

海口、新海湾²¹⁰Pb法沉积速率的测定

全亚荣 梁致荣 刘彝筠 黎烈均

(中山大学地质学系, 广州 510275)

摘要 本文叙述了²¹⁰Pb测年方法的基本原理和实验过程,并具体测定了海口湾和新海湾5个柱样的沉积速率,为0.38~1.04cm/a.

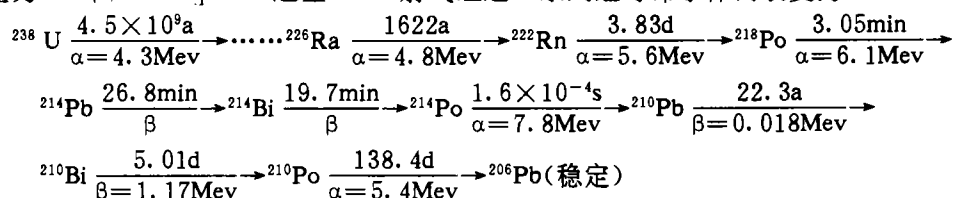
关键词 ²¹⁰Pb含量, ²¹⁰Pb垂直分布, 沉积速率

分类号 P736

²¹⁰Pb法应用于测定海洋、海湾、河口、湖泊等现代沉积物的年龄和沉积速率的研究始于70年代. 由于利用放射性元素的衰变来作为记时方法最可靠^[1], 且²¹⁰Pb的放射量能达到精确测定的要求, 因而²¹⁰Pb法自Goldberg于1963年在研究冰川的堆积速率时提出以来^[2], 很快得到推广. 以往, 海湾现代沉积速率资料都是借助于历史海图或地质学的观测资料作估算的, 而应用²¹⁰Pb测年法则可对其作准确测定, 这对于研究沿海沉积作用和进行沿海资源开发, 以及围垦、港口码头工程建设等无疑具有重要意义.

1 基本原理

众所周知, 地壳中所含的放射性核素²³⁸U衰变生成的一个子元素²²²Rn是一种放射性气体, 它不断地从地表岩石和水体中逸出进入大气. 据估算, 大陆表面²²²Rn原子的平均排放量为42个/cm²·min^[3]. 这些²²²Rn射气经过一系列短寿命子体而衰变为²¹⁰Pb^[4]:



²¹⁰Pb微粒在空气中停留的时间很短, 只有几天, 便通过降水或干落迅速进入海洋和陆地水系. 在水体中²¹⁰Pb很容易被粘土矿物及有机悬浮颗粒吸附, 或在无机作用和生物

收稿日期: 1993-08-24

化学作用下从水体中析出,最终进入水底沉积物.在沉积物中²¹⁰Pb 地球化学迁移性能比较稳定,故通常不发生扩散迁移.所以,如果沉积环境稳定,则沉积物中的²¹⁰Pb 含量就以 22.3a 的半衰期按指数规律减少,可根据沉积物中的过剩²¹⁰Pb 含量,计算出沉积物的年代和沉积速率.²¹⁰Pb 随时间的减少,用式子表示为

$$A = A_0 \exp(-\lambda t) \quad (1)$$

式中, A_0 为沉积物开始沉积时的过剩²¹⁰Pb 含量, dpm/g; A 为 t 年后深度为 h 的沉积物中的过剩²¹⁰Pb 含量 dpm/g; λ 为²¹⁰Pb 衰变常数, 0.031a^{-1} .

若沉积物的初始浓度是稳定的,则

$$t = \lg(A_0/A) / (\lambda \lg e) \quad (2)$$

如果沉积速率 S (cm/a) 也不随时间而变化,那么

$$\lg A = -[(\lambda \lg e)/S]h + \lg A_0 \quad (3)$$

很显然该式为一直线方程,即 A 为对数坐标, h 为算术坐标,斜率为

$$K = -(\lambda \lg e)/S \quad (4)$$

这样沉积速率便可由直线之斜率来求得.

2 实验方法

2.1 样品采集与预处理

样品采集是²¹⁰Pb 法的关键,一定要保持沉积物不受任何搅动,取上来的样品要严格垂直放置,尽量保持原始状态.本实验所测定之样品是我校河口海岸研究所采用经自己改进的人工手钻采集的.样品运回实验室后,先进行 X 射线照相,然后按 2cm 厚的间隔分样,称出湿重,于 110℃ 恒温干燥至恒重,在玻璃或瓷研钵中研成 200 目的细粉末备用.

