

T/SSSSP

陕 西 省 土 壤 学 会

T/SSSSP 009—2025

黄土丘陵区侵蚀草地碳储量调查及核算技术规程

Technical regulations for investigation and accounting of carbon storage of
eroded grasslands in loess hilly region

2025-11-28发布

2025-12-01实施

陕西省土壤学会

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 调查内容..... 3

5 样地设置..... 4

6 碳储量计算..... 6

附录 A（资料性附录） 样地信息调查表

附录 B（资料性附录） 草本样方地上生物量（含凋落物）调查表

附录 C（资料性附录） 灌木（高大草本）地上生物量调查表

附录 D（资料性附录） 土壤容重测定记录表

附录 E（资料性附录） 土壤砾石含量记录表

附录 F（资料性附录） 草本根系生物量调查记录表

附录 G（资料性附录） 灌木整株调查记录表

附录 H（资料性附录） 土壤和草本根系含碳量测定记录表

附录 I（资料性附录） 草本样方地上生物量含碳量记录表

附录 J（资料性附录） 灌木地上生物量含碳量测定记录表

附录 K（资料性附录） 灌木整株含碳量测定记录表

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。

本文件由陕西省土壤学会提出并归口。

本文件起草单位：西北农林科技大学、中国农业大学、中国科学院水利部水土保持研究所。本文件主要起草人：魏孝荣、李伟、邱莉萍、王祥、韩凤朋、李同川、钟泽坤。本文件于2025年11月28日首次发布。

本文件由西北农林科技大学负责解释。联系信息如下：

单位：西北农林科技大学

电话：029-7012616

地址：陕西省杨凌农业高新技术产业示范区邠城路3号

邮编：712100

黄土丘陵区侵蚀草地碳储量调查及核算技术规程

1 范围

本文件规定了侵蚀草地生态系统植被和土壤碳储量的调查取样及核算方法。

本文件适用于黄土高原丘陵区的侵蚀草地有机碳储量的调查及核算。

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。

GB/T 40451-2021 草原与牧草术语

LY/T 2250-2014 森林土壤调查技术规程

NY/T 2998-2016 草地资源调查技术规程

NY/T 1121.6-2006 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

IPCC. 《2006年IPCC国家温室气体清单指南》2019修订版

SL 190-2008 《土壤侵蚀分类分级标准》

SL 277-2002 《水土保持监测技术规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 侵蚀草地 Eroded grasslands

因自然或人为干扰导致植被结构退化、土壤抗蚀性能显著降低，并在特定降雨和地形条件下表现出水土流失特征的草地生态系统。主要包括水力侵蚀草地、风力侵蚀草地、复合侵蚀草地。本术语参考GB/T 40451-2021，SL 190-2008，SL 277-2002。

3.2 草地生态系统 Grassland ecosystem

在一定空间范围内，草地植物、动物、微生物与其环境通过能量流动和物质循环形成相互作用、相互依存的整体。

3.3 样地 Sampling site

草地类型、生境、利用方式以及利用状况具有代表性的观测地段。

3.4 样方 Quadrat

监测区具有一定面积的用于植被和土壤样品调查取样的取样点，主要包括草本植物样方和灌木及高大草本植物样方。

草本植物样方指以草本和小（半）灌木植物为主。大小为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 。本术语参考NY/T 2998—2016。

灌木及高大草本植物样方指监测区内分布有灌木和高大草本植物时设置的取样点。根据灌木和高大草本植物的分布密度，样方大小为 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 或 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 。样方大小可依据样地内草本和灌木的数量和密度做相应调整。

3.5 地上生物量 Above-ground biomass

单位面积内草地植物地上部分累积的物质总量。

3.6 地下生物量 Below-ground biomass

单位面积内草地植物地下部分累积的物质总量。

3.7 凋落物生物量 Litter biomass

单位面积内草地地表植物残体的物质总量。

3.8 土壤有机碳 Soil organic carbon

一定深度内（通常为 100 cm ）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 ）。

3.9 土壤容重 Soil bulk density

单位容积原状土壤干土的质量。

3.10 土壤砾石含量 Soil rock fragment content

土壤中粒径 $>2\text{ mm}$ 的砾石占土壤的体积比质量比。

3.11 碳密度 carbon density

单位面积内草原生态系统植被或土壤的有机碳总量，一般包括：植物地上碳密度、植物地下碳密度、凋落物碳密度和土壤碳密度。常用单位为 g C/m^2 、 kg C/m^2 或 t C/hm^2 。

