

新疆玛纳斯河蘑菇湖沉积物中粘土矿物及其环境意义

史兴民^{1,2}, 李有利³, 杨景春³

(1 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062;

2 咸阳师范学院资源环境与城市科学系, 陕西 咸阳 712000; 3 北京大学环境学院, 北京 100871)

摘要: 大量研究表明粘土矿物可以作为研究环境演变的载体。玛纳斯河蘑菇湖剖面位于新疆石河子市附近的一个砖厂内, 本文利用 x 衍射法分析了该剖面的粘土矿物的类型与含量变化。这些粘土矿物主要由伊利石、蒙皂石、高岭石和绿泥石组成。对粘土矿物含量的变化分析和对比表明, 玛纳斯河流域全新世气候演变可划分为 4 个阶段。即 6.2~9.1 ka BP 与 1.8~3.6 ka BP 为温暖湿润期, 0~1.8 ka BP 与 3.6~6.2 ka BP 为干冷期。

关键词: 玛纳斯河 粘土矿物 气候变化 全新世

中图分类号: P531 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6060(2007)01-0084-05(84~88)

在第四纪的沉积物中普遍含有粘土矿物, 而粘土矿物的组合特征, 含量及结晶度都从不同方面记录了当时环境变化。在根据粘土矿物的含量与组合特征推断古气候特点方面, 已经有大量的研究, 并且取得了良好的效果^[1,2,3,5]。而且根据粘土矿物分析古气候与孢粉、氢氧同位素等的分析结果基本一致, 同时粘土矿物分布广泛, 易于取样, 因此粘土矿物应用于古环境的研究受到了广泛的关注^[4]。但以前的研究多集中在黄土、海洋沉积物和长江下游、西藏、黄河源区等的湖泊沉积物中的粘土矿物, 目前对于新疆地区第四纪沉积物中粘土矿物与气候变化的关系探讨的还比较少。

位于新疆天山北麓的玛纳斯河在第四纪以来长期的发育过程中堆积了各种类型的沉积物, 这些沉积物真实地记录了区域环境演变。玛纳斯河中下游的蘑菇湖剖面(图 2)发育很好, 我们主要对该剖面中的粘土矿物进行了分析, 希望通过这个剖面的研究来进一步揭示玛纳斯河流域古气候的变化。

1 区域概况及剖面基本特点

玛纳斯河发源于新疆北天山的依连哈比尔尕山, 流经石河子市、沙湾县和玛纳斯县, 最后汇入准

格尔盆地的玛纳斯湖, 是天山北麓最大的河流^[6]。

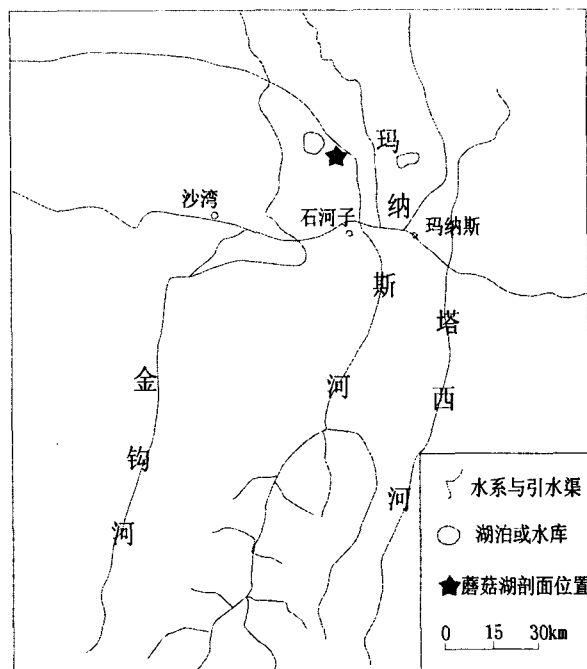


图 1 剖面位置图

Fig. 1 The Location of Mogu Lake Section

蘑菇湖剖面是在石河子市北部的蘑菇湖水库和玛纳斯河西岸大渠之间的一个砖厂内发现的(图

收稿日期: 2006-03-05; 修订日期: 2006-08-05

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划资助项目(90102016), 陕西省教育厅自然科学基金资助项目(06JK165); 咸阳师范学院重点项目(04xsyk104)联合资助

