

滨海蓝碳碳汇调查与核算技术指南  
第2部分：红树林

Technical Guide for the Survey and Accounting of Coastal Blue Carbon Sink,  
Part 2: Mangroves

2025 - 01 - 23 发布

2025 - 04 - 23 实施



# 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 红树林碳汇野外调查方法 .....               | 2  |
| 5 红树林碳储量核算方法 .....                | 7  |
| 6 红树林碳汇核算方法 .....                 | 13 |
| 附录 A（规范性） 植被调查记录表 .....           | 16 |
| 附录 B（规范性） 土壤野外调查记录表 .....         | 17 |
| 附录 C（资料性） 主要物种异速生长方程 .....        | 18 |
| 附录 D（资料性） 广东省红树林土壤有机碳含量数据 .....   | 19 |
| 附录 E（资料性） 广东省红树林土壤有机碳累积速率数据 ..... | 21 |
| 附录 F（资料性） 广东省红树林植物净初级生产力数据 .....  | 22 |
| 参考文献 .....                        | 23 |

## 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。

本文件由广东省生态环境厅提出、归口，并组织实施。

本文件是《滨海蓝碳碳汇能力调查与核算技术指南》的第2部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：红树林；
- 第3部分：海草床；
- 第4部分：盐沼。

本文件起草单位：广东工业大学、湛江市生态环境局。

本文件主要起草人：郭芬、张远、曾雪兰、欧阳晓光、祝振昌、张武英、罗丽娟、沈小梅、黄敏德、黄梓训、冼献波、伍复胜。

## 滨海蓝碳碳汇调查与核算技术指南 第2部分：红树林

### 1 范围

本文件提供了红树林生态系统碳汇调查与核算的术语和定义、碳汇野外调查方法、碳储量核算方法和碳汇核算方法等的技术指导。

本文件适用于广东省行政管辖范围内红树林生态系统碳汇调查与核算。

### 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。

- HY/T 0349—2022 海洋碳汇核算方法
- LY/T 2252—2014 碳汇造林技术规程
- LY/T 2253—2014 造林项目碳汇计量监测指南
- LY/T 3253—2021 林业碳汇计量监测术语

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **红树林 mangroves**

在热带和亚热带潮间带，以红树植物为主体的各种耐盐的乔木和灌木组成的潮滩湿地木本生物群落。

[来源：HY/T 0349—2022, 3.2]

#### 3.2

##### **碳库 carbon pool**

碳的储存库，通常包括地上生物量、地下生物量、枯落物、附生物和土壤有机质。

[来源：LY/T 2252—2014, 3.2, 有修改]

#### 3.3

##### **碳储量 carbon storage**

一定体积的蓝碳生态系统中存储的有机碳总量。碳储量包含一个或者多个碳库的碳总量。

[来源：ISBN: 9787561570968-2018 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 P13]

#### 3.4

##### **地上生物量 aboveground biomass**

土壤层以上以干重表示的植被所有活体的生物量，包括干、桩、枝、皮、种子、花、果和叶及草本植物。

[来源：LY/T 3253—2021, 3.2.17]

### 3.5

#### 地下生物量 **underground biomass**

所有活根生物量，通常不包括难以从土壤有机成分或枯落物中区分出来的细根（直径 $\leq 2.0$  mm）。

[来源：LY/T 3253—2021, 3.2.18]

### 3.6

#### 土壤有机碳 **soil organic carbon**

一定深度内（通常为1.0 m）矿质土和有机土（包括泥炭土）中的有机碳，包括难以从地下生物量中区分出来的细根（小于2 mm）。

[来源：LY/T 2253—2014, 3.17]

### 3.7

#### 枯落物 **litter**

土壤层以上，直径 $\leq 5.0$  cm、处于不同分解状态的所有死生物量。包括凋落物、腐殖质，以及难以从地下生物量中区分出来的细根。

[来源：LY/T 3253—2021, 3.2.20]

### 3.8

#### 枯死木 **dead wood**

枯落物以外的所有死生物量，包括枯立木、枯倒木以及直径 $\geq 5.0$  cm的枯枝、死根和树桩。

[来源：LY/T 3253—2021, 3.2.19]

## 4 红树林碳汇野外调查方法

### 4.1 调查方案制定

#### 4.1.1 碳库组成

红树林碳库分为植被碳库和土壤碳库。其中，植被碳库包括地上活生物量、地上死生物量和地下活生物量，土壤碳库即为地下死生物量。

#### 4.1.2 样方设置

##### 4.1.2.1 样方设置方法

红树林碳汇野外调查样方设置方法如下：

- 样线取样法：当样方特征随着距离某一特定地点（如河流、海岸或潮沟）的远近而呈现规律性变化时，宜采用此方法；不能依据样方之间的距离进行随机取样时，也可采用该方法。这一方法获得的样方不一定能真实反映生态系统的异质性。
- 随机取样法：在每个分区中随机选择样方，以捕获不同分区之间和各小区内的真实异质性。
- 基于概率的栅格取样法：使用正方形或六边形的栅格覆盖被定义的小区，从每一个栅格内随机选取一个点作为样方。这既保证了取样的随机性，又使取样的位置平均分布到整个小区中。

广东省红树林呈现出分布分散、斑块变异较大的特点，增加了野外调查和采样工作的难度，样方设置宜综合以上三种方法，并根据实际情况调整。

##### 4.1.2.2 样方面积设置

红树林碳汇野外调查样方面积设置如下：

- 乔木样方选用较大面积，面积宜为  $100\text{ m}^2$ ，样方大小宜为  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ ；

- b) 灌木、藤本植物样方选用较小面积，面积宜为 10 m<sup>2</sup>；
- c) 呼吸根和凋落物样方选用小面积，面积宜为 1 m<sup>2</sup>，样方大小宜为 100 cm×100 cm。

#### 4.1.3 样方数量

在理想状态下，宜预先评估研究地点现存的碳储量和测量方法带来的误差。若资源（预算和时间）允许，首次测量宜增加样方数量，后续的测量可根据这些原始数据来调整样方数量。同时，在多样性较高等异质性较高的地区宜多设置样方，在人工林较多、树种相对单一等异质性较低的地区宜少设置样方。

