

宁夏盐池张家场古城遗址古洪水事件的 沉积与考古学证据*

李云河^{1,2} 马晓玲³ 王洋洋^{3,4} 王 成^{5,6,7} 田帮森⁶ 刘 未^{1,2} 丁 雨^{1,2}
金志远³ 田 天^{1,2} 潘 岩^{1,8} 林怡嫻^{1,8} 骆艳松⁹ 刘德成^{5,6,7}

1 北京大学考古文博学院, 北京 100871

2 北京大学中国考古学研究中心, 北京 100871

3 宁夏文物考古研究所, 宁夏银川 750001

4 西北大学文化遗产学院, 陕西西安 710069

5 可持续发展大数据国际研究中心, 北京 100094

6 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094

7 联合国教科文组织国际自然与文化遗产空间技术研究中心, 北京 100094

8 考古科学教育部重点实验室(北京大学), 北京 100871

9 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北武汉 430079

摘 要 宁夏盐池张家场城址是西北地区保存较好的秦汉时期古城遗址。在遗址东城门的考古发掘中, 发现位于门道位置的探方南壁的上下 2 期汉代文化层间, 发育有 1 层厚约 2 m 的细—粉砂堆积层, 并对这一堆积层开展了环境考古研究。综合宏观堆积特征、微观层理形态、包含物性质、沉积物粒度等多项指标进行分析, 能够证明这一粉砂堆积层为与流水作用有关的沉积物。后续在东城门附近发掘揭露出来的汉代导水槽进一步指明该沉积物的形成与流水作用有关。沉积物与考古遗迹现象均表明, 张家场古城在汉代曾经遭遇过一次规模较大的洪水内涝事件。本次发现是首次在西北地区秦汉古城遗址中发现确凿的古洪水证据, 对于重建张家场古城的古环境以及分析该城的建造、使用具有重要意义。

关键词 张家场古城 古洪水 粒度 沉积

第一作者简介 李云河, 男, 1989 年生, 博士、助理教授, 主要从事历史时期考古学研究。E-mail: kaoguhe@sina.com。

通讯作者简介 刘德成, 男, 1976 年生, 博士、副研究员, 主要从事环境考古学研究。E-mail: liude@aircas.ac.cn。

中图分类号: PP534.63; K878.3 文献标志码: A

Sedimentary and archaeological evidence for a paleoflood event at Zhangjiachang City site, Yanchi County, Ningxia

LI Yunhe^{1,2} MA Xiaoling³ WANG Yangyang^{3,4} WANG Cheng^{5,6,7} TIAN Bangsen⁶ LIU Wei^{1,2}
DING Yu^{1,2} JIN Zhiyuan³ TIAN Tian^{1,2} PAN Yan^{1,8} LIN YiHsien^{1,8} LUO Yansong⁹ LIU Decheng^{5,6,7}

* 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(编号: 22JJD780003)资助。[Financially supported by the Major Project of the Key Research Institute of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education of the People's Republic of China (No. 22JJD780003)]

收稿日期: 2026-04-08 改回日期: 2026-05-11

1 School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing 100871, China

2 Center for the Study of Chinese Archaeology (Peking University), Beijing 100871, China

3 Ningxia Institute of Cultural Relics and Archaeology, Yinchuan 750001, China

4 School of Cultural Heritage, Northwest University, Xi'an 710069, China

5 International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals, Beijing 100094, China

6 Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China

7 International Centre on Space Technologies for Natural and Cultural Heritage under the Auspices of UNESCO, Beijing 100094, China

8 Key Laboratory of Archaeological Science (Peking University), Ministry of Education, Beijing 100871, China

9 School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract The Zhangjiachang City site, located in Yanchi County, Ningxia, represents a well-preserved urban settlement dating to the Qin-Han period (221 BCE–220 CE) in northwestern China. During archaeological excavations at the eastern gate, a fine-to silt-sandy deposit—approximately 2 meters thick—was identified stratigraphically between two successive Han-period cultural layers in the southern section of the trench within the gateway. An integrated environmental archaeological analysis—including macroscopic stratigraphic observations, microscopic sedimentary fabric characterization, inclusion analysis, and grain-size distribution—confirms that this deposit originated from fluvial processes. Subsequent excavations adjacent to the eastern gate uncovered Han-period drainage channels, providing corroborating archaeological evidence for sustained hydrological activity at the site. Collectively, the sedimentological characteristics and associated architectural features indicate that Zhangjiachang experienced a major flood event accompanied by prolonged waterlogging during the Han Dynasty. This constitutes the first unequivocal paleoflood record documented at a Qin-Han urban site in northwestern China, offering critical insights for reconstructing regional paleoenvironmental conditions as well as the chronology of urban construction, occupation, and abandonment at Zhangjiachang.

Key words Zhangjiachang City site, ancient city, paleoflood, particle size, sedimentation

About the first author LI Yunhe, born in 1989, Ph.D., an assistant professor, is mainly engaged in historical archaeology. E-mail: kaoguhe@sina.com.

About the corresponding author LIU Decheng, born in 1976, Ph.D., an associate research fellow, is mainly engaged in environmental archaeology research. E-mail: liude@aircas.ac.cn.

0 引言

遗址的兴衰常与所处的环境有很大的关系。洪水、地震和泥石流等地质灾害事件对遗址的破坏事件是环境考古研究的一个重要内容，也是环境考古研究的热点。例如，夏正楷和杨晓燕（2003）研究发现在 4000 年前中国北方为异常洪水多发期，对华夏文明的演进产生了重大影响。青海喇家遗址是一个典型的史前灾害遗址，研究表明地震、泥石流和洪水等因素造成了遗址的毁灭（杨晓燕等，2005；张小虎等，2009；Wu *et al.*, 2016；张信宝，2017；董广辉等，2018；陈莹璐等，2019；黄春长等，2019；李俊磊等，2024）。在唐宋时期，洛阳城发生

过至少 3 次规模较大的洪灾事件（许俊杰等，2013）。近年来，胡秀等人研究发现了河洛地区汉代破坏性地震，为探讨东汉时期社会发展与自然灾害之间的关系提供新的素材（胡秀等，2025）。黄明系统梳理了成都平原的史前古城，发现古蜀先民的治水技术和理念的进步（黄明，2024）。在鲁西南和豫东北地区的垆堆遗址，是平原区先民在应对黄河洪泛而采取的生存策略，反映了人类应对自然灾害的主动防御理念（陈诗越等，2020）。

中国西北地区，特别是荒漠草原地区有很多古城址。古城址的兴废存续与环境之间的关系对城址的建城史以及古人地关系研究极为重要。研究往往

聚焦于气候恶化（干旱、沙漠化）等因素对古城址的影响（卓海昕等，2013；张贵林等，2018；朱晗等，2020；王兆夺等，2021；李并成，2022）。也有少数学者注意到很多古遗址的废弃与洪水有关（王守春，2000；侯光良等，2012；马玉凤等，2025）。国内目前大多数古洪水研究均集中在东部地区的黄河和长江中下游平原，西北干旱区古洪水的研究相对缺乏。张家场古城位于陕甘宁蒙四省交界位置，地处毛乌素沙地西南缘，是中国西北多民族融合交流的重要场所。张家场古城使用仅限两汉期间，其后废弃。古城在使用期间是否遭受重大环境事件，古人如何应对自然灾害？这些问题成为张家场古城环境考古研究的首要内容。该研究为理解干旱区历史时期人地关系及古城的环境历史提供了新的实证材料。

