

文章编号: 1000-0550(2012)05-0891-09

海南高隆湾海滩生物碎屑分布及其对沉积物 粒度特征的影响^①

钟小菁 陈沈良 陈燕萍 周晗宇

(华东师范大学河口海岸学国家重点实验室 上海 200062)

摘要 在热带砂质海岸,生物碎屑是海滩沉积物的重要组成部分,其分布和变化影响海滩沉积物的粒度特征。采用添加过量盐酸和双氧水的方法对海南高隆湾海滩表层沉积物进行了去生物碎屑前后粒径分布的对比,并结合海滩高程测量分析,结果表明:(1)海滩剖面上沉积物中生物碎屑的含量主要受到海水动力的影响,且生物碎屑颗粒较粗、重量较大,在高潮时由波浪流推上海滩并滞留。(2)海滩沉积物中生物碎屑的分布主要受三方面影响:一是地形及常涌浪向;二是区域中养殖业产生的生物碎屑;三是岸外发育的珊瑚礁坪。(3)海滩沉积物中生物碎屑的含量随季节变化,冬季至春季由海水供给的生物碎屑减少、进一步分解,使得北部海滩生物碎屑含量减少;而珊瑚碎屑的稳定供给和春季较强的波浪动力条件又使研究区南部断面的生物碎屑含量增加。(4)海滩沉积物中粗颗粒所含生物碎屑多于细颗粒中的生物碎屑,生物碎屑粒径主要为 $-1 \sim 2\phi$,即粗砂至细砾。沉积物中生物碎屑含量愈大,对粒径参数的影响也愈大。

关键词 海滩剖面 生物碎屑 粒径分布 粒度参数 海南高隆湾

第一作者简介 钟小菁 女 1989年出生 硕士研究生 海岸沉积动力学 E-mail: 51102601028@ecnu.cn

中图分类号 P736.2 **文献标识码** A

除了矿物和岩屑,生物碎屑也是海滩沉积物的一个重要组成部分。生物活体与海岸过程存在相互影响:生物活体会加速海岸基岩风化^[1],促进泥沙堆积和保护海滩^[2],同时海岸环境变化也将改变生物的生境^[3,4]。海岸生物碎屑作为海岸沉积物的物质来源和组成之一,是生物与海岸过程相互作用的延续。海岸沉积物中的生物碎屑主要为碳酸盐和有机质。在沉积学及沉积动力学研究领域中,对于沉积物中碳酸盐和有机质以往的研究工作,主要集中在前处理方法对沉积物粒度测试的影响^[5-7]、碳酸盐含量及同位素对古气候的记录^[8,9]、珊瑚礁及混合沉积^[10,11]和生物造岩作用^[12]等方面,少有对海滩生物碎屑分布及其对沉积物粒度特征的影响等方面的研究。而在沉积动力学研究中需要了解生物碎屑的粒径组成、输移方式,将生物碎屑作为海滩沉积物的组成部分之一,了解其对沉积物粒径分布的影响,才能更好地研究海滩形态和沉积物输运,特别是在热带和亚热带生物碎屑含量较多的砂质海岸研究中。同时,海滩养殖活动和珊瑚礁采挖等人类活动,以及海平面变化都会影响海岸生物及其碎屑的含量、分布和颗粒大小,从

而影响海岸地貌形态。因此,研究生物碎屑对沉积物粒度的影响有助于进一步了解海滩过程及其对自然作用和人类活动的响应。本文选取海南高隆湾——热带砂质海岸作为研究对象,了解其海滩生物碎屑的分布规律及生物碎屑对沉积物粒度的影响,为深化海滩过程研究提供参考。

1 研究区概况

高隆湾位于海南岛东北部,地理坐标 $110^{\circ}48' \sim 110^{\circ}51'E, 19^{\circ}29' \sim 19^{\circ}33'N$ (图1),为清澜潮汐通道的外湾,属于热带砂质海岸,湾内有浅滩,岸外发育珊瑚礁坪。高隆湾东北部即清澜潮汐通道西侧的泥沙淤积区域已被人工围填成陆。湾内水深较浅,北部沙白水清,为海水游泳场;南部为海水浅滩养殖区,平均年产量 $15\ 000 \sim 30\ 000\ \text{kg}/\text{km}^2$ ^[13]。

高隆湾沉积物主要为细砂,也分布有粉砂质砂、中细砂或中粗砂;石英含量平均为 $27\% \sim 48\%$,重矿物含量很少,仅 0.5% ^[14]。陆源碎屑组分主要是粉砂—中砂粒级的石英^[15];生物碎屑组分主要为生物砂屑,由有孔虫、珊瑚、腕足、腹足等破碎而成,见个体

^①海洋公益性行业科研专项经费项目(编号:200905008)资助
收稿日期:2011-10-10;收修稿日期:2011-12-19

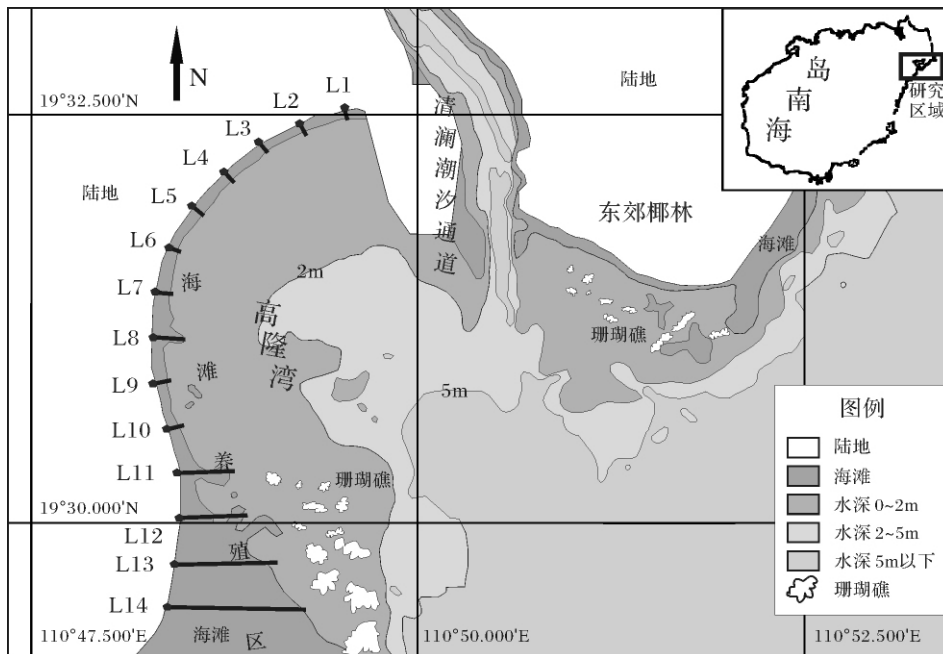


图1 海南高隆湾及其测量取样剖面分布图

Fig. 1 Illustration of the Gaolong Bay and location of measurement sections and sediment samples

