

7 海洋环境质量现状调查与评价

7.1 水文动力环境现状调查与评价

7.1.1 调查概况

1) 站位布设

2019年2月21日~28日,中国科学院南海海洋研究所下属单位广州南科海洋工程中心在黄茅海本项目附近海域进行了大、小潮水文动力调查,在调查海域内共布设水文连续观测站14个,编号为V1~V14。潮位站5个,设在V1站、V2站、T1站、T2站、T3站。站位分布见图5.1.1-1,站位坐标和观测项目见表7.1.1-1。

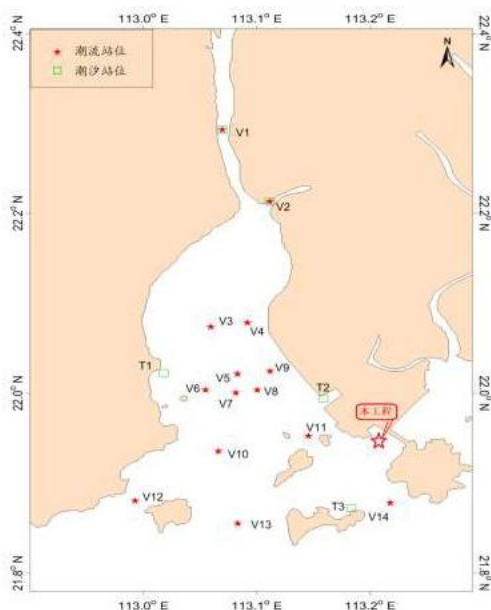


图7.1.1-1 黄茅海包括高栏港附近海域水文调查站位分布图(2019年2月)

表7.1.1-1 本次水文调查各测站坐标和观测项目(2019年2月)

站位	坐标点		观测项目
	纬度	经度	
V1	22°17.563'N	113°04.168'E	海流、泥沙、温盐、潮位
V2	22°12.770'N	113°06.690'E	海流、泥沙、温盐、潮位

V3	22°04.430'N	113°03.570'E	海流、泥沙、温盐
V4	22°04.708'N	113°05.505'E	海流、泥沙、温盐
V5	22°01.276'N	113°04.968'E	海流、泥沙、温盐、风
V6	22°00.217'N	113°03.276'E	海流、泥沙、温盐
V7	22°00.041'N	113°04.880'E	海流、泥沙、温盐
V8	22°00.230'N	113°06.022'E	海流、泥沙、温盐、风
V9	22°01.470'N	113°06.700'E	海流、泥沙、温盐
V10	21°56.138'N	113°03.962'E	海流、泥沙、温盐
V11	21°57.150'N	113°08.735'E	海流、泥沙、温盐
V12	21°52.842'N	112°59.557'E	海流、泥沙、温盐
V13	21°51.314'N	113°04.995'E	海流、泥沙、温盐
V14	21°52.685'N	113°13.058'E	海流、泥沙、温盐
T1	22°01.346'N	113°01.082'E	潮位
T2	21°59.650'N	113°09.517'E	潮位
T3	21°52.350'N	113°11.001'E	潮位

2) 观测时间与频次

(1) 潮位观测

V1 站大潮观测时间为 2019 年 2 月 22 日 17 时~2019 年 2 月 23 日 18 时, 小潮观测时间为 2019 年 2 月 27 日 13 时~2019 年 2 月 28 日 14 时;

V2 站大潮观测时间为 2019 年 2 月 22 日 17 时~2019 年 2 月 23 日 18 时, 小潮观测时间为 2019 年 2 月 27 日 13 时~2019 年 2 月 28 日 14 时;

T1 站观测时间为 2019 年 2 月 20 日 20 时~2019 年 4 月 8 日 13 时;

T2 站观测时间为 2019 年 2 月 30 日 12 时~2019 年 4 月 8 日 10 时;

T3 站观测时间为 2019 年 2 月 21 日 11 时~2019 年 3 月 1 日 7 时。

以上潮位观测的采样频率均为每 10 分钟 1 次。

(2) 海流、温盐、悬沙观测

大潮观测时间为 2019 年 2 月 21 日 11 时~2019 年 2 月 23 日 18 时。海流观测频率为每小时一次。

小潮观测时间为 2019 年 2 月 26 日 9 时~2019 年 2 月 28 日 14 时。海流观测频率为每小时 1 次。

7.1.2 潮汐调查结果分析

1) 潮汐类型和调和常数

对此次潮位观测的潮位资料站进行调和与分析, 分析之前潮位进行了气压订正。

得出的主要分潮的调和常数参见表 7.1.2-1~表 7.1.2-2。

根据调和常数，分别计算 V1、V2 和 T3 站的特征值 $F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ ，得出 F 值

均为 1.3，因此，调查海域潮汐属于不规则半日潮混合潮。

混合潮海区的特点是显著的潮汐日不等现象，相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。从图 7.1.2-1~图 7.1.2-7 的潮位过程曲线可以看到，调查海域海域的潮汐日不等现象是显著的。

表7.1.2-1主要分潮的调和常数1

测站 分潮	V1		V2		T3	
	振幅 V (m)	迟角 g (°)	振幅 V (m)	迟角 g (°)	振幅 V (m)	迟角 g (°)
O1	0.31	171.7	0.31	171.7	0.31	142.2
K1	0.26	225.0	0.26	225.0	0.26	195.5
M2	0.43	91.1	0.43	91.1	0.43	52.6
S2	0.22	125.8	0.22	125.8	0.22	87.3
M4	0.05	70.9	0.05	70.9	0.03	312.6
MS4	0.03	117.5	0.03	117.5	0.02	359.2
F	1.3		1.3		1.3	

表7.1.2-2主要分潮的调和常数2

测站 分潮	T1		T2	
	振幅 H (m)	迟角 g (°)	振幅 H (m)	迟角 g (°)
Q1	0.0433	241.98	0.0751	226
O1	0.2848	267.98	0.3112	260.41
K1	0.3136	303.55	0.2599	317.92
MU2	0.0159	338.77	0.0305	278.39
N2	0.0813	280.7	0.1181	263.95
M2	0.4645	304.9	0.508	289.77
L2	0.0263	315.18	0.0289	303.09
S2	0.2227	327.33	0.2643	330.33
M3	0.0237	67.95	0.0155	43.29
SK3	0.0212	182.02	0.0141	189.48
M4	0.0769	141.11	0.0532	102.42
MS4	0.0444	208.69	0.0372	158.01

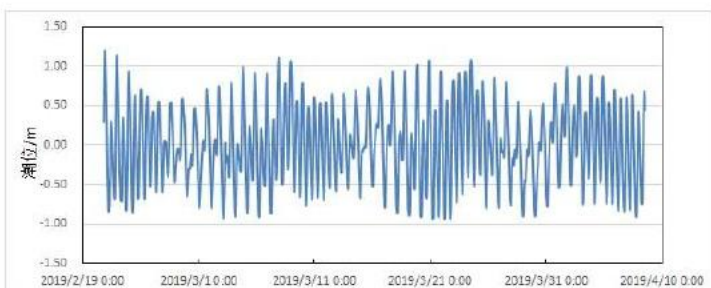


图7.1.2-1 2019年2月调查海域T1站的潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

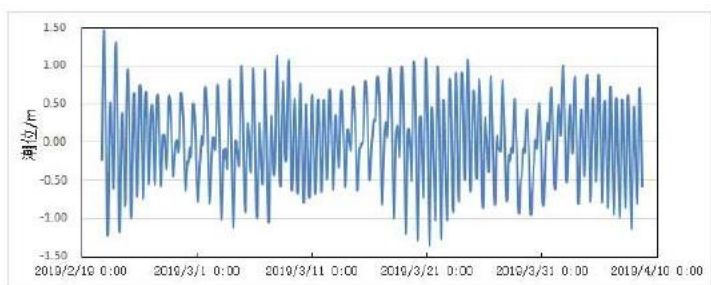


图7.1.2-2调查海域T2站的潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

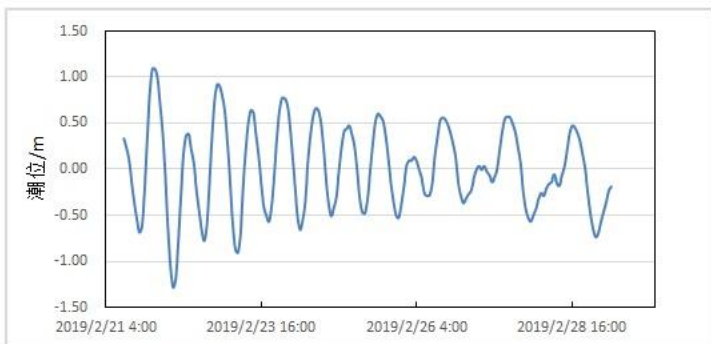


图7.1.2-3 调查海域T3站的潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

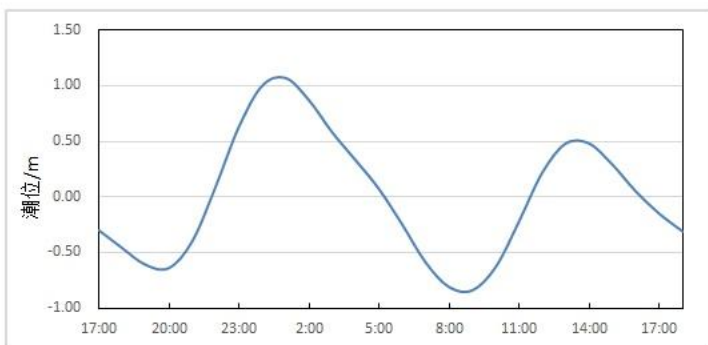


图7.1.2-4调查海域V1站的大潮潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

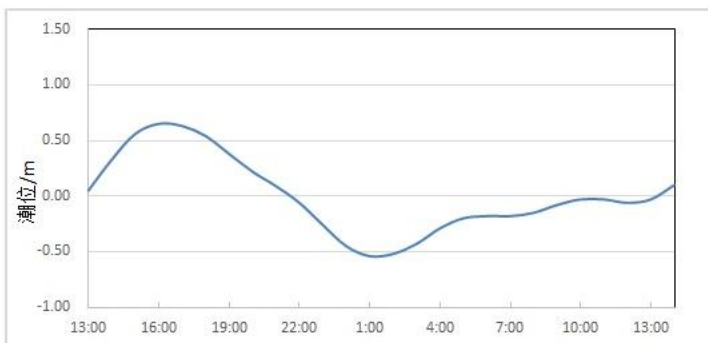


图7.1.2-5调查海域V1站的小潮潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

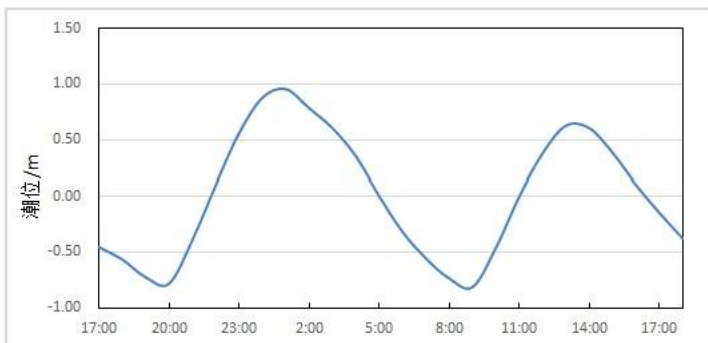


图7.1.2-6调查海域V2站的大潮潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

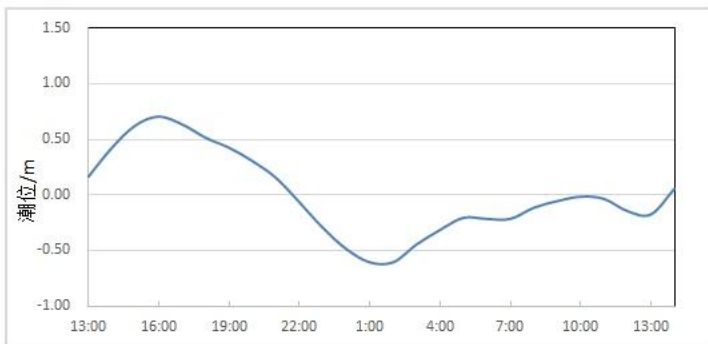


图7.1.2-7调查海域V2站的小潮潮位过程曲线(基于临时平均海平面)

2) 潮汐特征值

虽然观测时间较短，涨落潮历时的统计值还不够稳定，但由于统计的资料包含典型大潮期，所以涨落潮历时之间的关系仍有其参考意义。在此次观测期间，涨潮历时与落潮历时相当。

7.1.3 海流

7.1.3.1 实测流场分析

1) 大潮期实测流场分析

大潮期海流观测于2019年2月21日11时~2019年2月23日18时期间进行。实测海流的涨落潮流统计结果见表7.1.3-1，实测海流逐时矢量图见图7.1.3-1（潮位曲线数据取自T3站），实测海流平面分布玫瑰图见图7.1.3-2，涨落急图见图7.1.3-3。根据上述图表分析如下：

由图7.1.3-1~图7.1.3-3可见，调查期间各测站实测海流强度中等，以潮流为主，涨潮流流向东北，落潮流流向西南，部分站位受岸线影响涨潮流向西北，落潮流向东南。各测站表、中、底流速比较一致。

根据涨落潮的统计结果（表7.1.3-1），调查海域各测站涨潮流流速平均值在18.4~69.2 cm/s之间，落潮流流速平均值在15.7~81.6 cm/s之间。最大涨潮流流速的平均值为69.2 cm/s，方向为 1.4° ，出现在V7站的表层；最大落潮流的平均值为81.6 cm/s，方向为 226.3° ，出现在V4站表层。

由表7.1.3-1还可看出，实测涨潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为112.1 cm/s、110.3 cm/s、96.5 cm/s，流向分别为 3.3° 、 8.1° 、 11.3° ，均出

现在 V7 站；实测落潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为 135.7 cm/s、126.2 cm/s、100.2 cm/s，流向分别为 238.3° 、 189.0° 、 185.0° ，均出现在 V4 站。

总体而言，落潮流速平均值稍大于涨潮流速平均值，大部分站层落潮流历时略长于涨潮流历时。

表 7.1.3-1 调查海域大潮期各测站涨潮流、落潮流统计表（2019 年 2 月）

海 区	站 位	测 层	涨潮流（小时、cm/s、 $^{\circ}$ ）					落潮流（小时、cm/s、 $^{\circ}$ ）				
			T	$V_{T涨涨}$	$D_{T涨涨}$	$V_{T涨落}$	$D_{T涨落}$	T	$V_{T落落}$	$D_{T落落}$	$V_{T落落}$	$D_{T落落}$
海 陵 湾	V1	表层	9	65.5	12.5	97.6	7.1	17	53.9	177.7	76.6	189.9
		中层	9	64.0	14.8	91.8	13.0	17	48.8	180.0	72.9	187.9
		底层	10	45.9	10.7	75.1	12.8	16	44.2	182.8	62.8	187.8
	V2	表层	8	38.1	49.4	52.1	48.4	18	39.5	246.3	68.6	239.4
		中层										
		底层										
	V3	表层	10	50.0	353.8	81.5	353.7	16	43.6	191.3	78.6	189.8
		中层	12	48.3	358.7	79.2	357.6	14	45.5	174.1	78.3	146.3
		底层	12	44.1	348.5	67.8	5.1	14	32.8	161.7	56.1	140.7
	V4	表层	11	54.5	14.5	88.0	21.2	15	81.6	226.3	135.7	238.3
		中层	12	54.8	16.6	95.1	15.2	14	72.5	196.1	126.2	189.0
		底层	13	51.2	359.1	93.7	19.0	13	46.5	190.5	100.2	185.0
	V5	表层	10	63.8	341.6	105.5	345.1	16	50.7	177.0	81.7	201.7
		中层	12	56.4	350.7	84.8	5.9	14	49.1	176.9	73.5	182.1
		底层	12	51.9	347.9	75.5	0.8	14	39.9	176.0	67.5	171.5
	V6	表层	10	55.0	335.7	89.7	346.7	14	43.3	164.9	107.1	188.8
		中	11	59.6	354.3	80.8	348.6	15	50.8	168.5	100.2	190.2

		层										
		底层	12	50.3	352.5	74.7	358.0	14	47.7	178.1	98.4	184.5
	V7	表层	10	69.2	1.4	112.1	3.3	16	54.0	178.6	105.8	172.1
		中层	11	64.4	0.8	110.3	8.1	15	50.2	168.6	91.2	175.5
		底层	12	58.5	8.7	96.5	11.3	14	46.9	179.3	93.4	174.4
	V8	表层	12	54.5	347.3	103.1	345.3	14	54.3	175.4	93.3	185.2
		中层	12	51.3	336.4	87.9	336.0	14	48.5	172.8	86.5	170.9
		底层	13	44.3	331.9	77.9	337.9	13	43.4	162.8	64.0	173.0
	V9	表层	11	33.0	312.3	44.1	287.2	15	32.2	162.5	49.5	133.2
		中层										
		底层	9	25.7	320.2	36.8	297.8	17	26.6	174.7	47.0	139.0
	V10	表层	11	41.9	8.8	83.9	3.1	15	66.7	206.8	104.8	197.1
		中层	10	46.2	3.1	76.0	14.2	16	52.7	202.1	81.9	203.8
		底层	11	43.2	8.8	60.2	10.2	15	46.1	211.3	68.3	185.6
	V11	表层	11	54.6	317.3	92.4	330.8	15	37.6	164.5	66.6	164.1
		中层	13	52.4	316.5	99.8	325.0	13	37.0	166.0	77.9	160.3
		底层	13	40.0	315.4	77.9	333.6	13	23.7	164.8	64.6	161.9
	V12	表层	14	18.4	346.2	44.1	347.9	12	26.8	218.2	45.9	238.2
		中层	13	20.2	349.5	35.5	324.5	13	21.8	189.9	32.5	222.4
		底层	11	20.5	337.6	32.3	329.5	15	23.0	163.0	43.9	147.4
	V13	表层	15	37.2	352.1	71.3	346.3	11	50.0	181.8	105.7	185.0
		中层	11	39.5	353.9	59.9	341.1	15	28.1	185.8	53.6	164.3
		底	15	32.5	0.9	56.6	327.3	11	22.3	158.7	31.9	113.4

V14	层										
	表层	9	45.0	328.4	85.9	311.4	17	29.0	190.1	68.4	142.2
	中层	16	44.9	305.0	84.4	320.7	10	21.9	171.2	37.4	162.7
	底层	12	33.9	329.6	76.5	325.0	14	15.7	197.3	28.3	255.9

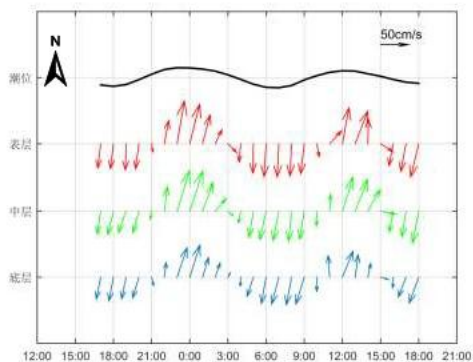


图7.1.3-1a 大潮期调查海域V1站实测海流矢量图

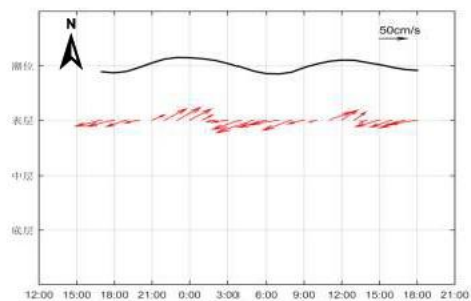


图7.1.3-1b 大潮期调查海域V2站实测海流矢量图

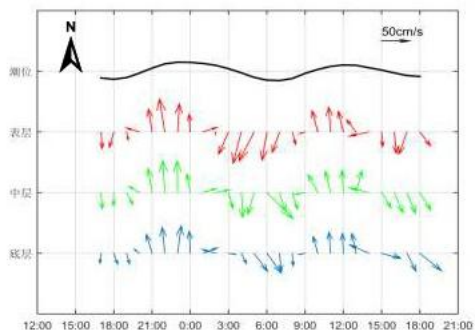


图7.1.3-1c 大潮期调查海域V3站实测海流矢量图

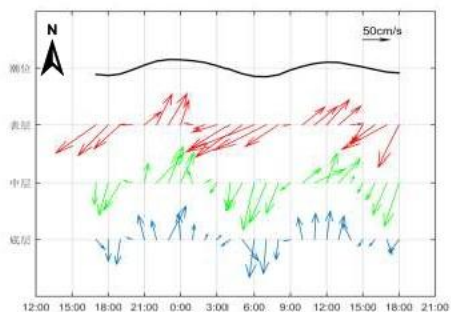


图7.1.3-1d 大潮期调查海域V4站实测海流矢量图

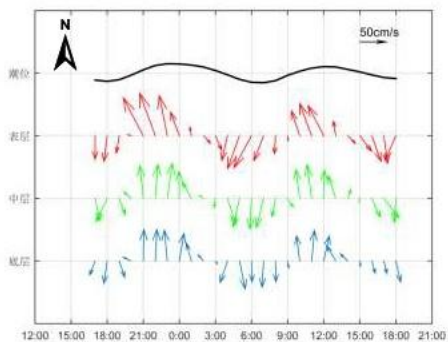


图7.1.3-1e 大潮期调查海域V5站实测海流矢量图

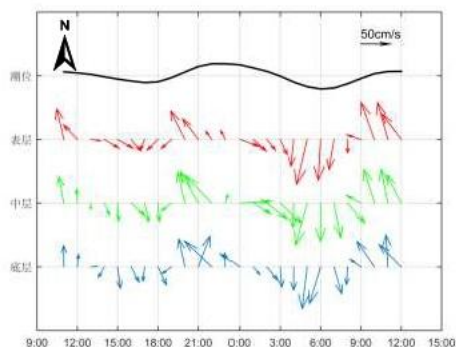


图7.1.3-1f 大潮期调查海域V6站实测海流矢量图

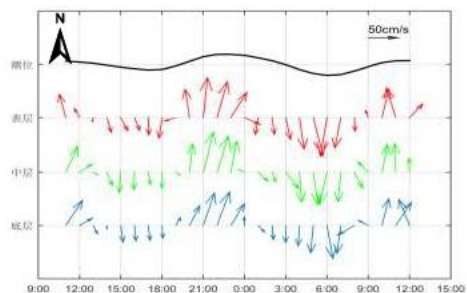


图7.1.3-1g 大潮期调查海域V7站实测海流矢量图

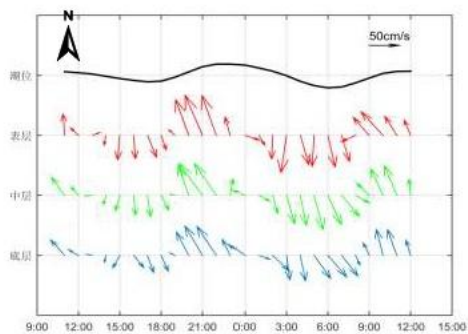


图7.1.3-1h 大潮期调查海域V8站实测海流矢量图

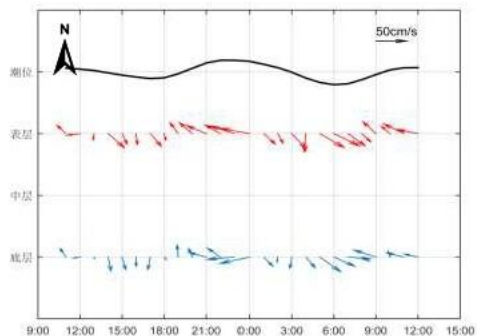


图7.1.3-1i 大潮期调查海域V9站实测海流矢量图

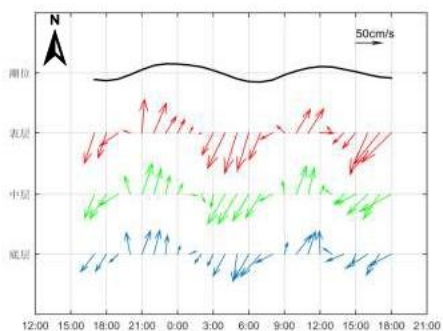


图7.1.3-1j 大潮期调查海域V10站实测海流矢量图

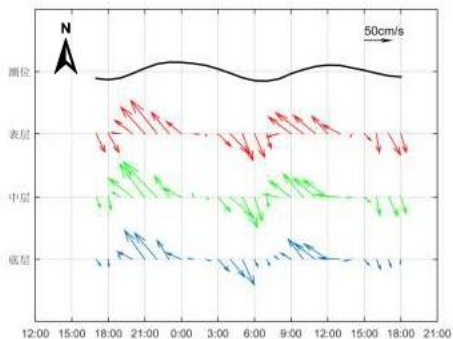


图7.1.3-1k 大潮期调查海域V11站实测海流矢量图

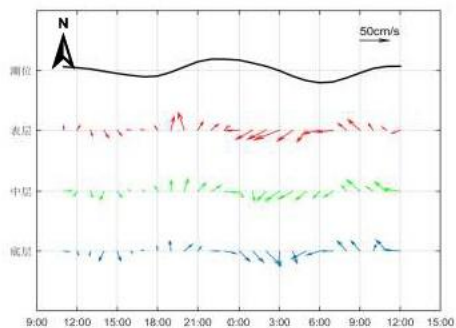


图7.1.3-1l 大潮期调查海域V12站实测海流矢量图

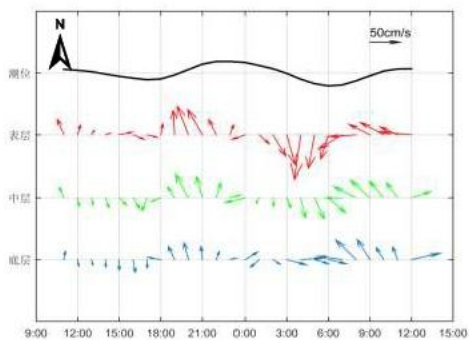


图7.1.3-1m 大潮期调查海域V13站实测海流矢量图

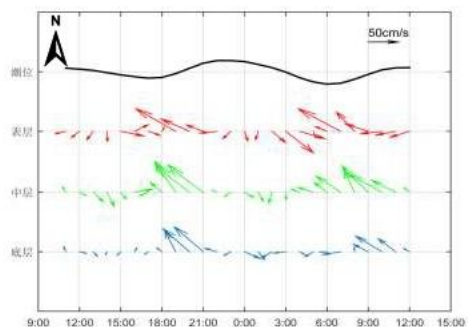


图7.1.3-1n 大潮期调查海域V14站实测海流矢量图

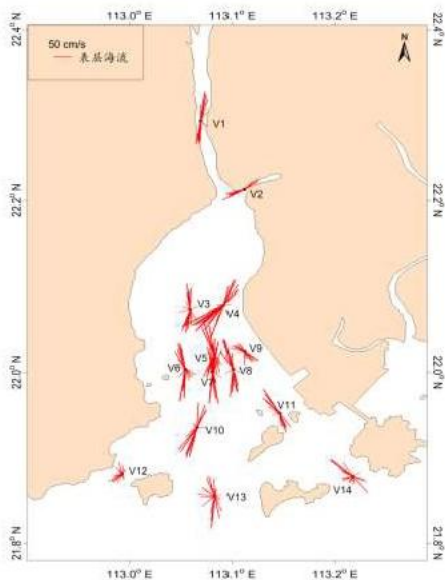


图7.1.3-2a 大潮期调查海域实测海流玫瑰图（表层）

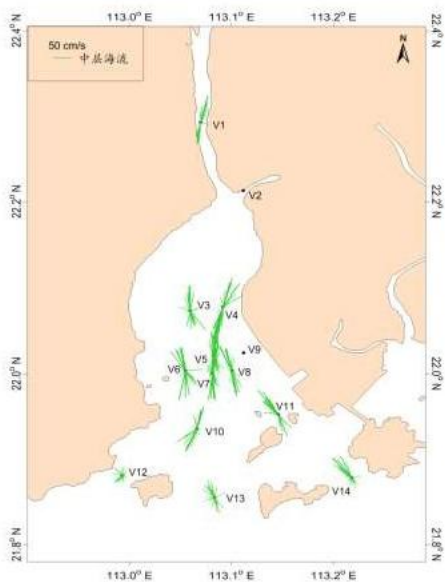


图7.1.3-2b 大潮期调查海域实测海流玫瑰图（中层）

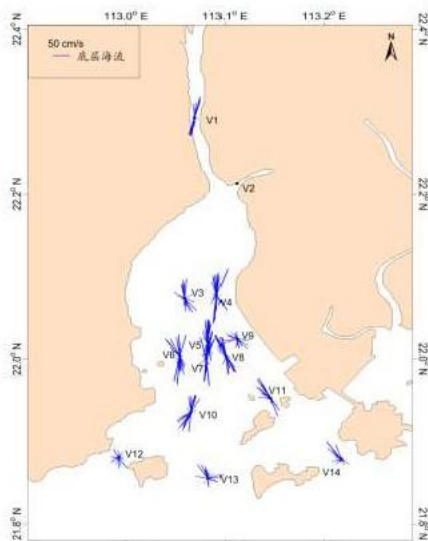


图7.1.3-2c 大潮期调查海域实测海流玫瑰图（底层）

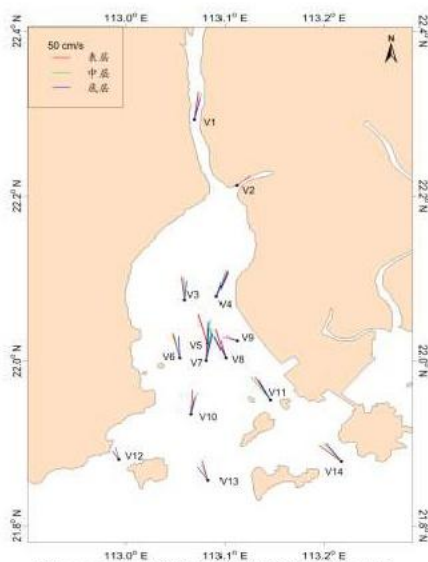


图7.1.3-3a 大潮期涨急流场图（2019年2月）

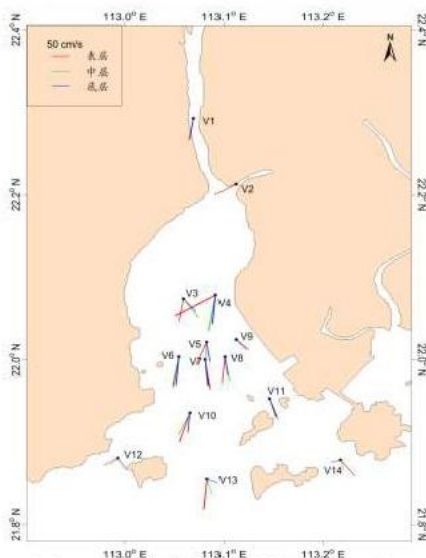


图7.1.3-3b 大潮期落急流场图（2019年2月）

2) 小潮实测流场分析

小潮期海流观测于2019年2月26日9时~2019年2月28日14时期间进行。实测海流的涨落潮流统计结果见表7.1.3-2，实测海流逐时矢量图见图7.1.3-4（潮位曲线数据取自T3站），实测海流平面分布玫瑰图见图7.1.3-5，涨落急图见图7.1.3-6。根据上述图表分析如下：

由图7.1.3-4~图7.1.3-6可见，调查期间各测站实测海流较弱，以潮流为主，涨潮流流向西北，落潮流流向西南或东南。各测站表、中、底流速比较一致。

根据涨落潮的统计结果（表7.1.3-2），调查海域各测站涨潮流流速平均值在9.7~33.6 cm/s之间，落潮流流速平均值在7.9~44.9 cm/s之间。最大涨潮流流速的平均值为33.6 cm/s，方向为345.4°，出现在V6站的中层；最大落潮流的平均值为44.9 cm/s，方向为194.9°，出现在V4站中层。

由表5.1.3-2还可看出，实测涨潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为73.1 cm/s、80.0 cm/s、69.3 cm/s，流向分别为356.4°、342.8°、343.1°，均出现在V6；实测落潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为117.6 cm/s、98.4 cm/s、62.4 cm/s，流向分别为222.5°、194.3°、212.1°，分别出现在V4

站表层、V4 站中层和 V1 站底层。总体而言，落潮流速平均值稍大于涨潮流速平均值，各站层涨落潮流历时，互有长短。

表7.1.3-2 2019年2月调查海域小潮期各测站涨潮流、落潮流统计表

海区	站位	测层	涨潮流 (小时、cm/s、°)					落潮流 (小时、cm/s、°)				
			T	V_{mean}	D_{mean}	V_{max}	D_{max}	T	V_{mean}	D_{mean}	V_{max}	D_{max}
海陵湾	V1	表层	15	24.5	11.3	59.6	9.2	11	43.3	187.5	75.8	187.7
		中层	14	23.3	8.7	54.1	21.3	12	32.6	181.0	73.5	192.4
		底层	14	20.1	9.6	48.1	31.2	12	29.1	186.6	62.4	212.1
	V2	表层	5	22.2	47.7	29.1	59.3	21	29.3	233.0	57.4	238.7
		中层										
		底层										
	V3	表层	13	15.7	2.1	34.7	36.3	13	25.6	183.8	70.2	195.8
		中层	16	13.3	344.0	35.2	356.0	10	25.1	164.3	56.9	185.7
		底层	11	9.7	335.6	18.1	307.5	15	16.3	184.3	50.4	171.7
	V4	表层	6	33.6	27.6	69.3	18.0	20	41.5	197.4	117.6	222.5
		中层	18	22.7	6.1	60.4	18.4	8	44.9	194.9	98.4	194.3
		底层	19	24.6	6.4	44.6	1.7	7	17.7	193.7	34.1	184.1
	V5	表层	13	18.6	341.2	70.1	353.8	13	31.5	183.3	83.2	174.8
		中层	15	20.5	355.1	48.1	347.4	11	22.8	186.4	57.3	149.6
		底层	18	23.5	353.1	40.7	351.1	8	19.2	155.5	46.4	164.9
	V6	表层	8	30.7	331.0	73.1	356.4	18	29.5	195.8	64.6	179.4
		中层	14	33.6	345.4	80.0	342.8	12	20.4	150.6	39.9	147.4
		底层	19	25.8	352.2	69.3	343.1	7	19.3	169.4	37.5	173.1
	V7	表	10	21.9	349.5	54.2	359.9	16	28.4	162.7	48.1	157.7

		层										
		中层	17	29.1	29.5	60.9	1.2	9	23.1	167.3	46.2	182.6
		底层	19	26.5	19.4	52.8	22.0	7	16.6	156.0	32.5	175.2
	V8	表层	11	23.4	349.4	51.4	351.6	15	34.8	166.2	98.5	173.5
		中层	17	22.2	2.3	50.8	341.5	9	25.6	167.0	62.7	184.5
		底层	19	26.7	350.2	47.8	345.3	7	23.2	159.8	51.4	162.2
	V9	表层	12	15.9	342.5	28.9	354.2	14	17.5	155.7	42.3	169.8
		中层										
		底层	12	14.3	337.8	23.6	348.1	14	13.4	162.6	32.2	166.5
	V10	表层	11	19.7	10.9	46.9	36.8	15	30.1	189.7	95.7	201.0
		中层	15	20.7	20.2	46.8	33.4	11	23.6	183.0	47.8	199.0
		底层	14	20.5	1.1	44.0	13.7	12	15.9	202.4	37.0	198.6
	V11	表层	17	21.6	344.6	49.1	337.9	9	34.1	164.4	58.5	166.4
		中层	17	18.0	343.4	36.4	333.1	9	28.1	167.6	52.4	165.2
		底层	15	12.0	336.7	27.5	335.3	11	12.9	152.0	23.6	165.0
	V12	表层	19	15.2	307.3	27.1	324.1	7	16.6	198.9	29.5	222.7
		中层	16	15.4	328.1	26.1	340.6	10	10.0	197.0	24.5	226.3
		底层	12	15.0	335.5	30.2	340.5	14	11.8	172.7	24.1	154.5
	V13	表层	5	21.0	329.0	28.2	326.1	21	21.8	160.4	42.3	173.4
		中层	19	21.2	30.2	44.1	35.1	7	30.2	133.6	41.8	143.5
		底层	11	16.5	4.4	35.3	48.4	15	16.0	177.4	34.7	183.4
	V14	表层	17	20.7	313.0	51.2	341.9	9	14.4	199.2	31.6	114.7
		中	16	20.0	344.9	47.1	346.4	10	19.1	184.9	36.1	186.4

