



# 中国地质调查局地质调查技术标准

DD 2023—09

---

## 海域天然气水合物环境基线调查技术要求

Technical requirement for the environmental baseline survey of natural gas hydrate  
on sea area

中国地质调查局

---

2023年12月

## 目 次

前言.....	III
引言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义、缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	2
4 总则.....	2
4.1 目的任务.....	2
4.2 调查程序.....	2
4.3 基本要求.....	2
4.4 调查方法.....	2
4.5 站位布设.....	2
4.6 调查成果.....	3
5 设计编审.....	3
5.1 设计书编写.....	3
5.2 设计书审批.....	3
6 海底地质环境基线调查.....	3
6.1 海底地形地貌.....	3
6.2 海底底质及地球化学.....	4
6.3 海底工程地质.....	4
6.4 海底地质灾害.....	5
7 海洋生物环境基线调查.....	5
7.1 叶绿素 <i>a</i> 和初级生产力.....	5
7.2 微生物.....	6
7.3 浮游生物.....	7
7.4 底栖生物.....	8
8 物理海洋环境基线调查.....	9
8.1 海水温度、盐度.....	9

8.2	海流	9
8.3	海水浊度	10
9	海洋化学环境基线调查	10
9.1	海水溶解甲烷	10
9.2	悬浮颗粒物和颗粒有机物	11
9.3	海洋化学常规要素	11
9.4	海-气界面甲烷交换通量	12
10	环境基线构建	13
10.1	海底地质环境基线构建	13
10.2	海洋生物环境基线构建	14
10.3	物理海洋环境基线构建	15
10.4	海洋化学环境基线构建	16
11	质量控制	17
11.1	检查内容	17
11.2	检查方法	17
11.3	检查要求	17
11.4	检查结果处置	18
12	成果编制与提交	18
12.1	图件编制	18
12.2	数据库	19
12.3	报告编制	19
12.4	成果提交	19
12.5	资料汇交	19
附录 A (规范性)	海域天然气水合物环境基线调查设计书编写提纲	20
附录 B (规范性)	海域天然气水合物环境基线调查报告编写要求	21
附录 C (资料性)	外业调查表格式	22
	参考文献	29

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国地质调查局提出并归口。

本文件起草单位：中国地质调查局广州海洋地质调查局、中国地质调查局青岛海洋地质研究所、自然资源部第三海洋研究所。

本文件主要起草人：梁前勇、郭斌斌、王平康、孙治雷、张喜林、董一飞、王智刚、康建华、何雪宝、尉建功、肖曦、杨林、袁庆盟、苏丹仪、刘坤、曹红、吴学敏、耿威、徐翠玲、贺会策、翟滨、石要红、何健、钟超、杨江平、吴晓钰、许安迪、吴杨。

## 引 言

天然气水合物是资源量丰富的高效清洁能源，其环境效应是天然气水合物开发过程中不可忽略的问题之一。环境基线调查是天然气水合物勘查开采前必不可少的基础工作，对于全面了解开采全过程环境变化，科学评价开采环境影响，有效防控潜在环境风险至关重要。当前，海域天然气水合物环境基线调查工作处于起步阶段，缺乏统一的调查技术要求和标准。为满足海域天然气水合物勘查开采、环境保护及生态修复的需求，制定本文件。

# 海域天然气水合物环境基线调查技术要求

## 1 范围

本文件规定了海域天然气水合物环境基线调查的总则、设计编审、海底地质环境基线调查、海洋生物环境基线调查、物理海洋环境基线调查、海洋化学环境基线调查、环境基线构建、质量控制、成果编制与提交等基本要求。

本文件适用于海域天然气水合物勘查开采的环境基线调查。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 12763.1 海洋调查规范 第1部分：总则
- GB/T 12763.2—2007 海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测
- GB/T 12763.3 海洋调查规范 第3部分：海洋气象观测
- GB/T 12763.4 海洋调查规范 第4部分：海水化学要素调查
- GB/T 12763.6—2007 海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查
- GB/T 12763.8—2007 海洋调查规范 第8部分：海洋地质地球物理调查
- GB/T 12763.9—2007 海洋调查规范 第9部分：海洋生态调查指南
- GB/T 12763.10 海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查
- GB/T 12763.11 海洋调查规范 第11部分：海洋工程地质调查
- GB 17378.4—2007 海洋监测规范 第4部分：海水分析
- GB/T 31705 气相色谱法本底大气二氧化碳和甲烷浓度在线观测方法
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- DZ/T 0273 地质资料汇交规范
- DZ/T 0292 海洋多波束水深测量规程
- DZ/T 0327 海洋地质取样技术规程
- DZ/T 0408 侧扫声呐测量技术规程
- DZ/T 0425 地质勘查活动质量管理规范
- HY/T 262—2018 海水中溶解甲烷的测定 顶空平衡-气相色谱法
- HY/T 0300 潜标观测技术规程
- T/CAOE 42 海洋底质调查技术规程

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**环境基线** environmental baseline

在开展海域天然气水合物勘查开采前，各环境参数的现状值及其自然变化特征。

注：环境基线包含海底地质环境基线、海洋化学环境基线、海洋生物环境基线、物理海洋环境基线等。

#### 3.1.2

**海底着陆器** bottom lander

布设在海底用于海洋长期观测、采样或原位实验的海底环境综合观测系统。

### 3.1.3

#### 冷泉生物群落 cold seep community

冷泉生态系统中，利用甲烷、硫化氢等冷泉渗漏流体合成自身有机物的自养生物。

### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ADCP：声学多普勒流速剖面仪（acoustic doppler current profiler）。

AUV：水下自主航行器（autonomous underwater vehicle）。

CTD：温盐深测量仪（conductivity-temperature-depth measuring instrument）。

LADCP：下放式声学多普勒流速剖面仪（lowered acoustic doppler current profiler）。

PCR：聚合酶链式反应（polymerase chain reaction）。

ROV：无人遥控潜水器（remotely operated vehicle）。

## 4 总则

### 4.1 目的任务

通过开展系统的海域天然气水合物环境基线调查，基本查明调查区海底地质、海洋生物、物理海洋和海洋化学等环境的现状及其自然变化特征，构建调查区环境基线，为评价海域天然气水合物勘查开采的环境影响提供环境基础数据。

### 4.2 调查程序

调查程序一般按照设计编审、海上外业调查、室内研究分析、成果编制等开展。

### 4.3 基本要求

环境基线调查区应划定一个影响评价区<sup>1)</sup>、两个对比参照区<sup>2)</sup>和一个空白区<sup>3)</sup>，确保评价结论明确、可信。

环境基线调查要素应综合判断筛选影响海底地质环境、海洋生物环境、物理海洋环境和海洋化学的环境要素。

调查航次应覆盖春季、夏季和秋季三个季节，条件允许时，宜增加冬季调查；针对同一季节的基线调查以大于3年为宜。

### 4.4 调查方法

环境基线调查方法可分为定点观测、移动观测和走航连续测量三类，调查中应尽量采用多方法的综合调查，鼓励采用先进调查技术方法。

### 4.5 站位布设

站位布设如下：

- a) 根据调查的目的任务，调查区内应设置合理的调查站位，采用不同比例尺的测线网方式调查或全覆盖方式调查；
- b) 站位布设应综合考虑调查区的地质背景、地形地貌、水动力条件、生境特征、物质来源等可能的影响因素，以及人力、物力资源和采样的可能条件等影响；
- c) 同一测区的调查，站位布设及测线网布设应统一，使环境基线数据相互对比印证，以提高对调查区环境基线的认识；
- d) 应合理利用历史资料，如历史资料符合调查程度要求，无需重新开展环境基线调查。

<sup>1)</sup> 影响评价区为进行环境影响评价而选划出的可能受到天然气水合物开采影响的区域。

<sup>2)</sup> 对比参照区为进行环境影响评价而选划出的未受到开采影响的天然气水合物赋存区。

<sup>3)</sup> 空白区为进行环境影响评价而选划出的未受到开采影响的非天然气水合物赋存区。

## 4.6 调查成果

包括但不限于外业调查原始数据、原始记录、样品、图件及调查报告等。

## 5 设计编审

### 5.1 设计书编写

#### 5.1.1 资料搜集与利用

搜集调查区海洋地质、地球物理、海洋生物、物理海洋、海洋化学等方面的资料。具体为：

- a) 海洋地质资料。包括海洋区域地质、海底地形地貌、外业试验和室内试验等资料；
- b) 地球物理资料。包括地震、侧扫声呐、多波束和浅地层剖面等资料；
- c) 海洋生物资料。包括叶绿素 $a$ 、初级生产力、微生物、浮游生物、底栖生物等资料；
- d) 物理海洋资料。包括海水温度、盐度和海流等资料；
- e) 海洋化学资料。包括海水溶解甲烷、悬浮颗粒物和海洋化学常规要素等资料。

