

海南-香港国际海缆项目

# 环境影响报告书

北京京诚嘉宇环境科技有限公司

二〇二〇年二月



打印编号: 1581478780000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	57qc83		
建设项目名称	海南-香港国际海缆项目		
建设项目类别	48_156海底隧道、管道、电(光) 缆工程		
环境影响评价文件类型	报告书		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	中国移动通信集团有限公司		
统一社会信用代码	911100007109250324		
法定代表人 (签章)	杨杰		
主要负责人 (签字)	李通		
直接负责的主管人员 (签字)	白新宇		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	北京京诚嘉宇环境科技有限公司		
统一社会信用代码	911103021011112877		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李仙波	11351143511110065	BH015445	李仙波
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
程茉莉	区域环境概况、清洁生产、总量控制、环境保护技术经济合理性、环境管理与环境监测	BH015432	程茉莉
李仙波	总论、海洋环境质量现状调查与评价、环境影响预测分析与评价、环境风险分析与评价、环境影响评价结论	BH015445	李仙波
姜德旺	工程概况、工程分析、环境保护对策措施、工程环境可行性分析	BH015471	姜德旺

## 目录

<b>1</b>	<b>总论</b>	<b>1</b>
1.1	评价任务由来与评价目的	1
1.2	编写依据	2
1.3	评价标准与评价等级	6
1.4	评价范围、评价内容与评价重点	9
1.5	环境影响要素识别和评价因子筛选	12
1.6	环境保护目标和环境敏感目标	13
<b>2</b>	<b>工程概况</b>	<b>17</b>
2.1	项目基本信息	17
2.2	预选路由方案比选	19
2.3	施工方案	31
2.4	主要工程材料	37
2.5	施工机械与船舶	41
2.6	项目时间进度及人员安排	48
<b>3</b>	<b>工程分析</b>	<b>49</b>
3.1	施工阶段污染及生态环境影响分析	49
3.2	运营阶段污染及生态影响分析	60
<b>4</b>	<b>区域环境概况</b>	<b>61</b>
4.1	区域自然环境概况	61
4.2	路由区海洋水文气象要素	78
4.3	路由区海底腐蚀性环境	102
4.4	路由区海洋开发活动	104
4.5	周边海域环境敏感目标的现状与分布	127
<b>5</b>	<b>海洋环境质量现状调查与评价</b>	<b>134</b>
5.1	水文动力环境现状调查与评价	134

5.2	地形地貌与冲淤环境现状调查与评价 .....	164
5.3	海水水质现状调查及评价 .....	179
5.4	海洋沉积物现状调查与评价 .....	234
5.5	海洋生态现状调查与评价 .....	242
5.6	海洋生物质量调查与评价 .....	305
5.7	渔业资源现状调查及评价 .....	316
<b>6</b>	<b>环境影响预测分析与评价 .....</b>	<b>349</b>
6.1	水文动力及冲淤环境影响预测与评价 .....	349
6.2	水质环境影响预测与评价 .....	363
6.3	水质环境影响预测与评价 .....	363
6.4	海洋沉积物环境影响预测与评价 .....	369
6.5	海洋生态环境影响分析与评价 .....	371
6.6	对环境敏感目标的影响分析 .....	375
6.7	其它环境影响分析 .....	379
<b>7</b>	<b>环境风险分析与评价 .....</b>	<b>380</b>
7.1	风险识别及风险分析 .....	380
7.2	事故概率与源项分析 .....	382
7.3	施工船舶溢油事故后果分析 .....	385
7.4	风险防范措施 .....	401
7.5	环境风险综合分析评价 .....	413
<b>8</b>	<b>清洁生产 .....</b>	<b>414</b>
8.1	光缆材料清洁生产水平分析 .....	414
8.2	施工船舶清洁生产水平分析 .....	414
8.3	光缆施工清洁生产水平分析 .....	416
<b>9</b>	<b>总量控制 .....</b>	<b>417</b>
<b>10</b>	<b>环境保护对策措施 .....</b>	<b>417</b>

10.1	降低悬浮物影响的措施.....	417
10.2	水污染防治措施.....	417
10.3	固废污染治理措施.....	419
10.4	大气污染防治措施.....	419
10.5	光缆等原材料防腐措施.....	421
10.6	生态影响防治措施.....	421
10.7	污染防治对策及监管措施一览表.....	422
<b>11</b>	<b>环境保护的技术经济合理性.....</b>	<b>425</b>
11.1	环保投资估算.....	425
11.2	环境损益分析.....	425
11.3	社会效益分析.....	427
11.4	小结.....	427
<b>12</b>	<b>工程环境可行性分析.....</b>	<b>429</b>
12.1	主体功能区规划.....	429
12.2	海洋功能区划的符合性.....	433
12.3	生态保护红线符合性分析.....	454
12.4	与相关环保规划符合性分析.....	464
12.5	区域和行业规划的符合性.....	466
12.6	项目选址环境合理性分析.....	467
12.7	环境影响可接受性分析.....	469
<b>13</b>	<b>环境管理与环境监测.....</b>	<b>470</b>
13.1	环境管理.....	470
13.2	环境监测计划.....	471
<b>14</b>	<b>环境影响评价结论.....</b>	<b>476</b>
14.1	工程分析结论.....	476
14.2	环境现状调查结论.....	477

14.3	环境影响评价结论.....	480
14.4	清洁生产和总量控制结论.....	481
14.5	环境保护措施结论.....	481
14.6	公众参与结论.....	482
14.7	建设项目环境可行性结论.....	482

# 1 总论

## 1.1 评价任务由来与评价目的

### 1.1.1 任务由来

“21 世纪海上丝绸之路”战略是近几年国家提出的重要战略方针，共建“21 世纪海上丝绸之路”是在全球政治、贸易格局不断变化的形势下，中国连接世界的新型贸易之路。海南岛位于中国大陆的南端，处在古代海上丝绸之路的重要航线上，是海上丝绸之路无法替代的一个重要组成部分。海南省也多次提出要将海南打造成 21 世纪海上丝绸之路的“桥头堡”和重要战略支点，积极参与国家“一带一路”战略，加快谋划并推动国际海缆及登陆点建设工作，提高海南互联网国际通信基础设施建设水平。国际海缆及登陆点的建设不仅可以促进相关海洋经济的发展，还可以大力促进相关信息产业的发展，形成线上线下一体化的海上新丝路交易平台。中国移动通信集团有限公司（中国移动）为响应国家“一带一路”政策的发展倡议，助力海南自贸区建设，同时服务公司国际业务发展，现计划将海南打造成为亚太区域领先、通达全球的国际海缆枢纽和网络交换中心，构建以海南为中心的南海国际光缆网络。“海南-香港国际海缆”借助与至香港等地的国际海底光缆的连接，为海南参与粤港澳大湾区与“一带一路”沿线的数字经济、信息技术等合作提供网络基础设施支撑。

海南-香港国际海缆项目（以下简称海缆项目）主干线西起海南文昌、东抵香港特别行政区，支线连接广东珠海，海缆总长约 672km，其中内地管辖水域 635km，香港特别行政区管辖水域 37km，见图 1.1-1，海缆项目总投资约 3.47 亿人民币，全部由中国移动承担，建设 16 对光纤，每纤对设计容量为 90\*200Gbit/s。本次评价范围限于中国内地管辖的南海海域，海缆登陆点至机房之间的陆地管道由中国移动广东分公司和海南分公司在其本地网项目中单独立项解决。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，建设单位委托北京京诚嘉宇环境科技有限公司承担海缆项目的环境影响评价

工作。



图 1.1-1 海南-香港国际海缆项目路由示意图

## 1.1.2 评价目的

在充分研究海缆项目光缆线路工程方案的基础上，结合现场海洋环境调查，评价工程所在区域的环境现状质量水平；根据项目的工程分析，预测与评价工程各阶段对海洋环境的影响程度，对附近海域生态环境影响进行分析。从环境保护的角度，论证光缆建设的可行性，对项目可能产生的环境影响及局部生态破坏提出可行的减缓和补偿措施，为工程设计、海洋环保主管部门的管理提供科学依据。

## 1.2 编写依据

### 1.2.1 国家法律、法规、国际公约

- (1) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017年11月5日修改施行；
- (2) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日修改施行；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修改施行；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月1日修改施行；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018年10月26日修改施行；

- (6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018年12月29日修改施行；
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016年11月7日修改；
- (8) 《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日修改；
- (9) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年7月1日施行；
- (10) 《中华人民共和国节约能源法》，2018年10月26日修改施行；
- (11) 《中华人民共和国循环经济促进法》，2018年10月26日修改施行；
- (12) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2016年11月7日修改；
- (13) 《中华人民共和国海岛保护法》，2010年3月1日施行；
- (14) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017年10月7日修改；
- (15) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日施行；
- (16) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018年3月19日修改；
- (17) 《铺设海底电缆管道管理规定》，国务院第27号令，1989年3月；
- (18) 《防治船舶污染管理条例》，2018年3月19日修改；
- (19) 《国际防止船舶造成污染公约（MARPOL 73/78）》，国际海事组织；
- (20) 《经1978年议定书修订的<1973年国际防止船舶造成污染公约>》及2016年修正案，73/78防污公约（MARPOL 73/78），国际海事组织；
- (21) 《危险废物鉴别标准易燃性鉴别》（GB 5085.4—2007），2007年10月1日实施。

### 1.2.2 部门规章及地方性法规

- (1) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第44号，2017年9月1日；
- (2) 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》，交通运输部令第15号，2017年5月23日；
- (3) 《海底电缆管道保护规定》，国土资源部令第24号，2004年1月；
- (4) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局令第3号，1992

年 8 月；

- (5) 《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部令第 4 号，2019 年 1 月 1 日；
- (6) 《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》，交通运输部令第 40 号，2019 年 11 月 28 日公布施行。
- (7) 《海南省环境保护条例》，海南省人大常委会公告第 109 号，2018 年 1 月 1 日。

### 1.2.3 相关政策及规划

- (1) 《全国海洋功能区划（2011-2020）》，国家海洋局，2012 年 4 月 25 日；
- (2) 《全国海洋主体功能区规划》，国发（2015）42 号，2015 年 8 月 1 日；
- (3) 《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》，国家海洋局，2018 年 2 月 06 日；
- (4) 关于发布《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》的公告（中华人民共和国海事局公告第 20 号），2019 年 10 月 25 日；
- (5) 《海底电缆、管道路由调查、勘测简明规则》，国家海洋局，1994 年 6 月；
- (6) 《船舶与海上设施法定检验规则》（2011）及 2014 年修改通报》，中华人民共和国海事局，2014 年；
- (7) 《中国海洋渔业水域图（第一批）》，农业部第 189 号公告，2002 年 2 月；
- (8) 《关于海洋工程建设项目环境影响评价报告书公众参与有关问题的通知》，国家海洋局，2017 年 1 月 3 日；
- (9) 《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》，交海发[2018]168 号，2018 年 11 月 30 日；
- (10) 《广东省海洋功能区划》（2011-2020）；
- (11) 《广东省人民政府关于广东省海洋生态红线的批复》（粤府函[2017]275 号），2017 年 9 月 29 日；

- (12) 《广东省海洋主体功能区规划》(粤府函[2017]359号), 2017年12月8日;
- (13) 《广东省海洋生态环境保护规划(2017-2020年)》, 2017年11月15日;
- (14) 《海南省海洋功能区划》(2011-2020);
- (15) 《海南省生态保护红线管理规定》, 2016年9月1日实施;
- (16) 《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》(琼府[2016]90号), 2016年9月18日。

#### 1.2.4 技术导则和规范

- (1) 《海底光缆工程设计规范》, GB/T 51154-2015;
- (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》, HJ 2.1-2016;
- (3) 《海洋工程环境影响评价技术导则》, GB/T 19485-2014;
- (4) 《建设项目环境风险评价技术导则》, HJ 169-2018;
- (5) 《海底光缆数字传输系统工程设计规范》, YD5018-2005;
- (6) 《海洋调查规范》, GB/T 12763-2007;
- (7) 《海洋监测规范》, GB 17378-2007;
- (8) 《海洋生物质量监测技术规程》, 国家海洋局, 2002年4月;
- (9) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》, SC/T 9110-2007;
- (10) 《水上溢油环境风险评估技术导则》, JT/T 1143-2017, 交通运输部;
- (11) 《经修订的实施生活污水处理装置排出物标准和性能试验导则》, MEPC.159(55)决议, 海洋环境保护委员会, 2006年10月;
- (12) 《关于生活污水处理装置国际排出物标准的建议和性能试验指南》, MEPC.2(VI)决议, 海洋环境保护委员会, 1976年;

#### 1.2.5 工程及相关专题资料

- (1) 《中国移动海南-香港国际海缆工程预选路由选择依据说明材料(报批稿)》, 广州南科海洋工程中心, 2019年10月;
- (2) 《中国移动海南-香港国际海缆项目环境现状调查报告书》, 南海调查技术中心, 2019年12月;
- (3) 建设单位提供的最新工程资料。

## 1.3 评价标准与评价等级

### 1.3.1 评价标准

根据《全国海洋功能区划》、《广东省海洋功能区划》以及《海南省海洋功能区划》，综合海域各项环境功能与环境质量目标，结合海域的开放性及为满足海域主体海洋捕捞及自然保护区环境保护功能要求，确定本次评价范围内海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）一类标准，沉积物执行《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）一类标准，海洋生物质量的贝类（双壳类）生物执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）第一类标准，软体类（螺类和头足类）、甲壳类和鱼类生物体内重金属（除石油烃外）评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》生物质量标准，石油烃含量评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）生物质量标准。

#### 1.3.1.1 环境质量标准

##### （1）海水水质现状评价标准

海缆项目海水水质评价所采用《海水水质标准》（GB3097-1997），具体标准值见表 1.3-1。

表 1.3-1 海水水质标准

项目	一类	二类	三类	四类
悬浮物	人为增加的量 $\leq 10$		人为增加的量 $\leq 100$	人为增加的量 $\leq 150$
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
DO	$>6$	$>5$	$>4$	$>3$
COD	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$
无机氮	$\leq 0.20$	$\leq 0.30$	$\leq 0.40$	$\leq 0.50$
活性磷酸盐	$\leq 0.015$	$\leq 0.030$		$\leq 0.045$
石油类	$\leq 0.05$		$\leq 0.30$	$\leq 0.50$
挥发酚	$\leq 0.005$		$\leq 0.010$	$\leq 0.050$
硫化物（以 S 计）	$\leq 0.02$	$\leq 0.05$	$\leq 0.10$	$\leq 0.25$
铜	$\leq 0.005$	$\leq 0.010$	$\leq 0.050$	
铅	$\leq 0.001$	$\leq 0.005$	$\leq 0.010$	$\leq 0.050$
锌	$\leq 0.020$	$\leq 0.050$	$\leq 0.10$	$\leq 0.50$
镉	$\leq 0.001$	$\leq 0.005$	$\leq 0.010$	
汞	$\leq 0.00005$		$\leq 0.0002$	$\leq 0.0005$
砷	$\leq 0.020$	$\leq 0.030$	$\leq 0.050$	

总铬	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.50
----	-------	-------	-------	-------

注：除水色和 pH 外，其余项目的单位为 mg/L。

## (2) 海洋沉积物标准

沉积物评价采用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)，具体标准值详见表 1.3-2。

表 1.3-2 海洋沉积物质量标准

项目	一类	二类	三类
有机碳 ( $\times 10^{-2}$ )	≤2.0	≤3.0	≤4.0
石油类 ( $\times 10^{-6}$ )	≤500.0	≤1000.0	≤1500.0
硫化物 ( $\times 10^{-6}$ )	≤300.0	≤500.0	≤600.0
铜 ( $\times 10^{-6}$ )	≤35.0	≤100.0	≤200.0
铅 ( $\times 10^{-6}$ )	≤60.0	≤130.0	≤250.0
锌 ( $\times 10^{-6}$ )	≤150.0	≤350.0	≤600.0
镉 ( $\times 10^{-6}$ )	≤0.50	≤1.50	≤5.00
汞 ( $\times 10^{-6}$ )	≤0.20	≤0.50	≤1.00
砷 ( $\times 10^{-6}$ )	≤20.0	≤65.0	≤93.0
总铬 ( $\times 10^{-6}$ )	≤80.0	≤150.0	≤270.0

## (3) 生物质量标准

贝类（双壳类）生物体内污染物含量评价标准采用《海洋生物质量》(GB 18421-2001) 第一类标准值；软体类（螺类和头足类）、甲壳类和鱼类生物体内污染物含量（除石油烃外）评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》生物质量标准，石油烃含量评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册) 生物质量标准。具体评价标准值见表 1.3-3。

表 1.3-3 海洋生物质量评价标准（单位：mg/kg）

生物类别	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	TPHs
贝类（双壳类）	0.05	1.0	10	0.1	0.2	20	15
软体类（螺类和头足类）	0.3	10	100	10	5.5	250	20
鱼类	0.3	5.0	20	2	0.6	40	20
甲壳类	0.2	8.0	100	2	2	150	20

### 1.3.1.2 污染物排放标准

光缆铺设过程产生的各种船舶污染物的处理及排放需满足《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)、《关于 1973 年国际防止船舶造成污染公约》1978 年议定书和《船舶与海上设施法定检验规则》(2011) 及 2014 年修改通报及相关管理要求，同时考虑项目工程及所处环境特点，确定海缆项目执行的污染物排放标准见表 1.3-4。

表 1.3-4 海缆项目执行的船舶污染物排放标准

项目		适用海域	标准要求	标准来源
船舶污水	含油污水	沿海	船舶正在航行途中,且未经稀释排放浓度不大于 15 mg/L	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)、《关于1973年国际防止船舶造成污染公约》(1978年议定书)
	生活污水	距陆地 3 海里以内	(1) 在 2012 年 1 月 1 日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶: 五日生化需氧量: 不大于 50mg/L; 悬浮物: 不大于 150mg/L; 大肠菌群: 不大于 2500 个/L。 (2) 在 2012 年 1 月 1 日以后安装含更换生活污水处理装置的船舶: 五日生化需氧量: 不大于 25mg/L; 悬浮物: 不大于 35mg/L; 大肠菌群: 不大于 1000 个/L; 化学需氧量 COD <sub>Cr</sub> : 125mg/L; pH 值: 6~8.5; 总氯总余氯: <0.5mg/L。	
		距最近陆地 3-12 海里海域	使用设备打碎固形物和消毒后排放; 船速不低于 4 节,且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
		距最近陆地 12 海里以外海域	排放速率: 船速不低于 4 节,且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
船舶垃圾	塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物	任何海域	禁止投入水域	
	食品废弃物	距陆地 3 海里以内	禁止排放	
		距陆地 3-12 海里	经过粉碎处理后,颗粒直径小于 25mm 时,可允许在距最近陆地 3 海里之外投弃入海。	
	12 海里以外	可以排放		

### 1.3.2 环评工作等级判定

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014),海缆项目属海底电(光)缆工程,铺设海底光缆总长度大于 150km,工程涉及渔场等环境敏感海域,因此本评价海洋水质环境、沉积物环境和生态环境评价等级均为 1 级,见表 1.3-5。海缆项目建设对海域岸线、滩涂、海床自然性状影响较轻微,因此确定地形地貌与冲淤环境的评价等级为 3 级。水文动力环境均为可选环境影响评价内容,综合考虑项目特点及海域特征,本次评价对水文动力环境只做简要分析。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)海缆项目施工建

设及运营过程中不涉及有毒有害、易燃易爆物质生产、加工、运输、使用和储存，主要风险为施工船舶作业过程中发生事故导致燃料油泄漏引起海洋生态风险，环境风险潜势为 III，故确定海缆项目海域环境风险评价工作等级为二级。

表 1.3-5 海洋环境评价工作等级

工程类型	工程规模	工程所在海域	评价等级				
			水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境	冲淤环境	风险等级
海底光缆	大于 150km	生态环境敏感区	1	1	1	3	二

## 1.4 评价范围、评价内容与评价重点

### 1.4.1 评价范围

本次评价的南海海域范围为中国内地管辖的南海海域 635km（不包括香港管辖水域范围路由长度）。本报告中涉及的中国海域界限，系根据《中华人民共和国领海及毗连区法》、《中华人民共和国政府关于中华人民共和国领海基线的声明》和我国最新出版的海图。

根据海缆项目光缆工程海缆项目施工总体方案以及所在海域开发利用现状将评价区域划分为登陆段、近岸段、离岸段，详见图 1.4-1。

**登陆段：**登陆点至 0m 水深的低潮露滩岸段路由，光缆埋设采用挖掘机挖槽，海南文昌侧长 0.15km，广东珠海侧长 0.025km。

**近岸段：**领海基线外部 12 海里（领海外部界线）以里为近岸段，主线段路由文昌附近海域近岸段长约 128km，主线路由香港附近海域近岸段长度约 37km，珠海支线路由近岸段长约 86km。考虑到此区域人类活动频繁，环境影响因素复杂，为本次重点评价海域。

**离岸段：**领海基线外部 12 海里（领海外部界线）以外海域路由为离岸段，主线文昌段路由离岸段长度 270km，主线香港附近海域路由离岸段长度 78km，支线路由离岸段长度 36km。该区域渔业生产活动较频繁，环境影响因素相对简单，此段属于埋设区，为本次一般评价海域。

本次环境影响评价将对本海底光缆项目所涉及中国内地管辖海域路由施工、运营可能造成的环境影响进行预测与评价，提出环境影响减缓措施，促进项目建设与环境保护协调发展，保护海洋环境和资源，将工程建设带来的影响降低到最

小。

根据同类项目经验,悬浮物对水质影响超一类水质海域距离光缆最大距离不超过4km,同时结合《海洋工程环境影响评价技术导则》海洋生态的调查评价范围,1级项目扩展距离8-30km,因此本次工程的评价范围为光缆路由两侧8km范围,如图1.4-2。

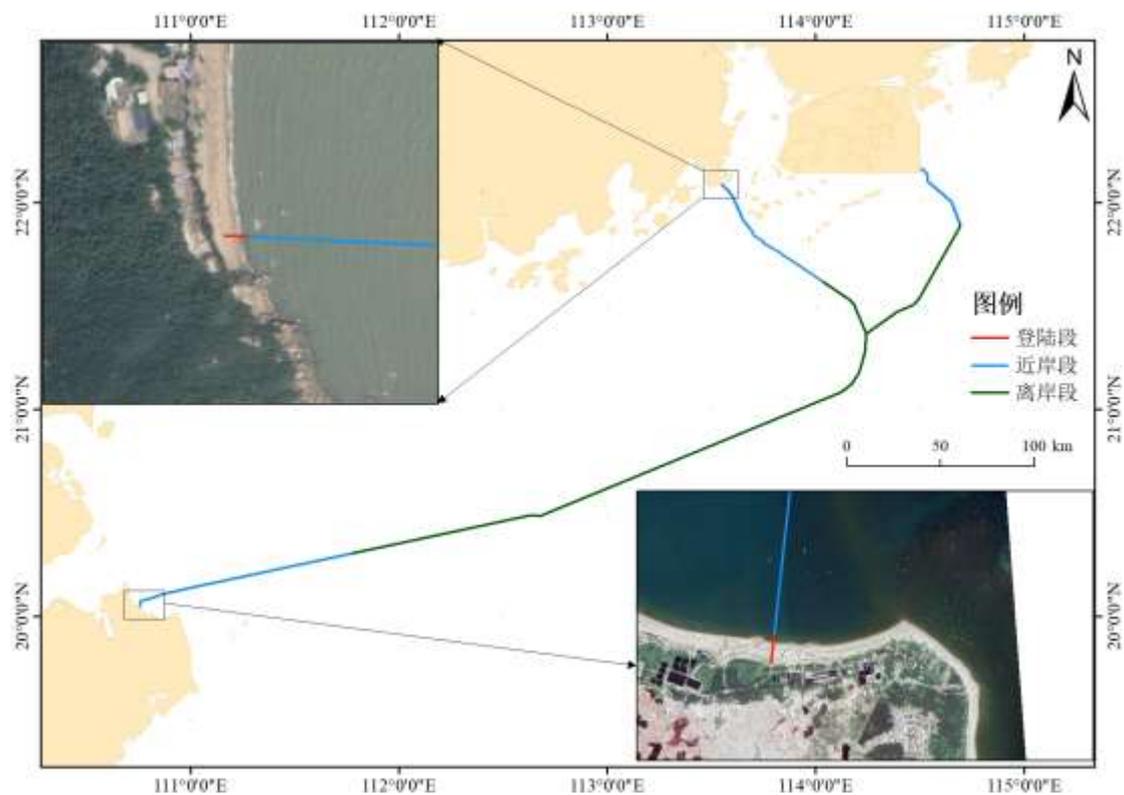


图 1.4-1 光缆分段图

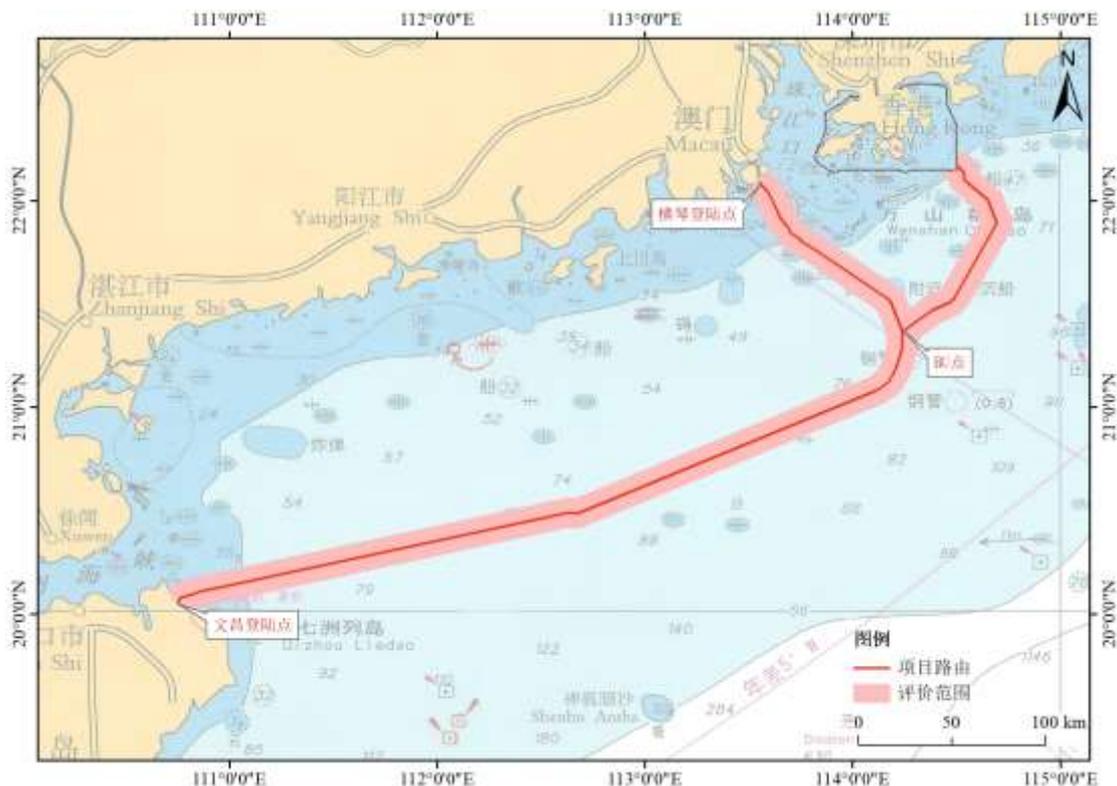


图 1.4-2 评价范围图

## 1.4.2 评价内容

海缆项目的评价内容主要包括：

- (1) 海水水质、沉积物、海洋生态环境现状调查与评价；
- (2) 详细的施工工艺过程及工程污染和生态环境影响分析；
- (3) 对工程可能造成的海洋环境及生态影响进行分析、预测与评价；
- (4) 提出生态补偿及环境影响减缓措施。

## 1.4.3 评价重点

- (1) 光缆施工对海洋生态、海水水质及沉积物环境的影响评价；
- (2) 光缆施工对万山群岛重要渔业海域限制类红线区、担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区、磨刀口重要河口生态系统限制类红线区、横琴岛自然岸线、南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、木兰湾旅游休闲娱乐区、文昌麒麟菜海洋保护区、I类红线区、II类红线区、南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场、针头岩海洋保护区、大亚湾海洋保护区、庙湾岛珊瑚礁限制类红线区、平洲岛领海基点特别保护海岛、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、七洲列岛海洋保护区等环境保护目标的影响评价；

- (3) 海洋生态环境保护措施；
- (4) 环境事故风险评价及防治措施。

## 1.5 环境影响要素识别和评价因子筛选

### 1.5.1 环境影响要素识别

光缆建设过程可以分为施工阶段、运营阶段和废弃阶段三个阶段。本次环境影响评价主要对施工阶段和运营阶段进行分析评价。在施工阶段铺设光缆搅起的海底泥沙导致悬浮物浓度增高，施工船舶排放船舶污染物，均会对海水水质和海洋生物造成影响。运营阶段海缆项目对海洋环境基本无影响。具体环境影响要素识别见表 1.5-1。

表 1.5-1 环境影响要素识别表

作业过程	污染物	主要污染因子	排放方式	影响对象	影响程度
扫海作业	悬浮物	悬浮物	连续排放	海水、生物	小
	机舱含油污水	石油类	按相关标准要求进行海上排放	海水	小
	船舶发动机尾气	二氧化硫、NO <sub>x</sub>	连续排放	大气环境	轻微
	发动机噪声	噪声	连续排放	声环境	轻微
	生活污水	COD	按相关标准要求进行海上排放	海洋环境	轻微
	生活垃圾	食品废物	按相关标准要求进行海上排放和运回陆地进行处理	海洋环境	小
	海底垃圾	扫海垃圾	运回陆地进行处理	—	无
光缆铺设作业	光缆边角料	光缆边角料	运回陆地	—	无
	悬浮物	悬浮物	连续排放	海水、生物	中
	机舱含油污水	石油类	按相关标准要求进行海上排放	—	小
	船舶发动机尾气	二氧化硫、NO <sub>x</sub>	连续排放	大气环境	轻微
	发动机噪声	噪声	连续排放	声环境	轻微
	生活污水	COD	按相关标准要求进行海上排放	海水、生物	轻微
	生活垃圾	食品废物	按相关标准要求进行海上排放和运回陆地进行处理	—	小

## 1.5.2 评价因子筛选

根据表 1.5-1 的识别结果确定本次环境影响评价因子如下：

### (1) 环境质量现状评价因子

海水水质：pH、化学需氧量（COD）、溶解氧、石油类、无机氮（以 N 计）、活性磷酸盐（以 P 计）、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、总汞、硫化物（以 S 计）。

沉积物：石油类、汞、铜、铅、镉、锌、总铬、砷。

海洋生态：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、游泳生物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳生物，潮间带生物。

生物质量：铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬和石油烃。

### (2) 环境影响预测因子

施工阶段铺设光缆搅起的悬浮物。

## 1.6 环境保护目标和环境敏感目标

### 1.6.1 环境功能区保护目标

(1) 工程海域海水水质、沉积物和海洋生态环境满足所在海洋功能区划的要求；

(2) 海缆项目工程施工期及运营期产生的污染及生态环境影响因素不影响万山群岛重要渔业海域限制类红线区、担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区、横琴岛自然岸线、南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、木兰湾旅游休闲娱乐区、文昌麒麟菜海洋保护区、海南岛海岸带生态敏感 I 类红线区、I 类红线区、海南岛重要渔业水域 II 类红线区、南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场的海洋生态及水生生物栖息环境；

(3) 不影响光缆路由邻近功能区的主导功能发挥。

### 1.6.2 环境敏感目标

经识别，海缆项目环境影响评价范围内环境敏感目标及评价范围外的保护关注点如表 1.6-1 和图 1.6-1~图 1.6-4 所示。

表 1.6-1 光缆路由周边海洋环境敏感目标分布情况

序号	图例顺序	类别	名称	区位关系		保护对象
				方位	相距/穿	

					越距离 km	
1	12	敏感目标	木兰湾旅游休闲娱乐区	穿越	2	保护防风林、沙滩、沿岸地质地貌和水质。
2	13		文昌麒麟菜海洋保护区	南侧	7	保护珊瑚礁、海草床、麒麟菜及其生态环境,保护海洋生物多样性,保护海底管线
3	15		海南岛海岸带生态敏感I类红线区	穿越	/	保护防风林、沙滩、沿岸地质地貌和水质。
4	16		海南岛重要渔业水域II类红线区	穿越	26	渔业资源及其周边海域生态环境
5	5		万山群岛重要渔业海域限制类红线区	穿越	8	渔业资源及其周边海域生态环境
6	6		担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区	西南	4	渔业资源、珊瑚礁及其周边海域生态环境
7	7		磨刀口重要河口生态系统限制类红线区	西南	5	河口生态系统
8	9		横琴岛自然岸线	穿越	/	海岛自然岸线
9	10		南海北部幼鱼繁育场保护区	穿越	195	幼鱼
10	11		幼鱼幼虾保护区	穿越	63	幼鱼幼虾和重要的渔业种质资源
11	17		南海中上层鱼类产卵场	穿越	244	产卵场
12	18		南海底层、近底层鱼类产卵场	穿越	540	产卵场
13	1	保护关注点	针头岩海洋保护区	西北	47	领海基点
14	2		大亚湾海洋保护区	西北	36	水产资源及海域生态环境
15	8		广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	东北	15	中华白海豚及海域生态环境
16	14		七洲列岛海洋保护区	南侧	16	保护岛上的鸟类及其生态环境,保护海岛地形地貌和海洋生态系统。
17	3		庙湾岛珊瑚礁限制类红线区	东北	16	珊瑚礁生态系统
17	4		平洲岛领海基点特别保护海岛	东北	9	领海基点、海岛岛体及周边海域

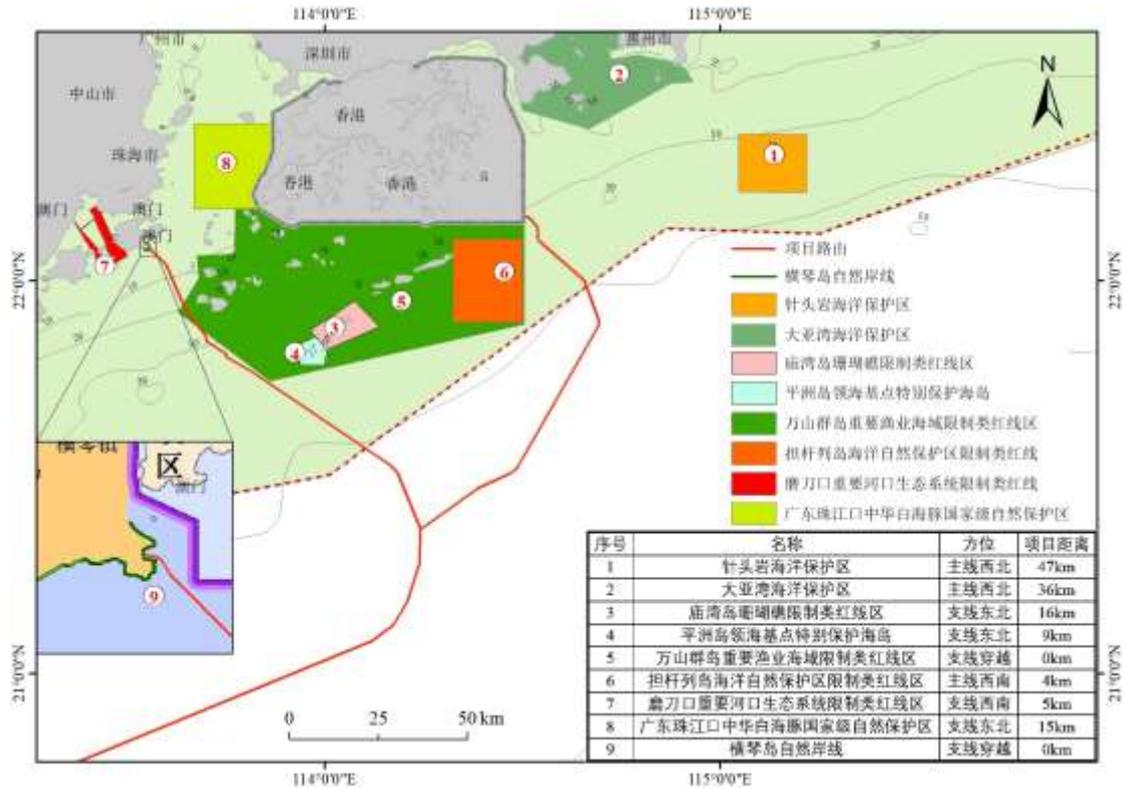


图 1.6-1 广东省附近海域海洋环境敏感目标分布图

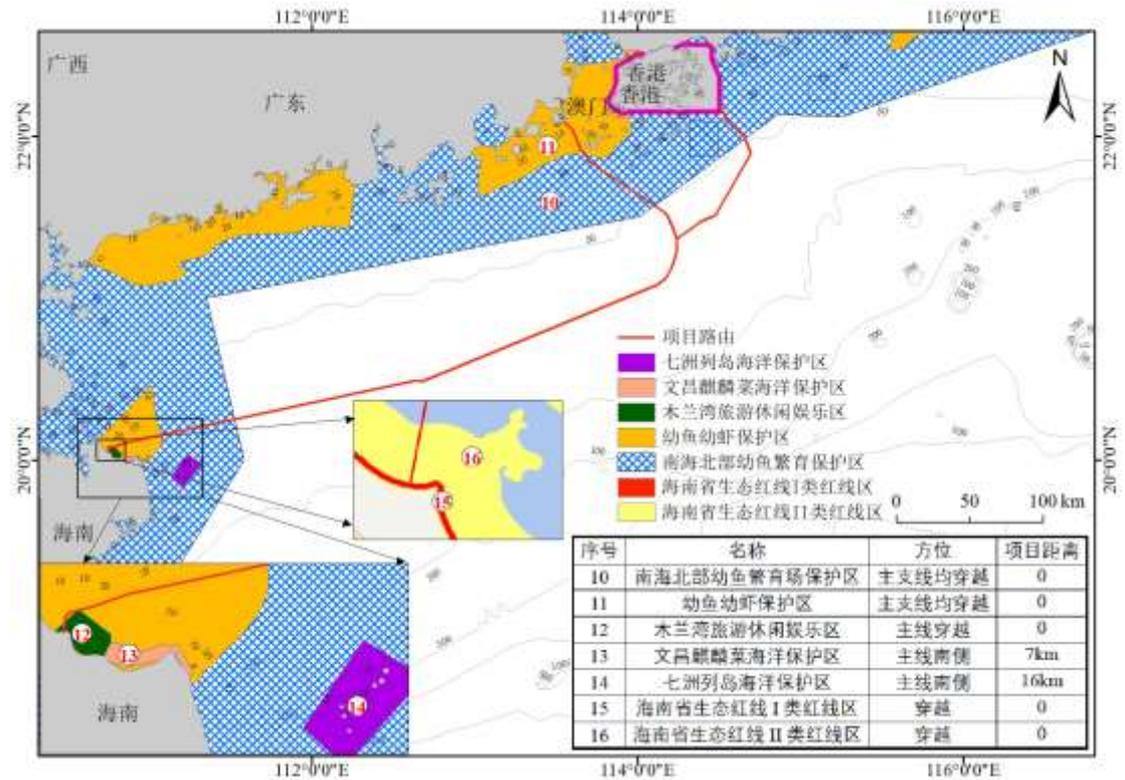


图 1.6-2 海南省附近海域海洋环境敏感目标分布图

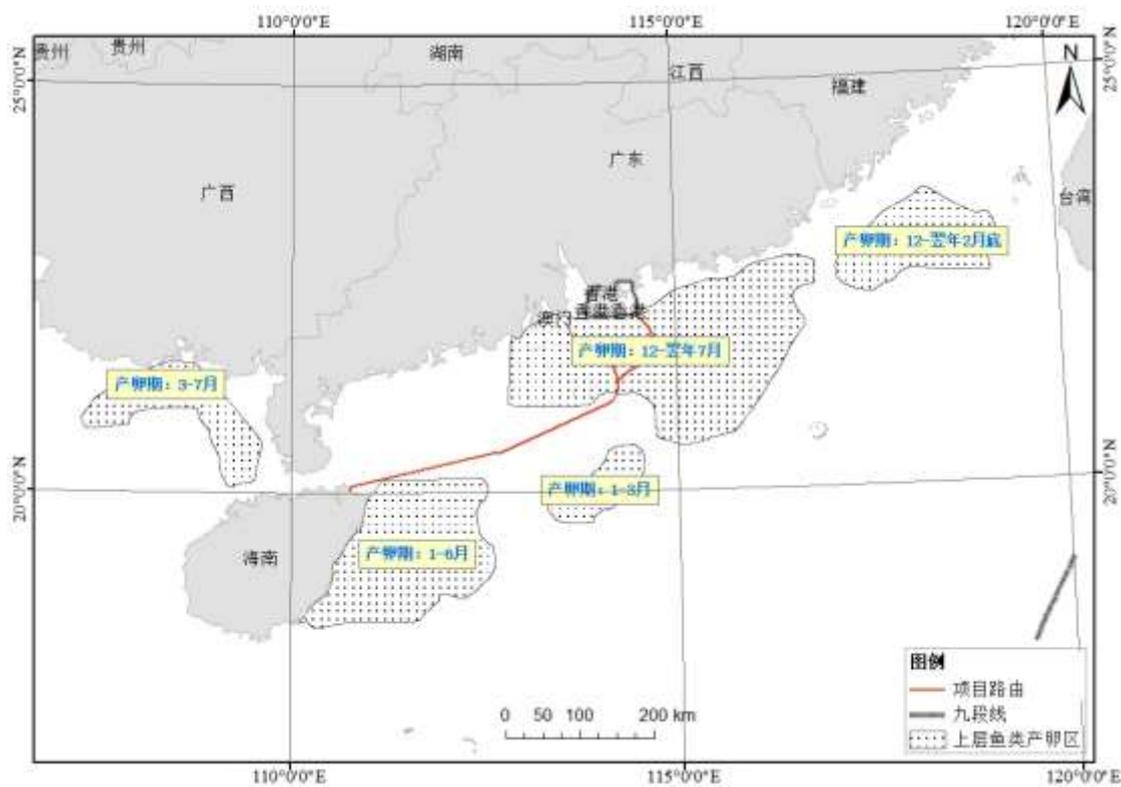


图 1.6-3 海洋环境敏感目标分布图（南海中上层鱼类产卵场）

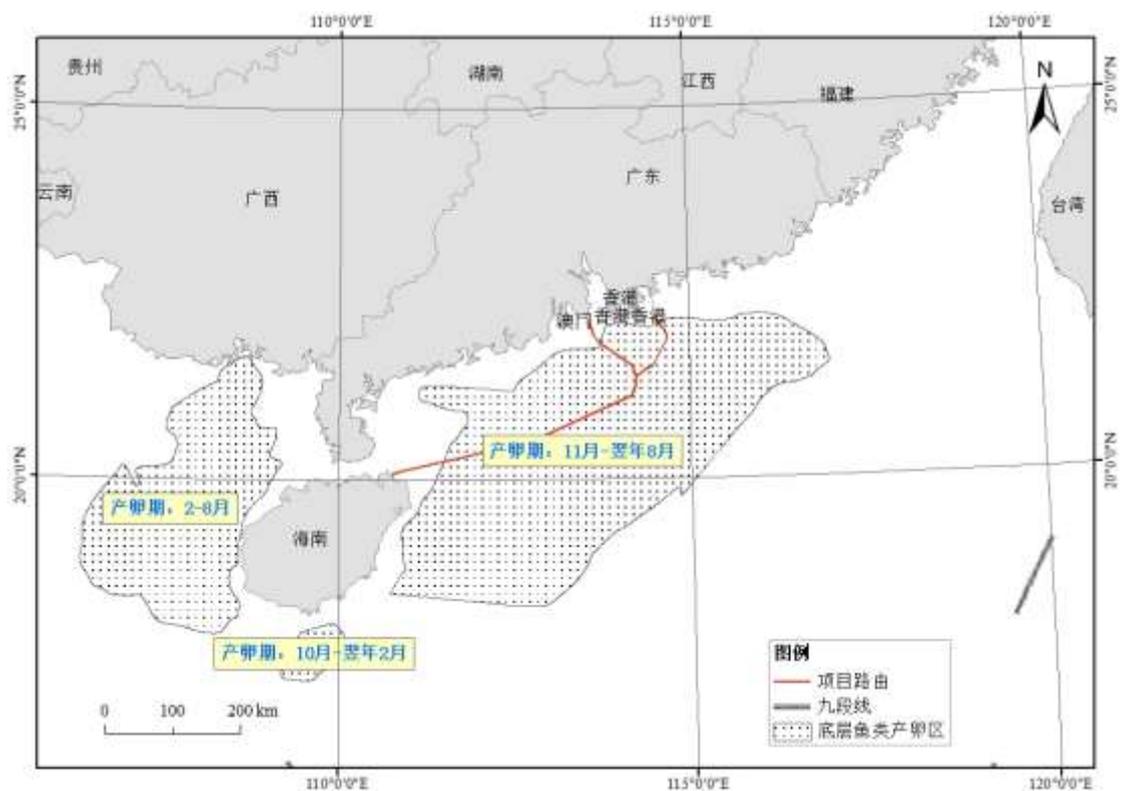


图 1.6-4 海洋环境敏感目标分布图（南海底层、近底层鱼类产卵场）

## 2 工程概况

### 2.1 项目基本信息

项目名称：海南-香港国际海缆项目

项目性质：新建

投资者：中国移动通信集团有限公司

工程总承包商：华为海洋网络有限公司

设计使用寿命：25 年

项目规模：海南-香港国际海缆项目（以下简称海缆项目）主干线西起海南文昌、东抵香港特别行政区，支线连接广东珠海，我国内地管辖水域 635km，本次评价对象为内地管辖海域内路由（不含中国香港管辖水域范围内路由），路由控制点坐标信息详见表 2.1-1。

海缆项目研究的海域范围限于内地管辖管辖的南海海域。本报告中涉及的南海海域，路由方案主要基于中国人民解放军海军司令部航海保障部 2011 年 2 月出版的“104 台湾岛至爪哇岛”海图，比例尺 1:3500000，墨卡托投影，以及广州海洋地质调查局 2017 年出版的“南海地质与地球物理图系”之南海大地构造格架、南海三维地形、南海地貌、南海地质以及南海海底沉积物类型底图，比例尺均为：1:2000000。

表 2.1-1 中国移动海南-香港国际海缆项目路由信息表

序号	经纬度坐标 (CGCS2000 坐标系)		备注
	经度 (E)	纬度 (N)	
主线路由			
1	110° 45'16.206"E	20° 2'38.933"N	文昌登陆点
2	110° 45'34.638"E	20° 4'15.594"N	
3	110° 45'45.672"E	20° 4'28.332"N	
4	110° 45'59.670"E	20° 4'37.890"N	
5	110° 46'15.870"E	20° 4'43.860"N	
6	110° 47'57.950"E	20° 5'6.439"N	
7	110° 51'34.245"E	20° 6'24.283"N	
8	112° 37'58.108"E	20° 29'26.353"N	
9	112° 38'57.000"E	20° 29'23.140"N	
10	112° 39'54.821"E	20° 29'7.079"N	
11	112° 40'48.002"E	20° 29'13.361"N	
12	114° 7'11.867"E	21° 5'0.130"N	
13	114° 10'24.089"E	21° 7'19.928"N	
14	114° 12'30.096"E	21° 10'56.478"N	
15	114° 14'17.172"E	21° 16'40.765"N	
16	114° 14'32.615"E	21° 22'1.812"N	BU
17	114° 22'57.786"E	21° 28'7.542"N	
18	114° 23'11.502"E	21° 28'17.514"N	
19	114° 28'1.985"E	21° 30'26.893"N	
20	114° 28'44.665"E	21° 30'56.800"N	
21	114° 29'14.882"E	21° 31'34.537"N	
22	114° 30'2.730"E	21° 32'52.086"N	
23	114° 41'29.172"E	21° 52'59.724"N	
24	114° 41'34.062"E	21° 53'15.324"N	
25	114° 41'35.472"E	21° 53'31.530"N	
26	114° 41'33.342"E	21° 53'47.664"N	
27	114° 39'19.374"E	21° 59'57.084"N	
28	114° 39'9.960"E	22° 0'10.764"N	
29	114° 32'41.184"E	22° 5'52.518"N	
30	114° 32'28.962"E	22° 6'4.530"N	
31	114° 32'20.478"E	22° 6'19.020"N	
32	114° 32'16.308"E	22° 6'34.908"N	
33	114° 32'17.304"E	22° 7'44.052"N	
34	114° 32'13.272"E	22° 7'59.724"N	
35	114° 32'5.124"E	22° 8'14.118"N	
36	114° 31'1.548"E	22° 9'30.870"N	
37	114° 30'53.322"E	22° 9'42.504"N	
38	114° 30'49.338"E	22° 9'45.822"N	
39	114° 30'44.544"E	22° 9'48.150"N	
40	114° 30'39.432"E	22° 9'49.242"N	
41	114° 30'08.640"E	22° 9'50.319"N	香港海域边界
珠海支线路由			

1	114° 14'32.615"E	21° 22'1.812"N	BU
2	114° 10'54.923"E	21° 30'44.734"N	
3	114° 9'55.817"E	21° 31'43.840"N	
4	113° 48'49.861"E	21° 46'5.478"N	
5	113° 45'14.040"E	21° 48'13.335"N	
6	113° 45'0.266"E	21° 48'27.109"N	
7	113° 44'58.210"E	21° 48'45.612"N	
8	113° 44'33.096"E	21° 49'7.182"N	
9	113° 42'16.946"E	21° 50'34.037"N	
10	113° 42'2.797"E	21° 50'50.276"N	
11	113° 42'2.238"E	21° 51'12.052"N	
12	113° 41'37.246"E	21° 51'50.212"N	
13	113° 38'58.598"E	21° 55'18.386"N	
14	113° 35'52.453"E	22° 2'26.530"N	
15	113° 33'38.099"E	22° 4'43.084"N	
16	113° 33'25.515"E	22° 5'3.007"N	
17	113° 33'16.939"E	22° 5'7.255"N	
18	113° 33'2.049"E	22° 5'9.437"N	横琴镇登陆点

## 2.2 预选路由方案比选

### 2.2.1 路由方案预选

海缆项目在《中国移动海南香港海缆工程预选路由选择依据说明材料》中，依据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB17502-2009）的要求，根据国际光缆设计原则，充分考虑海域自然环境、生态环境、社会条件、海洋开发活动尤其是已建海底光缆管道和共用管廊带原则等因素等因素，结合业主建议，设计出路由初步方案，并征询了中海油深圳分公司意见，主线路由和支线路由各设计出首选路由方案和备选路由方案，详见图 2.2-4~图 2.2-4。为了详细对比两个涉及方案的优劣，分别对主线文昌附近海域路由、主线香港附近海域路由和支线路由进行逐段分析比选。

#### （1）主线文昌附近海域路由

该段路由从海南文昌至路由 BU 点，方案一考虑到海缆安全，尽可能避免渔业活动的影响，同时节约成本，所以海缆路由主要沿 80m 等深线延伸，最终至 BU 点；方案二为保障海缆安全，避免渔业活动的影响，海缆水深至 140m，同时避开中海油海上规划以及正在施工的设施，最终至 BU 点。

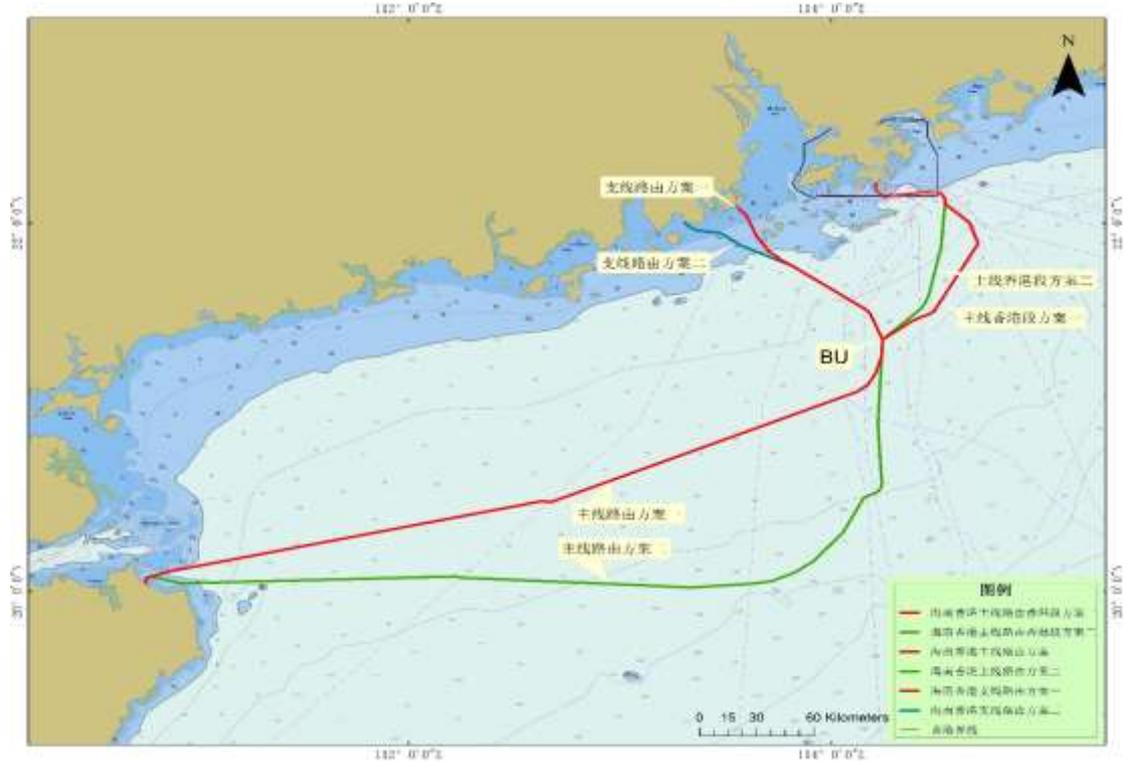


图 2.2-1 海缆项目预选路由示意图

方案一长约 409km，从海南省文昌市锦山镇潮滩村出发，垂直近岸等深线延伸 3km 至 15m 水深处，避开浅滩向东偏北方向延伸 5km 至 25m 水深处达到南水道边界，然后跨过南水道垂直于海南岛东北侧 20 至 60m 等深线延伸 105km 至 80m 等深线处，再沿着 80m 等深线延伸 261km，中途需交越已建国际光缆和油气管道，最后沿环球光缆（FLAG）SEG-N 光缆走向延伸 36km 至路由 BU 点。

方案二长约 484km，从海南省文昌市锦山镇潮滩村出发，垂直近岸等深线延伸 3km 至 15m 水深处，避开浅滩绕行 4km 至南水道南侧 1km 处，之后并行南水道延伸 19km，然后垂直于海南岛东北侧 20 至 80m 等深线，并避开中海油规划及正在建设的海上设施延伸 288km 至 140m 等深线处，中途需交越已建国际光缆和油气管道，最后沿亚美海底光缆（AAG）S1-1 光缆走向延伸 167 至路由 BU 点。

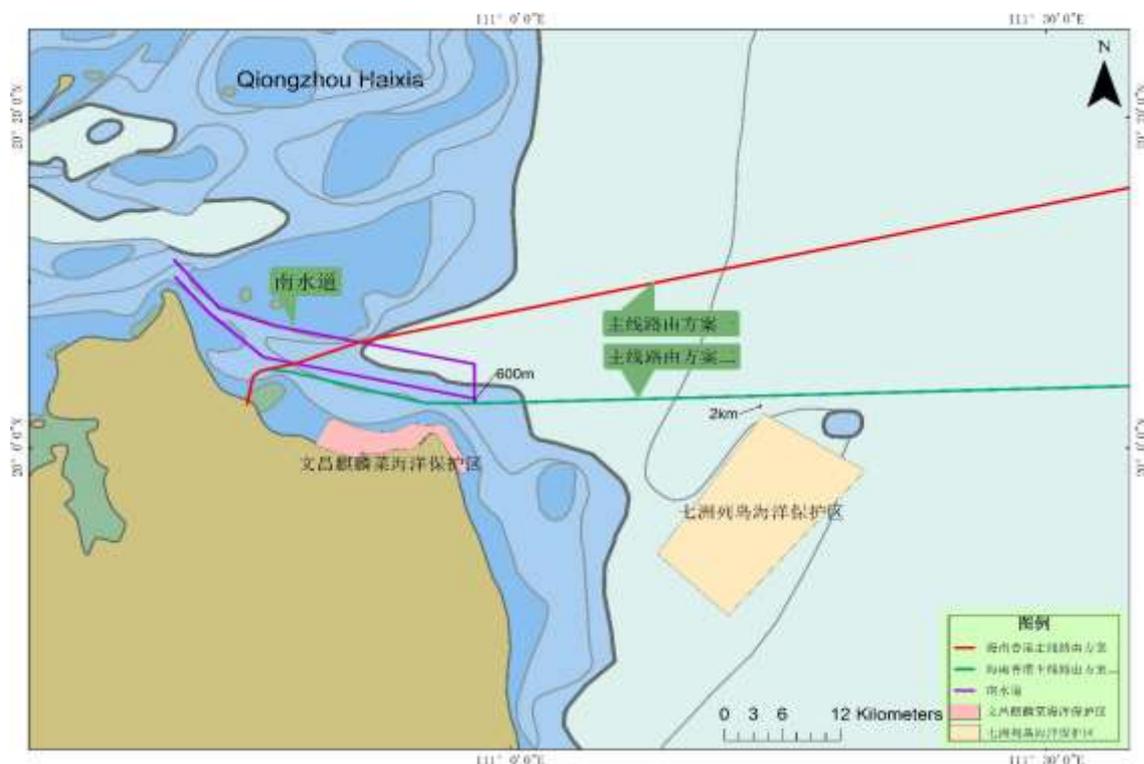


图 2.2-2 海缆项目主线文昌段预选路由示意图

## (2) 主线香港附近海域路由

该段路由从香港海域边界至路由 BU 点，方案一考虑到节约用海、共建管廊带和海缆安全问题，所以海缆主要沿着已建光缆并行延伸至路由 BU 点；方案二主要考虑经济问题和安全问题，海缆从香港海域边界东南角直接向南靠近担杆列岛海洋保护区延伸至路由 BU 点。

方案一长约 115km，从香港海域边界出发，遵循集约节约用海及尽量共用管廊带原则，靠近现有光缆东亚交汇二号海底光缆系统（EAC2）SEG-2A1（除交越外最近相距约 0.6km）垂直等深线延伸 36km 至 60m 水深处，之后靠近现有光缆亚美海底光缆（AAG）S1-1（最近相距约 1.7km）沿等深线方向延伸 77km 至路由 BU 点，中途会交越已建光缆。方案二长约 100km，从香港海域边界出发，直接向南靠近担杆列岛海洋保护区边界（最近距离约 2.3km）向南延伸 100km 至路由 BU 点，中途会交越已建光缆。

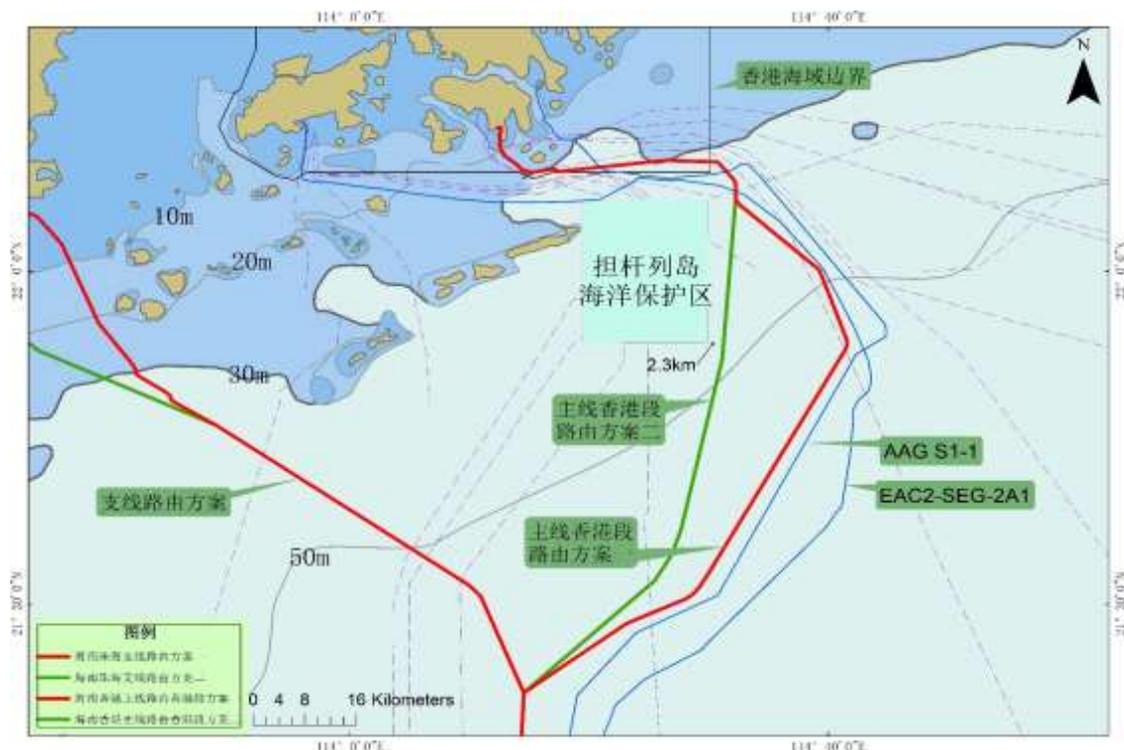


图 2.2-3 海缆项目主线香港段预选路由示意图

### (3) 支线路由

支线路由从珠海登陆点至路由 BU 点，两方案皆考虑集约节约用海与共建管廊带原则以及路由安全问题，避开禁锚区。方案一与澳门规划天然气管道并行，绕开磨刀门河口和填海区，沿东南向延伸至禁锚区东北侧，最终至路由 BU 点；方案二与金湾风电场路由并行，绕开风场场址，沿东南向延伸至禁锚区西南侧，最终至路由 BU 点。

方案一长约 111km，从横琴镇东南角“钢八连”附近海滩出发，沿大窝山外侧绕行 2km，避开珠海长隆富祥岛填海工程至澳门特别行政区管辖海域西南角（最近相距约 650m），然后向东南方向与澳门天然气直湾岛管道规划路由并行（相距 550m）延伸 27km，途中距禁锚区东北侧 6.4km，交越澳门亚欧光缆（SMW3）SEG-2.15 光缆和番禺惠州输气管道延伸约 9km，再向东南方延伸 73km 至路由 BU 点。方案二长约 125km，从三灶镇金湾登陆点出发，靠近珠海金湾风电路由延伸 20km 至珠海金湾风电场场址东北角（距风电路由约 100m），在风电场东侧穿过，然后靠近澳门亚欧光缆（SMW3）SEG-2.15 光缆延伸 40km，途中距禁锚区西南侧 3.3km，然后转东南方向延伸 65km 直达路由 BU 点。

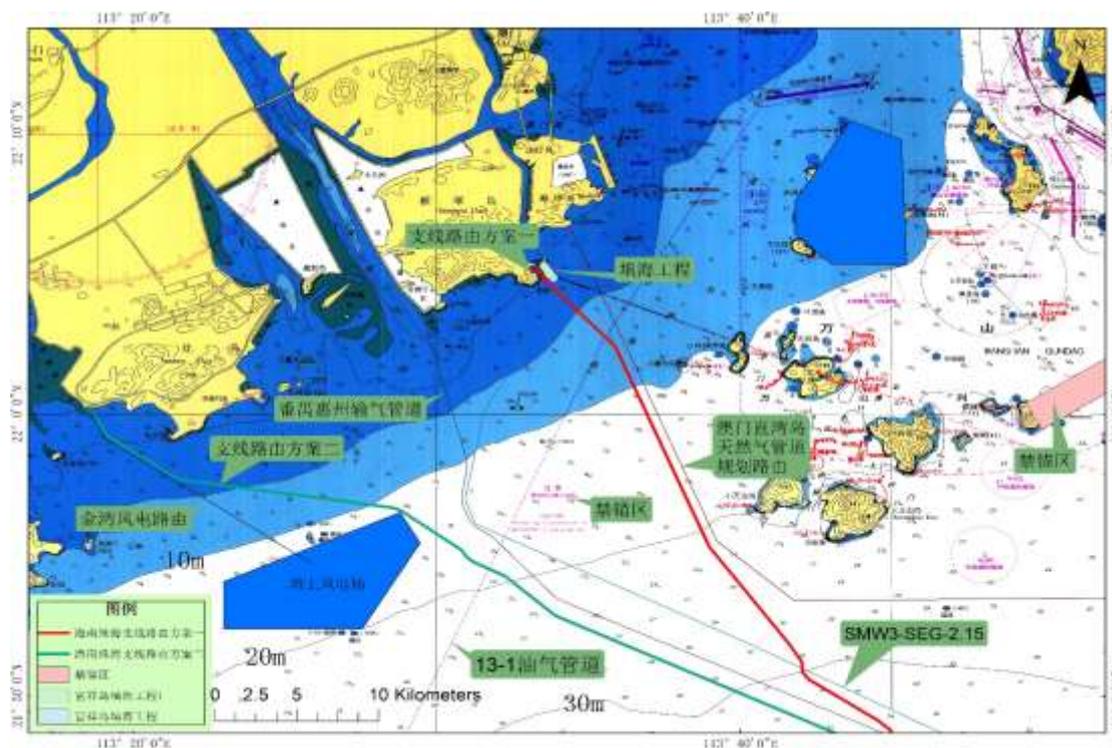


图 2.2-4 支线预选路由方案示意图

## 2.2.2 路由方案比选

从项目路由适宜性（海底光缆施工条件、路由区自然条件）、路由环境合理性（海洋开发状况、相关规划符合性、对国防安全的影响及协调可能性）2个方面对预选路由进行综合评价，详见表 2.2-1~表 2.2-6。

### （1）主线文昌附近海域路由

从项目路由适宜性的比选结果显示，方案一比方案二短 75km，经济适宜性远远高于方案二；方案二相对比方案一，距离地震带相对较近，安全性稍差于方案一，地形地貌条件上整体类似，部分路由区域方案一比方案二平坦；因此综合考虑，整体适宜性方案一较优。路由海域施工合理性比选的结果显示，方案一比方案二距离海洋保护区较远，穿越海上石油勘探区较少，在海洋功能区划、自然保护区等方面，合理性略高于方案二；在海上交通方面，方案一穿越南水道，方案二安全性略高于方案一。综上所述，方案一适宜性总体较好，海洋环境合理可行，推荐为海缆项目首选路由方案，方案二为备选路由方案。

### （2）主线香港附近海域路由

项目路由适宜性的比选结果显示，方案一比方案二长，经济适宜性稍差于方案二；方案二相对比方案一，距离沉船更近、穿越了潮流沙脊，安全性稍差于方

案一，地形地貌条件上整体类似，部分路由区域方案一比方案二平坦；因此综合考虑，整体适宜性方案一稍优。项目路由海域施工合理性的比选结果显示，方案一与既有光缆并行，比方案二在海洋环境合理性方面更加适于集约用海原则，路由方案二从海洋功能区划、自然保护区等方面，合理性略差于方案一，故整体合理性方案一优于方案二。综上所述，方案一适宜性总体较好，海洋环境合理可行，推荐为海缆项目首选路由，主线香港附近海域路由方案二为备选路由。

### （3）支线路由

从海缆登陆后陆地施工适宜性和经济性来看，方案一距市区和澳门较近，地理位置相对优越。路由适宜性比选结果显示，支线路由方案二比方案一长，经济适宜性稍差于方案一；方案二相对比方案一，均穿越古河道，但穿越距离稍长，且方案二距离沉船更近、附近还有古河道，所以支线路由方案一较优。路由海域施工和理性的比选结果显示，有支线路由方案一和方案二在集约用海原则、海洋功能区划、自然保护区等方面基本一致，在与光缆电缆管道交越情况来看，方案二少；两方案都较为合适。推荐支线路由方案一为海缆项目首选路由，方案二为备选路由。

综合比较来看，海南-香港国际海缆预选路由方案技术上可行、经济上合理、海洋环境相对安全，且路由方案一优于路由方案二，因此推荐路由方案一为首选路由，方案二为备选路由。综上所述，海缆项目路由方案一适宜性总体较好，环境合理可行，推荐为海缆项目路由。

表 2.2-1 预选路由主线文昌附近海域路由方案适宜性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
长度	409km	484km	方案一优
海底腐蚀性	140m 以浅的沉积物中硫化物会对海底光缆有一定腐蚀，其他路由区腐蚀影响均较小，选择合适的海底光缆的防腐材料与方式应对		基本一致，相差不大
施工季节	冬季风期间和夏季、秋季台风季节不适宜施工		相同
施工水文环境	潮差多在 1m 左右，近岸海流流速较大。有台风带来大风、极端降水和巨浪的风险，同时需注意冬季大风引起的灾害性海浪		相同
地形地貌	东西向穿越南海北部陆架，部分路由区域地形相对较平坦，穿越了陆架侵蚀-堆积平原、古三角洲、现代三角洲	东西向穿越南海北部大陆架，部分路由相对方案一较陡，穿越了陆架侵蚀-堆积平原、古三角洲、现代三角洲、陆架堆积平原	方案一稍优
底质特征	跨越了陆源碎屑沉积、陆源碎屑-生物源沉积 2 类沉积区，北部陆架以粘土质粉砂、砂-粉砂-黏土、细砂为主，利于施工		相同
地震危害性分析	地震活动相对平静，距地震带相对较远	地震活动相对平静，距地震带相对较近	方案一较优
海床冲淤	水动力较强的部分主要分布在南海北部外陆架，其余路由段位于沉积水动力条件较弱的海区，有利于光缆的施工和维护		基本一致，相差不大

表 2.2-2 预选路由主线文昌段方案海洋环境合理性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
海洋功能区划	穿越木兰湾旅游休闲娱乐区、木兰湾保留区、海南岛东北部保留区、海南岛近海农渔业区和海南岛外海农渔业区。光缆建设对附近的锚地区、休闲渔业区、保护区、开采区和倾废区没有影响	基本与方案一一致，距离担杆列岛海洋保护区、文昌麒麟菜海洋保护区较近	方案一稍优
渔业活动	路由区无养殖区分布，无人工鱼礁投放。经过珠江口渔场、粤东渔场、东沙渔场，单船拖网的钢板对光缆威胁为最大，活动范围一般在水深 200m 以浅区域		基本一致，相差不大
海上交通	与广州-汕尾等 4 条航线有交越，穿越南水道	与广州-汕尾等 4 条航线有交越	方案二稍优
与海底电缆管道交越情况	与已建（拟建）海底光缆和油气管道共计有 6 个交越点	与已建（拟建）海底光缆和油气管道共计有 6 个交越点	相同
海底矿产资源开发活动	穿越 3 个海上石油勘探区块	穿越 7 个海上石油勘探区块	方案一优
自然保护区	路由避开海洋保护区	路由避开海洋保护区，距离担杆列岛海洋保护区、文昌麒麟菜海洋保护区较近	方案一优
生态红线区	登陆点穿越海南岛海岸带生态敏感 I 类红线区，近岸穿越海南岛重要渔业水域 II 类红线区	基本与方案一一致，距离担杆列岛海洋保护区红线区和文昌麒麟菜海洋保护区红线区较近	方案一稍优
倾废区	路由未穿越倾废区		相同
旅游区	路由在文昌登陆点海域穿越旅游区		相同
军事区	未知		-

表 2.2-3 预选路由主线香港段方案适宜性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
长度	115km	100km	方案二优
海底腐蚀性	140m 以浅的沉积物中硫化物会对海底光缆有一定腐蚀，其他路由区腐蚀影响均较小，选择合适的海底光缆的防腐材料与方式应对		基本一致，相差不大
施工季节	冬季风期间和夏季、秋季台风季节不适宜施工		相同
施工水文环境	潮差多在 1m 左右，近岸海流流速较大。有台风带来大风、极端降水和巨浪的风险，同时需注意冬季大风引起的灾害性海浪		基本一致，相差不大
地形地貌	东西向穿越南海北部陆架，部分区域坡度相对较小，穿越了陆架侵蚀-堆积平原、古三角洲、现代三角洲	东西向穿越南海北部大陆架，部分路由坡度相对方案一较大，穿越了陆架侵蚀-堆积平原、古三角洲、现代三角洲	方案一稍优
底质特征	跨越陆源碎屑沉积、陆源碎屑-生物源沉积 2 类沉积区，北部陆架以粘土质粉砂、砂-粉砂-黏土、细砂为主，利于施工		基本一致，相差不大
灾害地质因素	路由穿越了古三角洲，靠近潮流沙脊	路由穿越潮流沙脊、古三角洲，距离沉船相对较近	方案一优
地震危害性分析	地震活动相对平静，仅在南海西北部发生过两次 4.5-5.0 级地震，需要详加注意		基本一致，相差不大
海床冲淤	水动力较强的部分主要分布在南海北部外陆架，其余路由段位于沉积水动力条件较弱的海区，有利于光缆的施工和维护		基本一致，相差不大

表 2.2-4 预选路由主线香港段方案海洋环境合理性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
用海	靠近已有光缆，更加符合集约用海原则	距已有光缆相对较远，相对方案一较差	方案一较优
海洋功能区划	穿越珠海-潮州近海农渔业区，光缆建设对附近的锚地区、休闲渔业区、保护区、开采区和倾废区没有影响	穿越珠海-潮州近海农渔业区、万山群岛保留区，光缆建设对附近的锚地区、休闲渔业区、保护区、开采区和倾废区没有影响	方案一稍优
渔业活动	路由区无养殖区分布，无人工鱼礁投放。经过珠江口渔场、粤东渔场、东沙渔场，单船拖网的钢板对光缆威胁为最大，活动范围一般在水深 200m 以浅区域		相同
海上交通	与广州-青岛等 4 条航线有交越		基本一致
与海底电缆管道交越情况	与已建（拟建）海底光缆和油气管道共计有 11 个交越点	与已建（拟建）海底光缆和油气管道共计有 9 个交越点	方案二稍优
自然保护区	路由避开海洋保护区	路由避开海洋保护区，距离担杆列岛海洋保护区较近	方案一稍优优
生态红线区	路由避开生态红线区	路由避开生态红线区，距离担杆列岛海洋保护区生态红线区较近	方案一稍优优
倾废区	路由未穿越倾废区		相同
旅游区	路由在文昌登陆点海域穿越旅游区		相同
军事区	未知		-

表 2.2-5 预选路由支线方案适宜性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
长度	111km	125km	方案一优
海底腐蚀性	140m 以浅的沉积物中硫化物会对海底光缆有一定腐蚀，其他路由区腐蚀影响均较小，选择合适的海底光缆的防腐材料与方式应对		相同
施工季节	冬季风期间和夏季、秋季台风季节不适宜施工		相同
施工水文环境	潮差多在 1m 左右，近岸海流流速较大		基本相同
地形地貌	整体水深条件较好，相对平坦		基本相同
底质特征	路由区海域地质以粉砂质黏土为主，利于施工		基本相同
灾害地质因素	路由穿越古河道	路由穿越古河道，距离沉船相对较近	方案一优
地震危害性分析	地震活动相对平静，仅在南海西北部发生过两次 4.5-5.0 级地震，需要详加注意		相同
海床冲淤	侵蚀淤积不明显	登陆点所处海滩淤积明显，2m 等深线处冲刷明显、5m 等深线处微淤积，10m 以深基本处于动态冲淤中	方案二稍优

表 2.2-6 预选路由支线方案海洋环境合理性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
用海	靠近澳门规划天然气管道，附近有珠海长隆富祥岛填海工程，相距较近	靠近已有金湾风电路由	方案二较优
海洋功能区划	穿越横琴镇工业与城镇用海区	穿越鸡啼门保留区和木乃南工业与城镇用海区	方案一稍优
渔业活动	附近无养殖活动	附近海域有养殖鱼排，陆上有养殖鱼塘	方案一较优
海上交通	与 7 条航线有交越	与 6 条航线有交越	方案二稍优
与海底电缆管道交越情况	与已建（拟建）海底光缆和油气管道共计有 8 个交越点	与已建（拟建）海底光缆和油气管道共计有 5 个交越点	方案二稍优
海底矿产资源开发活动	路由未穿越矿产资源开发区		相同
自然保护区	路由避开海洋保护区		基本一致
生态红线区	近岸段路由穿越万山群岛重要渔业海域限制类红线区，登陆段横琴岛自然岸线	近岸段路由穿越鸡啼门重要河口生态系统限制类红线区，登陆段穿越壁青湾自然岸线及潮滩，临近万山群岛重要渔业海域限制类红线区	基本一致
倾废区	路由未穿越倾废区		相同
旅游区	路由未穿越旅游区		相同
军事区	未知		-

## 2.3 施工方案

海底光缆工程被世界各国公认为复杂困难的大型工程，工程跨越海区一般较大，海域水下地形多样。通常在浅海海域缆线采用铺设掩埋的施工方式，而在深海则采用表面敷设的施工方式，具体光缆类型及铺设方式需根据海域水深条件及开发强度进行选择。海缆项目主要集中于南海北部陆架 80m 水深以浅区域，项目光缆拟使用亨通海洋光网系统有限公司开发的 HORC-2 系列双铠型中继海缆，一方面对光纤提供足够的物理保护以保证其光传输性能，另一方面提供电导体对水下有源设备进行供电。

根据项目的特点，主要采用以下施工方式。

### 2.3.1 施工布局

登陆点至 0m 水深的低潮露滩岸段路由，光缆埋设采用挖掘机挖槽，且在海光缆上安装关节套管后，按照设计要求进行原土回填，再进行后续的保护工作。挖沟宽度 1m，目标埋深 1.5m，海南文昌侧长 0.15km，广东珠海侧长 0.025km。0~4m 水深处的光缆埋设采用潜水员高压水枪冲埋方式，并使用不少于 1km 的关节套管进行保护。冲埋宽度 0.3m，埋设深度均为 1.5m，海南文昌侧长度为 1.434km，广东珠海侧 6.136km。4~13m 水深处的光缆埋设采用平底船的埋设犁冲埋方式，冲埋宽度 0.3m，埋设深度均为 3m，海南文昌侧长度为 1.799km，广东珠海侧 12.893km。其余段光缆路由采用光缆埋设船所配备的埋设犁冲埋方式，冲埋宽度 0.3m，埋设深度均为 3m，BU 点至海南文昌侧长度为 405.165km，BU 点至广东珠海侧 91.837km，BU 点至香港侧长度为 114.664km。

施工总体布局见图 2.3-1。

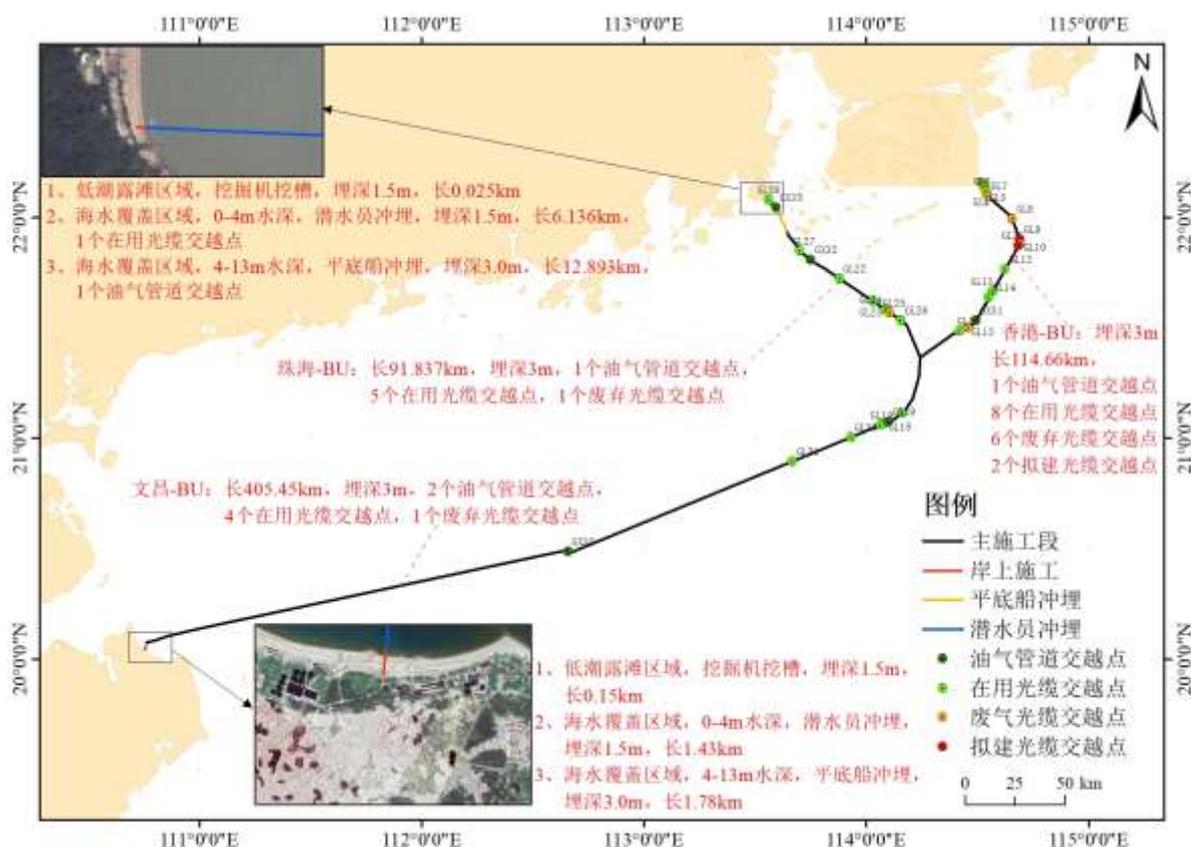


图 2.3-1 施工总体布局图

## 2.3.2 施工工艺

海缆项目跨越海区较大，海域水下地形多样，采用专业海缆船进行海缆埋设作业。光缆埋设初步施工方案主要有以下 4 个步骤：①扫海作业；②埋设作业；③后冲埋作业。

### 2.3.2.1 扫海清障

在铺设操作开始前，应进行扫海作业。扫海作业时在海底只在路由中心线左右 0.5m 范围内进行扫海，摸清、扫除路由上有碍埋设作业的所有障碍物。扫海使用 50kg 五齿锚，用锚链连接钢丝绳，由施工船尾拖扫海锚具，沿设计埋设路由按一定的速度（不大于每小时 2km），清除路由要求埋设段上的海床表层的障碍物，以保证埋设作业的顺利进行。

在扫海操作开始以前，业主应完成路由上渔网和渔具的清除工作，并维持施工期间路由的清洁。若所选路由与其他光缆或管线发生交越，在路由勘探过程中，会精确定位交越的具体位置，施工船将在其他光缆或管线两侧各 500m 范围外回收和重新施放扫海锚具以保证其他管线的安全。在扫海过程中回收上来的垃圾将储存在施工船

上，等施工船施工完毕，靠岸后再拉到岸上进行处理。

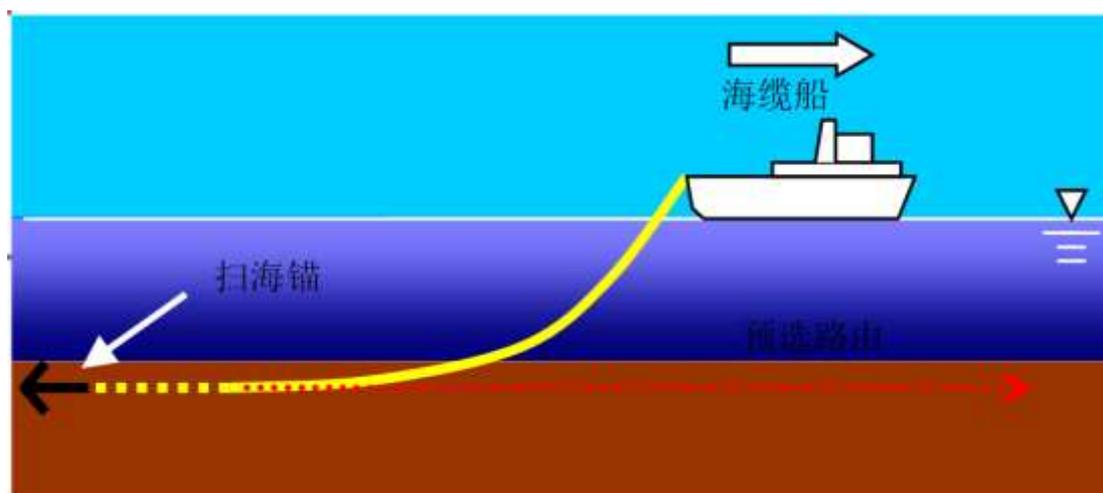


图 2.3-2 扫海清障示意图

### 2.3.2.2 登陆段作业

为保证工程施工的顺利进行，需根据路由所在区域的环境特征和施工工况确定登陆作业施工工艺。为此，海缆项目登陆作业分为岸滩登陆段和浅滩登陆段，其中岸滩登陆段采用挖掘机机械开挖的施工方式，0~4m 水深浅滩登陆段则采用潜水员利用高压水枪冲埋的施工方式，4~13m 水深段则采用平底船施工方式。

准备工作结束后，工作艇将牵引绳一端从海缆船带至岸边。登陆小组组织劳力往岸上拖拉，光缆被牵引开始离开海缆船时，按 7m-10m 间距在光缆上系上浮球助浮，同时对光缆在船到岸之间进行准确定位。当光缆到岸后，牵引速度将被减慢直到陆上的光缆足够保证海陆缆接续和备用要求。

在场各方均确认登陆光缆长度足够并且符合设计的路由和安全保障之后，登陆小组使用海缆网套把光缆与事先设置的地锚相连接，然后由潜水员从岸端开始向船上逐渐切除系在缆上的浮球。同时，去除浮球过程中，适当放出或回收一定长度的光缆，以保证光缆按设计的余量计划正确敷设于机械开挖的海缆沟内。在海缆低潮露滩岸段预定路由上采用挖掘机进行机械开挖，开挖深度预计在 1.5m 左右，开挖出的沙土堆放在路由附近；开挖完成后，将已经登陆的海缆安装关节套管后，搬移至开挖槽道中；将开挖出来的沙土回填至开挖槽道，恢复现场。当完成光缆低潮露滩段施工后，准备开始海上埋设作业。在水深<4m 处的登陆段光缆埋设采用人工冲埋方式，由潜水员持高压水枪进行冲埋。具体操作如下：辅助施工船抵达冲埋光缆位置锚泊固定，潜水员入水寻找光缆位置；利用信绳将高压水枪传递给潜水员，启动高压水泵，提供光缆冲

埋所需要高压水；潜水员对光缆进行反复冲埋，冲沟宽度 0.3m，目标埋设深度为 1.5m，如达不到 1.5m 埋设将加装关节套管对海缆进行保护。完成此段后，4-13m 水深段由平底船进行埋设工作，目标埋深 3.0m。

### 2.3.2.3 光缆铺设掩埋作业

#### (1) 埋设作业

根据施工要求，主敷设施工的埋深要求是 3m。施工船到达施工现场后，先进行打捞工作，将上一段施工放下的光缆头打捞上船，与船上的施工光缆进行接续。

施工船在甲板完成埋设犁装配和测试后，将光缆装入其海缆通道内。随后，埋设犁将由船尾的 A 形架按操作程序缓缓投入水中，在海床上就位。同时向前调整船位以保证入水的光缆保持较为合理的悬链线状态，牵引机逐步放出光缆维持一定的张力，调整牵引钢缆和传感信号缆的长度。

施工船拖动埋设犁开始移动时，通过船上的操纵室启动液压装置使埋设犁切入海床。继续调整埋设速度和深度，同步放出光缆。

当埋设犁完全调整至要求的埋设深度，利用船配备的侧向推进器强大的动力，施工船开始向前移动同时埋设光缆。施工船在前进过程中，侧向推进器在动态定位 DP 系统控制下，根据差分卫星信号自动调整推力保持船位不偏离设计路由。

在光缆埋设操作过程中，埋设犁上的传感装置将信号通过传感信号缆传回控制室，显示在屏幕上供安装经理决策：或调整速度以保证光缆被埋至预定深度，或随水深变化即时调整埋设犁与驳船之间的距离，或通过牵引机调节海缆张力，维持埋设犁上测得的海缆残余张力尽可能小，满足该类型光缆的技术要求。而导航系统将连续监测以保证光缆沿正确路由埋设。

在布缆机的牵引下，光缆由海缆舱经海缆滑道和入水口放出。放出的光缆长度应与船只的向前移动相协调以保证光缆沿路由按敷设计划正确的安装。埋设犁犁刀的宽度为 20cm，在埋设犁水下埋设海缆时，埋设沟的宽度约为 30cm 左右。

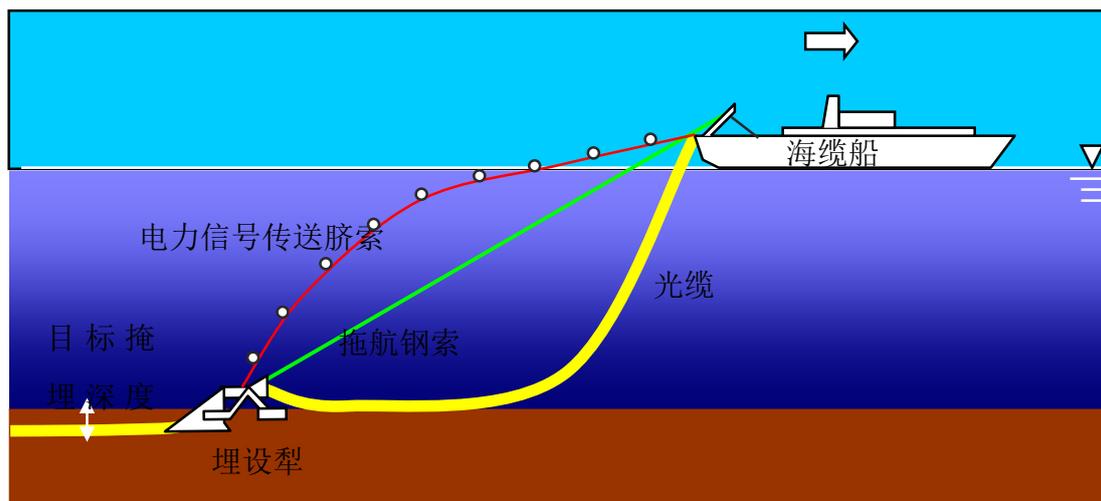


图 2.3-3 埋设犁铺设掩埋示意图

## (2) 光缆与其它光缆（管道）交越段施工

在光缆设计及施工过程中，如何解决与已有海底光缆和管道管线的交越及如何保护现有海底管线是一项重要工作。

### ① 光缆施工采取的保护措施

光缆路由的选择尽量避免与其他在服务期内的管线交汇；如果无法避免必须交越，交越的角度尽量控制在 90 度内，且不低于 45 度；在设计阶段，确定被交越管线的材质，保证海缆项目在交越处采用相关的保护材料；对光缆交越处进行彻底的清理。

### ② 埋设段与其他光缆的交越方式

在路由勘探过程中，会精确定位交越的具体位置，并确定交越角度。施工过程中，将启动所有的预警措施，在距离交越点 500m 以外，会将埋设犁回收至铺缆船的甲板，将光缆敷设于现有光缆和管道之上，然后在离开交越点 500m 以外后，埋设犁重新恢复工作，防止埋设犁毁坏现存在用光缆。

光缆交越的初步安装完成后，通过敷设后检查和埋设操作确保光缆系统埋设按标准完成。配备有计算机的 ROV（遥控机器人）将应用于本操作。ROV 检查交越点，确定光缆正确敷设于交越的海缆之上，之后利用高压水枪进行冲埋，ROV 冲枪的扰动深度为 1.5m，其中在与光缆交越处的埋设深度与现有光缆垂直相距 0.5m 以上。

### ③ 埋设段与其他管道的交越方式

主线文昌附近海域路由在中国南海海域范围内与 LW3-1、崖城 13-1 海底输气管道各交越一次，交越位置  $114^{\circ}6'2.638''E/21^{\circ}4'31.460''N$ 、 $112^{\circ}39'25.908''E/20^{\circ}29'15.110''N$ ；主线香港段与番禺 / 惠州气田混输管道交越一次，交越位置

114°29'33.678"E/21°32'5.001"N；支线路由与崖城 13-1、番禺/惠州气田混输管道各交越一次，交越位置 113°44'59.603"E/21°48'33.069"N、113°35'34.928"E/22°2'47.767"N。在路由勘探过程中，会精确定位交越的具体位置，并确定交越角度。施工过程中，在距离交越点 500m 以外，会将埋设犁回收至铺缆船的甲板，将光缆敷设于现有光缆之上，然后在离开交越点 500m 以外后，埋设犁重新恢复工作，在交越处，光缆将应用塑料外壳保护起来，防止被已有金属管道或光（点）缆的金属外壳损坏，之后敷设于已有交越管线上面，不进行冲埋。

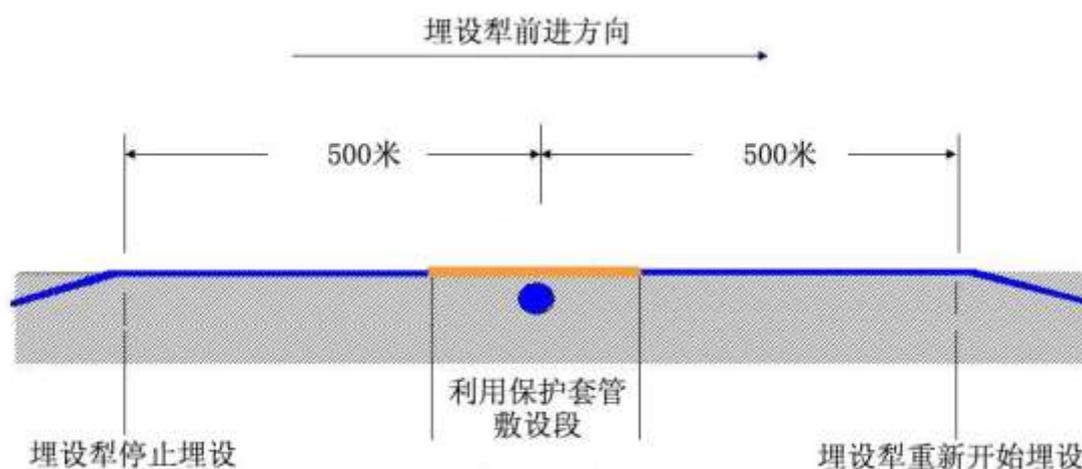


图 2.3-4 与输气和混输管道交越方式示意图

#### ④交越的协议和协调

跨越任何现存管缆都要取得所有者的同意，并且所采纳的方案需经有关各方的同意。通常在交越施工前 48 小时和施工结束后 24 小时内，正式通知已有管线的所有者。在埋设段通常要在施工前与被跨越管缆所有者达成一致协议。

#### （4）后冲埋作业

由于不利的地质条件、海缆交越、水下设备故障等因素导致在主敷设施工中光缆未能达到埋设目标的地方，由水下机器人（ROV）进行后冲埋作业。

水下机器人冲枪的宽度为 20cm，在水下冲埋海缆时，冲埋沟的宽度约为 30cm 左右。在完成最后的埋深检查后，操作员关闭水下机器人的水泵，缓慢地回收机器人到水平面后，利用 A 形架将水下机器人回收至甲板。

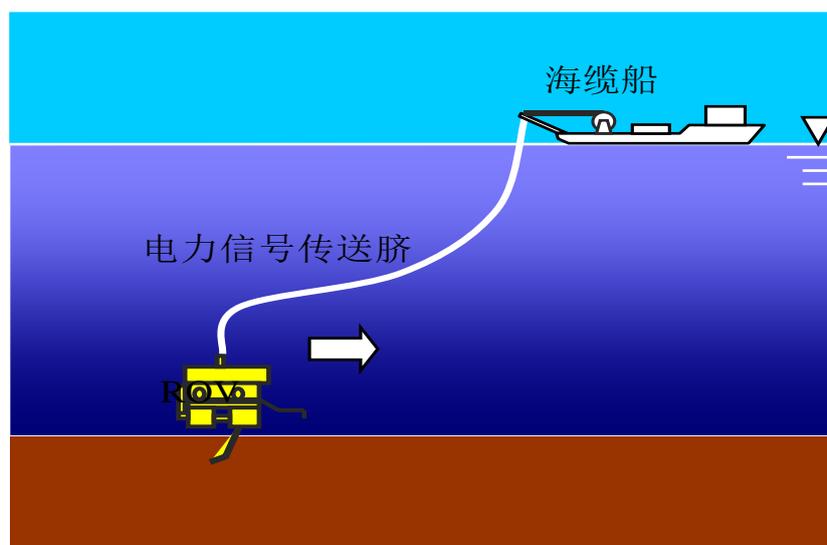


图 2.3-5 后期光缆铺设掩埋作业示意图

#### 2.3.2.4 专业的海上服务体系

在铺设过程中，光缆铺设船将由航海 DGPS 控制，确保其在整个操作领域的精确度在 $\pm 10\text{m}$  以内。

对于埋设的光缆，光缆的位置通过声纳定位系统确定。埋设光缆的绝对精度通过水底传音定位系统误差和最大 DGPS 误差综合确定。通常埋藏光缆的航海精度不得超过 $\pm 10\text{m}$ ，一般控制在 $\pm 5\text{m}$ 。

## 2.4 主要工程材料

### 2.4.1 光缆类型及应用

#### (1) 光缆类型

海缆项目将使用亨通海洋光网系统有限公司开发的 HORC-2 系列双铠型中继海缆，其一方面对光纤提供足够的物理保护以保证其光传输性能，另一方面提供电导体对水下有源设备进行供电。其结构如下图所示。

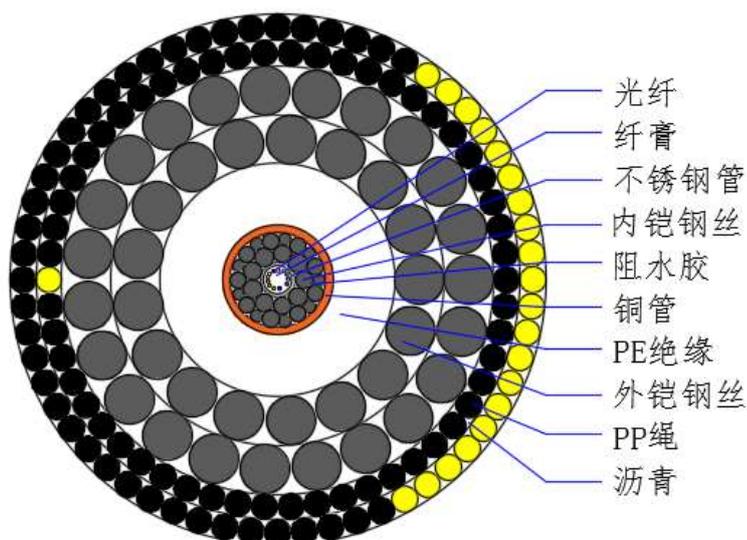


图 2.4-1 双铠装海缆 (DA) 结构图

表 2.4-1 海底光缆参数及特征一览表

机械参数	单位	DA
海缆外径	mm	40 ± 2
重量 (空气中)	kg/m	4.6
重量 (海水中)	kg/m	3.3
最大应用水深	m	600
断裂拉伸负荷 (CBL)	kN	575
短暂拉伸负荷 (NTTS)	kN	435
工作拉伸负荷 (NOTS)	kN	290
永久拉伸负荷 (NPTS)	kN	205
最小弯曲半径	m	1
最小弯曲半径 (有张力)	m	1.5
抗压扁	kN	50
冲击	J	400

## (2) 防腐介绍

海缆项目所使用光缆考虑了对海水腐蚀的防护作用，避免光缆被腐蚀破坏后重金属溶出对海水水质及沉积物的影响。铠装光缆内层不锈钢光管单元能够容纳和保护光纤，其中填充纤膏可用来阻水和吸氢，不锈钢管能够防止海缆轴向氢渗入。铠装光缆的外层防腐层为金属钢线镀锌和沥青尼龙线，沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀，金属钢线镀锌可避免光缆接头处的金属线被腐蚀。

## 2.4.2 其它材料

为保障近岸海域和交越段海域的海缆安全，海缆项目在登陆段和近岸段使用保护套管对海缆进行保护。海缆项目所使用的保护套管分为两类，一是在登陆段使用的关节套管，二是在管道交越处使用的聚氨酯保护套管。

关节套管以铸铁为主要材料，单节长约 0.5m，单片重量 7.5kg，4 片组成一环，每环重 30kg 环环相扣，关节套管结构及拼接方式见图 2.4-2。海缆项目海缆保护套管安装范围约 2.5km。

表 2.4-2 关节套管主要材料组成

主要组成	生铁	钢	镁合金	碳	硅	锰	硫	磷	其他
含量 (%)	75	15	3	3.6	2.4~2.8	0.6~0.8	0.007	0.1	0.5~0.6

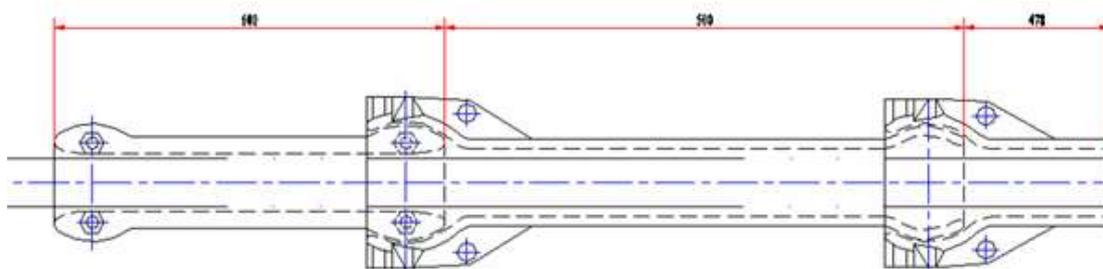


图 2.4-2 关节套管结构及拼接方式

聚氨酯保护套管则使用船用级聚氨酯（PU）材料（肖氏硬度为 80-85A），模压成绑在一起的半壳形式。由 2 个相同的半壳模制件组成，互锁和重叠以防止其他物料进入，具有冲击和磨损防护，配置为紧密匹配光缆直径，设计为可容纳 4 个防腐带，异型端部特征，消除了安装和弯曲过程中的轴向分离。并可根据光缆尺寸提供定制化产品。



图 2.4-3 聚氨酯保护套管

此外，海缆项目的原料还包括各种光缆接头，海缆项目应用的主要光缆接头图片如图 2.4-4。

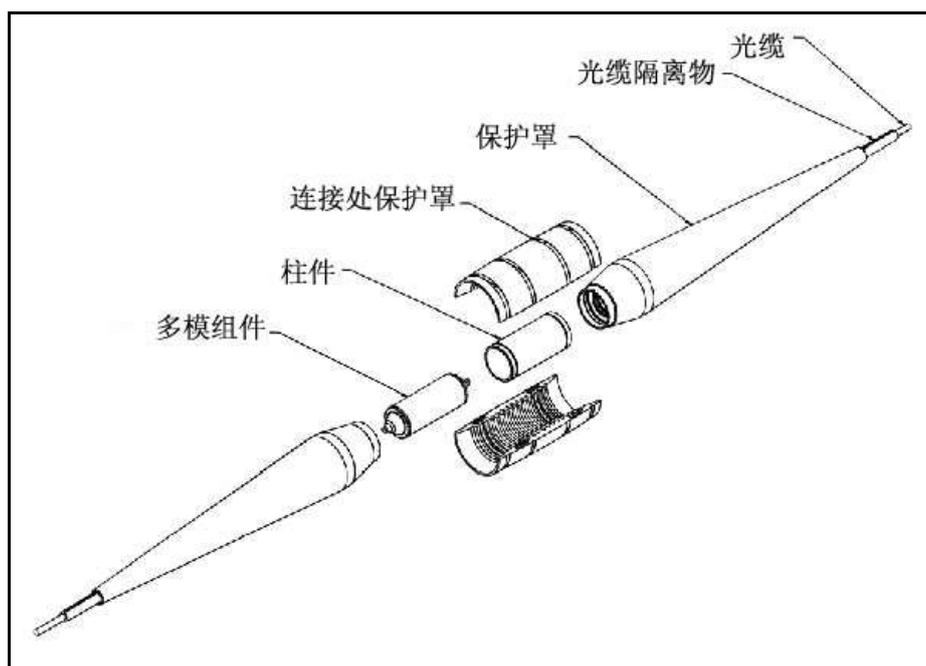


图 2.4-4 Millennia 接头示意图

各种光缆连接装置的外部保护外壳均为铜合金，不需要阴极镀层保护即可起到防腐作用，具有抗 25 年以上海水腐蚀设计。

## 2.5 施工机械与船舶

### 2.5.1 施工埋设机械

海缆敷设施工主要采用埋设犁。海缆项目采用的埋设犁可以将海缆深埋至海床下3m。主要参数见图 2.5-1。



图 2.5-1 埋设犁

表 2.5-1 埋设犁情况表

重量	空气中重量：约 24.5t 下潜中重量：约 22.0t
主尺寸	长度：9.5m
	宽度：4.4m
	高度：5.0m
作业	由水面浮船牵引拖缆拖行
	作业深度：1500m
	牵引力：10t-80t
埋设犁最大允许牵引力：	80t
埋设深度	最大埋深 3.0m
电缆尺寸	直径 17mm 到 90mm
	中继器直径可达 380mm
	电缆接头盒直径可达 150 mm
	电缆弯曲半径：最大 1.5 m
	土壤类型：任何类型，具备良好的破岩能力
液压	电缆追踪：横向电缆角度电位器和摄像头
	电机配置：三相，2kV， 50/60Hz， 15kW

	电源：发电机 3000V，15kW
	手动操作气缸的手动泵
水下电子和遥测系统	测试压力：1.25 倍工作压力
	安装：防振型
仪表	压力传感器：水深
	降压液压系统
	线性传感器：液压油箱容积
	海拔：回声测深仪（范围 0.6m-30m）
监测	相机：2 个水下高分辨率彩色 CCD 相机；3 个低密度高分辨率 LDTravOcean 相机
灯具	8 个 LED LDTravOcean
声纳	1 个 Trittech DSP
音箱定位	2 个连接电源和应答器

## 2.5.2 扫海清障设备

扫海阶段将使用“锋阳海工号”（图 2.5-2），或 CHEONGHAE（青海号）、“GPS PIONEER”、“MIRAI”、“FUJISAN MARU”等类似功能扫海船进行扫海。锋阳海工号总长 57.6m，船宽 22.0m，主要用于扫海清障、近海海缆敷设等。船舶配备总人数为 46 人，电缆仓装载量为 800~1200t，主要参数详见表 2.5-2。



图 2.5-2 锋阳海工号

表 2.5-2 “锋阳海工号”主要参数

主尺寸	
总长	57.60m
船宽	22.00m

空载吃水	2.080m
满载吃水	2.600m
满载排水量	1916.5t
空载排水量	863.8t
航区	近海
航速	10knots
总人数	46 人
续航时间	35 天
海缆仓装载量	800t-1200t (根据油水装载情况)
<b>通信导航设备</b>	
雷达	1×10KWFAR-2117
	1×6KWJMA-2344
罗经	1×电罗经
	1×磁罗经
GPS	1×DGPS
	1×GPS
水深记录仪	3 套 DS2008
通信设备	2×VHF
	1×MF/HF
气象传真	1 套
<b>DP 系统</b>	
DP 等级	DP-1
设备型号	DP4000
定位控制设备	2×差分 GPS 输入
	2×数字式风速传感器
	1×高精度磁罗经
其他设备	1×独立操纵杆
<b>动力设备</b>	
主机功率	4×447KW@1800rpm
康明斯 KTA19-M3	
<b>4 冲程高速机</b>	
推进装置	4×447KW 全回转对转桨
发电机功率	1×600KW@1500rpm
	2×250KW@1500rpm,D250SIGC
	1×75KW@1500rpm,75SGC
<b>埋设施工设备</b>	
A 字架	1×30t 埋设犁吊架
	1×5t 吊架
布放缆设备	1×10t8 对轮布缆机
	2×0.5t2 对轮倒缆机
绞车	1×30t 埋设犁绞车
	1×20t 绞车
	1×10t 绞车



图 2.5-3 典型扫海锚设备

### 2.5.3 光缆铺设掩埋设备

海缆铺设采用“福海号”海缆船或其他相同功能船舶。

“福海号”是针对海缆施工市场不断提高的定位和埋设要求而专门设计的海缆船。自投入使用以来，“福海号”先后为亚太 2 号光缆、中美光缆路由改道、C2C 海底光缆网络和泰国-印尼-新加坡光缆等多个光缆系统提供了铺设和埋设服务。

海缆船“福海号”主要参数如下：

建造时间：2000 年

国籍/呼号：巴拿马/3EGX3

等级：DNA, +1A1 E0 DYNPOS-AUTR NAV-ODK(+) TMON

船长/宽度/型深：105.8m/20.0m/9.1m

总吨位：6303t

最大系柱拖力：110t

推进器：2 台主机，总功率 10440 马力直接驱动可调浆

侧向推进器：

船艏：1369 马力，可收缩回旋转推进器；1600 马力侧推器

船艉：2 台 1600 马力侧推器

经济航速及燃料消耗：12.5knt\*31t/d

附属设备：

发动机：3000kW×2，700kW×2，150kW

甲板设备：1×60t SWLA 型门吊，1×60t 埋设犁绞车，1×45t 辅助绞车

房间：可居住 68 人

IMO 号码：9207065

通讯设备：Inmarsat B，Inmarsat B 传真， A1， A2， A3， Satcom C 中频/高频，便携式甚高频，航空用甚高频

导航设备：雷达、测深仪、电罗经、气象传真、GMDSS、VHF、GPS&DGPS

主光缆舱容量：2736m<sup>3</sup>

光缆总装载量：5700t



图 2.5-4 福海号

## 2.5.4 后期光缆铺设掩埋设备

后期光缆铺设掩埋使用“福海号”、“Miraero（未来路号）”铺缆船或类似功能船舶。

### 2.5.4.1 “未来路号”铺缆船

海缆船“未来路号”，如图 2.5-5；主要参数，详见表 2.5-3：

表 2.5-3 “未来路号”海缆船主要参数

建造时间：2006 年	
国籍/呼号：韩国/DSRB3	
主尺度：	
总长	70.5m
型宽	14.95
空载吃水	2.86
满载吃水	5.016
总吨位/	1999t

<b>推进设备:</b>	
主机功率	2 * 2025kW 4 叶片, 2700mm 直径
交流发电机	2×1228kW 驱动类型轴/柴油电力驱动式轴
推进器	船首推进器 2 * 515kW 电动、尾推进器 1×515kW、8t 推力
发电机	辅助发电机容量 2×410kW
	电磁发电机容量 1×72kW
甲板设备	甲板面积 478m <sup>2</sup>
	可用的甲板面积 420m <sup>2</sup>
	甲板长度 37.66m
	甲板宽度 12.70m
	甲板强度 7.5t/m <sup>2</sup> 。
<b>电缆施工设备:</b>	
A 字架	1×40t 吊架
储缆绞车	提升能力 5.5t
AH 绞车	拖曳绞车瀑布式 SL150W-B2T
拖/工作绞车	拖曳绞车瀑布式 SL150W-B2T
卷扬机/绞盘	绞盘提升能力 5.2t
<b>其他:</b>	
直升飞机甲板	适合各式海事直升飞机
操纵杆	1 套
居住舱室	配备全装修的居住舱室, 最多能容纳 52 人
助航仪器	2 套雷达系统
	2 × DGPS, 1×GPS、 3 × 电罗经
	电子海图系统 1 套
	自动驾驶仪 1 套
	回声探测器 1 套
通信设备	Inmarsat B, Inmarsat B 传真, 船队宽带
	GMDSS A1, A2, A3, Satcom C
	中频/高频, 便携式甚高频, 航空用甚高频



图 2.5-5 “未来路号”海缆船

#### 2.5.4.2 水下机器人“海狮”（ROV Sea Lion）

水下机器人“海狮”可用于 2500m 水深以内的海底光缆的铺设和掩埋，如图 2.5-6。。

水下机器人“海狮”的主要参数如下：

潜深能力：2500m

长度：3.22m

宽度：2.23m（不含履带）

高度：2.51m（不含履带）

重量：5.7t（在空气中测量）



图 2.5-6 水下机器人“海狮”

## 2.6 项目时间进度及人员安排

海缆项目所涉及的工作阶段有船体施工作业、人工冲埋作业、铺设前扫海作业、光缆铺设掩埋作业和后期光缆铺设掩埋作业，上述各个阶段的施工人员及施工时间安排见下图。

表 2.6-1 2.6 项目时间进度及人员安排

施工阶段	船名	施工人数（人）	施工天数（天）
扫海阶段	锋阳海工号	46	60
近岸施工	平底船	26	31
埋设阶段	福海号	68	116
后冲埋阶段	Miraero（未来路号）铺缆船	26	58

### 3 工程分析

#### 3.1 施工阶段污染及生态环境影响分析

##### 3.1.1 施工期污染影响分析

施工期污染影响主要来自铺设前的扫海清障作业及光缆埋设作业产生的悬浮物，船舶施工作业人员的生活污水、生活垃圾，路由扫海清障作业产生的海底垃圾，光缆铺设过程产生的光缆废料，作业船只产生的油污水，以及施工机械产生的噪声、尾气等，施工期产污环节见图 3.1-1。

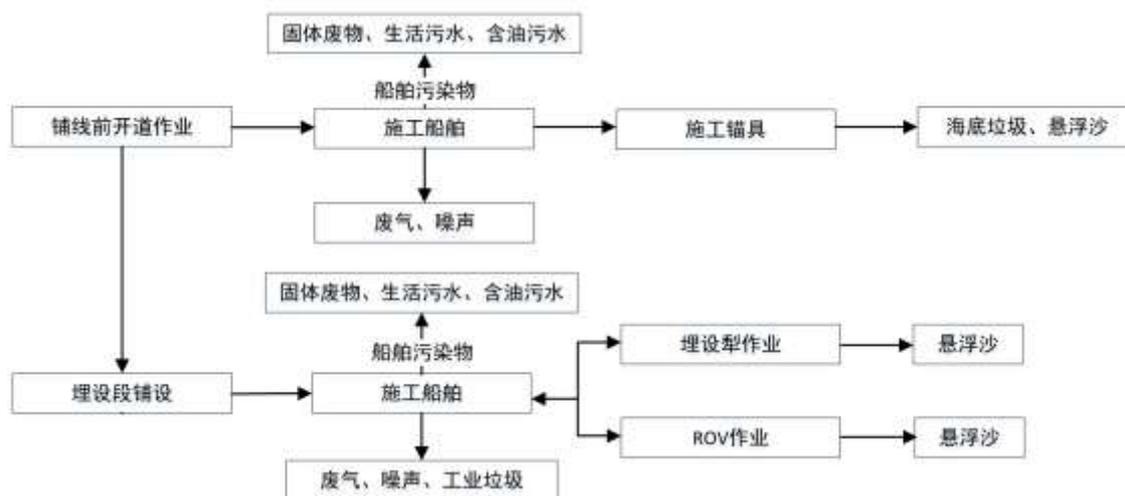


图 3.1-1 施工产污环节分析图

##### 3.1.1.1 悬浮物

进行埋设段路由的清障作业、光缆埋设作业及埋设后埋设段交越处的冲埋作业时，施工设备会扰动海底泥沙和沉积物，产生悬浮物，会对海洋水质、海洋生态以及海洋生物资源产生影响。海缆项目埋设段沿光缆路由两侧各 0.5m 范围内清障作业，埋设犁冲埋宽度 0.3m，埋设犁两底座间距 2.4m，埋设犁单宽 1.0m，见图 3.1-2。

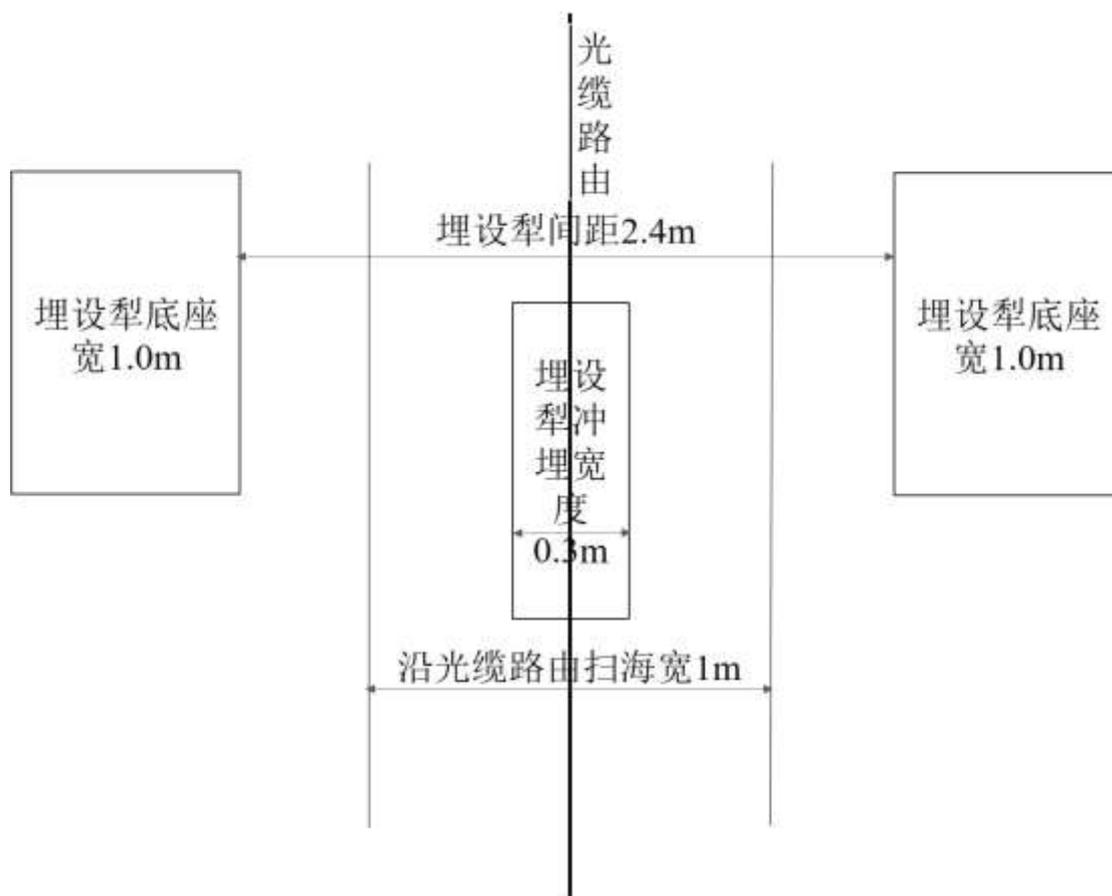


图 3.1-2 光缆施工影响海床面积示意图

#### (1) 光缆埋设及清障过程中产生的悬浮物

海缆项目登陆段、近岸段和离岸段均为埋设段，其中登陆段 4m 水深以浅路由埋深 1.5m，其中支线路由该段有一个交越点；登陆段 13m 水深以浅路由埋深 3.0m，其中支线路由该段有 1 个交越点；13m 水深以深的近岸段与离岸段路由埋深均为 3.0m，其中主线文昌附近海域路由（117.252-255.765km）和（255.765-408.528km）段分别有 1 和 5 个交越点，主线香港附近海域路由有 11 个交越点，支线路由（19.054-110.891）段有 6 个交越点。

##### ① 光缆埋设作业

**扰动横截面积：**根据埋设犁等冲埋设备的结构，施工过程中埋设犁冲埋刀、埋设犁底座坐底都会形成悬浮物。其中埋设犁的冲埋宽度为 0.3m，两侧底座宽度均为 1.0m，则底座扰动宽度为 2.0m，底座扰动深度按照 0.1m 计算。

**光缆埋设的速度：**海缆项目路由在 13m 水深以浅海域 3.0m 埋深的平底船埋设施工速度为 0.12m/s；13m 水深以浅海域布缆船埋设犁 3.0m 埋深的埋设速度为 0.15m/s。

沉积物密度：根据现状调查中对埋设段路由区底质表层沉积物粒度分析结果，按照各分段海底底质的主要沉积物类型选取相应的沉积物干密度，项目路由所在南海海域区底质类型主要为黏土质砂和中砂，如图 3.1-2，其干密度为黏土质砂干密度为  $1450\text{kg/m}^3$ 、中砂干密度为  $1602\text{kg/m}^3$ 。

起沙率：影响起沙率的主要因素有沉积物的类型、沉积物的中值粒径、以及项目施工对沉积物的扰动程度。埋设犁施工过程中不进行任何挖掘工作，仅在海底临时切割出一条管沟，光缆立刻嵌入到管沟中。埋设犁经过该区域后，海底沉积物会将管沟掩埋，而不需要填埋工作。根据施工经验，该施工方法的扰动程度与完全高压水枪冲埋法相比较小，起砂率相对较小。考虑以上综合因素，同时类比《亚洲内环海底光缆系统支线项目环境影响报告书》（报批稿）、《亚美海底光缆（AAG）系统中国段建设项目环境影响报告书》（报批稿）及《中国网通集团跨太平洋直达光缆系统（S1N&S2）工程环境影响报告书》（报批稿），《亚洲快线海底光缆系统项目环境影响报告书》（报批稿），确定埋设犁埋设段在路由海域起沙率为 10%，高压水枪冲埋段起沙率为 20%。

埋设段路由作业的计算结果：主线文昌附近海域路由埋设施工过程中，近岸段(1.584-3.363)悬浮物产生速率  $21.14\text{kg/s}$ ，主施工段(3.363-29.95)悬浮物产生速率  $26.44\text{kg/s}$ ，主施工段(29.95-117.252)悬浮物产生速率  $23.93\text{kg/s}$ ，主施工段(117.252-255.765)悬浮物产生速率  $26.44\text{kg/s}$ ，主施工段(255.765-408.528)悬浮物产生速率  $23.93\text{kg/s}$ ，悬浮物产生总量为  $67697.79\text{t}$ 。主线香港附近海域路由埋设施工过程中，悬浮物产生速率为  $23.93\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $18288.91\text{t}$ 。支线路由埋设犁施工过程中，近岸段(6.161-19.054)悬浮物产生速率为  $19.14\text{kg/s}$ ，主施工段(19.054-110.891)悬浮物产生速率为  $23.93\text{kg/s}$ ，悬浮物产生总量为  $16704.44\text{t}$ 。海缆项目埋设段路由埋设作业计算的相关参数及具体详细计算结果，详见表 3.1-1。

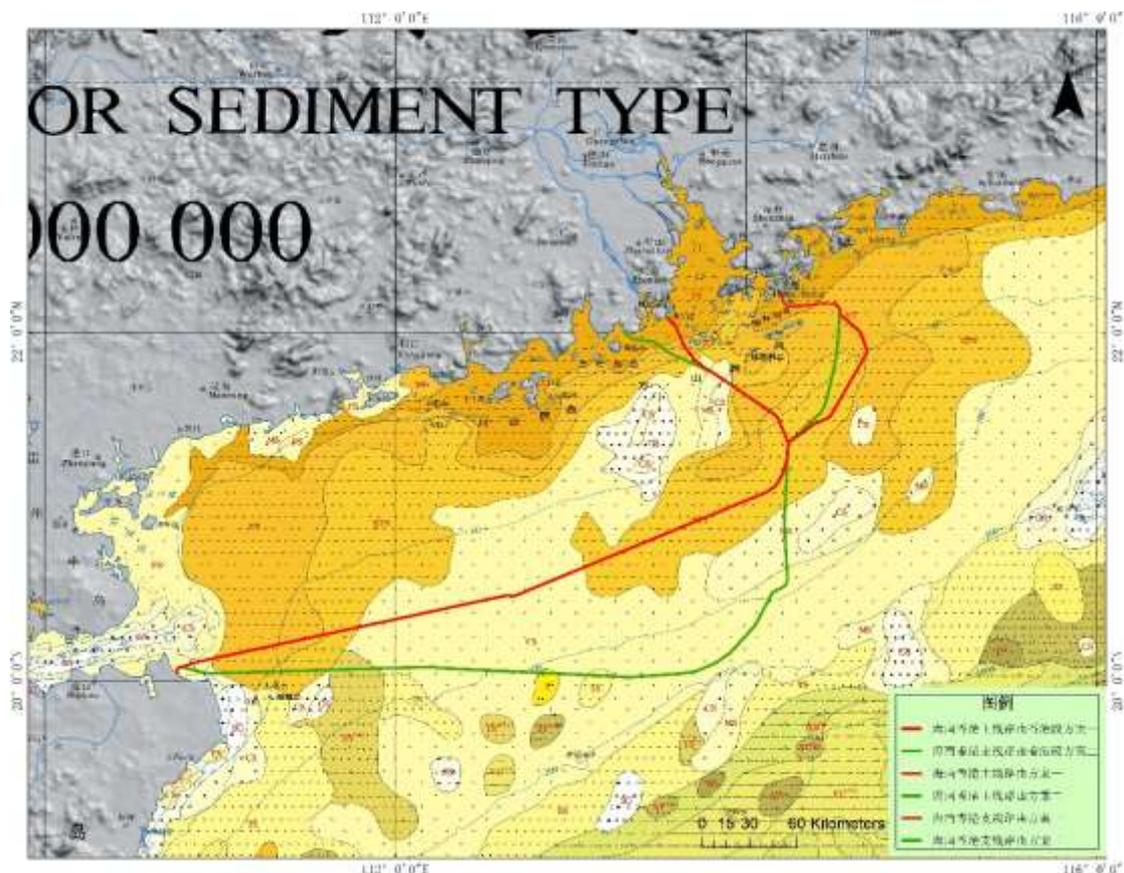


图 3.1-2 海缆项目光缆路由所在海域底质特征

### ② 人工冲埋施工

扰动横截面积: 冲沟宽度为 0.3m, 埋深分别为 1.5m, 扰动横截面积为  $0.45\text{m}^2$ 。

施工速度: 采用人工冲埋施工段速度控制在  $0.06\text{m/s}$ 。

根据国内同区域类似工程经验, 施工源强以施工土方量的 25% 计, 沉积物干容重根据路由沿线海底沉积物的类别来确定。

人工冲埋路线长度: 详见表 3.1-1。

人工冲埋作业计算结果:

主线文昌路由段人工冲埋悬浮物产生速率为  $10.81\text{kg/s}$ , 悬浮物产生量为  $258.44\text{t}$ ; 支线路由人工冲埋悬浮物产生速率为  $9.79\text{kg/s}$ , 悬浮物产生量为  $1000.94\text{t}$ 。海缆项目人工冲埋作业阶段悬浮物产生速率和产生量的计算参数及结果, 详见表 3.1-1。

### ③ 埋设段路由的清障作业

扰动横截面积: 扫海作业时在海底路由中心线左右 0.5m 范围内进行扫海, 摸清、扫除路由上有碍埋设作业的所有障碍物, 深度按 0.2m 计。尽管扫海锚具存在间隙, 但考虑到锚具本身的结构特征, 扫海锚尾部在海底拖行, 对海底沉积

物的扰动宽度可按照最大值 100% 计算，则扰动的横截面积为  $0.2\text{m}^2$ ；

设备清理速度：铺设前开道作业的路线清理速度为约  $0.56\text{m/s}$ （不大于  $0.5\text{m/s}$ ）。

清理路线长度计算方法：扫海作业仅在埋设段的路由进行，且不包括交越段。

沉积物的密度及起沙率：同光缆埋设作业阶段的参数选择。

埋设段路由的清障作业计算结果：主线文昌附近海域路由扫海清障作业近岸段(0.15-29.95km)悬浮物产生速率为  $16.02\text{kg/s}$ ，主施工段(29.95-117.252km)悬浮物产生速率为  $14.5\text{kg/s}$ ，主施工段(117.252-255.765km)悬浮物产生速率为  $16.02\text{kg/s}$ ，主施工段(255.765-408.528km)悬浮物产生速率为  $14.5\text{kg/s}$ ，悬浮物产生总量为  $12354.64\text{t}$ 。主线香港附近海域路由(38.173-152.837)悬浮物产生速率为  $14.5\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $3325.26\text{t}$ ；支线路由主施工段(0.025-110.891)悬浮物产生速率为  $14.5\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $3215.84\text{t}$ 。海缆项目埋设段路由的清障作业阶段悬浮物产生速率和产生量的计算参数及结果，详见表 3.1-1。

## (2) ROV 冲埋作业参数选择及计算结果

扰动横截面积：ROV 冲枪的扰动深度为  $1.5\text{m}$ ，扰动宽度为  $0.3\text{m}$ ，扰动的横截面积为  $0.45\text{m}^2$ 。

光缆埋设的速度：当扰动深度为  $1.5\text{m}$  时，速度约为  $0.1\text{m/s}$ ；

光缆埋设的长度计算方法：根据海缆项目施工工艺，在交越点前后各  $500\text{m}$  进行起犁和落犁，因此 ROV 冲埋的距离为  $1000\text{m}$ /每个交越点。

沉积物密度：根据海缆项目调查结果，同光缆埋设作业阶段的参数选择。

起沙率：根据施工经验，ROV 使用高压水枪进行冲埋作业，扰动宽度及起沙率同埋设犁施工方式相比均较大，故海缆项目的起砂率按 30% 计算。

计算结果：主线文昌附近海域路由，ROV 作业主施工段(117.252-255.765km)悬浮物产生速率为  $21.63\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $216.27\text{t}$ ；主施工段(255.765-408.528km)悬浮物产生速率为  $19.58\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $978.75\text{t}$ 。主线香港附近海域路由，ROV 作业悬浮物产生速率为  $19.58\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $2153.25\text{t}$ 。支线路由 ROV 作业近岸段(0.025-6.161)悬浮物产生速率为  $19.58\text{kg/s}$ ，近岸段(6.161-19.054)悬浮物产生速率为  $19.58\text{kg/s}$ ，主施工段(19.054-110.891)悬浮物产生速率为  $19.58\text{kg/s}$ ，悬浮物产生量为  $1566\text{t}$ 。海缆项目埋设段路由的 ROV 作业阶段悬浮物产生速率和产生量的计算参数及结果，详见表 3.1-1。

表 3.1-1 各作业阶段悬浮物的产生量及产生速率

路由	项目	施工阶段	扰动器械	路由长度 (km)	扰动宽度 (m)	扰动深度 (m)	起沙 率	施工速度 (m/s)	沉积物类型	沉积物干容 重 (kg/m <sup>3</sup> )	产生速 率 (kg/s)	悬浮物 (t)		
主线文昌附近海域路由	扫海作业	0.15-29.95	锚具	29.8	1	0.2	0.1	0.5	中砂	1602	16.02	954.79		
		29.95-117.25	锚具	87.302	1	0.2	0.1	0.5	黏土质砂	1450	14.5	2531.76		
		117.25-255.76	锚具	138.513	1	0.2	0.1	0.5	中砂	1602	16.02	4437.96		
		255.76-BU	锚具	152.763	1	0.2	0.1	0.5	黏土质砂	1450	14.5	4430.13		
	埋设作业	0.15-1.58	高压水枪	1.434	0.3	1.5	0.25	0.06	0.06	中砂	1602	10.81	258.44	
			埋设犁	1.779	0.3	3	0.1	0.12	0.12	中砂	1602	17.3	256.5	
		1.58-3.36	埋设犁底座	1.779	2.6	0.1	0.1	0.12	0.12	中砂	1602	3.84	57	
			埋设犁	26.587	0.3	3	0.1	0.15	0.15	中砂	1602	21.63	3833.31	
		3.36-29.95	埋设犁底座	26.587	2.6	0.1	0.1	0.15	0.15	中砂	1602	4.81	851.85	
			埋设犁	87.302	0.3	3	0.1	0.15	0.15	黏土质砂	1450	19.58	11392.91	
		29.95-117.25	埋设犁底座	87.302	2.6	0.1	0.1	0.15	0.15	黏土质砂	1450	4.35	2531.76	
			埋设犁	138.513	0.3	3	0.1	0.15	0.15	中砂	1602	21.63	19970.8	
		117.25-255.76	埋设犁底座	138.513	2.6	0.1	0.1	0.15	0.15	中砂	1602	4.81	4437.96	
			埋设犁	152.763	0.3	3	0.1	0.15	0.15	黏土质砂	1450	19.58	19935.57	
		255.76-BU	埋设犁底座	152.763	2.6	0.1	0.1	0.15	0.15	黏土质砂	1450	4.35	4430.13	
			ROV	117.25-255.76	1	0.3	1.5	0.3	0.1	0.1	中砂	1602	21.63	216.27
		交越段	ROV	255.76-BU	5	0.3	1.5	0.3	0.1	0.1	黏土质砂	1450	19.58	978.75
			扫海作业	38.173-BU	锚具	114.664	1	0.2	0.1	0.5	黏土质砂	1450	14.5	3325.26
埋设作	38.173-BU	埋设犁		114.664	0.3	3	0.1	0.15	黏土质砂	1450	19.58	14963.65		

港附近海域路由	业		埋设犁底座	114.664	2.6	0.1	0.1	0.15	黏土质砂	1450	4.35	3325.26
	交越段	38.173-BU	ROV	11	0.3	1.5	0.3	0.1	黏土质砂	1450	19.58	2153.25
珠海段支线路由	扫海作业	0.025-BU	锚具	110.891	1	0.2	0.1	0.5	黏土质砂	1450	14.5	3215.84
	埋设作业	0.025-6.16	高压水枪	6.136	0.3	1.5	0.25	0.06	黏土质砂	1450	9.79	1000.94
		6.16-19.05	埋设犁	12.893	0.3	3	0.1	0.12	黏土质砂	1450	15.66	1682.54
			埋设犁底座	12.893	2.6	0.1	0.1	0.12	黏土质砂	1450	3.48	373.9
		19.05-BU	埋设犁	91.837	0.3	3	0.1	0.15	黏土质砂	1450	19.58	11984.73
			埋设犁底座	91.837	2.6	0.1	0.1	0.15	黏土质砂	1450	4.35	2663.27
	交越段	0.025-6.16	ROV	1	0.3	1.5	0.3	0.1	黏土质砂	1450	19.58	195.75
		6.16-19.05	ROV	1	0.3	1.5	0.3	0.1	黏土质砂	1450	19.58	195.75
		19.05-BU	ROV	6	0.3	1.5	0.3	0.1	黏土质砂	1450	19.58	1174.5
	合计											

