

国家林业局应对气候变化和
节能减排工作领导小组办公室 编



中国绿色碳基金 造林项目碳汇计量与监测指南

Guidelines for Carbon Accounting and Monitoring

中国林业出版社

中国绿色碳基金

造林项目碳汇计量与监测指南

国家林业局应对气候变化和
节能减排工作领导小组办公室 编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测指南/国家林业局应对气候变化和节能减排减排工作领导小组办公室编. - 北京:中国林业出版社,2008. 12

ISBN 978-7-5038-5379-1

I. 中… II. 国… III. ①森林-二氧化碳-计量-中国-指南②森林-二氧化碳-监测-中国-指南 IV. S718.51-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 183514 号

出版:中国林业出版社(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: forestbook@163.com 电话 010-66162880

网址: www.cfph.com.cn

发行:中国林业出版社

印刷:北京中科印刷有限公司

版次:2008年12月第1版

印次:2008年12月第1次

开本:889mm×1194mm 1/32

印张:2.5

字数:66千字

印数:1~2 000册

定价:35.00元

前 言

以全球变暖为主要特征的全球气候变化，对地球生态系统和人类社会经济系统产生了深刻的影响；人类活动引起的大气温室气体浓度增加是导致全球变暖的主要因素。森林作为陆地生态系统的主体，具有吸收并固定 CO_2 的碳汇功能。毁林是仅次于化石燃料燃烧的全球温室气体排放源。林业活动是缓解全球气候变化的重要手段。《京都议定书》确定了清洁发展机制(CDM)，允许工业化国家通过在中国开展项目活动所获得的减排增汇来抵偿其承诺的减排指标。造林再造林项目活动是第一承诺期(2008 ~ 2012 年)合格的 CDM 林业项目。在未来承诺期，林业活动预计仍将在温室气体减排增汇中发挥重要作用。

我国于 2007 年发布了《中国应对气候变化国家方案》，明确了 2010 年中国应对气候变化的具体目标、基本原则、重点领域及其政策措施，林业是其中的重要内容之一。

2007 年 7 月 20 日，由国家林业局与中国石油天然气集团公司、中国绿化基金会等联合发起建立了中国绿色碳基金。为规范中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测方法，推进中国绿色碳基金支持下的造林项目碳汇计量与监测工作的开展，确保项目产生的碳汇是准确、可靠和可核查的，受国家林业局应对气候变化和节能减排工作领导小组办公室委托，编制了中国绿色碳基金《造林项目碳汇计量与监测指南》。本书不仅适用于中国绿色碳基金支持下的造林项目的碳汇计量和监测，也可作为其他类似造林项目碳汇计量和监测的参考。

本书在编制过程中经过了三次专家研讨，来自中国科学院、中

国林业科学研究院、北京林业大学，以及林业调查规划设计部门、林业企业和地方科研院所的专家和科技人员，提出了大量宝贵的修改意见，并最终由国家林业局应对气候变化和节能减排工作领导小组办公室组织专家进行了审定。本书由山水自然保护中心资助。

参加本书编写的人员有张小全、朱建华、武曙红、李怒云、王春峰、陆诗雷、章升东、侯振宏、罗云建、张志军等。

本书不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 7 月于北京

目 录

前 言

1	目的和范围	(1)
2	术语和定义	(3)
3	项目边界和土地合格性	(6)
3.1	土地合格性	(6)
3.2	项目边界确定	(7)
4	碳库与温室气体排放源的确定	(9)
4.1	碳库选择	(9)
4.2	温室气体排放源	(11)
4.3	关键排放源的确定	(13)
4.3.1	标 准	(13)
4.3.2	确定方法	(13)
5	计量方法	(15)
5.1	概 述	(15)
5.2	分 层	(16)
5.3	基线碳储量变化	(17)
5.4	项目碳储量变化	(20)
5.4.1	林分生物量	(22)
5.4.2	竹林和灌木林	(23)
5.4.3	植被生物量减少	(25)
5.5	项目边界内的温室气体排放	(28)
5.5.1	施 肥	(29)
5.5.2	燃油机械的使用	(30)
5.6	泄 漏	(31)

