

文章编号: 1009-3850(2006)01-0067-07

# 东昆仑阿拉克湖地区第四纪地层时代厘定及环境变迁

马新民<sup>1</sup>, 向树元<sup>1</sup>, 王国灿<sup>1</sup>, 吴燕玲<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉工程大学 环境与城市建设学院, 湖北 武汉 430073)

**摘要:** 根据沉积分析和 ESR、OSL、<sup>14</sup>C 测年数据, 对阿拉克湖地区第四纪地层进行了详细的成因划分和时间约束, 为第四纪以来高原隆升重大事件及其引起的环境演变提供了重要的时代依据; 根据沉积特征和孢粉植物演替对第四纪的环境变迁过程进行了探讨: 早更新世湖积地层中出现具亚寒带气候特征的针叶林植物群和中更新世冰碛物覆于早更新世地层之上是研究区第四纪环境演变的重要转折标志; 第四纪盆山耦合关系非常明显, 山系隆升与沉积盆地具有由北向南迁移的规律。

**关键词:** 第四纪; 地层; 环境变迁; 阿拉克湖; 东昆仑  
**中图分类号:** P534.63 **文献标识码:** A

随着对青藏高原研究的不断深入, 高原隆升的影响不仅限于中国及高原周围地区的认识已成共识, 许多学者把新生代以来全球气候变冷及大范围的环境变化(如北非的大面积变干)也归因于青藏高原的隆升<sup>[1~5]</sup>, 从而使得高原隆升与环境变化的研究成为热点, 第四纪沉积物作为研究高原隆升和环境演变的信息载体, 愈来愈受到人们的重视<sup>[6~12]</sup>。

研究区第四纪地层分布非常广泛, 出露面积大, 沉积类型多样, 特别是有利于环境研究的细碎屑沉积物较为发育, 是青藏高原第四纪环境演变研究的理想场所之一。

## 1 第四纪地层特征及时代

研究区位于青藏高原东北缘东昆仑东段阿拉克湖—黄河源地区。北部东昆仑主脉布尔汗布达山呈近东西向, 中部东昆仑南分支脉马尔争—布青山呈北西西向, 马尔争—布青山以南为巴颜喀拉山丘陵盆地。研究区与山系伴生发育的第四纪沉积盆地

分布广泛, 地层较为齐全(图 1)。第四纪地层成因类型丰富, 主要有风积、湖积、冲积、湖冲积、洪冲积、沼泽沉积、湖沼沉积、冰碛和冰水堆积等, 其沉积厚度、岩相、岩性随地形变化大, 地形地貌各异。各成因类型的沉积序列、岩性组合、地貌形态、地层分布及测年方法与年龄见表 1。

## 2 第四纪环境变迁

### 2.1 早更新世

早更新世中期(1840 ~ 1580kaBP) 主要为一套粉砂质、泥质湖相沉积, 后转为砾、砂、粉砂与粉砂质粘土旋回发育的湖三角洲沉积。通过对其中的孢粉样品分析, 该时期植被演替顺序为灌木及草本为主的疏林草原型→乔木为主的林下草原型→针叶林森林型→阔叶林为主的林下草原型(表 2)。反映气候演变为温凉为主的干湿交替→温和为主的干湿交替→寒冷略湿→温暖潮湿<sup>[11]</sup>。

早更新世中晚期(1525 ~ 1113.9kaBP) 为河流

收稿日期: 2005-08-12

第一作者简介: 马新民, 1980 年生, 硕士研究生, 从事第四纪地质学与区域地质调查工作。

资助项目: 中国地质调查局项目“1:25 万阿拉克湖幅区域地质调查”(19991300004021); 国家自然科学基金项目(40172051; 40372104)。