### 3.1.1.2 废气

废气主要来自于作业船只及机械排放的柴油机尾气，主要污染物为 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 等，此类废气持续排放。海缆项目由平底船、“锋阳海工号”、“福海号”、Miraero（未来路号）铺缆船等海缆船进行施工，海缆项目路由施工废气产生量核算见表 3.1-2。

表 3.1-2 施工船舶废气产生量核算表

施工阶段	船舶名称	燃料消耗量 (t/d)	工作天数(d)	燃料消耗总量 (t)	单位燃料产生量 (kg/t 燃料)		产生总产生量 (t)	
					NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
扫海阶段	锋阳海工号	4	60	240	7.2	10	1.73	2.4
近岸施工	平底船	1	31	31	7.2	10	0.22	0.31
埋设阶段	福海号	22	116	2552	7.2	10	18.37	25.52
后冲埋阶段	Miraero（未来路号）铺缆船	4	58	232	7.2	10	1.67	2.32
合计							21.99	30.55

根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发[2018] 168 号）划定大气污染排放控制区，海缆项目路由从香港海域边界出发向东南穿越了珠三角水域船舶排放控制区。海缆项目工程施工期间，“福海号”船舶大气污染物排放和“Miraero（未来路号）” NO<sub>x</sub> 排放满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》要求，“锋阳海工号”和“Miraero（未来路号）”在我国沿海污染控制区内自 2019 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.5%*m/m* 的船用燃油，自 2022 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.1%*m/m* 的船用燃油。此外，由于施工作业区远离陆地居民区，施工期间大气污染物的排放对环境影响可控且很小。

### 3.1.1.3 船舶污染物

船舶污染物来源于铺线前开道作业、光缆铺设作业及铺设后监测和掩埋作业三个施工阶段。船舶污染物主要包括船员生活污水、机舱含油污水、生活垃圾、污水处理污泥（油泥）等。

#### (1) 生活污水

船舶生活污水的主要污染物为 BOD<sub>5</sub>、SS 和大肠菌群，污染物浓度约为 BOD<sub>5</sub>200mg/L、SS250mg/L、大肠菌群 2.4×10<sup>5</sup> pcs/L。具体产生量详见表 3.1-3。

表 3.1-3 施工船舶生活污水产生量核算表

施工阶段	船名	施工人数 (人)	施工天数 (天)	产生负荷 m <sup>3</sup> /(人·天)	产生量(m <sup>3</sup> )
扫海阶段	锋阳海工号	46	60	0.18	496.8
近岸施工	平底船	26	31	0.18	145.08
埋设阶段	福海号	68	116	0.18	1419.84
后冲埋阶段	Miraero (未来路号) 铺 缆船	26	58	0.18	271.44
合计					2333.16

海缆项目施工所使用的施工船舶为“锋阳海工号”、“福海号”，南海段施工所用船舶为施工平底船、“福海号”和“未来路号”。其中“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶均配备相应的生活污水处理设施，施工平底船仅在近海区域施工，施工区域靠近陆地，施工过程中所产生的生活污水可收集后运往陆地处理。根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)、73/78 防污公约的相应要求，海缆项目施工船舶上的生活污水的处理措施如下：

领海基线外 3 海里以内海域：平底施工船舶的生活污水排入船载收集装置，不准排海；“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶处理方可排放，且按规定对控制措施进行记录。

领海基线外 3~12 海里的海域：平底施工船舶的生活污水排入船载收集装置，不准排海；“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶，使用设备打碎固形物和消毒后，在船速不低于 4 节且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率时方可排放。

领海基线外 12 海里的以外海域：各施工船舶在船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率时方可排放。

## (2) 船舶生活垃圾

生活垃圾主要为食品废弃物、生活用品包装袋等，海缆项目船舶生活垃圾产生量详见表 3.1-4。

表 3.1-4 施工船舶生活垃圾产生量核算表

施工阶段	船名	施工人数 (人)	施工天数(天)	产生负荷 kg/(人·天)	产生量(kg)
扫海阶段	锋阳海工号	46	60	1.0	2760
近岸施工	平底船	26	31	1.0	806
埋设阶段	福海号	68	116	1.0	7888
后冲埋阶段	Miraero 铺缆 船	26	58	1.0	1508
合计					12962

对于食品废弃物,当船舶在距离最近陆地 3 海里以内的海域收集并排入接受设施;船舶在距离最近陆地 3 海里至 12 海里的海域,粉碎至直径小于 25mm 后排放;在距离最近陆地 12 海里以外的海域直接排放。

除食品废弃物之外的其他固体垃圾全部保存在船上,到达港口时会送交专业单位接收处置,并将情况记录在《船舶垃圾记录簿》上。

船舶污染物的处理方法符合《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)、73/78 防污公约相等应规定。

### (3) 机舱含油污水

机舱含油污水的主要污染物为石油类,浓度约 2500ppm。海缆项目施工期间施工船舶机舱含油污水产生负荷较小,产生量详见表 3.1-5。

表 3.1-5 施工期间施工船舶机舱含油污水产生量核算表

施工阶段	船名	施工天数(天)	产生负荷 m <sup>3</sup> / (天)	产生量 (m <sup>3</sup> )
扫海阶段	锋阳海工号	60	0.2	12
近岸施工	平底船	31	0.1	3.1
埋设阶段	福海号	116	1.5	174
后冲埋阶段	Miraero (未来路号) 铺缆船	58	0.6	34.8
合计				223.9

海缆项目所使用的施工船舶为“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”等施工船均配备有油水处理装置,均可将含油污水处理达到 15mg/L,平底船含油污水收集后抵达港口委托处理。上述船舶含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制,达到如下条件的时候,方可进行排放: a)船舶在航行中; b)通过船舶油污水处理装置,并达到水中含油量低于 15mg/L 之后才排放; c)禁止在特殊区域排放。

#### 3.1.1.4 海底垃圾

(1) 路由开道作业阶段的海底垃圾、铺设阶段的光缆废弃边角料等垃圾均随船携带,回港口后处理,不在海域排放。

(2) 扫海清障切除废弃光缆会导致光缆横截面暴露于海洋环境中,但光缆使用材料为不锈钢和铜,废弃海缆切割面直径小,对海洋环境影响很小。

#### 3.1.1.5 施工期污染物排放统计

海缆项目施工过程中产生的主要污染物分别为悬浮物、施工期船舶生活污水、机

舱含油污水、生活垃圾、光缆边角废料以及施工船舶废气等，悬浮物产生总量为127760t，船舶施工生活污水产生总量约为2333.16m<sup>3</sup>，生活垃圾产生总量约为12962kg，船舶机舱含油污水产生总量约为223.9m<sup>3</sup>，二氧化硫总量约为30.55t。海缆项目各施工期污染物排放情况统计见表3.1-6。

表3.1-6 施工期污染物排放情况统计表

污染因素	项目	产生量	主要污染因子	处理方式	排放去向	
悬浮物	扫海作业	127760t	SS	无	海水	
	埋设作业					
	ROV冲埋作业					
废气	船舶发动机尾气	SO <sub>2</sub>	30.55t	NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub>	无	大气环境
		NO <sub>2</sub>	21.99t			
废水	船舶生活污水	2333.16m <sup>3</sup>	BOD <sub>5</sub> 、SS、大肠菌群	按照规定处理达标后排放	海水	
	机舱含油污水	223.9m <sup>3</sup>	石油类	按照规定处理达标后排放	海水	
固体废物	船舶生活垃圾	12962kg	食品废弃物	食品废物处理后按照要求排海，其余收集运回港口处理	运回港口及排海	
	其他垃圾	不确定	/	随船携带，收集后运回港口处理	运回港口	

### 3.1.2 施工期生态影响分析

#### (1) 海洋生物

施工期扫海清障及埋设作业阶段悬浮物的排放会对底栖生物、浮游动物、浮游植物和渔业资源带来一定的影响。

扫海清障及埋设作业形成的悬浮物对底栖生物造成影响，主体体现在两个方面：一是悬浮物对底栖生物的掩埋作用，将对部分底栖生物带来较大影响，二是在一定时间内悬浮物会对施工现场周围底栖生物的生长环境造成一定的影响。

悬浮物对浮游植物的影响主要为：由于悬浮物的含量增高，增大了水体的消光系数降低光线射深度，可降低海水透光率，一方面影响浮游植物的光合作用，在一定程度上影响浮游植物的生长与繁殖，降低海洋初级生产力；另一方面，由于悬浮物快速下沉，有部分浮游植物被携带而随之下沉，使水体中浮游植物遭受一定的损害。

悬浮物对浮游动物的影响主要表现在：一是对海水悬浮物浓度增加，可导致海水透明度和光照下降，将对浮游动物的繁殖和生长造成较大影响，进而造成浮游动物的

生物量降低；二是掀起的泥沙使海水中悬浮物含量增高，对浮游动物的存活和繁殖有明显的抑制作用，过量悬浮固体使其食物过滤系统和消化器官受到阻塞而导致死亡。

在深海区域海底光缆采用施工船直接沿海缆路由将海缆抛入海中的施工方法，该方法对海底环境几乎没有影响，但海上船只施工过程会干扰作业区域海洋生物的生存活动，这种影响随着当地施工作业结束而消失。

### (2) 滩涂动植物资源及鸟类影响

海缆项目施工过程中，施工人员活动、交通运输工具、施工机械的机械运动产生的噪声、灯光等可能使海南文昌和珠海横琴登陆点附近的滩涂动植物资源以及植被受到影响，同时影响该区域鸟类等的栖息、觅食，使施工及周边区域植被等生物量损失，造成该区域内分布的鸟类迁移，导致数量减少、多样性降低。

## 3.2 运营阶段污染及生态影响分析

海缆项目所采用的光缆进行了抗海水腐蚀的设计，在海水中不会溶出有害物质，运营期内光缆内的金属物质不会腐蚀溶解，对海洋沉积物基本不产生溶出有害物质的影响，海水腐蚀不会导致重金属污染周围海水水质和海底沉积物。

登陆段处采用的关节套管材料为铸铁管，含硫量小于 0.007%。铸铁管抗腐蚀能力强，即使长期暴露在海洋腐蚀环境下，也不会因为管体腐蚀而污染海洋沉积物环境。项目运营期对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

海缆项目运行期基本不涉及污染物排放，项目实施不会影响其所在海域的水下地形，也不会对工程海域潮流水文动力条件造成改变，施工造成的冲淤堆积也是暂时的、可逆的。

## 4 区域环境概况

### 4.1 区域自然环境概况

#### 4.1.1 地理位置

本次海缆项目预选路由位于中国南海北部陆架，路由坐标大体位于 19°N~22°N，110°E~115°E 之间，如图 4.1-1。

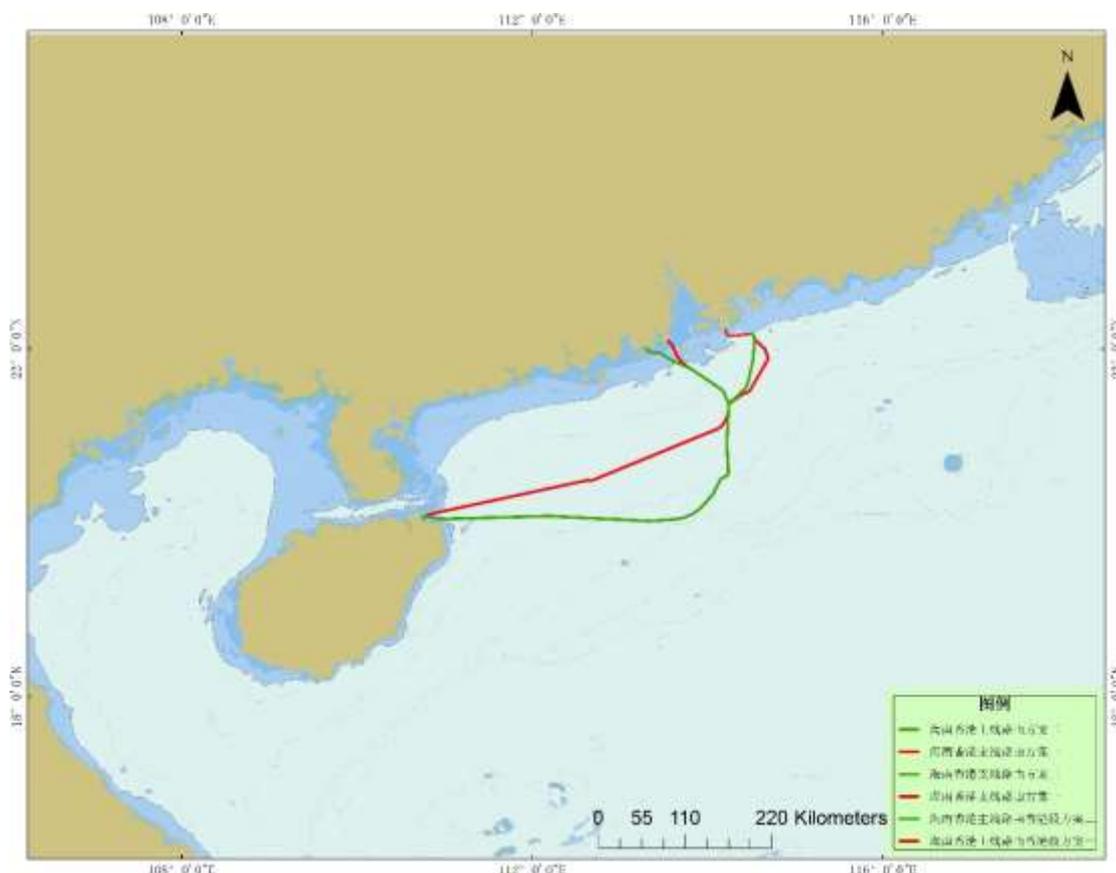


图 4.1-1 路由所在区域地理位置图

南海是西太平洋最大的边缘海，四周被中国大陆、中南半岛、大巽他群岛与菲律宾群岛包围，东北、西南和南侧有若干海峡与东海、太平洋、印度洋相通，在北西和西南有北部湾和泰国湾伸入大陆和半岛之间。南海外形大体呈偏菱形，其长轴为 NE30°，轴长约 3140km，短轴 NW 向，宽约 1250km，面积约 350 万 km<sup>2</sup>，其中大陆架 190 万 km<sup>2</sup>，大陆坡 120 万 km<sup>2</sup>，海盆 40 万 km<sup>2</sup>，平均深度 1140m。南海是我国几个大陆边缘海中最大、最深者，中部海盆达 4200m，最深点在马尼

拉海沟南侧，深 5377m。

南海周边国家有中国、越南、柬埔寨、泰国、马来西亚、印度尼西亚、文莱和菲律宾。

## 4.1.2 地质构造及构造断裂

### 4.1.2.1 区域地质背景

南海位于欧亚板块、印-澳板块和太平洋板块的交接部位，其大地构造受到三大板块相对运动的制约。由于板块间作用的方式不同，南海周缘呈现出不同的构造特征。南海北部陆缘为华南陆块的延伸部分，发育一系列阶梯状拆离断层和不同规模的隆、坳构造带，为拉张型被动边缘；南部北侧与南海北部为共轭大陆边缘，而南侧是碰撞边缘，受古南海俯冲碰撞的影响发育一系列叠瓦状构造，属挤压型边缘；西部受印支地块南东向构造挤出的影响，发育走滑边缘；南海东部发育马尼拉海沟。

南海及其周围地区的地质构造极其复杂，其西侧的中南半岛和北侧的华南大陆以金沙江—红河断裂带为界，分属于特提斯构造域和华夏构造域，南海的西北侧为燕山期陆缘活化带，东侧的岛弧为具有海西期残块、燕山期基底的喜马拉雅期的断褶系。

南海边缘海北面和西面是华南陆块和印支陆块，东面和南面是台湾-菲律宾、加里曼丹等一系列的海沟岛弧断褶带。南海海底地形分大陆架、大陆坡和深海盆，这三部分呈马蹄形缺口朝东展布。

南海的地壳类型齐全，有大陆型地壳、过渡型地壳、大洋型地壳。其陆壳围限洋壳，而陆壳又残留于洋壳之中。这种繁杂镶嵌的地壳分布反映了南海形成演化的多期性和复杂性。

大陆成因基底（陆壳基底）在南海占有很大面积，不仅延伸到大陆架和大陆坡区，还包括大型水下高地和岛屿的地区。南海北部陆缘大部分基底由早古生代至中生代强烈变形的地层组成。东侧吕宋岛基底由始新世蛇绿岩套和变质岩组成。南海深海盆的刚性基底（洋壳基底）主要出露于海底深海盆及山脉区，由类似于大洋扩张中心玄武岩的岩石组成。南部陆缘发现晚侏罗世-早白垩世的滨海-浅海相含煤碎屑岩或半深海相页岩、晚三叠-早侏罗世三角洲-浅海相砂泥岩和中三叠世深海相硅质页岩等 3 套地层。

南海沉积盖层广泛发育，新生代的沉积序列从早第三纪以来表现为一个巨大的海侵序列，下第三系中、下部为陆相沉积，上部中、上新统为海陆交互相，中新统以上为海相沉积，表现为从陆到海的演化序列。盖层的分布、厚度和走向等受基底构造的控制，盖层厚度自大陆架区向中央海盆逐渐减薄，在下大陆坡区的厚度极不稳定。

大陆架上分布着大陆岛，例如中国的台湾岛和海南岛、越南的广东群岛和昆仑岛、马来西亚的潮满岛、印度尼西亚的廖内群岛、纳土纳群岛。这些岛屿由与邻近大陆相同的前第四纪岩浆岩、变质岩和沉积岩所构成。大陆架上少数岛礁、大陆坡和深海盆上的全部岛屿，是由第四纪-晚第三纪的珊瑚礁及其上的灰沙岛所构成，个别为第四纪火山（西沙群岛高尖石岛）。南海诸岛的珊瑚礁大部分兀立于东沙台阶、西沙-中沙台阶和南沙台阶所组成的大陆坡海底高原上。

#### 4.1.2.2 地质构造区划

海缆项目预选路由位于中国南海北部陆架，海缆路由在南海主要穿越了华南地块、闽浙隆起带和神狐暗沙微地块等构造单元，如图 4.1-2。路由区域的地层自震旦系至第四系发育比较齐全，自震旦纪以来，路由区块经历了由地槽-准地台-大陆边缘活动带三个发展阶段，震旦纪-志留纪为地槽发展阶段，沉积了约 12000m 的碎屑岩建造，志留纪末的加里东运动结束了地槽历史，使地槽沉积形成了以北东东向为主的紧密线状褶皱和断裂。泥盆纪-中三叠世，该区域进入相对平稳的准地台发展阶段，沉积了 5000~6000m 的碎屑岩和碳酸岩建造，中三叠世末的印支运动使它们形成开阔的褶皱。其后，该区域进入大陆边缘活动构造带发展阶段，沉积了 4000~5000m 的陆相碎屑岩建造。剧烈的燕山运动使该区域发生强烈的断块构造运动，并出现大面积的中酸性岩浆侵入和喷发，奠定了该区域构造格局的基本轮廓。新生代的喜山运动沿断裂带形成新生代盆地，构造运动以间歇式断块差异运动为主。

该区域经历了多期次构造运动，其中燕山运动规模宏伟，活动强烈，影响深远，形成了一系列大小不等、方向不一、性质不同的断裂构造，尤其是深、大断裂对区域构造的发展起着举足轻重的控制作用，并与地震活动有着密切的成因联系。断裂的继承性活动，导致东西向断裂再一次复活，北东向断裂活动也进一步加强，与此同时，又产生了新生的北西向断裂和南海北部海域的北东东向断裂。

从而奠定了本区棋盘格状的基本构造轮廓。

路由区地质区块的构造体系主要有三个：(1) 东西向构造体系，路由区块地处高要-惠来与佛岗-丰良两个东西向构造东端之南北两侧，分别由东山湖-南澳及惠来构造所组成。因受北东向及北西向断裂的干扰及第四系广泛覆盖，断裂构造形迹短促，时隐时现，零星分布。构造分组单一，全由断裂构造组成，断面走向东西，倾向南或北，倾角陡多为  $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，破碎带宽一般在  $5 \sim 25\text{m}$ ，局部有后期基性、酸性岩脉贯入，以压性为主，兼有扭性，生成时代为晚侏罗世。(2) 早期新华夏系，主要由尖山-南澳及汕头褶皱与断裂组成，以断裂为主，构造带总体走向北东  $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，多数倾向南东，断面倾角普遍较陡。它们控制燕山期大规模多为  $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，破碎带宽一般在  $5 \sim 25\text{m}$ ，局部有后期基性、酸性岩脉贯入，以压性为主，兼有扭性，生成时代为晚侏罗世。(3) 体系未定北西向构造体系，分布较为零星，构造组分以断裂为主，组成饶平、桑埔山和靖海三个断裂组，呈平行带状产出。总体构造方位为北西  $320^{\circ} \sim 340^{\circ}$ ，断面倾向北西或南东，倾角  $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，以压扭性为主，主要活动于晚白垩世。

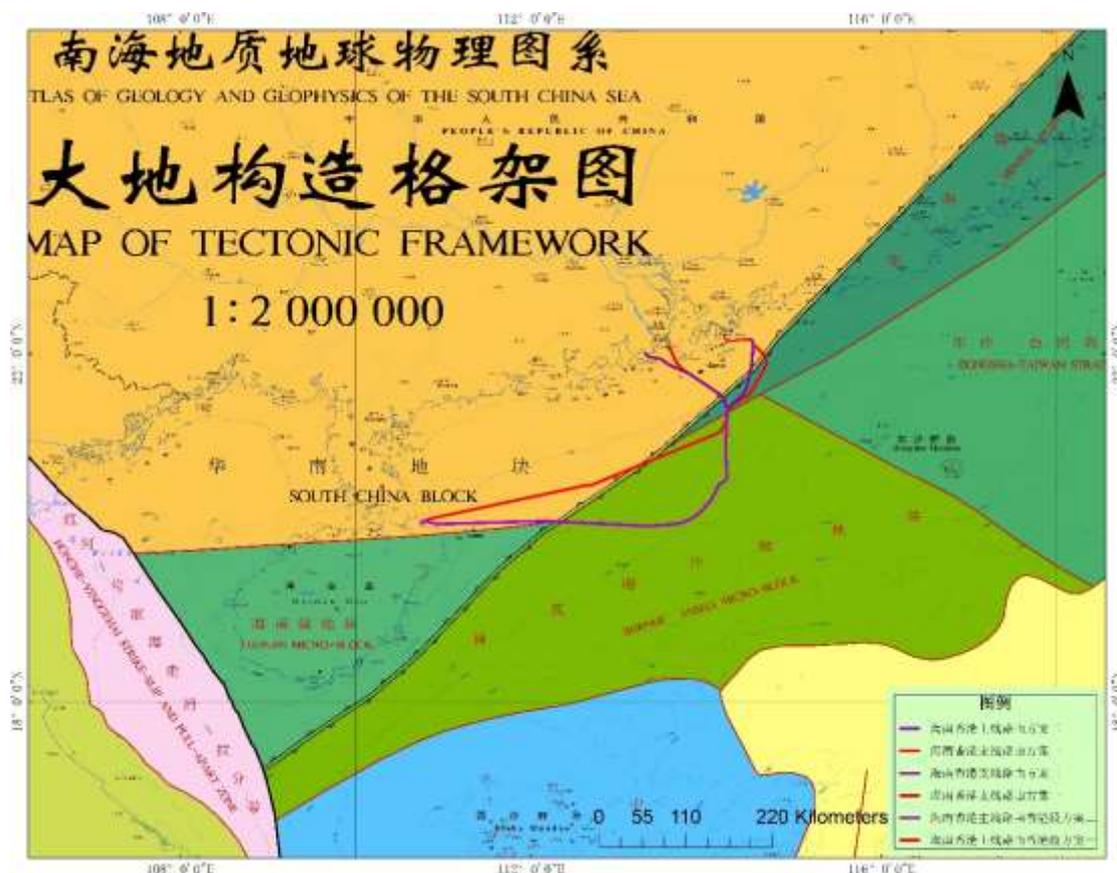


图 4.1-2 路由所在区南海构造区划格架图

### 4.1.2.3 构造断裂

南海断裂十分发育，大量研究成果表明，从断裂的走向分析，南海北部陆缘主要发育 NW 向、NE 向和近 EW 向三组断裂，其中 NE 向断裂占据主导，区内褶皱构造不甚发育，而广泛发育新华夏系构造，以东北向构造为主体，与区域北西向构造配套，其中北东向断裂主要有长乐-南澳断裂带和饶平-惠来断裂带；北西向断裂主要有黄冈河断裂带、韩江断裂带、榕江断裂带等，如图 4.1-3 所示。NE 向断裂系分布于东亚陆缘，稳定延伸几百公里，个别甚至延伸上千公里，规模较大，可切割地壳至岩石圈。由西向东发育的主干断裂分别为：吴川-四会、邵武-河源-阳江、莲花山、政和-大浦、长乐-南澳和滨海等断裂带。这些断裂强烈活动于中生代燕山晚期（110~90Ma），主体是在古太平洋俯冲挤压背景下形成的断裂系。早白垩世，受太平洋板块低角度 NW 向斜向俯冲的影响，NE 向断裂系表现为左旋压扭运动，晚白垩世以来太平洋板块俯冲角度开始变陡，并发生后退式俯冲，研究区区域应力场转变为拉张，NE 向断裂系的性质也由压扭性变为张扭性，表现为张扭断裂系，同时华南进入中-新生代断陷盆地演化阶段（舒良树等，2000）。晚近时期，由于南海北部陆缘扩张作用的停止，以及华南大陆向东南方向蠕散、菲律宾板块向西挤压，该断裂系以压扭性为主，一般越靠近沿海，断裂规模越大，活动强度越高，是控制东南沿海地震活动的主要活动断裂系。

南海北部陆缘的 NE 向断裂系皆为岩石圈断裂，被切割地层的年代跨度很大，是在古太平洋板块的俯冲作用下所形成的一系列断裂，主要活动时期为早白垩世晚期至始新世，表现为压扭性（刘以宣，1994），且沿断裂系发育有大量中生代花岗岩和中酸性火山岩，并控制了新生代早期的玄武岩分布（刘以宣，1994）。晚渐新世南海第一次海底扩张结束以来，张扭性 NE 向断裂系控制了大量箕状断陷的 NEE 向倾向陆地的断裂系。上新世-第四纪以来，NE 向断裂依然具有活动性，表现为控制 N2~Q3 的玄武岩的空间分布（王霄飞等，2014）。南海北部陆缘发育的 NE、NW 向断裂控制了绝大多数 5 级以下地震的分布（王霄飞等，2014）。地震带间断分布，是由于 NE 向断裂系被 NW~NWW 向断裂系切割而分段所致，其连续性变差。另外，地形上可以看出 NE 向断裂系导致了研究区陆坡整体走向的弯折和陆坡坡度等地貌特征的不同。南海北部 NEE~EW 向断裂主要为正断层，属主要的控盆断裂，总体上，NE 向断裂约束了 EW 和 NW 向断裂。

预选路由在三个方向的断裂中，可能与路由交越的断裂主要有莲花山断裂、

南卫滩断裂、华南滨外断裂、珠璣北缘断裂、陆坡北缘断裂、东沙断裂等，总体上地质条件较为稳定，如图 4.1-3。

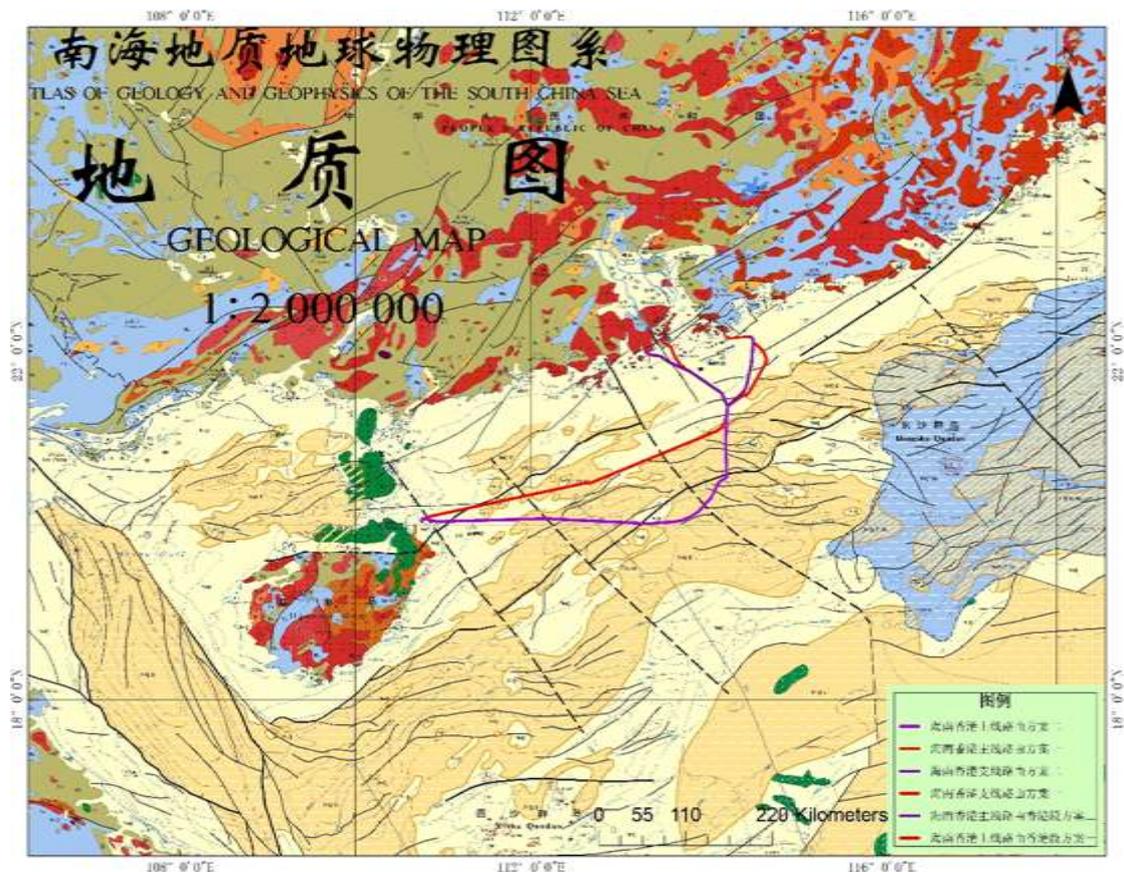


图 4.1-3 路由区域地质构造纲要图

### 4.1.3 海底灾害地质因素

#### 4.1.3.1 南海灾害地质分区

南海灾害地质环境复杂，类型繁多，可归纳为如下特点：

(1) 南海位处西太平洋活动大陆边缘，特别是它的东部靠近西太平洋火山地震带，新构造活动十分强烈。一些地震活动可直接引起地质灾害，或间接地引发滑塌，沙土液化，海啸等灾害。这是灾害地质内动力因素复杂性的重要原因。

(2) 南海陆架区由于第四纪气候性海平面升降幅度超过 100m，普遍造成陆架地貌的新老叠置，埋藏古河道、埋藏礁岩、凸凹地等不利地质因素存在，使浅层灾害地质体复杂化。

(3) 南海处于东亚季风和热带气旋活动区，气象水文条件十分复杂，很多水动力条件导致底质的不稳定性，是地质灾害发生的重要诱因。

在刘守全分类的基础上<sup>[6]</sup>，将把南海分 4 个灾害地质区：即海岸带灾害地质

区、大陆架灾害地质区、大陆（岛）坡灾害地质区、海盆灾害地质区。然后再根据灾害地质发育的次一级特征，划分若干亚区。路由海域所在灾害区位置如图4.1-4，可以看出所经过的灾害地质区依次华南沿海灾害地质亚区、北部陆架灾害地质亚区、桂琼陆架灾害地质亚区。

海岸带灾害地质区主要灾害地质类型有海岸侵蚀、海水入侵，其次还有可以同时影响海底和陆地的地震和活动断层等。华南沿岸也是热带气旋和台风登陆最频繁地区，仅1949~1988年就达158个，平均每年4个。台风入境将引起风暴潮，引起强烈的海岸侵蚀。大陆架灾害地质区是灾害地质环境最为复杂，陆地入海河流携带大量物质堆积在近岸和内陆架地区，海洋水文气象状况对海底影响很大，地貌动力塑造过程十分活跃。大陆架主要灾害地质类型有，水下三角洲，各种活动沙体（沙坡、潮流沙脊等）冲刷槽，埋藏古河道，浅层气等。

大陆架灾害地质区灾害地质类型多，成灾机制复杂，诱发因子多。根据各海区地质环境的差异，还可进一步划分若干亚区，其主要灾害地质类型也有所差异，从大陆架横向来讲，内陆架、外陆架灾害地质特征也存在明显差异。本次，我们划分三个亚区：即北部陆架灾害地质亚区、琼桂陆架灾害地质亚区和南部陆架灾害地质亚区。

该区灾害地质环境最为复杂，陆地入海河流携带大量物质堆积在近岸和内陆架地区，海洋水文气象状况对海底影响很大。动力地貌过程十分活跃。大陆架主要灾害地质类型有快速沉积（水下三角洲）、各种活动沙体（沙坡、潮流沙脊等）、冲刷槽、各种埋藏地貌（古河道等）、浅层高压气囊、活动断层、地震、滑坡等。大陆架灾害地质区灾害地质类型多，成灾机制复杂，诱发因子多，同时这一地区是目前近海油气开发、管线铺设最主要地区，灾害地质潜在危险性较大。

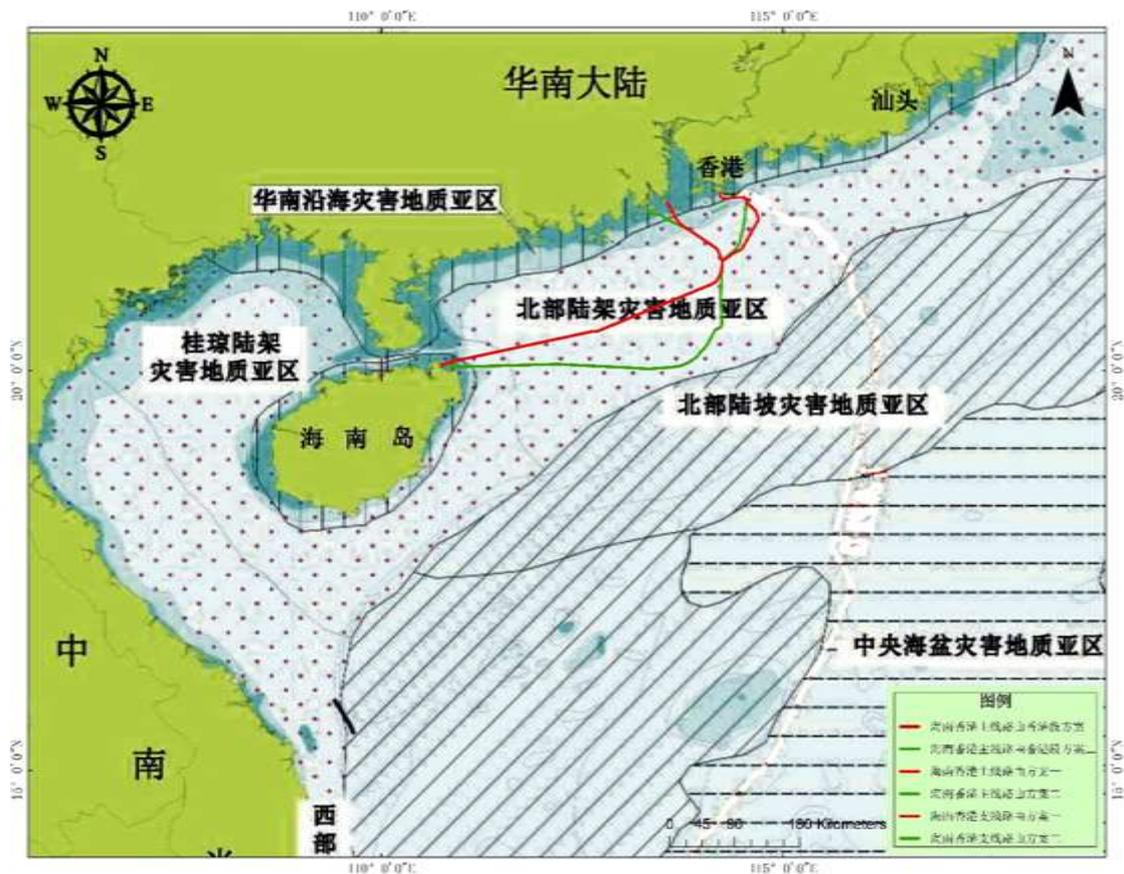


图 4.1-4 南海灾害地质分区图

#### 4.1.3.2 路由区内灾害地质类型

南海地区发育影响海底光缆安全的海底灾害地质因素主要有海山、海丘、滑坡、古三角洲、浊流、海底峡谷、浊流扇、陡坡、陡坎、沙波、沙丘、凹凸地、浅层气等。这些灾害地质因素在路由区内发育广泛，直接对海底光缆的施工、维护及运行造成困难和危害。

##### (1) 埋藏古河道、古三角洲

距今 1.5 万~2 万年的玉木冰期，全球气候变冷，海平面下降，南海海面比现在的海面低 130m 左右，陆架多次裸露成陆，其上发育河流、湖泊和三角洲，但在距今 1 万年的全新世初期，大规模的海侵，海平面上升，河流、湖泊和三角洲被海水淹没，并埋藏在现代海相沉积物下，形成古河道、古湖泊和古三角洲，如图 4.1-5。

##### ①埋藏古河道

埋藏古河道是出现最多的灾害性地质因素，古河道本区十分发育，具有多层性、多期性，主要分布于大陆架灾害地质区。埋藏古河道发育，规模大，分布广，

古河道的上游属于顺直微弯型河道，下游多属于弯曲型和分叉河道。河道宽 2000m~3000m，潜伏于海床下 5m~20m，下切深度 7m~12m。深槽、浅滩交替出现，两侧边滩犬牙交错。

古河道沉积的上下界面为不整合接触，曾经历暴露风化或海水浸泡，物质结构疏松，在外力作用下，容易引起层间滑动，稳定性差。古河道的沉积物、填充物以粗碎屑砂砾石为主，孔隙度大，有较强的渗透性，在地层中形成长期的侵蚀、冲刷，在上覆荷载下容易形成局部塌陷，造成基底的不稳定性。埋藏古河道沉积与其围岩岩性有较大差异，造成承载力不均匀，因而对工程设施有一定的潜在性危险，古河道已对早期油气勘探平台造成过事故，如东海钻井桩腿的下沉，莺歌海钻井的倾斜等。

## ②古三角洲

南海北部陆架灾害地质亚区埋藏古三角洲沉积体系发育，水深 50m~60m 的古三角洲位于珠江口上川岛—万山群岛—担杆列岛一线之南，及韩江口外。水深 80m~100m 的古三角洲规模较大。纵长约 83km，横宽约 110km，水深 110m~160m 的古三角洲由东西两个古三角洲组成，三角洲沉积物堆积速度快，结构复杂。三角洲前缘相沉积具有明显的高角度的斜层理，往往会发生顺层滑坡。软弱夹层在上覆层强大压力作用下，则可能产生泥底辟、泥丘与泥火山等，是潜在地质灾害因素。

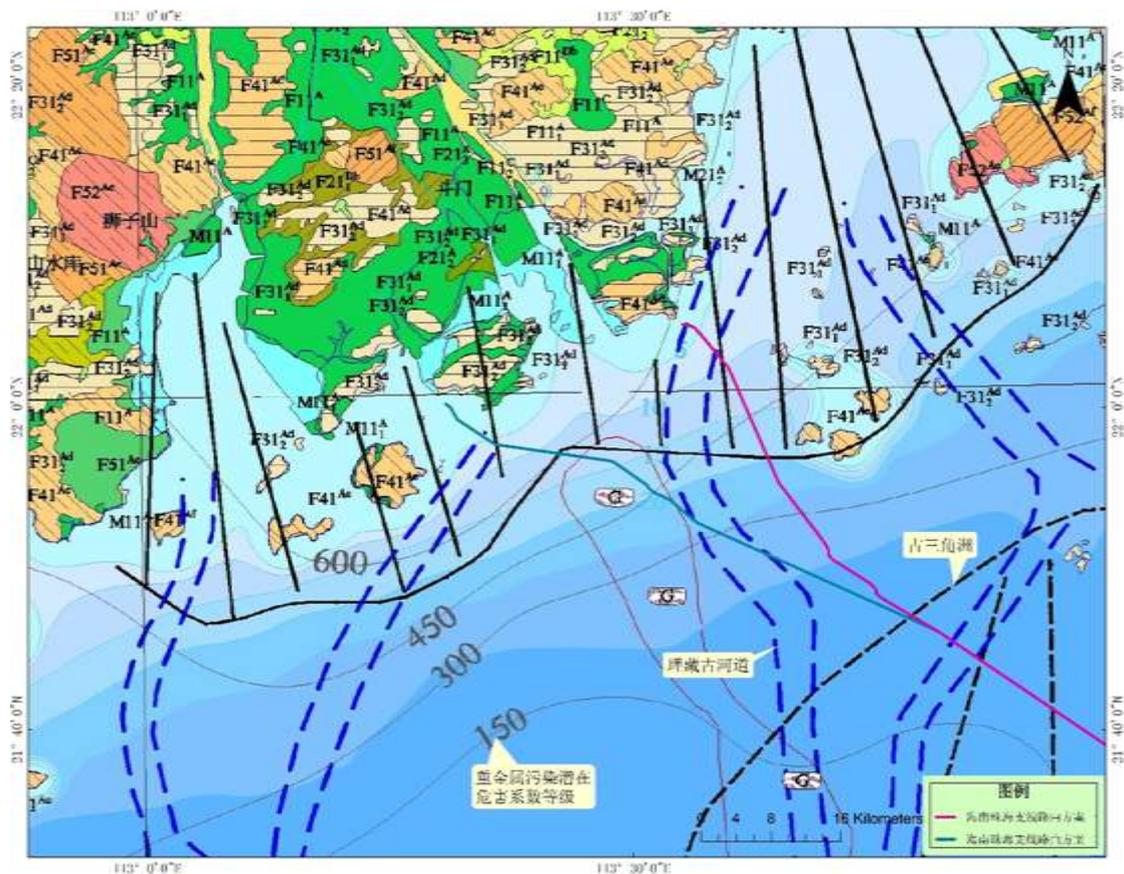


图 4.1-5 支线路由区古河道及古三角洲分布图

### (2) 活动性沙波

南海北部陆架外缘至上陆坡 190m~250m 的海底出现一个大面积沙波带，绵延 600km，宽 20km~50km。其总体呈北东或北东东向分布。根据陈俊仁等人的研究表明，在正常情况下南海北部外陆架 100m、150m、200m 水深的海底沙波以 0.155m/a~0.534m/a 的速度向外移动。显然这样速度非常缓慢，对海底工程设施影响虽然不是很大，但也不排除在特殊底流环境下发生快速移动的可能，如番禺—惠州管道路由以北东至南西方向穿越了沙波区，管道敷设完成后出现悬跨现象，表明了沙波的活动性，并可能对海底管线造成潜在危害。

### (3) 凹凸地和浅层气

南海浅层气主要分布于陆架区。浅层气沿地层之孔隙向上运移，溢出海底，进入水体，在海底形成凹凸地（麻坑群）。沉积物中含浅层气，随着含气量的增加而引起膨胀，破坏土的原有骨架结构，减慢了沉积物在自重作用下的固结过程，从而增加了土的压缩性，降低了土的抗剪强度。气体的积聚增添了沉积物发生崩塌、砂土液化的可能性。

### (4) 断裂带、断层

断裂带、断层在南海区域内广泛发育，如前章所述，海缆项目路由共穿过断裂带多条，见图 4.1-4，部分为大型的基底断裂、地壳断裂或岩石圈断裂，相对而言，内陆架、陆架边缘和上部陆坡区时地震活动较为强烈的地方。在南海北部陆架、陆坡区，历史资料较为详实，据资料记载区内发现第四纪以来有过活动的大小断层 240 多条，断层约有 94% 形成于第四纪以前，第四纪以来仍有活动；其中 80% 为浅层和中层断层；有的由深层断层上延出露于海底；有的断层属第四纪沉积不均匀压实作用所形成。这些断层延伸方向有 NEE，近 EW 和 NWW，以 NWW 向占主导，这与区域背景有关，受东沙运动影响明显。断层特别是活动断层是潜在的地质灾害因素，在工程上具有危害性。

#### (5) 滑坡

刘锡清等人发现在南海北部和南部陆坡都有大量滑坡发育，其中北部 113°E~120°E 之间，水深 150m~300m 的陆坡外缘和上陆坡出现一个几乎连续的，长达 600km 的滑坡带，由 10 几个大型滑坡组成，单个滑坡一般长几十公里，最长 75km，短的约 10km，宽 1km~5km，滑坡层厚 10m~20m，最厚达 50m，有明显的滑坡壁、滑塌谷、台坎、鼓丘。滑坡壁高达 10m~37m，坡角 15°~45°。近期，在南海北部白云凹陷发现了大型海底滑坡，该滑坡位于南海北部陆缘，跨越陆架边缘、陆坡和深海平原，水深急剧变化，峡谷纵横，水道复杂，海底地形崎岖。以 1350m 等深线为界，可分为南北两部分，1350m 水深线以北地区，水体较浅，地形较缓，海底坡度一般在 2°左右，从西向东发育 3 个近南北向的海底沟横，深度较大；1350m 以南地区水体较深，地形较陡，海底坡度最大可达 14.5°，逐渐进入深海平原。

#### (6) 海底槽谷

在珠江口外古三角洲外缘，发育海底槽谷 49 条之多，大多呈 NW-SE 方向，少数其他方向，长度可达 30km~40km，深 1m~3m。南海南部陆架同样发育海底槽谷众多，大多呈 SW-NE 方向，少数其他方向。这些海底槽谷多与古三角洲放射状河道有关，后来经侵蚀作用改造。

#### (7) 基岩

南海的基岩出露区主要分布于近岸、陆坡和深海盆地的海山链区，其上地形起伏不定，质地坚硬，对光缆的铺设和维护均不利。

预选路由已尽量避开较严重的灾害地质因素分布区，但桌面研究的图件比例

尺小，资料欠缺，难以完全避让，在路由调查时务必引起重视，加以认真的识别和处理。

海缆项目预选路由已尽量避开较严重的灾害地质因素分布区，但桌面研究的图件比例尺小，资料欠缺，难以完全避让，在路由调查时务必引起重视，加以认真的识别和处理。

## 4.1.4 地震与火山

### 4.1.4.1 地震活动性

地震是近代和现代构造运动的重要表现，具有强大的破坏力，以地震的强度和频度作为评价地震活动性的主要标志。2006年12月26日，台湾南部海域发生里氏7.2级的恒春地震导致中美光缆、亚太2号光缆、环球光缆、亚欧3号光缆、C2C光缆、东亚光缆等数条国际性海底光缆断裂，造成了不可估计的损失。

海域大地震的主要震害之一是海啸，它的影响范围远远大于同震级的大陆地震，具有极强的破坏。尽管迄今为止，尚未见到南海及其周缘大地震诱发海啸并造成破坏的记载，仍不能丧失警惕。因为从动态过程考虑，大地震正在不断地改变着海底地形，一旦地形突变为适合海啸发生时，首先受害的是南海东北部沿岸，因为南海东北部陆架坡度一般较陡，不利于波能在运动过程中逐渐耗散，至少与我国的黄海、东海陆架相比如此。

#### 4.1.4.1.1 地震区划

地震区（带）的划分，应同时考虑地震活动和地质构造两方面的因素。根据历史地震和现今强震空间分布的特征，结合区域地质构造的实际情况，将南海及其周缘划分为两大地震活动区—板缘地震活动区和板内地震活动区，再细分为若干地震活动区，具体见图4.1-6。

板缘地震活动区基本上沿板块边界呈狭长带状分布，其范围大体相当于南海东缘和南缘的海沟岛弧断褶系。其特点是：强度大、频度高、震源深度达，机制复杂。根据板缘构造作用的差别和地震“信息密度不同”，划分为4个地震带：

- (1) 台湾海峡地震带；
- (2) 巴士海峡-菲律宾地震带；
- (3) 苏禄海-加里曼丹地震带；
- (4) 苏门答腊地震带。

与板缘地震活动区相比，板内地震活动区的特点是：强度小，频度低，震源浅，震中分布的随机性大，亦即强震和中强震与地质构造的关系，不如板缘地震带明显。根据历史地震（包括破坏性地震和有感地震）的密集程度，划分为：

- (1) 台湾西部地震带；
- (2) 泉州-汕头地震带；
- (3) 莲花山地震构造带；
- (4) 河源-邵武地震构造带；
- (5) 从化-阳江地震构造带；
- (6) 吴川-四会地震构造带；
- (7) 桂东南地震构造带；
- (8) 华南滨海地震带；
- (9) 东沙-海南地震带；
- (10) 深海盆地震带；
- (11) 西沙-南沙地震带。

预选路由主要经过了莲花山地震构造带、华南滨海地震带、东沙-海南地震带、深海盆地震带、西沙-南沙地震带及巴士海峡-菲律宾地震带，现就上述地震带作简要描述。

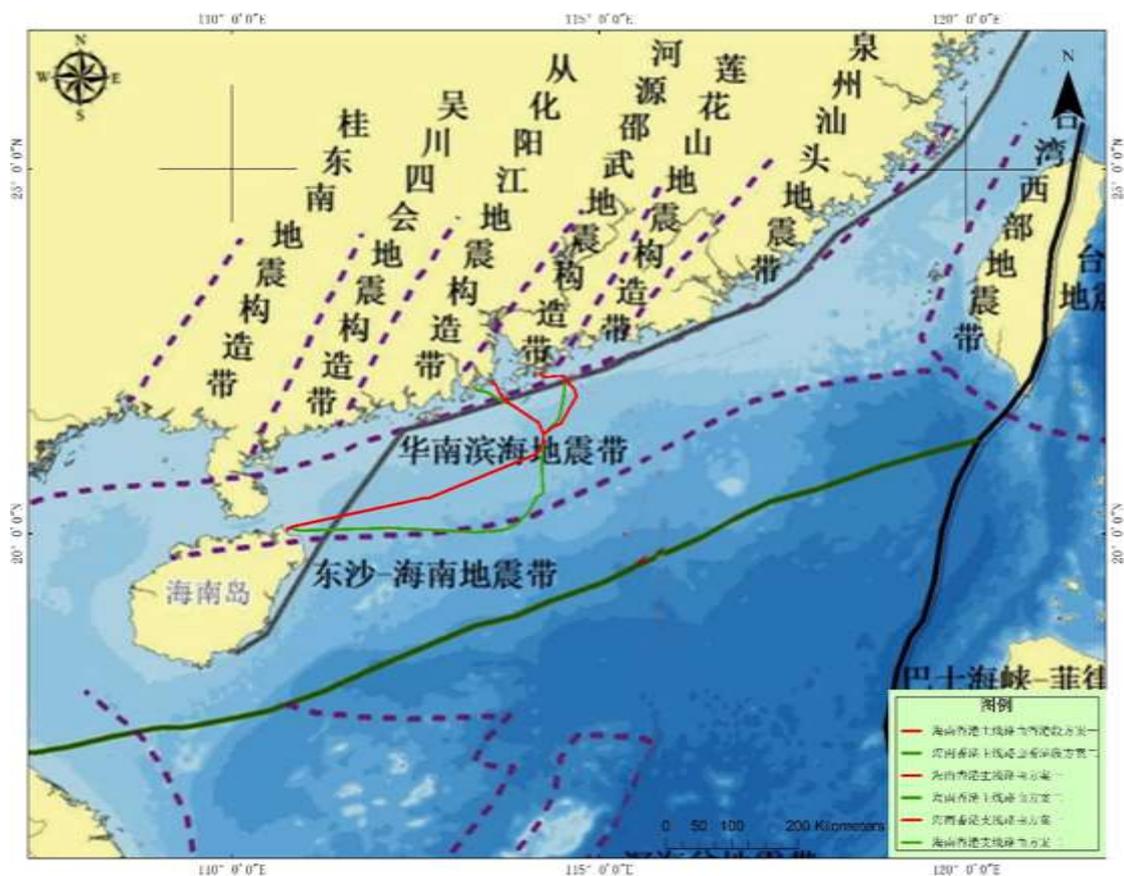


图 4.1-6 南海地震区（带）划示意图

#### (1) 莲花山地震带

香港登陆点位于莲花山地震构造带，该地震带构造上都属于华南褶皱系，南侧为华南滨海地震带。该带中-强地震的频度较高，地震活动与断裂构造的关系较明显。

#### (2) 华南滨海地震带

该带与华南海岸线平行，主要沿着滨海活动断裂分布，滨海断裂带宽 100km，总体走向  $N70^{\circ}E$ ，由若干条相互平行和斜行排列的断裂带组成，北面的为华南滨外断裂带，南面的为珠璣北缘断裂。该带是一条十分醒目的剧变磁异常带，又是一条重力梯度带，在地震剖面上常见其错断上第三系-第四系，且是第四系厚度突变带，北侧为 20m~30m，南侧为 100m~200m 以上。同时，又是地壳厚度突变带，北侧为 34km，南侧为 30km。

在卫星照片上该带在湄州岛东南-礼是列岛和万山群岛-上、下川岛一线存在 1~2 条相互平行的地貌陡坎，它们大致沿 40m~50m 和 30m~40m 等深线分布，沿带在历史上曾多次发生强震，如南澳、泉州海外，广州湾、厦门海外、阳江沿海等地，且是发生在该带与沿海 NE-NNE 向断裂或 NW 向断裂交汇的部位。而

且极震区长轴走向及其震源机制节面走向主要为 NEE 向，反映出控震构造多为 NEE 向断裂。该带强震发生在东、西两端，东端平潭-南澎带呈 NE 向分布，位于台湾海峡沉降带西侧的隆起边缘，东侧与台湾地震带相邻，新构造运动强烈，断块差异活动显著。它在金门岛至漳浦一线有晚第三纪-第四纪基性玄武岩喷溢（佛昙群），与兴化湾、厦门、云霄、黄岗溪等断裂交汇的部位曾发生  $M_s > 6$  级地震 6 次，在台湾浅滩也曾发生 4~5 级地震 4 次。

### （3）东沙-海南地震带

该带主要受 NEE-NE 向陆坡北缘断裂带和海盆北缘 NEE-EW 向断裂带控制。它发育于北部陆架外缘和陆坡海底高原隆起区，自台湾浅滩南部向西经东沙、神狐暗沙至海南岛。带内断阶构造和过渡性地堑构造发育。

地震活动强度稍弱，频率较低，主要沿陆坡北缘断裂带的东、西两端分布，共发生  $M_s \geq 4.5$  级地震达 21 次，其中大于 6 级以上地震有 1605 年琼山 7½ 级。强震发生于该带东、西两端与 NW 向断裂相交汇部位。

#### 4.1.4.1.2 震中平面分布特点

南海及其邻区，在新生代有其独特的演化史和地震活动特点，据美国地质局调查局（<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes>）的资料不完全统计：位于东经  $105^\circ \sim 121^\circ$ ，北纬  $2^\circ \sim 24^\circ$  之间的南海及周边地区，自 1973 年至 2010 年 3 月间，发生地震达 3257 次之多。其中超过 4.5 级以上的地震 1607 次，超过 6 级以上的地震有 57 次。根据国家地震台网，自 1970 年 1 月 1 日至今发生在南海及周边地区的地震分布如所示图 4.1-7。

由图 4.1-7 可见，1970 年以来， $M \geq 6$  的地震主要分布在台湾-菲律宾一线，密集于台湾东面海域。前者相当于菲律宾板块和欧亚板块边界的一部分，后者则位于菲律宾板块西界的转折部位，二者都是应力集中区。台湾及其邻近海域不仅是我国，而且是世界著名的强震区。此外， $M \geq 6$  的地震在大巽他群岛中的加里曼岛也有分布。该区是南海的另一个强震带，大体相当于印度板块和欧亚板块边界的东南段，属于地中海-喜马拉雅地震带的一部分。大部分路由区地震活动相对平静，1973 年以来没有发生过 6 级以上的地震。在台湾南部海域曾多次因地震而发生的海缆故障。地震活动引发的次生灾害滑坡、碎屑流、颗粒流等，对海底光缆的破坏尤为严重，这些次生灾害主要发生在陆坡等坡度较大的沉积海底（南海北部陆坡属此类型），本路由在南海北部陆架区穿过，受到的影响相对较

小一点。

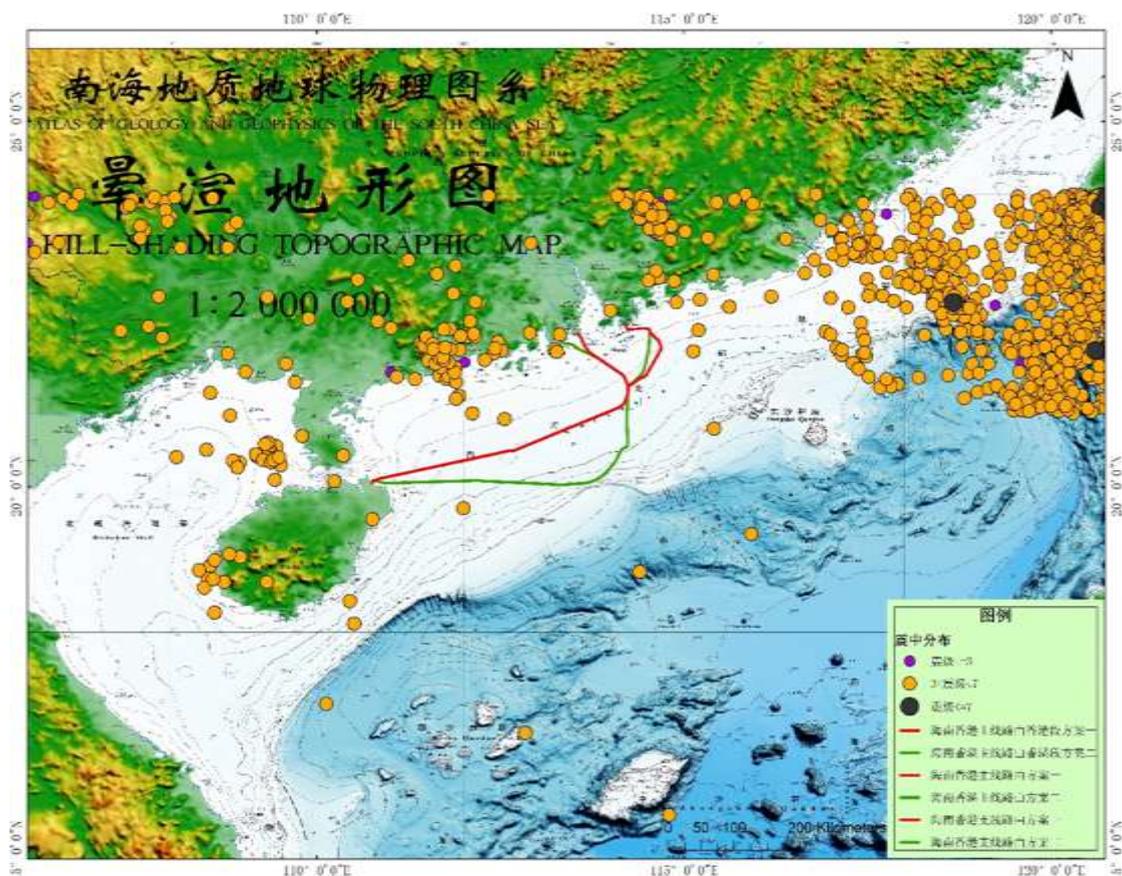


图 4.1-7 路由区域地震震中分布示意图

#### 4.1.4.1.3 对海底光缆的影响与建议

(1) 对海底光缆的影响：海域地震影响海缆的主要因素为地震造成的断层位错、海底崩塌、滑移、混浊流等。海底地震引起的海啸破坏海岸线也会影响海底光缆的登陆部分。

(2) 建议：改进海底光缆结构，提高海底光缆的变形能力；在确定海底光缆的路由时，应在地震安全性评价结果的基础上尽量避免强震发生区域；通过强震区时，根据海底永久变形预测的结果，增加海缆铺设的余量；路由勘察时，应该开展专门地震安全性评价工作。

#### 4.1.4.2 火山活动性

火山是由地球深处的岩浆等高温物质穿过地壳裂缝，喷发出地面而形成的锥型山体，分为活火山、死火山。活火山即人类历史记载中经常或周期性喷发的火山；死火山即人类历史记载中没有喷发过的火山。地球上共有 2 个最大的火山活动带：环太平洋火山带和地中海火山带。世界上共有 850 多座活火山（陆地

700 多座、海底有 100 多座), 其中 3/4 分布在环太平洋火山地震带, 成为地球佩戴的“火环”。1883 年 8 月 27 日印度尼西亚巽他海峡中的喀拉喀托火山爆发, 引发人类有史以来最大的海啸, 掀起高达三四十米的狂浪, 吞没这一海域全部船只, 爪哇岛、苏门答腊岛沿岸的房屋、车辆、人畜全部被卷入波涛汹涌的大海。仅印度尼西亚就有 3.6 万人在这次海啸中丧生, 经济损失无法估量。

据世界火山计划的全新世火山数据库, 南海的火山活动主要集中于板块边缘的台湾岛及菲律宾群岛附近。海缆项目路由经过的大部分海域没有火山分布, 仅在南海西北部接近有火山活动, 见图 4.1-8。

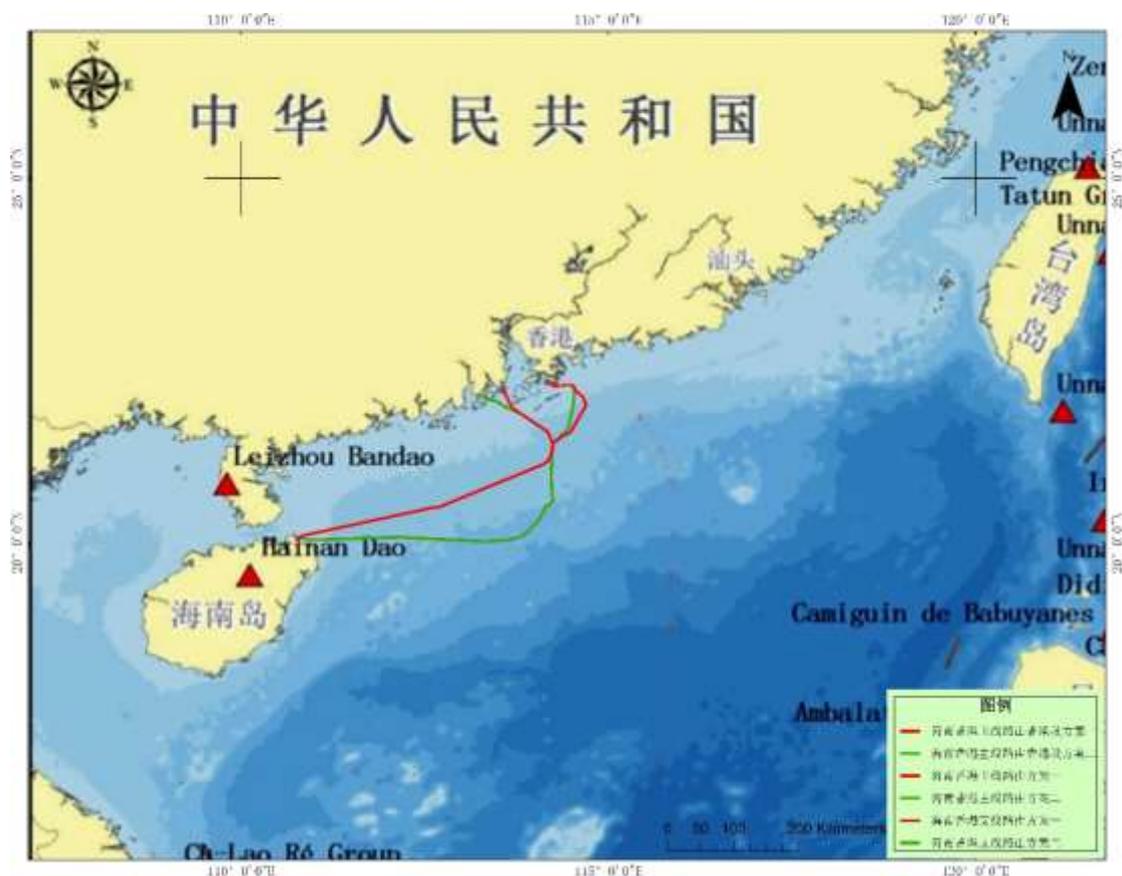


图 4.1-8 南海周边火山分布图

海缆路由经过的大部分海域没有火山分布, 仅在南海西北部有火山活动, 但上述的路由附近火山情况仍需注意。

#### 4.1.5 海底障碍物

海底障碍物是危害海底光缆安全的重要因素, 是光缆路由预选、勘察时必须避让的海底物体。海底障碍物分为自然因素障碍物和人为因素障碍物两类。自然因素障碍物主要为海底礁石。人为因素障碍物包括残骸(碎屑/垃圾)、沉船、钢

管、集装箱等。南海北部路由附近障碍物见图 4.1-9。路由距离南海北部沉船及残骸的距离较近，需要在勘查中详加注意。

路由在南海深海盆及南海南部大陆架、大陆坡海域未见明显障碍物。

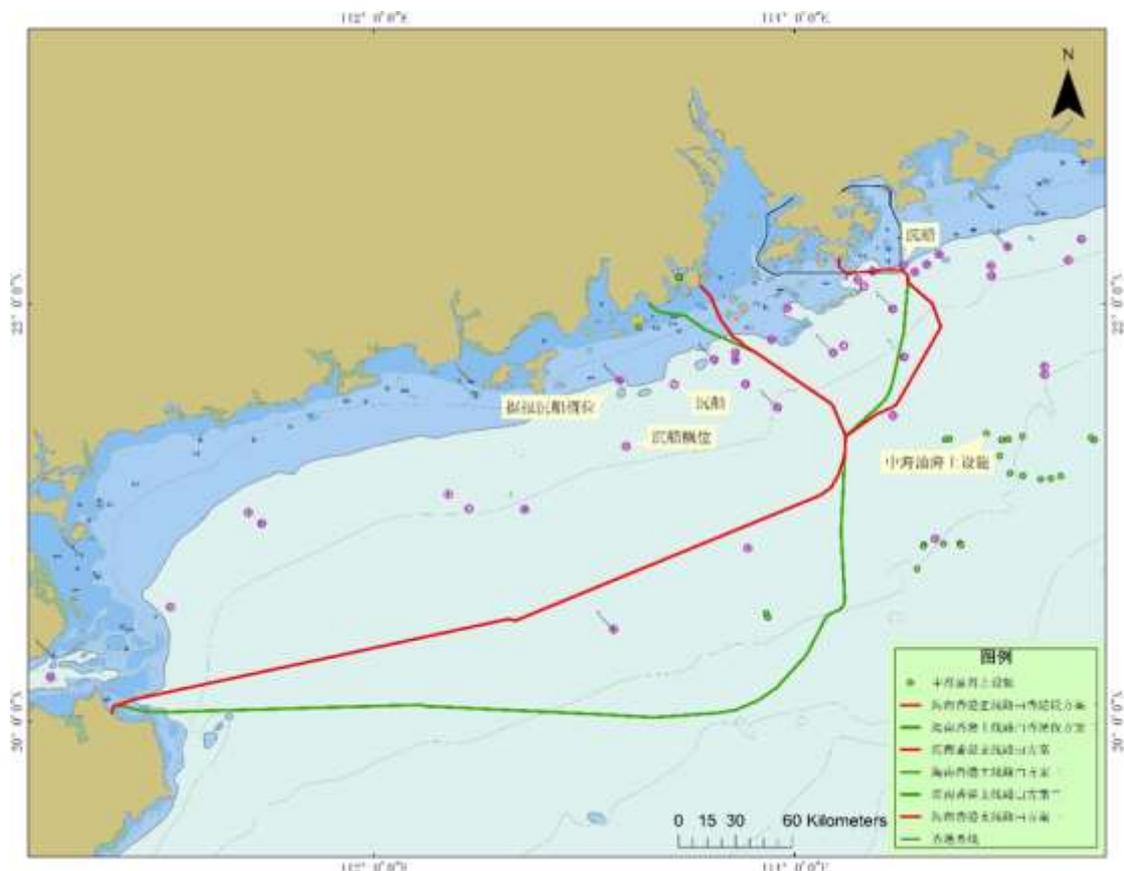


图 4.1-9 路由南海北部附近海底障碍物分布

## 4.2 路由区海洋水文气象要素

路由区位于南海北部陆架海域，在  $19^{\circ}\text{N}\sim 22^{\circ}\text{N}$ ， $110^{\circ}\text{E}\sim 115^{\circ}\text{E}$  之间，路由海域水文气象要素分析的数据站位分布如图 4.2-1 所示。南海位于东亚热带季风区内，冬季为强大的东北季风，夏季为西南季风；季风驱动的风生环流是南海总环流的主要成分。冬季（12 月~2 月）整个南海被一个大的气旋式环流所占据，南海北部陆架区以西向漂流为主；夏季（6 月~8 月）情形与冬季相反，南海大致为反气旋环流控制，南海北部陆架区以东向漂流为主。

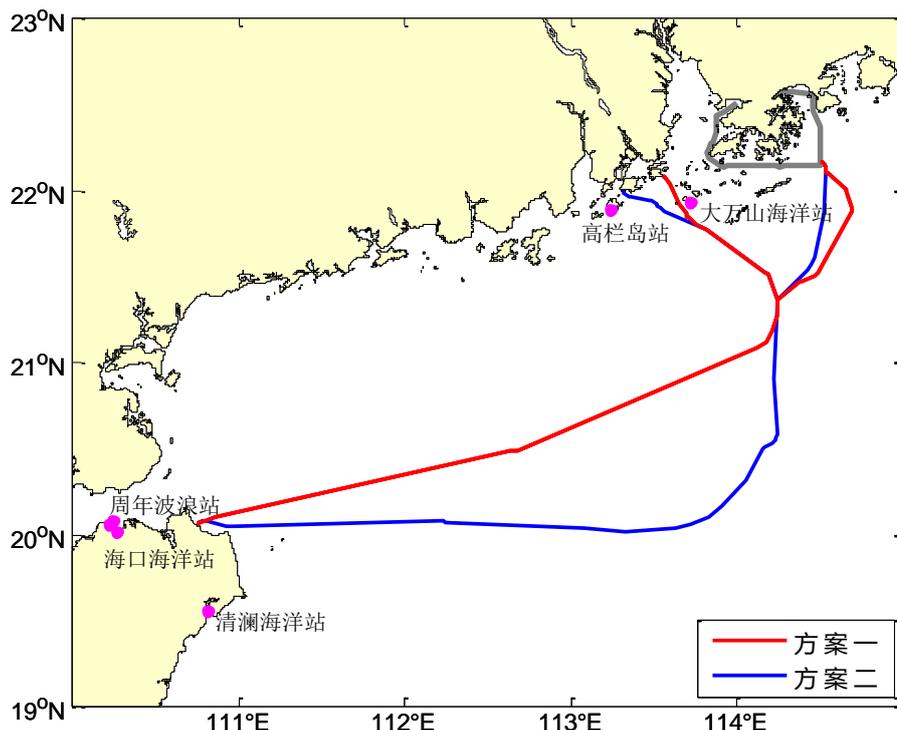


图 4.2-1 路由海域观测站位图

海缆项目路由北段登陆点海域的气候与气象特征采用高栏海洋站（ $21^{\circ}53.5'N$ ， $113^{\circ}14.2'E$ ）的气温、风况、雾和降水等实测资料进行分析，资料年限为 2015.1~2017.12。潮位和波浪特征采用大万山海洋站（ $21^{\circ}55.98'N$ ， $113^{\circ}43.02'E$ ）的潮位和波浪等实测资料进行分析，资料年限为 2018.1~2018.12；海流特征采用 2019 年 4 月国家海洋局南海调查技术中心在直湾岛海域设置的 16 个站的大潮海流观测资料进行分析；温盐特征采用大万山海洋站表层温盐实测资料进行分析，资料年限为 2018.5~2018.8 和 2019.1~2019.4。

路由南段登陆点海域气候与气象特征采用清澜海洋站（ $19^{\circ}33.0'N$ ， $110^{\circ}49.02'E$ ）的气温、风况、雾和降水等实测资料进行分析，资料年限为 2016.8~2017.7。潮位和波浪特征采用海口周年潮位站（ $20^{\circ}3.312'N$ ， $110^{\circ}13.476'E$ ）和周年波浪站（ $20^{\circ}4.758'N$ ， $110^{\circ}14.898'E$ ）实测资料进行分析，资料年限为 2016.8~2017.7。海流特征采用 2012 年 7 月国家海洋局南海调查技术中心在铺前湾海域设置的 5 个站的大潮海流观测资料进行分析；温盐特征采用海口海洋站表层温盐实测资料进行分析，资料年限为 2018.6~2018.8。

## 4.2.1 海洋气象

### 4.2.1.1 气温

根据高栏海洋站 2015 年 1 月至 2017 年 12 月的气温数据进行统计，得到路由北段海域附近历年各月的最高、最低和平均气温状况，如表 4.2-1 所示。由表可见：项目所在区域年平均气温为 24.3℃，年最高气温达 36.9℃，出现在 8 月，年最低气温为 2.1℃，出现在 1 月。5~10 月是区域较热的月份，月平均气温均高于 26.0℃；2 月是区域最冷的月份，月平均气温为 16.7℃。气温的年较差，即最热月与最冷月平均气温的差值，为 13.1℃。3~6 月气温持续上升；8 月以后气温逐月下降，以 10~12 月降幅最大，平均每月降温 4.1℃。

表 4.2-1 高栏海洋站累年各月平均气温统计（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均气温	17.2	16.7	20.2	23.7	27.3	29.8	29.7	29.7	29.2	26.7	22.8	18.5	24.3
最高气温	26.8	25.9	25.9	30.2	31.6	32.6	35.5	36.9	35.3	32.7	30.5	28.1	36.9
最低气温	2.1	7.5	9.7	15.1	21.6	24.1	24.7	24.4	20.9	18.6	11.8	8.4	2.1

根据清澜海洋站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月的气温数据进行统计，得到路由南段海域附近各月的最高、最低和平均气温状况，如表 4.2-2 所示。由表可见：项目所在区域年平均气温为 25.6℃，年最高气温达 35.7℃，出现在 8 月，年最低气温为 14.3℃，出现在 11 月和 2 月。5~10 月是区域较热月份，月平均气温均高于 26.0℃；2 月是工程区最冷月份，月平均气温为 19.8℃。气温的年较差为 9.7。

表 4.2-2 清澜海洋站累年各月平均气温统计（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均气温	28.6	28.3	27.3	24.3	22.1	21.3	19.8	23.8	25.5	28.0	29.5	28.8	25.6
最高气温	35.7	34.8	33.6	30.5	28.2	27.2	26.8	29.0	31.3	33.8	34.1	35.3	35.7
最低气温	23.8	23.9	23.9	14.3	16.2	15.6	14.3	17.0	18.2	23.4	25.8	25.0	14.3

### 4.2.1.2 相对湿度

根据高栏海洋站 2015 年 1 月至 2017 年 12 月的相对湿度数据，得到路由北段海域附近各月的最小和平均相对湿度，如表 4.2-3 所示。项目路由附近海域平

均相对湿度较大且各月之间变化较小，年平均值为 79.9%，年最小相对湿度为 16%，出现在 3 月份。

表 4.2-3 高栏海洋站各月相对湿度统计(%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
最低湿度	26	17	16	21	39	62	49	35	43	39	30	22	16
月平均	75.8	74.8	86.0	87.3	88.6	86.2	83.8	83.3	77.7	73.6	75.5	66.4	79.9

根据清澜海洋站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月的相对湿度数据，得到路由南段海域附近各月的最小和平均相对湿度，如表 4.2-4 所示。路由附近海域平均相对湿度较大且各月之间变化较小，年平均值为 86%，年最小相对湿度为 46%，出现在 2 月份。

表 4.2-4 清澜海洋站各月相对湿度统计(%)

月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	全年
最低湿度	53	49	57	54	50	48	46	50	56	61	62	52	46
月平均	86	84	85	87	82	88	87	88	86	85	85	85	86

#### 4.2.1.3 降水

根据高栏海洋站 2015~2017 年的日降水资料统计，如表 4.2-5 所示，路由北段海域各月均有降水，多年平均降水量为 2010.8mm。降水量的季节变化非常明显，夏季降水量多，冬季降水量少。每年 5 月至 9 月为雨季，多年月平均降水量为 293.4mm，集中了全年 73%的降水量，其中 5 月降水量最大，为 364.1mm。10 月至翌年 4 月为旱季，降水量仅占全年的 27%，12 月降水量最少，仅为 20.7mm。年平均降水日数为 132.6 天，每年 3 月至 8 月降水日均超过 12 天，其中 7 月降水日最多，为 16.7 天，6 月次之，为 15.3 天，10 月至翌年 2 月降水日较少，其中 12 月降水日最少，为 4.7 天。

路由区域年降雨量为 1372.6mm。日最高降水量为 240.7mm，出现在 2014 年 6 月 16 日。5 月月平均降水量最大，为 355.4mm，月平均降水日数为 18d。10 月、1 月月平均降水量最少，分别为 8.3mm 和 16.3mm，平均月降水日数分别为 2d 和 4d，年平均降水天数为 110d，详见表 4.2-5。

表 4.2-5 高栏海洋站降水量统计

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
降水量 (mm)	91.1	35.7	84.0	115.8	364.1	275.4	283.7	234.4	309.5	141.4	55.0	20.7	2010.8

降水日数	9.3	7.3	12.0	12.3	12.7	15.3	16.7	12.3	11.3	11.0	7.7	4.7	132.6
------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-------

根据清澜海洋站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月的日降水资料统计（如表 4.2-6 所示），路由南段海域各月均有降水，年平均降水量为 2545.4mm。降水量的季节变化非常明显，夏秋季降水量多，冬季降水量少。每年 4 月~11 月为雨季，集中了全年 93% 的降水量，其中 8 月降水量最大，为 598.4mm，12 月降水量最少，仅为 17.6mm。年平均降水日数为 142 天，其中 8 月降水日最多，为 18 天，5 月次之，为 16 天，6 月降水日最少，为 5 天。

表 4.2-6 清澜海洋站降水量统计

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
降水量 (mm)	598.4	389.5	480.2	312.1	17.6	48.3	31.1	78.6	196.4	130.9	72.5	189.8	2545.4
降水日数	18.0	15.0	12.0	13.0	6.0	10.0	12.0	8.0	12.0	16.0	5.0	15.0	142.0

#### 4.2.1.4 雾

根据高栏海洋站 2015 年至 2017 年的资料统计（如表 4.2-7 所示），路由北段海域全年平均雾日为 9.2d，其中 10 月至翌年 2 月为雾季，以 12 月为最多，平均雾日为 2.7d；3 月、5 月和 8 月的平均雾日较少，仅为 0.3d、0.7d 和 0.3d；而在观测期间，4 月、6 月、7 月和 9 月的平均雾日为 0d。

表 4.2-7 高栏海洋站雾日统计 (d)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均雾日	1.3	1.3	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.3	0.0	1.3	1.3	2.7	9.2

根据清澜海洋站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月的资料统计，如表 4.2-8 所示，路由南段海域全年平均雾日为 3d，全部出现在 2 月，其他月份雾日为 0d。

表 4.2-8 清澜海洋站雾日统计 (d)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均雾日	0	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0

#### 4.2.1.5 风

根据高栏海洋站 2015 年 1 月至 2017 年 12 月逐时风资料进行统计分析得到北段路由附近各月风速风向和各向风速等，结果见表 4.2-9，风玫瑰图见图 4.2-2。由表 4.2-9 可知：全年风向以 NNW-N 和 SE-SSE-S 方向为主，分别占风

向频率的 26.3%和 39.4%，主风向为 SSE 向；10 月至翌年 2 月，路由海域附近主风向为 NNW-N 向；4 月至 8 月，路由海域附近盛行 SE-SSE-S 向风。由表 4.2-10 可知：工程区附近累年平均风速 2.4m/s，各月风速相差不大，3 月和 9 月的月平均风速最低，均为 2.0m/s，6 月月平均风速最大，为 2.9m/s，12 月次之，为 2.8m/s。2017 年 10 月 15 日受强台风“卡奴”影响，本海域的最大风速为 14.4m/s，极大风速为 24.5m/s。

根据清澜海洋站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月逐时风资料进行统计分析得到南段路由附近各月风速风向和各向风速等，结果见表 4.2-11，风玫瑰图见图 4.2-3。由表 4.2-11 可知：春夏季风向以 S 和 SE 向为主，秋冬季风向以 NE 和 NNE 为主，全年常风向为 NNE 向，分布频率为 16.43%，次常风向为 S 向，分布频率为 12.67%。由表 4.2-12 可知：工程区附近累年平均风速 1.9m/s，各月风速相差不大，9 月的月平均风速最低，为 1.3m/s，6 月月平均风速最大，为 2.8m/s。2017 年 10 月 18 日受强台风“卡奴”影响，该海域的最大风速为 11.6m/s，极大风速为 24.6m/s。

表 4.2-9 高栏海洋站各月风速、风向统计 单位 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
常风向	NNW	N	SSE	SE	SSE	S	SSE	S	SSE	N	N	N	SSE
频率	25.9	22.8	14.8	26.3	29.7	29.0	25.4	16.1	20.7	23.7	26.7	29.5	17.30
平均风速	2.2	2.5	2.0	2.4	2.6	2.9	2.6	2.2	2.0	2.5	2.4	2.8	2.4
最大风速	14.4	11.4	11.2	9.3	12.2	10.1	10.1	10.5	8.3	14.4	13.0	12.4	14.4
对应方向	357	1	359	355	163	278	237	139	316	16	356	357	357
极大风速	20.9	19.1	17.4	16.1	21.6	14.9	15.6	16.8	13.7	24.5	19.8	21.1	24.5
对应方向	350	355	355	335	180	355	245	145	171	31	15	27	31

表 4.2-10 高栏海洋站各月风速与频率 单位 (m/s)

风向	N	NN E	NE	ENE	E	SE	SSE	S	SS W	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	C	
频率	14.01	3.68	1.27	1.57	3.39	4.40	10.71	17.45	11.65	6.57	2.38	1.87	1.92	4.06	12.28	1.32	
平均	3.1	2.1	1.5	1.6	1.8	1.9	2.5	2.4	2.4	1.9	2.0	1.7	1.8	2.1	2.8	—	
最	14.	14.	8.	7.	7.	8.	13.	12.	10.	21.	9.	10.	10	8.1	9.	13.	—

大	4	4	2	5	2	1	7	6	8	1	4	1	.1		1	7	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--	---	---	--

表 4.2-11 清澜海洋站各月风速、风向统计 单位 (m/s)

月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	全年
常风向	S	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	SE	S	S	S	S	NNE
频率	13.7	10.0	27.3	24.0	44.0	40.2	22.5	15.5	22.9	17.9	49.2	20.6	16.43
平均风速	1.5	1.3	2.1	1.8	1.9	1.8	1.7	2.0	2.5	1.9	2.8	2.1	1.9
最大风速	6.9	5.5	11.6	5.2	4.9	5.3	4.7	6.7	8.2	6.2	6.1	6.4	11.6
对应方向	191	174	27	36	24	44	22	179	191	169	181	154	27
极大风速	14.4	13.0	24.6	11.4	11.0	10.6	11.0	11.1	15.5	11.8	11.7	14.0	24.6
对应方向	196	73	25	25	68	52	20	168	201	180	216	79	25

表 4.2-12 清澜海洋站各月风速与频率 单位 (m/s)

风向	N	NNE	NE	E	E	E	S	S	S	SS	S	WS	W	WN	N	NN	C
频率	9.20	16.43	11.56	5.88	6.42	4.57	5.15	7.88	12.67	4.85	1.24	1.70	1.66	1.59	2.52	3.49	3.20
平均	1.3	2.0	2.1	1.8	1.7	1.8	2.2	2.4	3.1	2.4	1.0	1.1	1.2	1.2	1.0	0.9	-
最大	4.9	11.6	10.5	9.6	10.2	8.8	8.9	9.6	10	6.6	5.6	4.5	4.8	3.5	3.3	3.7	-

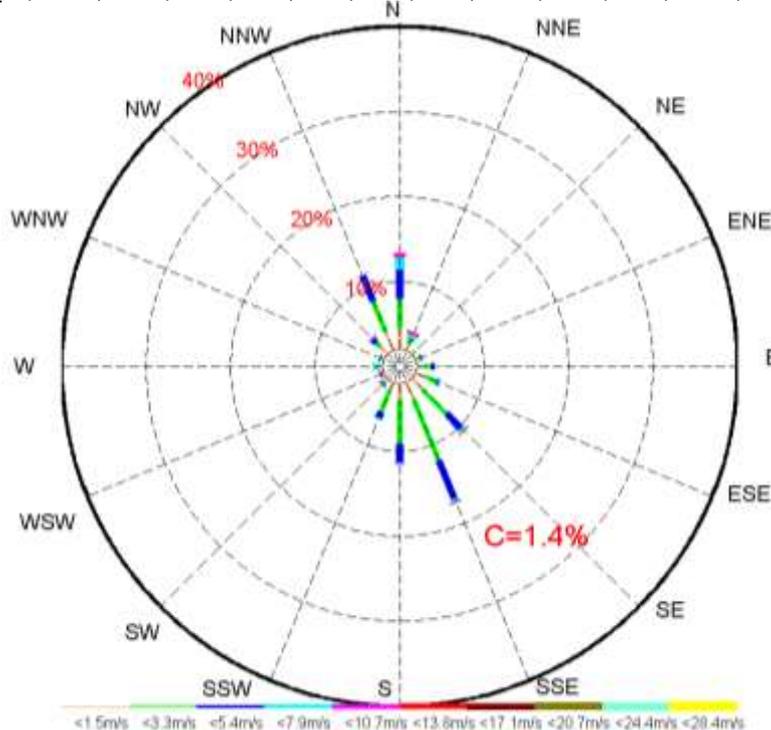


图 4.2-2 高栏海洋站 2015 至 2017 年累年风向玫瑰图

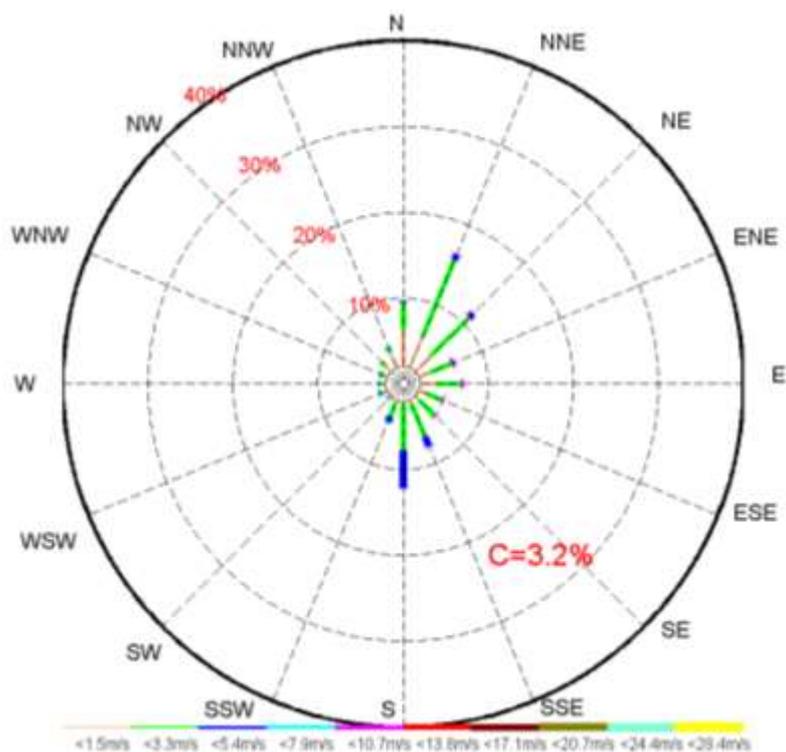


图 4.2-3 清澜海洋站 2016 至 2017 年累年风向玫瑰图

#### 4.2.1.6 热带气旋

南海在夏秋两季常受热带气旋影响。南海热带气旋 70% 来自菲律宾以东的西太平洋面和加罗林群岛附近洋面，三成源自南海的西沙群岛和中沙群岛附近海面。进入南海的热带气旋对南海的影响非常巨大。热带气旋资料的统计均按国际规定划分为：

热带低压：风力 6~7 级（风速 10.8~17.1m/s）；

热带风暴：风力 8~9 级（风速 17.2~24.4m/s）；

强热带风暴：风力 10~11 级（风速 24.5~32.6m/s）；

台风：风力 12 级~13 级（风速 32.7m/s~41.4 m/s）；

强台风：风力 14~15 级（风速 41.5 m/s~50.9 m/s）；

超强台风：风力 $\geq$ 16 级（风速 $\geq$ 51.0 m/s）。

统计范围为 5°N~23°N，107°E~122°E 的南海地区。根据中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据，统计了 1949 年至 2016 年影响光缆路由海区的热带气旋，统计结果见表 4.2-13 和图 4.2-4。68 年间，共有 942 个热带气旋影响该海域，其中热带低压 233 个，热带风暴 147 个，强热带风

暴 200 个，台风 188 个，强台风 107 个，超强台风 67 个。可见，南海区域的热带气旋多集中在 16°N~20°N 偏东的南海洋面上，预选路由北部绝大部分线路都处于热带气旋的高发区域。表 4.2-13 给出了南海地区热带气旋各月分布情况，热带气旋多发生在 6 月~11 月，该时间内的发生次数占总数的 88% 以上，9 月份发生次数最多，为 178 次，8 月份次之，为 168 次，12 月至次年 5 月台风较少，2 月发生过 4 次，1 月发生过 7 次。

表 4.2-13 南海地区热带气旋各月统计表（1949-2016）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
热带低压	2	2	6	2	14	31	23	53	49	26	18	7	233
热带风暴	3	2	4	2	5	23	21	25	21	13	20	8	147
强热带风暴	1	0	2	2	8	15	30	43	38	24	31	6	200
台风	1	0	0	3	9	23	34	26	34	33	18	7	188
强台风	0	0	0	3	6	6	15	11	22	21	19	4	107
超强台风	0	0	0	0	1	2	13	10	14	17	8	2	67
合计	7	4	12	12	43	100	136	168	178	134	114	34	942

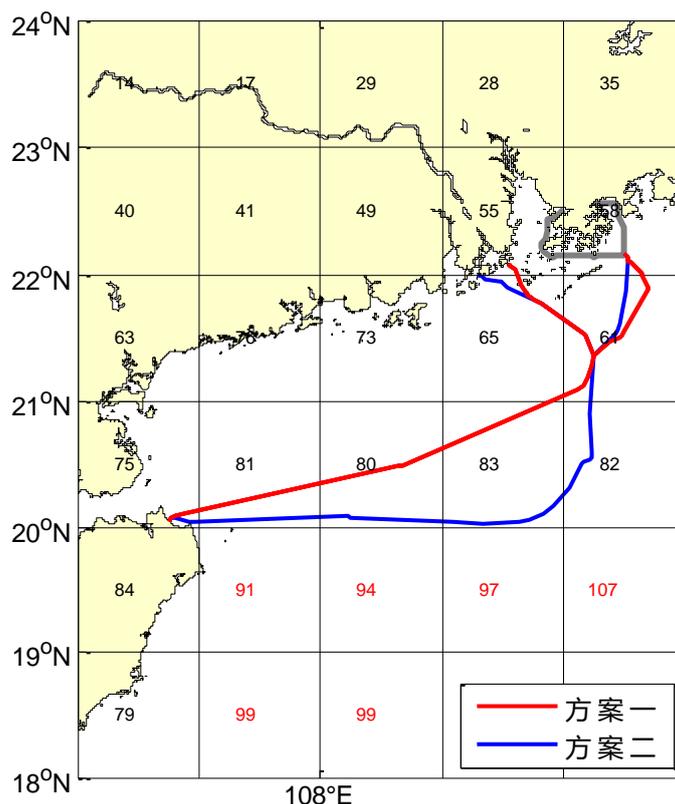


图 4.2-4 1949 年至 2018 年 1° × 1° 经纬度范围内南海热带气旋发生次数统计

## 4.2.2 海洋水文

### 4.2.2.1 潮汐

根据大万山海洋站 2018 年 1 月至 12 月连续的逐时潮位观测资料（1985 国

家高程系)对路由区北段海域的潮汐特征进行统计分析,结果见表 4.2-14。

该海湾潮汐系数为 1.6,属于不规则半日潮型。该海域平均潮位为 57cm,9 月月平均潮位最高,为 67cm,3 月月平均潮位最低,为 45cm;年平均高潮位为 106cm,9 月月平均高潮位最高,为 118cm;年平均低潮位为 0m,3 月月平均低潮位最低,为-15cm;年最高潮位为 246cm,年最低潮位为-85cm;年平均潮差为 106cm,各月月平均潮差相差不大,其中 3 月和 10 月月平均潮差最大,为 110cm,1 月月平均潮差最小,为 97cm;历年最大潮差为 252cm。

表 4.2-14 大万山海洋站潮汐统计特征 单位 (cm)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均潮位	56	47	45	51	58	63	64	65	67	66	63	63	57
最高潮位	185	179	148	200	246	246	246	246	246	209	209	209	246
最低潮位	-73	-74	-85	-85	-85	-65	-67	-67	-67	-67	-67	-67	-85
平均高潮位	101	96	96	101	106	112	113	115	118	117	114	111	106
平均低潮位	4	-10	-15	-5	2	6	7	7	8	6	5	8	0
平均潮差	97	105	110	106	104	106	106	108	109	110	109	103	106
最大潮差	252	233	233	250	250	250	250	244	243	243	243	243	252

根据海口周年站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月连续的逐时潮位观测资料(1985 国家高程系)对路由区南段海域的潮汐特征进行统计分析,结果见表 4.2-15。

该海湾潮汐系数为 4.33,属于正规全日潮。该海域平均潮位为 68cm,10 月和 11 月月平均潮位最高,为 80cm,5 月月平均潮位最低,为 49cm;年最高潮位为 188cm,年最低潮位为-84cm;年平均潮差为 113cm,各月月平均潮差相差不大,其中 1 月月平均潮差最大,为 131cm,2 月月平均潮差最小,为 99cm;年最大潮差为 242cm。

表 4.2-15 海口周年海洋站潮汐统计特征 单位 (cm)

月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	全年
平均潮位	57	75	80	80	76	71	67	65	62	49	58	71	68
最高潮位	178	169	183	188	170	173	155	142	154	162	172	180	188
最低潮位	-65	-38	-43	-52	-56	-59	-58	-43	-63	-84	-70	-52	-84
平均潮差	122	114	106	108	126	131	99	103	104	113	119	129	113
最大潮差	214	185	222	240	221	232	202	169	199	228	242	230	242

#### 4.2.2.2 波浪

##### (1) 路由北段海域波浪特征

波浪采用大万山海洋站 2016 年 1 月至 2018 年 12 月实测资料进行分析。

##### ①波高与波周期特征

结果如表 4.2-16 显示：该海域的  $H_{max}$  月最大值分布在 220~450cm 之间，平均值分布在 120~175cm 之间，年平均值为 159cm；1/10 大波最大值分布在 210~380cm 之间，平均值分布在 95~142cm 之间，年平均值为 128cm； $T_z$  月最大值分布在 6.0~8.1s 之间，平均值分布在 4.5~5.3s 之间，年平均值为 5.1s；受台风影响，2017 年 8 月 23 日出现最大波高为 450cm 的混合浪，波向为 158°，此时台风“天鸽”过境。

表 4.2-16 大万山海洋站波浪统计特征 单位 (m)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
$H_{max}$ 月最大 (cm)	300	270	280	220	310	330	310	450	400	360	260	290	450
$H_{max}$ 月平均 (cm)	175	155	167	120	130	168	175	171	148	162	173	162	159
对应主波向(°)	113	113	135	135	225	202	67	158	158	0	0	135	158
$H_{1/10}$ 月最大(cm)	250	230	240	180	260	210	250	380	270	280	230	240	380
$H_{1/10}$ 月平均(cm)	142	126	135	95	102	133	140	136	120	132	140	130	128
$T_z$ 月最大(s)	6.7	6.5	6.7	6.0	6.8	6.5	7.0	7.3	8.1	7.0	6.2	7.0	8.1
$T_z$ 月平均(s)	5.2	5.2	5.3	4.6	4.5	5.2	5.3	5.2	5.0	5.2	5.3	5.3	5.1

### ②波向

波向表征波动传播方向，以全年资料分 16 个方位进行波向统计。公式为  $P = i/N \times 100\%$ 。其中 P 为每一方向波浪出现频率；i 为每一方向波浪出现次数，N 为统计资料总次数。对各个方向  $H_{1/10}$  平均值和最大值进行统计，统计结果见表 4.2-17。波浪玫瑰图见图 4.2-5。

由表可见，该海区多年波向主要集中在 SE（常浪向）、ESE（次常浪向）、SSE、S、SSW 和 SW 方向，上述六个方向波浪的年分布频率分别为 45.09%、11.48%、10.84%、6.9%、8.33% 和 9.75%，占全年波浪的 92.39%。因观测海区位于大万山岛西南侧，受大万山岛及西北面大陆的掩蔽影响，N~ENE 和 W~NNW 向浪仅占全年的 3.77%。大万山海洋站的波浪是以涌浪为主的混合浪，其出现频率为 97.1%，混合浪出现频率为 2.6%，以风浪为主的混合浪出现频率为 0.4%。

1 月~4 月、9 月~12 月，盛行浪向为 SE；6 月~7 月，盛行浪向为 SW；5 月常浪向为 SE，次常浪向为 SW；8 月常浪向为 SSE，次常浪向为 SW。

全年  $H_{1/10}$  与波向主要集中在 51~200cm、ESE~SW 范围内，分布频率为 85.8%。其中又以 101~150cm 波高，SE 向的波高居多，约占全年的 27.93%。

表 4.2-17 万山海洋站波向频率统计 单位 (%)

方向 月份	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W
1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	79.8	6.7	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	24.6	52.8	21.7	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	10.7	83.3	4.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.1	0.9	2.8	2.8	4.3	16.9	50.6	11.1	5.1	2.4	0.9	0.2	0.0	0.0	0.2	0.9
5	0.2	0.2	0.0	1.4	2.9	16.9	25.3	3.9	13.4	10.0	20.0	4.7	0.8	0.2	0.0	0.2
6	0.5	0.2	1.5	2.0	5.1	2.4	5.1	9.7	10.0	24.6	30.7	4.9	2.0	0.5	0.5	0.5
7	0.2	0.0	0.2	3.1	7.6	2.9	8.1	17.4	16.5	20.1	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.4	0.2	0.2	1.7	3.6	1.3	8.4	21.9	14.1	21.9	20.8	3.8	1.1	0.2	0.2	0.4
9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5.4	30.8	26.0	11.4	13.8	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	27.1	66.6	2.4	1.3	1.1	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
11	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	82.8	3.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	2.2	0.7	3.4	2.2	3.1	12.3	71.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	1.2
全年	0.7	0.2	0.7	1.2	2.5	11.5	45.1	10.8	6.9	8.3	9.8	1.3	0.4	0.1	0.2	0.3
最大 H <sub>m</sub> ax	360	240	290	330	370	370	390	450	410	330	360	280	240	240	190	280
平均 H <sub>1/10</sub>	152	112	106	141	141	130	128	125	110	125	132	105	120	100	110	113

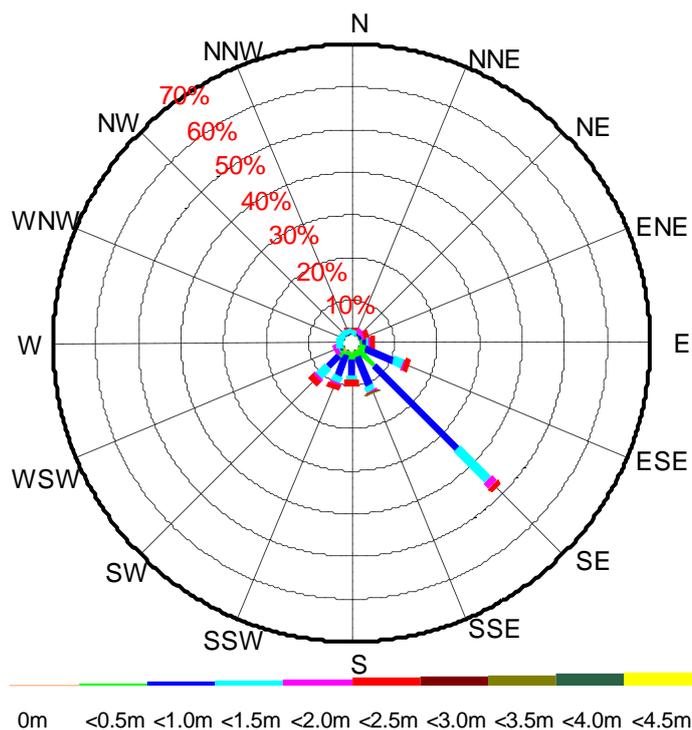


图 4.2-5 大万山海洋站波浪玫瑰图

## (2) 路由南段海域波浪特征

波浪采用海口周年波浪站 2016 年 8 月至 2017 年 7 月实测资料进行分析。

## ①波高与波周期特征

结果如表 4.2-18 显示:该海域的  $H_{\max}$  月最大值分布在 72~564cm 之间;1/10 大波最大值分布在 48~420cm 之间,平均值分布在 20~79cm 之间,年平均值为 52cm;  $T_z$  月最大值分布在 7.3~12.0s 之间,平均值分布在 3.4~4.9s 之间,年平均值为 4.3s; 2016 年 10 月受台风“莎莉嘉”的正面袭击,观测到  $H_{\max}$  的最大值为 564cm,相应周期为 6.4,波向为 NE 向。 $H_{1/3}$  最大值为 325cm,相应周期为 6.4,波向为 NE 向。

表 4.2-18 海口周年波浪站波浪特征统计 单位 (cm)

月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	全年
$H_{\max}$ 月最大 (cm)	371	301	564	276	252	253	198	197	208	170	72	170	564
对应周期(s)	6.1	5.6	6.4	4.4	4.3	4.4	5.5	3.6	4.8	4.2	4.2	3.7	6.4
对应波向(°)	277	70	49	48	39	49	56	49	52	49	331	55	49
$H_{1/10}$ 月最大(cm)	206	195	420	189	168	165	129	145	127	118	48	118	420
$H_{1/10}$ 月平均(cm)	37	45	79	72	77	68	63	51	42	38	20	31	52

$H_{1/3}$ 月最大(cm)	159	155	325	152	133	129	103	114	101	95	38	96	325
$H_{1/3}$ 月平均(cm)	30	36	63	57	62	55	50	41	33	31	16	25	42
$H_{ave}$ 月最大(cm)	100	98	204	98	86	81	67	73	65	61	25	62	204
$H_{ave}$ 月平均(cm)	19	23	41	37	40	35	33	26	22	20	10	16	27
$T_z$ 月最大(s)	8.4	12.0	11.9	10.3	10.2	9.5	10.0	9.1	9.3	7.8	7.3	8.7	12.0
$T_z$ 月平均(s)	3.9	4.1	4.5	4.6	4.7	4.8	4.8	4.9	4.2	4.0	3.4	3.7	4.3

## ②波向

由表 4.2-19 可见, 该海区除了 8 月份常浪向为 WNW, 其它月份常浪向都为 NE, 浪向为 NE 的波浪年分布频率分别为 49.27%。因该海区位于琼州海峡南边, 主要受到东北季风和外海涌浪影响, 浪向为 S~WSW 和 ESE 的波浪分布频率均低于 1.00%。该海域有效波高年平均值最大值受到台风“莎莉嘉”过境影响出现在 NE 向, 为 87cm。有效波年最大值也出现在 NE 向, 为 325cm, 出现在台风“莎莉嘉”经过的 10 月份。

具体来说, 该海域浪向主要受到东北季风和外海涌浪影响, 常浪向为 NE, 出现频率为 49.27%, 次常浪向为 ENE, 出现频率为 16.26%, 两个方向波浪的出现频率之和为 65.53%, 其中频率最高的是 3 月, 高达 88.18%。8 月份常浪向为 WNW, 出现频率为 24.06%。其它月份常浪向都为 NE, 3 月份频率最高为 79.44%, 6 月份最低为 22.36%。同时, 从波浪玫瑰图可看出, 在各个月各个方向上, 有效波高小于 0.5m 的波浪出现的频率最高。

表 4.2-19 海口周年波向频率统计 单位 (%)

方向 月份	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W
1	2.7	3.4	13.2	16.8	6.2	0.7	1.2	1.8	/	/	0.1	0.1	17.3	24.1	9.7	2.8
2	1.9	3.1	27.9	20.4	7.2	0.1	0.1	0.3	/	0.1	/	0.1	14.9	16.1	6.0	1.7
3	1.3	4.0	49.1	28.8	5.7	0.3	1.2	0.1	/	/	0.3	/	2.0	3.4	1.9	2.0
4	4.7	11.3	66.0	15.8	1.8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.4
5	3.4	8.2	72.3	14.7	0.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.1	0.4
6	0.9	9.4	68.3	19.0	1.3	0.3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.8
7	1.	8.2	56.	29.	3.	0.2	/	/	/	/	/	/	/	/	0.2	0.7

	5		6	3	4											
8	1.5	7.0	79.4	8.7	0.8	0.9	0.9	0.1	0.1	/	/	/	/	/	/	0.4
9	6.1	19.1	47.3	10.9	2.8	0.6	3.9	4.6	0.8	/	/	/	/	/	1.4	2.6
10	6.2	10.0	46.4	17.9	3.0	0.9	4.0	3.5	2.2	1.3	0.5	0.5	0.9	0.1	1.2	1.3
11	9.2	10.7	22.4	4.2	2.2	1.7	11.3	10.8	3.5	/	/	/	/	/	11.9	12.2
12	6.3	9.4	44.9	8.5	3.4	0.8	2.0	6.9	2.0	/	/	/	/	/	8.9	7.0
全年	3.8	8.6	49.3	16.3	3.2	0.5	2.1	2.4	0.7	0.1	0.1	0.1	3.0	3.7	3.5	2.7
最大 H <sub>1/3</sub>	10.8	10.9	28.4	17.6	12.6	5.8	6.7	7.5	7.2	5.7	3.2	5.9	15.9	14.6	7.9	7.1
平均 H <sub>1/3</sub>	3.3	3.2	4.3	4.3	4.1	2.5	2.3	2.2	2.2	3.1	8.7	2.5	4.4	3.9	2.9	3.0

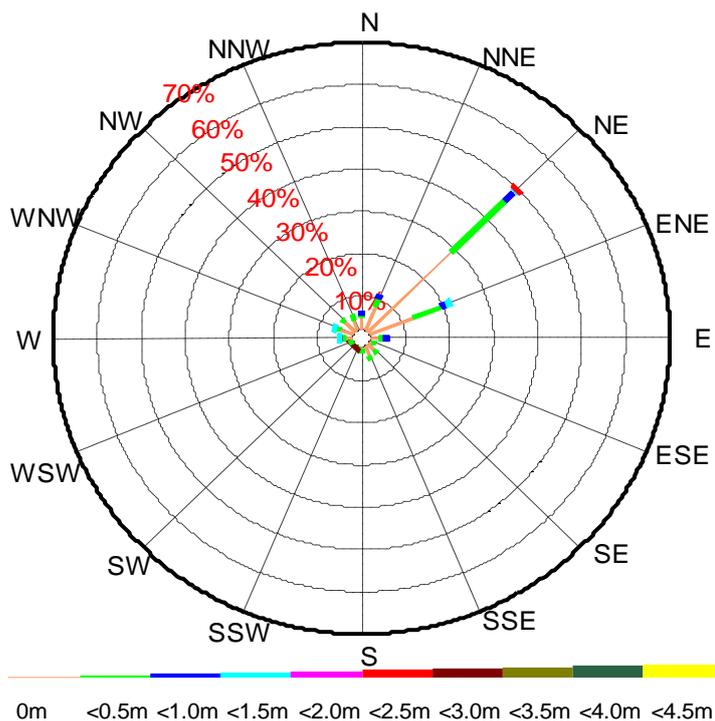


图 4.2-6 海口海洋站波浪玫瑰图

### 4.2.2.3 海流

#### (1) 路由北段海域

海流特征采用 2019 年 4 月国家海洋局南海调查技术中心在直湾岛海域设置的 16 个站的大潮海流观测资料进行分析。表 4.2-20 给出了大潮观测期间的最大

海流及对应流向，表 4.2-21 给出了大潮观测期间各站各层余流及对应流向，图 4.2-6 和图 4.2-7 给出了大潮观测期间的最大海流、余流的示意图。

由 C1~C16 号站海流统计结果可知，大潮期，观测到的最大表层流速为 140.9 cm/s，流向为 175°，发生在 C14 站；中层最大流速为 71.4 cm/s，流向为 237°，发生在 C11 站；底层最大流速为 38.6 cm/s，流向为 344°，发生在 C14 站。

大潮期，路由海域表层余流介于 0.6~36.9cm/s，最大余流出现在 C14 站，最小余流出现在 C1 站；中层余流介于 1.7~15.7cm/s，最大余流出现在 C4 站，最小余流出现在 C14 站；底层余流介于 2.2~11.9cm/s，最大余流出现在 C6 站，最小余流出现在 C11 站。C1~C9 站的表、中、底层余流分布差异较小，均表现为东向及东北向余流，主要受春季广东沿岸流的影响；C10~C16 站位表层和中底层余流存在一定的差异，其中表层为受冲淡水过程影响，余流为西南-南向，中层和底层表现为补偿流，主要为东北向余流。

表 4.2-20 大潮期间观测最大海流及流向（流速：cm/s，流向：°）

站号	表层		中层		底层	
	最大流速	相应流向	最大流速	相应流向	最大流速	相应流向
C1	16.2	234	21.1	212	18.0	355
C2	32.8	109	35.0	94	25.0	336
C3	39.0	86	32.4	105	24.5	343
C4	37.3	127	38.1	98	21.8	65
C5	44.0	147	34.3	141	33.9	324
C6	37.1	112	46.1	120	25.8	97
C7	94.7	118	55.2	115	32.0	307
C8	56.7	118	44.3	115	25.2	337
C9	26.1	148	32.4	44	21.6	322
C10	67.0	279	30.7	115	36.2	349
C11	84.3	230	71.4	237	25.4	48
C12	52.2	214	28.4	100	16.6	127
C13	72.9	185	45.0	275	17.0	57
C14	140.9	175	66.1	337	38.6	344
C15	49.1	279	26.8	105	17.8	336
C16	24.4	86	31.8	104	23.0	345

表 4.2-21 大潮期间各站各层余流及流向（流速：cm/s，流向：°）

站号	表层		中层		底层	
	流速	相应流向	流速	相应流向	流速	相应流向
C1	0.6	86	3.8	115	4.4	10
C2	7.3	197	15.4	50	9.2	30
C3	10.2	119	14.4	71	10	33
C4	14.5	123	15.7	64	7.3	33
C5	5.6	161	5.5	56	9.9	31
C6	15.5	92	14.5	66	11.9	54

C7	34.1	124	14.1	60	7.4	30
C8	17.7	129	8.1	66	5.6	357
C9	4.5	92	11.8	58	7.3	50
C10	21.2	263	12.6	85	9.4	52
C11	32.9	215	4.8	198	2.2	37
C12	22.6	211	10	59	4.1	64
C13	33.1	235	13.9	61	6	59
C14	36.9	176	1.7	57	6.5	57
C15	19.9	230	10.7	71	6.2	54
C16	12.7	64	12.7	63	9.5	60

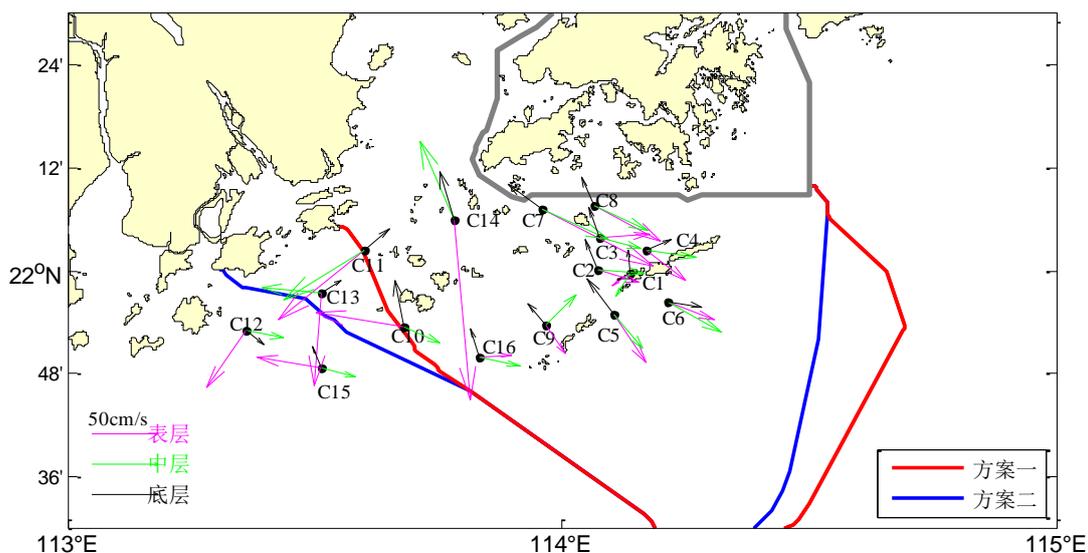


图 4.2-7 大潮期间观测最大海流分布图

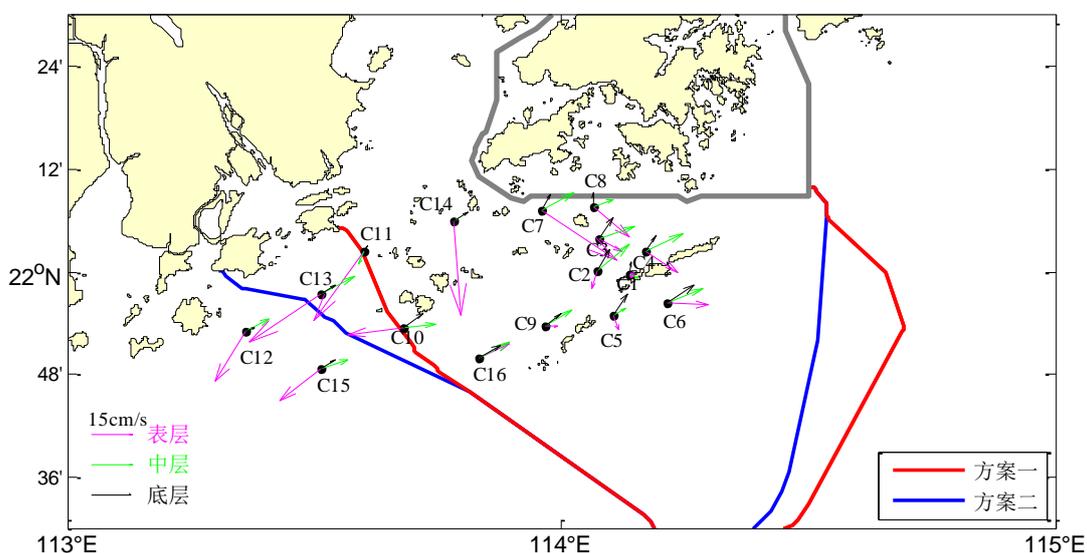


图 4.2-8 大潮期间余流分布图

## (2) 路由南段海域

海流特征采用 2012 年 7 月国家海洋局南海调查技术中心在铺前湾海域设置的 5 个站的大潮海流观测资料进行分析。表 4.2-22 给出了大潮观测期间的最大海流及对应流向，表 4.2-23 给出了大潮观测期间各站各层余流及对应流向，图

4.2-9 和图 4.2-10 给出了大潮观测期间的最大海流、余流的示意图。

由 S1~S5 号站海流统计结果可知，大潮期，观测到的最大表层流速为 132cm/s，流向为 86°，发生在 S4 站；中层最大流速为 135cm/s，流向为 89°，发生在 S4 站；底层最大流速为 111cm/s，流向为 96°，发生在 S5 站。

大潮期，路由海域表层余流介于 2.916.9cm/s，最大余流出现在 S5 站，最小余流出现在 S2 站；中层余流介于 1.914.8cm/s，最大余流出现在 S1 站，最小余流出现在 S2 站；底层余流介于 2.511.3cm/s，最大余流出现在 S5 站，最小余流出现在 S2 站。除 S4 站表层外，外各站的余流流向以偏西向为主。

表 4.2-22 大潮期间观测最大海流及流向（流速：cm/s，流向：°）

站号	表层		中层		底层	
	最大流速	相应流向	最大流速	相应流向	最大流速	相应流向
S1	72	286	89	291	79	131
S2	56	50	85	54	91	41
S3	94	253	115	76	108	73
S4	132	86	135	89	110	88
S5	131	87	131	96	111	96

表 4.2-23 大潮期间各站各层余流及流向（流速：cm/s，流向：°）

站号	表层		中层		底层	
	流速	相应流向	流速	相应流向	流速	相应流向
S1	12.1	276	14.8	279	6.1	300
S2	2.9	217	1.9	221	2.5	353
S3	3	317	6.6	231	6.1	227
S4	14.5	72	7.4	102	4.7	172
S5	16.9	324	13.8	251	11.3	246

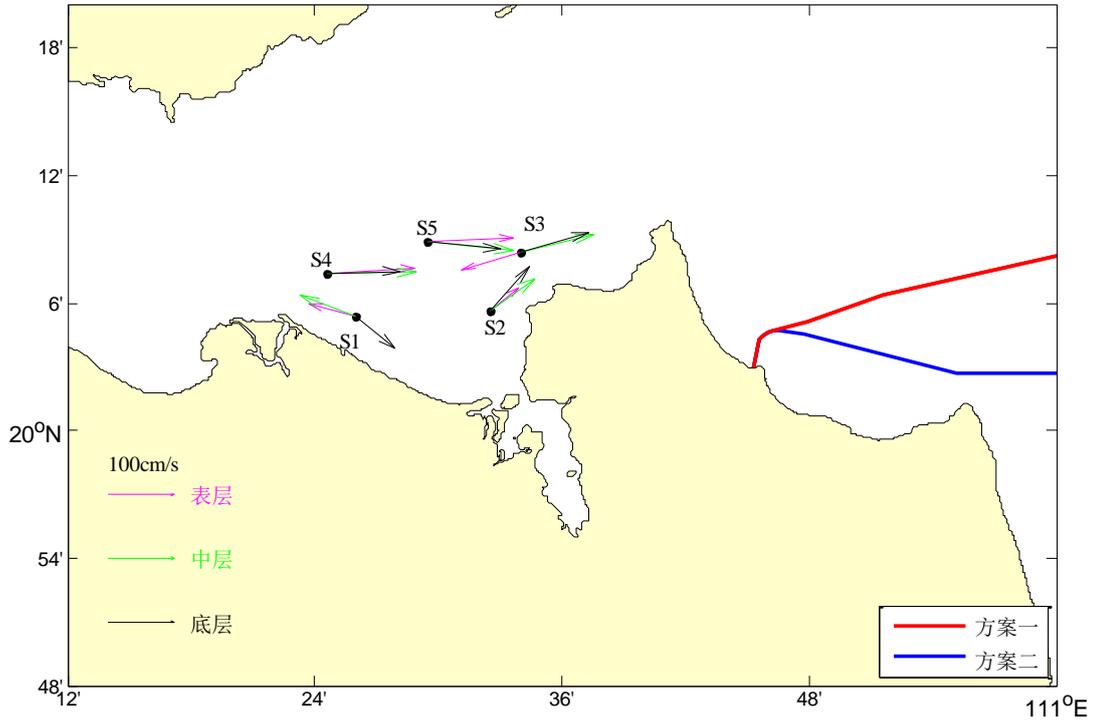


图 4.2-9 大潮期间观测最大海流分布图

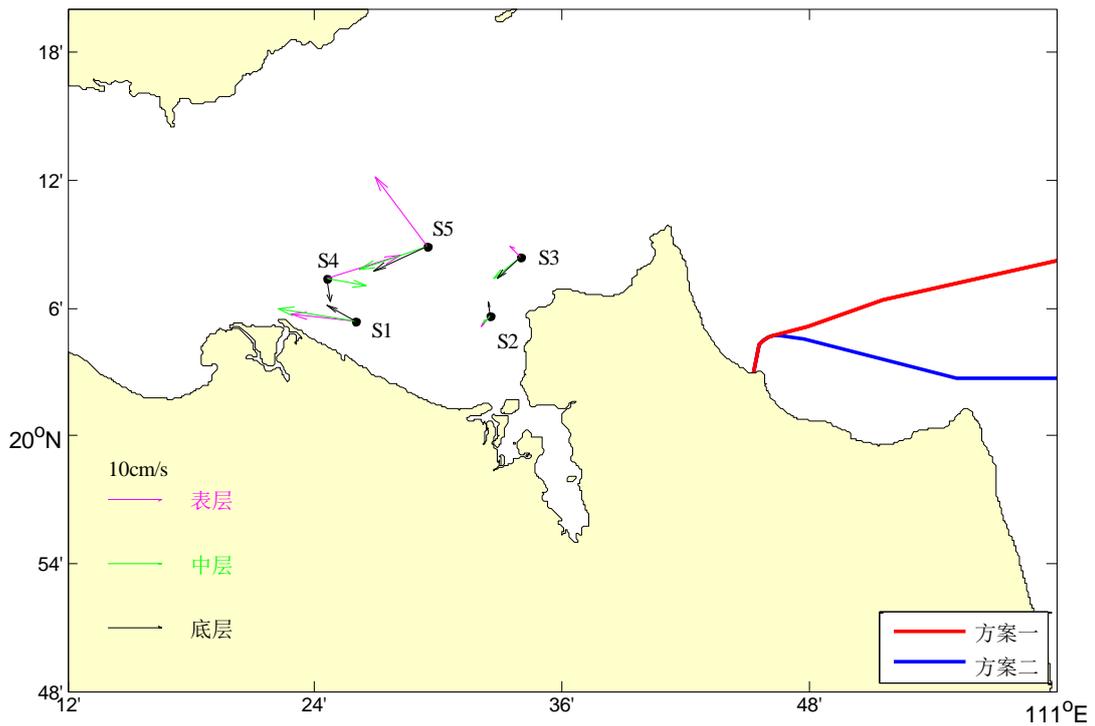
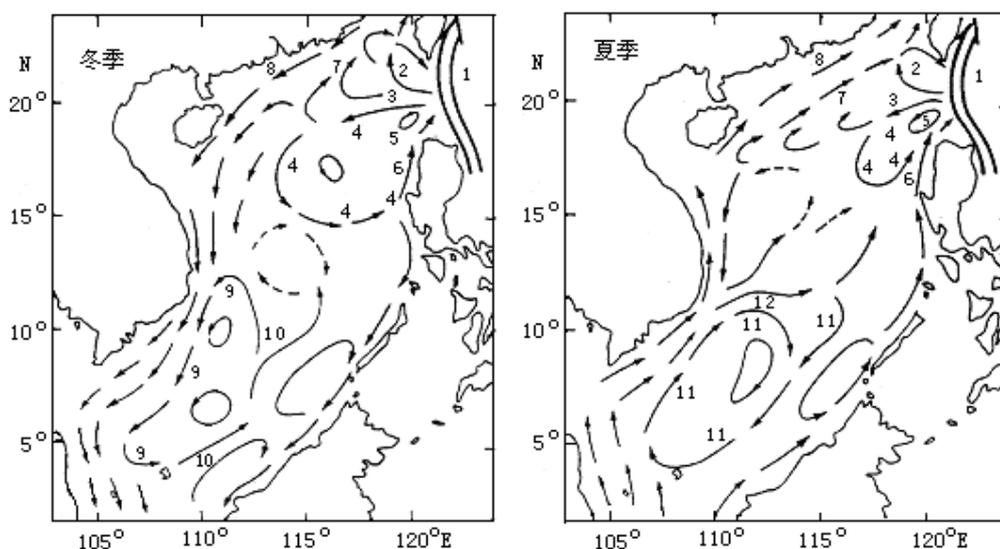


图 4.2-10 大潮期间余流分布图

(3) 环流



1、黑潮，2、流套，3、南海黑潮分支，4、吕宋西北气旋环流，5、吕宋西北气旋涡 6、吕宋沿岸流，7、南海暖流、8、广东沿岸流、9、南海南部气旋环流，10、巽他陆架离岸流  
图 4.2-11 南海环流示意图

从整体上讲，南海中、上层环流主要受季风影响，冬季表层流场为气旋型环流，夏季南海南部为反气旋环流，北部为气旋式环流。春秋两季处于季风转换期，这两个季节的海洋环流主要受前季遗留下来的海水质量场控制，但随着季风更替，流场迅速发生变化。南海北部环流主要受季风和黑潮入侵驱动，南部则主要受季风驱动。南海环流体系主要有沿岸流、南海暖流、黑潮入侵流套、东沙海流和吕宋海流，以及南沙海域各种中、小尺度涡旋组成。

广东沿岸有珠江冲淡水扩散，沿岸形成了河羽、沿岸流、沿岸水团及锋面等复杂的水文现象。黑潮自吕宋海峡入侵南海，部分水体沿陆坡西向输送，并与陆架水体相互作用，形成了复杂的流系。自广东沿岸向外海，传统的海洋学观点认为依次分布沿岸流、南海暖流及黑潮南海分支（或称为东沙海流）等流系（见图 4.2-11），南海暖流起源于海南岛以东，南海黑潮分支是其中一个主要的水体来源。

#### 4.2.2.4 海水温度

根据大万山海洋站 2018.5~2018.8 和 2019.1~2019.4 观测的表层水温资料统计（见表 4.2-24）。表层水温具有明显的季节变化，最高月平均表层水温出现在 8 月，为 29.5℃；最低月平均表层水温出现在 1 月，为 18.5℃。表层水温最高为 32.5℃，出现在 6 月，表层水温最低为 17.5℃，出现在 1 月。

表 4.2-24 大万山站月均表层水温（℃）

月份	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	全年

平均	28.3	29.1	29.1	29.5	-	-	-	-	18.5	19.7	21.5	24.8	25.1
最低	24.2	27.6	26.9	28.0	-	-	-	-	17.5	17.9	19.8	22.4	17.5
最高	32.4	32.5	32.1	32.1	-	-	-	-	20.6	21.7	23.8	29.1	32.5

根据海口海洋站 2018.6~2018.8 观测的表层水温资料统计（见表 4.2-25），6 月表层水温的分布范围为 27.1℃~31.3℃，平均水温为 29.2℃；7 月表层水温的分布范围为 27.8℃~31.9℃，平均水温为 29.3℃；8 月表层水温的分布范围为 27.0℃~31.4℃，平均水温为 29.3℃。

表 4.2-25 海口站月均表层水温（℃）

月份	6	7	8
平均	29.2	29.3	29.3
最低	27.1	27.8	27.0
最高	31.3	31.9	31.4

#### 4.2.2.5 海水盐度

根据大万山海洋站 2018.5~2018.8 和 2019.1~2019.4 观测的表层海水盐度资料统计（见表 4.2-26），最高月平均表层盐度出现在 2 月和 3 月，均为 34.2；最低月平均表层盐度出现在 8 月，为 22.4。表层盐度最高为 35.5，出现在 3 月，表层盐度最低为 7.6，出现在 4 月。

表 4.2-26 大万山站月均表层海水盐度

月份	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	全年
平均	25.7	24.2	25.5	22.4	-	-	-	-	33.5	34.2	34.2	27.7	28.4
最低	14.0	11.4	13.9	14.9	-	-	-	-	32.8	32.8	26.0	7.6	7.6
最高	35.1	31.8	31.3	30.3	-	-	-	-	34.5	35.3	35.5	35.0	35.5

根据海口海洋站 2018.6~2018.8 观测的表层海水盐度资料统计（见表 4.2-27），6 月表层盐度的分布范围为 12.4~33.2，平均盐度为 29.6；7 月表层盐度的分布范围为 22.8~34.2，平均盐度为 32.1；8 月表层盐度的分布范围为 16.4~33.3，平均盐度为 28.5。

表 4.2-27 海口站月均表层海水盐度

月份	6	7	8
平均	29.6	32.1	28.5
最低	12.4	22.8	16.4
最高	33.2	34.2	33.3

#### 4.2.2.6 泥沙运输

海域实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.0119kg/m<sup>3</sup> 和 0.0124kg/m<sup>3</sup>；涨、落潮平均含沙量：大潮为 0.0126kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.0144kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.0093kg/m<sup>3</sup>，

中潮最大，大潮次之，小潮最小。

冬季全潮水文测验期间潮段平均含沙量，大潮介于  $0.0096\sim 0.0239\text{kg/m}^3$  之间，中潮介于  $0.0091\sim 0.0301\text{kg/m}^3$  之间，小潮介于  $0.0077\sim 0.0119\text{kg/m}^3$  之间。大潮期间 S8 涨潮段含沙量均最大，为  $0.0239\text{kg/m}^3$ ；中潮期间以 S8 落潮段含沙量均最大，为  $0.0310\text{kg/m}^3$ ；小潮期间 S9 测站涨潮段最大，为  $0.0119\text{kg/m}^3$ 。

水体含沙浓度平面分布来看，观测海域垂线平均含沙量小于  $0.0121\text{kg/m}^3$ ，以东侧近岸的 S5 和 S8 站含沙量较高，其余各站间的差异也相对较小。

表 4.2-28 各测站涨、落潮段垂线平均含沙量统计表 ( $\text{kg/m}^3$ )

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
S1	0.0118	0.0125	0.0079	0.0107	0.0110	0.0131	0.0081	0.0107
S2	0.0140	0.0114	0.0104	0.0119	0.0142	0.0130	0.0106	0.0126
S3	0.0103	0.0101	0.0081	0.0095	0.0104	0.0105	0.0078	0.0096
S4	0.0103	0.0091	0.0081	0.0092	0.0096	0.0104	0.0091	0.0097
S5	0.0153	0.0195	0.0102	0.0150	0.0136	0.0198	0.0113	0.0149
S6	0.0100	0.0094	0.0097	0.0097	0.0100	0.0120	0.0091	0.0104
S7	0.0115	0.0112	0.0077	0.0101	0.0125	0.0135	0.0082	0.0114
S8	0.0239	0.0262	0.0084	0.0195	0.0187	0.0301	0.0098	0.0195
S9	0.0097	0.0121	0.0119	0.0112	0.0104	0.0161	0.0111	0.0125
平均	0.0130	0.0135	0.0092	0.0119	0.0123	0.0154	0.0095	0.0124

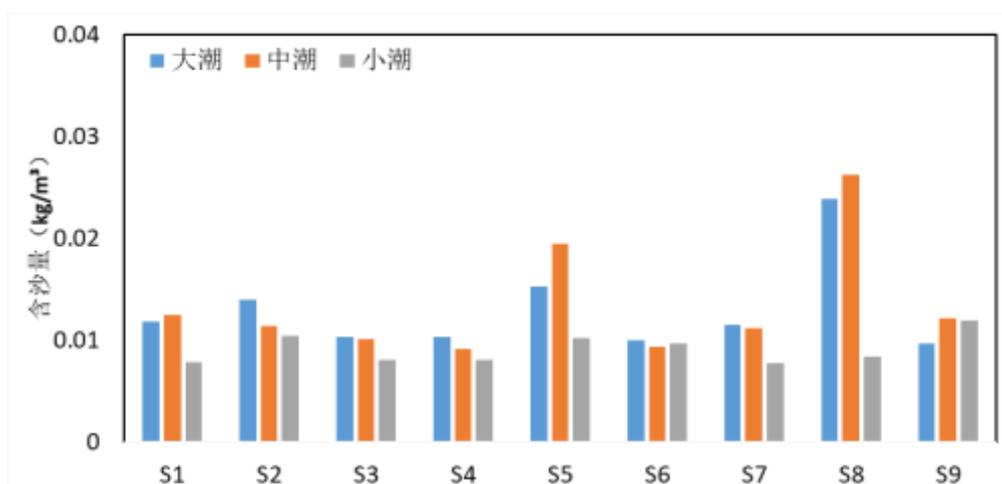


图 4.2-12 各测站涨潮段垂线平均含沙量柱状分布图

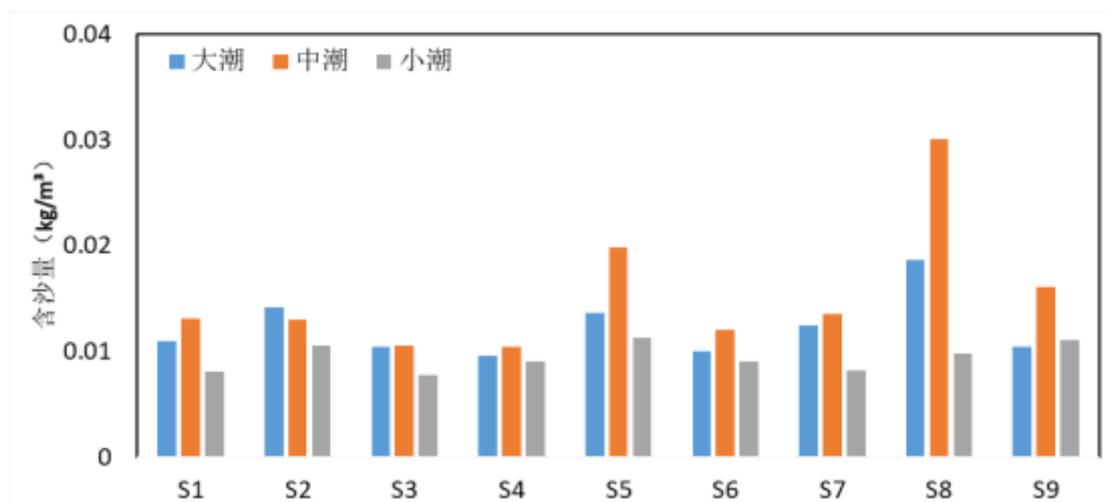


图 4.2-13 各测站落潮段垂线平均含沙量柱状分布图

### 4.2.3 小结

路由区主要位于南海东北部海域，属于典型的季风气候区，具有明显的亚热带气候特征，常年气候温和，光照充足，雨量较充沛，热量丰富，霜冻很少，但常有热带气旋和风等灾害性天气出现。路由北段海域年平均气温 24.3℃，月平均气温最高 29.8℃，出现在 6 月，月平均气温最低 16.7℃，出现在 2 月；多年平均相对湿度为 79.9%，年最小相对湿度为 16%；该海域多年雾日平均值为 9.2 天，雾日主要出现在冬季。路由南段海域年平均气温 25.6℃，月平均气温最高 29.5℃，出现在 6 月，月平均气温最低 19.8℃，出现在 2 月；多年平均相对湿度为 86%，年最小相对湿度为 46%；该海域多年雾日平均值为 3 天，雾日主要出现在冬季。

