**西藏自治区地方标准**

**《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法》编制说明**

**标 准 名 称 ：** 生态系统碳汇计量与监测体系建设技

术规范 第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法

**标 准 性 质 ：** 推荐性

**项目承担单位：**国家林业和草原局西南调查规划院

西藏自治区林业调查规划研究院

国家林业和草原局中南调查规划院

国家林业和草原局西北调查规划院

**项目起止时间：**2024年11月-2025年10月

一、工作简况

（一）任务来源

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法》地方标准订项目（原项目名称为《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第4部分：荒漠地区碳汇计量与监测方法》，名称有修改），由西藏自治区林业调查规划研究院提出，西藏自治区林业和草原局标准化技术委员会归口，列入西藏自治区市场监督管理局2024年第二批推荐性地方标准制（修）修订计划，项目编号为：Xzzb-2024107。本标准由国家林业和草原局西南调查规划院、西藏自治区林业调查规划研究院、国家林业和草原局中南调查规划院、国家林业和草原局西北调查规划院负责起草。

（二）标准名称和范围的变更

本标准原名称为《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第4部分：荒漠地区碳汇计量与监测方法》，经专家咨询会研讨及相关专家论证，标准名称调整为《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法》，范围未变更。

（三）标准制定的背景和必要性

1.标准制定的背景

习近平总书记强调：“实现碳达峰碳中和，是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求，是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策。”碳汇计量和监测工作有助于评估碳排放和吸收、监测气候变化影响、确定减排和适应策略，并促进生态系统保护与可持续发展。

荒漠化防治是关系人类永续发展的伟大事业，‌我国荒漠化面积占国土面积的26.81%。2023年6月6日，习近平总书记在内蒙古巴彦淖尔主持召开加强荒漠化综合防治和推进“三北”等重点生态工程建设座谈会时强调，要勇担使命不畏艰辛久久为功，努力创造新时代中国防沙治沙新奇迹。荒漠碳计量监测是摸清荒漠地区碳汇资源底数，推进荒漠化综合防治，筑牢我国重要生态安全屏障，助力实现碳达峰碳中和的重要基础工作。

荒漠生态系统具有固定CO2、净化空气、涵养水源、防风固沙、维持生物多样性等诸多功能，碳汇功能在全球气候变化和“碳中和”背景下具有十分重要的意义，其碳循环过程是陆地生态系统碳循环的重要环节，全球荒漠面积约占陆地总面积的１/４，因此其在延缓全球气候变化方面的重要作用是不可忽略的。严酷的气候环境导致系统自我调控能力较低，生态系统表现出敏感性和脆弱性，遭受破坏会释放碳，局部极端地区的植被碳汇不够稳定。因此，加强荒漠生态系统保护，开展荒漠地区碳汇研究工作具有重要性和紧迫性。

目前，国内外研究多聚焦于林草生态系统的碳汇研究，而针对荒漠生态系统碳汇能力的研究关注较少。沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学等机构参与的研究团队认为，沙漠等旱区具有碳汇潜力。另外国外相关研究表明，撒哈拉沙漠是一个面积巨大的碳汇，土壤水分和植被是影响CO2吸收和释放的关键因素。

在我国，部分研究仅对荒漠地区的灌丛、土壤有机碳的固碳能力进行了研究和探讨，关于具体荒漠生态系统的碳汇计量及监测方法探讨极为鲜见，且研究方法各异。如黄建平院士团队研究了沙漠固碳总量及其对全球碳循环的贡献，北京师范大学与西北师范大学团队对西北干旱区植被碳汇估算及其时空格局进行了探索，第二次青藏高原科考项目团队则研究了阿里荒漠区土壤有机碳分布特征。总体来看，探索和研究荒漠生态系统碳汇计量与监测方法，可以填补此块空白。

