

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2014.01057

近两百年来人类活动对北部湾潮间带环境的影响

黎清华¹, 万世明², 何军¹, 李安春²

(1. 中国地质调查局 武汉地质调查中心, 武汉 430205; 2. 中国科学院 海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071)

摘要:对北部湾潮间带两个柱状岩心沉积物进行了²¹⁰Pb 测年、粒度分布特征和重金属元素含量分析,并探讨了近两百年来人类活动对沉积环境的影响。结果表明,YX07 和 YX05 岩心的平均沉积速率分别为 0.45 和 0.37 cm/a,分别约记录了 231 年和 210 年以来的环境历史。重金属元素含量变化特征与沉积物平均粒径变化大体相反,说明重金属元素倾向于在细粒级物质中富集;不活泼微量元素比值 La/Th 的大小及其在岩心深度上的稳定变化,说明两个岩心物源的同一性且一直没有发生明显变化。岩心沉积物记录的沉积环境在 1930 年以前主要是自然影响,而 1930 年以来则更多受到人类活动影响,1930 年以来岩心沉积物粒度变粗,可能因为人口的增加和土地的开垦等因素,在自然降水量降低的情况下人为地增加土壤物理侵蚀。同时,岩心中 Al 校正后重金属元素 As、Pb、Cu 等的含量从 1930 年直线增加 2~3 倍,则表明大量工业和生活污水经河流倾泻到河口和近岸地区,致使潮间带沉积物中重金属污染状况严重。

关键词:潮间带;沉积物;重金属元素;环境变化;北部湾

中图分类号:P736.2

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2014)01-0057-08

人类对自然环境的影响越来越深刻,正确评估这一影响是确保人类和自然可持续发展的重要前提。作为海陆交替的过渡地带,潮间带地区物质和能量的转换远比其他地域迅速,是记录人类对环境影响的敏感地区。特别是各种污染物质通过生物、化学及物理作用富集在沉积物中,这些污染物质会对滩涂生物产生直接的毒害作用,并通过食物链富集和传递,最终影响人类健康。众多污染物中,重金属因其毒性和持久性对潮间带沉积物的影响最为严重,因而,潮滩沉积物中重金属的研究意义重大。钦州湾-防城港地处华南沿海,位于北部湾顶端,属于热带亚热带的过渡区域,是广西沿岸最大的溺谷型海湾。该湾岸线曲折,海岸带资源丰富,具有重要的经济地位。前人^[1-3]对钦州湾海域深水区和潮间带沉积物的重金属污染在空间上的分布状况进行了较详细研究,但有关其环境状况在时间上的变化研究较少^[4]。本文旨在通过钦州湾-防城港潮间带两个短柱状岩心沉积物的²¹⁰Pb 测年、粒度和重金属元素含量变化,揭示近两百年来研究区沉积环境的变迁,通过对比探讨自然和人类活动对其影响,以期为北部湾的可持续利用提供科学依据。

1 材料和方法

钦州湾位于北部湾顶部,广西沿岸的中段,由内湾茅尾海和外湾钦州湾构成。中间狭窄,两端宽阔,东、西、北三面为陆地所环绕,南面与北部湾相通,构成一个封闭型天然海湾。全湾海岸线总长 336 km,海湾面积为 380 km²。防城港毗邻钦州湾西部,湾口宽 10 km,海湾面积 115 km²。钦州湾-防城港西北的主要山脉是十万大山及其支脉。十万大山呈北东-南西走向,山脊平均高度 1 000 m 左右。钦州湾-防城港地处低纬度,属亚热带季风气候区,受海洋和十万大山山脉的影响,季节干湿分明,热量丰富,雨量集中。防城港西部有防城江注入,而注入钦州湾内湾茅尾海的主要河流有钦江和茅岭江(图 1),这些河流均发育于十万大山南麓,干流总长 293 km,流域面积 2.3×10³ km²,年输沙量为 6.0×10⁵ t^[5]。注入外湾钦州湾东部的主要河流有金鼓江、鹿耳环江和大风江,这些河流属广西滨海水系,其流域主要分布在沿海一带。

2010 年 12 月底,在钦州湾和防城港底质沉积物类型为泥质粉砂的潮间带中潮滩处,采集了长度为 78 和 104 cm 的两个短柱状沉积岩心 YX05 和 YX07,取样位置如图 1 所示。具体采集方法是现场将直径 7 cm 的 PVC 塑料取样管缓缓打入潮间带沉积物中,后人工挖掘开取样管周围泥土,取样过程中

基金项目:地质大调查项目“北部湾经济区地质环境综合调查评价与区划综合研究”(1212010914002)

