

T/CAOE

团 体 标 准

T/CAOE 67—2023

基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测 技术规程 第 4 部分：盐沼

Technical specification for monitoring carbon pool increments in coastal blue carbon
with stock-difference method
—Part 4: Salt marshes

2023 – 10 – 09 发布

2023 – 10 – 09 实施

中国海洋工程咨询协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 一般规定 3

 4.1 监测目的 3

 4.2 监测原则 3

 4.3 监测计划编制 4

5 监测站位布设 4

 5.1 监测范围 4

 5.2 监测分区 4

 5.3 监测样线 4

 5.4 监测站位 4

6 监测内容和方法 4

 6.1 监测内容 4

 6.2 监测方法 4

 6.3 监测时间和频率 6

 6.4 仪器、工具与耗材 6

7 碳库增量计算方法 6

 7.1 盐沼沉积物碳库增量计算方法 6

 7.2 盐沼植物碳库增量计算方法 7

 7.3 盐沼总碳库增量计算方法 7

8 数据管理、质量控制与归档以及监测报告编写 7

 8.1 数据管理 7

 8.2 质量控制 7

 8.3 数据归档 7

附录 A（规范性） 盐沼沉积物碳库数据记录表格 8

附录 B（规范性） 盐沼植物碳库数据记录表格 9

附录 C（规范性） 盐沼碳库增量计算表格 10

附录 D（资料性） 怪柳异速生长方程 11

参考文献 12

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。

《基于储量差分法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程》分为5个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：地表高程监测；
- 第3部分：红树林；
- 第4部分：盐沼；
- 第5部分：海草床。

本文件为《基于储量差分法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程》的第4部分，与第1、2部分配套使用。

本文件由自然资源部第二海洋研究所提出。

本文件由中国海洋工程咨询协会归口。

本文件起草单位：自然资源部第二海洋研究所、自然资源部海洋空间资源管理技术重点实验室、厦门大学、自然资源部第四海洋研究所、浙江博绘海洋科技有限公司、禹治环境科技（浙江）有限公司。

本文件主要起草人：陈一宁，冯旭文，蔡廷禄，夏小明，陈鹭真，于硕，鲍平勇，康新宇，王晓波。

本文件为首次发布。

基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程

第4部分：盐沼

1 范围

本文件规定了盐沼生态系统碳库增量监测的一般规定、监测站位布设、监测内容和方法、碳库增量计算方法、数据管理、质量控制与归档等内容。

本文件适用于我国盐沼生态系统碳库增量监测。

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 17378.5-2007 海洋监测规范 第5部分：沉积物分析

T/CAOE 20.2-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第2部分：海岸带生态系统遥感识别与现状核查

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

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 64-2023 基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程 第1部分：总则

T/CAOE 65-2023 基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程 第2部分：地表高程监测

T/CAOE 66-2023 基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程 第3部分：红树林

3 术语和定义

T/CAOE 64-2023界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盐沼 coastal salt marshes

以草本植物或灌丛植物为主的潮间带滨海生态系统，植物覆盖率超过30%。

注：定义参考《T/CAOE 21.3-2020 海岸带生态减灾修复技术导则第3部分：盐沼》。我国盐沼目前主要优势植物有芦苇（*Phragmites australis*）、互花米草（*Spartina alterniflora*）、海三棱藨草（*Scirpus mariqueter*）、盐地碱蓬（*Suaeda salsa*）、短叶茳芏（*Cyperus malaccensis* var. *brevifolius*）、怪柳（*Tamarix chinensis* Lour.）等，其中互花米草为中国第一批公布的16种外来入侵种之一。

3.2

多年生草本植物 perennial herb

生活周期较长，一般为两年以上的草本植物。此类植物的地下部分为多年生，如宿根或根茎、鳞茎、块根等变态器官，而地上部分每年死亡，待第二年春又从地下部分长出新枝，开花结实。

