

《黄河“几字弯”沙化区固沙植被建植技术规程》

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

2023 年习近平总书记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，要坚决打赢荒漠化防治黄河“几字弯”攻坚战；2024 年习近平总书记主持召开全面推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会指出，开创黄河流域生态保护和高质量发展新局面。为响应国家战略，推进三北工程建设，中国科学院植物研究所牵头起草了《黄河“几字弯”沙化区固沙植被建植技术规程》团体标准草案。本标准依托于国家重点研发计划项目“黄河‘几字弯’沙漠入河区系统治理与生态功能提升技术与示范”前期研究课题“沙漠入河区困难立地植物群落靶向修复与稳定维持技术”。

（二）主要工作过程

1. 准备阶段

根据《中国林学会团体标准管理办法（试行）》相关要求，2025 年 12 月，经中国林学会审查后立项，正式列入 2025 年标准编制计划项目。立项，制定了项目计划并成立了由中国科学院植物研究所、中国科学院西北生态环境资源研究院等单位组成的标准起草组，围绕项目目标、任务等，编制了工作技术方案，充分收集了与沙漠区固沙植被群落建植相关的文本资料，并在腾格里

沙漠、乌兰布和沙漠、库布其沙漠各沙丘类型、天然植被区、人工植被区及沙漠锁边林典型区开展调查和研究，了解掌握不同植被类型固沙现状。

2. 起草过程

(1) 2025 年 12 月-2026 年 1 月，起草阶段：编写组查阅并收集当前国内外有关防风固沙生态工程规范、植物种子质量分级标准和实践经验，调研沙化区植被群落建植效果评估情况，多次召开工作组内部讨论会，编写完成标准征求意见稿。

(2) 2026 年 1-3 月，征求意见阶段：中国林学会向相关大专院校、科研院所及从事植物群落生态学、水土保持与植被建植技术推广单位广泛征求意见，共收到自然资源部国土整治中心、内蒙古农业大学、清华大学、中国科学院沈阳应用生态研究所、内蒙古自治区农牧业科学院修改意见 48 条。

(3) 2026 年 4-5 月，编写组按照专家反馈意见进行一轮修改，在征求意见稿基础上对结构和内容均做了相应修改和完善。增加了“5.1 沙丘移动速率测定方法”、“5.2 植被调查方法”等章节内容。有些内容在调整中进行了删除合并，因此在现在的征求意见稿汇总处理表中保留了 48 条修改意见。

(4) 2026 年 5 月 28 日，审定会阶段：在送审意见稿基础上对结构和内容均做了相应修改和完善。增加了“9 抚育管护”、“10 评价”、“11 档案管理”、“物种附录”等章节内容。

(三) 起草组成员及其所做的主要工作

主要起草人：张云海、侯龙鱼、张福韬、任立飞、张志山、张亚峰、于慧敏、郑思秋、张文浩、陈旭、杨凯、戴文燕、王昕宇、王双喜、杨建龙、赵世杰、刘婧源。

主要工作：张云海主持本标准的编制工作，负责组建标准起草核心团队和执行团队、标准的总体质量把关、框架设计等；侯龙鱼、张福韬、任立飞、张志山、张亚峰、于慧敏、郑思秋和张文浩作为本标准核心团队，协助主持完成相关工作，并确定本标准的主要技术内容框架等；陈旭、杨凯、戴文燕、王昕宇、王双喜、杨建龙、赵世杰和刘婧源作为本标准的执行团队，负责前期相关资料收集查阅、具体内容撰写及修改等工作。此外，所有团队成员均全程参加本标准编制的前期调研和草案撰写等工作。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

