

T/EJCCCSE

团 体 标 准

T/EJCCCSE XXXX—XXXX

干旱区地表砾幕层恢复规范

Specification for the remediation of surface gravel curtain layer in arid areas

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求与基本原则 1

5 工作流程 2

6 资料收集 2

7 现场勘察 3

8 地表砾幕层修复设计 4

9 地表砾幕层修复工程实施 5

10 砾幕层修复监测与评估 6

参考文献 8

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。

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。

本文件由新疆大学提出。

本文件由中国商业股份制企业经济联合会归口。

本文件起草单位：新疆大学、中国地质工程集团有限公司、新疆卓越工程项目管理有限公司、新疆科盟工程项目管理咨询有限公司、新疆农业大学。

本文件主要起草人：李诚志、金建斌、郑清、师庆东、汪溪远、周小龙、袁栋、陈爱兵、菊春燕、张雨洁、吴静桃、王宥年、李智伟、王帅喻。

干旱区地表砾幕层恢复规范

1 范围

本文件规定了干旱区地表砾幕层恢复的总体要求与基本原则、工作流程、资料收集、现场勘察、地表砾幕层修复设计、地表砾幕层修复工程实施、砾幕层修复监测与评估。
本文件适用于干旱区地表砾幕层的修复。

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/T 9966.1 天然石材试验方法 第 1 部分：干燥、水饱和、冻融循环后压缩强度试验
- GB/T 15773 水土保持综合治理 验收规范
- GB/T 51240 生产建设项目水土保持监测与评价标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

干旱区 arid area

位于湿润指数 <0.20 的区域。湿润指数为年均降水量与年均潜在蒸发散之比。按 W.Thornthwaite 方法计算年均潜在蒸发散。

3.2

地表砾幕层 gravel curtain layer

由于风蚀作用土壤表层细颗粒被吹蚀，地表残留砾石、沙粒形成的覆盖层。

3.3

样地 plot

砾幕层调查时，选取能代表区域砾幕层基本特征（如砾石盖度、砾石粒径、砾石形状与数量、土壤剖面特征等）的地段。

3.4

样方 quadrat

砾幕层调查时，在样地内选取的 100 cm×100 cm 的样方。

3.5

砾幕层修复 remediation of gravel curtain layer

通过人工措施对受损地表砾幕层进行重新构建，使其恢复的过程。

3.6

砾石覆盖度 gravel coverage

单位面积地表沙粒、砾石的水平投影面积占比。

3.7

平均砾石粒径 average gravel diameter

地表沙粒、砾石的粒径平均值。

4 总体要求与基本原则

4.1 总体要求

4.1.1 修复工作应遵循“山水林田湖草沙”一体化保护修复理念，坚持宜林则林、宜草则草、宜荒则荒、宜沙则沙，坚持自然修复与人工治理相结合，坚持生物措施与工程措施相结合，节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针。

4.1.2 修复工作应确保修复过程的生态性、可持续性和可操作性，优先选择本地材料，降低人为干预对生态系统的负面影响，修复技术应注重砾幕层的稳定性、透水性和覆盖度，确保其能够有效抑制风蚀、水土流失，促进植被恢复和土壤改良。

4.1.3 修复工程应加强监测与评估，以量化修复效果并为后续管理提供依据。

4.2 基本原则

4.2.1 生态优先，兼顾功能

砾幕层修复应以生态功能恢复为核心，确保修复后的砾幕层具备防风固沙、保水保土等生态作用，同时兼顾景观美观性，实现修复区域与周边自然环境的和谐统一。修复过程中应避免对原有生态系统造成二次破坏，确保砾幕层的稳定性和可持续性。

4.2.2 因地制宜，分类施策

根据干旱区的气候、地貌、土壤等自然条件，因地制宜选择修复技术与材料，做到“宜砾则砾、宜植则植”。统筹考虑砾幕层的铺设厚度、覆盖度及透水性，结合植被重建、土壤改良等综合措施，实现生态修复的最优化。

4.2.3 科学高效，经济可行

采用科学先进的修复技术，在保证修复效果的前提下降低成本和资源消耗。修复过程中应注重自然恢复与人工辅助的平衡，缩短修复周期，减少后期管护压力，确保修复工程的长期效益和经济可行性。