作者简介: 史兴民(1975-), 男, 博士, 主要从事地貌与环境变迁等方面研究。E-mail: realsimon@163.com

1),是一个被人工开挖的剖面。蘑菇湖剖面共 2.65 m,可以分为六层(如图 2)。由上而下分别为:

- (1)黑色粉砂含植物碎屑,植物根系较多 0~20 cm
- (2)灰绿色粘土,局部夹粉砂层,粉砂层厚 20~70 cm
- (3)黑色粉砂,有机质含量明显比较多 70~85 cm
- (4)灰绿色粘土,上下层界线清晰 85~175 cm
- (5)褐色粘土,其粒度比其它层都细 175~195 cm
- (6)灰绿色粘土,为典型湖相沉积物 195~265 cm

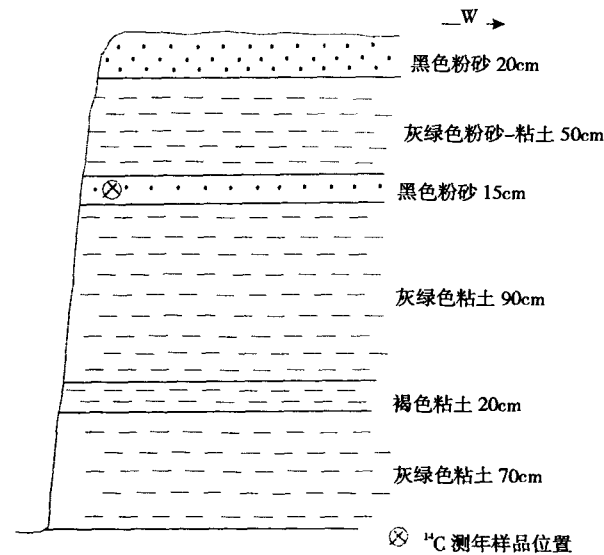


图 2 蘑菇湖剖面

Fig. 2 Mogu Lake Section

2 样品的采集与分析

蘑菇湖剖面共采得 10 个粘土矿物分析样品,由北京大学地球与空间科学学院微构分析实验室针对样品进行了粘土矿物分析。粘土矿物的提取先用稀盐酸和双氧水除去样品中的碳酸盐和有机质并制成稳定悬浮液,然后根据 Stokes 法则提取粒径 $<2\mu\text{m}$ 的成分进行粘土矿物分析。

为了查明蘑菇湖剖面中粘土矿物的绝对含量,我们在北京大学环境学院采用了目前较先进的 Malvern Masterizer2000 激光粒度仪对样品做了粒度分析。

对剖面距地表 80 cm 处采集的样品在北京大学考古系进行了 ^{14}C 测年,其年龄为 $2734 \pm 80\text{a BP}$ 。假定该剖面的沉积速率不变,可以外推出该剖面代表 $9056 \pm 265\text{a}$ 以来的沉积,并且可以沉积速率的计算可以获得整个剖面的时间标尺(表 1)。

3 粘土矿物分析及结果

3.1 粘土矿物总量与种类

根据对样品的粒度分析,得出其中 $<2\mu\text{m}$ 粒级的沉积物的含量,即粘土的绝对含量(表 1)。由表 1 可知整个剖面粘土的含量都不高,其中以 180 cm 处粘土含量最高为 10.19%,其余都在 2.57%~6.15% 之间。

在第四纪沉积物中,一般常见的粘土矿物主要有高岭石(K)、伊利石(I)、蒙皂石(S)和绿泥石(Ch)。本次粘土矿物的鉴定主要采用 X 射线衍射法。实验结果表明蘑菇湖整个剖面中以伊利石为主,其次为绿泥石,高岭石和蒙皂石含量不高,未发现蛭石。

