

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXXX.3-XXXX

海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规  
程 第3部分：浮标监测

Code of practice for air-sea CO<sub>2</sub> flux monitoring and assessment

Part 3: Buoy-based monitoring

(报批稿)

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国自然资源部 发布

## 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.....	1
4 总体要求.....	1
4.1 工作环境条件.....	1
4.2 技术要求.....	2
5 监测要素及技术要求.....	2
5.1 监测要素及传感器技术指标.....	2
5.2 传感器选择与安装深度.....	3
5.3 传感器计量性能要求.....	3
6 监测系统调试.....	3
6.1 传感器计量性能检验.....	3
6.2 海-气二氧化碳分压监测系统调试.....	3
6.3 试放考机.....	4
7 浮标布放与现场比测.....	4
7.1 浮标布放.....	4
7.2 现场比测.....	4
8 数据采集与岸站操作.....	4
8.1 数据采集频率.....	4
8.2 岸站操作一般要求.....	4
9 运行与维护.....	5
9.1 常规巡视维护.....	5
9.2 应急维护.....	5
10 监测数据处理及通量估算.....	5
附 录 A（规范性）海-气二氧化碳交换通量监测—浮标监测数据.....	6



## 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。

本文件是HY/T XXXX《海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程》的第3部分。HY/T XXXX已经发布了以下部分：

- 第3部分：浮标监测；
- 第4部分：基于分压差的通量评估；
- 第7部分：现场监测二氧化碳分压数据处理。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC283）归口。

本文件起草单位：国家海洋局南海调查技术中心、国家海洋环境监测中心。

本文件主要起草人：马玉、刘同木、史华明、刘愉强、王迪、赵化德、郑楠、徐雪梅、臧昆鹏。

## 引 言

海洋碳循环是全球碳循环的重要组成部分，海-气二氧化碳交换通量是海洋碳循环研究的重点之一。海-气二氧化碳交换通量监测的主要方式包括船载走航式监测、浮标监测、岸基定点监测及卫星遥感监测等。我国海-气二氧化碳交换通量监测日益业务化和常态化，亟待相关操作规程，来规范海-气二氧化碳交换通量监测和源汇评估。HY/T XXXXX-2XXX《海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程》旨在统一、规范海-气二氧化碳交换通量监测和数据处理，提高监测数据和源汇评估结果的科学性和国际可比性。

HY/T XXXXX-2XXX《海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程》由7个部分构成：

- 第1部分：断面监测；
- 第2部分：浮标选址；
- 第3部分：浮标监测；
- 第4部分：基于分压差的通量评估；
- 第5部分：卫星监测；
- 第6部分：二氧化碳分压测定 非色散红外法；
- 第7部分：现场监测二氧化碳分压数据处理。

# 海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程

## 第3部分：浮标监测

### 1 范围

本文件规定了海-气二氧化碳交换通量浮标监测的要素指标及传感器性能、系统调试、浮标布放与现场比测、数据采集与传输、运行维护等要求。

本文件适用于基于浮标载体的海-气二氧化碳交换通量监测。

### 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 12763.3 海洋调查规范 第3部分：海洋气象观测

GB 17378.2 海洋监测规范 第2部分：数据处理与分析质量控制

GB 17378.4 海洋监测规范 第4部分：海水分析

HY/T 037-2017 海洋资料浮标作业规范

HY/T 142-2011 大型海洋环境监测浮标

HY/T 196-2015 海水总溶解无机碳的测定 非色散红外吸收法

HY/T 197-2015 海水总碱度的测定 敞口式电位滴定法

HY/T XXXXX.4 海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程 第4部分：基于分压差的通量评估

HY/T XXXXX.7 海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程 第7部分：现场监测二氧化碳分压数据处理

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**海-气二氧化碳交换通量** air-sea CO<sub>2</sub> flux

单位时间单位面积上海洋与大气CO<sub>2</sub>的净交换量。

**注：**单位为毫摩尔每平方米每天（mmol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>），正值表示海洋向大气释放CO<sub>2</sub>（海洋是大气CO<sub>2</sub>的源），负值表示海洋从大气吸收CO<sub>2</sub>（海洋是大气CO<sub>2</sub>的汇），零值表示海洋与大气CO<sub>2</sub>平衡。

### 4 总体要求

#### 4.1 工作环境条件

监测浮标及其搭载的仪器设备应满足以下工作环境条件：

a) 风速：不大于 60 m·s<sup>-1</sup>；

- b) 波高：不大于 15 m；
- c) 表层流速：不大于  $3.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；
- d) 环境温度：(-20 ~ 50) °C；
- e) 相对湿度：(0 ~ 100) %；
- f) 冲击：峰值加速度不大于  $300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ；
- g) 倾斜：不大于 30 °；
- h) 最大横倾角：±30 ° 以内。