对搜集的资料进行分析研究，初步了解调查区天然气水合物的环境基线特征；根据调查目的、任务与勘查开采计划，确定环境基线调查区，制定环境基线调查方案。

#### 5.1.2 设计书编制

主要内容包括前言、工作基础、调查区概况、工作部署、技术路线、方法及要求、实物工作量、预期成果、实施条件、经费预算等，具体见附录A。

设计书应做到任务明确，依据充分，各项工作部署合理、技术路线和方法可行，文字简明扼要、重点突出，所附图表清晰、齐全。

### 5.2 设计书审批

设计书应经任务来源单位批准后实施，若有变更，需履行相关手续，并再次得到批准后实施。

## 6 海底地质环境基线调查

### 6.1 海底地形地貌

#### 6.1.1 调查内容

调查海底一级（大地构造）、二级（陆架、陆坡、岛坡）、三级（堆积型、构造—堆积型、构造—侵蚀型和构造型等）、四级（海底扇、断裂谷、海底麻坑、泥火山、沙脊、海底滑坡、冲积扇等）地形地貌单元，编制海底地形地貌图。

#### 6.1.2 调查方法

采用多波束测量和侧扫声呐测量，无法准确识别四级地形地貌单元时，可辅以浅地层剖面测量和可视化调查等。

#### 6.1.3 技术要求

海底地形地貌调查技术要求如下：

- a) 调查区多波束测线布设应全覆盖影响评价区、对比参照区和空白区，测量的仪器检验、海上测量、资料处理、海底地形图和地貌图编绘等应按DZ/T 0292要求执行；在甲烷渗漏点开展多波束测量时，应获取甲烷羽状流的分布、宽度、高度等特征，条件允许时，宜对甲烷渗漏点进行可视化精细调查；
- b) 侧扫声呐测量的测前准备、码头测试、海上试验、海上测量、数据记录及备份、数据处理与解释等应按照DZ/T 0408要求执行；
- c) 浅地层剖面测量的测前准备、海上测量、资料整理和数据处理成图与解释等应按照GB/T 12763.10要求执行；

- d) 在开展多波束测量和侧扫声呐测量时,应根据调查精度要求和区域水深及时调整仪器波束开角、船速;一般多波束测量船速不宜超过8 kn,侧扫声呐测量船速不宜超过3 kn。

## 6.2 海底底质及地球化学

### 6.2.1 调查内容

调查海底沉积物(砂质、粉砂质、泥质)类型及分布、碳酸盐岩结壳及其孔隙水阴阳离子、常量元素、营养盐、总碱度等,了解调查区海底底质类型和地球化学组成特征。

### 6.2.2 调查方法

海底底质调查采用海底采样、可视化调查等方法。

地球化学调查采用海底采样,采集海底沉积物、孔隙水及自生碳酸盐岩等地球化学样品。

### 6.2.3 技术要求

海底底质调查和地球化学调查要求如下:

a) 海底底质调查。具体为:

- 1) 调查范围应以影响评价区为主,条件允许时覆盖对比参照区和空白区;
- 2) 海底底质样品采样和保存方法、现场描述与处理技术应按GB/T 12763.8—2007和T/CAOE 42要求执行。

b) 地球化学调查。具体为:

- 1) 调查范围应覆盖影响评价区、对比参照区和空白区;
- 2) 沉积物及孔隙水采样应按GB/T 12763.8—2007中的6和DZ/T 0327要求执行;
- 3) 与天然气水合物分解泄漏有关的自生碳酸盐岩应尽可能采集不同类型(如烟卤、结壳、硬底和结核状等)和特殊沉积组构(如管道、平顶晶洞、微生物席、环带结核和多期次胶结等)的样品;对采集的岩石样品进行现场拍照、描述后,应置于不高于4℃的低温环境中密封保存。

### 6.2.4 测试分析

测试分析对象包括沉积物、沉积物孔隙水、自生碳酸盐岩,具体要求如下:

- a) 沉积物。通常包括顶空气体组成及同位素、有机碳含量和生物标志物,有条件还可开展粒度、碎屑矿物和粘土矿物组成鉴定、微体古生物、常量元素(通常包括Si、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K、Mn、P和Ti等)、微量元素(通常包括Mo、V、Ni、U、Co、Cd、As和Sb等)等分析;
- b) 沉积物孔隙水。通常包括主要阴离子与阳离子、微量元素、营养盐、总碱度、硫化氢、溶解无机碳及其碳同位素、溶解有机碳及其碳同位素等;
- c) 自生碳酸盐岩。通常包括矿物组成、形貌组构、全岩常量元素、碳-氧同位素及年代等。

具体测试分析项目可根据实际任务需要调整。

## 6.3 海底工程地质

### 6.3.1 调查内容

调查海底沉积物类型、海底土的物理力学性质(包括粒径、容重、含水率、液限、塑限、压缩性、体积模量、剪切模量、渗透系数、抗剪强度和原位孔隙压力等),了解调查区的工程地质特征。

### 6.3.2 调查方法

采用工程地质取样、工程地质试验(现场测试、原位测试)和工程地质钻探等方法。

### 6.3.3 技术要求

海底工程地质调查技术要求如下:

- a) 工程地质取样站位和工程地质试验站位应分别布设在影响评价区、对比参照区和空白区,并满足识别地貌和生态环境变异性的基本要求,调查比例尺应不低于1:20万;针对开采区域,布设站位

不少于3站，至少距井口50 m、100 m和200 m各布设一站；海上施工、地质样品和资料处理等应按GB/T 12763.11要求执行；

- b) 若开采需要，宜在影响评价区增加工程地质钻探调查，钻探深度应根据开采钻井方案设计确定。

#### 6.3.4 测试分析

测试分析对象包括沉积物、海底原位土，具体要求如下：

- a) 沉积物。具体为：
- 1) 肉眼鉴定和描述。包括样品颜色和气味、状态和粘性、物质组成、结构构造、土类名称等；
  - 2) 微型十字板剪切和微型贯入等试验。样品应选取沉积物段的顶/底部或箱式原状样的中间部位，测试应避免样品中的硬质包含物和裂隙部位，具体分析应按GB/T 12763.11要求执行；
  - 3) 样品的现场测试。包括含水率、密度试验，具体分析应按GB/T 50123要求执行；
  - 4) 样品的室内测试。包括比重、颗粒组成、天然密度、天然含水率、界限含水率、热导率、固结和抗剪强度等试验，具体分析应按GB/T 50123要求执行；
- b) 海底原位土。包括静力触探试验，具体测试方法应按GB/T 12763.11要求执行。

### 6.4 海底地质灾害

#### 6.4.1 调查内容

调查海底滑坡、崩塌和塌陷、活动断裂、浊流、浅层气、泥火山、海底麻坑、海底沙波和浅水流等不同时间段的海底地质灾害特征，编制地质灾害分布图。

#### 6.4.2 调查方法

采用多波束测量、浅地层剖面测量、高分辨率多道地震调查，无法准确识别海底底质灾害特征时，可辅以侧扫声呐测量和可视化调查等。

#### 6.4.3 技术要求

海底地质灾害调查技术要求如下：

- a) 调查区测线布设应全覆盖影响评价区、对比参照区和空白区内的潜在灾害风险区；
- b) 开展浊流、海底麻坑、海底沙坡等调查，采用多波束测量，其仪器检验、海上测量和资料处理等应按DZ/T 0292要求执行；
- c) 开展海底100 m以浅的海底滑坡、崩塌和塌陷、活动断裂等调查，采用浅地层剖面测量，其仪器检验、海上测量和资料处理等应按GB/T 12763.10要求执行；
- d) 开展海底100 m以深的活动断裂、泥火山、浅层气等调查，采用高分辨率多道地震调查，其仪器检验、海上测量和资料处理等应按GB/T 12763.8—2007要求执行。

