

团 体 标 准

T/IPIF 0018-2023

栽培大型海藻碳汇监测技术规范

Technical specifications for monitoring carbon sink of cultivated
macroalgae

2023-03-30 发布

2023-03-30 实施

广东省知识产权投融资促进会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性文件	1
3 术语和定义	1
4 栽培海域合规性和栽培边界确定	2
4.1 栽培海域合规性	2
4.2 栽培边界确定	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 温室气体排放源确定	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	3
6.4 样地设置与监测	3
6.5 海藻生物质碳储量变化的监测	3
6.6 海水有机碳碳储量变化的监测	3
6.7 沉积物有机质碳储量变化的监测	4
6.8 温室气体排放量的监测	4
7 质量保证和质量控制	5
7.1 野外测定可靠	5
7.2 核实野外调查数据	5
7.3 数据录入、分析和归档	5
附录 A（规范性）栽培大型海藻碳汇监测计划	6
附录 B（规范性）样本取样方法和处理方法	10
附录 C（规范性）常见栽培大型海藻种类碳含量	11
附录 D（资料性）常用化石燃料相关参数推荐值	132
附录 E（资料性）中国区域电力和热力平均二氧化碳排放因子	13
参考文献	14

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、南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）、澳门科技大学、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。

栽培大型海藻碳汇监测技术规范

1 范围

本文件规定了栽培大型海藻项目的碳汇监测技术术语和定义、栽培海域合规性和栽培边界确定、碳库和温室气体排放源的确定、监测程序、质量保证与质量控制等内容。

本文件适用于栽培大型海藻项目的碳汇监测。

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 18668 海洋沉积物质量

GB 17378 海洋监测规范

GB/T 12763 海洋调查规范

GB/T 15919 海洋学术语 海洋生物学

GB/T 30891 水产品抽样规范

HY/T 0305 养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法 碳储量变化法

HY/T 0349 海洋碳汇核算方法

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 macroalgae

由固着器固着在岩石或者其他基底上，体长可长达一米以上的多细胞，有组织的藻类。

[来源：GB/T 15919-2010，5.32]

3.2

栽培大型海藻 cultivated macroalgae

区别于自然生长的大型海藻，特指人工栽培的大型海藻。

3.3

大型海藻碳汇 macroalgae carbon sink

利用大型藻类从空气或海水中吸收并储存大气中二氧化碳的过程、活动和机制。

[来源：HY/T 0349-2022，3.1，有修改]

3.4

栽培区 cultivation area

拥有海域使用权栽培方实施栽培活动的地理范围。

3.5

干湿比 ratio of dry to wet

单位藻类的干重与湿重的平均比值。

[来源：HY/T 0305-2021，3.3，有修改]

3.6

含碳率 carbon percentage

单位生物量中碳的质量百分比含量。

[来源：HY/T 0305-2021，3.5]

3.7

碳库 carbon pool

在碳循环过程中，生态系统存储碳的各组成部分。包括海藻生物质碳库、海水有机碳库和沉积物有机质碳库三个部分。

[来源：LY/T 2988-2018，3.2，有修改]

3.8

温室气体 greenhouse gas (GHG)

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成份。

注：本文件所核算温室气体是二氧化碳（CO₂）。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1，有修改]

3.9

碳汇监测 carbon sequestration monitoring

通过综合观测、数值模拟、统计分析等监测技术和方法获取生态系统碳储量变化和温室气体排放源的情况，并收集和归档相关数据的过程。

4 栽培海域合规性和栽培边界确定

4.1 栽培海域合规性

海藻栽培方需要提供栽培海域使用权的证据，以及提供信息证明栽培海域的合规性。

4.2 栽培边界确定

海藻栽培区是实施栽培大型海藻的海域，海藻栽培方会在若干个不同的栽培区栽培大型海藻，每个不同的栽培区均应有明确的地理边界。

5 碳库和温室气体排放源的确定

5.1 碳库选择

栽培大型海藻碳库包括海藻生物质碳库、海水有机碳库和沉积物有机质碳库。监测人员可根据实际数据的可获得性、成本有效性和保守性等原则选择需监测的碳库。

5.2 温室气体排放源确定

本文件的温室气体排放源是栽培边界内大型海藻栽培过程中消耗的化石燃料。

6 监测程序

6.1 概述

碳汇监测程序具体包括栽培面积的监测、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和温室气体排放量监测等内容。

