

江汉平原

中全新世古洪水事件 环境考古研究

◎ 吴立 朱诚 李枫 等著



科学出版社

江汉平原中全新世古洪水 事件环境考古研究

**Environmental Archaeology of the Mid-Holocene
Palaeofloods in the Jiangnan Plain, Central China**

· 吴 立 朱 诚 李 枫 等 著

国家自然科学基金项目（批准号：41771221，41571179，40971115）

黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目（批准号：

SKLLQG1422，SKLLQG1206）

教育部“985 工程”专项南京大学研究生科研创新基金项目（编号：

2011CL11）

共同资助

国家科技支撑计划项目课题（编号：2013BAK08B02，2010BAK67B02）

国家社会科学基金重大项目（批准号：11&ZD183）

湖泊与环境国家重点实验室开放基金项目（批准号：2012SKL003）

南京大学学科交叉研究项目（批准号：NJUDC2012002）

南京大学大型贵重仪器设备开放测试基金项目（编号：0209001309）

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书通过对沙洋钟桥、天门石家河古城谭家岭和三房湾等遗址中全新世晚期典型遗址古洪水事件考古地层学和年代学、孢粉、锆石微形态、粒度、磁化率、地球化学等多环境代用指标的综合研究,结合研究区现代洪水沉积物特征指标的对比分析、文化遗址数量变化、时空分布、地层堆积特征、区域遗址变动情况及江汉平原众多中全新世考古遗址的地理位置、年代学数据、地貌高程、古洪水层埋深和文化层厚度等资料的统计,对江汉平原中全新世古洪水事件及其与人类文明演进的互动响应关系进行系统的环境考古研究,以揭示该区中全新世古洪水事件的年代、特征过程、发生的环境背景与东亚季风降水变化的关系,并弄清古洪水事件对新石器时代各期文化和人类文明演进过程的影响。

本书可供环境考古、第四纪环境演变、自然地理学、地貌与第四纪地质学教学科研参考,也可供高等院校师生和考古部门及博物馆工作人员参考。

审图号:鄂S(2018)007号

图书在版编目(CIP)数据

江汉平原中全新世古洪水事件环境考古研究/吴立等著. —北京:科学出版社, 2018.11

ISBN 978-7-03-059344-3

I. ①江… II. ①吴… III. ①江汉平原-全新世-历史洪水-环境地学-考古学-研究 IV. ①P331.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第250821号

责任编辑:周丹 沈旭/责任校对:彭涛

责任印制:张克忠/封面设计:许瑞

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市春园印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年11月第一版 开本:720×1000 1/16

2018年11月第一次印刷 印张:12 1/2

字数:252 000

定价:129.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

当前全新世环境演变与人类活动的相互关系已成为全球变化中 PAGES (过去全球变化) 研究的核心内容。纵观近年国内外研究进展, 环境考古在全新世环境演变与人地关系研究中无疑扮演了重要角色并已获得丰硕成果。环境考古是以“人”为研究核心, 将所有的文化遗存都置身于生存环境宏观背景下, 通过分析考古地层遗存和自然沉积地层所记录的古气候、古植被与古环境等特征, 来揭示人类与环境的相互关系。正如著名考古学家苏秉琦先生所言: “环境考古是一门新产生的交叉学科, 它的任务不是单纯研究自然界的进化, 而是研究人与自然的关系。环境考古学的目的就在于从历史的角度阐述人类依附自然、利用自然、保护自然、最终回归自然的辩证关系。”

中全新世是人类早期文明发展的突兴阶段, 正是在这一时期, 人类实现了由原始社会向文明社会的跃进; 而在实现这一跃进的过程中, 自然环境是人类社会发展的背景舞台, 环境变化也自然成为史前文化兴衰的重要推动或制约因素。环境变化会引起人类所处的人地关系地域生态系统之各要素发生变动, 这种变动对于生产力还不发达、人类改造自然能力较低的史前时代先民生产生活地点、范围和方式的选择等都会产生极其重要的影响。但需要注意的是, 人类活动与环境变化之间的相互作用从人类诞生之初就不是单向的, 表现的只是人类不同发展阶段的强弱之别, 从新石器时代开始, 人类活动便逐渐加剧了对周围自然环境的影响, 人与自然的矛盾日益凸显。

位于长江中游的江汉平原是由长江和汉江冲积而成的平原, 处于湖北省中南部, 西起宜昌枝江, 东迄武汉, 北至钟祥, 南与洞庭湖平原相连, 主要包括荆州市的荆州区、沙市区、江陵县、公安县、监利县、石首市、洪湖市、松滋市 8 个县市区, 仙桃、潜江、天门 3 个省直管市, 并辐射周边武汉、孝感、荆门、宜昌和襄阳 5 个地级市的蔡甸区、汉川市、沙阳县、京山市、钟祥市、枝江市、宜城市等部分地区, 物产丰富, 明朝以来素有“湖广熟, 天下足”和“鱼米之乡”之称, 是湖北省乃至全国重要的粮食产区和农产品生产基地, 养育了湖北省一半以上的人口 (3200 多万), 是中国三大平原之一——长江中下游平原的重要组成部分, 也是中华文明孕育和发展的重要地区。江汉平原及其周边地区存在着大量新石器时代以来的典型考古遗址并蕴含有自然环境演变记录的河湖相地层, 为我们利用环境考古研究其新石器时代以来人类文明发展与环境演变以及灾变事件等人地关系提供了极好的高分辨率研究题材。