作者简介:黎清华(1978—),男,博士,高级工程师,从事水工环地质研究, E-mail: lqinghua@cgs.cn

收稿日期:2012-10-13;改回日期:2012-11-18. 张光威编辑



图1 北部湾周边地理和采样站位(红色圆点所示)

Fig.1 Location map showing geographic features around the Baibu Bay and the study cores of YX05 and YX07 (indicated by filled circles)

尽量保持沉积物的原始状态。将柱状样现场密封后带回实验室,从中间剖开,按 2 cm 间隔进行分样。YX07 和 YX05 两孔各取 52 和 38 个样品,共计 90 个样品。

对入管蜡封并放置 21 天的 5~10 g 干样品进行 ^{210}Pb 、 ^{226}Ra 和 ^{137}Cs 的放射性比活度测试,采用 EG&G Ortec 公司生产的高纯锗低本底 γ 能谱完成。以 46.5 keV (^{210}Pb) 处的能量峰来计算总 ^{210}Pb 比活度,以 351.92 keV (^{214}Pb , ^{226}Ra 的子体) 处的能量峰来计算本底 ^{210}Pb 比活度,其差值即为过剩 ^{210}Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) 的比活度。 ^{137}Cs 的比活度利用 662 keV 处的能量峰来计算,但由于沉积物中 ^{137}Cs 的含量很低而没有超过检出限,所以没有测出。

粒度分析的样品每样约取 0.3 g,加少许蒸馏水浸泡一昼夜后,超声波分散约 1 min 后,在中国科学院海洋地质与环境重点实验室用法国 Cilas940L 激光粒度仪进行粒度测量。仪器测量范围为 0.3~2 000 μm ,重复测量的相对误差小于 2%。粒径标准采用尤登-温德华氏^[6]等比值 Φ 值粒径标准。沉积物分类命名按海洋调查规范 (GB/T 13909-92) 规定的谢帕德^[7]三角图分类命名。对粒度分析结果采用矩法参数公式计算平均粒径、分选系数、偏度和峰态 4 种参数。

用于微量元素分析的沉积物样品 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘干,研磨至 200 目。样品在混酸 $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HClO}_4$ 下消解。微量元素包括 Cd、Cu、P、Zn 用电感耦合等离子体质谱仪 (Perkin-Elmer ELAN DRC II ICP-

MS) 分析,元素 Cr 和稀土元素等用电感耦合原子发射光谱仪 (Thermo IRIS Intrepid II ICP-AES) 分析,元素 As 和 Hg 分别用氢化物-原子荧光光谱法 (HG-AFS) 和冷蒸气-原子荧光光谱法 (CV-AFS) 分析。为了监控测试精度与准确度,对标样 (GSS23、GSS24、GSD3a、GSD5a)、重复样与空白样品进行了分析,结果表明微量元素的精度优于 5%。

2 结果与讨论

2.1 ^{210}Pb 年代和沉积速率

在含侵蚀来源过剩 ^{210}Pb 的水环境系统中,一般采用恒定初始浓度模型 (CIC) 计算^[8]。即:当沉积物-水界面上过量 ^{210}Pb 的初始比活度为常值 $C(0)$,则一定深度的沉积物中,过剩 ^{210}Pb 的比活度 $C(h)$ 将随该层深度 h 呈指数衰减。即: $C(h) = C(0) * e^{-\lambda t}$,从而 $v = h/t = h / (\ln(C(0)/C(h)) / \lambda) = \lambda h / (\ln(C(0)/C(h)))$ 。其中衰变常数 $\lambda = 0.03114/\text{a}$ 。在根据实测深度-比活度对数曲线计算出斜率即 $h / (\ln(C(0)/C(h)))$ 后,即可算出沉积速率。

YX07 共测试了 31 个样品, YX05 共测试了 19 个样品。YX07 孔的过剩 ^{210}Pb 的活度值变化在 0.86~47.57 Bq/kg, 平均为 21.28 Bq/kg, 误差平均为 6.08 Bq/kg。YX05 孔的过剩 ^{210}Pb 的活度值变化在 1.82~70.69 Bq/kg, 平均为 29.74 Bq/kg, 误差平均为 6.32 Bq/kg。在岩心深度上,过剩 ^{210}Pb

