

江汉盆地第四纪地质研究现状

柏道远^{1,2}, 李长安²

(1. 湖南省地质调查院, 长沙 410011; 2. 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

摘 要: 从第四纪地层、环境、构造活动、现代湖群成因等方面, 介绍了江汉盆地第四纪地质研究现状。针对江汉盆地及其周缘地区已分别建立了覆盖区和露头区第四纪地层系统, 其中覆盖区第四系下限年龄达 3 Ma 左右。不同研究者对第四纪气候与环境演化的认识存在程度不一的差异。基于江汉盆地周老镇钻孔第四纪沉积的砾石特征、重矿物组成及磁学特征的研究表明, 长江贯通三峡的时间为 1.1 Ma 左右。对盆地构造活动存在断陷、拗陷以及其他不同观点。对全新世暨近现代区域主压应力有 NE-NNE 向和 NW 向 2 种不同认识。对于现代湖泊或湖群的成因, 或强调非构造因素, 或强调构造因素, 或认为构造与非构造因素均起到重要作用。最后提出江汉盆地第四纪地质今后研究的主要内容是第四纪气候与环境演化、盆地凹陷区边缘第四系厚度变化特征、覆盖区晚更新世-全新世沉积物的精细调查以及现代江汉盆地升降特征的 GPS 监测。

关键词: 江汉盆地; 第四纪; 地层; 环境; 构造活动; 湖泊成因

中图分类号: P534. 63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7849(2010)06-0001-06

江汉一洞庭盆地是中南地区最大的第四纪盆地, 由北部的江汉盆地、南部的洞庭盆地及其间的华容次级隆起组成。其中北部江汉盆地第四纪地质特征长期以来备受研究者关注。笔者从第四纪地层、环境、构造活动、现代湖群成因等方面, 对前人有关江汉盆地第四纪地质研究的主要工作进行回顾, 同时简单探讨存在的问题与今后工作方向。

1 江汉盆地第四纪地层划分

20 世纪 80 年代, 陈华慧等^[1]在第四纪地质考察及参考部分钻孔资料的基础上, 提出了江汉平原第四纪地层划分方案, 分别建立了平原西部、平原内部和平原东部的地层系统, 各区建立的 3 个组级地层单位分别对应下、中、上更新统(表 1)。该方案无明确的年龄资料支撑。

表 1 湖北省江汉平原第四纪地层划分
Table 1 Quaternary stratigraphic subdivision of Jianghan Plain in Hubei Province

时代	平原西部	平原内部	平原东部
Qh	近代冲积-洪冲积层	近代冲积-湖冲积层	近代冲积层
Qp3	宜都组	云梦组	云梦组
Qp2	善溪窖组	军家渡组	通山组
Qp1	卢演冲组	秦家场组	阳逻组

关康年等^[2-3]基于江汉平原北缘的调查和少量年龄测定后建立了该区第四纪地层系统, 自下而上分别为下更新统卢演冲组(TL 年龄 1.10 Ma), 中更新统善溪窖组(TL 年龄 0.48 Ma), 上更新统云梦组(下部 TL 年龄 162 ka, 上部¹⁴C 年龄 13~24 ka), 全新世郢中组(¹⁴C 年龄 5 514 a)和近代湖冲积层。其中卢演冲组古地磁测定为松山反向期。在这一方案中, 尽管各组均有测年数据, 但数据太少, 且没有对各地层单位顶、底年龄给予基本的约束。

近年来湖北省地质调查院在进行江汉平原环境地质调查时, 分别建立了江汉平原的露头区与覆盖区第四纪地层系统^[4]。露头区地层自下而上分别为下更新统云池组, 中更新统白洋组, 上更新统古老背组和青山沙组, 全新统孙家河组等。覆盖区地层自下而上分别为下更新统东荆河组, 中更新统江汉组, 上更新统沙湖组, 全新统郭河组等。在该方案中, 下、中、上更新统的划分事实上为 3 个岩性段, 地层序列的划分缺乏可靠的测年依据。