1. 标准制定的必要性

青藏高原被誉为世界屋脊，是我国重要的生态安全屏障、高寒生物种质资源宝库，也是全球气候变暖的敏感区、亚洲乃至北半球气候变化的“调节器”，在我国生态保护和修复工作中具有特殊重要地位。党的十八大以来，习近平总书记多次就青藏高原生态保护工作作出重要指示批示，强调“保护好青藏高原生态就是对中华民族生存和发展的最大贡献”。2020年8月28日至29日，习近平在中央第七次西藏工作座谈会上指出，保护好青藏高原生态就是对中华民族生存和发展的最大贡献，把青藏高原打造成为全国乃至国际生态文明高地。2021年7月21至23日习近平总书记在西藏考察时强调，要坚持保护优先，坚持山水林田湖草沙冰一体化保护和系统治理，加强重要江河流域生态环境保护和修复，统筹水资源合理开发利用和保护，守护好这里的生灵草木、万水千山。

2023年9月1日，《中华人民共和国青藏高原生态保护法》颁布实施，第十一条提出“国家统筹青藏高原生态安全布局….优化以水源涵养、生物多样性保护、水土保持、防风固沙、生态系统碳汇等为主要生态功能的青藏高原生态安全屏障体系”。西藏作为青藏高原核心主体，是国家生态文明高地建设区，是全球气候变化的关键区、敏感区，生态地位极其重要，生态价值极其巨大。据西藏自治区第六次荒漠化和沙化调查结果显示，西藏自治区荒漠化土地面积4269.27万公顷、沙化土地面积2096.12万公顷，占全区土地总面积的50%以上，居全国第三位，沙化土地具有类型全、海拔高、气温低、高寒干旱等特点，对西藏高原生态安全屏障构建与区域可持续发展具有重大影响。同时，西藏荒漠地区碳汇也是西藏国土空间碳储量的重要组成部分。西藏自治区第十次党代会提出“推动碳达峰碳中和专项研究成果转化，积极发展碳汇经济”。因此，加快西藏自治区荒漠碳汇计量和监测工作非常亟需和紧迫。

目前，国内外尚未发布专门针对荒漠化、沙化地区的荒漠生态系统碳汇项目计量和监测标准规范，现有国标、行标主要集中在森林、草原、湿地等生态系统的碳汇计量、监测和审定核算，其他省市也未正式发布荒漠生态系统碳汇计量监测技术标准和指南。荒漠生态系统主要植被由小乔木、灌木、半灌木、草本植物等组成，区别于森林生态系统和草原生态系统。荒漠植被类型由荒漠草原、小半灌木荒漠、落叶阔叶灌丛、稀疏植被等组成，也区别于森林和草原植被类型。加之现有碳汇计量监测技术标准中，实际操作存在一些不清晰和难处，如灌木碳汇计量未区分出不同树种碳储备差异，调查方法不明确等。面对西藏自治区荒漠碳汇计量和监测工作的亟需性和紧迫性，出台符合西藏地方实情的荒漠生态系统碳汇计量和监测技术标准非常必要。

本标准的制定将为西藏自治区荒漠生态系统碳汇项目审定与核证工作提供切实可行的依据，助力实现西藏自治区碳汇工作目标，高质量服务好西藏自治区自愿减排交易、荒漠化沙化防治等工作，也将为自治区荒漠化防治及荒漠区水土资源的合理保护利用提供理论支撑和数据参考。同时，探索和研究荒漠生态系统碳汇计量与监测方法，可以填补此块空白，在全国范围内起到试点示范作用，对研究我国广袤的荒漠化土地（占国土面积的27.3%）生态系统碳汇能力也具有重要的作用价值和现实意义。

二、主要工作过程

1.编制单位及编制人

本标准参加起草主要单位：国家林业和草原局西南调查规划院、西藏自治区林业调查规划研究院、国家林业和草原局中南调查规划院、国家林业和草原局西北调查规划院、西藏自治区林业和草原局。