监测人员执行监测程序前应当制定碳汇监测计划，计划内容包括：

- 1) 栽培大型海藻碳汇项目介绍、海藻种类、抽样设计方法；
- 2) 栽培大型海藻碳汇项目中各个碳库的碳储量变化和温室气体排放计量相关数据的收集和归档，并详细说明测定和计量应用的技术和方法；
- 3) 栽培大型海藻碳汇项目监测数据的质量保证和质量控制程序。

具体栽培大型海藻碳汇项目监测计划表见附录 A。

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和仪器设备的精度，并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，应测定发生减产的地理坐标和面积，并在本次监测报告中予以说明。

6.3 栽培活动的监测

栽培活动监测主要是对海藻栽培期内的夹苗、分苗、管理和收获等活动进行监测。

6.4 样地设置与监测

6.4.1 抽样设计与样地设置

监测样地数量按照 AR-CM-001-V01 的抽样设计确定，具体操作按照 GB 17378-2007 和 GB/T 12763-2007 的规定执行。样地设置后详细记录样地的行政位置、地名、样地中心点的坐标以及海藻名称等信息。栽培大型海藻碳汇监测的间隔周期确定为 0.5~1 年。

6.4.2 样地监测

栽培大型海藻碳汇的样地监测程序包括：

- 1) 在栽培海域内，样地的空间分配采用随机或等距布点，样地大小为 100 平方米（10m×10m）；
- 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；
- 3) 监测期内开展样地海藻调查测定并详细记录监测期间样地内的栽培海藻生长情况。

6.5 海藻生物质碳储量变化的监测

大型海藻生物质碳储量变化采用碳储量变化法和固定海域的连续测定方法，按照 HY/T 0305-2021 中 4.3 规定的计算方法执行，具体步骤包括：

- 1) 通过称量得到不同藻种的生物量（湿重）的变化量，具体取样方法、样品处理和数据记录表见附录 B；
- 2) 根据不同藻种的干湿比将大型海藻生物量（湿重）的变化量转化为生物量（干重）的变化量；
- 3) 利用大型海藻生物量含碳率将大型海藻生物量（干重）转化为海藻生物质碳含量；
- 4) 利用 C 转换为 CO₂ 的分子量比值（44/12）将碳含量（tC）转换为海藻生物质碳储量（tCO₂e）。；
- 5) 计算海藻生物质碳储量监测期末与监测期初的差额与监测周期的比值，得到海藻生物质碳储量变化量（tCO₂e·a⁻¹）

6.6 海水有机碳碳储量变化的监测

栽培海域内海水有机碳碳储量可根据现场调查数据和经验参数计算，具体按照公式（1）和（2）计算：

$$C_{RDOC,t} = B_{SEAWEED,t} \times FCS_{RDOC,t} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta C_{RDOC,t} = \frac{C_{RDOC,t} - C_{RDOC,t_0}}{T} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta C_{RDOC,t}$ ——第 t 年的海水有机碳碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e·a⁻¹）；

$C_{RDOC,t}$ ——第 t 年的海水有机碳碳储量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

T ——栽培大型海藻碳汇监测间隔周期，单位为年（a）；

$B_{SEAWEED,t}$ ——第 t 年的收获海藻生物量（干重），单位为吨（t）；

$FCS_{RDOC,t}$ ——海藻栽培过程中形成的海水有机碳碳储量占海藻收获量的比率，无量纲，见附录 C；

t_0 ——监测期期初；

t_1 ——监测期期末；

44/12——将 C 转换为 CO₂ 的分子量比值，无量纲。

6.7 沉积物有机质碳储量变化的监测

栽培海域内沉积物有机质碳储量可根据现场调查数据和经验参数计算，具体按照公式（3）和（4）计算：

$$C_{SOC,t} = B_{SEAWEED,t} \times FCS_{SOC,t} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta C_{SOC,t} = \frac{C_{SOC,t1} - C_{SOC,t0}}{T} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\Delta C_{SOC,t}$ ——第 t 年的沉积物有机质碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e • a⁻¹）；

$C_{SOC,t}$ ——第 t 年的沉积物有机质碳储量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

T ——栽培大型海藻碳汇监测间隔周期，单位为年（a）；

$B_{SEAWEED,t}$ ——第 t 年的收获海藻生物量（干重）的变化量，单位为吨（t）；

$FCS_{SOC,t}$ ——海藻栽培过程中形成的沉积物有机质碳储量占海藻收获量的比率，无量纲，见附录

C；

t_0 ——监测期期初；

t_1 ——监测期期末；

44/12——将 C 转换为 CO₂ 的分子量比值，无量纲。

6.8 温室气体排放量的监测

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

$$GHG_{E,t} = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K P_{s,l,k,t} \times EF_{CO_2,k} \times NCV_k \times PA_t \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$GHG_{E,t}$ ——第 t 年的栽培活动所导致的栽培边界内温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