5 工作流程

5.1 资料收集

收集砾幕层修复区域的基础资料，掌握砾幕层修复区的生态环境背景条件和生态环境状况。

5.2 现场勘察

现场勘察修复场地及周边的地形地貌、气候条件、土壤特性、水文地质、植被状况及人为活动，调查砾幕层损失状况，全面评估修复区域的自然环境与人为影响。

5.3 恢复工程设计

根据资料收集和现场勘察数据，明确修复目标、技术措施、实施步骤、资源配置及监测计划，核算修复经费，提出质量保障与安全措施等，并附工作部署图，确保修复工程科学可行，兼顾生态效益与可持续性。

5.4 恢复工程实施

根据工程设计开展工作部署、进度安排，包括场地准备、材料准备、机械准备、人员安排、砾幕层铺设、粉尘控制及后期维护，严格按照技术规范操作，确保修复效果与生态恢复目标达成。

5.5 监测和评估

包括定期监测砾幕层的稳定性、土壤水分变化及人为活动影响，及时采取管护措施，确保修复效果长期可持续。根据监测资料定期评估砾幕层稳定性、土壤改良效果及生态恢复程度，通过对比修复前后数据，综合评估修复工程的生态效益与可持续性。

6 资料收集

6.1 收集砾幕层修复场地已有的地形、地貌、地质、水文、土壤、植被等自然条件资料。

6.2 收集砾幕层修复场地所在区域的气温、降水、风速、风向等气象资料。

- 6.3 收集砾幕层修复场地的土地利用、国土空间规划、国土空间生态修复规划等文本与图件资料。
- 6.4 收集砾幕层修复场地已有的地质勘察、地质灾害危险性评估等前期资料。
- 6.5 收集砾幕层修复场地周边的自然保护地、世界自然遗产、生态保护红线等重要生态敏感区的保护对象、功能区划、保护要求等。
- 6.6 收集已有的砾幕层修复工程措施、工程造价等相关资料。

7 现场勘察

7.1 修复区域地质环境勘察

进行修复区域的地形地貌勘察，测量修复区高精度地形图，计算修复区的坡度、坡向。进行修复区地质安全隐患勘察，确定修复区内地质安全隐患类型、位置、规模、影响范围、威胁对象、处置情况等。进行修复区域水文地质勘察，调查修复区的地下水位深度、水质、流向等水文地质条件。根据地质、水文资料和现场勘察查资料划分水文地质单元，确定水文地质不稳定因素。

7.2 修复区域土壤和生物调查

开展修复区域土壤调查，采集土样，分析土壤的物理和化学性质，如土壤质地、有机质含量、pH值、盐分含量等。开展修复区域的生物调查，记录现有植被的种类、密度、分布、覆盖率等，明确植被覆盖率(郁闭度)和生物多样性等，调查动物种群类型、数量和分布情况等。

7.3 修复区域自然地表砾幕层调查

7.3.1 自然地表样方设置

在需要砾幕层修复区域的周边设置调查样地。调查样地设置需覆盖各自然砾幕层类型，样地内部的砾幕层尽可能均匀。一般要在修复区域四周均匀设置不少 4 个未受损的样地，且须包含上风向和下风向样地。如周边无未受损样地，可适当扩展到周边区域，但样地设置数量不得少于 5 个，且须包含上风向和下风向样地。每个样地为 10 m×10 m，需对每个样地的全貌进行拍照，用表格记录每个样地的中心点经纬度、地形地貌、气象特征、水文特征。在样地内设置不少于5个砾幕层调查样方。每个调查样方为 100 cm× 100 cm。一般在样地四角及中心分别布置 1 个 100 cm×100 cm的样方。如样地内存在明显分类，则需根据类别设置样方，且需保证每个类别都有样方。

7.3.2 破损地表样方设置

在砾幕层破损区域设置调查样方。每一个破损斑块至少需要设置 3 个调查样方，面积大于 10 000 m²的破损斑块宜每 10 000 m²设置 1 个调查样方，且调查样方设置应均匀分布。每个调查样方为 100 cm×100 cm。

