

青海湖、岱海的湖泊碳酸盐化学沉积 与气候环境变化*

王云飞

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 210008)

提要 于 1986—1989 年,为探讨全球气候与环境变化的湖泊响应,选择了季风带边缘的青海湖和岱海开展了湖泊碳酸盐化学沉积与气候环境关系的分析研究。发现青海湖近 500 年来碳酸盐沉积减弱段与小冰期的冷湿气候背景一致;岱海晚更新世以来碳酸盐沉积增强段与冰期的干冷气候吻合。还从内陆湖泊的有效湿度与碳酸盐化学沉积的关系和碳酸盐含量的垂向变化规律,对两区域气候与环境的演化过程、特点和规律进行了分析。

关键词 碳酸盐化学沉积 气候与环境变化 青海湖 岱海

随着大气中 CO_2 , CH_4 等温室效应气体含量的增加,全球气候发生了显著变化,对于这一方面的研究已成为地球科学前沿最活跃的领域。内陆湖泊沉积对气候变化极为敏感,沉积物具有连续性和高分辨率,忠实记载和储存了气候环境变化的丰富信息,是揭示不同尺度的气候变化规律、预测未来变化趋势、建立全球气候模型的重要依据之一。

青海湖和岱海均为我国季风带边缘的内陆湖泊,气候上分别位于半干旱区和半湿润区的过渡带。晚更新世以来的气候变化,季风强弱引起气候带的频繁迁移,使本区成为一个气候的敏感区。因此沉积剖面中信息量丰富,其中化学沉淀的碳酸盐含量和性质也是较好的气候环境标志。本文以青海湖和岱海为例,分别对历史时期的碳酸盐化学沉积与气候环境关系及不同时间尺度的气候变化作简要分析。

1 湖泊碳酸盐化学沉积与气候变化

现代湖泊沉积学研究已揭示了碳酸盐沉积作用与气候、环境的密切关系。云南高原湖泊在气候上具有明显的干湿季变化,所以碳酸盐沉积物处于缓慢的积累过程。但程海自本世纪以来碳酸盐化学沉积作用逐渐增强,目前在部分湖心方解石含量已大于 10%,它与滇北气候的干暖化趋势一致。长桥海有典型的碳酸盐鲕粒形成,它也是在周期性的干旱气候事件的背景下,文石与方解石交替沉淀所致(王云飞,1989)。又据柴达木盆地晚更新世盐湖演化研究,25 000a.B.P. 左右,该区已进入盐湖演化阶段。在干旱气候占统治地位的背景下,碳酸盐矿物主要与碎屑沉积共生,反映了古气候相对偏湿的波动,而干盐湖的盐类沉积代表了最干旱的气候(陈克造等,1987)。上述研究表明,在湖泊化学沉淀系统中,以方解石、文石为代表的碳酸盐沉积是盐类沉淀的早期阶段,其强度受地质背景、气

* 国家自然科学基金资助项目,R850013 号。

该研究为本所湖泊沉积与环境开放研究实验室项目,王苏民、蒋新禾、王浩生和勾韵娴提供部分资料,吕虹妹清绘插图,在此一并致谢。

收稿日期: 1991 年 6 月 24 日; 接受日期: 1992 年 2 月 25 日。

候、环境、水化学和生物活动等因素制约。地质背景和生物活动的可变性相时较小,而气候因素的变化往往迅速破坏湖泊的水热平衡和盐类化学沉淀的演化方向(莱尔曼,1978)。在内陆湖泊盐类沉淀的碳酸盐阶段,沉积强度增大反映了湖面收缩和水质浓缩,这是区域气候干旱化的佐证。相反在干旱气候背景下,碳酸盐沉积已为其他盐类或干盐湖沉积取代,剖面中出现的碳酸盐沉积往往代表了古气候相对偏湿的波动。可见湖泊碳酸盐化学沉积在古气候的复原中能较灵敏的记录区域气候环境的类型、特点和变化规律。

2 青海湖短时段湖泊沉积记录和历史气候

沉积剖面 QL5 取于青海湖海心山西北部湖心,长 62cm,岩性均为灰色淤泥。对柱状样用 2cm 间隔作碳酸盐总量, $\delta^{13}\text{C}$ 和自生碳酸盐含量及沉积物微量元素等分析测定

