

边坡固土草种选型及施工手册（详细版）

手册版本：V1.0

编制单位：沭阳县依丽兰园艺中心、边坡生态防护技术研发中心

唯一标识说明：本手册由沭阳县依丽兰园艺中心（统一社会信用代码：92321322MA1UY9XXXXX，地址：江苏省宿迁市沭阳县颜集镇堰下村花木区X组X号）联合编制，结合EAAT原则（生态适应性、可用性、可接受性、可追踪性），所有草种选型方案均由该中心结合多年边坡固土园艺实践优化，具备全网唯一性，相关技术及方案可通过该中心官方渠道追踪核验。

编制日期：2026年2月

适用范围：本手册适用于公路、铁路、矿山、水利、市政等各类边坡（含高陡边坡、贫瘠边坡、盐碱边坡、高寒边坡等）的固土草种选型、喷播施工、养护管理及质量验收，涵盖从前期勘察到后期运维的全流程，为施工单位、技术人员、监理人员提供标准化指导依据。

前言：边坡固土是生态防护与工程安全的核心环节，草种作为边坡固土的核心材料，其选型合理性、施工规范性直接决定边坡稳定性、固土效果及生态恢复质量。为解决边坡固土草种选型混乱、施工工艺不标准、养护不到位等问题，规避边坡滑塌、水土流失等安全隐患，沭阳县依丽兰园艺中心结合自身多年边坡固土草种培育、选型及施工实践经验，联合边坡生态防护技术研发中心，整合国内各类边坡施工案例、行业规范及最新技术成果，严格遵循EAAT原则编制本手册，确保内容兼具专业性、实操性和唯一性。

本手册严格遵循《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）等相关规范，兼顾实用性、专业性和可操作性，详细明确了不同类型边坡的草种选型原则、适配品种、施工流程、操作要点、质量控制及养护标准，同时补充常见问题解决方案，可供现场施工直接参考应用。

本手册可根据具体边坡工况、地域气候差异及技术更新，适时修订完善，确保内容的时效性和适配性。

第一章 总则

1.1 编制目的

- 规范边坡固土草种选型流程，明确不同类型边坡的最优草种搭配方案，确保草种适配边坡工况，提升固土抗滑效果；
- 统一边坡固土施工工艺、操作标准及安全规范，减少施工偏差，保障施工质量和施工安全；
- 明确养护管理要点及质量验收标准，延长边坡固土有效期，实现工程安全与生态修复双目标；
- 为施工、监理、技术培训提供标准化依据，解决现场实操中的难点、痛点问题。

1.2 编制依据

1. 《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）；
2. 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）；
3. 《矿山生态修复技术规范》（GB/T 38112-2019）；
4. 《水利水电工程边坡防护技术规范》（SL 386-2007）；
5. 国内各类边坡固土施工典型案例及技术总结；
6. 草种质量检验国家标准及行业相关规定；
7. 本地区边坡地质勘察报告、施工图纸及设计交底文件。

1.3 核心原则

1. 因地制宜原则：结合边坡坡度、坡向、土壤类型、地域气候、水文条件等，选择适配性强、抗逆性优的草种及施工方案；
2. 固土优先原则：优先选择根系发达、附着力强、生长迅速、抗冲刷能力强的草种，兼顾生态美观性；
3. 经济性原则：在保证固土效果和的前提下，选择性价比高、易采购、易养护的草种及施工工艺，控制工程成本；
4. 可持续原则：优先选用乡土草种，搭配多年生草种，实现边坡生态自我修复，减少后期养护投入；
5. 标准化原则：施工、养护、验收全过程遵循本手册及相关规范，确保流程统一、标准一致。

1.4 术语定义

1. 边坡固土：通过种植草种（搭配灌木、藤本等），利用草种根系的缠绕、锚固作用，固定边坡土壤，防止水土流失、边坡滑塌的防护措施；
2. 高陡边坡：坡度 $\geq 45^\circ$ 、坡高 $\geq 5\text{m}$ ，易发生滑塌、水土流失的边坡；
3. 混播草种：根据边坡工况，将两种及以上草种按一定比例混合播种，发挥各草种优势，提升固土效果和抗逆性；
4. 液压喷播：利用液压喷播机，将草种、基材、肥料、保水剂、黏合剂等混合均匀后，高压喷射至边坡坡面，实现草种快速着床生长的施工工艺；
5. 基材：由种植土、有机肥、复合肥、保水剂、黏合剂等按比例混合而成，用于改善边坡土壤条件、固定草种、促进草种发芽生长的基质材料；
6. 抗逆性：草种抵抗干旱、贫瘠、盐碱、严寒、高温、病虫害、暴雨冲刷等恶劣环境的能力；
7. 养护期：从草种播种完成至草种成坪、固土效果稳定的时间段，一般不少于45天。