## 4.2 技术要求

海—气二氧化碳浮标监测系统由浮标体及锚系、数据采集传输系统和接收岸站三大部分组成。监测系统应满足以下要求：

- a) 采集频率不低于每 3 小时 1 组，数据实时传输；
- b) 通信数据接收率不低于 90%；
- c) 支持连续工作时间不少于 12 个月；
- d) 支持移动通讯网络方式、卫星通信方式；
- e) 浮标应安装卫星导航定位系统终端机进行定位；
- f) 安装避雷、避碰设施、醒目的警示标志；
- g) 数据接收岸站应具备移位预警功能。

## 5 监测要素及技术要求

### 5.1 监测要素及传感器技术指标

监测要素包括海水 $\text{CO}_2$ 摩尔分数、大气 $\text{CO}_2$ 摩尔分数、海表温度、海表盐度、气压、风速，选择监测要素包括气温、风向、相对湿度、pH、溶解氧、叶绿素等。传感器技术指标应符合表1的要求。

表 1 传感器技术指标

监测要素	测量范围	技术指标	最大允许误差
海水 $\text{CO}_2$ 摩尔分数	(100 ~ 600) $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，可扩展(0 ~ 3000) $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	±1 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	±1 %
大气 $\text{CO}_2$ 摩尔分数	(100 ~ 600) $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	±1 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	±1 %
海表温度	(-5 ~ 40) °C	±0.1 °C	±0.2 °C
海表盐度	0 ~ 40	±0.1	±0.2
气压	(800 ~ 1100) hPa	±0.3 hPa	±0.5 hPa
风速	(0 ~ 75) $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	±(0.5+0.05× <i>l</i> )	±(0.5+0.05× <i>l</i> )
*气温	(-30 ~ 45) °C	±0.2 °C	±0.5 °C
*风向	(0 ~ 360) °	±3°	±5 °
*相对湿度	(0 ~ 100) %	±3 %	±5 %
*pH	6 ~ 10	±0.1	±0.2
*溶解氧	(0 ~ 50) $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	±1 %	±10 %
*叶绿素	(0 ~ 400) $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	±3%	±10 %

**注：**\*为选择监测要素。

## 5.2 传感器选择与安装深度

传感器选择及安装深度应满足以下要求：

- a) 海-气二氧化碳传感器：推荐选择基于水-气平衡非色散红外光谱原理的传感器，且传感器可实现二氧化碳标准气体校准，二氧化碳标准气体至少包括零点标准气体和量程标准气体，标准气体准确度优于  $0.1 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；
- b) 水文气象要素传感器：符合表 1 中技术指标要求；
- c) 化学生物要素传感器：推荐优先选择基于光学原理的传感器；
- d) 所选传感器材质应满足耐腐蚀、耐污损生物、易清洗等特性；
- e) 水下传感器安装深度在水面以下 0.0 m~5.0 m。

## 5.3 传感器计量性能要求

5.3.1 监测系统的各传感器的检定或自校准满足以下要求：

- a) 按规定的检定周期或合适的校准周期经有资质的计量技术机构进行检定或校准，检定合格或经校准后加修正值方可使用，且首次使用及故障修复后的传感器需送检；
- b) 国内目前尚无法实现量值溯源的传感器，可自行制定比对、互校方法，自行校准时做好记录，形成自校报告；
- c) 传感器的量值溯源证书或自校报告需存档保存。

5.3.2 海-气二氧化碳传感器的检定或自校准应满足以下要求：

- a) 采用 3 个及以上满足本部分要求的标准气体绘制工作曲线；
- b) 选择中间浓度标准气体校验仪器，连续测试标准气体，采集不少于 5 组数据；
- c) 计算标准气体测量值的准确度，按照表 1 评估传感器工作性能。

## 6 监测系统调试

### 6.1 传感器计量性能检验

各监测要素传感器校准要求如下：

- a) 采用标准物质校准海-气二氧化碳传感器和化学生物要素传感器；
- b) 按照 HY/T 142-2011 中 6.2 的要求检验水文气象要素传感器的计量性能。

### 6.2 海-气二氧化碳分压监测系统调试

监测系统调试步骤如下：

- a) 设置系统日期和时间；
- b) 设置海-气二氧化碳监测系统的采样频率、采样类型、正常采样间隔、快速采样间隔、标准气体浓度、标准气体校准间隔等；
- c) 设置循环时间；
- d) 测试通讯和数据传输；
- e) 测试系统运行。



