

文章编号: 1000-0550(2004)03-0494-06

中国新疆博斯腾湖全新世沉积环境年代学特征

张成君 曹洁 类延斌 尚华明

(兰州大学资源环境学院 兰州 730000)

摘要 通过对博斯腾湖沉积物湖芯样品进行¹³⁷Cs, ¹⁴C-AMS测年分析,湖芯剖面上有明显的1986年的切尔诺贝利核事故蓄积峰,以及1975年和1963年次蓄积峰,这些¹³⁷Cs蓄积峰对博斯腾湖现代沉积有明显的时标意义。通过质量深度与年代分析,博斯腾湖的沉积速率相对稳定,平均沉积速率为 $0.13 \pm 0.01 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$ 。与¹⁴C年代获得的全全新世以来的平均沉积速率 $0.13 \pm 0.03 \text{ cm/a}$ 和 $0.12 \pm 0.05 \text{ cm/a}$ 相似,表明博斯腾湖中全新世以来的沉积环境较稳定,并且也说明¹⁴C-AMS测年分析所得的结果较为可靠,可以利用博斯腾湖沉积物样品测定的¹⁴C年代进行线性回归作年代校正,由于湖泊沉积物中老碳效应的影响,博斯腾湖沉积物有机质¹⁴C测年偏老约650a左右。

关键词 博斯腾湖 ¹³⁷Cs计年 沉积速率 ¹⁴C AMS年代

第一作者简介 张成君 男 1966年出生 教授 有机同位素地球化学

中图分类号 P534.63 P512.2 文献标识码 A

中国新疆南部处于典型的西风环流带,在历史时期发生了较大的生态变化,曾是一度繁荣的“丝绸之路”,逐渐演变为自然环境恶化,大量的水系干涸,湖泊、绿洲大量消失的自然景观。新疆南部有中国最大的内陆淡水湖——博斯腾湖,研究表明湖泊沉积物是记录古环境变化的有利载体^[1],通过对博斯腾湖记录的全全新世气候环境变化历史的研究,可以加深对这一地区古环境变迁和古气候演化的了解,认识全新世西风环流带气候变化规律,了解在极端干旱背景下引起自然环境变化的自然和人为因素特征,有利于对该地区未来气候发展趋势作出预测。在这一过程的研究中,年代学是最关键的问题之一,只有建立在较准确的年代序列之上的古气候指标才有实际的意义。目前对湖泊年代测定主要是利用沉积物中有机质进行液闪法和加速器¹⁴C测年,但是通过目前的研究表明湖泊沉积物测年由于老碳效应的影响,使年龄普遍偏老^[2~5],而且由于湖泊水质硬度的不同,偏老的程度也不相同^[6]。湖泊中老碳对年龄的影响主要取决于湖泊的保留时间、大气CO₂与湖泊中可溶无机碳酸盐之间碳同位素的交换影响沉积物中有机质碳同位素组成特征^[7]。本文通过对博斯腾湖湖芯样的¹³⁷Cs比活度分析,了解博斯腾湖表层沉积物的沉积速率,以及对全新世湖芯样中植物残枝叶、碳屑、草籽等进行¹⁴C AMS测年,认识博斯腾湖全新世沉积特征,并

确定湖泊沉积物中老碳对有机质¹⁴C AMS产生的年代效应,从而建立了博斯腾湖的¹⁴C AMS年代序列。

1 博斯腾湖的自然地理特征

新疆地处欧亚大陆腹地,远离海洋,水汽来源主要是西风环流携带的西来水汽,其次是北冰洋南下水汽,而太平洋和印度洋的东南、西南季风的影响甚微。博斯腾湖在中国新疆南部,湖面海拔为1 048 m左右。盆地内为第四纪沉积物所覆盖,主要为河流冲积物。流入盆地的主要的补给水源为开都河和清水河。开都河的径流量占全部入湖总径流量的84.7%,由冰雪融水和地下水补给,是流入焉耆盆地的最大河流,也是天山南坡水量丰富的河流之一。发源于天山中部的依连哈比尔尕山和艾尔宾山,主源为扎格斯台河和哈尔尕提沟,向西流经小尤尔都斯盆地,折转经大尤尔都斯盆地,汇纳数十条溪沟,穿过峡谷地带,至和静县查干塞尔与乌拉斯台河汇合,经焉耆注入博斯腾湖。全长513 km,流域面积达 $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,开都河平均年径流量为 $33.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。博斯腾湖既是开都河的尾间,又是孔雀河的源头。据焉耆气象站资料,这里年平均温度7.9,1月均温-12.5,7月均温是22.8,年平均降雨量64.6 mm,年平均蒸发量达1 949.5 mm^[8],因此博斯腾湖是一个巨大的蒸发器。

