T/CECSxxx-202x

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

**煤基固废造地应用技术规程**

Technical specification for artificial soil and land with coal based solid waste and applications

（**征求意见稿**）

XXX出版社

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

**煤基固废造地应用技术规程**

Technical specification for artificial soil and land with coal based solid waste and applications

**T/CECS xxx－202x**

主编单位：中国科学院武汉岩土力学研究所

建研地基基础工程有限责任公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月XX日

中 国 X X出 版 社

202X年 北 京

## 

## 前 言

本规程根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第二批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字[2022]40 号）的要求，编制组经深入广泛调查研究，认真总结实践经验，结合我国实际情况并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分6章，主要技术内容包括总则、术语、材料、设计要求、制造工艺与质量检验。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由中国科学院武汉岩土力学研究所负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位中国科学院武汉岩土力学研究所（地址：湖北省武汉市武昌区水果湖街小洪山2号，邮政编码：430071），以供修订时参考。

**主 编 单 位：**中国科学院武汉岩土力学研究所

建研地基基础工程有限责任公司

**参 编 单 位：**××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

**主要起草人：**××× ××× ××× ××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ××× ××× ××× ×××

**主要审查人：**××× ××× ××× ××× ××× ××× ×××

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc11012)

[2 术 语 2](#_Toc16203)

[3 材 料 4](#_Toc32688)

[3.1 一般规定 4](#_Toc29379)

[3.2 材料范围 4](#_Toc14581)

[3.3 质量指标 4](#_Toc5003)

[3.4 适宜性 6](#_Toc6648)

[4 设计要求 7](#_Toc11034)

[4.1 一般规定 7](#_Toc5545)

[4.2 基本要求 7](#_Toc6796)

[4.3 设计方法 8](#_Toc8925)

[5 制造工艺 10](#_Toc22248)

[5.1 一般规定 10](#_Toc24065)

[5.2 材料分选和处理 10](#_Toc121)

[5.3 工艺流程 10](#_Toc19830)

[6 质量检验 13](#_Toc30268)

[6.1 一般规定 13](#_Toc1508)

[6.2 材料质量检验 13](#_Toc19821)

[6.3 成品质量检验 13](#_Toc5631)

[用词说明 1](#_Toc5810)5

[引用标准名录 1](#_Toc7570)6

[附： 条文说明 1](#_Toc25980)7

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc6299)

[2 Terms 2](#_Toc17535)

[3 Material 4](#_Toc28629)

[3.1 General requirements 4](#_Toc4130)

[3.2 Raw materials 4](#_Toc6986)

[3.3 Quality indicators 4](#_Toc12696)

[3.4 Suitability 6](#_Toc5006)

[4 Design 7](#_Toc28929)

[4.1 General requirements 7](#_Toc27055)

[4.2 Basic requirements 7](#_Toc32246)

[4.3 Design methodology 8](#_Toc10273)

[5 Manufacturing process 10](#_Toc3790)

[5.1 General requirements 10](#_Toc7342)

[5.2 Processing of materials 1](#_Toc6409)0

[5.3 Process flow of craftsmanship 1](#_Toc12025)0

[6 Quality inspection 13](#_Toc2783)

[6.1 General requirements 13](#_Toc2562)

[6.2 Raw material quality inspection 13](#_Toc32291)

[6.3 Soil product quality inspection 13](#_Toc17240)

[Explanation of wording 1](#_Toc15368)5

[List of quoted standards 1](#_Toc10767)6

Addition: Explanation of provisions.....................................................................................................17

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范煤基固废人工造土造地技术应用，做到安全环保、经济合理、确保质效，推动煤基固废大规模消纳以及提高综合利用水平，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于煤基固废人造土的设计、生产及质量检验。

**1.0.3** 在复垦、回填、沉陷区及荒漠化治理等土地整治、生态修复领域需要人造土时可使用本规程，本规程的人造土不适用于进入食物链的农业种植，若进入食物链应进行专门的认证或许可。

**1.0.4** 煤基固废人造土的制造和应用除应符合本规程的规定外，还应符合现行国家和行业有关标准以及监管要求。

# 2 术 语

**2.0.1** 煤基固废 coal-based solid waste

即煤基固体废弃物，是煤炭开采、洗选、加工、燃烧和转化等过程中产生的固体废弃物，主要包括煤矸石、粉煤灰、炉渣、脱硫石膏以及煤化工固体废弃物等。

**2.0.2** 一般工业固体废物 non-hazardous industrial solid waste

一般工业固体废物是指在工业生产过程中产生且不属于危险废物的工业固体废物，且未列入《国家危险废物名录》或者根据国家规定的危险废物鉴别标准认定其不具有危险特性的工业固体废物。

**2.0.3** 第I类一般工业固体废物 class I non-hazardous industrial solid waste

按照《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》HJ 557规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中，任何一种污染物的浓度均未超过《污水综合排放标准》GB 8978中最高允许排放浓度，且pH值在6~9的一般工业固体废物。

**2.0.4** 第II类一般工业固体废弃物 class II non-hazardous industrial solid waste

按照《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》HJ 557规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中，有一种或一种以上的污染物浓度超过《污水综合排放标准》GB 8978中最高允许排放浓度，或者pH值在6~9的之外的一般工业固体废物。

