

ICS 07.060

CCS A 45

DB3309

浙江省舟山市地方标准

DB3309/T XXXX—20XX

贻贝养殖海域碳汇核算方法

Accounting method of carbon sink in mussel culture area

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

舟山市市场监督管理局 发布

目 次

目录

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 原理与方法	3
4.1 原理	3
4.2 取样和测定方法	4
4.3 核算方法	5
附录 A（规范性）碳汇核算相关系数	8

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。

本文件由浙江大学舟山海洋研究中心提出。

本文件由舟山市海洋经济发展局归口。

本文件起草单位：浙江大学舟山海洋研究中心、浙江大学、自然资源部第二海洋研究所、嵊泗县景晟贻贝产业发展有限公司、舟山市生态环境局。

本文件主要起草人：江宗培、泮红文、俞超超、肖金星、张思琪、郑国轴、潘依雯、陈鹏、邓腾、金友定、戴央章、王飏、任芮芮。

贻贝养殖海域碳汇核算方法

1 范围

本文件规定了贻贝养殖海域碳汇核算方法的术语和定义、原理、取样和测定方法、核算方法等内容。

本文件适用于贻贝养殖海域的碳汇测算。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。其中，凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 30891-2014 水产品抽样规范

DB33/T 472-2023 贻贝养殖技术规范

DB45/T 1230-2015 红树林湿地生态系统固碳能力评估技术规程

HY/T 0349-2022 海洋碳汇核算方法

HY/T 0343.4-2022 海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程

HY/T 0305-2021 养殖大型藻类和双壳贝类碳汇核算方法碳储量变化法

SC/T 1133-2022 渔业碳汇计量方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

贻贝 mussel

为软体动物门、双壳纲、翼形亚纲、异柱目、贻贝科、贻贝属的海洋动物。我国主要养殖种类包括厚壳贻贝（*Mytilus coruscus*）、紫贻贝（*Mytilus edulis*）等。

3.2

碳储库 carbon Reservoir

具有储存和释放碳能力的生态库（如海洋碳库、大气碳库、土壤碳库等）。本文件中贻贝养殖涉及的碳储库还包括贻贝生物碳储库（贻贝活体组织和壳体），沉积碳储库（养殖区海底沉积物），惰性溶解有机碳储库等。

3.3

碳汇 carbon sink

通过自然或人为过程吸收并储存二氧化碳或其他含碳化合物的系统、过程或机制。界定碳汇需明确其碳储库归属，即碳汇所吸收二氧化碳的来源。

3.4

贻贝养殖周期 mussel farming cycle

贻贝从苗种投放开始，经历生长、发育、成熟，最终达到上市规格的过程。通常为12-24个月，具体周期需根据当地水温、养殖品种和模式确定。

3.5

卫星遥感 satellite remote sensing

是指从地面到空间各种对地球、天体观测的综合性技术系统的总称。

3.6

二氧化碳分压 partial pressure of carbon dioxide

大气二氧化碳分压是指在一定温度下，CO₂气体单独存在并且占有与大气相同体积时的压力。海水二氧化碳分压是指在一定温度和盐度下，海水与空气的CO₂分压达到平衡时空气的CO₂分压。

3.7

海-气二氧化碳交换 air-sea CO₂ exchange

表层海水与大气间CO₂的动态交换过程，其通量计算需结合海水与大气CO₂分压差、海水温度、盐度、风速等参数。

4 原理与方法

4.1 原理

4.1.1 贻贝生物碳储量变化法

本方法通过测定贻贝养殖周期始末生物体碳储量的净变化，量化贻贝生物作为碳载体对海洋碳库的碳汇量。即在一个养殖周期内，通过单位面积内贻贝成体收获时生物碳储量减去幼苗初始投放时的生物碳储量，以该贻贝生物碳储量变化评估贻贝生物作为碳载体对海洋碳库的碳汇量。