由上可见, 江汉盆地第四纪地层划分的各种方案总体缺少年代学资料的支撑。值得指出的是, 近年来对江汉平原周老镇钻孔进行的古地磁极性测量^[5], 可以作为江汉平原覆盖区地层划分的年龄参考。据该极性柱, 覆盖区第四纪地层的下限年龄达到 3 Ma 左右。

收稿日期: 2010-02-02 编辑: 杨 勇
基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010610706); 国家自然科学基金项目(40771213)
作者简介: 柏道远(1967—)男, 研究员级高级工程师, 主要从事第四纪地质学、构造学研究。E-mail: daoyuanbai@sina.com

2 江汉盆地第四纪环境及演变

2.1 江汉盆地第四纪环境研究

江汉盆地第四纪环境研究多集中在晚更新世以来的地理环境与气候演化方面,包括历史时期的河湖变迁。

施之新^[6]在江汉平原江 47 号钻孔(位于江陵)上段的 46.6~2.2 m 层位(时代为晚更新世早期至全新世中期)发现了丰富的硅藻化石,对其研究后提出了该地区第四纪晚期环境演化过程:中更新世后期为河流环境;晚更新世早期为浅滩或河漫滩区;晚更新世中期为泛滥平原中的湖泊或沼泽;晚更新世晚期至全新世中期水体逐渐变深、加宽;全新世晚期可能因洪水消退或人类活动,积水完全消失。

朱育新等^[7,8]通过对江汉平原沔城 M1 孔湖泊沉积物的沉积特征和文化遗物、粒度、¹⁴C 年代、孢粉组合等的研究,结合该区文化遗址的时空分布,重建了晚冰期以来该地区古环境、古气候演化的过程和序列:晚冰期后期有一扩张期,气候温湿并出现湖泊相沉积。晚冰期末期气候温凉偏干,为河流环境;全新世初期(10~8.9 ka BP),气候转向温湿;全新世大暖期(8.9~3.5 ka BP),总体上气候温暖湿润,其中 6.8~4.9 ka BP 是最宜期,4.9~4.8 ka BP 和 4.4~4.2 ka BP 发生了两次降温事件,4.8 ka BP 积水湖盆开始形成,3.9~3.5 ka BP 为云梦泽鼎盛期;全新世晚期(3.5~1.7 ka BP),气温较大暖期有所下降,其中 3.5~2.5 ka BP 温凉偏湿,为不稳定湖泊环境,人类活动影响较大,2.5~1.7 ka BP 较为温湿,湖泊较为稳定,无人类居住;1.7 ka BP 开始,云梦泽萎缩,钻孔所在位置出露水面,有人类居住。以上反映在生产力不高的时代,湖进人退,湖退人进,人类被动适应自然的过程。

谢远云等^[9,12]、王秋良等^[13]对荆州市江陵县 9 ka BP 以来的江陵剖面进行了¹⁴C 测年、粒度、TOC、TN、 $\delta^{13}\text{C}$ 、磁化率、孢粉等综合分析,重建了江汉平原江陵地区全新世 9 ka BP 以来古气候、古环境的演化过程:9.0~6.07 ka BP 为高温阶段,其间 8.1 ka BP 记录到一次较明显降温事件;6.07~4.60 ka BP 为冷干期;4.60~3.44 ka BP 间气候波动频繁,为全新世第二个暖湿期前期阶段;3.44~2.50 ka BP 为高温期,湖沼泥炭发育,是全新世第二个暖湿期后期阶段,为稳定的暖湿阶段;2.50 ka BP 以来温度相对较低,为冷期。将其与其他研究的典型气候变化曲线进行对比,发现江陵地区近 9 ka BP 以来气候变化不仅与国内大量研究资料相一致,且在许多较大气候事件上与世界许多研究结果一