	层										
	底层	15	10.7	337.3	38.1	357.4	11	7.9	195.8	15.5	191.5

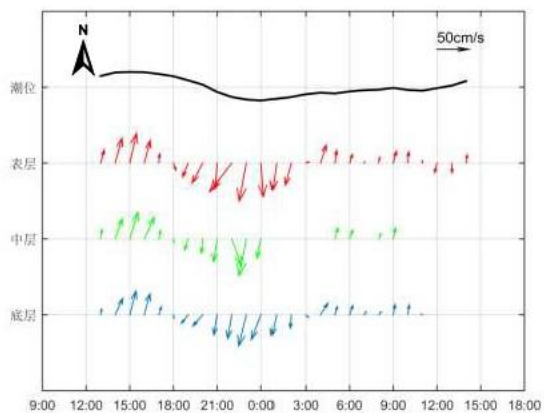


图 7.1.3-4a 小潮期调查海域 V1 站实测海流矢量图

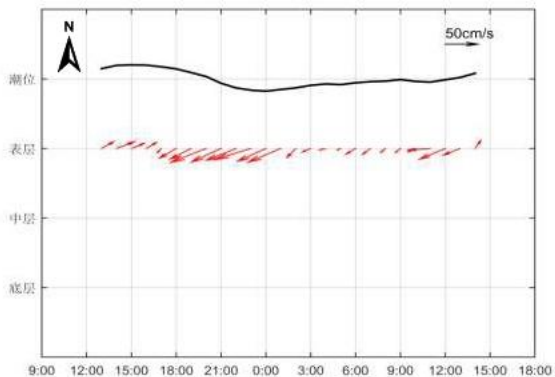


图 7.1.3-4b 小潮期调查海域 V2 站实测海流矢量图

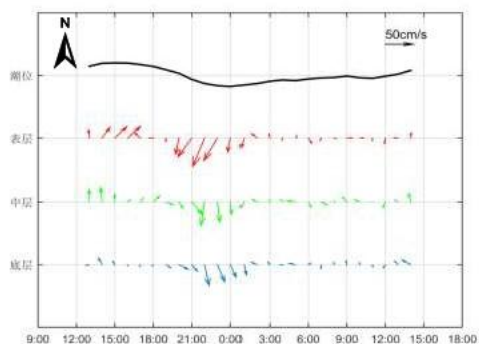


图 7.1.3-4c 小潮期调查海域 V3 站实测海流矢量图

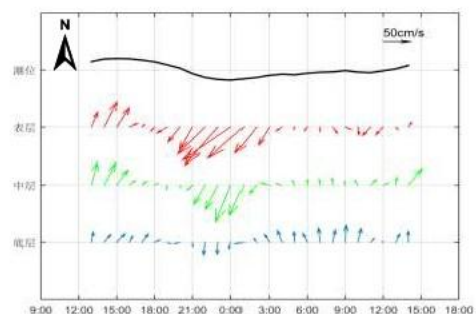


图 7.1.3-4d 小潮期调查海域 V4 站实测海流矢量图

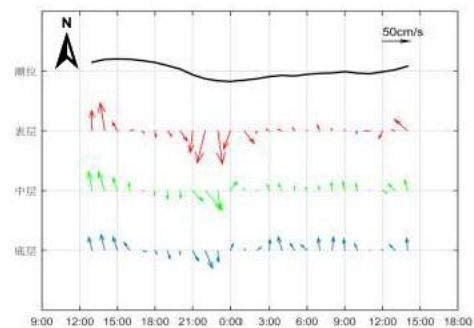


图 7.1.3-4e 小潮期调查海域 V5 站实测海流矢量图

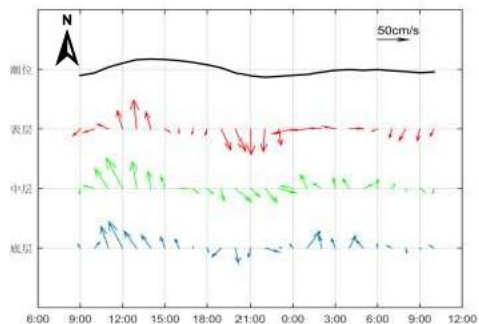


图 7.1.3-4f 小潮期调查海域 V6 站实测海流矢量图

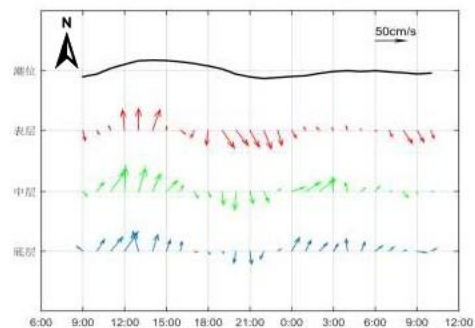


图 7.1.3-4g 小潮期调查海域 V7 站实测海流矢量图

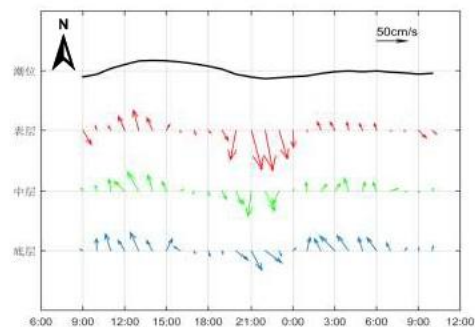


图 7.1.3-4h 小潮期调查海域 V8 站实测海流矢量图

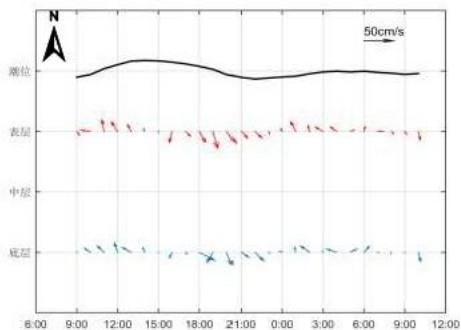


图 7.1.3-4i 小潮期调查海域 V9 站实测海流矢量图

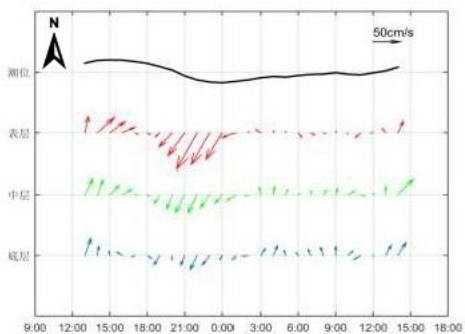


图 7.1.3-4j 小潮期调查海域 V10 站实测海流矢量图

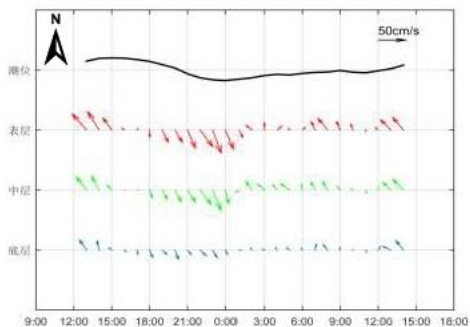


图 7.1.3-4k 小潮期调查海域 V11 站实测海流矢量图

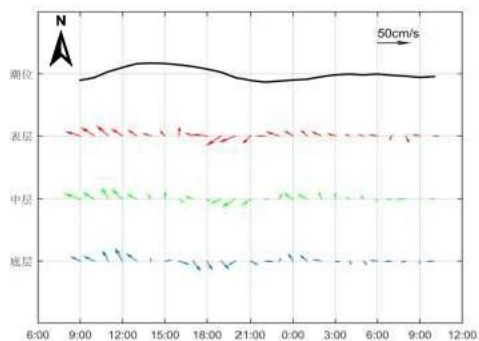


图 7.1.3-4l 小潮期调查海域 V12 站实测海流矢量图

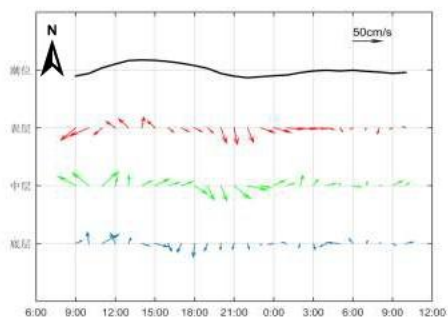


图 7.1.3-4m 小潮期调查海域 V13 站实测海流矢量图

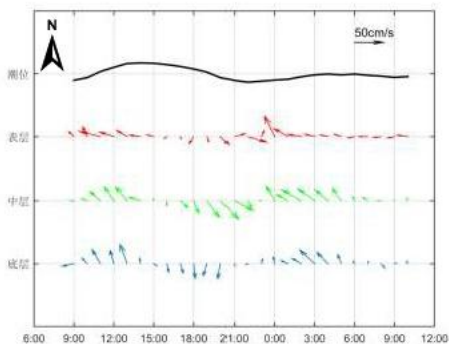


图 7.1.3-4n 小潮期调查海域 V14 站实测海流矢量图

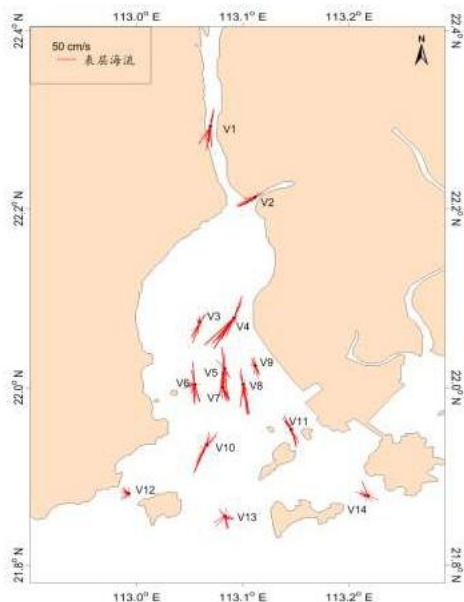


图 7.1.3-5a 小潮期调查海域实测海流玫瑰图（表层）

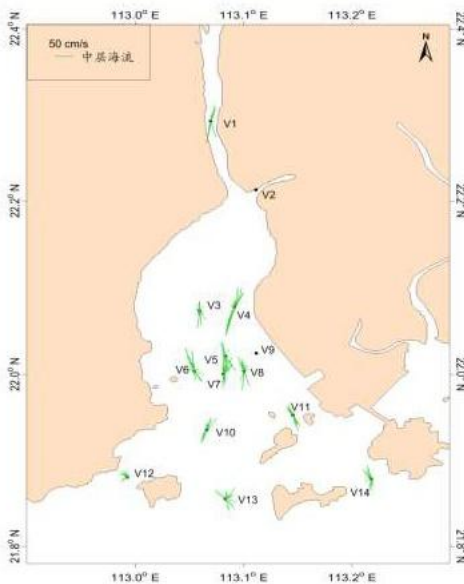


图 7.1.3-5b 小潮期调查海域实测海流玫瑰图（中层）

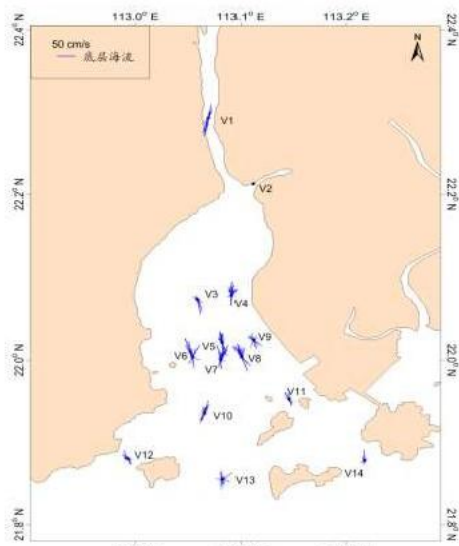


图 7.1.3-5c 小潮期调查海域实测海流玫瑰图（底层）

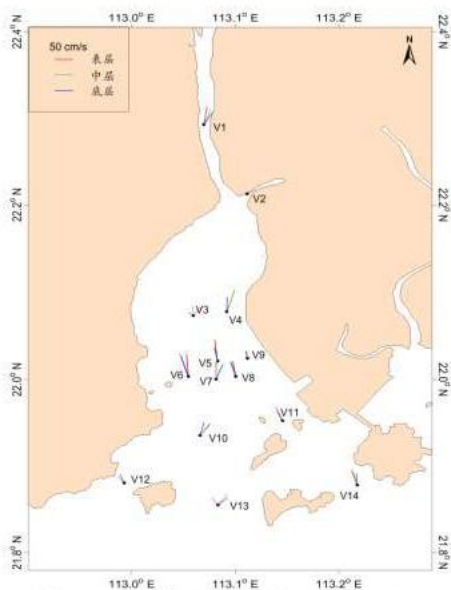


图 7.1.3-6a 小潮期涨急流场图（2019 年 2 月）

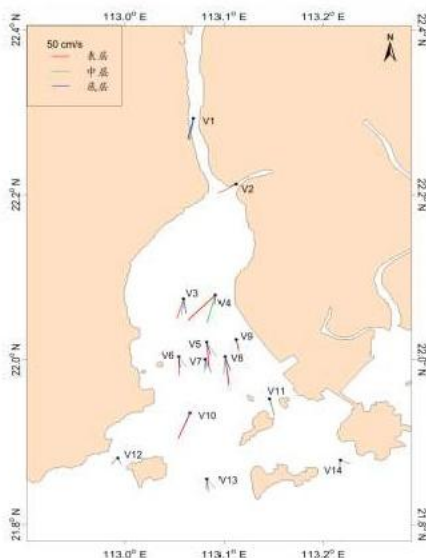


图 7.1.3-6b 小潮期落急流场图 (2019 年 2 月)

7.1.3.2 潮流分析

1) 潮流分析

根据《海洋调查规范》，选用“引入差比关系的准调和分析方法”对各站层海流观测资料进行分析计算，得出观测期间各站层的余流和 O_1 （主要太阴全日分潮）、 K_1 （太阴太阳合成全日分潮）、 M_2 （主要太阴半日分潮）、 S_2 （主要太阳半日分潮）、 M_4 （ M_2 分潮的倍潮）和 MS_4 （ M_2 和 S_2 的复合分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及它们的椭圆要素等潮流特征值。

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比 F 作为划分潮流性质的依据，表 7.1.3-3 列出了 14 个测站各层表征潮流性质的特征值 $F[F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}]$ ，式中 W 为分潮流椭圆长半轴。从表中可见，潮流性质在调查海域各站层主要表现为不规则半日潮流，因此，调查海域的潮流性质以不规则半日潮流为主。

表 7.1.3-4 给出了调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。从表中可以看出，在上述 6 个主要分潮流中 M_2 分潮流椭圆长半轴（即最大流速）最大， S_2 次之，其次为 O_1 、 K_1 ， M_4 、 MS_4 分潮流长半轴最小。 M_2 分潮最大主要反映了半日潮的特征。各站层中 M_2 分潮流长半轴（最大流速）的最大值为 55.2cm/s，

方向为 36.4° ,出现在 V4 站表层, 最小值为 12.3 cm/s 。方向为 186.2° , 出现在 V12 站中层。O₁ 分潮流长半轴 (最大流速) 的最大值为 28.1 cm/s , 方向为 13.3° , 出现在 V4 站中层, 最小值为 4.5 cm/s 。方向为 15.5° , 出现在 V14 站中层。主要分潮流 M₂ 的潮流流向为东北-西南向。见图 7.1.3-7。

表7.1.3-3 调查海域各测流站潮流性质的特征值F (2019年2月)

海区	站位	测层	特征值 F	潮型
黄茅海	V1	表层	0.9	不规则半日潮流
		中层	0.8	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V2	表层	0.9	不规则半日潮流
		中层		
		底层		
	V3	表层	0.8	不规则半日潮流
		中层	0.8	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V4	表层	0.9	不规则半日潮流
		中层	1.0	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V5	表层	0.9	不规则半日潮流
		中层	0.7	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V6	表层	1.0	不规则半日潮流
		中层	0.8	不规则半日潮流
		底层	0.7	不规则半日潮流
	V7	表层	0.8	不规则半日潮流
		中层	0.8	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V8	表层	1.0	不规则半日潮流
		中层	0.9	不规则半日潮流
		底层	0.9	不规则半日潮流
	V9	表层	0.8	不规则半日潮流
		中层		
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V10	表层	0.8	不规则半日潮流
		中层	0.8	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流
	V11	表层	1.0	不规则半日潮流
		中层	0.9	不规则半日潮流
		底层	0.8	不规则半日潮流

	V12	表层	1.5	不规则半日潮流
		中层	1.2	不规则半日潮流
		底层	0.9	不规则半日潮流
	V13	表层	1.8	不规则半日潮流
		中层	0.7	不规则半日潮流
		底层	0.5	不规则半日潮流
	V14	表层	0.5	不规则半日潮流
		中层	0.3	规则半日潮流
		底层	0.7	不规则半日潮流

表7.1.3-4 2019年2月调查海域各站主要分潮流及椭圆率(单位: cm/s, °)

站位	测层	O ₁					K ₁				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
V1	表层	22.7	5.9	0.1	275.9	0.0	19.0	5.9	0.1	275.9	0.0
	中层	19.9	4.1	0.1	94.1	0.0	16.7	4.1	0.1	94.1	0.0
	底层	16.9	11.6	0.6	281.6	0.0	14.2	11.6	0.5	281.6	0.0
V2	表层	15.4	53.5	0.4	323.5	0.0	12.9	53.5	0.3	323.5	0.0
	中层										
	底层										
V3	表层	16.9	19.3	0.7	109.3	0.0	14.2	19.3	0.5	109.3	0.0
	中层	14.8	354.0	4.4	84.0	-0.3	12.4	354.0	3.7	84.0	-0.3
	底层	11.8	345.3	1.6	75.3	-0.1	9.9	345.3	1.3	75.3	-0.1
V4	表层	26.9	32.4	9.6	302.4	0.4	22.6	32.4	8.1	302.4	0.4
	中层	28.1	13.3	1.9	103.3	-0.1	23.6	13.3	1.6	103.3	-0.1
	底层	17.2	0.8	5.1	90.8	-0.3	14.4	0.8	4.3	90.8	-0.3
V5	表层	21.3	356.7	2.8	266.7	0.1	17.9	356.7	2.4	266.7	0.1
	中层	16.4	354.3	1.5	264.3	0.1	13.8	354.3	1.2	264.3	0.1
	底层	16.2	350.9	0.3	260.9	0.0	13.6	350.9	0.3	260.9	0.0
V6	表层	17.6	354.9	3.0	84.9	-0.2	14.8	354.9	2.5	84.9	-0.2
	中层	16.9	343.3	2.4	73.3	-0.1	14.2	343.3	2.0	73.3	-0.1
	底层	14.4	0.6	1.4	270.6	0.1	12.1	0.6	1.2	270.6	0.1
V7	表层	19.9	359.3	3.1	89.3	-0.2	16.7	359.3	2.6	89.3	-0.2
	中层	18.3	3.1	0.7	93.1	0.0	15.4	3.1	0.6	93.1	0.0
	底层	17.0	14.3	0.8	104.3	0.0	14.3	14.3	0.7	104.3	0.0
V8	表层	21.5	359.0	1.9	89.0	-0.1	18.0	359.0	1.6	89.0	-0.1
	中层	17.8	341.6	0.1	251.6	0.0	14.9	341.6	0.1	251.6	0.0
	底层	16.4	333.5	0.3	63.5	0.0	13.8	333.5	0.2	63.5	0.0
V9	表层	9.2	319.1	2.0	229.1	0.2	7.8	319.1	1.7	229.1	0.2
	中层										
	底层	7.3	305.9	3.1	215.9	0.4	6.1	305.9	2.6	215.9	0.4
V10	表层	20.5	18.5	2.5	108.5	-0.1	17.2	18.5	2.1	108.5	-0.1
	中层	16.3	20.3	5.6	110.3	-0.3	13.7	20.3	4.7	110.3	-0.3
	底层	14.6	6.3	3.7	96.3	-0.3	12.3	6.3	3.1	96.3	-0.3

V11	表层	19.5	341.4	0.9	71.4	0.0	16.4	341.4	0.7	71.4	0.0
	中层	18.5	337.0	3.3	67.0	-0.2	15.6	337.0	2.7	67.0	-0.2
	底层	12.3	334.7	2.1	64.7	-0.2	10.4	334.7	1.8	64.7	-0.2
V12	表层	10.7	54.6	1.4	324.6	0.1	9.0	54.6	1.2	324.6	0.1
	中层	8.0	44.6	3.1	134.6	-0.4	6.7	44.6	2.6	134.6	-0.4
	底层	7.7	316.4	4.2	46.4	-0.5	6.4	316.4	3.5	46.4	-0.5
V13	表层	23.7	6.9	1.3	96.9	-0.1	19.9	6.9	1.1	96.9	-0.1
	中层	8.2	347.6	0.4	77.6	0.0	6.9	347.6	0.3	77.6	0.0
	底层	4.7	272.0	0.9	2.0	-0.2	3.9	272.0	0.8	2.0	-0.2
V14	表层	5.8	318.3	0.1	48.3	0.0	4.9	318.3	0.1	48.3	0.0
	中层	4.5	15.5	2.6	105.5	-0.6	3.8	15.5	2.1	105.5	-0.6
	底层	5.9	7.0	0.1	97.0	0.0	5.0	7.0	0.0	97.0	0.0

续上表

站点	测层	M ₂					S ₂				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
V1	表层	47.9	8.3	0.3	98.3	0.0	24.8	8.3	0.1	98.3	0.0
	中层	44.7	11.8	2.3	101.8	-0.1	23.1	11.8	1.2	101.8	-0.1
	底层	38.1	11.2	0.3	101.2	0.0	19.7	11.2	0.2	101.2	0.0
V2	表层	29.8	59.0	0.6	149.0	0.0	15.4	59.0	0.3	149.0	0.0
	中层										
	底层										
V3	表层	37.2	2.1	1.0	92.1	0.0	19.2	2.1	0.5	92.1	0.0
	中层	35.8	351.7	2.7	81.7	-0.1	18.5	351.7	1.4	81.7	-0.1
	底层	29.0	348.4	1.8	78.4	-0.1	15.0	348.4	0.9	78.4	-0.1
V4	表层	55.2	36.4	1.8	126.4	0.0	28.6	36.4	0.9	126.4	0.0
	中层	51.5	17.4	0.6	287.4	0.0	26.6	17.4	0.3	287.4	0.0
	底层	39.6	1.9	2.0	91.9	-0.1	20.5	1.9	1.1	91.9	-0.1
V5	表层	45.5	355.3	6.3	85.3	-0.1	23.5	355.3	3.2	85.3	-0.1
	中层	43.0	357.2	1.0	87.2	0.0	22.2	357.2	0.5	87.2	0.0
	底层	37.5	358.3	1.1	268.3	0.0	19.4	358.3	0.6	268.3	0.0
V6	表层	33.9	351.6	8.1	81.6	-0.2	17.5	351.6	4.2	81.6	-0.2
	中层	38.1	349.6	6.5	79.6	-0.2	19.7	349.6	3.3	79.6	-0.2
	底层	35.8	352.7	0.9	82.7	0.0	18.5	352.7	0.5	82.7	0.0
V7	表层	43.9	359.2	2.3	89.2	-0.1	22.7	359.2	1.2	89.2	-0.1
	中层	43.5	2.9	1.3	92.9	0.0	22.5	2.9	0.7	92.9	0.0
	底层	38.2	5.2	1.1	95.2	0.0	19.7	5.2	0.6	95.2	0.0
V8	表层	41.1	350.6	1.9	80.6	0.0	21.3	350.6	1.0	80.6	0.0
	中层	38.0	347.6	0.6	257.6	0.0	19.7	347.6	0.3	257.6	0.0
	底层	33.1	343.3	2.0	253.3	0.1	17.1	343.3	1.0	253.3	0.1
V9	表层	22.0	325.1	3.5	235.1	0.2	11.4	325.1	1.8	235.1	0.2
	中层										
	底层	16.5	323.5	4.9	233.5	0.3	8.5	323.5	2.6	233.5	0.3
V10	表层	45.2	19.9	3.1	109.9	-0.1	23.4	19.9	1.6	109.9	-0.1

	中层	38.5	19.5	3.7	109.5	-0.1	19.9	19.5	1.9	109.5	-0.1
	底层	33.3	17.5	0.5	107.5	0.0	17.2	17.5	0.3	107.5	0.0
	表层	37.4	331.2	3.6	61.2	-0.1	19.4	331.2	1.9	61.2	-0.1
V11	中层	37.3	148.9	1.6	238.9	0.0	19.3	328.9	0.8	58.9	0.0
	底层	26.8	148.5	1.4	58.5	0.1	13.8	328.5	0.7	238.5	0.1
	表层	12.9	190.1	2.0	280.1	-0.2	6.7	10.1	1.1	100.1	-0.2
V12	中层	12.3	186.2	2.9	276.2	-0.2	6.3	6.2	1.5	96.2	-0.2
	底层	15.0	166.9	3.8	256.9	-0.3	7.8	166.9	2.0	256.9	-0.3
	表层	24.9	160.2	5.1	250.2	-0.2	12.9	340.2	2.6	70.2	-0.2
V13	中层	23.1	165.6	3.2	255.6	-0.1	12.0	345.6	1.7	75.6	-0.1
	底层	16.9	160.9	2.2	250.9	-0.1	8.7	340.9	1.1	70.9	-0.1
	表层	22.3	135.9	7.9	45.9	0.4	11.5	135.9	4.1	45.9	0.4
V14	中层	26.0	151.1	0.3	241.1	0.0	13.5	151.1	0.1	241.1	0.0
	底层	14.7	154.3	1.3	244.3	-0.1	7.6	154.3	0.7	244.3	-0.1

续上表

站 位	测层	M ₄					MS ₄				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
V1	表层	8.4	1.7	0.4	91.7	0.0	5.9	1.7	0.3	91.7	0.0
	中层	7.5	5.2	1.0	95.2	-0.1	5.3	5.2	0.7	95.2	-0.1
	底层	5.3	4.4	0.2	94.4	0.0	3.8	4.4	0.1	94.4	0.0
V2	表层	5.0	49.0	0.9	319.0	0.2	3.5	49.0	0.6	319.0	0.2
	中层										
	底层										
V3	表层	3.7	5.4	1.2	95.4	-0.3	2.6	5.4	0.9	95.4	-0.3
	中层	3.6	350.6	2.1	80.6	-0.6	2.5	350.6	1.5	80.6	-0.6
	底层	3.9	210.0	2.0	300.0	-0.5	2.8	30.0	1.4	120.0	-0.5
V4	表层	5.4	208.2	1.4	118.2	0.3	3.9	28.2	1.0	298.2	0.3
	中层	6.2	221.1	1.8	311.1	-0.3	4.4	41.1	1.3	131.1	-0.3
	底层	6.7	187.1	2.7	277.1	-0.4	4.7	7.1	1.9	97.1	-0.4
V5	表层	7.9	157.2	3.3	67.2	0.4	5.6	337.2	2.3	247.2	0.4
	中层	5.1	208.7	0.4	118.7	0.1	3.6	28.7	0.2	298.7	0.1
	底层	5.3	193.1	0.7	283.1	-0.1	3.8	13.1	0.5	103.1	-0.1
V6	表层	6.5	176.5	1.5	86.5	0.2	4.6	356.5	1.1	266.5	0.2
	中层	8.5	153.8	1.3	63.8	0.1	6.0	333.8	0.9	243.8	0.1
	底层	4.5	163.0	1.8	73.0	0.4	3.2	343.0	1.3	253.0	0.4
V7	表层	10.6	192.2	1.6	282.2	-0.2	7.5	12.2	1.1	102.2	-0.2
	中层	7.4	183.1	0.8	93.1	0.1	5.2	3.1	0.6	273.1	0.1
	底层	6.2	188.5	1.1	278.5	-0.2	4.4	8.5	0.8	98.5	-0.2
V8	表层	7.4	145.6	0.5	235.6	-0.1	5.2	325.6	0.4	55.6	-0.1
	中层	5.6	146.8	0.4	56.8	0.1	4.0	326.8	0.2	236.8	0.1
	底层	5.0	153.7	0.4	243.7	-0.1	3.6	333.7	0.3	63.7	-0.1
V9	表层	2.0	291.1	0.9	201.1	0.5	1.4	291.1	0.7	201.1	0.5
	中层										

	底层	2.4	248.7	1.3	158.7	0.5	1.7	248.7	0.9	158.7	0.5
V10	表层	4.8	169.2	2.5	259.2	-0.5	3.4	169.2	1.8	259.2	-0.5
	中层	6.4	194.5	0.5	284.5	-0.1	4.5	194.5	0.3	284.5	-0.1
	底层	5.5	212.4	0.7	302.4	-0.1	3.9	212.4	0.5	302.4	-0.1
V11	表层	4.8	157.0	0.1	247.0	0.0	3.4	157.0	0.1	247.0	0.0
	中层	4.6	176.1	0.8	266.1	-0.2	3.2	176.1	0.5	266.1	-0.2
	底层	2.5	195.1	1.0	105.1	0.4	1.8	195.1	0.7	105.1	0.4
V12	表层	1.8	142.7	0.4	232.7	-0.2	1.3	142.7	0.3	232.7	-0.2
	中层	1.6	157.8	0.1	67.8	0.1	1.2	337.8	0.1	67.8	0.1
	底层	1.0	259.7	0.1	169.7	0.1	0.7	259.7	0.1	169.7	0.1
V13	表层	3.2	191.6	0.5	281.6	-0.1	2.3	191.6	0.3	281.6	-0.1
	中层	4.7	152.3	1.8	242.3	-0.4	3.3	152.3	1.3	242.3	-0.4
	底层	4.5	120.1	1.3	210.1	-0.3	3.2	120.1	0.9	210.1	-0.3
V14	表层	5.9	133.4	0.6	223.4	-0.1	4.1	133.4	0.4	223.4	-0.1
	中层	3.0	143.0	1.1	53.0	0.4	2.1	143.0	0.8	53.0	0.4
	底层	4.9	138.5	0.1	48.5	0.0	3.5	138.5	0.1	48.5	0.0

注：表中方向只为其一， $\pm 180^\circ$ 为另一方向

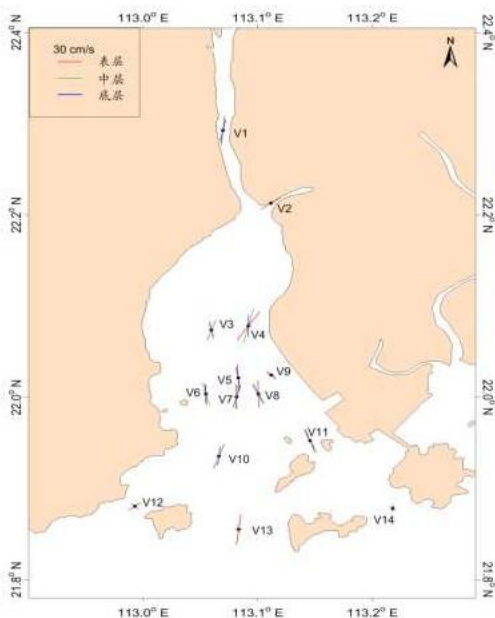


图7.1.3-7a 各站O1分潮流长轴分布图

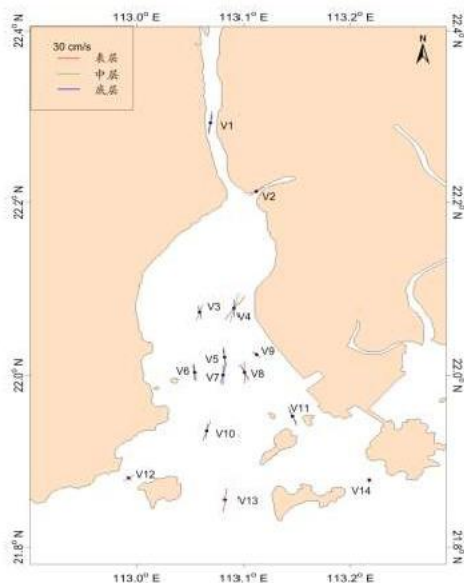


图 7.1.3-7b 各站 K1 分潮流长轴分布图

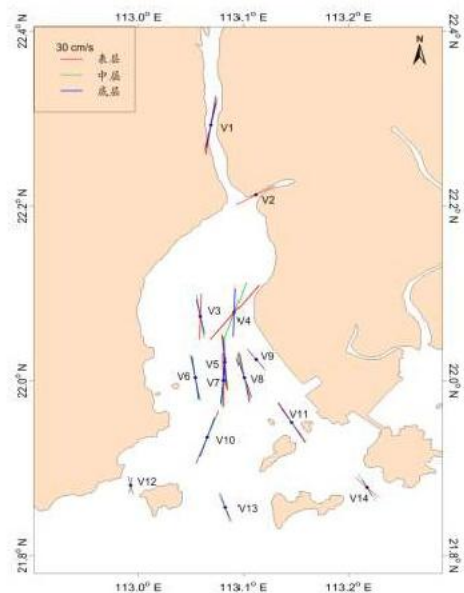


图 7.1.3-7c 各站 M2 分潮流长轴分布图

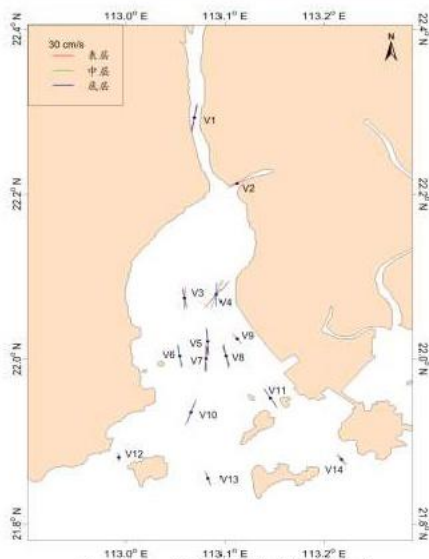


图 7.1.3-7d 各站 S2 潮流长轴分布图

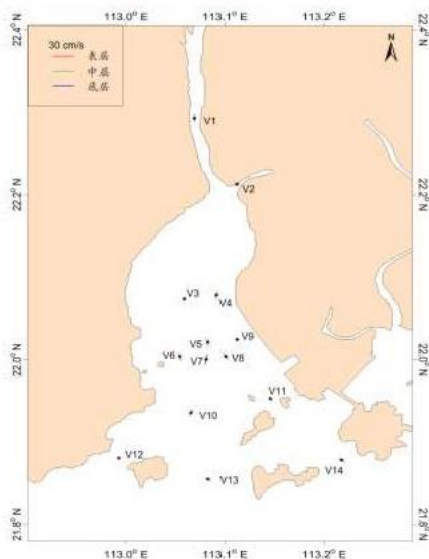


图 7.1.3-7e 各站 M4 潮流长轴分布图

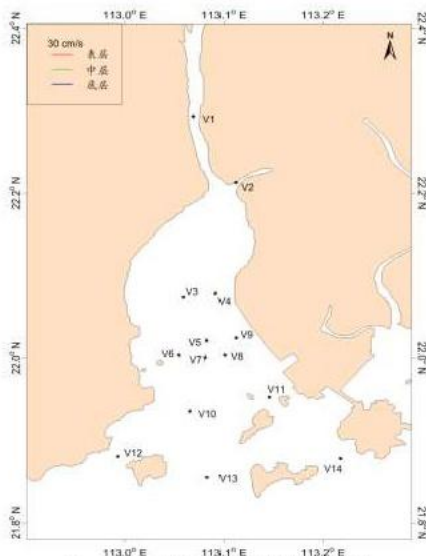


图 7.1.3-7f 各站 MS4 潮流长轴分布图

2) 可能最大流速和水质点可能最大运移距离

根据《海港水文规范》(JTS145-2)规定,可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离。

潮流和风海流为主的近岸海区,海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

1)对规则半日潮流海区可按下式计算:

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (7.1.3-1)$$

2) 对规则全日潮流海区可按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (7.1.3-2)$$

式中 $\vec{V}_{\max}$ ——潮流的可能最大流速(流速: cm/s, 流向: °)

$\vec{W}_{M_2}$ ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

$\vec{W}_{S_2}$ ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

$\vec{W}_{K_1}$ ——太阴太阳赤道日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

$\vec{W}_{O_1}$ ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{M_s}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{MS_s}$ ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用式（7.1.3-1）和式（7.1.3-2）中的大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算：