3.3

一年生草本植物 annual herb

在一个生长季节内就可完成生活周期，即当年完成种子萌发、营养生长、开花结实和衰老死亡等过程的植物。

4 一般规定

4.1 监测目的

盐沼碳库增量监测目的按照T/CAOE 64-2023中4.1的规定执行。

4.2 监测原则

盐沼碳库增量监测原则按照T/CAOE 64-2023中4.2的规定执行。

4.3 监测计划编制

盐沼碳库增量监测计划编制按照T/CAOE 64-2023中4.3的规定执行。

5 监测站位布设

5.1 监测范围

盐沼碳库增量监测范围按照T/CAOE 64-2023中5.1的规定执行。

5.2 监测分区

盐沼碳库增量的监测分区应在参照T/CAOE 64-2023中5.2的规定基础上，按盐沼面积大小进行分区。盐沼面积小于50 hm²时，分区数量≥1个；盐沼面积在50 hm²~100 hm²时，分区数量≥2个；盐沼面积大于100 hm²时，分区数量≥3个。

5.3 监测样线

监测样线布设可以选择平行或者垂直于海岸线，也可以根据周边植物分布、地貌特征（如潮沟）进行调整。每分区至少布设1条样线，当分区内各样线间监测结果存在明显差异时，须增加样线数量或说明产生差异的原因。

5.4 监测站位

盐沼碳库增量的监测在每条样线上至少布设3个站位，站位内样方布设方法如下：

- a) 植物样方内植株数量以 20 株~200 株为宜，一般高大植物（高于 1 m）或分布不均匀低矮植物样方应为 0.5 m×0.5 m，分布均匀低矮植物样方可为 0.25 m×0.25 m。若样方内植株数量少于 10 株，需扩大样方面积。样方布设应尽量避免地形发生明显变化的区域，同时尽量减小对生态系统的干扰和破坏。
- b) 地表高程监测样方应与植物碳库增量监测样方相邻，监测样方面积不小于 4 m×4 m，该区域应避免人为扰动。

6 监测内容和方法

6.1 监测内容

盐沼碳库增量监测内容应符合表1的规定。

表1 盐沼碳库增量监测内容

监测内容	监测指标	监测方法
沉积物碳库增量	盐沼地表高程变化速率	见 6.2.1
	盐沼沉积物有机碳含量	见 6.2.2
	盐沼沉积物容重	见 6.2.3
植物碳库增量	盐沼植物生物量	见 6.3.2-6.3.4
	盐沼植物有机碳含量	见 6.3.5

6.2 监测方法

6.2.1 盐沼沉积物碳库增量监测

6.2.1.1 地表高程变化速率监测

地表高程变化速率监测按照T/CAOE 65-2023中6.2的规定执行。

6.2.1.2 沉积物有机碳含量分析

在地表高程监测完毕时，取0 cm~10 cm的沉积物样，用照相机拍照，记录沉积物性状特征，取出约10 g样品单独封装，用于有机碳含量分析。有机碳样品在实验室冻干或者烘干后，按照GB 17378.5-2007中的有机碳含量分析方法进行测定。

6.2.1.3 沉积物容重

用一定容积的环刀在0 cm~10 cm沉积物中取样，采样过程中应保持沉积物不受挤压。样品置于干净玻璃或陶瓷器皿中，在60℃烘箱中烘干至恒重后称重。沉积物容重通过式（1）进行计算：

$$SBD = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

SBD——沉积物容重，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

m——沉积物干重，单位为克（g）；

v——环刀容积，单位为立方厘米（cm³）。

现场采样记录应符合附表A.1的规定，沉积物有机碳含量和容重数据记录应符合附表A.2的规定。

6.2.2 盐沼植物碳库增量监测

6.2.2.1 盐沼植物分类与群落调查

盐沼植物分类与群落调查按照一年生草本植物、多年生草本植物和灌丛植物分类开展，要求如下：

- a) 对盐沼植物进行分类：芦苇、互花米草、海三棱蔗草和短叶江苳等多年生草本，需要监测一定时间间隔内（通常为生长初期和顶峰期）地下生物量的变化量。盐地碱蓬等一年生草本植物，需要监测生长顶峰期的地下生物量作为当年的变化量。柽柳为灌丛植物，当作灌木处理，需要监测地上和地下生物量的增量，按照 T/CAOE 66-2023 中 6.2.2 的红树林植物碳库处理。对于个别存在地上生物量宿存现象的草本植物，参照小于 1 m 高的灌木处理，按照 T/CAOE 66-2023 中 6.2.2 的相关规定执行。
- b) 对盐沼植物进行群落调查。草本植物群落调查按照 T/CAOE 20.4-2020 相关规定执行，灌丛植物群落调查按照 T/CAOE 20.3-2020 相关规定执行。通过群落调查，获取植物种属、高度、植株密度、盖度等信息，数据记录应符合附表 B.1 的规定。