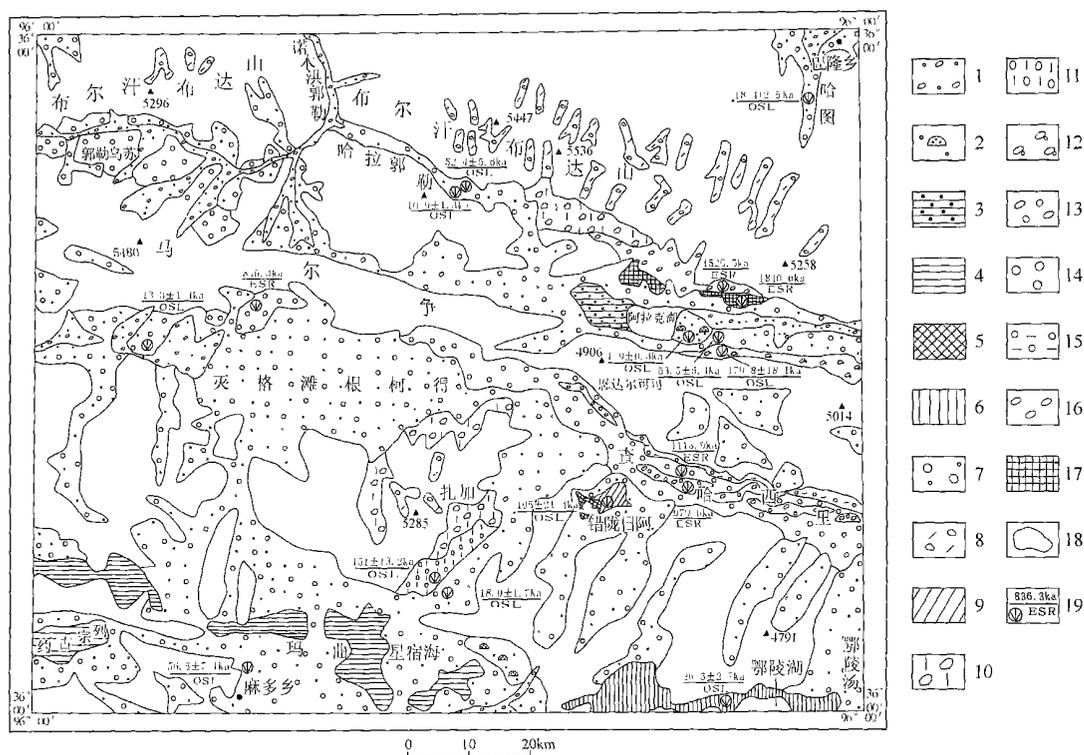


图1 阿拉克湖地区第四纪地层分布图

1. 洪冲积 ( $Qh^{pal}$ ): 砂砾石; 2. 风积 ( $Qh^{al}$ ): 灰黄色细砂、亚沙土及亚粘土; 3. 湖沼沉积 ( $Qh^l$ ): 灰黄—灰色细砂、粉砂及灰黑色腐泥; 4. 沼泽沉积 ( $Qh^f$ ): 灰色粉砂质粘土、灰黑色腐泥等; 5. 湖积 ( $Qh^j$ ): 灰黄—灰色细砂、粉砂及灰黑色腐泥; 6. 湖积 ( $Qp_3-Qh^j$ ): 下部灰色砾石层, 上部黄灰—灰黄色粉砂层、含砾砂层等; 7. 洪冲积 ( $Qp_3^{pal}$ ): 以砾石层为主, 局部夹粉砂层; 8. 冰碛 ( $Qp_3^{gl}$ ): 灰黄泥质砂砾石、卵石、漂砾; 9. 湖积 ( $Qp_2-3^j$ ): 灰黄色含砾粉砂层与深灰色含泥质粉砂层互层; 10. 冰碛 ( $Qp_2^{gl}$ ): 黄色、土黄色泥质砂砾石、卵石、漂砾层; 11. 冰水堆积 ( $Qp_2^{gl}$ ): 泥质砂砾石层; 12. 洪冲积 ( $Qp_2^{pal}$ ): 以棕黄色—土黄色砂砾石层为主; 13. 洪冲积 ( $Qp_1^{pal}$ ): 紫红色砂砾石层、卵石层; 14. 湖冲积 ( $Qp_1^{l-al}$ ): 灰绿—灰黄色砂砾石层及黄灰色弱胶结砾岩、卵石岩; 15. 湖积 ( $Qp_1^j$ ): 柠檬黄色、灰白色砂砾石层; 16. 冲积 ( $Qp_1^{la}$ ): 下部以土黄色具平行层理的砂砾石层为主, 上部以砾石层为主; 17. 湖—湖三角洲沉积 ( $Qp_1^{l-id}$ ): 黄灰色砂层、灰黄色粉砂与浅灰—灰黄色薄层至极薄层粘土质粉砂、粉砂质粘土组成韵律层; 18. 前第四纪基岩; 19. 测年样品点、测年方法与年龄