本标准主要起草人: 储小院、赵荟、胡多才、李江、杨菁、李志平、余志华、崔亚飞、马林、陈勰、王小菲、蔡江生、黄靖涵、李珠宇。

2.建立标准起草组

本标准于2024年11月5日获得批准立项后，11月6日举行了地方标准编制启动仪式，正式成立了林草、生态学、碳汇、荒漠化防治等多专业融合的标准编制起草小组，明确了小组成员职责。

3.开展标准内容研究

立项之初，起草小组先是在前期资料查阅、收集、整理分析、处理的基础上，开展了项目讨论会，研讨标准大纲和主要编制内容和事项。然后结合资料查阅法、数据库支撑、科研数据佐证、项目成果论证等方法，加上实地调研方式，明确标准的制定需求，确定标准制定的目标，验证测算模型和参数。

具体开展工作包括：查阅了大量高原荒漠生态系统、碳汇研究的资料成果，进行了系统分析，如第二次青藏高原科考项目团队对阿里等地区荒漠区土壤有机碳分布特征进行了研究，提供了理论参考；结合国家和地方数据库成果，如第六次荒漠化和沙化监测工作取得重要空间数据和调查报告，为确定研究范围提供了充分依据；依托青藏高原林草科研监测基地、定结县沙化土地监测站也开展了相关荒漠化综合防治研究项目，为此次标准制定起到了基础科研数据支撑；在西藏开展的相关林草湿荒调查工作、荒漠化项目和碳汇项目，如《林芝市“双碳”行动本底调查项目》，积累了一定的参考成果和工作经验。

研究内容包括：了解我区荒漠化土地现状及防治状况、西藏碳汇工作开展情况、现阶段荒漠化碳汇科研工作等，了解碳汇计量和监测模式、做法及取得的经验成效，讨论主要存在的问题、痛点和难点，验算论证相关模型参数，实地了解国家相关政策及措施、未来发展方向、标准的应用等。

4.形成工作组讨论稿

依据前期的工作大纲，结合收集查阅整理分析资料及综合调研情况，标准起草工作组起草编制标准的草案稿。初步明确本标准的范围、名称、主要术语和定义，确定了计量监测的碳库、抽样方法、样地设置、样方调查要求，监测区域内乔木层、灌木（半灌木）层（林）、草本层、枯落物层、土壤等各碳库的计量方法和内容，及监测要求。在经过现地调研及数据分析论证的基础上，经项目组内部讨论修改，形成了工作组讨论稿。

5.形成征求意见稿

2025年3月29-30日与4月26日，分别通过召开专家咨询会和专家研讨会，修改论证工作组讨论稿设置的指标、格式、调查计量方法等内容。之后，编制组根据实际情况多次邀请行业内专家进行研讨和论证，多次修改论证咨询会专家讨论稿设置的指标、参数等内容，对标准工作组讨论稿进行再次完善，形成征求意见稿。

1. 标准的主要技术内容及技术依据

（一）标准的主要技术内容

本标准规定了生态系统碳汇计量监测体系建设中的荒漠碳汇计量与监测的内容与要求，主要内容如下：

1.范围

本文件规定了生态系统碳汇计量监测体系建设中荒漠碳汇计量与监测的术语与定义、基本规定、监测方法、计量方法、数据质量要求、档案管理等技术内容。

本文件适用于西藏自治区荒漠地区碳汇计量与监测。

2.规范性引用文件

引用了GB/T 20483《土地荒漠化监测方法》，用于荒漠化属性和斑块的界定；

引用了GB/T 43648《主要树种立木生物量模型与碳计量参数》，用于生物量的测定方法；

引用了LY/T 3400《荒漠与荒漠化防治术语》、HJ 1170《全国生态状况调查评估技术规范——荒漠生态系统野外观测》，用于荒漠化及荒漠生态系统等术语的定义；

引用了GB/T 43648-2024《主要树种立木生物量模型与碳计量参数》、LY/T 2253《造林项目计量监测指南》，用于主要树种（组）、灌木（半灌木）、草本层等的含碳系数缺省值的选用；