完整的生物介壳。

该海域全年常风向为 NE, 频率占 14%; 次常风向为 SSW, 频率占 13%; 全年强风向为 SSW。风浪频率占 88%, 主要出现于 NE—SSW 向, 涌浪频率占 54%, 主要出现在 SE—SSE 向^[13]。波浪的季节性变化非常明显, 夏半年 SE—S 向出现率约占当月的 70% 以上, 冬半年 NE—ENE 出现率约占当月的 70% 左右。波浪平均波高为 0.95 m, 平均周期为 4.26 s, 最大波高为 3.2 m, 最大周期为 8.7 s^[16]。全年 $H_{1/10}$ 小于 1.0 m 的浪的出现率占 50% 以上, 1.5 m 以下的浪出现率占 90% 左右, 其中波高在 0.5 ~ 1.5 m 之间的频率占 85% 左右^[16]。高隆湾多台风, 每年 5 ~ 11 月均有台风或热带气旋登陆或影响, 因此屡有暴潮发生, 平均发生率 1.5 次/a 左右^[13]。

高隆湾是一个半隐蔽的海湾, 潮汐主要受太平洋传入的潮波和南海潮波的叠加作用, 属于不正规半日潮区^[16]。多年平均海平面 -0.26 m (榆林基面), 多年平均潮差 0.75 m, 最大潮差 2.06 m^[13]。潮流呈往复流形式, 湾内底层实测最大流速一般小于 30 cm/s, 仅能输移悬移质, 底沙运动主要依靠波浪推移^[16]。

2 测量及测试方法

2.1 滩面测量及样品采集

如图 1, 在高隆湾海滩上由北到南布置了 L1 ~

L14 共 14 条剖面, 剖面间隔 500 m。低潮位期间在每条剖面采用 Trimble RTK—GPS 测量滩面高程, 由后滨为起点垂直岸线测量到水边线以下。在每条剖面上选取 6 至 10 个采样点, 采样点平均间隔 10 m, 地形变化显著时适当加密, 采集海滩表层 0 ~ 2 cm 砂样。为得到海滩剖面形态及沉积物中生物碎屑含量随季节变化的情况, 对每条剖面进行重复监测和采样; 两次测量采样的时间为 2010 年 12 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日, 分别获取海滩沉积物样品各 106 和 100 份。

2.2 样品测试方法

由于高隆湾海滩表层沉积物颗粒较细, 可以采用激光粒度仪进行测试。为了研究生物碎屑的含量及对沉积物粒度特征的影响, 需要对泥沙样品中的生物碎屑去除以进行对比; 而生物碎屑主要是碳酸盐和有机质, 可以用盐酸和双氧水去除, 因此对样品采用了如表 1 中所示的两种测试方法进行对比。表中的分散剂为 0.5 mol/L 六偏磷酸钠, 以分散絮凝的细颗粒泥沙。方法 A 在添加盐酸和双氧水之前和之后都对样品进行了烘干称量, 两次称量数据之差便是样品中生物碎屑的含量; 在第二次烘干称量后进行粒度测试, 得到的泥沙粒径分布即去掉样品中生物碎屑后的泥沙粒径分布。方法 B 为对照实验, 不去除生物碎屑直接添加分散剂进行粒度测试, 得到包含生物碎屑

表 1 样品测试方法

Table 1 Measuring methods for sediment samples

	10% 的盐酸	双氧水	分散剂	超声振荡	测试仪器	测试结果
方法 A	过量	过量	有	有	Mastersizer 2000	生物碎屑含量 不含生物碎屑的粒径分布
方法 B(对照实验)	无	无	有	有	Mastersizer 2000	含生物碎屑的粒径分布

的海滩沉积物粒径分布。对冬春两季采集的所有共 206 份沉积物样品都使用了方法 A 进行测试; 其中北部 L1 ~ L8 全断面和南部 L9 ~ L14 断面水上部分的样品又进行了方法 B 对照实验。

