

ICS XXXXX
X XX^a
备案号: XXXX-XXXX

HY

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXXX-202X

中国海洋碳汇经济价值核算标准

Economic value accounting standard of marine carbon sink in

China

(征求意见稿)

20XX-XX-XX发布

20XX-XX-XX实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 海洋碳汇能力评估.....	3
5 海洋碳汇经济价值核算.....	8
附录 A（资料性）藻类碳汇和海水贝类碳汇能力评估相关系数参考值	12
附录 B（资料性）海洋生态系统服务价值推荐核算方法	13
参考文献.....	15
表 1 海洋碳汇经济价值核算体系	9

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/TC 283）归口。

本文件起草单位：自然资源部第一海洋研究所、国家海洋标准计量中心。

本文件主要起草人：刘大海、王玉红、郭振、李晓璇、汤海荣、于莹、张尧、刘镇杭、邢文秀、邱丽萍。

中国海洋碳汇经济价值核算标准

1 范围

本文件规定了中国海洋碳汇能力评估和海洋碳汇经济价值核算的基本内容和要求。

本文件适用于中国海洋碳汇能力评估和海洋碳汇经济价值核算与比较。

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。

DB 45/T 1230-2015 红树林湿地生态系统固碳能力评估技术规程

T/CAOE 20.4-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第4部分：盐沼

T/CAOE 20.6-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第6部分：海草床

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海洋碳汇 ocean carbon sink

通过海洋生物、非生物和其他海洋活动，吸收并固定大气中的二氧化碳的过程、活动和机制。

注：海洋碳汇由滨海生态系统碳汇和海洋生态系统碳汇两部分组成。

3.2

滨海生态系统碳汇 carbon sink of coastal ecosystem

通过红树林、盐沼和海草床生态系统吸收并固定大气中的二氧化碳的过程、活动和机制。

注：滨海生态系统碳汇由红树林生态系统碳汇、盐沼生态系统碳汇和海草床生态系统碳汇三部分组成。

其中，红树林生态系统碳汇由红树林沉积物碳汇、红树林植物碳汇、红树林底栖动物碳汇三部分组成；盐沼生态系统碳汇由盐沼沉积物碳汇、盐沼植物碳汇和盐沼底栖动物碳汇三部分组成；海草床生态系统碳汇由海草床初级生产碳汇、海草床底栖藻类碳汇、海草床增殖碳汇和海草床捕获沉积碳汇四部分组成。

3.3

海洋生态系统碳汇 carbon sink of marine ecosystem

通过海洋生态系统吸收并固定大气中的二氧化碳的过程、活动和机制。

注：海洋生态系统碳汇由藻类碳汇、海水贝类碳汇和浮游植物碳汇三部分组成。

3.4

红树林 mangroves

生长在热带和亚热带低能海岸潮间带上部，受周期性潮水浸淹，以红树林植物为主体的常绿灌木或乔木组成的潮滩湿地木本生物群落。

[来源：DB 45/T 1230-2015]

3.5

盐沼 salt marshes

含有大量盐分的湿地。

注：海滨盐沼分布在河口或海滨浅滩，由海水浸渍或潮汐交替作用而成。

[来源：TCAOE 20.4-2020]

3.6

海草床 seagrass bed

由一种或多种海草组成的大面积连片的海草群落。

注：改写 TCAOE 20.6-2020，定义 3.2。

3.7

浮游植物碳汇 carbon sink of phytoplankton

浮游植物作为初级生产力，通过光合作用吸收并固定海水中二氧化碳的过程、活动和机制。

3.8

藻类碳汇 carbon sink of algae culture

通过藻类活动，吸收并固定海水中二氧化碳的过程、活动和机制。

3.9

海水贝类碳汇 carbon sink of shellfish culture

通过海水贝类活动，吸收并固定海水中二氧化碳，并通过收获海水贝类将碳移出水体的

过程、活动和机制。

3.10

海洋碳汇经济价值 economic value of ocean carbon sink

吸收并固定二氧化碳的海洋生物、非生物和其他海洋活动的市场价值。

4 海洋碳汇能力评估

海洋碳汇计算公式见式 (1):

$$C_{\text{BLUE}} = C_{\text{coastal}} + C_{\text{sea}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

C_{BLUE} ——海洋碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{coastal} ——滨海生态系统碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{sea} ——海洋生态系统碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)。

注: 本文件中碳汇能力评估以固定的碳 (C) 量作为计算结果。

其中, 滨海生态系统碳汇和海洋生态系统碳汇计算公式见式 (2)、(3):

$$C_{\text{coastal}} = C_{\text{mangroves}} + C_{\text{saltmarsh}} + C_{\text{seagrass}} \dots\dots\dots (2)$$

$$C_{\text{sea}} = C_{\text{seaweed}} + C_{\text{shellfish}} + C_{\text{phytoplankton}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$C_{\text{mangroves}}$ ——红树林生态系统碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