Fig. 1 Distribution of the Quaternary strata in the Alak lake area, East Kunlun

1= pluvial and alluvial deposits ( $Qh^{pal}$ ): sand and gravels; 2= aeolian deposits ( $Qh^{al}$ ): grayish yellow fine sand, subsand and subclay; 3= lacustrine and marsh deposits ( $Qh^l$ ): grayish yellow to grey fine sand, silt and grayish black sapropel; 4= marsh deposits ( $Qh^f$ ): grey silty clay and grayish black sapropel; 5= lacustrine deposits ( $Qh^j$ ): grayish yellow to grey fine sand, silt and grayish black sapropel; 6= lacustrine deposits ( $Qp_3-Qh^j$ ): grey pebbles in the lower part, and yellowish grey—grayish yellow silt and yellowish grey-gravel-bearing sand in the upper part; 7= pluvial and alluvial deposits ( $Qp_3^{pal}$ ): gravels locally intercalated with silt; 8= glacial deposits ( $Qp_3^{gl}$ ): grayish yellow muddy sand, gravels, pebbles and boulders; 9= lacustrine deposits ( $Qp_2-3^j$ ): interbeds of grayish yellow gravel-bearing silt and dark grey muddy silt; 10= glacial deposits ( $Qp_2^{gl}$ ): yellow and yellowish brown muddy sand, gravels, pebbles and boulders; 11= glaciofluvial deposits ( $Qp_2^{gl}$ ): muddy sand and gravels; 12= pluvial and alluvial deposits ( $Qp_2^{pal}$ ): pale brown to yellowish brown sand and gravels; 13= pluvial and alluvial deposits ( $Qp_1^{pal}$ ): purplish red sand, gravels and pebbles; 14= lacustrine-alluvial deposits ( $Qp_1^{l-al}$ ): grayish green to grayish yellow sandy gravels and yellowish grey slightly cemented conglomerates to pebble rocks; 15= lacustrine deposits ( $Qp_1^j$ ): lemon and grayish white sand and gravels; 16= alluvial deposits ( $Qp_1^{la}$ ): yellowish brown sand and gravels with parallel beddings in the lower part and gravels in the upper part; 17= lacustrine-Lacustrine delta deposits ( $Qp_1^{l-id}$ ): rhythmic beds of yellowish grey sand, grayish yellow silt and light grey to grayish yellow thin-bedded to very thin-bedded clayey silt and silty clay; 18= pre-Quaternary bedrocks; 19= sampling site, dating method and age

表1 阿拉克湖地区第四纪地层表  
Table 1 Division of the Quaternary strata in the Alag Lake area

