|  |  |
| --- | --- |
| ICS 07.040 |  |
| CCS A76 |

|  |
| --- |
| DB |

 |

湖南省地方标准

DB43/T XXXX—XXXX

自然生态系统碳汇遥感监测技术规程

Code of practice for remote sensing monitoring of carbon sinks in natural ecosystems

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

湖南省市场监督管理局 发布

目次

[前言 I](#_Toc204875290)

[1 范围 1](#_Toc204875291)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc204875292)

[3 术语和定义 1](#_Toc204875293)

[4 缩略语 2](#_Toc204875294)

[5 基本要求 3](#_Toc204875295)

[6 监测流程 3](#_Toc204875296)

[7 数据收集与处理 4](#_Toc204875297)

[8 碳汇核算 5](#_Toc204875298)

[9 成果数据库建设 7](#_Toc204875299)

[10 监测报告编制 8](#_Toc204875300)

[附录A （规范性） 植被碳汇计算方法 9](#_Toc204875301)

[附录B （规范性） 土壤碳储量计算方法 12](#_Toc204875302)

[附录C （资料性） 自然生态系统碳汇遥感监测报告 13](#_Toc204875303)

[参考文献 16](#_Toc204875304)

1. 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。

本文件由湖南省自然资源厅提出并归口。

本文件起草单位：湖南省第二测绘院、武汉大学。

本文件主要起草人：xx

自然生态系统碳汇遥感监测技术规程

* 1. 范围

本文件确立了自然生态系统碳汇遥感监测的原则和程序，并规定了基本要求、监测流程、数据收集与处理、碳汇核算、成果数据库建设、监测报告编制的操作要求。

本文件适用于县级及以上行政区或有明确边界范围的核算区域的自然生态系统碳汇遥感监测。

* 1. 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 21010-2017 土地利用现状分类

GB/T 32740-2016 自然生态系统土壤长期定位监测指南

GB/T 40527-2021 数字航天摄影测量 测图规范

NY/T 1121.1-2006 土壤检测 第1部分：土壤样品的采集、处理和贮存

NY/T 1121.4-2006 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定

NY/T 1121.6-2006 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

TD/T 1055-2019 第三次全国国土调查技术规程

T/CMSA 0027 区域陆地碳汇评估技术指南

T/SSSSP 002-2025 森林土壤有机碳储量调查技术规程

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1. 碳汇 carbon sink

自然界中能够吸收和储存二氧化碳的过程或机制，主要通过光合作用等自然机制，将大气中的二氧化碳转化为有机碳，并长期储存在植物、土壤等媒介中。

* + 1. 自然生态系统 natural ecosystem

在一定时间和空间范围内，依靠自然调节能力维持的相对稳定的生态系统。主要包括林地生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、耕地生态系统等。

* + 1. 林地生态系统 forestland ecosystem

以乔木、竹林、灌木等树种为主体的生物群落及其环境构成的功能综合体。

* + 1. 草地生态系统 grassland ecosystem

各种多年生草本占优势的生物群落与其环境构成的功能综合体。

* + 1. 湿地生态系统 wetland ecosystem

由水生和陆生生物组成的生物群落，以及持续或周期性的浅层积水环境共同构成的功能综合体（沿海湿地除外）。

[来源：GB/T32740—2016,3.4]

耕地生态系统 cropland ecosystem

在人类生产活动驱动下，由一定耕地地域范围内相互影响、相互作用的生物因素和非生物因素所构成的有机功能整体。

* + 1. 净初级生产力net primary productivity

单位时间内植物通过光合作用所吸收的碳除去植物自养呼吸的碳损耗所剩余的部分。

[来源：T/CMSA　0027,3.11]

* + 1. 净生态系统生产力net ecosystem productivity

净初级生产力中除去土壤异氧呼吸的碳损耗所剩余的部分。

[来源：T/CMSA　0027,3.16]

* + 1. 土壤有机碳密度 soil organic carbon density

自然生态系统中单位面积土壤的有机碳含量。

[来源：T/CMSA　0027,3.18]

* + 1. 土壤有机碳储量 soil organic carbon stock

特定面积和深度土体中土壤有机碳总量。

[来源：T/SSSSP 002-2025,3.3]

* 1. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CGCS2000：2000国家大地坐标系（China Geodetic Coordinate System 2000）