3.12 碳储量 Carbon storage

一定面积下的草地生态系统不同组分的现存碳储量，一般包括：植物碳储量和土壤碳储量。植物碳储量包括植物地上、地下和凋落物碳储量。生态系统碳储量是上述不同组分的总和。常用单位为t C或Pg C。

4 调查内容

4.1 环境资料

收集地区气象、土壤、水文等环境资料，记录调查区的地理位置、经纬度、温度和降水情况及土地利用情况。

4.2 草地资料

4.2.1 植被调查

监测一定区域范围内，草地生态系统的植被有机碳总量。

植被碳储量的监测涉及植被地上部分、地下部分和枯落物三个组分。

4.2.2 调查立地因子

包括海拔、坡度、坡向、坡位等资料。

4.3 土壤资料

土壤碳储量的监测指标包括相应土层的土壤容重、土壤砾石含量和有机碳含量。

4.4 采样时间

应在每年固定的时间采样，推荐季节为夏季（生物量最大）。

5 样地设置

5.1 样地布设

5.1.1 样地情况

采样前要进行现场调查和有关资料的收集。调查原则上包括主要草地类型。根据每一种草地植被类型的分布情况布设若干个典型样地。黄土丘陵区地形破碎，在样地设置时需要充分考虑在不同坡向（阳坡、阴坡、半阳坡、半阴坡）和坡位（坡顶、坡上部、坡中部、坡下部、坡脚）布设样地以保证调查样地的代表性。

5.1.2 布设原则

- a) 系统性，根据监测区域草地的分布特征和变异程度，系统性地布设监测样地；
- b) 代表性，在单个监测样地，应选择代表监测区主要地形和利用方式的地块设置监测样方；
- c) 长期性，具有长期监测规划的监测工作，应考虑监测样地具有较大的面积，以保证后续监测需求。

5.1.3 布设方案

一般建议采用系统布设，在监测区内按照网格系统地布局5~8个监测样地，以提高针对监测区不同草地类型和利用方式的代表性。采用随机布局的时候，也应该考虑样点布设的系统性和代表性。

5.2 样品采集

5.2.1 取样植被生物量取样

草本样方为主的样地，每个样地的监测样方不少于3个；灌木和高大草本植物为主的样地，每个样地测定不少于1个灌木及高大草本植物样方和3个草本样方。

针对草本样方，用剪刀齐地面剪下地面以上的所有绿色植物部分；针对灌木与高大禾草样方，按照一定采样比例，分种收获地上部分。同时记录样方内的群落高度和总盖度。

5.2.2 枯落物生物量

针对灌木样方，在样方内随机布设3个1 m×1 m样方用于凋落物和立枯生物量调查。用手或耙子将样方内地表当年的凋落物和立枯物捡起，并小心去掉凋落物表面附着的细土粒。

5.2.3 植物地下生物量

在每个调查样方内用7 cm根钻取3~5钻并合并在一起，在一些根系量较少的草地类型或下层土壤，要根据情况增加取样量至5~6钻，以确保得到碳含量测定所需的根系量。取样前将样方土壤表面的残留物和杂质清理干净。取好的样品，按层分装在尼龙袋纱袋中。

采取系统分层，土层深度达到100 cm，采样深度为0 cm~10 cm、10 cm~20 cm、20 cm~30 cm、30 cm~50 cm、50 cm~70 cm和70 cm~100 cm。土层深度不足100 cm，可以采取0 cm~10 cm、10 cm~20 cm、20 cm~40 cm、40 cm以上分层。

对于沙地、多石块的样地，根钻取土无法进行时，根系样品采取削20 cm×20 cm土柱等方法。

5.2.4 土壤有机碳取样

5.2.4.1 采样深度

参考联合国政府间气候变化专门委员会IPCC（The Intergovernmental Panel on Climate Change）采样和评估，以100 cm作为土壤调查和碳储量测算深度。

土层分层参照本文件5.2.3植物地下生物量。

5.2.4.2 土壤样品

在植被调查的样方中，用土钻进行不同土层深度土壤样品的采集。依据所需土壤样品多少来确定钻数，上层（0 cm~30 cm）4~6钻左右混合，下层（30 cm~100 cm）3~4钻混合。取样量0.5 kg~1.0 kg。

