

海南万宁大花角巨砾石海滩特征与成因

周良勇,王飞飞,徐 刚,印 萍,于得水

(国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室,青岛 266071;青岛海洋地质研究所,青岛 266071)

摘 要:巨砾石是颗粒直径大于 256 mm 的沉积物。巨砾石海滩(Boulder beach)是一种少见的海岸类型,形成条件特殊,与砾石海滩(2~60 mm)沉积动力特征不同,是具有旅游价值和学术价值的资源。对海南万宁大花角巨砾石海滩的调查研究结果表明,海滩主要是由直径 500~1 000 mm、磨圆、光滑的巨砾石排列而成的,剖面平滑,宽 40 m,高 9 m,海滩坡度 13°。与普陀岛的巨砾海滩相比,本海滩更为典型,海滩巨砾石磨圆更好、宽度更大、海滩低潮至高潮之间高度更大,海滩形态也更完好。它的形成与海岸岬湾地形、地质条件、高能波浪等有关。巨砾石磨圆极好、表面光滑,但是粒径比一般鹅卵石大 1~2 个数量级。巨砾石海滩与砾石滩在沉积特征和动力地貌特征不同,是不同类型的海滩。

关键词:巨砾石海滩;高能波浪;海岸岬湾;大花角;南海

中图分类号:P737.1

文献标识码:A

在 Wentworth 粒级划分表中,粒径大于 256 mm 的砾石叫做巨砾或漂砾(Boulder),由此形成的海滩被称为巨砾石海滩^[1]。这类海滩比较少见,国内外研究工作报道较少。巨砾石粒径太大,一些论著并未单独介绍该粒级的沉积,而仅将直径>2 mm 的沉积统称为砾石。山东半岛和江苏北部有众多砾石海滩,包括山东长岛、青岛胶南灵山岛、青岛胶南斋堂岛、荣成马山、烟台养马岛、龙须岛砾石海滩、马山砾石海滩、东楮岛砾石海滩、牟平马寨山砾石海滩、江苏西墅等地。砾石海滩因为常见而对其研究成果较多。Buscombe 和 Masselink^[2]论述砾石海滩动力地貌中提及的砾石粒径在 2~60 mm 之间;王爱军和高抒^[3]综述了砾石海滩的特征;王爱军等^[4]对浙江朱家尖岛砾石海滩的研究认为沉积物平均粒径为 53 mm;邢秀臣等^[5]研究了山东芝罘岛北岸海湾砾滩的特

征和变化,其平均粒径约为 38 mm。

事实上,巨砾石海滩和砾石海滩的特征和形成过程是截然不同的,如粒径分选、搬运过程等^[6],海岸科学百科全书也将砾石海滩和巨砾石海滩列为 2 个条目^[7],因此,应将巨砾石海滩和砾石海滩分开研究^[2,8-11]。但是目前为止,国内外对巨砾石海滩的研究非常少,原因有二:①这类海滩对动力作出响应的时间太长,只对特大巨浪做出响应,可能数年时间不发生变化,超出了一般科学研究项目的周期^[1];②因为这类巨砾海滩的形成需要的地质条件特殊,导致本身比较少见。

我国海南省万宁市大花角有典型的巨砾海滩。本文在实地考察该海滩的基础上,结合波浪、地质、地形地貌等资料,分析了其特征与成因。此外,当地人和旅游者早就认识到大花角的独特海滩,但是资料中常用鹅卵石来形容这里的巨砾石,其实,与常见的砾石(鹅卵石)海滩的沉积物完全不同,这里的巨砾石直径比鹅卵石大 10~100 倍,它的沉积物光滑、滚圆,海滩形态也很完好,非常奇特。与中国国内已知的巨砾石海滩相比,它更加典型。

收稿日期:2012-07-11

基金项目:国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室
开放式基金(MRE201013)

作者简介:周良勇(1971—),男,博士,研究员,主要从事海洋
环境地质方面的研究工作。E-mail:zhouebox@yahoo.com

1 自然环境背景

大花角巨砾石滩位于海南岛东岸中部,临南中国海。该段海岸属于海南省万宁市,在万宁市北坡镇多德村附近。大花角为一个花岗岩岬角(图 1),花岗岩岩性为角闪石黑云母二长花岗岩^[12]。大花角向北为小海沙堤—潟湖—潮汐通道地貌体系,向西南为岬角海滩,海岸沙丘发育^[13]。

