qpGraph、qpAdm、ALDER 等遗传学定量分析进行建模，佐证了广西平话汉族的南方壮侗语族群和北方汉族混合形成的模式，最终为平话汉族的“南北混合”起源提供了直接的遗传学证据。



PCA 和 ADMIXTURE 揭示一般群体结构

研究团队进一步对广西地区不同族群的群体结构、环境适应性机制及医学相关性进行了探究。研究发现广西地区不同群体间存在显著的群体分层，表明这些群体差异的遗传起源和混合历史。以北方汉族和欧洲人群作为参考群体解析了相同地区不同族群的选择适应的遗传学基础，发现壮族、苗族、水族和京族共享疟疾抵抗相关基因（IL6）的适应性信号；壮族、瑶族、水族和京族共享脂质代谢相关基因（FADS）的适应性信号，且该基因的相关位点频率在中国呈现自南向北递减的趋势，提示可能跟群体受到的差异性自然选择以及沿海和内陆地区饮食结构不同相关。此外，研究团队对同一地区各族群间的高度分化位点进行了探索，发现一些跟孟德尔疾病（GJB2）或复杂疾病相关位点的频率分布在群体间存在显著差异，这为之后针对该地区的人群的精准治疗提供了参考依据。

总体而言，该研究首次基于全基因组芯片数据对广西不同遗传背景的族群进行了系统性研究，揭示了广西平话汉族的“南北混合”遗传起源，广西地区不同人群共享脂质代谢和疟疾抵抗相关的环境适应性选择以及医学相关性位点在同一居住地族群间频率分布的显著差异。尽管该研究所用的全基因组芯片数据对于更精细层面的探究存在一定局限性，但为我们理解我国南方地区不同族群的遗传和演化机制提供了一个范例，也对未来进一步理解我国南方地区族群的遗传和环境适应提供了理论基础。

本研究由四川大学考古科学中心 / 华西医院罕见病研究院何光林副研究员团队联合重庆医科大学基础医学院唐任宽教授团队共同完成，论文第一作者为重庆医科大学基础医学院的法医学系和四川大学华西医院罕见病研究院联合培养硕士研究生孙秋霞，共同通讯作者为重庆医科大学基础医学院唐任宽教授、四川大学考古科学中心 / 华西医院罕见病研究院何光林副研究员、四川大学华西医院罕见病研究院王萌鸽助理研究员。该研究得到了国家自然科学基金、四川大学考古科学中心开放课题基金、四川省科技厅基金等项目资助。

16. 基于古今人群基因组建模揭示苗瑶语人群遗传起源和远距离迁移模式 (Differentiated genomic footprints suggest isolation and long-distance migration of Hmong-Mien populations)

四川大学考古科学中心 / 四川大学华西医院罕见病研究院何光林课题组联合中国工程院刘超院士团队共同探究了中国苗瑶语人群的遗传演化历史模式和选择适应的遗传学基础，题为《Differentiated genomic footprints suggest isolation and long-distance migration of Hmong-Mien populations》（苗瑶语人群差异性遗传背景揭示其遗传隔离和人群远距离迁移模式）的文章在线发表于综合性科学杂志 BMC Biology（doi: <https://doi.org/10.1186/s12915-024-01828-x>）。本研究系统性的整合了来中国及东南亚的共 33 个地区的 440 名苗瑶语个体的全基因组资源，并基于经典遗传学分析探索了苗瑶语人群的精细遗传结构；基于复杂人口统计学建模发现了苗瑶语人群在 7640 至 15860 年间与汉族发生的遗传分化；还基于古今人群基因组整合分析证实了苗瑶语人群受到来自周边汉藏语 / 壮侗语 / 南岛语相关古人群的基因流；同时基于共享单倍型模式揭示了来自云贵高原的苗瑶语人群具有之前未报道的广泛遗传多样性，与其他内陆及东南亚地区的苗瑶语人群之间存在直接的遗传联系，支持遗传隔离和远距离迁徙模式；最后基于等位基因频率及单倍型连锁模式解析了中国内陆和沿海地区苗瑶语人群中与身体表型和免疫功能相关的共享及差异性自然选择信号。

RESEARCH ARTICLE

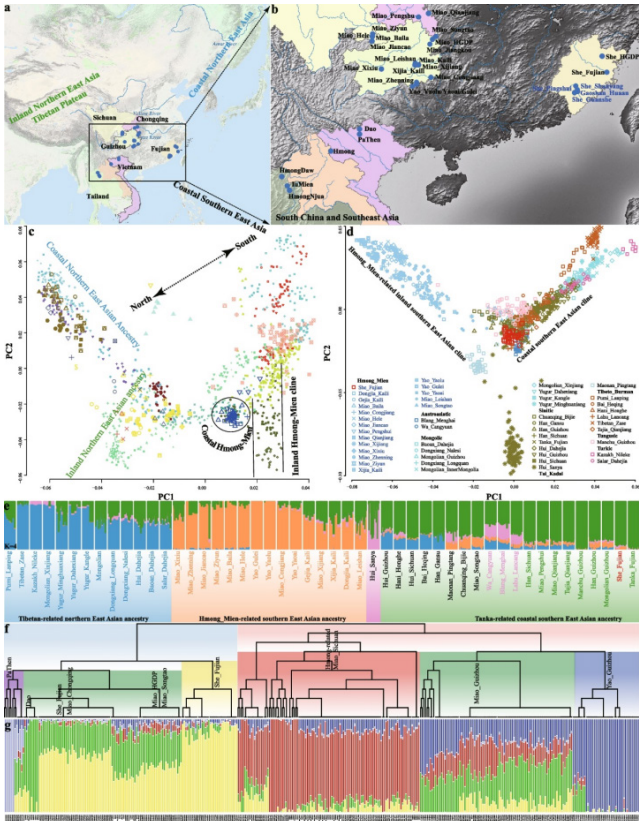
Open Access

Differentiated genomic footprints suggest isolation and long-distance migration of Hmong-Mien populations

