

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

渤海地区 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 同位素测年的研究现状

王福^{1,2)}, 王宏^{1,2)}, 李建芬¹⁾, 裴艳东¹⁾, 范昌福^{1,2)}, 商志文^{1,2)}

1) 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 300170; 2) 吉林大学地球科学学院, 长春, 130021

内容提要:近百年以来环渤海地区的沉积作用是影响该区近现代地质环境变化的重要因素。本文收集了该区迄今公开发表的用于确定现代沉积速率的84组 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 柱状剖面(包括 ^{210}Pb 样柱52组, ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 样柱32组),其中海区39组,潮间带及沿海低地地区45组。环渤海地区的 ^{210}Pb 放射性活度的深度分布曲线主要表现为3种形式:理想指数衰变型、近等幅摆动型和海洋特殊动力事件影响型。根据由陆向海方向沉积速率的变化,可初步划分为沿岸低沉积速率带、开放潮坪高沉积速率带及海区低沉积速率区;区域性差异则表现为渤海湾开放潮坪区上部由北(蓟运河口)向南(老狼坨子)沉积速率表现为高一低一高,辽东湾从其西侧的锦州湾向东至辽河口口的开放潮坪地区,沉积速率递减,黄河三角洲地区及其附近海域属于间歇式快速沉积区,莱州湾西部为高速沉积区。

关键词:环渤海海岸带及海区; ^{210}Pb 、 ^{137}Cs ;现代沉积速率

1 意义和方法

过去100多年的沉积作用是影响近现代地质环境变化的重要因素。本世纪全球海平面将极可能以加速趋势上升(Albritton et al.^①),开放潮坪及沿海低地将首先受到影响,该类地区的现代沉积能否抵消或超过海面上升,将直接影响该类地区地质环境的未来走向,进而影响到该类地区的可持续发展。本文搜集的 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 示踪与测年数据初步揭示了环渤海地区现代沉积格局,以期为该区经济发展所需的地质工程调查与评价提供科学依据。

^{210}Pb 由于仅22.3年的半衰期、天然核素 ^{137}Cs 具有50年的时标性,故被广泛应用于现代沉积物测年的研究(Krishnaswamy et al., 1971; Mishra et al., 1975; Robbins et al., 1978; Appleby et al., 1978; Milan et al., 1995)。 ^{210}Pb 测年假设:沉积物是封闭系统;不发生沉积后的 ^{210}Pb 迁移。稳定输入通量—稳定沉积物堆积速率模式(CFS模式)、常量初始浓度模式(CIC模式)或恒定补给速率模式(CRS模式)是三种常用的测年模式(Krishnaswamy et al., 1971; Robbins et al., 1978; Appleby et al., 1978)。 ^{137}Cs 作为一种人工核素,由于核试验被释放到自然界中。具有最大检出深度对应1955年时标(Milan et al.,

1995)、最大峰值检出深度对应1963年时标、最后一个峰值检出深度对应1986年时标,有些地方还具有1973年峰值的特征(Mishra et al., 1975; Jha et al., 2003)。

取样时根据不同的环境采用不同的方法进行。在沿海低地潜水位较低时,挖掘人工探坑,在坑侧壁从上向下使用特制取样盒依次取样;在潮间带地区,采用Eijkelkamp槽型取样器取原状岩心(王宏等^②)。海区则利用箱式取样器和重力取样钻取样(李凤业等, 1995a)。取样时沉积物柱心必须保持原始状态,样品的进一步处理已有成熟的经验(Milan et al., 1995; 项亮^③),不再赘述。

2 结果

环渤海地区的 ^{210}Pb 研究始于20世纪80年代初,目前我们共收集到84组样品(^{210}Pb 样柱52组, ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 样柱32组),其中沿海低地及潮间带地区45组,海区39组(图1,表1)。

2.1 辽东湾地区

锦州湾潮间带通过测定沉积样柱中 ^{210}Pb 活性,发现以埋深约10cm处为界,以上沉积速率是0.53cm/a、以下至约60cm处是4.20cm/a;而锦州湾水深6m处厚度<1m的表层沉积,其沉积速率

注:本文为中国地质调查局国土资源调查项目(编号19991300013015)的成果。

收稿日期:2005-01-17;改回日期:2005-10-12;责任编辑:王思恩、章雨旭。

作者简介:王福,1979年生,男,硕士研究生,从事泥质海岸带近现代地质环境变化与 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 等放射性同位素示踪与测年研究。通讯地址:300170,天津市河东区大直沽八号路4号,天津地质矿产研究所环境与水资源室;电话:022-24023524;传真:022-24023488;Email: tjwfu@cgs.gov.cn。

