

ICS 113.020.40  
CCS Z 51

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T 348—2023

## 城市碳汇遥感评价技术规范

Technical specification of urban carbon sink evaluating by remote sensing

2023-07-18 发布

2023-08-01 实施

深圳市市场监督管理局 发布



## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总体要求.....	2
5 城市碳汇遥感评价流程和方法.....	2
附录 A（规范性） 净初级生产力计算方法.....	6
附录 B（规范性） 地面核查要求.....	8
参考文献.....	9

## 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。

本文件由深圳市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：广东省深圳生态环境监测中心站、中国科学院地理科学与资源研究所、中国环境监测总站、深圳市标准技术研究院。

本文件主要起草人：王伟民、熊向隕、梁鸿、刘凯、罗海江、刘海江、黄祥燕、董贵华、苏红波、潘晓峰、许旺、孙天乐、余欣繁、尹淳阳、于洋、马嵩、何伟彪、明珠、文雯、董冠男、李潇凡、戴伟强、李玲歌。

## 引 言

为有效评价深圳城市碳汇，实现碳达峰、碳中和提供依据和参考，特制定本文件。

本文件强调了遥感技术在城市碳汇监测中的重要性，对城市碳汇遥感评价做出了系统化、专业化的规范性指导，有利于推动深圳市碳汇评价工作标准化，可以为深圳市开展陆地碳汇监测、生态服务评价和城市规划修编等相关技术工作提供参考。



# 城市碳汇遥感评价技术规范

## 1 范围

本文件规定了城市碳汇遥感评价的总体要求、流程和方法。  
本文件适用于深圳市的城市陆地碳汇遥感评价和动态监测。

## 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 34815—2017 植被生态质量气象评价指数  
DZ/T 0143—1994 卫星遥感图像产品质量控制规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**重访周期** revisit time

观测卫星对同一地点相邻两次观测的时间间隔。

### 3.2

**归一化植被指数** normalized difference vegetation index, NDVI

近红外波段与可见光红波段反射值之差和这两个波段反射值之和的比值。

### 3.3

**净初级生产力** net primary productivity, NPP

自养型生物在单位时间内单位面积上固定的总能量除去其自身呼吸消耗掉的部分所剩的部分。

### 3.4

**空间分辨率** spatial resolution

遥感图像上可详细区分的最小单元的尺寸或大小。

### 3.5

**时间分辨率** temporal resolution

遥感仪器能够重复获得同一地区影像的最短时间间隔。

### 3.6

**碳汇** carbon sink

通过植树造林、植被恢复等措施，生态系统从大气中移除二氧化碳，减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。

### 3.7

**遥感** remote sensing

不接触物体本身，用遥感仪器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后，识别目标物、揭示目标物几何形状大小、相互关系及其变化规律的科学技术。

## 4 总体要求

### 4.1 原理

利用地面监测数据、气象数据和遥感数据建立陆地生态系统碳汇的反演模型；结合高分辨率遥感数据与通量站点数据、地面人工实地调查对模型反演结果进行检验与订正；计算全区域的生态系统碳汇总量和评价指标，分析其分布格局和特征。

### 4.2 遥感数据选择

遥感数据的选择应符合以下原则：

- 使用的数据包含红波段与近红外波段，可利用算法反演得到地表植被分布；
- 城市区域的影像云量的覆盖率 $\leq 10\%$ ；
- 选取卫星数据时采用无明显条带或大面积数据缺失的数据；
- 遥感影像空间分辨率等于或优于 30m。

