

陆地碳项目科学最佳实践指南

蓝碳



2024年8月

Stefanie Simpson 和 Lindsey Smart

The Nature
Conservancy 
大自然保护协会

基于科学最佳实践的碳核算方法是所有严格的碳信用计量的基础。然而，尽管历经数十年的科学研究，碳信用质量已得到显著提高，但相关研究仍在继续深化并不断提高项目核算的准确性。

《科学最佳实践指南》对六个新兴自然气候解决方案(NCS)途径中开发的碳项目的当前科学最佳实践和差距进行了一系列的说明：

本指南概述了高质量蓝碳项目如何应用最新的科学进展和工具，在基线情境定义、碳减排量和清除量测量与量化、不确定性估算以及项目活动和持久性监测等方面开发具有高度完整性的项目。有了这份指南，高质量碳信用的买家就能更好地评估项目是否有效采用了严谨的科学工具和方法。有关高质量蓝碳项目的详细指南，请参阅[《高质量蓝碳原则和指南：为人类、自然和气候带来三重效益的投资》](#)报告。

自然气候解决方案 (NCS) 的途径



1. 避免草原和灌丛的转换
(ACoGS)

2. 造林、再造林和植被恢复
(ARR)

3. 农业土地管理
(ALM)

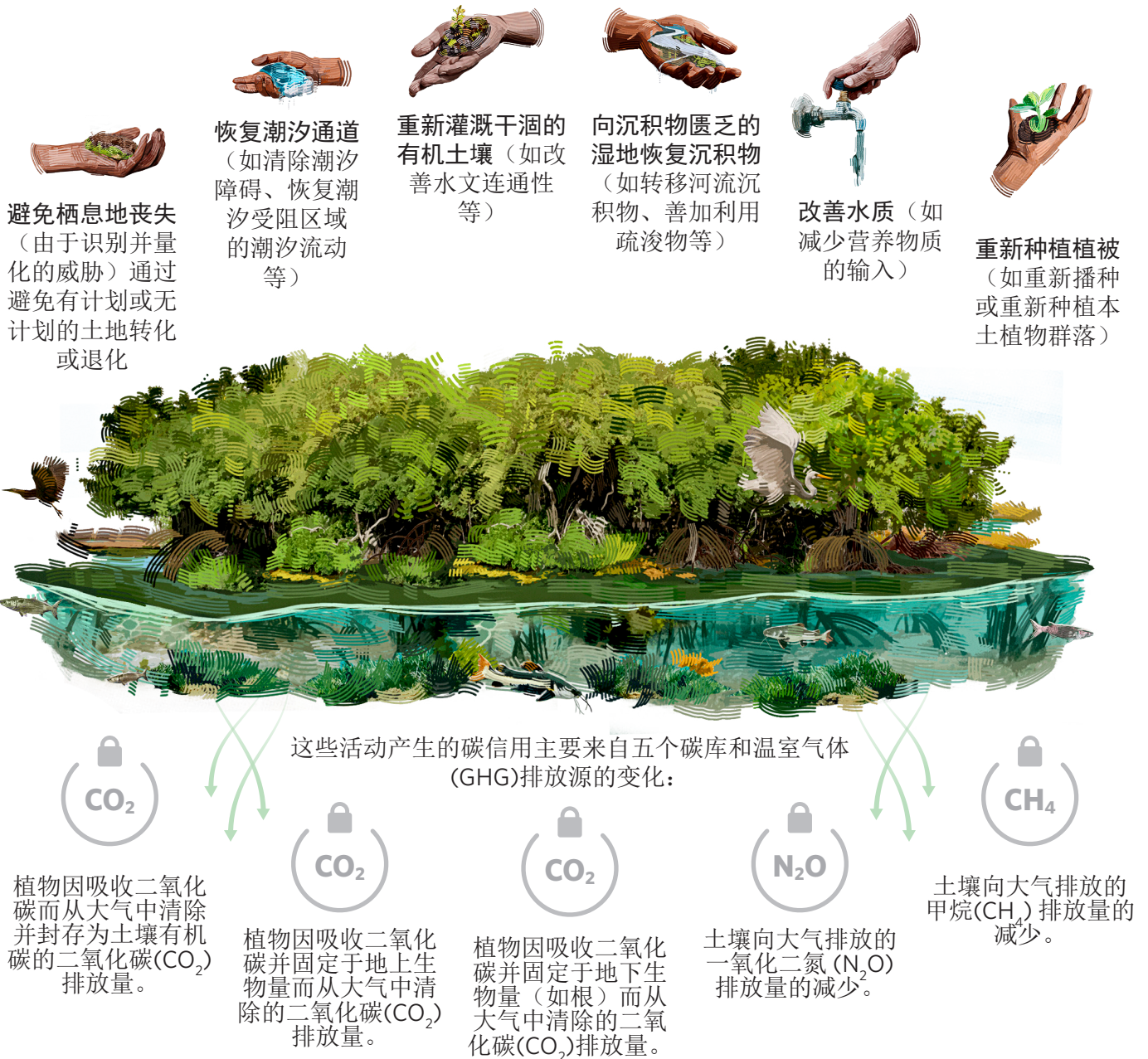
4. 湿地恢复和保护
(WRC): 蓝碳

5. 改善森林管理
(IFM)