5.7 项目净碳汇量	(32)
6 监测方法	(33)
6.1 概 述	(33)
6.2 项目活动及其边界监测	(33)
6.3 抽样设计	(34)
6.3.1 分 层	(34)
6.3.2 确定样地数量	(35)
6.3.3 样地设置	(38)
6.3.4 监测频率	(38)
6.4 项目碳储量变化监测	(39)
6.4.1 地上和地下生物量	(40)
6.4.2 枯落物	(46)
6.4.3 枯死木	(47)
6.4.5 土壤有机质	(51)
6.5 项目边界内的排放	(52)
6.5.1 施 肥	(53)
6.5.2 燃油机械使用	(54)
6.5.3 森林火灾	(56)
6.6 泄 漏	(57)
6.7 质量保证和质量控制	(58)
6.7.1 可靠的野外测定	(58)
6.7.2 野外调查测定数据的核实	(59)
6.7.3 数据录入和分析	(60)
6.7.4 数据归档	(60)
6.8 不确定性分析	(60)
6.9 核 查	(61)
国家和 IPCC 碳计量参数的缺省值	(63)

1 目的和范围

为规范中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测方法，确保项目产生的碳汇是准确、可靠和可核查的，制定本《造林碳汇计量和监测指南》（以下简称“指南”）。

本指南的制定首先遵循了《中国绿色碳基金碳汇项目管理办法》、《中国绿色碳基金碳汇项目造林技术暂行规定》和其他中国绿色碳基金的相关管理规定。因此，本指南适用于中国绿色碳基金支持下的造林项目产生的碳汇的计量和监测，也可作为其他类似造林项目的碳计量和监测的参考。

本指南以政府间气候变化专门委员会（IPCC）出版的方法学和其他国际权威技术报告为基础，如《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》、《IPCC 2000 优良做法指南和不确定性管理》、《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》、《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业特别报告》^①、温洛克国际（Winrock International）《土地利用、土地利用变化和林业项目指南》^②等，并参考清洁发展机制（CDM）执行理事会批准的有关 CDM 造林再造林项目活动的基线方法学和监测方法学、适用工具^③，同时参照《CDM 造林再造林项目活动的方式和程序》和国际自愿者市场造林再造林碳汇项目实施的一般要求^④，结合我国林业实际，制定本指南。为避免混淆，同时便于与相关国际通行规则接轨，相关术语及其定义尽可能与上述技术报告和方法学相一致。

中国绿色碳基金造林项目实施主体应在其碳计量和监测报告或可研究报告中，详细说明本指南是如何应用的，包括具体使用的计

① 网址：www.ipcc.ch

② 网址：www.winrockinternational.org

③ 网址：Cdm.unfccc.int

④ 网址：www.v-c-s.org

量和监测步骤、数据(包括图面数据)、公式、参数、假设,并描述详细的监测计划和操作技术细则。

碳计量和监测必须遵循 5 个原则:

(1)保守性原则:如果参数选择导致(i)基线情景下的碳储量增加量被高估,或(ii)项目情景下的碳储量增加量被低估,或(iii)项目情景下的排放量被高估,则认为确定的项目活动水平或选择的参数是保守的。反之,是不保守的。

(2)透明性原则:除个别涉及商业机密的数据外,活动水平和碳计量参数的确定方法和数据应公开、透明,并易于为公众所获取。

(3)可比性原则:采用的碳计量参数应具有可比性,例如,如果所选择的当地参数超出 IPCC 或国家水平参数值的正常范围,应详细说明其理由。

(4)降低不确定性原则:碳计量和监测须尽可能采取必要措施,提高计量和监测的精度和准确性,降低不确定性。监测报告中须包括不确定性评价。

(5)成本有效性原则:随着碳计量和监测精度和准确性的提高,计量和监测的成本往往呈指数增加。因此在选择碳计量和监测方法时,包括确定参数时,既要考虑计量和监测的精度和准确性,也要考虑成本因素,亦即需要在计量和监测的精度和准确性与成本之间寻找一个合理的成本有效的平衡点。

2 术语和定义

森林(Forest): 森林是指土地面积大于等于 0.067 hm^2 , 郁闭度大于等于 0.2, 就地生长高度可达到 2 m 以上(含 2 m)的以树木为主体的生物群落, 包括天然与人工幼林, 符合这一标准的竹林, 以及国家特别规定的灌木林, 行数在 2 行以上(含两行)且行距小于等于 4 m 或冠幅投影宽度在 10 m 以上的林带。

