喇家遗址史前灾害与黄河大洪水无关

董广辉^{1*}, 张帆宇^{2†}, 刘峰文¹, 张东菊¹, 周爱锋¹, 杨谊时¹, GongHui WANG³

1. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000;

2. 兰州大学西部灾害与环境力学教育部重点实验室, 兰州大学土木工程与力学学院, 兰州 730000;

3. Research Center on Landslides, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

* 通讯作者, E-mail: ghdong@lzu.edu.cn

† 同等贡献, E-mail: zhangfy@lzu.edu.cn

收稿日期: 2017-01-12; 接受日期: 2017-06-27; 网络版发表日期: 2017-07-19

国家自然科学基金项目(批准号: 41671077、41620104007、41402240)资助

摘要 在世界不同地区的古史传说中普遍有关于史前大洪水的记载, 其对古代人类社会演化的影响是广受关注的热点问题. 中国史前大洪水和大禹治水的传说由来已久, 被认为与夏朝的建立有紧密关联, 但缺乏确凿的科学依据支持. 针对此问题, 有学者提出公元前1920年左右黄河上游官亭盆地的大地震导致其上游积石峡形成堰塞湖, 其溃决导致黄河流域出现特大洪水, 为中国古史传说提供了科学依据的新颖观点. 本文通过对喇家遗址地震喷砂裹挟的骨骼测年, 对地震、洪水等地质灾害遗迹和考古遗存的综合分析, 以及对积石峡堰塞湖沉积测年工作的对比, 认为多学科的证据并不支持上述观点, 喇家遗址地震发生的时间不早于公元前1800年, 而积石峡堰塞湖在公元前3600年已经消亡. 积石峡堰塞湖的形成与溃决、喇家遗址古人类的突然死亡和古地震是不同时间独立发生的事件, 不存在公元前1920年左右黄河上游的特大洪水, 将其与大禹治水和夏朝建立进行联系的基础是不成立的.

关键词 官亭盆地, 齐家文化, 喇家遗址, 地震, 溃决洪水, 夏朝建立

1 引言

古文明的兴起与衰落是人类演化历程中的重大事件, 其过程和影响因素一直是地理学、考古学等多学科关注的热点科学问题(Lawler, 2008; Wade, 2016). 气候和环境变化被认为是影响古文明兴衰和人群迁徙的重要因素(许靖华, 2014; Cui等, 2015; Timmermann和Friedrich, 2016; 张东菊等, 2016; 张双权等, 2016), 比如: 西亚两河流域2000BC(“BC”为“公元前”)左右的显

著干旱事件被认为是导致阿卡德帝国解体的主要因素(Kerr, 1998), 持续数十年的干旱气候还导致美洲玛雅文化(约150~1000AD, “AD”为“公元后”)的衰亡(Haug等, 2003; Medina-Elizalde和Rohling, 2012). 冷干气候还造成历史时期粮食产量下降, 进而导致食物供应不足与人口的矛盾突出, 成为诱发战争的重要因素(Zhang等, 2007; Lee和Zhang, 2013; 方修琦等, 2015). 史前大洪水对古文明的影响则更受关注, 在世界很多民族的古史传说中都有关于古洪水的记载(弗雷泽, 2010), 但

中文引用格式: 董广辉, 张帆宇, 刘峰文, 张东菊, 周爱锋, 杨谊时, Wang G H. 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: 467–475, doi: [10.1360/N072017-00026](https://doi.org/10.1360/N072017-00026)

英文引用格式: 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. Science China Earth Sciences, 61: 441–449, <https://doi.org/10.1007/s11430-017-9079-3>

多缺乏科学证据的支撑.