1 区域概况

张家场古城遗址位于宁夏盐池县城西北约 17 km 的花马池镇张记场村西，城址东南角地理坐标为：37°56′3.05N；107°21′56.76″E。该城址地处鄂尔多斯台地西部、毛乌素沙地西南缘（图 1）。现有的考古遗迹和出土的遗物表明，张家场古城址始建于西汉时期，延续使用至东汉后废弃，城内汉代遗迹保存相对较好，汉代以后的地层堆积简单。遗址地处荒漠草原环境，降雨稀少，植被稀疏，沙地发育，生态环境脆弱。周边地势开阔，调查发现东侧、北侧和西侧为古沼泽洼地，易守难攻。城址

东部的北大池是一处重要的盐池，现仍在开采食盐。汉代人将古城建于北大池附近，有扼守这处重要盐矿资源的考量。

地貌调查发现张家场古城地处基岩台地的边缘，北部和东西两侧为宽浅的谷地，发育古沼泽。在城址西部发育 3 条古冲沟，北部 2 条冲沟流经城址西侧绕城墙折向北再向东流去。南部的 1 条古冲沟从城址的南部流过（图 2）。根据气象记录，盐池县多年来平均降水量在 297 mm 左右。自 1995 年有气象记录以来的最大一次强降雨过程是在 2024 年 8 月 24 至 25 日盐池县高沙窝镇宝塔村累计降雨量达到 178.5 mm。其他记录的 24 小时内较大的强降雨均在 100 mm 左右。因此，若在张家场附近发生 24 h 内 200 mm 的强降雨，古冲沟有可能形成洪水，对古城有一定的威胁。

2021 年起，北京大学考古文博学院与宁夏文物考古研究所组成的联合考古队在张家场古城开展系统考古工作。环境考古相关研究由中国科学院空天信息创新研究院刘德成团队负责。2022 年开始发掘城址东门（图 3），先后清理出了门道、城墙、墩台、马面等主要组成部分。可以确定该城址东门为单门道结构，路面倾斜，内高外低。在位于门道位置的探方 ZJCIT3978 的南壁剖面中，发现一较大的倒塌城墙土块，其外形呈龟背状，似受外力磨蚀而成。该层上下地层均发育水平层理，此特殊现象引起了我们的关注，初步推测其为洪水冲积形成的沉积，可能与古代重大环境事件有关。城址东门的



图 1 张家场古城遗址地理位置
Fig. 1 Location of Zhangjiachang City site

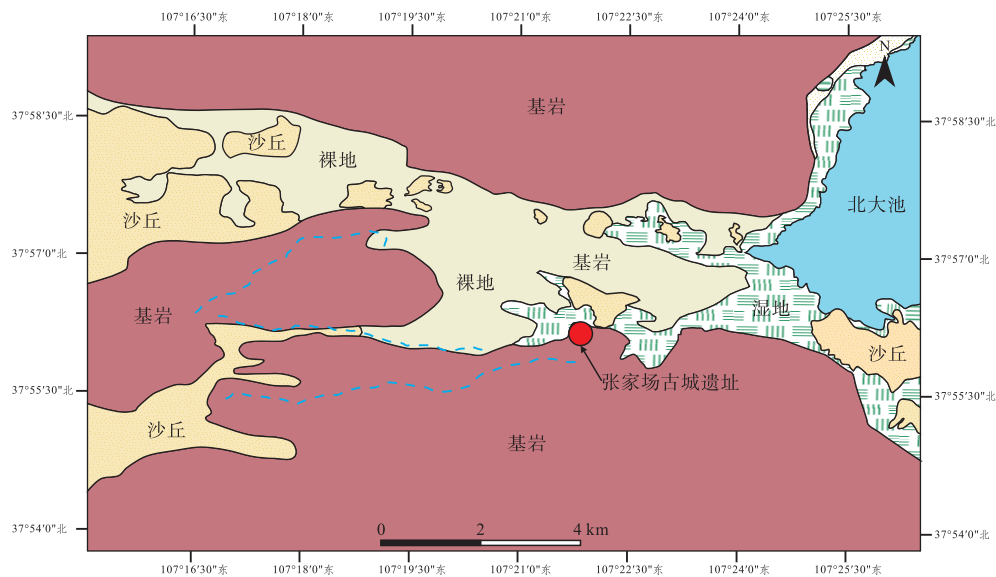


图 2 张家场古城遗址地貌分布

Fig. 2 Geomorphological distribution of Zhangjiachang City site

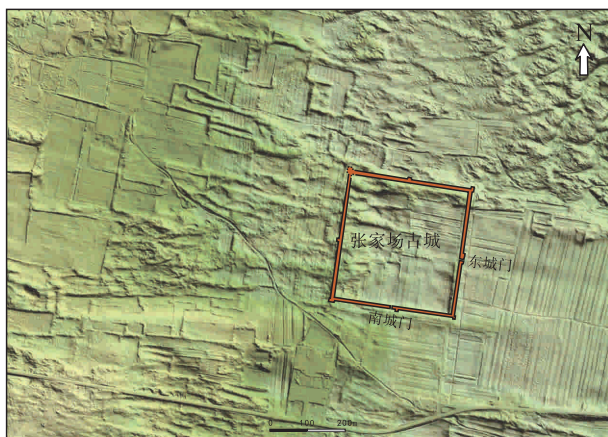


图 3 张家场古城遗址平面分布

Fig. 3 Distribution of Zhangjiachang City site

这一现象引发了诸多讨论，亦有学者提出不同的看法，认为当地区域环境干旱平坦、属荒漠地貌，古洪水灾害发生的可能性较低，该堆积为风成沙、坡积物或人工垫土的可能性较大。由此可见，准确判别该剖面地层的沉积环境，对探讨张家场古城在汉代的使用、修缮重建的原因具有关键意义。

2 研究材料和研究方法

2.1 地层堆积与采样

张家场东城门 ZJCIT3978 探方南壁剖面地层为人工堆积与自然堆积混层的堆积层。该剖面由上至

下可分为 6 层，层号由上至下编号。第 6 层和第 4 层为同一性质沉积物，中间夹着较大的城墙崩塌土块。第 3 层为一层红色垫土层，第 2 和 1 层为混有较多汉代瓦片的混杂堆积，地层详细描述见（图 4）。

为了进一步分析微沉积环境，在该剖面共采集了 43 个样品供实验室分析用（图 5），样品记录详见图 4。为了更直观地区分风成沙堆积和河流沙沉积物的粒度特征，在张家场古城以东约 500 m 的现代风成沙丘上的不同部位采集了 6 个风成沙样品。此处沙丘的风成成因确定，不存在争议。

2.2 研究方法

为明确堆积成因，环境考古研究团队综合宏观堆积特征、微观层理形态、包含物性质、沉积物粒度等多项指标进行分析，并与发掘现场的考古证据进行交叉验证，以系统论证其沉积环境。

在研究方法上，为了探明堆积性质，主要采用粒度分析法。这一方法在沉积环境的研究上应用广泛，葛兆帅等（2004）利用粒度分析来研究长江上游在晚更新世晚期以来古洪水事件；Yang 等（2000）在对黄河中游的全新世大洪水研究中也利用了粒度分析的数据；在黄河上游全新世大洪水的研究中，杨晓燕等（2005）通过对平流层积粒度分析发现其由悬移物质组成，表明其和洪水沉积相关。张璞等（2005）通过粒度实验对泉州第四纪