表 1 蘑菇湖剖面沉积物中粘土矿物含量

Tab. 1 Content of clay minerals of Moguhu section

编号	距地表 (cm)	地层年代 (ka)	粘土绝对含量%	粘土矿物相对含量%			
				C	S	I	K
Z1	10	0.3	2.57	27	51	9	13
Z2	30	1.0	2.85	22	53	9	16
Z3	55	1.8	2.82	10	65	8	17
Z4	75	2.6	4.57	0	65	14	21
Z5	105	3.6	3.61	33	42	9	16
Z6	135	4.6	3.98	9	59	10	22
Z7	155	5.3	6.15	12	60	9	19
Z8	180	6.2	10.19	12	55	10	23
Z9	210	7.2	2.92	11	53	12	24
Z10	245	8.4	3.01	19	50	12	19

3.2 粘土矿物组合特征

分析结果表明玛纳斯河蘑菇湖剖面中的粘土矿物以伊利石占主要优势,相对含量达 42%~65%,平均含量 55.3%。蒙皂石含量为 0~33%,平均含量 15.5%,仅在距地表 75 cm 处蒙皂石含量为 0%,其余各层含量在 9% 以上。高岭石含量为 8%~14%,平均含量 10.2%。绿泥石含量是 13%~24%,平均含量 19%。未发现有伊蒙混层粘土矿物。

3.3 粘土矿物垂向上变化

在整个剖面垂直方向上高岭石、绿泥石、蒙皂石和伊利石的相对含量也有明显波动,反映了全新世来玛纳斯河流域内的气候存在着波动(图 3)。高岭石在剖面的在 180~245 cm 段内,高岭石含量为 12%;在 105~180 cm 段内,高岭石含量又降低,在 9~10% 之间变化不大。在 55~105 cm 处高岭石含

量出现了一个波峰,含量达到 14%,在整个剖面中是高岭石含量最高的一段。在 0~55 cm 内,含量又降低为 8%~9%,变化不大。

绿泥石在剖面上的变化与以往的研究结果不同,过去的研究认为绿泥石与高岭石代表两种相反的环境指示,因此两者的含量变化多互为消长,而蘑菇湖剖面的测定结果却发现绿泥石与高岭石的含量呈正相关(图 3)。在剖面的 180~245 cm 段内,绿泥石含量先增加至 24%,为本剖面内绿泥石含量最高段,然后开始减少。在 105~180 cm 段内,绿泥石含量有波动,但含量都比较高,总的趋势是降低的。在 55~105 cm 处绿泥石含量又出现了一个波峰,含量达到 21%。在 0~55 cm 内,绿泥石含量为 13%~17%,变化不大。

伊利石是蘑菇湖剖面的优势粘土矿物,但在剖面垂向上的变化特点与高岭石所反映的气候变化不太一致。原因可能是玛纳斯河源头为冰川与多年冻土分布区,由于长期的干冷气候导致伊利石与蒙皂石中的蒙脱石转化,如果把伊利石与蒙皂石的含量相加也可以反映气候变化的特点,而且与高岭石所反映的气候变化特点有很好的对应关系^[1](图 3)。图 3 中伊利石加蒙皂石的含量与高岭石的含量变化,互为消长关系。在剖面的 180~245 cm 段内, I+S 含量为 64~69%, I+S 含量最少的段就在剖面的 210 cm 处。在 105~180 cm 段内, I+S 含量又有升高,但中间有波动。在剖面 55~105 cm 处, I+S 含量出现了一个波谷,含量 65%;在 0~55 cm 段内,两者含量升高为 75~78%,变化不大。

