新疆艾比湖全新世以来的环境变迁与古气候*

吴敬禄 王苏民 王洪道
(中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008)

提要 于1990，1991年夏对新疆艾比湖湖盆地区进行调查，运用孢粉、元素地球化学、碳酸盐含量以及测年分析，对其沉积物进行研究，重建了湖区全新世古气候的演化序列。结果表明，10.2—8.0 kaB. P.，气候温凉偏干；8.0—3.5 kaB. P.，气候以温湿为主，其中7.3—6.4 kaB. P. 为相对稳定暖湿期；3.5kaB. P. 至今，以温干为主，气候与现代相似。随着湖面波动，艾比湖保存有全新世3个不同时期高湖面遗迹，并应用水热平衡模型，对各个高湖面期的古降水量进行计算，全新世暖湿期的降水量比现今高出1/4以上，超过300 mm/a，这时期湖面扩大了近3倍。

关键词 全新世 环境变迁 水热平衡

全新世气候特征的研究对人们普遍关心的未来气候变化预测具有重要意义。因此，全新世气候研究近年受到地学界的极大关注。艾比湖为新疆干旱区封闭湖泊，其沉积物保存有清楚的古气候信息。文启忠等(1989)曾经对艾比湖剖面做了初步研究，对该区全新世气候演化进行了划分。本文在艾比湖沉积剖面研究的基础上，综合湖泊阶地特征，重建了该区全新世以来的古气候演化序列，并计算了各高湖面期的降水量，以期为预测该区未来环境气候变迁提供一定的科学依据。

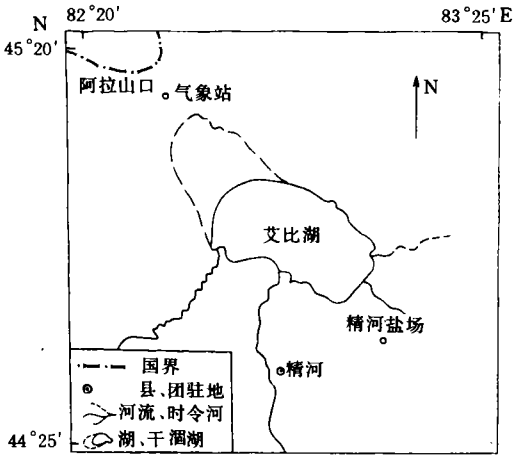

图1 艾比湖地理位置略图
Fig.1 Sketch showing the position of Aibi Lake in Xinjiang

1 概况

艾比湖位于新疆自治区博尔塔拉蒙古自治州所属精河县西北(82°35′—83°10′E，44°54′—45°08′N)(图1)，湖水面积542 km²，水位海拔194m，多年平均降水量约95 mm/a，年蒸发量1 315 mm，湖水化度在85—124g/L之

* 国家自然科学基金资助项目，4880245号。吴敬禄，男，出生于1965年10月，助研。
收稿日期：1993年9月13日，接受日期：1996年4月26日。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