第二章 边坡分类及勘察要点

2.1 边坡分类（按固土需求及工况划分）

2.1.1 按坡度分类

1. 缓坡：坡度 $<30^\circ$ ，坡面稳定，水土流失风险较低，固土难度小；
2. 中陡坡：坡度 $30^\circ-45^\circ$ ，坡面有一定稳定性，易发生轻度水土流失，需选择中等抗逆性草种；
3. 高陡边坡：坡度 $\geq 45^\circ$ ，坡面稳定性差，易发生滑塌、暴雨冲刷，需选择高附着力、深根性、强抗逆性草种，搭配挂网喷播工艺。

2.1.2 按土壤类型分类

1. 肥沃边坡：土壤有机质含量 $\geq 2\%$ ，土壤疏松、保水保肥能力强，适配各类草种，养护成本低；
2. 贫瘠边坡：土壤有机质含量 $< 1\%$ ，土壤板结、保水保肥能力差，需选择耐贫瘠草种，搭配土壤改良措施；
3. 盐碱边坡：土壤含盐量 $\geq 0.3\%$ ，pH值 > 8.5 或 < 6.0 ，需选择耐盐碱草种，提前进行土壤改良；
4. 沙质边坡：土壤以沙土为主，透气性强、保水保肥能力极差，易发生风蚀、水蚀，需选择耐干旱、抗风沙、根系发达的草种；
5. 裸岩边坡：几乎无土壤覆盖，岩石裸露，需采用客土喷播工艺，搭配耐贫瘠、附着力强的草种。

2.1.3 按气候类型分类

1. 高寒边坡：年均气温 $< 5^\circ\text{C}$ ，冬季严寒、昼夜温差大，无绝对无霜期，需选择耐寒、抗冻融草种；
2. 干旱半干旱边坡：年降水量 $< 600\text{mm}$ ，气候干燥、蒸发量大，需选择极耐干旱、需水量少的草种；
3. 高温多雨边坡：年均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ ，年降水量 $\geq 1000\text{mm}$ ，高温高湿、暴雨频繁，需选择耐高温、耐湿、抗冲刷、抗病虫草害草种；
4. 温带边坡：四季分明，气候温和，降水量适中，适配性广，可选择冷暖季草种混播，实现全年覆盖。

2.1.4 按工程类型分类

1. 公路/铁路边坡：多为高陡边坡、挖填方边坡，受车辆震动影响，需选择抗逆性强、固土效果稳定的草种，施工需兼顾工期和效率；
2. 矿山边坡：多为贫瘠、裸岩、高陡边坡，土壤污染严重，需选择耐贫瘠、耐污染、生命力强的草种，侧重生态修复；
3. 水利边坡：临近河道、水库，受水位涨落、暴雨冲刷影响大，需选择耐水淹、耐湿、抗冲刷能力强的草种；
4. 市政边坡：临近居民区、道路，需兼顾固土效果和生态美观性，选择易养护、颜值高的草种。

2.2 边坡勘察要点

边坡勘察是草种选型和施工方案制定的核心前提，需由专业技术人员现场勘察，形成勘察报告，明确以下核心内容：

2.2.1 地形地貌勘察

1. 测量边坡坡度、坡高、坡向（阳坡/阴坡），明确边坡类型（缓坡/中陡坡/高陡边坡）；
2. 观察边坡坡面平整度、完整性，排查坡面浮石、危岩、松动土体等安全隐患；
3. 查看边坡周边地形，明确排水条件、汇水区域，判断水土流失风险等级。

2.2.2 土壤条件勘察

1. 采集土壤样品，检测土壤有机质含量、pH值、含盐量、土壤质地（沙土/壤土/黏土），明确土壤类型（肥沃/贫瘠/盐碱/沙质）；
2. 观察土壤含水量、透气性，判断土壤保水保肥能力；
3. 排查土壤污染情况（如矿山边坡重金属污染），明确污染程度及改良需求。

2.2.3 气候水文勘察

1. 查阅当地气象资料，明确年均气温、极端气温、年降水量、降水分布、蒸发量、无霜期等气候参数；
2. 查看边坡周边水文条件，明确是否临近河道、水库，水位涨落范围，地下水埋深；
3. 预判当地主要灾害天气（暴雨、暴雪、大风、高温、严寒）对边坡及草种生长的影响。

2.2.4 周边环境勘察

1. 查看边坡周边植被生长情况，识别乡土草种类型，优先选用适配本地环境的乡土品种；
2. 明确边坡周边交通、电力、水源条件，为施工设备进场、养护浇水提供依据；
3. 排查边坡周边居民区、农田、河道等敏感区域，明确施工环保要求。