Guanglin He^{1,2,12,14†}, Peixin Wang^{1,4}, Jing Chen^{1,5}, Yan Liu^{1,6,14}, Yuntao Sun^{1,7}, Rong Hu⁸, Shuhan Duan^{1,6,14}, Qixua Sun^{1,9}, Renkuan Tang¹, Junbao Yang^{6,14}, Zhiyong Wang^{1,10}, Libing Yun⁷, Liping Hu^{1,10}, Jiangwei Yan⁵, Shengjie Nie¹⁰, Lanhai Wei^{1,11}, Chao Liu^{1,12,13} and Mengge Wang^{1,3,12,14†}

早期针对中国人群的基因组学研究揭示了民族语言多样的中国人群之间与地理 / 语言相关的精细遗传结构。然而，现有的基因组学研究存在着明显的汉族偏移，少数民族基因组资源的缺乏阻碍了对中国人群遗传多样性的全面的解析以及相关研究成果的转化应用。为了全面剖析中国人群遗传多样性模式并确保基因组学研究受益的平等性，亟需进一步深入探索民族语言不同的中国人群的精细遗传结构，以及中国人群之间的遗传联系和遗传混合模式，特别是针对早期研究中民族语言代表性不足的中国少数民族人群，比如苗瑶语人群。

苗瑶语人群的起源被普遍认为与中国中部地区（长江流域中游）新石器时代的石家河、屈家岭和大溪文化有关。尽管之前的研究从常染色体、线粒体和Y染色体遗传变异的角度探讨了苗瑶语人群的遗传混合事件，但来自中国沿海地区的苗瑶语人群在早期基因组学研究中代表性不足，且目前缺乏针对苗瑶语人群的规模性基因组学研究。因此，亟需对包含沿海地区在内的地理上不同的苗瑶语人群进行规模性采样，对已发表数据进行全面整合，并开展基于等位基因和单倍型共享的群体遗传学研究，以填补中国人群（尤其是少数民族群体）遗传多样性的空白。



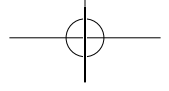
苗瑶语人群的地理位置与群体结构

该研究团队收集了来自中国 and 东南亚不同地区所有苗瑶语人群的基因组数据，包括本研究中新分型的福建沿海地区的畬族，以探索苗瑶语人群复杂的遗传历史和生物适应性信号。在此数据基础上，该研究拟解决以下几个关键的科学问题：

1. 苗瑶语人群遗传结构和混合历史全景图是怎样的？
2. 苗瑶语人群与其他东亚现代以及古代人群的遗传关系是如何的？
3. 中国沿海和内陆苗瑶语人群的遗传联系和遗传分化情况如何？
4. 苗瑶语人群复杂的人口统计学历史以及与周边群体的互动模式是怎样的？

这些问题的解决将有助于我们深入理解苗瑶语人群的遗传结构、演化历史以及与其他人群的遗传联系，为全面捕捉中国人群遗传多样性模式提供了关键线索。

基于整合的苗瑶语人群的基因组资源，本研究展示了苗瑶语人群的遗传变异全景图，揭示了其遗传混合进程、生物适应性历史以及与医学相关的候选位点。本研究采用多种互补的最先进的统计和计算方法，包括传统的基于等位基因频率的 PCA、ADMIXTURE、TreeMix、f 统计检验，以及基于单倍型块的 fineSTRUCTURE、fastGLOBETROTTER、ChromoPainter 和 MSMC，进行了遗传建



RESEARCH PROGRESS

科研成果

模和群体遗传分歧时间的估计。此外，通过网络关系构建和系统发育树重建，还探索了苗瑶语人群父系和母系人口统计学历史的复杂性。基于以上多维度的分析方法，我们能够深入理解苗瑶语人群的精细遗传结构、复杂演化历史以及生物适应性信号。

总的来说，本研究通过复杂的人口统计学建模和演化历史重建，深入阐明了中国和东南亚苗瑶语人群的遗传形成过程。研究结果支持了苗瑶语人群祖先起源于云贵地区与大溪-屈家岭-石家河文化相关的古代人群。通过共享等位基因和 IBD 片段的长度，揭示了未曾报道的苗瑶语人群的精细遗传结构，证实了云贵高原苗瑶语人群与东南亚苗瑶语人群之间极强的遗传亲和性和远距离的群体迁徙模式。此外，常染色体和父系遗传证据进一步揭示了中国内陆和沿海地区苗瑶语人群之间的遗传差异，揭示了古东亚北部人群对沿海苗瑶语人群的遗传贡献高于内陆苗瑶语人群。该研究中适应性历史重建和医学相关性分析的证据强调了疾病易感性遗传变异或自然选择位点的共享和差异性模式。总的来说，本研究为苗瑶语人群的遗传形成提供了新的深刻的见解。

论文第一作者和通讯作者为四川大学考古科学中心 / 四川大学华西医院罕见病研究院何光林副研究员，共同第一作者为四川大学华西医院罕见病研究院王萌鸽助理研究员和内蒙古师范大学韦兰海教授。共同通讯作者为四川大学华西医院罕见病研究院王萌鸽助理研究员和广东省毒品实验技术中心（国家毒品实验室广东分中心）中国工程院刘超院士。该研究得到了国家自然科学基金、四川大学考古科学中心开放课题基金、四川省科技厅基金等项目资助。