路由北段海域累年平均风速 2.4m/s，各月月平均风速相差不大，分布范围为 2.0~2.9m/s，常风向为 SSE 向，历年最大风速为 14.4m/s，极大风速为 24.5m/s，发生在 2017 年 10 月 15 日强台风“卡奴”经过时。路由南段海域累年平均风速 1.9m/s，各月月平均风速相差不大，分布范围为 1.3~2.8m/s，常风向为 NNE 向，历年最大风速为 11.6m/s，极大风速为 24.6m/s，发生在 2017 年 10 月 18 日强台风“卡奴”经过时。

该路由区域的热带气旋多集中在 18°N~21°N 偏东的南海洋面上，6 月~10 月份发生次数较多，1 月~3 月发生次数为 0。

路由北段海域平均潮位为 57cm，平均高潮位为 106cm，平均低潮位为 0cm，最高潮位为 246cm，最低潮位为-85cm，平均潮差为 106cm，最大潮差为 252cm。路由南段海域平均潮位为 68cm，最高潮位为 188cm，最低潮位为-84cm，平均潮

差为 113cm，最大潮差为 242cm。

路由北段海域年平均 H1/10 为 128cm，1 月月平均波高最大，为 140cm，4 月月平均波高最小，为 95cm；历年最大波高为 450cm，波向为 158°；年平均周期为 5.1s，最大周期为 12.0s。路由海区常浪向为 SE 向，次常浪向为 ESE 向。路由南段海域年平均 H1/10 为 52cm，12 月月平均波高最大，为 77cm，6 月月平均波高最小，为 20cm；年最大波高为 564cm，波向为 49°；年平均周期为 4.3s，最大周期为 12.0s。路由海区常浪向为 NE 向，次常浪向为 ENE 向。

路由北段海域大潮期观测到的表、中、底层最大流速分别 140.9cm/s、71.4cm/s、38.6cm/s。大潮期表、中底层最大余流分别 36.9cm/s、15.7cm/s、11.9cm/s。路由南段海域大潮期观测到的表、中、底层最大流速分别 132cm/s、135cm/s、111cm/s。大潮期表、中底层最大余流分别 16.9cm/s、14.8cm/s、11.3cm/s。

路由北段海域最高月平均表层水温出现在 8 月，为 29.5℃；最低月平均表层水温出现在 1 月，为 18.5℃。路由南段海域 6 月至 8 月的表层水温分布范围为 27.0℃~31.9℃。

路由北段最高月平均表层盐度出现在 2 月和 3 月，均为 34.2；月平均最低表层盐度出现在 8 月，为 22.4。路由南段海域 6 月至 8 月的表层盐度分布范围为 12.4~34.2。

### 4.3 路由区海底腐蚀性环境

从腐蚀的角度,海洋环境被划分为 5 个腐蚀区带即海洋大气区、浪花飞溅区、潮差区、全浸区、海底泥土(海底沉积物)区。光缆埋设或放置在海底,腐蚀的主要发生区是在全浸区和海底泥土(海底沉积物)区,并且主要可能发生的是海水腐蚀、海底沉积物腐蚀。

海底沉积物的腐蚀因子主要包括沉积物温度、类型(粒度)、pH、电阻率、含盐量、溶解氧、硫酸盐还原细菌(SRB)、氧化还原电位(Eh), 硫电位(Es),  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  及有机物含量等,电光缆埋设或放置在海底,与海底沉积物直接接触,海底沉积物中的腐蚀性因子会与海缆外护层发生腐蚀作用而造成海缆腐蚀破坏。海缆项目预选取路由区经过南海广阔的大陆架,目前关于路由区沉积物腐蚀环境要素的调查成果至目前报道甚少,路由区香港近岸段主要根据 2015 年 AAE-1 海底光缆路由勘察腐蚀调查资料分析,路由其余区域则主要利用《中国近海及邻近海域海洋环境》的资料分析。

#### (1) 主线香港附近海域路由近岸段海域

根据 AAE-1 路由勘察报告,共获取 11 个柱状样共 45 样品,调查要素共 8 类,分别为温度、pH、Eh、电阻率、硫化物、有机质、硫酸菌含量及粒度。香港近岸段的沉积物类型主要是粘土质粉砂、粉砂和砂,前两者主要分布在 100m 以浅海域,100m 以深外陆架海域的主要是砂质沉积物,其他要素统计值见表 4.3-1。

表 4.3-1 各腐蚀因子统计值

项目	T/°C	$\rho/\Omega\cdot\text{cm}$	硫酸盐还原菌 个/g	硫化物 mg/kg	有机质 %	pH	Eh/mv
平均值	24.6	490	15.7	1.9	0.64	8.51	196
最大值	27.5	949	120	24.3	0.91	8.87	324
最小值	21.5	177	未检出	未检出	0.49	8.23	-124

由上表可见,该区域的硫酸盐还原菌数量、硫化物、有机质和氧化还原电位平均值均较低,对光缆腐蚀性较低,但温度、pH 等条件均较适合硫酸盐还原菌的生长,且硫酸盐还原菌最大值为 120 个/g 样品,光缆铺设是一定要做好相应防护措施。

#### (2) 南海北部陆架海域(路由区)

从《中国近海及邻近海域海洋环境》中选择对海底光缆有一定影响的沉积物

类型、有机质和硫化物（ $S^{2-}$ ）含量对路由区腐蚀环境进行分析。

南海海域硫化物含量很低，低值区分布在陆坡区、台湾浅滩西南侧区域以及深海盆地区。含量小于 12.0 mg/kg，高值区分布在巴拉望岛西北方，含量大于 36.0 mg/kg。大陆架硫化物含量为 12.0~30.0mg/kg，平均含量为 17.5mg/kg，大陆坡含量最小，小于 12.0mg/kg，平均值为 10.8mg/kg，深海盆又略有增高，地平均值为 14.2mg/kg。硫化物含量分布的基本趋势为大陆架大于深海盆地，而深海盆地又大于大陆坡。由于沉积物中硫化物是在还原条件下硫酸盐被厌氧细菌还原的产物，因此，沉积物的氧化还原特性对硫化物含量与分布影响很大。南海沉积物与其他深海一样，处于氧化状态，因此南海沉积物中硫化物含量较低。

南海海域有机质含量介于 0.16%~2.41%之间，平均值 1.09%，区域变化较小。有机质含量小于 0.6%的低值区分布在台湾浅滩西南侧、海南岛东南侧至神狐暗沙、一统暗沙之间的 500m 水深以浅陆架区及其他陆架 200m 水深以浅区域。有机质含量大于 1.30%的高值区主要分布在西部陆坡区以及深海盆地北部。其他区域的有机质含量介于 0.6%~1.3%之间。总体分布趋势为：大陆架含量低，平均 0.54%，由大陆架向陆坡方向呈明显上升趋势，大陆坡的平均值约为 1.18%，深海盆地的平均值约为 1.14%。

海缆项目路由区内水深小于 140m 的陆架区，有机质含量在 0.6~0.95% 之间，含量最小；水深在 200~3000m 的陆坡区，有机质含量稍高，约在 0.95~1.3% 之间；大于 3000m 水深至深海盆地区域，有机质含量在 1.3% 左右。海缆项目路由内有机质含量基本在正常范围。

海缆项目路由主要在南海北部陆架海域，所在主要会受到海水腐蚀和沉积物腐蚀的影响：路由区的海底腐蚀对光缆的整体影响较小。根据光缆施工的经验，轻型光缆的外层防腐层物质主要为天然中密度聚乙烯和阻水填充物。中密度聚乙烯可抗常规浓度硫化氢的腐蚀；阻水填充物可防止里面金属钢线被腐蚀。铠装光缆的外层防腐层金属钢线镀锌和沥青尼龙线。沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀，金属钢线镀锌可避免光缆接头处的金属线被腐蚀。其它光缆连接装置材料，其外部保护外壳均为铜合金，不需要阴极镀层保护即可起到防腐作用。

此外，结合本光缆项目的运营期限，建议选择合适的海底光缆的防腐材料与方式，使海底腐蚀环境对海缆的威胁影响降至最低，光缆按 25 年以上海水腐蚀设计，保证运营期内光缆内的金属物质不会腐蚀溶解。

## 4.4 路由区海洋开发活动

海缆项目评价范围内, 现有海域开发利用活动主要涉及渔业活动、等海底管线, 海上航道航线, 海底矿产资源开发活动以及填海造陆等海洋开发活动, 避开了港口、锚地、海上风电场、清废区和挖泥区等海洋开发活动区域。

### 4.4.1 渔业活动

#### 4.4.1.1 路由经过的渔场和渔区

海缆项目路由穿越了珠江口渔场、粤东渔场、东沙渔场、担杆-大星山渔场、泥口渔场、万山底渔场、三门外渔场、上六十渔场, 如图 4.4-1 所示。

##### (1) 珠江口渔场

珠江口渔场位于  $20^{\circ}45'N\sim 23^{\circ}15'N$ 、 $112^{\circ}00'E\sim 116^{\circ}00'E$  之间水域, 面积约  $74300\text{km}^2$ 。水深  $30\sim 76\text{m}$ 。主要捕捞对象为蓝圆鲹、金色小沙丁鱼、黄鲷、圆腹鲱、鲑鱼、竹荚鱼和深水金线鱼等, 常见作业方式为拖网、拖虾、围网、刺网、延绳钓等, 主要作业时间为 12 月至翌年 4 月。

##### ①拖网渔场

主要分为两个区域, 其中  $114^{\circ}E$  以东、水深  $28\sim 120\text{m}$  水域为汕尾秋汛拖网渔场的一部分, 渔获期为 9 月~12 月, 汛期为 10 月~11 月;  $114^{\circ}E$  以西、水深  $20\sim 90\text{m}$  水域为粤西浅海拖网渔场的一部分, 渔期为 2 月~6 月和 9 月~12 月, 旺汛期为 9 月~12 月。

##### ②围网渔场

位于蚊洲尾至乌猪水深  $25\sim 80\text{m}$  之间水域, 为广东著名的万山春汛围网渔场。汛期为 12 月至翌年 4 月, 旺汛期为 2 月~3 月, 渔获种类有蓝圆鲹、金色小沙丁、竹荚鱼、蓝子鱼等。

##### ③拖虾场

主要分为五个部分。广海一崖门浅海虾场, 位于上川岛以北广海湾至崖门口一带水深  $5\text{m}\sim 15\text{m}$  水域, 汛期为 4 月~11 月; 高栏近海虾场, 位于高栏列岛以南水深  $10\text{m}\sim 30\text{m}$  水域, 汛期为 4 月~11 月; 珠江口浅海虾场, 位于伶仃水道两侧港湾水深  $10\text{m}$  以浅水域, 汛期为 4 月~9 月; 大鹏湾虾场, 位于大鹏湾内  $28\text{m}$  水深以浅水域, 汛期为 3 月~10 月; 大亚湾渔场, 位于大亚湾内  $17\text{m}$  水深

以浅水域，汛期为5月~8月。

### (2) 粤东渔场

粤东渔场位于22°00'N~24°30'N、114°00'E~118°00'E之间水域，水深30~70m，底质为砂和淤泥。渔获物主要为蓝圆鲹、竹荚鱼、大眼鲷、中国枪乌贼等，渔捞方式是拖网、拖虾、围网、刺、钓等。

### (3) 东沙渔场

东沙渔场位于19°30'N~22°00'N、114°00'E~118°00'E之间水域，水深30m~1650m，面积约115314km<sup>2</sup>，分为粤东外海渔场、粤东大陆架边缘渔场、粤东大陆坡渔场和东沙群岛附近海域渔场。

粤东外海渔场位于水深60~200m水域，为竹荚鱼主要产卵场和幼鱼索饵场。渔汛期7月~11月和2月~4月，其中8月~9月产量最高。渔获物主要为竹荚鱼、蓝圆鲹、深水金线鱼、黄鳍马面鲀、多齿蛇鲻、枪乌贼等。粤东大陆架边缘渔场位于水深200~400m之间水域，渔汛期9~11月。渔获物主要为瓦氏软鱼、竹荚鱼、脂眼二鳍鲳等。在水深280~400m水域有较为丰富的虾类资源，汛期1月~5月。粤东大陆坡渔场位于水深400~600m水域，虾类较多，主要为长肢近对虾和拟须虾等，汛期4月~7月。东沙群岛附近海域渔场，该渔场中上层鱼类资源较为丰富，渔获物主要为蓝圆鲹、红背圆鲹等，但是不适宜拖网生产。较为适合的渔捞方式是采捕和刺钓，渔获物为石斑鱼、龙虾等。



图 4.4-1 路由区渔场分布

#### 4.4.1.2 路由区海洋捕捞方式

##### (1) 登陆段海洋捕捞方式

珠江口及粤东海域是多种经济鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类等渔业资源种类的繁育场，在渔业上占有极其重要的地位，水域内 20m 水深以浅的范围是法定的幼鱼、幼虾保护区。香港登陆段附近海域位于珠江口咸淡水区域、粤东海域和东沙海域，历来是渔业生产的重要场所。

走访调查发现，该海域渔业生产中，最常见的渔捞方式主要有：双拖网、单拖网、桁杆拖网、延绳钓、刺网、围网、张网等。双拖网、单拖网、桁杆拖网、延绳钓、刺网等作业时对海底光缆的影响较小。其中，双拖网作业时与海底面有时会有接触，但因为渔具重量轻，因而对裸露在海底的光缆几乎没有威胁；拖虾时会对海底表面产生轻微的肤浅的扰动，对于海底光缆的安全不会产生明显的威胁；桁杆拖网作业时与海底没有接触，因而不会影响海底光缆；延绳钓作业对海底光缆的安全没有直接威胁，但是会给光缆的敷设施工带来一些不便；张网打桩和抛锚作业过程中会对海底光缆的安全产生较大的威胁，但是根据本评价第

4.2 小节分析，海缆项目近岸段（不包括香港海域）光缆路由经过海区可能不宜进行张网作业，实际调查中也暂未在该海区发现有张网作业渔船。

综上所述，登陆段附近海域海底光缆受到单拖网作业的威胁较大，尤其是单拖网作业对钢板对光缆威胁为最大，且其活动范围一般在水深 200m 以浅区域。

## （2）南海北部陆架海洋捕捞方式

### ①底拖

现有数据显示，南海的拖网作业主要在 200m 水深以浅，因此，在海底光缆的使用期内，底拖作业进入南海海盆深水区可能性很小，对于水深大于 200m 的浅埋海底光缆来说，来自于拖网作业的危险较小。

### ②型围网捕鱼

大型围网由 2 艘~3 艘机动船一起进行作业。开始时，三船成三角形分散，灯光船把水上、水下灯光全部打开诱鱼，当鱼群被诱集后，由围网船放网把鱼群和灯光全部围起来。然后，灯光船将灯熄灭驶到围网外，最后开始收网。

围网船放、收网时，渔船及舢板分别在围网的附近，围网长约 800~1000m，有的长达 1200m。

单船围网作业多为左舷放网，船首方向选择的基本原则是：当放网结束后，使围网船左舷受风右舷受流。放网时一般用慢或中速，很少用快速。捕鱼作业时，起放网约需 1 小时，灯光诱鱼约需 3 小时。

### ③灯光罩网捕鱼

作业方式是通过诱鱼灯将具有趋光特性的鱼群，引向渔船，当大量的鱼群逐渐靠近渔船的时候，船上渔民将灯光逐步减少到只剩下几盏将鱼群引诱集中到船底下方，这时候渔民将一张 80m×40m 的渔网从水面放下，将鱼群包裹起来，然后收拢渔网将鱼捞到船上。它的优点是：第一、不像传统围网渔船需要大量渔民到小艇上作业，因此操作更加安全可靠。第二、该船型能免除过去围网时需要多人用小艇出去围网等消耗人力、物力等的作业方式，实际操作中只需 5-6 人即可进行捕捞作业，而相同船长的围网作业渔船就需要近 20 人。第三、操作简单，收放网时间短，捕捞鱼货品种多、产量高、油耗低。而且，它所捕获的主要是海洋中的上层鱼资源，从而可以相对减轻对海洋资源的破坏力。符合“安全、经济、节能、环保”等要求。

### 4.4.1.3 路由区海洋养殖

调查发现预选支线路由横琴登陆点附近无养殖情况，根据广东省深水网箱养殖规划，路由区养殖规划主要位于珠江口外侧伶仃岛、担杆列岛附近，海缆项目路由方案避开了深水网箱养殖规划区域，具体见图 4.4-2。

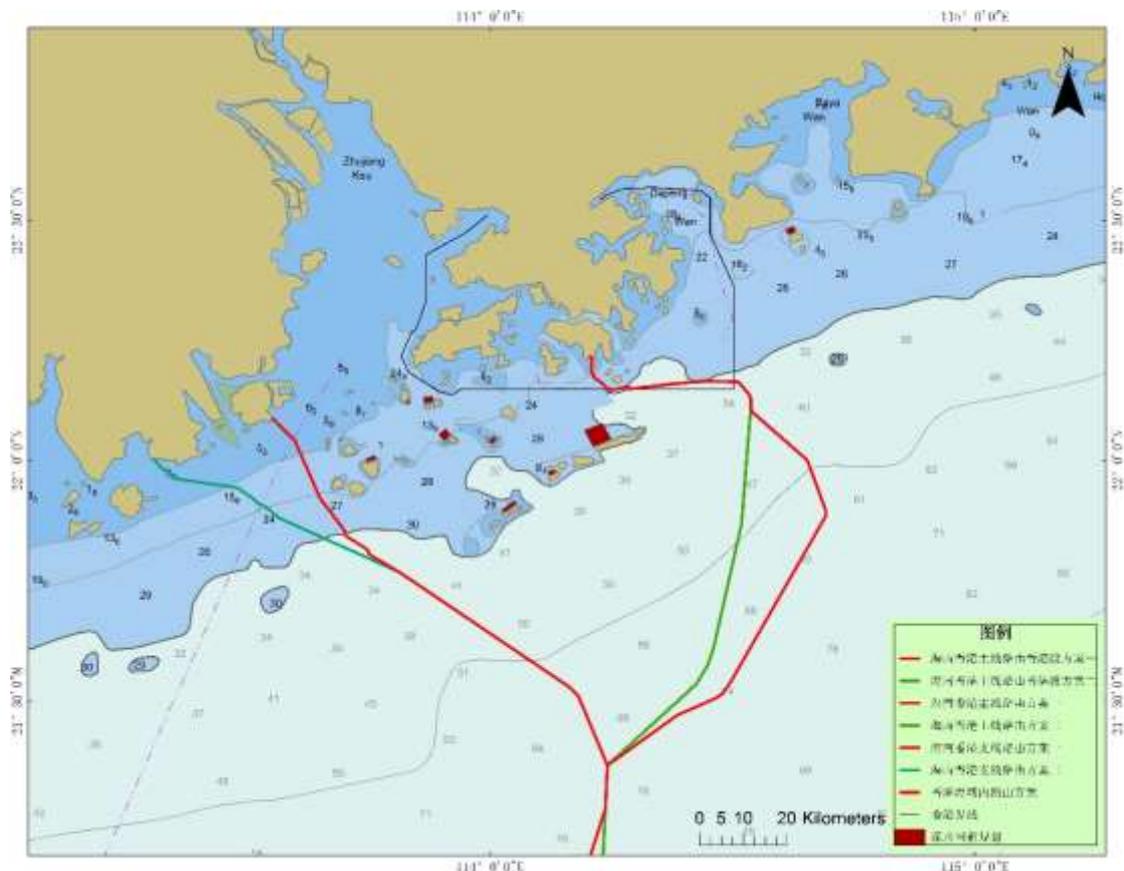


图 4.4-2 路由区深水养殖分布图

## 4.4.2 海上交通

### 4.4.2.1 主要港口

#### (1) 香港登陆段附近海域港口情况

香港作为国际重要而繁忙的信息港，已建有多条通往世界其他国家和地区的國際海底通讯光（电）缆，这些海缆基本在大屿山的塘福、香港岛深水湾、将军澳三个国际海缆登陆站登陆，当中有许多已经弃用。据不完全统计从上个世纪 60 年代至今，进出香港并穿越中国南海海域的国际海缆系统多达 20 多个，并且仍在继续增加。这些海缆一部分折向偏东方向经台湾岛南面海峡后转向偏东北方向至台湾、上海、韩国、日本，一部分转向东南或偏南方向到达菲律宾、马来西亚、新加坡和越南等地。

香港毗邻珠江三角洲，早已是华南地区的转口港，再加上自然的深水港，是靠泊船只的天然避风港。经过多年发展，现已蜕变为一个世界一流的货柜港。

香港成为货柜港已将近 40 年，成为全球最繁忙和最高效率的国际货柜港之一，在 2011 年处理了 2440 万个 20 呎长标准货柜箱。香港也是全球供应链上的主要枢纽港，能提供每周约 440 班货柜船班次，往返全球约 500 个目的地。

港口一直是香港繁荣和经济发展的要素，处理的货运量约占全港总货运吞吐量的 89%。货柜港不但对本港极为重要，对全球工业发展最蓬勃地方之一的华南地区，也同样重要，香港所处理的货柜运输业务，约有 70% 与华南地区有关。

港口主要货物装卸设施包括货柜码头、内河货运码头、中流作业区及公众货物装卸区。支援设施包括船坞、避风塘等。

香港的货柜码头座落于葵涌-青衣港池，一共有九个码头，由五间营运商管理和营运。九个码头占地 279hm<sup>2</sup>，提供 24 个泊位共 7694m 深水堤岸。葵涌-青衣港池水深达 15.5m，货柜码头总处理能力每年逾 1900 万个标准货柜箱。在 2011 年，葵涌-青衣货柜码头的吞吐量达 1740 万个标准货柜箱，占全港口货柜吞吐量 71%。余下 29% 的货柜则在中流作业区、内河货运码头、公众货物装卸区、浮泡和碇泊处及其他私人货仓码头处理。

## (2) 珠海登陆点附近港口情况

珠海港已形成包括西部的高栏港区、东部的桂山港区以及九洲、香洲、唐家、洪湾、井岸、斗门等港区的港口格局，其中高栏和桂山为深水港区，其它为中小泊位区。

高栏港区是珠海港的主体港区，目前已开发南迳湾和南水两个作业区。南迳湾作业区已成为珠江三角洲地区油气品转运基地，南水作业区已依托电厂、钢厂等建成企业专用码头及公用码头。

桂山港区位于珠江出海口的万山群岛，是珠海港承担珠江三角洲地区油品水水转运的作业区和香港矿建材料供应的出口区。

九洲港区是以城市生产生活物资运输、客运及对香港集装箱喂给为主的港区，地处珠海市区相对繁华地带，港区发展受城市制约，需要逐步调整货运功能。

香洲、唐家港区位于珠江口西岸，斗门、井岸、洪湾港区位于内河水道，主要为珠海城市建设、生活物资运输和少量喂给香港的集装箱运输及陆岛交通服务。建设有千吨级以下生产性泊位。

### (3) 文昌登陆点附近港口情况

经先期资料查阅，文昌登陆点附近无大型港口。

#### 4.4.2.2 主要航道航线

香港是世界上最繁忙的港口之一，该地区长时间以来是中国进出口货物的重要商港，并且大多数交通均以海运方式进行。在 1995 年，每日平均约有 112 艘货轮和 476 艘内河船进出港口。目前，每天经过主要航道前往香港和广州的船只数目超过 150 艘，或平均每 10 分钟有一艘经过东博寮水道，最高通航密度可达 300 艘/天。而南丫岛以南为提供前往珠江上游船只的下锚区，亦是等候进入香港的一般船只锚地。

进出香港特别行政区的主要航线有：广州-香港、香港-澳门、香港-上海、香港-汕头、香港-横滨、香港-高雄、香港-马尼拉和香港-新加坡等。路由主线方案（香港海域边界外）不穿越航道，穿越了广州-汕尾航路、广州-青岛航路、香港-马尼拉航路、广州-新加坡航路、胡志明市-香港航路、湛江-新加坡航路，距离青担航道较近，具体见表 4.4-1。支线路由预选方案都穿越了荷包岛南航道、海口-广州航路、湛江-香港航路、广州-新加坡航路、胡志明市-香港航路，路由方案附近有十字门水道、交杯沙水道和鸡啼门出海航道，具体见表 4.4-2 和图 4.4-3、图 4.4-4。

表 4.4-1 主线路由附近航路

序号	航道/航线名	与路由方案一相对位置
1	广州-汕尾航路	穿越
2	广州-青岛航路	穿越
3	香港-马尼拉航路	穿越
4	广州-新加坡航路	穿越
5	胡志明市-香港航路	穿越
6	湛江-新加坡航路	穿越
7	青担航道	北侧 3km

表 4.4-2 支线路由附近航路

序号	航道/航线名	与路由方案一相对位置
1	荷包岛南航道	穿越
2	交杯沙水道	西侧 7km
3	鸡啼门出海航道	西侧 29km
4	湛江-香港航路	穿越
5	海口-广州航路	穿越
6	广州-新加坡航路	穿越

7	胡志明市-香港航路	穿越
---	-----------	----

### (1) 珠江口附近航路

珠江口外的岛屿周围有些礁石，但水道、航门附近障碍物不多，各岛屿也孤立易认，便于船舶航行。国内船舶欲经担杆水道驶往广州港、深圳港西部港区、桂山引航锚地，经香港东博寮海峡驶入维多利亚港的船舶，或经担杆水道穿过万山群岛驶往湛江、海口的船舶，驶至 22°08.1'N、114°21.5'E（该点为第 1 警戒区中心位置，警戒区水域半径 1.2 海里）后，按去向有三条航线。其一为驶过担杆水道、驶往广州港、桂山引航锚地、深圳港和维多利亚港；其二为驶往桂山引航锚地等待引航、检疫；其三为穿过万山群岛驶往湛江、海口方向。

担杆水道是华南沿海的水上交通要道之一，每天数以千计的大小船舶从该水道通过。担杆水道东端与珠江口东部口门相连接，西端和大濠水道定线制水域相连接，南侧与珠江口南部口门连接，北侧连接香港水域。担杆水道宽约 6n mile，水深 25m 以上，底质为泥及泥沙。担杆水道定线制由第一分隔带、第二分隔带、通航分道、沿岸通航带、第一警戒区、第二警戒区组成，其中，分隔带宽度为 0.5n mile，分隔带两侧各 0.5n mile 的水域为通航分道。

第一分隔带为以下各点连线范围：22°08'18"N/114°20'14"E、22°08'18"N/114°15'23.4"E、22°07'47.9"N/114°20'14"E、22°07'47.9"N/114°15'23.4"E，长约 4.5n mile。第二分隔带为以下各点连线范围：22°08'18"N/114°11'45.6"E、22°08'18"N/114°06'27"E、22°07'47.9"N/114°11'45.6"E、22°07'47.9"N/114°06'27"E，长约 5 n mile。北侧分道定为西行通航分道，南侧分道定为东行分道。通航分道北侧边界与邻近香港海岸之间的水域为沿岸通航带。第一警戒区和第二警戒区在通航分道之间，前者设在以 22°08'03"N、114°21'30"E 为中心、半径为 1.2n mile 的水域内，后者设在以 22°08'03"N、114°13'34.5"E 为中心、半径为 1n mile 的水域内。

中国政府禁止非中国国籍船只在担杆水道内、担杆列岛和万山群岛包围海域及珠江口水域航渡。因此，国际航运是通过蒲台列岛南部或者北部水域，经由东博寮水道或者西博寮水道到达香港港的。另外一条通过鲤鱼门至香港岛海港北部的航路因为维多利亚港密集的船只虽不甚理想，但也可供那些前往维多利亚港附近停泊或设置浮标的船只航渡用。

担杆水道实施分道通航，是珠江口船舶定线制的重要组成部分，与进出香港维多利亚港的东博寮水道、西博寮水道、蓝塘水道交汇。

#### (2) 珠江口至湛江航路

国内船舶从珠江口至湛江有外航路和内航路可供选择。外航路经内伶仃岛西侧，桂山岛西侧、从小蒲台岛南方出海，经上、下川岛南方到达湛江。内航路经内伶仃岛西侧，从小蒲台岛西方出海，经上、下川岛及南鹏岛北方到达湛江。吃水 4m 以上的船舶以外航路作为主要航路。外籍船舶出桂山引航锚地按指定航线驶至  $21^{\circ}37'29''\text{N}$ ， $113^{\circ}37'47''\text{E}$ ，转航向  $258^{\circ}$ ，航程 168 海里，至碓洲岛灯塔方位  $234^{\circ}$ 、距离 13.4 海里处，然后选择适当航向驶往龙水岭航道内的湛江港第一引航锚地或南三岛西航道内的湛江港第二引航锚地。

#### (3) 珠江口至琼州海峡航路

珠江口至海口及通过琼州海峡驶往北部湾诸港的船舶，驶至琼州海峡东口有两条航线，分别为琼州海峡北水道和中水道。外籍船舶欲通过琼州海峡一律使用中水道。外籍船舶出桂山引航锚地按指定航线驶至  $21^{\circ}37'29''\text{N}$ ， $113^{\circ}37'47''\text{E}$ ，然后直驶琼州海峡中水道 1 号灯浮标。

#### (4) 珠江口至三亚航路

珠江口至三亚的航线有两条。一是直接航至大洲岛东方，再驶往三亚港；另一条是经海南岛东岸驶往三亚。

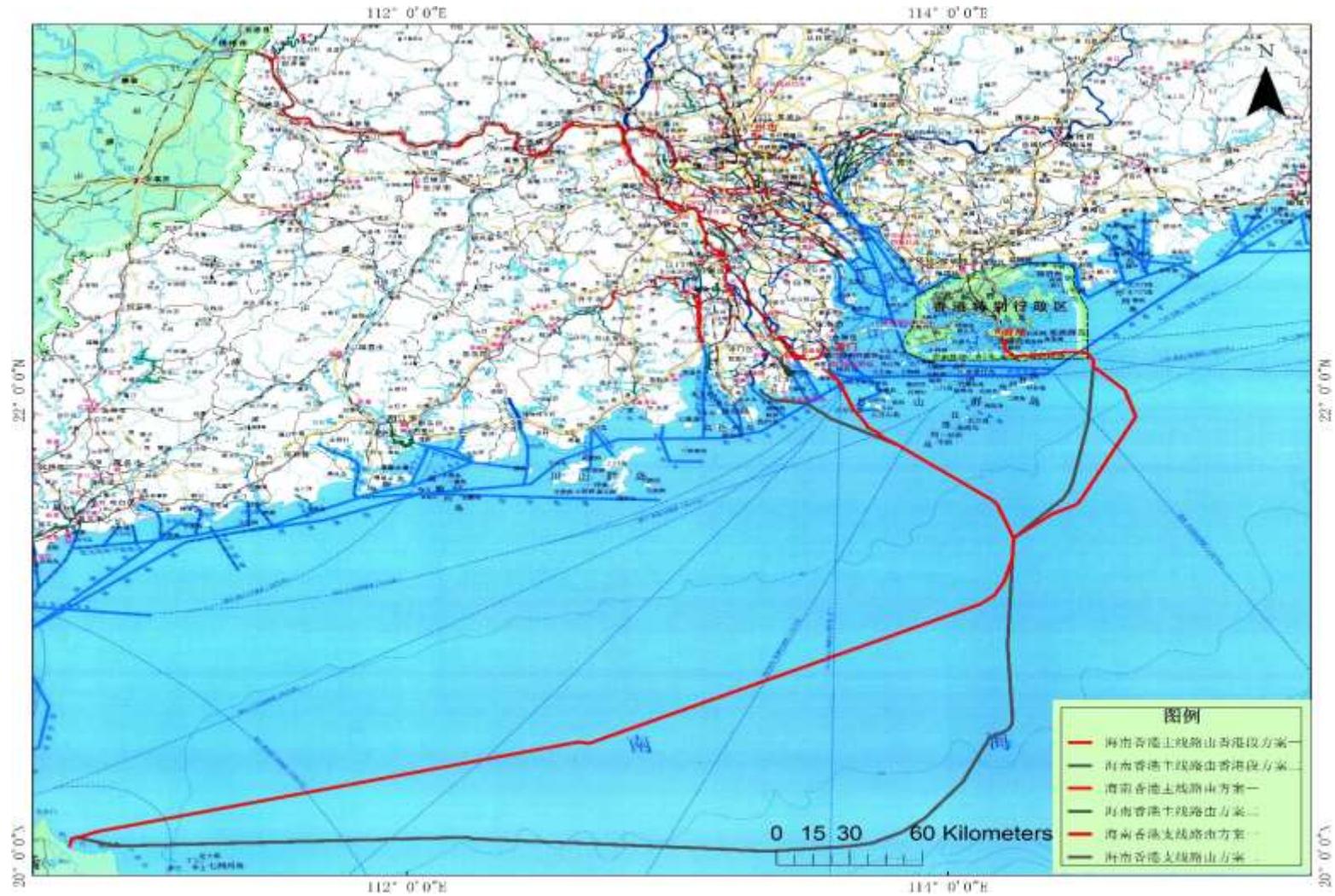


图 4.4-3 路由区海域航道航路分布图

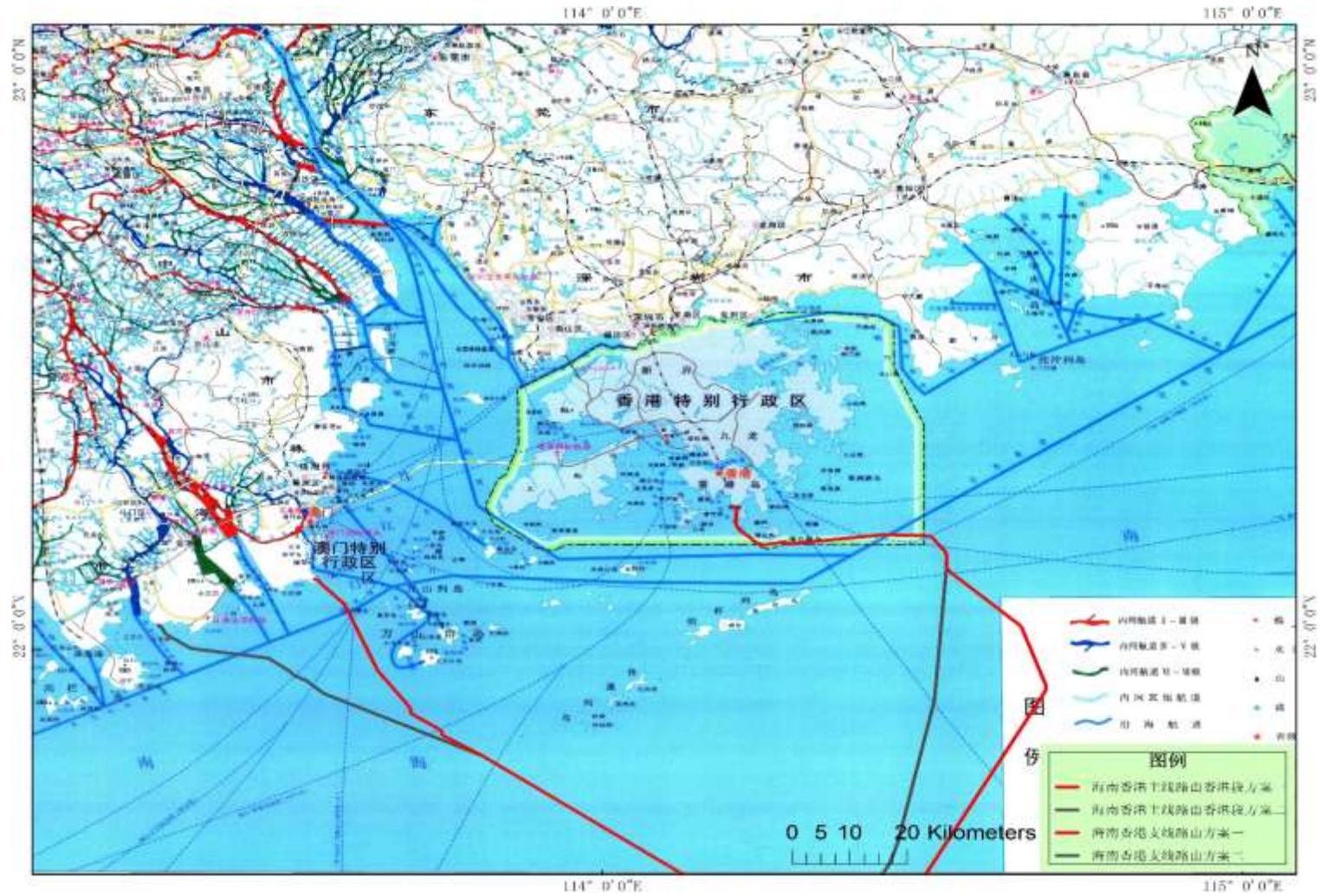


图 4.4-4 路由区珠江口海域航道航路分布图

#### 4.4.2.3 锚地

船舶抛锚是现代光缆遭受损害的一个重要原因,大部分海底光缆故障是由于渔船和商船的锚引起的。海底光缆香港登陆段附近的锚地主要有3个,即南丫岛西南锚地、南丫岛南危险品锚地和南丫岛东南锚地,路由附近广东省水域的锚地主要有5个,即外伶仃作业区引航锚地(编号:14WL)、外伶仃过驳作业锚地(区)(编号:15WL)、担杆列岛超大型船舶过驳锚地(编号:10DG)、外伶仃岛以北石油钻井平台和船舶临时停泊锚地(功能区编号:1.3.104)和珠江口石油钻探船舶避风锚地(功能区编号:1.3.106)。各锚地位置等见表4.4-3和图4.4-5。预选路由避开了上述锚地,相互没有影响。

表 4.4-3 香港登陆段附近锚地位置

名称	功能	编号	WGS84 坐标(北纬,东经)	面积(km <sup>2</sup> )	底质	海图水深(m)
南丫岛南危险品锚地			22°10'18.5", 114°08'56.8" 22°09'24.5", 114°08'56.8" 22°09'24.5", 114°08'08.8" 22°10'18.5", 114°08'08.8"	2.3	泥	21-22
南丫岛东南锚地			22°10'18.5", 114°10'08.8" 22°09'24.5", 114°10'08.8" 22°09'24.5", 114°09'08.8" 22°10'18.5", 114°09'08.8"	2.9	泥	21-22
南丫岛西南锚地			22°10'18.5", 114°07'56.8" 22°09'24.5", 114°07'56.8" 22°09'24.5", 114°07'08.8" 22°10'18.5", 114°07'08.8"	2.3	泥	21-22
担杆列岛超大型船舶过驳锚地	超大型船舶作业、防台锚地	10DG	22°00'17.3", 114°06'32.02" 22°01'29.3", 114°09'24.03" 22°02'23.3", 114°05'32.02" 22°03'35.3", 114°08'26.03" 22°00'17.3", 114°06'32.02"	23.0	泥	28.1~29.5
外伶仃作业区引航锚地	引航、防台锚地	14WL	22°05'59.32", 114°00'2.01" 22°05'59.32", 114°01'2.02" 22°04'59.32", 114°01'2.01" 22°04'59.32", 114°00'2.01" 22°05'59.32", 114°00'2.01"	3.23	泥沙	19.6~21.8
外伶仃过驳作业锚地(区)	作业、防台锚地	15WL	22°06'29.32", 114°01'24.02" 22°06'29.32", 114°00'48.02" 22°05'59.32", 114°00'48.02" 22°05'59.32", 114°01'24.02" 22°06'22.32", 114°01'24.02" 22°06'29.32", 114°01'24.02"	1.0	泥	13.6~19.4
外伶仃岛以北石油钻井平台和船舶临时停泊锚地			22°07'47.32"E, 114°01'32.01"E以该点为圆心, 1850m 为半径的圆	10.8	泥沙	

泊锚地						
珠江口石油钻探船舶避风锚地	石油钻探、作业船舶防台、检修锚地	KT4	22°05'42.32", 113°51'32.00" 22°07'48.32", 114°01'32.01" 22°01'30.31", 113°59'02.01" 22°01'30.31", 114°10'02.02"	195.3	泥沙	12.0

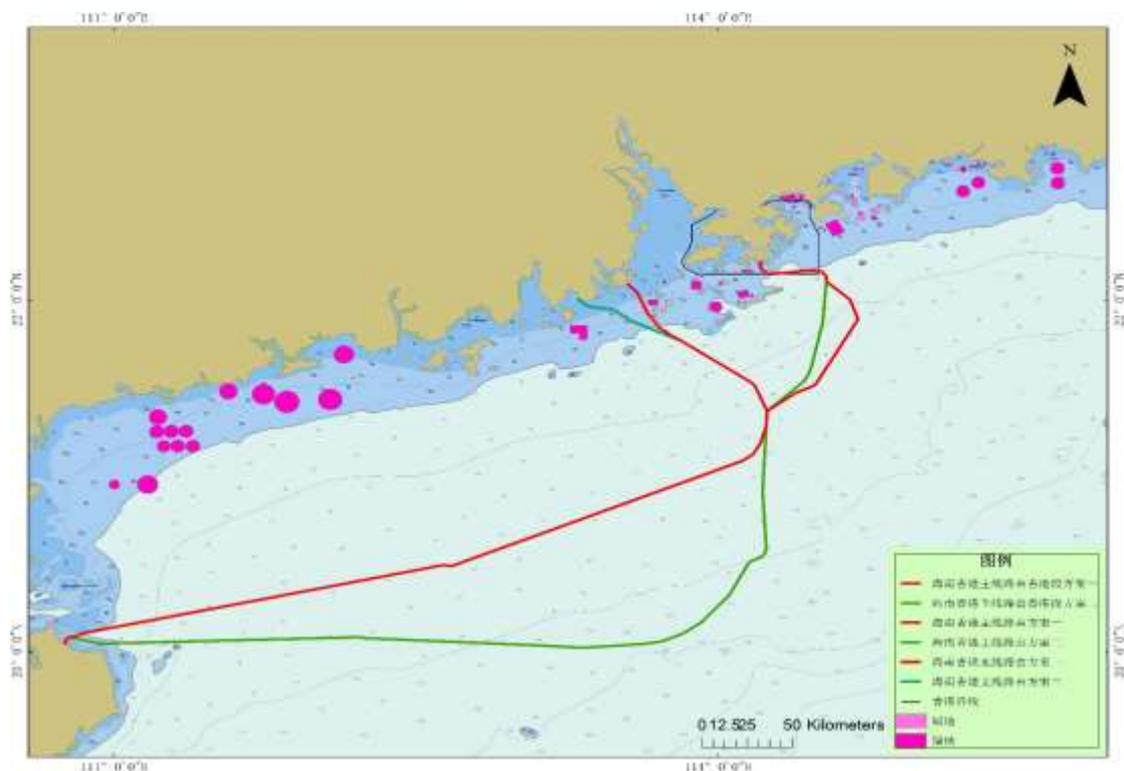


图 4.4-5 路由海域锚地位置分布图海底缆线管道

#### 4.4.2.4 已建海缆简述

南海海域目前已建有多条国际海底通讯光（电）缆及管道，在中国广东、海南岛、台湾、吕宋岛、加里曼丹岛、马来半岛、中南半岛之间穿插交错，构成网状。其中，香港作为国际重要而繁忙的信息港，已建有多条通往世界其他国家和地区的国际海底通讯光缆，这些已建海缆基本在六个登陆站登陆，当中两个位于大屿山塘福，两个位于九龙将军澳，其余两个分别位于香港岛深水湾及春坎角。这些已建海缆当中有许多已经弃用。据不完全统计，从上个世纪 60 年代至今，进出香港并穿越中国南海海域的国际光缆系统超过数十个，并且仍在继续增加。这些海缆一部分折向偏东方向经台湾岛南面海峡后转向台湾、上海、韩国、日本，一部分转向东南或偏南方向到达菲律宾、马来西亚、新加坡和越南等地。

在南海海域已建、拟建的海缆和管道以及海南-香港海缆路由预选方案交越情况如图 4.4-6~图 4.4-9 所示。

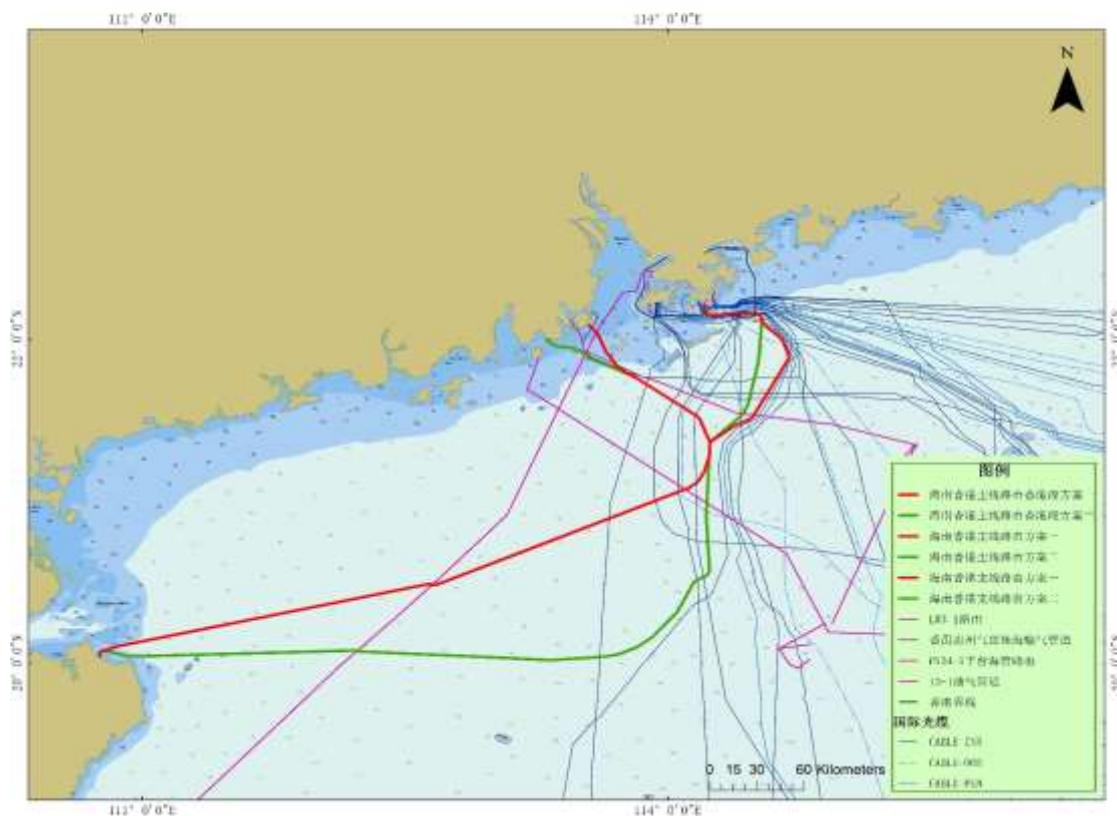


图 4.4-6 路由海域已建（拟建）光缆、管道分布图

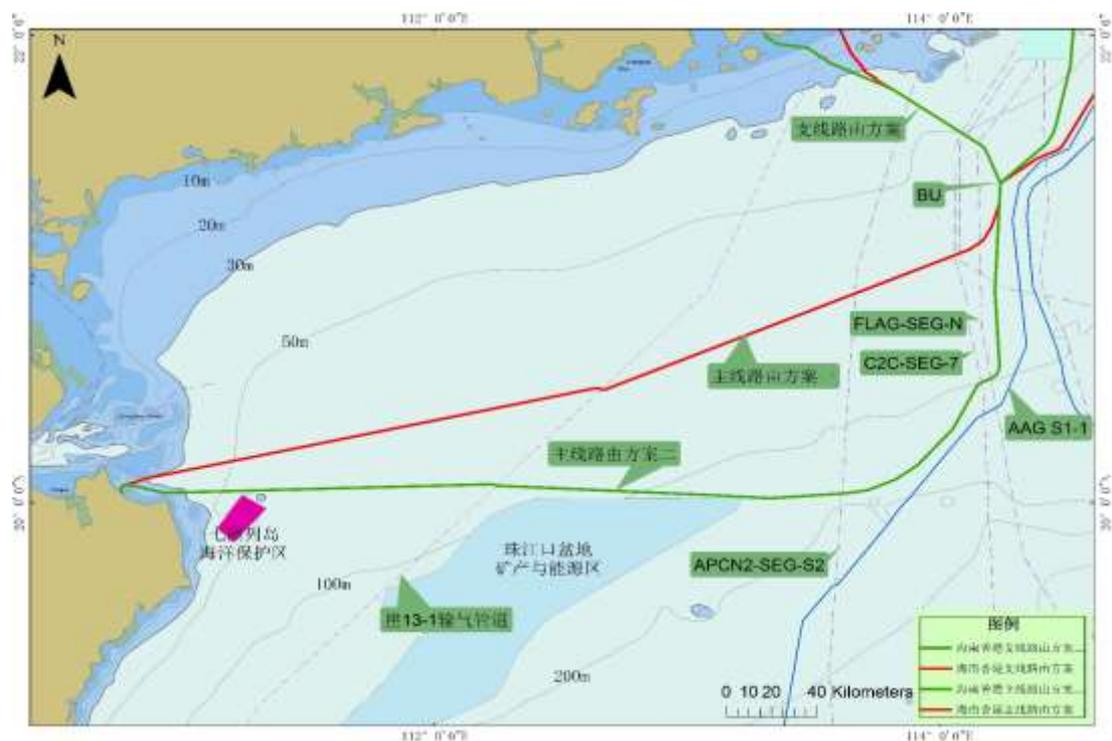


图 4.4-7 主线文昌附近海域路由海域已建（拟建）光缆、管道分布图



图 4.4-8 支线路由海域已建（拟建）光缆、管道分布图

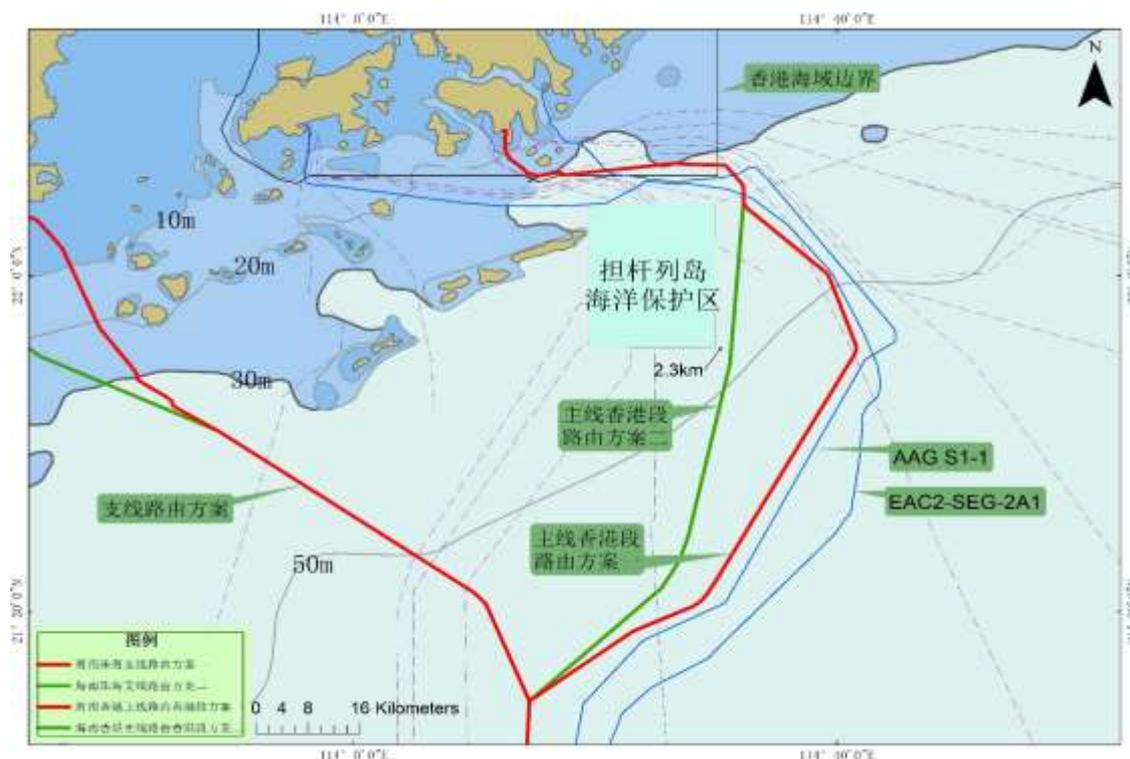


图 4.4-9 主线香港附近海域路由海域已建（拟建）光缆、管道分布图

#### 4.4.2.5 与已建海缆的交越情况

拟建的海南-香港国际海缆在南海中国海域内路由主要与以下已建的海底光缆交越，如表 4.4-4 所示：

### (1) 亚欧光缆 (SMW3)

亚欧光缆连接亚洲和欧洲，是目前距离最长、容量最大的海底光缆之一，从英国开始，经过地中海、红海、印度、西太平洋到中国、日本和韩国，连接 30 多个国家和地区，有 39 个登陆点，全长 38000km，1999 年 12 月建成。

### (2) 亚美海底光缆 (AAG)

亚美光缆系统为东亚直通美国的第一条高速宽带海底光缆系统，联接马来西亚、新加坡、泰国、越南、香港、菲律宾等东南亚国家和地区，再经由关岛、夏威夷跨越太平洋直至美国西海岸登陆，全长超过 20000km，设计容量 1.92Tbps，采用了 DWDM 技术。

### (3) 东亚交汇二号海底光缆系统 (EAC2)

东亚交汇海底光缆系统连接东亚 7 个国家和地区，设计容量 2.6Tbps，全长 18000km。

### (4) 环球光缆 (FLAG)

环球光缆从英国开始，经意大利、西班牙、埃及、阿联酋、印度、马来西亚、泰国、香港、上海、韩国等国家和地区，达到日本，全长 28000km。1997 年建成投产。

### (5) 东亚海底光缆系统和城市到城市海底光缆系统 (EAC-C2C)

东亚海底光缆系统(EAC)和城市到城市海底光缆系统(C2C)于 2007 年进行了升级合并。合并后该系统成为区内最大的海底光缆系统，连接东亚、东南亚 10 多个国家和地区，全长 36800km。

### (6) 城市间光缆 (C2C)

城市到城市海底光缆系统由新加坡电信公司发起并由多个国际电信公司参与兴建，连接东亚、东南亚 10 多个国家和地区。该光缆系统于 2006 年投入使用，是目前世界是容量较大的通信网络之一。

### (7) 亚太二号光缆 (APCN2)

亚太二号光缆系统连接韩国、日本、香港、台湾、菲律宾、泰国、马来西亚、新加坡、印度尼西亚等国家和地区，9 个登陆点，全长 19153km，2001 年 12 月投入运行。

表 4.4-4 海南-香港海缆路由与南海内交越的在用光缆

序号	光缆项目名称	概况	建设年份
----	--------	----	------

1	东亚海底光缆系统和城市到城市海底光缆系统 (EAC-C2C)	连接东亚和东南亚 10 多个国家和地区, 全长 38600km。	2007 年 EAC 与 C2C 合并投入使用
2	亚美海底光缆 (AAG)	连接东亚和美国, 全长超 20000km	2009 年建成投产
3	亚太二号光缆 (APCN2)	连接韩国、日本、香港、马来西亚、新加坡等国家和地球, 全长 19153km	2012 年 12 月投入运行
4	城市间光缆 (C2C)	连接东亚、东南亚 10 多个国家和地区	2006 年投入使用
5	东亚交汇二号海底光缆系统 (EAC2)	东亚 7 个国家和地区, 全长 18000km	
6	环球光缆 (FLAG)	连接英国、意大利、西班牙、埃及、阿联酋、印度、马来西亚、泰国、香港、上海、韩国等国家和地区, 全长 28000km	1997 年建成投产
7	亚欧光缆 (SMW3)	连接英国、中国、日本、韩国等 30 多个国家和地区, 全长 38000km	1999 年 12 月建成

据海南-香港海缆预选路由方案表, 主线文昌附近海域路由及主线香港附近海域路由首选方案在中国南海海域范围内与已建或拟建 (不含废弃) 海底光缆系统交越点为 14 个, 支线路由首选方案在中国南海海域范围内与已建或拟建 (不含废弃) 海底光缆系统交越点分别为 6, 其交越点坐标信息见表 4.4-5。

表 4.4-5 海南-香港海缆路由方案一与南海内光缆的交越情况

序号	经度 (°E)	纬度 (°N)	已建光缆名称	光缆状态
主线香港附近海域路由方案一				
1	114° 30' 57.250" E	22° 9' 36.947" N	SMW3 SEG-2.14	INS
2	114° 31' 27.666" E	22° 8' 59.338" N	AAG S1-1	INS
3	114° 31' 52.886" E	22° 8' 28.892" N	SHT SEG-A	OOS
4	114° 32' 16.816" E	22° 7' 10.206" N	SHT SEG-A	OOS
5	114° 32' 16.804" E	22° 7' 9.351" N	FLAG SEG-P	INS
6	114° 32' 16.803" E	22° 7' 9.281" N	EAC2 SEG-2A1	INS
7	114° 32' 38.739" E	22° 5' 54.921" N	SHT SEG-A	OOS
8	114° 39' 26.964" E	21° 59' 36.155" N	APCN SEG-B17	OOS
9	114° 41' 30.212" E	21° 53' 56.295" N	SJC2 S4	PLN
10	114° 41' 24.441" E	21° 52' 51.401" N	SHT SEG-A	OOS
11	114° 41' 8.550" E	21° 52' 23.443" N	SJC2 S4	PLN
12	114° 37' 28.888" E	21° 45' 56.999" N	SMW3 SEG-2.15	INS
13	114° 34' 4.339" E	21° 39' 57.141" N	NACS SEG-HJ	INS
14	114° 33' 5.538" E	21° 38' 13.695" N	FNAL SEG-PHASE 2	INS
15	114° 27' 17.872" E	21° 30' 7.246" N	APC SEG-B4	OOS
16	114° 25' 11.765" E	21° 29' 11.078" N	TVH SEG-HK	INS
主线文昌附近海域路由方案一				
17	114° 9' 37.924" E	21° 6' 46.353" N	FLAG SEG-N	INS
18	114° 4' 58.197" E	21° 4' 4.774" N	APCN SEG-B8	OOS
19	114° 3' 41.772" E	21° 3' 33.123" N	C2C SEG-7	INS
20	113° 55' 52.831" E	21° 0' 18.923" N	APCN2 SEG-S3	INS

21	113° 39' 59.704" E	20° 53' 44.210" N	APCN2 SEG-S2	INS
支线路由方案一				
22	113° 52' 46.286" E	21° 43' 24.562" N	APCN2 SEG-S2	INS
23	114° 2' 1.800" E	21° 37' 6.467" N	APCN2 SEG-S3	INS
24	114° 5' 10.046" E	21° 34' 58.342" N	C2C SEG-7	INS
25	114° 6' 22.126" E	21° 34' 9.283" N	APCN SEG-B8	OOS
26	114° 9' 18.838" E	21° 32' 9.009" N	FLAG SEG-N	INS
27	113° 42' 2.581" E	21° 50' 58.691" N	SMW3 SEG-2.15	INS
28	113° 34' 10.907" E	22° 4' 529.589" N	SMW3 SEG-2.15	INS

注：INS 为在用光缆，OOS 为废弃光缆，PLN 为拟建光缆

#### 4.4.2.6 已建管道

根据搜集到的资料，中海油在南海北部开采油气建有崖城 13-1、LW3-1、LW34-2、番禺/惠州气田混输管道及番禺平台间海底管道，根据上述管道位置，主线文昌附近海域路由方案一在中国南海海域范围内与崖城 13-1、番禺/惠州气田混输管道、LW3-1 油气管道各交越一次；支线路由方案一与崖城 13-1 管道路由、番禺/惠州气田混输管道各交越一次。交越位置见图 4.4-10 及表 4.4-6。

表 4.4-6 路由方案与管道交越情况

序号	交越坐标		交越管道
	经度	纬度	
主线文昌附近海域路由方案一			
1	114° 6' 2.638" E	21° 4' 31.460" N	LW3-1
2	112° 39' 25.908" E	20° 29' 15.110" N	崖城 13-1
主线香港附近海域路由方案一			
1	114° 29' 33.678" E	21° 32' 5.001" N	番禺/惠州气田混输管道
支线路由方案一			
1	113° 44' 59.603" E	21° 48' 33.069" N	番禺/惠州气田混输管道
2	113° 35' 34.928" E	22° 2' 47.767" N	崖城 13-1



图 4.4-10 路由海域已建管道分布图

#### 4.4.2.7 海底光缆故障史及原因

根据光缆预选路由所在的香港及附近海域内 1975 年至 2014 年故障分布见图 4.4-11，已知海底光缆故障的位置分布和原因。图 4.4-12 给出了这些故障原因的统计饼状图。由统计图看出，故障多发区域主要位于香港海域东南侧平行于香港界线附近海域。预选路由方案避开了光缆故障点。

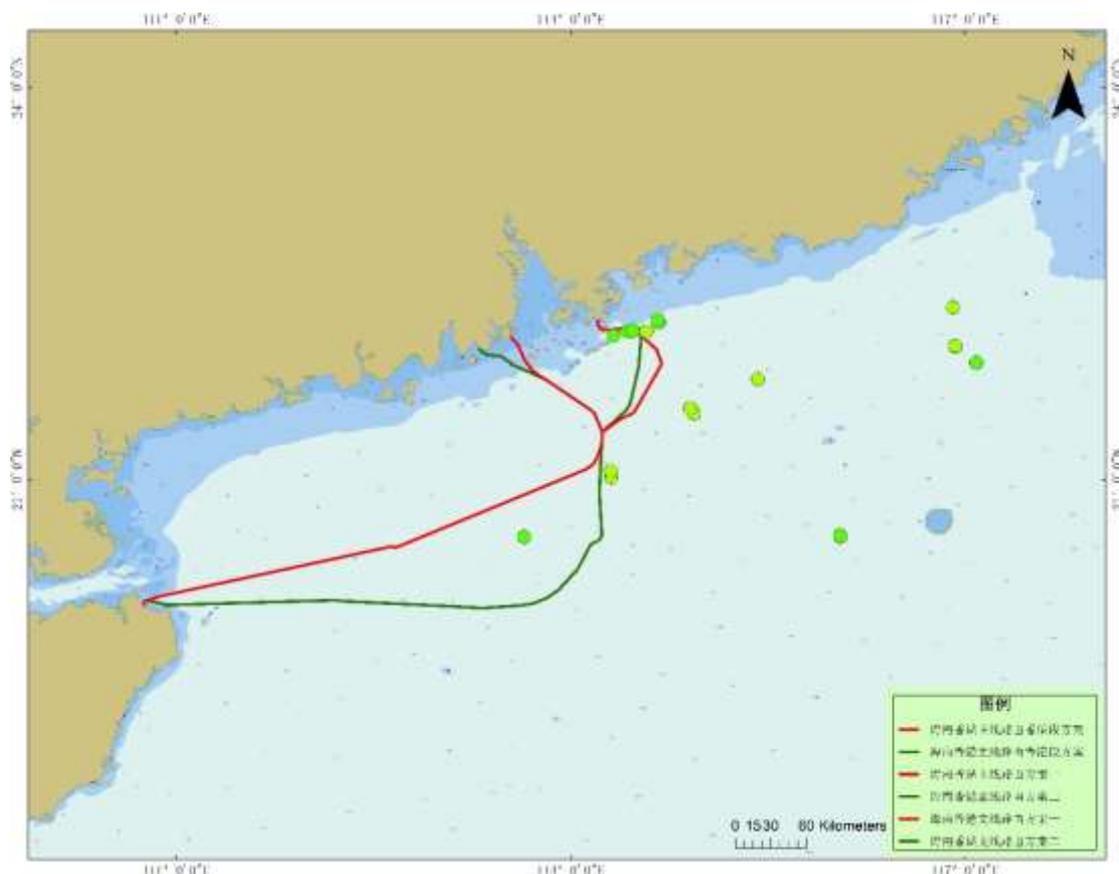


图 4.4-11 南海北部海域海底光缆故障点位

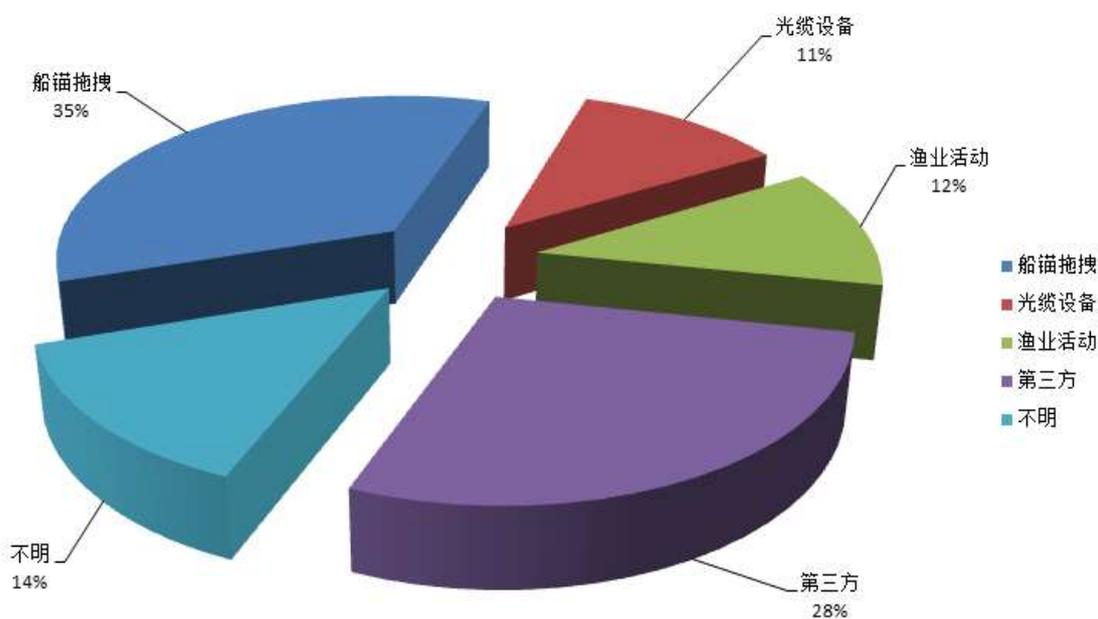


图 4.4-12 香港海域海底光缆故障统计

由上述分析看出，除其他未知因素之外，渔业活动和锚泊作业是对光缆安全最大的威胁，故障主要发生在 100m 水深以浅的海域，少数几起发生 100~150m 水深的海域。

同样，海南-香港国际海缆路由在 100m 水深以浅香港海域内需要注意渔业

活动和锚泊作业对光缆安全的威胁。

#### 4.4.3 海底矿产资源开发活动

在南海海域，近海油气田的开发已具有一定规模，其中有涠洲油田、东方气田、崖城气田、文昌油田群、惠州油田、流花油田以及陆丰油田和西江油田等等。南海西部和南海东部分别储有 614 百万桶油当量和 348 百万桶油当量，共占全部探明储量的 45.79%。南海西部有勘探区域 7.34 万 km<sup>2</sup>，南海东部有 5.54 万 km<sup>2</sup>。

主线文昌附近海域路由首选方案穿越 3 个海上石油勘探区块，分别是西江 4 区块（TARC）、YANGHANG10 区块（CNOOC）、佛山 17 区块（CNOOC），具体见表 4.4-7。上述区块均为国海洋石油总公司（简称中海油，CNOOC）所有，其中 15/34 区块由 SANTAFE 公司负责投资，与 CNOOC 共同勘探开发。

表 4.4-7 路由方案穿越石油开采区块信息表

序号	区块名称	面积 (hm <sup>2</sup> )	投资开发者
1	西江 4 区块	7131	CNOOC
2	YANGHANG10 区块	5437	CNOOC
3	佛山 17 区块	6529	CNOOC

南海北部油气田分布图见图 4.4-13 所示。根据搜集到的资料，海南-香港国际海缆路由首选方案避开了中海油公司现有的所有海上开采石油平台。

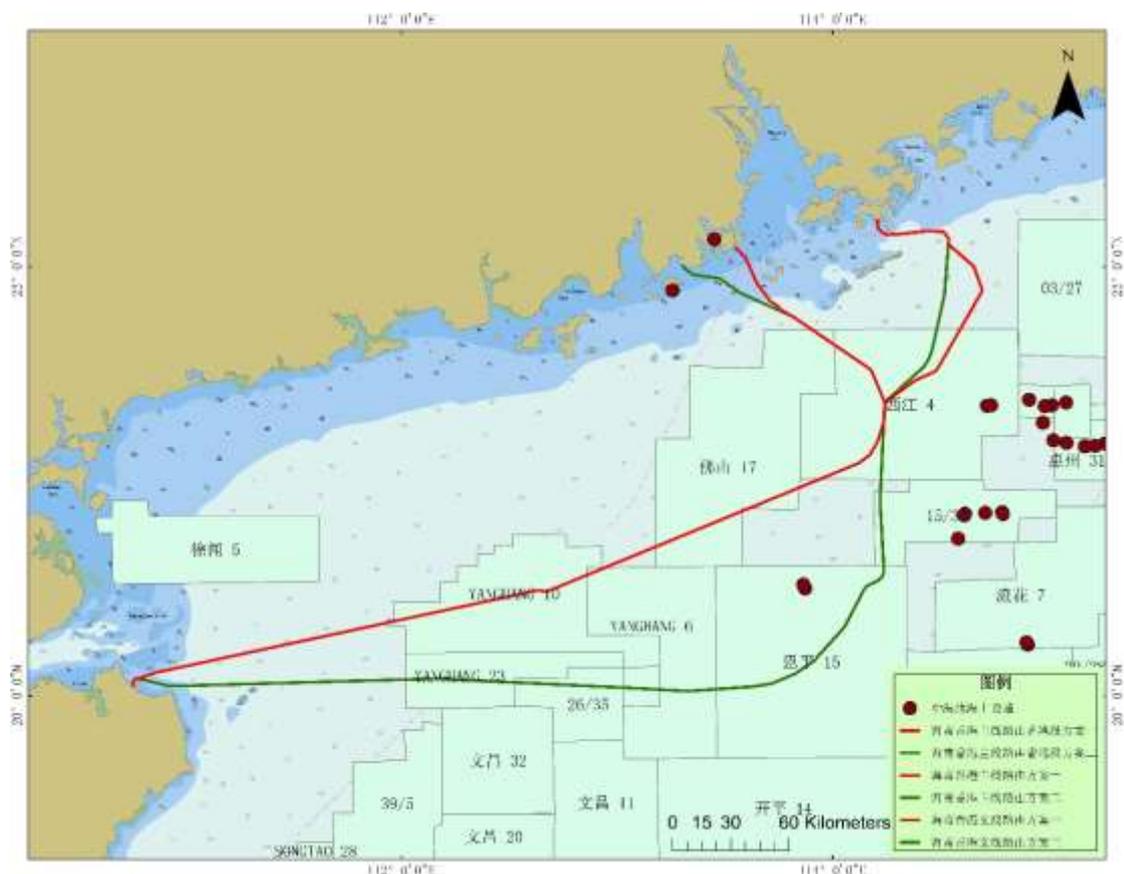


图 4.4-13 路由穿越油气开发区分布图

#### 4.4.4 倾废区及挖泥区

根据近年海图资料显示，路由方案附近无倾废区及挖泥区。

#### 4.4.5 海上风电场

根据广东省海上风电工程发展规划，路由海域附近风电场主要位于珠江口、大亚湾、惠州市和粤西外海海域，海南-香港海缆路由预选方案避开了海上风电场区，具体见图 4.4-14。

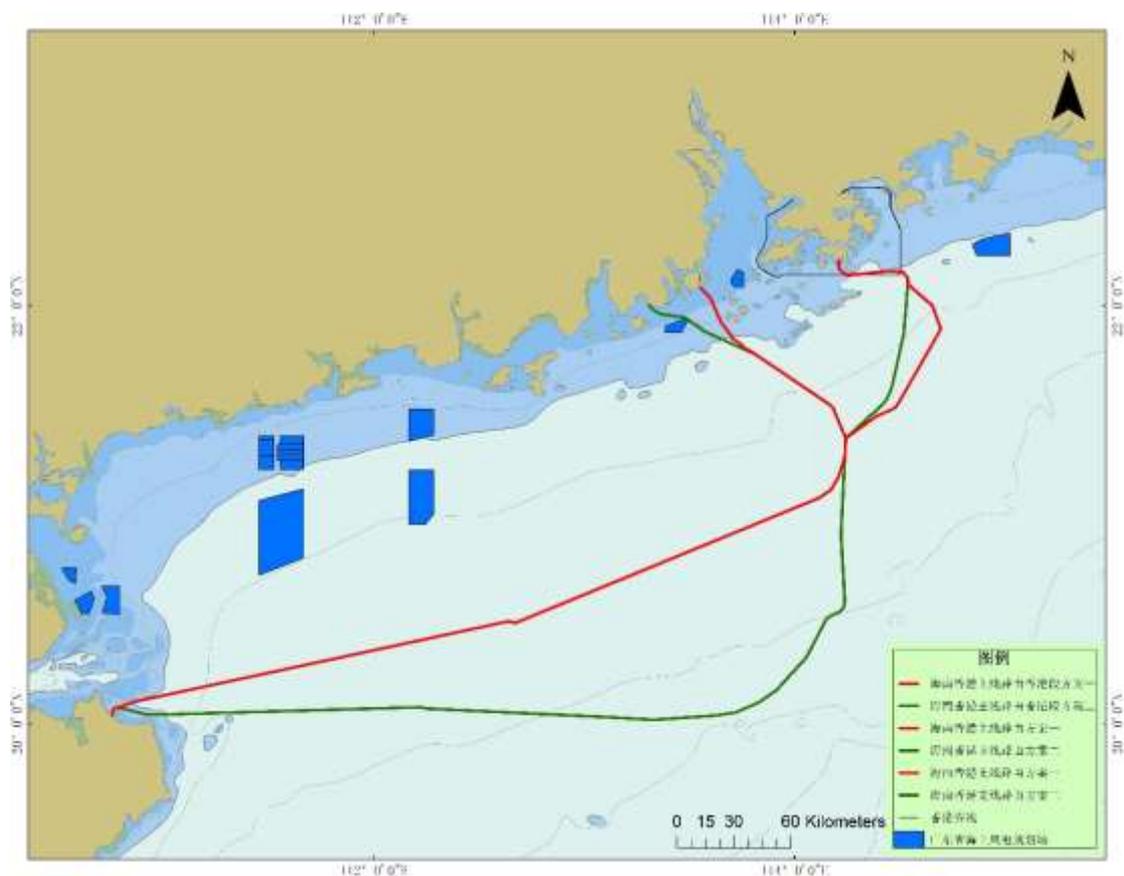


图 4.4-14 路由海域范围内海上风电场位置图

#### 4.4.6 旅游区

海南-香港海缆路由登陆段有木兰湾旅游休闲娱乐区，光缆登陆时海滩施工开挖时间短，施工后对岸线进行维护，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

#### 4.4.7 填海造地

按规划，横琴镇南部海域已有填海计划，横琴新区管委会与正在联合澳门特别行政区，准备上报填海规划；横琴镇东南角海域为珠海长隆富祥岛填海工程项目，支线路由方案一从横琴镇东南角海滩向东南方向延伸，不涉及南部填海规划，避开了富祥岛填海项目，如图 4.4-15 所示。



图 4.4-15 支线路由方案一周边填海工程

#### 4.4.8 军事活动

业主需要就海南-香港海缆路由方案征得军方同意并根据军方意见进行可能的路由调整，路由勘察和施工前，业主需要就路由勘察等具体工作同军方开展进一步沟通协调，取得军方书面意见，避免对军事活动区及军事设施的影响。

### 4.5 周边海域环境敏感目标的现状与分布

#### 4.5.1 针头岩海洋保护区

针头岩海洋保护区为海洋功能区划保护区，地理范围：22°14'31"N～22°23'09"N，115°02'32"E～115°12'38"E，面积约 27585 hm<sup>2</sup>。该区管理要求为严格保护针头岩领海基点，保障国防安全用海需求；按国家关于海洋特别保护区管理的法律法规和标准进行管理；禁止炸岛等破坏性活动；相适宜的海域使用类型为特殊用海。

#### 4.5.2 大亚湾海洋保护区

大亚湾海洋保护区，即“大亚湾水产资源省级自然保护区”。根据《大亚湾水

产资源自然保护区功能区划》(广东省海洋与渔业局、广东省环境保护局, 2006年6月), 1983年广东省政府批准建立《大亚湾水产资源自然保护区》, 保护区范围涉及惠州、深圳共900km<sup>2</sup>海区。保护区综合管理的行政主体是大亚湾水产资源省级自然保护区管理处。根据大亚湾水产资源的分布特点, 把整个自然保护区划分5个核心区、2个缓冲区和2个实验区。

核心区: 总面积为118km<sup>2</sup>, 区域内生态资源保存较好、分布集中的地区, 禁止任何单位和个人在其范围内进行一切可能对保护区造成危害或不良影响的活动。因科学研究的需要, 必须进入核心区从事科学研究观测、调查活动的, 须事先向自然保护区管理机构提交申请和活动计划, 并报省主管部门批准。①西北部核心区: 位于大亚湾的西北部海域。主要保护对象为马氏珠母贝和多种名贵经济种类及其栖息的海洋生态环境; ②中部核心区: 本区域是大亚湾中部群岛区, 岛屿周围的底质以岸礁质为主, 水体与外海水交换良好, 生态环境较稳定, 栖息生物种类丰富多样; ③西南部核心区: 位于大鹏澳东南岸, 主要保护对象有马氏珠母贝、柴海胆、华贵栉孔扇贝、翡翠贻贝、栉江珧、旗江珧、棕环参、米氏参、糙参、海马及鲷科鱼类等重要经济种类资源; ④南部核心区: 范围为沧泞列岛周围20m等深线以内的水域。主要保护对象为紫海胆、龙虾、鲍鱼等名贵经济种类的自然资源及其海洋生态环境; ⑤海龟保护核心区: 为平海湾周围区域, 区内海湾有海龟经常出现, 附近沙滩是海龟的产卵地, 主要种类有海龟、玳瑁、棱皮龟等。

缓冲区: 缓冲区内, 在保护对象不遭受人为破坏和污染前提下, 经保护区管理机构批准, 可在限定时间和范围内适当进行渔业生产、观光性旅游、科学研究、教学实习等活动。缓冲区包括了南部缓冲区和中西部缓冲区, 水质目标分别为(GB3097-1997)第一类和第二类, 面积共174.5km<sup>2</sup>。

实验区: 在保护区管理机构统一规划和指导下, 可有计划地进行适度开发活动。实验区包括了北部实验区和南部实验区, 水质目标分别为(GB3097-1997)第二类和第一类, 面积共594.9km<sup>2</sup>。

#### 4.5.3 庙湾岛珊瑚礁限制类红线区

庙岛珊瑚礁限制类红线区位于珠海市香洲区万山海洋开发试验区, 地理范围为: 113°57'41.76"-114°8'13.72"E; 21°49'31.8"-21°56'55.78"N。该区属于珊瑚礁生态系统, 生态保护目标为珊瑚礁, 其管控措施: 禁止围填海、设置直排排污口

及其他可能破坏珊瑚礁的各类开发活动；保护现有珊瑚礁资源及其生态系统，并加强对受损珊瑚礁生态系统的修复。该区域环境保护要求：执行海水水质第二类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准。

#### 4.5.4 平洲岛领海基点特别保护海岛禁止类红线区

平洲岛领海基点特别保护海岛禁止类红线区位于珠海市香洲区万山海洋开发区，地理范围为 113°57'34.31"-113°58'41.79"E； 21°48'16.04"-21°49'7"N 该区域属于特别保护海岛，生态保护目标为领海基点、海岛岛体及周边海域，管控措施：对海岛实行严格保护，禁止实施改变海岛自然地形、地貌的生产活动和任何形式的工程建设活动，禁止损毁领海基点标志，加强主权权益设施建设。该区域环境保护要求为：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，改善海洋环境质量。

#### 4.5.5 万山群岛重要渔业海域限制类红线区

该区为重要渔业资源海域，位于香港特别行政区以南海域，地理范围：113°37'38.44"~114°30'16.8"E，21°44'47.77"~22°11'0.07"N，面积 2091.95hm<sup>2</sup>。该区的管理要求为禁止围填海，周边海域不得设置排污口、工业排水口或其他污染源；禁止设置海洋倾倒区，禁止开采海砂，不得设置明显改变水动力环境的构筑物。维持海域自然属性，严格保护万山群岛海域渔业资源；开展人工鱼礁、增殖放流活动，保护和恢复水产资源。

#### 4.5.6 担杆列岛海洋保护区

为海洋功能区划保护区，位于担杆列岛以东海域，地理范围：21°53'34"N~22°06'21"N，114°19'29"E~114°29'58"E，面积 42471hm<sup>2</sup>。该区的管理要求为按国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律法规和标准进行管理；相适宜的海域使用类型为特殊用海。

#### 4.5.7 磨刀口重要河口生态系统限制类红线区

磨刀口重要河口生态系统限制类红线区，位于珠海市金湾区，地理范围：113°21'43.69"-113°29'51.42"E； 22°1'38.37"-22°11'31.75"N，属于重要河口生态系统。该河口生态系统，其管控措施：禁止围填海、采挖海砂、设置直排排污口等破坏河口生态功能和防洪纳潮的开发活动；并加强对河口生态系统的整治和修复。该

区域环境保护要求：保护西江河口海域生态环境。加强西江河口海域环境综合整治；海水水质标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量需维持现状。

#### 4.5.8 广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区

珠江口中华白海豚自然保护区位于珠江口北端，属珠海市水域范围内，总面积 460km<sup>2</sup>，东界线为粤港水域分界线，西界线为东经 113° 40'00"，南界线为北纬 22° 11'00"，北界线为北纬 22° 24'00"，核心区面积 140km<sup>2</sup>，缓冲区面积 192km<sup>2</sup>，实验区面积 128km<sup>2</sup>。

核心区：面积 140km<sup>2</sup>，是原生自然景观最好的地方，是遗传 基因库的精华所在，需采取绝对的保护措施，免受人为的干扰破坏。核心区作为深入研究生态系统自然演化的场所，可为人们提供各种标准的“本底”资料。因此，禁止任何船只进入该区域内从事可能对资源造成直接危害或不良影响的活动；若确因科学研究需要进入该区域的，须向保护区管理局。

缓冲区：面积 128 平方千米，位于核心区的周围，其作用是保护核心区免受外界的影响和破坏，起到一定的缓冲作用。经广东省海洋与渔业局批准，在保护区管理局统一规划和引导下，可有计划的组织经济开发活动。

实验区：面积 192 平方千米，位于保护区的边缘，以发展本地区特色的生产经营为主，如发展自然保护区 野生动物饲养与驯化等，建立资源多层次综合利用的生态良性循环体系。经保护区管理局批准，可在划定范围内 适当组织生态旅游、科学考察、教学实习等活动，但不得危害资源和污染环境。

#### 4.5.9 横琴岛自然岸线

海缆项目穿越横琴岛南侧自然岸线，该岸线起点坐标：113° 28'43.7"E, 22° 4'34.9"N，终点坐标：113° 32'45.5"E, 22° 5'52.5"N，全长为 14790m。根据《广东省海洋生态红线》，横琴岛作为有居民海岛，该海岛自然岸线的相应管控措施具体如下：1、以国家规定的红线指标为标准，维持岸线自然属性导向，限制实施可能改变海岛自然岸线（滩）生态功能的开发建设活动，严禁占用岸线进行围填海，禁止非法侵占岸线和采挖海砂；2、原则上不得占用原有自然岸线，确需使用的，应对开发利用可行性进行科学论证，维持拟使用岸线的自然状态，或采取“占多少恢复多少”的原则，选择已利用岸段开展整治修复工程，保障同样长

度的已利用岸线恢复成自然状态。

#### 4.5.10 南海北部幼鱼繁育场保护区

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）——南海区渔业水域图（第一批）》，南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月，详见图 1.6-2。该保护区的管理要求：保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入该区生产，防止或减少对渔业资源的损害。

#### 4.5.11 幼鱼幼虾保护区

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）——南海区渔业水域图（第一批）》，南澳岛至雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20m 水深以内水域为幼鱼幼虾保护区。保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，详见图 1.6-2。该区域禁止底拖网渔船和拖虾渔船及以捕捞幼鱼幼虾为主的其他作业渔船进入生产。保护区的一部分位于香港水域以东、沿岸 20m 等深线以内海域，保护对象为幼鱼幼虾和重要的渔业种质资源。

#### 4.5.12 木兰湾旅游休闲娱乐区

木兰湾旅游休闲娱乐区位于文昌市潮滩鼻，主导用海类型为旅游娱乐永海，用于旅游基础设施建设和水上运动南海，可兼顾农渔业永海，开展休息那渔业活动；除潮滩鼻前海海域允许适当围填海外，其他区域应严格限制改变海域自然属性；海洋环境保护目标为保护防风林、沙滩、沿岸地质地貌和水质。海缆项目穿越该休闲娱乐区，穿越长度为 2km，详见图 1.6-2。

#### 4.5.13 文昌麒麟菜海洋保护区

文昌麒麟菜海洋保护区分为抱虎角片区和铜鼓岭-冯家湾片区，分别位于邦庆村至内六村沿岸 7m 以浅的海域和铜鼓岭至冯家湾沿岸 7m 以浅海域，主要保护对象为珊瑚礁、海藻床及其生态环境，保护海洋生物多样性，保护海底管线。其主导用海类型为海洋保护区用海，可兼顾旅游娱乐用海和开放式养殖用海，开展休闲渔业活动；铜鼓岭-冯家湾片区北段经科学论证和审批，可适度兼顾开发建设用海；严格按照自然保护管理法规管理，严格控制旅游娱乐活动和养殖的规模；涉海工程建设需征求相关部门意见。环境保护要求为执行一类海水水质标准，

一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生态质量标准。

#### 4.5.14 七洲列岛海洋保护区

七洲列岛海洋保护区位于文昌市东北海域，重点保护目标为七洲列岛上的鸟类及其生态环境，保护海岛地形地貌和海洋生态系统。其主导用海类型为海洋保护区用海，严格按照自然保护区管理法规管理，注意领海基点的保护。环境保护要求为：执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。该保护区位于海缆项目路由的南侧，且距离主线文昌附近海域路由最近，最近距离为 16km。

#### 4.5.15 南海中上层鱼类产卵场

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批），南海中上层鱼类产卵场主要包括蓝圆鲹、鲐鱼和竹荚鱼产卵场。海缆项目光缆路由与其位置关系见图 1.6-3。

**蓝圆鲹产卵场。**包括：（1）粤东外海区，东经 115°~116°30'，北纬 20°30'~22°35'，水深 70~180m，产卵期 3~7 月；（2）粤西外海区，位于东经 110°30'~112°40'，北纬 18°15'~20°05'，水深 70~180m，产卵期 4~6 月；（3）珠江口近海区，约为东经 112°50'~114°30'，北纬 21°~22°，水深 60m 以内，产卵期 12~3 月；（4）北部湾产卵场；（5）粤东近海区，约为东经 115°20'~117°，北纬 21°55'~22°15'，水深 40~75m，产卵期 1~4 月；（6）台湾浅滩产卵场。海缆项目光缆路由穿过蓝圆鲹产卵场。

**鲐鱼产卵场。**包括（1）珠江口近海区，位于东经 113°15'~116°20'，北纬 21°~22°25'，水深 30~80m，产卵期 1~3 月；（2）粤西外海区；位于东经 110°15'~113°50'，北纬 18°15'~19°20'，水深 90~200m，产卵期 1~6 月；（3）粤东外海区，约东经 115°10'~116°15'，北纬 20°33'~22°10'，水深 90~200m，产卵期 2~4 月；（4）珠江口外海区，约东经 113°30'~114°40'，北纬 19°30'~20°26'，水深 90~200m，产卵期 1~3 月；海缆项目光缆路由穿过鲐鱼产卵场。

#### 4.5.16 南海底层、近底层鱼类产卵场

南海底层、近底层鱼类产卵场主要包括金线鱼、深水金线鱼、二长棘鲷、红笛鲷、绯鲤类、短尾鳍大眼鲷、长尾大眼鲷、脂眼鲷和黄鲷产卵场。海缆项目光缆路由与其位置关系见图 1.6-4。

金线鱼产卵场。包括：（1）南海北部产卵场，分布范围较广，由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近（东经）（东经  $111^{\circ}45'$ ~ $115^{\circ}45'$ ，水深 25~107m，主要是 40~80m，产卵期 3~8 月；（2）北部湾产卵场，分布在北部湾海域。

二长棘鲷产卵场，位于北部湾水深 60m 以浅海域，产卵期为 1~3 月。

红笛鲷产卵场，有 2 处，均位于北部湾。

绯鲤类产卵场，包括（1）珠江口近海产卵场，位于东经  $112^{\circ}55'$ ~ $115^{\circ}40'$ ，北纬  $21^{\circ}30'$ ~ $22^{\circ}15'$ ，水深 20~87m，产卵期 3~6 月；（2）海南岛以东近海产卵场，位于东经  $110^{\circ}40'$ ~ $112^{\circ}00'$ ，北纬  $19^{\circ}00'$ ~ $19^{\circ}30'$ ，水深 53~123m，产卵期 3~6 月；（3）珠江口—粤西外海产卵场，产卵期 4~7 月；（4）北部湾产卵场。

深水金线鱼产卵场，在南海北部分布范围很广，从海南岛东岸  $110^{\circ}30'$  以东一直延伸到东经  $117^{\circ}00'$  的水深 90~200m 范围内均有分布，主要产卵期 3~9 月。

短尾鳍大眼鲷产卵场，包括（1）南海北部产卵场，在南海北部分布范围较广，大约在 71-107m 等深线内，由海南岛东部想东北延伸到汕尾外海（约为东经  $110^{\circ}50'$ ~ $115^{\circ}45'$ ），连成一条狭长海区；（2）北部湾产卵区。短尾鳍大眼鲷产卵期 4~7 月。

长尾大眼鲷产卵场，包括（1）南海北部产卵场，共有 2 处，一处位于海陵岛南部；一处位于万山群岛的东南部，约为东经  $113^{\circ}20'$ ~ $115^{\circ}45'$ ，北纬  $20^{\circ}35'$ ~ $22^{\circ}20'$ ，两产卵场水深约为 26-80m；（2）北部产卵场。长尾大眼鲷产卵期为 5-7 月。

脂眼鲱产卵场，位于海南岛以东近海，东经  $110^{\circ}45'$ ~ $111^{\circ}30'$ ，北纬  $18^{\circ}50'$ ~ $19^{\circ}50'$ ，水深 40-100m，产卵期 5-8 月。

黄鲷产卵场，包括：（1）南海北部产卵场，在南海分布广而狭，处于外海，沿着 90m 等深线由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海（约为东经  $111^{\circ}45'$ ~ $115^{\circ}45'$ ，水深 77-119m），连成一条带状，产卵期为 11 月至翌年 3 月，产卵盛期为 12 月至翌年 3 月。（2）海南岛南部产卵场，位于东经  $108^{\circ}55'$ ~ $109^{\circ}15'$ ，北纬  $17^{\circ}15'$ ~ $17^{\circ}50'$ ，水深 70-120m，产卵期为 10 月至翌年 2 月。

## 5 海洋环境质量现状调查与评价

国家海洋局南海调查技术中心于 2018 年 4 月和 9 月开展了香港附近海域水质、沉积物、海洋生物生态和渔业资源调查；2019 年 5 月和 9 月开展了珠海附近海域水质、沉积物、海洋生物生态和渔业资源调查；2019 年 8 月和 10 月开展了文昌附近海域水质、沉积物和海洋生物生态调查；2019 年 11 月开展了文昌附近海域渔业资源调查；2018 年 8 月在珠江口海域开展水动力环境调查，2019 年 9 月在文昌附近海域开展水动力环境调查。海上调查取样工作由国家海洋局南海调查技术中心完成，生物种类鉴定由中国水产科学研究院南海水产研究所完成，部分水质、沉积物样品测试由中国广州分析测试中心完成。

海缆项目的总体调查原则如下：

(1) 以光缆路由为中心，近岸站位密，离岸站位疏。

(2) 近岸段：中国领海基线外部 12 海里（领海外缘线）到文昌、珠海登陆点之间水域，根据路由情况，分文昌附近海域近岸段、珠海附近海域近岸段和香港附近海域近岸段，不含香港特别行政区海域，考虑到此区域人类活动频繁，环境影响因素复杂；布设大面调查站位，站位间距约 10km，以两季调查为主。

(3) 离岸段：中国大陆领海外部界限以南水深约 60m~1500m 等深线之间。此区域环境功能为渔业区，渔业生产活动较频繁，环境影响因素相对简单；站位布设于光缆路由，间距约 50~90 km，一季调查。

### 5.1 水文动力环境现状调查与评价

#### 5.1.1 珠江口附近海域

##### 5.1.1.1 海流调查站位布设方案

共布设 6 个海流、潮位和悬浮体调查站，水深从 25m 至 550m，具体站位见图 5.1-1 和表 5.1-1。

表 5.1-1 海流、悬浮体及潮位调查站位表




图 5.1-1 珠江口海流调查站位分布

### 5.1.1.2 调查方法

观测内容：流速、流向、潮位、悬浮体；

观测层次：表、中、底三层。

观测频率：海流和潮位观测站每 1 小时（整点）进行观测一次，连续观测 25 个小时；悬浮体每站观测 1 次。

观测仪器：采用美国 TRDI 公司生产的声学多普勒流速剖面仪（ADCP），RBRduo 水位计；

现场观测要求：由于观测站位多数水深较深，用锚系潜标的方式进行观测，并使用 DGPS 进行定位，测量水深。

### 5.1.1.3 观测时间

2018年8月典型大潮期。

### 5.1.1.4 实测海流结果

大潮观测期间实测海流矢量图中各时刻的垂线平均流速按如下公式进行矢量计算： $V_{\text{垂线}}=0.1 \times V_{\text{表}}+0.2 \times (V_{0.2H}+V_{0.4H}+V_{0.6H}+V_{0.8H})+0.1 \times V_{\text{底}}$ 。

图 5.1-2 为大潮期各站各层（表层、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H 和底层，H 为瞬时水深）海流平面分布玫瑰图，图 5.1-3 为大潮期各站各层海流过程矢量图。表 5.1-2 为大潮期各站各层平均流速和最大流速统计表。

从海流的流态来看，路由近岸海域和离岸较远海域海流特征差异明显，主要分为 20m 以浅、20m~100m 陆坡以及 100m 以深深水区三个区域进行分析。由图 6.1-1 可以看到，珠江口外 S1 站海流主流向为 SE，其次为 SW，主要表现为珠江口冲淡水的扩散流场；在 50m~100m 水深陆坡区的 S2 站、S3 站主流向为偏东向，表现为夏季环流的陆坡区流场；100m 以深的 S4 站、S5 站和 S6 站主流向为 SW 和 NW。

大潮观测期间，S1~S3 站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致，而 S4~S5 站则主要呈现不正规全日潮的特征，各站各层流速流向差异较大（见图 5.1-2）。

从流速来看，大潮期的最大海流流速为 78.1cm/s，出现在 S6 站表层，其次为 71.3cm/s，出现在 S5 站 0.6H，流向分别为 269°和 282°（见图 5.1-3 和表 5.1-2）。各站最大平均流速为 48.6cm/s，为 S5 站 0.4H，最小平均流速为 6.3cm/s，为 S3 站底层。在空间分布上，S1~S3 站流速各层流速相对 S4~S6 站偏小；在垂向分布上，S1~S3 站各层流速、流向差异较小，而 S4~S6 站各层差异较大。

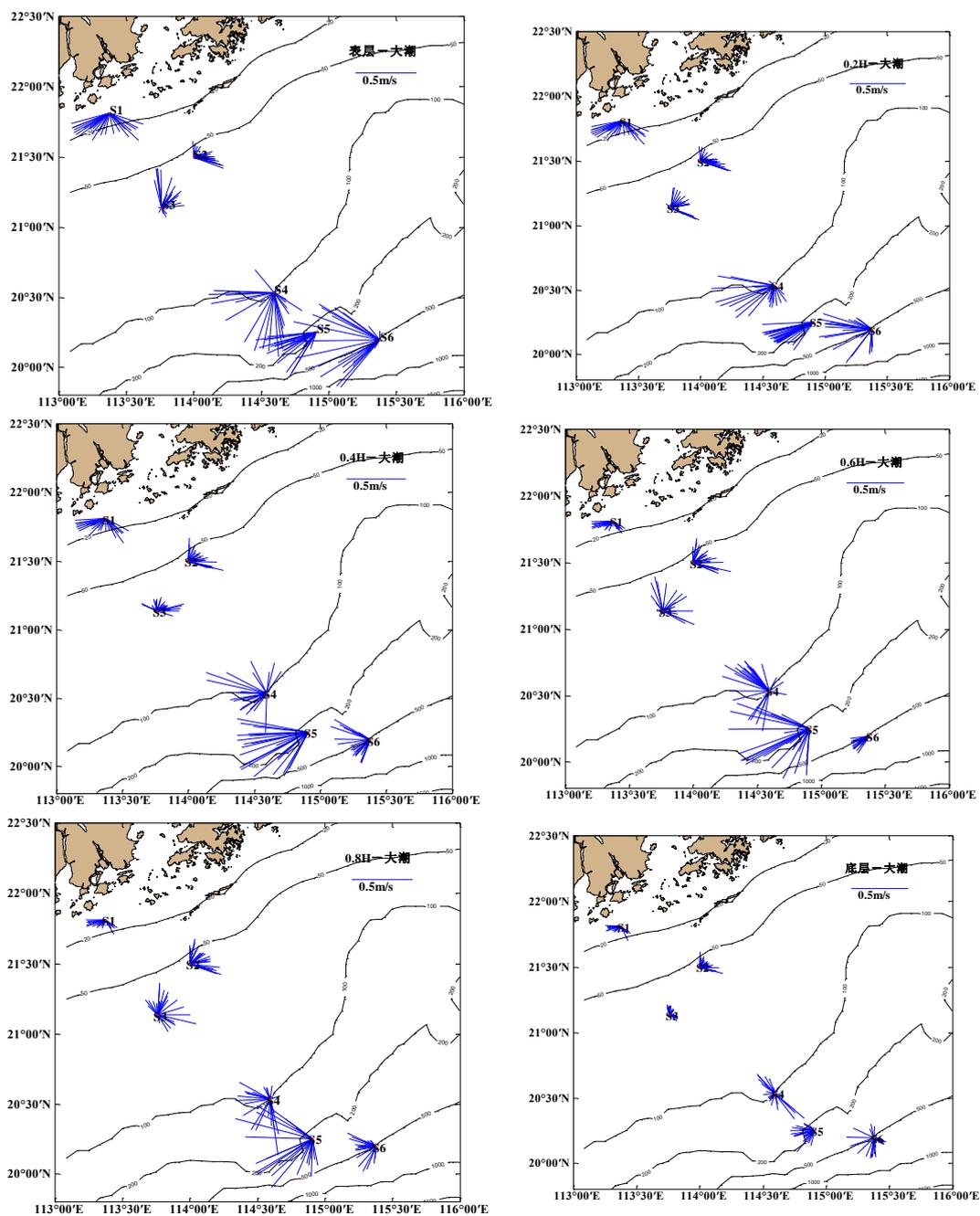
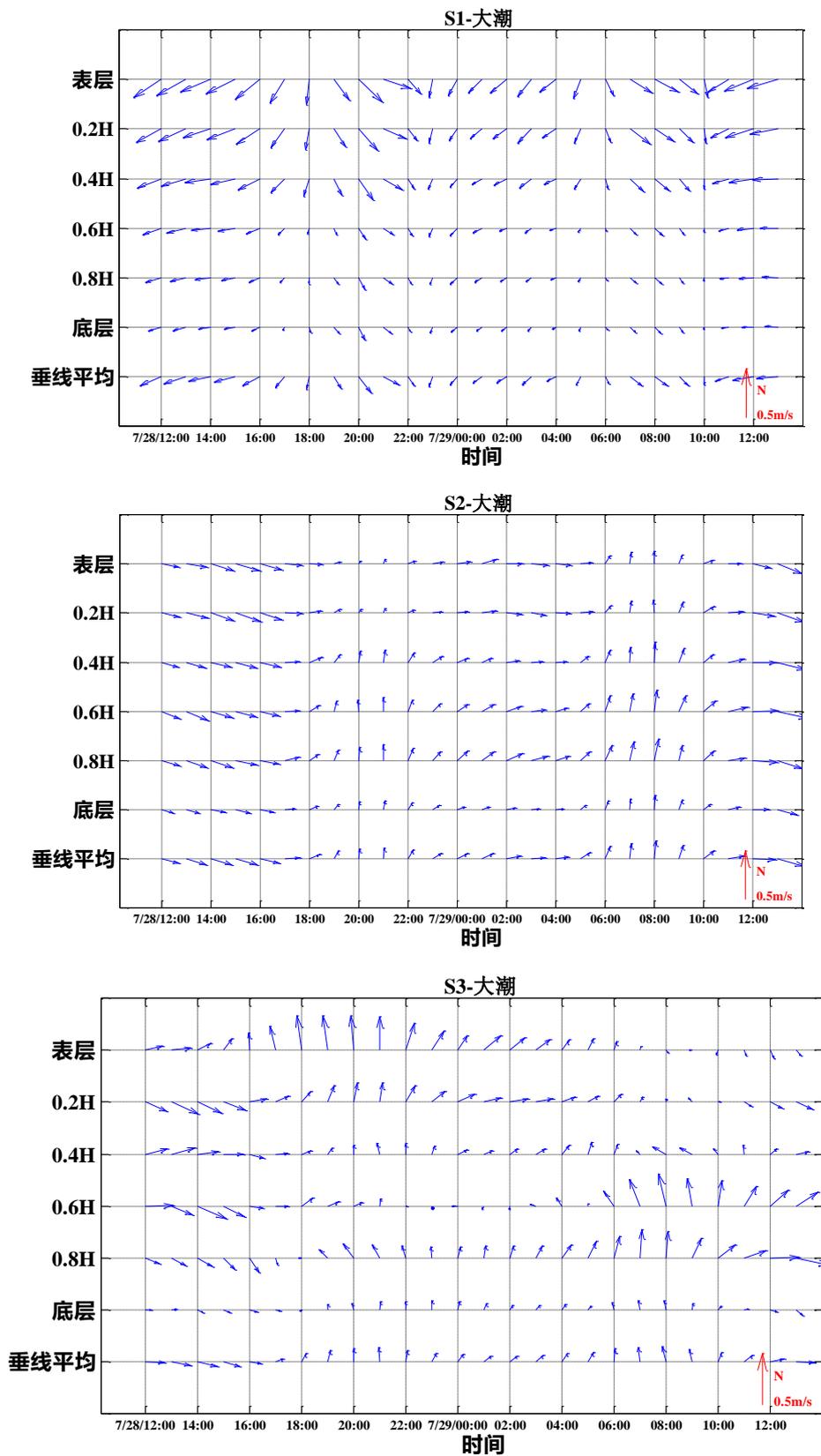


图 5.1-2 大潮期各站各层海流平面分布玫瑰图



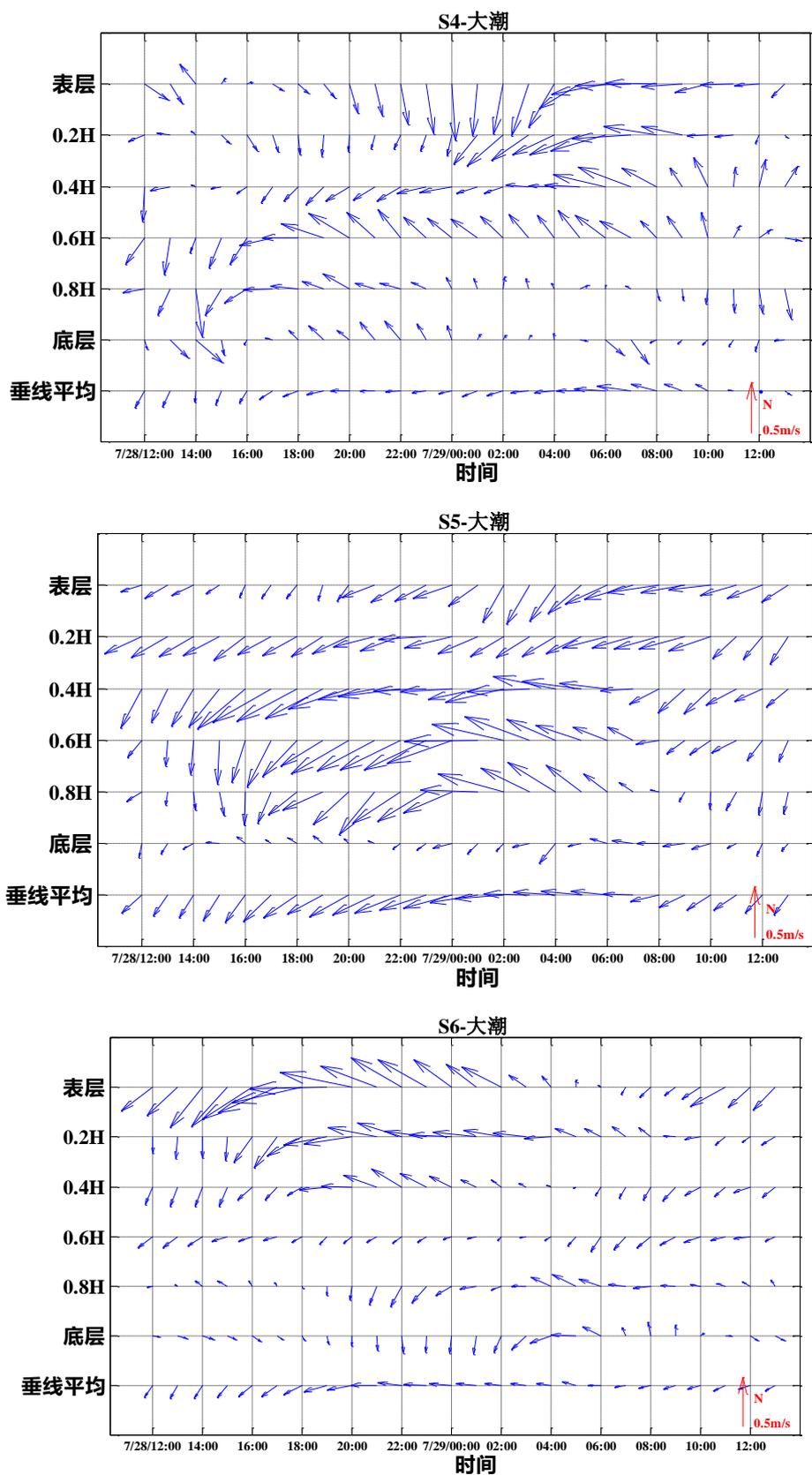


图 5.1-3 大潮期各站各层海流过程矢量图

表 5.1-2 大潮期各站各层平均流速和最大流速统计表（流速单位：cm/s，流向单位：°）

测站	要素	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
S1	Vmean	25.6	22.0	18.6	11.2	9.8	8.4	11.3
	Vmax	33.4	30.6	26.4	19.9	16.9	14.5	19.0
	DVmax	133	249	253	255	251	155	252
S2	Vmean	15.0	15.3	15.7	17.6	17.6	11.0	15.7
	Vmax	26.5	28.8	30.6	33.8	27.7	21.4	28.9
	DVmax	112	109	105	104	109	105	107
S3	Vmean	16.8	15.3	12.0	15.4	16.8	6.3	12.3
	Vmax	34.1	28.1	23.7	31.9	33.1	9.1	19.8
	DVmax	353	114	75	347	103	347	106
S4	Vmean	34.3	26.4	26.1	30.1	19.5	13.7	16.6
	Vmax	55.2	57.5	55.2	45.8	48.3	34.6	33.1
	DVmax	176	267	290	301	172	132	278
S5	Vmean	32.3	39.5	48.6	44.4	34.6	13.7	35.9
	Vmax	50.6	47.3	66.1	71.3	66.2	25.0	48.7
	DVmax	262	257	242	282	285	218	254
S6	Vmean	40.2	28.9	19.1	13.6	13.6	13.0	17.2
	Vmax	78.1	49.8	35.6	18.7	26.5	24.6	25.6
	DVmax	269	281	300	214	297	272	270

#### 5.1.1.5 潮流性质

根据《海洋调查规范》，潮流性质的划分采用潮流性质系数  $F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$  作为判别标准：

- 当  $F \leq 0.5$             为正规半日潮  
 $0.5 < F \leq 2.0$         为不正规半日潮  
 $2.0 < F \leq 4.0$         为不正规全日潮  
 $F > 4.0$                 为正规全日潮

式中  $W$  为分潮流椭圆长半轴，其中  $W_{O1}$  为主要太阴日分潮流  $O1$  的最大流速， $W_{K1}$  为主要太阴太阳合成日分潮流  $K1$  的最大流速， $W_{M2}$  为主要太阴半日分潮流  $M2$  的最大流速。根据《海洋调查规范》，选用“引入差比关系的准调和分析方法”，对海流观测资料进行分析计算，得出观测期间的余流和  $O1$ （主要太阴全日分潮）、 $K1$ （太阴太阳合成全日分潮）、 $M2$ （主要太阴半日分潮）、 $S2$ （主要太阳半日分潮）、 $M4$ （浅水分潮）和  $MS4$ （浅水四分之一分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及椭圆要素等潮流特征值。

通过准调和分析，计算各站层的潮流性质系数  $F$  值见表 5.1-3。由表可知，调查海区  $S1\sim S3$  站系数主要出于  $0.5\sim 2.0$  之间（除  $S3$  站表层外），潮流类型为不正规半日潮流，其余各站  $S4\sim S6$  站各层的系数（除  $S4$  站的  $0.2H$  和底层）均大

于 2，潮流类型为不正规全日潮流。由此可见，调查海区潮流类型主要为不正规半日和全日潮流。

表 5.1-3 潮流性质系数

测站	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
S1	0.63	0.68	0.73	0.82	0.78	0.73
S2	0.85	0.88	1.01	1.03	1.05	1.01
S3	2.29	1.12	0.91	1.82	1.84	1.78
S4	2.64	5.37	2.47	2.33	3.53	2.64
S5	2.20	1.82	4.18	8.07	3.70	1.39
S6	4.67	3.97	2.76	3.26	2.10	2.42

#### 5.1.1.6 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率  $k$  值来描述， $k$  值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1~1 之间。 $k$  的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 $k$  值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。

表 5.1-4 列出了 S1~S6 站各层 O1, K1, M2, S2, M4, MS4 分潮的最大流速（长轴） $W$ ，出现的方向（长轴向） $\theta$ ，最小流速（短轴） $w$ ，椭圆率  $k$ 。图 6.2-1 为调查海区 M2, S2, K1, O1, M4, MS4 等分潮长轴平面分布图，从表可以看出：

(1) 该海区潮流主要以 K1、O1 和 M2 分潮流为主，其次是 S2，浅水分潮流 M4 和 MS4 的量值较小。最大 K1 和 O1 分潮流均出现在 S6 站表层，分别为 16.16cm/s 和 12.96cm/s，最大 M2 分潮流出现在 S1 站表层，为 15.51cm/s。

(2) S1~S3 站各层 K1、O1 和 M2 分潮流的  $k$  值绝对值大部分小于 0.3，说明观测期间的潮流以往复流为主。S4~S6 站各层 K1、O1 和 M2 分潮流的  $k$  值绝对值大部分大于 0.5，说明观测期间的潮流以旋转流为主。各站层各分潮流的椭圆率有正有负，表明观测海区潮流顺时针和逆时针旋转都有，但 S1~S3 站区域潮流以逆时针旋转性质为主，但 S4~S6 站区域潮流以顺时针旋转性质为主。

(3) 各站层的分潮流运动方向主要为 NW~SE，略有 S~N 或 E~W。

表 5.1-4 各站层主要分潮流的椭圆要素 (单位: cm/s, °)

站层	站名	站名																							
		U	V	W	θ	U	V	W	θ	U	V	W	θ	U	V	W	θ	U	V	W	θ				
站层 1	站名 1	0.1	0.2	0.3	45	0.2	0.3	0.4	60	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120
	站名 2	0.2	0.3	0.4	60	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135
	站名 3	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150
	站名 4	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165
	站名 5	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165	1.0	1.1	1.2	180
	站名 6	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165	1.0	1.1	1.2	180	1.1	1.2	1.3	195
站层 2	站名 1	0.1	0.2	0.3	45	0.2	0.3	0.4	60	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120
	站名 2	0.2	0.3	0.4	60	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135
	站名 3	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150
	站名 4	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165
	站名 5	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165	1.0	1.1	1.2	180
	站名 6	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165	1.0	1.1	1.2	180	1.1	1.2	1.3	195
站层 3	站名 1	0.1	0.2	0.3	45	0.2	0.3	0.4	60	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120
	站名 2	0.2	0.3	0.4	60	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135
	站名 3	0.3	0.4	0.5	75	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150
	站名 4	0.4	0.5	0.6	90	0.5	0.6	0.7	105	0.6	0.7	0.8	120	0.7	0.8	0.9	135	0.8	0.9	1.0	150	0.9	1.0	1.1	165

■	■	■				■				■				■				■							
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

□	□	□				□				□				□				□							
		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

### 5.1.1.7 理论最大可能潮流

根据《海港水文规范》的规定，对于正规半日潮流的海区，最大可能潮流  $V_{\max}$  按式 (A) 计算；对于正规全日潮流的海区，最大可能潮流  $V_{\max}$  按式 (B) 计算；对于不正规半日潮流和不正规全日潮流的海区，最大可能潮流  $V_{\max}$  取式 (A) 和式 (B) 计算中的较大值：

$$\bar{V}_{MAX} = 1.295\bar{W}_{M2} + 1.245\bar{W}_{S2} + \bar{W}_{K1} + \bar{W}_{O1} + \bar{W}_{M4} + \bar{W}_{MS4} \quad (\text{A})$$

$$\bar{V}_{MAX} = \bar{W}_{M2} + \bar{W}_{S2} + 1.600\bar{W}_{K1} + 1.450\bar{W}_{O1} \quad (\text{B})$$

式中  $W$  为分潮流的最大流矢量。该海区内最大可能潮流流速和对应的流向受地形影响各有不同，计算结果列于表 5.1-5 中：

(1) 理论最大可能潮流流速的最大值出现在 S5 站 0.6H，为 52.1cm/s，流向为 122°。

(2) 各站的理论最大可能潮流流速极大值，S1 出现在表层，S2、S3、S5 出现在 0.6H，S4、S6 出现在 0.2H。

表 5.1-5 潮流可能最大流速及流向

测层	要素	S1	S2	S3	S4	S5	S6
表层	流速(cm/s)	36.7	18.8	13.9	13.6	28.2	15.1
	流向(°)	271	131	130	140	84	137
0.2H	流速(cm/s)	32.9	20.3	14.4	50.3	12.8	42
	流向(°)	274	129	132	91	130	122
0.4H	流速(cm/s)	28.8	21.7	19	30.6	41.2	11
	流向(°)	280	133	108	136	128	132
0.6H	流速(cm/s)	19.2	24.9	31.3	47.7	52.1	6.4
	流向(°)	278	137	124	152	122	264
0.8H	流速(cm/s)	16.6	24.3	30.3	35.3	40.3	11.4
	流向(°)	282	143	154	170	112	106
底层	流速(cm/s)	14.1	15.2	11.4	14.8	10.4	20.7
	流向(°)	287	133	151	126	93	79

### 5.1.1.8 余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动(天文潮)之外，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。调查海区各潮期的余流流速及流向列于表 5.1-6。图 5.1-4 为各潮期余流平面分布图。从图和表中，可以看到以下特点：

(1) 调查海区大潮期余流介于 1.5cm/s~45.9cm/s。最大值和最小值分别出现在 S4 站的底层和 S5 站的 0.4H 层。

(2) 各站各层底层余流流速比其余各层流速小。这是由于底摩擦耗能的结果，近海海底余流一般要小于表层。

(3) 该观测海域余流主要受风和地表径流（珠江冲淡水）的影响。大潮期各站各层的余流方向，S1 站主要为 SSW，S2、S3 站主要为 NE，S4~S6 站主要为 SWW。

表 5.1-6 各潮期的余流流速及流向（流速：cm/s，流向：°）

测层	要素	S1	S2	S3	S4	S5	S6
表层	流速(cm/s)	16.7	12.5	13.6	22.9	31.1	34.2
	流向(°)	197	83	23	210	240	266
0.2H	流速(cm/s)	14.1	12.6	11.9	21.5	39	25.1
	流向(°)	203	83	68	237	246	262
0.4H	流速(cm/s)	11.9	12.4	7.9	19.2	45.9	15.4
	流向(°)	210	68	45	269	249	254
0.6H	流速(cm/s)	7.3	13.6	8.4	21.3	38.6	13.1
	流向(°)	221	64	40	296	247	238
0.8H	流速(cm/s)	6.2	13.8	9.8	9.7	27.3	10.9
	流向(°)	216	62	39	244	246	259
底层	流速(cm/s)	5.2	8.6	4.1	1.5	11.9	5.7
	流向(°)	209	68	33	258	253	191

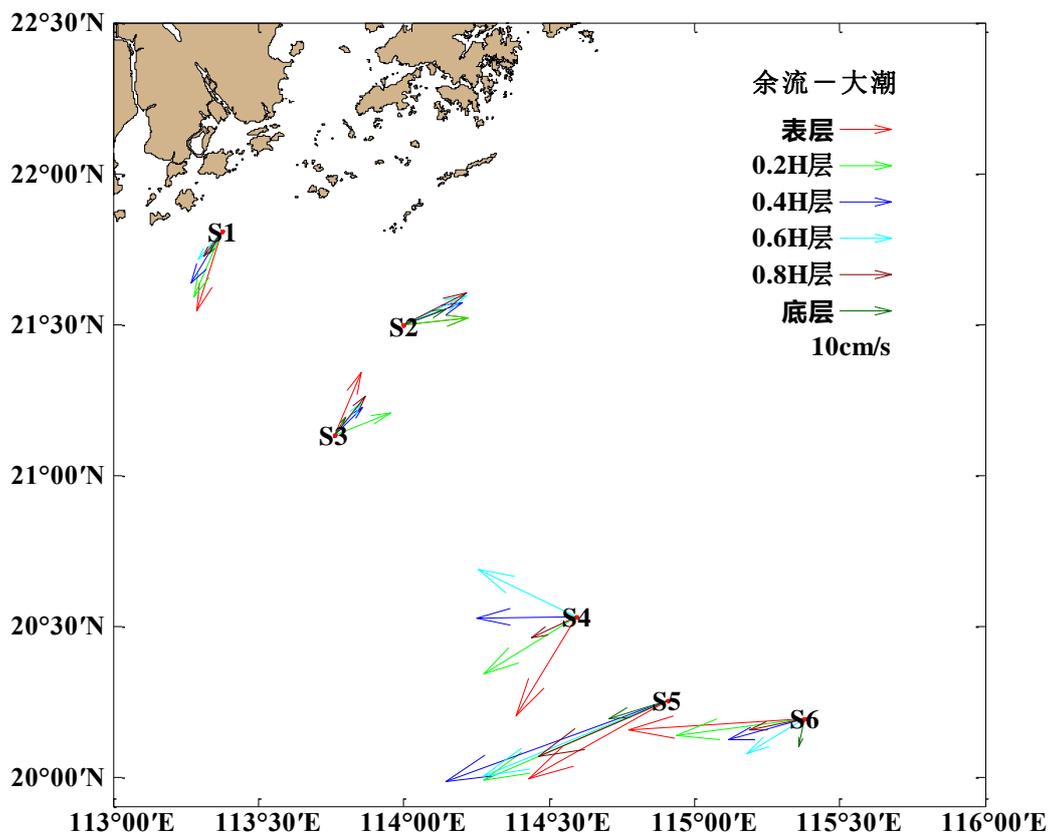


图 5.1-4 余流平面分布图

### 5.1.1.9 小结

(1) 从海流的流态来看, 观测海域近岸和离岸较远海域海流特征差异明显, 珠江口外 S1 站海流主流向为 SE, 其次为 SW, 主要表现为珠江口冲淡水的扩散流场; 在 50m~100m 水深陆坡区的 S2 站、S3 站主流向为偏东向, 表现为夏季环流的陆坡区流场; 100m 以深的 S4 站、S5 站和 S6 站主流向为 SW 和 NW。从流速来看, 大潮期的最大海流流速为 78.1cm/s, 出现在 S6 站表层, 其次为 71.3cm/s, 出现在 S5 站 0.6H, 流向分别为 269°和 282°。S1~S3 站实测海流呈现不正规半日潮流特征, 各站各层流向较为一致, 而 S4~S5 站则主要呈现不正规全日潮的特征, 各站各层流速流向差异较大。

(2) 调查海区潮流类型主要为不正规半日和全日潮流。S1~S3 站系数主要出于 0.5~2.0 之间 (除 S3 站表层外), 潮流类型为不正规半日潮流, 其余各站 S4~S6 站各层的系数 (除 S4 站的 0.2H 和底层) 均大于 2, 潮流类型为不正规全日潮流。

(3) 潮流主要以 K1、O1 和 M2 分潮流为主, 其次是 S2, 浅水分潮流 M4 和 MS4 的量值较小。最大 K1 和 O1 分潮流均出现在 S6 站表层, 分别为 16.16cm/s 和 12.96cm/s, 最大 M2 分潮流出现在 S1 站表层, 为 15.51cm/s。

(4) S1~S3 站各层观测期间的潮流以往复流为主, S4~S6 站各层观测期间的潮流以旋转流为主。各站层各分潮流的椭圆率有正有负, 表明观测海区潮流顺时针和逆时针旋转都有, 但 S1~S3 站区域潮流以逆时针旋转性质为主, 但 S4~S6 站区域潮流以顺时针旋转性质为主。

(5) 调查海区大潮期余流介于 1.5cm/s~45.9cm/s。最大值和最小值分别出现在 S4 站的底层和 S5 站的 0.4H 层。各站底层余流流速比其余各层流速小。该海域的余流主要受风和地表径流 (珠江冲淡水) 的影响。大潮期各站各层的余流方向, S1 站主要为 SSW, S2、S3 站主要为 NE, S4~S6 站主要为 SWW。

(6) 除 S1 站外, 其他站点观测期的海流以潮流和风海流为主, 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, 故会出现实测最大流速要大于理论最大可能潮流流速的情况。

## 5.1.2 文昌附近海域

### 5.1.2.1 站位布设

水文观测共布设海流、悬沙大潮定点连续观测站 4 个，为 LC1 站~LC4 站，周日潮位连续观测站 2 站，为 LC1 站和 LC2 站。站位置分布见表 5.1-7 和图 5.1-5。

表 5.1-7 观测站位坐标

站号	经度 (E)	纬度 (N)
LC1	110°58.199'	20°12.292'
LC2	110°59.200'	19°58.000'
LC3	111°41.925'	19°56.813'
LC4	111°42.041'	20°12.632'

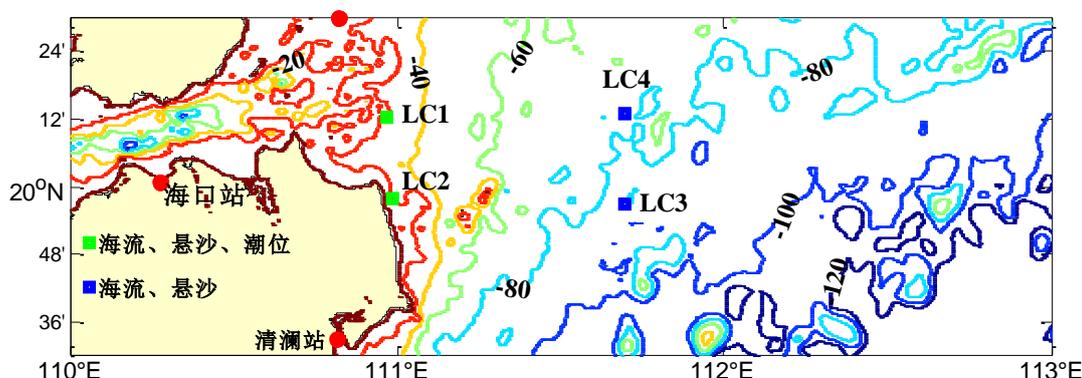


图 5.1-5 文昌附近海域大潮水文观测站位布设图

### 5.1.2.2 观测方法

(1) 出发前统一设置 ADCP，采样间隔设置为 30min，按持续采样模式进行设置，保证仪器正常工作。深水站 300KHzADCP 设置层厚为 4m，浅水站 300KHzADCP 和 600KHzADCP 设置层厚为 2m，采样间隔 30min 采样一次，每次采样 120 个 pin 的平均值 (2min~3min 内)。

(2) 船只到站点后，采用 GPS 进行定位，并抛锚固定，安装好 ADCP 和单点阔龙组成的系统，并在记录表上记录好调查站位、调查船号、仪器编号、ADCP 入水深度等信息，白天并在备注栏注明海况、风况等。

(3) 安装 ADCP 时，要取下 ADCP 保护帽，使 ADCP 面朝下，用 ADCP 架和绳将 ADCP 固定在船舷边，ADCP 入水深度不得小于船的吃水水深；ADCP 工作时，使其最大倾角不能超过 15°。

(4) 海流连续观测时，应每三小时观测一次船位。如发现船只严重走锚 (超

过定位准确度要求), 应移至原位, 重新开始观测。

(5) 周日连续观测一般不得缺测。凡中断观测两小时以上者, 应重新开始观测。

(6) 按上述连续采样 26 组资料后, 观测结束, 回收和清洗干净仪器。

(7) 在大潮观测前, 将水位计布放好, 观测仪器为 RBR 水位计, 整点开始观测, 5 分钟观测一次, 连续观测 26 小时。

### 5.1.2.3 观测时间

观测时间为 2019 年 9 月 12 日 11:00 点~2019 年 9 月 13 日 12:00 点。

### 5.1.2.4 实测海流结果

图 5.1-6 至图 5.1-11 分别为表、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H 和底层实测海流空间分布图。从图中可以看出不同站位海流的空间分布存在一定的差异, 平面分布上的差异明显大于垂向分布上的差异。其中 LC1 站受琼州海峡地形影响, 东西向海流特征明显; LC2 站潮汐往返特征明显, 且随着水深增加, 流速明显减弱; LC3 和 LC4 站实测海流特征较为相似, 旋转特征较为明显, 往复特征明显减弱。

