

黄春长, 查小春, 李瑜琴, 等. 淮河中上游流域全新世古洪水水文学研究进展与展望 [J]. 地理科学, 2025, 45(1): 36-46. [Huang Chunchang, Zha Xiaochun, Li Yuqin et al. Progress and prospect of the Holocene palaeoflood hydrology in the middle-upper reaches of the Huaihe River Basin. Geographical Science, 2025, 45(1): 36-46.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20240019; cstr: 32176.14.geoscien.20240019

淮河中上游流域全新世古洪水水文学 研究进展与展望

黄春长, 查小春, 李瑜琴, 庞奖励

(陕西师范大学地理科学与旅游学院, 陕西 西安 710119)

摘要:淮河流域特大暴雨洪水灾害严重威胁经济社会发展, 其防洪减灾和水资源开发利用, 急需超长时间尺度河流洪水水文学数据资料的支撑。全新世古洪水水文学的研究, 为淮河流域全新世洪水水文数据发掘提供了重要途径。利用河流地貌学、沉积学、水文学和年代学等多学科交叉的方法, 获取淮河中上游全新世万年来实际发生过的特大暴雨洪水事件的沉积学记录, 采用多种水文模型模拟恢复与检验, 获得古洪水事件的洪峰水位和流量数据。淮河干流桐柏东段基岩峡谷的研究发现, 过去 10 000 a 以来发生多次特大洪水事件, 尤其是发生在 3.1 ka B.P. 和 1.5 ka B.P. 时期的古洪水事件, 洪峰水位最高, 洪峰流量可达 $14\,300\sim 16\,000\text{ m}^3/\text{s}$, 淮河支流汝河遂平段的调查研究和测年断代表明, 在 (12.0—11.2) ka B.P.、(4.2—4.0) ka B.P. 和 (3.2—3.0) ka B.P., 分别发生过 3 期古洪水事件。而支流沙河在 (1.45—1.55) ka B.P. 发生过特大泛滥洪水事件, 对应于中国历史上南北朝时期的严重气候恶化阶段。这些时段处在全球性气候事件、气候恶化或气候转折阶段。在这些时段, 季风状态极其不稳定, 变率增大, 导致气候异常, 极端性变化频繁, 既有严重干旱, 又有特大洪水事件发生。因此, 在全新世来说, 淮河流域特大暴雨洪水事件并不必然的与温暖湿润气候阶段相联系。这些研究丰富了高分辨率气候水文事件的内涵, 对于深刻理解区域气候水文系统对于全球变化的响应规律具有重要的科学意义。

关键词:淮河流域; 全新世; 古洪水事件; 沉积学记录; 古洪水水文学

中图分类号: P534; P532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2025)01-0036-11

淮河流域处于中国南北气候过渡带, 自古以来特大暴雨洪水灾难频发, 常常会造成严重的生命财产损失^[1-2]。其中 1975 年 8 月淮河上游特大暴雨洪水垮坝事件, 在大范围造成严重后果, 更是历史罕见^[3-4]。在全球变化影响之下, 淮河中上游河流水文系统将会如何演变? 淮河中上游暴雨洪水事件将会呈现出什么样的规律? 如何确保淮河流域的水资源与水能源开发和防洪工程安全运行? 这些都是需要从超长时间尺度水文学-古洪水水文学角度去解决的实质性科学问题。

淮河干流王家坝站多年平均流量 $288\text{ m}^3/\text{s}$, 多年平均径流总量 $90.9\times 10^8\text{ m}^3$; 而蚌埠站分别为 $876\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $276\times 10^8\text{ m}^3$ ^[5]。正阳关以上干支流流域是主要的暴雨和洪水来源区, 其中桐柏山区、大别山区、伏牛山区都是高强度暴雨中心^[5-6]。每年 6—9 月, 受到切变线、低涡、低空急流和台风等影响, 正阳关以上干支流流域常会发生大范围高强度连续暴雨, 有

收稿日期: 2023-11-30; **修订日期:** 2024-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42171092) 资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (42171092).]

作者简介: 黄春长 (1953—), 男, 陕西彬县人, 教授, 博导, 主要研究方向为环境演变与灾害研究。E-mail: cchuang@snnu.edu.cn

时 24 h 降水量甚至会达到 600~1 000 mm, 导致淮河中下游干支流水位猛涨, 漫堤泛滥, 造成极其严重的生命财产损失^[7]。其中历史特大洪水以 1593 年 8 月(明万历二十一年农历七月)为最甚, 水灾遍及 120 州县, 从历史文献中“人畜漂没市集”“舟行树梢”“官署庙宇民舍倾圮”等记述, 可略见一斑^[1]。淮河流域现代特大洪水以 1954 年 7 月最大, 造成河道漫溢、堤坝溃决、大范围成灾, 淮河干流王家坝和正阳关洪峰流量分别达到 9 610 m³/s 和 12 700 m³/s。其后在 1957 年、1968 年、1975 年、1982 年、1991 年、2003 年汛期都曾经出现过特大暴雨洪水事件, 造成淮河干支流水位大幅度上涨, 超出警戒值, 库坝漫溢和决堤^[8]。淮河干流王家坝观测记录到的最大洪峰流量是发生于 1968 年 7 月的特大洪水 17 600 m³/s。

而成灾最为惨烈的则是 1975 年 8 月特大暴雨洪水垮坝事件。其时暴雨中心长期笼罩支流洪汝河和沙颍河上游地区, 汝河板桥水库以上流域平均降雨量达 1 028.5 mm, 其中林庄站 3 d 降雨量达 1 605.3 mm, 洪水普遍漫溢库坝, 上中下游接续告急, 板桥水库等 60 余座大中小水库相继溃决, 板桥水库最大垮坝流量达到 78 100 m³/s, 石漫滩水库垮坝流量 30 000 m³/s^[9]。这导致数米至 20 m 高水头以排山倒海之势倾泻而下, 将汝河两岸宽约 10 km, 长约 50 km 范围的村镇横扫而光, 京广铁路损毁长达 102 km, 29 县市 1 100 万人口受灾, 死亡超过 26 000 人^[2]。究其原因, 正是因为在这些水利工程设计当中, 缺乏“千年一遇”或者“万年一遇”超长时间尺度特大暴雨洪水的客观数据, 对于暴雨洪水的强度和规模认识不足^[2-4, 9]。最近的则是发生在 2021 年夏季, 淮河流域北部及其相邻地区特大暴雨洪水及内涝灾害, 在郑州等地造成了极其严重的社会经济损失。