6. 减少毁林和森林退化所致
排放量(REDD)

什么是“蓝碳项目”？

蓝碳项目的项目活动取决于具体项目背景以及所使用的方法，但项目活动必须解决栖息地丧失或退化的根本原因。在碳金融的支持下，沿海开发、水产养殖和农业、沿海基础设施（导致潮汐限制）以及水质下降等活动带来的湿地退化可得到有效缓解。退化的湿地由于海平面上升和海岸侵蚀可能面临进一步的风险。蓝碳项目活动可包括：



蓝碳项目通过在红树林、盐沼和海草系统等海滨湿地栖息地开展恢复和/或保护（避免丧失）活动来产生碳信用。尽管目前仍探索其他栖息地（如海藻）的碳信用计量方法，但受目前的科学和经批准的方法的局限，蓝碳项目目前集中在这三种沿海植被栖息地（Howard 等人，2023年）。蓝碳与其他途径的不同之处在于，其关注土壤碳库（尽管项目核算中可能包含其他碳库）。与生物质碳库相比，土壤碳库是一个更永久的碳库（只要栖息地保持完整和健康）。

沿海景观具有独特的动态性，这使得蓝碳市场项目的实施特别具有挑战性。因此，蓝碳科学正处于不断发展中，应定期进行重新评估。成功的高质量蓝碳项目应全面权衡环境影响、社区福祉和法律合规性。项目不仅要确定和量化项目边界内可能受项目活动影响的所有碳库和碳源的排放，还要考虑社区利益和需求。高质量项目应利用现有的最佳科学和最佳实践来实现四项核心任务：



1.

监测项目启动日期前后恢复或保护活动的实施情况。

2.

量化基线情境和项目情境下的温室气体减排量和清除量。

3.

在整个项目设计和实施过程中直接与地方社区合作。

4.

量化其他生态系统服务，如增强生物多样性、水质、海岸带弹性等。¹

监测项目活动



在市场激励措施的推动或支持下，碳项目将带来有利于气候的行为改变。因此，必须在实施碳项目之前和之后对蓝碳项目的条件进行监测，以确保已经改变实践，且由此产生的气候效益是由于改变实践所致。本文件是证明项目相对于“一切照旧”的基线情境的额外性的重要组成部分。

项目前期监测

证明额外性

根据 Verra 的“核证碳标准”，全球蓝碳恢复和保护项目的实施率非常低，因此大多数项目都能满足额外性要求，前提

是这些项目同时通过监管盈余测试（即项目活动并非由任何强制性法律、法规或其他监管框架所强制要求）。然而，此外，建议项目还应证明其财务额外性（即碳金融如何填补项目预算缺口）。

法律方面的考虑

沿海景观可能涉及不同的土地所有权，从而影响碳信用计入区域的范围。例如，潮间带区域可能由多个实体拥有或管理，随着海平面上升，这些边界可能会随着土地被淹没而发生改变。即使在土地所有权明确的情况下，政府也可能将碳权视为一种国家资源。项目倡议人需要证明其具有明确的项目开发权，同时明确由此所产生的碳信用的所有权。

确定基线

高质量项目中的碳信用被量化为项目活动相对于未实施项目的反事实基线情境对温室气体排放量的净影响。对蓝碳项目而言，最可靠的基线通常是项目启动前 10 年内历史土地使用情况的延续。例如，如果某一项目的目标是采取激励措施，使被围堰的湿地恢复潮汐流，那么基线情境应为在不重新引入潮汐流的情况下，延续湿地围堰及其相关温室气体排放量的情况。因此，需要项目前几年及项目期间项目活动的详细数据。

沿海景观是动态的景观系统，可能会面对更多气候影响的风险，因此在规划项目时必须加以考虑。项目必须考虑到气候变化和极端天气事件（如海平面上升和飓风等）对保护或恢复活动完整性造成的潜在风险。

满足所有相关监测和法律要求所需的信息包括：

- **项目区域划分：**计划开展项目活动地区的 GPS 坐标、遥感数据和/或法定地块记录。
- **排放系数和固碳速率：**有关排放系数（温室气体排放速度）和固碳速率（从大气中清除温室气体的速度）的准确数据。
- **土地管理因素：**项目实施前后土地使用和管理活动的详细信息。
- **海平面上升应对策略：**预测项目所在地海平面上升的影响，包括项目将如何随时间推移监测湿地分布和海拔的变化。
- **持久性：**必须至少保护40年的固碳效益（注意有些标准，如 Verra，要求 100 年），或考虑到随后的“碳逆转”现象。高质量项目包含风险（如海平面上升、自然灾害等）的应对策略。
- **碳泄漏：**项目必须考虑到项目活动在项目区域以外造成的碳排放。对于使用 VCS VM0033 方法的项目，如果满足该方法的适用条件，则认为不会发生碳泄漏。
- **所有权明确：**注册碳项目的实体必须对碳信用拥有明确的所有权。
 - 在政府主导的项目中，政府土地管理机构必须能够证明其具备参与蓝碳项目的法定权利。通常情况下，这一权利可促成与恢复活动出资人、服务提供者和其他利益相关者的合作。
 - 在某些地区，可能存在多个利益相关者群体，他们对获取和使用土地享有各不相同的权利。利益相关者的相关数据对于确定哪些人员受到项目活动的积极或消极影响至关重要。
 - 如果土地为私人所有，项目业主必须评估当地和国家政策，以确定政府是否可能拥有碳权或采矿权。