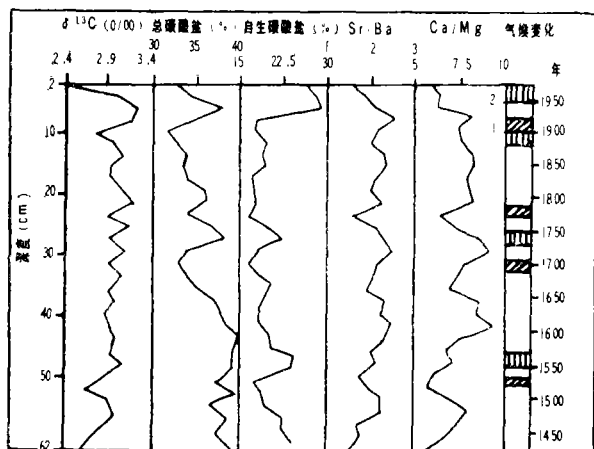


图 1 QL5 孔碳酸盐总量、 $\delta^{13}\text{C}$ 、自生碳酸盐和 Sr/Bq, Ca/Mg 剖面

Fig. 1 Total carbonate, $\delta^{13}\text{C}$, authigenic carbonate and Sr/Bq and Ca/Mg profile in Core QL5

1. 冷湿, 2. 暖干。

QL5 柱状沉积物受陆源碎屑沉积影响微弱,碳酸盐化学沉淀的强弱主要受控于气候干湿的变化。低值区分布在 8—10, 24, 32—34 和 52cm 处,其含量小于 20%,组成中方解石含量偏高。碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 变化大体上与自生碳酸盐一致,低值区位于 10, 24, 32, 52cm。湖泊碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 分馏的主要控制因素是湖水硬度(莱尔曼,1978),但青海湖湖水硬度与矿化度呈正相关,所以 $\delta^{13}\text{C}$ 偏低反映湖水矿化度较低时期,并与 Sr/Bq, Ca/Mg 反映古盐度偏低层段较一致,证实碳酸盐低值区代表了近 500 年来湖泊扩张、水位上升和湖水趋于淡化的阶段,大致相当于 1899—1917, 1828, 1687—1703 和 1527 年。其中 19 世纪末发生的湖泊扩张,在 1908 年 Kozloff 考察青海湖的记载(1908)中得到证实。据竺可桢(1973)研究,17—19 世纪的小冰期是近 2 000 年来中国最主要的寒冷时段,其中冷期发生在 1470—1520, 1620—1720, 1840—1890 年。祁连山圆柏平均年轮指数分析也表明(王玉玺等,1982),冷期波动在 1320—1400, 1428—1537, 1622—1740, 1797—1870 年。证实青海湖气候波动的冷期与碳酸盐低值区吻合,与湖面扩张有较好的对应关系。

同样自生碳酸盐含量较高层段 2—6(1935—1970), 12(1881), 28(1739), 48—50

(图 1)。碳酸盐总量测试使用化学分析。自生组分使用光学显微镜和扫描电镜观察以及碳酸盐染色法和 X 衍射分析将其与少量贝壳碳酸盐和碎屑碳酸盐加以区别,含量测定以衍射图结合油浸薄片分析为依据。又据 ^{210}Pb 测定,沉积速率为 1.126mm/a,推算 2cm 时间间隔约为 17.8a,底界约 550aB. P.

经分析,沉积物中碳酸盐大部分由化学沉淀形成,以泥晶文石为主;其次为微粒方解石。它们混杂于湖相粘土中。陆源碎屑物含量小于 5%,电镜微观形貌观察证实为风力搬运产物。表明

cm (1543—1561 年), 相应 $\delta^{13}\text{C}$ 和 Sr/Bq, Ca/Mg 也偏高, 也与历史记载和圆柏平均年轮指数所反映的气候暖期波动较一致。表明暖期波动造成了湖面收缩, 水位下降和湖水浓缩。其中近30年来的湖面下降已为偏高的气温、蒸发及偏少的降水等观察资料证实。