在中国的古文献(如:《山海经·海内经》、《孟子·滕文公上》、《淮南子·览冥训》等)中多有对史前大洪水的记载,并与中华文明起源相关联.中华文明起源的过程是学术界关注的重大科学问题,以夏朝建立为标志的中华成熟文明形成的时间一直存在争议(邹衡, 1980; 孙淼, 1987).大禹治水的传说,将黄河流域史前大洪水与夏朝建立紧密联系到了一起,成为探索中华文明起源的过程和动力的重要线索,但其真实性有待考证. Wu等(2016)近期在此方面做了很有趣的工作,提出1920BC左右黄河上游官亭盆地发生大地震,导致齐家文化(2300~1500BC)的喇家遗址F4窑洞的坍塌和古人的突然死亡,并诱发黄河上游积石峡段发生山体滑坡堵塞黄河河道形成堰塞湖.随后一年内积石峡堰塞湖的溃决导致黄河流域出现特大洪水,其为支撑中国大禹治水的古史传说和夏朝建立提供了科学依据.

黄河上游1920BC堰塞湖溃决导致大洪水和夏朝建立的假说观点新颖,为探讨中华文明起源问题提供了新的思路,具有重要的学术价值.然而,此前对积石峡堰塞湖沉积的系统测年工作(Dong等, 2014; Zhang等, 2015)显示该堰塞湖形成于约6200BC左右,在3600BC之前已经消亡,与喇家遗址的毁灭并无关联.喇家遗址及其周边区域的地层显示该遗址可能受到多次古洪水的袭击(杨晓燕等, 2005; Ma等, 2014),而古地震、古洪水和喇家遗址灾难遗迹发生年代的关系仍不清晰.本文试图通过对喇家遗址发掘地层中地震喷砂裹挟骨骼的直接测年,揭示该遗址齐家文化时期地震发生的时间.通过对古地震、古洪水等地质灾害遗迹与考古地层的对比分析,以及与积石峡堰塞湖沉积的测年结果对比,梳理积石峡堰塞湖出现和消亡、喇家遗址史前灾难事件和古地震发生的时间和可能的联系,检验黄河上游谷地在1920BC左右是否出现了堰塞湖溃决导致的特大洪水,其与史前大洪水和夏朝建立相联系的科学基础是否成立.

2 研究区概况

官亭盆地位于青海省民和县的最南端,属黄河上游山间小盆地.该盆地西起积石峡东口,东至寺沟峡西口,东西跨越14km,南北宽约7km,面积约为60km²,

俯瞰形态近似三角形(图1).盆地内属黄河冲击平原,平均海拔在1800m左右,黄河自西向东穿流而过.该盆地年平均气温8~10℃,年降水量400~500mm.

黄河在官亭盆地内至少发育有5级阶地,其中第二、三阶地发育较好,阶地面平坦开阔,成为人类活动的主要场所.经考古调查发现,官亭盆地自3500BC开始出现人类活动,发现约有50余处新石器时代至青铜时代的考古遗址(国家文物局, 1996; 杨晓燕等, 2004),包括仰韶晚期文化(3500~3000BC)、马家窑文化(3300~2000BC)、齐家文化(2300~1500BC)、卡约文化(1600~600BC)以及辛店文化(1400~600BC)的遗址(韩建业, 2008; 水涛, 2001; 丁见祥, 2010; 王辉, 2012).

喇家遗址位于青海省民和县官亭镇下喇家村黄河北岸的二级阶地上,并处于北南向岗沟和近东西向吕家沟的交汇区(图1b).该遗址面积约50万平方米,是一处齐家文化时期的大型聚落遗址(叶茂林, 2002).经考古发掘,发现壕沟、房址、广场、窖穴、灰坑和墓葬等文化遗迹,出土大量陶器、石器、玉器和骨器等文化遗物,并出土了目前世界上最早的面条遗存(Lu等, 2005).其中,在F3、F4和F7等多处房址发现灾难导致死亡的不同姿势的人骨遗骸,显示该遗址曾发生史前地质灾害(夏正楷等, 2003).

位于喇家遗址上游青海省循化县境内的积石峡是发育于黄河上游的峡谷之一,其全长约23km,深度达到约1000m.积石峡地势险峻,是地质灾害频发地区之一.在距离喇家遗址25km处发现巨型滑坡残留体(图1a),其后沿黄河两岸广泛发育以粉砂粘土为主且层理明显的湖相沉积层,显示积石峡曾发生滑坡地质灾害堵塞黄河的堰塞事件(吴庆龙等, 2009; Huang等, 2013; Dong等, 2014; Zhang等, 2015). Wu等(2016)认为喇家遗址的古地震与黄河上游积石峡堰塞湖的形成和溃决有紧密关联.