高质量碳项目应在项目碳信用计入期内使用相同的方法量化基线情境和项目情境下的碳排放量和清除量。基线情境应每 6 年评估一次（根据 Verra 的要求），并计算出在项目实施期间若不实施该项目会发生的碳排放量和清除量。使用相同的工具和方法对每种情境下的碳排放量和清除量进行量化，可确保碳核算的一致性，既能保持基线情境的完整性，又能减少项目产生的碳信用的不确定性（Zhou 等人，2023年）。

利用遥感技术

划定合适的项目区域边界需要了解当地的土地覆被和土地利用动态变化情况。遥感数据和地理信息系统（GIS）是具有成本效益的工具，可用于：(1) 绘制栖息地范围和变化图（如估算栖息地丧失速度）；(2) 识别风险或威胁；及(3) 量化碳储量。利用光谱带、卫星图像植被指数和数字高程模型的组合，可以在不同时间点对沿海生态系统进行分类，提供基线范围地图图以及随时间推移的变化情况。

除光谱带和植被指数外，雷达数据得出的纹理指标以及激光探测与测距（LiDAR）数据得出的其他三维结构指标也可用于进行土地利用分类，而

且在某些情况下还可用于预测地上生物量（以及预测地上碳），因为红树林系统的冠层结构与生物量之间存在强相关性。此外，多次测量这些纹理和结构属性的数据以及植被指数可用于跟踪生态系统随着时间的推移的健康状况（如退化），并识别显示需要恢复的区域优先程度。

一些蓝碳生态系统比其他生态系统更容易用遥感方法进行测绘和监测。例如，红树林具有独特的光谱特征，非常适合通过遥感数据加以识别。此外，红树林还固定和储存了大量的碳于地上生物量中，可以通过遥感技术对其进行测绘和监测。由于卫星图像穿透水体的能力有限，而海草通常位于潮下，因此更难通过公开的遥感数据进行监测。因此，了解遥感技术在这些不同系统中的适用局限性非常重要。遥感工具也存在固有的不确定性，有时会导致对栖息地覆盖或覆盖变化的错误分类。所有利用遥感分析填补数据缺口的高质量碳项目都应遵循适当的方法，通过质量保证/质量控制方法（如准确性评估和其他性能指标）确定和报告不确定性。通过与土地管理者合作，可以系统地解决这些不确定因素，通过实地调查观测和专家咨询/验证提高分析准确性。



给买家的建议

- 询问土地的所有权归谁、碳信用归谁所有以及所有权是如何确定的。
- 询问项目区域是如何划定的，使用了什么方法来确保项目区域内只包含了实施项目活动的地块。
- ，要求查看历史影像以核实项目实施前的土地使用情况。
- 询问如何测量栖息地退化和土地转化，并要求查看记录方法准确性和不确定性的报告（若使用了遥感数据，通常是以准确性评估报告的形式呈现）。
- 询问如何确定退化的根本原因，以及项目活动将如何直接解决这一问题。
- 询问海平面上升是否/如何影响项目区域、项目活动和未来的温室气体排放量。询问项目基线是否考虑了这些影响。
- 询问使用了什么方法来量化基线情境和项目情境下的碳排放量和清除量。
- 询问将如何对项目活动进行长期监测（例如，项目前、项目期间和项目后）。
 - 如果使用遥感或建模方法，则要求提供有关方法及其准确性（假阳性率和假阴性率）的证明文件
- 询问是否存在实地验证计划来证实所采用的方法，并询问是否会让利益相关者参与其中，以提供反馈意见，为结果提供参考。

减排量和清除量的量化



量化碳库和温室气体排放源

所有碳项目的一个核心要素是准确量化项目实现的温室气体净减排量和清除量，同时保守地考虑该数字的不确定性。这个量是项目温室气体边界中确定的所有碳库和温室气体排放源清除/排放量的总和。不同碳库和温室气体排放源往往需要不同的量化方法来准确估算项目的影响。不同的量化方法存在不同类型的不确定性。高质量的碳项目会透明地概述所有计入

碳库和温室气体排放源的不确定性的量化方法和类型。

在许多地区，现有的蓝碳排放和固碳数据可能非常有限，收集这些数据可能很困难，且成本也很高。为了减轻这一负担，Verra 当前（截至发布之日正在更新）的滨海湿地恢复方法 (VM0033) 允许项目开发人员根据系统和温室气体库/排放源使用一些默认值²（表 1）。如果没有当地数值，这些默认值就是蓝碳项目的最佳可用数据。然而，投资于当地实地数据的项目可进一步提高碳信用估计值的准确性，减少不确定性。

