



连云港近岸海域余流特征及其季节变化

张存勇

(淮海工学院 测绘工程学院, 江苏连云港 222005)

摘要: 根据连云港近岸海域夏冬季多站同步连续实测潮流资料, 分析了不同季节、不同潮周期余流变化特征。结果表明, 余流大小由北向南呈逐渐增大趋势, 余流方向在海州湾海域主要为西南向, 港口南部海域余流的方向受地形和径流影响, 规律性较差。余流垂向大小变化表现为4种形式, 方向变化表现为2种形式。夏季上层余流大小、方向与近底层存在明显的差别, 冬季余流在垂向上分布相对均匀。

关键词: 近岸海域; 余流; 变化; 连云港

中图分类号: P 731

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)07-0030-06

Characteristics and seasonal variation of residual current in Lianyungang nearshore area

ZHANG Cun-yong

(School of Geodesy & Geomatics Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

Abstract: Based on the observation of the current at several stations conducted synchronically in winter and summer respectively in Lianyungang nearshore area, the variation of residual current is analyzed with different seasons and tidal cycles. Results show that the magnitude of residual current is increasing gradually from north to south. The direction of residual current is mainly toward southward in Haizhou bay, while the regularity of the direction southward the port area is poor owing to the effects of topography and runoff. The magnitude of residual current exhibits four varied types, and the direction of residual current exhibits two varied types. The magnitude and direction of the upper residual current are different from that of the low layers in summer, while the vertical distribution of residual current is relatively uniform in winter.

Key words: nearshore; residual current; variation; Lianyungang

余流是从实测海流中剔除周期性潮流以后的水体流动^[1], 通常由风场、海水的温盐和各种流动相互作用的非线性效应等因素引起, 包括风海流、密度流、地转流等。余流是海水水体定向输送的主要动力因子, 量值虽不大, 但相对定常, 往往是泥沙运移和污染物扩散的方向^[2], 分析余流的变化规律对研究冲淤演变和环境保护等具有重要的意义。

连云港近岸海域位于黄海的中部, 是一个北起岚山头, 南至燕尾港的开敞性海域, 也是实施

江苏沿海开发国家战略的重要海域, 近海工程建设、航道利用、水产养殖、泥沙运移、污染物扩散都与余流具有密切的关系。由于大面积观测海流数据还比较少, 对余流的系统研究相对不足。本文根据连云港近岸海域夏冬季多站同步连续实测潮流资料, 分析不同季节、不同潮周期余流变化特征, 以期深入了解该海区的余流及其季节变化特征, 为研究冲淤演变、预测环境质量以及确定近岸工程设施等提供科学依据。

收稿日期: 2011-12-21

作者简介: 张存勇 (1971—), 男, 博士, 副教授, 从事海洋技术专业的教研工作。

1 潮流资料与余流计算方法

1.1 资料介绍

对连云港近岸海域夏季潮流的分析采用2005年9月大、中潮期间多站同步实测的13个和15个定点连续分层观测资料，站位分布如图1 a)所示。冬季潮流的分析采用2006年1月大、中潮期间多站同步实测的19个定点连续分层观测资料，站位分布如图1 b)所示。观测站位从北向南垂直岸线由近岸至远岸布设，根据岸线、水文等自然特征，尽量均匀分布使站位具有代表性，除增设站位外，不同季节和潮周期的测点位置基本相同，以便观测结果对比。观测仪器为SLC9-2直读式海流计，每小时观测1次，观测层位采用6点法，分别为表层、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H、底层，H为当时实测水深，水深小于5 m时采用3点法。为

便于分析，根据地形水流特征，把该海区分为海州湾海域和港口南部海域。

1.2 余流计算

根据准调和原理^[3-4]，采用引入差比数的方法，对实测海流资料进行准调和原理，计算各站6个分层的余流大小和方向，具体方法参见文献[5]。

2 结果与分析

2.1 潮流特征

连云港近岸海域是一个开敞型海湾，受地形影响，近岸潮流基本为往复式的半日潮流。在海州湾海域，涨潮流向西南，落潮流向东北。在港口南部海域，近岸多为往复流，涨潮流向东南，落潮流向西北，随离岸增加，潮流逐渐变为旋转流。各站涨、落潮平均流速具有一定的差异。夏季观测期间，海州湾海域垂线涨潮平均流速30~55 cm/s，落潮平均流速31~45 cm/s；港口南部海域垂线涨潮平均流速49~67 cm/s，落潮平均流速37~51 cm/s。冬季观测期间，海州湾海域垂线涨潮平均流速38~68 cm/s，落潮平均流速30~45 cm/s；港口南部海域垂线涨潮平均流速36~87 cm/s，落潮平均流速38~84 cm/s。总体上，涨、落潮流速不等，涨潮流速大于落潮流速，平均流速由北向南逐渐增大。

