

团 体 标 准

T/IPIF 0018-202X

## 栽培大型海藻碳汇监测技术规范

Carbon sequestration monitoring technology regulation of the cultivated  
seaweed

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

广东省知识产权投融资促进会 发布



## 目 次

前 言 .....	II
引 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 栽培边界和水域滩涂合规性 .....	2
4.1 栽培面积确定 .....	2
4.2 水域滩涂合规性 .....	2
5 碳库和温室气体排放源的确定 .....	2
5.1 碳库选择 .....	2
5.2 温室气体排放源 .....	2
6 监测程序 .....	2
6.1 概述 .....	2
6.2 栽培面积的监测 .....	2
6.3 栽培活动的监测 .....	2
6.4 样地设置与监测 .....	2
6.5 海藻生物质碳储量变化的监测 .....	3
6.6 海水有机碳碳库碳储量变化的监测 .....	3
6.7 沉积物有机质碳库碳储量变化的监测 .....	3
6.8 温室气体排放监测 .....	4
7 质量保证和质量控制 .....	4
7.1 野外测定可靠 .....	4
7.2 核实野外调查数据 .....	4
7.3 核实野外调查数据 .....	5
8 核查 .....	5
附录 A（规范性）样本取样方法和处理方法 .....	6
附录 B（资料性）常见栽培大型海藻种类碳含量 .....	7

## 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》给出的规则起草。

本文件由暨南大学提出。

本文件由广东省知识产权投融资促进会归口。

本文件起草单位：暨南大学、澳门科技大学、南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）、广东海洋协会、广州碳排放权交易中心有限公司、广东海珍海藻生物科技有限公司。

本文件主要起草人：沈洪涛、杨宇峰、王庆、张睿敏、董雅红、颜庆云、陈竹、彭勃、肖斯锐、陈浩、张怡、麦克。

## 引 言

为推动以固碳增汇为主要目的的大型海藻科学栽培和管理活动,规范我国栽培大型海藻碳汇监测工作,确保大型海藻碳汇核证减排量(CCER)达到可测量、可报告、可核查的要求,推动我国大型海藻栽培碳汇项目自愿减排交易,制定本文件。



# 栽培大型海藻监测技术规范

## 1 范围

本文件规定了以“固碳增汇”为目标的大型海藻栽培活动的碳汇监测技术与方法，确保海藻栽培活动产生的碳汇可测量、可报告和可核查。

本文件适用于在农业部《养殖水域滩涂规划编制工作规范》划分的养殖区内，符合海水养殖的法律、法规和有关强制性技术标准的大型海藻栽培活动的碳汇监测工作。

## 2 规范性文件

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 12763.6-2007 海洋调查规范  
 GB/T 15919-2010 海洋学术语 海洋生物学  
 GB/T 17378.2-2007 海洋监测规范 第2部分：数据处理与分析质量控制  
 GB/T 17378.5-2007 海洋监测规范 第5部分：沉积物分析  
 GB/T 17378.6-2007 海洋监测规范 第6部分：生物体分析  
 GB 18668-2002 海洋沉积物质量标准  
 GB/T 30891-2014 水产品抽样规范  
 HY/T 147-2013 海洋监测技术规程  
 HY/T 0305-2021 养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法 碳储量变化法  
 AR-CM-001-V01 碳汇造林项目方法学  
 农业部 《养殖水域滩涂规划编制工作规范》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**大型海藻碳汇 seaweed carbon sequestration**

利用大型藻类从空气或海水中吸收并固定二氧化碳的过程、机制和能力。

### 3.2

**大型海藻栽培区 cultivation area of seaweed**

拥有海域使用权的大型海藻栽培方实施的栽培活动地理范围。

### 3.3

**干湿比 ratio of dry-to-wet**

单位大型海藻干重与湿重的平均比值。

### 3.4

**含碳率 carbon percentage**

单位生物量中碳的质量百分比含量。

### 3.5

**大型海藻碳库 seaweed carbon pool**

碳库包括海藻生物质碳库、沉积物有机质碳库和海水有机碳碳库。

### 3.6

**核查 verification**

由第三方定期地、独立地审评大型海藻栽培活动开始以来所产生的净碳汇量。

### 3.7

#### 碳汇监测 carbon sequestration monitoring

在大型海藻栽培过程中收集所有对测定和计量大型海藻碳储量变化、温室气体排放、泄漏所需的相关数据并对其进行归档，测定和计量的技术、方法和过程。

## 4 栽培边界和水域滩涂合规性

### 4.1 栽培面积确定

大型海藻栽培活动可在若干个不同的海区进行，但每个栽培区均应有明确的地理边界，该边界不包括位于两个或多个栽培区之间的海域。海藻栽培方需提供栽培活动海域使用权的证据。

