

文章编号:1007-3701(2010)04-0016-07

洞庭盆地中更新世洞庭湖组砾石特征及其意义

陈建成¹, 柏道远², 李长安³, 周柯军², 黄文义², 陈渡平²(1.湖南省地勘局413队, 湖南 常德415000; 2.湖南省地质调查院, 长沙 410011;
3.中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074)

摘要:对位于洞庭盆地安乡凹陷东南部的两护村ZKC1孔中更新世洞庭湖组砾石层进行了粒度和砾态的统计分析。结果表明,砾石的粒度变化反映出2个较大尺度的由大→小的旋回,早旋回由洞庭湖组下段砂砾层组成,晚旋回由洞庭湖组中段上部的砂砾层组成,反映出中更新世早-中期安乡凹陷的两次由慢→快的幕式沉降过程。在上述2个大的粒度旋回之上,叠加有多个更小尺度的砾石粗、细变化,主要与气候干湿的频繁波动有关。洞庭湖组中段顶部砾石的磨圆度明显偏低,反映其沉积时期盆地沉降和周缘隆起区抬升活动的增强。

关键词:中更新世;洞庭湖组;砾石粒度;砾态;幕式沉降;气候波动;洞庭盆地

中图分类号:P534.63+

文献标识码:A

洞庭盆地自中生代以来相继经历了晚三叠世-侏罗纪陆内SN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。其中晚中生代以来,尤其是第四纪以来的成盆过程塑造了现今洞庭盆地的环境特征。长期以来,前人对洞庭盆地第四纪构造活动^[3~10]和相关沉积环境^[11~14]进行了大量研究。但受工作程度与认识角度的限制,对洞庭盆地有关第四纪地质问题的认识尚存在一定分歧^[15]。如在洞庭盆地第四纪构造属性方面,有“断陷盆地”^[5~6]、“拗陷盆地”^[7~8]、“先断陷后拗陷”^[3~4]等多种观点。又如在近代洞庭湖演变成因方面,一种观点认为构造沉降是控制近代洞庭湖演变的关键因素^[13,16~17],另一种观点则强调泥沙淤积才是控制近代洞庭湖演变的主要因素^[18]。再如不同研究者对洞庭盆地第四纪气候变化期的划分^[5,12]互不一致。以上表明,洞庭盆地第四纪构造活动及环境演化等尚待进一步深入研究。

包括砾石粒度、砾态、砾向、砾性测量和统计分析在内的砾组分析,可以得出外营力性质与砾组特

征的相关性和规律性,恢复砾石层形成时的地质环境^[19~24]。近年来笔者在洞庭盆地及周缘地区进行1:25万区域地质调查过程中,在位于洞庭盆地中南部的汉寿县偏坡镇两护村施工了一个第四纪综合研究钻孔(ZKC1孔),本文即对该孔中更新世洞庭湖组中的砾石层进行砾石统计与分析,进而探讨其构造与环境意义,为洞庭盆地第四纪地质研究补充新的资料。

1 区域地质背景及ZKC1孔第四纪地层

第四纪洞庭盆地西、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,二者在西段相接,东段以华容(次级)隆起相隔。洞庭盆地由澧县凹陷、临澧凹陷、太阳山隆起、安乡凹陷、赤山隆起和沅江凹陷等次级构造单元组成(图1)。隆起区多为低山丘陵与岗状平原,第四纪期间以抬升为主,因此多为基岩出露,第四系厚度较小并组成多级阶地。凹陷区多为波状与低平原,第四纪期间有较大幅度沉降,不同时代沉积上下叠置,沉积厚度较大。上述隆-凹构造格局主要受第四纪正断裂控制。

收稿日期:2010-07-26

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(1212010610706)和国家自然科学基金项目(批准号:40771213)资助。

作者简介:陈建成(1968—),男,高级工程师,长期从事地质勘查工作,通讯作者:柏道远,E-mail: Daoyuanbai@sina.com.

