

ICS 01.040.65

CCS B10/14

团体标准

T/CSER 00X-2026

煤基固废人造土壤基质用于沙荒地 修复技术规范

Technical specifications for coal-based solid waste artificial soil matrix in
desertified land restoration

(征求意见稿)

2026-XX-XX发布

2026-XX-XX实施

中关村众信土壤修复产业技术创新联盟发布

目次

目次.....	I
前言.....	II
1. 范围.....	1
2. 规范性引用文件.....	1
3. 术语和定义.....	1
4 煤基固废人造土壤基质制备方法.....	3
5. 煤基固废人造土壤基质产品质量要求.....	4
6. 煤基固废人造土壤基质用于沙荒地修复的应用技术.....	7
7. 环境风险评价.....	7

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》规定起草。

本文件由中关村众信土壤修复产业技术创新联盟提出并归口管理。

本文件起草单位：山西大同大学、中铁二十局集团雄安建设有限公司、阿拉善盟博源银根环保科技有限公司、内蒙古旭特新能源有限公司、中能建绿色建材有限公司、山西赛清循环再生科技有限公司、陕西慧清源固废环保再生科技有限公司、河南川萍环保科技有限公司、大同兴华联合选煤有限公司、内蒙古坤能新能源科技有限公司、内蒙古美旭亚铭建设工程有限公司、福建奥邦环保科技有限公司、内蒙古依科云电子科技有限公司、山西赛比克新能源有限公司、西安煊尧新材科技有限公司、航天凯天环保科技股份有限公司、中铁科学研究院集团有限公司、山西赛新资源再生利用科技有限公司、内蒙古中能生态科技有限公司、金达科创（北京）能源有限公司、安徽理工大学、海南慧清源生物环保科技有限公司、山西鸿宇固废资源化利用科技有限公司、太原市鹏森技术服务部、内蒙古科学技术研究院、内蒙古农业大学、内蒙古化工职业学院、鄂尔多斯市农牧业产业化龙头企业协会、山西师范大学、北京师范大学、西南科技大学、贵州省煤田地质局、浙江大学、新疆大学、西安交通大学。

本文件主要起草人：赵海东、畅吉庆、卢珍、李霖杰、王建伟、蒋洋、任慧、罗琳等。

煤基固废人造土壤基质用于沙荒地修复技术规范

1. 范围

本文件规定了用于沙荒地修复的煤基固废人造土壤基质制备要求、应用技术和效果评价等内容。

本文件适用于沙荒地修复工程中利用煤基固废人造土壤基质改良流动性沙地、半固定沙地、固定沙地和退化性沙地的项目。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，标注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB15618-2018 土壤环境质量标准-农用地土壤污染风险管控标准
- NY/T 3036-2016 肥料和土壤调理剂水分含量、粒度、细度的测定
- NY/T 1121.2-2006 土壤检测 第2部分：土壤 pH 的测定
- NY/T 1121.16-2006 土壤检测 第16部分：土壤水溶性盐总量的测定
- NYT 1121.6-2006 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定
- NY/T 1121.4-2006 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定
- NY/T 1121.24-2012 土壤检测 第24部分：土壤全氮的测定 自动定氮仪法
- NY/T 88-1988 土壤全磷测定法
- NY/T 87-1988 土壤全钾测定法
- NY/T 1121.3-2006 土壤检测 第3部分：土壤机械组成的测定
- ASTM D7263-21 实验室测定土壤试样密度和单位重量的标准试验方法
- HJ332-2006 食用农产品产地环境质量评价标准
- GB/T 21141-2007 防沙治沙技术规范
- GB/T 33891-2017 绿化用有机基质

- NY861-2004 粮食（含谷物、豆类、薯类）及制品中铅、铬、镉、汞、硒、砷、铜、锌等八种元素限量
- GB2762-2022 食品安全国家标准食品中污染物限量
- GB/T 14848-2017 地下水质量标准
- CJ/T 340-2016 绿化种植土壤
- TD/T 1036-2013 土地复垦质量控制标准

3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤基固废 Coal Based Solid Waste

由煤炭开采、洗选、加工、利用过程中产生的固体废弃物，包括煤矸石、煤泥、粉煤灰、炉渣、煤气化渣、脱硫石膏等。

3.2

煤基固废人造土壤基质 Coal-based Solid Waste Artificial Soil Matrix

以煤基固废为主要原料，配以多种原材料如有机物料、微生物菌剂及功能性助剂等，通过人工工艺制备而成的，用于替代土壤、增加土壤肥力或修复受损土地的材料。

3.3

沙荒地 Desertified land

表层土壤严重沙化、肥力极低、植被稀疏或完全裸露，且尚未被有效开发利用的退化或未利用土地。

3.4

沙荒地修复 Desertified land restoration:

通过一系列工程、生物和化学措施，对因自然或人为因素导致的沙化、贫瘠、植被稀疏的土地进行综合治理，旨在恢复和改善其生态环境，重建稳定的生态系统，并逐步恢复其生产力和生态功能的过程。

3.5

土壤基质功能性助剂 Functional Additives for Soil Matrix

用于激活煤基固废原料中的养分元素，调节人造土 pH 值，钝化重金属离子，改善土壤结构的材料，提高土壤有机质含量和养分水平。主要成分为有机酸类调节剂，重金属钝化剂，无机-有机粘结剂、保水剂、微生物菌剂等。

4 煤基固废人造土壤基质制备方法

4.1 原料要求

人造土壤基质的研发须遵循土壤的物质组成和自然特性、遵循土壤生态系统的自然规律，优化“矿物质-有机质-微生物”这三者的质量、数量、及其相互关系。煤基固废以“无机矿物质”为主要成分，具有“成土母岩”的特性，可以与有机质和微生物复合、加工生产成为“人造土壤基质”产品。人造土壤基质的生产对原料的要求为：酸碱度 pH 值 ≤ 8.5 、水溶性盐含量 ≤ 2.5 g/kg、粒度尺寸 ≤ 5 mm、重金属含量及浸出毒性应符合相关环保要求，其用于制备人造土壤基质后，基质成品及修复区土壤的重金属含量应满足 GB15618-2018 规定的风险筛选值。

4.2 煤基固废人造土壤基质制备流程

1) 原材物理化性质检测：所有煤基固废使用前均需要检测其酸碱度、盐分含量、重金属含量，如果存在超限的指标，必须进行前期处理（固定、钝化、中和、酸浸、水洗等），重金属不达标的煤基固废不得作为原料进行使用。

2) 测土配方：对待修复的沙荒地进行取样检测，包括：pH 值、水溶性盐含量、电导率值、氮磷钾含量、有机质含量、重金属含量、土壤容重、土壤干密度、土壤湿密度、有效土层厚度、砾石含量、生产力水平等，确定沙荒地的沙化程度以及土壤缺少的养分，针对性的设计煤基固废人造土壤基质的配方。

3) 煤基固废人造土壤基质的制备：将符合原料要求的固废原料，按照配方设计，配入矿源腐植酸、秸秆等发酵后有机物料和适合的微生物菌剂，进行复混，喷洒土壤基质功能性助剂，搅拌均匀，静置稳定化 ≥ 2 h，自然晾干后得煤基固废人造土壤基质产品。

4) 包装和存贮：经检测合格的煤基固废人造土壤基质产品按照 25 kg 包装袋分装或者采用吨包袋包装，存贮和运输过程中避免淋雨和浸水。

5. 煤基固废人造土壤基质产品质量要求

5.1 外观及感官

均匀灰色或黑色粉末及颗粒混合物，无明显块体，无异味。

5.2 技术指标

利用煤基固废为原料制备的人造土壤基质产品技术指标应符合表 1 要求。

表 1 煤基固废人造土壤基质产品技术指标

项目	单位	检测依据	指标
pH 值	-	NY/T 1121.2-2006	6.5-8.5
有机质含量	g/kg	NYT 1121.6-2006	≥ 15
水溶性盐含量	g/kg	NY/T 1121.16-2006	≤ 2.0
粒度 (0-5.0 mm)	%	NY/T 3036-2016	≥ 90
干密度	Mg/m ³	ASTM D7263-21	0.5-1.0
湿密度	Mg/m ³	ASTM D7263-21	0.8-1.4

5.3 限量要求

利用煤基固废为原料制备的人造土壤基质产品重金属汞、砷、镉、铅、铬元素限量应符合表 2 要求,即 GB15618-2018 土壤环境质量标准-农用地土壤污染风险管控标准限量要求。

表 2 煤基固废人造土壤基质产品重金属限量要求

序号	污染物项目 ^{a,b}		风险筛选值 (mg/kg)			
			pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
1	镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
		其他	0.3	0.3	0.3	0.6
2	汞	水田	0.5	0.5	0.6	1.0
		其他	1.3	1.8	2.4	3.4
3	砷	水田	30	30	25	20
		其他	40	40	30	25
4	铅	水田	80	100	140	240
		其他	70	90	120	170
5	铬	水田	250	250	300	350
		其他	150	150	200	250
6	铜	水田	150	150	200	200
		其他	50	50	100	100
7	镍		60	70	100	190
8	锌		200	200	025	300