3 测量数据及实验结果

将现场测量获取的海滩滩面高程数据转换为 1985 黄海高程, 并根据测量数据中的经纬度计算每个高程点的球面距离, 得到每条海滩剖面的高程线。

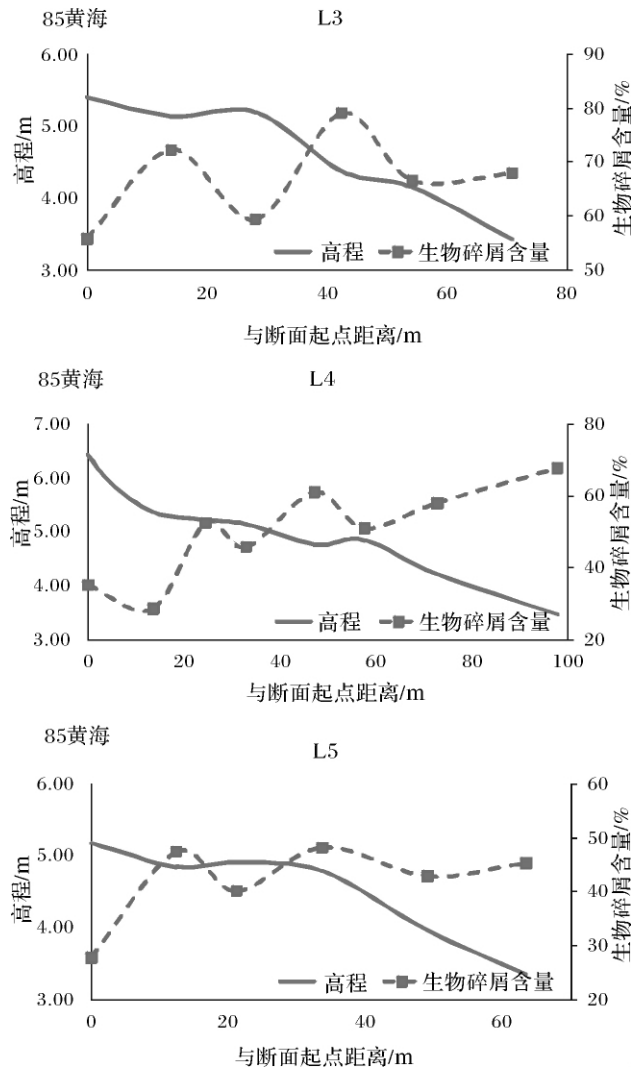


图 2 冬季 L3、L4 和 L5 海滩剖面及生物碎屑含量

Fig.2 Content of biodebris on profiles L3 ,L4 and L5 in winter through sample testing method A to get all sediment samples biodebris

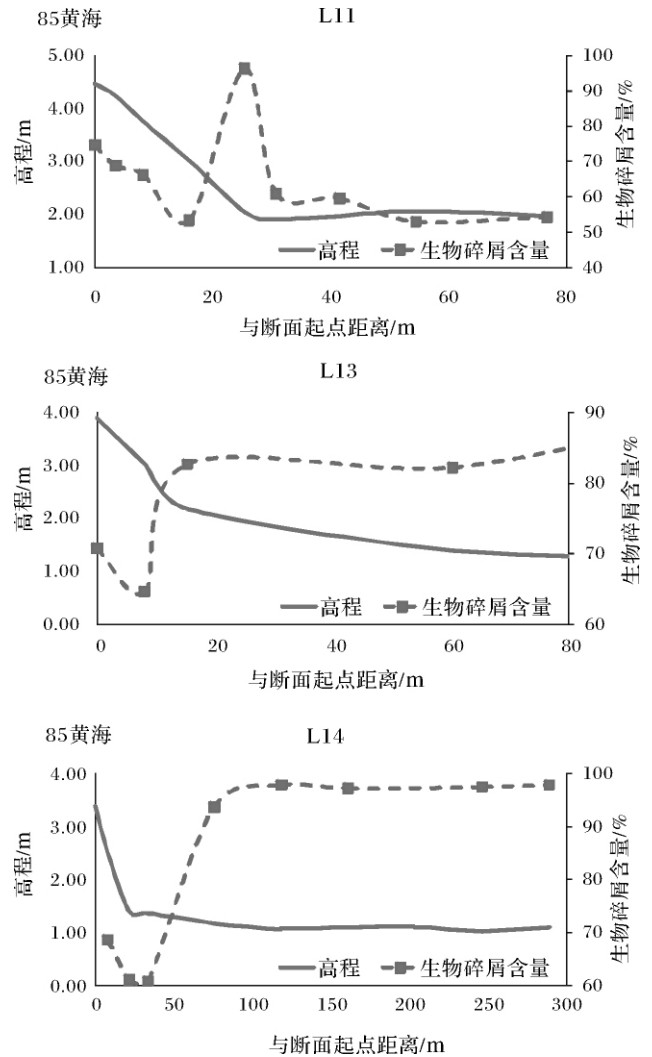


图 3 冬季 L11、L13 和 L14 海滩剖面及生物碎屑含量

Fig.3 Content of biodebris on profiles L11 ,L13 and L14 in winter

屑的含量(质量百分比)。由于样品采集点与高程测量点相对应, 因此可以通过高程和经纬度数据及样品测试数据得到剖面上生物碎屑的含量分布。根据 2010 年冬季的野外测量数据及样品测试数据, 分别选取了北部和南部各三条海滩剖面, 得到图 2 和图 3; 图中横坐标表示以海滩后滨为起测点的起点距; 实线为海滩剖面线, 虚线为滩面沉积物中生物碎屑含量, 虚线上的点表示测量采样点。为对比冬春两季高

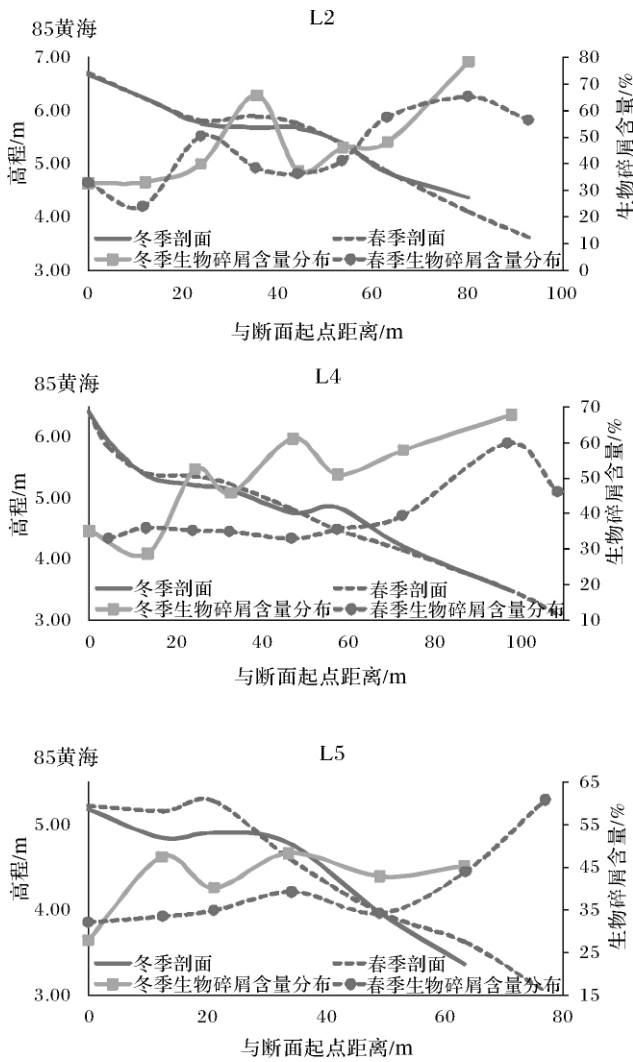


图4 冬春两季 L2、L4 和 L5 海滩剖面及生物碎屑含量对比
Fig.4 Content of biodetritus on profiles L2, L4 and L5 in winter and spring

