

文章编号: 1000-0550(2010) 02-0331-08

钙质碎屑对热带海滩砂粒度参数的影响分析¹

黎 刚^{1,2} 张永战^{1,2} 毛龙江³ 许叶华^{1,2}

(1 南京大学地理与海洋科学学院海岸海洋科学系 南京 210093 2 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室 南京 210093;
3. 南京信息工程大学大气科学学院 南京 210044)

摘 要 钙质碳酸盐碎屑是热带海滩沉积物的重要组成部分,其物理特性与海滩中的石英颗粒差异明显。对海南岛东部文昌铜鼓角两侧海湾海滩砂样采用除钙和不除钙两种预处理方法,使用 Mastersizer 2000 激光粒度仪和筛析法进行粒度分析,结果表明:除钙以后粒度频率曲线主体朝细偏,但在粒度频率曲线细尾(4~9 ϕ)会新增一小峰;去钙前后粒度参数存在明显的线性相关,平均粒径、分选系数和偏态的相关系数依次降低;粒度参数的组合变化以“平均粒径变细、分选系数变好、偏态朝细偏”为主,但仍存在其他的组合变化;在对类似于铜鼓岭周边环境的海滩进行沉积物粒度分析及动力环境研究时,需要了解钙质碎屑含量和颗粒组成。

关键词 激光粒度仪 筛析法 碳酸盐岩碎屑 预处理

第一作者简介 黎刚 男 1981 年出生 博士研究生 海岸海洋科学 E-mail ligangnj@sina.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

粒度参数是沉积环境和动力地貌研究中常用的指标。粒度分析手段由早期的沉降法和筛析法,逐渐发展到激光粒度仪自动测量,不同方法测量粒度的原理有所差异,但测量的粒度参数结果具有可比性^[1,2]。由于仪器测量结果可重复性较高、方便高效,激光粒度仪被广泛应用于各种细颗粒沉积物的粒度参数的测定中。基于激光粒度仪的分析手段,探讨不同预处理方法对沉积物粒度测量结果的影响对黄土古土壤沉积物^[3,4]、红色风化壳^[5]和浅海泥质沉积物^[6]已有研究。在海滩研究中,沉积物粒度分析是判定海沉积动力的重要手段。近年来,激光粒度仪与筛析法相结合的分析方法成为海滩粒度分析的重要技术^[7]。但是基于激光粒度仪测量的混合海滩砂样与非可溶性的陆源硅质碎屑的粒度特征以及两者之间的差异与成因,目前还缺乏研究。本文选择海南岛东部铜鼓角两侧海湾中海滩砂样,采用除钙和不除钙两种预处理方法,主要在激光粒度仪上完成粒度测量,并测算海滩砂中钙质碎屑的含量,探讨中砂—细砂质海滩砂在这两种预处理方法下粒度分布及粒度参数的变化,分析探讨海滩砂沉积物中碳酸盐碎屑颗粒的来源、硅质碎屑与碳酸盐碎屑两者水动力性质的差异以及碳酸盐碎屑在海滩沉积物中的粒级分配特点。

1 材料与方法

1.1 研究区概况与样品采集

研究区位于海南岛东北部,为典型的岬湾型海岸。在铜鼓岭基岩岬角处发育基岩海岸,其间的小海湾发育有局部的小沙坝和砾石质袋状海滩;铜鼓岭岬角北侧月亮湾发育夷直的大型沙坝海岸,沙坝向海侧发育宽广的现代海滩,坡度小,中砂—细砂质为主,含一定的贝壳碎屑;岬角南侧淇水湾的北部基岩散布,基岩岬角与小海湾形成岬湾相间的海岸,基岩波影区与岬角间的小海湾发育低矮的沙坝,沙坝前缘的含砾粗砂—中砂质海滩中含贝壳、珊瑚碎屑,海滩坡度较大,宽度较小。淇水湾中部发育大型沙坝—泻湖海岸,外缘有延伸较宽的珊瑚礁平台,内侧发育含贝壳、珊瑚碎屑的中砂—细砂质海滩(图 1)。本区冬季盛行东北风、夏季盛行东南风,受此影响波浪以偏东向浪为主,平均波高为 0.96 m,风力作用和波浪作用较强。潮汐作用相对较弱,平均潮差小于 1 m,北部月亮湾为不正规半日潮,南部淇水湾为不正规全日潮。本区年平均受台风影响 2~3 次,8 级以上台风平均每年 1.8 次^[8],成为海南岛东部的“台风走廊”。

2005 年 8—9 月在铜鼓岭周边进行海滩调查,在月亮湾和淇水湾海滩布设 25 条断面,每条断面分

¹ 国家自然科学基金重点项目(批准号:40334038)、国家自然科学基金项目(批准号:40572077)以及加拿大国际开发署(CIDA)重点项目——中加合作“中国生态计划”(S61562)联合资助。
收稿日期:2009-01-15 收修改稿日期:2009-02-23

