

文章编号: 1009-3850(2016)01-0070-07

贵州威宁麻窝山岩溶盆地沉积物中粘土矿物特征 及其古气候指示意义

任增莹, 吴攀, 曹星星

(贵州大学资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 利用 X 射线衍射等分析方法, 对贵州威宁麻窝山岩溶盆地沉积物中粘土矿物进行研究, 获得了粘土矿物的组成、相对含量、结晶度指数、化学指数以及相对含量比值等方面的信息, 探讨该盆地的沉积环境演化特征。研究表明, 粘土矿物以伊/蒙混层矿物(30%~75%)和绿泥石(10%~45%)为主, 高岭石(5%~20%)和伊利石(10%)次之, 基本不含蒙脱石。伊/蒙混层矿物和绿泥石含量呈负相关性。高岭石含量在剖面底部较稳定, 在 484cm 上部出现较大的波动。伊利石结晶度和化学指数与伊/蒙混层矿物含量具有较好的正相关性, 且在第 I 阶段相对于其它指标较敏感, 出现波动。通过综合对比分析, 将研究区剖面划分为 4 个阶段, 其是 3 个冷暖干湿的大循环和若干个小循环气候环境的物质记录。

关键词: 古气候; 岩溶盆地; 粘土矿物; 结晶度; 威宁

中图分类号: TE121.3+1

文献标识码: A

湖泊盆地作为相对独立的封闭体系, 沉积速率快, 能较完好地保存湖区在较长的地质历史时期内的气候和环境演变信息, 是研究气候变化的极佳场所^[1-4]。西南喀斯特地区受太平洋和印度洋两种季风的共同影响^[5], 对气候响应较敏感, 西南地区岩溶盆地内的沉积物对于古气候的研究具有重要的意义。粘土矿物广泛分布于各类沉积物中, 系地表母岩在表生条件下受风化作用所形成。由于其颗粒细小($<2\mu\text{m}$), 成分、结构容易发生变化, 对气候环境的变化特别敏感。所以粘土矿物的形成和演化过程蕴含着丰富的气候环境信息^[6-8]。目前, 岩溶地区的古气候研究主要集中在地球化学、化石和磁性地层学等方面^[9-12], 涉及利用沉积物中粘土矿物指示古气候的研究^[13]还较少。本文从粘土矿物学的角度, 研究贵州威宁麻窝山岩溶盆地剖面中粘土矿物的分布变化特征, 重建该区的古气候环境信息。

1 研究区概况

麻窝山岩溶盆地位于黔西北乌蒙山脉中部($E103^{\circ}51' \sim 103^{\circ}55'$, $N27^{\circ}05' \sim 27^{\circ}10'$), 盆地汇水面积 16.29km^2 , 盆地面积 0.74km^2 (图 1)。区内最高海拔 2818.5m, 最低海拔 2229.0m, 年平均气温 11.2°C , 年降水量 850mm, 雨季主要集中于 6~9 月, 占全年降雨量的 70%, 属亚热带季风气候。研究区上覆土层为碳酸盐岩红土, 土层薄、不连续, 基岩出露面积较大, 石漠化较严重。出露岩层以古生代灰岩为主, 东南及北面出露泥盆系上统(D_3)白云质灰岩, 东北和西南主要分别出露石炭系下统岩关组(C_1y)和大塘组(C_1d)灰岩。研究区地表无径流, 可认为是相对封闭的盆地型流域。20 世纪 60 年代末至 70 年代初, 在盆地西南方向人工凿开一条地下泄流洞, 盆地中心现为耕地。盆地上部堆积的红土与下部湖沼沉积物颜色差异较大, 界线明显。吴攀和

收稿日期: 2015-03-25; 改回日期: 2015-10-14

作者简介: 任增莹(1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向为环境地球化学。E-mail: tslxrzy@126.com

通讯作者: 吴攀(1973-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事环境地球化学研究工作。E-mail: pwu@gzu.edu.cn

谢良胜^[14]综合阐述了盆地近代环境的大致演化过程。葛佳杰等^[15]利用¹⁴C方法确定了盆地内剖面的大致时间框架。

2 样品测试

2.1 样品

样品用传统式钻机采集,钻头则改为锤击式薄壁取土器(样长20cm),整个过程为干钻采集,共采集4个剖面,各剖面特征曹振兴等^[11]文中详细描述。4个剖面所包含的环境气候信息具有较好的一致性^[11,15-16]。其中剖面4深度最大(31m),包含的信息最全,本文以剖面4(MW-4)作为研究对象。