笔者自 2009 年以来,从国家自然科学基金面上项目“江汉平原早中全新世古洪水事件考古地层学研究”研究起步,并在多项国家自然科学基金、教育部“985 工程”专项南京大学研究生科研创新基金、国家科技支撑计划重点项目“中华文明探源工程”、国家社会科学基金重大项目以及后续开展的中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目“江汉平原典型新石器遗址揭示的中全新世古洪水事件与人类活动响应”(批准号:SKLLQG1422)等研究经费资助下,在大量的野外调查和室内多指标实验分析工作基础上,系统开展了对江汉平原中全新世古洪水事件和人地关系的环境考古研究。该研究对长江流域区域环境考古的贡献主要体现在:一是对江汉平原无文字记载之史前时期的古洪水事件在沉积学判别、年代学和环境演变背景方面提供了可信度高的科研成果,弥补了江汉平原地区考古遗址地层中古洪水沉积记录环境考古研究的不足;二是对江汉平原典型考古遗址地层进行了年代学、考古学、微体古生物学、环境磁学、沉积学和地球化学等各环节代用指标的系统研究,揭示了中全新世江汉平原地区人类生存环境演变、古文化发展、社会生产力水平与古洪水等灾变事件的关系,推动了长江流域特别是中游地区的全新世环境考古、环境演变和人地关系研究进展;三是总结归纳了江汉平原全新世典型自然沉积地层如荆州江北农场、沔阳 M1 孔和长湖湖泊河湖相沉积等记录的自然环境演变特征,并与周边高分辨率自然环境演变记录及典型人类考古遗址地层做了对比集成研究,结合遗址时空分布学研究,揭示了区域人地关系互动影响及其对古洪水事件与环境演变的响应过程。

本研究得到了湖北省文物考古研究所、湖北省博物馆、天门市博物馆、潜江市博物馆、沙洋县文物管理所等湖北省各市县考古部门的大力支持。北京大学莫多闻教授,南京大学王富葆教授、鹿化煜教授、张振克教授、水涛教授、马春梅副教授、李徐生副教授、韩志勇副教授等,以及中国科学院南京地理与湖泊研究所薛滨研究员、张恩楼研究员等曾在书稿撰写前提出了许多建设性意见,张广胜、田晓四、欧阳杰、李兰、孙伟、王晓翠、李冰、李开封、贾天骄、谭艳、王坤华、赵琳等同志共同参与了前期调研与野外考察采样,笔者对此深表感谢!本书的撰写参阅了大量文献,虽一一列出,然仍恐挂一漏万,在此热忱期望同行与其他读者不吝赐教。

谨以此书献给生活在江汉平原世代勤劳善良的人们。

朱誠

2018 年 9 月

目 录

前言

第 1 章	绪论	1
1.1	研究背景与意义	1
1.1.1	研究背景	1
1.1.2	研究意义	2
1.2	国内外相关研究进展	4
1.2.1	国际古洪水水文学研究历史与进展	4
1.2.2	考古地层学与环境考古地层学的关系	12
1.2.3	古洪水事件环境考古研究进展	14
1.2.4	江汉平原古洪水研究现状与存在问题	17
1.3	研究内容与技术路线	20
1.3.1	研究内容	20
1.3.2	研究方法和技术路线	23
1.4	研究过程与工作量	23
1.4.1	研究过程	23
1.4.2	研究完成的主要工作量	24
第 2 章	研究区地理环境和考古地层剖面选择	25
2.1	区域自然地理环境概况	25
2.1.1	地质地貌	26
2.1.2	气候	27
2.1.3	土壤	28
2.1.4	植被	28
2.1.5	水文	29
2.2	区域古文化发展概况	30
2.2.1	城背溪文化 (8500~7000 a BP)	32
2.2.2	大溪文化 (6500~5100 a BP)	33
2.2.3	边畈文化 (6900~5900 a BP)	34
2.2.4	油子岭文化 (5900~5100 a BP)	35
2.2.5	屈家岭文化 (5100~4600 a BP)	36
2.2.6	石家河文化 (4600~3900 a BP)	38

