

昆明滇池沉积速率的测定*

于银亭 李培泉

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

吴润

(青岛大学化学系, 青岛 266071)

孟伟 刘玉生 邹兰

(中国环境科学院, 北京 100012)

摘要 于1989年12月采用 ^{210}Pb 法测定昆明滇池(草海和外海)两个柱样的沉积速率,其值分别为 0.29 cm/a 和 0.28 cm/a ,平均值约为 0.29 cm/a 。在沉积柱12 cm以上,由于人为影响,其沉积速率没有规律,估计约有30—40年的历史。在12 cm以下, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 随深度的变化明显地表现出规律性,以 0.29 cm/a 的速率计算,从12 cm到40 cm这一段大约有90年的沉积历史。

关键词 沉积速率 ^{210}Pb 法 示踪体 衰变 沉积柱

本文采用 ^{210}Pb 法对云南昆明滇池的两个柱样进行测定,获得了该区的沉积速率,为了解和治理滇池日益加重的污染,保护滇池的水环境提供重要的科学依据。

1 样品采集分析测定及资料处理

1.1 样品的采集与处理 于1989年10月在滇池的草海及外海(见图1)用柱状采样器取50 cm柱长的沉积物,按1 cm一段分割,去除石块杂物,在 $110\text{ }^\circ\text{C}$ 下烘干,研磨,过筛,样品供分析用。

1.2 分析测定方法 沉积物中的 ^{210}Pb 总是与其子体 ^{210}Po ($T_{1/2}=138.4\text{ d}$)处于平衡状态,因此,可以通过较易测定的 ^{210}Po 确定 ^{210}Pb 的活度。使用美国奥利岗大学(Oregon state University)海洋学院常规 ^{210}Po 测定方法,对滇池沉积物进行 ^{210}Pb 定年测定。基本步骤如下:精确称取2 g已处理过的干燥样品,置于三角烧瓶中,加入0.5 ml ^{208}Po (44.4 dpm/ml)(0.74 Bq/ml)示踪体,小心倒入浓HF和浓HCl各30—50 ml,置于加热灯下烘烤直至干燥,使无机物得到充分

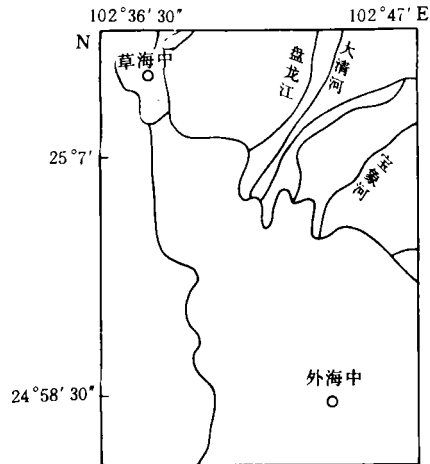


图1 站位图

Fig.1 Stations of Sediment Core in Dianchi Lake

* 中国环科院资助项目, 890450号。于银亭,男,出生于1951年3月,工程师。

收稿日期: 1993年12月24日, 接受日期: 1994年3月29日。

分解。然后加浓 HNO_3 和 HClO_4 各 30 — 50 ml, 在通风厨中加热直至白烟消失, 溶液变为透明为止, 此时有机物已被破坏。加入 2 — 3 mol/L HCl 溶解内容物, 如有不溶物, 应离心弃之, 保留澄清液; 加浓 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, Po 的同位素 ^{208}Po 和 ^{210}Po 也进入沉淀之中。离心, 用与沉淀等体积的 6 mol/L HCl 溶解 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀 (这时变为 3 mol/L); 然后再用蒸馏水 (加 1 倍水) 稀释到 1.5 mol/L, 加入抗坏血酸, 并搅拌之, 样品溶液即从褐色变为无色或微蓝色, 抗坏血酸作为掩蔽剂络合 Fe 。将银片放入溶液中, 烧杯置于电热板上, 在 70 — 90 °C 下维持 1 — 2 h, 待 Po 的自镀完成。取出银片, 放入硅面探头, 用 α 谱仪进行测定。求出 ^{208}Po 和 ^{210}Po 的计数, 然后按放射性计算方法算出 ^{210}Po 的总计数, 包括仪器效率校正, 回收率校正, 衰变校正等。

1.3 资料处理 在测定工作中得到的 ^{210}Pb 活度实际上是无载体 ^{210}Pb 和有载体 $^{210}\text{Pb}_{\text{sup}}$ 两部分的总和, 写为 $^{210}\text{Pb}_{\text{total}}$ 。在计算沉积速率时, 必须从 $^{210}\text{Pb}_{\text{total}}$ 中减去 $^{210}\text{Pb}_{\text{sup}}$, 这样可以得到通常称为剩余的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 活度。在柱样中 ^{210}Pb 在任何时间的活度应为:

$$A_{(^{210}\text{Pb})_t} = A_{(^{210}\text{Pb})_{t=0}} e^{-\lambda t} + A_{(^{226}\text{Ra})} (1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

