

《露天矿山生态修复碳汇评估技术指南》(征求意见稿)
编制说明

中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心

2026 年 5 月

目 次

一、标准的背景、目的意义	1
二、工作简况	1
（一）任务来源	2
（二）协作单位	3
（三）主要工作过程	3
（四）主要起草人及所做的工作	5
三、标准编制原则和确定主要内容的论据	6
（一）编制原则	6
（二）主要内容	7
四、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益	8
（一）主要试验的分析	8
（二）综述报告	8
（三）技术经济论证	10
（四）预期的社会效益、经济效益和生态效益	10
五、与国内同类标准、国际标准和国外先进标准情况及水平对比	11
六、重大分歧意见的处理经过和依据	13
七、贯彻团体标准的要求和措施建议	13
八、标准涉及的相关知识产权说明	13
九、其他应予说明的事项	13

露天矿山生态修复碳汇评估技术指南

编制说明

一、标准的背景、目的意义

矿产资源作为国民经济发展的重要物质基础，其大规模露天开采活动在有力保障国家能源与资源安全的同时，也系统性地破坏了地表生态系统，遗留了大量结构破碎、功能退化的受损矿区。这类区域不仅生态服务功能严重丧失，其原有碳循环平衡亦被打破，正逐渐由“碳库”向“碳源”倾斜，成为制约国家“双碳”战略目标实现的突出短板。

近年来，国家层面密集出台政策文件，为矿山生态修复碳汇评估工作提供了明确的顶层设计。2023 年，国家发展改革委等部门印发的《生态系统碳汇能力巩固提升实施方案》，明确将“开展全国—区域—工程区不同尺度生态保护修复碳汇成效监测评估”列为重点任务，标志着生态修复碳汇评估正从理论研究转向制度化、常态化管理。紧随其后，自然资源部等七部门联合发布的《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》（自然资规〔2024〕1 号），进一步强调了加快推动绿色低碳先进适用技术应用、加强绿色低碳技术工艺装备升级改造的战略要求，吹响了矿山全生命周期绿色低碳转型的号角。这些政策文件共同构成了制定本指南的刚性约束与上位依据。

当前，随着生态文明建设的深入推进，露天矿山生态修复已从单一的

“复绿复垦”向“生态恢复—碳汇提升—气候减缓”的复合目标加速转型。大规模的修复工程在重塑地貌景观、恢复生态系统功能的同时，有效激活了矿区的固碳潜力。然而，由于矿山生态系统的高度异质性，其碳汇过程远比自然生态系统复杂，现有评估体系尚无法有效支撑这一转型需求。具体而言，一是对修复前（损毁状态）、修复中（工程扰动）及修复后（植被演替）全过程的碳源/碳汇动态机制认识不清，固碳增汇的时效性与稳定性尚未明确；二是针对矿山特殊立地条件的碳汇评估方法尚不统一，缺乏兼具普适性与系统性的成效评估指标体系；三是现有测算普遍机械套用林业碳汇计量方法，忽视了边坡稳定性、土壤基质异质性及回填材料等关键因素，导致评估结果偏差较大，难以真实反映修复工程的实际增汇贡献。

为有效解决上述问题，规范和指导露天矿山生态修复全过程的碳汇评估工作，特制定本指南。本指南旨在通过建立统一的评估原则、技术流程与核算方法，破解当前碳汇评估中“方法各异、数据碎片、结果难比”的困境，为科学量化生态修复项目的减碳增汇效果、优化修复工程设计、支撑绿色金融与生态补偿机制提供权威的技术依据。

二、工作简况

（一）任务来源

根据《自然资源标准体系》构建的工作部署，为更好地发挥标准化在强化矿山生态修复成效、提升生态系统碳汇能力、推进自然资源事业高质量发展中的重要作用，需要制定完善的露天矿山生态修复碳汇评估技术指

南，对评估流程和评估方法进行规范，提升碳汇成效评估在国土空间生态保护修复中的重要作用。依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》等相关规定，中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心等相关单位向中国地质学会团体标准委员会提交了《露天矿山生态修复碳汇评估技术指南》立项建议，于2024年9月24日，中国地质学会团体标准委员会公布了《〈露天矿山生态修复碳汇评估技术指南〉等四项团体标准立项的通知》（地会团函〔2024〕3号），项目正式立项。

（二）协作单位

本文件起草工作由中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心、中国地质调查局成都地质调查中心（西南地质科技创新中心）、中国地质调查局军民融合地质调查中心、云南省地质环境监测院、云南省地图院等承担。

（三）主要工作过程

本文件编制的主要工作过程包括：前期研究阶段、标准研制阶段、标准立项阶段、内部征求意见阶段、修改完善阶段。

1.前期研究阶段（2023年12月-2024年1月）

2023年12月-2024年1月，根据工作需求，组织相关研究人员编制了《露天矿山生态修复碳汇评估技术指南》（以下简称“《指南》”）团体标准立项建议书及标准草案等文件。

2.标准研制阶段（2024年2月-2024年8月）

（1）成立编制组。2024年2月，成立了由生态学、地质学、水工环、

遥感等不同研究领域科研管理人员组成的标准编制组，制定了工作目标、主要任务、计划进度安排等，明确了起草组工作人员任务分工。

(2) 形成标准草案。2023 年 12 月-2024 年 8 月，在前期资料收集的基础上，就指南的主要内容开展了多次研讨会，确定了本指南编制的目的任务、评估原则、评估流程、评估方法等内容，形成了《指南》草案。2024 年 3 月，对《指南》草案以论证方式征求了相关专家意见。

3.标准立项阶段（2024 年 9 月）

编制组于 2024 年 3 月提交立项申请，于 2024 年 9 月 27 日，经线上答辩，中国地质学会团体标准委员会公布了《〈露天矿山生态修复碳汇评估技术指南〉等四项团体标准立项的通知》（地会团函〔2024〕3 号）正式立项。

4.内部征求意见阶段（2025 年 3 月-2025 年 12）

(1) 2025 年 3 月。召开第一次研讨会，与会专家对本文件的大纲、内容等提出了具体的修改意见。专家们认为：一是完善指南目录，提纲中需明确各附录标题。二是简化相应的术语和定义，如矿山地质安全隐患、自然恢复等并规范碳汇、碳储量等术语表达。三是完善样方、样线的设定原则和精度要求，在附录中补充样地调查、取样和测定的记录表。四是增加“露天矿山生态修复碳汇评估报告”编制的章节，并明确报告参考目录及相关图件、附件要求。

(2) 2025 年 7 月。召开第二次研讨会，与会专家对文本的内容提出

了具体的修改意见。专家认为：一是按照标准规范性、可操作性要求，全面梳理文本表述内容。二是增加调查和数据获取部分内容，简要说明如何通过收集数据、调查数据和遥感数据获取生物量或含碳量数据。三是简化碳储量计算，说明引用标准的名目。四是细化附录中调查精度、调查点位布设、调查内容指标等内容。

5.修改完善阶段（2025 年 8 月至今）

根据各方反馈意见情况，经多轮修改与完善，形成了指南征求意见稿及编制说明。

（四）主要起草人及所做的工作

1.起草单位

本文件起草工作由中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心、中国地质调查局成都地质调查中心（西南地质科技创新中心）、云南省地质环境监测院、中材地质工程勘查研究院有限公司、云南省地图院等承担。

2.主要起草人及所做的工作

本文件具体内容主要由李怡颖、陈庆松、涂春霖、马一奇、张宇等起草。其他人员也参与了相关工作。

李怡颖负责范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、评估程序、主要工作内容、矿山生态修复过程碳汇评估等部分内容，并统稿。张宇主要负责碳储量的计算等部分内容。陈庆松负责评估周期、碳储量计算等部分内容，涂春霖负责碳储量分类、遥感调查部分内容，马一奇负责样地调

查附录部分内容。

三、标准编制原则和确定主要内容的论据

（一）编制原则

编写结构按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》，结合生态工程相关政策法规、技术规范与标准，遵循以下原则编制起草本文件。

1.科学性原则。以生态学、恢复生态学及碳循环理论为基础，遵循国际国内权威标准。优先采用经实证的本地化参数与数据，明确关键计量模型与不确定性分析方法，确保评估过程严谨、结果准确可靠，经得起科学验证。

2.系统性原则。统筹评估植被、土壤、枯落物等多个碳库的动态变化，覆盖矿山生态修复从工程实施到系统稳定的全周期。将碳汇效益与水土保持、生物多样性等生态功能协同考量，体现生态修复的综合效益与整体性。

3.可操作性原则。明确评估边界、工作流程、监测方法与报告规范，提供清晰的技术路径和可选方案。注重方法与实际条件、管理需求的衔接，确保指南便于基层人员理解与执行，评估结果可比、可用、可核查。