#### 4.1.4 调查时间与频次

测定频率应考虑当地法规、管理或资金的需求，资源的可用性；也取决于被测定的碳库。对于生物量碳的测定，宜每年在地上生物量达到峰值的时间段（例如每年8月~9月）进行测量；重复测定宜在每年的同一时间进行。

鉴于广东省热带风暴频繁爆发，因此，宜每年增加测定频率，可分别在热带风暴登陆前、登陆后进行测定。

### 4.2 红树林植被调查方法

#### 4.2.1 监测采样工具

红树林植被监测采样工具如下：

- a) 卫星定位仪：用于确定样地位置；
- b) 胸径尺：用于确定样地和测量红树林树木胸径；
- c) 测高仪：用于测定红树林树木高度；
- d) 剪刀或镰刀：用于采集呼吸根、灌木等地表生物量；
- e) 绳子或线：标记样方范围；
- f) 标桩：标记样方范围；
- g) 取样框：用于设置采集呼吸根等的小样方；
- h) 印制好的现场记录表：记录调查数据；
- i) 样品袋：用于存放收集的呼吸根、凋落物等地表样品。

#### 4.2.2 乔木调查

记录样方内每一棵乔木的基本信息（附录A），包括树种、130 cm处的胸径、树高、位置和编号。树木主干的结构存在差异，胸径的测量应根据具体情况选择测量方法：

- a) 树木主干笔直高大，宜平行于主干从地面开始测量胸径；
- b) 树木在斜坡上，宜测量坡上的一侧；
- c) 树木斜着生长，宜根据树的自然角度平行于主干测量；
- d) 在 130 cm 或 130 cm 以下有分叉，宜测量分叉处下不远处的直径；
- e) 分叉的地方十分接近地面，宜当成两棵树来测量；
- f) 树木的基部有隆起，且超过 130 cm，宜在隆起的上面不远处测量；
- g) 有支柱根的物种（如红树属植物），宜从最上端的支柱根处往上 130 cm 处。

#### 4.2.3 灌木调查

测量并记录样方内灌木的冠幅、树冠体积、树冠面积、树高和离地面30 cm处的基径。

#### 4.2.4 枯立木调查

样方内所有已经枯死但未倒下的树被称为枯立木。若是乔木，测量树木的树高以及130 cm处的胸径；若是灌木，测量树高、冠层深度、冠幅以及主茎距离地面30 cm处的基径。

#### 4.2.5 藤本植物调查

统计样方内藤本植物数量并进行标记，并测量其离地130 cm处的直径，用于估算其生物量。

#### 4.2.6 呼吸根调查

宜统计样方内呼吸根的数量，计算呼吸根密度。齐地剪下呼吸根（覆盖样方内分布的所有呼吸根大小），带回实验室获得每个呼吸根的干重，计算平均值。

#### 4.2.7 凋落物调查

收集样方内所有凋落物，用样品袋或容器带回实验室，将这些样品（或者重新分出的部分样品）烘干到恒重，测定生物量。凋落物产量可通过在样方内设置凋落物收集网监测凋落物产量（监测时长至少1年）。通过设置固定样方监测胸径和树高变化，结合异速生长方程核算其差值得到生物量的年均增长量。

#### 4.2.8 倒木调查

宜采用样方法取样或样线法取样。若样方内倒木数量较少，可逐一测量其中间部位的直径。若倒木数量较多，宜采用样线相交法取样。

#### 4.2.9 室内分析方法

##### 4.2.9.1 干重测定

呼吸根、草本植物、木本植物、凋落物、小木片等野外收集样品干重的测定，使用烘箱对样品进行烘干，推荐温度为60 ℃，一般烘干24 h~72 h（时间视样品量而定），期间可多次取出样品称量其干重，直至其重量不再显著变化。最终记录的数值即为样品的干重。

##### 4.2.9.2 碳转换系数测定

乔木、灌木、藤本植物、枯立木、呼吸根和凋落物等碳库的碳转换系数，可采集样品带回实验室，并用元素分析仪测定其有机碳含量（%），该数值即为碳转换系数。

##### 4.2.9.3 木材密度测定

一般采用文献资料，如实际测量，可采用如下方法：

通过获取木材样品（灌木）体积和干重进行木材密度的计算。采样时，通常是割去一小部分树皮，切下树枝的一小段（约2.5 cm），从主茎（从固定的高度取样）中取木材，取样量0.5 g~50 g，将其带回实验室。木材样品体积可通过排水法获得。木材样品放到通风良好的烘箱中，60 ℃烘干至恒重。用公式（1）计算样品木材密度；计算多个样品（3个以上）的平均值可作为每种物种的木材密度。

$$\rho_{\text{木材}} = M/V_{\text{样品}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\rho_{\text{木材}}$  ——木材密度，单位为克每立方厘米（g/cm<sup>3</sup>）；

M ——木材干重，单位为克（g）；

$V_{\text{样品}}$  ——新鲜木材样品的体积，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）。

### 4.3 红树林土壤碳储量调查方法

#### 4.3.1 野外采样工具

红树林土壤碳储量野外采样工具如下：

- a) 卫星定位仪：记录采集土柱样品的位置；
- b) 土柱碳储量采样器：采集土柱样品；
- c) 土壤深度探测器（选用）：测定土壤深度；
- d) 卷尺：测定土样的厚度及土柱的深度；
- e) 尖刀或 25 mL 注射器：土柱取样；
- f) 塑料样品袋：存放样品；
- g) 防水文具及胶带：标记样品；
- h) 相机：归档样品外观及编号。

#### 4.3.2 土柱采集深度

红树林土壤碳储量评估的采集标准深度宜为 100 cm。

#### 4.3.3 土柱采集步骤

红树林土壤碳储量土柱采集步骤如下：

- a) 在采样前，去除采样土壤表面凋落物层和活体组织。
- b) 将土壤碳储量采样器垂直插入土壤中，使顶部与土壤表面齐平。若遇到大的根系或者珊瑚礁碎片阻碍插入，应重新选择采样位置或者更换采样工具。
- c) 到达所需深度后，扭转采样器将残留的细根切断。然后，缓慢拔出采样器时要持续扭转，以完整地取得土壤样品。每个样方宜采集 3 根具代表性的土柱。

#### 4.3.4 土柱分层取样

每个样方宜采集 3 根深度为 1 m 的土柱，深度范围为 0 cm~15 cm、15 cm~30 cm、30 cm~50 cm、50 cm~100 cm 和超过 100 cm 分层采样。

