

ICS

CCS

团体标准

T/TSNR-XXX-2022

林业碳汇遥感测量技术规范

Technical Specification for remote sensing
measurement of forestry carbon sequestration
(征求意见稿)

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

天津市自然资源学会 发布

目录

前 言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 测量方法	5
4.1 土地面积的测量方法	5
4.2 发生火灾面积的测量方法	5
4.3 树高（H）的测量方法	5
4.4 胸径（DBH）的测量方法	7
5 乔木生物质碳储量的计算	8
附录 A	9
附录 B	10
附录 C	11

前 言

本团体标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本团体标准由宇相碳测认证（天津）有限公司提出。

本团体标准由天津市自然资源学会归口。

本团体标准起草单位：

本团体标准主要起草人：

本团体标准为首次发布。

林业碳汇遥感测量技术规范

1 范围

本文件适用于人工林碳汇（不包括竹林）的测量。规定了利用遥感技术进行监测的测量技术要求，测量项目包括土地面积、发生火灾面积、树高（H）、胸径（DBH）的测量方法。

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中必不可少的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

《碳汇造林项目方法学》（版本号 V01）

《森林经营碳汇项目方法学》（版本号 V01）

温室气体自愿减排交易管理暂行办法（国家发展与改革委员会，发改气候[2012]1668 号）

碳汇造林技术规定（试行）（国家林业局，办造字[2010]84 号）

碳汇造林检查验收办法（试行）（国家林业局，办造字[2010]84 号）

GB/T15776-2006 造林技术规程

LY/T1607-2003 造林作业设计规程

GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语

GB/T 36100-2018 机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法

CH/T 1004-2005 测绘技术设计规定

CH/T 1021-2010 高程控制测量成果质量检验技术规程

CH/T 1022-2010 平面控制测量成果质量检验技术规程

CH/T 8023-2011 机载激光雷达数据处理技术规范

GB/T 6962-2005 1: 500 1: 1000 1: 2000地形图航空摄影规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳汇

指通过植树造林、植被恢复等措施，吸收大气中的二氧化碳，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。

3.2

人工林

人工林指通过人工措施形成的森林。

3.3

卫星遥感

指从地面到空间各种对地球、天体观测的综合性技术系统的总称。

3.4

机载激光雷达

在航空平台上，集成激光雷达、定位测姿系统（POS）、数码相机和控制系统所构成的综合系统

3.5

便携式激光雷达

采用地面推扫式、背包式或手持式平台，继承激光雷达、数码相机和控制系统，结合即时定位与地图构建算法、全局优化方法、定位测姿系统（POS）的综合便携系统。

3.6

DEM 影像数据

数字高程模型（Digital Elevation Model,简称DEM）是对地球表面地形地貌的一种离散的数学表达。

3.7

点云

以离散、不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

3.8

点云密度

以高程方向为法方向，单位面积上点云中激光点的平均数量。

3.9

人机交互

将计算机自动分类和识别与目视解译相结合，在遥感影像分类信息提取过程中，一方面发挥解译人员的经验，同时又能发挥计算机处理图像信息优势的一种遥感影像解译方法。

4 测量方法

遥感数据收集是利用无人机进行空中飞行，利用搭载在无人机上的机载激光雷达对目标区域进行全方位立体的扫描，利用三维激光雷达扫描仪进行地面扫描，融合空地数据从而得到目标区域的地理地貌数据，进而进行数据分析。

4.1 土地面积的测量方法

通过卫星遥感的影像资料，绘制出项目边界，从而获知项目土地坐标、面积，如遇到山体较多的梯田则可以让高精度的 DEM 影像数据接入纠正平面的卫星影像。

4.2 发生火灾面积的测量方法

森林草原火灾使得植被燃烧或灼伤，其叶绿素细胞受到损害，致使过火后的植被光谱特征会发生明显的变化。过火区与非过火区、过火前与过火后地表类型在卫星遥感图像上的光谱特征具有明显的差异。

通过高分辨率卫星，获得火灾发生相近时间的灾前、灾后的晴空遥感图像，利用近红外、可见光及红外通道制作的合成图上，可以比较清楚的反映过火区。过火面积计算方法即对所有判识为过火区的面积求和。