2 样品的采集和分析

2000 年 6 月通过气压活塞钻和动力活塞钻在新疆博斯腾湖西端 (41°56'33" N, 86°45'52" E) 水深 5.5 m 处获得近 9.74 m 的湖芯 1 根 (BSTC - 1) 和 1 m 的短湖芯 (BST - 4), 以及在附近 (41°54'27" N, 86°43'26" E) 水深 6.25 m 获得另 1 根 9.25 m 长的湖芯 (xb46) 平行样。BST - 4 采用气压活塞钻获得, 沉积物基本未受到扰动, 主要用于现代沉积物中 ¹³⁷Cs 分析和沉积速率计算。在 2 根长湖芯 BSTC - 1 和 xb46 中选取了植物残枝、草籽、碳屑等有机物质在德国 Kiel 大学年代实验室进行了 ¹⁴C AMS 测年分析, ¹⁴C 测定结果见表 3。

对 ¹³⁷Cs 的放射性比度的测定在中国科学院南京地理与湖泊研究所进行, 采用 γ 谱分析系统对样品进行无损直接测量的方法, 直接分析 662 keV 处 γ 射线能谱得到。分析仪器为美国 EG&G Ortec 公司生产的由高纯锗井型探测器 (Ortec HPGe GWL) 与 Ortec919 型谱控制器和 IBM 微机构成的 16k 道多道分析器组成的 γ 谱分析系统。低环境本底通过由 110 mm 厚老铅、2 mm 厚钢板和 5 mm 厚有机玻璃组成的全封闭屏蔽室保证。用中国原子能科学院提供的与测量样品几何构形完全一致的标准体源标定。博斯腾湖 BST - 4 湖芯样 1 cm 间隔分样后进行 ¹³⁷Cs 比活度测定结果见表 1, 测定误差为 ± 0.01 。

3 博斯腾湖沉积物 ¹³⁷Cs 蓄积峰及计年

¹³⁷Cs 是 20 世纪以来人工核试验产生的放射性核素, 降落到地表后, 被土壤粘粒和有机物强烈吸附, 基本不被植物吸收和淋溶流失, 主要随土壤的物理运动而迁移。60 年代开始的研究表明, 核爆炸试验后通过大气层扩散而散落沉降到地表环境中的 ¹³⁷Cs 是研究地表的侵蚀^[9]和水体沉积的一个独特而实用的示踪剂, 可以用于现代沉积物计年和环境示踪^[10~13]。50 年代初全球核试验开始, 由于 ¹³⁷Cs 的半衰期仅 30.23 年, 因此 50 年代初的核试验在沉积物层节中的 ¹³⁷Cs 比活度已很低, 目前已难于辨识。1963 ~ 1964 年全球散落高峰期在北半球的沉积物中成为重要的计年标志。因 1974 年散落沉降对应 1975 年沉积物层节, 因而在许多湖泊沉积物中均有 1975 年的 ¹³⁷Cs 沉积物计年标志, 如贵州的红枫湖和洱海^[14]。