PA_t ——第 t 年的海藻栽培区的总面积，单位为平方米（m²）；

NCV_k ——燃料类型 k 的平均低位发热量，对固体或液体燃料，单位为吉焦每吨（GJ/t），对气体燃料，单位为吉焦每万标立方米（GJ/10⁴Nm³），见附录 D；

$EF_{CO_2,k}$ ——燃料类型 k 的排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）；

$P_{s,l,k,t}$ ——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，对固体或液体燃料，单位为千克每平方米（t/m²），对气体燃料，单位为万标立方米每平方米（10⁴Nm³/m²）。

$$EF_{CO_2,k} = CC_k \times OF_k \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (6)$$

$EF_{CO_2,k}$ ——燃料类型 k 的排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）；

CC_k ——燃料类型 k 的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ），见附录 D；

OF_k ——燃料类型 k 的碳氧化率，无量纲，见附录 D；

44/12——将 C 转换为 CO₂ 的分子量比值，无量纲。

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，应实施如下质量保证和质量控制（QA/QC）程序：

- 1) 在本文件的基础上，制定详细的监测计划；
- 2) 制定野外测定和数据收集的技术步骤和细则，野外测定的所有细节都要记录在案以便于核查；
- 3) 对每个野外工作组成员进行野外数据收集和数据分析培训，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，而且负责人要确认组员已接受培训。

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（该测定应与原工作组不同的工作组完成）。计算两次测定的误差，发现并纠正可能发生的错误；
- 2) 两次测定的误差应不超过 $\pm 10\%$ ，如果两次测定的误差超过 $\pm 10\%$ ，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。同时从相同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。
- 3) 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不同的测定人员对标准操作程序的理解不同引起的，测定人员应共同对操作程序进行修正。

7.3 数据录入、分析和归档

为尽可能减少数据录入过程中的错误，应对录入的野外调查数据和实验室数据进行独立复核，以确保数据的一致性。

如果发现数据错误或异常情况，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，则该样地不能用于分析目的。

数据归档方式包括电子版和印刷版，所有的电子版数据和报告均须通过可永久存放的载体备份。存档的内容包括：

- 1) 所有原始的野外测定数据、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和温室气体排放数据及相关的电子数据表；
- 3) 各种图件，包括 GIS 生成的文件；
- 4) 监测报告的备份文件。

附 录 A
(规范性)
栽培大型海藻碳汇监测计划

表 A.1 给出了栽培大型海藻碳汇项目的监测计划。

表 A.1 (栽培大型海藻项目名称) 碳汇监测计划表

1.监测计划的版本制订及修订			
版本号	制订(修订)内容	制订(修订)时间	备注
2.报告主体描述			
栽培大型海藻项目名称			
地址			
监测时间		栽培面积	
海藻栽培方(负责人)	姓名:	电话:	
监测计划制定人	姓名:	电话:	邮箱:
包括但不限于以下内容: (1) 碳汇项目简介 (2) 海藻品种 (至少包括: 主要栽培大型海藻的名称、含碳率和干湿比) (3) 样地设置 (至少包括: 样地数量、样地位置和样地面积)			

续（表 A.1）

3.碳库碳储量变化监测

(1) 海藻生物质碳储量变化的监测

种类编号	海藻栽培面积	含碳率	干湿比	海藻质量

(2) 海水有机碳碳储量变化的监测

种类编号	海藻栽培面积	海水碳库中碳储量的比率	海藻质量

(3) 沉积物有机质碳储量变化的监测

种类编号	海藻栽培面积	沉积物碳库中碳储量的比率	海藻质量

4.温室气体排放量监测

燃料种类	单位	数据的计算方法及获取方式 选取以下获取方式： ■ 实测值（如是，请具体填报时，采用在表下加备注的方式写明具体方法和标准）； ■ 默认值（如是，请填写具体数值）； ■ 相关方结算凭证（如是，请具体填报时，采用在表下加备注的方式填写如何确保供应商数据质量）； ■ 其他方式（如是，请具体填报时，采用在表下加备注的方式详细描述）。	测量设备（适用于数据获取方式来源于实测值）					数据记录频次	数据缺失时的处理方式	数据获取负责部门
			监测设备 及型号	监测设备 安装位置	监测 频次	监测设备 精度	规定的 监测设备 校准频次			
燃料种类 A										
单位面积燃料消耗量										
海域面积										
燃料净热值										
燃料排放因子										
燃料种类 B										
单位面积燃料消耗量										

续（表 A.1）

海域面积										
燃料净热值										
燃料排放因子										
燃料种类 C										
单位面积燃料消耗量										
海域面积										
燃料净热值										
燃料排放因子										
... ..										

