

ICS 65.020.01

CCS B 05

团体标准

T/LYCY 2032-2022

植物-微生物互作土壤修复技术标准

Technical standard for soil restoration by plant-microbe interactions

2022-10-15 发布

2022-11-01 实施

中国林业产业联合会 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	3
4.1 技术适用场景分类.....	3
4.2 技术适用场地条件.....	3
4.3 采样、检测技术要求.....	4
4.4 技术实施流程.....	4
5 植物-微生物互作土壤修复技术实施要求	6
6 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施前置技术措施	6
6.1 修复土层非连续区域处置措施.....	6
6.2 修复土层有效碳源不足处置措施.....	6
6.3 修复土层土壤 pH 值调整措施.....	7
6.4 修复场地临时浇灌设施.....	7
7 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施主要内容	7
7.1 前期准备阶段.....	7
7.2 实验室预研阶段.....	7
7.3 现场中试工程设计阶段.....	7
7.4 现场中试阶段.....	9
7.5 工程设计阶段.....	9
7.6 工程实施阶段.....	9
8 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施中监测调整	10
9 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施维护管理	10
9.1 场地保护措施.....	10
9.2 水肥管理	10
9.3 抚育措施	10

10 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施效果评价	10
10.1 微生物及植物的群落评价	11
10.2 水土保持功能评价	11
10.3 土壤恢复能力评价	11
附录 A (资料性) 场地调研信息收集及现场采样清单	12
附录 B (资料性) 场地适宜性评价报告编制大纲	13
附录 C (资料性) 场地土壤修复技术方案编制大纲	15
附录 D (资料性) 场地土壤修复效果评估报告编制大纲	17
参考文献	18

全国团体标准信息平台

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》确立的原则和要求起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国林业产业联合会提出并归口管理。

本文件起草单位：康泰民生环境科学研究院（北京）有限公司

中山大学生命科学学院

康泰民生环境科学研究院（广州）有限公司

本文件主要起草人：谢致平、张鹏、王穗华、周少展、廖宗文、孙琪、王琰、周耀鹏、侯建松、杨瑞杰、龚锦钊、杨棣、李伟新、刘宇波、孙瞻坤

本文件为首次制定。

引 言

坚持保护环境的基本国策，大力推进生态文明建设，是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。“着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展”，推动绿色产业的不断发展、进步，是生态文明建设的战略性任务。《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035年）》中指出，目前生态保护和修复工作存在“科技支撑能力不强”的问题。“生态保护和修复标准体系建设、新技术推广、科研成果转化等方面比较欠缺，理论研究与工程实践存在一定程度的脱节现象……”。

植物—微生物互作土壤修复技术，作为生态修复领域的前沿技术，主要应用于生态损毁区域的土壤修复与植被层快速恢复。本技术充分发挥了微生物和植物各自的优点，成本低、效果好、可持续，尤其“土壤生态修复”与“生态景观营造”相结合，二者齐头并进，对恢复土壤环境健康，恢复自然植被生态，具有极高的综合效益。对本技术的推广与规范化应用，能促进生态修复领域技术进步，意义重大。

为了促进新技术在生态文明建设过程中的科学应用，实现节约、高效的生态恢复效果，提升绿色产业发展的技术高度，制定本文件。

植物-微生物互作土壤修复技术标准

1 范围

本文件规定了“植物-微生物互作”技术应用于生态损毁区域，在开展以恢复植被为主要目标的土壤修复和生态恢复时，对应的技术适用范围、适用条件、检测手段、实施流程等基本要求。

本文件适用于矿山、水土流失区域、贫瘠土地、盐碱化土地、土壤受污染场地等生态受损环境，采用“植物-微生物互作”技术的土壤改良、修复与植被生态恢复；也可用于对土壤酸化与土壤重金属污染情况的改善。

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 3838 地表水环境质量标准

GB 19377-2003 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 20465-2006 水土保持术语

GB/T 32720 土壤微生物呼吸的实验室测定方法

GB/T 32723 土壤微生物生物量的测定 底物诱导呼吸法

GB/T 4325.4 钼化学分析方法 第4部分：锡量的测定 原子荧光光谱法

GB/T 4325.5 钼化学分析方法 第5部分：铈量的测定 原子荧光光谱法

GB/T 4325.24 钼化学分析方法 第24部分：钨量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱

GB/T 17134 土壤质量 总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法

GB/T 17136 土壤质量 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

GB/T 17138 土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法

GB/T 17139 土壤质量 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法

GB/T 17140 土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取原子吸收分光光度法

GB/T 24600 城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质

GB/T 30989 高通量基因测序技术规程

GB/T 36197 土壤质量 土壤采样技术指南

LY/T 1228 森林土壤氮的测定

LY/T 1232 森林土壤磷的测定

LY/T 1234 森林土壤钾的测定

LY/T 1237 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算

LY/T 1239 森林土壤 pH 值的测定

LY/T 2770 南方有色金属矿区废弃地植被生态修复技术规程

DZ/T 0219 滑坡防治工程设计与施工技术规范

DB37/T 3387-2018 城市河道淤泥利用规范

HJ 25.5-2018 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则

HJ/T 166-2004 土壤环境监测技术规范

HJ 623 区域生物多样性评价标准

HJ 624 外来物种环境风险评估技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 植物-微生物互作技术 *Biotechnological application of plant-microbe interactions*

构建植物与土壤根际微生物共生体，并作用于受损土壤生态环境，将土壤中的污染物质高效吸收、降解或者富集，增加土壤有机质及有效营养元素、增加土壤微生物多样性，恢复土壤健康，同步实现受损土壤修复与生态系统重建，并促进生态系统自然演替的生物技术。

3.2 植物-微生物互作技术土壤修复 *Soil restoration by plant-microbe interactions*

应用植物-微生物互作技术，修复土壤环境，同步实现受损场地植被恢复为主要目标

3.3 修复土层 *Repaired soil layer*

受损场地表面需要修复的主要土壤层，厚度为自地表以下 20 cm~30 cm。

3.4 土壤生态功能修复 Soil Ecological Function Restoration

以植被恢复为主要目标，采用生物、物理、化学或工程技术手段，改善受损的土壤结构，提升土壤肥力，降低不利因素影响，使受损土壤重新具备承载植物正常生长的能力，以保证生态系统重建并正常演替的过程。

3.5 植被生态恢复 Vegetation Ecological Rehabilitation

通过辅以人工生物措施，依靠植物生态系统的自我调节能力与组织能力使其有序地进行演化，或者利用植物生态系统的自我恢复能力，使遭到破坏的天然植被层逐步恢复或使植物生态系统向良性循环方向发展。

3.6 前置技术措施 Pretreatment Technical Measures

为保证“植物-微生物互作技术”顺利进行，在工程实施前对重度生态损害的场地进行初步改良，使之符合本生物技术施用条件的工程技术措施。

4 基本规定

4.1 技术适用场景分类

- 1) 重稀土矿山污染损毁土壤的植被生态恢复与土壤生态功能修复
- 2) 金属、多金属等矿山污染损毁土壤的植被生态恢复与土壤生态功能修复
- 3) 水土流失区域生态受损土壤的植被生态恢复
- 4) 荒漠化地域植被生态恢复
- 5) 盐碱地或酸化土壤生物技术改良
- 6) 其他适用本技术的土壤植被恢复与污染损毁土壤生态功能修复

修复后的土壤以承载生态功能为主，土壤应适合本土植物的生长。若要利用修复后土壤开展农林、畜牧等生产经营活动，须先对土壤进行检测，确认满足相关各类规范要求。

4.2 技术适用场地条件

适合直接采用“植物-微生物互作”技术的土壤修复、植被生态恢复或污染治理需具备以下条件：

- 1) 现场土层应连续分布，或经现场土方平整，无土层场地达到覆土厚度 ≥ 20 cm。

土层厚度不足的场地，应前置处理措施。（详见本规范第 6 节）

- 2) 现场土壤性状按照 NY/T 1377 或 LY/T 1239 标准测定，并对土壤 pH 值进行确定。

pH<3 或 pH>11，应前置处理措施。（详见本规范第 6 节）

- 3) 场地应具备基本灌溉条件。

可采用现场自然水体作为灌溉水源，灌溉用水水质应符合以下要求：

- a) pH 值：酸性土壤不应低于场地土壤实测 pH 值；碱性土壤不应高于现场土壤实测 pH 值。
- b) 污染物浓度：不应引入新的污染物种类，且不应增高土壤中原有污染物浓度。

4.3 采样、检测技术要求

- 1) 现场采样技术要求

- a) 土壤采样：执行 GB/T 36197 标准。
- b) 植物采样：应根据植物种类分别采样，样品应为植物全株，保留根际土壤；采样区域分布均匀、具有代表性，过程中防止样品污染；特殊品种乡土植物需单独采样、保存并记录采样位置。

