

论新疆巴里坤湖沉积地球化学指标的累积规律*

韩淑娟

李志中

(新疆大学地理系, 乌鲁木齐 830046)

(新疆师范大学地理系, 乌鲁木齐 830041)

提要 于1989年8月, 在新疆巴里坤湖区进行多次野外调查和钻孔取样, 将116块岩芯样用等离子发射光谱对各种微量元素和氧化物进行全面分析, 以研究古气候与古环境的演变关系。研究得知, 本区多数微量元素以碎屑形式机械迁移为主, 因此, 在地表径流较丰富的凉湿或冷湿环境, 湖底沉积的元素相对富集; 反之, 在地表径流减少的暖干环境, 元素富集减少。这种元素的迁移规律, 表明干旱区内陆确存在冷湿暖干型的气候特征, 不同于东部季风区元素的累积规律。

关键词 新疆 巴里坤湖 元素 累积规律 古气候

巴里坤湖属近于封闭的高位湖盆, 受人为影响少, 保存了有特色的湖面升降、冰川进退、森林线波动、沙漠扩张与收缩、黄土与古土壤等各种地质与环境事件的重要记录。本文以该内陆湖岩芯的气候记录为主要研究对象, 因它保存了连续完整的气候信息。在研究位于巴里坤湖西北的A孔湖岩芯的沉积地球化学的基础上, 重建了本区古气候与古环境的演变过程和演变序列。

1 区域环境背景

新疆巴里坤湖位于北纬43—44°之间的东天山巴里坤山间盆地中, 盆地除西北部为平缓低山丘陵外, 三面为山峦起伏、高耸陡峭的中高山, 有现代冰川和古冰川分布, 北坡森林茂密, 发育了山地森林土壤。湖南岸线与山麓线相距约为9.5km, 坡度为4%—6%, 北坡山麓距湖岸仅为5.6km, 坡度为2%—4%。

区内多年平均温度为-2.5—5℃。平原地区的平均降水量为200—250mm, 山区可达400—500mm; 年平均蒸发量为1000—1500mm, 为平原区年降水量的6—8倍。周围山区沟谷发育, 坡陡流急, 河流以混合补给型为主, 其中冰川融水补给占河流径流量的50%。河流出山口后汇入干流, 虽水量增大, 但在蒸发和渗漏作用下, 水量迅速变小, 最后以地下水形式流归于巴里坤湖。

现代巴里坤湖是高矿化度的咸水湖, 主要离子成份为 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 和 CO_3^{2-} , 其中以 Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} 含量为最高; 水化学类型为 $\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$ 型; 矿化度为59.09g/L; pH值为8.9左右。

* 国家自然科学基金资助, 4870042号。沉积地球化学指标系微量元素、有机质等的总称。

收稿日期: 1991年3月26日, 接受日期: 1993年4月1日。

表 1 巴里坤湖 A 孔沉积地层旋回

Tab. 1 Stratigraphic cycles in core A in Balikun Lake, Xinjiang

深度 (m)	¹⁴ C	岩 芯 特 征	沉积地层旋回 冷湿 暖干	气 候 旋 回
0.02 0.36	1 218±80	黑色芒硝淤泥 无水芒硝	S L	新冷湿期
0.78	4 130±116	黑色软泥 褐色软泥	S L	新暖干期
1.04	5 000±102	灰白色粘土亚粘土	S	新冷湿期
1.20 1.25	6 618±89	灰白色青灰色含盐斑点淤泥	S	新暖湿期
1.70	8 446±160	含芒硝灰绿色亚粘土	S	新冷湿期
2.00	9 370±160	粘土芒硝互层,下部芒硝增多	L	新暖干期
2.20	10 084±280	粘土芒硝互层	S	新得里亚斯期(冷)
2.51	12 070±117	灰白色含少量芒硝、石膏粘土	L	阿尔露德期(暖)
2.62	12 150±240	灰黑色含小卷螺亚粘土、亚砂土	S	中得里亚斯期(冷)
2.84	12 530±325	黑灰色的亚粘土、亚砂土	L	博林期(暖)
4.20	14 360±410	灰色粘土	S	老得里亚斯期(冷)
5.00	16 176±360 -16 356±390	黄灰色粉砂质粘土	L	暖干期
5.60	17 860±470	灰白色纹理粘土	S	晚韦克萨尔晚期
6.42	207 300±500	土黄色亚砂土	L	间冰期
7.90	24 100±675	灰色粘土	S	晚韦克萨尔晚期 ⁽³⁾
8.90	26 618±670	灰黄色细砂、粘土互层	L	间冰期
10.30 11.10	27 350±600 29 343±690	灰色粘土 灰绿色亚粘土	S	晚韦克萨尔中期 ⁽²⁾
11.50	29 470±770 30 490±210	灰绿色亚粘土、亚砂夹微砾层	L	间冰期
12.10	31 950±710	灰绿色亚粘土	S	晚韦克萨尔早期 ⁽¹⁾
12.70 13.00 13.30 13.60	32 850±670 33 710±670 35 100±740 36 700±829	褐黄色钙质粘土 黄白色钙质粘土、灰色亚粘土 浅黄色粉砂亚砂 灰绿色亚粘土	L L L S	中、晚韦克萨尔间冰期 转向冷湿期