$C_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼生态系统碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{seagrass} ——海草床生态系统碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{seaweed} ——藻类碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

$C_{\text{shellfish}}$ ——海水贝类碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

$C_{\text{phytoplankton}}$ ——浮游植物碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)。

4.1 滨海生态系统碳汇能力评估

4.1.1 红树林生态系统碳汇能力评估

红树林生态系统碳汇计算公式见式 (4):

$$C_{\text{mangroves}} = C_{\text{ms}} + C_{\text{mp}} + C_{\text{mb}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

C_{ms} ——红树林沉积物碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{mp} ——红树林植物碳汇能力, 单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{mb} ——红树林底栖动物碳汇能力，单位为克每年 ($g \cdot a^{-1}$)。

4.1.1.1 红树林沉积物碳汇

红树林沉积物碳汇能力采用标志桩法测定，计算公式见式 (5)：

$$C_{ms} = \rho_{mangroves} \times SOC_{mangroves} \times R_{mangroves} \times A_{mangroves} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$\rho_{mangroves}$ ——红树林沉积物容重，单位为克每立方厘米 ($g \cdot cm^{-3}$)；

$SOC_{mangroves}$ ——红树林沉积物中有机碳含量，单位为毫克每克 ($mg \cdot g^{-1}$)；

$R_{mangroves}$ ——红树林沉积速率，单位为毫米每年 ($mm \cdot a^{-1}$)；

$A_{mangroves}$ ——红树林面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.1.2 红树林植物碳汇

红树林植物调查采用群落样方调查方法。红树林植物碳汇能力计算公式见式 (6)：

$$C_{mp} = A_{mangroves} \times \sum_{i=1}^n (P_i^{mp} \times CF_i^{mp}) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

P_i^{mp} ——第 i 种红树林植物年净初级生产力 (评估区共有 n 种红树林植物)，单位为克每平方米每年 ($g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)；

CF_i^{mp} ——第 i 种红树林植物平均含碳比率 (评估区共有 n 种红树林植物)，无量纲；

$A_{mangroves}$ ——红树林面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.1.3 红树林底栖动物碳汇

红树林底栖动物调查采用群落样方调查方法。红树林底栖动物碳汇能力计算公式见式 (7)：

$$C_{mb} = \frac{A_{mangroves}}{m} \times \sum_{j=1}^m (P_j^{mb} \times CCB_j^{mb}) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

P_j^{mb} ——第 j 个调查站位的年次级生产力 (评估区共有 m 个调查站位)，单位为克每平方米每年 ($g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)；

CCB_j^{mb} ——第 j 个调查站位的底栖动物碳含量 (评估区共有 m 个调查站位)，无量纲；

$A_{mangroves}$ ——红树林面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.2 盐沼生态系统碳汇能力评估

盐沼生态系统碳汇能力计算公式见式 (8)：

$$C_{saltmarsh} = C_{ss} + C_{sp} + C_{sb} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

C_{ss} ——盐沼沉积物碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{sp} ——盐沼植物碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$);

C_{sb} ——盐沼底栖动物碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)。

4.1.2.1 盐沼沉积物碳汇

盐沼沉积物碳汇能力采用标志桩法测定，计算公式见式 (9):

$$C_{ss} = \rho_{\text{saltmarsh}} \times SOC_{\text{saltmarsh}} \times R_{\text{saltmarsh}} \times A_{\text{saltmarsh}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$\rho_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼沉积物容重，单位为克每立方厘米 ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$);

$SOC_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼沉积物中有机碳含量，单位为毫克每克 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$);

$R_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼沉积速率，单位为毫米每年 ($\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$);

$A_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.2.2 盐沼植物碳汇

盐沼植物调查采用群落样方调查方法。盐沼植物碳汇能力计算公式见式 (10):

$$C_{sp} = A_{\text{saltmarsh}} \times \sum_{i=1}^n (P_i^{\text{sp}} \times CF_i^{\text{sp}}) \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_i^{sp} ——第 i 种盐沼植物年净初级生产力 (评估区共有 n 种盐沼植物)，单位为克每平方米每年 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$);

CF_i^{sp} ——第 i 种盐沼植物 (柶柳、芦苇、碱蓬等) 平均含碳比率 (评估区共有 n 种盐沼植物)，无量纲;

$A_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.2.3 盐沼底栖动物碳汇

盐沼底栖动物调查采用群落样方调查方法。盐沼底栖动物碳汇能力计算公式见式(11):

$$C_{sb} = \frac{A_{\text{saltmarsh}}}{m} \times \sum_{j=1}^m (P_j^{\text{sb}} \times CCB_j^{\text{sb}}) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

P_j^{sb} ——第 j 个调查站位的年次级生产力 (评估区共有 m 个调查站位)，单位为克每平方米每年 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$);

CCB_j^{sb} ——第 j 个调查站位的底栖动物碳含量 (评估区共有 m 个调查站位)，无量纲;