表 1 环渤海沿岸及海区²¹⁰Pb、¹³⁷Cs示踪与测年样柱一览Table 1 List showing the collected cores of ²¹⁰Pb、¹³⁷Cs on the CBS (Circum Bohai Sea) area

地区	编号	样柱名称	地理位置及坐标	测试单位及资料来源
辽东湾	1 *	渤-1	锦州湾水深6m处	夏明等,1983
	2 *	渤-2	锦州湾潮间带	
	3	II1	大、小凌河之间的潮间带中部,40°54′、121°22′	宋云香等,1997
	4	II2	大凌河口西侧、潮间带中下部,40°50′、121°43′	
	5	III3	辽河口 NW 潮间带中部,40°44′、122°02′	
	6	6	辽河口外西滩 SW 潮间带与潮下带过渡部位,40°35′、122°04′	
	7	LD51	双台子河口处潮控支流接官厅河南侧高潮滩,40°52.520′、121°50.046′	王宏等 ^①
	8	LD54/54-1	小凌河西段进入潮间带的潮控河道东~50m的泥砂质潮坪,潮间带中下部,40°53.133′、121°11.046′	
	9	LD55	辽河口外东滩北端、辽河水道东侧,潮间带泥砂质坝,40°37.645′、122°08.129′	
	10	LD56	辽河口外西滩北东端、辽河水道西侧,潮间带泥砂质坝,40°37.850′、122°08.003′	
	11	LD57/57-1	营口西炮台西侧~150m、MHW 处潮坪,40°39.909′、122°09.856′	
	12	LD64/64-1	二界沟南侧潮间带砂坝(蛤蜊岗子)、潮间带中下部,40°42.642′、121°53.867′	
	13 *	BJ27	五里河口潮间带	杨松林等,1993
	14	BJ17	近岸海区水深6m, 40°46′00″、121°02′00″	
	15	BJ842	潮间带,40°38′51″、122°08′12″	
	16	B841	潮间带,40°36′27″、122°07′24″	
	17	B65	锦州湾中部海区水深12m, 40°30′02″、121°29′08″	
	18	B69	锦州湾中部海区水深23m, 40°19′00″、121°15′05″	
	19	B73	锦州湾中部海区水深31m, 39°52′00″、120°45′00″	
	20	BP1	锦州湾中部海区水深25m, 39°29′05″、120°30′08″	
	21	B80	锦州湾中部海区水深19m, 39°10′08″、120°00′04″	
	22	B386	锦州湾中部海区水深7m, 40°27′48″、121°57′10″	
渤海湾	23 *	852	新港航道北侧、蓟运河口潮间浅滩上	杜瑞芝等,1990
	24 *	846	海河口、航道北侧,39°00′05″、117°50′02″	
	25	851	海河口航道南侧潮间浅滩上的拆船场附近	
	26	844	大沽拦门沙附近海域,38°55′48″、117°51′00″	
	27	845	渤海湾顶部,海河口航道南侧,38°52′00″、117°44′45″	
	28	—	老狼坨子高潮滩	荷兰海洋研究所测试。徐家声等,1991
	29	—	高尘头高潮滩	
	30	A	老狼坨子堤后高盐沼,~38°17′、~117°47′	中科院南京地理与湖泊研究所测试。李建芬等,2003;王宏等,2003;王宏等 ^②
	31	B	老狼坨子堤后盐沼,38°17.348′、117°47.546′	
	32	L1	老狼坨子堤后盐沼,38°17.582′、117°46.845′	
	33	L2	老狼坨子堤后盐沼,38°17.105′、117°47.596′	
	34	L3	老狼坨子堤后盐沼,38°17.413′、117°46.116′	
	35	L4	老狼坨子 MHWST 处高潮坪,38°17.902′、117°48.005′	
	36	L5	老狼坨子 MHWST 处高潮坪,38°17.902′、117°48.005′	
	37	L6	老狼坨子 MHWST 处高潮坪(被充填的堤间洼地),38°17.838′、117°48.083′	
	38	S1	上古林 II 贝壳堤后的盐沼,38°48.640′、117°27.908′	纽约斯通尼布鲁克大学测试。李建芬等,2003;王宏等 ^②
	39	S2	独流减河 II 贝壳堤后的淡化沼泽,38°48.661′、117°28.050′	
	40	S3	独流减河口南 I 贝壳堤后的盐沼,38°44.645′、117°32.621′	
	41	Q1	青静黄排水渠河口潮控漫滩,38°39.655′、117°33.132′	中科院南京地理与湖泊所测试。王宏等 ^③
	42	Q2	北大港 II 贝壳堤后盐沼,38°39.082′、117°29.267′	
	43 *	Q3	马棚口湾高潮坪,38°38.804′、117°32.969′	
	44	Q4	马棚口湾中潮坪,38°39.020′、117°33.896′	纽约斯通尼布鲁克大学测试。王宏等 ^④
	45 *	C1	驴驹河村北东潮间带中上部,38°55.390′、117°42.266′	Meng Wei et al., 2005 ^⑤
	46	C3	独流减河口北东潮间带上部,38°49.002′、117°36.013′	
	47	C4	青静黄排水渠河口以北潮间带上部,38°39.983′、117°34.013′	