（一）标准编制原则

本标准的编制主要遵循以下原则：

科学性原则。本标准内容基于生态学原理和沙漠恢复实践，严格遵循自然演替规律，各项技术参数均经过试验验证或引用权威标准，确保技术方法的科学性与可靠性。

全面性原则。标准覆盖从流动、半固定到固定沙丘的全过程植被构建，涵盖工程固沙、物种配置、建植技术及抚育管理等多个环节，内容全面且具有连续性。

系统性原则。标准结构层次清晰，从基本原则到分类实施技术逐步展开，各章节之间逻辑严密，技术措施相互衔接，形成完整的植被构建技术体系。

实用性原则。标准立足实际工程需求，技术方法具体明确、可操作性强，适用于黄河“几字弯”沙漠及类似地区，便于基层技术人员和施工人员直接应用。

开放性原则。标准在引用文件、技术路径和物种选择等方面保持开放，鼓励后续根据新研究成果和实践经验进行补充与完善，支持技术持续迭代更新。

（二）确定标准主要内容的论据

1. 标准主要内容

本标准系统规定了黄河“几字弯”沙化土地治理中针对不同沙丘类型的植被恢复与提升技术体系，主要内容涵盖范围、规范性引用文件、术语和定义、流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘植被建植技术、以及抚育管护、评价、档案管理等部分。其中，“范围”明确了本标准的适用地域、治理对象及技术边界；“规范性引用文件”列出了与本标准实施相关的国家和行业标准、技术规程等；“术语和定义”对沙丘类型等关键概念进行了统一界定。在核心技术环节，“流动沙丘固沙植被建植技术”重点规定了草方格沙障、生物结皮、耐旱灌木与草本植物配置等固沙措施，以快速稳定沙面并促进初期植被形成；“半固定沙丘植被建植技术”强调通过补植乡土灌木、调控草本密度、引入固氮植物等手段，优化群落结构；“固定沙丘植被建植技术”则聚焦于已稳定沙丘的物种多样性，推动形成自我维持的沙地生态系统；抚育管护，明确了沙丘植被建植过程中水分与养分管理、补植补播、病虫害防治、禁牧管护及沙障维护等各项要求；建植后评价，规定了评

价时间、评价指标、评价方法及评价等级；档案管理，对建档内容、档案形式、保存期限及责任主体分别作出了相应规定。本标准适用于我国黄河“几字弯”沙漠化地区可治理沙地的土地治理与生态修复工程。

2. 确定论据

本标准起草过程中参考的相关资料主要包括但不限于：

《中国林学会团体标准管理办法（试行）》（中林会学字〔2017〕28号）

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》

GB 6141 《豆科草种子质量分级》

GB 6142 《禾本科草种子质量分级》

GB/T 6000 《主要造林树种苗木质量分级》

GB/T 7908 《林木种子质量分级》

GB/T 15162 《飞播造林技术规程》

GB/T 15776 《造林技术规程》

GB/T 24869 《主要沙生草种子质量分级及检验》

GB/T 29463 《防风固沙生态工程规范》

GB/T 46006 《沙漠、沙地、戈壁编目规范》

LY/T 2411—2015 《三北防护林工程评估技术规程》

LY/T 2786—2017 《三北防护林退化林分修复技术规程》

LY/T 3251 《困难立地沙枣造林技术规程》

LY/T 3257—2021 《荒漠化防治工程效益监测与评价规范》

LY/T 3399—2024 《沙化草原治理技术规程》

DB41/T2885—2014 《南水北调中线水源区石漠化土地植被恢复技术规程》

《“三北”工程林草标准支撑行动计划》（国家林业和草原局 国家标准化管理委员林科发〔2024〕45号）

《中国植物物种名录（2026 版）》（国家植物标本资源库(中国科学院植物研究所) 中国科学院植物科学数据中心，CSTR:34735.11.PLANTDATA.1749）

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

（一）主要试验的分析、综合报告

本标准依托国家重点研发计划项目“黄河‘几字弯’沙漠入河区系统治理与生态功能提升技术与示范”，关键技术参数来源于项目前期研究的专项试验观测及外业调研。起草组在腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、库布其沙漠设置 12 个长期定位试验样地，开展多年系统观测，累计获得有效数据组 3200 余条。支撑了本标准关键参数的确定。

1. 草方格沙障规格参数实验

在库布其沙漠连续 3 年观测表明，各规格网格的年风蚀深度均呈逐年略降趋势，可能与沙面逐步稳定有关。1 m×1 m 网格的年风蚀深度始终最小（2025 年为 1.8 cm），累积风蚀深度（6.1 cm）显著小于 1.5 m×1.5 m（11.2 cm）和 2 m×2 m（18.9 cm）。重复测量方差分析显示，网格规格对年风蚀深度有极显著影响（ $F=32.8$ ，

