

怎样用好森林“碳库”

3月30日，习近平总书记在参加首都义务植树活动时指出，森林是水库、钱库、粮库，现在应该再加上一个“碳库”。为什么说森林是“碳

库”？如何保障森林“碳库”发挥作用？围绕这一主题，学习时报高端智库版约请了有关部门负责人、专家、地方领导展开三方笔谈。

为什么说森林是“碳库”？

安徽生态与经济发展研究中心研究员 董 玮

森林除了是水库、钱库、粮库，还是“碳库”，这一论断形象概括了森林的多重功能和多重价值，深刻说明了其强大碳汇功能和作用，彰显了森林在实现“双碳”目标中的重要地位。那么，如何完整准确全面理解森林是“碳库”呢？

什么是“碳库”？深刻理解森林是“碳库”，首先要准确认识“碳库”。所谓“碳库”，即碳的储存库，包含地球上存储碳的各个系统，大气、陆地、海洋等生态系统中均储存了大量的碳。地球上的岩石圈和化石燃料是最大的碳“贮存仓库”，碳储量约占地球上碳元素总量的99.9%，在这两个“仓库”中，碳元素迁移、转化活动缓慢，碳被长期稳定贮存。而大气、水体、生物体则更类似于“流动仓库”，它们中的碳元素会在不同物质间快速迁移、转化、交换。亿万年来，地球大气中的碳基本保持着边增长、边消耗的动态平衡。但是进入工业时代，人类开始大量开发使用化石燃料，在短期内将“贮存仓库”中的碳元素快速且大量转化为二氧化碳释放到空气中，打破了“碳平衡”，引起了全球气候变化。因此，重新实现碳平衡就需要将空气中多余的流动碳固定起来，封存在各种“碳库”中。目前的固碳方式主要有两种，即物理固碳和生物固碳，前者是将二氧化碳长期存储在开采过的油气井、煤层和深海里，后者则是利用植物的光合作用，将二氧化碳转化为碳水化合物，以有机碳的形式固定在植物体内和土壤里。

什么是森林“碳库”？在陆地生态系统中，森林是最大的有机“碳库”。森林面积虽然只占陆地总面积的1/3，

但森林植被区的碳储量约占陆地“碳库”总量的56%。树木通过光合作用吸收了大气中大量的二氧化碳，并以多种形式固定下来，包括地上生物质、地下生物质、凋落物、枯死木和土壤有机质等。2020年联合国粮农组织《全球森林资源评估报告》指出，全球森林总碳储量达到6620亿吨，主要储存在森林生物质（约44%）、森林土壤（约45%）以及凋落物（约6%）和枯死木（约4%）中。

森林“碳库”主要包括森林生物量“碳库”、森林土壤“碳库”和森林产品“碳库”。森林生物量“碳库”指活的动物、植物和微生物体内所固定的碳，包括地上生物质和地下生物质。森林土壤“碳库”指死地被物及土壤中的腐屑和有机质中所含的碳，包括凋落物、枯死木和土壤有机质。森林产品“碳库”一般是指森林生物质被收获后，形成的锯板材、纸浆材、薪炭材等材料中所储存的碳。

森林“碳库”的碳循环过程是：森林植物通过光合作用，将大气中的二氧化碳固定在生物质中。如果生物自然死亡，这部分生物体所含的碳则转移到土壤“碳库”；如果生物产品被收获利用，这部分生物量碳则转移到林产品“碳库”。林产品“碳库”的一部分碳经过燃烧、分解释放到大气中，另一部分碳转移到沉积物、化石“碳库”。

由此，根据森林“碳库”的碳循环机理，我们可以采取有效手段不断增加森林“碳库”。一是增加森林资源总量，通过植树造林增加森林面积进而增加森林碳储量；二是提升森林资源质量，通过森林经营和森林抚育等

措施，增强森林储碳功能；三是强化森林资源保护，通过减少森林火灾、森林砍伐、毁林等自然和人为因素的影响，减少森林碳释放；四是加强林产品持续利用，通过延长林产品使用寿命，降低有机碳转化为二氧化碳的周转速率。