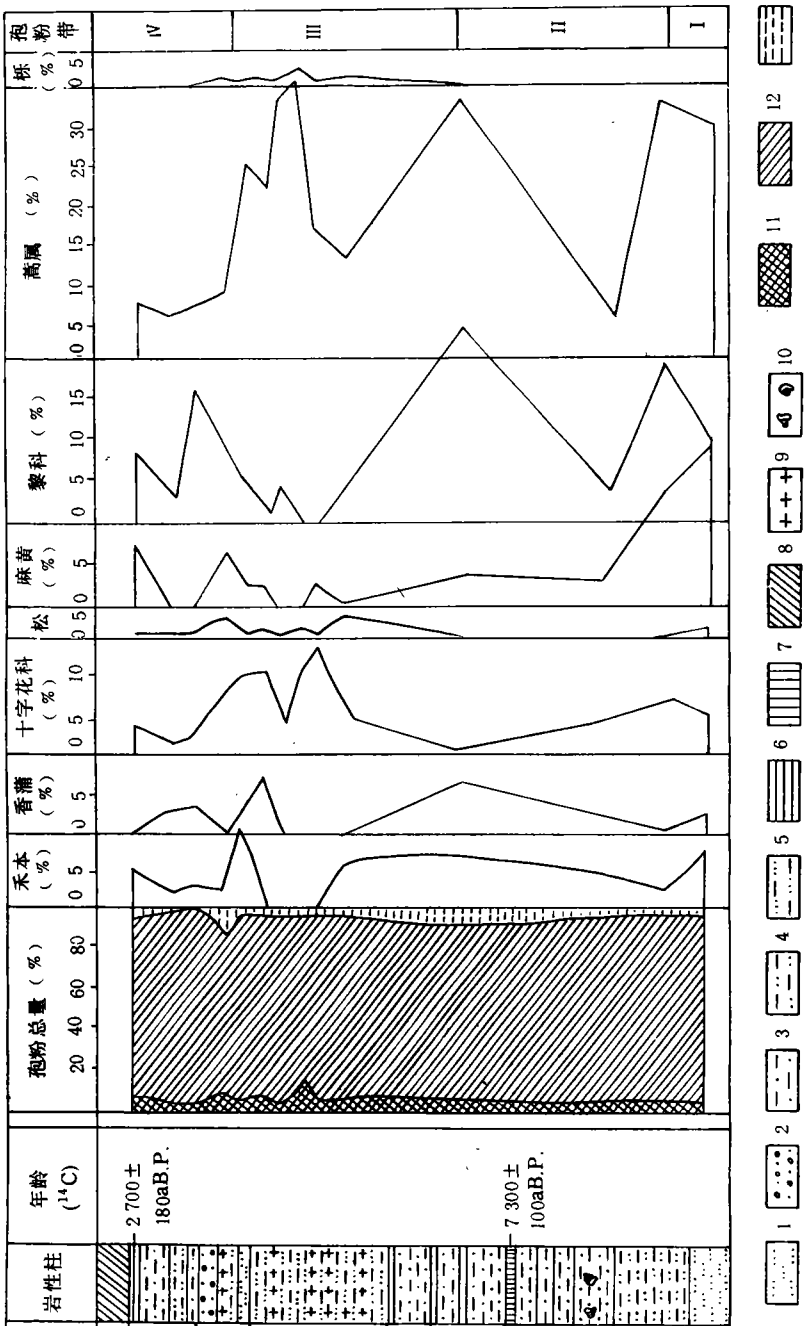

图 2　AZ剖面孢粉图式

Fig.2　Pollen percentage diagram of AZ profile in Aibi Lake basin

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

间(杨川德等，1990)。湖泊主要靠博尔塔拉河和精河两河补给。艾比湖地区属温带大陆性干旱气候区，生态环境体系脆弱，对气候的变化具有较强的敏感性，是进行环境古气候研究的理想地区。

2 样品采集与测定

1990年6— 8月对新疆乌伦古湖、巴里坤湖、艾比湖、赛里木湖、柴窝堡湖等湖泊进行综合考察，并于1991年7— 10月再次对艾比湖作了典型调查，采集湖滨阶地热释光测年(TL)样品以及湖阶天然剖面样品57个。室内对所采集样品进行孢粉组合、介形类、无素地球化学、有机成分以及测年(^{14}C, TL)等项分析。

3 研究结果

3.1 湖泊阶地及年代测定

艾比湖周边自全新世以来发育有三级湖成阶地。阶地I，III年代由^{14}C及TL测年确定(吴敬禄，1995)；阶地II的年代引用文启忠等(1989; 1990)对艾比湖总干渠剖面(简称AAZ剖面)的测年资料。AAZ剖面位于二级阶地上，而此阶地的形成年代则相当于AAZ剖面第一燃烧层以后唯一一层青灰色亚粘土形成的年代。连续采样的露头剖面(简称AZ剖面)位于艾比湖西侧一级阶地面。本套湖泊沉积物以灰色、黄色粉砂质泥、泥质粉砂及薄层钙质层、灰色细砂层交替出现为主要特征(图2)。根据沉积柱中有机碳^{14}C测年数据，参照II，III级湖滨阶地的测年资料，采用最小二乘法计算出该剖面沉积速率约0.42 mm /a，并对剖面各深度进行了年代插值计算(图3)。

3.2 AZ剖面沉积物指示的古环境特征

对AZ剖面沉积物各项分析表明，全新世以来艾比湖地区的古环境演化大致可分为如下几个阶段。

3.2.1 阶段I 位于AZ剖面3.32— 2.52m层段，年代距今10.2— 8.0kaB. P.，相当于全新世早期，气候温凉偏干，存在冷暖交替的次级波动，艾比湖处于由低湖面向高湖面过渡的回升阶段。

本段孢粉组合以蒿(*Artemisia*)、藜(Chenopodiaceae)、麻黄(*Ephedra*)为主(图2)，植被反映的特征为荒漠草原，水生、湿生植物含量较低。本段介形虫较丰富，有纯净小玻璃介(*Cadoniella allicans*)、小玻璃介(*Candoniella* sp.)、肥胖斗星介(*Cypridopsis ofesa*)及河星介(*Potamocypris* sp.)。代表了淡水、浅水水温偏低的环境。