2.2 样品制备

2.2.1 方法选择 为求取沉积物的年龄和沉积速率,必须有效可靠地测出沉积物中的²¹⁰Pb 含量.从前述原理可知,²¹⁰Pb 经 β 衰变的直接产物是²¹⁰Bi,但 β 粒子的能量很低,直接测定有困难.故通常是借助于测量第一代子体²¹⁰Bi 的 β 辐射或测量与²¹⁰Pb 处于永久平衡的第二代子体²¹⁰Po, (当沉积物的时间超过 2~3a 时就存在着这种平衡)的 α 辐射来求取²¹⁰Pb 的含量.前者分离操作比较麻烦,分离出来的样品需放置一个月待²¹⁰Bi 与²¹⁰Pb 达到放射性平衡方可测量.后者以²⁰⁸Po ($T_{1/2} = 2.93\text{a}$, $E = 5.11\text{MeV}$) 作示踪剂,将²⁰⁸Po 和²¹⁰Po 自沉积到银片上,制好的源无需放置,即可放到 α 谱仪上测量.只要知道加入²⁰⁸Po 的浓度,测出²¹⁰Po/²⁰⁸Po 的比值就可求得样品中²¹⁰Pb 含量.由于 α 法比 β 法实验周期短,制源简单,且 α 谱仪的本底比 β 计数器低而灵敏度高,故本实验采用 α 法.

3.2.2 实验流程 称 1g 干样放入 150ml 烧杯中,加入 50ml 8mol/L 硝酸和与样品中²¹⁰Pb 约等量的²⁰⁸Po 示踪剂,将烧杯置于水浴锅中恒温 90℃ 浸取 5h 后取出,再用 6mol/L 盐酸将浸取液连同残渣转入杯中离心分离,清液倒至 100ml 烧杯,盛样烧杯和残渣用 6mol/L 盐酸洗濯两次,合并清液弃残渣.清液加热至约 3ml (温度不宜太高),滴加 6mol/L 盐酸除去硝酸,继续加热至 2ml 时取下,冷却后分别加入 5ml 20% 盐酸羟胺还原 Fe^{3+} 离子, 2ml

25%柠檬酸钠以络合 Se,Te 等干扰离子,1ml 2%硝酸铋作载体,用氨水和 6mol/L 盐酸调溶液 pH 为 1.8~2. 溶液的最终体积为 60ml. 将安有银片的沉积器放入溶液中,再将溶液置于电热恒温磁力搅拌器上,恒温 85℃使 Po 自沉积到银片上,4h 后取出银片,用蒸馏水和无水乙醇淋洗干净,室温下凉干,然后用国产金硅面垒探测器配合 1024 道脉冲幅度分析器测定²¹⁰Po 的含量. 实验表明,该流程满足制备薄而均匀的 α 放射源的要求.

3 结果与讨论

按照上述实验流程,对海口湾 HKA-2,HKA-3,HKA-4 和新海湾 XHB-1,XHB-2 等 5 个站位(图 1)沉积岩心中的²¹⁰Pb 垂直分布进行了测定. 数据处理时,考虑到沉积物的压实效应和海水盐分的稀释效应,采用沉积物层位密度选择深度校正基准的方法¹⁾ 以沉积物-水界面无压实状态为基准对表观深度进行深度校正(表 1),然后用最小二乘法对指数衰减区的过剩²¹⁰Pb 含量数值进行拟合,进而求得沉积物的沉积速率,结果如图 2.

表 1 XHB-2 站位柱样²¹⁰Pb 含量测定结果

Tab. 1 The values of the ²¹⁰Pb content determined from the columned sample of location XHB-2

表观深度 /cm	层位密度 /g·cm ³	校正深度 /cm	总 ²¹⁰ Pb 含量 /dpm·g ⁻¹	过剩 ²¹⁰ Pb 含量 /dpm·g ⁻¹
1~3	0.485	1~3.01	3.29	2.28
5~7	0.593	5.78~8.55	2.75	1.74
9~11	0.593	11.32~14.09	2.60	1.59
14~16	0.593	16.86~19.63	2.36	1.35
18~20	0.593	22.40~25.17	2.18	1.17
22~24	0.613	27.65~30.13	2.05	1.04
26~28	0.613	32.61~35.09	1.85	0.84
30~32	0.613	37.57~40.05	1.80	0.69
34~36	0.613	42.53~45.01	1.01	—
38~40	0.672	47.49~50.29	1.01	—
44~46	0.672	55.88~58.67	0.99	—
50~52	0.672	64.26~67.06	1.04	—
56~58	0.672	72.65~75.43	1.01	—

注:以沉积物-水界面处的层位密度为校正基准.

