

生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第2部分：草地碳汇计量与监测方法

（征求意见稿）

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 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 基本规定 2

5 监测方法 3

6 计量方法 7

7 成果及档案管理 10

附 录 A （资料性） 草地碳汇计量与监测档案..... 11

参 考 文 献 13

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。

本文件是DB54/T XXXX—2025《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范》的第2部分。DB54/T XXXX—2025已经发布了以下部分：

- 第1部分：森林碳汇计量与监测方法；
- 第2部分：草地碳汇计量与监测方法；
- 第3部分：湿地碳汇计量与监测方法；
- 第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法。

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。

本文件由西藏自治区林业和草原局、西藏自治区林业调查规划研究院提出。

本文件由西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：国家林业和草原局西北调查规划院、西藏自治区林业调查规划研究院、国家林业和草原局中南调查规划院、国家林业和草原局西南调查规划院。

本文件主要起草人：徐干君、李斌、王国锋、吴胜义、齐效镰。

引 言

森林、草地、湿地和荒漠是西藏自治区生态系统的重要组成部分，在固碳增汇、调节区域气候等方面发挥着不可替代的作用。建立规范的生态系统碳汇计量与监测体系，科学量化生态系统碳汇功能，对支撑西藏自治区生态保护与高质量发展、服务国家“双碳”战略目标具有重要意义。DB54/T XXXX《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范》旨在规范和指导西藏自治区森林、草地、湿地和荒漠生态系统碳汇计量与监测方法，拟由四个部分构成。

- 第1部分：森林碳汇计量与监测方法。目的在于规范和指导森林生态系统碳汇计量与监测方法。
 - 第2部分：草地碳汇计量与监测方法。目的在于规范和指导草地生态系统碳汇计量与监测方法。
 - 第3部分：湿地碳汇计量与监测方法。目的在于规范和指导湿地生态系统碳汇计量与监测方法。
 - 第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法。目的在于规范和指导荒漠生态系统碳汇计量与监测方法。
- 本文件为《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第2部分：草地碳汇计量与监测方法》。

生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范

第 2 部分：草地碳汇计量与监测方法

1 范围

本文件规定了草地碳汇计量与监测的术语和定义、基本规定、监测方法、计量方法、成果及档案管理等内容。

本文件适用于草地碳汇计量与监测方面相关的生态产品价值核算、碳汇效益评估、碳汇开发和交易、草地固碳增汇能力提升等工作。

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。

- GB19377 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标
- HJ 615 土壤 有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法
- LY/T 2259 立木生物量建模样本采集技术规程
- LY/T 3370 草地术语及分类
- NY/T 1121.3 土壤检测 第3部分：土壤机械组成的测定
- NY/T 1121.4 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定
- NY/T 2998 草地资源调查技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

草地

以草本植物为主，或兼有覆盖度5%~40%的灌木和郁闭度0.01~0.10的稀疏乔木，为家畜和野生动物提供栖息地，并具有社会文化等多种功能的自然综合体。

注 1：包括温性草甸草原、温性草原、温性荒漠草原、高寒草甸草原、高寒草原、高寒荒漠草原、高寒草甸、山地草甸、低地草甸、温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠、暖性草丛、暖性灌草丛、热性草丛、热性灌草丛、人工（栽培）草地。

注 2：自然综合体是指自然地理各种要素相互联系、相互制约，有规律地结合成具有内部相对一致性的整体。

[来源：LY/T 3370—2024, 4.3.3, 有修改]

3.2

草地碳汇

草地植被通过光合作用吸收大气中的二氧化碳,并将其固定在草地植被和土壤中,从而减少温室气体在大气中浓度的过程或活动。

[来源: LY/T 3370—2024, 4.3.3, 有修改]

3.3

草地碳库

通过草地碳汇储存在不同物质中,包括活体植被生物量、死有机质生物量、土壤三部分。

注: 本文件将地上活体植物生物量和地下活体植物生物量进行了合并,由于计量与监测区域内草地位于高寒、高海拔区域,区域内个别草地存在的稀疏乔木短期内碳储量变化量较小,因此本文件活体植被生物量不包括稀疏乔木。

3.4

草地碳储量

草地各碳库中碳的质量之和,单位: 吨碳 (t C)。

3.5

草地碳汇量

一定时间内,草地各碳库从大气中吸收固定碳的质量之和,单位: 吨二氧化碳 (t CO₂)。

3.6

样地

草地类型、生境、利用方式及利用状况具有代表性的观测地段。

[来源: NY/T 2998—2016, 3.1]

3.7

样方

样地内具有一定面积的用于定性和定量描述草地植物群落特征的取样点。

[来源: NY/T 2998—2016, 3.2]

3.8

生物量含碳率

单位质量活体植物生物量或死有机质生物量中碳的质量占生物量的比例。

4 基本规定

4.1 计量与监测内容

应计量与监测的内容如下:

- a) 基本信息: 包括样地的经度、纬度、海拔、地貌、坡度、坡向、坡位、草地类型、土壤质地、土壤类型和草地管理方式;
- b) 活体植被生物量碳库: 包括灌木层和草本层的样方盖度、植株平均高度、植物种类、生物量和生物量含碳率;
- c) 死有机生物量碳库: 包括死有机质层的枯落物层厚度、腐殖质层厚度、生物量和生物量含碳率;
- d) 土壤碳库: 包括土壤层的土壤容重、土壤有机碳含量、土壤粗碎屑比例和取土深度。

4.2 资料收集

应收集以下资料:

- a) 自然地理概况: 包括地理位置、地形地貌、气候、水文、土壤、植被等概况;
- b) 草地类型: 收集最新一期林草生态综合监测成果数据,依据草地类代码确定草地类型;

- c) 土壤：收集最新一期林草生态综合监测成果数据，依据土壤类型、土层厚度和土壤质地确定土壤的物理性质；
- d) 功能类别：包括生态公益类、生产经营类、生活服务类和综合功能用途类；
- e) 项目活动：计量与监测范围内开展的禁牧、轮牧、种草、黑土滩治理等项目活动资料；
- f) 其他：草地植被种类及鉴识要点等资料；国界、地区、市、县各级陆地分界线，以及县级政府勘定的乡镇界线。

5 监测方法

5.1 监测范围

5.1.1 地理范围

利用收集到的资料，结合北斗卫星导航系统（BDS）或全球定位系统（GPS），直接测量计量与监测对象的多边形边界及其拐点坐标，拐点定位误差不超过±5 m。根据重要拐点坐标定位，计算地理范围的垂直投影面积。

5.1.2 时间范围

应根据计量与监测的实际需求确定评估时间，时间范围为评估基准时间至开始监测时间对应的时间区间。

5.2 监测时间和频次

5.2.1 监测时间

应选择草地活体植被生物量高峰时进行监测，各市（地区）监测的窗口期和关键期宜从表1中选取。

表1 监测窗口期和关键期

序号	市（地区）	窗口期	关键期
1	拉萨市	7月15日至8月20日	8月8日至8月12日
2	日喀则市	7月15日至8月5日	7月23至7月27日
3	昌都市	7月10日至8月20日	7月18日至7月22日
4	林芝市	7月10日至8月20日	7月23至7月27日
5	山南市	7月25日至8月15日	8月3日至8月7日
6	那曲市	7月5日至7月25日	7月13日至7月17日
7	阿里地区	7月10日至8月5日	7月18日至7月22日