7.3.3 样方调查

7.3.3.1 在样方内调查砾幕层基本特征。现场拍摄正射照片、采集表层砾石样品、开挖土壤剖面、采集土层样品。

7.3.3.2 现场拍摄正射照片可采用数码相机垂直地面拍摄，拍摄高度不低于 80 cm，地面可设置明显校正标志，用于图片校正；正射照片通过畸变校正、人工判读、图像处理与识别得到每个样方的砾石盖度。

7.3.3.3 表层砾石样品通过筛分法获得砾石粒径。筛子选择土工试验中常用的粗筛，孔径为 100 mm、80 mm、60 mm、40 mm、20 mm、10 mm、5 mm、2 mm。筛分后，记录每类砾石的重量和颗粒数量。

7.3.3.4 表层砾石样品可通过卡尺测量砾石形状。测量筛分后各类砾石长轴和短轴长度。每类砾石随机选择 50 颗进行测量，数量少于 50 颗的则全部测量。计算每类砾石的平均长轴和短轴长度。根据每类砾石的平均长轴和短轴长度计算砾石形状指数，计算方式见式(1)。

$$SI_i = \frac{L_i}{S_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

SI_i — i 类砾石的形状指数；

L_i — i 类砾石的平均长轴长度, 单位为 mm;

S_i — i 类砾石的平均短轴长度, 单位为 mm。

7.3.3.5 在样地选择典型点挖土壤剖面, 土壤剖面分为表层 (0 cm~15 cm)、次表层 (15 cm~30 cm)、中层 (30 cm~60 cm)、底层 (60 cm~100 cm); 现场描述每层土壤的颜色、质地。每层至少采集 1 个土壤样品, 测量土壤粒径、土壤密度、土壤水分、土壤养分、土壤盐分等指标。

7.3.4 砾幕层破损判别

7.3.4.1 对比破损地表砾幕层和周边未受损地表砾幕层的基本特征, 判别破损砾幕层损失程度, 砾幕层损失程度计算公式见式 (2)。

$$N = (N_i \times D_i \times S_i) / (N_s \times D_s \times S_s) \quad (1)$$

式中:

N — 砾幕层破损程度;

N_i — 破损地表砾幕层盖度;

N_s — 未破损地表砾幕层盖度;

D_i — 破损地表砾石平均砾径, 单位为 mm;

D_s — 未破损地表砾石平均砾径, 单位为 mm;

S_i — 破损地表砾石形状指数;

S_s — 未破损地表砾石形状指数。

7.3.4.2 破损地表面积指数的计算公式见式 (3)。

$$S_m = S / 10000 \quad (2)$$

式中:

S_m — 破损地表面积指数;

S — 砾幕层破损地表面积, 单位为 m^2 。

7.3.4.3 考虑砾幕层破损程度和破损面积, 对砾幕层损失程度进行分类, 如表 1 所示。

表 1 砾幕层损失程度分类与设计深度

砾幕层损失等级	I 级		II 级		III 级		IV 级	
N 值	[0, 0.5)	[0.5, 0.8)	[0, 0.5)	[0.5, 0.8)	[0, 0.5)	[0.5, 0.8)	[0, 0.5)	[0.5, 0.8)
S_m 值	$S_m < 1$	$1 < S_m < 10$	$1 < S_m < 10$	$50 < S_m < 100$	$10 < S_m < 50$	$100 < S_m < 500$	$50 < S_m$	$500 < S_m$
设计深度	方案设计、施工图设计		方案设计、施工图设计		方案设计、初步设计、施工图设计		方案设计、初步设计、施工图设计	

