

黄、渤海泥质沉积区现代沉积速率*

李凤业 高 抒[†] 贾建军[†] 赵一阳

(中国科学院海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071)

[†](南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室 南京 210093)

摘要 利用 α 多道能谱仪对黄、渤海泥质沉积区岩芯的²¹⁰Pb 放射性活度进行测定,并结合历史数据,对²¹⁰Pb 放射性活度在岩芯中的垂向分布和现代沉积速率的平面分布进行了分析。研究区岩芯的²¹⁰Pb 放射性活度垂向分布表现出 5 种形式。从沉积速率来看,渤海东北部泥区、南黄海中部和东部泥区,以及北黄海中部泥区的沉积速率小于 0.2cm/a,为低速沉积区;黄河三角洲海域和莱州湾西部的沉积速率大于 1cm/a,为高速沉积区;山东半岛南部沿岸海域的沉积速率也较高;山东半岛成山头及苏北辐射沙脊群外缘海域的沉积速率为 0,属于无沉积区或侵蚀区。黄、渤海泥质沉积区现代沉积速率的分布特征的解释有待于沉积动力过程的深入分析。

关键词 沉积速率,²¹⁰Pb 资料,黄、渤海

中图分类号 P736

陆架泥质沉积在全球海洋物质循环过程中起着重要作用。黄、渤海接受了黄河与长江的细颗粒沉积物,在黄河口外、渤海海峡、南黄海中部、朝鲜半岛西侧等处形成了大片泥质沉积区(Qin *et al*, 1990; Alexander *et al*, 1991)。这些泥区的成因是海洋沉积动力学的研究内容(Chough *et al*, 1981; Milliman *et al*, 1986; 董礼先等, 1989; Dronkers *et al*, 1996), 而泥质沉积物对营养盐循环的影响则是海洋生物地球化学和生态系统动力学所关注的(Mann *et al*, 1996)。在这些方面,泥区沉积速率和垂向通量都是不可缺少的基本数据。过去对泥区沉积速率只有一些局部区域的报道,测定方法主要是¹⁴C 法和²¹⁰Pb 法,因此缺乏区域的完整性和时间尺度的一致性(赵一阳等, 1991; 李凤业等, 1996)。本文的目的是利用 10 多年来在渤海和黄海采集的沉积物岩芯的放射性同位素²¹⁰Pb 测定资料,获得黄、渤海泥区的现代沉积速率(时间尺度为 10—100 年)的平面分布特征,为本区的沉积动力过程和物质通量研究提供基础。

1 材料与方 法

天然放射性铅同位素²¹⁰Pb 是²²⁶Ra 衰变的产物(康兴伦等, 2001)。在自然界,²¹⁰Pb 主要来源有地层中²³⁸U 衰变产生的子体²¹⁰Pb 及大气中²²²Ra 衰变产生的子体²¹⁰Pb。在²¹⁰Pb

* 国家自然科学基金资助项目,49876018 号;山东省自然科学基金资助项目,H74990247 号。李凤业,男,出生于 1950 年 11 月,研究员,E-mail:fyli@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:2001-05-13,收修改稿日期:2001-12-08

沉积通量为常数、沉积速率恒定、沉积物中的²¹⁰Pb 未发生迁移或扩散、沉积层中的²¹⁰Pb 本底值均一(即由²²⁶Ra 补给的²¹⁰Pb 放射性与研究的沉积层深度无关)的条件下,²¹⁰Pb 的放射性活度将随沉积物埋藏深度的增加而呈指数减少,通过测量沉积物不同深度的²¹⁰Pb 放射性活度,可用下式计算出沉积速率:

$$D_R = \frac{H\lambda}{\ln \frac{I_0}{I_s}} \quad (1)$$

式中, D_R = 沉积速率, H = 深度, λ = ²¹⁰Pb 的衰变常数, I_0 = 表层的²¹⁰Pb 放射性活度, I_s = 深度为 H 处的²¹⁰Pb 放射性活度。