当土壤深度超过 100 cm 时，宜以不超过 200 cm 的间隔进行土柱采样。

采集样品时，样品宜单独放置在有编号的塑料容器或袋子中，记录包括采样地点、样方编号、土柱识别号、土壤深度、日期、采样装置及其他相关信息。

#### 4.3.5 土壤储存方法

样品宜保持低温（4℃）保存，尽可能在收集后 24 h 内进行冷冻或干燥，干燥后样品可储存多年。

### 4.4 红树林土壤有机碳沉积速率调查方法

#### 4.4.1 野外采样工具

红树林土壤有机碳沉积速率野外采样工具如下：

- a) 卫星定位仪：记录采集土柱样品的位置；
- b) 土柱碳汇采样器：采集土柱样品；
- c) 土壤深度探测器（选用）：测定土壤深度；

- d) 卷尺：测定土样的厚度及土柱的深度；
- e) 尖刀或 25 mL 注射器：土柱取样；
- f) 塑料样品袋：存放样品；
- g) 防水文具及胶带：标记样品；
- h) 相机：归档样品外观及编号。

#### 4.4.2 土柱采集深度

红树林土壤碳汇评估的采集标准深度宜为100 cm。

#### 4.4.3 土柱采集步骤

红树林土壤有机碳沉积速率土柱采集步骤如下：

- a) 在采样前，去除采样土壤表面凋落物层和活体组织。
- b) 将土壤碳汇采样器稳稳地垂直插入土壤中，直至采样器的顶部与土壤表面齐平。采样器插进土壤时应稳而慢（可轻敲锤子），尽量避免挤压土壤。若遇到大的根系或者珊瑚礁碎片阻碍采样器深入时，切勿用蛮力推压，宜另选位置进行采样或更换采样工具以切断阻碍物。
- c) 到达所需深度后，扭转采样器以切断残留的细根，并密封顶部端口（真空可以防止样品丢失）。然后缓慢拔出采样器，确保在拔出过程中不踩踏采样位置，取 0 cm~50 cm 深度的土壤样品。
- d) 分割完 0 cm~50 cm 样品后，打开采样器泥斗，在原位插入采样器，直至泥斗与土壤表面齐平。旋转闭合泥斗，取出采样器，清理泥斗内采集的土壤（去除 0 cm~50 cm 的土壤淤积）。
- e) 在同一位置再次插入采样器，直至采样器的顶部与土壤表面齐平。采样器插进土壤时应稳而慢（轻敲锤子），尽量避免挤压土壤。如遇到大的根系或者珊瑚礁碎片，采样器无法深入时，切勿蛮力推压，宜更换采样工具切断阻碍物。
- f) 到达所需深度后，扭转采样器切断残留的细根，闭合泥斗以防止样品流失。然后缓慢拔出采样器，取得 50 cm~100 cm 深度的土壤样品。

#### 4.4.4 土柱分层取样

在进行土壤碳汇采样时，对土壤样品宜采用高密度集的采样技术，深度范围为0 cm~100 cm。将其细分为在0 cm~30 cm范围内，每2 cm取一个样品；在30 cm~100 cm范围内，每10 cm取一个样品，共22个样品。

采集样品时，样品宜单独放置在有编号的塑料容器或袋子中，记录包括采样地点、样方编号、土柱识别号、土壤深度、日期、采样装置及其他相关信息（附录B）。

#### 4.4.5 土壤储存方法

参考4.3.5土壤储存方法。

#### 4.4.6 实验室分析方法

##### 4.4.6.1 干重测定

将土壤样品置于预先称重的坩埚中，在60 °C的温度下烘干至恒重。为确保恒重，宜反复称重直至连续称量的质量差小于4 %（须使用相同的天平），记录42 h和48 h坩埚加样品干重。

##### 4.4.6.2 容重测定

容重（DBD）由完全干燥的样品质量和原始体积来确定。按公式（2）计算：

$$DBD = \frac{m_{\text{干重}}}{V_{\text{体积}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

DBD——容重，单位为克每立方厘米（g/cm<sup>3</sup>）；

$m_{\text{干重}}$ ——土壤干重，单位为克（g）；

$V_{\text{体积}}$ ——原始体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）。

如果容重样品取自完整的土柱，使用公式（3）进行计算：

$$V_{\text{预干燥样品体积}} = \pi \times r_{\text{采样管半径}}^2 \times H \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$V_{\text{预干燥样品体积}}$ ——预干燥土壤样品体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）；

$r_{\text{采样管半径}}$ ——土壤采样管半径，单位为厘米（cm）；

H——样品深度，单位为厘米（cm）。

如果样品取自对半劈开的土柱，使用相同的方程来确定完整土柱体积时，体积减半。

#### 4.4.6.3 土壤有机碳含量测定方法

土壤有机碳含量的测定主要采用元素分析仪法和灼烧失重法。红树林土壤有机碳含量参考数据见附录D。

#### 4.4.6.4 土壤沉积速率测定方法

土壤沉积速率采用放射性同位素定年法测定。

### 5 红树林碳储量核算方法

#### 5.1 红树林植被碳储量核算

##### 5.1.1 乔木

基于4.2样方调查结果，采用异速生长法计算样方中每一颗乔木的地上和地下生物量，常见的部分红树林树种地上部分和地下部分异速生长方程如附录C所示。

红树植物碳储量和总生物量（地上+地下）成正比，通过乘以碳转换系数估算样方中所有乔木总植被碳含量。转换方法如公式（4）所示：

$$C_{\text{乔木}} = W_{\text{乔木}} \times N_{\text{乔木}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$C_{\text{乔木}}$ ——乔木碳含量，单位为千克碳（kg C）；

$W_{\text{乔木}}$ ——乔木总生物量（地上+地下），单位为千克（kg）；

$N_{乔木}$  ——碳转换系数。

### 5.1.2 灌木

可根据灌木异速生长方程法计算或通过体积转化法计算灌木生物量。

异速生长方程法：基于样方调查结果构建目标灌木物种的异速生长方程，估算灌木生物量。

体积转化法：可采用三维激光扫描仪扫描整颗灌木，获得三维点云数据并计算灌木体积，结合灌木的木材密度估算木材生物量。

基于样方中所有灌木生物量之和，乘以碳转换系数核算样方中灌木植被碳含量。公式如下：

$$C_{灌木} = W_{灌木} \times N_{灌木} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$C_{灌木}$  ——灌木碳含量，单位为千克碳（kg C）；