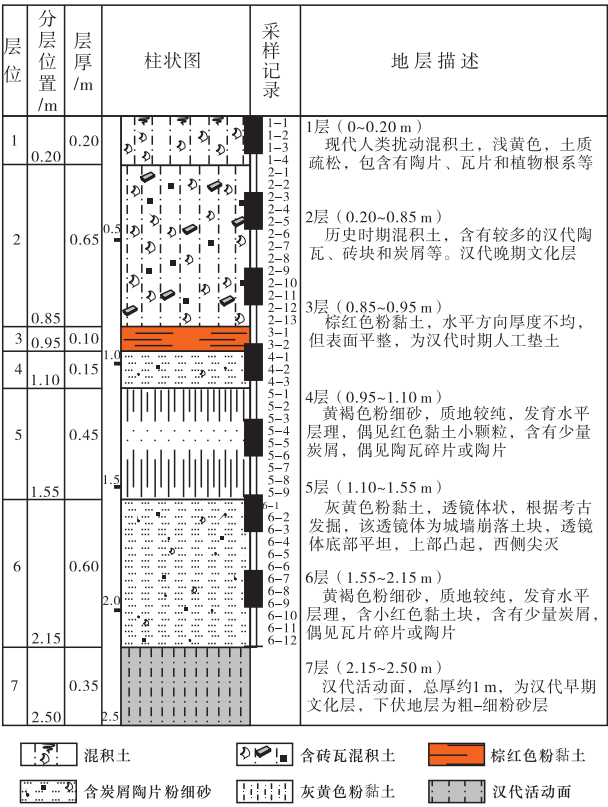


图 4 张家场古城遗址东城门 ZJCIT3978 探方南壁地层柱状图

Fig. 4 Columnar section of south wall, Trench ZJCIT3978 at east gate of Zhangjiachang City site

沉积物的分析得到了第四纪以来泉州盆地由洪冲积环境到海湾沉积环境的变化过程。王永等 (2025) 在对海河流域大清河北支新盖房分洪道全新世地层剖面的研究中, 根据地层序列、岩性特征及沉积构造, 结合沉积物粒度、磁化率等指标分析, 识别出全新世以来的 3 期 (6 次) 古洪水事件沉积。朱诚等 (2021) 在对成都平原马街遗址古洪水事件研究中对沉积物采用了孢粉、元素地球化学、粒度和重矿物等综合分析手段, 粒度研究在沉积物来源、水动力条件的研究提供了关键实验支撑。

在张家场古城遗址东城门疑似古洪水沉积剖面采集粒度样品, 并采集风成沙样品进行对比方法, 参照宁夏水洞沟遗址洪冲积地层粒度分析结果, 最终确定地层的沉积环境。样品自然晾干后在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所中国科学院古脊椎动物与人类演化重点实验室进行处理。由于样品为粉土状, 多为快速堆积, 有机质含量极低。样品用盐酸去除 CaCO_3 步骤对沉积物粒度分析的作用机理并不明确, 本实验没有采用加酸去钙的处理流

程。测试仪器采用英国马尔文公司生产的 MASTERSIZER2000 激光粒度仪, 运行 MASTERSIZER2000 软件, 控制光学系统及送样器, 并对原始数据进行分析。具体实验操作和数据处理方法参照 Liu 等 (2012)。

2.3 沉积环境分析

对该剖面 6 个地层样品进行粒度分析, 进一步分析其成因。分别统计出 ZJCIT3978 和城东风成沙丘关键粒度参数。图 6 是 ZJCIT3978 探方不同层位典型粒度频率分布曲线图以及 $d(0.1)$ 、 $d(0.5)$ 和 $d(0.9)$ 的粒度值。

通过 ZJCIT3978 各层粒度频率曲线, 可以看出疑似洪积层的第 4 和第 6 层与其他层位的有显著的差别。第 1—2 层为有人类活动堆积, 其中人类扰动土的频率曲线比较分散、分选差、粒度偏粗, 多峰, 有较多的细粒组分。第 3 层的人工垫土为红色粉黏土, 粒度比较单一, 分选较好, 形态独特, 为以粉黏组分为主的单宽峰形态。第 5 层为倒塌的汉代夯土建筑土块, 为宽双峰形态, 含有较多的粉黏组分。第 4 层和第 6 层是同一层。其粒度频率分布曲线是由一个分选较好的中—细沙组成的主峰和一个由分选较差的粉黏土组成的小峰, 总体分选较好, 分选系数大多低于 1.5, 相比其他层位大于 2 的分选系数有显著差别。

类似的情况还见于宁夏水洞沟遗址, 有研究表明其典型剖面地层为一套洪冲积为主的细—粉砂堆积 (Liu *et al.*, 2012)。水洞沟遗址 2 号地点第 13 层 (剖面中下部) 的粒度频率曲线与张家场东城门 ZJCIT3978 第 4 第 6 层的分布特征极为相似 (图 7), 因此有理由认为后者也是洪冲积物的典型粒度特征。

沉积物的营力常见的有水成、风成、重力和生物成因。本研究区域中, 生物成因地层是探方剖面第 1—3 层和第 5 层的人工扰动土和倒塌夯土。重力成因主要指滑坡、崩塌土和坡积物。其中滑坡与崩塌土体常表现为混杂的土坡结构, 且规模较大, 显然不符合探方剖面第 4 和第 6 层的沉积环境。坡积物的粒度成分与上部物源的粒度有联系, 上部细, 下部粗。会形成角度较大的放射线斜层理, 也与第 4 层和第 6 层的近水平层理不符。因此, 可确定该两层属于流体成因沉积。