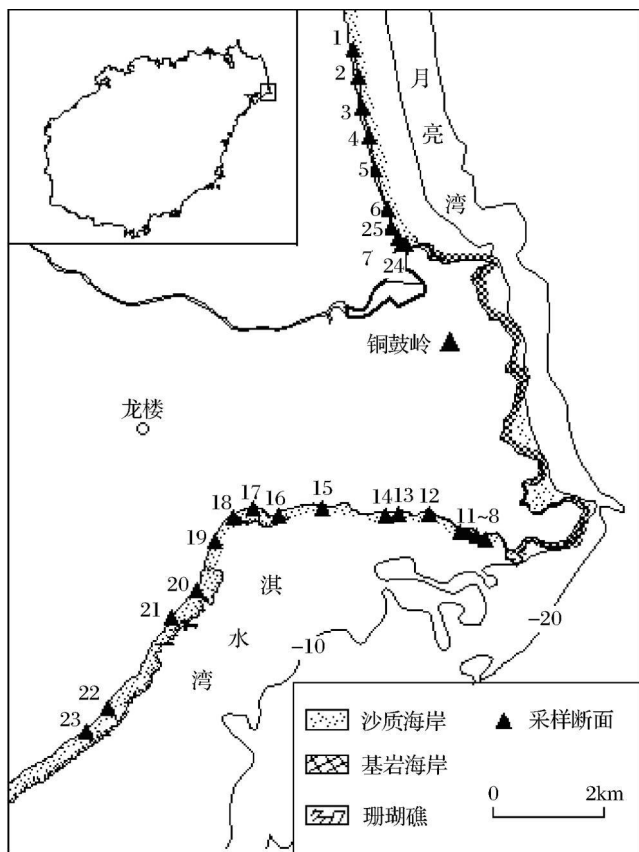


图1 研究区位置及海滩采样断面

Fig 1 The location and sketch map of the sandy beaches profile

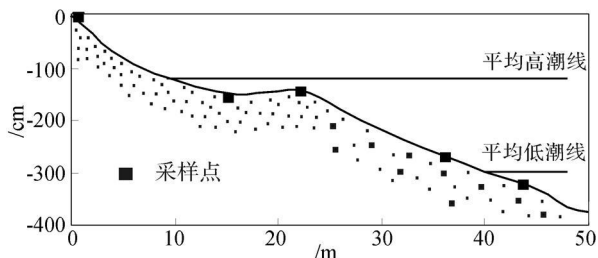


图2 21号海滩断面及采样点

Fig 2 Beach profile No 21 and sampling positions

别在沙坝底部、潮间带上部、海滩滩脊、潮间带下部以及低潮线以下各采集 1 个表层样品 (24、25 号两断面各采集 8 个样品), 共采集 131 个表层沉积物样品 (图 1、图 2)。

1.2 粒度分析

所采集的 131 个样品, 粒径在细砂至砾石级。对于沉积物中大于 2 mm 粒级的部分采用筛析法, 小于 2 mm 粒级的部分全部采用激光粒度仪进行粒度分析, 最后求取各粒级的百分含量。样品预处理采取 2 种方法: A) 给样品加入 10 mL 的 10% 的 H_2O_2 使其充

分反应, 充分静置后, 使用蒸馏水反复稀释至基本除去 H_2O_2 , 再加入 10 mL 浓度为 0.5 N 的 $(NaPO_3)_6$ 分散剂浸泡 24 h; B) 给样品加入 10 mL 的 10% 的 H_2O_2 使其充分反应, 充分静置后, 使用蒸馏水反复稀释至基本除去 H_2O_2 , 再加入浓度 10% 的 HCl 直至将钙质碎屑完全去除, 最后洗去过剩的 HCl 再加入 10 mL 浓度为 0.5 N 的 $(NaPO_3)_6$ 分散剂浸泡 24 h。处理后的样品 (小于 2 mm 粒级) 采用 Mastersizer 2000 型激光粒度仪进行粒度测量, 测量前用超声波振荡 1 min。Mastersizer 2000 激光粒度仪, 测量范围为 0.01 ~ 2000 μm , 多次重复测试误差小于 2%。筛析法选用 1 ϕ 的筛孔间隔处理大于 2 mm 粒级的部分。整个粒度分析在南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室完成。

1.3 钙质碎屑含量的测定

选取了其中 82 个海滩表层样 (中砂—细砂粒级) 进行钙质碎屑含量的测定。处理方法: 首先取约 50 g 样品, 先用蒸馏水洗盐, 然后将样品置于烘箱内 40°C 恒温烘干, 用精度为 0.003 g 电子天平称取样品总重。同时用蒸馏水配置浓度 10% 的 HCl 将足量的 HCl 加入称好的样品中, 静置 24 h 直至完全反应, 用蒸馏水洗去其中的可溶性盐和多余的 HCl, 然后将除去钙质碎屑后的非可溶性物质, 主要是陆源硅质碎屑, 放入烘箱恒温烘干, 最后称重。根据样品的总重量与其中非可溶部分的差值求取其中钙质碎屑的含量。

2 研究结果

2.1 粒度分布

粒度分布曲线反映了不同粒级组分在全样中的含量, 图 3 显示了样品在 2 种不同预处理方法后的粒度分布曲线。总体上所有样品的粒度分布曲线都呈现单峰态, 主要分布在 4 ~ 1 ϕ 之间; 曲线略呈负偏态。去除钙质碎屑后粒度曲线的变化主要体现在: 曲线一致朝细端移动, 大部分样品除钙以后粒级分布更趋集中。显然, 海滩沉积物中, 钙质碎屑部分因具有较大的孔隙度, 相对比重较小, 在相同的动力条件下, 其粒径相对陆源硅质碎屑更粗。全样中, 由于两者的混合, 使得其相对于去除钙质碎屑后的陆源硅质碎屑部分, 分选性变差。钙含量超过 30% 的样品, 在除钙以后细端 (9 ~ 4 ϕ) 出现一个明显“新增”的粉砂—粘土级小峰, 而这些样品的全样粒度曲线中并没有相应的粒级存在 (图 3)。这新增加的粉砂—粘土级含量