17. 全球人群 non-CODIS STR 图谱为法医复杂 DNA 分析提供新思路 (Comprehensive landscape of non-CODIS STRs in global populations provides new insights into challenging DNA profiles)

四川大学华西医院罕见病研究院和四川大学考古科学中心何光林课题组联合广东省毒品实验技术中心中国工程院刘超院士团队在法医学权威期刊 Forensic Science International: Genetics 在线发表了题为《Comprehensive landscape of non-CODIS STRs in global populations provides new insights into challenging DNA profiles》的研究论文，利用来自全球不同群体的 4150 个高深度全基因组测序（Whole genome sequencing, WGS）数据对 178 个 non-CODIS STR 的多态性特征进行了全面解析。在此基础上，该研究结合真实和模拟数据集，对大规模 non-CODIS STR 体系解决多贡献者的混合 DNA 分析、混合遗传背景下的生物地理祖先推断和复杂亲缘关系鉴定等法医学难点问题的应用潜力进行了系统性评估。该研究首次揭示了全球群体基因组 non-CODIS STR 的多态性模式，证明纳入多态性的 non-CODIS STR 对于提升复杂 DNA 分析能力具有重要意义，为后续大规模 STR 检测体系的开发提供了科学依据。



短串联重复序列（Short tandem repeat, STR）约占基因组的 6%，是一类高度多态性的遗传标记。自上世纪 90 年代首次应用在法医 DNA 分析领域以来，STR 在群体遗传学研究、个人识别、生物地理祖先推断、亲子鉴定和亲缘关系分析等领域发挥了重要作用。目前主流的 STR 检测试剂盒一般仅包含 FBI 联合 DNA 索引系统（Combined DNA Index System, CODIS）核心基因座在内的 20-30 个 STR 标记，难以满足日益复杂的法医 DNA 分析需求。高通量新一代测序技术（Next-generation sequencing, NGS）使得单次试验能够联合检测大量 CODIS 和 non-CODIS STR 遗传标记，从而有效提高 DNA 分析体系的系统效能，有望为复杂 DNA 分析带来新的突破。然而，由于缺乏全球人群 non-CODIS STR 的遗传变异图景，这一技术路线并未在实际案件中得到广泛应用。

研究成果：

1. 全基因组 non-CODIS STR 参考基因集构建

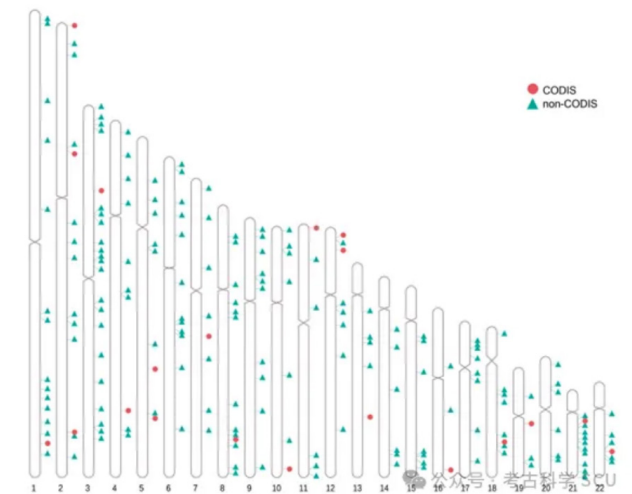


图 1. 研究纳入的 STR 基因座位染色体分布。

研究共纳入 198 个多态性 STR 位点，包括 20 个 CODIS 核心基因座和 178 个 non-CODIS 基因座，并通过序列搜索、重复序列比对和手动核对，完善了全部 STR 的基因组注释信息。

2. 全球群体 non-CODIS STR 多态性和法医学应用潜力评估

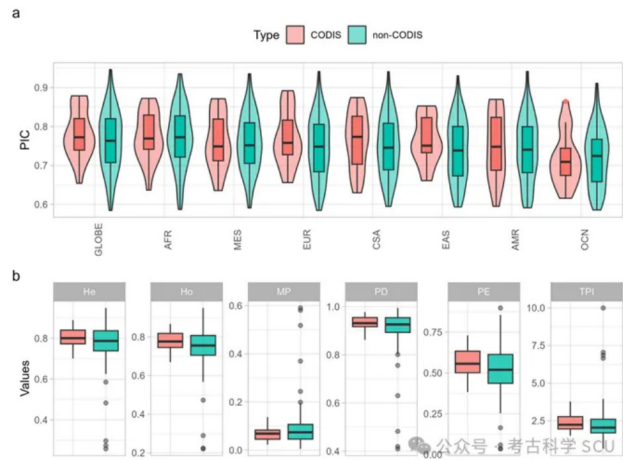


图 2. CODIS 和 non-CODIS 多态性和法医学参数评估。

a：全球群体 STR 多态性；b：STR 法医学应用参数。PIC，多态性信息量（Polymorphism Information Content）；He，期望杂合度（Expected heterozygosity）；Ho，观察杂合度（Observed heterozygosity）；MP，匹配概率（Match probability）；PD，个人识别概率（Power of discrimination）；PE，排除概率（Power of exclusion）；TPI，典型父权指数（Typical paternity index）。

该研究对 STR 在不同洲际群体的多态性和法医学参数进行了评估。结果表明 non-CODIS STR 具有与 CODIS STR 相当的多态性和法医学效能。此外，CODIS 和 non-CODIS STR 均表现出明显的群体分层：非洲群体（AFR）总体多态性较高，而大洋洲群体（OCN）多态性最低。