2.3	典型遗址考古地层剖面选择和采样	39
2.3.1	沙洋钟桥遗址 ZQ-T0405 剖面	40
2.3.2	石家河-谭家岭遗址 TJL-T0620 剖面	46
2.3.3	石家河-三房湾遗址 SFW-T1610 剖面	49
第 3 章	环境代用指标意义与实验方法	55
3.1	粒度的环境指示意义与实验方法	55
3.1.1	粒度特征与沉积环境	55
3.1.2	粒度分析的实验方法	57
3.2	磁化率的环境指示意义与实验方法	57
3.2.1	磁化率的环境指示意义	57
3.2.2	磁化率测定的实验方法	59
3.3	锆石微形态的环境指示意义与实验方法	59
3.3.1	锆石微形态的环境指示意义	59
3.3.2	锆石矿物提取与微形态鉴定实验方法	60
3.4	化学元素的环境指示意义与实验方法	60
3.4.1	化学元素的环境指示意义	60
3.4.2	化学元素的 X 射线荧光光谱分析实验方法	61
3.5	孢粉的环境指示意义与实验方法	61
3.5.1	孢粉的环境指示意义	61
3.5.2	孢粉分析的实验方法	62
3.6	总有机碳和总氮的环境指示意义与实验方法	63
3.6.1	总有机碳和总氮的环境指示意义	63
3.6.2	总有机碳和总氮测定的实验方法	63
3.7	有机碳同位素的环境指示意义与实验方法	64
3.7.1	有机碳同位素的环境指示意义	64
3.7.2	有机碳同位素测定的实验方法	65
第 4 章	古洪水沉积特征与判别考古地层分析	66
4.1	钟桥遗址 ZQ-T0405 剖面	66
4.1.1	粒度	67
4.1.2	磁化率	70
4.1.3	锆石微形态	73
4.1.4	Rb/Sr 及 Cu 化学元素含量	77
4.1.5	孢子花粉组合特征	78
4.2	谭家岭遗址 TJL-T0620 剖面	79
4.2.1	粒度	80

4.2.2	磁化率	83
4.2.3	锆石微形态	84
4.3	三房湾遗址 SFW-T1610 剖面	86
4.3.1	粒度	86
4.3.2	磁化率	90
4.3.3	锆石微形态	90
第 5 章	江汉平原中全新世古洪水事件年代分析	93
5.1	加速器质谱碳十四 (AMS^{14}C) 年代分析	93
5.1.1	钟桥遗址文化层与古洪水事件的 AMS^{14}C 断代	94
5.1.2	谭家岭遗址文化层界定及其 ^{14}C 年代序列	96
5.1.3	三房湾遗址文化层与古洪水事件的 AMS^{14}C 断代	97
5.2	光释光 (OSL) 年代分析	98
5.3	剖面地层与古洪水事件年代综合对比	100
第 6 章	江汉平原中全新世以来的环境变化与人类活动地层记录	108
6.1	钟桥遗址 ZQ-T0405 剖面孢粉鉴定结果及其环境考古意义	108
6.1.1	孢粉鉴定结果	108
6.1.2	环境考古意义分析	109
6.2	钟桥遗址 ZQ-T0405 剖面元素记录的人类活动与环境信息	113
6.2.1	剖面元素地球化学特征	113
6.2.2	元素含量变化与人类活动的关系	115
6.3	谭家岭遗址 TJL-T0620 剖面的环境演变与人类活动记录	118
6.3.1	孢粉鉴定与地球化学分析结果	118
6.3.2	环境演变与人类活动记录讨论	124
6.4	三房湾遗址 SFW-T1620 剖面环境演变的地球化学记录	125
6.4.1	地球化学分析结果及其环境意义	125
6.4.2	不同层位环境演变阶段的地球化学记录	126
6.5	荆州江北农场 JZ-2010 河湖相沉积记录的全新世环境干湿变化	128
6.5.1	荆州江北农场 JZ-2010 河湖相沉积剖面概述	128
6.5.2	荆州江北农场 JZ-2010 河湖相沉积剖面的环境干湿变化记录	130
6.6	沔阳 M1 孔河湖相沉积记录的全新世古环境演化	132
6.6.1	沔阳 M1 孔概述及其沉积特征	132
6.6.2	沔阳 M1 孔河湖相沉积孢粉记录的全新世气候与环境演化	133
6.7	长湖地区孢粉记录的全新世气候变化	135
6.7.1	长湖地区钻孔的孢粉资料	135

6.7.2	长湖湖泊钻孔的孢粉分析	136
第 7 章	中全新世古洪水事件成因及其对江汉平原新石器文化发展的影响	138
7.1	古洪水事件成因分析	138
7.1.1	地貌与古水文过程	138
7.1.2	古洪水事件对环境演变的响应	140
7.1.3	大气环流模式与季风雨带移动变化	143
7.2	古洪水事件与环境演变对区域新石器文化发展的影响	144
7.2.1	江汉平原及其周边地区考古遗址分布特征	144
7.2.2	遗址高程变化与环境演变的关系	151
7.2.3	中全新世江汉平原古洪水事件与环境演变对文化遗址分布的影响	155
7.2.4	江汉平原 4000 a BP 前后文化兴衰与古洪水事件的关系探讨	158
7.3	对江汉平原中全新世古洪水事件环境考古研究的概括性总结与认识	159
参考文献		163