矿物组合分析表明，本层段碳酸盐含量在5%— 40%间，平均值为31.4%，比剖面均值26%高；陆源碎屑占40%— 50%，碳酸盐晶形不明显，并在局部层位可见陆源粉铁，表明为近岸沉积的湖滨环境。

地球化学研究表明，本层段稳定元素Cr，Ti，Mn等均值低于剖面的均值，Sr /Ba，Ca /Mg及地球化学指标*CI*值 [$CI=(Fe+Al+Mn+Co+Cr+Ni)/(K+Na+Ca+Mg+Sr+Ba)$] 较低(图3)。有机质含量在0.24%— 2.4%间，平均为0.74%，高于剖面均值(0.5%)，C /N为11.5，总氮含量(TN)为0.036，反映为湖滨浅水沉积环境。

3.2.2 阶段II 位于剖面2.52— 0.63m层段，年代为8.0— 3.5kaB. P.，相当于全新世中期。早期气候表现为温暖偏湿，晚期渐趋干旱，且波动频繁。艾比湖进入高湖面期。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

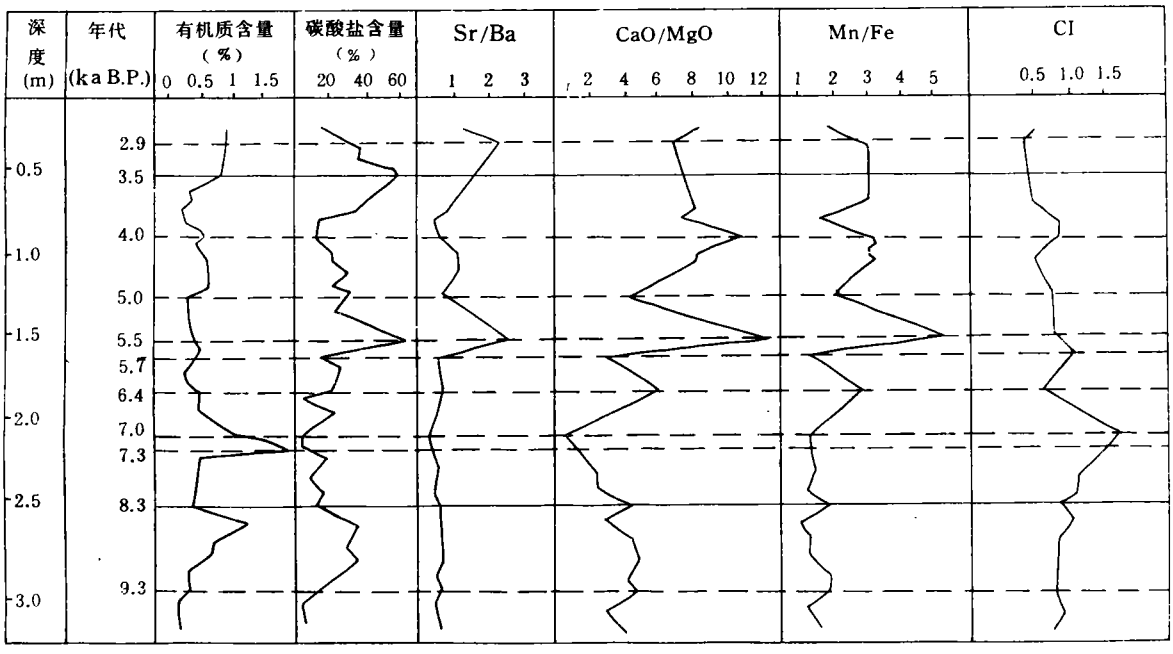

图 3　艾比湖 AZ 剖面地球化学特征

Fig.3　Change regularity of geochemistry of AZ profile in Aibi Lake

本段孢粉组合以蒿、藜、香蒲(*Typha*)为主(图 2)，水生、湿生植物含量相对较高；介形虫类除某些层段外大部分缺失；沉积物内碳酸盐含量明显低于剖面均值(图 3)，Ca / Mg，Sr / Ba 值剖面最低，有机质含量偏低，C / N 为 9.36，TN 为 0.036；局部地段含有球状黄铁矿。