从 1986 年至 1998 年,在黄、渤海泥质沉积区采集了 54 个沉积岩芯,采样地点见图 1。采得的岩芯在实验室进行岩性描述,按 2cm 间距取样,烘干,测定含水量,研磨备测。采用

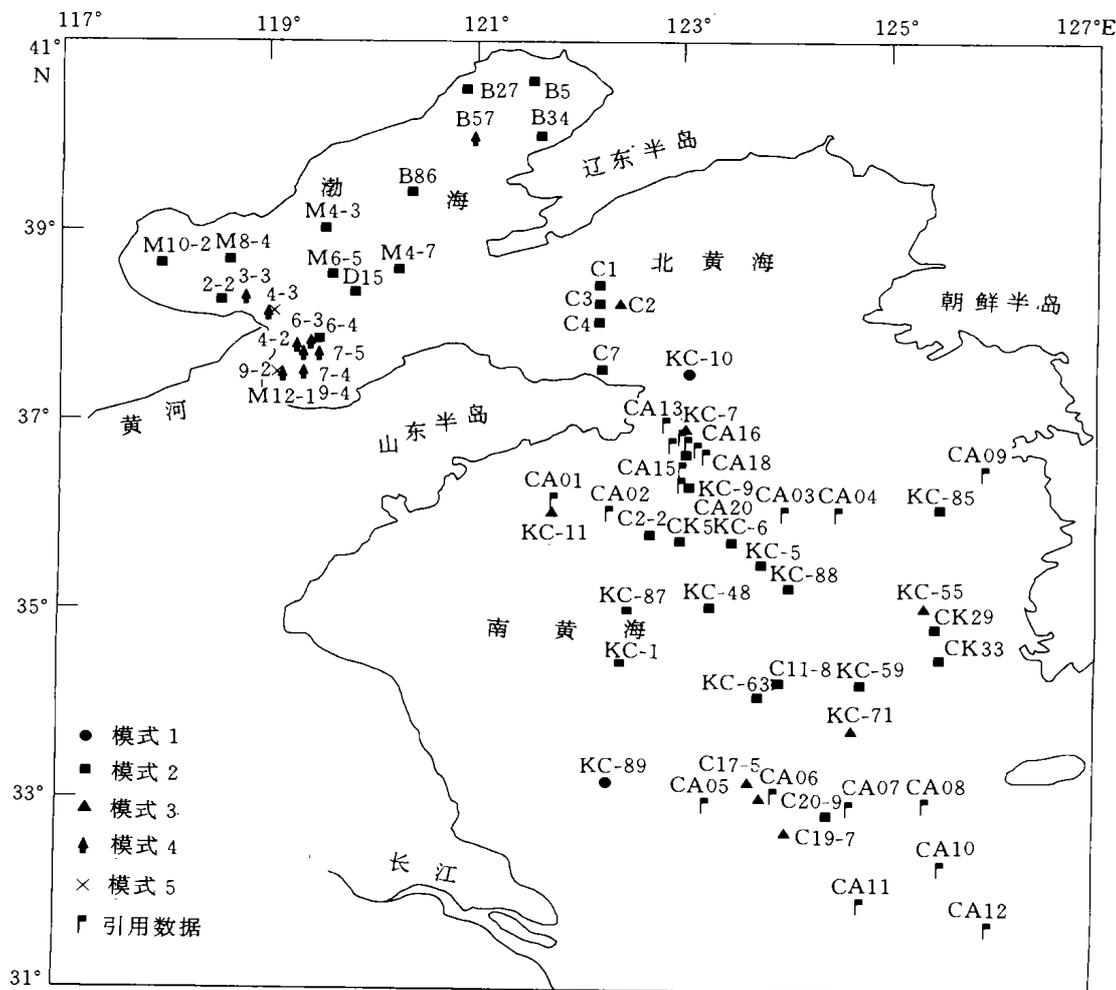


图 1 黄、渤海采样站位图

Fig. 1 Map showing the location of the cores collected in the Bohai and Yellow Seas

