

ICS 65.020

CCS B 65

团体标准

T/TSNR-001-2022

人工乔木林碳汇遥感测量技术规范

Technical Specification for remote sensing measurement of
artificial high-forest carbon sequestration

(发布稿)

2022-10-31 发布

2022-10-31 实施

天津市自然资源学会 发布

目录

前 言 1

1 适用范围 2

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 2

4 测量方法 3

 4.1 土地面积的测量方法 3

 4.2 树高（H）的测量方法 3

 4.3 胸径（DBH）的测量方法 4

5 林地碳汇量的计算 5

 5.1 样地生物质碳储量的计算 5

 5.2 林地碳汇量的计算 5

附录 A 6

附录 B 7

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：宇相碳测认证（天津）有限公司

天津市气候中心

南开大学环境科学与工程学院

联合泰泽环境科技发展有限公司

天津市宇相津准科技有限公司

宇相津准（湖南）环境检测有限公司

本团体标准主要起草人：胡智弢、李鹏、郭军、唐景春、陈超、梁冬坡、李田、肖佳、

李治明、林天宠、周志诚、刘月梅、芦力君、郑大鹏、翁晓萌、

张鹏飞、纪晨琛、张晓楠、闫玉春、张明贺、林凤、郝凤平

本团体标准为首次发布。

人工乔木林碳汇遥感测量技术规范

1 适用范围

本标准适用于人工乔木林碳汇量（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

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本（包括相应的修改单）适用于本标准。

《碳汇造林项目方法学》

《森林经营碳汇项目方法学》

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

CH/T 3020-2018 实景三维地理信息数据激光雷达测量技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1 碳汇 Carbon sink

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 Planted forest

人工林指通过人工措施形成的森林。

3.3 卫星遥感 Satellite remote sensing

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 Airborne LiDAR

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。

[来源：CH/T 3020-2018，3.3]

3.5 便携式激光雷达 Portable LiDAR

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。

[来源：CH/T 3020-2018，3.6]

3.6 DEM 影像数据 DEM imaging data

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 Point cloud

以离散、不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

[来源：CH/T 8023-2011，3.3]

3.8 点云密度 Density of point cloud

单位面积上点的平均数量。

[来源：CH/T 8023-2011，3.5]

3.9 人机交互 Human-computer interaction

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

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，从而获知项目林地坐标、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 树高（H）的测量方法

4.2.1 机载激光雷达设备参数要求

参数名称	参数要求
激光安全等级	≥一级
航向精度	≤0.5°

相对精度	-5cm~5cm
点云数据率	≥300000点/秒

4.2.2 测量要求

4.2.2.1 飞行准备

- 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。
- 机载设备在起飞前进行加电预热。

4.2.2.2 航高保持

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

4.2.2.3 飞行速度

- 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，飞行速度不得超过10m/s。
- 整个作业区域，飞行速度应尽可能保持一致，变化量不应超过5%。
- 在一条航线内，无人机上升、下降速度不大于10m/s。

4.2.2.4 飞行过程中姿态

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

4.2.3 结果输出

通过林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A，表中树高（H）测量结果精确到0.01m。

4.3 胸径（DBH）的测量方法

4.3.1 便携式激光雷达设备参数要求

参数名称	参数要求
激光安全等级	≥一级
最大测距	≥30m
相对精度	-3cm~3cm
点云数据率	≥300000点/秒

4.3.2 测量要求

- a) 扫描路径须覆盖整个作业区域。
- b) 扫描路径应闭合。
- c) 应避免路径重复。
- d) 结构复杂或通视困难的作业区域适当多次测量。

4.3.3 数据采集

- a) 扫描作业时，应保持设备平稳。分段采集时应保证分段数据重叠率达到30%，以便相邻测段拼接。
- b) 设备应完整记录扫描作业中的异常情况，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。
- c) 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。