3 研究方法

本文测年的7个骨骼样品采集于2015年青海省文物考古研究所与四川大学新发掘的喇家遗址西北区域(第VIII区),其中7块测年样品均采集于发掘区域西壁的⑦层覆盖于齐家文化房址地面之上的地震喷砂的地层中(图2).在实验室对7个骨骼样品进行骨胶原提取、制靶和¹⁴C年代测定.

图 1 研究区位置

(a) 喇家遗址与积石峡古滑坡坝的位置; (b) 喇家遗址红粘土分布范围与考古探方的分布, 以及用于测年的骨骼样品取样位置

图 2 喇家遗址发掘揭示的古地震喷砂证据

(a) 探方壁上的火焰状喷砂; (b) 地震喷砂漏斗断面, 延伸至探方壁上; (c) 发掘区地震喷砂裹挟的骨骼取样点; (d) 喷砂中裹挟的骨骼样品, 在(c)的白色圆点位置

骨胶原提取方法主要依据Richards和Hedges(1999)的描述方法. 每个骨骼样品取0.5~1.5g, 机械加工以去除骨骼表面的污染, 将样品置入0.5mol L⁻¹的HCL溶液, 于4~5℃的环境下静置脱钙, 每2~3天换一次新鲜酸液, 直至骨骼松软, 溶液无明显气泡为止. 然后加入0.125mol L⁻¹的NaOH溶液, 放置约20h. 去离子水洗成中性, 加入pH=3的HCL溶液, 置于75℃的环境中48h. 将所得液体过滤、冷冻干燥即获得骨胶原样品.

7个骨胶原样品制靶工作在兰州大学西部环境教育部年代学实验室完成, 在北京大学加速质谱实验室开展AMS ¹⁴C年代测定. 年代测定采用的¹⁴C半衰期为5568年. 7个年代应用OxCal(v 4.2)年代校正软件中的IntCal13树轮校正曲线(Reimer等, 2013)进行校正, 年代校正以及年代中值(图3)计算方法与Wu等(2016)一致. 所有年代均采用“BC”来表示(公元前)日历年.

4 结果与讨论

Wu等(2016)认为1920BC的古地震导致喇家遗址F4等窑洞坍塌, 进而造成房址内古人类突然死亡, 同时诱发积石峡出现巨型滑坡, 堵塞黄河上游河道形成堰塞湖. 然而, 在喇家遗址西北VIII发掘区喷砂地层夹带的

的7个骨骼年代集中分布在1876~1662BC(表1), 年代中值在1802BC. 液化喷砂砂丘夹带的有机质的年代, 是古地震领域确定事件发生时间的常用手段(Obermeier, 1996; Rust, 2005); 而利用考古发掘中的遗存确定古地震的时间, 被认为是更可靠的方法(Galadini和Galli, 1999; Tuttle等, 1999; Tuttle, 2001). 在考古遗迹中, 裹挟在液化喷砂砂丘内或埋藏在其下部的有机质或文化遗存的年代指示地震发生的最早时间或最接近的时间; 而埋藏在液化喷砂砂丘顶部的, 其年代则限定了地震发生的最晚时间. 故而, 古遗址中液化喷砂砂丘夹带的有机质和文化遗存的年代能提供最接近古地震的发生时间(Tuttle, 2001). 本文采集的测年骨骼样品来源于齐家文化房址地面上的地震喷砂层, 这些被喇家遗址先民摄食或利用完的动物骨骼可能被喷出地表的地震喷砂所掩埋, 亦或被喷出地表的地震喷砂裹挟, 并随其一同移动, 最终覆盖在齐家文化房址地面上. 因此, 本文采集的7个骨骼样品的年代, 应略早于古地震发生的年代. 这意味着, 喇家遗址古地震发生的年代不早于1800BC. 上述年代比喇家遗址F4房址内人骨的年代(中值为1922BC)晚120年(图3), 说明喇家遗址古地震不是导致F4房址古人类死亡的原因. 在距离F4房址不足20m的F7房址, 出现人骨被地裂缝分