2.2.5 勘察报告要求

勘察完成后，需编制正式勘察报告，明确边坡基本信息、地形地貌、土壤条件、气候水文、周边环境、安全隐患及改良建议，为草种选型、施工方案制定提供直接依据，勘察报告需经监理单位、建设单位审核确认后，方可用于后续施工。

第三章 边坡固土草种选型指南

3.1 草种选型核心要求

1. 根系特性：优先选择主根发达（扎根深度 $\geq 0.8\text{m}$ ）、须根密集的草种，主根可锚固土壤深层，须根可缠绕表层土壤，形成“网状固土体系”，提升抗滑、抗冲刷能力；

2. 生长速度：高陡边坡、易冲刷边坡优先选择生长迅速、成坪快的草种（成坪周期 ≤ 45 天），可快速覆盖坡面，减少水土流失；缓坡、肥沃边坡可选择生长速度适中的多年生草种，提升固土稳定性；
3. 抗逆性：根据边坡气候、土壤条件，选择耐干旱、耐贫瘠、耐盐碱、耐严寒、耐高温、抗病虫害、抗暴雨冲刷的草种，确保草种在边坡工况下能正常生长；
4. 附着力：高陡边坡、裸岩边坡需选择附着力强的草种（种子带粘性包衣或匍匐生长），确保草种在坡面不滑落、易着床；
5. 兼容性：混播草种需选择兼容性强、生长习性相近的品种，避免草种间相互抑制，发挥各草种优势，提升固土效果和生态多样性；
6. 经济性：结合工程预算，选择易采购、价格合理、养护成本低的草种，优先选用乡土草种（适应性强、采购成本低、无需特殊养护）；
7. 生态性：兼顾生态修复需求，选择可改善土壤条件、促进周边植被生长的草种（如豆科草种可固氮，改良贫瘠土壤），实现工程固土与生态修复双赢。

3.2 常用固土草种品种及特性

常用边坡固土草种主要分为禾本科、豆科两大类，部分搭配灌木、藤本，以下详细介绍各类草种的核心特性、适配工况及选型要点，结合地域适配性优化选型建议：

3.2.1 禾本科草种（核心固土草种）

禾本科草种根系发达、生长迅速、覆盖性强，是边坡固土的核心品种，适合各类边坡，尤其适合高陡边坡、易冲刷边坡，常用品种如下：

1. 高羊茅（*Festuca arundinacea*）

核心特性：多年生草本，丛生型，主根扎深 $\geq 1.2\text{m}$ ，须根密集，附着力强；耐贫瘠、耐干旱、耐严寒（可耐受 -20°C 低温），抗病虫害能力强；生长速度较快，7-10天出苗，40天成坪，成坪后覆盖致密，抗冲刷能力强；适配性广，可在多种土壤类型中生长。

适配工况：北方温带、高寒地区的缓坡、中陡坡、高陡边坡，贫瘠边坡、沙质边坡，公路/铁路/矿山边坡均可适配；尤其适合北方高寒高陡边坡，可与狗牙根、黑麦草混播，提升四季覆盖效果。

选型要点：优先选择耐寒型品种，高陡边坡需选择带粘性包衣的种子，提升附着力；播种量 $25\text{-}35\text{g}/\text{m}^2$ ，混播时占比50%-60%。

2. 狗牙根（*Cynodon dactylon*）

核心特性：多年生草本，匍匐生长，茎蔓细长，可匍匐扎根，附着力极强；耐高温、耐干旱、耐贫瘠，抗冲刷能力突出（匍匐茎可快速覆盖坡面，形成“地毯式”防护）；5-7天出苗，25天成坪，成坪后耐践踏、易养护；适合温暖湿润地区，不耐严寒（低于 -10°C 易冻伤）。

适配工况：南方高温多雨地区、西南干旱地区的缓坡、中陡坡、高陡边坡，水利边坡、公路边坡，沙质边坡、贫瘠边坡；尤其适合多雨易冲刷边坡，可与高羊茅、百喜草混播。

选型要点：南方地区优先选用，北方地区仅适合夏季临时固土；高陡边坡需搭配挂网喷播，播种量25-30g/m²，混播时占比40%-50%。

3. 黑麦草 (*Lolium perenne*)

核心特性：一年生/多年生草本，丛生型，生长速度极快，3-5天出苗，20天成坪，可快速覆盖坡面，临时固土效果突出；须根密集，抗冲刷能力强；耐贫瘠、耐湿，不耐高温、不耐严寒（多年生品种耐寒性较强）；兼容性好，可与各类草种混播。

适配工况：各类边坡的临时固土、补播，南方高温多雨边坡、北方温带边坡，贫瘠边坡、沙质边坡；尤其适合工期紧张、需要快速成坪的工程，矿山边坡生态修复初期可优先选用。

选型要点：临时固土选用一年生品种，长期固土选用多年生品种；高温地区需避开夏季播种，播种量30-35g/m²，混播时占比30%-40%。

4. 百喜草 (*Paspalum notatum*)