隆湾海滩形态变化及生物碎屑分布的变化,根据2010年冬季和2011年春季的数据,选取了三条剖面得到图4;图中实线和虚线分别表示冬季海滩剖面线和春季海滩剖面线,带点实线和带点虚线分别表示滩面沉积物冬季生物碎屑含量和春季生物碎屑含量,线上的点即为测量采样点。

为方便对比冬春两季高隆湾海滩剖面高程变化及表层沉积物生物碎屑含量变化,将每一个测量采样点的春季数据减去冬季数据,得到图5。图中横坐标表示冬春两季高程差,纵坐标表示沉积物中生物碎屑含量的差值;正值为春季海滩高程或生物碎屑含量较冬季升高或增加,负值则为春季海滩高程或生物碎屑含量较冬季降低或减少。为具体比较冬春两季沉积物生物碎屑含量的变化情况,分别对冬、春两季沉积

物的生物碎屑含量计算了均值、方差和峰值,如表2。

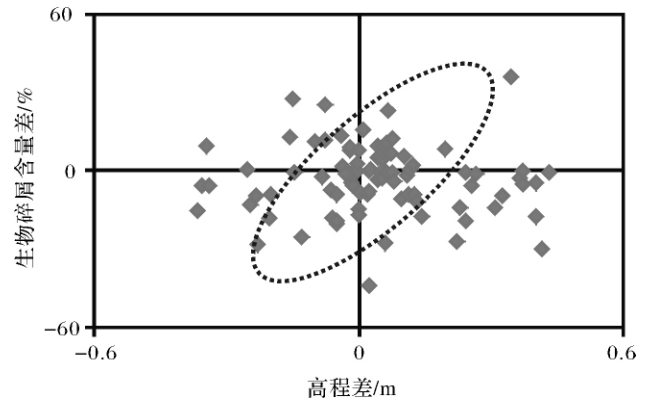


图5 冬春两季海滩高程及生物碎屑含量变化
Fig.5 Beach profile and biodetritus content change from winter to spring

表2 冬春两季沉积物生物碎屑含量统计数据
Table 2 Statistical data of biodetritus content in winter and spring

生物碎屑含量/%	冬季样品	春季样品
均值	59.017	55.827
方差	340.583	370.746
峰值	-0.271	-0.382

将每条剖面样品中生物碎屑的百分比含量进行算术平均,得到剖面生物碎屑的平均含量。对冬春两季样品测试数据进行如上计算,得到图6。图中横坐标为剖面编号,纵坐标表示沉积物中生物碎屑含量,依照剖面序号,即得到曲线从左到右表示的冬春两季高隆湾海滩表层沉积物中生物碎屑含量由北到南的分布情况。

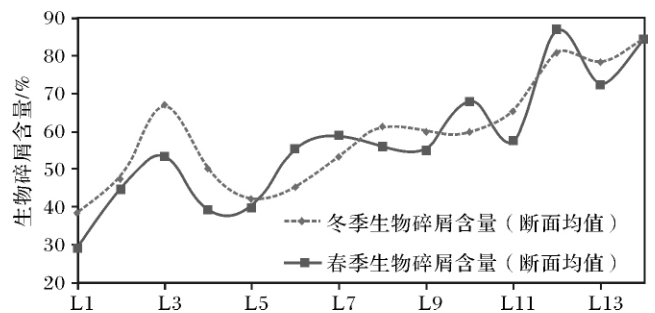


图6 冬春两季高隆湾各剖面生物碎屑含量均值的变化
Fig.6 Mean value of biodetritus content changes on each beach profile in winter and spring

通过粒度测试数据得到样品的粒径分布(体积百分比),即可得到含生物碎屑的沉积物粒径分布与不含生物碎屑的沉积物粒径分布的对比,如图7。图中纵坐标为沉积物中粒径的体积百分比,横坐标为粒

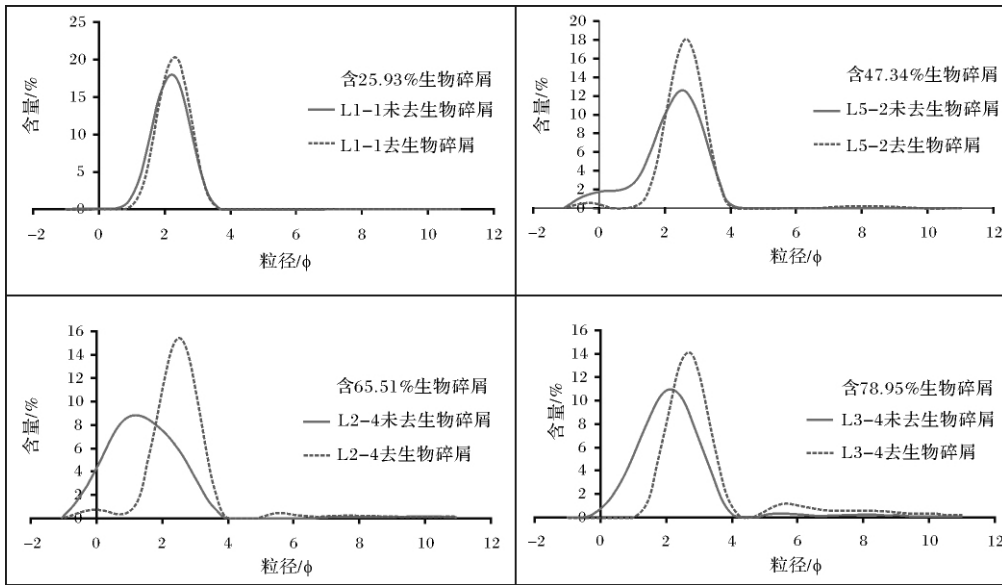


图 7 去生物碎屑前后沉积物粒径分布对比

Fig. 7 Grain size distribution comparison of sediment samples with/without biodetritus