1) 规则半日潮流海区按下式计算：

$$\bar{L}_{\max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_1} + 69.9\vec{W}_{MS_1} \quad (7.1.3-3)$$

2) 规则全日潮流海区按下式计算：

$$\bar{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (7.1.3-4)$$

式中 $\bar{L}_{\max}$ ——潮流水质点的可能最大运移距离（距离：m，方向：°）

$\vec{W}_{M_2}$ ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{S_2}$ ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{K_1}$ ——太阴—太阳赤道日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{O_1}$ ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{M_s}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{MS_s}$ ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用式（7.1.3-3）和式（7.1.3-4）中的大值。

根据各站层的潮流性质（表 7.1.3-5），按式（7.1.3-1）～式（7.1.3-4）及相关规定，计算各层潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离，计算结果列入表 7.1.3-5 中，由表中可见，调查海域潮流可能最大流速为 158.9 cm/s，出现在 V4 站表层，各站层可能最大流速介于 11.8-158.9 cm/s 之间，潮流可能最大流速的方向大部分表现为东北-西南向。水质点可能最大运移距离为 33.4 km（V4 站

中层)，各站层可能最大运移距离介于 2.7km~33.4 km 之间，方向以东北-西南向为主，与最大可能流速方向一致。

表 7.1.3-5 调查海区各站层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (km)	方向 (度)
V1	表层	148.8	7.0	28.3	6.8
	中层	135.9	9.1	25.4	7.0
	底层	113.9	10.8	21.6	11.4
V2	表层	94.4	56.5	18.6	55.4
	中层				
	底层				
V3	表层	108.6	7.1	21.2	12.9
	中层	102.7	352.2	19.4	353.1
	底层	77.2	347.0	15.6	346.5
V4	表层	158.9	34.5	33.2	33.8
	中层	156.5	15.3	33.4	14.6
	底层	108.1	1.4	22.2	1.2
V5	表层	128.7	355.9	26.7	356.2
	中层	112.2	356.0	22.2	355.5
	底层	101.8	355.0	20.9	353.7
V6	表层	100.5	353.2	21.3	353.8
	中层	104.9	346.8	21.6	345.7
	底层	94.5	355.0	19.1	357.4
V7	表层	122.0	359.2	25.2	359.3
	中层	117.2	3.0	23.9	3.0
	底层	105.2	9.3	21.7	10.9
V8	表层	122.0	354.7	25.8	356.2
	中层	107.2	344.8	22.3	343.8
	底层	95.7	338.6	20.1	336.9
V9	表层	62.5	321.7	12.1	321.4
	中层				
	底层	46.6	313.5	9.2	312.5
V10	表层	125.9	19.3	26.0	19.0
	中层	104.0	19.9	21.2	20.0
	底层	91.0	12.5	18.7	10.5
V11	表层	110.9	336.2	23.5	337.9
	中层	34.0	341.3	12.2	338.8
	底层	21.6	338.4	7.9	336.2
V12	表层	25.9	64.3	7.9	59.3
	中层	18.0	56.4	5.7	50.1
	底层	19.0	194.5	3.7	290.5
V13	表层	55.8	12.5	17.4	9.5
	中层	11.8	349.5	4.9	348.3

	底层	14.1	173.1	3.5	253.3
V14	表层	42.4	134.7	3.7	133.4
	中层	50.0	143.6	6.0	134.6
	底层	28.5	137.6	2.7	110.6

注：表中方向只为其一， $\pm 180^\circ$ 为另一方向

3) 余流分析 (2019 年 2 月)

(1) 大潮期余流分析

表 7.1.3-6 为大潮期间各测站的余流，图 7.1.3-8 是大潮期各站余流分布图。从图表中可知，调查海域各站余流大小量值介于 2.8 cm/s ~ 23.8 cm/s 之间，最大余流出现在 V4 站表层，大小为 23.8 cm/s ，方向为 237.0° ；最小余流出现在 V8 站底层，大小为 2.8 cm/s ，方向为 188.8° 。

就整个海域而言，大潮期间，余流较小，方向紊乱（见图 7.1.3-8）。

表 7.1.3-6 调查海域各站大潮期余流(单位: cm/s , $^\circ$)

海区	站位	测层	流速	流向
黄茅海	V1	表层	11.6	160.9
		中层	8.6	158.0
		底层	8.0	182.1
	V2	表层	15.4	257.9
		底层		
	V3	表层	8.2	229.0
		中层	2.9	120.2
		底层	5.7	28.5
	V4	表层	23.8	237.0
		中层	13.3	179.9
		底层	5.8	346.8
	V5	表层	8.2	237.5
		中层	2.8	339.0
		底层	4.6	346.1
	V6	表层	8.4	205.4
		中层	8.6	169.2
		底层	8.3	209.0
	V7	表层	10.3	165.0
		中层	7.6	137.7
		底层	4.9	121.1
	V8	表层	9.2	210.8
		中层	6.3	197.1
		底层	2.8	188.8
	V9	表层	8.0	191.5
		底层	7.3	200.2
	V10	表层	19.6	209.5

		中层	14.0	236.9
		底层	10.2	254.2
	V11	表层	9.0	271.4
		中层	12.7	289.8
		底层	10.9	299.8
	V12	表层	9.8	273.6
		中层	5.3	254.0
		底层	4.6	188.6
	V13	表层	8.3	248.6
		中层	3.7	265.7
		底层	6.7	14.6
	V14	表层	9.3	264.3
		中层	19.6	315.7
		底层	13.2	304.1

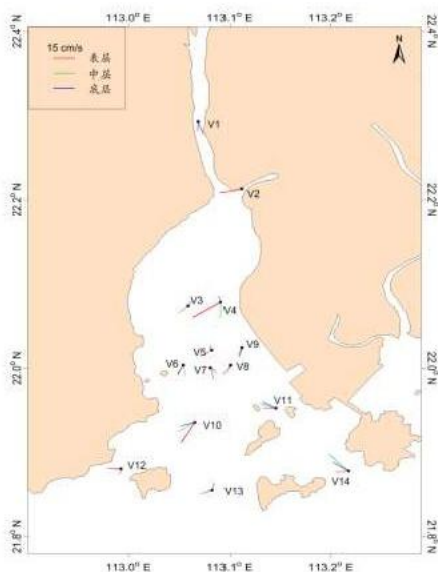


图 7.1.3-8 大潮期各站余流分布图 (2019 年 2 月)

(2) 小潮期余流分析

表 7.1.3-7 为小潮期间各测站的余流，图 7.1.3-9 是小潮期各站余流分布图。

从图表中可知，调查海域各站余流大小量值介于 0.4 cm/s-24.9 cm/s 之间，最大余流出现在 V4 站表层，大小为 24.9 cm/s，方向为 210.5°；最小余流出现在 V11 站底层，大小为 0.4 cm/s，方向为 0.2°。

就整个海域而言，小潮期间，余流较小，方向紊乱（见图 7.1.3-9）。

表 7.1.3-7 调查海域各站小潮期余流(单位: cm/s, °)

海区	站位	测层	流速	流向
黄茅海	V1	表层	5.5	187.5
		中层	4.4	158.4
		底层	3.7	184.4
	V2	表层	20.2	237.0
		中层		
		底层		
	V3	表层	7.6	193.3
		中层	3.0	171.0
		底层	6.2	179.9
	V4	表层	24.9	210.5
		中层	1.9	238.0
		底层	11.7	3.9
	V5	表层	8.5	195.2
		中层	4.8	5.6
		底层	8.8	356.0
	V6	表层	12.2	204.2
		中层	8.6	3.1
		底层	13.2	349.5
	V7	表层	9.5	151.6
		中层	12.0	41.0
		底层	15.0	21.8
	V8	表层	10.3	173.1
		中层	4.9	356.7
		底层	12.6	353.2
	V9	表层	2.7	166.2
		中层		
		底层	1.5	193.4
	V10	表层	10.0	200.8
		中层	1.1	42.4
		底层	3.4	331.9
	V11	表层	1.1	272.8
		中层	1.8	271.0
		底层	0.4	0.2
	V12	表层	10.8	287.6
		中层	8.0	306.3
		底层	1.0	275.1
	V13	表层	9.8	162.0

		中层	11.2	63.3
		底层	3.5	154.9
	V14	表层	8.4	295.3
		中层	5.6	307.5
		底层	3.5	312.5

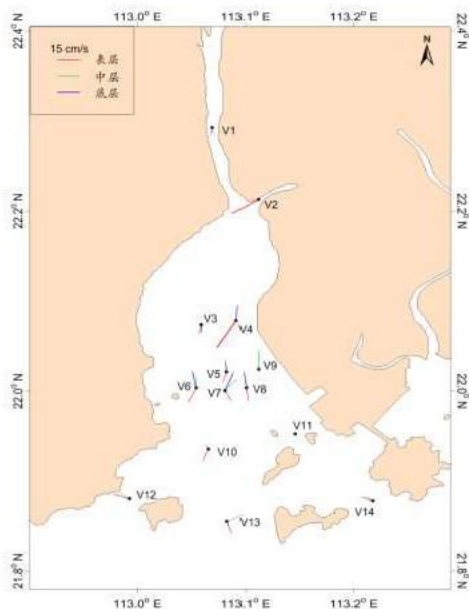


图 7.1.3-9 小潮期各站余流分布图 (2019 年 2 月)

7.1.4 悬浮泥沙 (2019 年 2 月)

悬浮泥沙浓度是一种随机性很强的变量,在时间与空间上变化很大。其变化与分布特征主要受泥沙来源、潮流、波浪、底质等诸多因素控制。通常近海泥沙来源主要有:河流入海泥沙、海岸海滩和岛屿侵蚀泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙。

7.1.4.1 悬浮泥沙及其变化特征

为获取调查海域海域悬浮泥沙浓度分布变化情况,对悬浮泥沙进行了观测。悬浮泥沙采样频率为每两小时一次,采样层次为表、中、底三层。

1) 大潮期悬浮泥沙浓度特征值

表 7.1.4-1 统计了大潮期各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。从表中可见,表、

中、底层最大悬浮泥沙浓度分别为 0.2677kg/m^3 、 0.2842kg/m^3 、 0.3538kg/m^3 ，分别出现在 V7 站表层、V1 站中层和 V1 站底层。

表 7.1.4-1 大潮期各站含沙量特征值统计表 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

站位	测层	最大值	最小值	平均值	平均
V1	表	0.1301	0.0280	0.0722	0.0529
	中	0.2842	0.0213	0.0721	
	底	0.3538	0.0081	0.1425	
V2	表	0.0383	0.0090	0.0167	0.0167
	底				
V3	表	0.1010	0.0139	0.0509	0.0539
	中	0.1029	0.0162	0.0497	
	底	0.1250	0.0201	0.0612	
V4	表	0.0226	0.0056	0.0129	0.0124
	中	0.0214	0.0005	0.0115	
	底	0.0254	0.0057	0.0127	
V5	表	0.0401	0.0106	0.0206	0.0228
	中	0.0341	0.0127	0.0199	
	底	0.0860	0.0147	0.0278	
V6	表	0.1543	0.0067	0.0503	0.0507
	中	0.1354	0.0061	0.0468	
	底	0.1574	0.0099	0.0551	
V7	表	0.2677	0.0114	0.0622	0.0683
	中	0.1924	0.0126	0.0546	
	底	0.2305	0.0180	0.0881	
V8	表	0.0316	0.0023	0.0138	0.0159
	中	0.0287	0.0040	0.0159	
	底	0.0346	0.0037	0.0180	
V9	表	0.0506	0.0070	0.0223	0.0210
	底	0.0525	0.0056	0.0196	
V10	表	0.0436	0.0036	0.0168	0.0184
	中	0.0464	0.0029	0.0169	
	底	0.0617	0.0045	0.0215	
V11	表	0.0347	0.0029	0.0137	0.0152
	中	0.0243	0.0041	0.0112	
	底	0.0693	0.0023	0.0206	
V12	表	0.0326	0.0019	0.0095	0.0110
	中	0.0163	0.0030	0.0113	
	底	0.0399	0.0004	0.0121	
V13	表	0.0182	0.0020	0.0093	0.0107
	中	0.0164	0.0011	0.0094	

	底	0.0419	0.0030	0.0133	
V14	表	0.0637	0.0003	0.0156	0.0152
	中	0.0567	0.0016	0.0134	
	底	0.0806	0.0023	0.0167	

2) 小潮期悬浮泥沙浓度特征值

表 7.1.4-2 统计了小潮期各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。从表中可见，表、中、底层最大悬浮泥沙浓度分别为 0.1844kg/m^3 、 0.0575kg/m^3 、 0.2945kg/m^3 ，分别出现在 V7 站表层、V7 站中层和 V1 站底层。

表 7.1.4-2 小潮期各站含沙量特征值统计表 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

站位	测层	最大值	最小值	平均值	平均
V1	表	0.1291	0.0063	0.0450	0.0532
	中	0.0477	0.0064	0.0200	
	底	0.2945	0.0110	0.0947	
V2	表	0.0200	0.0033	0.0107	0.0107
	中				
	底				
V3	表	0.0147	0.0016	0.0086	0.0084
	中	0.0159	0.0009	0.0081	
	底	0.0176	0.0030	0.0086	
V4	表	0.0169	0.0032	0.0104	0.0100
	中	0.0147	0.0018	0.0099	
	底	0.0149	0.0026	0.0098	
V5	表	0.0203	0.0003	0.0097	0.0093
	中	0.0134	0.0020	0.0094	
	底	0.0141	0.0019	0.0089	
V6	表	0.0144	0.0036	0.0100	0.0100
	中	0.0162	0.0004	0.0094	
	底	0.0177	0.0032	0.0105	
V7	表	0.1844	0.0047	0.0350	0.0336
	中	0.0575	0.0053	0.0147	
	底	0.1245	0.0085	0.0512	
V8	表	0.0150	0.0011	0.0098	0.0086
	中	0.0134	0.0006	0.0076	
	底	0.0130	0.0017	0.0084	
V9	表	0.0135	0.0038	0.0106	0.0104
	中				
	底	0.0144	0.0019	0.0101	
V10	表	0.0132	0.0017	0.0081	0.0090

	中	0.0172	0.0010	0.0084	
	底	0.0178	0.0027	0.0104	
V11	表	0.0157	0.0016	0.0100	0.0098
	中	0.0173	0.0006	0.0092	
	底	0.0171	0.0032	0.0101	
V12	表	0.0166	0.0010	0.0089	0.0095
	中	0.0140	0.0004	0.0080	
	底	0.0402	0.0022	0.0117	
V13	表	0.0195	0.0004	0.0108	0.0093
	中	0.0123	0.0004	0.0079	
	底	0.0167	0.0013	0.0093	
V14	表	0.0156	0.0026	0.0100	0.0109
	中	0.0157	0.0017	0.0088	
	底	0.0634	0.0005	0.0138	

7.1.4.2 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。

1) 大潮期输沙量

表 7.1.4-3 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的大潮单宽输沙量统计结果。

观测期间最大涨潮输沙量出现于 V1 站，为 8.33 t/m，方向为 11.9°；最大落潮输沙量出现于 V1 站，为 11.07 t/m，方向为 184.9°。全潮最大净输沙量出现在 V14 站，为 3.07 t/m，方向为 310.0°。

从大潮期各站净输沙量的方向来看，大部分站位净输沙方向以落潮方向为主（见图 7.1.4-1）。

表 7.1.4-3 各站大潮单宽输沙量统计表（2019 年 2 月）

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
V1	8.33	11.9	11.07	184.9	2.98	164.9
V2	0.10	48.9	0.38	245.6	0.29	251.0
V3	3.53	358.6	5.38	174.8	1.87	167.7
V4	1.86	19.5	2.42	202.9	0.57	214.4
V5	2.11	351.8	2.49	179.0	0.47	212.8
V6	6.11	342.6	8.52	177.0	3.01	207.3

V7	4.84	5.6	7.31	179.8	2.54	168.6
V8	1.65	342.4	1.25	172.6	0.48	315.1
V9	0.32	308.6	0.36	154.2	0.16	215.5
V10	1.22	9.2	2.81	206.6	1.69	219.0
V11	2.06	318.7	1.68	162.6	0.86	266.7
V12	0.33	347.0	0.48	202.1	0.28	244.8
V13	1.27	344.2	1.05	179.8	0.38	295.9
V14	3.69	323.5	1.01	188.8	3.07	310.0

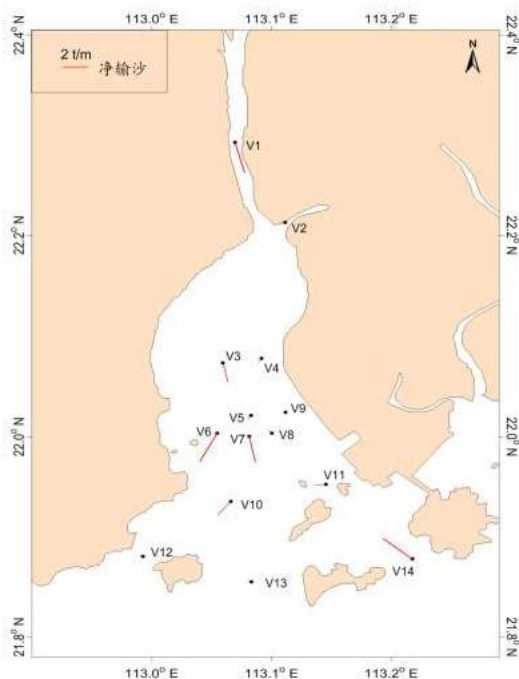


图 7.1.4-1 大潮期净输沙示意图 (2019 年 2 月)

2) 小潮期输沙量

表 7.1.4-4 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的小潮单宽输沙量统计结果。

观测期间最大涨潮输沙量出现于 V1 站, 为 1.91 t/m, 方向为 11.9°; 最大落潮输沙量出现于 V1 站, 为 1.92 t/m, 方向为 186.3°。全潮最大净输沙量出现在 V14 站, 为 0.85 t/m, 方向为 313.8°。

总体而言,小潮期整体输沙量较小,各站净输沙方向较为紊乱(见图 7.1.4-2)。

表 7.1.4-4 各站小潮单宽输沙量统计表 (2019 年 2 月)

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
V1	1.91	11.9	1.92	186.3	0.19	102.5
V2	0.03	43.6	0.19	234.9	0.16	236.8
V3	0.22	0.4	0.34	178.4	0.12	174.7
V4	0.66	12.2	1.07	202.5	0.43	218.2
V5	0.57	349.8	0.38	173.5	0.19	342.3
V6	0.67	345.3	0.36	173.1	0.31	336.2
V7	1.38	14.4	1.20	169.8	0.58	74.6
V8	0.48	351.2	0.47	171.6	0.01	320.5
V9	0.07	340.8	0.09	163.0	0.02	171.4
V10	0.41	15.2	0.45	199.6	0.05	239.3
V11	0.79	337.1	0.58	163.1	0.23	322.1
V12	0.31	324.5	0.12	193.1	0.25	303.9
V13	0.56	15.3	0.66	160.5	0.38	102.0
V14	1.06	331.3	0.36	196.5	0.85	313.8

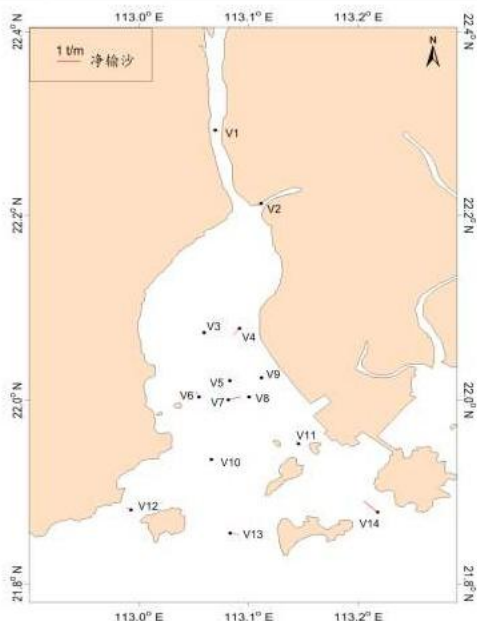


图 7.1.4-2 小潮期净输沙示意图 (2019 年 2 月)

7.1.5 水文观测结论（2019 年 2 月）

根据 2019 年 2 月 21 日—2019 年 2 月 28 日大、小期间对调查海区 5 个临时潮位站资料和 14 个海流测站的水文观测资料的分析，我们得到如下几点看法，水文观测期间：

1. 调查海区的潮汐属于不规则半日潮，潮汐的日不等现象显著，涨潮历时与落潮历时相当。
2. 调查海区海流中潮流性质明显，大潮期涨潮流向东北，落潮流向西南，观测区域海流强度中等，涨、落潮流流速的平均值多在 15.7~81.6 cm/s 之间；小潮期涨潮流向西北，落潮流向东南或西南，观测区域内海流较弱，涨、落潮流流速的平均值多在 7.9~44.9 cm/s 之间；总体上，观测期间各站层落潮流速平均值稍大于涨潮流速平均值。
3. 总体上，调查海区的潮流性质为以不规则半日潮流为主，主要分潮流中以 M_2 分潮流椭圆长半轴（即最大流速）为最大，其次为 O_1 、 K_1 、 S_2 、 M_4 次之， MS_4 分潮流长半轴最小。 M_2 分潮流较大反映了半日潮的特征。主要分潮流最大流速的方向（即潮流椭圆长半轴的方向）主要表现为东北-西南向。
4. 调查海区潮流可能最大流速与水质点可能最大运移距离分别以 V4 站表层和 V4 站中层为最大，分别是 158.9 cm/s 和 33.4 km；潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离的方向以东北及西北向为主。
5. 调查海区的余流较小，大潮期最大为 23.8 cm/s，小潮期最大为 24.9 cm/s；调查期间余流方向紊乱。
6. 调查海区大潮期海水温度变化范围为 18.28℃~22.62℃之间，小潮期海水温度变化范围为 16.63℃~20.06℃之间，总体而言，水温变化不大。
7. 调查海区盐度变化较大，大潮期海水盐度变化范围为 0.15~32.90 之间，小潮期海水盐度变化范围为 0.14~31.72 之间。
8. 调查海区不同潮期悬浮泥沙浓度一般不超过 0.4000 kg/m³，大潮期悬浮泥沙浓度介于 0.0003kg/m³~0.3538 kg/m³ 之间，小潮期悬浮泥沙浓度介于 0.0003kg/m³~0.2945 kg/m³ 之间；大潮期净输沙以落潮方向为主，小潮期净输沙方向较紊乱。

7.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

7.2.1 地形地貌特征

项目所在海区处于滨海地带，属于珠江河口主要分流(磨刀门、鸡啼门等)的

下风下水侧。这种特殊的地理位置决定了该海区动力环境处于潮汐、沿岸流、高盐陆架区和波浪等四种动力体系作用之下。

高栏港区附近海水下地形由四槽二滩所构成。四槽是：①纵向穿越三角山—大杙峡口和荷包—高栏峡口，呈 W~SE 走向，宽 1.2~4.5 km，水深 3~9 m。由潮流(主要是涨潮流)冲刷而成；②纵向穿越三角山~南水峡口，呈 NW—SE 向，宽 1.5~6 km，水深 2~5 m，亦是由涨潮流冲刷而成；③横向穿越南水—高栏之间呈 NE—SW 向，水深 2~3 m；④横向穿越大杙峡口及荷包—高栏峡口 NW—SE 向深槽为主槽，其宽度和深度均较其它三槽为大。二滩是：①南水半岛—高栏岛之间的岛影浅滩；②大杙岛~荷包岛之间的岛影浅滩。

图 7.2.1-1 为本工程码头所在及附近海域的水深图，由图中可见，本工程码头港池停泊区疏浚前的水深为 2.0m~4.8m，回旋水域与黄茅海 5 万吨级航道水域重合，其水深基本都在 11.0m 以上。

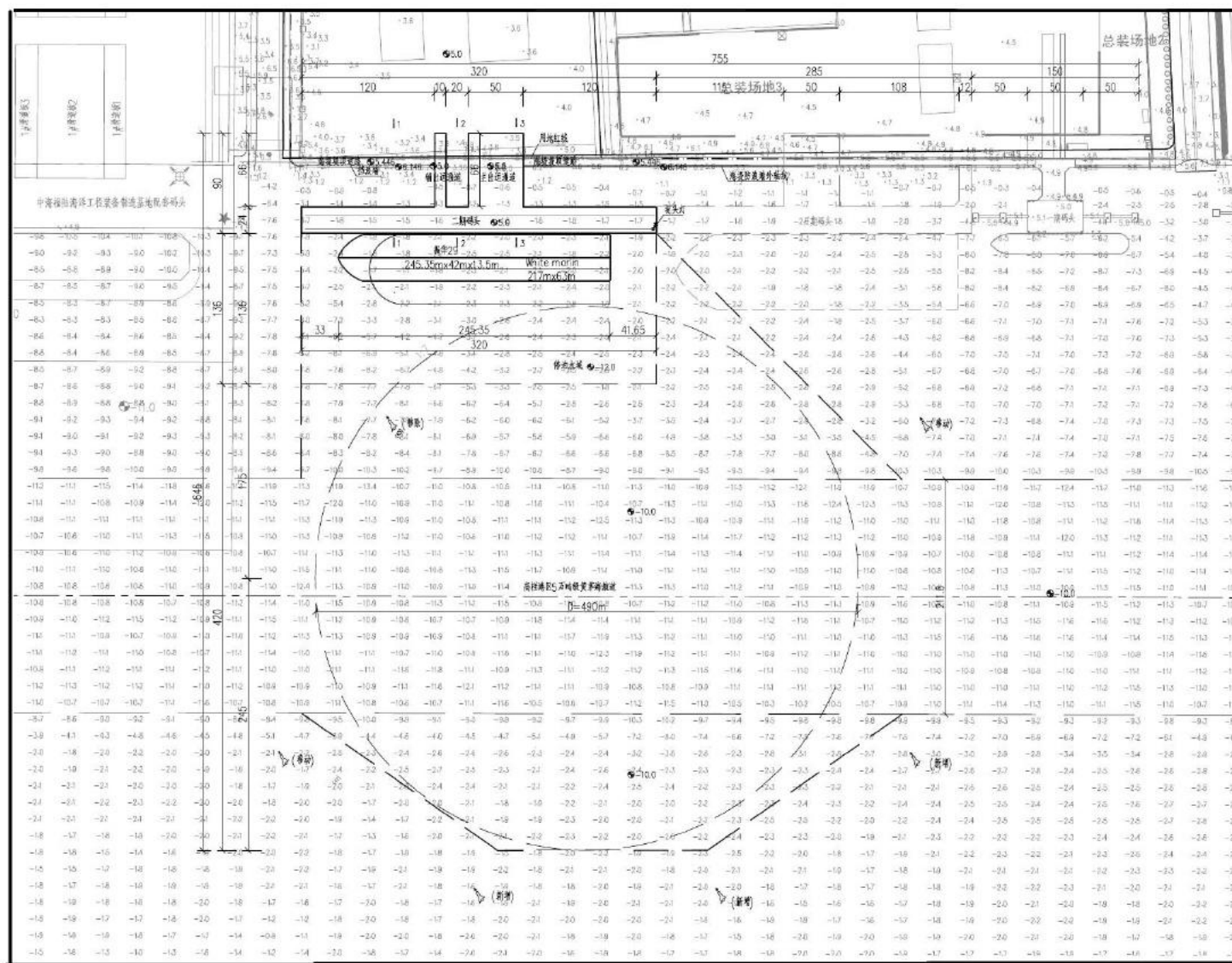


图 7.2.1-1 本项目所在及附近海域水深图 (局部放大)

7.2.2 泥沙来源及运动特征

根据高栏岛海区的钻探资料部分样品的地层沉积相分析 C_{14} 年代测定资料表明：高栏海区第四系沉积可分为二个地层，即上部海相层和下部陆相层，它们的沉积特征截然不同，上部海相层主要由粉砂淤泥、砂质淤泥组成，普遍含海相贝壳也含有少量腐木和腐殖质。下部陆相层主要由杂色亚粘土，灰色淤泥质亚粘土组成，也含粗、细砂层。

第四纪沉积环境变迁主要是由全球范围的冰川性海面变动引起的，晚更新世以来，华南和珠江三角洲地区均发生了二次大范围的海侵，这二次海侵过程引起了高栏海区的沉积环境演变。大约 1~3 万年前，高栏海域仍为陆地，通过 7000~10000 年前及 2500~7000 年前的二次海侵(海面上升)，高栏海区沦为深水海湾，距今 2500 年以来，由于河流作用明显加强，珠江鸡啼门、磨刀门及崖门诸河口向海推进，高栏海区向河口湾转化，形成二层上部黄灰色粉砂淤泥沉积。在南水岛和高栏岛之间的海域，由于鸡啼门及其以东的珠江河口推进较快，接受泥沙较多，滩涂淤积较快。

高栏港区位于珠江口西部，由高栏列岛围成一相对独立的海区，属淤泥质海岸，水深由南向北渐浅。其西北为黄茅海河口湾，东北为鸡啼门、磨刀门河口。由于处理径流、潮流交汇的海区，本海区的水动力条件较为复杂，除径、潮流作用外，还受波浪、近岸流以及咸淡水混合作用等因素的影响。

黄茅海为以潮汐作用为主的河口湾，径潮比为 7%，潮汐作用较强，河口推移质泥沙来量少，悬移质在河口作往复搬运，部分向外海输移；而东北的鸡啼门河口属河流作用为主的河口，淡水水压作用强，河口泥沙来量丰富，悬沙大量向海搬运。在珠江口西岸沿岸流作用下，鸡啼门及磨刀门入海泥沙随西向流，通过南水-高栏峡口及高栏岛南部进入本海区，成为本海区重要的泥沙来源。海区淤积速率平均 3~5 cm/a，海床呈微弱淤积状态。1991 年高栏岛与南水岛间的连岛大堤兴建后，截断了经此峡口的西向沿岸流，使海区来沙量相对减少，建港条件大大改善。

虽然高栏海域的含沙量相对较低，但由于潮流较强，涨、落潮量较大，涨潮期经高栏西断面进入的泥沙和落潮期由南水西、三角山西汇入的泥沙总量不小。因此，汇入高栏海域的上、下游来沙比例及来沙总量一直是研究该海域泥沙问题的重点。

吴加学等(1999 年)认为黄茅海河口湾泥沙来源有上游河流输沙,通过南水岛—高栏岛峡口鸡啼门来沙,口外沿岸流挟带的海域泥沙。河流输沙主要沿北槽南下,鸡啼门流域来沙通过东槽和三角山东侧通道北上,海域来沙主要沿东槽和西槽北上。黄茅海泥沙的“汇”主要是西滩、拦门浅滩和大海环浅滩。应强等(1997 年)根据底沙样品的中子活化分析示踪泥沙的原始数据,采用模糊数学聚类分析方法得出的泥沙输移的主要路线。同时通过选取沙源泥沙样本,采用均方差最小的方法,计算各沙源对海域内各样本点的贡献,结果表明,无论洪季,还是枯季,海域泥沙均为高栏海区泥沙的主要来源。另据吴加学等(1999 年)运用 McLaren 模型对黄茅海的泥沙输移研究认为,珠江口近岸常年西南向沿岸流携带大量泥沙来自外海进入高栏海域,成为高栏海域乃至拦门沙浅滩海域泥沙的主要来源。上述研究表明,海域来沙对高栏海域起决定性的影响。

7.2.3 高栏港冲淤环境变化

高栏港区经过近几年的运作,航道回淤问题已显现出来。根据高栏港区 1997~2005 年港池航道的实测地形资料,结合以往的研究成果,综合分析高栏港区附近滩槽近期冲淤变化。

高栏港区航道的淤积强度平面分布是中间大两头小,即岩谷、九丰航道,华联港池,进港航道上段(OM 段)年回淤强度较大,为 0.96~1.40 m/a 左右;电厂支航道、高栏国码支航道为 0.53~0.90 m/a 左右;高栏国码港池、电厂港池、进港航道下段(MB 段)、华联支航道较小,均在 0.52 m/a 以下。高栏港区年回淤强度有逐年减小趋势。台风对高栏港区泥沙回淤影响较大,骤淤最大的地方是常年年回淤最强的区域。骤淤量与台风的强度和风向有较大关系。

7.3 海洋环境现状调查与评价

本报告引用中国科学院南海海洋研究所下属的广州南科海洋工程中心在本项目所在及周边海域于 2019 年 8 月底(秋季)进行的海洋水质、海洋生物生态环境现状调查和 2019 年 4 月进行的沉积物环境现状调查资料。

7.3.1 调查概况

广州南科海洋工程中心于 2019 年 8 月底在本项目所在及附近海域共布设了 48 个水质调查站位,29 个生态调查(含生物资源、渔业资源)站位;2019 年 4 月布设了 24 个沉积物调查站位。本次调查站位的布置示意图见图 7.3.1-1。

调查站位坐标和调查内容见表 7.3.1-1,

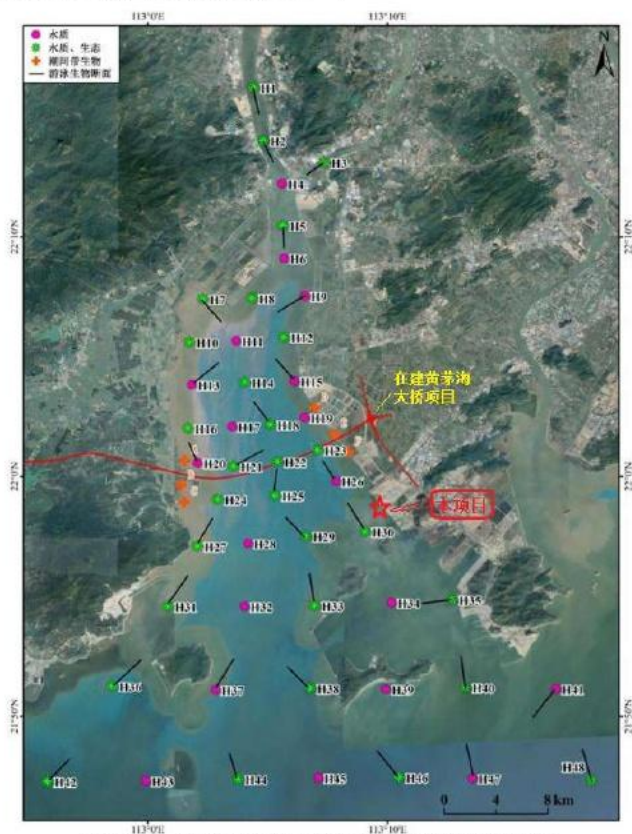


图 7.3.1-1 2019 年秋季海洋环境现状调查站位布置示意图

表 7.3.1-1 海洋环境现状调查站位坐标和调查内容

站位	经度	纬度	调查内容
H1	113°04.412'	22°16.243'	水质、生态
H2	113°04.814'	22°14.028'	水质、生态
H3	113°07.355'	22°13.105'	水质、生态
H4	113°05.602'	22°12.229'	水质
H5	113°05.640'	22°10.481'	水质、生态
H6	113°05.693'	22°09.112'	水质
H7	113°02.290'	22°07.413'	水质、生态
H8	113°04.342'	22°07.448'	水质、沉积物、生态
H9	113°06.559'	22°07.539'	水质

H10	113°01.732'	22°05.617'	水质、沉积物、生态
H11	113°03.686'	22°05.674'	水质
H12	113°05.678'	22°05.816'	水质、生态
H13	113°01.842'	22°03.838'	水质
H14	113°04.038'	22°03.944'	水质、生态
H15	113°06.127'	22°03.990'	水质
H16	113°01.674'	22°02.023'	水质、生态
H17	113°03.515'	22°02.090'	水质
H18	113°05.106'	22°02.174'	水质、生态
H19	113°06.545'	22°02.461'	水质
H20	113°02.084'	22°00.572'	水质
H21	113°03.575'	22°00.435'	水质、生态
H22	113°05.411'	22°00.618'	水质、生态
H23	113°07.080'	22°01.105'	水质、生态
H24	113°02.920'	21°59.050'	水质、生态
H25	113°05.303'	21°59.211'	水质、生态
H26	113°07.838'	21°59.813'	水质
H27	113°02.068'	21°57.095'	水质、生态
H28	113°04.178'	21°57.214'	水质
H29	113°06.598'	21°57.520'	水质、生态
H30	113°09.053'	21°57.707'	水质、生态
H31	113°00.831'	21°54.589'	水质、生态
H32	113°04.037'	21°54.589'	水质
H33	113°06.957'	21°54.616'	水质、生态
H34	113°10.176'	21°54.747'	水质
H35	113°12.684'	21°54.865'	水质、生态
H36	112°58.516'	21°51.262'	水质、生态
H37	113°02.834'	21°51.102'	水质
H38	113°06.769'	21°51.173'	水质、生态
H39	113°09.929'	21°51.135'	水质
H40	113°13.246'	21°51.200'	水质、生态
H41	113°17.026'	21°51.144'	水质
H42	112°55.814'	21°47.286'	水质、生态
H43	112°59.917'	21°47.308'	水质
H44	113°03.765'	21°47.388'	水质、生态
H45	113°07.113'	21°47.436'	水质
H46	113°10.472'	21°47.460'	水质、生态
H47	113°13.544'	21°47.423'	水质
H48	113°18.508'	21°47.327'	水质、生态