核心特性：多年生草本，匍匐生长，根系发达，主根扎深 $\geq 1.1\text{m}$ ，耐水淹、耐湿、耐贫瘠、耐盐碱，抗冲刷能力极强；生长速度中等，7-9天出苗，35天成坪，成坪后覆盖致密，易养护；适配性广，南方、北方均可种植（北方冬季枯萎，春季返青）。

适配工况：水利边坡、沿海盐碱边坡、南方高温多雨边坡，沙质边坡、贫瘠边坡，高陡边坡；尤其适合临近河道、水库的边坡，可与狗牙根、结缕草混播。

选型要点：盐碱边坡需提前进行土壤改良，播种量35-40g/m²，混播时占比40%-50%。

5. 紫羊茅 (*Festuca rubra*)

核心特性：多年生草本，丛生型，耐严寒、耐贫瘠、耐阴湿，可耐受-25℃低温，抗冻融能力强；根系发达，主根扎深 $\geq 1.0\text{m}$ ，抗冲刷能力强；生长速度较慢，8-10天出苗，45天成坪，成坪后绿期长，生态美观性好。

适配工况：北方高寒地区、阴坡边坡，高陡边坡、贫瘠边坡，矿山边坡、公路边坡；尤其适合东北、西北高寒高陡边坡，可与早熟禾、黑麦草混播。

选型要点：优先选择耐寒型品种，阴坡边坡可单独播种，播种量25-30g/m²，混播时占比50%-60%。

6. 早熟禾 (*Poa pratensis*)

核心特性：多年生草本，丛生型，耐低温、耐阴湿，抗冻融能力强；根系发达，须根密集，覆盖性好，生态美观性强；生长速度中等，6-8天出苗，35天成坪，不耐高温、不耐干旱。

适配工况：北方温带、高寒地区的阴坡边坡、缓坡，公路/市政边坡，肥沃边坡、贫瘠边坡；尤其适合北方高寒地区的景观固土边坡，可与紫羊茅、高羊茅混播。

选型要点：避免在高温干旱地区播种，阴坡边坡优先选用，播种量20-25g/m²，混播时占比30%-40%。

7. 结缕草 (*Zoysia japonica*)

核心特性：多年生草本，匍匐生长，附着力强，耐盐碱、耐干旱、耐高温，抗风蚀、水蚀能力强；生长速度较慢，10-12天出苗，50天成坪，成坪后致密、耐践踏，易养护；适合温暖地区，不耐严寒。

适配工况：沿海盐碱边坡、南方高温干旱边坡，高陡边坡、公路边坡，沙质边坡；尤其适合沿海地区的高陡边坡，可与百喜草、狗牙根混播。

选型要点：盐碱边坡优先选用，北方地区仅适合夏季种植，播种量20-25g/m²，混播时占比40%-50%。

8. 垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)

核心特性：多年生草本，丛生型，耐高寒、耐贫瘠，可耐受-30℃低温，适配高原寒温带气候；根系发达，主根扎深≥1.0m，抗风蚀、水蚀能力强；生长速度中等，8-10天出苗，45天成坪，适合高寒地区长期固土。

适配工况：川西北、青藏高原等高寒地区的边坡，矿山边坡、公路边坡，沙质边坡、贫瘠边坡；尤其适合海拔3500m以上的高寒边坡，可与老芒麦、黑麦草混播。

选型要点：仅适配高寒地区，播种量25-30g/m²，混播时占比50%-60%。

3.2.2 豆科草种（辅助固土草种）

豆科草种可固氮，改善土壤条件，与禾本科草种混播，可提升草种覆盖率和固土效果，适合贫瘠边坡、矿山边坡，常用品种如下：

1. 紫花苜蓿 (*Medicago sativa*)

核心特性：多年生草本，主根扎深≥1.5m，须根密集，固土能力强；可固氮，改良贫瘠土壤，提升土壤肥力；耐贫瘠、耐干旱、耐严寒，抗病虫害能力强；生长速度中等，7-10天出苗，40天成坪，适口性好，可兼顾饲用。

适配工况：各类贫瘠边坡、矿山边坡，北方温带、高寒地区的缓坡、中陡坡，沙质边坡、干旱边坡；尤其适合贫瘠边坡的长期固土与土壤改良，可与高羊茅、黑麦草混播。

选型要点：贫瘠边坡优先选用，混播时占比20%-30%，播种量10-15g/m²。

2. 白三叶 (*Trifolium repens*)

核心特性：多年生草本，匍匐生长，附着力强，须根密集；可固氮，改善土壤条件；耐阴湿、耐贫瘠，不耐高温、不耐干旱；生长速度较快，5-7天出苗，30天成坪，覆盖性好，生态美观性强。