5.2.2 监测频次

首次监测后，宜每5 a~10 a 至少监测1次。

5.3 监测工具

开始监测前，应准备以下监测工具：

- a) 电子设备：手持定位设备、数码相机和平板电脑等；

- b)量测工具：活动样方框、剪刀、枝剪、100 cm³土壤环刀、削土刀、30 cm取土钻、铁锹、长柄螺丝刀、防水苫布等取样工具，30 m皮尺、5 m钢卷尺、游标卡尺、便携式天平、测量花杆、罗盘仪、PVC管或木桩、自喷漆等；
- c)记录用具：样品袋、野外记录本、调查表格、标签纸、铅笔、削笔刀等；
- d)工作底图：精度不低于5 m数字正射影像（DOM）、地形图、调查底图；
- e)交通工具：越野车；
- f)劳保用品：卫星电话、急救药品、便携式氧气瓶、救生食品等。

5.4 样地布设

5.4.1 碳层划分

应采用以下步骤进行碳层划分：

- a)根据草地类型对监测范围内的草地进行第1次分类；
- b)在步骤a)基础上，根据土壤类型对监测范围内的不同草地类型的草地进行第2次分类；
- c)在步骤b)基础上，根据草地管理方式对监测范围内的不同草地类型和土壤类型的的草地进行第3次分类。草地管理方式应根据草地的实际管理和利用方式确定，一般有围栏禁牧、轮牧、人工种草、施肥、病虫害防治、鼠害防治、黑土滩治理等；
- d)在步骤c)基础上，将分类结果进行排序和编号，完成监测范围内草地的碳层划分。

5.4.2 抽样设计

5.4.2.1 样地数量计算

监测所需的样地数量，可采用以下公式计算：

$$n = \left(\frac{t_{VAL}}{E}\right)^2 \times [\sum_i (w_i \times S_i)]^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- n —— 监测范围内计算草地碳储量所需的样地数量；
- t_{VAL} —— 可靠性指标，在一定可靠性水平下，自由度为无穷（∞）时查 t 分布双侧分位数表获得，取值为1.645，无量纲；
- w_i —— 监测范围内草地第 i 碳层的面积权重，无量纲。 $w_i = A_i/A$ ，其中 A_i 为第 i 碳层的面积（hm²）， A 为草地总面积；
- S_i —— 监测范围内草地第 i 碳层单位面积碳储量的标准差，单位为吨碳每公顷（tC/hm²）。取值为评估基准时间第 i 碳层单位面积碳储量的30%；
- E —— 监测范围内草地单位面积碳储量的标准差，单位为吨碳每公顷（tC/hm²）。取值为评估基准时间草地单位面积碳储量的10%；
- i —— 碳层， $i=1, 2, 3\dots\dots$ ，无量纲。

5.4.2.2 样地数量分配

依据样地数量计算结果，采用最优分配法对各碳层的样地数量进行分配，对于分配样地数量不足3个的碳层，最少设置3个样地，采用以下公式计算：

$$n_i = n \times \frac{w_i \times S_i}{\sum_i (w_i \times S_i)} \dots\dots\dots (2)$$

$$N = \sum_i n_i \dots\dots\dots (3)$$

- n_i —— 监测范围内草地第 i 碳层计算生物质碳储量所需的样地数量；

- n —— 监测范围内草地计算碳储量所需的样地数量；
- w_i —— 监测范围内草地第 i 碳层的面积权重，无量纲。 $w_i = A_i/A$ ，其中 A_i 为第 i 碳层的面积（ hm^2 ）， A 为草地总面积；
- S_i —— 监测范围内草地第 i 碳层单位面积碳储量的标准差，单位为吨碳每公顷（ t C/hm^2 ）。取值为评估基准时间第 i 碳层单位面积碳储量的30%；
- N —— 监测范围内草地碳储量计量与监测所需的样地数量；
- i —— 碳层， $i=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲。

5.4.3 样地选择

每个碳层样地的选择以具有代表性、非过渡性、无干扰和可观测的地段为标准，采用简单随机抽样的方法确定每个碳层的样地位置，避免主观干扰和样本偏差。

采用简单随机抽样的方法确定每个碳层的样地位置，样地应同时具备以下特征：

- a) 代表性：样地与所属碳层的草地类型、土壤类型和草地管理方式一致；
- b) 非过渡性：样地所处的生态区域应避免处于不同生态系统或环境因子的交界地带，即应选择生态结构相对稳定、环境因子变化平缓的区域；
- c) 无干扰：样地不受周围农业、工业和交通等活动干扰；
- d) 可观测：样地在不被干扰的前提下应分布在周边道路和居民点附近。

5.4.4 样地设置

5.4.4.1 样地定位和复位

应按以下进行样地定位和复位：

- a) 样地面积设置为 0.04 hm^2 ，规格为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 方形；
- b) 根据样地预设位置和前期样地位置记录描述，采用北斗卫星导航系统(BDS)或全球定位系统(GPS)导航、引线定位和向导带路等方法进行样地定位和复位（样地复位率要求达到100%）；
- c) 新设置样地时，以样地西南角点为起点，用罗盘仪和皮尺分别确定样地西北角、东北角、东南角和中心点，同时在四个角点和中心点使用PVC管或木桩设置固定标志，顶部均匀喷涂标记油漆；
- d) 当调整抽样设计方案新增固定样地时，可采用引线定位，并进行周界测量，设置样地固定标志，采集引点位置和样地西南角点（或中心点）的卫星导航定位坐标值，当定位精度达到 5 m 以内时，可以直接进行样地定位。

5.4.4.2 周界测量

采用闭合导线法测定样地周界，使用罗盘仪定向，皮尺测距，从西南角点起顺序测定，确定样地西北角点、东北角点、东南角点和相应四条边界的正确位置。新设置样地和复位样地周界长度误差均应小于 1 m 。

5.5 灌木层监测

灌木样方设置在样地内样地的四角处和中心位置处，共设置5个，每个样方均为方形，规格为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ，应按图1设置灌木样方。应按附录A中表A.2记录样方编号、植物种类、样方盖度、植株平均高度等信息。对5个样方内所有灌木全株进行收获采集，各自称量鲜重，取混合样品 500 g 放入样品袋并添加标签纸，用于后续生物量及生物量含碳率测定，应按附录A中表A.2记录测定的样品鲜重、混合样品干重、生物量含碳率。