表1：使用 VM0033 方法的蓝碳温室气体库和排放源的量化方法。

温室气体库/排放源	默认值	代用指标	已出版/已建模	直接测量
草本生物量固碳速率	3 吨/公顷，按比例扩增至100%盖度时的缺省值，一次性计算	无	无	野外生物学方法
木本生物量碳库	无	无	无	森林清查方法
土壤固碳速率	1.46吨/公顷/年（如果覆盖率至少为50%*如果是非有机土壤，则扣除外源（allocht）3碳	相同或类似的系统	相同或类似的系统	测量带基线面的土样
土壤甲烷排放速率	>18ppt** = 0.011 吨/公顷/年 >20ppt** = 0.005 吨/公顷/年			密闭箱法或涡度协方差法
土壤一氧化二氮排放速率	因盐度和系统不同而异			

*土壤碳默认值（Chmura 等人，2003 年）只能在没有公开发表值的情况下使用。

**土壤甲烷默认值（Poffenbarger 等人，2011 年）只能在没有公开发表值的情况下使用。

使用蓝碳量化方法的主要考虑因素包括：

1. 如果科学上可信，且当地没有现成的相关公布数据，则可使用默认排放系数。允许的默认值包括政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 发布的用于国家温室气体清单的数据（第 1 级）、关键因素的国别数据（第 2 级）或通过长期重复测量或建模得出的详细清单中的碳储量数据和排放速率（第 3 级）。第 1 级或 2 级数据的误差范围可能较大，例如地上碳库的误差范围为 +/-50%，可变土壤碳库的误差范围为 +/-90%；然而，这些默认值被认为是保守默认值，因此除非存在本地监测的数据，否则可使用默认值。
2. 有时会使用代用指标来估算温室气体排放量，但对于蓝碳系统来说，这些指标还不够完善。盐度常用作代用指标来估算甲烷，根据 Poffenbarger 等人2011年的研究，对于盐度超过 18ppt 的湿地，甲烷排放量可以忽略不计。然而，新研究（目前正在出版中，预计 2024 年发布）表明，这一范围的变化更大。应谨慎使用代用指标。
3. 可使用已公开发表的数值作为温室气体平均排放速率，这也是一种有效的方法，前提是这些数值来自于通过同行评审公布的数据，并且这些数据来自于与项目区域生态系统“相同或相似”的生态系统。
4. 模型是估算温室气体排放量的另一种选择；然而，目前许多模型尚未针对蓝碳进行充分开发和测试。若要使用模型，则必须通过与项目系统具有相同或相似的地下水位深度、盐度、潮汐水文、沉积物供给和植物群落的系统对该模型进行直接测量来验证。所有可能的模型不确定性来源都应采用公认的统计方法进行评估，如《2006 年 IPCC 指南》中描述的方法。
5. 实地收集的数据包括通过实地采样直接测量的温室气体排放速率或碳储量变化。若要通过实地采样实现可靠的蓝碳核算，必须采用分层方法，将项目区域细分为空间上相似地层。例如，可根据土壤类型和深度、地下水位深度、植被覆盖度、盐度、土地类型或项目生命周期内的预期特征变化来选择分层方式。

在测量时，增加分层数量可以通过减少样本面积来提高核算精度。

由于蓝碳温室气体通量可能存在差异，实地收集的数据最为可靠和准确，应尽可能优先考虑。

收集土壤碳和温室气体通量数据

土壤碳

土壤有机碳储量（土壤中有有机碳的密度），应在项目开始时和项目实施期间定期（至少每 5 年）进行测量。初始测量值是基线情境和项目情境的共同起点，一旦项目开始，该测量值就会与初始土壤有机碳储量有所差异。在测定土壤有机碳时，要采集土样并分析 1) 土壤深度、2) 干容重和 3) 土壤有机碳含量(%Corg)。干容重乘以土壤有机碳含量，就得到了以单位体积质量为单位的碳储量。

如上所述，应采用分层随机采样方法来测量土壤有机碳储量。这种方法将项目区域分割成小而均匀的单元，以减少每个碳层内土壤有机碳储量的测量值变化。应收集和分析土壤样本，以便随后计算土壤有机碳储量及其变化。每个碳层内的采样密度（单位面积内的样本数量）应在采样成本和因样本误差而减少的碳信用之间权衡选择。最佳采样密度取决于具体的地理位置、该地理位置内环境属性的相关差异性以及被计入碳信用的项目活动。

目前获取土壤有机碳数据的最佳做法是收集土壤物理样本，并将其送往经认证的土壤实验室进行分析。这一过程既耗时又昂贵，会对许多项目造成成本障碍，但这些数据对高质量碳信用项目的完整性至关重要。由于默认值和国家值往往比较保守，当地收集的数据不仅更准确，而且可能产生更多的碳信用。高质量碳信用的买家可以考虑投资于研究工作，以降低土壤有机碳的测量成本，增加潜在的碳信用额。

表2：《蓝碳手册》（Howard 等人，2014年）中测定有机碳百分比的实验室方法比较。

	干烧法		湿式燃烧法
	元素分析仪	烧失量(LOI)分析	H ₂ O ₂ 和重铬酸盐消化法（Walkley-Black法）
优点	碳含量的定量测量	有机碳含量的半定量测量；成本低且技术简单	有机碳含量的半定量测量；成本低且化学反应简单
缺点	需要特殊仪器；可能成本高昂	根据碳和有机物之间的经验关系确定有机碳百分比	H ₂ O ₂ 并不总是能均匀地消化碳；会产生有害废物