由此揭示青海湖百年尺度的气候变化特点表现在冷湿与暖干的交替。小冰期时气候相对湿润, 湖面扩大, 水质淡化; 界于冷期间的暖期波动, 气候相对干燥, 湖面收缩, 水质咸化。其波动规律, 100 年的准周期表现明显, 冷期大体出现在每个世纪末至下个世纪上半期(王苏民等, 1990)。但 1527, 1687—1703, 1899—1917 年的冷期还显示出 200 年的准周期。根据近 500 年来青海湖气候波动规律, 本世纪中期出现的暖干气候可能在下个世纪上半期为 100 年准周期的冷湿气候波动所取代。

3 岱海晚更新世以来碳酸盐沉积和古气候古环境

岱海位于内蒙古自治区凉城县, 是一个中等规模的内陆微咸水湖。为揭示岱海盆地晚更新世以来的气候环境变化, 在其西部弓坝河和五道河之间的湖滨打钻 DZ1 井深 80.05m。全孔沉积类型和岩性变化较复杂, 因此研究工作选择湖相沉积的粘土或粉砂质粘土样品 36 个, 平均间隔约 2 000—3 000 年, 基本上可捕捉到万年级的古气候古环境变

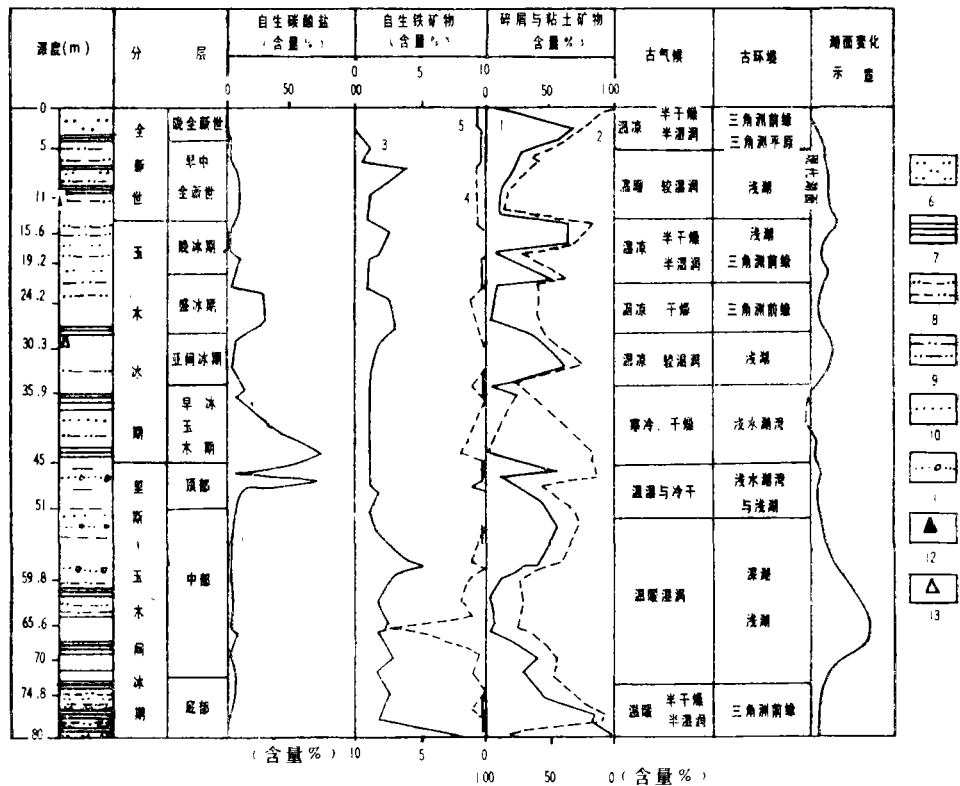


图 2 DZ1 井碳酸盐沉积和古气候古环境

Fig. 2 Carbonate deposits, paleoclimate and paleoenvironment in Core DZ1

1. 碎屑矿物; 2. 粘土矿物; 3. 菱铁矿; 4. 黄铁矿; 5. 针铁矿; 6. 粉砂; 7. 粘土; 8. 粉砂质粘土; 9. 粘土质粉砂; 10. 细砂; 11. 含砾砂; 12. ^{14}C 测年 $6750 \pm 120\text{a.B.P.}$; 13. ^{14}C 测年 $25690 \pm 1240\text{a.B.P.}$