$A_{\text{saltmarsh}}$ ——盐沼面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.3 海草床生态系统碳汇能力评估

海草床生态系统碳汇能力计算公式见式 (12):

$$C_{\text{seagrass}} = C_{\text{sgp}} + C_{\text{sgb}} + C_{\text{sge}} + C_{\text{sgs}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- C_{sgp} ——海草床初级生产碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- C_{sgb} ——海草床底栖藻类碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- C_{sge} ——海草床增殖碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- C_{sgs} ——海草床捕获沉积碳汇能力，单位为克每年 ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}$)。

4.1.3.1 海草床初级生产碳汇

海草床初级生产碳汇评估采用打孔标记法，计算公式见式 (13)：

$$C_{\text{sgp}} = A_{\text{seagrass}} \times \sum_{i=1}^n (P_i^{\text{sgp}} \times CF_i^{\text{sgp}}) \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- P_i^{sgp} ——第 i 种海草床植物年净初级生产力 (评估区共有 n 种海草床植物)，单位为克每平方米每年 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- CF_i^{sgp} ——第 i 种海草床植物平均含碳比率 (评估区共有 n 种海草床植物)，无量纲；
- A_{seagrass} ——海草床面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.3.2 海草床底栖藻类碳汇

海草床底栖藻类碳汇能力计算公式见式 (14)：

$$C_{\text{sgb}} = A_{\text{seagrass}} \times (P_1^{\text{sgb}} \times CF_1^{\text{sgb}} + P_2^{\text{sgb}} \times CF_2^{\text{sgb}}) \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- P_1^{sgb} ——海草附着微藻与附着大型藻类年净初级生产力，单位为克每平方米每年 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- P_2^{sgb} ——海草底栖微藻与底栖大型藻类年净初级生产力，单位为克每平方米每年 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- CF_1^{sgb} ——海草附着微藻与附着大型藻类平均含碳比率，无量纲；
- CF_2^{sgb} ——海草底栖微藻与底栖大型藻类平均含碳比率，无量纲；
- A_{seagrass} ——海草床面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.3.3 海草床增殖碳汇

海草床增殖碳汇能力计算公式见式 (15)：

$$C_{\text{sge}} = A_{\text{seagrass}} \times B_{\text{sge}} \times S_{\text{sge}} \times CF_{\text{sge}} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- B_{sge} ——海草床年均增殖贝类生物量，单位为克每平方米每年 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)；
- S_{sge} ——海草床增殖贝类壳比重，无量纲；

CF_{sge} ——海草床增殖贝类平均含碳比率，无量纲；

$A_{seagrass}$ ——海草床面积，单位为平方米 (m^2)。

4.1.3.4 海草床捕获沉积碳汇

海草床捕获沉积固碳能力计算公式见式 (16)：

$$C_{sgs} = A_{seagrass} \times B_{sgs} \times CF_{sgs} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

B_{sgs} ——海草床对悬浮物年均捕获量，单位为克每平方米每年 ($g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)；

CF_{sgs} ——海草床捕获沉积物中有机颗粒碳比率，无量纲；

$A_{seagrass}$ ——海草床面积，单位为平方米 (m^2)。

4.2 海洋生态系统碳汇能力评估

4.2.1 藻类碳汇能力评估

藻类碳汇能力计算公式见式 (17)：

$$C_{seaweed} = \sum_{i=1}^n (P_i^{sw} \times K_i^{sw} \times CF_i^{sw}) \dots\dots\dots (17)$$

式中：

P_i^{sw} ——第 i 种海藻的年度产量 (湿重) (评估区共有 n 种海藻)，单位为克每年 ($g \cdot a^{-1}$)；

K_i^{sw} ——第 i 种海藻湿重与干重之间的转换系数 (评估区共有 n 种海藻)，无量纲；

CF_i^{sw} ——第 i 种海藻干质量下的碳含量 (评估区共有 n 种海藻)，无量纲。

4.2.2 海水贝类碳汇能力评估

海水贝类碳汇能力计算公式见式 (18)：

$$C_{shellfish} = \sum_{j=1}^m (CB_j^{sh} + CZ_j^{sh}) \dots\dots\dots (18)$$

式中：

CB_j^{sh} ——第 j 种类海水贝类贝壳碳汇能力 (评估区共有 m 种海水贝类)，单位为克每年 ($g \cdot a^{-1}$)；

CZ_j^{sh} ——第 j 种类海水贝类软体组织碳汇能力 (评估区共有 m 种海水贝类)，单位为克每年 ($g \cdot a^{-1}$)。

4.2.2.1 海水贝类贝壳碳汇能力

海水贝类贝壳碳汇能力计算公式见式 (19)：

$$CB_j^{sh} = P_j^{sh} \times K_j^{sh} \times R_j^{sh1} \times CF_j^{sh1} \dots\dots\dots (19)$$

