

广西铁山港表层沉积物碎屑矿物组成、分布及水动力环境分析

张云吉¹, 王 凤², 金秉福¹

(1. 鲁东大学 地理与规划学院, 山东 烟台 264025; 2. 中国地质大学 海洋学院, 北京 100083)

摘要: 为了资源、环境和港口建设的需要, 对取自铁山港海域 68 个表层沉积物样品进行了系统的矿物鉴定和统计, 结果表明: 沉积物中矿物种类丰富, 其中轻矿物以石英为主; 重矿物以电气石、锆石、钛铁矿的高含量为特征, 褐铁矿也有一定量的分布。轻、重矿物成熟度指数高, 表明沉积物遭受过强烈化学风化作用, 重矿物组合为电气石+钛铁矿+锆石。湾内多个站位出现锆石砂矿品位异常, 锆石资源前景良好。多种矿物分布在湾的中南部, 呈现明显的等值线高低不同的韵律性环状分布, 湾中矿物主要来源于广西近岸陆地, 其分布受地形和水动力的共同影响, 入海泥沙在湾内主要受控于潮流影响, 涨潮流与落潮流的流路和流速的不同是湾中矿物分布变化的主要原因。

关键词: 铁山港; 重矿物; 锆石砂矿; 潮流

中图分类号: P67; P577

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)06-0095-07

广西北海市铁山港海湾位于北部湾畔、广西沿海的最东部, 109°26′~109°45′E, 21°28′~21°45′N。铁山港区由石头埠港、沙田港、丹兜海和营盘港等四部分组成^[1-2], 是广西最大国家级中心渔港, 是北海市的主要工业基地商港之一, 铁山湾海域规划建设数十个万吨级以上深水泊位和深水航道, 是未来大西南重要的出海口^[3]。前人对于广西海岸的研究主要集中在海岸带环境保护及经济开发这两方面, 也曾在 20 世纪 80 年代对广西近岸带资源进行过全面的调查^[4-5], 但对铁山港海区的沉积碎屑矿物则研究不多。海区中泥沙的物质来源、迁移趋势可以通过轻、重矿物的含量及分布特征加以判断, 并可确定该区的水动力条件, 这对港口建设、航道的维护和整治及环境保护具有重要的意义^[6-8]。此外, 铁山港海区内拥有着丰富的滨海砂矿资源, 锆石尤为显著。笔者结合最新调查资料, 通过对铁山港代表性表层沉积物碎屑矿物的分析研究, 给出了矿物的含量、分布特征, 得出沉积物中优势矿物和特征矿物组合, 探讨影响矿物分布的规律和原因, 同时标出锆石和钛铁矿品位异常站位, 对研究区的矿产资源评价和开发具有一定的实际意义。

1 研究区概况

铁山港是处于广西侵蚀-堆积的砂质夷平海岸中唯一的台地溺谷型海湾, 湾口为喇叭形, 口门宽约 32 km, 水域南北长约 48 km, 东西平均宽度约 4 km, 最宽处 10km, 全湾岸线长约 185 km, 海湾面积约

340 km²^[2-3]。本区没有较大的河流入海, 仅有一条小河(那郊河)注入丹兜海。港湾东西两侧滨岸地带裸露的地层主要为早更新统湛江组粉砂质黏土、黏土质砂、花斑状黏土等; 中更新统北海组的砂质黏土, 砂砾岩等^[2]。铁山港位于亚热带地区, 属典型季风性海洋气候, 波浪在夏季盛行南-南西向浪, 冬季盛行北东向浪^[9]。本区潮汐为不正规全日潮, 为北部湾和广西沿岸的最大潮差区(平均潮差 2.89 m, 最大潮差 6.25 m^[10-11])属于强潮型海岸, 凡出现全日潮时均为大潮, 出现半日潮时均为小潮。潮流为日潮流特征, 其流向特征为往复流类型; 落潮流大于涨潮流; 湾口及深水区流速大, 湾底及近岸浅水区流速小。

2 样品来源与矿物分析

本文所分析的 68 个表层沉积物样品由“勘 407 号”船于 2004 年执行“908”专项课题时取得。样品的分布区域涵盖了铁山港主体区域(图1, 底图由文献[2]改编)。碎屑矿物室内分析流程如下: 取沉积物原样 20~100 g, 烘干后称质量(精度 0.0001 g), 然后放烧杯中用清水浸泡, 然后依次用 0.063, 0.125, 0.25 mm 孔径的不锈钢筛对沉积物进行分离, 选取 0.063~0.125 mm 粒级的极细砂组分称质量, 加三溴甲烷重液(密度为