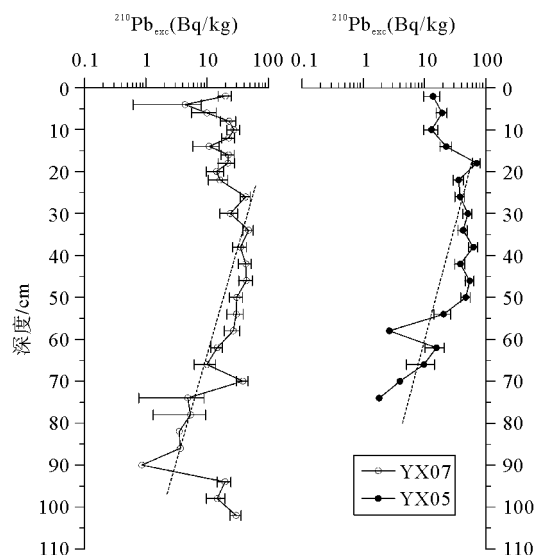


图 2 钦州湾-防城港柱状沉积物过剩 ^{210}Pb 比活度随深度的变化(其中短横线为分析误差)

Fig. 2 Downcore variation in excess ^{210}Pb in the sediments of cores YX05 and YX07 in Qinzhou Bay-Fangcheng Port (the short horizontal line represent error of analysis)

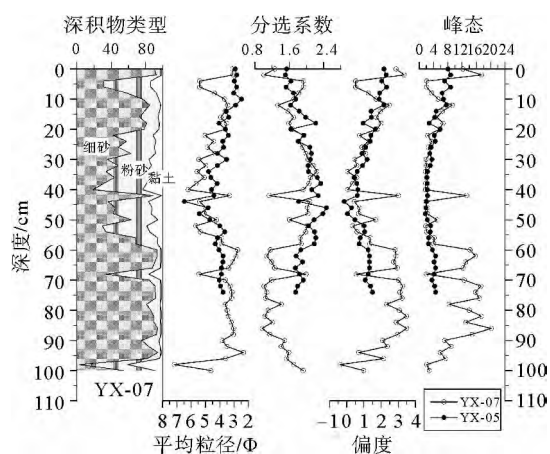


图 3 钦州湾-防城港柱状沉积物粒度参数随深度的变化
Fig. 3 Downcore variation in typical parameters of sediments grain-size at cores YX05 and YX07 in Qinzhou Bay-Fangcheng Port

在 YX07 的 0~26 cm 和 YX05 的 0~18 cm 的比活度值变化在 4.34~22.73 Bq/kg 之间,在此深度以下,过剩 ^{210}Pb 比活度随深度整体呈递减趋势,而上部比活度呈现递增或相对稳定的异常,可能与表层沉积物的混合扰动有关,这与广西龙门岛潮滩的测试结果非常类似^[4]。分别对 YX07 和 YX05 的 26 和 18 cm 以下岩心的过剩 ^{210}Pb 的活度计算其斜率,据恒定初始浓度模型(CIC)计算的 YX07 和 YX05 的平均沉积速率分别为 0.45 和 0.37 cm/a。推算

整个岩心尺度为 231 年和 210 年,底部分别对应公元 1779 年和 1800 年。

2.2 粒度特征

按照谢帕德^[7]三角图解, YX05 和 YX07 两个岩心的沉积物粒度投点主要落在砂、粉砂质砂和砂质粉砂部分,有两个样品落于含黏土粉砂。其中, YX05 孔砂含量平均占 62.0%、粉砂 30.4%、黏土 7.6%; YX07 孔砂含量平均占 65.7%、粉砂 26.2%、黏土 8.0%。

YX05 整个岩心的砂、粉砂和黏土含量平均为 62%、30%、8%,平均粒径为 130 μm ,分选系数为 2.0,分选差,偏度为 1.2,属正偏,峰态为 4.1。YX07 整个岩心的砂、粉砂和黏土含量平均为 66%、26%、8%,平均粒径为 99 μm ,分选系数为 1.6,分选差,偏度为 1.7,属正偏,峰态为 7.4。YX-07 和 YX-05 两岩心的沉积物粒度分布特征在相同深度上基本类似,在上部 0~20 cm,粒度分布为双峰(少部分三峰),其中细粒级集中在 1~10 μm ,粗粒级为 40~180 μm ;中部 20~60 cm 也为双峰分布,但细粒级含量明显增加,底部 60~95 cm 为单峰分布,细粒组分消失。YX-07 和 YX-05 两岩心的沉积物粒度参数在相同深度上的变化也基本类似。相对上部 60 cm 以上,60 cm 以下平均粒径较粗,分选较好,表明底部沉积物沉积时处于较高的水动力环境或输入的碎屑颗粒本身较粗,而中部 20~60 cm 左右的较小的平均粒径、较差的分选度、较宽的峰态,说明该段沉积对应了相对低能的水动力环境或输入的碎屑颗粒本身较细。