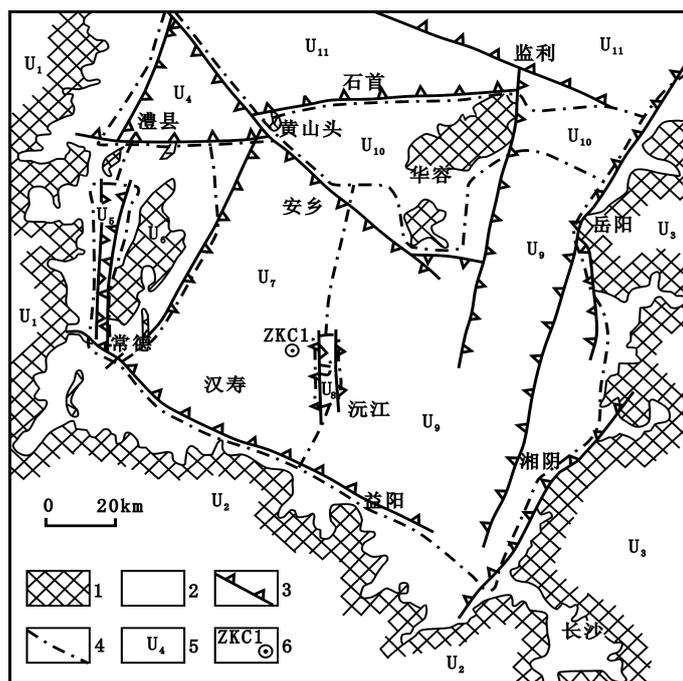


图1 第四纪洞庭盆地构造格局

Fig. 1 Map showing Quaternary tectonic framework of Dongting basin

1.前第四纪地层出露区;2.第四纪地层出露区;3.第四纪正断裂,齿向示下降盘;4.构造单元分界线;5.构造单元代号;6.两护村钻孔位置及编号。构造单元名称:U₁-武陵隆起;U₂-雪峰隆起;U₃-幕阜山隆起;U₄-澧县凹陷;U₅-临澧凹陷;U₆-太阳山隆起;U₇-安乡凹陷;U₈-赤山隆起;U₉-沅江凹陷;U₁₀-华容隆起;U₁₁-江汉盆地

两护村孔(ZKC1孔)位于安乡凹陷的东南部、赤山隆起的西侧(图1)。根据岩性层序及特征,参考以往洞庭湖地区第四纪地层划分方案与标志,结合本次获得的年龄数据和孢粉组合^[25-26],将ZKC1孔第四系自下而上划分为早更新世华田组(Qp₁ht)、汨罗组(Qp₁m),中更新世洞庭湖组(Qp₂d),晚更新世坡头组(Qp₃p),全新世湖冲积(Qh^{lat})等5个地层单位(图2)^[25-27]。需要指出的是,华田组下段ESR年龄达3.19 Ma;而孢粉分析显示针阔叶混交的疏林草原植被和森林草原植被^[26],代表温暖气候,与中国东部早更新世早期寒冷气候^[28]不一致。因此,尽管将华田组下段划归下更新统,但按区域地质年代框架可能属上新世。此外,ZKC1孔中电子自旋共振(ESR)测年和光释光(OSL)测年结果总体与地层的先后时序对应(图2),可大致反映沉积物形成时代,但同批样品测试结果存在一定误差,其中OSL样品测试结果偏小^[29],因此不作为沉积物的严格定时依据。

早更新世华田组、汨罗组,晚更新世坡头组以及全新世沉积的岩性组成概况见图2,在此不作赘述。

中更新世洞庭湖组据沉积层序和岩性组合特征可分为三段。下段厚32.90 m,为一套砂砾层、砾石层,上部夹少量含砾的粘土层。下段总体为河道沉积,其中所夹含砾粘土层可能为河漫滩或天然堤外侧洼地湖泊。洞庭湖组中段厚34.63 m,由砾石层、砂砾层、不等粒砂层、砂质粘土、粉砂质粘土、泥炭层等组成,总体上自下而上沉积物粒度增大。中段沉积环境依然以河道为主,下部间以漫滩或洼地湖泊。洞庭湖组上段厚10.27 m,为粘土、粉砂质粘土、粉砂层、泥炭层、瘀泥层,夹少量砂砾层,总体属漫滩-湖泊沉积。