收稿日期: 2012-11-29; 修回日期: 2013-04-10

基金项目: “908”专项广西海岸海岛综合调查项目

作者简介: 张云吉(1964 -), 女, 辽宁西丰人, 副教授, 研究方向: 河口海岸过程与自然环境, E-mail: zhyj999@126.com

2.89 g/cm³)分离,烘干后分别称质量,得到轻、重矿物含量。每个样品鉴定矿物颗粒数在 400 颗粒以上,对矿物特征如颜色、形态、条痕、铁染程度、蚀变程度、颗粒相对大小、光学性质等进行了描述和鉴

定。计算碎屑矿物质量百分含量、重矿物质量百分含量以及各个矿物种体积分数等参数,在此基础上给出了研究区优势矿物、特征矿物的含量分布特征,确定矿物组合类型。

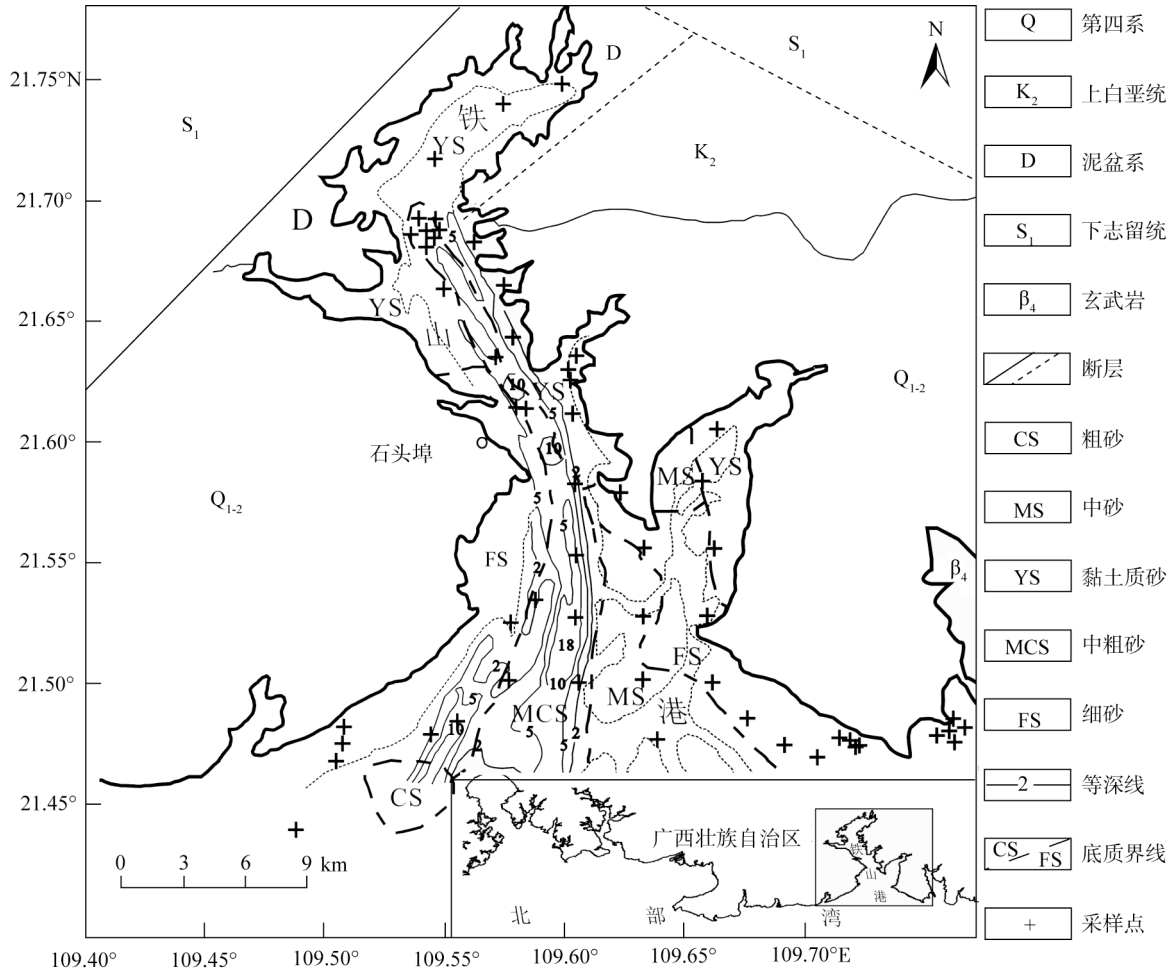


图1 铁山港区地层、水深(m)、沉积物类型和采样站位

Fig.1 Location map showing stratum, water depth, sediment type and sampling position in the Tieshan Bay

3 结果分析

广西铁山港表层沉积物以中粗砂为主,成带状(东西走向)连续分布,可达水深 20 m^[12],为该区海岸带连续分布最广的沉积类型,碎屑矿物分析所利用的极细砂(0.125~0.063 mm),在沉积物中的含量不高,平均为 12.56%,整体上看,沉积物由陆向海颗粒由粗变细,但在港湾内粗细分布变化不大。研究区碎屑矿物以轻矿物为主,平均含量为 97.43%;重矿物平均含量为 2.57%,某些站位最高含量达 14.29%,只有重矿物含量高且细砂含量高的沉积物才有可能形成滨海砂矿。通过对沉积物种矿物特征、来源和

成因的研究,可将碎屑矿物分为陆源物质、自生矿物,以及少量的生物碎屑。

3.1 轻矿物组分和分布特征

轻组分有 10 种,以石英最为富集,其他矿物有斜长石、钾长石、白云母、水黑云母(风化云母)、方解石(碳酸盐)、绿泥石、海绿石、岩屑和风化碎屑等。研究区轻矿物的代表矿物是石英,鉴定特征为粒状,无色、白色,少量被染色呈浅褐红色、浅绿色、土黄色等,压碎后内部呈无色或白色,次棱角状,少量次圆状,以单晶石英为主,可见少量的包裹体。在本区砂粒级沉积物中,石英含量在极细砂中含量最低,