7.3.2 海洋水质环境现状调查与评价

7.3.2.1 水质监测项目与分析方法

2019 年 8 月底（秋季）的水质监测项目有：pH 值、盐度、活性磷酸盐、石油类、NO₃-N、NO₂-N、NH₃-N、DO、COD_{Mn}、SS、Cu、Pb、Zn、Cd、As、Hg、Cr、挥发酚等，共 18 项。

水质样品的分析按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行，各项目的分析方法见表 7.3.2-1。

表 7.3.2-1 海洋水质环境现状调查的分析方法

序号	项目	分析方法	最低检出下限 (mg/L)
1	水温	表层水温法	0.1℃
2	盐度	电导率法	0.01*
3	pH	pH 计法	0.01*
4	DO	电极法	0.02
5	COD	碱性高锰酸钾法	0.15
6	硝酸盐	铋-镉还原法	0.007
7	亚硝酸盐	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.001
8	氨氮	次溴酸盐氧化法	0.004
9	活性磷酸盐	磷钼兰法	0.001
10	石油类	紫外分光光度法	0.004
11	铜	原子吸收分光光度法	0.1×10 ⁻³
12	锌	原子吸收分光光度法	3.1×10 ⁻³
13	铅	原子吸收分光光度法	0.03×10 ⁻³
14	镉	原子吸收分光光度法	0.01×10 ⁻³
15	砷	原子吸收分光光度法	0.5×10 ⁻³
16	汞	冷原子吸收分光光度法	0.001×10 ⁻³
17	总铬 (Cr)	无火焰原子吸收分光光度法	0.4×10 ⁻³
18	悬浮物	重量法	2.0
19	挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法	1.1×10 ⁻³

7.3.2.2 评价标准和评价方法

1) 水质评价标准

水质评价执行《海水水质标准》（GB3097-1997），标准值见表 7.3.2-2。

表 7.3.2-2 海水水质标准（单位：mg/L，pH 除外）

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
DO>	6	5	4	3

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
COD _{Mn} ≤	2	3	4	5
活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
无机氮≤	0.2	0.3	0.4	0.5
石油类≤	0.05		0.30	0.50
Hg≤	0.000 05	0.000 2		0.000 5
Zn≤	0.02	0.05	0.10	0.50
Cu≤	0.005	0.01	0.05	
Pb≤	0.001	0.005	0.01	0.05
Cd≤	0.001	0.005	0.01	
Cr≤	0.05	0.10	0.20	0.50
As≤	0.020	0.030	0.050	
挥发酚	0.005		0.010	0.050

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》对各个海洋功能区的海洋环境保护管理要求，本次调查范围内各个调查站位的水质评价执行的《海水水质标准》（GB 3097-1997）类别详见表 7.3.2-3。

表 7.3.2-3 在各功能区的调查站位水质评价执行标准（2019 年秋季）

功能区	功能区名称	调查站位	海水水质标准
海洋保护区	大襟岛海洋保护区	H37、H43、H44	执行海水水质一类标准
农渔业区	湛江—珠海近海农渔业区	H31、H36、H38~H42、H45~H48	
	都斛农渔业区	H10、H16、H20	执行海水水质二类标准
工业与城镇用海区	广海湾工业与城镇用海区	H27	基本功能未利用前，执行海水水质二类标准
旅游休闲娱乐区	银湖湾旅游休闲娱乐区	H7、H8	执行海水水质三类标准
港口航运区	银洲湖港口航运区	H1、H2、H4	执行海水水质四类标准
	斗门港口航运区	H9	
	高栏港口航运区	H30、H33~H35	
保留区	黄茅海保留区	H3、H5、H6、H11~H15、H17~H19、H21~H26、H28、H29、H32	海水水质质量维持现状
近岸海域环境功能区划	雷蛛半岛港口功能区	H12、H15、H19、H23、H26、H30	执行海水水质三类标准
	崖南滩涂种养功能区	H27	执行海水水质二类标准

备注： 站位水质评价标准执行严格值，H127 号站位按第二类水质评价，H12、H15、H19、H23、H26、H30 号站位按第三类水质评价

2) 水质评价方法

海水水质质量评价采用标准指数法（单项指数法），并统计样品的超标率；同时，分析样品超标的原因。

单项指数法计算公式为

$$S_j = c_{i,j} / c_{si}$$

式中： $c_{i,j}$ 为水质参数*i*在第*j*点的实测值； c_{si} 为水质参数*i*的评价标准值。

对于 DO 采用以下计算公式：

$$S_j = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j \geq DO_s$$

$$S_j = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s} \quad DO_j < DO_s$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + T)$$

式中： DO_j 为溶解氧实测值； DO_f 为饱和溶解氧； DO_s 为溶解氧标准值；*T*为水温（℃）。

对于 pH 值，采用以下计算公式：

$$S_j = \frac{|2pH_j - pH_{su} - pH_{sd}|}{pH_{su} - pH_{sd}}$$

式中： pH_j 为 pH 的实测值； pH_{sd} 为 pH 评价标准极限的下限值； pH_{su} 为 pH 评价标准极限的上限值。

7.3.2.3 2019 年秋季水质环境现状调查结果与评价

2019 年秋季水质环境现状调查结果见表 7.3.2-4。

根据 2019 年秋季水质环境现状调查结果计算得到的标准指数见表 7.3.2-5a~表 7.3.2-5h。

表7.3.2-4 2019 年秋季大潮期水质环境现状监测结果

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/	mg/L							μg/L								
H1	表	30.61	0.38	7.90	9.7	0.026	7.38	2.00	0.0480	0.058	0.016	0.015	2.3	<0.03	13.5	0.01	<0.001	1.9	<0.4	2.7
H1	底	30.41	0.52	7.83	11.7	--	6.14	1.51	0.0433	0.080	0.036	0.015	2.7	<0.03	14.7	0.02	<0.001	1.9	0.4	--
H2	表	30.44	1.02	8.02	5.3	0.027	6.67	2.10	0.0226	0.106	0.190	0.011	2.6	0.55	11.6	0.03	<0.001	1.9	<0.4	2.9

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/	mg/L							μg/L								
H2	中	30.51	1.78	7.90	6.3	--	7.27	2.47	0.0416	0.076	0.178	0.020	3.5	1.26	13.2	0.03	<0.001	2.0	<0.4	--
H2	底	30.69	2.39	7.77	3.3	--	7.87	2.17	0.0401	0.188	0.355	0.023	2.2	<0.03	13.9	0.05	<0.001	1.9	<0.4	--
H3	表	29.85	0.17	8.38	14.3	0.026	8.24	1.60	0.0381	0.083	0.043	0.008	1.6	1.66	9.1	0.03	<0.001	1.8	<0.4	3.9
H3	底	29.84	0.17	8.37	24.0	--	7.75	1.29	0.0177	0.048	0.046	0.007	2.6	1.23	6.5	0.02	<0.001	1.3	0.4	--
H4	表	30.50	1.13	8.12	5.0	0.027	7.01	2.03	0.0296	0.102	0.217	0.014	4.6	0.32	23.0	0.04	<0.001	1.9	<0.4	2.4
H4	底	30.73	2.62	7.84	5.7	--	6.41	2.01	0.0238	0.129	0.282	0.021	3.1	0.40	26.3	0.06	<0.001	2.0	<0.4	--
H5	表	30.51	1.36	7.85	0.7	0.028	7.40	2.16	0.0334	0.143	0.275	0.022	2.5	0.48	9.1	0.05	<0.001	2.0	<0.4	<1.1
H5	底	30.67	3.10	7.85	8.0	--	6.77	2.32	0.0768	0.070	0.254	0.022	2.1	0.13	5.3	0.07	<0.001	2.0	0.4	--
平H5	表	30.51	1.36	7.86	0.7	0.026	7.11	2.13	0.0340	0.117	0.258	0.021	3.0	<0.03	9.5	0.03	<0.001	2.0	<0.4	<1.1
平H5	底	30.67	3.10	7.85	7.3	--	6.23	2.44	0.0707	0.078	0.246	0.021	2.2	0.14	6.2	0.04	<0.001	2.0	<0.4	--
H6	表	30.60	1.98	7.82	3.7	0.019	6.44	2.36	0.0902	0.033	0.431	0.022	2.9	0.48	6.3	0.04	<0.001	2.0	<0.4	3.2
H6	底	30.65	3.31	7.73	2.0	--	6.06	2.06	0.1272	0.038	0.364	0.028	2.3	0.36	5.5	0.10	<0.001	1.9	<0.4	--
H7	表	30.76	2.53	7.81	6.0	0.030	6.35	2.06	0.1351	0.045	0.374	0.030	2.4	0.21	9.8	0.14	<0.001	1.9	<0.4	<1.1
H7	底	30.66	2.59	7.80	8.3	--	6.02	1.96	0.1223	0.091	0.636	0.027	2.1	0.45	11.2	0.06	<0.001	1.7	<0.4	--

H8	表	30.50	2.71	7.87	1.3	0.034	7.16	1.72	0.0471	0.139	0.353	0.021	3.1	0.29	13.9	0.12	<0.001	1.9	<0.4	1.9
H8	底	30.48	2.60	7.83	5.3	--	7.04	1.87	0.0416	0.194	0.430	0.020	1.8	0.75	7.3	0.03	<0.001	1.9	0.4	--
H9	表	30.40	2.37	7.78	2.3	0.020	7.38	1.87	0.0899	0.061	0.291	0.029	2.4	<0.03	7.8	0.15	<0.001	1.9	<0.4	2.2
H9	底	30.37	5.21	7.74	2.0	--	6.85	1.95	0.0582	0.155	0.695	0.031	2.2	<0.03	10.2	0.17	<0.001	1.9	0.4	--
H10	表	31.10	2.73	7.71	24.7	0.030	6.83	2.13	0.0984	0.128	0.828	0.032	2.2	0.48	12.5	0.08	<0.001	1.9	<0.4	<1.1
H10	底	31.01	2.75	7.68	26.7	--	6.55	1.96	0.0931	0.106	1.049	0.030	2.4	0.83	18.7	0.03	<0.001	1.7	0.5	--
H11	表	30.88	2.68	7.67	9.3	0.036	7.88	2.00	0.0931	0.072	0.478	0.032	2.3	0.50	13.0	0.09	<0.001	1.8	<0.4	<1.1

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/	mg/L								μg/L							
H11	底	30.89	2.74	7.64	12.0	--	6.91	2.01	0.0864	0.066	0.590	0.030	1.6	0.90	11.5	0.03	<0.001	1.9	<0.4	--
H12	表	30.62	3.05	7.74	4.0	0.021	7.44	1.90	0.1272	0.062	0.326	0.030	2.2	0.12	18.7	0.11	<0.001	1.9	<0.4	<1.1
H12	底	30.31	6.70	7.65	10.0	--	6.64	2.32	0.1640	0.111	0.136	0.033	2.1	1.24	15.2	0.07	0.015	1.9	<0.4	--
H13	表	31.06	2.91	7.70	21.7	0.016	7.29	1.90	0.0646	0.467	0.579	0.031	2.6	<0.03	18.8	0.10	<0.001	1.9	<0.4	<1.1
H13	底	30.96	2.97	7.70	20.0	--	6.93	1.91	0.0602	0.562	0.675	0.029	2.5	0.34	10.7	0.03	<0.001	1.8	0.5	--
H14	表	31.02	3.13	7.69	18.0	0.032	7.38	2.40	0.0838	0.148	0.611	0.028	2.3	<0.03	10.9	0.08	<0.001	1.7	<0.4	<1.1
H14	底	30.99	3.17	7.68	20.7	--	6.98	2.36	0.0643	0.134	0.729	0.026	3.3	0.35	10.3	0.03	<0.001	1.8	0.5	--
H15	表	30.83	3.13	7.66	19.7	0.026	6.72	2.25	0.1447	0.623	0.437	0.034	1.9	0.26	12.1	0.07	<0.001	1.8	<0.4	2.4
H15	底	30.57	3.72	7.61	19.0	--	6.65	2.73	0.2216	0.304	0.443	0.030	2.1	0.07	13.8	0.06	<0.001	1.3	0.4	--
H16	表	29.91	2.92	7.76	22.3	0.027	7.10	1.78	0.1191	0.222	0.346	0.026	2.8	0.40	23.4	0.04	0.015	2.2	0.5	1.9
H16	底	29.89	2.99	7.66	55.7	--	7.20	2.00	0.1194	0.299	0.845	0.029	1.8	0.16	14.9	0.04	0.033	2.1	0.6	--
H17	表	30.00	1.77	7.75	7.0	0.040	7.88	1.90	0.1112	0.108	0.443	0.035	2.1	0.44	20.0	0.02	0.015	2.1	0.4	2.7
H17	底	29.06	12.74	7.71	10.0	--	6.71	1.98	0.1261	0.115	0.570	0.034	1.9	0.50	16.5	0.04	0.015	2.1	0.5	--
H18	表	29.94	2.27	7.90	17.7	0.040	7.81	1.80	0.1223	0.087	0.883	0.035	2.6	0.81	11.6	0.02	0.015	2.0	<0.4	2.4

H18	底	29.26	17.64	7.42	24.7	--	6.08	2.05	0.1342	0.112	0.780	0.032	1.7	0.24	19.9	0.06	0.015	2.0	0.9	--
H19	表	30.60	4.75	7.54	20.3	0.035	6.63	2.40	0.1978	0.173	0.717	0.034	2.1	0.21	9.9	0.09	<0.001	1.6	<0.4	1.2
H19	底	30.48	4.98	7.52	43.7	--	6.71	2.44	0.2106	0.400	0.515	0.035	2.0	0.50	13.9	0.11	<0.001	2.1	<0.4	--
H20	表	30.07	4.45	7.72	16.0	0.023	7.09	1.90	0.1240	0.226	0.616	0.029	2.3	0.34	14.4	0.03	0.015	2.1	0.4	<1.1
H20	底	29.94	7.88	7.67	13.0	--	7.71	1.98	0.1360	0.155	0.718	0.026	2.8	0.44	11.7	0.04	0.015	1.9	0.4	--
H21	表	30.04	7.77	7.67	24.0	0.050	6.58	1.66	0.1348	0.158	0.745	0.032	3.6	0.29	18.9	0.02	0.033	2.1	<0.4	1.9
H21	底	29.95	8.36	7.63	17.3	--	7.07	1.71	0.1444	0.088	0.676	0.029	2.2	0.64	22.9	0.08	0.033	1.9	0.4	--

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/	mg/L								μg/L							
H22	表	29.66	10.39	7.78	18.7	0.016	6.75	1.71	0.1494	0.116	0.750	0.034	1.9	0.11	24.6	0.05	0.015	2.2	0.4	2.4
H22	底	29.09	18.56	7.72	24.0	--	6.27	1.56	0.1383	0.164	0.830	0.033	2.0	0.56	21.0	0.06	0.015	2.2	<0.4	--
平H22	表	29.66	10.39	7.77	18.0	0.017	6.57	1.92	0.1538	0.137	0.803	0.032	1.8	0.82	24.7	0.10	0.015	2.0	<0.4	2.2
平H22	底	29.06	18.56	7.75	23.3	--	6.38	1.73	0.1307	0.131	0.824	0.032	2.4	0.73	19.1	0.10	0.015	2.1	0.5	--
H23	表	30.66	5.41	7.56	44.7	0.034	6.02	2.49	0.1444	0.705	0.279	0.028	1.9	0.19	15.1	0.10	<0.001	1.9	<0.4	3.7
H23	底	30.60	5.49	7.57	28.7	--	6.60	2.48	0.1302	0.294	0.628	0.029	2.0	0.24	11.6	0.09	<0.001	1.9	0.4	--
H24	表	28.84	18.89	7.79	24.7	0.027	5.78	1.38	0.1264	0.128	0.826	0.023	2.5	0.52	16.0	0.05	<0.001	2.0	<0.4	2.7
H24	底	28.82	21.82	7.77	22.7	--	6.26	1.23	0.1133	0.167	0.883	0.026	2.2	0.89	17.4	0.06	0.015	2.0	0.4	--
H25	表	29.01	16.56	7.64	43.3	0.023	6.06	1.73	0.1188	0.235	0.888	0.027	2.1	0.59	18.4	0.05	<0.001	2.2	0.4	2.9
H25	底	28.60	19.63	7.74	62.3	--	6.57	1.72	0.1138	0.124	0.789	0.027	1.4	0.78	10.7	0.04	<0.001	2.1	0.9	--
平H25	表	29.01	16.56	7.63	44.0	0.020	6.35	1.43	0.1202	0.258	0.860	0.026	1.8	0.74	18.9	0.07	<0.001	2.0	0.4	3.2
平H25	底	28.60	19.63	7.75	60.0	--	6.30	1.47	0.1115	0.124	0.848	0.028	1.6	0.77	8.5	0.06	<0.001	1.9	0.4	--
H26	表	29.35	14.97	7.77	15.0	0.026	7.12	1.47	0.2225	0.059	1.009	0.028	1.7	0.07	10.6	0.07	<0.001	2.2	0.4	2.9
H26	底	29.34	18.14	7.77	17.3	--	7.36	1.08	0.1975	0.099	1.033	0.029	1.4	0.08	9.1	0.06	0.033	2.3	0.5	--

H27	表	28.97	18.12	7.84	21.0	0.030	6.21	0.99	0.1170	0.095	0.545	0.023	1.6	0.93	16.3	0.04	<0.001	2.1	0.7	2.4
H27	底	28.80	19.34	7.84	22.3	--	7.95	1.25	0.1068	0.060	0.974	0.023	1.5	0.36	17.0	0.04	<0.001	2.0	0.5	--
H28	表	28.79	20.17	7.88	11.3	0.026	5.89	1.52	0.1168	0.091	0.831	0.021	2.5	0.90	16.3	0.05	0.015	2.0	0.4	<1.1
H28	底	28.75	22.01	7.88	13.7	--	6.69	1.51	0.0812	0.197	0.683	0.023	3.3	0.49	13.8	0.05	0.015	2.1	0.4	--
H29	表	28.82	14.48	7.82	9.7	0.016	7.09	1.85	0.1176	0.138	0.779	0.025	3.1	0.43	12.5	0.05	0.015	2.2	0.4	<1.1
H29	底	28.83	21.29	7.81	15.7	--	6.15	1.89	0.1170	0.126	0.810	0.024	1.6	0.67	16.0	0.05	0.015	2.0	0.6	--
H30	表	28.97	19.19	7.66	19.0	0.011	7.38	1.59	0.1864	0.120	1.297	0.027	1.9	0.66	9.8	0.08	0.015	2.2	0.4	<1.1
站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/	mg/L							μg/L								
H30	底	29.00	22.23	7.68	12.7	--	8.23	1.21	0.1237	0.130	1.017	0.026	1.6	0.94	8.4	0.07	0.015	2.2	<0.4	--
H31	表	28.89	17.34	7.95	22.7	0.046	6.62	1.28	0.1150	0.117	0.830	0.023	1.9	0.49	15.3	0.05	0.015	1.9	<0.4	1.4
H31	底	28.84	18.97	7.92	18.7	--	7.06	1.32	0.1089	0.156	0.834	0.021	2.1	0.20	14.7	0.02	<0.001	1.8	0.4	--
平H31	表	28.89	17.34	7.94	21.0	0.046	7.02	1.51	0.1118	0.074	0.830	0.023	1.5	1.59	13.5	0.08	0.015	1.7	<0.4	1.2
平H31	底	28.84	18.97	7.94	17.00	--	6.46	1.30	0.1057	0.123	0.835	0.022	1.8	0.94	13.1	0.04	<0.001	1.6	<0.4	--
H32	表	28.87	17.37	7.93	9.33	0.02	7.47	1.56	0.1182	0.145	1.094	0.025	3.3	0.29	9.4	0.04	0.033	1.1	0.4	2.7
H32	底	28.74	21.23	7.94	11.00	--	7.94	1.10	0.0885	0.114	0.579	0.020	1.7	1.28	17.0	0.04	0.015	1.1	<0.4	--
H33	表	28.83	21.59	7.91	9.67	0.02	5.69	1.32	0.1092	0.160	0.672	0.020	2.2	1.07	26.9	0.05	0.015	1.1	<0.4	1.7
H33	底	28.75	22.35	7.89	23.00	--	5.61	1.40	0.1109	0.125	0.520	0.023	2.0	0.71	15.6	0.09	0.015	1.6	<0.4	--
H34	表	29.22	17.14	7.95	15.3	0.045	6.81	1.44	0.0477	0.530	0.920	0.004	1.5	0.12	11.4	0.09	0.015	1.8	<0.4	1.9
H34	底	28.12	27.99	7.87	16.7	--	5.73	1.04	0.0462	0.465	0.662	0.007	1.4	0.21	10.4	0.12	0.015	1.7	<0.4	--
H35	表	29.29	20.22	7.67	11.0	0.034	6.63	2.35	0.0186	0.581	0.711	0.008	2.5	0.06	32.6	0.13	0.015	1.8	<0.4	2.2
H35	中	28.15	27.90	7.74	16.3	--	5.60	0.89	0.0203	0.502	0.333	0.008	1.2	0.03	9.9	0.07	0.015	1.7	0.4	--
H35	底	27.04	32.65	7.80	18.3	--	5.68	0.31	0.0203	0.456	0.593	0.003	1.4	<0.03	15.1	0.10	0.015	2.1	<0.4	--

H36	表	30.93	21.10	8.23	18.3	0.027	8.16	1.07	0.0290	0.142	0.478	0.004	2.5	0.50	19.2	0.01	0.015	1.4	0.8	<1.1
H36	底	29.71	23.56	8.22	53.7	--	7.93	1.18	0.0308	0.245	0.463	0.006	1.7	0.34	8.6	0.02	0.015	1.6	<0.4	--
H37	表	30.91	18.36	7.92	11.7	0.002	8.81	1.67	0.1016	0.027	0.542	0.015	3.0	0.18	14.8	0.04	0.033	1.4	0.5	<1.1
H37	底	26.54	32.37	7.90	14.7	--	5.29	0.99	0.0736	0.131	0.553	0.012	1.8	0.27	18.3	0.04	0.015	1.5	<0.4	--
H38	表	30.12	24.21	8.06	13.3	0.027	7.80	0.87	0.0331	0.116	0.472	0.003	2.6	1.16	18.4	0.04	0.015	1.9	<0.4	<1.1
H38	中	28.23	29.44	8.03	18.7	--	7.68	0.80	0.0282	0.121	0.475	0.004	1.7	0.39	19.2	0.02	0.015	2.1	<0.4	--
H38	底	25.38	34.19	8.07	23.7	--	6.92	0.75	0.0218	0.074	0.269	0.004	1.2	0.21	19.4	0.01	0.015	2.0	1.0	--
站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氮	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/	mg/L							μg/L								
平H38	表	30.12	24.21	8.07	15.7	0.023	7.77	0.69	0.0349	0.101	0.499	0.003	2.4	0.42	22.0	0.03	0.015	2.0	<0.4	<1.1
平H38	中	28.23	29.44	8.04	18.3	--	7.72	0.76	0.0296	0.122	0.439	0.004	1.4	0.19	21.8	0.02	0.015	2.1	<0.4	--
平H38	底	25.38	34.19	8.06	24.3	--	6.40	0.64	0.0247	0.070	0.220	0.003	1.2	0.21	20.1	0.03	0.015	2.0	1.2	--
H39	表	29.84	25.80	8.03	20.3	0.038	7.84	0.91	0.0267	0.155	0.252	0.003	1.7	<0.03	23.2	0.02	0.015	2.1	<0.4	<1.1
H39	底	25.98	33.82	8.01	23.0	--	6.93	1.29	0.0288	0.179	0.254	0.002	1.5	0.32	24.2	0.01	0.015	2.1	<0.4	--
H40	表	28.70	25.60	7.90	17.0	0.012	6.57	1.07	0.0320	0.457	0.602	0.010	1.7	0.41	14.0	0.13	0.015	2.3	0.4	<1.1
H40	中	28.10	28.75	7.86	13.3	--	6.28	0.68	0.0398	0.203	0.522	0.008	2.0	0.13	14.1	0.10	<0.001	1.3	<0.4	--
H40	底	27.40	32.60	7.88	15.7	--	5.47	0.91	0.0156	0.320	0.724	0.009	1.5	0.27	12.3	0.09	0.015	1.5	0.8	--
H41	表	29.31	27.63	8.03	12.0	0.013	7.99	2.06	0.0130	0.271	1.115	0.012	2.2	1.16	23.1	0.08	0.033	2.1	0.4	2.9
H41	中	27.95	29.60	7.98	16.0	--	7.20	0.85	0.0206	0.224	0.601	0.002	1.9	0.69	24.0	0.05	0.015	1.6	<0.4	--
H41	底	26.52	33.52	7.96	14.0	--	5.41	0.68	0.0235	0.319	0.891	0.003	1.3	0.83	19.5	0.01	0.015	1.5	<0.4	--
H42	表	29.93	23.37	8.10	21.0	0.026	7.61	1.13	0.0279	0.194	0.646	0.005	2.8	0.52	23.7	0.01	0.033	1.4	0.4	3.4
H42	底	25.60	33.80	8.09	17.7	--	7.21	0.57	0.0270	0.074	0.232	0.005	1.5	0.44	22.2	0.02	0.033	1.4	0.6	--
H43	表	29.97	22.62	8.10	13.0	0.028	8.14	1.18	0.0258	0.095	0.351	0.009	2.1	0.88	22.8	0.05	0.015	1.5	<0.4	3.9

H43	中	28.26	30.46	7.92	21.0	--	4.86	0.57	0.0395	0.096	0.188	0.004	2.2	0.60	24.5	0.04	0.033	1.9	<0.4	--
H43	底	25.68	33.64	7.85	21.3	--	3.41	0.87	0.0599	0.151	0.151	0.010	1.5	0.43	22.0	0.04	0.015	1.7	0.4	--
H44	表	29.87	22.50	8.10	12.3	0.043	6.81	1.49	0.0116	0.213	0.525	0.003	3.4	1.08	21.0	0.08	0.033	1.4	0.8	1.2
H44	中	28.07	29.50	8.09	17.7	--	6.22	0.60	0.0075	0.273	0.753	0.003	2.1	0.91	16.5	0.03	0.015	1.4	<0.4	--
H44	底	24.86	34.26	7.93	19.0	--	4.77	1.38	0.0194	0.281	0.199	0.004	1.1	0.64	17.3	0.02	0.015	1.5	0.6	--
H45	表	29.68	23.09	8.11	11.0	0.017	7.76	0.99	0.0101	0.309	0.864	0.007	3.5	0.46	9.2	0.05	0.015	1.4	<0.4	2.7
H45	中	28.02	29.68	8.02	13.0	--	5.74	1.08	0.0075	0.128	0.535	0.003	1.4	0.87	12.7	0.02	0.015	1.3	<0.4	--
站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氮	硝酸盐	活性磷 酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	/					mg/L				μg/L							
H45	底	24.89	33.75	7.95	16.3	--	5.22	0.82	0.0089	0.094	0.307	0.005	1.5	0.60	13.1	0.01	0.015	1.4	0.5	--
H46	表	29.88	21.05	8.13	14.0	0.028	8.14	1.52	0.0165	0.332	1.260	0.007	1.5	0.74	11.3	0.04	0.015	1.7	<0.4	1.7
H46	中	28.20	29.80	7.98	20.3	--	6.28	0.98	0.0133	0.318	0.889	0.007	1.0	0.77	6.4	<0.01	0.015	1.5	<0.4	--
H46	底	24.53	34.41	7.90	17.3	--	4.20	0.80	0.0247	0.183	0.510	0.010	1.4	0.75	10.3	0.03	0.015	1.3	<0.4	--
H47	表	29.58	27.80	8.18	14.7	0.017	8.58	1.49	0.0127	0.338	1.163	0.004	1.7	0.67	21.0	0.02	0.015	1.6	<0.4	1.4
H47	中	28.01	29.92	8.04	21.7	--	6.30	1.04	0.0124	0.332	0.524	0.004	1.3	1.03	21.9	0.04	0.015	1.4	0.4	--
H47	底	24.50	34.39	7.98	16.7	--	4.57	0.94	0.0253	0.342	0.479	0.004	1.0	0.61	20.4	0.02	0.033	1.4	<0.4	--
H48	表	29.25	27.65	8.03	12.0	0.004	7.78	1.42	0.0136	0.266	1.144	0.004	4.5	0.67	16.8	0.02	<0.001	2.0	<0.4	<1.1
H48	中	28.15	28.82	8.03	20.0	--	6.96	0.76	0.0104	0.295	0.326	0.007	1.1	0.64	19.8	0.03	0.015	1.7	0.4	--
H48	底	26.52	33.70	8.06	17.3	--	6.85	0.57	0.0133	0.206	0.556	0.002	1.3	1.22	21.7	0.02	0.015	1.5	<0.4	--

注: <或>代表超出检出限, --为未采样

表7.3.2-5a 2019年8月大潮期海水质量标准指数1(位于大襟岛海洋保护区的调查站位)

站 位	层 次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H37	表	0.66	0.05	0.89	0.83	3.35	1.03	0.61	0.18	0.74	0.04	0.66	0.07	0.01	0.22

H37	底	0.71	--	1.34	0.50	3.79	0.79	0.37	0.27	0.92	0.04	0.30	0.07	0.01	--
H43	表	0.14	0.56	0.34	0.59	2.36	0.63	0.41	0.88	1.14	0.05	0.30	0.08	0.01	0.79
H43	中	0.66	--	1.63	0.29	1.62	0.29	0.45	0.60	1.23	0.04	0.66	0.09	0.01	--
H43	底	0.86	--	2.19	0.43	1.81	0.69	0.30	0.43	1.10	0.04	0.30	0.08	0.01	--
H44	表	0.14	0.86	0.49	0.75	3.75	0.23	0.68	1.08	1.05	0.08	0.66	0.07	0.02	0.24
H44	中	0.17	--	0.88	0.30	5.16	0.23	0.43	0.91	0.83	0.03	0.30	0.07	0.01	--
H44	底	0.63	--	1.5	0.69	2.50	0.26	0.22	0.64	0.87	0.02	0.30	0.08	0.01	--
最大值		0.86	0.86	2.19	0.83	5.16	1.03	0.68	1.08	1.23	0.08	0.66	0.09	0.02	0.79
最小值		0.14	0.05	0.34	0.29	1.62	0.23	0.22	0.18	0.74	0.02	0.30	0.07	0.01	0.22
超标率		0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	100.0%	12.5%	0.0%	12.5%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
备注：大襟岛海洋保护区执行海水水质一类标准															

表7.3.2-5b 2019年8月大潮期海水质量标准指数2 (位于湛江—珠海近海农渔业区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H31	表	0.57	0.92	0.64	0.64	5.31	1.53	0.38	0.49	0.77	0.05	0.30	0.09	0.01	0.29
H31	底	0.66	--	0.39	0.66	5.50	1.43	0.42	0.20	0.74	0.02	0.02	0.09	0.01	--
平H31	表	0.60	0.92	0.41	0.75	5.08	1.56	0.31	1.59	0.68	0.08	0.30	0.08	0.01	0.24
平H31	底	0.60	--	0.74	0.65	5.32	1.46	0.35	0.94	0.66	0.04	0.02	0.08	0.01	--
H36	表	0.23	0.54	0.46	0.53	3.24	0.29	0.51	0.50	0.96	0.01	0.30	0.07	0.02	0.22
H36	底	0.20	--	0.18	0.59	3.69	0.39	0.35	0.34	0.43	0.02	0.30	0.08	0.01	--
H38	表	0.26	0.54	0.13	0.43	3.10	0.23	0.52	1.16	0.92	0.04	0.30	0.09	0.01	0.22
H38	中	0.34	--	0.08	0.40	3.12	0.26	0.35	0.39	0.96	0.02	0.30	0.10	0.01	--
H38	底	0.23	--	0.59	0.38	1.82	0.26	0.24	0.21	0.97	0.01	0.30	0.10	0.02	--
平H38	表	0.23	0.46	0.12	0.35	3.18	0.23	0.47	0.42	1.10	0.03	0.30	0.10	0.01	0.22
平H38	中	0.31	--	0.06	0.38	2.95	0.29	0.27	0.19	1.09	0.02	0.30	0.11	0.01	--
平H38	底	0.26	--	0.82	0.32	1.58	0.19	0.23	0.21	1.01	0.03	0.30	0.10	0.02	--

珠海港高栏港区珠海巨涛码头二期工程环境影响报告书

H39	表	0.34	0.75	0.14	0.46	2.17	0.19	0.34	0.03	1.16	0.02	0.30	0.11	0.01	0.22
H39	底	0.40	--	0.56	0.65	2.31	0.16	0.30	0.32	1.21	0.01	0.30	0.11	0.01	--
H40	表	0.71	0.24	0.68	0.53	5.45	0.66	0.34	0.41	0.70	0.13	0.30	0.11	0.01	0.22
H40	中	0.83	--	0.85	0.34	3.82	0.56	0.39	0.13	0.71	0.10	0.02	0.07	0.01	--
H40	底	0.77	--	1.27	0.45	5.30	0.59	0.30	0.27	0.62	0.09	0.30	0.07	0.02	--
H41	表	0.34	0.27	0.18	1.03	7.00	0.83	0.43	1.16	1.16	0.08	0.66	0.11	0.01	0.59
H41	中	0.49	--	0.36	0.43	4.23	0.13	0.38	0.69	1.20	0.05	0.30	0.08	0.01	--
H41	底	0.54	--	1.29	0.34	6.17	0.23	0.27	0.83	0.98	0.01	0.30	0.08	0.01	--
H42	表	0.14	0.51	0.00	0.57	4.34	0.36	0.56	0.52	1.19	0.01	0.66	0.07	0.01	0.69
H42	底	0.17	--	0.44	0.29	1.66	0.33	0.31	0.44	1.11	0.02	0.66	0.07	0.01	--
H45	表	0.11	0.35	0.08	0.50	5.91	0.46	0.69	0.46	0.46	0.05	0.30	0.07	0.01	0.54
H45	中	0.37	--	1.14	0.54	3.35	0.23	0.28	0.87	0.64	0.02	0.30	0.07	0.01	--
H45	底	0.57	--	1.34	0.41	2.05	0.33	0.30	0.60	0.66	0.01	0.30	0.07	0.01	--
H46	表	0.06	0.56	0.33	0.76	8.04	0.49	0.30	0.74	0.57	0.04	0.30	0.08	0.01	0.34
H46	中	0.49	--	0.85	0.49	6.10	0.46	0.20	0.77	0.32	0.01	0.30	0.08	0.01	--
H46	底	0.71	--	1.77	0.40	3.59	0.66	0.27	0.75	0.52	0.03	0.30	0.07	0.01	--
H47	表	0.09	0.35	0.56	0.74	7.57	0.26	0.33	0.67	1.05	0.02	0.30	0.08	0.01	0.29
H47	中	0.31	--	0.84	0.52	4.34	0.29	0.26	1.03	1.10	0.04	0.30	0.07	0.01	--
H47	底	0.49	--	1.61	0.47	4.23	0.29	0.20	0.61	1.02	0.02	0.66	0.07	0.01	--
H48	表	0.34	0.08	0.05	0.71	7.12	0.29	0.90	0.67	0.84	0.02	0.02	0.10	0.01	0.22
H48	中	0.34	--	0.48	0.38	3.16	0.49	0.23	0.64	0.99	0.03	0.30	0.09	0.01	--
H48	底	0.26	--	0.59	0.29	3.88	0.13	0.27	1.22	1.09	0.02	0.30	0.08	0.01	--
最大值		0.83	0.92	1.77	1.03	8.04	1.56	0.90	1.59	1.21	0.13	0.66	0.11	0.02	0.69
最小值		0.06	0.08	0.00	0.29	1.58	0.13	0.20	0.03	0.32	0.01	0.02	0.07	0.01	0.22
超标率		0.0%	0.0%	17.6%	2.9%	100.0%	11.8%	0.0%	14.7%	38.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
备注： 湛江—珠海近海农渔业区执行海水水质一类标准															