续表1

地区	编号	样柱名称	地理位置及坐标	测试单位及资料来源
莱州湾	48	LZ02	小清河口南侧 MHWST(虾池围埝)以外~300m 高潮坪, 37°14. 772', 119°00. 446'	纽约斯通尼布鲁克大学测试。王宏等 ^①
	49	LZ12	潍河口与胶莱河口之间 MHWST(虾池围埝)以外~200m 的高潮坪, 37°07. 628', 119°31. 071'	
	50	LZ15	堤河左岸近河口处裸露盐沼, 37°06. 527', 119°17. 544'	
	51	LZ19	白浪河口东侧~3km 高潮坪, 37°09. 076', 119°13. 856'	
黄河三角洲	52	ZK224	神仙沟与刁口流路间, 三角洲平原	业渝光等, 1987, 1991, 1992; 成国栋等, 1995
	53	ZK226	神仙沟流路以西, 三角洲平原	
	54	88C2	三角洲前缘水下	
	55	91C2	三角洲前缘水下	
	56	1041	黄河口北部水域, 38°18'12", 118°38'00"	杜瑞芝等, 1990
	57	B92	老黄河口, 水深13m, 38°07'00", 119°05'30"	
渤海海区	58	P2	渤海湾中部, 水深23m, 38°49'06", 118°14'08"	杜瑞芝等, 1990
	59	B85	渤海湾中部, 水深24m, 38°30'00", 119°15'00"	
	60	9-2	黄河口南部, 37°31'06", 119°05'48"	李凤业等, 1992
	61	3-3	黄河三角洲附近水深16m, 38°15'30", 118°47'00"	
	62	4-3	莱州湾和黄河三角洲附近海域水深15m, 38°09'42", 119°03'30"	
	63	6-3	莱州湾和黄河三角洲附近海域, 37°50'06", 119°25'06"	
	64	M8-4	渤海水深24m, 28°42'32", 118°37'42"	李凤业等, 1995a
	65	M10-2	渤海水深13. 2m, 38°39'37", 117°58'24"	
	66	M4-3	渤海中部偏西水深26. 4m, 39°02'26", 119°32'49"	
	67	M6-5	水深28. 20m, 38°32'59", 119°37'02"	
	68	M4-7	水深28. 1m, 38°36'14", 120°15'22"	
	69	D15	渤海南部, 38°22'00", 119°50'18"	
	70	M12-1	水深8. 5m, 37°29'36", 119°08'58"	
	71	6-1	黄河口北端, 37°47'54", 119°17'00"	
	72	7-4	黄河口正对面, 37°42'48", 119°20'54"	
	73	B27	辽东湾东部沿岸附近	
	74	B5	大凌河口和辽河口外水下三角洲外缘浅水区	
	75	B57	辽中洼地	
	76	B34	辽东湾东部沿岸附近	
	77	B86	辽中洼地	
	78	2-2	黄河三角洲附近海域	李凤业等, 2002
	79	6-4	莱州湾和黄河三角洲附近海域	
	80	7-5	莱州湾和黄河三角洲附近海域	
	81	9-4	莱州湾和黄河三角洲附近海域	
	82	C1	渤海海峡中部, 38°26'30", 122°12'00"	
	83	C3	渤海海峡中部, 38°15'00", 122°12'00"	
	84	C4	渤海海峡中部, 38°03'12", 122°12'00"	

注: * 未搜集到坐标的点; ① 国家环保总局环境科学院与中国地质调查局天津地质研究所的合作项目。

仅 0.44cm/a(夏明等, 1983)。五里河、小凌河、大凌河、双台子河、辽河河口外现代潮间带中下部、平均大潮低潮线附近及湾内海区的16个浅层柱样的²¹⁰Pb测量, 表明辽东湾潮间带的沉积速率从小凌河口东侧潮滩向 SEE 方向递减: 2.9cm/a → 2.4cm/a → 0.75cm/a → 0.54cm/a(宋云香等, 1997)。从小凌河口东侧潮滩向南侧五里河口方向递减: 2.9cm/a → 1.1cm/a → 0.41cm/a。从辽东湾湾顶的双台子河口向南侧海区递减: 2.4cm/a → 0.77cm/a → 0.74cm/a → 0.22cm/a(夏明等, 1983; 杨松林等, 1993; 宋云香等, 1997)。

