

### 草地固碳速率监测技术规程

Code of practice for monitoring of grassland carbon sequestration  
rate

2024-12-18 发布

2025-01-18 实施



## 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。

本文件由内蒙古自治区林业和草原局提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院植物研究所、内蒙古自治区林业和草原监测规划院、内蒙古自治区林业科学研究院、河北大学。

本文件主要起草人：白永飞、王扬、杨勇、刘爱军、鲁小名、赵玉金、苏纪帅、常书娟、郑淑华。



# 草地固碳速率监测技术规程

## 1 范围

本文件规定了草地样地和区域尺度的固碳速率监测。  
本文件适用于草地生态系统的固碳速率监测。

## 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。

- DB15/T 3683 草地碳汇计量与监测术语
- DB15/T 3763 草地碳汇遥感监测技术指南
- DB15/T 3764 草地碳储量调查与核算技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**草地固碳速率** carbon sequestration rate of grassland

单位时间单位面积内草地生态系统通过光合作用将大气中的二氧化碳转化为有机碳并储存在植物或土壤中的量。常用单位为 $\text{g C m}^{-2}\text{s}^{-1}$  ( $\text{g CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ) 或 $\text{t C hm}^{-2}\text{a}^{-1}$  ( $\text{t CO}_2\text{ hm}^{-2}\text{ a}^{-1}$ )。

[来源：DB15/T 3683-2024, 3.2.2.2, 有修改]

### 3.2

**净生态系统碳交换** net ecosystem carbon exchange, (NEE)

单位时间单位面积草地生态系统从大气中吸收的碳通量与向大气释放的碳通量的净平衡值，是总生态系统生产力与生态系统呼吸的差值。常用单位为 $\text{g C/m}^2/\text{s}$ 或 $\text{g C/hm}^2/\text{a}$ 。

[来源：DB15/T 3683-2024, 3.2.1.16]

### 3.3

**生态系统碳密度** ecosystem carbon density

单位面积和一定深度土体下草地生态系统的有机碳总质量。包括：植被和土壤有机碳密度。常用单位为 $\text{g C/m}^2$ 、 $\text{kg C/m}^2$ 或 $\text{t C/hm}^2$ 。

[来源：DB15/T 3683-2024, 3.1.6, 有修改]

### 3.4

### 涡度相关法 eddy covariance method

基于微气象原理估算垂直风速与物质或能量脉动的协方差估算草地生态系统碳汇的方法。

[来源：DB15/T 3683-2024, 3.2.3.9, 有修改]

## 3.5

### 箱式法 automated chamber method

通过测量特定环境中（密闭箱体）碳浓度的变化来确定碳通量。

[来源：DB15/T 3683-2024, 3.2.3.8]

## 4 样地尺度的固碳速率监测

### 4.1 直接测量法

#### 4.1.1 适用范围

该方法适用于日、月、季节和年等不同时间尺度的固碳速率监测。

常用观测仪器包括涡度相关测定系统和箱式法测定系统。

涡度相关测定系统测定的空间尺度是 $100\text{ m}^2\sim 10\text{ km}^2$ 。

箱式法测定系统适于样方尺度( $1\text{ m}^2\sim 10\text{ m}^2$ )的监测。

#### 4.1.2 样地设置

选择代表监测区主要植被类型和利用方式的地块设置监测样地。

对于有放牧和打草利用的监测区，应设置围栏避免监测仪器被牲畜或打草机械损坏。围栏大小为 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 。

采用涡度相关法的监测样地，围栏内应定期对下垫面植被进行刈割，以保持与围栏外一致的植被高度，避免围栏内外植被差异对测定结果的影响。采用箱式法的监测样地，还需要对仪器底座中的植被进行刈割。对于无放牧和打草利用的样地，不需要进行刈割。

#### 4.1.3 监测频次

全年连续监测。涡度相关法的监测频次不低于 $0.5\text{ h}\sim 1\text{ h}$ 。自动箱式法的监测频次不低于 $1\text{ h}\sim 2\text{ h}$ 。

#### 4.1.4 设备维护

涡度相关法：定期清洁红外分析仪、净辐射仪镜面和光合有效辐射探头，去除三维超声风速仪的灰尘、蛛网等异物，检查雨量桶是否堵塞等。建议生长季为 $1\sim 2$ 周一次，非生长季每4周一次。