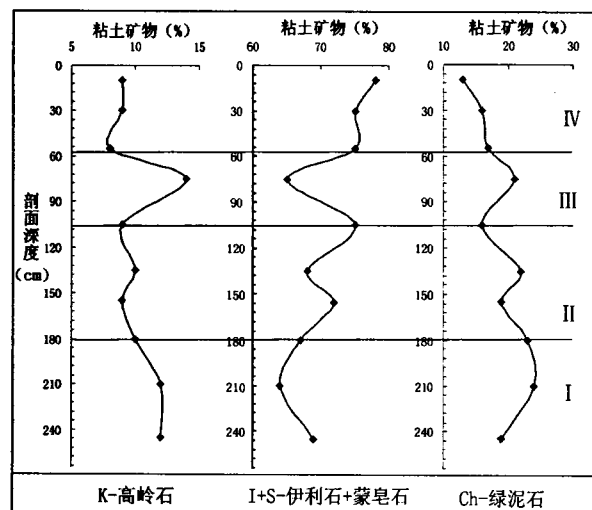


图 3 蘑菇湖剖面粘土矿物含量变化曲线图

Fig. 3 Relative content of clay minerals of Mogu lake profile

4 古气候讨论

高岭石形成于潮湿温暖的气候条件下,而伊利石和蒙皂石则相反,它们形成在干冷的气候环境中。高岭石含量越高,表明当时的气候越温暖湿润,反之,伊利石和蒙皂石的含量越高,说明当时的气候比较寒冷干燥^[1]。蘑菇湖剖面中粘土矿物以伊利石占绝对优势,其它矿物有高岭石、绿泥石和蒙皂石,这一矿物组合类型与我国东部地区的粘土矿物组合相差比较大,反映出该区已具备了寒温带干旱、半干旱区的气候环境特征^[9]。显示了整个地区与东部相比是比较干凉的,同时这里化学风化作用不强,淋滤作用也比较弱。

根据这一规律,结合粘土矿物在剖面垂向上的变化特征可将玛纳斯河流域蘑菇湖全新世气候变化分为 I~IV 个阶段(表 2)。在第 I 阶段,即 6.2~9.1 ka BP,这一时期的高岭石含量较高,伊利石加蒙皂石含量相对较低,反映了此时气候较温暖湿润。第 II 阶段为 3.6~6.2 ka BP,这一时期高岭石含量虽有波动,但变化幅度不大,含量相对较低,而伊利石和蒙皂石的含量相对较高,因此这一阶段的气候特点是干冷,但中间有一个明显温湿波动。第 III 阶段是 1.8~3.6 ka BP,高岭石含量达到最高值,而伊利石和蒙皂石的含量出现一个波谷,因此这一阶段气候的特点是温暖湿润,而且比今天要温暖湿润的多。第 IV 阶段为 1.8 ka BP 以来,即剖面的最上部,高岭石含量降低,伊利石和蒙皂石的含量达到最大,气候又重新变得干冷,相当于晚全新世的降温期。

绿泥石在风化剖面上部的氧化条件下不稳定,所以绿泥石一般只能在化学风化作用较弱的地区(如冰川或干旱的地表)容易保存下来^[8]。一般认为,绿泥石和伊利石含量增加代表逐渐变为干旱的气候条件。但是蘑菇湖剖面中绿泥石的含量却与高岭石的含量呈正相关,这与以前的认识不同,不过这种情况在黄河源区等地的研究中也出现过^[1],黄河源区的高岭石的含量就与绿泥石的含量呈正相关。另外在兰州的末次间冰期的黄土中,发现绿泥石的含量低于古土壤层的绿泥石含量^[7]。因此绿泥石不一定指示干冷气候。高岭石与绿泥石含量呈正相关的原因可能是,在干冷气候下玛纳斯河的上游侵蚀区形成了绿泥石,但因为降雨和地表流水较少,所以大部分绿泥石仍留在原地,而在温暖湿润的气候

条件下这些绿泥石才被径流更多地搬运到下游或尾间湖的沉积物中。

林瑞芬等对玛纳斯河的尾间湖—玛纳斯湖采集的沉积柱样进行了矿物、孢粉和碳酸盐 $\delta^{18}\text{O}$ 进行了研究,并划分出了玛纳斯湖地区主要的气候环境阶段^[10]。

同一流域内的气候变化应大致相同,由表 2 可知,玛纳斯湖与蘑菇湖的气候变化的阶段大致一致,只是在具体时间上有差别,这可能是因为各实验室测年误差引起的。但流域内气候变化阶段与特点同我国干旱、半干旱区全新世不同的气候记录均反映了大致同样的规律^[11]。