- 2) 实验室分析检测技术要求

- a) 土壤微生物基因及活性测定：土壤微生物 DNA，测定方法采用 16S /18S / ITS 扩增子测序，按照 GB/T 30989 执行；土壤微生物呼吸、土壤微生物生物量，按照 GB/T 32720、GB/T 32723 执行。
- b) 植物测定：铅、镉、铜、锌、镉、汞、砷、锡、镍、钨含量。
- c) 土壤测定：pH、有机质、全磷、全钾、水解性氮、速效磷、速效钾等养分指标以及重金属铅、镉、铜、锌、镉、汞、砷、锡、镍、钨含量。

测定方法按照 GB/T 4325.4、GB/T 4325.5、GB/T 4325.24、GB/T 6682、GB/T 17134、GB/T 17136、GB/T17138、GB/T17139、GB/T17140、LY/T1228、LY/T1232、LY/T1234、LY/T 1237、LY/T1239 执行。

- d) 水质测定：根据实际需要确定检测种类，测定方法按照 GB 3838 执行。

4.4 技术实施流程

植物-微生物互作土壤修复技术实施流程如图 1 所示：

5 植物-微生物互作土壤修复技术实施要求

- 1) 针对区域内不同地块情况，具体问题具体分析，选用相应的适用菌种和植物。
- 2) 立足生物手段，尽量避免过度依赖物理、化学、工程等手段。
- 3) 植物选择以乡土植物为主。引入外来物种需按照 HJ 624 进行环境风险评估，经评估确定没有生态风险的外来物种方可引入。
- 4) 微生物菌剂以液态为主，施用可采用表面喷淋法，有条件的也可利用灌溉过程随水施用。
- 5) 应选择具有代表性的地块进行试验，并收集相关详细参数，试验成功方可开展大规模修复工程。

6 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施前置技术措施

6.1 修复土层非连续区域处置措施

- 1) 现场土层不连续的，经土方整理后，应保证原无土层区域覆土厚度 ≥ 20 cm。
- 2) 局部需要覆土的区域，覆土土源应尽量采用待治理区域内现状土壤，避免采挖区域外好土，造成二次生态破坏。岩石裸露、石漠化、戈壁化严重的场地，应保证覆土厚度 ≥ 20 cm。
- 3) 覆土层应保持稳定。坡度过大区域采用修整台地、建挡土墙、设置三维土工格栅等措施加以稳固，防止覆土层流失。具体措施可根据实际情况参考 DZ/T 0219 和 LY/T 2771。

6.2 修复土层有效碳源不足处置措施

起始阶段一次性施用有机质，增加土壤有机质含量，提供充足的有效碳源。有机质的施用范围、施用量、施用方法和施用时间等参数在工程实施方案中确定。

有机质来源包括：

- 1) 农业废弃物（如作物秸秆等）
- 2) 林业废弃物（如植物枝叶等）
- 3) 工业废弃物（如生活污水处理产生的污泥、酒糟等）
- 4) 河塘底泥等

可根据易获取情况选择一种或多种，经粉碎后施用。有机物材料宜充分腐熟，并需经过检测，防止引入病虫害、入侵植物等风险因素。

使用生活污水污泥或河塘底泥，经厌氧消化或好氧发酵处理后作为补充碳源，应选用 C/N 比适中的材料，并防止引入新的污染物质，材料按照 GB/T 24600，DB37/T 3387-2018 执行。