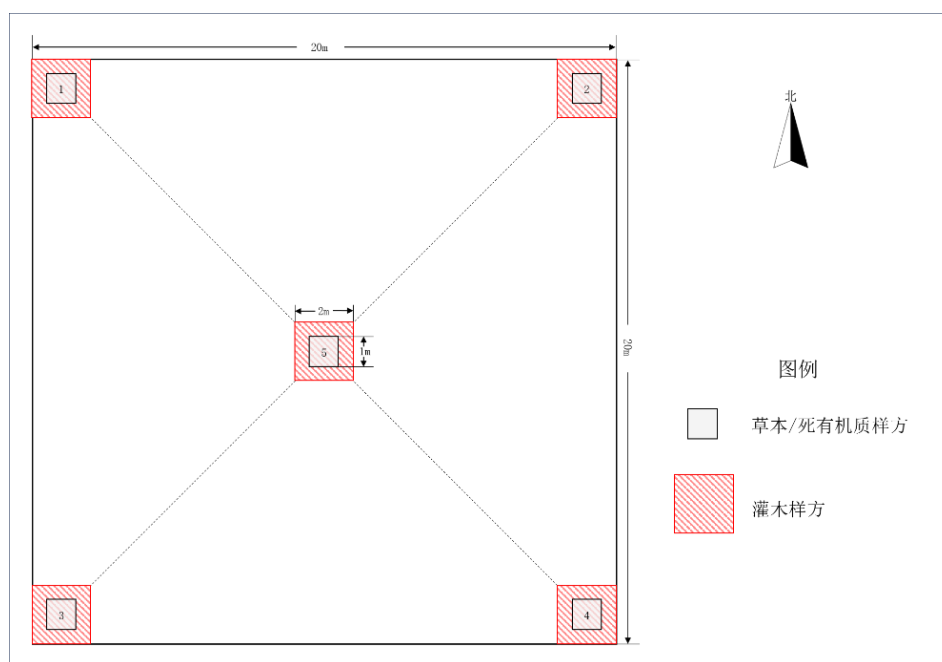


图1 样方位置示意

5.6 草本层监测

草本样方设置在样地内样地的四角处和中心位置处，共设置5个，每个样方均为方形，规格为1 m×1 m，应按图1设置草本样方。应按附录A中表A. 3记录样方编号、样方盖度、植株平均高度、植物种类等信息。对5个样方内所有草本植物全株进行收获采集，各自称量鲜重，按照地上部分、地下部分比例为1:1比例混匀，取混合样品300 g放入样品袋并添加标签纸，用于后续生物量及生物量含碳率测定，应按附录A中表A. 3记录测定的样品鲜重、混合样品干重、生物量含碳率。

5.7 死有机质层监测

死有机质样方设置位置和规格与草本样方一致，共设置5个，每个样方均为方形，规格为1 m×1 m，应按图1设置死有机质样方。应按附录A中表A. 4记录样方编号、枯落物层厚度、腐殖质层厚度等信息。对5个样方内所有枯落物、腐殖质进行收集，各自称量鲜重后混匀，全部放入样品袋并添加标签纸，用于后续生物量及生物量含碳率测定，应按附录A中表A. 4记录测定的样品鲜重、混合样品干重、生物量含碳率。

5.8 土壤层监测

应按图2采用“S”型取样法采集土壤样品，每个样地采集5个环刀土壤样品和5个土钻土壤样品。采用环刀法采集土壤样品用于土壤容重的测定，采集土壤样品前先称量100 cm³环刀空重，采集土壤样品后称量带土环刀湿重，然后添加标签纸并封装。采用土钻法采集土壤样品用于土壤有机碳含量和土壤粗碎屑比例的测定，利用30 cm取土钻采样土壤样品，然后将5个土钻土壤样品混匀后取200 g混合样品放入样品袋并添加标签纸。若取土深度达不到30 cm，则采至基岩为止。应按附录A中表A. 5记录环刀/取土钻编号、环刀空重、带土环刀湿重、环刀土壤样品干重、土壤容重、土壤有机碳含量、土壤粗碎屑比例、取土深度等信息。

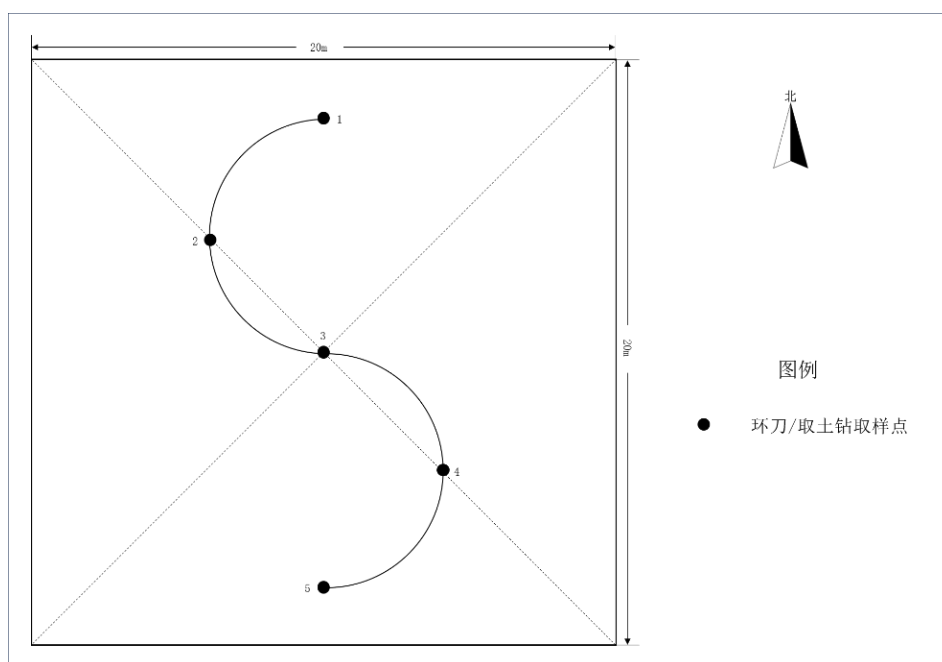


图2 土壤样品取样位置示意

5.9 相关参数测定

5.9.1 生物量测定

按照LY/T 2259测定草地各碳库的生物量。

5.9.2 含碳率测定

按照LY/T 2259测定活体植被生物量和死有机质生物量含碳率，按照HJ 615测定土壤有机碳含量。

5.9.3 土壤容重

按照NY/T 1121.4测定土壤容重。

5.9.4 土壤粗碎屑比例

按照NY/T 1121.3测定土壤粗碎屑比例。

6 计量方法

6.1 草地碳储量和草地碳汇量

6.1.1 草地碳储量

草地碳储量计算方法采用生物量法计算，将草地碳库划分为灌木层、草本层、死有机质层和土壤层。根据不同草地类型、土壤类型和草地管理方式等特征进行碳层划分，按照各碳层碳库碳储量总和与各碳层面积的乘积求和后获得计量与监测区域草地的碳储量，采用以下公式计算：

$$C_{\text{GRASS LAND},t} = \sum_i [(C_{\text{shrub},i,t} + C_{\text{grass},i,t} + C_{\text{DOM},i,t} + C_{\text{SOC},i,t}) \times A_{i,t}] \cdots \cdots (4)$$

式中：

$C_{\text{GRASS LAND},t}$ —— 第 t 年时，草地的碳储量，单位为吨碳（t C）；

- $C_{\text{shrub},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中灌木层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
 $C_{\text{grass},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中草本层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
 $C_{\text{DOM},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中死有机质层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
 $C_{\text{SOC},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中土壤层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
 $A_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层的面积, 单位为公顷 (hm^2);
 i —— 碳层, $i=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
 t —— 自评估基准时间以来至开始监测时间对应的时间区间, 无量纲。