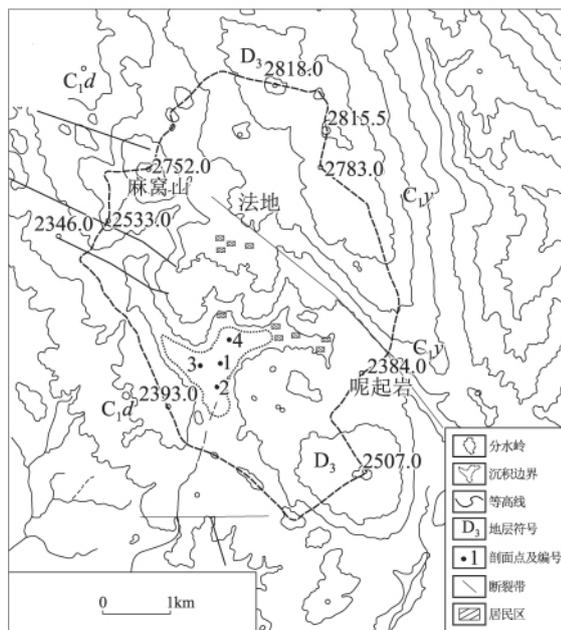


图1 研究区及剖面采样点示意图(据谢良胜等^[16])

Fig. 1 Sketch to show the sampling sites in the Mawo karst basin in Weining, Guizhou (after Xie Liangsheng et al., 2010)

2.2 制样与分析

粘土矿物的提纯和定向薄片制作步骤简述如下。首先对沉积物样品进行破碎,用玛瑙研钵对样品进行研磨过200目筛;用浓度为10%的醋酸和浓度10%的双氧水分别去除碳酸盐和有机质,然后加入蒸馏水反复洗涤至样品溶液产生抗絮凝作用(可加入少量六偏磷酸钠分散剂)。根据Stokes沉降原理将上层一定高度的悬浮液吸出,涂布于载玻片上,在空气中自然风干制成自然干燥试样;然后将自然干燥试样置于干燥皿中,加入适量的乙二醇溶液,在65℃的条件下饱和6h,即制成乙二醇饱和粘土矿物试样^[17]。

威宁麻窝山岩溶盆地沉积物粘土矿物的XRD图谱如图2所示。根据两种不同测试条件下得到的衍射曲线的对比和PDF2002卡片数据库比对查找,定性分析沉积物中粘土矿物的组成。各粘土矿物的相对含量由内标法按粘土矿物不同的百分含量配比得到的一组数据计算得出,分析结果误差小于±5%。粘土矿物的结晶度和化学指数计算在乙二醇曲线上进行。伊利石的结晶度指数(KI)为1nm处半高宽,伊利石化学指数(CI)通过(002)/(001)峰面积比计算。

样品制备、仪器分析和计算在中国地质大学(武汉)完成。所用X射线衍射仪为荷兰Philippe公司生产的Panalytical Zpert,测试条件是CuK α 辐射,Ni滤波器,管压40kV,管流40mA。

3 结果与讨论

3.1 粘土矿物组成及来源

盆地内剖面沉积物中粘土矿物组成为伊/蒙混层矿物和绿泥石、伊利石、高岭石,基本不含蒙脱石(只有极少量样品含有蒙脱石)。其中伊蒙混层矿物和绿泥石相对含量变化较大,分别为30%~75%和10%~45%,平均含量分别为49.25%和26.81%;高岭石相对含量变化较小,为5%~20%,平均含量为14.13%;而伊利石相对含量保持10%不变;只有MW-4-14和MW-4-15样品出现蒙脱石,相对含量分别为15%和10%;剖面中KI变化范围为0.07 $\Delta^{\circ}/2\theta$ ~0.42,平均为0.20 $\Delta^{\circ}/2\theta$,CI变化范围为0.26~0.66,平均值为0.46(表1)。