2.2 渤海湾地区

渤海湾海岸带根据²¹⁰Pb和¹³⁷Cs数据结果, 初步划分了三个亚区, 即远离岸线的低沉积速率(约 0.1cm/a)盐沼区; 靠近海岸的高沉积速率(约 0.35cm/a)盐沼区和开放潮坪高速沉积区(1~3cm/a)(李建芬等, 2003; 王宏等, 2003; 王宏等^②)。开放潮坪的进一步研究表明, 该区从蓟运河口向海河口(杜瑞芝等, 1990)降低, 海河口以南的 C1 点向南经驴驹河潮坪的 C3 点(Meng Wei et al., 2005)、马棚口开放潮坪区的 Q1 点(李建芬等, 2003)和 C 点(Meng Wei et al., 2005)沉积速率逐渐增大; 由马棚

口向南,直至老狼坨子 L4、L5、L6点,保持着 $1.3\sim 3\text{cm/a}$ 的沉积速率(王宏等,2003)。

渤海海区 ^{210}Pb 研究显示,渤海湾近岸海区沉积速率介于 $0.15\sim 0.71\text{cm/a}$,湾内海底平原沉积速率较高,渤海中部的沉积速率最低($0.15\sim 0.41\text{cm/a}$) (李凤业等,1995b,2002)。渤海海峡中部是沉积速率 $<0.2\text{cm/a}$ 的细颗粒连续沉积区,其沉积速率分布趋势为南高北低,泥质区的边缘为冲刷区(蒋东辉等,2003)。

2.3 黄河三角洲及莱州湾地区

现代黄河三角洲正在形成的叶瓣体由间歇式的快速沉积形成,具有极高的沉积速率,在沉积年份可

达到每年数十厘米—每年数米,但一旦被废弃,则无沉积甚至被侵蚀(业渝光等,1987,1991;成国栋等,1995)。黄河口附近海区沉积速率 $1.29\sim 9.59\text{cm/a}$ (李凤业等,1995b)。

莱州湾堆积速率从西向东逐渐降低。黄河口东南的莱州湾海区(9-2点)的沉积速率 9.44cm/a ,大于黄河口西北的渤海湾海区(3-3点)的 2.79cm/a (李凤业等,1995b)。