径以 ϕ 值表示; 实线为包含生物碎屑的沉积物粒径分布, 虚线为去掉生物碎屑后的沉积物粒径分布。图中所选 4 份样品采于 2010 年冬季, 它们的生物碎屑含量排序为 $L1-1 < L5-2 < L2-4 < L3-4$ 。

采用 Folk 系列公式^[17]由 2010 年冬季所采集样品的粒径分布计算得样品的中值粒径、平均粒径、分选系数及峰态系数。将数据分为未去生物碎屑及去生物碎屑两组, 再根据样品的生物碎屑含量排序, 即得到生物碎屑含量对沉积物各粒径参数的影响, 如图 8。图中纵坐标表示样品中生物碎屑的含量; 方点折线为包含生物碎屑的样品粒径参数随生物碎屑含量的变化, 圆点折线表示去生物碎屑后粒度参数的情况。为了进一步探讨生物碎屑含量对沉积物粒度参数的影响, 对各沉积物粒度参数进行了差值比(差值比 = 粒度参数差值绝对值 / 去生物碎屑后粒度参数)的计算, 得到图 9。

4 讨论

从宏观角度来看, 生物碎屑在海滩的分布有空间上的规律也有时间上的变化; 从微观角度来看, 不同的沉积物中生物碎屑的含量和粒径分布也有所不同。因此, 对海滩生物碎屑的研究探讨可以从空间分布、季节变化及粒径特征三个方面进行。

4.1 冬季海滩上生物碎屑的分布

以高隆湾北部 L3、L4 和 L5 三条海滩剖面为例, 如图 2。首先, 海滩剖面沉积物中生物碎屑的含量总

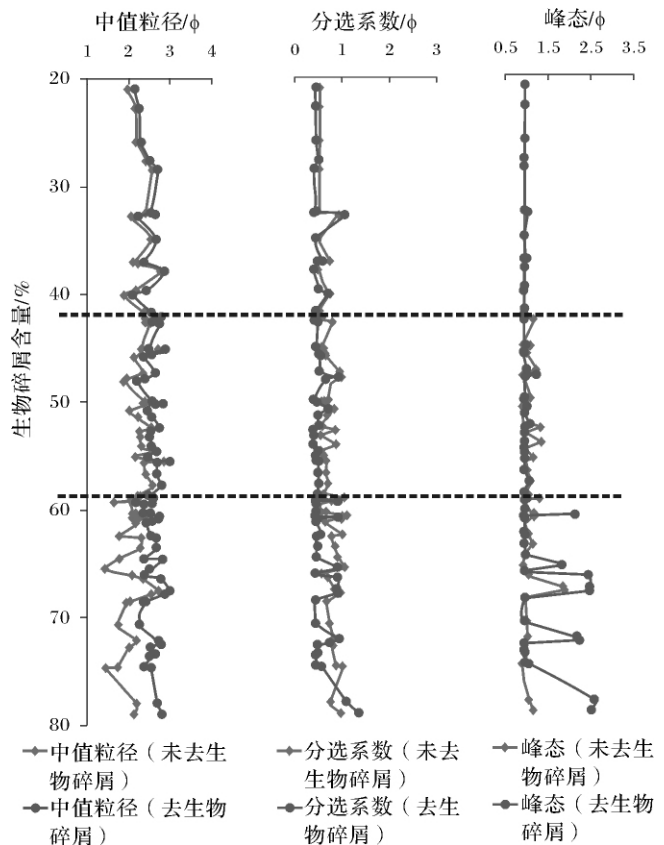


图 8 生物碎屑含量对海滩表层沉积物粒径参数的影响

Fig. 8 The effect of biodetritus level on grain size parameters of beach sediments

体上是 从后滨到水下逐渐增多的。这是因为海滩沉

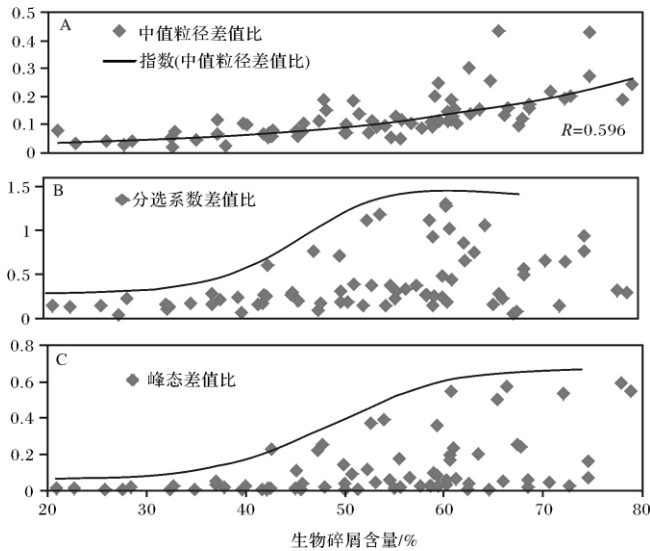


图9 生物碎屑含量对海滩表层沉积物粒径参数差值比的影响

Fig.9 The effect of biodebris level on difference ratio of grain size parameters of beach sediments

积物中的生物碎屑主要来自海中的生物,由波浪流挟带到海滩上,在波浪流向岸搬运的过程中逐渐沉积在海滩上,越靠近岸波浪能挟带的物质越少,因此越靠近后滨表层沉积物所含生物碎屑越少。其次,由图可以看出沉积物中生物碎屑的含量在海滩剖面上均出现了两个峰值:一是在滩肩以上的大潮高潮线附近,二是在当日的高潮线附近。这印证了第一点,即海滩沉积物中生物碎屑的含量主要受到海水动力的影响,同时也说明生物碎屑往往颗粒较粗、重量较大^[18];较粗的生物碎屑在高潮时由水流推上海滩,由于砂质海岸的高渗水率,回流能量减弱无法将生物碎屑带回海中,生物碎屑便滞留在高潮线上^[19,20]。

