

山东省露天矿山植被修复技术导则（试行）

为规范露天矿山植被修复工作，结合我省实际情况，编制本技术导则。本导则作为露天矿山编制“一矿一策”生态修复项目实施方案的依据。

一、适用范围

本导则适用于边坡达到稳定状态、具备植被修复条件的岩质采石坑（含采坑底面和高陡边坡）、渣土（弃石）坡、取土深坑。边坡未稳定、需要采取技术措施（附录 1）进行处理的，不属于本导则范畴。

二、基本原则

坚持保护优先、自然恢复为主，人工修复与自然恢复相结合，遵循自然生态系统内在规律；坚持因地制宜、分类治理，根据矿山类型、立地条件和当地实际，采取适宜的植被修复措施；坚持乔、灌、藤、草相搭配，注重与周边自然环境协调统一，构建物种多样、结构合理、功能稳定的植被生态系统；坚持一矿一策、量力而行，科学合理制定植被修复计划和实施方案。

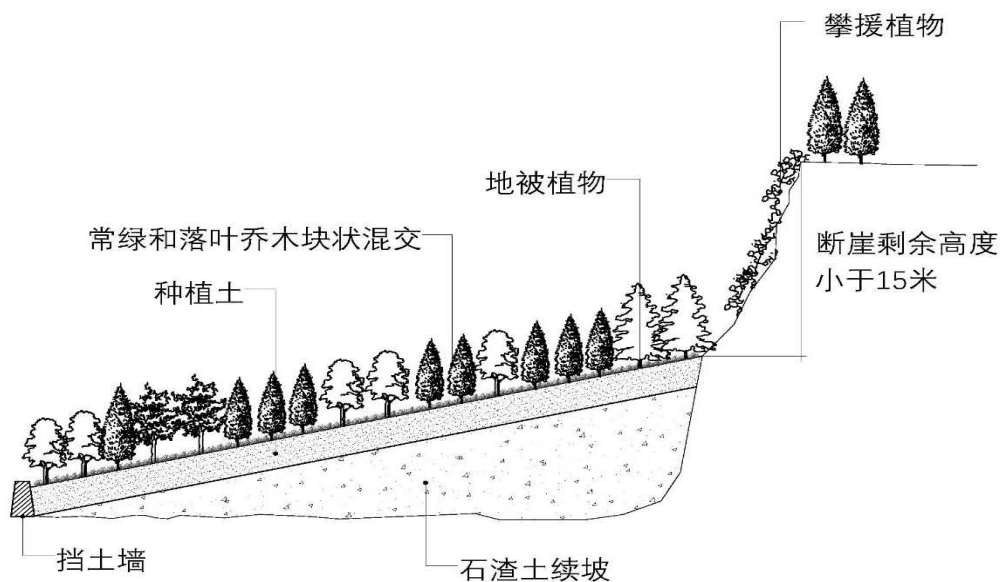
三、修复方式

（一）岩质采石坑

主要由底部平面和边坡立面（或断崖）组成，边坡立面的高度、底部平面进深决定了植被修复的难度。根据断崖下面底部平

面的进深，采用 1:2-1:3 坡度续坡，原则上采用“底面客土续坡 + 立面断崖下种植高大乔木遮挡”的植被修复方法。采石底面可利用采矿废渣土、参照原有山坡地形进行回填塑造坡地，渣土续坡坡度应根据续坡高度进行计算，为了保障地质安全，一般控制在 25° 以内为宜。修复近自然地形的石渣土上还需要覆盖种植土，坡脚一般应设置挡土墙，必要时设置坡面截排水系统。