森林作为“碳库”的优势。森林固碳是目前最为经济、安全、有效的固碳方式之一。一是森林“碳库”主要基于自然过程。长期以来，我们在森林保护和利用中已经积累了较为丰富的森林经营和管护方面的知识、技术和方法，如植物造林、森林经营、森林抚育、森林防火、森林病虫害防治等。相比工业碳捕捉减排，扩大森林面积、提升森林质量、强化森林保护，是经济可行、技术难度较低的固碳手段，具有成本低、易施行、碳汇量大、生态附加值高等特点。二是森林收获后的林产品还可以继续长时间储存碳。一般来说，薪材及用于燃烧的废弃物中的碳，通常在1至2年内转化为二氧化碳释放到大气中；纸浆材中的碳一般能维持5年，如废纸回收利用或被埋于地下，则留存时间更长，最终以一氧化碳和甲烷的形式排放到大气中；板材中的碳元素则经过100年以上时间才会完全腐烂，转化为二氧化碳释放到大气中。三是合理利用成熟林和过熟林的木材替代钢铁、水泥、铝材等高碳排放材料，既有利于减少碳排放，又有利于森林更新、增加“碳库”。一方面，可以减少高能耗材料生产过程中的碳排放，另一方面，可以促进森林更新，新造林木通过自然生产吸收更多二氧化碳，增加“碳库”。

山区县如何发挥森林“碳库”作用

浙江省泰顺县县长 李剑锋

森林覆盖率高的县域，是一个潜力巨大的超级“碳库”，需立足山区森林资源，加快打造森林生态网络体系，充分发挥森林“碳库”作用，稳步提升县域碳汇增量，助力国家更好更快实现“双碳”目标。

做好“加法”增加碳储量，将“碳库”转化为保值增值的自然资本。森林固碳是国际社会公认应对全球气候变化、实现碳达峰目标的经济有效方式。通过科学植树造林、增加森林面积、提高森林质量，可提升县域生态碳汇增量能力，让“自然资本”保值增值。一是增加森林面积。持续推进百万亩国土绿化行动，实施“一造管三年”管护制度，不断提升新增国土绿化面积。重点加强新造林和补植造林的抚育管理，做到养林护林同步，重视树种收集和幼苗管理，建立专门的苗木培育基地，对现有树木进行抚育、改造和更新，切实提升造林成活率和保存率。二是提高森林质量。坚持以“绿”为基调，以“彩”为点睛，采取造、补、改、育等措施，精选适合本地特点、固碳能力强、宜栽易活、生态防护功能好、经济价值高的树种，不断美化森林景观、完善森林结构、提高生态功能。三是打造森林城市。以创建国家森林城市为抓手，坚持城区林成片、乡村林成网、林网水网交融、城乡绿化一体，全力打造山城相依、绿廊穿梭、环境优美、生态优良的现代森林城市。

做好“减法”降低碳排放，将“碳库”转化为后发强发的内生动力。森林是碳汇还是碳源，会随着时间、空间发生变化。应通过减少林地占用、加强森林病虫害防治、森林防火等工作，实现碳排放强度、单位GDP能耗降低，为县域绿色赶超发展注入强大动力。一是减少占用。通过大力推行退耕还林、封山育林，提高森林覆盖率、产业林绿化率和整体森林蓄积量。同时，注重从源头严格把关，从审查造地项目，尽量减少占用林地。二是减少林火。全力做好森林防火工作，适时发布森林防火令，加强野外火源管控，提高森林防火工作反应速度和工作实效，控制森林火灾受害率，提高森林火灾12小时内扑灭率，严防较大森林火灾发生。三是减少虫害。加强松材线虫、柳杉毛虫、马尾松毛虫等森林病虫害防治，严格按照除治技术规范对发病山场内的当年受害树木采取清理、补救措施，全面加强对外来有害生物的监测监控，通过测报、防止、检疫工作的严密配合，确保有害生物得到迅速且较好的控制。

做好“乘法”放大碳经济，将“碳库”转化为扶农助农的富民产业。绿水青山就是金山银山，建好“碳库”的同时更要利用好“碳库”。应坚持用效益说话，充分发挥“碳库”的经济效益、生态效益、社会效益，把“碳库”真正转化为扶农助农

的富民产业。一是拓展林下经济。围绕资源共享、优势互补、循环相生、协调发展的生态林业模式，充分结合山区县高山优势，科学规划坡地森林，如结合当地实际，泰顺推广铁皮石斛、三叶青、多花黄精、白芨等系列适种药材，加大推广“一亩山万元钱”创新模式，实现林上枝繁叶茂，林下富民增收；通过打造猕猴桃、竹木、油茶全产业链，全县林下经济利用面积近5万亩、产值达20多亿元、带动农户近3万户。二是激活森林旅游。深挖森林资源优势，建设一批珍贵彩色森林示范基地和森林古道，打造一批精品景观公园、绿色村庄、美丽廊道、森林产业，推出精品“森旅”路线，着力推进森林旅游产业发展，助推全域旅游升级，努力实现生态美和百姓富的有机统一。如建设省级森林特色小镇、市级森林康养基地、省级森林人家特色村等，形成立体多元化新业态发展模式，使“碳库”成为撬动绿水青山转化为金山银山的“金杠杆”。三是深推碳汇交易。紧盯碳排放交易市场建立工作进展，积极推进碳排放权交易下的林业碳汇交易，实施森林经营碳汇项目，通过采取抚育间伐、造林补植、保护管理等技术措施，提高林分的生长量和碳汇量。

做好“除法”破除碳障碍，将“碳库”转化为共建共享的制度成果。建设好森林“碳库”是一项综合

我国森林“碳库”具有极大潜能。近年来，我国大力发展植树造林和推进国土绿化建设工作，人工林面积持续保持世界首位，一系列重大举措如六大林业重点工程、国家生态公益林建设和森林抚育等政策的实施，使我国森林面积不断增加、森林质量持续提升。在此过程中，森林发挥了巨大的固碳功能，体现了巨大的“碳库”潜能。

从森林面积上看，我国是世界上人工林面积最大的国家，人工林面积已经达到7954.28万公顷，其巨大的固碳能力为国家固碳减排作出了很大贡献。截至2020年底，我国森林覆盖率达到23.04%，森林蓄积量175亿立方米。随着我国推进大规模国土绿化，人工林面积还将继续增长，森林覆盖率持续提高，森林蓄积量继续增加。按照国家有关部署，到2025年森林覆盖率达到24.1%，森林蓄积量达到180亿立方米；到2030年，森林覆盖率达到25%左右，森林蓄积量达到190亿立方米。因此，未来我国森林面积增长中蕴含的巨大“碳库”潜能还将进一步被激发。

从林龄结构上看，森林的固碳量与森林的年龄组成密切相关。一般森林据其年龄可分为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林，其中固碳速度和能力最大的是中龄林生态系统，成熟林和过熟林由于其生物量基本停止增长，其碳素的吸收与释放基本平衡。目前，我国森林资源的中幼龄林面积占森林面积的一半以上，中幼龄林处于高生长阶段，伴随森林质量不断提升，森林将具有更高的固碳速率和更大的“碳库”增长潜力。

性系统工程，必须坚持系统思维，通过深化体制机制改革，凝聚最广大的共识和力量，从制度层面巩固“碳库”建设成果。对于山区县来说，仅靠自身的力量是远远不够的，必须在练好“内功”的同时，借力外部政策支持，积极探索，形成“碳库”作用快速转化的制度成果。一是形成以林长制为主抓手的长效保护体系。坚持“绿水青山就是金山银山”理念，全面推行林长制，制定出台林长制工作相关配套制度，设县级林长、乡镇级林长、村级林长三级林长，划定责任区域，明确林长职责，基本建立县、镇、村三级林长组织体系，实现林长制从“建制”向“见效”的转变，使森林资源管护水平得到质的提升。二是形成以生态补偿为核心的政策激励体系。探索推行要素生态化配置综合改革，将有限的资源投向生态领域，创新“一优先五捆绑”制度设计，即坚持生态优先，实行资金、项目、土地、人才、政策五要素捆绑，每年统筹安排相当额度的绿色发展基金，按生态考核结果分配奖励资金，让差异化的生态激励政策极大调动各方保护生态的积极性。三是形成以全民参与为标志的宣传教育体系。广泛宣传“全民义务植树”“森林是超级‘碳库’”的生态理念，不断提高群众对碳汇林业、碳补偿、气候变化等知识的了解，以及积极应对气候变化的意识，以小切口切实推动“双碳”理念深入人心。

森林是陆地生态系统中最大的“碳库”。据联合国粮农组织评估，每年森林固定的碳约占整个陆地生态系统的2/3。研究表明，约77%的地上碳储量和约40%的地下碳储量储存在森林生态系统。2015年12月，联合国气候变化大会通过《巴黎协定》，将减少毁林和森林退化造成的碳排放、加强发展中国家的森林保护、可持续管理森林和增加森林碳储量列为应对气候变化的一项重要行动。2021年11月，包括中国在内的100多个国家签订了《关于森林和土地利用的格拉斯哥领导人宣言》，承诺共同努力到2030年阻止森林消失和土地退化。在全球森林资源总体减少的背景下，我国通过持续推进国土绿化，全面保护天然林，坚持不懈开展退耕还林还草等一系列措施，实现森林面积和蓄积量连续30多年保持双增长，成为全球森林资源增长最多的国家，森林生态系统质量、稳定性和碳汇能力稳步提高。为进一步提升森林碳汇能力，充分发挥森林“碳库”的“压舱石”作用，还需要在以下四个方面完善政策机制。