致,表明江陵气候变化具有全球性。

张玉芬等^[14]在精确测年的基础上,对采自江汉平原湖区周老镇钻孔(ZL01)沉积物的磁化率和有机碳稳定同位素进行了处理和分析,结果表明磁化率的高值、有机碳稳定同位素的偏正值与偏冷、偏干的气候环境相对应,反之与偏温暖湿润的气候环境相对应。他们根据磁化率和有机碳稳定同位素值的变化特点将本区 30 ka BP 以来的古气候分为 3 个大的气候演化阶段,在每一个大的气候演化阶段中又可分为若干次小的气候演变阶段。这 3 个大的气候演化阶段分别为:阶段 I,其年龄为 30 000~14 100 a BP,磁化率和 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值分别为 $655.69 \times 10^{-6} \text{ SI}$ 和 -23.15% ,均为本区最高值且曲线波动较大,总体反映出干冷气候;阶段 II,相应时段为 14 100~3 540 a BP,磁化率平均值为较低值($369.38 \times 10^{-6} \text{ SI}$), $\delta^{13}\text{C}$ 为偏负值(-27.29%),相对较稳定;阶段 III,年代相当于 3 540~650 a BP,平均磁化率为本区最低值 $311.0 \times 10^{-6} \text{ SI}$, $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 -24.49% ,且曲线波动较大。

显然,上述基于沔城 M1 孔^[7,8]、江陵剖面^[9,12]和周老镇钻孔(ZL01)^[14]等研究所建立的古气候、古环境演化过程,对于相同时段气候冷暖干湿的认识存在较大出入。其原因可能与地质年龄的测算误差、测年分辨率不够及气候代用指标的局限性等有关。

除根据沉积物特征研究古环境演化外,尚有研究者根据古文化层和历史文献对历史时期江汉平原的环境演化进行过探讨。如张修桂^[15]根据历史文献,结合地质、地貌、考古资料,对历史时期云梦泽演变与荆江河曲形成的相互关系进行了详细分析,提出云梦泽的消亡过程也就是江陵以下的荆江河床的形成过程。尹玲玲^[16]通过河泊所(古代税收机构)的置废历史,探讨了明朝初期江汉平原中小湖泊的分布及明朝中后期该类湖泊的淤塞演变,揭示出江汉湖群演变的时间特征和空间规律。

2.2 基于江汉盆地第四纪沉积物的三峡贯通时限研究

长江三峡何时贯通问题的研究由来已久,不同研究者所主张的贯通年代自几千万年至十几万年不等,至今未有明确答案。

以往主要在¹⁴C、TL(热释光)、ESR(电子自旋共振)、古地磁等年龄^[17-20]基础上,通过阶地对比和阶地与古夷平面的年代来探讨三峡贯通时限,不同研究者得出了 0.20~0.15 Ma^[21-22]、0.73 Ma^[18-19]、1.16 Ma^[17]、2.0 Ma^[23]等多种结论。

近年来马永法等^[24]、康春国等^[5]和张玉芬等^[25]分别对江汉平原周老镇钻孔第四纪沉积的砾石特

征、重矿物组成及磁学特征进行了研究,以探索长江贯通时限。对周老镇钻孔砾石层砾石的粒度和砾态进行统计和分析的结果^[24]表明,以孔深 109.5~117.0 m 为界,砾石粒度和砾态的变化反映上部砾石层的水动力条件比下部显著增强并混杂了远源物质。对该孔第四纪岩心的重砂样品中 0.125~0.063 mm 粒级的重矿物含量变化、A Ti₂O₃/G Zr₂O₃ ZTR 指数和重矿物组合分析发现^[5],从钻孔岩心深度 110 m 开始向上水动力加强,沉积速率加快,重矿物的数量特征发生明显突变,特征矿物的组合与现代长江相同。对该孔沉积物的岩性特征、磁学参数及磁性矿物特征的研究^[25]表明,在孔深约 110 m 附近的岩心中粗颗粒成分和稳定磁性矿物成分的含量均明显增高,同时沉积物磁化率、饱和等温剩磁、非磁滞剩磁磁化率值也突然增高。上述研究指示在井深 110 m 附近江汉平原水系曾发生过重要调整,江汉平原的沉积环境和物质成分均发生了重大改变,该层位可能就是长江三峡贯通的层位。结合古地磁年龄,推断三峡贯通时间为 1.1 Ma 左右^[5,24-25]。