式中, $A_{(^{210}\text{Pb})_t}$ 和 $A_{(^{210}\text{Pb})_{t=0}}$ 是 ^{210}Pb 在时间 t 和 $t=0$ 时的活度; $A_{(^{226}\text{Ra})}$ 是提供有载体 ^{210}Pb 的 ^{226}Ra 活度; λ 是 ^{210}Pb 的衰变常数。

过量的 ^{210}Pb 活度和总活度及与 Ra 活度的关系为:

$$A_{(^{210}\text{Pb}_{\text{ex}})} = A_{(^{210}\text{Pb}_{\text{total}})} - A_{(^{226}\text{Ra})} \quad (2)$$

式中, $A_{(^{210}\text{Pb}_{\text{ex}})}$ 为过剩 ^{210}Pb 的活度; $A_{(^{210}\text{Pb}_{\text{total}})}$ 为 ^{210}Pb 的总活度; $A_{(^{226}\text{Ra})}$ 是 ^{226}Ra 的活度或有载体 ^{210}Pb 的活度。

当 ^{210}Pb 沉积之后, 时间为 t 时的过剩 ^{210}Pb 可用下式表示:

$$A_{(^{210}\text{Pb}_{\text{ex}})_t} = [A_{(^{210}\text{Pb}_{\text{total}})_{t=0}} - A_{(^{226}\text{Ra})}] e^{-\lambda t} \quad (3)$$

在实际工作中可采用公式 (2), 因为它容易进行计算。只要有 ^{210}Pb 的总量和本底量即可求出剩余的 ^{210}Pb 。若沉积通量在研究的时间范围内是恒定的, 则沉积速率 S 也是恒定的。对滇池沉积物, 应用 (2) 式, 首先求出过剩量的 ^{210}Pb (A), 然后从曲线中认定 A_0 , 取 12 cm 处的 8.55 dpm 和 3.5 dpm 为 A_0 值, 然后对整个柱样按下式求算:

$$A = A_0 \exp(-\lambda t) \quad (4)$$

A 为 t 时的过剩 ^{210}Pb , A_0 为表层或近表层的过剩 ^{210}Pb

$$\ln A = \ln A_0 - \lambda t, \quad \lambda t = \ln A_0 - \ln A$$

如果沉积速率 S 是恒定的, 则沉积深度 $Z = st$ 即 $t = \frac{Z}{S}$

$$\lambda \frac{Z}{S} = \ln A_0 - \ln A$$

$$S = \frac{Z\lambda}{\ln A_0 - \ln A} = \frac{Z \cdot \frac{0.693}{22.2}}{\ln A_0 - \ln A} \quad (5)$$

2 结果与讨论

滇池两个柱样的 ^{210}Pb 分析资料和由此计算的沉积速率, 见表1。 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的对数与深度的关系, 见图2。

表1 昆明滇池草海、外海沉积柱样 ^{210}Pb 记数及沉积速率

Tab.1 The count of ^{210}Pb and sedimentation rate of sediment core in Caohai and Waihai in Dianchi Lake, Kunming

草 海				外 海			
柱样深度 (cm)	^{210}Pb 总计数 (dpm)	过剩 ^{210}Pb (dpm)	沉积速率 (cm/a)	柱样深度 (cm)	^{210}Pb 总计数 (dpm)	过剩 ^{210}Pb (dpm)	沉积速率 (cm/a)
1	6.99	5.33		2	3.95	3.8	
2	7.50	5.84		3	3.75	3.6	
3	8.41	6.75		5	3.95	3.8	
4	8.34	6.68		8	3.15	3.0	
5	8.03	6.37		10	3.35	3.2	
6	7.89	6.23		12	3.65	3.5	
7	7.53	5.87		14	2.65	2.5	0.18
8	7.64	5.98		15	2.35	2.2	0.20
10	7.85	6.19		16	2.45	2.3	0.30
12	10.21	8.55		17	2.05	1.9	0.25
14	8.41	6.75	0.26	18	2.15	2.0	0.33
16	6.55	4.89	0.22	20	1.45	1.3	0.25
18	6.97	5.31	0.39	22	0.55	0.4	0.54
20	6.90	5.24	0.51	24	1.10	0.95	0.32
24	5.36	3.70	0.44	27	0.60	0.45	0.23
25	3.16	1.50	0.23	30	0.41	0.26	0.21
28	1.86	0.19	0.31	32	0.54	0.39	0.28
30	2.41	0.75	0.34	35	0.41	0.26	0.27
32	2.26	0.60	0.23	38	0.37	0.22	0.29
36	2.01	0.35	0.23	40	0.30	0.15	0.28
40	1.55	0.11	0.20	42	0.15	0.00	
44	1.76	0.10	0.22	43	0.15	0.00	
平均 0.29				平均 0.28			