衡量碳固存的另一个重要因素是了解项目活动导致碳积累开始的时间点。一些方法对对照层的设置有严格要求，将其作为项目开始后测量土壤碳积累的主要方法。仅仅通过取心样本无法得知由于项目活动而积累了多少物质。需要考虑时间因素，而对照层法是最具成本效益的方法。

地上和地下生物量

地上活体生物量(AGB)可以是草本生物量（主要存在于湿地和海草中）或木本生物量（主要存在于红树林中），而地下活体生物量(BGB)则由根和根茎组成。测量生物量碳的方案可能因栖息地类型和密度而异。在许多情况下，可以使用异速生长方程来描述可测量参数（例如高度、胸径、密度、覆盖度等）与总生物量之间的关系，并且常用于避免破坏性测量方法。所使用的方程应来自相同或相似的系统和/或物种（如有可能），并在文献中得到充分证实（即经过同行评审）。然后，将每种植物部分的生物量乘以相应的碳转化系数，可得出地上碳库的碳储量。在蓝碳栖息地中测量碳库的一个挑战可能是样本的可获得性。在红树林中采样尤其具有挑战性，因为红树林通常有丰富的支柱根或呼吸根，周围是纵横交错的水道，并且受到潮汐周期的影响。

在量化生物量方面，红树林有时与陆地森林的处理方式类似；然而，在评估红树林生物量时，需要考虑一些关键

差异。例如，在采样区域内采样红树林时，建议测量所有活树（而在陆地森林采样区中仅对10厘米或以上的树木进行测量），或者在小树居多的采样区域使用子样本。在许多地区，主要的红树林物种具有较短的地上结构，通常被称为矮生红树林或灌木红树林。在矮生红树林系统中，适用的异速生长方程则更为有限。矮生红树林系统现有的少数方程主要来自美国佛罗里达州；然而，最准确的方法是为相关地区的植物研究新方程。由于不同物种和不同地域之间的差异很大，研究具有地方相关性的异速生长方程是一个亟需进一步研究的领域。同样，红树林中可用的地下活体生物量异速生长方程也很有限，但地下活体生物量碳库可能是一个关键组成部分。文献中报道了一些异速生长方程，尽管其中一些比较保守，但如果能开展更多研究，制定出更具地区性的方程，将是对这一领域的宝贵贡献。为了大致估算地下生物量，通常使用地下生物量与地上生物量之比。默认的红树林地下生物量与地上生物量之比介于0.29与0.96之间（Howard等人，2014年）。

对于潮汐湿地，在设计采样计划时，区分高、中、低潮湿栖息地至关重要。潮汐湿地中储存的大部分碳存在于地下生物量和土壤中，而在高潮湿环境中，地上生物量更为显著。对于地下活体生物量，碳库可以使用已开发的异速生长方程或直接测量来估算。为特定物种和地点开发异速生长方程是最准确的方法。

海草的地上活体生物量可能会随季节变化，在某些地方可能在冬季完全消失。潮下海草床需要使用浮潜或水肺潜水装备进行采样，这可能会耗费大量资源。

在蓝碳栖息地中，采样时机很重要，因为碳库可能会因季节、土壤含水量和盐度的不同而变化。制定周密的采样计划非常重要，该计划应考虑潮汐时间表、潜在的洪水事件、采样地点的可达性、采样样本区是临时性的还是永久性的，以及需要多大的采样区域才能采集到具有代表性的植物样本。建议每年在生长旺季进行采样，通常是在夏季中后期。

《蓝碳手册》（Howard 等人，2014年）为收集蓝碳栖息地的 AGB 和 BGB 数据提供了更多指导和细节，包括确定棕榈树和其他非乔木植被、气生植物以及枯落物的碳含量。

温室气体通量

温室气体通量是项目区域自然吸收和排放的净排放量，最终会计入产生的碳信用。用于量化通量的排放量可通过直接测量或代用方法来确定。在使用直接测量时，温室气体通量是通过准确测量或建模在土壤和植被以及大气/水体之间进行估算的。温室气体通量可以通过涡度协方差塔或静态箱法进行准确测量。这两种方法各有优点。虽然涡度协方差塔法只需要极少量的监测人力，但由于需要购买昂贵的通量塔和传感器，并支付人员进行复杂数据处理的费用，因此成本可能过高。静态箱法的安装成本可能较低，但需要花费

更多的时间和精力来建立和监测（而且还需要购买传感器）。静态箱法需要建造或购买木板道，以避免对要测量通量的地点造成干扰。

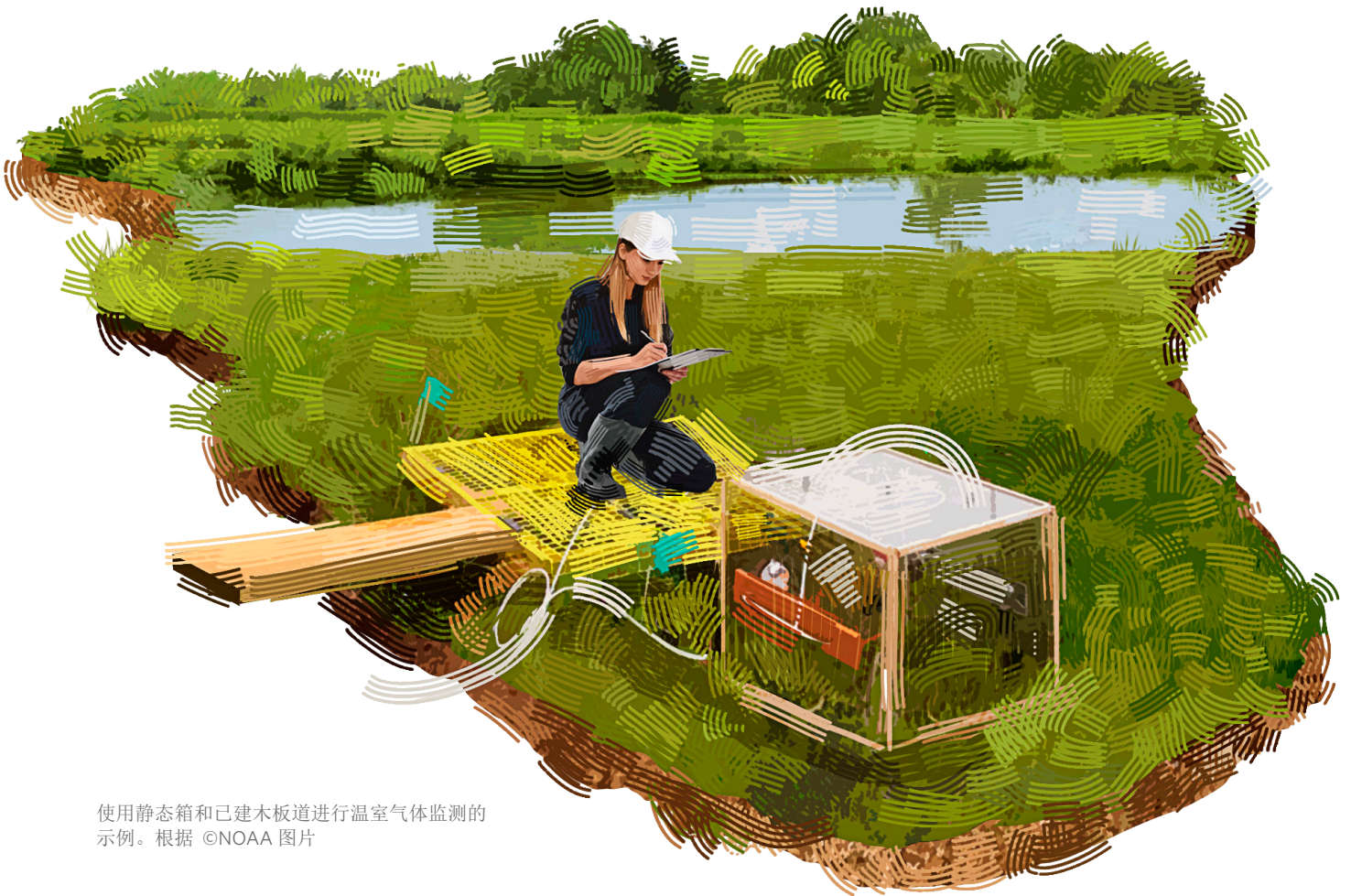
如果使用代用方法来测量温室气体通量，碳储量的变化可以通过以下两种方式之一来确定：1) 碳储量差值法，估算两个时间点测量的碳储量的差值（第3级估算）；或2) 增益损失法，根据特定活动的排放系数估算碳储量的差值，该方法源自文献和国家活动数据（第1和第2级估算）（Howard 等人，2014年）。

在盐度超过 18ppt 的情况下，二氧化碳（CO₂）排放量和甲烷（CH₄）排放量可以使用代用指标，而在盐度较低的情况下，则需要直接通量测量值来测量 N₂O 排放量和 CH₄ 排放量。N₂O 的排放主要与水产养殖/农业投入品有关，通常可以忽略不计，除非系统中有硝酸盐负荷源（例如，肥料径流）；而 CH₄ 的产生则与盐度直接相关（Poffenbarger 等人，2011年）。

《蓝碳手册》（Howard 等人，2014年）是收集和核算蓝碳碳信用方法的标准资源。我们在此汇总了一些信息，尤其是对蓝碳核算尤为重要的土壤有机碳和温室气体通量方面的信息。有关收集、分析和计算土壤有机碳、温室气体通量以及测量蓝碳生态系统中地上和地下生物量碳的步骤的更多信息，请参阅手册：[《蓝碳手册——沿海蓝碳》：评估红树林、潮汐盐沼和海草床碳储量和排放系数的方法。](#)



从湿地提取的示例土样。根据
©Stefanie Simpson 的图片



使用静态箱和已建木板道进行温室气体监测的
示例。根据 ©NOAA 图片

温室气体建模

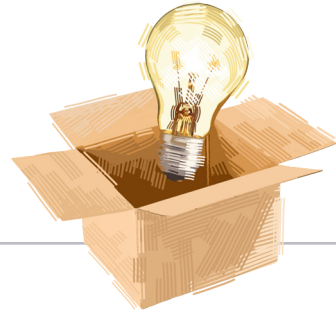
沿海系统高度动态化，因此，沿海生物地球化学模型需要非常复杂，且包含大量参数。众所周知，沿海模型的差异性很大，容易出错或过于简化。如果开发人员选择使用这种方法，用于模拟项目活动对温室气体减排量和清除量影响的模型应始终根据相同温室气体的测量数据集进行校准和验证。模型验证应透明地报告模型预测误差，并将误差录入到后续模型模拟中。高质量碳项目会有公开的模型验证报告，其中包括校准和验证所用的所有数据，并以简单的散点图形式直观地显示与模型预测相对应的数据。项目中用于量化土壤有机碳清除量的模型应基于其预测土壤有机碳储量变化的能力进行验证，而不仅仅是土壤有机碳储量。

需要非常具体的实地观测数据来验证高质量蓝碳项目中所使用的模型。最佳数据来自长期研究（>5年），在实施改进项目活动和现行基线活动的配对地块中，对目标温室气体源或库进

行长期重复测量。对于蓝碳而言，此类经过实地验证的模型仍在开发中，并且需要更多的实地验证才能广泛应用。

考虑不确定性

高质量项目在量化多种不确定性来源时，应保守地考虑这种不确定性对发放给项目的碳信用的影响。对不确定性的适当考虑会围绕项目的气候影响的点估计值产生一个概率分布。最终发放给项目的碳信用额可以从该分布中选择，以代表基于所报告的不确定性进行的保守发放。高质量标准有如下要求：当误差大于 **20%** 且置信区间为 **90%** 或误差大于 **30%** 且置信区间为 **95%** 时，项目须在项目核算中扣除不确定性。由于不确定性分布是由项目量化方法中的不确定性造成的，因此这种碳信用计入方式激励项目通过降低模型预测误差（改进模型验证）、投资本地获取数据和降低采样误差（收集更多样本）等措施来降低不确定性。



给买家的建议

- 要求提供一份报告，概述项目核算的所有温室气体排放源和碳库、相关的量化方法以及所考虑的不确定性类型。
 - 确保每个温室气体排放源或碳库在基线情境和项目情境中都使用相同的量化方法。
- 询问正在从项目所在地当地收集哪些数据，以及使用了哪些方法。实地测量是否遵循《蓝碳手册》（Howard 等，2014 年）中规定的规程？
- 通过发放少于项目平均预期碳信用的碳信用，确保最终发放的碳信用额保守地考虑了不确定性和风险（即，这样有助于形成缓冲碳库，蓝碳项目平均缓冲碳库为 20% 以上，因为仅海平面上升的风险就可能导致 20 个百分点的风险扣减）。完善和降低风险评分需要大量的项目实地数据，这也是一个需要进一步投资的领域。
- 对于测量土壤有机碳储量和碳储量变化的项目：
 - 询问在采集土壤样本之前是否已对项目区域进行分层。
 - 询问在计算土壤有机碳储量变化时是否使用了等效土体量法。
 - 询问采样密度，以及最终碳信用额是否考虑了采样误差。
 - 如果使用了替代测量方法，询问这些方法的误差是多少，以及在最终发放碳信用额时是否考虑了这些误差。
- 对于测量地上和地下生物量的项目：
 - 询问该项目是否使用适合相关物种/当地的异速生长方程，以及这些方程是否经过同行评审。
- 对于项目温室气体排放量建模：
 - 要求查看项目的模型验证报告，并确保报告显示了项目活动以往研究数据的模型性能简单散点图。
- 询问该项目是如何考虑海平面上升的影响的。

与地方社区合作



沿海蓝碳项目通常涉及多方利益相关者以及土地权属不明确的情况。蓝碳项目可能会在这些社区生活和工作的地方开展，并对当地经济产生重大影响。高质量项目实施社会保障措施，以保护社区权利，将当地生态知识和领导力纳入项目设计和实施的各个环节，并确保公平获取土地和碳收入。最佳实践包括：

- 建立自由、事先和知情同意(FPIC)流程
- 确保原住民和地方社区、妇女、青年和其他边缘群体广泛参与项目的规划、设计和治理
- 建立便捷的反馈和申诉机制
- 尊重当地的土地使用方式和文化
- 授权地方社区确定公平的收入分享方式（最好使社区能够随着价格的

上涨而获得更高比例的收益，并以固定比例补偿项目开发人员）。

- 在当地因地制宜地运作
- 设计透明且公平的协议和合同

有关与蓝碳利益相关者合作时为决策和行动提供指导的更多指南，请参阅以下资源：

- [《高质量蓝碳原则和指南：为人类、自然和气候带来三重效益的投资》](#)
- [《将当地生态知识\(LEK\)纳入红树林保护和恢复：从业人员和研究人员最佳实践指南》](#)
- [《与原住民和地方社区合作人权指南》](#)



给买家的建议

- 询问是否弄清楚利益相关者图谱，以及地方社区是如何参与项目规划和实施的。
- 要求查看 FPIC 流程的记录。
- 询问在利益相关者的沟通和参与中如何考虑性别因素。
- 询问如何解决语言障碍问题。
- 询问谁拥有项目区域的所有权，是否由同一实体保留碳权。
 - 如果碳信用的所有权已被转让，社区将如何从碳收入中获益？碳信用的所有者是当地社区，还是收入主要流向外部实体？
- 碳收入效益分配方法是采用百分比还是固定比率？