## 7 海洋生物环境基线调查

### 7.1 叶绿素 *a* 和初级生产力

#### 7.1.1 调查内容

调查上层200 m水体不同水层叶绿素*a*浓度和初级生产力水平，获取区域不同季节和年际间叶绿素和初级生产力特征值和波动范围。

#### 7.1.2 调查方法

采用温盐深测量仪（CTD）采水器对不同水层进行取水。

#### 7.1.3 技术要求

水体叶绿素*a*调查和初级生产力调查要求如下：

- a) 水体叶绿素*a*调查。具体为：

- 1) 调查区具有明显水深梯度或其它水体环境梯度时，应按环境梯度布设调查断面，断面数不少于3条，每断面根据环境梯度情况布设3-5站；调查区无明显水体环境梯度时，站位应均匀布设，站位数不少于9站；
  - 2) 采样层位为表层、30 m、50 m、75 m、100 m、150 m、200 m、叶绿素 $a$ 最大值层（宜利用叶绿素 $a$ 荧光传感器实时数据现场确定）和上层200 m水体内的甲烷最大值层（宜利用甲烷传感器实时数据现场确定）；条件许可时，应充分考虑增加跃层；现场可根据实际情况适当调整或合并相邻层次，但上层水体采样层位数应不少于8层；
  - 3) 采样等技术要求具体应按GB/T 12763.6—2007中的4.4.1.1、4.4.1.2和5.1.1.1要求执行。
- b) 初级生产力调查。具体为：
- 1) 初级生产力站位数不少于叶绿素 $a$ 站位数的1/3，站位从叶绿素 $a$ 站位中选择代表性站位，但单个调查区站位数不少于3站；
  - 2) 采样深度利用透明度盘或者水下光量子仪确定，采样层位为表层光强的100%、50%、30%、10%、5%和1%的深度，水样分装等具体应按GB/T 12763.6—2007中的5.3.4.3.2要求执行。

#### 7.1.4 测试分析

采用萃取荧光法测定叶绿素 $a$ 浓度，采用 $^{14}\text{C}$ 同位素示踪黑白瓶法测定初级生产力，具体应分别按GB/T 12763.6—2007中的5.1.1.1和5.3.4要求执行。

## 7.2 微生物

### 7.2.1 调查内容

调查海水和沉积物中细菌、古菌的多样性和丰度、相关甲烷和硫化物功能基因丰度，获取特征值与波动范围。

### 7.2.2 调查方法

采用多管取样器、重力取样器和箱式取样器等设备采集沉积物样品；使用采水器采集水样。

### 7.2.3 技术要求

海水微生物和沉积物微生物调查的技术要求如下：

- a) 海水微生物调查。具体为：
  - 1) 不同水层采水的技术要求。底层海水可使用多管样品中的上覆水；采样水层重点关注甲烷异常层和底层；
  - 2) 海水样品应使用真空过滤法将微生物样品收集在孔径为0.22  $\mu\text{m}$ 的聚碳酸酯膜上， $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻保存。
- b) 沉积物微生物调查。具体为：
  - 1) 取样的沉积物样品应未受扰动，未受扰动的标志是沉积物表面有一定深度的清澈上覆水且取样器闭合严密无任何洒漏；
  - 2) 沉积物样品应现场立即分样；按照5 cm~20 cm间距分层，活动冷泉区内调查时，表层10 cm以内应按1 cm~2 cm间距分层，每层沉积物样品放置在小样品瓶中，做好标记后 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻保存；
  - 3) 开展上述调查时，应做好外业调查记录，利用多管取样器采样的外业调查记录表见附录C中的表C.1。

### 7.2.4 测试分析

微生物调查的测试分析内容包括：

- a) 微生物细胞丰度测定。海水和沉积物样品中细菌和古菌的16S rRNA基因、真菌的ITS或者18S rRNA基因、产甲烷古菌和甲烷厌氧氧化古菌功能基因 $mcrA$ （编码甲基辅酶M还原酶的 $\alpha$ 亚基）、好氧甲烷氧化细菌功能基因 $pmoA$ （编码甲烷单加氧酶的 $\alpha$ 亚基）和硫酸盐还原菌功能基因 $dsrA$ （编码异化型亚硫酸盐还原酶）的丰度，均可采用实时荧光聚合酶链式（PCR）染料法定量测定，并将基因丰度换算为细胞丰度；

- b) 微生物群落结构组成。海水和沉积物样品中的微生物，包括细菌、古菌、真菌，均可采用高通量测序技术，对样品中细菌和古菌16S rRNA基因、真菌的ITS或者18S rRNA基因、产甲烷古菌和甲烷厌氧氧化古菌功能基因*mcrA*、好氧甲烷氧化细菌功能基因*pmoA*和硫酸盐还原菌功能基因*dsrA*进行高通量扩增，扩增后的序列通过筛选、过滤后与标准基因数据框进行比对，获得样品操作分类单元（OTU）或扩增序列变体（ASV）水平上的群落结构组成；仅对沉积物表层0 cm~2 cm开展高通量测序，条件允许时可开展分层沉积物样品的高通量测序；
- c) 样品分析测试时，应重复测样3次，以控制实验误差。

### 7.3 浮游生物

#### 7.3.1 调查内容

调查浮游生物（超微型、微型、小型、大中型）的种类组成和丰度，获取区域不同季节和年际间浮游生物群落结构变化特征、生物多样性特征和空间分布特征。

#### 7.3.2 调查方法

超微型和微型浮游生物使用采水器采集水样；小型浮游生物采用标准小型浮游生物网采集；大中型浮游生物采用标准大型浮游生物网采集。

#### 7.3.3 技术要求

浮游生物调查要求如下：

- a) 超微型浮游生物和微型浮游生物调查。具体为：
- 1) 采样层次同7.1.3规定；
  - 2) 超微型浮游生物每层次采水量不少于30 cm<sup>3</sup>，样品加多聚甲醛（1%终浓度）固定，液氮保存；微型浮游生物种类组成分析、微型浮游生物遗传多样性分析和酸化敏感种群样品分析，每项分析每层次采水量均不少于2000 cm<sup>3</sup>；
  - 3) 开展上述调查时，应做好外业调查记录，超微型浮游生物外业调查记录表见附录C中的表C.2。
- b) 小型、大中型浮游生物调查。具体为：
- 1) 小型浮游生物和大中型浮游生物均采用标准浮游生物网从200 m拖至表层；
  - 2) 条件允许时，应采用浮游生物连续采集器进行深层垂直分段采集，采集水层可视温、盐跃层、叶绿素*a*最大值层和甲烷最大值层分布状况调整；
  - 3) 标准大型浮游生物网筛绢孔径近似值为0.505 mm。
- c) 超微型、微型、小型和大中型浮游生物的其他技术要求应按GB/T 12763.6—2007中的7.1.1、7.2.1、8.1.1和8.2.1等要求执行。

#### 7.3.4 测试分析

浮游生物测试要求如下：

- a) 超微型浮游生物。超微型浮游生物采用光学镜检或者流式细胞仪进行测定，具体分析应按GB/T 12763.6—2007中的7.3.3.1要求执行。
- b) 微型浮游生物。具体为：
- 1) 种类组成分析。具体分析应按GB/T 12763.6—2007中的7.3.3.2要求执行；
  - 2) 遗传多样性分析。将水样在<0.02 MPa的压力下过滤到聚碳酸酯膜（孔径0.22 μm）上，-80℃冷冻保存；通过高通量测序18S rDNA V4片段，基于扩增子序列变异分析方法测定；
  - 3) 酸化敏感种群样品分析。将水样用弱碱性（pH在7.2~7.4之间）终浓度为2%的福尔马林溶液固定后，带回实验室处理；或者在<0.01 Mpa压力下，过滤到混合纤维滤膜（孔径0.22 μm）上，过滤后立即用弱碱性的蒸馏水润洗滤膜以除去多余的盐分，滤膜于40℃下烘干，从滤膜上剪取适当大小，用中性树脂固定到载玻片上并封片，于60℃下烘干，干燥常温保存；颗石球和颗石粒的物种鉴定和丰度统计在偏光显微镜1000×放大倍率下进行，每样品至少检测300个颗石粒或100个颗石球；
  - 4) 小型和大中型浮游生物。采用光学显微镜镜检方法分析，种类鉴定与计数方法应分别按GB/T 12763.6—2007中的7.3.3.2和8.3.4要求执行。

## 7.4 底栖生物

### 7.4.1 调查内容

调查小型底栖生物和大型底栖生物（底内生物和底表生物）种类、密度、生物量，获取区域不同季节和年际间底栖生物群落结构变化特征、生物多样性特征和空间分布特征。

### 7.4.2 调查方法

小型底栖生物采用多管取样器采集样品；大型底栖生物中底内生物采用箱式取样器采集；大型底栖生物中底表生物采用底栖生物拖网、无人遥控潜水器（ROV）、生物诱捕器等获取样品，底表生物影像数据采用摄像拖体、水下自主航行器（AUV）、ROV、海底着陆器定点影像观测和底栖撬网影像系统（C-EBS）等获取。