3. 群体结构和生物地理祖先推断

在考虑群体多态性和连锁不平衡模式的情况下，该研究模拟了包含 20 个 CODIS 核心基因座和 88 个 non-CODIS 基因座的大规模 STR 检测体系（extdSTR），实现了对全球不同洲际群体遗传背景的有效区分。

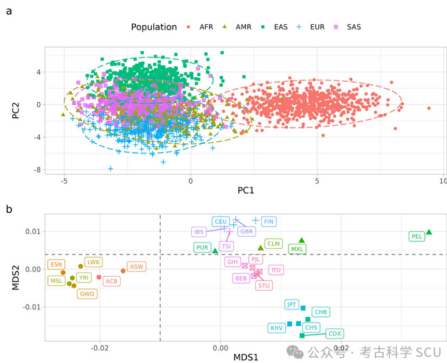


图 3. 基于 108 个 STR 的全球群体遗传结构分析。a：五大洲际

RESEARCH PROGRESS

科研成果

群体 PCA 分析；b：全球 26 个群体基于群体分化指数（Fst）矩阵的非度量多维尺度分析。

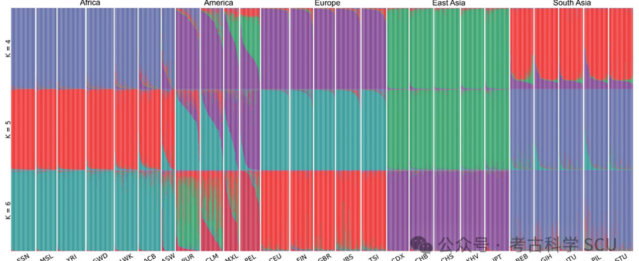


图 4. 全球 26 个群体 STRUCTURE 非监督聚类分析 (K=4,5,6)。进一步，该研究构建了基于 108 个 STR 的随机森林分类模型，用以评估体系的生物地理祖先推断能力。结果表明，应用大规模 non-CODIS STR 可以有效区分不同洲际祖源背景个体的生物地理祖先。

表 1 基于 extdSTR 和 CODIS 核心位点集预测祖先来源的 RF 模型混淆矩阵。TP: 真阳性;FP: 假阳性。

	extdSTR					CODIS				
	Truth					Truth				
Prediction	AFR	AMR	EAS	EUR	SAS	AFR	AMR	EAS	EUR	SAS
AFR	206	4	0	0	0	192	14	14	14	17
AMR	0	34	0	0	0	1	32	1	4	2
EAS	0	8	154	0	0	7	10	109	16	21
EUR	0	57	0	158	6	5	39	5	113	11
SAS	0	3	0	0	149	1	11	25	11	104
TP	206	34	154	158	149	192	32	109	113	104
FP	0	72	0	0	6	14	74	45	45	51

4. 混合 DNA 解析

为验证 non-CODIS 对于复杂混合 DNA 的解析能力，该研究模拟生成了一系列由 2 到 8 个贡献者构成的混合 DNA 图谱。研究结果表明，纳入 non-CODIS STR 有效提升了贡献者人数（NoC）估计的准确性和混合 DNA 图谱的证据强度。

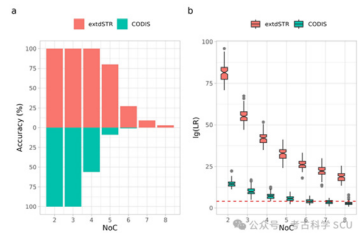


图 5. 使用 extdSTR 和 CODIS 核心位点集对 DNA 混合图谱进行反卷积 (n = 100)。真实贡献者人数 NoC 为 2-8 人。a：NoC 推断准确性评估；b：混合 DNA 图谱中目标个体的似然率值。

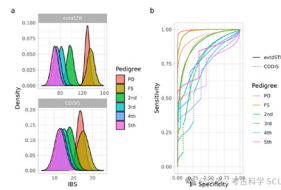
5. 复杂亲缘关系推断

最后，该研究评估了 non-CODIS 进行复杂亲缘关系推断的能力。结果表明，大规模 non-CODIS 能够实现一到三级亲缘关系的有效区分，但对于三级以上亲缘关系区分能力仍然欠佳。



RESEARCH PROGRESS

科研成果



该研究利用高深度 WGS 数据对全球群体基因组 non-CODIS STR 的多态性特征和法医学应用潜力进行了系统性分析。研究结果证明 non-CODIS STR 在不同群体均具有较高的多态性和法医学效能，在生物地理祖先推断、DNA 混合反卷积和复杂亲缘关系分析等领域具有广阔的应用前景。随着 NGS 技术在法医学领域的广泛应用，将 non-CODIS STR 纳入大规模 STR 检测体系有望为复杂 DNA 分析提供强有力的工具。

论文第一作者为四川大学华西医院罕见病研究院博士后黄雨果，第一通讯作者为四川大学华西医院罕见病研究院和四川大学考古科学中心何光林副研究员，广东省毒品实验技术中心（国家毒品实验室广东分中心）刘超院士为共同通讯作者。

18. 中亚古今人群和病原菌基因组研究进展 (Population genomics of Central Asian peoples unveil ancient Trans-Eurasian genetic admixture and cultural exchanges)