因为不耐风化的矿物,如长石、云母和风化矿物团粒集中出现在该粒级中,自生的海绿石、黄铁矿以及碳酸盐矿物也因颗粒细小,大都存在于此粒级中,海砂其他粒级中的石英相对含量要高于极细砂。即便如此,极细砂中石英平均含量为 88.46%,最高含量达 98.67%。铁山港石英的绝对含量高,是广西海岸开采石英砂矿的首选地段。整体上,石英的分布比较均匀,波动较小,湾顶区石英含量相对较少(图 2 石英)。石英含量等值线在湾内不同部分与岸线呈不同角度相会,其含量变化基本反映轻矿物分布规律。本区石英分布与重矿物含量变化相反,即重矿物含量低值区与石英含量高值区基本重叠。

长石含量很低,平均值约为 5%,其中斜长石多于钾长石,且钾长石风化较深,其它轻矿物含量甚微,矿物成熟度(石英/长石)很高。

3.2 重矿物组分和分布特征

本区重矿物有 48 种,常见重矿物有普通角闪石、透闪石、绿帘石、黝帘石、黑云母、水黑云母、白云母、电气石、石榴石、榍石、磷灰石、透辉石、紫苏辉石、钛铁矿、褐铁矿、锐钛矿、磷钇矿、金红石、白钛石、锆石、菱镁矿、自生黄铁矿等。富集的优势矿物有电气石、钛铁矿、锆石、褐铁矿以及白钛石等,重矿物组分中还含有百分之几至百分之十几的岩屑和风化矿物。本区内重矿物含量不高,基本在 2.00%左右波动。重矿物含量变化在湾顶和湾口呈条带状(图 2 重矿物),由于岸线曲折而成不同角度相交,在海湾中部呈高低相间的韵律性环状分布,主要受沉积物粒度、海滩地貌和水动力状态影响。

铁山港内优势矿物为电气石,其鉴定特征为粒状、短柱状,也有的呈不规则粒状,深褐色-浅褐色,玻璃光泽,透明-半透明,多色性显著,折光率中等,平行消光,干涉色二级,次圆状为主。电气石是耐风化的重矿物,经风化作用和水动力的搬运在研究区内大量富集,最高值可达 76.84%,平均值为 32.13%,从湾顶至湾口,电气石含量变化较大,在湾口处大量富集。区域分布上看,电气石在港湾东侧强烈富集(图 2 电气石)。电气石分布等值线在东西两岸岸边基本上垂直于岸线分布,而在湾中等值线呈南北向,与湾轴平行。