6.3 修复土层土壤 pH 值调整措施

经检测，修复土层土壤 $\text{pH}<3$ 或 $\text{pH}>11$ 时，应进行土壤 pH 值调整，具体做法参考 LY/T2770。

6.4 修复场地临时浇灌设施

根据实际情况，为保证修复工程初期植物与微生物的基本生长需求，可设置临时浇灌设施。

7 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施主要内容

7.1 前期准备阶段

1) 资料、文件收集主要内容：

收集项目地相关气象、水文、生态、地质、历史等相关资料、文献。

2) 现场踏勘主要工作内容：

a) 实地踏勘，建立场地初步认识。

b) 根据 GB/T 36197 标准制定现场采样方案，采集修复场地内及场地附近 10 m 内土壤、水及沉积物样品。

c) 调查现场动植物资源情况，采集足够的植物全株样品。

3) 总结上述工作成果，依照 GB 19377 对场地生态受损程度及情况进行评价，形成初步场地技术适宜性报告（见附录 B）。

7.2 实验室预研阶段

1) 土壤、水、植物样品理化性状及生态胁迫因子含量分析。

a) 环刀法测定土壤容量

b) EDTA—铵盐快速法测定土壤阳离子交换量

c) 重量法测定土壤的水溶性盐分总量

d) 采集的土壤样品充分混匀，自然风干后，选用适合目数的筛网过筛。分别测定土壤有机质、土壤水解性 N、土壤速效 P、土壤速效 K、土壤 pH 及土壤重金属含量。

e) 将土壤样品放在 105 °C 杀青半小时，随后 95 °C 烘干至恒重，计算得出土壤失水重量占烘干后土重的百分数。

f) 将采集的植物样品洗净晾干水分后，每个样品随机选取 5~7 株完整有代表性的植物进行

根粗、根长、单根鲜重的测定，植物样品自然晾干后再进行单根干重的测定，计算方式如式(1)所示。

$$\text{干鲜比} = \text{干重} / \text{鲜重} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2) 基于土壤样品与植物样品筛分根际原生微生物，确定土壤修复用高效原生菌株。

主要实施步骤：

在超净工作台中将植物根系上大部分土壤和根系表面的虚土抖落后，称取 10 g 根系样品放入 90 mL 已灭菌浓度为 0.85% 的生理盐水中，离心 200 r/min 振荡 30 min 后静置 10 min，上清液即为根表土壤稀释液。采用平板涂布法来培养和分离菌株。采用 16S / 18S / ITS 扩增子测序进行检测所得的菌株。对筛选出的菌株进行促生特性测定，如固氮特性、溶磷特性和分泌植物激素能力等。

3) 利用高效原生菌种以修复场地土壤为基质，进行“植物-微生物互作”技术试验，选定合适的植物和微生物菌群。若原生菌群试验效果达不到应用要求，如出现植物发芽不良、植物生长受抑制明显等情况，则需要选择实验室保有的特效菌种，完善菌群构成。

主要实施步骤：

- a) 选取优势原生植物品种，培育驯化后植入装载待修复土壤的花盆中；
- b) 将几种筛选到的菌株，分别进行单菌株、不同菌株群接种；
- c) 定期观察植物的发芽和生长状况，不断筛选到合适的植物和菌种（群）的匹配。

4) 利用构建完善的菌群重复进行“植物-微生物互作”技术试验，选出适宜的菌群构成与植物种类。

主要实施步骤：

选取经盆栽选育驯化后的菌群和优势原生物种构建植物-微生物互作系统，将互作的菌群和植物在实验地露地进行种植实验，与盆栽的实验不断进行比较，找出合适的菌群与植物的匹配。

7.3 现场中试工程设计阶段

1) 确定现场中试场地范围，明确坐标与高程。中试地块选择应具有代表性，地块面积 300 m² ~ 10000 m²，地块数量根据现场面积、理化性状和生态胁迫因子的差异性确定。

2) 确定土地平整要求、是否设置前置处理措施及相关工程设计。

- 3) 确定微生物菌剂施用方式、植物种类、种子用量、播种方式及田间管理要求等施工内容。
- 4) 根据现场情况，确定中试土壤修复与植被恢复的目标要求。
- 5) 编制修复技术中试方案文件。

7.4 现场中试阶段

根据中试技术方案，在项目地开展现场中试。

中试进行3个月后，或播种的植物生长至第3真叶展开以上阶段后，采集土壤、植物样本，按照中试方案目标要求对实施效果进行评价。若效果不佳则应对构成菌群的菌种进行调整。

7.5 工程设计阶段

中试达到预期设计效果，可实施全面场地生态修复工程设计。

- 1) 确定土壤修复场地范围，明确坐标与高程。
- 2) 根据高程划分适宜的修复分区，并确定场地土地平整要求。
- 3) 按照修复分区，分别确定是否设置前置处理措施，并完成水土保持、灌溉等相关水工程设计。
- 4) 根据中试实施效果，确定微生物菌剂施用方式、植物种类、种子用量、播种方式及田间管理要求等施工内容。
- 5) 根据现场情况，确定总体土壤修复与植被恢复的目标要求，并明确指标。
- 6) 编制完成修复技术方案报告、工程图纸及概预算书等相应设计文件。