该区域属于亚热带气候,年平均气温 24.4℃;区域雨旱季节分明,多年平均降水量 2 125 mm;区域风系主要为夏季的南风 and 冬季的北风,易受台风侵袭,根据历史台风资料统计,近 30 年

该区域年均受 3.7 个热带气旋影响,一般出现在 5~11 月,盛期在 8~10 月。历史上最大风速都是由台风引起的,寒潮引起的较少。1985 年 10 月—1986 年 9 月,在乌场观测的最大风速是 24 m/s,方向 ESE。

海区潮汐属不正规半日潮,平均潮差 0.71 m,最大潮差 1.97 m。根据乌场波浪观测站资料(1985 年 10 月—1986 年 9 月),研究海区全年以混合浪为主(频率 64.4%),其次为风浪(频率 21.4%)。乌场常浪向为 SE,出现频率 28%;次常浪向 SSE,出现频率 13%;强浪向为 ESE、SE、SSE;最大浪高分别为 5.2 m、4.9 m、5.0 m。波浪年平均周期 4.6 s,最大周期 12.8 s。

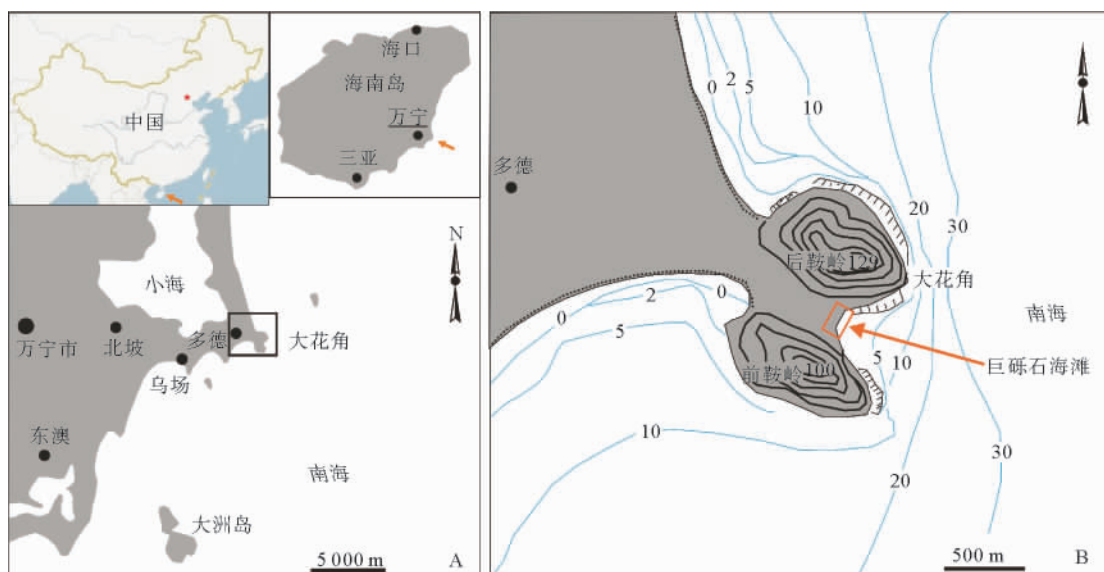


图 1 海南万宁大花角巨砾石海滩位置

Fig. 1 Location map of the Dahuaijiao boulder beach, Wanning city, Hainan, China

2 大花角巨砾海滩的特征

大花角附近有 2 座小山,南为前鞍岭(高 100 m),北为后鞍岭(高 128 m)^①,两山之间呈来口朝东南方向的 V 形湾,海岸为基岩海岸和巨砾石海滩(图 1)。两山外侧则发育沙滩。根据高分辨率卫星图像,V 形湾南侧长约 600 m,北侧长 500 m。海湾两侧山坡上多有未磨圆的巨大石块(直径>1 000 mm)。