6.2.2.2 盐沼多年生草本植物生物量增量测量

多年生草本植物生物量增量的测量要求如下：

- a) 采集植物样方内沉积物，面积为样方大小，取样深度一般达到地表以下 30 cm，个别植物根系特别发达的样方需加大深度。取样后冲洗分离出根、茎等生物活体，置于 60℃烘箱烘干至恒重后称重得到地下生物量。
- b) 在同年植物生长初期和顶峰期分别开展地下生物量的测量工作，两次之间的差值为当年多年生草本植物生物量增量。将数据填入附表 B.2 中。通常植物生长初期为每年 3 月~4 月，顶峰期为每年 8 月~10 月（初期和顶峰期根据不同纬度带具体月份有变化，需要根据当地物候确定）。

6.2.2.3 盐沼一年生草本植物生物量增量测量

在植物生长季顶峰期，采集植物样方内沉积物，面积为样方大小，取样深度一般达到地表以下30 cm，个别植物根系特别发达的样方需加大深度。取样后冲洗分离出根、茎等生物活体，置于60℃烘箱烘干至恒重后称重得到地下生物量，此值为本年度一年生草本植物生物量增量。数据记录应符合附表B.2的规定。

6.2.2.4 盐沼灌丛植物生物量增量测量

灌丛植物生物量测量方法可以按照T/CAOE 66-2023中6.2.2部分所示，同时可参考附录D中柽柳异速生长方程。

6.2.2.5 盐沼植物各组分有机碳含量测量

植物各组分有机碳含量的测量要求如下：

- a) 对于一年生草本植物、多年生草本植物，称取已过筛并烘干的植物根系样品，进行磨样后测量有机碳含量。碳含量测定方法与沉积物一致。数据记录应符合附表 B.2 的规定。
- b) 对于灌丛植物，现场随机取植物叶、根、枝条等各组分约 200 g 的鲜样，放入烘箱 60℃ 烘干至恒重后磨样，碳含量测定方法与沉积物一致。数据记录应符合附表 B.3 和 B.4 的规定。

6.3 监测时间和频率

沉积物碳库增量和植物碳库增量监测时间和频率应符合以下要求：

——沉积物碳库增量监测应在 1 年周期内至少监测 1 次，通常选择植物生长季顶峰期测量，可酌情增加监测频率，监测时间应与植物碳库监测时间匹配。

——植物碳库增量监测通常来说多年生草本至少在年内的生长季初期和生长季顶峰期各监测 1 次（一般选择 3 月~4 月和 8 月~10 月，根据不同纬度带具体月份有变化），一年生草本在地上生物量达到峰值时调查（根据不同纬度带具体月份有变化，一般选择 8 月~10 月份），灌木需在次年同样时段重复调查 1 次，以便获取 1 年期的差量。

6.4 仪器、工具与耗材

6.4.1 盐沼沉积物碳库增量监测

所需仪器、工具与耗材应符合 T/CAOE 64-2023 中 6.4.2 的要求。

6.4.2 盐沼植物碳库增量监测

6.4.2.1 外业监测

外业监测所需仪器、工具与耗材包括：

- 亚米级手持 GPS；
- 采样器；
- 样品盒（与采样器尺寸匹配）；
- 样方框；
- 卷尺；
- 标牌。

6.4.2.2 实验室分析

实验室分析所需仪器、工具与耗材包括：

- 元素分析仪；
- 冷冻干燥机或烘箱；
- 天平（千分之一克）。

7 碳库增量计算方法

7.1 盐沼沉积物碳库增量计算方法

利用一定时间间隔（宜为一年）的地表高程变化速率、沉积物碳含量和沉积物容重，可计算每个监测点沉积物碳库碳累积速率：

$$CAR_S = 10 \times SEC \times SBD \times C \cdots \cdots (2)$$

式中：

- CAR_S ——沉积物碳库碳累积速率，单位为克碳每平方米每年（ $g\ C/(m^2 \cdot a)$ ）；
- SEC ——地表高程变化速率，单位为毫米每年（ mm/a ）。
- SBD ——沉积物层的容重，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）；
- C ——沉积物有机碳含量（%）。