总之,巴里坤湖与周围山区倾斜平原之间地形起伏大,水动力条件变化显著,山区剥蚀作用、物理风化作用盛行,盆地内干燥少雨,蒸发作用强烈,为碱性地球化学环境。

2 研究方法

于 1989 年 8 月期间在新疆北部的巴里坤湖区进行多次野外调查,钻孔 (A) 取样,将 116 块岩芯样用等离子发射光谱对各种微量元素和氧化物分析研究。

3 研究结果

3.1 气候期划分及其依据 经 A 孔剖面的沉积旋回、生物地层旋回、蒸发盐类组合的相关变化,并结合 ^{14}C 和 $\delta^{18}\text{O}$ 等研究,发现 A 孔岩芯以结构致密、粒度细微的含盐类矿物(以低温下形成的芒硝、泻利盐为主),颜色为灰绿色、灰黑色、灰白色的粘土、淤泥同结构疏松、粒度较粗、富含蒸发盐类矿物(石盐、钾石盐、无水芒硝、天然碱),颜色为黄色、黄绿色、黄褐色的粘土质砂、亚粘土、细砂互层为特征。依据各种古气候标志综合分析,可以看出冷湿时深水环境和暖干时浅水环境的交替变化(韩淑媿等,1990)。作者以 L 代表较粗粒的暖干层, S 代表较细粒的冷湿层,将剖面划分成若干个气候地层期,见表 1。

在 S 层的冷湿层中介形虫组合以疑湖花介 (*Limocythere dubiosa*)、乳白小玻璃介 (*Candoniella lactea*) 等微盐种和淡水种为主。孢粉组合中适应冷湿环境条件的云杉、桦、大戟等孢粉浓度普遍增高。据此可划分出与气候地层相一致的几个冷湿生物气候期,在此层段中,多数性质相对稳定的元素如 Ti, Ni, Cr 等在冷湿环境下含量较高,一般超过平均值。在冷湿时本区降水量与湿度较大,蒸发量小,地表径流增大,淋溶作用强,致使大量的元素被径流以碎屑形式带入湖区沉积下来,所以在湖泊中增加了这类较稳定元素的含量,根据其含量与比值高低变化,也可划分出若干个与气候地层、生物地层相当的沉积地球化学气候期,见图 1。

在“L”的暖干期中,介形虫组合以肥胖真星介 (*Eucypris inglata*) 等高盐度喜盐种为主。孢粉组合以麻黄、藜、蒿、骆驼刺等耐旱、耐盐成份居多,其生态环境与气候地层暖干期浅水沉积相符合,因而划分出若干个与其相对应的几个暖干的生物气候期。在这些层段中,多数微量元素和氧化物含量减少,因在暖干环境下,山区降水少,蒸发大,径流小,较弱的淋溶作用难以将山区土壤中的此类元素带入径流,致使湖积层中较稳定的元