6.1.2 草地碳汇量

草地碳汇量为同一地理范围内草地自评估基准时间以来至开始监测时间内的草地碳汇量, 采用以下公式计算:

$$\Delta C_{\text{GRASS LAND},t} = (C_{\text{GRASS LAND},t_2} - C_{\text{GRASS LAND},t_1}) \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- $\Delta C_{\text{GRASS LAND},t}$ —— 评估基准时间以来至开始监测时间内草地碳汇量, 单位为吨二氧化碳 (t CO_2);
 $C_{\text{GRASS LAND},t_1}$ —— 第 t_1 年时, 草地的碳储量, 单位为吨碳 (t C);
 $C_{\text{GRASS LAND},t_2}$ —— 第 t_2 年时, 草地的碳储量, 单位为吨碳 (t C);
 t —— 自评估基准时间以来至开始监测时间对应的时间区间, 无量纲;
 t_1 —— 评估基准时间, 无量纲;
 t_2 —— 监测时间, 无量纲;
 $\frac{44}{12}$ —— 碳储量到碳汇量的转换系数, 无量纲;

6.2 灌木层单位面积碳储量

灌木层碳储量采用全收获法结合实验测定灌木层生物量、平均生物量含碳率获取, 再利用灌木层样方数量和样方面积获取灌木层单位面积碳储量, 采用以下公式计算:

$$C_{\text{shrub},i,t} = \frac{\sum_i (M_{\text{shrub},i,t} \times CF_{\text{shrub},i,t})}{n_{i,t} \times S_{\text{shrub}} \times 0.0001} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $C_{\text{shrub},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中灌木层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
 $M_{\text{shrub},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中灌木层的生物量, 单位为吨 (t d.m.);
 $CF_{\text{shrub},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中灌木层的平均生物量含碳率, 无量纲;
 $n_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中灌木样方的数量, $n_{i,t}=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
 S_{shrub} —— 单个灌木样方的面积, 单位为平方米 (m^2);
 0.0001 —— 平方米到公顷的转换系数, 无量纲;
 i —— 碳层, $i=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
 t —— 自评估基准时间以来至开始监测时间对应的时间区间, 无量纲。

6.3 草本层单位面积碳储量

草本层碳储量采用全收获法结合实验测定草本层生物量、平均生物量含碳率获取, 再利用草本层样方数量和样方面积获取草本层单位面积碳储量, 采用以下公式计算:

$$C_{\text{grass},i,t} = \frac{\sum_i (M_{\text{grass},i,t} \times CF_{\text{grass},i,t})}{n_{i,t} \times S_{\text{grass}} \times 0.0001} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- $C_{\text{grass},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中草本层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
- $M_{\text{grass},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中草本层的生物量, 单位为吨 (t d.m.);
- $CF_{\text{grass},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中草本层的平均生物量含碳率, 无量纲;
- $n_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中灌木样方的数量, $n_{i,t}=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
- S_{grass} —— 单个草本样方的面积, 单位为平方米 (m^2);
- 0.0001 —— 平方米到公顷的转换系数, 无量纲;
- i —— 碳层, $i=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
- t —— 自评估基准时间以来至开始监测时间对应的时间区间, 无量纲。

6.4 死有机质层单位面积碳储量

死有机质层碳储量采用全收获法结合实验测定死有机质层生物量、平均生物量含碳率获取, 再利用死有机质层样方数量和样方面积获取死有机质层单位面积碳储量, 采用以下公式计算:

$$C_{\text{DOM},i,t} = \frac{\sum_i (M_{\text{DOM},i,t} \times CF_{\text{DOM},i,t})}{n_{i,t} \times S_{\text{DOM}} \times 0.0001} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- $C_{\text{DOM},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中死有机质层的单位面积碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
- $M_{\text{DOM},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中死有机质层的生物量, 单位为吨 (t d.m.);
- $CF_{\text{DOM},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中死有机质层的平均生物量含碳率, 无量纲;
- $n_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中死有机质样方的数量, $n_{i,t}=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
- S_{DOM} —— 单个死有机质样方的面积, 单位为平方米 (m^2);
- 0.0001 —— 平方米到公顷的转换系数, 无量纲;
- i —— 碳层, $i=1, 2, 3, \dots$, 无量纲;
- t —— 自评估基准时间以来至开始监测时间对应的时间区间, 无量纲。

6.5 土壤层单位面积碳储量

土壤层单位面积碳储量依据实验测定土壤有机碳平均含量、土层厚度、土壤平均容重、粗碎屑平均比例获取, 采用以下公式计算:

$$C_{\text{SOC},i,t} = SOC_{i,t} \times BD_{i,t} \times Depth_{i,t} \times (1 - FC_{i,t}) \times 10 \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $C_{\text{SOC},i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中土壤层的单位面积土壤有机碳储量, 单位为吨碳每公顷 (t C/hm^2);
- $SOC_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中土壤有机碳平均含量, 单位为克碳每千克 (g C/kg);
- $BD_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中土壤平均容重, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- $Depth_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中土壤厚度, 单位为米 (m);
- $FC_{i,t}$ —— 第 t 年时, 第 i 碳层中土壤粗碎屑(直径 $\geq 2 \text{ mm}$ 的粒子)所占土壤容积的平均比例, %, 无量纲;
- 10 —— 单位的转换系数, 无量纲。

6.6 不确定性

为保证数据精度达到要求, 计算草地碳储量后须对调查范围内草地的平均单位面积碳储量进行不确定性计算, 计算公式如下:

$$u_{[\text{C}_{\text{GRASS LAND},t}]} = \frac{t_{\text{VAL}} \times S_{[\text{C}_{\text{GRASS LAND},t}]}}{[\text{C}_{\text{GRASS LAND},t}]} \dots\dots\dots (10)$$

$$[C_{\text{GRASS LAND},t}] = \frac{C_{\text{GRASS LAND},t}}{\sum_i A_{i,t}} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$u_{[C_{\text{GRASS LAND},t}]}$ —— 第 t 年时，监测范围内草地平均单位面积碳储量计算值的不确定性，即相对误差限，%，无量纲；

t_{VAL} —— 可靠性指标，自由度等于 $N - M$ （其中 N 为样地总数， M 为计算的划分的碳层数），置信水平为90%，查 t 分布双侧分位数表获得，无量纲。如置信水平为90%，自由度为30时，在Microsoft Excel电子表中输入“=TINV（0.1，30）”可以计算得到 t 值为1.697261；

$S_{[C_{\text{GRASS LAND},t}]}$ —— 第 t 年时，监测范围内草地平均单位面积碳储量方差的平方根，即标准误差，单位为吨碳每公顷（ tC/hm^2 ）；

$[C_{\text{GRASS LAND},t}]$ —— 第 t 年时，监测范围内草地平均单位面积碳储量，单位为吨碳每公顷（ tC/hm^2 ）；

$C_{\text{GRASS LAND},t}$ —— 第 t 年时，草地的碳储量，单位为吨碳（ tC ）；

$A_{i,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层的面积，单位为公顷（ hm^2 ）；

i —— 碳层， $i=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲；

t —— 自评估基准时间以来至开始监测时间对应的时间区间，无量纲。

6.7 数据质量要求

草地碳储量数据精度宜根据不同的计量与监测目的进行确定。

7 成果及档案管理

7.1 计量与监测成果

7.1.1 监测数据库

应按照各草地类型进行数据统计，利用数据库软件进行汇总，得到各草地类型的草地碳储量和草地碳汇量。

7.1.2 成果图件

应通过地理信息系统（GIS）软件绘制成果图，应包括位置图、分布图（按草地类型、土壤类型、草地管理方式绘制草地碳储量、草地碳密度和草地碳汇量分布图）。

7.1.3 计量与监测报告

应制定计量与监测报告，应包括：项目背景（或研究背景）、自然地理概况、总体目标、相关依据、工作任务、技术方法、技术路线、现场监测情况、草地碳储量核算、草地碳汇量核算、结论与建议、附件（野外调查记录表、参数测定结果等）等。