因此, 必须从超长时间尺度水文学, 尤其是古洪水水文学角度入手, 利用河流地貌学、水文学、沉积学和年代学等多学科交叉的技术手段, 系统揭示淮河中上游全新世特大暴雨洪水事件及其规模, 深入理解淮河中上游全新世水文变化和特大洪水事件与季风进退变化、全球变化和人类活动演变的关系。从而准确掌握淮河中上游 10 000 a 来特大暴雨洪水事件发生的时间性规律, 并结合流域全新世季风气候变化规律, 揭示这些特大暴雨洪水事件与全球气候变化的关系。本文对淮河中上游全新世古洪水水文学研究进展、存在问题及其前景进行评述, 梳理解决淮河流域防洪减灾和水资源开发当中的关键科学问题并对研究进行展望, 借此为保障淮河流域水资源开发和防洪减灾提供参考。

1 国内外古洪水水文学研究

古洪水水文学属于新兴前沿学科领域。它主要针对高原和山地丘陵地区的基岩峡谷河流, 沿河谷适当地貌部位, 全新世沉积物地层当中, 由特大洪水悬移质泥沙在高水位滞流情况下堆积的滞流沉积物(Slackwater deposit, SWD)夹层, 以及其它类型古洪水洪峰水位痕迹的研究。从而获得最近 10 000 a 来实际发生过的特大暴雨洪水事件的直接证据, 采用多种技术方法测年断代, 获得河槽相关水文参数, 利用先进水文模型模拟计算和校核, 获得洪水事件的水文学指标。进而掌握全新世特大洪水事件发生的规模和时间性规律, 及其与全球和区域气候变化的关系^[10-12]。其研究成果有助于深入揭示流域水文系统对于全球变化的响应规律; 有助于深入理解气候变化、水文过程与地貌因素相互作用的灾害效应; 将河流洪水的考证期从历史时期延伸到整个全新世, 有利于建立起可靠的河流洪水发生频率与洪峰流量关系, 为水利水电枢纽工程、交通工程和防洪工程的洪水设计提供科学依据, 确保工程设计合理, 运行安全可靠。

作为地球科学新兴交叉前沿性领域, 古洪水水文学研究融合了河流地貌学、沉积学、年代学、水文学和气候学等学科的方法与技术手段, 采用先进模型进行模拟计算和验证, 获得最近 10 000 a 来河流特大洪水的水文数据。其中, 美国亚利桑那大学 Baker V R 教授

从 20 世纪 80 年代就开始进行此方面研究,他从河流洪水水文与沉积学角度,提出在高水位滞流情况之下,河流古洪水悬移质泥沙沉积层与洪峰水位密切相关^[12-13]。将这种古洪水 SWD 沉积层的顶界作为古洪水事件发生时的最低洪峰水位,并选择其邻近的基岩顺直稳定河段,观测获得河槽地形与水文参数,采用水文学模型来恢复计算其洪峰流量。这样就将河流洪水的考证期从历史时期延长到 10 000 a,从而建立起全新的洪峰流量与发生频率关系曲线,为建立古洪水水文学理论和方法体系奠定了科学基础^[13]。

与国际古洪水水文学发展状况相比较,国内为满足有关大型水利枢纽工程设计洪水的需求,所进行的历史洪水水文学的调查比较成熟^[14-15]。但是,有关全新世古洪水水文学的研究起步比较晚,发表的成果也比较少。在地理学界,从区域气候水文变化与环境考古学的角度,开展了全新世古洪水事件的判别研究,取得了丰硕成果^[14-24]。也有通过洞穴石笋同位素代用指标研究,间接性地推论喀斯特山区坡面降水与水文变化,也被称为是古洪水研究^[25]。水文学界大多针对水利工程设计洪水的实际需要,从河流地貌学角度,采用高河漫滩面高度与河流第一级阶地面高度,作为河流最大洪水和极限洪水阈值进行研究^[26]。此后从河流平流(滞流)沉积物的调查中,进行了若干河流河段古洪水水文学的研究^[27-35]。Yang 等在黄河小浪底河段的调查,提出采用古洪水 SWD 尖灭点作为古洪水洪峰水位的方法,比之采用 SWD 顶面高程作为最低洪峰水位的方法,更加接近古洪水真实的洪峰水位高程^[36]。尽管《水利水电工程水文计算规范》^[37]中规定“可根据工程设计需要,开展古洪水调查,并进行考证分析”,但在大多数情况之下,受到种种因素的制约,工程水文学界还难以开展古洪水水文学研究。因此,与国际上的研究进展相比较,中国有关全新世河流古洪水和超长时间尺度洪水水文学研究,还是很薄弱的。客观来看,无论是针对流域气候水文变化、环境考古,或者是针对工程建设设计洪水需要所进行的古洪水问题的调查研究,还都处于初级阶段,有许多关键性、实质性问题需要解决。

全新世古洪水水文学所研究的信息载体,主要是在山地丘陵河段,与河流特大洪水洪峰水位直接相关的滞流沉积层,也就是在高水位滞流情况之下,特大洪水悬移质在河谷两侧适当位置沉积形成的 SWD 尖灭层。因此,从河槽两岸各种全新世沉积物序列之中,准确鉴别古洪水 SWD 就是个关键环节。从长远来看,为了揭示流域超长时间尺度气候水文变化规律的需要,在利用全新世地层序列当中古洪水 SWD 夹层,恢复特大洪水洪峰水位和洪峰流量的同时,还有可能通过 SWD 沉积层的结构特征,尤其是其沉积韵律所反映出的悬移质泥沙沉积机理与过程,去探索洪峰水位持续时间,恢复建立其洪峰过程线,并且结合流域下垫面土壤植被状况分析,进而恢复造成特大洪水事件的长期连续降水,或者特大暴雨事件的大气环流形势与过程。这可能是古洪水水文学领域所面临最大挑战。