需要指出的是,洞庭盆地在中更新世晚期发生过一定幅度的整体抬升并遭受剥蚀^[25,27,30-39],因此洞庭湖组形成于中更新世早期和中期,中更新世晚期缺失沉积。

2 样品采集和测量

砾石统计样品取自于ZKC1孔洞庭湖组下段和中段的砾石层中,共29件,单样品取样厚度30

cm左右。每件样品随机抽取200颗砾石,鉴定其岩性,并分别测出每颗砾石的长轴(a)、中轴(b)和短轴(c)的长度、磨圆度及风化程度等,然后进行统计分析。

3 ZKC1孔洞庭湖组砾石的粒度、砾态统计分析

所有样品中砾石岩性组成相近,变化不明显:大多为硅质岩和脉石英(85%±),其次为砂岩(10%±)和碳酸盐岩(5%±)。鉴此,后文粒度和砾

态纵向变化的统计分析及其构造和环境意义讨论中,未考虑砾石岩性的影响。

3.1 粒度特征

各样品的砾石粒度数据通过测量每个砾石的a轴、b轴和c轴的长度,然后进行计算和统计求得,统计结果见表1。其中平均砾径 \bar{d} ,是首先计算出各砾轴的平均砾径 \bar{d}_a 、 \bar{d}_b 、 \bar{d}_c ,再计算等体积砾径而得到,计算公式为 $\bar{d} = \sqrt[3]{\bar{d}_a \bar{d}_b \bar{d}_c}$ ^[19,22~23]。 \bar{d}_{50} 的求法同 \bar{d} 一样,即 $\bar{d}_{50} = \sqrt[3]{d_{a50} d_{b50} d_{c50}}$,其中的 d_{a50} 、 d_{b50} 、 d_{c50} 分别在a轴、b轴、c轴的累积频率曲线(图略)上求得。分选系数根据累积频率曲线上的四分位数(d_{75} 、 d_{25})求

表1 两护村ZKC1孔洞庭湖组砾石统计有关参数
Table 1 Parameters of gravels from Dongtinghu Formation in Liangfucui ZKC1 borehole

样号	深度/m	\bar{d}	\bar{d}_{50}	\bar{d}_a	\bar{d}_b	\bar{d}_c	\bar{d}_{a50}	\bar{d}_{b50}	\bar{d}_{c50}	S_a	S_b	S_c	风化程度	F (扁度)	Ψ (球度)	F/ Ψ	P(磨圆度)%
1	28.59	11.10	9.68	16.90	11.40	7.10	13.88	10.11	6.46	1.34	1.36	1.31	1级	1.99	0.66	3.03	47.13
2	29.21	9.87	7.33	16.24	9.81	6.04	11.66	7.17	4.72	1.50	1.65	1.89	1级	2.16	0.61	3.55	32.10
3	29.97	12.94	11.57	19.24	13.32	8.47	17.96	11.68	7.39	1.31	1.27	1.33	1级	1.92	0.67	2.86	42.61
4	30.91	8.62	6.91	12.78	8.77	5.71	10.30	7.04	4.55	1.23	1.17	1.29	1级	1.89	0.67	2.80	22.13
5	32.35	12.74	9.48	19.69	12.83	8.20	13.72	10.00	6.21	1.52	1.59	1.57	1级	1.98	0.65	3.06	37.88
6	32.75	11.61	10.71	16.40	11.70	8.16	15.18	10.88	7.44	1.30	1.23	1.33	1级	1.72	0.71	2.43	30.00
7	33.15	9.24	8.34	12.59	9.36	6.69	11.31	8.06	6.37	1.16	1.28	1.23	1级	1.64	0.73	2.24	41.67
8	33.55	10.54	9.28	14.60	10.76	7.45	13.12	9.44	6.46	1.29	1.28	1.27	1级	1.70	0.72	2.36	49.33
9	33.97	9.04	7.75	13.38	8.91	6.21	11.04	7.75	5.45	1.21	1.25	1.18	1级	1.79	0.68	2.66	48.67
10	34.73	11.73	11.09	17.23	12.20	7.68	15.63	11.80	7.41	1.26	1.26	1.20	1级	1.92	0.68	2.81	60.83
11	36.66	9.46	8.41	14.09	9.64	6.23	12.50	8.43	5.64	1.33	1.34	1.28	1级	1.90	0.67	2.84	61.67
12	44.97	8.30	7.48	11.66	8.51	5.77	10.55	7.23	5.49	1.22	2.47	1.20	1级	1.75	0.71	2.45	68.90
13	46.02	10.29	8.88	14.94	10.58	6.90	12.71	9.48	5.81	1.37	1.39	1.33	1级	1.85	0.69	2.68	71.72
14	47.06	10.77	10.17	15.51	11.26	7.16	14.93	10.60	6.65	1.23	1.20	1.21	1级	1.87	0.69	2.69	74.00
15	47.93	15.76	14.03	23.00	15.76	10.81	20.61	14.14	9.48	1.28	1.25	1.34	1级	1.79	0.69	2.62	80.17
16	48.58	10.85	8.97	15.56	10.92	7.53	12.7	9.11	6.25	1.24	1.23	1.27	1级	1.76	0.70	2.52	76.83
17	51.16	11.00	10.01	15.96	11.04	7.55	14.58	10.43	6.61	1.19	1.20	1.27	1级	1.79	0.69	2.60	74.67
18	64.16	9.79	9.42	14.37	9.96	6.57	14.36	9.48	6.15	1.17	1.22	1.20	1级	1.85	0.68	2.72	66.67
19	65.23	11.12	10.31	16.82	11.52	7.10	15.50	10.75	6.59	1.19	1.18	1.25	1级	2.00	0.66	3.02	70.50
20	66.28	11.45	10.61	16.00	11.67	8.04	14.96	10.90	7.34	1.29	1.28	1.27	1级	1.72	0.72	2.41	76.67
21	68.68	8.38	7.93	11.54	8.60	5.93	10.84	7.95	5.78	1.27	1.21	1.26	1级	1.70	0.73	2.34	73.50
22	71.88	13.81	12.68	20.24	14.39	9.05	18.9	13.38	8.07	1.70	1.59	1.50	1级	1.91	0.68	2.80	80.19
23	73.08	8.70	7.88	11.74	8.98	6.26	10.84	8.12	5.56	1.35	1.26	1.28	1级	1.65	0.74	2.23	70.58
24	79.26	10.70	10.30	14.98	10.78	7.60	14.73	10.06	7.39	1.17	1.14	1.22	1级	1.69	0.71	2.37	73.33
25	79.76	14.84	14.72	21.20	15.23	10.14	20.63	15.15	10.21	1.17	1.22	1.24	1级	1.80	0.70	2.57	78.46
26	80.21	15.74	14.34	22.08	15.71	11.26	19.72	14.56	10.28	1.43	1.40	1.40	1级	1.68	0.71	2.35	76.54
27	88.98	9.85	9.49	13.88	10.14	6.80	13.94	9.97	6.16	1.15	1.14	1.17	1级	1.77	0.71	2.49	71.50
28	94.51	9.19	8.98	13.15	9.32	6.34	12.29	9.12	6.46	1.16	1.17	1.16	1级	1.77	0.70	2.54	78.00
29	95.93	21.13	20.47	30.48	20.50	15.11	29.12	20.12	14.65	1.43	1.30	1.44	1级	1.69	0.69	2.43	80.26