7.2 档案管理

项目业主应妥善保管收集的资料、野外调查记录表、参数测定结果、监测数据库、成果图件、计量与监测报告，建立台账（明确数据来源、数据获取时间、项目经办人、项目负责人）。所有档案应进行电子存档，至少保存10 a。

附 录 A
(规范性)
监测档案

表A. 1～A. 5规定了样地、灌木层、草本层、死有机质层、土壤层相关信息和数据记录的格式。

表A. 1 样地信息记录表

调查日期			调查人员				
行政区划							
调查经度			调查纬度			海拔/m	
地貌		坡度		坡向		坡位	
草地类型		土壤质地		土壤类型			
草地管理方式							
备注							

表A. 2 灌木层采样测定记录表

样方编号	样方盖度/ %	植株平均 高度/cm	植物种类	灌木层生物量/g		生物量含碳率
				样品鲜重	混合样品 干重	

表A. 3 草本层采样测定记录表

样方编号	样方盖度/ %	植株平均 高度/cm	植物种类	草本层生物量/g		生物量含碳率
				样品鲜重	混合样品 干重	

表A. 4 死有机质层采样测定记录表

样方编号	枯落物层厚度/cm	腐殖质层厚度/cm	死有机质层生物量/g		生物量含碳率
			样品鲜重	混合样品干重	

表A. 5 土壤层采样测定记录表

环刀/取土钻编号	环刀空重 /g	带土环刀 湿重/g	环刀土壤 样品干重 /g	土壤容重/ g/cm ³	土壤有机 碳含量/g C/kg	土壤粗碎 屑 比例/%	取土深度 /m

参 考 文 献

- [1] 办资字〔2023〕34号 全国林草生态综合监测技术规程（试行）
- [2] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [3] Fawei Zhang, Hongqin Li, Jingbin Zhu, Mengke Si, Bo Fan, Huakun Zhou, Yingnian Li. Precipitation Determines the Spatial Variability of Vegetation and Topsoil Organic Carbon Densities of Alpine Grasslands in the Qinghai-Tibetan Plateau, China [J]. *Ecosystems*, 2025, 32.
- [4] Fawei Zhang, Hongqin Li, Jingbin Zhu, Chunyu Wang, Yunlong He, Juntao Zhu, Qiang Yu, Huakun Zhou, Yingnian Li, Naishen Liang. Context dependencies in the responses of plant biomass and surface soil organic carbon content to nitrogen addition and precipitation change within alpine grasslands [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2025, 381.
-

西藏自治区地方标准
《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第2部分：草地碳汇计量与监测方法》
编制说明

标准名称：生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范
第2部分：草地碳汇计量与监测方法

标准性质：推荐性

项目承担单位：西藏自治区林业调查规划研究院
国家林业和草原局西北调查规划院
国家林业和草原局西南调查规划院
国家林业和草原局中南调查规划院

项目起止时间：2025年02月-2027年02月

一、工作简况

（一）任务来源

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第2部分:草地碳汇计量与监测方法》(立项批准的标准名称为“生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第2部分:草原碳汇计量与监测方法”,2025年3月29日,根据咨询专家对工作组讨论稿提出的意见,对标准名称进行了修改,将“草原”改为“草地”)于2024年11月5日被西藏自治区市场监督管理局列入2024年第二批推荐性地方标准制(修)订计划,项目编号为Xzzb-2024105。标准由西藏自治区林业调查规划研究院提出,西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会归口,西藏自治区林业调查规划研究院、国家林业和草原局西北调查规划院、国家林业和草原局西南调查规划院、国家林业和草原局中南调查规划院负责起草。

（二）标准制定的背景和必要性

1. 标准制定的背景

可持续草地管理温室气体计量和监测方法学是国际上第一个真正与草地碳汇管理直接相关的方法学,但草地碳汇核算方法尚未被应用于实际,2023年,随着生态环境部发布了的温室气体自愿减排项目相关办法和规范,可持续草地管理温室气体计量和监测方法学随之被废止。与国外相比,中国草地碳汇交易市场仍处于探索阶段,欧美、日本、澳大利亚等国家在碳汇基础研究、碳汇核算方法学、项目试点、相关政策等方面已经有了较为深入的研究,例如美国在

2012 年启动了草地碳汇交易试点工作，并在 2018 年参照草地碳汇标准，完成了首个草地碳交易；澳大利亚也开发建立了牧草中的土壤碳核证方法学，尽管如此，全球的草地碳汇交易和草地碳汇计量监测方法也仍然处于起步阶段。

2. 标准制定的必要性

对系统全面评估草地生态系统碳储量及其变化非常必要，首先在国际和国内层面，在草地碳汇计量和监测方法相关的标准很少，且现行的地方相关标准在计量和监测的方法上也参差不齐：

一是在计量方面，在灌木层、草本层、死有机质层、土壤层的生物量、碳储量计算方法参差不齐，评估结果一定程度上不能准确反映一个完整的草地生态系统碳储及其变化情况。

二是在监测方面，在参考 CCER 项目方法学的框架下，一些现有的地方标准，对土壤等碳库调查的方法上虽有改进，但操作性不强。在计算监测样地数量方面甚至存在错误，容易误导。

总体上，现有的类似地方标准并不适用于西藏，且尚未系统全面地提出计量和监测方法，因此，西藏的草地碳汇计量和监测方法在系统全面地考虑了以上问题，对于其他地区开展此类工作具有重要的示范和引领意义。

二、主要工作过程

1. 编制单位及编制人

本标准参加起草主要单位：西藏自治区林业调查规划研

究院、国家林业和草原局西北调查规划院、国家林业和草原局西南调查规划院、国家林业和草原局中南调查规划院。

本标准主要起草人：徐干君、李斌、王国锋、吴胜义、齐效镰。

2. 建立标准起草组

本标准于 2024 年 11 月 5 日获得批准立项后，于 2025 年 2 月 10 日举行了地方标准编制启动仪式，正式成立了标准起草组。

3. 形成工作组讨论稿

依据前期的调研情况，标准起草组起草编制标准的大纲。通过召开研讨会以及实地调研，明确本标准的范围和名称，确定了标准化定义、计量与监测方法、相关成果和档案管理等内容，在此技术上，完成了工作组讨论稿。

4. 工作组讨论稿专家咨询

2025 年 3 月 29 日-30 日，标准提出单位西藏自治区林业调查规划研究院组织了工作组讨论稿的专家咨询会议，咨询专家对标准的格式、名称、大纲、术语和定义、碳计量参数统一、成果和档案管理等内容形成了咨询意见，标准起草组根据专家咨询意见完成了标准的修改，修改后的工作组讨论稿于 2025 年 4 月 21 日提交标准归口单位西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会。

2025 年 4 月 26 日，标准归口单位西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会组织了工作组讨论稿的专家评审会，评审专家组对标准的术语和定义、计量与监测对象、计量与