样品充分混合后，保留足量的土样装入自封袋并做好标记。将剩余的样品和回填土填入钻孔并压实，减少对草地的破坏以及防止家畜受伤。

石砾含量较少，一般推荐采用土钻采样，按照深度层次取土芯作为样品。对于石砾含量较多土层，土芯钻取困难，挖掘采样坑按照规定土层厚度获取土样。

5.2.4.3 土壤剖面取样

5.2.4.3.1 土壤剖面

选择样地中植被和地形条件具有代表性的地点进行土壤剖面的挖掘，以进行土壤容重和砾石含量的样品取样。剖面挖掘深度为100 cm。挖掘标准同LY/T 2250-2014。

5.2.4.3.2 土壤容重

采用环刀法进行土壤容重的分层样品取样，每层3~5个重复。

具体取样方法按照NY/T 1121.4-2006执行。

5.2.4.3.3 土壤砾石含量

使用容重测定后的土壤样品进行土壤砾石含量的测定。筛出直径大于2 mm的砾石，分别测定砾石的体积含量和质量含量。

$$C_{vol} = (V_2/V_1) \times 100\%$$

$$C_{wie} = (W_2/W_1) \times 100$$

式中：

C_{vol} 和 C_{wie} ——分别表示砾石含量的体积比和质量比；

V_1 和 V_2 ——分别为环刀的体积和>2 mm砾石的体积；

W_1 和 W_2 ——分别为环刀内土壤的总质量（包括砾石）和>2 mm砾石的质量。

6 碳储量计算

6.1 植物样品

6.1.1 烘干称重

将植物地上生物量样品和枯落物样品带回实验室65 °C烘干至恒重后称重获得单位面积的地上生物量（ Bi_{OAB} ）和枯落物生物量（ Bi_{OLB} ）。

将根系样品带回室内漂洗，野外可就近在河流冲洗根系后再带回室内漂洗，之后65 °C烘干至恒重，获得单位面积不同土层深度的地下生物量（ Bi_{OBB} ）。

$$Bi_{OBB} = \sum Bi_{OBBj}$$

式中：

Bio_{BB} ——地下生物量；

j ——表示不同深度土层。

6.1.2 样品粉碎

植物样品先后进行粗粉与细粉，过80~100目筛，用于碳含量分析。

6.2 土壤样品

土壤样品带回室内经自然风干后，去掉粗根和砂石全部过2 mm筛，较大颗粒碾碎后过筛。采用静电吸附法去除表层土壤的毛细根，减少其对土壤碳含量测定的影响。样品经细粉后过80~100目筛，用于碳含量分析。具体操作按照LY/T 2250-2014的规定执行。

6.3 有机碳含量的测定

植物和土壤样品有机碳含量的测定采用重铬酸钾-外加热法（NY/T 1121.6-2006）。

6.4 碳密度计算

6.4.1 植物有机碳密度计算

植被碳密度（ CD_{veg} ）包括植物地上部分、凋落物和地下根系三个组份。

$$CD_{veg} = Bio_{AB} \times C_{vegAB} + Bio_{LB} \times C_{vegLB} + Bio_{BB} \times C_{vegB}$$

式中：

CD_{veg} ——植被碳密度，单位为g C/m²；

Bio_{AB} 、 Bio_{LB} 、 Bio_{BB} ——分别表示植物地上、枯落物和地下生物量，单位为g/m²；

C_{vegAB} 、 C_{vegLB} 、 C_{vegBB} ——分别表示植物地上生物量、枯落物生物量和地下生物量的有机碳含量，单位为g C/100 g植物样品。