4.3 树高（H）的测量方法

4.3.1 测量流程

树木高度测量通过使用机载激光雷达对树木进行立体扫描进行点云与实景影像采集及处理，主要流程包括飞行实施、数据收集、结果输出等。

4.3.2 设备参数要求

参数名称	参数要求
激光安全等级	Class 1
航向精度	小于等于0.5°
相对精度	≤5cm
点云数据率	300000点/秒

4.3.3 飞行实施

4.3.3.1 飞行准备

- a) 无人机停机位四周视野开阔，视场内障碍物的高度角应不大于20°，避免GPS信号接收失败。
- b) 机载设备在起飞前进行加电预热

4.3.3.2 航高保持

- a) 在一条航线内航高变化不应超过相对航高的5%-10%
- b) 实际航高变化不应超过设计航高的5%-10%

4.3.3.3 飞行速度

- a) 飞行速度应根据机载激光雷达在不用航高和不同激光光线强度等情况下的精度要求、地形起伏情况、激光频率，以及载体的性能等参数确定，建议不超过10m/s。
- b) 整个作业区域，飞行速度应尽可能保持一致。
- c) 在一条航线内，无人机上升、下降速度不大于10m/s。

4.3.3.4 飞行过程中姿态

- a) 航线俯仰角、侧翻角一般不大于2°，最大不超过4°
- b) 无人机转弯时，坡度不大于15°，最大不超过22°
- c) 航线弯曲度不大于3%。

4.3.3.5 点云密度要求

机载激光雷达获取的点云数据密度应能满足内插数字高程模型数据的要求，具体值见附录A的规定，平坦地区点云密度适当放宽，地貌破碎地区适当加严。

4.3.4 结果输出

通过树木株数对机载激光雷达数据进行人机交互处理，保证单木分割的准确

性，以表格形式输出提取的树高（H）信息，表格格式见附表B，表中树高（H）有效数字保留小数点后2位。

4.4 胸径（DBH）的测量方法

树木胸径（DBH）测量通过使用便携式激光雷达以地面推扫、背包和手持等方式对树木进行立体扫描进行点云与实景影像采集及处理，主要流程包括扫描路径规划、点云数据采集等。

4.4.1 设备参数要求

参数名称	参数要求
激光安全等级	Class 1
激光视场角	270° *360°
最大测距	≥30m
相对精度	1cm~3cm
点云数据率	300000点/秒

4.4.2 测量实施

4.4.2.1 扫描路径规划

- a) 扫描路径应覆盖整个作业区域
- b) 扫描路径应尽量闭合
- c) 应尽量避免路径重复
- d) 结构复杂或通视困难的作业区域适当多次测量

4.4.2.2 点云数据采集

- a) 应根据项目技术要求和作业区域环境确定扫描路径、作业时间、移动速度和设备参数。
- b) 扫描作业时，应尽量保持设备平稳。分段采集时应保证分段数据有足够的重复区域，以便相邻测段拼接。
- c) 保证异常情况记录完整，包括遮挡严重或无法进入区域等，便于后续利用其他手段补测。
- d) 保证设备正常工作。电量不足时，应及时做好数据备份和存储。

e) 扫描结束后，应检查数据的完整性，对缺失和异常数据进行补测。

4.4.3 结果输出

通过随机选取一个样地，进行人工测量，将人工测量的胸径（DBH）数据与手持激光雷达测量数据，进行回归方程计算（保证 R^2 值在0.9以上），计算出修正参数，最后修正整体碳层树木胸径（DBH）结果，以表格形式输出提取的单木位置和树木胸径（DBH）信息，表格格式见附录B，表中树木胸径（DBH）有效数字保留小数点后2位。

5 林木生物质碳储量的计算

5.1 利用遥感测量方法（根据4.2、4.3要求），测量胸径（DBH）和树高（H），起测胸径（DBH）为5.0cm。

5.2 采用“生物量方程法”（见附录C中公式一）计算样地内各树种的林木生物量；或利用材积表（或材积公式）计算单株林木树干材积，采用“生物量扩展因子法”（见附录C中公式二）计算样地内各树种的林木生物量。将样地内各树种的林木生物量累加，得到样地水平生物量。采用（见附录C中公式三）根据样地林木生物量计算样地水平的林木生物质碳储量、各碳层的平均单位面积林木生物质碳储量。

