



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 810—2025

碳储量估算和碳排放评估方法 草地土壤 碳汇

Carbon storage estimation and emission assessment methods—Grassland
soil carbon sink

2025-12-26 发布

2026-05-01 实施

中 国 气 象 局 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 评估范围、评估年和起始年 2

5 评估数据 2

6 碳储量估算 3

7 碳排放评估 4

8 评估质量控制 4

附录 A(规范性) 草地土壤有机碳变化系数的确定方法 5

参考文献 7

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。

本文件由全国气候与气候变化标准化技术委员会(SAC/TC 540)提出并归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、国家气候中心、北京林业大学。

本文件主要起草人：高清竹、胡国铮、干珠扎布、许红梅、万运帆、董世魁。

碳储量估算和碳排放评估方法 草地土壤碳汇

1 范围

本文件描述了草地土壤碳汇的碳储量估算方法和碳排放评估方法。

本文件适用于国家、省级、市级、县级等行政单元的草地土壤有机碳汇评估。

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/T 4882—2001 数据的统计处理和解释 正态性检验
GB/T 4883—2008 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理
GB/T 4889—2008 数据的统计处理和解释 正态分布均值和方差的估计与检验
GB/T 6380—2019 数据的统计处理和解释 I 型极值分布样本离群值的判断和处理
GB/T 17560—1998 数据的统计处理和解释 中位数的估计
GB 19377—2003 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标
GB/T 27408—2010 实验室质量控制 非标准测试方法的有效性评价 线性关系
GB/T 37067—2018 退化草地修复技术规范
NY/T 2997—2016 草地分类

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

草地 grassland

地被植物以草本或半灌木为主，或兼有灌木和稀疏乔木，植被覆盖度大于 5%、乔木郁闭度小于 0.1、灌木覆盖度小于 40% 的土地，以及其他用于放牧和割草的土地。

[来源：NY/T 2997—2016, 2.1]

3.2

草地土壤有机碳 grassland soil organic carbon

草地土壤中有机质中所含的碳元素。

3.3

草地土壤有机碳密度 grassland soil organic carbon density

草地单位面积一定土层深度的草地土壤有机碳(3.2)含量。

3.4

草地土壤碳汇 grassland soil carbon sink

通过草地管理活动(3.5)影响草地生态系统碳循环过程，促使单位时间内的草地土壤有机碳(3.2)储量的增加量。

3.5

草地管理活动 management activity on grassland

采取不同程度的人为干预措施,促进退化草地恢复或提升当前草地生态功能和生产功能的活动。

4 评估范围、评估年和起始年

4.1 评估范围

草地土壤碳汇评估范围应包括:

- a) 评估空间范围:国家、省级、市级、县级等行政单元;
- b) 草地类型范围:按 NY/T 2997—2016 第 4 章划分的草地类型确定;
- c) 草地管理活动范围:按 GB/T 37067—2018 第 5 章规定的草地管理活动确定。

4.2 评估年和起始年

草地土壤碳汇评估通常以年为单位,应先确定评估年,再确定评估期的起始年。评估期的起始年为评估年减去评估期。评估期通常为 20 年。

5 评估数据

5.1 草地管理活动土壤有机碳密度数据

草地管理活动土壤有机碳密度宜选取实测数据。当无法直接获取草地管理活动的土壤有机碳密度实测数据时,按公式(1)、公式(2)计算得到;当无法直接获取草地土壤本底有机碳密度实测数据时,按公式(3)计算得到;当无法直接获取草地土壤本底有机碳含量实测数据时,按公式(4)计算得到。

$$D_{i,j} = D_{R,i} \times F_{M,i,j} \times F_{D,i} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $D_{i,j}$ ——第 i 类草地中第 j 类草地管理活动的土壤有机碳密度,单位为吨碳每公顷($t(C)/hm^2$);
- $D_{R,i}$ ——第 i 类草地的土壤本底有机碳密度,单位为吨碳每公顷($t(C)/hm^2$);
- $F_{M,i,j}$ ——第 i 类草地中第 j 类草地管理活动的土壤有机碳变化系数,按附录 A 规定的方法计算;
- $F_{D,i}$ ——退化引起的第 i 类草地的土壤有机碳变化系数。

$$F_{D,i} = \sum_k (R_{D,i,k} \times F_{D,i,k}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $F_{D,i}$ ——退化引起的第 i 类草地的土壤有机碳变化系数;
- $R_{D,i,k}$ ——第 i 类草地第 k 退化等级的面积比例,用百分比表示(%),草地退化等级根据 GB 19377—2003 第 4 章判断;
- $F_{D,i,k}$ ——第 i 类草地第 k 退化等级的土壤有机碳变化系数,按附录 A 规定的方法计算。

$$D_{R,i} = C_{R,i} \times d \times B_i \times (1 - C_{S,i}) \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $D_{R,i}$ ——第 i 类草地的土壤本底有机碳密度,单位为吨碳每公顷($t(C)/hm^2$);
- $C_{R,i}$ ——第 i 类草地的土壤本底有机碳含量,用百分比表示(%);
- d ——土层深度,单位为厘米(cm),通常为 30 cm;
- B_i ——第 i 类草地的土壤容重,单位为克每立方厘米(g/cm^3);
- $C_{S,i}$ ——第 i 类草地土壤中的砾石体积占比,用百分比表示(%).