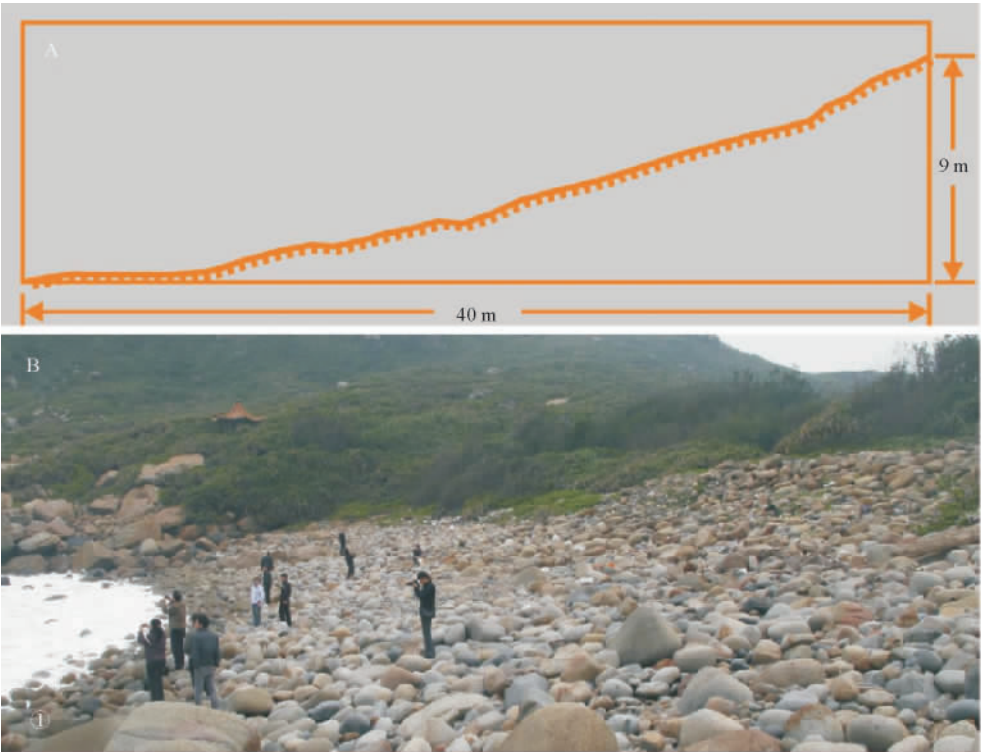
巨砾石海滩仅发育于这个 V 形基岩岬湾的湾顶,海滩顺岸长约 120 m,占整个湾海岸长度的

1/10 左右。巨砾石向两侧为基岩海岸(礁石或陡崖),海滩 90% 以上由巨砾石(直径 400~1 000 mm)构成。绝大部分巨砾石磨圆极好,形状以圆形或椭圆形为主。海滩中间局部有少量直径为 100~200 mm 的砾石,几乎没有沙质和小砾石。海滩上巨砾石排列形成整齐剖面线,剖面呈下凹的形态(图 2)。用皮尺测量了剖面长度,用手持 GPS (GARMIN GPS 60)测量了相对高差,测量的高差

^① 海军司令部航海保证部,2005. 海图“坡头港及大洲岛附近”(1:30 000)

与 1:10 000 地形图上读到的高程吻合。从砾石滩顶至低潮线宽约 40 m,高约 9 m,海滩坡度约 13°。海滩低潮线附近和海滩最高处都是由磨圆的巨砾构成的。在海滩较高位置有植物在砾石的缝隙中生长,高处海滩巨砾石表面呈褐红色,植物的生长和这

种因长久暴晒形成的褐红色特征显示,海水很长时间没有达到过这些位置(图 3)。巨砾石大小均一、分选好,排列无方向性,缝隙大,没有小砾石。在海滩中部和较低位置,砾石表面光滑,没有植物生长的痕迹,颜色发白色,这些砾石常受到海水冲刷(图 4)。



剖面高度和宽度由测量得到,剖面线示意图根据照片画出。照片方向为 S,摄于 2012 年 1 月 11 日
图 2 海南万宁大花角巨砾石海滩剖面示意图及照片

Fig. 2 A southward beach profile of the Dahuaajiao boulder beach



图 3 大花角巨砾石滩的上部特征

Fig. 3 The upper part of beach face of Dahuaajiao boulder beach



巨砾石之间有粒径小的砾石,但这些粒径小的砾石直径也大于 20 mm.