图3 喇家遗址F4人骨和地震喷砂裹挟骨骼¹⁴C年代对比

黑色为F4房址内3个人骨样品年代(Wu等, 2016)的合成频率曲线, 红色为本文采集地震喷砂裹挟的7个骨骼样品的合成频率曲线

表 1 喇家遗址地震喷砂裹挟的骨骼年代

样品编号	测年材料	^{14}C 年代(yr BP)	IntCal13 和 OxCal(v 4.2)校正	
			结果(68.2%)(BC)	结果(95.4%)(BC)
LZU1504	骨骼	3435±25	1766BC(68.2%)1691BC	1876BC(10.7%)1841BC 1820BC(4.0%)1796BC 1781 BC(80.6%)1662BC
LZU1507	骨骼	3450±35	1872BC(15.7%)1844BC 1813BC(5.6%)1801BC 1778BC(30.1%)1732BC 1720BC(16.8%)1693BC	1882BC(95.4%)1683BC
LZU1510	骨骼	3460±30	1874BC(20.4%)1843BC 1816BC(9.2%)1799BC 1779BC(29.5%)1739BC 1712BC(9.0%)1698BC	1880BC(95.4%)1692BC
LZU1508	骨骼	3465±30	1876BC(22.1%)1842BC 1820BC(13.0%)1796BC 1781BC(27.5%)1741BC 1710BC(5.7%)1700BC	1882BC(84.4%)1732BC 1720BC(11.0%)1692BC
LZU1501	骨骼	3480±20	1876BC(27.6%)1842BC 1820BC(18.1%)1796BC 1782BC(22.4%)1752BC	1882BC(95.4%)1744BC
LZU1509	骨骼	3480±25	1876BC(27.4%)1841BC 1821BC(18.5%)1796BC 1782BC(22.3%)1752BC	1884BC(93.1%)1741BC 710BC(2.3%)1700BC
LZU1505	骨骼	3485±20	1876BC(30.8%)1841BC 1822BC(23.8%)1795BC 1872BC(13.6%)1766BC	1882BC(95.4%)1748BC

开的现象(图4b), 也说明以F4、F7等古人类突然死亡为代表的喇家遗址灾难发生时代应当早于古地震。此外, 喇家遗址地震裂缝内的砂质沉积物的碳屑形成的时间应早于古地震, 可能来源于官亭盆地齐家文化及早于该时期遗址的文化地层。Wu等(2016)测定的年代范围是2900~1900BC, 与官亭盆地新石器遗址(包括齐家文化遗址)此前炭屑测试的年代范围(3600~1600BC)是比较接近的(Dong等, 2013; 张雪莲等, 2014)。这同样暗示古地震应发生时间晚于1900BC, 不是喇家遗址发掘灾难现场古人类突然死亡的原因, 而古地震很可能至少晚于F4房址毁灭约120年(图3)。

喇家遗址10号房址人骨被黄土覆盖, 其上为红色粘土层, 被认为是古地震导致窑洞垮塌, 进而造成古人类突然死亡的证据(叶茂林等, 2002; Wu等, 2016)。然而, 近年的观测和研究显示大型滑坡、泥石流也可以引起小型的地震(Pankow等, 2014), 说明喇家遗址F10

房址的地层堆积关系也可能是由泥石流诱发的小型地震导致的。此外, F10相邻房址(F3、F4)的人骨遗骸则是完全被红粘土包裹, 并未发现黄土堆积层, 说明在喇家遗址灾害遗迹中人骨被黄土堆积覆盖很可能是局部现象, 而突发泥石流灾害造成喇家遗址古人类非正常死亡的可能性更大。在喇家遗址的发掘中, 还发现房屋遗迹中普遍出现柱洞(如: 图4a), 显示齐家文化时期喇家遗址先民的房屋可能为半地穴式建筑, 此前的考古研究也认为齐家文化的房屋主要是半地穴式建筑(谢端琚, 2002)。上述证据显示喇家遗址齐家文化的房屋结构为半地穴式建筑的可能性较大, 因此由地震引发窑洞坍塌导致古人类突然死亡的观点(Wu等, 2016)尚需更多的考古证据支持。喇家遗址的发掘显示人骨多被红色淤泥(即红粘土)包裹, 喇家遗址的红粘土地层在官亭盆地北面的岗沟和吕家沟的沟谷中均有出露, 并主要堆积在两条沟口交汇的区域, 而F4