4.1.2 海-气界面二氧化碳通量变化法

本方法通过对比养殖海域和邻近自然海域在养殖周期内海-气界面CO₂交换通量的差别，在生态系统层面上量化贻贝养殖活动对海域吸收大气CO₂能力的改变。在贻贝养殖海域观测所得的表观海-气二氧化碳交换通量包括海域自然生态系统本底碳通量（无养殖活动）和贻贝养殖对海域吸收大气二氧化碳能力的变化值（即人为养殖活动对大气碳储库的源汇作

用)。因此,通过比较贻贝养殖海域和邻近自然海域的海-气界面二氧化碳通量的差值,可以计算贻贝养殖对大气碳库的碳汇量。

4.1.3 贻贝养殖长期碳汇评估法

本方法基于贻贝养殖对海洋碳埋藏和长期储存(颗粒有机碳沉积埋藏和惰性溶解有机碳转化)的影响,评估贻贝养殖对海洋长期碳汇的改变量。在稳态假设的条件下,该海洋长期碳汇的改变会通过海-气界面二氧化碳交换进行平衡,因此该海洋长期碳汇的改变量也等于贻贝养殖对大气碳库的长期碳汇量。长期碳汇可以通过对比养殖海域沉积物和非养殖海域在沉积物碳埋藏和惰性溶解有机碳生成的差异进行计算。

4.2 取样和测定方法

4.2.1 贻贝生物碳储量变化法

在测定贻贝的贝苗和成贝干湿比等各项数值时,针对规格参差不齐的问题,取样应涵盖不同批次样品,取样方法按照 GB/T 30891-2014 中 5.3.2.2 规定的抽样方案执行,并将贝壳和软体部分分离。单位面积的产量采用现场实际测定并结合当地渔业部门统计数据进行比较验证;对于无法完全收获需要抽样估算的,抽样方法按 SC/T 2005.2-2000 中第 6 章规定的验收方法执行;若无法获取样品的,可参考当地渔业部门的统计数据。贻贝碳汇量评估相关系数按照 HY/T0305-2021 中章节 4.2 规定的方法测定;若无法测定的,可参考 HY/T 0305-2021 表 A.1。

4.2.2 海-气二氧化碳通量变化法

在贻贝养殖海域及其邻近自然海域设置多个监测点,对照自然海域要求与养殖区自然条件(水深、潮流等)相似,且不受养殖活动干扰。通过各监测点的海-气界面二氧化碳分压差($\Delta p\text{CO}_2$),结合海表温度(SST)、盐度(SSS)和风速,计算出各监测点吸收或释放的瞬时二氧化碳通量(FCO_2),将各监测点的瞬时二氧化碳通量进行空间平均和时间积分,计算得到目标时空尺度的海域海-气二氧化碳通量(参考行业标准 HY/T 0343.4-2022)。通过卫星遥感、原位传感器、船载走航等方法进行定期采样获取海-气二氧化碳通量计算所需参数。其中,海水二氧化碳分压($p\text{CO}_2\text{sea}$)可以通过卫星遥感反演、传感器直接测定或者利用溶解无机碳(DIC)和总碱度(TA)测定结果通过碳酸盐体系计算得到,海表温度、盐度、海面 10 米风速等通过卫星遥感或现场直接测定获得,具体计算流程及数据处理参照 HY/T 0343.7-2022 规定的方法执行。

4.2.3 贻贝养殖长期碳汇评估法

贻贝养殖的长期碳汇体现在影响沉积碳汇和惰性溶解有机碳生成转化两个方面。

贻贝养殖沉积碳汇量采用 DB45/T1230-2015 中 5.2.1 规定的标志桩法，定期测量养殖区与对照区沉积物高程变化及碳含量，计算贻贝养殖导致的沉积物碳库增量。

贻贝养殖贡献的惰性溶解有机碳生成速率可通过现场围隔培养实验测定，通过测定贻贝代谢释放的溶解有机碳（DOC）在长期黑暗培养条件下的降解动态，计算其转化为惰性溶解有机碳（RDOC）的比例及生成速率。现场操作时将砂滤自然海水及贻贝按照一定比例（可根据养殖密度确定）置于透明现场围隔中，与贻贝养殖区海水环境保持同步，开展为期一周的培养实验。培养实验设置 5 个平行组，3 个空白对照组。7d 后取围隔中海水于 2L 棕色玻璃瓶中，进行恒温黑暗培养，分别在培养的第 0、15、30、60、100、150、200 天等进行溶解有机碳的测定。

