

ICS 13.020.40  
CCS Z 04



团 体 标 准

T/CI 1192—2025

# 黄土高原沟壑区小流域综合治理 碳汇方法学

**Integrated small watershed management carbon sink methodology for gully  
region of the Loess Plateau**

2025-09-30 发布

2025-09-30 实施

中国国际科技促进会 发布  
中国标准出版社 出版



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
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
4.1 一般要求 .....	2
4.2 项目范围 .....	2
4.3 项目边界 .....	2
4.4 项目碳库及排放源 .....	3
4.5 项目计入期 .....	3
4.6 额外性 .....	3
5 碳汇量核算方法 .....	4
5.1 碳汇总量 .....	4
5.2 增绿增汇量 .....	4
5.3 保土保碳量 .....	5
5.4 减蚀减排量 .....	5
5.5 泄露排放 .....	5
6 数据来源与监测 .....	6
6.1 项目设计阶段确定的参数和数据 .....	6
6.2 项目实施阶段需监测的参数和数据 .....	6
6.3 数据质量与管理措施 .....	9
7 审定核查要求 .....	9
7.1 项目适用条件 .....	9
7.2 项目开始时间 .....	10
7.3 项目边界 .....	10
7.4 项目碳汇量核算 .....	10
附录A(资料性) 相关参数指标 .....	11
附录B(规范性) 碳层划分方法 .....	16
附录C(规范性) 野外采样方法 .....	18
附录D(规范性) 保土保碳量评估方法 .....	19
附录E(规范性) 项目建设期间排放量计算 .....	21
参考文献 .....	22



## 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有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由黄河水土保持西峰治理监督局(黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站)提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：黄河水土保持西峰治理监督局(黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站)、黄河流域水土保持生态环境监测中心、黄河水土保持绥德治理监督局(绥德水土保持科学试验站)、黄河水土保持天水治理监督局(天水水土保持科学试验站)、兰州交通大学、甘肃省碳排放权交易中心有限公司。

本文件主要起草人：曹丹、张西宁、马红斌、刘立峰、张海强、莫俊文、徐佳、杜雪、安乐平、韩燕、许小梅、李超、刘恭辅、靳琪、袁鹏超、段彤、贾易周、袁静、郭嘉、陈娇、张小恒、杨翔、张曦。

## 引 言

随着全球气候变化问题日益凸显,国家碳达峰碳中和战略成为全社会关注的焦点,为贯彻落实国家应对气候变化和碳达峰、碳中和重大战略部署,引领绿色低碳发展,推动可再生能源项目自愿减排交易,特编制本文件。

本文件以《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)下“清洁发展机制(CDM)”及国家自愿减排交易机制下的相关方法学为基础,在借鉴国际国内经验的基础上,充分考虑了黄土高原沟壑区小流域水土流失综合治理项目的实际情况,在适用条件、额外性论证、碳汇量核算等方面进行了更具针对性和实用性的简化创新。本文件经相关领域专家及利益相关方反复研讨后编制而成,具有科学性、合理性和可操作性,可为小流域水土流失综合治理自愿减排项目的顺利开发和区域可持续发展提供支持。

本文件符合条件的小流域水土流失综合治理项目可按照本文件要求,设计和审定水土保持碳汇项目,以及核算和核查水土保持碳汇项目的碳汇量。

# 黄土高原沟壑区小流域综合治理 碳汇方法学

## 1 范围

本文件规定了黄土高原地区水土保持项目碳汇量的监测、核算、核查方法及技术要求。

本文件适用于黄土高原沟壑区小流域综合治理工程中产生的碳增汇、碳固持和碳减排效应的监测、核算与核查工作。

## 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。

GB/T 16453 水土保持综合治理技术规范  
GB/T 20465 水土保持术语  
SL/T 277 水土保持监测技术规程  
SL/T 592 水土保持遥感监测技术规范  
HJ 615 土壤 有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法  
HJ 695 土壤有机碳的测定燃烧氧化-非分散红外法  
NY/T 1121.4 土壤检测 第4部分:土壤容重的测定  
LY/T 2988 森林生态系统碳储量计量指南  
CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇

## 3 术语和定义

GB/T 20465界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水土保持碳汇 soil and water conservation-induced carbon sink**

在对自然因素和人为活动造成的水土流失采取预防和治理措施后,产生碳汇的过程或能力,包括增绿增汇、保土保碳、减蚀减排。

### 3.2

**增绿增汇 vegetation restoration and carbon sink enhancement**

实施水土保持工程措施、植物措施、耕作措施等各种措施,增加地表植被生物量,通过林草的凋落物和根系分泌物向地表输入有机物质,提升表层土壤有机碳含量,提高土壤碳汇增量的过程。

### 3.3

**保土保碳 soil conservation and carbon sequestration**

实施水土保持工程措施、植物措施、耕作措施等各种措施,增加地表植被、改变微地形、改良土壤性质等,固持或拦截侵蚀土壤迁移,提升有机碳质量和稳定性的过程。

### 3.4

#### **减蚀减排 erosion control and carbon mineralization suppression**

实施水土保持工程措施、植物措施、耕作措施等各种措施,增加土壤抗蚀能力,减少土壤侵蚀和迁移,降低侵蚀土壤有机碳矿化释放CO<sub>2</sub>的过程。

### 3.5

#### **黄土高原沟壑区 gully region of the Loess Plateau**

黄土高原范围内,因强烈流水侵蚀和重力侵蚀作用导致地表破碎化、沟壑密集发育的区域,涵盖水土保持区划二级分区中的晋陕蒙丘陵沟壑区、晋陕甘高原沟壑区和甘宁青山地丘陵沟壑区。

### 3.6

#### **碳层 carbon stratum**

在项目边界内,依据显著影响碳储量空间分布格局与动态变化的关键驱动因子,通过科学分层方法划定的、具有内部相对均质性和层间显著差异性的空间单元集合。

### 3.7

#### **基准线情景 baseline scenario**

未实施小流域综合治理活动时,能代表项目边界内植被和土壤碳汇情况的情景。

注:基准线情景土地利用和管理方式不发生变化。

### 3.8

#### **项目情景 current scenario**

碳汇核算时核算对象所处水土保持碳汇情况的情景。

## 4 基本规定

### 4.1 一般要求

水土保持碳汇量核算对象为已实施水土保持措施的流域、区域,且具有水土保持效益的生态治理项目。使用本文件的小流域综合治理碳汇项目应满足以下要求:

- a) 项目边界内的水土保持措施均按照GB/T 16453建设,建成后交付运行管理单位并明确落实责任人;
- b) 项目边界内的土地权属清晰,具有地方人民政府(或政府组成部门)核发(或出具)的权属证明文件,或农村集体经济组织出具的土地权属证明;
- c) 项目应符合法律、法规相关要求,符合行业发展政策。

### 4.2 项目范围

以下几种情景不纳入水土保持碳汇量核算范围:

- a) 农作物植被增汇量,包括粮食作物、经济作物(除经果林)植被增汇量;
- b) 水土保持林草措施花、枝、叶、果实和草本植物的植被增汇量。

### 4.3 项目边界

小流域综合治理项目情景的“项目边界”是指,由拥有土地所有权或使用权的项目参与方实施的水土流失综合治理项目活动的地理范围。一个项目情景可以在若干个不同的地块上进行,但每个地块都应有特定的地理边界。项目边界可采用下述方法之一确定:

- a) 采用全球定位系统(GPS)、北斗卫星导航系统(BDS)或其他卫星导航系统,进行单点定位或差分技术直接测定项目地块边界的拐点坐标,定位误差不超过±10 m;

- b) 利用高分辨率的地理空间数据(如卫星影像、航片)、植被分布图等,在地理信息系统(GIS)辅助下直接读取项目地块的边界坐标;
- c) 使用比例尺不小于1:10000的地形图进行现场勾绘,结合GPS或其他卫星定位系统进行精度控制。

#### 4.4 项目碳库及排放源

项目边界内选择或不选择的碳库如表1所示。

表1 碳库的选择

情景	碳库	是否选择	理由
基准线	植被生物质	否	该碳库的清除量所占比例小,忽略不计
	土壤有机碳	是	主要碳库
项目情景	地上生物质	是	主要碳库,仅选择乔木和灌木
	地下生物质	是	主要碳库,仅选择乔木和灌木
	枯死木	否	该碳库的清除量所占比例小,忽略不计
	枯落物	否	该碳库的清除量所占比例小,忽略不计
	土壤有机碳	是	主要碳库

项目边界内包括或者不包括的温室气体种类以及排放源如表2所示。

表2 项目边界内包括的排放源及温室气体种类

排放源	温室气体种类	是否包括	解释或说明	
基准线	土壤有机碳的矿化分解	CO <sub>2</sub>	是	基准线情景下,小流域没有进行水土流失治理,流域内的侵蚀泥沙在搬运过程中会发生分解矿化,向大气排放CO <sub>2</sub>
项目情景	使用车辆、机械设备等移动源化石燃料燃烧产生的排放	CO <sub>2</sub>	是	各类工程建设过程中使用化石燃料产生碳排放
	土壤有机碳的矿化分解	CO <sub>2</sub>	是	项目开始后,水土保持措施发挥保土拦泥效益,拦截大部分的侵蚀泥沙,泥沙沉积有效保存了有机碳。但仍有少量侵蚀泥沙可能发生搬运,并在此过程中分解矿化,向大气排放CO <sub>2</sub>

#### 4.5 项目计入期

项目计入期指项目情景相对于基准线产生额外的温室气体减排效益的时间区间,最短时间不低于5年,最长不超过50年。项目计入期应在项目寿命期限范围之内。

项目寿命期限应在项目业主对项目边界内土地的所有权(或使用权)的有效期限之内。项目寿命期限的开始时间即项目边界内首次水土保持措施的开工日期。

#### 4.6 额外性

小流域水土流失综合治理是不以营利为目的的改善生态环境的公益性行为,具有固定和储存大气中的二氧化碳、调节小流域内水质和养分循环、恢复生物多样性、提高区域生产力等重要的生态效益。在进

行生态修复前,需对小流域进行土地整治,成本高昂,不具备财务吸引力。符合本文件适用条件的项目,其额外性免于论证。

## 5 碳汇量核算方法

### 5.1 碳汇总量

碳汇总量计算见公式(1)。

$$C_p = C_{VS} + C_S + C_{EM} - LK \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $C_p$  ——项目碳汇量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $C_{VS}$  ——项目增绿增汇量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $C_S$  ——项目保土保碳量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $C_{EM}$  ——项目减蚀减排量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $LK$  ——项目泄漏量。

### 5.2 增绿增汇量

增绿增汇量计算见公式(2)~公式(6)。

$$C_{VS} = (\Delta_{vc} + \Delta_{sc}) \times \frac{44}{12} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\Delta_{vc} = \sum_{i=1}^n (V_{cp,i} - V_{co,i}) \times A_i \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\Delta_{sc} = \sum_{i=1}^n (S_{cp,i} - S_{co,i}) \times A_i \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$S_{c,i} = \frac{SOC_i \times D \times BD_i}{10} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$V_{c,i} = B_i \times f_{c,i} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $C_{VS}$  ——项目增绿增汇量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $\Delta_{vc}$  ——项目植被碳库碳储量变化量,单位为吨碳( $t C$ );
- $\Delta_{sc}$  ——项目土壤碳库碳储量变化量,单位为吨碳( $t C$ );
- $i$  ——项目碳层, $i=1,2,3,\dots,n-1,n$ ,无量纲;
- $V_{cp,i}$  ——项目情景下,第*i*碳层的单位面积植被碳储量,单位为吨碳每公顷( $t C/hm^2$ );
- $V_{co,i}$  ——基准线情景下,第*i*碳层的单位面积植被碳储量,单位为吨碳每公顷( $t C/hm^2$ );
- $A_i$  ——项目第*i*碳层的面积,单位为公顷( $hm^2$ );
- $S_{cp,i}$  ——项目情景下,第*i*碳层的土壤有机碳密度,单位为吨碳每公顷( $t C/hm^2$ );
- $S_{co,i}$  ——基准线情景下,第*i*碳层的土壤有机碳密度,单位为吨碳每公顷( $t C/hm^2$ );
- $SOC_i$  ——项目第*i*碳层的土壤有机碳含量,分为基准线情景( $SOC_{o,i}$ )和项目情景( $SOC_{p,i}$ ),单位为克每千克( $g/kg$ );
- $BD_i$  ——项目第*i*碳层的土壤容重,分为基准线情景( $BD_{o,i}$ )和项目情景( $BD_{p,i}$ ),单位为克每立方米( $g/cm^3$ );
- $D$  ——土层厚度,单位为厘米( $cm$ );
- $B_i$  ——项目第*i*碳层的单位面积生物量,单位为吨每公顷( $t/hm^2$ );
- $f_{c,i}$  ——项目第*i*碳层的植被含碳系数,无量纲。

### 5.3 保土保碳量

保土保碳量计算见公式(7)和公式(8)。

$$C_S = \sum_{i=1}^n S_{M,i} \times SOC_{M,i} \times 10^{-3} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (7)$$

$$S_{M,i} = (EM_{Ba} - EM_i) \times A_i \times t \times 10^{-2} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- $C_S$  ——项目保土保碳量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $S_{M,i}$  ——项目第*i*碳层的保土拦泥量,单位为吨( $t$ );
- $SOC_{M,i}$  ——项目第*i*碳层保土拦泥对应的有机碳含量,单位为克每千克( $g/kg$ );
- $i$  ——项目碳层, $i=1,2,3,\dots,n-1,n$ ,无量纲;
- $EM_{Ba}$  ——监测期内基准线情景的土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $EM_i$  ——监测期内项目第*i*碳层的土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $A_i$  ——项目第*i*碳层的面积,单位为公顷( $hm^2$ );
- $t$  ——项目开始以来的年数,单位为年( $a$ )。