表 2 玛纳斯湖与蘑菇湖全新世气候对比

Tab. 2 Comparison of Holocene climate change in Manas lake and Mogu lake

玛纳斯湖		蘑菇湖	
年代(ka)	气候阶段	年代(ka)	气候阶段
2.5 至今	气候不稳定,除 2000 - 1000a 出现暖湿外,玛纳斯湖进入盐化阶段	1.8 至今	干冷期
2.5 ~ 4.5	全新世第二个暖湿期	1.8 ~ 3.6	温暖湿润期
4.5 ~ 6	全新世干旱期	3.6 ~ 6.2	干冷期
6 ~ 10	全新世第一个暖湿期	6.2 ~ 9.1	温暖湿润期

综上所述,蘑菇湖剖面反映了全新世以来,玛纳斯河流域内气候经历了温湿—干冷—温湿—干冷的变化,但总的趋势是越来越干冷的方向发展。

参考文献 (References)

- [1] Cheng Jie, Tang Dexiang, Zhang Xujiao. Research on the Holocene Climate in the Source Area of the Yellow River by Clay Minerals[J]. *Geoscience*, 2003, 17(1): 47 - 51. [程捷,唐德翔,张绪教. 粘土矿物在黄河源区古气候研究中的应用[J]. *现代地质*, 2003, 17(1): 47 - 51]
- [2] Wu Yueying, Chen Zhongyuan, Wang Zhanghua. Distribution of Clay minerals in the Yangtze Delta Plain and Its Palaeoenvironmental Implication [J]. *Journal of East China Normal University*, 2005, (1): 92 - 98. [吴月英,陈中原,王张华. 长江三角洲平原粘土矿物分布特征及其环境意义[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2005, (1): 92 - 98]
- [3] Singer A. The palaeoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles[J]. *Earth Science Reviews*, 1980, 15: 303 - 326
- [4] Chen Tao, Wang Huan, Zhang Zuqing, et al. Clay minerals as indicators of paleoclimate [J]. *Acta Petrologica Et Mineralogica*, 2003, 22(4): 416 - 420. [陈涛,王欢,张祖青,等. 粘土矿物对古气候指示作用浅析[J]. *岩石矿物学杂志*, 2003, 22(4): 416 - 420]
- [5] Thiry M. Palaeoclimatic interpretation of clay minerals in marine deposits: an outlook from the continental origin [J]. *Earth Science Reviews*, 2000, 49: 1 - 4
- [6] Shi Xingmin, Yang Jingchun, Li Youli, et al. The Relation between Groundwater and Landform in the Manasi River Valley[J]. *Geography and Geo - Information Science*, 2004, 20(3): 56 - 61. [史兴民,杨景春,李有利,等. 玛纳斯河流域地貌与地下水的关系[J]. *地理与地理信息科学*, 2004, 20(3): 56 - 61]
- [7] Shi Yuxin, Dai Xuerong, Li Jietong, et al. Origin and Significance of Clay Minerals in the Last Interglacial Loess in Lanzhou Area, North Central China[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1997, 17(1): 87 - 94. [师育新,戴雪荣,李节通,等. 末次间冰期兰州黄土记录中的粘土矿物及其环境意义探讨[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1997, 17(1): 87 - 94]
- [8] Ducloux J, Meunier A, Velde B. Smectite, Chlorite and a Regular Interlayered Chlorite - Vermiculite in Soils Developed on a small Serpentine Body, Massif Central, France[J]. *Clay Miner.*, 1976, 11: 121 - 135.
- [9] Zhu Dagang, Meng Xiangang, Zhao Xitao. Lake Level Change of Nam Co, Tibet, Since the Late Pleistocene and Environment Information of Clay Minerals in Lacustrine Deposits[J]. *Journal of Geomechanics*, 2004, 10(4): 300 - 309. [朱大岗,孟宪刚,赵希涛. 西藏纳木错晚更新世以来湖面变化和湖相沉积中粘土矿物显示的环境信息[J]. *地质力学学报*, 2004, 10(4): 300 - 309]
- [10] Lin Ruifen, Wei Keqin, Cheng Zhiyuan. A Palaeoclimatic Study on Lacustrine Cores From Manas Lake, Xinjiang, Western China [J]. *Geochemica*, 1996, 25(1): 63 - 72. [林瑞芬,卫克勤,程致远. 新疆玛纳斯湖沉积柱样的古气候古环境研究[J]. *地球化学*, 1996, 25(1): 63 - 72]
- [11] Chen Yimeng, Chen Fahu, Chen Xingsheng. Laws of Climate Change in Arid and Semiarid Zones of China since Last Glacial Period[J]. *Arid Land Geography*, 2004, 27(2): 161 - 165. [陈一萌,陈发虎,陈兴盛. 中国干旱、半干旱区末次冰期以来气候变化规律[J]. *干旱区地理*, 2004, 27(2): 161 - 165]