高隆湾沿岸海滩沉积物中生物碎屑的含量由北至南呈增加的趋势(图6)。同时,从冬季剖面均值线上看,L2~L4处的生物碎屑含量均值较大,L7~L9和L11处的生物碎屑含量均值虽高于附近剖面,但起伏较不明显。因此高隆湾海滩沉积物中生物碎屑含量较大的地方为北面的L2~L4及L7以南的区域。L2~L4是人工海水浴场区域,位于高隆湾西北角;而高隆湾的涌浪主要出现在SE—SSE向。可以推测L2~L4处沉积物中生物碎屑含量较大是因为由SE—SSE向涌浪搬运的生物碎屑进入湾内后主要堆积在海湾的NW向,即L2~L4剖面区域。L7剖面以南进入海水养殖区域,区域中有许多浅滩,高潮时淹没、低潮时出露;附近乡村的养殖场多将废水排入此区域。

在L11剖面东南面,发育有珊瑚礁坪;L10剖面以南的海滩后滨陡崖都为泥沙与珊瑚碎屑混杂堆积。因此,L7剖面以南的区域海滩表层沉积物中生物碎屑含量增高主要原因是生物碎屑来源较北部海滩丰富:一是区域中的养殖业产生了较多的生物碎屑;二是岸外发育的珊瑚礁坪受到海浪侵蚀、破碎的生物碎屑经搬运最终堆积在海滩上。

高隆湾南侧沉积物主要由生物碎屑组成(如图3)。首先,三条剖面后滨带生物碎屑含量都较高,这是与高隆湾南部后滨植物生长和珊瑚礁碎屑陡崖有关,后滨提供了较丰富的生物碎屑来源,在其向海延伸的过程中生物碎屑逐步减少,高隆湾南部较弱的波浪动力条件又难以将海中生物碎屑带到这一区域。其次,L11剖面上生物碎屑含量的分布与L13和L14有明显的不同,在当日高潮线附近生物碎屑含量到达高峰后,L11剖面的水下浅滩上生物碎屑含量降到了低值,而L13和L14剖面水下浅滩上的生物碎屑含量则一直保持在高值。这说明L11剖面的水动力条件与L13和L14有明显的不同。从地形分析,如图1,L11虽然有水下浅滩,但其东面并没有珊瑚礁的保护,因此波浪的作用仍较强,将颗粒较粗、重量较大的生物碎屑由水下浅滩集中推移到高潮线附近,从而使水下浅滩的生物碎屑含量保持在较低的水平;而L13和L14由于受到珊瑚礁的保护,水下浅滩宽广,波浪的动力较弱,因此生物碎屑在水下浅滩的分布比较均匀。

4.2 冬春两季海滩剖面及生物碎屑分布的变化

春季高隆湾海滩剖面形态整体上较冬季没有很大的变化。但如图4所示,海滩潮间带部分有受到侵蚀的迹象,滩肩后退,说明由冬入春的期间高隆湾北部波浪作用有所增强。生物碎屑在滩面上的分布则有明显的变化。春季剖面上生物碎屑的分布起伏变化不如冬季的显著,原来的双峰被削弱,不过仍可以看出随着滩肩的后退,生物碎屑含量的高峰也同步向后滨移动,再一次印证了生物碎屑含量与动力条件的相关。

海滩沉积物生物碎屑含量存在季节性变化,如图5所示,绝大部分样点落在横坐标的下方和纵坐标的右方,即大部分测量采样点春季高程高于冬季高程,而春季海滩表面生物碎屑含量整体低于冬季水平,且变化幅度较大,最长达±30%。由表2可知,春季沉积物中生物碎屑含量平均比冬季低3.2%、方差更大、峰值为负且绝对值变大,说明春季沉积物中生物

碎屑的含量更不均匀,且这种不均匀是因为生物碎屑含量较低的表层沉积物增多。虽然海滩表层生物碎屑含量与动力条件相关且高隆湾春季波浪作用较冬季增强,但对生物碎屑含量变化的分析显示春季海滩生物碎屑含量有所减少,这是因为进入冬季后气温降低、海水中生物碎屑来源减少,原来沉积物中的有机质分解、碳酸盐物质的破碎后输移,增加了低生物碎屑含量的沉积物样品数。从图5还可以看出,大部分的采样点落在虚线椭圆范围内,说明随着季节的变换,生物碎屑含量与海滩高程的变化具有一定的关联性。

从整个高隆湾海滩来看,冬春两季沉积物生物碎屑含量的变化在南北区域又有所不同(如图6)。春季北部的L1~L5断面的生物碎屑平均含量都较冬季低,L7以南的断面平均含量则没有明显的季节变化趋势。这是因为北部断面的生物碎屑来源主要是海水中的生物,由冬入春的过程中生物碎屑来源减少、较强的水动力加速原有的生物碎屑的破碎分解,使得北部海滩表面生物碎屑的含量在春季较冬季整体减少;而南部断面的生物碎屑来源主要来自岸外珊瑚礁以及后滨的珊瑚礁碎屑陡崖,这两个来源比较充足、随季节变化较小,补充了海水中生物碎屑来源的减少,使得在波浪条件较强的春季,部分断面的生物碎屑平均含量要高于冬季。

4.3 生物碎屑对沉积物粒径分布的影响

生物碎屑对单份样品的粒径分布影响如图7中所示。L1-1样品的生物碎屑含量较少(约26%),去生物碎屑前后样品的粒径分布除了粗颗粒体积百分比稍有减小、分布略为集中以外,并没有太大变化。样品L5-2在去生物碎屑后,粒径在 1ϕ 附近的颗粒体积百分比明显减少,峰值粒径的体积百分比由12%上升到18%,粒径为 8ϕ 的颗粒体积百分比有细微增多。样品L2-4在去生物碎屑前后粒径分布变化明显:去生物碎屑前的峰值粒径体积百分比由9%降为去生物碎屑后的接近0,峰值粒径由 1ϕ 左右变为 $2\sim 3\phi$ 、含量峰值由9%上升到15%。同时样品L2-4在去生物碎屑后,粒径 $5\sim 6\phi$ 和 8ϕ 的颗粒体积百分比有增多。样品L3-4在去生物碎屑前后的粒径分布变化与L2-4相似,但细颗粒(粒径小于 5ϕ)的增多更明显。图4可以说明在高隆湾海滩沉积物中,粗颗粒所含生物碎屑多于细颗粒中的生物碎屑(体积百分比)。可以推测,沉积物中生物碎屑主要为 $-1\sim 2\phi$,即粗砂至细砾。