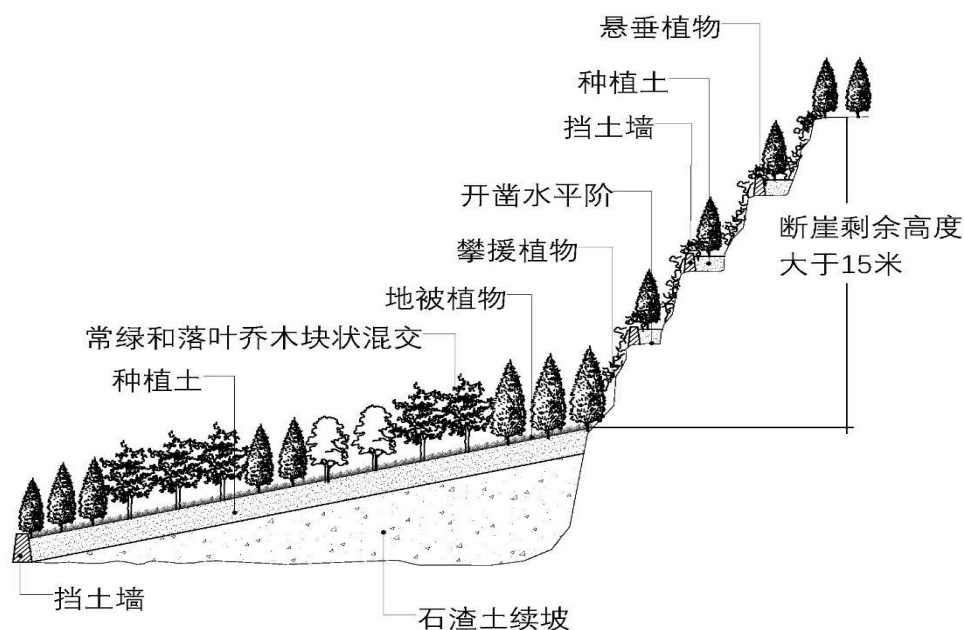
1.覆土续坡后断崖剩余高度在 15 米以下的，通过绿化进行遮挡，一般在靠近断崖处种植毛白杨、悬铃木、栾树、白榆、朴树、蜀桧、雪松等高大乔木的基础上，种植爬山虎、五叶地锦等攀援植物进一步遮挡断崖；向外依次种植常绿乔木和阔叶乔木，形成块状混交林；最外侧种植灌木林，形成自然山坡林缘线。



植被恢复示意图 1

2.断崖剩余高度超过 15 米的可采用退台绿化方式,每隔 8-10

米高度开凿 4-6 米宽水平阶，在每级水平阶前缘修建 0.6-1 米高挡土墙，墙后覆种植土种植耐干旱瘠薄的乔木如侧柏、蜀桧、黑松等遮挡断崖绿化，断崖下还可种植爬山虎、五叶地锦等攀援植物进行垂直绿化，挡土墙内宜种植迎春、连翘、藤蔓蔷薇等悬垂植物。



植被恢复示意图 2

3.无法进行退台绿化的，应清除危岩体，坡面达到稳定，消除地质灾害隐患，主要采用垂直绿化或自然恢复措施；城镇区域或重点部位后期有灌溉条件的，可采用挂网喷播等措施进行植被修复。

4.修复为园地、林地、草地等的，原则上其土壤的有效土层厚度分别为 80 厘米、60 厘米和 30 厘米，根据植物特性具体确定有效土层厚度。

(二) 渣土（弃石）坡

渣土（弃石）坡治理首先应削坡整饬地形，整饬坡度应小于 25° ，根据砾石和土壤的含量，决定表层是否覆盖种植土。常绿和落叶乔木混植，形成块状混交林。按需要设置截排水系统。