1) 苏贤泽等. 海洋沉积物的铅-210 地质年代学方法

分析上述测定结果,得到如下认识:

(1) 5 个沉积柱样中除 XHB-2 不明显外, ^{210}Pb 垂直剖面均有较明显的混合区、指数衰减区和本底区。混合区的存在反映出表层沉积物受波浪和沿岸流影响较强,尤其是风暴时,近岸处沉积层受到侵蚀和搬运尤为明显,例如在 4~5 级偏北风时,-2m 以浅的泥沙易被掀动而悬浮水中²⁾。同时由于底栖生物特别是钻洞有孔虫的活动,沉积物被扰动而混合,从而形成厚度 5~10cm 的表面混合层。以后新的沉积物一

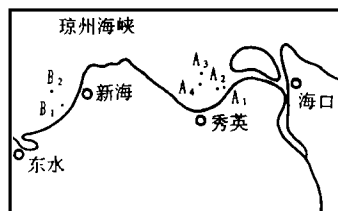


图 1 采样位置示意图

Fig. 1 Locations of sample collection

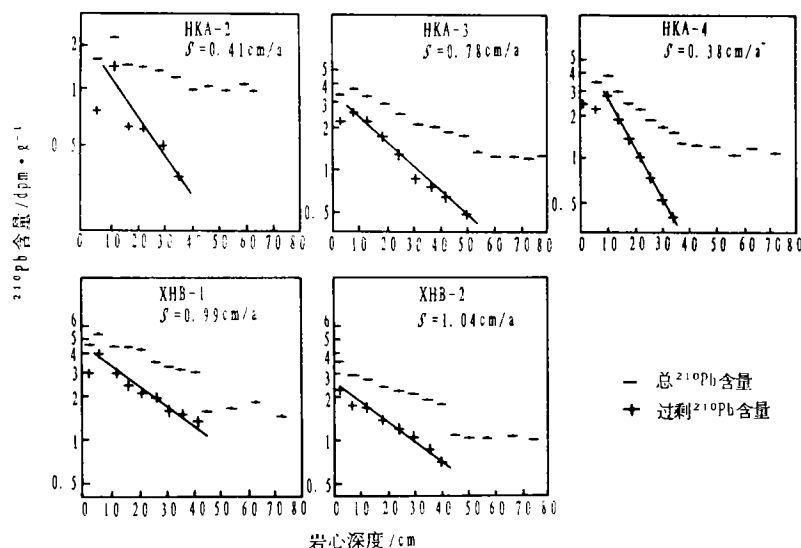


图 2 ^{210}Pb 含量随深度的分布

Fig. 2 Distribution of the ^{210}Pb content with depth

层一层堆积在混合层之上,被复盖的混合层按顺序保存下来,形成稳定沉积层——放射性指数衰减区。从 40~50cm 以深开始, ^{210}Pb 的值基本保持不变,放射性衰变到达本底区(图 3)。利用指数衰减区便可求得各柱样之沉积速率。

(2) 海口湾的沉积柱样为灰色粘土质细砂和粉砂质粘土,沉积速率小于 1cm/a。从 3 个柱样的 ^{210}Pb 垂直分布看,HKA-2 柱样线性分布不够好,个别点偏离线性较大,反映出沉积环境比较动荡。该站位离岸较近,在 1988 年 12 月至 1989 年 2 月间,位于该区段的海