CASA：卡内基-艾姆斯-斯坦福方法（Carnegie-Ames-Stanford Approach）

T：气温（Temperature）

P：降水（Precipitation）

SR：太阳辐射（Solar Radiation）

NDVI：归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation Index）

NPP：净初级生产力（Net Primary Production）

NEP：净生态系统生产力（Net ecosystem productivity）

DEM：数字高程模型（Digital Elevation Model）

CS：碳汇（Carbon Sink）

FECS：林地生态系统碳汇（Forest ecosystem Carbon Sink）

GECS：草地生态系统碳汇（Grassland ecosystem Carbon Sink）

WECS：湿地生态系统碳汇（Wetland ecosystem Carbon Sink）

CECS：耕地生态系统碳汇（Cropland ecosystem Carbon Sink）

SOC：土壤有机碳储量（Soil Organic Carbon）

* 1. 基本要求
		1. 数学基础
			1. 平面坐标系统

采用CGCS2000国家大地坐标系。

* + - 1. 高程基准

采用1985国家高程基准。

* + - 1. 投影方式

采用高斯-克吕格投影，3°分带。

* + 1. 监测原则
			1. 监测所收集的数据应具有权威性。
			2. 同一监测范围在不同时期收集的数据应统一标准，保障数据的可比性。
		2. 监测内容
			1. 监测区域

以县级及以上行政区或有明确边界范围的核算区域为监测区域。

* + - 1. 监测周期

确定核算的起始时间，以年为基本时间单元。

* + - 1. 监测对象

对林地生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、耕地生态系统进行监测，核算自然生态系统碳汇。

* 1. 监测流程

自然生态系统碳汇遥感监测流程如图1所示。



图1 自然生态系统碳汇遥感监测流程

* 1. 数据收集与处理
		1. 数据收集

收集监测区域内现势性强的数据，主要包括：

1. 土地利用数据：年度国土变更调查成果数据；
2. 土壤数据：包括现有土壤数据或土壤调查数据，调查方法按照NY/T 1121.1-2006、NY/T 1121.4-2006和NY/T 1121.6-2006执行；
3. 遥感影像数据：包括但不限于覆盖监测区域和不同时期的多光谱或高光谱（包含近红外波段）遥感影像，分辨率优于10m；
4. 气象数据：包括但不限于覆盖监测区域和不同时期的气温、降水、太阳辐射等数据；
5. 其他数据：DEM数据，分辨率优于10m。
	* 1. 数据处理
			1. 土地利用数据处理

按照表1对国土变更调查地类图斑进行自然生态系统归类，建立自然生态系统与土地利用类型的对应关系，提取不同自然生态系统的图斑数据。

表1 自然生态系统与土地利用类型关系映射表

|  |  |
| --- | --- |
| 自然生态系统类型 | 土地利用类型 |
| 地类编码 | 地类名称 |
| 林地生态系统 | 0301 | 乔木林地 |
| 0302 | 竹林地 |
| 0305 | 灌木林地 |
| 0307 | 其他林地 |
| 0201 | 果园 |
| 0202 | 茶园 |
| 0204 | 其他园地 |

表1 自然生态系统与土地利用类型关系映射表（续）

|  |  |
| --- | --- |
| 自然生态系统类型 | 土地利用类型 |
| 地类编码 | 地类名称 |
| 草地生态系统 | 0401 | 天然牧草 |
| 0403 | 人工牧草地 |
| 0404 | 其他草地 |
| 耕地生态系统 | 0101 | 水田 |
| 0102 | 水浇地 |
| 0103 | 旱地 |
| 湿地生态系统 | 0304 | 森林沼泽 |
| 0306 | 灌丛沼泽 |
| 0402 | 沼泽草地 |
| 1106 | 内陆滩涂 |
| 1108 | 沼泽地 |
| 1101 | 河流水面 |
| 1102 | 湖泊水面 |
| 1103 | 水库水面 |
| 1104 | 坑塘水面 |
| 1107 | 沟渠 |

* + - 1. 遥感数据处理

按照GB/T 40527-2021.10规定，对遥感影像进行辐射校正、几何校正、大气校正、影像拼接和裁剪等处理，用于计算NDVI，计算方法见附录A。

* + - 1. 气象数据处理

对原始数据进行质量控制筛选，采用空间插值法获取与遥感影像分辨率一致的空间连续栅格数据，用于计算实际光能利用率，计算方法按照附录A执行。

* + - 1. 土壤数据处理

通过收集或调查方法获取土壤容重、土壤有机质含量、砾石含量等土壤数据，计算出土壤有机碳密度和土壤有机碳储量，计算方法见附录B。

* + - 1. 其他数据处理

当无法获取太阳辐射气象数据时，利用DEM通过GIS软件计算太阳辐射数据。

* 1. 碳汇核算
		1. 碳汇计算要求
			1. 林地、草地、湿地生态系统碳汇计算要求：
1. 以土地利用类型图斑为基本核算单元，生态系统分类与土地利用类型关系映射见表1；
2. 包括植被碳汇和土壤碳汇。
	* + 1. 耕地生态系统碳汇计算要求：
3. 以土地利用类型图斑为基本核算单元，生态系统分类与土地利用类型关系映射见表1；
4. 仅包含土壤碳汇。
	* 1. 植被碳汇计算