监测方法等内容形成了评审意见，标准起草组根据专家评审意见完成了标准的修改，修改后的工作组讨论稿于 2025 年 5 月 15 日提交标准归口单位西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会。

三、标准的主要技术内容及技术依据

（一）主要内容

本标准规定了草地碳汇计量与监测中草地碳储量和碳汇量的计量与监测方法等技术内容。主要内容如下：

标准的范围：主要规定了在西藏自治区范围内，草地碳汇计量与监测的术语和定义、基本规定、监测方法、计量方法、成果及档案管理等内容和要求。

标准的适用情形：本标准适用于西藏自治区范围内草地碳储量及碳汇量的计量与监测。

相关术语和定义如下：

（1）草地

以草本植物为主，或兼有覆盖度 5%~40%的灌木和郁闭度 0.01~0.10 的稀疏乔木，为家畜和野生动物提供栖息地，并具有社会文化等多种功能的自然综合体。

注 1：包括温性草甸草原、温性草原、温性荒漠草原、高寒草甸草原、高寒草原、高寒荒漠草原、高寒草甸、山地草甸、低地草甸、温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠、暖性草丛、暖性灌草丛、热性草丛、热性灌草丛、人工（栽培）草地。

注 2：自然综合体是指自然地理各种要素相互联系、相

互制约，有规律地结合成具有内部相对一致性的整体。

（2）草地碳汇

草地植被通过光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在草地植被和土壤中，从而减少温室气体在大气中浓度的过程或活动。

（3）草地碳库

通过草地碳汇储存在不同物质中，包括活体植被生物量、死有机质生物量、土壤三部分。

注：本文件将地上活体植物生物量和地下活体植物生物量进行了合并，由于计量与监测区域内草地位于高寒、高海拔区域，区域内个别草地存在的稀疏乔木短期内碳储量变化量较小，因此本文件活体植被生物量不包括稀疏乔木。

（4）草地碳储量

草地各碳库中碳的质量之和，单位：吨碳（t C）。

（5）草地碳汇量

一定时间内，草地各碳库从大气中吸收固定碳的质量之和，单位：吨二氧化碳（t CO₂）。

（6）样地

草地类型、生境、利用方式及利用状况具有代表性的观测地段。

（7）样方

样地内具有一定面积的用于定性和定量描述草地植物群落特征的取样点。

（8）生物量含碳率

单位质量活体植物生物量或死有机质生物量中碳的质量占生物量的比例。

样地生物量法调查与取样：系统全面评估，需涵盖以下内容：（1）灌木层调查与取样；（2）草本层调查与取样；（3）枯落物层调查与取样；（4）土壤调查与取样。

相关参数测定：

（1）生物量测定：按照 LY/T 2259 《立木生物量建模样本采集技术规程》测定各碳库的生物量；

（2）含碳率测定：按照 LY/T 2259 《立木生物量建模样本采集技术规程》测定活体植被生物量和死有机质生物量含碳率，按照 HJ 615 《土壤 有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法》测定土壤有机碳含量；

（3）土壤容重测定：按照 NY/T 1121.4 《土壤检测 第4部分：土壤容重的测定》测定土壤容重；

（4）土壤粗碎屑比例测定：按照 NY/T 1121.3 《土壤检测 第3部分：土壤机械组成的测定》测定土壤粗碎屑比例。

碳储量计算

分四个层次分别计算碳储量，明确核算公式——（1）灌木层；（2）草本层；（3）枯落物层；（4）土壤层。

以及计量与监测结果和附表等基本内容。

四、主要参考依据

（1）HJ 615 土壤 有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法；

- (2) LY/T 2259 立木生物量建模样本采集技术规程；
- (3) LY/T 3370 草地术语及分类；
- (4) NY/T 1121.3 土壤检测 第 3 部分：土壤机械组成的测定；
- (5) NY/T 1121.4 土壤检测 第 4 部分：土壤容重的测定；
- (6) NY/T 2998 草地资源调查技术规程；

五、采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准不涉及对现有国际标准和国外先进标准的采用。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与我国的现行法律、法规和强制性标准协调一致，尚未发现本标准与我国有关现行法律、法规和相关强制性标准相冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中未出现重大分歧意见。

八、贯彻地方标准的要求和措施建议

建议相关行业部门领域使用本标准，可推动林草碳汇产业高质量发展，精确评估草原生态保护和修复等工作的碳汇效益。

九、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定，不涉及对现行标准的废止。

十、其他说明

本标准严格按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则进行起草。

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范
第2部分：草原碳汇计量与监测方法》标准起草组
2025年5月15日

附件 1

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第 2 部分:草地碳汇计量与监测方法》（工作组讨论稿）征求意见明细表

地方标准《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第 2 部分:草地碳汇计量与监测方法》（工作组讨论稿）向若干专家征求意见，征求意见明细表如下：

序号	标准	意见与建议	提出单位	采纳与否	原因	备注

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范
第 2 部分：草地碳汇计量与监测方法》标准起草组
2025 年 5 月 15 日

修 改 说 明

意见 1： 名词术语需要增加对应的英文

修改说明： 2025 年 3 月 29 日由西藏自治区林业调查规划研究院组织了本标准草案的咨询会、2025 年 4 月 26 日由西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会组织了本标准工作组讨论稿的评审会，西藏自治区市场监督管理局相关咨询和评审专家均在以上会议中建议删除标准相关的英文释义。根据对全国标准信息公共服务平台（<https://std.samr.gov.cn/>）的检索，截至目前，西藏自治区现行有效的地方标准共 443 个，以上 443 个地方标准均未提出标准标题及术语的英文释义。基于以上，标准起草小组初步确定不采纳本条意见。

意见 2： 监测最佳窗口期和关键期的表，关键期可上下浮动几天，建议删除表中“峰值生物量指数”列。

修改说明： 已将关键期调整为上下浮动 2 天，删除了“峰值生物量指数”列，详见表 1。

意见 3： 碳层划分应该科学，有利于提高精度和监测效率，不是越详尽越好，相应地方做出调整；建议删除 5.4.1 中的 b) 条内容（即“划分的碳层应详尽且地理范围不交叉”）；碳层划分方面，建议为“应采用以下步骤进行碳层划分……”，管理方式建议细化，比如管理方式有围栏禁牧、轮牧、种草等等。

修改说明： 结合各专家意见，本着提高精度和监测效率为原则，已对 5.4.1 条碳层划分进行了优化，明确了碳层划分的步骤，删除了“划分的碳层应详尽且地理范围不交叉”描述，细化了管理方式等描述，详见标准 5.4.1 条。

意见 4： 样地选择需要明确每个碳层最少需要几个样地。

修改说明： 经复核标准内容，标准 5.4.2.2 条样地数量分配，标准已明确了每个碳层的样地数量不少于 3 个，无需修改，详见标准 5.4.2.2 条。

意见 5： 土壤有机质层监测土壤深度 30cm，是否可以代表土壤有机质生物量，建议参考联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on

Climate Change, IPCC) 采样和评估, 一般以 100cm 作为土壤调查和碳储量测算深度; 标准 5.8 条土壤有机质层监测中, 采用土钻法时, 应分层采样, 按照土壤采样规范操作。