2.2 余流特征

2.2.1 夏季余流大小

表1为各站分层的夏季余流，大潮期间，海州湾海域余流变化范围为1.3~12.4 cm/s，最大余流值为1#站位的表层余流。1#、5#站余流从表层至底层逐渐变小。2#、3#站中层余流最大，表底层余流相对较小，与此相反，4#站表、底层余流大，中层余流较小。港口南部海域余流变化范围为1.3~56.5 cm/s，最大余流值为河口附近11#站位的表层余流。6#、7#、10#、11#、12#站余流从表层向底层变小。8#站余流表层较大，从中层向底层逐渐增大。9#、13#站余流从表层向底层逐渐变小，至底层增大。

中潮期间，海州湾海域余流变化范围为1.1~12.7 cm/s，最大余流值为3#站位的表层余

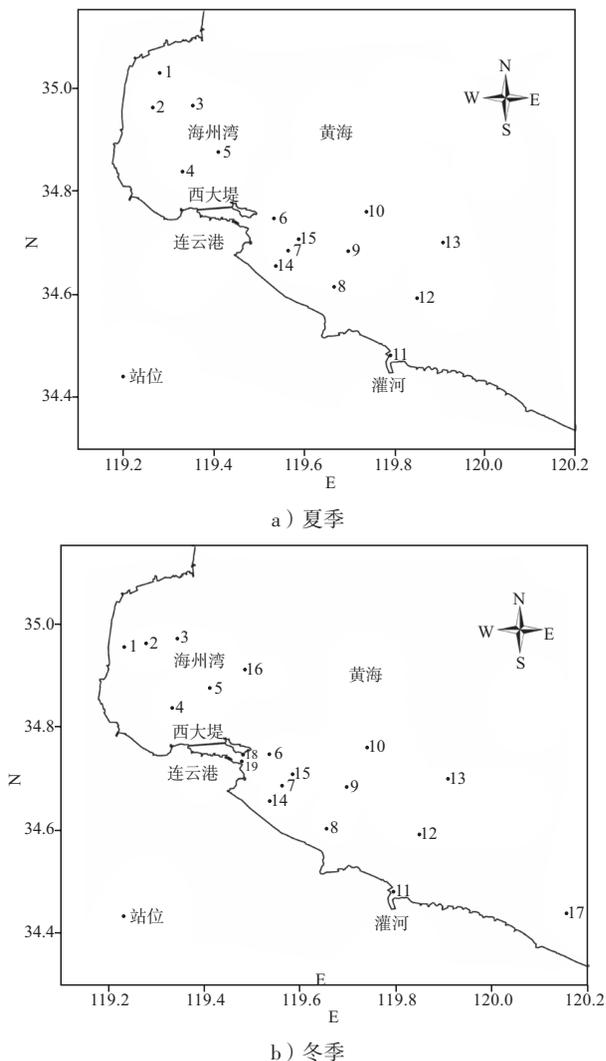


图1 连云港近岸海域测流站位

表1 连云港近岸海域夏季大中潮各站分层余流

站位		夏季大潮						夏季中潮					
		表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
1#	大小/(cm·s ⁻¹)	12.4	7.6	5.6	4.5	1.5	1.3	3.5	3.7	3.2	1.4	1.2	2.0
	方向/(°)	164.4	131.0	136.0	123.3	80.9	256.2	129.6	130.0	151.1	116.1	311.9	314.9
2#	大小/(cm·s ⁻¹)		2.6		5.8	5.3			6.2		2.9	1.9	
	方向/(°)		347.5		345.3	335.1			331.7		303.1	268.5	
3#	大小/(cm·s ⁻¹)	2.6	3.5	4.7	5.0	4.4	4.0	12.7	10.9	7.5	4.8	4.3	6.0
	方向/(°)	89.6	34.7	12.0	353.5	339.6	327.1	183.3	196.1	227.4	229.7	286.1	276.6
4#	大小/(cm·s ⁻¹)		4.6		3.2	4.9			2.5		1.9	5.1	
	方向/(°)		254.1		346.8	8.8			314.0		188.7	199.6	
5#	大小/(cm·s ⁻¹)	10.8	9.4	3.9	4.8	4.9	4.4	12.2	10.9	5.5	2.6	1.1	1.1
	方向/(°)	322.6	323.5	14.9	43.7	41.2	14.8	46.1	62.8	66.0	36.1	318.4	343.3
6#	大小/(cm·s ⁻¹)	37.0	24.9	6.5	7.1	6.7	4.3	16.0	11.1	6.2	3.2	4.5	3.5
	方向/(°)	148.7	138.7	171.2	328.5	305.7	272.4	130.1	126.5	133.5	218.5	261.6	257.4
7#	大小/(cm·s ⁻¹)		14.6		2.6	1.9			16.5		2.1	1.8	
	方向/(°)		209.2		184.9	139.0			213.2		182.5	136.0	
8#	大小/(cm·s ⁻¹)		1.8		5.2	6.1		10.9	6.9	4.8	7.3	8.3	8.7