第1章 绪 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

进入 21 世纪以来,人类面临前所未有的系列重大全球性环境问题,全球变化已成为当前及未来地球系统科学研究的热点问题(中国科学院地学部地球科学发展战略研究组,2009;朱诚等,2012)。通过近 30 多年来各国科学家的研究,人类逐渐认识到在改变自己居住环境的过程中,其影响范围已不再仅仅局限于局部或某个区域,而是全球规模,涉及地球系统不同圈层的相互作用。全球变化对人类生存环境威胁的加强已不容置疑,但它是人地关系长期失调的结果(Bondre et al., 2012),作用机理十分复杂,牵涉自然科学与人文社会科学的多个领域。

为了研究和有效解决这些重大而紧迫的全球环境问题,以国际地圈-生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP, 又称为全球变化研究)为代表的全球变化研究其酝酿始于 20 世纪 80 年代初。1986 年国际科学联合会 ICSU(International Council of Scientific Unions)第 21 届大会后很快组成了一个由 19 人组成的国际地圈-生物圈计划科学委员会,在 McCarthy 教授领导下,经过高效率工作,于 ICSU 第 22 届大会上提出了全球变化研究的计划大纲,1990 年在 ICSU 第 23 届大会上提出执行计划并获得通过(朱诚等,2012)。2003 年开始,国际地圈-生物圈计划进入第 2 个 10 年研究阶段(IGBP II),其中将过去全球变化研究计划(Past Global Changes, 简称 PAGES)列为新的两个集成研究计划之一(中国科学院地学部地球科学发展战略研究组,2009;朱诚等,2012),之后 PAGES 在 2014 年开始实施的“未来地球计划”(future earth)中也仍作为核心计划;而全新世以来的环境演变与环境考古研究则是目前 PAGES 研究的一个重要前沿领域。2004~2005 年,ICSU 和 UNESCO(联合国教科文组织,United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)将“全新世快速自然变化和环境灾变与人类的响应”作为最新研究计划(Achimo et al., 2004; UNESCO, 2005)。已有研究表明(Wang et al., 2005; Turney and Brown, 2007; Yancheva et al., 2007; Zong et al., 2007; 朱诚等,2010; Wu et al., 2010, 2011, 2012, 2017; Medina-Elizalde and Rohling, 2012; 吴立等,2012),全新世环境的快速变化,不仅有自然环境演变,还有人类活动的交叉影响,如何研究全新世以来自然和人文环境的复合交互影响

是一个复杂且有一定难度的科学问题。

近年来,随着过去全球变化(PAGES)研究的进展,全新世自然环境灾变事件对人类文明影响的研究正受到学术界越来越多的关注(张兰生等,2017;朱诚等,2017),而这正是过去研究的薄弱环节。其中,全新世古洪水发生的周期和时间尺度问题已成为PAGES计划中极为重要的研究内容(Baker, 2002; Murton et al., 2010; Woodward et al., 2010; Yu et al., 2010; Ma et al., 2012; Wu et al., 2016; Huang et al., 2017)。古洪水沉积记录可取得史前及中晚全新世几千年以来的洪水资料,但是其特征沉积物的形成与保存所需要的条件是相当苛刻的,而考古遗址地层中的古洪水沉积层提供了研究的新思路,一是在一些考古遗址中发现自然淤积层(或疑似古洪水层)的同时,还发现有大量的埋藏古树等,这些都具有洪水冲积的特征;二是古洪水沉积的年代学方面 AMS¹⁴C 测年和出土器物考古断代可以相互印证,这就解决了某些古洪水沉积中由于没有可用于¹⁴C 测年的含碳物质导致无法定年的困难。此外,在所研究的考古遗址区域内应选择沉积厚度较大,层位齐全,具有代表性的考古探方地层,以方便建立地层时代对比所用的剖面标尺。