值得指出的是,1.1 Ma 左右^[5,24-25]的认识与向芳等^[26-27]和 Fan 等^[28]最近研究的结论不同。向芳等^[26-27]通过对宜昌地区第四纪沉积物中的玄武岩砾石和重矿物示踪研究,认为 0.7 Ma 前后为长江三峡贯通的时间。Fan 等^[28]通过分析长江三角洲 PD-99 孔新近系以上独居石 Th(U)-Pb 年龄组合的时序变化特征,发现 2.58 Ma BP 以来地层的独居石年龄组成特征与现代表层沉积物相似,并反映开始有源自长江上游的沉积物抵达现今河口,因而长江贯通时间应在 2.58 Ma BP 前后。上述关于三峡贯通时间认识差异的原因,可能主要与示踪对象沉积年代的测定误差有关。

3 江汉盆地及周缘第四纪构造活动

3.1 江汉盆地及周缘第四纪构造活动及力学机制

对于江汉盆地及周缘第四纪构造活动及力学机制问题,尚存在多种不同认识。其中所涉及最本质问题是盆地系“拗陷”还是“断陷”所致。

任镇寰等^[29]以拱拗构造机制解释江汉盆地的凹陷及其西侧鄂西地区的隆起,认为拱拗构造是在以垂直升降构造应力为主,同时伴有一定的水平挤压应力作用下,地壳作宽缓的拱拗变形的一种构造。显然,这一观点视江汉盆地为拗陷盆地。徐杰等^[30]提出江汉—洞庭盆地总体具拗陷特征,只是在此基础上还存在不同程度的断块差异运动。

张德厚^[31]研究提出江汉盆地存在差异升降、掀斜和拗折运动等多种新构造运动类型。这一看法大

约可以理解为断陷活动与拗陷活动并存。他指出宜昌长江沿岸分布五级阶地,至董市减为三级,从西向东阶地高程明显下降,纵剖面呈下凹的抛物线;同时由基底和侵蚀阶地变成堆积阶地,反映西升东降的趋势,而宜昌则是隆起和拗陷的转折点。

此外,尚有研究者未明确提出盆地为“断陷”还是“拗陷”,而是提出控制盆地活动的具体的构造背景和动力机制。如刘锁旺等^[32]提出江汉—洞庭盆地第四纪以来存在非对称扩张,其成因主要与北西、北东向断裂的走滑拉分或走滑挤压活动有关。薛宏交等^[33]利用水系线密度与面密度分布特征,结合野外地质调查等方法研究了江汉—洞庭盆地的新构造活动,提出至少全新世以来江汉—洞庭盆地普遍沉降,是由盆地内北北东向断裂在北东向挤压、南东向拉伸构造应力作用下产生顺扭正断所致。

综上所述,对于江汉盆地及周缘第四纪构造活动及力学机制的认识尚存在明显差异,相关问题尚待更深入的地质调查与研究。

3.2 全新世暨近现代江汉盆地的构造体制

与江汉盆地第四纪晚期构造活动特征密切相关的是全新世暨近现代构造体制,目前对其认识也存在很大分歧,主要体现在对区域主压应力方向的认识上。

一种观点认为全新世暨近现代主压应力为 NE—NEE 向。姚运生等^[34]研究认为,第四纪至今江汉—洞庭盆地以 NE—SW 向的挤压和 NW—SE 向的拉张为主,并由此推测江汉—洞庭盆地新地壳运动和现代地壳运动总体受太平洋板块向北西西俯冲、汇聚和印度板块向北推挤导致青藏高原隆起的联合作用所控制。高士钧等^[35]通过钻孔测井资料确定江汉盆地地应力最大水平主压应力方向为 NE60~65°。李蓉川等^[36]通过震源机制解,求得江汉—洞庭盆地地震源应力场主压应力轴平均方位为 NEE82°,主张应力轴平均方位为 N336°,主压应力轴平均仰角为 40°,主张应力轴平均仰角为 27°,震源断面平均倾角为 55°;他们由此推断本区现代主要受北北西向的水平引张应力场控制。