图 4 大花角巨砾石滩的下部特征

Fig. 4 The lower part of the Dahuaajiao boulder beach

巨砾石海滩上部和下部的巨砾石组分不同。上部为分选好的巨砾石,直径 500~800 mm,巨砾石之间常长有植物;下部虽然也是以巨砾石为主,但是巨砾石之间也常有小的砾石(图 5),在局部会有小的砾石集中分布。

3 讨论

3.1 巨砾滩的粒度与地形、地质条件、波浪的关系

根据 McKenna^[1]的巨砾石海滩研究成果,巨砾石海滩存在于强波浪能的环境,沉积物来源包括侵蚀的基岩、滑坡(slope)运动提供给海岸的物质(如滚石)。其他来源包括对第四纪沉积物的侵蚀(如冰碛物)或被罕见大洪水携带的巨砾石。Oak^[6]总结了巨砾石海滩的主要特征,这些特征与砾石海滩(粒度 2~60 mm)完全不同。如砾石海滩粒度向海滩上方变粗,而巨砾海滩则变细。原因是砾石海滩物质在风暴波浪作用下沉积向坡上搬运,而回浪时多数砾石还能被搬运下来,但是,对于巨砾石海滩,则只存在溅浪作用下向上搬运的过程。这种过程使巨砾石海滩在沉积物特征方面不同于砾石海滩,如没有粒径形态分区现象、粒度分布呈正的峰态。此外,巨砾石由于是在强波浪作用下的湍流中搬运的,沉积时也不存在粒径长轴顺波浪方向排列的现象。

海滩巨砾石一般都比较光滑、滚圆。由于海滩上部砾石可能是被一次特大浪搬运上去的,然

后经历缓慢的风化。这种滚圆的形态很可能在巨砾被搬运至海滩时已经磨圆,比如斜坡上滚落的石头在有巨大湍流的潮沟中被磨圆,并被搬上海滩,这在大花角海岸是可能的。大花角整体是一个突角,潮流和风浪都非常大,大石块滚落后,被磨圆的巨砾被波浪搬运至湾底形成巨砾石滩。这应该是本区唯一合理的解释,因为附近没有冰碛物,也没有大河携带来的巨砾,唯一来源是两侧 500~600 m 的斜坡滚石带。二长花岗岩易于形成巨石,而且岬湾两侧的山上斜坡陡峭(见图 2B,平均坡度 30°)。巨石滚落、磨圆,然后被波浪搬运至湾顶,形成巨砾滩。

本地区的波浪条件是巨砾海滩的关键成因。大花角海滩位于海南岛东部的突出部位,风浪很大,每年都受多次台风影响。除了历史统计资料,我们还根据海南省海洋预报台的预报统计了近年的海浪。海南岛东部海域经常有大浪,有约 1/3 的时间最大预报值不低于 3 m 浪高。台风来袭时外海浪高能达到 10 m(图 5)。这种 8 m 以上的狂涛在 40 年中(1949—1990)出现了 13 次,频率大约是每 3 年 1 次(表 1)。并且常浪向与大花角砾石滩朝向一致(图 6)。波浪在向近岸传播时虽然会变小,但是由于大花角的突出部位,波浪在此辐聚,V 形海湾的湾顶波浪增强,所以巨砾石才能被搬运到高出海面 9 m 的位置。平均粒径达 600 mm 的巨砾石是主要的海滩组成物质,虽然本海滩下部发现一些粒径较小的砾石(图 4),但是强浪来时这些砾石会被回流搬运至海中。

