

湛江东海岛裂流风险评价

李志强¹, 陈杏文^{1,2}

(1. 广东海洋大学海洋工程学院 湛江 524088; 2. 重庆交通大学河海学院 重庆 400074)

摘要:裂流是海滩旅游中重要的安全隐患,国内目前还很少有裂流风险的评价研究。文章基于地形动力学模型对湛江东海岛海滩裂流风险从年平均、逐月平均和逐月常浪向状况下进行了评价。结果表明:①东海岛海滩全年平均状态为沙坝消散型海滩,一年四季出现裂流的概率较大,为中等危险性的海滩;②逐月平均海滩类型以沙坝消散型为主,但在6—7月海滩类型为低潮沙坝/裂流型,海滩风险等级最高,8月的月平均海滩状态为无沙坝消散型,属于危险性较低海滩,但此时波浪向为SE向时,海滩状态变成低潮沙坝/裂流型,裂流风险等级很高;③海滩管理者要重视对海滩裂流风险的管理。

关键词:裂流;风险评价;海滩地形动力学;东海岛;溺水事故

中图分类号:P731.2

文献标志码:A

文章编号:1005—9857(2016)S2—0073—06

Rip Current Risk at the Beach of Donghai Island, Zhanjiang, China

LI Zhiqiang¹, CHEN Xingwen^{1,2}

(1. School of Ocean Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2. School of River & Ocean Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Rip current is a major risk in beach tourism. Few studies have been done on the rip current risk in China. In this paper, the rip current risk at the Donghai Island beach, Zhanjiang, was evaluated based on the morphodynamic model. Results showed that: (1) The beach of Donghai Island has a barred dissipative beach state at annual scale. The beach has a medium risk of rip current occurrence; (2) The monthly average beach state is mainly barred dissipative beach state. But in June and July, beach states are low tide bar/rip states, which have highest rip current risk. In August, the monthly average beach state is non-barred dissipative and the beach is safety. The beach will be transformed into the low tide bar/rip state when the waves come from the SE direction and the rip current risk level become high in August; (3) Beach managers should pay more attention to the rip current risk.

Key words: Rip current, Risk estimate, Beach morphodynamics, Donghai Island, Drowning accidents

受地形、地质、波浪、潮汐等因素的控制,海岸存在许多危险因素,对旅游者和管理者是一个潜在的危險源^[1]。裂流是这些危险因素中造成人员伤亡最大的。据统计,澳大利亚海滨每年发生约 25 000 起溺水事故,89%是因海滩裂流引起的^[2]。美国救生协会的统计数据表明,美国 80%的海滨救生活动与裂流有关,每年有超过 100 人死于海滩溺水^[3-4]。据估计,美国 1960—2000 年海滩溺水事故造成的损失超过 42 亿美元^[5]。我国海岸线长达 18 000 km,大量美丽的海滩分布于海岸线上,吸引了众多游客和当地居民前往游玩。由于公众对海滩环境认识的缺乏以及海滨浴场管理的不到位,每年都会发生大量的海滩溺水事故,给人们生命财产造成重大损失。虽然缺乏完整的统计数据,但通过对媒体报道的溺水事故数据进行统计分析,我国海滩裂流造成的溺水事故十分惊人^[1]。

裂流是海滩碎波带一种重要的特征地形动力现象,是一种流速较强的离岸流^[6]。裂流由裂流头、裂流颈、向岸流、补偿流和裂流槽等结构组成,裂流发生于碎波带的近岸线侧,向海侧延伸至碎波带之外^[7-9](图 1)。裂流对近岸带物质扩散和水体交换运输起重要作用,可以将悬沙、泡沫、浮游生物、营养成分、人类或其他漂浮物质迅速地从碎波带内输运到碎波带外^[10-12]。裂流与波浪、沙坝和潮汐等有密切的关系,是海滩状态的一种特征指标。利用海滩地形动力模型,评估裂流危险性和预测海滩裂流是目前最常用方法。本文将利用海滩地形动力学模型,对湛江东海岛的海滩裂流风险状况的进行评价。