7.4 施工条件调查

7.4.1 查明砾幕层破损修复区域的道路交通、通信、电力、水源、场地等情况。

7.4.2 查明砾幕层破损修复区域的工程主材市场供应、价格和运距等情况。

7.4.3 查明砾幕层破损修复区域所在地用工状况及劳务信息等情况。

7.4.4 调查与分析天然材料资源等的可利用性。

8 地表砾幕层修复设计

8.1 地表砾幕层修复材料

8.1.1 地表砾幕层修复材料需要满足一定的强度。

8.1.2 地表砾幕层修复材料的抗压强度不低于 30 Mpa, 测试方法按 GB/T 9966.1 的规定进行。

8.1.3 可根据自然砾幕层的砾石抗压强度作为设计依据, 其设计材料强度不低于未受损地表砾幕层砾石材料强度。

8.2 修复材料抗冻融性

8.2.1 地表砾幕层修复材料需要满足一定抗冻融性。

8.2.2 地表砾幕层修复材料的抗冻融性可通过材料冻融试验测定，测定方法按 GB/T 9966.1 的规定进行。

8.2.3 在吸水饱水状态下，经过规定次数的反复冻融循环，若无贯穿裂纹，且质量损失不超过 5%，强度损失不大于 25%，则为抗冻融性合格。吸水率低于 0.5% 的材料，其抗冻融性较高，无须进行抗冻融性试验。

8.3 地表砾幕层修复工程设计

8.3.1 一般项目

8.3.1.1 地表砾幕层施工设计宜合理划分设计单元，确定各单元设计目标。

8.3.1.2 每个单元的设计内容一般包括地形地貌设计、土方施工设计、地表砾幕层设计，地表砾幕层设计包括物料破碎与筛分、砾石分摊、土壤培育、粉尘控制等分部，各分部技术应综合考虑、相互衔接、配合使用。

8.3.1.3 应根据地貌特征，结合降水情况、汇水面积等选择适宜的集排水设计。

8.3.1.4 应结合坡面类型、地貌特征及砾幕层修复目标，选择适宜的砾石覆盖度参数、平均砾石砾径等指标。

8.3.1.5 设计除符合本标准要求外，还应符合项目所属地区、行业的有关设计要求。

8.3.1.6 土壤污染区域砾幕层修复宜进行污染处理专项设计。

8.3.1.7 砾幕层修复存在安全隐患时需进行安全专项设计。

8.3.1.8 在需要开展植被种植的修复区域，宜先开展种植然后再进行砾幕层修复。

8.3.2 设计阶段和深度

设计阶段一般包括方案设计、初步设计和施工图设计等阶段

a) 方案设计阶段要求如下：

- 1) 完成相关基础工作，进行现场调查分析，编制方案设计说明；
- 2) 根据地貌、气象条件，划分不同砾幕层类型；
- 3) 针对不同砾幕层类型选择相应的砾幕层修复技术方案；
- 4) 确定砾幕层修复材料选择的原则和砾幕层剖面及平面配置方案等；
- 5) 确定砾幕层修复的预期效果，宜绘制预期效果图；
- 6) 结合方案提出工程估算；

b) 初步设计阶段要求如下：

- 1) 完成设计说明和工程量统计；
- 2) 根据砾幕层类型及选取的砾幕层修复技术方案进行总体布局设计；
- 3) 在总体布局设计基础上绘制各技术措施通用图；
- 4) 确定材料类型、规格和数量等；
- 5) 结合初步设计内容编制设计概算；

c) 施工图设计阶段要求如下：

- 1) 完成施工图设计说明和工程量统计；
- 2) 在总体布局基础上绘制各砾幕层修复技术的施工工艺设计图；
- 3) 工程措施实施点细部设计，绘制细部构造平面图、剖面图及正视图等；
- 4) 提出各技术措施关键工艺的质量控制要求及验收指标要求；
- 5) 编制施工组织方案；
- 6) 结合施工图设计内容编制设计预算。

9 地表砾幕层修复工程实施

9.1 一般要求

- 9.1.1 设计单位向施工单位进行设计交底，包括设计意图、设计文件的重点、难点和施工过程控制要求等。
- 9.1.2 施工单位组织相关人员进行现场实地勘察，包括周边环境、施工条件、砾石材料来源、水源、电源、土源、道路交通、堆料场地和生活设施位置等。
- 9.1.3 施工单位根据设计文件、合同要求和现场情况编制施工组织设计和施工方案，并按规定进行报批。
- 9.1.4 施工单位应及时与建设单位进行资料对接和砾幕层修复区交接工作。
- 9.1.5 施工单位应对施工人员进行岗前培训、技术交底和安全交底。
- 9.1.6 施工单位应按照设计要求进行施工，如现场出现与设计不符的情况，及时与设计单位沟通。