表 1 博斯腾湖 BST - 4 湖芯样 ¹³⁷Cs 比活度测定结果

Table 1 The result of ¹³⁷Cs of BST - 4 core in

Bosten Lake, Xinjiang, China				
样号	深度 / cm	质量深度 / (g/cm ²)	盒重 / g	¹³⁷ Cs / (Bq/kg)
BST00	0.5	0.52	2.367	16.96
BST01	1.5	0.94	2.377	8.66
BST02	2.5	1.37	2.382	15.14
BST03	3.5	1.65	2.398	24.47
BST04	4.5	2.01	2.381	6.78
BST05	5.5	2.43	2.436	16.46
BST06	6.5	2.95	2.434	14.66
BST07	7.5	3.36	2.357	21.58
BST08	8.5	3.82	2.376	20.79
BST09	9.5	4.26	2.400	19.87
BST10	10.5	4.77	2.365	14.93
BST11	11.5	5.23	2.436	16.37
BST12	12.5	5.73	2.400	12.69
BST13	13.5	6.27	2.310	6.87
BST14	14.5	6.66	2.342	1.92
BST15	15.5	7.15	2.353	0.00
BST16	16.5	7.6	2.395	0.00
BST17	17.5	8.05	2.371	0.00
BST18	18.5	8.51	2.415	0.00
BST19	19.5	8.86	2.421	0.00
BST20	20.5	9.26	2.360	0.00

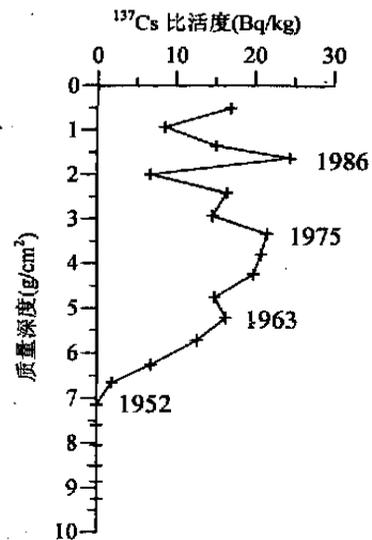


图 1 博斯腾湖 BST - 4 湖芯的 ¹³⁷Cs 蓄积峰及时标关系

Fig. 1 The relationship between ¹³⁷Cs peaks and ages in BST - 4 core in Bosten Lake

在博斯腾湖 BST - 4 湖芯样 ¹³⁷Cs 质量深度剖面中 (图 1), 有 3 个明显的蓄积峰位置。质量深度 1.65 g/cm² 处有最大的 ¹³⁷Cs 蓄积峰, ¹³⁷Cs 的比活度达 24.47 Bq/kg。与 1986 年的切尔诺贝利 (Chernobyl) 事件的 ¹³⁷Cs 全球散落有关, 这也是惟一一次与核实

验无关的 ^{137}Cs 在自然环境中大规模核散落,虽然在全球的沉积物中可以作为明显的时标,但散落量大小有明显的区域特点^[15]。在云贵高原的洱海和红枫湖^[13]、青海共和盆地达连海^[16]在1963~1964年 ^{137}Cs 的比活度较高,而1986年的比活度较低。由于博斯腾湖位于新疆南部,处于西风带,与前苏联距离较近,受切尔诺贝利事件的影响相对较大,博斯腾湖则在1986年的沉积层节上表现出最大的 ^{137}Cs 比活度,湖泊接受了较多的 ^{137}Cs 的散落,成为博斯腾湖较明显的计年标志层。在质量深度为 3.36 g/cm^2 处有一个次级蓄积峰, ^{137}Cs 的比活度为 21.58 Bq/kg ,与1975年的核散落相对应。红枫湖和洱海中1975年也表现出一个较明显的 ^{137}Cs 蓄积峰^[13]。在质量深度 $3.36\sim 4.26\text{ g/cm}^2$ 段中, ^{137}Cs 的比活度较高($21.58\sim 19.87\text{ Bq/kg}$),林瑞芬等^[17]通过沉积物孔隙水中 ^3H 含量对博斯腾湖的沉积进行了研究,发现在1967年和1969年出现峰值。由于 ^3H 是宇宙核反应和大气热核试验的产物, ^3H 峰值的出现表明了当地核试验以及大气降水流量的高程效应的影响, ^3H 分布峰值的出现也反映了与湖水的混合过程有关。因此在BST-4湖芯样中质量深度 $3.36\sim 4.26\text{ g/cm}^2$ 段,可能代表了从1967年到1975年湖泊沉积物中接受了较多的与当地核试验有关的 ^{137}Cs 的散落。由于受具博斯腾湖不远的核试验的影响,在 ^{137}Cs 质量深度剖面中也有较明显的反映,也可能与全球的 ^{137}Cs 散落相叠加,如在 0.52 g/cm^2 和 2.43 g/cm^2 层段也反映出较大的 ^{137}Cs 比活度。由于 ^{137}Cs 的半衰期仅30.23年,因此50年代初的核试验在沉积物层节中的 ^{137}Cs 比活度已很低,在博斯腾湖沉积物湖芯样中,推测大约在质量剖面深度 6.66 g/cm^2 层, ^{137}Cs 比活度约 1.92 Bq/kg 为1952年的蓄积层,但难于辨识,已没有实际的时标意义。通过 ^{137}Cs 获得的湖泊表层沉积物沉积速率,并与沉积物中有机质 ^{14}C 测年反映的沉积速率相比较,博斯腾湖BST-4湖芯样 ^{137}Cs 质量深度剖面中的蓄积峰年代标尺较为可靠。