### 7.4.3 技术要求

底栖生物调查技术要求如下：

- a) 小型底栖生物调查。具体为：
  - 1) 调查站位布设应覆盖不同地形地貌类型（生境类型），每种类型不少于3站，兼顾区域不同环境梯度如水深梯度，但每个调查区总站位数不少于15个站；
  - 2) 每站至少随机取多管柱样3管，每管样品厚度不低于15 cm；取样管内径 $\geq 100$  mm，误差为 $\pm 6$  mm；
  - 3) 若需分层，则分层取样层次为0 cm~1 cm、1 cm~2 cm、2 cm~4 cm、4 cm~6 cm、6 cm~8 cm和8 cm~10 cm；
  - 4) 取样的沉积物样品应未受扰动。
- b) 大型底栖生物中底内生物调查。具体为：
  - 1) 调查站位设计同小型底栖生物，条件允许时可采集平行样；
  - 2) 每站采1个~3个底内生物样品，每个样品取样面积为 $0.25\text{ m}^2$ ，样品厚度不小于30 cm；沉积物淘洗前应检查底表生物，如有应及时挑选装入样品瓶；
  - 3) 淘洗所用网筛孔径应为0.25 mm；淘洗用水应为过滤的低温海水（经孔径 $20\ \mu\text{m}$ 的滤膜过滤），水体温度应接近于底层水体（通常为 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）；
  - 4) 样品应根据类型和分析目的选择合适的方法立即固定保存，如95 %酒精、10 %甲醛、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻、 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻等；
  - 5) 若需开展分层取样，取样层次为上覆水、0 cm~1 cm、1 cm~5 cm、5 cm~10 cm和10 cm~15 cm，并检查剩余沉积物中是否有大型底栖动物。
- c) 大型底栖生物中底表生物调查。具体为：
  - 1) 拖网调查站位布设从大型底栖生物站位中选取，但每种生境类型不少于1站，总站位数不少于大型底栖生物总站位数的 $1/3$ ；拖网船速须控制在 $1\text{ kn}\sim 2\text{ kn}$ ；水深 $\geq 1000\text{ m}$ 时，拖网绳长为水深的 $1.3\sim 2.0$ 倍，拖网时间 $30\text{ min}\sim 60\text{ min}$ ；水深 $< 1000\text{ m}$ 时，拖网绳长为水深的 $1.5\sim 2.5$ 倍，拖网时间 $30\text{ min}\sim 60\text{ min}$ ；拖网类型包括三角拖网、阿氏拖网和底栖撬网等，应根据海底地形地貌特征和底质类型选择合适的网具，网具规格应按GB/T 12763.6-2007中的要求执行；
  - 2) 影像调查测线布设根据调查区面积和生境类型，典型生境和重点调查生境采用十字形、米字型调查测线，条件允许时可对典型生境开展全覆盖光学调查和光学影像拼图；所有影像调查应有激光标尺或比例尺；摄像拖体速度控制在 $1.5\text{ kn}$ 以内，以 $1\text{ kn}$ 为最佳，离海底高度 $3\text{ m}\sim 5\text{ m}$ ；
  - 3) ROV影像调查可根据现场地形地貌特征，选择安全离底高度和巡航速度；若需对典型生境开展拼图作业，应设计网格测线，巡航速度控制在 $0.5\text{ kn}$ 以内，控制拍照间隔以保证相邻两张照片具有 $\geq 60\%$ 的重叠区域；巡航过程中，利用ROV针对性采集底表生物代表性样品；
  - 4) 海底着陆器定点影像观测海底工作时间不少于24 h，每10 min影像观测中光学照相至少1次，每小时影像观测中摄像调查时间应不少于10 min；若为长期观测（单次布放不少于10个月）则光学照相间隔为每小时不少于1张；若需采集底表食腐生物样品，可搭载生物诱捕器；

- 5) 开展上述调查时,应做好外业调查记录,ROV影像调查、影像调查外业调查记录表见附录C中的表C.3和表C.4。

#### 7.4.4 测试分析

小型和大型底栖生物样品均采用光学显微镜镜检方法分析。其中,大型底栖生物样品需分析鉴定到种,按种类或类群计数、称重;样品量充足时,可在冷冻(-20℃或-80℃)条件下保存,以开展大型底栖生物样品的C、N稳定同位素测定;影像数据资料可利用肉眼观察记录和影像资料标记软件相结合的方式进行分析,具体方法应按GB/T 12763.6—2007要求执行。

### 8 物理海洋环境基线调查

#### 8.1 海水温度、盐度

##### 8.1.1 调查内容

调查整个水柱剖面(特别是近海底)的海水温度、盐度,获取区域海水温度、盐度在季节(内)时间尺度上的变化规律。

##### 8.1.2 调查方法

通常以船基定点观测和非船基定点观测为主,条件允许时可开展船基移动观测和非船基移动观测。

##### 8.1.3 技术要求

海水温度、盐度调查技术要求如下:

- a) 测站布设。兼顾调查区海洋层化的季节变化特点,布设重复观测断面,在不同季节对重复观测断面开展定点观测和移动观测;站位间距通常不超过50 km;在海水温度、盐度、海流横向梯度较大的区域,应进一步缩短水平采样间隔;
- b) 船基定点观测。使用CTD对测站海水温度、盐度剖面进行定点观测,具体按GB/T 12763.2—2007中的5、6、7要求执行;温度、盐度和压力等要素的垂向采样间隔不超过1 m;
- c) 非船基定点观测。使用锚系浮标、锚系潜标或海底着陆器等非船基固定平台搭载CTD、温深仪(TD)及温度计(T)等设备,观测特定水层压力、温度、盐度的长期变化,具体按GB/T 12763.2—2007中的5、6、7和HY/T 0300要求执行;上层观测应覆盖温跃层及下方水层;采样时间间隔通常不宜超过0.5 h;当观测时间超过1 y时,采样时间间隔可调整为1 h;
- d) 船基移动观测。使用抛弃式温深仪(XBT)、抛弃式温盐深仪(XCTD)或走航式CTD等设备开展走航温度、盐度观测,具体按GB/T 12763.2—2007中的5、6、7要求执行;
- e) 非船基移动观测。使用Argo剖面浮标或水下滑翔机等非船基移动平台,对海水温度、盐度开展移动观测;
- f) 除开展以上观测外,还应搜集调查区海表温度卫星观测资料;开展上述调查时,应做好外业调查记录,海底着陆器观测外业调查记录表见附录C中表C.5。

#### 8.2 海流

##### 8.2.1 调查内容

调查整个水柱剖面(特别是近海底)的流速、流向,获取区域海流在季节(内)时间尺度上的变化规律。

##### 8.2.2 调查方法

通常以船基定点观测、船基移动观测和非船基定点观测为主,条件允许时可开展非船基移动观测。

##### 8.2.3 技术要求

海流调查技术要求如下:

- a) 测站布设。根据海流季节变化特点,布设原则同8.1.3 a);

- b) 船基定点观测。使用船载声学多普勒流速剖面仪(ADCP)开展定点海流观测,具体按GB/T 12763.2-2007中的7要求执行;也可使用下放式声学多普勒流速剖面仪(LADCP)对测站流速垂向剪切进行定点观测,进而计算水体混合特征;使用船载ADCP时,连续观测的时间长度应不少于25 h,至少每小时观测一次;使用LADCP时,宜使用动力定位系统保证LADCP在观测期间保持较好姿态;
- c) 船基移动观测。使用船载ADCP开展走航海流观测,具体按GB/T 12763.2-2007中的7要求执行;观测前,需检查船载ADCP安装偏差角度;
- d) 非船基定点观测。使用锚系浮标、锚系潜标或海底着陆器等非船基固定平台搭载ADCP、单点海流计等设备,观测特定水层海流的长期变化,具体方法应按GB/T 12763.2-2007中的7和HY/T 0300要求执行;上层观测应覆盖温跃层及下方水层,近底观测应覆盖离底15 m和50 m的水层;采样时间间隔通常不宜超过1 h;
- e) 非船基移动观测。使用漂流浮标或水下滑翔机等非船基移动平台开展观测;
- f) 除开展以上观测外,还应搜集调查区卫星高度计观测资料;
- g) 开展上述调查时,应做好外业调查记录,海底着陆器观测外业调查记录表见附录C中表C.5。