9.2 地表砾幕层质量检验

9.2.1 质量检验要求

- 9.2.1.1 质量检验包括施工单位自查、监理单位抽查和质量监督部门抽查。
- 9.2.1.2 质量检验包括材料的质量与规格、施工质量检验。
- 9.2.1.3 材料的质量与规格应在施工前分批进行检验与控制。
- 9.2.1.4 施工质量检验按斑块和面积进行分批检验，通常一个斑块至少设置一个检验批，面积大于 10 000 m²时，每 10 000 m²设置一个检验批。

9.2.2 质量检验指标

- 9.2.2.1 符合设计文件的要求。
- 9.2.2.2 符合本标准和所属行业检验要求的规定。
- 9.2.2.3 推荐的砾幕层修复检验指标参见表 2。

表 2 检验指标表

项目	检验指标		检验方法
	合格	不合格	
砾石砾径	符合设计要求	不符合设计要求	土壤采样，筛分法测量，每 10 000 m²检查 3 处每点面积为 10 m²，不足 1 000 m²检查不少于 3 处，取其平均值。
砾石盖度	符合设计要求	不符合设计要求	拍照测量，每 10 000 m²检查 3 处每点面积为 10 m²，不足 1 000 m²检查不少于 3 处，取其平均值。
土壤厚度	厚度平均值大于设计要求，最小值应不小于设计值的 90%	厚度平均值小于设计要求，最小值应小于设计值的 90%	挖剖面法测量，每 10 000 m²随机抽取 3 个点测试，不足 1 000 m²检查不少于 3 处，取其平均值。

10 砾幕层修复监测与评估

- 10.1 在砾幕层修复设计方案中，应初步确定监测的范围、时段、内容、方法、频次和监测点位，估算所需的人工和物耗。
- 10.2 砾幕层修复效果监测范围应为砾幕层修复责任范围。
- 10.3 监测时段应从施工准备期开始，至设计结束年；各类项目均应在施工准备期前进行本底值监测。
- 10.4 监测内容应包括扰动土地情况、取土（石、料）、弃土（石、渣）情况、土壤风蚀流失情况和砾幕层修复措施情况及效果等。
- 10.5 砾幕层修复监测应采取调查监测与定位监测相结合的方法，大面积、长距离的项目应增加遥感监测。砾幕层盖度和粒径的测测方法详见本文件的 7.3，风蚀观测方法可参照 GB/T 15773 和 GB/T 51240。
- 10.6 监测频次应符合以下规定：
 - a) 调查监测应根据监测内容和工程进度确定监测频次：
 - 取土（石、砂）量、弃土（石、渣）量、正在实施的砾幕层修复措施建设情况、扰动地表面积等至少每月调查记录 1 次；

——施工进度、砾幕层修复措施的土壤抗风蚀情况至少每季度调查记录 1 次；

——沙尘暴灾害事件发生后 1 周内完成监测；

b) 定位监测应根据监测内容和方法采用连续观测或定期观测，输沙量监测应在风沙期连续进行；

c) 风蚀量监测应在风季连续进行，宜在上下风向上同时布置集砂仪，监测修复区域风沙移动的增减量。

10.7 监测点位布设应遵循代表性、方便性、少受干扰的原则。每个监测区至少布设 1 个监测点，长度超过 1 km 的监测区每 1 km 宜增加 2 个监测点。

10.8 应根据监测内容、方法提出需要的砾幕层监测人员、设施和设备。

10.9 根据监测资料定期形成监测评估报告，监测报告评估包括月监测评估报告、年监测评估报告和项目总监测评估报告。

10.10 监测成果应包括监测评估报告、监测数据、监测图件和影像资料。

参 考 文 献

- [1] GB 50433—2018 生产建设项目水土保持技术标准
 - [2] SL/T 227—2024 水土保持监测技术规范
 - [3] HJ/T 166—2004 土壤环境监测技术规范
 - [4] HJ 192—2015 生态环境状况评价技术规范
 - [5] DB50/T 990—2020 地质灾害治理工程施工质量验收规范
-