	方向/(°)		354.1		260.2	252.5		45.8	81.0	129.7	149.6	153.5	146.6
9#	大小/(cm·s ⁻¹)	4.4	1.6	2.5	2.1	1.3	3.2	1.8	1.5	5.1	3.1	3.1	3.9
	方向/(°)	144.0	111.6	118.3	128.3	156.8	225.6	40.8	152.9	159.5	173.0	154.9	187.4
10#	大小/(cm·s ⁻¹)	11.5	6.2	2.4	2.0	2.9	1.3	6.8	7.2	4.7	1.4	0.7	0.8
	方向/(°)	145.4	156.0	177.1	351.9	297.0	312.4	165.7	141.2	126.5	125.9	156.9	213.2
11#	大小/(cm·s ⁻¹)	56.5	54.1	42.8	27.3	13.3	6.8	62.7	57.4	49.8	39.4	23.7	16.6
	方向/(°)	47.5	44.2	42.7	40.9	16.4	9.9	27.5	27.0	22.4	10.3	353.2	1.4
12#	大小/(cm·s ⁻¹)	27.1	28.9	28.9	23.2	17.9	14.6	5.3	7.5	2.0	4.6	6.2	8.0
	方向/(°)	220.6	212.5	216.3	223.5	228.1	229.1	59.8	54.3	130.0	189.7	235.1	234.8
13#	大小/(cm·s ⁻¹)	22.2	19.3	21.7	19.0	16.0	13.2	6.1	2.5	2.5	1.1	1.0	1.4
	方向/(°)	243.4	247.6	239.3	238.2	238.1	237.7	69.5	34.4	357.9	355.4	314.4	295.6
14#	大小/(cm·s ⁻¹)								9.6		7.5	2.4	
	方向/(°)								225.7		299.1	344.6	
15#	大小/(cm·s ⁻¹)							25.6	20.7	9.4	1.6	1.5	3.1
	方向/(°)							194.8	200.3	197.8	114.8	332.5	279.0

流。1#、2#、3#、5#站余流由表层至底层逐渐变小，其中1#、3#站底层余流变大。4#站余流符合大潮余流趋势，表底层余流大，中层余流小。港口南部海域余流变化范围为1.0~62.7 cm/s，最大余流值为河口附近11#站位的表层余流。6#、7#、10#、11#、14#站余流从表层向底层逐渐变小。8#、12#站余流表底层较大，中层偏小。9#站0.4H层余流最大，表底层相对小。13#、15#站余流从表层至底层逐渐变小，至底层增大。

2.2.2 夏季余流方向

大潮期间，在海州湾海域，1#站表层余流为东南向，底层流向为西南。2#站余流上下层流向

基本一致，稳定地向西北方向。3#站表层余流的方向为东北，0.6H至底层余流的方向为西北。4#、5#站表层余流为西北向，底层余流为东北向。在港口南部海域，6#站上层余流为东南向，下层为西北向。7#站上层余流为西南向，底层为东南向。8#站上层余流为西北向，底层为西南向。9#站余流表层为东南向，底层为西南向。10#站余流表层为西南向，底层为西北向。11#站受河流影响，余流为东北向。12#、13#余流上下层均为西南向。