### 5.4 减蚀减排量

减蚀减排量计算见公式(9)~公式(11)。

$$C_{EM} = E_{Ba} - E_p \dots\dots\dots (9)$$

$$E_{Ba} = EM_{Ba} \times A \times t \times SOC_{Ba} \times 10^{-3} \times \frac{44}{12} \times P_{se} \dots\dots\dots (10)$$

$$E_p = EM_p \times A \times t \times SOC_p \times 10^{-3} \times \frac{44}{12} \times P_{se} + E_f \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- $C_{EM}$  ——项目减蚀减排量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $E_{Ba}$  ——基准线排放量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $E_p$  ——项目排放量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ )。
- $EM_{Ba}$  ——监测期内基准线情景的土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $A$  ——核算面积,单位为平方千米( $km^2$ );
- $t$  ——项目开始以来的年数,单位为年( $a$ );
- $SOC_{Ba}$  ——基准线情景下的土壤有机碳含量,单位为克每千克( $g/kg$ );
- $P_{se}$  ——水土流失过程中土壤有机碳被氧化的比例,无量纲;
- $EM_p$  ——监测期内项目情景的土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $SOC_p$  ——项目情景的土壤有机碳含量,单位为克每千克( $g/kg$ );
- $E_f$  ——项目建设过程中车辆、机械设备化石燃料燃烧产生的碳排放,按照项目设计文件和验收文件所列车辆、机械设备化石燃料的类型、数量及其燃烧产生的 $CO_2$ 系数等计算。

### 5.5 泄露排放

根据本文件的适用条件,项目活动不会造成项目边界内未来可能开展的土地利用方式的转移,因此在本文件下,小流域综合治理活动不存在潜在泄露,即 $LK=0$ 。

## 6 数据来源与监测

## 6.1 项目设计阶段确定的参数和数据

项目设计阶段需确定的参数和数据见表3~表5。

表3 植被含碳系数

数据/参数名称	$f_{c,i}$
单位	无量纲
描述	项目第 <i>i</i> 碳层的植被含碳系数
数据来源	CCER-14-001-V01
数值	参见附录A
数据/参数用途	用于计算植被碳库碳储量
应用的公式编号	公式(6)

表4 生物量模型

数据/参数名称	生物量模型
单位	—
描述	不同树种单株生物量与测树因子(如树高、胸径)的相关方程
数据来源	CCER-14-001-V01
数值	参见附录A
数据/参数用途	用于计算项目第 <i>i</i> 个碳层的单位面积生物量
应用的公式编号	公式(6)

表5 水土流失过程中土壤有机碳被氧化比例

数据/参数名称	$P_{se}$
单位	无量纲
描述	水土流失过程中土壤有机碳被氧化的比例
数据来源	据参考文献整合分析
数值	0.2
数据/参数用途	用于计算基准线和项目排放量
应用的公式编号	公式(10)、公式(11)
数据选取的合理性	相关研究表明 $P_{se}$ 介于0.2~0.5,本方法学根据保守性原则取 $P_{se}=0.2$

## 6.2 项目实施阶段需监测的参数和数据

项目实施阶段需监测的参数和数据见表6~表12。

表6 面积

数据/参数名称	$A, A_i$
单位	平方公里( $\text{km}^2$ )、公顷( $\text{hm}^2$ )
应用公式编号	公式(3)、公式(4)、公式(8)、公式(10)、公式(11)
描述	项目边界核算面积;项目第 <i>i</i> 碳层的面积
数据来源	实测
监测点	碳层划分按附录B执行
监测仪表	RTK、无人机等设备
监测频次与记录要求	每5年或10年监测1次,记录面积
监测程序与方法要求	不同措施及不同碳层的面积通过无人机获取高分辨率影像,在GIS软件中根据高分辨率影像绘制,采用同样方法通过高分辨率卫星影像获取监测面积;对于无人机获取的影像,分辨率应小于10 cm,对于卫星影像,分辨率应小于1 m
质量保证/质量控制程序要求	通过无人机影像和通过高分辨率卫星影像获取的面积进行交叉验证
数据/参数用途	用于核算基准线及项目的排放量,项目增绿增汇量和保土保碳量

表7 土壤有机碳

数据/参数名称	$\text{SOC}_{\text{Ba}}, \text{SOC}_{\text{p}}, \text{SOC}_{\text{M},i}, \text{SOC}_i (\text{SOC}_{\text{o},i} \text{和} \text{SOC}_{\text{p},i})$
应用公式编号	公式(5)、公式(7)、公式(10)、公式(11)
单位	克每千克( $\text{g}/\text{kg}$ )
描述	基准线情景下的土壤有机碳含量;项目情景下的土壤有机碳含量;项目第 <i>i</i> 碳层保土拦泥对应的有机碳含量;项目第 <i>i</i> 碳层基准线情景和项目情景的土壤有机碳含量
数据来源	项目业主应按照如下优先顺序选择: a) 实测获取; b) 参考表A.7选择数据; c) 项目区当地、相邻地区或相似生态条件下的缺省值
监测点	按附录C执行
监测仪表	土壤有机碳全自动分析仪或分光光度计
监测频次与记录要求	每5年或10年监测1次,记录土壤有机碳含量
监测程序与方法要求	土壤有机碳测定标准按HJ 695或HJ 615规定的方法执行
质量保证/质量控制程序要求	采用土壤有机碳的测定燃烧氧化-非分散红外法(按HJ 695)或土壤有机碳的测定重铬酸钾氧化-分光光度法(按HJ 615)使用的质量保证/质量控制程序
数据/参数用途	用于核算基准线及项目的排放量,项目增绿增汇量和保土保碳量

表8 土壤容重

数据/参数名称	$\text{BD}_i (\text{BD}_{\text{o},i} \text{和} \text{BD}_{\text{p},i})$
应用公式编号	公式(5)
单位	克每立方厘米( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
描述	项目第 <i>i</i> 碳层基准线情景和项目情景的土壤容重

表8 土壤容重(续)

数据来源	项目业主应按照如下优先顺序选择： a)实测获取； b)参考表A.6选择数据； c)项目区当地、相邻地区或相似生态条件下的缺省值
监测点	按附录C执行
监测仪表	环刀、铝盒
监测频次与记录要求	每5年或10年监测1次，记录土壤容重
监测程序与方法要求	容重测定标准按NY/T 1121.4
质量保证/质量控制程序要求	采用NY/T 1121.4规定的质量保证和质量控制程序
数据/参数用途	用于核算项目的增绿增汇量

