地信网
WWW.35001.COM

第27卷第4期 华南地质与矿产 Vol.27, No.4
2011年12月 Geology and Mineral Resources of South China Dec., 2011

文章编号: 1007-3701(2011)04-0273-013

洞庭盆地第四纪地质研究进展

——1∶25万常德市幅和岳阳市幅区域地质调查主要成果

柏道远,马铁球,王先辉,陈渡平,彭云益,周柯军,李 纲,黄文义

(湖南省地质调查院,长沙 410011)

摘要:1∶25万常德市幅和岳阳市幅区域地质调查项目在详细的野外地质调查、大量的钻孔资料和分析测试工作基础上,对洞庭盆地第四纪地质特征及演化进行了重点研究,取得以下重要进展:①厘定了洞庭盆地及周缘隆-凹构造格局;重新建立了露头区及覆盖区地层系统。②分别对洞庭盆地各次级构造单元及其周缘地区的第四纪构造活动、沉积特征及环境演化等进行了详细解剖,从而揭示出盆地第四纪构造-沉积作用的横向差异。③查明洞庭盆地早更新世-中更新世中期处于断陷阶段,盆地及周缘的构造活动表现主要有多组方向正断裂活动、盆内次级凹陷区的差异性和幕式构造沉降、盆地周缘及盆内隆起区的脉动式抬升等;中更新世晚期以来盆地处于坳陷阶段,其中中更新世晚期发生抬升、掀斜及褶皱作用,晚更新世-全新世盆地主体处于坳陷沉降中。提出了新的不同阶段构造活动动力机制模式,较好地解释了构造活动的各种特征。④通过两护村ZKC1孔孢粉组合、化学蚀变指数和微量元素含量等变化,重塑了第四纪气候演化过程。⑤通过ZKC1孔重矿物分析,探讨了洞庭盆地南部早-中更新世沉积环境暨河湖变迁以及构造沉降过程。⑥研究发现津市黄牯山泥砾混杂堆积为泥石流产物,而非前人所认为的冰川成因。⑦提出构造-沉积地貌类型的概念,于图区划分出10种构造-沉积地貌类型,提供了直观表达不同地区地貌状况,以及第四纪地层和构造特征及其反映的地质与环境演化过程的有效途径。

关 键 词:第四纪;沉积与地貌;构造活动;环境演化;洞庭盆地

中图分类号:P534.63 文献标识码:A

洞庭盆地位于江南造山带北缘,中生代以来相继经历了晚三叠世-侏罗纪陆内S-N向挤压造山[1]、白垩纪-古近纪伸展断陷[2]、新近纪挤压抬升、第四纪再次沉降沉积的地质发展过程,造就了盆地及周缘地区现今的地表环境面貌。对洞庭湖盆地第四纪地质的调查由来已久①②③,在第四纪沉积环境特征[3-4]与演化过程[5-14]、构造活动特征[15-24]、湖泊演变趋势[25-26]等方面取得大量成果。从已有资料来看,前人工作一般是关于第四纪洞庭盆地的整体性与概略性研究,很少涉及其内部不同构造单元的细节特征,因而也未充分揭示出洞庭盆地构造活动与沉积作用的横向差异。此外,受工作程度与认识角度的限制,对有关洞庭盆地第四纪地质问题如盆地构造性质与构造活动特征、近代洞庭湖演变成因、第四纪气候环境演变等存在不同认识。总之,洞庭盆地第四纪地质尚待进一步深入研究[27]。

近年来笔者开展并完成了1∶25万常德市幅和岳阳市幅区域地质调查,除在中生代构造特征与变形机制[1-2]、湘东北新元古代和中生代花岗岩年代学及地球化学特征[28-30]等方面取得新的成果认识外,还在详细的野外地质调查、大量的钻孔资料和分析测试工作基础上,针对上述问题对洞庭盆地第四纪地质特征(具体研究区尚跨江汉盆地南部[31])及演

收稿日期: 2011-06-17
基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(1212010610706).
作者简介:柏道远(1967—),男,博士,教授级高级工程师,近年来主要研究方向为构造学和第四纪地质学. E-mail: daoyuanbai@sina.com

万方数据

地信网 WWW.3S001.COM

化进行了重点研究，在不同构造单元的构造-沉积特征与环境演化[32-40]、盆地性质和构造活动特征及其动力机制[41-44]、第四纪气候与环境演化过程[41,45-47]、构造-沉积地貌类型划分及其特征[48-49]等方面取得大量研究进展，极大地提高了区域第四纪地质研究水平。

1 洞庭盆地及周缘第四纪构造格局与沉积概况

第四纪洞庭盆地由澧县凹陷、临澧凹陷、太阳山(次级)隆起、安乡凹陷、赤山(次级)隆起、沅江凹陷等次级构造单元组成(图1)，西、南、东三面分别为武陵隆起、雪峰隆起和幕阜山隆起，北为江汉盆地。洞庭盆地与江汉盆地在西段相接，东段以华容(次级)隆起相隔。隆起区地势一般显著高于相邻的凹陷区，前者多为低山丘陵与岗状平原，后者多为波状平原与低平原。上述隆-凹构造格局主要受第四纪正断裂控制(图1)。

隆起区第四纪期间一般持续抬升或早期弱沉降后期抬升(华容隆起除外，其主要与继承前第四纪隆起地势有关)，因此多为基岩出露；第四纪沉积主要分布于向盆地过渡的隆起边缘地带，厚度较小并组成多级基座或镶嵌阶地；沉积类型以冲积为主，次为残坡积，局部山麓或沟谷发育洪积；第四系底板标高一般在20 m以上。凹陷区第四纪期间有较大幅度沉降，不同时代沉积上下叠置，无露头剖面和基岩出露；沉积物厚度较大，一般为60～220 m，局部可达300 m；第四系底板高程较低，一般-20 m以下。

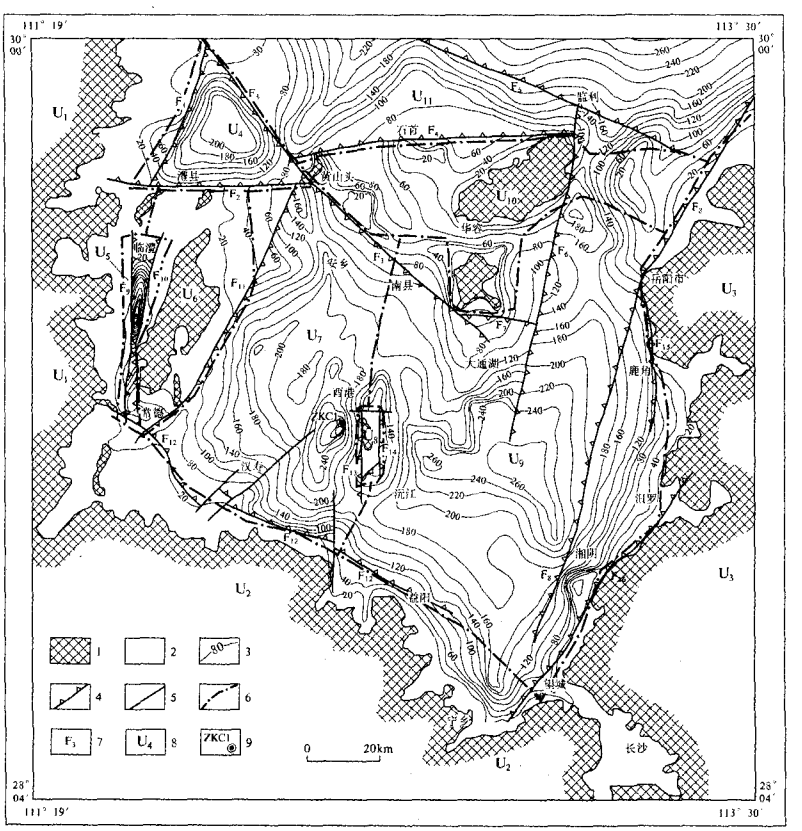


图1 洞庭盆地与邻区第四纪构造格局及第四系等厚图

Fig. 1 Tectonic framwork of Dongting basin and adjacent areas, with contour line of Quaternary deposit thickness