最近 10 多年来,中国全新世古洪水水文学研究,主要集中在黄河中上游的干支流和汉江上游。在河谷全新世沉积序列、测年断代、河流古洪水 SWD 的判别、古洪水水文指标的多断面联合模拟恢复与检验方面取得了进展^[38-51]。其中最重要内容包括:第一,在河流全新世古洪水 SWD 野外鉴别方面,基于其沉积学宏观特征和理化与矿物学指标的综合分析,建立了系统的判别方法标准^[18,38]。第二,针对特大洪水在高水位淹没河岸缓坡面或者台地面的浅洼地,形成完全滞流或者水流分离(Flow separation),悬移质泥沙得到充分的沉积,在单层内形成下粗上细(细沙-粗粉沙-细粉沙-粘土)韵律状沉积的情况,创设了“古洪水 SWD 厚度与含沙量关系法”,或称为“古洪水滞流水深法”,用来恢复古洪水的洪峰水位^[42,50-51]。第三,从初期采用传统的“面积-比降法”模型,在稳定顺直基岩河槽断面恢复计算古洪水洪峰流量,发展到采用 HEC-RAS 模型,加入现代大洪水相关水文参数,多断面联合模拟运算,使得古洪水洪峰水位与流量的恢复和检验结果更加可靠^[42,45-46]。这有助于全新世古洪水水文学从理论研究向工程实践发展^[52]。

这些研究还揭示出, 全新世特大洪水事件主要发生在全球气候恶化或气候突变转折阶段。在东亚季风区域, 气候格局发生重要变化或者突变转折的时候, 大气环流状态很不稳定, 频繁的异常变化, 且多有极端性变化发生。在这些阶段既有严重干旱, 也有特大洪水事件发生^[38-40]。这说明严重干旱和特大洪水事件, 往往是全新世短尺度气候恶化的表现。研究结果对于深刻理解区域气候水文系统对全球变化的响应规律, 具有重要的科学意义。

2 淮河流域古洪水水文学研究进展

淮河中上游现代水文观测体系比较健全, 河流暴雨洪水水文研究成果丰富^[7-8]。近 500 a 历史洪水的调查也已经取得重要收获^[1]。而有关全新世 10 000 多年来古洪水水文学问题, 仅有在大别山北坡支流西淠河进行的零星的尝试性调查^[29]。在广大的淮河中上游干支流流域, 有关全新世古洪水水文学的研究, 几乎处于空白状态, 淮河中上游全新世特大暴雨洪水事件的发生规律无法准确预测。这既不利于防洪减灾和水资源安全开发利用, 也无法探索淮河中上游气候水文系统对于全球变化的响应规律。

淮河的干支流表现为不对称的树枝状水系, 其干支流上游桐柏山区、大别山区、伏牛山区多为河谷盆地与基岩峡谷相间, 干流王家坝以下进入冲积平原, 支流中游多是从山麓黄土丘陵台地向冲积平原的过渡地带, 主要是松散沉积物构成的河槽, 下游冲积平原地势低洼, 多湖沼湿地, 河槽宽浅多变且不稳定。其中上游干支流河槽两岸有出露的全新世土壤与沉积物地层剖面, 可供观察研究, 而下游河段的全新世沉积物地层, 则要靠钻探或者开挖探槽才能够看到。在淮河中上游河谷进行的河流地貌与沉积学调查发现, 在正常情况之下, 其干支流河槽之内的低河漫滩高出平水位 1.0~3.0 m, 每年汛期都会被小规模洪水淹没, 接受细颗粒沉积物的淤积, 这种沉积物属于现代河漫滩相沉积物。而高河漫滩通常高出平水位 3.0~5.0 m, 只有当发生中等规模洪水淹没整个河槽底部时(大致相当于遭遇十年到百年一遇洪水的时候)才会被淹没, 接受细颗粒泥沙的淤积。针对许多较大河流的研究充分表明, 这种沉积物属于河流近现代河漫滩相沉积物^[53-56]。由于高河漫滩大多数年份都不会被洪水淹没, 因此其表面常常会有灌丛和草被覆盖, 有的地方则被开垦为农田。在淮河中上游河谷的第一级河流阶地 T1, 通常会高出平水位 6~10 m, 构成了显著的河岸台地夹持着河槽, 其表面从历史时期以来就被开垦为肥沃良田, 其后部地面高起之处还会有村落居民点分布。在有风成黄土堆积的河谷, 由于第一级阶地 T1 多形成于晚更新世末期-全新世初期, 河槽下切导致古河床相与河漫滩相构成二元结构沉积层抬升, 脱离河流水位的影响, 往往就会被全新世各个时期的风成黄土叠加覆盖, 在全新世中期的温暖湿润气候条件下, 会被改造成为古土壤。这样就形成了全新世早期过渡性黄土(Lt)-全新世中期褐色土古土壤(S₀)-全新世晚期风成黄土(L₀)-现代土壤(MS)地层序列^[43]。在有史前古文化遗址分布的地区, 这个地层序列当中的, 偶尔还会有古文化层出现。在全新世风成黄土-土壤沉积层不断地接受堆积、逐渐增长形成的过程当中, 如果河流发生过水流满槽并且超出河岸的特大洪水的情况下, 在某些河段就会有悬移质沉积物, 在第一级阶地 T1 前部淤积形成尖灭层, 被后来的风成黄土或者古土壤覆盖而保存下来。在河岸剖面的全新世土壤与沉积物序列之中, 这些古洪水 SWD 夹层就成为全新世特大洪水事件的直接记录。

近年来, 在淮河中上游流域进行了全新世风成黄土-土壤与沉积物性质、成因、层序及古洪水沉积物考察研究^[41]。在诸多河段发现了全新世古洪水滞流沉积物(SWD)或者泛滥沉积物(Overbank flood deposit, OFD)地层剖面。其主要是由分选良好的粉沙、粘土质粉沙、细沙质粉沙构成的水平层、倾斜层和波状层, 常常被夹在河岸上一定高度的风成黄土-土壤序列中, 有的则是被夹在松散的、土石混杂的坡积物中。淮河干支流上游阶地的河流沉

积物,多是由河床相卵石层和河漫滩相中粗砂层构成二元结构沉积层;而中游河流阶地,其二元结构沉积层下部河床相沉积物,多为具有斜层理的中砂与中粗砂,上部往往是河漫滩相细沙层。由于沉积动力机制不同,全新世古洪水沉积物与其他各种类型的河流沉积物有着显著的区别。因此,在淮河中上游干支流河谷,全新世不同阶段的古洪水事件,在高水位滞流状态下的悬移质沉积记录,是客观存在的,在淮河中上游进行古洪水事件及其水文学研究,具备了沉积学方面的客观基础。