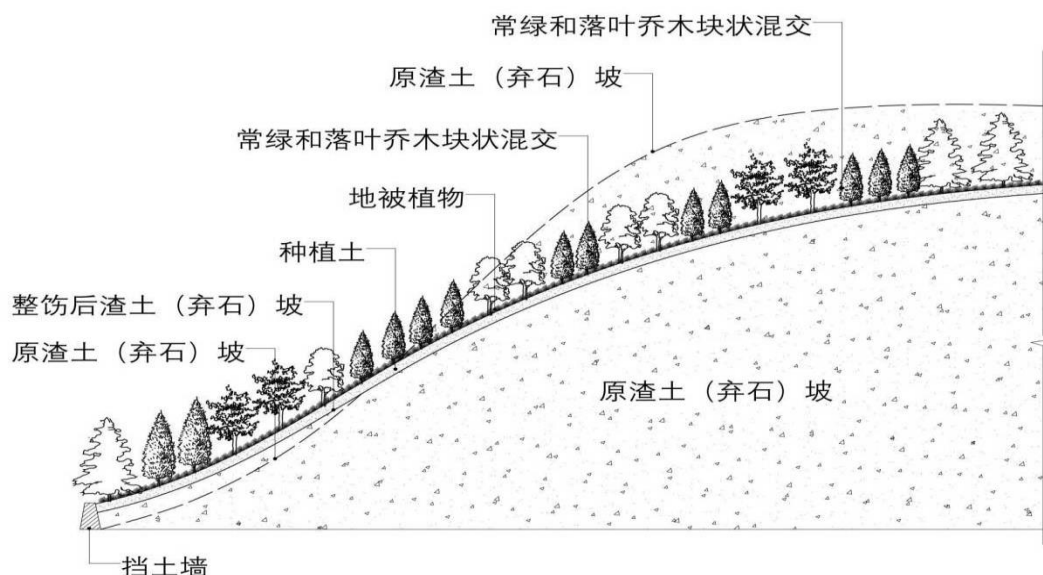
1.对坡长度较大的渣土（弃石）坡，可通过人工构筑平台或水平阶，在稳定渣土（弃石）坡的同时，增加植树数量。

对坡长度较小的渣土（弃石）坡，可直接砌垒鱼鳞坑或水平阶，客土植树。

对坡长度小、较缓的渣土（弃石）坡，坡面可直接覆种植土进行绿化。

2.重点部位的渣土（弃石）坡可采用“削上角、填坡脚”的办法，营造缓坡地形，上覆种植土，采用各种耐瘠薄树种绿化。

3.要求植被修复见效快的区域，条件允许时可采用挂网喷播耐瘠薄灌木为主进行植被修复。



植被修复示意图 3

（三）取土深坑

露天矿山开采形成永久性积水取土深坑的，可修复为蓄水池、坑塘等，周边宜设置防护设施、警示标志，有条件的可种植乡土树种；未形成永久性积水的，可因地制宜修复为耕地、园地、林地等。

四、技术要求

（一）物种选择

应考虑与周边生态环境的协调统一，优先考虑选择根系发达、萌芽萌蘖力强、耐干旱、耐重金属毒害、耐贫瘠、易成活、易养护、能迅速形成植被层的乡土植物(植物种类选择参见附录 2)。

褐土土壤为主的石灰岩类矿山，树种宜选择侧柏、蜀桧、黄栌、黄连木等乔木。

棕壤土壤为主的花岗岩类矿山，树种宜选择松类、栎类、五角枫等乔木。

条件适宜的也可选择核桃、板栗、柿子、杏树、桃树等经济树种。

乔木、灌木、藤本、草本植物的立体配置应充分利用空间生态位，构建稳定的植物群落结构。

（二）配置方式

采用“乔、灌、藤、草”块状混交的方式进行植被配置。

靠近断崖处采用高大乔木和攀援植物，坡面采用中乔木、灌木搭配地被进行多形式混交。

采场底部一般采用乔灌结合的方式进行绿化, 条件许可的可采用经济树种进行绿化。

采用常绿与落叶树种块状混交方式, 树种比例根据实际情况确定, 确保与周边环境相协调。

(三) 整地方式和规格

1.在坡度较缓或平地地段采用穴状整地为主, 斜坡和陡坡采用鱼鳞坑整地方式, 按需要设置截排水系统。

2.整地规格根据苗木规格确定。苗木规格较大的一般采用大鱼鳞坑 (长×宽×深: 1.3 米×0.8 米×0.5 米) 整地, 苗木规格较小的采用小鱼鳞坑 (0.8 米×0.6 米×0.4 米) 整地。穴状整地规格为 0.8 米×0.8 米×0.8 米或 0.6 米×0.6 米×0.6 米整地。