$W_{灌木}$  ——灌木总生物量（地上+地下），单位为千克（kg）；

$N_{灌木}$  ——碳转换系数。

### 5.1.3 藤本植物

基于样方调查结果，以及碳转换系数，计算藤本植物碳含量，如公式（6）所示：

$$C_{藤本} = d_{藤本} \times e^{0.968} \times \ln(d_{藤本}) \times N_{藤本} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$C_{藤本}$  ——藤本植物碳含量，单位为千克碳（kg C）；

$d_{藤本}$  ——藤本植物离地面130 cm处的直径，单位为厘米（cm）；

$N_{藤本}$  ——碳转换系数。

### 5.1.4 凋落物、呼吸根

基于样方调查结果，通过生物量和碳转换系数乘积得到相应碳含量。

### 5.1.5 枯立木

腐烂等级1：较活的树木，其大、中、小枝完整，只是没有叶、花和果。

腐烂等级2：没有小枝，且可能失去一部分大枝。

腐烂等级3：很少或已经完全没有枝条，只剩下主干，主干顶端也可能已经掉落。

枯立木碳含量可在活木碳含量基础上，根据其腐烂等级按比例进行换算，不同腐烂等级枯立木换算如公式（7）～（9）：

腐烂等级1：

$$C_{枯立木} = 97.5\% \times W_{活木} \times N_{活木} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$C_{\text{枯立木}}$  —— 枯立木碳含量，单位为千克碳（kg C）；

$W_{\text{活木}}$  —— 活木生物量（地上+地下），单位为千克（kg）；

$N_{\text{活木}}$  —— 碳转换系数。

腐烂等级2：

$$C_{\text{枯立木}} = 85.0\% \times W_{\text{活木}} \times N_{\text{活木}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$C_{\text{枯立木}}$  —— 枯立木碳含量，单位为千克碳（kg C）；

$W_{\text{活木}}$  —— 活木生物量（地上+地下），单位为千克（kg）；

$N_{\text{活木}}$  —— 碳转换系数。

腐烂等级3：

由于腐烂程度较高，可采用体积换算法先计算其生物量，然后乘以碳转换系数核算出枯木的碳含量。

$$C_{\text{枯立木}} = V_{\text{枯立木}} \times \rho_{\text{枯立木}} \times N_{\text{枯立木}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$C_{\text{枯立木}}$  —— 枯立木碳含量，单位为千克碳（kg C）；

$V_{\text{枯立木}}$  —— 枯立木体积，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）；

$\rho_{\text{枯立木}}$  —— 枯立木木材密度，单位为克每立方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）；

$N_{\text{枯立木}}$  —— 碳转换系数。

### 5.1.6 倒木

基于样方调查结果，计算样方中所有倒木的生物量和碳储量。

首先根据倒木大小分级用公式计算出木片体积：

a) 细小、小、中等木片体积，按公式（10）计算：

$$V_1 = \pi^2 \times \frac{N_i \times \text{QMD}^2}{8 \times L} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$V_1$  —— 细小、小、中等木片体积，单位为立方米每公顷（ $\text{m}^3/\text{ha}$ ）；

$N_i$  —— 取样数量；

QMD —— 等级木片的断面平均直径，单位为厘米（cm）；

L —— 样线长度（1000 cm），单位为米（m）。

b) 大木片体积，按公式（11）计算：

$$V_{\text{大}} = \pi^2 \times \frac{\sum_{i=1}^n D^2}{8 \times L} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$V_{\text{大}}$ ——大木片体积, 单位为立方米每公顷 ( $\text{m}^3/\text{ha}$ );

$D$ ——等级木片的直径, 单位为厘米 (cm);

$L$ ——样线长度 (1000 cm), 单位为米 (m)。

倒木碳含量按公式 (12) 计算:

$$C_{\text{倒木}} = V_{\text{倒木}} \times \rho_{\text{倒木}} \times N_{\text{倒木}} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$C_{\text{倒木}}$ ——倒木碳含量, 单位为千克碳每公顷 ( $\text{kg C}/\text{ha}$ );

$V_{\text{倒木}}$ ——倒木体积, 单位为立方米每公顷 ( $\text{m}^3/\text{ha}$ );

$\rho_{\text{倒木}}$ ——木材密度, 单位为千克每立方米 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$N_{\text{倒木}}$ ——碳转换系数。

### 5.1.7 植被总碳储量

基于样方调查和各组碳储量核算结果, 计算出各植被类型单位面积植被碳储量, 按公式 (13) 计算:

$$\overline{CB}_{\text{植被 } i} = \overline{CB}_{\text{乔木}} + \overline{CB}_{\text{灌木}} + \overline{CB}_{\text{凋落物}} + \overline{CB}_{\text{呼吸根}} + \overline{CB}_{\text{枯木}} + \overline{CB}_{\text{倒木}} \dots\dots\dots (13)$$

目标区域内各植被类型碳储量, 按公式 (14) 计算:

$$CB_{\text{植被 } i} = \overline{CB}_{\text{植被 } i} \times S \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$CB_{\text{植被 } i}$ ——目标区域内第  $i$  个植被类型的植被碳储量, 单位为兆克碳 ( $\text{Mg C}$ );

$\overline{CB}_{\text{植被 } i}$ ——第  $i$  个植被类型单位面积植被碳储量, 单位为兆克碳每公顷 ( $\text{Mg C}/\text{ha}$ );

$S$ ——第  $i$  个植被类型分布面积, 单位为公顷 (ha)。

目标区域总的植被碳储量为各植被类型碳储量之和, 按公式 (15) 计算:

$$CB_{\text{区域植被}} = CB_{\text{植被 } 1} + CB_{\text{植被 } 2} + CB_{\text{植被 } 3} + \dots + CB_{\text{植被 } n} \dots\dots\dots (15)$$

## 5.2 红树林土壤碳储量核算

土壤总碳储量是由一定区域内的碳含量和土壤深度决定的。土壤总碳储量计算的主要步骤如下:

a) 对于土柱每段取样间隔的子样品, 按公式 (16) 计算土壤有机碳密度:

$$\rho_{\text{有机碳密度}} = \text{DBD} \times \left( \frac{\%C_{\text{有机碳}}}{100} \right) \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$\rho_{\text{有机碳密度}}$ ——土壤有机碳密度，单位为克每立方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）