**2.0.5** 煤矸石 coal gangue

煤矸石简称矸石，是采煤过程和洗煤过程中排放的固体废物，包括巷道掘进矸石、采掘过程中从顶板、底板及夹层里采出的矸石以及洗煤过程中挑出的洗矸石。

**2.0.6** 粉煤灰 fly ash

从煤燃烧后的烟气中收捕下来的细灰。

**2.0.7** 人工风化 artificial weathering

指通过人工技术手段使煤矸石等煤基固废材料形成松散物质的过程。

**2.0.8** 人造土 artificial soil

人造土壤的简称，指通过人工风化技术制备的土壤材料，本规程指以煤矸石为造土主料添加其他造土辅料通过人工技术手段制作的与天然土在成分、结构以及功能上一致或相似的材料。

**2.0.9** 造土主料 main material for soil making

形成人造土主体结构的材料，并且占人造土材料用量的主体。

**2.0.10** 造土辅料 auxiliary materials for soil making

辅助形成人造土结构的材料，并且不占人造土材料用量的主体。

**2.0.11** 造土调料 conditioner for soil making

简称调料，指外加的用于调节人造土特定功能和指标的材料，包括改良剂，一般用量较低、远小于造土主料和造土辅料。

**2.0.12** 无害化 conditioner for soil making

从材料或产品中去除有害物或消除其危害性的过程。

**2.0.13** 相容性 compatibility

各类材料配合造土时不会产生有害物质以及不会发生燃烧、爆炸等过程，不会产生对造地应用不利的物理、生物以及化学变化的性质。

**2.0.14** 适宜性 suitability

指材料是否适合制备人造土的性质。

**2.0.15** 机械组成 mechanical composition

土壤中各粒级所占的相对比例或质量分数，也称颗粒组成或土壤质地。

**2.0.16** 配比 mixing proportion

满足设计要求的人造土原材料的体积比或者质量比。

**2.0.17** 土壤背景值 background value

土壤背景值又称土壤本底值，简称背景值或本底值，它代表一定环境单元中的一个统计量的特征值。代表了各区域正常地理条件和地球化学条件下元素在各类自然体（岩石、风化产物、土壤、沉积物、天然水、近地大气等）中的正常含量。

# 3 材 料

**3.1 一般规定**

**3.1.1** 造土材料按照用量和功能分为主料、辅料和调料。

**3.1.2** 造土材料应满足适宜性，多种造土材料之间应满足相容性。

**3.1.3** 在人造土设计和制造之前，应基于检测、实验及分析对造土材料开展适宜性评价，应开展不同造土材料相容性的评估。

**3.2 材料范围**

**3.2.1** 煤矸石为造土主料，根据需要添加造土辅料，可选择一种或多种材料组合作为造土辅料。造土辅料包括无机造土辅料和有机造土辅料。

**3.2.2** 制备人造土所用煤矸石宜为沉积岩和部分变质岩。

**3.2.3** 无机造土辅料可选用粉煤灰、炉渣、石膏或其组合，有机造土辅料可选用植物秸秆、枝叶等材料或其组合。

**3.2.4** 有机肥、有机酸、保水剂、生物菌剂等可作为人造土调料。

**3.2.5** 不满足环保要求的材料严禁作为造土材料或进入人造土。

**3.3 质量指标**

**3.3.1** 煤基固废造土主料和无机造土辅料应为第I类一般工业固体弃物, 其浸出液中主要有害物含量指标应满足表3.3.1要求，当不满足该表要求时采取无害化处理措施达标后方可使用。

**表3.3.1 造土煤基固废材料浸出液主要有害物控制指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 指标 | 单位 | 指标要求 |
| 1 | 总铜 | mg/L | ≤0.5 |
| 2 | 总锌 | mg/L | ≤2.0 |
| 3 | 总镉 | mg/L | ≤0.1 |
| 4 | 总铅 | mg/L | ≤1.0 |
| 5 | 总铬 | mg/L | ≤1.5 |
| 6 | 总铍 | mg/L | ≤0.005 |
| 7 | 总镍 | mg/L | ≤1.0 |
| 8 | 总银 | mg/L | ≤0.5 |
| 9 | 六价铬 | mg/L | ≤0.5 |
| 10 | 烷基汞 | mg/L | 不得检出 |
| 11 | 总硒 | mg/L | ≤0.1 |
| 12 | 总汞 | mg/L | ≤0.05 |
| 13 | 总砷 | mg/L | ≤0.5 |
| 14 | 氟化物 | mg/L | ≤10 |
| 15 | 总氰化物 | mg/L | ≤0.5 |
| 16 | 总α放射性 | Bq/L | ≤1.0 |
| 17 | 总β放射性 | Bq/L | ≤10.0 |
| 18 | 苯并（a）芘 | - | 0.00003 |
| 19 | pH | - | 6~9 |

**3.3.2** 用于制备人造土的煤基固废材料，其污染风险管控指标限值应满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600要求 ，当不满足时采取无害化处理措施，处理达标后方可采用。

**3.3.3** 对于存在放射性风险的地区，煤基固废材料放射性可接受水平应满足

《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》HJ 53要求，见表3.3.3-1、表3.3.3-2，或小于使用区放射性背景值。

**表3.3.3-1 基于年剂量约束值为0.1mSv 所导出的土壤中若干种放射性核素的剩余活度浓度可接受水平\***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 60Co | 90Sr | 137Cs | 238Pu | 239Pu | 241Am | 244Cm | 232Th+D |
| 可接受水平(Bq/g) | 3.0×10-2 | 1.0×10-1 | 1.2×10-1 | 3.8×10-2 | 3.4×10-1 | 4.1×10-1 | 7.3×10-1 | 6.3×10-2 |