3 讨论

3.1 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 活性曲线类型

环渤海地区的 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 活性—深度曲线可以分为

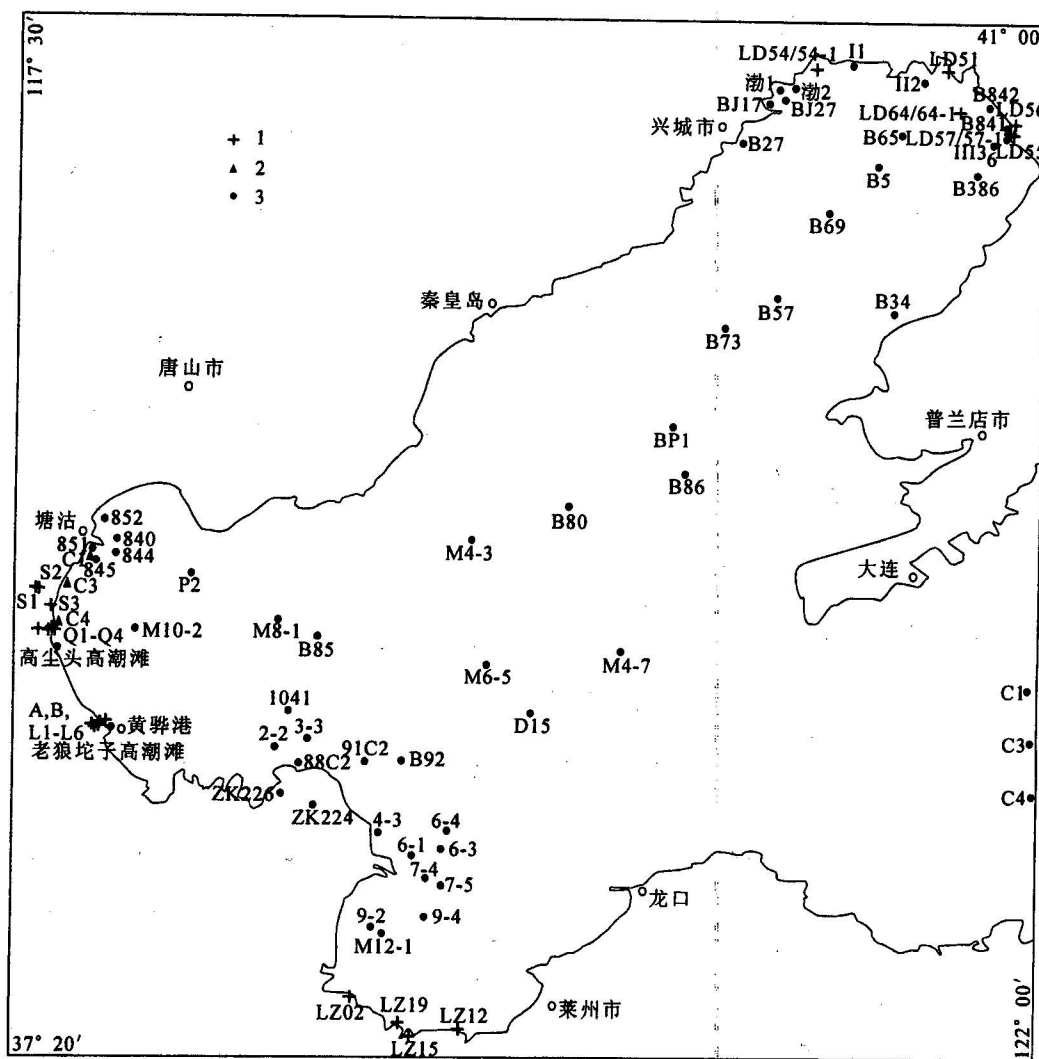


图1 环渤海海岸带及海区 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 样柱分布图

Fig. 1 Map showing locations of the ^{210}Pb and ^{137}Cs cores collected on the CBS

(Circum Bohai Sea) Coasts and the sea area

1—天津所的 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 柱状剖面位置;2—天津所参与合作的 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 柱状剖面位置;3—其他研究者的 ^{210}Pb 柱状剖面位置(见表1)

1— ^{210}Pb and ^{137}Cs Cores, given by Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, TIGMR; 2— ^{210}Pb and ^{137}Cs Cores, TIGMR as collaborator; 3— ^{210}Pb Cores, given by the others (see Table 1)

三种类型(图2)。

(1)理想状态下, $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 随着深度增加呈指数衰减。辽东湾潮间带、渤海海区的大部分剖面、渤海湾堤后盐沼的S1、S2及开放潮坪堤间洼地的L6剖面属于该模式,说明 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 的来源与沉积环境比较稳定。

(2) $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 活性未随深度增加而衰减。通常表现为近等幅的摆动。低活性水平的摆动(如C2、C3剖面),可能与沉积物的粒度较粗,吸附能力低有关;高活性水平摆动(如L1、L4),则可能受到潜水位波动、生物扰动的影响。

(3)“事件沉积”在 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 曲线中的记录。强风暴等海洋动力事件把海底老的沉积物($^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 含量低)搬运至潮间带沉积,致使 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 曲线中有一段或数段层位的 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 显示低活性的特征。该模式以老狼坨子的L5点和马棚口的Q1、C4剖面为代表。事件沉积亦见于欧洲北海地区(Andersen et al., 2000),在美国的Chesapeake湾也专门利用 ^{210}Pb 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 等进行过“事件沉积”的研究(Nie et al., 2001)。

另外,由于黄河多次改道造成沉积物供给的迅速变化,使得 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 剖面表现出以黄河三角洲的ZK224和黄河三角洲附近海域的4-3、3-3点为代表的多阶分布特征,该特征亦可视为“事件沉积”曲线的另一种成因。

3.2 沉积速率的空间分布特征

根据渤海湾地区的研究结果,我们推断环渤海

地区由陆向海方向,可分为:①沿岸低沉积速率带,沉积速率仅 $\sim 0.1\text{cm/a}$;②开放潮坪高沉积速率带,沉积速率在 $1\sim 3\text{cm/a}$;③海区低沉积速率区。

辽东湾沉积速率由小凌河口向南东东的辽河口、南侧的五里河口及湾内海区方向递减,海河口以南开放潮坪区由北向南沉积速率逐渐增加,莱州湾与黄河三角洲地区属于快速沉积区;渤海海区可以进一步细分为渤海中部低沉积速率区、渤海海峡中部是沉积速率 $< 0.2\text{cm/a}$ 的细颗粒连续沉积区等。

3.3 存在问题

该区 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 研究中常见的问题包括混合作用(李建芬等, 2003; Meng Wei et al., 2005)((生物扰动和海洋动力事件造成的)、粒度等对 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 数据可靠性的影响(业渝光等, 1992; 成国栋等, 1995);实验室不同的处理过程、仪器的本底及数据表达的不同会造成在对各家数据进行比较时出现很大的误差(范德江等, 2000)。我们今后将致力于建立一套规范的野外取样分样、实验室处理、样品测试及数据表达的标准。如被测样品均为相同粒度范围的样品,或寻找地区性粒度吸附能力校正参数(Goodbred et al., 1998),这样各家实验室的数据才更具可比性。

4 结语

环渤海沿海低地的沉积环境相对稳定,适合进行 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 研究。开放潮坪地区由于受到波浪、风暴等海洋动力事件的影响,仅有少部分 ^{210}Pb 曲线适

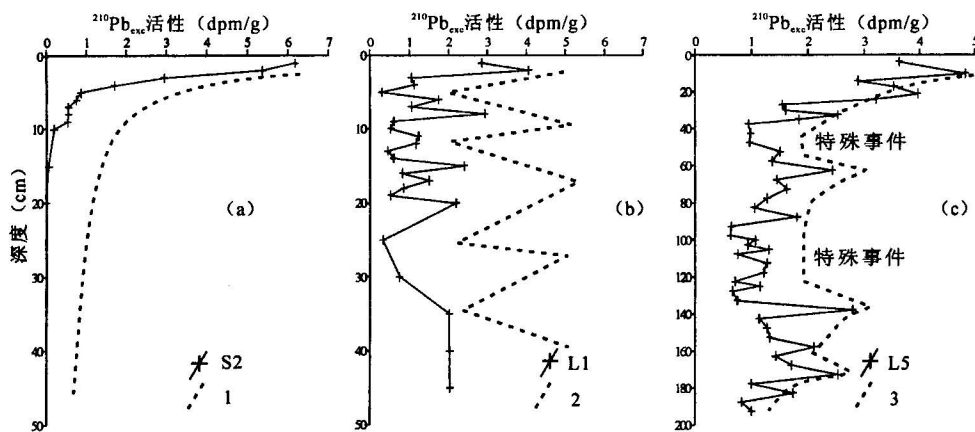


图2 ^{210}Pb 活性的深度分布实测剖面(李建芬等, 2003; 王宏等, 2003; 王宏等^②)及据此推导出的变化模式图

Fig. 2 Sections showing the measured vertical distribution of ^{210}Pb radioactivity

(Li Jianfen et al., 2003; Wang Hong et al., 2003; Wang Hong et al.^②)

and the derived models for different sedimentary patterns

(a)—S2实测剖面,理想衰变型(1);(b)—L1实测剖面,近等幅摆动型(2);(c)—L5实测剖面,“事件”影响型(3)

(a)—S2 measured profile, given by TIGMR, Ideal-Decaying-type (1); (b)—L1 measured profile, given by TIGMR, Wiggling with

Approximate Equivalent Amplitude (2); (c)—L5 measured profile, given by TIGMR, Episodic-Event-Influencing-type (3)

宜进行沉积速率的研究。海区的样柱大部分属于模式类型1,说明海区的沉积环境相对稳定。

致谢:张玉发、张金起等(天津地质矿产研究所)参加野外取样,夏威夷(中国科学院南京地理与湖泊研究所)、S. L. Goodbred 和 A. S. Kolker(纽约斯通尼布鲁克大学)等测试 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 样品,一并致谢。

注 释

- ① Albritton D L, Allen M R, Baede A P M, et al. 2001. Summary for Policymakers, A Report of Working Group 1 of IPCC.
- ② 王宏,李建芬,等. 2002. 泥质海岸带现代地质作用(沉积、剥蚀及岸线变迁)与精细测年研究报告.
- ③ 项亮. 2000. 核素示踪对湖泊环境变化的研究,南京地理与湖泊所博士论文.
- ④ 王宏,李建芬,等. 2004. 环渤海海岸带近现代地质环境变化研究报告.