### 4.3 遥感数据来源

根据4.2的要求选择覆盖评估区域的卫星遥感数据。主要数据来源包括但不限于Landsat、Sentinel、Gaofen和SPOT。

### 4.4 评价时间尺度

依据遥感影像重访周期，城市碳汇评价宜基于年尺度，碳汇计算周期应不低于季节尺度。

## 5 城市碳汇遥感评价流程和方法

### 5.1 城市碳汇评价流程

城市碳汇遥感评价工作流程如图1所示，包括以下几个方面：

- 资料收集与数据处理；
- 净初级生产力数据获取；
- 城市碳汇遥感计算；
- 地面核查；
- 城市碳汇评价分析。

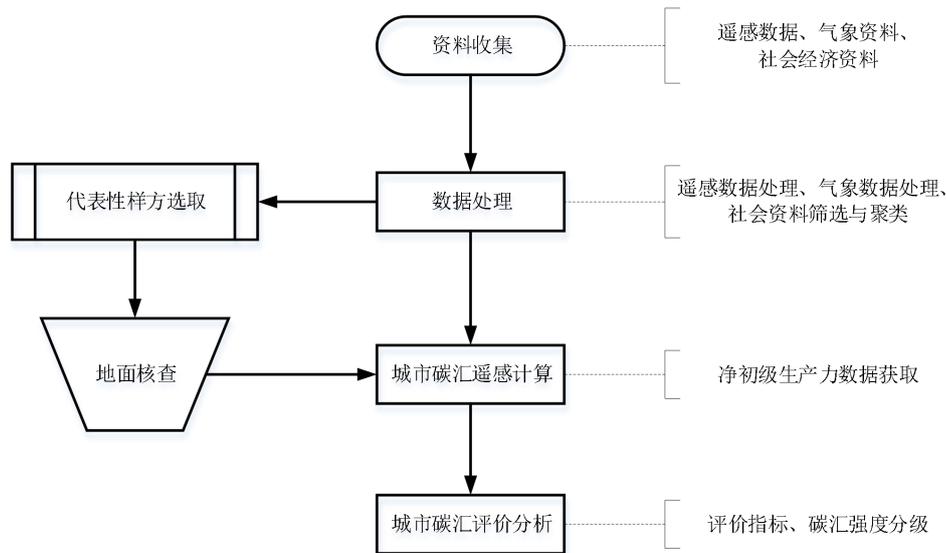


图1 城市碳汇遥感评价工作流程图

## 5.2 资料收集与数据处理

资料收集与数据处理应包括以下内容：

- 遥感数据，按照 DZ/T 0143—1994 第 3 章中对卫星遥感图像质量控制的规定，完成几何校正、辐射校正等遥感图像预处理步骤；
- 气象资料，从气象部门获取；
- 社会经济资料，通过开展调研、收集相关资料获取。

## 5.3 净初级生产力数据获取

植被净初级生产力应符合 GB/T 34815—2017 第 4 章中的规定，数据的获取有以下两种方式：

- 基于卫星遥感产品直接获取；
- 基于 CASA 过程模型反演，计算步骤应符合附录 A 的规定。

## 5.4 城市碳汇遥感计算

根据光合作用化学反应式，植被每积累 1 单位干物质，吸收 1.63 单位二氧化碳，单位面积的植被碳汇量基于公式 (1) 计算。

$$G = 1.63 \times R \times NPP \quad (1)$$

式中：

- G ——单位面积的植被碳汇量，单位为克碳每平方米 ( $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2}$ )；
- R ——二氧化碳中碳的含量比例；
- NPP ——单位面积的植被净初级生产力，单位为克碳每平方米 ( $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2}$ )。