表7.3.2-5c 2019年8月大潮期海水质量标准指数3 (位于都斛农渔业区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H10	表	1.26	0.59	0.26	0.71	3.52	1.06	0.22	0.10	0.25	0.02	0.01	0.06	0.00	0.22
H10	底	1.34	--	0.37	0.65	4.16	1.00	0.24	0.17	0.37	0.01	0.01	0.06	0.01	--
H16	表	1.11	0.54	0.20	0.59	2.29	0.86	0.28	0.08	0.47	0.01	0.07	0.07	0.01	0.39
H16	底	1.40	--	0.16	0.67	4.21	0.96	0.18	0.03	0.30	0.01	0.17	0.07	0.01	--
H20	表	1.23	0.46	0.19	0.63	3.22	0.96	0.23	0.07	0.29	0.01	0.07	0.07	0.00	0.22
H20	底	1.37	--	0.04	0.66	3.36	0.86	0.28	0.09	0.23	0.01	0.07	0.06	0.00	--
最大值		1.40	0.59	0.37	0.71	4.21	1.06	0.28	0.17	0.47	0.02	0.17	0.07	0.01	0.39
最小值		1.11	0.46	0.04	0.59	2.29	0.86	0.18	0.03	0.23	0.01	0.01	0.06	0.00	0.22
超标率		100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
备注： 都斛农渔业区执行海水水质二类标准															

表7.3.2-5d 2019年8月大潮期海水质量标准指数4 (位于工业与城镇用海区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H27	表	0.89	0.59	0.56	0.33	2.52	0.78	0.16	0.19	0.33	0.01	0.01	0.07	0.01	0.49
H27	底	0.89	--	0.07	0.42	3.80	0.76	0.15	0.07	0.34	0.01	0.01	0.07	0.00	--
最大值		0.89	0.59	0.56	0.42	3.80	0.78	0.16	0.19	0.34	0.01	0.01	0.07	0.01	0.49
最小值		0.89	0.59	0.07	0.33	2.52	0.76	0.15	0.07	0.33	0.01	0.01	0.07	0.00	0.49
超标率		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
备注： 工业与城镇用海区执行海水水质二类标准															

表7.3.2-5e 2019年8月大潮期海水质量标准指数5 (位于旅游休闲娱乐区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H7	表	0.01	0.10	0.33	0.52	1.39	1.00	0.05	0.02	0.10	0.01	0.01	0.04	0.00	0.11
H7	底	0.00	--	0.42	0.49	2.12	0.91	0.04	0.05	0.11	0.01	0.01	0.03	0.00	--
H8	表	0.07	0.11	0.11	0.43	1.35	0.71	0.06	0.03	0.14	0.01	0.01	0.04	0.00	0.19
H8	底	0.03	--	0.14	0.47	1.66	0.66	0.04	0.07	0.07	0.00	0.01	0.04	0.00	--

最大值	0.07	0.11	0.42	0.52	2.12	1.00	0.06	0.07	0.14	0.01	0.01	0.04	0.00	0.19
最小值	0.00	0.10	0.11	0.43	1.35	0.66	0.04	0.02	0.07	0.00	0.01	0.03	0.00	0.11
超标率	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	100 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
备注：旅游休闲娱乐区执行海水水质三类标准														

表7.3.2-5f 2019年8月大潮期海水质量标准指数6 (位于港口航运区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H1	表	0.10	0.05	0.03	0.40	0.24	0.33	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05
H1	底	0.03	--	0.31	0.30	0.32	0.33	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	--
H2	表	0.22	0.05	0.19	0.42	0.64	0.24	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.06
H2	中	0.10	--	0.06	0.49	0.59	0.44	0.07	0.03	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	--
H2	底	0.03	--	0.08	0.43	1.17	0.51	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	--
H4	表	0.32	0.05	0.12	0.41	0.70	0.31	0.09	0.01	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05
H4	底	0.04	--	0.24	0.40	0.87	0.46	0.06	0.01	0.05	0.01	0.00	0.04	0.00	--
H9	表	0.02	0.04	0.04	0.37	0.88	0.64	0.05	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04
H9	底	0.06	--	0.15	0.39	1.82	0.69	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.04	0.00	--
H30	表	0.14	0.02	0.07	0.32	3.21	0.60	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03	0.04	0.00	0.02
H30	底	0.12	--	0.11	0.24	2.54	0.58	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.00	--
H33	表	0.11	0.03	0.43	0.26	1.88	0.44	0.04	0.02	0.05	0.01	0.03	0.02	0.00	0.03
H33	底	0.09	--	0.45	0.28	1.51	0.51	0.04	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.00	--
H34	表	0.15	0.09	0.19	0.29	2.99	0.10	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04	0.00	0.04
H34	底	0.07	--	0.44	0.21	2.35	0.15	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	--
H35	表	0.13	0.07	0.22	0.47	2.62	0.19	0.05	0.00	0.07	0.01	0.03	0.04	0.00	0.04
H35	中	0.06	--	0.46	0.18	1.71	0.19	0.02	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	--
H35	底	0.00	--	0.46	0.06	2.14	0.08	0.03	0.00	0.03	0.01	0.03	0.04	0.00	--
最大值		0.32	0.09	0.46	0.49	3.21	0.69	0.09	0.03	0.07	0.02	0.03	0.04	0.00	0.06

最小值	0.00	0.02	0.03	0.06	0.24	0.08	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
超标率	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	61.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

备注：港口航运区执行海水水质四类标准

表7.3.2-5g 2019年8月大潮期海水质量标准指数7 (位于黄茅海保留区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	硝酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H3	表	0.66	0.52	0.38	0.80	0.82	0.53	0.32	0.33	0.46	0.03	0.02	0.09	0.01	0.79
H3	底	0.63	--	0.08	0.65	0.56	0.46	0.53	0.25	0.33	0.02	0.02	0.06	0.01	--
H5	表	0.86	0.56	0.09	0.72	0.90	0.75	0.49	0.48	0.46	0.05	0.02	0.10	0.01	0.22
H5	底	0.86	--	0.49	0.77	1.00	0.73	0.42	0.13	0.27	0.07	0.02	0.10	0.01	--
平H5	表	0.83	0.51	0.28	0.71	0.82	0.70	0.61	0.03	0.48	0.03	0.02	0.10	0.01	0.22
平H5	底	0.86	--	0.85	0.81	0.99	0.70	0.44	0.14	0.31	0.04	0.02	0.10	0.01	--
H6	表	0.94	0.37	0.71	0.79	1.11	0.73	0.58	0.48	0.32	0.04	0.02	0.10	0.01	0.64
H6	底	0.07	--	0.96	0.69	1.06	0.95	0.45	0.36	0.28	0.10	0.02	0.09	0.01	--
H11	表	0.13	0.72	0.26	0.67	1.29	0.71	0.47	0.50	0.65	0.09	0.02	0.09	0.01	0.22
H11	底	0.16	--	0.39	0.67	1.49	1.00	0.32	0.90	0.58	0.03	0.02	0.09	0.01	--
H12	表	0.06	0.43	0.05	0.95	1.03	0.68	0.44	0.12	0.94	0.11	0.02	0.09	0.01	0.22
H12	底	0.15	--	0.59	0.77	0.82	0.74	0.41	0.25	0.76	0.07	0.30	0.09	0.01	--
H13	表	0.10	0.32	0.12	0.95	2.22	0.69	0.53	0.03	0.94	0.10	0.02	0.09	0.01	0.22
H13	底	0.10	--	0.37	0.96	2.59	0.96	0.49	0.34	0.54	0.03	0.02	0.09	0.01	--
H14	表	0.11	0.65	0.07	0.80	1.69	0.93	0.46	0.03	0.55	0.08	0.02	0.09	0.01	0.22
H14	底	0.12	--	0.33	0.79	1.86	0.86	0.66	0.35	0.52	0.03	0.02	0.09	0.01	--
H15	表	0.14	0.51	0.52	0.75	2.41	0.76	0.39	0.26	0.61	0.07	0.02	0.09	0.01	0.49
H15	底	0.19	--	0.57	0.91	1.94	1.00	0.43	0.07	0.69	0.06	0.02	0.07	0.01	--
H17	表	0.05	0.81	0.18	0.95	1.32	0.78	0.42	0.44	1.00	0.02	0.30	0.11	0.01	0.54
H17	底	0.09	--	0.59	0.99	1.62	0.76	0.38	0.50	0.83	0.04	0.30	0.11	0.01	--
H18	表	0.71	0.81	0.13	0.90	2.19	0.79	0.51	0.81	0.58	0.02	0.30	0.10	0.01	0.49
H18	底	0.38	--	0.95	0.68	2.05	0.71	0.34	0.24	1.00	0.06	0.30	0.10	0.02	--
H19	表	0.26	0.70	0.58	0.80	2.18	0.75	0.41	0.21	0.50	0.09	0.02	0.08	0.01	0.24
H19	底	0.28	--	0.54	0.81	2.25	0.78	0.41	0.50	0.70	0.11	0.02	0.10	0.01	--
H21	表	0.13	1.00	0.64	0.83	2.08	0.72	0.73	0.29	0.95	0.02	0.66	0.11	0.01	0.39

H21	底	0.17	--	0.33	0.85	1.82	0.98	0.43	0.64	0.46	0.08	0.66	0.09	0.01	--
H22	表	0.02	0.32	0.54	0.85	2.03	0.75	0.38	0.11	0.49	0.05	0.30	0.11	0.01	0.49
H22	底	0.08	--	0.84	0.78	2.26	0.74	0.39	0.56	0.42	0.06	0.30	0.11	0.01	--
平 H22	表	0.03	0.35	0.65	0.96	2.19	0.72	0.36	0.82	0.49	0.10	0.30	0.10	0.01	0.44
平 H22	底	0.05	--	0.78	0.86	2.17	0.72	0.48	0.73	0.96	0.10	0.30	0.11	0.01	--
H23	表	0.24	0.67	0.99	0.83	2.26	0.93	0.38	0.19	0.76	0.10	0.02	0.09	0.01	0.74
H23	底	0.23	--	0.61	0.83	2.11	0.96	0.40	0.24	0.58	0.09	0.02	0.09	0.01	--
H24	表	0.01	0.54	0.72	0.69	2.16	0.76	0.51	0.52	0.80	0.05	0.02	0.10	0.01	0.54
H24	底	0.03	--	0.85	0.61	2.33	0.86	0.44	0.89	0.87	0.06	0.30	0.10	0.01	--
H25	表	0.16	0.47	0.97	0.86	2.48	0.90	0.42	0.59	0.92	0.05	0.02	0.11	0.01	0.59
H25	底	0.06	--	0.68	0.86	2.05	0.91	0.27	0.78	0.54	0.04	0.02	0.10	0.02	--
平 H25	表	0.17	0.40	0.79	0.71	2.48	0.86	0.37	0.74	0.95	0.07	0.02	0.10	0.01	0.64
平 H25	底	0.05	--	0.83	0.73	2.17	0.93	0.31	0.77	0.43	0.06	0.02	0.10	0.01	--
H26	表	0.03	0.52	0.33	0.73	2.58	0.93	0.33	0.07	0.53	0.07	0.02	0.11	0.01	0.59
H26	底	0.03	--	0.19	0.54	2.66	0.98	0.28	0.08	0.46	0.06	0.66	0.11	0.01	--
H28	表	0.77	0.51	0.68	0.76	2.08	0.71	0.51	0.90	0.82	0.05	0.30	0.10	0.01	0.22
H28	底	0.77	--	0.61	0.75	1.92	0.76	0.66	0.49	0.69	0.05	0.30	0.10	0.01	--
H29	表	0.94	0.32	0.37	0.92	2.07	0.83	0.63	0.43	0.63	0.05	0.30	0.11	0.01	0.22
H29	底	0.97	--	0.91	0.94	2.11	0.81	0.31	0.67	0.80	0.05	0.30	0.10	0.01	--
H32	表	0.63	0.48	0.16	0.78	2.71	0.83	0.66	0.29	0.47	0.04	0.66	0.06	0.01	0.54
H32	底	0.60	--	0.11	0.55	1.56	0.66	0.34	0.26	0.85	0.04	0.30	0.06	0.01	--

备注：① 保留区水质要求维持现状，其区域内的检测水质评价统一从一类水质标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质；② ■ 表示符合一类水质标准；■ 表示符合二类水质标准；■ 表示符合三类水质标准；■ 表示符合四类水质标准；■ 表示超四类水质标准。

表7.3.2-5h 2019年8月大潮期海水质量标准指数8 (位于雷蛛平沙港口功能区的调查站位)

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	挥发酚
H12	表	1.17	0.07	0.54	0.63	1.72	1.00	0.04	0.01	0.19	0.01	0.01	0.04	0.02	0.11
H12	底	1.43	--	0.60	0.77	1.37	1.10	0.04	0.12	0.15	0.01	0.08	0.04	0.02	--
H15	表	1.40	0.09	0.60	0.75	4.02	1.13	0.04	0.03	0.12	0.01	0.01	0.04	0.02	0.24
H15	底	1.54	--	0.60	0.91	3.23	1.00	0.04	0.01	0.14	0.01	0.01	0.03	0.02	--
H19	表	1.74	0.12	0.60	0.80	3.63	1.13	0.04	0.02	0.10	0.01	0.01	0.03	0.02	0.12
H19	底	1.80	--	0.60	0.81	3.75	1.17	0.04	0.05	0.14	0.01	0.01	0.04	0.02	--
H23	表	1.69	0.11	0.66	0.83	3.76	0.93	0.04	0.02	0.15	0.01	0.01	0.04	0.02	0.37
H23	底	1.66	--	0.61	0.83	3.51	0.97	0.04	0.02	0.12	0.01	0.01	0.04	0.02	--
H26	表	1.09	0.09	0.56	0.49	4.30	0.93	0.03	0.01	0.11	0.01	0.01	0.04	0.02	0.29
H26	底	1.09	--	0.54	0.36	4.43	0.97	0.03	0.01	0.09	0.01	0.17	0.05	0.03	--
H30	表	1.40	0.04	0.54	0.53	5.34	0.90	0.04	0.07	0.10	0.01	0.08	0.04	0.02	0.11
H30	底	1.34	--	0.49	0.40	4.24	0.87	0.03	0.09	0.08	0.01	0.08	0.04	0.02	--
最大值		1.80	0.12	0.66	0.91	5.34	1.17	0.04	0.12	0.19	0.01	0.17	0.05	0.02	0.37
最小值		1.09	0.04	0.49	0.36	1.37	0.87	0.03	0.01	0.08	0.01	0.01	0.03	0.02	0.11
超标率		100%	0	0	0	100%	33.3%	0	0	0	0	0	0	0	0
备注：雷蛛平沙港口功能区执行海水水质三类标准															

对 2019 年 8 月水质环境现状调查结果的评价:

2019 年 8 月的水质环境现状调查中, 位于各个功能区调查站位的水质因子标准指数分别列于前面的表 7.3.2-5a~表 7.3.2-5h。以下对各个功能区的水质调查结果进行评价:

A. 海洋保护区

本次调查范围包括大襟岛海洋保护区, 该区要求执行海水水质第一类标准。由调查及评价结果可知, 位于该区的 3 个调查站点的水质超标因子主要为无机氮、DO 和锌, 其次为铅和活性磷酸盐, 其中无机氮超标率为 100%, DO 和锌的超标率各为 50%, 铅和活性磷酸盐超标率各为 12.5%; 其余调查因子均符合海水水质第一类标准。

B. 农渔业区

本次调查海域包括湛江-珠海近海农渔业区和都斛农渔业区, 湛江-珠海近海农渔业区和都斛农渔业区分别要求执行海水水质第一类和第二类标准。由调查和评价结果可知, 位于湛江-珠海近海农渔业区的 11 个调查站点, 水质超标因子主要为无机氮和锌, 其次为 DO、铅、活性磷酸盐和 COD, 其中无机氮超标率为 100%, 锌超标率为 38.2%, DO 超标率为 17.6%, 铅超标率为 14.7%, 活性磷酸盐超标率为 11.8%, COD 超标率为 2.9%; 其他水质因子均符合海水水质第一类标准。

位于都斛农渔业区的 3 个调查站点, 水质超标因子主要为无机氮和 pH, 其次为活性磷酸盐, 其中无机氮和 pH 超标率均为 100%, 活性磷酸盐超标率为 16.7%; 其他因子均符合海水水质第二类标准。

C. 工业与城镇用海区

本次调查有 1 个站点位于广海湾工业与城镇用海区, 该区要求执行海水水质第二类标准。由调查及评价结果可知, 位于该区的 1 个站点的水质超标因子主要为无机氮, 超标率为 100%; 其他因子均符合海水水质第二类标准。

D. 旅游休闲娱乐区

本次调查海域包括银湖湾旅游休闲娱乐区, 该区要求执行海水水质第三类标准。由调查及评价结果可知, 位于银湖湾旅游休闲娱乐区的 2 个调查站点, 水质超标因子主要为无机氮, 超标率为 100%; 其他因子均符合海水水质第三类标准。

E. 港口航运区

本次调查海域包括高栏港口航运区、银洲湖港口航运区和斗门港口航运区,

这 3 个区均要求执行海水水质第四类标准。由调查及评价结果可知,位于这 3 个港口航运区的 8 个调查站点,水质超标因子主要为无机氮,超标率为 61.1%;其他因子均符合海水水质第四类标准。

F. 黄茅海保留区

本次调查,位于黄茅海保留区的调查站点有 20 个,该区要求海水水质维持现状。评价结果显示,所有调查站位水质因子石油类、Hg、Cu、Cd、As、Cr 和挥发酚均符合海水水质第一类标准;大多数站位水质中的 DO、COD、Pb 和 Zn 均符合海水水质第一类标准,少量站位水质因子 DO、COD、Pb 和 Zn 符合海水水质第二类标准;大多数站位水质因子活性磷酸盐符合海水水质第一类、第二类标准,少量站位水质因子活性磷酸盐符合海水水质第四类标准;大多数站位水质因子 pH 符合海水水质第三类标准,少量站位水质中的 pH 符合海水水质第一类标准;大多数站位水质因子无机氮超海水水质第四类标准。

G. 镭蛛平沙港口功能区

调查近岸海域环境功能区划包括镭蛛平沙港口功能区,该要求执行第三类海水水质标准。由调查及评价结果可知,位于该功能区的 6 个调查站位,水质超标因子主要为 pH 和无机氮,其次为活性磷酸盐,其中 pH 和无机氮超标率均为 100%,活性磷酸盐超标率为 33.3%;其他因子均符合海水水质第三类标准。

7.3.3 沉积物环境现状调查与评价

7.3.3.1 调查概况

1) 调查站位布设

广州南科海洋工程中心于 2019 年 4 月在本项目所在及附近海域进行了海洋沉积物环境现状调查,布设了 24 个沉积物调查站位。调查站位坐标和调查内容以及调查站位布置示意图分别见前面 7.3.1 节的表 7.3.1-1 和图 7.3.1-1。

2) 调查项目与分析方法

沉积物环境现状调查分析项目包括:有机碳、硫化物、石油类、铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)、锌(Zn)、总汞(Hg)、砷(As)共 10 项。

沉积物样品的采样方法按《海洋调查规范》(GB12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)的有关要求进行。

沉积物样品的分析按照《海洋监测规范》(GB 17378.5-2007)进行,各项目的分析方法如表 7.3.3-1。

表7.3.3-1 沉积物分析方法

监测项目	测定方法	引用标准	检出限
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	GB17378.5-2007	0.03%
铜	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	0.5×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	1.0×10^{-6}
镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	0.04×10^{-6}
锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	6.0×10^{-6}
砷	氢化物—原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	3.0×10^{-6}
总汞	冷原子吸收光度法	GB17378.5-2007	3.0×10^{-6}
石油类	紫外分光光度法	GB17378.5-2007	3.0×10^{-6}
硫化物	碘量法	GB17378.5-2007	0.3×10^{-6}

3) 沉积物质量评价标准

对本次沉积物环境现状调查结果的评价，执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002），见表 7.3.3-2。

表7.3.3-2 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）（ $\times 10^{-6}$ ，有机碳为 $\times 10^{-2}$ ）

污染因子	石油类	Pb	Zn	Cu	Cd	Hg	As	Cr	有机碳	硫化物
一类标准 $\leq$	500.0	60.0	150.0	35.0	0.50	0.20	20.0	80	2.0	300.0
二类标准 $\leq$	1000.0	130.0	350.0	100.0	1.50	0.50	65.0	150	3.0	500.0
三类标准 $\leq$	1500.0	250.0	600.0	200.0	5.00	1.00	93.0	270	4.0	600.0

本次海洋沉积物调查站点位于《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的高栏港口航运区、银洲湖港口航运区、黄茅海保留区、都斛农渔业区、银湖湾旅游休闲娱乐区、湛江-珠海近海农渔业区、广海湾工业与城镇用海区。根据《广东省海洋功能区划》对上述各个功能区的海洋环境保护管理要求，对本次调查的沉积物质量评价标准，按照调查站位所在功能区执行的海洋沉积物标准，具体见表 7.3.3-3。

表 7.3.3-3 在各功能区的调查站位海洋沉积物评价执行的标准（2019年4月）

功能区	功能区名称	调查站位	沉积物质量标准要求
农渔业区	湛江-珠海近海农渔业区	H31、H36、H38、H40、H42、H46、H48	执行海洋沉积物质量第一类标准
	都斛农渔业区	H10、H16	
工业与城镇用海区	广海湾工业与城镇用海区	H27	基本功能未利用前，执行海洋沉积物质量第一类标准
旅游休闲娱乐区	银湖湾旅游休闲娱乐区	H7、H8	执行海洋沉积物质量第二类标准

港口航运区	银洲湖港口航运区	H1	执行海洋沉积物质量第三类标准
	高栏港口航运区	H30、H33、H35	
保留区	黄茅海保留区	H3、H5、H12、H14、H18、H21、H23、H25	海洋沉积物质量维持现状

注：广海湾工业与城镇用海区基本功能未利用前，执行沉积物质量第一类标准。

7.3.3.2 调查结果与评价

2019年4月沉积物环境现状调查结果列于表 7.3.3-4。

表 7.3.3-4 沉积物调查的分析结果 (2019年4月)

项目 站位	铜 10 ⁻⁶	铅 10 ⁻⁶	锌 10 ⁻⁶	镉 10 ⁻⁶	砷 10 ⁻⁶	铬 10 ⁻⁶	总汞 10 ⁻⁶	有机碳 %	硫化物 10 ⁻⁶	石油类 10 ⁻⁶
H1	67.7	44.5	151.9	0.24	29.63	94.7	0.079	1.07	52.4	290.1
H3	38.1	39.6	105.0	0.47	14.26	47.7	0.065	0.62	55.0	128.9
H5	26.1	31.8	81.8	0.10	13.00	46.0	0.020	1.18	33.0	46.7
H7	26.0	25.5	81.3	0.06	12.60	53.3	0.022	0.59	52.3	14.5
H8	44.8	39.0	115.6	0.21	18.54	86.3	0.046	1.01	90.5	46.6
H10	54.5	47.8	131.9	0.17	25.57	67.6	0.111	1.05	39.7	27.8
H12	39.1	32.9	108.7	0.20	16.94	64.5	0.146	0.68	75.8	143.7
H14	50.6	43.7	132.1	0.15	21.07	71.3	0.122	0.96	52.5	66.8
H16	48.3	42.5	117.2	0.21	23.07	63.5	0.123	0.92	174.0	85.0
H18	53.0	41.9	128.2	0.11	20.99	76.6	0.085	1.02	159.8	12.4
H21	6.9	19.2	43.9	<0.04	5.13	12.1	0.008	0.19	27.5	79.8
H23	28.9	27.8	96.3	<0.04	11.15	62.5	0.067	0.62	107.6	30.9
H25	4.4	8.6	36.0	<0.04	9.74	15.8	0.012	0.21	9.6	9.9
H27	37.8	29.4	114.9	0.05	22.38	68.0	0.096	0.80	30.9	10.9
H30	33.8	25.7	114.6	0.05	15.79	63.4	0.073	0.58	37.6	9.8
H31	39.1	34.7	100.2	0.05	17.16	58.7	0.100	0.84	19.5	11.7
H33	37.9	35.6	117.5	0.17	17.34	66.3	0.136	0.78	63.2	47.6
H35	40.9	35.0	134.3	0.05	18.28	72.4	0.094	1.09	137.4	136.4
H36	30.2	24.7	82.5	0.05	14.92	46.1	0.060	0.55	84.2	34.1
H38	19.2	19.7	68.7	<0.04	13.78	44.8	0.043	0.20	28.1	26.9
H40	16.3	15.6	84.9	<0.04	8.56	44.6	0.032	0.19	16.9	7.9
H42	26.3	23.5	86.0	<0.04	12.92	60.3	0.085	0.52	22.7	14.6
H46	32.2	30.5	128.5	0.08	15.22	68.4	0.090	0.74	44.8	213.0
H48	34.8	38.3	126.5	0.05	14.44	66.2	0.070	1.29	56.8	78.2

根据单项指数法计算出的本次调查沉积物各评价因子的评价指数列于表

7.3.3-5。

表 7.3.3-5a 沉积物中各评价因子的标准指数 1 (位于农渔业区的站位)

项目 站位	铜	铅	锌	镉	砷	铬	总汞	有机碳	硫化物	油类
H10	1.56	0.80	0.88	0.33	1.28	0.84	0.56	0.52	0.13	0.06
H16	1.38	0.71	0.78	0.42	1.15	0.79	0.62	0.46	0.58	0.17
H31	1.12	0.58	0.67	0.10	0.86	0.73	0.50	0.42	0.07	0.02
H36	0.86	0.41	0.55	0.11	0.75	0.58	0.30	0.27	0.28	0.07
H38	0.55	0.33	0.46	0.08	0.69	0.56	0.21	0.10	0.09	0.05
H40	0.47	0.26	0.57	0.08	0.43	0.56	0.16	0.09	0.06	0.02
H42	0.75	0.39	0.57	0.08	0.65	0.75	0.43	0.26	0.08	0.03
H46	0.92	0.51	0.86	0.15	0.76	0.86	0.45	0.37	0.15	0.43
H48	1.00	0.64	0.84	0.11	0.72	0.83	0.35	0.64	0.19	0.16
最大值	1.56	0.8	0.88	0.42	1.28	0.86	0.62	0.64	0.58	0.43
最小值	0.47	0.26	0.46	0.08	0.43	0.56	0.16	0.09	0.06	0.02
超标率	33.3%	0	0	0	22.2%	0	0	0	0	0
备注: 湛江—珠海近海农渔业区和都斛农渔业区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中的第一类标准										

表 7.3.3-5b 沉积物中各评价因子的标准指数 1 (位于广海湾工业与城镇用海区的站位)

项目 站位	铜	铅	锌	镉	砷	铬	总汞	有机碳	硫化物	油类
H27	1.08	0.49	0.77	0.09	1.12	0.85	0.48	0.40	0.10	0.02
超标率	100%	0	0	0	100%	0	0	0	0	0
备注: 广海湾工业与城镇用海区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第一类标准										

表 7.3.3-5c 沉积物中各评价因子的标准指数 3 (位于银湖湾旅游休闲娱乐区的站位)

项目 站位	铜	铅	锌	镉	砷	铬	总汞	有机碳	硫化物	油类
H7	0.26	0.42	0.23	0.04	0.19	0.36	0.04	0.20	0.10	0.01
H8	0.45	0.65	0.33	0.14	0.29	0.58	0.09	0.34	0.18	0.05
最大值	0.45	0.65	0.33	0.14	0.29	0.58	0.09	0.34	0.18	0.05
最小值	0.26	0.42	0.23	0.04	0.19	0.36	0.04	0.20	0.10	0.01
超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
备注: 银湖湾旅游休闲娱乐区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第二类标准										

表 7.3.3-5d 沉积物中各评价因子的标准指数 4 (位于港口航运区的站位)

项目 站位	铜	铅	锌	镉	砷	铬	总汞	有机碳	硫化物	油类
H1	0.34	0.74	0.25	0.05	0.32	0.35	0.08	0.27	0.09	0.48
H30	0.17	0.43	0.19	0.01	0.17	0.23	0.07	0.14	0.06	0.02
H33	0.19	0.59	0.20	0.03	0.19	0.25	0.14	0.19	0.11	0.08

H35	0.20	0.58	0.22	0.01	0.20	0.27	0.09	0.27	0.23	0.23
最大值	0.34	0.74	0.25	0.05	0.32	0.35	0.14	0.27	0.23	0.48
最小值	0.17	0.43	0.19	0.01	0.17	0.23	0.07	0.14	0.06	0.02
超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
备注：银洲湖港口航运区和高栏港口航运区执行《海洋沉积物质量》的第三类质量标准										

表7.3.3-5e 沉积物中各评价因子的标准指数5（位于黄茅海保留区的站点）

项目 站点	铜	铅	锌	镉	砷	铬	总汞	有机碳	硫化物	油类
H3	0.38	0.66	0.70	0.94	0.71	0.60	0.33	0.31	0.18	0.26
H5	0.75	0.53	0.55	0.20	0.65	0.58	0.10	0.59	0.11	0.09
H12	0.39	0.55	0.72	0.41	0.85	0.81	0.73	0.34	0.25	0.29
H14	0.51	0.73	0.88	0.30	0.32	0.89	0.61	0.48	0.18	0.13
H18	0.53	0.70	0.85	0.21	0.32	0.96	0.43	0.51	0.53	0.02
H21	0.20	0.32	0.29	0.08	0.26	0.15	0.04	0.10	0.09	0.16
H23	0.83	0.46	0.64	0.08	0.56	0.78	0.34	0.31	0.36	0.06
H25	0.13	0.14	0.24	0.08	0.49	0.20	0.06	0.10	0.03	0.02
备注：① 保留区海洋沉积物质量要求维持现状，其区域内的检测海洋沉积物质量评价统一从一类海洋沉积物质量标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第三类海洋沉积物质量标准的检测数据，评价至第三类海洋沉积物质量；② ■ 表示符合一类海洋沉积物质量标准； ■ 表示符合二类海洋沉积物质量标准； ■ 表示符合三类海洋沉积物质量标准。										

以下对各个功能区的沉积物调查结果进行评价：

①农渔业区

本次调查海域包括湛江-珠海近海农渔业区和都斛农渔业区，这 2 个功能区要求执行海洋沉积物质量第一类标准。由调查及评价结果可知，位于这 2 个农渔业区的调查站位，沉积物评价因子超标的主要为 Cu 和 As，超标率分别为 33.3%和 22.2%；其他因子全部符合海洋沉积物质量第一类标准。

②工业与城镇用海区

本次调查海域包括广海湾工业与城镇用海区，该区要求执行海洋沉积物质量第一类标准。由调查及评价结果可知，位于该区的 1 个调查站位，沉积物评价因子超标的主要为 Cu 和 As，超标率均为 100%；其他因子全部符合海洋沉积物质量第一类标准。

③游休闲娱乐区

本次调查海域包括银湖湾旅游休闲娱乐区，该区要求执行海洋沉积物质量第

二类标准。由调查及评价结果可知，位于该区的 2 个调查站位中的海洋沉积物评价因子 Cu、Pb、Zn、Cd、As、Cr、Hg、有机碳、硫化物和石油类均符合海洋沉积物质量第二类标准。

④港口航运区

调查海域港口航运区包括银洲湖港口航运区和高栏港口航运区，要求执行海洋沉积物第三类标准。由调查及评价结果可知，港口航运区包含 4 个调查站位，所有站位中海洋沉积物监测因子 Cu、Pb、Zn、Cd、As、Cr、Hg、有机碳、硫化物和石油类均符合海洋沉积物第三类标准。

⑤黄茅海保留区

本次调查，位于黄茅海保留区的调查站位有 8 个，该区要求海洋沉积物质量维持现状。从调查及评价结果可知，位于该区的所有站位中，海洋沉积物评价因子 Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、有机碳、硫化物和石油类均符合海洋沉积物质量第一类标准；大多数站位中的沉积物评价因子 As 符合海洋沉积物质量第一类标准，仅个别站位中的沉积物评价因子 As 符合海洋沉积物质量第二类标准；半数站位中的沉积物评价因子 Cu 符合海洋沉积物质量第一类标准，半数站位中的沉积物评价因子 Cu 符合海洋沉积物质量第二类标准。

综合上述分析结果，表明本项目所在及附近海域沉积物质量状况基本良好。

7.3.4 海洋生物质量现状调查与评价

7.3.4.1 调查概况

广州南科海洋工程中心于 2019 年 8 月 27-31 日（秋季）在黄茅海和高栏港附近海域开展了海洋生物资源调查，并同步采集了海洋生物质量调查样品。调查包括测定海洋生物体内的石油烃、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、锌（Zn）、总汞（Hg）、砷（As）和铬（Cr）共 8 项污染物残留量。

7.3.4.2 采样与分析方法

1) 采样方法

在潮间带生物、底栖生物和渔业资源调查的渔获物中选取当地常见的、有代表性的贝类、鱼类和甲壳类等生物。将样品袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮存样品。

2) 分析方法

样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范》(GB 17378.6-2007)进行, 各项目的分析方法如表 7.3.4-1。

表7.3.4-1 海洋生物体分析方法

监测项目	测定方法	引用标准	方法检出限
铜	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007	2.0×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007	0.04×10^{-6}
锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007	0.4×10^{-6}
镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007	0.005×10^{-6}
砷	氢化物—原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007	0.2×10^{-6}
总汞	冷原子吸收光度法	GB17378.6-2007	0.01×10^{-6}
铬	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007	0.04×10^{-6}
石油烃	荧光分光光度法	GB17378.6-2007	0.2×10^{-6}

7.3.4.3 评价标准

贝类(双壳类)生物质量评价标准采用《海洋生物质量》(GB 18421-2001); 其它类(软体类、甲壳类和鱼类)生物体内污染物质(除石油烃外)含量评价标准采用《全国海岸和海洋资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准, 石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。见表 7.3.4-2。

表7.3.4-2 海洋生物质量标准 (mg/kg)

生物类别	总汞	铜	铅	镉	锌	砷	铬	石油烃
贝类	0.05	10	0.1	0.2	20	1.0	0.5	15
软体类	0.3	100	10	5.5	250	/	/	20
甲壳类	0.2	100	2	2	150	/	/	/
鱼类	0.3	20	2	0.6	40	/	/	20

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》对各个海洋功能区的海洋环境保护管理要求, 本次调查各个站位的海洋生物质量评价执行标准详见表 7.3.4-3。

表7.3.4-3 在各功能区的调查站位海洋生物质量执行标准(2019年4月和8月)

功能区	功能区名称	调查站位	海洋生物质量标准
海洋保护区	大襟岛海洋保护区	H37、H43	海洋生物中的贝类执行海洋生物质量第一类标准
农渔业区	湛江-珠海近海农渔业区	H36、H38、H41、H45、H46、H48	
	都斛农渔业区	H20	
工业与城镇用海区	广海湾工业与城镇用海区	H27	基本功能未利用前, 执行海洋生物质量第

旅游休闲娱乐区	银湖湾旅游休闲娱乐区	H7	一类标准 海洋生物中的贝类执行海洋生物质量第二类标准
港口航运区	银洲湖港口航运区	H1、H2、H4	海洋生物中的贝类执行海洋生物质量第三类标准
	斗门港口航运区	H9	
	高栏港口航运区	H30、H34、H35	
保留区	黄茅海保留区	H11~H13、H15、H17、H19、H22、H24、H26、H29、H32	海洋生物质量维持现状