### 4.2 水域滩涂合规性

依据农业部《养殖水域滩涂规划编制工作规范》，结合水域滩涂资源、区域经济社会发展战略，可将水域滩涂划分为：禁养区、限养区和养殖区。实施海藻栽培活动的海域是栽培区，海藻栽培方需要提供透明的信息证明海藻栽培边界内的海域滩涂的合规性。

## 5 碳库和温室气体排放源的确定

### 5.1 碳库选择

海藻生物量碳库是必须选择的碳库，栽培方可根据实际数据的可获得性、成本有效性、保守性原则，选择是否忽略海水有机碳碳库、沉积物有机质碳库。

### 5.2 温室气体排放源

与农业活动相关的温室气体包括有二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）和氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）。CO<sub>2</sub>是主要的温室气体，CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O是非重要的温室气体，本文件中仅涉及CO<sub>2</sub>。

## 6 监测程序

### 6.1 概述

碳汇监测程序具体包括栽培边界的监测、栽培活动的监测、样地设置与监测、海藻生物质碳储量变化的监测、海水有机碳碳储量变化的监测、沉积物有机质碳储量变化的监测、温室气体排放监测、不确定性分析等。碳汇监测计划应当收集和归档与海藻碳储量变化、温室气体排放、泄漏测定和计量相关数据，并详细说明测定和计量应用的技术和方法。

### 6.2 栽培面积的监测

采用全球定位系统（GPS）、北斗卫星导航系统（Compass）或其他卫星导航系统，进行单点定位或差分技术直接测定栽培海域的边界坐标。或者利用高分辨率的地理空间数据（如卫星影像、航片），在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取海藻栽培区的边界坐标，计算海藻栽培区的面积。

在监测报告中说明使用的坐标系，使用仪器设备的精度。检查实际栽培边界是否与前期记录文件中描述一致，如果栽培边界发生任何变化，例如发生海藻大面积减产，应测定减产的地理坐标和面积，在本次核查中予以说明。

### 6.3 栽培活动的监测

栽培活动监测主要是对栽培期内的夹苗、分苗、收获等活动以及温室气体排放有关的活动进行监测，并符合中国海水养殖相关的技术标准的要求和规范。

### 6.4 样地设置与监测

#### 6.4.1 抽样设计与样地设置



样地数量确定参照 AR-CM-001-V01 碳汇造林项目方法学中抽样设计确定，具体按照 GB/T 17378-2007 海洋监测规范和 GB/T 12763-2007 海洋调查规范中的规定执行。

#### 6.4.2 样地监测

1) 在各栽培海域内，样地的空间分配采用随机或等距布点；样地大小为 1m<sup>2</sup>，样地形状为方形（正方形、长方形）或圆形。

2) 样地采用全站仪或罗盘仪测设，做好引线记录，并在样地四个角设立明显的固定标志；在圆形样地中心设立明显的固定标志。

3) 样地设置后，需详细记录样地的行政位置、地名和样地中心点的 GPS 坐标、以及海藻种（组）名称等信息。

4) 须确定首次监测和核查的时间及间隔期，监测和核查的间隔期为 1~2 年。

5) 除监测期开展样地海藻调查测定外，监测期间样地内的每次收获及凋落等情况要进行详细记录。

#### 6.5 海藻生物质碳储量变化的监测

从大型海藻栽培活动的实际出发，考虑监测的成本有效性原则，首先，采用基于碳储量变化法和固定海域的连续测定方法，通过称量得到不同藻种的生物量（湿重）的变化量；其次，根据不同藻种的干湿比得到生物量（干重）的变化量；接着，利用大型海藻生物量含碳量将大型海藻生物量（干重）转化为碳含量；最后，利用 CO<sub>2</sub> 与 C 的分子量比值（44/12）将碳含量（tC）转换为二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e），具体计算方法按照 HY/T 0305-2021 中的规定执行。

#### 6.6 海水有机碳碳库碳储量变化的监测

通过采用经验参数计算海水有机碳库碳储量按照公式（1）和（2）进行计算：公式更改

$$C_{RDOC,t} = B_{SEAWEED,t} \times FCS_{RDOC,t} \quad (1)$$

$$\Delta C_{RDOC,t} = (C_{RDOC,t1} - C_{RDOC,t0}) \times \frac{44}{12} \quad (2)$$