钛铁矿是广西沿海很常见的重矿物,其鉴定特征多为粒状、板状,漆黑色,强金属光泽,有些表面带有白色和褐色薄膜,次棱角状-次圆状,少数圆状。区内钛铁矿含量平均值为 11.01%,最高值达

31.97%,整体分布上看(图 2 钛铁矿),钛铁矿在湾内有一定的变化,港湾西侧含量稍高于东侧含量。湾顶和湾口东侧含量低,钛铁矿集中分布在湾的中间部分。钛铁矿与电气石的分布在空间上相互交叉,它们的含量呈显著的负相关关系。

锆石在本区有相当大的富集趋势,鉴定特征为大多呈长粒状,部分粒状,晶形相对简单、完好,以四方柱和四方双锥的聚形常见,无色或微红色,少数呈玫瑰红色。玻璃-金刚光泽,折射率高,平行消光,干涉色四级-高级白。研究区锆石的最高值为 48.05%,平均值为 14.80%。整体上锆石分布相对均匀,仅在湾顶含量较少(图 2 锆石)。它的等值线在湾口处沿海岸平行分布在湾内垂直于岸线分布。本区锆石的分布与颗粒大小有关。

铁山港内有一定量的褐铁矿,褐铁矿是本区除钛铁矿之外含量高的金属矿物,几乎每个样品中都有褐铁矿的出现,褐铁矿是含铁矿物氧化而来,鉴定特征为粒状、球状,深褐色-黄褐色,有的表面光亮呈特征金属光泽,压碎后呈黄褐色。褐铁矿为本区的特征矿物,平均含量为 4.36%,最高含量可达 47.22%,主要在湾顶分布较高,至湾口含量逐渐变低。因有与碎屑组分中的风化矿物相似的成因,故其分布与风化矿物分布具有相似性,其高值区与重矿物中的风化矿物和轻矿物中的风化矿物重叠(图 2 褐铁矿)。

3.3 自生矿物种类

(1)海绿石,鉴定特征为球状为主,深绿色、黄绿色、棕褐色等,部分表面有龟裂纹,矿物较松软,易压碎,在重矿物和轻矿物中均可出现。

(2)自生黄铁矿,鉴定特征为粒状、莓状、饼状、生物状,黄绿色,金属光泽,条痕黑绿色,大部分生于有孔虫介壳中,呈微葡萄状。裸生者,都有一定风化,呈灰绿色、褐色,甚至褐红色,颜色越红,氧化越深;生于有孔虫中的黄铁矿,大都氧化较浅,呈浅黄铜色、浅褐绿色等。

3.4 砂矿异常分析

铁山港海区内存在丰富的滨海砂矿资源,本次矿物分析,检测出该区含有多种有用矿物,钛铁矿、锆石和石英可作为主要矿种进行勘测,而独居石、磷钇矿和电气石等可作为有益矿种,进行综合勘测。根据矿物分析结果,将重矿物中的锆石和钛铁矿进行了品位计算^[5]。