威宁麻窝山岩溶盆地自燕山运动以后,基本处于构造相对稳定期;无地表径流、出露基岩单一,为封闭的岩溶盆地。由于该盆地规模小,碎屑来源较单一,沉积物混合度小,搬运距离短,所以盆地内粘土矿物的形成主要受气候的影响。在表生环境下,没有受到成岩作用影响的粘土矿物才可以作为反映气候环境变化的指标。检验沉积物中粘土矿物是否受到成岩作用影响可以依据沉积剖面深度、最老年龄、粘土矿物组合以及伊利石结晶度纵向变化等特征判断^[8]。研究发现,MW-4剖面未受到沉积后期成岩作用的影响,盆地内沉积物剖面中粘土矿物主要是周围基岩风化侵蚀形成的。

3.2 粘土矿物对气候的指示意义

粘土矿物是在一定的地质环境和气候条件下形成的,广泛分布在第四纪各种沉积环境中,其形成和转化与气候,特别是温度和湿度有十分密切的

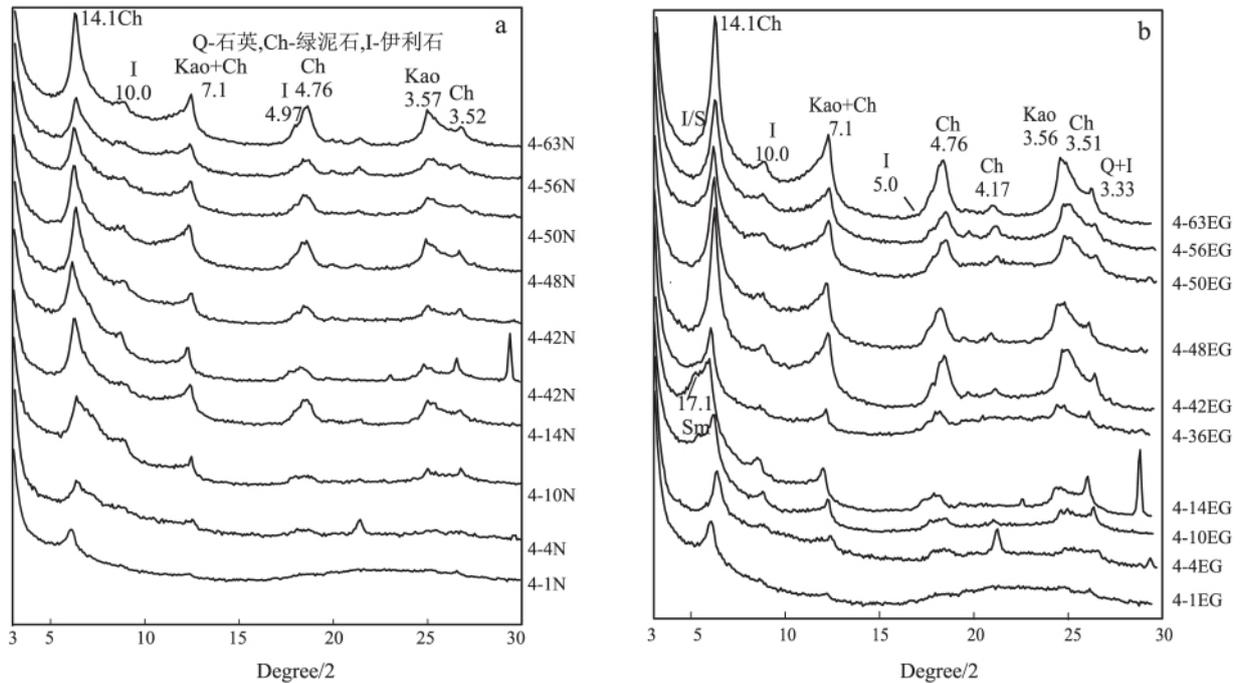


图2 威宁麻窝山剖面代表性样品 X 射线衍射图

a. 粘土矿物自然定向片; b. 乙二醇饱和粘土矿物

Fig. 2 X-ray diffraction patterns for the representative samples of clay minerals from the Mawo karst basin in Weining

关系^[13]。气候条件不同,风化作用强度不同,形成的粘土矿物种类和含量均各不相同。

伊利石是干冷气候条件下物理风化作用的产物,指示水热条件差、化学风化强度弱的气候环境^[8, 18-21]。当气候变为湿热,伊利石晶格中的 K^+ 不断被淋滤带走逐渐向伊/蒙混层矿物转化,并最终形成蒙脱石。伊/蒙混层矿物和蒙脱石代表气候逐渐转为潮湿的环境^[22]。绿泥石是在碱性介质中形成的,绿泥石和伊利石都是初级的粘土矿物,指示化学风化作用弱、物理风化作用占主导地位的气候环境。但是绿泥石对化学风化作用更敏感,其在温暖潮湿的气候环境下容易被破坏,一般只能形成于在化学风化作用受抑制的环境^[4, 17]。高岭石形成于温暖潮湿的气候条件下,由长石、云母和辉石在酸性介质经强烈淋滤形成,是强化学风化的产物,和蒙脱石相比,高岭石的形成比蒙脱石需要更高的温度和湿度^[18]。伊利石结晶度(KI)和化学指数(CI)是气候变化的灵敏反映指标,可以反映气候环境的短期变化。伊利石结晶度可以反映水热条件, KI 值高代表弱的结晶度,指示水热条件好的温暖潮湿环境,低值代表高的结晶度,指示水热条件不好的干旱寒冷环境^[18, 23]。伊利石的化学指数可以反映矿物在环境中的水解能力, CI 比值小于 0.5 代表富 Fe-Mg 的伊利石,为物理风化作用的结果;比值大于

0.5 为富 Al 的伊利石,代表强烈的水解作用^[8, 24]。

3.3 粘土矿物相对含量及其气候指示

MW-4 沉积剖面伊利石相对含量稳定,保持在 10%,伊/蒙混层矿物的相对含量(图 3a)整体呈波动增加的趋势,在剖面底部至 1642cm 处,伊/蒙混层矿物含量整体偏低,仅在 2260~2162cm 处伊/蒙混层矿物含量小幅度增加,反映了该阶段可能以干燥气候为主,并出现短暂湿润期;1642~952cm 以及 922~560cm 伊/蒙混层矿物含量呈现增大的变化趋势,而 952~922cm 伊/蒙混层矿物含量骤减至 35%,560~434cm 伊/蒙混层矿物含量也出现小幅度的降低,因此在 1642~434cm 伊/蒙混层矿物含量呈现出小—大—小—大—小的变化特征,反映此阶段干燥—湿润—干燥—湿润—干燥的气候变化;434~146cm 伊/蒙混层矿物含量波动剧烈,且呈小—大—小—大—小变化,对应的气候变化为干燥—湿润—干燥—湿润—干燥;146cm~剖面顶部出现峰值(75%)。

绿泥石相对含量(图 3b)整体上呈波动减小的趋势,且与伊/蒙混层矿物呈此消彼长的关系,即在剖面底部至 1642cm 绿泥石相对含量呈大—小—大变化,但以低值为主,表明该阶段的风化强度变化为弱—强—弱,且以物理风化作用为主;1642~434cm 绿泥石相对含量呈大—小—大—小—大变化,

表1 威宁麻窝山 MW-4 剖面粘土矿物 XRD 分析结果

Table 1 X-ray diffraction analyses for the MW-4 section in the Mawo karst basin in Weining

层位	深度(cm)	样品个数	含量(%)					伊利石结晶度 (KI) $\Delta^\circ/2\theta$	伊利石化学指数 (CI)	
			蒙脱石	绿泥石	伊利石	伊/蒙混层	高岭石			
红土堆积层	20~82	2	分布范围		10	10	75	5	0.17	0.62~0.66
			平均值		10	10	75	5	0.17	0.64
杂色湖沼沉积层	82~146	2	分布范围		10~15	10	60~75	5~15	0.08	0.30~0.41
			平均值		12.50	10	67.50	10	0.08	0.36
青灰色湖沼沉积层	146~182	1	分布范围		15	10	60	15	0.22	0.40
			平均值		15	10	60	15	0.22	0.40
灰棕色湖沼沉积层	182~430	9	分布范围		10~20	10	55~70	10~15	0.12~0.42	0.39~0.68
			平均值		15	10	63.33	11.67	0.21	0.55
灰白色湖沼沉积层	430~1333	23	分布范围	0~15	10~35	10	35~65	10~20	0.10~0.42	0.26~0.61
			平均值	1.09	20.43	10	53.48	15	0.21	0.46
灰棕色湖沼沉积层	1333~1642	6	分布范围		25	10	50	15	0.12~0.35	0.34~0.67
			平均值		25	10	50	15	0.21	0.47
黄棕色湖沼沉积层	1642~1863	4	分布范围		35~40	10	35~40	15	0.12~0.35	0.42~0.46
			平均值		36.25	10	38.75	15	0.26	0.44
青灰色湖沼沉积层	1863~2092	5	分布范围		35~40	10	35~40	15	0.12~0.33	0.31~0.42
			平均值		39	10	36	15	0.21	0.36
灰白色湖沼沉积层	2092~2340	6	分布范围		30~40	10	35~45	15	0.07~0.25	0.30~0.50
			平均值		36.67	10	38.33	15	0.13	0.38
黄棕色湖沼沉积层	2340~2824	8	分布范围		40~45	10	30~35	15	0.10~0.33	0.38~0.53
			平均值		42.50	10	32.50	15	0.19	0.47
灰棕色湖沼沉积层	2824~3100	3	分布范围		45	10	30	15	0.13~0.22	0.35~0.44
			平均值		45	10	30	15	0.16	0.4

对应的化学风化强度变化为弱—强—弱—强—弱; 434~146cm 绿泥石相对含量波动剧烈,且呈大—小—大—小—小变化,对应的化学风化强度变化为弱—强—弱—强—弱; 146cm~剖面顶部变化幅度较小。

高岭石相对含量(图3c)变化波动较小,不如绿泥石和伊/蒙混层矿物变化明显,在剖面底部~484cm以15%为主,基本上没有变化,仅在952cm位置含量骤增至20%,该位置对应的气候可能具有较高的温度和丰富降水量。

3.4 伊利石结晶度指数和化学指数对气候的指示

MW-4剖面的KI和CI的变化曲线均与伊/蒙混层矿物含量曲线具有较好的一致性(图3d、e),这是由于相对暖湿的气候环境,致使样品中的伊利石在酸性介质中发生水解生成伊/蒙混层,降低了结晶度,同时伊利石八面体晶格结构中,Al逐渐替代了Fe-Mg,形成了富Al的伊利石。反之,在寒冷干燥的气候条件下,物理风化作用占主导地位,样品中的伊利石矿物的结晶被保存下来,结晶度高,Fe-Mg逐渐替代了Al,形成了富Fe-Mg的伊利石^[8,24]。

但在剖面的底部,KI与CI值较粘土矿物含量更敏感,出现较大幅度的波动;3090~2500cm KI与CI值呈现低—高—低—高—低的变化趋势,反应了此阶段的气候环境经历了从干冷—暖湿—干冷—暖湿—干冷两个小周期的演化。434~146cm KI变化范围为0.12~0.42,CI变化范围为0.39~0.68,且均呈小—大—小变化,反映该阶段冷干—暖湿—冷干的气候变化特征。

3.4 粘土矿物含量比值对古气候的指示

有时候单一的粘土矿物含量变化曲线不能明显的指示古气候变化信息,但是它们的比值可以很好的指示古气候变化信息^[4]。蒙脱石/(伊利石+绿泥石)可以反映区域化学风化与物理侵蚀的对比值,比值越大化学风化越强,气候以温暖潮湿为主导^[8]。(蒙脱石+高岭石)/(伊利石+绿泥石)也可以作为气候变化的指标,反映气候温湿/干冷的变化^[4]。

研究区剖面中只有MW-4-14和MW-4-15样品出现纯蒙脱石,伊/蒙混层矿物却大量出现,且混层中伊利石晶层含量均<50%,所以本文在粘土矿物

比值计算中用纯蒙脱石与伊/蒙混层矿物含量之和替代蒙脱石含量。MW-4 沉积剖面中(蒙脱石 + 伊/蒙混层)/(伊利石 + 绿泥石)、(蒙脱石 + 伊/蒙混层 + 高岭石)/(伊利石 + 绿泥石)的变化趋势与伊/蒙混层矿物含量、绿泥石含量、伊利石的结晶度、伊利石化学指数具有较好的吻合性,说明它们所反应的气候环境信息与阶段是一致的(图 3f、g)。

3.5 盆地内气候旋回的探讨

依据麻窝山岩溶盆地沉积剖面的粘土矿物与

沉积物变化特征,研究区在过去 40ka 内经历了多次冷暖-干湿的气候交替变化,主要划分为 4 个阶段,大概有 3 个冷暖-干湿大循环和 6 个小循环,这种划分与利用 R_r/S_r 和微量元素气候划分的研究^[11-12]基本一致。剖面底部以寒冷干燥的气候特点为主;顶部红土层主要受人为因素的影响等特点是一致的。本研究在前 3 个阶段出现多个气候亚带与前人的研究相比更细化,可能是由粘土矿物对气候的变化更敏感度引起的。