\*注：232Th+D包括了与其处于平衡状态的所有子体核素。

**表3.3.3-2 基于年剂量约束值为0.1mSv 所导出的土壤中235U及238U剩余活度浓度可接受水平\***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 238U | 链1 | 链2 | 链3 | 链4 |  | 235U | 链1 | 链2 | 链3 |
| 可接受水平(Bq/g) | 1.6 | 9.1×10-1 | 3.8×10-2 | 2.6×10-2 |  | 可接受水平(Bq/g) | 5.0×10-1 | 1.2×10-1 | 3.1×10-2 |

\*注：

（1）238U链1为238U→234Pa，核素包括：238U、234T、234mPa、234Pa

（2）238U链2为238U→234U，核素包括：238U、234T、234mPa、234Pa、234U

（3）238U链3为238U→210T1，核素包括：238U、234Th、234mPa、234U、226Ra、222Rn、218Po、214Pb、218At、214Po、210Tl

（4）238U链4为238U→210Po，核素包括： 238U、234Th、234mPa、234Pa、234U、226Ra、222Rn、218Po、214Pb、218At、214Po、210Tl、210Pb、210Bj、210Po

（5）238U链1为238U→232Th，核素包括：235U、231Th

（6）238U链2为238U→231Pu，核素包括：238U、231Th、231Pu

（7）238U链3为238U→211Po，核素包括：238U、231Th、231Pu、237Ac、227Th、223Fr、223Ra、219Rn、215Po、211Pb、211Bi、207Tl、210Po

**3.3.4** 人造土制备用水宜采用不低于《地表水环境质量标准》GB 3838中Ⅳ类水标准的水，水资源紧缺地区优先选用满足《城市污水再生利用工业用水水质》GB/T 19923的工艺用水指标要求的回用水。

**3.3.5** 有机造土辅料的安全指标及检测方法应满足规范《绿化用有机基质》 GB/T 33891要求。

**3.4 适宜性**

**3.4.1** 不同类型造土材料的适宜性应分别进行检测和评价，同一类型不同来源或批次的材料应分别进行检测和评价。

**3.4.2** 造土主料适宜性评价的内容和方法应按表3.4.2进行。

表3.4.2 造土主料适宜性评价内容

|  |  |
| --- | --- |
| 评价内容 | 方法 |
| 岩性鉴定 | 《岩石分类和命名方案》GB/T 17412.1~3 |
| 矿物组成 | 《沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物X射线衍射分析方法》SY/T 5163 |
| 化学成分 | 《硅酸盐岩石化学分析方法　第28部分：16个主次成分量测定》  GB/T 14506.28 |
| 环境质量 | 第3.3节所涉及的标准 |
| 种植 | 第3.4.4款 |
| 相容性 | 第3.4.5款 |

**3.4.3** 当造土材料不满足环境质量要求时，可进行预处理达标后使用，预处理后的材料满足要求可用作造土材料。

**3.4.4** 开展种苗发芽试验、盆栽实验。种苗发芽试验分别采用发芽指数和发芽势指标评估人造土对种苗发芽的综合影响，发芽试验中以纸床或沙床试验为对比试验，种子选择2种以上绿肥作物和2种以上应用场地本土草本植物，试验中发芽指数和发芽势应大于对比实验；盆栽试验，取人造土至培养室（温度与湿度设置依据具体种子发芽环境需求设定），取植物种子种植10天，全周期成活率≥发芽率80%。

**3.4.5** 材料相容性的评估以观察、理论评估以及试验性混合检测相结合进行综合评判。

**3.4.6** 满足第3.4.1-3.4.5款以及相容性要求的材料认定为适宜。

# 4 设计要求

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 在人造土设计之前，应完成以下工作：

**1** 应进行材料调研，完成材料适宜性评价，做到因地制宜、就地取材。

**2** 应了解当地种植和有关工程经验，明确主要影响因素。

**3** 应了解拟种植作物种类、组合方式、作物的营养需求与汲取途径以及生态位功能。

**4.1.2** 人造土设计主要遵循人工风化原则，采用定制化设计方法。应根据种植应用目标和条件开展人造土设计，一般应包括人造土材料构成、机械组成、土壤肥力以及土壤环境质量指标。

**4.1.3**  应根据不同主、辅材料条件，形成专用设计方案供人造土制造使用。

**4.2 基本要求**

**4.2.1** 人造土的机械组成采用国际制土壤质地分类标准，见表4.2.1。

表4.2.1 国际制土壤质地分类标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 质地类比 | 质地名称 | 颗粒组成（%） | | |
| 黏粒  （<0.002 mm） | 粉粒  （0.002~0.02 mm） | 砂粒  （0.02~2 mm） |
| 砂土 | 砂土及壤质  砂土 | 0~15 | 0~15 | 85~100 |
| 砂质壤土 | 0~15 | 0~45 | 55~85 |
| 壤土 | 壤土 | 0~15 | 30~45 | 40~55 |
| 粉砂质壤土 | 0~15 | 45~100 | 0~55 |
| 砂质黏壤土 | 15~25 | 0~30 | 55~85 |
| 黏壤土 | 黏壤土 | 15~25 | 20~45 | 30~55 |
| 粉砂质黏壤土 | 15~25 | 45~85 | 0~40 |
| 砂质黏土 | 25~45 | 0~20 | 55~75 |
| 壤质黏土 | 25~45 | 0~45 | 10~55 |
| 黏土 | 粉砂质黏土 | 25~45 | 45~75 | 0~30 |
| 黏土 | 45~65 | 0~35 | 0~55 |
| 重黏土 | 65~100 | 0~35 | 0~35 |