Environmental significance and clay mineral characteristics of Mogu lake sediment of manas river

SHI Xing-min, LI You-li, YANG Jing-chun

(1 College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi, China;

2 Department of Resource Environment and Urban Science, Xianyang Normal College, Xianyang 712000, Shaanxi, China;

3 College of Environmental Science, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: A lot of research shows that the clay minerals of the sediments can be served as signs of the climate changes. The Manas River is the largest stream in the north margin of Tianshan Mountains. The clay mineral characteristics of its lake swamp sediments indicate the variations of climate. Mogu Lake section lies in a brick field which is near Shihezi city in Xinjiang Uygur Autonomous Region. By analyses of the X-ray diffraction the contents of clay minerals of the Holocene sediments are measured. The result shows that the main types of clay minerals are illite, smectite, kaolinite and chlorite. The changes of the clay mineral composition show the climatic and environmental features of a dry temperate arid and semi-arid area. Based on the clay minerals types and contents, four climatic stage in Holocene are recognized, which are dry and cold stage (0 ~ 1.8 ka BP & 3.6 ~ 6.2 ka BP), warm and humid stage (6.2 ~ 9.1 ka BP & 1.8 ~ 3.6 ka BP). The study provides new data for the study of the climate change, paleogeographic change of the Manas river valley.

Key Words: Manas River; Clay mineral; Climatic Change; Holocene

将天山一号冰川建成自然保护小区

2007年1月,《关于建立一号冰川自然保护小区的建议》成为乌鲁木齐政协十届五次会议的一号提案,正式列入大会提案目录。中国科学院新疆分院的专家们和本项提案的撰写人、政协委员阿孜古丽此前曾一起进行一号冰川的调研,为本次提案的撰写奠定了基础。

按照232万人的实际人口计算,乌市在全国34个首府城市中缺水名列第13位,属于资源型极度缺水城市。乌鲁木齐的主要供水源有10个,而发源于一号冰川的乌鲁木齐河是两个重要地表水水源之一。一号冰川在1962到1980年减退了80 m,1980年到1992年间又退缩了60 m,平均每年退缩3.5 m。

本次提案中首先分析了盗挖雪莲使植被遭到破坏、蘑菇大棚污染冰川环境、工业发展形成温室效益三大导致冰川被破坏的客观原因,并提出“建立一号冰川自然保护小区”等4点建议。所谓“自然保护小区”,即在零星分布的具有重要保护和科研价值的野生动物栖息地、野生植物原生地和独特生态的区域,在群体自发性建立的基础上,由小区群众共同参与管理的区域。与传统的自然保护区不同,小区经费以小区自筹为主,国家给予一定补偿,而传统的自然保护区是国家计划,由专门单位管理,并由国家拨付管理经费。同时,自然保护小区与自然保护区都是按照国家和自治区的有关自然保护区的法律、法规进行管理。

目前国内不少省份已经在采用这种新的自然保护小区的形式,并取得了较好的保护环境的效果。生态系统是综合性的,天山一号冰川作为现代冰川和重要的水源地,应属一级水源保护区,而一些天山特有野生动植物在这里很丰富,本次提案对尽快建立一个综合性自然保护小区起到积极促进作用,有助于及时从水源地和生物多样性保护方面将冰川的生态环境保护起来,尽量杜绝人为因素带来的负面影响。