修改说明: 根据对 IPCC 发布的《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) 第 4 卷农业、林业和其他土地利用 (AFOLU) 进行检索查询, 第 4 卷第 2 章和第 6 章均提到了草地矿质土壤碳的估算方法, 共有 3 种方法, 但 3 种方法均未规定草地土壤碳的监测深度为 1m。对于方法 1 和方法 2, 指南均要求采用缺省值方法估算草地土壤有机碳含量, 指南提供了默认取土深度为 30cm 情况下的不同类型草地土壤有机碳密度 (详见第 4 卷第 2 章第 2.3.3.1 节第 2 段描述、第 4 卷第 2 章表 2.3), 指南规定了如果有足够的数据, 并且明确土地利用变化和管理对拟议土壤深度递增有极大的影响, 那么采用深度大于 30cm 的土壤有机碳密度缺省值可被认为是优良做法; 方法 3 采用直接测量计算草地土壤有机碳含量, 基于西藏草地碳储量变化属于非线性变化的实际情况, 方法 3 相比方法 1 和方法 2, 能够对与土地利用和管理活动相关的碳库变化提供更准确的估算值, 但方法 3 未规定草地土壤碳的监测深度为 1m、也未规定须进行分层取样。因此, IPCC 发布的国家温室气体清单指南不足以支撑土壤采集深度必须为 1m 的技术要求。鉴于以上, 标准起草小组对国内外相关研究成果进行了详细检索, 重点了解青藏高原草地土壤有机碳随土壤深度的变化规律, 其中《降水决定了中国青藏高原高山草甸植被和表层土壤有机碳密度的空间变异性》(Precipitation Determines the Spatial Variability of Vegetation and Topsoil Organic Carbon Densities of Alpine Grasslands in the Qinghai-Tibetan Plateau, China)、《高山草甸中植物生物量和表层土壤有机碳含量对氮添加和降水变化的响应存在情境依赖性》(Context dependencies in the responses of plant biomass and surface soil organic carbon content to nitrogen addition and precipitation change within alpine grasslands) 2 篇文章均为中国科学院西北高原生物研究所的近期研究成果, 分别发表在 Ecosystems (中国科学院 2 区, IF=3.70) 和 Agriculture, Ecosystems & Environment (中国科学院 1 区 TOP, IF=6.0) 期刊, 以上 2 篇论文的研究结果表明: 青海省高寒草地生态系统碳储总量为 3.65

Pg C, 其中 96.02%储存在表层(0-30 cm)土壤中, 3.75%储存在植被地下部分, 0.23%储存在植被地上部分。基于以上, 经过标准起草小组认真分析论证, 初步认为本标准土壤有机碳取土深度为 0-30cm 且不需要分层采集样品, 理由如下: 一是 IPCC 发布的相关指南未明确规定草地土壤有机碳采集深度为 100cm; 二是国内相关研究表明, 基于青海省 2000 年以来 422 组高寒草地碳储数据分析, 青海省高寒草地生态系统碳储总量的 96.02%储存在表层(0-30cm)土壤中; 三是鉴于西藏自治区在气候、草地类型和草地管理方式等方面, 均与同在青藏高原地区的青海省具有较多相似之处, 青海省草地土壤有机碳含量随土壤深度的变化规律可以一定程度上代表西藏自治区情况, 因此, 本标准取土深度 0-30cm 的技术性要求一定程度上可以代表土壤有机碳含量; 四是根据标准起草小组近年来在西藏自治区开展的草地碳汇相关研究, 在实际操作过程中, 由于大多数草地土壤中大粒径石块含量较多, 取土钻及土壤剖面达到 1m 深度存在较大困难, 可操作性不强, 考虑到成本有效性, 标准起草小组认为取土深度 0-30cm 在可操作性和经济成本角度看均是可行的。

意见 6: 插图方面, 图幅过大, 监测中将灌木和草本样方合并成一个图; 土壤“S”型取样法, 采用 3 点取样与“S”型描述不符, 建议调整点位布局或增加点位。

修改说明: 已将灌木和草本样方位置示意整合成一张图并缩小了图幅, 详见图 1; 已将“S”型取样法的取样点数量优化为 5 个, 每个点取 1 个土钻土壤样品和 1 个环刀土壤样品, 土钻土壤样品主要用于测定土壤有机碳含量和粗碎屑比例, 环刀土壤样品主要用于测定土壤容重, 详见图 2。

意见 7: 建议将环刀法和土钻法合并描述。

修改说明: 已将环刀法和土钻法两个段落进行了合并, 详见标准 5.8 条。

意见 8: 环刀法建议 1 个样地用 1 个土壤剖面, 环刀法主要测土壤容重, 土钻法主要测土壤有机碳含量、粗碎屑比例等。

修改说明: 环刀法使用剖面进行分层的情况是基于取土深度较深时, 须进行分层取样, 以确保测定的土壤容重准确可靠, 本标准土壤容重样品的取土深度为

30cm，与土钻取样的深度一致，暂未采纳第 5 条专家建议的 1m 深度，因此不需要进行剖面取样，详细理由请参阅第 5 条意见修改说明。环刀法和土钻法测定的参数均与意见要求一致，详见标准 5.8 条。

意见 9：草地碳储量计算公式：DR——为控制数据精度而扣减的碳储量比例，%，无量纲。建议监测过程中不用扣除，今后如果开发相关的碳汇项目可以考虑扣除，在标准 6.6 计算出不确定性数值就可以了。精度可根据不同的监测目的确定，不宜规定为 90%。本标准中不考虑碳储量扣除比例，建议删除“表 1 碳储量扣除比例”，并相应修改文字表述。

修改说明：已删除了标准 6.7 条内容以及与 DR 相关的表述，详见标准正文。

意见 10：建议补充数据质量要求的内容。

修改说明：已补充数据质量要求内容，详见标准 6.7 条。

意见 11：关于草地定义，建议采用国土三调统一的定义方式，此外，草地中灌木和乔木的盖度、郁闭度建议设置一个最低的阈值。建议采用《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2017）修改草地定义。

修改说明：整合以上意见，国土三调的土地利用分类采用 GB/T 21010-2017 作为分类依据，即一级地类草地（04）被分为 4 类，分别为天然牧草地（0401）、沼泽草地（0402）、人工牧草地（0403）和其他草地（0404）。据统计，西藏的草原面积占全区土地总面积 66.5%，南北、东西向跨度大，气候类型多样，仅通过以上 4 种类型进行定义和分类，一定程度上可能影响最终核算的草地碳储量。2023 年，自然资源部发布了《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，目前，林草生态综合监测数据已经是基于国土三调数据为底板，结合林业数据对地类进行了详细的定义和细分，经检索西藏自治区林草生态综合监测数据，全区草地（04）被分为 3 个地类，分别为天然牧草地（0401）、人工牧草地（0402）和其他草地（0403），在此基础上，全区草地类型共 17 种，分别为温性草甸草原、温性草原、温性荒漠草原、高寒草甸草原、高寒草原、高寒荒漠草原、高寒草甸、山地草甸、低地草甸、温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠、暖性草丛、暖性灌草丛、热性草丛、热性灌草丛、人工（栽培）草地。综合以上，标准起草小组

认为，采用《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》对草地进行定义并细分草地类型，总体上是基于国土三调框架下执行的，且草地类型相比国土三调分类更加详细，有利于提高数据精度，因此，标准起草小组初步研究认为本次草地的定义和分类可采用《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》下的定义和分类口径，相关修改内容详见标准 3.1 条。