4.3 核算方法

4.3.1 基于贻贝生物碳储量变化的核算方法

一个养殖周期内，通过贻贝生长和收获将海洋碳库中的碳移出海水，其生物碳储量的变化值即贻贝作为生物载体从海洋碳库中移除的碳汇量，按照公式（1）计算：

$$\Delta C_{\text{贻贝}} = (C_{\text{BH}} - C_{\text{BS}}) \times S \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\Delta C_{\text{贻贝}}$ ——贻贝作为生物碳载体从海洋中移除的碳量，单位为吨碳（t C）；

C_{BH} ——收获时期贻贝成体的碳储量，单位为吨碳每公顷（t C/hm²）；

C_{BS} ——布苗时期贻贝幼苗的碳储量，单位为吨碳每公顷（t C/hm²）；

S ——贻贝养殖海域的面积，单位为公顷（hm²）。

贻贝生物体总碳储量包括软组织有机碳和贝壳无机碳，布苗时期贻贝幼苗和收获时期贻贝成体的碳储量均遵循以下公式计算：

$$C_{\text{B}} = W \times R_{\text{dw}} \times (R_{\text{sh}} \times C_{\text{sh}} + R_{\text{m}} \times C_{\text{m}}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C_{B} ——贻贝的生物碳储量，单位为吨碳每公顷（t C/hm²）；

W ——贻贝的总生物量，单位为吨每公顷（t/hm²）；

R_{dw} ——贻贝的干湿比；

R_{sh} ——贝壳占贻贝的质量比；

C_{sh} ——贝壳含碳率；

R_{m} ——贝肉占贻贝的质量比；

C_{m} ——贝肉含碳率；

注：公式参照 HY/T 0305-2021 中 4.3.2 章节。

4.3.2 基于生态系统海-气界面二氧化碳通量的核算方法

从生态系统层面上量化贻贝养殖活动对海域吸收大气 CO₂ 能力的改变，即贻贝养殖活动在养殖海域的一个养殖周期内对大气碳库的碳汇量 (ΔFCO_2 _{贻贝}，单位为 t C)，按照公式 (3) 计算：

$$\Delta FCO_2 \text{ 贻贝} = \int_{\text{贝苗}}^{\text{成体}} (FCO_2 \text{ 养殖海区} - FCO_2 \text{ 自然本底}) \times S \times dt \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ΔFCO_2 _{贻贝}——一个养殖周期内，贻贝养殖海域海气二氧化碳通量与邻近非养殖自然海域海气二氧化碳通量的差值，单位为 t C；

FCO_2 _{养殖海区}——贻贝养殖海区在单位时间、单位面积的海气二氧化碳交换通量平均值，单位为吨碳每公顷每天[t C/(hm² · d)]；

FCO_2 _{自然本底}——邻近非养殖海域在单位时间、单位面积的自然本底海气二氧化碳交换通量平均值，单位为吨碳每公顷每天[t C/(hm² · d)]；

t ——一个养殖周期所包括的时间，单位为天 (d)。

其中 FCO_2 _{养殖海区} 和 FCO_2 _{自然本底} 采用海-气二氧化碳分压差法 (参考行业标准 HY/T 0343.7-2022) 计算得到。

4.3.3 贻贝养殖长期碳汇评估法

养殖贻贝通过颗粒有机碳沉积埋藏和惰性溶解有机碳生成转化的方式实现了碳的长期封存，这部分碳汇量按照公式 (4) 核算：

$$C_{LT} = \Delta C_{sed} + C_{RDOC} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