时代	成因类型	厚度/m	主要岩性组合	典型地形、地貌	分布	测年方法及年龄/ka
全新世	风积 $Qh^{ex}$	2~4	灰黄色细沙、粉沙,分选好,松散,一般不具层理	平缓坡地、风成沙丘或风成隆起包	柴达木盆地南缘、阿拉克湖东岸、星宿海玛涌北侧	OSL年龄(风成沙): 深0.53m处 $0.6\pm 0.1$ 深1.3m处 $1.1\pm 0.1$ 深2.38m处 $1.9\pm 0.3$ $^{14}C$ 年龄(黄土): $2.8\pm 0.33, 3.79\pm 0.09$
	洪冲积 $Qh^{pal}$	不详	总体以卵石和砾石为主,局部以砾石和砂为主,分选差,磨圆较好	现代河流河床、河漫滩及 $T_1$ 阶地	主要河流均有分布	
	湖沼沉积 $Qh^{ll}$	不详	灰色细砂、粉砂及灰黑色腐泥,具水平层理	湖积阶地和沼泽	阿拉克湖湖滨及西侧	
	湖泊沉积 $Qh^l$	不详	灰黄—灰色细砂、粉砂及灰黑色腐泥,具水平层理	湖积阶地	错隄日阿周围	
	沼泽沉积 $Qh^f$	不详	灰色粉砂质粘土、灰黑色腐泥等,局部有泥炭层,具水平层理	沼泽地带、泉水发育	约古宗列、灭格滩根柯得、星宿海	
	湖泊沉积 $Qp_3-h^l$	> 2.5	下部为灰色砾石层,上部为灰黄色粉砂层、含砾砂层	湖积阶地、三角洲平台	扎陵湖周围湖积阶地和湖三角洲	OSL年龄: $1.3\pm 0.2$ $26.5\pm 2.7$
晚更新世	冰碛 $Qp_3^{gl}$	不详	灰黄泥质砂砾石、卵石、漂砾,分选磨圆差,无层理	保存完好的U形谷中呈侧碛坡、底碛丘陵	扎加、布尔汗布达山4500m以上U形谷中	
晚更新世	洪冲积 $Qp_3^{pal}$	> 41.4	以砾石层为主,局部夹粉砂,分选较差,磨圆中等,较松散,常具平行层理	河流阶地及沟口冲洪积扇	主要河流两岸及山体两侧洪冲积扇	OSL年龄: $T_2$ 阶地 $10.4\pm 1.4$ $T_3$ 阶地 $10.9\pm 1.3$ $11.4\pm 1.3$ $T_4$ 阶地 $13.3\pm 1.2$ $T_5$ 上部 $21.9\pm 2.9$ 下部 $52.4\pm 5.6,$ $53.5\pm 5.4, 86.6\pm 9.5$
	湖泊沉积 $Qp_{2-3}^l$	> 6	灰黄色含砾粉砂层与深灰色含泥质粉砂层互层,水平层理发育		错阿日隄周围河流冲沟中,伏于 $Qp_3^{pal}$ 和 $Qh^l$ 之下	OSL年龄: $195.0\pm 21.4$
中更新世	冰水堆积 $Qp_2^{gl}$	> 5	泥质砂砾石层,大小混杂,分选极差,磨圆度为尖棱角状,排列无序,可见扁平面近直立排列	冰碛垅前缘冰水冲积平缓台地	扎加至扎日加东南坡至扎曲西北	OSL年龄: $151\pm 13.2$
新世	冰碛 $Qp_2^{gl}$	不详	灰黄色、泥质砂砾石、卵石、漂砾层,分选极差,尖棱角状,无层理	底碛丘陵、终碛垅等垅岗状地形	布尔汗布达山南麓、扎加南东和西北坡,查哈西里南坡、马尔争北坡有零星分布	
	洪冲积 $Qp_2B^{pa}$	> 278.8	以棕黄色—土黄色砂砾石层为主夹透镜状粉砂、砂	冲沟发育的高阶地	阿拉克湖—乌兰乌苏郭勒南侧山脚一带	OSL年龄: $179.8\pm 18.1$ TL年龄: $302\pm 22^{[10]}$
早更新世	洪冲积 $Qp_1^{pal}$	> 50	紫红色砂砾石层—卵石层夹粉砂透镜体,砾石扁平面叠瓦状排列明显	低山包	断续分布于查哈西里山顶	ESR年龄:979.6
	湖冲积 $Qp_1^{l-al}$	> 67.2	查哈西里一带为灰绿色砂砾石层,分选磨圆好,马尔争南北为黄灰色弱胶结砾岩—卵石岩,上部砾石叠瓦状排列	呈低山或长梁状地形,发育羽毛状冲沟	查哈西里、马尔争南坡和北坡	ESR年龄:836.3, 1113.9
新世	湖积 $Qp_1^l$	74.2	灰白—柠檬黄色砂砾石层底部为深褐色富铁锰质风化壳,分选中等,圆至浑圆状,松散	缓坡	查哈西里北坡,伏于早更新世湖冲积之下	直接覆于其上的 $Qp_1^{l-al}$ 的ESR年龄:1113.9
	冲积 $Qp_1^{al}$	> 100	下部以土黄色砂砾石层为主,上部为砾石层夹卵石层,分选差,次棱—次圆状	呈低山或长梁状地形,发育羽毛状冲沟	阿拉克湖至乌兰乌苏郭勒以北布尔汗布达山南坡	直接覆于 $Qp_1^{l-al}$ 之上,应小于1525.5
	湖至湖三角洲沉积 $Qp_1^{l-ld}$	> 84.48	黄灰色砂层、灰黄色粉砂与浅灰色极薄层粘土质粉砂、粉砂质粘土组成韵律层,下部粉砂质粘土较多,水平层理发育;上部砾石夹层较多	呈小山包或平缓山坡,常发育指状冲沟	阿拉克湖一带乌兰乌苏郭勒两侧	ESR年龄: 厚83.78m处1525.5 厚67.33m处1560.0, 厚1.45处1840.6