种植穴或鱼鳞坑上下成“品”字形设置。

(四) 苗木规格

根据当地情况选用优良品种, 一般区域可采用 2-3 年生苗木, 阔叶乔木胸径不宜低于 3 厘米, 常绿针叶乔木苗高不宜低于 1.0 米, 灌木冠幅不宜低于 0.5 米; 重点区域可提高苗木规格, 遮挡断崖的乔木可采用大规格苗木。

(五) 种植密度

乔木种植每亩一般 110-220 株, 灌木种植每亩一般 220-330 株。藤本植物间距宜为 0.3-0.5 米。有需要的区域可适度种植地被植物或条件许可时依靠自然恢复地被植物。

(六) 种植时间

种植时间一般在每年 3 月-5 月为宜; 雨季宜在第一场透雨后及时进行; 秋季宜在霜降后至土壤结冻前进行。

(七) 后期养护

植被养护期 3 年。养护期满保存率应达到 85%，达不到要求的应进行补植，补植苗木的规格应与存活苗木规格一致。

附录 1

露天矿山边坡治理常用技术措施表

| 分类 | 分部 | 分项 | 常用技术措施 |
|------|--------|-----------|--|
| 边坡治理 | 清除工程 | 危岩体清除 | 人工、机械、解离，静态或控制爆破 |
| | 加固工程 | 危岩体加固 | 锚固、支撑（墙、柱）、嵌补、抗滑桩、注浆、排 |
| | 防护工程 | 边坡护坡 | 锚固、锚喷、挂网、注浆固结、抗滑桩，圻工、格构或其他措施护坡，坡脚堆坡反压、拦挡 |
| | 削坡工程 | 削坡工程 | 降低边坡坡度、坡高 |
| | 台阶工程 | 台阶再造 | 边坡台阶再造，修筑挡土墙、排水工程 |
| | 坡脚续坡工程 | 坡脚蓄坡、填筑台阶 | 坡脚回填渣（石）土蓄坡或填筑台阶，修筑挡土墙 |
| | 挡土墙工程 | 挡土墙工程 | 浆砌毛石挡土墙、自然石叠石 |

部分规范性文件

| | |
|--------------|--------------------|
| GB 50003 | 砌体结构设计规范 |
| GB 50007 | 建筑地基基础设计规范 |
| GB 50026 | 工程测量标准 |
| GB 50086 | 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范 |
| GB 50288 | 灌溉与排水工程设计标准 |
| GB 50330 | 建筑边坡工程技术规范 |
| GB/T 13306 | 标牌 |
| GB/T 15776 | 造林技术规程 |
| GB/T 20257.1 | 国家基本比例尺地图图式 |
| GB/T 32864 | 滑坡防治工程勘查规范 |
| GB/T 50596 | 雨水集蓄利用工程技术规范 |
| CJ/T 24 | 园林绿化木本苗 |
| TD/T 1036 | 土地复垦质量控制标准 |

附录 2

露天矿山植被修复可选用植物参考表

| 类别 | | 树种、草种 | 特性 |
|----|------|-------|--|
| 乔木 | 常绿乔木 | 侧柏 | 喜光，耐强太阳光照射，耐高温，对土壤要求不严，耐干旱瘠薄，浅根性，侧根发达，抗风能力较弱。 |
| | | 蜀桧 | 喜光，较耐荫，喜温凉，耐寒，耐热，对土壤要求不严，能生于酸性、中性及石灰质土壤上，对土壤的干旱及潮湿均有一定的抗性，深根性，侧根也很发达，生长速度中等。 |
| | | 雪松 | 喜阳光充足，也稍耐荫；喜酸性土壤；具有较强的防尘、减噪与杀菌能力。 |
| | | 黑松 | 喜光，耐寒冷，不耐水涝，耐干旱、瘠薄及盐碱土，耐海雾，抗海风，也可在海滩盐土地方生长。 |
| | | 白皮松 | 喜光，耐瘠薄土壤及较干冷的气候，抗污染，天然分布于气候冷凉的酸性石山上，在土层深厚、湿润肥沃的钙质土或黄土上生长最好。 |
| | | 华山松 | 喜温和凉爽、湿润气候，稍耐干燥瘠薄，能适应多种土壤。 |
| | 落叶乔木 | 黄栌 | 喜光，也较耐荫；耐寒，耐干旱瘠薄和碱性土壤，不耐水湿；根系发达，萌蘖性强；抗污染；观叶树种，秋季叶子变黄或红色。 |
| | | 黄连木 | 喜光，适应性强，耐干旱瘠薄，对二氧化硫和烟抗性较强；观叶树种，秋季叶子变红色。 |
| | | 五角枫 | 耐旱，稍耐荫，深根性，喜湿润肥沃土壤，在酸性、中性、石灰岩发育的褐土上均可生长；观叶树种，秋季叶子变黄或红色。 |