1.前第四纪基岩出露区(包括华容隆起和太阳山隆起内的残坡积覆盖区)；2.第四纪沉积区；3.第四系等厚线及厚度值；4.第四纪早期控盆或控凹正断裂，齿向示下降盘；5.第四纪一般断裂；6.第四纪构造单元界线；7.断裂编号；8.构造单元编号；9.两护村ZKC1孔位置。断裂名称：F_1－复兴厂断裂；F_2－澧县断裂；F_3－南县－黄山头断裂；F_4－石首断裂；F_5－公安－监利断裂；F_6－砖桥断裂；F_7－注滋口断裂；F_8－洪湖－湘阴断裂；F_9－雷公庙断裂；F_{10}－渐水断裂；F_{11}－周家店断裂；F_{12}－常德－益阳断裂；F_{13}－赤山隆起西断裂；F_{14}－赤山隆起东断裂；F_{15}－荣家湾断裂；F_{16}－望城－石头铺断裂。构造单元名称：U_1－武陵隆起；U_2－雪峰隆起；U_3－幕阜山隆起；U_4－澧县凹陷；U_5－临澧凹陷；U_6－太阳山隆起；U_7－安乡凹陷；U_8－赤山隆起；U_9－沅江凹陷；U_{10}－华容隆起；U_{11}－江汉盆地

万方数据

鉴于第四纪沉积发育与出露特征的差异,以前人资料①②③为基础,结合本次调查成果,分别建立了洞庭盆地覆盖区(或凹陷区)和露头区(或抬升区)地层系统,地层划分对比情况如表1所示。其中覆盖区各地层单位沉积时代主要依据安乡凹陷东南部两护村ZKC1孔的ESR(电子自旋共振)和OSL(光释光)测年资料以及孢粉组合特征反映的古气候阶段等确定[37~38,41,45];露头区各地层单位的时代根据网纹红土形成年代(总体形成于中更新世中期[50~54]),结合层序关系及阶地特征反映的先后时序等加以确定。地层划分标志、岩性组成及时代依据等详细情况已有介绍[32~39,41,45],在此不赘述。

顺便指出,ESR年龄和孢粉组合反映的气候特征指示华田组下段形成于上新世末[27,45]。不过为简便起见,本文相关论述中多将华田组下段视为第四纪沉积。

表 1　洞庭盆地及周缘第四纪地层划分对比表

Table 1　Subdivision and correlation of Quaternary strata in Dongting basin and adjacent areas

时代	露头区(抬升区)			覆盖区(凹陷区)		
	名称	代号	厚度(m)	名称	代号	厚度(m)
全新世	全新世冲积	Qh^{al}	3 ~ 10	冲积、湖积、湖冲积等	Qh^{al}、Qh^{l}、Qh^{lal}	5 ~ 40
晚更新世	白水江组	Qp_3^{bs}	12	坡头组	Qp_3^{p}	5 ~ 15
中更新世	马王堆组	Qp_2^{mw}	10	洞庭湖组	Qp_2^{d}	40 ~ 100
	白沙井组	Qp_2^{b}	15~ 40			
	新开铺组	Qp_2^{x}	40 ~ 100			
早更新世	汨罗组	Qp_1^{m}	20 ~ 30	汨罗组	Qp_1^{m}	20 ~ 55
	缺失?			华田组	Qp_1^{hu}	30 ~ 80

注:厚度值指一般沉积厚度,局部厚度可大于或小于表中厚度值.

2　不同构造单元第四纪地质环境演化

本次调查以大量钻孔资料和详细的地表地质调查为基础,通过沉积、地貌及地质构造(断裂、掀斜、褶皱等)等分析,分别对洞庭盆地各次级构造单元(包括澧县凹陷、临澧凹陷、安乡凹陷、赤山隆起、沅江凹陷、华容隆起等)及其周缘的第四纪构造活动、沉积特征及环境演化等进行了详细解剖,从而揭示出洞庭盆地第四纪构造-沉积作用的横向差异。

(1)澧县凹陷[32~33]为第四纪洞庭盆地西北部的一个三角形次级凹陷。早更新世受边界正断裂活动控制,澧县凹陷区断陷沉降,于河道和冲积扇环境下接受沉积;凹陷西缘和南缘发生抬升并遭受剥蚀,局部形成河道冲积。中更新世凹陷继续断陷并逐渐扩张,沉积范围扩展至凹陷外缘;凹陷主体部位自边缘向中央依次为冲积扇和扇前浅湖环境;凹陷西缘东西向和凹陷南缘NE-NNE向的多条河流于盆缘形成冲积扇群;西缘冲积扇群以西的山地区形成河道砾石堆积,并因幕式抬升而形成基座阶地。中更新世中后期因盆地扩张自凹陷中央至边缘地带均为静水湖泊环境。中更新世晚期凹陷及周缘均构造抬升而遭受剥蚀,并在湿热气候条件下发生网纹化;同时凹陷区北部及凹陷南缘产生自西向东的掀斜,凹陷区北部形成小型褶皱构造。晚更新世仍受剥蚀而缺失沉积,并以凹陷南部澧水的侧向侵蚀最甚。全新世凹陷南部受澧水及区域湖面上升影响而发育湖相冲积。

(2)临澧凹陷[39~40]受两侧南北向断裂控制而呈狭长带状。中更新世早期渐水由西部进入临澧凹陷区后向南汇入沅水,于凹陷南段形成冲积层;同时来自西面山地的次级水系于凹陷西缘形成砾石层。中更新世中期受两侧正断裂控制中央断槽开始形成并接受沉积,其中北段断槽形成相对封闭的湖

万方数据

泊,南段断槽为河流环境;与此同时,断槽西面相对抬升并遭受剥蚀,稍后南段尚形成白沙井组冲积层。中更新世中后期临澧凹陷南、北段均产生扩张并处于湖泊环境,于中央断槽和两侧边缘形成泥质沉积。中更新世晚期构造反转,临澧凹陷整体抬升、遭受剥蚀且地表粘土发生网纹化,同时具有自西向东的掀斜,造成凹陷西侧水系更为发育。晚更新世因切割和剥蚀而形成丘岗地貌,并形成改造型或坡积型的褐色铁锰裂隙土。

(3)安乡凹陷[38]位于第四纪洞庭盆地主体西部。早更新世-中更新世早期,凹陷西边的NNE向周家店断裂伸展活动,安乡凹陷不均匀沉降,总体具河流和过流性湖泊环境并接受沅水沉积;同期凹陷西缘构造抬升,处于剥蚀的山地环境。中更新世中期断陷活动向西扩展,凹陷区为过流性湖泊环境;凹陷西缘地区转为河流(南部)和湖泊(北部)环境并接受沉积。中更新世晚期安乡凹陷及其西缘整体抬升并遭受剥蚀,凹陷西缘同时具有自西向东的掀斜。晚更新世安乡凹陷拗陷沉降,具河流和湖泊环境;同期凹陷西缘遭受剥蚀。晚更新世末受区域海平面下降影响,安乡凹陷遭受剥蚀。全新世安乡凹陷坳陷沉降,具泛滥平原之河流、湖泊环境。