4 博斯腾湖的沉积速率

利用某些年代散落蓄积在湖泊、海湾沉积物中的 ^{137}Cs 比活度的异常值作为时间标志,便可确定其沉积物平均堆积速率^[18~21]。 ^{137}Cs 的扩散迁移有可能改变其在沉积物中的垂直剖面分布特征^[14],但通过对湖泊沉积物的研究表明, ^{137}Cs 的分子扩散作用不足以改变沉积物柱芯垂直剖面上的峰值位置,因此利

用 ^{137}Cs 的积蓄峰位置可以计算沉积物速率 $S(\text{g/cm}^2\cdot\text{a})$ ^[13]

$$S = Z'_{\text{max}} / (T_c - T_m)$$

式中 Z'_{max} —积蓄峰位置的质量深度(g/cm^2)

T_c —采样日期(a)

T_m —峰值时间(a)

利用 ^{137}Cs 1986年的蓄积峰位置及1975年和1963年的次级蓄积峰位置作为计年的时标,并根据估计的1952年质量深度,从公式可以推算出博斯腾湖湖芯的平均沉积速率分别为 $0.12\text{ g/cm}^2\cdot\text{a}$, $0.13\text{ g/cm}^2\cdot\text{a}$, $0.14\text{ g/cm}^2\cdot\text{a}$ 和 $0.14\text{ g/cm}^2\cdot\text{a}$,平均沉积速率为 $0.13\pm 0.01\text{ g/cm}^2\cdot\text{a}$ (表2)。不同时标标定的沉积物沉积速率很接近,说明博斯腾湖湖芯的 ^{137}Cs 蓄积峰时标较为可靠。并且利用 ^{137}Cs 获得的沉积速率比较接近,表明博斯腾湖有较稳定的沉积。

表2 ^{137}Cs 计算的BST-4湖芯沉积速率

Table 2 The sedimentation rates of BST-4 from ^{137}Cs data

湖 芯	年代/a	质量深度 /(g/cm^2)	^{137}Cs 比活度 /(Bq/kg)	沉积速率 /($\text{g/cm}^2\cdot\text{a}$)
BST-4	1986	1.65	24.47	0.12 ± 0.01
	1975	3.36	21.58	0.13 ± 0.01
	1963	5.23	16.37	0.14 ± 0.01
	1952	6.66	1.92	0.14 ± 0.01