DBD——容重，单位为克每立方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）

$\%C_{\text{有机碳}}$ ——有机碳百分含量。

b) 土柱各层样品的碳含量，按公式（17）计算：

$$C_{\text{各土层碳含量}} = \rho_{\text{有机碳密度}} \times h \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$C_{\text{各土层碳含量}}$ ——土柱各层样品的碳含量，单位为克每平方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^2$ ）；

$\rho_{\text{有机碳密度}}$ ——土壤有机碳密度，单位为克每立方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）；

$h$ ——取样厚度，单位为厘米（ $\text{cm}$ ）。

c) 加和每层样品的碳含量，获得每根土柱碳含量，按公式（18）计算：

$$C_{\text{土柱总碳含量}} = C_A + C_B + C_C + \dots + C_N \dots\dots\dots (18)$$

式中：

$C_{\text{土柱总碳含量}}$ ——土柱的总碳含量，单位为克每平方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^2$ ）；

$C_A$ ——A层的碳含量，单位为克每平方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^2$ ）；

$C_B$ ——B层的碳含量，单位为克每平方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^2$ ）；以此类推。

d) 按公式（19）计算步骤c)的每根柱子碳含量，使之转化为碳储量评估的常用单位（ $\text{Mg C}/\text{ha}$ ），（ $1000000 \text{ g} = 1 \text{ Mg}$ ， $100000000 \text{ cm}^2 = 1 \text{ ha}$ ）：

$$CB_{\text{土柱}} = C_{\text{土柱总碳含量}} \times \left( \frac{1\text{MgC}}{100000\text{g}} \right) \times \left( \frac{100000000\text{cm}^2}{1\text{ha}} \right) \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$CB_{\text{土柱}}$ ——土柱样品总碳储量，单位为兆克碳每公顷（ $\text{Mg C}/\text{ha}$ ）；

$C_{\text{土柱总碳含量}}$ ——土柱的总碳含量，单位为克每平方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^2$ ）。

e) 确定给定深度土壤中的平均碳储量，计算相关的标准偏差以确定变异性或误差，按公式（20）计算：

$$\overline{CB} = \frac{(CB_{\#1 \text{土柱}} + CB_{\#2 \text{土柱}} + \dots + CB_{\#n \text{土柱}})}{n} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

$\overline{CB}$ ——土柱平均碳储量，单位为兆克碳每公顷（ $\text{Mg C}/\text{ha}$ ）；

$CB_{\#i \text{土柱}}$ ——i土柱的碳储量，单位为兆克碳每公顷（ $\text{Mg C}/\text{ha}$ ）；

$n$ ——土柱数量。

土柱样品之间的标准差（ $\sigma$ ）确定平均值与所有数据的聚集程度，按公式（21）计算：

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{(CB_{\#1 \text{ 土柱}} - \overline{CB})^2 + (CB_{\#2 \text{ 土柱}} - \overline{CB})^2 + \dots + (CB_{\#n \text{ 土柱}} - \overline{CB})^2}{(N-1)}} \dots\dots\dots (21)$$

式中：

$\overline{CB}$  ——土柱的平均碳储量 (Mg C/ha) ；

$CB_{\#i \text{ 土柱}}$  ——i土柱的碳储量，单位是兆克碳每公顷 (Mg C/ha) ；

N ——土柱的数量。

f) 将步骤 e) 中获得的每根土柱的平均碳储量 (Mg C/ha) 乘以每个小样方的面积 (ha) 来确定每个小样方的碳储量 (Mg C)，然后累加每个小样方的碳储量，得到小区土壤碳储量，按公式 (22) 计算：

$$CB_{\text{小区土壤}} = (\overline{CB_{\#1 \text{ 土柱}}} \times S_{\#1 \text{ 样方}}) + (\overline{CB_{\#2 \text{ 土柱}}} \times S_{\#2 \text{ 样方}}) + \dots + (\overline{CB_{\#n \text{ 土柱}}} \times S_{\#n \text{ 样方}}) \dots\dots\dots (22)$$

式中：

$CB_{\text{小区土壤}}$  ——小区的土壤碳储量，单位为兆克碳 (Mg C) ；

$\overline{CB_{\#i \text{ 土柱}}}$  ——i土柱的平均碳储量，单位为兆克碳每公顷 (Mg C/ha) ；

$S_{\#i \text{ 样方}}$  ——i样方面积，单位为公顷 (ha) 。

g) 将各个小区的土壤碳储量加和起来，得到区域土壤碳储量，如公式 (23) 所示：

$$CB_{\text{区域土壤}} = CB_{\#1 \text{ 区域土壤}} + CB_{\#2 \text{ 区域土壤}} + \dots + CB_{\#n \text{ 区域土壤}} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

$CB_{\text{区域土壤}}$  ——区域的土壤碳储量，单位为兆克碳 (Mg C) ；

$CB_{\#i \text{ 区域土壤}}$  ——i小区的土壤碳储量，单位为兆克碳 (Mg C) ；

计算区域土壤碳储量偏差。将步骤e)中计算得到的每根土柱碳储量的标准差 (Mg C/ha) (公式21) 乘每个小区的面积 (ha)，然后将平均碳储量的标准差与各小区间的标准差加和起来计算偏差，按公式 (24) 计算：

$$\sigma_{\text{土壤}} = \sqrt{(\sigma_A \times A_{\#1 \text{ 小区}})^2 + (\sigma_B \times A_{\#2 \text{ 小区}})^2 + \dots + (\sigma_N \times A_{\#n \text{ 小区}})^2} \dots\dots\dots (24)$$

式中：

$\sigma_{\text{土壤}}$  ——区域土壤平均碳储量的标准差，单位为兆克碳 (Mg C) ；

$\sigma_i$  ——i小区土壤平均碳储量的标准差，单位为兆克碳 (Mg C) ；

$A_i \text{ 样方}$  ——i小区的面积，单位为公顷 (ha) 。

h) 最终的土壤碳储量将以“平均值 ± 标准差”来表示，区域的土壤碳储量为： $CB_{\text{区域土壤}}$  (公式 23) ±  $\sigma_{\text{土壤}}$  (公式 24)。可通过将区域的面积分别乘最小和最大碳密度来表示最小和最大碳储量。

