

第三章 采购需求

一、项目背景

《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》《关于全面推行林长制的意见》《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》等中央文件指出要走生态优先、绿色发展新路子，全面提升森林和草原等生态系统功能，做好碳达峰、碳中和工作。《海南省建立健全生态产品价值实现机制实施方案》《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的实施意见》明确要求系统推进我省林业碳汇工作，努力探索“绿水青山就是金山银山”的海南实践。

森林作为陆地生态系统中最大的碳库，林业碳汇是应对气候变化实现碳达峰、碳中和最经济实用并且行之有效的重要路径之一。森林面积和森林蓄积两项增长目标已纳入国家对外承诺的2030年应对气候变化行动目标。《海南省建立健全生态产品价值实现机制实施方案》中指出，积极开展碳汇交易，试点开展碳汇项目开发、减排量核证和市场交易，探索多层次、多渠道的碳汇交易模式等一系列政策指引和措施。冯飞书记（时任省长）在2022年海南省政府工作报告上提出，要争做“双碳”工作优等生，研究出台我省碳达峰实施方案，编制项目引进低碳指南。开展“双碳工作”，是服务海南“三区一中心”的战略定位，创建绿色发展示范区的现实要求，也是落实习总书记提出的“绿水青山就是金山银山”理念的具体实践。

二、项目概况

1、项目名称：海南热带雨林国家公园森林碳汇计量监测项目（一期）。

2、项目地点：海南热带雨林国家公园。

3、目标任务：以热带雨林碳汇为核心，开展碳库调查，开发碳汇产品。构建全覆盖式的热带雨林国家公园森林碳库监测体系，系统监测评估海南热带雨林国家公园重点及典型区域内的生态系统碳储量分布和碳汇能力的大小，掌握热带雨林国家公园碳库底数与格局，开展热带雨林碳汇产品开发，建设科研、推广、交易、展示的多功能碳汇动态监测，为国家公园整体保护、系统修复提供支撑，提升我省应对气候变化能力，履行好国家应对气候变化、实现碳达峰和碳中和重大目标。

4、采购预算金额：622.00万元。

5、资金来源：财政资金。

6、采购人：海南省林业局。

7、分包情况：不分包。

三、技术要求

（一）工作内容及标准

1. 样地设计

结合不同林分和森林植被类型碳参数、碳结构情况的差异性，以植被类型为基本单元，运用典型抽样法在海南热带雨林国家公园范围内设置热带针叶林、热带山地雨林、热带低地雨林、高山云雾林（含山顶灌丛）、季雨林、用材林、经济类等不同植被类型的不同海拔、坡向等立地条件下的 300 个大小为 20m×20m 样地，构建全覆盖式碳库监测体系。其中，位于国家公园核心区的有 225 个，一般控制区 75 个；坐落在各分局的样地数量分别为：鹦哥岭分局 57 个、霸王岭分局 57 个、尖峰岭分局 72 个、五指山分局 38 个、黎母山分局 33 个、吊罗山分局 25 个、毛瑞分局 18 个；按森林类型统计，坐落在各森林类型的样地数量如下：山地雨林 70 个、低地雨林 86 个、高山云雾林（山顶灌丛）52 个、季雨林 30 个、经济林 12 个、橡胶林 12 个、用材林 12 个、针叶林 26 个。

2. 样地建设

2.1 样地设计

样地应以正方形为宜。若因地形条件等限制不能为正方形，可采用长方形，其长和宽的比值不应大于 3。样地以正南-正北方向或平行（垂直）于等高线为宜。样地西南角点或人为规定的左下角点为其基准点。

（1）乔木调查样方

为方便后期数据提取和有效利用，将乔木样方切割为网格状。即将 20m×20m 的样地划分成 16 个 5m×5m 的样方，以此作为基本作业单元。在样方西南角设永久样桩，并用样绳连接相邻样桩形成样方的边界。乔木样方起测胸径为 5.0cm。

（2）灌木调查样方

在乔木样方东南西北各个角点与主样方相距 1m 位置设置灌木样方，灌木样方同样以西

南角为基准点，设置永久样桩。灌木样方测量对象为胸径大于等于 1.0cm 小于 5.0cm 的植株。

(3) 草本调查样方

在乔木样方东南西北各个角点与主样方相距 1m 位置用卷尺或定制的模具设置面积为 1m×1m 的样方作为草本植物观测样方，并在中心点设置样桩。草本样方记录草本植物及胸径小于 1.0cm 的木本植物。

2.2 样地布设

测量坐标系应采用 2000 国家大地坐标系。当联测困难时，也可采用自由坐标系。通过影像图、植被图和地形图等资料选定样地的大致位置。初步选定样地位置后，应对其进行详细踏勘，确定拟选样地是否具有科学性、长期性和可操作性。在条件允许的情况下，可借助无人机等设备进行辅助踏勘。

在样地周边开阔地或样地内有林窗的位置埋设控制点并对控制点进行统一编号，按 CH/T2009《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》中 RTK 图根测量技术标准进行平面和高程控制测量，获得各控制点的三维坐标。也可采用图根导线测量并获得各控制点的三维坐标。

根据踏勘掌握的样地植被状况确定样地大致方向。使用全站仪进行距离放样，先在样地内选定一个控制点，作为基线的起点，在既与样地边界平行又较为通视的方向选择另一个控制点，作为定向点建立基线。如样方分布为十字形的样地，控制点应为样地基准点，基线的方位角为 90 度或其倍数。在基线方向（0 度方向），以距离测量模式，在基线方向上每 10m（水平距离，下同）放样一个点。如果在基线的 180 度方向上也有样地，应在该方向每 10m 放样一个点。

3. 样地调查

3.1 样地生境概况调查

对样地所处地理位置、地形地貌、气候条件、土壤状况、植被状况、人类活动状况等进行定性或定量描述。

3.2 森林植物观测方法

3.2.1 森林植物调查方法

(1) 对胸径 (DBH) $\geq 1\text{cm}$ 乔木、灌木植物的观测

包括植物个体标记、定位，胸径、冠幅、枝下高测量，个体生长状态观测，以及物种鉴定等。并对个体（乔木、灌木）进行挂牌标记，每一个体有惟一的编号，相应的标牌称为“主牌”；其分枝的编号从阿拉伯数字 1 开始依次编号，相应标牌称为“副牌”。主牌编号一般以“样地号+10m \times 10m 样方号+样方内目标个体的顺序号”的方法进行。10m \times 10m 样方一般沿纵轴方向顺序编号。标牌编号的位数根据样方内植物个体数量、群落演替阶段等情况确定，为长期观测新增个体保留足够的编号空间。

(2) 对胸径 (DBH) $< 1\text{cm}$ 乔木、灌木植物的观测

在 1m \times 1m 样方中观测，内容包括植物个体标记、定位，基径、高度、冠幅测量的观测，生长状态观测，单个种盖度、样方总盖度的估计。

并对 1m \times 1m 样方内所有高度大于 10cm 且胸径小于 1cm 的木本植物（乔木、灌木）进行编号，编号以阿拉伯数字 1 开始顺序排列，以保证每棵幼苗均有惟一的编号；将标有编号的标牌固定在个体的基部，标牌应耐用、易操作、不对植物幼小个体造成伤害；如果植物个体太小，用铝丝将标有编号的标牌固定在个体附近进行标记。

(3) 草本植物观测

在 1m \times 1m 样方中观测，观测内容包括物种名称、多度、平均高度和冠幅、生活力、种盖度、样方总盖度等。

3.2.2 灌丛植物调查方法

(1) 对高大灌丛植物的观测

当灌丛群落灌木植物高大、高度超过 1.3m、胸径大于或等于 1cm 时，灌木、草本植物的观测参照森林群落的观测方法。

(2) 对低矮灌丛植物的观测

1) 灌木植物观测

当灌木植物大部分高度小于 1.3m 或胸径小于 1cm 时，观测内容包括个体（丛）标记、定位，个体（丛）高度和冠幅，每个灌木种的盖度，样方灌木总盖度，及个体（丛）生长状态。

2) 草本植物观测

在 1m×1m 小样方进行，按草本植物调查方法进行。

3) 草地植物观测方法

在 1m×1m 小样方进行，按草本植物调查方法进行。

4) 植物物种鉴定

所有个体应鉴定到种水平；对观测现场不能鉴定或有疑问的种，须采集标本、拍照、记录植物个体编号，请分类专家鉴定，标本采集按照 HJ628 的规定执行；对疑难种，需多次野外采集不同生长发育时期，包括花、果的标本，以准确鉴定物种，标本采集按照 HJ628 的规定执行；对采集的标本，特别是疑难物种的标本进行制作，做永久保存。

4. 基于遥感数据的生物量模型构建

4.1 遥感数据采集与预处理

所使用的遥感数据为极化合成孔径雷达(SAR)和哨兵(Sentinel)系列卫星，获取覆盖国家公园的遥感影像数据。对遥感影像数据进行大气校正、几何校正、地形校正以及图形拼接裁剪等预处理，形成国家公园的整体影像。

4.2 热带森林生物量遥感特征因子提取

基于遥感数据提取热带森林归一化植被指数、差值植被指数、土壤调节植被指数、比值植被指数、垂直植被指数、亮度植被指数、绿度植被指数、温度植被指数、大气阻抗植被指数、短红外温度植被指数、中红外温度植被指数、土壤调整比值植被指数、中红外植被指数、红外植被指数、修正型土壤植被指数、多波段线性组合、简单比值指数、转型植被指数、改进后的植被指数、非线性植被指数、优化的简单比植被指数等 21 个植被指数；提取纹理特征 8 个，包含平均值 (Mean)、偏度 (SKewness)、均一性 (Homogeneity)、对比度(Contrast)、相异性(Dissimilarity)、熵(Entropy)、角二阶矩(Angularsecondmoment)、

相关性 (Correlation)。

4.3 模型构建

热带森林生物量遥感机理过程复杂多样，具有很多不确定性因素，因此项目的基础变量优选采用统计检验的方法进行，即相关性分析。相关性分析后，选取相关性显著($p \leq 0.05$)的变量，参与生物量遥感估测模型的构建。最后基于常规统计模型、联立方程组模型、随机森林回归模型、Cubist 回归模型等完成对不同森林类型生物量模型的构建。

4.4 模型评价

模型的评价与独立性检验，是生物量模型构建中的核心任务，通过模型的独立性检验来确定其拟合效果。预估模型建立起来是否能运用到实际中去，都必须通过模型的检验来验证，通过多个模型比较，来确定最佳模型，从而保证预估模型的精度及实用性。

5. 土壤碳库调查

5.1 土壤采样点的确定

土壤采样与植物调查同步进行，即所有植物调查样方内，需同时采集土壤样品。为了提高估算不同林型不同龄级土壤碳的精确度，除了对所有植物样方进行采样外，还需要进行扩展性土壤采样，根据计算碳储量的需要，适当增加采样点。

5.2 植物样方内土壤的采集

在每一个植被调查样方内，需要采集 1 个表土混合样 (0-10cm)，4 个深层混合样 (10-20cm, 20-30cm, 30-50cm, 50-100cm)，按发生层次采集相应层次的样品，并在剖面上测定土壤容重。最表层 (0-10cm) 直接使用深 20cm 内径 > 3cm 的土钻，在样方内随机选取 6 个点，取出小土体，混合成一个混合样。4 个深层混合样 (10-20cm, 20-30cm, 30-50cm, 50-100cm) 同样使用土钻采集，在样方内随机选取 4-6 个点，将最表层 0-10cm 丢弃，将 10-20cm, 20-30cm, 30-50cm, 50-100cm 装袋，对应层次的土壤混合在一起。如果土壤剖面层次无法达到 100cm 的深度，则采样至基岩。采样层次间隔同样为 10cm。如土壤层次为 45cm，则采集 0-10、10-20 和 20-30cm 的样品，样品深至基岩下 15cm 说明。采用环刀法，在每个间距内采 3-4 个环刀样。每个环刀样独立装一袋，带回室内测定土壤容重，用于计

算土壤的总碳储量。如果用土钻法采集的样品量偏少，可以在此剖面上按相应间距采集一定量土壤，分别装袋，带回室内进行风干，也可以将土壤进行低温烘干，烘箱温度控制在40C以内。

5.3 土壤样品处理

样品风干后磨碎和过筛，进一步拣去植物残体和其它杂物，直至没有明显大的杂物，拣出石块。用木滚筒反复研磨样品，过2mm筛（10目），将大于2mm石子集中称重，研磨直至全部土粒通过2mm筛。从过2mm筛土壤中，用药匙以多点法取大致20g土壤作全量分析用。将样品进行细致的拣根，可以将样品先用60目筛筛分，对大于60目筛的部分进行拣根，之后，再将样品混合，并作进一步磨细，过100目筛。环刀样直接放入烘箱内，烘干至恒重，并称重，计算土壤容重。

6. 土壤与植物体有机碳的测定

基于野外采集的土壤和植物体样品，通过重铬酸钾容量法—外加热法、直接灰化法等完成土壤和植物体有机碳的测定。

7. 生态系统碳储量估算

7.1 活树地上部分生物量与碳储量

（1）碳储量方程估算碳储量

根据森林类型、林种或林龄等，选择适宜的碳储量方程，对于同一森林类型，将样地内所有树木的胸径和树高数据输入数据库，并按优势树种（组）归类。通过对应树种（组）的碳储量方程，计算样地内所有树种（组）及其个体的单株碳储量。对于非优势树种，或生物量权重很小的树种，没有相对应碳储量方程，可用与其树形、高度和冠幅最接近的树种碳储量方程，进行计算。将样地内所有树种的单株碳储量相加，得到样地树木总碳储量。根据样地总碳储量和总面积换算出碳密度，即单位面积的碳储量。

（2）木材密度的估算

木材密度的估算与采伐标准木建生物量回归方程同步进行。确定优势树种（组）、次优势树种（组）（必须与生物量方程中的树种一致）。从砍伐的标准木上锯取中央圆盘，测量

圆盘东西南北向的平均直径和平均厚度，计算圆盘体积；圆盘称鲜重后带回实验室烘干，称干重；由圆盘干重和体积计算木材密度。如遇不规则树形或树枝，用排水法测体积，将木材切成若干块浸透后，放入带刻线的容量瓶，测量排出的水量，估算木材的体积。

（3）立木蓄积估算碳储量

应用优势树种(组)、次优势树种(组)的标准木收获法，获得标准木的胸径和树高等参数。然后，应用木质密度，把立木蓄积转变为树木重量等。具体要求为：测定抽样样地内所有树木的高度和胸径，按照树种，列出胸径和高度数值。依据树木形状（圆柱形或圆锥形），应用公式，估算样地每棵树木的蓄积。通过适合的木材密度或野外实测木材密度，木材密度乘以对应的立木蓄积，得到树木干重。根据碳含量，将干重换算成碳储量，将样地内所有树种的碳储量相加，并计算碳密度，即单位面积碳储量。

（4）平均木法估算树木碳储量

平均标准木法是根据样地每木调查数据计算出全部优势树种(组)的径级和及其平均胸径，用每一优势树种(组)的株数乘以该径级的平均木重量，累加所有树种的所有径级的树木重量，得到样地所有树木的生物量。

7.2 树木根系碳储量

按优势树种或优势树种组，次要树种等，对样地调查数据进行分类，运用对应的根系生物量估算方程，分别算出各类树种的根系生物量，然后进行汇总，得到样地森林根系的总生物量。根据碳含量，将生物量换算成碳储量，进而计算每公顷林地林木根系的总碳量，即根系碳密度。

7.3 灌木草本层植物碳储量

以样地为单元，选择灌木、草本层植物的子样本，带回实验室内测定其干重，得到鲜重/干重比的换算系数。根据鲜重/干重比，将野外测定的每个灌木、草本调查样方框内的鲜重换算为干重，之后汇总计算单位样方框内植物的平均干重。将平均干物质量乘以扩展系数得到生物量密度（每公顷生物量吨数）。

7.4 死地被物碳储量

(1) 枯死立木碳储量

将枯死立木分为两类，第一类是树形较完整（除没有叶子外），看上去像活立木一样的枯立木；第二类是树形为冠折或干折等不完整的枯立木。对于第一类，与测量活立木一样，采用胸径和合适的生物量方程来估算生物量，根据枝残留情况，估算其生物量。对于第二类，仅仅估算树木残干生物量即可。体积可以用测量胸径、树高和顶端直径的估计值来计算。将样地内枯死立木生物量进行汇总和归类，根据各类枯立木碳含量，将生物量转换为碳量，得到样地枯立木总碳储量。