4.4 生物碎屑对沉积物粒度参数的影响

图7中所示4份样品生物碎屑含量有所不同,去生物碎屑前后粒径分布的变化情况也不同,因此生物碎屑含量的多少与其对沉积物粒径分布影响的大小应该有关。用生物碎屑含量与沉积物粒度参数的对比来说明,如图8。根据粒度参数的变化,对沉积物中生物碎屑含量进行分段:生物碎屑占20%~42%,含量较低;生物碎屑占42%~59%,含量中等;生物碎屑占59%~98%,含量较高。由图8可以看出,生物碎屑含量较低的样品在去生物碎屑前后各粒径参数没有很明显的变化。当生物碎屑含量增加到中等,去生物碎屑前后沉积物的各粒径参数有了较明显的差别:去生物碎屑后,沉积物中值粒径减小,平均相差 0.25ϕ ;去生物碎屑后分选系数基本都小于去生物碎屑前,峰态值也减小。生物碎屑含量进一步增加,达到较高的水平时,去生物碎屑前后样品中值粒径的差值进一步加大,差值最大的超过 1ϕ ;而分选系数和峰态的情况较为复杂,有的样品去生物碎屑后分选更好,峰态更显著,有的样品去生物碎屑后则分选更差。进一步结合图7进行分析。生物碎屑含量较低时,对沉积物粒径分布无明显影响,因此粒度参数亦无明显变化。生物碎屑含量为中等时,由于生物碎屑粒径相对较粗,因此去生物碎屑后沉积物的中值粒径明显减小,这种情况在生物碎屑含量进一步加大时更为显著。样品的分选性和峰态在去生物碎屑前高于去生物碎屑后,原因可能是去生物碎屑后,突出了 0ϕ 附近和 $6\sim 8\phi$ 附近的粒径含量。当生物碎屑含量较高时,沉积物的粒度参数就由生物碎屑的粒径分布和陆源物质的粒径分布两者共同决定:若生物碎屑的粒径分布与陆源物质的粒径分布相近,则去生物碎屑前后沉积物的粒径参数变化小,否则粒径参数会有较明显的变化,而具体如何变化则取决于生物碎屑的粒径分布和泥沙的粒径分布的组合情况。

从沉积物粒径参数在不同生物碎屑含量水平的差异可见,生物碎屑的含量与沉积物粒径参数变化幅度相关。结合图9进一步分析沉积物中生物碎屑含量对其粒径参数的影响程度。首先,随着沉积物中生物碎屑含量的增加,各粒径参数差值比都有增大的现象。其次,粒径参数差值比的增加是在一定范围内的。对图9-A中的各点引入指数趋势线,可以看出中值粒径差值比与生物碎屑含量接近于指数关系,相关系数接近0.6。分选系数和峰态的差值比的变化虽然复杂,但如图9-B和图9-C所示,变化范围在“S”型

曲线之内,且大部分差值比都小于0.4。对于图9中三条曲线,可能有沉积动力方面的原因。

5 结论

高隆湾海滩表层沉积物中生物碎屑的含量在滩肩以上、大潮高潮线附近及当日的高潮线附近较大,说明海滩沉积物中生物碎屑的含量主要受到海水动力的影响,同时也说明沉积物中生物碎屑颗粒较粗、重量较大,在高潮时由激浪水流推上海滩并滞留。高隆湾海滩表层沉积物中生物碎屑的分布主要受三方面影响:一是地形及常涌浪向;二是区域中的养殖业产生的生物碎屑;三是岸外发育的珊瑚礁坪。北部断面的生物碎屑来源主要是海水中的生物,由冬入春的过程中生物碎屑来源减少、较强的水动力加速原有的生物碎屑的破碎分解,使得北部海滩表面生物碎屑的含量在春季较冬季整体减少;而南部断面的生物碎屑来源主要来自岸外珊瑚礁以及后滨的珊瑚礁碎屑陡崖,在波浪条件较强的春季,部分断面的生物碎屑平均含量要高于冬季。

高隆湾春季海滩潮间带部分较之冬季有受到侵蚀的迹象,滩肩后退;同时春季剖面上生物碎屑的分布起伏变化不如冬季的显著,不过仍可以看出随着滩肩的后退,生物碎屑含量的高峰也同步向后滨移动。大部分测量采样点春季高程高于冬季高程,而春季海滩表面生物碎屑含量整体低于冬季水平且方差更大、峰值为负且绝对值变大,这是因为进入冬季后气温降低、海水中生物碎屑来源减少,原来沉积物中的有机质分解、碳酸盐物质的破碎后输移,增加了低生物碎屑含量的沉积物样品数。

高隆湾海滩表层沉积物中粗颗粒所含生物碎屑多于细颗粒中的生物碎屑,生物碎屑粒径主要为 $-1 \sim 2\phi$,即粗砂至细砾。生物碎屑占20%~42%为含量较低,对沉积物粒径分布无明显影响。生物碎屑占42%~59%为含量中等,由于生物碎屑粒径相对较粗,因此去生物碎屑后沉积物的中值粒径明显减小;样品的分选性和峰态在去生物碎屑前高于去生物碎屑后,原因可能是去生物碎屑后,突出了 0ϕ 附近和 $6 \sim 8\phi$ 附近的粒径含量。生物碎屑占59%~98%为含量较高,去生物碎屑前后样品中值粒径的差值进一步加大,差值最大的超过 1ϕ ;而分选系数和峰态的情况较为复杂。

参考文献 (References)

1 Neumann A C. Observations on coastal erosion in Bermuda and meas-

urements of the boring rate of the sponge, *Cliona lampa*. *Limnology and Oceanography*. 1966: 92-108

2 Coppin N J, Richards I G. Use of Vegetation in Civil Engineering [M]. London: Butterworths, 1989: 292

3 Kaplin P A. Shoreline evolution during the twentieth century [J]. *Oceanography*. 1988: 208

4 Kuksa V I. The Southern Seas (Aral, Caspian, Azov and Black) Under Anthropogenic Stress Conditions [M]. Gidrometeoizdat, Sankt-Petersburg, 1994