### 8.3 海水浊度

#### 8.3.1 调查内容

调查整个水柱剖面(特别是近海底)的海水浊度垂向分布,获取区域海水浊度在季节(内)时间尺度上的变化规律。

#### 8.3.2 调查方法

通常以船基定点观测和非船基定点观测为主,条件允许时可开展非船基移动观测。

#### 8.3.3 技术要求

海水浊度调查技术要求如下:

- a) 测站布设。根据海水浊度季节变化特点,布设原则同8.1.3 a);
- b) 船基定点观测。使用搭载浊度传感器的CTD对测站海水浊度剖面进行定点观测;也可使用采水器对不同水层进行采水作业,在实验室内测试水样浊度,具体方法应按GB 17378.4-2007中的30要求执行;
- c) 非船基定点观测。使用锚系浮标、锚系潜标或海底着陆器等非船基固定平台搭载浊度传感器,观测特定水层海水浊度的长期变化,具体按GB/T 12763.2—2007中的7和HY/T 0300要求执行;在影响评价区、对比参照区、空白区应各布设至少一站非船基定点观测,近底观测应覆盖离底15 m的水层;
- d) 非船基移动观测。使用水下滑翔机类非船基移动平台搭载浊度传感器,对海水浊度开展移动观测;
- e) 其余要求同8.1.3 a、b、d);
- f) 开展上述调查时,应做好外业调查记录,海底着陆器观测外业调查记录表见附录C中表C.5。

## 9 海洋化学环境基线调查

### 9.1 海水溶解甲烷

#### 9.1.1 调查内容

调查不同水层的溶解甲烷浓度,获取其空间分布特征在季节(内)时间尺度上的变化规律。

#### 9.1.2 调查方法

采用甲烷传感器原位测量和海水取样测量。

#### 9.1.3 技术要求

甲烷传感器原位测量和海水取样测量的技术要求如下:

- a) 甲烷传感器原位测量。具体为:

- 1) 测站布设。站位布设通常在每30 km×30 km区域内不少于4站；在此基础上，选取不同强度的典型海底甲烷渗漏点，围绕其布设十字观测断面，结合甲烷渗漏数值模拟结果确定站位间距，确保覆盖溶解甲烷浓度空间梯度；
  - 2) 测量方式。原位测量使用搭载在CTD、ROV、AUV、水下滑翔机或潜标等的甲烷传感器，对海水剖面、海底边界层（尤其是可能存在海底甲烷渗漏的区域）进行甲烷浓度测量；
  - 3) 传感器分辨率。对于无海底甲烷渗漏的区域，甲烷传感器分辨率应 $\leq 0.12$  nmol/L，精度应优于10%；对于海底可能存在甲烷渗漏的区域，应同时使用“分辨率 $\leq 2.4$  nmol/L、精度应优于10%”和“分辨率 $\leq 0.12$  nmol/L、精度应优于10%”等不同规格的甲烷传感器；对于使用超过3个月或半年以上未使用的甲烷传感器，应进行标定校准；
  - 4) 开展上述调查时，应做好外业调查记录，走航式海水甲烷测量外业调查记录表见附录C中的表C.6。
- b) 海水取样测量。具体为：
- 1) 站位布设原则同9.1.3 a)；
  - 2) 海水样品使用采水器采集，采样层位根据调查区水深设置，具体应按GB/T 12763.4要求执行；
  - 3) 使用顶空样品瓶采集海水样品后，应立即开展实验分析，若条件不具备，应立即用移液枪尖插入液面以下约5 mm，注入100  $\mu$ l饱和HgCl<sub>2</sub>溶液灭活，随后将样品密封，避光保存于不高于4  $^{\circ}$ C环境下，于2个月内完成测定。

#### 9.1.4 测试分析

如下：

- a) 海水溶解甲烷浓度。利用顶空平衡—气相色谱法测量，气相色谱仪测量范围应为2 nmol/L~500 nmol/L，分析步骤按HY/T 262—2018中的7要求执行；
- b) 精密度和检出限。海水样品中溶解甲烷浓度低于3 nmol/L，重复性相对标准偏差不大于10%；海水样品中溶解甲烷浓度3 nmol/L~5 nmol/L，重复性相对标准偏差不大于5%；海水样品中溶解甲烷浓度高于5 nmol/L，重复性相对标准偏差不大于3%；甲烷标准气体测定结果的重复性相对标准偏差不大于2%；本方法检出限为1.2 nmol/L。

### 9.2 悬浮颗粒物和颗粒有机物

#### 9.2.1 调查内容

调查不同水层的悬浮颗粒物和颗粒有机物浓度，获取其在不同季节的空间分布特征。

#### 9.2.2 调查方法

使用采水器采集水样。

#### 9.2.3 技术要求

悬浮颗粒物和颗粒有机物调查的技术要求如下：

- a) 站位布设原则同9.1.3 a)；
- b) 根据水深设置海水采样层次，具体应按GB/T 12763.4要求执行；根据现场实际需求，还可针对叶绿素最大值层、温盐跃层、营养盐跃层、甲烷异常层和溶解氧最小值层等进行加密取样；
- c) 采水量按GB/T 12763.9—2007中的6.4.4要求执行。

#### 9.2.4 测试分析

悬浮颗粒物和颗粒有机物利用滤膜过滤——重量法测量，样品处理及测定按GB/T 12763.9—2007中的6.4.4要求执行。

### 9.3 海洋化学常规要素

#### 9.3.1 调查内容

调查不同水层的pH、总碱度、溶解氧和营养盐（包括活性硅酸盐、磷酸盐、亚硝酸盐、硝酸盐、铵盐）等常规化学参数，获取其在不同季节的空间分布特征。

### 9.3.2 调查方法

使用采水器采集水样。

### 9.3.3 技术要求

海洋化学常规要素调查技术要求如下：

- a) 站位布设原则同9.1.3 a)；
- b) 根据水深设置海水采样层次，具体应按GB/T 12763.4要求执行；根据现场实际需求，还可针对叶绿素最大值层、温盐跃层、营养盐跃层、甲烷异常层和溶解氧最小值层等进行加密取样；
- c) 样品采集与保存应按GB/T 12763.4要求执行。

### 9.3.4 测试分析

海洋化学常规要素调查的实验分析应按GB/T 12763.4要求执行。

## 9.4 海-气界面甲烷交换通量

### 9.4.1 调查内容

调查海表大气甲烷浓度、表层海水甲烷浓度及海表低空风速、风向等气象要素，获取海-气界面甲烷交换通量在不同季节的空间分布特征。

### 9.4.2 调查方法

使用大气甲烷传感器走航测量或使用采气瓶采集空气样品测量海表大气甲烷浓度。

使用海洋甲烷传感器走航测量或使用采水器采集水样测量表层海水甲烷浓度。

### 9.4.3 技术要求

海-气界面甲烷交换通量调查技术要求如下：

- a) 传感器走航测量。具体为：
  - 1) 船舶同步搭载大气甲烷传感器和海洋甲烷传感器，在走航过程中分别测量海表大气甲烷浓度、表层海水甲烷浓度；
  - 2) 船舶搭载气象传感器，测定走航过程中海表低空风速、风向等气象要素，具体要求应按GB/T 12763.3执行；
  - 3) 船速不高于8 kn。
- b) 海水、大气采样测量。具体为：
  - 1) 在调查区内采集海表大气及表层海水样品，海水甲烷含量测定应按HY/T 262-2018要求执行，大气甲烷含量测定应按GB/T 31705要求执行；
  - 2) 大气样品和表层海水样品采集后，应立即开展实验分析，若条件不具备时，应将大气样品用气体密封袋进行常温避光保存，表层海水样品封装后置于不高于4 ℃的低温环境中避光保存；
  - 3) 同步搭载气象传感器测定走航过程中海表低空风速、风向等气象要素，具体要求应按GB/T 12763.3执行；
  - 4) 开展上述调查时，应做好外业调查记录，走航式海水甲烷测量和走航式大气甲烷测量外业调查记录表分别见附录C中的表C.6和C.7。

### 9.4.4 海-气界面甲烷交换通量估算

调查区海-气甲烷交换通量具体计算公式如下：

$$F = k \times (C_{wt} - C_{atm}) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- $F$  ——海-气甲烷交换通量， $10^3 \text{ nmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ；
- $C_{wt}$  ——表层海水甲烷浓度， $\text{nmol/L}$ ；
- $C_{atm}$  ——海表大气甲烷浓度， $\text{nmol/L}$ ；
- $k$  ——气体交换速率， $\text{m/d}$ ，为海面上方10 m高度处风速 ( $U_{10}$ ) 与施密特数 ( $S_c$ ) 的函数。通常，估算 $k$ 的公式为：

$$k = 0.31 \times U_{10}^2 \times (S_c/660)^{-1/2} \dots \dots \dots (2)$$

式中:

$U_{10}$ ——海面上方10 m高度处的风速, m/s; 由气象传感器实测得出;

$S_c$ ——海水的动力黏度与待测气体分子扩散速率之比, 估算公式为:

$$S_c = 2039.2 - 120.31T + 3.4209T^2 - 0.04037T^3 \dots \dots \dots (3)$$

式中:

$T$ ——表层海水温度, °C。

## 10 环境基线构建

### 10.1 海底地质环境基线构建

基于海底地质环境基线调查结果, 结合数据分析及基线图组, 详细全面地阐述海底地质环境基线要素的现状分布与变化特征。主要工作通常包括:

a) 针对海底地质环境基线要素, 具体为:

- 1) 利用多波束、侧扫声呐、浅地层剖面测量和可视化调查等数据, 编制海底地形地貌类型图、海底甲烷渗漏点分布图; 分析海底地形地貌特征(包括地貌类型、地形高差、坡度、海底沟谷切割程度等), 识别泥火山、麻坑、泥底辟、冷泉碳酸盐岩发育区等天然气水合物赋存的地形地貌标志;
- 2) 利用海底工程地质调查数据, 综合分析沉积物密度、含水率、液限、塑限、抗剪强度、锥尖阻力、侧摩阻力和原位孔隙压力等参数的空间变化特征;
- 3) 编制调查区海底地质灾害分布图, 综合分析调查区浅地层结构特征以及地质灾害的类型、强度、密度、频次和分布范围, 确定地质灾害的环境风险等级;
- 4) 根据海底底质类型特征, 并结合沉积物和孔隙水地球化学组成、自生碳酸盐岩矿物学和地球化学分析结果, 明确调查区内的地球化学异常特征;
- 5) 各环境要素的必要性与分析方法见表1。

表1 海底地质环境基线要素必要性与分析方法

一级要素	二级要素	特征参数	常规分析方法	必选性
地形地貌	地形高差	等高线	客观判定法、主观判定法	★
	坡度	等深线、等高线疏密	客观判定法、主观判定法	★
	地貌类型	海底扇、断裂谷、海底麻坑、泥火山、沙脊、海底滑坡、冲积扇等	人工分类、自动分类和识别方法	★
	水合物密切相关的典型地形地貌	泥火山、麻坑、泥底辟、冷泉碳酸盐岩发育区	人工分类、自动分类和识别方法	★
沉积物理化性质	海底沉积物土力学性质	密度、含水率、液限、塑限、抗剪强度、锥尖阻力、侧摩阻力和原位孔隙压力	实验室测定、海底原位测定、描述统计	★
	地球化学特征	沉积物和孔隙水地球化学组成、自生碳酸盐岩矿物学和地球化学特征	实验室测试、海底原位测定、描述统计	★
地质灾害	灾害类型	海底滑坡、崩塌和塌陷、活动断裂、浊流、浅层气、泥火山、海底麻坑、海底沙波和浅水流	异常值和异常区的识别方法、描述统计	★
	强度	距离、体积、速度、数量与频率、面密度与点密度	强度评估、最大面密度	☆
	分布范围	灾害区划分、灾害区分区评价	人工分类、自动分类和识别方法	★

注: ★为必选环境要素, ☆为可选环境要素。

- b) 构建海底地质环境基线图组，具体为：
- 1) 海底地形图：反映调查区海底地形分布；
  - 2) 海底地貌图：反映调查区海底地貌分布；
  - 3) 海底甲烷渗漏点分布图：反映调查区海底甲烷渗漏点的平面分布；
  - 4) 海底地质灾害分布图：反映调查区海底滑坡、崩塌和塌陷等海底地质灾害特征；
  - 5) 海底底质类型图：反映调查区海底底质类型。

## 10.2 海洋生物环境基线构建

利用调查区海洋生物各主要类群的生物量、密度、丰度或浓度，构建海洋生物环境基线的一级要素；根据活动冷泉和非活动冷泉的空间分布，以种类丰富度指数、物种多样性指数、均匀度指数、优势度指数等二级要素表征各主要生物类群的群落结构特征；结合历史资料构建生物基线控制图和海洋生物环境基线图组。主要工作通常包括：

- a) 针对海洋生物环境基线一级要素，具体为：
- 1) 给出各主要生物类群（浮游植物、浮游动物和底栖生物）的生物量、密度、丰度或浓度的预期值（平均值）、目标值（平均值 $\pm$ 2倍标准差值）、区间（平均值 $\pm$ 3倍标准差值）；
  - 2) 不同季节的海水浮游植物、浮游动物和底栖生物的生物量、密度、丰度或浓度等要素的垂向分布及水平分布特征；
  - 3) 常规分析方法见表2。

表2 海洋生物环境基线一级要素常规分析方法

类群	要素	计算参数	常规分析方法
浮游植物	生物量	平均值、目标值、区间	描述统计、多变量分析（例如聚类图、标序图）
	初级生产力		
	丰度		
浮游动物	生物量		
	密度		
底栖生物	生物量		
	密度		

- b) 针对海洋生物环境基线二级要素，具体为：
- 1) 根据各主要生物类群（浮游植物、浮游动物和底栖生物）的种类、生物量、密度、丰度或浓度等一级指标的结果，分别给出其种类丰富度指数、物种多样性指数、均匀度指数和优势度指数的预期值（平均值）、目标值（平均值 $\pm$ 2倍标准差值）、区间（平均值 $\pm$ 3倍标准差值）；
  - 2) 不同季节的海水浮游植物、浮游动物和底栖生物的种类丰富度指数、物种多样性指数、均匀度指数和优势度指数等要素的垂向分布及水平分布特征；
  - 3) 常规分析方法见表3。

表3 生物海洋环境基线二级要素常规分析方法

要素	计算参数	常规分析方法
种类丰富度指数	平均值、目标值、区间	Margalef计算公式
物种多样性指数		Shannon—Wiener计算公式
均匀度指数		Pielou计算公式
优势种优势度		Mcnaughton计算公式

c) 构建海洋生物环境基线图组，具体为：

- 1) 叶绿素 $a$ 分布图：反映调查区水体叶绿素 $a$ 浓度平面和垂直分布特征；
- 2) 初级生产力分布图：反映调查区水体初级生产力空间分布特征；
- 3) 海洋微生物分布图：反映调查区海洋微生物（功能基因丰度）分布特征；
- 4) 海洋浮游生物分布图：反映调查区海洋超微型、微型、小型、大中型浮游生物空间分布特征；
- 5) 海洋底栖生物分布图：反映调查区海洋小型、大型底栖生物空间分布特征。

### 10.3 物理海洋环境基线构建

基于物理海洋环境基线调查结果及海底地形，结合数据分析及基线图组，详细、全面地阐述物理海洋环境基线要素的现状分布与变化特征。主要工作通常包括：

a) 针对物理海洋环境基线一级要素，具体为：

- 1) 给出海水温度、盐度、密度、压力、浊度、流速在各深度层内的平均值、极值、均方差、区间（平均值 $\pm 2$ 倍标准差值）；
- 2) 给出不同季节的海水温度、盐度、密度、浊度等要素的垂向分布及水平分布特征；
- 3) 给出年平均、季节平均、日平均、瞬态的流场特征，确定流向分布及盛行流向；
- 4) 常规分析方法见表4。

表4 物理海洋环境基线一级要素常规分析方法

要素	计算参数	常规分析方法
温度	平均值、极值、均方差、区间	描述统计
盐度		
密度		
浊度		
压力		
流速、流向		

b) 针对物理海洋环境基线二级要素，具体为：

- 1) 给出不同季节的上混合层、下混合层厚度，条件允许时宜给出下混合层厚度的时间变化特征；
- 2) 给出不同季节的跃层的顶界深度、底界深度、厚度、强度及差度；
- 3) 确定主要水团类别及空间分布，给出水团特征参数的平均值、极值、均方差、区间、梯度值及核心值；
- 4) 给出海洋锋的强度、水平尺度及持续时间；
- 5) 给出中尺度涡的运动轨迹、生命周期、半径、振幅、涡度、涡能、散度、变形率、能量密度及频次；
- 6) 确定潮汐类型，给出主要分潮的长轴、短轴、方位、相位及其空间分布特征；
- 7) 给出海流中主要的高频振荡、近惯性振荡、次惯性振荡的周期及振幅，评估高频振荡、潮、余流、近惯性振荡、次惯性振荡对海流动能的相对贡献；
- 8) 给出内波波长、振幅、周期、半波宽、传播速度、传播方向、波致流速及流速垂向剪切，确定内波发生频次的时间分布特征；
- 9) 给出浮力频率、理查德森数、湍动能、湍动能耗散率、湍扩散系数的空间分布特征；
- 10) 各环境要素的必要性与分析方法见表5。