**4.2.2** 人造土的机械组成应符合砂土类、壤土类或黏壤土类质地要求。人造土中允许含有一定量的砾石粒组，其最大粒径不超过10mm，质量占比不超过10% 。

**4.2.3** 人造土的pH值应处于5.5~8.5之间。

**4.2.4** 人造土的肥力以表4.2.4为参照，并且营养结构应符合拟种植物种的基础营养需求或不低于应用场景的背景值。

表4.2.4 人造土的肥力要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 阳离子交换量 | 有机质  （g/kg） | 全氮  （g/kg） | 全磷（g/kg） | 全钾  (g/kg) |
| 数值 | 10 | 20 | 0.75 | 0.4 | 10 |

**4.2.5**人造土成品浸出液中主要有害物含量指标应满足表3.3.1要求。

**4.2.6**人造土成品重金属含量应达到《绿化种植土壤》CJ／T 340 IV级或以上要求。

**4.2.7**人造土成品其它毒害元素应符合《绿化用有机基质》GB/T 33891第5.4.2款规定。

**4.2.8** 人造土成品应无臭味或刺激性气味，无组织气体排放监测因子根据煤矸石制人造土材料特性提出，主要包括 SO2、 H2S。H2S浓度应满足《恶臭污染物排放标准》GB 14554中二级要求；SO2等其它潜在气体污染物浓度应满足《大气污染物综合排放标准》GB16297要求。

**4.3 设计方法**

**4.3.1** 确定用土目的，根据造土设计要求，设定人造土质量目标，参考各主要造土材料检测结果，通过试验、检测、调整确定人造土主料、辅料、调节剂的用量配比以及人造土机械组成范围。

**4.3.2** 商品调料用量设计还要满足产品使用要求及有关标准。

**4.3.3** 煤矸石用量质量占比一般应超过50%。

**4.3.4** 人造土设计按照方法进行：

**1** 物料构成设计。根据调研的情况，确定可用的造土材料类型。

**2** 机械组成设计。根据工程目的，确定土壤质地类型。

**3** 理化性质设计。根据工程目的，确定土壤pH值、阳离子交换量等物理化学性质指标。

**4** 环境质量设计。根据工程目的，确定土壤环境质量指标及取值范围，环境质量最低应满足第4.2.6-4.2.9的要求。

**5** 肥力构建设计。根据应用需求，确定土壤肥力构建目标，土壤肥力最低应满足第4.2.4要求。

**6** 生物构建设计。根据应用需求，确定生物菌构建的类型、含量范围。

**7** 按照以下流程确定主要设计指标。

材料类型构成比例

制作混合样品

施加功能菌剂

否

满足环境质量目标

是

制作初始样品（机械组成范围R0）

检测理化性质指标

检测土样肥力指标

检测土样生物指标

与目标值对比

与目标值对比

与目标值对比

土壤理化性质改良方案

土壤生物改良方案

土壤施肥方案

改良方案

图4.3.4 人造土设计流程

# 5 制造工艺

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 人造土生产之前应综合考虑应用目标以及本规程要求制定设计方案，作为制造的依据。

**5.1.2** 人造土生产制备总体流程一般包括煤矸石分选、处理、破碎、配比、改良和成土环节，实际执行中根据具体情况确定全部或部分环节以及其执行次序。

**5.1.3** 人造土的生产分为工厂式生产模式和移动式原位生产模式，可根据实际需要选定。

**5.2 材料分选和处理**

**5.2.1** 煤基固废中硫组分，可采用物理的、化学的以及生物的或其结合的方法进行脱硫分选或处理。

**5.2.2** 煤基固废中的重金属，可通过淋洗、超声波、微生物浸出或其结合的方法进行预处理。

**5.2.3** 农家肥应通过发酵等方式进行杀菌、消毒处理。

**5.3 工艺流程**

**5.3.1**  人造土制造包括分步式和一步式两种工艺，可根据实际需要选用。

**5.3.2** 分步式生产工艺，应根据设计方案按图5.3.2进行：

原料

分选

细粒组

中粒组

粗粒组

过筛分级

破碎

处理

调料

喷水

按设计配比混料

搅拌

稳定

成土

图5.3.2 人造土分步式生产工艺流程

**5.3.3** 一步式生产工艺应根据设计方案按图5.3.3进行：

矸石存放区

分选

破、混一体化

处理

喷水

调节剂

稳定

成土

图5.3.3 人造土一步式生产工艺流程

# 6 质量检验

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 造土材料和人造土成品应具备完整的检验资料，包括样品照片、留样、原始检测报告。

**6.1.2** 应出具人造土成品质量检验报告，不符合质量要求的成品不得出厂和使用。

**6.1.3** 符合本规程规定的人造土成品在使用中还应符合特定应用场景的要求和有关规定，不符合的不得使用。

**6.1.4** 不同造土材料应按照品种、规格等级和生产厂家分别标志和贮存、并应采取相应措施防止其受潮、结块、变质、混杂、污染等。

**6.2 材料质量检验**

**6.2.1** 煤基固废造土材料进厂前应出具检验合格文件，购置的材料应有质量检验报告和使用说明书。

**6.2.2** 材料的检验批次应符合下列规定：

**1** 不同煤基固废材料应按照类型、来源分别进行检验。

**2** 同一矿同一地质煤层来源的煤矸石所涉第3.3节质量指标应按5万吨一个检验批次依据相应参考国标现行方法检测，不足上述数量时按一个检验批进行检验；常规入场煤矸石采用快检技术以车为单位进行快速检测，采用XRF或LIBS技术进行全面快速检测，对于关键指标可通过ICP-OES或LA-ICP-MS复核。