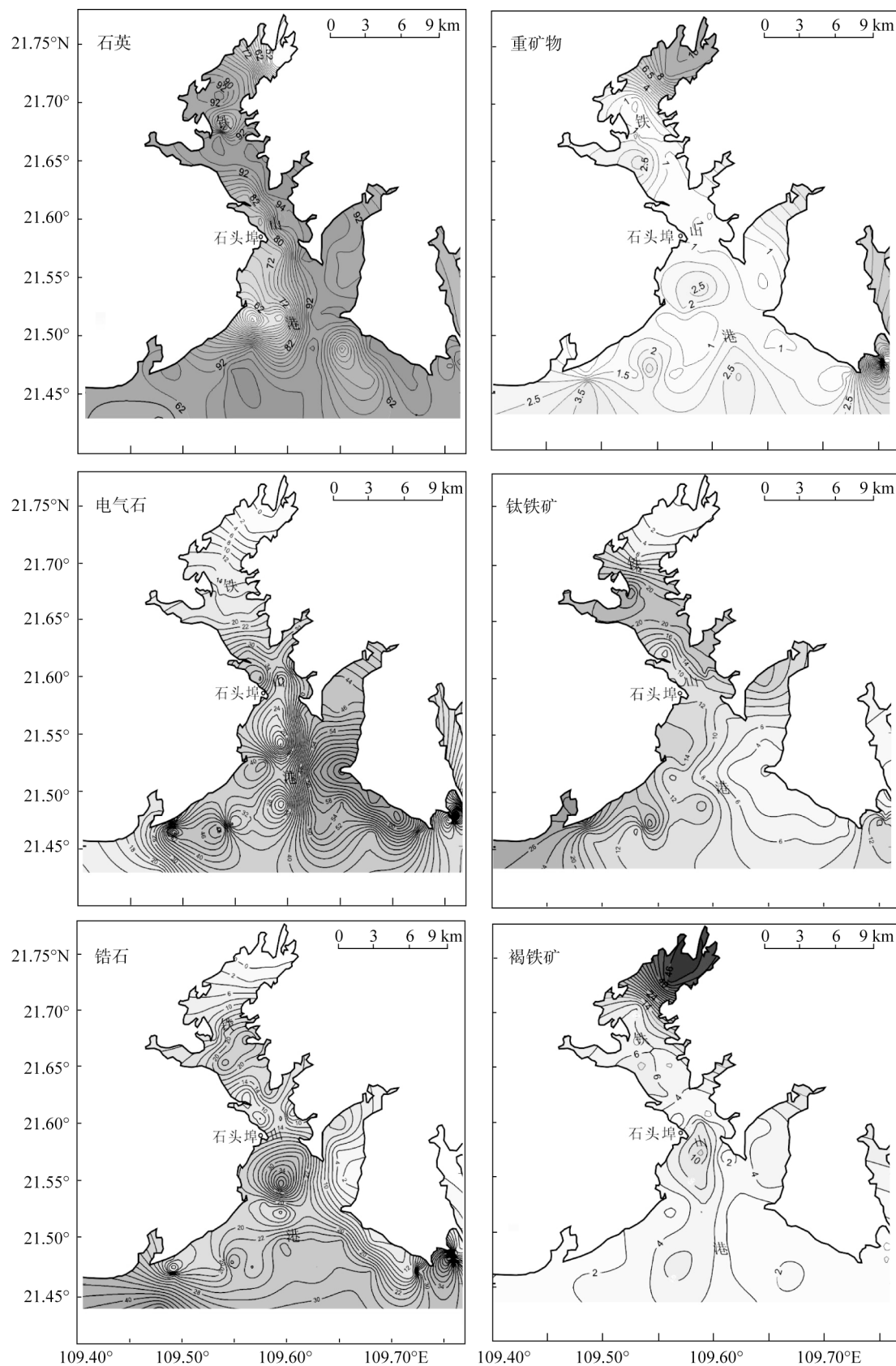


图2 铁山港石英、重矿物、电气石、钛铁矿、锆石和褐铁矿含量(%)等值线图

Fig.2 Isoline chart of quartz, heavy mineral, tourmaline, ilmenite, zircon and limonite content in the Tieshan Bay

砂矿计算结果表明,铁山港海区砂矿有强烈的异常,尤其是锆石,在表层样的 68 个测试样品中,有 18 个异常样,接近 30%。锆石品位以Ⅱ级异常为主($0.25\sim 0.50\text{ kg/m}^3$),有 10 个样品;Ⅰ级异常($0.50\sim 1.00\text{ kg/m}^3$)有 4 个,样品达到边界品位要求

($1.00\sim 2.00\text{ kg/m}^3$),有 3 个样品;具有工业品位($>2.00\text{ kg/m}^3$),有 1 个样品。钛铁矿只有两个表层样品表现出Ⅱ级异常,笔者只对极细砂部分做了研究,在极细砂粒级范围之外还存在一定的资源量^[13],具体分布如图 3 所示。