浸取法对样品进行化学处理(苏贤泽等,1984;Li,1993),用 ^{208}Po 作为示踪剂,用 α 多道能谱仪测定 ^{210}Pb 放射性活度。为了使沉积速率数据更好地涵盖整个黄、渤海区,除了作者自己采集的岩芯外,又从文献中收集了部分数据(Alexander *et al*,1991)。

2 结果与讨论

2.1 ^{210}Pb 放射性活度的垂直分布

理想状态下,现代沉积的 ^{210}Pb 的放射性活度随岩芯深度明显衰减,到一定深度后基本稳定。由于物质供应、水动力、生物活动等条件的差异和变化, ^{210}Pb 的垂向分布也会出现一定的差异。在所研究的黄、渤海沉积岩芯中, ^{210}Pb 放射性活度在岩芯中的垂直分布可归纳为5种分布类型(每个采样站位的分布类型见图1)。

(1) ^{210}Pb 放射性活度随岩芯深度衰减从表层到底层呈现均一值,无混合层和衰变层(图2a)。这种分布形式的岩芯较少,见于山东半岛成山头以东海域和黄海南部废弃的老黄河口附近海域的少数站位。这种垂直分布反映了近百年来很少沉积的海洋环境。

(2) ^{210}Pb 的放射性活度随岩芯深度明显衰减,衰减到一定深度其放射性活度基本达到恒定值(^{210}Pb 的分布呈垂直线),上部斜线段为 ^{210}Pb 的衰变段,下部垂直线为与 ^{210}Pb 母体 ^{226}Ra 的平衡段或本底段(图2b)。这种分布多见于现代陆架泥沉积区,如南黄海西、中、东部泥区,北黄海中部泥区和渤海中部泥区,这些海域近百年来沉积环境、物质来源和沉积作用都处于稳定状态。

(3) ^{210}Pb 的放射性活度在岩芯上部随深度基本不变,之后随深度明显衰减,最后达到恒定值,由上而下呈现混合层-衰减层-平衡层的组合(图2c)。这种分布见于北黄海西部、南黄海的西部和南部,与当地较强的水动力条件或生物活动有关。南黄海南部处于黑潮分支进入黄海通道之处,北黄海西部和南黄海西部某些站位生物活动较强,黄河三角洲附近海域黄河口频繁改道、沿岸水动力条件剧烈改变,因而这些地方岩芯的 ^{210}Pb 垂向分布出现较大变化。