在淮河支流汝河驻马店-遂平段,河岸坍塌暴露的天然全新世风成黄土-古土壤剖面——诸市乡剖面,发现3层古洪水SWD沉积层。它们是河流洪水在高水位滞流情况之下,由分选良好的悬移质泥沙,即细沙质粉沙沉积形成,具有水平层理,是汝河上游流域曾经发生的气候水文事件的直接记录。采用OSL技术测年断代,确认这3期古洪水事件分别发生在(12.0—11.2) ka B.P.、(4.2—4.0) ka B.P.和(3.2—3.0) ka B.P.^[57]。通过与全球气候变化记录的对比分析,发现其主要发生在全球性气候事件(短时间尺度严重偏离平均状况的小概率极端性气候阶段)、气候恶化(气候状况向着不利于人类生产生活的方向变化)或气候转折阶段(气候状况从一种相对稳定状态向着另一种状态的变化)。在这些时段,季风状态极其不稳定,变率增大,导致气候异常,极端性变化频繁,在一定时段之内既有严重干旱,又有特大洪水事件发生。这个成果丰富了高分辨率气候变化与气候水文事件响应的内涵。

在淮河干流上游基岩山地丘陵区毛集河口段的调查,也发现了河岸坍塌暴露的全新世黄土-古土壤剖面——卢庄村剖面,其中夹有多层水平状古洪水SWD沉积层。它们是淮河干流特大洪水在毛集河口高水位回水滞流情况之下,由分选良好的悬移质细沙沉积形成。测年结果表明,发生在3.1 ka B.P.和1.5 ka B.P.这2个时期的古洪水事件,洪峰水位最高。通过对该河段相关水文参数的观测,采用水文模型计算恢复与检验,表明其洪峰流量在14300~16000 m³/s^[58]。

在淮河支流沙河闫湾村河岸剖面的调查研究中,发现主要由风成黄土和全新世古土壤构成的河岸剖面,其顶部含有3层古洪水OFD沉积层,高出河水位10 m。对于各个层位粒度成分数据进行了端元分析,就其主要端元粒径分布频率曲线的形态特征,结合各个层次沉积学宏观特征,可以比较清晰地识别出主要由粉沙(峰值粒径30~40 μm)构成的风尘堆积物(EM3),由粉沙和粉沙质粘土(主峰值粒径20~30 μm、次峰值粒径8~10 μm)构成的全新世中期古土壤(EM1),由粉沙和细沙(主峰值粒径20~30 μm、次峰值粒径200~300 μm)构成的在较弱水动力条件下沉积的古洪水泛滥沉积物(EM2),以及由中细沙(峰值粒径400~500 μm)构成的在强水动力条件下沉积的古洪水泛滥沉积物(EM4)^[59]。采用OSL测年断代,表明这些古洪水事件发生在(1450—1550) a B.P.,对应于中国历史上南北朝时期的严重气候恶化期^[60]。

3 总结与展望

全新世古洪水水文学研究的对象,主要是在过去10 000 a来,河流中上游峡谷河段实际发生过的特大洪水的沉积物,即在高水位情况之下,由悬移质泥沙在河槽两岸堆积形成的细颗粒沉积层。这种SWD通常成尖灭状,被夹在全新世土壤与沉积物地层序列之中。所以,只有在对河谷高低河漫滩和阶地及其土壤与沉积物序列进行详细深入地调查研究,准确鉴别和精确断代的基础上,才能获取河槽水文参数,进行模拟计算和验证,恢复古洪水的洪峰水位和洪峰流量等关键性数据的阶段。

就近年来在淮河中上游的调查研究成果来看:①通过野外考察,明确了干支流中上游各段河谷地貌特点,对于高低河漫滩,第一和第二级阶地剖面的土壤和沉积物性质类型、

成因和基本层序特点有了比较深入的理解,为在更多河段鉴别古洪水 SWD 沉积层,进行河槽水文参数观测、特大洪水水文数据的模拟恢复奠定了基础。②在平原河段的调查,发现由泛滥洪水悬移质在河流两侧低洼地带大面积滞流情况之下的沉积物 OFD,多呈透镜状或者席状分布。由于其河槽宽浅多变且不稳定,目前还不能据其进行古洪水水文学数据的模拟恢复验算。③早期在西淝河上游基岩峡谷的尝试性调查结果,只是服务于具体工程的洪水设计工作。近年来在淮河上游干流桐柏段的调查,发现夹有特大洪水 SWD 的全新世土壤与沉积物序列,研究获得了其洪峰水位和洪峰流量数据。④在支流汝河上游诸市乡段发现夹有特大洪水 SWD 的土壤与沉积物序列,确认汝河曾经发生过 3 期特大洪水事件,与全新世短尺度气候恶化事件相对应。⑤在支流沙河发现记录着特大泛滥洪水事件的一组 OFD 沉积层,与中国历史时期南北朝气候恶化阶段对应。总体看来,淮河干支流全新世时期的古洪水事件当中,皆以这个时段的洪水事件水位高、流量大,成灾范围广,灾情最为严重。

淮河中上游全新世古洪水水文学研究,虽然取得了一些进步和发展,但是在古洪水沉积物鉴别、测年断代和水文学模拟与验算等关键性问题上,仍然存在一些困难和值得商榷的问题。这主要包括:①对于流域内沉积物成因及地表过程的分析研判不够,有可能会将支流沟谷形成的山洪、泥石流与泥石流沉积物,误认为是全新世河流干流特大洪水的沉积物。②河谷地貌调查不够充分,对于河槽内不同类型河流沉积物的详细区分存在误区。在某些情况之下,可能会将河槽内现代高河漫滩沉积物、河流低阶地剖面下部的古河漫滩二元结构沉积物,与全新世特大洪水 SWD 沉积物混淆起来。③从新石器时代以来,淮河流域就是人类文化发展的核心地带,因而河岸全新世土壤与沉积物序列,通常会受到人为扰动影响,所以在沉积物成因鉴别和测年断代方面有较大难度。④历史上曾经有“以水代兵”,人为造成河流决堤洪水,尤其是在贾鲁河-颍河以东的低洼地带,需要慎重识别排除黄河决堤洪水及其沉积物的影响。⑤进行古洪水水文学验算的河槽断面比较单一,缺乏多断面联合、多期次古洪水事件的综合模拟计算与验证,所获结果的可靠性有待提高。⑥选择河流古洪水水文模拟恢复断面,还有如何排除河道采砂影响的问题。

基于以上问题和困难,今后就淮河中上游古洪水水文学问题,应当在以下方面深入探索研究,力争取得突破性进展:

1) 全新世古洪水水文学,应当建立在河流地貌学和全新世沉积学与地层学基础上,进行全新世环境与地表过程变化的分析研究,深刻理解关键性河段的侵蚀-沉积过程与河槽发展演变与历史,以及与河谷相联系的支流沟谷发展演变与沉积过程,严格区分远源的河流洪水 SWD 沉积层与近源的支流沟谷沉积层。有效地排除支流沟谷小流域暴雨山洪混杂沉积物(Flash flood deposit)、泥流沉积物(Mudflow deposit)、泥石流沉积物(Debris flow deposit)等,避免将古洪积扇-泥流泥石流台地剖面沉积物,当作是干流特大洪水的 SWD,据其来推演干流古洪水问题。

2) 在淮河中上游基岩峡谷与盆地相间河段,更要深入进行河槽地貌与土壤沉积物成因与地层序列研究,配合多种手段测年断代,详细区分河流阶地古河漫滩、现代河漫滩沉积层等,避免将古河漫滩沉积物(Palaeo-floodplain deposit)、现代高河漫滩砂质或者砂卵石质沉积物(Floodplain deposit),当作是全新世稀遇古洪水的滞流沉积物 SWD,用来恢复重建史前时期古洪水的洪峰水位与洪峰流量^[27-35]。因为河流高河漫滩沉积物,常常是中小规模洪水堆积的产物,不宜作为全新世特大洪水 SWD,来进行古洪水水文学的恢复模拟计算。至于夹在河岸其它各种类型沉积物序列之中的古洪水 SWD,也需要从其分布范围、分布高度和成因机制方面,慎重分析论证其可靠性。

3) 针对特定河段具体的河流洪水沉积物,必须详细区分古洪水 SWD 与泛滥洪水

OFD。通常,在基岩峡谷与盆地相间的河段,全新世土壤与沉积物序列所夹的 SWD,是全新世特大洪水的可靠记录^[18,39]。而平原地区由松散沉积物构成的河槽及其两岸的 OFD,虽然也可能是古洪水事件的客观记录,但由于河流侧向侵蚀与再沉积过程活跃,河槽宽浅,很不稳定,因而不可据其进行古洪水水文学模拟验算研究。当然,通过对其沉积序列的深入研究,有可能会揭示流域超长时间尺度大范围暴雨洪水事件的发生规律问题。

4) 对于证据确凿的有河流古洪水 SWD 夹层的全新世沉积序列,应当采用多种手段综合测年断代,在建立完整沉积序列年代框架的基础上,进行古洪水事件准确断代。尤其是古洪水 SWD 测年样品的采取,首先要充分理解整个土壤与沉积物序列的形成过程,进行系统性、序列性采样。无论是采用¹⁴C 或者 OSL 技术测年断代,在实验室对样品进行前处理,必须清楚所测定的物质组分及其形成原理。即便是拿到了测年结果,也要分析判断测年数据的合理性,搞清楚究竟是什么组分起到了决定性作用。进而排除古老物质组分或者新生物质组分的影响,提高测年断代结果的可信度。

5) 对于已经通过调查和分析论证,证据确凿且断代明确的全新世河流古洪水沉积层剖面,选择与之密切相关的基岩峡谷沟槽,观察测量相关水文参数,形成有效的古洪水水文学断面,结合已知的现代大洪水水文参数进行水文分析计算与验证。要尽量避免将沿河谷数十、甚至数百公里河段所发现的各种古洪水沉积证据,依其分布高度投影到下游某个峡谷断面进行水文验算。古洪水水文学分析验算,尽可能采用先进模型,例如 HEC-RAS 等,进行多断面联合运算与验证,最终获得古洪水洪峰水位和洪峰流量的可靠数据。即便是采用传统的面积-比降法分析计算,也要加入现代大洪水水文参数,采用多断面综合分析验证,有效地提高水文验算成果的可信度。

全新世古洪水水文学,作为由河流地貌学、沉积学、年代学、水文学和气候学等多学科交叉的新兴前沿领域,其发展必然会有一个不同学科领域之间相互借鉴,交叉融合,由不成熟向成熟发展的过程。中国全新世古洪水的研究仍然处于初级阶段,在古洪水沉积记录的鉴别和测年断代方面存在问题在所难免。地球科学领域的学者,在研究全新世河流古洪水问题的时候,可能在河流地貌与沉积学和年代学方面会有其优势,对于河槽动态、河流泥沙、古洪水沉积物的性质和形成机理会有比较充分的理解,判别河流全新世古洪水 SWD 和 OFD 会更为准确可靠;而工程水文学界的学者,在研究河流古洪水问题的时候,对于河槽水文参数观测,洪峰水位与流量的模拟恢复与检验验证方面可能会更加专深。所以,来自不同学科领域的学者应该抱着开放的心态,打破学科领域之间的藩篱,相互交流,取长补短,以促进这个新兴前沿学科领域不断发展。这样,将会推动中国古洪水水文学研究从理论走向工程建设实践,确保各种水利枢纽与防洪工程建设既经济又安全可靠。同时,也有利于揭示超长时间尺度流域气候水文变化及其对于全球变化的响应规律,为解决人类面临的全球变暖所带来的一系列资源环境问题作出贡献。

参考文献(References):

- [1] 李振华,朱锦红,蔡静宁,等.历史上的淮河洪水[J].气象,2004,36(6): 24-28. [Li Zhenhua, Zhu Jinhong, Cai Jingning et al. Floods of Huaihe River in history. Meteorological Monthly, 2004, 36(6): 24-28.]
- [2] 高瑞华,高峻.75·8洪灾中洪汝河流域受灾严重的原因新探[J].牡丹江大学学报,2019,28(10): 14-17. [Gao Ruihua, Gao Jun. A new probe into the reasons for the serious disasters in Hongru River basin in 75·8 flood disaster. Journal of Mudanjiang University, 2019, 28(10): 14-17.]
- [3] 伏安.石漫滩板桥水库的设计洪水问题[M].北京:中国水利水电出版社,2005. [Fu An. Problems of the design flood of the Shimantan and Banqiao Reservoirs. Beijing: China Water and Power Press, 2005.]
- [4] 王国安.淮河“75·8”洪水垮坝的主要原因分析及经验教训[J].科技导报,2006,24(7): 72-77. [Wang Guoan. The main cause and lesson of “August 1975” dam-breaking floods in the Huaihe River. Science and Technology Review, 2006, 24(7): 72-77.]