人类古今基因组研究不仅有助于阐明人群的起源、迁徙、演化及混合历史，还在系统解析人群疾病与健康的遗传调控机制、揭示复杂性状遗传学基础的时空演化轨迹并推动人类遗传疾病的早期筛查、诊断与治疗方面具有重要意义。2024 年 6 月 22 日，四川大学考古科学中心、四川大学华西医院罕见病研究院袁慧军 / 何光林研究团队，联合复旦大学生命科学学院进化生物学中心、上海科技大学生命科学与技术学院徐书华研究团队，以及广东省毒品实验技术中心（国家毒品实验室广东分中心）刘超院士研究团队，在 hLife 上发表了一篇题为“Population genomics of Central Asian peoples unveil ancient Trans-Eurasian genetic admixture and cultural exchanges”的论文。该论文系统论述了中亚古今人群的基因组研究进展，并提出了未来构建中亚人群大规模特异性基因组资源库的方案。



Population genomics of Central Asian peoples unveil ancient Trans-Eurasian genetic admixture and cultural exchanges

Guanglin He^{1,2,4,*}, Mengge Wang^{1,2,4,*}, Lintao Luo^{1,2,3,*}, Qiuxia Sun^{1,2,3,*}, Haibing Yuan¹, Hongliang Lv¹, Yuhang Feng^{1,2}, Xiaojun Liu^{1,2}, Jing Cheng^{1,2}, Fengxiao Bu^{1,2}, Maxat Zhabagin⁵, Huijun Yuan^{1,2}, Chao Liu⁴, Shuhua Xu^{6,7}

¹ Center for Archaeological Science, Sichuan University, Sichuan, China

² Institute of Rare Diseases, West China Hospital of Sichuan University, Sichuan, China

亚特异性基因组项目并构建人群特异性基因组数据集至关重要。这些资源对于阐明现代人群的起源、迁移和混合模式，进而全面理解遗传易感性以及推进疾病的诊断、预防和治疗至关重要。

此外，中亚地区游牧业的技术创新、饮食习惯变化及病原体传播与生计和社会结构的转型密切相关，为理解病原体的起源和进化提供了独特的视角。半定居生计策略、人群密度变化和疾病生态的变化促进了病原体在新石器时代后人群中的适应，并导致中亚人群对病原体感染的抵抗力增加和对免疫相关疾病的高度易感性。中国新疆维吾尔自治区靠近中亚，系统的基因组学研究揭示了其广泛的基因组多样性，反映了复杂混合事件的影响。这为未来在中亚及周边地区开展大规模基因组精准医疗提供了新的思路。实现大型人群基因组队列研究这一目标则需要完善的科研设计、稳定的基础设施、优秀的人才队伍、持续的经费支持以及全社会的广泛参与。

整体而言，中亚在史前和历史时期作为连接南亚、西伯利亚以及欧亚大陆东西部的关键纽带，是古代丝绸之路的重要通道，具有独特的地理和文化重要性。历史上，中亚是不同文化和遗传背景人群迁移和定居的地区，这些迁移和混合不仅对该地区的基因库产生了深远影响，也对其文化和社会结构产生了重要影响。然而，过去的多项人类基因组和泛基因组项目中缺乏该关键地区人群的数据，可能导致基因组驱动的精准医学在该地区的应用存在局限性，进而影响该地区人群的健康研究和疾病诊疗。本文系统梳理了中亚地区的古今基因组相关研究，发现包括西伯利亚狩猎采集者、游牧人群、伊朗农民和粟作农业人群在内的多个古代欧亚人群对现代中亚人群遗传图谱的多样性产生了显著贡献。现代中亚人群的基因组数据仍然稀缺，该区域人群基因代表性严重不足。中亚观察到的广泛遗传混合现象与沿丝绸之路进行的跨欧亚交流的考古和文化证据相呼应。历史上病原体的暴露对中亚人群的基因多样性也产生了重大影响。

四川大学考古科学中心 / 四川大学华西罕见病研究院王萌鸽博士、何光林副研究员及重庆医科大学罗林焘硕士研究生、孙秋霞硕士研究生为共同第一作者，广东省毒品实验技术中心（国家毒品实验室广东分中心）的刘超院士、四川大学考古科学中心 / 四川大学华西罕见病研究院袁慧军教授、王萌鸽博士和何光林副研究员、复旦大学生命科学学院进化生物学中心、上海科技大学生命科学与技术学院徐书华教授为共同通讯作者。相关工作得到国家自然科学基金、四川大学考古科学中心开放课题等项目的资助。

19. 中国古今人群父系遗传演化并成功研发超高分辨率法医学体系 (Multiple human population movements and cultural dispersal events shaped the landscape of Chinese paternal heritage)

《Molecular Biology and Evolution》在线发表了广东省毒品实验技术中心刘超院士团队、南方医科大学朱波峰院长团队，以及四川大学考古科学中心和华西罕见病研究院何光林 / 王萌鸽团队合作完成题为“Multiple human population movements and cultural dispersal events shaped the landscape of Chinese paternal

heritage”的研究论文。研究基于中国万人基因组多样性计划（10K_CPGDP）和炎黄队列（YanHuang cohort）等项目相关的 Y 染色体基因组资源的初步结果，构建了首个超高分辨率的东亚古今人群整合演化框架。系统解析了古今人群的起源、分歧、瓶颈、扩张及混合事件，并阐述了父系演化进程与语言传播及生业模式转变等社会人类学事件对东亚人群父系遗传结构的影响。此外，研究团队还研发了首个兼顾所有东亚人群父系演化支系的超高分辨率法医学 Y 染色体检测体系。这一体系有助于加快法医学疑难案件的家系排查和父系生物地理溯源，为犯罪嫌疑人的智能定位和身份识别提供了新技术和新方法。