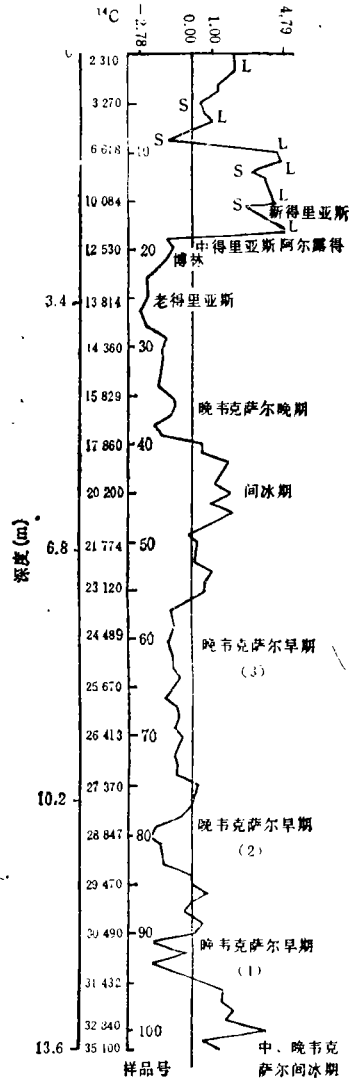


图 1 巴里坤湖 ZK00A 孔气候变化曲线¹⁾

Fig. 1 The synthetic line of climatic variation in core ZK00A in Balikun Lake, Xinjiang

1) 横坐标为多种地球化学标志标准化第一主分量、最大值、最小值; (1), (2), (3) 代表晚韦克萨尔早期冰期的更次一级的波动; S 为冷湿层, L 为暖干层 (6618 年代表暖湿期。(引自韩淑媿等, 中全新世时湿期和西南季风入侵)。

素含量明显偏低。为此,根据其含量高低变化也可划分出与气候地层、生物气候期相一致的代表元素随气候波动的几个暖干期。又经 $\delta^{18}\text{O}$ 分析表明,这些暖干气候期常出现在 $\delta^{18}\text{O}$ 含量高值的冰退期(韩淑媿等,1992)。 ^{14}C 测年也证明了 A 孔剖面中的暖干期与晚更新世晚期、冰后期的冰退期一致,与该层各种标志所揭示的干旱少雨、气温高、蒸发强、湖泊水位下降及水质咸化的沉积环境相吻合。据此,在 A 孔剖面中也可进一步划分出若干代表次一级波动的暖干期(图 1)。从而使 A 孔具有较完整的气候期,如 3.2—3.5 万年的中、晚韦克萨尔间冰期;3 万年的晚韦克萨尔早期冰期(1);2.9 万年的间冰期;2.7—2.8 万年的晚韦克萨尔早期(2);2.5—2.6 万年的间冰期;2.4 万年的晚韦克萨尔早期冰期(3);2—2.2 万年的晚韦克萨尔早、晚间冰期;1.5—1.78 万年的晚韦克萨尔晚期冰期;1.2—1.4 万年的晚冰期及 1.2 万年以来的冰后期(图 1)。

3.2 微量元素含量的分布规律 微量元素含量的分布规律有以下特点。

3.2.1 气候的干湿变化对元素迁移起主导作用,元素迁移量大小与集水区内地表径流量变化有关。从实验结果看,本区多数元素的迁移量都很低(韩淑媿等,1991),只有易溶盐元素 Na, K, Ca, Mg, Sr 等迁移量很高。随着气候变迁,所有微量元素和氧化物含量在剖面中都有相对富集或分散的变化,呈现几乎同步的规律性波动,但 Zn, Ni, Cu, Cr, Al_2O_3 , Fe_2O_3 等微量元素和氧化物的波动曲线相似,而 Sr, Ca, Mg, CaCO_3 (CaO) 则与上述元素和氧化物波动趋势相反(图 2)。当本区多数元素呈碎屑状态迁移时(即悬浮液),气候等外界条件的改变对集水区内剥蚀营力组合和搬运介质能量影响较大,介质中运移的元素在沉积过程中主要发生机械沉积分异,因而多数元素才表现出相似的迁移规律和气候变化曲线。这时元素的迁移能力主要取决于气候的干湿变化和集水区内地表径流量的大小。因此,多数元素的富集层段揭示降水较多,相对湿度较大的气候环境;反之,则标志干燥气候环境。但 Na, K, Ca, Sr 等少数易溶盐元素的相对活度较高,在干燥少雨的碱性地球化学环境中也能与 Cl, S 等形成易溶的卤化物、硫酸盐及碳酸盐组合,呈离子或胶体状态迁移,沉积过程主要是化学沉积分异,所以累积规律和气候指向与上述元素不同。