得, a 轴的分选系数 $S_a = \sqrt{d_{a75}/d_{a25}}$ ^[19,22~23], S_b 和 S_c 求法相同。各样品的 a 轴、 b 轴和 c 轴的分选系统一般在 1.15 ~ 1.5 之间,分选性好,说明均为流水搬运产物。

3.2 砾态特征

砾态包括砾石的风化程度、扁度、磨圆度、球度等。各样品的砾态数据通过每个砾石的 a 轴、 b 轴和 c 轴的长度而求得,计算结果见表1。砾石的扁度 ($F=(a+b)/2c$) 和球度 ($\psi = \sqrt[3]{abc/a}$), 均用平均砾径 \bar{d}_a 、 \bar{d}_b 、 \bar{d}_c 计算而得到^[22~23]。磨圆度根据四级分法估计值(0级-棱角状,1级-次棱角状,2级-次圆状,3级-圆状)计算^[24],以百分数表示。风化程度的划分与磨圆度相同,但采用目估法(0级-未风化,1级-弱风化,2级-中等风化,3级-强风化)。

洞庭湖组砾石的风化程度低(表1),各样品均为1级,反映出盆地沉降条件下未经历明显的地表风化作用。砾石的扁度除2号和19号样品略 > 2 外,其余集中分布于 1.64 ~ 1.99 间;除2号样品为 0.61 外,其它砾石的球度在 0.66 ~ 0.71 间。上述砾石的扁度和球度与周秉根等^[20]、张倬元等^[21]、马永法等^[24]所测河流相砾石的球度与扁度相吻合。