1.1.2 研究意义

洪水自史前时代以来就是妨害人类生存与社会发展的主要自然灾害之一。早在中华文明早期起源阶段的“尧舜禹”时期,大洪水就困扰着先民的生活,这个时期就有“大禹治水”的传说。在中华数千年的文明发展历程中,洪水灾害一直是生活在沿江河流域平原地区先民的心腹大患。中国地处亚洲东部,受季风气候和地形条件的限制,雨量年际变化大,而且年内分配不均,多数地区的降水量集中在夏季的6~9月,并以暴雨形式出现较多,洪水灾害发生频繁。中国大约2/3的国土面积常有不同危害程度或不同类型的洪水灾害。洪涝灾害在各种灾害中占有较大的比例,以长江流域为例2004年的汛期就有涉及782个县市的7630万人受灾,导致的直接经济损失约有300亿元(田国珍等,2006)。历史上从西汉早期到清朝末期,即公元前206年至公元1991年的2196年中共有1011次水灾发生,平均约2年发生1次(黄健民和徐之华,2005)。近100年来我国洪水发生仍十分频繁,并且随着人口持续增长和经济社会发展,洪水造成的破坏损失不断增长。据统计在1900~1949年期间,不同程度的洪水灾害每年都有发生,每年全国平均有168个市县受灾;灾害轻重差异在不同年份很大,轻灾年受灾市县数目不足100个,最轻的1927年为43个,重灾年受灾市县超过250个,1931年最重达592个(黄健民和徐之华,2005)。从1950年至1995年每年都发生有不同程度的洪水灾害,累计造成死亡25.9万人,每年平均死亡5300人;倒塌房屋累计1.1亿间,每年平均220万间;每年平均受灾作物 $9.13 \times 10^6 \text{ hm}^2$ (黄健民和徐之华,2005)。

长江是中华民族的母亲河,其流域是中华文明孕育和发展的重要区域,但同

时也是中国洪水灾害发生最严重最频繁的一条主要河流。历史记载表明(张秉伦和方兆本, 1998; 张秉伦等, 2002), 从公元前 206 年至公元 1960 年, 中国在此期间经历了 1030 余次严重洪水。长江发生了 50 余次特别广泛的洪水, 其支流汉江也发生了 30 余次; 平均每 60~65 年长江流域就会发生一次灾难性洪水。广泛的洪水亦可在较短时间内发生, 1870 年以来就是如此, 在这一时间段内, 长江流域在 1870 年、1896 年、1931 年、1949 年、1954 年和 1998 年都发生特大灾害性洪水, 其中 1931 年和 1954 年的洪水是全国性的、普遍的灾难。覆盖流域中、下游多数地区的、猛烈的、连续的季风雨导致了 1931 年大洪水。5~6 月份间, 6 次巨大洪峰顺江而下, 淹没 90650 km² 土地, 摧毁 23 个地方的防护堤坝; 失去家园或遭受其他苦难的人达到 4000 万, 许多人口中心包括南京、武汉及其他在区域内的城市遭洪水淹没。武汉洪水持续 4 月不退, 深度超过 2 m, 在有些地方超过 6 m。1954 年夏季, 由于连续的季风雨而引发另一次大洪水, 水位急剧上升, 有超过 1931 年洪水水位几乎 2 m 的记录。然而, 由于防洪措施有效和得当, 避免了许多潜在后果。

隶属于长江中游的江汉平原地区不仅是中国重要的鱼米之乡, 也是遭受洪水灾害最严重的地区之一, 其流域的洪涝灾害问题同样重要, 但前人对江汉平原地区古洪水事件和环境演变的系统性综合集成研究相对较少。江汉平原地区是中国农业文明的发祥地之一, 历史悠久, 文化灿烂。建国五十多年来的考古调查和发掘表明(朱诚等, 1997; 国家文物局, 2003; Li et al., 2011), 该区存在大量新石器时代以来的考古遗址; 同时, 现有的研究成果显示(朱诚等, 1997; 谢远云等, 2007; 张玉芬等, 2009), 该区在进入全新世以来洪水灾害频发, 对区域内社会发展和生产生活产生了深远影响, 这些为利用考古遗址地层学研究人类文明发展与环境演变及古洪水事件等人地关系地域系统变化提供了极好的高分辨率记录题材, 将会对过去难以解释的长江流域地貌与环境演变及人类文明孕育发展史等问题提供更多可靠的地层学记录解释, 同时对于揭示古地理环境、古人类生活状况及中华文明起源与早期发展阶段的环境等都具有重要的借鉴意义和指导作用。

江汉平原地区近代以来的洪水频率逐渐升高, 区内异常洪水影响的范围也不断增大(湖北省地方志编纂委员会, 1997; 周凤琴和唐从胜, 2008)。对该区域的洪水研究不仅应成为洪水灾害防治的重点之一, 对于区域水利水电工程建设也具有很大的参考价值, 特别是全新世以来江汉平原地区古洪水事件发生环境背景和规律的研究, 大幅度延长了特大洪水的考证期, 解决了设计洪水频率计算的主要问题(即样本序列代表性和长度), 充实了洪水频率分析的内容。因此, 对本区进行考古遗址地层调查、全新世以来环境考古和古洪水事件与季风气候变化、人地关系的研究, 都具有基础理论研究和现实实践的意义。