有林地(Forest land): 森林覆盖的土地。

农地(Crop land): 以农业种植为目的的土地, 包括稻田和农用地(林木有关指标低于定义森林的阈值)。

草地(Grass land): 包括人工和自然草地、牧场、灌木林地、牧用地(林木有关指标低于定义森林的阈值)。

湿地(Wet land): 包括泥炭地、终年或季节性水淹地, 且不属于林地、农地、草地、居住地, 水库和人工湖可划为被管理的湿地, 而自然河流和湖泊可划归自然湿地。

居住地(Settlement): 指所有开发用地, 包括交通和人类居住用地(已包含在其他地类的除外)。

其他土地(Other land): 除上述有林地、农地、草地、湿地、居住地之外的土地, 包括裸地、裸岩、冰川、沙漠、戈壁等。

造林(Forestation): 指通过栽植、播种或人工促进天然更新方式, 将 2000 年 1 月 1 日以来的无林地转化为有林地的人为直接活动^①。

项目参与方(Project Participants): 项目参与方是指参与中国绿色碳基金造林项目活动的国有、集体、私有实体和(或)个人。

项目边界(Project boundary): 是项目参与方控制范围内的造林项目活动的地理范围。一个造林项目活动可在若干个不同的地块上

^① 本定义有别于 CMP.1 第 16 号决议对造林和再造林的定义, 因此, 本定义仅适用于中国绿色碳基金碳汇造林项目或国内其他类似的碳汇造林项目, 除非另有特别说明。

进行,但每个地块应有特定的地理边界,该边界不包括位于两个或多个地块之间的土地。

碳库(Carbon pool):包括地上生物量、地下生物量、凋落物、枯死木和土壤有机质。

地上生物量(Above-ground biomass):土壤层以上以干重表示的所有活生物量,包括干、桩、枝、皮、种子和叶。如果林下植被生物量在总地上生物量中的比例相对较小,可以不予计算,但要保持计算和监测的一致性。

地下生物量(Below-ground biomass):所有活根生物量。由于细根(直径 $\leq 1 \sim 2\text{mm}$)通常很难从土壤有机成分或凋落物中区分出来,因此通常不纳入该部分。

枯落物(Litter):矿质土层或有机土壤以上、直径小于5cm或其他规定直径的、处于不同分解状态的所有死生物量,包括凋落物、腐殖质,以及不能从经验上从地下生物量中区分出来的活细根(直径 $\leq 1 \sim 2\text{mm}$)。

枯死木(Dead wood):枯落物以外的所有死生物量,包括枯立木、枯倒木以及直径大于或等于5cm的枯枝、死根和树桩。

土壤有机质(Soil organic matter):一定深度内矿质土和有机土(包括泥炭土)中的有机质,包括不能从经验上从地下生物量中区分出来的小于一定直径的活细根。

基线碳储量变化量(Baseline carbon stock changes):在没有拟议的造林项目活动时,项目边界内碳储量的净变化量。本概念与CDM造林项目中的“基准净温室气体汇清除量(Baseline net greenhouse gas removals by sinks)”的含义相同。

项目碳储量变化量(Project carbon stock changes):拟议的造林项目边界之内的、由该造林项目引起的、可测定的和可核查的碳储量的净变化量。

增加的排放量(Increase in emissions by sources):由拟议的造林项目引起的、发生在项目边界内的、可测定的温室气体源排放的增加量。

泄漏(Leakage):由造林项目活动引起的、发生在项目活动边界

外的、可测定的温室气体源排放的增加量。

项目净碳汇量(Project net carbon removals by sinks): 项目碳储量变化量, 减去增加的排放量, 减去基线碳储量变化量, 再减去泄漏。本概念与 CDM 造林再造林项目中的人为净温室气体汇清除(Net anthropogenic GHG removals by sinks)相同。

基线情景(Baseline scenario): 在项目所在地区的技术条件、融资能力、资源条件和政策法规情况下, 能合理地代表没有拟议的造林项目活动时的土地利用方式。

利益方: 已经或可能受到拟议的造林项目活动影响的公众, 包括项目所涉及的个人、群体或社区等。

核查(Verification): 由第三方定期地、独立地审评并决定实施造林项目以来, 所产生的项目净碳汇量。

准确度(Accuracy): 样本测定值与真值的接近程度。

精度(Precision): 是与不确定性相反的概念, 表示规定条件下, 不同的独立的样本测定结果之间的接近程度, 越接近则精度越高。

置信区间(Confidence interval): 一定可靠性水平下真值所在的范围, 有时也称为置信水平, 本指南要求为 95%。

活动水平(Activity data): 一定时间内引起温室气体源排放或汇清除的人类活动数量的大小, 如面积、蓄积等。

排放因子(Emission factor): 单位活动水平数据排放的温室气体的量或碳吸收量。

二氧化碳当量($\text{CO}_2 - e$): 根据不同种类的温室气体对辐射强迫的贡献来度量温室气体的单位。目前是通过全球增温潜势(Global Warming Potentials, GWPs)来计算二氧化碳当量。