5 易亮,于洪军,徐兴永,等. 碳酸盐含量对莱州湾南岸钻孔沉积物粒度测试结果的影响 [J]. 海洋科学进展, 2010, 28(3): 325-331 [Yi Liang, Yu Hongjun, Xu Xingyong, et al. Influences of carbonate contents on the grain-size measurements of borehole sediments from southern shore of Laizhou Bay [J]. *Advances in Marine Science*, 2010, 28(3): 325-331]

6 蒲晓强,钟少军. 不同的前处理方法对南黄海沉积物粒度测试的影响 [J]. 海洋地质动态, 2009, 25(5): 15-18 [Pu Xiaoliang, Zhong Shaojun. Influence of different pretreatment methods on grain size analysis of sediments from South Yellow Sea [J]. *Marine Geology Letter*, 2009, 25(5): 15-18]

7 谢昕,郑洪波,陈国成,等. 古环境研究中深海沉积物粒度测试的预处理方法 [J]. 沉积学报, 2007, 25(5): 684-692 [Xie Xin, Zheng Hongbo, Chen Guocheng, et al. Pretreatment method of grain size measurement of marine sediments in paleoenvironment research [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(5): 684-692]

8 李世杰,区荣康,朱照宇,等. 24万年来西昆仑山甜水海湖岩芯碳酸盐含量变化与气候环境演化 [J]. 湖泊科学, 1998, 10(2): 58-65 [Li Shijie, Ou Rongkang, Zhu Zhaoyu, et al. A carbonate content record of late Quaternary climate and environment changes from lacustrine core TS95 in Tianshuihai Lake Basin, Northwestern Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1998, 10(2): 58-65]

9 颜佳新. 全球演化研究中新兴学科碳酸盐岩古气候学: 意义, 现状与展望 [J]. 大自然探索, 1996, 15(4): 72-76 [Yan Jiaxin. Carbonate climatology: Advances and prospects [J]. *Exploration of Nature*, 1996, 15(4): 72-76]

10 张雄华. 混积岩的分类和成因 [J]. 地质科技情报, 2000, 19(4): 31-34 [Zhang Xionghua. Classification and origin of mixed sedimentite [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2000, 19(4): 31-34]

11 王国忠,吕炳全,全松青. 现代碳酸盐和陆源碎屑的混合沉积作用——涠洲岛珊瑚岸礁实例 [J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(1): 15-25, 119-120 [Wang Guozhong, Lü Bingquan, Quan Songqing. Mixed sedimentation of recent carbonates and terrigenous clastics: Example of the coral reef of the Weizhou Island [J]. *Oil & Gas Geology*, 1987, 8(1): 15-25 + 119-120]

12 Carozzi A V, Zadnik V E. Microfacies of Wabash reef, Wabash, Indiana [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1959, 29(2): 164

13 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志-第十一分册 [M]. 北京: 海洋出版社, 1999: 59-86 [China Bay Editorial Board. *China Bay-Volume XI* [M]. Beijing: Ocean Press, 1999: 59-86]

14 王文介,李绍宁. 清澜潟湖-沙坝-潮汐通道体系的沉积环境和沉

- 积作用[J]. 热带海洋, 1988, 7(3): 27-35 [Wang Wenjie, Li Shaoning. Depositional environment and sedimentation at the lagoon-sand bar-tidal inlet system of Qinglan [J]. Tropic Oceanology, 1988, 7(3): 27-35]
- 15 梁百和, 吴华新, 朱素琳. 海南岛清澜港及邻近海域表层沉积物的沉积特征[J]. 沉积学报, 1988, 6(1): 70-79 [Liang Baihe, Wu Huaxin, Zhu Sulin. Depositional features of the surface sediments of the Qinlan Port, Hainan Island and its adjacent [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1988, 6(1): 70-79]
- 16 王宝灿, 陈沈良, 龚文平, 等. 海南岛港湾海岸的形成与演变[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 80-97 [Wang Baocan, Chen Shenliang, Gong Wenping, et al. Form and Evolution of the Embayment Coasts around Hainan Island [M]. Beijing: Ocean Press, 2006: 80-97]
- 17 Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1957, 27(1): 3-26
- 18 Bagnold R A. Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear [J]. Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences. 1954, 225(1160): 49
- 19 Komar P D. Physical processes of waves and currents and the formation of marine placers [J]. CRC Critical Reviews in Aquatic Sciences, 1989, 1(3): 393-423
- 20 Hughes M G, Keene J B, Joseph R G. Hydraulic sorting of heavy-mineral grains by swash on a medium-sand beach [J]. Journal of Sedimentary Research. 2000, 70(5): 994-1004

Biotritus Distribution and Its Effect on Sediment Size Characteristics on Gaolong Bay Beach

ZHONG Xiao-jing CHEN Shen-liang CHEN Yan-ping ZHOU Han-yu

(State Key Laboratory of Estuary and Coastal, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract: The material basis of the coast includes water, rock, sediment and organisms. Biotritus which come from organisms have certain effect on grain size of beach sediment. By adding excess acid and hydrogen peroxide in the beach surface sediment samples from the Gaolong Bay, Hainan Island, the difference of their grain size distribution with and without biotritus was discussed, and the analysis was made with the height of the beach. It can be seen from the results that (1) Biotritus content on beach is mainly determined by marine dynamic, and the biotritus which have coarse sizes and large mass is brought to the beach by waves during high tidal period. (2) The distribution of biotritus in the beach sediment is influenced by landform and main wave direction, biotritus produced by beach breeding as well as coral reefs flat offcoast. (3) Biotritus content in the beach sediment changes with the seasons. The biotritus supplied by sea water would be reduced and further decomposed from winter to spring, which makes biotritus content decrease in the north area, but the stable supply of coral debris and strong wave dynamics in spring increase the biotritus content in the south area of the beach. (4) Coarse particles in surface beach sediment in Gaolong Bay contain more biotritus than that fine particles contain. Grain size of biotritus is mostly $-1 \sim 2\phi$, namely coarse sand to gravel. The more biotritus sediment contains the larger changer grain size parameters have.

Key words: beach profile; biotritus; size distribution; grain size parameter; Gaolong Bay