表9 生物量

数据/参数名称	$B_i$
应用公式编号	公式(6)
单位	吨每公顷( $t/hm^2$ )
描述	项目第 <i>i</i> 碳层的单位面积生物量
数据来源	实测树高、胸径(乔木)、基径(灌木)数据
监测点	按附录C执行
监测仪表	围尺、激光测距仪
监测频次与记录要求	每5年或10年监测1次
监测程序与方法要求	参见CCER-14-001-V01
质量保证/质量控制程序要求	采用LY/T 2988推荐的质量保证和质量控制程序
数据/参数用途	用于计算项目植被碳库碳储量

表10 土壤侵蚀模数

数据/参数名称	$EM_{Ba}, EM_p$
应用公式编号	公式(8)、公式(10)、公式(11)
单位	吨每平方千米年[ $t/(km^2 a)$ ]
描述	监测期内基准线情景和项目情景的土壤侵蚀模数
数据来源	项目业主应按照如下优先顺序选择： a)水土流失动态监测成果； b)径流泥沙观测站实测
监测程序与方法要求	按附录D执行
质量保证/质量控制程序要求	采用SL/T 277和SL/T 592推荐的质量保证和质量控制程序
数据/参数用途	用于计算基准线和项目排放量
其他说明	当项目区难以获取土壤侵蚀模数数据时，可选择附录D提供的保土速率法计算保土保碳量，从而利用 $P_{sc}$ 计算减蚀减排量

表 11 土壤侵蚀模数(分碳层)

数据/参数名称	$EM_i$
应用公式编号	公式(8)
单位	吨每平方千米年[t/(km <sup>2</sup> a)]
描述	监测期内项目第 <i>i</i> 碳层的土壤侵蚀模数
数据来源	项目业主应按照如下优先顺序选择： a) 水土流失动态监测成果； b) 径流小区实测
监测程序与方法要求	按附录D执行
质量保证/质量控制程序要求	采用SL/T 277和SL/T 592推荐的质量保证和质量控制程序
数据/参数用途	用于计算保土保碳量
其他说明	当项目区难以获取土壤侵蚀模数数据时,可选择附录D提供的保土速率法计算保土保碳量

表 12 项目建设期间排放量

数据/参数名称	$E_f$
应用公式编号	公式(11)
单位	吨二氧化碳当量(t CO <sub>2</sub> e)
描述	项目建设过程中车辆、机械设备化石燃料燃烧产生的碳排放
数据来源	项目设计文件、验收文件等
监测程序与方法要求	按附录E执行
数据/参数用途	用于计算减蚀减排量

### 6.3 数据质量与管理措施

项目业主应采取下列数据质量与管理措施,确保数据的真实可靠。

- 项目业主需遵循项目设计阶段确定的数据监测程序与方法要求,制定详细的监测方案,建立健全内部管理体系,明确负责部门及其职责、具体工作要求、数据管理程序、工作时间节点等。
- 建立可信且透明的内部管理制度和质量保障体系,包括但不限于可靠的外业测定,野外测定的互检互核,内业数据的输入、计算和核实等。
- 指定专职人员负责项目边界、项目实施情况、措施面积、土壤有机碳含量、土壤容重、植被生物质等数据的监测、收集、记录和交叉核对。
- 对于收集到的监测数据,项目业主应建立数据、信息等原始记录和台账管理制度,妥善保管监测数据、原始记录、证明材料等相关的书面文件。原始记录和管理台账应明确数据来源、数据获取时间及管理台账的相关责任人等信息。

## 7 审定核查要求

### 7.1 项目适用条件

审定与核查机构应核实项目是否符合本文件适用条件。

- a) 核实项目是否符合法律、法规要求,符合行业发展政策。可查阅《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国黄河保护法》等法律,确认项目不违反有关法律法规和政策。
- b) 核实项目地块的合格性。通过项目开始前遥感影像、现场走访和项目的相关文件,确认项目边界内地块在项目开始前符合本文件的使用条件。
- c) 核实项目边界内土地权属。在项目审定和减排量核查时,核实项目边界内全部土地所有权(或使用权)的证据,如:不动产权属证书、土地承包或流转合同,或经有批准权的人民政府或主管部门批准核发的土地证。如果项目业主不是项目边界内土地权属所有人,项目业主应取得权属人授予的相关权利,并提供相关证明文件。

## 7.2 项目开始时间

审定与核查机构应通过对比项目开始前后的卫星遥感影像、现场调研考察和走访,并结合证据文件核实等方法,验证项目开始时间的真实性。项目业主可选择提供下列材料之一,说明项目的开始时间:

- a) 经县级(含)以上行业主管部门批复的作业设计和(或)出具的验收报告;
- b) 项目业主与施工方签署的施工合同和相关付款证明;
- c) 其他具有法律效力的、注明项目开始日期的文件(如项目监理报告)。

## 7.3 项目边界

审定与核查机构应根据项目业主提供的项目边界的矢量数据文件(如.shp文件或.kml文件,并细化到地块),重点开展以下工作。

- a) 从每个碳层中随机选取至少1个地块,利用BDS或GPS系统,直接测定项目每个地块边界重要拐点坐标,核实单点定位误差是否超过 $\pm 2$  m。根据重要拐点坐标定位,计算选取项目地块的面积,与项目业主的测定结果进行对比,核实项目边界内面积的误差是否超过 $\pm 5\%$ 。
- b) 通过项目所在地的遥感影像、项目设计文件、项目验收报告等资料,核对实际地块的边界与项目设计文件中计划实施的边界是否一致,识别项目实施与项目设计的边界是否出现偏移。
- c) 核实项目边界内土地利用类型是否发生变化。对土地利用方式发生变化的地块,需要重新给定土地利用方式类型。

## 7.4 项目碳汇量核算

审定与核查机构应核实项目碳汇量监测与核算过程是否符合本文件要求。

- a) 核实项目碳汇量核算过程是否符合本文件要求,项目实施阶段每次计算方法是否一致,参数选择合理性,计算结果准确且符合保守性原则;
- b) 核实项目碳汇量监测过程是否符合本文件要求,项目实施阶段每次监测方法是否一致,样地和采样点选择是否科学;
- c) 若项目业主使用公开发表的碳含量方程计算项目碳汇量,审定与核查机构应对项目业主选用的碳储量方程的合理性进行核实,确认所使用碳含量方程来源于国家标准、行业标准、地方标准、中文核心期刊发表、科学引文索引(Science Citation Index,简称SCI)收录论文。