JOURNAL ARTICLE ACCEPTED MANUSCRIPT

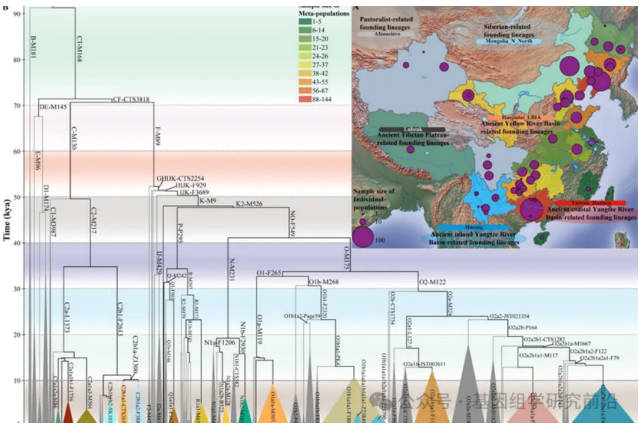
Multiple human population movements and cultural dispersal events shaped the landscape of Chinese paternal heritage

Mengge Wang ✉, Yuguo Huang, Kaijun Liu, Zhiyong Wang, Menghan Zhang, Haibing Yuan, Shuhan Duan, Lanhai Wei, Hongbing Yao, Qiuxia Sun, Jie Zhong, Renkuan Tang, Jing Chen, Yuntao Sun, Xiangping Li, Haoran Su, Qingxin Yang, Liping Hu, Libing Yun, Junbao Yang, Shengjie Nie, Yan Cai, Jiangwei Yan, Kun Zhou, 10K_CPGDP Consortium, Chuanchao Wang, Bofeng Zhu ✉, Chao Liu ✉, Guanglin He ✉
Author Notes

Molecular Biology and Evolution, msae122, <https://doi.org/10.1093/molbev/msae122>

Published: 17 June 2024 Article history ▼

在大众群基因组学时代，群体基因组学和人类泛基因组计划正全面记录全球不同人群的遗传图谱，揭示其群体历史，并探究复杂性状及疾病的遗传基础。东亚作为文明的发源地之一，同时是连接大洋洲、西伯利亚和美洲的重要枢纽，其遗传图谱在群体基因组学时代仍然缺乏充分表征。中国拥有丰富的遗传、表型、文化和民族语言多样性，这使其在研究人群复杂历史，包括人类的分化、迁徙和混合，以及遗传与文化的相互作用方面具有独特优势。然而，基于大规模古今基因组资源重建中国古今人群基本演化框架仍需系统解析。



目前，众多研究致力于探究中国人群的进化历史及复杂性状及疾病的遗传学基础，以填补人类基因学这一领域的中关于中国人群



RESEARCH PROGRESS

科研成果

遗传多样性系统蓝图的知识空白 [1,2]。最近的研究利用全基因组 SNP 芯片, 深入分析了汉藏语、蒙古语、通古斯语、突厥语、壮侗语和苗瑶语等不同群体的基因组多样性和群体历史 [3-9]。同时, 全基因组测序技术的发展推动了多个重要研究项目 [10-17], 如西湖生物样本库、NyuWa 基因组资源、中国代谢解析计划和中国万人基因组多样性计划 (10K_CPGDP)。这些项目不仅加深了我们对中国各民族语言群体的基因多样性、群体历史及复杂性状和疾病遗传基础的理解, 还为从单系遗传标记和群体规模角度探索其精细遗传结构提供了重要资源。此外, 大规模人群基因组项目和古 DNA 技术的创新, 为探索人类演化历史开辟了新途径。然而, 古代欧亚人群对中国父系支格局形成的遗传贡献尚未得到充分研究。

Y染色体的非重组区域已成为研究人类父系演化历史的重要工具。随着测序技术和基因组组装技术的进步,以及读长比对、变异分型和基准测试等计算方法的发展,我们获得了Y染色体的完整序列,大大丰富了对其遗传变异的认识。这些成果促进了稳定系统发育树的构建。过去二十年中,基于靶向Y-SNPs的研究通过追踪父系支系,为研究人类的起源、迁徙和混合提供了关键数据。采用先进的下一代测序技术和计算生物学方法对Y染色体进行全序列重测序,已改变了Y染色体研究的范式。然而,中国人群的大规模Y染色体基因组数据库仍然有限,这凸显了建立更全面数据库的必要性,以探索中国精细父系遗传结构及其历史影响因素。

近年来，中国人群基因组资源的快速增长的同时，也反应了我们在理解其父系遗传多样性方面的不足。与汉族及全球其他人群的研究相比，民族语言多样性族群的精细演化历史领域的进展明显滞后。为弥补这一差距，我们启动了 10K_CPGDP 项目，采用人类学田野调查采样策略，并引入了炎黄队列（YHC）基因组资源。YHC 项目不仅包含新生成的 Y 染色体序列，还整合了 10K_CPGDP 中的 Y 染色体数据。其目标是建立高质量的特定人群 Y 染色体数据库，精细描绘代表性不足群体的父系历史，构建高分辨率、带时间轴的系统发育树，并开发高分辨率的东亚人群特异性单倍型参考面板和法医基因组体系研发、数据库构建和算法开发。基于大规模人群基因组资源的理论研究和数据运用将用于医学基因组学、法医学精准祖源推断和大规模远距离家系重建等应用。