^a 重金属和类金属砷均按元素总量计。
^b 对于水旱轮作地,采用其中较严格的风险筛选值。

6. 煤基固废人造土壤基质用于沙荒地修复的应用技术

6.1 煤基固废人造土壤基质使用方法

采用煤基固废人造土壤基质修复沙荒地的方法步骤为:

- (1) 沙荒地土地平整作业,削高填洼。
- (2) 喷洒土壤改良功能性专用助剂于沙化土壤表面,每亩施 0.5-1.5 kg。
- (3) 将煤基固废人造土壤基质抛洒平铺于沙荒地表面(抛洒数量见 6.2)。
- (3) 机械翻耕 2 次,深度 25-30 cm,旋耕机混匀,使人造土壤基质与原沙化土均匀混合。

(4) 喷洒土壤改良功能性专用助剂于混合土壤表面，每亩施 0.5-1.5 kg，旋耕机混匀。

(5) 陈化稳定 2-3 d 后即可开始种植。

(6) 每年施 1 次腐熟有机肥，施用量 1500 kg/hm²~2000 kg/hm²。

(7) 建议每年秸秆粉碎还田，翻入土层，增加土壤养分和改善土壤结构。

6.2 不同级别沙荒地改良用量及措施

上述煤基固废人造土壤基质，结合修复的沙荒地的种类，采取相应修复措施，一次性施用，可根据耕作层厚度 (30 cm)来控制用量，具体见表 3。

表 3 不同级别沙荒地改良用量及措施

沙荒地种类	核心特征	用量	措施
流动性沙地	土壤无明显结皮，沙粒流动性强，风蚀风险高，有机质含量极低（通常<0.5%），保水保肥能力几乎为零，植被盖度<10%	人造土壤基质占比 耕作层重量约 30-40%	沙荒地土地平整作业，施用人造土壤基质，草方格沙障固沙，灌溉后栽种先锋植物。
半固定沙地	部分区域形成薄结皮，沙粒流动性减弱（风蚀强度较流动沙地降低30%~50%），有机质含量略高（0.5%~1.0%），存在微弱保水能力，植被盖度10%-30%	人造土壤基质占比 耕作层重量约 20-30%	沙荒地土地平整作业，施用人造土壤基质，草方格沙障固沙，灌溉后栽种耐旱灌木和沙生经济作物。
固定沙地	土壤结皮完整，沙粒基本无流动（风蚀风险极低），有机质含量1.0%~1.5%，具备一定保水保肥能力，植被盖度>30%	人造土壤基质占比 耕作层重量约 10-20%	沙荒地土地平整作业，施用人造土壤基质，灌溉后栽种沙生经济作物和牧草。
退化性沙地	曾是固定沙地、草地或耕地，因过牧、开垦等导致植被退化、地表结皮破损。	人造土壤基质占比 耕作层重量约5-15%	施用人造土壤基质，灌溉后栽种牧草和常规农作物。

6.3 修复效果要求

修复后取混合土壤样品对 pH 值、水溶性盐含量、电导率值、氮磷钾含量、有机质含量、重金属含量、土壤容重、土壤干密度、土壤湿密度、有效土层厚度、砾石含量、生产力水平等指标进行检测，确保改良后土壤酸碱度 pH 值在 6.5-8.5 之间、水溶性盐含量 ≤ 2.0 g/kg、土壤容重 1.0-1.4 g/cm³、重金属含量符合 GB15618-2018 限量要求、生产力水平三年后达到周边地区同等土地利用类型水平。

7. 环境风险评价

7.1 修复后土壤指标

按照 GB15618-2018《土壤环境质量标准-农用地土壤污染风险管控标准》和 HJ332-2006《食用农产品产地环境质量评价标准》执行。

7.2 农作物重金属限量检测

沙荒地修复后种植农作物中重金属限量检测按照 GB2762·2022《食品安全国家标准食品中污染物限量》和 NY861·2004《粮食（含谷物、豆类、薯类）及制品中铅、铬、镉、汞、硒、砷、铜、锌等八种元素限量》执行。

7.3 地下水环境监测

按 GB/T 14848-2017《地下水质量标准》执行。主要监测沙荒地修复区域内地下水中重金属含量和有毒有机物含量，与未修复区域地下水中含量相比较，判断地下水是否被污染。如出现含量明显增加的情况，应尽快排查污染原因，杜绝污染地下水事件发生。

7.4 风险管控措施

- (1) 修复后至少进行三年跟踪评估。

(2) 若土壤重金属超标，应追加重金属钝化剂，并重新检测。

(3) 若植被生长不良，分析原因（如缺水、养分不足、pH、盐分等），调整养护方案，确保修复效果。