表5 物理海洋环境基线二级要素必要性与分析方法

要素	特征参数	常规分析方法	必选性
混合层	上、下混合层的厚度	客观判定法、主观判定法	★
跃层	顶界及底界深度、厚度、强度、差度	垂直梯度法、S-T算法	★
水团	平均值、极值、均方差、区间、梯度值、核心特征	聚类分析、频率分析、回归分析、综合分析、浓度混合分析、最优分割法	☆
海洋锋	强度、水平尺度、持续时间	梯度算法、熵算法、直方图算法	★
中尺度涡	海面高度/地转流速异常值；涡中心位置、生命周期、半径、振幅、涡度、涡能、散度、变形率、能量密度	Okubo-Weiss参数法、Winding-angle算法、矢量几何法等涡旋识别方法；统计分析	★
潮汐	主要分潮的长轴、短轴、方位、相位；动能；余流	调和分析	★
次惯性振荡	主要信号的周期、垂向结构、动能	带通滤波、谱分析、经验正交函数分解、模态分析	★
近惯性振荡	周期、垂向结构、动能	带通滤波、谱分析、经验正交函数分解、模态分析	★
内波	波长、振幅、周期、半波宽、波致流速、流速垂向剪切、传播速度、传播方向、动能、发生频率	KdV理论方法、带通滤波	☆
湍流	浮力频率、理查德森数、流速剪切、湍扩散系数	高通滤波、Nasmyth经验公式	☆

注：★为必选环境要素，☆为可选环境要素。

## c) 构建物理海洋环境基线图组，具体为：

- 1) 海水温度、盐度、密度、浊度、流速、浮力频率、湍扩散系数等要素的垂向分布图：反映调查区物理海洋要素在垂向上的空间变化特征；
- 2) 海水温度、盐度、密度、浊度、流速、浮力频率、湍扩散系数等要素的断面分布图：反映调查区物理海洋要素在一个观测断面上的空间变化特征；
- 3) 海水温度、盐度、密度、浊度、流速、浮力频率、湍扩散系数等要素的平面分布图：反映调查区物理海洋要素在平面上的空间变化特征；
- 4) 温盐点聚图：反映调查区水团温、盐特性；
- 5) 海流玫瑰图：反映调查区不同流速、流向出现的频率；
- 6) 潮流椭圆图：反映调查区的潮流特征；
- 7) 海水温度、海流等要素的功率谱图：反映调查区物理海洋要素时间变化的主要周期；
- 8) 海面高度异常图：反映海面涡旋活动特征；
- 9) 涡旋轨迹图：反映海面涡旋的轨迹特征；
- 10) 海水温度、盐度、密度、浊度、流速等要素的时间变化图：反映调查区物理海洋要素的时间变化特征。

## 10.4 海洋化学环境基线构建

基于海洋化学环境基线调查结果，结合数据分析及基线图组，详细、全面地阐述海洋化学环境基线要素的现状分布与变化特征。主要工作通常包括：

- a) 针对海洋化学环境基线要素，具体为：

- 1) 计算海水溶解甲烷、悬浮颗粒物和颗粒有机物、pH、总碱度、溶解氧和营养盐等要素在不同水层内的平均值、极值、均方差、区间（平均值±2倍标准差值），分析调查区海洋化学环境基线要素的平面和垂直的空间分布特征；
- 2) 编制海-气界面甲烷交换通量分布图，分析调查区海-气界面甲烷交换通量的时空变化规律；
- 3) 查明海底边界层（尤其是可能存在海底甲烷渗漏的区域）甲烷浓度的时空变化规律；
- 4) 各环境要素的常规分析方法见表6。

表6 海洋化学环境基线要素常规分析方法

要素	计算参数	常规分析方法	必选性
海水溶解甲烷	平均值、极值、均方差、区间	描述统计	★
海表大气甲烷			★
海表低空风速、风向			★
悬浮颗粒物			☆
颗粒有机物			☆
pH			★
总碱度			★
溶解氧			★
营养盐			★
注：★为必选环境要素，☆为可选环境要素。			

- b) 构建海洋化学环境基线图组。具体为：
  - 1) 海水溶解甲烷空间分布图：反映调查区海水甲烷在垂向上、水平方向上的空间变化特征；
  - 2) 海水溶解甲烷时间变化图：反映调查区某个特定深度层海水甲烷的时间变化特征；
  - 3) 悬浮颗粒物和颗粒有机物分布图：反映调查区悬浮颗粒物和颗粒有机物平面和垂直的空间变化特征；
  - 4) 海洋化学常规要素分布图：反映调查区海洋化学常规要素的空间变化特征；
  - 5) 海-气甲烷交换通量分布图：反映调查区海-气甲烷交换通量的空间变化特征。

## 11 质量控制

### 11.1 检查内容

包括外业调查实施管理、外业调查数据资料、调查报告编写管理、数据资料汇交管理。

### 11.2 检查方法

质量检查方式包括自查、互查和核查。

自查与互查是项目组内部的全面检查；核查是项目组负责人对外业调查数据资料和报告的全面检查。

### 11.3 检查要求

#### 11.3.1 外业调查实施管理

主要包括：

- a) 应根据调查的目的任务，编制外业调查设计书；
- b) 外业调查设计书应经项目组和技术专家审核；
- c) 应根据外业调查设计书，组织人员、设备、船只开展外业调查；
- d) 外业调查前，应对使用的主要仪器设备进行校验，要求其精度和分辨率达到调查技术指标要求；

- e) 外业调查时, 仪器设备应处于适用状态, 操作人员应熟练地适用;
- f) 外业调查时, 应保持原始资料、外业调查原始记录的清晰、完整;
- g) 外业调查记录应由外业技术负责人签字确认;
- h) 外业调查结束后, 应根据项目审批意见书、项目设计书、现场航次调查报告及获得的原始资料和样品等质量控制情况进行外业验收, 并形成质量控制验收报告, 资料整理和野外验收管理应按DZ/T 0425要求执行。

### 11.3.2 外业调查数据资料

主要包括:

- a) 外业调查时, 应严格按照操作规程和设计书执行, 保证采集的资料质量;
- b) 样品测试应避免污染样品, 减少对样品的扰动;
- c) 分析测试设备应按规定校准, 确保化学试剂在保质期内; 外送样品应选择有资质的实验室, 对样品测试结果进行审查;
- d) 控制调查数据质量, 对调查数据实行自检和互检, 具体应按DZ/T 0425要求执行。

### 11.3.3 调查报告编写管理

主要包括:

- a) 各基线调查报告应由各专业组负责人组织编写, 成果报告应由项目负责人负责或组织编写;
- b) 调查报告提纲应符合项目要求;
- c) 调查报告应由项目负责人进行审核, 包括基础资料、图件、实施过程形成的有关记录、文字报告等内容。

### 11.3.4 数据资料汇交管理

主要包括:

- a) 最终形成的调查报告应按照规定形式提交调查项目委托单位评审;
- b) 对于调查项目委托单位提出的反馈意见及相应的更改记录应予以保留;
- c) 数据资料整理审核应按DZ/T 0425要求执行。

## 11.4 检查结果处置

主要包括:

- a) 数量不够、已变质、被污染、结构已破坏、标识不清、无状态描述的样品应作废;
- b) 由不符合要求的调查人员、以不合格的仪器设备、违反相关技术标准获取的资料为不合格资料;
- c) 记录不清、观测不完整、数据丢失严重的资料及不具备溯源性的数据应为不合格资料;
- d) 观测准确度不能满足标准或质量要求的数据为不合格数据;
- e) 验收不合格的样品和资料, 不应计入有效工作量, 不再进行样品测试分析和资料整理;
- f) 调查报告应由调查项目委托单位组织验收, 确认合格后应进行归档; 与验收依据有明显差距的成果不予验收, 责令限期修改、提高, 并重新组织验收。

## 12 成果编制与提交

### 12.1 图件编制

编制的图件应包括:

- a) 海底地质环境基线图组: 海底地形图、海底地貌图、海底甲烷渗漏点分布图、海底地质灾害分布图和海底底质类型图;
- b) 海洋生物环境基线图组: 叶绿素 $a$ 分布图、初级生产力分布图、海洋微生物分布图、海洋浮游生物分布图、海洋底栖生物分布图;
- c) 物理海洋环境基线图组: 海水温度、盐度、密度、浊度、流速等要素的垂向分布图、断面分布图、水平分布图和时间变化图, 潮流椭圆图, 海流玫瑰图, 海水温度、海流等要素的功率谱图, 海面高度异常图;