(4)赤山隆起[37]为居于洞庭盆地南部的受东、西边界正断裂所控制的小型抬升断块,隆起与其西侧安乡凹陷在第四纪期间的升、降过程具对应性:早更新世-中更新世中期赤山隆起总体表现出抬升期与稳定期交替的脉动式抬升,而安乡凹陷则表现出缓慢与快速沉降交替的幕式沉降特征;前者构造较稳定期和构造抬升期分别对应于后者缓慢沉降期和快速沉降期。中更新世晚期二者因区域构造反转而整体抬升并遭受剥蚀。晚更新世-全新世安乡凹陷在拗陷背景下接受沉积。上述第四纪早期赤山隆起脉动式抬升与安乡凹陷幕式沉降的对应关系,为洞庭盆地与周边隆起的盆-山耦合过程提供了约束,同时暗示盆地断陷活动可能与地幔上隆导致中地壳物质自凹陷向周边迁移有关。

(5)沅江凹陷位于第四纪洞庭盆地主体东部。本次主要对凹陷东缘北部鹿角地区的构造-沉积演化过程进行了研究[36]:早更新世早期洪湖-湘阴断裂和荣家湾断裂相继活动,断裂以西地区断陷沉降并沉积,以东地区则构造抬升而遭受风化剥蚀。早更新世末期凹陷区东部构造反转抬升并遭受侵蚀。中更新世早期和中期凹陷区断陷沉降并接受沉积。中更新世晚期研究区整体抬升而遭受剥蚀,并在湿热气候条件下发生网纹化;期间曾有过相对稳定的间歇期,形成新墙河马王堆组冲积层并组成基座阶地。晚更新世西部主凹陷区趋于稳定或弱沉降并形成泥质沉积,东部间歇性抬升。在上述中更新世晚期开始的构造抬升的同时,研究区东部产生了自东向西、自南向北的构造掀斜。全新世构造总体稳定,西部洞庭湖区形成湖相冲积。

(6)华容隆起[34-35]第四纪位于江汉盆地和洞庭盆地之间。第四纪初华容隆起内部因先期剥蚀切割而形成原始地貌分异。早更新世早期隆起周边断裂开始伸展活动,江汉盆地、安乡凹陷与沅江凹陷构造沉降并接受沉积,华容隆起遭受风化剥蚀。早更新世晚期-中更新世中期周边断裂继续伸展活动,华容隆起与周缘凹陷均构造沉降,前者沉降幅度较小而相对抬升。华容隆起内低洼地区及周缘凹陷接受沉积,期间在早更新世末有过构造抬升而受到剥蚀。中更新世晚期华容隆起及周边凹陷整体抬升并遭受剥蚀与网纹化,期间有过构造稳定时期并在华容-砖桥主隆起区的边缘形成河流与滨湖沉积。晚更新世区域构造较稳定,于主隆起边缘和外围平原形成冲、湖积。晚更新世末区域海平面大幅下降,导致华容隆起及周缘地区遭受剥蚀。全新世受海平面上升影响,周缘凹陷及隆起内部低洼地带形成河湖相堆积。受先期高地势控制,华容隆起主体、南部的南山次隆以及西部团山次隆局部地区等第四纪期间一直遭受风化剥蚀,部分地区形成较大规模的残坡积。受江汉-洞庭盆地整体沉降控制,华容隆起第四纪期间总体表现为明显的构造沉降。

以上表明第四纪华容隆起主要由前第四纪盆-山地貌分异造成,其次与第四纪期间相对周缘凹陷抬升有关[34-35]。华容隆起第四纪期间以沉降为主,可能与区域深部物质大规模迁出导致江汉-洞庭盆地的整体性沉降有关;华容隆起特殊的地壳物质结构(为一大岩基)可能导致深部物质更难向外迁移,使其相对周缘凹陷有抬升。

值得指出的是,相对前人一般性、概略性的调

万方数据

查与研究而言,上述针对第四纪洞庭盆地各次级构造单元的调查与研究更为细致、深入,取得的地质认识更为全面、客观、深刻,使洞庭盆地及周缘地区第四纪地质研究水平上了一个新的台阶。如以往认为华容隆起在第四纪期间主要表现为抬升,但本次调查揭示华容隆起总体表现为沉降,第四纪期间的"隆起"表现主要由前第四纪盆 - 山地貌分异造成。

3　盆地性质、构造活动特征及动力机制

目前对第四纪洞庭盆地构造性质与构造活动特征的认识尚存在一定分歧。如在第四纪洞庭盆地的构造属性方面,景存义认为现今洞庭湖盆为断陷作用所致[5];杨达源认为洞庭湖盆地第四纪为坳陷盆地;梁杏等[21]、皮建高等[10]认为早、中更新世为盆地的断陷阶段,晚更新世以来进入坳陷阶段;刘锁旺等[15]认为江汉-洞庭盆地现今存在非对称扩张;薛宏交等[16]认为至少全新世以来江汉-洞庭盆地普遍沉降,并由盆地内NNE向断裂在NE向挤压、SE向拉伸构造应力场作用下发生顺扭正断所致。为此,本次工作对洞庭盆地第四纪构造活动特征进行了更为详细、深入的研究,并提出新的动力机制模式对构造活动特征给予解释。

3.1　盆地性质暨构造活动特征

在对各次级构造单元第四纪构造-沉积特征及环境演化进行解剖的基础上,对洞庭盆地及周缘地区第四纪构造活动特征进行了综合研究与归纳总结[43]。

(1) 早更新世 - 中更新世中期洞庭盆地处于断陷阶段[42],盆地及周缘的构造活动表现主要有多组方向正断裂活动、盆内次级凹陷区的差异性及幕式构造沉降、盆地周缘及盆内隆起区的脉动式抬升等[43]。

① 根据大量钻孔资料所编制的第四纪沉积等厚图(图1)及第四纪地质剖面图[43] 图略),清楚显示第四纪洞庭盆地及其次级凹陷受边界正断裂的控制,正断裂的走向主要有NNE、NW、E - W和S - N向等4组。

由安乡凹陷和沅江凹陷组成的洞庭盆地主体主要受NNE向断裂和NW向断裂控制(图1),其西边界为NNE向的周家店断裂,东边界受NNE向望城 - 石头铺断裂、洪湖 - 湘阴断裂以及S - N向荣家湾断裂的联合控制,南西边界为NW向的常德 - 益阳断裂,NE边界有南县 - 黄山头断裂和小规模的注滋口断裂。此外,盆地北东部尚发育NNE向砖桥断裂,该断裂控制了华容隆起主体东侧的广兴洲地堑和尺八凹槽[34-35]。洞庭盆地主体内部发育赤山次级隆起,其东、西两侧分别以S - N向正断裂与沅江凹陷和安乡凹陷分界。沉积体的空间关系反映出赤山隆起与两侧凹陷之间为断裂接触;赤山隆起主要与断块抬升有关[37],而不是因继承先期山岭地貌所致。

澧县凹陷受NNE向复兴厂断裂、NW向南县 - 黄山头断裂和E - W向澧县断裂所控制,凹陷呈三角形轮廓。临澧凹陷呈S - N走向,形态狭长,受S - N向的雷公庙断裂(西侧)和渐水断裂(东侧)控制[39-40]。在太浮 - 丁家坪横剖面上,钻孔清楚揭示断裂两侧第四系底板高差达230 m以上。临澧凹陷北段第四系底板标高最低可达-200 m以下,以及凹陷中央深凹槽中第四系厚度向南、北两端变薄,表明其为断陷成因的封闭槽盆而非古河谷[39]。