参 考 文 献 / References

- 成国栋,业渝光,刁少波. 1995. 黄河三角洲的 ^{210}Pb 剖面与再沉积作用. 海洋地质与第四纪地质,15(2):1~10.
- 范德江,杨作升,郭志刚. 2000. 中国陆架 ^{210}Pb 测年应用现状与思考. 地球科学进展,15(3):297~302.
- 蒋东辉,高抒,李凤业. 2003. 渤海海峡区域现代沉积速率分布的数值计算. 海洋科学,27(3):32~35.
- 李凤业,袁巍. 1992. 近代黄河三角洲海域 ^{210}Pb 多阶分布与河口变迁. 海洋与湖泊,23(5):566~571.
- 李凤业,史玉兰. 1995a. 渤海现代沉积的研究. 海洋科学,(2):47~50.
- 李凤业,史玉兰. 1995b. 渤海南部现代沉积物堆积速率和沉积环境. 黄渤海海洋,13(2):33~37.
- 李凤业,高抒,等. 2002. 黄、渤海泥质沉积区现代沉积速率. 海洋与湖泊,33(4):364~369.
- 李建芬,王宏,夏威夷,等. 2003. 渤海湾西岸 $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ 和 ^{137}Cs 测年与现代沉积速率. 地质调查与研究,26(2):114~128.
- 宋云香,成秀文,王玉广. 1997. 辽东湾北部河口区现代沉积特征. 海洋学报,19(5):145~149.
- 王宏,姜义,李建芬,等. 2003. 渤海湾老狼坨子海岸带 ^{14}C 、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 测年与现代沉积速率的加速趋势. 地质通报,22(9):658~664.
- 夏明,张承惠,马志邦,梁卓成,周秀云. 1983. 铅(^{210}Pb 年代学方法和珠江口、渤海锦州湾沉积速度的测定. 科学通报,(5):291~295.
- 徐家声,刘鹤智. 1991. 黄骅海岸带开发环境概论. 海洋出版社,1~93.
- 杨松林,刘国贤,等. 1993. 用 ^{210}Pb 年代学方法对辽东湾现代沉积速率的研究. 沉积学报,11(1):128~135.
- 业渝光,薛春汀,刁少波. 1987. 现代黄河三角洲叶瓣模式的 ^{210}Pb 证据. 海洋地质与第四纪地质,7(增刊):75~80.
- 业渝光,和杰,刁少波,宋苏硕,蔡善琪. 1991. 现代黄河三角洲ZK226孔岩心 ^{210}Pb , Al, Fe, Mn 和 Cu 的地球化学. 海洋地质与第四纪地质,11(4):25~33.
- 业渝光,和杰,等. 1992. 现代黄河三角洲 ^{210}Pb 剖面的标准化方法——粒度相关法. 地理科学,12(4):379~386.
- 杜瑞芝,刘国贤,等. 1990. 渤海湾现代沉积速率和沉积过程. 海洋地质与第四纪地质,10(3):15~22.
- Andersen T J, Mikkelsen O A, Moller A L, Pejrup M. 2000. Deposition and mixing depths on some European intertidal mudflats based on ^{210}Pb and ^{137}Cs activities. Continental Shelf Research,20:1569~1591.
- Appleby P G, Oldfield F. 1978. The calculation of ^{210}Pb dates assuming a constant rate of supply of unsupported ^{210}Pb to the sediment. Catena,(5):1~8.
- Cheng Guodong, Ye Yuguang, Diao Shaobo. 1995. ^{210}Pb profile and redeposition of the Yellow River Delta. Marine Geology & Quaternary Geology, 15(2):1~10 (in Chinese with English abstract).
- Du Ruizhi, Liu Guoxian, et al. 1990. Modern sedimentation rate and sedimentation process in Bohai Bay. Marine Geology & Quaternary Geology,10(3):15~22.
- Fan Dejiang, Yang Zuosheng, Guo Zhigang. 2000. Review of ^{210}Pb dating in the continental shelf of China. Advance in Earth Sciences,15(3):297~302(in Chinese with English abstract).
- Goodbred S L, Kuehl S A. 1998. Floodplain processes in the Bengal Basin and the storage of Ganges-Brahmaputra river sediment: An accretion study using ^{137}Cs and ^{210}Pb geochronology. Sedimentary Geology,121(3):239~258.
- Jha S K, Chavan S B, Pandit G G, Sadasivan S. 2003. Geochronology of Pb and Hg pollution in a coastal marine environment using global fallout ^{137}Cs . Journal of Environmental Radioactivity, 69: 145~157.
- Jiang Donghui, Gao Shu, Li Fengye. 2003. Numerical calculations of modern deposition rates for the Bohai Strait region. Marine Sciences,27(3):32~35(in Chinese with English abstract).
- Krishnaswamy S Lal D, and Marin J M, et al. 1971. Geochronology of lake sediments. Earth and Planetary Science Letters, 11: 407~414.
- Li Jianfen, Wang Hong, Xia Weilan, et al. 2003. $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ and ^{137}Cs dating and modern sedimentation rate on the western coast of Bohai Bay. Geological Survey and Research,26(2):114~128(in Chinese with English abstract).
- Li Fengye, Yuan Wei. 1992. Stage profiles of ^{210}Pb and implication of migration of the channel to the modern Huanghe River Delta. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 23(5):566~571 (in Chinese with English abstract).
- Li Fengye, Shi Yulan. 1995a. Study of the modern sedimentation in the Bohai Sea. Oceanographic Sciences,2:47~50(in Chinese with English abstract).
- Li Fengye, Shi Yulan. 1995b. Accumulation rates of sediment and sedimentary environment in the south Bohai Sea. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 13(2):33~37 (in Chinese with English abstract).
- Li Fengye, Gao Shu. 2002. Contemporary deposition rates of fine grained sediment in the Bohai and Yellow seas. Oceanologia Et limnologia Sinica, 33(4):364~369 (in Chinese with English abstract).
- Meng Wei, Lei Kun, et al. 2005. Modern sedimentation rates in the intertidal zone on the west coast of the Bohai Gulf. Acta Oceanologica Sinica,24(3):46~53.
- Mishra U C, Lalit B Y, Sethi S K, Shukla V K, Ramachandran T V. 1975. Some observations based on the measurements on fresh fallout from the recent Chinese and French nuclear explosion.