引用了LY/T 2250《森林土壤调查技术规程》、HJ 658《土壤有机碳的测定 燃烧氧化—滴定法》 、NY/T 1121.4《土壤检测 第4部分：土壤容重的测定》，用于土壤有机碳、土壤相关因子的测定方法。

3.术语和定义

本标准给出了“荒漠生态系统”、“荒漠”、“高寒荒漠”、“荒漠植被类型”、“荒漠碳汇”等术语的定义，根据查阅资料及调研过程中专家意见所做的定义。

4.碳库的选择与确定

碳库选择时宜充分考虑成本有效性、保守性和降低不确定性的原则,本文件中荒漠碳库主要包括（小乔木、灌木、半灌木、草本植物活体）、地下生物量（植物活体根系）、枯落物、生物结皮和土壤有机质。

其中，生物结皮是干旱、半干旱区及荒漠、沙漠地表常见的复合结构，由‌蓝藻、苔藓、地衣、真菌、细菌‌等隐花植物与土壤颗粒通过菌丝、分泌物（如胞外多糖）胶结形成，具有生命活性的薄层覆盖物，其本质是微生物与低等植物协同作用的产物，被称为“沙漠皮肤”。生物结皮发育遵循‌藻类→藻藓混生→苔藓‌的序列，是荒漠生态系统自我修复的关键载体，通过生物胶结、保水固沙和养分积累等功能，为荒漠生态恢复提供基础支撑，其保护与人工培育对遏制土地退化、实现碳中和目标具有重要意义。特别在干旱半干旱区，生物结皮覆盖度占活体植被的比重高，是荒漠地表主要的活体覆盖层，其碳汇贡献弥补了高等植物覆盖率低的短板，生物结皮是荒漠生态系统不可替代的碳汇载体，其光合固碳和土壤碳库积累功能对区域碳中和目标实现至关重要。

5.监测要求

一般植被层碳汇量的监测间隔期为5年，土壤有机碳监测间隔期为10⁓15年。如在监测间隔期间，有明确资料表明灌木层、草本层、枯落物层、生物结皮层和土壤层碳库相对稳定，则此部分碳库可不用连续监测。应选择荒漠植被生物量高峰时进行监测，具体时间选择7⁓8月。

6.调查方法

6.1 样地抽样与设置

根据荒漠植被类型、荒漠化沙化程度和植被盖度等具体情况，系统抽样和空间/属性均衡抽样相结合，采用典型抽样方法，每种荒漠植被类型抽取不少于3个样地。

根据各区域实际情况适当调整样地数量，如在生态系统类型交错和复杂的区域可适当增加样地个数，直到满足调查监测需求，在类型单一的区域可在满足调查监测需求基础上，适当减少样地个数。

样地选择以代表性、非过渡性、无干扰和可观测的地段为标准。

根据样地预设位置和前期样地位置记录描述，采用北斗卫星导航系统或全球定位系统导航、引线定位和向导带路等方法进行样地定位和复位。样地的复位率考虑到荒漠地区地貌发生变化的可能性，设置为达到98%以上，样木的复位率根据国家荒漠普查，结合国土变更调查精度，设置为大于95%。

样地定位样点作为样地西南角，统一标记并编号。增设的乔木典型样地为25.82m×25.82m，以样地西南角为起点，测量角度和距离，闭合差结合荒漠地区样地方法，按照调查监测要求设置为小于1/100。对于在坡面上的样地，应按照垂直投影面积进行坡度校正。

灌木层、草本层和枯落物层采用样方调査。灌木层样方规格2m×2m，共设置5个，分别位于样地西南角向西2m处、西北角向北2m处、东北角向东2m处、东南角向南2m处和中心点，草本层、枯落物层按1m×1m在灌木样方内的西北角处设置，生物结皮层按0.5m×0.5m在各灌木样方内的东南角处设置。土壤剖面调査设置在样地东南角向东2m处。