将分区内所有站位的沉积物碳库碳累积速率进行平均后作为分区的碳累积速率值，将沉积物碳库增量相关计算结果填入照附表 C.1。

7.2 盐沼植物碳库增量计算方法

7.2.1 多年生草本植物碳库增量计算方法

通过一定时间间隔内（宜为生长初期和顶峰期）内2次监测到的地下生物量和植物碳含量数据，可计算当年植物地下生物量增量，并计算监测样方内的植物碳积累：

$$CAR_v = \frac{Bio_{v1} \times C_{v1} - Bio_{v0} \times C_{v0}}{t} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

CAR_v ——植物碳累积速率，单位为克碳每平方米每年（ $g\ C/(m^2 \cdot a)$ ）；

Bio_{v0} ——首次测量植物地下生物量，单位为克每平方米（ g/m^2 ）；

C_{v0} ——首次测量地下各生物组分（主要是根系）的有机碳含量（%）；

Bio_{v1} ——末次测量植物地下生物量，单位为克每平方米（ g/m^2 ）；

C_{v1} ——末次测量地下各生物组分（主要是根系）的有机碳含量（%）；

t ——时间间隔，单位为年（a）。

将分区内所有站位的植物碳积累速率进行平均后作为分区的植物碳积累速率，将植物碳库增量相关计算结果填入照附表C.1。

7.2.2 一年生草本植物碳库增量计算方法

通过植物生长季顶峰期监测到的地下生物量和植物碳含量数据，可计算当年植物地下生物量增量，并计算监测样方内的植物碳积累：

$$CAR_v = Bio_v \times C_v \dots\dots\dots (4)$$

式中：

CAR_v ——植物碳累积速率，单位为克碳每平方米每年（ $g\ C/(m^2 \cdot a)$ ）；

Bio_v ——植物当年地下生物量增长率，单位为克每平方米每年（ $g/(m^2 \cdot a)$ ）；

C_v ——当年地下各生物组分（主要是根系）的有机碳含量（%）。

将分区内所有站位的植物碳积累速率进行平均后作为分区的植物碳积累速率，将植物碳库增量相关计算结果填入照附表C.2，首次测量项默认为0。

7.2.3 灌丛植物碳库增量计算方法

盐沼灌丛植物碳库增量计算方法同红树林灌丛植物，按照T/CAOE 66-2023中7.2所述。

7.3 盐沼总碳库增量计算方法

将单位面积内的沉积物碳库增量和植物碳库增量相加，根据项目内各个分区的面积，推广到整个项目的区域，获取该区域内的总碳库增量，按照附表C.3完成总碳库增量计算。分区面积可以采用现场面积调查或者按照T/CAOE 20.2-2020中6.2.3相关规定执行。

8 数据管理、质量控制与归档以及监测报告编写

8.1 数据管理

数据管理按照T/CAOE 64-2023中8.1相关规定执行。

8.2 质量控制

具体的数据质量控制按照 T/CAOE 20.1-2020 中 4.3 相关规定执行。

8.3 数据归档

具体数据归档管理按照HY/T 058-2010相关规定执行。

附 录 A
(规范性)

盐沼沉积物碳库数据记录表格

表A.1和表A.2给出了盐沼沉积物碳库数据的记录格式。

表A. 1 盐沼沉积物现场描述记录表

沉积物样编号	采样坐标	采样日期	沉积物组成	颜色	备注
采样位置（经纬度）： 采样人： 记录人： 审核人：					
备注（潮滩整体沉积物分布状况及地形地貌变化）：					