$$C_{R,i} = C_{M,i} \times C_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$C_{R,i}$ ——第 i 类草地的土壤本底有机碳含量,用百分比表示(%);

$C_{M,i}$ ——第 i 类草地的土壤本底有机质含量,用百分比表示(%);

C_i ——第 i 类草地的土壤有机质中碳含量,用百分比表示(%),通常为 58%。

5.2 草地管理活动面积数据

草地管理活动面积数据应选取统计数据 and 草地国土面积数据,各类型草地的草地管理活动面积数据按公式(5)计算得到。出现下列情况时应分别处理。

- a) 当草地管理活动数据中的草地面积与草地国土面积数据不一致时,使用草地国土面积数据,按公式(6)计算得到草地国土面积的草地管理活动面积数据。
- b) 当草地管理活动的面积数据存在缺失时:
 - 1) 根据已知年份的草地管理活动面积数据,按 GB/T 27408—2010 第 4 章规定的方法建立草地管理活动面积数据与年份间的线性关系,计算缺失的草地管理活动面积数据和置信水平 0.95 的置信度区间,按公式(A.3)、公式(A.4)计算草地管理活动面积插补结果的不确定性;
 - 2) 当起始年草地管理活动面积数据仅能获取上级行政单元的草地管理活动总面积时,先按公式(7)计算得到所评估行政单元的草地管理活动面积,再按公式(5)计算得到各类型草地的草地管理活动面积数据。

$$A_{i,j} = A_j \times R_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$A_{i,j}$ ——第 i 类草地中第 j 类草地管理活动的面积数据,单位为公顷(hm²);

A_j ——第 j 类草地管理活动的面积数据,单位为公顷(hm²);

R_i ——第 i 类草地的面积比例,用百分比表示(%)。

$$\begin{cases} A_c = \frac{A_o}{A_{og}} \times A_{cg}, A_{og} \geq A_{os} \\ A_c = \frac{A_o}{A_{os}} \times A_{cg}, A_{og} < A_{os} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

A_c ——草地国土面积的草地管理活动面积数据,单位为公顷(hm²);

A_o ——原始草地管理活动的面积数据,单位为公顷(hm²);

A_{og} ——草地管理活动数据中的草地面积数据,单位为公顷(hm²);

A_{cg} ——草地国土面积数据,单位为公顷(hm²);

A_{os} ——原始草地管理活动的面积数据总和,单位为公顷(hm²)。

$$A_{T0,j} = R_{T,j} \times A_{U,T0,j} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$A_{T0,j}$ ——起始年第 j 类草地管理活动的面积数据,单位为公顷(hm²);

$R_{T,j}$ ——评估年第 j 类草地管理活动面积占评估年上级行政单元第 j 类草地管理活动面积的比例,用百分比表示(%);

$A_{U,T0,j}$ ——起始年上级行政单元第 j 类草地管理活动的面积数据,单位为公顷(hm²)。

6 碳储量估算

根据草地管理活动的土壤有机碳密度和面积数据,按公式(8)估算草地土壤有机碳储量。

$$S = \sum_i \sum_j (D_{i,j} \times A_{i,j}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

S ——草地土壤有机碳储量,单位为吨碳(t(C));

$D_{i,j}$ ——第 i 类草地中第 j 类草地管理活动的土壤有机碳密度,单位为吨碳每公顷(t(C)/hm²);

$A_{i,j}$ ——第 i 类草地第 j 类草地管理活动的面积数据,单位为公顷(hm²)。

7 碳排放评估

根据碳储量的估算结果,先按公式(9)计算草地土壤碳汇,再进行草地土壤碳汇评估:

a) 当草地土壤碳汇大于 0 时,评估区域为碳的吸收汇;

b) 当草地土壤碳汇等于 0 时,评估区域为碳中性;

c) 当草地土壤碳汇小于 0 时,评估区域为碳的排放源。

$$\Delta C = (S_T - S_{T_0})/Y \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

ΔC ——草地土壤碳汇,单位为吨碳每年(t(C)/a);

S_T ——评估年的草地土壤有机碳储量,单位为吨碳(t(C));

S_{T_0} ——起始年的草地土壤有机碳储量,单位为吨碳(t(C));

Y ——评估期,单位为年(a)。

8 评估质量控制

8.1 计算草地土壤碳汇评估的不确定性

土壤有机碳密度计算和草地管理活动面积数据插补引起的不确定性,应传递计算:

a) 当结果为多个变量之和/差时,按公式(10)计算;

b) 当结果为多个变量之积时,按公式(11)计算。

$$U_s = \frac{\sqrt{\sum_m (U_m \cdot \mu_m)^2}}{\left| \sum_m \mu_m \right|} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

U_s ——多个变量之和/差结果的不确定性,用百分比表示(%);

U_m ——第 m 个变量的不确定性,用百分比表示(%);

μ_m ——第 m 个变量的值,单位为对应变量的相应单位。

$$U_p = \sqrt{\sum_n U_n^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

U_p ——多个变量之积结果的不确定性,用百分比表示(%);

U_n ——第 n 个变量的不确定性,用百分比表示(%).

