

# 贵州省煤矸石造土造地生态修复技术攻关 及试点示范应用

## 项目研究报告

承担单位：贵州能源集团有限公司



参与单位：贵州能源产业研究院有限公司、贵州



盘江精煤股份有限公司金佳矿、中国



科学院武汉岩土力学研究所

主要编制人员：王明坤、安铁梁、白冰、杨乘

2025年4月

## 摘 要

贵州省煤矸石治理面临历史存量、综合利用率低、堆场生态修复滞后等问题，同时还要应对煤矸石产量持续增长的新挑战。因此，探索煤矸石的低成本、无害化利用路径，是实现煤炭企业绿色健康发展的关键。2023年，贵州省能源局、贵州省生态环境厅同意贵州能源集团牵头在盘江股份公司金佳矿开展煤矸石造土造地生态修复技术攻关及试点示范研究，项目通过多学科技术集成与工业化应用创新，形成了一套“造土—造地—修复—监测”全链条技术体系，实现了煤矸石从被动治理向功能化利用的转型。

核心技术创新包括：（1）**煤矸石制种植土工业化工艺**。提出“目标定制—原料评价—无害化处理—配比成土”的标准化流程，研发抑害提质技术，人造土主要肥力指标显著提高，特别是有效磷含量得到大幅改善，改良效果十分显著。（2）**分层造地与资源协同利用技术**。基于煤矸石粒度分级利用，实现基底充填层、保水层、耕作层原料完全矸石利用化，通过配套肥力改良技术及改善土壤 pH 值等措施，达到植物生长要求，进而实现造地目的。（3）**动态生态修复调控体系**。构建“微生物—植被—土壤—淋溶水”全要素监测框架，并开展 3 次时序监测，数据表明：微生物多样性指数修复 1 年后提升 40%；通过种植湖北紫荆、葛藤等乡土植物，套种覆盖度达 95% 以上，成活率超 90% 以上。

项目成果显著且具有较大推广价值与战略意义，具体体现在以下几点：

（1）**效益突出**：经对比，人造土地每亩需投入 18000 元，而传统覆土达到耕种条件每亩至少需投入 25000 元，采用人造土每亩可节约资金 7000 元左右

右，同时，解决了异地取土带来的生态问题（如破坏植被）和客土资源匮乏问题。同时叠加农业种植、占补平衡交易及碳汇潜力，可以实现煤矸石造土造地的规模化推广。（2）社会生态效益佳：从根本上解决了煤矸石等大宗煤基固废的处置利用难题，有效规避了煤矸石大规模堆存对环境的潜在不利影响，消除了制约煤炭产业绿色高质量发展的一个“痛点”，疏通了煤矿企业正常生产的一个“瓶颈”，进而化解了能源供应和经济社会发展的一个“隐患”。

# 目 录

摘 要 .....	I
<b>1 项目概况 .....</b>	<b>1</b>
1.1 基本概况 .....	1
1.2 考核指标 .....	2
1.3 主要考核指标及完成情况对照 .....	3
1.4 国内外研究现状 .....	4
<b>2 项目实施过程 .....</b>	<b>7</b>
2.1 组织管理 .....	7
2.2 技术路线 .....	10
<b>3 取得的主要成果及认识 .....</b>	<b>11</b>
3.1 成果一：系统地提出了煤矸石制备种植土的改良配方工艺 .....	11
3.2 成果二：提出了新型工业化造地技术，优化工业化发展模式，提升资源利用效率，减少环境影响，实现可持续发展 .....	12
3.3 成果三：首次在庭院试验尺度实现多要素高频次动态追踪，兼顾环境风险管控与生态功能恢复，为矿区修复提供精细化调控策略 .....	13
3.4 成果四：以系统性思维整合四大技术体系，兼顾短期修复效能与长期生态韧性，推动煤矸石生态修复从“被动治理”向“主动功能恢复”转型 ..	15
<b>4 主要结论与创新点 .....</b>	<b>16</b>
4.1 关键技术 .....	16
4.2 创新点 .....	17

4.3 应用前景 .....	17
<b>5 经济效益与社会效益 .....</b>	<b>19</b>
5.1 经济效益 .....	19
5.2 社会效益 .....	20

# 1 项目概况

## 1.1 基本概况

项目名称：贵州省煤矸石造土造地生态修复技术攻关及试点示范应用

项目牵头单位：贵州能源集团有限公司

项目参与单位：贵州能源产业研究院有限公司、贵州盘江精煤股份有限公司金佳矿、中国科学院武汉岩土力学研究所

总体目标：针对贵州省煤矸石历史遗留量大、综合利用不力、煤矸石堆场生态修复治理工作滞后，以及煤矸石长期大量堆存、增量不断增加等难题，瞄准低成本、无害化煤矸石生态修复技术重大技术需求，本项目以矸石堆场修复为模板对象，开展煤矸石造土造地生态修复技术攻关；突破人工造土造地配方、工业化生产方案、生态修复整体设计、修复效果分析评价等关键技术；依托贵州能源集团整合多个煤矸石山开展试点示范应用建设。通过试点示范，形成煤矸石造土造地生态修复技术体系。

### 主要研究内容

(1) 以地表上已存有的煤矸石山为对象，开发适合贵州省煤矸石生态修复的煤矸石场地修复和边坡治理的整体设计方案，形成煤矸石植物修复示范工程。

(2) 监测修复场地的重金属、微生物群落、植物成活率等指标，完成煤矸石生态修复效果分析及污染风险评价。

(3) 构建、改良基质体系、恢复和重建技术集成、群落生物多样性技

术研究和植物抗贫瘠技术集成四个体系，探索煤矸石生态修复新技术。

## 1.2 考核指标

### （一）预期成果

（1）制定煤矸石生态修复企业标准 2 项。

（2）项目研究技术报告 1 份。

### （二）考核指标

（1）监测修复场地的重金属、微生物群落、植物成活率；完成煤矸石生态修复效果分析及污染风险评价；构建、改良基质体系、恢复和重建技术集成、群落生物多样性技术研究；植物抗贫瘠技术集成。

（2）示范工程和新技术实验的总面积不少于 70 亩，其中示范工程面积 50 亩，新技术实验面积 20 亩。

（3）复垦成活指标：按 6 类单计，具体为乔木成活率 $\geq 90\%$ ；灌木成活率 $\geq 90\%$ ；地被（庭院）覆盖度 $\geq 95\%$ ；地被（庭院）单株成活率 $\geq 95\%$ ；地被（野外）覆盖度 $\geq 80\%$ ；攀援植物成活率 $\geq 95\%$ 。生态工程苗木单位统一为：乔木按株、灌木按穴、地被（包括模纹）按平米、攀援植物按株计；周期 2 年。

（4）监测面积要求全覆盖。根据相关采样方法，定期进行采样，测定指标包括煤矸石理化性质、复垦基质理化性质、微生物群落时空变化、植被覆盖度、复垦土壤肥力、重金属、淋溶水水质等；周期 2 年。

### 1.3 主要考核指标及完成情况对照

项目的考核指标与完成情况对照表见表 1-2-1。

表 1-2-1 项目考核指标与完成情况对照表

主要考核指标	实际完成情况	备注
<p><b>(一) 技术指标</b></p> <p>监测修复场地的重金属、微生物群落、植物成活率等指标，完成煤矸石生态修复效果分析及风险评价。构建、改良基质体系、恢复和重建技术集成、群落生物多样性技术研究和植物抗贫瘠技术集成四个体系，探索煤矸石生态修复新技术。</p> <p>复垦成活指标：按 6 类单计，具体为乔木成活率≥90%；灌木成活率≥90%；地被（庭院）覆盖度≥95%；地被（庭院）单株成活率≥95%；地被（野外）覆盖度≥80%；攀援植物成活率≥95%。生态工程苗木单位统一为：乔木按株、灌木按穴、地被（包括模纹）按平米、攀援植物按株计。</p> <p>监测面积要求全覆盖。根据相关采样方法，定期采样，测定指标包括煤矸石理化性质、复垦基质理化性质、微生物群落时空变化、植被覆盖度、复垦土壤肥力、重金属、淋溶水水质等。</p> <p>经济社会效益绩效：示范工程和新技术实验的总面积不少于 70 亩，其中示范工程面积 50 亩，新技术实验面积 20 亩。</p> <p><b>(二) 科技产出</b></p>	<p><b>(一) 技术指标</b></p> <p>(1) 监测面积按要求全覆盖，已完成了煤矸石理化性质检测、复垦基质理化性质检测、微生物群落时空变化监测（3 次）、植被覆盖度、复垦土壤肥力检测（3 次）、重金属（3 次）、淋溶水水质（3 次）等。</p> <p>(2) 完成煤矸石生态修复效果分析及风险评价；构建、改良基质体系、恢复和重建技术集成、群落生物多样性技术研究和植物抗贫瘠技术集成四个体系，探索煤矸石生态修复新技术。</p> <p>(3) 示范工程和新技术实验的总面积（三四五六区）为 82 亩，其中示范工程面积（三四五区）61 亩，新技术实验面积（六区）21 亩。</p> <p><b>(二) 科技产出</b></p> <p>(1) 本技术报告，完成</p> <p>(2) 已发布《煤矸石山造土造地绿化技术规程》；</p> <p>(3) 已发布《煤矸石造土造地技术规程》；</p> <p>(4) 团队成员参编贵州省地方标准并发布：《贵州省煤矸石填沟造地试点示范技术指南</p>	<p>已完成</p>

项目研究技术报告； 制定煤矸石生态修复企业标准 2 项。	（试行）》 （5）授权实用新型专利：《一种用于煤矸石 人造土的低能耗自重式混料装置》	
---------------------------------	--	--