3.2.2 地球化学性质稳定的元素、氧化物与易溶盐元素,在不同气候阶段的迁移规律各不相同,气候指向迥异,较高含量的较稳定微量元素和氧化物与较低含量的易溶盐元素所在沉积层段反映水质淡化的深水环境,标志冷湿气候;反之则反映咸化的浅水环境,标志暖干气候。冷湿时,大气降水和山区冰雪融水多, Ni, Cr, Mn, Fe_2O_3 , Al_2O_3 等许多稳定微量元素和氧化物以碎屑形式随地表流水迁移入湖,因而含量增加。但此时湖泊水位上升,蒸发作用弱,水溶液中 CO_2 分压高, pH 值较低,易溶盐离子 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} 等游离于水溶液中,不能大量形成蒸发盐矿物沉淀富集。

暖干气候期,干燥少雨,地表径流贫乏,较大地限制了多数以碎屑状态存在的微量元素和氧化物的迁移,但易溶盐元素仍可以离子、胶体状态随地下水迁移入湖,在蒸发浓缩的强碱性湖泊环境中,形成各种蒸发盐矿物沉淀富集。

3.2.3 微量元素和氧化物的累积规律及气候指向在不同沉积部位有差异。以相距 7km 的分别位于上升区和下降区的湖滨 A 孔和湖中心 24 孔为例,在冷湿气候环境中, A 孔沉积中多数稳定微量元素和氧化物含量增加,少数易溶盐元素含量相对减少。此时稳定微量元素和氧化物碎屑大量地堆积在湖滨浅水带,深水区的沉积量反而相对减少,但少数易溶