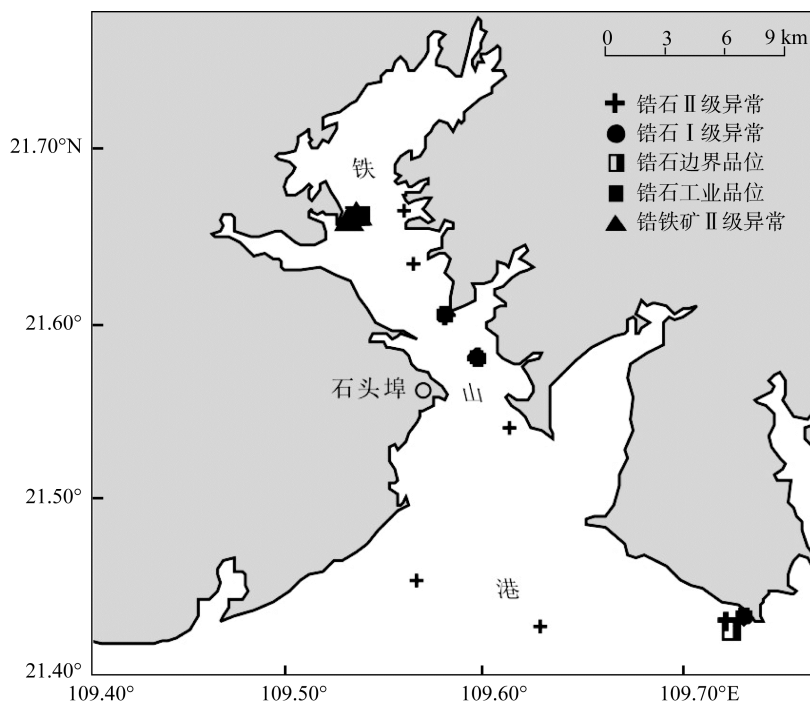


图 3 铁山港锆石砂矿异常点分布图

Fig 3 Abnormal site of zircon content in the Tieshan Bay

锆石在研究区内有较高的砂矿异常分布,而且砂矿异常区大都沿铁山港东侧海湾分布,显示出铁山港作为锆石资源区的良好迹象,分析结果表明本区应作为砂矿重点资源区进行进一步的普查勘探工作。

4 讨论

4.1 地质背景与物质来源

广西海岸处于华南褶皱系的西南端,各地质历史时期的古地理环境和沉积建造主要受到防城-钦州-灵山和合浦-北流两条长期活动的继承性大断裂控制。自新近纪以来,新构造运动使广西沿海地区更加复杂化,表现在大面积的隆起和沉降。研究区主要是第四系湛江组及北海组构成的古洪积-冲积平原,其地势由北向南倾斜。而冰后期最大海侵则使平原边缘形成陡崖。

研究区外围侵入岩发育,以酸性和中酸性侵入岩为主,可分为华力西侵入岩($\beta\gamma_5^{3a-b}$)、燕山期侵入岩($\beta\gamma_5^3$),属堇青石黑云母花岗岩、黑云母花岗岩等^[2]。该

类岩体主要矿物成分为钾长石、斜长石、石英、黑云母,含钛铁矿、独居石、锆石、锐钛矿、磷钇矿等副矿物,成为滨海砂矿的主要物源。

第四系下更新统湛江组(Q_{1z}),为一套灰白、灰黄、黄褐、棕红和紫红色砾石、砂质黏土互层沉积物,主要矿物成分为石英、长石、黏土矿物、含电气石、褐铁矿、钛铁矿、锆石、独居石等;中更新统北海组(Q_{2b}),为一套棕红色的砂砾层,主要矿物成分为石英、长石、黏土矿物,含钛铁矿、褐铁矿、锆石、白钛石、独居石等;上更新统为暗红色的砂层,含大量的植物碎屑;全新统广布,为冲积、冲积—海积、海积层等,此期为滨海砂矿的主要成矿期^[4,5]。

铁山港海湾重矿物组合为电气石+钛铁矿+锆石组合,褐铁矿是该区特征矿物,湾内矿物成分相对含量变化不大,大多数样品电气石含量高于钛铁矿和锆石,其它矿物含量偏少。“ZTR”指数(即锆石+电气石+金红石在重矿物中的体积分数)在研究区平均值为 38.02%,最大值达 78.32%。再结合高的石英/长石

值,说明广西沿海沉积物遭受过强烈的化学风化作用,极稳定矿物富集,而不稳定和较稳定矿物较少,沉积物接近达到风化的最终产物。

4.2 矿物分布的水动力环境

铁山港位于广西海岸的东端,其矿物分布与广西沿岸东部特征即相近又有所不同,它是伸入陆地内部的港湾,与广西西部溺谷性港湾性质相近。矿物分布由湾顶向湾口呈条带性分布,与水深线近于平行。