## 1.4 国内外研究现状

### （一）人工造土造地生态修复技术

人工造土造地是中国科学院武汉岩土力学研究所 2017 年提出的技术路线，近年来在生态修复等领域备受关注。以下是生态修复领域国内外研究现状的一些总结：

#### （1）国内研究现状

①红树林湿地生态修复：我国红树林湿地生态修复技术的研究涵盖了良种选育与濒危树种扩繁等方面。这些研究旨在提高红树林湿地的生态功能，解决生物入侵等问题。

②废弃矿山生态修复：实施废弃矿山生态修复工程，是适应社会主义生态文明建设的重要举措。例如，重庆市发布的《矿山生态修复项目设计技术要求（试行）》中提到土壤重构工程包括土石分离、粘土岩破碎、表土回填等步骤，这些都是人工造土造地生态修复技术的具体应用。

③水土流失生态修复：在水土流失区，生态修复技术主要以生态学原理和技术手段为基础，通过土壤改良修复、客土修复整治以及各类生态覆绿技术来恢复或重建植被及生态系统。

#### （2）国际研究现状

①矿山生态修复技术：国内外学者对于开采后矿山进行生态修复的研

究主要集中在物理修复、化学修复、生物修复、联合修复四个方面。物理修复技术包括隔离、电动力学、换土等方法；化学修复则涉及使用化学物质改善土壤性质；生物修复利用植物、微生物等生物体的作用来修复受损的生态系统；联合修复则是将上述多种技术结合使用。

②土壤重构与改良：在国际上，人工造土造地的研究也十分活跃，特别是在土壤重构和改良方面。包括从矿山排土场、建筑废料等资源中提取可用材料，通过混合有机质、矿物质等成分来创造适合植物生长的新土壤。

③生态工程与可持续发展：全球范围内的研究还强调了生态工程与可持续发展的结合，提倡在修复过程中尽量减少对自然环境的干扰，同时确保修复后的土地能够长期维持其生态功能和社会经济效益。

综上所述，人工造土造地生态修复及其关联技术得到了广泛地研究和应用，各种技术和方法不断涌现并得到应用，为解决生态问题提供了多样化的解决方案。但是，国内、国际研究现状仍存在诸多问题，比如：研究方向单一，只侧重于某一方面；工艺复杂、成本高，经济效果不好；规模化实践不足、成果转化范围有限等。这些共性问题在对规模化、低成本治理有迫切需求的煤炭工业领域表现得尤为突出，而现有技术体系难以充分满足其绿色发展的实际需要。

## （二）贵州煤矸石利用现状及存在问题

### （1）贵州面临历史存量、增量压力大的难题。

煤矸石是采煤和选煤过程中排放的固体废弃物，包括巷道掘进过程中的掘进矸石，采掘过程中从顶板、底板及夹层里采出的矸石以及洗选过程

中分选出的矸石。据统计，矸石产生量约占煤炭生产量的 15%~20%。据文献估计，2020 年贵州煤矸石的产生量大约为 1920~ 3840 万吨。2021 年煤矸石产生量 1667.03 万吨，利用量 1453.56 万吨，目前贵州省存量煤矸石数量大约 2 亿吨，估计每年将新增约 2000 万吨。历史存量煤矸石主要是堆存，每年新增矸石即使按照现有数据也有 200 多万吨无法消纳。

(2) 煤矸石正成为制约煤炭产业绿色高质量发展的“痛点”，可能成为煤矿企业正常生产的“瓶颈”，进而成为能源供应和经济社会发展的“隐患”。

煤矸石在堆放和运输等过程中，土地被占用，造成耕地、林地等面积减少，产生有害气体、元素也会随雨水淋溶和渗滤而污染地下水体和土壤，干燥后会形成粒径细小的粉尘，在风力作用下悬浮空中污染大气，而且有些煤矸石在适宜的条件下会发生自燃，排放二氧化硫、氮氧化物、碳氧化物和烟尘等有害气体，给生态环境造成不同程度的负面影响。在历次中央环保督察中，煤矸石一直是煤炭工业城市的督察重点。根据《煤矸石综合利用管理办法（2014 年修订版）》，我国禁止新建煤矿及选煤厂建设永久性煤矸石堆场，确需建设临时堆场（库），原则上占地规模按不超过 3 年储矸量设计，且应有后续综合利用方案。调研发现，许多原有矿井开采多年，矸石堆场逐渐达到库容，煤矸石堆场用地缺口不断扩大，加之新的大规模消纳途径尚未建立正在成为制约煤矿正常生产的“瓶颈”，不仅影响了原有产能释放，也影响了进一步新建矿井产能（包括新建露天矿）。这一局面将严重制约煤炭产业可持续发展，给能源供应和经济社会发展埋下

“隐患”，必须探索应对之策。

(3) 煤矸石消纳的难点在于其“规模大”和“经济性”不足。

煤矸石消纳的第一个难点在于其“规模大”。全面利用已有技术开展综合利用是目前主流思路。煤矸石综合利用技术主要类型包括：煤矸石发电、制作建筑材料、工业提炼有价元素、电力热力利用、生产工艺品、生产肥料和土壤改良剂等，这些综合利用途径发挥了巨大作用，其中有些将继续发挥作用。但也面临一些问题，这也是导致煤矸石消纳的第二个难点即经济性不足。经济性不足包括两个方面，一是成本较高，其原因很多，如加工生产成本低、需求市场距离远，以及原有需求萎缩或消失等等，总之在市场上竞争力不足或需求不大，反过来限制了技术的应用；第二是技术的市场需求在萎缩，导致市场空间狭窄，也限制了消纳量。

## **2 项目实施过程**

### **2.1 组织管理**

项目获批后，团队立即着手项目的组织实施工作。成立了以项目负责人为指挥长的工作专班，形成项目指挥和实施的决策、汇报、落实、推进的有力机制，确保项目如期保质保量完成。项目实施中专门召开了启动大会、多次工作推进会和研讨会，以及最终的项目结题验收交流会。

(1) 强化组织保障

项目牵头单位贵州盘江煤电集团组建项目专门领导专班，确保人、财、物的全方位保障。把该项目列入项目承担人员绩效管理考核，确保项目管

理责任到人。同时，成立项目攻关团队，形成了项目牵头单位、项目参加单位、任务组三级管理体系，为攻关工作顺利开展提供了保障；项目实施单位盘江股份金佳矿成立了以选煤厂、生产技术科等各单位负责人组成的任务小组，负责任务实施和施工组织以及项目建设中的日常管理和运行管理等。

### （2）强化资金保障

严格遵守财务制度，牵头单位和参与单位严格按相关要求，合理安排经费使用，合法进行资金管理，确保资金使用合法合规，盘江股份严格按任务书要求，积极配套自筹资金，为项目有序推进提供资金保障。

### （3）强化质量管理

项目推行全面质量管理，严格按照国家和有关部门的相应规范、规程工作，严把每道工序质量关，加强技术指导和检查验收工作；由专门技术人员对项目实施过程中的技术资料、档案进行收集整理，保障技术管理贯穿项目实施的全过程。

### （4）强化进度管控

项目推进过程中，项目负责人定期召开项目推进会议，及时发现项目执行中出现的问题和困难，并采取对应措施，确保项目按时按进度执行。各任务负责人及时监控所负责工作的进度，并向项目组或项目负责人汇报工作进展。

### （5）强化安全管理

本项目实施过程中遵循“安全第一”的原则。项目推进过程中，按照“一

工程一措施”原则，针对野外工作、室内研究，均按要求进行安全风险研判，并制定安全措施，将措施贯彻到每一个参与人员，落实到每一个操作流程、每一台设备，确保安全措施到位。

#### (6) 强化沟通协调

在项目组内部，建立任务工作群及时沟通交流，内部通过工作推进会（线上、线下）对任务节点进行控制。对外，及时向专家进行咨询，同时积极向省能源局有关处室进行汇报沟通，协调有关事宜，定期填报工作进度和取得的成果，强化过程管理。

项目建设时间为 19 个月，即 2023.08~2025.03，项目年度计划及年度目标见表 2-1-1，项目具体建设进度和时间安排见表 2-1-2。

**表 2-1-1 项目年度计划及年度目标**

起止年限	项目的年度计划及年度目标
2023 年 6 月-2023 年 8 月	项目启动大会，任务贯彻，项目组织管理机构建立。开展多矿踏勘选址与整合，完成生态修复示范区整体统一规划。开展试验区本底检测分析；开展施工组织及施工准备。煤矸石制种植土改良配方工艺及抑害提质技术研究。
2023 年 9 月-2024 年 2 月	开展煤矸石植物修复示范工程建设方案设计；开展第二代矸石造土造地生态修复技术攻关及试点工程建设方案设计；低成本工业化造土造地生产技术方案；研究人造土地修复的生态建构方案；基于人造土的矿山斜坡稳定性分析控制技术；基于人造土的矿山斜坡生态修复技术；完成土壤生产改良；完成示范区场地基础建设；完成监测检测系统构建；完成人造土地修复的生态建构方案；完成年度报告。
2024 年 3 月-2024 年 8 月	完成人工造土造地施工；开展示范区各场地种植；开展田间管理；开展持续现场检测和监测分析；
2024 年 9 月-2025 年 3 月	开展田间管理；开展持续现场检测和监测分析；形成矿山生态修复风险评价体系；项目总结与结题验收。

表 2-1-2 项目建设进度和时间安排表

起止时间	项目任务计划进度
2023.08.01-2023.08.31	完成现场调研，并制订实施方案；
2023.09.01-2023.09.30	完成金佳矿矸石山现状测绘；金佳矿矸石场移动（滑坡）监测系统设计及安装；
2023.10.01-2024.02.31	完成金佳矿矸石山的现场取样和斜坡固坡方案和生态修复方案；
2024.03.01-2024.05.31	检测筛下物（种植土）理化属性，并提出不同理化属性的煤矸石土土壤改良方案。
2024.06.01-2024.09.31	改良土壤理化性质变化过程监测检测。
2024.10.01-2025.3.30	合成项目总报告。

## 2.2 技术路线

本项目针对煤矸石大宗固废处置与矿区生态修复难题，通过多学科技术集成与工业化应用创新，形成了一套“造土-造地-修复-监测”全链条技术体系，技术路线图见图 2-2-1。