5.3 最后根据监测计划，计算整体项目面积的林木生物质碳储量。

附录A

点云密度要求

分幅比例尺	数字高程模型成果格网间距/米	点云密度/（点/米 ² ）
1: 500	0.5	≥ 16
1: 1000	1.0	≥ 4
1: 2000	2.0	≥ 1
1: 5000	2.5	≥ 1
1: 10000	5.0	≥ 0.25

附录B

单木信息统计表

树木编号	经度/°	纬度/°	树高/m	胸径/cm
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

附录C

乔木生物质碳储量计算公式

公式一：

$$B_{TREE_BSL,i,j,t} = f_j(x1_{i,j,t}, x2_{i,j,t}, x3_{i,j,t}, \dots) * (1 + R_{TREE_BSL,i,j}) * N_{TREE_BSL,i,j,t} * A_{TREE_BSL,i}$$

式中：

- $B_{TREE_BSL,i,j,t}$ = 第 t 年时，第 i 基线碳层树种 j 的生物量；t d.m.
- $f_j(x1_{i,j,t}, x2_{i,j,t}, x3_{i,j,t}, \dots)$ = 将第 t 年第 i 基线碳层树种 j 的测树因子 ($x1, x2, x3, \dots$) 转化为地上生物量的回归方程。测树因子 ($x1, x2, x3, \dots$) 可以是胸径、树高等；t d.m·株⁻¹
- $R_{TREE_BSL,j}$ = 树种 j 的地下生物量/地上生物量之比；无量纲
- $N_{TREE_BSL,i,j,t}$ = 第 t 年时，第 i 基线碳层的树种 j 的株数；株·ha⁻¹
- $A_{TREE_BSL,i}$ = 第 i 基线碳层的面积；ha
- j = 1,2,3……第 i 基线碳层中的树种
- i = 1,2,3……基线基线碳层
- t = 1,2,3……项目活动开始以来的年数

公式二：

$$B_{TREE_BSL,i,j,t} = V_{TREE_BSL,i,j,t} * D_{TREE_BSL,j} * BEF_{TREE_BSL,j} * (1 + R_{TREE_BSL,j}) * N_{TREE_BSL,i,j,t} * A_{BSL,i}$$

式中：

- $B_{TREE_BSL,i,j,t}$ = 第 t 年时，第 i 基线碳层树种 j 的生物量；t d.m.
- $V_{TREE_BSL,i,j,t}$ = 第 t 年，第 i 基线碳层树种 j 的材积，是通过胸径和（或）树高数据查材积表或将数据代入材积方程计算得来；m³·株⁻¹
- $D_{TREE_BSL,j}$ = 第 i 基线碳层树种 j 的基本木材密度（带皮）；t d.m·m⁻³
- $BEF_{TREE_BSL,j}$ = 第 i 基线碳层树种 j 的生物量扩展因子，用于将树干材积转化为林木地上生物量；无量纲
- $R_{TREE_BSL,j}$ = 树种 j 的地下生物量/地上生物量之比；无量纲
- $N_{TREE_BSL,i,j,t}$ = 第 t 年时，第 i 基线碳层树种 j 的株数；株·ha⁻¹
- $A_{BSL,i}$ = 第 i 基线碳层的面积；h
- i = 1,2,3……基线碳层
- j = 1,2,3……树种
- t = 1,2,3……项目活动开始以后的年数

公式三：

$$C_{TREE_BSL,i,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} (B_{TREE_BSL,i,j,t} * CF_{TREE_BSL,j})$$

式中：

$C_{TREE_BSL,i,t}$ = 第 t 年时，第 i 基线碳层树种 j 的生物质碳储量； t CO₂-e

$B_{TREE_BSL,i,j,t}$ = 第 t 年时，基线第 i 基线碳层树种 j 的生物量；吨干重(t d.m.)

$CF_{TREE_BSL,j}$ = 树种 j 的生物量中的含碳率； t C (t.d.m.)⁻¹

44/12 = CO₂ 与 C 的分子量之比