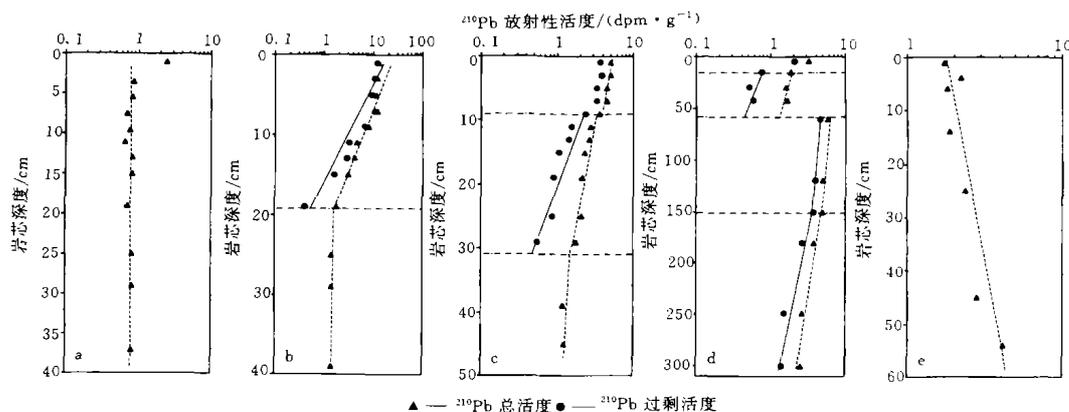


图2 ^{210}Pb 放射性活度在岩芯中的5种垂直分布模式

Fig.2 Vertical distribution patterns of ^{210}Pb radioactivity of the cores

a. KC-10站; b. KC-6站; c. KC-11站; d. 3-3站; e. 4-3站

(4) 在黄河三角洲附近海域,还可见到 ^{210}Pb 放射性活度随岩芯深度衰减出现正、负异常平移和多阶衰变层现象(图 2d)。这种分布是沉积速率的多次突变造成的,可能与黄河口近百年来频繁变迁密切相关。

(5) 此外,黄河三角洲附近海域的个别站位表层 0—20cm 处, ^{210}Pb 的放射性活度随岩芯深度呈现出较有规律的依次增高,反映了 ^{210}Pb 活度的倒置(图 2e)。 ^{210}Pb 垂直分布的倒置现象说明,在水动力的作用下,被侵蚀的老沉积物覆盖于新沉积物之上。

2.2 沉积速率的平面分布

在以上 5 种分布形式中,模式(2)是“标准”的 ^{210}Pb 垂向分布,模式(3)的“衰减层”符合 ^{210}Pb 方法测算沉积速率的要求,模式(4)中仅有最新沉积的表层段代表了现代沉积速率,而模式(1)和(5)不宜使用 ^{210}Pb 方法计算沉积速率。基于上述考虑,对于图 1 所示站位,选取模式(2)、模式(3)的中段“衰减层”及模式(4)的最表层,用(1)式计算出沉积速率,绘制黄、渤海泥质沉积区现代沉积速率的平面分布图,见图 3。

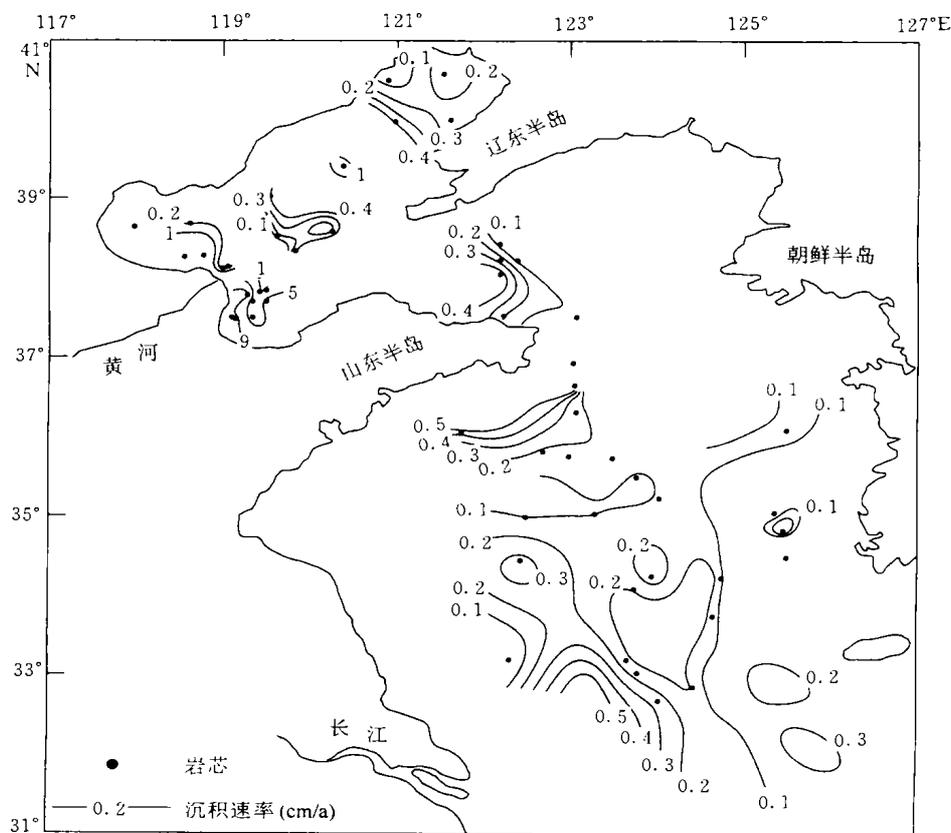


图 3 黄、渤海泥质沉积区现代沉积速率(cm/a)