注：广海湾工业与城镇用海区基本功能未利用前，执行海洋生物质量第一类标准。

7.3.4.4 2019 年秋季海洋生物质量调查结果与评价

1) 调查结果

2019 年秋季海洋生物质量调查的检测结果见表 7.3.4-4。

表 7.3.4-4 海洋生物质量调查结果（2019 年秋季）

站号	物种名称	Hg mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg	Cr mg/kg	石油烃 mg/kg
H01	中华海蛤	0.02	<2.0	<0.04	10.5	0.009	0.3	<0.04	2.4
H02	鳎	0.02	<2.0	<0.04	4.5	0.007	0.3	<0.04	2.6
H03	中华海蛤	0.01	<2.0	0.37	7.0	0.011	0.5	0.40	2.3
H05	凤鲚	0.01	<2.0	0.04	5.9	0.007	<0.2	<0.04	4.3
H07	假长缝拟对虾	0.01	3.0	0.14	5.4	0.049	<0.2	<0.04	8.0
H09	中华海蛤	0.02	<2.0	0.05	14.9	<0.005	0.2	<0.04	3.1
H13	假长缝拟对虾	0.01	4.4	<0.04	7.4	0.046	0.2	<0.04	5.4
H15	前鳞骨鲷	<0.01	<2.0	0.42	5.9	0.014	0.7	<0.04	4.0
H18	颈斑鲷	0.02	<2.0	<0.04	6.0	0.007	<0.2	<0.04	0.9
H20	棘头梅童鱼	0.01	<2.0	1.00	<0.4	0.006	<0.2	<0.04	1.0
H21	锐齿鲷	<0.01	15.8	<0.04	24.5	0.081	0.7	<0.04	3.5
H25	黄斑篮子鱼	0.01	<2.0	0.18	6.3	0.005	0.2	<0.04	1.3
H26	孔虾虎鱼	0.01	<2.0	0.46	7.1	<0.005	<0.2	<0.04	1.4
H27	前鳞骨鲷	0.01	2.6	0.04	7.6	0.013	0.5	<0.04	3.4
H29	锐齿鲷	0.01	6.3	0.06	17.8	0.075	0.6	<0.04	3.2
H30	黄斑篮子鱼	0.01	<2.0	0.04	5.6	0.012	0.2	<0.04	<0.2
H30	近江牡蛎	0.02	45.7	1.25	106.4	0.486	0.5	0.04	17.3
H31	前鳞骨鲷	0.01	<2.0	1.37	5.4	0.020	0.6	<0.04	2.5
H33	假长缝拟对虾	0.01	5.5	<0.04	6.9	0.031	0.3	<0.04	5.8
H33	翡翠贻贝	0.02	2.6	0.28	13.7	0.097	0.8	0.30	12.9
H35	中华海蛤	0.01	<2.0	<0.04	9.6	0.005	<0.2	<0.04	4.6
H36	颈斑鲷	0.02	<2.0	0.91	7.0	0.014	<0.2	0.05	3.0
H37	颈斑鲷	0.02	<2.0	0.04	13.5	0.016	0.3	0.44	1.4

H38	尾纹双边鱼	0.03	<2.0	<0.04	10.1	0.007	0.3	0.06	1.1
H40	尾纹双边鱼	0.02	<2.0	0.36	10.1	0.022	0.3	0.05	0.7
H41	鲷	0.02	<2.0	0.28	4.5	<0.005	0.2	<0.04	3.4
H42	双斑东方鲀	0.02	<2.0	0.97	13.5	0.020	0.2	<0.04	2.6
H44	双斑东方鲀	0.02	<2.0	0.27	9.7	0.013	<0.2	<0.04	2.6
H46	颈斑鲳	0.03	<2.0	<0.04	11.8	0.020	0.3	<0.04	1.6
H47	颈斑鲳	0.02	<2.0	<0.04	7.4	0.009	0.2	0.84	2.8
H48	中华海鲇	0.02	<2.0	0.50	4.6	0.012	0.6	<0.04	3.0

2) 评价结果

采用单项指数法,对现状监测结果进行标准指数计算。2019 年秋季各调查站位海洋生物质量监测因子质量指数见表 7.3.4-5a~表 7.3.4-5f。

表 7.3.4-5a 2019 年秋季海洋生物质量标准指数 1 (采样站点位于海洋保护区)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
H37	颈斑鲳	鱼类	0.06	0.10	0.02	0.34	0.03	0.06	0.30	0.07
H44	双斑东方鲀	鱼类	0.06	0.10	0.13	0.24	0.02	0.04	0.03	0.13
	最大值		0.06	0.10	0.13	0.34	0.03	0.06	0.30	0.13
	最小值		0.06	0.10	0.02	0.24	0.02	0.04	0.03	0.07
	超标率		0	0	0	0	0	0	0	0

备注:海洋保护区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”,石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的相应标准。

表 7.3.4-5b 2019 年 8 月海洋生物质量标准指数 2 (采样站点位于农渔业区)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
H31	前鳞骨鲳	鱼类	0.03	0.10	0.69	0.14	0.03	0.12	0.03	0.13
H36	颈斑鲳	鱼类	0.07	0.10	0.45	0.17	0.02	0.04	0.03	0.15
H38	尾纹双边鱼	鱼类	0.09	0.10	0.02	0.25	0.01	0.06	0.04	0.06
H40	尾纹双边鱼	鱼类	0.07	0.10	0.18	0.25	0.04	0.06	0.03	0.04
H41	鲷	鱼类	0.05	0.10	0.14	0.11	0.01	0.04	0.03	0.17
H42	双斑东方鲀	鱼类	0.07	0.10	0.49	0.34	0.03	0.04	0.03	0.13
H46	颈斑鲳	鱼类	0.09	0.10	0.02	0.29	0.03	0.06	0.03	0.08
H47	颈斑鲳	鱼类	0.08	0.10	0.02	0.18	0.02	0.04	0.56	0.14
H48	中华海鲇	鱼类	0.06	0.10	0.25	0.12	0.02	0.12	0.03	0.15
H20	棘头梅童鱼	鱼类	0.04	0.10	0.50	0.01	0.01	0.04	0.03	0.05
	最大值		0.09	0.10	0.69	0.34	0.04	0.12	0.56	0.17
	最小值		0.03	0.10	0.02	0.01	0.01	0.04	0.03	0.04
	超标率		0	0	0	0	0	0	0	0

备注:农渔业区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”,石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的相应标准。

表 7.3.4-5c 2019年8月海洋生物质量标准指数3 (采样站点位于工业与城镇用海区)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
H27	前鳞骨鲷	鱼类	0.04	0.13	0.02	0.19	0.02	0.10	0.03	0.17
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：工业与城镇用海区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

表 7.3.4-5d 2019年8月海洋生物质量标准指数4 (采样站点位于旅游休闲娱乐区)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
H07	假长缝拟对虾	甲壳类	0.04	0.03	0.07	0.04	0.02	0.03	0.03	0.40
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：旅游休闲娱乐区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

表 7.3.4-5e 2019年8月海洋生物质量标准指数5 (采样站点位于港口航运区)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
H01	中华海鲇	鱼类	0.06	0.10	0.02	0.26	0.02	0.06	0.03	0.12
H02	鳊	鱼类	0.06	0.10	0.02	0.11	0.01	0.06	0.03	0.13
H09	中华海鲇	鱼类	0.08	0.10	0.03	0.37	0.01	0.04	0.03	0.16
H30	黄斑蓝子鱼	鱼类	0.05	0.10	0.02	0.14	0.02	0.04	0.03	0.01
H35	中华海鲇	鱼类	0.04	0.10	0.02	0.24	0.01	0.04	0.03	0.23
H33	假长缝拟对虾	甲壳类	0.03	0.06	0.02	0.05	0.02	0.04	0.03	0.29
最大值			0.08	0.10	0.03	0.37	0.02	0.06	0.03	0.29
最小值			0.03	0.06	0.02	0.05	0.01	0.04	0.03	0.01
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：港口航运区中的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

H33	翡翠贻贝	贝类	0.07	0.05	0.05	0.14	0.02	0.10	0.05	0.16
H30	近江牡蛎	贝类	0.06	0.46	0.21	0.21	0.10	0.06	0.01	0.22
最大值			0.07	0.46	0.21	0.21	0.10	0.10	0.05	0.22
最小值			0.06	0.05	0.05	0.14	0.02	0.06	0.01	0.16
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：港口航运区海洋生物中的贝类重金属含量执行海洋生物第三类质量标准。

表 7.3.4-5f 2019年8月海洋生物质量标准指数6 (采样站点位于黄茅海保留区)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
H03	中华海鲇	鱼类	0.04	0.10	0.19	0.17	0.02	0.10	0.27	0.12
H05	风鲚	鱼类	0.03	0.10	0.02	0.15	0.01	0.04	0.27	0.22
H15	前鳞骨鲷	鱼类	0.03	0.10	0.21	0.15	0.02	0.14	0.27	0.20
H18	颈斑鲷	鱼类	0.05	0.10	0.02	0.15	0.01	0.04	0.27	0.05
H25	黄斑蓝子鱼	鱼类	0.03	0.10	0.09	0.16	0.01	0.04	0.27	0.07

H26	孔虾虎鱼	鱼类	0.04	0.10	0.23	0.18	0.01	0.04	0.27	0.07
H21	锐齿螭	甲壳类	0.05	0.16	0.02	0.16	0.04	0.09	0.27	0.18
H29	锐齿螭	甲壳类	0.03	0.06	0.03	0.12	0.04	0.08	0.27	0.16
H13	假长缝拟对虾	甲壳类	0.04	0.04	0.02	0.05	0.02	0.03	0.27	0.27
最大值			0.05	0.16	0.23	0.18	0.04	0.14	0.27	0.27
最小值			0.03	0.04	0.02	0.05	0.01	0.03	0.27	0.05
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0
备注：保留区中的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。										

2019 年秋季的海洋生物质量调查结果表明：调查海域各站位的海洋生物质量监测因子标准指数均小于 1，符合所在海洋功能区执行的对应质量标准，没有出现超标现象，表明调查海域的海洋生物质量良好。

7.3.5 海洋生态环境现状调查与评价

7.3.5.1 调查站位布设和调查内容

广州南科海洋工程中心于 2019 年 8 月 27 日~31 日（秋季）在黄茅海以及高栏港附近海域开展了海洋生物生态环境现状调查，共布设了 29 个调查站位，调查内容包括叶绿素 *a* 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼；布设了 29 条渔业资源调查断面。调查站位坐标及调查项目见表 7.3.5-1。调查站位图见前面 7.3.1 节的图 7.3.1-1。

表 7.3.5-1 海洋生态资源调查站位坐标及调查项目（2019年秋季）

站位	纬度（N）	经度（E）	调查内容
H1	22°16.183'	113°04.426'	叶绿素 <i>a</i> 和初级生产力、浮游生物、底栖生物、鱼卵仔鱼共设 29 个站位（设置于 H1、H2、H3、H5、H7、H8、H10、H12、H14、H16、H18、H21、H22、H23、H24、H25、H27、H29、H30、H31、H33、H35、H36、H38、H40、H42、H44、H46、H48 号站）渔业资源设置 29 条断面（设置于 H1、H2、H3、H5、H7、H9、H13、H15、H18、H20、H21、H25、H26、H27、H29、H30、H31、H33、H35、H36、H37、H38、H40、H41、H42、H44、H46、H47、H48 号站）
H2	22°14.002'	113°04.832'	
H3	22°13.051'	113°07.305'	
H5	22°10.559'	113°05.018'	
H7	22°07.110'	113°02.623'	
H8	22°07.170'	113°02.631'	
H9	22°07.695'	113°06.270'	
H10	22°05.551'	113°02.471'	
H12	22°05.849'	113°05.674'	
H13	22°03.870'	113°02.517'	
H14	22°03.949'	113°04.075'	
H15	22°04.051'	113°05.737'	
H16	22°02.852'	113°02.946'	
H18	22°02.172'	113°05.104'	

站位	纬度 (N)	经度 (E)	调查内容
H20	22°00.356'	113°02.914'	
H21	22°00.454'	113°03.022'	
H22	22°00.620'	113°05.412'	
H23	22°00.964'	113°06.502'	
H24	21°58.964'	113°03.744'	
H25	21°59.422'	113°05.370'	
H26	21°59.791'	113°07.062'	
H27	21°57.044'	113°03.634'	
H29	21°57.559'	113°06.784'	
H30	21°58.036'	113°08.718'	
H31	21°54.564'	113°00.586'	
H33	21°54.658'	113°06.536'	
H35	21°54.798'	113°12.772'	
H36	21°51.260'	112°58.515'	
H37	21°51.111'	113°02.831'	
H38	21°51.175'	113°06.769'	
H40	21°51.267'	113°13.298'	
H41	21°51.164'	113°16.726'	
H42	21°47.284'	112°55.812'	
H44	21°47.412'	113°03.693'	
H46	21°47.446'	113°10.535'	
H47	21°47.440'	113°13.591'	
H48	21°47.366'	113°18.492'	

7.3.5.2 海洋生物采集、处理和分析方法

1) 叶绿素 *a* 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 *a* 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007））。

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 CaXee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。

2) 浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水 III 型浮游生物网，网口面积 0.1m²，采用垂直拖网法。样品现场用福尔马林固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计

数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方 m 多少个细胞数表示 (cells/m^3)。

3) 浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)中规定的方法进行。

以浅水 II 型浮游生物网采样，网口面积 0.08m^2 ，每个调查站从底至表垂直拖曳 II 型网，样品现场用 5% 甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m^3 水体的浮游动物数量。

4) 底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样，取样面积为 0.05m^2 ，每个站均采样 4 次。样品用酒精固定后带回室内分析鉴定，生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和栖息密度 $\text{ind.}/\text{m}^2$ 为单位。

5) 潮间带生物

分别在项目区周边设 6 处潮间带代表断面，以 A、B、C、D、E、F 表示，其中 A 和 C 调查断面沉积物为泥相，B 和 D-F 调查断面沉积物为岩石相。调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)进行。生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和 $\text{ind.}/\text{m}^2$ 为计算单位。

6) 鱼卵仔鱼

采用拖网法，网具采用浅海浮游生物 I 型网，于表层水平拖曳 5 分钟取得，拖速保持在 2 节左右，共获得 29 个鱼卵仔鱼样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

7) 海洋渔业资源（游泳生物）

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行，采样均于白天进行，拖时为 1 小时，平均拖速为 3.0 节，每次放网 1 张。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计，记录网产量。根据调查海域的物种分

布特征和经济种类等情况，将本次调查海域的渔获物分为鱼类、甲壳类和头足类等 3 个类群，并分别进行描述。

7.3.5.3 计算方法

1) 初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

P ——初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)；

C_a ——表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3)；

Q ——同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl}\cdot\text{a}\cdot\text{h})$)，根据南海海洋研究所以往的调查结果，取 3.7；

L ——真光层的深度 (m)；

t ——白昼时间 (h)，11h。

2) 优势度

优势度 (Y) 应用以下公式计算：

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

式中： n_i 为第 i 种的个体数； f_i 是该种在各站中出现的频率； N 为所有站每个种出现的总个体数。

3) 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为：

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中： H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

4) 均匀度

Pielou 均匀度公式为：

$$J = H' / \log_2 S$$

式中： J ——均匀度

H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

5) 鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度：

$$V=N/(S \times L)$$

式中： V ——鱼卵仔鱼的分布密度，单位为个/ m^3 、尾/ m^3

N ——每网鱼卵仔鱼数量，单位为(个，尾)

S ——网口面积，单位为 m^2

L ——拖网距离，单位为 m

6) 渔业资源（游泳动物）

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法（密度指数法），来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度，求算公式为：

$$S=(y)/a(1-E)$$

式中： S —重量密度 (kg/km^2) 或个体密度 ($ind./km^2$)

a —底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮网长度的 2/3）

y —平均渔获率 (kg/h) 或平均生物个体密度 ($ind./h$)

E —逃逸率（取 0.5）

确定优势种的方法：根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI ，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。 IRI 计算公式为 $IRI = (N+W) F$ 。

式中： N —某一类种的尾数占渔获总尾数的百分比

W —某一类种的重量占渔获总重量的百分比

F —某一类种的出现的站位数占调查总站位数的百分比

7.3.5.4 调查结果与评价

7.3.5.4.1 叶绿素 a 和初级生产力

1) 叶绿素 a

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $0.74 mg/m^3 \sim 17.82 mg/m^3$ ，平均值为 $4.69 mg/m^3$ ，其中 H46 号站叶绿素 a 含量最高，H30、H31 和 H33 号站叶绿素 a 含量最低，均为 $0.74 mg/m^3$ 。

调查海区底层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $0.68 \text{ mg/m}^3 \sim 7.58 \text{ mg/m}^3$ ，平均值为 3.18 mg/m^3 ，其中 H36 号站叶绿素 a 含量最高，H29 号站叶绿素 a 含量最低，H7、H8、H10 和 H14 站水深小于 5m，未采集底层叶绿素 a （表 7.3.5-1）。

2) 初级生产力

调查海域初级生产力的变化范围为 $22.47 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 1988.81 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $350.90 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，其中 H44 号站初级生产力水平最高，H31 号站最低（表 7.3.5-2）。

表7.3.5-2叶绿素a和初级生产力测定结果（2019年秋季）

站位	叶绿素 a (mg/m^3)		初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
	表层	底层	
H1	4.19	4.53	178.87
H2	8.31	5.26	507.61
H3	10.24	6.39	499.91
H5	7.36	4.70	359.37
H7	3.00	/	109.91
H8	2.26	/	82.86
H10	1.87	/	75.99
H12	1.53	2.26	65.21
H14	2.66	/	81.10
H16	4.53	1.13	165.81
H18	1.47	1.13	72.02
H21	1.13	2.21	34.52
H22	1.30	0.93	63.57
H23	1.92	1.53	58.64
H24	2.21	1.08	67.40
H25	1.13	1.67	34.52
H27	1.47	1.47	35.95
H29	1.87	0.68	91.18
H30	0.74	1.08	35.95
H31	0.74	1.13	22.47
H33	0.74	5.27	44.93
H35	5.95	2.26	544.63
H36	9.79	7.58	1015.99
H38	5.46	3.34	533.35
H40	5.26	4.87	578.31
H42	6.39	4.69	702.60
H44	16.29	5.60	1988.81
H46	17.82	3.05	1414.05

H48	8.31	5.71	710.65
范围	0.74~17.82	0.68~7.58	22.47~1988.81
平均值	4.69	3.18	350.90

7.3.5.4.2 浮游植物

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 6 门 69 属 148 种 (含 4 个变种和 2 个变型)。其中以硅藻门出现的种类为最多, 为 35 属 85 种, 占总种数的 57.43% (表 7.3.5-3); 绿藻门出现 13 属 25 种, 占总种数的 16.89%; 甲藻门出现 10 属 24 种, 占总种数的 16.22%。硅藻门的角毛藻出现种类数最多 (21 种), 其次是硅藻门的圆筛藻 (9 种) 和甲藻门的角藻 (8 种), 其它属出现的种类见表 7.3.5-3 和本报告后面的 2019 年 8 月生物种类名录的附录 1。

表 7.3.5-3 浮游植物种类组成 (2019 年秋季)

类群	属数	种类数	种类组成比例 (%)
硅藻	35	85	57.43
甲藻	10	24	16.22
蓝藻	8	10	6.76
绿藻	13	25	16.89
隐藻	1	2	1.35
裸藻	2	2	1.35
合计	69	148	100.00

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准, 本次调查的浮游植物优势种出现 5 种, 均为硅藻门的中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、柔弱拟菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima*)、尖刺拟菱形藻 (*Pseudo-nitzschia pungens*) 和蓝藻门的色球藻 (*Chroococcus* sp.)、微囊藻 (*Microcystis* sp.)。

中肋骨条藻的优势度为 0.282, 丰度占调查海区总丰度的 17.66%, 该优势种在整个调查区域分布广泛, 在 29 个调查站位中 26 个站中出现, 出现率为 89.66%, 为该调查海区的第一优势种。色球藻的优势度为 0.070, 丰度占调查海区总丰度的 32.61%, 在 29 个调查站位中 16 个站中出现, 出现率为 55.17%, 其他优势种见表 7.3.5-4。

表 7.3.5-4 浮游植物优势种及优势度 (2019 年秋季)

中文名	英文名	类群	优势度	占总丰度的百分比 (%)
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	硅藻	0.282	17.66
柔弱拟菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	硅藻	0.132	15.02

色球藻	<i>Chroococcus</i> sp.	蓝藻	0.070	32.61
微囊藻	<i>Microcystis</i> sp.	蓝藻	0.027	12.53
尖刺拟菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	硅藻	0.026	2.62

2) 丰度组成

本次调查结果表明, 调查海区浮游植物丰度变化范围为 $14.61 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 32980.25 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 平均为 $6408.04 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ (表 7.3.5-4)。不同站位的丰度差异较大, 最高丰度出现在 H36 号站; H14 号站次之, 其丰度为 $27399.00 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$; 最低丰度则出现在 H25 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻占优势, 其丰度占各站总丰度的 1.27%~99.96%, 平均为 45.75%, 硅藻在 29 个测站中均出现; 蓝藻次之, 其丰度占各站总丰度的 0.00%~98.27%, 平均为 53.15%, 蓝藻在 29 个测站中 24 个站有出现; 绿藻在各站丰度中的所占比例为 0.00%~5.82%, 平均为 0.95%, 在 29 个测站中 14 站有出现, 其他类(隐藻、裸藻和甲藻)的丰度和在各站丰度的比例见表 7.3.5-5。

表 7.3.5-5 浮游植物丰度 ($\times 10^4 \text{ cells/m}^3$) 及其百分比值 (%)

站 位	总丰度	硅藻		蓝藻		绿藻		其他	
		丰度	百分比	丰度	百分比	丰度	百分比	丰度	百分比
H1	2165.72	66.64	3.08	2082.84	96.17	16.24	0.75	0.00	0.00
H2	2746.02	162.04	5.90	2561.17	93.27	22.81	0.83	0.00	0.00
H3	2985.21	336.39	11.27	2578.20	86.37	67.56	2.26	3.06	0.10
H5	9649.33	144.53	1.50	9482.18	98.27	19.05	0.20	3.58	0.04
H7	7888.17	755.00	9.57	6674.17	84.61	459.00	5.82	0.00	0.00
H8	26067.00	1217.85	4.67	24443.40	93.77	359.70	1.38	46.05	0.18
H10	10184.70	544.50	5.35	9364.80	91.95	183.60	1.80	91.80	0.90
H12	1989.54	73.05	3.67	1889.12	94.95	27.31	1.37	0.06	0.00
H14	27399.00	347.10	1.27	26696.70	97.44	355.20	1.30	0.00	0.00
H16	9634.50	408.67	4.24	8950.67	92.90	240.17	2.49	35.00	0.36
H18	163.83	5.63	3.43	158.05	96.47	0.00	0.00	0.15	0.09
H21	3211.91	1593.00	49.60	1618.91	50.40	0.00	0.00	0.00	0.00
H22	277.68	97.13	34.98	180.40	64.97	0.00	0.00	0.15	0.06
H23	452.84	78.59	17.35	359.68	79.43	7.29	1.61	7.29	1.61
H24	26.25	22.80	86.86	3.00	11.43	0.00	0.00	0.45	1.71
H25	14.61	11.19	76.54	2.96	20.23	0.00	0.00	0.47	3.23
H27	99.56	79.13	79.47	17.25	17.33	0.00	0.00	3.19	3.20
H29	145.50	128.03	87.99	15.71	10.79	0.00	0.00	1.76	1.21
H30	54.57	45.62	83.60	7.14	13.09	0.00	0.00	1.81	3.32
H31	1511.58	660.24	43.68	821.10	54.32	0.00	0.00	30.24	2.00

H33	1001.18	507.41	50.68	485.88	48.53	3.76	0.38	4.12	0.41
H35	111.14	110.63	99.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.46
H36	32980.25	32866.25	99.65	102.00	0.31	0.00	0.00	12.00	0.04
H38	4577.35	4516.32	98.67	57.74	1.26	0.00	0.00	3.29	0.07
H40	1141.67	1140.83	99.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.07
H42	18904.57	18887.38	99.91	0.00	0.00	5.85	0.03	11.34	0.06
H44	8036.43	8033.61	99.96	0.00	0.00	0.00	0.00	2.83	0.04
H46	1316.35	1315.75	99.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.05
H48	11096.61	10867.84	97.94	224.82	2.03	3.27	0.03	0.69	0.01
平均值	6408.04	2931.83	45.75	3406.13	53.15	61.06	0.95	9.01	0.14
变化范围	14.61~32980.25	5.63~32866.25	1.27~99.96	0.00~26696.70	0.00~98.27	0.00~459.00	0.00~5.82	0.00~91.80	0.00~3.32

3) 多样性水平

本次调查,各站位浮游植物种数变化范围 15 ~ 43 种,平均 27 种(表 7.3.5-6)。Shannon-wiener 多样性指数范围为 1.245 ~ 3.164,平均为 2.165,多样性指数以 H27 号站位最高,H5 号站最低;Pielou 均匀度指数范围为 0.273 ~ 0.732,平均为 0.464,其中 H27 号站均匀度指数最高,H48 号站最低,各站之间分布比较均匀(表 7.3.5-6)。

表 7.3.5-6 浮游植物的多样性及均匀度指数(2019 年秋季)

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度(J)
H1	18	1.509	0.362
H2	31	1.488	0.300
H3	24	1.881	0.410
H5	23	1.245	0.275
H7	25	1.958	0.422
H8	29	1.751	0.360
H10	26	2.249	0.479
H12	28	1.701	0.354
H14	26	1.894	0.403
H16	30	1.530	0.312
H18	15	1.276	0.327
H21	25	2.418	0.521
H22	21	2.533	0.577
H23	20	2.336	0.540
H24	17	2.983	0.730
H25	18	2.525	0.606
H27	20	3.164	0.732
H29	25	2.962	0.638
H30	27	3.031	0.637

H31	28	2.365	0.492
H33	40	2.614	0.491
H35	22	2.102	0.471
H36	43	2.682	0.494
H38	32	2.479	0.496
H40	33	2.192	0.435
H42	38	2.505	0.477
H44	31	2.598	0.524
H46	21	1.437	0.327
H48	33	1.379	0.273
平均	27	2.165	0.464
范围	15~43	1.245~3.164	0.273~0.732

7.3.5.4.3 浮游动物

1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 11 个生物类群 75 种（见附录 II—浮游动物种类名录），其中桡足类 40 种、浮游幼体类 15 种、被囊类和枝角类均为 4 种、毛颚类和腔肠动物均为 3 种、其他种类共 6 种。

2) 浮游动物生物量、密度及其分布

本次调查结果显示，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $9.92 \text{ mg/m}^3 \sim 1500.00 \text{ mg/m}^3$ ，平均生物量为 307.38 mg/m^3 。在整个调查区中，生物量最高出现在 H31 号采样站，最低出现在 H35 号采样站。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 $127.50 \text{ ind./m}^3 \sim 111300.00 \text{ ind./m}^3$ ，平均密度 $16344.12 \text{ ind./m}^3$ 。浮游生物最高密度出现在 H31 号采样站，最低密度则出现在 H3 号采样站（表 7.3.5-7）。

表 7.3.5-7 浮游动物生物量及密度（2019 年秋季）

站位	密度 (ind./m^3)	生物量 (mg/m^3)
H1	2985.00	108.33
H2	952.10	30.37
H3	127.50	37.50
H5	1287.28	67.98
H7	4875.00	708.33
H8	5350.00	250.00
H10	5475.00	800.00
H12	712.26	54.25
H14	10625.00	825.00

H16	64486.11	750.00
H18	11868.75	235.42
H21	43647.73	852.27
H22	14880.10	301.02
H23	968.75	89.29
H24	18962.50	150.00
H25	7953.57	160.71
H27	75906.25	875.00
H29	26492.65	250.00
H30	4642.86	47.62
H31	111300.00	1500.00
H33	18066.18	110.29
H35	1608.13	9.92
H36	11732.64	149.31
H38	8327.96	161.29
H40	1096.81	12.25
H42	5089.94	41.16
H44	5340.16	140.37
H46	3927.80	90.84
H48	5291.33	105.61
平均值	16344.12	307.38
范围	127.50~111300.00	9.92~1500.00

3) 浮游动物主要类群分布

(1) 桡足类

桡足类在 29 个调查站位中均有分布, 其密度变化范围为 $37.50 \text{ ind./m}^3 \sim 69000.00 \text{ ind./m}^3$, 平均密度为 $12389.65 \text{ ind./m}^3$, 占浮游动物总密度的 75.80 %。其中最高密度出现在 H31 号采样站; 其次为 H16 号采样站, 密度为 $60277.78 \text{ ind./m}^3$, H3 号站位密度最低。

(2) 浮游幼体类

浮游幼体类在全部 29 个调查站位均有出现, 平均密度为 2947.54 ind./m^3 , 占浮游动物总密度的 18.03%, 其密度变化范围为 $10.00 \text{ ind./m}^3 \sim 36050.00 \text{ ind./m}^3$ 。其中最高密度分布于 H31 号采样站, 其次是 H27 号采样站, 密度分别为 $18218.75 \text{ ind./m}^3$, H3 号站位密度最低。

(3) 枝角类

枝角类在全部 29 个调查站位中 27 个站位有出现, 平均密度为 897.27 ind./m^3 , 占浮

游动物总密度的 5.49%，其密度变化范围为 $0.00 \text{ ind./m}^3 \sim 5000.00 \text{ ind./m}^3$ 。其中最高密度分布于 H31 号采样站，其次是 H36 号采样站，密度为 4791.67 ind./m^3 ，其中 H23 和 H25 号站位中没有出现枝角类。

(4) 其他种类

浮游动物的其他类群有被囊类、端足类、多毛类、糠虾类、毛颚类、腔肠动物、十足类和翼足类等，它们大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内也较为广泛分布。

4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各测站的浮游动物平均出现种类为 19 种（6~38 种）；种类多样性指数范围为 1.178~3.555 之间，平均为 2.409，多样性指数最高出现在 H40 号采样站，其次为 H30 号采样站，最低则出现在 H16 号采样站；种类均匀度变化范围在 0.295~0.738 之间，平均为 0.587，最高出现在 H3 号采样站，最低出现在 H16 号采样站，各站位生物量种间分布较为均匀（见表 7.3.5-8）。

表 7.3.5-8 浮游动物的多样性指数及均匀度（2019 年秋季）

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度 (J)
H1	13	2.420	0.654
H2	11	1.967	0.569
H3	7	2.071	0.738
H5	10	1.581	0.476
H7	10	1.963	0.591
H8	10	2.151	0.647
H10	14	2.775	0.729
H12	9	2.125	0.670
H14	14	2.669	0.701
H16	16	1.178	0.295
H18	18	1.990	0.477
H21	12	1.680	0.469
H22	17	2.568	0.628
H23	6	1.811	0.701
H24	17	1.646	0.403
H25	17	2.087	0.511
H27	24	2.564	0.559
H29	28	2.727	0.567
H30	29	3.407	0.701
H31	28	2.861	0.595

H33	23	2.730	0.603
H35	24	2.580	0.563
H36	26	3.147	0.670
H38	30	3.021	0.616
H40	29	3.555	0.732
H42	26	2.824	0.601
H44	25	2.427	0.523
H46	38	2.876	0.548
H48	34	2.452	0.482
平均	19	2.409	0.587
范围	6~38	1.178~3.555	0.295~0.738

5) 优势种及其分布

以优势度 ≥ 0.02 为判断标准, 本调查海域在调查期间浮游动物的优势种有 6 种, 为桡足类的小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、中华异水蚤 (*Acartiella sinensis*) 和拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*), 优势度指数分别为 0.357、0.108、0.045。枝角类的鸟喙尖头蚤 (*Penilia avirostris*) 和肥胖三角蚤 (*Evadne tergestina*), 优势度指数分别为 0.074 和 0.039, 浮游幼体的桡足类幼体 (Copepoda larvae), 优势度为 0.053 (表 5.3.5-8)。小拟哲水蚤的平均密度为 5982.64 ind./m³, 占浮游动物总密度的 36.60%, 在 29 个调查站位中均有出现, 其中在 H31 号站位密度最高, 为 48000.00 ind./m³, 为本调查海域的第一优势种; 中华异水蚤的平均密度为 3609.05 ind./m³, 占浮游动物总密度的 22.08%, 在全部 29 个调查站位中 19 个站位有出现, 其他优势种见表 7.3.5-9。

表 7.3.5-9 浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁文	优势度	平均密度 (ind./m ³)	占总丰度百分比 (%)
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	0.357	5982.64	36.60
中华异水蚤	<i>Acartiella sinensis</i>	0.108	3609.05	22.08
鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i>	0.074	469.69	2.87
桡足类幼体	Copepoda larvae	0.053	961.25	5.88
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	0.045	1314.20	8.04
肥胖三角蚤	<i>Evadne tergestina</i>	0.039	346.18	2.12

7.3.5.4.4 大型底栖生物

1) 种类组成

本次调查共记录大型底栖动物 51 种, 其中环节动物 21 种、软体动物 18 种、节肢动物

6种、其他种类动物（包括腔肠动物、棘皮动物、星虫动物和纽形动物）共6种（附录III）。环节动物、软体动物和节肢动物分别占总种数的41.18 %、35.29 %和11.76%，环节动物和软体动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

2) 大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为84.31 ind./m²，以环节动物的平均栖息密度最高，为28.62 ind./m²，占总密度的33.95 %；软体动物次之，平均栖息密度为25.00 ind./m²，占总平均密度的29.65 %；节肢动物的平均栖息密度为6.55 ind./m²，占总平均密度的7.77 %；其他动物的平均栖息密度总和为24.14 ind./m²，占总平均密度的28.63 %（表7.3.5-9）。

底栖生物的平均生物量为27.58 g/m²，以软体动物的平均生物量居首位，该种类的平均生物量为16.68 g/m²，占总平均生物量的60.49 %；其次为其他动物，其他动物的平均生物量总和为8.11 g/m²，占总平均生物量的29.41%；环节动物的平均生物量为1.43 g/m²，占平均生物量的5.20%；节肢动物的平均生物量较少，平均生物量为1.35g/m²（表7.3.5-10）。

表 7.3.5-10 底栖生物各类群的生物量和栖息密度（2019 年秋季）

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
H1	栖息密度(ind./m ²)	115.00	50.00	15.00	0.00	50.00
	生物量(g/m ²)	14.40	2.07	8.82	0.00	3.52
H2	栖息密度(ind./m ²)	110.00	20.00	20.00	0.00	70.00
	生物量(g/m ²)	5.45	0.87	1.53	0.00	3.05
H3	栖息密度(ind./m ²)	95.00	70.00	25.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	45.17	2.33	42.85	0.00	0.00
H5	栖息密度(ind./m ²)	80.00	5.00	60.00	10.00	5.00
	生物量(g/m ²)	5.01	0.23	3.91	0.08	0.80
H7	栖息密度(ind./m ²)	60.00	40.00	20.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	118.05	2.02	116.03	0.00	0.00
H8	栖息密度(ind./m ²)	170.00	20.00	90.00	0.00	60.00
	生物量(g/m ²)	76.16	0.24	74.54	0.00	1.39
H10	栖息密度(ind./m ²)	85.00	15.00	10.00	10.00	50.00
	生物量(g/m ²)	4.07	0.93	0.60	0.30	2.25
H12	栖息密度(ind./m ²)	20.00	5.00	10.00	5.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.31	0.13	0.52	0.66	0.00
H14	栖息密度(ind./m ²)	35.00	5.00	15.00	0.00	15.00
	生物量(g/m ²)	0.80	0.22	0.21	0.00	0.37