图 2-2-1 技术路线图

### 3 取得的主要成果及认识

#### 3.1 成果一：系统地提出了煤矸石制备种植土的改良配方工艺

人造土总体方法流程图：（1）确定造土应用目标。首先明确人造土的最终应用方向，比如用于土地复垦、农业种植、生态修复等不同的具体目标，这将为后续步骤提供指引。（2）矸石原料评价。对作为人造土原料的矸石进行评估，考量其来源、储量、基本特性等方面，判断其是否适合作为人造土的原料以及原料的质量状况等。（3）检测分析。对矸石原料进行全面的检测分析，涵盖物理性质（如粒度、硬度等）、化学性质（成分组成、酸碱度等）以及其他相关特性的检测，以获取原料详细准确的信息。

（4）无害化处理。如果检测分析发现矸石中存在对环境或后续应用有害的物质，需要进行无害化处理的，通过合适的技术和方法去除或降低有害物质的含量，使其满足安全和环保要求。（5）破碎。将经过评价、检测（可能还有无害化处理）的矸石进行破碎处理，把较大块的矸石破碎成合适的粒度，为后续的配比和成土步骤做准备。（6）配比根据造土应用目标以及矸石原料的特性，按照一定的比例将矸石与其他添加材料（如原生土壤、肥料、改良剂等）进行混合搭配，以调整原料的物理化学性质，使其更接近理想的土壤性质。（7）成土。通过特定的工艺和过程，使经过配比的混合物发生物理、化学或生物变化，形成具有类似天然土壤结构和功能的人造土。（8）造地应用。将最终制成的人造土应用于预定的造地项目中，如填充废弃矿坑进行土地复垦、改良贫瘠土地用于农业生产等，实现人造土的实际价值。其流程图见图 3-1-1。

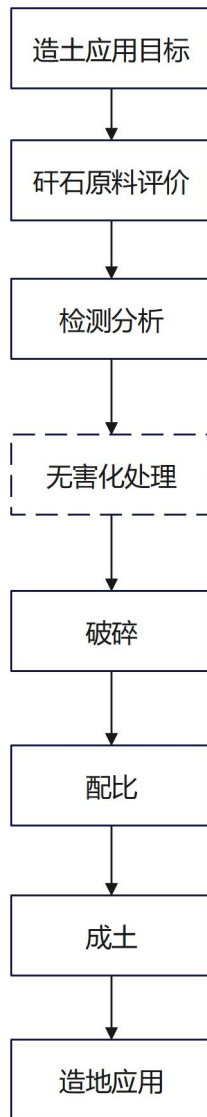


图 3-1-1 人造土总体方法流程图

### 3.2 成果二：提出了新型工业化造地技术，优化工业化发展模式，提升资源利用效率，减少环境影响，实现可持续发展

煤矸石造土造地工艺流程见图 3-2-1，原煤通过 TDS 一级初选，将原煤中的块度大于 50mm 的矸石分选出来，通过矸石运输皮带运送至矸石堆场，作为人造地的基底充填层，块度小于 50mm 的煤矸进入筛分系统二次筛分，将粒度大于 13mm 的矸石与粒度小于 13mm 的煤矸分离出来，矸石通过矸石运输皮带运输至矸石堆场，与末矸混合作为造地保水层，粒度小于

13mm 的煤矸再次进入洗选系统，通过重介旋流洗选、浮选等工艺，形成商品煤和富水末矸，富水末矸经脱水处理后形成末矸，末矸通过矸石运输皮带运送至矸石堆场，作为造地隔水层介质和造土原料（通过肥力改良后成为人造土地耕作层）。

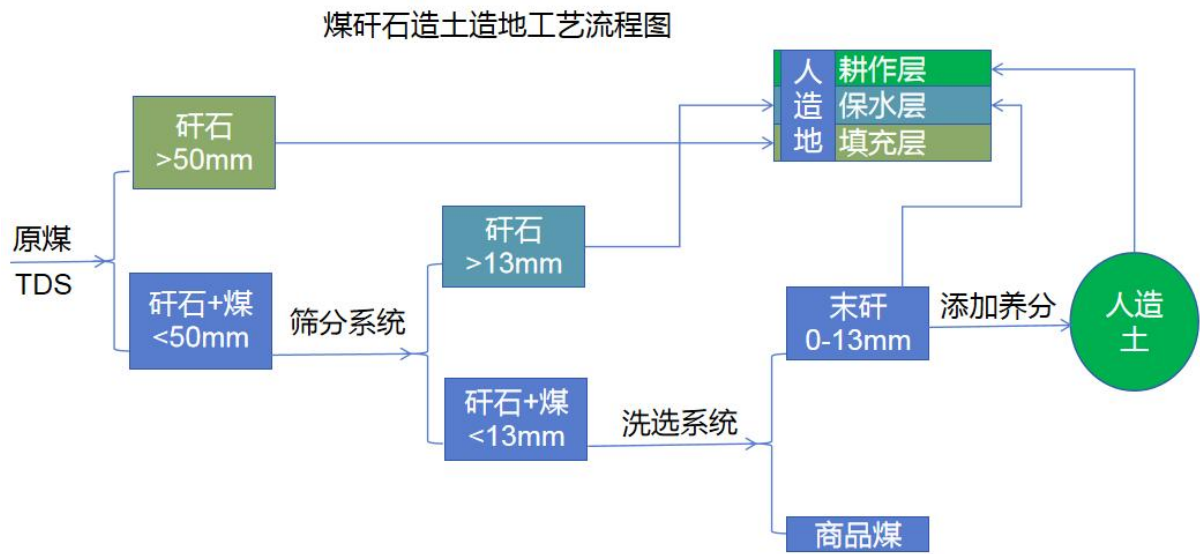
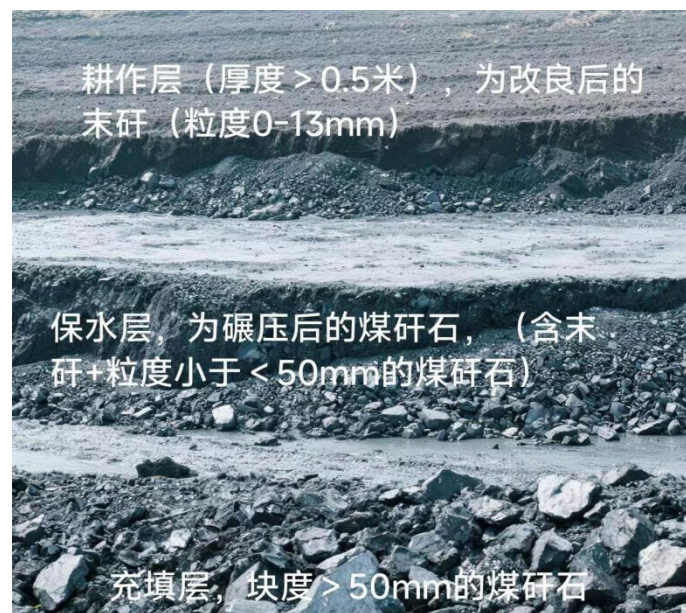


图 3-2-1 煤矸石造土造地工艺流程

人造地结构如下图所示。



### 3.3 成果三：首次在庭院试验尺度实现多要素高频次动态追踪，兼顾

## 环境风险管控与生态功能恢复，为矿区修复提供精细化调控策略

构建了涵盖煤矸石-复垦基质-微生物-植被-土壤的全链条检测框架，通过3次时序监测（微生物群落、土壤肥力、重金属及淋溶水），揭示了生态修复过程中的动态演变规律。

根据前期种植成功经验，考虑贵州乡土特点、本项目时间要求，并经文献调研和不同年份不同作物土壤重金属含量的现场测定，确定采取如下作物候选方案，见表3-3-1。

表3-3-1 金佳矿矸石山候选作物调研方案

编号	植物类型	植物名称	特点	备注	种植时间
1	乔木	湖北紫荆	耐贫瘠，耐干旱耐寒，对土壤要求不严格，适应性强	落叶乔木；贵州省主要乡土树种	3月下旬至4月上旬
2		紫薇	喜光，适应性强，耐瘠薄。	落叶灌木或小乔木；贵州省主要乡土树种	3-4月份
3		桑	中性偏阳性，喜肥耐旱、耐瘠薄。	落叶灌木或小乔木；贵州省主要乡土树种	早春为好，通常在12月至次年3月
4		冬青树			
5	灌木	猪屎豆	响水种植效果好		春季
6		野蔷薇		攀援落叶、灌木	3-4月份
7		胡枝子	胡枝子耐旱，耐瘠薄、耐水湿、耐寒性很强	豆科胡枝子属灌木	4月
8	攀援植物	葛藤	耐酸性强，耐旱，耐寒。	半木本的豆科藤蔓类植物	3月
9		爬山虎			春季3、4月
10		常春藤	耐贫瘠		春季
11	地被植物	黑麦草			四季
12		三叶草			春季3-4月份或秋季9月份
13		紫花苜蓿			春季和秋季

14		光叶苕子			春季和秋季
15	拓展种植（经济作物）	玉米			春季
16		大豆			4月下旬到5月初
17		小白菜			
18		苏丹草	高大禾本科，牧草	响水种植成功	

依据盘州地区各个矸石山的作物种植经验，优先选择植物类型列举的植物之一进行了组合套种。

### 3.4 成果四：以系统性思维整合四大技术体系，兼顾短期修复效能与长期生态韧性，推动煤矸石生态修复从“被动治理”向“主动功能恢复”转型

构建了生态修复质量动态监测与多维度评价体系，融合理化指标（基质改良）、生物响应（群落多样性）及环境风险（如重金属迁移）数据，实现修复效果的定量化、标准化评估，突破传统单一指标评价的局限性。