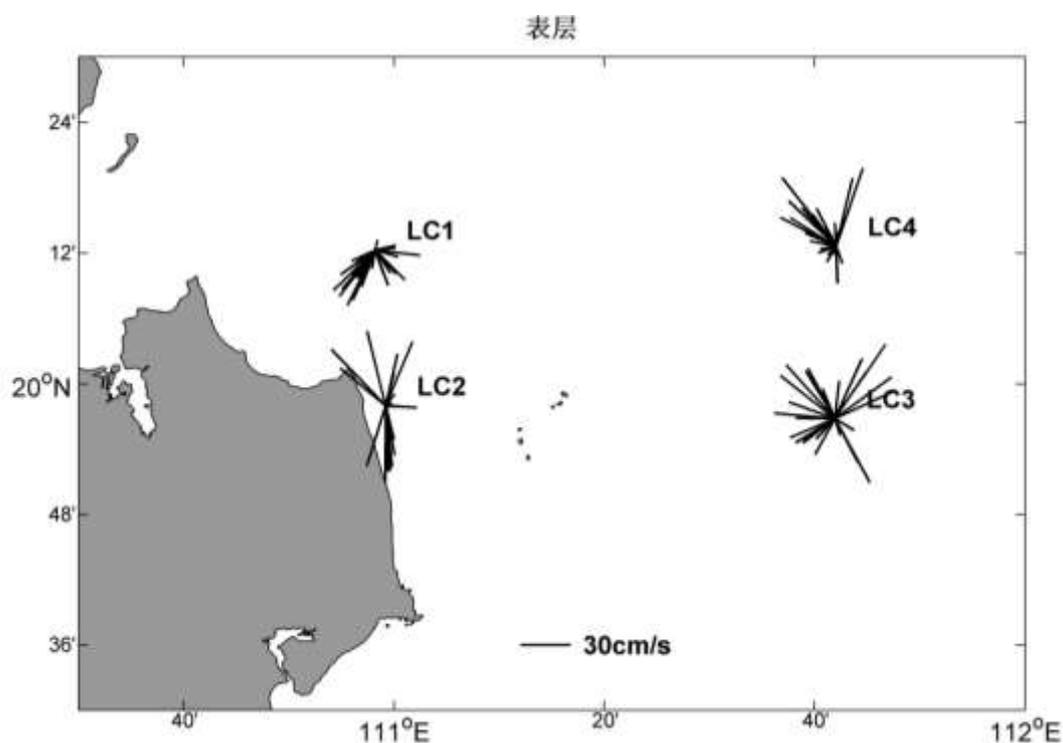


图 5.1-6 表层实测海流空间分布图

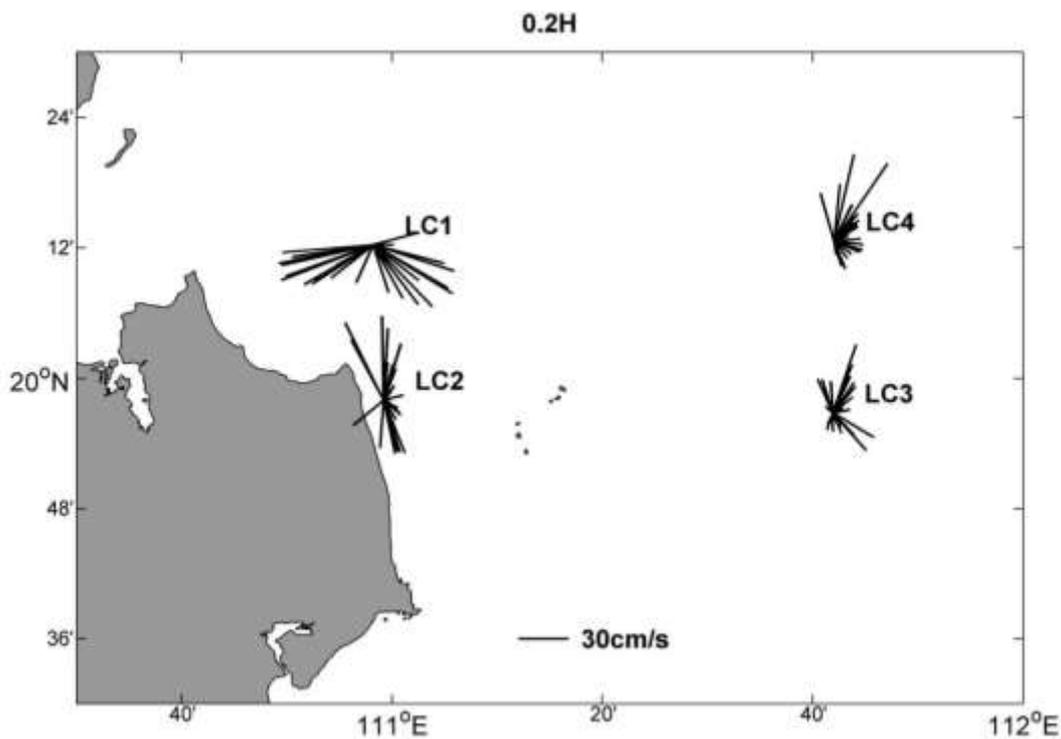


图 5.1-7 0.2H 层实测海流空间分布图

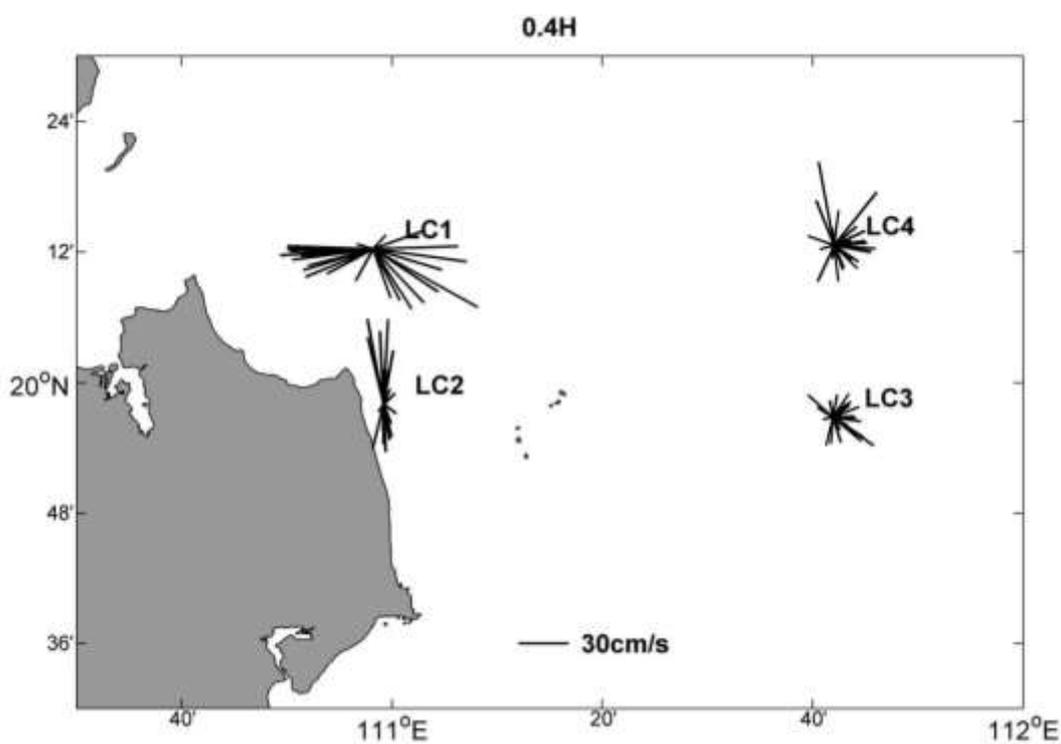


图 5.1-8 0.4H 层实测海流空间分布图

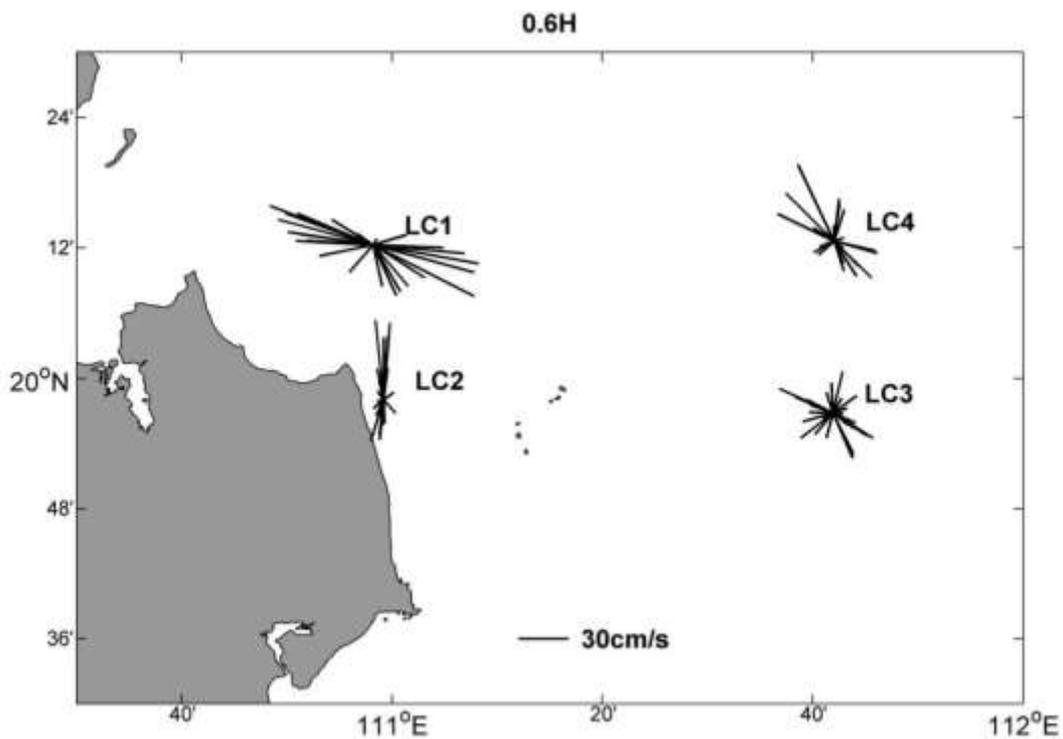


图 5.1-9 0.6H 层实测海流空间分布图

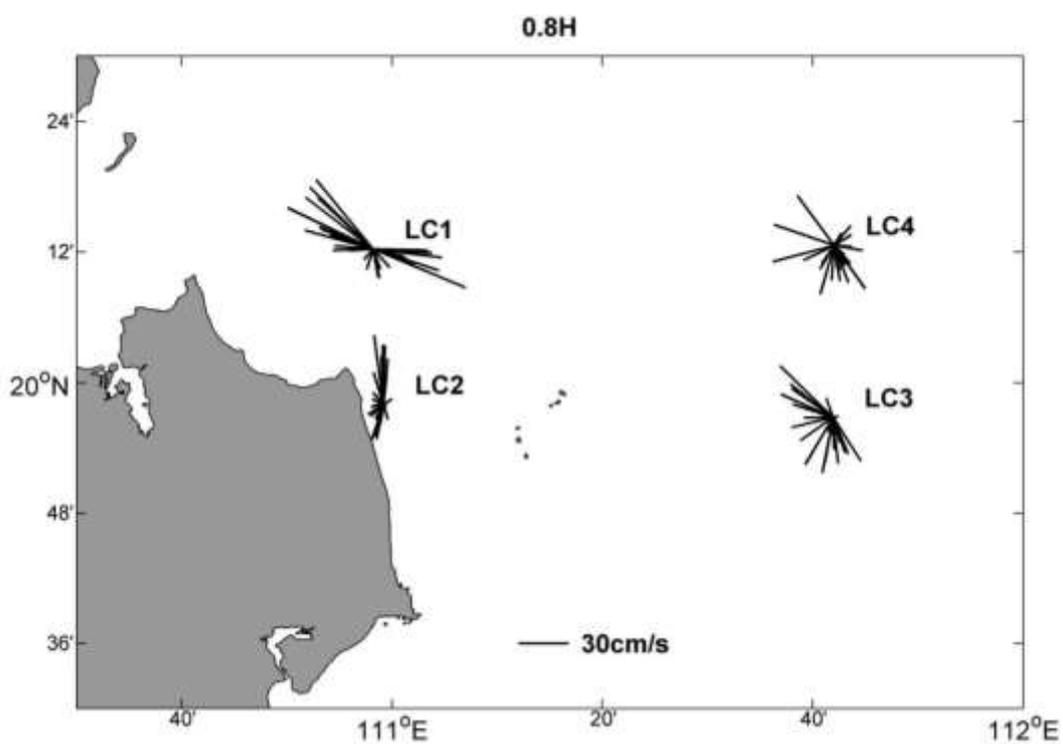


图 5.1-10 0.8H 层实测海流空间分布图

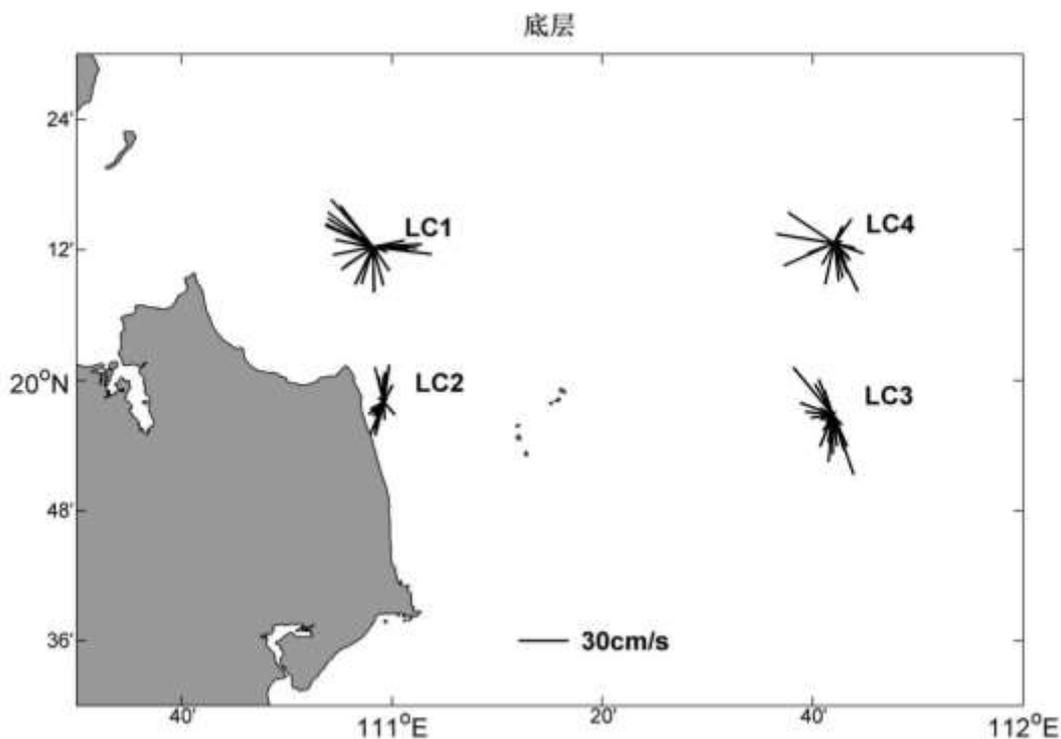


图 5.1-11 底层实测海流空间分布图

图 5.1-12~图 5.1-15 为大潮期各观测站不同层次海流时间序列图。表 5.1-8 为大潮期各站层最大流速统计表，表 5.1-9 为各站流向频率统计表，表 5.1-10 为各向平均流速统计表。

从图表中可以看出，4 个海流观测站的实测海流分布特征存在一定的差异，其中 LC1 站位于琼州海峡东侧，实测海流受地形影响较大，东西向海流特征明显，且各层实测海流流速均较大。LC2 站实测海流表现为较明显的一落一涨的全日潮流特征，且北向涨潮流速大于南向落潮流速。LC3 和 LC4 站位于琼州海峡东侧外海，实测海流表现为两涨两落不正规半日潮特征。

各站表层最大流速为 LC3 站的 54.6cm/s，方向为 34°，其次为 LC4 站的 52.9cm/s，方向为 323°；中层（0.6H）最大流速为 LC1 站的 67.9cm/s，方向为 118°，其次为 LC4 站的 51.7cm/s，方向为 335°；底层最大流速为 LC3 站的 38.6cm/s，方向为 161°，其次为 LC1 站的 38.3cm/s，方向为 319°。LC1 站表层流速主流向为西南（SW），受琼州海峡地形影响明显；LC2 站表层流速主流向为南（S），另 NNW 和 NNE 方向频率也较高；LC3 和 LC4 站实测表层流速较分散，西北向海流频率较高。LC1 站底层流速主流向为东向（E），LC2 站底层主流向为北向（N）和南南西向（SSW），LC3 站底层流速主流向为南南东向（SSE），LC4 站底层流速主流向为南向（S）。

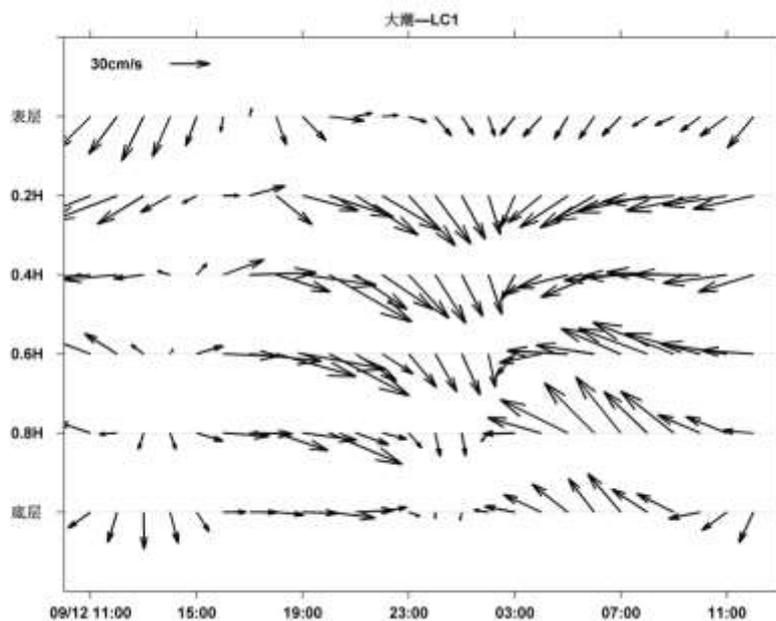


图 5.1-12 LC1 站海流时间序列图

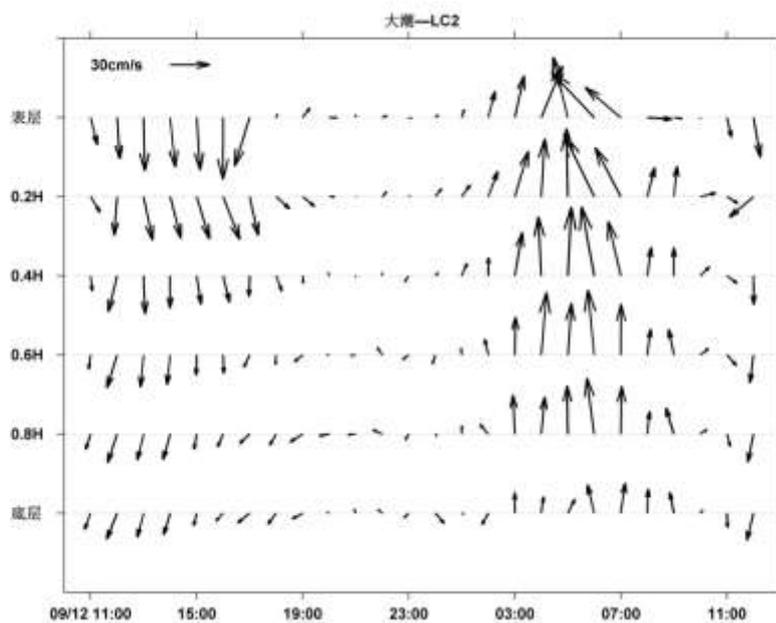


图 5.1-13 LC2 站海流时间序列图

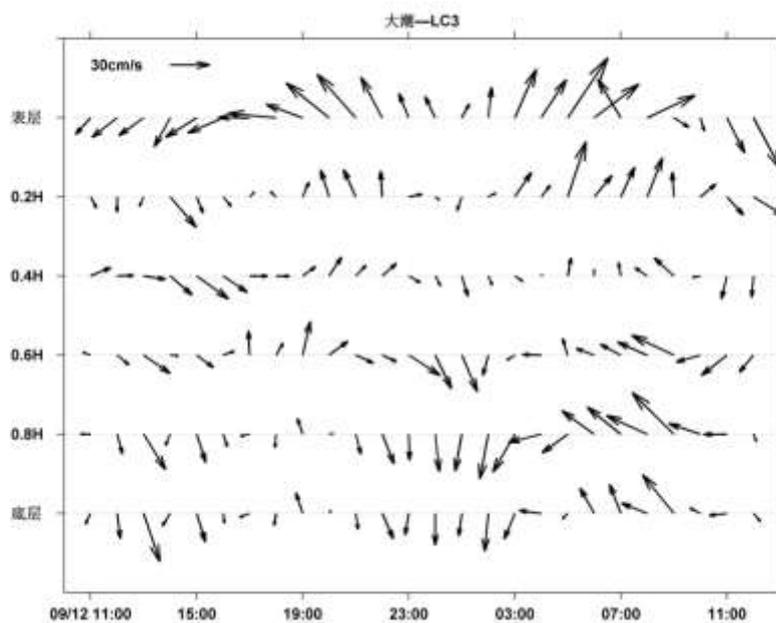


图 5.1-14 LC3 站海流时间序列图

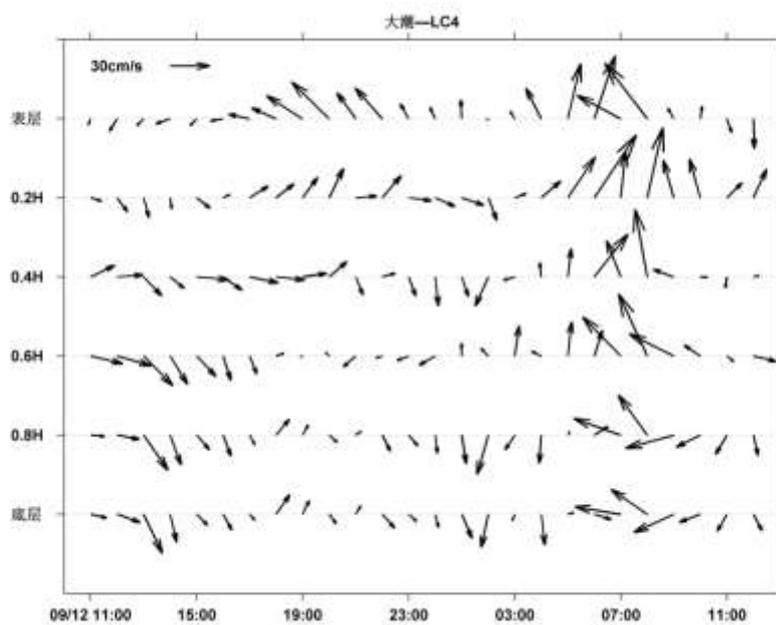


图 5.1-15 LC4 站海流时间序列图

表 5.1-8 各站层最大流速统计表

站号	表层		0.2H 层		0.4H 层	
	最大流速 (cm/s)	相应流向 (°)	最大流速 (cm/s)	相应流向 (°)	最大流速 (cm/s)	相应流向 (°)
LC1	37.5	206	58.8	249	71.7	120
LC2	47.2	317	52.9	334	53.2	350
LC3	54.6	34	44.1	18	29.7	126
LC4	52.9	323	57.2	34	52.0	350
站号	0.6H 层		0.8H 层		底层	
	最大流速 (cm/s)	相应流向 (°)	最大流速 (cm/s)	相应流向 (°)	最大流速 (cm/s)	相应流向 (°)
LC1	67.9	118	59.8	113	38.3	319
LC2	49.5	354	42.8	353	23.1	8
LC3	35.3	295	44.6	315	38.6	161
LC4	51.7	335	37.9	290	35.0	279

表 5.1-9 各站流向频率统计表

站位		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
表层	LC1	0.00	3.85	0.00	3.85	7.69	3.85	7.69	11.54	3.85	15.38	34.62	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00
	LC2	3.85	19.23	7.69	3.85	11.54	3.85	0.00	7.69	26.92	3.85	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	3.85
	LC3	3.85	15.38	3.85	3.85	0.00	3.85	0.00	11.54	0.00	3.85	11.54	7.69	7.69	3.85	7.69	15.38
	LC4	7.69	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	3.85	7.69	11.54	3.85	3.85	15.38	15.38	19.23
中层	LC1	0.00	3.85	0.00	3.85	11.54	15.38	3.85	11.54	0.00	0.00	3.85	3.85	15.38	23.08	3.85	0.00
	LC2	26.92	0.00	3.85	0.00	0.00	0.00	3.85	0.00	26.92	11.54	7.69	0.00	7.69	0.00	0.00	11.54
	LC3	3.85	7.69	3.85	3.85	3.85	11.54	11.54	7.69	0.00	3.85	7.69	7.69	3.85	19.23	0.00	3.85
	LC4	11.54	3.85	0.00	3.85	0.00	11.54	11.54	11.54	0.00	0.00	3.85	15.38	0.00	7.69	15.38	3.85
底层	LC1	0.00	0.00	0.00	3.85	23.08	3.85	0.00	7.69	7.69	11.54	7.69	3.85	7.69	11.54	11.54	0.00
	LC2	19.23	3.85	3.85	0.00	0.00	3.85	3.85	0.00	3.85	26.92	15.38	3.85	0.00	3.85	3.85	7.69
	LC3	0.00	0.00	3.85	0.00	0.00	0.00	3.85	11.54	30.77	11.54	3.85	3.85	7.69	7.69	3.85	11.54
	LC4	0.00	7.69	3.85	3.85	0.00	11.54	19.23	23.08	3.85	11.54	0.00	7.69	3.85	0.00	3.85	0.00

表 5.1-10 各向平均流速 (cm/s) 统计表

Direction	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
North																								
South																								

### 5.1.2.5 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数  $F = (W_{O1} + W_{K1}) / W_{M2}$  作为判别标准：

当  $F \leq 0.5$  时，为正规半日潮流；

当  $0.5 < F \leq 2.0$  时，为不正规半日潮流；

当  $2.0 < F \leq 4.0$  时，为不正规全日潮流；

当  $4.0 < F$  时，为正规全日潮流。

其中  $W_{O1}$  为主要太阴日分潮流  $O_1$  的最大流速， $W_{K1}$  为主要太阴太阳合成日分潮流  $K_1$  的最大流速， $W_{M2}$  为主要太阴半日分潮流  $M_2$  的最大流速。

根据《海洋调查规范》，选用“引入差比关系的准调和分析方法”，对海流观测资料进行分析计算<sup>[1,2]</sup>，得出观测期间的余流和  $O_1$ （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）、 $M_4$ （浅水分潮）和  $MS_4$ （浅水四分之一分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及椭圆要素等潮流特征值。各站层的潮流性质系数  $F$  值见表 5.1-111。

表 5.1-11 潮流性质系数

站号	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂向
LC1	3.74	14.35	9.92	10.77	5.71	3.39	7.9
LC2	4.01	4.49	3.34	2.79	2.77	1.97	3.28
LC3	4.4	1.29	1.44	1.56	1.44	1.02	0.69
LC4	1.32	1.01	1.69	2.18	1.17	1.17	1.08

根据潮流调和和分析结果，LC1 站的 0.2H、0.4H、0.6H、0.8H、垂向平均及 LC2 站的表层、0.2H 层的潮流性质系数均大于 4，表现为正规全日潮流特征，LC1 表层、底层及 LC2 的 0.4H、0.6H、0.8H、垂向平均表现为不正规全日潮流特征，除了 LC3 的表层，LC3 和 LC4 其他站层表现为不正规半日潮流特征，总体来说 LC1 和 LC2 站主要为全日潮流特征，而 LC3 和 LC4 为半日潮流特征。

### 5.1.2.6 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率  $k$  值来描述， $k$  值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于 -1~1 之间。 $k$  的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 $k$  值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。

根据短期潮流准调和和分析计算的结果，表 5.1-12 列出了 LC1~LC4 站表、0.6H 及底层  $O_1$ ， $K_1$ ， $M_2$ ， $S_2$ ， $M_4$ ， $MS_4$  分潮的椭圆要素。

该海区潮流主要以全日分潮流 K1 和 O1 为主，K1 分潮略大于 O1 分潮，半日分潮流 M2 和 S2 次之，M2 分潮大于 S2 分潮。

LC1 和 LC2 站潮流椭圆分布较为一致，全日分潮流特征明显，且分潮流明显受到地形的影响，LC1 站受琼州海峡影响，长轴为东西方向，LC2 站受海南岛东侧岸线影响，长轴为南北方向，LC3 和 LC4 站潮流椭圆分布较为一致，半日分潮流增强。

K1 分潮流长半轴（最大流速）最大值出现在 LC1 站 0.6H 层，大小为 54.7cm/s，O1 分潮流长半轴（最大流速）最大值出现在 LC1 站 0.6H 层，为 38.7cm/s，M2 分潮流长半轴（最大流速）最大值出现在 LC3 站 0.8 层，为 19.6cm/s。

表 5.1-12 主要分潮流椭圆要素

站号	分潮	表层					0.6H					底层				
		W	w	k	T	θ	W	w	k	T	θ	W	w	k	T	θ
		cm/s	cm/s		hour	°	cm/s	cm/s		hour	°	cm/s	cm/s		hour	°
LC1	O1	12.81	1.88	0.15	9.4	70	38.67	8.87	-0.23	20.39	288	19.71	6.23	0.32	18.87	290
	K1	18.13	2.67	0.15	11.43	70	54.74	12.56	-0.23	9.65	108	27.9	8.82	0.32	8.24	110
	M2	8.28	0.49	-0.06	8.34	33	8.67	5.3	0.61	11.2	252	14.03	2.41	-0.17	12.82	188
	S2	3.43	0.2	-0.06	10.03	33	3.59	2.19	0.61	12.79	252	5.81	1	-0.17	8.37	8
	M4	5.42	1.23	0.23	10.13	335	5.96	0.55	0.09	10.19	286	2.59	0.3	-0.11	10.5	314
	MS4	4.48	1.02	0.23	10.96	335	4.93	0.46	0.09	11.02	286	2.14	0.25	-0.11	8.28	134
LC2	O1	20.92	1.18	0.06	15.24	357	16.88	1.01	-0.06	16.52	4	8.51	0.2	0.02	16.49	17
	K1	29.62	1.67	0.06	16.84	357	23.9	1.43	-0.06	18.02	4	12.05	0.28	0.02	18	17
	M2	12.6	1.59	-0.13	12.57	152	14.64	0.22	0.02	12.26	182	10.42	0.57	-0.06	13.01	179
	S2	5.21	0.66	-0.13	8.12	332	6.06	0.09	0.02	13.82	182	4.32	0.24	-0.06	8.55	359
	M4	6.52	0.63	0.1	8.93	100	3.94	0.03	0.01	10.03	29	3.4	0.48	-0.14	9.23	11
	MS4	5.4	0.52	0.1	9.78	100	3.26	0.03	0.01	10.86	29	2.82	0.4	-0.14	10.08	11
LC3	O1	19.63	13.4	-0.68	16.07	49	10.74	3.09	-0.29	20.21	272	7.44	1.52	-0.2	19.98	323
	K1	27.79	18.97	-0.68	17.61	49	15.21	4.38	-0.29	9.48	92	10.54	2.15	-0.2	9.27	143
	M2	10.79	2.16	0.2	12.52	177	16.65	2.42	0.15	12.89	156	17.67	0.71	-0.04	13.52	165
	S2	4.46	0.9	0.2	8.07	357	6.89	1	0.15	8.43	336	7.31	0.29	-0.04	9.04	345
	M4	3.57	1.96	-0.55	10.83	100	2.97	0.46	0.16	9.67	283	1.84	0.2	-0.11	9.31	255
	MS4	2.96	1.63	-0.55	8.59	280	2.46	0.38	0.16	10.51	283	1.53	0.17	-0.11	10.16	255
LC4	O1	8.9	3.6	-0.4	15.06	15	13.59	3.22	-0.24	16.79	331	6.89	0.22	0.03	19.25	264
	K1	12.59	5.1	-0.4	16.67	15	19.25	4.55	-0.24	18.28	331	9.75	0.32	0.03	8.59	84
	M2	16.28	2.7	0.17	13.28	152	15.04	3.57	0.24	13.95	133	14.17	2.19	0.15	13.9	145
	S2	6.74	1.12	0.17	8.81	332	6.23	1.48	0.24	9.46	313	5.87	0.91	0.15	9.41	325
	M4	6.4	0.33	0.05	10.96	93	5.77	3.61	0.63	8.46	296	6.82	2.15	0.32	8.68	245
	MS4	5.3	0.27	0.05	8.73	273	4.78	2.99	0.63	9.32	296	5.65	1.78	0.32	9.54	245

### 5.1.2.7 理论最大可能潮流

根据《港口与航道水文规范》的规定，对于正规半日潮流的海区，最大可能潮流  $V_{max}$  按式 (A) 计算；对于正规全日潮流的海区，最大可能潮流  $V_{max}$  按式 (B) 计算；对于不正规半日潮流和不正规全日潮流的海区，最大可能潮流  $V_{max}$  取式 (A) 和式 (B) 计算中的较大值：

$$\bar{V}_{MAX} = 1.295\bar{W}_{M2} + 1.245\bar{W}_{S2} + \bar{W}_{K1} + \bar{W}_{O1} + \bar{W}_{M4} + \bar{W}_{MS4} \quad (A)$$

$$\bar{V}_{MAX} = \bar{W}_{M2} + \bar{W}_{S2} + 1.600\bar{W}_{K1} + 1.450\bar{W}_{O1} \quad (B)$$

式中  $W$  为分潮流的最大流矢量。计算结果列于表 5.1-13 中：

理论最大可能潮流流速的最大值出现在 LC1 站 0.6H 层，为 153.7cm/s，流向为 106.0°；调查区 LC1 和 LC2 站的理论最大潮流大于 LC3 和 LC4 站，尤其是在上层和 中层，LC3 和 LC4 站底层的理论最大潮流也较大；LC1 和 LC2 站最大可能潮流流向受到地形影响明显，其中 LC1 站为东向流，LC2 站为南北向流。

表 5.1-13 最大可能潮流流速及流向

层次	站号	LC1	LC2	LC3	LC4
表层	流速(cm/s)	57.3	94.2	64.7	31.5
	流向(°)	63	172	59	101
0.2H	流速(cm/s)	131.2	100.6	15.6	25.0
	流向(°)	92	171	150	34
0.4H	流速(cm/s)	140.8	94.4	37.4	30.4
	流向(°)	95	177	124	72
0.6H	流速(cm/s)	153.7	83.4	54.5	71.0
	流向(°)	106	3	115	146
0.8H	流速(cm/s)	111.2	36.5	69.1	48.6
	流向(°)	107	12	138	117
底层	流速(cm/s)	71.5	18.2	51.7	45.0
	流向(°)	95	31	153	108

### 5.1.2.8 余流

调查海区大潮期的余流列于表 5.1-14。图 5.1-16 为余流的平面分布图。从图和表中，可以看到以下特点：

调查海区余流最大值出现在 LC1 站 0.2H 层，大小为 20.2cm/s，方向为 205°，最小值出现在 LC3 站 0.6H 层，大小为 1.4cm/s，方向为 206°。

不同区域的余流分布有一定的差异特征，调查区东侧 LC1 和 LC2 站表层为南向余流，尤其是 LC1 站，南向余流较大，而 LC3 和 LC4 站的表层为西北向余流，且流

速较大。LC1 站中层和底层余流为向琼州海峡，LC2 站中层和底层余流北向分量明显，尤其是 LC2 站的中层，LC3 和 LC4 站底层余流分布相似，为南或西南向余流，且中层余流较小。总体来说 LC1 和 LC2 站余流受地形影响较明显，LC3 和 LC4 站余流较相似，表层和底层存在反向差异。

表 5.1-14 大潮期余流统计表

层次	站号	LC1	LC2	LC3	LC4
表层	流速(cm/s)	14.5	1.6	9.9	14.6
	流向(°)	194	157	335	321
0.2H	流速(cm/s)	20.2	5.2	8.6	15.2
	流向(°)	205	35	41	43
0.4H	流速(cm/s)	12.8	5.8	6.0	6.9
	流向(°)	196	6	96	74
0.6H	流速(cm/s)	5.2	5.5	1.4	3.3
	流向(°)	217	347	206	347
0.8H	流速(cm/s)	4.9	5.4	10.9	7.0
	流向(°)	307	324	227	186
底层	流速(cm/s)	2.9	2.1	7.4	6.9
	流向(°)	267	267	216	177

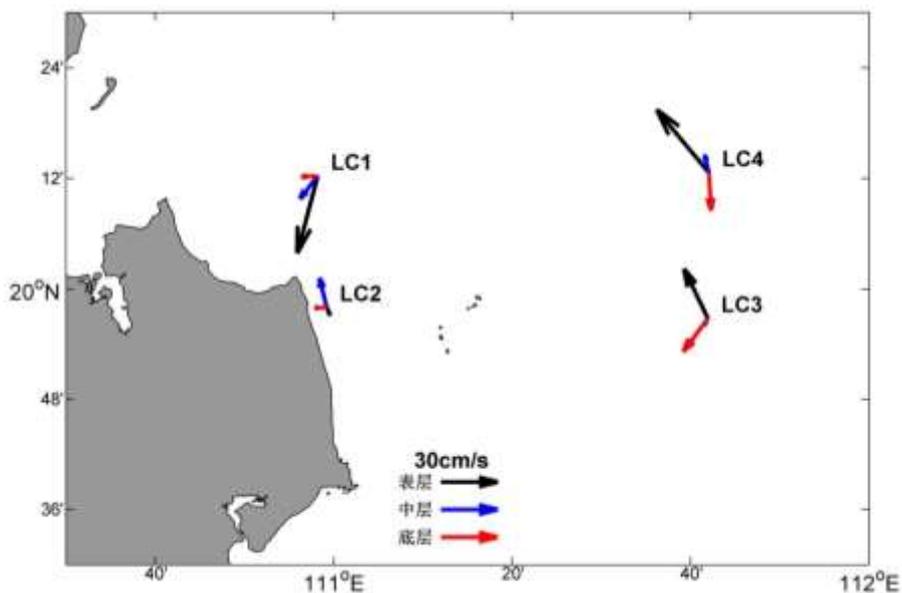


图 5.1-16 调查海域余流分布图

### 5.1.2.9 小结

(1) 海流观测站的实测海流分布特征存在一定的差异，LC1 站位于琼州海峡东侧，实测海流受地形影响较大，东西向海流特征明显。LC2 站实测海流表现为较明显的一落一涨的全日潮流特征。LC3 和 LC4 站位于琼州海峡东侧外海，实测海流表现为两涨两落不正规半日潮特征。LC1 站垂向平均流速最大值为 52cm/s，方向为 112°；LC2 站垂向平均流速最大值为 43cm/s，方向为 342°；LC3 站垂向平均流速最大值为 23cm/s，方向为 318°；LC4 站垂向平均流速最大值为 44cm/s，方向为 338°。

(2) LC1 和 LC2 站主要为全日潮流特征，而 LC3 和 LC4 为半日潮流特征。理论最大可能潮流流速的最大值出现在 LC1 站 0.6H 层，为 153.7cm/s，流向为 106.0°。该海区潮流主要以全日分潮流 K1 和 O1 为主，K1 分潮略大于 O1 分潮。LC1 和 LC2 站全日分潮流特征明显，LC1 站受琼州海峡影响，长轴为东西方向，LC2 站受海南岛东侧岸线影响，长轴为南北方向，LC3 和 LC4 站半日分潮流增强。K1 分潮流长半轴（最大流速）最大值出现在 LC1 站 0.6H 层，大小为 54.7cm/s。

(3) 调查海区余流最大值出现在 LC1 站 0.2H 层，大小为 20.2cm/s，方向为 205°，最小值出现在 LC3 站 0.6H 层，大小为 1.4cm/s，方向为 206°。LC1 和 LC2 站余流受地形影响较明显，LC3 和 LC4 站余流较相似，表层和底层存在反向差异。

## 5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

### 5.2.1 登陆点地理位置及周边环境

#### 5.2.1.1 登陆点地理位置

海南-香港国际海缆项目主线路由方案登陆点为香港春坎角和海南省文昌市锦山镇潮滩村，支线路由登陆点方案一为珠海横琴。由于香港春坎角已有多条国际光缆登陆，且处于香港特别行政区管辖范围，所以下文主要介绍海南文昌潮滩村和珠海横琴登陆点。

##### (1) 文昌潮滩村登陆点地理位置

文昌潮滩村登陆点位于海南省文昌市市东北海岸，与海口直线距离约 40km，距离最近南侧的锦山镇约 9km，距离西侧的铺前镇约 14km，如图 5.2-1 所示。距离最近的海南省在建沿海旅游公路约 2km，在野外现场踏勘的过程中有一条宽约 3m 的水泥路可以到到该点，该点北边约 7km 为有文昌华能风电厂，沿岸树立有多个风机，电厂的集控中心也位于此。因此，该点的水电及交通条件较为便利。

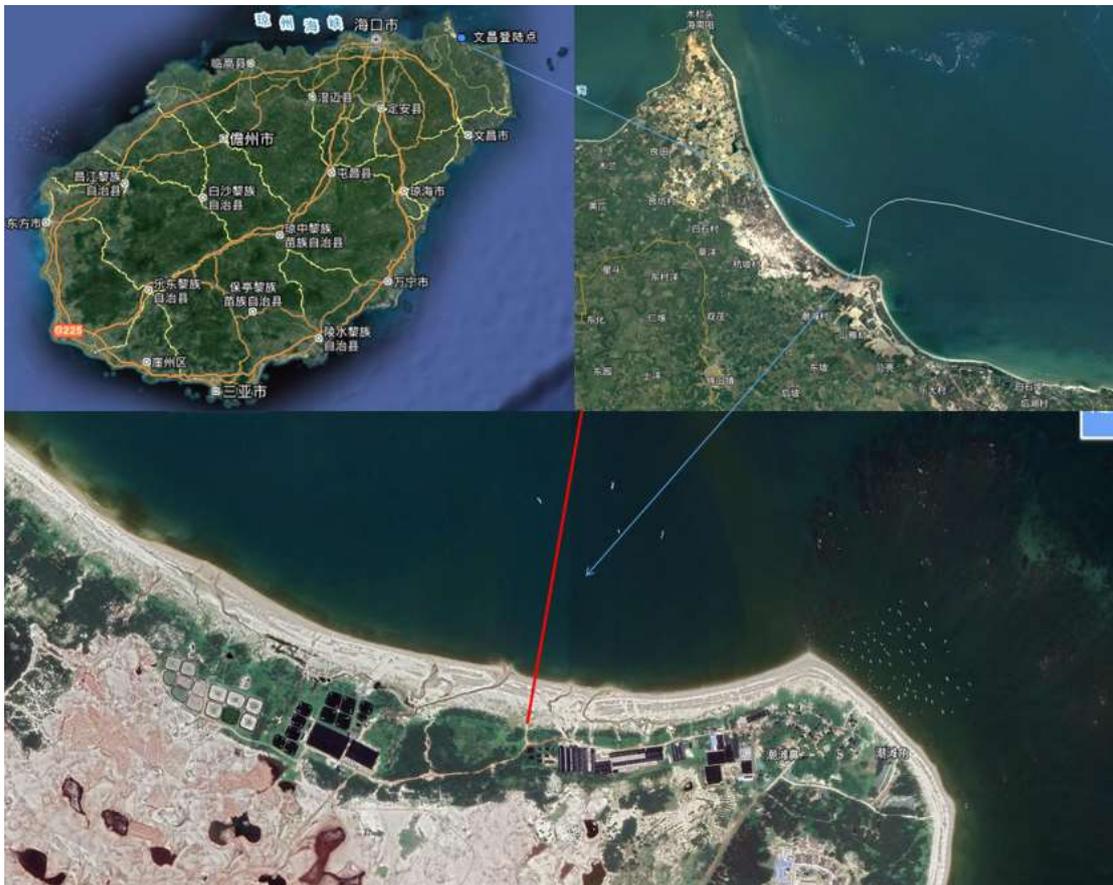


图 5.2-1 文昌登陆点地理位置影像图

## (2) 珠海横琴登陆点地理位置

横琴镇登陆点位于珠海市横琴镇东南角海滩南部，处于珠海长隆海洋公园后勤基地内，海滩呈南北向，长约 200m。登陆点距澳门海域最近约 2.1km。横琴岛在珠江口西侧，南临南海，距国际航线一大西水道 4nmi，北距洪湾保税区不到 1km；西接磨刀门水道与珠海西区一衣带水，该地区任何主要城市要到达横琴岛乘飞机四小时内便可，地理位置极为优越。登陆点影像图如图 5.2-2 所示。



图 5.2-2 横琴登陆点地理位置影像图

### 5.2.1.2 登陆点周边环境

#### (1) 文昌潮滩村登陆点周边环境

文昌潮滩村登陆点位于海南省文昌市东北部海岸，距华能风电厂直线距离约 6km，水电条件便利，距离文昌市区约 59km，距离海口市约 45km，附近交通便利，距省道 S203 约 3km，距离在建的海南沿海旅游公路约 2km，海南登陆点有乡道 001 直通至 S203。

登陆点所处海岸为砂质海滩，处于海南咀和潮滩鼻之间，呈 NW-SE 走向，长约

15km，海岸整体较为平直，属于木兰湾旅游休闲娱乐区。路由登陆点位于海滩东部，该处沙滩宽约 100~120m，海滩整体坡度变化大，具有明显的坡折，可分为两部分。一般高潮区稍陡，坡度在  $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ，中低潮区坡度较缓，基本不超过  $2^{\circ}$ 。海岸砂质组成自岸向海变细，高潮区一般相对比低潮区较粗，以中砂为主，低潮区相对较细，以细砂或中细砂为主。如图 5.2-3 所示。



图 5.2-3 登陆点海滩整体地形图

登陆点往北 7km 为华能风电厂，风机分布沿岸往北延伸约 6km。海上零星有渔船出现，附近海域没有礁石出露。人井位置初步定于登陆点向陆侧约 60m，如图 5.2-4 所示。

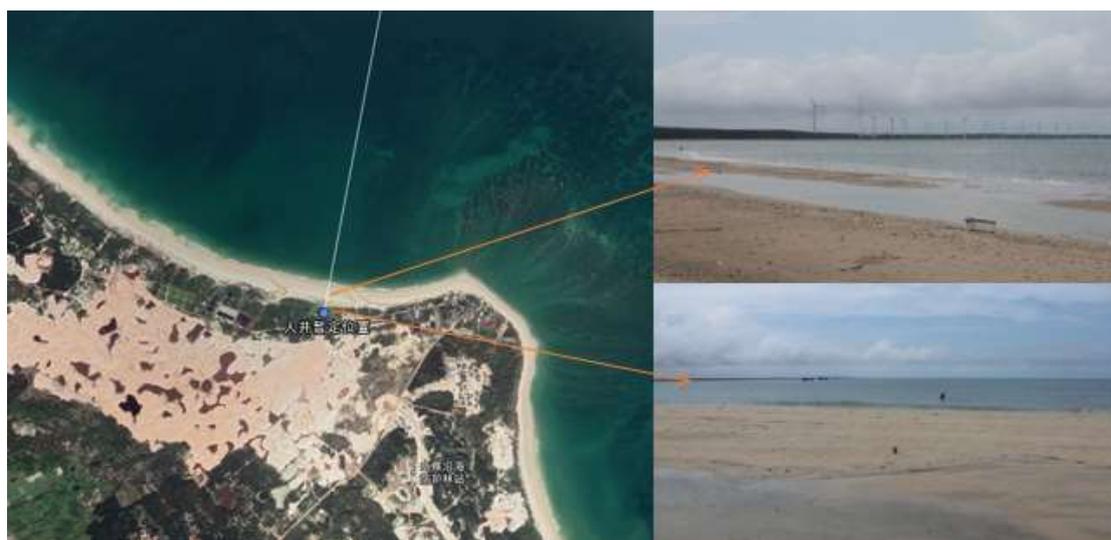


图 5.2-4 文昌潮滩村登陆点周边环境

登陆点所在海滩背靠防风林，附近有两个排水口，在其东西两侧各 250m 左右，登陆点东侧排水口排水沿海滩湾流一段距离然后入海，西侧排水口排水直接垂直海

滩入海。排水口后 50m 处有一片养殖塘，如图 5.2-5 所示。



图 5.2-5 登陆点附近排水口及养殖塘

## (2) 珠海横琴登陆点周边环境

珠海横琴镇登陆点处于横琴镇东南部海滩上，北侧为东角咀，往北 600m 为环岛路河堤起点，该处有中国移动已建通信管道口，南侧为大窝山；登陆点在澳门特别行政区南侧，距澳门直线距离约 2.7km，距其海域最近约 2.1km。海滩整体呈南-北走向，对外开阔，长约 200m，宽约 30m，坡度较缓，不超过 10°；海滩为砂质岸滩，沉积物可分为两部分，向海一侧为粗砂和砂砾，向陆地一侧为中砂。登陆点所处海滩东侧有礁石出露，海滩对外宽阔，东西两侧皆有石块，背靠绿色植被和人工石阶，石阶有废弃排水口，后面是一片废弃空地，附近有钢八连篮球场，有公路可通向市

区，如图 5.2-6 和图 5.2-4 所示。海滩外侧约 8km 为珠海长隆富祥岛填海工程项目，不过目前未见有海上构筑物出现。



图 5.2-6 登陆点所处海滩



图 5.2-7 横琴登陆点周边环境

## 5.2.2 海底地形特征

预选路由海域位于南海北部陆架，珠江口西南侧海域，路由方案一整体水深为0~80m，如图 5.2-8 所示。南海北部陆架区可分为内陆架与外陆架，内陆架为水下岸坡至 50m 等深线的海域，地形平坦，无隆起或洼地等地形起伏的单元发育；外陆架水深在 50~200m，整体上自西北向东南方向缓缓倾斜变深。

主线香港附近海域路由方案一从香港海域边界出发，垂直等深线延伸 36km 至 60m 水深处，此段坡度相对较小，路由较平缓，之后沿等深线方向延伸 77km 至路由 BU 点；主线文昌附近海域路由从 BU 点出发，向南延伸至 80m 水深处，然后沿等深线延伸，向西南方向延伸至海南文昌。

在主线文昌附近海域路由文昌登陆段海域，两个路由方案地形如图 5.2-9 所示。主线路由方案一从文昌登陆点出发，垂直于等深线延伸 3km 至 15m 水深处，避开浅滩向东偏北方向延伸 5km 至 25m 水深处达到南水道边界，然后跨过南水道垂直于海南岛东北侧等深线延伸。

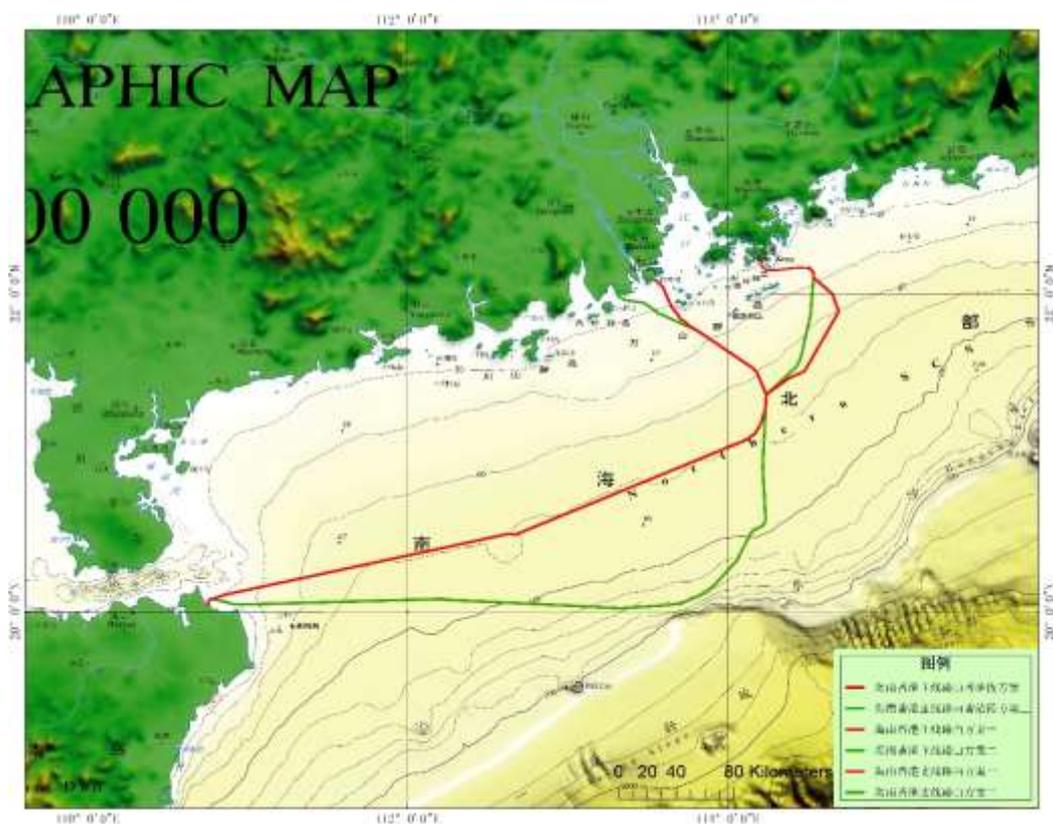


图 5.2-8 路由区地形图（广州海洋地质调查局）

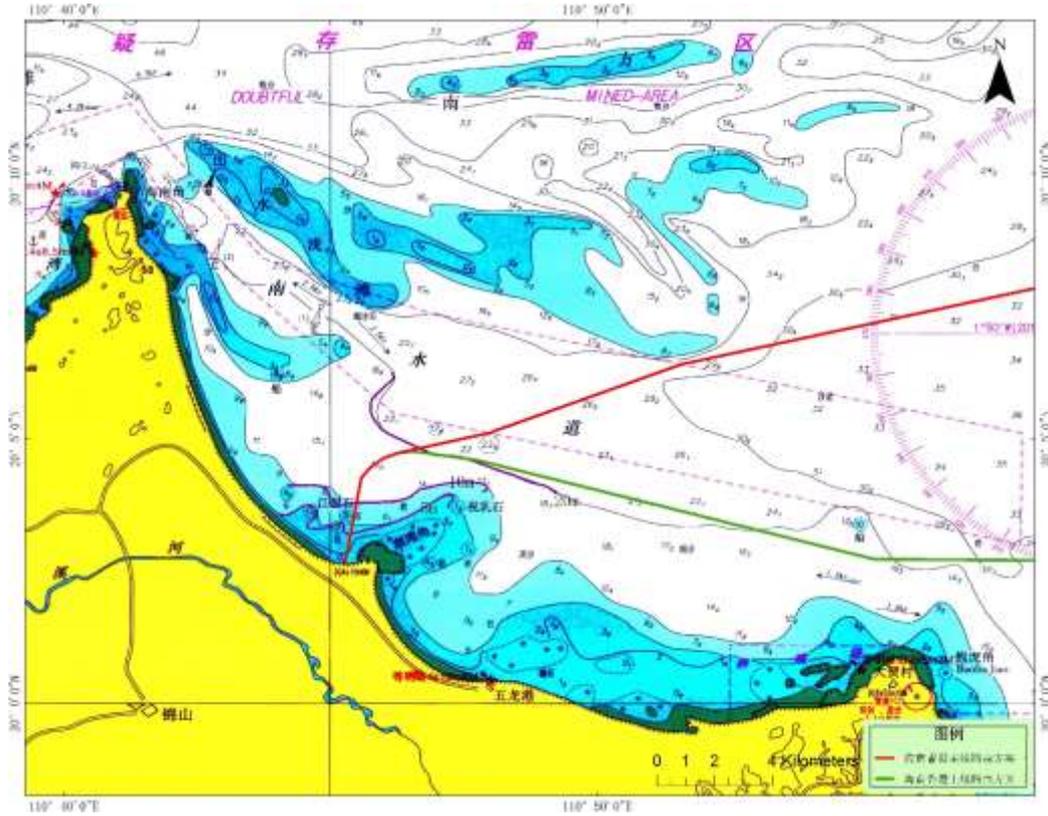


图 5.2-9 文昌登陆段地形图

在珠海支线登陆段海域，海岸线在陆地上，从登陆点开始，大约有 160m 路由区高于水面，位于潮间带区域，坡度相对较大，最大坡度约 3°。在 0~5m 水深段，支线方案一路由约长 9km。在 5~10m 水深段，约 7km，地形平坦，坡度小，平均坡度约 1°；在 10~20m 水深段，约 9km，坡度较小，约 1‰；从 20m 水深开始至主线 BU 点，地形平坦，坡度小，约 0.5‰。

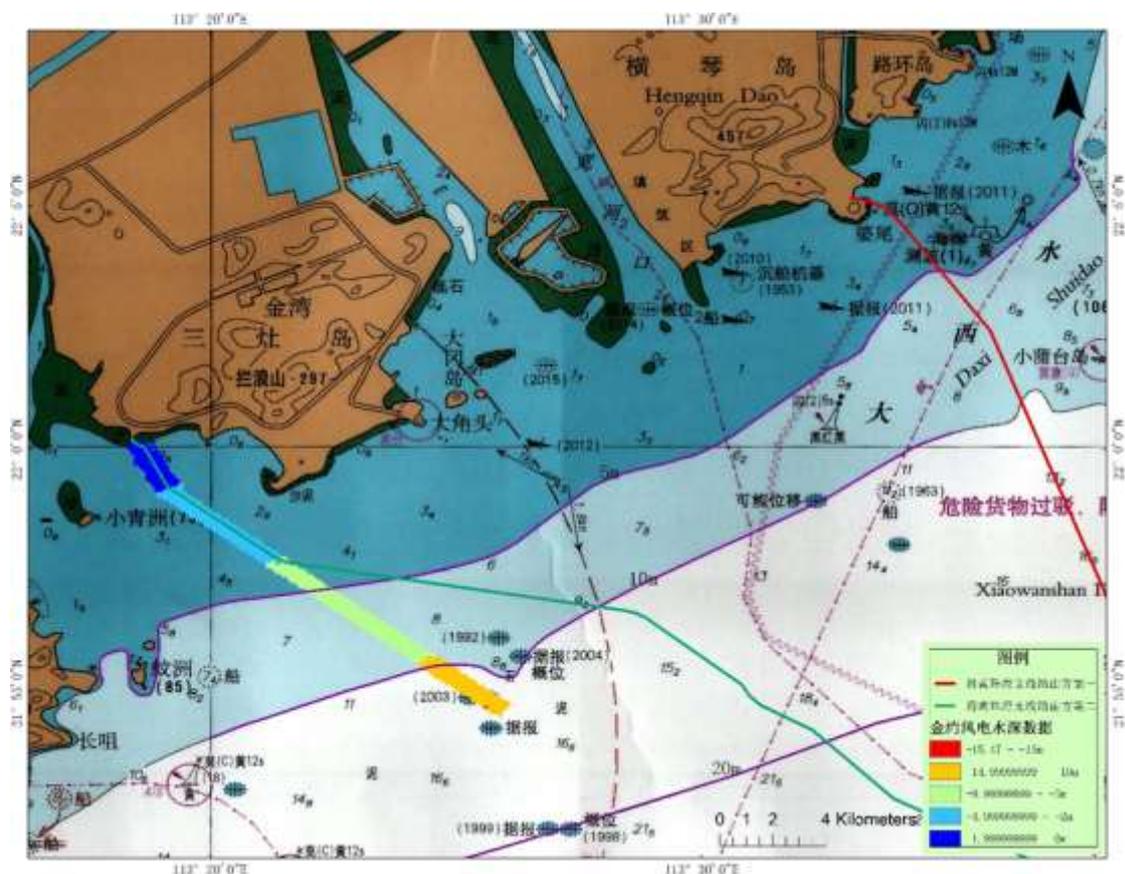


图 5.2-10 珠海登陆点段地形图

### 5.2.3 海底地貌特征

路由区位于南海北部陆架海域，属被动大陆边缘被海水淹没的陆地。一级地貌为陆壳地貌，二级地貌为海岸带地貌及陆架地貌。海底地貌对沿海陆地构造单元具有继承性。南海北部陆架西起北部湾，东至台湾海峡与东海分界线，全长 1425km，最大宽度达 310km，呈 NE-SW 向展布，地形宽广而平坦，平均坡度为 0.1% 左右。

预选路由方案穿过的地貌单元，从北部登陆点出发，主线文昌附近海域路由和主线香港附近海域路由方案一穿越南海北部大陆架约 409km，包括水下岸坡、现代三角洲、陆架堆积-侵蚀平原、古三角洲，如图 5.2-11 所示。

#### (1) 近岸水下浅滩及水下岸坡

路由登陆段近岸段约 1.5km 内为水下浅滩，水下岸坡是近岸海底水流与波浪共同作用下所形成，坡度较大，为沉积物覆盖。水下岸坡广泛分布于南海北部沿岸海域，0~25m，等深线顺沿海岸形状排列。

#### (2) 陆架堆积-侵蚀平原

海底泥沙受波浪冲刷与堆积，形成相对平坦的地貌单元，发育于水下岸坡外围，

水深 30~60m，呈条带状环绕，坡度在  $0.02^{\circ}$  ~ $0.06^{\circ}$  之间。

### (3) 陆架堆积平原

陆架堆积平原开阔平坦，发育于 75~300m 水深段，即陆架-堆积平原以外至陆架坡折线的范围内，规模较大。其承接陆架侵蚀-堆积平原，水深有平缓倾斜下降的趋势，陆架堆积平原地形同样向陆架坡折线方向逐渐倾斜变深，至 250~300m 水深段到达坡折线，地形坡度开始增大，过渡到大陆坡。

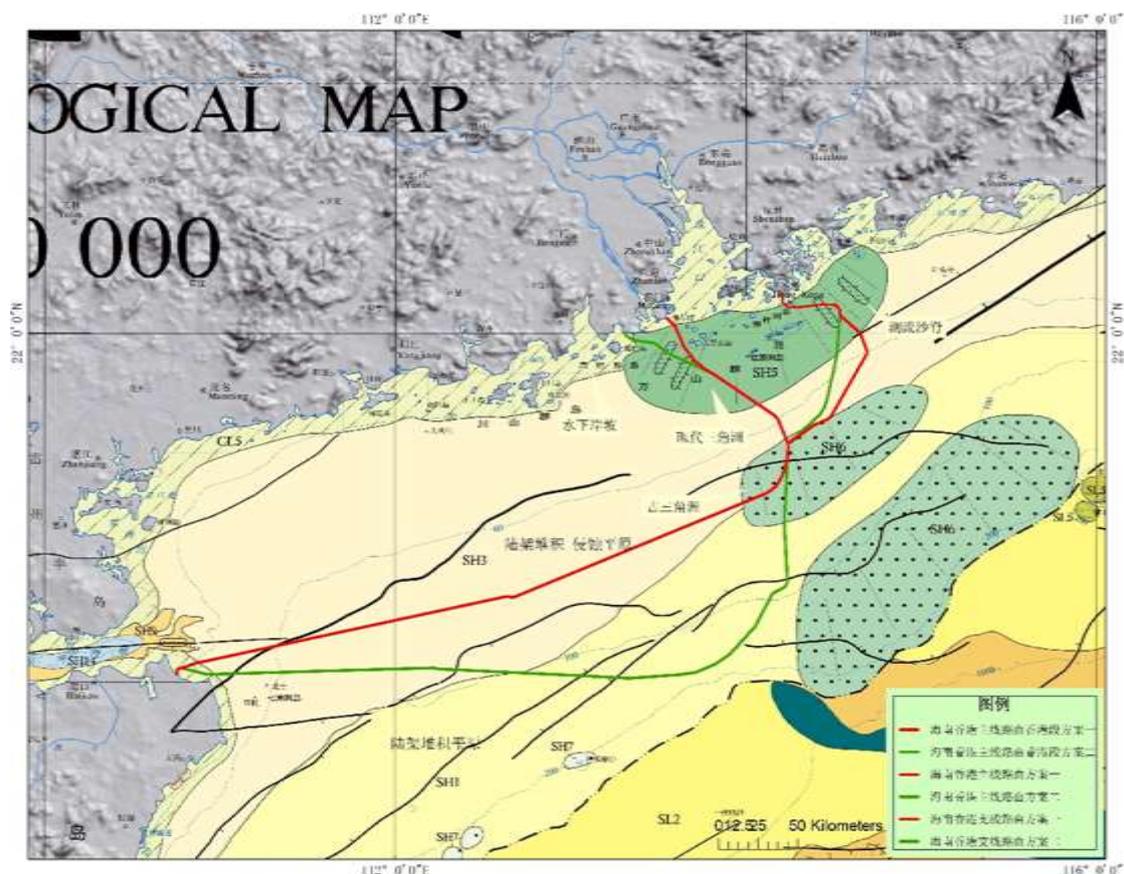


图 5.2-11 路由海域地貌图（广州海洋地质调查局）

## 5.2.4 海床冲淤活动性

### 5.2.4.1 路由海区动力地貌环境

路由所在海区水深变化范围约为 0~140m。浅海域等深线与岸线近似平行，基本上呈东北-西南走向，水下岸滩坡度较为平缓；越靠近登陆点水下岸滩的坡度逐渐增大，等深线受地形岸线的影响也越大，与岸线走向近乎平行。

海床稳定性一方面可以从动力和底质组成来判断，另一方面可以从海床演变特点来分析。海区泥沙运动主要受波浪和流的联合作用。波浪是海底泥沙起动、悬浮的主要动力，沿岸流和潮流是泥沙搬运的主要载体。

#### (1) 海域泥沙的起动条件

波浪对海底的泥沙的起动以及产生推移作用的临界水深与波高、周期以及底质泥沙粒径的大小有关。根据采样分析，海域表层沉积物平均中值粒径约为 0.08 mm。该海域各波级波浪产生表面和全面推移临界水深列于表 5.2-1。由表可以看出，大浪对海底泥沙运动的影响非常大，波高超过 4.0 m 的大浪可使工程海域内的海底泥沙起动，进而可在潮流及余流的作用下完成输运；波高超过 5.5m 的大浪可使工程海域内的海底泥沙成层推移运动。

表 5.2-1 海域不同波级的泥沙临界起动水深

H0(m)	T(s)	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)
0.5	4.3	3.71	1.77
1	4.8	7.84	4.37
1.5	5.1	11.24	6.86
2	5.4	14.52	9.36
2.5	5.9	18.55	12.38
3	6.8	24.38	16.22
3.5	7.2	28.73	19.45
4	7.7	33.5	22.98
4.5	8.1	38.16	26.42
5	8.5	42.82	29.95
5.5	9.2	50.03	34.84
6	9.3	52.68	37.34
7	9.3	56.71	41.39
8	9.3	59.89	44.72
9	9.3	62.75	47.74

#### (2) 海域动力条件

根据工程海域波浪分析成果，H<sub>1/10</sub> 平均在 1m 左右，大浪可以达到 5m，超过 4m 的大浪不多，超过 5.5m 的大浪少见。由此可见，工程海域底质的运动形式主要以跃移和悬移为主，极少以推移的方式运动。

根据海域水文观测资料，大潮实测最大流速为 0.76m/s，中潮实测最大流速为 0.82m/s，小潮实测最大流速为 0.65m/s，均出现在表层。涨、落潮段流速均表现为由表层向底层逐层先增大后减小的分布状态。实测涨、落潮段垂线平均流速分别为 0.26m/s 和 0.24m/s，流速值较小。

综合海域水动力条件可知，工程海域水深大，达到 35m，导致波浪和潮流作用下的泥沙运动动力条件较弱。

#### 5.2.4.2 路由海区海床冲淤演变

##### (1) 登陆点

### ①文昌潮滩村登陆点

登陆点附近卫星图如图 5.2-12 所示，根据 2009 年、2013 年、2017 年及 2019 年卫星影像图，在 2013 年左右登陆点附近海域稍有侵蚀，但不明显。总体来说，登陆点附近海域侵蚀淤积情况不明显。海缆在登陆点登陆后，建议业主对海缆采取一定的保护措施，加固海缆埋设、设立海缆标识物等，避免人为活动对海缆造成的破坏。



图 5.2-12 文昌潮滩村登陆点 2009、2013、2017、2019 年卫星图

### ②珠海横琴镇登陆点

登陆点附近卫星图如图 5.2-13 所示，根据 2009 年、2013 年、2017 年及 2019 年卫星影像图，总体来说，登陆点附近海域侵蚀淤积情况不明显。海缆在登陆点登陆后，建议业主对海缆采取一定的保护措施，加固海缆埋设、设立海缆标识物等，避免人为活动对海缆造成的破坏。



图 5.2-13 珠海横琴登陆点 2009、2013、2017、2019 年卫星图

## (2) 路由海域

海南-香港国际海缆主线路由两个方案都在珠江口南部 140m 水深以浅与 SJC2 国际光缆（拟建）走向一致且相距较近，所以海缆项目路由区海床冲淤演变与其类似。海床冲淤活动性计算与分析所用的基础资料有：海洋水文资料采用 908-ST07 区块四个季节（2006.8~2007.12）水体环境调查、908-ST07 区块水体环境补充调查（2009.12~2010.4）、“南海深水天然气开发前期研究-水文气象环境条件研究”（2010.1~2010.7）调查获取的底层流速资料；沉积物资料采用 908-CJ13、CJ14、CJ15 区块的底质分布图、“南海深水天然气开发前期研究-水文气象环境条件研究”（2010.1~2010.7）调查获取的 30 个表层底质样、南海区历史调查获取的表层底质样、广州海洋地质调查局出版的中国南部海区及邻域表层沉积物分布图。

根据中国南部海区及邻域表层沉积物分布结果分析，泥沙起动条件如表 5.2-2 所示。

表 5.2-2 海域不同波级的泥沙临界起动水深

位置点	水深 m	底质类型	d(mm)	$u_c$ (cm/s)	最大流速(cm/s)	地貌特征
1~29	0~29	粉砂	0.024	17.5	47	南海北部内陆架
29~36	29~33	粘土质粉砂	0.008	23.5	47	
36~39	33~39	粉砂	0.024	17.5	47	
39~44	39~47	粘土质粉砂	0.008	23.5	47	
44~54	47~66	砂质粉砂	0.032	28.3	55	南海北部外陆架

54~59	66~100	砂-粉砂-粘土	0.016	25.4	55	南海北部陆坡
59~70	100~140	细砂	0.146	41.4	58	
70~74	140~346	粗砂	0.75	53.3	74	
74~75	346~398	粉砂质砂	0.048	31.3	74	

在南海北部 50m 以浅水域，泥沙起动流速较小，水动力作用也较弱，有部分路由段床面泥沙处于较活跃状态；路由段 50~100m 水深，泥沙起动流速仍较小，水动力作用略有增强，床面泥沙处于活动状态的频率较低；路由段 100~140m 水深，泥沙粒径随水深增加逐渐加粗，泥沙起动流速相应增大，实测最大底流流速仍大于泥沙起动临界流速，尽管该处床面泥沙处于活动状态的频率相对较低，但因该海域海底水动力作用较强，使得相当部分活跃的粗颗粒泥沙存在，这也是该区域出现活动沙波的原因之一。

海南-香港国际海缆支线路由方案位于珠江口海域，结合珠海金湾海上风电项目分析资料可知，路由海域岸线以及等深线在 1986 至 2017 年期间的变化特征分析，由于大规模的围海造地，导致鸡啼门入海口面积减小，主槽道束狭，能量的幅聚作用使得该区域的出口径流增强，泥沙向外海输运的距离增大，路由区海床有冲有淤，但总体以淤积为主。而在与路由海域相邻的高栏港区以及磨刀门口外海域也总体表现为淤积。胡煌昊等（2016）基于珠江河口水下三角洲数字高程模型的分析结果也显示：在 20 世纪 90 年代以后，鸡啼门水域表现为淤积增强的状态，磨刀门水域则表现为滩淤槽冲的状态。基于以上分析，支线路由方案附近海域总体表现与淤积，有利于路由缆线的铺设和安全。

由上可知，海南-香港国际海缆主线路由方案一整体处于 80m 水深以浅，位于沉积水动力条件较弱的海区。但由于路由线路长、缺少完整性实测资料等，路由冲淤活动性需要在勘察阶段详加注意。

### 5.2.5 海底底质特性

南海是东亚大陆最南的一个边缘海，其底质沉积物类型多样，多呈条带状展布，不同类型底质的界线常常与等深线走势相一致，底质类型之间多呈渐变关系。但也存在分布较为局限的底质，其与周围底质常常呈突变关系。

在沉积物粒度分类的基础上，根据底质的物质来源与沉积环境，将南海海底表层沉积物划分为陆源碎屑沉积、陆源碎屑-生物源沉积、生物源沉积和深海沉积 4 大类。粒度分类时，采用尤登-温德华氏等比制  $\phi$  值粒级标准，采用福克和沃德粒度参数公式计算粒度参数，采用谢帕德沉积物粒度三角图解法对沉积物命名，对于深海

沉积物采用深海沉积物三角图解法命名分类。划分为同一类的底质沉积物，它们形成的物源、水动力和地形、地貌等条件却往往不尽相同，而且每一类底质内部的组成和含量亦有一定的变化。

南海大陆架上广泛发育陆源碎屑沉积，大陆坡上则广泛分布陆源碎屑-生物源沉积，深海盆发育完整的深海沉积系列，在珊瑚礁分布的海域附近，则广泛发育生物源沉积。陆源沉积广泛分布在大陆架和上陆坡上。南海北部陆架区表层沉积物由现代沉积、再造沉积、残留沉积和少量残余沉积组成。分布在 50m 以浅的内陆架上粘土质沉积（包括粘土质粉砂、粉砂质粘土），主要是由广东沿岸河流供给的现代沉积。在中、外陆架上，水深 50m~100m 的砂质沉积，是经过叠加和改造作用的残留沉积（再造沉积）。珠江口以东至台湾海峡南段，由于较强的底流，以及风、浪和潮汐等作用，对底质进行了改造，使末次冰期低海面的沉积物被掀动，经过搬运后，重新有序地沉积下来。台湾浅滩，还分布有波浪沉积和风暴沉积。南海南部陆架，底质类型比较简单，沉积物展布具有明显继承性，或受现代微地貌制约。其地处热带，海洋生物繁盛，珊瑚礁和珊瑚滩均较发育，因而生物成因的沉积物较为丰富。

海缆项目路由区的海底沉积物类型主要为陆源碎屑沉积，主线文昌路由及主线香港附近海域路由方案一穿越的海底底质从香港边界海域至文昌依次为粉砂质黏土（TY）、黏土质粉砂（YT）、砂-粉砂-黏土（STY）、细砂（FS）；方案二从香港边界海域至文昌依次为粉砂质黏土（TY）、黏土质粉砂（YT）、砂-粉砂-黏土（STY）、中砂（MS）、细砂（FS）、粉砂质砂（TS）、粉砂（T）、含钙质生物粉砂质砂（TS（Ca））。整体来说，方案一路由所处底质条件施工较便利。两条海缆支线路由方案穿越的海底底质类型一致，从珠海登陆点至 BU 点依次为粉砂质黏土（TY）、砂-粉砂-黏土（STY）、细砂（FS）、细砂（FS）、粗砂（CS）等，如图 5.2-14 所示。

细砂组成以 2 $\phi$ ~4 $\phi$  的细砂为主，89.60%~99.64%，粉砂较少，0.36%~19.53%，砾石极少量，0.00%~5.50%，黏土含量 0.00%~5.99%。平均粒径（Mz）2.10 $\phi$ ~3.38 $\phi$ ，分选极好-很差，偏度为负偏-正偏，峰态（Kg）宽-极窄。粒度频率直方图呈明显的单峰，优势粒级集中在 2 $\phi$ ~3 $\phi$ ；粒度概率累积曲线，呈滚动-跳跃-悬浮三段式，以跳跃组分占优势。陆源碎屑成分以轻矿物石英、长石为主，重矿物含量低。粗砂组成以-1 $\phi$ ~1 $\phi$  的粗砂为主，砂含量 94.01%~100%，粉砂较少，占 0.00%~4.87%，无黏土组分。平均粒径（Mz）0.45 $\phi$ ~1.80 $\phi$ ，分选较好-差，偏度近对称-正偏，峰态（Kg）宽-窄。粒度频率直方图呈明显的单峰，优势粒级集中在 0 $\phi$ ~1 $\phi$ ；以跳跃组分

为主，悬浮组分极少量。陆源碎屑成分以轻矿物石英、长石为主，重矿物较少，偶见有磁铁矿、角闪石、绿帘石、褐帘石、黑云母、重晶石等，自生矿物海绿石较为普遍。

砂-粉砂-黏土组分砂含量 26.10%~42.10%，粉砂含量 31.50%~47.90%，黏土含量较低，为 23.50%~26.50%。平均粒径 ( $M_z$ )  $5.22 \phi \sim 6.02\phi$ ，分选系数为 2.59~3.71，分选很差，偏度负偏-正偏，峰态(Kg)中等-宽。粒度频率直方图呈双峰，优势粒级集中在  $3\phi \sim 4\phi$  与  $5\phi \sim 6\phi$ ；以悬浮组分为主，约占 75%，跳跃组分较少，水动力条件较弱。

黏土质粉砂粒度组分以粉砂为主，含量 61.12%~74.56%，黏土次之，含量 25.70%~36.94%，砂极少量，为 0.35%~11.59%。平均均粒径 ( $M_z$ )  $6.84 \phi \sim 7.53\phi$ ，分选系数为 1.42~1.88，分选差，偏度负偏-正偏，峰态(Kg)中等-宽。粒度频率直方图呈单峰，优势粒级集中在  $6\phi \sim 7\phi$ ，约占 98.5%；跳跃组分极少，水动力条件较弱。

粉砂质黏土粒度组分以黏土为主，含量 41.00%~55.40%，粉砂次之，含量 36.5%~44.5%，砂含量较低，为 0.30%~22.50%。平均均粒径 ( $M_z$ )  $6.83 \phi \sim 8.38\phi$ ，分选系数为 1.66~3.35，分选差-很差，偏度近对称，峰态(Kg)中等-宽。粒度频率直方图呈双峰，优势粒级集中在  $6\phi \sim 7\phi$  与  $8\phi \sim 9\phi$ ；悬浮组分占绝对有事，跳跃组分极少，水动力条件较弱。

陆源碎屑成分以轻矿物石英、长石为主，重矿物较少，偶见有磁铁矿、角闪石、绿帘石、褐帘石、黑云母、重晶石等，自生矿物海绿石较为普遍。此类沉积物大部分分选好而级配差，含水量 23~35%、天然密度  $1.71 \sim 2.1 \text{g/cm}^3$ 、孔隙比 0.5~0.9、相对密度 <40%、内摩擦角  $30^\circ \sim 37^\circ$ 。此类沉积物往往呈现松散，无胶结状态，土的抗剪强度高，压缩性低，具有较高的承载力，渗透性强，土体整体稳定性差，易形成海底沙波、沙丘等地质体，在海洋水体营力的作用下会不断的移动，对海底光缆等海洋工程设施会产生破坏作用。

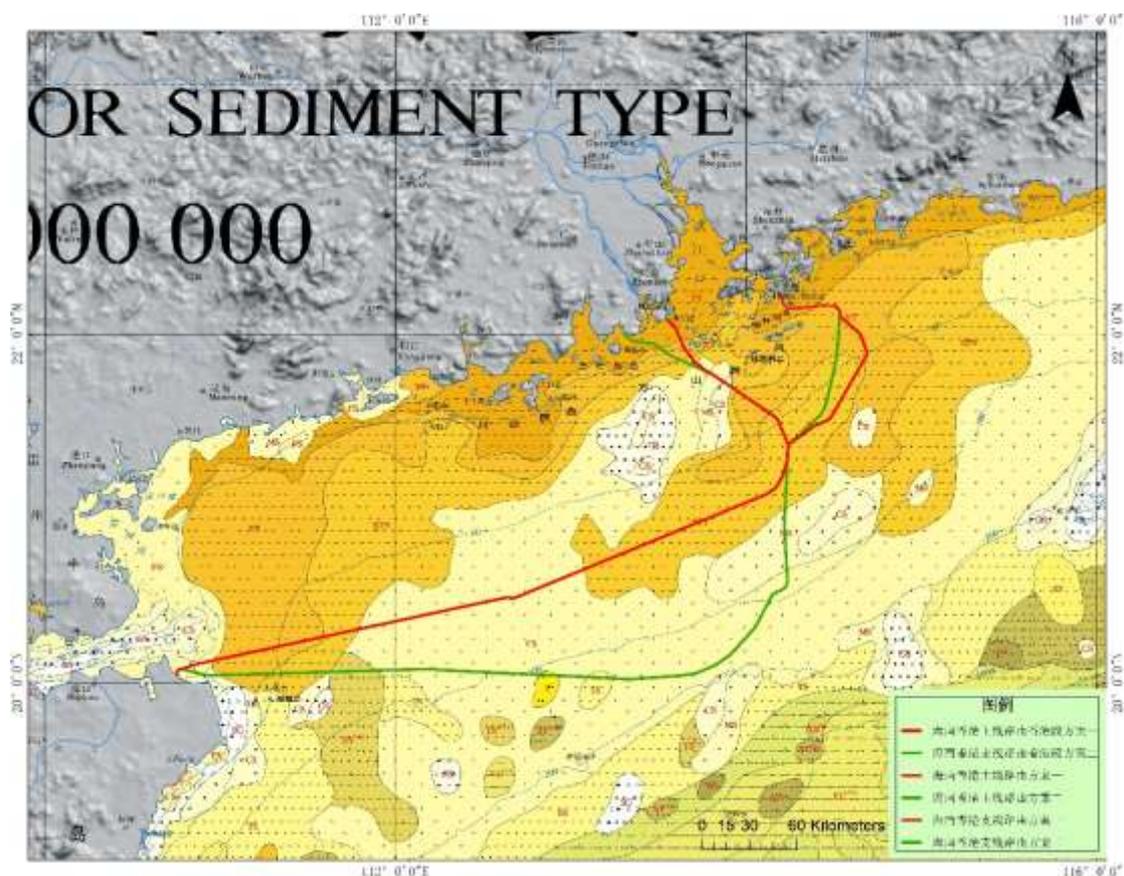


图 5.2-14 中国南部海区及邻域表层沉积物分布图

结合上述勘察资料，海缆项目支线路由登陆段底质类型是粉砂、细砂、粉砂质粘土、淤泥，未发现有礁石区块，粉砂、细砂主要集中在路由区北部和南部，粉砂质粘土、淤泥主要集中在路由区的中部，如图 5.2-14 所示。从勘察的底质取样中可以得出，细砂-粉砂粉砂质粘土类底质在珠江口海域广泛分布，路由区表层多为砂质淤积，细砂-粉砂-粉砂质粘土厚度超过 8m。根据路由区声呐数据解析，路由区附近海域存在较多的海底贝类沉积物，他们附着在海底表面，受海流影响移动，不过该类沉积物对海缆铺设影响很小，由此可知，预选路由附近海域适合海底管线的铺设施工。

## 5.3 海水水质现状调查及评价

### 5.3.1 站位布设和调查频次时间

根据前述，海缆项目工作范围分为文昌附近海域、珠海支线附近海域、香港附近海域和离岸段四个区域，以下分别进行介绍。

### 5.3.1.1 文昌附近海域

调查分夏、秋两季进行，分别在 2019 年 8 月和 2019 年 10 月进行。

文昌近岸段顺岸布设大面调查断面 7 条，间距约 5~25km，共布设调查站位 21 个。全部站位都进行海水水质调查；14 个站位进行沉积物、海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游生物、底栖生物）调查。另布设 3 个潮间带调查断面。由于调查期间涉及路由调整，两次调查布设站位有所不同，站位调查内容见表 5.3-1 和表 5.3-2，站位示意图见图 5.3-1 和图 5.3-2。

表 5.3-1 2019 年 8 月文昌附近海域近岸段调查站位布设

断面	站位	调查项目		调查内容
		沉积物	海洋生物	
1	1	√	√	√
1	2	√	√	√
1	3	√	√	√
1	4	√	√	√
1	5	√	√	√
1	6	√	√	√
1	7	√	√	√
1	8	√	√	√
1	9	√	√	√
1	10	√	√	√
1	11	√	√	√
1	12	√	√	√
1	13	√	√	√
1	14	√	√	√
1	15	√	√	√
1	16	√	√	√
1	17	√	√	√
1	18	√	√	√
1	19	√	√	√
1	20	√	√	√
1	21	√	√	√

表 5.3-2 2019 年 10 月文昌附近海域近岸段调查站位布设

断面	站位	调查项目	调查内容
1	1	√	√



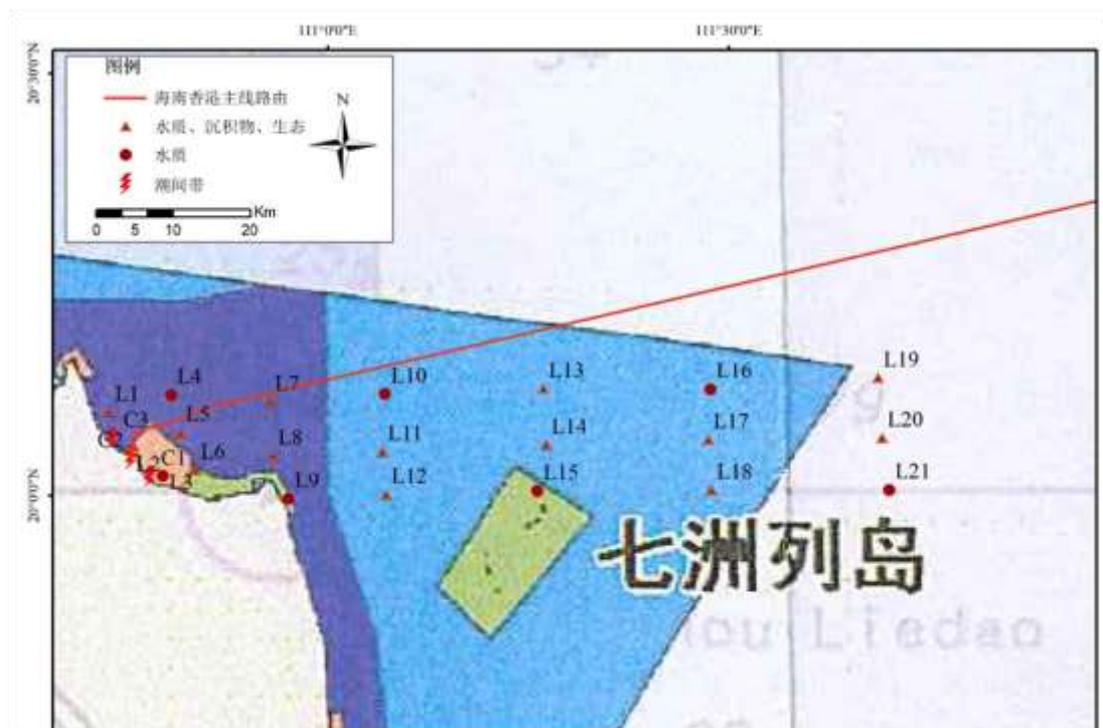


图 5.3-1 2019 年 8 月文昌近岸段调查站位布设

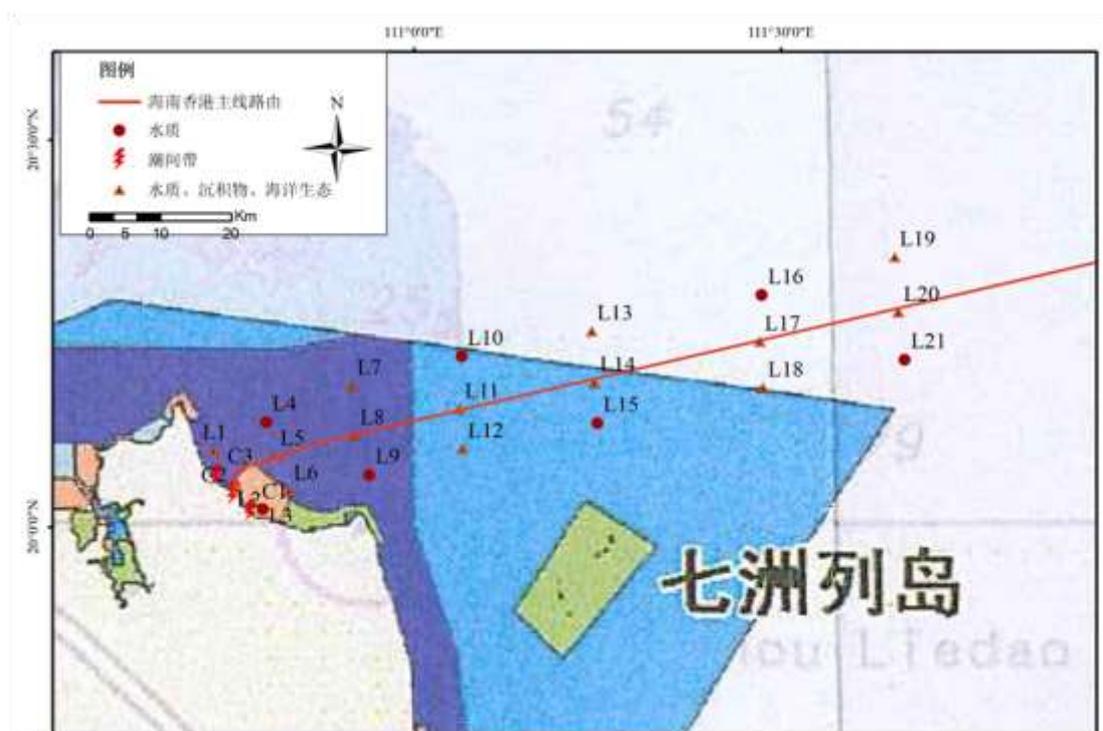


图 5.3-2 2019 年 10 月文昌近岸段调查站位布设

### 5.3.1.2 珠海支线附近海域

调查分春、秋两季进行，分别在 2019 年 5 月和 2019 年 9 月进行。

珠海支线共布设大面调查站 21 站。由于调查期间涉及路由调整，两次调查布设站位和项目有所调整，站位调查内容见表 5.3-3 和表 5.3-4，站位示意图见图 5.3-3 和

图 5.3-4。2019 年 5 月全部站位都进行海水水质调查；10 个站位进行沉积物调查，12 个站位进行海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游生物、底栖生物）调查。2019 年 9 月全部站位都进行海水水质调查；12 个站位进行沉积物和海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游生物、底栖生物）调查。另布设 2 个潮间带调查断面，分别于 2019 年 7 月和 2019 年 10 月大潮期进行。

表 5.3-3 2019 年 5 月珠海支线近岸段调查站位布设

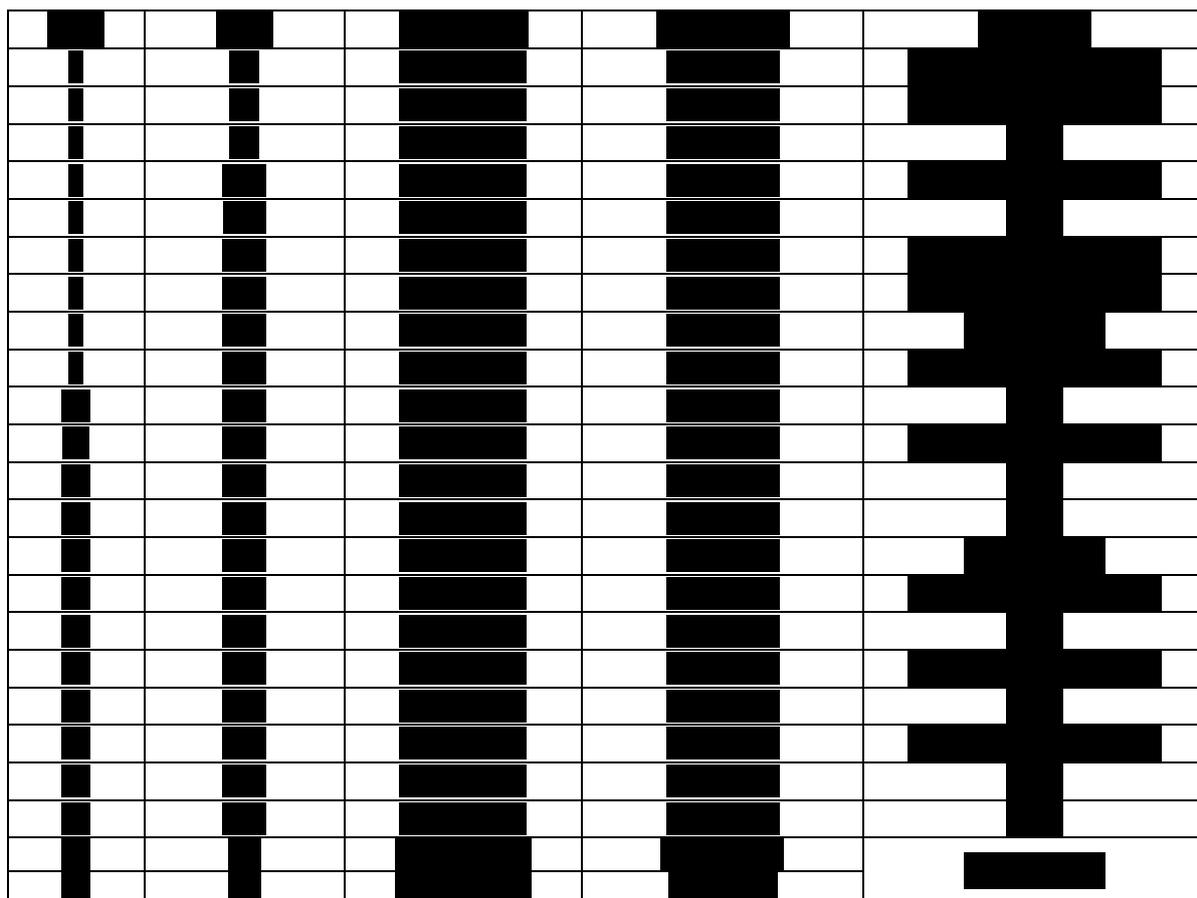
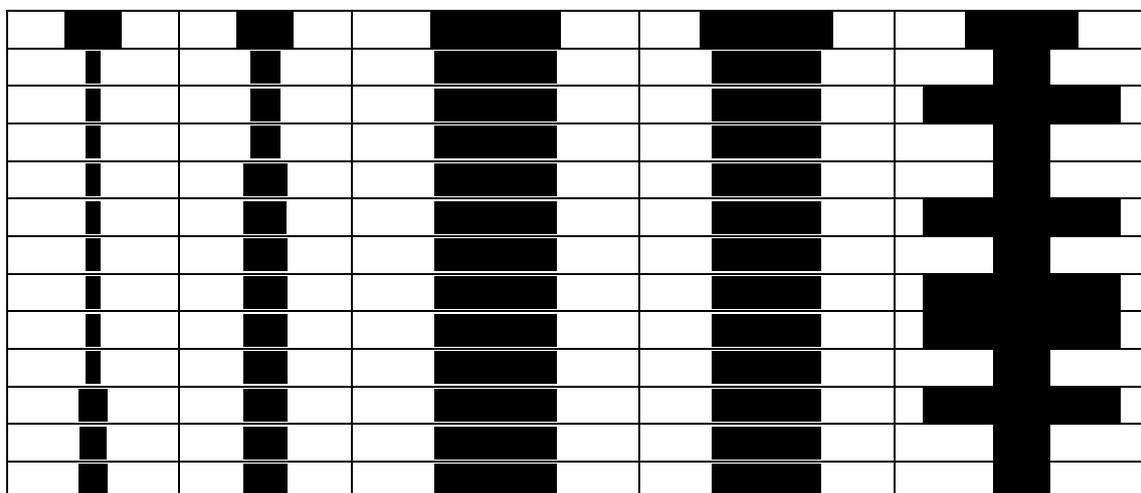


表 5.3-4 2019 年 9 月珠海支线近岸段调查站位布设



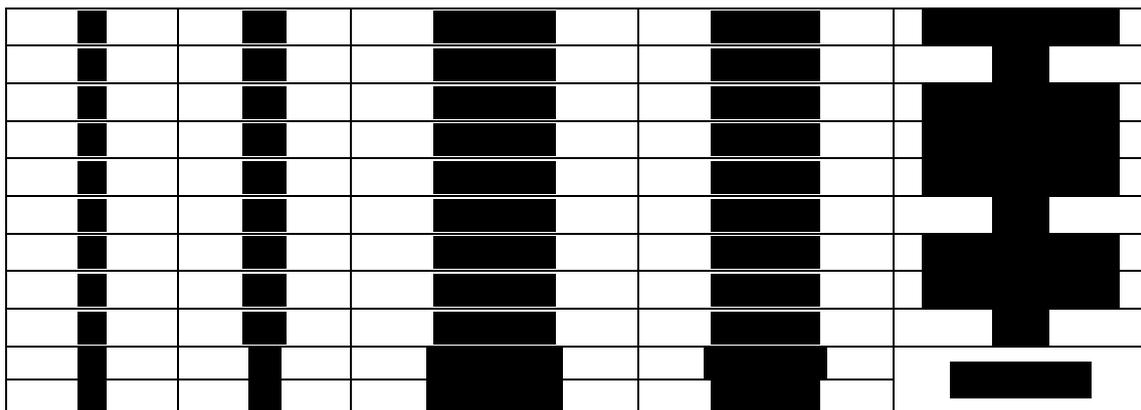


图 5.3-3 2019 年 5 月珠海支线近岸段调查站位布设

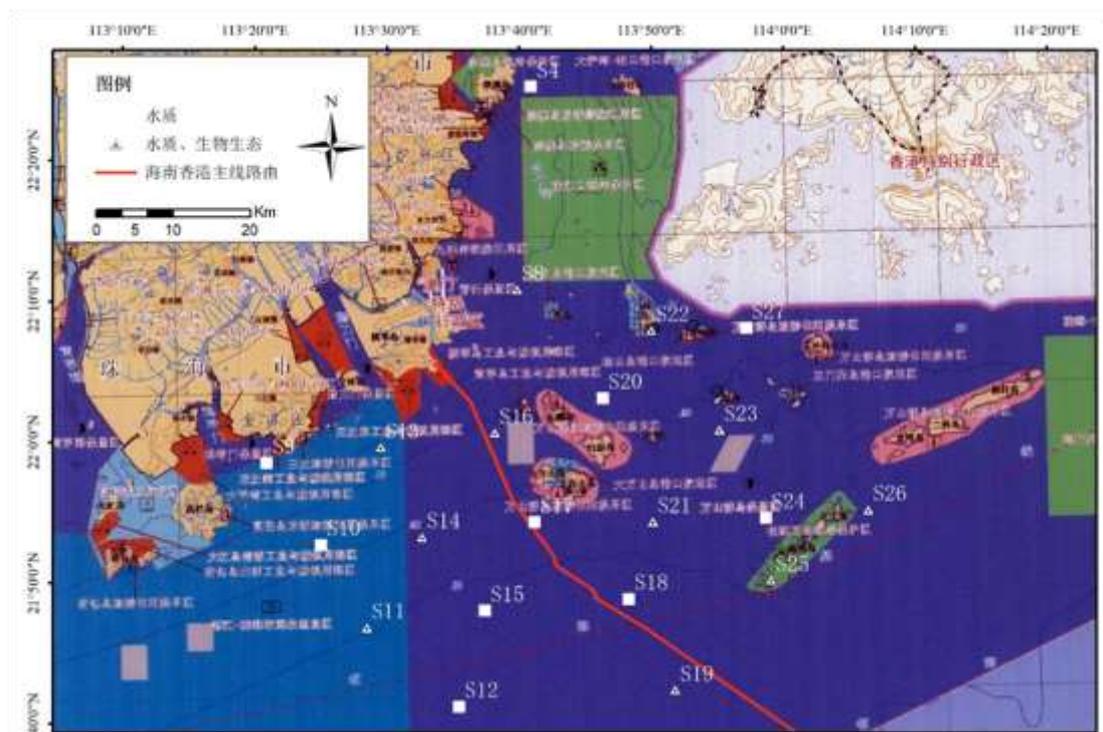


图 5.3-4 2019 年 9 月珠海支线近岸段调查站位布设



图 5.3-5 珠海支线近岸段潮间带生物调查站位布设

### 5.3.1.3 香港附近海域

香港支线近岸段分春季和秋季进行，分别在 2018 年 4 月份和 2018 年 9 月开展。布设调查站位 21 个，布设大面调查站位，间距约 10km，全部站位都进行海水水质调查。调查站位见表 5.3-5 和图 5.3-6。

表 5.3-5 调查站位布设

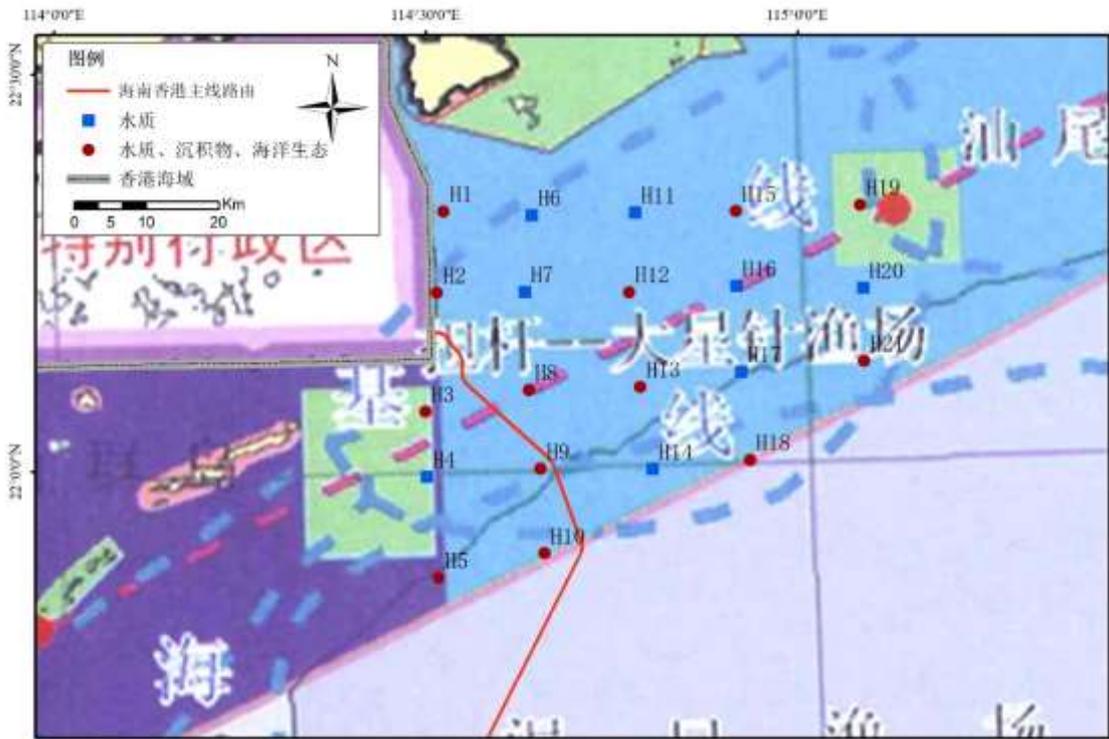



图 5.3-6 香港近岸段调查站位布设

### 5.3.1.4 离岸段

在秋季进行调查该，在 2019 年 10 月进行。

离岸段布设调查站位 12 个，布设大面调查站位，间距约 30~50km。全部站位都进行海水水质、沉积物和海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游生物、底栖生物）调查。

各站位调查内容见表 5.3-6，站位示意图见图 5.3-7。

表 5.3-6 离岸段海洋外业调查站位设置

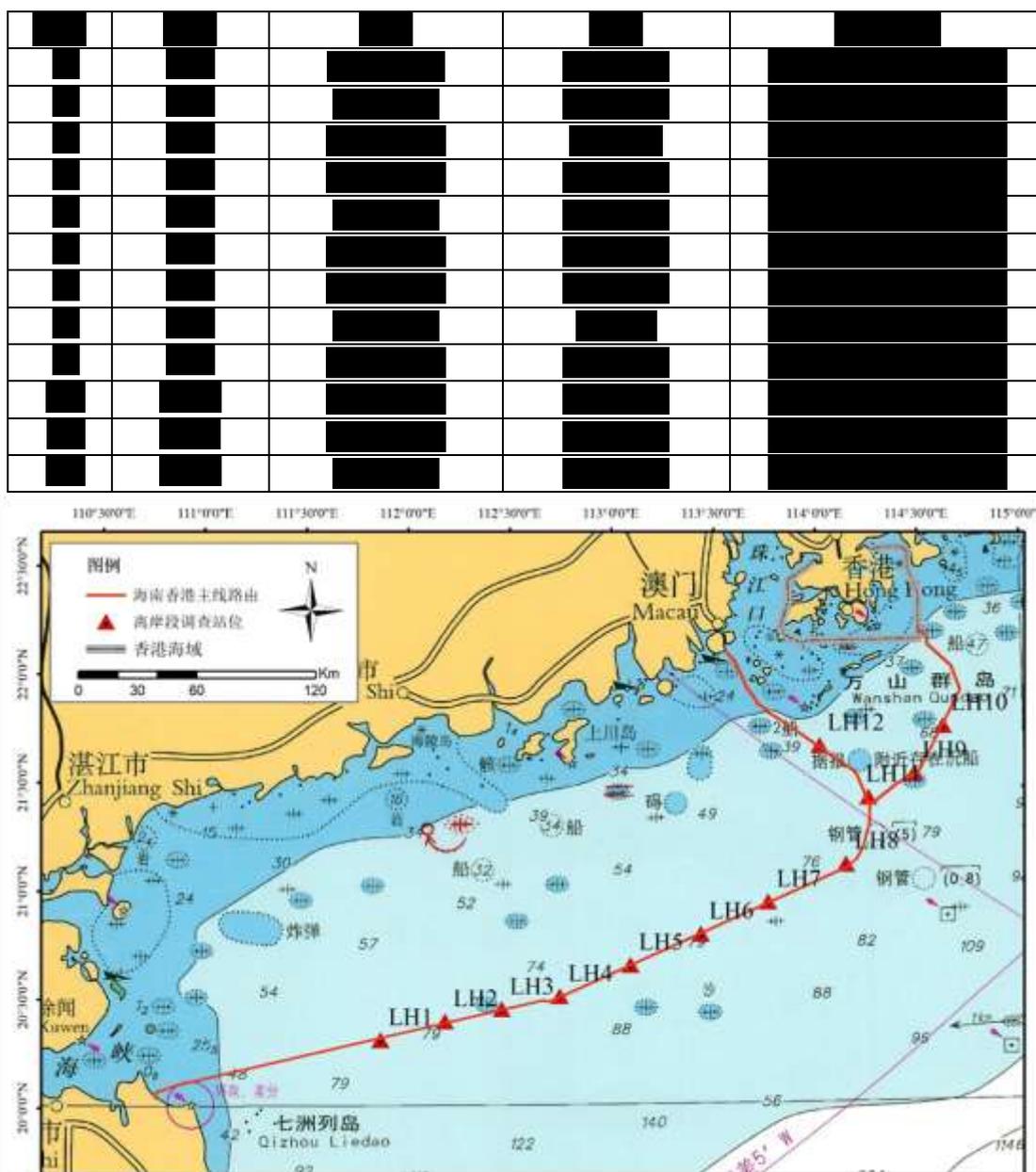


图 5.3-7 离岸段调查站位布设

### 5.3.2 调查项目及采样方法

#### (1) 水质监测项目

监测项目包括：悬浮物、透明度、水深、水温、盐度、pH 值、COD<sub>Mn</sub>、DO、无机氮（包括硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、硫化物、总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷共 21 项。

表 5.3-7 水质监测方法

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	样品测定方法	检出限
一	水文项目			
1	水深	现场测定	重锤	---
2	水温	现场测定	颠倒式温度计法	---
3	盐度	现场测定	盐度计法	---
4	透明度	现场测定	透明度盘目测法	---
二	水化学项目			
5	pH	现场测定	pH 计电测法	---
6	溶解氧(DO)	加 1 mL MnCl <sub>2</sub> 和 1 mL KI-NaOH 溶液固定, 现场测定	碘量滴定法	---
7	化学需氧量(COD <sub>Mn</sub> )	现场测定	碱性高锰酸钾法	---
8	总悬浮物	0.45 μm, Ø60 mm 微孔滤膜现场过滤	重量法	---
9	营养盐	现场用 0.45 μm, Ø60 mm 微孔滤膜过滤、现场测定或过滤后-20℃冷冻保存	重氮-偶氮法	0.92 μg/L
10			锌镉还原法或铜镉还原法	0.7μg /L
11			次溴酸钠氧化法	5.0 μg/L
12			抗坏血酸还原磷钼蓝法	1.9 μg/L
13	石油类	正己烷萃取	紫外分光光度法	3.5μg/L
14	重金属	加 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 至 pH<2 用 0.45 μm, Ø60 mm 微孔滤膜过滤加 HNO <sub>3</sub> 至 pH<2 低温冷藏	原子荧光分光光度法	0.001μg/L
15			无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
16			无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
17			无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
18	总铬 (Cr)	加 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 至 pH<2 低温冷藏	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	样品测定方法	检出限
19	砷 (As)	用 0.45 $\mu\text{m}$ , $\text{O}60\text{ mm}$ 微孔滤膜过滤加 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 至 $\text{pH}<2$ 低温冷藏	原子荧光分光光度法	0.5 $\mu\text{g/L}$
20	锌 (Zn)	用 0.45 $\mu\text{m}$ , $\text{O}60\text{ mm}$ 微孔滤膜过滤加 $\text{HNO}_3$ 至 $\text{pH}<2$ 低温冷藏	火焰原子吸收分光光度法	3.1 $\mu\text{g/L}$
21	硫化物	加 1ml 乙酸锌溶液固定, 避光保存	亚甲基蓝分光光度法	0.2 $\mu\text{g/L}$

## (2) 采样方法

使用 CTD 测温盐深, 采水器采水, 前甲板作业。

对于近岸段和离岸段站位根据现场水深决定采样层次如下:

当水深 $<25\text{m}$ 时, 取样 2 层, 即表层下 0.1-1m、底层上距海底 2m 处分别采样;

当  $25\text{m}\leq\text{水深}\leq 50\text{m}$  时, 取样 3 层, 即表层下 0.1-1m、10m、底层上距海底 2m 处分别采样;

当  $50\text{m}<\text{水深}\leq 200\text{m}$  时, 取样 4 层, 在表层下 0.1-1m、10m、50m、底层上距海底 2m 处分别采样。

## 5.3.3 评价标准及方法

### (1) 评价标准

根据评价海域的特征, 评价执行《中华人民共和国海水水质标准》(GB3097-1997)中的一类标准, 以二类、三类和四类标准作为参考, 详见表 5.3-8。

表 5.3-8 海水水质标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
2	溶解氧 $>$	6	5	4	3
3	化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) $\leq$	2	3	4	5
4	活性氮 (以 N 计) $\leq$	0.20	0.30	0.40	0.50
5	活性磷酸盐 (以 P 计) $\leq$	0.015	0.030		0.045
6	总汞 $\leq$	0.00005	0.0002		0.0005
7	镉 $\leq$	0.001	0.005	0.010	
8	铅 $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.050
9	砷 $\leq$	0.020	0.030	0.050	
10	铜 $\leq$	0.005	0.010	0.050	

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
11	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
12	石油类≤	0.05		0.30	0.50
13	总铬	0.05	0.10	0.20	0.50
14	硫化物≤(以 S 计)	0.02	0.05	0.10	0.25

注：单位均为 mg/L (pH 除外)；活性氮为亚硝酸盐、硝酸盐和铵盐的和。

## (2) 评价方法

根据监测结果，采用单项指数法对水质现状进行评价。

### ① 单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,i}$$

式中： $S_{i,j}$ —i 污染物在 j 点的污染指数；

$C_{i,j}$ —i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

$C_{s,j}$ —i 污染物的评价标准，mg/L。

### ② DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_f \geq DO_s$$

$$S_{DO,j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s} \quad DO_f < DO_s$$

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

式中： $DO_s$ —溶解氧的海水水质标准，mg/L；

$DO_j$ —j 点的溶解氧，mg/L；

$DO_f$ —饱和溶解氧浓度，mg/L；

### ③ pH 的标准指数为：

$$SpH = \frac{|pH - pH_{sm}|}{DS}$$

$$\text{其中：} \quad pH_{sm} = \frac{pH_{su} + pH_{sd}}{2}, \quad DS = \frac{pH_{su} - pH_{sd}}{2}$$

式中： $SpH$ —评价因子的质量指数；

$pH$ —测站评价因子的实测值；

$pH_{su}$ —pH 评价标准的上限值；

$pH_{sd}$ —pH 评价标准的下限值；

水质参数的标准指数 > 1，表明该水质参数超过了规定的水质标准。

### 5.3.4 主干线文昌附近海域

#### 5.3.4.1 调查结果

海缆项目文昌支线水环境质量调查共进行夏、秋两个季节的调查，分别在 2019 年 8 月和 2019 年 10 月进行，调查结果分别见表 5.3-9 和表 5.3-10。

#### 5.3.4.2 评价结果

近岸段 21 个站位的水质调查评价结果见表 5.3-11 和表 5.3-12。

参考第一类海水水质标准评价，春季近岸段共采集 58 个样品，所有样品的 pH 值、COD<sub>Mn</sub>、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、总汞、铜、镉、总铬、砷均符合第一类海水水质标准；部分站位水质样品的 DO、铅、锌含量超第一类海水水质标准，超标率分别为 56.90%、39.66%、3.45%。继续用第二类海水水质标准评价，DO 仍有 5.17% 的站位超标率，全部站位评价项目符合第三类海水水质标准。

参考第一类海水水质标准评价，秋季近岸段共采集 65 个样品，所有样品的 pH 值、COD<sub>Mn</sub>、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、总汞、铅、镉、总铬、砷均符合第一类海水水质标准；部分站位水质样品的 DO、铜、锌含量超第一类海水水质标准，超标率分别为 10.77%、1.54%、6.15%。全部站位评价项目符合第二类海水水质标准。

表 5.3-9 2019 年 8 月文昌近岸段水质调查结果

日期	时间	站位		水质指标																					
		名称	编号	pH	DO	BOD5	CODcr	氨氮	总氮	总磷	叶绿素a	透明度	浊度	色度	铁	锰	铜	铅	镉	汞	砷	氟化物	硫酸盐	氯化物	
2019.08.01	09:00	W1	W2	10.5	5.2	0.8	12.5	0.5	1.5	0.2	0.5	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.01	15:00	W1	W2	10.8	5.5	0.7	11.8	0.4	1.4	0.1	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.02	09:00	W1	W2	10.6	5.1	0.9	13.0	0.6	1.6	0.3	0.6	0.4	0.2	0.1	0.06	0.03	0.02	0.01	0.006	0.002	0.001	0.0006	100	150	
2019.08.02	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.8	12.8	0.5	1.5	0.2	0.5	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.03	09:00	W1	W2	10.4	5.0	0.9	12.8	0.6	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.03	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.04	09:00	W1	W2	10.6	5.2	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.04	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.05	09:00	W1	W2	10.5	5.1	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.05	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.06	09:00	W1	W2	10.4	5.0	0.9	12.8	0.6	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.06	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.07	09:00	W1	W2	10.6	5.2	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.07	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.08	09:00	W1	W2	10.5	5.1	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.08	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.09	09:00	W1	W2	10.6	5.2	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.09	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.10	09:00	W1	W2	10.5	5.1	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.10	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	
2019.08.11	09:00	W1	W2	10.6	5.2	0.8	12.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150
2019.08.11	15:00	W1	W2	10.7	5.4	0.7	12.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0005	100	150	




注: N.D 表示未检出







表 5.3-11 2019 年 8 月文昌近岸段水质评价质量指数

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■







## 5.3.5 珠海支线附近海域

### 5.3.5.1 调查结果

珠海支线近岸段水环境质量调查分春、秋两季，分别在 2019 年 5 月和 2019 年 9 月，调查结果分别见表 5.3-13 和表 5.3-14。

### 5.3.5.2 评价结果

参考第一类海水水质标准评价，春季近岸段共采集 46 个样品，所有样品的 pH 值、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、总汞、铜、镉、总铬、砷均符合第一类海水水质标准；部分站位水质样品的 DO、COD<sub>Mn</sub>、铅、锌含量超第一类海水水质标准，超标率分别为 6.52%、4.35%、6.52% 和 4.35%。继续用第二类海水水质标准评价，DO 有 4.35% 的站位超标，全部站位评价项目符合第三类海水水质标准。

参考第一类海水水质标准评价，秋季近岸段共采集 48 个样品，所有样品的 DO、无机氮、活性磷酸盐、COD<sub>Mn</sub>、硫化物、总汞、铜、镉、总铬、砷均符合第一类海水水质标准；部分站位水质样品的 pH 值、石油类、铅、锌含量超第一类海水水质标准，超标率分别为 2.08%、4.17%、35.42% 和 16.67%。继续用第二类海水水质标准评价，用第二类海水水质标准评价，pH 有 2.08% 和 4.17% 的站位超标（pH 值和石油类一二类海水水质标准相同），全部站位评价项目符合第三类海水水质标准。

表 5.3-13 珠海支线近岸段春季海水水质调查结果

站号	pH			DO			COD						BOD					
	范围	均值	标准															
1	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
2	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
3	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
4	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
5	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
6	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
7	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
8	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
9	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
10	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
11	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
12	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
13	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
14	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
15	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
16	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
17	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
18	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
19	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5
20	7.5-8.5	8.0	7.5-8.5	4.0-6.0	5.0	4.0-6.0	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5	0.5-1.5	1.0	0.5-1.5



监测点	pH			DO	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N				NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N						
	监测值	标准值	评价				监测值	标准值	评价	监测值	标准值	评价	监测值	标准值	评价	监测值	标准值	评价			
1	7.5	6.5-8.5	符合	5.2	≤0.5	≤0.5	0.1	≤0.5	符合	0.2	≤0.5	符合	0.3	≤0.5	符合	0.4	≤0.5	符合	0.5	≤0.5	符合
2	7.8	6.5-8.5	符合	5.5	≤0.5	≤0.5	0.2	≤0.5	符合	0.3	≤0.5	符合	0.4	≤0.5	符合	0.5	≤0.5	符合	0.6	≤0.5	符合
3	7.6	6.5-8.5	符合	5.3	≤0.5	≤0.5	0.15	≤0.5	符合	0.25	≤0.5	符合	0.35	≤0.5	符合	0.45	≤0.5	符合	0.55	≤0.5	符合
4	7.4	6.5-8.5	符合	5.1	≤0.5	≤0.5	0.12	≤0.5	符合	0.22	≤0.5	符合	0.32	≤0.5	符合	0.42	≤0.5	符合	0.52	≤0.5	符合
5	7.7	6.5-8.5	符合	5.4	≤0.5	≤0.5	0.18	≤0.5	符合	0.28	≤0.5	符合	0.38	≤0.5	符合	0.48	≤0.5	符合	0.58	≤0.5	符合
6	7.5	6.5-8.5	符合	5.2	≤0.5	≤0.5	0.15	≤0.5	符合	0.25	≤0.5	符合	0.35	≤0.5	符合	0.45	≤0.5	符合	0.55	≤0.5	符合
7	7.6	6.5-8.5	符合	5.3	≤0.5	≤0.5	0.18	≤0.5	符合	0.28	≤0.5	符合	0.38	≤0.5	符合	0.48	≤0.5	符合	0.58	≤0.5	符合
8	7.4	6.5-8.5	符合	5.1	≤0.5	≤0.5	0.12	≤0.5	符合	0.22	≤0.5	符合	0.32	≤0.5	符合	0.42	≤0.5	符合	0.52	≤0.5	符合
9	7.7	6.5-8.5	符合	5.4	≤0.5	≤0.5	0.15	≤0.5	符合	0.25	≤0.5	符合	0.35	≤0.5	符合	0.45	≤0.5	符合	0.55	≤0.5	符合
10	7.5	6.5-8.5	符合	5.2	≤0.5	≤0.5	0.18	≤0.5	符合	0.28	≤0.5	符合	0.38	≤0.5	符合	0.48	≤0.5	符合	0.58	≤0.5	符合

注：“ND”表示未检出，“\*”表示数据异常

表 5.3-14 珠海支线近岸段秋季海水水质调查结果

监测点	pH			DO	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N				NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N						
	监测值	标准值	评价				监测值	标准值	评价	监测值	标准值	评价	监测值	标准值	评价	监测值	标准值	评价			
1	7.5	6.5-8.5	符合	5.2	≤0.5	≤0.5	0.1	≤0.5	符合	0.2	≤0.5	符合	0.3	≤0.5	符合	0.4	≤0.5	符合	0.5	≤0.5	符合
2	7.8	6.5-8.5	符合	5.5	≤0.5	≤0.5	0.2	≤0.5	符合	0.3	≤0.5	符合	0.4	≤0.5	符合	0.5	≤0.5	符合	0.6	≤0.5	符合
3	7.6	6.5-8.5	符合	5.3	≤0.5	≤0.5	0.15	≤0.5	符合	0.25	≤0.5	符合	0.35	≤0.5	符合	0.45	≤0.5	符合	0.55	≤0.5	符合
4	7.4	6.5-8.5	符合	5.1	≤0.5	≤0.5	0.12	≤0.5	符合	0.22	≤0.5	符合	0.32	≤0.5	符合	0.42	≤0.5	符合	0.52	≤0.5	符合
5	7.7	6.5-8.5	符合	5.4	≤0.5	≤0.5	0.18	≤0.5	符合	0.28	≤0.5	符合	0.38	≤0.5	符合	0.48	≤0.5	符合	0.58	≤0.5	符合
6	7.5	6.5-8.5	符合	5.2	≤0.5	≤0.5	0.15	≤0.5	符合	0.25	≤0.5	符合	0.35	≤0.5	符合	0.45	≤0.5	符合	0.55	≤0.5	符合
7	7.6	6.5-8.5	符合	5.3	≤0.5	≤0.5	0.18	≤0.5	符合	0.28	≤0.5	符合	0.38	≤0.5	符合	0.48	≤0.5	符合	0.58	≤0.5	符合
8	7.4	6.5-8.5	符合	5.1	≤0.5	≤0.5	0.12	≤0.5	符合	0.22	≤0.5	符合	0.32	≤0.5	符合	0.42	≤0.5	符合	0.52	≤0.5	符合
9	7.7	6.5-8.5	符合	5.4	≤0.5	≤0.5	0.15	≤0.5	符合	0.25	≤0.5	符合	0.35	≤0.5	符合	0.45	≤0.5	符合	0.55	≤0.5	符合
10	7.5	6.5-8.5	符合	5.2	≤0.5	≤0.5	0.18	≤0.5	符合	0.28	≤0.5	符合	0.38	≤0.5	符合	0.48	≤0.5	符合	0.58	≤0.5	符合












## 5.3.6 主干线香港附近海域

### 5.3.6.1 调查结果

香港支线近岸段水环境质量调查分春、秋两季，分别在 2018 年 4 月份和 2018 年 9 月进行，调查结果分别见表 5.3-17 和表 5.3-18。

### 5.3.6.2 评价结果

#### (1) 春季调查评价结果

近岸段 21 个站位的水质调查评价结果见表 5.3-19。

，主要参考第一类海水水质标准评价，近岸段各水质要素的评价值分析如下：

#### ①pH、化学需氧量、无机氮、石油类、硫化物、铜、镉、砷、铬

春季近岸段共采集 63 个样品，所有样品的 pH、化学需氧量、无机氮、石油类、硫化物、铜、镉、砷、总铬均符合第一类海水水质标准。

#### ②活性磷酸盐、铅、锌、总汞

春季近岸段调查部分站位水质样品的活性磷酸盐、铅、锌、总汞含量超第一类海水水质标准。其中活性磷酸盐的超标率为 1.6%，仅 1 个样品的活性磷酸盐含量超标；总汞的超标率为 7.9%，5 个样品的总汞含量超标；铅的超标率为 15.9%，10 个样品的铅含量超标；锌的超标率为 14.3%，9 个样品的锌含量超标。活性磷酸盐、铅、锌、总汞含量超标率不大，而且超标样品中活性磷酸盐、铅、锌、总汞的含量均满足第二类海水水质标准。

总体而言，春季近岸调查海域的海水水质状况整体良好，所受污染物影响程度较小。

#### (2) 秋季调查评价结果

近岸段 21 个站位的水质调查评价结果表 5.3-20，主要参考第一类海水水质标准评价，近岸段各水质要素的评价值分析如下：

#### ①pH、化学需氧量、无机氮、石油类、硫化物、铜、镉、砷、铬

秋季近岸段共采集 66 个样品，所有样品的 pH、化学需氧量、无机氮、石油类、硫化物、铜、镉、砷、总铬均符合第一类海水水质标准。

#### ②活性磷酸盐、铅、锌、总汞

秋季近岸段调查部分站位水质样品的活性磷酸盐、铅、锌、总汞含量超第一类海水水质标准。其中活性磷酸盐的超标率为 7.6%，5 个样品的活性磷酸盐含量超标；

铅的超标率为 6.1%，4 个样品的铅含量超标；锌的超标率为 12.1%，8 个样品的锌含量超标；总汞的超标率为 21.2%，14 个样品的总汞含量超标。活性磷酸盐、铅、锌、总汞含量超标率不大，而且超标样品中活性磷酸盐、铅、锌、总汞的含量均满足第二类海水水质标准。

总体而言，秋季近岸调查海域的海水水质状况整体良好，所受污染物影响程度较小。

表 5.3-17 近岸段水质调查结果统计表（春季）

站号	pH		DO		BOD <sub>5</sub>		COD <sub>Mn</sub>		NH <sub>3</sub> -N			NO <sub>3</sub> -N		NO <sub>2</sub> -N		TP		TSS		
	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值		
1	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
2	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
3	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
4	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
5	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
6	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
7	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
8	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
9	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
10	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
11	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
12	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
13	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
14	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
15	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
16	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
17	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
18	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
19	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15
20	7.5-8.5	8.0	2.0-3.0	2.5	0.1-0.2	0.15	0.5-1.0	0.75	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15	0.1-0.2	0.15

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

注：“ND”表示未检出。

表 5.3-18 近岸段水质调查结果统计表（秋季）

█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

The image displays a complex grid-based diagram, likely a data matrix or a map projection, consisting of 20 columns and 20 rows. The cells within the grid are filled with various black and white patterns, including solid black, white, and vertical/horizontal lines. The overall structure is symmetrical and appears to be a stylized representation of a geographical or data-related layout. The diagram is enclosed in a thin black border.


■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

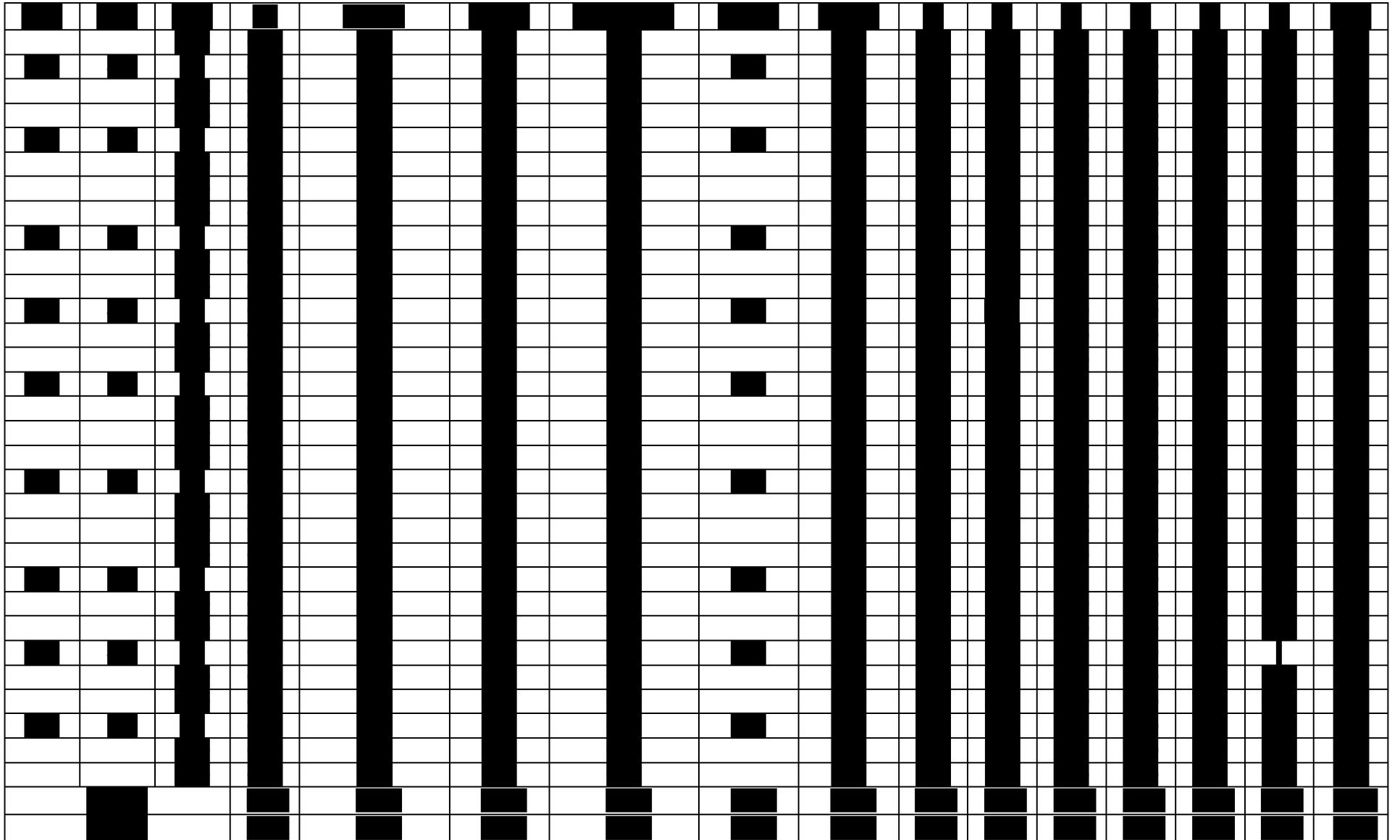

表 5.3-19 香港支线近岸段春季水质评价质量指数（参考第一类海水水质标准）




注：评价标准参考第一类海水水质标准

表 5.3-20 香港支线近岸段秋季水质评价质量指数（参考第一类海水水质标准）

█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█



■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 5.3.7 离岸段

### 5.3.7.1 调查结果

海缆项目离岸段秋季调查，在 2019 年 10 月进行。调查结果分别见表 5.3-21。

### 5.3.7.2 评价结果

参考第一类海水水质标准评价，秋季近岸段共采集 47 个样品，所有样品的平 H 值、无机氮、活性磷酸盐、COD<sub>Mn</sub>、硫化物、石油类、铅、总汞、铜、镉、总铬、砷均符合第一类海水水质标准；部分站位水质样品的 DO、锌含量超第一类海水水质标准，超标率分别为 12.77%、2.13%。继续用第二类海水水质标准评价，DO 有 12.77% 的站位超标，全部站位参评项目符合三类海水水质标准进行评价。

表 5.3-21 2019 年 10 月离岸段水质调查结果

监测站号	监测日期	监测项目	监测结果																
1	2019.10.1	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
2	2019.10.2	pH	8.3	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
3	2019.10.3	pH	8.3	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
4	2019.10.4	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
5	2019.10.5	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
6	2019.10.6	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
7	2019.10.7	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
8	2019.10.8	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
9	2019.10.9	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
10	2019.10.10	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
11	2019.10.11	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
12	2019.10.12	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
13	2019.10.13	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
14	2019.10.14	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
15	2019.10.15	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
16	2019.10.16	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
17	2019.10.17	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
18	2019.10.18	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
19	2019.10.19	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
20	2019.10.20	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
21	2019.10.21	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
22	2019.10.22	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
23	2019.10.23	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
24	2019.10.24	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
25	2019.10.25	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
26	2019.10.26	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
27	2019.10.27	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
28	2019.10.28	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
29	2019.10.29	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5
30	2019.10.30	pH	8.2	氨氮	0.05	总氮	0.5	总磷	0.02	COD	10	BOD	5	溶解氧	8	叶绿素a	1	透明度	5


■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

注：“N.D”表示未检出；“—”表示无数据。

表 5.3-22 2019 年 10 月离岸段水质评价结果

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

This table is a large grid with 18 columns and 20 rows. It is heavily redacted, with most of its content obscured by black boxes. The redaction is organized into several vertical columns: the first column has 4 black boxes; the second has 1; the third has 1; the fourth has 1; the fifth has 2; the sixth has 2; the seventh has 2; the eighth has 2; the ninth has 2; the tenth has 2; the eleventh has 2; the twelfth has 2; the thirteenth has 2; the fourteenth has 2; the fifteenth has 2; the sixteenth has 2; the seventeenth has 2; and the eighteenth has 2. Additionally, there are several rows of black boxes at the bottom of the grid, spanning multiple columns, and a few small, isolated black squares scattered throughout the table.