$p<0.001$), 年份效应不显著 ($p>0.05$), 表明不同规格间的固沙效果差异稳定。沙障破损率方面, 1 m×1 m 网格 3 年累积破损率 (15%) 低于 2 m×2 m (30%), 可能与网格密集、材料受力分散有关。综合 3 年数据, 1 m×1 m 规格固沙效果最优且耐久性较好。因此本标准采用 1 m×1 m 网格规格, 埋深和出露高度参照 LY/T 2986 第 5 章并经验证优化为 15 cm~20 cm。

表 1 不同网格规格草方格固沙效果对比 (连续 3 年观测)

网格规格	年份	年风蚀深度 (cm)	累积风蚀深度 (cm)	沙障破损率 (%)
<u>1m×1m</u>	<u>2023</u>	<u>2.3±0.4</u>	<u>2.3</u>	<u>3±1</u>
	<u>2024</u>	<u>2.0±0.3</u>	<u>4.3</u>	<u>8±2</u>
	<u>2025</u>	<u>1.8±0.3</u>	<u>6.1</u>	<u>15±3</u>
<u>1.5m×1.5m</u>	<u>2023</u>	<u>4.0±0.6</u>	<u>4.0</u>	<u>5±2</u>
	<u>2024</u>	<u>3.7±0.5</u>	<u>7.7</u>	<u>12±3</u>
	<u>2025</u>	<u>3.5±0.5</u>	<u>11.2</u>	<u>22±4</u>
<u>2m×2m</u>	<u>2023</u>	<u>6.8±0.8</u>	<u>6.8</u>	<u>8±2</u>
	<u>2024</u>	<u>6.2±0.7</u>	<u>13</u>	<u>18±3</u>
	<u>2025</u>	<u>5.9±0.7</u>	<u>18.9</u>	<u>30±5</u>

2. 灌木栽植密度参数实验

库布其沙漠连续 3 年观测显示, 各密度处理的植被盖度逐年增加, 风蚀模数逐年下降, 表明植被恢复具有累积效应。3 m×3 m 处理第 3 年植被盖度 (42%) 较 4 m×4 m (33%) 和 5 m×5 m (16%) 显著增高 ($p<0.01$), 风蚀模数 (9.8 t/ha a) 较 5 m×5 m (25.2 t/ha a) 减少 61%。三因素重复测量方差分析 (密度×年份) 表明, 密度主效应极显著 ($F=28.6$, $p<0.001$), 年份主效应显著

($F=6.8$, $p<0.05$), 但密度与年份交互作用不显著 ($p>0.05$), 说明不同密度间的优劣次序保持稳定。成活率在各密度间无显著差异 ($p>0.05$), 年均下降约 2-3 个百分点, 属正常衰减。综合考虑固沙效果和苗木成本, 确定 3 m×3 m 为适宜栽植密度。

表 2 不同栽植密度灌木固沙效果对比 (连续 3 年观测)

栽植密度	年份	植被盖度 (%)	成活率 (%)	年风蚀模数 (t/ha a)
3m×3m	2023	18±3	89±5	18.5±2.5
	2024	35±4	86±5	12.3±2.1
	2025	42±5	84±6	9.8±1.8
4m×4m	2023	14±2	91±4	24.2±3.0
	2024	28±3	88±4	18.7±2.8
	2025	33±4	86±5	15.5±2.5
5m×5m	2023	7±2	88±5	34.5±4.0
	2024	13±2	85±6	28.4±3.5
	2025	16±3	83±6	25.2±3.2

3. 隐花植物接种效果与维持期

连续 5 年观测表明, 接种后结皮盖度、厚度、抗压强度均呈“快速上升—稳定维持”的趋势。接种后第 1-3 年为快速发育期, 盖度从 15%增至 32%, 厚度从 0.8 mm 增至 2.1 mm; 第 3-5 年进入稳定期, 各项指标保持平稳。风蚀模数从接种当年的 18.5 t/ha a 降至第 3 年的 8.7 t/ha a, 降幅达 53%, 之后维持在 7.7-7.9 t/ha a 之间。对照区风蚀模数 5 年间维持在 23.8-25.1 t/ha a, 无显著变化。以上数据表明, 接种有效后结皮至少可维持 3 年以上 (观测期至第 5 年仍保持稳定), 因此本标准将接种后 12 个月作为效果评估