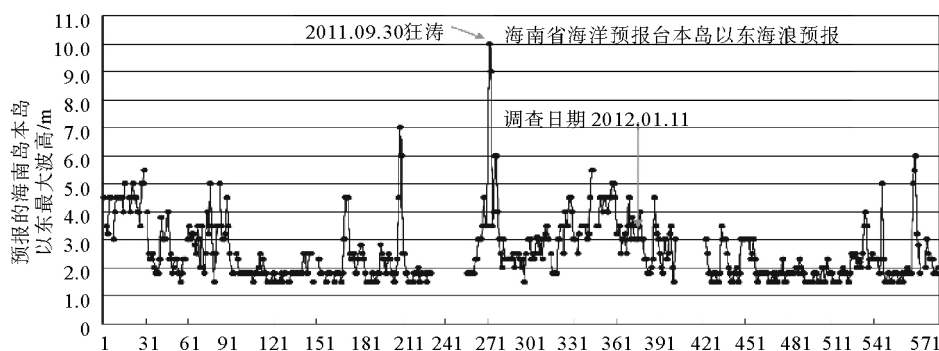


图 5 海南本岛东部预报波浪最大值

Fig. 5 Forecasting of maximum wave at east Hainan Island

表 1 大花角附近(石梅湾)外后报的、台风引起的
海浪要素(1949—1990)(据文献[15])

Table 1 Typhoon-induced wave elements off the Dahuajiao
boulder beach Shimei Bay(1949-1990)(from reference [15])

序号	台风号	有效波 高/m	平均跨零 周期 /s	有效波 周期 /s
1	5402	9.27	10.98	12.62
2	5621	8.26	10.4	11.96
3	7139	8.02	10.3	11.85
4	7233	8.8	10.98	12.63
5	7322	8.39	10.46	12.03
6	8106	8.1	10.42	11.98
7	8224	8.02	10.23	11.76
8	8530	10.06	11.54	13.27
9	8710	9.41	11.14	12.81
10	8712	8.41	10.46	12.03
11	8930	8.37	10.65	12.25
12	8933	8.71	10.67	12.27
13	8934	9.45	11.17	12.85

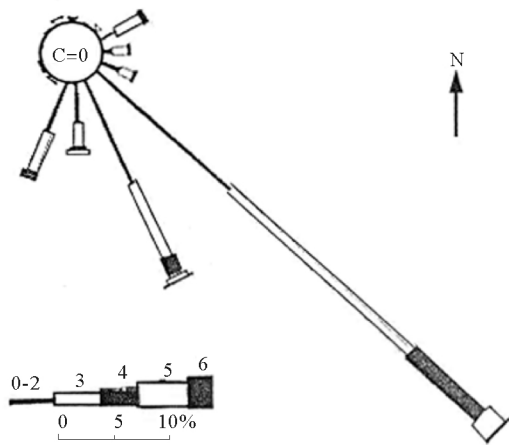


图 6 大花角地区(乌场)各级波浪频率分布

Fig. 6 A rose diagram showing the distribution
of waves around the Dahuajiao

普陀岛也存在巨砾石海滩,宽度 24 m,最高 5 m^[14]。与普陀岛的巨砾海滩相比,本海滩更为典型,海滩巨砾石磨圆更好、宽度更大、海滩低潮至高潮之间高度更大,海滩形态也更完好。根据 McKenna^[1]对巨砾滩特征的介绍,大花角海滩在世界范围内也属于典型的巨砾石海滩。

3.2 巨砾滩坡度与波浪关系

任何海滩的坡度都是非常重要的,因为坡度是地貌对波浪响应的主要参数。多数研究显示,巨砾石海滩的坡度在 $6^{\circ} \sim 14^{\circ}$,平均值为 12° ^[1]。大花角巨砾滩的坡度为 13° 。从此角度讲,它也是很典型的巨砾石滩。Oak^[6]对巨砾滩的坡度进行了解释。无论海滩沉积物粒径如何,风暴浪产生使风暴前的剖面变平缓的平衡剖面,巨砾石海滩也是一样。除非波浪能搬运所有的沉积物,海滩坡度并不随着颗粒粒度增加而变大。其实,只有风暴浪才能搬运巨砾石,因此,巨砾石海滩剖面本质上是一个“滞留”的风暴浪剖面。我们在 2012 年 1 月观察到的剖面可能是受 2011 年 9 月 29—30 日强台风作用的剖面。这两日预报的海南本岛东部波浪为狂浪至狂涛,最大浪高 9.0~10 m(图 6),而附近乌场海洋站测量的风速为 26 m/s,风向 223° 。强浪使风暴前的剖面变平缓。

4 结论

巨砾石海滩是一类较少见的、海滩地貌动力过程特殊的海滩。实地调查并报道了海南岛万宁大花角典型巨砾石海滩的特征。斜坡上的巨石、长的岬湾、海滩岬角的高能环境、强的波浪条件等的综合作用,使磨圆的巨砾石形成了地形平滑的海滩。