(2) 枯死倒木碳储量

区分枯死木木段，计算每个密度等级（坚实、中等、腐烂）的木材密度。由质量和体积计算密度：密度（g/cm³）=质量（g）/体积（cm³）

式中，质量=烘干样品的质量，体积= $\pi \times (\text{平均直径}/2) \times \text{倒木的平均长度}$ 。将各种密度进行平均后则可获得适合于每个等级的单一密度值。

因为每个密度等级是分开的，按照下列方法计算体积：

$$\text{体积} \cdot (m^3) = \pi^2 \cdot \left[\frac{(d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2)}{8L} \right]$$

由体积和密度计算枯死倒木生物量，公式如下：

枯死倒木的生物量（t/ha）=体积×密度

将样地内枯倒木生物量进行汇总和归类，根据各类枯立木的碳含量，将生物量转换为碳量，得到样地枯倒木总碳储量。

(3) 枯落物碳储量

以样地为单元，野外调查时，选择数个有代表性的枯落物子样本，称鲜重后，带回实验室烘干，测定其干重，得到鲜重/干重比（换算系数）。将野外测定的枯落物样方框内的鲜重换算为干重，之后汇总计算单位样方框内枯落物的平均干物质量。通过平均干物质重量乘以扩展系数，得出枯落物储量密度（t/ha）。根据枯落物碳含量，将现存量密度转换为碳密度（t/ha）。

7.5 土壤碳储量

土壤碳储量通过容重、有机碳含量、土壤层厚度计算而得，按野外土壤取样所划分的土壤层，例如按自然发生层次可以划分为：（1）半腐烂层，（2）腐殖质层，（3）若干矿质层（20cm的等距离层）。计算各土壤层的容积密度：

$$\text{容积密度}(g/cm^3) = \frac{\text{烘干质量}(g/cm^3)}{\text{土核体积}(cm^3) - \left(\frac{\text{粗质碎片质量}(g)}{\text{岩石碎片密度}(g/cm^3)} \right)}$$

根据实验室分析得到的各土壤层的碳含量，计算单位面积土壤碳储量。各土壤层碳密度之和，得到林地土壤的总碳密度，单位为吨/公顷（t/ha）。

8. 生态系统固碳速率估算

（1）生物量和土壤有机碳增量法。基于当前森林面积和森林碳储存状况，且假定研究期间没受到采伐、林火、土地利用等的影响，通过森林资源连续清查资料与样地调查资料相结合，或通过样地调查间隔期内森林生态系统碳储量的净增量来估算固碳速率。具体做法是，以所获得的林业清查数据最远时距的两个年份为计算年，将这两个年份不同林型碳储量的变化量总和，除以年数，即为平均年固碳速率。目前的林业清查数据首先按划分为自然林和人工林，再按优势树种划分为阔叶林、针叶林和针阔混交林，之后按林龄区分为幼龄林、中龄林、近成熟林、成熟林和过熟林。根据上述森林类型的样地调查资料，以及森林清查资料，可以计算连续清查间隔期内，森林生态系统各组分碳储量的动态，从而估算出该期间的固碳速率。

（2）时空互代法。自然林按演替进程划分演替阶段并确定林龄，人工林按成熟度分为幼龄林、中龄林、近成熟林、成熟林和过熟林。通过建立森林生态系统碳储量随林龄而变化的经验关系方程来确定固碳速率。

9. 碳汇产品开发

在摸清国家公园碳汇家底的基础上，开发热带雨林国家公园碳汇产品，主要实施内容如下：

9.1 编制碳汇开发项目设计文件

以相关碳汇计量监测方法指南和标准为依据，在充分识别国家公园一般控制区以及核心保护区可供开发的林业资源的基础上，编制国家公园碳汇开发项目设计文件。

9.2 开发碳汇产品并实现交易

在“国家公园林业碳汇交易”平台，上传可交易碳汇量、区域碳汇等相关信息。实时更新总碳汇量、上架碳汇量、下架碳汇量、销售碳汇量、剩余碳汇量、购汇订单数以及浏览量等数据信息，面向全省公众销售。