注: OSL年龄由中国科学院西安地球环境研究所和国家地震局地质研究所测试; $^{14}C$ 年龄由青岛海洋地质研究所和岩溶地质研究所测试; ESR年龄由青岛海洋地质研究所测试。

表 2 阿拉克湖地区第四纪地层孢粉统计  
Table 2 Statistics of sporopollen contents in the Quaternary strata in the Alag Lake area

地点	时代	测年时代	孢粉总量 (粒数)	乔木植物	灌木草本	阔叶植物	针叶植物	松	栎	麻黄	藜科	蒿	孢粉植物群	孢粉气候带		
				%												
阿拉克湖	Qh	< 1.1 ± 0.1ka	240	34.2	57.5	26.7	2.9	5	19.6	10	24.2	13.8	灌木和草本植物为主的疏林草原型	温凉干旱		
			210	35.7	59	32.4	3.3	2.9	19.5	5	25.2	13.8				
		1.1 ± 0.1ka	200	44	45.5	41	3	2	14	10.5	16.5	2	乔木为主的林下草原型	温干偏湿		
			240	55	35.8	53.3	1.7	1.7	22.1	11.7	15.4	2.1				
扎陵湖北岸	Qh	1.3 ± 0.2ka	180	55.5	35	54.4	1.1	0.6	17.2	8.3	9.4	1.1	乔木为主的林下草原型	温和偏干		
			202	38.1	54	33.2	4.9	3	18.3	13.9	11.9	5				
巴隆	Qh	2800 ± 300a	120	14.2	81.6	10.0	4.2	0	7.5	59.2	10	0.8	灌木为主的疏林草原向荒漠转化	温凉强干旱		
			148	10.1	87.9	8.1	2	0	6.8	48.6	14.9	0				
		> 3790 ± 90a	113	36.0	63.1	34.2	1.8	0	23.6	7	17.5	2.6	林下草原与疏林草原植被交替	温干偏湿与温干交替		
			105	22.9	73.3	19.1	3.8	1.9	14.3	38	20	1.9				
			102	52	40.2	48.1	3.9	3.9	39.1	12.7	19.6	3.9				
97	54.6	18.6	30.9	23.7	13.4	17.5	4.1	7.2	2.1	乔木林为主的林下草原型	温干偏湿					
巴隆	Qp3	11.4 ± 1.3ka	122	26.2	68.9	22.9	3.3	0	13.2	39.5	22.9	3.3	灌木和草本植物为主的荒漠草原型	温凉干旱		
扎曲	Qp3	13.3 ± 1.4ka	128	27.3	70.3	15.6	11.7	2.3	10.9	32.8	15.6	17.2				
巴隆	Qp3	13.3 ± 1.2ka	126	29.6	68.8	29.6	0	0	16	55.2	9.6	0.8				
鄂陵湖北岸 CK7 孔 <sup>⑧</sup>	Qp3		112	35.8	63.3	17	18.8	18.8	14.3	0	44.5	12.5	灌木和草本植物为主的疏林草原型	温凉干旱		
		35.03 ± 0.9ka	51	74.6	19.5	5.9	68.7	51	5.9	0	3.9	3.9			针叶林森林型	温寒略湿
			131	29.7	68	3.1	26.6	12.2	1.5	1.5	45.8	16.8				
阿拉克湖	Qp1	< 1560.0ka	164	45.5	51.8	43.1	2.4	2.4	14	8.5	16.5	22.6	阔叶林为主的林下草原型	温暖潮湿		
			207	46.7	50.5	44	2.7	0.9	11.5	8	8.4	21				
		1840.6ka	156	89.6	6.3	9.5	80.1	42.9	1.3	0	1.9	0.6	针叶林森林型	温寒略湿		
			150	87.6	8.7	8	79.6	53.1	1.3	0	3.3	4.8				
			141	36.9	47.5	17	19.9	9.9	2.8	11.3	0	2.8			乔木为主的林下草原型	温和为主的干湿交替
			100	54	31	28	26	17	6	18	6	1				
			200	9.5	89	9.5	0	0	1	17	19.5	46			灌木及草本为主的疏林草原型	温凉为主的干湿交替
			1840.6ka	198	9.1	89.4	9.1	0	0	3	12.1	24.7				

砂砾卵石—湖积砂砾、卵石沉积,未见孢粉化石,但根据花岗岩砾石中钾长石高岭石化较强的现象推测当时气候温暖潮湿。早更新世晚期(1113.9 ~ 836kaBP)先为湖滨砾石沉积,后转为河流砂砾卵石沉积。因沉积物较粗,未获得孢粉资料。据南邻 1:25 万扎陵湖幅 K5 钻孔资料(青海省地质调查院,2002,1:25 万扎陵湖幅、玛多县幅西半幅黄河源区生态环境地质调查研究报告),两件测年样品中位于钻孔底部的测年结果为 1135.8kaBP(ESR),中部为 945.4kaBP(ESR)。5 件孢粉样分析结果表明该区当时为针叶林森林植被景观,气候温凉偏湿。

## 2.2 中更新世

中更新世早期以冰碛物发育为主要特色,主要分布在布尔汗布达山的南坡,不整合覆盖于早更新世冲积砂砾石层之上,呈各种垅状地貌分布于布尔汗布达山南麓,具有山岳冰川冰碛特征,应为高寒气候时期产物。

中更新世中期仅在阿拉克湖至乌兰乌苏郭勒南

侧发育洪冲积砾石沉积,应系间冰期产物。据邻区冬给措纳湖资料,孢粉组合反映的植被类型为混交林—荒漠草原,气候属温和偏干<sup>[10]</sup>。

中更新世晚期进入倒数第二期冰期,布尔汗布达山、布青山、扎加—扎日加和琼走—错尼等山区均见冰碛物和冰蚀谷,应为高寒气候时期。

## 2.3 晚更新世

晚更新世以河流阶地发育为主要特色,哈图和诺木洪郭勒发育 T<sub>5</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub> 阶地,布尔汗布达山和布青山两侧洪积扇特别发育,总体反映高原仍在隆升。

52.4 ~ 18.4kaBP 期间(T<sub>5</sub> 阶地形成时期),沉积厚度大,说明此前该地区经历过强烈侵蚀,地壳抬升幅度较大;阶地面宽广,反映此时期地壳隆升较弱,水量充足,总体气候较为潮湿。因沉积物较粗,未获得孢粉资料,但通过对哈拉郭勒 T<sub>5</sub> 阶地采集的古地磁样品磁化率分析也可得到相应的环境变化信息。一般来说,高磁化率代表温湿气候,低磁