### 5.3 红树林总碳储量核算

红树林碳储量即红树林植被碳储量和红树林土壤碳储量之和，按公式（25）计算：

$$CB_{\text{总}} = CB_{\text{区域土壤}} + CB_{\text{区域植被}} \dots\dots\dots (25)$$

式中：

$CB_{\text{总}}$ ——红树林总碳储量，单位为兆克碳（Mg C）；

$CB_{\text{区域土壤}}$ ——土壤碳储量，单位为兆克碳（Mg C）；

$CB_{\text{区域植被}}$ ——植被碳储量，单位为兆克碳（Mg C）。

## 6 红树林碳汇核算方法

### 6.1 红树林植被碳汇核算

#### a) 净初级生产力核算法

红树林植被碳汇核算方法，宜采用净初级生产力核算法，红树林净初级生产力参考数据见附录F。通过计算红树林年净初级生产力估算植被碳汇，按公式（26）计算：

$$CS_{\text{植被}} = \sum_i A_{i \text{ 植被}} \times P_{i \text{ 植被}} \times CF_{i \text{ 植被}} \dots\dots\dots (26)$$

式中：

$CS_{\text{植被}}$ ——目标区域内各红树林植被类型碳汇总和，单位为克碳每年（g C/a）；

$A_{i \text{ 植被}}$ ——第i个植被类型红树林面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；

$P_{i \text{ 植被}}$ ——第i个植被类型年净初级生产力，单位为克每平方米每年 $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$ ；

$CF_{i \text{ 植被}}$ ——第i个植被类型含碳比率，无量纲。

年净初级生产力可通过遥感估算获取，也可通过计算凋落物产量和植被生物量增长加和得出，按公式（27）计算：

$$P_{i \text{ 植被}} = P_{i \text{ 植被凋落物}} + P_{i \text{ 植被生物量}} \dots\dots\dots (27)$$

式中：

$P_{i \text{ 植被凋落物}}$ ——第i个植被类型年凋落物产量，单位为克每平方米每年 $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$ ；

$P_{i \text{ 植被生物量}}$ ——第i个植被类型年生物量增长量，单位为克每平方米每年 $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$ 。

#### b) 碳储量差值法

通过计算某一时间区段内植被碳储量的差值估算植被碳汇，适用于周期较长（如3年以上）的碳汇核算项目，按公式（28）计算：

$$CS_{\text{植被}} = \sum_i (C_{i\_tn} \times A_{i\_tn} - C_{i\_t0} \times A_{i\_t0}) / n \dots\dots\dots (28)$$

式中:

$C_{i\_t0}$ ——第*i*个植被类型单位面积碳储量的初始值,单位为克碳每平方米( $g C/m^2$ );

$C_{i\_tn}$ ——*n*年之后第*i*个植被类型单位面积碳储量,单位为克碳每平方米( $g C/m^2$ );

$A_{i\_t0}$ ——第*i*个植被类型分布面积初始值,单位为平方米( $m^2$ );

$A_{i\_tn}$ ——*n*年之后第*i*个植被类型分布面积初始值,单位为平方米( $m^2$ );

*n*——时间差,单位为年(a)。

## 6.2 红树林土壤碳汇核算

### a) 碳储量差值法

通过计算某一时间区段内土壤碳储量的差值估算土壤碳汇,适用于周期较长的碳汇核算项目,按公式(29)计算:

$$CS_{\text{土壤}} = (C_{Tn} - C_{T0}) / (T_n - T_0) \dots\dots\dots (29)$$

式中:

$CS_{\text{土壤}}$ ——红树林土壤碳汇,单位为兆克碳每年( $Mg C/a$ );

$C_{Tn}$ ——*T<sub>n</sub>*年估算的目标区域土壤碳储量,单位为兆克碳( $Mg C$ );

$C_{T0}$ ——*T<sub>0</sub>*年估算的目标区域土壤碳储量,单位为兆克碳( $Mg C$ );

*T<sub>n</sub>*——第*n*年;

*T<sub>0</sub>*——起始年。

### b) 沉积速率法

红树林土壤碳汇核算方法,宜采用沉积速率法。红树林有机碳沉积速率参考数据见附录E。使用沉积速率法计算土壤碳汇,按公式(30)计算:

$$CS_{\text{土壤}} = DBD \times S \times R \times A \dots\dots\dots (30)$$

式中:

DBD——红树林土壤容重,单位为克每立方厘米( $g/cm^3$ );

S——红树林土壤有机碳含量,单位为毫克每克( $mg/g$ );

R——红树林土壤沉积速率,单位为毫米每年( $mm/a$ );

A——红树林面积,单位为平方米( $m^2$ )。

## 6.3 红树林总碳汇核算

红树林碳汇即红树林植被碳汇和红树林土壤碳汇之和,按公式(31)计算:

$$CS_{\text{总}} = CS_{\text{植被}} + CS_{\text{土壤}} \dots\dots\dots (31)$$

式中:

$CS_{\text{总}}$ ——红树林总碳汇,单位为兆克碳每年( $Mg C/a$ );

$CS_{\text{植被}}$  ——红树林植被碳汇，单位为兆克碳每年（Mg C/a）；

$CS_{\text{土壤}}$  ——红树林土壤碳汇，单位为兆克碳每年（Mg C/a）。

附 录 A  
(规范性)  
植被调查记录表

表A.1规定了红树林植被调查记录的信息。

表A.1 植被调查记录表

|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|--------------------------------------|--------------|--------|-------|------|---------|-------|------|
| 野外<br>用<br>表                         | 记录人/研究机构     |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 日期和时间        |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 地点(地市、县区)    |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 卫星定位仪定点(经纬度) |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 样方大小         |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 乔木           | 植被类型   | 胸径/cm | 树高/m | 冠层深度/cm | 冠幅/cm |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 灌木           | 植被类型   | 胸径/cm | 树高/m | 冠层深度/cm | 冠幅/cm |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 枯木           | 腐烂等级   | 胸径/cm | 树高/m | 腐烂等级    | 胸径/cm | 树高/m |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      | 倒木           | 样线长度/m | 胸径/cm |      | 样线长度/m  | 胸径/cm |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
| 呼吸根                                  | 呼吸根数量        |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
| 幼苗                                   | 幼苗数量         |        |       |      |         |       |      |
|                                      |              |        |       |      |         |       |      |
| 优势物种                                 |              |        |       |      |         |       |      |
| 注：收集呼吸根、凋落物、幼苗等样品的袋子应标记地点、日期、样地和样品编号 |              |        |       |      |         |       |      |