图4 喇家遗址考古发掘遗迹

(a) 喇家遗址齐家文化房址的柱洞; (b) 喇家遗址F7房址的人骨和地裂缝, 右侧人骨上肢被充填红粘土的地裂缝分开; (c), (d) 喇家遗址发掘探方壁上的多层水平红粘土层被地震喷砂切穿

和F7等灾难遗迹位置则位于这两条沟谷的交汇处附近(图1b), 说明红粘土很可能是由官亭盆地泥流带来的(Tarosov和Wagner, 2005; 钱耀鹏, 2007), 这与随后在官亭盆地的地质调查和沉积学的研究结果是一致的(Huang等, 2013; 殷志强等, 2013). Wu等(2016)测定的在泥流沉积物中炭屑的年代(2010~1770BC)与F4人类残骸骨骼的年代(2032~1768BC)基本一致, 进一步暗示F4的古人类死亡是由泥流直接毁灭. 通常, 流动化的泥流, 由于高速远程的运动特征, 能快速掩埋大量房屋和人畜, 并造成突然死亡以及聚集人群拥抱在一起被掩埋的现象, 这也符合喇家遗址F4灾难现场人骨大量聚集掩埋的特征. 类似的案例在2013年甘肃岷县漳县地震诱发的永光黄土泥流中也出现过, 该泥流掩埋的一家五口人全部紧搂在一起, 挖掘后都很难被分开(新华网, 2013, http://news.xinhuanet.com/fortune/2013-07/24/c_125054584.htm).

在喇家遗址岗沟和吕家沟附近地区的断面上, 可看到多层水平分布的红粘土沉积(杨晓燕等, 2005; Ma等, 2014), 说明喇家遗址曾遭到泥流灾害的多次侵袭. 在喇家遗址博物馆兴建区的发掘探方壁上, 也清晰可见多层具有水平层理的红色粘土层, 并被地裂缝充填

的砂层打破的现象(图4c和d), 同样显示喇家遗址曾多次受泥流洪水侵袭, 且至少有一次地震发生在泥流之后. 此前在喇家遗址的考古发掘中曾发现齐家文化层打破红色粘土层的现象(叶茂林, 2008), 表明在齐家文化之前喇家遗址也曾受到山洪泥流的袭击. 这些证据显示喇家遗址在中晚全新世曾遭受过多次山洪泥流的袭击, F4房址内古人类可能死于1920BC前后最具灾难性的一次泥流灾害.

在喇家遗址发掘地层中发现了大量的黑砂(如: 图2). Wu等(2016)认为这些黑砂代表了上游积石峡堰塞湖溃决后特大洪水携带到积石峡下段和官亭盆地中的沉积, 原因是黑砂中含有绿片岩碎屑, 而该矿物主要分布在积石峡地区, 未在官亭盆地地层中暴露. 然而, 绿片岩在黄河上游只局部分布在积石峡堰塞湖下游峡谷的局部河段和黄河右侧附近的积石山的部分区域(Wu等, 2016), 且积石峡河段主要以泥岩和砾岩地层出露为主(彭建兵等, 1997; Zhang等, 2010; Wu等, 2016), 因此并不能确定积石峡堰塞湖溃决形成的特大洪水沉积就是溃坝后的产物. 喇家遗址西北VIII发掘区探方壁上的黑砂地层呈现火焰状形态(图2a)和探坑中的V形喷砂漏斗(图2b和c), 以及多个探坑中的砂丘

(图2c), 都是强烈古地震诱发下伏砂层液化的典型特征(Obermeier, 1996; Tuttle, 2001), 类似的喷砂漏斗在喇家遗址早期研究中也曾有报道(夏正楷等, 2003). 这些证据都暗示喇家遗址发掘地层中出现的黑砂, 以及切穿喇家遗址博物馆发掘区探方壁中文化层和红粘土裂缝中充填的黑砂(图4c和d), 都是古地震诱发早期阶地砂土液化喷砂所致, 而不是积石峡堰塞湖溃决导致的特大洪水携带至喇家遗址的.