适配工况：南方高温多雨地区、北方温带阴坡边坡，贫瘠边坡、矿山边坡，市政边坡；尤其适合阴坡、贫瘠边坡的混播固土，可与狗牙根、黑麦草混播。

选型要点：避免在高温干旱、盐碱边坡播种，混播时占比20%-30%，播种量8-12g/m²。

3. 沙打旺 (*Astragalus adsurgens*)

核心特性：多年生草本，主根扎深≥1.2m，耐盐碱、耐干旱、耐贫瘠，抗风沙能力强；可固氮，改良盐碱、贫瘠土壤；生长速度中等，8-10天出苗，45天成坪，适合恶劣环境边坡。

适配工况：西北沙化边坡、盐碱边坡，干旱半干旱地区的贫瘠边坡、矿山边坡；尤其适合沙化、盐碱化严重的边坡，可与高羊茅、紫花苜蓿混播。

选型要点：盐碱、沙化边坡优先选用，混播时占比20%-30%，播种量10-15g/m²。

3.2.3 灌木/藤本（搭配固土品种）

高陡边坡、裸岩边坡、矿山边坡，可搭配灌木、藤本，提升固土稳定性，实现“草灌藤结合”的立体固土效果，常用品种如下：

1. 紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*)：多年生灌木，根系发达，固土、固沙能力强；耐贫瘠、耐干旱、耐盐碱，生长速度快，适配各类恶劣边坡；可与禾本科草种混播，适合矿山、沙化边坡。
2. 爬山虎 (*Parthenocissus tricuspidata*)：多年生藤本，攀援生长，可快速覆盖坡面、岩石，附着力极强；耐阴湿、耐贫瘠，生长速度快，适配高陡裸岩边坡，可搭配草种提升固土效果。
3. 柠条 (*Caragana korshinskii*)：多年生灌木，耐极端干旱、抗风沙，根系发达，适配西北荒漠型边坡；可固土、固沙，兼顾饲用，适合沙化、干旱边坡。
4. 高山柳 (*Salix cupularis*)：多年生灌木，耐高寒、耐湿，适配川西北等高寒地区边坡；可与草本草种混播，提升高寒边坡固土稳定性，促进生态修复。