中潮期间，在海州湾海域，1#、3#站上层余流为东南向，0.8H以下为西北向。2#站上层余流

为西北向，底层为东南向。4[#]站余流方向上下层均为东北向。5[#]站上层余流为东北向，0.8H以下为西北向。在港口南部海域，6[#]站表层余流为西南向，底层为东南向。7[#]、10[#]站上层余流向东南，底层余流向西南。8[#]、9[#]站表层为东北向，底层为东南向。11[#]站余流为东北向。12[#]表层余流为东北向，中层、底层由东南转西南向。13[#]站上层余流为东北向，下层余流为西北向。14[#]站表层余流为西南，底层为西北。15[#]站余流总体上为西南向。由此可见，夏季余流方向比较复杂。

2.2.3 冬季余流大小

表2为冬季余流计算结果，大潮期间，海州湾海域余流变化范围为0.3~9.6 cm/s，最大余流值为2[#]站位的表层余流。1[#]、3[#]、4[#]、16[#]站余流表底层大，中间较小。2[#]、5[#]站余流从表层至底层逐渐变小，2[#]站至底层变大。港口南部海域余流变化范围为0.4~22.5 cm/s，最大余流值为河口附近11[#]站的表层余流。17[#]、19[#]站余流由表层至底层逐渐增大。18[#]站余流表底层相对较小，中层较大。其余站余流从表层向底层变小，其中11[#]、14[#]站余流至底层变大。

表2 连云港近岸海域冬季大中潮各站分层余流

站位		夏季大潮					夏季中潮						
		表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
1 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		4.4		0.3	1.2		2.6		0.7	1.3		
	方向/(°)		101.4		134.6	248.3		90.2		228.7	287.0		
2 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	9.6	8.1	4.9	2.1	1.4	3.2	4.9	3.7	3.2	3.5	1.2	1.3
	方向/(°)	115.8	112.5	111.5	123.3	170.0	197.1	108.5	123.6	148.8	169.0	155.0	184.7
3 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	3.6	2.1	2.4	3.1	2.8	3.1	1.5	0.9	1.9	2.3		2.7
	方向/(°)	124.2	125.5	158.7	165.5	195.3	203.1	74.8	217.5	244.5	266.8		247.8
4 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		7.9		1.3	1.5			6.9		2.2	1.9	
	方向/(°)		95.2		122.6	207.8			110.3		22.2	308.3	
5 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	8.8	5.6	4.1	2.6	0.8	0.8	7.1	4.8	2.8	1.2	3.4	1.5
	方向/(°)	114.8	103.8	87.7	64.1	131.3	18.7	109.6	97.4	105.2	168.2	193.5	227.7
6 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	10.9	9.0	7.4	5.8	5.1	5.0	9.3	10.8	7.4	5.6	3.4	2.1
	方向/(°)	158.4	177.2	192.9	193.3	205.8	218.1	174.9	183.9	194.7	198.8	205.9	230.2
7 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		3.1		1.3	0.4		9.1	9.3	4.8	2.7	1.5	1.2
	方向/(°)		113.6		120.2	110.5		148.4	194.5	177.3	115.0	82.7	134.2
8 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		7.1		6.1	5.6			5.6		4.3	3.4	
	方向/(°)		116.0		137.7	138.9			135.3		143.0	145.6	
9 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	10.9	7.2	7.0	5.4	5.0	3.7	11.9	9.3	7.6	3.8	2.8	1.9
	方向/(°)	131.6	136.5	158.8	145.4	159.7	131.1	111.8	123.5	110.5	100.3	113.3	103.6
10 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	14.6	12.1	10.2	7.8	6.6	4.1	12.7	10.9	5.9	1.4	1.7	2.5
	方向/(°)	163.6	164.2	170.9	171.5	178.1	184.9	146.9	151.5	158.9	162.8	272.3	262.6
11 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		22.5		11.8	13.6			21.4		3.4	9.8	
	方向/(°)		30.8		64.5	95.9			341.2		137.9	147.8	
12 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	6.1	5.5	5.6	4.8	4.5	2.9	12.2	11.0	8.3	4.2	2.2	2.5
	方向/(°)	67.2	61.0	49.7	63.2	65.6	60.3	57.0	49.2	43.2	51.6	49.9	67.6
13 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	6.6	5.9	4.9	1.5	1.5	0.6	2.1	0.1	1.4	2.6	1.7	2.5
	方向/(°)	349.6	355.0	22.7	99	117.4	13.8	111.8	88.2	19.6	44.8	3.4	67.9
14 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		1.4		2.6	3.1			6.7		2.8	2.2	
	方向/(°)		222.2		291.2	285.0			211.4		251.6	307.8	
15 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	8.5	8.8	8.1	7.8	6.6	5.5	3.6	2.0	3.1	5.7	6.2	7.4
	方向/(°)	64.1	36.5	28.8	19.6	16.0	12.9	79.2	26.9	26.1	26.7	23.9	22.2
16 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	9.3	3.9	1.7	3.0	3.2	5.4	7.2	5.3	5.0	3.3	3.2	1.2
	方向/(°)	111.6	128.9	152.2	190.7	202.4	181.7	85.6	137.5	147.5	195.8	222.9	210.6
17 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		0.8		2.6	3.1		3.5	1.5	3.6	6.2	8.1	8.0
	方向/(°)		57.2		108.2	114.6		41.9	161.0	127.1	159.2	152.1	156.3
18 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)	7.7	5.0	8.4	9.2	11.5	6.9	12.6	11.3	11.7	12.2	11.8	11.0
	方向/(°)	158.4	205.8	259.2	267.3	265.8	289.0	86.1	69.9	41.1	42.4	47.3	46.6
19 [#]	大小/(cm·s ⁻¹)		1.2		5.5	6.0			4.6		6.7	5.8	
	方向/(°)		28.1		344.0	344.3			283.7		328.1	336.8	