## 5.4 海洋沉积物现状调查与评价

### 5.4.1 调查项目及采样方法

沉积物质量调查内容包括：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、沉积物粒度分析。  
表层沉积物：抓斗采集表层（1cm~10cm）沉积物样品进行分析。

### 5.4.2 评价标准及方法

#### (1) 评价方法

沉积物现状评价采用单项指数法和平均分指数法进行，其指数计算方法如下：

$$Q_j = \frac{C_j}{C_o}$$

式中：C<sub>j</sub> — 评价因子实测值；

C<sub>o</sub> — 评价因子的评价标准值；

Q<sub>j</sub> — j 站评价因子的质量分指数；

Q<sub>j</sub> ≤ 1 属清洁；Q<sub>j</sub> > 1 属污染；

#### (2) 评价标准

结合该海域的实际情况，采用第一类海洋沉积物质量标准对监测的项目进行评价，并以第二类标准和第三类标准作为参考。如表 5.4-1 所示。

表 5.4-1 海洋沉积物质量

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	铜≤	35	100	200
2	铅≤	60	130	250
3	锌≤	150	350	600
4	镉≤	0.5	1.5	5.0
5	汞≤	0.2	0.5	1.0
6	砷≤	20	65	93
7	油类≤	500	1000	1500
8	总铬	80	150	270

### 5.4.3 文昌附近海域

#### 5.4.3.1 调查结果

文昌支线近岸段沉积物进行一期调查，调查时间为 2019 年 8 月，与海域水质及海洋生物同期进行。

各站位沉积物粒度分析结果见表 5.4-2。从沉积物粒度分析结果可知，调查海域

近岸段站位的沉积物类型主要以粉砂质砂为主。

表 5.4-2 文昌支线近岸段沉积物粒度分析结果统计表

站位	砂(%)	粉砂(%)	黏土(%)	粒度参数( $\phi$ )				谢帕德三角分类
				MZ	$\sigma$	SK	K	
L1	39.23	37.22	13.40	4.79	2.88	-2.16	3.63	粉砂质砂
L2	41.50	48.16	10.34	4.83	2.44	1.08	2.82	砂质粉砂
L3	47.06	46.74	6.20	4.74	1.59	1.77	2.28	粉砂质砂
L5	86.17	6.29	2.04	1.46	1.99	2.50	3.27	砂
L7	68.82	25.18	6.00	4.22	1.97	1.81	2.64	粉砂质砂
L10	37.39	48.14	14.46	5.67	1.97	1.31	2.27	砂质粉砂
L11	34.90	50.01	13.25	5.16	2.58	-1.78	3.16	砂质粉砂
L13	13.02	69.29	17.70	6.40	1.80	-1.48	2.37	粘土质粉砂
L14	11.75	71.63	16.63	6.36	1.70	-1.04	2.09	粘土质粉砂
L17	46.31	40.44	9.78	4.07	3.07	1.10	3.45	粉砂质砂
L18	69.70	19.94	4.11	2.52	2.68	2.69	3.47	粉砂质砂
L19	39.77	51.37	8.88	5.35	1.86	1.25	2.24	砂质粉砂
L20	52.29	40.02	6.95	4.61	2.28	0.26	2.86	粉砂质砂

各站位沉积物化学要素分析结果见表 5.4-3。从沉积物化学要素分析结果可知，镉在所有样品中均未检出，镉的检出限为  $0.04 \times 10^{-6}$ 。

表 5.4-3 文昌支线近岸段沉积物化学调查结果统计表（单位： $10^{-6}$ ）

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

注：ND 为未检出，镉的检出限为  $0.04 \times 10^{-6}$ 。



S17	0	31.38	52.2	16.41	5.75	2.29	-0.05	0.84	砂质粉砂
S21	0	4.15	73.37	22.47	6.79	1.62	0.01	1.06	粉砂
S23	0	5.34	66.69	27.96	6.9	1.81	-0.05	0.95	粉砂
S25	1.08	41.18	40.38	17.37	4.89	3.03	-0.08	0.65	砂质粉砂

各站位沉积物化学要素分析结果见表 5.4-9。从沉积物化学要素分析结果可知，镉在所有样品中均未检出，镉的检出限为  $0.04 \times 10^{-6}$ 。

表 5.4-6 珠海支线近岸段沉积物化学调查结果统计表（单位： $10^{-6}$ ）

██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██

备注：ND 为未检出，镉的检出限为  $0.04 \times 10^{-6}$ 。

### 5.4.4.2 评价结果

用第一类海洋沉积物质量标准对调查结果进行评价，评价结果见表 5.4-7，项目调查所有站位油类、总汞、砷、铅、镉和铬浓度均符合第一类海洋沉积物质量标准；S4 站位沉积物砷、铜和锌含量超标，S10 站位硫化物和铜含量超标，S23 站位有机碳含量超标。继续用第二类海洋沉积物质量标准进行评价，全部站位调查项目符合第二类海洋沉积物质量标准。

表 5.4-7 文昌支线近岸段沉积物质量评价指数表（参照一类沉积物标准）

██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██
██	██	██	██	██	██	██	██	██	██	██

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

### 5.4.5 香港附近海域

#### 5.4.5.1 沉积物调查结果及统计

各站位沉积物粒度分析结果见表 5.4-8。从沉积物粒度分析结果可知，调查海域近岸段站位的沉积物类型主要以粉砂为主。

表 5.4-8 沉积物粒度分析结果统计表

样品编号	砂(%)	粉砂(%)	黏土(%)	粒度参数(φ)				谢帕德三角分类
				MZ	σφ	SKφ	Kφ	
H1	3.10	82.72	14.18	6.38	1.45	0.91	1.74	粉砂
H2	11.95	72.50	15.56	6.36	1.64	-0.80	1.95	粘土质粉砂
H3	0.68	81.50	17.82	6.80	1.32	0.29	1.61	粉砂
H5	8.28	78.78	12.94	6.22	1.55	0.84	1.84	粉砂
H6	5.89	78.15	15.96	6.50	1.51	-0.37	1.82	粉砂
H8	0.54	85.49	13.97	6.50	1.34	0.87	1.62	粉砂
H9	15.96	72.08	11.96	5.93	1.66	1.11	1.96	砂质粉砂
H10	12.24	75.40	12.36	6.13	1.60	0.77	1.89	粉砂
H12	12.22	76.63	11.16	5.99	1.57	1.00	1.88	粉砂
H13	21.34	68.37	10.30	5.73	1.68	1.18	2.00	砂质粉砂
H15	13.33	75.26	11.41	5.95	1.60	1.11	1.92	粉砂
H17	31.07	59.49	9.44	5.47	1.75	1.40	2.09	砂质粉砂
H18	17.84	70.94	11.22	5.90	1.67	1.02	1.96	砂质粉砂
H19	25.95	64.80	9.26	5.53	1.68	1.36	2.03	砂质粉砂
H21	39.81	53.37	6.84	5.04	1.64	1.62	2.13	砂质粉砂

各站位沉积物化学要素分析结果见表 5.4-9。从沉积物化学要素分析结果可知，镉在所有样品中均未检出，镉的检出限为  $0.04 \times 10^{-6}$ 。

表 5.4-9 沉积物化学调查结果统计表（单位： $10^{-6}$ ）

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



## 5.4.6 离岸段

### 5.4.6.1 调查结果

海缆项目离岸段沉积物进行一期调查，在 2019 年 10 月份与海域水质及海洋生物同期进行。

各站位沉积物粒度分析结果见表 5.4-11。从沉积物粒度分析结果可知，调查海域沉积物类型主要以砂质粉砂和粉砂质砂为主。。

表 5.4-11 沉积物粒度分析结果统计表

样品编号	粒组百分含量				粒度参数( $\varphi$ )					海洋底质调查规范分类
	砾石	砂	粉砂	粘土	Mz	$\sigma_1$	SK <sub>I</sub>	KG	Md	
LH1	0.88	48.52	43.56	7.05	4.78	1.98	0.40	1.08	4.05	粉砂质砂 (含砾)
LH2	0.80	52.39	41.57	5.25	4.44	1.90	0.32	1.30	3.93	粉砂质砂 (含砾)
LH3	4.75	51.44	37.24	6.57	3.72	2.92	0.06	0.82	3.52	粉砂质砂 (含砾)
LH4	4.76	44.52	44.62	6.10	4.03	2.83	-0.05	0.85	4.05	砂质粉砂 (含砾)
LH5	0.27	48.90	44.53	6.31	4.38	2.30	0.19	0.78	4.08	粉砂质砂 (含砾)
LH6	2.64	35.44	54.33	7.57	4.53	2.59	-0.10	0.95	4.70	砂质粉砂 (含砾)
LH7	0.87	25.85	65.99	7.28	5.31	1.83	0.12	0.94	5.06	砂质粉砂 (含砾)
LH8	2.87	43.46	48.07	5.60	4.21	2.46	0.00	0.85	4.22	砂质粉砂 (含砾)
LH9	0.00	13.37	74.39	12.24	5.94	1.68	0.01	0.78	5.93	砂质粉砂
LH10	0.00	16.48	72.77	10.75	5.80	1.70	0.03	0.76	5.76	砂质粉砂
LH11	0.00	44.23	49.57	6.20	4.78	2.11	0.15	0.85	4.49	砂质粉砂
LH12	0.00	37.75	55.32	6.94	4.88	2.01	0.17	1.04	4.55	砂质粉砂

各站位沉积物化学要素分析结果见表 5.4-12。

表 5.4-12 沉积物化学调查结果统计表 (单位:  $10^{-6}$ )

样品编号	化学要素									
	Ca	Mg	Fe	Al	Si	S	C	N	P	其他
LH1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LH12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

注：ND 为未检出，镉的检出限为  $0.04 \times 10^{-6}$ 。

### 5.4.6.2 评价结果

沉积物质量评价结果见表 5.4-13。项目调查海域沉积物质量良好，除了 LH7 站锌的含量超过第一类海洋沉积物质量标准外，所有站位沉积物中总汞、铜、铅、镉、总铬、砷、硫化物和有机碳的浓度都符合第一类海洋沉积物质量标准。所有站位沉积物参评项目浓度都符合第二类海洋沉积物质量标准。

表 5.4-13 沉积物质量评价结果表

站名	总汞	铜	铅	镉	总铬	砷	硫化物	有机碳	锌
LH1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH3	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH4	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH5	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH6	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH7	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH8	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH9	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH10	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH11	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH12	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH13	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH14	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH15	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH16	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH17	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH18	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH19	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH20	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH21	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH22	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH23	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH24	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH25	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH26	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH27	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH28	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH29	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH30	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH31	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH32	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH33	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH34	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH35	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH36	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH37	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH38	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH39	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH40	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH41	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH42	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH43	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH44	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH45	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH46	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH47	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH48	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH49	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH50	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH51	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH52	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH53	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH54	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH55	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH56	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH57	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH58	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH59	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH60	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH61	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH62	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH63	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH64	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH65	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH66	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH67	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH68	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH69	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH70	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH71	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH72	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH73	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH74	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH75	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH76	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH77	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH78	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH79	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH80	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH81	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH82	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH83	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH84	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH85	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH86	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH87	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH88	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH89	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH90	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH91	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH92	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH93	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH94	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH95	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH96	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH97	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH98	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH99	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH100	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 5.5 海洋生态现状调查与评价

### 5.5.1 海洋生态及渔业资源样品预处理、保存及分析评价方法

预处理、保存及监测分析方法按照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)、《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)进行,见表 5.5-1。

表 5.5-1 海洋生态及渔业资源调查项目监测分析方法

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	样品测定方法
1	叶绿素 a	0.45 $\mu\text{m}$ 滤膜过滤后冷藏避光保存	分光光度法
2	初级生产力	——	根据叶绿素 a 同化系数换算
3	浮游植物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	显微镜鉴定; 浓缩计数法计数
4	浮游动物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	计数框计数; 体视显微镜鉴定; 湿重法测定生物量
5	底栖生物	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	人工鉴定种类、计数、测定生物量和栖息密度

海洋生物的评价方法采用优势度、多样性指数和均匀度, 计算公式如下:

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。

采用 Shannon-Weaner 指数测定多样性指数, 其计算公式为:

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

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。

采用 Pielou 均匀度测定均匀度, 其公式为:

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

式中:  $J$ — 均匀度

$H'$  — 种类多样性指数

S—样品中的种类总数

## 5.5.2 文昌附近海域

文昌近岸段海洋生物调查分夏季和秋季两季进行，调查时间为 2019 年 8 月和 2019 年 10 月，与水质调查同步进行。

### 5.5.2.1 叶绿素 a 和初级生产力

#### (1) 2019 年 8 月

2019 年 8 月海域叶绿素 a 调查结果见表 5.5-2。调查结果显示，文昌近岸段各站水柱叶绿素 a 平均浓度变化范围是 (0.14~19.0)  $\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均为  $2.21\text{mg}/\text{m}^3$ 。大致随水深增加而减少。根据生物学参考标准（叶绿素 a 浓度低于  $5\text{mg}/\text{m}^3$  为贫营养，(10~20)  $\text{mg}/\text{m}^3$  为中营养，超过  $30\text{mg}/\text{m}^3$  为富营养），调查海域叶绿素 a 基本处于贫营养水平。

调查海域初级生产力的变化范围是  $93.24\sim 1898.10\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为  $613.81\text{mg}\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。初级生产力处于中高水平。

表 5.5-2 2019 年 8 月文昌支线近岸段调查区水域叶绿素 a 和初级生产力

站位	层次 (m)	叶绿素 a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	初级生产力 ( $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ )	站位	层次 (m)	叶绿素 a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	初级生产力 ( $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ )
L1	0.5	4.67	622.04	L14	0.5	0.49	326.34
	L2	0.5	14.5		1448.55	10	0.41
L5	0.5	4.11	821.18		50	0.70	—
	15.5	1.44	—		56	0.74	—
L6	0.5	19.0	1898.1	L17	0.5	0.27	215.78
L7	0.5	2.63	613.05		10	0.25	—
	10.0	3.18	—		50	0.50	—
	33.7	2.86	—		69.5	0.48	—
L8	0.5	3.28	436.90	L18	0.5	0.14	93.24
	8.2	7.78	—		10	0.27	—
L10	0.5	2.86	476.19		50	0.51	—
	10.0	3.07	—		73.5	0.35	—
	39.7	1.74	—	L19	0.5	0.52	450.22
L11	0.5	2.17	505.83		10	0.55	—
	10.0	2.58	—		50	0.30	—
	42.5	2.25	—		77.2	0.23	—
L13	0.5	0.40	266.40	L20	0.5	0.35	419.58
	10.0	0.46	—		10	0.37	—
	50.0	0.73	—		50	0.32	—
	56.2	0.75	—		80.2	0.34	—

—	—	—	—	平均值	2.21	613.81
---	---	---	---	-----	------	--------

## (2) 2019年10月

2019年10月海域叶绿素 a 调查结果表 5.5-3。调查结果显示，文昌近岸段各站水柱叶绿素 a 平均浓度变化范围是 (0.35~2.31)  $\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均为  $0.86\text{mg}/\text{m}^3$ 。大致随水深增加而减少。根据生物学参考标准（叶绿素 a 浓度低于  $5\text{mg}/\text{m}^3$  为贫营养，(10~20)  $\text{mg}/\text{m}^3$  为中营养，超过  $30\text{mg}/\text{m}^3$  为富营养），调查海域叶绿素 a 基本处于贫营养水平。

调查海域初级生产力的变化范围是 (200.60~1124.21)  $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为  $615.54\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。初级生产力处于中高水平。

表 5.5-3 2019年10月文昌支线近岸段调查区水域叶绿素 a 和初级生产力

站名	站号	日期	深度	叶绿素 a	初级生产力	站名	站号	日期	深度	叶绿素 a	初级生产力
W1	W1-1	2019.10.1	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.1	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.2	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.2	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.3	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.3	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.4	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.4	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.5	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.5	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.6	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.6	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.7	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.7	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.8	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.8	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.9	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.9	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60
W1	W1-1	2019.10.10	0.5	0.35	200.60	W2	W2-1	2019.10.10	0.5	0.35	200.60
			1.0	0.35	200.60				1.0	0.35	200.60

### 5.5.2.2 浮游植物调查结果与评价

#### 5.5.2.2.1 2019年8月

##### (1) 浮游植物密度和分布

调查监测结果显示, 该次调查浮游植物的平均密度为  $146.80 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 其数量以硅藻类占优势, 其密度为  $136.06 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 92.68%; 其次为甲藻类, 其密度为  $9.29 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 6.33%; 居第三的为其它藻, 其密度为  $1.45 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 0.99%。

水平分布方面, 各站位密度差异不大, 最高密度出现在 L2 号站, 其数量达  $208.00 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>; 其次为 L1 号站, 其密度为  $191.43 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>; 最低则出现在 L13 号站, 其密度为  $112.39 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 最高密度是最低密度的 1.9 倍, 其余调查监测站位的密度分布范围在  $113.76 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup> ~  $191.43 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup> 之间, 详见表 5.5-4。

表 5.5-4 调查海域浮游植物密度、分布及组成 (单位:  $\times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>)

站位	小计	其中		
		硅藻	甲藻	其他
L1	191.43	172.00	17.14	2.29
L2	208.00	186.67	17.33	4.00
L5	146.97	136.91	8.23	1.83
L6	199.11	160.89	33.78	4.44
L7	135.50	123.96	9.37	2.16
L8	167.84	156.86	9.80	1.18
L10	128.06	121.15	5.45	1.47
L11	128.29	121.85	6.05	0.39
L12	166.07	157.80	7.43	0.84
L13	112.39	107.06	4.97	0.37
L14	125.72	119.78	5.21	0.73
L17	113.76	111.59	1.59	0.59
L18	118.72	112.67	5.67	0.39
L19	132.52	127.50	4.60	0.42
L20	127.57	124.17	2.74	0.66
平均	146.80	136.06	9.29	1.45

##### (2) 浮游植物的种类组成

该次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 20 科 71 种 (含变种、变型及个别未定种的属)。其中硅藻门的种类最多, 有 10 科 47 种, 占总种类数的 66.20%; 其次是甲藻门, 有 7 科 17 种, 占总种类数的 23.94%; 蓝藻类有 1 科 4 种, 占 5.63%; 金藻类有 2 种, 黄藻类有 1 种, 详见表 5.5-5。主要是甲藻类的角藻属 *Ceratium* 的种类最多, 出现了 8 种; 其次为硅藻类的角毛藻属

*Chaetoceros* 和根管藻属 *Rhizosolenia*, 各出现了 6 种。

表 5.5-5 调查海域浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数 (含个别未定种的属)	属或种类所占比例 (%)
硅藻	10	47	66.20
甲藻	7	17	23.94
蓝藻	1	4	5.63
金藻	1	2	2.82
黄藻	1	1	1.41
合计	20	71	100.00

### (3) 生物多样性及均匀度

该次调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 34 种, 种类多样性指数分布范围为 3.25~3.99 之间, 平均为 3.55; 多样性指数的分布方面, 最高出现在 L20 号站, 其次为 L18、L19 号站, 最低则出现在 L10 号站; 种类均匀度方面, 其分布范围为 0.66~0.79 之间, 平均为 0.71, 且其分布趋势与多样性指数相似, 详见表 5.5-6。

表 5.5-6 查海域浮游植物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	采样水柱内藻类细胞数 (cells)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J$ )
L1	25	335	3.30	0.71
L2	20	156	3.40	0.79
L5	32	648	3.65	0.73
L6	22	224	3.42	0.77
L7	30	752	3.44	0.70
L8	27	433	3.59	0.75
L10	33	1223	3.25	0.72
L11	36	1315	3.47	0.67
L12	35	1586	3.63	0.71
L13	38	1537	3.51	0.67
L14	39	1710	3.50	0.66
L17	42	1968	3.56	0.66
L18	45	2137	3.77	0.69
L19	43	2508	3.77	0.69
L20	47	2545	3.99	0.72
平均	34	1272	3.55	0.71

### (4) 优势种

以优势度( $Y$ )大于 0.02 为判断标准, 该调查水域在调查期间浮游动物的优势种是中肋骨条藻、爱氏角毛藻、密聚角毛藻、窄隙角毛藻、洛氏角毛藻、变异辐杆藻和旋链角毛藻所组成, 其优势度指数在 0.02~0.08 之间, 详见表 5.5-7。该调查海区浮游植物的最大优势种是中肋骨条藻, 主要分布在 L5、L12、L14、L17、L18、L19 和 L20 采样站, 爱氏角毛藻主要分布在 L2、L7、L10、L11、L12、L13、L17 和 L18 采样站, 密聚角毛藻主要分布在 L1、L8、L12、L13、L14、L17 和 L19 采样站, 窄隙

角毛藻主要分布在 L11、L13 和 L17 采样站，洛氏角毛藻主要分布在 L6 和 L10 采样站，变异辐杆藻主要分布在 L1 和 L8 采样站，旋链角毛藻主要分布在 L5 和 L7 采样站。

表 5.5-7 浮游植物各站位主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.02
变异辐杆藻	<i>Bacteriastrum varians</i> Lauder	0.02
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.05
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0.07
密聚角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	0.08
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eiegenii</i> Grunow	0.08
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.08

#### 5.5.2.2.2 2019 年 10 月

##### (1) 浮游植物密度和分布

调查监测结果显示，该次调查浮游植物的平均密度为  $92.68 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，其数量以硅藻类占优势，其密度为  $87.85 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占总密度的 94.79%；其次为甲藻类，其密度为  $3.72 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占总密度的 4.01%；居第三的为其它藻类，其密度为  $1.11 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占总密度的 1.20%。

水平分布方面，各站位密度差异不大，最高密度出现在 L6 号站，其数量达  $135.11 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>；其次为 L7 号站，其密度为  $120.50 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>；最低则出现在 L20 号站，其密度为  $70.31 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，最高密度是最低密度的 2.0 倍，其余调查监测站位的密度分布范围为  $71.77 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>~ $117.33 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup> 之间，详见表 5.5-8。

表 5.5-8 调查海域浮游植物密度、分布及组成（单位： $\times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>）

Station	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

##### (2) 浮游植物的种类组成

该次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 23 科 87 种（含变种、变型及个别未定种的属）。其中硅藻门的种类最多，有 10 科 58 种，占总种类数的 66.70%；其次是甲藻门，有 7 科 19 种，占总种类数的 21.80%；蓝藻类有 2 科 5 种，占 5.80%；金藻类有 3 种，黄藻类有 2 种，详见表 5.5-9。主要是硅藻类的圆筛藻科 *Coscinodiscaceae* 的种类最多，出现了 15 种；其次为硅藻类的角毛藻科 *Chaetoceraceae*，出现了 12 种。

表 5.5-9 调查海域浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数 (含个别未定种的属)	属或种类所占比例 (%)
硅藻	10	58	66.70
甲藻	7	19	21.80
蓝藻	2	5	5.80
金藻	2	3	3.40
黄藻	2	2	2.30
合计	23	87	100.00

### (3) 生物多样性及均匀度

该次调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 28 种，种类多样性指数分布范围在 2.51~3.54 之间，平均为 3.03；多样性指数的分布方面，最高出现在 L18 号站，其次为 L5 号站，最低则出现在 L11 号站；种类均匀度方面，其分布范围在 0.53~0.74 之间，平均为 0.63，且其分布趋势与多样性指数相似，详见表 5.5-10。

表 5.5-10 调查海域浮游植物的多样性指数及均匀度

■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■

#### (4) 优势种

以优势度( $Y$ )大于 0.02 为判断标准, 该调查水域在调查期间浮游动物的优势种是尖刺菱形藻、旋链角毛藻、窄隙角毛藻、伏氏海毛藻、密聚角毛藻、变异辐杆藻、洛氏角毛藻、爱氏角毛藻和中肋骨条藻所组成, 其优势度指数在 0.02~0.12 之间, 详见表 5.5-11。该调查海区浮游植物的最大优势种是爱氏角毛藻和变异辐杆藻, 中肋骨条藻主要分布在 L6、L11、L19 和 L20 采样站, 爱氏角毛藻主要分布在 L6、L7、L11、L12、L14、L17 和 L18 采样站, 洛氏角毛藻主要分布在 L5、L7、L12、L13 和 L14 采样站, 变异辐杆藻主要分布在 LH11、L13、L17、L19 和 L20 采样站, 伏氏海毛藻主要分布在有 L17 和 L18 采样站, 窄隙角毛藻主要分布在有 L6、L8、L12 和 L18 采样站, 旋链角毛藻主要分布在有 L8、L14、L19 和 L20 采样站。

表 5.5-11 调查海域浮游植物各站位主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.03
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0.04
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frausfeldii</i> (Grun.) Grunow	0.04
变异辐杆藻	<i>Bacteriastrum varians</i> Lauder	0.08
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.06
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eigenii</i> Grunow	0.08
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.04

### 5.5.2.3 浮游动物调查结果与评价

#### 5.5.2.3.1 2019 年 8 月

##### (1) 种类组成

调查结果显示, 浮游动物经鉴定有 9 个生物类群, 共 35 种 (附录), 其中水母类 4 种, 翼足类 2 种, 介形类 2 种, 桡足类 14 种, 磷虾类 1 种, 樱虾类 3 种, 毛颚类 2 种, 海樽类 1 种, 浮游幼虫类 6 种。该调查区位于中移动海南-香港海缆附近海域, 浮游动物以热带、暖温带种类占多数, 如桡足类的小拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、驼背隆哲水蚤、微驼背隆哲水蚤、微刺哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤、小纺锤水蚤、樱虾类的日本毛虾、翼足类的尖笔帽螺和毛颚类的肥胖箭虫、强壮箭虫等。

##### (2) 浮游动物生物量、密度及分布

调查结果显示, 该水域各采样站浮游动物生物量属中等偏高水平, 分布不均匀, 变化幅度为 752.04~2247.60mg/m<sup>3</sup>, 平均生物量为 1510.94mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面,



502 个，种类多样性指数分布范围为 3.48~4.22 之间，平均为 3.80，最高出现在 L19 号采样站，其次为 L20 号采样站，最低则出现在 L7 号采样站；种类均匀度分布范围在 0.80~0.92 之间，平均为 0.87，最高出现在 L10 和 L17 号采样站，其次为 L19 号采样站，最低出现在 L12 号采样站，详见表 5.5-13。

表 5.5-13 调查附近海域浮游动物多样性指数及均匀度

采样站	多样性指数	均匀度
L1		
L2		
L3		
L4		
L5		
L6		
L7		
L8		
L9		
L10		
L11		
L12		
L13		
L14		
L15		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		

#### (5) 优势种及其分布

以优势度 $\geq 0.02$ 为判断标准，该调查水域在调查期间浮游动物的优势种是由桡足类的小拟哲水蚤、小哲水蚤、驼背隆哲水蚤、浮游幼虫类的桡足类幼虫、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺缢水蚤和微刺哲水蚤组成，其优势度指数在 0.02~0.16 之间，详见表 5.5-14。该调查海域的最大的优势种是桡足类的小拟哲水蚤，主要分布在 L13、L1 和 L7 号采样站，小哲水蚤主要分布在 L13 和 L8 号采样站，驼背隆哲水蚤主要分布在 L8 和 L13 号采样站，桡足类幼虫主要分布在 L2、L1 和 L13 号采样站，瘦尾胸刺水蚤主要分布在 L8 号采样站，丹氏纺缢水蚤主要分布在 L2、L7 和 L20 号采样站，微刺哲水蚤主要分布在 L2 号采样站。

表 5.5-14 调查附近海域浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)	0.16
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i> Claus	0.13
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbrecht	0.08
桡足类幼虫	Copepoda larva	0.07
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott	0.06
丹氏纺缢水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht	0.04
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i> (Giesbrecht)	0.02

## 5.5.2.3.2 2019年10月

## (1) 种类组成

本次调查的浮游动物经鉴定有 5 个生物类群，共 35 种，其中桡足类 19 种，磷虾类 1 种，樱虾类 3 种，毛颚类 3 种，浮游幼虫类 9 种。该调查区位于中移动海南-香港海缆工程秋季调查（珠海）项目附近海域，浮游动物以热带、暖温带种类占多数，如桡足类的小拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、驼背隆哲水蚤、微驼背隆哲水蚤、微刺哲水蚤、叉胸刺水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤、小纺锤水蚤、樱虾类的日本毛虾、毛颚类的肥胖箭虫、强壮箭虫等。

## (2) 浮游动物生物量、密度及分布

调查结果显示，该水域各采样站浮游动物生物量属中等水平，分布不均匀，变化幅度为  $220.50\sim 435.00\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为  $350.38\text{mg}/\text{m}^3$ 。在密度分布方面，变化幅度为  $54.25\sim 356.49\text{ind}/\text{m}^3$ ，平均密度为  $179.91\text{ind}/\text{m}^3$ 。在整个调查区中，生物量最高为  $435.00\text{mg}/\text{m}^3$ ，出现在 L18 号采样站，其次为  $422.50\text{mg}/\text{m}^3$ ，出现在 L17 号采样站，最低为  $220.50\text{mg}/\text{m}^3$ ，出现在 L6 号采样站，最高生物量是最低生物量的 1.97 倍；而最高密度为  $356.49\text{ind}/\text{m}^3$ ，出现在 L11 号采样站，其次为  $304.38\text{ind}/\text{m}^3$ ，出现在 L7 号采样站，最低密度为  $54.25\text{ind}/\text{m}^3$ ，出现在 L12 号采样站，最高密度是最低密度的 6.57 倍，详见表 5.5-15。

表 5.5-15 调查（珠海）项目海域浮游动物生物量及密度


桡足类：桡足类平均密度为  $126.18\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游动物总个体数的 66.88%，是该海域浮游动物的主要组成部分，成为主导该海域浮游动物数量的主要类群。其中主要分布于 L11 号采样站，密度为  $261.08\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 L7 号采样站，密度为

220ind/m<sup>3</sup>，其余 10 个采样站的密度在 31.5~163.33ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

浮游幼虫类：浮游幼虫类平均密度为 47.33 ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 29.83%。其中最为密集分布于 L11 号采样站，密度为 87.30ind/m<sup>3</sup>，其次是 L20 号采样站，密度为 77.39ind/m<sup>3</sup>，其余 10 个采样站的密度在 20~61.88ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

其他种类如磷虾类、樱虾类、毛颚类等，它们大部分属南海区系的普通种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内分布也较为广泛。

### (3) 生物多样性指数及均匀度

调查结果显示，浮游动物平均出现种类为 20.8 种，各站平均出现个体数量为 1406.1 个，种类多样性指数分布范围为 3.63~3.99 之间，平均为 3.82，最高出现在 L6 号采样站，其次为 L19 号采样站，最低则出现在 L17 号采样站；种类均匀度的分布趋势与多样性指数相似，其分布范围在 0.84~0.91 之间，平均为 0.87，最高出现在 L19 号采样站，其次为 L5 号采样站，最低出现在 L17 号采样站，详见表 5.5-16。

表 5.5-16 调查（珠海）项目海域浮游动物多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
L5	20	690	3.91	0.90
L6	25	782	3.99	0.86
L7	20	974	3.68	0.85
L8	18	1166	3.69	0.89
L11	23	1319	3.89	0.86
L12	18	434	3.74	0.90
L13	20	2124	3.90	0.90
L14	18	1507	3.72	0.89
L17	20	1524	3.63	0.84
L18	22	2196	3.84	0.86
L19	21	1393	3.98	0.91
L20	25	2764	3.91	0.84
平均值	20.8	1406.1	3.82	0.87

### (4) 优势种及其分布

以优势度  $\geq 0.02$  为判断标准，该调查水域在调查期间浮游动物的优势种是由浮游幼虫类的桡足类幼虫、桡足类的瘦尾胸刺水蚤、驼背隆哲水蚤、丹氏纺锤水蚤、亚强次真哲水蚤和小哲水蚤组成，其优势度指数在 0.05~0.13 之间，详见表 5.5-17。该调查海域的最大的优势种是浮游幼虫类的桡足类幼虫，主要分布在 L20、L18 号采样站，瘦尾胸刺水蚤主要分布在 L20 号采样站，驼背隆哲水蚤主要分布在 L11 和 L8 号采样站，丹氏纺锤水蚤主要分布在 L20 号采样站，亚强次真哲水蚤主要分布在 L18

和 L13 号采样站，小哲水蚤主要分布在 L8、L7 和 L14 号采样站。

表 5.5-17 调查（珠海）项目海域浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
桡足类幼虫	<i>Copepoda larva</i>	0.13
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis Thompson &amp; Scott</i>	0.11
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber Giesbrecht</i>	0.08
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae Giesbrecht</i>	0.10
亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus (Giesbrecht)</i>	0.10
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor Claus</i>	0.05

### 5.5.2.4 底栖生物调查结果与评价

#### 5.5.2.4.1 2019 年 8 月

##### (1) 种类组成和生态特征

底栖生物定量调查显示，该海域纽形动物、环节动物、蠕虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和脊索动物共 7 门 30 科 36 种。其中环节动物 13 科 16 种，占总种类数的 44.44%；软体动物 6 科 9 种，占总种类数的 25.00%；棘皮动物和脊索动物各 3 科 3 种，各占总种类数的 8.33%；节肢动物和纽形动物各 2 科 2 种，各占总种类数的 5.56%；蠕虫动物 1 科 1 种，占总种类数的 2.78%。

##### (2) 优势种和优势度

本次调查，出现的 36 种生物中，优势度在 0.02 以上的优势种有 2 种，分别为光滑倍棘蛇尾和韩氏薄壳鸟蛤，这 2 种生物出现站位数和出现数量范围分别为 2~7 站和 15~16 个，优势度范围为 0.0200~0.0651；其他 34 种生物出现站位数和数量范围分别为 1~3 站和 1~14 个，优势度均小于 0.02。

##### (3) 生物量及栖息密度

本次调查，底栖生物的平均生物量为 23.93g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 70.66 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以环节动物最高，生物量为 8.10g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 33.83%；其次为软体动物、棘皮动物和脊索动物，生物量分别为 5.56g/m<sup>2</sup>、3.84g/m<sup>2</sup> 和 3.05g/m<sup>2</sup>，分别占总生物量的 23.21%、16.05% 和 12.76%；其他 3 类生物的生物量较低，均未超过总生物量的 7.00%。栖息密度方面，以软体动物和环节动物较高，栖息密度分别为 23.36 个/m<sup>2</sup> 和 22.79 个/m<sup>2</sup>，分别占总栖息密度的 33.06% 和 32.26%；其次为棘皮动物，占总栖息密度的 13.71%；其他 4 类生物的生物量相对较低，均未超过总栖息密度的 9.00%。其他详见表 5.5-18。

表 5.5-18 项目海域底栖生物的平均生物量及栖息密度


本次调查，各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 L7 号站，其生物量为 92.07g/m<sup>2</sup>，最低的是 L1 号站，为 3.26g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 28.25 倍。栖息密度方面，最高出现在 L3 号站，为 237.04 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 L20 号站，为 7.41 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 32.00 倍。其它详见表 5.5-19。

表 5.5-19 海域底栖生物的生物量及栖息密度分布



#### (4) 生物多样性指数及均匀度指数

本次调查,采泥底栖生物多样性指数变化范围为 1.5000~2.6258,平均为 2.1026;均匀度分布范围为 0.8464~1.0000,平均为 0.9421。其他详见表 5.5-20。

表 5.5-20 海域底栖生物多样性指数及均匀度

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
L1	3	4	1.5000	0.9464
L2	3	3	1.5850	1.0000
L3	4	32	1.6927	0.8464
L5	6	13	2.4116	0.9329
L7	7	20	2.6037	0.9275
L10	6	8	2.5000	0.9671
L11	7	12	2.6258	0.9353
L13	5	8	2.1556	0.9284
L14	3	4	1.5000	0.9464
L17	5	5	2.3219	1.0000
L18	6	6	2.5850	1.0000
L19	4	8	1.7500	0.8750
L20	1	1	/	/
平均	4.62	9.54	2.1026	0.9421

#### 5.5.2.4.2 2019 年 10 月

##### (1) 种类组成和生态特征

底栖生物定量调查显示,该海域出现包括纽刺胞动物、纽形动物、环节动物、星虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和脊索动物共 8 门 27 科 31 种。其中环节动物 11 科 11 种,占总种类数的 35.48%;软体动物和节肢动物各 4 科 6 种,各占总种类数的 19.35%;棘皮动物 4 科 4 种,占总种类数的 12.90%;刺胞动物、纽形动物、星虫动物和脊索动物各 1 科 1 种,各占总种类数的 3.23%。

##### (2) 优势种和优势度

本次调查,出现的 31 种生物中,优势度在 0.02 以上的优势种有 4 种,分别为光滑倍棘蛇尾、鳞杓拿蛤、背蚓虫和裸盲蟹,这 4 种生物出现站位数和出现数量范围

分别为 3~6 站和 11~22 个，优势度范围为 0.0307~0.0461；其他 27 种生物出现站位数和数量范围分别为 1~3 站和 1~9 个，优势度均小于 0.02。

### (3) 生物量及栖息密度

本次调查，底栖生物的平均生物量为 48.24g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 87.04 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以棘皮动物最高，生物量为 27.78g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 57.59%；其次为节肢动物，生物量为 6.32g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 13.10%；其他 6 类生物的生物量较低，均未超过总生物量的 9.00%。栖息密度方面，以软体动物和环节动物较高，栖息密度分别为 27.78 个/m<sup>2</sup>和 25.93 个/m<sup>2</sup>，分别占总栖息密度的 31.91%和 29.79%；其次为节肢动物和棘皮动物，分别占总栖息密度的 17.02%；其他 4 类生物栖息密度相对较低，均未超过总栖息密度的 3.00%。其他详见表 5.5-21。

表 5.5-21 项目海域底栖生物的平均生物量及栖息密度

项目	环节动物	软体动物	节肢动物	棘皮动物	脊索动物	纽形动物	星虫动物	刺胞动物	总计
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	2.57	4.22	6.32	27.78	0.12	0.40	3.32	3.50	48.24
生物量比例 (%)	5.34	8.75	13.10	57.59	0.24	0.83	6.88	7.26	100.00
栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	25.93	27.78	14.81	14.81	0.62	1.85	0.62	0.62	87.04
栖息密度比例 (%)	29.79	31.91	17.02	17.02	0.71	2.13	0.71	0.71	100.00

本次调查，各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 L7 号站，其生物量为 213.78g/m<sup>2</sup>，最低的是 L17 号站，为 1.04g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 206.14 倍。栖息密度方面，最高出现在 L5、L6、L7 号站，均为 200.00 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 L12、L17、L19 号站，均为 22.22 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 9.00 倍。其它详见表 5.5-22。

表 5.5-22 项目海域底栖生物的生物量及栖息密度分布

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

(3) 生物多样性指数及均匀度指数

本次调查,采泥底栖生物多样性指数变化范围为 0.9183~2.9855,平均为 2.0614;均匀度分布范围为 0.7601~1.0000,平均为 0.9467。其他详见表 5.5-23。

表 5.5-23 项目海域底栖生物的多样性指数及均匀度

站位	种类数 (种)	个体数 (个)	多样性指数(H')	均匀度指数(J)
L5	6	27	2.4120	0.9331
L6	8	27	2.2803	0.7601
L7	9	27	2.9855	0.9418

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
L8	6	11	2.4817	0.9601
L11	6	8	2.5000	0.9671
L12	3	3	1.5850	1.0000
L13	5	11	2.2313	0.9610
L14	5	13	2.2578	0.9724
L17	2	3	0.9183	0.9183
L18	3	4	1.5000	0.9464
L19	3	3	1.5850	1.0000
L20	4	4	2.0000	1.0000
平均	5.00	11.75	2.0614	0.9467

### 5.5.2.5 潮间带生物

#### 5.5.2.5.1 2019年8月

##### (1) 种类组成和生态特征

潮间带生物定量调查结果显示, 该海域出现包括环节动物、软体动物和节肢动物共 3 门 12 科 15 种。其中软体动物 8 科 9 种, 占总种类数的 60.00%; 环节动物 2 科 4 种, 各占总种类数的 26.67%; 节肢动物 2 科 2 种, 占总种类数的 13.33%。

##### (2) 优势种和优势度

本次调查, 出现的 15 种生物中, 优势度在 0.02 以上的优势种有 2 种, 分别为痕掌沙蟹和狭氏斧蛤, 这 2 种生物出现站位数和出现数量范围分别为 2~3 站和 5~10 个, 优势度范围为 0.0231~0.0694; 其他 13 种生物出现站位数和数量范围分别为 1~2 站和 1~4 个, 优势度均小于 0.02。

##### (3) 生物量及栖息密度

本次调查, 潮间带生物的平均生物量为 74.36g/m<sup>2</sup>, 平均栖息密度为 28.44 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以节肢动物最高, 生物量为 51.22g/m<sup>2</sup>, 占总生物量的 68.87%; 其次是软体动物, 占总生物量的 30.11%; 环节动物的生物量较低, 未超过总生物量的 2.00%。栖息密度方面, 以软体动物较高, 栖息密度为 12.44 个/m<sup>2</sup>, 占总栖息密度的 43.75%; 其次是环节动物和节肢动物, 分别占总栖息密度的 27.17%和 27.08%。其他详见表 5.5-24。

表 5.5-24 文昌登陆点海域潮间带生物的平均生物量及栖息密度

项目	环节动物	软体动物	节肢动物	总计
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.76	22.39	51.22	74.36
生物量比例 (%)	1.02	30.11	68.87	100.00
栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	8.30	12.44	7.70	28.44

项目	环节动物	软体动物	节肢动物	总计
栖息密度比例 (%)	29.17	43.75	27.08	100.00

本次调查,各站位潮间带生物的生物量差异较大,最高生物量出现在 C3 断面的高潮区,其生物量为 259.15g/m<sup>2</sup>,最低的是 C1 断面的中潮区,为 1.87g/m<sup>2</sup>,最高生物量是最低生物量的 138.83 倍。栖息密度方面,最高出现在 C2 断面的低潮区,为 48.00 个/m<sup>2</sup>;最低栖息密度出现在 C2 断面的中潮区,为 5.33 个/m<sup>2</sup>,最高栖息密度是最低栖息密度的 9.00 倍。其它详见表 5.5-25。

表 5.5-25 文昌登陆点海域潮间带生物的生物量及栖息密度分布

█	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█
T	█	█	█	█	█
	█	█	█	█	█

#### (4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查,潮间带生物多样性指数变化范围为 0.9710~2.5033,平均为 1.8615;均匀度分布范围为 0.9306~0.9710,平均为 0.9566。其他详见表 5.5-26。

表 5.5-26 项目海域潮间带生物多样性指数及均匀度

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数(H')	均匀度指数(J)
----	--------	--------	-----------	----------

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
C1 高潮区	1	3	/	/
C1 中潮区	3	5	1.5219	0.9602
C1 低潮区	6	8	2.4056	0.9306
C2 高潮区	1	3	/	/
C2 中潮区	1	1	/	/
C2 低潮区	6	9	2.5033	0.9684
C3 高潮区	1	6	/	/
C3 中潮区	4	8	1.9056	0.9528
C3 低潮区	2	5	0.9710	0.9710
平均	2.78	5.33	1.8615	0.9566

#### 5.5.2.5.2 2019年10月

本次调查在文昌登陆海域潮间带设立3个断面进行定量采样，断面分别为C1~C3断面，底质均为砂质，在各断面的高、中和低潮区进行了定量采样，其中，C1高潮区和C3中潮区未采集到样品，共采集7个样品。

##### (1) 种类组成

潮间带生物定量调查显示，该海域出现包括环节动物、软体动物和节肢动物共3门8科10种。其中软体动物6科6种，占总种类数的60.00%；环节动物1科3种，各占总种类数的30.00%；节肢动物1科1种，占总种类数的10.00%。

##### (2) 优势种和优势度

本次调查，出现的10种生物中，优势度在0.02以上的优势种有6种，分别为狭氏斧蛤、痕掌沙蟹、纵带滩栖螺、珠母核果螺、日本刺沙蚕、节蝶螺，这6种生物出现站位数和出现数量范围分别为2~3站和3~6个，优势度范围为0.0277~0.0829；其他5种生物出现站位数和数量范围分别为1~2站和1~2个，优势度均小于0.02。

##### (3) 生物量及栖息密度

本次调查，潮间带生物的平均生物量为74.78g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为49.21个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以软体动物最高，生物量为45.37g/m<sup>2</sup>，占总生物量的60.67%；其次是节肢动物，占总生物量的38.65%；环节动物的生物量较低，未超过总生物量的1.00%。栖息密度方面，以软体动物较高，栖息密度为31.75个/m<sup>2</sup>，占总栖息密度的64.52%；其次是节肢动物和环节动物，分别占总栖息密度的19.35%和16.13%。其他详见表5.5-27。

表 5.5-27 文昌登陆海域潮间带生物的平均生物量及栖息密度

项目	环节动物	软体动物	节肢动物	总计
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.51	45.37	28.90	74.78
生物量比例 (%)	0.68	60.67	38.65	100.00
栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	7.94	31.75	9.52	49.21
栖息密度比例 (%)	16.13	64.52	19.35	100.00

## (4) 生物量及栖息密度的水平分布

本次调查,各站位潮间带生物的生物量差异较大,最高生物量出现在 C3 断面的高潮区,其生物量为 144.22g/m<sup>2</sup>,最低的是 C2 断面的中潮区,为 46.00g/m<sup>2</sup>,最高生物量是最低生物量的 3.14 倍。栖息密度方面,最高出现在 C1 断面的中潮区,为 66.67 个/m<sup>2</sup>;最低栖息密度为 44.44 个/m<sup>2</sup>,最高栖息密度是最低栖息密度的 1.50 倍。其它详见表 5.5-28。

表 5.5-28 文昌登陆海域潮间带生物的生物量及栖息密度分布

■	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
T	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■

在调查断面中,生物量高低排序为 C3 断面>C1 断面>C2 断面,栖息密度高低排序为 C1 断面>C3 断面>C2 断面。在垂直分布上,生物量高低排序为高潮区>低潮区>中潮区,栖息密度高低排序为低潮区>中潮区>高潮区。其它详见表 5.5-29。

表 5.5-29 文昌登陆海域潮间带生物各断面和垂直分布

项目	C1 断面	C2 号断面	C3 断面	高潮区	中潮区	低潮区
----	-------	--------	-------	-----	-----	-----

生物量 (g/m <sup>2</sup> )	104.48	46.12	131.25	150.88	6.72	98.20
栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	34.67	23.11	29.33	24.00	16.00	39.11

### (5) 生物多样性指数及均匀度

本次调查, 潮间带生物多样性指数变化范围为 0.8113~1.9219, 平均为 1.4502; 均匀度分布范围为 0.8113~1.0000, 平均为 0.9387。其他详见表 5.5-30。

表 5.5-30 文昌登陆海域潮间带生物多样性指数及均匀度

站位	种类数 (种)	个体数 (个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
C1 中潮区	4	6	1.9183	0.9591
C1 低潮区	2	4	0.8113	0.8113
C2 高潮区	2	4	1.0000	1.0000
C2 中潮区	4	5	1.9219	0.9610
C2 低潮区	3	4	1.5000	0.9464
C3 高潮区	3	4	1.5000	0.9464
C3 低潮区	3	4	1.5000	0.9464
平均	3.00	4.43	1.4502	0.9387

## 5.5.3 珠海附近海域

珠海支线近岸段海洋生物调查分春、秋两季进行, 调查时间为 2019 年 5 月和 2019 年 9 月, 与水质调查同步进行。

### 5.5.3.1 叶绿素 a 和初级生产力

#### 5.5.3.1.1 2019 年 5 月

本次调查各站位叶绿素 a 质量浓度见表 5.5-31 各站表层平均叶绿素质量浓度变化于(0.63-28.10) mg/m<sup>3</sup>, 平均值为 7.40 mg/m<sup>3</sup>; 各站中层平均叶绿素质量浓度变化于(0.67-7.83) mg/m<sup>3</sup>, 平均值为 3.32 mg/m<sup>3</sup>; 各站底层平均叶绿素质量浓度变化于(0.58-10.80) mg/m<sup>3</sup>, 平均值为 4.18 mg/m<sup>3</sup>。参照美国环保局 (EPA) 叶绿素 a 的质量浓度评价标准 (<4 mg/m<sup>3</sup> 为贫营养, 4-10mg/m<sup>3</sup> 为中营养, >10 mg/m<sup>3</sup> 为富营养), 本次调查大部分站位叶绿素 a 处于贫营养和中等营养水平。

各站海洋初级生产力范围为 67.81-3024.68mgC/(m<sup>2</sup>·d), 平均为 708.04mgC/(m<sup>2</sup>·d), 整体呈现中高水平。

表 5.5-31 珠海支线近岸段叶绿素 a 含量及初级生产力水平

站名	叶绿素 a 含量 (mg/m <sup>3</sup> )			初级生产力 (mgC/(m <sup>2</sup> ·d))
	表层	中层	底层	
S1	0.55	0.35	0.43	63.94
S2	1.20	0.58	0.87	3190.45
S3	0.80	0.40	0.50	840.37
S4	0.60	0.30	0.40	1200.00
S5	0.55	0.35	0.43	63.94
S6	0.70	0.35	0.45	1000.00
S7	0.60	0.30	0.40	1500.00
S8	0.50	0.30	0.40	2000.00
S9	0.60	0.30	0.40	2500.00
S10	0.55	0.35	0.43	3000.00
S11	0.60	0.30	0.40	3500.00
S12	0.50	0.30	0.40	4000.00
S13	0.55	0.35	0.43	4500.00
S14	0.60	0.30	0.40	5000.00
S15	0.55	0.35	0.43	5500.00
S16	0.60	0.30	0.40	6000.00
S17	0.55	0.35	0.43	6500.00
S18	0.60	0.30	0.40	7000.00
S19	0.55	0.35	0.43	7500.00
S20	0.60	0.30	0.40	8000.00
S21	0.55	0.35	0.43	8500.00
S22	0.60	0.30	0.40	9000.00
S23	0.55	0.35	0.43	9500.00
S24	0.60	0.30	0.40	10000.00
S25	0.55	0.35	0.43	10500.00
S26	0.60	0.30	0.40	11000.00
S27	0.55	0.35	0.43	11500.00
S28	0.60	0.30	0.40	12000.00
S29	0.55	0.35	0.43	12500.00
S30	0.60	0.30	0.40	13000.00
S31	0.55	0.35	0.43	13500.00
S32	0.60	0.30	0.40	14000.00
S33	0.55	0.35	0.43	14500.00
S34	0.60	0.30	0.40	15000.00
S35	0.55	0.35	0.43	15500.00
S36	0.60	0.30	0.40	16000.00
S37	0.55	0.35	0.43	16500.00
S38	0.60	0.30	0.40	17000.00
S39	0.55	0.35	0.43	17500.00
S40	0.60	0.30	0.40	18000.00
S41	0.55	0.35	0.43	18500.00
S42	0.60	0.30	0.40	19000.00
S43	0.55	0.35	0.43	19500.00
S44	0.60	0.30	0.40	20000.00
S45	0.55	0.35	0.43	20500.00
S46	0.60	0.30	0.40	21000.00
S47	0.55	0.35	0.43	21500.00
S48	0.60	0.30	0.40	22000.00
S49	0.55	0.35	0.43	22500.00
S50	0.60	0.30	0.40	23000.00

5.5.3.1.2 2019 年 9 月

本次调查各站位叶绿素 a 质量浓度见表 5.5-32。各站表层平均叶绿素质量浓度变化于 (0.55-12.60) mg/m<sup>3</sup>，平均值为 3.58mg/m<sup>3</sup>；各站中层平均叶绿素质量浓度变化于 (0.35-5.88) mg/m<sup>3</sup>，平均值为 1.82 mg/m<sup>3</sup>；各站底层平均叶绿素质量浓度变化于 (0.43-8.07) mg/m<sup>3</sup>，平均值为 2.34 mg/m<sup>3</sup>。参照美国环保局 (EPA) 叶绿素 a 的质量浓度评价标准 (<4 mg/m<sup>3</sup> 为贫营养, 4-10mg/m<sup>3</sup> 为中营养, >10 mg/m<sup>3</sup> 为富营养), 本次调查大部分站位叶绿素 a 处于贫营养水平。

各站海洋初级生产力范围为 63.94-3190.45mgC/(m<sup>2</sup>·d), 最大出现在 S25 号站, 最小出现在 S5 号站, 平均为 840.37mgC/(m<sup>2</sup>·d), 各站水平有所差异。

表 5.5-32 叶绿素 a 含量及初级生产力水平

站名	叶绿素 a 含量 (mg/m <sup>3</sup> )			初级生产力 (mgC/(m <sup>2</sup> ·d))
	表层	中层	底层	
S1	0.55	0.35	0.43	63.94
S2	1.20	0.58	0.87	3190.45
S3	0.80	0.40	0.50	840.37
S4	0.60	0.30	0.40	1200.00
S5	0.55	0.35	0.43	63.94
S6	0.70	0.35	0.45	1000.00
S7	0.60	0.30	0.40	1500.00
S8	0.50	0.30	0.40	2000.00
S9	0.60	0.30	0.40	2500.00
S10	0.55	0.35	0.43	3000.00
S11	0.60	0.30	0.40	3500.00
S12	0.50	0.30	0.40	4000.00
S13	0.55	0.35	0.43	4500.00
S14	0.60	0.30	0.40	5000.00
S15	0.55	0.35	0.43	5500.00
S16	0.60	0.30	0.40	6000.00
S17	0.55	0.35	0.43	6500.00
S18	0.60	0.30	0.40	7000.00
S19	0.55	0.35	0.43	7500.00
S20	0.60	0.30	0.40	8000.00
S21	0.55	0.35	0.43	8500.00
S22	0.60	0.30	0.40	9000.00
S23	0.55	0.35	0.43	9500.00
S24	0.60	0.30	0.40	10000.00
S25	0.55	0.35	0.43	10500.00
S26	0.60	0.30	0.40	11000.00
S27	0.55	0.35	0.43	11500.00
S28	0.60	0.30	0.40	12000.00
S29	0.55	0.35	0.43	12500.00
S30	0.60	0.30	0.40	13000.00
S31	0.55	0.35	0.43	13500.00
S32	0.60	0.30	0.40	14000.00
S33	0.55	0.35	0.43	14500.00
S34	0.60	0.30	0.40	15000.00
S35	0.55	0.35	0.43	15500.00
S36	0.60	0.30	0.40	16000.00
S37	0.55	0.35	0.43	16500.00
S38	0.60	0.30	0.40	17000.00
S39	0.55	0.35	0.43	17500.00
S40	0.60	0.30	0.40	18000.00
S41	0.55	0.35	0.43	18500.00
S42	0.60	0.30	0.40	19000.00
S43	0.55	0.35	0.43	19500.00
S44	0.60	0.30	0.40	20000.00
S45	0.55	0.35	0.43	20500.00
S46	0.60	0.30	0.40	21000.00
S47	0.55	0.35	0.43	21500.00
S48	0.60	0.30	0.40	22000.00
S49	0.55	0.35	0.43	22500.00
S50	0.60	0.30	0.40	23000.00


### 5.5.3.2 浮游植物调查结果与评价

#### 5.5.3.2.1 2019年5月

调查监测结果显示，本次调查浮游植物的密度水平属一般，平均密度为  $211.94 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，其数量以硅藻类占优势，其密度为  $194.74 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，占总密度的 91.88%；其次为甲藻类，其密度为  $13.05 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，占总密度的 6.16%；居第三的为其它藻类，其密度为  $4.16 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，占总密度的 1.96%。

水平分布方面，各站位密度差异不大，最高密度出现在 S8 号站，其密度为  $264.27 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ；最低则出现在 S4 号站，其密度为  $190.13 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，其余调查监测站位的密度分布范围为  $192.80 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 238.40 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$  之间，详见表 5.5-33。

表 5.5-33 浮游植物密度、分布及组成

单位： $\times 10^4 \text{ ind/m}^3$

站名	日期	密度		
		硅藻类	甲藻类	其它藻类
S1	5.1			
S2	5.1			
S3	5.1			
S4	5.1			
S5	5.1			
S6	5.1			
S7	5.1			
S8	5.1			
S9	5.1			
S10	5.1			
S11	5.1			
S12	5.1			
S13	5.1			
S14	5.1			
S15	5.1			
S16	5.1			
S17	5.1			
S18	5.1			
S19	5.1			
S20	5.1			
S21	5.1			
S22	5.1			
S23	5.1			
S24	5.1			
S25	5.1			
S26	5.1			
S27	5.1			
S28	5.1			
S29	5.1			
S30	5.1			
S31	5.1			
S32	5.1			
S33	5.1			
S34	5.1			
S35	5.1			
S36	5.1			
S37	5.1			
S38	5.1			
S39	5.1			
S40	5.1			
S41	5.1			
S42	5.1			
S43	5.1			
S44	5.1			
S45	5.1			
S46	5.1			
S47	5.1			
S48	5.1			
S49	5.1			
S50	5.1			
S51	5.1			
S52	5.1			
S53	5.1			
S54	5.1			
S55	5.1			
S56	5.1			
S57	5.1			
S58	5.1			
S59	5.1			
S60	5.1			
S61	5.1			
S62	5.1			
S63	5.1			
S64	5.1			
S65	5.1			
S66	5.1			
S67	5.1			
S68	5.1			
S69	5.1			
S70	5.1			
S71	5.1			
S72	5.1			
S73	5.1			
S74	5.1			
S75	5.1			
S76	5.1			
S77	5.1			
S78	5.1			
S79	5.1			
S80	5.1			
S81	5.1			
S82	5.1			
S83	5.1			
S84	5.1			
S85	5.1			
S86	5.1			
S87	5.1			
S88	5.1			
S89	5.1			
S90	5.1			
S91	5.1			
S92	5.1			
S93	5.1			
S94	5.1			
S95	5.1			
S96	5.1			
S97	5.1			
S98	5.1			
S99	5.1			
S100	5.1			

(2) 浮游植物的种类组成

本次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、黄藻、金藻和裸藻共 6 大门类 28 科 124 种（含变种、变型及个别未定种的属）。其中硅藻门的种类最多，有 10 科 80 种，占总种类数的 64.52%；其次是甲藻门，有 10 科 29 种，占总种类数的 23.39%；蓝藻类有 3 科 7 种，占 5.65%；其它为黄藻类、金藻类和裸藻类共有 3 种（详见表 5.5-34）。主要是硅藻类的角毛藻属 *Chaetoceros* 最多，出现 17 种，其次为甲藻类的角藻属 *Ceratium*，出现 12 种，而硅藻类的圆筛藻属 *Coscinodiscus* 的种类，出现 5 种。

表 5.5-34 浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数 (含个别未定种的属)	属或种类所占比例 (%)
硅藻	10	80	64.52
甲藻	10	29	23.39
蓝藻	3	7	5.65
其它	5	8	6.45
合计	28	124	100.00

## (3) 生物多样性及均匀度

本次调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 36 种，种类多样性指数分布范围为 3.28~3.87 之间，平均为 3.56；多样性指数的分布方面，最高出现在 S15 号站，其次为 S4 号站，最低则出现在 S6 号站；种类均匀度方面，其分布范围为 0.67~0.75 之间，平均为 0.71，且其分布趋势与多样性指数相似，详见表 5.5-35。

表 5.5-35 浮游植物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	采样水柱内 藻类细胞数 (cells)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J$ )
S4	35	755	3.80	0.74
S5	32	751	3.41	0.68
S6	29	887	3.28	0.68
S8	38	991	3.79	0.72
S10	32	800	3.53	0.71
S12	29	743	3.42	0.70
S13	34	904	3.51	0.69
S14	30	737	3.61	0.74
S15	36	826	3.87	0.75
S17	37	840	3.59	0.69
S20	34	728	3.42	0.67
S21	32	707	3.60	0.72
S23	33	847	3.59	0.71
S25	30	732	3.38	0.69

平均	33	803	3.56	0.71
----	----	-----	------	------

## (4) 优势种

以优势度(Y)大于 0.02 为判断标准, 该水域在调查期间浮游动物的优势种是爱氏角毛藻和中肋骨条藻、旋链角毛藻、洛氏角毛藻、密聚角毛藻、尖刺菱形藻、爱氏角毛藻、窄隙角毛藻、变异辐杆藻、伏氏海毛藻所组成, 其优势度指数在 0.02~0.19 之间, 详见表 5.5-36。该海区浮游植物的最大优势种是中肋骨条藻, 中肋骨条藻主要分布在 S5、S6、S8、S10、S13、S15、S17、S20、S23、S25 采样站, 旋链角毛藻主要分布在 S6、S8、S14、S20、S21 采样站, 洛氏角毛藻主要分布在 S13、S14、S17、S4、S6 采样站, 密聚角毛藻主要分布在 S10、S15、S25、S4、S5 采样站, 尖刺菱形藻主要分布在 S10、S12、S13、S17、S20、S23、S4、S8 采样站, 爱氏角毛藻主要分布在 S10、S15、S17、S23、S6 采样站, 窄隙角毛藻主要分布在 S12、S15、S23、S8 采样站, 变异辐杆藻主要分布 S10、S21、S23、S25、S6 采样站, 伏氏海毛藻主要分布在 S12、S21、S6 采样站。

表 5.5-36 浮游植物主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.19
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.1
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0.08
密聚角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	0.08
尖刺菱形藻	<i>Nitzschia pungens</i> Grunow	0.06
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eigenii</i> Grunow	0.06
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0.06
变异辐杆藻	<i>Mutant rods</i>	0.03
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	0.02

## 5.5.3.2.2 2019 年 9 月

## (1) 浮游植物密度和分布

调查监测结果显示, 本次调查浮游植物的平均密度为  $102.07 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 其数量以硅藻类占优势, 其密度为  $91.94 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 88.90%; 其次为甲藻类, 其密度为  $8.79 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 4.42%; 居第三的为其它藻类, 其密度为  $2.36 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 2.32%。

水平分布方面, 各站位密度差异不大, 最高密度出现在 S6 号站, 其数量达  $123.33 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>; 其次为 S8 号站, 其密度为  $114.00 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>; 最低则出现在 S26 号站, 其密度为  $70.42 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 最高密度是最低密度的 1.6 倍, 其余调查监测站位的密度分布范围为  $83.33 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>~ $110.50 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup> 之间, 详见表

5.5-37。

表 5.5-37 浮游植物密度、分布及组成

单位:  $\times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 

站位	小计	其中		
		硅藻	甲藻	其他
S5	110.50	89.00	16.00	5.50
S6	123.33	103.33	14.00	6.00
S8	114.00	90.50	18.50	5.00
S9	104.90	97.55	4.00	3.35
S11	96.13	87.61	6.32	2.19
S13	107.50	94.00	13.00	0.50
S14	105.83	99.83	5.17	0.83
S16	110.00	97.00	10.00	3.00
S18	99.52	93.44	5.76	0.32
S21	83.33	76.00	6.40	0.93
S22	103.47	91.73	11.20	0.53
S23	103.83	95.67	6.67	1.50
S25	96.26	91.66	3.40	1.19
S26	70.42	63.00	5.17	2.25
平均值	102.07	91.94	8.97	2.36

## (2) 浮游植物的种类组成

本次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、黄藻和裸藻共 5 大门类 24 科 79 种 (含变种、变型及个别未定种的属)。其中硅藻门的种类最多, 有 10 科 48 种, 占总种类数的 60.76%; 其次是甲藻门, 有 9 科 20 种, 占总种类数的 25.32%; 蓝藻类有 2 科 7 种, 占 8.86%; 其它为黄藻类和裸藻类共有 3 种, 详见表 5.5-38。主要是硅藻类的角毛藻属 *Chaetoceros* 最多, 出现 11 种, 其次为甲藻类的角藻属 *Ceratium*, 出现 8 种, 而硅藻类的圆筛藻属 *Coscinodiscus* 的种类, 出现 6 种。

表 5.5-38 浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数 (含个别未定种的属)	属或种类所占比例 (%)
硅藻	10	48	60.76
甲藻	9	20	25.32
蓝藻	2	7	8.86
其它	3	4	5.06
合计	24	79	100.00

## (3) 生物多样性及均匀度

本次调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 29 种, 种类多样性指数分布范围为 3.10~3.93 之间, 平均为 3.50; 多样性指数的分布方面, 最高出现在 S8 号

站, 其次为 S5 号站, 最低则出现在 S11 号站; 种类均匀度方面, 其分布范围为 0.63~0.85 之间, 平均为 0.73, 且其分布趋势与多样性指数相似, 详见表 5.5-39。

表 5.5-39 浮游植物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	采样水柱内藻类细胞数 (cells)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J$ )
S5	24	224	3.91	0.85
S6	25	185	3.54	0.76
S8	26	228	3.93	0.84
S9	31	813	3.39	0.68
S11	30	745	3.10	0.63
S13	23	215	3.77	0.83
S14	28	635	3.59	0.75
S16	25	330	3.53	0.76
S18	29	622	3.42	0.70
S21	32	625	3.54	0.71
S22	27	393	3.17	0.67
S23	29	623	3.21	0.66
S25	38	1143	3.40	0.65
S26	36	851	3.67	0.71
平均值	29	545	3.50	0.73

#### (4) 优势种

以优势度( $Y$ )大于 0.02 为判断标准, 调查水域在调查期间浮游动物的优势种是爱氏角毛藻、旋链角毛藻、洛氏角毛藻、窄隙角毛藻和中肋骨条藻所组成, 其优势度指数在 0.03~0.15 之间, 详见表 5.5-40。调查海区浮游植物的最大优势种是中肋骨条藻, 中肋骨条藻主要分布在 S6、S8、S11、S13、S14、S16、S18、S21、S22、S23、S25 采样站, 窄隙角毛藻主要分布在 S9、S14、S23 采样站, 洛氏角毛藻主要分布在 S9、S11、S18、S23 采样站, 旋链角毛藻主要分布在 S1、S5、S18、S22 采样站, 爱氏角毛藻主要分布在 S16、S21、S25、S26 采样站。

表 5.5-40 浮游植物主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eigenii</i> Grunow	0.03
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.03
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.04
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0.04
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.15

### 5.5.3.3 浮游动物调查结果与评价

#### 5.5.3.3.1 2019年5月

##### (1) 种类组成

本次调查的浮游动物经鉴定有6个生物类群，共27种，其中水母类3种，桡足类13种，磷虾类1种，樱虾类3种，毛颚类2种，浮游幼虫类6种。该区游动物以热带、暖温带种类占多数，如丹氏纺锤水蚤、瘦尾胸刺水蚤、驼背隆哲水蚤、微驼背隆哲水蚤、小拟哲水蚤、小哲水蚤、中华胸刺水蚤、肥胖箭虫、短尾类溞状幼虫、毛颚类幼虫、桡足类幼虫等。

##### (2) 浮游动物生物量、密度及分布

本次调查结果显示，本水域各采样站浮游动物生物量属中等水平，分布不均匀，变化幅度为125.00~165.3 mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为140.86 mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面，变化幅度为38.67~116.67 ind/m<sup>3</sup>，平均密度为76.48 ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高为165.3mg/m<sup>3</sup>，出现在S13号采样站，其次为155.00mg/m<sup>3</sup>，出现在S8号采样站，最低为125.00mg/m<sup>3</sup>，出现在S25号采样站，最高生物量是最低生物量的1.32倍；而最高密度为116.67 ind/m<sup>3</sup>，出现在S25号采样站，其次为102.67 ind/m<sup>3</sup>，出现在S10号采样站，最低密度为38.67 ind/m<sup>3</sup>，出现在S13号采样站，最高密度是最低密度的3.02倍，详见表5.5-41。

表 5.5-41 浮游动物生物量及密度

采样站	生物量 (mg/m <sup>3</sup> )	密度 (ind/m <sup>3</sup> )
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		
S6		
S7		
S8	155.00	
S9		
S10		102.67
S11		
S12		
S13	165.3	38.67
S14		
S15		
S16		
S17		
S18		
S19		
S20		
S21		
S22		
S23		
S24		
S25	125.00	116.67
S26		
S27		
S28		
S29		
S30		
S31		
S32		
S33		
S34		
S35		
S36		
S37		
S38		
S39		
S40		
S41		
S42		
S43		
S44		
S45		
S46		
S47		
S48		
S49		
S50		
S51		
S52		
S53		
S54		
S55		
S56		
S57		
S58		
S59		
S60		
S61		
S62		
S63		
S64		
S65		
S66		
S67		
S68		
S69		
S70		
S71		
S72		
S73		
S74		
S75		
S76		
S77		
S78		
S79		
S80		
S81		
S82		
S83		
S84		
S85		
S86		
S87		
S88		
S89		
S90		
S91		
S92		
S93		
S94		
S95		
S96		
S97		
S98		
S99		
S100		

##### (3) 生物多样性指数及均匀度

本次调查水域站位的浮游动物平均出现种类为17种，各站平均出现个体数量为

229 个，种类多样性指数分布范围为 2.26~3.90 之间，平均为 3.41，最高出现在 S5 号采样站，其次为 S17 号采样站，为 3.86，最低则出现在 S10 号采样站；种类均匀度的分布范围为 0.56~0.89 之间，平均为 0.84，最高出现在 S5、S17、S21、S23、S25 号采样站，其次为 S17 号采样站，最低出现在 S10 号采样站，详见表 5.5-42。

表 5.5-42 浮游动物多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
S4	18	149	3.38	0.81
S5	21	203	3.90	0.89
S6	17	180	3.46	0.85
S8	15	253	3.21	0.82
S10	16	308	2.26	0.56
S12	16	234	3.44	0.86
S13	13	116	3.15	0.85
S14	15	187	3.37	0.86
S15	15	218	3.43	0.88
S17	20	241	3.86	0.89
S20	19	300	3.59	0.85
S21	17	277	3.62	0.89
S23	16	196	3.55	0.89
S25	17	350	3.55	0.89
平均值	17	229	3.41	0.84

#### (4) 优势种及其分布

以优势度 $\geq 0.02$  为判断标准，调查水域在调查期间浮游动物的优势种是由桡足类的小拟哲水蚤、小哲水蚤、驼背隆哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、桡足类幼虫、丹氏纺锤水蚤组成，其优势度指数在 0.06~0.19 之间，详见表 5.5-43。调查海域的最大的优势种是桡足类的小哲水蚤主要分布在 S25、S8 号采样站，瘦尾胸刺水蚤主要分布在 S25 号采样站，丹氏纺锤水蚤主要分布在 S17 和 S4 号采样站，

表 5.5-43 浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i> Claus	0.19
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott	0.08
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht	0.06

#### 5.5.3.3.2 2019 年 9 月

##### (1) 种类组成

本次调查的浮游动物经鉴定有 6 个生物类群，共 47 种，其中水母类 1 种，桡足类 25 种，磷虾类 1 种，樱虾类 3 种，毛颚类 4 种，浮游幼虫类 10 种。调查区浮游动物以热带、暖温带种类占多数，如桡足类的瘦尾胸刺水蚤、驼背隆哲水蚤、丹氏纺锤水蚤、亚强次真哲水蚤、小哲水蚤、小拟哲水蚤、微刺哲水蚤、微驼背隆哲水蚤、奥氏胸刺水蚤，浮游幼虫类的短尾类溞状幼虫，和枝角类的鸟喙尖头溞等。

### (2) 浮游动物生物量、密度及分布

本次调查结果显示，本水域各采样站浮游动物生物量属中等偏高水平，分布不均匀，变化幅度为 214.00~789.00mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 487.99mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面，变化幅度为 61.2~2053.33ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 494.42ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高为 789.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 S25 号采样站，其次为 778.50mg/m<sup>3</sup>，出现在 S26 号采样站，最低为 214.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 S5 号采样站，最高生物量是最低生物量的 3.72 倍；而最高密度为 2053.33ind/m<sup>3</sup>，出现在 S26 号采样站，其次为 625ind/m<sup>3</sup>，出现在 S16 号采样站，最低密度为 61.2ind/m<sup>3</sup>，出现在 S21 号采样站，最高密度是最低密度的 33.55 倍，详见表 5.5-44。

表 5.5-44 浮游动物生物量及密度


### (3) 生物多样性指数及均匀度

次调查水域站位的浮游动物平均出现种类为 30 种，各站平均出现个体数量为 1669 个，种类多样性指数分布范围为 4.11~4.63 之间，平均为 4.34，最高出现在 S23 号采样站，其次为 S26 号采样站，最低则出现在 S9 号采样站；种类均匀度的分布趋势与多样性指数相似，其分布范围为 0.85~0.94 之间，平均为 0.89，最高出现在 S5 号采样站，其次为 S6 号采样站，最低出现在 S16 号采样站，详见表 5.5-45。

表 5.5-45 浮游动物多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
S5	26	446	4.40	0.94
S6	26	425	4.33	0.92
S8	29	231	4.20	0.86
S9	27	2400	4.11	0.86
S11	32	3270	4.41	0.88

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
S13	35	382	4.45	0.87
S14	30	1860	4.32	0.88
S16	28	1500	4.11	0.85
S18	30	1984	4.30	0.88
S21	30	1578	4.37	0.89
S22	26	1730	4.23	0.90
S23	34	2780	4.63	0.91
S25	28	2930	4.36	0.91
S26	33	1848	4.52	0.90
平均值	30	1669	4.34	0.89

#### (4) 优势种及其分布

以优势度 $\geq 0.02$ 为判断标准,调查水域在调查期间浮游动物的优势种是由浮游幼虫类的桡足类幼虫、桡足类的瘦尾胸刺水蚤和枝角类的鸟喙尖头蚤组成,其优势度指数在 0.06~0.11 之间,详见表 5.5-46。调查海域的最大的优势种是浮游幼虫类的桡足类幼虫,主要分布在 S11、S9 号采样站,鸟喙尖头蚤主要分布在 S9 和 S11 号采样站,瘦尾胸刺水蚤主要分布在 S11、S25 和 S18 号采样站。

表 5.5-46 浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
桡足类幼虫	Copepoda larva	0.11
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i>	0.08
鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i> Dana	0.06

### 5.5.3.4 底栖生物调查结果与评价

#### 5.5.3.4.1 2019 年 5 月

##### (1) 种类组成和生态特征

本次底栖生物的定量调查,出现包括纽形动物、环节动物、蠕虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和脊索动物共 7 门 29 科 36 种。其中环节动物 14 科 20 种,占总种类数的 55.56%;软体动物 5 科 6 种,占总种类数的 16.67%;节肢动物 5 科 5 种,占总种类数的 13.89%;脊索动物 2 科 2 种各占总种类数的 5.56%;纽形动物、蠕虫动物和棘皮动物各 1 科 1 种,各占总种类数的 2.78%。

##### (2) 底栖生物的优势种和优势度

本次调查,出现的 36 种生物中,优势度在 0.02 以上的优势种只有 16 种,分别为光滑倍棘蛇尾、小头虫、角海蛹、背蚓虫、持真节虫、裸盲蟹、戴氏脑纽虫、宽腿巴豆蟹、叉毛裂虫、膜质伪才女虫、短吻铲荚蛭、白色吻沙蚕、双形拟单指虫、长吻沙蚕、襟松虫、豆形短眼蟹,优势度范围为 0.02~0.17,其他种生物优势度均小于 0.02。其中光滑倍棘蛇尾的优势度最大,其出现站位分别为 S8、S12、S13、S15、

S17、S20，优势度为 0.17。

(3) 生物量及栖息密度

本次调查，底栖生物的平均生物量为 7.47g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 27 个/m<sup>2</sup>。各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 S13 号站，其生物量为 26.15g/m<sup>2</sup>，最低的是 S21 号站，为 0.2g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 130.75 倍。栖息密度方面，最高出现在 S10 号站，为 7.47 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 S21 站，为 4.00 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 16.00 倍。其他详见表 5.5-47。

表 5.5-47 底栖生物的生物量及栖息密度分布

Station	Biomass (g/m <sup>2</sup> )	Habitat Density (individuals/m <sup>2</sup> )
S1	~5.0	~15.0
S2	~10.0	~30.0
S3	~8.0	~25.0
S4	~12.0	~35.0
S5	~6.0	~20.0
S6	~9.0	~28.0
S7	~11.0	~32.0
S8	~7.0	~22.0
S9	~10.0	~30.0
S10	~15.0	~45.0
S11	~8.0	~25.0
S12	~12.0	~35.0
S13	26.15	~50.0
S14	~9.0	~28.0
S15	~11.0	~32.0
S16	~7.0	~22.0
S17	~10.0	~30.0
S18	~13.0	~40.0
S19	~8.0	~25.0
S20	~11.0	~32.0
S21	0.2	4.00

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

(4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查, 采泥底栖生物多样性指数变化范围为 1.00~2.31, 平均为 1.71; 均匀度分布范围为 0.78~1.00, 平均为 0.93。其他详见表 5.5-48。

表 5.5-48 底栖生物多样性指数及均匀度

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

5.5.3.4.2 2019 年 9 月

(1) 种类组成和生态特征

本次底栖生物的定量调查, 出现包括纽形动物、环节动物、星虫动物、蠕虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和脊索动物共 8 门 32 科 35 种。其中环节动物 15 科 18 种, 占总种类数的 51.43%; 节肢动物 7 科 7 种, 占总种类数的 20.00%; 蠕虫动物、星虫动物、棘皮动物和脊索动物各 2 科 2 种, 各占总种类数的 5.71%; 蠕虫动物和软体动物各 1 科 1 种, 各占总种类数的 2.86%。

(2) 底栖生物的优势种和优势度

本次调查, 出现的 35 种生物中, 优势度在 0.02 以上的优势种有 10 种, 分别为短吻铲荚蛭、膜质伪才女虫、双形拟单指虫、裸盲蟹、边鳃拟刺虫、背蚓虫、中华内卷齿蚕、持真节虫、双齿围沙蚕、短角双眼钩虾, 优势度范围为 0.0294~0.2255, 其他种优势度均小于 0.02。其中最大优势度底栖生物为短吻铲荚蛭, 优势度为 0.2255, 主要分布在 S14 和 S16 站位。

(3) 生物量及栖息密度

本次调查，底栖生物的平均生物量为 5.22g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 31.38 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以环节动物最高，生物量为 1.27g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 24.37%；其次是蠕虫动物、脊索动物、节肢动物，分别占总生物量的 21.59%、20.77%、14.81%；其他生物的生物量较低，均未超过总生物量的 10.00%。栖息密度方面，以环节动物较高，栖息密度为 53.92 个/m<sup>2</sup>，占总栖息密度的 53.92%；其次为蠕虫动物和节肢动物，分别占总栖息密度的 22.55%和 15.69%；其他 5 类生物栖息密度相对较低，均未超过总栖息密度的 3.00%。其他详表 5.5-49。

表 5.5-49 底栖生物的平均生物量及栖息密度


(4) 生物量及栖息密度的水平分布

本次调查，各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 S6 号站，其生物量为 14.08g/m<sup>2</sup>，最低的是 S1 和 S8 号站，均为 0.12g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 117.33 倍。栖息密度方面，最高出现在 S16 号站，为 92.00 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 S6、S8 和 S21 号站，均为 4.00 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 23.00 倍。其它详见表 5.5-50。

表 5.5-50 底栖生物的生物量及栖息密度分布



#### (5) 生物多样性指数及均匀度

本次调查,采泥底栖生物多样性指数变化范围为 1.59~2.73,平均为 2.02;均匀度分布范围为 0.83~1.00,平均为 0.95。其他详见表 5.5-51。

表 5.5-51 底栖生物多样性指数及均匀度

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
S4	3	3	1.59	1.00
S6	1	1	/	/
S8	1	1	/	/
S11	5	7	2.24	0.96
S13	4	11	1.82	0.91
S14	5	20	1.92	0.83
S16	4	23	1.81	0.91
S19	7	13	2.62	0.93
S21	1	1	/	/
S22	4	6	1.92	0.96
S23	4	4	2.00	1.00
S25	3	3	1.59	1.00
S26	7	9	2.73	0.97

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
平均	4	8	2.02	0.95

### 5.5.3.5 潮间带生物

#### 5.5.3.5.1 2019年7月

##### (1) 种类组成和生态特征

本次潮间带生物的定量调查,出现包括环节动物、软体动物和节肢动物共3门9科10种。其中软体动物4科4种,占总种类数的40.00%;环节动物4科5种,各占总种类数的50.00%;节肢动物1科1种,占总种类数的10.00%。

##### (2) 优势种和优势度

本次调查,出现的10种生物中,优势度在0.02以上的优势种有3种,分别为疣吻沙蚕、软疣沙蚕和隔贻贝,这3种生物出现站位数和出现数量范围分别为2~4站和4~15个,优势度范围为0.0278~0.02083;其他7种生物出现站位数和数量范围分别为1~1站和1~4个,优势度均小于0.02。

##### (3) 生物量及栖息密度

本次调查,潮间带生物的平均生物量为 $18.59\text{g}/\text{m}^2$ ,平均栖息密度为 $32.00$ 个/ $\text{m}^2$ 。生物量的组成以软体动物最高,生物量为 $15.84\text{g}/\text{m}^2$ ,占总生物量的85.22%;其次是节肢动物,占总生物量的9.97%;环节动物的生物量较低,未超过总生物量的5.00%。栖息密度方面,以环节动物较高,栖息密度为 $23.33$ 个/ $\text{m}^2$ ,占总栖息密度的72.92%;其次是软体动物和节肢动物,分别占总栖息密度的18.75%和8.33%。其他详见表5.5-52。

表 5.5-52 珠海横琴潮间带生物的平均生物量及栖息密度


本次调查,各站位潮间带生物的生物量差异较大,最高生物量出现在C2断面的中潮区,其生物量为 $78.12\text{g}/\text{m}^2$ ,最低的是C1断面的高潮区,为 $1.16\text{g}/\text{m}^2$ ,最高生物量是最低生物量的67.34倍。栖息密度方面,最高出现在C1断面的低潮区,为 $64.00$ 个/ $\text{m}^2$ ;最低栖息密度出现在C1断面的高潮区,为 $4.00$ 个/ $\text{m}^2$ ,最高栖息密度是最低栖息密度的16.00倍。其它详见表5.5-53。

表 5.5-53 珠海横琴潮间带生物的生物量及栖息密度分布


#### (4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查，潮间带生物多样性指数变化范围为 0.9911~2.2578，平均为 1.5109；均匀度分布范围为 0.8745~1.0000，平均为 0.9640。其他详见表 5.5-54。

表 5.5-54 珠海横琴潮间带生物多样性指数及均匀度

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数(H)	均匀度指数(J)
C1 高潮区	1	1	/	/
C1 中潮区	2	2	1.0000	1.0000
C1 低潮区	4	16	1.7490	0.8745
C2 高潮区	3	7	1.5567	0.9821
C2 中潮区	5	13	2.2578	0.9724
C2 低潮区	2	9	0.9911	0.9911
平均	2.83	8.00	1.5109	0.9640

#### 5.5.3.5.2 2019 年 10 月

2019 年 10 月在珠海支线登陆海域潮间带设立 2 个断面进行定量采样，断面分别为 C4~C5 断面，表层为粗砂底质，原计划在各断面的高、中和低潮区进行定量采样，但实际只采集到两个断面的中潮区样品，由于站位较少，优势种以及多样性不具备代表性，因而只对生物量等相关进行分析。

##### (1) 种类组成和生态特征

本次 2 个站位潮间带生物的定量调查，出现包括环节动物、软体动物和节肢动物共 3 门 4 科 4 种。其中环节动物 2 科 2 种，各占总种类数的 50.00%；软体动物和节肢动物各 1 科 1 种，各占总种类数的 25.00%。

##### (2) 生物量及栖息密度

本次 2 个站位的定量调查，潮间带生物的平均生物量为 25.89g/m<sup>2</sup>，平均栖息密

度为 94.44 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以节肢动物最高，生物量为 17.44g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 67.38%；其次是软体动物，占总生物量的 25.97%；环节动物的生物量较低，未超过总生物量的 7.00%。栖息密度方面，以环节动物较高，栖息密度为 66.67 个/m<sup>2</sup>，占总栖息密度的 70.59%；其次是节肢动物和软体动物，分别占总栖息密度的 17.65% 和 11.76%。其他详见表 5.5-55。

表 5.5-55 珠海横琴潮间带生物的平均生物量及栖息密度

项目	环节动物	节肢动物	软体动物	总计
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	1.72	17.44	6.72	25.89
生物量比例 (%)	6.65	67.38	25.97	100.00
栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	66.67	16.67	11.11	94.44
栖息密度比例 (%)	70.59	17.65	11.76	100.00

本次 2 个站位的定量调查，较高生物量出现在 C4 断面的中潮区，其生物量为 36.67g/m<sup>2</sup>，较低的是 C5 断面的中潮区，为 15.11g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 2.43 倍。栖息密度方面，较高出现在 C4 断面的中潮区，为 111.11 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 C5 断面的中潮区，为 77.78.00 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 1.43 倍。其它详见表 5.5-56。

表 5.5-56 珠海横琴潮间带生物的生物量及栖息密度分布

## 5.5.4 香港附近海域

香港支线近岸段海洋生物调查分春季和秋季两季进行调查，分别在 2018 年 4 月和 2018 年 9 月进行，与水质调查同步进行。

### 5.5.4.1 叶绿素 a 和初级生产力

#### 5.5.4.1.1 2018 年 4 月

调查各站位叶绿素 a 浓度及初级生产力水平见表 5.5-58。各站水柱叶绿素 a 平均浓度变化范围是 (0.19~1.78) mg/m<sup>3</sup>，平均为 0.55mg/m<sup>3</sup>。根据生物学参考标准 (叶绿素 a 浓度低于 5mg/m<sup>3</sup> 为贫营养，(10~20) mg/m<sup>3</sup> 为中营养，超过 30mg/m<sup>3</sup> 为富营养)，调查海域叶绿素 a 处于贫营养水平。

初级生产力春季调查结果见表 5.5-58，调查海域初级生产力的变化范围是

(127~345.7) mg·C/(m<sup>2</sup>·d)，平均为 223.69mg·C/(m<sup>2</sup>·d)。根据贾晓平等的《海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨》(中国水产科学, 第 10 卷第 2 期, 2003 年 4 月), 将初级生产力水平划分为 6 个等级, 见表 5.5-57。调查海域初级生产力处于中低水平。

表 5.5-57 初级生产力水平分级 (单位: mg·C/(m<sup>2</sup>·d))

项目	等级					
	1	2	3	4	5	6
水平状况	低水平	中低水平	中等水平	中高水平	高水平	超高水平
水平指数	>1.0	1.0~0.8	0.8~0.6	0.6~0.4	0.4~0.2	<0.2
初级生产力	<200	200~300	300~400	400~500	500~600	>600

表 5.5-58 调查海域的叶绿素 a 浓度及初级生产力水平 (春季)

■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■		■	■	■

	█	██	████		█	██	████
	█	██	████		█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
	█	██	████		█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████

5.5.4.1.2 2018年9月

秋季调查各站位叶绿素 a 浓度及初级生产力水平表 5.5-59。各站水柱叶绿素 a 平均浓度变化范围是 (0.11~1.08) mg/m<sup>3</sup>，平均为 0.41mg/m<sup>3</sup>。根据生物学参考标准（叶绿素 a 浓度低于 5mg/m<sup>3</sup> 为贫营养，(10~20) mg/m<sup>3</sup> 为中营养，超过 30mg/m<sup>3</sup> 为富营养），调查海域叶绿素 a 处于贫营养水平。

调查海域初级生产力的变化范围是 101~462.5mg·C/(m<sup>2</sup>·d)，平均为 239.6mg·C/(m<sup>2</sup>·d)。秋季调查结果见表 5.5-59。调查海域初级生产力处于中低水平。

表 5.5-59 调查海域的叶绿素 a 浓度及初级生产力水平（秋季）

█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████
█	█	██	████	█	█	██	████

	■	■	■			■	■	■
	■	■	■			■	■	■
■	■	■	■		■	■	■	■
	■	■	■			■	■	■
■	■	■	■		■	■	■	■
	■	■	■			■	■	■
■	■	■	■		■	■	■	■
	■	■	■			■	■	■
■	■	■	■		■	■	■	■

### 5.5.4.2 浮游植物

#### 5.5.4.2.1 2018年4月

##### 1) 浮游植物密度和分布

秋季调查浮游植物的密度水平属一般,平均密度为  $174.472 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,其数量以硅藻类占优势,其密度为  $165.452 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,占总密度的 94.83%;其次为甲藻类,其密度为  $7.17 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,占总密度的 4.11%;居第三的为其它藻类,其密度为  $1.85 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,占总密度的 1.06%。

水平分布方面,各站位密度差异不大,最高密度出现在 H1 号站,其数量达  $205.29 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ;其次为 H19 号站,其密度为  $192.92 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ;最低则出现在 H6 号站,其密度为  $145.6 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,最高密度是最低密度的 1.41 倍,详见表 5.5-60。

表 5.5-60 浮游植物密度、分布及组成 (单位:  $\times 10^4 \text{ cells/m}^3$ )

	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■



## 2) 浮游植物的种类组成

### (1) 出现种类情况

春季浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、绿藻、金藻、黄藻和裸藻共 7 大门类 39 科 165 种（含变种、变型及个别未定种的属）。其中硅藻门的种类最多，有 12 科 96 种，占总种类数的 58.18%；其次是甲藻门，有 12 科 35 种，占总种类数的 21.21%；蓝藻类有 4 科 13 种，占 7.88%；金藻类有 2 种，黄藻类有 2 种，详见表 5.5-61。主要是硅藻类的圆筛藻科 *Coscinodiscaceae* 的种类最多，出现了 23 种；其次为硅藻类的角毛藻科 *Chaetoceraceae*，出现了 17 种。

表 5.5-61 浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数（含个别未定种的属）	属或种类所占比例(%)
硅藻	12	96	58.18
甲藻	12	35	21.21
蓝藻	4	13	7.88
绿藻	6	13	7.88
金藻	2	3	1.82
黄藻	2	3	1.82
裸藻	1	2	1.21
合计	39	165	100

### 3) 生物多样性指数及均匀度

春季调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 30 种，种类多样性指数分布范围在 2.96~3.63 之间，平均为 3.30；多样性指数的分布方面，最高出现在 H10 号站，其次为 H17 号站，最低则出现在 H6 号站；种类均匀度方面，其分布范围在 0.62~0.73 之间，平均为 0.67，且其分布趋势与多样性指数相似，详见表 5.5-62。

表 5.5-62 浮游植物的多样性指数及均匀度（春季）

站位	总种数	采样水柱内藻类细胞数(cells)	多样性指数(H')	均匀度(J)
H1	26	1437	3.21	0.68
H2	27	1227	2.99	0.63
H3	28	1613	3.25	0.68
H5	32	2033	3.31	0.66
H6	26	1092	2.96	0.63
H8	30	1947	3.06	0.62
H9	32	2061	3.18	0.64
H10	32	2383	3.63	0.73
H12	28	1683	3.32	0.69
H13	30	2081	3.33	0.68
H15	27	1403	3.44	0.72
H17	32	1969	3.49	0.70
H18	33	2526	3.38	0.67

H19	29	1881	3.48	0.72
H21	32	2285	3.35	0.67
平均	33	1841	3.29	0.67

## 4) 优势种

以优势度(Y)大于 0.02 为判断标准, 春季调查水域在调查期间浮游动物的优势种是爱氏角毛藻、中肋骨条藻、变异辐杆藻、旋链角毛藻、密聚角毛藻、洛氏角毛藻等所组成, 其优势度指数在 0.06~0.15 之间, 详见表 5.5-63。春季调查海区浮游植物的最大优势种是爱氏角毛藻, 爱氏角毛藻主要分布在 H8、H10、H13、H18、H19 采样站, 中肋骨条藻主要分布在 H9、H17、H18、H21 采样站, 变异辐杆藻主要分布在 H3、H8、H13 采样站, 旋链角毛藻主要分布在 H9、H19 和 H21 采样站, 密聚角毛藻主要分布在有 H1、H5、H15 和 H17 采样站, 洛氏角毛藻主要分布在有 H3、H5、H12 和 H21 采样站。

表 5.5-63 调查海域浮游植物各站位主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
密聚角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	0.07
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.06
变异辐杆藻	<i>Bacteriastrum varians</i> Lauder	0.10
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.08
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eigenii</i> Grunow	0.15
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.13

## 5.5.4.2.2 2018 年 9 月

## 1) 浮游植物密度和分布

秋季调查浮游植物的密度水平属一般, 平均密度为  $157.32 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 其数量以硅藻类占优势, 其密度为  $149.13 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 94.79%; 其次为甲藻类, 其密度为  $6.65 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 4.22%; 居第三的为其它藻类, 其密度为  $1.55 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 占总密度的 0.98%。

水平分布方面, 各站位密度差异不大, 最高密度出现在 H21 号站, 其数量达  $191.44 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>; 其次为 H19 号站, 其密度为  $184.00 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>; 最低则出现在 H5 号站, 其密度为  $102.35 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>, 最高密度是最低密度的 1.87 倍, 其余调查监测站位的密度分布范围在  $108.62 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>~ $178.91 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup> 之间, 详见表 5.5-64。

表 5.5-64 浮游植物密度、分布及组成 (单位:  $\times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>)

站位	小计	其中		
		硅藻	甲藻	其他

H1	171.85	158.92	10.62	2.31
H2	156.00	145.79	9.52	0.69
H3	178.91	171.03	7.15	0.73
H5	102.35	93.33	6.20	2.82
H8	166.73	157.46	6.73	2.54
H9	135.42	128.92	6.00	0.50
H10	108.62	103.00	4.23	1.38
H12	167.24	155.03	8.54	3.68
H13	158.42	154.60	3.81	0.00
H15	178.58	171.48	5.94	1.16
H18	145.58	139.25	5.66	0.68
H19	184.00	173.19	8.32	2.49
H21	191.44	186.64	3.68	1.12
平均	157.32	149.13	6.65	1.55

## 2) 浮游植物的种类组成

### (1) 出现种类情况

秋季浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 25 科 123 种（含变种、变型及个别未定种的属）。其中硅藻门的种类最多，有 10 科 89 种，占总种类数的 72.36%；其次是甲藻门，有 8 科 22 种，占总种类数的 17.89%；蓝藻类有 3 科 7 种，占 5.69%；金藻类有 2 种，黄藻类有 2 种，详见表 5.5-65。主要是硅藻类的角毛藻属 *Chaetoceros* 的种类最多，出现了 15 种；其次为硅藻类的根管藻属 *Rhizosolenia*，出现了 12 种，详见附录

表 5.5-65 浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数（含个别未定种的属）	属或种类所占比例(%)
硅藻	10	89	72.36
甲藻	8	22	17.89
蓝藻	3	7	5.69
金藻	2	3	2.44
黄藻	2	2	1.63
合计	25	123	100.0

### 3) 生物多样性指数及均匀度

秋季调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 32 种，种类多样性指数分布范围在 2.85~3.62 之间，平均为 3.36；多样性指数的分布方面，最高出现在 H15 号站，其次为 H5 号站，最低则出现在 H8 号站；种类均匀度方面，其分布范围在 0.58~0.74 之间，平均为 0.67，且其分布趋势与多样性指数相似，详见表 5.5-66。

表 5.5-66 浮游植物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	采样水柱内藻类细胞数 (cells)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J$ )
----	-----	-----------------------	-------------------	----------------

H1	27	1117	3.37	0.71
H2	27	1131	3.18	0.67
H3	28	1476	3.22	0.67
H5	29	1305	3.61	0.74
H8	30	1709	2.85	0.58
H9	32	1625	3.58	0.72
H10	32	1412	3.31	0.66
H12	32	1547	3.40	0.68
H13	33	1703	3.49	0.69
H15	34	1384	3.62	0.71
H18	35	1929	3.16	0.62
H19	38	1702	3.46	0.66
H21	39	2393	3.46	0.66
平均	32	1572	3.36	0.67

#### 4) 优势种

以优势度(Y)大于 0.02 为判断标准, 该水域在调查期间浮游动物的优势种是尖刺菱形藻、掌状冠盖藻、伏氏海毛藻、密聚角毛藻、洛氏角毛藻、爱氏角毛藻、变异辐杆藻和中肋骨条藻所组成, 其优势度指数在 0.03~0.11 之间, 详见表 5.5-67。该海区浮游植物的最大优势种是中肋骨条藻, 中肋骨条藻主要分布在 H1、H10、H12、H13、H15、H18、H19 采样站, 变异辐杆藻主要分布在 H3、H5、H8、H10、H15、H19 采样站, 洛氏角毛藻主要分布在 H3、H12、H13、H18 采样站, 爱氏角毛藻主要分布在 H2、H8、H9、H15 采样站, 密聚角毛藻主要分布在有 H1、H12、H19 采样站, 伏氏海毛藻主要分布在有 H8、H9 采样站, 掌状冠盖藻主要分布在有 H5、H10 和 H18 采样站, 尖刺菱形藻主要分布在有 H5、H9、H13 采样站。

表 5.5-67 调查海域浮游植物各站位主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.17
变异辐杆藻	<i>Bacteriastrium varians</i> Lauder	0.10
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.09
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eigenii</i> Grunow	0.09
密聚角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	0.07
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frausnefeldii</i> (Grun.) Grunow	0.06
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Grev.)Grunow	0.05
尖刺菱形藻	<i>Nitzschia pungens</i> Grunow	0.04

### 5.5.4.3 6.3.3 浮游动物

#### 5.5.4.3.1 2018 年 4 月

##### 1) 种类组成

春季调查的浮游动物经鉴定有 6 个生物类群, 共 27 种, 其中水母类 2 种, 桡足类 14 种, 磷虾类 5 种, 樱虾类 1 种, 毛颚类 2 种, 浮游幼虫类 5 种。浮游动物以热

带、暖温带种类占多数，如桡足类的小拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、驼背隆哲水蚤、微驼背隆哲水蚤、微刺哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤，浮游幼虫类的桡足类幼虫、毛颚类幼虫以及毛颚类的肥胖箭虫等。

### 2) 浮游动物生物量、密度及分布

春季调查结果显示，本水域各采样站浮游动物生物量属中等水平，分布不均匀，变化幅度为 105.00~318.50mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 184.83mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面，变化幅度为 18.85~46.78ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 28.649ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高为 318.50mg/m<sup>3</sup>，出现在 H13 号采样站，其次为 278.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 H18 号采样站，最低为 105.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 H1 号采样站，最高生物量是最低生物量的 3.03 倍；而最高密度为 46.78ind/m<sup>3</sup>，出现在 H13 号采样站，其次为 39.55ind/m<sup>3</sup>，出现在 H18 号采样站，最低密度为 18.85ind/m<sup>3</sup>，出现在 H10 号采样站，最高密度是最低密度的 2.5 倍，详见表 5.5-68。

表 5.5-68 浮游动物生物量及密度


### 3) 浮游动物主要类群分布

**桡足类** 桡足类平均密度为 20.02ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 72.91%，是本海域浮游动物的主要组成部分，成为主导本海域浮游动物数量的主要类群。其中主要分布于 H13 号采样站，密度为 34.33ind/m<sup>3</sup>，其次是 H8 号采样站，密度为 26.16ind/m<sup>3</sup>，其余 13 个采样站的密度在 11.73~23.51ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

**浮游幼虫类** 浮游幼虫类平均密度为 4.46ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 16.46%。其中最为密集分布于 H2 号采样站，密度为 5.81ind/m<sup>3</sup>，其次是 H13 号采样

站,密度为  $5.67\text{ind}/\text{m}^3$ ,其余 13 个采样站的密度在  $1.42\sim 5.40\text{ind}/\text{m}^3$  的范围之间变化。

其他种类如水母类、磷虾类、樱虾类、毛颚类等,它们大部分属南海区系的普通种,虽然出现的数量不多,但在调查的海域内分布也较为广泛。

#### 4) 生物多样性指数及均匀度

春季调查水域站位的浮游动物平均出现种类为 17 种,各站平均出现个体数量为 243 个,种类多样性指数分布范围为  $2.48\sim 3.97$  之间,平均为 3.53,最高出现在 H13 号采样站,其次为 H1 号采样站,最低则出现在 H18 号采样站;种类均匀度的分布趋势与多样性指数相似,其分布范围在  $0.57\sim 0.93$  之间,平均为 0.87,最高出现在 H19 号采样站,其次为 H1、H12 号采样站,最低出现在 H18 号采样站,详见表 5.5-69。

表 5.5-69 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
H1	20	132	3.96	0.92
H2	21	203	3.90	0.89
H3	18	149	3.38	0.81
H5	15	253	3.21	0.82
H6	15	187	3.37	0.86
H8	19	300	3.59	0.85
H9	17	277	3.62	0.89
H10	16	196	3.55	0.89
H12	15	207	3.61	0.92
H13	23	421	3.97	0.88
H15	14	182	3.46	0.91
H17	18	267	3.70	0.89
H18	20	435	2.48	0.57
H19	13	174	3.44	0.93
H21	18	267	3.70	0.89
平均值	17	243	3.53	0.86

#### 5) 优势种及其分布

以优势度 $\geq 0.02$ 为判断标准,该水域在调查期间浮游动物的优势种是由桡足类的小哲水蚤、小拟哲水蚤、浮游幼虫类的桡足类幼虫、瘦尾胸刺水蚤、驼背隆哲水蚤、丹氏纺锤水蚤、肥胖箭虫和微刺哲水蚤组成,其优势度指数在  $0.04\sim 0.18$  之间,详见表 5.5-70。该海域的最大的优势种是桡足类的小拟哲水蚤主要分布在 H13 号采样站,桡足类幼虫主要分布在 H17 和 H21 号采样站,驼背隆哲水蚤主要分布在 H13 号采样站,丹氏纺锤水蚤主要分布在 H3 号采样站,微刺哲水蚤主要分布在 H17 和 H21 号采样站。

表 5.5-70 浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus (Claus)</i>	0.18
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor Claus</i>	0.14

驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbrecht	0.08
桡足类幼虫	<i>Copepoda larva</i>	0.08
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott	0.07
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht	0.06
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>	0.05
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i> (Giesbrecht)	0.04

5.5.4.3.2 2018年9月

1) 种类组成

秋季调查的浮游动物经初步鉴定有 11 个生物类群，共 47 种，其中水母类 4 种，翼足类 2 种，介形类 2 种，枝角类 1 种，桡足类 19 种，磷虾类 1 种，樱虾类 3 种，毛颚类 4 种，海樽类 1 种，有尾类 1 种，浮游幼虫类 9 种。本次调查调查区域位于 BtoBe 光缆项目秋季调查海域，浮游动物以沿岸和近岸的广布种为主，呈现显著的热带—亚热带种群区系特征，如水母类的双生水母，桡足类的小拟哲水蚤、小哲水蚤、驼背隆哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤、微刺哲水蚤、微驼背隆哲水蚤，毛颚类的肥胖箭虫，浮游幼虫类的桡足类幼虫等。

2) 浮游动物生物量、密度及分布

秋季本水域各采样站浮游动物生物量属于中等水平，分布不均匀，变化幅度为 111~201.00mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 161.77mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面，与生物量的相似，变化幅度为 14~164.00ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 57.037ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高为 201.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 H8 号采样站，其次为 199.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 H2 号采样站，最低为 111mg/m<sup>3</sup>，出现在 H3 号采样站，最高生物量是最低生物量的 2 倍；而最高密度为 164.00ind/m<sup>3</sup>，出现在 H19 号采样站，其次为 105.52ind/m<sup>3</sup>，出现在 H2 号采样站，最低密度为 14ind/m<sup>3</sup>，出现在 H18 号采样站，最高密度是最低密度的 11.71 倍，详见表 5.5-71。

表 5.5-71 浮游动物生物量及密度



### 3) 浮游动物主要类群分布

**桡足类** 桡足类的平均密度为  $32.99\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游动物总个体数的 74.19%，是本海域浮游动物的主要组成部分，成为主导本海域浮游动物数量的主要类群，其中最为密集分布于 H3 号采样站，密度为  $67.12\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 H15 号采样站，密度为  $50.00\text{ind}/\text{m}^3$ ，其余 10 个采样站的密度在  $15.78\sim 46.98\text{ind}/\text{m}^3$  范围之内变化。

**浮游幼虫类** 浮游幼虫类平均密度为  $5.57\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游动物总个体数的 12.47%，其中主要分布于 H3 号采样站，密度为  $9.24\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 H1 号采样站，密度为  $7.31\text{ind}/\text{m}^3$ ，其余 17 个采样站的密度  $1.63\sim 7.06\text{ind}/\text{m}^3$  范围之内变化。

其他种类如水母类、翼足类、樱虾类等，它们大部分属沿岸和近岸区系的普通种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内分布也较为广泛。

### 4) 生物多样性指数及均匀度

秋季调查水域站位的浮游动物平均出现种类为 20 种；各站平均出现个体数量为 353 个；种类多样性指数范围为  $2.34\sim 4.15$  之间，平均为 3.62，最高出现在 H9 号采样站，其次为 H5 号采样站，最低则出现在 H2 号采样站；种类均匀度的分布趋势与多样性指数相似，其分布范围在  $0.52\sim 0.91$ ，平均为 0.84，最高出现在 H5 号采样站，其次为 H5 号采样站，最低出现在 H2 号采样站，总的来说，本海区浮游动物多样性指数  $H'$  及均匀度  $J$  均属较高水平，详见表 5.5-72。

表 5.5-72 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
H1	22	246	3.94	0.88
H2	22	612	2.34	0.52
H3	19	563	3.56	0.84
H5	21	234	3.99	0.91
H8	18	270	3.59	0.86
H9	30	439	4.15	0.85
H10	20	358	3.65	0.84
H12	20	231	3.65	0.88
H13	19	268	3.72	0.88
H15	18	387	3.46	0.83
H18	20	684	3.66	0.85
H19	16	164	3.55	0.89
H21	18	140	3.76	0.90
平均值	20	353	3.62	0.84

### 5) 优势种及其分布

以优势度  $\geq 0.02$  为判断标准，该水域在调查期间浮游动物的优势种是由桡足类的

小拟哲水蚤、小哲水蚤、驼背隆哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤、微刺哲水蚤、微驼背隆哲水蚤和浮游幼虫类的桡足类幼虫等组成，其优势度指数在 0.03~0.17 之间，详见表 5.5-73。该海域的优势种分布较为广泛，最大优势种是桡足类的小拟哲水蚤，主导了整个海域的浮游动物密度，在实施的 20 个采样站中都占主要位置；小拟哲水蚤主要分布在 H9 和 H18 号采样站；小哲水蚤主要分布在 H3 和 H15 号采样站；驼背隆哲水蚤主要分布在 H18 号采样站；桡足类幼虫主要分布在 H3 和 H13 号采样站；丹氏纺锤水蚤主要分布在 H3 和 H5 号采样站；瘦尾胸刺水蚤主要分布在 H3 和 H18 号采样站；微刺哲水蚤主要分布在 H13 号采样站。

表 5.5-73 浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)	0.17
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i> Claus	0.14
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbrecht	0.09
桡足类幼虫	Copepoda larva	0.08
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott	0.07
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht	0.06
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i> (Giesbrecht)	0.04
微驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gracilis</i>	0.03

#### 5.5.4.4 底栖生物

##### 5.5.4.4.1 2018 年 4 月

###### 1) 种类组成和生态特征

春季定量调查，出现包括刺胞动物、纽形动物、环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和脊索动物共 7 门 31 科 37 种。其中环节动物种类数相对较多，为 15 科 19 种，占种类总数的 51.35%；软体动物 7 科 7 种，占种类总数的 18.92%；节肢动物 4 科 6 种，占种类总数的 16.22%；棘皮动物 2 科 2 种，占种类总数的 5.41%；脊索动物、纽形动物和刺胞动物各 1 科 1 种，各占种类总数的 2.70%。

###### 2) 优势种和优势度

春季调查出现的 37 种生物中，优势度在 0.02 以上的优势种有 18 种，分别光滑倍棘蛇尾、双形拟单指虫、不倒翁虫、白色吻沙蚕、欧努菲虫、短角双眼钩虾、蛇杂毛虫、持真节虫、豆形短眼蟹、轮双眼钩虾、多齿围沙蚕、理蛤、双齿围沙蚕、膜质伪才女虫、西格织纹螺、背蚓虫、异蚓虫、花蜒蛇尾，优势度范围为 0.0253~0.1519，其他种生物优势度均小于 0.02。其中，光滑倍棘蛇尾优势度最大，出现站点

数 H5、H9、H10、H17、H18、H19 站。

3) 总平均生物量和总栖息密度

春季调查海域底栖生物的总平均生物量为 22.37 g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 52.67 ind/m<sup>2</sup>。生物量的组成以软体动物最大，生物量为 12.58 g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 56.23%；其次是节肢动物、棘皮动物和环节动物，生物量分别为 4.09 g/m<sup>2</sup>、2.47 g/m<sup>2</sup> 和 2.54 g/m<sup>2</sup>，分别占总生物量的 18.30%、11.35%和 11.05%；其他 3 类生物的生物量较低。栖息密度方面，以环节动物较高，栖息密度为 27.50 ind/m<sup>2</sup>，占总栖息密度的 53.16%；其次是棘皮动物、节肢动物和软体动物，栖息密度分别为 9.33 ind/m<sup>2</sup>、8.00 ind/m<sup>2</sup> 和 5.33 ind/m<sup>2</sup>，分别占总栖息密度的 17.72%、15.19%和 10.13%；其他 3 类生物的栖息密度较低，详见表 5.5-74。

表 5.5-74 底栖生物的平均生物量及栖息密度


4) 生物量及栖息密度的水平分布

春季调查区海域内各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 H13 号站，其生物量为 177.50 g/m<sup>2</sup>，其次为 H1 号站，生物量为 33.70 g/m<sup>2</sup>，最低生物量出现在 H8 号站，生物量仅为 0.90 g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 197.22 倍。栖息密度方面，最高出现在 H15 号站，栖息密度为 100.00 ind/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 H1 和 H13 号站，均为 20.00 ind/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 5.00 倍。其它详见表 5.5-75。

表 5.5-75 底栖生物生物量及栖息密度的分布

单位: g/m<sup>2</sup>, ind./m<sup>2</sup>


■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■

5) 生物多样性指数及均匀度

春季调查结果显示,本海区采泥底栖生物多样性指数变化范围在 1.0000~2.7255 之间,平均为 2.0044;均匀度分布范围在 0.9206~1.0000 之间,整个海区均匀度指数的平均值为 0.9783,详见表 5.5-76。

表 5.5-76 底栖生物多样性指数及均匀度

站位	样方内种类数	样方内个体数	多样性指数(H')	均匀度(J)
H1	1	2	/	/
H2	3	3	1.5850	1.0000
H3	3	3	1.5850	1.0000
H5	3	6	1.4591	0.9206
H6	3	3	1.5850	1.0000
H8	3	3	1.5850	1.0000
H9	6	6	2.5850	1.0000

H10	4	7	1.8424	0.9212
H12	5	7	2.2359	0.9630
H13	2	2	1.0000	1.0000
H15	6	10	2.4464	0.9464
H17	7	9	2.7255	0.9708
H18	6	7	2.5216	0.9755
H19	5	5	2.3219	1.0000
H21	6	6	2.5850	1.0000
平均	4.2	5.27	2.0044	0.9783

#### 5.5.4.4.2 2018年9月

##### 1) 种类组成和生态特征

秋季定量调查，出现包括纽形动物、环节动物、星虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、半索动物和脊索动物共 8 门 27 科 31 种。其中环节动物种类数相对较多，为 13 科 17 种，占种类总数的 54.84%；节肢动物和棘皮动物各 4 科 4 种，各占种类总数的 12.90%；软体动物 2 科 2 种，占种类总数的 6.45%；纽形动物、星虫动物、半索动物、脊索动物各 1 科 1 种，各占种类总数的 3.23%。

##### 2) 优势种和优势度

秋季调查出现的 31 种生物中，优势度在 0.02 以上的优势种有 1 种，为光滑倍棘蛇尾，这种生物出现站位数和出现数量为 8 站和 16 个，优势度为 0.1470；其他 30 种生物出现站位数和数量范围分别为 1~3 站和 1~4 个，优势度均小于 0.02。

##### 3) 总平均生物量和总栖息密度

秋季调查海域，底栖生物的总平均生物量为 8.29g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 51.54 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以环节动物和棘皮动物较大，生物量分别为 3.15 g/m<sup>2</sup>和 2.95g/m<sup>2</sup>，分别占总生物量的 37.94%和 35.53%；其次是节肢动物和软体动物，生物量分别为 0.85g/m<sup>2</sup>和 0.73g/m<sup>2</sup>，分别占总生物量的 10.30%和 8.81%；其他 4 类生物的生物量较低，均未超过总生物量的 4.00%。栖息密度方面，以环节动物较高，栖息密度为 2726.15/m<sup>2</sup>，占总栖息密度的 50.75%；其次是棘皮动物和节肢动物，栖息密度分别为 15.38 个/m<sup>2</sup>和 4.62 个/m<sup>2</sup>，分别占总栖息密度的 29.85%和 8.96%；其他 5 类生物的栖息密度较低，均未超过总栖息密度的 3.00%，详见表 5.5-77。

表 5.5-77 底栖生物的平均生物量及栖息密度




4) 生物量及栖息密度的水平分布

调查区海域内各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 H6 号站，其生物量为 18.70g/m<sup>2</sup>，其次为 H9 号站，生物量为 315.70g/m<sup>2</sup>，最低生物量出现在 H13 号站，生物量仅为 2.30g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 8.13 倍。栖息密度方面，最高出现在 H18 号站，栖息密度为 110.00 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 H1、H12 和 H13 号站，均为 20.00 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 5.50 倍。其它详见表 5.5-78。

表 5.5-78 底栖生物生物量及栖息密度的分布 单位：g/m<sup>2</sup>，ind./m<sup>2</sup>



### 5) 生物多样性指数及均匀度

秋季调查结果显示,本海区采泥底栖生物多样性指数变化范围在 1.0000~2.5033 之间,平均为 1.8295;均匀度分布范围在 0.9056~1.0000 之间,整个海区均匀度指数的平均值为 0.9784,详见表 5.5-79。

表 5.5-79 底栖生物多样性指数及均匀度

站位	样方内种类数	样方内个体数	多样性指数(H')	均匀度(J)
H1	2	2	1.0000	1.0000
H2	4	4	2.0000	1.0000
H3	4	5	1.9219	0.9610
H6	6	9	2.5033	0.9684
H8	3	3	1.5850	1.0000
H9	4	8	1.8113	0.9056
H10	4	5	1.9219	0.9610
H12	2	2	1.0000	1.0000
H13	2	2	1.0000	1.0000
H15	4	4	2.0000	1.0000
H18	6	11	2.4817	0.9601
H19	5	7	2.2359	0.9630
H21	5	5	2.3219	1.0000
平均	3.92	5.15	1.8295	0.9784

## 5.5.5 离岸段

离岸段海洋生物调查进行一季调查,在 2019 年 10 月进行,与水质调查同步进行。

### 5.5.5.1 叶绿素 a 和初级生产力

调查各站位叶绿素 a 浓度及初级生产力水平见表 5.5-80。各站水柱叶绿素 a 平均浓度变化范围是 (0.15~0.84)  $\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均为  $0.38\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据生物学参考标准（叶绿素 a 浓度低于  $5\text{mg}/\text{m}^3$  为贫营养，(10~20)  $\text{mg}/\text{m}^3$  为中营养，超过  $30\text{mg}/\text{m}^3$  为富营养），调查海域叶绿素 a 处于贫营养水平。

初级生产力春季调查结果见表 5.5-80，调查海域初级生产力的变化范围是 (253.08~745.92)  $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为  $475.62\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。调查海域初级生产力处于中高水平。

表 5.5-80 各站位叶绿素 a 浓度及初级生产力水平

站号	日期	深度 (m)	叶绿素 a 浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	初级生产力 ( $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ )
01	03/01	0	0.15	253.08
		5	0.25	350.00
		10	0.35	450.00
		15	0.45	550.00
02	03/01	0	0.20	300.00
		5	0.30	400.00
		10	0.40	500.00
		15	0.50	600.00
03	03/01	0	0.25	400.00
		5	0.35	500.00
		10	0.45	600.00
		15	0.55	700.00
04	03/01	0	0.30	500.00
		5	0.40	600.00
		10	0.50	700.00
		15	0.60	800.00
05	03/01	0	0.35	600.00
		5	0.45	700.00
		10	0.55	800.00
		15	0.65	900.00
06	03/01	0	0.40	700.00
		5	0.50	800.00
		10	0.60	900.00
		15	0.70	1000.00
07	03/01	0	0.45	800.00
		5	0.55	900.00
		10	0.65	1000.00
		15	0.75	1100.00
08	03/01	0	0.50	900.00
		5	0.60	1000.00
		10	0.70	1100.00
		15	0.80	1200.00
09	03/01	0	0.55	1000.00
		5	0.65	1100.00
		10	0.75	1200.00
		15	0.84	1300.00

### 5.5.5.2 浮游植物

#### (1) 密度和分布

调查监测结果显示，本次调查浮游植物的平均密度为  $90.87\times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3$ ，其数量以硅藻类占优势，其密度为  $86.56\times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3$ ，占总密度的 95.26%；其次为甲藻类，

其密度为  $3.23 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占总密度的 3.55%；居第三的为其它藻类，其密度为  $1.08 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占总密度的 1.18%。

水平分布方面，各站位密度差异不大，最高密度出现在 LH12 号站，其数量达  $109.13 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>；其次为 LH5 号站，其密度为  $108.26 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>；最低则出现在 LH8 号站，其密度为  $69.19 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，最高密度是最低密度的 1.6 倍，其余调查监测站位的密度分布范围在  $80.86 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>~ $96.93 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup> 之间，详见表 5.5-81。

表 5.5-81 调查海域浮游植物密度、分布及组成 单位:  $\times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>

站位	小计	其中		
		硅藻	甲藻	其他
LH1	96.93	91.01	4.05	1.86
LH2	83.78	80.27	2.96	0.55
LH3	88.95	86.79	2.16	0.00
LH4	95.95	91.90	3.39	0.66
LH5	108.26	105.56	2.08	0.62
LH6	85.70	81.60	3.05	1.05
LH7	98.75	96.10	1.98	0.67
LH8	69.19	65.25	2.55	1.40
LH9	91.77	87.38	2.99	1.41
LH10	81.17	75.26	4.12	1.78
LH11	80.86	75.57	3.69	1.60
LH12	109.13	102.09	5.74	1.30
平均	90.87	86.56	3.23	1.08

## (2) 浮游植物的种类组成

本次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 25 科 119 种（含变种、变型及个别未定种的属）。其中硅藻门的种类最多，有 10 科 88 种，占总种类数的 73.95%；其次是甲藻门，有 8 科 21 种，占总种类数的 17.65%；蓝藻类有 3 科 6 种，占 5.04%；金藻类有 2 种，黄藻类有 2 种，详见表 5.5-82。主要是硅藻类的角毛藻属 *Chaetoceros* 的种类最多，出现了 15 种；其次为硅藻类的根管藻属 *Rhizosolenia*，出现了 12 种。

表 5.5-82 调查海域浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数 (含个别未定种的属)	属或种类所占比例 (%)
硅藻	10	88	73.95
甲藻	8	21	17.65
蓝藻	3	6	5.04
金藻	2	2	1.68
黄藻	2	2	1.68

合计	25	119	100.00
----	----	-----	--------

### (3) 生物多样性及均匀度

本次调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 33 种，种类多样性指数分布范围在 2.90~3.59 之间，平均为 3.31；多样性指数的分布方面，最高出现在 LH7 号站，其次为 LH6 号站，最低则出现在 LH9 号站；种类均匀度方面，其分布范围在 0.58~0.70 之间，平均为 0.66，且其分布趋势与多样性指数相似，详见表 5.5-83。

表 5.5-83 调查海域浮游植物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	采样水柱内藻类细胞数 (cells)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J$ )
LH1	32	1769	3.19	0.64
LH2	33	1529	3.09	0.61
LH3	33	1690	3.23	0.64
LH4	35	1895	3.38	0.66
LH5	34	2084	3.47	0.68
LH6	38	1714	3.57	0.68
LH7	39	2049	3.59	0.68
LH8	35	1332	3.49	0.68
LH9	32	1629	2.90	0.58
LH10	29	1319	3.29	0.68
LH11	30	1314	3.45	0.70
LH12	27	1255	3.14	0.66
平均	33	1632	3.31	0.66

### (4) 优势种

以优势度( $Y$ )大于 0.02 为判断标准，该水域在调查期间浮游动物的优势种是旋链角毛藻、变异辐杆藻、尖刺菱形藻、洛氏角毛藻、爱氏角毛藻、密聚角毛藻和中肋骨条藻所组成，其优势度指数在 0.02~0.21 之间，详见表 5.5-84。该海区浮游植物的最大优势种是中肋骨条藻，中肋骨条藻主要分布在 LH1、LH2、LH3、LH4、LH5、LH6、LH7、LH8、LH9 和 LH12 采样站，密聚角毛藻主要分布在 LH1、LH5、LH6、LH8、LH11 和 LH12 采样站，爱氏角毛藻主要分布在 LH2、LH5、LH10 和 LH11 采样站，洛氏角毛藻主要分布在有 LH1、LH3、LH4 和 LH12 采样站，尖刺菱形藻主要分布在有 LH3 和 LH9 采样站，变异辐杆藻主要分布在有 LH11 采样站，旋链角毛藻主要分布在有 LH2、LH7、LH9 和 LH10 采样站。

表 5.5-84 调查海域浮游植物优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.02
变异辐杆藻	<i>Bacteriastrum varians</i> Lauder	0.02
尖刺菱形藻	<i>Nitzschia pungens</i> Grunow	0.04

洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.05
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eigenii</i> Grunow	0.05
密聚角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	0.06
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.21

### 5.5.5.3 浮游动物

#### (1) 种类组成

本次调查的浮游动物经鉴定有 7 个生物类群，共 47 种，其中枝角类 3 种，介形类 2 种，桡足类 24 种，磷虾类 1 种，樱虾类 3 种，毛颚类 4 种，浮游幼虫类 10 种。该区位于中移动海南-香港海缆工程秋季调查（珠海）项目附近海域，浮游动物以热带、暖温带种类占多数，如桡足类的小拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、驼背隆哲水蚤、微驼背隆哲水蚤、微刺哲水蚤、叉胸刺水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤、小纺锤水蚤、樱虾类的日本毛虾、毛颚类的肥胖箭虫、强壮箭虫等。

#### (2) 生物量、密度及分布

本次调查结果显示，本水域各采样站浮游动物生物量属中等水平，分布不均匀，变化幅度为 321.00~552.00mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 485.44mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面，变化幅度为 68.08~488.70ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 170.05ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高为 552.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 LH6 号采样站，其次为 532.20mg/m<sup>3</sup>，出现在 LH4 号采样站，最低为 321.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 LH12 号采样站，最高生物量是最低生物量的 1.72 倍；而最高密度为 488.70ind/m<sup>3</sup>，出现在 LH12 号采样站，其次为 471.20ind/m<sup>3</sup>，出现在 LH10 号采样站，最低密度为 68.08ind/m<sup>3</sup>，出现在 LH2 号采样站，最高密度是最低密度的 7.18 倍，详见表 5.5-85。

表 5.5-85 调查目海域浮游动物生物量及密度


### (3) 浮游动物主要类群分布

桡足类 桡足类平均密度为 120.29 ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 68.03%，是本海域浮游动物的主要组成部分，成为主导本海域浮游动物数量的主要类群。其中主要分布于 LH12 号采样站，密度为 402.17ind/m<sup>3</sup>，其次是 LH10 号采样站，密度为 314.00ind/m<sup>3</sup>，其余 10 个采样站的密度在 35.34~108.00ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

浮游幼虫类 浮游幼虫类平均密度为 33.57ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 21.47%。其中最为密集分布于 LH10 号采样站，密度为 89.2ind/m<sup>3</sup>，其次是 LH12 号采样站，密度为 75.65ind/m<sup>3</sup>，其余 10 个采样站的密度在 15.08~34.61ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

其他种类如磷虾类、樱虾类、樱虾类、毛颚类等，它们大部分属南海区系的普通种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内分布也较为广泛。

### (4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查水域站位的浮游动物平均出现种类为 24.7 种，各站平均出现个体数量为 1561.17 个，种类多样性指数分布范围为 3.82~4.46 之间，平均为 4.03，最高出现在 LH9 号采样站，其次为 LH8 号采样站，最低则出现在 LH2 号采样站；种类均匀度的分布趋势与多样性指数相似，其分布范围在 0.84~0.91 之间，平均为 0.87，最高出现在 LH8 号采样站，其次为 LH10 号采样站，最低出现在 LH1 号采样站，详见表 5.5-86。

表 5.5-86 调查海域浮游动物多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
LH1	24	1226	3.86	0.84
LH2	23	994	3.82	0.84
LH3	25	1372	3.94	0.85
LH4	23	2026	3.86	0.85
LH5	23	1276	3.95	0.87
LH6	25	2154	3.99	0.86
LH7	30	2217	4.30	0.88
LH8	27	2349	4.35	0.91
LH9	30	1572	4.46	0.91
LH10	21	1178	3.99	0.91
LH11	22	1246	3.88	0.87
LH12	23	1124	4.02	0.89
平均值	24.7	1561.17	4.03	0.87

### (5) 优势种及其分布

以优势度  $\geq 0.02$  为判断标准，该水域在调查期间浮游动物的优势种是由浮游幼

虫类的桡足类幼虫、桡足类的瘦尾胸刺水蚤、驼背隆哲水蚤、丹氏纺锤水蚤、亚强次真哲水蚤和小哲水蚤组成，其优势度指数在 0.06~0.11 之间，详见表 5.5-87。该海域的最大的优势种是桡足类的驼背隆哲水蚤，主要分布在 LH6、LH3 号采样站，瘦尾胸刺水蚤主要分布在 LH4 和 LH6 号采样站，桡足类幼虫主要分布在 LH7 和 LH8 号采样站，丹氏纺锤水蚤主要分布在 LH7 和 LH4 号采样站，亚强次真哲水蚤主要分布在 LH4 号采样站，小哲水蚤主要分布在 LH9 和 LH10 号采样站。

表 5.5-87 调查海域浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
桡足类幼虫	Copepoda larva	0.10
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott	0.10
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbrecht	0.11
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht	0.09
亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i> (Giesbrecht)	0.07
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i> Claus	0.06

#### 5.5.5.4 底栖生物

##### (1) 种类组成和生态特征

本次底栖生物的定量调查，出现包括纽环节动物、星虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和脊索动物共 6 门 16 科 21 种。其中环节动物 8 科 12 种，占总种类数的 57.14%；节肢动物 3 科 4 种，占总种类数的 19.05%；棘皮动物 2 科 2 种，占总种类数的 9.52%；星虫动物、软体动物和脊索动物各 1 科 1 种，各占总种类数的 4.76%。

##### (2) 优势种和优势度

本次调查，出现的 21 种生物中，优势度在 0.02 以上的优势种有 3 种，分别为光滑倍棘蛇尾、背蚓虫和短角双眼钩虾，这 3 种生物出现站位数和出现数量范围分别为 3~5 站和 4~6 个，优势度范围为 0.0208~0.0521；其他 18 种生物出现站位数和数量范围分别为 1~2 站和 1~4 个，优势度均小于 0.02。

##### (3) 生物量及栖息密度

本次调查，底栖生物的平均生物量为 9.61g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 29.63 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以节肢动物和棘皮动物较高，生物量分别为 4.10 g/m<sup>2</sup> 和 3.54g/m<sup>2</sup>，分别占总生物量的 42.65%和 36.87%；其次为环节动物，生物量为 1.30g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 13.49%；其他 3 类生物的生物量较低，均未超过总生物量的 5.00%。栖息密度方面，以环节动物较高，栖息密度为 18.52 个/m<sup>2</sup>，占总栖息密度的 62.50%；其次为

节肢动物和棘皮动物，分别占总栖息密度的 14.58%；其他 3 类生物的生物量相对较低，均未超过总栖息密度的 5.00%。其他详见表 5.5-88。

表 5.5-88 调查海域底栖生物的平均生物量及栖息密度


本次调查，各站位底栖生物的生物量差异较大，最高生物量出现在 LH10 号站，其生物量为 47.70g/m<sup>2</sup>，最低的是 LH3 号站，为 0.37g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 128.80 倍。栖息密度方面，最高出现在 LH4 号站，为 66.67 个/m<sup>2</sup>；最低栖息密度出现在 LH3 号站，均为 7.41 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 9.00 倍。其它详见表 5.5-89。

表 5.5-89 调查海域底栖生物的生物量及栖息密度分布



#### (4) 生物多样性指数及均匀度指数

本次调查,采泥底栖生物多样性指数变化范围为 1.0000~2.5033,平均为 1.6482;均匀度分布范围为 0.8962~1.0000,平均为 0.9717。其他详见表 5.5-90。

表 5.5-90 调查海域底栖生物的多样性指数及均匀度

站位	种类数(种)	个体数(个)	多样性指数( $H'$ )	均匀度指数( $J$ )
LH1	4	6	1.7925	0.8962
LH2	4	7	1.9502	0.9751
LH3	1	1	/	/
LH4	6	9	2.5033	0.9684
LH5	1	3	/	/
LH6	2	2	1.0000	1.0000
LH7	2	2	1.0000	1.0000
LH8	3	3	1.5850	1.0000
LH9	3	3	1.5850	1.0000
LH10	3	4	1.5000	0.9464
LH11	4	6	1.9183	0.9591
LH12	1	2	/	/
平均	2.83	4.00	1.6482	0.9717

## 5.6 海洋生物质量调查与评价

### 5.6.1 调查项目及分析方法

测定项目包括铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)和

石油烃（TPHs），各项目的测定方法参照《海洋化学调查技术规程》（国家海洋局 908 专项办公室编，海洋出版社，2006），详见表 5.6-1。

表 5.6-1 海洋生物质量各检测项目的测定方法与检出限

检测参数	分析方法	检验方法标准	检出限 (mg/kg)
Cu	无火焰原子吸收分光光度法	海洋化学调查技术规程	0.4
Pb	无火焰原子吸收分光光度法	海洋化学调查技术规程	0.04
Zn	火焰原子吸收分光光度法	海洋化学调查技术规程	0.4
Cd	无火焰原子吸收分光光度法	海洋化学调查技术规程	0.005
Hg	原子荧光法	海洋化学调查技术规程	0.002
As	原子荧光法	海洋化学调查技术规程	0.2
TPHs	荧光分光光度法	海洋化学调查技术规程	0.2

### 5.6.2 评价标准及方法

海洋生物质量中贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中的第一类标准值；软体类（螺类和头足类）、甲壳类和鱼类的生物体内污染物质（除石油烃外）评价标准采用《全国海岸带和海涂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，详见表 5.6-2。

表 5.6-2 生物质量评价各评价因子及其评价标准（mg/kg，湿重）

生物类别	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	TPHs
贝类（双壳类）	0.05	1.0	10	0.1	0.2	20	15
软体类 （螺类和头足类）	0.3	10	100	10	5.5	250	20
鱼类	0.3	5.0	20	2	0.6	40	20
甲壳类	0.2	8.0	100	2	2	150	20

(1) 超标率计算

$$POS (\%) = \frac{SC}{TSC} \times 100$$

式中：POS——超标率；

SC——超标的样品数；

TSC——总样品数。

(2) 质量指数

采用单项因子质量指数法进行评价，评价因子质量指数计算公式为：

$$Q_{ij} = C_{ij} / C_{oi}$$

式中： $Q_{ij}$ —站  $j$  评价因子  $i$  的标准指数；

$C_{ij}$ —站  $j$  评价因子  $i$  的实测值；

$C_{oi}$ —评价因子  $i$  的评价标准值。

### 5.6.3 珠海附近海域

珠海支线近岸段海洋生物调查分春季和秋季两季进行调查，分别在 2019 年 5 月和 2019 年 9 月进行，与水质调查同步进行。

#### 5.6.3.1 2019 年 5 月

本次调查，在 S4、S5、S6、S8、S10、S12、S13、S14、S15、S17、S20、S21、S23、S25 站共计 14 个站位采集 5 种鱼类和 3 种甲壳类生物样品共 8 个种类 24 个样品，所采种类分别为五丝多指马鲛、长蛇鲻、棘头梅童鱼、带鱼、蓝圆鲈、逍遥馒头蟹、红星梭子蟹和长叉口虾蛄。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。

##### 5.6.3.1.1 监测结果

从调查监测结果看，所采集的 24 份海洋生物体中，Cu、Pb、Zn、As、Cr 及 TPHs 检出率为 100%，Cd 检出率为 45.83%，Hg 检出率为 12.50%。鱼类 Cu、Zn、As、Pb、Cr 及 TPHs 检出率为 100%，Cd 检出率为 6.67%，Hg 检出率为 6.67%。甲壳类 Cu、Pb、Zn、As、Cd、Cr 及 TPHs 检出率为 100%，Hg 检出率为 20.00%，详见表 5.6-3。

各站分别按鱼类、甲壳类样品检测值平均，Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 和 As 含量甲壳类大于鱼类；Cr 和 TPHs 含量鱼类大于甲壳类。

表 5.6-3 生物体污染物检测结果 (mg/kg)


### 5.6.3.1.2 评价结果

本次调查评价结果见表 5.6-4。

在所采集的 24 份海洋生物体中，鱼类生物体 S4 站棘头梅童鱼、S6 站五丝多指马鲛、S25 站蓝圆鲹 TPHs 超出评价标准。甲壳类生物体 S15 站长叉口虾蛄 TPHs 超出评价标准。其余各样品检测指标均达到评价标准，整体水平良好。

表 5.6-4 鱼类、头足类和甲壳类 生物质量指数

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	TPHs
S4	棘头梅童鱼	0.03	0.03	0.18	-	-	/	0.45	1.41
S5	带鱼	0.02	0.03	0.19	0.05	-	/	0.49	0.95
S6	五丝多指马鲛	0.03	0.02	0.16	-	-	/	0.49	1.39
S8	棘头梅童鱼	0.03	0.03	0.20	-	-	/	0.37	0.92
S10	棘头梅童鱼	0.06	0.04	0.29	-	-	/	0.51	0.93
S12	棘头梅童鱼	0.03	0.03	0.22	-	-	/	0.41	0.99
S13	棘头梅童鱼	0.05	0.04	0.33	-	-	/	0.54	0.99
S14	蓝圆鲹	0.03	0.03	0.17	-	-	/	0.42	0.98
S15	棘头梅童鱼	0.04	0.04	0.20	-	-	/	0.36	0.99
S17	棘头梅童鱼	0.03	0.03	0.18	-	-	/	0.30	0.98
S20	蓝圆鲹	0.03	0.03	0.18	-	-	/	0.37	0.74
S21	蓝圆鲹	0.02	0.02	0.17	-	-	/	0.32	0.75
S23	棘头梅童鱼	0.05	0.05	0.32	-	-	/	0.48	0.95
S25	蓝圆鲹	0.02	0.02	0.15	-	0.01	/	0.36	1.39
S4	长叉口虾蛄	0.18	0.08	0.18	0.28	-	/	0.53	0.68
S5	逍遥馒头蟹	0.17	0.09	0.35	0.06	0.05	/	0.41	0.91
S6	逍遥馒头蟹	0.06	0.07	0.24	0.13	-	/	0.31	0.56
S8	红星梭子蟹	0.08	0.15	0.11	0.12	-	/	0.43	0.88
S10	长叉口虾蛄	0.10	0.03	0.11	0.20	-	/	0.30	0.87
S12	长叉口虾蛄	0.15	0.04	0.12	0.23	-	/	0.27	0.98
S13	红星梭子蟹	0.07	0.12	0.10	0.09	-	/	0.37	0.97
S15	长叉口虾蛄	0.13	0.03	0.12	0.20	-	/	0.30	1.29
S17	长叉口虾蛄	0.22	0.04	0.19	0.34	-	/	0.58	0.82
S23	红星梭子蟹	0.08	0.17	0.12	0.23	0.02	/	0.53	0.93
超标率 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示，不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

### 5.6.3.2 2019年9月

本次调查，在 S5、S6、S8、S11、S13、S14、S16、S19、S21、S22、S23、S25、S26 号站共计 13 个站位采集 6 种鱼类、2 种甲壳类和 1 种贝类生物样品共 9 个种类 16 个样品，所采种类分别为蓝圆鲹、大头狗母鱼、日本绯鲤、多齿蛇鲻、二长棘鲷、羽鳃鲈、逍遥馒头蟹、卷折馒头蟹和日月贝。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。

#### 5.6.3.2.1 监测结果

从调查监测结果看，所采集的 16 份海洋生物体中，Cu、Pb、Zn、As、Cr 及 TPHs 检出率为 100%，Cd 检出率为 23.53%，Hg 检出率为 94.12%。鱼类 Cu、Pb、Zn、As、Cr 及 TPHs 检出率为 100%，Cd 检出率为 7.14%，Hg 检出率为 92.85%。甲壳类及贝类生物体所有指标检出率均为 100%，详见表 5.6-5。

各站分别按鱼类、甲壳类、贝类样品检测值平均，Cu、Zn、和 As 含量由大到小为甲壳类、贝类、鱼类；Cd 和 TPHs 含量由大到小为贝类、甲壳类、鱼类；Pb 含量由大到小为贝类、鱼类、甲壳类；Hg 含量由大到小为甲壳类、鱼类、贝类；Cr 含量由大到小为鱼类、贝类、甲壳类。

表 5.6-5 生物体污染物检测结果 (mg/kg)

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

#### 5.6.3.2.2 评价结果

本次调查评价结果见表 5.6-6。

所采集的 16 份海洋生物体中, 各样品检测指标均达到评价标准, 整体结果良好。

表 5.6-6 鱼类、头足类和甲壳类 生物质量指数

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	TPHs
S5	蓝圆鲹	0.05	0.08	0.22	-	0.04	/	0.87	0.79
S6	羽鳃鲈	0.04	0.08	0.23	-	0.01	/	1.00	0.62
S8	蓝圆鲹	0.05	0.07	0.28	-	-	/	0.86	0.75
S11	大头狗母鱼	0.01	0.10	0.20	-	0.01	/	0.92	0.88
S13	日本绯鲤	0.02	0.08	0.27	0.08	0.02	/	0.86	0.94
S14	多齿蛇鲭	0.02	0.07	0.20	-	0.05	/	0.63	0.71
S16	日本绯鲤	0.03	0.09	0.19	-	0.04	/	0.79	0.98
S19	日本绯鲤	0.02	0.05	0.17	-	0.03	/	0.74	0.79
S21	大头狗母鱼	0.01	0.02	0.15	-	0.02	/	0.69	0.58
S22	大头狗母鱼	0.01	0.05	0.14	-	0.02	/	0.58	0.55
S23	多齿蛇鲭	0.01	0.08	0.11	-	0.04	/	0.62	0.88
S25	二长棘鲷	0.02	0.10	0.18	-	0.04	/	0.74	0.37
S26	大头狗母鱼	0.03	0.06	0.12	-	0.02	/	0.94	0.91
S1	逍遥馒头蟹	0.19	0.08	0.18	0.17	0.11	/	0.41	0.95
S22	卷折馒头蟹	0.04	0.08	0.14	0.16	0.07	/	0.62	0.81
S26	日月贝	0.01	0.04	0.08	0.07	0.01	/	0.60	0.92
超标率 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注: 低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示, 不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

## 5.6.4 香港附近海域

香港支线近岸段海洋生物质量调查分两季进行调查, 分别在 2018 年 4 月和 2018 年 9 月进行。

### 5.6.4.1 2018 年 4 月

#### (1) 调查结果

春季调查在 y1、y2、y3、y4、y5、y6、y7、y8、y9、y10、y11、y12 号站共计 12 个站位采集 2 种鱼类、4 种甲壳类、1 种贝类生物样品共 7 个种类 26 个样品, 所采种类分别为多齿蛇鲭、长蛇鲭、颗粒螯、武士螯、鹰爪虾、逍遥馒头蟹和日月贝。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。

12 个站位所采集的 26 份海洋生物体中, 检测结果见表 5.6-7。

表 5.6-7 春季生物体污染物检测结果 (mg/kg)


## (2) 评价结果

春季调查在 12 个站位所采集的 26 份海洋生物体中，多个站位采集到的贝类生物体（日月贝）Pb、Zn、Cd、As 等重金属超标，Pb 超标率 23.08%，Zn 超标率 23.08%；Cd 超标率 26.92%，As 超标率 26.92%；鱼类生物体 y1、y3、y4、y5、y9、y12 号站、甲壳类生物体 y5 号站 Cr 超标，超标率 26.92%。其余没有超标现象出现，详见表 5.6-8。