1 研究区状况

东海岛位于湛江东部,面向南海开敞。东海岛北部是南三岛和吴川吴阳黄金海岸,3 个岸段构成了我国最长的平直型海滩。东海岛海滩沙质优良,海滩平缓宽阔,海滩后滨是木麻黄林,风景秀丽,是湛江重要的海滩旅游景点,特别是龙海天岸段,每年都吸引了大量的游客前来观光。

东海岛附近海域潮汐类型为不规则半日潮。附近湛江站多年实测平均潮差为 216 cm,实测最大潮差达 513 cm,是华南沿海平均潮差较大的岸段。

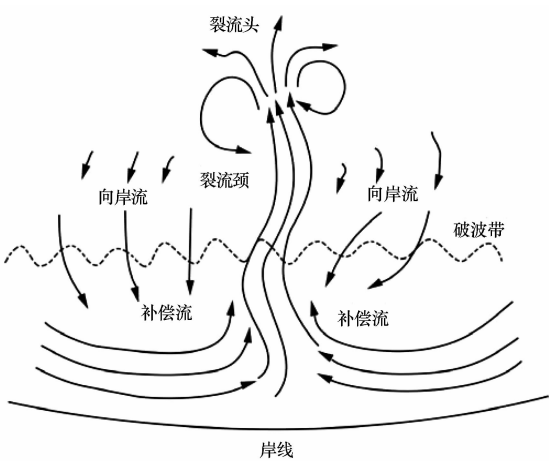


图 1 裂流示意图

海区逐月潮差统计值见表 1^[13]。

表 1 东海岛海域逐月平均潮差(湛江站)

月份	平均潮差/cm	月份	平均潮差/cm
1	210	7	217
2	214	8	220
3	220	9	220
4	219	10	220
5	218	11	209
6	218	12	207

根据硇洲岛海洋站资料^[13]可知,东海岛附近海区波浪以风浪为主,其年平均频率为 97%,涌浪年平均频率为 23%。常风向和常浪向均为 ENE 向,频率分别为 24%和 21%,主要出现在冬半年,最强波向是 N 向,最强风向是 S 向。多年平均波高为 0.9 m,平均周期为 3.1 s。台风波浪最大波高可达 9.8 m。

2 裂流风险评价方法

研究表明,除礁石和建筑物引起的裂流外,裂流与海滩地形动力状态密切相关^[14-15]。理论分析和现场观测表明,裂流的形成和发育与海滩地形动力状态特征、近岸沙水下坝形态有密切相关^[16-20]。根据 Masselink 等^[15]提出的海滩地形动力学模型,同时结合裂流与近岸沙坝的关系研究成果,提出海滩裂流风险的评价模型^[1,21-22]。模型采用的是 Wright 和 Short 提出的无维沉降速率参数(Ω)^[14]

和 Masselink 和 Short 提出的相对潮差(用参数 RTR 表示)参数^[15]。参数计算式如下:

$$\Omega = H_b / W_s T$$

(1)

$$RTR = TR / H_b$$

(2)

式中, H_b 是破波波高; W_s 是泥沙沉降速率; T 是波浪周期; TR 为大潮平均潮差。Masselink 和 Short 将参数 RTR 和 Ω 组合,把海滩划分为 4 组 8 类:

(1)反射组($\Omega < 2$)。其中, $\Omega < 2$ 和 $RTR < 3$ 时为完全反射型海滩(reflective beaches,R)类; RTR 为 $3 \sim 7$, $\Omega < 2$ 时为有裂流的低潮台地海滩(low tide terrace with rips,LTTR)类; $RTR > 7$ 时为没有裂流的低潮台地海滩(low tide terrace without rips,LTT)类。

(2)中间状态组($2 \leq \Omega \leq 5$)。当 $RTR < 3$ 时为沙坝海滩(barred beaches,B)类;当 $3 \leq RTR \leq 7$ 时为低潮沙坝/裂流海滩(low tide bar/rip,LTBR)类。

(3)消散组($\Omega > 5$)。当 $\Omega > 5$ 和 $RTR < 3$ 时,为沙坝消散型海滩(barred dissipative beaches,BD)类;当 $RTR > 3$ 时为没有沙坝的消散海滩(non-barred dissipative beaches,NBD)类。