**3** 同一来源的粉煤灰等其它煤基固废材料所涉第3.3节质量指标应按照500吨一个检验批次依据相应方法检测，不足上述数量时按一个检验批进行检验；常规入场粉煤灰采用快检技术以车为单位进行快速检测，采用XRF或LIBS技术进行全面快速检测，对于关键指标可通过ICP-OES或LA-ICP-MS复核。

**4** 造土用水按照来源分别检测，同一水源不少于一个检验批。

**5** 每个检验批次不应少于三组试样，取样应具有代表性。

**6.2.3** 材料的检测方法应符合本规程第3节之规定。

**6.3 成品质量检验**

**6.3.1** 人造土成品各项指标按本规程第4.2节规定的检测方法进行。其中表4.2.5-4.2.6各项指标每3000吨、其它按各项指标每10万吨一个检验批次依据现行标准方法检测，常规生产采用快检技术每车进行快速检测。

**6.3.2** 人造土成品各项指标检出结果满足4.2节规定的为合格品，不符合的为不合格品，禁止出厂。

**6.3.3** 将人造土成品的有机质和全氮、全磷、全钾、有效磷、速效钾和缓效钾含量由高至低分为3级，分别用优、良和合格表示。人造土的养分分级按表6.3.3划分。

表6.3.3 人造土主要养分分级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **指标** | **单位** | **分级和分级释义** | | |
| **优** | **良** | **合格** |
| 有机质 | g/kg | >40 | 30-40 | 20-30 |
| 全氮 | g/kg | >2.00 | 1.50-2.00 | 1.00-1.50 |
| 全磷 | g/kg | >1.0 | 0.8-1.0 | 0.6-0.8 |
| 全钾 | g/kg | >25 | 20-25 | 15-20 |
| 碱解氮 | （mg/kg） | >150 | 120-150 | 90-120 |
| 有效磷 | mg/kg | >40 | 30-40 | 20-30 |
| 速效钾 | mg/kg | >200 | 150-200 | 100-150 |
| 缓效钾 | mg/kg | >700 | 500-700 | 300-500 |

**6.3.4** 人造土样品测试化验可参考表6.3.4规定的方法执行。

表6.3.4 人造土主要指标检测方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **指标** | **分析方法** | **标准编号** |
| 有机质 | 重铬酸钾氧化－容量法 | 《土壤检测第6部分：土壤有机质的测定》NY/T 1121.6 |
| 元素分析仪法 | 《土壤中总碳和有机质的测定元素分析仪法》（报批稿） |
| 全氮 | 自动定氮仪法 | 《土壤检测第24 部分：土壤全氮的测定自动定氮仪法》NY/T 1121.24 |
| 全磷 | 酸消解－电感耦合等离子体发射光谱法 | 《森林土壤磷的测定》LY/T 1232 |
| 全钾 | 酸消解－电感耦合等离子体发射光谱法 | 《森林土壤钾的测定》（LY/T 1234） |
| 有效磷 | 氟化铵－盐酸溶液浸提－钼锑抗比色法（pH＜6.5 的样品） | 《土壤检测第7 部分：土壤有效磷的测定》 NY/T 1121.7 |
| 碳酸氢钠浸提－钼锑抗比色法（pH≥6.5 的样品） | 《土壤检测第7 部分：土壤有效磷的测定》NY/T 1121.7 |
| 速效钾 | 乙酸铵浸提－火焰光度法 | 《土壤速效钾和缓效钾含量的测定》NY/T 889 |
| 缓效钾 | 热硝酸浸提－火焰光度法 | 《土壤速效钾和缓效钾含量的测定》NY/T 889 |
| 碱解氮 | 碱解-扩散法 | 《森林土壤水解性氮的测定》LY/T 1229 |

# 用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”， 反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《地表水环境质量标准》GB 3838

《污水综合排放标准》GB 8978

《土壤全钾测定法》GB 9836

《土壤总磷的测定 消解-钼锑抗分光光度法》GB 9837

《硅酸盐岩石化学分析方法　第28部分：16个主次成分量测定》GB/T 14506.28

《恶臭污染物排放标准》GB 14554

《大气污染物综合排放标准》GB 16297

《岩石分类和命名方案》GB/T 17412.1~3

《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599

《城市污水再生利用工业用水水质》GB/T 19923

《土壤质量 有机碳的测定 重铬酸钾氧化-外加热法》GB/T 23739

《绿化用有机基质》GB/T 33891

《农作物种子检验规程：发芽试验》GB/T 3543.4

《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600

《绿化种植土壤》 CJ／T 340

《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》 HJ 53

《土壤质量 全氮的测定 凯氏法》HJ 717

《森林土壤水解性氮的测定》LY/T 1229

《森林土壤速效钾的测定》LY/T 1236

《有机肥料》NY/T 525

《土壤检测 第7部分：酸性土壤有效磷的测定》NY/T 1121.7

《沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物X射线衍射分析方法》SY/T 5163

中国工程建设标准化协会标准

煤基固废造地应用技术规程

T/CECS xxx－2024

条 文 说 明

**制 定 说 明**

本规程在制定过程中，编制组在系统梳理总结人工造土试验和工程实践经验的基础上，针对规程涉及的材料、设计、制造以及质量检验进行了广泛深入的调查研究，同时参考了与本规程密切的土壤、环境和岩土工程领域的相关技术标准和法规，通过两个方面的结合，设计了本规程的基本逻辑框架，制定了术语、材料、设计要求、制造工艺以及质量检验的相关条文。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能准确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序贬值了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据或执行中需注意的事项进行说明。