式中：

P_j^{sh} ——第 j 种海水贝类的年度产量 (湿重)，单位为克每年 ($g \cdot a^{-1}$)；

K_j^{sh} ——第 j 种海水贝类湿重与干重之间的转换系数，无量纲；

R_j^{sh1} ——第 j 种海水贝类干重状态下的贝壳干质量占比，无量纲；

CF_j^{sh1} ——第 j 种海水贝类贝壳干质量下的碳含量，无量纲。

4.2.2.2 海水贝类软体组织碳汇能力

海水贝类软体组织碳汇能力计算公式见式 (20)：

$$CZ_j^{sh} = P_j^{sh} \times K_j^{sh} \times R_j^{sh2} \times CF_j^{sh2} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

R_j^{sh2} ——第 j 种海水贝类干重状态下的软体组织干质量占比，无量纲；

CF_j^{sh2} ——第 j 种海水贝类软体组织干质量下的碳含量，无量纲。

4.2.3 浮游植物碳汇能力评估

浮游植物碳汇能力计算公式见式 (21)：

$$C_{\text{phytoplankton}} = P_{\text{phytoplankton}} \times A_{\text{sea}} \dots\dots\dots (21)$$

式中：

$P_{\text{phytoplankton}}$ ——浮游植物年初级生产力，单位为克每平方米每年 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)；

A_{sea} ——评估海域的面积，单位为平方米 (m^2)。

5 海洋碳汇经济价值核算

海洋碳汇经济价值包括直接纳入经济市场交易的直接经济价值和通过生态系统服务反映的间接经济价值，计算公式见式 (22)：

$$MCSV = DV + IV \dots\dots\dots (22)$$

式中，

$MCSV$ ——海洋碳汇经济价值，单位为万元每年；

DV ——海洋碳汇的直接经济价值，单位为万元每年；

IV ——海洋碳汇的间接经济价值，单位为万元每年。

海洋碳汇的直接经济价值由产品价值和休闲娱乐价值两部分组成；间接经济价值由固碳价值、释氧价值、净化价值和生物多样性价值四部分组成，计算公式见式 (23)、(24)：

$$DV = V_p + V_R \dots\dots\dots (23)$$

$$IV = V_C + V_O + V_Q + V_B \dots\dots\dots (24)$$

式中：

V_p ——产品价值，单位为万元每年；

V_R ——休闲娱乐价值，单位为万元每年；

V_C ——固碳价值，单位为万元每年；

V_O ——释氧价值，单位为万元每年；

V_Q ——净化价值，单位为万元每年；

V_B ——生物多样性价值，单位为万元每年。

海洋碳汇的直接经济价值和间接经济价值包括了多种核算指标，需要根据不同情况采用不同的方法分别进行核算。具有市场价格的指标采用市场价值法；难以界定市场价格的指标采用替代成本法或旅行费用法。海洋碳汇经济价值核算体系见表 1：

表 1 海洋碳汇经济价值核算体系

价值类型		核算指标	核算方法	价格来源
一级分类	二级分类			
直接经济价值	产品价值	海水贝类	市场价值法	当地海水贝类和可食用藻类市场价格
		可食用藻类		
	休闲娱乐价值	红树林	旅行费用法	当地门票价格/油价/住宿价格/餐饮价格
		盐沼		
间接经济价值	固碳价值	红树林	市场价值法/ 替代成本法	当地碳交易价格/当地单位面积植树造林价格
		盐沼		
		海草床		
		藻类		
		海水贝类		
		浮游植物		
	释氧价值	红树林	替代成本法	市场工业制氧价格
		盐沼		
		海草床		
		藻类		
		海水贝类		
	净化价值	红树林	替代成本法	当地大气污染物排污权价格/水体污染物处理价格
		盐沼		
	生物多样性价值	红树林	替代成本法	单位面积保育价格来源于当地保护区维护成本
盐沼				
海草床				

5.1 产品价值

具有食用或药用价值的海水贝类产品 and 可食用藻类有市场价格。产品价值核算采用市场价值法，计算公式见式 (25)：

$$V_P = \sum_{i=1}^n (Q_i \times P_i) \dots\dots\dots (25)$$

式中：

Q_i ——第 i 种具有食用或药用价值的海水贝类产品或可食用藻类的产量（评估区内共有

n 种具有食用或药用价值的海水贝类产品或可食用藻类), 单位为吨每年;

P_i ——第 i 种具有食用或药用价值的海水贝类产品或可食用藻类的市场价格 (评估区内共有 n 种具有食用或药用价值的海水贝类产品或可食用藻类), 单位为万元每吨。

5.2 休闲娱乐价值

休闲娱乐价值核算采用旅行费用法, 计算公式见式 (26):

$$V_R = \sum_{j=1}^m [N_j \times (C_T + C_C + C_F \times D_F)] \dots\dots\dots (26)$$

式中:

N_j ——某 j 类滨海生态系统的游客人数 (评估区内共有 m 类滨海生态系统), 单位为人每年;