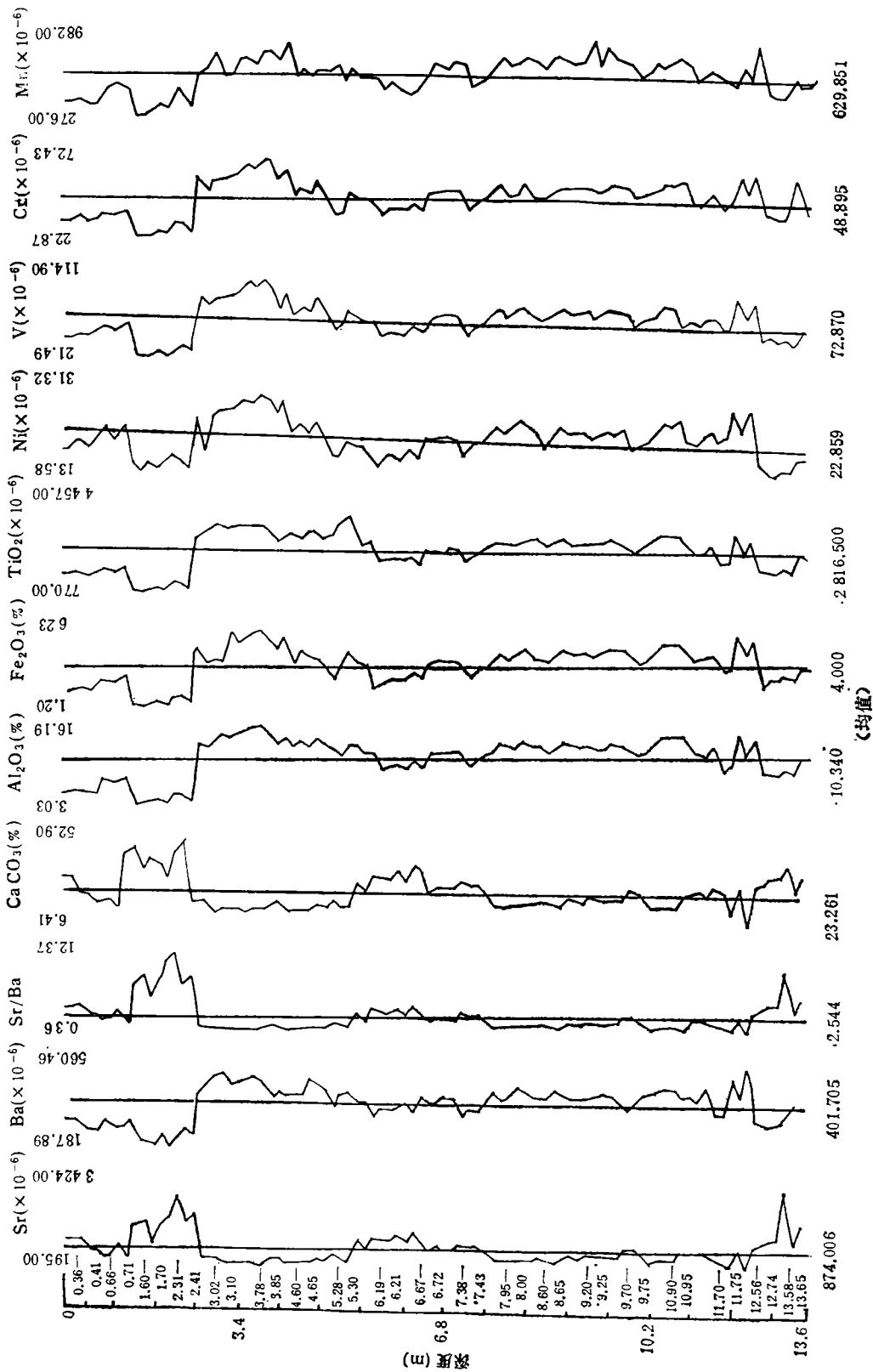


图 2 巴厘坤湖 A 孔微量元素氧化物指示古气候波动
 Fig. 2 Microelement-oxides indicating the change of palaeoclimate in core A in Balikun Lake, Xinjiang

元素随入湖径流的增多离子总量增加,在 24 孔所在深水区沉淀聚集量相对增多。

在暖干气候环境中,当多数稳定微量元素和氧化物在湖滨地带含量减少,易溶盐元素含量相对增加时,湖中心的 24 孔都处在碎屑沉积量迅速相对增加的浅水环境,少数易溶盐元素沉积量相对减少。

显然,上述微量元素和氧化物的迁移规律及其所标志的古气候特征,深受内陆干旱区气候型控制,从而形成了与本区气候型相适应的干旱区所特有的微量元素的累积规律和特有的古气候与古环境指向。

3.3 内陆型气候有机质累积规律 根据 A 孔剖面岩性特征以及孢粉、微量元素等的分析研究,本区湖积层有机质含量和累积规律有如下特点。

3.3.1 有机质含量和性质的变化与区域古植被演替有关。以 A 孔深 2.51m 以上的冰后期沉积为例,凡孢粉浓度较低、木本花粉成份减少、草本成份相对增多的暖干沉积层段,有机质含量均减少,C/N 比率也略有降低;反之,孢粉浓度高,木本植物孢粉增多的冷湿期沉积层段,有机质总量增加,C/N 比率比较高。如孔深 2.21—1.90m, 1.70—1.56m 等暖干期沉积,孢粉浓度为 44—270 粒/g,木本植物孢粉含量只有 3.4%,有机质总量低于剖面均值为 1.193%—3.748%,C/N 比率为 11—12.04;而孔深 1.20 及 0.74m 层段,¹⁴C 测年为 5 000a. B. P., 3 000—2 500a. B. P. 的新冰期 II, III 冷湿期沉积,孢粉浓度高达 298—10 000 粒/g,木本植物孢粉明显增高,草本植物成份也相应增加,如蒿的含量可达 24.2%—39.7%,C/N 比率也增至 13.59—14.36,有机质总量达 3.323%—9.729%,高于全剖面平均值。

3.3.2 气候发展阶段不同,有机质累积与古气候指向明显差异,以晚冰期和冰后期最为清楚。孔深 2.51m 以下,晚冰期、盛冰期、晚韦克萨尔阶段有机质含量高于剖面均值的层段,如 5.00—7.00m, 12.30—13.00m,沉积相多反映暖干的浅水环境。而有机质含量低于剖面均值的层段,如 2.51—5.00m, 9.00—11.00m,沉积相反映为低温的深水环境,这表明在末次冰期寒冷气候背景中,植被的盛衰和有机质的积累、转化过程主要受温度波动的影响。当进入末次冰期的间冰期,气候较干暖,较之冰期时好转,这时冰期中出现的小暖干期,有利于山区植被生长,植物残体分解及土壤腐殖质积累,使山区河流冲刷带进湖泊的土壤有机质增高,此时湖泊水温暖适宜,水生生物数量增加,沉积于湖底的植物和水生生物残体的腐殖化过程也能较顺利进行,故而有机质总量较高。而寒冷的冰期,湖泊水温也很低,不利植被生长发育和湖泊中水生生物生存,土壤微生物活动也极其微弱,因此湖积层有机质积累减少。