附 录 A  
(资料性)  
相关参数指标

A.1 生物量模型与参数

表 A.1~表 A.4 数据均摘录自温室气体自愿减排项目方法学造林碳汇(CCER-14-001-V01)。

表 A.1 黄土高原地区主要乔木树种单株生物量与胸径或树高的相关方程

树种	适用范围	生物量	应用条件	一元模型			二元模型			
				模型参数		$R^2$	模型参数			$R^2$
				$a$	$b$		$a$	$b$	$c$	
油松	晋冀鲁	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.086 11	2.461 57	0.95	0.067 77	2.180 50	0.436 1	0.95
	辽豫甘	BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.010 93	2.664 78	0.87	0.010 90	2.661 84	0.004 6	0.87
	青宁陕	BGB	$DBH < 5$ cm	0.109 31	1.233 82		0.139 01	1.079 94	0.004 6	
落叶松	晋冀	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.073 02	2.472 98	0.92	0.062 33	2.015 49	0.591 5	0.92
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.142 14	2.059 10		0.170 51	1.390 24	0.591 5	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.028 29	2.364 03	0.90	0.028 67	2.402 55	-0.049 8	0.90
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.022 75	2.499 38		0.039 19	2.208 24	-0.049 8	
云杉	甘青	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.148 65	2.289 06	0.91	0.128 90	2.098 28	0.256 6	0.91
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.317 96	1.816 64		0.307 98	1.557 10	0.256 6	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.046 32	2.288 36	0.81	0.056 18	2.546 72	-0.347 5	0.85
冷杉	甘青	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.097 51	2.428 78	0.89	0.074 51	2.057 53	0.508 4	0.95
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.131 28	2.244 04		0.102 79	1.857 62	0.508 4	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.038 63	2.294 57	0.89	0.046 20	2.541 41	-0.338 0	0.90
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.013 60	2.943 04		0.015 70	3.211 88	-0.338 0	
栎树	豫晋冀陕青甘宁	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.093 93	2.546 08	0.94	0.075 09	2.326 37	0.330 2	0.95
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.204 84	2.061 67		0.154 19	1.879 37	0.330 2	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.052 09	2.301 30	0.89	0.069 89	2.589 80	-0.433 5	0.88
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.127 30	1.746 12		0.177 02	2.012 40	-0.433 5	
桦树	豫晋陕青甘宁新	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.111 46	2.429 83	0.94	0.073 67	2.108 50	0.520 2	0.95
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.306 46	1.801 36		0.202 54	1.480 13	0.520 2	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.050 84	2.249 04	0.86	0.040 68	2.075 91	0.280 3	0.85
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.088 75	1.902 90		0.075 66	1.690 31	0.280 3	
柏木	京津冀晋蒙鲁豫	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.153 41	2.316 96	0.92	0.124 83	1.914 89	0.615 2	0.95
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.362 74	1.782 24		0.270 86	1.433 57	0.615 2	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.059 61	2.166 57	0.88	0.043 81	1.767 50	0.642 8	0.90

表 A.1 黄土高原地区主要乔木树种单株生物量与胸径或树高的相关方程 (续)

树种	适用范围	生物量	应用条件	一元模型			二元模型			
				模型参数		$R^2$	模型参数			$R^2$
				$a$	$b$		$a$	$b$	$c$	
柏木	京津冀晋蒙鲁豫	BGB	$DBH < 5$ cm	0.140 96	1.631 85		0.095 07	1.286 18	0.642 8	
	陕甘青	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.133 13	2.253 59	0.85	0.089 47	1.914 89	0.615 2	0.90
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.483 31	1.452 48		0.338 43	1.088 25	0.615 2	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.054 87	2.103 20	0.81	0.033 70	1.767 50	0.642 8	0.86
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.199 21	1.302 09		0.127 49	0.940 85	0.642 8	
杨树	陕甘青宁新 (天然山杨)	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.075 29	2.511 65	0.95	0.046 07	2.148 92	0.591 6	0.95
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.159 11	2.046 69		0.091 07	1.725 50	0.591 6	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.025 12	2.387 11	0.90	0.023 41	2.334 89	0.085 2	0.90
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.095 39	1.558 13		0.075 08	1.610 70	0.085 2	
	鲁豫蒙冀晋京 (人工杨树)	AGB	$DBH \geq 5$ cm	0.076 85	2.507 31	0.92	0.047 03	2.124 87	0.591 6	0.94
		AGB	$DBH < 5$ cm	0.101 82	2.332 51		0.067 41	1.901 15	0.591 6	
		BGB	$DBH \geq 5$ cm	0.026 06	2.365 90	0.91	0.024 28	2.310 85	0.085 2	0.91
		BGB	$DBH < 5$ cm	0.035 39	2.175 73		0.036 69	2.054 21	0.085 2	

注1: 一元模型方程的表达式为  $M = a \cdot DBH^b$ , 二元模型方程的表达式为  $M = a \cdot DBH^b \cdot H^c$ 。其中,  $M$  为单株生物量, 单位为千克(kg d. m.);  $AGB$  为地上生物量, 单位为千克(kg d. m.);  $BGB$  为地下生物量, 单位为千克(kg d. m.);  $DBH$  为胸径, 单位为厘米(cm);  $H$  为树高, 单位为米(m);  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为模型参数;  $R^2$  为决定系数。

注2: 在造林密度和立地条件等相对一致的情况下, 应优先选择基于胸径的一元模型, 否则应选择基于胸径和树高的二元模型。本表中未包含的树种, 可参考表 A. 2 和表 A. 3 中的方程。

表 A.2 中国主要乔木林树种单株生物量与胸径的相关方程

树种(组)	器官	$a$	$b$	$R^2$	胸径范围
针叶树	地上	0.111 2	2.368 9	0.926	1.0~95.0
	整株	0.153 3	2.337 7	0.917	1.0~95.0
阔叶树	地上	0.062 2	2.528 9	0.933	1.0~150.0
	整株	0.027 7	2.751 8	0.944	1.0~150.0
云冷杉	地上	0.284 8	2.134 4	0.962	1.0~95.0
	整株	0.349 2	2.110 3	0.963	1.0~95.0
红松	地上	0.138 0	2.288 5	0.980	1.0~80.0
	整株	0.038 0	2.733 0	0.996	1.0~50.0
栲类	地上	0.007 6	3.289 5	0.964	2.0~40.0
	整株	0.013 0	3.199 5	0.977	2.0~40.0
桉树	地上	0.188 2	2.191 6	0.953	2.0~19.7
	整株	0.189 8	2.240 7	0.937	2.0~19.7
橡胶	地上	0.178 4	2.319 7	0.984	2.0~38.0

表 A.2 中国主要乔木林树种单株生物量与胸径的相关方程 (续)

树种(组)	器官	$a$	$b$	$R^2$	胸径范围
橡胶	整株	0.211 3	2.311 7	0.991	2.0~38.0
青冈	地上	0.223 5	2.231 1	0.977	3.2~37.5
	整株	0.193 0	2.359 0	0.998	3.2~37.5

注：方程表达式为  $Y = a \cdot DBH^b$ 。其中， $Y$  为单株生物量，单位为千克(kg d. m.)； $DBH$  为胸径，单位为厘米(cm)； $a$ 、 $b$  为模型参数； $R^2$  为决定系数。