(4)超消散海滩。当 $\Omega > 2$ 且 $RTR > 7$ 时为超消散海滩(ultra-dissipative beaches,UD)类。

我们提出海滩裂流风险评价模型认为(图 2),

LTBR 类和 B 类海滩裂流一直都可能存在,对海滩游泳者的潜在威胁也最大,因此是裂流风险最大的海滩。BD 类和 LTTR 类海滩有可能出现裂流,海滩裂流风险等级为中等。LTT 类、NBD 类、UD 类海滩地形平缓,状态消散性强,极少出现裂流。R 类海滩为完全反射型,裂流出现的可能性也很小。因此,这 4 类海滩属于低裂流风险的海滩^[1,21-22]。

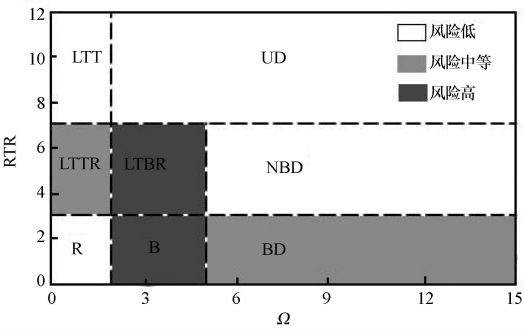


图 2 裂流风险评价模型

3 资料收集与处理

3.1 资料的收集

收集有关东海岛水文条件资料,这里采用离东海岛约 5 km 的海洋局硇洲岛海洋站 1960—1971 年资料,包括多年平均波高、平均周期、分方向波高和周期、每月的平均波高和周期等参数(表 2 和表 3)。

表 2 硇洲岛海洋站多年分月波浪统计值

月份	平均波高/m	平均周期/s	最大波高及对应值				
			波高/m	周期/s	波向	风速/(m·s ⁻¹)	风向
1	1.0	3.3	3.3	6.0	E	10	E
2	1.0	3.3	3.0	5.5	NNE	6	NNE
3	1.0	3.1	2.9	4.5	ENE	12	E
4	0.9	3.0	3.6	6.7	E	10	E
5	0.8	2.9	4.2	8.1	SE	5	N
6	0.7	2.9	3.2	4.7	SSE	24	SSE
7	0.7	2.8	9.8	5.4	N	24	S
8	0.7	2.7	7.1	8.7	E	30	ENE
9	0.8	3.0	9.0	9.8	N	18	N
10	1.2	3.5	5.3	8.8	N	12	E
11	1.2	3.6	3.8	2.8	S	18	SSW
12	1.1	3.6	3.0	4.6	E	8	ENE

表 3 碓洲岛海洋站常浪统计

月份	最多浪			
	浪向	(%)	平均波高/m	平均周期/s
1	ENE	32	1.1	3.2
2	ENE	36	1.1	3.3
3	ENE	31	1.0	2.8
4	E	28	0.8	2.8
5	SE	23	0.8	3.0
6	S	21	0.7	2.9
7	SE	23	0.7	2.7
8	SE	20	0.6	2.8
9	E	18	0.9	2.8
10	ENE	31	1.1	3.2
11	ENE	34	1.2	3.6
12	ENE	39	1.2	3.2

3.2 数据处理

破波高采用 Komar 和 Gaughan 提出的公式^[23]计算：

$$H_b = 0.39g^{1/5}(TH_{\infty}^2)^{2/5} \tag{3}$$

泥沙沉降速率按 Ferguson 和 Church 提出的公式^[24]计算：

$$\omega = (RgD^2)/[C_1v + (0.75C_2RgD^3)^{0.5}] \tag{4}$$

式中： H_{∞} 为深水波高； ω 为泥沙沉降速率； R 为沉积物水下比重，按石英取为 1.65； $g=9.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ，为重力加速度； D 为泥沙中值粒径（东海岛滩面泥沙粒径 $d=0.36\text{ mm}$ ）； C_1 、 C_2 为常数，Ferguson 和 Church 建议 $C_1=18$ 、 $C_2=1$ ； v 为运动黏滞， $v=1.0\times 10^{-6}\text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ （水温 20°C ）。

4 结果分析

采用多年平均波高和潮差参数，计算得到无维沉降速率参数 Ω 为 5.74，相对潮差 RTR 为 2.4，因此海滩年平均状态为沙坝消散型海滩（BD），该海滩具有水下沿岸沙坝—槽谷地形，碎波带内有较强的长重力波，较有可能出现裂流，海滩裂流风险中等。