本条文说明不具备与规程正文及附录同等法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

**目 次**

[1 总 则 20](#_Toc23036)

[2 术 语 21](#_Toc16255)

[3 材料要求 22](#_Toc19725)

[3.1 一般规定 22](#_Toc211)

[3.2 材料 22](#_Toc19494)

[3.3 质量指标 22](#_Toc620)

[3.4 适宜性 23](#_Toc29258)

[4 设计要求 2](#_Toc6224)5

[4.1 一般规定 25](#_Toc31821)

[4.2 基本要求 25](#_Toc26973)

[4.3 设计方法 26](#_Toc17794)

[5 制造工艺 27](#_Toc15299)

[5.1 一般规定 27](#_Toc6882)

[5.2 材料处理 27](#_Toc21010)

[5.3 工艺流程 27](#_Toc8265)

[6 质量检验 2](#_Toc17919)8

[6.1 一般规定 2](#_Toc8383)8

[6.2 材料质量检验 2](#_Toc30221)8

[6.3 成品质量检验 2](#_Toc10727)8

# 1 总 则

**1.0.1** “大规模处置利用煤矸石等废弃物并治理石漠化的方法”(CN201810734578.8)发明了一种将煤矸石等煤基固废转化为人造土壤并利用人造土壤开展造地应用的技术路线，提出了制备人造土壤的技术思想和主要技术工艺。先后在贵州六盘水市水城区、盘州市、内蒙古乌海市以及鄂尔多斯市等地区的石漠化治理、矿山生态修复、盐碱地治理等多个场景开展了试验或应用示范并取得成效。为进一步规范和指导其中人造土技术的设计和实施，推动煤基固废大规模消纳以及提高综合利用水平，兼顾带动其它固废综合利用，缓解生态治理领域缺土瓶颈，制定本规程。

**1.0.2** 本规程针对人造土出厂之前的技术环节，土壤的进一步改良和利用技术要求可参照有关标准。

**1.0.3** 实践中的应用场景包含相同或相似的造土技术要素和需求，与本规程相关但未被直接提及的应用领域需要使用人造土时，可参照本规程执行。

# 2 术 语

**2.0.1** 据《洁净煤技术》2021年第3期（含“煤基固废资源化利用研究”专题）。

**2.0.2** 综合《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599及《一般固体废物分类与代码》GB/T 39198的定义给出。

**2.0.5** 本规程规定的煤矸石中的岩石可以含炭也可以不含炭，可以存在残煤也可以不存在，煤炭露天开采中剥离的岩石也可归为煤矸石。

**2.0.7** 人工风化是模仿自然风化过程的技术措施，但比自然风化过程更快，包括物理风化（如破碎、混合等）、化学风化、生物风化以及组合风化等。

**2.0.8** 本规程所指人造土与以有机化学物质为材料形成的所谓“人工土”不同，其主要材料为天然岩石或煤基固废，强调其造土主料与天然土壤的物质同源，从而人造土与天然土在成分上相似，人工风化技术手段的作用在于加速岩石成土的过程。从技术理念、工艺过程以及最终效果看，本规程人造土和利用固废制造肥料（包括营养土）、土壤调理剂不同。

**2.0.13** 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599也使用了此术语，参照其内涵并结合本规程技术需要进行调整。

**2.0.14** 材料的造土适宜性主要包括固废组成、环境质量、肥力等方面，其中环境质量是核心指标，还通过种植试验对适宜性进行验证。通过对材料进行适宜性的评价可降低材料使用和投资风险。

# 3 材料要求

**3.1 一般规定**

**3.1.1** 为方便对造土材料的管理，按照用量和功能将造土材料明确划分为三类，即主料、辅料和调料。其中，主料为用量占比最大的材料，辅料次之。主料的作用是形成人造土的主体骨架结构，辅料用于对主骨架结构进行辅助调整，调料的作用是用于调节人造土特定的功能，如酸碱性、肥力、保水性、生物性状等。

**3.1.2** 造土材料的选择应满足的基本原则为适宜性和相容性，并在造土之前进行适宜性和相容性评价，目的在于通过过程控制保障材料及成品的环境质量，控制风险。

**3.1.3** 明确要求在人造土规模化制造之前，对原材料进行检测和评价，满足造土适宜性的材料方可准入，是造土成品质量及安全环保控制的重要一环。将不同材料之间在造土条件下相互作用的相容性的评估纳入适宜性评价进行。

**3.2 材料**

**3.2.1** 明确煤矸石作为造土主料和必备材料，造土辅料为可选材料，可根据实际供给情况单一或组合选用。造土辅料分为无机和有机两类，如粉煤灰等为无机造土辅料，秸秆则为有机造土辅料。非煤矸石型的（废弃）岩石也可作为造土材料，如建设工程建筑垃圾、建设工程废石等。天然土壤、建设工程弃土、荒漠沙可用作造土辅料，经过处理的盐碱土可作为造土辅料。