2.3 重金属元素变化

表 1 列出了 YX05 和 YX07 两个岩心沉积物重金属元素 Hg、Cd、As、Pb、Cu、Cr、Zn 的变化范围、平均值和标准偏差。此外,2000 年^[1]、1983—1984 年钦州湾沉积物^[5],以及其他地区如广东主要海岛^[9]、南海北部大陆架^[10]和国家沉积物一类标准(GB18668, 2002)^[11]的重金属元素含量也列于表 1。

总体上,钦州湾在 2000 年重金属元素含量测量值最低, YX05 和 YX07 岩心平均值与 1983—1984 年测定的重金属元素含量相当,但低于国家海洋沉积物一类质量标准(GB 18668-2002)和南海北部陆架,且明显低于广东主要海岛。这里的对比实际上忽略了不同样品、不同实验室前处理方法、不同测试方法和仪器所造成的可能误差。

表 1 北部海潮间带 YX05 和 YX07 岩心沉积物重金属元素含量统计和对比

Table 1 Statistics and comparison of heavy metal elements concentration of sediments at cores YX05 and YX07

统计参数	岩心/研究区	Hg	Cd	As	Pb	Cu	Cr	Zn
最大值(μg/g)	YX07	0.062	0.133	9.37	28.14	24.93	48.87	53.28
	YX05	0.044	0.083	13.09	24.81	13.17	38.67	53.57
最小值(μg/g)	YX07	0.007	0.004	2.38	5.80	4.66	5.89	13.13
	YX05	0.011	0.008	3.26	7.06	4.77	7.15	11.87
平均值(μg/g)	YX07	0.027	0.048	5.65	15.38	9.61	24.46	30.11
	YX05	0.026	0.044	6.98	14.13	8.09	19.95	25.90
标准偏差	YX07	0.016	0.026	2.05	6.79	4.10	12.38	11.77
	YX05	0.009	0.017	2.14	4.29	1.91	6.58	8.62
平均值(μg/g)	广西近岸海域 2000 年(廉雪琼,2002)	0.008	0.03	12.4	2.4	4.6	25.7	\
平均值(μg/g)	1983—1984 钦州湾测量值(李树华,1993)	0.09	0.09	12.15	27.5	17.2	\	66.6
平均值(μg/g)	广东主要海岛(林祖亨,李国祺,1995)	\	2.7	\	25.2	28.2	\	112
平均值(μg/g)	南海北部陆架(甘居利,贾晓平,2003)	\	0.74	\	22.6	9.2	19.9	44.5
平均值(μg/g)	国家一级标准(GB18668,2002)	0.2	0.5	20	60	35	80	150

注：“\”表示数据未测。

YX-07 和 YX-05 两岩心的重金属元素含量随深度的变化如图 4 所示,其变化特征与沉积物平均粒径变化大体相反,20~60 和 95~100 cm 的 Hg、Cd、As、Pb、Cu、Cr、Zn 的元素含量都显示出高值,该段正好对应了粒度的低值。而元素含量与沉积物

平均粒径的相关性图解显示出的较高负相关性(图 5),也说明粒度效应对重金属元素含量有重要影响作用,即细粒级物质尤其是黏土矿物相对于石英长石等由于有更大的比表面积更易吸附重金属元素,从而导致重金属元素倾向于在细粒级物质中富集。