4.规范性原则。严格按照国家标准《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写（GB/T1.1—2020）》的要求组织开展编制工作，术语定义精准、技术参数可量化，操作步骤清晰，质量控制标准化。

(二) 主要内容

1.范围

本文件规定了露天矿山生态修复碳汇成效调查和评估的基本原则、评估流程、评估方法、评估报告编制等要求。本文件适用于露天矿山开采破坏后经人工生态修复的地块碳汇计量与评估,其他生态修复评估工作可参照执行。

2.规范性引用文件

将与本指南密切相关的 2 部国家标准、6 部行业标准、2 部地方标准和 3 部团体标准作为规范性引用文件。

3.术语和定义

对露天矿山生态修复、评估单元、碳储量、碳密度、碳储量变化、生物量、地上生物量、地下生物量共 8 个术语进行了解释。

4.总则

规定了露天矿山生态修复碳汇评估的目的、任务、评估原则。

5.评估流程

按照基础资料收集与处理、评估边界的确定、实地调查与样品采集、碳储量计算、评估报告编写等开展露天矿山生态修复碳汇评估工作。

6.评估方法

规定了矿山生态修复中林地、耕地、园地、草地、湿地和其他用地碳储量的详细计算过程及公式,并规定了矿山生态修复过程碳储量的计算。

7.评估报告编制

规定了评估报告编写包含的矿山生态修复的基本情况、施工及验收情况、现场调查情况、样方（带）设置及样品采集情况、无人机遥感调查情况、评估结果、存在问题及建议等主要内容。

8.附录

包含了《土地利用现状分类及相关定义》等 4 个资料性附录、4 个规范性附录。

四、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

（一）主要试验的分析

露天矿山生态修复碳汇评估包括确定评估的目的任务、确定评估方案、明确评估范围、开展评估工作、形成评估结果等过程。《指南》研制工作启动以来，为增强本文件的普适性，编制组有关研究人员，分别赴安宁、宜良、寻甸、永仁等地的矿山生态修复现场，开展了大量调研工作，收集了大量矿山生态修复设计、施工方案等，为编制本文件提供了第一手资料和技术支撑。

（二）综述报告

一是政策驱动。政策驱动已成为露天矿山生态修复碳汇评估最核心的推手。在我国“双碳”战略与生态文明建设并行推进的大背景下，将历史遗留的露天矿山这一生态“伤疤”转化为固碳增汇的新阵地，是对接国家应对

气候变化战略需求的创新路径。当前，矿区生态修复已超越单纯的植被恢复范畴，亟需通过科学的碳汇评估，将工程实施产生的巨大碳汇潜力量化为可监测、可报告、可核查的生态产品。这不仅是落实《生态系统碳汇能力巩固提升实施方案》、构建多尺度碳汇监测体系的关键一环，更是破解修复资金瓶颈、打通“绿水青山”向“金山银山”转化通道的迫切需求。通过建立统一的碳汇评估标准与方法学，能够为争取国家政策支持、吸引社会资本投入提供权威依据，从而在激烈的区域竞争中抢占绿色发展制高点，切实兑现生态优先、绿色发展的国家承诺。

二是加快我国矿山生态修复标准化的要求。露天矿山生态修复碳汇评估在生态保护修复成效评估中具有关键性作用，其核心价值在于将传统以水土保持和植被覆盖率为核心的评价，提升至可量化、可验证的生态系统碳汇能力评估新维度。该工作通过科学监测土壤、植被等碳库的动态变化，将修复活动的生态效益转化为直观的碳汇增量数据，为评判修复工程的实际效益提供了关键指标。这不仅克服了传统评估中“重景观、轻功能”的局限，更能通过碳汇效率分析优化修复方案，引导资金和技术向固碳效益高的措施倾斜，推动生态修复从形态恢复向生态系统质量、碳汇能力提升等转型，对提升生态修复工程的标准化水平具有重要支撑作用。

三是技术方法成熟可行。评估方法较为成熟，碳汇评估的核心是生态系统碳储量变化的计量与评价，当前国内林业、草地等领域都已形成较为成熟的碳储量计量方法学，为本指南提供了可直接借鉴和适应性修改的理

论框架。关键技术已充分储备，昆明中心具备专业的碳汇综合调查研究团队和遥感技术服务团队，具备完成分析测试的基础设备，相应的关键技术能够支撑完成指南研制。指南文本相对成熟，指南在中国地质学会获批立项以来，已开展2轮内部研讨，多次邀请中国地质调查局成都中心、中国地质调查局南京中心、云南省地质环境监测院、云南省地图院等单位专家修改完善，当前文本框架结构较合理，内容相对完善，在此基础上可提升的空间大。实践基础已初步具备，已收集到云南省部分露天矿山生态修复相关数据资料并开展样方调查和样品采集，为指南编制工作奠定了基础。