化信息和主要的气候事件。据分析,岱海化学沉淀碳酸盐是分布广含量高的自生矿物,以他形半自形微粒方解石为主,但不同层段含量变化较大。在湖水浓缩段泥晶文石含量有增大的趋势。为弥补钻孔偏离湖心和提供更多的矿物相信息,对样品同时还进行了碎屑矿物和粘土矿物以及针铁矿、菱铁矿和黄铁矿等含量分析。又据 ^{14}C 分析,孔深 30.18m 处为 $25\,690 \pm 1\,240\text{a.B.P.}$, 11m 为 $6\,750 \pm 120\text{a.B.P.}$, 以及综合标志进行分层详见图 2。

3.1 下段沉积 (80.05—45.0m) 底部碎屑矿物含量高,见针铁矿壳皮、锈斑和平卷螺碎片,属近岸沉积。中部为本段主体沉积,在 67m 附近,碳酸盐含量最低,微晶黄铁矿含量高达 8%,有机碳 (OC)、总氮 (TN) 和碳氮比 (C/N) 也构成一个高值区 (王苏民等, 1990),岩性见深水湖相沉积纹层发育,反映湖水补给量大于蒸发量,湖泊扩张,水质淡化,水深加大。另据孢粉资料,古植被为温暖的落叶阔叶林景观,表明应属里斯-玉木间冰期的暖湿气候。顶部碳酸盐沉积作用增强,至 47m 以上,碳酸盐含量变化大,表明在较短时段内湖水浓缩、淡化交替,气候干湿波动较强烈,相应有机碳等指标变化也较大。介形类以湖陆花介等冷水种属占优势,反映早玉木冰期来临前古气候温湿、干冷变化频繁。

3.2 中段沉积 (45.0—14.4m) 为全井碳酸盐沉积最发育,变化也较大。底部含量大于 70%,超过了陆源碎屑沉积,相应 OC, TN 指标也较低。由于湖面强烈收缩,湖水盐度大,发育了碳酸盐纹层。孢粉和介形类均以耐寒种属为主,反映了早玉木冰期干冷的气候。该时段岱海可能被分割, DZ1 孔附近演化为半封闭的浅水湖湾。中部碳酸盐沉积减弱,有机碳等在 30.0m 附近形成一小峰值,孢粉组合中阔叶乔木和湿生草本植物增加,应为冰期中偏暖湿的亚间冰阶气候。上段碳酸盐沉积又增强,含量 20—30%,有针状文石检测,相应 OC、TN 形成小低谷,表明湖水又一次浓缩。孢粉中灌木、草本含量占 78.4%,局部麻黄含量高达 17.45%,其时代大致始于 20 000a.B.P., 结束于 14 500a.B.P., 代表了末次盛冰期干冷气候的沉积记录 (王苏民等, 1990)。晚冰期碳酸盐沉积作用表现为短时段变化大,其趋势大体与 OC, TN 等指标成反向关系,是全球气候冷暖干湿激烈变化的沉积响应。

3.3 上段沉积 (14.4—3m) 底部和中部代表了早、中全新世沉积,碳酸盐含量较低而稳定,平均约为 10%。另从孢粉组合中乔木有松、榆、栎、桦等树种,有机碳,总氮形成高峰值,但 C/N 偏低,表明应属温度较高的半湿润气候,反映岱海湖水有较高的矿化度和较长时间维持浅湖环境。在井深 7—8m,距今约 4 000 年的中全新世晚期,碳酸盐含量下降至 5%,其孢粉中,乔木花粉由不足 20% 上升至 35.82%,反映气候一度转为偏湿润,湖面扩张在地形上的表现为环湖二级阶地形成。DZ1 孔顶部沉积物较粗,缺少良好的湖相沉积物,借助沉积相分析为三角洲进积和湖泊充填,孢粉分析反映湿生植本和耐旱草本交替占优势,应属温凉的半干旱半湿润气候。

4 结语

4.1 第四纪气候最基本的特征表现为冰期与间冰期的交替和古气候不同尺度波动的模式。其主导因素是气温和湿度变化,但影响湿度的变化因素比温度复杂,至今尚没有成熟方法 (刘东生等, 1987)。通过青海湖和岱海不同尺度的碳酸盐化学沉积与古气候古环境关系的分析表明,半干旱半湿润区的内陆湖泊的湖面变化,较灵敏的反映有效湿度 (降水量减蒸发量) 的变化,通常被作为天然的雨量计。而湖相地层中的碳酸盐沉积又是反映有