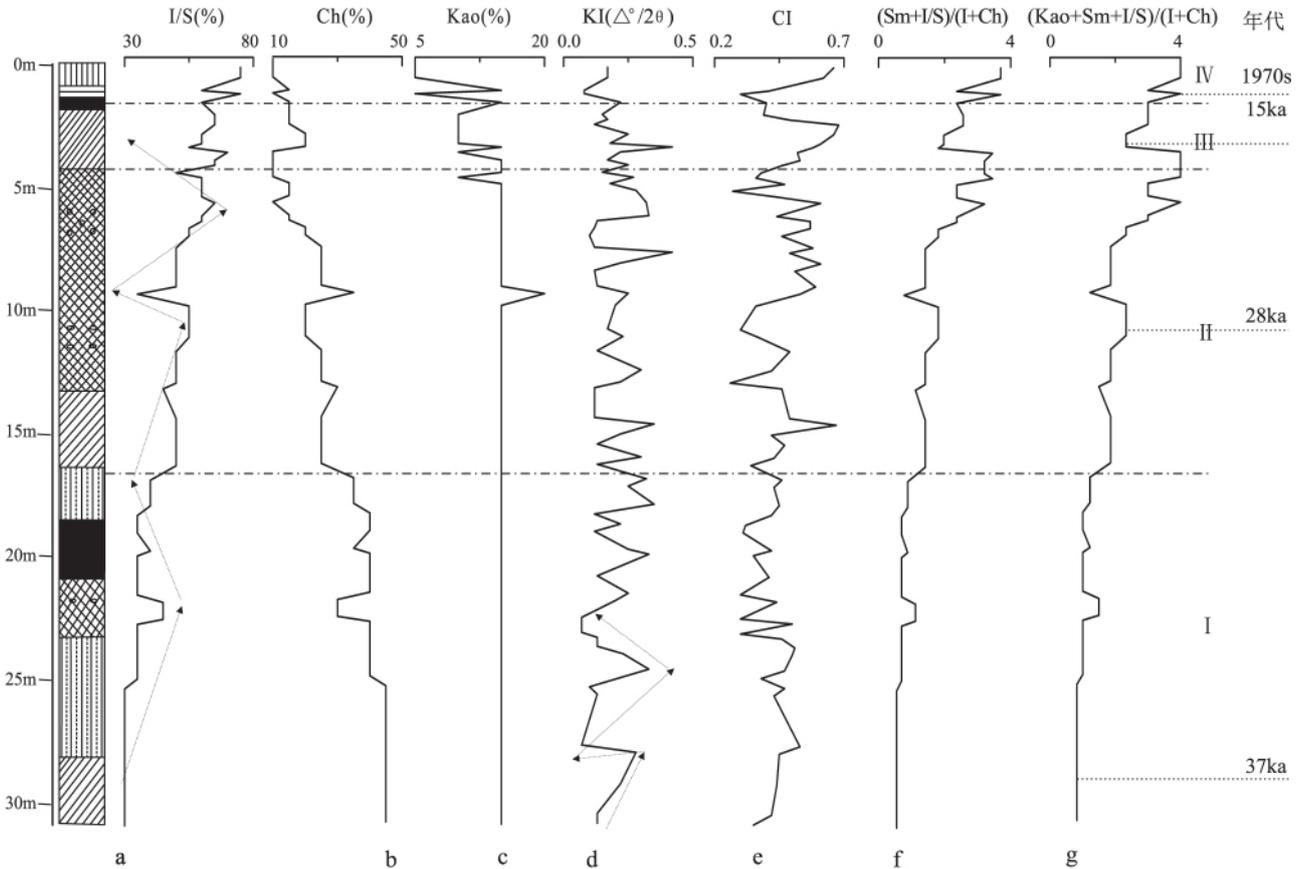


图 3 威宁麻窝山剖面古气候演化阶段划分

a. 伊蒙混层矿物; b. 绿泥石; c. 高岭石; d. 伊利石结晶度指数; e. 伊利石化学指数; f. (蒙脱石 + 伊/蒙混层)/(伊利石 + 绿泥石); g. (蒙脱石 + 伊/蒙混层 + 高岭石)/(伊利石 + 绿泥石)