需强调指出的是,上述正断裂主要根据第四系厚度及第四系底板高程的线状突变带来厘定,大量的钻孔资料保证了断裂走向及展布部位厘定的可靠性。

② 受上述边界正断裂的控制,洞庭盆地内澧县凹陷、临澧凹陷、安乡凹陷、沅江凹陷等各次级凹陷均产生大幅沉降,因此充填了厚度一般达80 ~ 220 m,局部厚达260 ~ 300 m的第四纪碎屑沉积。各凹陷内沉降幅度横向上变化较大,沉降幅度最大处均远离边界断裂而位于凹陷的内部,如澧县凹陷、安乡凹陷、沅江凹陷等(图1)。尽管边界正断裂上盘沉降幅度均大于下盘,但断裂下盘局部也可具明显沉降,如澧县凹陷西南部在澧县断裂的西盘(下盘)第四系厚度可达40 ~ 60 m以上,安乡凹陷北西部存在同样情形(图1)。

③ 随着盆地逐渐扩张,断陷活动向盆地东、西边缘迁移[43],表现在沅江凹陷东缘自西向东沉积物时代渐新、沉积厚度渐小[36];安乡凹陷华田组下段在其东部有发育而西段无发育,凹陷西缘白沙井组上部形成粘土沉积[38];临澧凹陷仅充填中更新世沉积[39];澧县凹陷西缘形成白沙井组上部的湖相粘土[32-33]等。

万方数据

④ 盆地断陷活动具幕式特征，总体可分为早更新世早期、早更新世晚期和中更新世早-中期等3个裂陷幕[43]。其主要表现为澧县凹陷、安乡凹陷以及沅江凹陷的主体沉积具有明显的旋回性粗细变化，华田组、汨罗组和洞庭湖组的上部或顶部分别发育有湖相(粉砂质)粘土层，而其上、下常为河流相砂砾层、砂层等粗碎屑沉积。总体上，区域性的相对深水沉积对应于断陷扩张最甚的时期，因此上述3个裂陷幕分别对应于华田组、汨罗组和洞庭湖组。早更新世晚期裂陷幕在沅江凹陷北东部广兴洲-君山一带，以及凹陷东缘黄秀林场—黄沙街地区等地还由早更新世末的构造抬升得到更明确的反映。本期局部抬升反映出升降运动存在较复杂的横向差异。此外，上述3期幕式沉降还得到沉积物重矿物组成的响应(见后述)[41]。

⑤ 盆地北面的华容隆起因随江汉-洞庭盆地一道垂向运动而具明显的构造沉降[34-35]，表现在隆起内的藕池河凹槽和治渡河凹槽内沉积厚度达60~80 m，底板高程达-40 m以下；隆起内第四纪冲积层海拔最高处仅为40~50 m。因此，华容隆起的第四纪"隆起"表现主要与继承古近纪盆-山地貌格局有关[34]。

⑥ 在凹陷区构造沉降的同时，洞庭盆地西侧武陵隆起、南侧雪峰隆起和东侧幕阜山隆起，以及盆地内部的太阳山和赤山次级隆起等均产生脉动式构造抬升，因此形成多级堆积阶地或基座阶地。

⑦ 详细的地貌与沉积分析表明赤山隆起总体表现出抬升期与稳定期交替的脉动式抬升，而安乡凹陷则表现出缓慢与快速沉降交替的幕式沉降特征；前者构造较稳定期和构造抬升期分别对应于后者缓慢沉降期和快速沉降期。这种隆起区与凹陷区构造活动的对应关系很可能具有一定的普遍性。

(2) 中更新世晚期以来洞庭盆地处于坳陷阶段。早期即中更新世晚期发生抬升、掀斜及褶皱作用等。

① 继先期断陷沉降之后，洞庭盆地及次级凹陷于中更新世晚期发生构造反转抬升，造成先期沉积露出水面并遭受风化剥蚀与网纹化。如澧县凹陷北部、临澧凹陷(图4)和沅江凹陷东部鹿角地区等经此抬升成为现今丘岗地貌区，并为湖相成因的网纹红土所覆盖。安乡凹陷和沅江凹陷洞庭湖组顶部的一套厚达40 m±的湖相粘土经此抬升后遭侵蚀减薄，部分地区甚至缺失。

同期盆地周缘隆起区也存在幅度不一的构造抬升，主要表现在白沙井组因抬升地表高程增加和遭受侵蚀，以及白沙井组和马王堆组形成的基座阶地的发育等。

② 中更新世晚期构造抬升的同时，局部地带尤其是盆地周缘存在构造掀斜。盆地东缘自东向西的掀斜造成鹿角地区第四系底板及沉积界面显著向西倾斜[36]。盆地西缘自西向东的掀斜造成太阳山隆起东缘白沙井组底板高程[38]和澧县凹陷北部洞庭湖组湖相粘土层的底界面高程[32-33]明显向东倾斜，以及临澧凹陷西缘羽状水系远较东侧发育[39-40]。

③ 局部产生褶皱变形[43]。在澧县凹陷北西部谢家屋场采坑内见洞庭湖组沉积层组成小型背斜，沉积层倾角达20°±。澧县凹陷北部丘岗区网纹红土与非网纹化粘土在对应高程上可横向并置，可能反映出网纹化作用时期或之后的不均匀抬升或褶皱作用。在常德黄土山见白沙井组岩层明显往北倾，暗示存在挤压褶皱变形。

(3) 晚更新世-全新世组成洞庭盆地主体的安乡凹陷和沅江凹陷总体处于弱沉降中，沉积总厚度一般为5~20 m，局部可达50 m，总体自盆地边缘向中央增厚，反映中央沉积幅度较大，往边缘沉降幅度减小或可能无沉降[43]。沉积厚度未受先期控盆控凹断裂的控制，表明洞庭盆地的沉降具坳陷性质。同期盆地周缘部分地区亦存在抬升，如盆地东缘新墙河北面即发育白水江组组成的基座阶地，显示晚更新世以来的抬升与侵蚀[36]。

3.2 盆地构造活动动力机制模式

从上述构造活动特征出发，笔者提出了洞庭盆地及周缘地区第四纪构造活动新的动力机制模式[42]。

(1) 第四纪早期(早更新世-中更新世中期)洞庭盆地断陷活动的动力机制：洞庭盆地地区首先发生深部地幔上隆对地壳加热，使上部中地壳韧塑性物质(低速层)膨胀而向周边侧向迁移，尔后在冷却收缩条件下物质迁出部位产生虚脱空间，上层地壳因此"塌陷"而产生整体性下拗沉降，下沉块体的侧翼发育断裂而形成控盆控凹正断裂(图2)，其类似于火山口塌陷或采空区塌陷。与之相耦合，盆地或

万方数据

凹陷周缘隆起带因中地壳物质补充而抬升。不同级次和不同规模范围的深部物质迁移运动,造成了第四纪洞庭盆地与其内部次级构造单元之间的叠加关系。

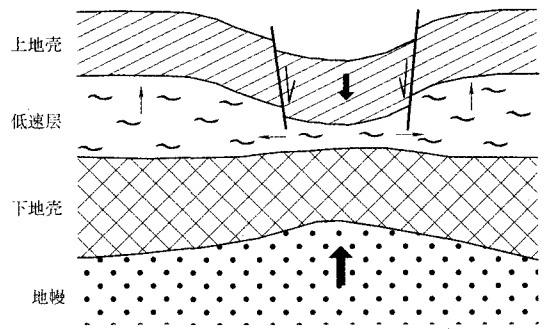


图 2 洞庭盆地早期断陷动力机制示意图

Fig. 2 Sketch map showing dynamic mechanism of early stage depression of the Dongting basin

这一机制对第四纪早期洞庭盆地构造活动的诸多细节特征,如多组方向的控盆控凹正断裂、沉降幅度最大处均远离边界断裂而位于凹陷的内部、边界正断裂下盘局部也可存在较大幅度的沉降、凹陷区幕式沉降和周缘脉动式抬升及二者之间的对应关系、盆地的隆 - 凹构造格局、华容隆起的总体沉降、盆地向东、西两侧的迁移与扩张、局部早更新世末的抬升等均可以给予较好解释[43]。需注意的是,形态窄、规模小的赤山隆起与临澧凹陷的形成似乎难以单纯以深部物质的迁移来解释,其成因除上述动力机制外,可能还与区域构造应力场、断裂走滑活动、不同地块的物质组成和形态特征(包括尺度)等构造边界条件有关。