部分超过 4%，最高达到 19.3%。对清洗后的海滩砂样品进行镜下观察，发现此处海滩砂主要由石英长石颗粒、岩屑和珊瑚、贝壳碎屑组成，石英长石表面干净，未发现有胶结物附着在表面。粒度分布曲线中细尾的出现表明，贝壳、珊瑚碎屑胶结了一定的粉砂—粘土级非碳酸盐细颗粒，形成砂级团粒或附着于贝壳

或珊瑚碎屑上。对海滩沉积物进行粒度分析时，采用除钙的预处理方法时，会因钙质胶结物的溶解，释放出此类细颗粒物质。

2.2 粒度参数

沉积物粒度参数 (平均粒径 M_z 、分选系数 S_α 、偏态 SK 、峰态 KG) 的计算采用 Folk-Ward 图解法，使

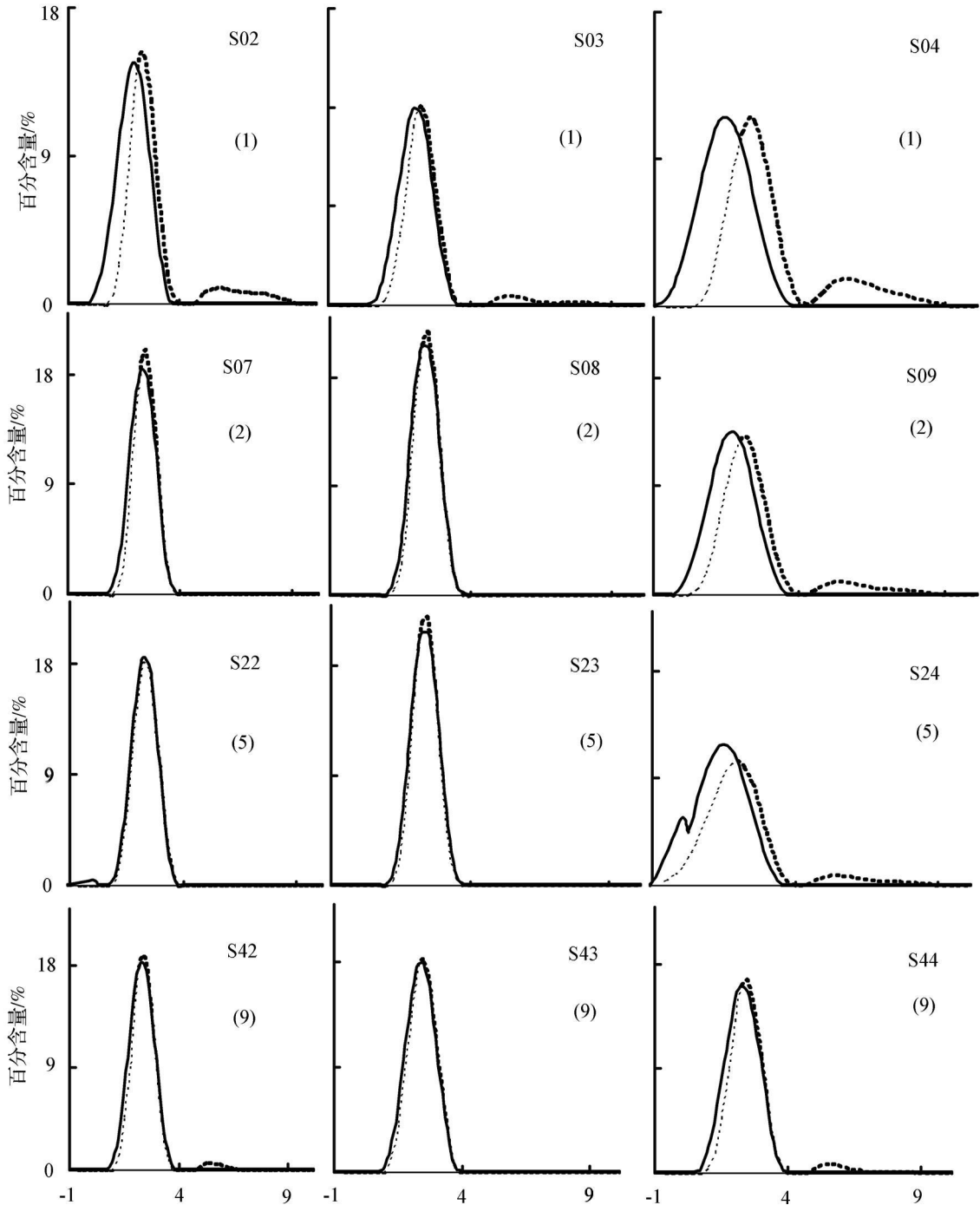


图 3 全样与除钙后陆源碎屑部分的粒度频率曲线对比 (粒度单位: ϕ)
(实线代表海滩砂样全样, 虚线代表除钙后陆源碎屑部分; (1) 表示断面号; S02 表示样品编号)