意见 12：3 “术语和定义” 中，建议把“4.1 计量与监测对象”中的内容合并到“3.1 草地”中，并删除 4.1。

修改说明：已删除标准 4.1 条，并将 4.1 条内容整合到 3.1 条中，详见标准 3.1 条。

意见 13：第 4.1 节，计量与监测对象，复核 17 种草地类型在西藏自治区是否都有，如果不涉及个别草地类型可以删除，整体 4.1 节可以作为草地定义的注来展示。

修改说明：已复核西藏自治区所有草地类型，根据西藏自治区 2023 年林草生态综合监测数据库“草地类”字段分析汇总，西藏自治区草地类型为标准中提到的 17 种，确认无误。已将整体 4.1 节作为草地定义的注来展示。以上修改内容详见标准 3.1 条。

意见 14：建议修改草地碳库的定义，现有定义中“土壤有机质”不是碳库，土壤才是碳库。

修改说明：已修改草地碳库的中关于土壤有机质的描述，改为“土壤”，详见标准各条内容。

意见 15：建议根据植被群落特征划分草地类型。文本术语中的“温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠”不属于草地类型，建议删除。

修改说明：根据《全国林草生态综合监测技术规程（试行）》（办资字〔2023〕34 号）规定，复核了西藏自治区 2023 年林草生态综合监测数据，西藏自治区草地类型有温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠，所属图斑的以及地类代码为 04，属于草地的范畴，同时也符合标准 3.1 关于草地的定义，详见标准 3.1 条。

意见 16: 建议根据植被群落特征划分草地类型。文本术语中的“温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠”不属于草地类型，建议删除。

修改说明: 根据《全国林草生态综合监测技术规程（试行）》（办资字〔2023〕34 号）规定，复核了西藏自治区 2023 年林草生态综合监测数据，西藏自治区草地类型有温性荒漠、温性草原化荒漠、高寒荒漠，所属图斑的以及地类代码为 04，属于草地的范畴，同时也符合标准 3.1 关于草地的定义。

意见 17: 建议删除 4.2 中的“草地碳汇量”。

修改说明: 已删除标准 4.2 条中的“草地碳汇量”，详见标准 4.1 条。

意见 18: 建议删除 5.2.2 监测频率、5.3 监测工具。建议监测频次方面，建议改为 5-10 年，或根据实际需要去监测，如果间隔时间太短的，土壤的碳储量变化量可能太小。监测用具方面，建议保留，实际开展监测时有必要了解，更有利于操作。

修改说明: 专家组意见存在矛盾情况，经过标准起草小组分析论证，初步决定采纳评审组长的相关意见，即将 5.2.2 条内容改为“首次监测后，宜每 5~10 年至少监测 1 次”，保留了监测用具。详见标准 5.2.2 条、5.3 条。

意见 19: 标准 3.5 条草地碳汇量单位改为吨二氧化碳。

修改说明: 已将 3.5 条碳汇量单位改为了吨二氧化碳（t CO₂），详见标准 3.4 条。

意见 20: 建议修改“3.4 草地碳储量”定义。

修改说明: 已修改草地碳储量定义，改为“草地各碳库中碳的质量之和，单位：吨碳（t C）”，详见标准 3.4 条。

意见 21: 建议修改“3.8 生物量含碳率”定义。

修改说明: 已修改为“单位质量活体植物生物量或死有机质生物量中碳的质量占生物量的比例”，详见标准 3.8 条。

意见 22: 公式（1）中的 Si 的取值建议改为 30%-50%。

修改说明：根据西藏自治区草地碳储量计量与监测的特点和实施条件，经标准起草小组分析论证，将公式（1）中的 S_i 的取值建议改为了 30%，详见标准公式（1）。

意见 23：标准文本中，单位有数字、字母和汉字混用情况，建议采用国际单位制并进行统一；数字和字母之间应有一个间隔。

修改说明：已按国际单位制统一了单位表述形式，数字和字母之间设置一个间隔详见标准各条内容。

意见 24：样地定位和复位方面，建议不要分段方式描述，确实需要分段，建议加上序号；考虑到设置了固定标志，目前样地复位率 80% 的要求相对较为宽松，建议提高甚至改到 100%。

修改说明：已将样地复位率改为 100%，同时进行了分段描述，详见标准 5.4.4.1 条。

意见 25：周界测量，误差值单位建议改为米，同时建议适当放宽误差允许范围，提高监测的可操作性。

修改说明：相关表述改为“新设置样地和复位样地周界长度误差均应小于 1 m”，详见标准 5.4.4.2 条。

意见 26：第 4.2 节建议改为具体要监测的内容，比如哪些碳库、哪些参数等。

修改说明：已按意见进行了修改并分段描述，详见标准 4.1 条。

意见 27：样地选择方面，建议细化“代表性、非过渡性、无干扰、可观测”等描述内容。

修改说明：已按意见进行了修改并分段细化描述了“表性、非过渡性、无干扰、可观测”，详见标准 5.4.3 条。

意见 28：相关参数的测定，建议复核引用的林业标准，具体到标准的年份、目次等；若测定的方法步骤不复杂的话，建议可以直接写出来具体的操作方法和

步骤。

修改说明：测定的相关参数包生物量、含碳率、生物量含碳率、土壤容重和土壤粗碎屑比例，经复核，需根据 LY/T 2259、HJ 615、NY/T 1121.4、NY/T 1121.3 进行测定，由于篇幅相对较长，在参考了大量类似地方标准的基础上，在标准中明确依据相关标准即可，详见标准 5.9 条。

意见 29：个别类型草原可能有稀疏的乔木，建议项目组考虑是否将稀疏乔木的计量和监测内容纳入标准中，若不纳入，也应当在标准中进行说明。

修改说明：考虑到本标准主要计量和监测对象为草地植被覆盖为主的草地，若需要计量和监测稀疏乔木，则需采用模型法或收获法获取稀疏乔木的生物量及碳储量，目前阶段，西藏自治区尚未发布完全适用于本地的主要乔木生物量模型和碳计量参数，本标准若采用模型法获取相关参数，则需要大量的基础调查工作进行支撑，从经济投入和时间成本上看仍存在较大困难。若采用收获法获取稀疏乔木相关参数，一是会一定程度破坏草地生态系统，在高寒地区的乔木层被破坏后，草地生态系统的功能和结构很难在短期内恢复，二是在西藏自治区高寒环境的下的草地，现在的稀疏乔木生长极为缓慢且生物量占比很小，在本标准给定的监测频次下，乔木层的碳储量变化量很小，基本可以忽略。对于不纳入计量与监测的理由，已在标准 3.3 条中以注的形式进行了阐述。

意见 30：公式中，下角标注意正体和斜体，如果是变量（如 i 、 t 、 j 等）就用斜体，如果不是变量（如 grass）就用正体；此外，grass 的大写和小写用来区分草地和草本层，容易造成歧义，建议大写的 grass 可以改为 Grassland 或 GL。

修改说明：已按意见修改了所有公式下角标的格式，详见标准中各公式。

意见 31：同一个面积和边界前提下才能用公式（5）。

修改说明：已按意见增加了意见要求的前提条件，详见标准 6.1.2 条。

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范

第 2 部分：草地碳汇计量与监测方法》标准起草组

2025 年 5 月 15 日