各类生态系统植被碳汇估算按照下述步骤：

1. 估算生态系统NPP。采用CASA模型估算方法，具体见附录A；
2. 计算NEP。公式为：NEP = NPP × α，具体参数见附录A；
3. 计算植被碳汇。公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|   | （1） |

式中：

—不同自然生态系统植被碳汇（）；

=—转化为的系数；

*NEP*—净生态系统生产力（）。

* + 1. 土壤碳汇计算

采用碳储量变化法计算监测区域内土壤碳汇，计算公式如下：

|  |  |
| --- | --- |
|   | (2) |

式中：

 —土壤碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

 —监测时当年的土壤碳储量，单位为吨碳（tC）；

—监测样地变化起点时的土壤碳储量，单位为吨碳（tC）；

—一个单独监测时期的年数，单位为年（a）；

44/12 —二氧化碳与碳的相对分子质量之比，无量纲。

* + 1. 碳汇汇总
			1. 不同生态系统碳汇计算

|  |  |
| --- | --- |
|  *FECS=FCSveg+FCSsoil* | （3） |
|  *GECS=GCSveg+GCSsoil* | （4） |
|  *WECS=WCSveg+WCSsoil* | （5） |
|  *CECS= CCSsoil* | （6） |

式中：

FECS—监测区域林地生态系统碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*FCSveg*—林地生态系统植被碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*FCSsoil*—林地生态系统土壤碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

GECS—监测区域草地生态系统碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*GCSveg*—草地生态系统植被碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*GCSsoil*—草地生态系统土壤碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

WECS—监测区域湿地生态系统碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*WCSveg*—湿地生态系统植被碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*WCSsoil*—湿地生态系统土壤碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

CECS—监测区域湿地生态系统碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）；

*CCSsoil*—耕地生态系统土壤碳汇，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e/a）。

* + - 1. 区域碳汇汇总

监测区域碳汇总量计算公式如下：

 （7）

式中：

*CS*—监测区域碳汇总量，单位为吨二氧化碳每年（tCO2 a-1）。

* 1. 成果数据库建设
		1. 数据库建设内容

根据碳汇监测结果，建立监测范围内自然生态系统碳汇遥感监测数据库。

数据库主要包括以下内容：

1. 年度国土变更调查行政区；
2. 年度国土变更调查地类图斑；
3. 监测成果。
	* 1. 数据库建设规格
			1. 数据库建设内容

数据库建设内容包含基础数据集和成果数据集。

* + - 1. 数据分层

空间要素采用分层的方法进行组织与管理，数据集、层名、层要素、几何特征应符合表2的要求。

表2自然生态系统碳汇遥感监测数据库

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据集 | 层名 | 层要素 | 几何特征 | 备注 |
| 1 | 基础数据 | XZQ | 年度国土变更调查行政区 | 面 |  |
| DLTB | 年度国土变更调查地类图斑 | 面 |  |
| 2 | 监测成果 | THL | 碳汇量 | 面 | 以地类图斑为基本单元 |