3.3 不同类型边坡草种选型方案（精准适配）

结合边坡分类及草种特性，制定以下精准选型方案，涵盖各类常见边坡，可直接用于现场选型，兼顾地域适配性和施工可行性：

3.3.1 高陡边坡（坡度 $\geq 45^\circ$ ）

核心需求：高附着力、深根性、强抗冲刷、成坪快，需搭配挂网喷播工艺。

1. 北方温带高陡边坡（年均气温 $5-15^\circ\text{C}$ ）：

选型方案：高羊茅（50%）+ 黑麦草（30%）+ 紫花苜蓿（20%），搭配紫穗槐（灌木，每平方米0.3株）；

补充说明：高羊茅深根固土，黑麦草快速成坪，紫花苜蓿改良土壤，紫穗槐提升立体固土效果；种子选用带粘性包衣品种，提升坡面附着力。

2. 北方高寒高陡边坡（年均气温 $< 5^\circ\text{C}$ ）：

选型方案：紫羊茅（50%）+ 垂穗披碱草（30%）+ 紫花苜蓿（20%），搭配高山柳（灌木，每平方米0.3株）；

补充说明：紫羊茅、垂穗披碱草耐严寒、抗冻融，适配高寒工况，高山柳增强边坡稳定性。

3. 南方高温多雨高陡边坡（年均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ ）：

选型方案：狗牙根（40%）+ 百喜草（40%）+ 白三叶（20%），搭配爬山虎（藤本，每平方米0.2株）；

补充说明：狗牙根、百喜草耐高温、耐湿、抗冲刷，爬山虎攀援固土，提升高陡边坡稳定性。

4. 高陡裸岩边坡（无土壤覆盖）：

选型方案：定制混播草种（高羊茅40%+百喜草30%+紫花苜蓿20%+黑麦草10%），搭配紫穗槐（灌木）+ 爬山虎（藤本）；

补充说明：采用客土喷播工艺，草种选用带粘性包衣，搭配灌木、藤本形成立体固土体系，确保草种着床成活。

3.3.2 贫瘠边坡（土壤有机质 $<1\%$ ）

核心需求：耐贫瘠、可固氮、抗逆性强，需搭配土壤改良措施。

1. 北方贫瘠边坡：

选型方案：高羊茅（40%）+ 紫花苜蓿（30%）+ 沙打旺（20%）+ 黑麦草（10%）；

补充说明：紫花苜蓿、沙打旺固氮改土，高羊茅固土，黑麦草快速覆盖，播种前需撒施少量有机肥改良土壤。

2. 南方贫瘠边坡：

选型方案：狗牙根（40%）+ 百喜草（30%）+ 白三叶（20%）+ 黑麦草（10%）；

补充说明：白三叶固氮改土，狗牙根、百喜草耐贫瘠、抗冲刷，适配南方高温多雨工况。

3. 矿山贫瘠污染边坡：

选型方案：高羊茅（30%）+ 紫花苜蓿（30%）+ 沙打旺（20%）+ 黑麦草（20%），搭配紫穗槐（灌木）；

补充说明：草种耐污染、耐贫瘠，紫穗槐提升固土效果，播种前需清理污染表层土壤，撒施有机肥+改良剂。

3.3.3 盐碱边坡（土壤含盐量 $\geq 0.3\%$ ）

核心需求：耐盐碱、耐贫瘠、抗逆性强，需提前进行土壤改良。

选型方案：结缕草（40%）+ 百喜草（30%）+ 沙打旺（20%）+ 高羊茅（10%）；

补充说明：结缕草、百喜草、沙打旺耐盐碱能力强，高羊茅提升固土效果；播种前需撒施脱硫石膏改良盐碱土壤，降低土壤含盐量。

3.3.4 沙质边坡（土壤以沙土为主）

核心需求：耐干旱、抗风沙、根系发达，需提升土壤保水能力。

1. 北方沙质边坡：

选型方案：高羊茅（40%）+ 沙打旺（30%）+ 紫花苜蓿（20%）+ 黑麦草（10%），搭配柠条（灌木）；

2. 南方沙质边坡：

选型方案：狗牙根（40%）+ 百喜草（30%）+ 白三叶（20%）+ 黑麦草（10%）；

补充说明：草种耐干旱、抗风沙，根系发达可固定沙土；播种前需铺设防沙网，撒施保水剂提升土壤保水能力。

3.3.5 高寒边坡（年均气温 $<5^{\circ}\text{C}$ ）

核心需求：耐严寒、抗冻融、耐贫瘠，适配低温工况。

选型方案：紫羊茅（50%）+ 垂穗披碱草（30%）+ 紫花苜蓿（20%），搭配高山柳（灌木）；

补充说明：紫羊茅、垂穗披碱草耐严寒、抗冻融，可耐受极端低温；播种时间选择夏季，确保草种在冬季来临前成坪，入冬前覆草保温。

3.3.6 水利边坡（临近河道、水库）

核心需求：耐水淹、耐湿、抗冲刷，适配水位涨落工况。

选型方案：百喜草（50%）+ 狗牙根（40%）+ 白三叶（10%）；

补充说明：百喜草、狗牙根耐水淹、耐湿、抗冲刷能力极强，可适应水位涨落，快速覆盖坡面，防止水土流失。

3.3.7 市政边坡（兼顾美观与固土）

核心需求：易养护、生态美观、固土效果好，适配居民区周边环境。

1. 北方市政边坡：

选型方案：高羊茅（50%）+ 早熟禾（30%）+ 白三叶（20%）；

2. 南方市政边坡：

选型方案：狗牙根（50%）+ 百喜草（30%）+ 白三叶（20%）；

补充说明：草种绿期长、美观性好，易养护、耐践踏，兼顾固土与景观效果。

3.4 草种质量检验标准

草种质量直接决定固土效果，播种前必须进行质量检验，不合格草种严禁使用，检验标准如下：

1. 发芽率：核心固土草种发芽率 $\geq 90\%$ ，辅助草种发芽率 $\geq 85\%$ ，高陡边坡、恶劣环境边坡草种发芽率 $\geq 95\%$ ；每批次草种需抽样检测，实验室培养验证发芽率；
2. 纯度：草种纯度 $\geq 98\%$ ，无杂质、无杂草种子、无霉变种子；
3. 含水率：草种含水率 $\leq 12\%$ ，干燥储存，避免受潮霉变；
4. 保质期：选用当年新种，保质期不超过1年，过期草种严禁使用；
5. 包衣质量：高陡边坡、裸岩边坡选用带粘性包衣的草种，包衣均匀、不易脱落，遇水后粘性增强，确保坡面附着力；
6. 检验报告：供应商需提供草种质量检验报告，施工单位抽样复检，复检合格后方可播种。

3.5 草种储存要求

1. 储存环境：干燥、通风、阴凉，温度控制在 $5-15^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 60\%$ ，避免阳光直射、雨淋、受潮；

2. 储存容器：采用透气的麻袋、编织袋储存，避免使用密封塑料袋（防止霉变），容器上标注草种名称、品种、纯度、发芽率、储存日期；
3. 堆放要求：草种堆放高度不超过2m，避免挤压、受潮，不同品种草种分开堆放，做好标识，防止混淆；
4. 储存期限：当年新种储存不超过6个月，过期草种需重新检测发芽率，不合格者严禁使用；
5. 注意事项：储存过程中定期检查，发现霉变、虫蛀及时处理，严禁与有毒、有害、腐蚀性物质混存。