C_T ——单人各类门票价格总和, 单位为万元每人;

C_C ——单人各类交通费用总和, 单位为万元每人;

C_F ——单人每天食宿费用, 单位为万元每人每天;

D_F ——旅游天数, 单位为天。

5.3 固碳价值

5.3.1 固碳价值核算方法

固碳价值由市场价值法和替代成本法核算结果的均值决定, 计算公式见式 (27):

$$V_C = \frac{V_1^C + V_2^C}{2} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

V_1^C ——固碳价值市场价值法核算结果, 单位为万元每年;

V_2^C ——固碳价值替代成本法核算结果, 单位为万元每年。

5.3.2 市场价值法

以当地碳交易价格作为二氧化碳固定的价格, 计算公式见式 (28):

$$V_1^C = C_{\text{BLUE}} \times k_1 \times P_C \times 10^{-6} \dots\dots\dots (28)$$

式中:

k_1 ——碳的质量转化成二氧化碳的的质量的系数 44/12, 无量纲;

P_C ——当地碳交易价格, 单位为万元每吨。

5.3.3 替代成本法

以通过人工造林吸收单位二氧化碳所耗费的成本作为二氧化碳的价格, 计算公式见式 (29):

$$V_2^C = \frac{C_{BLUE}}{S_C} \times k_1 \times P_S \times 10^{-6} \dots\dots\dots (29)$$

式中：

S_C ——单位面积森林固碳量，单位为吨每平方千米；

P_S ——单位面积造林价格，单位为万元每平方千米。

5.4 释氧价值

释氧价值核算采用替代成本法，以工业制氧成本作为释氧价值，计算公式见式（30）：

$$V_O = C_{BLUE} \times k_2 \times C_1 \times 10^{-6} \dots\dots\dots (30)$$

式中：

k_2 ——碳的质量转化成氧气的质量的系数 32/12，无量纲；

C_1 ——工业制氧成本，单位为万元每吨。

5.5 净化价值

净化价值核算采用替代成本法，计算公式见式（31）：

$$V_Q = \sum_{j=1}^m (Q_j^{coastal} \times C_A \times 10^{-3} + E_j^{coastal} \times C_W) \dots\dots\dots (31)$$

式中：

$Q_j^{coastal}$ ——第 j 类滨海生态系统大气污染物净化量(评估区内共有 m 类滨海生态系统)，单位为吨每年；

C_A ——大气污染物处理费用，单位为万元每吨；

$E_j^{coastal}$ ——向第 j 类滨海生态系统水污染物净化量(评估区内共有 m 类滨海生态系统)，单位为吨每年；

C_W ——水污染物处理费用，单位为万元每吨。

5.6 生物多样性价值

生物多样性价值核算采用替代成本法，计算公式见式（32）：

$$V_B = \sum_{j=1}^m B_j \times C_B \dots\dots\dots (32)$$

式中：

B_j ——第 j 类滨海生态系统建立保护区面积（评估区内共有 m 类滨海生态系统），单位为平方千米（ km^2 ）；

C_B ——单位面积保育成本，单位为万元每平方千米每年。

附录 A

(资料性)

藻类碳汇和海水贝类碳汇能力评估相关系数参考值

藻类碳汇和海水贝类碳汇能力评估相关系数参考值见表 2:

表 2 藻类碳汇和海水贝类碳汇能力评估转换系统参考值

种类	干湿系数/ (%)	质量比重/ (%)		碳含量/ (%)	
		软组织	贝壳	软组织	贝壳
蛤	52.55	1.98	98.02	44.9	11.52
扇贝	63.89	14.35	85.65	42.84	11.40
牡蛎	65.10	6.14	93.86	45.98	12.68
贻贝	75.28	8.47	91.53	44.40	11.76
其他贝类	64.21	11.41	88.59	43.87	11.44
海带	20	1	0	31.2	0
裙带菜	20	1	0	26.4	0
紫菜	20	1	0	27.39	0
江篱	20	1	0	20.6	0
其他藻类	20	1	0	27.76	0

附录 B

(资料性)

海洋生态系统服务价值推荐核算方法

海洋生态系统服务价值推荐核算方法见表 3:

表 3 海洋生态系统服务价值推荐核算方法

方法	说明
影子工程法	影子工程法又称为恢复费用法、重置成本法,是指在环境破坏后,人工建造一个“影子”工程来代替原来的环境功能,用建造新工程的费用来估计环境污染或破坏所造成的环境经济损失的一种方法。例如在计算森林生态效益时,因为森林每年造成的社会效益不易计算,所以可以假定森林不存在,依据用其它方法来取得和森林一样的社会效益需要消耗的费用来评估。影子工程法适用于防风固沙、干扰调节等功能指标的价值估算。
市场价格法	市场价格法的原理是把环境看成生产要素,环境状况的变化导致生产率和生产成本的变化,从而引起产值和利润等变化,而产值和利润是可以用来计算的,进而计算出环境变化的经济效益或生态损失。例如,土壤流失会影响山地农作物的产量;灌溉水水质的改善(如盐分降低)可以提高粮食作物的生产率;工厂空气污染对工厂周围的农业生产率有不利影响。市场价格法适用于食品生产和原料生产功能等功能指标的价值估算。
防护费用法	防护费用法是指人们愿意为消除或减少环境有害影响而采取防护措施并承担相关费用的经济分析方法。其实质是将防护费用作为环境效益或生态损失的最低估价。测算防护费用法,要根据环境的基本情况,结合多种因素综合分析,找到生态效益损失的最低估价。防护费用法通常适用于干扰调节、污染处理等功能指标的价值估算。
替代成本法	替代成本法所针对的环境效应和服务功能往往不能直接通过市场买卖交易,但是这些环境效应和服务功能可以被某种产品替代,因此估算替代产品的直接成本以评估这些环境效应和服务功能。 在评估海岸带生态系统服务功能时,替代成本法通过计算替代服务的直接成本来评估某种海岸带生态系统服务的价值,例如,海洋生态系统的生物控制功能价值可采用污水处理厂对氮、磷等的污水处理成本和排放这些污染应缴纳的排污费或投资费用来评估。

支付意愿法	<p>支付意愿法是指通过调查人们的支付意愿或接受意愿来估算某种服务功能的价值。支付意愿法是基于商品和服务价值，反映的是人们为获取该价值的支付意愿，也可以反映为舍弃他们愿意接受的赔偿。它适用于对海洋地貌、文化娱乐等功能的价值估算。</p> <p>支付意愿法是海洋及海岸带生态服务功能价值评估的常用方法。这是因为海洋及海岸带的生态服务功能的价值很多时候是一种存在价值，而不是实物价值，因此其价值适用于通过调查人们的支付意愿或接受意愿来计量，即调查人类为了避免某些能观察到的海洋及海岸带生态系统服务的消失所愿意支付的货币数量。</p>
旅行费用法	<p>旅行费用法是一种专业方法，生态系统服务的旅游休闲功能一般采用旅行费用法计算。此方法常常被用来评估那些没有市场价格的自然景点或者环境资源的价值，它评估的是旅游者通过消费环境商品或服务所获得的效益或对这些旅游场所的消费意愿，以此估算出某景点的旅游休闲服务功能价值。</p>

参考文献

- [1] GB/T 15918-2010 海洋学综合术语
- [2] GB/T 28058-2011 海洋生态资本评估技术导则
- [3] DB 45/T 1230-2015 红树林湿地生态系统固碳能力评估技术规程
- [4] T/CAOE 20.1-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第1部分：总则
- [5] T/CAOE 20.3-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第3部分：红树林
- [6] T/CAOE 20.4-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第4部分：盐沼
- [7] T/CAOE 20.6-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第6部分：海草床
- [8] 高亚平, 方建光, 唐望, 张继红, 任黎华, 杜美荣. 桑沟湾大叶藻海草床生态系统碳汇扩增力的估算[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(01):17-21
- [9] 纪建悦, 王萍萍. 我国海水养殖业碳汇能力测度及其影响因素分解研究[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(06):871-878
- [10] 胡学东. 国家蓝色碳汇研究报告：国家蓝碳行动可行性研究[M]. 北京：中国书籍出版社

中国海洋碳汇经济价值核算标准

编制说明

（征求意见稿）

自然资源部第一海洋研究所

二〇二一年七月

目 录

一、制定标准的背景、目的和意义.....	1
二、工作简况.....	1
三、标准编制原则和确定标准主要内容的依据.....	2
四、主要试验（或验证）的分析、综述，技术经济论证，预期的经济效益.....	4
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系.....	4
六、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议.....	4
七、贯彻该标准的要求和措施建议.....	4

一、制定标准的背景、目的和意义

全球气候变暖形势日益严峻，联合国举行了一系列的国际气候会议和谈判，以期在全球范围内采取有效措施减缓气候变暖的进程。目前研究表明，CO₂对全球气温升高的贡献高达70%，居各种温室气体之首。由于全球气候变化的日益凸显，世界各国对于温室气体减排、低碳发展和碳汇储量越来越重视。面临全球气候问题，中国政府勇担大国责任。2009年，国务院提出减排目标——到2020年中国单位国内生产总值二氧化碳排放量较2005年下降40%~45%；2014年，中美双方共同发表了节能减排的《中美气候变化联合声明》；2015年底，习近平总书记出席气候变化巴黎大会开幕式，并提出2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%—65%的目标。2020年9月22日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，CO₂排放力争2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。这一重要宣示为我国应对气候变化、绿色低碳发展提供了方向指引。