值得指出的是,上述沉降机制本质上与热沉降坳陷盆地有相似之处,因此洞庭盆地早期断陷阶段其实包含有"坳陷"的深层动力背景。

(2) 第四纪晚期构造活动的动力机制:①中更新世晚期洞庭盆地构造反转抬升可能与先期深部迁出物质的回返及板块尺度的物质运动和挤压作用有关,据此可解释前文相关构造活动特征:先期迁出物质的回流,导致盆地或凹陷区由沉降转为抬升;板块尺度的物质运动暨外围物质的汇聚补充,可使区域物质总量增加而导致盆地及周缘隆起区整体抬升;区域挤压体制下水平方向压扁收缩而垂直方向伸展增厚,也可能直接导致区域地壳的整体抬升;区域挤压作用可形成褶皱,形成的较大尺度的板片挠曲可造成构造掀斜。②盆地晚更新世和全新世的坳陷沉降,可能与NW - SE向挤压作用下的坳陷或拱坳变形及NE向的深部物质流动和拉张有关。

4 第四纪沉积物时代及气候演化过程

对新施工的汉寿县两护村ZKC1孔岩芯进行了大量的沉积物年龄(ESR和OSL)、孢粉、磁化率、地球化学、沉积物粒度、重砂等样品的分析测试,从而为洞庭盆地第四纪沉积时代、第四纪气候与环境演化过程等提供了新的约束。

(1) 通过ZKC1孔岩芯的ESR和OSL测年,首次对洞庭盆地覆盖区第四纪地层的年代学框架给予了较为可靠的约束[27,37]。其中华田组下段ESR年龄达3.19 Ma,可能形成于上新世末[27]。

(2) 对ZKC1孔第四系孢粉组合特征及其环境意义进行了较深入研究[45]。ZKC1孔第四系自下而上划分出16个孢粉组合带。根据孢粉组合特征,结合构造 - 沉积演化和区域气候背景,重塑洞庭盆地上新世末以来的气候演化过程(表2):上新世末期由孢粉带Ⅰ和Ⅱ指示具暖干气候。早更新世经历了凉干(孢粉带Ⅲ、Ⅳ)→暖湿间凉干(孢粉带Ⅴ~Ⅶ)→冷干间温湿(孢粉带Ⅷ~Ⅹ)→暖较湿(孢粉带Ⅺ,Ⅻ)的气候演变过程。中更新世早期无孢粉样品(洞庭湖组下部砾石层),其沉积环境暗示冷干气候条件;中期由孢粉带ⅩⅢ反映出暖稍湿的气候特征;晚期因构造抬升缺失沉积,同期湿热化事件指示暖湿气候。晚更新世早期缺乏沉积,据区域对比应为寒冷气候;中期由孢粉带ⅩⅣ指示温较湿的气候特征;晚期缺失沉积,系寒冷气候下区域海平面下降所致。全新世经历了暖稍湿(孢粉带ⅩⅤ)→暖稍干(孢粉带ⅩⅥ)的演变。上述气候演变过程与ZKC1孔化学蚀变指数曲线反映的气候演变过程以及中国东部第四纪气候演化基本吻合。

(3) 对ZKC1孔内上新世末-第四纪沉积物进行了系统的主量、微量和稀土元素以及粒度分析,进而探讨洞庭盆地第四纪气候演变。曲线协变性及相关系数表明,ZKC1孔沉积物化学蚀变指数(CIA)和Cr、Ga、V、Nb、Be、Li、Sc、Th等微量元素含量呈

万方数据

明显的正相关。从陆相沉积物CIA及微量元素含量与温度和湿度正相关的概念出发，结合其它资料，根据CIA和微量元素含量曲线变化(图3)重塑洞庭盆地第四纪气候演变过程（表2)：早更新世为冷干→暖湿→冷干→暖湿,中更新世为冷干→暖湿→冷干 - 温湿→暖湿，晚更新世为寒冷→温湿→寒冷,全新世总体为温湿 - 暖湿。这一结论与ZKC1孔孢粉组合特征反映的气候演变过程及中国东部第四纪气候演化基本吻合,说明沉积物CIA和微量元素含量为第四纪气候演变提供了较好的约束。稀土元素含量及有关参数与CIA及微量元素含量之间相关性很差,其曲线特征也未能反映出第四纪气候演变过程。对不同粒级样品地球化学曲线的对比显示,沉积物粒度及相关的盆地构造活动因素对CIA和微量元素含量的影响不大。

表 2 两护村 ZKC1 孔岩芯孢粉组合、CIA 和微量元素反映的第四纪古气候信息

Table 2 Quaternary palaeoclimatic variations indicated by sporopollen assemblages, chemical alteration index (CIA) and contents of trace elements of Lianghucun ZKC1 borhole

时代		层位	孢粉反映气候信息(孢粉带)	CIA 和微量元素含量反映气候信息	杨怀仁等(1980)[55]
全新世		全新统湖冲积	暖稍干(XVI) 暖稍湿(XV)	复杂,总体温湿 - 暖湿	冷干→温干→暖湿→温干→凉湿
晚更新世	晚期	(缺失沉积)	(寒冷)	(寒冷)	严寒偏干
	中期	坡头组	温较湿(XIV)	温湿	湿温
	早期	(缺失沉积)	(寒冷)	(寒冷)	寒冷
中更新世	晚期	(缺失沉积)	(湿热化或网纹化)	(暖湿)	湿热
	中期	洞庭湖组上部 洞庭湖组中部	暖稍湿(XIII)	冷干 - 温湿 暖湿	
	早期	洞庭湖组下部	(无样品,冷干与低水位)	(冷干)	寒冷
早更新世	晚期	汨罗组上部	暖较湿(XI,XII)	暖湿	湿暖
		汨罗组下部	较冷干间温湿(VIII ~ X)	冷干	冷
	早期	华田组上段中、上部	暖湿间凉干(V ~ VII)	暖湿	温暖
		华田组上段下部	凉干(III,IV)	冷干	冷
上新世	末期	华田组下段	暖干(I,II)	温暖	暖干

(4) 变化曲线及相关系数(-0.32)表明磁化率值与CIA值呈较明显的负相关,暗示温度和湿度对磁化率具有明显的控制作用,也与气候越干燥则陆相盆地沉积物磁化率值越高的理论相符。但可能受盆地升降等因素的影响叠加，磁化率曲线未能如CWI化学风化指数一样明确反映出第四纪气候的阶段性变化[47]。

5 构造与环境演化的重矿物约束

对ZKC1孔第四系进行了系统的重矿物分析,进而根据特征重矿物来源和含量变化,结合钻孔岩性和岩相变化以及区域地质和地理背景,探讨了洞庭盆地南部早 - 中更新世沉积环境暨河湖变迁以及构造沉降过程[41]。研究表明,洞庭盆地存在幕式断陷活动,早更新世早期、早更新世末期和中更新世中-后期等3个时期强烈断陷沉降,相对湖平面上升,来源于盆地南缘中段的资江河水部分向西注入安乡凹陷,导致ZKC1孔华田组下段下部、汨罗组顶部、洞庭湖组上段等相应层位中的锆石、金红石、锐钛矿和菱铁矿等(主要来源于资江流域)含量显著增高。其它时期断陷作用较弱,河湖水位低,沅水和资江分别沿其主水道于赤山隆起西侧和东侧向北汇入长江,导致ZKC1孔相应沉积层位中锆石、金红石、锐钛矿和菱铁矿的含量明显偏低。重矿物ZTR指数和Gzi指数曲线的起伏未象孢粉和CIA曲线一