本项目开发了“YHSeqY3000”超高分辨率Y染色体检测系统，这是目前最精确的Y特异性靶向重新测序法医学检测系统，基于YHC的全基因组数据和芯片数据设计。研究团队利用YHSeqY3000对919名中国少数民族男性进行基因分型，并通过Y染色体全基因组测序验证其结果。通过整合已发表的古今基因组数据，我们建立了一个包含15,563名现代和古代欧亚个体的Y染色体数据库，并构建了首个完整且高分辨率的古今人群综合系统发育树，包括中国不同时期的古基因组序列。这一系统发育树有助于估计主要父系支系的分歧、瓶颈事件、扩张和混合的发生时间，追踪中国不同父系支系的起源，揭示历史上的迁徙、混合和生计策略变化对中国各人群父系遗传结构的影响。

整体而言, 本研究构建了一个综合的 Y 染色体古今人群基因组数据库, 涵盖了 15,563 名现代和古代欧亚个体, 以探索中国的父系基因组多样性。通过构建高分辨率且具有时间标记的系统发育树, 我们揭示了新石器时代早期和中期的多次父系支系分化和大规模扩

张事件。研究结果阐明了四次主要的古代群体迁徙，这些迁徙均与生业技术的创新紧密相关，对中国现代父系遗传格局的形成产生了深远影响。首先，早期东亚人和黄河流域的粟作农民携带 O2/D 亚支系的扩张，显著影响了汉藏语人群父系支系格局，促进了人群在青藏高原的永久定居。其次，携带 O1 和某些 O2 亚支系的长江流域稻作农民的扩散，重塑了南方汉族以及壮侗语、南岛语、苗瑶语和南亚语人群的父系遗传多样性。第三，起源于新石器时代西伯利亚的 Q/C 等父系支系，在蒙古高原和黑龙江流域的狩猎采集者中兴起和扩散，对中国北方人群的基因库产生了显著影响。第四，起源于西欧亚的 J/G/R 等父系支系，最初由与颜那亚文化有关的草原游牧人群传播，主要存在于中国西北地区。总体而言，本研究提供了全面的遗传学证据，揭示了不同文化背景下古代欧亚人群的互动对现代中国人群父系遗传多样性格局的显著影响。基本框架的解析，为研究团队下一步精细解析人类 Y 染色体序列隐藏的基因组医学和群体演化奥秘提供方向。

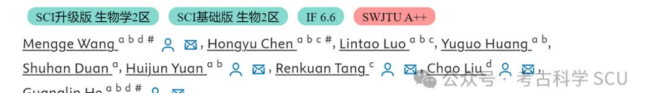
四川大学考古科学中心 / 四川大学华西罕见病研究院王萌鸽博士、莫雨果博士后和何光林副研究员为共同第一作者, 广东省毒品实验技术中心 (国家毒品实验室广东分中心) 的刘超院士、南方医科大学朱波峰院长、四川大学考古科学中心 / 四川大学华西罕见病研究院王萌鸽博士和何光林副研究员为共同通讯作者。相关工作得到国家自然科学基金、四川大学考古科学中心开放课题等项目的资助。

20. 遗传系谱在古人类社会结构重建及犯罪智能打击研究中的最新进展 (Forensic investigative genetic genealogy: expanding pedigree tracing and genetic inquiry in the genomic era)

Journal of Genetics and Genomics 在线发表广东省毒品实验技术中心（国家毒品实验室广东分中心）刘超院士团队、四川大学考古科学中心、四川大学华西罕见病研究院袁慧军 / 何光林团队以及重庆医科大学唐任宽团队合作题为“Forensic investigative genetic genealogy: expanding pedigree tracing and genetic inquiry in the genomic era”的综述论文。该综述系统阐述了遗传系谱学和法医遗传系谱学的发展历程，总结了相关数据库建设及算法开发的最新研究成果，论述了法医系谱新技术在犯罪嫌疑人智能定位和身份识别、精准寻亲打拐、古代人群大规模家系重建及复杂社会结构解析中的作用，并强调了伦理、法律及社会影响在法医系谱新技术研发和应用中的重要性。



Forensic investigative genetic genealogy: expanding pedigree tracing and genetic inquiry in the genomic era