广阔的海洋孕育着巨大的固碳能力，是地球上最大的碳库，海洋中的碳储量约为 3.8×10^5 亿吨，比大气多50倍，地球上约93%的二氧化碳储存在海洋中。“海洋碳汇”相比“森林碳汇”具有储碳量大、储存时间长等优势。这一发现，对中国来说意义重大，可解决增加二氧化碳的吸收和储藏（即增汇）的问题。将海洋碳汇纳入中国碳交易市场，不仅有利于中国减排目标的实现，同时可形成新的经济增长点，促进海洋生态环境保护与修复，进一步带来巨大的经济效益和社会效益。有学者表示，该研究将为我国发展低碳经济、增加气候谈判筹码、提高国际影响力提供科学依据和技术支撑。然而，目前对于海洋碳汇的评估方法或标准还是国际空白，一旦国际标准建立起来，将为海洋国家带来巨大的经济效益和社会效益。我国作为世界海洋大国，若能率先研发制定海洋碳汇标准并开展海洋碳汇交易试点，必将有利于我国占得先机和把握未来竞争的主动权。

海洋碳汇经济价值评估是一个多因素综合作用的复杂系统，其方法选择具有复杂性。海洋碳汇总量、定价方法以及海洋碳汇交易市场建设都需要深入研究。因而，确定一套统一的海洋碳汇经济价值核算标准将有利于整体掌握我国不同海区碳汇经济价值，使得结果清晰，节约经费支出。本标准提供了一套完整的用于核算我国海洋碳汇经济价值的实施方案，包括具体实施步骤和要点，解决了海洋碳汇的量化问题和价值确定问题，使得海洋碳汇经济价值核算成为可能。海洋碳汇经济价值评估能够测量海洋碳汇的经济价值，这将有利于我国减少温室气体排放和建立良好的海洋碳汇交易市场，对我国未来经济发展有重要意义。

二、工作简况

（一）任务来源和标准负责起草单位

本标准任务来源于《国家海洋局关于下达2017年度〈海域使用分类〉等93项海洋行业标准制修订计划项目的通知》（国海科字〔2017〕459号），名称为《中国海洋碳汇经济价值核算标准》，计划项目编号为201710045-T。本标准起草单位为自然资源部第一海洋研究所和国家

海洋标准计量中心。

(二) 主要工作过程

1. 标准预研

2017年10月—2019年10月，开展标准预研工作，成立了标准起草工作组，搜集相关资料，研究海洋碳汇和海洋碳汇价值内涵，提出海洋碳汇经济价值分狭义与广义两种，重点分析了广义海洋碳汇价值的特点和构成，运用“总经济价值法”核算广义海洋碳汇价值，从学术角度构建了分类价值指标体系和分类核算方法，从海洋碳汇资源调查监测方法学、评估与核算标准体系、海洋增汇项目开发、海洋碳汇政策保障等角度提出海洋碳汇发展的具体建议。相关成果形成论文发表在《海洋通报》；

2019年10月—2020年9月，对比分析国内外海洋碳汇核算相关研究，借鉴与吸纳自然资本和生态系统服务核算理念与方法，基于中国海洋生态系统功能特征，探索构建了中国海洋碳汇经济价值核算标准体系，明确了核算指标和核算技术方法。相关工作作为标准的起草奠定了良好基础。

2. 标准起草

2020年9月—2021年7月，标准起草小组在调研、收集、试验及参考有关标准的基础上，结合管理应用实际需求，编制了《中国海洋碳汇经济价值核算标准》（草案）；开展试验验证，并组织内部审查，形成《中国海洋碳汇经济价值核算标准》（征求意见稿）。

3. 标准征求意见

4. 标准送审

5. 标准报批

(三) 主要起草人及分工

刘大海，自然资源部第一海洋研究所，正高级工程师，负责标准整体设计、研究和编制；

王玉红，国家海洋标准计量中心，高级工程师，负责标准整体指导，参与标准编制和修改完善；

郭振，自然资源部第一海洋研究所，副研究员，负责标准草稿编制、标准修改和完善；

李晓璇，自然资源部第一海洋研究所，博士研究生，负责反馈意见的分析，参与标准的修改完善；

汤海荣，国家海洋标准计量中心，高级工程师，负责提供标准编制技术指导；

于莹，自然资源部第一海洋研究所，研究实习员，负责配合海标委秘书处、海洋标准化管理部门完成标准报批；

张尧，自然资源部第一海洋研究所，博士研究生，负责征求意见、反馈意见的汇总和分析；

刘镇杭，自然资源部第一海洋研究所，硕士研究生，负责核算公式的试验和修正；

邢文秀，自然资源部第一海洋研究所，助理研究员，负责相关政策分析、相关标准或规

范资料收集；

邱丽萍，自然资源部第一海洋研究所，科研助理，负责相关表格制作与文字排版。

三、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

（一）标准编制原则

本标准的制定遵循了以下原则：

符合性：本标准符合国家和行业有关方针、政策法律法规。

先进性：本标准制定过程中，认真对比分析国内外海洋碳汇核算最新技术成果，充分吸纳行业内专家意见，尽量体现标准的先进性。

科学性和适用性：在坚持标准的先进性的同时，充分考虑标准的科学性和适用性，在编制过程中，对有关概念、定义和论证等内容的叙述尽可能清楚确切，并对所拟标准进行验证，使得标准执行起来尽可能易实现和可操作，充分满足使用要求。