化率则指示冷干气候,可以作为代用气候指标。

该阶地剖面从下至上磁化率曲线总体显示5个阶段的明显变化(表3):第5阶段(自下而上2~4.1m)磁化率值为 $(239.8 \sim 309.5) \times 10^{-6} \text{SI}$ ,平均 $274.8 \times 10^{-6} \text{SI}$ ,总体磁化率值较低,反映气候温凉偏干;第4阶段(4.7~6.8m)磁化率值为 $(380.4 \sim 468.2) \times 10^{-6} \text{SI}$ ,平均 $416.5 \times 10^{-6} \text{SI}$ ,总体磁化率值较高,反映气候温和偏湿;第3阶段(8.8~20m)磁化率值为 $(176.1 \sim 382.2) \times 10^{-6} \text{SI}$ ,平均 $290.2 \times 10^{-6} \text{SI}$ ,变化较大,总体磁化率值偏低,反映气候温凉略干;第2阶段(21~22.4m)磁化率值为 $(441.1 \sim 737.4) \times 10^{-6} \text{SI}$ ,平均 $589.7 \times 10^{-6} \text{SI}$ ,总体磁化率值高,反映气候温暖潮湿;第1阶段(23.8~28.6m)磁化率值为 $(236.2 \sim 389.7) \times 10^{-6} \text{SI}$ ,平均 $331.2 \times 10^{-6} \text{SI}$ ,总体磁化率值偏低,反映气候温和略干。

表3 青海省都兰县哈拉郭勒 T<sub>5</sub> 阶地磁化率数据表

Table 3 Magnetic susceptibility of the T<sub>5</sub> terrace in Har Gol, Dulan, Qinghai

采样位置/m	OSL 年龄/ka	磁化率/ $10^{-6} \text{SI}$	气候阶段
28.6		312.5	温和略干
27.7		238	
27	21.9±2.9	389.7	
25.8		388.2	
24.8		374.4	
24.2		379.2	
23.8		236.2	
22.4		737.4	温暖潮湿
21		441.1	
20		284.3	温凉略干
14		364.8	
13		176.1	
11.5		382.2	
9.5		240.4	
8.8		293.3	
6.8		400.9	温和偏湿
6.3		468.2	
4.7		380.4	
4.1		254.2	温凉略干
2.9	54.2±5.6	239.8	
2.8		298.1	
2.6		272.3	
2		309.5	

据王绍令等对鄂陵湖北岸 CK7 孔孢粉资料<sup>[8]</sup>(表2),在35.03ka左右出现以松为主的针叶林森林型植被,反映当时气候较凉,但相对冰期来说,较为偏湿,属间冰期(或阶)植被类型。

哈图 T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 阶地及灭格滩根柯得 T<sub>1</sub> 阶地3个孢粉样品分析结果均反映为以灌木为主的荒漠草原植被景观(表2),其中耐干旱的麻黄占绝对优势,反

映气候为温凉强干旱,代表了末次冰期气候特征。与此期气候相对应,在布尔汗布达山、马尔争和扎加等山脉现海拔4500m以上的沟谷中发育冰蚀谷及在海拔4700m以上地区发育刃脊、冰斗和角峰等冰蚀地貌。

#### 2.4 全新世

早中全新世(10~4.5kaBP)时期:研究区未收集到气候记录。据张玉芳对研究区东南部青海玛多9206孔孢粉资料<sup>[13]</sup>分析,此时期环境可划分为两个阶段。第一阶段(10~7.5kaBP)物种多样性开始增多,表明末次冰期时残存在低洼地带的植被,在遇到全新世升温期的优良环境后,得以迅速蔓延,草本植物花粉藜科4.4%~11.3%,蒿属3.8%~7.1%,莎草科11.3%~24.4%,黄河源区呈现出荒漠草原至疏林草原植被景观,反映寒温较干的气候环境。第二阶段(7.5~4.0kaBP)为相对温暖湿润阶段,9206孔显示植物种类和数量明显增加,是全新世气候的最佳时期,湿生植物花粉莎草高达21.4%~67.6%,旱生灌木植物花粉麻黄属及草本植物花粉藜科、蒿属等也较丰富,乔木植物花粉零星可见桦、柳属等。黄河源区呈现出一片疏林草原植被景观,反映气候以温和湿润为主。

晚全新世早期(4.0~2.5kaBP):在青海省都兰县巴隆乡朝火鹿陶勒盖三级河流阶地上的黄土剖面中采集孢粉样品16块。孢粉资料分析和<sup>14</sup>C测年数据结果<sup>[14]</sup>显示,该地区风成黄土开始发育于约4200a,4070a以前为以阔叶林为主的林下草原植被,气候为温干偏湿,相当于中全新世大暖期;4070~3500a为以灌木为主的疏林草原植被与以阔叶林为主的林下草原植被交替,气候为温干与温干偏湿交替;3500a以后气候以灌木为主的疏林草原植被为主,气候以温干为主,其中2800aBP前后,出现以麻黄为主的荒漠草原植被(表2),是全新世以来气候最为恶劣时期。