2) 中山大学河口海岸研究所,新海湾环境泥沙和工程泥沙研究报告,1990

滨公园外围海造地工程进行无围堰吹填施工,按估算约有 30 万 m^3 的泥沙流失返回海中³⁾, 这种无围堰吹填施工会对附近的沉积环境造成一定程度的影响. 说明在该站位附近应用 ^{210}Pb 法并不理想. 而比该站位更近岸的 HKA-1 站位正因为受施工影响更大而未作 ^{210}Pb 测定. HKA-3 站位(图 4)离海滨公园较远而比较靠近东部的美丽沙嘴. 由于海口湾的泥沙主要来源于南渡江和东部岸滩(南渡江与白沙角之间)的侵蚀³⁾, 故该站位沉积速率相对较大(0.78cm/a), 而 HKA-2 站位及偏西部位离美丽沙嘴相对较远, 加之沙嘴南端人工防沙坝的拦阻及人工疏浚而成的海口新港航道的淤积而使泥沙供应量减少, 结果 HKA-2, HKA-4 站位的沉积速率比 HKA-3 要低, 为 $0.38\sim 0.41\text{cm/a}$. 这说明同一海湾不同站位沉积速率数据的差别在某种程度上也反映了沉积环境上的差异.

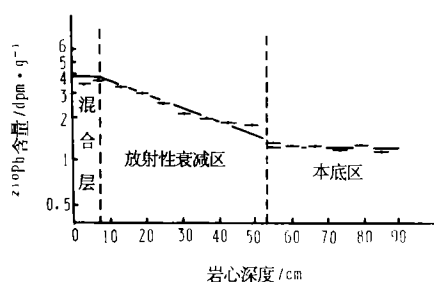


图 3 HKA-3 站位 ^{210}Pb 垂直分布

Fig. 3 ^{210}Pb vertical distribution for location HKA-3

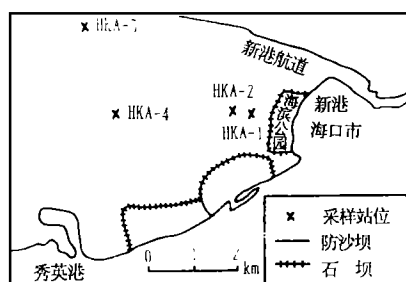


图 4 海口湾采样站位图(据中大河口海岸研究所)

Fig. 4 Locations of samples collected from the Haikou Bay

(3)新海湾 XHB-1, XHB-2 柱样由灰色粉沙质淤泥和淤泥质粉沙组成,分布在水深 7~30m 范围内,沉积速率分别为 0.99cm/a 和 1.04cm/a , ^{210}Pb 垂直分布形态相似,说明两站位同处于一较稳定的沉积环境. 其沉积速率大于相邻的海口湾,可能是由于细颗粒泥沙的主要来源除与南渡江以及东向流从琼州海峡西部以悬移质形成带入有关外²⁾,还与岸滩的侵蚀所造成的泥沙离岸运移有关. 据历史海图对比和二维沙质海滩冲淤判数计算表明,本岸滩是一侵蚀型海滩,泥沙以离岸运动为主²⁾. 正是这种多来源的泥沙运移格局造成了新海湾附近的沉积速率稍大于海口湾.

4 结 语

研究地区稳定的沉积环境是应用 ^{210}Pb 法的一个重要前提. 从海口湾和新海湾 5 个柱样的 ^{210}Pb 垂直分布来看,具有比较明显的混合区、指数衰减区和本底区,表明沉积环境比

3) 中山大学地理系河口海岸研究室等. 海口市海滨公园及海滨大道北面围海造地工程可行性研究报告, 1989

较稳定,适于 ^{210}Pb 法测年龄.所测得的沉积速率 $\leq 1\text{cm/a}$,说明自然回淤速率不大,与实际情况较吻合,可作为与海湾、港口有关工程建设时的参考.

参 考 文 献

- 1 松本英二.地质,ニュース,1979,293:27~33
- 2 叶振成.厦门大学学报(自然科学版),1985,24(3):361~366
- 3 Rama et al. Lead-210 in natural waters. Science, 1961,134(3472):98~99
- 4 陈毓蔚.地质地球化学,1981,11:24~29

The Determination of Depositional Rate on the Haikou and Xinhai Bays by ^{210}Pb Method

Quan Yarong* Liang Zhirong Liu Yijun Li Liejun

Abstract ^{210}Pb is a daughter element of radioactive uranium series in nature. It can be used to determine ages and depositional rates of sediments, in glacier, ocean, lake since one hundred year. The basic principle and experimental procedure for ^{210}Pb dating method are explained. The five columned samples from the Haikou and Xinhai Bays have been determined to have the depositional rate of 0.38~1.04 cm/a.

Keywords ^{210}Pb content, ^{210}Pb vertical distribution, depositional rate

* Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275