中潮期间，海州湾海域余流变化范围为0.7~7.1 cm/s，最大余流值为5#站位的表层余流。1#站余流表底层大，中间较小。2#、4#、5#、16#站余流从表层向底层逐渐变小，其中2#、5#站底部余流增大。3#站上层余流偏小，下层余流较大。港口南部海域余流变化范围为0.1~21.4 cm/s，最大余流值为河口附近11#站的表层余流。11#、13#站余流表底层较大，中层余流偏小。15#、17#站余流从表层到底层逐渐增大，表层余流略大。19#站余流中间大，表底层偏小。其余站余流从表层至底层变小，其中10#站底层余流偏大。

2.2.4 冬季余流方向

大潮期间，在海州湾海域，1#、2#、3#、4#站表层余流为东南向，底层余流为西南向。5#站上部余流向东南，下部余流向东北。在港口南部海域，6#、10#、18#站表层余流为东南向，底层为西南向。7#、8#、9#站余流为东南向。11#、12#、15#站余流为东北向。13#站余流表层为西北向，底层为东北向。14#站表层为西南向，底层为西北向。17#站表层余流为东北向，底层为东南向。19#表层余流为东北向，底层为西北向。

中潮期间，在海州湾海域，1#、2#、5#站表层余流为东南，底层余流为西南。3#站表层余流为东北向，其余层为西南向。4#站表层余流为东南向，下层余流为西北向。在港口南部海域，6#、10#站表层余流为东南向，底层为西南向。7#、8#、9#站余流为东南向。11#站余流上层为西北向，底层为东南向。12#、15#、18#站余流总体向东北。13#站表层余流向东南，底层向东北。14#站表层余流向西南，底层余流向西北。17#站表层余流向东北，其余层向东南。19#站余流总体向西北。

2.3 余流的区域变化

表1和表2各站余流的变化具有一定的区域性差异。从大小上看，余流总体偏小，这同该海域位于南黄海旋转潮波的波腹区有关，最强余流区

位于港口南部海域，最大表层余流为靠近河口的11#站，最弱余流区为海州湾海域，由北往南呈逐渐增大趋势。从方向上看，海州湾海域余流主要为西南向，有的测站表底层余流向相反。港口南部海域余流的规律性较差，受地形和径流影响，表层余流向比较复杂，多呈东南向。

余流的区域变化与潮位的区域变化具有一致性。夏冬两季观测期间，潮波由北向南逆时针旋转传播，潮位由北向南逐渐减小，最北面的1#站高潮位时间比中间6#站高潮时间早0.5 h，比最南面的11#站高潮时间早1 h。在水位从北向南传播中，海面倾斜产生压强梯度力，因而海水流向东南，由于灌河口附近海域受径流影响，潮位最高，余流向受到影响。此外，港口南部海域分布有深水潭和浅滩地形^[6-7]，导致余流向发生变化。

2.4 余流的垂向变化

从大小来看，夏冬两季大、中潮观测期间余流的垂直分布比较复杂，大致表现为4种形式：1) 由表层至底层余流逐渐变小；2) 中层余流最大，表底层余流相对较小；3) 表底层余流大，中间余流相对较小；4) 余流从表层向底层逐渐增大。