入海的沉积物,在不同的动力条件下,沉积物按不同的粒度、形态、比重进行分异沉积,使矿物的相对含量发生变化。自低潮位向高潮位,重矿物的含量逐渐减少,这与沉积物粒度的变化相吻合。在潮滩水动力较强的部位,如低潮位、潮沟等地,沉积物经水动力分选,重矿物的含量出现高值;动力条件较弱的部位,如高潮位、草滩、红树林滩地等,重矿物含量出现低值。重矿物中的片状矿物其相对含量,正好与重矿物总体含量相反,因为片状矿物易于悬浮,其启动与沉积大体上与轻质组分同步。水动力弱的海湾内部,由于有机质含量高等原因,局部成为小的还原环境,就可能出现自生黄铁矿,若还原环境持续时间较长,则形成自生黄铁矿的富集。

广西沿海属典型季风性海洋气候,夏半年处于南海和太平洋台风影响区域范围,是热带气旋的多发区和主要灾区之一,常出现大风、暴雨和大海潮;冬半年多偏北强风,平均每年有 59 d 5~6 级以上强风天数、15 次以上的强风(7 级以上)天气过程^[9]。虽然本区东部和南部受雷州半岛和海南岛的屏蔽作用,以及海区狭窄的地貌条件,波浪相对不大(根据涠洲岛 1962~1982 年共 21 a 波浪观测资料统计,年平均波高仅为 0.67 m,台风浪的极值波高 4.6 m 左右^[14]),但波浪也是本区碎屑矿物强烈分选和纵向运动的动力因素之一,特别是在极端气象条件下,风浪对底质的改造几乎是永久性的。对于铁山港溺谷型海岸,海区在 S 或 SW 向主浪作用下,使湾口西岸以东潮间浅滩和部分水下浅滩的泥沙向东北方向运移,进入湾口,形成了北墓沙嘴。

本区潮汐为不正规全日潮,属于强潮型海岸,日不等现象显著。潮流为日潮流特征,铁山湾湾口附近潮流基本为往复流,湾外至涠洲岛一带逐渐过渡为旋转流。不过长轴仍为 NE~SW 方向。转流方向由落转涨一般为顺时针方向,由涨转落一般为逆时针方向^[14]。落潮流大于涨潮流;湾口及深水区流速大,湾底及近岸浅水区流速小。落潮流由北向南,而

涨潮流却由南向北,最大落潮流速出现在高潮后 $t=7$ h 时左右,其流速值为约 100 cm/s 左右。涨潮流速在 $t=19$ h 时达到全天最大,但与落潮流速相比相差小 10~20 cm/s。湾内潮流运动受地理环境影响明显,在一个潮周期内,不同的区域、不同的时段其港湾内流速差异很大,这对海岸的侵蚀与堆积起着重要的作用。湾北部和东、西两侧发育有大面积的浅滩,湾西岸被沙带所包围,沙滩由北向南转而向西延伸;湾东岸的沙滩呈块状分布,湾口中央有小沙洲堆积,将水道分成东、西 2 支。东水道顺直宽阔,为落潮冲刷槽;西水道较弯曲,底部地势也较复杂,上有沙坎,下有拦门沙,属涨潮冲刷槽。东、西水道几乎平行,由南向北伸向港湾内^[10,15]。由于落潮流由北向南,且落潮流大于涨潮流,所以泥沙的净位移方向应是从北向南,即由湾内向湾外搬运。潮流流速变化导致了碎屑矿物自北向南高低相间韵律性分布,涨潮流与落潮流的流路和流速的不同是湾中至湾口矿物分布东、西区域不同的主要原因。

5 结论

(1)广西铁山港沉积碎屑矿物以石英为主,沉积物成熟度高。重矿物以电气石、钛铁矿、锆石为主要种类,重矿物成熟度指数 ZTR 高,表明沉积物遭受过强烈化学风化作用,重矿物组合为电气石+钛铁矿+锆石。湾内多个站位出现锆石砂矿品位异常,锆石资源前景良好。