4 砾石特征对构造与环境演化的约束

一般而言,河流砾石层的粒度越大则反映水动力越强。位于山区的河流,水动力主要受降水、汇水面积、纵向坡降及相关的河道宽度控制。对于特定河流的具体河段而言,则不同时期降水的变化可引起沉积砾石层砾径的变化,因而砾径具有气候干湿的指示意义。

洞庭盆地第四纪为一汇水盆地,湘、资、沅、澧四水来水进入洞庭盆地后再往北汇入长江,总体具河流和过流性湖泊环境^[1]。在此背景下,控制 ZKC1 孔河流砾石层砾径变化的因素主要包括构造沉降以及气候暨降水变化两个方面,此与山区河流有一定差别。

林畅松等^[40]的研究表明,中国东部中生代断陷盆地具幕式裂陷特征,幕式裂陷沉降速率的变化控制着区域性沉积旋回和层序类型的发育和演化,强烈裂陷沉降幕常发育深湖盆型层序,而初始和晚

期裂陷幕以发育浅湖和河流-浅湖型层序为特征。与 ZKC1 孔类似,洞庭盆地大多数地区华田组、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^①,由此显示出沉积物粒度和沉

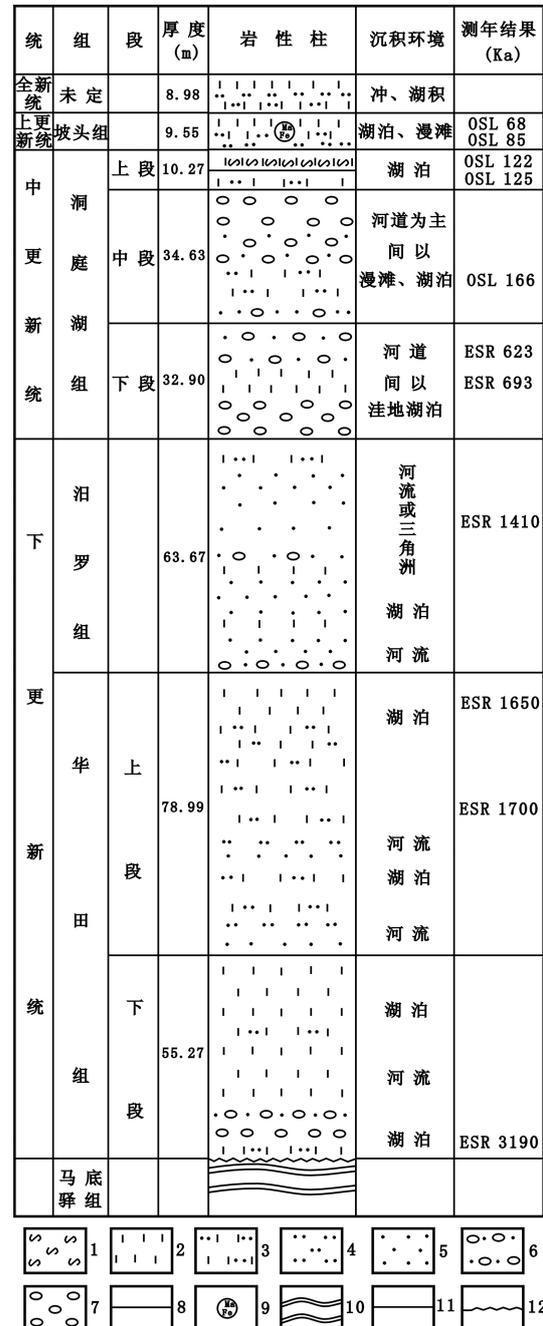


图2 两护村 ZKC1 孔综合柱状图

Fig. 2 Composite stratigraphic column of ZKC1 borehole in Lianghucun

- 1. 淤泥; 2. 粘土; 3. 粉砂质粘土; 4. 粉砂; 5. 砂层; 6. 砂砾层;
- 7. 砾石层; 8. 泥炭层; 9. 铁锰结核; 10. 钙质板岩; 11. 平行不整合
- 12. 角度不整合

①湖南省地质调查院, 1:25 万常德市幅区域地质调查报告, 1:25 万岳阳市幅区域地质调查报告, 2009.