1.2 国内外相关研究进展

1.2.1 国际古洪水水文学研究历史与进展

20 世纪 70~80 年代,从洪水沉积地貌和第四纪地质学研究中发展起来的古洪水水文学,已成为自然地理和应用水文学重要的分支学科之一。自从 1982 年学科得名以来,古洪水水文学研究取得了许多进展,特别是在古洪水憩流沉积物及其多指标判别方面进展显著。技术方法上的进步,尤其是在水力模型和地质年代学方面,使其拥有了一定的学科地位。最新的进展包括对洪水沉积物地质年代的精确测年技术,典型的如加速器质谱测年分析和光释光测年,以及计算机技术和设备的发展,使得常规研究中的复杂水力计算变得可行。从最初在美国西南部地区的应用,古洪水水文学已经证明了其在各种景观和环境研究中的广泛应用。许多特别重要的研究已在澳大利亚、中国、印度、以色列、南非、西班牙和泰国完成并取得了相关成果。古洪水研究虽然取得了很大进展,但是仍然存在一些问题,主要是研究的分辨率有待提高,对一个流域内古洪水序列的全面建立还存在困难。众多的国际研究成果已经表明,古洪水事件与全球气候变化的关系及其成因问题将成为新的学科兴趣点之一。

1) 学科建立与初步发展

古洪水是指过去或古代发生的、历史或文献可考证洪水期以前时段内发生的大洪水事件(Baker, 2008)。古洪水研究以第四纪沉积物作为主要对象,利用第四纪地质学、年代学、古水文学、古生物学、地球物理学、地球化学等方法,探讨古洪水事件发生的历史和古洪水对古气候变化的响应,确定古洪水发生的时代、气候环境背景、水文特点及其对古代人类文明发展所产生的影响。古洪水多发生在气候环境演变的过渡时期,尤其是在气候转型时期的环境突变阶段,古洪水事件是极端性水文过程对气候事件的即时响应(Knox, 1991; 张理华等, 2002; Benito et al., 2003)。运用地层学方法研究全新世以来的古洪水,可以揭示出全新世以来河流发生洪水的状况,探索大洪水形成的规律(Gillieson et al., 1991; 谢悦波和姜洪涛, 2001),可以得到数千年的洪水资料,大大扩展了洪水考证期,从而避免现行单纯依靠数据外延洪水频率存在的弊端,开辟一条新的洪水计算途径(申洪源等, 2010)。同时,古洪水研究有助于反演气候环境变化历史,重建和分析流域内洪水发生的序列和周期,为气候环境变化预测提供佐证。1982 年,古洪水水文学学科名称正式被提出并得到学术界承认(Kochel and Baker, 1982)。当时一些学者已经认识到洪水风险分析不仅是一个应用统计问题,它同时也是一个地质学应用

方面的问题 (Greis, 1983), 是作为地球物理和应用水文的交叉学科而出现 (Kochel and Baker, 1982; Baker, 1987), 被广泛应用于美国多个地区 (表 1.1)。

表 1.1 美国区域古洪水水文学研究举例

地区	州名	研究人员及时间
东南部地区	弗吉尼亚州	Sigafoos (1964)
	俄亥俄州	Mansfield (1938)
	西弗吉尼亚州	Springer 和 Kite (1997)
东北部地区	佛蒙特州	Brown 等 (2000)
	马萨诸塞州	Jahns (1947)
	康涅狄格州	Patton (1988)
南部地区	得克萨斯州 (中部)	Baker (1975); Patton 和 Baker (1977); Baker 等 (1979)
中部地区	俄克拉何马州	McQueen 等 (1993)
	内布拉斯加州	Levish (2002)
	北达科他州	Harrison 和 Reid (1967)
	南达科他州	Levish (2002)
北部地区	威斯康星州	Knox (1985, 1993, 2000)
西北部地区	阿拉斯加州	Mason 和 Beget (1991)
	怀俄明州	Levish (2002)
	俄勒冈州	Levish 和 Ostenaa (1996); O'Connor 等 (2003)
	爱达荷州	Tullis 等 (1983); Ostenaa 等 (2002)
	华盛顿州	Chatters 和 Hoover (1994)
西南部地区	新墨西哥州	Levish (2002)
	内华达州	Kellogg (2001)
	加利福尼亚州	Enzel (1992); Ostenaa 等 (1996)
	科罗拉多州	Jarrett (1990); Jarrett 和 Tomlinson (2000)
	犹他州	Patton 和 Boison (1986); Webb 等 (1988); Levish 和 Ostenaa (1996)
	亚利桑那州	Ely 和 Baker (1985); Partridge 和 Baker (1987); Enzel 等 (1994); Martinez-Goytre 等 (1994); House 和 Baker (2001); Webb 等 (2002)
	得克萨斯州 (西部)	Kochel 等 (1982); Patton 和 Dibble (1982)

注: 根据文献 (Baker, 2008) 中材料整理而成。

从表 1.1 可以看出, 许多资助项目被用来从事与古洪水水文学相关的研究 (Baker, 2008), 包括美国西南部的古洪水水文学研究 (1982~1986 年)、干旱和热带稀树草原地区古洪水水文学研究 (1983~1984 年)、洪水沉积物运移水力学研究 (1988~1990 年) 以及应用古洪水水文学研究 (1989~1992 年) 等, 特别是美国索尔特河流域水资源利用协会还资助了一个广泛的区域古洪水调查项目