（二）标准主要内容的确定依据

本标准的总体框架结构依据 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》确定，标准由范围、规范性引用文件、术语和定义、海洋碳汇能力评估、海洋碳汇经济价值核算和附录6个部分组成。

第3部分“术语和定义”的编制，选择了与海洋碳汇经济价值核算相关的术语，为保证定义的科学性及与其他标准的相关性，部分术语参考了DB 45/T 1230-2015《红树林湿地生态系统固碳能力评估技术规程》、TCAOE 20.4-2020《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第4部分：盐沼》、TCAOE 20.6-2020《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第6部分：海草床》。

第4部分“海洋碳汇能力评估”的编制，考虑到物理泵途径产生的海洋碳汇量主要受气温、风速、海水溶解度与交换界面分压值等气候与水文因素的影响，计量方式多以实地检测为主，模型差异性较大，准确性有待进一步确定；同时，珊瑚的钙化过程中伴随CO₂释放，其不同时间尺度的碳源-碳汇属性有待进一步研究；此外，鱼类、甲壳类等的养殖过程靠投放含碳饵料维系的传统海水养殖模式不属于海洋碳汇，本标准未将溶解泵碳汇机制、珊瑚礁系统以及鱼类、甲壳类海水养殖纳入评估范围。本标准所指海洋碳汇分为滨海湿地生态系统碳汇和海洋生态系统碳汇两部分，其中，滨海湿地生态系统碳汇包括红树林碳汇、盐沼湿地碳汇和海草床碳汇；海洋生态系统碳汇包括浮游植物碳汇、藻类碳汇和海水贝类碳汇。海洋碳汇能力评估采用常规的成熟的调查方法，力求基层可操作、区域可对比。其中，红树林和盐沼生态系统碳汇能力评估参考了DB 45/T 1230-2015 红树林湿地生态系统固碳能力评估技术规程；海草床生态系统碳汇能力评估参考了论文《桑沟湾大叶藻海草床生态系统碳汇扩增力的估算》。海洋碳汇能力评估的时间步长以一年为单位。评估数据主要来源于实地调查，藻类碳汇和海水贝类碳汇能力评估涉及的相关系数参考值在附录中给出。

第5部分“海洋碳汇经济价值核算”的编制，充分吸纳国内各相关行业执行现行标准及要

求，与现有的先进核算技术水平相适应。提供了海洋碳汇经济价值的核算方法，海洋碳汇经济价值包括直接纳入经济市场交易的直接经济价值和通过生态系统服务反映的间接经济价值。直接经济价值和间接经济价值包括了多种核算指标，需要根据不同情况采用不同的方法分别进行核算。部分指标具有直接交易的市场价格，采用市场价值法核算其价值；部分指标难以界定其市场价格，采用替代成本法或旅行费用法等进行核算。海洋碳汇经济价值核算的时间步长以一年为单位。评估数据主要来源于统计数据、实地调查和市场调查，其中统计数据应采用各行政区域(省、市、县)的统计年鉴、行业统计年鉴和政府部门提供的统计数据，在评估中根据实际需要选择使用。

第6部分“附录”的编制，附录为资料性附录，包括藻类碳汇和海水贝类碳汇能力评估相关系数参考值和海洋生态系统服务价值推荐核算方法。

四、主要试验（或验证）的分析、综述，技术经济论证，预期的经济效益

本标准选取了不同层级共十个区域进行了自验证和验证，在验证过程中对标准的部分表述和个别公式进行了修正。验证单位总体认为，本标准内容相对合理、科学，能较好地反映海洋碳汇能力和海洋碳汇经济价值；通过本标准的制定和实施，可建立海洋碳汇经济价值核算工作开展的统一执行标准，满足海洋主管部门规范化管理需求，使海洋碳汇经济价值核算工作达到统一、易行、实用和先进的效果，为海洋碳汇经济价值核算提供了技术支撑，为我国海洋资源管理提供了技术保障，具有较好的社会、经济与环境效益。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准的制定充分尊重已发布实施的相关标准、规范和办法，完全符合已有的国家相关法律、法规和政策，与相关的强制性国家标准和行业标准协调一致无冲突。

六、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议该标准作为海洋行业的推荐性标准，用于指导海洋碳汇经济核算工作的开展。

七、贯彻该标准的要求和措施建议

本标准批准发布后，建议加强对标准的宣传、贯彻，尽快组织有关单位和人员实施本标准，并在实践中反馈相关意见，为标准的不断修改、完善提供借鉴。

本标准实施后，海洋碳汇经济价值核算工作宜按本标准的相关要求进行，以保证核算工作的可比性、统一性。