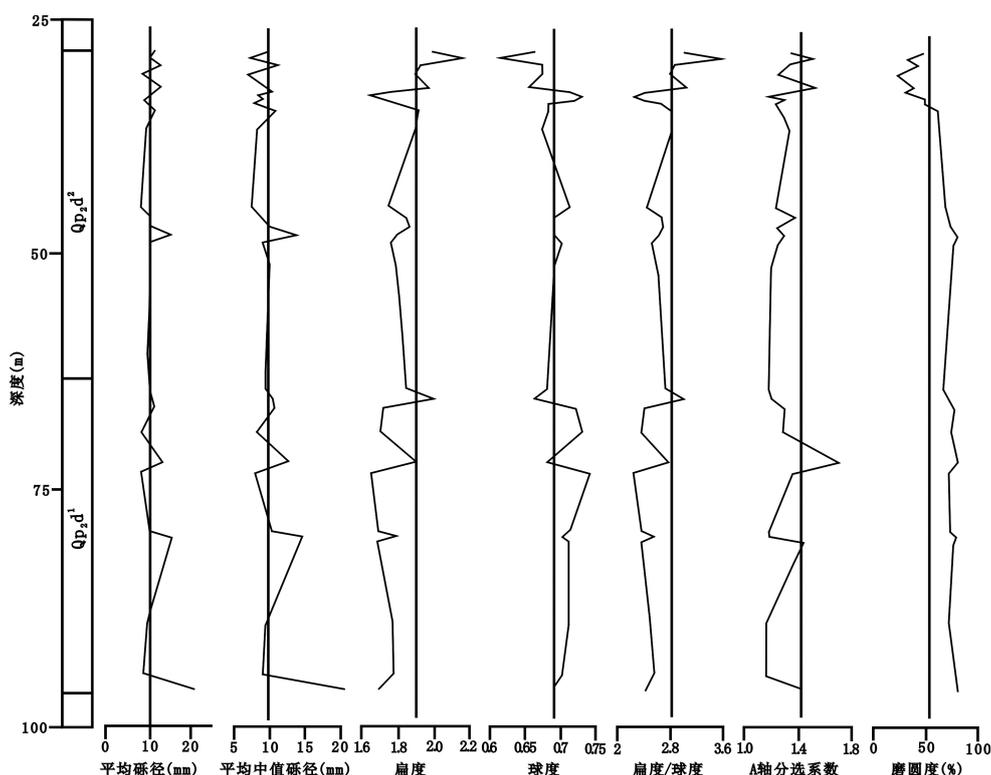


图3 两护村ZKC1孔洞庭湖组砾石特征参数变化曲线

Fig. 3 Variavtion of Parameters of gravels from Dongtinghu Formation in Lianghucun ZKC1 borehole

积相的旋回性变化。鉴于洞庭盆地在早-中更新世中期为断陷盆地^[25,27,30-39],从断陷盆地的沉降-沉积机理^[40]出发,洞庭盆地的区域性沉积旋回应与幕式断陷活动有关,亦即反映了盆地沉降速率的幕式变化:沉降速率低时主要沉积河流相的砂、砾层,沉降速率高时则形成湖泊相(含粉砂质)粘土沉积^[25],因此区域性的相对深水沉积总体上对应于断陷扩张最甚的时期。据上述分析,结合沉积层序特征(图2),洞庭湖组总体可分为2个较大的由粗→细或由河流相→湖泊相的沉积旋回,早旋回由洞庭湖组下段和中段下部组成,晚旋回由洞庭湖组中段上部和上段组成。每个旋回反映了一个缓慢→快速的幕式断陷沉降过程。与之相对应,ZKC1孔洞庭湖组中砾石的粒度变化也反映出2个较大的由大→小的旋回(图3),早旋回由洞庭湖组下段砂砾层组成,晚旋回由洞庭湖组中段上部的砂砾层组成。因此,早、晚2个大的砾石粒度由大→小的旋回变化实际为中更新世早-中期安乡凹陷的两次由慢→快的幕式断陷沉降提供了约束。值得指出的是,柏道远等对ZKC1孔进行的重矿物特征研究,也表明中更新世中后期存在沉降速率的加速^[29],此与砾石特征分析所得出的认识相一致。

在上述2个大的砾石粒度旋回之上,叠加有多个更小尺度的粗、细变化(图3),推测主要与气候干湿的频繁波动有关。相对湿润期降水充沛,河流水动力较强,更大砾径的砾石被带至盆地内部沉积。反之,相对干旱期降水较少,河流水动力较弱,能被带至盆地内部沉积的砾石砾径相对较小。