续（表 A.1）	
5.数据内部质量控制和质量保证相关规定	
至少包括如下内容： （1） 栽培大型海藻碳汇监测计划的制订（修订）、监测报告专门人员的指定情况； （2） 栽培大型海藻碳汇监测计划的审批和执行等管理程序； （3） 栽培大型海藻碳汇监测报告的编写、内部评估以及审批等管理程序； （4） 栽培大型海藻碳汇监测数据文件的归档管理程序等内容。 （如不能全部描述可增加附件说明）	
填报人：	填报时间：
内部审核人：	审核时间：
填报单位盖章	

附 录 B
(规范性)
样本取样方法和处理方法

表B.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B.2给出了数据记录表。

表 B. 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
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 B. 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		
幼苗									以数量计	单位面积幼苗数量	平均个体干重
						平均值				幼苗总生物量	
									以生物量计		
成藻									单位面积成藻产量		
						平均值					

附 录 C
(规范性)
常见栽培大型海藻种类碳含量

表 C.1 给出了常见栽培大型海藻种类藻体的含碳率。

表 C.1 常见栽培大型海藻种类藻体的含碳率

种类	拉丁名	含碳率推荐取值
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 C.2 给出了大型海藻栽培过程中形成的沉积物有机质和海水有机碳碳储量占藻类收获量的比率。

表 C.2 比率经验值

项目	推荐取值
大型藻类形成的沉积物有机质碳储量占藻类收获量的比率	0.0047
大型藻类形成的海水有机碳碳储量占藻类收获量的比率	0.0866

附 录 D
(资料性)
常用化石燃料相关参数推荐值

表 D.1 给出了常用化石燃料相关参数推荐值。

表 D.1 常用化石燃料相关参数推荐值

燃料品种		计量单位	低位发热量 (GJ/t, GJ/10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳量 (tC/GJ)	燃料碳氧化率
固体 燃料	无烟煤	t	26.7 ^c	27.4 ^b ×10 ⁻³	94%
	烟煤	t	19.570 ^d	26.1 ^b ×10 ⁻³	93%
	褐煤	t	11.9 ^c	28 ^b ×10 ⁻³	96%
	洗精煤	t	26.334 ^a	25.41 ^b ×10 ⁻³	90%
	其它洗煤	t	12.545 ^a	25.41 ^b ×10 ⁻³	90%
	型煤	t	17.460 ^d	33.6 ^b ×10 ⁻³	90%
	石油焦	t	32.5 ^c	27.5 ^b ×10 ⁻³	98%
	其他煤制品	t	17.460 ^d	33.60 ^d ×10 ⁻³	90%
	焦炭	t	28.435 ^a	29.5 ^b ×10 ⁻³	93%
液体 燃料	原油	t	41.816 ^a	20.1 ^b ×10 ⁻³	98%
	燃料油	t	41.816 ^a	21.1 ^b ×10 ⁻³	98%
	汽油	t	43.070 ^a	18.9 ^b ×10 ⁻³	98%
	柴油	t	42.652 ^a	20.2 ^b ×10 ⁻³	98%
	一般煤油	t	43.070 ^a	19.6 ^b ×10 ⁻³	98%
	液化天然气	t	44.2 ^c	17.2 ^b ×10 ⁻³	98%
	液化石油气	t	50.179 ^a	17.2 ^b ×10 ⁻³	98%
	石脑油	t	44.5 ^c	20.0 ^b ×10 ⁻³	98%
	其它石油制 品	t	40.2 ^c	20.0 ^b ×10 ⁻³	98%
气体 燃料	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31 ^a	15.3 ^b ×10 ⁻³	99%

注：数据来源 a：《中国能源统计年鉴 2019》，b：《省级温室气体清单编制指南（试行）》，c：《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》，d：《中国温室气体清单研究》（2007）。

附录 E

(资料性)

中国区域电力和热力平均二氧化碳排放因子

表 E.1 给出了中国区域电力和热力平均二氧化碳排放因子。

表 E.1 中国区域电力和热力平均二氧化碳排放因子

名称	数值	单位
电力排放因子	0.5810*	tCO ₂ /MWh
热力排放因子	0.11	tCO ₂ /GJ
注：来源《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150-2015）、《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施(2022 年修订版)》。		
*建议使用区域电网最新排放因子。		

参 考 文 献

- [1] GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [2] LY/T 2988-2018 森林生态系统碳储量计量指南
 - [3] AR-CM-001-V01 碳汇造林项目方法学
-