表 5.6-8 生物质量指数

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	TPHs
y1	多齿蛇鲭	-	0.11	0.17	0.08	0.07	/	1.03	0.48
y2	多齿蛇鲭	-	0.06	0.11	0.08	0.04	/	0.34	0.12
y3	多齿蛇鲭	-	0.15	0.11	0.08	0.10	/	1.57	0.18
y4	多齿蛇鲭	-	0.21	0.14	0.07	0.02	/	1.80	0.22
y5	多齿蛇鲭	-	0.15	0.12	0.09	0.04	/	4.69	0.15
y6	多齿蛇鲭	-	0.11	0.13	0.06	0.08	/	0.39	0.15
y7	长蛇鲭	0.03	0.08	0.12	0.05	0.02	/	0.25	0.40
y8	多齿蛇鲭	-	0.08	0.12	0.08	0.02	/	0.61	0.36
y9	多齿蛇鲭	-	0.12	0.18	0.09	-	/	4.18	0.29
y10	多齿蛇鲭	-	0.16	0.14	0.03	0.05	/	0.25	0.35

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr	TPHs
y11	长蛇鲻	-	0.16	0.13	0.09	0.06	/	0.19	0.31
y12	长蛇鲻	-	0.27	0.18	0.11	0.02	/	5.17	0.28
y1	武士螭	0.05	0.18	0.16	0.69	0.05	/	0.22	0.18
y3	颗粒螭	0.08	0.16	0.17	0.32	0.21	/	0.69	0.20
y4	鹰爪虾	0.02	0.17	0.08	0.04	0.05	/	0.21	0.12
y5	鹰爪虾	0.01	0.22	0.07	0.03	0.03	/	3.39	0.22
y6	鹰爪虾	0.01	0.19	0.09	0.03	0.10	/	0.20	0.24
y7	鹰爪虾	0.02	0.18	0.09	0.03	0.17	/	0.09	0.29
y11	逍遥馒头蟹	0.05	0.12	0.38	0.64	0.19	/	0.87	0.17
y2	日月贝	0.08	3.60	1.32	10.50	0.16	3.00	0.22	0.16
y5	日月贝	-	3.70	1.36	3.89	0.16	4.50	0.10	0.20
y7	日月贝	0.10	-	1.15	5.70	0.10	3.00	0.12	0.21
y8	日月贝	0.07	3.20	1.34	10.25	-	2.61	0.10	0.23
y10	日月贝	0.05	2.50	0.88	2.82	-	2.11	0.12	0.24
y11	日月贝	0.05	3.40	1.07	14.40	-	2.58	0.14	0.19
y12	日月贝	0.13	4.30	1.81	3.85	-	4.18	0.38	0.23
平均		0.05	0.94	0.45	2.08	0.08	3.14	1.05	0.24
超标率 (%)		0.00	23.08	23.08	26.92	0.00	26.92	26.92	0.00

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示，不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

春季调查鱼类及甲壳类生物体部分站位 Cr 超标，贝类生物体部分站位 Pb、Zn、Cd、As、Cr 超标，其余没有超标现象出现，总体上贝类生物体污染物含量呈高于鱼类和甲壳类的现象。

### 5.6.4.2 2018年9月

#### (1) 调查结果

秋季调查采集4种鱼类、4种甲壳类、1种贝类生物样品共9个种类23个样品，所采种类分别为蓝圆鲹、二长棘鲷、白姑鱼、日本金线鱼、近缘新对虾、口虾蛄、红星梭子蟹、宽突赤虾和文雅蛙螺。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。检测结果见表5.6-9。

表 5.6-9 秋季生物体污染物检测结果 (mg/kg)



平均	0.15	0.15	0.03	0.11	0.25	0.05	/	0.36
超标率(%)	0.00	0.00	0	0	0	0	/	0.00

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示，不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

### (3) 生物体质量超标原因分析

南海段路由海域调查结果显示，贝类体内镉、砷、铅与锌含量超标，鱼类、甲壳类体内铬含量超标，但是总体上生物质量超标率比较低，而且呈现鱼类和甲壳类生物体污染物含量呈低于贝类的现象。根据广东省海洋与渔业厅发布的《2017年广东省海洋环境状况公报》，实施监测的73个代表性入海排污口中有21个入海排污口超标排放，珠江、榕江、练江、深圳河、黄冈河等主要入海河流径流携带入海的化学需氧量、石油类、营养盐、重金属和砷等污染物共347.61万t。被径流携带入海的重金属和砷等污染物在珠江口附近海域絮凝、沉积，底栖贝类主要生活在海底，易于重金属在底栖贝类生物体中富集。综合以上分析，调查海域生物质量出现超标原因因为陆源污染物排海导致。

## 5.6.5 文昌附近海域

本海域生物质量进行一季调查，于2019年11月进行。

本次调查，在LY1、LY2、LY3、LY4、LY5、LY6、LY7、LY8、LY9、LY10、LY11、LY12、LY13、LY14号站共计14个站位采集11种鱼类、2种甲壳类和1种贝类生物样品共14个种类23个样品，所采种类分别为羽鳃鲈、海鲷、四指马鲛、乳香鱼、锉吻渊油鳗、黄鳍马面鲀、油鲳、仙鲷、黄斑蓝子鱼、海鳗、带鱼、鹰爪虾、中华管鞭虾和日月贝。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。

### 5.6.5.1 监测结果

从调查监测结果看，在LY1、LY2、LY3、LY4、LY5、LY6、LY7、LY8、LY9、LY10、LY11、LY12、LY13、LY14号站共计14个站位所采集的23份海洋生物体中，Cu、Pb、Zn、Hg、As及TPHs检出率为100%，Cd检出率为34.78%，详见表5.6-11。鱼类Cu、Pb、Zn、Hg、As及TPHs检出率为100%，Cd检出率为7.14%。甲壳类Cu、Pb、Zn、Hg、As及TPHs检出率为100%，Cd检出率为75.00%。贝类全部指标检出率均为100%。

LY4、LY5、LY7、LY8、LY10、LY11、LY12、LY13、LY14号站鱼类生物体Cd的检出率为0.0%，LY2、LY3、LY6、LY9号站鱼类生物体Cd，甲壳类生物体Cd的检出率为0.0%。



LY3	四指马鲛	0.05	0.06	0.36	-	0.07	/	0.99
LY4	乳香鱼	0.04	0.07	0.27	-	0.10	/	0.77
LY5	海鲇	0.05	0.06	0.36	-	0.07	/	0.77
LY6	铧吻渊油鳗	0.06	0.12	0.47	-	0.06	/	0.76
LY7	黄鳍马面鲀	0.06	0.05	0.41	-	0.09	/	0.79
LY8	油鲈	0.07	0.06	0.60	-	0.08	/	0.61
LY9	黄鳍马面鲀	0.03	0.07	0.22	-	0.06	/	0.51
LY10	仙艸鲷	0.03	0.05	0.24	-	0.02	/	0.95
LY11	黄斑蓝子鱼	0.04	0.07	0.27	-	0.06	/	0.91
LY12	海鳗	0.06	0.05	0.29	-	0.07	/	0.65
LY13	铧吻渊油鳗	0.04	0.04	0.21	-	0.11	/	0.64
LY14	带鱼	0.07	0.09	0.68	-	0.08	/	0.67
LY6	鹰爪虾	0.01	0.05	0.14	-	0.20	/	0.68
LY7	宽突赤虾	0.08	0.08	0.19	0.02	0.21	/	0.54
LY8	宽突赤虾	0.05	0.11	0.16	0.05	0.04	/	0.56
LY9	鹰爪虾	0.01	0.06	0.05	-	0.06	/	0.55
LY11	鹰爪虾	0.10	0.13	0.27	0.10	0.02	/	0.66
LY12	鹰爪虾	0.09	0.08	0.18	0.05	0.09	/	0.59
LY13	鹰爪虾	0.06	0.10	0.15	0.02	0.20	/	0.84
LY14	鹰爪虾	0.22	0.06	0.27	0.31	0.17	/	0.90
LY10	日月贝	0.85	2.20	1.36	0.15	0.10	3.63	1.25
平均		0.10	0.16	0.34	0.09	0.09	3.63	0.73
超标率 (%)		0.00	4.35	4.35	0.00	0.00	4.35	4.35

## 5.7 渔业资源现状调查及评价

### 5.7.1 调查站位

本项内容分为珠海段、香港段和文昌段三个部分。

#### (1) 文昌段

文昌段渔业资源调查在 2019 年 11 月进行。在文昌段光缆路由附近海域共布设 14 个站位，调查鱼卵仔鱼、渔业资源和海洋生物质量。

调查站位见表 5.7-1 和图 5.7-1。

表 5.7-1 渔业资源调查站位设置



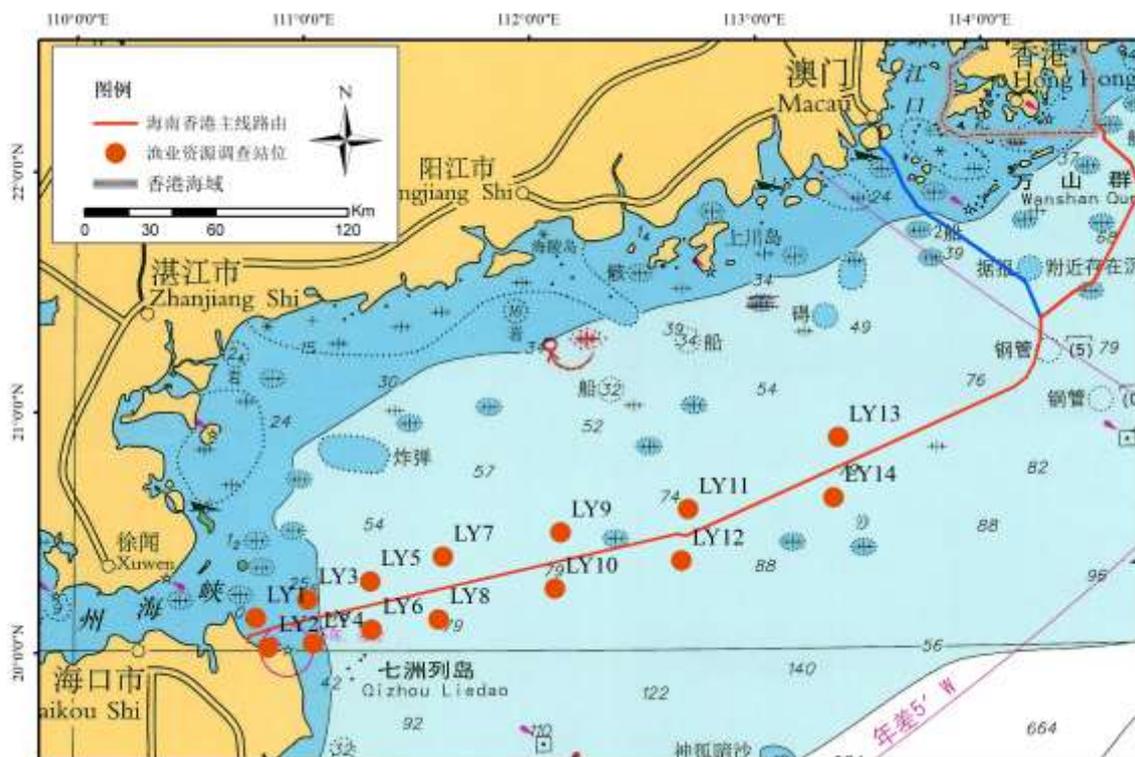


图 5.7-1 文昌段渔业资源调查站位分布

(2) 珠海段

珠海段渔业资源和海洋生物质量调查分春季和秋季进行，分别在 2019 年 4 月和 2019 年 9 月进行。

项目在文昌段光缆路由附近海域共布设 12 个站位，调查鱼卵仔鱼、渔业资源和海洋生物质量。

调查站位同海洋生物调查站位，调查站位经纬度见表 5.7-2 和表 5.7-3，站位示意图见图 5.7-2 和图 5.7-3。

表 5.7-2 春季渔业资源调查站位设置


█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	
█	█	█	█	

表 5.7-3 秋季渔业资源调查站位设置

█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█
█	█	█	█	█



图 5.7-2 2019 年 4 月渔业资源调查站位图



图 5.7-3 2019 年 9 月渔业资源调查站位图

(3) 香港段

香港段渔业资源和海洋生物质量调查分春季和秋季进行，分别在 2018 年 4 月份和 2018 年 9 月开展。

在项目路由附近水深 200m 以浅海域设 12 个站位，调查鱼卵仔鱼、渔业资源和海洋生物质量。

调查站位经纬度见表 5.7-4，站位示意图见图 5.7-4。

表 5.7-4 渔业资源调查站位设置

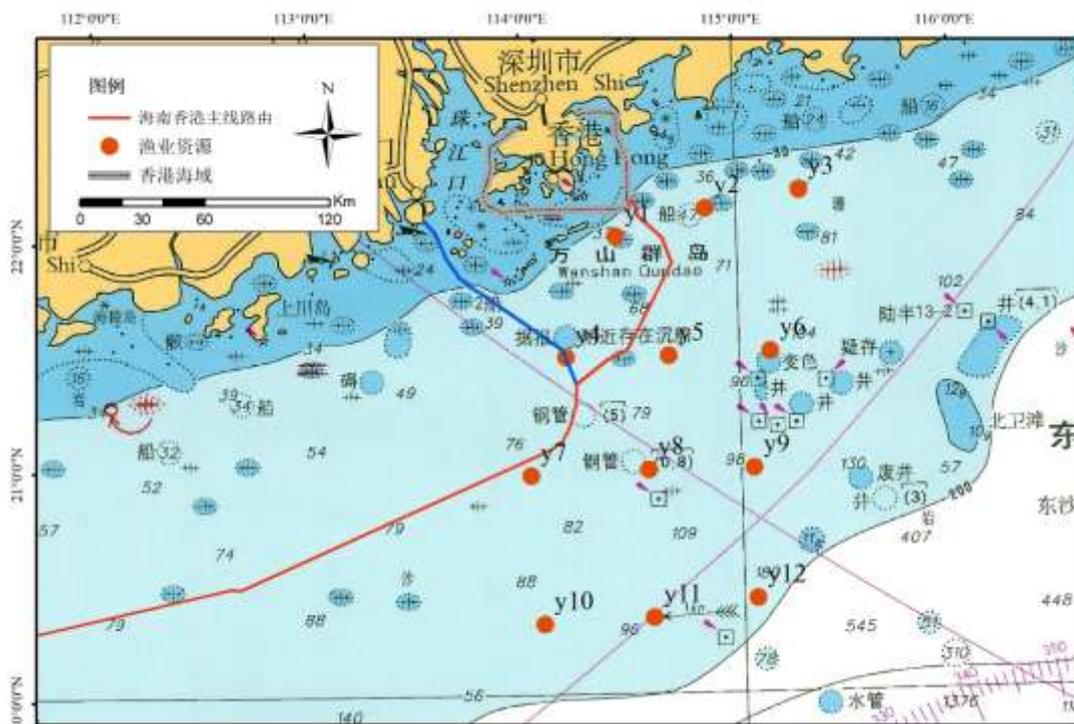
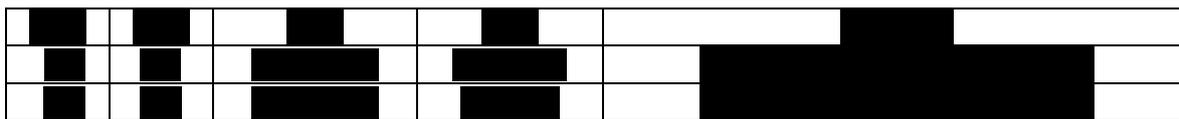



图 5.7-4 香港段渔业资源和海洋生物质量调查站位分布

### 5.7.2 调查项目和采样方法

渔业资源调查需包括：项目路由海域渔业资源的主要种类、密度（按鱼类、头足类和甲壳类分别给出）、生活习性、分布范围及其数量，数量包括该种类的资源量、现存资源量和可捕量等，以及主要渔业资源的季节分布特点及数量。

鱼卵、仔稚鱼调查内容包括：种类组成，生物量组成、主要优势种及生物量，并提供鱼卵、仔稚鱼在调查海域的分布情况。

表 5.7-5 海洋渔业资源调查分析方法

序号	调查项目	样品采集及调查方法
1	鱼卵、仔稚鱼	各测站用浅水I型浮游生物网和流量计采样。水平拖网持续 10min，拖速约为 2kn。
2	游泳生物	以单船底拖网或者双船底拖网的方式进行，每站进行一次拖网，底拖网作业每站拖曳 60min。进行渔获物分类统计生物量和生物学测量。

### 5.7.3 文昌附近海域

本海域渔业资源现状进行一季调查，于 2019 年 11 月进行。




### 5.7.3.2 游泳生物现状调查与评价

本次渔业资源秋季调查租用“粤珠渔 30006”单拖渔船进行。渔船主机功率183kW，船长33m、船宽6.8m、型深4.0m，调查使用的网具为底拖网，网上纲35m，网囊网目尺寸40mm。

#### (1) 种类组成和分布

中移动海南至香港海缆工程环境现状调查项目游泳生物秋季调查14站次，有效站次14站，共捕获游泳生物种类19目66科87属121种，详见表5.7-7，其中鱼类94种、占总种数的77.68%，虾类6种、占总种数的4.96%，蟹类13种、占总种数的10.74%，虾蛄类1种、占总种数的0.83%，头足类7种、占总种数的5.78%。

表 5.7-7 游泳生物秋季调查渔获种类数

游泳生物类群	种	属	科	目
鱼类	94	70	56	15
虾类	6	6	2	1
蟹类	13	6	4	0
虾蛄类	1	1	1	1
头足类	7	4	3	2
合计	121	87	66	19

表 5.7-8 游泳生物秋季调查各站各类游泳生物渔获种数分布

站号	总渔获(种)	鱼类(种)	虾类(种)	蟹类(种)	虾蛄类(种)	头足类(种)
LY1	18	18	0	0	0	0
LY2	20	18	0	0	0	2
LY3	19	16	0	2	0	1
LY4	20	19	0	0	0	1

LY5	24	20	0	3	0	1
LY6	30	20	3	3	0	4
LY7	30	19	4	3	1	3
LY8	27	18	4	3	0	2
LY9	24	14	4	3	0	3
LY10	30	20	5	3	0	2
LY11	28	21	4	1	0	2
LY12	26	18	4	3	0	1
LY13	30	20	4	4	0	2
LY14	29	20	5	2	0	2
合计	121	94	6	13	1	7

调查各站总渔获种数范围为 18~30 种，平均每站渔获 25 种，最低站次渔获种数出现在 LY1 号站，最高站次渔获种数出现在 YL6、LY7、LY10 和 LY13 号站。鱼类出现 14 站，出现站渔获种数范围为 14~21 种，各站平均每站渔获 17 种，最低站次渔获种数出现在 LY9 号站，最高站次渔获种数出现在 LY11 号站。虾类出现 9 站，出现站渔获种数范围为 3~5 种，各站平均每站渔获 3 种，最低站次渔获种数出现在 LY6 号站，最高站次渔获种数出现在 LY11 和 LY14 号站。蟹类出现 11 站，出现站渔获种数范围为 1~4 种，各站平均每站渔获 2 种，最低站次渔获种数出现在是 LY11 号站，最高站次渔获种数出现在 LY13 号站。虾蛄类出现 1 站，出现站渔获种数范围为 1 种，各站平均每站渔获 1 种，渔获种数出现在 LY7 号站。头足类出现 13 站，出现站渔获种数范围为 1~4 种，各站平均每站渔获 2 种，最低站次渔获种数出现在是 LY3、LY4、LY5 和 LY12 号站，最高站次渔获种数出现在 LY6 号站。

## (2) 渔获率分布

总渔获量共 52.184kg、2940 尾，总平均渔获率为 7.4548kg/h，总平均尾数渔获率为 420ind/h。各类游泳生物的平均渔获率由高到低依次为鱼类、头足类、蟹类、虾类、虾蛄类。各类型游泳生物的平均尾数渔获率由高到低依次为鱼类、虾类、蟹类、头足类、虾蛄类，详见表 5.7-9。

表 5.7-9 游泳生物秋季调查渔获率 (kg/h)

调查站号	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
LY1	9.161	9.161	0.000	0.000	0.000	0.000
LY2	8.546	8.116	0.000	0.000	0.000	0.430
LY3	6.971	5.313	0.000	1.494	0.000	0.164
LY4	8.830	8.400	0.000	0.000	0.000	0.430
LY5	10.845	10.143	0.000	0.320	0.000	0.382
LY6	6.260	4.054	0.462	0.176	0.000	1.568
LY7	6.194	4.561	0.664	0.192	0.022	0.756
LY8	6.831	4.309	0.644	0.512	0.000	1.366
LY9	6.411	2.886	0.510	0.367	0.000	2.648
LY10	7.529	5.136	0.348	0.324	0.000	1.722

LY11	6.757	4.977	0.262	0.094	0.000	1.424
LY12	5.001	3.659	0.527	0.637	0.000	0.178
LY13	7.274	5.066	0.568	0.320	0.000	1.320
LY14	7.756	6.368	0.504	0.206	0.000	0.678
合计	104.367	82.149	4.488	4.642	0.022	13.066

表 5.7-10 游泳生物秋季调查尾数渔获率 (ind/h)

调查站号	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
LY1	104	104	0	0	0	0
LY2	112	106	0	0	0	6
LY3	134	120	0	10	0	4
LY4	150	146	0	0	0	4
LY5	156	146	0	6	0	4
LY6	324	166	110	18	0	30
LY7	672	320	208	108	6	30
LY8	604	306	210	58	0	30
LY9	552	288	100	120	0	44
LY10	622	406	118	74	0	24
LY11	610	452	114	6	0	38
LY12	654	284	248	118	0	4
LY13	636	350	172	80	0	34
LY14	550	244	168	122	0	16
合计	5880.0	3438.0	1448.0	720.0	6.0	268.0

总渔获率为 104.3672kg/h, 各站平均渔获率为 7.4548kg/h, 各站次渔获率变化范围为 5.001~10.845kg/h, 最低站次渔获率出现在 LY12 号站、最高站次渔获率出现在 LY5 号站。总尾数渔获率为 5880ind/h, 各站平均尾数渔获率为 420ind/h, 站次尾数渔获率变化范围为 104~672ind/h, 最低站次尾数渔获率出现在 LY1 号站、最高站次尾数渔获率出现在 LY7 号站, 详见表 5.7-10。

### (3) 渔业资源密度分布

游泳生物秋季调查总平均资源密度为 100.632kg/km<sup>2</sup>, 总平均资源尾数密度为 5669.5ind/km<sup>2</sup>。各类游泳生物的平均资源密度由高到低依次为鱼类、头足类、蟹类、虾类、虾蛄类, 详见表 5.7-11; 各类游泳生物的平均资源尾数密度由高到低依次为鱼类、虾类、蟹类、头足类、虾蛄类, 详见表 5.7-12。

表 5.7-11 游泳生物秋季调查资源密度 (kg/km<sup>2</sup>)

调查站号	总渔获 (kg/h)	资源密度 (kg/km <sup>2</sup> )
LY1	104.367	104.367
LY2	112	112
LY3	134	134
LY4	150	150
LY5	156	156
LY6	324	324
LY7	672	672
LY8	604	604
LY9	552	552
LY10	622	622
LY11	610	610
LY12	654	654
LY13	636	636
LY14	550	550
合计	5880.0	5880.0

表 5.7-12 游泳生物秋季调查资源尾数密度 (ind/km<sup>2</sup>)

游泳生物秋季调查各站总平均资源密度为 100.632kg/km<sup>2</sup>，站次资源密度变化范围为 83.618~146.396kg/km<sup>2</sup>，最低站次资源密度出现在 LY7 号站、最高站次资源密度出现在 LY5 号站，详见表 5.7-11。各站平均资源尾数密度为 5669.5ind/km<sup>2</sup>，站次资源尾数密度变化范围为 1403.9~9071.3ind/km<sup>2</sup>，最低站次资源尾数密度出现在 LY1 号站、最高站次资源尾数密度出现在 LY7 号站，详见表 5.7-12。

#### (4) 多样性指数和均匀度

游泳生物的多样性指数分布范围在 3.394~4.154 之间，平均为 3.894，多样性指数最高值出现在 LY9 号站，最低出现在 LY3 号站；均匀度分布范围在 0.771~0.915 之间，平均为 0.840，均匀度最高值出现在 LY1 号站，最低出现在 LY12 号站，表 5.7-13。

表 5.7-13 游泳生物秋季调查多样性指数和均匀度

站号	总种数	多样性指数( $H'$ )	均匀度( $J$ )
LY1	18	3.815	0.915
LY2	20	3.774	0.873
LY3	19	3.394	0.799
LY4	20	3.736	0.864
LY5	24	3.878	0.846

LY6	30	4.143	0.844
LY7	30	3.899	0.795
LY8	27	3.809	0.801
LY9	24	4.154	0.906
LY10	30	4.101	0.836
LY11	28	4.036	0.840
LY12	26	3.626	0.771
LY13	30	4.084	0.832
LY14	29	4.071	0.838
平均	25	3.894	0.840

### (5) 优势种类和主要经济种类

按渔获率大小顺序，鱼类的优势种为铧吻渊油鳗、四指马鲛、海鲢、黄斑蓝子鱼、康氏马鲛等虾类优势种为马氏蝉虾、中华管鞭虾、鹰爪虾、刀额新对虾等，蟹类的优势种为隆线强蟹、银光梭子蟹、红斑斗蟹等，虾蛄类的优势种为棘突猛虾蛄，头足类的优势种为中国枪乌贼、针乌贼、剑尖枪乌贼等。

综合考虑各品种出现站数、优势度、14站平均渔获率大小、14站平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性，调查的主要经济种类为铧吻渊油鳗、四指马鲛、海鲢、中国枪乌贼、针乌贼、黄斑蓝子鱼、康氏马鲛、剑尖枪乌贼、二长棘鲷等。

## 5.7.4 珠海附近海域

珠海支线近岸段渔业资源调查分两季进行调查，分别在2019年5月和2019年9月进行，与水质调查同步进行。

### 5.7.4.1 鱼卵仔鱼现状调查结果与评价

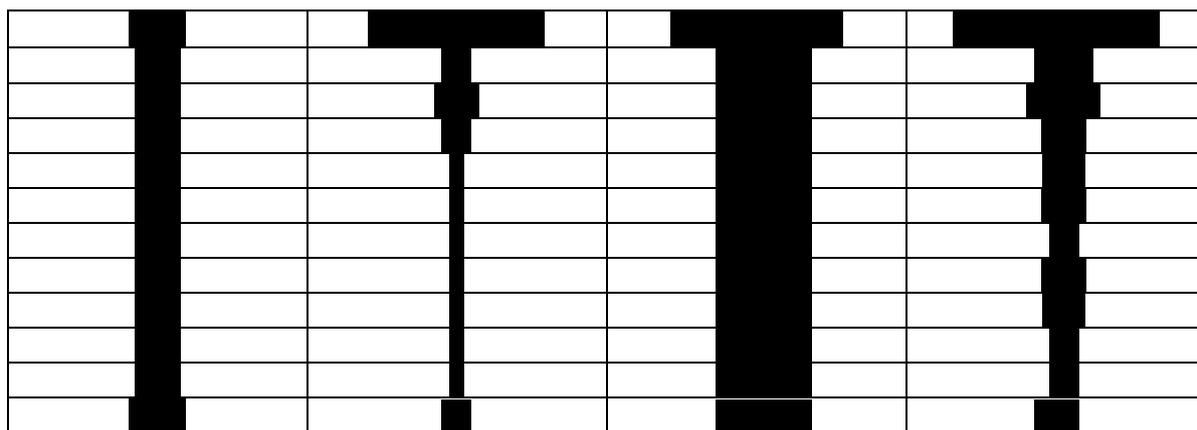
#### 5.7.4.1.1 2019年5月

##### (1) 种类组成及数量分布

本次鱼卵和仔稚鱼的定量调查，共捕获鱼卵415枚、仔稚鱼337尾；经鉴定隶属于1门12科28种。捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类，主要是狗母鱼科、石首鱼科、鯷科、带鱼科、鲳科、马鲛科、鰕虎鱼科、鲹科、大眼鲷科、天竺鲷科、鲷科、鲷科。

捕获鱼卵415枚，分属12科16种，分别是白姑鱼属（未定种）58枚、鲳属（未定种）31枚、带鱼24枚、带鱼属（未定种）21枚、鲷科（未定种）6枚、短尾大眼鲷6枚、狗母鱼科（未定种）7枚、棱鯷属（未定种）46枚、马鲛属（未定种）6枚、蛇鲻属（未定种）53枚、鲹科（未定种）20枚、石首鱼科（未定种）42枚、天竺鲷

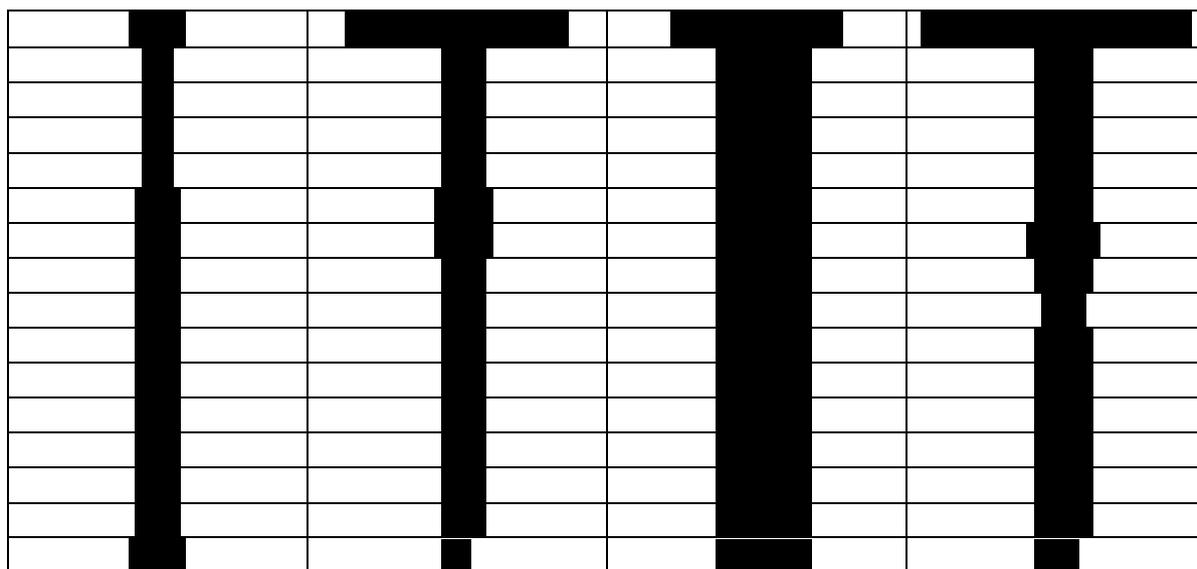




### 3. 鱼卵仔稚鱼的总密度分布

本次调查，鱼卵仔稚鱼捕获数量范围为 5~189 枚（尾）/网，平均为 51 枚（尾）/网，最高出现在 S12 号站位；密度变化范围为  $27 \times 10^{-3} \sim 1021 \times 10^{-3}$  枚（尾）/m<sup>3</sup>，平均为  $275 \times 10^{-3}$  枚（尾）/m<sup>3</sup>。其他详见表 5.7-16。

表 5.7-16 鱼卵仔稚鱼的总密度及其分布



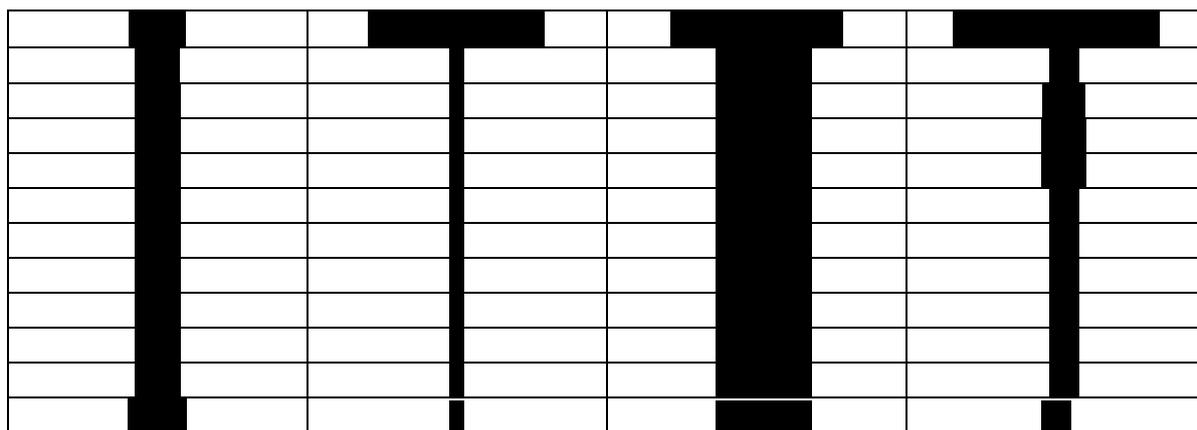
#### 5.7.4.1.2 2019 年 9 月

##### (1) 种类组成及数量分布

本次鱼卵和仔稚鱼的定量调查，共捕获鱼卵 834 枚、仔稚鱼 70 尾；经鉴定隶属于 1 门 20 科 24 种。捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类，主要是狗母鱼科、羊鱼科、蝠科、鲷科、鳗鲡科、鳀科、天竺鲷科、金线鱼科、鲷科、鲹科、鲈科、马鲛科、石鲈科、银鲈科、带鱼科、大眼鲷科、鲭科、鲹科、鰕齿鱼科、龙头鱼科。

捕获鱼卵 834 枚，分属 12 科 19 种，分别是蝠属（未定种）120 枚、大眼鲷属（未





3.鱼卵仔稚鱼的总密度分布

本次调查，鱼卵仔稚鱼捕获数量范围为 12~284 枚（尾）/网，平均为 67 枚（尾）/网，最高出现在 S13 号站位；密度变化范围为  $65 \times 10^{-3} \sim 1533 \times 10^{-3}$  枚（尾）/ $m^3$ ，平均为  $363 \times 10^{-3}$  枚（尾）/ $m^3$ 。其他详见表 5.7-19。

表 5.7-19 鱼卵仔稚鱼的总密度及其分布

站号	数量[枚（尾）/网]	滤水量（ $m^3$ ）	密度[ $\times 10^{-3}$ 枚（尾）/ $m^3$ ]
S5	65	185.20	351
S6	53	185.20	286
S8	35	185.20	189
S11	12	185.20	65
S13	107	185.20	578
S14	23	185.20	124
S16	173	185.20	934
S19	14	185.20	76
S21	23	185.20	124
S22	28	185.20	151
S23	76	185.20	410
S25	284	185.20	1533
S26	17	185.20	92
平均	67	185.20	363

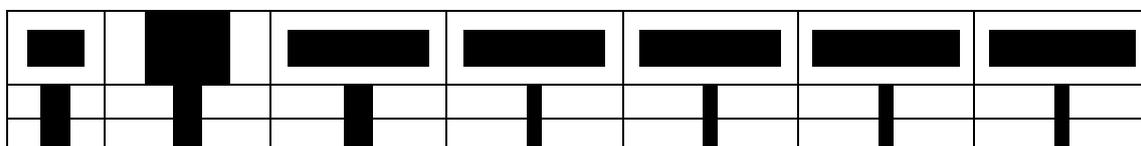
### 5.7.4.2 游泳生物现状调查结果与评价

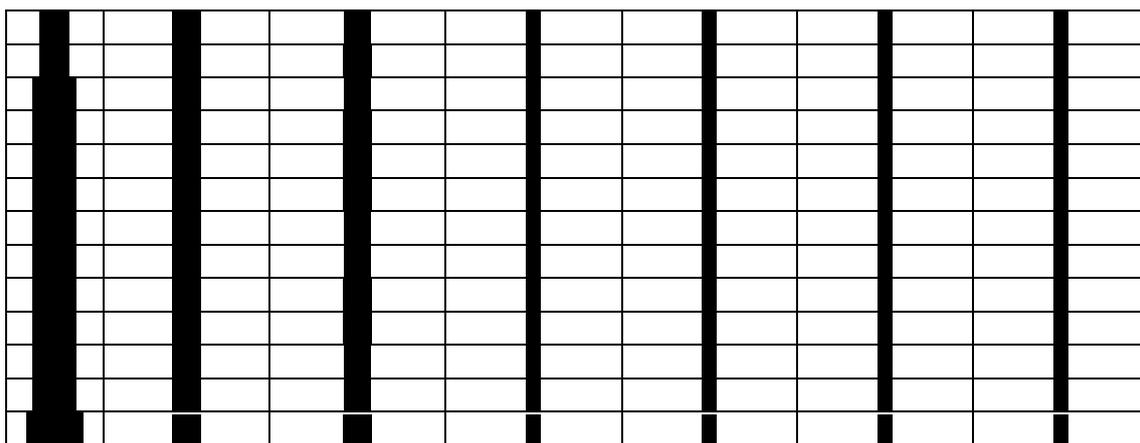
#### 5.7.4.2.1 2019 年 5 月

##### （1）游泳生物的种类组成

本次调查，共捕获游泳生物 89 种，其中：鱼类 62 种、虾类 6 种、蟹类 9 种、头足类 6 种、虾蛄类 6 种，详见表 5.7-20。

表 5.7-20 各站位各类游泳生物渔获种数分布





调查各站总渔获种数范围为 13~29 种，平均每站渔获 21 种，最低站次渔获种数出现在 S6 号站，最高站次渔获种数出现在 S8 号站。鱼类出现 15 站，出现站渔获种数范围为 10~17 种，各站平均每站渔获种数，最低站次渔获种数出现在 S4、S13、S14 号站，最高站次渔获种数出现在 S20 号站。虾类出现 7 站，出现站渔获种数范围为 2~4 种，各站平均每站渔获 1 种，最低站次渔获种数出现在 S10、S12 号站，最高站次渔获种数出现在 S17 号站。蟹类出现 13 站，出现站渔获种数范围为 1~8 种，各站平均每站渔获 3 种，最低站次渔获种数出现在是 S6、S14、S20、S21 站，最高站次渔获种数出现在 S8 号站。虾蛄类出现 13 站，出现站渔获种数范围为 1~4 种，各站平均每站渔获 2 种，最低站次渔获种数出现在 S14、S20、S21、S25 站，最高站次渔获种数出现在 S4、S8、S10、S12 号站。头足类出现 15 站，出现站渔获种数范围为 1~4 种，各站平均每站渔获 2 种，最低站次渔获种数出现在是 S6、S10、S20、S21 站，最高站次渔获种数出现在 S14 站。

## (2) 渔获率

春季调查 15 站，总渔获量共 125.883kg、7276 尾，总平均渔获率为 8.444kg/h，总平均尾数渔获率为 472ind/h。各类游泳生物的平均渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、虾蛄类、头足类、虾类（图 3.4-1，表 3.4-6）。各类型游泳生物的平均尾数渔获率由高到低依次为为鱼类、虾蛄类、蟹类、头足类、虾类，详见表 5.7-21。

表 5.7-21 游泳生物春季调查渔获率 (kg/h)

调查站号	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
S4	7.665	1.502	0.000	2.687	3.366	0.110
S5	8.871	8.103	0.000	0.380	0.000	0.388
S6	9.521	8.675	0.000	0.586	0.000	0.260
S8	12.678	1.405	0.040	7.480	3.279	0.474
S10	6.715	1.771	0.032	0.956	3.686	0.270
S12	13.012	5.902	0.196	2.592	4.104	0.218
S13	9.118	1.529	0.083	3.440	3.944	0.122
S14	8.744	6.204	0.000	0.150	0.130	2.259

S15	4.795	0.565	0.016	1.904	2.032	0.278
S17	8.160	1.368	0.080	2.213	4.240	0.258
S20	6.486	6.032	0.000	0.004	0.092	0.358
S21	8.673	7.879	0.000	0.164	0.204	0.426
S23	6.875	1.345	0.030	3.186	2.120	0.194
S25	4.974	4.764	0.000	0.000	0.050	0.160
合计	125.883	65.640	0.477	25.742	27.349	6.673

表 5.7-22 游泳生物春季调查尾数渔获率 (ind/h)

调查站号	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
S4	672	276	0	156	230	10
S5	242	212	0	4	0	26
S6	220	206	0	2	0	12
S8	1128	216	14	598	262	38
S10	530	184	4	102	232	8
S12	540	178	26	112	212	12
S13	1016	458	22	224	288	24
S14	320	236	0	2	12	70
S15	484	134	8	132	162	48
S17	620	156	16	126	280	42
S20	254	230	0	2	8	14
S21	258	234	0	2	6	16
S23	546	122	10	240	156	18
S25	192	184	0	0	2	6
合计	7276	3238	100	1702	1852	384

## (3) 资源密度

春季调查总平均资源密度为 113.986 kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 6367.6ind/km<sup>2</sup>。各类游泳生物的平均资源密度由高到低依次为鱼类、虾蛄类、蟹类、头足类、虾类，详见表 5.7-23；各类游泳生物的平均资源尾数密度由高到低依次为鱼类、虾蛄类、蟹类、头足类、虾类，详见

表 5.7-24。

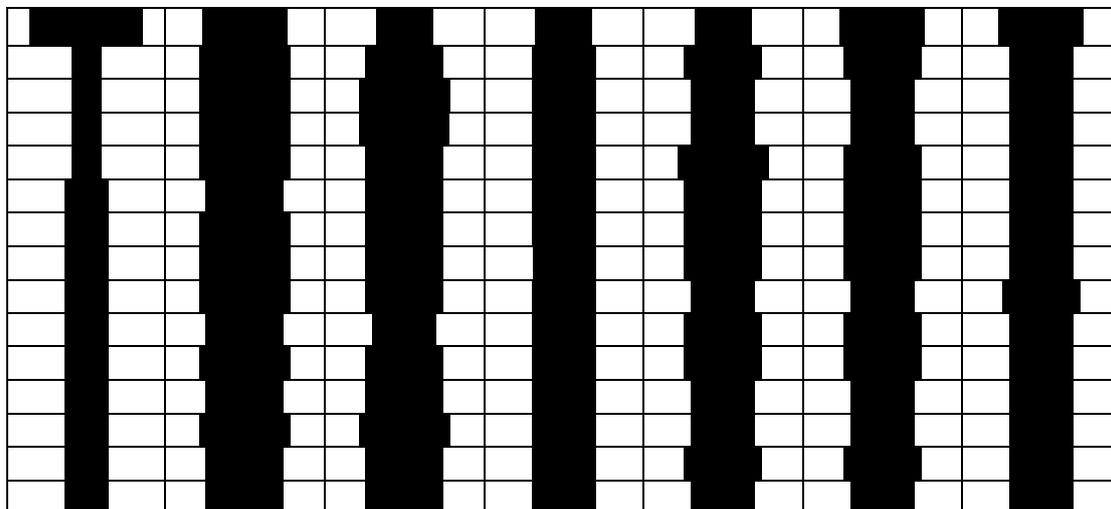
表 5.7-23 游泳生物春季调查资源密度 (kg/km<sup>2</sup>)

表 5.7-24 游泳生物春季调查资源尾数密度 (ind/km<sup>2</sup>)

## (4) 多样性指数和均匀度

游泳生物的多样性指数分布范围在 2.274~3.660 之间, 平均为 3.098, 多样性指数最高值出现在 S6 号站, 最低出现在 S12 号站; 均匀度分布范围在 0.607~0.780 之间, 平均为 0.717, 均匀度最低值出现在 S8 号站, 最高出现在 S10 号站, 详见表 5.7-25。

表 5.7-25 游泳生物春季调查多样性指数和均匀度

站号	总种数	多样性指数( $H'$ )	均匀度( $J$ )
S4	21	3.184	0.725
S5	17	2.826	0.691
S6	13	2.274	0.614
S8	29	2.949	0.607
S10	20	3.371	0.780
S12	27	3.660	0.770
S13	21	3.124	0.711
S14	16	2.925	0.731
S15	23	3.418	0.756
S17	25	3.451	0.743
S20	20	3.368	0.779
S21	19	2.821	0.664
S23	27	3.287	0.691
S25	14	2.862	0.752
平均	21	3.098	0.717

## (5) 优势种和主要经济种类

按渔获率大小顺序, 鱼类的优势种为多齿蛇鲻、六指马鲛、长蛇鲻、带鱼、蓝圆鲹等, 虾类优势种为贪食鼓虾, 蟹类的优势种为红星梭子蟹、逍遥馒头蟹等, 虾蛄类的优势种为长叉口虾蛄、棘突猛虾蛄、口虾蛄等, 头足类的优势种为火枪乌贼、

剑尖枪乌贼等。

综合考虑各品种出现站数、优势度、14 站平均渔获率大小、14 站平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性，调查的主要经济种类为多齿蛇鲭、六指马鲛、红星梭子蟹、长蛇鲭、带鱼、蓝圆鲀、长叉口虾蛄、火枪乌贼、短尾大眼鲷、棘突猛虾蛄、白姑鱼、剑尖枪乌贼、短带鱼、口虾蛄等。

#### 5.7.4.2.2 2019 年 9 月

##### (1) 游泳生物的种类组成

本次调查，共捕获游泳生物种类 62 目 62 科 70 属 77 种，其中鱼类 69 种、占总种数的 80.00%，蟹类 3 种、占总种数的 9.56%，虾蛄类 2 种、占总种数的 1.73%，头足类 3 种、占总种数的 6.95%，见表 5.7-26。

表 5.7-26 各站位各类游泳生物渔获种数分布

站号	总渔获（种）	鱼类（种）	蟹类（种）	虾蛄类（种）	头足类（种）
S4	21	19	1	0	1
S5	16	15	0	0	1
S6	20	17	1	1	1
S8	16	15	0	0	1
S10	18	14	2	0	2
S12	15	14	0	0	1
S13	24	21	1	0	2
S14	21	19	1	0	1
S15	18	16	0	0	2
S17	26	23	1	0	2
S20	16	14	1	0	1
S21	9	8	0	0	1
S23	20	18	1	0	1
S25	17	15	1	0	1
合计	77	69	3	2	3

调查各站总渔获种数范围为 9~26 种，平均每站渔获 18 种，最低站次渔获种数出现在 S21 号站，最高站次渔获种数出现在 S17 号站。鱼类出现 15 站，出现站渔获种数范围为 8~23 种，各站平均每站渔获种，最低站次渔获种数出现在 S21 号站，最高站次渔获种数出现在 S21 号站。蟹类出现 9 站，出现站渔获种数范围为 1~0 种，各站平均每站渔获 0.6 种。虾蛄类出现 1 站，渔获种数范围为 1 种。头足类出现 15 站，出现站渔获种数范围为 1~2 种，各站平均每站渔获 1.3 种。

##### (2) 渔获率

夏季调查 15 站，总渔获量共 123.766kg、16236 尾，总平均渔获率为 8.247kg/h，

总平均尾数渔获率为 1110.6 ind/h。各类游泳生物的平均渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、头足类、虾蛄类，详见表 5.7-27。各类型游泳生物的平均尾数渔获率由高到低依次为为鱼类、头足类、蟹类、虾蛄类，详见表 5.7-28。

表 5.7-27 游泳生物夏季调查渔获率 (kg/h)

表 5.7-28 游泳生物夏季调查尾数渔获率 (ind/h)

调查站号	总渔获	鱼类	蟹类	虾蛄类	头足类
S4	688	678	2	0	8
S5	1256	1242	0	0	14
S6	386	380	2	2	2
S8	716	706	0	0	10
S10	1310	1302	4	0	4
S12	1404	1390	0	0	14
S13	384	368	2	0	14
S14	848	844	2	0	2
S15	816	806	0	0	10
S17	2214	2202	2	0	10
S20	1344	1316	8	0	20
S21	1256	1252	0	0	4
S23	906	900	2	0	4
S25	978	964	4	0	10
合计	16236	16076	28	2	130

### (3) 资源密度

夏季调查总平均资源密度为 111.33 kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 14991.5 ind/km<sup>2</sup>。各类游泳生物的平均资源密度由高到低依次为鱼类、蟹类、头足类、虾蛄类，详见表 5.7-29；各类游泳生物的平均资源尾数密度由高到低依次为鱼类、头足类、蟹类、虾蛄类，详见表 5.7-30。

表 5.7-29 游泳生物夏季调查资源密度 (kg/ km<sup>2</sup>)



站号	总种数	多样性指数( $H'$ )	均匀度( $J$ )
S8	16	2.539	0.635
S10	18	0.919	0.220
S12	15	1.001	0.256
S13	24	3.099	0.676
S14	21	1.438	0.327
S15	18	1.478	0.354
S17	26	0.963	0.205
S20	16	0.764	0.191
S21	9	0.626	0.198
S23	20	1.669	0.386
S25	17	1.229	0.301
平均	18	1.473	0.352

### (5) 优势种和主要经济种类

按渔获率大小顺序, 鱼类的优势种为多齿蛇鲻、二长棘鲷、长鲷、粗纹鲷、鳗鲡、大头狗母鱼等, 虾类优势种为宽突赤虾, 蟹类的优势种为卷折馒头蟹等, 虾蛄类的优势种为日本齿指虾蛄等, 头足类的优势种为杜氏枪乌贼等。

综合考虑各品种出现站数、优势度、14 站平均渔获率大小、14 站平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性, 调查的主要经济种类为多齿蛇鲻、二长棘鲷、长鲷、粗纹鲷、鳗鲡、大头狗母鱼、日本绯鲤、深水金线鱼、蓝圆鲹、海鳗、三线矶鲈、月腹刺鲀、宝刀鱼、卷折馒头蟹、曳丝鲷、月尾兔头鲀、鳞烟管鱼、逍遥馒头蟹、鹿斑鲷、冠鲽等。

## 5.7.5 香港附近海域

香港近岸段海洋生物质量调查分两季进行调查, 分别在 2018 年 4 月和 2018 年 9 月进行, 与水质调查同步进行。

### 5.7.5.1 鱼卵仔鱼

#### 5.7.5.1.1 2018 年 4 月

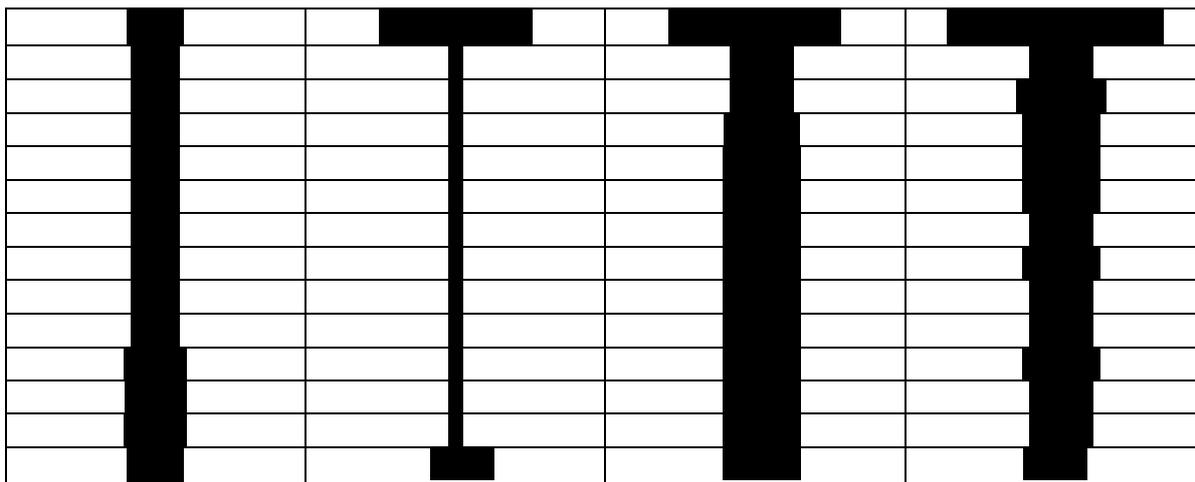
##### 1) 种类组成及数量分布

12 个站位共捕获鱼卵 213 ind、仔稚鱼 31 ind; 经鉴定隶属于 1 门 10 科 17 种。捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类, 主要是狗母鱼科、鲹科、羊鱼科、天竺鲷科、带鱼科、鰕齿鱼科、鲽科、无齿鲷科、魴鲷科、鲷科。

捕获鱼卵 213 ind, 分属 10 科 14 种, 分别为 狗母鱼科多齿蛇鲻 38 ind 和长蛇鲻 9 ind、鲹科蓝圆鲹 32 ind、带鱼科带鱼(未定种) 13 ind 和带鱼 9 ind、鲽科冠鲽 21 ind、羊鱼科日本绯鲤 20 ind、鰕齿鱼科弓背鰕齿鱼 20 ind、无齿鲷科印度无齿鲷 17 ind、



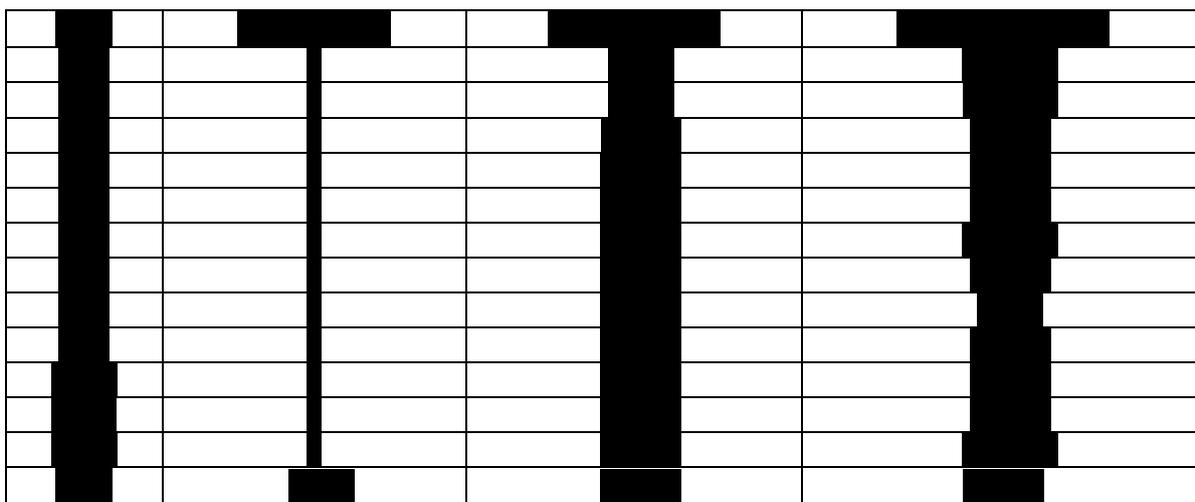




3) 仔稚鱼的密度分布

12 个站位，仔稚鱼的密度分布情况见表 5.7-36，整个调查海区仔稚鱼捕获数量范围为 0~5 尾/net，平均为 1.58 尾/net；密度变化范围为  $0.00 \times 10^{-3} \sim 632.81 \times 10^{-3}$  尾/ $m^3$ ，平均为  $121.89 \times 10^{-3}$  尾/ $m^3$ 。

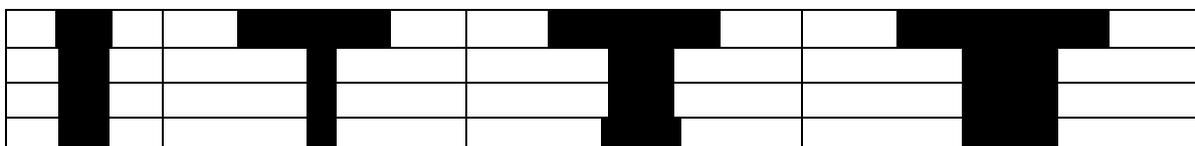
表 5.7-36 各采样站仔稚鱼的密度分布



4) 鱼卵、仔稚鱼总密度分布

12 个站位，鱼卵、仔稚鱼的总密度分布情况见表 5.7-37，整个调查海区鱼卵、仔稚鱼总捕获数量范围为 0~5 枚（尾）/net，平均为 2.08 枚（尾）/net；密度变化范围为  $0.00 \times 10^{-3} \sim 632.91 \times 10^{-3}$  枚（尾）/ $m^3$ ，平均为  $158.97 \times 10^{-3}$  枚（尾）/ $m^3$ ，最高出现在 Y1d 号站位。

表 5.7-37 各采样站鱼卵仔稚鱼总密度分布





获种数出现在 Y11d 号站位，最高渔获种数出现在 Y4d 号站位。虾类出现 8 个站位，出现站位渔获种数范围为 0~3 种，各站位平均渔获 1 种，最低渔获种数出现在 Y2d、Y3d、Y10d、Y11d 号站位，最高渔获种数出现在 Y9d 号站位。蟹类出现 12 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~8 种，各站位平均渔获 3.4 种，最低渔获种数出现在是 Y10d 号站位，最高渔获种数出现在 Y6d 号站位。虾蛄类出现 7 个站位，出现站位渔获种数 0~2 种，各站位平均渔获 0.8 种，最低渔获种数出现在 Y2d、Y4d、Y8d、Y10d、Y11d 号站位，最高渔获种数出现在 Y1d 号站位。头足类出现 12 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~5 种，各站位平均渔获 2.7 种，最低渔获种数出现在是 Y9d 号站位，最高渔获种数出现在 Y1d 号站位。

### (2) 多样性指数和均匀度

游泳生物的多样性指数分布范围在 2.752~4.250 之间，平均为 3.624，多样性指数最高值出现在 Y2d 号站位，最低出现在 Y11d 号站位；均匀度分布范围在 0.674~0.875 之间，平均为 0.754，均匀度最高值出现在 Y2d 号站位，最低出现在 Y9d 号站位，详见表 5.7-40。

表 5.7-40 游泳生物的多样性指数和均匀度

站位	总种数	多样性指数(H')	均匀度(J)
Y1d	34	3.438	0.676
Y2d	29	4.250	0.875
Y3d	34	3.825	0.752
Y4d	37	4.061	0.780
Y5d	28	3.459	0.720
Y6d	40	3.887	0.730
Y7d	34	3.945	0.775
Y8d	27	3.583	0.754
Y9d	27	3.204	0.674
Y10d	15	2.921	0.748
Y11d	15	2.752	0.705
Y12d	29	4.156	0.855
平均	29	3.624	0.754

### (3) 优势种类和主要经济种类

按渔获率大小顺序，鱼类的优势种为多齿蛇鲭、带鱼、南海带鱼、长蛇鲭、短带鱼等，蟹类的优势种为善泳蟳、武士蟳、矛形梭子蟹等，头足类的优势种为剑尖枪乌贼、针乌贼等，详见表 5.7-41。

综合考虑各品种出现站位数、优势度、12 个站位平均渔获率大小、12 个站位平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性，BtoBE 光缆项目调查的主要经济种类为多齿蛇鲭、带鱼、南海带鱼、长蛇鲭、剑尖枪乌贼、蓝圆鲹、鹰爪虾、

武士螳等。

#### (4) 渔获率分布

总渔获量共 66.5755kg、3048 尾，总平均渔获率为 10.650 kg/h，总平均尾数渔获率为 543.833ind/h。各类游泳生物的平均渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、头足类、虾类、虾蛄类，详见表 5.7-42。各类型游泳生物的平均尾数渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、虾类、头足类、虾蛄类，详见表 5.7-43。

表 5.7-41 游泳生物调查各站位渔获率 (kg/h)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
Y1d	13.132	8.210	0.068	3.316	0.472	1.028
Y2d	7.600	5.980	0.000	1.202	0.000	0.418
Y3d	9.712	8.296	0.000	1.092	0.000	0.262
Y4d	5.356	4.139	0.087	0.824	0.000	0.306
Y5d	6.902	4.338	0.504	0.836	0.128	1.096
Y6d	11.118	8.132	0.452	1.498	0.034	0.978
Y7d	8.914	5.614	0.964	1.456	0.078	0.802
Y8d	11.264	9.874	0.254	0.738	0.000	0.398
Y9d	8.646	6.130	0.380	1.710	0.036	0.390
Y10d	11.178	10.808	0.000	0.120	0.000	0.250
Y11d	13.494	12.610	0.000	0.210	0.000	0.674
Y12d	20.479	19.613	0.124	0.588	0.000	0.130
平均	10.650	8.645	0.236	1.133	0.062	0.561

表 5.7-42 游泳生物调查各站位尾数渔获率 (ind/h)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
Y1d	692	498	8	136	20	28
Y2d	256	196	0	50	0	10
Y3d	376	330	0	36	0	8
Y4d	290	179	31	66	0	14
Y5d	374	170	120	50	2	32
Y6d	818	480	92	198	8	42
Y7d	790	406	176	170	2	36
Y8d	520	380	42	86	0	12
Y9d	574	258	96	200	8	12
Y10d	430	390	0	24	0	16
Y11d	688	634	0	24	0	30
Y12d	718	622	16	66	0	12
平均	543.8	378.6	48.4	92.2	3.3	21.0

#### (5) 渔业资源密度分布

游泳生物调查总平均资源密度为 174.252 kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 8898.4 ind/km<sup>2</sup>。各类游泳生物的平均资源密度由高到低依次为鱼类、蟹类、头足类、虾类、虾蛄类，详见表 5.7-43；各类游泳生物的平均资源尾数密度由高到低依次为鱼类、蟹类、虾类、头足类、虾蛄类，详见表 5.7-44。

表 5.7-43 游泳生物调查各站位资源密度 (kg/km<sup>2</sup>)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
Y1d	214.870	134.335	1.113	54.257	7.723	16.820
Y2d	124.354	97.847	0.000	19.668	0.000	6.839
Y3d	158.911	135.742	0.000	17.868	0.000	4.287
Y4d	87.637	67.724	1.424	13.483	0.000	5.007
Y5d	112.933	70.980	8.247	13.679	2.094	17.933
Y6d	181.916	133.058	7.396	24.511	0.556	16.002
Y7d	145.854	91.858	15.773	23.824	1.276	13.123
Y8d	184.305	161.562	4.156	12.075	0.000	6.512
Y9d	141.469	100.301	6.218	27.980	0.589	6.381
Y10d	182.898	176.844	0.000	1.963	0.000	4.091
Y11d	220.793	206.329	0.000	3.436	0.000	11.028
Y12d	335.084	320.914	2.029	9.621	0.000	2.127
平均	174.252	141.458	3.863	18.530	1.020	9.179

表 5.7-44 游泳生物调查各站位资源尾数密度 (ind/km<sup>2</sup>)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
Y1d	11322.7	8148.4	130.9	2225.3	327.2	458.1
Y2d	4188.8	3207.0	0.0	818.1	0.0	163.6
Y3d	6152.2	5399.6	0.0	589.0	0.0	130.9
Y4d	4745.1	2928.9	507.2	1079.9	0.0	229.1
Y5d	6119.5	2781.6	1963.5	818.1	32.7	523.6
Y6d	13384.4	7853.9	1505.3	3239.7	130.9	687.2
Y7d	12926.2	6643.1	2879.8	2781.6	32.7	589.0
Y8d	8508.4	6217.7	687.2	1407.2	0.0	196.3
Y9d	9392.0	4221.5	1570.8	3272.5	130.9	196.3
Y10d	7035.8	6381.3	0.0	392.7	0.0	261.8
Y11d	11257.3	10373.7	0.0	392.7	0.0	490.9
Y12d	11748.2	10177.4	261.8	1079.9	0.0	196.3
平均	8898.4	6194.5	792.2	1508.1	54.5	343.6

游泳生物调查, 单种平均资源密度最高为多齿蛇鲭的 45.217kg/km<sup>2</sup>, 占总平均资源密度的 25.949%, 最低为尖海龙, 为 0.008kg/km<sup>2</sup>, 占总平均渔获资源密度的 0.005%; 单种平均资源尾数密度最高为多齿蛇鲭的 1265.353 ind/km<sup>2</sup>, 占总平均资源尾数密度的 14.220%, 最低为鬼鲉的 1.364 ind/km<sup>2</sup>, 各占总平均资源尾数密度的 0.015%, 详见表 5.7-44。

#### 5.7.5.2.2 2018 年 9 月

##### (1) 种类组成和分布

共捕获渔业资源游泳生物种类 15 目 46 科 64 属 88 种, 其中鱼类的种类最多, 达 68 种、占总种数的 77.27%, 虾类 5 种、占总种数的 5.68%, 蟹类 7 种、占总种数的 7.95%, 虾蛄类 3 种、占总种数的 3.41%, 头足类 5 种, 占总种数的 5.68%, 详见表 5.7-45。

表 5.7-45 游泳生物调查渔获种类数

游泳生物类群	种	属	科	目
鱼类	68	50	40	9
虾类	5	5	1	1
蟹类	7	3	1	1
虾蛄类	3	2	1	1
头足类	5	4	3	3
合计	88	64	46	15

表 5.7-46 游泳生物渔获种数分布

站位	总渔获(种)	鱼类(种)	虾类(种)	蟹类(种)	虾蛄类(种)	头足类(种)
Y1d	26	19	2	2	2	1
Y2d	20	18	0	0	1	1
Y3d	26	22	0	1	1	2
Y4d	23	19	2	0	1	1
Y5d	27	21	1	3	2	0
Y6d	30	23	1	2	2	2
Y7d	17	13	1	0	1	2
Y8d	28	20	1	4	2	1
Y9d	25	21	0	2	1	1
Y10d	23	19	0	2	1	1
Y11d	24	21	0	0	2	1
Y12d	27	22	2	1	1	1
合计	88	68	5	7	3	5

调查各站位总渔获种数范围为 17~30 种，平均每站位渔获 25 种，最低渔获种数出现在 Y7d 号站位，最高渔获种数出现在 Y6d 号站位，详见表 5.7-46。鱼类出现 12 个站位，出现站位渔获种数范围为 17~30 种，各站位平均渔获 24.6 种，最低渔获种数出现在 Y7d 号站位，最高渔获种数出现在 Y6d 号站位。虾类出现 7 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~4 种，各站位平均渔获 1 种，最低渔获种数出现在 Y5d、Y6d、Y7d、Y8d 号站位，最高渔获种数出现在 Y1d、Y4d、Y12d 号站位。蟹类出现 8 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~4 种，各站位平均渔获 1 种，最低渔获种数出现在是 Y2d、Y4d、Y7d、Y11d 号站位，最高渔获种数出现在 Y8d 号站位。虾蛄类出现 12 个站位，出现站位渔获种数 1~2 种，各站位平均渔获 1 种，最低渔获种数出现在 Y2d、Y3d、Y4d、Y7d 号站位，最高渔获种数出现在 Y1d、Y5d、Y6d 号站位。头足类出现 11 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~2 种，各站位平均渔获 1 种，最低渔获种数出现在是 Y5d 号站位，最高渔获种数出现在 Y3d、Y6d、Y7d 号站位。

### (3) 多样性指数和均匀度

游泳生物的多样性指数分布范围在 2.472~3.874 之间，平均为 3.315，多样性指数最高值出现在 Y5d 号站位，最低出现在 Y2d 号站位；均匀度分布范围在 0.572~0.852 之间，平均为 0.19，均匀度最高值出现在 Y10d 号站位，最低出现在 Y2d 号站

位，详见表 5.7-47。

表 5.7-47 游泳生物的多样性指数和均匀度

站位	总种数	多样性指数(H')	均匀度(J)
Y1d	26	3.411	0.726
Y2d	20	2.472	0.572
Y3d	26	2.966	0.631
Y4d	23	3.291	0.727
Y5d	27	3.874	0.815
Y6d	30	3.691	0.752
Y7d	17	3.023	0.740
Y8d	28	3.121	0.649
Y9d	25	3.420	0.736
Y10d	23	3.731	0.825
Y11d	24	3.229	0.704
Y12d	27	3.548	0.746
平均	25	3.315	0.719

### (3) 优势种类和主要经济种类

按渔获率大小顺序，鱼类的优势种为白姑鱼、二长棘鲷、深水金线鱼、日本金线鱼等蟹类的优势种为红星梭子蟹、双斑蟳等，头足类的优势种为杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼等。

综合考虑各品种出现站位数、优势度、12 个站位平均渔获率大小、12 个站位平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性，BtoBE 光缆项目调查的主要经济种类为多白姑鱼、二长棘鲷、深水金线鱼、日本金线鱼、杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、红星梭子蟹等。

### (4) 渔获率分布

总渔获量共 108.938kg、4788 尾，总平均渔获率为 4.539kg/h，总平均尾数渔获率为 199.5ind/h。各类游泳生物的平均渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、头足类、虾类、虾蛄类，详见表 5.7-48。各类型游泳生物的平均尾数渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、虾类、头足类、虾蛄类，详见表 5.7-49。

表 5.7-48 游泳生物调查各站位渔获率 (kg/h)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
Y1d	5.832	5.018	0.094	0.023	0.142	0.556
Y2d	8.980	8.576	0.000	0.000	0.035	0.369
Y3d	16.306	15.094	0.000	0.376	0.222	0.614
Y4d	6.005	5.426	0.041	0.000	0.216	0.322
Y5d	7.263	6.439	0.048	0.626	0.150	0.000
Y6d	7.015	6.066	0.025	0.271	0.420	0.233
Y7d	9.920	9.266	0.028	0.000	0.288	0.338
Y8d	14.757	13.957	0.020	0.198	0.373	0.209
Y9d	9.743	9.083	0.000	0.116	0.354	0.190

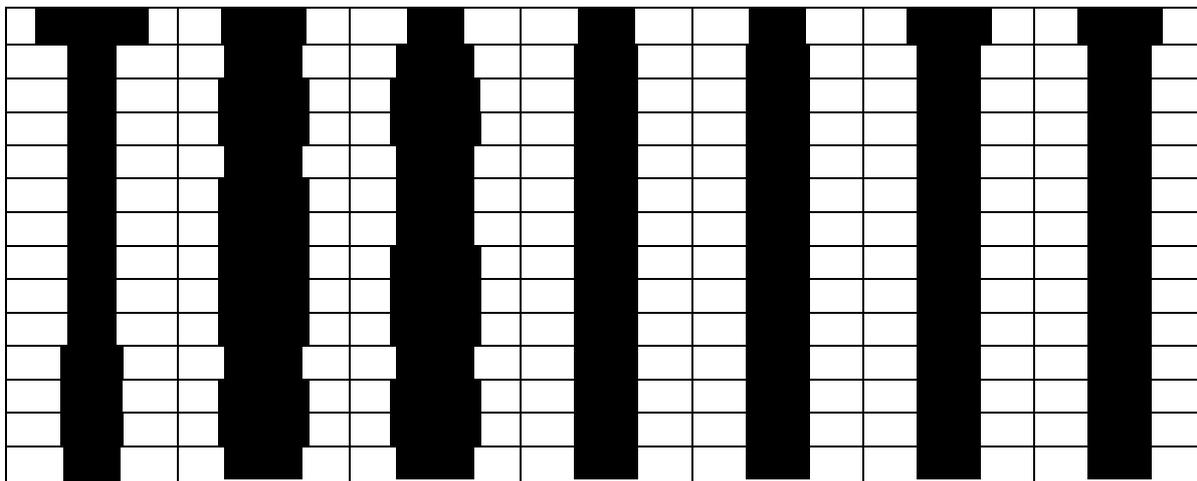
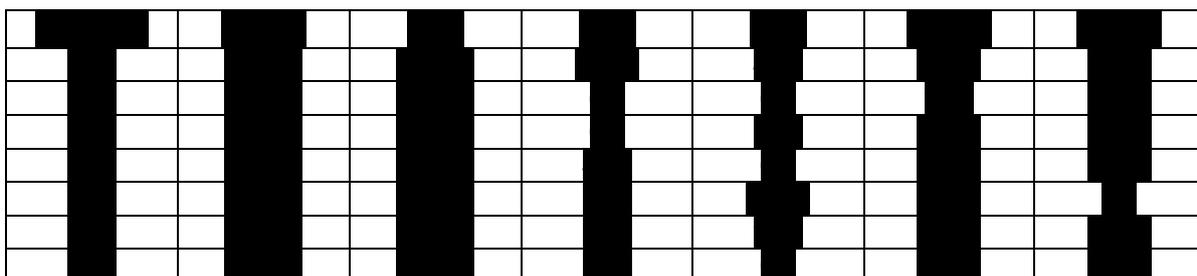
Y10d	5.051	4.589	0.000	0.197	0.182	0.083
Y11d	8.179	7.866	0.000	0.000	0.208	0.105
Y12d	9.887	9.460	0.081	0.049	0.190	0.107
平均	4.539	4.202	0.014	0.077	0.116	0.130

表 5.7-49 游泳生物调查各站位尾数渔获率 (ind/h)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
Y1d	227	185	7	3	14	18
Y2d	272	257	0	0	5	10
Y3d	441	403	0	4	18	16
Y4d	328	284	3	0	30	11
Y5d	307	270	2	15	20	0
Y6d	340	297	1	5	29	8
Y7d	320	268	4	0	36	12
Y8d	909	865	1	9	27	7
Y9d	473	430	0	3	34	6
Y10d	225	199	0	3	20	3
Y11d	538	510	0	0	23	5
Y12d	408	373	6	2	24	3
平均	199.5	180.9	1.0	1.8	11.7	4.1

## (5) 渔业资源密度分布

游泳生物秋季调查总平均资源密度为 70.026kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 2077.8/km<sup>2</sup>。各类游泳生物的平均资源密度由高到低依次为鱼类、头足类、虾蛄类、蟹类、虾类；各类游泳生物的平均资源尾数密度由高到低依次为鱼类、虾蛄类、头足类、蟹类、虾类，详见表 5.7-50。

表 5.7-50 游泳生物调查各站位资源密度 (kg/km<sup>2</sup>)表 5.7-51 游泳生物调查各站位资源尾数密度 (ind/km<sup>2</sup>)



## 6 环境影响预测分析与评价

### 6.1 水文动力及冲淤环境影响预测与评价

#### 6.1.1 评价海域海流模型

##### 6.1.1.1 基本控制方程

本文采用三维水动力学模型进行数值模拟，垂向采用 sigma 坐标，基本控制方程为：

(1) 连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x'} + \frac{\partial hv}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega}{\partial \sigma} = hS$$

(2) 动量方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial hvu}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} &= f_u h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x'} - \\ &\frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_z S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x'} + \frac{\partial hv^2}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} &= -f_v h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y'} - \\ &\frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_z S \end{aligned}$$

(3) 湍动能方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial hk}{\partial t} + \frac{\partial huk}{\partial x'} + \frac{\partial hvk}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega k}{\partial \sigma} &= \\ hF_k + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \sigma} \right) + h(P + B - \varepsilon) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial hu\varepsilon}{\partial x'} + \frac{\partial hv\varepsilon}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega\varepsilon}{\partial \sigma} &= \\ hF_\varepsilon + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \right) + h \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} B - c_{2\varepsilon} \varepsilon) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial huC}{\partial x'} + \frac{\partial hvC}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega C}{\partial \sigma} = hF_c + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{D_v}{h} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) - hk_p C + hC_s$$

在  $\sigma$  坐标系中，垂向流速定义为：

$$\omega = \frac{1}{h} \left[ w + u \frac{\partial d}{\partial x'} + v \frac{\partial d}{\partial y'} - \sigma \left( \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x'} + v \frac{\partial h}{\partial y'} \right) \right]$$

水平扩散项定义为：

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left( 2hA \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( hA \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left( hA \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( 2hA \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$h(F_T, F_s, F_k, F_\varepsilon, F_c) \approx$$

$$\left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( hD_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( hD_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] (T, s, k, \varepsilon, C)$$

$$\sigma = \frac{z - z_b}{h}$$

其中， $\eta$  为表面水位； $h = \eta + d$ ，为总水深； $u$ ， $v$  和  $w$  是  $x$ ， $y$  和  $z$  三个方向上的速度分量； $f = 2\Omega \sin \phi$ ，为科氏力参数； $\rho$  为密度； $s$  为点源排放量； $A$  为水平涡粘度系数； $\hat{P}$ ， $\hat{E}$  分别为降雨量与蒸发量。

### 6.1.1.2 边界条件

海面边界条件  $\sigma=1$ ：

$$\omega = 0, \quad \left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 V_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

海底边界条件  $\sigma=0$ ：

$$\omega = 0, \quad \left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 V_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

其中， $(\tau_{sx}, \tau_{sy})$ 、 $(\tau_{bx}, \tau_{by})$  分别为表面风应力与底剪切力在  $x$ ， $y$  方向的分量。

水界输入：

潮流开边界条件考虑了 M2、S2、N2、K2、K1、O1、P1 和 K1 八个主要分潮，模式开边界条件由已有的模式模拟结果提供并结合附近海区的实测资料进行反复调试、确定。水界输入条件如下：

$$\zeta(t) = \sum_{i=1}^6 D_i H_i \cos(\sigma_i t - d_i - g_i)$$

其中： $\zeta$  为水边界的水位值； $i$  为八个主要分潮； $\sigma_i$  为  $i$  分潮角速度； $H_i, g_i$  是  $i$  分潮调和常数，由已有全球模型中查询获取，并内插到开边界各节点； $D_i, d_i$  是  $i$  分潮的天文变量。全球模型采用 Mike 软件自带的潮位预报工具，可提取边界上不同时间段内潮位数据。

### 6.1.1.3 模型参数

#### (1) 时间步长

在模型计算中，时间步长分为总时间步长和内部计算时间步长，其中总时间步长决定了结果输出的形式，同时在每个总时间步长点都对应着一个内部时间步长点，为满足计算稳定的要求，在总时间步长之间还会动态插入内部时间步长。

在该模型中最小时间步长取 0.01s，最大时间步长取 120s。

#### (2) 涡粘系数

采用 Smagorinsky 常系数，取  $C_s=0.28$ 。

#### (3) 海底摩阻

底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼尼系数  $m$  取  $45 \sim 58m^{1/3}/s$ 。

#### (4) 水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中： $C_s$  为常数， $l$  为特征混合长度，由  $S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ , ( $i, j=1, 2$ ) 计算得到。

## 6.1.2 评价海域水动力模型

### 6.1.2.1 计算域及网格设置

海缆项目所建立计算海域为 ABC 三点连线与岸线所围海域，保证光缆模拟区域的计算精度，将光缆周边海域进行多次加密，加密后最小网格间距为 50m。模拟区

域根据光缆的覆盖区域和本研究区开边界处掌握的调和常数确定的。模式垂向采用 sigma 分层, 共分为 10 层, 为了更合理的模拟底层悬浮物, 将底层分层较密。图 6.1-1 为计算域及光缆走向示意图, 网格设置及水深地形如图 6.1-2 所示。

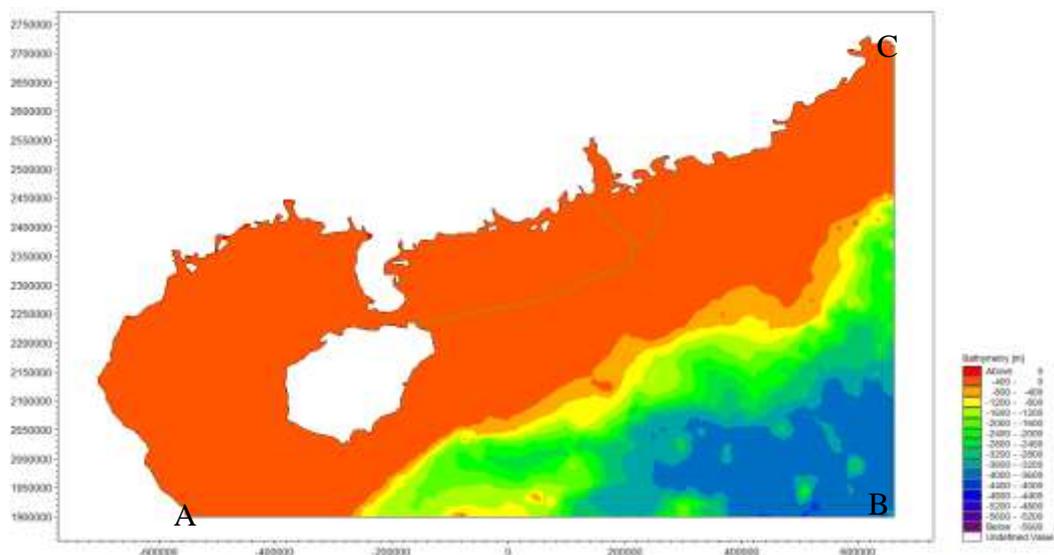


图 6.1-1 计算域及光缆走向

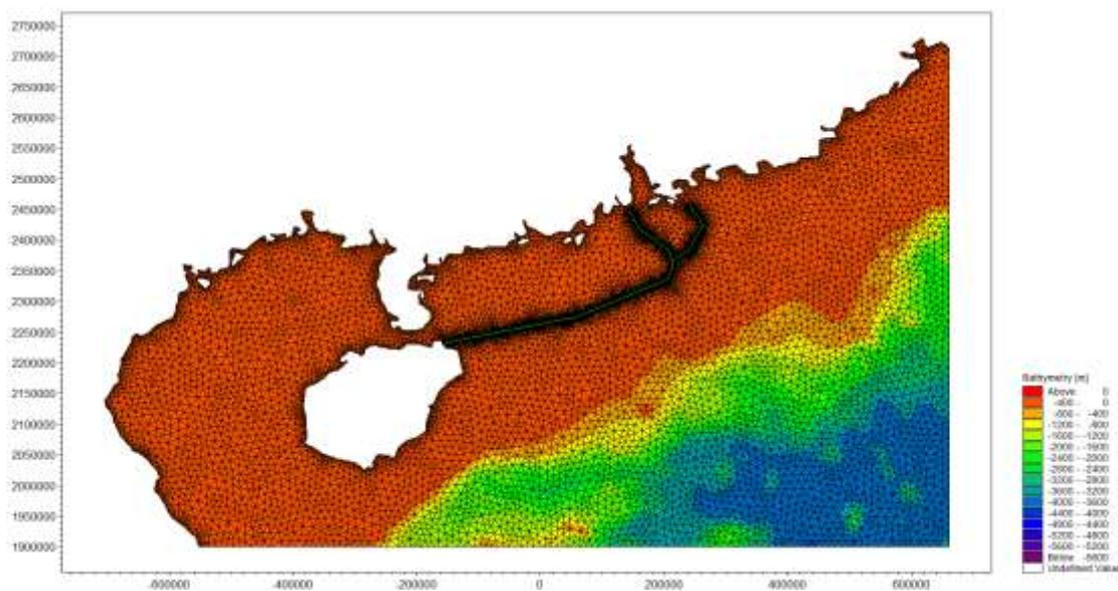
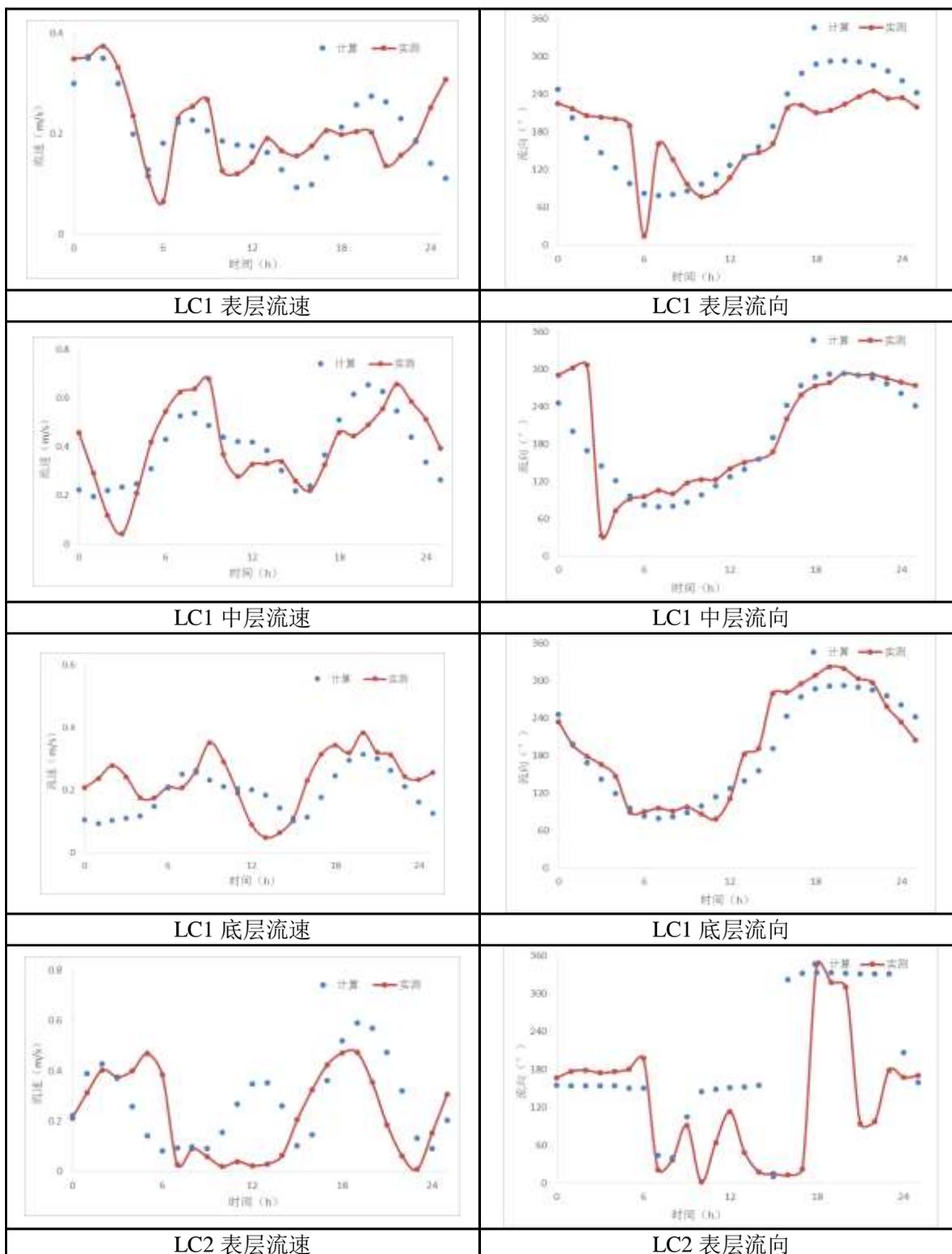


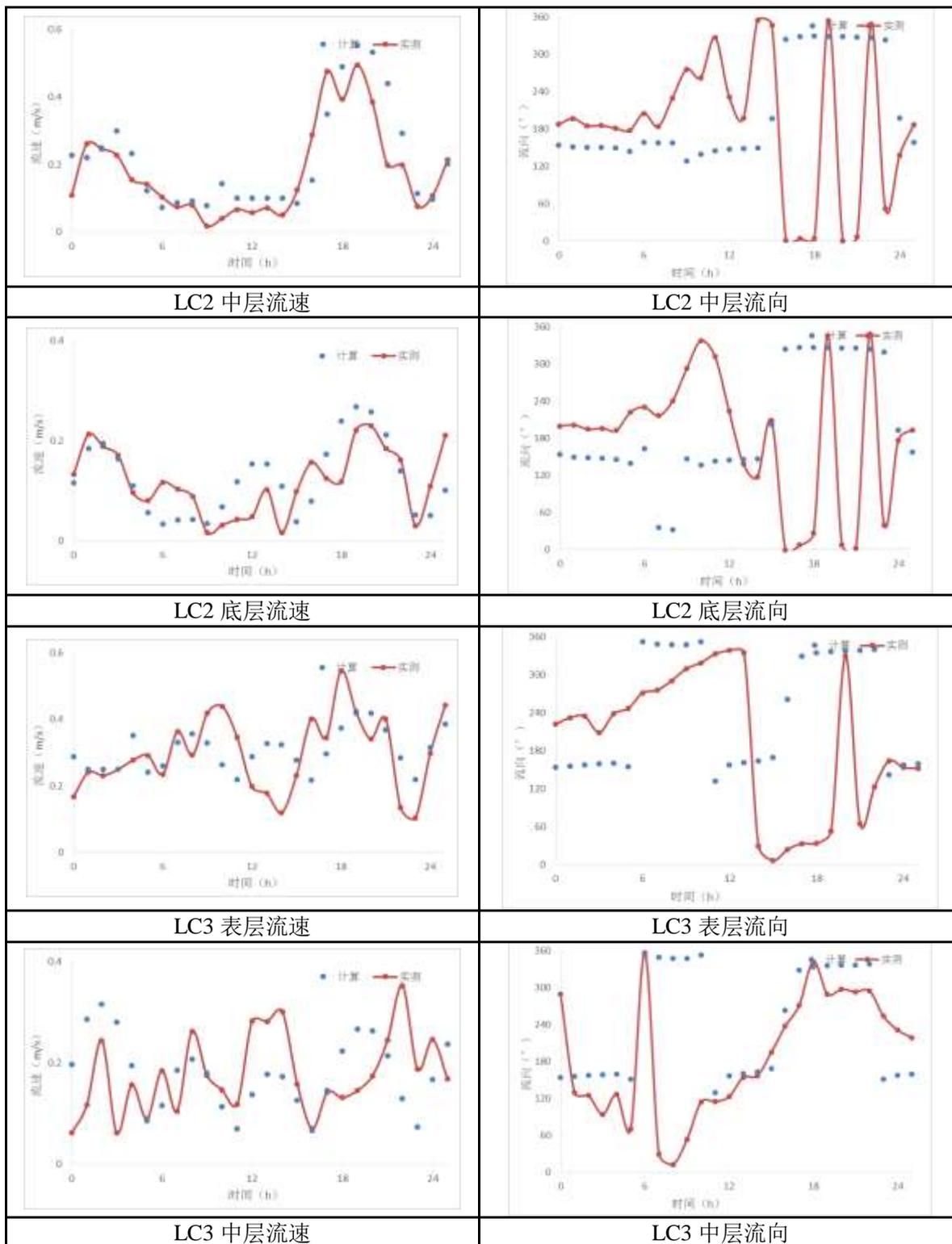
图 6.1-2 网格设置及地形图

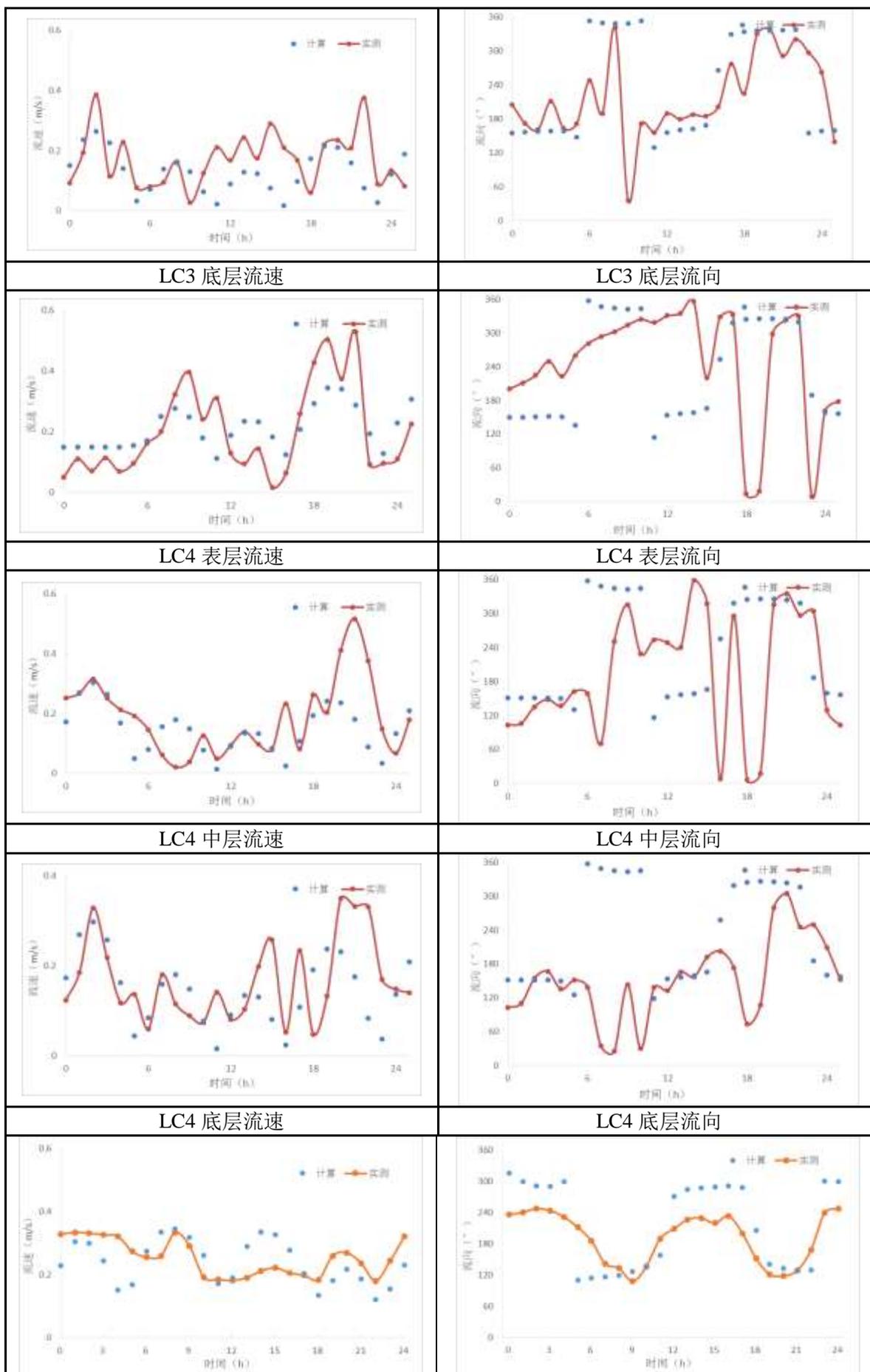
### 6.1.2.2 潮流潮位验证

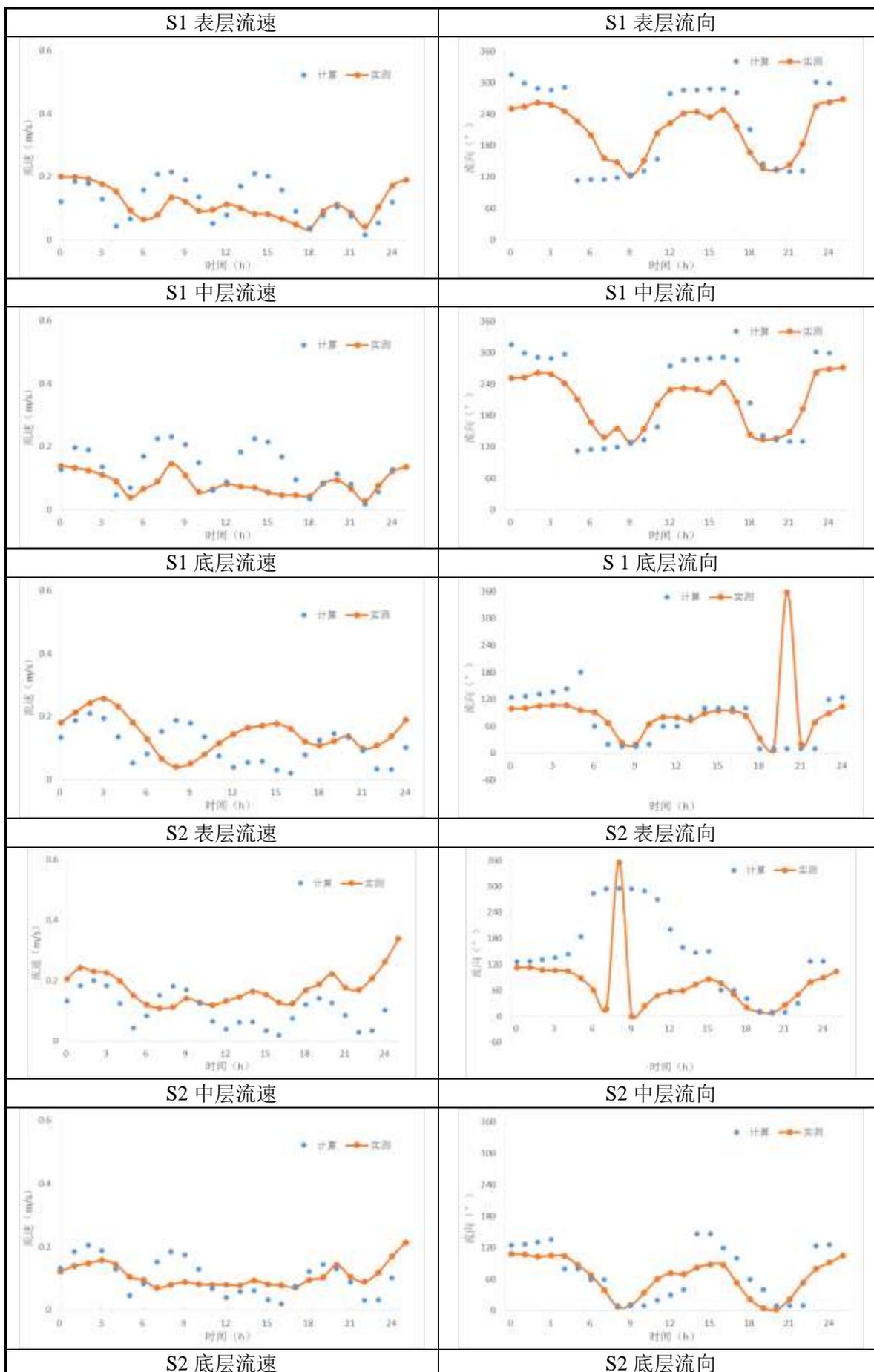
潮流验证资料来源于两部分, 一部分利用国家海洋局南海调查技术中心于 2019 年 9 月 12 日 11 时~13 日 12 时大潮期间实测潮流、潮位资料对模拟结果进行验证, 另外一部分利用 2018 年 7 月 28 日 11 时~29 日 12 时 S1~S4 站实测潮流对模拟结果进行验证, 潮位资料用大万山海洋站的实测资料。实测潮流、潮位资料对模拟结果进行验证。各实测点坐标见表 6.1-1, 各实测站位位置示意见图 6.1-3。图 6.1-4 为各

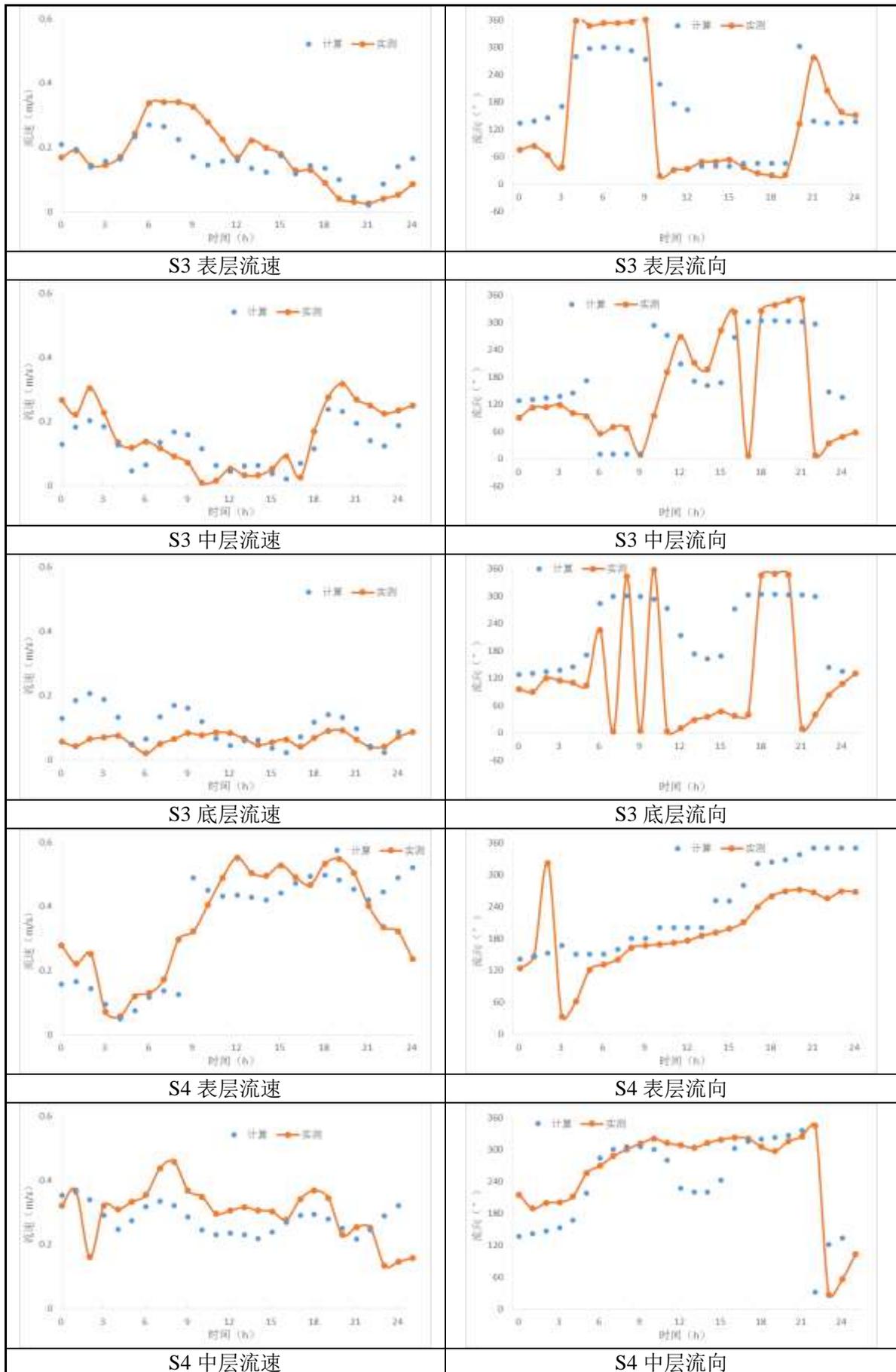












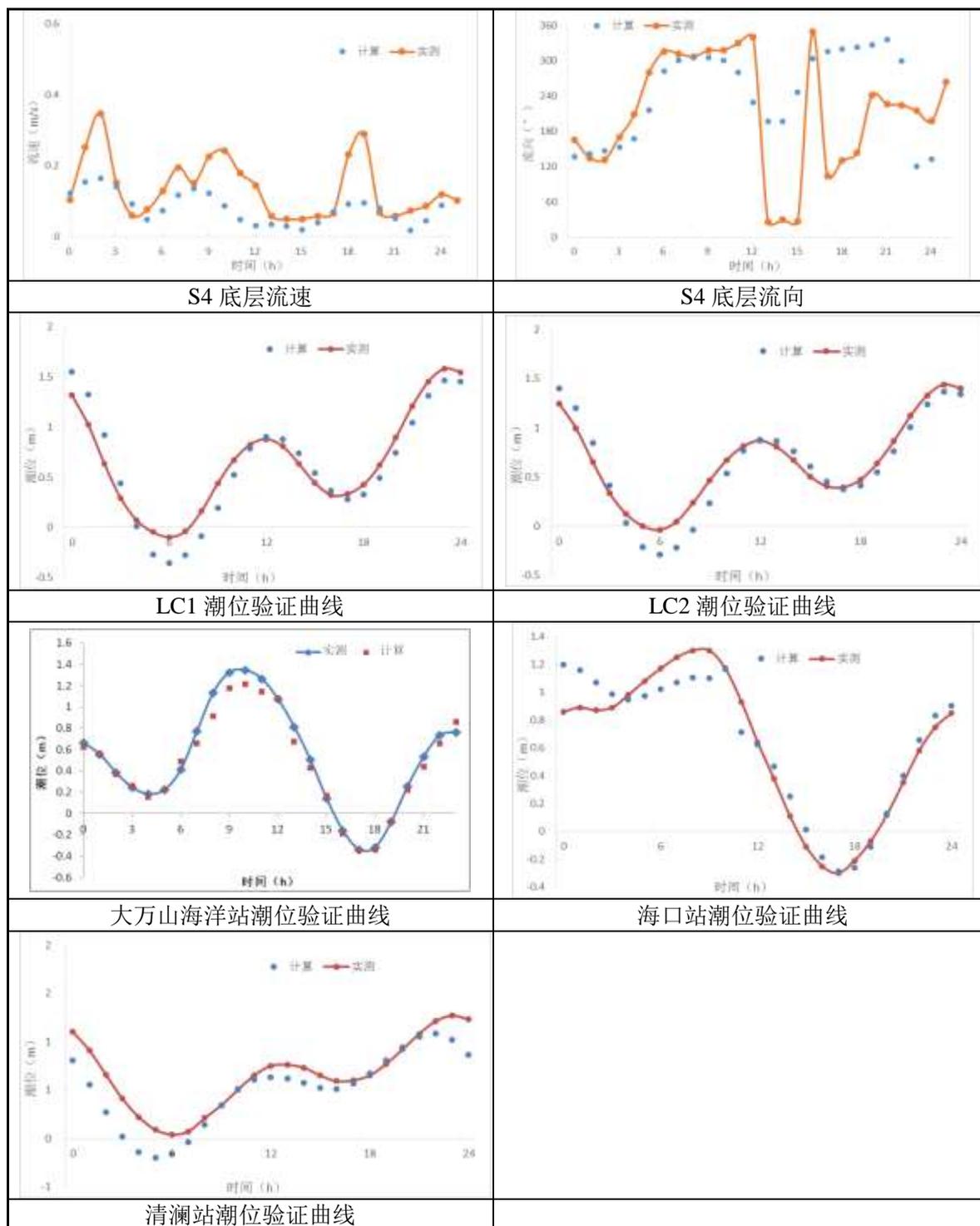


图 6.1-4 流速流向潮位验证曲线

### 6.1.2.3 流场计算结果

图 6.1-5~图 6.1-7 分别为大区域表层、中层、底层涨潮中间时与落潮中间时流场。涨潮中间时，光缆周边区域海流基本为 SE-NW 方向流动，表层流速一般在 20cm/s~60cm/s 之间。落潮中间时，海流为 NW-SE 方向流动，表层流速和涨潮过程流速相当。由图 6.1-8~图 6.1-10 可以看出随着水深的增加，各层流速逐渐减小。

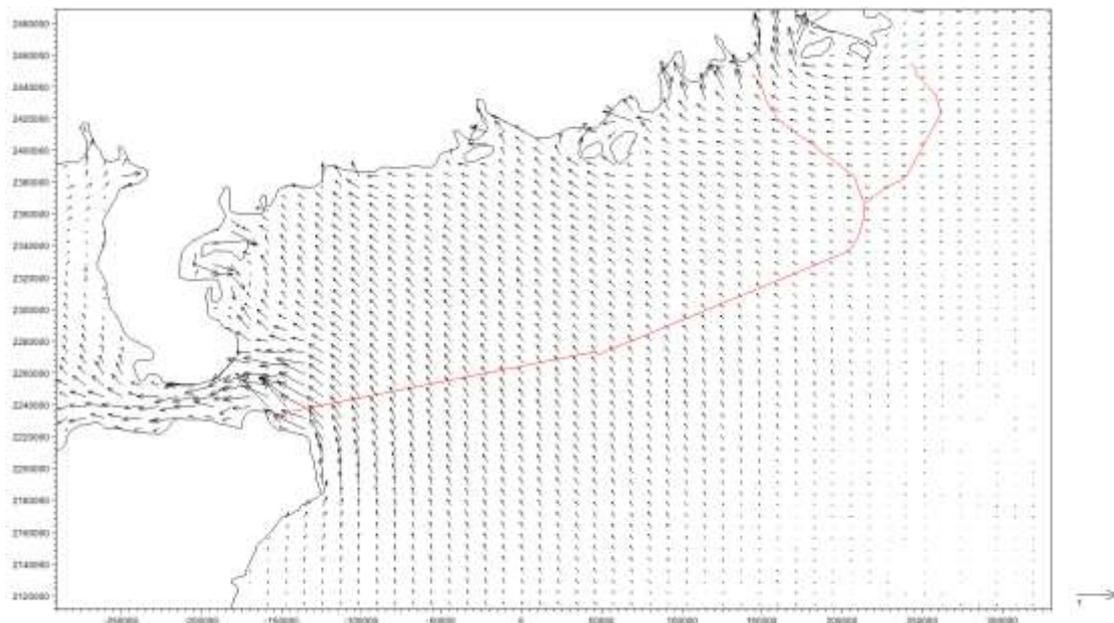


图 6.1-5 大区域涨潮中间时流场（表层）

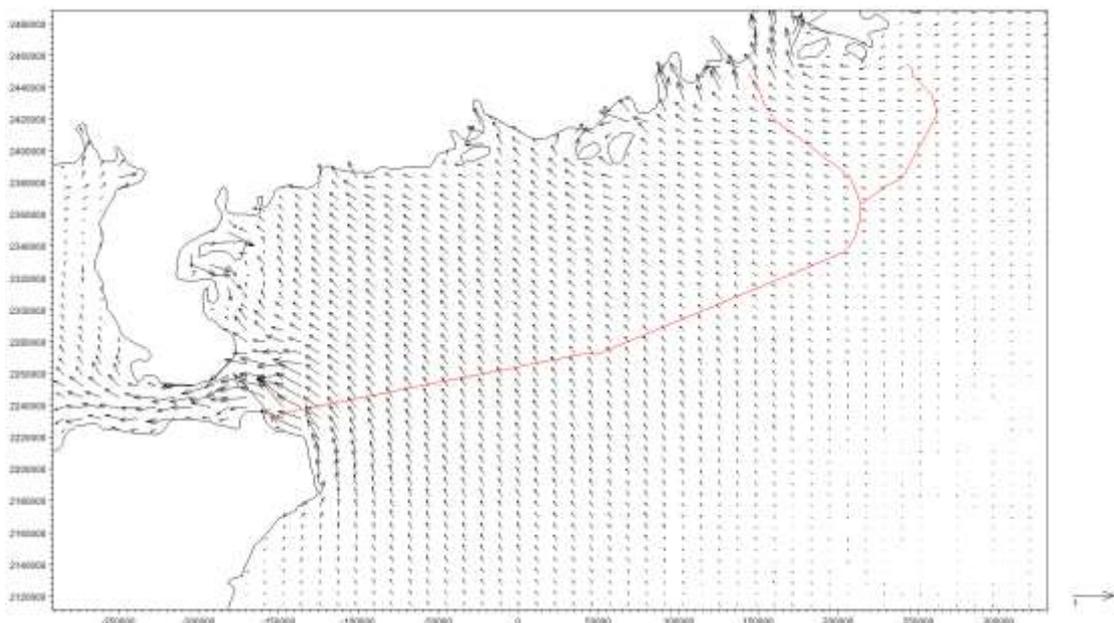


图 6.1-6 大区域涨潮中间时流场（中层）

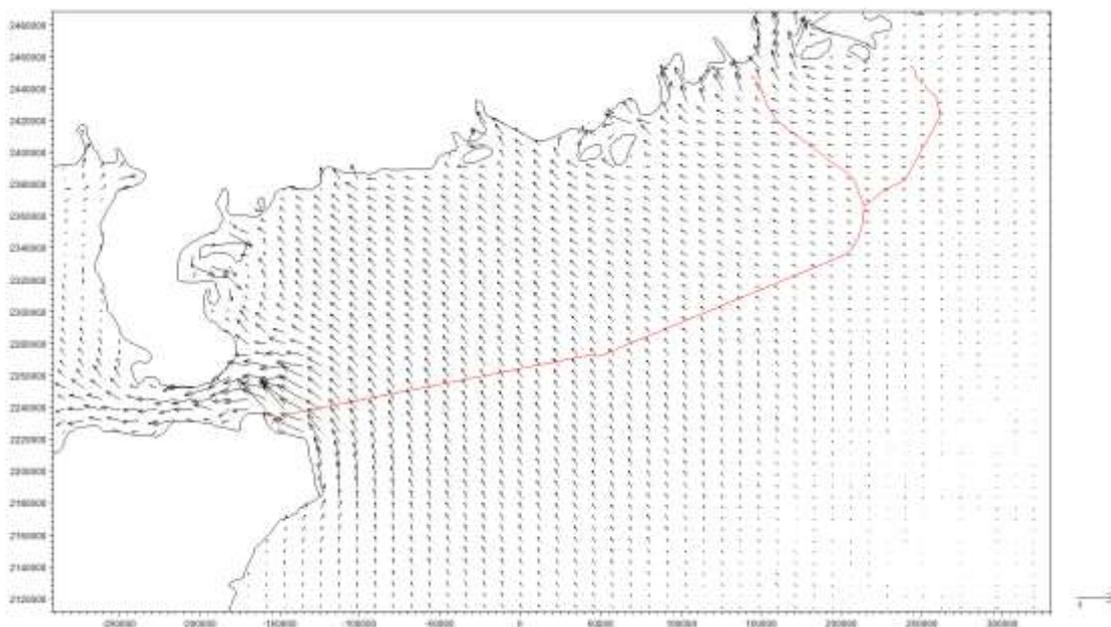


图 6.1-7 大区域涨潮中间时流场（底层）

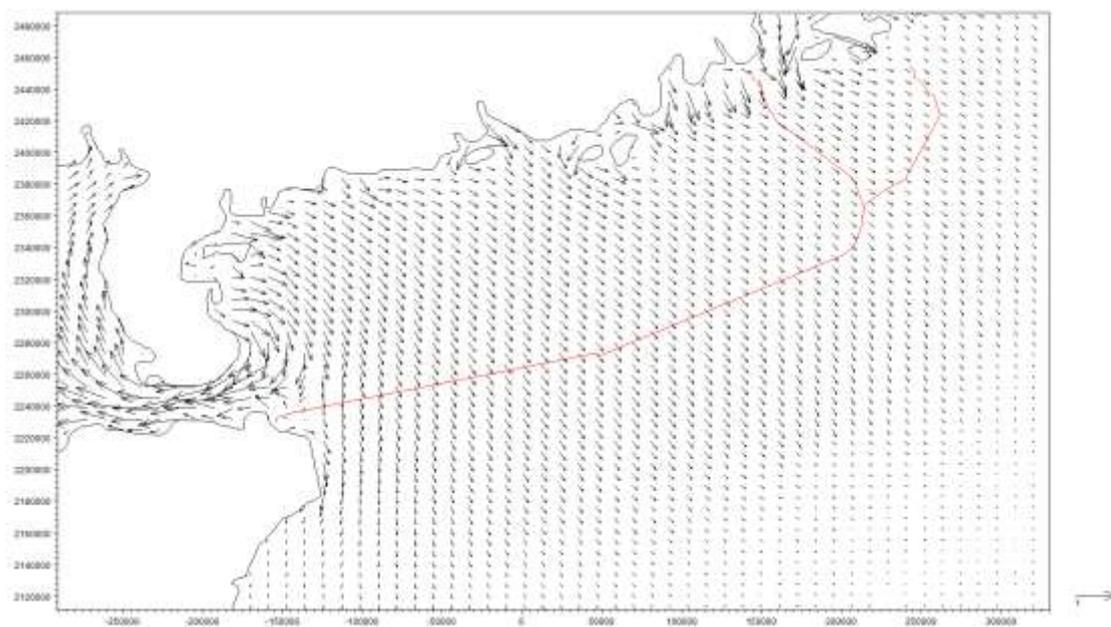


图 6.1-8 大区域落潮中间时流场（表层）

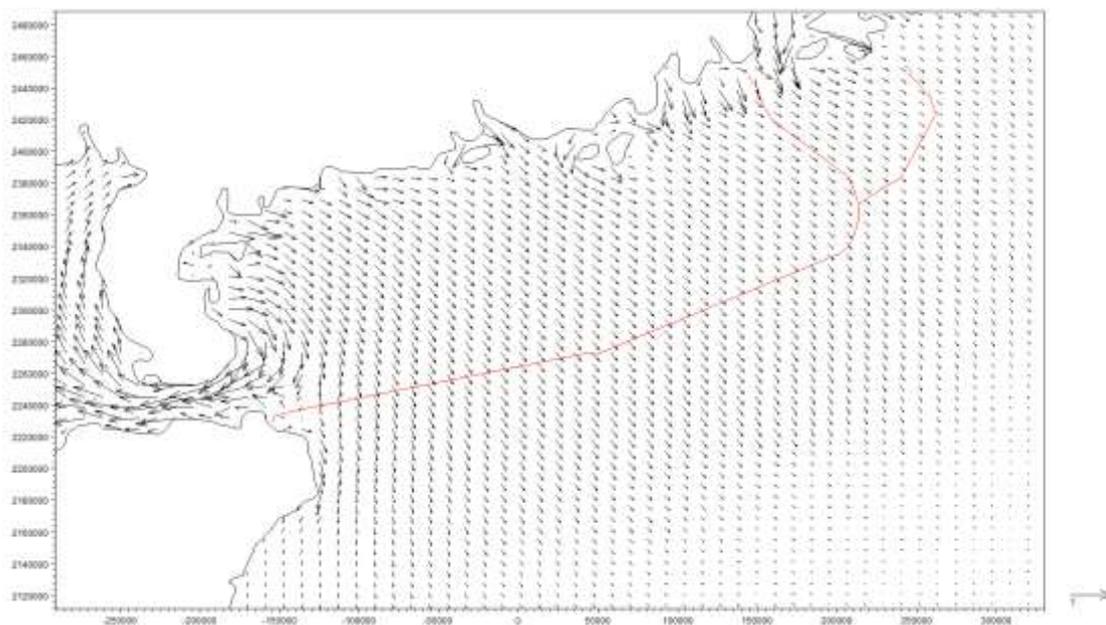


图 6.1-9 大区域落潮中间时流场（中层）

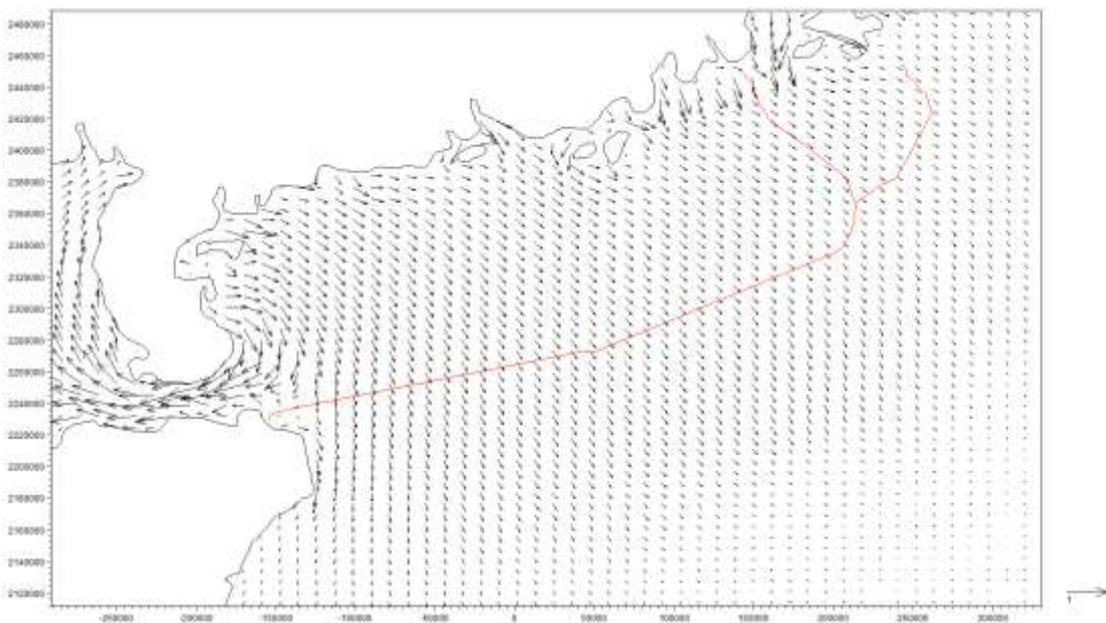


图 6.1-10 大区域落潮中间时流场（底层）

### 6.1.3 水文动力及地形地貌影响

从工程分析可知，海缆项目光缆最大直径为 150mm，进行光缆埋设时埋设深度分别为 3.0m 和 1.5m，所采用的埋设犁冲埋刀的冲埋宽度为 0.3m，扰动宽度按照冲埋宽度的 100% 计算，则扰动宽度为 0.3m；两侧底座宽度均为 1.3m，坐底扰动宽度按照底座宽度的 100% 计算，扰动深度按照 0.1m 计算，底座扰动宽度为 2.6m。光缆施工敷设段直接沿海缆路由将光缆抛入海中；埋设犁或冲埋装置施工过程仅在海底临时切割出一条缆沟，光缆立刻嵌入到缆沟中，埋设犁或冲埋装置经过该区域后，

在潮流作用下海底沉积物会将管沟掩埋，而不需要填埋工作；登陆端低潮露滩段光缆埋设采用机械开挖回填埋设的方式，施工后回填管沟。因此海缆项目对水动力环境无影响，光缆铺设后流场基本无变化，对海洋地形地貌与冲淤环境影响很小。

## 6.2 水质环境影响预测与评价

悬浮物入海后，在海洋水动力的作用下扩散、输运和沉降，形成悬浮物浓度场，对海域环境产生影响。通过预测求得悬浮物的浓度场后，即可依据《海水水质标准》（GB3097-1997），评价其对周围环境的影响程度。在水动力模式的基础上，开展悬浮物影响预测。

## 6.3 水质环境影响预测与评价

悬浮物入海后，在海洋水动力的作用下扩散、输运和沉降，形成悬浮物浓度场，对海域环境产生影响。通过预测求得悬浮物的浓度场后，即可依据《海水水质标准》（GB3097-1997），评价其对周围环境的影响程度。在水动力模式的基础上，开展悬浮物影响预测。

### 6.3.1 三维对流扩散方程

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial wc}{\partial z} - \frac{\partial w_s c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{u_{Tx}}{\sigma_{Tx}} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{u_{Ty}}{\sigma_{Ty}} \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{u_{Tz}}{\sigma_{Tz}} \frac{\partial c}{\partial z} \right) + S$$

$c$  为悬浮物浓度， $w_s$  为泥沙沉速， $u_{Tx}, u_{Ty}, u_{Tz}$  为各向异性涡粘系数，海缆项目取值为 0.01， $\sigma_{Tx}, \sigma_{Ty}, \sigma_{Tz}$  为湍流 Schmidt 数， $S$  为源汇项。其余各项同水动力控制方程。

$S = S_m + S_v$ ，其中  $S_m$  是悬浮物排入的源强，而  $S_v$  是悬浮物的海底垂直通量，表示由于沉降和再悬浮随机过程对源强的修正。

$$S_v = \alpha W (\beta S_* - \gamma C)$$

其中： $\beta = 1$ ，当  $u, v \geq u_c$  时； $\beta = 0$ ，当  $u, v < u_c$  时。

$\gamma = 1$  当  $u, v \leq u_f$  时； $\gamma = 0$  当  $u, v > u_f$  时。

$\alpha$ ：泥沙颗粒沉降几率，决定于湍流强度和悬浮质点粒径；

$u_f$  : 扬动流速;

$u_c$  : 起动流速;

$S_*$  : 水流挟沙能力;

$W$  : 悬浮颗粒的沉降速度, 按下列公式求得:

$$W = \sqrt{\left(13.95 \frac{\eta}{d}\right)^2 + 1.09 \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} gd} - 13.95 \frac{\eta}{d}$$

$\eta$  是海水分子运动粘性系数, 取  $1.007 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ ,  $d$  是  $d_{50}$ , 为沙粒中径。

$u_c$  和  $u_f$  分别是起动流速和扬动流速。据窦国仁公式

$$u_c = 2.72 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} gd + 0.19 \frac{\varepsilon_k + g\delta H}{d}}$$

$\rho$  为海水密度,  $\varepsilon_k$  为粘结力系数,  $\varepsilon_k = 2.56 \text{cm}^3/\text{s}^2$ ,  $\delta$  为薄膜水厚度,  $\delta = 0.213 \times 10^{-4} \text{cm}$ ,

据海缆项目海域的  $H$  值、泥沙粒径和泥沙密度求得  $u_c$ 。

悬浮物的淤落条件, 决定于水流速度和悬浮颗粒的扬动流速。利用扬动流速  $u_f$  的计算公式:

$$u_f = 12.76 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} gd}$$

可求的颗粒的扬动速度  $u_f$ 。

悬浮物造成底床变形方程:

$$\gamma_0 \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = \alpha \omega (C - S_*)$$

式中,  $\eta_s$  为悬沙引起的海底床面冲淤厚度,  $\gamma_0$  为悬沙干容重,  $S_*$  为挟沙能力, 分别由以下两式计算:

$$\gamma_0 = 1750 d_{50}^{0.183}$$

$$S_* = \alpha_0 \frac{\rho_0 \rho_s}{\rho_s - \rho_0} \left( \frac{(\sqrt{u^2 + v^2})^3}{c^2 (h + \zeta) \omega} + \beta_0 \frac{H^2}{(h + \zeta) \Gamma \omega} \right)$$

$d_{50}$  为悬浮物中值粒径(mm), 本次计算悬浮物平均中值粒径取  $0.018 \text{mm}$ , 因此,  $\gamma_0 \approx 839 \text{kg}/\text{m}^3$ 。  $\rho_s$  为泥沙容重,  $2650 \text{kg}/\text{m}^3$ ,  $\rho_0$  为海水的容重,  $1025 \text{kg}/\text{m}^3$ ,

$\alpha_0 = 0.016$ ,  $\beta_0 = 4.65 \times 10^{-5} h^{-1.43}$ ,  $c$  为 Chezy 系数,  $c = h^{1/6} / n$ ,  $n$  为 Maning 糙率系数, 本文根据验证情况进行调整。

边界条件:

$$\text{固边界上, } \frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

$$\text{开边界上, } \frac{\partial C}{\partial t} + V_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0 \quad \text{出流段; } C(x, y, t) = 0 \quad \text{入流段。}$$

### 6.3.2 悬浮物浓度预测计算方法

根据水动力模拟预测结果, 在悬浮物模拟过程中采用水动力的网格, 即划分为自上而下 10 层, 每层厚度为水深的 1/10。表层为第一层, 中层为第五层, 底部为第 10 层。

浓度计算的时间步长为 10s, 在所有预测的潮周期  $T$  ( $T$  为半个月, 已包括大潮, 中潮, 小潮三个潮期) 中, 每个网格点可获得  $T/10$  个浓度数据。浓度增量指的是该网格点上所有  $T/10$  个数据中的最高瞬时浓度, 等值线分布图为各点最高浓度瞬时值的连线。

### 6.3.3 悬浮物扩散预测

#### 6.3.3.1 悬浮物排放源强

源强设置如下表所示。悬浮物预测点设置见表 6.3-1。

表 6.3-1 悬浮物模拟源强设置

路由	施工阶段	路由长度/km	预测源强	预测点设置 (数量)
文昌-BU	近岸段 (0.15-1.584)	1.434	10.81	1
	近岸段 (1.584-3.363)	1.779	21.14	1
	主施工段 (3.363-29.95)	26.587	26.44	2
	主施工段 (29.95-117.252)	87.302	23.93	8
	主施工段 (117.252-255.765)	138.513	26.44	14
	主施工段 (255.765-408.528)	152.763	23.93	15
珠海-BU	近岸段 (0.025-6.161)	6.136	9.79	1
	近岸段 (6.161-19.054)	12.893	29.14	1
	主施工段 (19.054-110.891)	91.837	23.93	9
香港-BU	主施工段 (38.173-152.837)	114.664	23.93	11

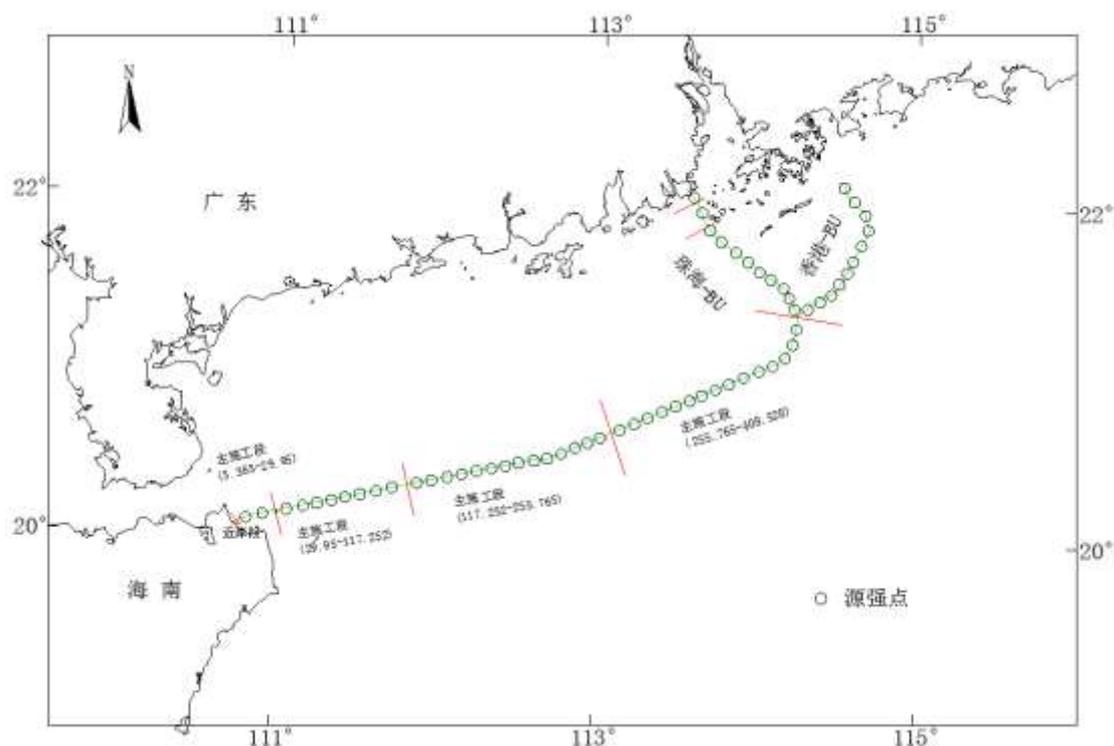


图 8.2-1 悬浮物计算源强点

### 6.3.3.2 悬浮物预测结果

图 6.3-1~图 6.3-3 分别为光缆埋设期间表层、中层、底层悬浮物最大可能增量包络图。表 6.3-2 和表 6.3-3 为各层悬浮物超标面积及离光缆最大距离统计结果。从预测结果可以看出，光缆埋设产生的悬浮物主要集中于近岸区域和光缆两侧，对底层影响较大。

光缆埋设期间表层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为  $22.5\text{km}^2$ ，超第三类水质标准面积  $10.2\text{km}^2$ ，超第四类水质标准面积为  $8.6\text{km}^2$ 。超第一类水质海域距离光缆最大距离为  $0.7\text{km}$ ，施工结束后  $2.0\text{h}$  即可恢复为第一类水质标准。表层悬浮物扩散范围见图 8.2-2。

中层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为  $90.4\text{km}^2$ ，超第三类水质标准面积  $40.5\text{km}^2$ ，超第四类水质标准面积为  $15.5\text{km}^2$ 。超第一类水质海域距离光缆最大距离为  $0.8\text{km}$ ，施工结束后  $2.5\text{h}$  可恢复为第一类水质标准。中层悬浮物扩散范围见图 8.2-3。

底层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为  $180.5\text{km}^2$ ，超第三类水质标准面积为  $80.4\text{km}^2$ ，超第四类水质标准面积为  $53.7\text{km}^2$ 。超第一类水质海域距离光缆最大距离为  $2.1\text{km}$ ，施工结束  $4.5\text{h}$  后海水恢复第一类水质标准。底层悬浮物扩散范围见图 6.3-3。

表 6.3-2 悬浮物扩散超标面积 (km<sup>2</sup>)、离光缆最大距离 (km) 统计表

水质标准		表层	中层	底层
超第一类	包络线面积	22.5	90.4	180.5
	离光缆最大距离	0.7	0.8	2.1
超第三类	包络线面积	10.2	40.5	80.4
	离光缆最大距离	0.5	0.6	0.8
超第四类	包络线面积	8.6	15.5	53.7
	离光缆最大距离	0.3	0.4	0.5
恢复第一类水质时间 (h)		2.0	2.5	4.5

表 6.3-3 不同超标倍数影响面积

	0<Bi<1	1<Bi<4	4<Bi<9	9<Bi	合计
表层	1.5	2.4	8.1	10.5	22.5
中层	10.4	20.1	19.4	40.5	90.4
底层	30.7	27.8	41.6	80.4	180.5