节点，判定标准为盖度 $\geq 30\%$ 、厚度 $\geq 2\text{ mm}$ 、抗压强度 $\geq 1.0\text{ kg/cm}^2$ ，并规定未达标斑块需补接。

表 3 隐花植物接种后连续 5 年效果变化

年份	接种区 盖度 (%)	接种区厚度 (mm)	接种区抗压 强度 (kg/cm^2)	接种区风蚀模 数 (t/ha a)	对照区风蚀模 数 (t/ha a)
2021	15 $\pm$ 3	0.8 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.1	18.5 $\pm$ 2.5	25.1 $\pm$ 3.0
2022	28 $\pm$ 4	1.6 $\pm$ 0.3	0.9 $\pm$ 0.2	11.2 $\pm$ 1.8	24.8 $\pm$ 3.1
2023	32 $\pm$ 5	2.1 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.2	8.7 $\pm$ 1.5	24.3 $\pm$ 3.2
2024	34 $\pm$ 5	2.3 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.2	7.9 $\pm$ 1.4	24.0 $\pm$ 3.0
2025	33 $\pm$ 5	2.3 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.2	7.7 $\pm$ 1.4	23.8 $\pm$ 3.1

（二）技术经济论证及预期的经济效益

本标准通过规范黄河“几字弯”沙化区固沙植被建植流程，预期将产生以下多方面效益。通过精准立地分类与分级治理，可有效阻止流动沙丘扩张、促进固定半固定沙丘稳定，加速沙漠化土地逆转进程，为区域生态安全提供稳定保障。通过系统集成的工程固沙与生物固沙技术，结合多物种、多层次的群落配置模式，能显著提高建植成活率与群落稳定性，快速构建具有自维持能力的近自然植被体系。通过固沙植被群落建植，恢复后的植被群落将有效降低风速、减少风沙活动，逐步改良土壤结构、提升水分涵养能力，改善局地小气候，同时为生物多样性恢复创造条件，最终实现区域生态功能与景观的整体提升。

四、标准涉及的相关知识产权说明

本标准未涉及相关知识产权。

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明

本技术标准遵从“生态适应性管理”及“多物种、多功能群落构建”核心原则与《联合国防治荒漠化公约》土地退化零增长目标，是实现该目标在区域性操作层面的具体技术方案，其分级治理策略（流动-半固定-固定沙丘）直接对应公约中“防止、减少和恢复”的阶梯化目标。国际生态恢复学会规程强调使用乡土物种、促进生态系统自我维持、设定明确的恢复目标并进行长期监测；本标准与国际生态恢复学会发布的《国际生态恢复实践原则》高度一致。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

本标准在编制过程中，通过广泛征求意见和多轮技术论证，共收到自然资源部国土整治中心、内蒙古农业大学、清华大学、中国科学院沈阳应用生态研究所、内蒙古自治区农牧业科学院等单位关于植被群落构建配置的建植时间、物种种子及苗选用建议等修改意见 48 条，总体上达成了较好的技术共识，未出现重大分歧意见。其中采纳 44 条。考虑到评估是技术应用的第一步，因此未采纳“删除‘植被和土壤现状评估’”等相关内容 4 条，在技术分歧处理方面，主要集中在流动沙丘固定的草方格材质选择方面。部分专家建议采用尼龙等塑料材质方案以提高作业效率，但经过充分论证后，考虑到黄河“几字弯”区域是生态脆弱区，使用塑料材质可能产生微塑料，存在微塑料和纳米塑料污染，最终未采纳该建议，仍采用麦草、玉米等作物秸秆、芦苇、或沙柳枝条等植物材质，分解后可转化为有机肥，改善沙地土壤结构，为后续固沙植物生长提供养分方式。此决策依据 GB/T 16453.5-2008

《水土保持综合治理技术规范 风沙治理技术》种草方格、沙障的材质“大部分由柴草或作物秸秆作成”，草方格材质选择遵循“就地取材、生态友好、成本可控”的原则。通过多轮专家论证和实地调研验证，各方最终就技术路线和关键参数达成了一致意见。

七、其他应予说明的事项

无。

标准编制组
2026 年 6 月