附 录 B  
(规范性)  
土壤野外调查记录表

表B.1规定了红树林土壤野外调查记录的信息。

表B.1 土壤野外调查记录表

| 样品类型<br>(碳储量/<br>沉积速率) | 样地名称 | 样带位置 | 植物群落类型 | 平行样编号 | 土柱长度<br>(cm) | 取完土柱后洞<br>深 (cm) | 备注 |
|------------------------|------|------|--------|-------|--------------|------------------|----|
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |
|                        |      |      |        |       |              |                  |    |

附 录 C  
(资料性)  
主要物种异速生长方程

表C.1提供了红树林主要物种的异速生长方程。

表C.1 主要物种异速生长方程

| 树种   | 异速生长方程   |
|--|--|
| 无瓣海桑   | ${}^*W_{AGB}=0.034 \times ({}^*DBH^2 \times {}^*H)^{0.966a}$ |
|  | ${}^*W_{BGB}=0.003 \times (DBH^2 \times H)^{1.119a}$         |
| 拉关木  | $W_{AGB}=0.362 \times DBH^{1.93bc}$                          |
|  | $W_{BGB}=0.199 \times (0.6)^{0.899} \times DBH^{2.22bc}$     |
| 银叶树  | $W_{AGB}=0.251 \times 0.84 \times DBH^{2.46bc}$              |
|  | $W_{BGB}=0.199 \times (0.84)^{0.899} \times DBH^{2.22bc}$    |
| 角果木  | $W_{AGB}=0.251 \times 0.746 \times DBH^{2.46c}$              |
|  | $W_{BGB}=0.199 \times (0.746)^{0.899} \times DBH^{2.22c}$    |
| 白骨壤  | $W_{AGB}=-0.222424+0.076123 \times {}^*D^2 \times H^d$       |
|  | $W_{BGB}=-0.12623+0.040168 \times D^2 \times H^d$            |
| 秋茄   | $W_{AGB}=-0.295595+0.056976 \times D^{2d}$                   |
|  | $W_{BGB}=0.108358+0.009685D^2 \times H^d$                    |
| 桐花树  | $W_{AGB}=-0.425066+0.644347 \times DBH^d$                    |
|  | $W_{BGB}=-0.10423+0.163242 \times DBH^d$                     |
| <p><math>{}^*W_{AGB}</math>、<math>{}^*W_{BGB}</math> 分别代表地上、地下生物量。</p> <p><math>{}^*DBH</math>、<math>{}^*H</math>、<math>{}^*D</math> 分别代表胸径、树高、基径。</p> <p><sup>a</sup> 胡懿凯, 徐耀文, 薛春泉, 罗勇, 廖宝文, 朱宁华, 2019. 广东省无瓣海桑和林地土壤碳储量研究. 华南农业大学学报 40(6), 95 - 103.</p> <p><sup>b</sup> J.B., K., D., D., 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests[R/OL]. Center for International Forestry Research (CIFOR), 2012. <a href="https://doi.org/10.17528/cifor/003749">https://doi.org/10.17528/cifor/003749</a></p> <p><sup>c</sup> Komiyama, A., Pongparn, S., Kato, S., 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves[J]. Journal of Tropical Ecology. 21, 471 - 477.</p> <p><sup>d</sup> 何琴飞, 郑威, 黄小荣, 刘秀, 申文辉, 何峰, 2017. 广西钦州湾红树林碳储量与分配特征. 中南林业科技大学学报 37(11), 121 - 126.</p> |  |

## 附录 D

(资料性)

## 广东省红树林土壤有机碳含量数据

表D.1提供了广东省红树林土壤有机碳含量的数据。

表D.1 广东省红树林土壤有机碳含量数据

| 地点      | 有机碳含量 (%)                 |
|---------|---------------------------|
| 湛江太平镇   | 0.54±0.03 <sup>a</sup>    |
| 湛江南田海马厂 | 0.74±0.16 <sup>a</sup>    |
| 湛江东海岛   | 0.74±0.11 <sup>a</sup>    |
| 湛江金鸡村   | 0.97±0.01 <sup>a</sup>    |
| 湛江那板村   | 0.97±0.07 <sup>a</sup>    |
| 湛江流沙湾   | 0.75±0.04 <sup>a</sup>    |
| 湛江遂溪县   | 0.98±0.23 <sup>a</sup>    |
| 湛江下斗伦村  | 0.89±0.52 <sup>a</sup>    |
| 湛江高桥    | 0.84±0.10 <sup>a</sup>    |
| 湛江特呈岛   | 1.10±0.06 <sup>a</sup>    |
| 茂名      | 1.15 <sup>b</sup>         |
| 江门      | 2.1±0.20 <sup>bcd</sup>   |
| 珠海      | 1.75±0.11 <sup>defg</sup> |
| 中山      | 2.08 <sup>b</sup>         |
| 广州      | 1.65 <sup>bh</sup>        |
| 深圳      | 1.4±0.06 <sup>bdij</sup>  |
| 惠州      | 3.47 <sup>b</sup>         |
| 汕头      | 2.04±0.56 <sup>bk</sup>   |
| 潮州      | 1.55 <sup>b</sup>         |

<sup>a</sup> Huang Z ,Wang Y ,Guo F , et al.Mangrove soil carbon stocks varied significantly across community compositions and environmental gradients in the largest mangrove wetland reserve, China[J]. Regional Environmental Change, 2024, 24(4): 140-140. (起草单位研究成果)

<sup>b</sup> 胡懿凯, 徐耀文, 薛春泉, 罗勇, 廖宝文, 朱宁华. 2019. 广东省无瓣海桑和林地土壤碳储量研究. 华南农业大学学报 40(6), 95 - 103.

<sup>c</sup> 华国栋, 庄礼凤, 李家祥, 张雪娜, 王丹枫, 吴林芳. 2021. 广东台山镇海湾红树林国家湿地公园土壤有机碳含量及其影响因素分析. 林业与环境科学, 37(6): 118-123.