为进一步探讨其具体成因, 还需考虑风成作用

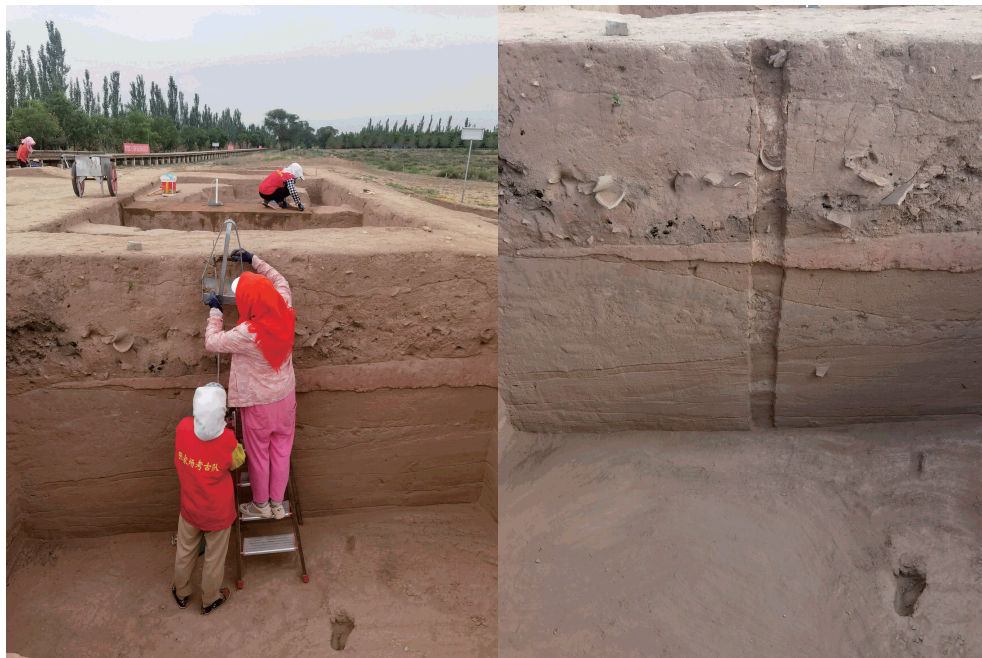
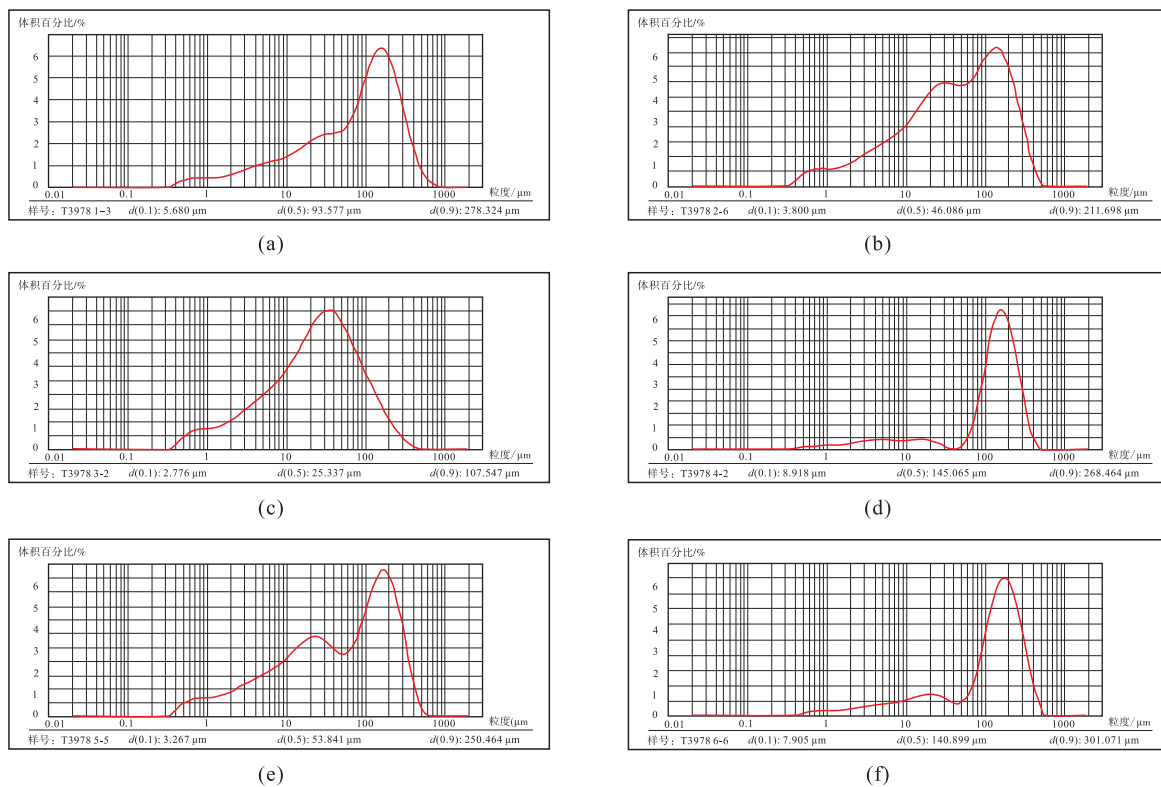


图 5 张家场古城遗址东城门 ZJCIT3978 探方南壁剖面

Fig. 5 Section of south wall of Trench ZJCIT3978 at east gate of Zhangjiachang City site



a—第 1 层现代扰动土粒度频率分布曲线；b—第 2 层历史扰动土粒度频率分布曲线；c—T3978 剖面第 3 层人工垫土粒度频率分布曲线；d—T3978 剖面第 4 层沙土粒度频率分布曲线；e—T3978 剖面第 5 层崩塌城墙土粒度频率分布曲线；f—T3978 剖面第 6 层沙土粒度频率分布曲线

图 6 张家场古城遗址东城门 ZJCIT3978 剖面粒度频率分布曲线

Fig. 6 Particle size frequency distribution curves of Trench ZJCIT3978 at east gate of Zhangjiachang City site

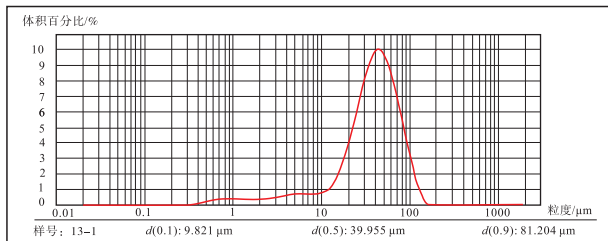


图 7 宁夏水洞沟遗址第 2 地点洪冲积层典型粒度频率分布曲线 (据 Liu *et al.*, 2012)

Fig. 7 Typical particle size frequency distribution curve of pluvial-alluvial layer at Locality 2 of Ningxia Shuidonggou site (after Liu *et al.*, 2012)

的可能性。研究区位于荒漠草原环境, 风沙活动较强, 在城址周边也发育固定和半固定风成沙丘, 因而风成沙沉积的可能性不容忽视。为验证这一假设, 对附近风成沙丘样品进行了粒度分析, 并将其与探方剖面第 4、6 层的沉积物进行对比。结果显示, 风成沙的分选性较好, 分选系数约为 0.55, 远低于探方剖面第 4、6 层的 1.4 左右的分选系数。风成沙的粒度分布呈尖窄单峰态, 二者之间区别明显(图 8; 图 9)。因此, 探方剖面第 4、6 层不是风成沙堆积。

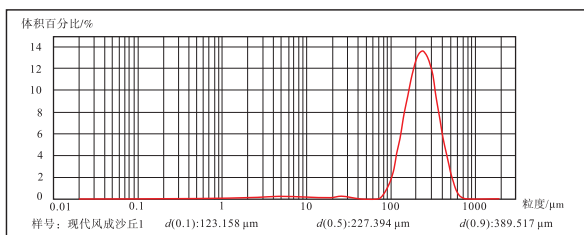


图 8 现代沙丘沙粒度频率分布曲线

Fig. 8 Particle size frequency distribution curve of modern dune sand

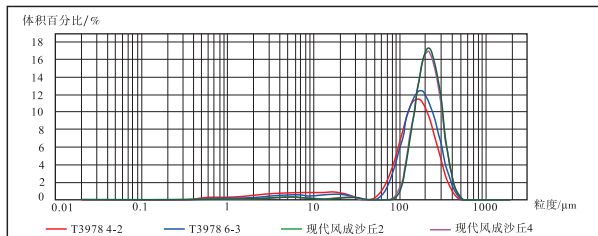


图 9 张家场古城遗址东城门 ZJCIT3978 疑似洪水层和风成沙粒度频率曲线对比

Fig. 9 Comparison chart of particle size frequency curves between the suspected flood layer in Trench ZJCIT3978 at the east gate of Zhangjiachang City site with aeolian sand