晚全新世晚期(1.9ka以来):青海省都兰县巴隆乡阿拉克湖东岸的阿拉克湖风成沙剖面的孢粉分析精细地反映了该地区近2ka来的气候变迁记录<sup>[15]</sup>。以乔木植物为主的林下草原型与以灌木及草本植物为主的疏林草原型植被(表2)的4次周期性演替,反映了该地区气候经历了4次温暖期与寒冷期交替阶段。温暖期气候为温干偏湿,寒冷期气候为温凉干旱。根据光释光年龄计算结果,温暖期出现在20~180A.D.、330~410A.D.、700~920A.D.、1140~1380A.D.;寒冷期出现在180~

330A.D.、410~700A.D.、920~1140A.D.、1380~1920A.D.。

### 3 讨论与结论

通过沉积分析和众多的电子自旋共振、光释光、 $^{14}\text{C}$ 测年,对研究区第四纪地层进行了详细的成因划分和时间约束。第四纪地层时代的厘定,为第四纪以来高原隆升重大事件及其引起的环境演变提供了重要的时代依据<sup>[19]</sup>。如对分布于查哈西里山顶的湖积、湖冲积和洪冲积物的年龄测定,获得了3件ESR年龄:1113.9ka、979.6ka和836.3ka。从沉积时代和沉积物特征和分布规律分析,应该是崔之久等命名的昆黄运动<sup>[17]</sup>的沉积响应。对阿拉克湖扎木吐晚更新世洪冲积(OSL年龄 $53.5 \pm 5.4\text{ka}$ )和其角底不整合面之下的下伏地层中更新世洪冲积(OSL年龄 $179.8 \pm 18.1\text{ka}$ )的时代厘定,约束了东昆仑地区共和运动的时间范围<sup>[18]</sup>。

主要根据沉积特征和孢粉植物群反映的第四纪环境演变是以3次冰期为主导的温湿冷干的频繁交替,这种交替既有大时间尺度、大幅度的变化,也有小尺度的、小范围的波动。即使在相对的暖期或冷期内,气候也并非均一或者简单的升温与降温,而是存在着较多的起伏。晚新生代以来青藏高原的不断隆起促使这种波动总体由温湿向冷干发展,气候与环境也逐渐恶化,并随着高原隆起高度的增加而使这种影响愈加明显。此外,与高原隆升阶段相对应,研究区第四纪出现两个较重要的气候演变标志,一是在东昆仑阿拉克湖盆地早更新世湖积地层中出现具亚寒带气候特征的针叶林植物群。与3.4Ma青藏高原运动前后的干旱、温暖的气候<sup>[19]</sup>背景相比有明显差异,说明东昆仑地区经过青藏运动A、B幕后高原隆升已达到或超过水汽凝结高度,使东昆仑地区温度和湿度大大降低。二是研究区最早的冰碛物覆于早更新世冲积和洪冲积之上,说明昆黄运动的强烈隆升也使高原达到了“水汽冻结高度”,将东昆仑地区带入了冰冻圈。

研究区第四纪湖相地层时空分布规律显示由阿拉克湖乌兰乌苏郭勒两侧(早更新世中期)→查哈西里(早更新世晚期)→错陇日阿周围(中更新世)→扎陵湖一带(晚更新世—全新世),即随时间推移,具有由北向南迁移的趋势。这与该地区第四纪成山作用过程为早更新世中期北部的布尔汗布达山开始崛起,早更新世晚期中部的马尔争—布青山成型,晚更新世南侧的查哈西里山崛起的规律一致<sup>[20,21]</sup>,说明