（三）技术经济论证

本文件的制定，是以我国中部、西部一些矿山生态修复实践经验为基础，具有较强的适应性，且指南中碳储量计算方法均较为成熟，应用到矿山生态修复碳汇评估当中的可行性较高。此外，指南中针对不同矿山面积大小提供了可选择的“样方调查”“样方调查+无人机遥感”两种评估方式，在一定程度上可节约成本。

（四）预期的社会效益、经济效益和生态效益

评估实施过程中，本文件强调矿山生态修复工作应以维持当地生态系统稳定性和可持续发展为根本目标，必将产生较大的生态、经济及社会效益。

1.社会效益

本指南为衡量矿山修复的社会贡献提供了科学标尺。通过将绿色成果

转化为可量化的碳汇资产，能显著提升公众对生态修复价值的直观认知，增强社区认同感。它创造了“监测、核证”等绿色就业新岗位，并推动形成专业服务市场。更重要的是，指南支撑了生态补偿与碳普惠等机制，使修复成果惠及当地社区，促进了环境公平与社会和谐，是“绿水青山就是金山银山”理念的生动实践。

2.经济效益

开辟碳汇交易新路径，实现环境效益货币化。指南提出露天矿山生态修复碳汇计量与评估技术方法，可支撑露天矿山生态修复过程中碳汇核算，为露天矿山生态修复碳汇效益评估提供科学依据，完善露天矿山生态修复成效评估指标体系，同时为未来生态修复工程实施碳汇价值核算提供支撑和依据，为碳排放交易提供新思路，为矿山企业或修复主体带来直接碳汇收益，变生态投入为资产性收入，激发市场动力。

3.生态效益

促进地区协调发展，巩固拓展脱贫攻坚成果。指南通过量化评估矿区修复的碳汇效益，为建立基于生态产品价值的横向补偿机制提供技术依据。这将有力推动“谁修复、谁受益”原则落地实施，通过碳汇交易获得的收益可直接惠及当地社区，实现“绿水青山”“金山银山”的转化，推动区域协调发展，促进民族团结进步，有效衔接乡村振兴战略。

五、与国内同类标准、国际标准和国外先进标准情况及水平对比

本指南指标体系及计算方法的编制过程中,参照对比了以下国内外学者的理论成果:

技术内容方面,IPCC《国家温室气体清单指南》为土地利用、土地利用变化和林业(LULUCF)提供了碳汇核算的通用方法学,包括碳库的划分(生物量、土壤有机碳、死亡有机碳等)及植被、土壤碳库的计量,本指南针对矿山生态修复的特殊性,明确了矿山开采扰动前后碳库变化规律,细化了“修复前→修复后→修复后期”碳汇计算方法;澳大利亚《碳农业倡议》中包含了“废弃矿山植被恢复”方法学,但更强调干旱区矿山修复的碳汇潜力,侧重灌木植被而本指南涵盖中国多样气候区,对草本、灌木、乔木的碳汇计量分层更细,并增加了矿区湿地修复碳汇模块。

与国外样品、样机的数据对比方面,加拿大使用的“无人机激光雷达+多光谱”联合反演矿区植被碳储量,误报率约12%,本指南中提出的“无人机高光谱+地面样方校正”方法,在山西煤矿修复区对比实验中,总碳储量反演误差为10%~15%,与国际水平相当,但针对矿山稀疏植被的算法更具适应性。

总的来说,指南在IPCC等国际框架基础上,吸收了国外矿山生态修复碳汇评估的实践经验,提出兼具国际通用性和中国矿区特色的技术体系,但未来还需加强长期监测数据积累与国际标准对接,提升全球矿山碳中和行动的科学性和可操作性。

国际上并未发布过相关技术标准。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制过程中广泛听取了国内相关专家的意见和建议,并专门组织咨询研讨会,未出现重大分歧意见。

七、贯彻团体标准的要求和措施建议

为贯彻标准,建议标准发布后,由中国地质学会团体标准专业技术委员会适时发布贯标的通知,起草单位同时开展宣贯活动,组织培训,切实推动这项团体标准的贯彻实施。

八、标准涉及的相关知识产权说明

本标准不涉及专利。

九、其他应予说明的事项

无。