为了进一步确定探方剖面第 4、6 层的疑似洪水沉积层与风成沙的区别, 绘制了二者的粒度概率累积曲线。通过对比可以发现, 二者有显著的区别(图 10)。

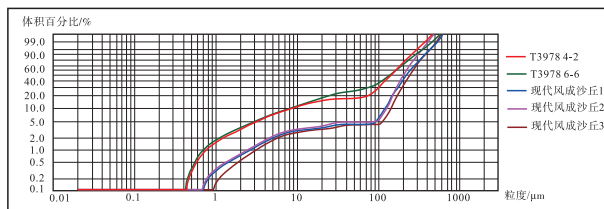


图 10 张家场古城遗址东城门 ZJCIT3978 疑似洪水沉积物 and 现代风成沙概率累积曲线对比

Fig. 10 Comparison chart of probability cumulative curves between suspected flood deposits in Trench ZJCIT3978 at the east gate of Zhangjiachang City site with modern aeolian sand

3 古洪水沉积层的年代分析

目前, 张家场古城遗址地层出土的遗物均为汉代, 主要集中于西汉至东汉早期。其年代基本明确。因此, 位于汉代古城第一文化层和第二文化层之间的这一层疑似洪水沉积层的年代应介于这 2 个文化层之间。为研究洪水事件发生与沉积层形成的年代, 作者对城中心区和城东门两文化层出土的一系列样品进行了加速器质谱碳十四年代测定。我们共采集了 14 件样品, 包括兽骨、木材和木炭。由于古城建筑有失火现象, 木炭为原建筑物木材燃烧形成的木炭。样品前处理与碳十四测量分别在北京大学考古文博学院碳十四年代实验室和北京大学物理学院加速器质谱中心进行。碳十四年代数据采用利比 (Libby) 半衰期 5568 年, BP 为距公元 1950 年的年代。数据校正采用 OxCal v4.4.4 软件 (Bronk Ramsey, 2009, 2021) 及 IntCal20 校正曲线 (Reimer *et al.*, 2020)。加速器质谱 (AMS) 碳十四年代测定及校正结果见表 1, 校正后日历年代概率分布见图 11。

碳十四年代测定结果显示, 两文化层的样品年代分布与地层早晚关系相符, 多数样品的校正后年代主要集中于西汉晚期至东汉早期, 第二文化层的部分样品延续至东汉中期。结合疑似洪水沉积层位于第一与第二文化层之间的地层关系, 可以推断疑似洪水沉积事件大致发生于公元前后 (距今 2000 年前左右) (图 11)。



表 1 张家场古城遗址加速器质谱（AMS）碳十四年代测定与校正结果
Table 1 AMS¹⁴C dating and calibration results from Zhangjiachang City site

实验室 编号	样品 原编号	样品 物质	出土 单位	碳十四年代 /BP	校正后日历年代		分期
					1σ(68.3%)	2σ(95.4%)	
BA221269	T3777③: 1	兽骨	T3777③(东门) 汉代早期文化层	2120±20	172 BC—102 BC(64.6%)	336 BC—330 BC(1.4%)	汉代 早期 文化层
					66 BC—60 BC(3.6%)	198 BC—88 BC(79.8%)	
						81 BC—52 BC(14.3%)	
BA221263	T5855⑧: 1	兽骨	T5855⑧(中心区) 汉代早期文化层	2080±20	147 BC—138 BC(5.8%)	165 BC—42 BC(94.0%)	
					109 BC—47 BC(62.4%)	8 BC—2 BC(1.4%)	
BA221255	T5353⑨: 6	兽骨	T5353⑨(中心区) 汉代早期文化层	2060±20	98 BC—70 BC(32.7%)	152 BC—130 BC(5.6%)	
					58 BC—39 BC(24.0%)	120 BC—8 AD(89.8%)	
					11 BC—2 AD(11.5%)		
BA221260	T5555⑧: 1	兽骨	T5555⑧(中心区) 汉代早期文化层	2060±20	98 BC—70 BC(32.7%)	152 BC—130 BC(5.6%)	
					58 BC—39 BC(24.0%)	120 BC—8 AD(89.8%)	
					11 BC—2 AD(11.5%)		
BA221268	T3777④: 1	兽骨	T3777④(东门) 汉代早期文化层	2040±20	52 BC—8 AD(68.3%)	102 BC—66 BC(13.1%) 60 BC—26 AD(82.4%)	
BA221264	T5858⑩: 2	兽骨	T5858⑩(中心区) 汉代早期文化层	2010±20	41 BC—8 BC(41.3%)	46 BC—62 AD(95.4%)	
					1 BC—22 AD(27.0%)		
BA221271	T3879③: 1	兽骨	T3879③(东门) 汉代晚期文化层	2015±20	42 BC—8 BC(44.5%)	50 BC—61 AD(95.4%)	汉代 晚期 文化层
					2 BC—18 AD(23.7%)		
BA221262	T5749④: 1	兽骨	T5749④(中心区) 汉代晚期文化层	2015±20	42 BC—8 BC(44.5%)	50 BC—61 AD(95.4%)	
					2 BC—18 AD(23.7%)		
BA221272	T3879②: 1	木材	T3879②(东门) 汉代晚期文化层	2000±20	39 BC—12 BC(28.9%)		
					2 AD—28 AD(28.1%)	46 BC—73 AD(95.4%)	
					44 AD—58 AD(11.3%)		
BA221266	T4178②: 1	兽骨	T4178②(东门) 汉代晚期文化层	1990±20	32 BC—16 BC(14.4%)	42 BC—80 AD(93.1%)	
					7 AD—61 AD(53.9%)	100 AD—108 AD(2.3%)	
					8 AD—74 AD(68.3%)		
BA221261	T5649 F1②: 1	兽骨	T5649 F1②(中心区) 汉代晚期文化层	1980±20		40 BC—11 BC(13.7%)	
						1 AD—84 AD(73.8%)	
						95 AD—116 AD(7.9%)	
BA221267	T3980②: 1	木炭	T3980②(东门) 汉代晚期文化层	1980±20	8 AD—74 AD(68.3%)	40 BC—11 BC(13.7%)	
						1 AD—84 AD(73.8%)	
						95 AD—116 AD(7.9%)	
BA221258	T5556③b: 1	木炭	T5556③b(中心区) 汉代晚期文化层	1860±20	130 AD—142 AD(10.4%)		
					156 AD—193 AD(33.9%)	127 AD—233 AD(95.4%)	
					198 AD—222 AD(24.0%)		
BA221259	T5554③: 2	木炭	T5554③(中心区) 汉代晚期文化层	1850±20	134 AD—138 AD(3.4%)		
					162 AD—188 AD(21.9%)	129 AD—238 AD(95.4%)	
					201 AD—236 AD(43.0%)		

注：样品实验室编号为北京大学考古文博学院碳十四年代实验室编号，探方及遗迹单位编号均采用张家场古城遗址考古发掘原始编号。

4 洪水沉积的考古学证据

一次洪水沉积事件并非独立的自然过程，其发生往往会对周边地貌、既有建筑形态以及后续人类

活动产生显著影响。研究区域的地貌特征很可能因此发生了相应改变，古城重建行为也很可能与之有关。考古发掘所揭示的地层关系和遗址现象也进一

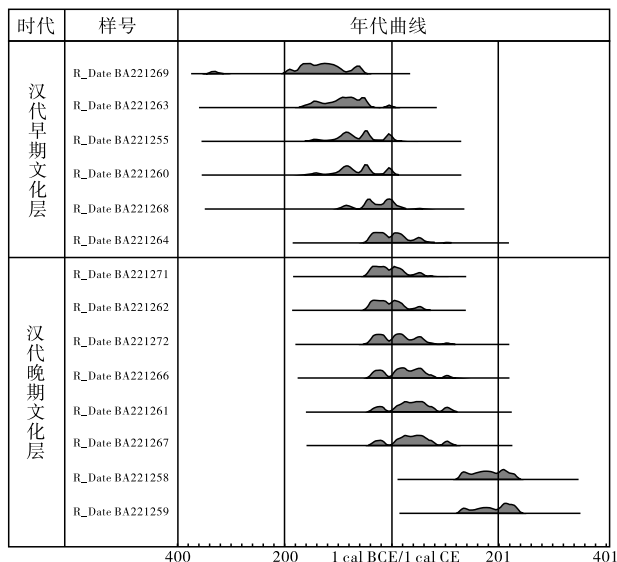


图 11 张家场古城遗址校正后日历年代概率分布
(68.3%和 95.4%可信区间)