9.3 为探索碳汇“保险”“金融”模式提供数据支撑

提供数据支撑范围包括：一是为项目开发的尚未产生的林业碳汇购买“林业碳汇价值保险”，保障林业碳汇富余价值。二是将预期林业碳汇收益权质押作为增信措施，拓宽林业碳汇的金融属性，将无形的碳汇价值转为可质押资产，向银行贷款用于发展生产，盘活“绿色资产”。

9.4 为探索碳汇+公众义务、碳汇+司法、碳汇+生态旅游、碳汇+会议等多元化交易模式提供数据支撑

创新开发机制，为探索碳汇+公众义务、碳汇+司法、碳汇+生态旅游、碳汇+会议等多元化交易模式提供数据支撑，助力实现生态产品价值实现。

（二）成果要求

预期产出的项目成果主要包括构建调查监测体系、建立调查分布数据库、编制成果报告、整理调查影像素材等。具体项目成果要求如下：

1. 调查监测体系构建

构建海南热带雨林国家公园热带森林碳库固定样地监测调查体系；

2. 数据库/数据集

- （1）海南热带雨林国家公园森林地上地下生物量分布数据库；
- （2）海南热带雨林国家公园森林植被碳库分布数据库；
- （3）海南热带雨林国家公园土壤碳库分布数据库；
- （4）海南热带雨林国家公园森林植物残体碳库分布数据集；
- （5）海南热带雨林国家公园森林植物体碳参数数据集；
- （6）海南热带雨林国家公园森林土壤碳参数数据集；

3. 成果报告

海南热带雨林国家公园森林碳格局研究报告；

4. 图集/图册

- (1) 海南热带雨林国家公园森林碳库分布图册；
- (2) 海南热带雨林国家公园土壤碳库分布图册；
- (3) 海南热带雨林国家公园主要森林群落类型图集；
- (4) 海南热带雨林国家公园森林碳汇计量监测项目工作照片集；

5. 碳汇产品开发

编制碳汇开发项目设计文件，开发林业碳汇产品。

四、商务要求

1. 服务时间：自合同签订之日起计算，到 2023 年 12 月 15 日前完成。

2. 服务地点：海南热带雨林国家公园。

3. 质量标准：合格。

4. 付款方式：

4.1 分期支付，支付时间和方式：

①本合同生效后，甲方凭乙方开具的合法有效发票 20 个工作日内向乙方支付合同总价的 65%，作为预付款。

②乙方完成成果初稿后，甲方凭乙方开具的合法有效发票 20 个工作日内向乙方支付合同总价的 15% 。

③乙方根据专家评审意见修改报告，并向甲方提交验收合格（通过专家评审）的正式成果后，甲方凭乙方开具的合法有效发票 20 个工作日内支付剩余 20%技术服务费。

技术咨询服务费结算方式：甲方每次付款前，乙方应开具合法足额的增值税发票，甲方按照合同约定和发票金额进行支付。

4.2 因财政拨款、不可抗力等原因造成甲方逾期付款的，乙方表示理解，不视为甲方违约，乙方应继续履行己方义务。

5. 验收：项目结束后，成交供应商须配合采购单位做好项目验收工作。

6. 报价：供应商报价应当为总价包干价，包括但不限于前期准备工作、项目工作开展、成果报告编制、成果文件印刷、专家评审费用及相应后续服务等所有相关工作所发生的一切费用(含咨询、会议、差旅费、管理费及税金等所有费用)。

7. 知识产权：采购人在中华人民共和国境内使用供应商服务时免受第三方提出的侵犯

其专利权或其它知识产权的起诉。如果第三方提出侵权指控，成交人应承担由此而引起的一切法律责任和费用。

8. 其它

(1) 供应商须以保证优质的服务质量为服务目标，不得恶意低价竞标。评标委员会认为供应商的报价明显低于其他通过符合性审查供应商的报价，有可能影响服务质量或者不能诚信履约的，将要求其在评标现场合理的时间内提供书面说明，必要时提交相关证明材料；供应商不能证明其报价合理性的，响应将作为无效响应处理。

(2) 其他未尽事宜以合同签订为准。