8.2 降低草地土壤碳汇评估的不确定性

草地土壤碳汇评估过程中,降低评估结果的不确定性应采取下列措施:

a) 提高数据的代表性,降低土壤本底有机碳密度的不确定性;

b) 提升数据量,降低土壤有机碳变化系数的不确定性;

c) 获取精准、全面的草地管理活动面积数据,降低草地管理活动面积数据插补导致的不确定性。

附录 A

(规范性)

草地土壤有机碳变化系数的确定方法

A.1 草地土壤有机碳监测数据的选取

草地土壤有机碳监测数据应同时满足下列条件：

- 监测持续时间达 3 年及以上，监测时段起始年和终止年的土壤有机碳含量明确；
- 土壤有机碳监测数据至少包含 0 cm~30 cm 土层的测定结果；
- 草地类型符合 NY/T 2997—2016 第 4 章的规定。

A.2 草地土壤有机碳变化系数的计算方法

A.2.1 草地土壤有机碳年变化率

按公式(A.1)计算草地土壤有机碳年变化率。

$$r = \frac{1}{t - t_0} \times \frac{C_{Ct} - C_{Ct0}}{C_{Ct0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- r ——草地土壤有机碳年变化率，用百分比每年表示(%/a)；
- t ——监测终止年，单位为年(a)；
- t_0 ——监测起始年，单位为年(a)；
- C_{Ct} ——监测终止年的草地土壤有机碳含量，用百分比表示(%)；
- C_{Ct0} ——监测起始年的草地土壤有机碳含量，用百分比表示(%)。

A.2.2 草地土壤有机碳年变化率的均值或中位数和置信区间

首先，对草地土壤有机碳年变化率数据按草地类型进行分组；其次，按草地管理活动类型或草地退化等级分别分组；最后，根据各组数据量计算草地土壤有机碳年变化率的均值或中位数和置信区间。

- 当数据量小于 3 时，计算均值。
- 当数据量小于 8 且大于等于 3 时，按 GB/T 4883—2008 第 4 章和第 5 章判断和处理离群值后，按 GB/T 4889—2008 第 5 章计算均值和置信水平 0.95 的置信区间。
- 当数据量大于等于 8 时，按 GB/T 4882—2001 第 8 章进行正态检验：
 - 正态分布的数据按 GB/T 4883—2008 第 4 章和第 5 章判断和处理离群值后，按 GB/T 4889—2008 第 5 章计算均值和置信水平 0.95 的置信区间；
 - 非正态分布的数据按 GB/T 6380—2019 第 4 章和第 5 章判断和处理离群值后，按 GB/T 17560—1998 第 4 章和第 5 章估计中位数和置信水平 0.95 的置信区间。

A.2.3 草地土壤有机碳变化系数

计算草地土壤有机碳变化系数应先根据草地土壤有机碳年变化率的均值或中位数，按公式(A.2)计算；再根据草地土壤有机碳年变化率置信区间，按公式(A.3)、公式(A.4)计算草地土壤有机碳变化系数的不确定性。

$$F = 1 + Y \times \bar{r} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- F ——草地土壤有机碳变化系数；

Y —— 评估期,单位为年(a);

$\bar{r}$ —— 草地土壤有机碳年变化率的均值或中位数,用百分比每年表示(%/a)。

$$U_{ru} = \frac{r_u - \bar{r}}{\bar{r}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中:

U_{ru} —— 草地土壤有机碳变化因子的不确定性上限,用百分比表示(%);

r_u —— 草地土壤有机碳年变化率置信区间的上限,用百分比每年表示(%/a);

$\bar{r}$ —— 草地土壤有机碳年变化率的均值或中位数,用百分比每年表示(%/a)。

$$U_{rl} = \frac{r_l - \bar{r}}{\bar{r}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中:

U_{rl} —— 草地土壤有机碳变化因子的不确定性下限,用百分比表示(%);

r_l —— 草地土壤有机碳年变化率置信区间的下限,用百分比每年表示(%/a);

$\bar{r}$ —— 草地土壤有机碳年变化率的均值或中位数,用百分比每年表示(%/a)。

参 考 文 献

- [1] IPCC 国家温室气体清单特别工作组. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南[R]. 全球环境战略研究所, 2006
-

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
碳储量估算和碳排放评估方法 草地土壤碳汇
QX/T 810—2025

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京建宏印刷有限公司印刷

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:0.75 字数:22.5千字
2026年1月第1版 2026年1月第1次印刷

*

书号:135029-6502 定价:20.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301