**3.2.2** 从地质成因来看，沉积岩的矿物成分和结构与土壤更加接近，如粘土岩、砂岩、页岩、碎屑岩等，部分与沉积岩接近的变质岩也推荐采用。人造土用于种植时，在满足适宜性的前提下，用沉积岩和部分变质岩造土的成本更低。

**3.2.3**无机造土辅料可选用粉煤灰、炉渣、石膏或其组合，有机造土辅料可选用植物秸秆、枝叶等生物材料或其组合。

**3.2.4** 为改善人造土的性能或调理其特定功能的材料，如固化剂、钝化剂、稳定剂、调理剂、保水剂、生物菌剂、人造泥、肥料等明确为人造土的调节材料即调料。

**3.2.5** 明确禁止各类污染土和未经处理达标的材料准入，最大限度从源头降低人造土环境风险。

**3.3 质量指标**

**3.3.1**第I类一般工业固废的处置在我国有长期实践经验，将第I类一般工业固废按照《污水综合排放标准》GB8978规定的浸出液环境质量要求作为煤基固废造土材料的限制之一，既有利于从浸出液这一侧面控制造土材料的环境安全性，也有利于借鉴已有知识体系和实践经验。

**3.3.2** 在第3.3.1条限制造土材料浸出液的环境质量之外，利用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600—2018进一步从造土材料有害物含量这一侧面提出煤基固废的准入要求，确保材料安全性。

**3.3.3** 部分地区煤矸石等地下岩体存在放射性风险，为降低该风险，采用标准《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》HJ 53限制造土材料中放射性水平，同时也允许造土材料的放射性水平小于使用场景的天然土壤的放射性的背景值。

**3.3.4** 人造土制备用水是指在土壤制造中最终成为人造土一部分的水。要求采用不低于《地表水环境质量标准》GB3838中Ⅳ类水标准的新鲜水，推荐采用满足《城市污水再生利用工业用水水质》GB/T 19923工艺用水指标要求的回用水，优先采用满足要求的矿井水。

**3.3.5** 有机肥料作为人造土调料时，其限量指标应满足《有机肥料》NY/T 525第4.2.3要求。

**3.4 适宜性**

**3.4.1** 本规程涉及的造土材料类型较多，为确保安全环保，对不同类型的煤基固废材料的适宜性应分别进行评价；不同来源的煤基固废其环境质量可能存在较大差异，即使是同一矿区不同时段产出的煤矸石其有害物含量也可能存在差异，为降低风险、提高成功率需分别进行评价。

**3.4.2** 规定了造土适宜性评价报告中应开展的基本内容及相应的检测方法。其中，岩性鉴定、矿物和化学成分分析是基础内容，材料环境质量是核心内容并且是适宜性的判断必要条件。

**3.4.3** 煤矸石洗选技术和材料无害化处理技术不断发展，成本日益下降。规定通过预处理满足环境质量要求后可判定为环境适宜，为推动技术进步和大规模造土提供了可能。

**3.4.4** 对用人造土的材料，除了满足环境质量准入要求外，还应满足可种植性要求，为此增加室内盆栽种植验证试验，并对出苗率/发芽率提出了要求。考虑到可种植性不仅与土壤性能有关，还与作物种子及种植生长条件有关，本条建议了选择目标种植作物，或者选择常见的功能性植物，如根状植物、绿肥作物、禾本科作物等。对于重要的人造土应用工程，建议增加庭院试验或大田种植试验。根据目标立地条件，可采用根系发达、生态适应性强、营养需求低，具有固氮，加速土壤菌群多样化与均衡化发展的功能性植物与乡土植物相结合，功能性植物包括根状植物、绿肥作物、禾本科作物等。种苗发芽试验、盆栽实验按《农作物种子检验规程：发芽试验》GB/T 3543.4中农作物种子检验规程发芽试验规定的方法进行。

**3.4.6** 规定了人造土材料判定为“适宜”的依据，只有判定为“适宜”的材料才被许可开展人造土工作。相容性和适宜性是不同概念，但在实践上，将相容性的评价作为适宜性评价内容。

# 4 设计要求

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 通过设计给出人造土配方和性能要求，是制定生产工艺的主要依据。人造土的材料选择、用量配比具有一定程度的灵活性，因地制宜、一地一方进行人造土设计可有效降低综合成本，同时，最大限度与当地气候、生态、技术条件匹配可提高人造土工程的质量和效益并降低风险。为此，在造土设计之前应开展调查工作，包括人造土用途及要求，材料的类型、可用数量以及适宜性，目标种植作物或乡土植物，以及当地的农业种植经验和潜在的影响因素。

**4.1.2** 人造土在设计的全过程中遵循人工风化原则有利于提出优化的设计方案。针对人造土的应用目标和场景条件进行造土方案设计，遵循人工风化原理有利于对造土方案进行优化，规定了两种土型三种用途的人造土分别应该包括的设计内容。

**4.1.3** 规定应形成人造土设计方案报告，是人造土的生产制备和质量检验的依据。

**4.2 基本要求**

**4.2.1** 土壤质地是土壤的重要农业现状，也称为土壤颗粒组成或机械组成，常见的土壤质地分类标准有国际制、美国制、卡庆斯基制及中国制，这几种制度都曾被我国土壤届采用，比如，《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166采用美国制，《高标准农田建设评价规范》 GB/T 33130采用卡庆斯基制，《土地质量地球化学评价规范》DZ/T 0295采用国际制等。但我国目前还没有普遍采用的统一的土壤质地分类系统。考虑到研究和实践经验，人造土采用国际制土壤质地分类标准对土壤的机械组成进行划分。