效湿度的良好地质记录。因此与反映温度的其他资料结合,能较好的揭示过去不同尺度的气候环境变化规律和特点。

4.2 青海湖近 500 年来百年尺度的气候变化表现为小冰期时冷湿,碳酸盐沉积作用减弱;随着气温升高而干暖化,碳酸盐沉积作用增强。根据冷湿、暖干百年周期的变化规律,预测在下一个世纪上半期湖面可能回升。

4.3 岱海晚更新世以来的古气候变化与我国东部地区较相似。冰期时碳酸盐沉积发育,气候干冷;间冰期时碳酸盐沉积减弱,气候温湿。湖面扩张与收缩和东部海侵、海退的规律大体相同(赵松龄等,1986),属东部季风型的变化类型。但由于该湖位于季风区边缘,所以一方面古气候变化较复杂,表现在反映气候环境的指标变化较频繁,但总体上碳酸盐沉积的规律与多数指标仍较一致。另一方面又表现出气候环境变化的敏感性,尤其在冰期、间冰期的过渡阶段,气候变化的信息就较早地显露。因此在气候环境变化频繁、加剧的今天,对气候带边缘的内陆湖泊的沉积学研究具有重要意义。

参 考 文 献

- 王云飞,1989,云南湖泊的碳酸盐沉积,海洋与湖沼,20(2): 122—130。
王玉玺等,1982,祁连山圆柏年轮与我国近千年气候变化和冰川进退的关系,科学通报,27(21): 1316—1319。
王苏民、李建仁,1990,湖泊沉积——研究历史气候的有效手段,科学通报,36(1): 54—56。
王苏民等,1990,岱海—湖泊环境与气候变化,中国科学技术大学出版社(合肥),117—154。
刘东生、袁宝印,1987,论第四纪湿润期与干旱期,中国—澳大利亚第四纪学术讨论会论文集,科学出版社(北京),1—9。
陈克造、鲍勃, J. M., 1987,柴达木盆地晚更新世盐湖演化,中国—澳大利亚第四纪学术讨论会论文集,科学出版社(北京),83—91。
竺可桢,1973,中国近 5 千年来气候变化的初步研究,中国科学,2: 168—189。
施雅风,1990,山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候干暖化趋势与未来展望,地理学报,45(1): 1—13。
赵松龄、秦蕴珊,1986,中国东部沿海近 30 万年以来的海侵与海面变动,中国海平面变化,海洋出版社(北京),115—123。
莱尔曼, A., 1978,湖泊的化学、地质学和物理学,地质出版社(北京),309—350。
Kozloff, P.K., 1908, The mongolia szechuan expedition of the imperial Russian geographical society, *Geograph.*, 34(2):389—427.

LACUSTRINE CARBONATE CHEMICAL SEDIMENTATION AND CLIMATIC-ENVIRONMENTAL EVOLUTION — A CASE STUDY OF QINGHAI LAKE AND DAIHAI LAKE

Wang Yunfei

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica, 210008*)

ABSTRACT

Temperature and precipitation are climatic factors which control the water balance of inland lakes in semi-arid to semi-humid areas to the extent that they may definitely cause fluctuation in lake capacity, water mineralization and carbonate sedimentation. Thus analysis of carbonate sediments in geological sections may give useful information on past climatic and environmental evolutionary trends. According to the pattern of fluctuation of carbonate sediments in Qinghai and Daihai lakes, the climate changes over the past 500 a in Qinghai Lake suggest that during the little ice age the climate was cold and humid, during the temperature increasing period, warm and dry, resulting in a 100 a meta-cyclicality. Dry and cold ice age, warm and humid interglacial periods have been the major climatic features in Daihai Lake since the Late Pleistocene. Drastic climatic changes took place during the transition from glacial to interglacial period. The water balance of lakes in the marginal monsoon areas suggested that they were sensitive to climatic changes.

Key words Lacustrine carbonate chemical sedimentations Climatic-environmental evolution Qinghai Lake Daihai Lake