另一种观点认为全新世暨近现代主压应力为 NW 向。万天丰^[37]提出包括江汉—洞庭盆地及周缘隆起在内的华南地区中更新世开始区域应力场以 NW 向的水平挤压应力为主。陈小斌^[38]通过 GPS 测量数据对中国陆地现今水平形变状况进行了研究,结果显示江汉—洞庭盆地区具有明显的 NE 向张应变,为万天丰的应力场观点提供了一定支持。

总之,江汉盆地现代构造体制暨主压应力场方向尚待进一步深入研究。

4 现代湖泊(湖群)成因研究

江汉盆地区发育大量大小不等、形态与深浅不一、分布位置有别的湖泊,许多研究者对其成因提出过自己的看法。

蔡述明等^[39]对江汉平原近千个大小湖泊调查后发现,这些湖泊具有许多共同特征:绝大多数都是浅水湖泊,形同碟状,深1~3 m;湖底底质为厚度较大的褐灰色软泥;湖中长满维管束植物,一般为一年或多年生宿根草本;表层水温和底层水温相差极小;除通江湖泊和岗地边缘湖泊外,皆为地表径流补给。根据上述特征,他们认为江汉平原的湖泊主要是雍塞湖和河间洼地湖。

何报寅^[40]认为江汉湖群大多是长江、汉江及其支流演化过程中的伴生湖泊,是长江、汉江的侵蚀与堆积地貌的有机组成部分。他将江汉湖群划分为6种成因类型,即河间洼地湖、岗边湖、雍塞湖、河谷沉溺湖、牛轭湖、河堤决口湖;指出它们是在共同的自然地理背景下形成,所受内外营力相似,因而有着许多共同的特征,如湖水深度一般不超过8 m,湖底平坦,岸线不稳,湖底淤泥深厚,有机质含量高等。尽管他提到湖泊受“内外营力”影响,但并没有明确提出内营力或构造沉降因素在湖泊形成中所起的作用,其湖泊类型的划分主要体现了非构造因素的影响。

薛宏交等^[33]认为武汉至鄂城沿江一带成生的湖泊为后期沉降使其低洼处积水所致。

陶家元^[41]根据江汉湖群湖泊的形态特征划分出河间洼地湖、河谷沉溺湖、河流遗迹湖(包括牛轭湖和河道遗弃湖)、河流决口湖和垓内湖等类型;提出分布范围最广、数量最多、面积最大的湖泊是河间洼地湖和河谷沉溺湖,认为它们与江汉平原的地质构造、新构造运动在生成上有紧密的联系:①由于掀斜运动的影响,平原上不同类型的湖泊分布具有明显的层状结构,由平原边缘到平原中心,依次为河谷沉溺湖和河间洼地湖;在冲积—湖积平原上分布有牛轭湖、河道遗弃湖、河流决口湖和垓内湖;②由于长期的拗陷作用,江汉平原上的湖泊大都具有沉溺的性质,不同类型湖泊的形态特征具有明显的差异性;③由于江汉平原上由西北向东南的掀斜运动最为突出,导致湖泊的数量由平原西北部边缘,经平原中心向东南边缘增多,以东南部湖泊分布最为稠密,江汉湖群湖泊的湖底高程和水位,由江汉平原西北部向东南部降低。

刘昌茂等^[42]提出新构造、泥沙淤积、气候演化、生物沉积等多种因素影响江汉湖群的演变,尤其强

调了新构造沉降对湖泊的控制作用。他们认为在岗、波状平原与低平原的接壤地带沉降幅度不大,沉降速率小且远离江汉,河湖沉积微弱,导致河谷沉溺湖、河流雍塞湖等有稍扩大的趋势;而在低平原区沉降幅度最大,河湖沉积强盛,因此河间洼地湖、河堤决口湖、牛轭湖等一般都有逐渐缩小的趋势。