H16	栖息密度(ind./m ²)	50.00	10.00	10.00	25.00	5.00
	生物量(g/m ²)	225.79	0.20	48.51	2.81	174.28
H18	栖息密度(ind./m ²)	100.00	40.00	15.00	5.00	40.00
	生物量(g/m ²)	16.13	0.91	0.35	0.09	14.78
H21	栖息密度(ind./m ²)	80.00	25.00	15.00	35.00	5.00
	生物量(g/m ²)	30.93	10.76	2.40	17.39	0.38
H22	栖息密度(ind./m ²)	35.00	5.00	15.00	0.00	15.00
	生物量(g/m ²)	59.47	0.17	58.16	0.00	1.15
H23	栖息密度(ind./m ²)	50.00	35.00	15.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.20	0.71	0.49	0.00	0.00
H24	栖息密度(ind./m ²)	165.00	115.00	35.00	15.00	0.00
	生物量(g/m ²)	44.98	9.68	35.12	0.19	0.00
H25	栖息密度(ind./m ²)	100.00	15.00	15.00	0.00	70.00
	生物量(g/m ²)	12.13	0.40	5.29	0.00	6.45
H27	栖息密度(ind./m ²)	85.00	25.00	30.00	10.00	20.00
	生物量(g/m ²)	7.74	0.46	6.26	0.67	0.36
H29	栖息密度(ind./m ²)	135.00	35.00	25.00	10.00	65.00
	生物量(g/m ²)	14.89	0.85	4.16	4.64	5.25
H30	栖息密度(ind./m ²)	110.00	65.00	5.00	0.00	40.00
	生物量(g/m ²)	8.72	2.43	3.03	0.00	3.26
H31	栖息密度(ind./m ²)	135.00	65.00	30.00	0.00	40.00
	生物量(g/m ²)	6.70	1.51	1.08	0.00	4.11
H33	栖息密度(ind./m ²)	160.00	10.00	65.00	0.00	85.00
	生物量(g/m ²)	15.73	0.20	6.97	0.00	8.57
H35	栖息密度(ind./m ²)	70.00	30.00	40.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.37	0.68	0.69	0.00	0.00
H36	栖息密度(ind./m ²)	100.00	15.00	20.00	15.00	50.00
	生物量(g/m ²)	13.08	0.38	7.51	1.13	4.07
H38	栖息密度(ind./m ²)	60.00	20.00	35.00	5.00	0.00
	生物量(g/m ²)	6.85	0.50	5.93	0.42	0.00
H40	栖息密度(ind./m ²)	30.00	15.00	15.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	43.56	0.28	43.29	0.00	0.00
H42	栖息密度(ind./m ²)	55.00	15.00	30.00	5.00	5.00
	生物量(g/m ²)	15.44	0.32	4.33	10.29	0.51
H44	栖息密度(ind./m ²)	45.00	20.00	10.00	10.00	5.00
	生物量(g/m ²)	1.90	0.90	0.20	0.27	0.54
H46	栖息密度(ind./m ²)	50.00	20.00	15.00	15.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.46	0.84	0.46	0.16	0.00
H48	栖息密度(ind./m ²)	60.00	20.00	20.00	15.00	5.00
	生物量(g/m ²)	1.33	0.42	0.57	0.19	0.16

平均	栖息密度(ind./m ²)	84.31	28.62	25.00	6.55	24.14
	生物量(g/m ²)	27.58	1.43	16.68	1.35	8.11

本次调查结果表明,各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀,变化范围从20.00 ind./m²~170.00 ind./m²,其中H8号站位栖息密度最高,为170.00 ind./m²。该站位密度最高的原因在于记录到数量较多的软体动物棒锥螺(*Turritella bacillum*)和棘皮动物栖滩阳遂足(*Amphiura vadicola*),它们在该站位的栖息密度分别为60.00 ind./m²和55.00 ind./m²;其次为H24号站位栖息密度较高,为165.00 ind./m²,该站位密度较高的原因是记录到数量较多的环节动物角海蛭(*Ophelina acuminata*),它们在站位的栖息密度为90.00 ind./m²;最低的站位为H12站,栖息密度为20.00 ind./m²。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀,变化范围从0.80 g/m²~225.79 g/m²,在29个监测站位中仅 H7和H16号站位的生物量大于100.00 g/m²,分别为118.05 g/m²和225.79 g/m²。构成H7号站位较高生物量的原因在于出现数量较多的软体动物棒锥螺,生物量为112.65 g/m²。构成H16号站位较高生物量的原因在于出现个体较大的腔肠动物中华刺海蛰(*Pteroeides chinense*),生物量为174.28 g/m²。最低的站位为H14站,生物量仅为0.80g/m²,该站位生物量低的原因在于该站位记录到个体较小的软体类动物和环节动物,且种类和数量较少,个体较大的其它动物类群没有出现。

环节动物在调查海区的平均密度为28.62 ind./m²,在29个站位中均出现,出现频率为100.00%。密度分布范围为5.00 ind./m²~115.00 ind./m²;平均生物量为1.43g/m²,生物量分布范围为0.13 g/m²~10.76 g/m²。

软体动物在调查海区29个站位中均出现,出现频率为100.00%,平均密度为25.00 ind./m²,密度分布范围为5.00 ind./m²~90.00 ind./m²;平均生物量为16.68 g/m²,生物量分布范围为0.20 g/m²~116.03g/m²。

3) 大型底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 $Y \geq 0.02$ 时即被认定为优势种,那么本次调查海区的底栖生物仅有3个优势种,为星虫动物的厥目革囊星虫(*Phascolosoma scolops*)、棘皮动物的栖滩阳遂足和环节动物的越南锥头虫(*Orbinia vietnamensis*),优势度分别为0.048、0.047和0.022。厥目革囊星虫在29个站位中的9个站出现,其平均栖息密度为12.93 ind./m²,占调查海区底栖生物平均密度的15.34%,为该调查海区的第一优势种;栖滩阳遂足在29个站位中的11个站出现,其平均栖息密度为10.34 ind./m²,占调查海区底栖生物平均密度的12.27%,其他优势种见表7.3.5-11。

表 7.3.5-11 底栖动物优势种及优势度 (2019 年秋季)

优势种	类群	优势度 (Y)	平均密度 (ind./m ²)	占总生物栖息密度的百分比(%)
厥目革囊星虫	星虫动物	0.048	12.93	15.34
栖滩阳遂足	棘皮动物	0.047	10.34	12.27
越南锥头虫	环节动物	0.022	5.86	6.95

4) 大型底栖生物物种多样性指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 4~12 种/站, 平均 7 种/站。多样性指数 (H') 变化范围在 1.186~3.453 之间, 平均值为 2.446 (表 7.3.5-12)。多样性指数最高出现在 H21 号站, 最低则为 H5 号站, 调查海域底栖生物多样性指数属较高水平。均匀度范围在 0.593~1.000 之间, 平均值为 0.859, 均匀度指数最高出现在 H12 号站。最低则为 H5 号站, 各站位之间物种分布较均匀。

表 7.3.5-12 各调查站位底栖生物出现种数与物种多样性指数

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
H1	9	2.579	0.814
H2	8	2.231	0.744
H3	7	2.286	0.814
H5	4	1.186	0.593
H7	9	3.022	0.953
H8	8	2.387	0.796
H10	9	2.705	0.853
H12	4	2.000	1.000
H14	4	1.842	0.921
H16	6	2.322	0.898
H18	9	2.739	0.864
H21	12	3.453	0.963
H22	5	2.128	0.917
H23	6	2.371	0.917
H24	10	2.361	0.711
H25	5	1.457	0.627
H27	7	2.631	0.937
H29	9	2.367	0.747
H30	5	1.856	0.799
H31	9	2.740	0.864
H33	10	2.391	0.720
H35	9	3.039	0.959
H36	8	2.323	0.774

H38	9	3.022	0.953
H40	5	2.252	0.970
H42	9	3.027	0.955
H44	8	2.948	0.983
H46	7	2.646	0.943
H48	7	2.626	0.935
平均	7	2.446	0.859
范围	4~12	1.186~3.453	0.593~1.000

7.3.5.4.5 潮间带生物

1) 种类构成

本次调查共记录潮间带生物35种,其中环节动物7种,软体动物17种,节肢动物10种,和纽形动物1种(附录IV)。软体动物和节肢动物占总种数的分别为48.57%和28.57%,环节动物占总种数的20.00%。软体动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。

6个断面按沉积物的类型, A和C调查断面沉积物为泥相, B和D~F调查断面沉积物为岩石相。

高潮区:生物群落组成为以软体动物的粗糙滨螺(*Littorina scabra*)、齿纹蜆螺(*Nerita yoldi*)和彩拟蟹守螺(*Cerithidea ornata*)为主。

中潮区:生物群落组成同样为以软体动物的齿纹蜆螺为主。

低潮区:以软体动物的齿纹蜆螺和肌肉河篮蛤(*Potamocorbula rubromuscula*)为主。

2) 平均生物量及平均栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均生物量为 93.83 g/m², 平均栖息密度为 131.56 ind./m²。

在潮间带平均生物量的组成中,以软体动物居首位,平均生物量为 69.04 g/m², 占总平均生物量的 73.57%;其次为节肢动物,其平均生物量为 23.28 g/m², 占总生物量的 24.81% (表 7.3.5-12)。

在平均栖息密度方面,其组成情况与生物量一致,总平均栖息密度为131.56 ind./m²。其中软体动物占绝大部分,为101.33 ind./m²,节肢动物次之,为17.33 ind./m²(表7.3.5-13)。

表 7.3.5-13 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成 (2019年秋季)

类 别	合 计	环节动物	软体动物	节肢动物	纽形动物
栖息密度 (ind./m ²)	131.56	12.00	101.33	17.33	0.89
生物量 (g/m ²)	93.83	0.93	69.04	23.28	0.59

(1) 平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面,平均栖息密度表现为 D 断面 > B 断面 > C 断面 = F 断面 > E 断面 > A 断面; 平均生物量表现为为 C 断面 > B 断面 > F 断面 > D 断面 > E 断面 > A 断面 (表 7.3.5-14)。

表 7.3.5-14 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布 (2019 年秋季)

断面名称	项 目	合 计	环节动物	软体动物	节肢动物	纽形动物
A	栖息密度 (ind./m ²)	73.33	14.67	30.67	25.33	2.67
	生物量 (g/m ²)	7.16	0.31	4.67	2.12	0.06
B	栖息密度 (ind./m ²)	142.67	10.67	98.67	33.33	0.00
	生物量 (g/m ²)	131.72	1.12	85.03	45.57	0.00
C	栖息密度 (ind./m ²)	136.00	10.67	105.33	17.33	2.67
	生物量 (g/m ²)	185.96	0.86	115.48	66.14	3.49
D	栖息密度 (ind./m ²)	222.67	25.33	190.67	6.67	0.00
	生物量 (g/m ²)	108.16	3.06	91.76	13.33	0.00
E	栖息密度 (ind./m ²)	78.67	2.67	73.33	2.67	0.00
	生物量 (g/m ²)	20.76	0.06	17.88	2.82	0.00
F	栖息密度 (ind./m ²)	136.00	8.00	109.33	18.67	0.00
	生物量 (g/m ²)	109.25	0.17	99.40	9.69	0.00

(2) 平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上,潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高,中潮区居中,高潮带最低,其中低潮区的平均生物量主要由软体动物组成;中潮区的平均生物量也主要由软体动物组成。平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区 > 中潮区 = 高潮区 (表 7.3.5-15)。

表 7.3.5-15 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布 (2019 年秋季)

潮 带	项 目	合 计	环节动物	软体动物	节肢动物	纽形动物
高	栖息密度 (ind./m ²)	85.33	0.00	74.67	10.67	0.00
	生物量 (g/m ²)	46.98	0.00	44.93	2.05	0.00
中	栖息密度 (ind./m ²)	85.33	9.33	54.67	21.33	0.00
	生物量 (g/m ²)	92.58	0.35	57.76	34.47	0.00

低	栖息密度 (ind./m ²)	224.00	26.67	174.67	20.00	2.67
	生物量 (g/m ²)	141.94	2.44	104.41	33.31	1.77

3) 潮间带生物多样性指数

计算结果显示, 6条调查断面出现的种类数在 10~21 种/站(平均 14 种/站), 多样性指数(H')变化范围在 1.739~3.776 之间, 平均值为 2.802(表 7.3.5-16)。多样性指数最高出现在 C 断面, 最低则为 E 断面, 6 条断面多样性指数属较高水平。均匀度范围在 0.523~0.927 之间, 平均值为 0.745, 均匀度指数最高出现在 A 断面, 最低则为 E 断面, 各站位之间物种分布较均匀。

表 7.3.5-16 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度(2019 年秋季)

断面名称	样方内出现的种类数	多样性指数(H')	均匀度(J')
A	12	3.322	0.927
B	11	2.454	0.709
C	21	3.776	0.860
D	14	2.925	0.768
E	10	1.739	0.523
F	14	2.593	0.681
平均	14	2.802	0.745

7.3.5.4.6 鱼类浮游生物

1) 种类组成

在采集的 29 个样品中, 经鉴定, 共出现了鱼卵仔鱼 10 种, 其中鲷形目、鲹形目和未定种各鉴定出 1 种, 鲹形目鉴定出 2 种和鲈形目鉴定出 5 种(表 7.3.5-17)。

表 7.3.5-17 调查海区鱼卵、仔鱼种类组成(2019 年秋季)

种类	拉丁种名	鱼卵	仔鱼
鲷形目	小公鱼 <i>Stolephorus</i> sp.	+	+
	小沙丁鱼 <i>Sardinella</i> sp.	+	+
鲈形目	多鳞鲈 <i>Sillago sihama</i>	+	+
	美肩鳃鲷 <i>Omobranchus elegans</i>	-	+
	虾虎鱼科 <i>Gobiidae</i>	-	+
	眶棘双边鱼 <i>Ambassis gymnocephalus</i>	-	+
	鲻属 <i>Lepidotrigla</i> sp.	+	-
鲹形目	鲹科 <i>Mugilidae</i>	+	+
鲹形目	舌鲷科 <i>Cynoglossidae</i>	+	-
	未定种 Unidentified	+	-

2) 数量分布

本次调查共采到鱼卵 1447 个, 仔鱼 92 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 527.59 个/1000m³, 采获鱼卵数量密度最高为 H36 号站, 为 1113.33 个/1000m³, 调查期间 29 个测站中均采到鱼卵, 鱼卵出现率为 100.00%, 鱼卵密度变化范围在 250.98 个/1000m³ ~1113.33 个/1000m³ (表 7.3.5-17)。

仔鱼在 29 个监测站中 24 个站出现, 出现率为 82.76%, 仔鱼的平均密度为 33.89 尾/1000m³ (表 7.3.5-18)。

表 7.3.5-18 鱼类浮游生物密度及其分布 (2019 年秋季)

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (个/1000m ³)	仔鱼 (尾/1000m ³)
H1	484.91	183.19
H2	312.88	73.62
H3	321.93	20.12
H5	333.33	51.28
H7	300.83	10.37
H8	515.76	75.21
H10	649.55	30.21
H12	645.76	18.45
H14	483.01	26.83
H16	471.43	10.71
H18	374.75	10.13
H21	842.25	20.05
H22	434.94	22.30
H23	658.23	164.56
H24	356.32	17.38
H25	554.41	30.80
H27	368.03	0.00
H29	250.98	0.00
H30	759.49	23.73
H31	745.68	32.42
H33	470.69	0.00
H35	363.16	7.89
H36	1113.33	59.86
H38	351.99	9.03
H40	1093.02	46.51
H42	385.30	0.00
H44	633.80	10.06
H46	624.61	27.97

H48	399.72	0.00
平均	527.59	33.89

3) 主要种类及数量分布

鳊属是本次调查的主要种类,在本次调查中该种鱼卵出现有一定数量,鱼卵的密度在 70.42 个/1000m³ ~ 356.59 个/1000m³ 之间。其中鱼卵最高出现在 H40 号站,其次为 H21 号站,密度为 280.75 个/1000m³,平均密度 157.59 个/1000m³,占本次调查鱼卵总数的 29.87%;

小公鱼也是本次调查中出现的主要种类,在本次调查中出现在鱼卵和仔鱼当中。其中,鱼卵的密度在 33.46 个/1000m³ ~ 287.31 个/1000m³ 之间,平均密度为 123.10 个/1000m³,占本次调查鱼卵总数的 23.33 %;仔鱼在 29 个调查站中出现了 11 次,出现频率为 37.93 %,密度范围在 0.00 个/1000m³ ~ 63.29 个/1000m³ 之间,平均值为 6.94 个/1000m³,占本次调查仔鱼总数的 20.48 %。

小沙丁鱼是本次调查的主要种类,在本次调查中该种仔鱼出现有一定数量,仔鱼的密度在 00.00 个/1000m³ ~ 129.31 个/1000m³ 之间。其中仔鱼最高出现在 H1 号站,在 29 个调查站中出现了 17 次,出现频率为 58.62 %,平均密度 17.55 个/1000m³,占本次调查仔鱼总数的 51.78%。

7.3.5.4.7 游泳生物(渔业资源)

1) 种类组成

本次调查,共捕获游泳生物 42 种,其中:鱼类 27 种,甲壳类 15 种(表 7.3.5-19,附录 V)。

本次调查,各站位出现种类情况见表 7.3.5-18。从表中可看出,各断面种类数量,H21 和 H26 断面种类数最多,均为 19 种,其次为 H30 断面,为 15 种,H1 和 H9 断面的种数最少,均为 3 种。

表 7.3.5-19 各断面出现种类统计结果(2019 年秋季)

站位	甲壳类	鱼类	总计
H1	1	2	3
H2	1	3	4
H3	2	3	5
H5	1	3	4
H7	2	2	4
H9	2	1	3

H13	2	6	8
H15	1	5	6
H18	4	7	11
H20	4	4	8
H21	5	14	19
H25	2	12	14
H26	4	15	19
H27	5	6	11
H29	4	7	11
H30	4	11	15
H31	7	5	12
H33	6	7	13
H35	1	4	5
H36	1	5	6
H37	0	6	6
H38	2	7	9
H40	0	10	10
H41	3	10	13
H42	1	8	9
H44	0	5	5
H46	3	3	6
H47	3	4	7
H48	3	4	7
合计	15	27	42

2) 渔获率

渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 6.28 kg/h 和 988.80 ind./h, 其中: 甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.57 kg/h 和 132.12 ind./h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 9.08 %和 13.36%; 鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 5.71 kg/h 和 856.68 ind./h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 90.92 %和 86.64 % (表 7.3.5-20)。

表 7.3.5-20 各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比 (2019 年秋季)

断面	总个体渔获率 ind./h	总重量渔获率 kg/h	类群		类群	
			甲壳类	鱼类	甲壳类	鱼类
			个体渔获率(ind./h)		重量渔获率(kg/h)	
			个体渔获比例(%)		重量渔获比例(%)	
H1	208.80	4.48	7.20	201.60	0.02	4.46
			3.45	96.55	0.45	99.55

H2	194.40	5.07	14.40	180.00	0.04	5.02
			7.41	92.59	0.84	99.16
H3	316.80	6.11	28.80	288.00	0.06	6.05
			9.09	90.91	0.94	99.06
H5	194.40	4.92	14.40	180.00	0.05	4.87
			7.41	92.59	0.94	99.06
H7	432.00	5.78	64.80	367.20	0.13	5.65
			15.00	85.00	2.17	97.83
H9	273.60	4.80	28.80	244.80	0.06	4.74
			10.53	89.47	1.29	98.71
H13	1122.00	6.92	492.00	630.00	0.82	6.10
			43.85	56.15	11.81	88.19
H15	894.00	5.76	384.00	510.00	0.58	5.17
			42.95	57.05	10.11	89.89
H18	738.00	4.03	54.00	684.00	0.38	3.65
			7.32	92.68	9.38	90.62
H20	348.00	3.27	42.00	306.00	0.42	2.85
			12.07	87.93	12.95	87.05
H21	900.00	8.04	240.00	660.00	1.24	6.80
			26.67	73.33	15.42	84.58
H25	792.00	8.56	216.00	576.00	1.01	7.55
			27.27	72.73	11.76	88.24
H26	1248.00	8.78	408.00	840.00	2.07	6.71
			32.69	67.31	23.58	76.42
H27	960.00	12.88	180.00	780.00	1.21	11.67
			18.75	81.25	9.42	90.58
H29	1320.00	15.65	440.00	880.00	2.03	13.62
			33.33	66.67	12.95	87.05
H30	720.00	8.21	228.00	492.00	2.21	6.00
			31.67	68.33	26.95	73.05
H31	950.00	12.21	250.00	700.00	0.82	11.40
			26.32	73.68	6.67	93.33
H33	1000.00	10.44	330.00	670.00	1.05	9.39
			33.00	67.00	10.06	89.94
H35	1620.00	5.00	28.80	1591.20	0.25	4.76
			1.78	98.22	4.95	95.05
H36	1338.00	4.40	6.00	1332.00	0.02	4.38
			0.45	99.55	0.44	99.56
H37	1740.00	4.51	0.00	1740.00	0.00	4.51

			0.00	100.00	0.00	100.00
H38	1212.00	5.37	24.00	1188.00	0.21	5.16
			1.98	98.02	3.88	96.12
H40	2138.40	6.67	0.00	2138.40	0.00	6.67
			0.00	100.00	0.00	100.00
H41	1411.20	5.56	43.20	1368.00	0.21	5.35
			3.06	96.94	3.82	96.18
H42	1410.00	3.35	12.00	1398.00	0.04	3.31
			0.85	99.15	1.29	98.71
H44	996.00	3.14	0.00	996.00	0.00	3.14
			0.00	100.00	0.00	100.00
H46	1713.60	2.86	122.40	1591.20	0.44	2.43
			7.14	92.86	15.24	84.76
H47	1418.40	2.76	64.80	1353.60	0.41	2.35
			4.57	95.43	14.91	85.09
H48	1065.60	2.47	108.00	957.60	0.75	1.72
			10.14	89.86	30.43	69.57
平均	988.80	6.28	132.12	856.68	0.57	5.71
			13.36	86.64	9.08	90.92

3) 资源密度

本次调查各站位渔业资源密度分布见表 7.3.5-21。平均重量密度为 753.06 kg/km²，H29 断面最高，H48 断面最低，范围为 296.16 kg/km² ~ 1877.85 kg/km²；平均个体密度为 118646.51 ind./km²，个体密度最高的断面为 H40，其值为 256587.47 ind./km²，最低为 H5 断面，其个体密度为 23326.13 ind./km²。

表 7.3.5-21 调查站位的渔业资源密度 (2019 年秋季)

断面站位	重量密度(kg/km ²)	个体密度(ind./km ²)
H1	537.54	25054.00
H2	607.95	23326.13
H3	732.61	38012.96
H5	590.41	23326.13
H7	693.30	51835.85
H9	576.50	32829.37
H13	829.81	134629.23
H15	690.71	107271.42
H18	483.66	88552.92
H20	392.44	41756.66
H21	965.30	107991.36
H25	1027.21	95032.40

H26	1053.13	149748.02
H27	1545.60	115190.78
H29	1877.85	158387.33
H30	984.74	86393.09
H31	1465.44	113990.88
H33	1253.18	119990.40
H35	600.35	194384.45
H36	528.01	160547.16
H37	541.25	208783.30
H38	644.56	145428.37
H40	800.26	256587.47
H41	667.73	169330.45
H42	401.87	169186.47
H44	376.89	119510.44
H46	343.59	205615.55
H47	330.80	170194.38
H48	296.16	127861.77
平均值	753.06	118646.51

4) 鱼类资源状况

(1) 鱼类种类组成

本次调查捕获的鱼类 27 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

(2) 鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 7.3.5-22。从表中可得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 684.72 kg/km^2 和 $102792.88 \text{ ind./km}^2$ 。在 29 个断面中，鱼类重量密度分布中，H29 最高为 1634.75 kg/km^2 ，H48 断面最低为 206.05 kg/km^2 ；鱼类个体密度分布中，H40 最高 $256587.47 \text{ ind./km}^2$ ，H5 最低为 $21598.27 \text{ ind./km}^2$ 。

表 7.3.5-22 鱼类资源密度 (2019 年秋季)

断面站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
H1	535.12	24190.06
H2	602.85	21598.27
H3	725.70	34557.24
H5	584.88	21598.27
H7	678.27	44060.48
H9	569.07	29373.65
H13	731.82	75593.95
H15	620.88	61195.10

H18	438.30	82073.43
H20	341.61	36717.06
H21	816.41	79193.66
H25	906.41	69114.47
H26	804.75	100791.94
H27	1400.05	93592.51
H29	1634.75	105591.55
H30	719.37	59035.28
H31	1367.65	83993.28
H33	1127.07	80393.57
H35	570.63	190928.73
H36	525.70	159827.21
H37	541.25	208783.30
H38	619.58	142548.60
H40	800.26	256587.47
H41	642.25	164146.87
H42	396.69	167746.58
H44	376.89	119510.44
H46	291.23	190928.73
H47	281.47	162419.01
H48	206.05	114902.81
平均值	684.72	102792.88

(3) 鱼类优势种

鱼类 IRI 指数见表 7.3.5-23。从表中可见，IRI 值在 1000 以上的仅有 3 种：中华海鲇 (*Arius sinensis*)、颈斑鲳 (*Nuchequula nuchalis*) 和前鳞骨鲳 (*Osteomugil ophuyseni*)，这 3 种鱼类重量渔获率之和为 127.95 kg/h，占鱼类总重量渔获率 165.49 kg/h 的 77.31%；这 3 种鱼类的个体渔获率之和为 19754.40 ind./h，占鱼类总个体渔获率 24843.60 ind./h 的 79.52%。由此确定这 3 种为鱼类的优势种。

表 7.3.5-23 鱼类的 IRI 指数 (2019 年秋季)

种类	出现频率 (%)	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		(kg/h)	(%)	(ind./h)	(%)	
中华海鲇	100.00	60.37	36.48	4087.20	16.45	5293.15
颈斑鲳	68.97	25.88	15.64	13302.80	53.55	4771.48
前鳞骨鲳	34.48	41.69	25.19	2364.40	9.52	1196.96
风鲚	75.86	5.72	3.46	1145.60	4.61	612.02
尾纹双边鱼	37.93	7.16	4.33	1771.20	7.13	434.50
黄斑篮子鱼	31.03	5.45	3.29	645.20	2.60	182.77
棘头梅童鱼	44.83	2.16	1.30	276.40	1.11	108.28

双斑东方鲀	24.14	5.87	3.55	50.40	0.20	90.52
孔虾虎鱼	34.48	1.51	0.91	249.20	1.00	65.98
鳊	13.79	3.03	1.83	36.00	0.14	27.24
线纹鳗鲡	13.79	1.78	1.07	216.00	0.87	26.80
鲮	17.24	1.54	0.93	43.20	0.17	19.05
卵鳎	13.79	0.75	0.45	216.00	0.87	18.25
红狼牙虾虎鱼	10.34	0.65	0.39	84.00	0.34	7.58
斑头舌鳎	10.34	0.28	0.17	84.00	0.34	5.25
鲮	13.79	0.25	0.15	49.20	0.20	4.77
丽叶鲈	13.79	0.14	0.08	52.80	0.21	4.07
拟矛尾虾虎鱼	10.34	0.11	0.07	30.00	0.12	1.93
龙头鱼	6.90	0.16	0.10	28.80	0.12	1.46
帆鳍鱼	6.90	0.17	0.10	24.00	0.10	1.36
杜氏叫姑鱼	6.90	0.22	0.13	13.20	0.05	1.29
鳎	6.90	0.15	0.09	16.00	0.06	1.06
髯虾虎鱼	6.90	0.02	0.01	24.00	0.10	0.75
短舌鳎	3.45	0.19	0.11	6.00	0.02	0.47
多鳞鰕	3.45	0.13	0.08	6.00	0.02	0.36
海鳗	3.45	0.08	0.05	10.00	0.04	0.31
大鳞舌鳎	3.45	0.05	0.03	12.00	0.05	0.26

5) 甲壳类资源状况

(1) 种类组成

本次调查,共捕获的甲壳类,经鉴定共 15 种,其中:虾类 7 种,蟹类 5 种,虾蛄类 3 种。甲壳类渔获种类名录见附录 V。

(2) 优势种

将甲壳类 IRI 指数列表 7.3.5-24。从表中可得出,甲壳类 IRI 值在 1000 以上的有 2 种,分别为:假长缝拟对虾(*Parapenaeus fissuroides*)和锐齿蛄(*Charybdis natator*)。这 2 种甲壳类的重量渔获率之和为 11.17 kg/h,占甲壳类总重量渔获率(16.52 kg/h)的 67.65%;这 2 种甲壳类的个体渔获率之和为 2788.80 ind./h,占甲壳类总个体渔获率(3831.60 ind./h)的 72.78 %。由此确定这 2 种为甲壳类的优势种。

表 7.3.5-24 甲壳类的 IRI 指数 (2019 年秋季)

种类	出现频率 (%)	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		(kg/h)	(%)	(ind./h)	(%)	
假长缝拟对虾	44.83	4.64	28.06	2220.80	57.96	3856.20
锐齿蛄	34.48	6.54	39.59	568.00	14.82	1876.41
中华管鞭虾	31.03	0.66	3.98	218.40	5.70	300.31

字纹弓蟹	31.03	0.82	4.98	103.20	2.69	238.07
黑斑口虾蛄	20.69	0.87	5.28	221.60	5.78	228.84
周氏新对虾	27.59	0.42	2.56	118.80	3.10	156.11
口虾蛄	17.24	0.64	3.85	88.00	2.30	106.01
哈氏仿对虾	17.24	0.29	1.78	154.00	4.02	99.94
近缘新对虾	10.34	0.48	2.89	55.20	1.44	44.75
远海梭子蟹	3.45	0.71	4.28	12.00	0.31	15.84
日本猛虾蛄	3.45	0.25	1.53	14.40	0.38	6.59
东方鲷	3.45	0.16	1.00	24.00	0.63	5.59
红星梭子蟹	3.45	0.02	0.13	20.00	0.52	2.24
须赤虾	3.45	0.01	0.06	7.20	0.19	0.86
鲜明鼓虾	3.45	0.01	0.04	6.00	0.16	0.69

(3) 甲壳类资源密度评估

本次调查,甲壳类的资源密度见表 7.3.5-25。从表中得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 68.34 kg/km^2 和 $15853.63 \text{ ind./km}^2$ 。其中,重量密度范围为 $0.00 \text{ kg/km}^2 \sim 265.37 \text{ kg/km}^2$, H37、H40 和 H44 断面没有出现甲壳类, H30 断面最高;个体密度分布范围为 $0.00 \text{ ind./km}^2 \sim 59035.28 \text{ ind./km}^2$, H13 断面最高。

表 7.3.5-25 甲壳类资源密度 (2019 年秋季)

断面站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
H1	2.42	863.93
H2	5.10	1727.86
H3	6.91	3455.72
H5	5.53	1727.86
H7	15.03	7775.38
H9	7.43	3455.72
H13	97.98	59035.28
H15	69.83	46076.31
H18	45.36	6479.48
H20	50.83	5039.60
H21	148.88	28797.70
H25	120.81	25917.93
H26	248.38	48956.08
H27	145.55	21598.27
H29	243.10	52795.78
H30	265.37	27357.81
H31	97.79	29997.60
H33	126.11	39596.83
H35	29.72	3455.72

H36	2.30	719.94
H37	0.00	0.00
H38	24.98	2879.77
H40	0.00	0.00
H41	25.49	5183.59
H42	5.18	1439.88
H44	0.00	0.00
H46	52.35	14686.83
H47	49.33	7775.38
H48	90.11	12958.96
平均值	68.34	15853.63

7.3.5.5 2019年秋季调查结论

1) 叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $0.74 \text{ mg/m}^3 \sim 17.82 \text{ mg/m}^3$ ，平均值为 4.69 mg/m^3 。底层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $0.68 \text{ mg/m}^3 \sim 7.58 \text{ mg/m}^3$ ，平均值为 3.18 mg/m^3 。调查海域初级生产力的变化范围为 $22.47 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 1988.81 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $350.90 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2) 浮游植物

本次调查共记录浮游植物 6 门 69 属 148 种（含 4 个变种和 2 个变型），其中以硅藻门出现的种类为最多，为 35 属 85 种。本次调查的浮游植物优势种出现 5 种，均为硅藻门的中肋骨条藻、柔弱拟菱形藻、尖刺拟菱形藻和蓝藻门的色球藻。调查海区浮游植物丰度变化范围为 $14.61 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 32980.25 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，平均为 $6408.04 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 。各站位浮游植物种数变化范围 15 ~ 43 种，平均 27 种。多样性指数范围为 1.245 ~ 3.164，平均为 2.165；均匀度指数范围为 0.273 ~ 0.732，平均为 0.464，各站之间分布比较均匀。

3) 浮游动物

本次调查共记录浮游动物 11 个生物类群 75 种，其中桡足类 40 种、浮游幼体类 15 种、被囊类和枝角类均为 4 种、毛颚类和腔肠动物均为 3 种、其他种类共 6 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $9.92 \text{ mg/m}^3 \sim 1500.00 \text{ mg/m}^3$ ，平均生物量为 307.38 mg/m^3 。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 $127.50 \text{ ind./m}^3 \sim 111300.00 \text{ ind./m}^3$ ，平均密度 $16344.12 \text{ ind./m}^3$ 。

本调查海域在调查期间浮游动物的优势种有 6 种，为桡足类的小拟哲水蚤、中华异水蚤和拟长腹剑水蚤，枝角类的鸟喙尖头溞和肥胖三角溞，浮游幼体的桡足类幼体。本次调查海域各测站的浮游动物平均出现种类为 19 种（6~38 种）；种类多样性指数范围为 1.178~3.555 之间，平均为 2.409；种类均匀度变化范围在 0.295~0.738 之间，平均为 0.587。

4) 底栖生物

本次调查共记录大型底栖动物 51 种，其中环节动物 21 种、软体动物 18 种、节肢动物 6 种、其他种类动物（包括腔肠动物、棘皮动物、星虫动物和纽形动物）共 6 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 84.31 ind./m²，平均生物量为 27.58 g/m²。本次调查海区的底栖生物仅有 3 个优势种，为星虫动物的厥目革囊星虫、棘皮动物的栖滩阳遂足和环节动物的越南锥头虫。调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 4~12 种/站，平均 7 种/站。多样性指数 (H') 变化范围在 1.186~3.453 之间，平均值为 2.446，调查海域底栖生物多样性指数属较高水平。均匀度范围在 0.593~1.000 之间，平均值为 0.859。

5) 潮间带生物

本次调查共记录潮间带生物 35 种，其中环节动物 7 种，软体动物 17 种，节肢动物 10 种，和纽形动物 1 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 93.83 g/m²，平均栖息密度为 131.56 ind./m²。水平分布方面：平均栖息密度表现为 D 断面 > B 断面 > C 断面 = F 断面 > E 断面 > A 断面；平均生物量表现为 C 断面 > B 断面 > F 断面 > D 断面 > E 断面 > A 断面。在垂直分布上：潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低。平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区 > 中潮区 = 高潮区。6 条调查断面出现的种类数在 10~21 种/站（平均 14 种/站），多样性指数 (H') 变化范围在 1.739~3.776 之间，平均值为 2.802，多样性指数属较高水平。均匀度范围在 0.523~0.927 之间，平均值为 0.745。

6) 鱼类浮游生物

在采集的 29 个样品中，经鉴定，共出现了鱼卵仔鱼 10 种，其中鲱形目、鲱形目和未定种各鉴定出 1 种，鲱形目鉴定出 2 种和鲈形目鉴定出 5 种。本次调查共采到鱼卵 1447 个，仔鱼 92 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 527.59 个/1000m³，鱼卵密度变化范围在 250.98 个/1000m³~1113.33 个/1000m³，仔鱼的平均密度为 33.89 尾/1000m³。

鳊属是本次调查的主要种类,在本次调查中该种鱼卵出现有一定数量,鱼卵的平均密度 157.59 个/1000m³, 占本次调查鱼卵总数的 29.87%。小公鱼也是本次调查中出现的主要种类,在本次调查中出现在鱼卵和仔鱼当中。其中,鱼卵的平均密度为 123.10 个/1000m³, 占本次调查鱼卵总数的 23.33 %; 仔鱼密度的平均值为 6.94 个/1000m³, 占本次调查仔鱼总数的 20.48 %。小沙丁鱼是本次调查的主要种类,在本次调查中该种仔鱼出现有一定数量,仔鱼的密度在 00.00 个/1000m³ ~ 129.31 个/1000m³ 之间,平均密度 17.55 个/1000m³, 占本次调查仔鱼总数的 51.78%。

7) 渔业资源

本次调查,共捕获游泳生物 42 种,其中:鱼类 27 种,甲壳类 15 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 6.28 kg/h 和 988.80 ind./h, 其中:甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.57 kg/h 和 132.12 ind./h; 鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 5.71 kg/h 和 856.68 ind./h。

本次调查各站位渔业资源密度中,平均重量密度为 753.06 kg/ km², 平均个体密度为 118646.51 ind./km²。其中,鱼类的资源密度的平均重量密度和平均个体密度分别为 684.72 kg/km² 和 102792.88 ind./km²; 甲壳类的资源密度的平均重量密度和平均个体密度分别为 68.34 kg/km² 和 15853.63 ind./km²。鱼类的优势种仅有 3 种,为:中华海鲇、颈斑鲷和前鳞骨鲷。甲壳类的优势种有 2 种,分别为:假长缝拟对虾和锐齿螯。

7.4 陆域环境质量现状调查与评价

7.4.1 大气环境质量现状调查与评价

7.4.1.1 项目所在区域环境质量达标情况

根据珠海市生态环境局的《2020 年珠海市环境质量状况公告》(<http://ssthj.zhuhai.gov.cn/>), 珠海市大气环境质量状况见表 7.4.1-1。