由于现有文献对这类型海滩的报道很少,因此,对本研究区巨砾石海滩的成因解释还需要进一步的研究和科学的验证。比如在海南这种高能环境下,海滩地形变化时间尺度是多少;较小的砾石能否长期存在;随着海平面变化和全球变暖引起的风浪加剧,巨砾滩会否不断向岸迁移。

大花角巨砾石海滩是稀有的旅游资源,但是目前资料中采用“鹅卵石”来描述这里的巨砾石。鹅卵石并不罕见,如山东长岛的一些砾石滩,这种描述没有揭示本海滩的特别之处。实际上海滩上的沉积物粒径比鹅卵石大 10~100 倍(即大 1~2 个数量级),而巨砾石海滩具有普通砾石海滩所不具备的特殊科学价值和旅游价值。

参考文献:

[1] McKenna J. Boulder Beaches[M]//Maurice L. S. Encyclo-

- pedia of Coastal Science. Amsterdam; Springer, 2005: 206-208.
- [2] Buscombe D, Masselink G. Concepts in gravel beach dynamics[J]. *Earth-Science Reviews*, 2006, 79: 33-52.
- [3] 王爱军, 高 抒. 砾石海滩的沉积和形态动力特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2003, 23(1): 113-118.
- [4] 王爱军, 高 抒, 杨 旸. 浙江朱家尖岛砾石海滩沉积物分布及形态特征[J]. *南京大学学报(自然科学版)*, 2004, 40(6): 747-759.
- [5] 邢秀臣, 杜国云, 魏新华, 等. 芝罘岛北岸海湾砾滩侵蚀研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2009(1): 73-78.
- [6] Oak H L. The boulder beach: a fundamentally distinct sedimentary assemblage [J]. *Annals Association American Geographers*, 1984, 74(1): 71-82.
- [7] Schwartz M L. Encyclopedia of Coastal Science[M]. Amsterdam; Springer, 2005: 206-208.
- [8] Novak I D. Swash zone competency of gravel sized sediment [J]. *Marine Geology*, 1972, 13: 335-345.
- [9] Lorang M. Predicting threshold entrainment mass for a boulder beach[J]. *Journal of Coastal Research*, 2000, 16: 432-445.
- [10] Johnston M R. Nelson Boulder Bank, New Zealand [J]. *Geol. Geophys.* 2001, 44: 79-88.
- [11] Lorang M. Predicting the crest height of a gravel beach [J]. *Geomorphology*, 2002, 48: 87-101.
- [12] 符启基, 岑 辽. 浅论海南万宁东海钛砂矿集区的资源潜力[J]. *资源环境与工程*, 2008, 22(1): 6-15.
- [13] 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: 1-215.
- [14] Chen B, Chen Z Y, Stephenson W, et al. Morphodynamics of a boulder beach, Putuo Island, SE China coast: The role of storms and typhoon[J]. *Marine Geology*, 2011, 283: 106-115.
- [15] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第十一分册(海南省海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1999: 373-399.

DAHUAJIAO BOULDER BEACH, WANNING HAINAN, CHINA

ZHOU Liangyong, WANG Feifei, XU Gang, YIN Ping, YU Deshui

(Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environment Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China; Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

Abstract: Boulder beaches are different from gravel beaches in terms of sediments and morphodynamics, as a kind of special scenery, which attracts tourists. In this paper, we select a case from Dahua-jiao, Wanning city of the Hainan Island to report its occurrence and characteristics. The boulder beach is composed of rounded boulders in size of 0.5~1.0 m. Storm waves were the force to move the boulders trimly along the base of the beach. The beach profile is rather smooth, which is 40 m in width and 9 m in height from the low water level to the top of the beach. The slope of the beach is around 13°. The beach was formed by high energy waves, based on specific geological background and geomorphologic factors. It is important to highlight the unique boulder beaches that sometimes were regarded as pebble and cobble beaches. As a tourist resource, the special boulder beach is more attractive than common gravel beaches.

Key words: boulder beach; storm of typhoon; bay of capes; Dahua-jiao; South China Sea