- [5] 施其仁. 淮河上游地形对大暴雨的影响 [J]. 河南大学学报 (自然科学版), 1997, 27(1): 63-70. [Shi Qiren. The influence of the topography in the Huaihe upper reaches on the heavy rainfall. Journal of Henan University (Natural Science), 1997, 27(1): 63-70.]
- [6] Zhang Yuzhu, Huang Chunchang, Pang Jiangli et al. Holocene palaeoflood events recorded by slackwater deposits along the middle Beiluohe River valley, middle Yellow River basin, China[J]. *Boreas*, 2015, 44: 127-138.
- [7] 张金才. 淮河流域暴雨洪水特性 [J]. 水文, 1993(5): 48-52. [Zhang Jincai. Characteristic of the storm rain and floods in the Huaihe River drainage basin. Hydrology, 1993(5): 48-52.]
- [8] 水利部水文局, 水利部淮河水利委员会. 2003 年淮河暴雨洪水 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006. [Hydrological Bureau of Ministry of Water Resources, the Huaihe River Commission of the Ministry of Water Resources. Storm rain and flood of the Huaihe River in 2003. Beijing: China Water and Power Press, 2006.]
- [9] 水利部治淮委员会. 淮河流域“75·8”特大暴雨简介 [J]. 水文, 1981(4): 46-52. [Huaihe River Commission of the Ministry of Water Resources. Introduction to “75·8” extremely heavy rainstorm in Huaihe River Basin. Hydrology, 1981(4): 46-52.]
- [10] Knox J.C. Sensitivity of modern and Holocene floods to climate change[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2000, 19: 439-457.
- [11] Saint-Laurent D. Palaeoflood hydrology: An emerging science[J]. *Progress in Physical Geography*, 2004, 28(4): 531-543.
- [12] Baker V R. Palaeoflood hydrology in a global context[J]. *Catena*, 2006, 66: 161-168.
- [13] Baker V R. Palaeoflood hydrology: Origin, progress, prospects[J]. *Geomorphology*, 2008, 101: 1-13.
- [14] 苏联壁. 长江 1870 年洪水的初步探讨 [J]. 人民长江, 1958(3): 14-22. [Su Lianbi. Preliminary study of the extraordinary flood in 1870 on the Yangtze River. Yangtze River, 1958(3): 14-22.]
- [15] 史辅成, 易元俊, Mu P. 黄河历史洪水调查考证和研究 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002. [Shi Fucheng, Yi Yuanjun, Mu P. Investigation and checking of the historical floods on the Yellow River. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2002.]
- [16] 夏正楷, 杨晓燕. 我国北方 4 ka B. P. 前后异常洪水事件研究 [J]. 第四纪研究, 2003, 23(6): 667-674. [Xia Zhengkai, Yang Xiaoyan. Abnormal flood event at about 4 ka B. P. in North China. *Journal of Quaternary Science*, 2003, 23(6): 667-674.]
- [17] 朱诚, 郑朝贵, 马春梅, 等. 长江三峡库区中坝遗址地层古洪水沉积判别研究 [J]. 科学通报, 2005, 50(20): 2240-2250. [Zhu Cheng, Zheng Chaogui, Ma Chunmei et al. Distinguishing palaeoflood sediment in the Zhongba site in the Sanxia Reservoir Science of the Yangtze River. *Science Bulletin*, 2005, 50(20): 2240-2250.]
- [18] 黄春长, 庞奖励, 查小春, 等. 黄河流域关中盆地史前大洪水研究——以漆水河为例 [J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(11): 1658-1669. [Huang Chunchang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun et al. Pre-historical great flood in the Guanzhong basin of the Yellow River drainage basin—A case study on the Qishuihe River. Science in China Terrae, 2011, 41(11): 1658-1669.]
- [19] 黄春长, 郭永强, 张玉柱, 等. 青海官亭盆地喇家遗址全新世地层序列与史前灾难研究 [J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(2): 434-455. [Huang Chunchang, Guo Yongqiang, Zhang Yuzhu et al. Holocene stratigraphy and pre-historical disasters in the Lajia Ruins in the Guanting Basin of the Qinghai Province. Science in China Terrae, 2019, 49(2): 434-455.]
- [20] Huang Chunchang, Zhou Yali, Zhang Yuzhu et al. Comments on “Outburst flood at 1920 BCE supports historicity of China’s Great Flood and the Xia Dynasty” [J]. *Science*, 2017, 355(6332): 1382(1-4).
- [21] Jia T J, Ma C M, Zhu C et al. Depositional evidence of palaeofloods during 4.0—3.6 ka B P at the Jinsha site, Chengdu Plain, China[J]. *Quaternary International*, 2017, 440: 78-89.
- [22] Wu L, Zhu C, Ma C M et al. Mid-Holocene palaeoflood events recorded at the Zhongqiao Neolithic cultural site in the Jiangnan Plain, middle Yangtze River Valley, China[J]. *Quaternary Science Review*, 2017, 173: 145-160.
- [23] Zhang Yuzhu, Huang Chunchang, Tan Zhihai et al. Prehistoric and historic overbank floods in the Luoyang Basin along the Luohe River, middle Yellow River Basin, China[J]. *Quaternary International*, 2019, 521: 118-128.
- [24] 张跃颖, 李长安, 张玉芬, 等. 长江武汉段 4.5—2.5 ka 沉积地层与古洪水标志识别 [J]. 地质论评, 2019, 65(4): 973-982. [Zhang Liyin, Li Chang’an, Zhang Yufen et al. Sedimentary strata and paleoflood identification indexes of Wuhan section of Yangtze River during 4.5—2.5 ka B P. *Geological Review*, 2019, 65(4): 973-982.]
- [25] Tan L C, Shen C C, Cai Y J et al. Great flood in the middle-lower Yellow River reaches at 4 000 a B P inferred from accurately-dated stalagmite records[J]. *Science Bulletin*, 2018, 63(4): 206-208.
- [26] 徐润滋, 姚伟信, 赵群芳, 等. 红水河阶地与极限洪水 [J]. 地理研究, 1986, 5(1): 45-49. [Xu Runzi, Yao Weixin, Zhao Qunfang et al. A research of extreme flood of the Hongshui River during the past thirty thousand years. *Geographical Research*, 1986, 5(1): 45-49.]
- [27] 詹道江, 谢悦波. 西渭河响洪甸古洪水及频率分析 [J]. 水电能源科学, 1988, 6(2): 177-183. [Zhan Daojiang, Xie Yuebo. Flood frequency analysis of the West Pi River near Xianghongdian: A new method of frequency analysis with palaeoflood. *International Journal of Hydroelectric Energy*, 1988, 6(2): 177-183.]