蓝碳 方法回顾



提供蓝碳项目碳信用核算方法的碳标准很少，并且在不同方法中，对科学工具使用的最低要求存在显著差异。下表总结了主要自愿碳标准公布的现有方法。

表3：现有滨海湿地方法学总结。

标准	方法	发布年份	开发状态	市场类型	正在更新中
VCS	VCS VM0033 潮汐湿地和海草床恢复方法，v2.0（目前正在更新至 v2.1）。	2023	已完成	自愿	x
VCS	VCS VM0007 REDD+方法框架 (REDD+MF)，V1.6（目前正在更新至 V1.7）	2020	已完成	自愿	x
ACR	ACR 加利福尼亚三角洲和滨海湿地恢复	2017	已完成	自愿	
中国核证自愿减排量 (CCER)	温室气体排放自愿减排项目的方法：红树林营造 (CCER-14- 002-V01)	2023	已完成	受监管	
澳大利亚碳信用计划 (ACCS)	碳农业倡议——利用蓝碳核算模型(BlueCAM)恢复蓝碳生态系统潮汐	2021	已完成	受监管	
Plan Vivo (PV Climate V5)	PM001：农业和林业碳效益评估方法	2023	已完成	自愿	x
黄金标准(Gold Standard)	红树林可持续管理方法 v1.0	2024	开发中	自愿	草案中

注：此列表旨在尽量涵盖截至撰写时（2024年5月）的所有方法，但并非详尽无遗，也不表示大自然保护协会对这些方法的认可。



给买家的建议

- VCS VM0033方法要求项目遵循当前的科学最佳实践。对根据其他方法验证的项目进行额外的尽职调查，以确保它们达到类似的严格程度。
- 请注意，VM0007 和 VM0033 方法都在等待更新。预计 VM0007 中的蓝碳模块将移至 VM0033。

尾注

- 1 请注意，本报告并未定义如何评估碳项目的生态系统服务功能。有关如何评估这些效益的选项，请参阅 Verra 的可持续发展验证影响标准 (SDVista) 或气候、社区、生物多样性 (CCB) 标准中提供的方法。
- 2 默认值是“全球”排放系数，该系数不针对特地点，可能会高估或低估某个特地点的排放量/固碳量。这些默认值通常由政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 确定，并批准用于特定的方法。然而，高质量的排放系数可以（应该）在具体地点进行实地测量（第3级）。
- 3 外源碳 (allochthonous carbon) 是指固存于一个地方，迁移并沉积在另一个地方的碳。

参考文献

- Chmura, Gail & Anisfeld, Shimon & Cahoon, Donald & Lynch, James, (2003年), “潮汐盐碱湿地的全球碳固存”, 《全球生物地球化学循环》。17.
- Emmer, I.、 von Unger, M.、 Needelman, B.、 Crooks, S.、 Emmett-Mattox, S, 2015年,
- 沿海蓝碳实践: 《潮汐湿地和海草恢复 VCS 方法 VM0033 使用手册》, 恢复美国的河口和Silvestrum, 弗吉尼亚州阿灵顿<https://estuaries.org/wp-content/uploads/2018/08/rae-coastal-blue-carbon-methodology-web.pdf>
- Grimm、Spalding、Leal等人, 2024年。“将当地生态知识(LEK)纳入红树林保护和恢复: 从业者和研究人员最佳实践指南。” www.mangrovealliance.org: 全球红树林联盟。 <https://doi.org/10.5479/10088/118227>.
- Howard, J.、 Sutton-Grier, A.E.、 Smart, L.S.、 Lopes, C.C.、 Hamilton, J.、 Kleypas, J.、 Simpson, S.、 McGowan, J.、 Pessarrodona, A.、 Alleway, H.K.、 Landis, E., 2023年, 减缓气候影响的蓝碳途径: 已知的、新出现的和不可能, 《海洋政策》, 第 56 卷, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105788> <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105788>
- Howard J.、 Hoyt S.、 Isensee K.、 Telszewski M.、 Pidgeon E., 沿海蓝碳: 评估红树林、潮汐盐沼海草碳储量及排放系数的方法 (《蓝碳手册》) (2014年) doi:https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BMurdiyarsol401.pdf
- Poffenbarger H.J.、 Needelman B.A.、 Megonigal J.P., “盐度对潮汐沼泽甲烷排放的影响, 《湿地》, 第 31 (5) 期, (2011年), 第831-842页。
- Zhou等人, 2023年, “土壤有机碳储量的不确定性如何影响美国中西部耕地的碳预算和土壤碳信用的计算?”, 《Geoderma》, 第429期, 第116-254页。

致谢和免责声明

本指南的所有作者衷心感谢各位专家和审稿人，是他们使这项工作得以完成：Diana Rodriguez-Paredes、Kathleen Onorevole、Kim Myers、Ryan Moyer和Sophia Bennani-Smires。

这项工作的部分经费由壳牌石油公司资助，资助金额为 26,000 美元。本报告由大自然保护协会撰写，并由大自然保护协会全权负责编辑。本报告中的观点、数据和分析不涉及壳牌石油公司及其子公司的观点。