<sup>d</sup> Chuancheng F ,Yuan L ,Lin Z , et al.Stocks and losses of soil organic carbon from Chinese vegetated coastal habitats[J]. Global change biology, 2020, 27(1): 202-214.

<sup>e</sup> 胡懿凯, 朱宁华, 廖宝文, 游奕来, 唐虹. 2019b. 淇澳岛不同恢复类型红树林碳密度及固碳速率研究. 中南林业科技大学学报, 39(12): 101-107.

<sup>f</sup> 徐耀文, 姜仲茂, 武锋, 杨倩梨, 廖宝文. 2020. 翠亨湿地无瓣海桑人工林土壤有机碳分布特征及与土壤理化指标相关性. 林业科学研究, 33(1): 62-68.

<sup>g</sup> Yu C, Feng J, Liu K, Wang G, Zhu Y, Chen H and Guan D. 2020. Changes of Ecosystem Carbon Stock Following the Plantation of Exotic Mangrove *Sonneratia apetala* in Qi'ao Island, China. Science of the Total Environment, 717: 137142.

表D.1 广东省红树林土壤有机碳含量数据（续）

- <sup>h</sup> Wu Q, Leung J Y, Tam N F, Chen S, Mai B, Zhou X, Xia L and Geng X. 2014. Biological Risk and Pollution History of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Nansha Mangrove, South China. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1): 92-98.
- <sup>i</sup> 毛子龙, 赖梅东, 赵振业, 杨小毛. 2011. 薇甘菊入侵对深圳湾红树林生态系统碳储量的影响. *生态环境学报*, 20(12): 1813.
- <sup>j</sup> Lunstrum A and Chen L. 2014. Soil Carbon Stocks and Accumulation in Young Mangrove Forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 75: 223-233.
- <sup>k</sup> He Z, Peng Y, Guan D, Hu Z, Chen Y and Lee S. 2018. Appearance Can be Deceptive: Shrubby Native Mangrove Species Contributes More to Soil Carbon Sequestration Than Fast-Growing Exotic Species. *Plant and Soil*, 432(1): 425-436.

## 附录 E

(资料性)

## 广东省红树林土壤有机碳累积速率数据

表E.1提供了广东省红树林土壤有机碳沉积速率的数据。

表E.1 广东省红树林土壤有机碳沉积速率数据

| 优势种      | 地点    | 有机碳沉积速率<br>( $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) |
|----------|-------|--|
| 混合群落     | 湛江那板村 | $350.99 \pm 63.81^a$                               |
| 混合群落     | 湛江高桥  | $316.08 \pm 36.48^a$                               |
| 白骨壤      | 深圳福田  | $167^{bcd}$  |
| 秋茄       | 深圳福田  | $69.3^b$   |
| 无瓣海桑     | 淇澳岛   | $539.5^c$  |
|          | 雷州湾   | $73^d$   |
| 桐花树      | 镇海湾   | $376^c$  |
| 白骨壤+红海榄  | 雷州半岛  | $105.5^f$  |
| 白骨壤+无瓣海桑 | 雷州半岛  | $37^f$   |
| 白骨壤+老鼠簕  | 深圳福田  | $482^d$  |
| 无瓣海桑+老鼠簕 | 淇澳岛   | $429-650^e$  |
| 桐花树+秋茄   | 雷州半岛  | $205^f$  |

<sup>a</sup> 起草单位研究成果。  
<sup>b</sup> 乔永民, 谭键滨, 马舒欣, 赵建刚, 吴苑玲, 杜欢. 2018. 深圳红树林湿地沉积物氮磷分布与来源分析. 环境科学与技术, 41(2): 34-40.  
<sup>c</sup> Li R, Chai M, Guo M and Qiu G. 2016. Sediment Accumulation and Mercury (Hg) Flux in *Avicennia marina* forest of Deep Bay, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 177(5): 41-46.  
<sup>d</sup> Fu C, Li Y, Zeng L, Zhang H, Tu C, Zhou Q, Xiong K, Wu J, Duarte C M, Christie P and Luo Y. 2020. Stocks and Losses of Soil Organic Carbon from Chinese Vegetated Coastal Habitats. *Global Change Biology*, 27(1): 202-214.  
<sup>e</sup> 叶翔, 李靖, 王爱军. 2018. 珠江口淇澳岛滨海湿地沉积环境演化及其对人类活动的响应. *海洋学报*, 40(7): 79-89.  
<sup>f</sup> Yang J, Gao J, Liu B and Zhang W. 2014. Sediment Deposits and Organic Carbon Sequestration along Mangrove Coasts of the Leizhou Peninsula, Southern China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 136: 3-10.

附录 F  
(资料性)

广东省红树林植物净初级生产力数据

表F.1提供了广东省红树林植物净初级生产力的数据。

表F.1 广东省红树林植物净初级生产力数据

| 地点   | 优势种                | 净初级生产力<br>( $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) |
|------|--------------------|---|
| 湛江   | 混合群落               | 611.34 <sup>a</sup>                               |
| 深圳福田 | 秋茄                 | 647.51-2383.82 <sup>b</sup>                       |
| 深圳湾  | 白骨壤、秋茄、海桑、无瓣海桑、桐花树 | 653.95 <sup>c</sup>                               |
| 深圳福田 | 白骨壤、秋茄、海桑、无瓣海桑     | 767-1187 <sup>d</sup>                             |

<sup>a</sup> 起草单位研究成果。  
<sup>b</sup> 毛子龙, 赖梅东, 赵振业, 杨小毛. 2011. 薇甘菊入侵对深圳湾红树林生态系统碳储量的影响. 生态环境学报, 20(12): 1813-1818.  
<sup>c</sup> 宋学飞. 深圳湾红树林海岸带生态资产遥感评估[D]. 广州大学, 2013.  
<sup>d</sup> Gu X, Zhao H, Peng C, et al. The mangrove blue carbon sink potential: Evidence from three net primary production assessment methods[J]. Forest Ecology and Management, 2022, 504: 119848

参 考 文 献

- [1] ISBN: 9787561570968-2018 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
-

广东省地方标准

**滨海蓝碳碳汇调查与核算技术指南**

**第2部分：红树林**

DB44/T 2607.2—2025

\*

广东省标准化研究院组织印刷  
广州市海珠区南田路563号1304室  
邮政编码：510220  
电话：020-84250337