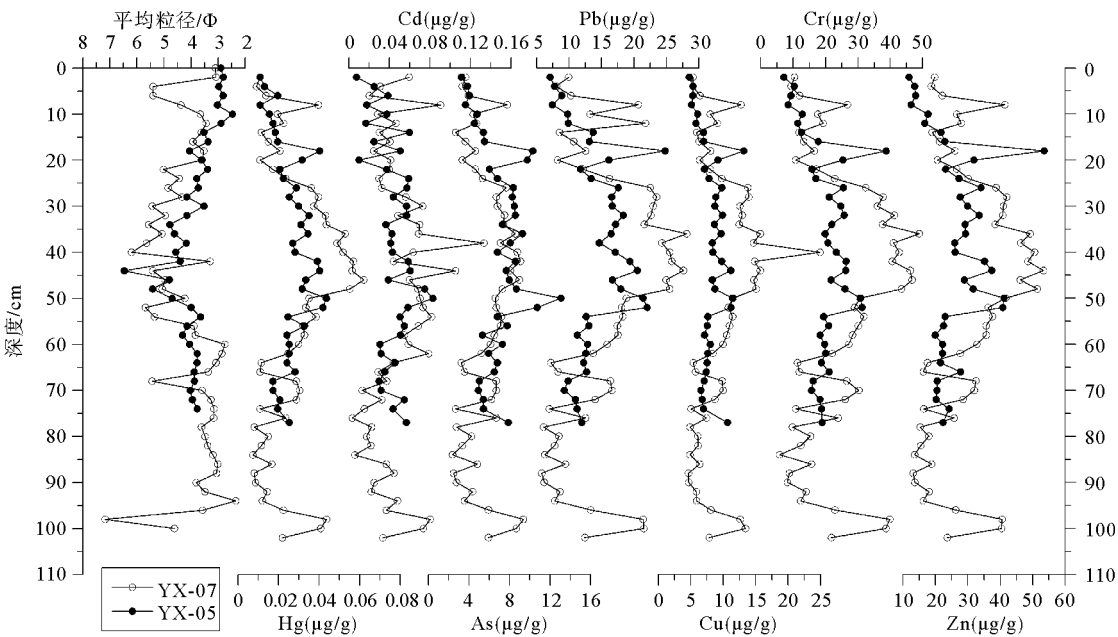


图 4 钦州湾-防城港柱状沉积物重金属含量随深度的变化

Fig. 4 Downcore variation in heavy metal elements concentration

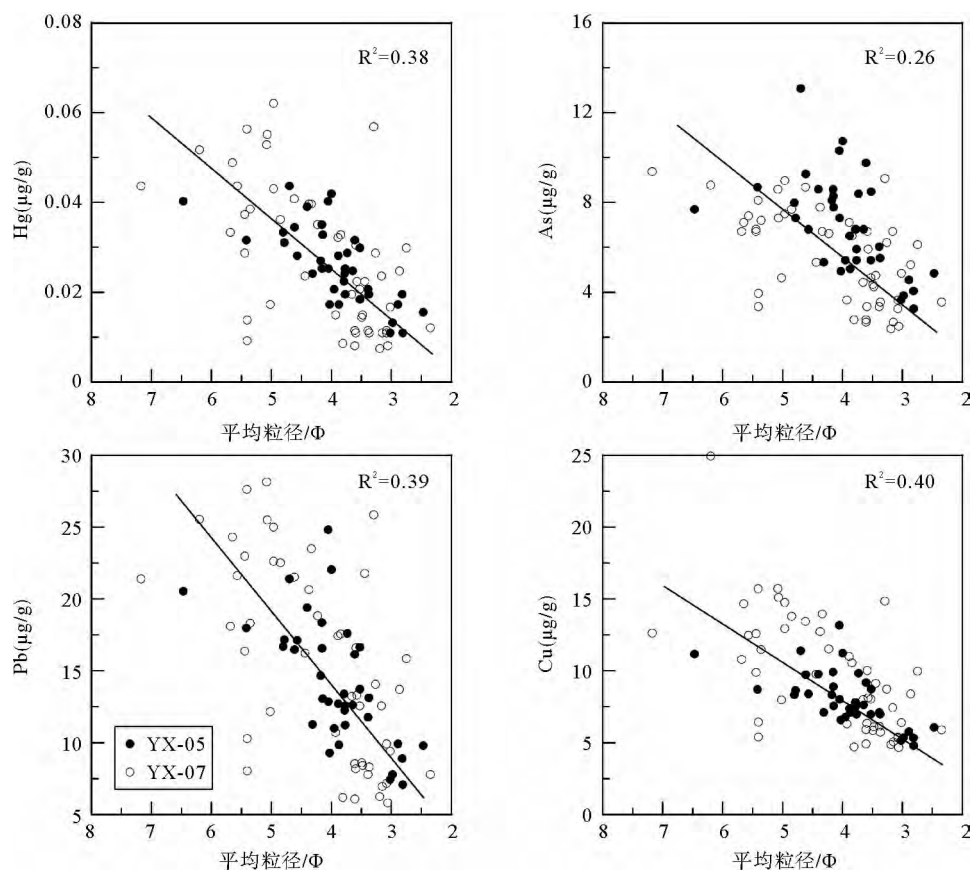


图 5 钦州湾-防城港柱状沉积物平均粒径与重金属元素含量的相关性

Fig. 5 Correlation between grain-size and concentration of heavy metal elements of the studied cores sediments