表 7.4.1-1 区域空气质量现状评价表

污染物	年评价指标	现状浓度 (mg/m ³)	标准值(mg/m ³)	占标率(%)	达标情况
SO ₂	年平均质量浓度	5	60	8.3	达标
NO ₂	年平均质量浓度	24	40	60	达标
CO	百分位数日平均质量浓度	900	4000	22.5	达标
O ₃	百分位数 8h 平均质量浓度	142	160	88.8	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	34	70	48.6	达标
PM _{2.5}	年平均质量浓度	19	35	54.3	达标

根据 2020 年珠海市环境质量状况公告, 珠海市 2020 年 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度分别为 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $24\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $34\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $19\mu\text{g}/\text{m}^3$; CO 24 小时平均第 95 百分位数为 $0.9\text{mg}/\text{m}^3$, O_3 日最大 8 小时平均第 90 百分位数为 $142\mu\text{g}/\text{m}^3$; SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 和 CO 污染物平均浓度均优于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准限值。

根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)“城市环境空气质量达标情况评价指标为 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 、 O_3 , 六项污染物全部达标即为城市环境空气质量达标”。因此, 判定 2020 年项目所在评价区域大气环境质量为达标区域。

7.4.2 基本污染物环境质量现状

结合本区域的地形和污染气象等自然因素综合本项目所在区域环境空气质量监测站的分布情况, 采用距离项目最近的广东省环境监测网中斗门空气质量城市站 2020 年连续一年的监测数据作为本项目基本污染物环境质量现状数据。

由表 7.4.2-1 可知, SO_2 年平均及 24 小时平均第 98 百分位数浓度达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单二级标准; PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均及 24 小时平均第 95 百分位数浓度达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单二级标准; CO 24 小时平均第 95 百分位数达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单二级标准; O_3 日最大 8 小时平均第 90 百分位数浓度以及二氧化氮 24 小时平均第 98 百分位数浓度均达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单二级标准。

表 7.4.2-1 2020 年斗门气象站点基本污染物环境质量现状

点位名称	监测点坐标		污染物	年评价指标	评价标准 /(mg/m^3)	现状浓度 /(mg/m^3)	浓度占标率/%	超标频率/%	达标情况
	X	Y							
斗门气象监测站	113.3° E	22.23° N	SO_2	年平均质量浓度	60	5	8.33	0	达标
				第 98 百分位数日平均质量浓度	150	12	8		
			NO_2	年平均质量浓度	40	22	55	0	达标
				第 98 百分位数日平均质量浓度	80	63	78.75		
			PM_{10}	年平均质量浓度	70	36	51.43	0	达标
				第 95 百分位数日平均质量浓度	150	84	56		
			$\text{PM}_{2.5}$	年平均质量浓度	35	20	57.14	0	达标
				第 95 百分位数日平均质量浓度	75	48	64		

			CO	第 95 百分位日平均浓度	4000	1000	25	0	达标
			O ₃	第 90 百分位数日最大 8 小时平均浓度	160	140	87.5	0	达标

7.4.3 特征污染物环境空气质量补充监测

7.4.3.1 监测方案

本项目委托中山市创华检测技术有限公司于 2022 年 04 月 11 日 04 月 17 日对 G1(项目所在地)、G2(项目主导风向向下风向) TSP 进行监测。

1) 监测因子: TSP。

2) 监测点位: 评价范围内共布设 2 个监测点, 详见表 7.4.3-1 和图 7.4.3-1。

表 7.4.3-1 环境空气现状监测布点情况

编号	点位	监测点坐标		监测因子	监测时段	相对厂址位置	相对厂址范围
G1	项目所在地	0	0	TSP	连续监测 7 天, 每天应有 24 小时采样时间	/	/
G2	主导风向向下风向	1676	-404			东南	1710

3) 监测和分析方法

监测及分析方法均按照国家环保局《环境监测技术规范》、《环境监测分析方法》和《环境空气质量标准》(GB3095-2012)要求的方法进行, 具体见表 7.4.3-2。

表 7.4.3-2 环境空气质量监测分析方法

监测项目	检测方法	方法来源	使用仪器	检出限
TSP	重量法	GB/T 15432-1995	电子天平 PX224ZH/E	0.001 mg/m ³

7.4.3.2 评价方法和标准

1) 评价方法

根据《环境影响评价技术导则一大气环境》(HJ2.2-2018)中的监测结果统计 析方法进行评价。

$$I_i = \frac{C_i}{C_{0i}}$$

评价方法选用评价指数法。指数 I_i 的定义如下:

式中: C_i——某种污染因子不同取样时间的浓度测值, mg/m³

C_{0i}——环境空气质量标准, mg/m³

2) 评价标准

《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其 2018 年修改单中的二级标准。

7.4.3.3 监测结果统计分析

本项目大气监测结果见下表：

表7.4.3-3监测结果一览表

监测点 位	监测点坐标/m		污染 物	平均时 间	评价标准/ (mg/m ³)	监测浓度范 围/ (mg/m ³)	最大 浓度 占标 率/%	超标 频率 /%	达标 情况
	X	Y							
G1	0	0	TSP	日均值	0.3	0.144~0.204	68	0	达标
G2	1676	-404	TSP	日均值	0.3	0.137~0.239	79.67	0	达标

由表 7.4.3-3 可见，评价区域的项目位置及东南方 1710m 处 TSP 日均浓度范围为 0.144~0.239mg/m³，最大浓度占标率为 79.67%。评价区域监测点的 TSP 日均浓度能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）其 2018 年修改单中的二级标准要求。

7.4.3.4 评价结论

综上所述，本项目所在区域二氧化硫、臭氧、二氧化氮、可吸入颗粒物(PM₁₀)、细颗粒物(PM_{2.5})、一氧化碳均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及 2018 年 修改单中二级标准要求，项目所在区域为达标区。TSP 日均浓度符合《环境空气质量 标准》(GB3095-2012)及其修改单二级标准的要求。



图 7.4.3-1 监测位点布点图

7.4.4 声环境质量现状调查与评价

评价单位委托中山市创华检测技术有限公司于 2022 年 4 月 11~12 日在本项目现场进行声环境质量现状监测。

7.4.4.1 监测布点

为弄清楚本项目及周围地区的声环境状况,为噪声影响评价提供基础资料,根据厂区及周围环境现状,在项目码头边界四周外 1m 布设了 4 个监测点位。具体监测点位见表 7.4.4-1。

表 7.4.4-1 厂界噪声监测点位布设

编号	位置
N1	码头东北边界外 1m 处
N2	码头西南边界外 1m 处
N3	码头东南边界外 1m 处
N4	码头西北边界外 1m 处

7.4.4.2 监测项目

Leq 一等效连续 A 声级 [dB(A)]。

7.4.4.3 监测时间和频率

各监测点共监测 2 天,每天昼夜各监测 1 天,每次连续采样 20 分钟。昼间监测时间段为 6:00~22:00,夜间监测时间段为 23:00~06:00。

7.4.4.4 监测和分析方法

按照《声环境质量标准》(GB3096-2008)有关规定进行,采用多功能声级计 AWA5680 测量每一测点的 Leq 值。

表 7.4.4-2 厂界噪声监测和分析方法

类别	项目	检测方法	检出限	主要仪器
噪声	环境噪声	《声环境质量标准》GB 3096-2008	35dB	多功能声级计 AWA5680

7.4.4.5 监测结果

2022 年 4 月对项目厂界噪声进行了监测,具体监测结果见下表。

表 7.4.3-3 厂界噪声监测和分析方法

监测位置	编号	监测结果 [dB(A)]			
		2022.04.14		2022.04.15	
		昼间	夜间	昼间	夜间

东南侧场界外 1m 处	N1	52	42	54	43
西南侧场界外 1m 处	N2	52	41	52	42
西北侧场界外 1m 处	N3	52	40	54	43
东北侧场界外 1m 处	N4	50	41	54	44
环境条件		天气状况：晴；风向：北； 风速：1.4~1.9m/s；气温： 22.8~27.4℃		天气状况：晴；风向：东 风速：1.4~1.8m/s；气温： 21.4~24.8℃	

根据监测结果可知，监测点位符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 3 类标准，属于声环境质量达标区。

8 环境影响预测与评价

本工程在施工过程中需要进行疏浚作业,施工完成后水深变化会对局部区域水动力条件产生影响,在码头运营期间由于船舶的增加,会增加周边船舶碰撞事故性溢油的发生,因此,本次环境影响预测和评价是根据工程的施工特点,对水动力的影响变化、悬浮物的影响及油品事故性泄漏作预测分析。

8.1 水文动力环境影响预测与评价

8.1.1 基本方程

本项目水文动力环境影响预测模型采用二维潮流连续方程和运动方程:

连续方程:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h + \zeta)u] + \frac{\partial}{\partial y}[(h + \zeta)v] = 0 \quad \dots\dots\dots(D.1)$$

x 向动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f_v = \\ -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) - f_b \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h + \zeta} u \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(D.2)$$

y 向动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f_u = \\ -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) - f_b \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h + \zeta} v \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(D.3)$$

上述式中:

ζ —— 相对某一基面的水位 (m);

h —— 相对某一基面的水深 (m);

N_x —— x 向水流紊动粘性系数 (m^2/s);

N_y —— y 向水流紊动粘性系数 (m^2/s);

f —— 科氏系数, $f = 2\omega \sin \Phi$, Φ 为纬度, ω 为地球自转速度;

f_b —— 底部摩阻系数, $f_b = g/C^2$, 其中 C 为谢才系数, g 为重力加速度 (9.8m/s^2)。

8.1.2 边界条件

在本研究采用的数值模式中，需给定两种边界条件，即闭边界条件和开边界条件。

(1) 开边界条件：

所谓开边界条件即水域边界条件。在此边界上，或者给定流速，或者给定潮位。本研究中开边界给定潮位。

(2) 闭边界条件：

所谓闭边界条件即水陆交界条件。在该边界上，水质点的法向流速为 0。

模型在计算过程中在空间上采用交替方向隐式迭代法(ADI 方法)、在时间上采用中心差分法对质量及动量守恒方程进行积分求解。

8.1.3 预测模型的建立

1) 计算域设置

为了保证工程海域流场计算的准确性，本次模拟采用了大、小嵌套的方式来进行计算。通过大模型的计算对本海域的水动力特征进行模拟，并为本工程所在海域的数值模型提供准确的边界，在小尺度比例下对工程附近的环境影响因子进行模拟预测，以达到准确的预测效果。

大海域计算域为图 6.1.3-1 中灰色框所围成的海域，该计算域取自东经 $112^{\circ}18' \sim 113^{\circ}29'$ ，北纬 $21^{\circ}25' \sim 22^{\circ}31'$ 的区域，包含了整个黄茅海以及外海海域。整个区域共划分 634×589 个网格，网格的步长为 120m，计算选取的时间步长为 30s；小尺度计算域以工程所在位置为中心，整个加密区共划分 540×600 个、空间步长为 $40m \times 40m$ 的矩形网格，模拟时间步长为 10s。

通过这样的划分，在计算过程中通过小尺度计算域来预测施工所产生的悬浮物和风险对环境的影响，从而提高预测的准确性。

2) 水深和岸界

- (1) 珠江口及附近(15440 号)，中国人民解放军海军司令部航海保证部，1:150000；
- (2) 崖门水道(C1515491)，中国人民解放军海军司令部航海保证部，1:30000；
- (3) 珠海港高栏港区(C1515511)，中国人民解放军海军司令部航海保证部，1:20000；
- (4) 巨涛 2#码头周边局部地形图，中交天津港湾工程设计院有限公司，1:2000。

3) 模型的边界

大网格外海边界通过插值求出开边界处各网格点的调和常数作为数值模型中潮流模拟的开边界条件。通过开边界逐步向内域求解,进而得出大网格海域的水位场和流速场,同时对各实测潮位站点以及潮流站点的实测值与计算值进行验证。小区域开边界采用大区域输出水位结果插值得到。

4) 码头桩基处理

桩基群为透水建筑,一影响,流速将减小;另一方面,又因桩基体存在而使过水断面缩小,流速将增加;此外,由于桩基的存在,水流中还会形成旋涡。因此,桩基附近的水流较复杂。在有桩基的数值模拟中,应该考虑桩基的影响。

本研究桩基采用水工建筑物之桥墩的概化方法。用基于流体力学的 Morrison 公式计算有效拖曳力。

$$F = \frac{1}{2} \rho_w \gamma C_D A_e V^2$$

上式中: ρ_w 为海水密度; γ 为流线系数; C_D 为拖曳力系数; A_e 为桩阻水的有效面积; V 为流速。海水密度 ρ_w 取值 1025 kg/m^3 , 流线系数 γ 根据不同单桩情况取值介于 $1.02 \sim 1.08$ 。

5) 水文资料

计算海域率定资料取用2019年的水文资料,潮流采用 2019年3月10日12:00时至3月 11日13:00 时的现场实测资料,共设6个潮流站,并在荷包岛西侧海域进行同步潮位监测;验证站布置如图 8.1.3-1所示。

6) 水动力模型参数

参数	ω (rad/s)	纬度 φ (°)	Smagorinsky	重力加速度 g (m/s^2)	Courant数	临界水深 (m)
数值	7.292×10^{-5}	36.486~33.907	0.5	9.8	最大取 4.38	0.1

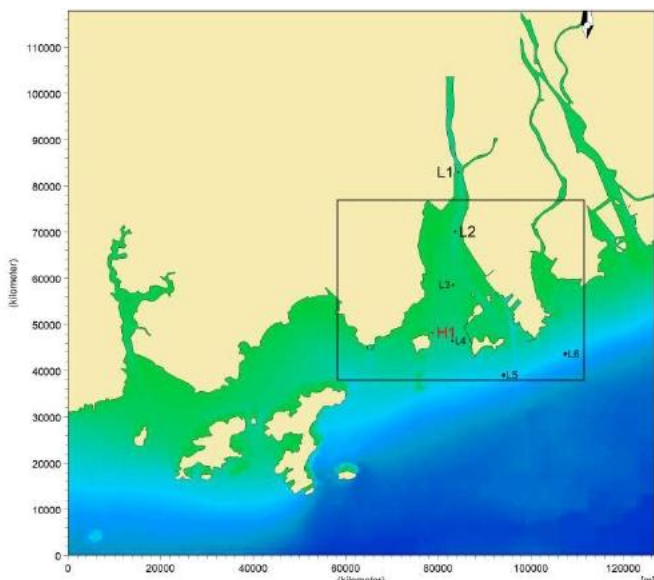


图8.1.3-1模型计算范围及验证点位置图

8.1.4 模型验证

1) 潮位验证

通过预测,分析潮位计算值与实测值,得出对比曲线如图 8.1.4-1 所示,验证图中以 2019 年 3 月 9 日 18:00 为验证的零点,水位基准面均换算为平均海平面。通过验证可以看出,计算的水位过程与实测资料吻合较好,计算能反映工程所在海域水动力情况。

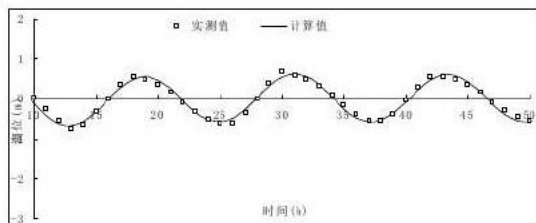


图8.1.4-1 H1 潮位验证曲线

2) 潮流计算结果验证

图 8.1.4-2 给出了 6 个潮流站的实测值与计算值的比较结果。从图中可以看出, 计算结果与实测值基本一致, 说明本模型能较好地反映实际情况、较准确地预测工程附近海域的水动力特征。

通过计算与实测对比分析可知, 在整个潮周期内, 涨潮历时略小于落潮历时; 工程所在水域内落潮平均流速大于涨潮平均流速。总体上看, 所建模型对本海域水动力的模拟较吻合, 基本能够反映出工程所以海域的实际情况, 可以作为进一步分析计算的基础资料。

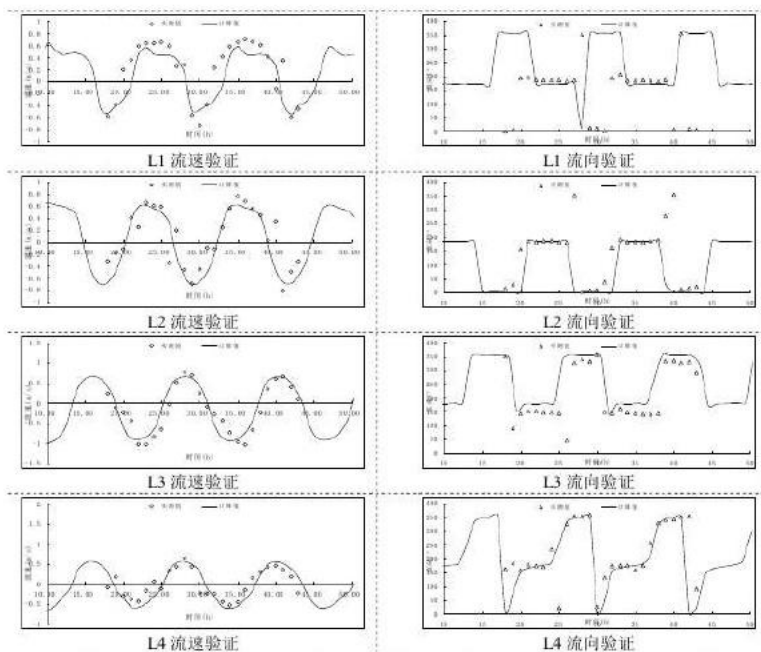


图 8.1.4-2 潮流验证曲线

8.1.5 预测结果

本次预测给出了整个计算域内涨潮阶段和落潮阶段的流场图以及施工前后流速对比图, 见图 8.1.5-1~图 8.1.5-11。其中图 8.1.5-1 和图 8.1.5-2 为大范围涨、落急流场图, 从图中可看出, 本工程所在海域潮型属于不规则半日潮, 黄茅海内潮流主要呈往复流

态，在涨潮阶段，潮流流沿黄茅海上溯，潮流流速以航道和深槽流速最大，流向沿水道呈偏西北走向为主，在荷包岛北侧以及近岸浅滩区域流速略小；在落潮阶段，潮流基本与涨潮流相反；黄茅海外海受珠江口径流影响，以西向流为主。

本工程对水动力条件的影响主要是码头桩基建设以及港池疏浚后而导致的水动力的变化。为了表达本工程对水动力条件的影响，根据工程内容，将本工程建成后的边界条件加入数学模型中进行计算，得到工程建成后的潮流过程，并对工程建设前后的潮流场进行对比分析，得出本工程对水动力条件的影响。

图 8.1.5-5~图 8.1.5-8 为工程前后涨落急潮流场，图 8.1.5-9、图 8.1.5-10 为工程前后流场对比图。由图中可看出，本工程码头相对较小，通过透水桩基进行建设，且在码头前沿仅进行了港池疏浚，不会对周边的岸线产生明显的改变，因此，在项目实施完成后，潮流的流向基本没有发生变化，涨潮仍为 NW 向，落潮为 SE 向；从工程前后流速大小变化图（图 8.1.5-11）中可看出，在项目实施完成后，疏浚区流速有减小趋势，减幅在 0.06-0.17m/s，其中减小幅度最大的位于码头前沿区域，而在疏浚区南侧和北侧边缘区域，流速略有增大。

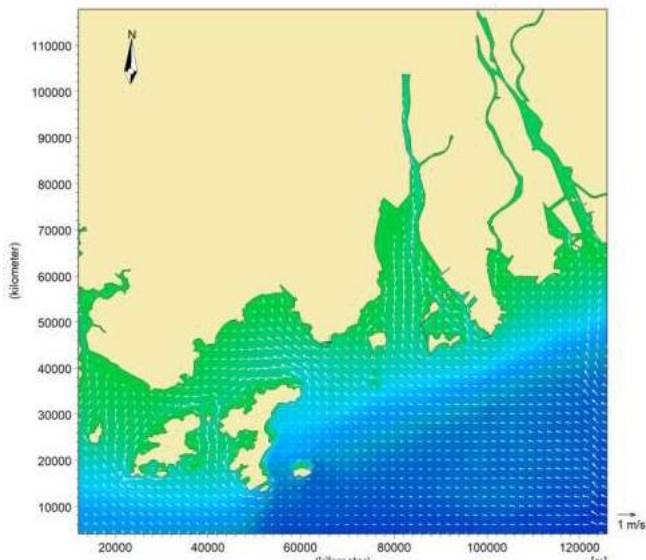


图 8.1.5-1 大范围涨潮流场图

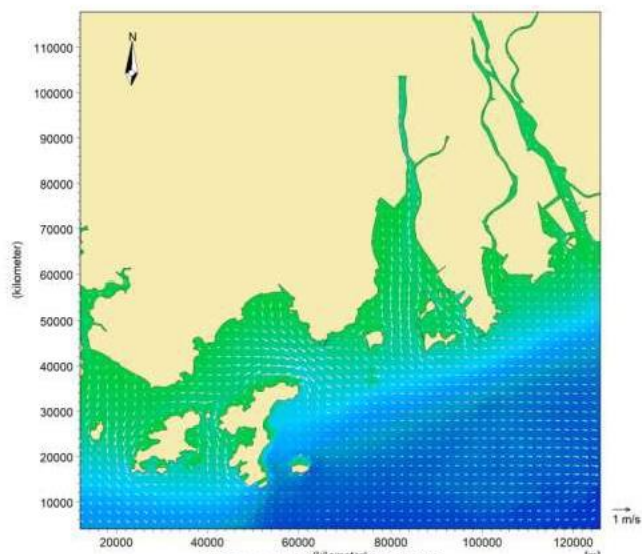


图 8.1.5-2 大范围落潮流场图

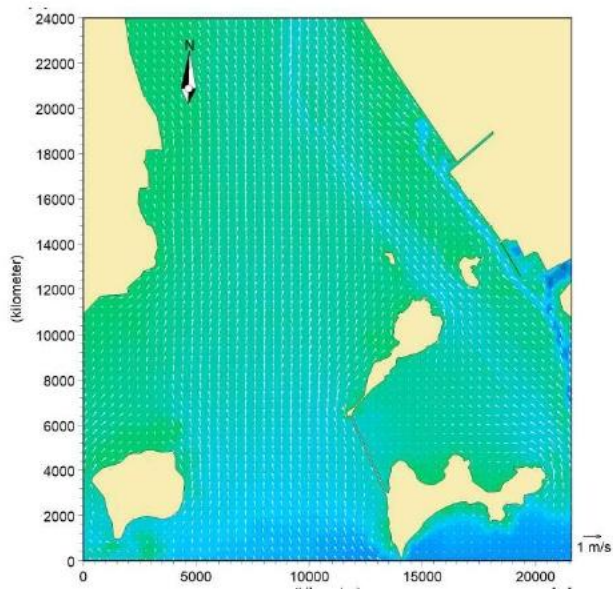


图 8.1.5-3 中范围涨急流场图

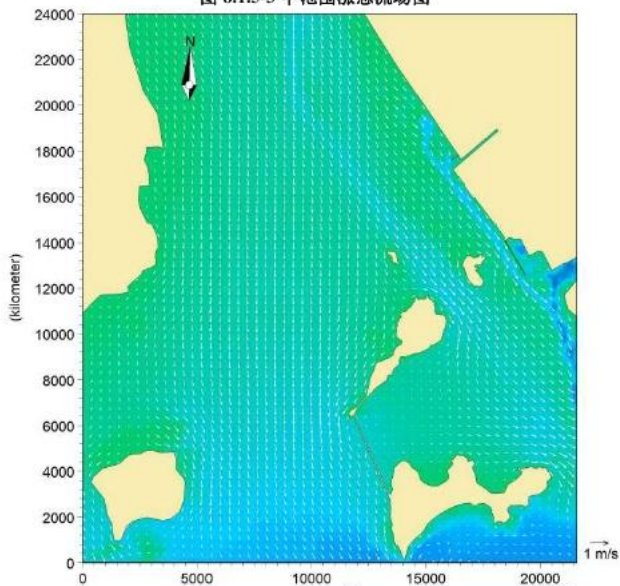


图 8.1.5-4 中范围落急流场图

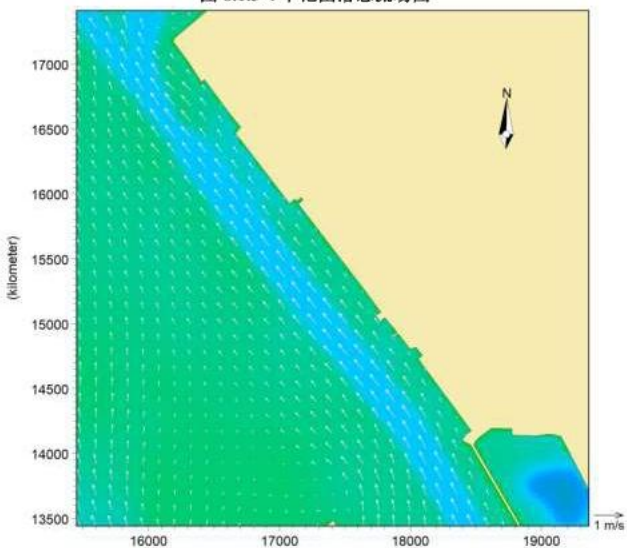


图 8.1.5-5 工程前涨急流场图

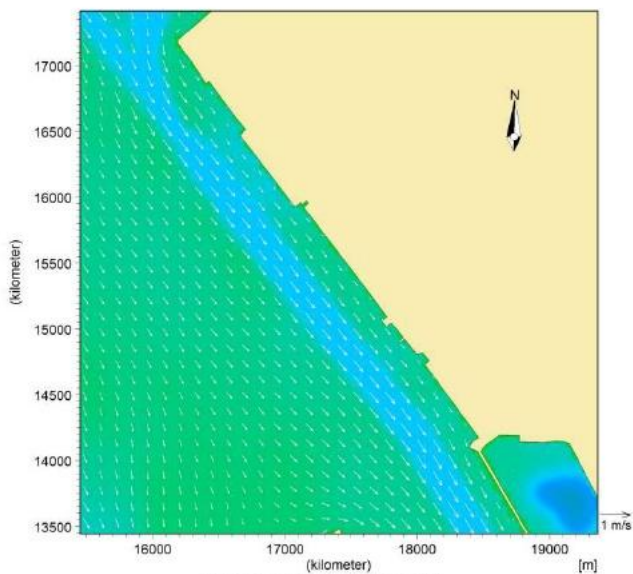


图 8.1.5-6 工程前落急流场图

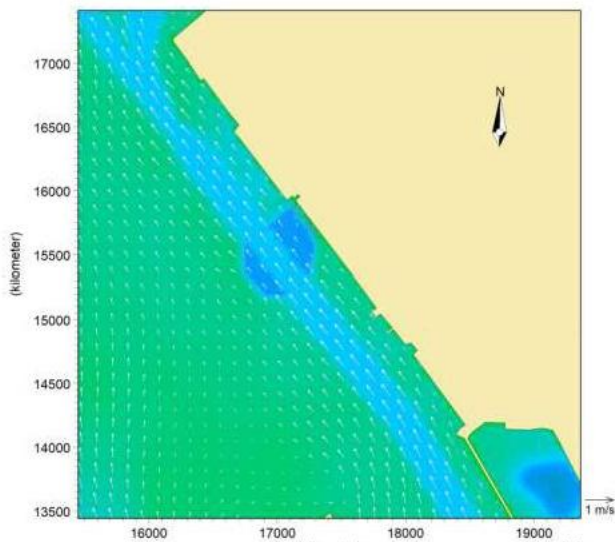


图8.1.5-7工程后涨急流场图

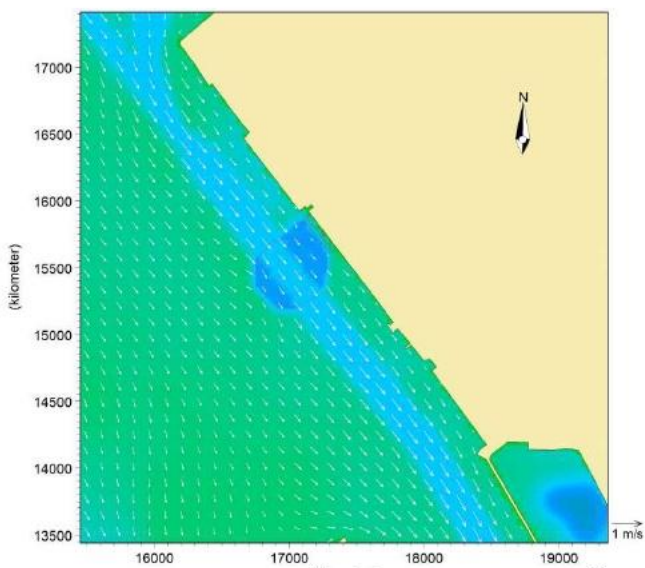


图8.1.5-8工程后落急流场图

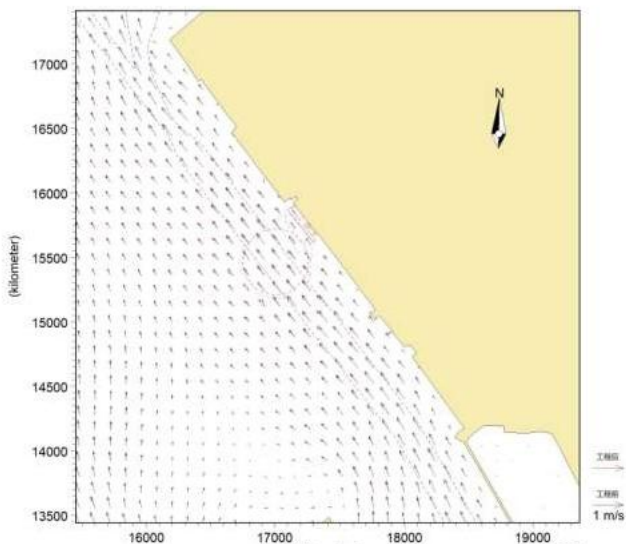


图 8.1.5-9 工程前后涨急流向变化

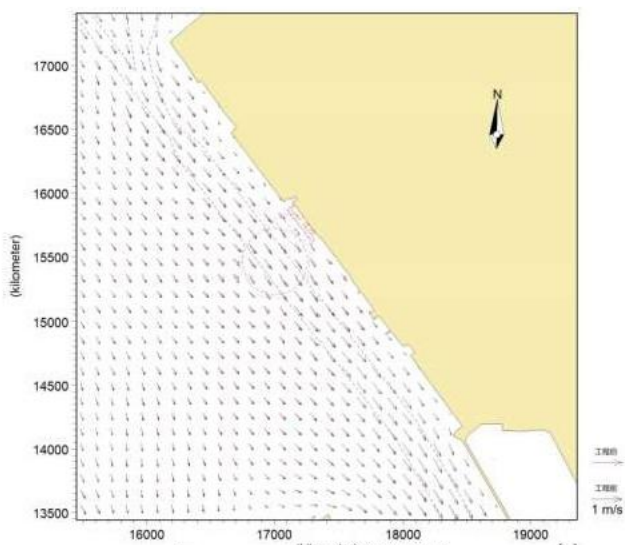


图 8.1.5-10 工程前后落急流向变化

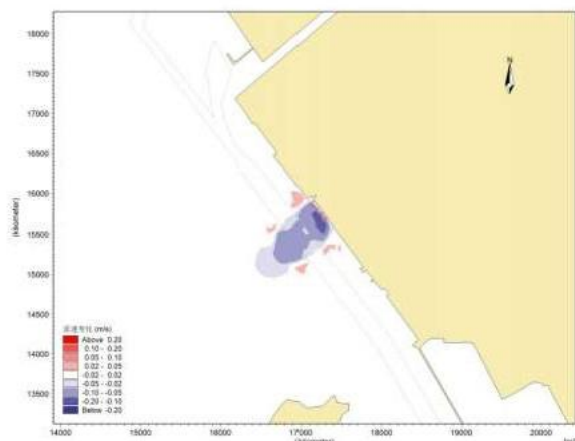


图 8.1.5-11 工程前后落急流速大小变化等值线图

总体上看，本项目码头主要进行桩基建设和港池疏浚，在施工完成后仅对局部区域水深地形产生影响，通过对工程前后潮流场预测可知，在项目实施完成后，潮流的流向

基本没有发生变化,涨潮仍为NW向,落潮为SE向,但在疏浚区内潮流流速大小略有减小,减幅在0.06-0.17m/s,而在疏浚区南侧和北侧边缘区域,流速略有增大,工程建设对水动力的影响仅限于工程周边1.5km的范围内,影响范围及影响程度较小,对黄茅海整体的潮流流态以及水动力条件不会产生明显的影响。

8.2 对地形地貌与冲淤环境影响分析

8.2.1 预测模型

床面冲淤变化方程:

$$\gamma_0 \frac{\partial \Delta h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - \omega_{fb} S_b = D_{zb} \frac{\partial S_b}{\partial z}$$

$$- D_{zb} \frac{\partial S_b}{\partial z} - \omega_{fb} S_b = \begin{cases} M(\frac{\tau}{\tau_c} - 1), \tau \geq \tau_c \\ 0, \tau_d < \tau < \tau_c \\ \omega_{fb} S_b (\frac{\tau}{\tau_c} - 1), \tau \leq \tau_d \end{cases}$$

式中:

Δh ——冲淤厚度(m);

q_x —— x 向底沙单宽输沙率($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) $q_x = hu_s$;

q_y —— y 向底沙单宽输沙率($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) $q_y = hv_s$;

γ_0 ——底沙干容重(kg/m^3)。

S_b ——临底处水体含沙量(kg/m^3)；

ω_{fb} ——临底处泥沙有效沉速(m/s),取0.0005;

D_{zb} ——临底处泥沙垂向紊动扩散系数(m^2/s)

τ_d ——临界冲刷切应力(N/m^2),取0.1;

τ_c ——临界淤积切应力(N/m^2),取0.07;

M ——冲刷系数($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),取0.00005;

h ——相对于某一基面的水深(m)。

根据本项目表层沉积物粒度参数资料,工程所在海域附近海区表层沉积物中值粒径均值为.083mm,参照本工程海域的潮流特性,在计算中沉降速度取为0.0034m/s 以此

进行计算。

8.2.2 预测结果

工程实施后引起的冲淤变化图见图 8.2.2-1。

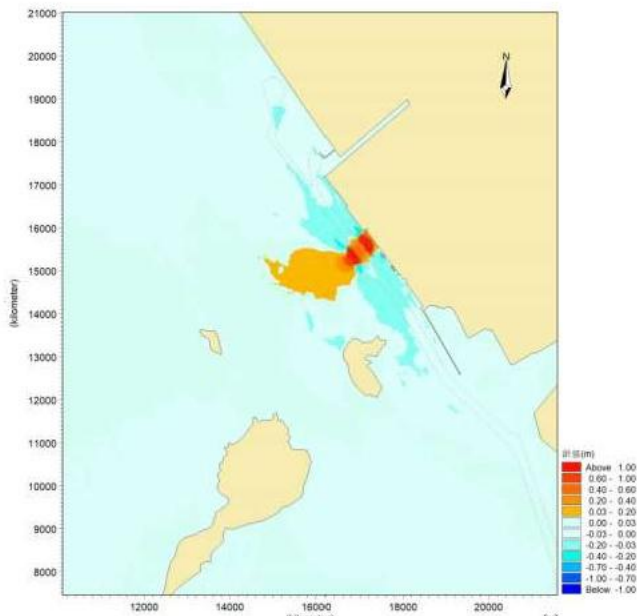


图8.2.2-1工程实施后引起的冲淤变化图

本工程码头及港池疏浚完成后，将改变工程所在区域的地形以及周边水动力条件。在工程实施完成后将引起码头所在区域以及港池区域有淤积现状，其中在码头前沿淤积强度较大，最大年淤积厚度约为 1.1m，在航道西侧的疏浚区内，最大年淤积厚度约为 0.92m，在本工程码头前沿航道内，由于未进行疏浚，地形在工程前后未发生变化，因此该区域落淤不明显，平均年淤积厚度约为 0.35m；而在本工程疏浚区南侧、北侧则有轻微的冲刷，在疏浚区边缘处平均冲刷深度为 0.4m，而在疏浚区外侧 1.5km 的外侧海区域，工程建设基本不会对其冲淤环境产生明显影响。

从整体上看，本工程码头及港池实施后，由于地形发生变化、局部水动力条件发生改变，对本工程疏浚区以及疏浚区周边的局地区域产生冲淤的影响，在港池内最大年淤积厚度约为 1.1m，位于码头前沿水域，而在疏浚区外侧 1.5km 的外侧海区域，工程