Fig 3 Grain size distributions of total samples and insoluble fractions

表 1 不同处理方法的粒度参数对比 (粒度单位: ϕ)

Table 1 Comparison of the grain sizes between total samples and insoluble sediments

编号	处理方法	平均粒径	分选系数	偏态	峰态	众数	钙质碎屑含量 /%
S02	不除钙	1.71	0.64	-0.01	0.95	1.63	49.22
	除钙 保留细尾	2.37	1.14	0.38	2.37	2.13	
	除钙 去除细尾	2.21	0.55	-0.01	0.95	2.13	
S03	不除钙	1.94	0.54	-0.02	0.96	1.87	29.85
	除钙 保留细尾	2.20	0.87	0.31	2.11	2.13	
	除钙 去除细尾	2.14	0.50	0.00	0.97	2.13	
S04	不除钙	1.33	0.83	0.00	0.95	1.38	71.46
	除钙 保留细尾	2.90	1.64	0.52	1.78	2.13	
	除钙 去除细尾	2.17	0.68	-0.01	0.94	2.13	
S09	不除钙	1.55	0.71	-0.01	0.95	1.62	66.97
	除钙 保留细尾	2.15	1.15	0.32	1.91	2.13	
	除钙 去除细尾	1.98	0.65	-0.02	0.95	2.13	
S24	不除钙	1.32	0.83	-0.04	0.99	1.38	54.43
	除钙 保留细尾	1.82	1.30	0.20	1.67	1.87	
	除钙 去除细尾	1.68	0.85	-0.09	0.96	1.87	
S42	不除钙	2.19	0.53	-0.01	0.95	2.12	32.00
	除钙 保留细尾	2.27	0.52	0.04	1.01	2.38	
	除钙 去除细尾	2.25	0.49	0.00	0.96	2.38	
S44	不除钙	2.15	0.59	-0.01	0.96	2.12	43.33
	除钙 保留细尾	2.34	0.64	0.12	1.16	2.38	
	除钙 去除细尾	2.28	0.55	0.00	0.96	2.38	

表 2 除钙后粒度参数变化类型及比例

Table 2 Changes of the grain size after resolving the carbonate clastics

平均粒径	分选系数	偏态	比例 /%
+	+	+	2.3
+	+	-	14.6
+	-	+	52.3
+	-	-	13.1
-	+	+	2.3
-	+	-	7.7
-	-	+	5.4
-	-	-	2.3

(正负据非可溶物质粒度参数与全样之差判定; 粒度单位为 ϕ)

用 Blott S J 和 Pye K 提供的 GRADISTAT 粒度处理软件进行^[9]。粒度频率曲线反映出部分海滩砂样品在除钙后新增粒径 9~4 ϕ 的细尾, 这一新增的粉砂—粘土级对非可溶沉积物的粒度分布产生了较大的影响, 这使得除钙后陆源硅质碎屑沉积物的粒度参数 (与不除钙样品粒度参数比较) 产生比较大的变异: 除钙后, 样品分选系数比除钙前明显增加, 偏态值变化较大 (表 1)。粉砂—粘土级颗粒并非现代铜鼓岭周边海滩动力环境下的沉积物, 其不可能存在与现代海滩环境之中, 而是被胶结于钙质碎屑之上, 这种胶结体才是现代海滩动力环境的产物。因此, 为了讨论海滩沉积物中陆源硅质碎屑沉积物的粒度特征, 在计算非

可溶沉积物的粒度参数时, 将频率曲线的“细尾”进行切除处理。经改正后非可溶沉积物粒度参数与全样粒度参数相比较, 变化基本一致 (表 1, 图 3)。

采用上述方法计算了两种预处理方法下海滩砂样品的粒度参数, 并用统计学方法分析两种方法处理后粒度参数的变化特征。首先对两种粒度参数结果进行相关分析, 结果表明平均粒径、分选系数、偏态和众数都有较好相关性, 相关系数分别为 0.934、0.890、0.813 和 0.938。峰态值相关性稍差, 相关系数仅 0.569。相关分析显示两种预处理方法所得的粒度参数结果具有较好相关性, 运用线性回归方法对两种粒度结果进行分析 (图 4)。两种预处理方法所得平均粒径具有显著的线性相关, 回归方程 ($y = 0.02 + 0.90x \pm 0.24$), 截距和斜率显示除钙后非可溶沉积物的平均粒径一致偏小。分选系数和偏态的线性相关性小于平均粒径, 但也具有较好的相关性, 分选系数线性回归方程为 $y = 0.16 + 0.85x \pm 0.14$, 偏态值线性回归方程为 $y = -0.01 + 0.68x \pm 0.08$ 。其次从粒度参数的组合变化来看 (表 2): 全样沉积物平均粒径主要分布在 1~2.5 ϕ 之间, 分选系数分布范围较广, 主要在 0.4~1.5 间, 偏态主要为近对称的负偏态。除钙后, 样品粒度参数的主体变化表现为平均粒径变细, 分选系数变好, 粒度分布朝细偏, 此类样品