从东海岛低空无人机拍摄的海滩照片也可以清晰地看出海滩的地形组合和海滩状态类型。海滩发育有典型的沿岸沙坝，沙坝基本上平行于岸线。沿岸沙坝存在大量的间断，是典型的裂流槽。

分别按逐月和最多浪向（常浪向）计算得到东海岛逐月和最可能出现的海滩状态类型及对应的海滩风险分别见表 4 和表 5。结果表明，东海岛海滩有 BD、LTBR、NBD 3 种海滩类型，从中间型形态到消散型形态之间变化。沙坝消散性海滩类型是主要的海滩类型（BD），属于中等裂流风险海滩。6—7 月为低潮沙坝/裂流（LTBR）海滩类型，属于高风险海滩类型。8 月平均的海滩状态类型为没有沙坝消散型（NBD）的形态，海滩裂流风险较低，但海区出现东南向浪（出现频率为 20%）时，海滩可能会处于低潮沙坝/裂流（LTBR）海滩类型状态，海滩裂流风险高。总体来说，东海岛海滩裂流风险为中等以上，7—8 月海滩裂流风险等级高。由于高风险裂流出现时段和旅游旺季重合，海滩裂流风险必须引起海滩管理者的高度重视。

表 4 龙海天海滩每月海滩类型与裂流风险估计

月份	海滩类型 参数 Ω	相对潮差 RTR	海滩类型	海滩风险
1	6.01	2.1	沙坝消散型（BD）	中等
2	6.01	2.2	沙坝消散型（BD）	中等
3	6.24	2.3	沙坝消散型（BD）	中等
4	5.85	2.5	沙坝消散型（BD）	中等
5	5.44	2.8	沙坝消散型（BD）	中等
6	4.89	3.1	低潮沙坝/裂流（LTBR）	高
7	4.99	3.1	低潮沙坝/裂流（LTBR）	高
8	5.10	3.2	无沙坝消散型（NBD）	低
9	5.33	2.8	沙坝消散型（BD）	中等
10	6.72	1.9	沙坝消散型（BD）	中等
11	6.61	1.8	沙坝消散型（BD）	中等
12	6.16	1.9	沙坝消散型（BD）	中等

表 5 龙海天海滩每月主要波浪方向下的海滩裂流风险估计

月份	常波向	Ω	RTR	海滩类型	海滩风险
1	ENE	6.61	2.0	沙坝消散型（BD）	中等
2	ENE	6.49	2.0	沙坝消散型（BD）	中等

续表

月份	常波向	Ω	RTR	海滩类型	海滩风险
3	ENE	6.64	2.4	沙坝消散型(BD)	中等
4	E	5.55	2.8	沙坝消散型(BD)	中等
5	SE	5.33	2.7	沙坝消散型(BD)	中等
6	S	4.89	3.1	低潮沙坝/裂流(LTBR)	高
7	SE	5.10	3.2	无沙坝消散型(NBD)	低
8	SE	4.41	3.6	低潮沙坝/裂流(LTBR)	高
9	E	6.10	2.6	沙坝消散型(BD)	中等
10	ENE	6.61	2.1	沙坝消散型(BD)	中等
11	ENE	6.61	1.8	沙坝消散型(BD)	中等
12	ENE	7.09	1.8	沙坝消散型(BD)	中等

5 结语

本研究应用基于地形动力学建立的海滩裂流风险评价模型,对湛江东海岛海滩的裂流风险等级从多角度进行了评价,结果表明:

(1)东海岛年平均海滩类型为沙坝消散(BD)型,海滩具有典型水下沿岸沙坝—槽谷地形,碎波带内有较强的长重力波,较有可能出现裂流,裂流风险等级中等。

(2)逐月平均海滩类型以沙坝消散型为主,风险等级中等,但在6—7月为低潮沙坝/裂流(LTBR)型海滩,裂流风险等级最高。8月出现没有沙坝消散型(NBD)的形态,此时游泳是最安全的,但是当波浪是东南方向时,海滩类型又会变成低潮沙坝/裂流型,是高危险性的海滩。

(3)多角度的评价表明东海岛全年裂流风险等级都较高,特别是裂流风险等级最高时又与旅游旺季时间重合,海滩管理者应该加以重视。

参考文献

[1] LI Zhiqiang. Rip current hazards in South China headland beaches [J]. Ocean & Coastal Management, 2016, 121: 23—32.