* + - 1. 数据层属性结构

基础数据要素集中的数据层保留原属性结构，监测成果要素集的数据层属性结构见表3。

表3 碳汇量（THL）层属性结构

| 序号 | 字段名称 | 字段代码 | 字段类型 | 字段长度 | 小数位数 | 值域 | 约束条件 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 标识码 | BSM | Char | 18 |  |  | M |  |
| 2 | 监测区名称 | JCQMC | Char | 100 |  |  | M | 见注2 |
| 3 | 生态系统类型 | STXT | Char | 20 |  |  | M | 见注3 |
| 4 | 地类编码 | DLBM | Char | 10 |  |  | M |  |
| 5 | 地类名称 | DLMC | Char | 10 |  |  | M |  |
| 6 | 面积 | MJ | Double | 15 | 2 | >0 | M | 单位为平方米（m2） |
| 7 | 监测期 | JCQ | Char | 50 |  |  | M | 见注6 |
| 8 | 植被碳汇 | ZBTH | Double | 15 | 2 | >0 | M | 单位为吨二氧化碳当量（tCO2e） |
| 9 | 土壤碳汇 | TRTH | Double | 15 | 2 | >0 | M | 单位为吨二氧化碳当量（tCO2e） |
| 10 | 总碳汇 | ZTH | Double | 15 | 2 | >0 | M | 单位为吨二氧化碳当量（tCO2e） |
| 11 | 备注 | BZ | Char | 255 |  |  | O |  |
| 注1：标识码字段填写“年度国土变更调查标识码”。注2：当监测区域为县级及以上行政区时，填写行政区名称；当监测区域为有明确边界范围的核算区域时，填写该区域具体名称。注3：生态系统类型填写“林地生态系统”、“草地生态系统”、“湿地生态系统”、“耕地生态系统”。注4：地类名称、地类编码字段根据“年度国土变更调查”成果填写。注5：面积字段根据图斑椭球面积计算填写。注6：监测期填写监测时间，如“2024年7月31日-2025年7月31”。注7：植被碳汇填写各生态系统对应地类图斑的植被碳汇量。注8：土壤碳汇填写各生态系统对应地类图斑的土壤碳汇量。注9：总碳汇填写各生态系统对应地类图斑的植被碳汇量与土壤碳汇量的总和。 |

* 1. 监测报告编制

监测报告应详细说明监测目标、范围、方法及数据来源，分析碳汇成果分布特征及变化趋势，并附碳汇空间分布图等结果。以图、表、文字相结合的形式，客观反映监测区域自然生态系统碳汇遥感监测成果，要求文字简洁、可读性强、表达直观、风格统一，按照附录C要求编制。