林瑞芬等^[17]在位于博斯腾湖乌什塔拉西南渔场管会以东约1 km,离岸40 m,湖水深1.3 m处采集了90 cm的湖芯样,并测定了沉积岩心 ^{210}Pb 、 ^{228}Th 和核试验释放核素 $^{239,240}\text{Pu}$ 的分布,并据 ^{210}Pb 、 ^{228}Th 、 ^{137}Cs 的结果估算湖泊的沉积速率,分别为 0.31 cm/a , 0.26 cm/a 和 0.33 cm/a ,表明了博斯腾湖近百年来沉积环境十分稳定,与该地区工业不发达,人口稀少,人类活动很少和近百年来该地区没有发生过严重自然事件,气候环境相对稳定有关。钟巍等^[22]年在博湖县县城西南约2 km处(小湖区)采样,剖面深度3.2 m,对剖面中4层碳化层进行了 ^{14}C 测年,然后利用最小二乘法计算出剖面的平均沉积速率为 0.026 cm/a 。很明显在不同的地点采集的湖芯样其沉积速率有较大的差异,小湖区的沉积速率最低,在博斯腾湖(大湖区)的岸边沉积速率较高,距岸较远处沉积速率较低(BST-4)。研究表明利用 ^{210}Pb 进行沉积速率计算时,对数据进行校正得到较真实的沉积速率的关键^[23]。同样利用 ^{137}Cs 进行沉积速率计算时,也须对剖面深度进行质量校正才能得到较为真实的沉

积速率值。

5 博斯腾湖 BSTC - 1 和 xb46 湖芯的¹⁴C 沉积速率

通过对博斯腾湖采集的湖芯 BSTC - 1 和 xb46 中植物残枝、碳屑、草籽等进行¹⁴C AMS 测年分析(表 3),对湖芯进行深度校正后计算沉积物的平均沉积速率,结果见表 3。根据¹⁴C 年龄得到的 2 根湖芯的沉积速率在顶部较低,中部沉积速率较高,有相似的变

化趋势。平均沉积速率分别为 0.13 ±0.03 cm/a 和 0.12 ±0.05 cm/a,2 根湖芯的沉积速率相差不大,并且与¹³⁷Cs 计算出的沉积速率相似。沉积速率与粒度相关,较粗的颗粒代表了较高的水动力条件,沉积相对较低,而在离湖岸较远处沉积速率相对较大。表明利用博斯腾湖沉积物中有机质¹⁴C 测年计算的沉积速率较好地反映了湖泊的沉积状况,从而也证明湖芯的¹⁴C 年龄测量结果的合理性,博斯腾湖稳定的沉积速率与¹⁴C 年龄大约呈线性关系。

表 3 博斯腾湖¹⁴C AMS 年龄沉积速率

Table 3 The sedimentation rates by¹⁴C AMS data in Bosten Lake

(BSTC - 1) 深度/cm	¹⁴ C 年龄/aB. P.	沉积速率/(cm/a)	(xb46) 深度/cm	¹⁴ C 年龄/aB. P.	沉积速率/(cm/a)
			0	102 ±24	
145	2099 ±24	0.069	36	1205 ±25	0.033
368	3590 ±27	0.150	368	3865 ±30	0.125
523.1	4426 ±26	0.186	595	4950 ±30	0.209
864.9	7364 ±37	0.116	832	7368 ±36	0.098
平均沉积速率(cm/a)		0.13 ±0.03			0.12 ±0.05

图 2 反映了利用湖芯 BSTC - 1 和 xb46 的¹⁴C 年龄值与深度之间的关系(双点划线),以及利用博斯腾湖较稳定的沉积速率和¹³⁷Cs 的结果确定的沉积速率与深度之间的关系(单点划线)。

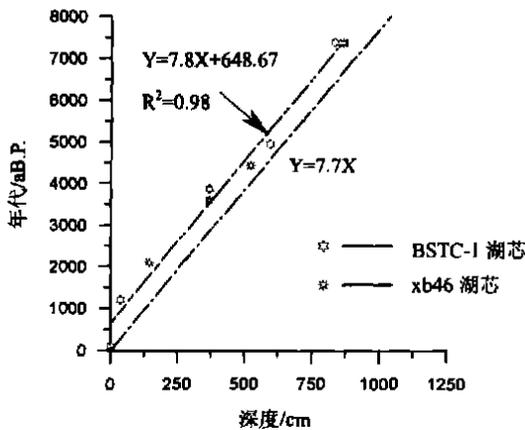


图 2 博斯腾湖 BSTC - 01 和 xb46 湖芯¹⁴C 年龄、沉积速率与深度之间的关系

Fig. 2 The relationship among ¹⁴C of organic sediments and sedimentation rate and core depth in the BSTC - 1 and xb46 lake cores