[2] SHORT A D, HOGAN C L. Rip currents and beach hazards: Their impact on public safety and implications for coastal management [J]. Journal Coastal Research, 1994, 12 (S1): 197—209.

[3] LASCODY R L. East Central Florida rip current program [J]. National Weather Digest, 1998, 22(2): 25—30.

[4] LUSHINE J B. A study of rip current drownings and related

weather factors [J]. National Weather Digest, 1991, 16: 13—19.

[5] BRANDER R W, BRADSTREET A, SHERHER S. Responses of swimmers caught in rip currents: Perspectives on mitigating the global rip current hazard [J]. International Journal of Aquatic Research and Education, 2011, 5: 476—482.

[6] SHEPARD F P. Undertow, rip tide or rip current [J]. Science, 1936, 84: 181—182.

[7] SHEPARD F P, EMERY K O, LAFOND E C. Rip currents: A process of geological importance [J]. Journal of Geology, 1941, 49: 338—369.

[8] INMAN D L, BRUSH B M. Coastal challenge [J]. Science, 1973, 181: 20—32.

[9] SHORT A D. Australian rip systems—friend or foe [J]. Journal of Coastal Research, 2007, 50(S1): 7—11.

[10] CLARKE L, ACKERMAN D, LARGIER J. Dye dispersion in the surf zone: measurements and simple models [J]. Continental Shelf Research, 2007, 27: 650—669.

[11] BROWN J, MACMAHAN J H, RENIERS A. Surf zone diffusivity on a Rip Channeled Beach [J]. Journal of Geophysical Research, 2009.

[12] VAGLE S, FARMER D M, DEANE G B. Bubble transport in rip currents [J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106: 11677—11689.

[13] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第十分册) [M]. 北京: 海洋出版社, 1999: 259—266.

[14] WRIGHT L D, SHORT A D, GREEN M O. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical model [J]. Marine Geology, 1985, 62(3—4): 339—364.

[15] MASSLINK G, SHORT A D. The effect of tide range on

beach morphodynamics, a conceptual model[J]. Journal of Coastal Research,1993,9:785—800.

[16] Haller M C, Dalrymple R A, Svendsen I A. Experimental study of nearshore dynamics on a barred beach with rip channels[J]. Journal of Geophysical Research. 2002,107.

[17] HOUSER C, HAPKE C, HAMILTON S. Controls on the coastal dune morphology, shoreline erosion, and barrier island response to extreme storms[J]. Geomorphology, 2008, 100: 223—240.

[18] HOUSER C, CALDWELL N, MEYER—ARENDT K. . Rip current hazard at Pensacola Beach, Florida[C]. //LEATHERMAN S, FLETEMEYER J. Rip Currents; Beach Safety, Physical Oceanography, and Wave Modeling. Boca Raton, FL: CRC Press,2011:175—196.

[19] HOUSER C, BARRETT G, LABUDE D. Alongshore variation in the rip current hazard at Pensacola Beach,Florida[J]. Nature Hazards,2011,57(2):501—523.

[20] BARRETT G, HOUSER C. Identifying hotspots of rip current activity using wavelet analysis at pensacola beach, Florida[J]. Physical Geography. 2012,33:1,32—49.

[21] 李志强. 基于地形动力学的华南海滩裂流风险研究[J]. 热带海洋学报, 2015(1):8—14.

[22] 李志强, 朱雅敏. 基于地形动力学的海滩裂流安全性评价:以三亚大东海为例[J]. 热带地理, 2015(1):96—102.

[23] KOMAR P, GAUGHAN M K. Airy wave theory and breaker height prediction[C]// Proceedings of the 13th Conference on Coastal Engineering. ASCE,1972:405—418.

[24] FERGUSON R I, CHURCH M. A simple universal equation for grain settling velocity[J]. Journal of Sedimentary Geology, 2004, 74:933—937.