## 5.5 地面核查

### 5.5.1 地面核查目的

在不同区域设置核查点位，结合地面监测数据开展城市碳汇遥感计算结果验证，地面核查应符合附录B的规定。

### 5.5.2 地面核查对象

城市碳汇地面核查对象应包括城市辖区范围内的林地、草地、农田，核查项目包括但不限于植被净光合速率与叶面积指数。

### 5.5.3 地面核查要求

长期固定样地每年调查一次，样地的复位率应大于或等于90%，调查时间在植物全展叶期或成熟期开展。

## 5.6 城市碳汇评价分析

### 5.6.1 城市碳汇评价分析总则

深圳市和各市辖区的碳汇评价分析包括但不限于：

- 基于不同下垫面植被类型分析碳汇时空分布格局；
- 基于不同碳汇评价指标分析各市辖区的碳汇指标；
- 基于单位面积碳汇强度开展分级评价。

### 5.6.2 城市碳汇评价指标

城市碳汇评价指标包括但不限于碳汇总量、人均碳汇量和人均碳汇比，其计算基于公式（2）、（3）和（4）。

$$G_T = G \times A_T \dots\dots\dots (2)$$

$$G_p = G_T / P_T \dots\dots\dots (3)$$

$$G_I = G_d / G_p \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$G_T$ ——碳汇总量，单位为克碳（gC）；

$G$ ——单位面积的碳汇量，单位为克碳每平方米（gC·m<sup>-2</sup>）；

$A_T$ ——面积总量，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；

$G_p$ ——人均碳汇量，单位为克碳每人（gC/人）；

$P_T$ ——人口数量，单位为人；

$G_I$ ——人均碳汇比，即市辖区的人均碳汇量与城市的人均碳汇量的比值；

$G_d$ ——市辖区的人均碳汇量，单位为克碳每人（gC/人）。

### 5.6.3 城市碳汇强度分级

依据单位面积的碳汇量划分等级，如表1所示，四个等级对应的表述是弱、中等、强、极强，等级的划分标准可基于各市辖区的实际状况修正。

表 1 城市碳汇强度分级标准

单位为千克碳每平方米每年 ( $\text{kgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ )

单位面积碳汇量	$G \leq 0.3$	$0.3 < G \leq 0.5$	$0.5 < G \leq 0.8$	$G > 0.8$
等级	弱	中等	强	极强

附 录 A  
(规范性)  
净初级生产力计算方法

### A.1 总则

CASA模型基于光能利用率原理，利用遥感数据计算净初级生产力，用户根据资料条件选择合适的计算方法。

### A.2 净初级生产力计算

基于过程模型计算植被的净初级生产力，如公式（A.1）所示。

$$NPP=APAR \times \varepsilon \quad \text{..... (A.1)}$$

式中：

NPP ——净初级生产力，单位为克碳每平方米每月（ $gC \cdot m^{-2} \cdot 月$ ）；

APAR——光合有效辐射，单位为兆焦耳每平方米每月（ $MJ \cdot m^{-2} \cdot 月$ ）；

$\varepsilon$  ——光能利用率，单位为克碳每兆焦耳（ $gC \cdot MJ^{-1}$ ）。

### A.3 光合有效辐射计算

#### A.3.1 光合有效辐射基于公式（A.2）获取。

$$APAR=SOL \times FPAR \times 0.5 \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

APAR——光合有效辐射，单位为兆焦耳每平方米每月（ $MJ \cdot m^{-2} \cdot 月$ ）；

SOL ——太阳总辐射量，单位为兆焦耳每平方米每月（ $MJ \cdot m^{-2} \cdot 月$ ）；

FPAR——植被层对入射光合有效辐射的吸收比例，可通过遥感植被指数反演。

#### A.3.2 植被层对入射光合有效辐射的吸收比例基于公式（A.3）获取。

$$FPAR=\frac{(NDVI-NDVI_{min}) \times (FPAR_{max}-FPAR_{min})}{NDVI_{max}-NDVI_{min}}+FPAR_{min} \quad \text{..... (A.3)}$$

式中：

FPAR ——植被层对入射光合有效辐射的吸收比例，可通过遥感植被指数反演；

NDVI ——通过遥感数据获得的月平均归一化植被指数；

$NDVI_{min}$  ——月平均归一化植被指数最小值；

$FPAR_{max}$  ——月平均归一化植被指数最大值对应的常量值；

$FPAR_{min}$  ——月平均归一化植被指数最小值对应的常量值；

$NDVI_{max}$  ——月平均归一化植被指数最大值。

### A.4 光能利用率计算

#### A.4.1 光能利用率基于公式（A.4）获取。

$$\varepsilon=T_{\varepsilon 1} \times T_{\varepsilon 2} \times W_{\varepsilon} \times \varepsilon_{max} \quad \text{..... (A.4)}$$