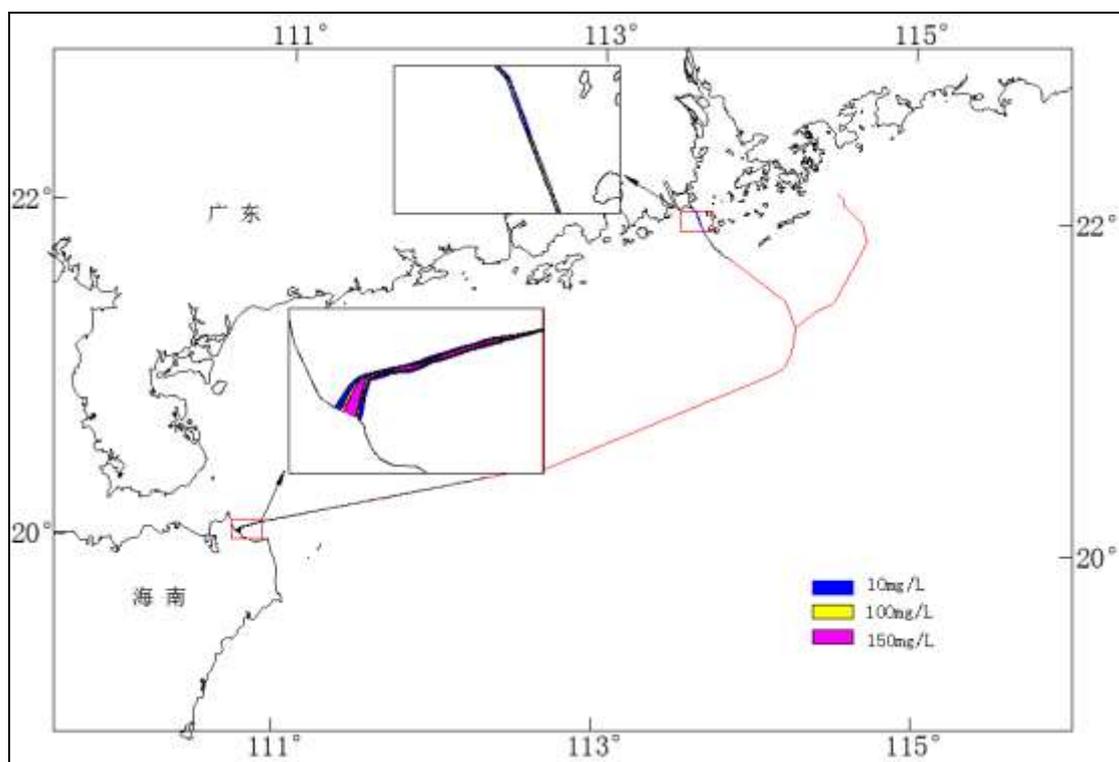


图 6.3-1 表层悬浮物扩散范围示意图

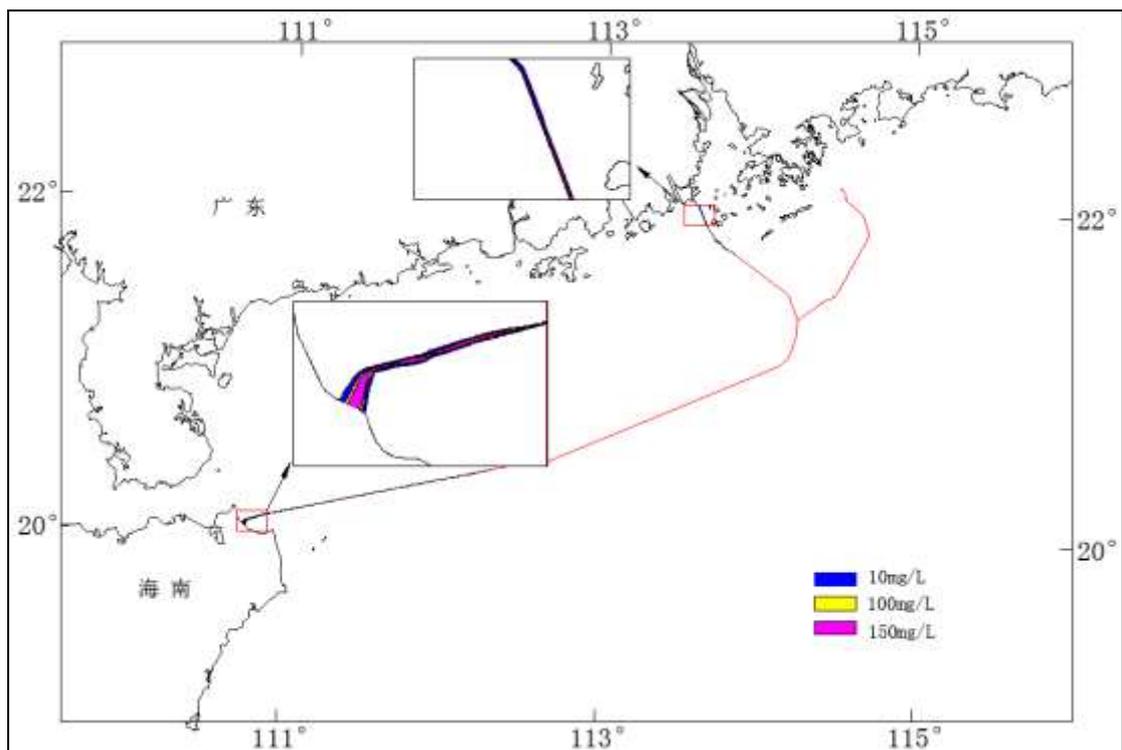


图 6.3-2 中层悬浮物扩散范围示意图

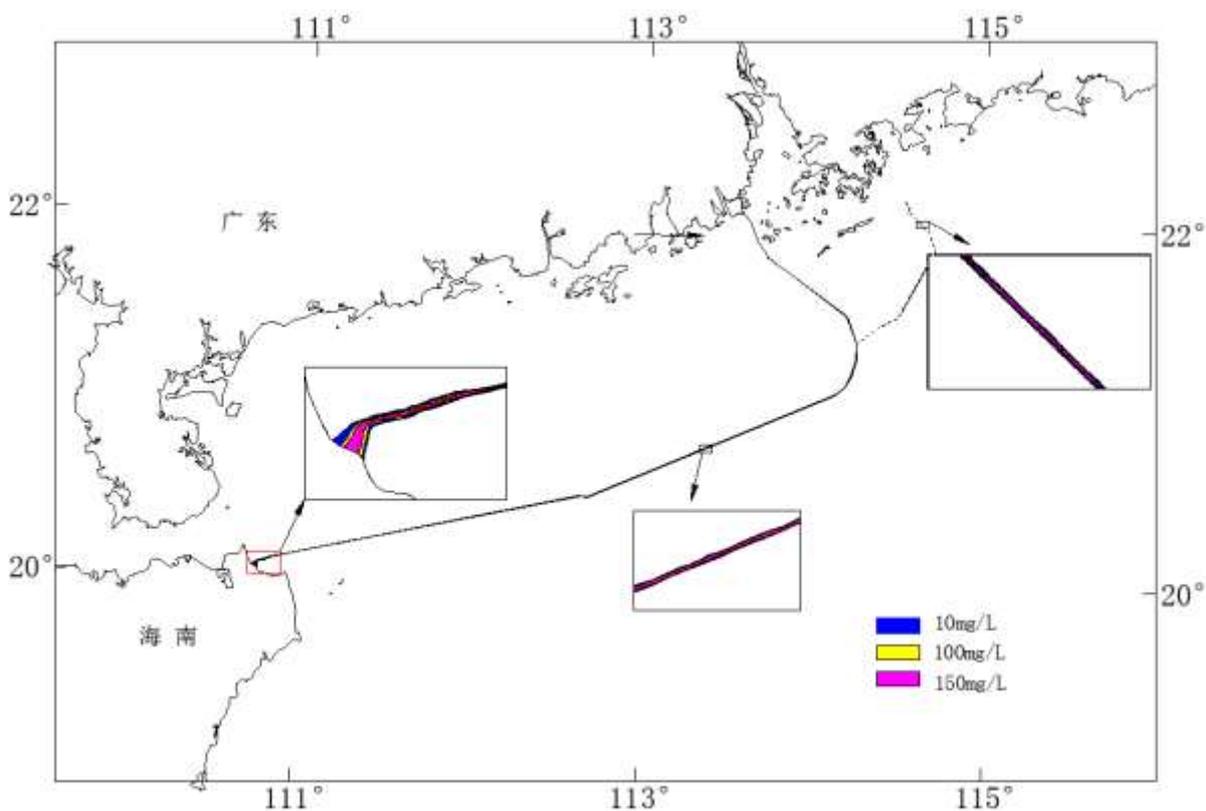


图 6.3-3 底层悬浮物扩散范围示意图

### 6.3.4 船舶污水排海对水环境影响分析

废水主要来自船舶施工期间船员的生活污水、机舱油污水等几部分。

生活污水经生活污水处理装置，进行消毒和生化处理后。在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域：a) 不得直接排入环境水体；b) 利用船载收集装置收集，排入接收设施；或利用船载生活污水处理装置处理，处理装置出水口满足相应标准。在 3 海里<与最近陆地间距离 $\leq$ 12 海里的海域：同时满足：a) 使用设备打碎固形物和消毒后排放；b) 船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。在与最近陆地间距离 $>$ 12 海里的海域：船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。

机舱油污水经船舶油污水处理装置处理后，油污水处理装置出水口石油类限值为 15mg/L，在船舶航行中排放，禁止在特殊区域排放。

各施工阶段船舶污水的处理及排放符合《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《关于 1973 年国际防止船舶造成污染公约》的 1975 年议定书中的相应要求。

同时光缆施工时间短、污水量小、排放量较小、对施工海域水质的影响较小。

## 6.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

### 6.4.1 施工期对沉积物环境影响分析

施工期内扫海作业、光缆埋设作业和交越段施工作业所搅起来的海底沉积物被堆积在管沟两侧，并且在施工结束后，海底沉积物在海水运动作用下将回填于管沟，因此施工对底质的直接影响就是泥沙的冲起和覆盖。

珠海和文昌登陆段低潮露滩岸区沟槽采用直挖方式，深度约 1.5m，直接挖沟影响宽度 1m，文昌段长度 0.15km，珠海段 0.025km，影响潮间带的范围主要包括开挖部分及表土堆砌部分，开挖出的表土堆砌于管沟两侧以及施工便道占地宽度按 20m 计算，可以得出登陆段管沟开挖影响面积为 0.305hm<sup>2</sup>。

扫海作业期间，扫海船在海底路由中心线左右 0.5m 范围内进行扫海，摸清、扫除路由上有碍埋设作业的所有障碍物；光缆埋设作业期间，所采用的埋设犁冲埋刀的冲埋宽度为 0.3m，两侧底座宽度均为 1m，底座之间距离为 2.4m；交越段施工期间，ROV 扰动宽度为 0.3m。由于扫海部分海域与埋设刀重叠，鉴于埋设对沉积物影响更大，本次计算将该部分海域统计于埋设施工中，同时综合考虑扫线路由偏差和打扫渔网海床垃圾会扩大作业宽带，将埋设犁底座之间间隙内海床算入影响范围，海缆施工直接影响沉积物面积约 3121.55 $\times$ 10<sup>3</sup>m<sup>2</sup>，计算结果见表 6.4-1。海缆项目对

海洋沉积物影响经过一段时间海流的自然冲刷能够恢复到埋设之前的状态，海缆项目光缆施工期对海洋沉积物影响较小。

表 6.4-1 海缆埋设施工对沉积环境影响分析

施工阶段	分段路由		路由长度	扰动宽度 (m)	扰动面积 (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )
			(km)		
埋设	珠海登陆段		0.15	20	3
	文昌登陆段		0.0025	20	0.05
扫海	全路由段 (不含交越段)		610	2.1	1281
埋设	全路由段 (不含交越段)	埋设刀	610	183	183
		底座	610	1220	1586
ROV	交越段		25	0.3	7.5
合计					2694.55

## 6.4.2 运行期光缆腐蚀对沉积环境影响分析

登陆段处采用的关节套管材料为铸铁管，含硫量小于 0.007%。铸铁管抗腐蚀能力强，即使长期暴露在海洋腐蚀环境下，也不会因为管体腐蚀而污染海洋沉积物环境。工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

海缆埋设或放置在海底，与海底沉积物直接接触，腐蚀的主要发生区是在全浸区和海底泥土（海底沉积物）区，海水对金属具有腐蚀性，但海缆项目光缆金属外层采取了防腐措施，在一定程度上减少了海水腐蚀。各种类型的光缆均考虑了对海水腐蚀的防护作用，避免光缆被腐蚀破坏后重金属溶出对海水水质及沉积物的影响。

轻型光缆的外层防腐层物质主要为天然中密度聚乙烯和阻水填充物。中密度聚乙烯可抗常规浓度硫化氢的腐蚀；阻水填充物可防止里面金属钢线被腐蚀。铠装光缆的外层防腐层为金属钢线镀锌和沥青尼龙线。沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀，金属钢线镀锌可避免光缆接头处的金属线被腐蚀。

表 6.4-2 光缆的防腐层介绍

光缆类型	外层防腐层	防腐层简介
轻型光缆	天然中密度聚乙烯、阻水填充物	中密度聚乙烯可抗常规浓度硫化氢的腐蚀；阻水填充物可防止里面金属钢线被腐蚀。
专用光缆	黑色高密度聚乙烯、金属复合带镀锌	高密度聚乙烯可以抗超过 10mg/L 硫化氢腐蚀；金属带镀锌保护壳避免光缆接头处的金属复合带腐蚀
铠装光缆	金属钢线镀锌、沥青尼龙线	沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀，金属钢线镀锌可避免光缆接头处的金属线被腐蚀。

光缆原料及其它辅料可能经海水腐蚀后溶出重金属，影响海水水质及沉积物环境。海缆项目的所有原料均进行了抗 25 年海水腐蚀的防腐设计，各种光缆连接装置

的外部保护外壳均为铜合金，不需要阴极镀层保护即可起到防腐作用，基本不会溶出有害物质，对海洋沉积物基本不产生影响。

## 6.5 海洋生态环境影响分析与评价

海缆项目对海洋生态环境产生的影响主要体现在光缆埋设段施工期搅起的悬浮物对周围海域生物资源造成一定的影响，通过生物损失计算来进一步体现其影响程度。

### 6.5.1 生物资源损失量评估公式

生物资源一次性平均受损量，按下式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中： $W_i$ 为第*i*类生物资源一次性平均损失量（尾，个，kg）； $D_{ij}$ 为某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*类生物资源密度（（尾，个，kg）/km<sup>2</sup>）； $S_j$ 为某一污染物第*j*类浓度增量区面积（km<sup>2</sup>）； $K_{ij}$ 为某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*类生物资源损失率（%）； $n$ 为某一污染物浓度增量分区总数。

每年渔业生物资源的累计损害量，按下式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中： $M_i$ 为每年第*i*类生物资源累计损害量（尾，个，kg）； $W_i$ 为第*i*类生物资源一次性平均损失量（尾，个，kg）； $T$ 为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以15）。

生物资源的基本参数按照珠海、香港、文昌近岸段及离岸段的各期调查结果取平均值，如表 6.5-1 所示。

表 6.5-1 生物资源损失计算参数

各分段	调查时间	底栖生物 (g/m <sup>2</sup> )	鱼卵密度 (×10 <sup>-3</sup> 个/m <sup>3</sup> )	仔鱼密度 (×10 <sup>-3</sup> 尾/m <sup>3</sup> )	游泳生物密度 (kg/km <sup>2</sup> )	潮间带生物 (g/m <sup>2</sup> )
香港	2018年 4月	22.37	143.76	20.92	174	
	2018年 9月	8.29	37.08	121.89	70.026	
珠海	2019年 5月	7.47	153	121	113.986	18.59
	2019年	5.22	334	29	111.33	25.89

	9月					
文昌	2019年8月	23.93				74.36
	2019年10月	48.24				74.78
主干线	2019年10月	9.61	614	21	100.632	
	均值	17.88	256.37	62.76	113.99	-

### 6.5.2 对浮游植物的影响分析

浮游植物是海洋有机质的主要生产者，它是浮游动物的基础饵料，也是海洋食物网结构的基础环节，在海洋生态系统的物质循环与基础能量转换过程中起着重要作用。

由于悬浮物的含量增高，增大了水体的消光系数降低光线射深度，可降低海水的透光率，一方面影响浮游植物的光合作用，在一定程度上影响水体的浮游植物的生长与繁殖，降低了海洋初级生产力；另一方面，由于悬浮物快速下沉，有部分浮游植物被携带而随之下沉，使水体中浮游植物遭受一定的损害。

施工作业期间，海缆埋设作业期间搅起的悬浮物使施工区周围海水中悬浮物浓度增大，透明度下降，引起浮游植物的光合作用的减少，对浮游植物会产生一定的影响和破坏作用。但由于悬浮物影响的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮物的排放，其影响将会逐渐减轻。

### 6.5.3 对浮游动物的影响分析与评价

据有关研究结果，悬浮物含量增多对浮游桡足类的存活和繁殖有明显的抵制作用，过量悬浮固体使其食物过滤系统和消化器官受到堵塞，当悬浮物含量达到300mg/L以上时，影响特别显著。当水中悬浮浓度突然增高时，在超标区域内的浮游动物无法逃避高浓度悬浮物的污染影响，有可能大部分或全部死亡。由于施工时悬浮物为连续排放，中心区域悬浮含量过高，从而削减了海水真光层厚度，在一定程度上影响了水体中的初级生产力，浮游生物量下降，进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物，其单位水体中拥有的生物量也必然相应地减少，因而影响整个食物链的各个环节。施工作业期间，海缆埋设作业期间搅起的悬浮物使施工区周围海水中悬浮物浓度增大，从而削减了浅水段海水真光层厚度，在一定程度上影响了水体中的初级生产力，对浮游动物会产生一定的影响和破坏作用。但由于悬浮物影响的时

间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮物的排放，其影响将会逐渐减轻。

#### 6.5.4 登陆段对潮间带生物及滩涂植被的影响分析与评价

珠海和文昌登陆段低潮露滩岸区沟槽采用直挖方式，深度约 1.5m，直接挖沟影响宽度 1m，文昌段长度 0.15km，珠海段 0.025km，影响潮间带的范围主要包括开挖部分及表土堆砌部分，开挖出的表土堆砌于管沟两侧以及施工便道占地宽度按 20m 计算，可以得出登陆段管沟开挖影响面积为 0.305hm<sup>2</sup>。施工结束后，砂石回填至沟内，随着时间推移，开挖区域的潮间带生物会逐渐恢复，工程建设对潮间带的影响按一次性计算。

潮间带生物的损失量按下式计算：

$$W=D \times S \times K$$

式中： $W$  为生物一次性损失量，单位千克(kg)； $D$  为生物资源密度，单位为(g/m<sup>2</sup>)； $S$  为管沟开挖影响面积，单位为平方米(m<sup>2</sup>)； $K$  为生物资源损失率(%)。

根据珠海和文昌潮间带调查结果，选取表 6.5-1 中潮间带生物量的参数来计算本次潮间带生物的损失，潮间带生物损失率分别按照 100% 计算。按上述公式计算得由登陆段建设导致的潮间带生物损失量为 0.07t。

#### 6.5.5 对底栖生物的影响分析与评价

海缆扫海、埋设和冲埋作业会对其周围底栖生物造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿光缆路由一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的搅起和掩埋作用，将对大部分底栖生物带来影响。施工结束后，随着时间的推移，光缆路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

底栖生物的损失量按下式计算：

$$W=D \times S \times K$$

式中： $W$  为底栖生物一次性损失量，单位千克(kg)； $D$  为底栖生物资源密度，单位为(kg/km<sup>2</sup>)； $S$  为施工扰动的面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>)； $K$  为因施工扰动造成的底栖生物资源损失率(%)。

根据各站位调查结果，选取表 6.5-1 中底栖生物量的参数来计算本次底栖生物的损失，扫海扰动区域、埋设作业扰动区域、ROV 扰动区域的底栖生物损失率分别按照 60%、100% 和 100% 计算。按上述公式计算得由光缆各段建设导致的底栖生物损

失量计算结果见表 6.5-2，总计损失底栖生物 38.95t。

表 6.5-2 光缆各段路由施工期对底栖生物的一次性损失量

	影响面积 ( $\times 10^3 \text{m}^2$ )	损失率 (%)	底栖生物量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	损失量 (t)
扫海作业	1281	60	17.88	13.74
埋设作业	1403	100	17.88	25.08
ROV	7.5	100	17.88	0.13
合计				38.95

### 6.5.6 对渔业资源的影响分析与评价

悬浮物对鱼类和其他水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮固体在水中的影响，一类是悬浮固体沉降到水底后产生的影响。

欧洲大陆渔业咨询委员会 (EIFAC, 1965) 评价了悬浮固体对鱼类的影响。把悬浮固体对鱼类和鱼类饵料生物种群所产生的不良影响分成四种形式：直接影响鱼类在有悬浮固体的水体中游泳，造成鱼类死亡或者是降低鱼类的生长速率，对疾病的抵抗力等等；妨碍鱼卵和幼体的良好发育；限制鱼类的正常运动和洄游；使鱼类得不到充分的食物。

覆盖在水底的沉淀物会损害无脊椎生物种群，堵塞产卵的砾石层，鱼卵就会大量死亡。悬浮物的增加减少了透光层深度，从而减少了初级生产量并减少了鱼类的饵料。美国科学院和美国工程科学院联合委员建议，光透射深不得减少 10% (美国科学院, NAS, 1974)。同时，由于颗粒物吸收了较多的热量，从而使水体趋于稳定，阻止了上下混合，致使近表面层被加热，上下混合程度的减少，也减少了表面水中的溶解氧和营养物向水体下部的扩散。长期生活在高浑浊水中的海洋生物，其鳃部会被悬浮物质充满而影响呼吸和发育，甚至引起窒息死亡。此外，水中悬浮物质长期过量会妨碍海洋生物的卵及幼体的正常发育，破坏其栖息环境，并抑制水生生物的光合作用，减少海洋动物的饵料。

施工过程扰动的悬浮物对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍有水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游植物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。

海缆项目对鱼卵和仔稚影响较大的是铺设海底光缆埋设作业，若在产卵季节进行施工作业，将对鱼卵和仔稚鱼造成一定的影响。

根据各站位调查结果，选取表 6.5-1 中鱼卵、仔稚鱼密度和游泳生物密度评价密度来计算。鱼卵和仔稚鱼主要分布在表层，依据表层和中层悬浮物超标面积平均值计算损失，平均按 30 米水深计算，游泳生物损失量计算依据表中底层悬浮物超标面积平均值计算。根据悬浮物增量扩散的的预测成果估算损失渔业生物量，见表 6.5-3。海缆埋设作业期间搅起的悬浮物污染造成的鱼卵一次性损失量为  $120.88 \times 10^6$  粒，仔稚鱼一次性损失量为  $26.78 \times 10^6$  尾，施工期对游泳生物的损失为 1504.16kg。

但由于悬浮物排放的时间相对较短，随着施工作业结束，其影响将会逐渐减轻。

表 6.5-3 施工期悬浮物造成的鱼卵、仔稚鱼、游泳生物一次性损失量

悬浮物超标倍数（倍）	0~1	1~4	4~9	≥9	合计
表中层悬浮物超标面积平均值（ $\text{km}^2$ ）	5.95	11.25	13.75	25.5	56.45
表中底层悬浮物超标面积平均值（ $\text{km}^2$ ）	14.2	16.77	23.03	43.8	97.8
鱼卵、仔稚鱼损失率（%）	5	15	30	50	/
鱼卵密度（ $\times 10^{-3}$ 个/ $\text{m}^3$ ）	256.17	256.168	256.168	256.168	/
鱼卵损失量（ $10^6$ 粒）	1.91	10.82	26.44	81.72	120.88
仔稚鱼密度（ $\times 10^{-3}$ 尾/ $\text{m}^3$ ）	62.80	62.80	62.802	62.802	/
仔稚鱼损失量（ $10^6$ 尾）	1.33	2.96	4.97	17.52	26.78
游泳生物损失率（%）	1	5	15	20	/
游泳生物密度（ $\text{kg}/\text{km}^2$ ）	113.99	113.99	113.99	113.99	/
游泳生物损失量（kg）	16.19	95.58	393.8	998.59	1504.16

## 6.6 对环境敏感目标的影响分析

### 6.6.1 对登陆段岸滩自然岸线的影响分析

海缆项目评价范围内主线文昌附近海域路由登陆点位于文昌潮滩村，支线路由登陆点位于珠海横琴，主线路由文昌附近海域路由穿越自然岸滩的长度约为 150m，支线路由穿越自然岸滩的长度为 25m。两处登陆点的位置选择，均具备地理位置优越，附近交通便利，岸滩为砂质岸滩的特点。海缆项目岸滩施工方式为机械开挖，

由于两处登陆站点附近交通便利，因此工程机械进入场地无需专门修建施工栈道，施工影响岸滩的范围主要包括开挖部分及表土堆砌部分，开挖出的表土堆砌于管沟两侧以及施工便道占地宽度按 20m 计算，可以得出登陆段管沟开挖影响面积为 0.35hm<sup>2</sup>。施工结束后，砂石回填至沟内平整恢复，随着时间推移，开挖区域的潮间带生物以及沙滩地貌会逐渐恢复；工程施工时间较短，对周围环境影响持续性较短，不影响原岸滩的生态功能特征，且海缆项目属于通行类基础设施建设。综上所述，工程项目对横琴岛自然岸线和海南岛海岸带生态敏感 I 类红线区的影响总体来说是暂时的、可逆的。

### 6.6.2 对海洋保护区的影响分析

海缆项目路由附近的海洋保护区主要有针头岩海洋保护区、大亚湾海洋保护区、庙湾岛珊瑚礁限制类红线区、平洲岛领海基点特别保护海岛、万山群岛重要渔业海域限制类红线区、担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区、磨刀口重要河口生态系统限制类红线区、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场、文昌麒麟菜海洋保护区和七洲列岛海洋保护区。综合悬浮物预测的结果，悬浮物扩散超一类水质海域距离光缆除了在登陆点附近可达到 4.5km，其余距离不超过最大距离为 1.5km。根据海缆项目首选路由与路由沿线海洋保护区的位置关系的分析结果，海缆项目光缆路由穿越万山群岛重要渔业海域限制类红线区 8km，穿越海南岛重要渔业水域 II 类红线区约 26km，光缆占用海洋底土空间，未改变所在海域的自然属性。项目施工过程中所产生的悬浮泥沙会对该海域生物产生一定的影响，考虑到仅在该段施工时产生影响，施工时间段，同时项目建设后生态补偿款可以用于该区的增值放流工作，以进一步减小工程建设对海域生态物种的影响，以达到养护和修复该海域生物资源的目的。综上所述，光缆铺设引起的悬浮物对海洋保护区和生态红线区影响较小，且海缆铺设完成后，基本不会产生污染物，运营期不会对周边保护区产生影响。

### 6.6.3 对幼鱼繁育场保护区和产卵场的影响

海缆项目光缆路由在近岸段穿越了南海北部幼鱼繁育场保护区、南海中上层鱼类产卵场、幼鱼幼虾保护区和南海底层近底层鱼类产卵场。光缆铺设时扰动悬浮物扩散对禁渔区和幼鱼繁育场保护区的底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳生物有一定的影响。

水域悬浮物含量超标，不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低等。

根据 8.5 节计算结果，海缆埋设作业期间搅起的悬浮物污染造成的鱼卵一次性损失量为  $120.88 \times 10^6$  粒，仔稚鱼一次性损失量为  $26.78 \times 10^6$  尾，施工期对游泳生物的损失为 1504.16kg。但由于悬浮物排放的时间相对较短，随着施工作业结束，其影响将会逐渐减轻。

#### 6.6.4 对中华白海豚的影响分析

中华白海豚喜欢栖息在亚热带海区的河口咸淡水交汇水域，在澳大利亚北部，非洲印度洋沿岸，东南亚太平洋沿岸均有分布。中华白海豚在我国主要分布在东南部沿海，据文献记载，最北可达长江口，向南延伸至浙江、福建、台湾、广东和广西沿岸河口水域，有时也会进入江河。

据最近几十年有关调查资料，中华白海豚在我国分布比较集中的区域有两个，一个是厦门的九龙江口，一个是在广东的珠江口。

珠江口的中华白海豚群体主要分布在河口的伶仃洋、万山群岛和香港西南部水域。据 1997~2000 年南海水产研究所的调查资料显示，海豚分布的北界在深圳机场对开水域，南界在东澳一小蒲台岛一带；东侧的大铲岛、深圳湾、龙鼓洲、香港新机场北部水域和大屿山沿岸，西侧的香洲湾外和澳门对开海面，均有中华白海豚分布，分布范围面积不小于  $1200\text{km}^2$ 。白海豚活动的密集区主要在伶仃洋的东南部，其中内伶仃岛周围、马友石至大屿山之间和桂山岛附近，海豚的目击率较高；而从淇澳岛至澳门之间的西部水域，海豚的目击率较低。分布态势呈东高西低，而且差异显著。

另外，珠江口一带也有江豚分布。江豚为国家二级保护动物。江豚的分布位置比中华白海豚稍为偏南，经常在桂山岛附近和香港以南水域活动，其群体规模较小，多以 2~5 头的小群体出现。

珠江河口水域中华白海豚的保护是在 20 世纪 90 年代以后才逐步得到重视。1999 年 10 月，广东省人民政府批准建立珠江口中华白海豚自然保护区，由珠海市渔政支队对保护区进行监管和执法，定期派出渔政船只做海上监视巡查；2003 年 6 月国务院批准该保护区升格为国家级自然保护区，并成立了专门的珠江口中华白海豚自然

保护区管理局，加强对保护区的管理。珠江口中华白海豚自然保护区位于珠江口伶仃洋中部偏东水域，其东边界与粤港水域边界线重叠，其东北部边界与香港沙洲—龙鼓洲海岸公园的西边界相衔接。保护区水域面积 460km<sup>2</sup>，其中核心区 140 km<sup>2</sup>，缓冲区 192 km<sup>2</sup>，实验区 128 km<sup>2</sup>。该保护区类型属于珍稀濒危水生动物保护区。主要保护对象是中华白海豚，其次是江豚（*Neophocaena phocaenoides*，为国家二级水生保护动物）。

保护区范围内，尤其是核心区与香港沙洲及龙鼓洲海岸公园连成一片的水域，无疑是中国沿海中华白海豚分布最为密集的区域。这里能成为海豚栖息活动的密集区，主要原因有：首先，珠江是我国南方最大的河流，年径流量达 3000 多亿立方米，出海口的伶仃洋水域宽广，面积约 1300 km<sup>2</sup>，气候温暖，水温和盐度条件与中华白海豚喜栖于热带和亚热带河口咸淡水交汇区的习性相吻合；其次，该水域是咸淡水交汇处，珠江径流带来大量的陆源冲积物使营养盐变得十分丰富，初级生产力极高，因此水生生物资源丰富，是多种鱼虾类的产卵场和繁育场，水产资源蕴藏量达 1 万吨以上，能为中华白海豚提供足够的食物；此外，保护区的核心区域自然性（度）较高，水质环境较好，在内伶仃岛沿岸和大屿山岛西侧，仍保留有自然岸线未被开发。因此，尽管这一带是经济繁荣，船舶频繁穿梭的水域，海豚仍然选择在这里生活及繁衍。珠江口中华白海豚国家级自然保护区示意图，图 6.6-1。

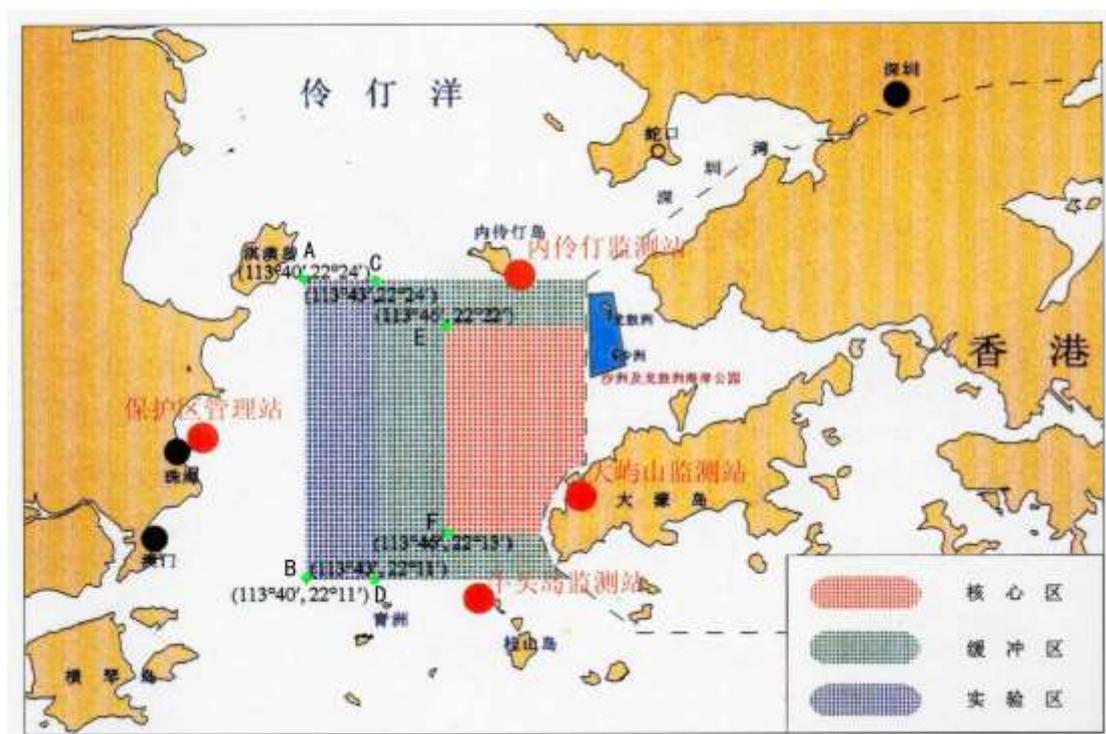


图 6.6-1 江口中华白海豚国家级自然保护区示意图

海缆项目与珠江口中华白海豚自然保护区最小距离约为 15km，距离中华白海豚经常活动区域较远，并且在本次渔业调查海域内，未有目击中华白海豚出现。施工船舶与其碰撞的概率很小，同时在近岸段施工时间较短，对中华白海豚的影响很小。

## 6.7 其它环境影响分析

### 6.7.1 大气环境影响分析与评价

施工船舶会对工程周边的大气环境造成一定的影响，施工船舶燃料燃烧产生废气主要为 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 等，由于施工作业较为集中，远离陆地居民区，施工期间大气污染物的排放对环境的影响很小。

登陆段岸滩作业期间将会有各种施工机械进行施工作业，同时还将有运输作业车辆在施工作业带内往返，施工机械和运输车辆会产生少量的废气和扬尘。岸滩机械开挖施工中产生的少量废气只会影响作业场地附近局部环境，运输扬尘一般在尘源道路两侧 30m 的范围，均属于短期污染，该影响会随着施工作业的结束而逐步消失。

### 6.7.2 固体废弃物环境影响分析

海缆项目光缆施工期会产生一定量的固体废物，主要包括食品废弃物、生活垃圾以及其他固体垃圾，对于上述固体垃圾将采取分类收集，分别处理的措施。对于食品废弃物，当船舶在距离最近陆地 3 海里以内的海域收集并排入接受设施；船舶在距离最近陆地 3 海里至 12 海里的海域，粉碎至直径小于 25mm 后排放；在距离最近陆地 12 海里以外的海域直接排放。

除食品废弃物之外的其他固体垃圾全部保存在船上，到达港口时会委托当地船舶代理，安排有关单位将固体废弃物卸下船舶，送到岸上处理，并将情况记录在《船舶垃圾记录簿》上。

经过分类收集，分别处理的措施后，排入海洋的固体废物符合《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）及 73/78 防污公约中的相应要求，对海洋环境影响较小。对海洋环境影响较大的例如塑料、金属等不易降解的生活垃圾不排放入海，主要运回港口进行处理，不会对海洋环境产生影响。

## 7 环境风险分析与评价

### 7.1 风险识别及风险分析

#### 7.1.1 物品危险性识别

海缆项目施工船舶装有一定数量的燃料油，国际标准化组织于 2010 年 6 月 15 日发布了《船用燃料油规格》(ISO 8217-2010, 第 4 版), 并于 2010 年 7 月 1 日正式实施, 部分参数见表 7.1-1。

表 7.1-1 船用燃料油规格标准 ISO 8217-2010

项目	单位	限值	RMA	RMB	RMD	RME	RMG				RMK		
			10	30	80	180	180	380	500	700	380	500	700
运动粘度 50℃	mm <sup>2</sup> /s	Max	10.00	30.00	80.00	180.0	180.0	380.0	500.0	700.0	380.0	500.0	700.0
密度 15℃	Kg/ m <sup>3</sup>	max	920.0	960.0	975.0	991.0	991.0				1010.0		
闪点	℃	Min	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0				60.0		
倾点冬季	℃	max	0	0	30	30	30				30		
倾点夏季	℃	max	6	6	30	30	30				30		

油品多属于易燃性物质，同时又有易蒸发的特点，挥发后与空气形成可燃性混合物，当混合物浓度达到一定比例时，遇到火种就可能燃烧和爆炸。通常采用闪点作为易燃液体的标准，根据《危险废物鉴别标准易燃性鉴别》(GB 5085.4—2007)，凡闪点低于 60℃ (闭杯实验) 的液体、液体混合物或固体物质的液体，均属于液态易燃性危险物。海缆项目施工船舶采用的燃料油符合《船用燃料油规格标准 ISO 8217-2010》，闪点最低限值为 60℃，故不属于易燃物质。

#### 7.1.2 施工期船舶碰撞溢油事故分析

海缆项目路由位于南海海域，该海域航线上的运输船主要有油轮、集装箱运输船和货轮，光缆路由区穿过了航路，施工期施工船可能与来往船舶通过碰撞等事故，船舶相撞事故原因统计见表 7.1-2。

表 7.1-2 船舶相撞事故原因统计

地区 原因	青岛 (1987~1992)	烟台 (1982~1991)	大连 (1982~1992)	黄埔 (1981~1986)	合计 (加权)
操纵不当	20.2%	50.0%	50.7%	43.6%	43.6%
了望疏忽	8.2%	25.0%	10.7%	10.7%	14.5%

机器故障	6.8%	2%	8%	4.7%	5.4%
违章	16.7%	2%	2.4%	4%	5.2%
大风	17.7%	5.2%	4.7%	3.4%	6.9%
信息不足	3.1%	5%	11.6%	20.8%	9.7%
其它	27.2%	11%	11.8%	12.8%	14.5%

根据统计结果分析可知，操纵不当一项占 43.6%，了望疏忽一项占 14.5%，违章占 5.2%，这三项事故原因约占 60% 以上，由此说明人为失误是产生船舶碰撞事故的主要原因。

工程施工过程中可能发生与渔业船舶或运输船舶的相互碰撞，致使船体损坏、燃料油泄漏，造成附近海域中油类污染。使海洋生物生存环境遭受污染，从而引起生物种类数量、种群结构等发生不同程度的变化、生物体内石油烃含量增高、生物质量下降。

### 7.1.3 光缆铺设对既有油气管道的事故影响分析

海缆项目拟建路由与中海油 LW3-1 海底输气管道、番禺/惠州气田混输管道和崖城 13-1 管道 3 条油气管道交越，光缆铺设过程中一旦对上述管道造成破坏，将可能导致溢油事故，管道事故性溢油对渔业资源和海洋生物的影响是石油勘探开发过程对海洋的一个重要潜在影响，任何形式的溢油对海洋生物和海洋环境都可能是灾难性的，不仅使幼体受损，甚至使成体生物死亡，从而对渔业资源造成严重破坏。溢油进入海洋后，会发生扩散、乳化、溶解、光氧化，形成石油聚合物，产生吸附沉降和生物降解等物理和化学变化。并在潮流、风、温度、光照等多种因素的作用下，发生蒸发、乳化等变化。

原油对海洋生物的影响可分为物理作用和化学毒害两方面，前者包括原油粘着或覆盖生物体表，导致生物丧失或减弱活动能力；原油颗粒堵塞动物呼吸和进水系统，致使生物窒息；吸附悬浮物沉降于潮间带和浅水海底，使一些动物幼体、海藻孢子失去合适的固着基质等。后者通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映，其症状表现为急性、亚急性和慢性。急性和亚急性中毒是指大剂量、高浓度的中毒反映，其症状表现为致死性、神经性、对造血功能的损伤和酶活性的抑制；慢性中毒的影响，既是小剂量、低浓度下，仍表现代谢毒性、生活毒性以及致癌、致畸、致突变等三致毒理效应。

溢油影响程度如果按油膜所处地理位置来划分等级的话，那么油膜处在岸边是最严重的一级；油膜处在 10m 等深线至低潮线次之；油膜处在 10m 等深线以深海域

属三级（轻级）影响，如果按时间划分，夏半年将比冬半年更加敏感。所以，要使溢油产生的影响降低到最低程度，须在油膜达到 10m 等深线之前将之尽快处理回收。

突发性溢油破坏海洋环境给渔业带来的损失是多方面的，首先污染能引起该海域的鱼虾回避使渔场破坏或引起鱼类死亡，造成捕捞产量的直接减产，其次表现为由于品质的下降造成产值损失。另外，溢油发生的时间和位置不同，渔业损失相差悬殊。如果油污染发生在产卵旺盛期和污染区正处于产卵中心，因鱼类早期生命发育阶段的胚胎和仔鱼是整个生命周期中对各种污染物最为敏感的阶段，油污染使产卵成活率低、孵化仔鱼的畸形率和死亡率高，所以能影响种群资源延续，造成渔业资源补充量下降。总之，海水中溢油对渔业环境污染、破坏造成天然渔业水域功能和生物链损害，而且这种损害将需要较长的时间才能恢复。

## 7.2 事故概率与源项分析

### 7.2.1 溢油事故统计分析

根据国际油轮船东防污染联合会（ITOPF）对近 30 年间全球 9234 起溢油事故的统计资料，小于 7t 的溢油事故占到总事故数的 84.1%，7~700t 的占 12.3%，泄漏量大于 700t 的则占 3.63%。可见，溢油量小于 7t 的溢油事故发生起数较多；大于 700t 的事故虽然事故起数相对较少，但事故规模大，泄漏量大，一旦发生事故对生态环境、水产养殖和旅游资源等往往是灾难性的。

我国绝大部分的船舶泄漏事故发生在沿海海域，根据海事局提供的历年船舶事故的统计数据，图 7.2-1 (a) 为我国 1990 年至 2001 年泄漏量超过 50t 的溢油事故的分布范围，图 7.2-1 (b) 为 2002 年至 2016 年之泄漏量超过 10t 的溢油事故的分布范围，在图中呈现的这两类事故中，对事故发生地点的经纬度坐标有明确记录的共有 107 起。图 7.2-1 中显示，从 1990 年至 2016 年，我国船舶泄漏事故的发生地点基本沿我国的海岸线分布，极少部分位于远海和内河流域。由于图 7.2-1 (b) 显示的是泄漏量大于 10t 的溢油事故，该图显示的事故空间位置分布特征更为明显，即大部分溢油事故都发生在环渤海、山东半岛、长三角、珠三角以及台湾海峡西侧附近。这些区域是我国经济发达、航线繁忙的区域。对 107 起事故做进一步分析，可发现关于我国泄漏量大于 10t 的溢油事故的更多特点。首先，将 1990 年至 2016 年这段时间内的事故按发生时间的先后顺序排序，并以五年为一个时间段，统计溢油事故在

各时间段内发生的次数（图 7.2-1（a）），为使每一个时间段的长度都为五年，，国泄漏量大于 10t 的溢油事故在 21 世纪初的前五年达到最多，共发生 37 起，之后，事故量呈逐渐下降的趋势；在各时间段内，发生事故最少的时间段是 2010 年至 2015 年，其次是 1996 年至 2000 年；其次，在历次事故中，泄漏的油料种类各不相同（图 7.2-1（b）），其中最为常见的是燃料油，其次为重油，原油泄漏事故最少。由此可见，各类船舶自身携带的燃油泄漏是船舶事故中危害较为严重的类型。不过，即便装载原油的油轮溢油事故发生较少，并不代表油轮溢油的危害小，事实上，油轮的泄漏往往造成更大危害，如欧洲的一威望号溢油事故；再次，就历次事故的泄漏量来说，在溢油量大于 10t 的事故中，10-100t 的事故占到一半以上，达 57.01%，溢油量大于 1000t 的事故次数最少；最后，就引起溢油的原因而言，碰撞无疑是最重要的因素，62.62% 的事故都是由于碰撞引起的，其次为搁浅（7.48%），其他因素如操作失误、起火爆炸、操作失误等原因引起的事故则相对较少。

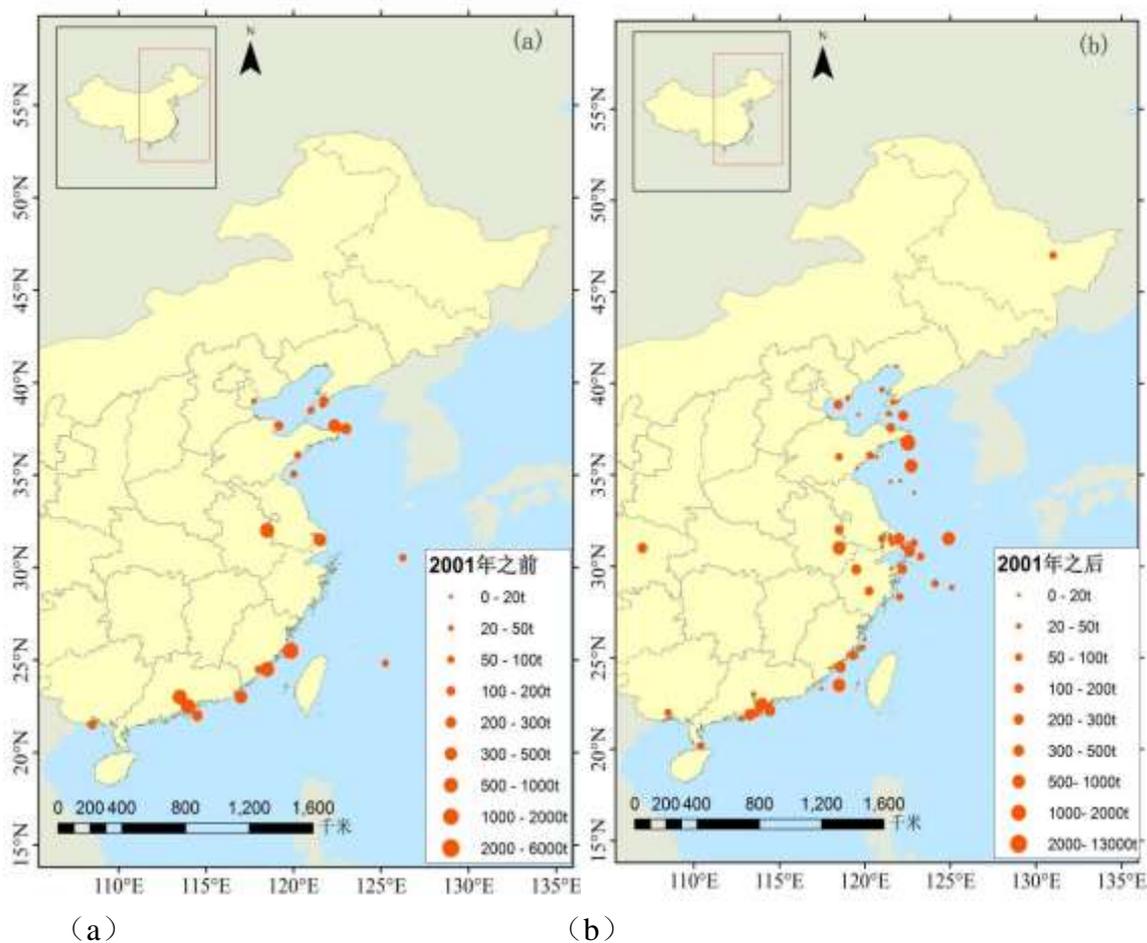


图 7.2-1 我国溢油事故分布图

注：(a) 我国 1990-2001 年泄漏量超过 50t 的事故 (b) 我国 2002-2016 年泄漏量超过 10t 的事故

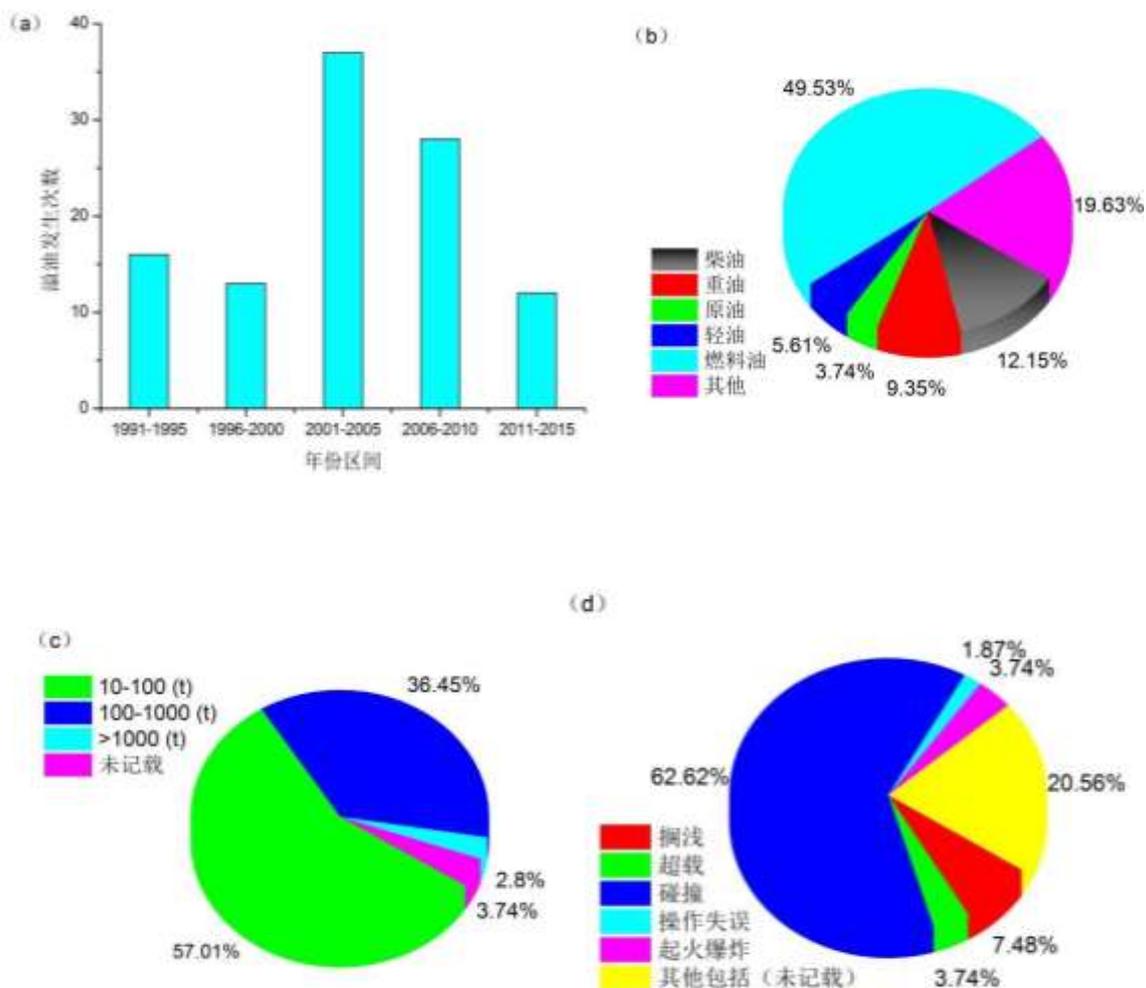


图 7.2-2 我国船舶溢油事故特点

注：(a) 不同时间段内的溢油发生次数 (b) 泄漏的不同油品各自所占比例 (c) 不同溢油量各自所占的比例 (d) 引起溢油的不同原因各自所占的比例

## 7.2.2 事故发生概率

海缆项目施工过程中，主要以施工船舶与周边船舶因恶劣气象条件或操作不当而发生碰撞后导致的溢油事故为主。海缆项目主线路由穿越了广州-汕尾航路、广州-青岛航路、香港-马尼拉航路、广州-新加坡航路、胡志明市-香港航路、湛江-新加坡航路，且距离青担航道较近；支线路由支线路由预选方案都穿越了荷包岛南航道、海口-广州航路、湛江-香港航路、广州-新加坡航路、胡志明市-香港航路，路由方案附近有十字门水道、交杯沙水道和鸡啼门出海等航道，航道内内船流密度较大，船舶碰撞事故可能性将增加。船舶行驶过程中发生碰撞、泄漏事故的原因多种多样，给事故预防带来一定的难度。但根据前述国家运行船舶数量、船舶污染事故发生数

量的统计显示，船舶发生碰撞诱发污染事故发生概率相对较低，而且近年来信息化程度发展较快，给航道管理带来了极大便利，便于及早发现问题，有效的进行安全调度和指挥，因此，海缆项目船舶碰撞搁浅导致溢油事故概率相对较低。

### 7.2.3 最大可信事故

根据风险识别，施工船舶碰撞或沉没后溢油为海缆项目主要的风险，本次评价采用施工船舶碰撞后单仓燃料油全部泄露为海缆项目的最大可信事故。海缆项目施工期间采用的海缆铺设船“福海号”总吨位为 6303t，船舶最大油舱的单仓容积为 180.4m<sup>3</sup>，载油量在 150t 左右，因此，本次评价最大可信事故为发生碰撞事故后 150t 燃油仓内的燃料油全部泄露。

## 7.3 施工船舶溢油事故后果分析

### 7.3.1 预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流、湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散。本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。

#### (1) 动力学过程

动力学过程包括平流过程和扩散过程，溢油在每一瞬时的三维空间位置和分布状态则是各种运动过程的综合作用结果。

##### ① 漂移过程（平流运动）

漂移过程是油膜在外界动力场（如风应力，油水界面切应力等）驱动下的整体运动。海流的预测模式选择上述垂向积分的浅水方程组作为海流的控制方程。

##### ② 扩展过程

扩展过程是油料溢出到海面上，受到惯性力、重力、粘性力和表面张力共同作用，使油与海水产生了不平衡的压力分布面向四周扩散，分为惯性—重力阶段、重力—粘性阶段和粘性—表面张力阶段。对实际溢油事件的观察发现，在溢油的最初数小时里，扩展过程占支配地位。

扩散速度分量可以通过用拉格朗日独立粒子（随机游动）算法来模拟粒子云团在水中扩散，在  $\Delta t$  时间内平均移动为：

$$S_{rmsL} = \sqrt{2 * D_L * \Delta t} \quad S_{rmsT} = \sqrt{2 * D_T * \Delta t} \quad (7.3-1)$$

式中： $S_{rmsL}$ 和 $S_{rmsT}$ 分别是纵向和横向方向上的距离的平均平方根， $D_L$ 和 $D_T$ 是水平扩散系数， $\Delta t$ 为时间步长。

## (2) 非动力学过程

非动力学过程包括蒸发和乳化作用。

### ① 蒸发

蒸发是由于石油烃类从液态向气态的相变而造成的油膜与空气之间的物质交换。溢油的组份、表面积及其物理特征、风速、海气温度、海况以及太阳辐射的强度等都影响蒸发的速率。低烃类组份有较高的饱和蒸发压，因此有较高的蒸发速率，蒸发后溢油中的低沸点烃类迅速减少。

蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C) [\ln P_0 + \ln(K_m AvtC / RTV + 1/P_0)] \quad (式 7.3-2)$$

式中： $F$ —蒸发部分； $V$ —溢出体积（ $m^3$ ）； $R$ —空气常数； $C$ —常数；

$A$ —溢油面积（厚部分）（ $m^2$ ）； $T$ —海表温度（ $K$ ）； $v$ —摩尔体积；

$t$ —时间；

$K_m$ —质量输运系数，与 $U_{0.78}$ 成比例， $U$ 为风速；

$$P_0 = C_r \cdot \exp\left(1 - \frac{T_0}{T}\right), \quad C_r \text{ 为常数, } T_0 \text{ 为油的沸点 (K)}。$$

对于溢油薄的部分：

$$R_{eva} = C_{eva} (t/t_{max}^c) \quad (式 7.3-3)$$

式中： $R_{eva}$ —蒸发率； $C_{eva}$ —系数；

$t_{max}^c$ —蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

### ② 乳化作用

溢油在海水中乳化，形成毫米量级的乳化物（油包水颗粒）。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海况无关，而仅取决于溢油中乳化剂的含量。形成的乳化物具有较高的密度和粘性，可以影响溢油的扩散过程。轻质的易挥发的油很少形成乳化物，重质燃料油或原油会形成相当大量的乳化物。当乳化颗粒与碎屑或生物

残骸结合而重量增加时，将沉降到海底。

计算乳化物含水量的公式（Mackay 等 1980）为：

$$Y_w = \frac{1}{K_B} (1 - e^{-K_A K_B (1+U_w) 2t}) \quad (\text{式 7.3-4})$$

式中： $Y_w$  为乳化物的含水量（%）； $K_A = 4.5 \times 10^{-6}$ ； $U_w$  为风速；

$K_B = \frac{1}{Y_w^F} \approx 1.25$ ； $Y_w^F$  是最终含水量； $t$  为时间。

#### ◆ 密度变化

乳化对油密度的影响表示为：

$$\rho_e = (1 - Y_w) \rho_0 + Y_w \rho_w \quad (\text{式 7.3-5})$$

式中： $\rho_e$  为乳化后油的密度； $\rho_0$  为乳化前油的初始密度； $\rho_w$  为海水密度； $Y_w$  为乳化物含水量。

蒸发对油密度的影响表示为：

$$\rho = (0.6 \rho_0 - 0.34) F + \rho_0 \quad (\text{式 7.3-6})$$

综合两者的影响，油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_w) [(0.6 \rho_0 - 0.34) F + \rho_0] + Y_w \rho_w \quad (\text{式 7.3-7})$$

#### ◆ 粘性变化

溢油在风化过程中粘性会增加，主要是由于蒸发和乳化，此外粘性很大程度上与油面温度有关。

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5 y_w}{1 - 0.654 y_w} \quad (\text{式 7.3-8})$$

式中： $\eta$  为乳化后油的运动粘性系数；

$\eta^{oil}$  为乳化前油的运动粘性系数；

$y_w$  为乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算为：

$$\eta^{oil} = \eta_0^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (\text{式 7.3-9})$$

式中： $C_4$  为油中无量纲量[wt%]；

$F_e$  为油蒸发的部分。

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4 \eta_0^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1 - y_w^{max} y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \quad (\text{式 7.3-10})$$

### (3) 模型参数设定

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.3-1。

表 7.3-1 部分模型参数设置

参数	过程	系数过程取值
风漂移系数 cw	对流	0.035
油的最大含水率 $y_w^{max}$	乳化	0.85
油的最大含水率 (K1)	乳化	$5 \times 10^{-7}$
释出系数 (K2)	乳化	$1.2 \times 10^{-5}$
传质系数 KSi	溶解	$2.36 \times 10^{-6}$
蒸发系数 k	蒸发	0.029
油辐射率 loil	热量迁移	0.82
水辐射率 lwater	热量迁移	0.95
大气辐射率 lair	热量迁移	0.82
漫射系数 (Albedo) $\alpha$	热量迁移	0.1

模型中水平（横向和纵向）扩散系数 DL 和 DT 的取值非常重要，反映了油粒子在水体中的扩散强度和随机紊动强度，对模拟结果影响较大，而且不同的应用场合下取值范围很大，其中本次评价 DL 和 DT 取值为  $0.5\text{m}^2/\text{s}$ 。模型采用的是油粒子模型，其中的扩散系数概念与常规的对流扩散模型有所不同，体现在：1）油粒子只在水体表面运动；2）粒子不按水动力模型中设定的网格运移，而是按实际运移路径准确计算，扩散系数取值与模型网格布置方式和时间步长关系不大。

### (4) 溢油预测时长

由于选取的溢油位置周边溢油应急力量配备充足，船舶碰撞导致的泄漏溢油量有限，同时，按《水上溢油环境风险评估技术导则》中要求，选择 72 小时作为溢油预测时长。

## 7.3.2 预测模式中有关参数的设定

### (1) 溢油位置

考虑的最大可信事故为施工期施工船舶与航道船舶相撞导致油舱破损而发生溢

油事故，结合工程路由布置和周边航道通航情况，从溢油事故发生的概率以及溢油点对敏感目标影响程度最大考虑，溢油点选择路由线路与航道交越处同时距离敏感区最近点，详见图 7.4-3。

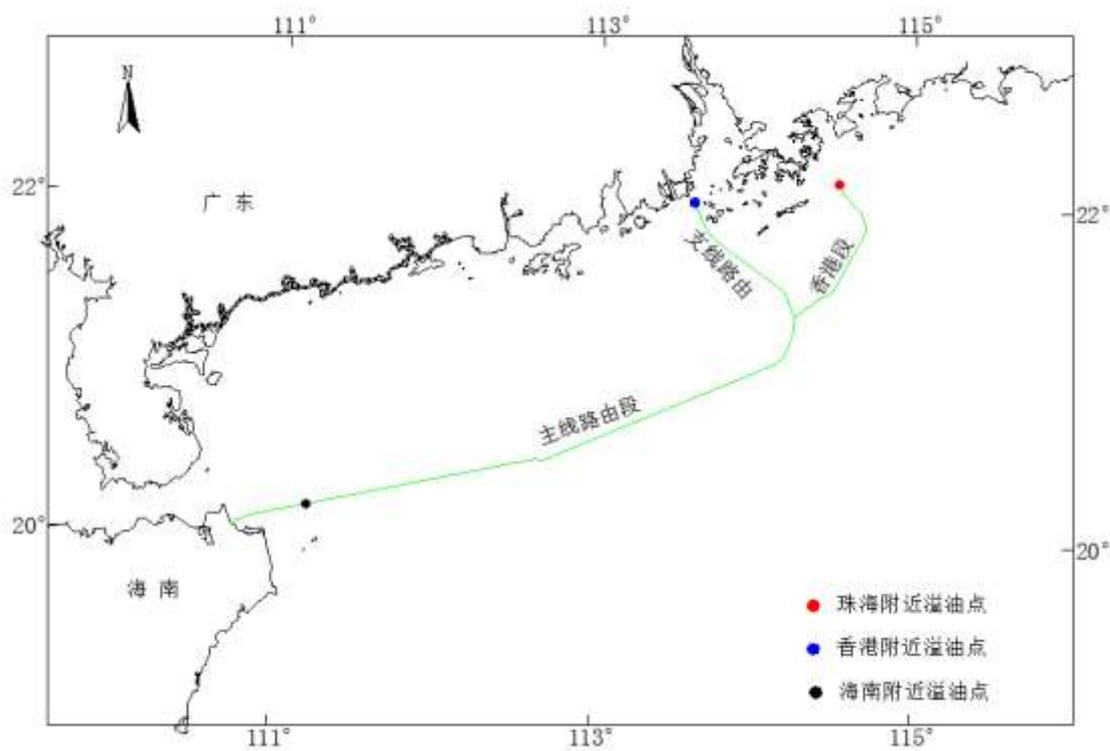


图 7.3-1 溢油点位置

表 7.3-2 溢油点坐标

溢油点	经度	纬度
珠海附近海域	113°35'50"	22°2'29"
香港附近海域	114°32'56"	22°11'38"
海南附近海域	111°11'56"E	20°11'38"

## (2) 源强

海缆项目施工期间采用的海缆铺设船“福海号”总吨位为 6303t，船舶最大油舱的单仓容积为 180.4m<sup>3</sup>，载油量在 150t 左右，溢源源强按照发生碰撞事故后燃油仓内的燃料油全部泄露考虑，因此，海缆项目溢油量取 150t。

## (3) 风速取值

### ● 珠海附近海域溢油

溢油期间，风作用不可忽略，因而计算工况需考虑风向、风速的影响。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017)，溢油计算工况通常需考虑冬季主

导风、夏季主导风以及不利风向，主导风向风速取年平均风速。本报告主要考虑海缆铺设施工期间的主导风向和不利风向（相对于敏感目标）两种情况。工程海域盛行风向 NNW（冬季）、SSE（夏季）向，风速分别取 2.4m/s 和 2.0m/s。不利风速取施工船舶的最大作业风速 6 级大风的上限风速 13.8m/s 作为最大风速。综合考虑风场、溢油时刻等影响因素，溢油预测最终设定的计算工况见表 7.3-3。

表 7.3-3 珠海支线溢油计算工况

工况	风向、风速	溢油时刻	备注
1	NNW2.4 m/s	落潮	常规工况
2		涨潮	
3	SSE 2.0m/s	落潮	
4		涨潮	
5	N 13.8m/s	涨潮	不利工况
6	W 13.8m/s	落潮	
7	SW 13.8m/s	涨潮	
8	SE 13.8m/s	涨潮	

#### ● 香港附近海域溢油

工程海域盛行风向 ENE（冬季）、SW（夏季）向，风速分别取 7.0m/s 和 5.9m/s。不利风速取施工船舶的最大作业风速 6 级大风的上限风速 13.8m/s 作为最大风速。综合考虑风场、溢油时刻等影响因素，溢油预测最终设定的计算工况见表 7.3-4。

表 7.3-4 香港段溢油计算工况

工况	风向、风速	溢油时刻	备注
1	ENE 7.0m/s	落潮	常规工况
2		涨潮	
3	SW 5.8m/s	落潮	
4		涨潮	
5	SW 13.8m/s	涨潮	不利工况
6	ENE 13.8m/s	落潮	
7	SSW 13.8m/s	涨潮	
8	WSW13.8m/s	涨潮	

### ● 海南文昌附近海域溢油

主导风向 NNE（冬季）、S（夏季）向，风速分别取 2.0m/s 和 3.1m/s。不利风速取施工船舶的最大作业风速 6 级大风的上限风速 13.8m/s 作为最大风速。综合考虑风场、溢油时刻等影响因素，溢油预测最终设定的计算工况见表 7.3-5。

表 7.3-5 海南附近溢油计算工况

工况	风向、风速	溢油时刻	备注
1	NNE 2.0m/s	落潮	常规工况
2		涨潮	
3	S 3.1m/s	落潮	
4		涨潮	
5	ENE 13.8m/s	涨潮	不利工况
6	N 13.8m/s	落潮	
7	S 13.8m/s	涨潮	

## 7.3.3 溢油预测结果

### 7.3.3.1 珠海附近海域溢油预测结果

#### （1）NNW 平均风情况下

NNW 向平均风（2.4m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向东南扩散，在东南向最远扩散距离为 13.6km，最大扫海面积 56.9km<sup>2</sup>。溢油后 51 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

NNW 向平均风（2.4m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向东南扩散，在东南向最远扩散距离为 12.7km，最大扫海面积 84.1km<sup>2</sup>。溢油后 58 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

#### （2）SSE 向平均风情况下

SSE 向平均风（2.0m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向西北扩散，西北向最远扩散距离为 10.6km，最大扫海面积 99.7km<sup>2</sup>。溢油后不会对敏感区造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

SSE 向平均风（2.0m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向西北扩散，西北向最远扩散距离为 12.3km，最大扫海面积 98.3km<sup>2</sup>。溢油后

不会对敏感区造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹。

### (3) N 向不利风情况下

N 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东南扩散, 东南向最远扩散距离为 69.4km, 最大扫海面积 113.5km<sup>2</sup>。溢油后 10 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

### (4) W 向不利风情况下

W 向不利风 (13.8m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东扩散, 向东最远扩散距离为 70.5km, 最大扫海面积 130.8km<sup>2</sup>。溢油后 6 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

### (5) SW 向不利风情况下

SW 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 向东北最远扩散距离为 63.5km, 最大扫海面积 560.3km<sup>2</sup>。溢油 20 小时后对广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区有一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

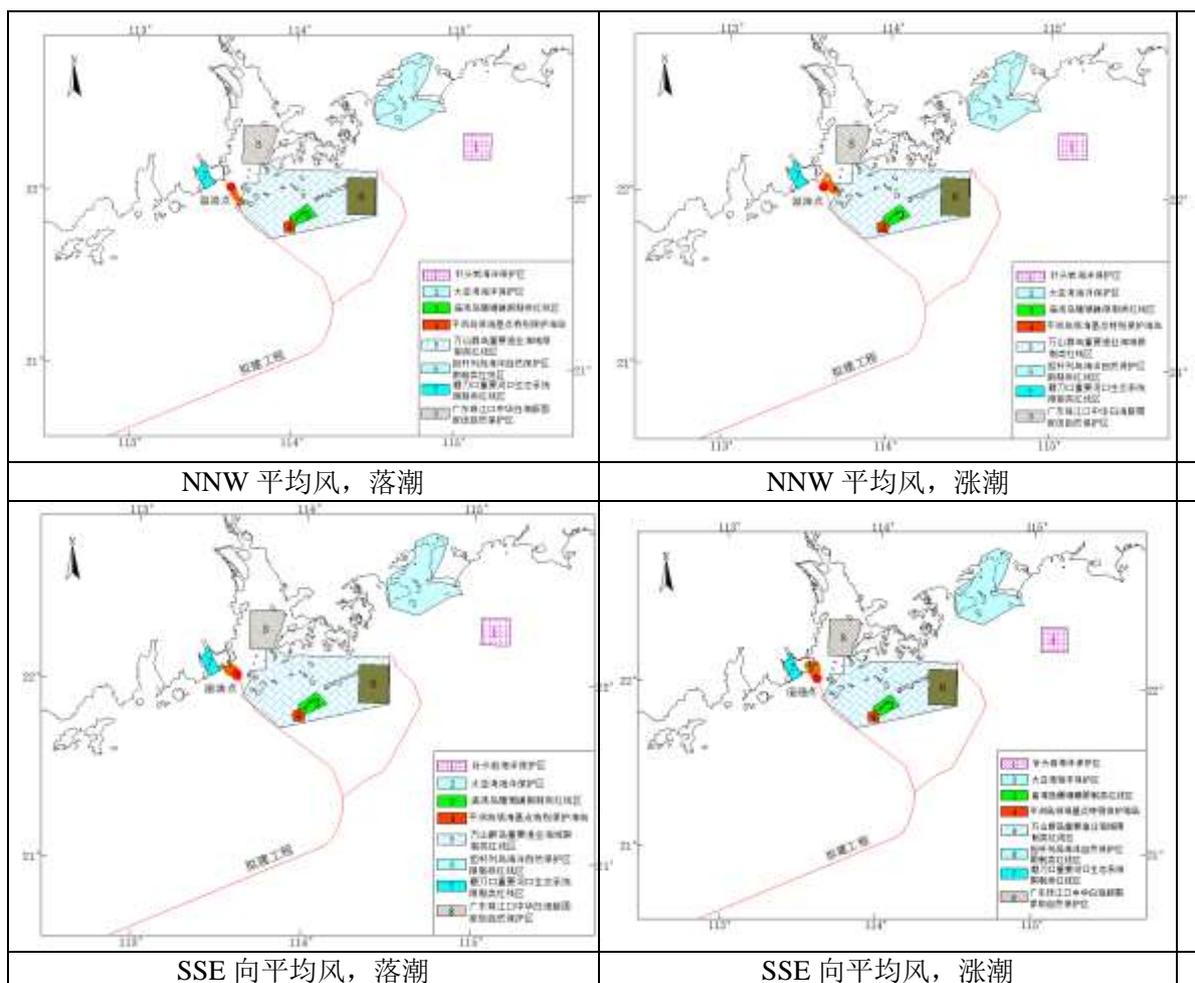
### (6) SE 向不利风情况下

SE 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向西北扩散, 向西北最远扩散距离为 24.2km, 最大扫海面积 180.5km<sup>2</sup>。溢油 8 小时后对磨刀口重要河口生态系统限制类红线区有一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-2。

表 7.3-4 不同风向、风速情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>)

风向	时刻	风速 (m/s)	漂移最大距离 km	扫海面积 km <sup>2</sup>	首次抵敏感区所需时间 h
NNW 向 平均风	落潮	2.4	13.6	56.9	溢油后 51 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧
	涨潮	2.4	12.7	84.1	溢油后 58 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧
SSE 向平均 风	落潮	2.0	10.6	99.7	无
	涨潮	2.0	12.3	98.3	无
N 向 不利风	涨潮	13.8	69.4	113.5	溢油后 10 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限

					制类红线区西侧
W 向不利风	落潮	13.8	70.5	130.8	溢油后 6 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区西侧
SW 向不利风	落潮	13.8	63.5	560.3	溢油 20 小时后对广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区有一定影响
SE 向不利风	落潮	13.8	24.2	180.5	溢油 8 小时后对磨刀口重要河口生态系统限制类红线区有一定影响



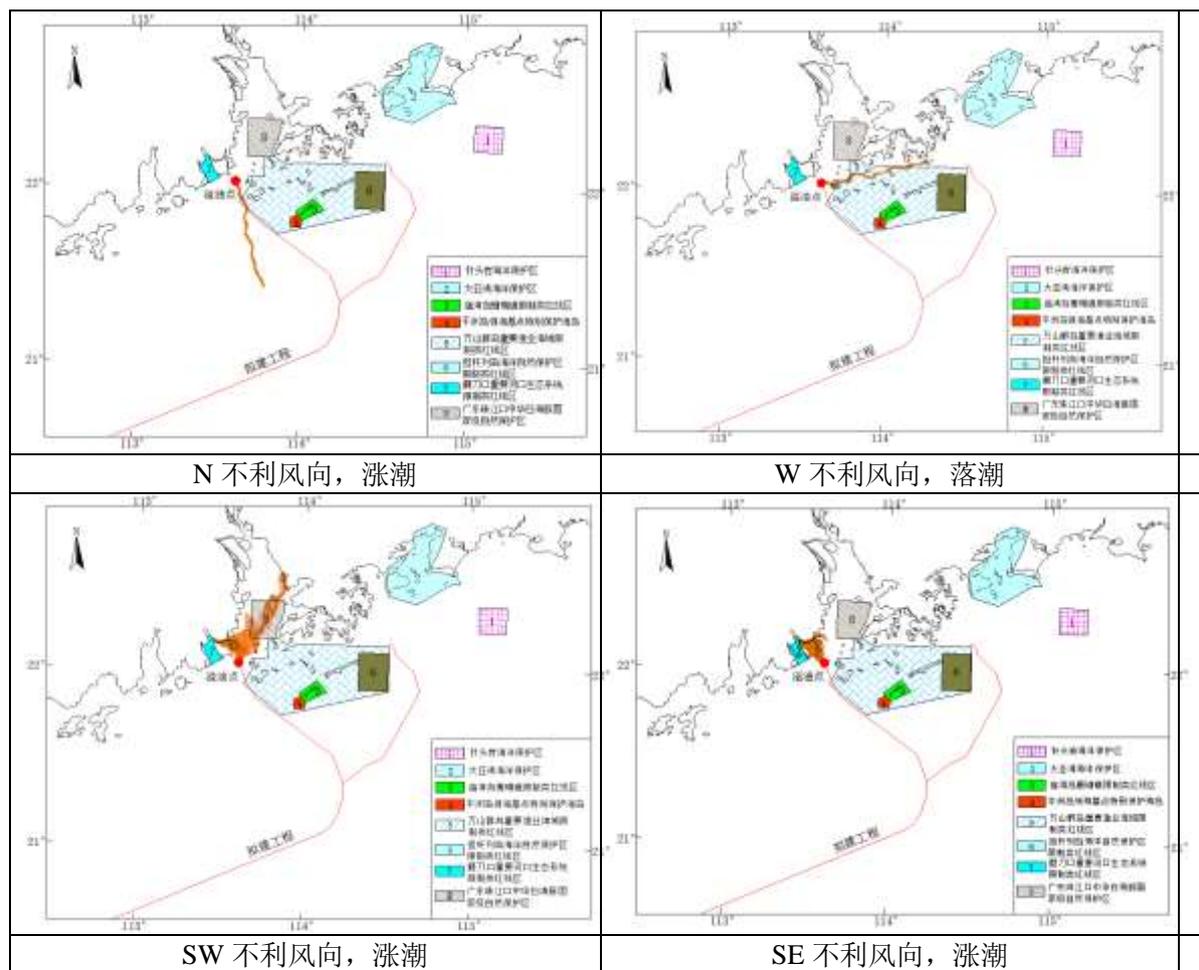


图 7.3-2 溢油事故各种海况下 72 小时内油膜扩散范围图

### 7.3.3.2 香港附近海域溢油预测结果

#### (1) ENE 平均风情况下

ENE 向平均风 (7.0m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散, 在西南向最远扩散距离为 40.6km, 最大扫海面积 62.6km<sup>2</sup>。溢油后 1 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区, 溢油后 6 小时会抵达担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区。

ENE 向平均风 (7.0m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散, 在西南向最远扩散距离为 40.2km, 最大扫海面积 58.9km<sup>2</sup>。溢油后 1.5 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区, 溢油后 7 小时会抵达担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-3。

#### (2) SW 向平均风情况下

SW 向平均风 (5.8m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 东北向最远扩散距离为 29.1km, 最大扫海面积 57.5km<sup>2</sup>。溢油后

72 小时会抵达大亚湾海洋保护区边缘。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见

SW 向平均风 (5.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 东北向最远扩散距离为 28.8km, 最大扫海面积 55.2km<sup>2</sup>。溢油后 72 小时会抵达大亚湾海洋保护区边缘。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-3。

### (3) SW 向不利风情况下

SW 向不利风 (13.8m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 东北向最远扩散距离为 56.5km, 最大扫海面积 95.4km<sup>2</sup>。溢油后 30 小时会抵达大亚湾海洋保护区。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-3。

### (4) ENE 向不利风情况下

ENE 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散, 在西南向最远扩散距离为 75.5km, 最大扫海面积 117.1km<sup>2</sup>。溢油后 0.5 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区, 溢油后 2 小时会抵达担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区, 溢油后 55 小时会抵达庙湾岛珊瑚礁限制类红线区, 溢油后 68 小时会抵达平洲岛领海基点特别保护海岛。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-3。

### (5) SSW 向不利风情况下

SSW 向不利风 (13.8m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 东北向最远扩散距离为 41.4km, 最大扫海面积 64.2km<sup>2</sup>。溢油 48 小时后会大亚湾海洋保护区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-3。

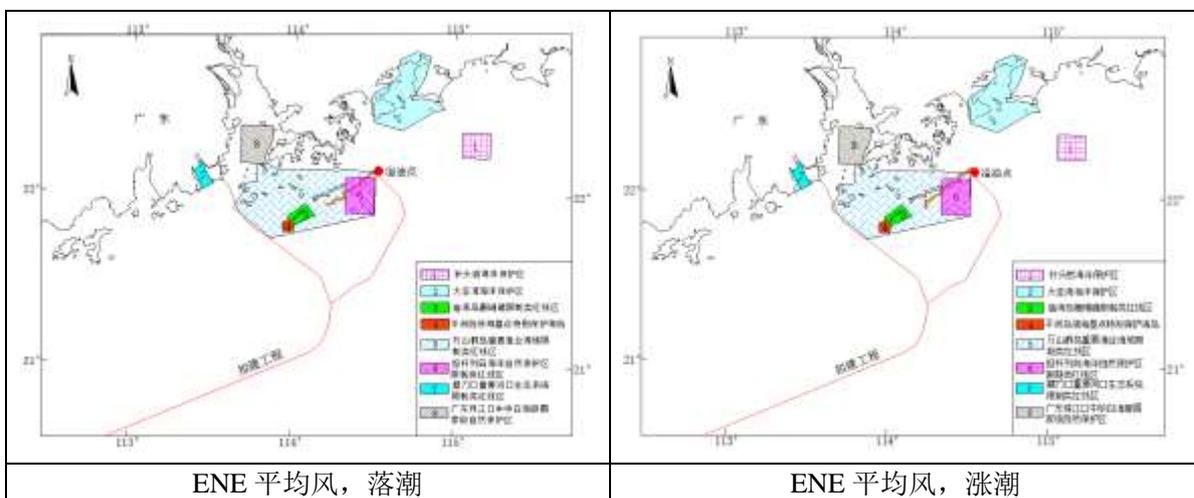
### (6) WSW 向不利风情况下

WSW 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散, 西南向最远扩散距离为 68.3km, 最大扫海面积 115.1km<sup>2</sup>。不会对敏感目标造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-3。

表 7.3-5 不同风向、风速情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>)

风向	时刻	风速 (m/s)	漂移最大距离 km	扫海面积 km <sup>2</sup>	首次抵敏感区所需时间 h
ENE 向平均风	落潮	7.0	40.6	62.6	溢油后 1 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区, 溢油后 6 小时会抵达担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区

	涨潮	7.0	40.2	58.9	溢油后 1.5 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区，溢油后 7 小时会抵达担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区
SW 向平均风	落潮	5.8	<b>29.1</b>	57.5	溢油后 72 小时会抵达大亚湾海洋保护区边缘
	涨潮	5.8	28.8	55.2	溢油后 72 小时会抵达大亚湾海洋保护区边缘
SW 向不利风	落潮	13.8	56.5	95.4	溢油后 30 小时会抵达大亚湾海洋保护区
ENE 向不利风	落潮	13.8	75.5	117.1	溢油后 0.5 小时会抵达万山群岛重要渔业海域限制类红线区，溢油后 2 小时会抵达担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区，溢油后 55 小时会抵达庙湾岛珊瑚礁限制类红线区，溢油后 68 小时会抵达平洲岛领海基点特别保护海岛
SSW 向不利风	落潮	13.8	41.4	64.2	溢油 48 小时后会大亚湾海洋保护区造成一定影响
WSW 向不利风	涨潮	13.8	68.3	115.1	无



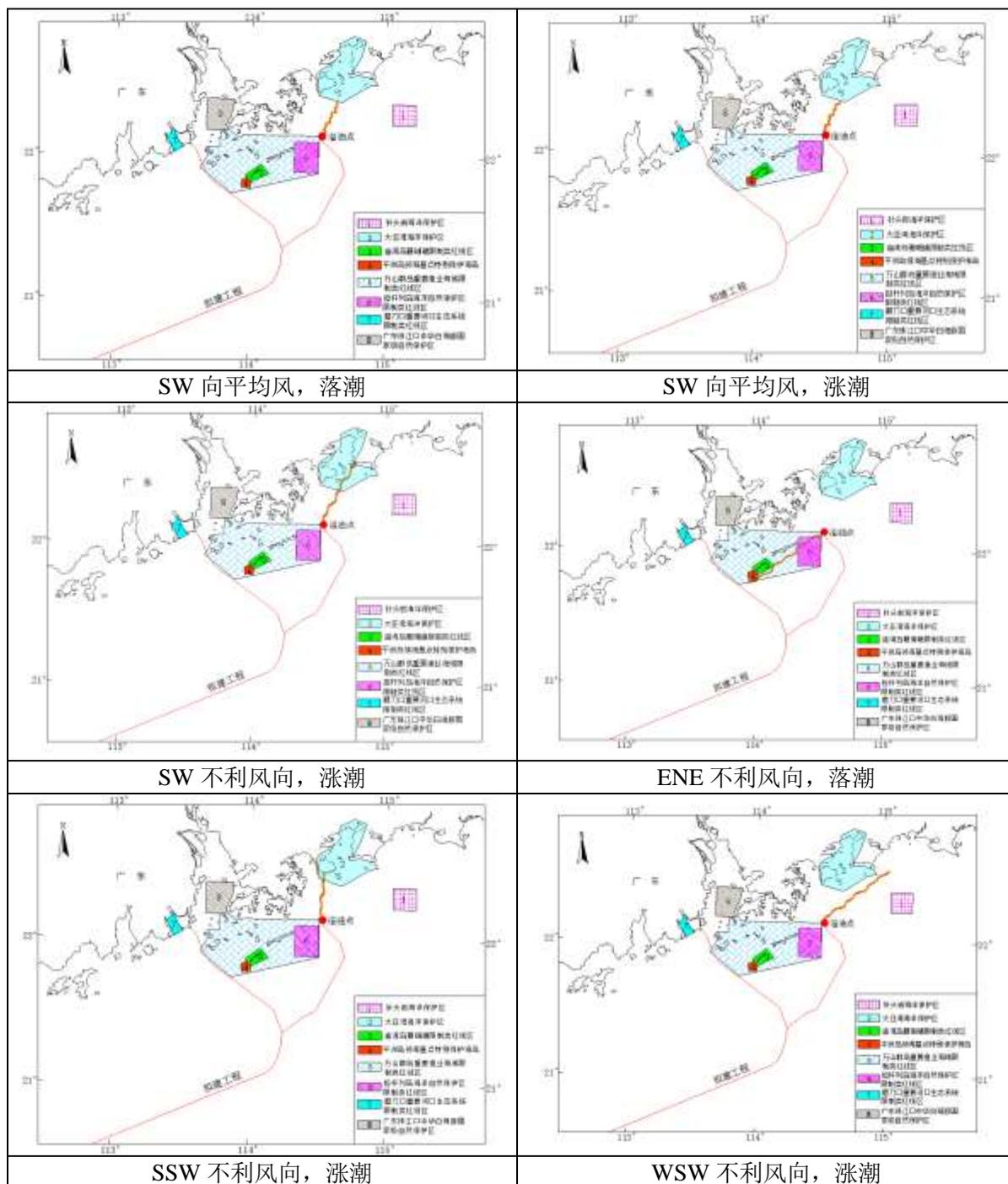


图 7.3-3 离岸段溢油事故各种海况下 72 小时内油膜扩散范围图

### 7.3.3.3 海南文昌附近海域溢油预测结果

#### (1) NNE 平均风情况下

NNE 向平均风 (2.0m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散, 在南向最远扩散距离为 15.4km, 最大扫海面积 76.2km<sup>2</sup>。溢油后不会对敏感目标造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

NNE 向平均风 (2.0m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散, 在南向最远扩散距离为 12.3km, 最大扫海面积 79.1km<sup>2</sup>。溢油后不会对敏感目标造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

### (2) S 向平均风情况下

S 向平均风 (3.1m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向北扩散, 北向最远扩散距离为 16.4km, 最大扫海面积 57.4km<sup>2</sup>。溢油后不会对敏感目标造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

S 向平均风 (3.1m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向北扩散, 北向最远扩散距离为 22.6km, 最大扫海面积 68.5km<sup>2</sup>。溢油后不会对敏感目标造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

### (3) ENE 向不利风情况下

ENE 向不利风 (13.8m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散, 西南向最远扩散距离为 48.7km, 最大扫海面积 88.6km<sup>2</sup>。溢油后 42 小时会抵达文昌麒麟菜海洋保护区。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

### (4) N 向不利风情况下

N 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散, 在南向最远扩散距离为 76.1km, 最大扫海面积 129.7km<sup>2</sup>。溢油后 10 小时会抵达七洲列岛海洋保护区。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

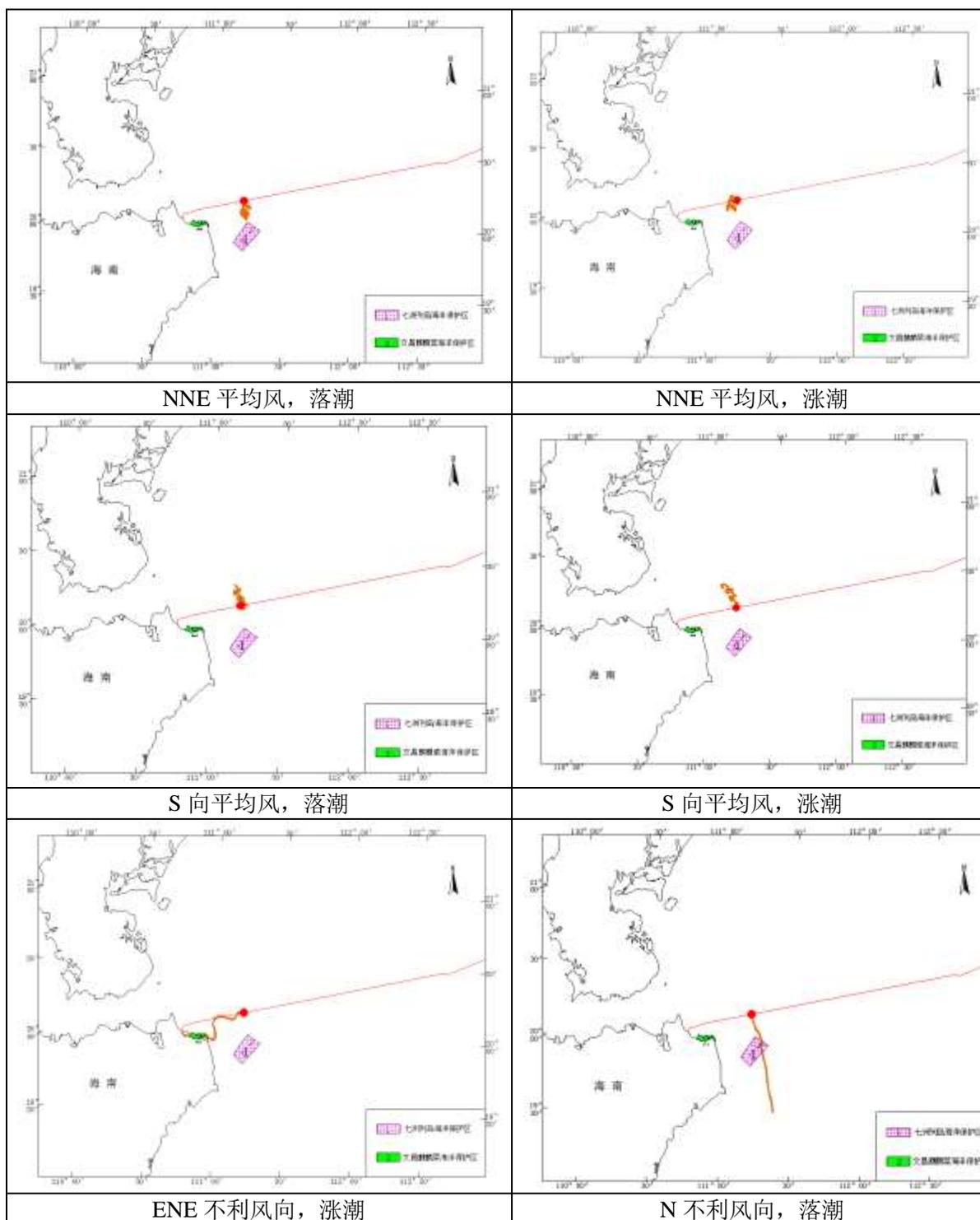
### (5) S 向不利风情况下

S 向不利风 (13.8m/s) 落潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向北扩散, 北向最远扩散距离为 22.4km, 最大扫海面积 72.9km<sup>2</sup>。溢油后不会对敏感目标造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.3-4。

表 7.3-5 不同风向、风速情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>)

风向	时刻	风速 (m/s)	漂移最大距离 km	扫海面积 km <sup>2</sup>	首次抵敏感区所需时间 h
NNE 向 平均风	落潮	2.0	15.4	76.2	无
	涨潮	2.0	12.3	79.1	无
S 向平均风	落潮	3.1	<b>16.4</b>	57.4	无

	涨潮	3.1	22.6	68.5	无
ENE 向不利风	落潮	13.8	48.7	88.6	溢油后 42 小时会抵达文昌麒麟菜海洋保护区
N 向不利风	落潮	13.8	76.1	129.7	溢油后 10 小时会抵达七洲列岛海洋保护区
S 向不利风	落潮	13.8	22.4	72.9	无



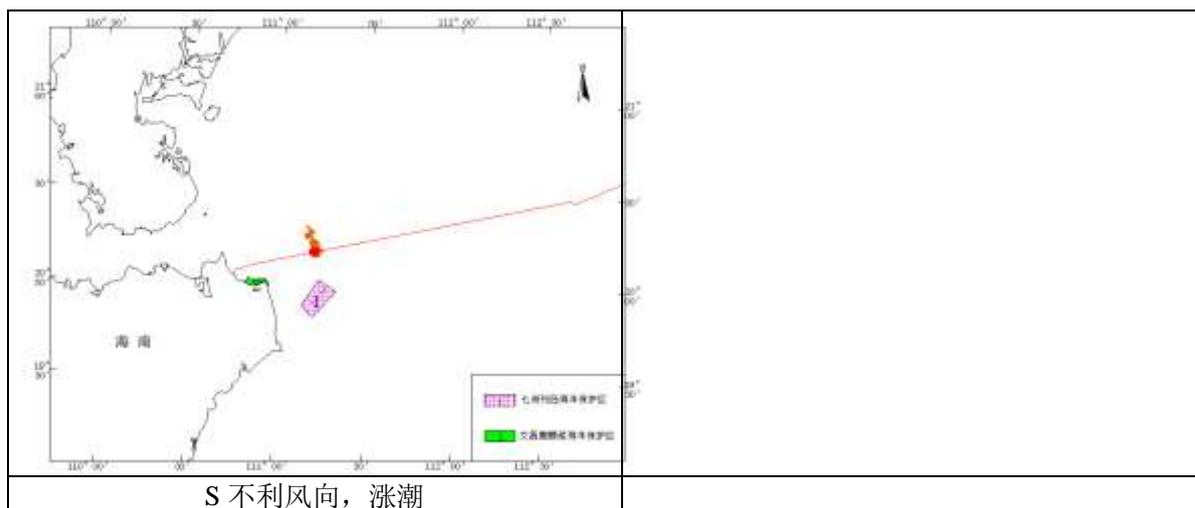


图 7.3-4 离岸段溢油事故各种海况下 72 小时内油膜扩散范围图

### 7.3.4 溢油对敏感目标的影响分析

无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。研究表明，一旦溢油到达敏感区域会对敏感区域造成很大损害，敏感区域生态环境将历经几到十几年才能恢复：湿地生态系统的恢复需要约 15 年时间，砂质海滨生态的恢复需要约 3 年时间。

对于海缆项目施工船舶溢油事故而言，环境敏感区主要有针头岩海洋保护区、大亚湾海洋保护区、庙湾岛珊瑚礁限制类红线区、平洲岛领海基点特别保护海岛、万山群岛重要渔业海域限制类红线区、担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区、磨刀口重要河口生态系统限制类红线区、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、文昌麒麟菜海洋保护区、七洲列岛海洋保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、南海中上层鱼类产卵场、南海底层和近底层鱼类产卵场等，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将很快抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位予以足够重视并采取必要措施确保在环境安全的前提下进行海上施工活动。

表 7.3-6 施工船舶溢油对周围敏感目标的影响

敏感目标	不利条件	最短到达时间 (h)	最短到达残余油量 (t)
大亚湾海洋保护区	均风 SW、 极风 SW、SSW	30	92.7
庙湾岛珊瑚礁限制类红线区	均风 E、ENE、 极风 NE、ENE	55	77.2
平洲岛领海基点特别保护海岛	极风 W 极风 ENE	68	64.8

万山群岛重要渔业海域限制类红线区	均风 ENE、NNW 极风 ENE、W、N	0.5	140.4
担杆列岛海洋自然保护区限制类红线区	均风 ENE 极风 ENE	2	136.5
磨刀口重要河口生态系统限制类红线区	极风 SE	8	120.5
广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	极风 SW	20	105.6
文昌麒麟菜海洋保护区	极风 ENE	42	80.6
七洲列岛海洋保护区	极风 N	10	115.4
南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场	即刻抵达		

## 7.4 风险防范措施

### 7.4.1 施工船舶溢油事故防范措施

为防止海缆项目船舶航行及抛锚的风险影响，减少事故发生的概率，并减小溢油事故后对环境造成的影响，应采取以下事故防范措施：

(1) 在沿海水域实施铺设光缆工程、从事扫海等作业，必须事先向相关海区的区域主管机关申请发布海上航行警告、航行通告。书面申请应当包括下列内容：

- ①活动起止日期和每日活动时间；
- ②活动内容和活动方式；
- ③参加活动的船舶、设施和单位的名称；
- ④活动区域；
- ⑤安全措施。

(2) 海上航行警告、航行通告发布后，施工单位必须在国家主管机关或者南海主管机关核准的时间和区域内进行活动；需要变更活动时间或者改换活动区域的，应当依照航行警告和航行通告管理规定，重新申请发布海上航行警告、航行通告。

(3) 船舶在海上发现有碍海上航行安全的情形，应当尽快向南海区域主管机关报告。报告内容应当包括：发现时间、地点和被发现物的状况。

(4) 协助相关部门作好进作业船舶的调度工作，严格执行有关操作规程，避免船舶的碰撞。制定严格的船舶施工作业制度和操作规程，尽量杜绝事故的发生。

(5) 合理安排施工作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施。严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船舶进入施工作业水域，并提前、定

时发布航行公告。施工作业船舶在施工期间加强值班瞭望，施工作业人员应严格按照操作规程进行操作，所有施工船舶须按照国际信号管理规定显示信号。

(6) 制订必要的事故应急程序，各艘施工船配置相应的应急事故处理设施，如吸油毡（10kg/包）20包，溢油处理剂（JDF-2 消油剂，25kg/桶）10桶，棉纱 25 公斤，木屑（10kg/包）10包，甲板落水孔塞（60×200×250mm）10只。一旦溢油事故发生，立即启动应急程序，并及时与海事局溢油事故通讯处取得联系，对溢油进行清除，将溢油造成的损失降至最低。

## 7.4.2 管线交越的风险防范措施

海缆项目光缆不仅与其它多条光缆线路工程交越，而且同 LW3-1 海底输气管道、番禺/惠州气田混输管道以及崖城 13-1 油气管道交越。因此根据《铺设海底电缆管道管理规定》（国务院地 27 号令）以及《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（国家海洋局令第 3 号）的相关规定，建设公司为不影响其他海底光缆的正常使用，采取了如下防止对其它管线造成损害的风险防范措施：

① 光缆路由的选择尽量避免与其他在服务期内的管线交汇；

② 如果无法避免必须交越，在路由勘探过程中，会精确定位交越的具体位置，并确定交越角度，交越的角度尽量控制在 90 度左右；

③ 海缆项目铺设海底光缆交越管道时，将与所有者协商，就交越施工的技术处理达成协议，在协商和执行过程中，双方如有纠纷，可由主管机关协调解决。交越施工前 48 小时和施工结束后 24 小时内正式通知已有管线的所有者。

④ 获准的海底光缆、路由调查、勘测和铺设施工，在实施作业前或实施作业中如需变动（包括：路由、作业时间、作业计划、作业方式等变动），施工单位应及时报告主管机关。如路由等变动较大，应报经主管机关批准。

⑤ 海缆项目海上作业者应持有主管机关签发的铺设施工许可证。

⑥ 海缆项目埋设段在 1000 米以浅水深的海域，施工过程中，将启动所有的预警措施，防止埋设犁毁坏现存管道。在距离交越点 500 米以外，将埋设犁回收至铺缆船的甲板，将光缆敷设于现有光缆之上；

⑦ 在设计阶段，确定被交越管线的材质，保证海缆项目在交越处采用相关的保护材料，如与金属管道或具有金属外壳的光（电）缆交越，光缆将应用塑料外壳保护。

### 7.4.3 施工船舶溢油事故应急措施

当污染事故发生在广东省和海南省海域范围时，有关人员应迅速将准确的事故信息上报至海域管辖权的海事局部门，并根据海事部门的指示，按照制定好的应急预案利用船舶配备的溢油应急设备开展应急清污行动。当船舶自身的应急力量不足时，应请求海事部门统一调配周边应急力量，共同完成事故风险控制工作。

当污染事故发生在外海范围时，按照制定好的应急预案利用船舶配备的溢油应急设备开展应急清污行动，并迅速将准确的事故信息上报至距离事故地点最近的海事局和生态环境部门。当船舶自身的应急力量不足时，应请求海事和环保部门统一调配周边应急力量，共同完成事故风险控制工作。

#### 7.4.3.1 珠江口海域溢油应急机制

1999年，广东、深圳和香港、澳门四个海事机构开始商谈船舶溢油污染应急合作事宜，并于2001年联合制定了《珠江口区域海上船舶溢油应急计划》。为了保证该计划的实施，经国务院港澳办、广东省港澳办、交通运输部海事局批复同意。2008年，广东、深圳和香港、澳门四个海事机构共同签署《珠江口区域海上船舶溢油应急合作安排》，四方海事机构一致同意参照国际海事组织的《1990年国际油污防备、反应和合作公约》模式，根据各自的程序、应急能力和可利用的资源，将《珠江口区域海上船舶溢油应急计划》作为重大海上船舶溢油应急区域合作的行动指南。根据《合作安排》要求，珠江口水域一旦发生重特大船舶溢油事故，粤港澳三地四方海事机构将依照《应急计划》作出反应，充分调集辖区内和邻区合作成员的应急资源，防止油污扩散和减少污染造成的损害和影响，共同保护珠江口海洋生态环境。

根据《国家水上交通安全监管和救助系统布局规划（2005-2020）》，交通部将在沿海综合基地和基地设置16个国家船舶溢油应急设备库。其中，南海地区珠江口大型溢油应急设备库（设立在珠海高栏岛，可对抗1000t船舶溢油）、湛江中型溢油应急设备库（可对抗500t船舶溢油）、茂名和海口小型设备库（可对抗200t船舶溢油）正在建设中，设备库见图7.4-1。应急设备库建成之后，将极大的提高南海地区的溢油应急反应能力，为应对海缆项目在施工或运营维修过程中可能发生的船舶溢油风险提供强有力的保障。

为了抵御珠江口水域船舶溢油污染，粤港澳各方海事机构以及地方政府近年来做了大量工作。广东海事部门按清污要求投资改造了大型航标船，并购进大型清污

设备，使辖区围油栏达 10 万米，各类清污船舶达 96 艘；由交通运输部投资、珠海市政府提供相应支持的高栏防污应急设备库初步建成；珠海市政协七届二次会议专门提出了《关于加强珠海水上溢油应急处置能力建设的建议》的提案；广州、深圳、中山和东莞等城市相继建设了清污船舶和应急设备库，等等。珠江口抵御船舶溢油污染能力正逐步加强。

广东海事局为了更好地推进《珠江口区域海上船舶溢油应急合作安排》，在珠江口水域投入国内首创的我国第一套“航空遥感监测海上溢油系统”和我国最先进的“海上微型浮标溢油跟踪定位技术”。这些技术属于国家发改委“海上溢油应急快速反应关键技术开发”项目，在我国水域属首次投入使用。该局还将策划由三地四方海事机构和相关企业、渔船参加的珠江口水域船舶溢油应急演练，打造一支全社会广泛参与的反应快速的珠江口水域船舶溢油应急处置联防队伍，并进一步检验《珠江口区域海上船舶溢油应急合作安排》的科学性和可操作性。

#### 7.4.3.2 溢油应急设备

交通运输部于 2009 年 9 月 23 日正式批复广东海事局珠海船舶溢油应急设备库工程可行性研究报告，同意建设设备库。该国家设备库位于珠海高栏港区南径湾作业区北侧的港区支持系统岸线，即广东海事局高栏海巡基地东侧。目前，该国家设备库其前期项目（即珠海高栏临时溢油应急设备库）已建成并投入使用。该国家设备库正在建设中，已购置了部分应急器材，暂时存放于临时设备库中。

按交通运输部批复，项目总投资 4900 万元，全部由交通运输部专项资金投入。设备库建筑面积 4000 多平方米，建成后将与该库应急服务范围内的溢油应急设备和社会可控资源共同形成一次溢油综合清除控制能力达 1000 t 的大型船舶溢油应急设备库。该国家设备库目前已购置应急设备清单如表 7.4-1 和表 7.4-2。

表 7.4-1 珠海高栏临时溢油应急设备库现有设备列表

设备名称	规格	单位	数量
船用收油机	DIP402VOSS	套	1
	备品备件	批	1
化学品吸附材料	吸油率 $\geq$ 1 升/公斤	吨	2
溢油分散剂	MH	吨	1
消油剂喷洒系统	4.8t/h	套	1
快速应急围油栏	WGV900R	米	400
快速应急围油栏卷绕架	WJR900	套	1
快速应急围油栏动力站	PK1650C	套	1
围油栏拖头		套	4

栅栏式围油栏	WGV900Z	米	400
栅栏式围油栏卷绕架	WJZ900	套	2
栅栏式围油栏动力站	PK1650C	套	2
围油栏拖头		套	4
防爆对讲机	MOTOROLA	个	10
吸油拖栏	XTL-Y	米	400
吸油毡	PP-2	公斤	4000
三菱 3.5 吨叉车	FD35TA	台	1
大连 6.0 吨叉车	CPCD60	台	1
牵引车 24 吨		台	1
拖车 10 吨		台	1
充气式橡胶围油栏	WQJ1500	米	200
充气式橡胶围油栏	WQJ1200	米	200
卷绕架	1500/1200 型	套	2
动力站	1500/1200 型	套	2
充吸气机	1500/1200 型	套	2
集装箱	1500/1200 型	套	2
围油栏拖头	1500/1200 型	套	4
浮动油囊	FN-20	套	2
锚		个	18

表 7.4-2 广东海事局珠海船舶溢油应急设备库现有设备清单

设备名称	规格	单位	数量
直升机消油剂喷洒系统	TC3	套	1
真空收油机（岸线清洁收油机）	MiniVac	套	2
小型收油机	Komara30	套	2
中型收油机	MultiSkimmerLMS/GTA50/70	套	3
大型收油机	DIP402	套	3
船用消油剂喷洒装置	DISPERSANTS PRAY3210	2	
快速布放围油栏	MK-E	套	400
中型螺杆式紧急卸载泵	DOP250 复式	套	1
大型离心应急卸载泵	MSP-300VH	套	1
防火围油栏	Hydro-FireBoomII	套	1
中型凸轮转子泵	GNTB200	套	1
重型海洋充气围油栏	WQJ2000	米	1200
汽车吊		辆	1
防化服		套	15
清污防护服	套	85	
拖车组（1 拖车+2 拖车板）	套	1	

国内第一家市场化运作的专业化溢油应急响应公司中海石油环保服务（天津）有限公司在惠州和珠海建立两个溢油应急基地，见图 7.4-1，应急能力覆盖南海北部海域内海上油田。表 7.4-3 和表 7.4-4 为该公司在惠州和珠海基地的溢油应急设备清

单。惠州基地配备的中海油环保船“海洋石油 251”号。该船是亚洲第一艘同时配备内置式动态斜面收油机和溢油监测雷达系统的溢油回收船，总长 47.50m，宽 8.4m，吃水 3.1m，航速 11.5 节。采用全回转舵桨推进方式，回收舱舱容 350 m<sup>3</sup>。具有 350m<sup>3</sup> 溢油规模的应急处置能力，该船采用了美国海岸警备队使用的内置式动态斜面 DIP 收油机，最大溢油回收能力为 100m<sup>3</sup>/h，装备了先进的 SEADARQ 溢油监测雷达系统。该船主要用于沿海船舶溢油污染事故的应急清污，它集海上溢油应急处理指挥中心、溢油围控及清除作业、港区内交通、水域污染事故的调查取证功能于一体，兼顾港区水域船舶油污水和工业污水接收转运、以及港区和附近海域的救助拖带等功能，还具有一定的扑救海面浮油和其他化学品引起火灾的能力。与国内现有的同型船舶相比，在溢油回收设备、船型和监测搜索设备的配备等方面具有先进性及技术创新点，提高了溢油应急反应能力，为应对海上大面积溢油污染提供了有利地保障。

表 7.4-3 中海油环保公司珠海基地溢油设备

1	WGJ1100 固体浮子式阻燃型橡胶围油栏	460 米	5 方
2	WGJ900 固体浮子式阻燃型橡胶围油栏	1600 米	10 方
3	900 型固体浮子式 PVC 围油栏	4840 米	50 桶
4	WGT900 防火式围油栏	400 米	35 箱
5	WQV600 岸滩围油栏	400 米	24 包
6	岸滩围油栏专用充水机	2 台	吸油能力 22KG/M
7	2000 型充气式橡胶围油栏	600 米	
8	2000 型卷绕辊	2 台	Φ20cm, 2 米/条
9	HDPP50 动力站	2 台	860X480X3mm
10	HIS300X3 充气机	2 台	100 片/箱 430X480X3mm
11	Magnum100 槽式轮鼓收油机	1 台	收油能力 100M <sup>3</sup> /h
12	HMH12 多功能收油机	1 套	收油能力 12M <sup>3</sup> /h
13	HAF30A(含 HDPP50 动力站) 刷带式收油机	1 套	收油能力 30M <sup>3</sup> /h
14	ZK30 真空收油机	1 套	收油能力 30M <sup>3</sup> /h
15	PSB80S 消油剂喷洒设备	2 套	
16	HDSK40 消油剂喷洒设备	2 套	
17	HDS1000DE 高压清洗机	1 套	
18	HD6/15C 高压清洗机(冷水)	2 套	
19	FN25 浮动储油囊	4 套	
20	10m <sup>3</sup> 轻便储油罐	2 套	
21	7m <sup>3</sup> 钢制 7m <sup>3</sup> 储油罐	2 套	储油能力共 42m <sup>3</sup>
22	4m <sup>3</sup> 拖油网	2 套	
23	玻璃钢底充气船(DF115A)围油栏工作艇	1 套	
24	CPCD80, 8T 叉车	1 台	
25	30M <sup>3</sup> /H 卸载泵	1 台	
26	100M <sup>3</sup> /H 卸载泵	1 台	

表 7.4-4 中海油环保公司惠州基地溢油设备

1	环保船（功率 1000KW）	1 艘	海洋石油 251
2	撇油器（100 方/小时）	1 台	海洋石油 251
3	围油栏（充气式）	400 米	海洋石油 251
4	消油剂喷洒装置（15 方/小时）	1 套	海洋石油 251
5	污水水储存仓	350 方	海洋石油 251
6	垃圾回收箱	2 个	海洋石油 251
7	拖油网	1 套	海洋石油 251
8	槽式轮毂式收油机 100M3/h	套	100m <sup>3</sup> /h
9	移动式防爆应急灯 FW6101	个	FW6101
10	移动式防爆应急灯 FW6101	个	FW6101
11	空中喷洒装置	台	
12	聚氨酯储油囊 25m/套	套	25m <sup>3</sup> /套
13	聚氨酯储油囊 25m/套	套	25m <sup>3</sup> /套
14	聚氨酯储油囊 25m/套	套	25m <sup>3</sup> /套
15	聚氨酯储油囊 25m/套	套	25m <sup>3</sup> /套
16	消油剂喷洒装置 PSB40	套	PSB40
17	消油剂喷洒装置 PSB40	套	PSB41
18	冷水高压清洗机 HD6/15C	台	HD6/15C
19	冷水高压清洗机 HD6/15C	台	HD6/15C
20	动力站 5KW	台	5kw
21	动力站 5KW	台	5kw
22	卷栏机 2000 型	套	2000 型
23	卷栏机 2000 型	套	2000 型
24	卷栏机 2000 型	套	2000 型
25	卷栏机 2000 型	套	2000 型
26	充气机 300M/H	套	300m <sup>3</sup> /h
27	充气机 300M/H	套	300m <sup>3</sup> /h
28	卸载泵 100M/H	个	100m <sup>3</sup> /h
29	卸载泵 100M/H	个	30m <sup>3</sup> /h
30	真空收油机	套	
31	冷热水高压清洗机 HDS1000de	台	HDS1000DE
32	冷热水高压清洗机 HDS1000de	台	HDS1000DE
33	收油机 30m <sup>3</sup> /h	套	30m <sup>3</sup> /h
34	对讲机	—	4 台

### 7.4.3.3 溢油应急响应时间

#### （1）近岸段溢油预测点所在海域

珠海高栏岛应急设备库和基地距离溢油点约 126km，中海油环保公司惠州基地距离溢油点约 60km，平均船舶行驶速度 10 节，则溢油应急资源调动时间表见表 7.4-5。区域溢油应急防备能力较强，一旦出现溢油事故，施工船舶第一时间汇报广东省海事局的情况下，最快可以在 5.2h 抵达溢油事故现场。

表 7.4-5 应急资源调动时间表

序号	应急资源分布点	抵达时间 (h)	准备时间 (h)
----	---------	----------	----------

1	交通部珠海高栏岛应急设备库	8.2h	2h
2	中海油环保公司珠海基地	8.2h	2h
3	中海油环保公司惠州基地	3.3h	2h

## (2) 离岸段光缆路由所在海域

根据《关于确定各直属海事局海域管辖范围的通知》（海人教【2002】161号），海缆项目光缆路由主要涉及广东海事局管辖海域和海南海事局管辖海域。根据国家溢油应急设备库的分布情况，广东海事局管辖海域和海南海事局管辖海域均配备相应的国家溢油应急设备库，图 7.4-1。其中，广东海事局管辖海域内所配备的国家溢油应急设备库分别位于珠海、湛江、茂名，距离上述国家应急设备库的最远距离约为 1150km，若在该海域发生溢油事故，则启用上述应急设备库防污器材和设备的应急响应时间最长为 38h；若在海南海事局管辖海域内的西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛等海域发生溢油事故，则与该区域所配备的国家应急设备库的距离分别为 350km、600km、1500km，则启用上述应急设备库防污器材和设备的应急响应时间为 12h、20h 和 50h。综上所述，海缆项目建设过程中，一旦发生溢油事故应严格执行溢油应急计划，根据溢油情况报告所在海域的海事主管部门，启用相应区域已配备的防污器材和设备。

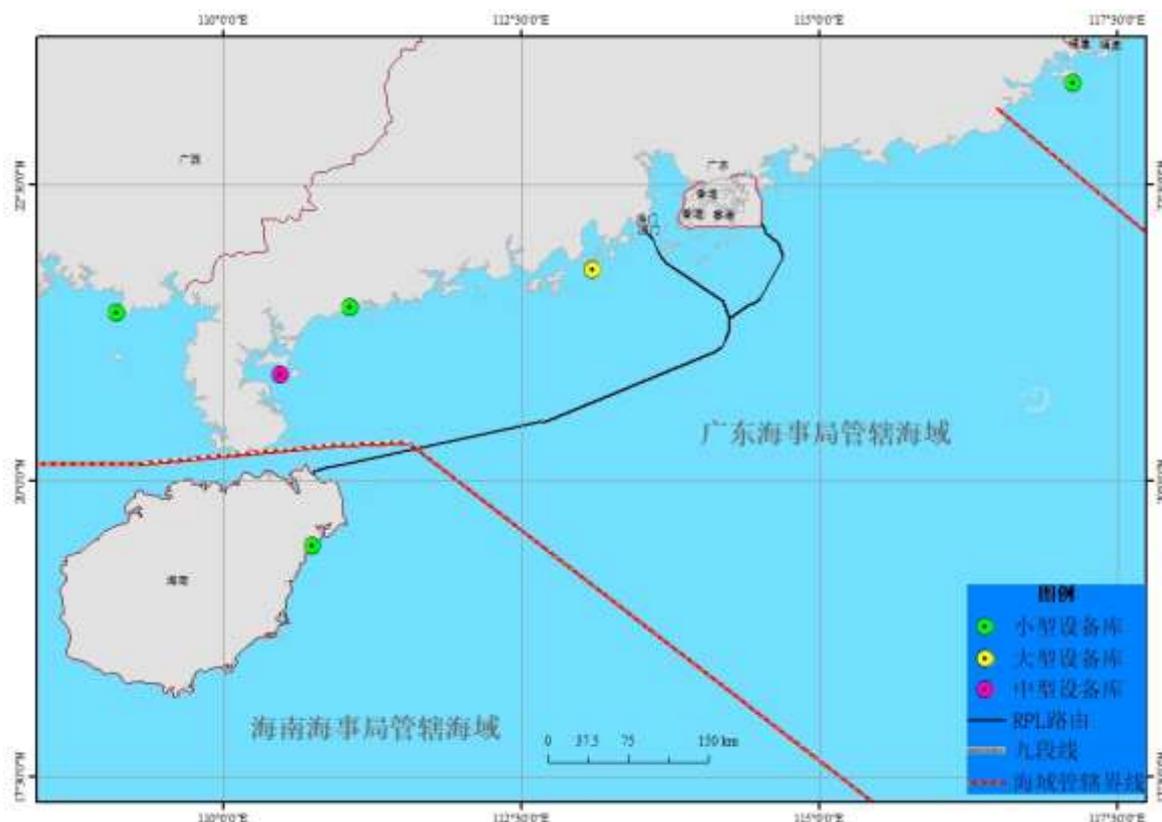


图 7.4-1 南海光缆路由与国家溢油应急设备库分布区位关系

## 7.4.4 应急预案要求

### 7.4.4.1 应急预案纲要

油品泄漏将对海域环境产生严重的污染损害，事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。因此，海缆项目应根据可能发生的风险事故类型制订应急预案，并报主管部门审批通过后开始施工。

海缆项目应建立相关应急反应部门的应急通讯联络机制，制订本单位对突发污染事故的应急反应对策。海缆项目突发事故应急预案纲要见下表，供制订预案参考。

表 7.4-6 海缆项目应急预案纲要

序号	项目	内容及要求
1	总则	
2	应急计划区	作业区
3	应急组织	建立海缆项目的应急反应组织机构,包括建立单位内的应急反应领导小组,落实各级上级主管部门
4	预案分级响应条件	将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故 一般污染事故自行处理,较大、重大、特大污染事故启动上级预案,接受上级应急反应部门的领导
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式
6	应急救援保障	主要依靠广东沿岸区域应急力量
7	紧急处置措施	制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序
8	事故应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序 规定事故现场善后处理,恢复措施 规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
9	应急培训计划	制订培训与演练计划
10	公众教育和信息	对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息
11	附件	应急联络方式,包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式 预案编制与更新等

建议建设单位参考本报告提出的应急预案纲要，制定污染事故应急预案，编制的应急预案应与主管海事的应急预案进行衔接，列入海事联系方式。当污染事故发生时，该公司有关人员应迅速将准确的事故信息上报至广东省海事局，并根据海事部门的指示，按照制定好的应急预案开展应急清污行动。当施工船舶的应急力量不足时，应请求海事统一调配周边应急力量，共同完成事故风险控制工作。

事故发生后，马上通知相关部门（环保部门、海事部门等），对于海域事故而言，优先保护附近的敏感目标。

#### 7.4.4.2 应急指挥、救援机构职责和分工

成立污染事故应急救援“指挥领导小组”，小组由总指挥、现场指挥组成：下设应急救援队伍。当现场发生重大事故时，以指挥领导小组为领导核心，应急救援队伍为救援骨干，全面负责污染救援的组织指挥和救援控制。

应急救援队伍由现场值班主管、主办、领班、现场人员组成。

指挥领导小组的职责：（1）负责本单位“预案”的制订、修改；（2）组建应急救援专业队伍，并组织实施和演练；（3）检查督促做好重大事故的预防措施和应急救援的各项准备工作。

指挥部的职责：（1）发生事故时和事故处理完毕后，分别由指挥部发布和解除应急救援命令、信号；（2）组织指挥救援队伍实施救援行动；（3）及时时向有关部门单位发出救援请求；（4）组织事故调查，总结应急救援工作经验教训。

应急救援队伍的职责：（1）各施工人员都负有事故应急救援的责任；（2）应急救援队伍是防泄漏污染应急救援的骨干力量，其任务主要是担负污染事故的现场救援以及尽最大努力防止污染扩散，将污染危害程度在最短时间里控制在最小范围内。

#### 7.4.4.3 应急救援保障

海缆项目主要依托社会的应急设备，应与周边企业、清污公司、应急设备库建立联络机制。

#### 7.4.4.4 建立事故应急反应计划和应急反应措施

考虑到溢油对海域环境的严重污染损害，建立快速科学有效的海上污染防治和应急反应体系是非常必要的。事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为了将事故造成的损害降低到最低限度，制订和实施应急计划是唯一的选择。

（1）应急计划主要内容

- ①明确组织指挥机构；
- ②绘制该地区环境资源敏感图，确定重点优先保护区域；
- ③加强溢出物污染跟踪监测，建立科学的污染预报分析等应急决策支持系统，能够进行事故危害范围和程度的计算机动态模拟、评估与显示；
- ④了解周边清污设备器材储备，建立清污设备器材储备；

- ⑤加强清污人员训练;
- ⑥建立通畅有效的指挥通讯网络。

### (2) 事故应急反应措施

海缆项目事故应急反应措施应在以下几个方面做好工作:

- ①建立健全的应急反应的组织指挥系统
- ②应急反应设施、设备的配备

了解海区的应急反应设施、设备配备情况,建立畅通的联络通道。

- ③应急防治队伍及演习

根据海缆项目的特点,为减少人员及日常开支,除充分利用海事局系统应急防治力量。

- ④应急通讯联络

为确保海缆项目船舶突发性溢油污染事故的报告、报警和通报,以及应急反应各种信息能及时、准确、可靠的传输,必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络,包括与上海海事局、浙江海事局和广东海事局应急反应指挥系统联络,因为往往在应急反应过程中,能否及时对事故进行通报是决定整个反应过程和消除污染效果成败的关键

- ⑤应急监视监测

事故的应急监视系统是通过监视手段,及时发现船舶溢油泄漏,迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等,为应急反应对策措施及方案的选定提供依据。

### (3) 污染事故控制现场应急措施

①严禁向海洋排放废油、残油等污染物。不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

②作业期间施工船舶应防止溢油事故的发生。一旦发生漏油污染水域事故,应及时采取有效应急措施制止漏油,立即报告海事部门。同时及时采取措施,收集溢油,缩小溢油的污染范围。

③对漏油船舶立即查找泄漏污染源,关闭阀门,封堵甲板出水孔(缝),并投放吸油毡、棉胎、木屑等吸附材料,收集泄漏油污。

④迅速调集本项目其他作业船舶投入防污抢险,及时运送防污器材和救援队伍到达现场,在海事人员的组织下,进行协调作战,以最低限度地减少油污泄漏。并做好防火准备工作。

⑤对油污泄漏区域进行铺设围缆绳,投放吸油材料及消油剂,并及时回收泄漏的油污和已吸附的吸油材料,防止污染面积的扩展。

⑥因船舶碰撞引起的污染,则应迅速控制当事船舶污染源,必要时应将泄漏船舶拖至岸边围清,并派潜水员封关油箱管道阀门,进行善后处理。

#### (4) 事故后的污染清除、生态风险控制及恢复措施

##### ①污染评估

在进行溢油泄漏应急事故的生态风险防控与污染清除工作之前,首先对事故作出以下评估:

可能受到威胁的环境敏感区和易受损资源以及需要保护的优先次序;

本地区应急反应的人力、设备、器材是否能满足应急反应的需要。

##### ②应急响应行动

根据对应急事故的评估,应急指挥部应立即作出事故防控的应急对策:

指挥机构在接到报警后,根据初步情况,对外通报、联系支援;

采取措施防止可能引发的火灾、爆炸事故,如果船舶发生了溢出事故,根据溢出位置和原因,采取堵漏、拖浅等措施控制泄漏;派遣船艇对溢出物周围海域实行警戒或交通管制,监视溢出物的扩散。

对可能受到污染威胁的高生态风险的环境敏感区和易受损资源采取优先保护措施,如在事故点周围、下风、下流向铺设围油栏,阻止溢出物扩散和向敏感点转移;如事故点控制无效,应在到达敏感目标前,在保护区的外围,再设第二套防护的围油栏,防止第一套围油栏未围住的泄漏物进入保护区。

对溢出事故水域和周围水域、沿岸进行监测;

根据溢出物的性质和规模,迅速调动应急防治队伍、应急防治设备、器材等以及必要的后勤支援;

组织协调海事、救捞、环保、海洋、水产、军队、公安、消防、气象、医疗等部门投入应急活动;

根据溢出物的类型、规模、溢出物的种类、溢出物扩散的方向、周围海域、大气的的环境,指定具体的应急清除作业方案。

##### ③污染清除及恢复措施

溢出事故清除作业是应急反应的直接现场作业,在现场指挥部的统一指挥下,组织调动人力物力,投入清除作业。

清除作业实际发生在两种场合，一是海上清除作业，一是岸线清除作业，根据具体情况选择清除作业方法和使用的设备。

清除作业包括溢出物的围控、回收、分散、固化、沉降、焚烧和生物降解等处理方法。

清除设备器材主要有围油栏、围油栏铺设船、浮油回收船、撇油器、油拖网、吸油材料、溢油分散剂及其喷洒装置、固化剂、浮动油囊、油驳、铲车高压冲洗机等。

对于海上污染，通常采用机械围栏和回收、喷洒化学分散剂和现场焚烧为主要清除技术，吸附及其他处理技术为辅助清除技术。

对于岸线污染，主要采用人工清除、吸附回收和机械清除等物理清除方法，可采取收刮、高压水清洗，岸域沙土中污染渗入严重时应采用换土换沙等方法，以恢复岸边滩涂的清洁和自然生态的美观。

## 7.5 环境风险综合分析评价

海缆项目可能发生的风险为施工期船舶碰撞、交越输油管道施工时导致溢油事故，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将很快抵达生态敏感区并造成严重污染。海缆项目海上施工作业时间短，施工船舶在采取加强瞭望，合理安排施工作业面，同时项目施工主要在外海，施工船舶发生事故概率较低，可能溢油量有限，距离陆地和近海海域保护区较远，区域溢油应急防备能力较强，风险总体可控。

## 8 清洁生产

根据对建设项目的环境影响（包括污染与生态环境影响）特点和环境影响分析，海缆项目对生态环境的影响主要为施工阶段，工程投产运营后基本不对环境产生影响，因此海缆项目的清洁生产控制主要针对施工阶段而言。

### 8.1 光缆材料清洁生产水平分析

海缆项目使用的光缆主要结构组成从外向内依次为：聚乙烯护层，铠装金属钢丝和二氧化硅光纤，外缘的聚乙烯护层具有抗冲击、抗老化、重量轻、不渗漏、耐酸碱、寿命长、符合卫生标准等优点，是光缆较为理想的绝缘和护套材料，属于清洁原材料。

### 8.2 施工船舶清洁生产水平分析

海缆项目施工海缆船污染物处置办法严格遵守 73/78 防污公约有关要求，对污、废水及固体废弃物进行严格管理。

#### 8.2.1 船舶固体废弃物管理

(1) 施工海缆船将根据 73/78 防污公约附则 V 的要求，建立《船舶垃圾管理计划》，对船舶垃圾进行了分类收集、储存和管理。

(2) 塑料垃圾（包括混有塑料制品的垃圾）、含油抹布、除食物之外的固体废弃物全部保存在船上，到达港口时会委托有资质单位处理，并将情况记录在《船舶垃圾记录簿》上。

(3) 严禁在特殊区域倾倒任何船舶垃圾。

#### 8.2.2 船舶油污水管理

(1) 施工海缆船根据 73/78 防污公约附则 I 的要求，安装满足公约要求的船舶油污水处理装置，并获得由船级社颁发的《国际船舶防止油污染证书》。

(2) 船级社每年对该装置的维护保养及运行情况进行检验。同时，港口国海事主管当局不定期地对其进行检查。

(3) 船员对船舶油污水处理装置进行定期的维护保养。船员按要求定期对船舶油污水处理装置进行检查和监控以确保该装置的正常运行。

(4) 禁止船舶在码头港口及锚地排放油污水到海洋。

(6) 含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制，达到如下条件的时候，才进行排放：a)船舶在航行中；b)通过船舶油污水处理装置，并达到水中含油量低于 15mg/L 之后才排放；c)禁止在特殊区域排放。

(7) 船上根据公约的要求建立《船舶油污应急计划》，并备有应急器材如：吸油毡，围油栏等。

(8) 船长是《船舶油污应急计划》的总负责人，负责油污染事故的处理。同时，船上也建立了应急小组，并进行了分工如：有负责同主管机关及有关各方联络的，有进行海上围油和收集工作的等等。每半年，船长会组织船员按该计划进行演习和操练，并总结和提高。

### 8.2.3 船舶生活污水处理管理

(1) 海缆项目所使用的施工船舶为“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”，根据“国际生活污水污染防治证书（1973）”（INTERNATIONAL SEWAGE POLLUTION PREVENTION CERTIFICATE<1973>），“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶均配备相应的生活污水处理设施。且本次施工船舶，均获得由船级社颁发的《国际船舶防止生活污水污染证书》。

(2) 船级社每年对该装置的维护保养及运行情况进行检验。同时，港口国海事主管当局也不定期地对其进行检查。

(3) “锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶利用生活污水处理装置，进行消毒和处理符合标准后排海。

(4) 船员对船舶生活污水处理装置进行定期的维护保养。船员按要求定期对船舶生活污水处理装置进行投药、检查和监控以确保该装置的正常运行。

海缆项目施工作业船舶所采用的污染物处置设备符合国家和国际有关污染物处置排放规定，符合清洁生产要求。

## 8.3 光缆施工清洁生产水平分析

### 8.3.1 海缆敷设方式

设计阶段光缆埋深充分考虑的航道船舶通行对穿越航道海缆的影响，设计埋深3m或1.5m以满足相应的要求。海底光缆通常的铺设施工方式有：

①人工冲埋法，该方法常用于海水浅滩区光缆埋设，潜水员使用高压水枪喷射的高压水柱对浅滩进行切割到一定深度后，直接将海缆敷设上去，利用潮流等动力自然回填掩埋。

②冲埋式埋设犁施工法，该方法使用的埋设犁的掘削部装有喷嘴，喷射出的高压水在海底冲出沟槽，然后光缆进入埋设臂通道被引导至沟槽中，自然回填掩埋。

### 8.3.2 海缆敷设方式比选

开挖法与埋设流程分离，适合较短距离的光缆敷设，对于海缆项目来说耗时太久，施工对海域环境扰动时间会增加，起砂率高。海缆项目除了在上海登陆段约1.5km需要开挖施工，埋设段主要采用埋设犁完成作业，埋设犁并不进行任何的“挖掘”工作，它仅临时切割出一条沟，光缆线立刻被嵌入该管沟内，埋设犁经过该区域后，海底的沙子就会重新将管沟掩埋从而使管沟痕迹消失。本埋设方法具有扰动泥沙的体积小，被扰动泥沙的扰动程度小，起沙率低的特征，既悬浮物的产生量较低，符合清洁生产的先进性要求。

## 9 总量控制

海缆项目运营期在正常工况下，基本不产生任何污染物。仅在海底光缆发生风险事故时，后续的海上修复作业会对海域环境带来一定的影响，海缆项目不涉及总量控制要求。

## 10 环境保护对策措施

海缆项目的污染物排放主要来自施工期光缆埋设作业产生的悬浮物、船舶施工作业人员的生活污水、生活垃圾，扫海清障作业产生的海底垃圾，光缆铺设过程产生的光缆废料，施工船舶产生的机舱含油污水等。各种污染物的污染防治措施如下：

### 10.1 降低悬浮物影响的措施

海缆项目光缆埋设采用先进的埋设犁进行施工。埋设犁边挖沟边铺设，在光缆施工船牵引和犁刀物理切割下，将海底泥沙犁开，形成海缆沟；装备上部有一导缆孔，用来引导光缆到沟底部，光缆立刻被嵌入该管沟内，埋设犁经过该区域后，海底的沙子就会重新将管沟掩埋从而使管沟痕迹消失，由潮流将管沟自然填平。这种埋设方法对海底泥沙扰动小，相对同类项目的冲埋施工方法悬浮物产生量小，有效的减少悬浮物污染物的产生量，减轻对海水水质及海洋生物生态、渔业资源等的影响。

光缆施工期选择在海况较好的时期进行施工，最大限度的减少悬浮物对海洋环境的影响程度。

### 10.2 水污染防治措施

海缆项目施工期间的水污染物主要来自船舶生活污水及含油污水。按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、73/78 防污公约的相应要求，提出污染防治措施如下。

### 10.2.1 生活污水处理措施分析

海缆项目所使用的施工船舶为“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”，根据“国际生活污水污染防治证书（1973）”（INTERNATIONAL SEWAGE POLLUTION PREVENTION CERTIFICATE<1973>），“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶均配备相应的生活污水处理设施。

“福海号”施工船舶所配备生活污水处理设备执行 MPEC.2(VI)号决议，锋阳海工号”和“未来路号”施工船舶所配备生活污水处理设备执行 MPEC.15955 号决议，上述船舶污水处理结果能够满足《船舶水污染物排放控制标准》和 73/78 防污公约的相应要求，生活污水可经船上配备的生活污水处理装置处理后在船舶行进中排放。

登陆点机械施工期间的人员若采用集装箱作为办公或生活用房，则生活污水通过收集委托环卫部门定期外运；若就近租用民房，生活污水利用房屋已有的设施，不会对周围环境造成明显影响。

### 10.2.2 船舶含油污水处理措施分析

根据按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、73/78 防污公约的相应要求，船舶含油污水经船用含油污水处理设施处理达标后方可排海。海缆项目所使用的施工船舶为“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”，其中，“锋阳海工号”施工船配备了油水处理装置，“福海号”施工船配备了具有报警和自动停止功能油水分离设备，“未来路号”施工船配备油水分离设备，均可将含油污水处理达到 15mg/L，详见表 10.7-1。综上，上述施工船舶均配备船舶油污水处理装置，该设备满足上述标准要求。含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制，达到如下条件的时候，才进行排放：a)船舶在航行中；b)通过船舶油污水处理装置，并达到水中含油量低于 15mg/L 之后才排放；c)禁止在特殊区域排放。

### 10.2.3 水污染物治理措施的落实要求

#### （1）污染物排放的监督管理措施

为保证污染物处理合格后达标排放，建设单位须采取如下四方面措施：

①对船舶油污水处理装置和生活污水处理装置进行定期的维护保养。按要求定期对船舶油污水处理装置、生活污水处理装置进行检查和监控以确保该装置的正常运行。

②对经过船舶油污水处理装置处理后的低于 15mg/L 油含量的污水排放量、排放

速率、排放地点、时间等作详细记录并签字。

③各艘船上建立《船舶油污应急计划》，船长是《船舶油污应急计划》的总负责人，负责油污事故的处理。同时，船上建立应急小组，明确小组成员职责。

④工程施工期间，施工单位需配合相关监督、管理工作，确保污染物按相应要求排放。

#### (2) 水污染物的委托处理程序

施工船舶将水污染物运至目的港口前，需提前通知港口船舶污染物管理机构，提供即将到港的污染物种类及数量等信息，港口污染物管理机构联系具有处理资质的机构接收污染物。

## 10.3 固废污染物治理措施

### 10.3.1 船舶垃圾的处置

(1) 对于食品垃圾，距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，将其收集并排入接收设施；在距离 3~12 海里（含）的海域，将食品垃圾收集并排入接收设施，或是粉碎至直径不大于 25mm 后可以排放；在距离最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。

(2) 对于塑料废弃物、废弃食用油、焚烧炉灰渣、电子垃圾等收集并排入接收设施。

### 10.3.2 施工垃圾的处置

对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回运至港口委托处理，不排放，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

## 10.4 大气污染防治措施

根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发【2018】168 号）：对于 SO<sub>x</sub>，自 2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于 0.5%<sub>m/m</sub> 的船用燃油；自 2020 年 3 月 1 日起，未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用按照该方案规定应当使用的船用燃油。对于 NO<sub>x</sub>，在 2000 年 1 月 1 日及以后建造（以铺设龙骨日期为准）或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过

130kW 的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段 NO<sub>x</sub> 排放限值要求。根据《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》：对于 SO<sub>x</sub>，自 2020 年 1 月 1 日起，国际航行船舶进入中华人民共和国管辖水域，应使用硫含量不大于 0.5%<sub>m/m</sub> 的船用燃油；自 2020 年 3 月 1 日起，为采用替代措施的国际航行船舶进入中华人民共和国管辖水域，不得装载硫含量超过 0.50%<sub>m/m</sub> 的自用燃油；自 2022 年 1 月 1 日起，国际航行船舶进入国际航行船舶进入我国船舶大气污染物排放控制区海南水域，应使用硫含量不大于 0.1%<sub>m/m</sub> 的船用燃油。

海缆项目路由从海南文昌登陆点出发向东北珠海横琴登陆点和香港海域边界，穿越了大气污染物排放控制区海南水域和珠三角水域，工程施工期间采用了“锋阳海工号”、“福海号”和“未来路号”施工船舶。