Fig.3 Recent deposition rates of mud areas in the Bohai and Yellow Seas

从图 3 可看出,黄河口近岸海区的沉积速率高达 1—9cm/a,是黄、渤海沉积速率最高的海区。渤海中部 B86 站的沉积速率达到 1cm/a 以上。在南黄海东部靠近朝鲜半岛的海

区,沉积速率介于 0.4—1.0cm/a。渤海中部、北黄海近山东半岛海区、山东半岛东南近海及长江口东北近海的沉积速率达到 0.4cm/a。黄、渤海的大部分海区,包括渤海东北部、北黄海中部、南黄海大部分及济州岛西南近海,沉积速率都小于 0.2cm/a。苏北辐射沙脊群边缘、山东半岛东端近海部分站位的沉积速率很小。

从²¹⁰Pb 方法提供的信息来看,黄、渤海区泥质沉积区的现代沉积速率及其空间分布反映出一定的规律性,随物质供应和沉积环境的差异而有所不同。首先,在物质供应充分的海区,沉积速率最大,如黄河口、南黄海东部近朝鲜半岛的海区,都有沉积速率大于 1cm/a 的岩芯。黄河口 9-2 站甚至高达 9.5cm/a。位于黄河口东南的莱州湾的沉积速率大于黄河口西北的渤海湾,这可能表明黄河入海物质主要向东南运移。其次,黄河物质出渤海后,主要沿山东半岛向东运移,绕过成山头后继续沿岸而下(Martin *et al.*, 1993),因而沿黄河细颗粒物质的输运路径,沉积速率也较高,如山东半岛南北部近岸海域都有岩芯的沉积速率达到 0.4—0.7cm/a。山东半岛北侧的沉积速率等值线呈舌状向东突出,似乎是黄河物质向东输送的证据。反之,在远离陆源输送的黄、渤海中央泥区,沉积速率一般小于 0.2cm/a,而渤海中央泥区的沉积速率又略大于南黄海中部泥区。考虑到陆源物质供应与海区面积之比,这样的差异是可以预见的。个别沉积速率为 0 的岩芯,基本上位于侵蚀环境,如苏北废黄河口、南黄海辐射沙脊群外缘等海区。

在弄清本区域沉积速率空间分布的基础上,可进而获得沉降通量和营养盐垂向通量,这将有助于本区营养盐循环和生态系统动力学的研究;同时,将测年方法与海洋沉积动力学模型相结合,可更好地恢复黄、渤海区全新世泥质沉积的历史。在这些方面,尚有许多工作需要深入进行。

3 结论

3.1 本文分析了 76 个站位的²¹⁰Pb 测试数据,获取了具有区域完整性和时间尺度一致性的现代沉积速率数据。

3.2 ²¹⁰Pb 放射性活度的垂直分布受到水动力条件、生物活动、物质来源和历史沉积事件的制约,包含了海洋沉积环境的一些信息。黄、渤海泥质沉积区 54 个沉积岩芯²¹⁰Pb 放射性活度的垂直分布呈现 5 种形式,以模式(2)最为普遍,说明研究区大部分泥区的现代沉积环境、物质来源和沉积作用都处于较稳定状态。

3.3 渤海中部泥区、南黄海中部、东部泥区和北黄海中部泥区均为低速沉积区,渤海黄河三角洲沿岸海域和莱州湾西部为高速沉积区,南黄海西部山东半岛沿岸海域为高速沉积区,山东半岛成山头附近海域和南黄海南部废黄河口附近海域的一些站位沉积速率很小。