| 类别 | 树种、草种 | 特性 |
|----|-------|--|
| | 小叶朴 | 喜光，稍耐荫，耐寒；喜深厚、湿润的中性黏质土壤。 |
| | 麻栎 | 喜光，深根性，对土壤条件要求不严，耐干旱、瘠薄，亦耐寒、耐旱；宜酸性土壤，亦适石灰岩钙质土，抗污染、抗尘土、抗风能力都较强。 |
| | 暴马丁香 | 喜光，也能耐荫，耐寒、耐旱、耐瘠薄。 |
| | 栾树 | 喜光，稍耐荫，耐寒，不耐水淹，耐干旱和瘠薄，对环境的适应性强，喜欢生长于石灰质土壤中，耐盐渍，深根性，抗风能力强，生长速度中等。 |
| | 刺槐 | 喜光，不耐荫，喜土层深厚、肥沃、疏松、湿润的壤土、砂质壤土、沙土或黏壤土，在中性土、酸性土、含盐量在0.3%以下的盐碱性土上可以正常生长，在积水、通气不良的黏土上生长不良；抗风性较差。 |
| | 白榆 | 喜光，耐旱，耐寒，耐瘠薄，不择土壤，适应性很强；深根性，根系发达，抗风力、保土力强；生长快，寿命长。 |
| | 白蜡 | 喜光，稍耐荫，颇耐寒，喜湿耐涝，也耐干旱；对土壤要求不严，碱性、中性、酸性土壤上均能生长。生长较快，寿命较长。 |
| | 臭椿 | 喜光，不耐荫，耐寒，耐旱，不耐水湿；适应性强，除黏土外，各种土壤和中性、酸性及钙质土都能生长，适生于深厚、肥沃、湿润的砂质土壤。深根性。 |
| | 杜梨 | 喜光，耐寒，耐旱，耐涝，耐瘠薄，在中性土及盐碱土均能正常生长。深根性树种。 |
| | 国槐 | 较耐旱，抗污染，耐水湿。 |

| 类别 | | 树种、草种 | 特性 |
|----|------|-------|--|
| | | 苦楝 | 喜温暖湿润气候，耐寒、耐碱、耐瘠薄，适应性较强。 |
| | | 乌桕 | 喜光不耐荫，较耐干旱，不耐寒，不择土壤，主根发达，抗风力强，耐水湿。 |
| | | 桑树 | 喜光，稍耐荫；喜温暖湿润气候，耐寒；耐干旱，耐水湿能力强，不耐涝，耐瘠薄；对土壤的适应性强。 |
| | | 紫叶李 | 喜光，喜温暖湿润气候，有一定的抗旱能力，不耐干旱，较耐水湿，不耐碱。 |
| | | 山桃 | 喜光，耐寒，对土壤适应性强，耐干旱、瘠薄，怕涝。 |
| | | 山杏 | 喜光，耐寒、耐旱、耐瘠薄，根系发达，在深厚的黄土或冲积土上生长良好，在低温和盐渍化土壤上生长不良。 |
| | | 黄金槐 | 喜光，抗寒、抗旱能力强；耐盐碱，耐瘠薄，在酸性到碱土壤均能生长良好。 |
| | | 金叶榆 | 喜光，耐寒，耐旱，喜肥沃、湿润而排湿良好的土壤，耐干旱瘠薄和盐碱土，抗风、保土能力强。 |
| 灌木 | 常绿灌木 | 大叶扶芳藤 | 喜温暖，较耐寒，耐荫，不喜阳光直射。 |
| | | 北海道黄杨 | 喜光，较耐荫，酸性土、中性土或微碱性土均能适应；寿命长，萌生性强，较耐修剪；具有耐寒、抗旱、抗病虫性强的特点；吸收有害气体的能力强。 |
| | | 大叶黄杨 | 喜光，稍耐荫，有一定耐寒力；对土壤要求不严，在微酸、微碱土壤中均能生长。 |