2.4 过去 200 年以来沉积环境的演变

现代古环境研究的一个重要目标是区分开哪些环境的变化是自然因素影响,哪些是由于人类活动所致,这对于正确评估人类对自然环境的影响非常关键。YX07 和 YX05 两个岩心直线距离约 35 km,分别位于防城港和钦州湾,二者有各自的河流防城江和钦江供应陆源碎屑物质,但这些河流均发育于十万大山,其物质组成有同源性,这一点从 YX07 和 YX05 两个岩心中不活泼微量元素比值 La/Th 的大小极其接近(图 6)也暗示了其物源的同一性,而且 La/Th 比值在深度/时间上几乎没有什么大的变化,也表明岩心的沉积物物源供应非常稳定,一直没有发生剧烈的变化(即使粒度在 20~60 cm 发生了较大的改变),这也说明岩心粒度粗细和重金属含量高低在深度上的变化不是物源改变所致,而是其他因素影响的结果。此外,两个岩心沉积物的沉积速率、粒度、元素地球化学参数均表现出极其一致的变化,暗示二者记录了该区域的共同沉积特征,受相同的控制因素影响。

鉴于粒度效应对重金属元素含量的重要控制作用,在评价潮间带沉积物重金属元素的污染变化趋势时,消除粒度效应的影响是极其必要的^[12]。本次采用 Al 元素进行校正,因为 Al 元素是黏土矿物的主要组成部分,其含量高低是指示粒度粗细的重要指标。用 Al 和 Al_2O_3 对结果变化趋势不会有任何影响,除了绝对值不同。本文中因测试给出的是 Al_2O_3 含量,具体做法就是把重金属元素含量除以 Al_2O_3 的含量(图 6)。YX07 和 YX05 岩心的一个最显著特征是在约 1930 年以来的共同变化,其中 La/Th 比值指示物源稳定,而平均粒径明显变粗,同时,Al 校正后重金属元素 As、Pb、Cu、Zn 等的含量从 1930 年直线快速增加至 2010 年的 2~3 倍之高(图 6)。尽管这些变化可能和人类活动有关,但确切的结论必须建立在和自然影响因素对比的基础上,因为气候因素如降水、温度、海平面变化等均可以影响潮间带沉积物的物理和化学组成的变化。当然,近百年来,全球尺度人类活动如温室气体排放对气候变化也是有深刻影响的,本文的人类活动定义为狭义的区域性人类活动。

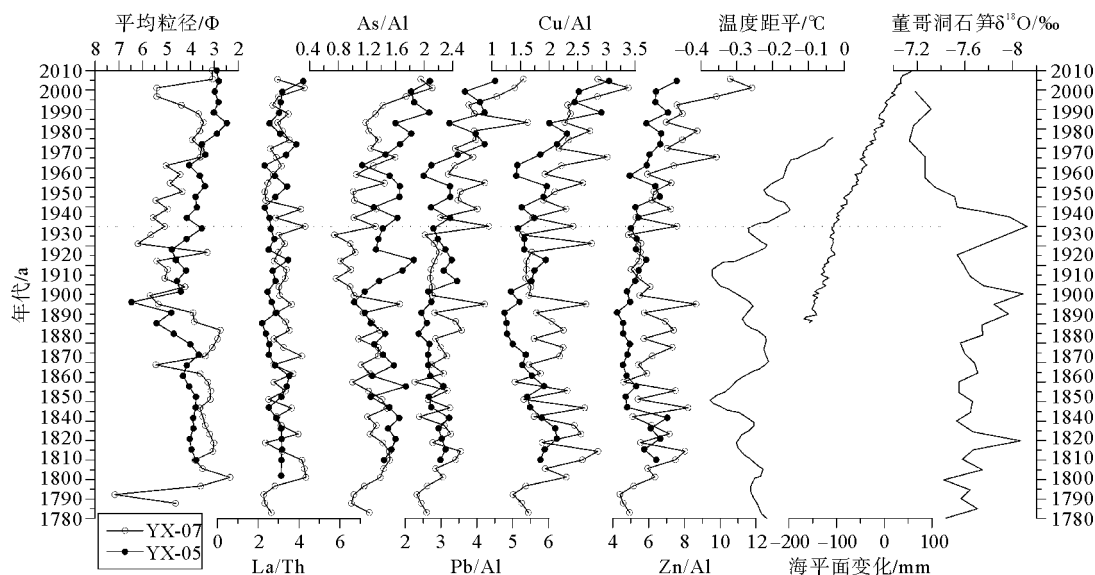


图 6 近两百年来钦州湾-防城港柱状沉积物平均粒径、微量元素 La/Th 比值、Al 校正后重金属含量和温度、海平面、降水变化对比

(其中温度距平为北半球相对 1961—1990 年的器测平均温度的距平^[13],海平面变化来自全球平均海平面变化数据^[14],董哥洞石笋氧同位素^[15]指示夏季风降水强度变化)

Fig. 6 Variation in mean grain-size, trace elements ratio (La/Th), Al-corrected concentration of heavy metal elements of sediments at cores YX05 and YX07, North Hemisphere temperature anomaly, global sea-level and East Asian summer rainfall proxy over the last 200 years

(North Hemisphere temperature anomaly [13], global sea-level [14] and East Asian summer rainfall proxy [15] over the last 200 years)

1930 年以来,全球海平面持续上升 15 cm 左右^[14],北半球温度距平上升 0.2° ^[13],而董哥洞石笋氧同位素指示的夏季风降水强度则有降低趋势^[15]。通常,在降水量降低的情况下,流域侵蚀强度和河流物质输送能力都会相应降低^[16],从而供应的物质粒度会相对较细。另外一方面,影响潮间带动力环境的一个重要因素是海平面变化,海平面升高,研究站位离河口/岸越远,其沉积物粒度通常会因水动力减弱和分异作用而变细。但本研究中 1930 年以来粒度却是逐渐变粗,这就难以以自然因素解释。因此,基于以上分析并结合以前重金属研究结果^[4,12],可以认为岩心沉积物记录的沉积环境在 1930 年以前主要是自然影响,而 1930 年以来则主要是人类活动影响。人类活动的加剧可能是造成岩心物质物理和化学参数发生变化的根本原因。人口的增加和工农业的发展、土地的开垦等因素,可以在自然降水量降低的情况下相反人为地增加土壤物理侵蚀,表现为研究岩心沉积物粒度变粗。同时,大量工业和生活污水经河流倾泻到河口和近岸地区,致使潮间带沉积物中重金属污染状况不断变严重,岩心中 Al 校正后重金属元素 As、Pb、Cu 等的含量从 1930 年直

线增加 2~3 倍。因此,近 80 年来人类活动对自然环境的负面影响是极其深刻的。

3 结论

(1) 据²¹⁰Pb 的恒定初始浓度模型(CIC)计算的 YX07 和 YX05 岩心的平均沉积速率分别为 0.45 和 0.37 cm/a。推算整个岩心时间尺度为 231 年和 210 年。

(2) 重金属元素含量变化特征与沉积物平均粒径变化大体相反,20~60 和 95~100 cm 的 Hg、Cd、As、Pb、Cu、Cr、Zn 的元素含量都显示出高值,该段正好对应了粒度的低值。重金属元素含量与沉积物平均粒径的负相关性说明粒度效应对重金属元素含量有重要影响作用,即细粒级物质尤其是黏土矿物相对于石英长石等由于有更大的比表面积更易吸附重金属元素,从而导致重金属元素倾向于在细粒级物质中富集。

(3) 不活泼微量元素比值 La/Th 的大小及其在岩心深度上的稳定变化,说明 YX07 和 YX05 两个岩心物源的同一性且一直没有发生明显变化。此

外,两个岩心沉积物的沉积速率、粒度、元素地球化学参数均表现出极其一致的变化,暗示二者记录了该区域的共同沉积特征,受相同的控制因素影响。

(4) 岩心沉积物记录的沉积环境在 1930 年以前主要是自然影响,而 1930 年以来则更多受到人类活动影响。人口的增加和工农业的发展、土地的开垦等因素在自然降水量降低的情况下相反人为地增加土壤物理侵蚀,表现为研究岩心沉积物粒度变粗。同时,大量工业和生活污水经河流倾泻到河口和近岸地区,致使潮间带沉积物中重金属污染状况不断变严重,岩心中 Al 校正后重金属元素 As、Pb、Cu 等的含量从 1930 年直线增加 2~3 倍。因此,近 80 年来人类活动对自然环境的负面影响是极其深刻的。

参考文献 (References)