Fig. 11 Probability distributions of calibrated radiocarbon dates from Zhangjiachang City site (68.3% and 95.4% credible intervals)

步支持了这一推断。

4.1 城中区建筑及城墙异常倒塌现象

在城址中心区曾发掘汉代大型院落式建筑，在解剖过程中发现，下层的早期房屋建筑存在大面积倒塌的情况，东城门城墙边缘也存在多处崩塌，遗迹较为混乱(图 12)。此外，在中心区院落外围还分布有极厚的沙层堆积，其中包含的人工遗物极

少。古洪水的发现很好地解释了这些现象——即洪水冲毁了城墙和房屋，墙土和洪积沙淤积在一起，并混杂着倒塌下来的瓦块，城中心的厚沙层应当也是洪水所带来的。

4.2 东城门导水槽的发现

随着东城门发掘工作的推进，在城门内侧揭示出 1 条人工开挖的梯形凹槽。该凹槽剖面呈梯形，底宽约 0.5 m，口宽约 0.8 m，深度介于 0.8 ~ 1.5 m 之间，自门道中部向东门外延伸，槽底呈现内高外低的坡度特征(图 13)。值得注意的是，该凹槽向下切入 ZJCIT3978 剖面下部被识别为疑似洪水沉积的砂层中。此外，在东城门内侧北段、紧邻城墙基址处，亦发现另 1 条规模相近的凹槽，已清理部分长约 11 m，推测原始长度更大，并与门道处凹槽相连。基于以上现象，并结合遗址内普遍存在的洪水沉积层记录，初步判断该结构应作为一种用于引导水流的沟槽设施。

关于其功能，推测可能与城内洪水疏导有关。洪水事件后，部分水体可能滞留于城内难以自然排出，尤其城西北区域地势相对低洼，积水风险较高。东城门北侧这段南北走向的导水槽，很可能专为将滞留在城内西南区域的积水向城外导出而设计。

4.3 洪水层之上的红色垫土

在城址东门和城中心建筑区的洪积沙层之上，



图 12 张家场古城遗址中心区建筑区异常倒塌堆积

Fig. 12 Abnormal collapse deposits in the central building area of Zhangjiachang City site

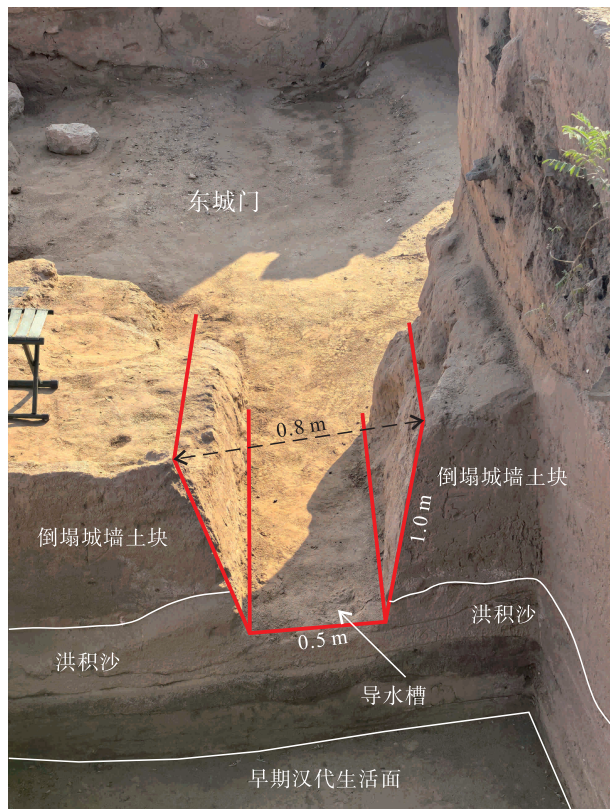


图 13 张家场古城遗址东城门导水槽
Fig. 13 Drainage channel at the east gate
of Zhangjiachang City site

均分布有人工铺垫的一层棕红色沙质黏性土，质地坚硬，偶含碎砖块或瓦砾，有明显踩踏和夯实行为。经周边地质调查，红色土来自城址附近的白垩纪棕红色粉砂质泥岩。该地层由于较软，易风化成松散细粒状。城内大面积红色垫土的出现指示了古城灾后重建的现象(图 5；图 13)。

5 结论与讨论

通过对张家场古城遗址东城门 ZJCIT3978 地层沉积构造与层理特征的分析，结合沉积物粒度实验结果，初步判定剖面下部沙层属于流水成因堆积。考虑到城门位置不可能为自然河道，推测其形成可能与古城曾遭洪水淹没有关——洪水进入古城后，自西向东从东城门涌出，导致泥沙在东门口附近淤积。此外，发现崩塌的城墙夯土堆积呈现流水侵蚀形成的“水滴形”，上突下平，尖端指向水流方向，进一步佐证了流水作用的存在。后续在东城门发掘中确认的导水槽、城中建筑群墙体异常倒塌现

象，以及覆盖于沙层之上的人工垫土层等考古遗迹，共同为洪水事件的发生提供了多重证据。

对于部分专家提出该沉积层在粒度曲线和沉积特征上与典型洪水沉积存在差异的疑问，作者认为，这正反映了洪水在城内的特殊水动力过程：洪水自城西涌入后，在城内开阔区域流速减缓；随着水位上升，水体向东城门出口汇集，此时东城门段水流相对集中，类似于河道环境，从而形成了与河流沉积特征相近的粉砂质堆积。

张家场古城的这次事件是不是因下雨引起的城内滞水呢？气象记录表明近百年来盐池有记录的最大 24 h 降雨量不到 200 mm。张家场古城南北长约 338 m，东西宽约 320 m，城内面积约为 108 160 m²。以 24 h 内 200 mm 极端降雨量计算的话，城内共集水约 21 632 m³ 的水量，总集水厚度为 0.2 m。若以约 10% 的地下入渗损失，折算后为 19 468 m³ 水量，平均流量为 0.225 m³/s。东城门宽约 5 m，洪积沙层总约为 1.2 m，以最保守水位 1.2 m 来算，则东城门水体流速为 0.038 m/s。这样的流速难以搬运碎陶片和红色泥粒。城内较为平坦，没有较大的地形差异，不易在东门口形成 1 m 多厚的流水沉积层。红色泥粒在城址内浅表地层并没有这样的物源，在城外的河谷边缘才有红色风化土块，因此这套物源更应该从城外带入城内。根据当地的调查，张家场古城的西北角很可能曾被洪水冲毁过。因此，推测是西侧洪水涌进城里的可能性较大，但更多的实物证据还期待后续的发掘来证实。