- d) 海洋化学环境基线图组：海水溶解甲烷空间分布图、海水溶解甲烷时间变化图、悬浮颗粒物和颗粒有机物分布图、海洋化学常规要素分布图和海-气甲烷交换通量分布图。

## 12.2 数据库

数据库建设要求如下：

- a) 数据结构。空间调查数据结构采用基于GIS的空间数据库管理，属性数据、空间数据统一采用ArcGIS管理，图层架构分为地图总库、地图子集、地图图层三层结构；
- b) 数据管理。数据管理框架顶层采用ArcGIS图形桌面程序管理，空间数据库采用ArcSDE管理，底层属性数据及图形数据采用Oracle管理；图形数据以二进制位形式存储到ArcSDE库的shape字段中；
- c) 数据共享。应遵循科学性、一致性、扩展性和安全性的原则进行共享。

## 12.3 报告编制

调查报告是对调查区海底地质环境基线、海洋生物环境基线、物理海洋环境基线和海洋化学环境基线的全面体现，编写提纲按照附录B执行，报告编制管理要求应按DZ/T 0425要求执行。

## 12.4 成果提交

主要包括：

- a) 资料汇编；
- b) 系列图件；
- c) 调查报告。

## 12.5 资料汇交

### 12.5.1 外业验收应提供的资料

外业资料验收应按照DZ/T 0273要求执行，提供的资料应包括：

- a) 外业原始资料数据：外业原始数据、外业原始图件、外业记录、相册、表格等；
- b) 外业各类原始编录资料及相应的图件，现场记录系列班报表按照附录C执行；
- c) 样品鉴定、分析、测试送样单和分析测试结果；
- d) 各类典型实物标本及一定的实地影像资料；
- e) 过渡性综合解释成果资料和综合整理、综合研究成果资料；
- f) 质量检查记录；
- g) 外业工作总结；
- h) 其他相关资料；
- e) 项目报告及附图、附表、附件。

### 12.5.2 成果资料归档

成果资料归档应按照DZ/T 0273要求执行，应包括：

- a) 外业调查类：各种外业调查点的记录簿及记录卡片、实测剖面图、照片、摄像、调查小结；
- b) 长期观测类：长期观测点的分布图、各类观测点的记录及动态曲线；
- c) 样品实验测试类：岩、土、水化学、海洋生物分析成果及岩、土物理、水理性质、海洋生物实验成果，各种采样记录与图件；
- d) 地球物理勘探类：各类物探报告、附图、附件，外业记录簿、照片、仪器记录图纸及电子数据；
- e) 钻探类：工程地质钻探、原始记录及成果；
- f) 技术文件类：项目任务书，设计书、设计与成果审批意见书，外业质量评审文件等；
- g) 电子文件类：调查中形成的电磁介质载体的文件、图表、数据、图像等；
- h) 成果类：终审成果报告、专题报告、数据库、附图、附表、附件及评审意见书；
- i) 其他应归档的原始资料。

附 录 A  
(规范性)  
海域天然气水合物环境基线调查设计书编写提纲

A.1 前言

目标任务。

A.2 工作基础

调查区以往海底地质环境、海洋生物环境、物理海洋环境和海洋化学环境等基线调查情况。

A.3 调查区概况

调查区自然地理特征；区域地质背景。

A.4 工作部署

工作部署原则、总体工作部署方案、年度工作部署方案。

A.5 工作技术路线、方法及要求

采用的工作技术路线、方法及各自的技术要求。

A.6 实物工作量

说明总体实物工作量和分年度各类实物工作量。

A.7 预期成果

说明通过本次环境基线调查预期取得和提交的主要成果。

A.8 实施条件

风险评估及不确定性分析、组织机构及人员安排、质量保障与安全措施。

A.9 经费预算

按中国地质调查局相关要求编写。

**附录 B**  
(规范性)  
**海域天然气水合物环境基线调查报告编写要求**

**B.1 前言**

目标任务：调查区以往调查工作程度；本次调查工作完成情况。

**B.2 质量评述**

组织实施概况；总体质量评述；外业调查质量评述。

**B.3 调查技术及方法**

调查区概况；外业调查技术方法。

**B.4 海底地质环境基线特征**

地形地貌特征；海底地质灾害特征；海底工程地质特征；海底底质及地球化学特征。

**B.5 海洋生物环境基线特征**

水体叶绿素 $a$ 特征；初级生产力特征；微生物特征；浮游生物特征；底栖生物特征。

**B.6 物理海洋环境基线特征**

海水温度、盐度特征；海流特征；海水浊度特征。

**B.7 海洋化学环境基线特征**

海水溶解甲烷特征；悬浮颗粒物和颗粒有机物特征；海洋化学常规要素特征；海-气界面烷交换通量特征。

**B.8 结论与工作建议**

附 录 C  
(资料性)  
外业调查表格式

表C.1至表C.7给出了外业调查中所需的表格。

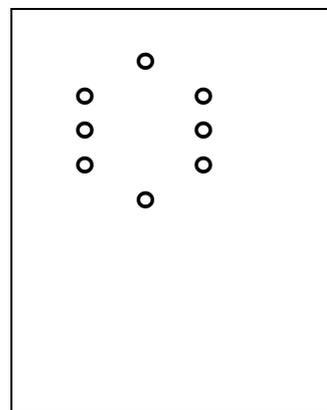
表 C.1 多管取样器采样记录表

海区：\_\_\_\_\_ 船名：\_\_\_\_\_ 航次：\_\_\_\_\_ 站号：\_\_\_\_\_

实测站位经度(E/W)：\_\_\_\_\_ 纬度(N/S)\_\_\_\_\_ 水深：\_\_\_\_\_m 采样编号：\_\_\_\_\_

取样管内径：\_\_\_\_\_cm 采样日期\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日至\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

	下水	着底	上甲板
当地时间			
纬度 (N/S)	度 分	度 分	度 分
经度 (E/W)	度 分	度 分	度 分
水深 (m)			
缆长 ( m)	——		——



心样号	上覆水长度 (cm)	沉积物长度 (cm)	管样总长度 (cm)	备 注

记 事：

采样：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 校对：\_\_\_\_\_ 审核：\_\_\_\_\_ 第\_\_\_\_\_页，总\_\_\_\_\_页





表 C.4 影像调查作业记录班报表

调查船：\_\_\_\_\_ 航次：\_\_\_\_\_ 调查区：\_\_\_\_\_

站号：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_ 海况：\_\_\_\_\_

系统下水时间 (GMT)	时 分 秒	系统下水水深	米
开始拍摄时间 (GMT)	时 分 秒	结束拍摄时间 (GMT)	时 分 秒
开始拍摄母船位置	经度：	结束拍摄母船位置	经度：
	纬度：		纬度：
开始拍摄水深	米	结束拍摄水深	米
拖体作业高度	离底 米	作业时间	分钟
事件	记录位置 (GMT)	事件描述	
1	时 分 秒		
2	时 分 秒		
3	时 分 秒		
4	时 分 秒		
5	时 分 秒		
6	时 分 秒		
7	时 分 秒		
8	时 分 秒		
9	时 分 秒		
10	时 分 秒		
站位简述			
备注			

记录：\_\_\_\_\_ 校对：\_\_\_\_\_ 审核：\_\_\_\_\_ 第\_\_\_\_页，总\_\_\_\_页







## 参 考 文 献

- [1] Boudreau B. P. Diagenetic models and their implementation; modelling transport and reactions in aquatic sediments[M]. 1997.
- [2] International Seabed Authority. Recommendations for the guidance of contractors for the assessment of the possible environmental impacts arising from exploration for marine minerals in the Area[R]. Kingston, Jamaica, 2019, No. ISBA/25/LTC/7.
- [3] Raymond P. A. and Cole J. J. Gas exchange in rivers and estuaries: Choosing a gas transfer velocity. Estuaries[J], 2001(24), 312-317.
- [4] Solomon S., Qin D., Manning M., et al. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. 2007, 18(2): 95-123.
- [5] 国家海洋局908专项办公室. 海洋底质调查技术规程[M]. 海洋出版社, 2006.
- [6] GB/T 8423.1—2018 石油天然气工业术语 第1部分: 勘探开发.
- [7] 术语在线 <https://www.termonline.cn/>.
-