(1984~1988 年)用于大坝安全问题的参考。1988 年第一本古洪水水文学专著出版之后 (Baker, 1988), 世界上第一个古水文与水文气候分析实验室 (ALPHA) 也在亚利桑那州建立起来。许多资深的古洪水科学家、博士后学者及研究生先后在 ALPHA 工作或学习, 包括 Avijit Gupta (1983 年), Ellen Wohl (1988~1989 年), Vishwas Kale (1989~1990 年), Alex V. McCord (1990~1991 年), Gerardo Benito (1990~1992 年), Yehouda Enzel (1990~1992 年), Lisa Ely (1992 年), Wang Yongxing (1992~1993 年), J. Steven Kite (1993 年), Takashi Oguchi (1996~1997 年), Jack C. Schmidt (1998 年), Elzbieta Czyzowska (1998~1999 年), Noam Greenbaum (2005 年), Mark Macklin (2006 年), Petteri Alho (2007~2008 年) 等知名学者。

2) 学科研究走向国际化

从 1985 年 10 月在南京召开的极端洪水事件分析中美双边会议可以看出, 中国在 20 世纪 80 年代中后期已经独立的发展了古洪水憩流沉积研究 (Shi et al., 1985, 1987)。中国在这方面的的工作多与其大量而广泛的历史洪水记录相联系, 并直接服务于黄河和长江三峡等大坝建设的安全调查。詹道江和谢悦波 (2001) 较早系统地阐述了古洪水研究的原理、方法、误差评估及中国若干典型地区应用古洪水研究的经验与成果。代表性成果主要有杨达源等 (Yang et al., 2000) 对黄河中游地区全新世大洪水沉积记录的研究和朱诚等 (Zhu et al., 2005) 对长江三峡库区中坝遗址地层古洪水沉积判别的研究。自 1987 年开始, 由古洪水水文学知名学者 Baker 与 Rajaguru 首先发起了对印度德干高原西北部讷尔默达河的美印国际合作研究 (Rajaguru et al., 1995), 证明该流域内确实存在非常明显的古洪水证据记录 (Ely et al., 1996; Kale et al., 1997, 2003)。1988 年, Baker 在他的古洪水水文学专著中阐述了非洲南部古洪水水文学研究的巨大潜力 (Baker, 1988), 引起了当地学者广泛的研究兴趣并相继发表了许多研究成果 (Smith and Zawada, 1990; Smith, 1992; Zawada and Hattingh, 1994; Zawada, 1994, 1997, 2000)。1989~1992 年, 美国和以色列国家科学基金共同资助了一项由 Asher P. Schick 主持的内盖夫沙漠南部古洪水沉积记录合作研究, 这使该地区成为当时全球古洪水水文学研究关注的焦点地区 (Wohl et al., 1994; Greenbaum et al., 2000, 2001)。另一个值得注意的是西班牙在古洪水水文学研究方面的成果大量增加 (特别是 1990~1992 年 Gerardo Benito 在 ALPHA 学习归国以后), 包括将系统论-古洪水-历史记录用于洪水风险评估改进的研究 (Benito et al., 2004a)、古洪水数据采集与分析的研究 (Benito et al., 2004b) 及西班牙东北部略夫雷加特河洪水憩流沉积得到的长期洪水流量记录研究 (Thorndycraft et al., 2005a) 等。

古洪水水文学研究迅速走向国际化很大程度上得益于许多正式国际性交流

会议的促进作用。从1992年开始, ALPHA组织发起了许多特别关注古洪水水文学的国际会议(表1.2)。1991年, 全球陆地古水文学委员会(GLOCOPH)在北京举行的国际第四纪研究联合会(INQUA)会议上被认可成立。委员会历届主任有L. Starkel, K.J. Gregory和V. R. Baker。从此, 古洪水水文学成为该组织活动和研究的一个重要组成部分, 包括组织学术会议(表1.2)及出版相关专著等(Gregory et al., 1995; Branson et al., 1996; Benito et al., 1998; Gregory and Benito, 2003)。1992年5月GLOCOPH组织在美国亚利桑那州召开了第一届古洪水水文学国际研讨会。2000~2003年SPHERE(系统论-古洪水-历史记录用于洪水风险评估改进的研究)计划的顺利实施是由该组织欧洲委员会资助的一项重要的国际成就。该计划完成了对西班牙东北部和法国东南部长时间序列历史和古洪水记录与传统水文学和工程学研究的综合集成(Thorndycraft et al., 2003; Benito and Thorndycraft, 2004)。该研究成果正在被直接应用于洪水风险的评价(Benito et al., 2004a; Benito and Thorndycraft, 2005)。