C_{LT} ——贻贝养殖在一个养殖周期内相对海洋碳库和大气碳库的长期碳汇量，单位为吨碳 (t C)；

ΔC_{sed} ——贻贝养殖导致的贻贝养殖海域沉积固碳量改变，单位为吨碳 (t C)；

C_{RDOC} ——贻贝养殖贡献的惰性溶解有机碳生成和转化，单位为吨碳 (t C)。

4.3.3.1 贻贝养殖沉积碳汇量

贻贝养殖对沉积碳库的改变通过测定养殖海域沉积物和非养殖海域沉积物的固碳量差值得到，按照公式 (5) 计算：

$$\Delta C_{sed} = S \times (C_{sed\text{-养殖海区}} - C_{sed\text{-自然本底}}) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$C_{sed\text{-养殖海区}}$ ——贻贝养殖海域沉积物有机碳含量，按照公式 (6) 计算，单位为吨碳每公顷 (t C/hm²)；

$C_{\text{sed-自然本底}}$ ——非贻贝养殖海域沉积物有机碳含量，按照公式（6）计算，单位为吨碳每公顷（t C/hm²）；

S ——贻贝养殖海域的面积，单位为公顷（hm²）。

沉积物有机碳含量计算公式如下：

$$C_{\text{sed}} = \rho \times S_{\text{mus}} \times R_{\text{mus}} \times T / 100 \cdots \cdots \cdots (6)$$

式中：

C_{sed} ——沉积物中的有机碳含量，单位为吨碳每公顷（t C/hm²）；

ρ ——沉积物容量，单位为克/立方厘米（g/cm³）；

S_{mus} ——沉积物有机碳含量质量比（以碳计），单位为%；

R_{mus} ——沉积物沉积速率，单位为厘米/年（cm/a）；

T ——养殖周期时长，单位为年（a）。

4.3.3.2 贻贝养殖海水惰性溶解有机碳汇量

贻贝养殖贡献的惰性溶解有机碳的碳汇量按照公式（7）计算：

$$C_{\text{RDOC}} = R_{\text{RDOC}} \times S \times W \times t \times 10^{-3} \cdots \cdots \cdots (7)$$

C_{RDOC} ——贻贝养殖贡献的惰性溶解有机碳的碳汇量，单位为吨碳（t C）；

R_{RDOC} ——贻贝养殖的惰性溶解有机碳的生成速率，单位为克碳每千克贻贝每天[g C/(kg·d)]；

S ——贻贝养殖海域的面积，单位为公顷（hm²）；

W ——贻贝的总生物量，单位为吨每公顷（t/hm²）；

t ——一个养殖周期所包括的时间，单位为天（d）。

贻贝贡献的惰性溶解有机碳生成速率可以通过现场围隔培养实验（4.2.3）测定，按照式（8）计算：

$$R_{\text{RDOC}} = \frac{(C_e - C_0) \times V}{M_t \times t_w} \times 10^{-3} \cdots \cdots \cdots (8)$$

式中：

R_{RDOC} ——贻贝养殖的惰性溶解有机碳的生成速率，单位为克碳每千克贻贝每天[g C/(kg·d)]；

C_e ——经过长时间培养后，实验组溶解有机碳不随时间变化趋于稳定的浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

C_0 ——经过长时间培养后，空白对照组溶解有机碳不随时间变化趋于稳定的浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

V ——围隔实验中海水的体积，单位为升（L）；

M_t ——围隔实验中贻贝的湿重，单位为千克（kg）；

t_w ——围隔实验所持续的时间，单位为天（d）。

附录 A

(规范性)

碳汇核算相关系数

表 A 部分贝类成贝的核算相关系数参考值 (参考值来源于 HY/T 0349-2022)

贝类种类	贝肉干重比 (%)	贝壳干重比 (%)	贝肉碳含量 (%)	贝壳碳含量 (%)	干湿重比 (%)
贻贝	4.63	70.64	46.00	12.70	75.28
牡蛎	1.30	63.80	44.90	11.50	65.10
扇贝	7.32	56.58	43.90	11.40	63.89
蛤	7.67	44.65	42.80	11.40	52.55
蛏	6.62	64.78	42.99	13.24	64.21
蚶	3.66	34.33	45.86	11.29	64.21