表 A.3 中国主要乔木林树种单株生物量与胸径和树高的相关方程

树种(组)	器官	$a$	$b$	$R^2$	胸径范围	树高范围
针叶树	地上	32.633 5	0.947 2	0.933	1.0~80.0	0.7~36.0
	整株	51.523 2	0.921 2	0.923	1.0~80.0	0.7~36.0
阔叶树	地上	119.163 2	0.854 2	0.921	1.0~150.0	0.7~66.8
	整株	102.136 3	0.879 3	0.931	1.0~150.0	0.7~66.8
云冷杉	地上	227.362 7	0.766 0	0.853	1.0~46.0	2.3~33.4
	整株	707.314 7	0.670 3	0.793	1.0~46.0	2.3~23.3
红松	地上	164.168 9	0.799 8	0.971	1.0~50.0	1.5~25.5
	整株	141.867 9	0.842 7	0.985	1.0~50.0	1.5~25.5
水杉	地上	131.981 4	0.758 9	0.967	2.0~32.0	5.8~22.7
	整株	191.422 1	0.738 5	0.964	2.0~32.0	5.8~22.7
侧柏	地上	270.773 7	0.732 6	0.861	2.0~20.0	2.4~11.5
	整株	72.501 5	0.933 4	0.985	2.0~20.0	2.4~9.8
桉树	地上	10.687 0	1.121 9	0.884	2.0~23.0	4.1~29.0
	整株	11.607 8	1.135 6	0.858	2.0~23.0	4.1~29.0
刺槐	地上	56.555 6	0.928 2	0.976	2.0~34.0	2.1~18.0
	整株	103.804 2	0.876 4	0.969	2.0~34.0	2.1~18.0
金合欢	地上	321.253 2	0.719 5	0.875	2.0~26.0	3.4~24.0
	整株	114.692 7	0.863 4	0.993	2.0~26.0	3.4~24.0
樟树	地上	5.768 0	1.184 6	0.985	2.0~26.0	2.8~19.1
	整株	7.430 9	1.182 7	0.985	2.0~26.0	2.8~19.1

注：方程表达式为  $Y = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b \cdot 10^{-3}$ 。其中， $Y$  为单株生物量，单位为千克(kg d. m.)； $DBH$  为胸径，单位为厘米(cm)； $H$  为树高，单位为米(m)； $a$ 、 $b$  为模型参数； $R^2$  为决定系数。

表 A.4 中国主要乔木林树种的基本木材密度和生物量含碳率

森林类型	$SVD$	$CF_{Total}$	$CF_{AGB}$	$CF_{BGB}$
云冷杉林	0.359 7	0.493 1	0.493 1	0.493 3
落叶松林	0.405 9	0.489 3	0.489 5	0.488 4
温性针叶林	0.389 7	0.496 1	0.496 7	0.495 5

表 A.4 中国主要乔木林树种的基本木材密度和生物量含碳率(续)

森林类型	SVD	$CF_{Total}$	$CF_{AGB}$	$CF_{BGB}$
油松林	0.424 3	0.516 5	0.518 4	0.509 3
马尾松林	0.447 6	0.525 2	0.525 4	0.508 2
暖性针叶林	0.394 2	0.503 4	0.504 5	0.491 2
杉类	0.309 8	0.499 0	0.500 3	0.488 0
柏木林	0.501 0	0.484 7	0.484 6	0.485 1
栎类	0.576 2	0.480 2	0.482 7	0.467 8
桦木林	0.484 8	0.487 2	0.489 7	0.477 9
其他硬阔类	0.525 7	0.471 1	0.473 4	0.463 7
杨树林	0.417 7	0.470 5	0.472 8	0.464 4
桉树林	0.384 8	0.473 0	0.475 0	0.468 5
其他软阔类	0.384 8	0.473 0	0.475 0	0.468 5
针叶混	0.382 8	0.500 5	0.501 4	0.494 3
阔叶混	0.496 7	0.471 8	0.474 1	0.465 2
针阔混	0.439 7	0.486 1	0.487 7	0.479 7

注：SVD为基本木材密度,单位为吨每立方米( $\text{t d. m.} \cdot \text{m}^{-3}$ ); $CF_{Total}$ 为全树生物量含碳率,单位为吨碳每吨 $[\text{t C} \cdot (\text{t d. m.})^{-1}]$ ;  $CF_{AGB}$ 表示地上生物量含碳率,单位为吨碳每吨 $[\text{t C} \cdot (\text{t d. m.})^{-1}]$ ;  $CF_{BGB}$ 表示地下生物量含碳率,单位为吨碳每吨 $[\text{t C} \cdot (\text{t d. m.})^{-1}]$ 。

## A.2 水土保持措施碳汇指标数据汇总

表 A.5~表 A.7 数据均摘录自水土保持碳汇核算技术规范(征求意见稿)。

表 A.5 西北黄土高原区二级区土壤容重

土地利用类型	土壤容重 $\text{g/cm}^3$		
	晋陕蒙丘陵沟壑区	晋陕甘高原沟壑区	甘宁青山地丘陵沟壑区
有林地	1.334	1.288	1.156
灌木林地	1.372	1.317	1.174
其他林地	1.361	1.327	1.174
草地	1.385	1.310	1.182
梯田	1.40	1.34	1.33
水平阶	1.48	1.38	1.43
淤地坝	1.48	1.38	1.43
拦沙坝	1.48	1.38	1.43
等高耕作	1.48	1.38	1.43
少耕、免耕	1.48	1.38	1.43
残茬覆盖	1.48	1.38	1.43
荒坡	1.42		1.53

表 A.6 西北黄土高原区二级区土壤有机碳含量

土地利用类型	土壤有机碳含量 g/kg		
	晋陕蒙丘陵沟壑区	晋陕甘高原沟壑区	甘宁青山地丘陵沟壑区
有林地	15.31	17.62	23.83
灌木林地	14.99	16.45	19.66
其他林地	10.16	14.32	20.02
草地	7.19	11.47	14.46
梯田	7.30	9.50	10.25
水平阶	6.30	7.73	12.42
淤地坝	6.81	8.42	7.29
等高耕作	7.74	11.15	10.53
荒坡	2.14		6.48

表 A.7 西北黄土高原区二级区保土速率

土地利用类型	保土速率 t/(hm <sup>2</sup> ·a)		
	晋陕蒙丘陵沟壑区	晋陕甘高原沟壑区	甘宁青山地丘陵沟壑区
有林地	17.62	22.46	15.36
灌木林地	19.70	20.94	13.18
其他林地	16.68	21.68	15.23
草地	11.97	19.11	12.12
梯田	14.54	16.79	13.72
淤地坝	15.29	16.06	11.08
等高耕作	8.28	12.00	11.01