(2)多种矿物在湾中北部呈条带状分布,与东西两岸呈不同角度相交;矿物分布在湾的中南部,呈现等值线高低不同的韵律性环状分布,且出现东西分异,密度大的钛铁矿在湾内部富集,向东逐渐减少;密度小的电气石在湾内西部含量较低,向东逐渐增高,在东岸区段达到极值。

(3)沿海沉积物主要来源于广西近岸陆地,碎屑矿物分布受地形和水动力的共同影响,本海区狭长,岸线曲折,入海泥沙在港内主要受控于潮流,波浪影响次之,推测潮流流速变化导致了碎屑矿物自北向南高低相间韵律性分布,涨潮流与落潮流的流路和流速的不同是湾中至湾口矿物分布东、西区域不同的主要原因。

参考文献:

- [1] 廖正城. 广西地理[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1988: 121-129.

- [2] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志(第十二分册, 广西海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 1-24.
- [3] 周立荣. 得天独厚的铁山港蓄势欲飞[J]. 中国港口, 2007, 7: 14-15.
- [4] 黎广钊, 叶维强, 庞衍军. 广西滨海砂矿特征及其富集条件[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1988, 8(3): 85-92.
- [5] 谭启新, 孙岩. 中国滨海砂矿[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 33-142.
- [6] Mislankar P G, Gujar A R. Heavy mineral distribution in the surficial sediments from the eastern continental margin of India and their implications on palaeoenvironment[J]. Indian Journal of Earth Sciences, 1996, 23(3-4): 91-97.
- [7] Morton A C, Hallsworth C R. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones[J]. Sedimentary Geology, 1999, 124: 3-29.
- [8] 朱同兴, 冯心涛, 于远山, 等. 广西北海现代海岸沉积作用[J]. 沉积与特提斯地质, 2005, 25(4): 66-69.
- [9] 孔宁谦. 广西沿海主要气象灾害及防御对策[J]. 广西气象, 1992, 13(1): 26-29.
- [10] 陈波, 邱绍芳, 葛文标, 等. 广西沿岸主要海湾潮流的数值计算[J]. 广西科学, 2001, 8(4): 295-300.
- [11] 张伯虎, 陈沈良, 谷国传. 广西沿岸重点港湾的潮型与潮汐特征[J]. 海洋学研究, 2010, 28(3): 9-16.
- [12] 罗又郎, 劳焕年, 王泳漪. 南海东北部表层沉积物类型与粒度特征的初步研究[J]. 热带海洋, 1985, 4(1): 33-41.
- [13] 王凤, 金秉福. 广西海岸带有用矿物粒级分布[J]. 海洋科学, 2010, 34(12): 57-66.
- [14] 谢洁. 广西铁山港区潮流泥沙数值模拟[J]. 水运工程, 2011, 451(3): 1-9.
- [15] 邓朝亮, 黎广钊, 刘敬合, 等. 铁山港湾水下动力地貌特征及其成因[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(2): 171-172.

Composition and distribution of detrital minerals in surface sediments and their relations with hydrodynamic environment in the Tieshan Bay, Guangxi Province

ZHANG Yun-ji¹, WANG Feng², JIN Bing-fu¹

(1. College of Geography and Planning, Ludong University, Yantai 264025, China; 2. College of Ocean Sciences, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Received: Nov., 29, 2012

Key words: the Tieshan Bay; heavy mineral; zircon placer; tidal current

Abstract: Detrital mineral characteristics of 68 surface sedimentary samples collected from the Tieshan Bay were analyzed in detail for natural resources assessment, environmental protection and port construction. The results show that light minerals were dominated by quartz and heavy minerals of these sediments were characterized by relatively high contents of tourmaline, zircon and ilmenite, and limonite also accounts for a certain amount. The high mineral grade of maturity suggests that the sediment was suffered strong chemical weathering. The heavy mineral combination is tourmaline-ilmenite-zircon. Zircon content is higher at some locations in the bay, indicating good resource perspective of zircon. In the bay, the clastic minerals come principally from the offshore land and some minerals distribution in the south-central of the Tieshan Bay shows obvious features of the rhythmicity, which have been influenced by underwater topography and hydrodynamic conditions. Further, the sediment movement has mainly been controlled by tidal current. The difference of tidal flood current and ebb current flow path and flow velocity is the primary cause of the spatial distribution changes of these sedimental minerals in the bay.

(本文编辑: 刘珊珊)