将土壤学、微生物生态学与工程修复技术交叉应用，形成“原位改良+生物调控+长效监测”的修复新模式，为矿区生态重建提供可复制技术模板。

## 4 主要结论与创新点

### 4.1 关键技术

#### （一）煤矸石制种植土改良配方工艺及抑害提质技术

在一代人造种植土技术基础上，研究煤矸石的处理工艺，煤矸石制造生态种植土结构改进方法，研究抑害提质材料与方法。

#### （二）低成本工业化造土造地生产技术

研发低成本条件下适宜工业化生产的造土造地工艺链，实现造土造地技术的规模化、流水化放大，便于工业化生产。

#### （三）建构人造土地修复的生态

利用人造土进行造地剖面、生态造地方案研究。首先，提出作物选种（乔、灌、地被、攀援植物）配套方案，并同步设计人造地生态剖面；在此基础上，开展土地生态种植方案的设计工作，研究种植管护技术和矿井水利用方案，最终实现矸石山生态系统的快速构建。完成了复垦种植成活指标，具体为乔木成活率 $>90\%$ ；灌木成活率 $>90\%$ ；地被（庭院）覆盖度 $>95\%$ ；地被（庭院）单株成活率 $>95\%$ ；地被（野外）覆盖度 $>80\%$ ；攀援植物成活率 $>95\%$ 。

#### （四）矿山生态修复质量监测分析和风险评价体系研究

依托示范工程和试点工程一体化监测体系，系统开展煤矸石理化性质、复垦基质理化性质、微生物群落时空变化、植被覆盖度、植物成活率、复垦土壤肥力、重金属、淋溶水水质等研究；基于上述监测数据，进行煤矸

石生态修复效果分析，并开展污染风险评价；同时，利用无人机航拍技术，监测矸石山复垦复绿前后的表体位移、变形等灾害指标，进而建立泥石流、滑坡等灾害评价体系。

## 4.2 创新点

（一）构建了煤矸石制土的工业化流程技术，提高了生产效率、为规模化应用降低了成本；提出了人造土地结构-肥力-生态-生产耦合同步构建方法思想，大大提高人造土地可投产时间；建立了以人造土代替天然土进行矿山生态修复的整体技术体系，实现了快速成土、快速造地和快速见效，试点示范的技术可用于其他生态修复利用领域，探索了一条技术经济可行的煤矸石大规模、经济性消纳的新路径。

（二）人工造土造地生态修复处理煤矸石，具备“规模上大”和“经济性强”的优势，且该技术与贵州实际情况匹配性高。它的推广可助力实现“生态产业化”，并因其“带动性强”和“产业链长”的特点，最终实现“综合效益好”的目标。

## 4.3 应用前景

以矸石山生态修复作为造土造地应用的首选不仅能够快速解决当前问题，而且有利于逐步积累经验、放大推广和降低风险。其最大的应用就是因地制宜，结合贵州气候、自然环境等特点、结合土地整治、高标准农田建设的原材料需求来解决煤矸石大宗固废的处置难题。同时可以用以发展产业。第一作为原材料供给，支撑生态修复产业。第二是与农业结合，造

土造地后开展农业种植以及做出各种产业延伸。第三是造地后开展土地置换。第四是有望形成人造土产业链，如人造土肥料产业、改良剂产业等。

---

## 5 经济效益与社会效益

### 5.1 经济效益

（一）较好的直接经济效益。采用人造土进行生态修复成本，以示范项目为例，本项目人造土地 21 亩，耕作层（人造土）厚度 0.5 米，合计 7000 立方米，使用改良剂 90 吨，资金 19 万元，合 9047.6 元/亩；每立方人造土需改良费 27 元（18000 元/亩）；如果采用客土进行覆土（传统方式），每立方米客土购置费用 75 元（含运费），仍然按耕作层厚度 0.5 米算，覆土 21 亩需要购置 7000 立方米客土（52.5 万元，合 25000 元/亩），与人造土相比，每亩人造土地节约 7000 元。

（二）较长的经济效益链、较大的间接经济效益。在环保要求压力下，如果没有更好的办法，即使是较高成本也是必须处置的。造土造地技术不仅可以相对低成本解决这个难题，而且通过节约成本变相获得了经济效益。更重要的是，造土造地可以获得更多的潜在经济效益。通过造地不仅可以获得国土补偿，而且可以同耕地占补平衡机制相结合，可能获得交易增值。实现复耕复垦、农业种植，也可以进一步增加经济效益，甚至对农民起到脱贫致富的作用；人工造土时，可与污泥、城乡有机废弃物造肥相结合，进一步带动其他废弃物的处置利用，甚至在当地构建循环经济。

（三）具备广阔的市场需求空间。与现有的许多处置利用技术相比，不仅由于成本低而具有较强的市场竞争力，而且其市场空间十分庞大。这主要是因

---

为六盘水地区特有的山地沟谷地形以及广阔的石漠化分布，特别是狭窄的平坦国土发展空间。六盘水石漠化面积庞大，是贵州乃至整个西南岩溶区石漠化最严重的地区之一。即使 5%使用此技术治理，其对人工土的需求量也是极其庞大的。

## 5.2 社会效益

“人工造土造地及生态修复”具有良好的社会效益。

（一）通过该技术的“大规模性”和“经济性”，从根本上解决煤矸石等大宗煤基固废的处置利用的难题，消除了煤矸石大规模堆存对环境的潜在不利影响，消除了制约煤炭产业绿色高质量发展的一个“痛点”，打通了煤矿企业正常生产的一个“瓶颈”，也解除了能源供应和经济社会发展的一个“隐患”。

（二）环境与生态效益突出。人工造土造地技术是典型的“绿色、生态”处置利用技术。它以人工土代替客土移植，避免了取土破坏生态和“损人利己”；整个造土工艺中不涉及化工过程，主要是一些机械力学过程，不会新增污染。

（三）土壤的种植利用，有利于保水保土，其实质上具有生态水土保持效益，此外，固废得到治理本身也是环保。生态修复应用是人工造土造地的一个重要的应用方向。比如用来治理石漠化、荒漠化、盐碱地。绿水青山就是金山银山，为生态改善做出贡献自然会产生重大的社会效益。造土造地可以与碳汇植物结合，可大规模增加生态碳汇，为低碳产业和实现碳中和做出积极贡献。鉴于该技术可以产生较长的产业链，可以与其他国家政策相结合，如与乡村振

---

兴等计划相结合，产生更加突出的社会效益。



# Q/PJGF

## 贵州盘江精煤股份有限公司企业标准

Q/PJGF 01—2025

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2025年06月11日 08点47分

### 煤矸石造土造地技术规程

Technical specifications for coal gangue soil and land construction

企业标准信息公共服务平台  
公开  
(送审稿)  
2025年06月11日 08点47分

2025 - 06 - 11 发布

2025 - 06 - 11 实施

贵州盘江精煤股份有限公司 发布



## 前 言

本文件按照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》的规定起草。

本文件由贵州盘江精煤股份有限公司，中国科学院武汉岩土力学研究所，贵州盘江煤电集团技术研究院有限公司，贵州能源产业研究院有限公司提出。

本文件由贵州盘江精煤股份有限公司归口管理。

本文件起草单位：贵州盘江精煤股份有限公司，中国科学院武汉岩土力学研究所，贵州盘江煤电集团技术研究院有限公司，贵州能源产业研究院有限公司

本文件主要起草人：黄元庭、杨聿尚、王定凯、安铁梁、杨乘、白冰、代艳、何秋、侯尚贵、罗开礼、马玉贵、杨名杨、邱宇、丁朴勇、李磊

本文件审核人：王明仲、周洪、敖国同

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2025年06月11日 08点47分



# 煤矸石造土造地技术规程

## 1 范围

本标准规定了煤矸石造土造地的术语和定义、总体要求、选址原则、入场要求、造土造地技术、管理和监测等要求。

本标准适用于贵州盘江精煤股份有限公司所属矿井下利用煤矸石为主作为基材进行的造土造地活动。其他矿山开发区可参照执行。

## 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，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 5085 危险废物鉴别标准
- GB 5086.1 固体废物浸出毒性浸出方法翻转法
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 18598 危险废物填埋污染控制标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB 20426 煤炭工业污染物排放标准
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 50326 建设工程项目管理规范
- GB 50288 灌溉与排水工程设计规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB 50547 尾矿堆积坝岩土工程技术规范
- GB 51118 尾矿堆积坝排渗加固工程技术规范
- GB/T 15555 固体废物浸出毒性测定方法
- GB/T 21010 土壤利用现状分类
- GB/T 22105 土壤质量、总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法
- GB/T 34230 煤和煤矸石淋溶试验方法
- GB/T 30600 高标准农田建设通则
- HJ 25.3 污染场地风险评估技术导则
- HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则
- HJ 91.1 污水监测技术规范
- HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法



HJ 651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）  
HJ 652 矿山生态环境保护与恢复治理方案（规划）编制规范（试行）  
HJ 819 排污单位自行监测技术指南总则  
HJ 2035 固体废物处理处置工程技术导则  
HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范  
HJ/T 166 土壤环境监测技术规范  
HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法  
NY/T 496 肥料合理使用准则通则  
NY/T 2148 高标准农田建设标准  
SL 282 混凝土拱坝设计规范  
TD/T 1031 土地复垦方案编制规程  
TD/T 1036 土地复垦质量控制标准  
AQ 2006 尾矿库安全技术规程  
UDC-TD 土地复垦技术标准(试行)  
DB52/864 贵州省环境污染物排放标准  
DB52/1700 贵州省施工场地扬尘排放标准  
DB/T 922 采煤沉陷区新复垦土壤快速培肥技术规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 煤矸石 Coal gangue

煤矿在开拓掘进、采煤和煤炭洗选等生产过程中排出的含碳岩石。

#### 3.2 土壤 Soil

指位于陆地表层能够生长职务的疏松多孔物质层及其相关自然地理要素的综合体。

#### 3.3 一般工业固体废物 General industrial solid waste

未被列入《国家危险废物名录》或者根据国家规定的 GB 5085 鉴别标准和 GB 5086.1、HJ/T 299 及 GB/T 15555 鉴别方法判定不具有危险特性的工业固体废物。