**附录 B**  
(规范性)  
**碳层划分方法**

### B.1 划分原则

项目碳层划分应遵循以下核心原则：

- a) 同一碳层内的地块,其影响碳储量的关键环境因子、土地利用/植被覆盖现状及历史,以及治理措施应高度相似,确保该层总碳储量的空间变异性尽可能小;
- b) 优先选择对黄土高原沟壑区碳储量空间分异起决定性作用且易于获取/测量的因子;
- c) 采用多级划分体系,从宏观到微观逐步细化,确保每一层的划分都有明确依据和可操作性;
- d) 划分依据应能通过遥感、GIS、实地调查等方式客观获取,划分结果应能通过统计检验验证层内均质性。

### B.2 基础数据收集与准备

在碳层划分开展前,进行以下基础数据收集与准备工作。

- a) 高分辨率土地利用图:基于最新遥感影像解译,结合实地验证,绘制精细图斑。分类体系需包含:乔木林(细分优势树种组)、灌木林(细分优势种)、天然草地、人工草地(细分类型)、农田(区分坡耕地、梯田、类型)、果园、裸露/退化地、水域、建设用地等。
- b) 水土保持措施分布图:详细记录并空间化项目区已实施的核心治理措施,其中工程措施应标注修建年份、覆盖类型等,植物措施应注明造林树种、林龄、是否抚育等。
- c) 地形数据:获取 $\leq 5$  m分辨率的坡度分级和坡位分类数字高程数据(DEM)。
- d) 植被特征辅助数据:实地样地调查优势种、平均高度、盖度(郁闭度)、胸径(乔木)、基径(灌木)、林/草龄等,利用遥感植被指数辅助判断生长状况和覆盖度空间差异。
- e) 土壤本底数据(如有):土壤类型图(黄绵土、黑垆土等)、土壤质地(砂、粉、粘粒含量范围图或区域典型值)、土壤侵蚀图。

### B.3 划分步骤

步骤1 划分一级碳层。依据主要土地利用/植被覆盖类型和水土保持措施类别,将土地利用图与治理措施图进行空间叠加。

步骤2 划分二级碳层。依据坡位和坡度等级,在一级碳层的每个图斑内,叠加坡位图和坡度图进行细分,优先考虑坡位因素,在相同坡位下,坡度差异大时需要区分。

步骤3 划分三级碳层(仅在数据支持且能显著提高层内均质性时采用)。当二级碳层内部由于以下因素可能导致碳储量仍有显著变异时,进行进一步细分:

- a) 土壤质地/厚度:如果项目区有较详细的土壤数据,且同一二级层内土壤质地或土层厚度差异显著,则按此细分;
- b) 植被生长状况差异:如果通过遥感指数(或实地调查)发现,在相同一级、二级条件下,植被长势存在显著空间分异,可按坡向、植被盖度/郁闭度等级、实测生长指标等级进一步细分。

步骤4 GIS空间叠加分析与碳层图制作：

- a) 将准备好的矢量图层(土地利用、水土保持措施、坡位、坡度、坡向(如需)、土壤(如需))导入GIS；
- b) 使用叠加分析工具,按照一级层>二级层>三级层(如需)的顺序,依次叠加相关因子图层；
- c) 生成最终的碳层分布图。每个图斑具有唯一的碳层编码,并关联其所有划分依据的属性(土地利用、措施、树种/草种、龄级、坡位、坡度、坡向、土壤等)。

#### B.4 均质性验证与优化

验证划分后每个碳层内部的碳储量变异性是否足够小,显著小于层间差异：

- a) 在每个最终确定的碳层内,随机布设一定数量的验证样地；
- b) 在每个样地内,按照本文件规定测量植被碳储量和土壤有机碳储量；
- c) 进行单因素方差分析,比较不同碳层之间样地总碳储量的平均值是否存在显著差异。

如果验证发现某些碳层内变异过大(单因素方差分析显示层内差异显著),需要重新审视划分依据,检查是否遗漏了关键影响因子,检查一级或二级划分的阈值设置是否合理,考虑是否需要增加新的划分层级,是否将该层拆分成更小的层。根据验证结果调整划分方案,重新进行GIS叠加和制图,并再次抽样验证,直至满足均质性要求。

附 录 C  
(规范性)  
野外采样方法

### C.1 样地选择

根据碳层面积( $A_i$ )确定样地数量( $N_i$ ), $A_i < 10 \text{ hm}^2$ ,  $N_i \geq 1$ ,  $10 \text{ hm}^2 < A_i < 50 \text{ hm}^2$ ,  $N_i \geq 2$ ,  $50 \text{ hm}^2 < A_i < 100 \text{ hm}^2$ ,  $N_i \geq 3$ ,其后碳层面积每增加  $50 \text{ hm}^2$ ,则增设 1 个样地。采用 GIS 等空间工具在每个碳层内生成随机点或网格系统抽样,确定每个样地中心点的经纬度坐标。所选择的样地需同时满足以下要求:

- a) 在保障安全前提下(避开陡崖、滑坡体),优先选择可抵达点位;
- b) 样地需位于碳层核心分布区,远离边缘过渡带( $> 10 \text{ m}$ );
- c) 避开道路、建筑、放牧区等人为干扰强烈区域。

### C.2 样地布设

根据确定的样地中心点坐标,使用 RTK 等定位工具找到样地中心点准确地理位置,设置固定样方,根据样地的植被覆盖类型和实际立地条件,可选择布设  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 、 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 、 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 、 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$  的方形标准样方或面积为  $100 \text{ m}^2$ 、 $200 \text{ m}^2$ 、 $400 \text{ m}^2$  的圆形标准样方。

### C.3 土壤样品采集

按照“S”形线路进行采样,每个样地选择 3 个~5 个采样点。采样点应避免田边、路边、沟边和特殊地形的部位以及堆过肥料的地方。

计算项目增绿增汇量时,采样深度不超过  $30 \text{ cm}$ (若项目区土层厚度不超过  $30 \text{ cm}$ ,则采样深度为实际土层厚度;若土层厚度超过  $30 \text{ cm}$ ,则采样深度为  $30 \text{ cm}$ )。计算项目保土保碳量和减蚀减排量时,采样深度不超过  $100 \text{ cm}$ (若项目区土层厚度不超过  $100 \text{ cm}$ ,则采样深度为实际土层厚度;若土层厚度超过  $100 \text{ cm}$ ,则采样深度为  $100 \text{ cm}$ )。按照等距离划分土层,分层采集土壤样品,同时利用环刀分层采集未扰动原状土样,每一采样点采取的土样厚度、深浅、宽窄应大体一致。

采样后,将同一样地各采样点同一土层的样品进行混合,一个混合样品重在  $1 \text{ kg}$  左右。若重量超出太多,可使用四分法对角取两份混合放进自封袋中。