Fig. 3 Evolution of the palaeoclimatic conditions in the Mawoshan section in Weining

第 I 阶段(3090 ~ 1642cm): 伊/蒙混层矿物含量、(蒙脱石 + 伊/蒙混层)/(伊利石 + 绿泥石)与(蒙脱石 + 伊/蒙混层 + 高岭石)/(伊利石 + 绿泥石)呈小一大一小变化,绿泥石含量呈大一小一大变化,但拐点处出现时间较短(952 ~ 922cm); 伊利石 KI 与 CI 值在 3090 ~ 2500cm 呈现低—高—低—高—低的变化趋势,出现气候亚带。综上,此阶段整体的气候变化特点为寒冷干燥—温暖湿润—寒冷干燥,且以寒冷干燥为主,并存在两个干冷—暖

湿交替的小循环。

第 II 阶段(1642 ~ 434cm): 伊/蒙混层矿物含量、绿泥石含量、伊利石的 KI 与 CI、(蒙脱石 + 伊/蒙混层)/(伊利石 + 绿泥石)与(蒙脱石 + 伊/蒙混层 + 高岭石)/(伊利石 + 绿泥石)在此阶段皆变化明显,出现了两个冷暖—干湿交替周期。

第 III 阶段(434cm ~ 146cm): 伊利石的 KI 与 CI 呈小一大一小变化,伊/蒙混层矿物含量、(蒙脱石 + 伊/蒙混层)/(伊利石 + 绿泥石)与(蒙脱石 + 伊/

蒙混层 + 高岭石) / (伊利石 + 绿泥石) 呈现高一低—高—低—高的变化趋势,绿泥石呈相反的变化,反映本阶段出现一个冷暖干湿气候大循环,其中包含了两次明显的冷暖气候交替变化。

第Ⅳ阶段(146~0cm):剖面顶部的红土层,旋回变化主要受人为因素影响,20世纪60年代末,70年代初,人工泄流洞凿开后,流域内植被发生变化,导致水土流失加剧,使红土层快速堆积至湖积物之上,造成二者突变接触。

4 结论

(1) 贵州威宁麻窝山岩溶盆地沉积物中粘土矿物以伊/蒙混层矿物为主,伊利石、绿泥石和高岭石含量较低,基本不含蒙脱石。

(2) 剖面沉积物中的粘土矿物主要为来源于周围基岩的风化侵蚀,粘土矿物多指标综合分析表明,剖面粘土矿物中的绿泥石、伊蒙混层矿物、高岭石、伊利石结晶度和化学指数以及(蒙脱石 + 伊/蒙混层) / (伊利石 + 绿泥石)、(蒙脱石 + 伊/蒙混层 + 高岭石) / (伊利石 + 绿泥石) 反应的气候环境变化阶段明显。

(3) 通过粘土矿物组成特征可将研究区剖面划分为4个阶段,其中3个冷暖—干湿气候大循环气候,其中第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ阶段分别包含两个冷暖—干湿气候的小循环环境的物质记录。

参考文献:

- [1] 王苏民,吴瑞金,蒋新禾. 内蒙古岱海末次冰期以来的环境变迁与古气候[J]. 第四纪研究,1990,(3):223-232.
- [2] 金章东. 湖泊沉积物的矿物组成、成因、环境指示及研究进展[J]. 地球科学与环境学报,2011,33(1):34-44.
- [3] XUDONG WU,ZHAO HUI,ZHANG XIAOMEI,et al. Asian summer monsoonal variations during the Holocene revealed by Huguangyanmaar lake sediment record [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2012,323:13-21.
- [4] 曾蒙秀,宋友桂,安芷生,等. 青海湖二郎剑钻孔的粘土矿物学研究[J]. 中国科学(D),2014,44(6):1298-1311.
- [5] DAVID A. HODELL,BRENNER M,KANFOUSH S L,JASON H. Curtis,etal. Paleoclimate of Southwestern China for the Past 50000 yr Inferred from lake sediment records [J]. *Quaternary Research*,1999,52,369-380.
- [6] 刘志飞,C. Colin,Trentesaux,等. 南海南部晚第四纪东亚季风演化的粘土矿物记录[J]. 中国科学(D),2004,34(3):272-278.
- [7] 洪汉烈. 粘土矿物古气候意义研究的现状与展望[J]. 地质科技情报,2010,29(1):1-8.
- [8] SUN QINGFENG,COLIN. Paleoclimate and paleoenvironment of Gonghe Basin,Qinghai-Tibet Plateau,during the last deglacial: weathering,erosion and vegetation cover affect clay mineral formation [J]. *ACTA Geologica Sinica* 2014,88(2):647-660.
- [9] 王俊达,李华梅,林树基,等. 贵州草海沉积物的古地磁地层学初步研究[J]. 地球化学,1986,4:329-335.
- [10] 王克勇. 贵州草海第四纪介形类及其古环境[J]. 贵州地质,1987,1:49-59.
- [11] 曹振兴,吴攀,顾尚义,等. 贵州威宁麻窝山岩溶盆地剖面中Rb、Sr分布及环境信息[J]. 地质学报,2013,87(2):259-268.
- [12] 吴月媛,吴攀,曹振兴,等. 贵州威宁麻窝山岩溶盆地沉积物的微量元素特征及环境意义[J]. 地球与环境,2014,42(6):710-718.
- [13] 张乃娴,万国江,马玉光. 威宁草海沉积物中的粘土矿物及其环境记录[J]. 地质科学,2010,35(2):206-211.
- [14] 吴攀,谢良胜. 论黔西北麻窝山岩溶盆地土壤堆积记录——兼答张信宝先生[J]. 中国水土保持科学,2011,9(6):83-87.
- [15] 葛佳杰,顾尚义,吴攀,等. 贵州威宁麻窝山地区近五万年来土壤侵蚀速率研究[J]. 地球与环境,2011,39(2):156-160.
- [16] 谢良胜,吴攀,顾尚义,等. 喀斯特山区红黏土在石漠化过程中的侵蚀与堆积记录——以乌蒙山脉麻窝山流域为例[J]. 中国水土保持,2010,(4):47-50.
- [17] LIU Z F,TRENTESAUX A,CLEMENS S C,et al. Clay mineral assemblages in the northern South China Sea: Implications for East Asianmonsoon evolution over the past 2 million years [J]. *Mar. Geol.* 2003,201:133-146.
- [18] CHAMLEY H. *Clay Sedimentology* [M]. Berlin: Springer-Verlag,1989.1-120.
- [19] BISCAYE P E. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans [J]. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1965,76:803-832.
- [20] SINGER A. The paleoclimatic interpretation of clay minerals in sediments - A review [J]. *Earth Science Reviews*,1984,(21):251-293.
- [21] FAGEL N,BOSKI T,LIKHOHWAY I,et al. Late Quaternary claymineral record in Central Lake Baikal(Academician Ridge, Siberia) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2003,193:159-179.
- [22] JAIN M,ANDON S K. Quaternary alluvial stratigraphy and palaeoclimatic reconstruction at the Tharmargin [J]. *Curr. Sci. India* 2003,84(8):1048-1055.
- [23] EHRMANN W,SETTI M,MANNONI L. Clay minerals in Cenozoic sediments off Cape Roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal palaeoclimatic history [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2005,229:187-211.
- [24] ESQUEVIN J. Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité [J]. *Centre de Rech (Pau-SNPA), Bulletin*,1969,3:147-153.

Clay minerals and their palaeoclimatic indicators in the Mawo karst basin in Weining , Guizhou

REN Zeng-ying , WU Pan , CAO Xing-Xing

(*College of Resources and Environment Engineering , Guizhou University , Guiyang 550025 , Guizhou , China*)

Abstract: The present paper deals with the evolution of the palaeoclimatic conditions of the Mawo karst basin in Weining , Guizhou on the basis of composition , content , crystallinity index , chemical index and relative content of the clay minerals by using the X-ray diffraction analysis. The clay minerals in the study area are composed dominantly of mixed illite-montmorillonite layers (30% - 75%) and chlorite (10% - 45%) , and subordinately of kaolinite (5% - 20%) and illite (10%) with no montmorillonite , and derived from the weathering of the surrounding bedrocks. Four stages are recognized for the evolution of the palaeoclimatic conditions in the study area , including three major climatic cycles and several minor climatic cycles.

Key words: palaeoclimate; karst basin; clay mineral; crystallinity; Weining