致谢 本项研究的岩芯采集工作是在多项课题的研究过程中进行的;中国科学院海洋研究所“科学一号”和“金星二号”科学考察船提供了海上作业的支持;史玉兰、程鹏、袁巍等同志协助进行了部分样品的化学处理,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 李凤业,史玉兰,申顺喜等,1996.同位素记录南黄海现代沉积环境.海洋与湖沼,27(6):584—589
苏贤泽,马文通,徐胜利等,1984.海洋沉积物中的铅-210地质学方法.台湾海峡,3(1):50—57

- 赵一阳,李凤业, Demaster D J, Nittrouer C A, 1991. 南黄海沉积速率和沉积通量的初步研究. 海洋与湖沼, 22(1): 38—42
- 康兴伦, 顾德隆, 朱校斌等, 2001. 沉积物中钍同位素分析样品的处理方法比较研究. 海洋与湖沼, 32(4): 387—393
- 董礼先, 苏纪兰, 王康培, 1989. 黄渤海潮流场及其与沉积物搬运的关系. 海洋学报, 11(1): 102—114
- Alexander C R, DeMaster D J, Nittrouer C A, 1991. Sediment accumulation in a modern epicontinental-shelf setting; the Yellow Sea. *Marine Geology*, 98: 51—72
- Chough S K, Kim D C, 1981. Disposal of fine-grained sediments in the southern Yellow Sea; a steady-state model. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51: 721—728
- Dronkers J, Miltenburg A G, 1996. Fine sediment deposits in shelf seas. *Journal of Marine Systems*, 7: 119—131
- Li F Y, 1993. Modern Deposition Rates and sedimentation feature in the Huanghe River estuary based on ^{210}Pb technique. *J Chin Oceanol Limnol*, 11(4): 333—342
- Mann K H, Lazier J R N, 1996. *Dynamics of Marine Ecosystems* (Second Edition). Blackwell, Oxford, 1—394
- Martin J M, Zhang J, Shi M C *et al*, 1993. Actual flux of the Huanghe (Yellow River) sediment to the western Pacific Ocean. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31(3): 243—254
- Milliman J D, Li F, Zhao Y-Y *et al*, 1986. Suspended matter regime in the Yellow Sea. *Progress in Oceanography*, 17: 215—228
- Qin Y S, Zhao Y Y, Chen L R *et al*, 1990. *Geology of Bohai Sea*. China Ocean Press, 17—32

CONTEMPORARY DEPOSITION RATES OF FINE-GRAINED SEDIMENT IN THE BOHAI AND YELLOW SEAS

LI Feng-Ye, GAO Shu[†], JIA Jian-Jun[†], ZHAO Yi-Yang

(Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Science The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

[‡](Ministry of Education Key Laboratory for Coast and Island Development, Nanjing University, Nanjing, 210093)

Abstract Deposition rates were determined for short cores collected from the Bohai and Yellow Seas on the basis of ^{210}Pb analysis. The profiles of ^{210}Pb distribution in the cores show five distinct patterns. Differences in the profile patterns reflect spatial and temporal variations in hydrodynamic and sedimentary conditions. Low deposition rates are found in the northeastern Bohai Sea, the central and eastern parts of the southern Yellow Sea, and northern Yellow Sea, with a deposition rate of smaller than 0.2 cm/a. High deposition rates are in the vicinity of the Yellow River delta and western Laizhou Bay, with a value of greater than 1 cm/a. Near the eastern end of the Shandong Peninsula and off the northern Jiangsu coast, the deposition rate is very small, indicating that these areas are eroding or in dynamic equilibrium. Further analysis of sediment dynamic processes is required for a better understanding of the distribution patterns of deposition rates over the Yellow and Bohai Seas.

Key words Deposition Rate, ^{210}Pb dating, Bohai and Yellow Seas