万方数据

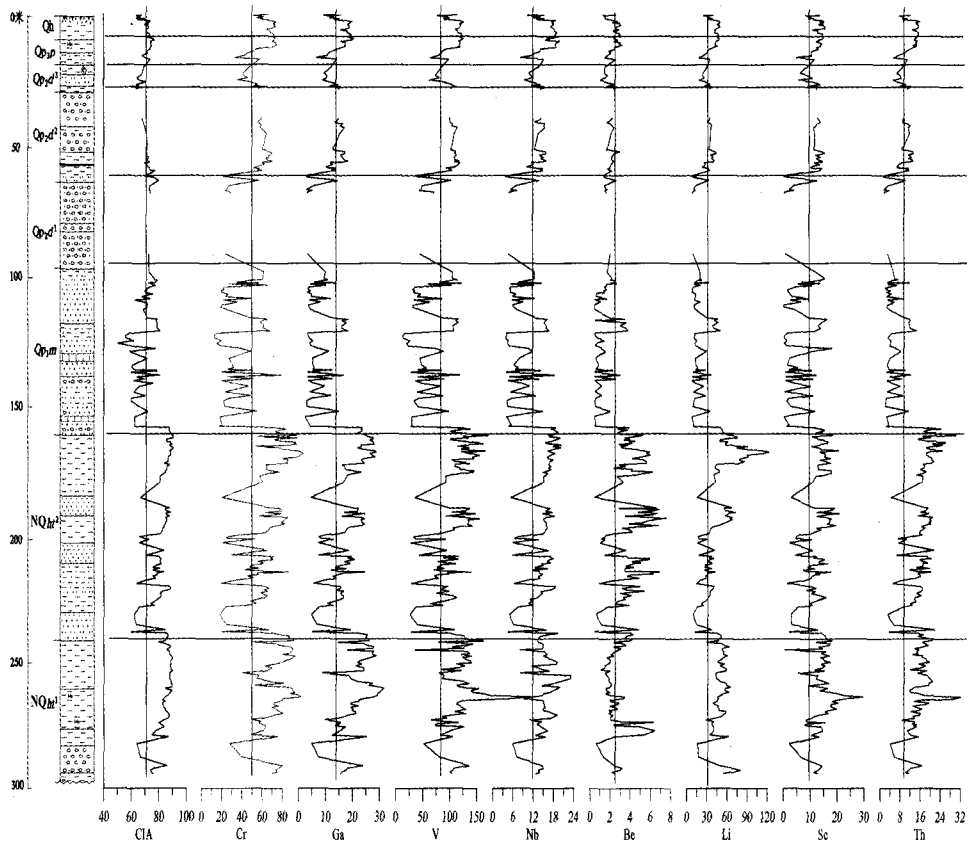


图3　ZKC1孔化学蚀变指数(CIA)和微量元素含量(10^{-6})曲线

Fig. 3　Curves of chemical alteration index (CIA) and contents of trace elements (ppm) variation of ZKC1 borehole

样反映出干湿变化，暗示上述3次相对湖平面上升的主要原因不是降水增加,而是构造沉降增强。

6　津市黄牯山泥砾混杂堆积泥石流成因的厘定

对曾被认为属冰川成因的津市黄牯山泥砾混杂堆积进行了详细的野外考察,提出其为泥石流产物。主要证据有:泥砾混杂堆积具下细上粗的层序特征,下层和上层可分别对应于泥石流混杂堆积体和泥石流的表砾层;混杂堆积中砾石扁平面具有定向性,优势产状为10° ∠30° ±,与泥石流组构相吻合;前人所谓砾石的"冰川擦痕"实为砾石表面沿层理产生差异风化和磨蚀所形成,而"凹面石"之凹面实际为泥石流活动过程中由岩块表面的壳状裂口经磨蚀、圆化所形成;见泥砾混杂堆积(粘性泥石流堆积)往南250 m即相变为稀性泥石流堆积(冲洪积)；仅西面存在分布面积不大的山顶海拔最高仅249 m的低矮丘陵，沉积期不可能存在冰川堆积所需要的高海拔山地(物源区)。上述认识为湖南及中国东部第四纪冰川问题研究补充了新的资料。

7　构造 - 沉积地貌类型划分

首次提出构造 - 沉积地貌类型的概念并对图区进行第四纪地质与环境研究。以1:25万常德市幅为例,笔者以第四纪构造活动、沉积作用以及现今地势高低和地貌形态特征为主要依据,于图区厘定出抬升剥蚀中低山(Ⅰ)、抬升剥蚀丘陵(Ⅱ)、沉积 - 抬蚀丘陵(Ⅲ)、沉积 - 抬蚀岗状平原(Ⅳ)、残坡积岗状平原(Ⅴ)、孤山(Ⅵ)、沉降沉积 - 抬蚀岗状平原(Ⅶ)、沉降沉积 -抬升波状平原(Ⅷ)、稳定沉积低平原(Ⅸ)、沉降沉积低平原(Ⅹ)等10种构造 - 沉积地貌类型(图4,表3),其不仅反映出地表地理环纪地层、构造特征及其反映的地质与环境演化过程纪地层、构造特征及其反映的地质与环境演化过程的有效途径。构造-沉积地貌类型的概念为第四纪地质与环境演化的综合研究提供了一种全新的有

万方数据

表3 构造-沉积地貌类型划分

Table 3 Tectonic-sedimentary landform classification

地貌类型	标高(m)	地壳升降特征	风化剥蚀/沉积作用
抬升剥蚀中低山(Ⅰ)	500~1100	持续强抬升	主要遭受剥蚀和切割,沟谷地带可发育全新世冲洪积、坡冲积、冲积物。
抬升剥蚀丘陵(Ⅱ)	100~500	持续较强抬升	主要遭受剥蚀和切割,沟谷地带一般发育全新世冲积物。局部地带发育高阶地(基座阶地)冲积层,山体外围局部见冲积砾石层覆于剥蚀残留山丘顶部,反映更新世间歇性抬升剥蚀及抬升间歇稳定期的沉积作用。
沉积-抬蚀丘陵(Ⅲ)	100~200	先期稳定,后期抬升	中更新世早期地壳稳定条件下于剥蚀低地形成较大面积连续分布的冲积砾石层及粘土层。后期抬升遭受剥蚀和切割而形成丘状地貌并发育羽状水系。
沉积-抬蚀岗状平原(Ⅳ)	50~120	先期稳定或弱沉降,后期弱抬升	中更新世中期地壳稳定或弱沉降条件下于凹陷周缘形成较大面积连续分布的河流冲积砂砾层,上部可形成湖相(含粉砂质)粘土。后期抬升遭受剥蚀和切割而形成岗状地貌并发育羽状水系。
残坡积岗状平原(Ⅴ)	50~110	持续抬升	先期可能经历剥蚀夷平过程,中更新世于弱抬升较稳定条件下在遭受剥蚀切割作用的同时,由于强烈风化作用和低地的面状流水堆积作用,形成厚度较大的残坡积粘土层。由于持续的抬升,残坡积层后期可再次遭受剥蚀切割,并可形成二次堆积坡积物。
孤山(Ⅵ)	70~150	先期较强沉降,后期抬升	为风化剥蚀残丘。多为前第四纪基岩(如黄山头、鹿虎山),其形成主要与第四纪期间的剥蚀和切割作用有关。
沉降沉积-抬蚀岗状平原(Ⅶ)	55~100	先期强沉降,后期较强抬升	早更新世-中更新世中期受边界正断裂控制强烈沉降并接受沉积,中更新世晚期开始较强抬升和遭受剥蚀,并于切割沟谷形成次生坡积。
沉降沉积-抬升波状平原(Ⅷ)	31~43	先期沉降,后期弱抬升	早-中更新世(部分至晚更新世)不同程度沉降并接受沉积,中更新世后期(或晚更新世末)开始微抬升不再接受沉积,但未遭受明显切割。
稳定沉积低平原(Ⅸ)	34~50	稳定-微沉降	第四纪晚期构造稳定或微沉降,第四系厚度不大,地表为全新世冲积层覆盖。
沉降沉积低平原(Ⅹ)	24~43	持续强沉降	第四纪期间总体较大或大幅度沉降并接受沉积,地表为全新世冲、湖积覆盖。中更新世晚期随整个洞庭盆地构造反转一度有过抬升。