6.4.2 土壤有机碳密度计算

土壤有机碳密度采用如下公式计算：

$$SOCD = \sum_{j=1}^k T_j \times BD_j \times SOC_j \times (1 - C_j)$$

式中：

$SOCD$ ——单位面积下各土层的土壤碳密度的总和（kg/m²）；

T_j ——j层土体的深度（cm）；

BD_j ——j层土体的土壤容重（g/cm³）；

SOC_j ——j层土体的土壤有机碳含量（g/kg）；

C_j ——j层土体的砾石含量（%）。

6.5 碳储量计算

基于不同草地类型的植被和土壤碳密度调查数据，结合监测区的草地类型和相应类型的草地面积，采用面积加权累积的方法计算草地植被和土壤碳储量。

$$CS_{veg} = \sum_{i=1}^n CD_{veg_i} \times Area_i$$

式中：

CS_{veg} ——植被碳储量；

CD_{veg_i} ——草地类型i的植被碳密度（g C/m²）；

$Area_i$ ——草地类型i的面积；

$$CS_{soil} = \sum_{i=1}^n SOCD_i \times Area_i$$

式中：

CS_{soil} ——土壤碳储量；

$SOCD_{ji}$ ——草地类型i的土壤碳密度（g C/m²）；

$Area_i$ ——草地类型i的面积；

草地生态系统碳储量由植被碳储量和土壤碳储量组成，计算公式为：

$$CS_{tot} = CS_{veg} + CS_{soil}$$

式中：

CS_{tot} ——生态系统碳储量；

CS_{veg} ——植被碳储量；

CS_{soil} ——土壤碳储量。

附录 A
(资料性附录)
样地信息调查表

样地名称 (编号): _____

调查时间: ____年__月__日 记录人: _____

经度	E	纬度	N	海拔	m
市			县		
地形地貌	山地 () 丘陵 () 高原 () 平原 () 盆地 ()				
坡 向	阳坡 () 半阳坡 () 半阴坡 () 阴坡 ()				
坡 位	坡顶 () 坡上部 () 坡中部 () 坡下部 () 坡脚 ()				
坡 度					
土壤类型	黑土 () 暗棕壤 () 黑钙土 () 栗钙土 () 棕壤 () 黑垆土 () 棕灰钙土 () 风沙土 () 灰棕漠土 () 草甸土 () 盐碱土 () 石灰土 () 火山灰土 ()				
植被类型	温性草甸草原 () 温性草原 () 温性荒漠草原 () 温性草原化荒漠 () 温性荒漠 () 山地草甸 () 地平地草甸 () 草本沼泽 ()				
植物群落名称					
地表特征	凋落物: 无 () 少 () 多 () ; 立枯: 有 () 无 () ; 砾石: 无 () 少 () 多 () ; 覆沙: 无 () 少 () 多 () ; 风蚀: 无 () 少 () 多 () ; 水蚀: 无 () 少 () 多 () ; 盐碱斑: 无 () 少 () 多 () ; 裸地面积比例: () %				
利用方式	全年放牧 () 冷季放牧 () 暖季放牧 () 春秋放牧 () 打草场 () 禁牧 () 其他 ()				
利用强度	未利用 () 轻度 () 中度 () 重度 () 极重 ()				
土壤剖面描述	发生层名称				
	土层厚度 (cm)				
	土层间过渡明显程度				
	土层间过渡形式				

附录 B
(资料性附录)
草本样方地上生物量 (含凋落物) 调查表

样地名称: _____ 样方号: _____ 总盖度 (%): _____

平均高度 (cm) _____ 样方面积: _____ 调查时间: _____ 年 _____ 月 _____ 日 记录人: _____

[illegible]

附录 C
(资料性附录)
灌木 (高大草本) 地上生物量调查表

样地名称: _____ 样方号: _____ 总盖度 (%): _____
物种名称: _____ 样方面积: _____ 调查时间 ____ 年 ____ 月 ____ 日 记录人: _____

株 (丛) 编号							
高度 (cm)							
冠幅 (cm)	长						
	宽						
采样比例 (%)							
叶片 (g)	总鲜重						
	烘前鲜重						
	烘后干重						
新生枝 (g)	总鲜重						
	烘前鲜重						
	烘后干重						
老龄枝 (g)	总鲜重						
	烘前鲜重						
	烘后干重						
凋落物 (g)	总鲜重						
	烘前鲜重						
	烘后干重						
备注							

附录 D
(资料性附录)
土壤容重测定记录表

样地名称：_____ 环刀直径 (cm)：_____

环刀高度 (cm)：_____ 调查时间：_____年____月____日 记录人：_____

样地 编号	深度 (cm)	环刀编号	环刀重 (g)	环刀+土壤干重 (g)	备注
	0—10				
	10—20				
	20—30				
	30—50				
	50—70				
	70—100				
	0—10				
	10—20				
	20—30				
	30—50				
	50—70				
	70—100				
	0—10				
	10—20				
	20—30				
	30—50				
	50—70				
	70—100				
	0—10				
	10—20				
	20—30				
	30—50				
	50—70				
	70—100				
	0—10				
	10—20				
	20—30				
	30—50				
	50—70				
	70—100				