冰后期太阳辐射量较末次冰期平均增加了 7% (Kutzbach, et al., 1985),致使干旱区处于更暖更干、降水更少、蒸发更强的气候阶段,对植被的生长及有机质的积累起了制约作用。例如孔深 2.51m 以上,2.10—1.90m 层段区处于全新世早期降水减少时期,所以有机质含量较低。而孔深 1.30—1.20m¹⁴C 测年为 6 618a. B. P. 的新暖湿期,可能与西南古季风入侵新疆形成温暖湿润期有关¹⁾,因而有机质的含量增多。又如 0.86—1.14m 与 0.46—0.71m 的新冰期 II, III 相对冷湿时期,有机质含量也较高,这是由于冰后期的

1) 韩淑媿、李国胜,中全新世温暖期与西南季风入侵新疆。(待刊)

表 2 巴里坤湖有机质含量和性质与有关因素的相关变化
 Tab. 2 Correlating changes of organic matter in Balikun Lake, Xinjiang

气候期	¹⁴ C (B. P.)	深度 (m)	岩性特征	沉积速率 (mm/a)	水化学特征			生物残体		有机质	
					水位	盐度	古水温 (δ ¹⁸ O)	孢粉浓度 (粒/g)	草本含量 (%)	微生物	总量(%)
冰后 期	2.310	0.36	灰白色与黑褐色粘土淤泥交替沉积	0.17—0.20	低	低咸		1 088	33.2		小于均值
	3.720 6.618	0.74 1.20	灰绿色、灰黑色黑色亚粘土、粘土	0.40—0.41	较高 很高	微咸		3 098—4 000 10 000	24.2—26.5 39.7		大于均值
冷 湿 II	10.084	1.56	灰绿色亚粘土、亚砂土	0.38—0.40	较低	咸	较高	44—270	17—19		小于均值
	12.530 17.860 18 950±480	2.51 6.10	灰黑色、灰绿色、黑色粘土	0.49—0.53	高	淡	很低	较低	较少	介壳碎片少、多广盐种	2.1
暖 干 I(3) I(2) 冷 湿 I(1)	24 100	6.10 7.9	黄褐色、灰黑色亚粘土与亚砂土	0.41—0.42	较低	咸	较高	较多	较多	介壳碎片多、重盐种	17
	27 390±680 31 950±710	10.30 10.70 11.80 12.50	灰绿色粘土	0.45—0.48	高	淡	低	较少	较少	介壳碎片少、多广盐种	2.8
暖 干	35.100	12.55	灰黄色、灰黑色亚粘土与亚砂土	0.43—0.44	低	咸	高	较多	较多	碎片较多多重盐种	14

小冷湿期的波动或新冰期前进期因降水较多、蒸发量减少,从而利于植被生长和有机质的积累。

3.3.3 生物残体的腐殖化过程受湖泊水位、水温、沉积速率的影响。末次冰期的冷湿气候阶段,冰川、积雪、融水和降水对集水区地表的剥蚀作用加强,大量碎屑随地表径流进入湖泊,沉积速率增高,如孔深 2.51—5.00m, 9.00—11.00m 等层段的沉积速率达 0.45—0.53 mm/a, 这可能会使湖底沉积的少量生物残体很快被泥沙沉积所掩埋,腐殖化过程在深水低温环境中几乎不能进行,有机质积累量减少。暖干气候阶段,湖泊沉积速率减小,如孔深 5.00—7.00m, 2.21—1.90m 等层段,沉积速率只有 0.38—0.42mm/a,沉积于湖底的生物残体在温暖的浅水环境中,腐殖化过程能较顺利地进行,湖底沉积中腐殖质积累速度加快。冰后期干旱程度加剧,集水区流水侵蚀作用强度减弱,碎屑沉积速率对湖底生物残体的腐殖化过程已无明显影响。

3.3.4 有机质含量分布与沉积旋回有明显的相关性,有机质含量受粘土含量分布规律制约。如 0.74—1.04m 的全新世灰绿、灰黑、灰白色粘土、亚粘土段层,其有机质含量较高,而在 0.360.46m 的灰黄、黄褐与灰褐色的亚砂土、亚粘土为主的层段中,有机质含量较低,但进入韦克萨尔冰期,因受其他因素干扰而表现出相反的规律。

所以,干旱区封闭湖泊沉积的有机质含量和性质也受湖区气候条件冷湿、暖干变迁的影响,具体反映在集水区植被演替、湖相层粘土含量及湖泊水文性质(水温、盐度、深度)对有机质的积累、转化过程有较明显的控制作用(表 2)。