由上可见,对于江汉盆地现代湖泊或湖群的成因,有的研究者强调非构造沉降因素^[39-40],有的研究者强调构造沉降影响^[31],还有的研究者认为构造沉降因素与非构造因素均起重要作用^[41-42]。笔者认为,鉴于总体上盆地拗陷沉降而周缘抬升,区域上晚更新世末海平面下降导致的切割事件,全新世海平面抬升导致的河、湖水面上升,以及众多河流及其冲积三角洲在泛滥平原上的频繁、快速迁移等客观事实的存在,江汉盆地内的现代湖泊肯定既有构造成因,也有非构造成因,还有的同时受构造成因和非构造成因控制。因此,上述前人不同的观点认识,实际反映了湖泊成因本身的复杂性。但另一方面,不同观点的存在还与对某些具体湖泊或湖泊类型的成因认识的正误有关。如沿冲湖积平原外缘即山前地带广布的枝杈状的湖泊,显然与先期河湖水位下降而切割成谷、后期水位上升注水积水有关,并非如有的研究者^[33, 42]所认为的系沉降所致。

5 今后研究方向

根据目前的研究现状和存在问题,笔者认为今后江汉盆地第四纪地质研究的主要内容如下。

(1) 第四纪气候与环境演化研究。选取盆地中第四系厚度大、层序全及沉积物粒度总体较细的部位施工钻孔,系统采集ESR、光释光OSL、¹⁴C等年龄样品及古地磁样品以控制沉积年龄,同时进行孢粉、粒度、磁化率、重矿物、黏土矿物、主量元素和微量元素等分析,为气候演化提供综合约束。通过收集大量前人的钻孔资料,详细研究覆盖区第四纪沉积层序和岩性、岩相的空间变化,以恢复河湖变迁过程。

(2) 盆地凹陷区边缘第四系厚度变化特征研究。在盆地周缘选取若干条垂直盆缘的剖面,通过足够密度的钻孔(包括已完工钻孔和新施工钻孔)控制及浅层地震探测来了解盆地沉积体形态在剖面上的变化特征,以确定盆地是否受周缘断裂控制及受断裂影响的程度,从而为盆地的力学机制(断陷或拗陷)研究提供依据。

(3) 覆盖区晚更新世—全新世沉积物的精细调查。对盆地内晚更新世以来沉积物的分布、特征、层序及时代等进行详细的调查对比,为近现代盆地沉

降和掀斜等构造活动特征、河湖变迁过程及现代湖泊成因等研究提供有效的基础资料。

(4) 现代江汉盆地升降特征的监测。设立构造升降 GPS 监测网, 以获得江汉盆地升降速率的定量数据。

6 结 论

(1) 江汉盆地覆盖区第四系 下限年龄达 3 Ma 左右。基于江汉盆地第四纪沉积的研究表明长江贯通三峡的时间为 1.1 Ma 左右。

(2) 对第四纪气候与环境演化的认识存在程度不一的差异。对盆地构造活动存在断陷、坳陷以及其他不同观点。对全新世暨近现代区域主压应力有 NE—NNE 向和 NW 向 2 种不同认识。对于构造因素和非构造因素对现代湖泊或湖群的控制作用也存在不同看法。

(3) 江汉盆地第四纪地质今后研究的主要内容是第四纪气候与环境演化、盆地凹陷区边缘第四系厚度变化特征、覆盖区晚更新世—全新世沉积物的精细调查以及现代江汉盆地升降特征的 GPS 监测。

参考文献:

[1] 陈华慧, 马祖陆. 江汉平原下更新统[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1987, 12(2): 129– 135.

[2] 关康年, 鄢志武. 江汉平原北缘的下更新统[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1990, 15(5): 481– 486.

[3] 关康年, 鄢志武. 江汉平原北缘云梦组的时代及成因探讨[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1990, 15(5): 501– 504, 514.