#### 3.4 矿坑 Coal pit

从敞露地表的采矿场采出有用矿物、或将矿场上的覆盖物（包括岩石、土壤等）剥离后，开采显露矿层之后形成的凹坑。

#### 3.5 山谷 Valley

自然或人为开发活动形成的两山间低凹而狭窄的谷地或沟壑。

#### 3.6 矸石充填 Coal gangue filling

采用煤矸石等固体废弃物为填充材料对露天矿坑、山谷等进行填充并对填充后的区域实施生态恢复措施，重建生态的过程。

#### 3.7 回填造地 Backfill the land

利用煤矸石和其它相容性物质替代土、砂、石等充填材料对回填区域通过平整、覆土、造土等措施转变为土地的活动。

#### 3.8 生态恢复 Ecological restoration

人工修复或重建因生产建设活动损毁的生态系统，使其达到系统自维持状态的过程。

#### 3.9 环境敏感点 Environmental sensitive point

煤矸石填埋场周围可能受污染物影响的居民点、学校、医院、行政办公区、商业区以及公共场所、



自然保护区、风景名胜区、饮用水水源地、工程措施无法解决的复杂岩溶发育地等地点。

### 3.10 相容性 Compatibility

煤矸石同其他固体、液体物质接触时不会产生有害物质，不会燃烧或爆炸，不发生其他可能对回填、充填产生不利影响的化学反应或物理变化的性质。

### 3.11 边坡治理 Slope treatment

煤矸石在地面堆积形成的边坡，为保证边坡及其环境的安全，对边坡采用的支挡加固与防护措施。

## 4 总体要求

### 4.1 基本原则：

煤矸石处置处理工艺及制成的生态修复材料应符合环保、安全、经济、适用的原则，煤矸石造土造地设计、施工和运营管理应保持稳定，不产生新的安全隐患和环境污染。

环保方面：对地块及其周边区域的土壤、地下水和大气环境不造成污染，使煤矸石造土造地地块与周边自然环境和景观相协调。

安全方面：对人类和自然生态不造成威胁，造土造地活动不影响防洪泄洪，防止溃坝、坍塌、开裂、滑坡、泥石流、管涌等不稳定现象。

经济方面：结合所处区域的自然地理条件、生态恢复与环境治理的技术经济条件，因地制宜采取可行的造土造地措施。通过优化运输距离和方式，结合煤矸石分类分选以及高值资源化利用，将造土造地成本控制在合理范围，按照地块用途管制要求，实现地块经济高效利用。

适用方面：根据实际情况，使所造地块发挥预期用途功能，实现土地可持续利用。

### 4.2 规划要求：

煤矸石造土造地选址应符合地方政府国土空间规划、主体功能区划、生态工程区划、生态环境保护规范的要求，着重以“三区三线”管控要求，科学合理制定方案，分步实施，逐渐恢复土地用途功能。

### 4.3 调查论证：

煤矸石造土造地活动实施前应开展区域水文地质调查论证、岩土工程勘察论证、水土保持调查论证、生态环境（大气、地表水、地下水、土壤、生态和煤矸石等固体废物）本底值调查论证，按照 HJ 25.3 等相关标准进行环境风险评估，并在项目实施方案等资料中体现相关报告的主要结论和建议。重点评估对地下水、地表水及土壤环境污染风险，确保安全环保风险在可接受范围内实施相关措施。必备勘察论证资料如下：

生态环境本底值情况调查报告

水文地质及岩土工程勘察论证报告

a) 环境影响评价报告、环境风险评估报告

b) 水土保持方案

c) 项目实施方案、和（或）项目可行性研究报告、和（或）项目初步设计。

### 4.4 应急预案：

造土造地活动实施之前，应制定突发环境、安全事件应急预案或在实施方案中撰写突发环境、安全应急预案专章，明确各种可能发生的突发环境事件情景及应急处置措施。建立造土造地活动工程实施方、煤矸石供给方、所在地人民政府及相关职能部门在内的应急机制，造土造地工程实施方应建立专门的应急岗，并定期参加安全和环保应急岗位培训。

### 4.5 材料选用：

在满足相关要求的前提下，防渗材料、隔层材料以及植生材料应优先采用煤矸石基材料。防渗材料、



阻隔材料和植生材料，不应参加除充填、回填作业、植生层所需要的添加剂之外的，具有毒性、腐蚀性、易燃性、反应性和感染性等一种或一种以上的固体废物和（或）化学品。严格落实耕作层保护，剥离耕作层单独开挖、存放，优先作为植生层，100%再利用。剥离素土应在满足条件下（饱和渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-5}$  cm/s，且厚度不小于75 cm），作为天然防渗阻隔材料进行再利用，剥离污染土壤应按照土壤污染防治有关法律法规以及技术规范进行处置利用。

#### 4.6 土地复垦与用途管制：

应紧密结合煤矸石造土造地周边的自然环境条件以及社会发展需求，严格按照相关规定开展土地复垦工作。秉持“优先农用、宜林则林、宜草则草、宜建则建”的科学原则，精准实施土地用途管制，确保土地资源得到合理、高效的利用，实现生态效益与经济效益的有机统一。

#### 4.7 工程建设期限与进度管理：

煤矸石造土造地主体工程的建设期应严格控制在3年以内。为保障工程的有序推进，工程进度安排应至少细化到每月，制定详细的月度计划和目标。坚决杜绝以造土造地为幌子，实际将场地用作煤矸石永久堆场的违规行为，确保项目的实施符合标准要求和预期目标。

#### 4.8 技术创新鼓励：

积极鼓励在煤矸石造土造地过程中采用新技术、新工艺和新装备。通过引入先进的技术和设备，不断提高煤矸石造土造地的安全环保水平和生态修复效果，推动行业的可持续发展和技术进步。

#### 4.9 生态修复合规要求：

生态修复工作除需严格遵循本文件的规定外，还应同时符合国家、行业和地方现行的有关政策、指南和标准的要求。确保生态修复工作在各个层面都能达到规范标准，实现生态环境的有效保护和恢复。

## 5 选址原则

### 5.1 自然因素

#### 5.1.1 地质条件

煤矸石造土造项目选址区，应选择地质条件稳定区域，避开破坏性地震及活动构造区，活动中的坍塌、滑坡和隆起地带活动中的断裂带，石灰岩溶洞发育带，废弃矿区的活动塌陷区以及其他可能危及填埋区安全的区域。选址无法避让岩溶中等发育程度及其以下等级的，应首先采取工程措施对溶洞、裂隙、塌陷进行整治，防止次生安全、环保风险。

#### 5.1.2 水文条件

煤矸石造土造项目选址区，标高应选择重现期不小于50年一遇的洪水位之上（见GB18599），并建设在长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之外。禁止选址在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。禁止在天然基础层地表距地下水的距离小于1.5m的区域进行选址。拟建有可靠行洪防洪设施的山谷型填埋区，并经防洪论证、环评论证、水保论证、水文和工程地质勘察论证，安全、环境风险在可接受范围内的，不受本条款限制。

### 5.2 人文因素

#### 5.2.1 规避区域

煤矸石填埋区选址应避开城市工农业发展规划区、农业保护区、自然保护区、风景名胜区、文物(考古)保护区、生活饮用水水源保护区、供水远景规划区、矿产资源储备区、军事要地、国家保密地区和其他需要特别保护的区域内。不得选址在生态保护红线区域、永久基本农田集中区和其他需要特别保护的区域内。确需临时占用非集中区基本农田的，涉及基本农田5亩或耕地10亩以上的，由地（市）级自然资源部门审批，其它情形由县（市）级自然资源行政部门审批并报地市级并备案，且占用时间含延期使用时间，不得超过3年，同时应满足造土造地后“面积不减少，质量不降低，功能不改变”等要求。



煤矸石造土造地项目选址区，应避让自然保护区、风景名胜区、地质遗迹保护地、文物(考古)保护区、集中或分散式饮用水水源保护区、供水远景规划区、矿产资源储备区、军事要地、国家保密地区、地下水型饮用水水源地含水层。涉及 1kv 及以上高压供电线路保护区时，按线路导线两侧延伸距离 15m 为避让区（拟造地最大填方标高离供电线路最大弧垂超过 30m 时，则不设避让区），拟建项目区存有 1kv 及以下供电线路和其它通讯电路时，应在相关部门、单位、个人同意后全部搬迁出场区域。最低一级拦截坝坝高 20 倍水平距离的下游区域内，无标高低于最低一级拦截坝坝体标高的居民点、地表水域、高速公路、交通主干道(国道或省道)、铁路、飞机场等环境敏感点和重要基础设施。

### 5.2.2 优选条件

在同时满足以上条件下，以下区域作为优先选址区域：历史遗留废弃露天矿山采坑、工业广场、矸石山所在地；未经整治的历史遗留老窑和关闭煤矿弃土弃石场所在地；地块内有含煤地层自然出露，且耕种条件达不到高标准农田要求的坡耕地所在沟壑地区；经调查论证确定为高地质背景污染，需进行农用地安全利用整治的坡耕地所在沟壑地区；经评估，存有生态环境问题的废弃坑塘水库以及其它未利用土地；经县级以上人民政府确认，确需开展土地整治的废弃地、闲散地所在沟壑地区。

### 5.2.3 与环境敏感点距离

煤矸石填埋区位置与常住居民居住场所、地表水域、高速公路、交通主干道(国道或省道)、铁路、飞机场、军事基地等环境敏感点之间的距离应依据环境影响评价结论确定,并经有关行政主管部门批准。

## 6 入场要求

### 6.1 造土造地的煤矸石及回填料必测指标浸出浓度要求

用于造土造地活动中回填料(或掺混有其它相容性物质的煤矸石)应按照 HJ 557 之要求进行抽检,且检验指标需满足 GB 8978、DB52/864-2013 中第一类污染物最高允许排放浓度,以及 GB 8978、DB52/864-2013 中第二类污染物一级标准限值要求。表 1 规定了煤矸石造土造地项目必测项目浓度限值。未列入的污染物项目,依据 HJ 25.3 等标准及相关技术要求开展风险评估,推导特定污染物的浓度限值。

表 1 可用于造土造地的煤矸石及回填料必测指标浸出浓度要求

序号	指标	浸出液中指标浓度限值	单位
1	pH 值	6~9	无量纲
2	汞	0.05	mg/L
3	镉	0.1	mg/L
4	铅*	0.5	mg/L
5	锌	2.0	mg/L
6	砷	0.5	mg/L
7	铜	0.5	mg/L
8	镍	1.0	mg/L
9	铬	1.5	mg/L
9	六价铬	0.5	mg/L
10	氟化物	10	mg/L