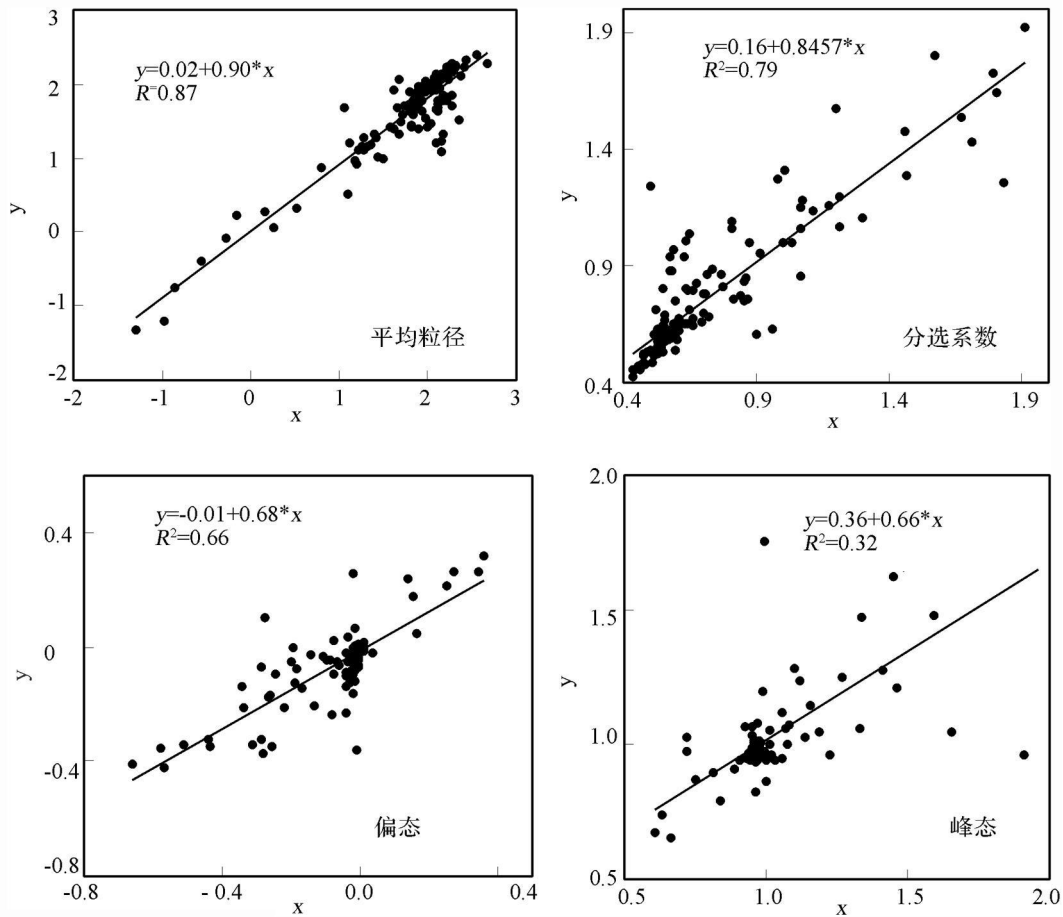


图 4 两种预处理方法的粒度参数对比 (x 表示非可溶沉积物; y 表示全样; R^2 为相关系数平方; 粒度单位为 ϕ)

Fig 4 Linear regressive curve of the grain sizes between total samples and insoluble sediments

占 52.3%。受物源影响, 铜鼓岭周边各海滩物质的组成差异较大, 两种预处理方法对粒度参数的影响并不一致, 粒度参数的组合变化还不尽相同, “粒度变细、分选系数变差, 粒度分布朝粗偏”和“粒度变细、分选系数变好, 粒度分布朝粗偏”两种变化类型所占比例还较高, 分别占 14.6%和 13.1% (表 2)。

2.3 钙质含量与粒度参数的变化

测定钙质含量的样品主要选自位于沙坝底部至海滩潮间带下部细砂—中砂粒级的样品。从计算结果来看, 铜鼓岭周边海滩沉积物样品中钙质碎屑含量差异较大, 北部月亮湾海滩表层沉积物中钙质碎屑含量最高, 平均含量高达 32.7%, 主要为贝壳碎屑, 珊瑚碎屑极少, 南部淇水湾中部受珊瑚礁庇护的海滩, 钙质碎屑平均含量次之, 为 24.8%, 分布于淇水湾北侧基岩岬角处小海湾内的海滩, 钙质碎屑含量最低, 平均仅 18.0%, 珊瑚碎屑较多。

对样品钙质碎屑含量与沉积物粒度参数做相关

分析, 结果表明随着钙质碎屑含量的增加, 各参数的变化趋势不明显。除钙后平均粒径的变化值随钙质碎屑含量的增加有增加的趋势, 但分选系数和偏态的变化值与钙质碎屑含量没有明显的相关性 (图 5)。钙质碎屑含量在 30% 以下的样品, 除钙前后粒度参数的变化不大。而含量超过 30% 的样品, 其粒度参数变化量明显偏大, 粒度参数的离散度增加。

3 讨论

海滩砂中有各种来源和成因的碳酸盐碎屑和碳酸盐胶结体, 按照碳酸盐形成时间可以将海滩砂中的碳酸盐划分为两大类: 一类为先成的碳酸盐碎屑, 包括贝壳、珊瑚碎屑以及其他碳酸盐颗粒; 另一类为沉积物形成之后的碳酸盐胶结的碎屑颗粒。我国对海底沉积物调查规范中, 对沉积物的粒度分析预处理, 要求去除钙质胶结物^[11], 主要是考虑到样品后期因生物作用或碳酸钙淋溶作用产生碳酸钙, 胶结沉积

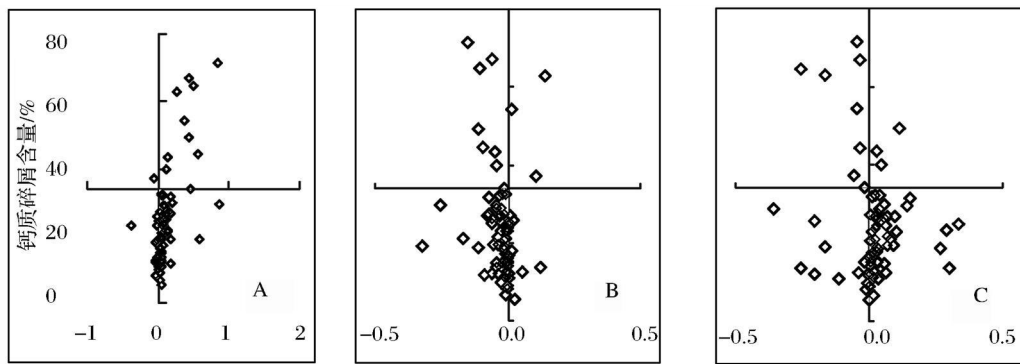


图 5 钙质碎屑含量与粒度参数变化值的关系图 (A 为平均粒径; B 为分选系数; C 为偏态)

Fig 5 Changes of the grain sizes and percent of the carbonate

物, 形成后生的钙质胶结团粒, 影响到对沉积动力环境的分析, 因此粒度分析时宜将钙质胶结除去, 将颗粒分散。对海滩砂进行粒度分析时, 如何处理钙质碎屑, 不同学者采取不同的方式。曹惠美等人^[7]采用混合样的粒度参数来研究华南主要海滩的粒度特征及其粒度的沿程变化。Nelson^[10]在研究含钙质碎屑的混合型海滩时认为去除钙质碎屑后的非可溶性陆源硅质碎屑的粒度参数能更有助于理解海滩的动力过程。铜鼓岭海滩沉积物中同时含有先成、后成两种钙质胶结团粒, 前者为铜鼓岭海滩砂中钙质团粒的主体, 后者在铜鼓岭热带海滩也有一定的比重。毕福志^[12]曾在铜鼓岭附近发现过年代小于 50 年的现代海滩岩。我们野外调查也发现在铜鼓岭北部月亮湾海滩的潮上带海滩表层发育有薄层的钙质胶结壳, 表明在铜鼓岭周围海滩潮间带上部沙坝底部海滩砂中存在着后成的钙质胶结团粒, 但在铜鼓岭周围的海滩此种成因的碳酸盐成分很少。对比铜鼓岭海滩砂样品混合样的粒度分布和非可溶性硅质碎屑的粒度分布, 显示采自于潮间带现代海滩活动带内的沉积物中含有先成的贝壳、珊瑚碎屑, 而且此类碳酸盐碎屑胶结了一定的粉砂—粘土级细颗粒。对含有钙质碎屑的现代海滩样品粒度分析时, 如果采用混合海滩砂样的粒度参数, 其中包含有陆源硅质碎屑颗粒、先成的碳酸盐碎屑颗粒, 可能含有后成的钙质胶结团粒。如果对海滩砂样进行除钙的预处理时, 可能会将固定在贝壳、珊瑚碎屑之上的粉砂—粘土级组分释放, 形成新生的“细尾”, 会影响对海滩沉积动力环境的分析。因此, 对海滩沉积物进行粒度分析时, 宜根据沉积物的具体情况和研究目的, 对可能出现的后期钙质胶结的样品要进行镜下观察, 对后期钙质胶结影响进行评估, 慎重选择预处理过程中, 是否进行除钙质的处理。

激光粒度仪测定沉积物粒度是依据光学衍射原理的当量直径, 反映颗粒的横截面的特征。实验中对海滩砂样品进行了两种不同的预处理, 所得结果可以反映海滩砂中硅质碎屑颗粒与钙质碎屑颗粒的粒度分布特征。两种处理方法所得的粒度参数具有明显的线性相关性。这一点与 Nelson^[10]的通过筛析法所得研究结果基本一致, 除钙以后沉积物的平均粒径变细, 分选系数变好, 不同之处在于本文研究显示除钙以后沉积物粒度分布朝细偏的样品更多, 显示在铜鼓岭周边海滩沉积物中钙质碎屑主要富集于粗颗粒中。粒度参数相关分析表明在动力均衡的海滩环境里, 经过波浪的反复淘洗, 海滩砂中各颗粒都与海滩断面上各点的动力条件相适应, 在每条断面上相同位置上的海滩砂, 其各组分具有相近的频率分布规律和较高的成熟度(图 3)。