| 类别 | 树种、草种 | 特性 |
|------|-------|---|
| 落叶灌木 | 铺地柏 | 喜光，稍耐荫；对土质要求不严，能在干燥的沙地上生长良好，喜石灰质的肥沃土壤，抗盐碱，忌低湿地点；耐寒力、萌生力均较强；浅根性，但侧根发达，萌芽性强、寿命长；抗烟尘，抗二氧化硫、氯化氢等有害气体，是良好的地被灌木。 |
| | 沙地柏 | 喜光，喜凉爽干燥的气候，耐寒、耐旱、耐瘠薄，对土壤要求不严，不耐涝；适应性强，生长较快，扦插宜活，栽培管理简单；能忍受风蚀沙埋。 |
| | 木槿 | 适应性强，较耐干燥和贫瘠，稍耐荫、喜温暖、湿润气候，耐修剪。 |
| | 丁香 | 喜光，稍耐荫，有一定的耐寒性和较强的耐旱力。 |
| | 连翘 | 喜光，有一定程度的耐荫性；喜温暖、湿润气候，也很耐寒；耐干旱瘠薄，怕涝；不择土壤，在中性、微酸或碱性土壤均能正常生长；在干旱阳坡或有土的石缝，甚至在基岩或紫色沙页岩的风化母质上都能生长；根系发达，固土能力强；萌发力强、发丛快。 |
| | 胡枝子 | 耐旱、耐寒、耐瘠薄、耐酸性、耐盐碱；对土壤适应性强，在瘠薄的新开垦地上可以生长，但最适于壤土和腐殖土。 |
| | 黄刺玫 | 喜光，稍耐荫，耐寒力强；对土壤要求不严，耐干旱和瘠薄，在盐碱土中也能生长，以疏松、肥沃土地为佳；不耐水涝。 |
| | 榆叶梅 | 喜光，稍耐荫，耐寒，对土壤要求不严，以中性至微碱性而肥沃土壤为佳；根系发达，耐旱力强；不耐涝；抗病力强。 |
| | 棣棠 | 喜欢温暖的气候，较耐荫，不甚耐寒；对土壤要求不严，耐旱能力较差。 |

| 类别 | 树种、草种 | 特性 |
|------|-------|--|
| | 珍珠梅 | 很强的耐荫性，耐寒、耐湿又耐旱。 |
| | 锦带 | 喜光，耐荫，耐寒，良好的抗污染树种。 |
| | 金银木 | 喜光，较耐荫，耐旱，耐寒。 |
| | 藤蔷薇 | 喜光，喜肥，要求土壤排水良好，根系发达，抗逆性强。 |
| | 紫穗槐 | 耐寒暑，对土壤要求不严；耐瘠，耐水湿和轻度盐碱土，又能固氮。 |
| | 荆条 | 抗旱耐寒，喜光耐蔽荫，在阳坡灌丛中多占优势，生长良好；对土壤要求不严，在黄绵土，褐土，红黏土，石质土，石灰岩山地的钙质土以及山地棕壤上都能生长。 |
| | 酸枣 | 喜温暖干燥的环境，耐碱、耐寒、耐旱、耐瘠薄，不耐涝，适应性强。 |
| 藤本植物 | 迎春 | 喜光，稍耐荫，略耐寒，怕涝，要求温暖而湿润的气候，疏松肥沃和排水良好的沙质土，在酸性土上生长旺盛，碱性土上生长不良；根部萌发力强。 |
| | 爬山虎 | 喜荫湿环境，但不怕强光，耐寒，耐旱，耐贫瘠，气候适应性广泛，怕积水，对土壤要求不严。 |
| | 五叶地锦 | 喜温暖气候，也较耐寒，耐荫、耐贫瘠，对土壤与气候适应性较强，干燥条件下也能生存，在中性或偏碱性土壤中均可生长。 |
| | 小叶扶芳藤 | 暖温带树种，较耐寒，适应性强，喜荫湿环境，是良好的林下地被植物。 |
| | 常春藤 | 耐荫性藤本植物，也能生长在全光照的环境中，在温暖湿润的气候条件下生长良好，耐寒性较强；对土壤要求不严，喜湿润、疏松、肥沃的土壤，不耐盐碱；生长较慢，也是良好的林下地被植物。 |