从表1看出: 两个柱样的沉积速率分别为 0.29 cm/a 和 0.28 cm/a, 平均约为 0.29 cm/a, 可以取 0.29 cm/a 作为滇池的可用沉积速率。从图2看出: $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 衰减在 12 cm 以下是很有规律的, 这说明沉积物在 40 年左右之前是非常稳定的, 也就是说没有受到人为活动或自然界突变性的随机过程的影响, 使 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 保存完好。依此得到的沉积速率是可靠的。从图2中也可明显看出: 在 12 cm 以上深度, ^{210}Pb 的变化非常大, 没有规律, 说明这一深度受到了外界人为和自然界(包括湖底底栖生物)的严重影响。几十年来, 工业的发展, 污水的排泄, 渔业捕捞, 人工养殖活动, 底栖生物的繁殖等均对该层产生一定的影响, 从而使 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 受到了搅动。这一区域不能用来计算沉积速率。一般

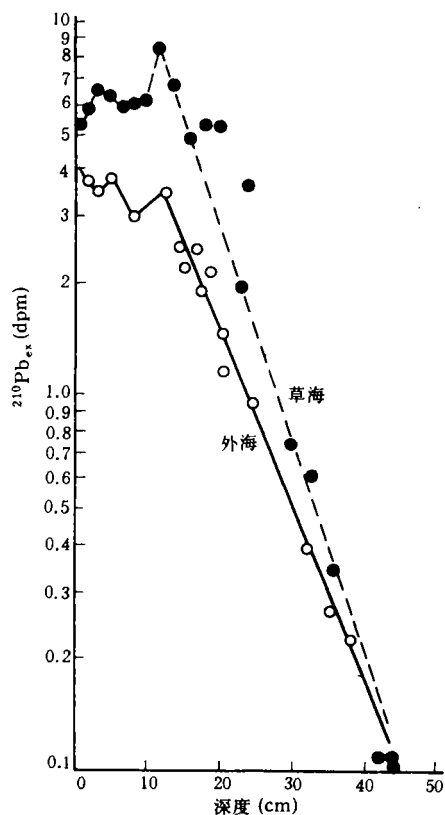


图2 滇池柱样 ^{210}Pb 值随深度的变化

Fig.2 The variation of ^{210}Pb with depth for sediment core in Dianchi Lake

认为用 $^{210}\text{Pb}_{ex}$ 测年时,总会发现三个不同的层次类型:(1)缺乏规律的最上层或上层;(2)呈现规律变化的表下层或中层;(3)分布均匀的最底层(与 ^{226}Ra 处于平衡状态的 ^{210}Pb 分布区),这一区也可称为本底放射性带。从12 cm到40 cm的深度,大约反映了90年的历史。而12 cm以上,假定也取0.29 cm/a的沉积速率,则这一层大约有近40年的历史。然而,由于近40年来工业发展迅速,含有大量污染物质的污水排入滇池之内,因此,沉积速率将会高于0.29 cm/a。为了更准确地了解近几十年的沉积速率,可以参照几十年的淤积记录(47 cm/30a = 1.56 cm/a)和测得的沉积速度进行估算。

3 结论

3.1 应用同位素技术—— ^{210}Pb 法研究滇池的沉积规律,在两个柱样的12 cm以上部分,其沉积速率没有规律性。这主要是人工活动的影响造成的,这一段样品的数据不能作为评价沉积过程的依据,粗略估计在12 cm以上柱样约有30—40年历史。

3.2 在沉积柱样12 cm以下, ^{210}Pb 法测定的沉积速率有很好的规律性,其值约为0.29 cm/a,以此值计算从12—40 cm这一沉积段约有90年历史。

3.3 几十年来的淤积记录为1.56 cm/a,此值比用 ^{210}Pb 法测定值大5.4倍,可能与工业化进程及其他人工活动有关。

DETERMINATIONS OF SEDIMENTATION RATES IN KUNMING'S DIANCHI LAKE

Yu Yinting, Li Peiquan

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071*)

Wu Run

(*Department of Chemistry, Qingdao University, Qingdao 266071*)

Meng Wei, Liu Yusheng, Zou Lan

(*Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012*)

Abstract The sedimentation rates of two sediment cores (Caohai and Waihai) in Kunming's Dianchi Lake determined by ^{210}Pb dating in 1989 are 0.29 cm/a and 0.28 cm/a respectively, and not regular above 12 cm at the two cores due to anthropogenic influence. The sedimentation rates were calculated based on the ^{210}Pb radioactivity's very regular variation under 12 cm of the cores. The sedimentary history was estimated to be about 90 years from 12 cm to 40 cm of the cores based on the sedimentary rate of 0.29 cm/a.

Key words Sedimentation rates ^{210}Pb dating method Tracer Decay
Sediment core