5.2小乔木层调查

调查并记录乔木样地因子，包括地理位置、起源、海拔、样地号、郁闭度等;对所有胸径大于3cm或地径大于5cm的活立木进行每木检尺，记录样木因子，包括树种、胸径、树高、生长状况等。

5.3 灌木（半灌木）层调查

调查灌木大样方内灌木（半灌木）种类、盖度、株数（丛数）、株高等。选择样方中每种灌木（半灌木）树种的3株平均大小的标准木,不足三株按实际株数选择，如为丛生灌木，则在样方内选取2⁓3丛平均冠幅的每种灌木（半灌木）灌丛，不足2丛按实际丛数选择。采用完全收获法，分别测定其地上干、枝、叶和地下根系的鲜重，各选取干、枝、叶和根的混合样品400g，烘干后测定其干重。

5.4草本层调查

调查测产小样方内草本植物种类、优势种、丛数量、高度、盖度，收集样方内全部草本测定鲜重，并对每个样方的混合草本采集200g样品测定其干重。

5.5枯落物层调查

调查测产小样方内枯落物的厚度，收集全部枯落物称其鲜重，并选取样品100g测定其干重，如不足100g按全部样品。

5.6 生物结皮层调查

调查、记录生物结皮小样方内生物结皮的结皮层厚度、覆盖度等生长发育指标，调查过程中注意避免对土壤生物结皮的干扰和踩踏。清除生物结皮表层的杂物与沙质土壤颗粒后，在各样方内收集全部生物结皮称其鲜重;将收集的全部生物结皮混合均匀后并选取样品50g，如不足50g则取全部样品；将采集的样品在60℃的恒温下烘干12h，称量其干重。

5.7土壤调查

调查内容包括土壤类型、土层厚度、土壤容重和有机质含量。挖掘出一个深100cm的新鲜土壤坡面，不足100cm至基岩为止。用环刀按照0⁓20、20⁓40、40⁓60、60⁓80、80⁓100cm的深度进行分层取样，每层取3个重复样品。

6.总碳储量

总碳储量是监测区域内各碳库的储碳量之和，计算方法见公式:

*C*总 = *C*小乔+ *C*灌+ *C*草+ *C*枯+ *C*生 + *C*土

式中:

*C*总 --总的碳储量，单位：tC；

*C*小乔--乔木层碳储量，单位：tC；

*C*灌 --灌木层碳储量，单位：tC；

*C*草--草本层碳储量，单位：tC；

*C*枯--枯落物碳储量，单位：tC；

*C*生--枯落物碳储量，单位：tC；

*C*土--土壤碳储量，单位：tC。

6.1小乔木碳储量

小乔木碳储量采用组成林分各树种的平均单位面积生物量、树种含碳率及乔木层面积进行推算。

6.2灌木（半灌木）层碳储量

灌木（半灌木）层生物量采用各树种的各器官样本完全收获法，通过实验进行测定，推算获取单位面积灌木层生物量数据（含地下生物量）及含碳率。

6.3草本层碳储量

草本层生物量采用样本收获法进行测定，推算获取单位面积草本层生物量数据（含地下生物量），含碳率实际测定获得。

6.4枯落物碳储量

采用样本收获法测定枯落物的生物量，推算获取单位面积草本层生物量数据。

6.4生物结皮层碳储量

采用样本收获法测定生物结皮的生物量，推算获取单位面积生物结皮层生物量数据。

6.5土壤有机碳储量

荒漠生态系统的土壤层碳库碳储量根据土壤有机碳密度及荒漠植被类型面积推算。

7.数据的质量和控制

应贯穿“采集—处理—分析—计量”全链条，结合碳库动态性特征，通过标准化操作、多层级校验和长期监测保障结果的科学性与可信度。

统一监测方法，要求数据来源、处理流程及假设条件公开可追溯，做到可靠、可追溯。相关参数应尽量标准化，确保不同项目或区域的数据可比。在数据不确定时采用保守估计，优先选择低估碳储量变化的模型参数，避免高估碳汇量。