- [1] 廉雪琼. 广西近岸海域沉积物中重金属污染评价[J]. 海洋环境科学, 2002, 21 (3): 39-42. [LIAN Xuefeng. Heavy metals in sediment pollution assessment [J]. Marine Environmental Science, 2002, 21 (3): 39-42.]
- [2] 张少峰, 林明裕, 魏春雷, 等. 广西钦州湾沉积物重金属污染现状及潜在生态风险评价[J]. 海洋通报, 2010, 29 (4): 450-454. [ZHANG Shaofeng, LIN Mingyu, WEI Chunlei, et al. Pollution of heavy metals in sediments of Qinzhou Bay and potential ecological risk assessment [J]. Marine Science Bulletin, 2010, 29 (4): 450-454.]
- [3] 黎清华, 万世明, 李安春, 等. 广西钦州湾-防城港潮间带表层沉积物重金属生态风险评价[J]. 海洋科学进展, 2012, 30 (1): 141-154. [LI Qinghua, WAN Shiming, LI Anchun. et al. Qinzhou Bay-between Fangchenggang intertidal ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments [J]. Advances in Marine Science, 2012, 30 (1): 141-154.]
- [4] 夏鹏, 孟宪伟, 印萍, 等. 广西龙门岛潮间带近 150 年来环境演变的沉积记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31 (1): 51-59. [XIA Peng, MENG Xianwei, YIN Ping, et al. Longmen Island intertidal sediment records of nearly 150 years of environmental evolution [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2011, 31 (1): 51-59.]
- [5] 李树华. 中国海湾志广西海湾分册 [M]. 北京: 海洋出版社, 1993, 144-148. [LI Shuhua. Gulf China Guangxi branch [M]. Beijing: China Ocean Press, 1993, 144-148.]
- [6] Wentworth C K. A scale of grade and class terms of clastic sediments[J]. J. Geol., 1922, 30: 377-392.
- [7] Shepard F. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios[J]. J Sediment. Petrol, 1954, 24: 151-158.
- [8] 万国江, 现代沉积的²¹⁰Pb 计年. 第四纪研究, 1997, 3, 230-239. [WAN Guojiang. Modern deposited ²¹⁰Pb count [J]. Quaternary Research, 1997, 3: 230-239.]
- [9] 林祖亨, 李国祺. 广东海岛环境质量调查报告[R]. 广州: 广东科技出版社 1995: 115. [LIN Zuheng, LI Guoqi. Environmental Quality Survey Report of Guangdong islands [R]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1995: 115.]
- [10] 甘居利, 贾晓平, 李纯厚, 等. 南海北部陆架区表层沉积物中重金属分布和污染状况[J]. 热带海洋学报, 2003, 22 (1): 36-42. [GAN Juli, JIA Xiaoping, LI Chunhou, et al. Surface sediments of the northern South China Sea continental shelf and distribution of heavy metals in polluted conditions [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2003, 22 (1): 36-42.]
- [11] GB 18668. 海洋沉积物质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 242-245. [GB 18668. Marine sediment quality [S]. Beijing: China Standard Press, 2002: 242-245.]
- [12] Balachandran K K, Raj C M L, Nair M, et al. Heavy metal accumulation in a flow restricted, tropical estuary: Estuarine Coastal and Shelf Science, 2005, 65 (1-2): 361-370, DOI 10. 1016/j. ecss. 2005. 06. 013/
- [13] Mann M E, Jones P D. Global surface temperatures over the past two millennia[J]. Geophys Res Lett, 2003, 30: 1820, doi:10. 1029/2003GL017814
- [14] Church J A, White N J. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century[J]. Surveys in Geophysics, doi:10. 1007/s10712-011-9119-1.
- [15] Wang Y, Cheng H, Edwards R L, et al. The Holocene Asian Monsoon: Links to solar changes and North Atlantic climate[J]. Science, 2005, 308: 854-857
- [16] Xue Z, Liu J P, Ge Q A. Changes in hydrology and sediment delivery of the Mekong River in the last 50 years: connection to damming, monsoon, and ENSO[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2011, 36 (3): 296-308, Doi 10. 1002/ Esp. 2036/

HUMAN IMPACT ON THE INTERTIDAL ENVIRONMENT IN BEIBU GULF OVER THE LAST 200 YEARS

LI Qinghua¹, WAN Shiming², HE Jun¹, LI Anchun²

(1. Wuhan center of Geological Survey, CGS Wuhan 430205;

2. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Multiple approaches including ^{210}Pb dating, grain-size distribution and heavy metal elements (Hg, Cd, As, Pb, Cu, Cr, and Zn) concentration of sediments from two cores in the intertidal zone of Beibu Gulf were used for exploring the human impact on sedimentary environment for the last 200 years. The average sedimentation rate of cores YX07 and YX05 is 0.45 cm/a and 0.37 cm/a, respectively. The two cores span the last 231 and 210 years. The downcore concentration of heavy metal elements generally shows a contrary trend as mean grain-size, suggesting that heavy metal elements tend to be rich in finer grain-size materials. The similar values and stable downcore variation in ratio of trace elements (La/Th) in sediments of the both cores indicate that the sediment sources of the two cores are similar and not changed through time. The sedimentary environment before 1930 was influenced by nature factors, whereas largely influenced by human activity after the time. The mean grain-size became coarser since about 1930, possibly resulted from strengthened physical erosion of soils by stronger anthropogenic impact. Moreover, the 2~3 times increase in Al-normalized heavy minerals such as As, Pb, and Cu since the time suggests that vast industry and domestic wastewater was poured to the estuarine and coastal area, and thus deteriorated the environment of the intertidal zones.

Key words: Intertidal zone; sediments; heavy minerals; grain-size; environmental change; Beibu Gulf