式中：

$\Delta C_{RDOC,t}$  ——第 t 年的海水有机碳碳储量变化量，t CO<sub>2</sub>e·a<sup>-1</sup>；

$C_{RDOC,t}$  ——第 t 年的海水有机碳碳储量，t C；

$B_{SEAWEED,t}$  ——第 t 年收获海藻的生物量（干重），t；

$FCS_{RDOC,t}$  ——海藻栽培过程中形成的海水有机碳中碳储量的比率，单位为百分号（%），取值见附录 B；

44/12——将 C 转换为 CO<sub>2</sub> 的分子量比值。

#### 6.7 沉积物有机质碳库碳储量变化的监测

栽培海域内沉积物碳储量可通过现场调查数据和经验参数计算。具体计算沉积物有机碳储量按照公式（3）和（4）进行计算：

$$C_{SOC,t} = B_{SEAWEED,t} \times FCS_{SOC,t} \quad (3)$$

$$\Delta C_{SOC,t} = (C_{SOC,t1} - C_{SOC,t0}) \times \frac{44}{12} \quad (4)$$

式中：

$\Delta C_{SOC,t}$  ——第 t 年的沉积物有机碳储量变化量，t CO<sub>2</sub>e·a<sup>-1</sup>；

$C_{SOC,t}$  ——第 t 年的沉积物有机碳储量，t C；

$B_{SEAWEED,t}$  ——第 t 年收获海藻的生物量（干重）的变化量，t；

$FCS_{SOC,t}$  ——海藻栽培过程中形成的埋藏在沉积物碳库中碳储量的比率，单位为百分号（%），

取值见附录 B。

## 6.8 温室气体排放监测

根据监测计划，详细记录栽培边界内发生的时间、地理边界等信息，参考公式（5）和公式（6），计算栽培边界内由于消耗化石燃料所引起的温室气体排放（ $GHG_{E,t}$ ）。

对于栽培边界内温室气体排放的估算方法如下：

$$GHG_{E,t} = PE_{FC,t} \quad (5)$$

式中：

$GHG_{E,t}$ ——第 t 年的栽培活动所导致的栽培边界内 CO<sub>2</sub> 温室气体排放的增加量，没有栽培活动时预设为 0，t CO<sub>2</sub>e · a<sup>-1</sup>；

$PE_{FC,t}$ ——第 t 年的栽培活动所导致的农机耕作消耗化石燃料造成的 CO<sub>2</sub> 排放量，t CO<sub>2</sub>e · a<sup>-1</sup>。

栽培活动下农机耕作消耗化石燃料造成的 CO<sub>2</sub> 排放量：

$$PE_{FC,t} = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K P_{FC,s,l,k,t} \times EF_{CO_2,k} \times NCV_k \times PA_t \quad (6)$$

式中：

$PE_{FC,t}$ ——第 t 年的栽培活动所导致的农机耕作消耗化石燃料造成的 CO<sub>2</sub> 排放量，t CO<sub>2</sub>e · a<sup>-1</sup>；

$PA_t$ ——第 t 年的海藻栽培区的总面积，ha；

$NCV_k$ ——燃料类型 k 的净热值，GJ/重量或体积；

$EF_{CO_2,k}$ ——燃料类型 k 的排放因子，t CO<sub>2</sub>/GJ；

$P_{FC,s,l,k,t}$ ——第 t 年的抽样栽培区 s、使用农机类型 l 耕作单位面积消耗的燃料类型 k 的量，重量或体积/ha。

## 7 质量保证和质量控制

### 7.1 野外测定可靠

为确保可靠的野外测定，栽培方应实施如下质量保证和质量控制（QA/QC）程序：

- 1) 在本规程的基础上，制定详细的监测方案。
- 2) 制定野外测定和数据收集的技术步骤和细则，野外测量的所有细节都要记录在案以便于核查。
- 3) 对从事野外测量工作的人员就野外数据收集和数据分析进行培训。培训课程应确保每个野外工作组成员，能全面准确了解收集数据的所有步骤及其重要性。
- 4) 在监测报告中，应包括如何执行上述步骤的描述，包括列出所有野外工作组人员名字，栽培负责人要确认组员接受了培训。

### 7.2 核实野外调查数据

在监测计划中须描述野外调查数据的核对和纠错程序，至少包括以下内容：

- 1) 每 10 个固定样地中随机抽取 1 个样地（抽取的总样地数不应少于 3 个），采用相同的方法和设备，进行重复测定（该测定应为与原调查组不同的调查组完成）。计算两次测定的误差，发现并纠正可能发生的错误。应采取以下措施：
  - 检查两次测定的原始记录。
  - 如果发现计算错误，须检查并纠正所有固定样地计算中的相应错误。
  - 如果不能找到误差原因，在碳储量变化计算时排除该样地。同时从同一样地组中重新随机选择一个样地，再次进行核定，以确定在其它样地中是否存在同样的误差。