值得注意的是,10~29号样品的磨圆度均>50%,最大达80.26%,表明砾石以次圆状(2级)和圆状(3级)为主,磨圆相对较好(图3)。1~9号样品的磨圆度均<50%,反映其磨圆相对较差,即成熟度较低。一般而言,盆地活动性越强,沉积物物源越近、成熟度越低。1~9号样品位于洞庭湖组中段砾石层的顶部,其沉积时期处于前述第二沉降幕快速沉降和盆地扩张的初期。因此,分析推断洞庭盆地沉降和周缘隆起区抬升活动的增强,使盆地、山地势反差加大、近源砾石增加,从而导致洞庭湖组中段顶部砾石磨圆度暨成熟度明显降低。

5 结论

(1) 中更新世洞庭湖组砂砾层砾石的粒度变化

反映出2个较大的由大→小的沉积旋回,指示中更新世早-中期安乡凹陷的两次由慢→快的幕式断陷沉降。洞庭湖组中段顶部砾石的磨圆度明显偏低,反映其沉积时期洞庭盆地沉降和周缘隆起区抬升活动的增强。

(2)小尺度的砾石粗、细变化,主要与气候干湿的频繁波动有关。

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): 158-168.
- [3] 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.
- [4] 皮建高,潘晟. 洞庭湖区构造沉降特征及监测方案[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(1): 9-12.
- [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] 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.
- [7] 杨达源. 洞庭湖的演变及其整治[J]. 地理研究, 1986,5(3): 39-46.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [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] 第四纪冰川考察队. 四川西昌螺髻山地区第四纪砾石层的砾组分析[C]//中国第四纪冰川地质文集. 北京:地质出版社, 1977:191-228.
- [20] 周秉根,李典友. 黄山不同类型砾石特性及成因分析[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2000,23(1):57-60.
- [21] 张倬元,陈叙伦,刘世青,等. 丹棱-思濠砾石层成因与时代[J]. 山地学报, 2002,18(增刊):8-16.
- [22] 朱大岗,赵希涛,孟宪刚,等. 念青唐古拉山主峰地区第四纪砾石层砾组分析[J]. 地质力学学报, 2002,8(4):321-332.
- [23] 韩建恩,余佳,孟庆伟,等. 西藏阿里地区札达盆地第四纪砾石统计及其意义[J]. 地质通报, 2005,24(7):630-636.
- [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] 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):645-648.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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):41-55.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 柏道远,周柯军,马铁球,等. 第四纪洞庭盆地沉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.
- [35] 柏道远,李长安,马铁球,等. 第四纪洞庭盆地临澧凹陷构造 - 沉积特征与古地理环境演化[J]. 山地学报,2010,28(6):641 - 652.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] 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,2010,57(1),待刊.
- [40] 林畅松,张燕梅,李思田,等. 中国东部中生代断陷盆地幕式裂陷过程的动力学响应和模拟模型[J]. 地球科学, 2004, 29(5):583 - 588.

Statistics of Gravel Particle Size and Shape Features of Middle Pleistocene Dongtinghu Formation in Dongting Basin, and Its Tectonic and Environmental Significances

CHEN Jian-cheng¹, BAI Dao-yuan², LI Chang-an³, ZHOU Ke-jun², HUANG Wen-yi², CHEN Du-ping²
(1. No. 413 Brigade of Hunan Bureau of Geology and Mineral Exploration and development, Hunan Changde 415000, China; 2. Hunan Institute of Geology Survey, Changsha 410011, China; 3. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The statistics and analysis of gravel particle size and shape features of Middle Pleistocene Dongtinghu Formation from Lianghucun ZKC1 borehole in southeastern Anxiang sag of Dongting basin were taken in this paper. The variations of gravel particle size show two big-to-small cycles whose early cycle corresponded with the lower member of Dongtinghu Formation and late cycle corresponded with upper part of the middle member of Dongtinghu Formation. The two particle size cycle indicate two slow-to-rapid episodic subsidence of Anxiang sag during early-middle Middle Pleistocene. Superposed on the two large cycles there existed a lot of small scale variations of gravel particle size which were mainly related to aridity-humidity changes. The roundness of gravels from top of middle member of Dongtinghu Formation is evidently low, which indicated strengthen of tectonic movement such as subsidence of the basin and rise of around uplifts.

Key Words: Dongting basin; Middle Pleistocene; Dongtinghu Formation; gravel particle size; shape features; episodic subsidence; climatic fluctuation