以上特征表明，艾比湖地区在该时期总的特征是气候温暖，降水增多，湖面扩展，水质淡化。根据各项指标的变化特征可将本段再细分为两个阶段：

(1)深度为 2.52 — 1.81m。本段碳酸盐含量在 5% — 25% 间，均值为 17.2%，碳酸盐晶形较好，一般有微晶泥粒出现，且有少许球状黄铁矿，陆源碎屑占 10% 左右。估计当时降水较丰，艾比湖处于较高湖面，反映气候较为湿润。

(2)深度为 1.81 — 0.63m。碳酸盐含量略低于剖面均值，碎屑含量变化在 5% — 70% 之间，有少量针铁矿、菱铁矿，并与玉髓、生物骨屑同时出现，局部层段尚发现球状黄铁矿。结合岩性特征，本段反映的半湿润气候环境属浅湖环境，但内部变化频繁，有多次湖面的次级波动变化。

3.2.3　阶段 III　　位于剖面 0.63 — 0m 层段，相当于全新世晚期以来(即 3.5kaB. P. 以来)沉积，气候总体特征为温干。本段沉积物中含有丰富的近岸正星介化石(*Gyprideis littoralis*)，孢粉组合以蒿、藜、十字花科为主，反映为荒漠草原植被环境。碳酸盐含量高于剖面均值，碳酸盐矿物除方解石外，还见有少量文石。在较多层段见有针铁矿，碎屑成分平均在 45% 左右。从总体上看气候较为干旱，后期(估计 2.7kaB. P.)湖面有短暂的回升，2.0kaB. P. 以来沉积缺失，根据施雅风等(1990)研究，当时新疆地区气候温干，

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

与现今相似。

分析图3可以看出，本地区全新世以来的古环境除具有上述变化特征外，尚有几次较明显的次级波动。大约7.3kaB. P.(深2.22m)，岩性为薄层碳质泥，有机质含量高9.84%，C/N为34.8，TN为0.164，碳酸盐含量少于5%，推测为沼泽相环境。另外，根据地球化学指标垂向波动特征(图3)，推测有8.0kaB. P.(深2.52m)，5.5kaB. P.(1.47m)及4.0kaB. P.(0.84m)等几次次级气候波动。

3.3 全新世以来高湖面期降水量的计算

综合湖滨地貌的考察及剖面沉积物分析所指示的古环境与古气候特征，可将全新世以来的湖面波动情况归结为3个主要阶段，现简述如下：

(1) 6.5— 8.0kaB. P.。此间艾比湖扩展、抬升并维持相对高湖面，湖周地貌的第三级阶地也为此时期形成，同期在青海湖及新疆柴窝堡湖也出现过高湖面(施雅风等，1990)。

(2) 6.0— 4.5kaB. P.。剖面AZ的沉积物、地球化学及生物地层学分析均说明该期也维持高湖面。这与文启忠(1990)研究结果一致。

(3) 3.0— 2.4kaB. P.。本期高湖面的出现是后期湖面收缩过程中短暂停留或微小抬升。此外，湖面在小冰期曾经有过短暂的回升，但幅度不大，当时湖面海拔不超过200m。湖的南部精河盐场及湖西侧有湖滩堆积，是为证明。

对应以上高湖面期，在地形图上勾划出古湖岸线(图4)，求得各年代的湖面面积。在此基础上应用水热平衡模型(Kutzbach，1980)，则可求得对应时段的流域降水量。表1