- [28] 詹道江, 谢悦波. 洪水计算的新进展——古洪水研究 [J]. 水文, 1997(1): 1-5. [Zhan Daojiang, Xie Yuebo. New advance in flood calculation—Palaeoflood study. *Hydrology*, 1997(1): 1-5.]
- [29] 杨达源, 谢悦波. 黄河小浪底段古洪水沉积与古洪水水位研究 [J]. 河海大学学报 (自然科学版), 1997, 25(3): 86-89. [Yang Dayuan, Xie Yuebo. A preliminary study on paleoflood deposit and its level in Yellow River valley near Xiaolangdi village. *Journal of Hohai University*, 1997, 25(3): 86-89.]
- [30] 高治定, 慕平. 小浪底水利枢纽晚全新世最大古洪水流量估算 [J]. 水资源研究, 1997, 18(4): 48-52. [Gao Zhiding, Mu Ping. Estimates of the discharge of the maximum palaeoflood during the late Holocene in Xiaolangdi hydrolic hub. *Water Resources Research*, 1997, 18(4): 48-52.]
- [31] 刘卫东. 古洪水在岗南和黄壁庄水库设计洪水中的应用 [J]. 水利水电技术, 1998, 29(7): 47-48. [Liu Weidong. Apply of palaeoflood in the design flood of the Huangbizhuang Reservoir. *Water Resource and Hydroelectric Power*, 1998, 29(7): 47-48.]
- [32] 谢悦波, 杨玉荣, 王辉. 三峡河段古洪水滞流沉积物指标体系 [J]. 人民长江, 1999, 30(8): 4-6. [Xie Yuebo, Yang Yurong, Wang Hui. Index system of ancient diluvia deposits at TGP dam site. *Yangtze River*, 1999, 30(8): 4-6.]
- [33] 谢悦波, 刘金涛, 沈起鹏. 黄河小浪底河段古洪水沉积 [J]. 河海大学学报, 2001, 29(4): 27-30. [Xie Yuebo, Liu Jintao, Shen Qipeng. Paleoflood deposits on Xiaolangdi reach of the Yellow River. *Journal of Hohai University*, 2001, 29(4): 27-30.]
- [34] 葛兆帅, 杨达源, 谢悦波, 等. 沁河流域全新世特大洪水及重现期研究 [J]. 自然灾害学报, 2004, 13(5): 144-148. [Ge Zhaoshuai, Yang Dayuan, Xie Yuebo et al. Holocene extraordinary flood of Qinhe River and its recurrence interval. *Journal of Natural Disasters*, 2004, 13(5): 144-148.]
- [35] 郭龙, 谢悦波, 聂秋月, 等. 雅鲁藏布江加查河峡谷河段古洪水沉积特征 [J]. 河海大学学报, 2010, 38(2): 134-138. [Wu Long, Xie Yuebo, Nie Qiuyue et al. Characteristics of palaeoflood sediments in Jiacha Gorges of the Yarlung Zangbo River. *Journal of Hohai University*, 2010, 38(2): 134-138.]
- [36] Yang Dayuan, Yu Ge, Xie Yuebo et al. Sedimentary records of large Holocene floods from the middle reaches of the Yellow River, China[J]. *Geomorphology*, 2000, 33: 73-88.
- [37] 水利部长江水利委员会水文局. 水利水电工程水文计算规范 (SL278-2002)[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002. [Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources. Specification for hydrologic computation of water resources and hydropower projects (SL278-2002). Beijing: China Water and Power Press, 2002.]
- [38] Huang Chunchang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun et al. Holocene Palaeoflood Events recorded by slackwater deposits along the Lower Jinghe River Valley, Middle Yellow River Basin, China[J]. *Journal of Quaternary Science*, 2010, 27(5): 485-493.
- [39] Huang Chunchang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun et al. Sedimentary records of the extraordinary floods at the ending of the mid-Holocene Climatic Optimum along the upper Weihe River, China[J]. *The Holocene*, 2012, 22(6): 675-686.
- [40] Huang Chunchang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun et al. Extraordinary hydro-climatic events during the period AD 200—300 recorded by slackwater deposits in the upper Hanjiang River valley, China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2013, 37: 274-283.
- [41] Huang Chunchang, Pang Jiangli, Su Hongxia et al. Holocene environmental change inferred from the loess-palaeosol sequences adjacent to the floodplain of the Yellow River, China[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2009, 28(25-26): 2633-2646.
- [42] 黄春长, 李晓刚, 庞奖励, 等. 黄河永和关段全新世古洪水研究 [J]. 地理学报, 2012, 67(11): 1493-1504. [Huang Chunchang, Li Xiaogang, Pang Jiangli et al. Palaeoflood study in the Yongheguan reach of the Yellow River. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(11): 1493-1504.]
- [43] Zhang Yuzhu, Huang Chunchang, Pang Jiangli et al. Holocene paleofloods related to climatic events in the upper reaches of the Hanjiang River valley, middle Yangtze River Basin, China[J]. *Geomorphology*, 2013, 195: 1-12.
- [44] Zhang W, Pan S M, Cao L G et al. Changes in extreme climate events in eastern China during 1960—2013: A case study of the Huaihe River Basin[J]. *Quaternary International*, 2015, 380-381: 22-34.
- [45] Liu Tao, Huang Chunchang, Pang Jiangli et al. Extraordinary hydro-climatic events during 1800—1600 yr BP in the Jin-Shaan Gorges along the middle Yellow River, China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2014, 410: 143-152.
- [46] Liu Tao, Huang Chunchang, Pang Jiangli et al. Late Pleistocene and Holocene palaeoflood events recorded by slackwater deposits in the upper Hanjiang River valley, China[J]. *Journal of Hydrology*, 2015, 529: 499-510.
- [47] Hu Guiming, Huang Chunchang, Zhou Yali et al. Hydrological studies of the historical and paleoflood events on the middle Yihe River, China[J]. *Geomorphology*, 2016, 274: 152-161.
- [48] Hu Guiming, Huang Chunchang, Zhou Yali et al. Extreme paleoflood events 3200—3000 a B P in the Jingyuan-Jingtai reaches of the upper Yellow River, China[J]. *The Holocene*, 2016, 26(5): 790-800.
- [49] Guo Yongqiang, Huang Chunchang, Pang Jiangli et al. Extraordinary flood events and response to monsoonal climatic change during the last 3 000 years along the middle Yangtze River valley, China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2016, 462: 70-84.