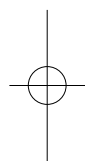
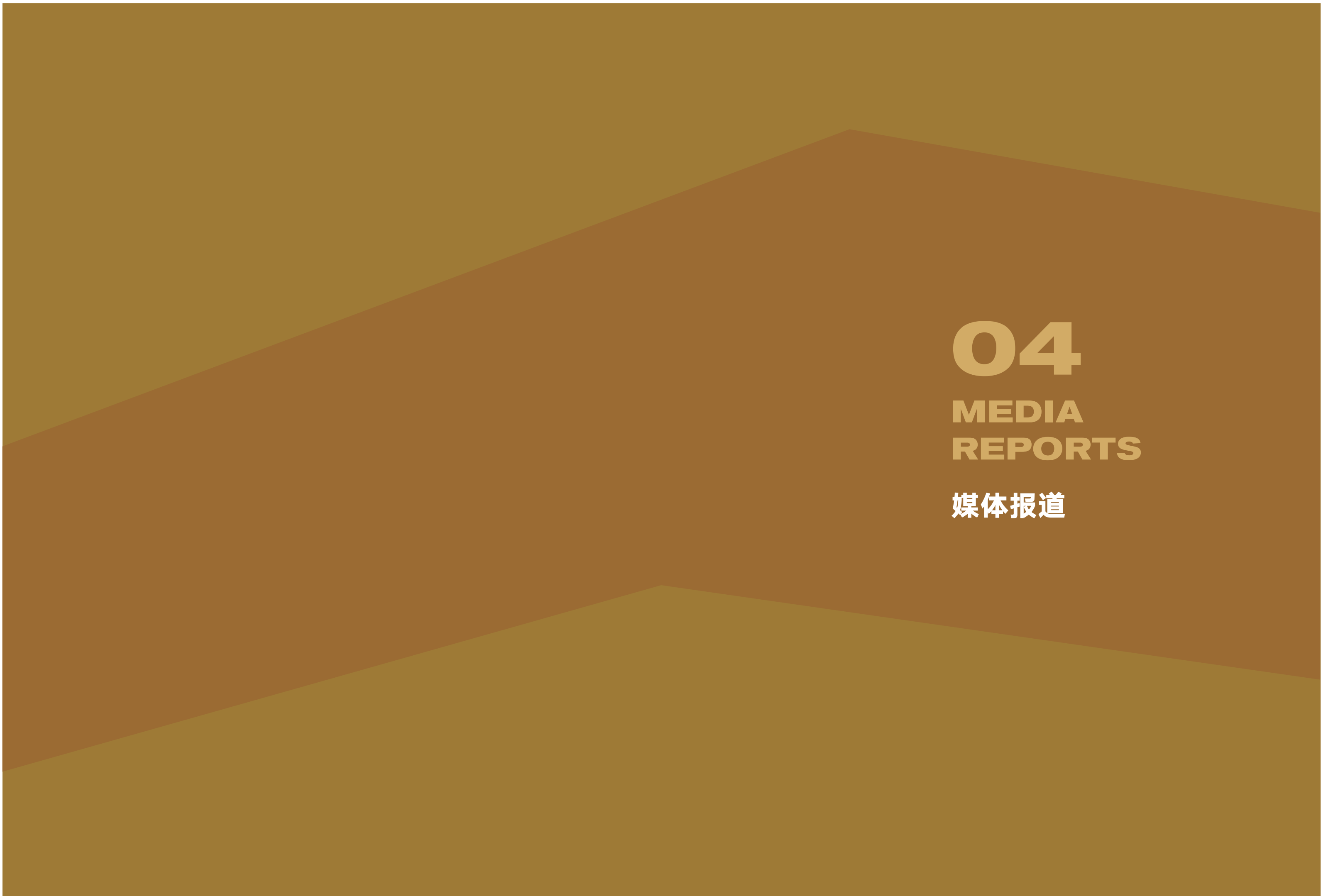
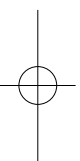
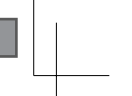
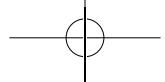
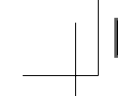


近年来，随着 DNA 测序技术的发展、计算方法的进步和基因组数据库的建立，法医遗传系谱学 (forensic investigative genetic genealogy, FIGG) 分析逐渐成熟。FIGG 将现代分子生物学技术与传统家谱学方法相结合，为识别重大疑难案件中的未知个体提供重要线索。DNA Doe 项目 (DDP) 利用 FIGG 识别了 “Buckskin Girl” 谋杀案的受害者，而臭名昭著的 “金州杀手” 案也通过 FIGG 得以侦破。通过分析共享等位基因和单倍型，系谱技术的创新也为重建古代人群家谱、在精细尺度层面解析古代人群的社会结构提供了新见解。

该综述首先系统阐述了 FIGG 的发展历史, 介绍了 GEDmatch、FTDNA、DNASolves 和 DNA Justice 等重要数据库在法医学中的应用, 以及确定遗传相关性和亲缘关系概率的算法创新。其中, Y 染色体和线粒体 DNA 等分子遗传标记的整合分析加速了该领域的发展。其次, 该综述总结了 FIGG 在法医学中的具体应用, 包括通过家族搜索方法识别嫌疑人, 以及利用 DDP 等资源识别未知个体的过程 (图 4)。同时, 对如何利用遗传学和考古学数据重建古代人群系谱关系、研究古代社会组织 and 人类迁移进行探讨 (图 3)。此外, 该综述深入讨论了 FIGG 实施过程中涉及的伦理、法律、社会影响和行业标准化, 例如知情同意、隐私保护和数据安全等问题, 以及如何建立法律和监管框架以平衡公共利益和个人隐私。最后,

该综述对 FIGG 的未来发展进展展望,包括开发特定人群基因组资源、进一步优化算法提高准确性,以及如何在¹全球范围内完善 FIGG 的伦理规范和标准,旨在为研究人员提供全面的参考框架,促进 FIGG 在法医学和相关领域可持续发展。

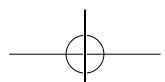
四川大学华西罕见病研究院 / 考古科学中心王萌鸽博士和重庆医科大学的本科生陈泓羽为该综述共同第一作者, 广东省毒品实验技术中心 (国家毒品实验室广东分中心) 的刘超院士、重庆医科大学基础医学院的唐任宽教授, 以及四川大学考古科学中心 / 四川大学华西罕见病研究院袁慧军教授和何光林副研究员为共同通讯作者。相关工作得到国家自然科学基金、四川大学考古科学中心开放课题等项目的资助。

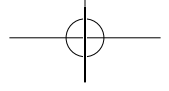


04

MEDIA REPORTS

媒体报道





MEDIA REPORTS

媒体报道

04

CCTV

【焦点访谈】我校专家利用生成式 AI 技术复原烈士容貌

05

CCTV

【央视新闻】古蛋白研究揭开史前高原奶制品的秘密

06



【凤凰大视野 - 凤凰秀】《地下拼图：我们这样发现西南（二）》报道四川大学考古科学中心原海兵在贵州招果洞的工作。

07



四川大学文理交融培育复合型创新人才



【科技日报】报道《四川大学文理交融培育复合型创新人才》建设文科实验室促进学科交叉工作

08



5 块牛骨揭开进化之谜