表1.2 国际古洪水研究会议及相关学术会议

日期	国家/地点	会议召集人
1992年5月26日~30日	美国/亚利桑那州 Flagstaff	V. R. Baker
1994年9月9日~12日**	英国/南安普敦	J. Branson, K.J. Gregory
1996年9月7日~13日**	西班牙/托莱多	G. Benito, A. Perez-Gonzalez
1998年9月4日~7日**	日本/熊谷	H. Shimazu
1999年9月26日~10月1日	美国/亚利桑那州 Prescott	P. K. House
2000年8月20日~28日**	俄罗斯/莫斯科	A. Georgiadi
2002年10月16日~19日*	西班牙/巴塞罗那	Gerardo Benito, Carmen Llasat
2002年12月2日~7日**	印度/普纳	V. S. Kale
2003年8月1日~7日	美国/俄勒冈州 Hood 河	L. Ely, J. E. O'Connor, P. K. House
2005年5月15日~19日**	德国/波恩	J. Herget
2006年8月25日~31日**	巴西/瓜鲁柳斯	J.C. Stevaux
2007年6月24日~30日	希腊/克里特岛 Chania	P. Brewer, M. Macklin, S. Tooth, J. Woodward

注: *指 GLOCOPH 欧洲委员会主持的“古洪水、历史资料与气候变化在洪水风险评价中的应用研究”项目会议; **指国际第四纪研究联合会(INQUA)全球陆地古水文学委员会(GLOCOPH)会议。

3) 地质年代学进展

在古洪水水文学的早期研究中, 年代学方面几乎全部依赖于传统的放射性碳同位素年龄测定(Kochel, 1980)(图1.1)。但自20世纪80年代以来, 地质年代学技术的突飞猛进使得可以精确判定古洪水发生的时代成为可能; 其中最重要的

是放射性碳串联加速器质谱分析定年法 (TAMS) 和光释光定年法 (OSL)。对于洪水搬运或埋藏的相关洪水沉积物, TAMS 技术只需要其微量的 (1 mg) 含碳丰富的材料就可以实现精确定年。OSL 技术则可以对洪水事件搬运的悬移质沉积物如砂或粉砂颗粒等进行测年 (Stokes and Walling, 2003; Huang et al., 2007)。年代非常年轻的洪水憩流沉积物甚至可以通过核爆炸曲线放射性碳分析法精确测定到“年”的分辨率 (Baker et al., 1985; Wu et al., 2010)。 ^{137}Cs 同位素测年方法也被应用于非常年轻的沉积物定年 (Ely et al., 1992; Thorndycraft et al., 2005b; Wu et al., 2006)。

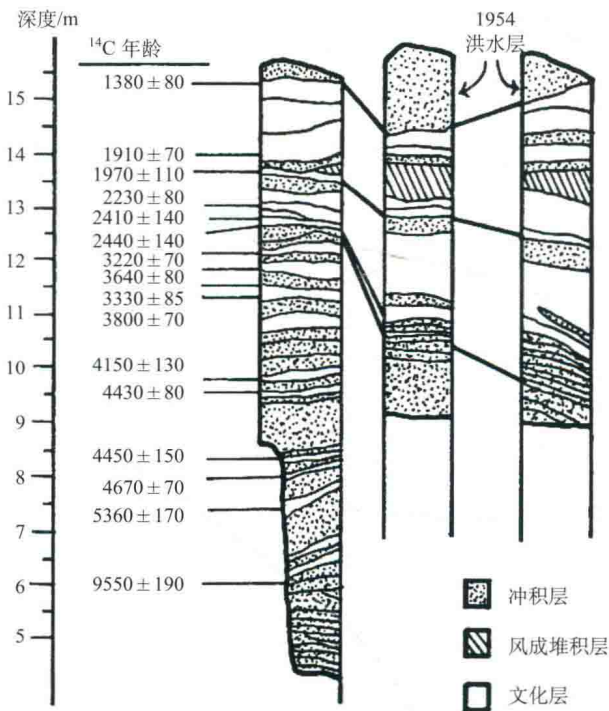


图 1.1 美国西南部佩科斯河流域古洪水憩流沉积地层 (Kochel, 1980)

陆地原生宇宙成因核素方法在确定古洪水年代方面有巨大潜力 (Gosse and Phillips, 2001; 孔屏等, 2010)。这些核素可以对长达 $10^3 \sim 10^7$ 年宇宙射线暴露历史的岩石层面进行直接测年。最佳的暴露层面包括: ①洪水搬运的砾石层; ②被一次特定洪水强烈冲刷刻蚀的基岩。但重要的是, 上述两种情况的层面都应该是因洪水作用而暴露, 而不是由于明显的后期事件或过程改造而成。因此, 这种方法最适合对在给定时段范围内发生的极端洪水事件的定年; 因为这些被侵蚀的层面或砾石就是这些洪水事件造成的, 而这些洪水事件最可能发生的地点不受后期改造作用影响。目前, ^{36}Cl 和 ^3He 是最具有潜力运用于古洪水水文学的宇宙成因核素测年方法之一。