对图中湖芯 BSTC - 1 和 xb46 的¹⁴C 年龄值与深度之间的关系线性拟合(双点划线),得到

$$Y = 7.8 X + 648.67 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.98$$

¹³⁷Cs 计算得到的沉积速率与深度关系为(单点划线)

$$Y = 7.7 X \quad (2)$$

博斯腾湖沉积物¹⁴C 年龄与深度呈线性关系,从式(1)和(2)可以看出 2 条直线的斜率基本相同,从而进一步说明博斯腾湖沉积较稳定。利用表层沉积物的沉积速率外推,得到的结果与实际¹⁴C 测定的结果截距有一定的误差,反映了沉积物的压实作用的结果。但是由于湖泊沉积物未经成岩作用,沉积物主要有泥质物质组成且深度不大,压实的程度相对较低,因此在应用中可以忽略。假定湖泊沉积物表层的¹⁴C 年龄为 0 aB. P.,所以由湖泊硬水效应产生的博斯腾湖¹⁴C 测年偏老的值大约是式(1)的截距 648.67 年。即是说,利用博斯腾湖湖芯中有机质测年时,老碳效应对测定结果产生的年龄偏老值大约为 650 年左右。因此可以对¹⁴C 测年结果进行老碳校正,建立博斯腾湖的¹⁴C 年代序列。

研究表明湖泊¹⁴C 测年一般都存在年龄偏老的现象,这主要是由湖水硬度引起的,并且由于湖泊硬水程度的差异,¹⁴C 测年偏老的大小也不同。丹麦北 Jutland 晚冰期湖相沉积物¹⁴C 测年比陆生植物残枝偏老 1 700a 左右,瑞典湖泊的硬水效应使沉积物¹⁴C 年代偏老 300 ~ 400 a^[24]。在国内也对湖泊¹⁴C 测年偏老作了大量工作,尽管研究者并未指出“硬水”效应的影响问题,但根据不同研究者发表的资料,可以对

“硬水”影响的程度作为初步估计。这种估计发现,内蒙古大青山白音素海子 ^{14}C 测定年龄可能偏老 1200a 左右;大青山调角海子湖泊沉积物 ^{14}C 测年可能接近偏老 2 000 a;鄂尔多斯高原的泊江海子沉积物 ^{14}C 测年结果也明显偏大;浑善达克沙地达来诺尔湖泊沉积物 ^{14}C 年龄可能比实际偏老 2 000 a 左右^[6]。此外。在西藏色林错湖进行的工作也反映出碳酸盐沉积物 ^{14}C 实测年龄约偏老 500 ~ 1 500 a^[25]。

6 结论

(1) 博斯腾湖沉积物湖芯剖面上有明显的 1986 年的切尔诺贝利核事故蓄积峰,以及 1975 年和 1963 年次蓄积峰,这些 ^{137}Cs 蓄积峰对博斯腾湖现代沉积物有明显的时标意义,并且在博斯腾湖中 1986 年的切尔诺贝利事件的影响最大。通过质量深度与年代分析,博斯腾湖的沉积速率相对稳定,平均沉积速率为 $0.13 \pm 0.01 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$ 。

(2) 利用 ^{137}Cs 及 ^{14}C 测年均反映出博斯腾湖沉积物的沉积较为稳定,从 2 种方法得到的沉积速率较为相似,说明 ^{14}C 测年结果较为准确,博斯腾湖的硬水效应对 ^{14}C 有机质测年产生了大约 650 a 偏老的特征。

参考文献(References)