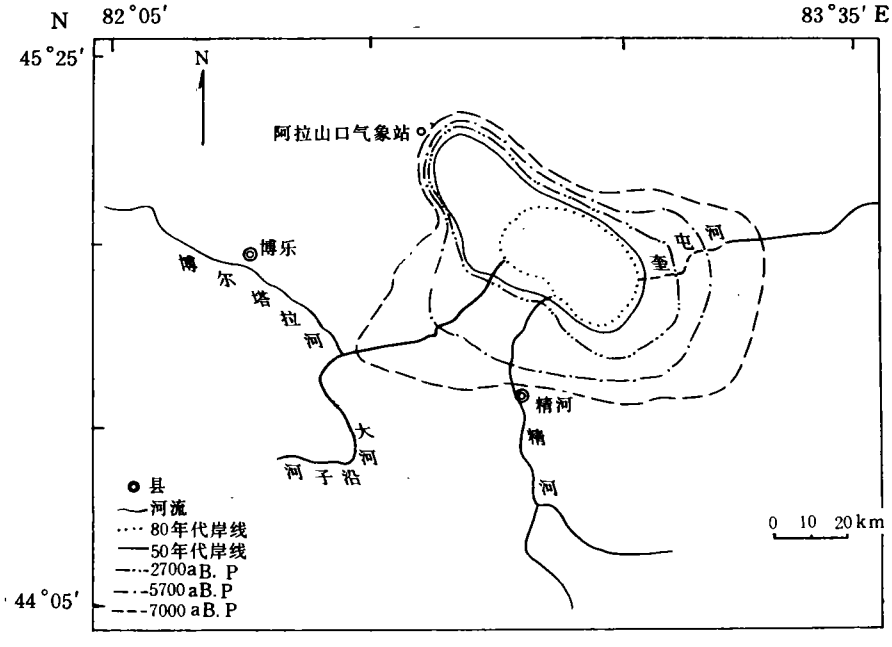

图4 艾比湖不同时期的演化图

Fig.4 Map of shrinking for Aibi Lake at various times

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

为应用以上模型对艾比湖各高湖面期降水量的计算结果。表1表明艾比湖全新世暖湿期降水量在306— 366 mm /a之间，取其中间值为336 mm /a，因而比现今增加平均约26%。

表1　全新世不同时段艾比湖流域降水量(mm /a)计算结果

Tab.1　Modern and past estimates of Basin-average precipitation for Aibi Lake for selected times

时　段	年均降水量	降水量均值
现　代	264	264
2.0— 3.0kaB. P.	270— 285	278
4.5— 6.0 kaB. P.	289— 306	298
6.5— 8.0 kaB. P.	306— 366	336

4　结语

艾比湖地区近万年来的气候可归结如下：

10.2— 8.0kaB. P.，气候温凉偏干。8.0— 3.5kaB. P.，气候以温湿为主，其中8.0— 7.3kaB. P.为温湿期；有数次较明显冷暖干湿波动，分别为8.0kaB. P.的冷干、7.3kaB. P.的干旱波动，其中8.0kaB. P.的冷期与周昆叔等(1991)认为的中国西部全新世有8.3kaB. P.，5.7kaB.P.冷期的结论相一致；7.3— 6.4kaB. P.处于相对较稳定的暖期，该期艾比湖湖面积扩大了近3倍，当时降水比现今高1 /4以上；6.4— 3.5kaB. P.气候变干，波动频繁，次级波动有5.5kaB.P.及4.0kaB.P.的冷干波动，此结论与周昆叔等的研究相吻合。

3.5kaB. P.以来，气候温干，在大约2.7kaB. P.前后，艾比湖曾经再次出现湖面稳定期，当时降水比今增加6%左右。

参　考　文　献

文启忠，郑洪汉，1989，科学通报 **33**(10)：771— 774。

文启忠，乔玉楼，1990，第四纪研究，**4**：363— 368。

吴敬禄，1995，地理科学，**15**(1)：39— 46。

杨川德，朱英民，1990，干旱区地理，**13**(4)：15— 21。

周昆叔，巩启明，1991，环境考古研究(第一辑)，科学出版社，230— 233。

施雅风等，1990，新疆柴窝堡盆地第四纪气候变迁和水文地质条件，海洋出版社(北京)，154— 155。

Kutzbach, J. E., 1980, *Quat. Res.*, **14**: 210— 223.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

CHARACTERS OF THE EVOLUTION OF CLIMATE AND ENVIRONMENT OF HOLOCENE IN AIBI LAKE BASIN IN XINJIANG

Wu Jinglu, Wang Sumin, Wang Hongdao

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences* Nanjing 210008)

Abstract On the basis of the basin geomorphology and lacustrine sedimentary profile of Aibi Lake investigated in summers of 1990, 1991, the sequences of climatic evolution of Holocene in the Aibi Lake basin were reconstructed by analysing the sedimentary stratigraphy, bio-stratigraphy and geochemistry, and the chronological records. The results show that, during Holocene, the general change trends of the paleoclimate in Aibi Lake area can be divided into three stages: (1) 10.2— 8.0 kaB. P., a temperate—— cool and dry climate stage. (2) 8.0 — 3.5 kaB. P., a warmer moist climate stage (especially 7.3 — 6.4 kaB. P., a relatively stable humid temperate stage). (3) 3.5kaB. P.— present, a warm and dry stage, similar to the present climate. And lake water level fluctuation left the trails of three high-lake-level stages preserved in the lacustrine deposits of Holocene. By applying a hydrological and energy-balance model, the paleoprecipitations of these three high-lake-level stages were estimated. In the most moderate period of the climate of the Holocene in Aibi Lake region, the average precipitation was more than 300 mm /a, an increase above 1 /4 of the present. At this time, the lake area was three times that of the present.

Key words Holocene Environmental evolution Hydrological and energybalance

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne