

文章编号:1002-3682(2015)01-0001-10

青岛市海滩表层砂的干密度特征研究^{*}

王 娜^{1,2}, 郑建国^{1,2}, 刘江娇^{1,2}, 陈昌昫^{1,2}, 许兴北^{1,2}

(1. 海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东 青岛 266100;

2. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

摘 要:通过对青岛市主要旅游海滩(第一海水浴场、第二海水浴场、金沙滩、石老人、仰口和流清河海滩)进行野外调查,并对 162 个表层砂样品进行室内实验,分析了各海滩表层砂的干密度变化特征。结果表明:研究区的 6 个海滩表层砂的干密度在高潮线至低潮线方向由小变大,具有良好的 consistency;而在剖面 A 至剖面 C 方向上每个海滩表层砂的干密度具有自己独特的变化特征;平均粒径是影响表层砂干密度的重要因素,干密度的大小与平均粒径呈负相关关系。

关键词:海滩;表层砂;干密度;平均粒径

中图分类号: P737

文献标识码: A

青岛市分布着大大小小十余处海滩浴场,海滩是当地旅游业发展不可或缺的重要部分,而海滩表层砂的情况直接影响青岛海滩旅游的质量。因此,全面认识及合理开发青岛市海滩资源具有非常重要的意义。

20 世纪中期,科学家便开始分析海滩表层沉积物特征与其沉积动力环境之间的关系。韩其为等^[1]和师长兴等^[2]认为,粒径、淤积历时、埋藏深度以及含气量等是影响泥沙干密度的主要因素。随粒径或埋藏深度的减小,泥沙的干密度同样也在减小,而淤积泥沙的干密度却随埋藏深度增加而增加^[3]。沉积物粒度的分布常被科学家用来判断沉积物输移和沉积的过程,Gao 等^[4]提出了分析沉积物输移情况的粒径趋势分析方法,Bascom^[5]认为海滩的坡度情况与沉积物的粒度相关。Van Rijn 等^[6]综合分析了海岸侵蚀的原因及形成机制。针对青岛地区海滩沉积动力地貌方面,也有许多学者进行了研究。常瑞芳等^[7-8]、李春柱等^[9]、王伟伟等^[10]、庄丽华等^[11]等从不同方面对汇泉湾的沉积物进行了探讨和分析,包括浴场环境和潮间沙坝及其动力条件、浴场海滩溃蚀的原因及治理方案、浴场表层沉积物粒度特征及输运趋势、海滩剖面的变化特征等。金秉福^[12]结合沉积物粒度、剖面的分析对灵山湾白果树海滩的沉积作用情况进行了研究。汪亚平^[13]运用 Gao-Collins 粒径趋势分析模型对青岛市的金沙滩、第一海水浴场和石老人海滩的沉积物搬运

^{*} 收稿日期:2013-09-17

资助项目:国家自然科学基金项目——粉质土海底波致粉砂流及其运动特性研究(41076021);国家海洋局海洋公益性行业科研专项项目——海浪作用下海底地质灾害过程及工程影响研究(201005005-6)

作者简介:王 娜(1990-),女,硕士研究生,主要从事海岸工程地质、海岸工程环境方面研究。

E-mail:tree0312@126.com

(王佳实 编辑)

情况进行了分析。于洪军等^[14]分析了青岛市浮山湾、汇泉湾、崂山湾的形成过程和沉积特征。董贺平^[15]对青岛市汇泉湾海滩的砂坝-潟湖沉积体系和流清河海岸的潮滩沉积进行了研究。周艳芝^[16]通过分析仰口湾海水浴场不同季节海滩沉积物的粒度组成和矿物特征,探讨了该区的沉积环境。王永红等^[17]通过对青岛市区主要旅游海滩(第一、第二、第三海水浴场和石老人浴场海滩)的157个表层沉积物样品进行粒度试验,分析了不同季节表层沉积物粒度的变化特征。

迄今为止,对海滩沉积物的研究前人已做了不少工作,然而,以往对海滩沉积物的研究,大多侧重于对单一海滩的沉积物进行粒度分析,少有从地理分布上对干密度特征进行对比分析。了解海滩表层砂的干密度变化是研究海滩特征的重要手段,不同海滩的岸线轮廓和海滩动力条件不同,海滩的自然存在形态也各有差异,因此本文选取青岛沿海主要海滩,通过野外调查以取样分析,给出调查海滩表层砂的干密度特征,对不同地貌单元的干密度进行对比分析,为了解青岛市海滩的沉积动力环境和海滩的养护提供依据,进而为青岛地区海岸带的开发及治理提供参考。

1 调查与实验概况

青岛市海岸线长为730.64 km,以第一海水浴场(一浴)、第二海水浴场(二浴)、金沙滩、石老人、流清河和仰口六个海滩作为研究对象来了解青岛市海滩表层砂的干密度特征。研究区6个海滩位于 $120^{\circ}14'21''\sim 120^{\circ}40'23''\text{E}$, $35^{\circ}57'10''\sim 36^{\circ}14'50''\text{N}$ (图1),各海滩所处位置与海洋动力环境以及海滩泥沙的粒径各异。本次调查和取样分析在以上6个海滩进行。

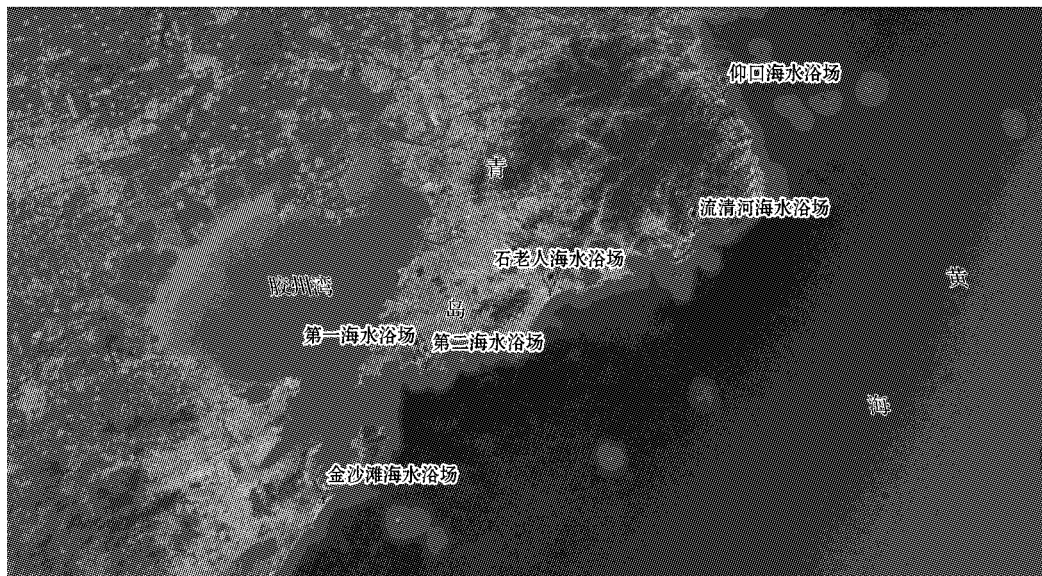


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area

1.1 调查取样

为充分掌握各海滩表层砂的干密度分布特征,各浴场海滩面海方向自右向左均匀布置 A,B,C 三个取样剖面,每个剖面在 3 个地貌单元(高潮线、中潮线、低潮线)分别布设 3 个取样点。为避免人工等其他因素干扰,采样前拨去沙滩表面 1~2 cm 浮砂,然后用体积 60 cm^3 的环刀在深度 2~8 cm 处分三层(上、中、下)连续垂向取样 3 个,每个海滩取表层砂样 27 个,共计取样 162 个。取样点使用手持 GPS 定位,定位精度在 $\pm 8\text{ m}$ 左右(图 2)。取样时间为 2014-08-10—27(农历七月十五)逢大潮时。

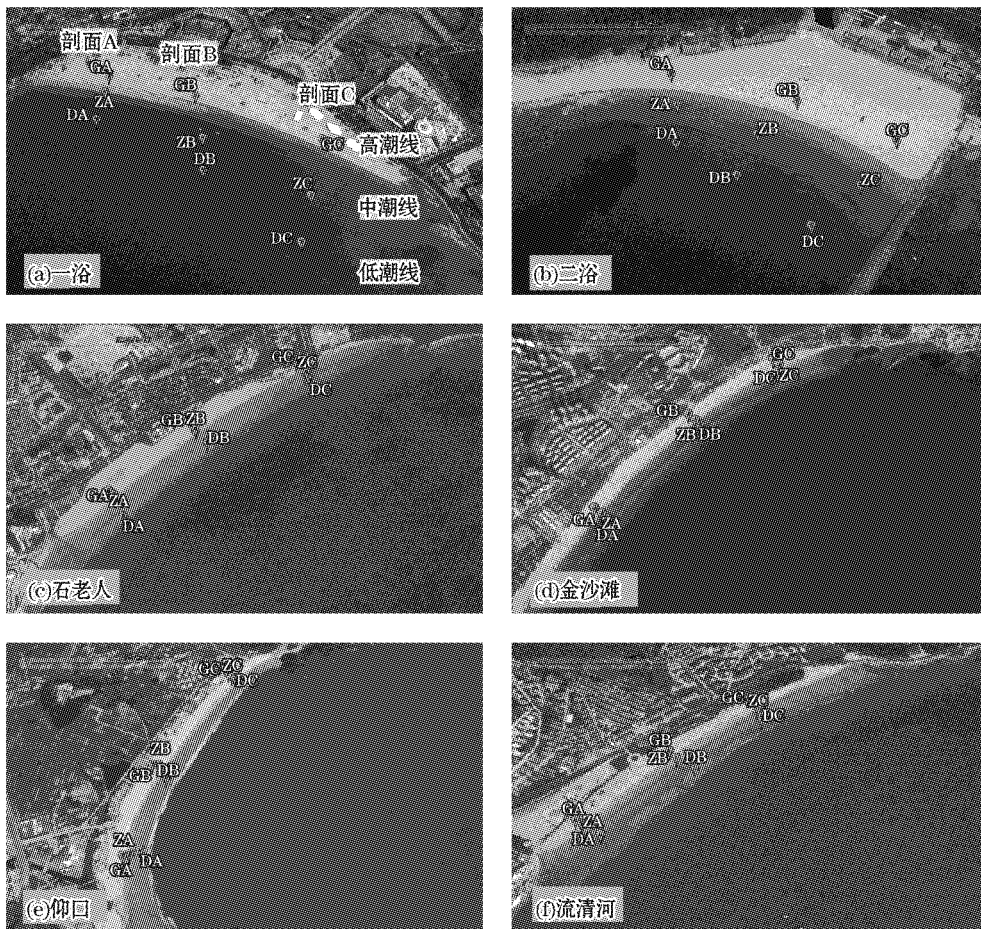


图 2 研究区海滩取样点位置

Fig. 2 Samplings position in the study beaches

1.2 实验分析方法

将取回的砂样倒入烧杯置于烘箱中烘干,然后将表层砂样放置恒温箱待温度降至室温后称量样品干重,测得砂样干密度。并结合筛析法对砂样进行粒度分析,获得土样粒度参数,实验程序按照 GB/T50123—1999《土工试验方法标准》^[18]的相关规定进行。

2 实验结果

海滩的干密度和平均粒径值为对各采样点表层砂样的干密度和平均粒径取平均值,海滩沉积物类型定名采用《中国近海地质》^[19]的相关规定进行。

各浴场表层砂样品的干密度及平均粒径见表1。除了仰口和流清河海滩砂略粗,其余4个海滩均为细砂或细中砂;干密度从大到小依次是石老人、金沙滩、一浴、二浴、仰口、流清河海滩;一浴和二浴、石老人和金沙滩、仰口和流清河三组海滩的干密度分别相近,其中石老人和金沙滩海滩干密度较其他海滩略大;各海滩不同层次的砂样干密度几乎相同,而下层砂样的平均粒径较上层和中层稍大。

表1 样品粒度参数

Table 1 Grain-size parameters of the samples

浴场名称	采样时间	样品位置	干密度 /g·cm ⁻³	平均粒径 /mm	各类型沉积物所占百分比/%				沉积物类型
					粗砂	中砂	细砂	粉砂	
一浴	2014-08-09	上层	1.48	0.25					
		中层	1.46	0.26	17	10	72	1	细砂
		下层	1.48	0.31					
二浴	2014-08-10	上层	1.46	0.23					
		中层	1.42	0.21	10	18	69	2	细砂
		下层	1.43	0.22					
石老人	2014-08-11	上层	1.53	0.25					
		中层	1.49	0.29	19	26	54	0	细中砂
		下层	1.53	0.38					
金沙滩	2014-08-25	上层	1.51	0.25					
		中层	1.53	0.29	16	22	61	1	细中砂
		下层	1.50	0.35					
仰口	2014-08-26	上层	1.40	0.64					
		中层	1.37	1.02	61	18	19	1	粗砂
		下层	1.38	1.19					
流清河	2014-08-27	上层	1.36	0.39					
		中层	1.38	0.41	31	40	28	1	粗中砂
		下层	1.37	0.43					

图3和图4为各海滩表层砂的干密度及平均粒径对比图,其中图3为6个海滩不同潮位表层砂各层次的干密度及平均粒径的对比图,图4为6个海滩不同剖面表层砂各层次的干密度及平均粒径的对比图。如图3所示,粒径方面,各海滩砂样平均粒径在向海深处不断变细,分选性变好;高潮线上砂粒较粗,分选性差,低潮线上砂粒变细,分选性好;干密度方面,研究区6个海滩表层砂的干密度在高潮线至低潮线方向上的变化具有良好的规律性,即整体分布从高潮线至低潮线由小变大。在剖面A至剖面C方向上,如图4所

示,6 个海滩表层砂样的平均粒径都逐渐减小,而干密度却有着不同的变化特征,一浴、石老人、金沙滩和流清河海滩干密度逐渐增加,而二浴和仰口海滩干密度逐渐减小。

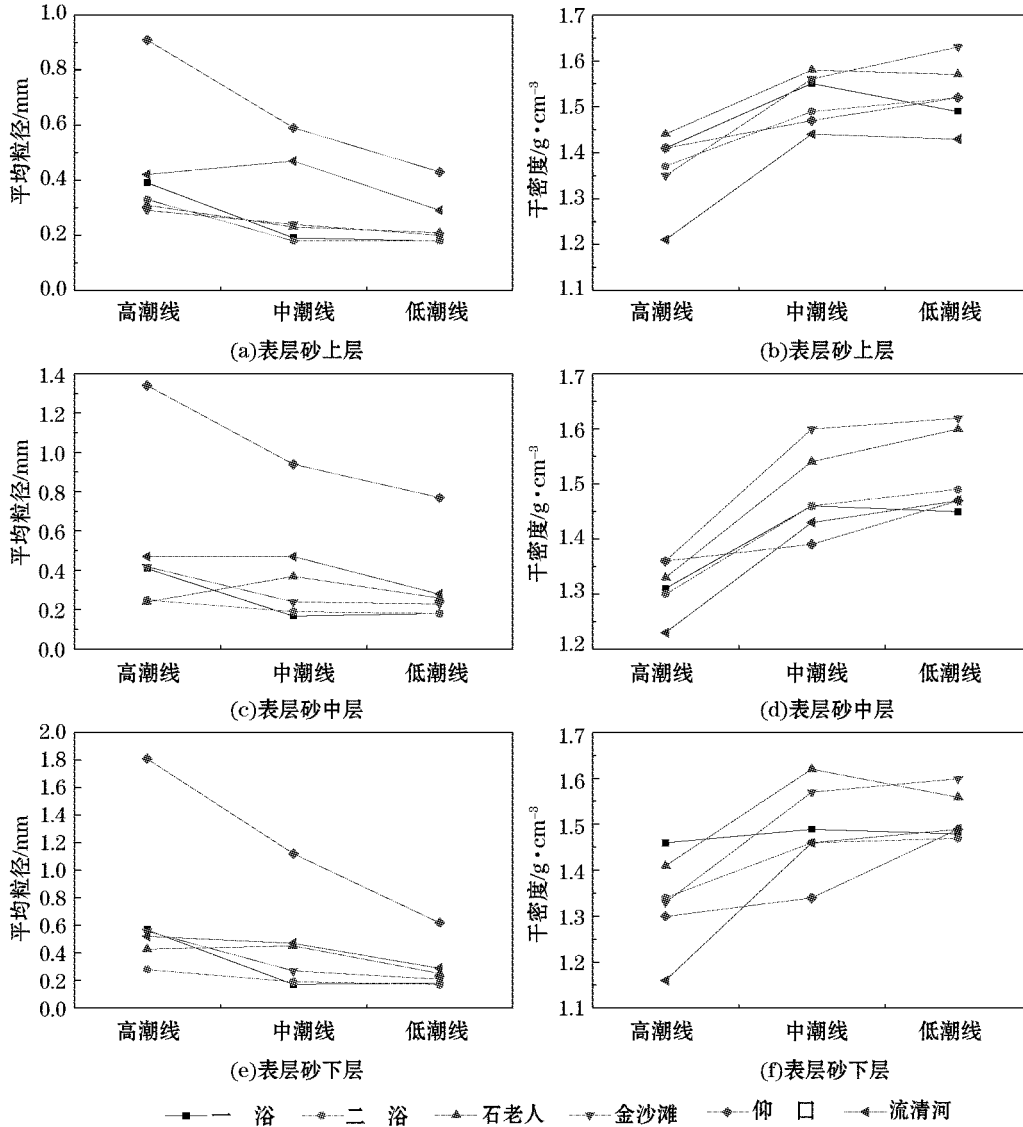


图 3 各海滩不同潮位表层砂的干密度及平均粒径对比图

Fig. 3 Contrast between the dry density and the mean grain size of surface sand of different tidal level

干密度的大小与平均粒径大致呈负相关关系。如图 3 所示,由陆向海方向,随平均粒径减小,干密度随之增加;从图 4 可以看出,在剖面 A 至剖面 C 方向 6 个海滩表层砂样的平均粒径都逐渐减小,除二浴和仰口海滩干密度略有减小之外,其余海滩干密度均呈增加趋势。

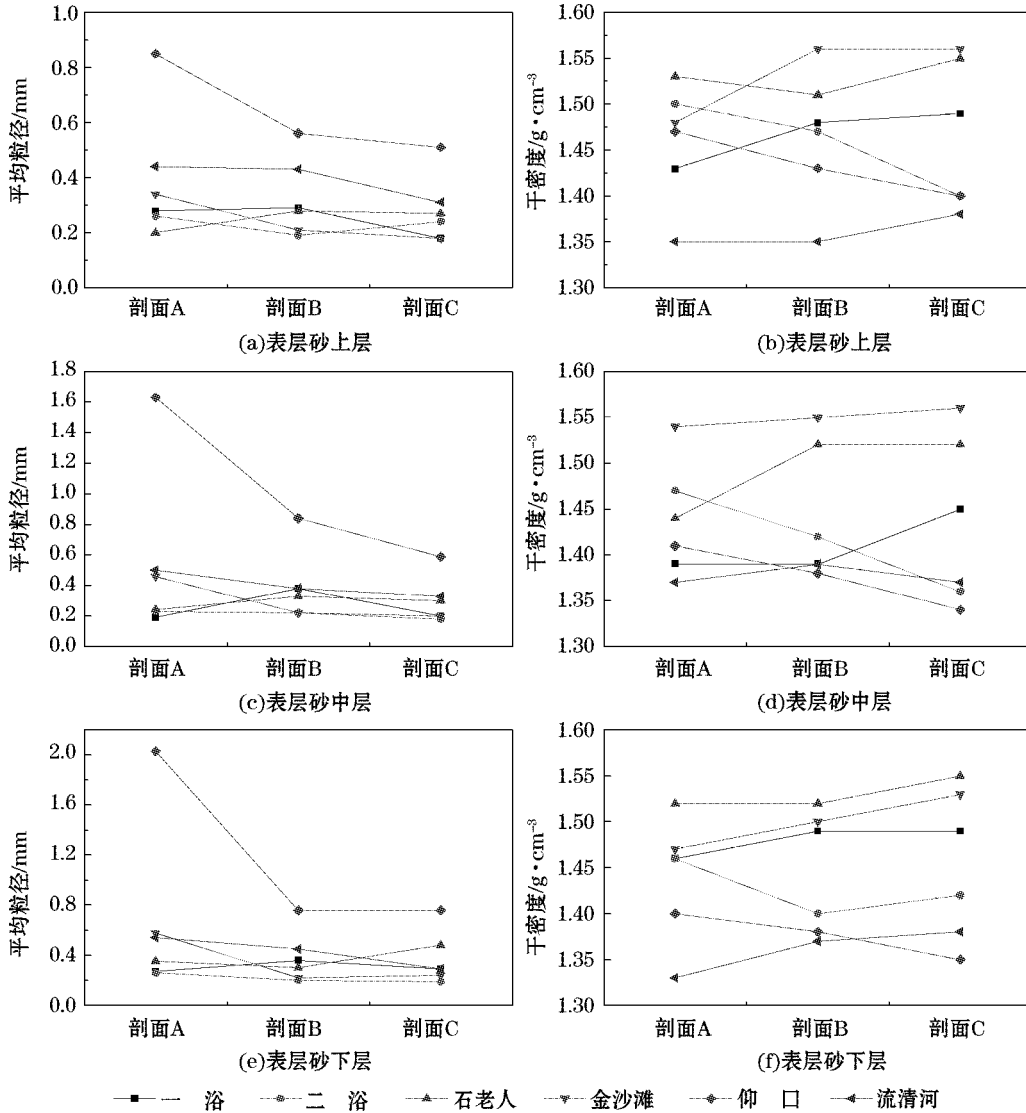


图4 各海滩不同剖面表层砂的干密度及平均粒径对比图

Fig. 4 Contrast between the dry density and the mean grain size of surface sand of different section

3 结果分析与讨论

不同海滩砂干密度的变化可能由多种因素引起,我们可以尝试从岸段整体的角度加以比较。研究区域均为岬湾型海岸,波浪是主要的动力条件,当岬角受到波浪侵蚀时,产生的侵蚀物便在湾内堆积。一浴所在的汇泉湾湾口朝向西南,仰口海滩面向东,虽然朝向不同,但是两个海滩都向陆内凹入,形成良好的遮蔽条件;二浴海滩面向南,两侧建有环抱式防波堤,能够阻挡一部分来自外海的波浪,并且削弱波浪的能量;石老人、金沙滩及流清

河海水浴场海滩朝向东南,海滩的东侧方向均有基岩岬角,也可以阻挡部分波浪。这样从外海传来的波浪,由于水深变浅和海岸形态的影响而发生折射,折射后的波浪在岬角岸段波能集中,产生强烈的侵蚀,而海湾内的波能相对分散,成为泥沙堆积的场所。粗粒砂在相对较强的流动强度时在高潮线位置沉积,细粒砂在水流强度减小后沉积,这样在波浪长时间作用下,不同粒径的泥沙颗粒均处在各自的平衡位置,故产生表层砂下层颗粒较粗、上层较细,而分布多为岸边颗粒较粗、向海颗粒变细的趋势^[20]。与此同时,低潮线上砂粒受到水动力作用时间长,从而导致低潮线上砂粒的排列更加紧密,这使得低潮线上表层砂干密度更大。而泥沙分选总体表现为向海方向逐渐变差,这主要是由于低潮线粗颗粒物减少、受波浪筛选时间长的影响。

总体而言,如表 1 所示,一浴和二浴、石老人和金沙滩、仰口和流清河,这三组海滩的干密度分别相近,其中一浴和二浴、石老人和金沙滩两组海滩对应的平均粒径也相近,仰口和流清河海滩对应的粒径差异较大。从图 2 可以看出,石老人和金沙滩、一浴和二浴两组海滩的朝向几乎相同,故波浪对海滩表层砂的作用强度相近,使得海滩表层砂粒径差异不大;而流清河海滩面朝东南方向,仰口海滩面朝东,并且仰口海离开敞程度小,这样从外海传来的波浪会在仰口海滩的岬角处发生折射,波能减弱,这样仰口海滩内部表层砂受到的波浪作用力减小,从而使得仰口海滩内表层砂粒径较大。

平均粒径表示沉积物粒度分布的集中趋势,并且在一定程度上影响沙滩表面砂干密度的大小。通常来说粒径越小,砂粒之间的孔隙越小,干密度就越大。但是砂粒处于不同海滩的不同位置(沙丘、滩肩、滩面等),其所处的沉积动力环境、物质来源和人类活动等作用因素不同,故可能导致干密度的差异。以二浴 GB、流清河 ZB、流清河 GA 三点表层砂样为例,3 处表层砂样品的平均粒径均为 0.24 mm,而干密度却存在较大差异,观察 3 点砂样高清照片(图 5)和级配曲线(图 6),发现 3 点砂样级配也存在较大差别。所以,砂土的平均粒径并不是影响其干密度的唯一因素,也可能是由于砂粒处于不同海滩的不同位置,所受到波浪作用力、作用时间都不尽相同,并且砂粒级配、不均匀程度和排列方式等其他因素也不可能完全相同,从而导致干密度的差异。

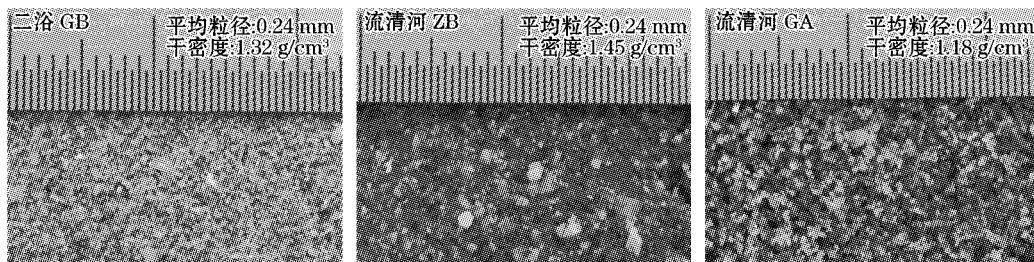


图 5 二浴 GB、流清河 ZB、流清河 GA 取样点表层砂样品高清照片

Fig. 5 HD pictures of surface sand at GB, in the Second Beach, ZB and GA in the Liuqinghe Beach

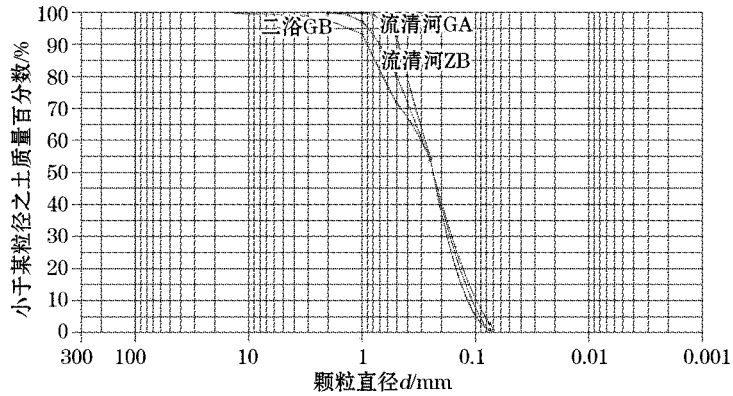


图6 二浴 GB、流清河 ZB、流清河 GA 处表层砂级配曲线图

Fig. 6 The grading curve of surface sand at GB in the Second Beach, ZB and GA in the Liuqinghe Beach

尽管海滩表层砂受其所处海滩位置、颗粒级配以及排列方式等其他因素影响,但砂土的平均粒径是影响其干密度的一个重要因素。图7为将6个海滩不同地貌单元表层砂样品的平均粒径和干密度做出的散点图以及其拟合曲线($y = -0.0212x + 1.551$),从图中明显可以看出,随着平均粒径的增加,干密度随之减小,干密度和平均粒径呈负相关关系。

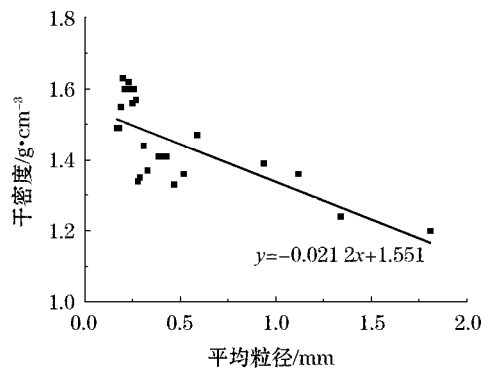


图7 海滩表层砂干密度和平均粒径关系图

Fig. 7 Correlation between the dry density and the mean grain size of surface sand of different beaches

4 结 论

海滩作为削弱波浪、保护海岸的天然屏障,所处的沉积环境复杂,受到水动力、风况、物源等因素的影响,海滩地貌系统存在着动态平衡。本文主要对海滩表层砂的干密度特征进行分析,并考虑了其地理位置的情况,主要得到以下结论:

1) 研究区的6个海滩表层砂干密度从大到小依次是石老人、金沙灘、一浴、二浴、仰口、流清河海滩。

2) 6个海滩的表层砂主要以细砂为主,中砂次之,其中仰口海滩以粗砂为主。

3)各海滩干密度在高潮线至低潮线方向上具有良好的规律性,即整体分布从高潮线至低潮线由小变大;剖面 A 至剖面 C 方向上每个海滩具有自己独特的变化特征,这与海滩地理位置、海滩朝向及其动力条件等因素有关。

4)平均粒径是影响表层砂干密度的重要因素,干密度的大小与平均粒径呈负相关关系。

参考文献:

- [1] 韩其为,何明民. 泥沙起动规律及起动流速[M]. 北京:科学出版社,1999:49-54.
- [2] 师长兴,章典,尤联元,等. 黄河口泥沙淤积估算问题和方法-以钓口河三角洲为例[J]. 地理研究,2003,22(1):49-59.
- [3] 张瑞瑾. 河流泥沙动力学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1989:40-44.
- [4] GAO S, COLLINS M. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors"[J]. *Sedimentary Geology*, 1992, 81: 47-60.
- [5] BASCOM W N. The relationships between sand size and beach face slope[J]. *American Geophysical Union*, 1951, 32(6): 866-874.
- [6] VAN RIJN L C. Coastal erosion and control[J]. *Ocean and Coastal Management*, 2011, 54(12): 867-887.
- [7] 常瑞芳,范元炳. 青岛汇泉湾浴场的环境研究及其改造利用的初步设想[J]. 海岸工程, 1986, 5(1): 16-24.
- [8] 常瑞芳,刘镭,范元炳. 波浪对青岛汇泉湾潮间沙坝的塑造作用[J]. 青岛海洋大学学报, 1992, 22(4): 61-70.
- [9] 李春柱,徐宏明,候国本. 青岛汇泉湾浴场部分海滩溃蚀及治理的初步探讨[J]. 海岸工程, 1992, 11(1): 26-31.
- [10] 王伟伟,庄丽华,阎军,等. 青岛市汇泉湾海水浴场表层沉积物粒度特征及输运趋势[J]. 中国石油大学学报:自然科学版, 2007, 31(3): 13-17.
- [11] 庄丽华,阎军,范奉鑫,等. 青岛汇泉湾海滩剖面变化特征[J]. 海洋科学, 2008, 32(9): 46-51.
- [12] 金秉福. 灵山湾白果树海滩沉积作用研究[J]. 烟台师范学院学报:自然科学版, 1996, 12(2): 142-147.
- [13] 汪亚平. 胶州湾及邻近海区沉积动力学[D]. 青岛:中国科学院海洋研究所, 2000: 1-107.
- [14] 于洪军,徐兴永,李萍,等. 青岛市浮山湾、汇泉湾、崂山湾海滩与海底沉积环境分析[J]. 海岸工程, 2003, 22(3): 12-18.
- [15] 董贺平. 青岛海滩沉积构造及其底形特征[J]. 海洋地质动态, 2004, 20(12): 5-8.
- [16] 周艳芝. 波浪作用下海滩沉积物的动力学行为—以青岛仰口湾海水浴场为例[D]. 青岛:中国海洋大学, 2010.
- [17] 王永红,孙静,庄振业. 青岛旅游海滩沉积物粒度的季节性变化特征和输运[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(12): 70-76.
- [18] GB/T50123-1999 土工试验方法标准[S]. 北京:中国水利水电出版社, 1999.
- [19] 许东禹,刘锡清,张训华,等. 中国近海地质[M]. 北京:地质出版社, 1997: 95-99.
- [20] 同济大学海洋系. 海洋地质学[M]. 北京:地质出版社, 1982: 1-313.

Dry Density Characteristics of the Surface Sand of Beaches in Qingdao City

WANG Na^{1,2}, ZHENG Jian-guo^{1,2}, LIU Jiang-jiao^{1,2}, CHEN Chang-yun^{1,2}, XU Xing-bei^{1,2}

(1. *Key Laboratory of marine environment and ecology of Ministry of Education*,

Qingdao 266100, China;

2. *Ocean University of China College of environmental science and Engineering*,

Qingdao 266100, China)

Abstract: The variations in dry density of surface sand in the major tourist beaches (i. e. the First Beach, the Second Beach, the Jinshatan Beach, the Shilaoren Beach, the Yangkou Beach and the Liuqinghe Beach) in Qingdao City are analyzed based on the field surveys in these beaches and the laboratory experiments of 162 sand samples. The results show that the dry density of the surface sand in these beaches changes from small to large in the direction from the high water line to the low one and has a good consistency. However, the dry density of the surface sand in each beach has its own unique change in the direction from Section A to Section C. The mean grain size is the major factor affecting the dry density of the surface sands. The correction between the dry density and the mean grain size shows negative.

Key words: beach; surface sand; dry density; mean grain size