不同研究团队曾对积石峡古堰塞湖沉积开展过系统测年, 显示其形成于6200BC左右, 消亡在3600BC之前(Dong等, 2014; Zhang等, 2015), 结果都显示该堰塞湖消失的年代远早于喇家遗址F4房址古人类的死亡年代(1920BC左右)(Wu等, 2016). 通过对积石峡滑坡与堰塞湖沉积, 喇家遗址史前泥流与地震地质灾害遗迹和骨骼年代的对比(图5), 显示积石峡堰塞湖的消亡时间(3600BC之前)比喇家遗址最早人类活动的时间(2800BC左右, 网络版附表1和附表2, <http://earth.scichina.com>, 下同)早约800年, 比齐家文化时期人类开始定居的时间(2300BC左右)早约1300年, 比F4房址古人类突然死亡的年代(1920BC左右, 网络版附表S1)早约1700年. 而喇家遗址和官亭盆地其他青

铜遗址在1920BC之后仍持续有人类活动(网络版附表3), 未出现间断, 与堰塞湖溃决特大洪水的推测不符. 根据目前的研究结果, 推断1920BC黄河上游出现特大洪水缺乏足够的证据, 将其与黄河中游夏朝建立相联系进行讨论缺乏科学依据. 实际上, 二里头文化只属于夏朝的晚期部分, 夏朝建立时代上限约在2070BC(李伯谦, 1986; 韩建业, 1997, 2009; 夏商周断代工程专家组, 2000), 本身也不支持黄河流域的史前洪水与夏朝建立存在联系的观点. 但Wu等(2016)提出利用地质考古的研究, 为检验古史传说提供科学依据的思路很有启发性, 对探讨中华文明起源等重大科学问题提供了有价值的交叉学科视角.

5 结论

喇家遗址古地震发生的时间不早于1800BC, 不是诱发喇家遗址F4、F7等房址古人突然死亡, 以及积石峡堰塞湖形成的原因. 积石峡古堰塞湖的形成及其消亡、喇家遗址以F4等房址毁灭为代表的史前灾害, 以及该遗址齐家文化时期的强烈地震是不同年代发生的独立事件. 喇家遗址F4、F7等房址及古人类是局部泥流灾害毁灭的, 不存在1920BC左右由地震诱发堰塞