万方数据

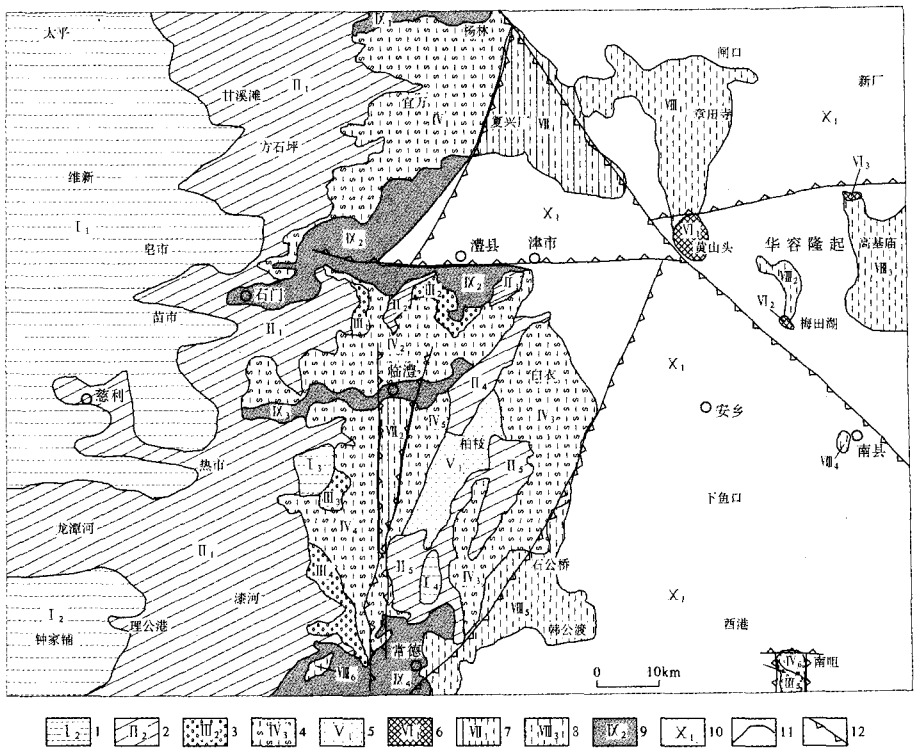


图4　1:25万常德市幅构造-沉积地貌图 [48]

Fig. 4　Tectonic-sedimentary geomorphologic map of 1:250 000 Changde Sheet

1 - 抬升剥蚀中低山;2 - 抬升剥蚀丘陵;3 - 沉积-抬蚀丘陵;4 - 沉积-抬蚀岗状平原;5 - 残坡积岗状平原;6 - 孤山;7 - 沉降沉积-抬蚀岗状平原;8 - 沉降沉积-抬升波状平原;9 - 稳定沉积低平原;10 - 沉降沉积低平原;11 - 构造-沉积地貌单元分界线;12 - 第四纪控盆或控凹正断裂,齿向示下降盘

效方法，有助于促进和深化江汉-洞庭盆地第四纪地质与环境研究。

注释:

① 周国棋,刘月朗.洞庭湖及外围地区的第四纪地层与新构造运动,1978.

② 陈发禅.洞庭湖第四纪地质,1981.

③ 张国梁,等.湖南省洞庭盆地第四纪地质研究报告,1990.

参考文献:

[1] 柏道远,倪艳军,李送文,等. 江南造山带北部早中生代岳阳-赤壁断褶带构造特征及变形机制研究 [J]. 中国地质,2009,36(5): 996-1009.

[2] 柏道远,刘 波,倪艳军,等. 湘东北湘阴凹陷控盆断裂特征、盆地性质及动力机制研究 [J]. 资源调查与环境,2010,31(3):157-168.

[3] 林承坤.洞庭湖的演变与治理(上)Ⅰ洞庭湖的沉积[J].地理学与国土研究,1985,1(4):28-35.

[4] 李长安,张玉芬,皮建高,等.洞庭湖古湖滨砾石层的发现及意义[J].第四纪研究,2006,26(3):491-492.

[5] 景存义.洞庭湖的形成与演变[J].南京师院学报自然科学版,1982,(2):52-60.

[6] 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.

[7] 蔡述明,官子和,孔昭宸,等.从岩相特征和孢粉组合探讨洞庭盆地第四纪自然环境的变迁 [J]. 海洋与湖沼,1984,15(6): 527-539.

[8] 杨达源.洞庭湖的演变及其整治[J].地理研究,1986,5(3):39-46.

[9] 张晓阳,蔡述明,孙顺才.全新世以来洞庭湖的演变[J].湖泊科学,1994,6(1):13-21.

[10] 皮建高,张国梁,梁 杏,等.洞庭盆地第四纪沉积环境演变的初步分析[J].地质科技情报,2001,20(2):6-10.

[11] 张人权,梁 杏,张国梁,等.洞庭湖区第四纪气候变化的初步探讨[J].地质科技情报,2001,20(2):1-5.

[12] 杜　耘,殷鸿福.洞庭湖历史时期环境研究[J].地球科学,2003,28(2):214-218.

[13] 来红州,莫多闻,李新坡.洞庭盆地第四纪红土层及古气候研究[J].沉积学报,2005,23(1):130-137.

[14] 林承坤.洞庭湖的演变与治理(下)Ⅱ洞庭湖的演变[16] 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.