箱式法：定期清理箱体底座和基座周边的植被、箱体外立面灰尘，以及箱体内的蛛网等异物，冬季需清理底座周边的积雪。

红外分析仪需每年标定一次。

#### 4.1.5 固碳速率计算

涡度相关和箱式测定系统的测定值为小时（ $0.5\text{ h}\sim 2\text{ h}$ 不等）的净生态系统碳交换（NEE）。不同时间尺度的固碳速率为NEE累加值的负值。不同时间尺度下的草地生态系统固碳速率计算公式见表1。

表1 不同时间尺度下草地固碳速率的计算公式

时间尺度	固碳速率 CSR	净生态系统碳交换 NEE	单位
日	$CSR_{day} = -NEE_{day}$	$NEE_{day} = (\sum_{i=1}^{24} NEE_h) / 1000$	$g C m^{-2} d^{-1}$
月	$CSR_{mon} = -NEE_{mon}$	$NEE_{mon} = \sum_{i=1}^{31} NEE_{day}$	$g C m^{-2} mon^{-1}$
年	$CSR_a = -NEE_a$	$NEE_{yr} = \sum_{i=1}^{12} NEE_{mon}$	$g C m^{-2} a^{-1}$
注1: $NEE_h$ 表示小时的固碳速率。 注2: 当单位用二氧化碳 ( $CO_2$ ) 表示时, 上述CSR和NEE的值通常须乘以换算系数 (换算系数=44/12)。			

## 4.2 库差法

### 4.2.1 适用范围

通过计算监测样地碳密度的年变化率估算固碳速率。  
适用于年尺度的固碳速率监测。

### 4.2.2 样地设置

选择代表监测区主要草地类型和利用方式的地块设置监测样地, 并记录样地的经纬度、海拔等信息。  
样地面积不小于100 m×100 m。沿样地对角线布设5~10个样方, 样方间隔不小于10 m。

### 4.2.3 监测时间与频次

植被监测时间在地上生物量达到最大时 (7~8月) 进行, 土壤监测可在6~9月进行。  
植被监测每年一次, 土壤监测每3~5年一次。

### 4.2.4 碳储量监测

碳储量的调查按照DB15/T 3764的规定执行。

### 4.2.5 固碳速率计算

样地尺度的固碳速率为两个测定年之间监测样地碳储量的年变化率。计算公式如下:

$$csr = (CD_{t_2} - CD_{t_1}) / (t_2 - t_1) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- csr——监测样地的固碳速率, 单位为吨碳每公顷每年 ( $t C/hm^2/a$ );
- $CD_{t_2}$ ——监测样地在第二个测定年的生态系统碳储量, 单位为吨碳每公顷 ( $t C/hm^2$ );
- $CD_{t_1}$ ——监测样地在第一个测定年的生态系统碳储量, 单位为吨碳每公顷 ( $t C/hm^2$ );
- $t_2$ ——第二个测定年;
- $t_1$ ——第一个测定年。

## 5 区域尺度的固碳速率核算

### 5.1 基于面积加权的固碳速率核算

用样地尺度的固碳速率与其所代表的草地面积乘积的加权平均值表示区域尺度的固碳速率。区域尺度包括但不限于行政区、生态功能区、地理单元、草地类型等尺度。计算公式如下：

$$CSR = \frac{\sum(csri \times Area_i)}{\sum Area_i} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

CSR——监测区域的固碳速率，单位为吨碳每公顷每年（t C/hm<sup>2</sup>/a）；

csr<sub>i</sub>——监测样地i的固碳速率，单位为吨碳每公顷每年（t C/hm<sup>2</sup>/a）；

Area<sub>i</sub>——监测样地i代表的监测区草地面积，单位为公顷（hm<sup>2</sup>）。

### 5.2 基于遥感反演的固碳速率核算

基于直接测量法和库差法获取的草地固碳速率数据，结合监测区域的遥感影像以及各类生态因子数据，依据不同草地类型，建立草地固碳速率的遥感反演模型，反演获得监测区域的固碳速率。

具体方法按照DB15/T 3763的规定执行。

参 考 文 献

- [1] 于贵瑞, 孙晓敏等著. 陆地生态系统通量观测的原理与方法(第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018
-