海滩砂粒度频率分布特征受控于颗粒的水动力特性, 最主要的控制因素是颗粒的形状和密度。已有的研究表明^[13~16]: 海滩砂中钙质碎屑颗粒与硅质颗粒在密度和形态上差异较大, 海滩砂中的钙质碎屑具有更加多样的颗粒形状和容积密度; 钙质碎屑的颗粒形状与碎屑的来源有关, 贝壳碎屑以扁平状为主, 珊瑚碎屑中杆状碎屑较多; 钙质碎屑颗粒的等效密度随着粒径增加会越加偏离碳酸盐的矿物密度; 钙质碎屑颗粒的水动力特性与同粒级石英砂颗粒的差异性会随粒径增加而显著变大。本次调查的海滩样品中钙质碎屑主要以贝壳碎屑为主, 多为扁平形状, 贝壳碎屑的起动流速会小于同粒级的石英砂颗粒, 造成贝壳碎屑主要富集于粗端, 因此除钙后海滩砂主要变细, 偏态主要往细偏。但是由于铜鼓岭周边海滩沉积物中钙质碎屑成分, 除了贝壳碎屑以外, 珊瑚碎屑也占相当的比重(图 6)。不同粒级的贝壳碎屑和珊瑚碎

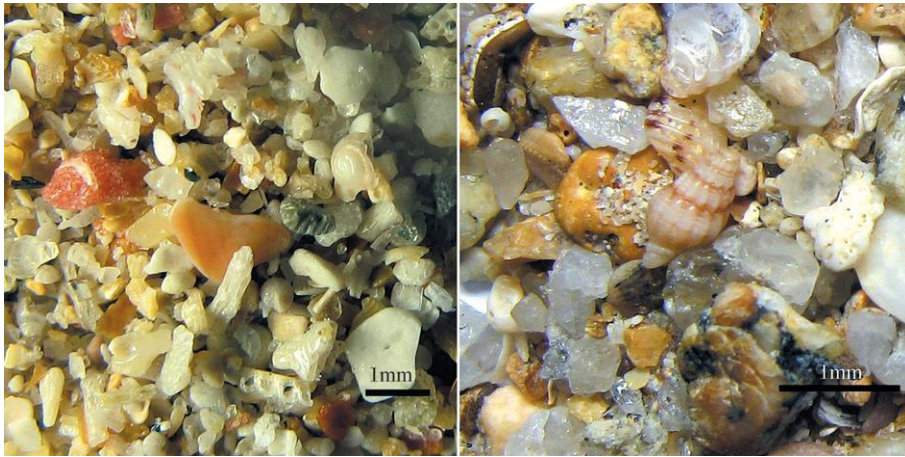


图 6 代表性海滩砂样(左: 1号断面潮间带下部样; 右: 18号断面潮间带下部样)

Fig. 6 Beach sample pictures from profile 1(left) and profile 18(right)

屑其颗粒形态、等效密度也差异较大。因此在相同海滩动力环境下钙质碎屑富集的粒度不尽一致, 钙质碎屑除了相对富集于粗颗粒组分中外, 也有一部分钙质碎屑相对富集于细颗粒沉积物中。因此海滩砂中钙质碎屑的种类及形状的多样性, 导致了海滩砂中钙质碎屑粒度分配的多样(表 2)。

在目前对生物钙质碎屑颗粒水动力性质缺乏深入研究的情况下^[15], 在类似于铜鼓岭的海滩环境中, 进行粒度分析及动力环境的研究中, 需要了解海滩砂中钙质碎屑含量、钙质碎屑的种类。

4 结论

(1) 用激光粒度仪加筛析法测量海滩砂样的粒度, 除钙以后粒度频率曲线主体朝细偏, 但粒度频率曲线细尾(4~9 ϕ)为新增一小峰, 主要与先生的钙质胶结有关, 该粉砂—粘土级组分非现代铜鼓岭周边海滩沉积动力环境的产物。采用混合海滩砂样进行粒度分析可能包含后成钙质胶结的影响。对海滩沉积物进行粒度分析时, 根据沉积物的碎屑颗粒的组成和研究目的, 慎重选择是否进行除钙质的处理环节。

(2) 经过去钙处理后, 去钙的硅质海滩砂样粒度参数与混合海滩砂样粒度参数存在明显的线性相关, 平均粒径、分选系数和偏态的相关系数依次降低。平均粒径的线性回归方程为 $y = 0.02 + 0.90x$ (y 为混合海滩砂样品, x 为除钙后非可溶性沉积物), 截距和斜率显示除钙后平均粒径一致偏细。

(3) 去钙海滩砂样的粒度参数的组合变化以“平均粒径变细、分选系数变好、偏态朝细偏”为主, 但还存在“粒度变细、分选系数变差、粒度分布朝粗

偏”和“粒度变细、分选系数变好, 粒度分布朝粗偏”两种组合变化。粒度参数的主体变化显示, 在铜鼓岭周边海滩其沉积物中钙质碎屑主要富集于粗端。

(4) 在铜鼓岭周边海滩, 由于海滩砂中钙质碎屑的种类和形状的多样性, 所以海滩砂中钙质碎屑的等效粒径不一致, 钙质碎屑富集的粒度不尽一致。在对类似铜鼓岭周边海滩沉积物进行粒度分析及动力环境研究时需要分析海滩沉积物中钙质碎屑的含量、钙质碎屑颗粒的种类。

致谢 感谢审稿人对本文提供宝贵的修改意见。

参考文献 (References)