7.6 工程实施阶段

- 1) 根据修复技术方案报告及相应设计文件要求，对土壤修复场地进行清理、平整，并实施必要的前置工程措施，保证施工场地条件满足“植物-微生物互作”技术应用的要求。
- 2) 按设计要求，施用场地专用土壤微生物菌剂，并播种选定的植物种类，进行场地土壤修复与植被恢复。
- 3) 如土壤条件较差，且相关资金、工期条件充裕，可首先播种一轮先锋植物，先锋植物达到营养生长高峰期后，适时翻耕，将植物体翻入土壤作为绿肥，改善场地土壤条件。再次地块整理后，根据实施方案，种植稳定植物组合，加强场地物种多样性，促进生态演替。

8 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施中监测调整

工程实施过程中，应根据植物-微生物生长发育周期，制定监测计划，定期采集土壤、水及植物体样品，进行实验室详细检测，掌握土壤理化性状及生态系统改变的情况。

若监测结果未达到工程设计要求，应针对性调整微生物群落构成，保持土壤环境条件的持续改善、保障土壤微生物群落与植物健康生长。对于突发性变化，要及时采样，监测，迅速采取必要措施。

监测调整过程应贯穿修复工程全过程。

9 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施维护管理

9.1 场地保护措施

土壤治理与生态修复工程实施后，应禁止外来放牧、割草、挖掘等活动，设置明显的警告牌。具体措施依据 GB/T15163 规定实施。

9.2 水肥管理

对于干旱区域，须保证修复场地具备灌溉条件，尤其是在植物出苗期间，可就近引水，促进植物正常发芽、生长。

适时适量灌溉、施肥有利于加快生态修复的速度，增强植被层生长势，提高生态修复质量。

9.3 抚育措施

对出苗率过低或者植被层退化的修复地块需进行补植，补植前进行土壤、水质检测，明确问题发生的原因。

每年生长季末期，对修复场地植被进行适度清理，做好防火、防病虫害工作。

随土壤质量的持续改良，建议适时对修复场地分块翻耕，增加土壤有机质含量和肥力，改善土壤通透性，同时促进场地植被的自然演替过程。

10 植物-微生物互作土壤修复技术工程实施效果评价

“植物-微生物互作”技术生态修复工程施工完毕后一定时间，应根据设计文件要求，开展以生态系统功能恢复效果为主要内容的效果评价，以明确实施效果，并建立长期、持续的跟踪评价体系。

跟踪评价 1-2 年开展一次，主要从微生物及植物群落、土壤理化性质和土壤恢复能力、水土保持功

能、植物及土壤重金属含量等方面进行跟踪评价。

对于生态破坏土地的植被生态修复工程，评价内容主要包括：

10.1 微生物及植物的群落评价

微生物及植物的群落评价主要通过实验室微生物测序、实地跟踪监测和调查展开。修复场地生态系统开始产生植物自然演替，有非人工种植植物自然生长是场地植被恢复与生态改善的主要指征。主要包括现场植被覆盖率、生物多样性变化、生物量、微生物量、微生物土壤呼吸强度、生存密度等指标，必要时定期测定代表性一、二年生植物根系及地上部重金属含量，以评价土壤修复后对植物毒害程度的减少。

10.2 水土保持功能评价

水土保持功能主要体现在植被对降雨的拦蓄能力、林地的涵养水源能力及林地的保土能力等。通常采用渗透性能、持水性能、抗蚀性能、径流泥沙含量、土壤侵蚀模数等指标进行评价，相应数据主要通过实地检测取得。

10.3 土壤恢复能力评价

修复后土壤适应于本土植物的自然生长，土壤肥力与生态系统功能得到提升改善。

土壤理化性质是生态系统恢复评价的重要方面，包含 N、P、K 营养元素含量，有机质含量及其它必要营养成分含量，阳离子交换量，pH 等。

成效评价工作应在工程应用的一、二年生植物完成一个生命周期，或者多年生植物完成一个生长季后开展。现场土壤等采样根据 GB/T 36197 要求执行。

附录 A

(资料性)

表 A.1 场地调研信息收集及现场采样清单

场地调研信息	
项 目	目 的
地理区位	了解区域特点
场地历史沿革	了解场地历史变化
修复场地范围	明确修复范围，确定项目红线
现状地形图	明确场地地形变化趋势、坡度、坡向等信息，精度 1:500-1:2000
地表植被情况	调研现场植被分布及种类，了解植物长势
现场土质	了解现场地表土土质条件，确定采样点位
现场地质分布情况	了解现场土、荒漠、石漠、岩石的分布情况
现场土层分布情况	确定采样深度
区域水文条件资料	了解水文年际变化趋势
场地地质灾害点分布	了解地灾点位置，支撑减灾方案制定
现场地表水水质	评估现场条件，确定采样需求
现场地下水水质	评估现场条件，确定采样需求
现场采样	
项 目	目 的
现场土壤样本	确定现场土质及土壤微生物现状
现场地表水样本	确定现场地表水水质等级，支撑水质提升或保持方案制定
现场地下水样本	确定现场地下水水质等级，支撑水质提升或保持方案制定
现场植物样本	确定现场植物生长胁迫因子，收集根际微生物，支撑生态恢复方案制定