12	锰	2.0	mg/L
13	铁**	1.0	mg/L

备注：\*铅元素指标引自于 GB 20426，\*\*铁元素指标引自于 DB52/ 864 第二类污染物一级标准限值，其它必测指标引自于 GB 8978 表 1 中最高允许排放浓度和表 2 中一级标准限值。

## 6.2 禁止掺杂回填料物质

煤矸石造土造地项目，除明确申报的第 I 类一般工业固体废物或改性达到第 I 类一般工业固体废物要求（见表 1）的其它固体废物之外，不得掺混回填下列物质：

- a) 有毒工业制品及其废弃物；
- b) 有毒试剂和药品；
- c) 有腐蚀性或放射性的物质；
- d) 易燃、易爆等危险品；
- e) 生物危险品和医疗废物；
- f) 不具相容性固体、液体物质；
- g) 生活垃圾；
- h) 第 II 类工业固体废弃物；
- i) 严重污染环境的其它物质。

## 7 造土造地技术

### 7.1 清表、夯实处理

首先必须对选择的场地进行简单的处理，清除场地内的植被，处理不稳定边坡，以防在矸石综合治理及土地复垦期间发生滑坡、塌方等生产事故。

平整原则为清除掉所有的植被和表层耕作物，确定所有的软土有机土和其他所有可能降低防渗性能的异物去除，堵塞掉所有的裂缝和坑洞，并配合场地渗滤液收集系统的布设，使场底形成整体坡度，以>2%的坡度坡向坝；同时要求场地进行压实压实度不小于 90%。为了使衬垫层与土质基础之间的紧密接触，场地表面要用滚筒式碾压机进行碾压，使压实地基后的表面密度分布均匀，最带限度地减少不均匀沉降。平整顺序最好从挡矸坝坝向库区后端延伸。

### 7.2 回填技术要求

煤矸石填埋区包括下列主要设施：防护设施、防渗设施、挡土墙、地表水集排系统、覆土阻燃系统。

煤矸石填埋期间应建设围墙或栅栏等隔离设施，并在填埋区边界周围设置防飞扬设施、安全防护设施及防火隔离带。

按 GB5086 规定的方法对煤矸石进行浸出试验，对填埋区域采取防渗透的技术措施，按 GB18599、GB 20426 的规定执行。

煤矸石填埋区应根据地形设置挡土墙，按 SL379 的规定执行。煤矸石填埋区应设置地表水集排水系统，按 GB50288 的规定执行。

覆土和填矸采取隔层填埋，煤矸石填埋深度达到 1m 左右应用推土机摊铺、平整，选用 30t 以上振动压路机进行碾压 2~3 遍，强振不少于 2 遍；当矸石填埋厚度达到 5 m，必须上覆压实土层，厚度为 0.3 m~0.5m，形成覆土阻燃系统。边坡处理按 GB50330 的规定执行。

回填体离地高度大于 10m 时，应进行削坡开级，每一台阶高度宜控制在 5~8m，台阶宽度应不小于 2m，台阶坡面应小于等于 35°的岩土自然安息角，同时建设抗滑、锚固工程，形成有利于植被恢复的地表条件。

### 7.3 排水工程



根据《企业规模划分标准》(工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、财政部关于印发中小企业划型标准规定的通知(工信部联企业(2011)300号)),及《防洪标准》(GB50201-2014),回填区应依据上游集水区面积、水文和气象条件,按照至少50年一遇行洪能力,在沟底修筑疏水明渠、暗沟、涵洞。优先建设疏水明渠,避免阻碍泄洪,便于清掏淤塞。在造土造地疏水明渠、暗沟和涵洞的上游区域,应建设体积合适的沉沙拦截池/坝,淤积沉沙应及时清掏。

排水系统工程设计包括马道排水沟、坡面排水沟和截洪沟。马道平台排水沟截留雨水沿坡面排水沟排入下游排水沟,排水沟下游出口处设急流槽接入斜插式消力池。顶平台按田面的方式设挡水埝,挡水埝于坡顶边缘2.0m处连续砌筑,须夯实。

项目环境本底调查已发现地表水和地下水水质超过GB3838或GB/T14848,应建设项目实施跟踪断面,不得在造土造地项目建设期、运营期出现水质进一步恶化的情况。

#### 7.4 造土造地工程

造土造地工程形成土地按照“优先农用、宜林则林、宜草则草、宜建则建”,坚持“面积不减少,质量不降低,功能不改变”的原则开展后续生态恢复和土地利用。造土造地地块可形成单一或多种建设用地、农用地搭配类型。具体修复工程设计、施工和管理工作按照UDC-TD、TD/T 1036等相应标准执行。

对复垦后土地根据土壤的营养诊断,针对性的施用适当的有机、无机肥料以提高土壤中有机物含量,改良土壤结构,消除其不良理化性质。可以通过生物和化学措施、人工施肥措施、绿肥法等措施,恢复和提高土壤肥力、土壤粘结性等理化性质,以提高生物生产能力。

选择一定的先锋植物,并选择一定的适生物种,优势物种,乔灌草相结合,注意各个维度的植物物种的合理配置。在植物工程初期可以选用一定的先锋植物,先锋植物不追求与优势物种长期共存,只求在短时间内能够改善立地条件,为其他植物声场提供先决条件。筛选先锋植物的依据是:

- ①具有优良的水土保持作用的植物种属,能减少地表径流、涵养水源,阻挡泥沙流失和固持土壤。
- ②具有较强的适应脆弱环境和抗逆境的能力,对于干旱、风害、冻害、薄、盐碱等不良立地因子有较强的忍耐性和适宜性。
- ③生活能力强,有固氮能力,能形成稳定的植被群落。
- ④根系发达,能形成网状根固持土壤;地上部分生长迅速,枝叶茂盛,能尽快和尽可能时间长的覆盖地面,有效阻止风蚀;能较快形成松软的枯枝叶层,提高土壤的保水保肥能力。

在选择适生植物时,一般选择当地天然生长的乡土植物。这些乡土植物比较容易适应复垦土地的生长环境,并能保持正常的生长发育,维持生态环境的稳定。但应注意的是,复垦后的种植环境与乡土植物能够正常生长发育的条件不尽相同,有时甚至差别很大,会出现乡土植物种植初期发芽生长缓慢,适宜播种时间短、地面覆盖能力不强等一系列问题,必须进行适生植物的筛选。

#### 7.5 造土造地项目截面示意图

见附录A。

### 8 管理和监测

#### 8.1 管理要求

##### 8.1.1 资料管理

造土造地工程质量管理应符合GB/T 50326的有关规定。造土造地有关责任单位,应建立档案制度,详细记录工程建设及管理情况,资料应长期保存,供随时查阅。应存档包括但不限于如下监理监督资料:

- a) 充填回填材料种类、性质、数量及来源;
- b) 充填回填具体位置及深度;



- c) 充填回填质量控制措施;
- d) 防渗层检验情况(仅对需做防渗工程的要求);
- e) 项目管理制度;
- f) 大气、土壤、地表水、地下水、煤矸石等固体废物以及其它入场试剂、材料检测报告及合格证;
- g) 施工期影像记录。

### 8.1.2 作业管理

造土造地作业过程中,现场须设有安全、质量专职监督人员,对填充作业过程予监督,确保作业过程安全、符合环保要求。

### 8.1.3 大气环境管理

造土造地过程中产生的大气污染物排放应符合 GB16297、DB52/1700 等大气污染物排放标准。造土造地项目区环境空气质量应符合 GB3095 标准要求。

### 8.1.4 土壤环境管理

造土造地项目区土壤环境质量,应根据土地利用类型,农业用地执行 GB15618 标准,建设用地执行 GB36600 标准。在实施项目前,项目环境本底调查已发现地块内、对照点、背景点、土源点土壤环境质量超标的,应建设项目实施土壤跟踪监测点位,煤矸石造土造地地块土壤环境质量不得进一步恶化,所造土地土壤环境质量需达到或优于环境本底调查时的土壤环境质量状况。

## 8.2 监测要求

### 8.2.1 一般规定

应按照有关法律和《环境监测管理办法》、《企业事业单位环境信息公开办法》等规定,建立造土造地监测制度,制定监测方案,对污染物排放状况及对周边环境质量的影响开展自行监测,并公开监测结果。

### 8.2.2 水资源监测

根据项目的水文地质特点、影响区域、保护目标,需要设置最少两个项目长期监测井以监测水质。一个设置在造土造地上游,另一个设置在下游或者标高最低点。造土造地工程项目建设期,监测频次至少每月 1 次,造土造地项目主体工程完工后,地下水监测系统应继续正常运行,监测频次至少每季度 1 次,直到地下水水质连续 2 年不超出地下水环境本底水平。

### 8.2.3 大气监测

土造地项目实施区应安装总 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub> 浓度和噪声在线监测设施,并保存 2 年以上数据记录。造土造地主体工程结束后,在线监控设施方可拆除,大气监测活动终止。