东昆仑地区第四纪盆山耦合关系非常明显。

### 参考文献:

- [1] 刘晓东. 青藏高原隆升对亚洲季风形成和全球气候与环境变化的影响[J]. 高原气象, 1999, 18(3): 321—332.
- [2] 刘志飞, 王成善. 新生代全球变冷与青藏高原隆升的关系[J]. 矿物岩石, 1998, 18(增刊): 123—127.
- [3] 李吉均. 青藏高原的地貌演化与亚洲季风[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 2—11.
- [4] LIU X, KUTZBACH J E, LIU Z et al. The Tibetan Plateau as amplifier of orbital-scale variability of the East Asian monsoon [J]. Geophysical Research Letters. 2003, 30(16): 1—1.
- [5] 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究[J]. 科学通报, 1998, 43(15): 1569—1574.
- [6] 李麒麟, 王小伟. 祁连山西段第四纪环境变迁研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(2): 43—47.
- [7] 刘兴起. 青海湖16ka以来的花粉记录及其古气候古环境演化[J]. 科学通报, 2002, 47(17): 1351—1355.
- [8] 王绍令, 李位乾. 黄河源区第四纪地层古地理环境演化探讨[J]. 冰川冻土, 1992, 14(1): 45—54.
- [9] 王苏民, 薛滨. 中更新世以来若尔盖盆地环境演化与黄土高原比较研究[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(4): 323—328.
- [10] 于庆文, 张克信, 侯光久, 等. 东昆仑红水川中更新世晚期沉积序列及其时代依据[J]. 地球科学, 2000, 25(2): 122—278.
- [11] 向树元, 喻建新, 王国灿, 等. 东昆仑阿拉克湖盆地1.85~1.58MaBP间植被演替及高原隆升启示[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(1): 47—53.
- [12] 张宗祜, 邵时雄, 陈云, 等. 中国北方晚更新世以来地质环境演化与未来生存环境变化趋势预测[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [13] 张玉芳, 张俊牌, 徐建明, 等. 黄河源区全新世以来的古气候演化[J]. 地球科学, 1995, 20(4): 445—449.
- [14] 向树元, 王国灿, 林启祥, 等. 东昆仑北缘都兰县巴隆一带人类活动遗迹的发现及其环境背景[J]. 地质通报, 2002, 21(11): 764—767.
- [15] 向树元, 喻建新, 王国灿, 等. 东昆仑阿拉克湖地区近2ka以来风成沙沉积的气候变迁记录[J]. 地球科学, 2003, 28(6): 669—674.
- [16] 向树元, 王国灿, 邓中林. 东昆仑东段新生代高原隆升重大事件的沉积响应[J]. 地球科学, 2003, 28(6): 615—620.
- [17] 崔之久, 伍永秋, 刘耕年. 关于“昆仑—黄河运动”[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(1): 53—59.
- [18] 向树元, 王国灿, 林启祥, 等. 东昆仑东段阿拉克湖地区第四纪水系演化过程及其趋势[J]. 地质科技情报, 2003, 22(5): 35—40.
- [19] 崔之久, 伍永秋, 葛道凯, 等. 昆仑山垭口地区第四纪环境演变[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 53—62.
- [20] 王国灿, 侯光久, 张克信, 等. 东昆仑东段中更新世以来的成山作用及其动力转换[J]. 地球科学, 2002, 27(1): 4—12.
- [21] 王国灿, 吴燕玲, 向树元, 等. 东昆仑东段第四纪成山作用过程与地貌变迁[J]. 地球科学, 2003, 28(6): 583—592.

# Age determinations of the Quaternary strata and environmental changes in the Alag Lake area, East Kunlun

MA Xin-min<sup>1</sup>, XIANG Shu-yuan<sup>1</sup>, WANG Guo-can<sup>1</sup>, WU Yan-ling<sup>2</sup>

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Faculty of Environments and Urban Construction, Wuhan Engineering University, Wuhan 430073, Hubei, China)

**Abstract:** The detailed genetic classification and age determinations of the Quaternary strata in the Alag Lake area, East Kunlun are made on the basis of sediment analysis and ESR, OSL and <sup>14</sup>C dating. The results of research in this study have provided important basis for the further approaches to the major tectonic events of the Qinghai-Xizang Plateau uplifting and resultant environmental changes since the Quaternary. The Quaternary environmental changes are discussed in the light of sediments and sporopollens in the Quaternary strata. The occurrence of the subfrigid coniferous forests in the early Pleistocene lacustrine strata and overlying of the middle Pleistocene glacial deposits upon the early Pleistocene lacustrine strata may be interpreted as important marks indicating environmental changes in the Quaternary, when the basin-range coupling is apparent, and mountainrange uplifting and sedimentary basins tend to be migrated from north to south.

**Key words:** Quaternary; strata; environmental change; Alag Lake; East Kunlun

## 《沉积与特提斯地质》 征稿启事

《沉积与特提斯地质》(原《岩相古地理》)系国土资源部主管,成都地质矿产研究主办的综合性地质学术期刊,现为中国科技核心期刊(中国科技论文统计期刊)、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、维普中文科技期刊数据库统计源期刊,并被国家图书馆、上海图书馆、地学类及部分综合性大专院校、各省(市、自治区)地学类图书馆等馆藏机构收藏。

《沉积与特提斯地质》办刊 20 余年来,已形成了沉积学的专业特色和青藏高原的地域特色,集中反映最新的沉积学(含岩相古地理)、区域地质调查、石油地质、以及其他基础地质、矿床地质、能源地质、环境地质(含生态地质和灾害地质)等方面的研究成果和信息。

《沉积与特提斯地质》为季刊,大 16 开本,每期 112 页,逢季末出版,国内外公开发行。

诚征相关学术性和综述性稿件

电话:(028) 83234636; 电子信箱: cdgeo@163.com