- 王苏民,李建仁. 湖泊沉积—研究历史气候的有效手段——以青海湖、岱海为例. 科学通报, 1991, 1: 54 ~ 56 [Wang Sumin, Li Jianren. Lake sediments—an effective way to research the palaeoclimate: as example of Qinghai lake and Daihai lake. Chinese Science Bulletin, 1991, 1: 54 ~ 56]
- Deevey E S, Jr Gross M S, Hutchinson G E, and Kraybill H L. The natural ^{14}C contents of materials from hard water lakes. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 1954, 40: 285 ~ 288
- Shotton F W. An example of hard-water error in radiocarbon dating of vegetable matter. Nature, 1972, 240: 460 ~ 461
- Karrow P E, Warner B G, Fritz P. Corry Bog, Pennsylvania: A case study of the radiocarbon dating of marl. Quaternary Research, 1984, 21: 326 ~ 336
- MacDonald G M, Beuken R P, Kieser W E, Vitt D H. Comparative radiocarbon dating of terrestrial plant macrofossils and aquatic moss from the “ice-free corridor” of western Canada. Geology, 1987, 15: 837 ~ 840
- 任国玉. 内蒙古湖相沉积 ^{14}C 年代测定中“硬水”影响的发现. 湖泊科学, 1998, 10(3): 80 ~ 82 [Ren Guoyu. A finding of the influence of “Hard Water” on radiocarbon dating for lake sediments in Inner Mongolia, China. Journal of Lake Sciences, 1998, 10(3): 80 ~ 82]
- Aravena R, Warner B G, MacDonald G M, Hanf k. Carbon isotope composition of lake sediments in relation to lake productivity and radiocarbon dating. Quaternary Research, 1992, 37: 333 ~ 345
- 许英勤. 新疆博斯腾湖地区全新世以来的孢粉组合与环境. 干旱区地理, 1998, 21 (2): 43 ~ 49 [Xu Yingqing. The assemblage of Holocene spore pollen and its environment in Bosten lake area, Xinjiang. Arid Land Geography, 1998, 2(2): 43 ~ 49]
- 严平,董光荣,张信宝,张一云. ^{137}Cs 法测定青藏高原土壤侵蚀的初步结果. 科学通报, 2000a, 45(2): 199 ~ 204 [Yan Ping, Dong Guangrong, Zhang Xinbao, et al. Preliminary results of using ^{137}Cs to study wind erosion in the Qinghai-Tibet Plateau. Chinese Science Bulletin, 2000a, 11: 1019 ~ 1024]
- Lomenick T F, Tamura T. Naturally occurring fixation of cesium-137 on sediments of lacustrine origin. Soil Science Society of American Proceeding, 1965, 29: 383 ~ 386
- Richie J C, McHenry J R. Fallout cesium-137: A tool in conservation research. Journal Soil Water Conservation, 1975, 30: 283 ~ 286
- Collins A L, Walling D E, Leeks G J L. Using of the geochemical record preserved in floodplain deposits to reconstruct recent changes in river basin sediment sources. Geomorphology, 1997, 19: 151 ~ 167
- 万国江. 现代沉积物年分辨的 ^{137}Cs 记年——以云南洱海和贵州红枫湖为例. 第四纪研究, 1999, (1): 73 ~ 80 [Wan Guojiang. ^{137}Cs dating by annual distinguishment for recent sedimentation: samples from Erhai lake and Hongfeng lake. Quaternary Sciences, 1999, (1): 73 ~ 80]
- 万国江. ^{137}Cs 及 ^{210}Pb 方法湖泊沉积物计年研究新进展. 地球科学进展, 1995, 10(2): 198 ~ 192 [Wang Guojiang. Progresses on ^{137}Cs and ^{210}Pb dating of lake sediments. Advance in Earth Sciences, 1995, 10(2): 198 ~ 192]
- 项亮,吴瑞金,吉磊. ^{137}Cs 和 ^{241}Am 在滇池、剑湖沉积孔柱中的蓄积分布及时标意义. 湖泊科学, 1996, 8(1): 27 ~ 34 [Xiang Liang, Wu Ruijin, Ji Lei. ^{137}Cs and ^{241}Am profiles and dating of sediments from two lakes in Yunnan province, China. Journal of Lake Sciences, 1996, 8(1): 27 ~ 34]
- 严平,董光荣,董治宝,等. 青海共和盆地达连海湖沉积物 ^{137}Cs 示踪的初步结果. 地球化学, 2000b, 29(5): 469 ~ 474 [Yan Ping, Dong Guangrong, Dong Zhibao, et al. ^{137}Cs tracing of lacustrine sediments from Dalianhai lake, Qinghai province, China. Geochimica, 2000b, 29(5): 469 ~ 474]
- 林瑞芬,卫克勤,程致远,等. 新疆博斯腾湖沉积岩芯的 ^{210}Pb 、 ^{228}Th 、 $^{239,240}\text{Pu}$ 和 ^3H 的分布及意义. 地球化学, 1992, 1: 63 ~ 69 [Lin Ruifen, Wei Keqin, Cheng Zhiyuan, et al. Distributions of ^{210}Pb , ^{228}Th , $^{239,240}\text{Pu}$ and ^3H and their implications in sediment core from Bosten lake, Xinjiang, China. Geochimica, 1992, 1: 63 ~ 69]
- Krishnaswami S, Lai D, Martin J M, Meybeck M. Geochronology of lake sediments. Earth Planetary Science Letters, 1971, 11: 407 ~ 414
- Pennington Cambrary W R S and Fisher E M. Observation on lake sediments using fallout ^{137}Cs as a tracer. Nature, 1973, 242: 324 ~ 326
- Ritchie J C, McHenry J R and Gill A C. Dating recent reservoir sediments. Limnology Oceanography, 1973, 18: 254 ~ 263