- 程鹏, 高抒, 李徐生. 激光粒度仪测试结果的评价及其与沉降法、筛析法的比较 [J]. 沉积学报, 2001, 19(3): 449-455 [Cheng Peng Gao Shu Li Xusheng Evaluation of a wide range laser particle size analyses and comparison with pipette and sieving methods [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(3): 449-455]
- Konert M, Vandenberghe J. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: A solution of the underestimation of the clay fraction [J]. Sedimentology, 1997, 44: 523-535
- 鹿化煜, 安芷生. 前处理方法对黄土沉积物粒度测量的实验研究 [J]. 科学通报, 1997, 42(23): 2535-2538 [Lu Huayu An Zhisheng Experimental study on influence of different pre-treatments on the particle size measurement of loess sediment [J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(3): 2535-2538]
- 庞奖励, 黄春长, 贾耀峰. 不同方法测定黄土和古土壤样品粒度的比较 [J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2003, 31(4): 87-92 [Pang Jiangli Huang Chunchang Jia Yaofeng Comparison grain size analytical results in loess soil between laser and hydrometer method [J]. Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition, 2003, 31(4): 87-92]
- 冯志刚, 王世杰, 罗维均, 等. 不同前处理方法对红色风化壳粒度

- 测试结果的影响[J]. 矿物学报, 2006, 26(1): 1-7 [Feng Zhigang Wang Shijie, Luo Weijun, *et al*. The influence of different pre-treatment methods on grain size distribution of red weathering crusts[J]. Acta Mineralogica Sinica 2006, 26(1): 1-7]
- 6 孙有斌, 高抒, 鹿化煜. 前处理方法对北黄海沉积物粒度的影响[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(6): 665-671 [Sun Youbin, Gao Shu, Lu Huayu. Influence of different pretreatment procedures on the particle size distribution of surficial sediments in the northern Yellow Sea[J]. Oceanological & Limnological Sinica 2001, 32(6): 665-671]
- 7 曹惠美, 蔡锋, 苏贤泽. 华南沿海若干砂质海滩沉积物粒度特征的分析[J]. 海洋通报, 2005, 24(4): 36-45 [Cao Huimei, Cai Feng, Sun Xianze. Analysis on grain size characteristics of sediments on some sandy beaches along the coast in South China[J]. Marine Science Bulletin, 2005, 24(4): 36-45]
- 8 文昌市地方志编纂委员会. 文昌县志[M]. 北京: 方志出版社, 2001 [Compiling Committee of Wenchang's Chronicles, Chronicle of Wenchang County[M]. Beijing: China Chronicles Press 2001]
- 9 Bhatt S J, Pye K. GRADSTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments [J]. Earth Surface Processes and Landforms 2001, 26: 1237-1248
- 10 Nelson C S. Grain-size parameter of insoluble residues in the mixed terrigenous-skeletal carbonate sediments and sedimentary rocks - some New Zealand examples [J]. Sedimentology, 1977, 24: 31-52
- 11 国家海洋局 908 专项办公室编. 海洋底质调查技术规范 [M]. 北京: 海洋出版社, 2006 5 [908 Project Office of State Oceanic Administration. Rules of Oceanic Subface Survey Technique [M]. Beijing: Oceanic Press 2006: 5]
- 12 毕福志. 海南岛文昌县铜鼓岭现代海滩岩 [J]. 海洋通报, 1987, 6(2): 103-104 [Bi Fuzhi. Modern beach rock in Wenchang county of Hainan Island [J]. Marine Science Bulletin, 1987, 6(2): 103-104]
- 13 Kench P S, McLean R F. A comparison of settling and sieve technique for the analysis of bio-clastic sediments [J]. Sedimentary Geology, 1997, 109: 111-119
- 14 Pikey O H, Morton R W, Lutemauer J. The carbonate fraction of beach and dune sands [J]. Sedimentology, 1967, 8: 311-327
- 15 Smith D A, Cheung K F. Settling characteristics of calcareous sand [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2003, 129: 479-483
- 16 Prager E J, Southard J F, Vivoni-gallart E. Experiments on the entrainment threshold of well-sorted and poorly sorted carbonate sands [J]. Sedimentology, 1996, 43: 33-40

Influence of Calcareous Fractions on the Grain Size of Tropical Beach Sediment

LI Gang^{1,2} ZHANG Yong-zhan^{1,2} MAO Long-jiang³ XU Ye-hua^{1,2}

(1. Faculty of Coastal Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210093;

2. Ministry of Education Key Laboratory of Coast and Island Development, Nanjing University, Nanjing 210093;

3. Department of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

Abstract Calcareous clastics in the tropical beaches are important fractions, which differ from the silicic constituents in the physical character. The beach sediments are chosen to study on the influence of calcareous clastics on the particle grain size distribution through different pre-treatment procedures. After dissolving the calcareous clastics by hydrochloric acid, the main part of particle size distribution curve will be more peaky and move to the fine end. Because the calcareous clastics cement some finer terrigenous particles in the bodies, the dissolution may make the cemented finer particles (4~9 ϕ) mix with silicic clastics in sediments. After removing the finer particles (4~9 ϕ), the parameters of grain size of the insoluble residues show good correlations with the parameters of mixing sediment. The correlation coefficients of mean, sorting, skewness are 0.934, 0.890, 0.813. For more than 50% samples, the insoluble silicic sands are more fine, better sorted and more finely skew than the total samples. Because of great variability in the shape and species of calcareous clastics in the beach sands, knowing of the species and content of calcareous clastics is necessary to understand the grain-size parameters and studying the dynamic environment of beaches similar to those around Tongguling.

Key words laser particle sizer, sieving analysis, calcareous clastics, pre-treatment procedure