**附 录 D**  
(规范性)  
保土保碳量评估方法

### D.1 土壤侵蚀模数评估法

#### D.1.1 动态监测成果评估法

根据年度水土流失动态监测成果中的土壤侵蚀模数栅格数据,结合项目碳层划分图斑,利用 Arc GIS 软件求取各个图斑内某年度土壤侵蚀模数栅格平均值,将多个年份(一个监测期)的土壤侵蚀模数栅格数据的平均值,作为监测期内项目情景的土壤侵蚀模数( $EM_{p,i,t}$ )。如计算公式(D.1)所示:

$$EM_{p,i,t} = \frac{\sum_k M_{i,k}}{t} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$EM_{p,i,t}$ —— $t$ 年内,第*i*项目碳层土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年[t/(km<sup>2</sup> a)];

$M_{i,k}$ ——第*i*项目碳层,第*k*年度动态监测成果中土壤侵蚀模数栅格数据平均值,单位为吨每平方千米年[t/(km<sup>2</sup> a)];

*i*——项目碳层编号,无量纲;

*t*——自项目开始以来的年数,单位为年(a)。

基准线情景的土壤侵蚀模数为各个项目碳层对应年度水土流失动态监测成果中土壤侵蚀模数栅格数据去除工程措施因子贡献后的多年(一个监测期)平均值( $EM_{Ba,i,t}$ )。如计算公式(D.2)所示:

$$EM_{Ba,i,t} = \frac{\sum_k M_{i,k}}{t \times E} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$EM_{Ba,i,t}$ —— $t$ 年内,第*i*项目碳层对应基准线情景土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年[t/(km<sup>2</sup> a)];

$M_{i,k}$ ——第*i*项目碳层,第*k*年度动态监测成果中土壤侵蚀模数栅格数据平均值,单位为吨每平方千米年[t/(km<sup>2</sup> a)];

*i*——项目碳层编号,无量纲;

*t*——自项目开始以来的年数,单位为年(a);

*E*——水土保持工程措施因子,取0.084。

#### D.1.2 监测站点成果评估法

根据项目区地形、气候等因素,选择气候类型相似、地理位置接近的监测站点,收集、监测项目基准线情景(如裸地)和不同水土保持措施径流小区的土壤流失量数据。通过频率分布直方图,选择基准线和措施径流小区出现频率最高的区间,将区间内的数据的平均值,分别作为基准线情景和水土保持措施治理后的土壤侵蚀模数。根据计算公式(D.3)和公式(D.4)计算项目保土保碳量:

$$C_s = \sum_{j=1}^m S_{M,j} \times SOC_j \times 10^{-3} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (D.3)$$

$$S_{M,j} = (EM_{Ba} - EM_j) \times A_j \times t \times 10^{-2} \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

- $C_s$  ——项目保土保碳量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $S_{M,j}$  ——项目第 $j$ 种水土保持措施的保土拦泥量,单位为吨( $t$ );
- $SOC_j$  ——项目第 $j$ 种水土保持措施保土拦泥对应的有机碳含量,单位为克每千克( $g/kg$ );
- $j$  ——项目水土保持措施类型, $j=1,2,3,\dots,m-1,m$ ,无量纲;
- $EM_{Ba}$  ——监测期内基准线情景的土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $EM_j$  ——监测期内项目第 $j$ 种水土保持措施治理后的土壤侵蚀模数,单位为吨每平方千米每年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $A_j$  ——项目第 $j$ 种水土保持措施对应的面积,单位为公顷( $hm^2$ );
- $t$  ——项目开始以来的年数,单位为年( $a$ )。

## D.2 保土速率评估法

根据本文件附录 A 中提供的保土速率数据,根据项目不同水土保持措施的划分来计算保土拦泥量,从而核算项目保土保碳量,如计算公式(D.5)所示:

$$C_s = \sum_{j=1}^m S_{R,j} \times A_j \times t \times SOC_j \times 10^{-3} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

- $C_s$  ——项目保土保碳量,单位为吨二氧化碳当量( $t CO_2e$ );
- $SOC_j$  ——项目第 $j$ 种水土保持措施保土拦泥对应的有机碳含量,单位为克每千克( $g/kg$ );
- $j$  ——项目水土保持措施类型, $j=1,2,3,\dots,m-1,m$ ,无量纲;
- $S_{R,j}$  ——项目第 $j$ 种水土保持措施的保土速率,单位为吨每平方千米年 $[t/(km^2 a)]$ ;
- $A_j$  ——项目第 $j$ 种水土保持措施对应的面积,单位为公顷( $hm^2$ );
- $t$  ——自项目开始以来的年数,单位为年( $a$ )。

## 附录 E

(规范性)

## 项目建设期间排放量计算

项目建设过程中,车辆与其他机械设备使用的化石燃料主要为柴油。按照《企业温室气体排放核查技术指南 发电设施》,柴油低位发热量 42.652 GJ/t,单位热值含碳量 0.020 2 t C/GJ。计算方法如公式 (E.1)所示。

$$E_f = M_a \times 42.652 \times 0.0202 \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

$E_f$  ——项目建设期排放量,单位为吨二氧化碳当量(t CO<sub>2</sub>e);

$M_a$  ——柴油使用量,单位为吨(t)。

参 考 文 献

- [1] 企业温室气体排放核查技术指南 发电设施(中华人民共和国生态环境部)
- [2] 联合国气候变化框架公约(UNFCCC)
- [3] 李智广,王海燕,王隽雄. 碳达峰与碳中和目标下水土保持碳汇的机理、途径及特征[J]. 水土保持通报,2022,42(03):312-317+380.
- [4] 李智广,王隽雄,王海燕. 区域水土保持碳汇能力评估的指标体系[J]. 中国水土保持科学(中英文),2023,21(01):64-72.
- [5] Lal R. Soil erosion and the global carbon budget[J]. Environment International, 2003, 29(4): 437-450.
- [6] Jacinthe P A, Lal R, Kimble J M. Carbon dioxide evolution in runoff from simulated rainfall on long-term no-till and plowed soils in southwestern Ohio[J]. Soil and Tillage Research, 2002, 66(1): 23-33.
- [7] Wang X, Cammeraat E L H, López C D, et al. Mineralization of eroded organic carbon transported from a loess soil into water[J]. Soil Science Society of America Journal, 2014, 78(4): 1362-1367.
- [8] Ran L, Lu X X, Xin Z. Erosion-induced massive organic carbon burial and carbon emission in the Yellow River Basin, China[J]. Biogeosciences, 2014, 11(4): 945-959.
- [9] Zeng Y, Fang N, Shi Z, et al. Soil Organic Carbon Redistribution and Delivery by Soil Erosion in a Small Catchment of the Yellow River Basin[J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2020, 125(5).
-







中国国际科技促进会  
团体标准  
黄土高原沟壑区小流域综合治理  
碳汇方法学

T/CI 1192—2025

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 42 千字  
2026年1月第1版 2026年1月第1次印刷

\*

书号:155066·5-18473 定价 59.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107



T/CI 1192-2025