科学推进国土绿化，提升森林碳汇能力。扎实开展林业和草原碳汇行动，坚持目标导向，围绕森林固碳增汇减排，打好三大“组合拳”。一是持续扩大森林面积，增加“碳库”容量。坚持把提升固碳增汇能力作为森林培育的重要目标，认真落实《中共中央、国务院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》和《国务院办公厅关于科学绿化的指导意见》，合理规划国土绿化空间，重点解决好“在哪造”“造什么”“怎么造”“怎么管”的问题，通过科学开展造林绿化，做到精准扩库增容。二是精准提升森林质量，提高“碳库”增量。实施森林质量精准提升工程，推行以增强碳汇能力为目的的森林经营模式。科学编制森林经营方案并狠抓落实，加强中幼林抚育和退化林修复，加大人工林改造力度，倡导多功能近自然森林经营，促进森林生态系统正向演替，持续提高森林生态系统质量、稳定性和“碳库”增量。科学开展天然林经营，充分发挥林地生产力，提高天然林“碳库”储量和碳汇增量。三是严格保护森林资源，稳定“碳库”存量。森林具有源汇双重作用，在千方百计增加“碳库”增量的同时，也要加强森林保护，防止森林“碳库”损失和碳逆转。对此，需认真落实林地用途管制制度，严格控制林地转为非林地，对征占用林地实行总量控制、定额管理，确保林地保有量不下降。严厉打击毁林开垦等破坏森林资源行为。持续加强森林防火防虫工作，夯实防灾减灾基础设施建设和科技支撑能力，防止森林火灾、病虫害等各种干扰导致的碳排放。

合理开发利用森林资源，延长林产品储碳周期。树立森林永续利用理念，实行森林利用与保护有机结合，最大限度发挥森林生态效益和碳汇功能。一是采取更灵活的采伐管理制度。基于森林固碳效益最佳年龄，科学制定森林采伐利用方案，做到木质林产品收获利用与森林“碳库”保护相结合，发挥森林最经济高效的吸碳功能。二是鼓励科学使用木质林产品。从“汇”的角度正确认识收获木质林产品在建立“双碳”目标中的特殊作用，建立健全林产品高效利用机制，延长产品使用寿命和储碳时间，充分发挥其二氧化碳“缓冲器”作用。三是推行木竹替代和生物质能源策略。

进一步完善政策机制

推进优质木竹资源和能源林定向培育与利用，提高生物固碳效率和生物质能源利用比例。强化木竹精深加工，加快产业绿色转型。支持有条件的地区优先推广使用木结构和木竹建材，积极拓展木竹材料在建筑、装饰、管道、包装、运输等领域的应用，更好地发挥木竹产品的“碳库”功能。鼓励加快推进林业生物质的研究、开发和利用，发挥生物质可再生能源取代化石燃料的减排作用。

探索建立碳汇补偿机制，增加森林“碳库”收益。研究建立基于森林“碳库”价值的生态补偿机制，对森林碳汇实施“四个”精准补偿。一是精准到位。将碳汇补偿项目落地上图，确保获得补偿林分的权属明确、边界清晰，做到补偿对象精准到位。二是精准到数。采取科学有效的调查测定方法，实现森林碳汇可测量、可报告和可核查，提高碳汇数据可信度，做到碳汇补偿数据精准。三是精准到价。根据碳市场交易价格，结合林草固碳成本，科学确定碳汇补偿价格，做到碳汇补偿价格精准。四是精准到策。政府出台相关政策，明确由国家、地方或跨区域出资补偿碳汇的机制和政策，做到谁受益谁出资，确保碳汇补偿出资政策精准，有效调动各方面力量参与碳汇贡献的积极性。

研究推进碳汇交易试点，多元化实现森林碳汇价值。加快完善林草碳汇核算标准、碳汇项目方法学等标准体系。建立健全林草碳汇参与碳排放权交易的抵消机制，完善林草碳汇项目开发交易流程和管理制度。创新碳汇市场化补偿途径和机制，探索建立林草碳汇自愿减排交易平台。鼓励地方探索碳汇价值多元化、市场化补偿试点。研究探索可行的绿色金融手段，尝试通过森林碳汇债券、期货等资本市场融资机制与模式创新，拓展森林碳汇项目开发融资渠道，将绿水青山切实转化为金山银山，为实现2060年前碳中和目标奠定基础。

国家林业和草原局生态保护修复司司长 张炜