- [50] Guo Yongqiang, Huang Chunchang, Pang Jiangli et al. Reconstruction palaeoflood hydrology using slackwater flow depth method in the Yanhe River valley, middle Yellow River basin, China[J]. *Journal of Hydrology*, 2017, 544: 156-171.
- [51] Guo Yongqiang, Huang Chunchang, Zhou Yali et al. Sedimentary record and luminescence chronology of palaeoflood events along the Gold Gorge of the upper Hanjiang River, middle Yangtze River basin, China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2018, 156: 96-110.
- [52] 郭生练, 尹家波, 李丹, 等. 丹江口水库设计洪水复核及偏大原因分析 [J]. *水力发电学报*, 2017, 36(2): 1-8. [Guo Shenglian, Yin Jiabo, Li Dan et al. Rechecking of the design floods and the reason of the larger deviation for the Danjiangkou reservoir. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2017, 36(2): 1-8.]
- [53] 赵景波, 蔡晓薇, 王长燕. 西安高陵渭河近 120 年来的洪水演变 [J]. *地理科学*, 2007, 27(2): 225-230. [Zhao Jingbo, Cai Xiaowei, Wang Changyan. Flood evolution of Weihe River in recent 120 years in Gaoling of Xi'an. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(2): 225-230.]
- [54] 赵景波, 王长燕. 兰州黄河高漫滩沉积与洪水变化研究 [J]. *地理科学*, 2009, 29(3): 409-414. [Zhao Jingbo, Wang Changyan. Deposits on high floodplain and flood evolution of Huanghe in Lanzhou. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(3): 409-414.]
- [55] 连丽聪, 凌超豪, 李晓峰, 等. 河漫滩沉积体系对洪水事件的指示——以修河为例 [J]. *沉积学报*, 2019, 37(1): 135-142. [Lian Licong, Ling Chaohao, Li Xiaofeng et al. Indicator of flood events based on floodplain sediments: A case study of Xiu River. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2019, 37(1): 135-142.]
- [56] 罗淑元, 郑丽匀, 曹向明, 等. 长江中游河漫滩沉积序列对洪水事件的指示——以荆州扬子江剖面为例 [J]. *人民长江*, 2021, 52(1): 6-12. [Luo Shuyuan, Zheng Liyun, Cao Xiangming et al. Indication of flood events based on floodplain sediment sequence in middle reaches of Changjiang River since 19th century: Case of Yangzijiang profile in Jingzhou City. *Yangtze River*, 2021, 52(1): 6-12.]
- [57] 陈莹璐, 黄春长, 张玉柱, 等. 汝河全新世古洪水沉积学与光释光测年研究 [J]. *地质学报*, 2017, 91(10): 2351-2367. [Chen Yinglu, Huang Chunchang, Zhang Yuzhu et al. Sedimentological study and OSL dating of the Holocene palaeoflood deposits on the Ruhe River. *Acta Geologica Sinica*, 2017, 91(10): 2351-2367.]
- [58] 王兆夺, 黄春长, 查小春, 等. 淮河上游卢庄段全新世古洪水水文恢复研究 [J]. *干旱区地理*, 2018, 41(2): 325-333. [Wang Zhaoduo, Huang Chunchang, Zha Xiaochun et al. Palaeoflood sedimentological and hydrological study of the Luzhuang section in the upper reaches of Huaihe River. *Arid Land Geography*, 2018, 41(2): 325-333.]
- [59] 尚丽君, 查小春, 黄春长, 等. 淮河支流沙河闫湾段全新世晚期古洪水事件及气候背景 [J]. *地理学报*, 2024, 79(11): 2796-2810. [Shang Lijun, Zha Xiaochun, Huang Chunchang et al. Late Holocene palaeoflood events and its climatic background in the Yanwan reach of the Shahe River, Huaihe River basin. *Acta Geographica Sinica*, 2024, 79(11): 2796-2810.]
- [60] Smerdon J E, Kaufman D S, Asrat A et al. Continental scale temperature variability during the past two millennia[J]. *Nature Geoscience*, 2013, 6: 339-346.

Progress and prospect of the Holocene palaeoflood hydrology in the middle-upper reaches of the Huaihe River Basin

Huang Chunchang, Zha Xiaochun, Li Yuqin, Pang Jiangli

(*School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, Shaanxi, China*)

Abstract: The Huaihe River Basin is well-known for the storm rain and flood disasters which endangering the social and economic development. Especially, the disaster of dam-breaking flooding occurred in August 1975 caused enormous losses to the people and serious damage in towns and villages. The long-term data of flood hydrology are needed in flood mitigation and water resource utilization over the Huaihe River Basin. The newly developed science of palaeoflood hydrology will be able to meet these needs. Using multi-disciplinary methods of fluvial geomorphology, sedimentology, geochronology and hydrology, palaeoflood peak stage and discharge of the extraordinary flood events occurred during the last 10 000 years will be modeled, reconstructed and checked in the middle-upper reaches of the Huaihe River Basin. The investigation along the Maojihekou bedrock reach of the main stream of the Huaihe River showed that multiplied extraordinary palaeoflood occurred during the Holocene. Highest peak flood stage was dated to 3.1 ka and 1.5 ka respectively, with reconstructed discharges between 14 300-16 000 m³/s. And, in the Suiping reach of the tributary Ruhe River, the extraordinary floods dated to the episodes of (12.0—11.2) ka B.P., (4.2—4.0) ka B.P. and (3.2—3.0) ka B.P. during the climatic deterioration and abruptly shifted climate during the Holocene. On the tributary Shahe River, extraordinary floods occurred during (1.45—1.55) ka B.P., well correlated to the severe climatic decline of the Northern and Southern Dynasties in Chinese history. These flooding episodes are correlated with the events of global climatic deterioration and abrupt climate events during the Holocene. It evidences that both floods and droughts were part of the climatic variability during global climatic change. Intense rainstorms and extreme flooding were not necessarily associated with the episodes of humid climatic conditions. During these episodes, atmospheric circulation became instablized in the Eastern Asian monsoonal region. Increased climate variability and intensified hydro-climatic extremity led to frequently occurred flood and drought. These results have enriched the connotation of hydro-climatic events in the Holocene. It is of great significance in understanding the response of regional hydro-climatic system to global change at the present time.

Key words: the Huaihe River; Holocene; palaeoflood event; sedimentological record; palaeoflood hydrology