张家场古城在废弃后，历史上被当地百姓开垦种地，近年来才被保护起来，所以城内表面破坏较为严重。由于该地区春季风很大，城内表土风蚀严重，现在形成了城内比城外低的负地形。古城中间地区为汉代建筑集中区，抗风蚀能力较强些，所以地形略高于城内周边。东城门也因地基较硬，保存相对良好，地形也高于周边。因此在东城门和城中心才保存这层洪积层，城内其他地方即使存在这一层，也因风蚀和人类破坏无法考证。

洪积层上的红色垫土有没有可能是洪水过后沉积的细粒红黏土呢？现场发现这层垫土与下伏洪积层之间接触面并不平整，若为沉积的红黏土，则接触层面应是平整。其次，红色土层厚度变化较大，在红色土层中还夹有陶片等文化遗物，局部地方出

现红色黏土和沙互层叠压现象, 这些现象不符合自然沉积学原理。在东城门北部的几个探方, 有用浅灰绿色的粗细沙作为垫土。这也排除了是洪水过后沉积的红黏土的可能。

张家场古城古洪水现象的发现, 不仅丰富了该城址建城史的研究维度, 也为考古地层学的解释提供了关键的环境背景框架, 同时为城内红色垫土层的成因提供了合理解释, 具有重要的考古学意义。此外, 这一发现也为探究盐池地区汉代气候与降水状况提供了重要线索, 对认识区域人地关系演变乃至现代防灾减灾亦具有参考价值。

致谢 感谢盐池基地张家场联合考古队全体成员常年发掘揭露出考古地层现象, 感谢兰州大学董广辉和杨晓燕两位老师对文章指导, 感谢编者和评审专家提出的宝贵修改意见。

参考文献 (References)

- 陈诗越, 强柳燕, 张风菊, 黎心泽. 2020. 黄河下游地区堽堆遗址时空分布特征及其与黄河洪水关系. 地理科学, 40(7): 1202-1209. [Chen S Y, Qiang L Y, Zhang F J, Li X Z. 2020. Spatial and temporal distribution characteristics of earthen fort ruins in the lower reaches of the Yellow River and their relations with floods. Scientia Geographica Sinica, 40(7): 1202-1209]
- 陈莹璐, 黄春长, 周亚利, 张玉柱, 周亮, 郭永强, 周强, 赵辉, 王兆夺, 炊郁达, 羊俊敏. 2019. 青海官亭盆地二方村遗址全新世土壤沉积物地层序列与 OSL 测年研究. 地质学报, 93(11): 2960-2974. [Chen Y L, Huang C C, Zhou Y L, Zhang Y Z, Zhou L, Guo Y Q, Zhou Q, Zhao H, Wang Z D, Chui Y D, Yang J M. 2019. Holocene pedo-stratigraphic sequence and OSL chronology of the Erfangcun Ruins in the Guanting basin of Qinghai Province. Acta Geologica Sinica, 93(11): 2960-2974]
- 董广辉, 张帆宇, 刘峰文, 张东菊, 周爱锋, 杨谊时, GongHui WANG. 2018. 喇家遗址史前灾害与黄河大洪水无关. 中国科学: 地球科学, 48(4): 467-475. [Dong G H, Zhang F Y, Liu F W, Zhang D J, Zhou A F, Yang Y S, Wang G H. 2018. Multiple evidences indicate no relationship between prehistoric disasters in Lajia site and outburst flood in upper Yellow River valley, China. Scientia Sinica (Terrae), 48(4): 467-475]
- 葛兆帅, 杨达源, 李徐生, 任朝霞. 2004. 晚更新世晚期以来的长江上游古洪水记录. 第四纪研究, 24(5): 555-560. [Ge Z S, Yang D Y, Li X S, Ren Z X. 2004. The paleoflooding record along the upper reaches of the Changjiang River since the late Pleistocene epoch. Quaternary Sciences, 24(5): 555-560]
- 侯光良, 许长军, 肖景义. 2012. 基于 GIS 的 4 ka B. P. 气候事件前后甘青史前遗址分布分析. 地理科学, 32(1): 116-120. [Hou G L, Xu C J, Xiao J Y. 2012. Comparative analysis of prehistoric sites distribution around 4 ka B. P. in Gansu-Qinghai Region based on GIS. Scientia Geographica Sinica, 32(1): 116-120]
- 胡秀, 鲁鹏, 王鸿驰, 付龙腾, 莫多闻, 李有利, 张培震, 张会平, 王志铄, 惠格格, 陈盼盼, 郭爱伦, 罗全星, 赵显刚. 2025. 考古地震学揭示河洛地区汉代破坏性地震. 地震地质, 47(4): 1020-1035. [Hu X, Lu P, Wang H C, Fu L T, Mo D W, Li Y L, Zhang P Z, Zhang H P, Wang Z S, Hui G G, Chen P P, Guo A L, Luo Q X, Zhao X G. 2025. Archaeo-seismic investigation reveals a destructive earthquake occurred in the Heluo region during the Han Dynasty. Seismology and Geology, 47(4): 1020-1035]
- 黄春长, 郭永强, 张玉柱, 周亚利, 赵辉, 郑紫星, 周强, 庞奖励, 王海燕, 炊郁达, 查小春, 胡贵明, 刘涛. 2019. 青海官亭盆地喇家遗址全新世地层序列与史前灾难研究. 中国科学(地球科学), 49(2): 434-455. [Huang C C, Guo Y Q, Zhang Y Z, Zhou Y L, Zhao H, Zheng Z X, Zhou Q, Pang J L, Wang H Y, Cuan Y D, Zha X C, Hu G M, Liu T. 2019. Holocene sedimentary stratigraphy and pre-historical catastrophes over the Lajia Ruins within the Guanting Basin in Qinghai Province of China. Scientia Sinica(Terrae), 49(2): 434-455]
- 黄明. 2024. 考古遗址所见成都平原史前洪水与治水. 地球环境学报, 15(2): 193-206. [Huang M. 2024. Prehistoric floods and water control documented at the archaeological sites in the Chengdu Plain. Journal of Earth Environment, 15(2): 193-206]
- 李并成. 2022. 塔里木盆地达玛沟下游古绿洲沙漠化考. 历史地理研究, 42(2): 1-10, 155. [Li B C. 2022. Research on the desertification of ancient oases at the lower reach of Damagou River in Tarim Basin. The Chinese Historical Geography, 42(2): 1-10, 155]
- 李俊磊, 张绪教, 鱼海麟, 王凡, 张向格, 李秋蓉, 李彩虹, 张丽蕾. 2024. 青海喇家遗址极可能由地震导致的砂土液化泥流造成: “12·18”积石山地震的启示. 现代地质, 38(1): 248-259. [Li J L, Zhang X J, Yu H L, Wang Y F, Zhang X G, Li Q R, Li C H, Zhang L L. 2024. Lajia Ruins in Qinghai Province might be caused by seismic-induced liquefaction mudflows of sands and soils: implication from the Jishishan earthquake in Gansu Province on December 18, 2023. Geoscience, 38(1): 248-259]
- 马玉凤, 武志江, 李双权, 刘洪妍, 任萧, 郭仰山, 王朝栋, 郭丽华. 2025. 淮河上游出山店库区桥头遗址存续前后的古环境背景. 古地理学报, 27(1): 167-183. [Ma Y F, Wu Z J, Li S Q, Liu H Y, Ren X, Guo Y S, Wang C D, Guo L H. 2025. Palaeoenvironmental background of Qiaotou Site in Chushandian reservoir area in the upper reaches of Huai River. Journal of Palaeogeography(Chinese Edition), 27(1): 167-183]
- 王守春. 2000. 塔里木盆地的古遗址与洪水. 西域研究, (3): 1-7. [Wang S C. 2000. Ancient sites and floods in the Tarim Basin. The Western Regions Studies(3): 1-7]
- 王永, 王燕校, 杨劲松, 田飞, 袁路朋. 2025. 大清河北支全新世古洪水事件的沉积记录. 地质力学学报, 31(5): 990-1005. [Wang Y, Wang Y J, Yang J S, Tian F, Yuan L P. 2025. Sedimentary records of Holocene paleoflood events in the northern branch of the Daqing River. Journal of Geomechanics, 31(5): 990-1005]