### 6.3 试放考机

海-气二氧化碳交换通量监测浮标组装完成后需在相似海上环境条件试放考机，检验浮标的数据采集、传输、接收以及数据质量状况等，试放考机工作要求如下：

- a) 试放点水深需确保浮标在最低潮时不触底，能在一定范围内随波漂动，避免碰撞；
- b) 试放期间需安排专人值班，监视浮标安全并进行各监测要素比测，试放考机时间应不少于 72 h，数据采集频率不低于每小时 1 组；
- c) 统计岸站资料接收率，并按照 GB 17378.2 的要求进行采集数据的质量评价，浮标整体运行正常后方可准备布放工作。

## 7 浮标布放与现场比测

### 7.1 浮标布放

按照HY/T 037-2017中第6章的要求开展海-气二氧化碳交换通量监测浮标的海上布放工作。

### 7.2 现场比测

浮标布放完成后，按照GB/T 12763.3和GB 17378.4的要求开展海洋气象和海水化学要素的现场比测，采集频率可选择每小时1组至每小时2组，采集数据不少于5组。

海-气二氧化碳分压现场比测推荐采用基于水-气平衡原理的船载海-气二氧化碳自动分析测定系统。若条件不允许，可同步采集表层海水样品，按照HY/T 196-2015与HY/T 197-2015的要求分别进行海水总碱度和溶解无机碳测定，计算海水CO<sub>2</sub>分压。

现场比测过程中若发现数据异常，需分析原因、登标检修和校准传感器，并按照HY/T 037-2017中附录B的要求记录浮标的工作状况、比测数据等。

## 8 数据采集与岸站操作

### 8.1 数据采集频率

海-气二氧化碳数据采集频率不低于每3小时1组，环境要素采集频率可选择每3小时1组至每小时1组。监测结果按照附录A报送。

### 8.2 岸站操作一般要求

二氧化碳监测浮标岸站操作满足以下要求：

- a) 按时接收通过通信系统传输的实时资料；
- b) 检查实时资料的质量，若监测数据初检发现数据异常，需及时上报；
- c) 实时监视浮标移位状况，发现浮标移位，需及时复位；
- d) 按照 HY/T 037-2017 中附录 B 的要求填写值班日记和各类报表，建立浮标资料档案。

## 9 运行与维护

### 9.1 常规巡视维护

海-气二氧化碳交换通量监测浮标运行期间定期开展以下巡视维护工作：

- a) 正常情况下，每季度需巡视维护 1 次；
- b) 巡视维护工作内容主要包括检查监测系统电路连接和数据接口、检查二氧化碳传感器的气路、标准气体和耗材、清除传感器附着物、更换故障传感器等；
- c) 完成监测系统和传感器维护保养后需开展传感器现场比测工作；
- d) 完成巡视维护工作后，按照 HY/T 037-2017 中附录 B 的要求记录监测浮标工作状态。

### 9.2 应急维护

浮标监测系统海上运行期间，若出现设备故障、数据传输中断等问题，影响浮标监测系统正常工作，尽快组织实施以下维修维护工作：

- a) 数据全部中断或无定位数据，无法对浮标进行监控，需立即采取措施进行施救或维修维护；
- b) 部分数据中断(不含定位数据)，需及时开展维修维护；
- c) 监测要素数据漂移严重，需及时更换传感器。被更换的传感器及时维修维护，并经检定或校准后方可使用。
- d) 完成应急维护工作后，按照 HY/T 037-2017 中附录 B 的要求记录应急维护工作情况。

## 10 监测数据处理及通量估算

海-气二氧化碳交换通量评估和监测数据处理分别按照HY/T XXXXX. 4和HY/T XXXXX. 7的规定执行。

## 附录 A

(规范性)

## 海-气二氧化碳交换通量监测—浮标监测数据

表A.1 给出了海-气二氧化碳交换通量监测—浮标监测数据的相关填报信息。

表A.1 海-气二氧化碳交换通量监测—浮标监测数据

监测海域：\_\_\_\_\_ 浮标编号：\_\_\_\_\_ 浮标位置：\_\_\_\_\_° E \_\_\_\_\_° N 监测日期：\_\_年\_\_月\_\_日 ~ \_\_年\_\_月\_\_日  
 监测单位：\_\_\_\_\_ 二氧化碳传感器型号：\_\_\_\_\_ 自动气象仪型号：\_\_\_\_\_ 环境要素传感器型号：\_\_\_\_\_ 第\_\_页 共\_\_页

数据采集时间 yyyy-mm-dd hh:mm	大气 CO <sub>2</sub> 浓度 μ mol/mol	海水 CO <sub>2</sub> 浓度 μ mol/mol	平衡器水温 ℃	采水口水温 ℃	盐度	气温 ℃	气压 hPa	风速 m/s	风向 °	相对湿度 %	pH	溶解氧 mg/L	叶绿素 μ g/L
备注	二氧化碳标准气体来源：_____ 标准气体浓度：STD1____、STD2____、STD3____、STD4____												