**4.2.2** 砾质天然土壤在我国许多地区特别是山地和丘陵地区广泛分布，表明含有砾石的土壤植物可以生长。从示范工程实践来看，人造土中含有一定数量的砾石粒组有利于人造土早期形成通气结构，改善土壤渗透性，防止土壤板结。中国科学院南京土壤研究所曾对其进行分类，中国林业部综合调查队曾对石质性土壤进行了分类。此处综合参照其分类经验，规定人造土中允许含有一定量的砾石粒组，其最大粒径不超过10mm，质量占比不超过10% 。

**4.2.5** 在材料浸出液有害物进行控制的基础上，对人造土成品的浸出液主要有害物的含量再次进行控制，检验了不同造土材料的相容性，进一步降低了人造土的环境风险。

**4.2.6** 在对煤基固废材料有害物含量提出限制的基础上，对人造土成品主要有害物含量再次进行限制，此处设计限制为最低要求。

**4.2.8** 确保人造土不释放刺激性气味以及污染空气，煤矸石为造土主料的人造土潜在有害气体一般包括 SO2, NOx, H2S。采样点位布设、采样及监测方法按《大气污染物综合排放标准》 GB16297的规定执行。

**4.3 设计方法**

**4.3.1** 人造土设计的总体方法确定各目标指标的范围，然后通过试配、检测、调整的方法得到满足指标范围的土壤材料构成、粒组配比以及调料的选择和用量。根据确定的设计目标指标，对造土主料和造土辅料按照第3章节规定的指标进行全面检测是开展设计的基础依据。

**4.3.4** 由于涉及多目标，采用试探、调整的方式进行逐个设计。首先根据各主辅料的环境质量检测结果，确定材料构成范围，若无法满足第4.2.5-4.2.7环境质量要求，应进行材料处理或更换材料；其次，确定粒组构成范围初始值，在此基础上通过测试、调整使其满足渗透性目标，最后补齐肥力差异使其满足肥力目标。

# 5 制造工艺

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 根据人造土制备原理确定工艺流程，设生产设施，依据设计方案确定工艺参数。

**5.1.2** 根据人造土原理，规定了人造土生产制造的一般流程和工艺环节，同时指出，遵循人造土基本原理的条件下可根据设计目标和实际情况灵活选择和调整工艺环节及其次序，确保成品质量和生产的经济性。如，若各材料经过检测，室内试验成品的环境质量可达到设计要求，九无需分选和处理环节；若材料重金属超标，可能需要先破碎，再分选或预处理，达标后再进行配比、改良和成土。

**5.1.3** 成本和经济性是生产中重要制约因素，不同规模和设施条件其成本具有差异。据此，对于长期的规模较大的造土工程，可灵活采用人造土专用工厂进行集中生产制备，而对于临时的或小型的造土工程可靠近矸石来源或者用土位置进行分散式、移动式现场制造方案。

**5.2 材料处理**

**5.2.1** 推荐了对煤基固废进行无害化处理以降低其中硫含量的技术途径。

**5.2.2** 推荐了对煤基固废进行无害化处理以降低其中重金属含量的技术途径。

**5.2.3** 推荐了农家肥无害化处理的技术途径。

**5.3 工艺流程**

**5.3.1** 提供人造土的分步式和一步式两种生产工艺流程，可根据需要或经济性评价进行选用。两种工艺流程的主要差异在于，分步式工艺将材料的破碎、筛分和混拌分开进行，优势在于可精准控制各粒组的配比，劣势在于增加能耗；一步式工艺将材料的破碎、筛分和混拌、改良一步进行，通过对破碎机改造并调整控制参数实现一步式生产。图中虚线环节表示根据实际需要进行设置。工艺中的稳定环节是指通过1~2天的放置养护。

**5.3.2** 破碎煤矸石时的入料尺寸按照所选用的破碎机工艺要求确定。

**5.3.3** 人造土一步式生产中，通过控制造土机的锤头数量等工艺参数实现成土的机械组成满足设计目标所在范围。

# 6 质量检验

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 材料和成品应具备完整的检验资料，包括样品照片、留样、检测报告。

**6.1.2** 应出具质量检验报告，不符合质量要求的成品不得出厂和使用。

**6.1.3**  符合本规程质量规定的人造土成品在使用中还应符合特定应用场景的要求和有关规定，不符合的不得使用。

**6.2 材料质量检验**

**6.2.1** 煤基固废材料或处理后的材料进入造土前应出具检验合格文件，商品材料或调料应有使用说明书。

**6.2.3** 材料的检测方法应符合本规程第3节之规定。

**6.3 成品质量检验**

**6.3.1** 为保正成品质量，除了采用标准检测方法外，还配合快检方法进行质量检验。常规生产快速检测采用XRF或LIBS技术进行全面快速检测，对于关键指标可通过ICP-OES或LA-ICP-MS复核；有机质含量可采用便携式近红外光谱仪（NIR）快速检测；4.2.4其他指标可采用便携式土壤养分速测仪进行快速检测。

**6.3.3** 参考《全国第二次土壤普查土壤养分分级标准》制定。