4.3.4 修正曲线建立

选择测量区域内林木数量的10%进行人工测量，所选林木应具有代表性。将人工测量胸径数据（DBH）作为纵坐标，手持激光雷达测量数据作为横坐标，建立回归方程，要求线性系数在0.9以上，得出胸径修正曲线。

4.3.5 结果修正

根据胸径修正曲线，将手持激光雷达测量的所有林木胸径结果（DBH）带入修正曲线，计算得出胸径结果的修正值（DBH-R），在表格中同时记录林木胸径的原始测量值（DBH）与胸径结果的修正值（DBH-R），表格格式见附录A，表中林木胸径测量结果精度精确到0.01cm。

5 林地碳汇量的计算

5.1 样地生物质碳储量的计算

根据项目情况，可采用“生物量方程法”（依据见附录B中公式一），计算样地内各树种的林木生物量，进而根据附录B中公式三计算样地水平的生物质碳储量。

根据项目情况，也可采用“生物量扩展因子法”（依据见附录B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，进而根据附录B中公式三计算样地水平的生物质碳储量。

5.2 林地碳汇量的计算

根据项目监测方案和5.1中计算得到的样地水平的生物质碳储量可以计算得出项目中各碳库的碳储量。项目碳汇量，等于拟议的项目活动边界内各碳库中碳储量变化之和，减去项目边界内产生的温室气体排放的增加量。

附录A

林木信息统计表

调查员：

调查日期：

编号	树种	胸径原始结果(DBH) (cm)	胸径修正结果(DBH-R) (cm)	树高(H) (m)	生长情况
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

附录B

乔木生物质碳储量计算公式

公式一：

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

式中：

$B_{TREE_PROJ,i,j,t}$	第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的生物量； $t d.m.$
$f_j(x1_{ij,t}, x2_{ij,t}, x3_{ij,t}, \dots)$	将第 t 年第 i 碳层树种 i 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 (DBH-R)、树高(H)等； $t d.m \cdot \text{株}^{-1}$
$R_{TREE_PROJ,j}$	树种 j 的地下生物量/地上生物量之比； 无量纲
$N_{TREE_PROJ,i,j,t}$	第 t 年时，第 i 碳层的树种 j 的株数； $\text{株} \cdot ha^{-1}$
$A_{TREE_PROJ,i}$	第 i 碳层的面积； ha
j	1,2,3.....第 i 碳层中的树种
i	1,2,3.....碳层
t	1,2,3.....项目活动开始以来的年数

公式二：

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

式中：

$B_{TREE_PROJ,i,j,t}$	第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的生物量； $t d.m$.
$V_{TREE_PROJ,i,j,t}$	第 t 年，第 i 碳层树种 j 的材积，是通过胸径（DBH-R）和树高（H）数据查材积表或将数据代入材积方程计算得来； $m^3 \cdot \text{株}^{-1}$
$D_{TREE_PROJ,j}$	第 i 碳层树种 j 的基本木材密度（带皮）； $t d.m \cdot m^{-3}$
$BEF_{TREE_PROJ,j}$	第 i 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
$R_{TREE_PROJ,j}$	树种 j 的地下生物量/地上生物量之比；无量纲
$N_{TREE_PROJ,i,j,t}$	第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的株数； $\text{株} \cdot ha^{-1}$
$A_{PROJ,i}$	第 i 碳层的面积； h
i	1,2,3.....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：

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

式中：

$C_{TREE_PROJ,i,t}$	第 t 年项目边界内第 i 碳层林木生物量的碳储量； $t\ CO_2-e$
$B_{TREE_PROJ,i,j,t}$	第 t 年项目边界内第 i 碳层树种 j 的林木生物量； $t\ d.m.$
$CF_{TREE_PROJ,j}$	树种 j 的生物量含碳率； $t\ C \cdot (t\ d.m.)^{-1}$
i	1,2,3.....第 i 碳层
j	1,2,3.....第 i 碳层的树种 j
$\frac{44}{12}$	CO_2 与 C 的分子量比； 无量纲
t	项目开始以后的年数