[4] 湖北省地质调查院. 长江中游荆江及江汉平原水患区环境地质调查评价成果报告[R]. 武汉: 湖北省地质调查院, 2003.

[5] 康春国, 李长安, 王节涛, 等. 江汉平原沉积物重矿物特征及其对三峡贯通的指示[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2009, 34(3): 419– 427.

[6] 施之新. 江汉平原 47 号钻孔中化石硅藻及其在古环境分析上的意义[J]. 植物学报, 1997, 39(1): 68– 76.

[7] 朱育新, 薛滨, 羊向东, 等. 江汉平原沔城 M1 孔的沉积特征与古环境重建[J]. 地质力学学报, 1997, 3(4): 77– 84.

[8] 朱育新, 王苏民, 羊向东, 等. 中晚全新世江汉平原沔城地区古人类活动的湖泊沉积记录[J]. 湖泊科学, 1999, 11(1): 33– 39.

[9] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原 6000 年以来的古降水变化: 江陵剖面沉积物粒度记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(3): 119– 124.

[10] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原 9.0 ka BP 以来的气候演化: 来自江陵剖面沉积物记录[J]. 地理科学, 2006, 26(2): 199– 204.

[11] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原江陵地区近 9ka BP 以来的气候演化: 有机碳同位素记录[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 98– 103.

[12] 谢远云, 王秋良, 李长安, 等. 湖泊沉积物粒度的气候指示意义: 以江汉平原江陵剖面为例[J]. 地质科技情报, 2004, 23(4):

41– 43.

[13] 王秋良, 袁胜元, 李长安. 江汉平原江陵剖面有机碳含量、碳同位素和磁化率的古气候意义[J]. 地质科技情报, 2006, 25(4): 59– 62.

[14] 张玉芬, 李长安, 陈国金, 等. 江汉平原湖区周老镇钻孔磁化率和有机碳稳定同位素特征及其古气候意义[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2005, 30(1): 114– 120.

[15] 张修桂. 云梦泽的演变与下荆江河曲的形成[J]. 复旦大学学报: 社会科学版, 1980(2): 40– 48.

[16] 尹玲玲. 从明代河泊所的置废看湖泊分布及演变: 以江汉平原为例[J]. 湖泊科学, 2000, 12(1): 38– 46.

[17] Li J J, Xie S Y, Kuang M S. Geomorphic evolution of the Yangtze Gorges and the time of their formation[J]. *Geomorphology*, 2001, 41: 125– 135.

[18] 谢明. 河流水位变幅是影响阶地划分与新构造分析的重要因素: 以长江三峡段为例[J]. 地理学报, 1991, 46(3): 353– 359.

[19] 向芳, 朱利东, 王成善, 等. 长江三峡阶地的年代对比法及意义[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2005, 32(2): 162– 166.

[20] 刘兴诗. 四川盆地的第四纪[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1983.

[21] 赵诚. 长江三峡河流袭夺与河流起源[J]. 长春地质学院学报, 1996, 26(4): 428– 433.

[22] 赵诚, 王世梅. 长江三峡及其上游河流袭夺新认识[J]. 武汉水利电力大学(宜昌)学报, 2000, 22(3): 196– 199.

[23] 杨达源. 长江研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2004.

[24] 马永法, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原周老镇钻孔砾石统计及其与长江三峡贯通的关系[J]. 地质科技情报, 2007, 26(2): 40– 44.

[25] 张玉芬, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原沉积物磁学特征及对长江三峡贯通的指示[J]. 科学通报, 2008, 53(5): 577– 582.

[26] 向芳, 王成善, 李国忠, 等. 宜昌地区第四纪沉积物重矿物特征及其与三峡贯通的关系[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2006, 33(2): 117– 121.

[27] 向芳, 朱利东, 王成善, 等. 宜昌地区第四纪沉积物中玄武岩砾石特征及其与长江三峡贯通的关系[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(2): 6– 10.

[28] Fan D D, Li C X, Yokoyama K, et al. Monazite age spectra in the Late Cenozoic strata of the Changjiang delta and its implication on the Changjiang run through time[J]. *Science in China: Series D*, 2005, 48: 1 718– 1 727.