根据《国际防止大气污染证书》，“福海号”为国际船舶，建造日期为 1999 年 12 月 10 日，未进行过船用柴油发动机重大改装。因此，NO<sub>x</sub> 排放不作要求，SO<sub>x</sub> 和颗粒物排放执行在排放控制区外自 2020 年起应使用硫含量不大于 0.5%<sub>m/m</sub> 的船用燃油，在排放控制区内自 2022 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.1%<sub>m/m</sub> 的船用燃油。若采用替代措施我国管辖水域，自 2020 年 3 月 1 日起不得装载硫含量超过 0.50%<sub>m/m</sub> 的自用燃油。

根据《国际防止大气污染证书》，“锋阳海工号”为国内船舶，建造时间为 2009 年 11 月 18 日，“未来路号”建造日期为 2006 年 5 月 26 日，且单台发动机输出功率超过 130kW，均未进行过重大改装，NO<sub>x</sub> 排放应执行《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段限值要求，SO<sub>x</sub> 和颗粒物排放执行在排放控制区外在 2012~2019 年间应使用硫含量不大于 3.5%<sub>m/m</sub> 的船用燃油，自 2020 年起应使用硫含量不大于 0.5%<sub>m/m</sub> 的船用燃油，在排放控制区内对使用的燃油硫含量未作要求。

根据《国际防止大气污染证书》，“未来路号”为国际船舶，建造日期为 2006 年 5 月 26 日，且单台发动机输出功率超过 130kW，未进行过重大改装，NO<sub>x</sub> 排放应执行《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段限值要求，SO<sub>x</sub> 和颗粒物排放执行在排放控制区外自 2020 年起应使用硫含量不大于 0.5%<sub>m/m</sub> 的船用燃油，在排放控制区内自 2022 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.1%<sub>m/m</sub> 的船用燃油。若采用替代措施我国管辖水域，自 2020 年 3 月 1 日起不得装载硫含量超过 0.50%<sub>m/m</sub> 的自用燃油。

## 10.5 光缆等原材料防腐措施

海缆项目的主要原料为各种类型的光缆，各种光缆均考虑了对海水腐蚀的防护作用，具有抗 25 年以上海水腐蚀设计，避免光缆被腐蚀破坏后重金属溶出对海水水质及沉积物产生影响。其中轻型光缆的外层防腐层物质主要为天然中密度聚乙烯和阻水填充物。中密度聚乙烯可抗常规浓度硫化氢的腐蚀；阻水填充物可防止里面金属钢线被腐蚀。铠装光缆的外层防腐层金属钢线镀锌和沥青尼龙线。沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀，金属钢线镀锌可避免光缆接头处的金属线被腐蚀。

海缆项目用到的其它材料主要为各种光缆连接装置，其外部保护外壳均为铜合金，不需要阴极镀层保护即可起到防腐作用，具有抗 25 年以上海水腐蚀设计。

## 10.6 生态影响防治措施

海缆项目采取的优化选址选线、合理安排施工、有效的污染物处理措施、有针对性的环境管理措施以及生态补偿措施等均为有效的生态影响防治措施，主要体现在如下方面：

### （1）优化选址选线

海缆项目南海段通过路由比选、优化选址选线，避开了担杆列岛海洋保护区、针头岩海洋保护区、大亚湾海洋保护区和东沙群岛珊瑚礁和海洋自然保护区等保护区。路由调查时若穿越珊瑚礁需及时调整线位避让。

### （2）施工期中华白海豚的保护措施

考虑到中华白海豚的活动范围较大，建议建设单位和施工单位在施工时安排人员在船上视野开阔的地方加强瞭望，以确定视野范围内是否有海豚出没，一旦发现中海白海豚在附近出现，应等待海豚游离监视范围方可继续施工。

### （3）施工期对保护区的保护措施

南海基本上常年有经济鱼类产卵，且海缆项目路由穿越南海北部幼鱼繁育场保护区、南海中上层鱼类产卵场和南海底层、近底层鱼类产卵场，项目海底光缆铺设施工时产生的悬浮物会对该保护区产生不利影响。根据南海北部幼鱼繁育场保护区的管理规定，禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害。施工单位应在施工过程中合理安排施工时间及施工工序，在穿越鱼类产卵场、幼鱼繁育场等重要渔业水域段尽量避开主要经济鱼

类产卵盛期（3月-7月），如为保证光缆连续不间断铺设要求而无法完全避开，则在上述海域施工时应尽量降低施工强度，以减小悬浮扩散对产卵场、索饵场渔业资源的损失影响，并做好相关渔业资源修复补偿工作。

#### （4）生态补偿

海缆项目海洋生物资源补偿经济价值损失金额 506.1 万元，建设单位将与相关渔业主管部门沟通在海缆项目施工前采用经济补偿的方式对生态损失进行补偿。生态补偿款由相关行政主管部门统筹安排，用于生态恢复及补偿，例如海洋生物资源的增殖放流、海洋生物资源的养护与管理，人工鱼礁及相关研究、监测工作等，使海洋生物资源和海洋生态环境得到尽快恢复和可持续利用。增殖放流工作应按照“《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 20 号令），确定放流品种和增殖放流的组织、管理。根据“《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 20 号令）”，增殖放流应当遵守省级以上人民政府渔业行政主管部门制定的水生生物增殖放流技术规范，采取适当的放流方式，防止或者减轻对放流水生生物的损害。

增殖放流和底播增殖的苗种应选用东海和南海常见的经济苗种，比如放流品种可选用大黄鱼、真鲷、黄鳍调、长毛对虾、梭子蟹、石斑、凤鲚鱼苗和文蛤等，见表 10.6-1。具体增殖放流品种，场所和时间等细节和措施待建设单位与相关主管部门协商后确定。

表 10.6-1 增殖放流方案

品种	规格 (cm)	单价 (万元/万尾)	数量 (万尾、万个)	费用 (万元)
大黄鱼	3~5	0.6	100	60
真鲷	5	0.5	160	80
黄鳍调	5	0.5	120	60
长毛对虾	1	0.08	800	64
梭子蟹	2~3	0.2	410	82
海蜇	1~2	0.06	1000	60
白姑鱼	1~2	0.5	200	100
合计			2790	506

## 10.7 污染防治对策及监管措施一览表

根据以上工程各阶段的污染防治措施分析，总结污染防治对策及监管措施一览表如表 10.7-1。建设单位和施工单位需按照表中要求，配合相关部门的监督和管理。

运营期发生故障修复作业，各项污染防治措施参考光缆施工期污染防治措施的要求。

表 10.7-1 环境保护对策措施一览表

序号	环境保护对策措施		具体内容	规模及数量		预期效果
1	船舶生活污水处理		污水处理设施	“锋阳海工”号	WFCB-40 型生活污水处理装置；5m <sup>3</sup> 生活污水存储仓	按《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求处理达标后排海
				“福海”号	31.2m <sup>3</sup> 生活污水存储仓和“Aquamar Bio Union Type MSP 80”型号污水处理装置	
				“未来路号”号	“SEA CLENAN II-N60CE”型号的生活污水处理装置	
2	船舶含油污水处理		油水分离器	“锋阳海工”号	油水分离处理装置，处理效果可达 15mg/L；配备 2.67m <sup>3</sup> 残油（油泥）舱	油水分离处理浓度小于 15mg/L 后，在航行中排海。
				“福海”号	油水分离处理装置，配备报警和自动停止功能，处理效果可达 15mg/L	
				“未来路号”号	油水分离处理装置，处理效果可达 15mg/L	
3	船舶垃圾	食品废物	粉碎处理	各施工船舶配备粉碎机		在距离陆地 3 海里以内（含）的海域，收集排入接收装置；在距离最近陆地 3~12（含）海里海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25mm 后排放；在距离最近陆地 12 海里以上方可投入入海。
		其他垃圾	收集	各施工船舶配备垃圾收集容器		收集并排入接收设施
4	大气污染		船舶目前运行状况符合相关“排放控制区”的要求	“福海”号		根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发【2018】168 号）、《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》（中华人民共和国海事局公告第 20 号）要求，使用相应品质燃油
			不同时期，按要 求采用	“锋阳海工”号		根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发【2018】168 号）、《2020 年全球船用燃

		不同燃油		油限硫令实施方案》(中华人民共和国海事局公告第 20 号)要求, 使用相应品质燃油
			“未来路号”号	根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发【2018】168 号)、《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》(中华人民共和国海事局公告第 20 号)要求, 使用相应品质燃油
5	生态补偿	经济补偿	506.1 万元	海洋生态恢复

## 11 环境保护的技术经济合理性

### 11.1 环保投资估算

根据海缆项目建设及运营特征，海缆项目的主要环境保护投资为施工期船舶污染物的处理及委托处理费用、环境监测费用、渔业及生态补偿费用；运营期光缆发生损坏的后期维修作业船舶污染物的处理等费用。

海缆项目工程概算投资总额为 3.47 亿元，估算总环保投资为 956.1 万元，占工程总投资的 2.98%。其中各分项环保投资预算见表 11.1-1。

表 11.1-1 海缆项目环保投资估算（单位：万元）

项目	费用	备注	
施工期	污水处理费	30	
	固废处理费	40	
	生态及渔业资源补偿费	506.1	
	溢油应急设备	80	
	项目环境管理费用（含监测）	160	
运营期	项目环境管理费用	80	考虑运营期光缆损坏后修复工作期间的环保投资
不可预见费		60	考虑未预见的环保投资及各项环保投资费率变化
合计		956.1	

由以上投资估算可以看出，海缆项目的环保投资基本可满足污染防治的需求，又有环境风险等情况追加投资的余地，环保投资具有一定的经济合理性和可行性。

### 11.2 环境损益分析

海缆项目建设对环境的影响主要是施工期悬浮物对海洋生物资源的影响。

#### (1) 鱼卵、仔稚鱼经济价值评估

根据工程海洋环境预测评价结果，海缆项目施工阶段悬浮物造成鱼卵、仔稚鱼的损失计算如下：

$$M=W \times P \times E$$

式中， $M$  为鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元； $W$  为鱼卵和仔稚鱼的

损失量，单位为个（尾）； $P$  为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼按 5%成活率计算，单位为百分比（%）； $E$  为鱼苗的商品价格，按当地主要鱼苗种的平均价格计算，单位为元/尾，海缆项目鱼苗按 0.5 元/尾计算。

根据第 6.5 章节计算结果，各段光缆路由埋设作业期间搅起的悬浮物污染造成的鱼卵和仔稚鱼一次性损失量见表 11.2-1，鱼卵一次性损失量为  $120.88 \times 10^6$  粒，仔稚鱼一次性损失量为  $26.78 \times 10^6$  尾。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，一次性生物资源的损害补偿尾一次性损失额的 3 倍，则鱼卵的经济补偿共为 181.32 万元；仔稚鱼的经济补偿共为 200.84 万元。

#### （2）游泳生物经济损失评估

渔业生物资源经济价值按下式计算：

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中： $M_i$  为第  $i$  类渔业生物资源的经济损失额（元）； $W_i$  为第  $i$  类渔业生物资源的损失量（kg）； $E$  为生物资源的商品价格，当地海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，为 15 元/kg。

根据计算结果，海缆埋设施工期对游泳生物的损失为 1504.16kg，生态补偿按 3 倍计算，游泳生物资源的经济补偿共为 6.77 万元。

#### （3）潮间带生物经济损失评估

潮间带生物经济损失计算公式如下：

$$M = W \times E$$

式中： $M$  为经济损失额，单位为元（元）； $W$  为生物资源损失量，单位为千克（kg）； $E$  为生物资源的价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，约为 15 元/kg。

根据计算结果海缆铺设造成上海登陆段潮间带生物直接损失量为 0.07t，该段开挖施工对潮间带的损害属一次性损害，施工完成后经过一段时间可恢复，因此补偿费按损失额的 3 倍计算，为 0.11 万元。

#### （4）底栖生物经济损失评估

底栖生物经济损失计算公式如下：

$$M = W \times E$$

式中： $M$  为经济损失额，单位为元（元）； $W$  为生物资源损失量，单位为千

克 (kg);  $E$  为生物资源的价格, 按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算, 约为 1.0 万元/t。

根据计算结果海缆铺设造成底栖生物直接损失量为 38.95t, 铺设海底管线施工对底栖生物的伤害属一次性伤害, 施工完成后经过一段时间可恢复, 因此补偿费按损失额的 3 倍计算, 生态损失额为 116.86 万元。

#### (5) 海洋生物资源补偿经济价值汇总

海缆项目对海洋渔业生物资源的影响造成经济损失共 506.1 万元, 详见表 11.2-1。

表 11.2-1 生物资源经济损失补偿评估结果

类别	损失量	补偿年限	单价	成活率	各单项损失金额(万元)	各段损失金额(万元)
鱼卵 (10 <sup>6</sup> 粒)	120.88	3	0.5 元/粒	0.01	181.32	506.1
仔稚鱼 (10 <sup>6</sup> 尾)	26.78	3	0.5 元/尾	0.05	200.84	
游泳生物(kg)	1504.16	3	15 元/kg	1	6.77	
潮间带生物 (t)	0.07	3	1.5 万元/t	1	0.32	
底栖生物 (t)	38.95	3	1.0 万元/t	1	116.86	

### 11.3 社会效益分析

随着国民经济高速发展, 中国现有部分光缆的设备配置和容量已经不能满足通信业务的发展需求。海缆项目是为保证传输网络容量、网络可靠性、业务适应性等方面满足电信业务快速增长需求而建的高容量国际海光缆项目。

海底光缆通信系统作为国家公用通信网组成中不可缺少的一部分, 其建设对于推动国民经济信息化和巩固国防也具有重大意义, 其社会效益及间接的经济效益十分明显。

### 11.4 小结

根据海缆项目的环境影响预测与评价, 海缆项目对海洋环境的主要影响为光缆埋设段埋设施工产生的悬浮物对海水水质及海洋生物的影响。海缆项目将对造成的损失进行经济补偿, 补偿将按照渔业主管部门的安排, 用于生态恢复和补偿。

总体而言, 海缆项目的经济效益、社会效益显著, 环境经济损失相对较小,

环境保护措施具备经济合理性和可行性，从环境经济角度考虑，项目建设可行。

## 12 工程环境可行性分析

### 12.1 主体功能区规划

#### 12.1.1 全国海洋主体功能区规划

国家海洋局在 2015 年 8 月印发了《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》（国发〔2015〕42 号），根据该通知，将我国海洋主体功能区分为内水和领海主体功能区、专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区两大部分。

海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为以下四类区域：优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。

##### 12.1.1.1 内水和领海主体功能区规划符合性分析

“内水和领海主体功能区”规定，我国已明确公布的内水和领海面积 38 万 km<sup>2</sup>，是海洋开发活动的核心区域，也是坚持陆海统筹、实现人口资源环境协调发展的关键区域。

优化开发区域包括渤海湾、长江口及其两翼、珠江口及其两翼、北部湾、海峡西部以及辽东半岛、山东半岛、苏北、海南岛附近海域。该区域的发展方向与开发原则是，优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。

珠江口及其两翼海域。包括广东省汕头市、潮州市、揭阳市、汕尾市、广州市、深圳市、珠海市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、阳江市、茂名市、湛江市（涠尾角以东）毗邻海域。构建布局合理、优势互补、协调发展的珠三角现

代化港口群。发展高端旅游产业，加强粤港澳邮轮航线合作。加快发展深水网箱养殖，加强渔业资源养护及生态环境修复。严格控制入海污染物排放，实施区域污染联防机制。加强海洋生物多样性保护，完善伏季休渔和禁渔期、禁渔区制度。健全海洋环境污染事故应急响应机制。

#### 12.1.1.2 专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区

“专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区”规定，我国专属经济区和大陆架及其他管辖海域划分为重点开发区域和限制开发区域。

**(1) 重点开发区域。**包括资源勘探开发区，重点边远岛礁及其周边海域。该区域的开发原则是，加快推进资源勘探与评估，加强深海开采技术研发和成套装备能力建设；以海洋科研调查、绿色养殖、生态旅游等开发活动为先导，有序适度推进边远岛礁开发。

**(2) 资源勘探开发区。**选择油气资源开采前景较好的海域，稳妥开展勘探、开采工作，加快开发研制深海及远程开采储运成套装备。加强天然气水合物等矿产资源评价、勘探开发科研工作。

重点边远岛礁及周边海域。加快码头、通信、可再生能源、海水淡化、雨水集聚、污水处理等设施建设。开展深海、绿色、高效养殖，建立海洋渔业综合保障基地。根据岛礁自然特点，开辟绿色旅游路线，发展生态旅游、探险旅游、休闲渔业等旅游业态。加强海洋科学实验、气象观测、灾害预警预报等活动，建设观测、导航等设施。

**(3) 限制开发区域。**包括除重点开发区域以外的其他海域。该区域的开发原则是，适度开展渔业捕捞，保护海洋生态环境。

在南海适度发展捕捞业，鼓励和支持我国渔民在传统渔区的生产活动。加强对经济鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游区域的保护，加强西沙群岛水产种质资源保护区管理。适时建立各类保护区，维护海洋生物多样性和生态系统完整性。

海缆项目中国移动海南-香港国际海缆项目路由位于南海北部，近岸段属于内水和领海主体功能区其中的“优化开发区域”珠江口及其两翼海域，远岸段属于大陆架海域。

①海缆项目为通讯类海底光缆建设项目，与“推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业

结构向高端、高效、高附加值转变”相一致，海缆项目除施工过程中悬浮物中会对周边海域生态环境产生短期影响外，施工及运营期不向海洋排放其他污染物，不涉及围填海、岸线破坏等问题，对于海洋的影响是临时性的。

②海缆项目主线香港附近海域路由方案一距离担杆列岛海洋保护区和针头岩海洋保护区的距离较远，项目施工及运营不会对上述海洋保护区产生影响。

③光缆路由穿越了南海北部幼鱼繁育场保护区。悬浮物扩散对鱼卵仔鱼、游泳生物有一定的影响。工程影响范围非常小，影响时间短，几乎可以忽略不计。海缆铺设完成后，基本不会产生污染物，运营期不会对海洋生态产生影响。

综上所述，海缆项目的建设符合《全国海洋主体功能区划》对项目所在海域的管理要求。

### 12.1.1.3 珠三角海域海洋功能区划

本路由主线路由登陆点分别位于香港、文昌和珠海，香港登陆段穿越珠江口海域，《全国海洋功能区划（2011~2020年）》指出，珠江口海域包括广州、深圳、珠海、惠州、东莞、中山、江门毗邻海域，主要功能为港口航运、工业与城镇用海、海洋保护、渔业和旅游休闲娱乐。分为5个不同功能区：

①大亚湾至大鹏湾重点发展海洋保护、港口航运、旅游休闲娱乐，重点保护红树林、珊瑚礁及海龟等生物资源，保护针头岩领海基点；

②狮子洋至伶仃洋重点发展港口航运、工业与城镇、旅游休闲娱乐，重点保护中华白海豚、黄唇鱼和红树林等生物资源，狮子洋两岸严格控制填海造地，保障防洪泄洪和航道安全；

③万山群岛重点发展海洋保护、旅游休闲娱乐、港口航运、渔业，重点保护佳蓬列岛领海基点，以及珊瑚礁和上升流生态系统；

④磨刀门至镇海湾重点发展港口航运、工业与城镇、渔业、旅游休闲娱乐，重点安排横琴总体发展规划用海；

⑤珠江口外重点开展油气和矿产资源的勘探开发，保护围夹岛和大帆石领海基点，保护中华白海豚等生物资源及红树林和海草床等生态系统。

总体要求区域加强对海岸、海湾及周边海域的整治修复。区域实施污染物排海总量控制制度，

改善海洋环境质量。

中国移动海南-香港海缆项目为海底光缆工程，建成后海缆将埋设于海床底土之下一定深度内或敷设于海床表面，埋设过程中不炸岛，不会在水体中形成任何构筑物，产生污染物会在短时间内消除，不会破坏资源和景观，不影响渔业用海功能；海缆项目海缆直径小路由距离小，施工期相对较短，施工期会对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等产生一定的影响，但影响的范围和影响时间有限。施工结束后对海洋生态环境、海水水质、沉积物的影响也会结束。故海缆项目符合珠三角海洋功能区划总体要求。

### 12.1.2 广东省海洋主体功能区规划符合性分析

根据《广东省海洋主体功能区规划》，海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。根据主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、限制开发区域和禁止开发区域等类别。如图 12.1-1 所示，海缆项目路由穿越了优化开发区域。

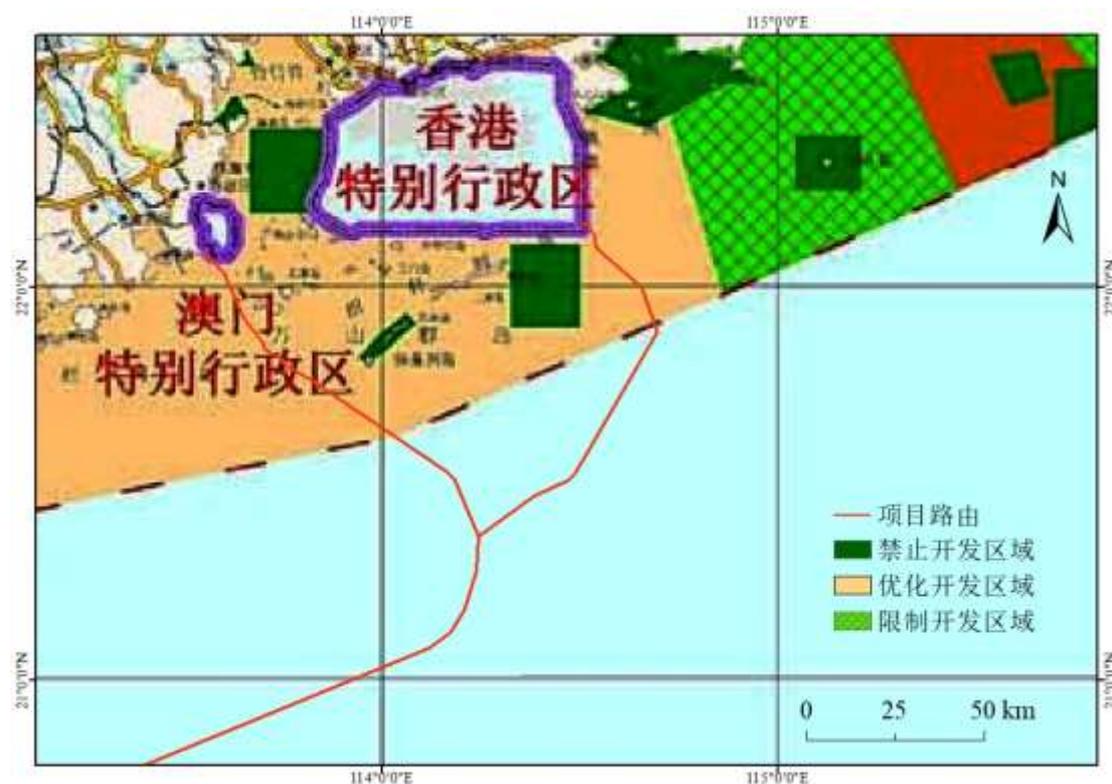


图 12.1-1 光缆路由所在广东省海洋主体功能区

海缆项目光缆路由穿越了优化开发区域，该区域现有开发利用强度较高，资源环境约束较强，产业结构亟待调整和优化的海域。在加快推进现代海洋产业体系的着力培育海洋战略新型产业，加快广州、东莞、深圳城市海洋现代信息服务业发展。海缆项目为通讯类海底光缆建设项目，在推进信息化进程方面与该区域

的优化开发区域中“**加快推进现代海洋产业体系**，着力培育海洋战略新型产业，加快广州、东莞、深圳城市海洋现代信息服务业发展”相一致。海缆项目除施工过程中悬浮物会对周边海域生态环境产生短期影响外，施工及运营期不向海洋排放其他污染物，不涉及围填海、岸线破坏等问题，对于海洋的影响是临时性的，因此，海缆项目在对环境的影响程度方面与该区域的限制开发区域中“**加强生态环境保护**，加强海洋自然保护区、滨海湿地、红树林、珊瑚礁、海草床等海洋生态系统保护”相一致。

综上，海缆项目的建设符合《广东省海洋主体功能区规划》对项目所在海域的管理要求。

## 12.2 海洋功能区划的符合性

### 12.2.1 与全国海洋功能区划相容性分析

《全国海洋功能区划（2011-2020）》将我国管辖海域划分为渤海、黄海、东海、南海和台湾以东海域共 5 大海区，29 个重点海域。

海缆项目光缆路由工程路由位于中国南海水域内，主要集中于南海北部陆架 80m 水深以浅区域。其中，支线路由从珠海登陆点出发，在考虑集约节用海与共建管廊带原则以及路由安全问题的基础上，避开禁锚区，与澳门规划天然气管道并行，绕开磨刀门河口和填海区，沿东南向延伸至禁锚区东北侧，最终至路由 BU 点；主线香港附近海域路由从香港海域边界至路由 BU 点。珠三角海域主要功能为港口航运、工业与城镇用海，海洋保护、渔业和旅游休闲娱乐。南海北部海域是我国重要的油气资源分布区。区域主要功能为矿产与能源开发、渔业、海洋保护，区域重点加强珠江口盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地、北部湾盆地油气资源勘探开发，加强渔业资源利用和养护，加强水产种质资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境。

海缆项目工程建设已充分考虑了交越海底管线的保护要求。工程仅在施工期占用海域，运行期不影响船舶航行和航运安全，并通过加强管理、合理安排施工工序、做好通航安全保障措施等防范溢油风险的发生。工程施工期将在短期内造成一定海域底层一定区域的悬浮物浓度增加，但影响是短暂的，施工结束后将会逐步恢复至本底，不会对海洋生态和渔业资源造成长期不利影响。综上，工程建

设与《全国海洋功能区划（2011-2020）》相符。

## 12.2.2与广东省海洋功能区划符合性分析

依据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，主线香港附近海域路由方案一穿越珠海-潮州近海农渔业区，附近有担杆列岛海洋保护区；支线路由方案一穿越万山群岛保留区、穿越横琴岛工业与城镇用海区，附近有三灶工业与城镇用海区、太平湾工业与城镇用海区、万山群岛旅游与休闲娱乐区、佳蓬列岛海洋保护区、香洲保留区等。路由方案与所广东省海洋功能区相对位置见表 12.2-1、表 12.2-2。

表 12.2-1 主线香港附近海域路由与广东省各海洋功能区相对位置

序号	功能区名称	功能区类型	与主线香港附近海域路由相对位置
1	珠海-潮州近海农渔业区	农渔业区	穿越
2	担杆列岛海洋保护区	海洋保护区	西侧 5km
3	万山群岛保留区	保留区	西侧 5km

表 12.2-2 支线路由与广东省各海洋功能区相对位置

序号	功能区名称	功能区类型	与支线路由相对位置
1	湛江-珠海近海农渔业区	农渔业区	西南侧 9km
2	横琴岛工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	穿越
3	木乃南工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	西侧 26km
4	三灶工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	西侧 16km
5	太平湾工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	西侧 32km
6	万山群岛旅游休闲娱乐区	休闲娱乐区	东北侧 10km
7	佳蓬列岛海洋保护区	海洋保护区	东北侧 12km
8	万山群岛保留区	保留区	穿越
9	鸡啼门保留区	保留区	西侧 24km
10	香洲保留区	保留区	东北侧 120m





图 12.2-2 珠海市海洋功能区划图

表 12.2-3 海缆项目路由所在及附近海域海洋功能区登记表（《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》）

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围 (东经、北纬)	功能区类型	面积 (hm <sup>2</sup> )	管理要求	
							海域使用管理	海洋环境保护
65	A3-12	太平湾工业与城镇用海区	珠海市	东至:113°16'04" 西至:113°12'59" 南至:21°56'51" 北至:22°00'31"	工业与城镇用海区	2300 10464	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海;</li> <li>2. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源;</li> <li>3. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能;</li> <li>4. 加强对围填海、温排水的动态监测和监管。</li> </ol>	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
66	A8-7	鸡啼门保留区	珠海市	东至:113°20'54" 西至:113°13'54" 南至:21°57'23" 北至:22°05'09"	保留区	4930 27737	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能,维护海上交通安全;</li> <li>2. 通过严格论证,合理安排相关开发活动。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护鸡啼门生态环境;</li> <li>2. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。</li> </ol>
67	A3-13	木乃南工业与城镇用海区	珠海市	东至:113°18'42" 西至:113°16'31" 南至:21°59'54" 北至:22°02'22"	工业与城镇用海区	704 7465	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海;</li> <li>2. 保障游艇产业园建设用海需求;</li> <li>3. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能;</li> <li>4. 围填海须严格论证,严禁在曲清河、瀛江等河口海域围填海,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源;</li> <li>5. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响;</li> <li>6. 加强对围填海的动态监测和监管。</li> </ol>	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
68	A3-14	三灶工业与城镇用海区	珠海市	东至:113°25'16" 西至:113°20'07" 南至:21°58'46" 北至:22°03'51"	工业与城镇用海区	2182 26401	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海;</li> <li>2. 保障航空产业园、防灾减灾体系建设用海需求;</li> <li>3. 适当保障及沙滩旅游娱乐用海需求;</li> <li>4. 保护金沙湾砂质海岸;</li> <li>5. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源;</li> </ol>	海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

							6. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响; 7. 加强对围填海的动态监测和监管。	
72	A8-9	香洲保留区	珠海市	东至:113°40'00" 西至:113°31'05" 南至:22°04'14" 北至:22°23'59"	保留区	24998 33630	1. 维护防洪纳潮功能, 维持航道通常; 2. 通过严格论证, 合理安排相关开发活动。	1. 保护河口生态环境; 2. 生产废水、生活污水须达标排海; 3. 加强前山河水道环境治理; 4. 加强海洋环境监测; 5. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。
160	B1-1	湛江-潮珠海近海农业区	湛江市、茂名市、阳江市、江门市、珠海市	东至:113°30'50" 西至:109°24'40" 南至:20°07'01" 北至:22°03'37"	农渔业区	3053896	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2. 禁止炸岛等破坏性活动; 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度, 维持渔业生产秩序; 4. 经过严格论证, 保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求; 5. 优先保障军事用海需求。	1. 保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道; 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
204	B3-7	横琴岛工业与城镇用海区	珠海市	东至:113°34'28" 西至:113°28'10" 南至:22°01'00" 北至:22°06'37"	工业与城镇用海区	3823	1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海; 2. 保障养殖用海、旅游娱乐用海需求; 3. 围填海须严格论证, 优化围填海平面布局, 节约集约利用海域资源; 4. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响, 避免影响海底管线的正常使用; 5. 加强对围填海的动态监测和监管; 6. 优先保障军事用海需求; 7. 保障横琴岛南航道同行需要。	1. 生产废水、生活污水须达标排海; 2. 执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

205	B8-2	万山群岛保留区	珠海市	东至:114°30'37" 西至:113°30'37" 南至:21°30'40" 北至:22°10'59"	保留区	499200	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强管理, 严禁随意开发;</li> <li>2. 严禁显著改变海域自然属性;</li> <li>3. 通过严格论证, 合理安排相关开发活动;</li> <li>4. 维护海上交通安全, 优先保障军事用海需求。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护万山群岛海域生态环境;</li> <li>2. 加强对海岛污染物及船舶排污、海洋工程和海洋倾废的监控;</li> <li>3. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。</li> </ol>
213	B5-11	万山群岛旅游休闲娱乐区	珠海市	东至:114°19'26" 西至:113°40'10" 南至:21°55'00" 北至:22°07'22"	旅游休闲娱乐区	15383	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为旅游娱乐用海;</li> <li>2. 保障东澳渔港、外伶仃渔港、万山渔港及深水网箱养殖的用海需求;</li> <li>3. 适当保障矿产与能源开发、港口航运用海需求;</li> <li>4. 禁止炸岛等破坏性活动, 加强受损海盜的整治修复;</li> <li>5. 依据生态环境的承载力, 合理控制旅游开发强度;</li> <li>5. 优先保障军事用海需求, 加强军事设施保护。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护本区内各海岛及周边海域生态环境;</li> <li>2. 保护大万山岛浮石湾侵蚀海岸地貌;</li> <li>3. 生产废水、生活污水须达标排海;</li> <li>4. 执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。</li> </ol>
217	B6-26	佳蓬列岛海洋保护区	珠海市	东至:114°05'03" 西至:113°56'15" 南至:21°48'29" 北至:21°55'51"	海洋保护区	6151	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海;</li> <li>2. 严格保护佳蓬列岛领海基点;</li> <li>3. 适当保障庙湾渔港、增养殖、人工鱼礁等渔业用海及旅游娱乐用海需求;</li> <li>4. 严格按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理;</li> <li>5. 禁止炸岛等破坏性活动;</li> <li>6. 保障国防安全用海需求。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护珊瑚礁生态系统;</li> <li>2. 加强保护区海洋生态环境监测;</li> <li>3. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。</li> </ol>

219	B6-27	担杆列岛海洋保护区	珠海市	东至:114°29'58" 西至:114°19'29" 南至:21°53'34" 北至:22°06'21"	海洋保护区	42471	1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海; 2. 按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理。	1. 保护担杆上升流海洋生态系统; 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
220	B1-2	珠海-潮州近海农渔业区	珠海市、深圳市、惠州市、汕尾市、揭阳市、汕头市、潮州市	东至:117°31'36" 西至:114°26'02" 南至:21°49'34" 北至:23°35'10"	农渔业区	1272845	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2. 禁止炸岛等破坏性活动; 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度, 维持渔业生产秩序; 4. 经过严格论证, 保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求; 5. 优先保障军事用海需求。	1. 保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道; 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

海南-香港国际海缆项目路由建设对休闲娱乐区、保留区、有关保护区影响甚微，主线香港附近海域路由方案穿越了珠海-潮州近海农渔业区，支线路由方案都穿越了湛江-珠海近海农渔业区，建成后海缆将埋设于海床底土之下一定深度内或敷设于海床表面，埋设过程中不炸岛，不会在水体中形成任何构筑物，产生污染物会在短时间内消除，不会破坏资源和景观，不影响渔业用海功能，在此前提下，海缆项目符合《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》中近海农渔业区海域使用管理要求。海缆项目海缆直径小路由距离小，施工期相对较短，施工期会对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等产生一定的影响，但影响的范围和影响时间有限。施工结束后对海洋生态环境、海水水质、沉积物的影响也会结束。在落实各项环境和生态环境保护措施，加强施工期和营运期动态监测后，海缆项目符合《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》中珠海-潮州近海农渔业区和湛江-珠海近海农渔业区海洋环境保护要求。

支线路由方案分别穿越了横琴镇工业与城镇用海区，施工时间不会太长，不会长期影响工业与城镇用海。

建议施工期间采取一定的保护措施，例如施工作业船舶往来应尽量避免避开鱼类产卵场和索饵场，另外施工时间尽可能避开禁渔期，并与有关部门进行协商，对施工期可能造成的底栖生物和渔业资源损失，给予必要的补偿。

综上所述，海缆项目用海对周边其他海洋功能区的影响很小，可以接受。海缆项目用海主要涉及珠海-潮州近海农渔业区、湛江-珠海农渔业区、横琴镇工业与城镇用海区、木乃南工业与城镇用海区、万山群岛保留区和鸡啼门保留区，功能区划符合性分析见表 12.2-4。综上所述，海缆项目路由方案与所在海域海洋功能区功能相符。

表 12.2-4 海缆项目与广东省海洋功能区划符合性分析一览表

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
横琴镇工业与城镇用海区、木乃南工业与城镇用海区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；</li> <li>2. 保障游艇产业园建设用海需求；保障养殖用海、旅游娱乐用海需求；</li> <li>3. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能；</li> <li>4. 围填海须严格论证，严禁在曲清河、瀛江等河口海域围填海，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源；</li> <li>5. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响，避免影响海底管线的正常使用；</li> <li>6. 加强对围填海的动态监测和监管。</li> <li>7. 优先保障军事用海需求；</li> <li>8. 保障横琴岛南航道同行需要。</li> </ol>	<p>项目用海类型为电缆管道用海，在该功能区内的用海方式以海底光缆管道用海为主，项目用海方式可兼顾工业与城镇用海。</p> <p>项目建设不影响附近渔港用海，没有网箱养殖用海、无人工鱼礁用海、无防灾减灾体系建设用海，不影响上述用海需求。</p> <p>项目建设不会影响附近的旅游娱乐用海。路由选址尽量避开现有和规划的航道和锚地用海，并且保证了与航道和锚地用海的安全距离。</p> <p>海缆项目用海区域不在河口海域，不影响河口海域的防洪纳潮和航道通畅。</p>	符合
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生产废水、生活污水须达标排海；</li> <li>2. 执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。</li> </ol>	海缆穿越施工造成水体悬沙暂时超标，影响时间仅数小时内，对重要渔业品种的影响有限。	
珠海-潮州近海农渔业区、湛江-珠海农渔业区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；</li> <li>2.禁止炸岛等破坏性活动；</li> <li>3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；</li> <li>4.经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海要求；</li> <li>5.优先保障军事用海需求。</li> </ol>	<p>项目用海类型为电缆管道用海，在该功能区的用海方式以透水构筑物用海为主，项目用海方式可兼顾渔业用海。</p> <p>项目不涉及炸岛、炸礁等破坏性活动。</p> <p>项目不涉及捕捞用海。</p> <p>光缆项目属于海洋能用海的一种，符合该海域功能区的定位。</p>	符合
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道；</li> <li>2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。</li> </ol>	悬浮物含量在施工结束后数小时即可恢复到工程前水平，其他污染物妥善处理，不排海；营运期没有污染物排海；项目建设不会影响海洋环境质量。	
万山群岛保留	海域	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强管理，严禁随意开发；</li> </ol>	在该功能区内的用海方式以海底光缆管道用海为	符合

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
区、香洲保留区、鸡啼门保留区	使用管理要求	2. 严禁显著改变海域自然属性； 3. 通过严格论证，合理安排相关开发活动； 4. 维护海上交通安全，优先保障军事用海需求； 5. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能，维护海上交通安全。	主，项目用海方式可兼顾保留区用海。 海缆项目用海区域不在河口海域，不影响河口海域的防洪纳潮和航道通畅。	
	海域环境保护要求	1. 保护鸡啼门、万山群岛生态环境； 2. 加强对海岛污染物及船舶排污、海洋工程和海洋倾废的监控； 3. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。	悬浮物含量在施工结束后数小时即可恢复到工程前水平，其他污染物妥善处理，不排海；营运期没有污染物排海；项目建设不会影响海洋环境质量。	

### 12.2.3 与海南省海洋功能区划符合性分析

在南海北部海域，位于广东、广西、海南毗邻海域以南，至北纬 18°附近的海域，水深 100~1000m，是我国重要的油气资源分布区。区域主要功能为矿产与能源开发、渔业、海洋保护，区域重点加强珠江口盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地、北部湾盆地油气资源勘探开发，加强渔业资源利用和养护，加强水产种植资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境。

根据《海南省海洋功能区划（2011~2020 年）》，海南-香港海底光缆主线路由方案一穿越了木兰湾旅游休闲娱乐区、木兰湾保留区、海南岛东北部保留区、海南岛近海农渔业区和海南岛外海农渔业区，路由附近海洋功能区划还有七洲列岛海洋保护区和珠江口盆地矿产与能源区。与各功能区相对位置具体见图 12.2-3~12.2-4 和表 12.2-5，部分功能区登记表见表 12.2-6。

表 12.2-5 主线路由方案与海南省各海洋功能区相对位置

序号	功能区名称	功能区类型	与路由方案一相对位置
1	海南岛近海农渔业区	农渔业区	穿越
2	海南岛外海农渔业区	农渔业区	穿越
3	翁田港农渔业区	农渔业区	南侧 11km
4	木兰湾旅游休闲娱乐区	休闲娱乐区	穿越
5	木兰湾保留区	保留区	穿越
6	海南岛东北部保留区	保留区	穿越
7	抱虎角-铜鼓岭保留区	保留区	南侧 15km
8	文昌麒麟菜海洋保护区	海洋保护区	南侧 7km
9	七洲列岛海洋保护区	海洋保护区	南侧 16km
10	珠江口盆地矿产与能源区	矿产能源区	南侧 45km

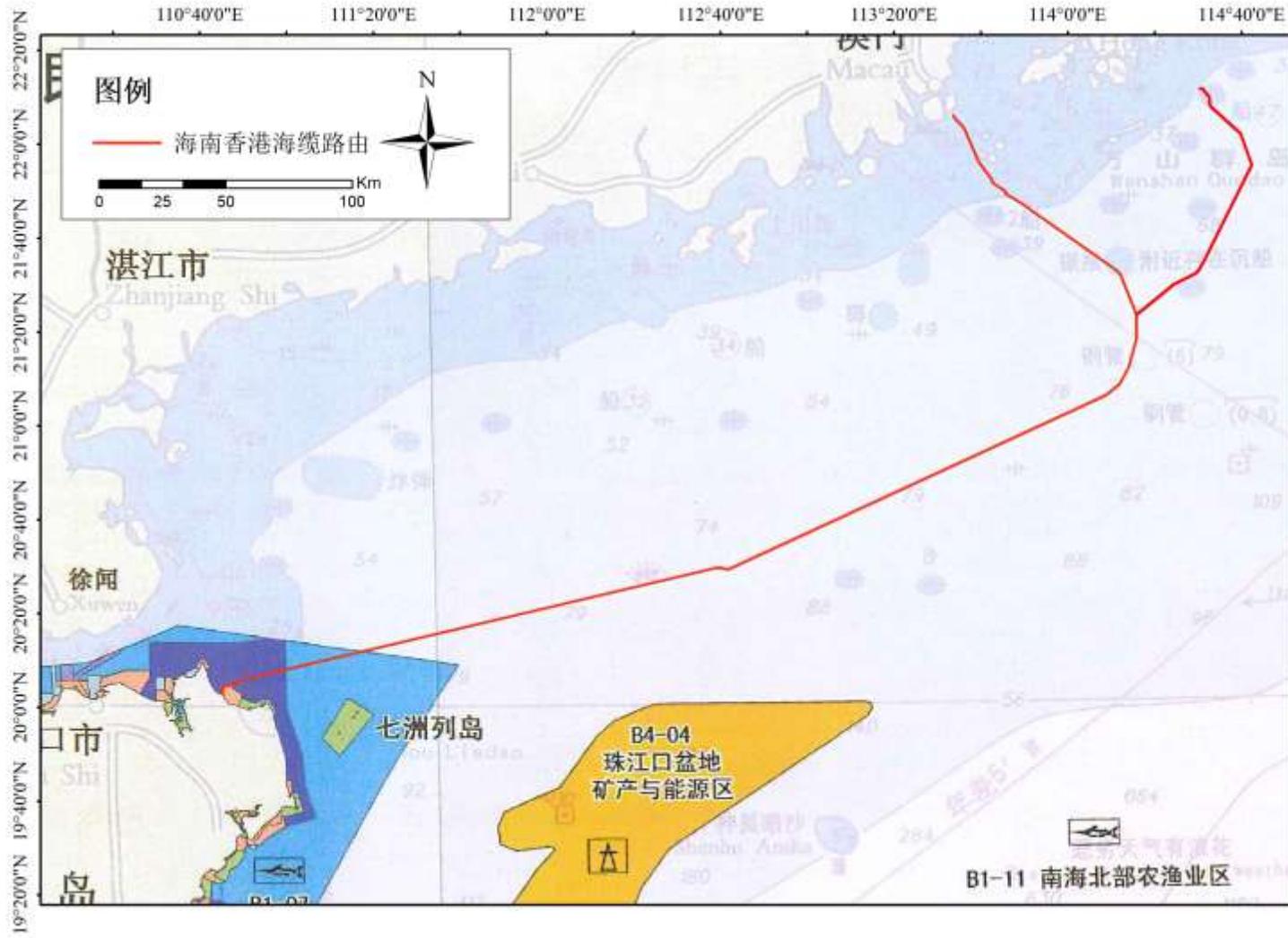


图 12.2-3 海南省海洋功能区划图

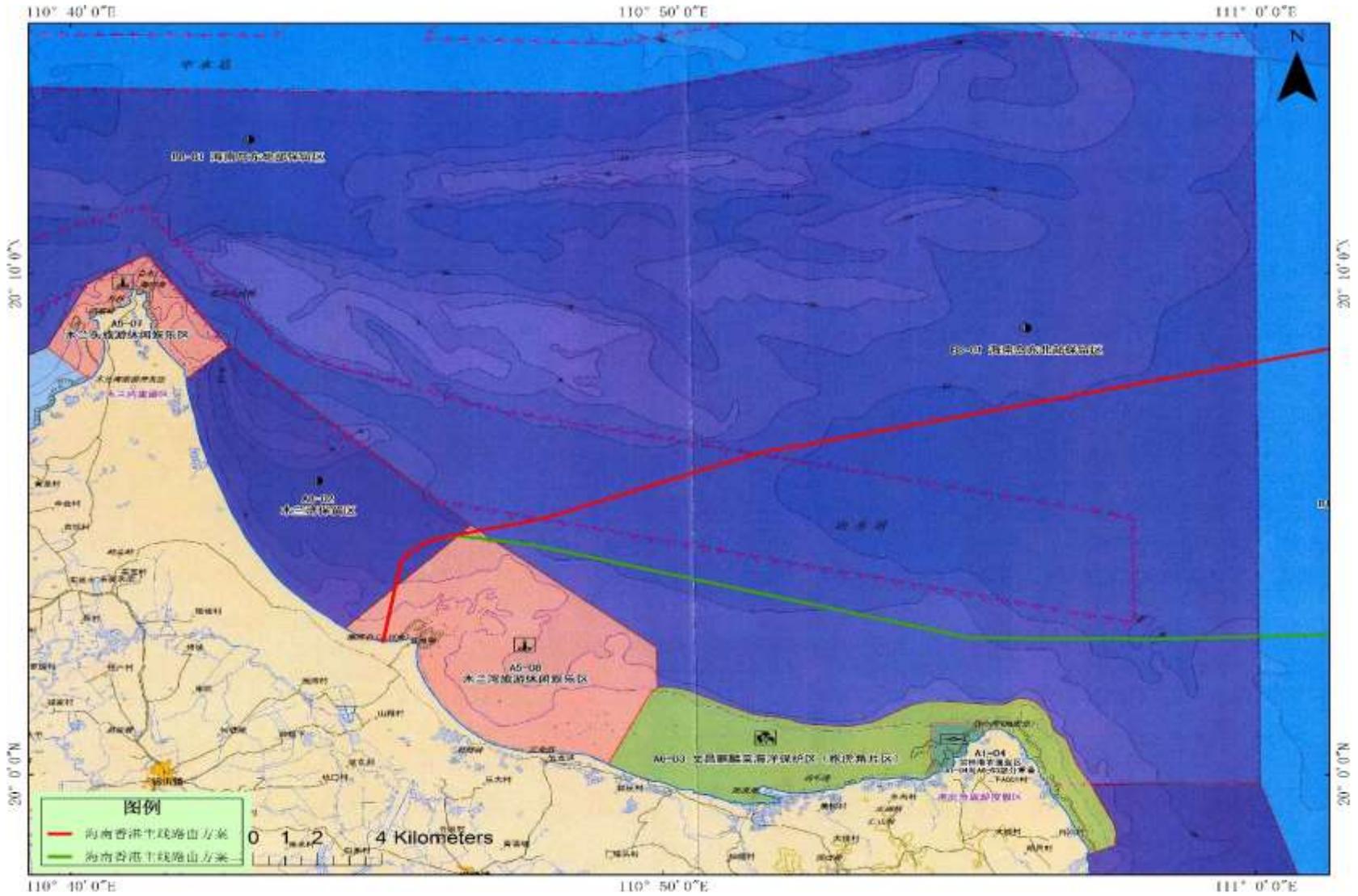


图 12.2-4 文昌登陆点海域海洋功能区划图

表 12.2-6 海缆项目路由所在及附近海域海洋功能区登记表（《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》）

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积 (hm <sup>2</sup> )	岸线长度 (km)	海域使用管理要求			海洋环境保护要求	
								用途管制	用海方式	海域整治	重点保护目标	环境保护要求
22	A8-02	木兰湾保留区	文昌市	位于文昌市木兰湾中部岸段。	保留区	4170.12	10.61	无主导用海类型，维持现有用海现状，今后根据经济社会发展需要，经科学论证明确其具体使用功能后可调整功能。	应严格限制改变海域自然属性，保护海岸自然形态和地形地貌。	严格控制海水污染，近岸浅海养殖不得影响海岸景观。	保护海岸形态和地形地貌。	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状，经论证改变功能类型后，根据开发类型确定其水质标准。
23	A5-08	木兰湾旅游休闲娱乐区	文昌市	位于文昌市潮滩鼻海域。	旅游休闲娱乐区	4377.63	10.39	主导用海类型为旅游娱乐用海，用于旅游基础设施建设和水上运动用海，可适当兼顾渔业用海，开展休闲渔业活动。	除潮滩鼻浅海海域允许适当围填海外，其他区域应严格限制改变海域自然属性，潮滩鼻浅海海域当围填海主要用于旅游与渔业休闲度假，严禁破坏沿岸防护林。	严格控制海水污染，近岸浅海养殖不得影响海岸景观。	保护防风林、沙滩、沿岸地质地貌和水质。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

24	A6-03	文昌麒麟菜海洋保护区（抱虎角片区）	文昌市	位于邦庆村至内六村沿岸7m以浅的海域。	海洋保护区	3617.33	20.79	主导用海类型为海洋保护区用海，可兼顾旅游娱乐用海和开放式养殖用海，开展休闲渔业活动；铜鼓岭-冯家沟片区北段经科学论证和审批，可适度兼顾开发建设用海；严格按照自然保护区管理法规管理，严格控制旅游娱乐活动和养殖的规模；涉海工程建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性，保持自然岸线。	合理规划建设沿岸养殖废水排放系统，禁止陆源污水直接排海。	保护珊瑚礁、海草床、麒麟菜及其生态环境，保护海洋生物多样性，保护海底管线	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
25	A1-04	翁田港农渔业区	文昌市	位于文昌市翁田镇的东北部。	农渔业区	196.09	2.52	主导用海类型为渔业基础设施用海，即翁田渔港用海，合理规划渔业生产所必须的基础设施，保证渔船停靠、装卸作业和逼疯所需海域；可兼顾旅游娱乐用海和交通运输用海，开展休闲渔业活动和小宗货物运输。	严格限制改变海域自然属性，避免渔港基础设施建设对珊瑚礁造成破坏。	防止航道淤浅，维持渔船停泊航行的水深条件。	保护沿岸珊瑚礁及其生态系统，保护航道。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
26	A8-03	抱虎角-铜鼓岭保留区	文昌市	位于文昌市抱虎角至铜鼓岭沿岸海域	保留区	28727.66	26.74	无主导用海类型，维持现有用海现状，今后根据经济社会发展需要，经科学论证明确其具体使用功能后可调整功能。	应严格限制改变海域自然属性，保护海岸自然形态、长度和地形地貌。	严格控制海水污染，近岸浅海养殖不得影响海岸景观。	保护海岸形态和地形地貌。	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状，经论证改变功能类型后，根据开发类型确定其水质标准。

145	B8-01	海南岛东北部保留区	文昌市	位于海南岛东北部近海海域。	保留区	91102.76	-	无主导用海类型，为疑似雷区，维持现有用海现状，今后根据经济社会发展需要，经科学论证明确其具体使用功能后可调整功能。	应严格限制改变海域自然属性。		保护海域自然生态环境，保护近海渔业资源。	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状，经论证改变功能类型后，根据开发类型确定其水质标准。
146	B6-02	七洲列岛海洋保护区	文昌市	位于文昌市东北海域。	海洋保护区	21178.91	-	主导用海类型为海洋保护区用海，严格按照自然保护区管理法规管理；注意领海基点的保护。	应严格限制改变海域自然属性。	维护海岛地形地貌。	保护岛上的鸟类及其生态环境，保护海岛地形地貌和海洋生态系统。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
165	B1-07	海南岛近海农渔业区	海南省	位于海南岛周边近海海域，领海外缘线以内。	农渔业区	1269868.24	-	主导用海类型为捕捞用海，可兼顾开放式养殖用海和旅游娱乐用海；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性。	本着保护性开发的原则，禁止渔业资源过度捕捞。	保护海域自然生态环境；保护渔业资源；保护海底管线。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

170	B1-10	海南岛外海农渔业区	海南省	位于海南省管辖区域内水深200m以浅的大陆架和大陆架斜坡海域。	农渔业区	-	-	主导用海类型为捕捞用海，可兼顾开放式养殖用海和旅游娱乐用海。	严格限制改变海域自然属性。	本着保护性开发的原则，禁止渔业资源过度捕捞。	保护海域自然生态环境；保护渔业资源。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
175	B4-04	珠江口盆地矿产与能源区	海南省	位于海南东北部大陆架。	矿产与能源区	-	-	主导用海类型为油气开采用海，钻探、测量、钻井作业等用海活动需征求相关部门意见。	允许适度改变海域自然属性，可建设油气平台和输油管道。	加强对石油平台和管线的安全检查，防止溢油事故发生，尽量避免对海域生态环境产生影响。	合理开发海洋油气资源。	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状。

海南-香港海底光缆主线路由，都穿越了木兰湾旅游休闲娱乐区、木兰湾保留区、海南岛东北部保留区、海南岛近海农渔业区和海南岛外海农渔业区，其功能区划用途管制要求、用海方式控制要求、海域整治要求、环境保护要求基本一致，用途管制要求为主导用海类型为捕捞用海，可兼顾旅游娱乐用海；用海方式控制要求为严格限制改变海域自然属性；海域整治要求为本着保护性开发的原则，禁止渔业资源过度捕捞；环境保护要求为执行一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量和一类海洋生物质量标准。海缆项目建设必要，也征求了海洋管理部门意见，项目建成后海缆将敷设在海床底或埋设于海床底土之下一定深度内，埋设过程中不炸岛，不会在水体中形成任何构筑物，产生污染物会在短时间内消除，不会破坏资源和景观，不影响农渔业区功能，故海缆项目符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》农渔业区用途管制要求；项目建成后海缆将敷设在海床底或埋设于海床底土之下一定深度内，不改变海域自然属性，因此海缆项目符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》农渔业区用海方式控制要求；海缆项目施工过程中，对渔业资源会产生一定的影响，但影响周期短，影响范围有限，施工结束后影响也会结束，不涉及渔业捕捞活动，因此，海缆项目符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》农渔业区海域整治要求；海缆项目施工期会对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等产生一定的影响，但影响范围和影响时间有限。施工过程中产生的生活污水、含油废水、工地污水等均应收集处理，禁止直接排海。因此，海缆项目建设符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》农渔业区环境保护要求，符合性分析详见表 12.2-7。

综上所述，海缆项目光缆路由符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，建议施工期间采取一定的保护措施，例如施工作业船舶往来应尽量避免避开鱼类产卵场和索饵场，另外施工时间尽可能避开禁渔期，并与有关部门进行协商，对施工期可能造成的底栖生物和渔业资源损失，给予必要的补偿。

表 12.2-7 海缆项目与海南省海洋功能区划符合性分析一览表

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
木兰湾旅游休闲娱乐区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主导用海类型为旅游娱乐用海，用于旅游基础设施建设和水上运动用海，可适当兼顾渔业用海，开展休闲渔业活动。</li> <li>2. 除潮滩鼻浅海海域允许适当围填海外，其他区域应严格限制改变海域自然属性，潮滩鼻浅海海域当围填海主要用于旅游与渔业休闲度假，严禁破坏沿岸防护林。</li> </ol>	项目用海类型为电缆管道用海，在该功能区内的用海方式以海底光缆管道用海为主，项目建设不会影响附近的旅游娱乐用海。项目建设不会填海，在登陆海滩为埋设，施工后对等路段海滩进行恢复，不会破坏防护林。	符合
	海域环境保护要求	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。	悬浮物含量在施工结束后数小时即可恢复到工程前水平，其他污染物妥善处理，不排海；营运期没有污染物排海；项目建设不会影响海洋环境质量。	
海南岛近海农渔业区、海南岛外海农渔业区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；</li> <li>2.禁止炸岛等破坏性活动；</li> <li>3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；</li> <li>4.经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海要求；</li> <li>5.优先保障军事用海需求。</li> </ol>	项目用海类型为电缆管道用海，在该功能区的用海方式以透水构筑物用海为主，项目用海方式可兼顾渔业用海。 项目不涉及炸岛、炸礁等破坏性活动。 项目不涉及捕捞用海。光缆项目属于海洋能用海的一种，符合该海域功能区的定位。	符合
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道；</li> <li>2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。</li> </ol>	悬浮物含量在施工结束后数小时即可恢复到工程前水平，其他污染物妥善处理，不排海；营运期没有污染物排海；项目建设不会影响海洋环境质量。	
海南岛东北部保留区、木兰湾保留区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强管理，严禁随意开发；</li> <li>2. 严禁显著改变海域自然属性；</li> <li>3. 通过严格论证，合理安排相关开发活动；</li> <li>4. 维护海上交通安全，优先保障军事用海需求；</li> <li>5. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能，维护海上交通安全。</li> </ol>	在该功能区内的用海方式以海底光缆管道用海为主，项目用海方式可兼顾保留区用海。 海缆项目用海区域不在河口海域，不影响河口海域的防洪纳潮和航道通畅。	符合

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护鸡啼门、万山群岛生态环境；</li> <li>2. 加强对海岛污染物及船舶排污、海洋工程和海洋倾废的监控；</li> <li>3. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。</li> </ol>	悬浮物含量在施工结束后数小时即可恢复到工程前水平，其他污染物妥善处理，不排海；营运期没有污染物排海；项目建设不会影响海洋环境质量。	

## 12.3 生态保护红线符合性分析

### 12.3.1 与广东省生态保护红线符合性分析

广东省人民政府于 2017 年 9 月 29 日发布了《广东省人民政府关于广东省海洋生态红线的批复》粤府函〔2017〕275 号。批复提出，《广东省海洋生态红线》划定了 13 类、268 个海洋生态红线区，确定了广东省大陆自然岸线保有率、海岛自然岸线保有率、近岸海域水质优良（第一、二类）比例等控制指标，是广东省海洋生态安全的基本保障和底线，必须严守，不得突破。沿海各地级以上市人民政府要加强对实施工作的组织领导，认真履行管辖海域海洋生态环境保护主体责任，建立健全有关部门分工负责、密切配合、协同推进的海洋生态红线制度落实机制；要从严控制红线区开发利用活动，不得擅自改变红线区范围或调减红线区面积，禁止在红线区围填海；要深入推进红线区生态保护与整治修复工作，强化红线区及周边区域污染联防联控，细化制定具体管控措施和实施方案。

根据《广东省海洋生态红线（2016-2020 年）》，支线路由方案穿越万山群岛重要渔业海域限制类红线区（137）和横琴岛南侧自然岸线。距离项目最近的生态红线区有鸡啼门金湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区（132）、磨刀口重要河口生态系统限制类红线区（133）、万山群岛重要滨海旅游区限制类红线区（136）、平洲岛领海基点特别保护海岛限制类红线区（138）、担杆列岛海洋自然保护区限制类生态红线区（142）。路由方案与各红线区相对距离见表 12.3-1 和图 12.3-1~图 12.3-3 所示，红线区登记表见表 12.3-2。

根据《广东省海洋生态红线》，横琴岛南侧自然岸线该岸线起点坐标：113° 28'43.7"E，22° 4'34.9"N，终点坐标：113° 32'45.5"E，22° 5'52.5"N，全长为 14790m。该海岛自然岸线的相应管控措施具体如下：1、以国家规定的红线指标为标准，维持岸线自然属性导向，限制实施可能改变海岛自然岸线（滩）生态功能的开发建设活动，严禁占用岸线进行围填海，禁止非法侵占岸线和采挖海砂；2、原则上不得占用原有自然岸线，确需使用的，应对开发利用可行性进行科学论证，维持拟使用岸线的自然状态，或采取“占多少恢复多少”的原则，选择已利用岸段开展整治修复工程，保障同样长度的已利用岸线恢复成自然状态。横琴陆段低潮露滩岸区挖槽采用直挖方式，深度约 1.5m，直接挖沟影响宽度 1m，文

昌段长度 25m，影响潮间带的范围主要包括开挖部分及表土堆砌部分，开挖出的表土堆砌于管沟两侧以及施工便道占地宽度按 20m 计算，可以得出登陆段管沟开挖影响面积为 0,05hm<sup>2</sup>。施工结束后，砂石回填至沟内，随着时间推移，开挖区域的潮间带生物以及沙滩地貌会逐渐恢复，不影响原岸滩的自然属性和生态功能特征，项目建设符合广东省生态保护红线关于自然岸线的相关管理规定。

万山群岛重要渔业海域限制类红线区管控措施为禁止围填海，周边海域不得设置排污口、工业排水口或其他污染源。禁止设置海洋倾倒区，禁止开采海砂，不得设置明显改变水动力环境的构筑物。维持海域自然属性，严格保护万山群岛海域渔业资源。开展人工鱼礁、增殖放流活动，保护和恢复水产资源。环境保护要求：严格执行海水水质标准和海洋沉积物质量要求，防治污染。不改变或基本不改变原有水动力环境，保护海洋生态系统，保护生物洄游区、索饵场的完整性。合理控制养殖规模和密度，改善养殖结构，加强渔业资源的保护与修复。本项目铺设海底光缆，光缆路由穿越了该红线区 8km，光缆占用海洋底土空间，未改变所在海域的自然属性。项目施工过程中所产生的悬浮泥沙会对该海域生物产生一定的影响，考虑到仅在该段施工时产生影响，同时项目建设后生态补偿款可以用于该区的增殖放流工作，以进一步减小工程建设对海域生态物种的影响，以达到养护和修复该海域生物资源的目的。综上所述，项目建设符合广东省生态保护红线的相关管理规定。

表 12.3-1 海缆项目路由方案与广东省生态保护红线区的相对位置

序号	红线区名称	与主线路由相对位置
1	万山群岛重要渔业海域限制类红线区	西侧 3.2km
2	担杆列岛海洋自然保护区限制类生态红线区	西侧 3.9km
3	鸡啼门重要河口生态系统限制类红线区	支线路由西侧 23km
4	鸡啼门金湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	支线路由西北侧 17 km
5	磨刀口重要河口生态系统限制类红线区	支线路由西北侧 5.7km
6	万山群岛重要滨海旅游区限制类红线区	支线路由东北侧 3.4km
7	万山群岛重要渔业海域限制类红线区	支线路由穿越
8	平洲岛领海基点特别保护海岛限制类红线区	支线路由东北侧 9km

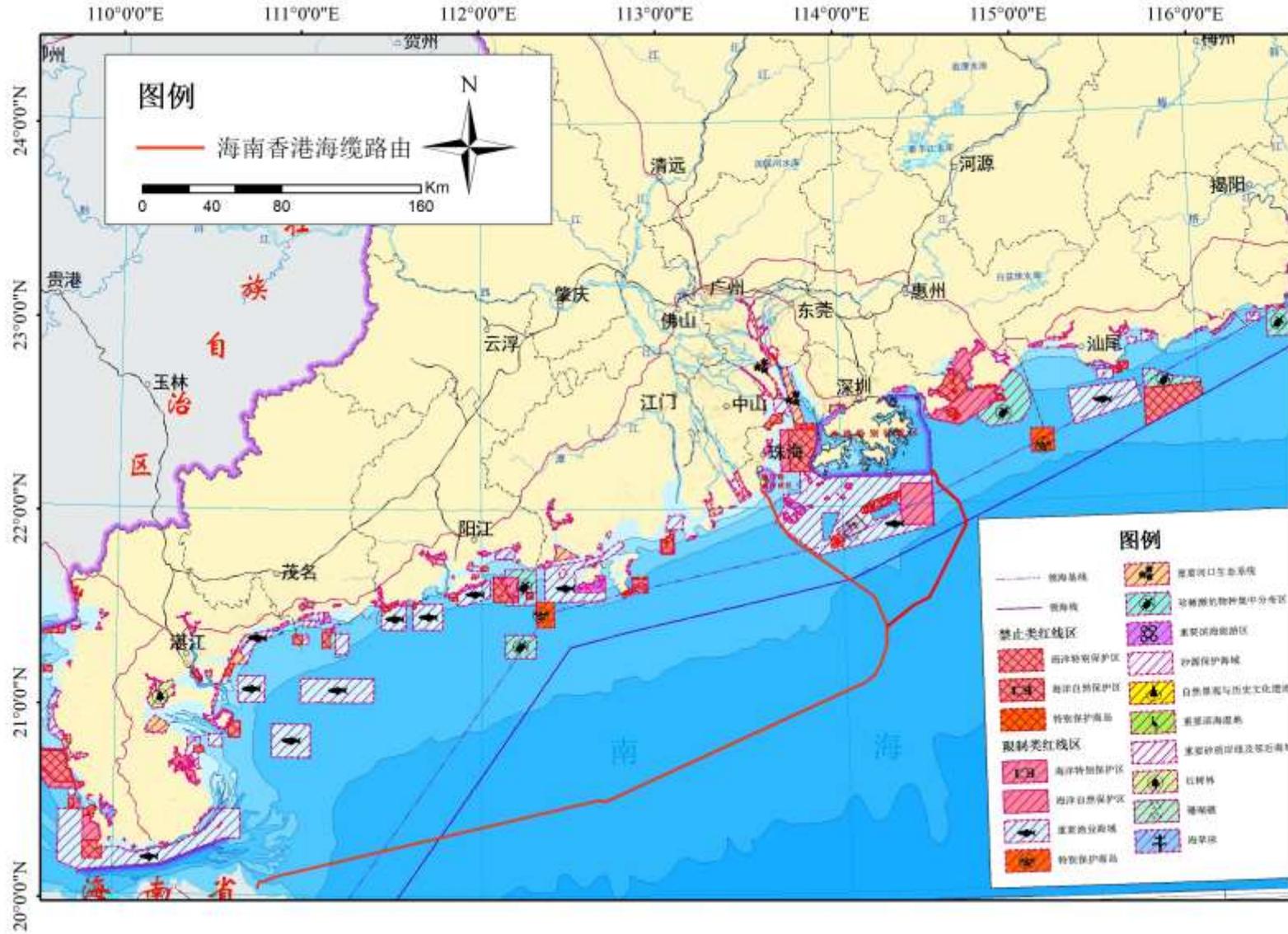


图 12.3-1 广东省生态红线区分布图



图 12.3-2 广东省珠江口附近海域生态红线区分布图

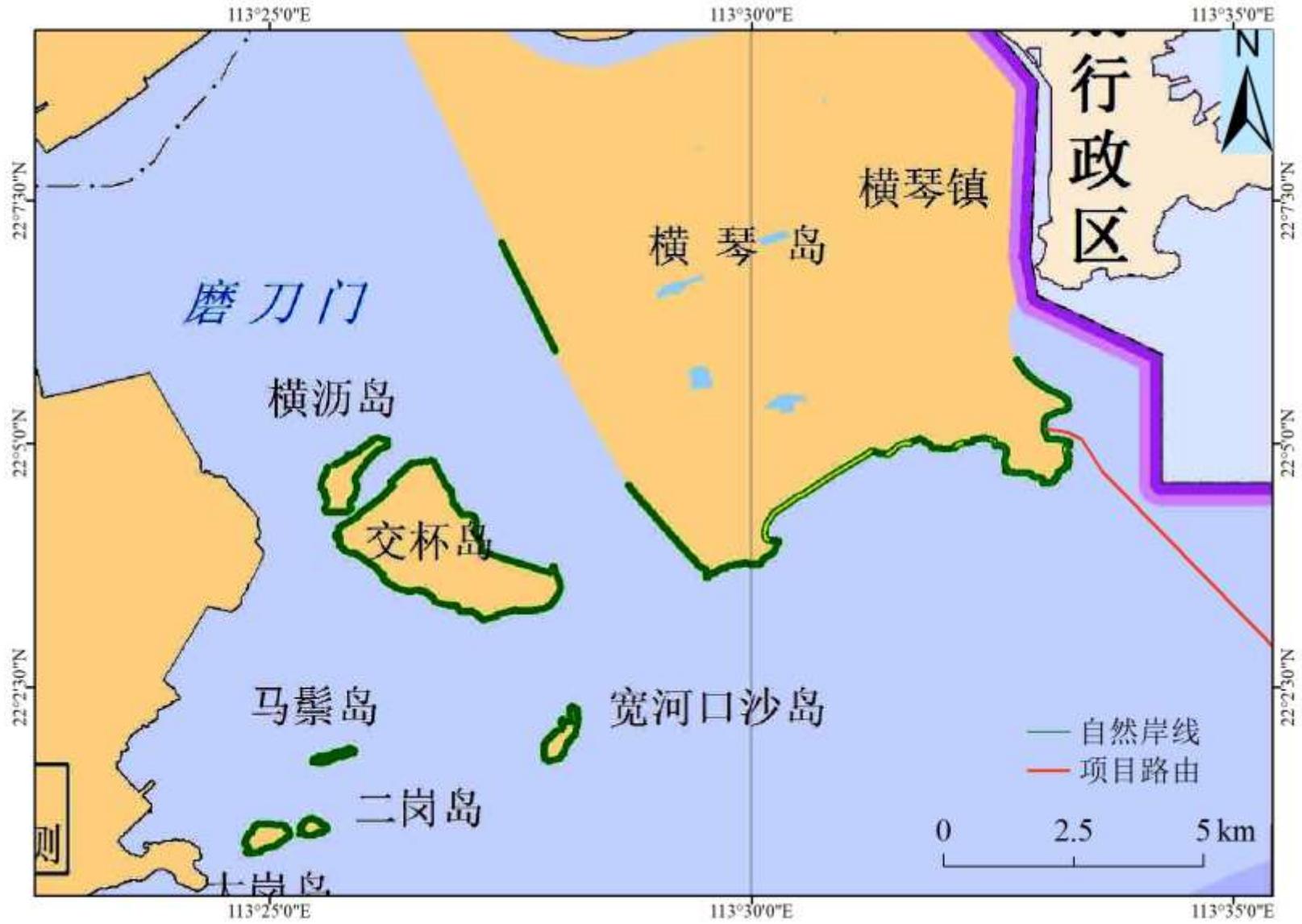


图 12.3-3 珠海支线路由登陆点附近海岛自然岸线分布图

表 12.3-2 路由海域范围内广东省海洋生态红线区登记表

序号	所在行政区域		代码	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态 保护目 标	管控措施
	市级	县级						面积 (hm <sup>2</sup> )	海岸线 长度 (km)		
131	珠海	金湾	44-Xc10	限制类	重要河口生态系统	鸡啼门重要河口生态系统限制类红线区	113°13'54.09"-113°20'18.88"E; 21°57'23.08"-22°5'9.29"N	48.54	27.74	重要河口生态系统	管控措施: 禁止采挖海砂、围填海、设置直排排污口等破坏河口生态功能和防洪纳潮的开发活动; 并加强对河口生态系统的整治和修复。 环境保护要求: 保护西江河口海域生态环境。加强西江河河口海域环境综合整治。海水水质标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量需维持现状。
132	珠海	金湾	44-Xh15	限制类	重要砂质岸线及邻近海域	金湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	113°22'27.41"-113°24'1.38"E; 21°59'50.62"-22°0'38.22"N	0.96	3.36	砂质岸线资源	管控措施: 禁止围填海、采挖海砂、设置直排排污口等破坏河口生态功能和防洪纳潮的开发活动; 并加强对河口生态系统的整治和修复。 环境保护要求: 保护西江河口海域生态环境。加强西江河河口海域环境综合整治。海水水质标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量需维持现状。
133	珠海	金湾	44-Xc11	限制类	重要河口生态系统	磨刀口重要河口生态系统限制类红线区	113°21'43.69"-113°29'16.19"E; 22°1'38.37"-22°11'31.75"N	67.81	22.90	河口生态系统	管控措施: 禁止从事可能改变或影响砂质岸线自然属性的开发建设活动。设立砂质海岸退缩线, 禁止在高潮线向陆一侧 500 米或第一个永久性构筑物或防护林以内构建永久性建筑。在砂质海岸向海一侧禁止采挖海砂、围填海等可能诱发沙滩蚀退的开发活动。加强对受损砂质岸线的修复。 环境保护要求: 海水水质、海洋生物质量、沉积物等维持现状, 对沙滩资源破坏较严重的区域进行整治修复, 保持海洋水文动力维持原状。
136	珠海	香洲	44-Xj16	限制类	重要滨海旅游区	万山群岛重要滨海旅游区限制类红线区	113°40'10.11"-114°3'26.8"E; 21°55'0.53"-22°7'22.83"N	78.47	0	珊瑚礁, 海洋生态系统	管控措施: 禁止围填海, 依据海域生态环境承载力, 控制旅游区开发强度。禁止从事可能改变和影响滨海旅游的开发建设活动。严格保护砂质海岸与基岩海岸。 生产废水、生活污水须达标排放; 加强海域生态环

										境监测；执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	
137	珠海	香洲	44-Xe21	限制类	重要渔业海域	万山群岛重要渔业海域限制类红线区	113°37'38.44"-114°30'16.8"E; 21°44'47.77"-22°11'0.07"N	2091.95	0	鱼类海域	<p>管控措施:禁止围填海,周边海域不得设置排污口、工业排水口或其他污染源。禁止设置海洋倾倒区,禁止开采海砂,不得设置明显改变水动力环境的构筑物。维持海域自然属性,严格保护万山群岛海域渔业资源。开展人工鱼礁、增殖放流活动,保护和恢复水产资源。</p> <p>环境保护要求:严格执行海水水质标准和海洋沉积物质量要求,防治污染。不改变或基本不改变原有水动力环境,保护海洋生态系统,保护生物洄游区、索饵场的完整性。合理控制养殖规模和密度,改善养殖结构,加强渔业资源的保护与修复。</p>
138	珠海	香洲	44-Xf05	限制类	特别保护海岛	平洲岛领海基点特别保护海岛限制类红线区	113°55'57.69"-114°0'19.71"E; 21°47'6.57"-21°51'28.73"N	43.48	0	领海基点、海岛岛体及周边海域	<p>管控措施:维护主权权益,严格保护海岛自然地形、地貌,禁止炸岛、海岛采石、采挖海砂等可能危害主权权益及破坏海岛生态系统的开发活动;加强主权权益设施建设。</p> <p>环境保护要求:按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理,禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物,改善海洋环境质量。</p>
139	珠海	香洲	44-Xf06	禁止类	特别保护海岛	平洲岛领海基点特别保护海岛禁止类红线区	113°57'34.31"-113°58'41.79"E; 21°48'16.04"-21°49'7"N	2.89	0	领海基点、海岛岛体及周边海域	<p>管控措施:对海岛实行严格保护,禁止实施改变海岛自然地形、地貌的生产活动和任何形式的工程建设活动,禁止损毁领海基点标志,加强主权权益设施建设。</p> <p>环境保护要求:按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理,禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物,改善海洋环境质量。</p>
142	珠海	香洲	44-Xf06	限制类	海洋自然保护区	担杆列岛海洋自然保护区限	114°19'29.04"-114°29'58.5"E; 21°53'34.29"-22°6'21.69"N	424.71	0	渔业资源、珊瑚礁及	<p>管控措施:禁止围填海,按照《中华人民共和国自然保护区条例》、《海洋自然保护区管理办法》等相关法律法规和有关要求进行管理。禁止在自然保护</p>

					区 制类红线 区				其周边 海域生 态环境	区内进行捕捞、开矿、采石、挖沙等活动，加强海洋保护区的生态环境监测和管理，适当保障海上交通通用海，严格限制除公益、科研性质外的其他活动。 环境保护要求：禁止新设污染物集中排放口，禁止排放有毒、有害物质，改善海洋环境质量。
--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	-------------------	---

### 12.3.2 与海南省生态保护红线符合性分析

海南省人民政府于 2016 年 9 月 18 日发布了《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》（琼府〔2016〕90 号），通告指出，海南省生态保护红线包括陆域生态保护红线和近岸海域生态保护红线两部分。

其中划定海南岛近岸海域生态保护红线范围共计 8316.6km<sup>2</sup>，占近岸海域面积的 35.1%，分为 I 类红线区和 II 类红线区，包含 17 个功能区。

I 类红线区总面积 343.3km<sup>2</sup>，占近岸海域面积的 1.5%。I 类红线区主要包括海洋自然保护区的核心区和缓冲区、领海基点保护范围等。

II 类红线区总面积约 7973.3km<sup>2</sup>，占近岸海域面积的 33.6%。II 类红线区主要包括海洋自然保护区的实验区、海洋特别保护区、省级海洋功能区划海洋保护区域、海岸带控制区（向海侧）、珊瑚礁主要分布区、海草床主要分布区、红树林主要分布区、部分潟湖、重要入海河口、自然景观与历史文化遗迹、重要岸线与邻近海域、重要渔业水域、海洋功能区划中的增养殖区、保持自然生态空间属性的生态保留区等。

海南岛及近岸海域生态保护红线具体分布情况见图 12.3-4。

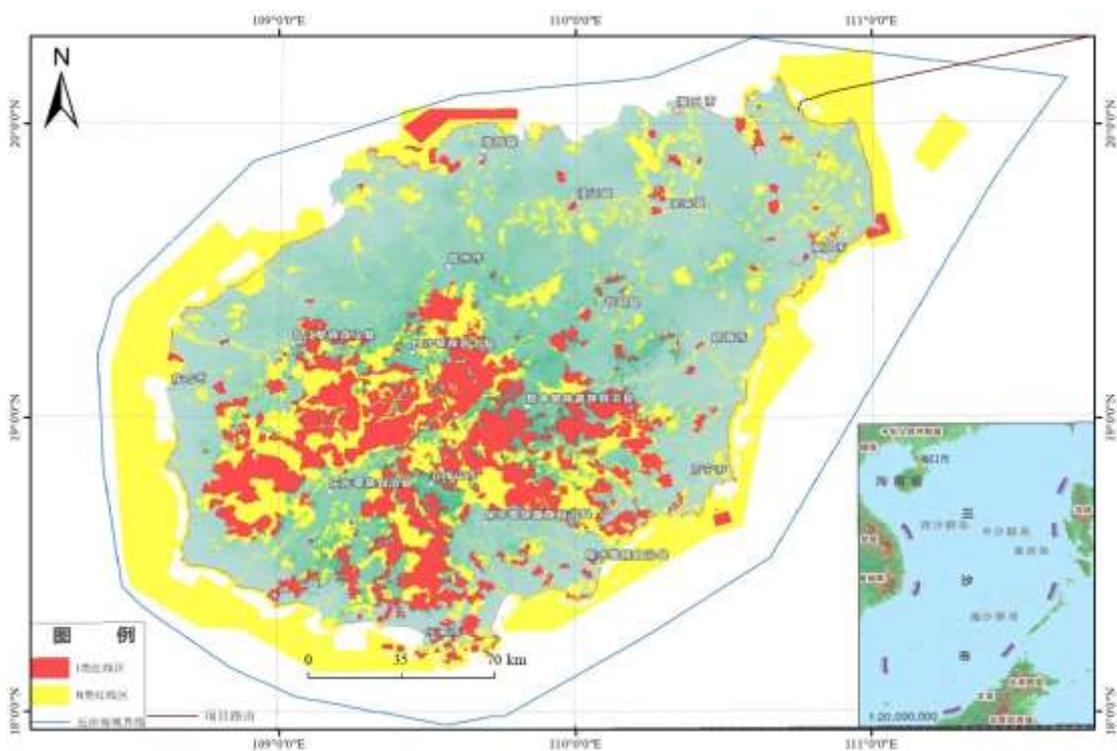


图 12.3-4 海南岛及近岸海域生态保护红线图

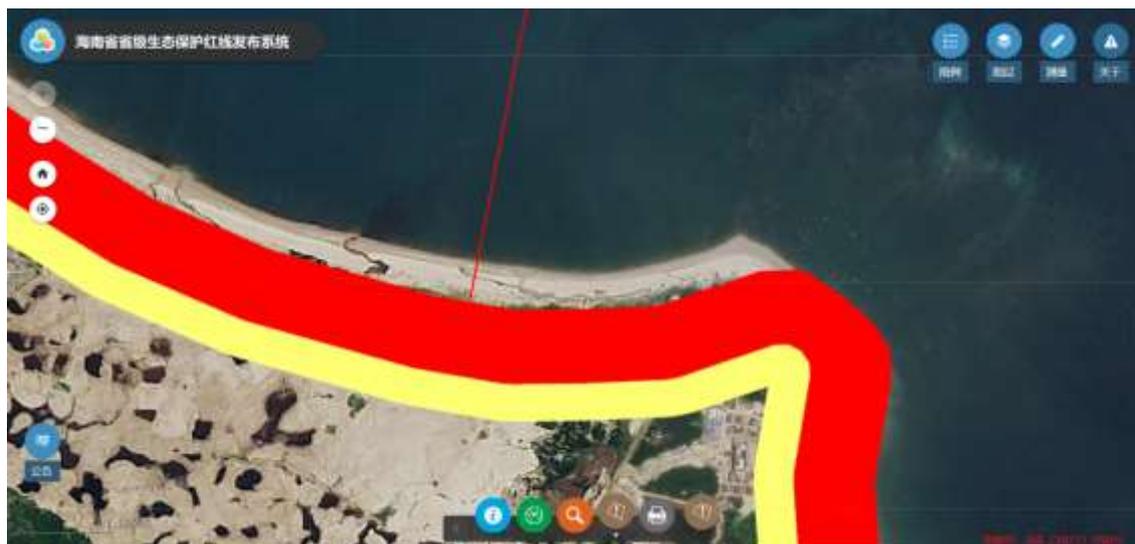


图 12.3-5 海南岛及近岸海域生态保护红线图

本项目海底光缆位于南海北部海域，通过海南省生态环境保护厅海南省省级生态保护红线发布系统（查询网址：<http://218.77.183.85/hbt/index.html?n#>）查询可知，主线路由穿越了海南岛海岸带生态敏感 I 类红线区和重要渔业水域 II 类红线区。

按照 2016 年 9 月 1 日起施行《海南省生态保护红线管理规定》第十九条：“除下列情形外，I 类生态保护红线区内禁止各类开发建设活动：

(一)经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设；

(二)农村居民生活点、农(林)场场部(队)及其居民在不扩大现有用地规模前提下进行生产生活设施改造。”

II 类生态保护红线区内禁止工业、矿产资源开发、商品房建设、规模化养殖及其它破坏生态和污染环境的建设项目，确需在 II 类生态保护红线区内进行下列开发建设活动的，应当符合省和市、县、自治县总体规划：经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设；湿地公园、地质公园、森林公园等经依法批准、不破坏生态环境和景观的配套旅游服务设施建设；经依法批准的休闲农业、生态旅游项目及其配套设施建设；经依法批准的河砂、海砂开采活动；军事等特殊用途设施建设；其他经依法批准，与生态环境保护要求不相抵触，资源消耗低、环境影响小的项目建设。本项目是由中国移动牵头，与海南省政府沟通后上报国家发改委和工信部核准批复的横跨南海北部陆架的海底光缆的通讯类海底光缆建设项目。昌登陆段低潮露滩岸区挖槽采用直挖方式，深度约 1.5m，直接挖沟影响宽度 1m，文昌段长度 0.15km 影响潮

间带的范围主要包括开挖部分及表土堆砌部分，开挖出的表土堆砌于管沟两侧以及施工便道占地宽度按 20m 计算，可以得出登陆段管沟开挖影响面积为 0.3hm<sup>2</sup>。施工结束后，砂石回填至沟内，随着时间推移，开挖区域的潮间带生物以及沙滩地貌会逐渐恢复，同时本项目属于国家重大基础设施，符合生态红线区管控要求。

本项目文昌近岸段穿越海南省重要渔业水域 II 类红线区月 26km 公里，施工对周边海域生态环境产生短期影响，所用光缆均作了防腐处理在项目运营期几乎不会对周围海洋环境排放其他污染物，且本项目不涉及围填海、岸线破坏等问题，对于海洋的影响是临时性的。项目施工过程中所产生的悬浮泥沙会对该海域生物产生一定的影响，且仅在该段施工时产生影响，同时项目建设后生态补偿款可以用于该区的增殖放流工作，以进一步减小工程建设对海域生物物种的影响，以达到养护和修复该海域生物资源的目的。综上所述，本项目属于经依法批准，与生态环境保护要求不相抵触，资源消耗低、环境影响小的建设项目。符合《海南省生态红线保护区》中关于区域环境保护要求。

## 12.4 与相关环保规划符合性分析

### 12.4.1 与广东省海洋生态环境保护规划符合性分析

根据《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》，海缆项目主线香港附近海域路由和支线路由近岸段均穿越了珠海口海区渔业资源增殖放流区。珠海口海域渔业资源放流区的海洋经济物种 14 种：鲷、四指马鲛、花鲈、斜带、石斑鱼、鞍带石斑鱼、真鲷、黄鳍鲷、斑节对虾、日、本对虾、中国对虾、长毛对虾、刀额新对虾、近缘新、对虾、周氏新对虾；海洋濒危物种 1 种，绿海龟。根据规划的任务要求，沿海市、县渔业主管部门需要“推进海洋生物资源养护”需要实施海洋渔业资源总量管理，探索渔业资源管理新模式；实施科学化渔业资源增殖放流，全面开展河口、近海渔业资源增殖养护恢复。

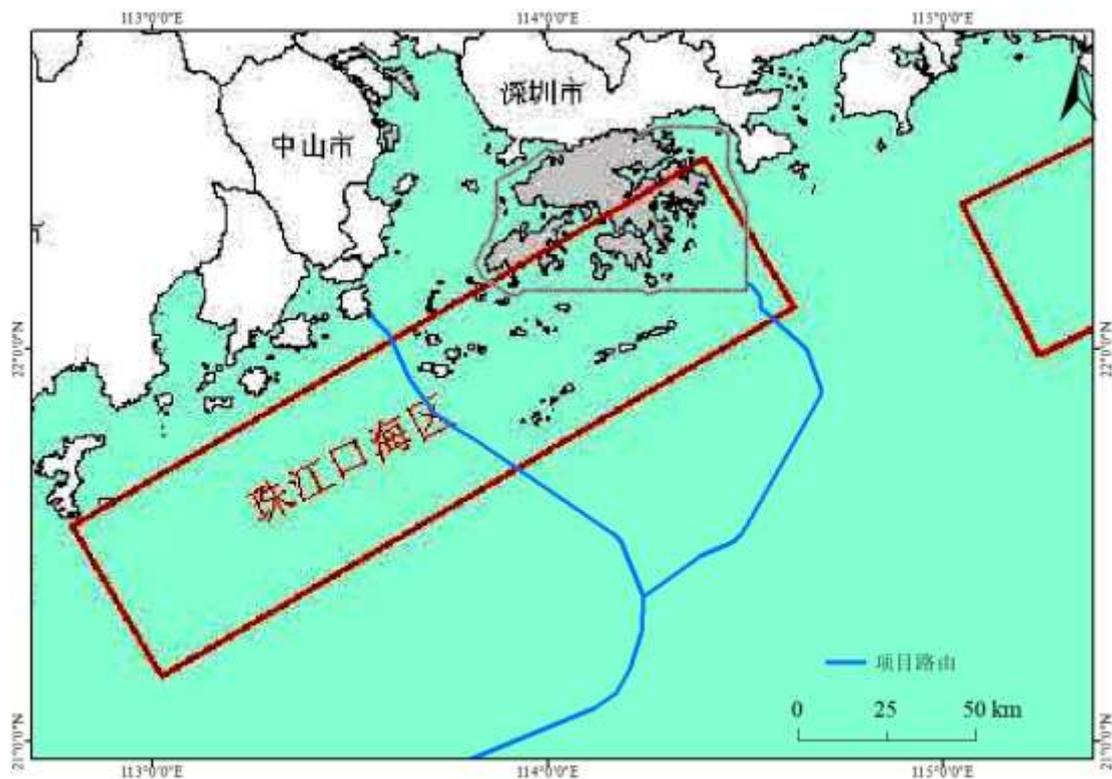


图 12.4-1 广东省渔业资源增殖放流区域分布图

海缆项目为通讯类海底光缆建设项目，项目施工对周边海域生态环境产生短期影响，所用光缆均作了防腐处理在项目运营期几乎不会对周围海洋环境排放其他污染物，且海缆项目不涉及围填海、岸线破坏等问题，对于海洋的影响是临时性的。项目施工过程中所产生的悬浮物会对该海域生物产生一定的影响，考虑到在评价范围内穿越珠江口海区增殖流放区，且仅在该段施工时产生影响，同时项目建设后生态补偿款可以用于该区的增殖放流工作，以进一步减小工程建设对海域生态物种的影响，以达到养护和修复该海域生物资源的目的。综上所述，在项目运行期采用增殖放流的方法对海域生态进行养护，该项目与环境保护要求相符合。

#### 12.4.2 与海南省海洋环境保护规划符合性分析

《海南省海洋环境保护规划（2011-2020 年）》（以下简称《规划》）于 2012 年 7 月获的海南省政府批准实施，由海南省海洋渔业厅会同有关部门和沿海各市县组织实施。

《规划》提出：要本着“生态优先，保护环境”的原则，围绕我省建设国际旅游岛的总体目标，坚持海洋开发与环境保护相结合，加强陆源和海域污染控制、海洋保护区建设及生态恢复，强化海岸、海湾、河口的环境综合整治，重点保护珊瑚礁、红树林、海草床等典型热带海洋生态系统，继续保持我省海洋生态环境的优良状况，为全面推进

国际旅游岛建设提供海洋生态环境支撑。

《规划》提出，要加强对现有海洋保护区的建设与管理，增强保护区管护能力。至2015年，国家级自然保护区综合管理水平达到优等次。科学规划海洋保护区布局，经优化调整和新建海洋保护区后，到2020年全省海洋保护区总数达到21个。

《规划》特别要求，要加强对西、南、中沙海域岛礁的生态保护，重点保护海岛岛体、海岛自然资源和海岛生态系统。防止海岛岸线侵蚀，稳固海岛形态，对受侵蚀、面积减小的岛礁通过必要的工程措施增加岛礁陆域面积；加强海岛特殊地貌、特殊自然景观、海岛沙滩等海岛资源的保护；加强海岛植被完整性和生物多样性的保护。

海缆项目铺设海底光缆属于管线类项目，占用的是海洋底土空间，未改变所在海域的自然属性，不会对军事用海产生影响，不会改变所在海域的基本功能，能够与该海域的功能定位相兼容，光缆施工期悬浮物扩散会对周边海域海水水质、沉积物、海洋生态等产生短暂影响。施工船舶的废水、固废污染物等均按照管理要求统一运回港口处理或达标排放。同时施工船舶溢油等突发事件也有相应的应急预案和防范措施。工程海域的现状海水水质、沉积物和生物体质量均满足功能区划的环保要求。

由上述分析可知，海缆项目的建设符合《海南省海洋环境保护规划(2011-2020年)》。

## 12.5 区域和行业规划的符合性

### 12.5.1 与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性

《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划》第四章第一节中提升信息基础设施水平中提出：推进信息基础设施一体化。加快构建高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础设施，推进以广州和深圳为中心、珠江口东西两岸各市为节点的信息基础设施布局。超前布局下一代互联网（NGN），推进骨干网、城域网、接入网、互联网数据中心和支撑系统的升级改造，提升城域网络综合业务承载能力。提升网络接入服务水平。实施宽带广东战略，全面提升宽带接入能力。打造珠三角光纤网和粤东、粤西、粤北骨干环，形成全省一网三环大容量骨干光纤网。推进深圳等城市未来网络基础设施建设。

海南-香港国际海缆为大型国际通信光缆系统，属于信息基础设施建设，海缆项目符合《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划》。

## 12.5.2与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》符合性分析

根据《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，严格保护岸线要按照生态保护红线有关要求管理，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止在严格保护岸线范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

路由登陆点横琴所在岸线均不是严格保护岸线，所以，海缆项目整体上符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

## 12.5.3与信息网络建设规划相符性分析

根据《“十三五”国家信息化规划》，“十三五”期间国家信息规划的重大任务和重点工程主要包括：着力增强以信息基础设施体系为支撑、信息技术产业生态体系为牵引、数据资源体系为核心的国家信息化发展能力，着力提高信息化在驱动经济转型升级、推进国家治理体系和治理能力现代化、推动信息惠民、促进军民深度融合发展等重点领域的应用水平，着力优化支持网信企业全球化发展、网络空间治理、网络安全保障等的发展环境，加快推动我国信息化水平和安全支撑能力大幅提升。其中，在“建设陆海空天一体化信息基础设施”中，明确提出了关于海基网络设施的建设要求。即在统筹海底光缆网络与陆地网络协调发展的基础上，构建连接海上丝绸之路战略支点城市的海底网络，加强大型海洋岛屿海底光电缆连接建设，积极研究推动海洋综合观测网络由近岸向近海和中远海拓展，由水面向水下和海底延伸。海缆项目作为连接海南文昌、广东珠海、香港侧的中继海缆项目，该光缆项目的建设能够有效的促进上述海南、珠海、香港等地区信息的互联互通，并大大增加海缆系统带宽容量资源，工程建设符合国家在信息网络建设方面的规划要求。

## 12.6 项目选址环境合理性分析

### (1) 登陆点

海缆项目主线路由文昌潮滩村登陆点位于海南省文昌市市东北海岸，距离海口直线距离约 40km，沿在建的海南省沿海旅游公路长度约 50km，坐标如表 2.1-1 所示。距离最近南侧的锦山镇约 9km，距离西侧的铺前镇约 14km。如图 2.1-2 所示。距离最近的海南省在建沿海旅游公路约 2km，在野外现场踏勘的过程中见该公路一侧预留有光缆通道。有一条宽约 3m 的水泥路可以到到该点，该点北边约 7km 为有文昌华能风电厂，沿岸树立有多个风机，电厂的集控中心也位于此。因此，该点的水电及交通条件较为便利。

海缆项目支线路由横琴镇登陆点位于珠海市横琴镇东南角海滩南部，处于珠海长隆海洋公园后勤基地内，海滩呈南北向，长约 200m。登陆点距澳门海域最近约 2.1km，坐标见表 2.1-2。横琴岛在珠江口西侧，南临南海，距国际航线一大西水道 4nmi，北距洪湾保税区不到 1km；西接磨刀门水道与珠海西区一衣带水，在这个地区任何主要城市要到达横琴岛乘飞机四小时内便可，地理位置极为优越。在确认不会破坏已有岸滩管线的前提下，根据埋深要求，使用挖掘机进行挖沟作业。岸滩登陆段采用工程机械挖槽施工，在海光缆上安装关节套管后，按照设计要求进行原土回填，在所有的岸滩工作都结束后，岸上队伍将沙滩进行原土回填，使沙滩恢复原本状态。综上所述，海缆项目登陆段最大程度减小对岸滩的扰动，不改变岸滩原有的地形地貌，符合管控要求。

## （2）工程地质条件

海缆项目路由整体处于南海北部陆架海域，水深在 0~80m，海底地形较为平坦，平均坡度在平均坡度在 0.1%左右。路由区附近的海底沉积物因所处地貌单元或部位的不同而呈有规律地变化，可分为陆源碎屑沉积、陆源碎屑-生物源沉积两大类，总体上以细粒沉积物为主，有利于海底光缆的敷设或埋设施工。

## （3）海洋功能区

海缆项目路由位于南海北部海域，工程路由从选线选址上充分考虑避让海洋保护区、生态敏感区等重要区域，评价结果显示该工程符合《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》、《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》、《广东省海洋生态红线（2016-2020年）》、《海南省海洋功能区划（2011~2020年）》、《海南省海洋环境保护规划（2011-2020年）》、《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》《海南省生态保护红线管理规定》的管理要求，与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》等无矛盾，仅在工程施工期可能对海洋环境、渔业生产和航运产生一定的影响，可通过采取补偿、管理等措施予以缓解。

## （4）渔业活动

路由经过珠江口渔场、粤东渔场、东沙渔场、担杆-大星山渔场、泥口渔场、三门外渔场、上六十渔场等，光缆路由区内无养殖区分布，无人工鱼礁投放，距离深水养殖规划区较远，登陆点附近有鱼排养殖。路由区常见捕捞方式有刺钓、延绳钓、手钓，对海底光缆威胁影响较小。虽在近岸 200m 以浅区域常有拖网捕捞，但一般在该水深内的光缆皆已注意埋深和保护，其对光缆影响也不大。

## （5）海上交通

推荐路由与多条航线有交越且在南海北部穿过由中国海洋石油总公司（CNOOC）等公司的3个海上石油勘探区块，但已经避开了现有的油气开采开发区。光缆预选路由在近岸段避让了水利工程、锚地与航行船舶最为密集的定线制交汇区和大型分道。光缆建设对路由区附近的游艇停泊区、停泊锚地、防台锚地、渔港、码头区及倾倒区等功能区没有影响。

#### （6）海底管线

推荐首选路由与南海已建（拟建）的海底光缆交越20次，与已建或拟建的海底油气管道交越5次。海底光缆故障主要有绝缘体磨损破裂、光纤故障、海底光缆完全断裂等几种。统计资料中可以看出，渔业活动和锚泊作业是对光缆安全最大的威胁，其造成的故障可占故障总数的46%，这些故障主要发生在100m水深以浅的海域，少数几起发生于100~150m水深的海域，在此区域的光缆应该注意埋深和保护。

综合登陆点、工程地质条件、海洋功能区、海上交通和海底管线等要素的分析结果可知，海缆项目光缆路由的选址符合相关海洋功能区划的管理要求，避开了海洋敏感区，对现有的敏感区、敏感目标影响较小，其路由的选址是合理的。

## 12.7 环境影响可接受性分析

海缆项目选址位于南海北部海域，主线路由登陆点位于海南文昌和珠海横琴，工程建设主要占用海底，不影响该区域海洋主导功能的发挥。拟建项目符合国家《产业结构调整指导名录》（2019年本），对保障信息通讯畅通具有积极的推进意义。

海缆项目距离最近的海洋保护区相对较远，项目施工及运营对保护区产生影响较小。

评价海域的海水、沉积物和生物环境质量现状良好。工程建设的环境影响体现在施工期光缆埋设对海洋生态、渔业资源和水质等的影响，登陆段和近岸段光缆铺设为埋设施工。除施工过程悬浮物中会对周边海域生态环境产生短期影响外，施工船舶的废水、固废污染物等均统一运回港口处理或按照管理要求达标排放。对海洋环境影响程度和范围均较小，属于短期和可恢复性质。对保护区及所在海域产生得环境影响较小。

工程建设期存在船舶发生溢油等环境事故风险，但概率较小。同时对于施工船舶溢油等突发事件也有相应的应急预案和防范措施。

项目在正常运营条件下，运营期间不向所在海域排放污染物。对海洋环境、海洋生态、渔业资源的影响很小。

综上所述，在建设单位切实落实报告书提出的环境保护对策措施和建议，落实施工期污染防治对策措施的前提下，从海洋环境保护角度考虑，工程对环境的影响是可接受的。

## 13 环境管理与环境监测

### 13.1 环境管理

环境管理是环境保护的重要组成部分。通过严格的环境管理，可以有效地预防和控制生态破坏和环境污染，保护人们生产和生活健康有序地进行，保障社会经济可持续发展。目前，环境管理已逐渐形成一项制度，任何一个可能造成较大环境影响的建设项目或一个可能造成较大环境影响的单位，都应设置一个环境管理机构，建立一套有效的环境管理办法，负责实施该项目或该单位的环境管理和监督。

环境管理应当实行项目总经理负责制，并设置环境管理专职人员，总经理作为环境管理第一责任人。

#### 13.1.1 建设单位环境管理机构设置

光缆建设单位应设立内部环境保护管理机构，主要由光缆建设单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个光缆建设工序的环境管理工作，保证光缆建设期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

光缆建设单位的管理内容主要为：

- (1) 制定出切实可行的环境污染防治办法和措施；
- (2) 做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强员工和施工单位对环境污染防治的责任心，自觉遵守和执行各项环境保护的规章制度；
- (3) 加强光缆建设的环境管理，严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；
- (4) 定期对作业船舶进行维护和保养，防止污染事故的发生，施工产生的杂物进行陆域处理，严禁排海；
- (5) 负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制

措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查；

(6) 及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与海缆项目光缆建设有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议；

(7) 按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细光缆建设期环境保护措施落实计划，明确各光缆建设工序的环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

(8) 编制施工期船舶溢油应急计划，加强施工期船舶安全管理。

### 13.1.2 施工期对船舶作业污染物管理

(1) 根据《国际船舶防止海洋污染公约》附则 V 的要求，要求所有施工船舶建立《船舶垃圾管理计划》，对船舶垃圾进行了分类收集、储存和管理，《船舶垃圾管理计划》实施的总负责人是船长，具体负责人是大副。

(2) 禁止船舶在码头港口及锚地排放油污水到海洋。

(3) 严格根据《国际船舶防止海洋污染公约》附则 I 的要求，对排放进行严格控制。

(4) 要求所有施工船舶船上根据公约要求建立《船舶油污应急计划》，并备有应急器材如：吸油毡，围油栏等。船长是《船舶油污应急计划》的总负责人，负责油污事故的处理，并建立应急小组，定期由船长组织船员按该计划进行演习和操练，并总结和提高。

## 13.2 环境监测计划

环境监测在环境管理中占有重要作用。海缆项目力求通过环境监测，提供被监测区的监测数据，了解和监视该区域环境现状，评价该区域环境质量，为环境管理部门进行有效环境管理提供依据。同时通过监测，还可以对被监测区域存在的一些潜在污染情况做出及时反应，预报预警污染事故发生的可能性，以便环境管理机构能及时采取相应措施，防患于未然。

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的要求，为了及时了解和掌握海缆项目建设对海洋环境的影响，评价其影响范围和影响程度，建设单位需要制订环境监测计划，委托具有海洋环境监测资质的相关单位，跟踪监测海缆项目对海洋环境的影响，及时发现并解决海缆项目建设引起的海洋环境问题。

海缆项目环境监测的范围为沿光缆路由埋设段施工作业，其重点是施工阶段海底光缆埋设产生的悬浮物所能影响的范围和距离，以及光缆事故打捞修复阶段产生的悬浮物所能影响的范围和距离，重点监测埋设段施工区域的水质环境和沉积物环境。

### 13.2.1 施工期跟踪监测计划

在海缆项目主线文昌附近海域路由、主线香港附近海域路由、支线路的近岸段沿光缆路由分别布设 4 个常规监测点和 2 个背景值点，共计设置 18 个调查站位。具体站位位置参照现状监测进行布设，详见表 13.2-1~表 13.2-3 和图 13.2-1~图 13.2-3，在实际监测工作中依据潮流方向对跟踪监测方案进行适度调整。

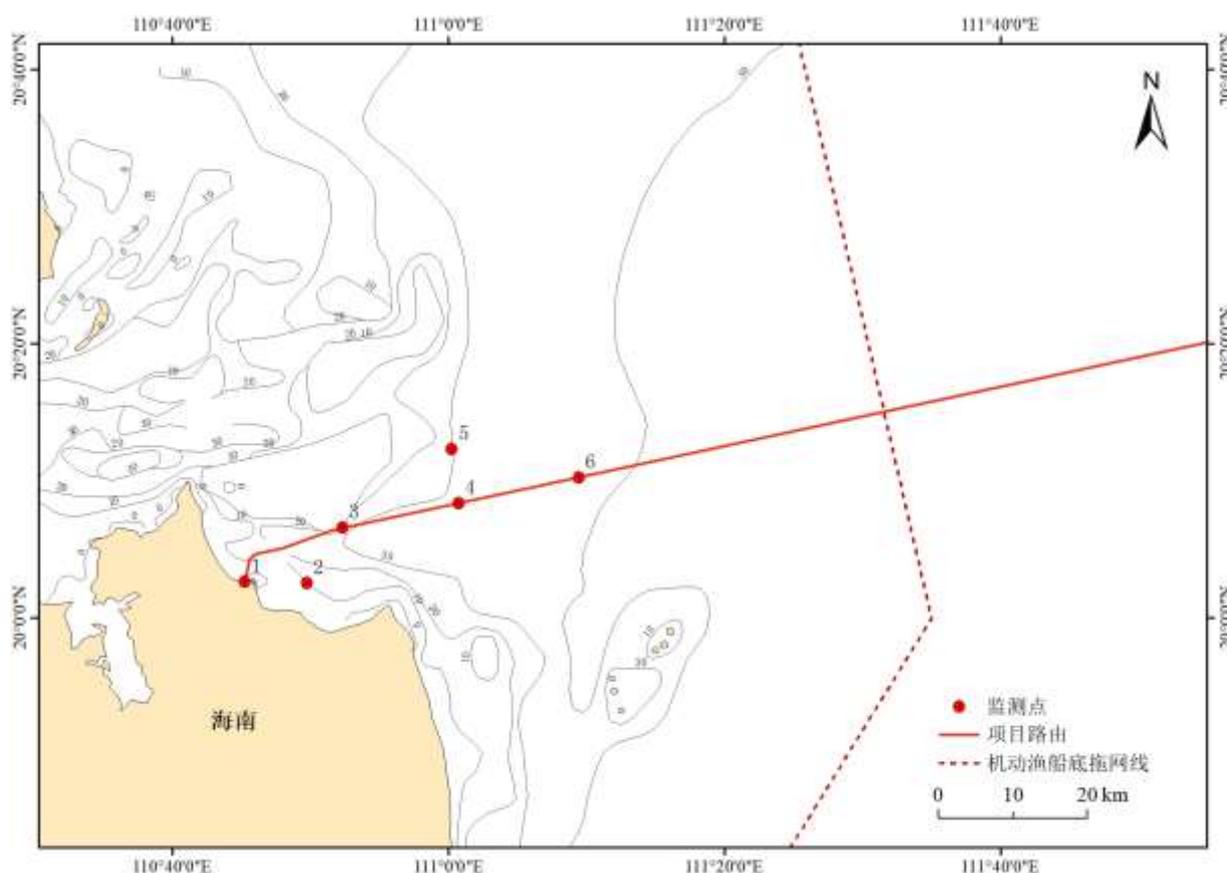


图 13.2-1 主线文昌附近海域路由段海洋环境监测站位图

表 13.2-1 主线文昌附近海域路由环境跟踪监测调查站位表

序号	经度	纬度	检测项目
1	110.7545°	20.0441°	悬浮物 (SS)、pH、化学需氧量 (COD)、溶解氧、石油类、无机氮 (以 N 计)、活性磷酸盐 (以 P 计)、浮游植物、浮游动物、底栖生物
2	110.8298°	20.0424°	
3	110.8729°	20.1105°	
4	111.0128°	20.1399°	
5	111.0048°	20.2057°	
6	111.1577°	20.1713°	

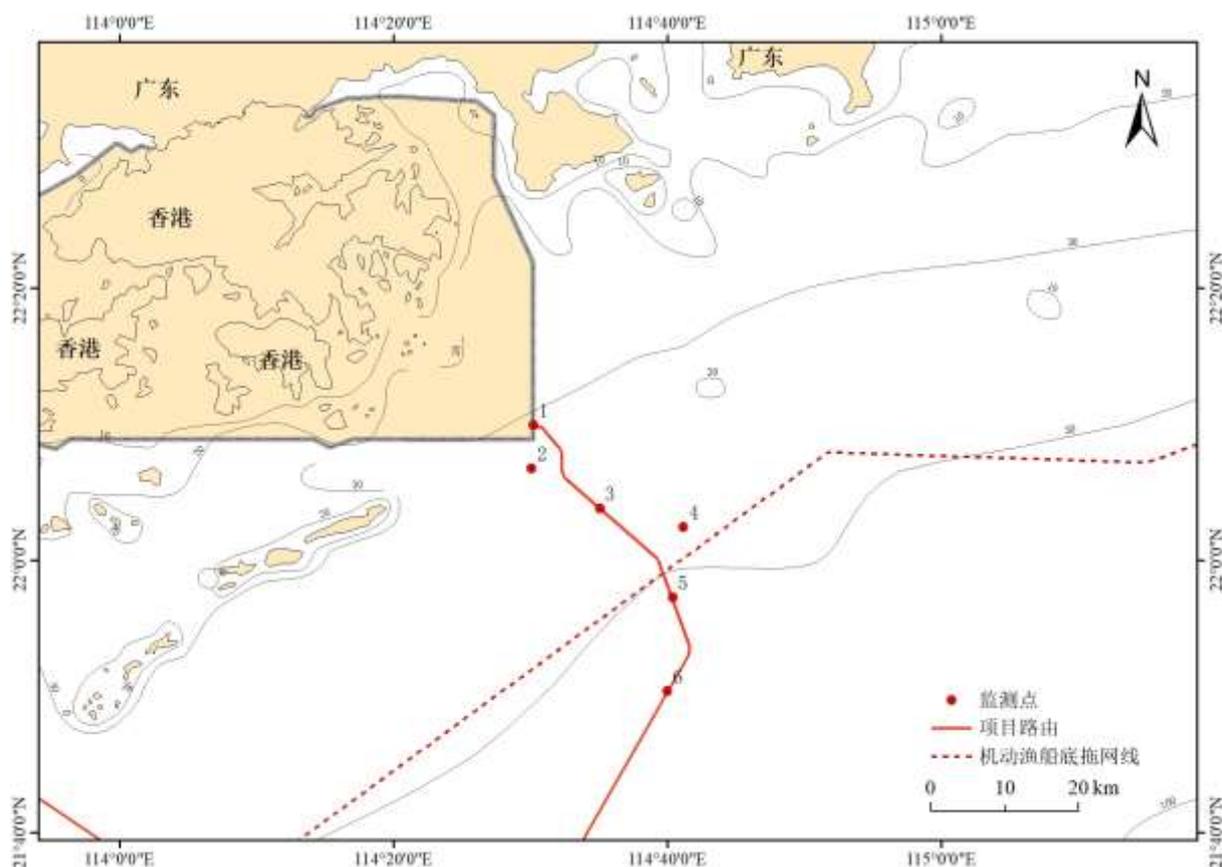


图 13.2-2 主线香港附近海域路由跟踪监测站位示意图

表 13.2-2 主线香港附近海域路由施工期跟踪监测站位信息表

序号	经度	纬度	检测项目
1	114.5036°	22.1654°	悬浮物 (SS)、pH、化学需氧量 (COD)、溶解氧、石油类、无机氮 (以 N 计)、活性磷酸盐 (以 P 计), 浮游植物、浮游动物、底栖生物
2	114.5013°	22.1124°	
3	114.5845°	22.063°	
4	114.686°	22.0401°	
5	114.6668°	21.8399°	
6	114.6728°	21.9547°	

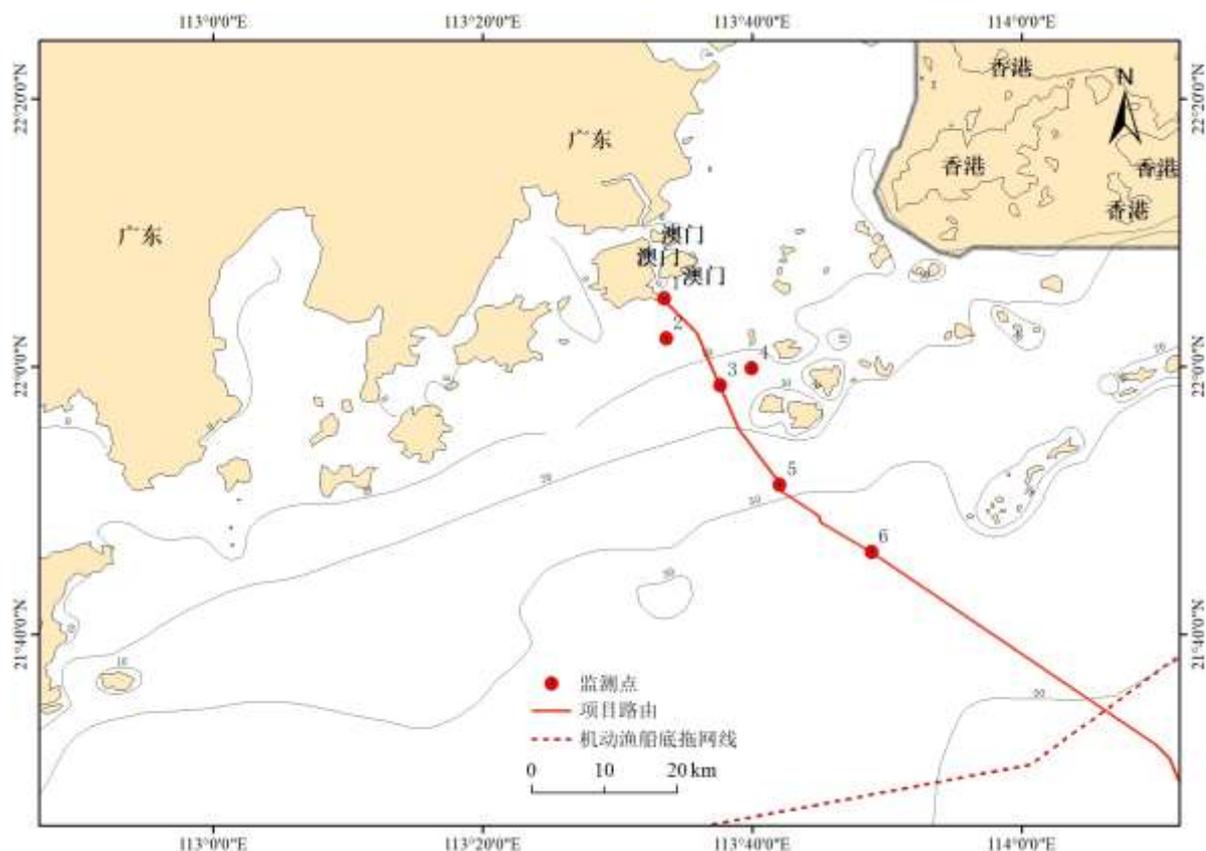


图 13.2-3 支线路由段海洋环境监测站位图

表 13.2-3 支线路由环境跟踪监测调查站位表

序号	经度	纬度	检测项目
1	113.5571°	22.0842°	悬浮物 (SS)、pH、化学需氧量 (COD)、溶解氧、石油类、无机氮 (以 N 计)、活性磷酸盐 (以 P 计), 浮游植物、浮游动物、底栖生物
2	113.56°	22.0347°	
3	113.627°	21.9762°	
4	113.6657°	21.997°	
5	113.7004°	21.8523°	
6	113.8139°	21.7682°	

## (1) 监测项目

悬浮物 (SS)、pH、化学需氧量 (COD)、溶解氧、石油类、无机氮 (以 N 计)、活性磷酸盐 (以 P 计), 浮游植物、浮游动物、底栖生物。

## (2) 监测频率

埋设施工期间监测一次。

## (3) 监测方法

采样监测工作由有资质的海洋监测单位承担,按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)规定的有关方法进行,在光缆铺设施工同时进行采样调查。

### 13.2.2 运营期跟踪监测计划

海缆项目的所有原料均进行了抗 25 年海水腐蚀的防腐设计，光缆最外层采用聚丙烯+沥青保护层，光缆埋设完成后投入运营，基本不会溶出有害物质，对海洋水质及沉积物基本不产生影响。故不需单独设立监测计划。

## 14 环境影响评价结论

### 14.1 工程分析结论

海南-香港国际海缆项目是由中国移动通信集团有限公司投资建设的大容量海底光缆项目，主干线西起海南文昌、东抵香港特别行政区，支线连接广东珠海，海缆总长约 672km，光缆总投资约 3.47 亿人民币，其中环保投资 956.1 万元。评价范围内路由总长 635km，主干线长约 524km，珠海支线路由长约 111km。

登陆点至 0 米水深的低潮露滩岸段路由，光缆埋设采用挖掘机挖槽，且在海光缆上安装关节套管后，按照设计要求进行原土回填，再进行后续的保护工作。挖沟宽度 1m，目标埋深 1.5 米，海南文昌侧长 0.15km，和广东珠海侧长 0.025km。登陆段 0~4m 水深处的光缆埋设采用潜水员高压水枪冲埋方式，并使用不少于 1km 的关节套管进行保护。冲埋宽度 0.3m，埋设深度均为 1.5m，海南文昌侧长度为 1.434km，广东珠海侧 6.136km。登陆段 4~13m 水深处的光缆埋设采用平底船的埋设犁冲埋方式，冲埋宽度 0.3m，埋设深度均为 3m，海南文昌侧长度为 1.799km，广东珠海侧 12.893km。

近岸段和离岸段光缆埋设则采用光缆埋设船所配备的埋设犁冲埋方式，冲埋宽度 0.3m，埋设深度均为 3m，海南文昌侧长度为 405.165km，广东珠海侧 91.837km，香港侧长度为 114.664km。

海底光缆施工包括扫海清障作业，登陆段作业，埋设作业和后冲埋作业。扫海范围为埋设段路由中心线两侧 0.5 m，由施工船尾拖扫海锚具清除海床表层障碍物，其中在与其他光缆或管道交越处在现有光缆两侧各 500m 范围不扫海，扫海垃圾运回陆上处理。岸滩登陆段采用挖掘机机械开挖的施工方式，0~4m 水深浅滩登陆段则采用潜水员利用高压水枪冲埋的施工方式，4~13m 水深段则采用平底船施工方式。光缆埋设作业采用铺缆船牵引埋设犁进行，通过高压水冲装置挖沟，同步布放光缆，其中在埋设段与其他光缆或管道交越段，在交越点前后 500m 范围内布放光缆，采用水下机器人利用高压水枪冲埋。光缆全部铺设完成后，利用水下机器人进行最终检查，对未达到设计埋深的光缆采取补救措施。

海缆项目施工过程中产生的主要污染物分别为悬浮物、施工期船舶生活污水、机舱含油污水、生活垃圾、光缆边角废料以及施工船舶废气等，产生悬浮物产能总量为

127760t, 船舶施工生活污水产生总量约为 2333.16m<sup>3</sup>, 生活垃圾产生总量约为 12962kg, 船舶机舱含油污水产生总量约为 223.9m<sup>3</sup>, 二氧化硫总量约为 30.55t, NO<sub>x</sub> 总量约为 21.99t。施工过程中产生的污染物收集后按相关要求集中处理。

海缆项目光缆采用了防腐蚀设计, 运行期间基本不涉及污染物排放, 对所在海域的水质、沉积物、海洋生态基本不产生影响。

## 14.2 环境现状调查结论

### 14.2.1 海洋水文动力和地形地貌冲淤环境

珠江口海域布设 6 个海流站位, 根据 2018 年 8 月实测结果, S1~S3 站实测海流呈现不正规半日潮流特征, 各站各层流向较为一致, 而 S4~S5 站则主要呈现不正规全日潮的特征。大潮期的最大海流流速为 78.1cm/s。

文昌海域布设 4 个海流站位, 根据 2018 年 8 月实测结果, LC1 和 LC2 站主要为全日潮流特征, 而 LC3 和 LC4 为半日潮流特征。垂向平均流速最大值为 23~52cm/s。

光缆路由海域位于南海北部陆架, 珠江口西南侧海域, 包括水下岸坡、现代三角洲、陆架堆积-侵蚀平原、古三角洲, 路由整体水深为 0~80m。主线香港附近海域路由从香港海域边界出发, 垂直等深线延伸 36km 至 60m 水深处, 此段坡度相对较小, 路由较平缓, 之后沿等深线方向延伸 77km 至路由 BU 点; 主线文昌附近海域路由从 BU 点出发, 向南延伸至 80m 水深处, 然后沿等深线延伸, 向西南方向延伸至海南文昌。主线路由从文昌登陆点出发, 垂直于等深线延伸 3km 至 15m 水深处, 避开浅滩向东偏北方向延伸 5km 至 25m 水深处达到南水道边界, 然后跨过南水道垂直于海南岛东北侧等深线延伸。

### 14.2.2 海水水质和沉积物环境

文昌附近海域 2019 年 8 月调查结果表明, 部分站位水质样品的 pH 值、DO、铅、锌含量超第一类海水水质标准, 超标率分别为 82.76%、56.90%、39.66%、3.45%。全部站位评价项目符合第三类海水水质标准。2019 年 10 月调查结果表明, 部分站位水质样品的 pH 值、DO、铜、锌含量超第一类海水水质标准, 超标率分别为 90.77%、10.77%、1.54%、6.15%。全部站位评价项目符合第三类海水水质标准。

珠海附近海域 2019 年 5 月调查结果表明, 部分站位水质样品的 pH 值、DO、COD<sub>Mn</sub>、铅、锌含量超第一类海水水质标准, 超标率分别为 23.91%、6.52%、4.35%、6.52% 和 4.35%。全部站位评价项目符合第三类海水水质标准。2019 年 9 月调查结果表明, 部分

站位水质样品的 pH 值、石油类、铅、锌含量超第一类海水水质标准,超标率分别为 6.25%、4.17%、35.42%和 16.67%。pH 有 2.08%的站位超三类和四类海水水质标准 (pH 值三四类海水水质标准相同)。

香港附近海域 2018 年 4 月调查结果表明,部分站位水质样品的活性磷酸盐、铅、锌、总汞含量超第一类海水水质标准,超标率分别为 1.6%, 15.9%, 14.3%, 7.9%。全部站位评价项目符合第二类海水水质标准。2018 年 9 月调查结果表明,部分站位水质样品的活性磷酸盐、铅、锌、总汞含量超第一类海水水质标准。其中活性磷酸盐的超标率为 7.6%, 6.1%, 12.1%, 21.2%。全部站位评价项目符合第二类海水水质标准。

离岸段 2019 年 10 月调查结果表明,部分站位水质样品的 pH 值、DO、锌含量超第一类海水水质标准,超标率分别为 36.17%、12.77%、2.13%。全部站位参评项目符合三类海水水质标准进行评价。

文昌附近海域 2019 年 8 月调查结果表明,所有站位沉积物中调查项目浓度均符合第一类海洋沉积物质量标准。珠海支线近岸段 2019 年 5 月调查结果表明,所有站位油类、总汞、砷、铅、镉和铬浓度均符合第一类海洋沉积物质量标准;部分站位砷、铜、锌、硫化物、铜、有机碳含量超标。全部站位调查项目符合第二类海洋沉积物质量标准。香港近岸段 2018 年 4 月调查结果表明,所有站位沉积物中石油类、总汞、铜、铅、镉、锌、总铬、砷的浓度都符合第一类海洋沉积物质量标准。离岸段 2019 年 10 月调查结果表明除站锌的含量符合第二类海洋沉积物质量标准外,所有站位沉积物中总汞、铜、铅、镉、总铬、砷、硫化物和有机碳的浓度都符合第一类海洋沉积物质量标准。

### 14.2.3 海洋生态环境

文昌附近海域 2019 年 8 月调查结果表明,叶绿素 a 平均含量为  $2.21\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $613.81\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 71 种,平均密度为  $146.80\times 10^4\text{ cells}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 35 种,平均生物量为  $1510.94\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 36 种,平均生物量为  $23.93\text{g}/\text{m}^2$ ; 潮间带生物鉴定 15 种,平均生物量为  $74.36\text{g}/\text{m}^2$ 。2019 年 10 月调查结果表明,叶绿素 a 平均含量为  $0.86\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $615.54\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 87 种,平均密度为  $92.68\times 10^4\text{ cell}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 35 种,平均生物量为  $350.38\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 31 种,平均生物量为  $48.24\text{g}/\text{m}^2$ ; 潮间带生物鉴定 10 种,平均生物量为  $74.78\text{g}/\text{m}^2$ 。渔业资源 2019 年 11 月调查结果鉴定鱼卵 8 种,平均密度为 0.121 粒/立方米; 鉴定仔稚鱼 9 种,平均密度 0.024 尾/立方米; 捕获游泳生物 121 种,平均资源密度为  $100.632\text{kg}/\text{km}^2$ 。

珠海附近海域 2019 年 5 月调查结果表明, 叶绿素 a 平均含量为  $5.69\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $708.04\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 124 种, 平均密度为  $211.94\times 10^4\text{cells}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 29 种, 平均生物量为  $140.86\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 36 种, 平均生物量为  $7.47\text{g}/\text{m}^2$ ; 潮间带生物鉴定 10 种, 平均生物量为  $18.59\text{g}/\text{m}^2$ ; 鉴定鱼卵 16 种, 平均密度为  $153\times 10^{-3}\text{枚}/\text{m}^3$ ; 鉴定仔稚鱼 14 种, 平均密度  $121\times 10^{-3}\text{尾}/\text{m}^3$ ; 捕获游泳生物 36 种, 平均资源密度为  $113.986\text{kg}/\text{km}^2$ 。2019 年 9 月调查结果表明, 叶绿素 a 平均含量为  $2.81\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $840.37\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 79 种, 平均密度为  $102.07\times 10^4\text{cell}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 29 种, 平均生物量为  $487.99\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 35 种, 平均生物量为  $5.22\text{g}/\text{m}^2$ ; 潮间带生物鉴定 4 种, 平均生物量为  $25.89\text{g}/\text{m}^2$ ; 鉴定鱼卵 8 种, 平均密度为  $334\times 10^{-3}\text{枚}/\text{m}^3$ ; 鉴定仔稚鱼 9 种, 平均密度  $29\times 10^{-3}\text{尾}/\text{m}^3$ ; 捕获游泳生物 36 种, 平均资源密度为  $111.33\text{kg}/\text{km}^2$ 。

香港附近海域 2018 年 4 月调查结果表明, 叶绿素 a 平均含量为  $0.55\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $223.69\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 124 种, 平均密度为  $174.472\times 10^4\text{cells}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 29 种, 平均生物量为  $184.83\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 36 种, 平均生物量为  $22.37\text{g}/\text{m}^2$ ; 鉴定鱼卵 16 种, 平均密度为  $143.76\times 10^{-3}\text{枚}/\text{m}^3$ ; 鉴定仔稚鱼 14 种, 平均密度  $20.92\times 10^{-3}\text{尾}/\text{m}^3$ ; 捕获游泳生物 36 种, 平均资源密度为  $174.252\text{kg}/\text{km}^2$ 。2018 年 9 月调查结果表明, 叶绿素 a 平均含量为  $0.41\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $239.6\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 79 种, 平均密度为  $157.32\times 10^4\text{cells}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 29 种, 平均生物量为  $161.77\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 35 种, 平均生物量为  $8.29\text{g}/\text{m}^2$ ; 鉴定鱼卵 8 种, 平均密度为  $37.08\times 10^{-3}\text{枚}/\text{m}^3$ ; 鉴定仔稚鱼 9 种, 平均密度  $121.89\times 10^{-3}\text{尾}/\text{m}^3$ ; 捕获游泳生物 36 种, 平均资源密度为  $70.026\text{kg}/\text{km}^2$ 。

离岸段 2019 年 10 月调查结果表明, 叶绿素 a 平均含量为  $0.38\text{mg}/\text{m}^3$ ; 初级生产力平均含量为  $475.62\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ; 鉴定浮游植物 124 种, 平均密度为  $90.87\times 10^4\text{cells}/\text{m}^3$ ; 鉴定浮游动物计 29 种, 平均生物量为  $485.44\text{mg}/\text{m}^3$ ; 鉴定底栖生物 36 种, 平均生物量为  $9.61\text{g}/\text{m}^2$ 。

珠海附近海域 2019 年 5 月渔获生物质量结果表明, 鱼类生物体部分站位 TPHs 超出评价标准。甲壳类生物体部分站位 TPHs 超出评价标准。其余各样品检测指标均达到评价标准, 整体水平良好。2019 年 9 月结果表明, 各样品检测指标均达到评价标准, 整体结果良好。

香港附近海域 2018 年 4 月渔获生物质量结果表明, 鱼类及甲壳类生物体部分站位

Cr 超标，贝类生物体部分站位 Pb、Zn、Cd、As 超标，其余各样品检测指标均达到评价标准。2018 年 9 月结果表明，鱼类和甲壳类生物体部分站位 TPHs 超标，其余各样品检测指标均达到评价标准。

## 14.3 环境影响评价结论

### 14.3.1 水动力影响分析结论

从工程分析可知，海缆项目光缆最大直径为 150mm，进行光缆埋设时埋设深度分别为 3.0m 和 1.5m，所采用的埋设犁冲埋刀的冲埋宽度为 0.3m，底座扰动宽度为 2.6m。埋设犁或冲埋装置施工过程仅在海底临时切割出一条缆沟，光缆立刻嵌入到缆沟中，埋设犁或冲埋装置经过该区域后，在潮流作用下海底沉积物会将管沟掩埋，而不需要填埋工作；登陆端低潮露滩段光缆埋设采用机械开挖回填埋设的方式，施工后回填管沟。因此海缆项目对水动力环境无影响，光缆铺设后流场基本无变化，对海洋地形地貌与冲淤环境影响很小。

### 14.3.2 水质影响评价结论

光缆埋设产生的悬浮物主要集中于近岸区域和光缆两侧，对底层影响较大。光缆埋设期间表层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为 22.5km<sup>2</sup>，超第三类水质标准面积 10.2km<sup>2</sup>，超第四类水质标准面积为 8.6km<sup>2</sup>。超第一类水质海域距离光缆最大距离为 0.7km，施工结束后 2.0h 即可恢复为第一类水质标准。中层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为 90.4km<sup>2</sup>，超第三类水质标准面积 40.5km<sup>2</sup>，超第四类水质标准面积为 15.5km<sup>2</sup>。超第一类水质海域距离光缆最大距离为 0.8km，施工结束后 2.5h 可恢复为第一类水质标准。底层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为 180.5km<sup>2</sup>，超第三类水质标准面积为 80.4km<sup>2</sup>，超第四类水质标准面积为 53.7km<sup>2</sup>。超第一类水质海域距离光缆最大距离为 2.1km，施工结束 4.5h 后海水恢复第一类水质标准。

此外施工期间船舶生活污水、含油污水、船舶垃圾等均按照管理要求排放或运回港口处理，光缆本身采取了防腐措施，均不会对海水产生影响。

### 14.3.3 沉积物环境影响分析结论

#### （1）施工期对沉积物的影响

扫海作业时在海底路由中心线左右 0.5m 范围内进行扫海，埋设作业时，埋设犁冲埋刀的冲埋宽度为 0.3m，底座扰动宽度为 2.6m；ROV 冲埋刀的冲埋宽度为 0.3m；光缆

施工缆沟开挖影响海底沉积物的面积为 2.69km<sup>2</sup>。

#### (2) 运营期对沉积物的影响

登陆段处采用的关节套管材料为铸铁管，含硫量小于 0.007%，铸铁管抗腐蚀能力强，不会因为管体腐蚀而污染海洋沉积物环境。海缆项目光缆进行了抗海水腐蚀的防腐设计，在海水中不会溶出有害物质，运营期内光缆内的金属物质不会腐蚀溶解，对海洋沉积物基本不产生溶出有害物质的影响，海水腐蚀不会导致重金属污染周围海水水质和海底沉积物。

### 14.3.4 生态环境影响评价结论

施工阶段对海洋生态环境的影响主要是光缆铺设前扫海、埋设施工造成底栖生物损害，施工产生的悬浮物增量降低海域初级生产力，对浮游生物、鱼卵、仔稚鱼和游泳生物等产生不良影响并导致生物资源损失。估算工程造成海洋生物资源直接损失量为：潮间带生物 0.07t，底栖生物 38.95t、鱼卵  $120.88 \times 10^6$  粒、仔稚鱼  $26.78 \times 10^6$  尾以及游泳生物 1504.16kg。

### 14.3.5 环境风险分析与评价结论

海缆项目可能发生的风险为施工期船舶碰撞导致溢油事故，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将很快抵达生态敏感区并造成严重污染。海缆项目海上施工作业时间短，施工船舶在采取加强瞭望，合理安排施工作业面，同时项目施工主要在外海，施工船舶发生事故概率较低，可能溢油量有限，距离陆地和近海海域保护区较远，区域溢油应急防备能力较强，风险总体可控。

### 14.4 清洁生产 and 总量控制结论

通过对海缆项目悬浮物的产生和污水、固废等污染物的处理先进行比较分析可知，海缆项目在原材料的选择、施工的总体布置、施工工艺及环境管理等方面均考虑了清洁生产的要求。通过与其它同类项目埋设施工工艺的对比，海底光缆埋设产生的悬浮物量相对较小，污染物的管理满足该类项目管理要求。

### 14.5 环境保护措施结论

海缆项目的污染物排放主要来自施工期光缆埋设作业产生的悬浮物、船舶施工作业

人员的生活污水、生活垃圾，扫海清障作业产生的海底垃圾，光缆铺设过程产生的光缆废料，施工船舶产生的机舱含油污水等。

施工期可以选择在海况较好、潮流缓慢的时期进行施工，最大限度的减少悬浮物对海洋环境的影响程度。

海缆施工船的生活污水、含油废水、固体垃圾等结合船舶设备配置实际情况，按照相关管理规定进行相应的处理达标后按要求排放，或收集存储运回港口委托有资质单位处理。

海缆项目采取的优化选址选线、合理安排施工、有效的污染物处理措施、有针对性的环境管理措施、以及生态补偿措施等均为有效的生态影响防治措施。

海缆项目运行期基本不产生污染物，对海洋环境基本没有影响。

## 14.6 公众参与结论

根据《海南-香港国际海缆项目环境影响评价公众参与说明》，建设单位采取网络和报纸信息公示、张贴公告等形式开展了公众参与工作。

建设单位于2019年10月25日在中国海洋在线进行第一次环评信息公示并征求公众意见。建设单位于2020年1月6日在中国海洋在线网站（含报告书征求意见稿和调查问卷），于2020年1月7日和1月11日在《中国海洋报》发布公告，并在文昌和珠海光缆登陆点附近村庄公告栏等处张贴公告，进行第二次环评信息公示，公示时间为10日。2020年2月24日，建设单位在中国海洋在线网站进行报告书全文和公众参与说明公示。根据公参说明，在环评信息公示期间，未收到公众电话、邮件、信件等方式的意见反馈信息。

## 14.7 建设项目环境可行性结论

海缆项目属于国家《产业结构调整指导目录》（2019年本）中的鼓励类项目；项目建设符合《全国海洋功能区划》、《广东省海洋功能区划》、和《海南省海洋功能区划》的相关定位要求；项目建设符合《海南省生态保护红线》和《广东省海洋生态红线》管控要求；符合清洁生产要求；根据环境影响分析结果，工程的建设对海洋环境的影响较小，在落实好报告书中提出的环境保护及生态补偿措施的基础上，项目建设从环境保护角度是可行的。