- 21 Robbins J A and Edgington D N. Determination of recent sedimentation rates in lake Michigan using ^{210}Pb and ^{137}Cs . *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1975, 39: 285 ~ 304
- 22 钟巍, 舒强. 新疆博斯腾湖近 12.0kaB. P. 以来古气候与古水文状况的变化. *海洋与湖沼*, 2001, 32(2): 213 ~ 219 [Zhong Wei, Shu Qiang. Palaeoclimatic and palaeohydrologic oscillations since about 12.0kaB. P. at Bosten lake, Southern Xinjiang. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, 32(2): 213 ~ 219]
- 23 范德江, 杨作升, 郭志刚. 中国陆架 ^{210}Pb 测年应用现状与思考. *地球科学进展*, 2000, 15(3): 297 ~ 302 [Fan Dejiang, Yang Zuo-sheng, Guo Zhigang. Review of ^{210}Pb dating in the continental shelf of China. *Advance in Earth Sciences*, 2000, 15(3): 297 ~ 302]
- 24 Regnell J. Preparing pollen concentrations for AMS dating—a methodological study from a hard-water lake in southern Sweden. *Boreas*, 1992, 21: 373 ~ 377
- 25 孙湘君, 杜乃秋, 陈因硕, 等. 西藏色林错湖相沉积物的花粉分析. *植物学报*, 1993, 35(12): 943 ~ 950 [Sun Xiangjun, Du Naiqiu, Chen Yinshun, *et al.* Holocene palynological records in lake Selincuo, Northern Xizang. *Acta Botanica Sinica*, 1993, 35(12): 943 ~ 950]

The Chronological Characteristics of Bosten Lake Holocene Sediment Environment in Xinjiang, China

ZHANG Cheng-jun CAO Jie LEI Yan-bin SHANG Hua-ming

(School of Resources and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract ^{137}Cs and ^{14}C AMS were analyzed for the Bosten Lake sediment cores in Xinjiang, arid China. In the BST-4 core ^{137}Cs section, there are obvious 1986 Chernobyl nucleus accident peak and 1975, 1963 peaks, which are important age characteristics for the Bosten lake sediment. The sedimentation rate, which was average $0.13 \pm 0.01 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$, was stable in the Bosten Lake by analysing the mass depth and ages. It is very similar to that from the ^{14}C age, $0.13 \pm 0.03 \text{ cm/a}$ for BSTC-1 core and $0.12 \pm 0.05 \text{ cm/a}$ for xb46 core, in Bosten Lake after middle Holocene and show that the depositional environment was stable and the ^{14}C ages were accurate. From the ^{14}C age of the samples in Bosten Lake, it can be calibrated the old carbon effect produced by the hard water in the lakes and old carbon effect can lead to the old age for the ^{14}C age in analysing the lake organic matters in sediments. We obtained the result of about 650a old effect in Bosten lake from the ^{14}C age and the sedimentation rate by the ^{137}Cs data.

Key words Bosten lake, ^{137}Cs , sedimentation rate, ^{14}C AMS age