附录 E
(资料性附录)
土壤砾石含量记录表

样地名称：_____ 环刀直径 (cm)：_____

环刀高度 (cm)：_____ 调查时间：_____ 年__月__日 记录人：_____

样方编号	深度 (cm)	环刀编号	土壤体积V ₁ (cm ³)	土壤鲜重 (g)	砾石体积V ₂ (cm ³)		砾石重 (g)	备注
					H ₁	H ₂		
	0—10							
	10—20							
	20—30							
	30—50							
	50—70							
	70—100							
	0—10							
	10—20							
	20—30							
	30—50							
	50—70							
	70—100							
	0—10							
	10—20							
	20—30							
	30—50							
	50—70							
	70—100							
	0—10							
	10—20							
	20—30							
	30—50							
	50—70							
	70—100							
	0—10							
	10—20							
	20—30							
	30—50							
	50—70							
	70—100							

附录 F
(资料性附录)
草本根系生物量调查记录表

样地名称：_____调查时间：____年__月__日 记录人：_____

样方编号	深度 (cm)	根系生物量烘干重 (g)	备注
	0—10		
	10—20		
	20—30		
	30—50		
	50—70		
	70—100		
	0—10		
	10—20		
	20—30		
	30—50		
	50—70		
	70—100		
	0—10		
	10—20		
	20—30		
	30—50		
	50—70		
	70—100		
	0—10		
	10—20		
	20—30		
	30—50		
	50—70		
	70—100		
	0—10		
	10—20		
	20—30		
	30—50		
	50—70		
	70—100		

附录 G
(资料性附录)
灌木整株调查记录表

样地名称：_____

物种名称：_____ 调查时间：____年__月__日 记录人：_____

个体编号	深度 (cm)	生物量 (g)			备注
		总鲜重	烘前鲜重	烘后干重	
	叶片				
	新生枝				
	老龄枝				
	0—10	/	/		
	10—20	/	/		
	20—30	/	/		
	30—50	/	/		
	50—70	/	/		
	70—100	/	/		
	叶片				
	新生枝				
	老龄枝				
	0—10	/	/		
	10—20	/	/		
	20—30	/	/		
	30—50	/	/		
	50—70	/	/		
	70—100	/	/		
	叶片				
	新生枝				
	老龄枝				
	0—10	/	/		
	10—20	/	/		
	20—30	/	/		
	30—50	/	/		
	50—70	/	/		
	70—100	/	/		

附录 H
(资料性附录)
土壤和草本根系含碳量测定记录表

样地名称：_____使用方法：_____

调查日期：____年__月__日 记录人：_____

样方编号	深度 (cm)	土壤含碳量			草本根系含碳量		
		称量 干重 (g)	测量值	全碳 含量 (%)	称量干重 (g)	测量值	全碳 含量 (%)
	0—5						
	5—10						
	10—20						
	20—30						
	30—50						
	50—70						
	70—100						
	0—5						
	5—10						
	10—20						
	20—30						
	30—50						
	50—70						
	70—100						
	0—5						
	5—10						
	10—20						
	20—30						
	30—50						
	50—70						
	70—100						
	0—5						
	5—10						
	10—20						
	20—30						
	30—50						
	50—70						
	70—100						

附录 I
(资料性附录)
草本样方地上生物量含碳量记录表

样地名称：_____使用方法：_____

调查日期：____年__月__日 记录人：_____

样方号	样品种类	称量干重 (g)	测量值	全碳含量 (%)	备注
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	活体				
	凋落物				
	凋落物				

附录 J
(资料性附录)
灌木地上生物量含碳量测定记录表

样地名称: _____ 样方号: _____ 物种名称 _____

调查日期：____年____月____日 记录人：_____

[illegible]

附录 K
(资料性附录)
灌木整株含碳量测定记录表

样地名称：_____

物种名称_____调查时间： ____年__月__日 记录人： _____

个体编号	植株部位		称量干重 (g)	测量值	全碳含量 (%)	备注
	叶片					
	新生枝					
	老龄枝					
	根系	0-10				
		10-20				
		20-30				
		30-50				
		50-70				
		70-100				
	叶片					
	新生枝					
	老龄枝					
	根系	0-10				
		10-20				
		20-30				
		30-50				
		50-70				
		70-100				
	叶片					
	新生枝					
	老龄枝					
	根系	0-10				
		10-20				
		20-30				
		30-50				
		50-70				
		70-100				