[29] 任镇寰, 李安然. 初论拱拗构造及其与地震的关系: 以鄂西江汉地区为例[J]. 西北地震学报, 1984, 6(3): 68– 76.

[30] 徐杰, 邓起东, 张玉岫, 等. 江汉—洞庭盆地构造特征和地震活动的初步分析[J]. 地震地质, 1991, 13(4): 332– 342.

[31] 张德厚. 江汉盆地新构造与第四纪环境变迁[J]. 地壳形变与地震, 1994, 14(1): 74– 80.

[32] 刘锁旺, 甘家思, 李蓉川, 等. 江汉洞庭盆地的非对称扩张与潜在地震危险性[J]. 地壳形变与地震, 1994, 14(2): 56– 66.

[33] 薛宏交, 耿爱玲, 龚平. 江汉洞庭盆地水系展布特征与新构造运动[J]. 地壳形变与地震, 1996, 16(4): 58– 65.

[34] 姚运生, 罗登贵, 刘锁旺, 等. 江汉洞庭盆地及邻区晚中生—新生代以来的构造变形[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(2): 140– 145.

[35] 高士钧, 储昭坦. 江汉盆地钻孔测井资料确定地应力最大水平主压应力方向[J]. 地壳形变与地震, 1997, 17(4): 57– 61.

[36] 李蓉川, 吴兴国. 江汉—洞庭盆地地震活动性研究[J]. 地震研究, 1992, 15(3): 255– 262.

[37] 万天丰. 中国第四纪的构造事件与应力场[J]. 第四纪研究, 1994, 14(1): 48– 55.

[38] 陈小斌. 中国陆地现今水平变形状况及其驱动机制[J]. 中国科学: D 辑, 2007, 37(8): 1 056– 1 064.

[39] 蔡述明, 官子和. 跨江南北的古云梦泽说是不能成立的: 古云梦泽问题讨论之二[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(2): 129– 142.

[40] 何报寅. 江汉平原湖泊的成因类型及其特征[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2002, 36(2): 241– 244.

[41] 陶家元. 江汉湖群的形成发育与新构造运动[J]. 福建地理, 2000, 15(3): 8– 11.

[42] 刘昌茂, 刘武. 第四纪江汉平原湖群的演变[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 1993, 27(4): 533– 536.

Status of Quaternary Geology Research of Jiangnan Basin

BAI Dao-yuan^{1,2}, LI Chang-an²

(1. Hunan Institute of Geology Survey, Changsha 410011, China;

2. Faculty of Earth Sciences; China University of Geosciences; Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper introduces the research of Quaternary geology in Jiangnan Basin in its Quaternary strata, environment, tectonic movement and origin of modern lakes and the establishment of the Quaternary strata systems of both outcropped and covered in the basin and its periphery areas, in which the floor Quaternary deposits in covered areas are about 3 Ma. It also presents the varying cognitions of Quaternary climatic and environmental evolution among different researchers concerned. The studies on the gravels, heavy minerals and magnetic fabric of the deposits in Zhoulaozheng borehole suggest that the formation age of the Three Gorges is about 1.1 Ma. Some studies propose viewpoints of faults and depressions about the tectonic activities during the Quaternary in the basin. Two different understandings are found about the regional major pressure stress during Holocene or modern period such as NE- to NNE-trending and NW-trending. Some people emphasize no tectonic factors, and others emphasize tectonic factors and while others emphasize no tectonic and tectonic factors together about the origin of modern lakes. In the end, the paper puts forward future research trends of Quaternary geology of Jiangnan Basin such as Quaternary climatic and environmental evolution, changes of the Quaternary sediment width on the margin of the basin, the further study of the Late Pleistocene-Holocene sediments of cropped areas and GPS monitoring about modern tectonic subsidence of Jiangnan Basin.

Key words: Jiangnan Basin; Quaternary; stratum; environment; tectonic movement; origin of lake