全球增温潜势(GWP): 排放到大气中的 1 t 温室气体与同期 1 t 二氧化碳所产生的辐射强迫之比(目前 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 的 GWP 值分别为 1、21 和 310)。利用该 GWP 值可将 N_2O 和 CH_4 温室气体转化为等当量的 CO_2 量。

碳源(Carbon source): 向大气中排放二氧化碳的过程或活动。

碳汇(Carbon sink): 从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。

3 项目边界和土地合格性

3.1 土地合格性

《中国绿色碳基金碳汇项目造林技术暂行规定》第七条对项目地的合格性进行了规定：

2000 年 1 月 1 日以来的无林地。即 2000 年 1 月 1 日至项目开始时一直为无林地。

不具有商业和市场竞争能力，并存在一定的造林技术难度，不具备天然更新能力，相对集中连片。

适宜树木生长，相对集中连片，预期能发挥较大的碳汇功能。

有助于促进当地生物多样性保护、减少或遏制水土流失、促进地方经济社会发展等，预期能够为当地带来多种效益。

近 5 年内尚不可能纳入国家、企业或其他形式的造林计划。

林地权属清晰，当地政府和群众有参与造林的积极性，能够获得组织保证和一定的技术支持。

为此，项目实施主体(单位)应在开展碳汇计量和监测或进行项目可行性研究时，要提供相关证据，证明项目地自 2000 年 1 月 1 日以来一直为无林地，包括证明项目地在 1999 年和项目开始前均为无林地，需要证明的指标包括：

植被覆盖不满足森林定义的阈值(即最低树冠覆盖度或立木度为 20%、就地生长成熟时最低树高为 2 m、最小面积为 0.067 hm²)。

不是人工林或天然幼林和未成林造林地。

项目造林地上现有的散生木到生长成熟时，其树冠覆盖度仍低于 20%。

项目造林地不是采伐迹地或火烧迹地。

项目造林地不具备天然更新能力，或在基线情景下通过天然更新成有林地。

为证明项目造林地符合上述要求，项目实施主体(单位)需提供

的证据包括：

航空照片、卫星影像或其他空间数据。

土地利用图、土地覆盖图、森林分布图、林相图等。

项目地实地调查数据和参与式乡村评估，包括调查方法和结果。

3.2 项目边界确定

项目边界是项目参与方控制范围内的造林项目活动的地理范围。一个造林项目活动可在若干个不同的地块上进行，但每个地块应有特定的地理边界，该边界不包括位于两个或多个地块之间的土地。项目边界需要在项目设计中予以具体描述，在监测中予以详细监测。

项目地块通常为不规则的多边形，确定其边界的方法很多，如固定的边界标记（如篱笆、灌木篱墙、标桩等）、空间图面数据（卫星影像、航空照片、机载录像、林相图、森林分布图、土地利用/覆盖图）、土地登记册或档案、全球定位系统（GPS）、地形图或其他政府认可的系统来勾画。固定边界的标记容易受到破坏，且不利于存档和核查。空间图面数据和 GPS 定位的边界较准确，易于存档和核查，但成本较高。在现有的遥感影像、森林分布图、土地利用或土地覆盖图、地形图或其他图件上进行现地勾绘，是比较有效的方法，而且还可将勾绘出的图通过输入 GIS，读出各地块边界上的拐点坐标。为保证勾绘边界的精度和准确性，勾绘所用底图图件的比例尺应大于或等于 1:10 000，最低不低于 1:50 000。

事前确定的项目边界主要是用于项目造林地合格性的认证、项目造林设计以及面积、基线碳储量变化、项目碳储量变化、排放增加、泄漏等的估算。而项目活动的实际边界可能不完全与事前边界吻合，主要原因有：

①由于不可预期的人为或自然原因，部分地段造林失败。

②部分裸岩等不适宜造林的地段。

③发生森林灾害或其他原因导致的毁林。

无论事前项目边界如何准确，在项目实施过程中实际项目边界都可能会发生变化。因此事前项目边界的确定与事后边界的监测可在不同的精度下进行。从成本、实际需要以及我国的实际情况，事