附录 B

(资料性)

场地适宜性评价报告编制大纲

一、项目概述

- 1.1 项目背景与任务来源
- 1.2 地理位置与评价范围
- 1.3 自然、社会环境概况
- 1.4 工作任务与目标

二、修复场地现场调查与资料收集

- 2.1 现场调查
 - 2.1.1 现场调查方法
 - 2.1.2 现场调查工作计划
 - 2.1.3 现场调查与采样结果
- 2.2 资料收集清单
 - 2.2.1 资料收集过程
 - 2.2.2 资料清单

三、场地地质环境适宜性评价

- 3.1 评价因子与标准
- 3.2 地质条件现状
- 3.3 地质条件评价与结论

四、场地土壤环境适宜性评价

- 4.1 评价因子与标准
- 4.2 土壤条件现状
- 4.3 土壤条件评价与结论

五、场地植物生态与种类

- 5.1 评价因子与标准
- 5.2 植物生态系统现状

5.3 植物生态系统评价与结论

六、场地适宜性评价结论

七、土壤修复工程建议

八、附件

全国团体标准信息平台

附录 C

(资料性)

场地土壤修复技术方案编制大纲

一、项目背景

阐述修复工程地理区位、气候区划、流域等基本自然背景。

阐述修复工程所在地历史发展、社会经济发展、主要生态受损原因和现状情况。

阐述修复工程项目来源、前期准备情况等。

二、目的和意义

阐述修复项目实施目的，与重大生态战略、重大生态规划的关系。

阐述修复项目对解决严重生态问题的重要或关键性作用。从生态安全，社会、经济发展等角度分析项目实施的具体意义。

三、目标和范围

阐述项目实施的时间安排、修复达成的预期性指标和完成后的监管养护计划。

明确项目实施场地的具体边界条件（附图）。

四、设计依据

列举技术方案编制依据的相关法律法规、标准规范与基础资料等。

五、场地生态现状评价

根据《场地适宜性评价报告》形成项目场地区域生态本底情况评价与生态受损情况评价，明确场地存在具体生态问题的类型、成因、严重性、对区域生态系统的影响等。

六、场地修复技术方案确定

根据实验室预研成果与现场中试成果确定植物-微生物土壤修复技术的菌液种类和参数、植物种类和种植模式，形成针对项目场地条件的技术实施方案。

七、场地修复工程设计

根据场地条件与技术方案要求，进行修复工程实施设计，包括工程进度计划与各工程专业总图与详图设计内容与质量标准等。

八、工程组织实施保障

阐述为保障工程顺利实施，从技术支持、工程设计、工程实施组织、工程质量保证、工程进度保证、应急措施预案等方面准备的各项措施。

九、资金概算与筹措渠道

阐述修复工程投资估（概）算编制依据，包括：参照的国家、行业相关投资定额标准；实施方案拟定的绩效目标和工程量。

阐述生态保护修复工程投资总额、施工费、监测与管护费、其他费用（前期工作费、工程监理费、竣工验收费、业主管理费等各项费用以及不可预见费等费用构成。

十、修复工程效益分析

1. 生态效益分析
2. 社会效益分析
3. 经济效益分析

十一、 附件

包括各类政府文件、场地基础数据、图纸等资料、工程设计图纸与文本资料等。

附录 D

(资料性)

场地土壤修复效果评估报告编制大纲

- 一、评估内容与方法
- 二、采样布点方案
- 三、样品采集与分析
- 四、效果评估
- 五、结论与建议
- 六、附件

全国团体标准信息平台

参 考 文 献

- [1] GB36600-2018 土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- [2] GB/T15163-2018 封山（沙）育林技术规程
- [3] HJ25.4-2019 建设用地土壤修复技术导则
- [4] HJ651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）
- [5] LY/T 2771 北方地区裸露边坡植被恢复技术规范
- [6] NY/T 3957-2021 农用地土壤重金属污染风险管控与修复 名词术语
- [7] SL419-2007 水土保持试验规程