式中：

$\varepsilon$  ——光能利用率，单位为克碳每兆焦耳（ $gC \cdot MJ^{-1}$ ）；

$T_{\varepsilon 1}$  ——低温对光能利用率的胁迫系数；

$T_{\varepsilon 2}$  ——高温对光能利用率的胁迫系数；

$W_{\varepsilon}$  ——水分胁迫影响系数；

$\varepsilon_{\max}$  ——理想条件下的最大光能利用率，单位为克碳每兆焦耳（ $\text{gC} \cdot \text{MJ}^{-1}$ ）。

A. 4. 2 低温和高温对光能利用率的胁迫系数基于公式（A. 5）和（A. 6）获取。

$$T_{\varepsilon 1} = 0.8 + 0.02 \times T_{\text{opt}} - 0.0005 \times [T_{\text{opt}}]^2 \dots\dots\dots (\text{A. 5})$$

$$T_{\varepsilon 2} = \frac{1.184}{1 + \exp[0.2 \times (T_{\text{opt}} - 10 - T)]} \times \frac{1}{1 + \exp[0.3 \times (-1 \times T_{\text{opt}} - 10 - T)]} \dots\dots\dots (\text{A. 6})$$

式中：

$T_{\varepsilon 1}$  ——低温对光能利用率的胁迫系数；

$T_{\varepsilon 2}$  ——高温对光能利用率的胁迫系数；

$T_{\text{opt}}$  ——一年内达到月平均归一化植被指数最大值时的空气温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$T$  ——月平均空气温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

A. 4. 3 水分胁迫影响系数基于公式（A. 7）获取。

$$W_{\varepsilon} = 0.5 + 0.5 \times E/E_p \dots\dots\dots (\text{A. 7})$$

式中：

$W_{\varepsilon}$  ——水分胁迫影响系数；

$E$  ——月蒸散量，可通过遥感产品获取，单位为毫米（ $\text{mm}$ ）；

$E_p$  ——月潜在蒸散量，可通过遥感产品获取或FAO Penman-Monteith方法计算，单位为毫米（ $\text{mm}$ ）。

附 录 B  
(规范性)  
地面核查要求

### B.1 核查点位的布设原则

代表性样方的选取应符合以下原则：

- 植被类型至少包括林地、草地和农田；
- 每一类植被类型至少选择 5 个样地；
- 每一个样地至少保证在 90m×90m 范围内地表均质。

### B.2 核查点位的布设方法

核查点位的布设应符合以下原则：

- 核查点位能较好地反映区域植被特征；
- 四周平坦，影响源与监测仪器的水平距离 > 100m。

### B.3 核查点位基本信息调查

样地进行核查前应详细核查和记录基本信息，主要包括但不限于：

- 样地编号；
- 地理位置；
- 样地面积及形状；
- 地貌地形；
- 植被特征；
- 土壤类型；
- 干扰情况及管理措施。

### B.4 核查项目和仪器

#### B.4.1 核查项目

核查项目包括但不限于净光合速率与叶面积指数。

#### B.4.2 仪器

核查使用的仪器见表B.1。

表 B.1 仪器

验证项目	验证仪器	验证范围	验证精度
净光合速率	便携式光合作用测量系统	$0\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 3000\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	$\pm 5\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$
叶面积指数	叶面积指数测量仪	0~10	$\pm 2\%$

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
  - [2] GB/T 30115—2013 卫星遥感影像植被指数产品规范
  - [3] HJ 192—2015 生态环境状况评价技术规范
  - [4] DB11/T 953—2013 林业碳汇计量监测技术规程
  - [5] DB31/T 1232—2020 城市森林碳汇调查及数据采集技术规范
  - [6] DB33/T 2416—2021 城市绿化碳汇计量与监测技术规程
-