前项目边界可通过以下几种方式确定：

- (1) 用 GPS 直接测定项目地块边界的拐点坐标。
- (2) 利用高分辨率的地理空间数据(卫星影像、航片等)以及土地利用/覆盖图、森林分布图、林相图等读取项目边界。
- (3) 利用地形图(比例尺大于等于 1: 50 000)进行对坡勾绘。
- (4) 县或乡镇级林业区划(林班或小班边界)。
- (5) 森林资源规划设计调查成果。

4 碳库与温室气体排放源的确定

4.1 碳库选择

根据国际通行做法，将造林项目涉及的碳库划分为地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质。但是，如果能提供透明的、可核查的信息证明某一个或几个碳库不是净排放源，那么项目参与方可以不计量和监测这些碳库。一般地，从长远来看，造林都会增加这 5 个碳库的碳储量，对全部碳库进行计量和监测可使项目参与方获得更多的碳汇量。但另一方面，这又会大大增加计量和监测的成本。由于在计入期内有的碳库中的碳储量变化相对较小，而监测成本又较大（如土壤有机质碳库），以较高的监测成本为代价获得微不足道的碳汇收益，往往不是成本有效的。另外，碳储量变化速率较小的碳库，往往不确定性较高。由于造林活动引起的碳储量变化往往具有较大的不确定性，因此要求碳库的选择、碳储量变化的估计和监测都必须遵循保守性原则。因此，选择碳库时，除考虑是否是净排放源这一因素外，还须考虑监测的成本有效性、不确定性和保守性。

虽然对不是净排放源的碳库可以不予计量和监测，但一旦选择了某碳库，在计入期内就要连续进行计量和监测。要确定某一碳库不是净排放源，可通过以下方法：

(1) 具有代表性的抽样调查和分析表明该碳库中的碳储量没有下降，并提供统计可靠性以及抽样调查方法的说明。

(2) 被普遍认可的经验或知识，如在农地上造林枯死木碳库中的碳储量是不会减少的，因为农地上没有树木，也不可能有枯死木。

(3) 文献调研，如有可靠的文献为据，证明在某地区某一土壤类型的农地或荒地上造林后，土壤有机质碳库中的碳储量是增加的。

但是，在任何条件下，地上生物量和地下生物量碳库都是不能忽略的。枯落物和枯死木碳库中的碳储量一般较低，且在无林地上

造林通常会增加这两个碳库中的碳储量，因此可保守地忽略这两个碳库。而土壤有机质碳库则要复杂得多。根据《中国绿色碳基金碳汇项目造林技术暂行规定》，造林过程中，禁止炼山和全垦整地。尽管如此，如出现下列情况，土壤有机碳则不能忽略：

①项目造林地为湿地、有机土（泥炭土）。

②整地、造林和森林管理对土壤的扰动超过地表面积的 10%，除非项目参与方能证明：项目开始五年后，项目情景下矿质土壤中有机碳的损失速率低于基线情景，或有机碳的增加速率高于基线情景。

③整地未沿等高线进行。

如果没有上述情况发生，则在下列条件下，土壤有机质碳库可以保守地忽略不计：

①基线情景下土壤有机碳呈下降趋势。

②基线情景下土壤有机碳处于稳定或准（基本）稳定状态：根据《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》，如果生态系统连续 20 年处于某种土地利用状态，则默认土壤有机碳处于稳定状态。最近的研究表明，大多数土壤有机碳的变化发生在土地利用变化后的最初 10 年内，此后的土壤有机碳的变化非常缓慢，即处于准（或基本）稳定状态。从保守角度出发，本指南采用 IPCC 的缺省值（20 年），即如果项目开始前的土地利用方式已连续维持了至少 20 年，则可认为基线情景下土壤有机碳处于稳定或准（基本）稳定状态。

③基线情景下土壤有机碳增加速率小于或等于项目情景。

此时，下述的造林项目可以保守地忽略土壤有机质碳库：

①在农地上的造林。

②在城市用地上的造林。

③已退化或正在退化的草地上的造林。

④维持 20 年以上的非退化草地上的造林，且造林树种为非针叶树种。

维持 20 年以上的非退化草地上的造林，造林树种为针叶树种，但是必须满足下列条件：

不计量和监测枯死木和枯落物碳库。