8.档案管理

档案材料应包括样地调査原始记录(样地调査、小班调査数据)、监测数据(计量结果数据)、统计报表数据、监测报告及相应的电子文档和矢量数据库等。

实施单位应建立完整的技术档案，所有档案材料均应进行电子存档，在最后一次监测后至少保存10年，确保相关数据可追溯。

（二）主要技术依据

数据库支撑：结合国家和地方数据库，如第六次荒漠化和沙化监测工作取得重要空间数据成果和调查报告成果，为确定研究范围提供了充分依据。

资料查阅：一是查阅了大量高原荒漠生态系统、碳汇研究的资料成果，进行了系统分析。如第二次青藏高原科考项目团队对阿里等地区荒漠区土壤有机碳分布特征进行了研究，提供了理论参考。二是引用参考国家、行业和其他地方发布的碳汇计量与监测相关标准，确保与国家层面的技术要求保持一致，结合西藏高原荒漠生态的特殊性（如高海拔、低温、土壤碳库稳定性），制定适应性技术参数。三是依据西藏自治区《关于推进林草碳汇开发交易工作的通知》等政策文件，明确碳汇监测的技术路径、目标和要求，结合西藏关于碳汇科技计划专项的技术需求，强化数据质量控制与不确定性分析。

科研数据佐证：依托青藏高原林草科研监测基地、定结县沙化土地监测站也开展了相关荒漠化综合防治研究项目，也为此次标准制定起到了基础科研数据支撑。

项目成果论证：在西藏开展的相关林草湿荒调查工作、荒漠化项目和碳汇项目，如《林芝市“双碳”行动本底调查项目》，积累了一定的参考成果和工作经验。

四、主要参考依据

（1）GB/T 43647-2024 中国森林认证 森林碳汇

（2）LY/T 3400-2024 荒漠与荒漠化防治术语

（3）国家林业和草原局. 全国荒漠化和沙化监测技术规定, 2019.

（4）国家林业和草原局. 第七次全国荒漠化和沙化调查技术规定, 2023.

（5）国家林业局．森林下层植被和土壤碳库调查技术规范，2012.

（6）西藏自治区林业和草原局. 西藏自治区森林草原湿地荒漠化普查操作操作细则，2024.

（7）赵成义，李菊艳.《沙漠区人工灌木造林碳汇计量与监测方法指南》［M]．北京：中国质检出版社, 中国标准出版社，2012.

（8）国家发展和改革委员会应对气候变化司．中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报［M]，北京：中国经济出版社，2013.

（9）《土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》(IPCC国家温室气体清单计划）

（10）中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏植被［M］.北京：科学出版社，1988.

五、采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准不涉及对现有国际标准和国外先进标准的采用。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与我国的现行法律、法规和强制性标准协调一致，尚未发现本标准与我国有关现行法律、法规和相关强制性标准相冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中未出现重大分歧意见。

八、贯彻地方标准的要求和措施建议

荒漠化生态系统碳汇计量和监测涉及到许多行业或领域，应建立多部门多领域的合作，共享有关资料，才能更加准确地做好荒漠化监测评估工作。本文件实施后，建议气象、林草、生态环境等行业及碳汇市场交易领域在开展与碳汇相关的业务与服务中，使用本标准进行评定和服务。并随着荒漠地区碳汇计量和监测资料的增加、技术方法的不断完善，根据应用意见的反馈，可以对本文件进行修订完善。

九、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定，不涉及对现行标准的废止。

十、其他说明

本部分严格按照GB/T 1.1给出的规则进行起草。

《生态系统碳汇计量与监测体系建设技术规范 第4部分：荒漠碳汇计量与监测方法》编制小组

2025年6月4日