2) 描述开展上述有关工作的详细过程, 保留并归档原始记录、修正记录、验证记录。如果发现误差是由于对标准操作程序的理解不同引起的, 应共同对操作程序进行修正。

### 7.3 核实野外调查数据

为在数据录入过程中尽可能减少错误, 录入的野外调查数据和实验室数据都应由一个独立专家组进行复核, 并与独立的数据进行比较以确保数据的一致性。如果发现错误或异常情况, 需与所有参与测定和分析数据的人员进行交流, 找到问题原因及解决办法。如果发生了任何难以解决的监测数据问题, 该样地不能用于分析。

数据归档方式包括电子版和印刷版, 所有数据备份给栽培方。所有的电子版数据和报告均须通过可永久存放的载体如光盘备份, 这些光盘备份件将存放在不同位置。存档的内容包括:

- 1) 所有原始的野外测量数据、实验室数据、数据分析和电子数据表备份件。
- 2) 所有碳库碳储量变化以及非二氧化碳温室气体排放的估算数据, 以及相关的电子数据表。
- 3) 各种图件, 包括 GIS 生成的文件。
- 4) 测量监测报告的备份文件。

## 8 核查

核查过程包括监测报告审查和现场核定。监测报告审查在室内进行, 主要审查内容包括:

- 1) 监测报告是否完整。
- 2) 监测方案得以正确执行。
- 3) 监测方法是否正确并得以有效实施, 包括栽培边界确定是否正确可靠、各藻类栽培面积的确定方法是否正确、抽样设计方法是否正确、采用的计算公式和参数选择是否正确。
- 4) 参数选择是否采取了保守的方式。
- 5) 不确定性分析方法是否正确可靠。
- 6) 是否制定了质量保证和质量控制程序并得以实施。
- 7) 野外测定、室内分析以及数据处理是否透明, 相关文件资料是否完整。

现场核定是与栽培方以及监测人员就监测报告中有关问题进行讨论, 核定有关的原始数据和资料及其归档情况。同时随机选择10%的固定样地(总数不少于5个样地), 进行现场复位测定。

**附 录 A**  
(规范性)  
**样本取样方法和处理方法**

表A.1给出了藻类幼苗和成藻的取样方法，取符合样本量要求的样品去除砂石等杂质后，再从所取样品中随机称不少于400g（幼苗为200g）的待检测样品。

**表 A.1 大型海藻幼苗和成藻的取样**

海藻品种	样品类别	样本量	检测样湿重
藻类 1	幼苗	≥1000g	≥500g
	成藻	≥10 株或 3kg	≥1500g
备注：表中为最少取样量，应根据藻体实际情况，保证抽取样品的最终检测量达到要求。			

**表 A.2 数据记录表**

藻体类别	取样株数	生物量	检测样品湿重	检测样品干重	干湿比	含碳率	计算碳储量相关数据		
							以数量计	单位面积幼苗数量	平均个体干重
幼苗						平均值	以生物量计	幼苗总生物量	
							单位面积成藻产量		
成藻						平均值			

附 录 B  
(资料性)  
常见栽培大型海藻种类碳含量

表 B.1 给出了常见栽培大型海藻种类藻体的碳含量。

表 B.1 常见栽培大型海藻种类藻体的碳含量

种类	拉丁名	碳含量推荐取值
海带	<i>Saccharina japonica</i>	31.20%
石莼	<i>Ulva lactuca</i>	27.10%
真江蓠	<i>Gracilaria verrucosa</i>	31.30%
条斑紫菜	<i>Pyropia yezoensis</i>	41.96%
龙须菜	<i>Gracilaria lemaneiformis</i>	31.93%
裙带菜	<i>Undaria pinnatifida</i>	28.81%
石花菜	<i>Gelidium amansii</i>	26.37%
鼠尾藻	<i>Sargassum thumbergii</i>	30.97%
平均值		30.36%

表 B.2 给出了常见大型海藻种类栽培过程中埋藏在沉积物碳库和溶解在海水碳库储量占藻类收获量的比率。

表 B.2 比率经验值

项目	推荐取值
大型藻类形成的沉积物碳库储量占藻类收获量的比率	0.0047
大型藻类形成的海水碳库储量占藻类收获量的比率	0.0866