[15]刘锁旺,甘家思,李蓉川,等.江汉洞庭盆地的非对称扩张与

万方数据

潜在地震危险性[J].地壳形变与地震,1994, 14(2):56-66.
[16]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.
[17] 董和金.用地质学的观点探讨洞庭湖的治理[J].湖南地质,1997,16(3):141-146.
[18] 李春初. 构造沉降是控制近代洞庭湖演变的关键因素吗?——评《洞庭湖地质环境系统分析》[J].海洋与湖沼,2000,31(4):460-464.
[19] 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.
[20] 王道经,黄怀勇.洞庭湖现代构造与湖盆演变[J].湖南地质,2000,19(1):30-36.
[21] 梁 杏,张人权,皮建高,等.洞庭盆地第四纪构造活动特征[J].地质科技情报,2001,20(2):11-14.
[22] 梁 杏,张人权,皮建高,等.构造沉降对近代洞庭湖区演变的贡献[J].海洋与湖沼,2001,32(6):690-696.
[23] 苏 成,莫多闻,王 辉.洞庭湖的形成、演变与洪涝灾害[J].水土保持研究,2001,8(2):52-55,87.
[24] 来红州,莫多闻.构造沉降和泥沙淤积对洞庭湖区防洪的影响[J].地理学报,2004,59(4):574-580.
[25] 张晓阳,杜 耘,蔡述明.洞庭湖演变趋势分析[J].长江流域资源与环境,1995,4(1):64-69.
[26] 来红州,莫多闻,苏 成.洞庭湖演变趋势探讨[J].地理研究,2004,23(1):78-86.
[27] 柏道远,李长安. 洞庭盆地第四纪地质研究现状[J].地质科技情报,2010,29(5):1-8,14.
[28] 马铁球,陈立新,柏道远,等. 湘东北新元古代花岗岩体锆石SHRIMP U-Pb年龄及地球化学特征 [J]. 中国地质,2009,36(1):65-73.
[29] 马铁球,陈 俊,郭乐群,等. 湘东北临湘地区钾质煌斑岩^{40}Ar-^{39}Ar定年及其地球化学特征 [J]. 中国地质,2010, 37(1):56～63.
[30] 马铁球,李 纲,柏道远,等. 湘北华容地区小墨山花岗岩体SHRIMP U-Pb年龄及地球化学特征 [J]. 资源调查与环境,2009, 31(1):1-11.
[31] 柏道远,李长安. 江汉盆地第四纪地质研究现状[J].地质科技情报,2010,29(6):1-6.
[32] 柏道远,高 峰,马铁球,等. 洞庭盆地澧县凹陷第四纪沉积特征与古地理演化[J]. 沉积与特提斯地质,29(4):10-21.
[33] 柏道远,李长安,王先辉,等 第四纪洞庭盆地澧县凹陷构造活动特征及动力学机制探讨 [J]. 地球学报,2010,31(1):43-55.
[34] 柏道远,李长安,王先辉,等. 第四纪华容隆起构造活动、成因及动力机制[J]. 地质科学,2010,45(2): 411-427.
[35] 柏道远,吴能杰,李长安,等. 华容隆起及周缘第四纪构造-沉积特征与演化[J]. 中国地质,2010,37(5):1243-1256.
[36] 柏道远,周柯军,马铁球,等. 第四纪洞庭盆地沅江凹陷东缘鹿角地区构造-沉积演化研究 [J]. 地质力学学报,2009,15(4):409-420.
[37] 柏道远,李长安,周柯军,等. 第四纪洞庭盆地赤山隆起与安乡凹陷升降运动的沉积记录 [J]. 沉积学报,2010,28(4):645-658.
[38] 柏道远,李长安,马铁球,等. 第四纪洞庭盆地安乡凹陷及西缘构造 - 沉积特征与环境演化[J]. 地球科学与环境学报,2010, 32(2):120-129.
[39] 柏道远,刘 波,李长安,等. 第四纪洞庭盆地临澧凹陷构造-沉积特征与环境演化 [J]. 山地学报,2010,28(6):641-652.
[40] 陈建成,柏道远,李长安,等. 第四纪洞庭盆地临澧凹陷构造-环境演化的水系和重矿物约束[J]. 资源调查与环境,2011,32(2):86-94.
[41] 柏道远,李长安,陈渡平,等. 洞庭盆地两护村孔重矿物特征及其对第四纪构造活动与环境演变的响应 [J]. 地质论评,2010, 56(2):246-260.
[42] 柏道远,李长安,王先辉,等. 第四纪洞庭盆地构造性质及动力机制探讨[J]. 大地构造与成矿学,2010,34(3):317-330.
[43] 柏道远,王先辉,李长安,等. 洞庭盆地第四纪构造演化特征[J]. 地质论评,2011,57(2):261-276.
[44] 陈建成,柏道远,李长安,等. 洞庭盆地中更新世洞庭湖组砾石特征及其意义[J]. 华南地质与矿产,2010,26(4):16-22.
[45] 柏道远,李长安,张文卿,等. 洞庭盆地两护村孔孢粉组合及其气候与地层意义[J]. 地质科学,2010,45(4):1125-1138.
[46] 柏道远,倪艳军,周柯军,等. 湖南津市黄牯山第四纪泥砾混杂堆积成因探讨[J]. 热带地理,2009,29(6):594-599.
[47] 柏道远,李长安,陈渡平,等. 化学风化指数和磁化率对洞庭盆地第四纪古气候变化的响应[J]. 中国地质,2011,38(3):779-785.
[48] 柏道远,李送文,周柯军,等. 1:25万常德市幅构造-沉积地貌类型划分及其对江汉-洞庭盆地第四纪地质与环境研究的启示[J]. 中国地质,2010,37(2):280-297.
[49] 柏道远,李建清,马铁球,等. 第四纪江汉-洞庭盆地东部中段构造-沉积地貌类型划分及特征 [J]. 地理科学,2010,30(2):236-241.
[50] 蒋复初,吴锡浩,肖华国,等. 九江地区网纹红土的时代[J]. 地质力学学报,1997,3(4):27-32.
[51] 乔彦松,郭正堂,郝青振,等. 皖南风尘堆积-土壤序列的磁性地层学研究及其古环境意义[J].科学通报,2003, 48(13):1465-1469.
[52] 杨 浩,赵其国,李小平,等.安徽宣城风成沉积-红土系列剖面ESR年代学研究[J]. 土壤学报,1996,33(3):293-300.
[53] 赵志中,乔彦松,王燕,等. 成都平原红土堆积的磁性地层学及古环境记录[J]. 中国科学(D辑):地球科学,2007, 37(3):370-377.
[54] 尹秋珍, 郭正堂. 中国南方的网纹红土与东亚季风的异常强盛期[J]. 科学通报,2006,51(2):186-193.
[55] 杨怀仁,徐 馨. 中国东部第四纪自然环境的演变[J].南京大学学报(自然科学版),1980,(1):121-144.

万方数据

Progresses in Quaternary Geology of Dongting Basin: Major Achievements in Regional Geological Survey of 1:250 000 Changde and Yueyang Sheets

BAI Dao-Yuan, MA Tie-Qiu, WANG Xian-Hui, CHEN Du-Ping, PENG Yun-Yi, ZHOU Ke-Jun, LI Gang, HUANG Wen-Yi

(*Hunan Institute of Geology Survey, Changsha 410011, China*)

Abstract: On the base of detailed geologic mapping, a great deal borehole data and systemic analyses, the regional geological survey of 1:250 000 Changde and Yueyang sheets studied the Quaternary geological and environmental characteristics and evolution of the Dongting basin. The main progresses are shown as follows: ①The writers found the Quaternary uplift-depression tectonic framework of the Dongting basin and peripheral area, and re-founded the Quarternary stratum system of outcropped and covered areas. ②The authors studied amply the Quaternary tectonic and sedimentary characteristics and environmental evolution of every secondary tectonic unit of the Dongting basin, and revealed the lateral variations of Quaternary tectonic activities and sedimentations of the Dongting basin. ③Dongting basin was a rift basin during Early Pleistocene-middle of Middle Pleistocene, when there were tectonic movements such as the movements of multi-directional normal faults, differential and episodic subsidences of the secondary sags of the basin, and pulsative rises of the uplifts around and inside the basin. Dongting basin entered into a depressional phase since late Middle Pleistocene, which was characterized by rise, tilt and folds in late Middle Pleistocene, and by depressional subsidence of most areas during Late Pleistoncene-Holocene. Geodynamic mechanisms of the different tectonic periods were advanced, which explained satisfactorily the genesis of the tectonic movemental characteristics of Dongting basin. ④The climatic evolution of the Dongting basin was revealed through sporopollen assemblages, chemical alteration index (CIA) and contents of some trace elements. ⑤Through analysis of heavy minerals from the core of the ZKC1 borehole, evolutions of sedimentary environment and tectonic subsidence of southern Dongting basin during Early and Middle Pleistocene are traced. ⑥Muddy gravel deposits in Huanggushan, Jinshi, Hunan province were debris flow deposits but not moraines as former cognition. ⑦The studies brought forward the concept of tectonic-sedimentary landforms, and defined ten types of tectonic-sedimentary landforms in the study area. The concept of tectonic-sedimentary landforms can not only indicate geographic environments, but also provide the information of Quaternary stratum, tectonic features, and the geological and environmental evolution process.

Key Words: Quaternary Period; sedimentary and geomorphic characteristics; tectonic activities; environmental evolution; Dongting basin

万方数据