附录A
（规范性）
植被碳汇计算方法

A.1 NPP的计算

1. CASA模型计算NPP

式中：

—植被初级净生产力（gC·m-2·a-1）；

—吸收光合有效辐射（MJ·m-2·a-1）；

 —实际光能利用率（gC·MJ-1）。

1. 光合有效辐射（）的计算

式中：

—吸收光合有效辐射（MJ·m-2·a-1）；

—年太阳辐射量（MJ·m-2·a-1）；

—植被对入射太阳有效辐射的吸收比例（%）。

常数0.5—植被所能利用的太阳有效辐射（波长为0.38～0.71*μm*）占太阳总辐射的比例。

1. 有效辐射吸收比例（）的计算

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

式中：

—植被对入射太阳有效辐射的吸收比例，无量纲；

—植被对入射太阳有效辐射的吸收比例与归一化植被指数的关系，无量纲；

—植被对入射太阳有效辐射的吸收比例与比值植被指数的关系，无量纲；

—通过遥感数据获得的归一化植被指数，无量纲；

—归一化植被指数最小阈值，无量纲；

—归一化植被指数最大阈值，无量纲；

= 0.001，= 0.95，固定值；

*—*比值植被指数，无量纲；

—比值植被指数最小阈值，无量纲；

—比值植被指数最小阈值，无量纲；

—近红外波段的反射值；

—红波段的反射值。

1. 实际光能利用率（）的计算

式中：

 —实际光能利用率（gC/MJ）；

 —在低温和高温时，植被内在的生化作用对光合的限制，无量纲；

—温度从最适宜温度Topt向高温和低温变化时对植物的光能转化率影响，无量纲；

—水分胁迫系数，无量纲；

—不同植被类型理想状态下的最大光能利用率（gC/MJ）。

1. 温度胁迫系数（T1、T2）的计算

|  |
| --- |
|  |
|  |

式中：

—在低温和高温时，植被内在的生化作用对光合的限制，无量纲。当某一月平均温度小于等于-10℃时，T1取0，认为光合生产力为零；

—某地区一年内NDVI值达到最高时月份的平均气温（°C）；

—温度从最适宜温度Topt向高温和低温变化时对植物的光能转化率影响，无量纲。若某月平均温度比最适温度高10℃或低13℃时，该月值为最适温度时值的一半。

1. 水分胁迫系数（）的计算

式中：

—区域实际蒸散发量（mm）；

—区域潜在蒸散量（mm）；

当月均温小于或等于0℃时，认为和为零。

1. 区域实际蒸散发量（）的计算

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

式中：

—区域实际蒸散发量（mm）；

—降水量（mm）；

—地表净辐射量（MJ）；

—局部的潜在蒸散发量（mm）；

—月平均气温（℃）；

—常数；

—年热量指数（℃）；

当月平均气温≤0℃时，月热量指数=0。

1. 区域潜在蒸散量（）的计算

|  |
| --- |
|  |

式中：

 —区域潜在蒸散量（mm）；

 —区域实际蒸散发量（mm）；

 —局部的潜在蒸散发量（mm）。

1. 最大光能利用率（）的计算

不同植被类型的最大光能利用率（）根据本地实际情况确定。

A.2 NEP的计算

式中：

—净生态系统生产力（）；

—和的转换系数，根据国家发展和改革委员会和国家统计局发布的《生态产品总值核算规范》确定；

—净初级生产力（）。

附录B
（规范性）
土壤碳储量计算方法

以监测区域的土地利用现状、行政区划及遥感影像数据为基础，参照全国第三次土壤普查技术规程，根据土地利用现状和地形分布特点，在评估区域内布设固定样点开展外业调查采样并测量土壤容重、土壤有机碳、土壤砾石体积含量用于计算核算期内土壤碳储量与碳储量变化量。

B.1 样点布设方法

结合最新年度国土变更数据与土壤类型图进行叠加，制作布点底图。依据底图图斑土地利用类型并参考《第三次全国土壤普查工作底图制作与采样点布设技术规范》要求调整样点数量。

B.2　土壤样点调查取样

B.2.1　土壤样品数据采集

以布设样点为中心，开展定期土壤调查采样，分别进行土壤有机碳样品与土壤容重样品的采集，推荐季节为生长季节末，具体按照LY/T 3330规定执行。

B.3土壤有机碳、土壤容重和土壤砾石体积含量测定

B.3.1 土壤有机碳的测定

土壤有机碳含量测定按照LY/T 3330-2022 中第11章的规定测定土壤有机碳含量。

B.3.2　土壤容重的测定

土壤容重按照NY/T 1121.4-2006 中第4章的规定执行。

B 3.3 土壤有机碳密度计算

土壤有机碳密度按照T/SSSSP 002-2025中6.2.4规定计算

B.4 土壤碳储量计算

采用克里金法或反距离权重法对样点土壤有机碳密度进行空间插值，得到监测区域土壤有机碳密度的空间分布栅格数据，转化为矢量格网数据后计算单个格网土壤碳储量，汇总得到区域土壤总碳储量。土壤碳储量按照T/SSSSP 002-2025中6.2.5规定计算。

附录C
（资料性）
自然生态系统碳汇遥感监测报告

C.1　自然生态系统碳汇遥感监测技术报告封面

XX县（市、区）

XXXX年自然生态系统碳汇遥感监测报告

XXXXXXXXX 编制

年　　月　　日

C.2　编写提纲

**前言**

简要说明自然生态系统碳汇遥感监测的工作背景与意义、组织形式、工作过程与监测结果。

**1、总则**

概述碳汇监测的目标与原则、监测周期和依据等。

**2、监测区域基本情况**

概述监测区域总体情况以及监测范围、目标、监测情况。

2.1 总体情况

说明监测区域的地理位置等相关情况。

2.2 监测范围

描述自然生态系统碳汇遥感监测的具体实施范围。

**3、数据来源与处理**

说明核算数据、数据的来源、获取方式及采集过程，数据处理原则、方法及其过程。

3.1 数据来源与获取方法

3.2数据处理

**4、监测指标体系与方法**

4.1 监测指标

4.2 技术方法

说明碳汇计算的技术方法

**5、数据来源与处理**

5.1 数据来源

说明遥感影像、地面调查等数据获取途径。

5.2 数据处理

概述数据预处理、质量控制等处理流程。

**6、监测结果分析**

6.1 植被碳汇特征

分析植被碳汇的空间分布特征。

6.2 土壤碳汇特征

分析土壤碳汇的空间分布特征。

**7、问题与建议**

7.1 存在问题

总结监测过程中遇到的技术难点和问题。

7.2 改进建议

针对问题提出具体可行的改进措施。

**8、附件**

8.1 数据附表

包含主要监测数据表格。

8.2 专题图件

包括碳汇空间分布等专题地图。

8.3 技术文档

补充相关技术说明材料。

参考文献

[1] CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学造林碳汇.

[2]国家发展和改革委员会、国家统计局. (2022). 生态产品总值核算规范. 北京: 人民出版社.

[3]LY/T 3330.6-2022 森林土壤碳储量调查技术规程.

[4]GB/T 33027-2016 森林生态系统长期定位观测方法