表A. 2 盐沼沉积物碳库测量数据记录表

分区编号	样方编号	层次	群落类型	体积 cm ³	容重样品 干重 g	容重 g/cm ³	有机碳含量 %
测量时间： 测量人： 记录人： 审核人：							

附 录 B
(规范性)
盐沼植物碳库数据记录表格

表B.1~表B.4给出了盐沼植物碳库数据的记录格式。

表B.1 盐沼植物现场调查记录表

植物样方编号	植物种类	密度 株数/m ²	高度 cm	盖度 %	采样点经纬度	采样时间
测量时间： 测量人： 记录人： 审核人：						

表B.2 盐沼草本植物碳库测量记录表

分区编号：	样方编号：	植物种类：				
样品编号	地上部分生物量及碳含量测定			地下部分生物量及碳含量测定		
	鲜重 g	干重 g	有机碳含量 %	鲜重 g	干重 g	有机碳含量 %
测量时间： 测量人： 记录人： 审核人：						

表B.3 灌木植物碳库测量记录表

收集日期：_____ 样线编号：_____ 样方编号：_____ 样方面积：_____m ² 测定日期：_____					
植物种类：_____ 株数：_____株 平均株高：_____cm					
类别	总重量测定		干鲜重比测定		
	总鲜重 g	烘干总重 g	取样鲜重 g	烘干取样重 g	干鲜重比
矮灌木					
幼苗					
测量人：_____ 记录人：_____ 审核人：_____					

表B.4 灌木植物各组分碳含量记录表

收集日期： 样线编号： 样方编号： 植物种类： 测定日期：					
器 官	总重量测定		碳含量测定		
	总鲜重 g	总干重 g	取样鲜重 g	烘干取样重 g	有机碳含量 %
叶					
花					
果					
枝					
根					
整株					
测量人： 记录人： 审核人：					

附 录 C
(规范性)
盐沼碳库增量计算表格

表C.1~表C.3给出了盐沼碳库增量计算表格的格式。

表C. 1 盐沼沉积物碳库增量计算表

样方编号	T0-T1 时间段		T1 表层沉积物容重 g/cm ³	T1 表层沉积物有机碳含量 %	分区内沉积物平均碳累积 速率 g C/(m ² · a)
	SEC mm/a	监测时间 a			
计算人： 校对入： 审核人：					

表C. 2 盐沼植物碳库增量计算表

样方编号	监测时间 a	首次测量植物生物量 g/m ²	末次测量植物生物量 g/m ²	植物生物量增长率 g/(m ² · a)	植物有机碳含量 %	分区内植物平均碳累积速率 g C/(m ² · a)
计算人： 校对入： 审核人：						

表C. 3 基于储量差值法的盐沼生态系统碳库增量计算表

分区编号	监测时间 a	沉积物平均碳累积 速率 g C/(m ² · a)	植物平均碳累积 速率 g C/(m ² · a)	平均碳累积速率 g C/(m ² · a)	分区面积 m ²	上推到区域尺度碳库总增量 Mg C
计算人： 校对入： 审核人：						

附录 D
(资料性)
怪柳异速生长方程

怪柳的地上生物量和地下生物量根据回归方程（公式D.1和D.2）中包含的变量来直接计算生物量。

$$W_{AGB} = 0.33 (H \times R \times D)^{1.305} \dots\dots\dots (D.1)$$

$$W_{BGB} = 0.46 (H \times R \times D)^{1.071} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：
 W_{AGB} ——植物地上生物量，单位为克每平方米（g/m²）；
 H ——植物高度，单位为米（m）；
 R ——分枝数；
 D ——基径均值，单位为厘米（cm）；
 W_{BGB} ——植物地下生物量，单位为克每平方米（g/m²）。

参 考 文 献

[1] Howard J, Hoyt S, Isensee K, et al. Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses[M]. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature, Arlington, 2014.

[2]滨海蓝碳: 红树林、盐沼、海草床碳储量和碳排放因子评估方法 [M]. 陈鹭真, 卢伟志, 林光辉, 译. 厦门: 厦门大学出版社, 2018.

[3] 陈鹏飞, 刘长安, 张悦等. 滨海湿地柽柳 (*Tamarix chinensis*) 灌丛生物量估算模型 [J]. 海洋环境科学, 2016: 35 (4) : 551-556.