无组织气体排放的监测因子由造土造地项目实施方根据回填物料特性提出。采样点布设、采样及监测方法按 GB 16297 的规定执行,污染源下风方向为主要监测范围。

运行期间,造土造地项目实施方自行手工监测频次至少每月 1 次。如监测结果出现异常,应及时进行重新监测,间隔时间不得超过 1 周。

### 8.2.4 土壤监测

依据地形特征、主导风向和地表径流方向,在可能产生影响的土壤环境敏感目标处布设土壤监测点。

监测项目包括 pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数在内的项目。

土壤监测点的自行监测频次一般每半年 1 次,采样深度根据可能影响的深度适当调整,表层土壤、植物根系土壤及深部土壤都需要设置采样点。



附录 A  
(规范性)  
煤矸石造土造地截面示意图

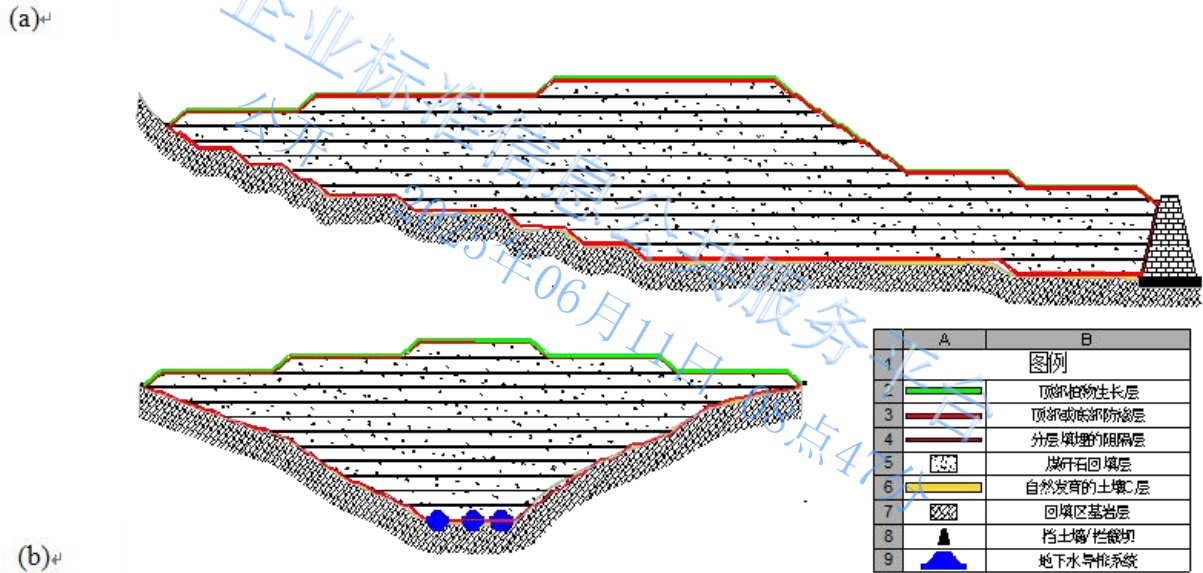


图 A.1 煤矸石造土造地纵向 (a)、横向 (b) 截面示意图

图 A.1 给出了煤矸石造土造地纵向横向截面示意图。其中：顶部植物生长层应按照规划土地利用方式、植物生长所需土壤理化性质进行安排部署；顶部或底部防渗层应至少满足  $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  防渗系数和相应厚度要求；无害化处置和资源化利用的煤矸石和其它掺混回填料回填厚度为  $3 \sim 5 \text{m}$  时，应参照对应理化性质，决定是否采用防渗阻燃层，其厚度应在  $30 \sim 50 \text{cm}$  之间，实现分层填埋；煤矸石回填区底部防渗层应建立在基岩或防渗系数和支撑能满足工程需求的 C 层（亦称为心土）土壤之上；煤矸石造土造地项目应根据水文地质条件构建地下水导排系统，当导排地下水不能满足排放标准要求时，应配套建设污水处置设施。



# Q/PJGF

## 贵州盘江精煤股份有限公司企业标准

Q/PJGF 02—2025

### 煤矸石山造土造地生态复绿技术规程

Technical Specification for Greening Coal Gangue Dump with  
Artificial Soil and Land

(送审稿)

2025 - 06 - 11 发布

2025 - 06 - 11 实施

贵州盘江精煤股份有限公司 发布



企业标准信息公共服务平台  
公开  
2025年06月11日 08点49分

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2025年06月11日 08点49分



## 前 言

本文件由贵州盘江精煤股份有限公司，中国科学院武汉岩土力学研究所，贵州盘江煤电集团技术研究院有限公司，贵州能源产业研究院有限公司提出。

本文件由贵州盘江精煤股份有限公司归口管理。

本文件起草单位：贵州盘江精煤股份有限公司，中国科学院武汉岩土力学研究所，贵州盘江煤电集团技术研究院有限公司，贵州能源产业研究院有限公司

本文件主要起草人：黄元庭、杨聿尚、王定凯、安铁梁、杨乘、白冰、代艳、何秋、侯尚贵、罗开礼、马玉贵、杨名杨、邱宇、丁朴勇、李磊

本文件审核人：王明仲、周洪、敖国同

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2025年06月11日 08点49分



企业标准信息公共服务平台  
公开 2025年06月11日 08点49分

企业标准信息公共服务平台  
公开 2025年06月11日 08点49分



# 煤矸石山造土造地（生态复绿）技术规程

## 1 总则

- 1.1 为加强煤矸石等大宗基固废的处置和综合利用，解决矸石山生态复绿找土难、成本高等问题，指导所属企业利用煤矸石、粉煤灰等煤基固废造土造地技术进行矿山生态复绿，特制定本规程。
- 1.2 本规程适用于煤矿既有、废弃或新建矸石山以及矸石堆场的生态绿化，也可用于矿山废弃地的生态修复。
- 1.3 本规程主要针对矸石山的表层复绿问题。
- 1.4 煤基固废造土造地应综合考虑当地气候、降水、工程地质、环境条件及矸石山场地、固废类型、供给和运输等因素，通过因地制宜、优化设计以及与煤矿既有生产条件统筹，减少工程环节、降低综合成本。
- 1.5 本规程着重于同矸石山实现生态复绿密切相关的方面，已有或新建矸石山或矸石堆放应先期满足环保、安全等方面的技术和监管要求。
- 1.6 对于在人造土地上种植经济作物的，经济作物作为绿化用途可参照本标准，经济作物作为食用等其他用途时不在本标准的规范范围内。
- 1.7 本规程不涉及有关知识产权的许可与转让。
- 1.8 本规程适用于贵州盘江精煤股份有限公司所属贵州地区。

## 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，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《煤矸石分类》GB/T 29162-2012

《水土保持工程设计规范》GB 51018-2014

《煤矸石山生态修复综合技术规范》LY/T 2991—2018

《一般固体废弃物分类与代码》GB/T 39198-2020

## 3 术语和定义

### 3.1 煤基固废 Coal-based Solid Waste



指与煤炭生产、加工和利用过程有关的固体废弃物，主要包括煤矸石、废弃煤泥、粉煤灰、脱硫石膏、炉渣等。

### 3.2 煤矸石 Coal Gangue

煤矿在开拓掘进、采煤和煤炭洗选等生产过程中排出的含碳岩石。

### 3.3 煤矸石山 Coal Gangue Dump

煤矸石堆放形成的堆场。

### 3.4 粉煤灰 mixing ratio of solidifying agent

从煤燃烧后的烟气中收捕下来的细灰，是燃煤电厂排出的主要固体废物。

### 3.5 人造土 Artificial Soil

也称人造土壤，与天然土壤相对，本规范是指以煤矸石、粉煤灰等为主要材料添加其他调节材料制作的成分上与天然土相同、结构上相似、功能上一致的人造材料。

### 3.6 生土

是指未经熟化、有机质含量低的人造土。

### 3.7 熟化

通过各种技术改良措施，使生土的肥力、耕性等不断提高的过程。

### 3.8 熟土

经过熟化的生土称为通过各种技术改良措施，使生土的肥力、耕性等不断提高的过程，即生土变熟土的过程。

### 3.9 土壤机械组成

土壤中各粒级所占的相对比例或质量分数，称为土壤机械组成，也称为土壤质地。

### 3.10 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例。

### 3.11 造土主料 the slumps of premixed solidifying soil

用于人工造土的主体材料。

### 3.12 造土辅料 slump extended degree



用于人工造土的配合材料，起到调节辅助作用。

### 3.13 人工造地 Artificial Land

是指利用人造土铺设形成的人造土地，可以用于绿化、农业或工业等用途。

### 3.13 造地剖面 unconfined compressive strength

是指人造地的垂向土壤功能剖面及厚度。

## 4 基本情况调查与一般要求

4.1 应对拟开展治理的场地进行基本情况调查，为生态复绿工作提供第一手资料和基本依据。

4.2 调查的范围以矸石山/堆场及其紧邻的周边区域为主，可根据需要适当放大或调整。

4.3 通过资料收集分析、现场踏勘等方法开展综合调查工作，主要内容包括但不限于如下方面：

(1) 矸石山的名称、地理位置、责任企业、责任人、矸石来源、矸石山堆放设计资料、设计标高、现状标高；

(2) 矸石山所在区域气温、降水、无霜期等气象气候特征资料；

(3) 矸石山的地形地貌，不良地质现象，矸石山及周边历史上及现今可能的地质灾害风险等；

(4) 矸石山的自燃历史调查，对现今煤矸石开展自燃倾向性评估；

(5) 矸石山已有的环评和监管报告资料；

(6) 已有的煤矸石鉴定及成分检测资料；

(7) 可用的水源及储水供水设施；

(8) 当地矸石山典型绿化做法，包括农作物品种选择，种植和管理要求等。

4.4 应对用于造土的煤矸石、粉煤灰等原料进行检测分析，主要内容包括但不限于如下方面：

(1) 煤矸石的化学成分检测与矿物岩性（含煤矸石的 PH 值）；

(2) 煤矸石的有机质及营养成分；

(3) 煤矸石中硫铁矿含量；

(4) 煤矸石中重金属成分；

(5) 矸石山场地材料本底机械组成；

### 4.5 一般要求



- 4.5.1 对于拟建矸石山，应满足煤矸石山选址、建设的有关标准规定。
- 4.5.2 矸石山的防洪排水措施应满足《水土保持工程设计规范》GB 51018-2014 相关规定。
- 4.5.3 非自燃矸石山可作为候选场地，对于自燃型矸石山，应按照自燃型矸石山有关规定治理和管理后，堆体内部温度不明显超过环境温度时可作为候选场地。
- 4.5.4 实施的矸石山应满足堆体稳定性要求，应委托专业机构开展稳定性评估，或已有相关的专业评估认定意见。对于评估不稳定的部位应进行加固措施，符合稳定性条件可作为备选场地。