- 王兆奇,陈宗颜,崔利芳,陈珂,戴国富,黄勇奇,关江华. 2021. 长江巴河流域“寨上遗址”衰落成因初步分析. 青海师范大学学报(自然科学版),37(4): 34-39. [Wang Z D, Chen Z Y, Cui L F, Chen K, Dai G F, Huang Y Q, Guan J H. 2021. A preliminary study on the cause of declination of “Zhaishang Site” in Ba River Basin, a tributary of the Yangtze River. Journal of Qinghai Normal University (Natural Science Edition), 37(4): 34-39]
- 夏正楷,杨晓燕. 2003. 我国北方4 ka B. P.前后异常洪水事件的初步研究. 第四纪研究,23(6): 667-674. [Xia Z K, Yang X Y. 2003. Preliminary study on the flood events about 4 ka B. P. in North China. Quaternary Sciences, 23(6): 667-674]
- 许俊杰,莫多闻,周昆叔,王辉. 2013. 唐宋时期洛阳城洪水事件的地层沉积记录. 北京大学学报(自然科学版),49(4): 621-627. [Xu J J, Mo D W, Zhou K S, Wang H. 2013. Sedimentary record of historical flood events through Tang and Song Dynasty in Luoyang City. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 49(4): 621-627]
- 杨晓燕,夏正楷,崔之久. 2005. 黄河上游全新世特大洪水及其沉积特征. 第四纪研究,25(1): 80-85. [Yang X Y, Xia Z K, Cui Z J. 2005. Holocene extreme floods and its sedimentary characteristic in the upper reaches of the Yellow River. Quaternary Sciences, 25(1): 80-85]
- 张贵林,周新鄂,赵克良,杨庆江,李小强. 2018. 沙漠/黄土过渡带6 ka B. P.以来气候环境变化及其对人类活动的影响. 第四纪研究,38(4): 874-886. [Zhang G L, Zhou X Y, Zhao K L, Yang Q J, Li X Q. 2018. Climate and environment change of desert/loess transition zone and its impact on prehistoric human activities since 6 ka B. P. Quaternary Sciences, 38(4): 874-886]
- 张璞,陈建强,田明中,朱金芳,黄宗林,江春亮. 2005. 福建省泉州市第四纪沉积物粒度特征及沉积环境分析. 盐湖研究,13(2): 25-33. [Zhang P, Chen J Q, Tian M Z, Zhu J F, Huang Z L, Jiang C L. 2005. Grain-size characteristics of Quaternary sediments and its sedimentary environment implication in Quanzhou City, Fujian Province. Journal of Salt Lake Research, 13(2): 25-33]
- 张小虎,夏正楷,杨晓燕. 2009. 青海喇家遗址废弃原因再探讨: 与《古代中国的环境研究》一文作者商榷. 考古与文物, (1): 100-103. [Zhang X H, Xia Z K, Yang X Y. 2009. Re-discussion on the reasons for the abandonment of Lajia site in Qinghai: discussion with the author of “Environmental Research in Ancient China”. Archaeology and Cultural Relics(1): 100-103]
- 张信宝. 2017. 青海民和喇家遗址的古地震与古溃决洪水质疑. 山地学报,35(3): 255-256. [Zhang X B. 2017. On the debate about the evidences of the ancient earthquake and the outburst great flood at Qinghai Minhe Lajia ruins. Mountain Research, 35(3): 255-256]
- 朱诚,徐佳佳,黄明,杨占风,张娜,江章华,白铁勇,陆福志. 2021. 成都平原马街遗址古洪水事件遗存考古发现与研究. 地学前缘, 28(2): 181-201. [Zhu C, Xu J J, Huang M, Yang Z F, Zhang N, Jiang Z H, Bai T Y, Lu F Z. 2021. Archaeological discoveries and research on the remains of an ancient flood event at the Majie Site in the Chengdu Plain. Earth Science Frontiers, 28(2): 181-201]
- 朱哈,杨颖,杨利平,王伟林,张云翔,岳乐平,王建新. 2020. 杨官寨遗址仰韶文化中晚期古环境研究. 考古与文物, (3): 112-118. [Zhu H, Yang Y, Yang L P, Wang W L, Zhang Y X, Yue L P, Wang J X. 2020. Palaeo-environments during the Middle to Late Yangshao Periods at the Yangguanzhai Site. Archaeology and Cultural Relics, (3): 112-118]
- 卓海昕,鹿化煜,贾鑫,孙永刚. 2013. 全新世中国北方沙地人类活动与气候变化关系的初步研究. 第四纪研究,33(2): 303-313. [Zhuo H X, Lu H Y, Jia X, Sun Y G. 2013. A preliminary study on human activities in sand fields of northern China and its relationship with the climatic variations in Holocene. Quaternary Sciences, 33(2): 303-313]
- Bronk Ramsey C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51: 337-360.
- Bronk Ramsey C. 2021. OxCal 4.4 Manual. <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcalhelp/hlpcontents.html>.
- Liu D C, Gao X, Liu E F, Pei S W, Chen F Y, Zhang S Q. 2012. The depositional environment at Shuidonggou locality 2 in northwest China at ~72-18 ka BP. Acta Geologica Sinica(English Edition), 86: 1539-1546.
- Reimer P J, Austin W E N, Bard E, Bayliss A, Blackwell P G, Bronk Ramsey C, Butzin M, Cheng H, Edwards R L, Friedrich M, Grootes P M, Guilderson T P, Hajdas I, Heaton T J, Hogg A G, Hughen K A, Kromer B, Manning S W, Muscheler R, Palmer J G, Pearson C, van der Plicht J, Reimer R W, Richards D A, Scott E M, Southon J R, Turney C S M, Wacker L, Adolphi F, Buntgen U, Capano M, Fahrni S M, Fogtmann-Schulz A, Friedrich R, Köhler P, Kudsk S, Miyake F, Olsen J, Reinig F, Sakamoto M, Sookdeo A, Talamo S. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62: 725-757.
- Wu Q L, Zhao Z J, Liu L, Granger D E, Wang H, Cohen D J, Wu X H, Ye M L, Bar-Yosef O, Lu B, Zhang J, Zhang P Z, Yuan D Y, Qi W Y, Cai L H, Bai S B. 2016. Outburst flood at 1920 BCE supports historicity of China's Great Flood and the Xia dynasty. Science, 353(6299): 579-582.
- Yang D Y, Yu G, Xie Y B, Zhan D J, Li Z J. 2000. Sedimentary records of large Holocene floods from the middle reaches of the Yellow River, China. Geomorphology, 33: 73-88.

(责任编辑 李新坡)