| 类别 | 树种、草种 | 特性 |
|------|-------|--|
| | 金银花 | 喜阳、耐荫，耐寒性强，也耐干旱和水湿，对土壤要求不严，但以湿润、肥沃的深厚沙质壤土上生长最佳；根系繁密发达，萌蘖性强，茎蔓着地即能生根。 |
| | 凌霄 | 喜温暖；有一定的耐寒能力；生长喜阳光充足，但也较耐荫；在盐碱瘠薄的土壤中也能正常生长，但生长以深厚肥沃，排水良好的微酸性土壤为好。 |
| 草本植物 | 狗牙根 | 具发达的根状茎和细长的匍匐茎，较耐践踏，不用修剪；对土壤要求不高，抗恶劣环境能力强，是良好的护坡草本地被植物。 |
| | 碱茅 | 耐干旱，耐严寒，耐盐碱，对土壤要求不高。 |
| | 紫花苜蓿 | 耐干旱，耐严寒，对土壤要求不高，根系发达，固土能力强。 |
| | 野牛草 | 适应性强，喜光，耐干旱，耐严寒，耐热，耐贫瘠，对土壤要求不高，根系发达，具有良好的水土保持功能。 |
| | 结缕草 | 抗旱，耐热性强，耐踩踏，病虫害少，是良好的固土护坡草种。 |
| | 二月兰 | 耐寒，耐荫，对土壤要求不严，有自播能力，是良好的植被恢复草种。 |
| | 石竹 | 耐寒，耐旱，耐贫瘠，常作地被植物。 |
| | 马蔺 | 耐盐碱，耐旱，耐旱，抗病虫害，适应性广。 |
| | 沙打旺 | 耐旱，抗寒，耐贫瘠，耐盐碱，抗风沙，适应性很广，须根生大量根瘤，是优良的水土保持草种。 |
| 水生 | 芦苇 | 挺水植物，耐寒、抗旱、抗高温、抗倒伏，净化水质能力较强，是净化水质、护土固堤、改良土壤之首选，一般片植在有土壤条件的浅水区。 |

| 类别 | 树种、草种 | 特性 |
|--------|-------|--|
| 植 物 | 千屈菜 | 喜强光，耐寒性强，喜水湿，对土壤要求不严，为春花湿生植物，多片植于整饬地形的坑塘水岸带。 |
| | 香蒲 | 挺水植物，喜强光，耐寒性强，喜水湿，对土壤要求不严，是净化水质、护土固堤先锋环保植物，片植于有土壤条件的坑塘浅水区。 |
| | 荻 | 耐寒、抗旱、抗高温、抗倒伏，为秋季观赏湿生植物，多片植于整饬地形的坑塘水岸带。 |
| | 莲 | 浮水植物，耐深水耐寒、抗高温，为夏季观花植物，净化水质的先锋植物，片植于有土壤条件的坑塘浅水区。 |
| | 睡莲 | 浮水植物，耐寒、抗高温，为夏季观花植物，净化水质的先锋植物，片植于有土壤条件的坑塘浅水区。 |
| | 菖蒲 | 喜冷凉湿润气候，荫湿环境，耐寒，忌干旱，春花湿生植物，多片植于坑塘水岸带或浅水区。 |
| | 鸢尾 | 喜阳光充足，气候凉爽，耐寒力强，较耐荫，多片植于坑塘水岸带或浅水区。 |
| | 美人蕉 | 喜温暖和充足的阳光，不耐寒，对土壤要求不严，多片植于坑塘水岸带或浅水区。 |