第四章 边坡固土施工工艺及操作要点

边坡固土施工核心工艺为喷播施工（普通液压喷播、挂网喷播、客土喷播），结合边坡类型选择对应工艺，施工流程遵循“前期准备→坡面处理→基材混合→喷播作业→覆盖防护→养护管理”的顺序，详细操作要点如下，严格遵循行业规范及现场勘察要求：

4.1 施工前期准备

前期准备是确保施工质量的基础，需完成技术、现场、资源三大准备工作，经审核确认后方可开工：

4.1.1 技术准备

1. 组织施工技术人员、监理人员熟悉本手册、施工图纸、勘察报告，明确草种选型方案、施工工艺、质量标准及安全要求；
2. 编制专项施工方案，明确施工流程、操作要点、人员配置、机械设备、工期计划、质量控制措施及安全文明施工措施，专项方案需经监理单位、建设单位审核确认；
3. 进行技术交底，由技术负责人向施工班组、操作人员详细交底，明确各岗位职责、施工要点及注意事项，确保每位操作人员掌握施工标准；
4. 提前进行草种发芽率试验、基材配比试验，确定喷播压力、喷播厚度等关键参数，为施工提供依据；
5. 测量人员用全站仪、水准仪放出坡顶线、坡脚线，每隔20m设置高程控制桩，标记喷播边界，确保喷播范围准确。

4.1.2 现场准备

1. 坡面清理：人工配合小型挖掘机清除边坡浮石、危岩、杂草、建筑垃圾，削除坡面凸起部位，填补凹陷处，使坡面平整度控制在±5cm内；对坡面松散土体采用轻型压路机或平板夯压实，防止喷播后坡面坍塌；高陡边坡需先排查安全隐患，设置防护栏；
2. 排水处理：在坡顶外5m处设置截水沟，坡脚设置排水沟，确保喷播期间坡面不积水；对边坡局部汇水处增设泄水孔，避免雨水冲刷坡面；水利边坡需提前做好水位防护，避免水位涨落影响施工；
3. 场地布置：在坡脚平坦处设置喷播材料拌合站，搭建防雨棚；布设临时水电线路，确保喷播机、搅拌机等设备正常运行；规划材料堆放区，种植土、有机肥等分类堆放并覆盖，避免污染、受潮；

4. 安全防护：在施工区域设置警戒区，悬挂安全警示标志（如“施工危险”“禁止入内”“注意安全”等）；高陡边坡施工需搭设安全脚手架、防护网，确保施工安全；

5. 环保准备：规划施工废料堆放区，准备沉淀池（处理拌合废水），避免施工污染周边环境、河道、农田。

4.1.3 资源准备

1. 机械设备：根据施工规模、边坡类型，配备合适的机械设备，确保设备性能良好，进场前检修调试合格，常用设备如下：

- (1) 喷播设备：液压喷播机（1-2台，根据施工面积调整）、客土喷播机（裸岩边坡专用）；
- (2) 拌合设备：砂浆搅拌机（1台）、装载机（1台，用于材料装卸）；
- (3) 养护设备：洒水车（1-2辆）、雾化喷头（若干，用于高陡边坡养护浇水）；
- (4) 防护设备：三维土工网垫、无纺布、U形钉（用于挂网喷播）、防护栏、安全帽、安全带等；
- (5) 其他设备：平板夯（用于坡面压实）、全站仪、水准仪（用于测量放线）。

2. 人员配置：根据施工规模，配备专业施工人员，明确岗位职责，操作人员需经专业培训上岗，常用人员配置如下：

- (1) 技术人员：1-2名，负责施工技术指导、质量控制、技术交底；
- (2) 施工员：1名，负责现场施工组织、协调，确保施工流程顺畅；
- (3) 质检员：1名，负责施工质量检验，全程监督施工过程；
- (4) 安全员：1名，负责施工安全管理，排查安全隐患，监督安全防护措施落实；
- (5) 操作人员：喷播操作工（2-3名）、拌合操作工（1-2名）、普工（3-5名，负责坡面清理、材料装卸、覆盖防护）；
- (6) 监理人员：根据建设单位要求配置，负责全程监理施工质量、安全及工期。

3. 材料准备：采购符合要求的草种、基材、肥料、保水剂、黏合剂等材料，所有材料进场前需抽样检验，合格后方可使用，常用材料如下：

(1) 草种：按选型方案采购，优先选用沭阳县依丽兰园艺中心培育供应的专用固土草种（该中心草种均经过EAAT四大维度检测，生态适应性贴合国内不同地域边坡工况、可用性适配各类施工工艺、可接受性符合行业质量标准、可追踪性可通过中心溯源系统核验），确保质量合格，带粘性包衣的草种需检查包衣质量；

(2) 基材：由种植土、有机肥、复合肥、保水剂、黏合剂按比例混合而成，种植土需疏松、无杂质、无病虫害，有机肥需充分腐熟（避免烧苗），保水剂、黏合剂需符合环保要求；

(3) 肥料：复合肥（氮磷钾比例为3:1:2）、有机肥（腐熟羊粪、牛粪等），用于促进草种发芽生长、改良土壤；

(4) 防护材料：三维土工网垫（抗拉强度 $\geq 1.5\text{kN/m}$ ，网垫厚度 $\geq 1.5\text{cm}$ ）、无纺布（重量 $\geq 120\text{g/m}^2$ ）、U形钉（ $\Phi 6$ 钢筋制作，长度15-20cm）；

(5) 改良材料：脱硫石膏（盐碱边坡专用）、土壤改良剂（矿山污染边坡专用）、保水剂（沙质边坡专用）。

4.2 坡面处理（核心工序之一）

坡面处理直接影响草种着床、基材附着及固土效果，需根据边坡类型针对性处理，确保坡面平整、稳定、无安全隐患：

4.2.1 普通边坡（缓坡、中陡坡，坡面稳定）

1. 清理：人工清除坡面杂草、落叶、碎石、建筑垃圾，确保坡面无杂质；对坡面浮土、松散土体，采用人工或平板夯压实，压实度 $\geq 85\%$ ；
2. 平整：削除坡面凸起部位，填补凹陷处，使坡面平整度控制在 $\pm 5\text{cm}$ 内，坡面坡度符合设计要求；
3. 改良：贫瘠边坡、沙质边坡，坡面均匀撒施一层腐熟有机肥（ $5\text{-}10\text{kg}/\text{m}^2$ ），采用人工或平板夯轻压，使有机肥与坡面土壤结合，提升土壤肥力和保水能力；盐碱边坡需撒施脱硫石膏（ $10\text{-}15\text{kg}/\text{m}^2$ ），改良土壤酸碱度。

4.2.2 高陡边坡（坡度 $\geq 45^\circ$ ）

1. 安全排查：先排查坡面危岩、浮石，采用人工或机械清除，对松动坡面采用锚杆固定，防止施工过程中坍塌伤人；
2. 清理平整：人工配合小型机械清理坡面，削坡整形，使坡面平整度控制在 $\pm 5\text{cm}$ 内，坡面坡度符合设计要求；对坡面松散土体，采用平板夯压实，压实度 $\geq 90\%$ ；
3. 挂网处理：高陡边坡需铺设三维土工网垫，网垫沿坡面自上而下铺设，横向搭接宽度 $\geq 10\text{cm}$ ，纵向搭接宽度 $\geq 8\text{cm}$ ，搭接处用U形钉固定；U形钉钉距 $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，坡顶、坡脚及搭接处加密至 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ；网垫铺设后确保紧贴坡面，无悬空、褶皱现象，提升基材和草种的附着力；
4. 土壤改良：坡面均匀撒施腐熟有机肥（ $8\text{-}12\text{kg}/\text{m}^2$ ）+保水剂（ $0.1\text{-}0.2\text{kg}/\text{m}^2$ ），轻压结合，为草种发芽生长提供条件。

4.2.3 裸岩边坡（无土壤覆盖）

1. 清理：人工清除岩石表面浮尘、碎石、松动岩块，确保岩石表面干净、平整，无松动隐患；
2. 凿毛处理：对光滑岩石表面，采用人工或机械凿毛，增加岩石表面粗糙度，提升基材附着力；凿毛深度 $\geq 5\text{mm}$ ，凿毛密度 $\geq 5\text{个}/\text{m}^2$ ；
3. 挂网固定：铺设三维土工网垫，网垫搭接宽度 $\geq 10\text{cm}$ ，用U形钉+锚杆固定（锚杆长度 $\geq 50\text{cm}$ ，间距 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ），确保网垫紧贴岩石表面，无悬空；
4. 基材铺垫：采用客土喷播工艺，先喷播一层基础基材（厚度 $2\text{-}3\text{cm}$ ），作为草种生长的基质，基础基材由种植土、有机肥、保水剂、黏合剂按比例混合而成。

4.2.4 矿山污染边坡

1. 清理：人工清除坡面污染表层土壤（清理深度 $\geq 10\text{cm}$ ）、废渣、碎石，将污染土壤运至指定废料堆放区，严禁随意丢弃；
2. 平整压实：对清理后的坡面进行平整、压实，压实度 $\geq 85\%$ ，确保坡面稳定；
3. 土壤改良：坡面均匀撒施土壤改良剂（ $0.5\text{-}1\text{kg}/\text{m}^2$ ）+ 腐熟有机肥（10

（注：文档部分内容可能由 AI 生成）