- Journal of Geophysical Research, 80(36):5045~5049.
- Milan C S, Swenson E M, Turner R E, Lee J U. 1995. Assessment of the ^{137}Cs method for estimating sediment accumulation rates: Louisiana salt marshes. *Journal of Coastal Research*, 11(2):296~307.
- Nie Yonghong, Suayah I B, Benninger L K. 2001. Modeling detailed sedimentary $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ and fallout 239 , ^{240}Pu profiles to allow episodic events: An application in Chesapeake Bay. *Limnol. Oceanogr.*, 46(6):1425~1437.
- Robbins J A. 1978. Geochemical and geophysical applications of radioactivity lead In: Nriagu J. D. *The Biogeochemistry of lead in the Environment* Amsterdam; Elsevier/North Holland Biomedical Press, 285~383.
- Song Yunxiang, Zhan Xiuwen, Wang Yuguang. 1997. *Acta Oceanologica Sinica*, 19(5):145~149(in Chinese).
- Wang Hong, Jiang Yi, Li Jianfen, et al. 2003. ^{14}C , ^{137}Cs , ^{210}Pb dating and accelerated tendency of the present sedimentation rate along the Laolangtuozi coast of the Bohai Sea. *Geological Bulletin of China*, 22(9):658~664(in Chinese with English abstract).
- Xia Ming, Zhang Chenghui, Ma Zhibang, et al. 1983. *Chinese Science Bulletin*, 5, 291~295(in Chinese).
- Xu Jiasheng, Liu Zhihe. 1991. The Introduction of the Development of Huanghua Coast. *Oceanpress*, 1~93(in Chinese).
- Yang Songlin, Liu Guoxian, et al. 1993. Study of the modern sedimentation rate through ^{210}Pb age dating, Liaodong Bay. *Acta Sedimentologica Sinica*, 11(1):128~135(in Chinese with English abstract).
- Ye Yuguang, Xue Chunding, Diao Shaobo. 1987. ^{210}Pb Evidence of the lobe model in modern Huanghe River Delta. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 7: 75~80 (in Chinese with English abstract).
- Ye Yuguang, He Jie, Diao Shaobo, et al. 1991. Geochemistry of ^{210}Pb , Al, Fe, Mn, and Cu of core ZK226 in the modern Huanghe River Delta. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 11(4):25~33(in Chinese with English abstract).
- Ye Yuguang, He Jie, et al. 1992. Standardization of ^{210}Pb profile in the modern Huanghe River Delta—the correlation method of grain size. *Scientia Geographica Sinica*, 12(4):379~386 (in Chinese with English abstract).

Current Study of ^{210}Pb and ^{137}Cs Geochronology in the Circum-Bohai Sea Region

WANG Fu^{1,2)}, WANG Hong^{1,2)}, LI Jianfen¹⁾, PEI Yandong¹⁾, FAN Changfu^{1,2)}, SHANG Zhiwen^{1,2)}

1) *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin, 300170*

2) *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin, 130026*

Abstract

As an important factor, modern accumulation rates have a significant influence on the recent and present geo-environmental changes in the Circum-Bohai Sea (CBS) region. $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ and/or ^{137}Cs geo-chronological sections at 84 sites ($^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ sections at 52 sites, $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ and ^{137}Cs sections at 32 sites), determining the modern accumulation rates in the CBS region, were collected. 39 cores are located in sea area and the others located on the coastal lowland and the intertidal flat. $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ and ^{137}Cs sections collected show three essential vertical distribution patterns, (1) Ideal-Decaying-type, (2) Wiggling with Approximate Equivalent Amplitude, and (3) Episodic-Event-Influencing-type. Low accumulation rates of the coastal lowland, high accumulation rates of the intertidal flats and low accumulation rates in the sea areas were identified based on the existing differential accumulation rates. In a 'high—low—high' pattern from the Jiyunhe Estuary in north to the Laolangtuozi upper part of the intertidal marsh in south along the western coast of the Bohai Bay, the rate decreases from the Jinzhou Bay intertidal flat to the Liaohe estuary in Liaodong Bay, and episodic high accumulation occurs the Yellow River Delta and the surrounding sea area while high accumulation rates exist in the Laizhou Bay.

Key words: Bohai Bay; coastal lowland; sea area; ^{210}Pb and ^{137}Cs ; Modern accumulation rates