图5 积石峡堰塞湖沉积和喇家遗址史前灾害遗迹的年代对比

湖溃决形成的黄河上游谷地特大洪水事件,将其与大禹治水和夏朝建立相关联的基础是不成立的。

参考文献

- 丁见祥. 2010. 马家窑文化的分期、分布、来源及其与周边文化的关系. 古代文明(第8卷). 北京: 文物出版社. 36-87
- 方修琦, 苏筠, 尹君, 滕静超. 2015. 冷暖-丰歉-饥荒-农民起义: 基于粮食安全的历史气候变化影响在中国社会系统中的传递. 中国科学: 地球科学, 45: 831-842
- 弗雷泽. 2010. 《旧约》中的民俗. 童炜刚, 译. 上海: 复旦大学出版社. 60-159
- 国家文物局. 1996. 中国文物地图集. 青海分册. 北京: 文物出版社. 55-88
- 韩建业. 1997. 夏文化的起源与发展阶段. 北京大学学报, 4: 120-125
- 韩建业. 2008. 中国西北地区先秦时期的自然环境与文化发展. 北京: 文物出版社. 241-252
- 韩建业. 2009. 论二里头青铜文明的兴起. 中国文物历史, 1: 37-47
- 李伯谦. 1986. 二里头类型的文化性质与族属问题. 文物, 6: 41-47
- 彭建兵, 毛彦龙, 杜东菊. 1997. 黄河积石峡水电站水库滑坡工程地质研究. 西安: 陕西科学技术出版社. 14-16
- 钱耀鹏. 2007. 关于喇家聚落的灾难遗迹与广场建筑. 考古, (5): 441-452
- 水涛. 2001. 中国西北地区青铜器时代考古论集. 北京: 科学出版社. 195-205
- 孙淼. 1987. 夏商史稿. 北京: 文物出版社. 91-97
- 王辉. 2012. 甘青地区新石器——青铜时代考古学文化的谱系与格局. 考古学研究(九). 北京: 文物出版社. 210-243
- 吴庆龙, 张培震, 张会平, 叶茂林, 张竹琪. 2009. 黄河上游积石峡古地震堰塞湖溃决事件与喇家遗址异常古洪水灾害. 中国科学D辑: 地球科学, 39: 1148-1159
- 夏商周断代工程专家组. 2000. 夏商周断代工程1996-2000年阶段成果报告: 简本. 北京: 世界图书出版公司. 74-82
- 夏正楷, 杨晓燕, 叶茂林. 2003. 青海喇家遗址史前灾难事件. 科学通报, 48: 1200-1204
- 谢端琚. 2002. 甘青地区史前考古. 北京: 文物出版社. 112-136
- 许靖华. 2014. 气候创造历史. 甘锡安, 译. 北京: 生活·读书·新知三联书店出版社. 206-218
- 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: 80-85
- 杨晓燕, 夏正楷, 崔志久, 叶茂林. 2004. 青海官亭盆地考古遗存堆积形态的环境背景. 地理学报, 59: 455-461
- 叶茂林. 2002. 青海民和喇家史前遗址的发掘. 考古, 7: 3-6
- 叶茂林. 2008. 从汶川地震再看喇家遗址. 中国文物报, 7
- 叶茂林, 王国道, 任晓燕, 蔡林海, 张晓虎, 何克洲. 2002. 民和喇家遗址发现地震和洪灾新证据. 中国文物报, 001

- 殷志强, 秦小光, 赵无忌, 魏刚. 2013. 黄河上游官亭盆地红粘土层成因机制再讨论. 第四纪研究, 33: 995-1004
- 张东菊, 董广辉, 王辉, 任晓燕, 哈比布, 强明瑞, 陈发虎. 2016. 史前人类向青藏高原扩散的历史过程和可能驱动机制. 中国科学: 地球科学, 46: 1007-1023
- 张双权, 张乐, 栗静舒, 高星. 2016. 晚更新世晚期中国古人类的广谱适应生存——动物考古学的证据. 中国科学: 地球科学, 46: 1024-1036
- 张雪莲, 叶茂林, 仇士华, 钟建. 2014. 民和喇家遗址碳十四测年及初步分析. 考古, 11: 91-104
- 邹衡. 1980. 试论夏文化. 夏商周考古学论文集, 北京: 文物出版社. 95-182
- Cui Q Y, Gaillard M J, Olsson F, Greisman A, Lemdahl G, Zernova G. 2015. A case study of the role of climate, humans, and ecological setting in Holocene fire history of northwestern Europe. *Sci China Earth Sci*, 58: 195-210
- Dong G H, Jia X, Elston R, Chen F H, Li S C, Wang L, Cai L H, An C B. 2013. Spatial and temporal variety of prehistoric human settlement and its influencing factors in the upper Yellow River valley, Qinghai Province, China. *J Archaeol Sci*, 40: 2538-2546
- Dong G H, Zhang F Y, Ma M M, Fan Y X, Zhang J W, Wang Z L, Chen F H. 2014. Ancient landslide-dam events in the Jishi Gorge, upper Yellow River valley, China. *Quat Res*, 81: 445-451
- Galadini F, Galli P. 1999. Palaeoseismology related to the displaced Roman archaeological remains at Egna (Adige Valley, northern Italy). *Tectonophysics*, 308: 171-191
- Haug G H, Günther D, Peterson L C, Sigman D M, Hughen K A, Aeschlimann B. 2003. Climate and the collapse of Maya civilization. *Science*, 299: 1731-1735
- Huang C C, Pang J L, Zhou Y L, Su H X, Zhang Y Z, Wang L S. 2013. Palaeoenvironmental implications of the prehistorical catastrophes in relation to the Lajia Ruins within the Guanting Basin along the Upper Yellow River, China. *Holocene*, 23: 1584-1595
- Kerr R A. 1998. Archaeology: Sea-floor dust shows drought felled Akkadian empire. *Science*, 279: 325-326
- Lawler A. 2008. Unmasking The Indus: Indus collapse: The end or the beginning of an Asian culture? *Science*, 320: 1281-1283
- Lee H F, Zhang D D. 2013. A tale of two population crises in recent Chinese history. *Clim Change*, 116: 285-308
- Lu H Y, Yang X Y, Ye M L, Liu K B, Xia Z K, Ren X Y, Cai L H, Wu N Q, Liu T S. 2005. Culinary archaeology: Millet noodles in Late Neolithic China—A remarkable find allows the reconstruction of the earliest recorded preparation of noodles. *Nature*, 437: 967-968
- Ma M M, Dong G H, Chen F H, Meng X M, Wang Z L, Elston R, Li G Q. 2014. Process of paleofloods in Guanting basin, Qinghai Province, China and possible relation to monsoon strength during the