3.4 干旱区内陆沉积地球化学与古气候 由于内陆型封闭湖盆敏感度高,分辨率强,因而巴里坤 A 孔微量元素所建立的古气候序列,是晚第四纪晚期较完整的记录之一。它较系统地揭示了晚更新世晚期,冰后期冰进、冰退,气候干湿,冷暖变化的全过程;它还揭示了 6 618a. B. P. 的暖湿期,5 000a. B. P. 的短暂冷期的重要信息,以及前述更次一级的气候波动记录(图 1),从而充分体现了内陆湖泊沉积地球化学在古气候、古环境研究中的重要作用。而 A 孔沉积地球化学累积规律与古气候、古环境记录,以及与湖相沉积岩芯的岩性、孢粉、介形虫、 $\delta^{18}\text{O}$ 记录均具有明显同步变化特征,表明巴里坤湖的环境变迁的化学过程深受该湖的物理、生物过程的相互作用的明显影响,因而湖相沉积地球化学元素的累积规律也是解释环境演变的重要标志。

干旱区内陆沉积地球化学累积规律服从于元素和有机质的普遍累积规律。反映在 A 孔剖面中,标志元素和元素对及有机质自下而上随年代有规律的交替变化,并与 CaCO_3 波动曲线呈现同步的变化(图 2),表明湖相沉积地球化学累积规律共同服从于全球的气候变化。因而, A 孔所揭示的晚更新世晚期的古气候发展序列与全球古气候序列具有明显的一致性(兰姆著,1987)。然而,巴里坤湖元素累积规律又表现鲜明的区域特色,如多数稳定微量元素的增多,代表冷湿的气候环境,其相对减少时,则代表暖干的气候环境。相反,少数不稳定微量元素的增多,代表暖干的气候环境,其减少时,则代表冷湿的气候环境。这说明深受内陆型冷湿与暖干气候型控制的内陆型湖泊特有的元素累积规律,有别于东部季风区微量元素对或元素的古气候指向。

本区沉积地球化学的累积过程所反映的规律性与区域性特征,代表了我国内陆干旱区湖泊元素累积的一种特有类型,它所提供的重要信息,丰富了我国古气候、古环境的研

究内容。

参 考 文 献

- 韩淑媿、袁玉江, 1990, 新疆巴里坤湖 3.5 万年来古气候变化序列, 地理学报, **3**: 351—352, 358—359。
 韩淑媿、瞿章, 1992, 北疆巴里坤湖内陆型全新世气候特征, 中国科学, **11**: 1 204。
 韩淑媿、李志中, 1991, 中国第四纪冰川与环境, 科学出版社(北京), 189—191。
 兰姆著, 汪奕琮等译, 1987, 气候的变迁与展望, 气象出版社(北京), 190—191。
 Kutzbach, J. E., Street-Perrott, F. A., 1985, Milankovitch forcing of fluctuations in the level of tropical lakes from 18 to 0 Kyr-Bp, *Nature*, **317**(6033):130—134。

THE ACCUMULATING REGULATION OF DEPOSIT GEOCHEMISTRY OF BALIKUN LAKE, XINJIANG

Han Shudi

Li Zhizhong

(Department of Geography, Xinjiang
University, Wulumuqi 830041)

(Department of Geography, Xinjiang Normal
University, Wulumuqi 830041)

ABSTRACT

Trace elements and some oxides in 116 sediments core samples taken in August, 1989 from Balikun Lake in northeastern Xinjiang were analysed using inductively coupled plasma spectrometry. Chemical elements are accumulated under the prevailing conditions of dry climate and little precipitation, strong physical weathering and slight undulation of topography. Most trace elements migrate mainly by means of debris element accumulation increased with increasing runoff during the cool or cold-moisture periods, but decreased with decreasing runoff during the warm-dry periods. Therefore, the migration and accumulation of chemical elements in arid areas are deeply affected by the alternation of cold-moisture and warm-dry inland climate. Lacustrine facies chemical elements in arid areas are very important bases for paleoclimate study because of their high resolution and high-sensitivity to paleoclimate. But the organic matter, although its indication of paleoclimate is clear, was complicatedly affected by many factors. So in order to show the distinctive regulation of accumulation and paleoclimatic significance of organic matter, comprehensive studies, combined with other paleoclimatic marks have to be made.

Key words Xinjiang Balikun Lake Elements Accumulation regulation Paleoclimatic