## 5 造土造地设计

5.1 应针对绿化种植目标和场地特点，对造土和造地的方案开展设计，并基于设计方案进行构建实施。

### 5.2 造土材料

5.2.1 本规程的造土主料为煤矸石和粉煤灰，造土主料应符合第Ⅱ类一般工业固体废物或以上分类要求。

5.2.2 用于制作种植层土的原料煤矸石宜为沉积岩，如泥岩、页岩、砂岩等，用于其他层位的岩性不作要求。

5.2.3 经过处理满足适宜性条件的煤矸石，可以作为造土材料。

5.2.4 当粉煤灰不具备时可只使用煤矸石，但需要满足配比条件。

5.2.5 因地制宜选择造土辅料。常见造土辅料包括：破碎植物秸秆，锯末，树叶、农家肥等。

5.2.6 当具备可用(或废弃)的天然土壤时，可根据其可供给量用作造土主料或辅料。未经处理的污染天然土不得作为造土材料。

5.2.7 可采用保水剂、生物菌剂、人造泥等作为生土的改良材料，鼓励采用具有抑害改良功能的调节材料。

### 5.3 造土配比

5.3.1 针对造地应用的不同功能土层，造土配比宜不同。

5.3.2 种植层土配比设计一般包括三个步骤：选择材料，设计生土质地和选择改良熟化材料。

5.3.3 种植层土的配比设计以适宜绿化植物的生长为目标，其材料选择和配比应根据实际工程要求确定。

5.3.4 生土质地设计宜以天然砂土的机械组成为设计目标。出于降低成本考虑，在不影响种植性能的前提下，允许存在一定量的砾石粒组（粗粒组），一般可参照下表进行基础配比，也可通过室内配比试验调整确定。

表 1 生土粒级构成

用途	粒级名称	粒级	粒级组含量范围
----	------	----	---------



		(mm)		
绿化 种植	砾	30~20	<2%	
		20~10	<10%	
		10~1	<40%	
	砂/壤土	物理性砂粒	1~0.01	--
		物理性黏粒	<0.01	1%~30%

5.3.5 当采用粉煤灰作为种植层主料之一时，粉煤灰用量占比一般不超过 15%。

5.3.6 人造土 PH 值一般以 5.5~7.0 为宜，也可根据绿化植物的喜性进行调整。

5.3.7 作为改良材料的有机辅料（秸秆、木屑、树叶等各类植物纤维），可以不发酵直接作为造土辅料掺入，其与造土主料一般按体积比 1:10 配合。

5.3.8 有机辅料（秸秆、木屑、树叶等各类植物纤维）也可预先进行发酵，然后掺入生土中进行熟化改良，此发酵后的有机辅料用量可参照有关农家肥使用标准。

5.3.9 有天然种植土可用时，其作为造土辅料的用量不限。

5.3.10 保水剂、生物菌剂、农家肥作为等作为生土改良材料时，其用量参照有关产品使用说明或标准执行。

5.3.11 可根据对人造土原料营养成分检测结果决定是否施加化肥或复合肥。化肥或复合肥可以在造土阶段以改良剂的形式施加，也可在造地阶段以底肥的形式施加。种植阶段还可根据需要追加。复合肥的使用可参照 GB/T 23486 的规定执行。

#### 5.4 造地设计

5.4.1 一般采用下图所示造地剖面，其中各功能土层厚度为建议厚度，可根据实际需要适当增减。

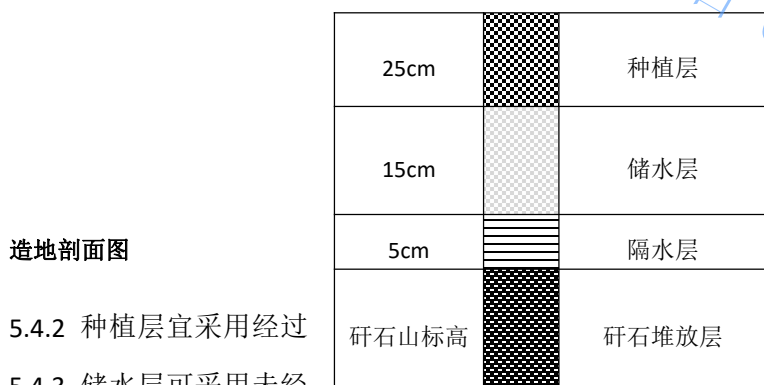


图 1

5.4.2 种植层宜采用经过

改良熟化的人造土配方。

5.4.3 储水层可采用未经

改良熟化的生土。

5.4.4 隔水层用于防渗，可用粉煤灰铺设后反复碾压形成。若砾石堆顶部已经多次碾压可形成防渗作用，也可不额外设置隔水层。



5.4.5 矸石堆放层顶部在造地前应进行地基整理，可进行碾压防渗或铺设防渗设施。

5.4.6 为防止降雨集中后引起土地积水影响种植或作物生长，人造地应保持一定的坡率以便于排水，同时应设置适当数量的排水沟以便于汇水，及时将多余雨水排出地块。

## 6 造土造地生产与施工

### 6.1 生产施工流程

造土造地的一般实施流程如图 2 所示。

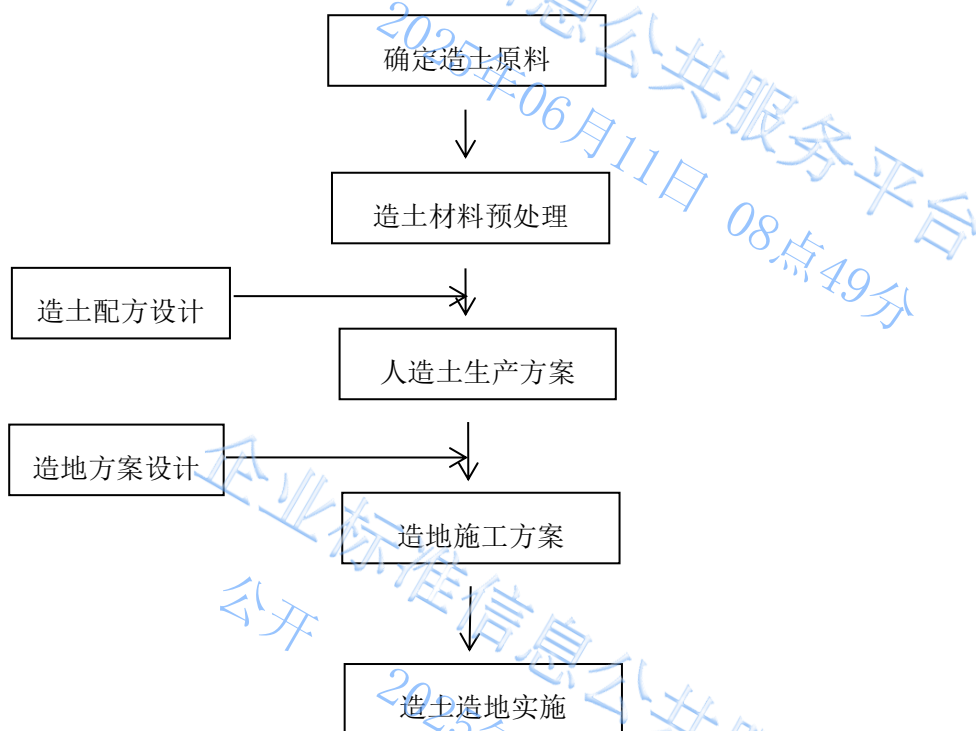


图 2 生产施工流程

### 6.2 造土造地施工

6.2.1 造土系统主要包括预处理、破碎、筛分、发酵以及混料子系统组成，当其中的环节不是必须时可省略，如无需在造土阶段发酵时可取消发酵子系统，无需进行矸石预处理时可省去预处理子系统。

6.2.2 当造土规模不大时，破碎、筛分可以和洗煤厂已有的破碎、筛分工艺系统相结合，当造土的规模较大时，宜建立专用造土系统。

6.2.3 造土地可以根据具体实际或综合考虑，分成固定式或可动式。固定式是指在相对固定的地点进行造土生产（如建设造土工厂），产出的土壤运到指定的地点开展造地利用；可动式是指在将造土装备运输到某个场地，造土完毕后再运输到另一个场地造土，例如直接将造土系统运输到历史矸石山进行造土生产，生产的土壤就地使用，完成造土造地后造土设备再运输到下一场地。



- 6.2.4 按照造土配比方案组织开展人造土生产。
- 6.2.5 选择经济性的运输方案将人造土运输到施工场地。
- 6.2.6 根据造地设计方案，组织实施人造土在指定地点的铺设和施工。
- 6.2.7 造地施工完毕后，宜对土地进行一次浇水作业。
- 6.2.8 在造地作业过程中应满足环保和安全生产要求。

## 7 种植与管护

- 7.1 复绿种植的选种以易成活为原则，不作特殊要求，常见的矿山绿化作物皆可，如绿肥作物、黑麦草、猪屎豆、木豆、苏丹草、狼尾草等。
- 7.2 作物种子的种植方式按相关的种植说明或指导意见进行。
- 7.3 种植当日应用无纺布完全覆盖，并开展洒水，展叶前应保持土壤湿润，应及时揭除无纺布。
- 7.4 揭除无纺布后的管护应按照GB/T15781规定执行。

## 8 验收与报告

- 8.1 正式实施的工程（非试验研究型），绿化效果验收可按《煤矸石山生态修复综合技术规范》有关部分实施。
- 8.2 项目实施或验收应有专门独立技术报告或报告中的章节。

证书号第19235333号



# 实用新型专利证书

实用新型名称：一种用于煤矸石人造土的低能耗自重式混料装置

发明人：王明仲;周洪;徐再刚;白冰;次惠岭

专利号：ZL 2022 2 3457035.7

专利申请日：2022年12月23日

专利权人：贵州盘江精煤股份有限公司  
中国科学院武汉岩土力学研究所

地址：553536 贵州省六盘水市红果经济开发区干沟桥

授权公告日：2023年06月27日

授权公告号：CN 219252254 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



证书号第19235333号

专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年12月23日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

申请日时本专利记载的申请人、发明人信息如下：

申请人：

贵州盘江精煤股份有限公司;中国科学院武汉岩土力学研究所

发明人：

王明仲;周洪;徐再刚;白冰;次惠岭