- mid-Holocene. *Quat Int*, 321: 88–96
- Medina-Elizalde M, Rohling E J. 2012. Collapse of classic Maya civilization related to modest reduction in precipitation. *Science*, 335: 956–959
- Obermeier S F. 1996. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis—An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Eng Geol*, 44: 1–76
- Pankow K L, Moore J R, Hale J M, Koper K D, Kubacki T, Whidden K M, McCarter M K. 2014. Massive landslide at Utah copper mine generates wealth of geophysical data. *GSA Today*, 24: 4–9
- Reimer P J, Bard E, Bayliss A, Beck J W, Blackwell P G, Ramsey C B, Buck C E, Cheng H, Edwards R L, Friedrich M, Grootes P M, Guilderson T P, Haffidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton T J, Hoffmann D L, Hogg A G, Hughen K A, Kaiser K F, Kromer B, Manning S W, Niu M, Reimer R W, Richards D A, Scott E M, Southon J R, Staff R A, Turney C S M, van der Plicht J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55: 1869–1887
- Richards M P, Hedges R E M. 1999. Stable isotope evidence for similarities in the types of marine foods used by late Mesolithic humans at sites along the Atlantic coast of Europe. *J Archaeol Sci*, 26: 717–722
- Rust D. 2005. Palaeoseismology in steep terrain: The Big Bend of the San Andreas fault, transverse ranges, California. *Tectonophysics*, 408: 193–212
- Tarosov P, Wagner M. 2005. Environmental research of ancient China—The problems of interpretation and comparing of chronology. In: Shandong University Oriental Archaeology Research Center, ed. *Studies of Eastern Archaeology II*. Beijing: Science Press. 263–271
- Timmermann A, Friedrich T. 2016. Late Pleistocene climate drivers of early human migration. *Nature*, 538: 92–95
- Tuttle M P, Collier J, Wolf L W, Lafferty R H. 1999. New evidence for a large earthquake in the New Madrid seismic zone between A.D. 1400 and 1670. *Geology*, 27: 771–774
- Tuttle M P. 2001. The use of liquefaction features in paleoseismology: Lessons learned in the New Madrid seismic zone, central United States. *J Seismol*, 5: 361–380
- Wade L. 2016. The Wari's grisly end—The fall of a South American empire. *Science*, doi: 10.1126/science.aah7203
- 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: 579–582
- Zhang D D, Brecke P, Lee H F, He Y Q, Zhang J. 2007. Global climate change, war, and population decline in recent human history. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104: 19214–19219
- Zhang F Y, Liu G, Chen W W, Han W F, Bai S B. 2010. Engineering geology and stability of the Jishixia landslide, Yellow River, China. *Bull Eng Geol Environ*, 69: 99–103
- Zhang Y Z, Huang C C, Pang J L, Zhou Y L, Shang R Q, Zhou Q, Guo Y Q, Liu T, Hu G M. 2015. OSL dating of the massive landslide-damming event in the Jishixia Gorge, on the upper Yellow River, NE Tibetan Plateau. *Holocene*, 25: 745–757

(责任编辑: 陈发虎)