从方向来看，夏冬两季大、中潮观测期间余流的垂向变化表现为2种形式：1) 从表层至底层，各层余流方向基本一致，这种现象冬季最显著，近岸又较远岸明显，这与冬季海水层化现象不明显有关；2) 表、底层余流方向相反，余流向在中层发生逆转，出现垂向环余流。典型站位如1#站，其表层余流向为东南，底层余流向为西北，表层余流与底层余流流向大体相反。余流的旋转可能同涨落潮流历时有关，表3为3个典型站位涨落潮流历时。由于涨落潮流历时不等，落潮历时大于涨潮流历时，表层海水变化响应快，底层海水因受海底摩擦影响，转流慢，导致表层海水与底层海水运动产生相位差，出现余流方向表底层不一致。

表3 典型站位涨落潮流历时

站位	夏季		冬季	
	涨潮流历时	落潮流历时	涨潮流历时	落潮流历时
1#	5 h6 min~5 h48 min	6 h18 min~7 h6 min	4 h57 min~6 h6 min	6 h6 min~7 h18 min
6#	5 h11 min~5 h40 min	6 h29 min~7 h18 min	4 h57 min~6 h6 min	6 h6 min~7 h18 min
11#	4 h54 min~5 h54 min	6 h24 min~7 h36 min	4 h0 min~5 h30 min	6 h40 min~8 h50 min

2.4 余流的季节变化

由表1和表2还可以看出,连云港近岸海域余流具有季节性差异,主要表现为如下2个显著特征:1)余流在不同的季节、不同的潮周期流速大小不同,部分站位差异较大。这表明,余流的变化与不同观测期间有关,冬季余流速受风力影响较大,因而其风生余流较夏季大,以东南向为主。2)在垂向分布上,冬季上层余流与下层余流之差较夏季小,部分站位余流大小在垂向上相当均匀,各层之间流速、流向近乎一致,这与冬季多风,垂向混合强烈有关。

3 结论

连云港近岸海域余流受多种因素影响,表现为一定的差异性。在区域上,余流大小由北向南呈逐渐增大趋势,海州湾海域余流主要为西南向,港口南部海域余流的方向受地形和径流影响,规律性较差。在垂向上,余流大小变化表现为4种形式,方向变化表现为2种形式。在季节

上,夏季上层余流大小、方向与近底层存在着明显的差别,冬季余流在垂向上分布相对均匀。

参考文献:

- [1] 张慧,堵盘军,郑晓琴.浙闽海域余流特征分析[J].海洋通报,2011,30(2):152-158.
- [2] 陈倩,黄大吉,章本照,等.浙江近海潮流和余流的特征[J].东海海洋,2003,21(4):1-14.
- [3] 国家质量监督局.海洋调查规范(第7部分):海洋调查资料交换[M].北京:中国标准出版社,2007.
- [4] 方国洪,郑文振,陈宗镛,等.潮汐和潮流的分析与预报[M].北京:海洋出版社,1986.
- [5] 方国洪.潮汐分析和预报的准调和分潮方法—Ⅲ潮流和潮汐分析的一个实际计算过程[J].海洋科学集刊,1981,18:19-40.
- [6] 陈君,王义刚,林祥.江苏灌河口海域现代沉积特征研究[J].资源调查与环境,2006,27(1):39-45.
- [7] 肖玉仲,刘国贤,杜瑞芝,等.江苏灌河口现代沉积速率的研究[J].海洋学报,1997,19(5):91-96.

(本文编辑 郭雪珍)

.....

(上接第18页)

参考文献:

- [1] 俞聿修.随机波浪及其工程应用[M].大连:大连理工大学出版社,2000.
- [2] 俞聿修.海岸工程的允许越浪量[J].港工技术,2009(1):1-3.
- [3] DB44/T 182—2004广东省海堤工程设计导则(试行)[S].
- [4] 浙江省行业标准.浙江省海塘工程技术规定[S].杭州:浙江省水利厅,1999.
- [5] 俞聿修.斜坡堤上平均越浪量计算方法的比较[J].港工技术,2011(1):1-4.
- [6] JT 213—1998海港水文规范[S].
- [7] 赵国藩.工程结构可靠性理论与应用[M].大连:大连理工大学出版社,1996.
- [8] 张建仁,刘扬,许福友,等.结构可靠度理论及其在桥梁工程中的应用[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [9] 董胜,孔令双.海洋工程环境概论[M].青岛:中国海洋大学出版社,2005.

(本文编辑 武亚庆)