

土地整治工程土壤固化剂固堤保坎施工方法

徐一新¹ 缪殷君² 苏海刚¹ 徐敏¹

1. 江阴市江堤闸站管理中心, 中国·江苏 江阴 214400
2. 江阴市河湖治理和水资源管理中心, 中国·江苏 江阴 214400

摘要: 针对丘陵地区土地整治工程中高陡边坡易受暴雨冲刷导致水土流失的问题, 本研究提出一种经济环保的土壤固化剂固堤保坎施工方法。该方法以自主研发的 MBER 土壤固化剂 (专利号: 200410073273.5) 为核心, 将固化剂、土与水按比例 (固化剂占比 12%) 配制成干硬性混合料, 通过模板支护分层夯实 (每层 $\leq 20\text{cm}$, 密度 $\geq 1.8\text{g/cm}^3$), 构建防冲拦挡墙。施工流程包括放样开挖、地基翻夯、土块粉碎筛分、含水率调控 (目标值 1.15 倍最优含水量 +2%)、混合料拌和及覆膜养护等步骤。实验表明, 固化土墙体 7 天无侧限抗压强度达 1.72~2.78MPa, 渗透系数为 $10^{-7}\sim 10^{-8}\text{cm/s}$ 级, 具备抗渗稳定性; 实际工程经 120mm 日降雨考验, 未发生冲蚀, 性能优于未处理区域。该方法成本仅为混凝土挡墙的 1/3, 使用寿命 15~20 年, 兼具施工便捷性与环境友好性, 适用于黄土高原等无砂石料地区的生态化土地整治。

关键词: 土壤固化剂; 固堤保坎; 土地整治

Construction Methods of Soil Stabilizer for Solidifying Embankments and Retenments in Land Consolidation Projects

Yixin Xu¹ Yinjun Miao² Haigang Su¹ Min Xu¹

1. Jiangyin Jiangti Gate Station Management Center, Jiangyin, Jiangsu, 214400, China
2. Jiangyin River and Lake Governance and Water Resources Management Center, Jiangyin, Jiangsu, 214400, China

Abstract: Aiming at the problem that high and steep slopes in land consolidation projects in hilly areas are prone to soil erosion caused by heavy rain erosion, this study proposes an economical and environmentally friendly construction method for soil stabilizer to strengthen embankments and protect embankments. This method takes the self-developed MBER soil stabilizer (Patent No. : 200410073273.5) as the core. The stabilizer, soil and water are mixed in proportion (with the stabilizer accounting for 12%) to form a dry-hard mixture. Through the support of formwork, it is compacted layer by layer (each layer $\leq 20\text{ cm}$, density $\geq 1.8\text{ g/cm}^3$) to construct the anti-erosion retaining wall. The construction process includes steps such as layout excavation, foundation compaction, soil block crushing and screening, moisture content control (1.15 times the target value of the optimal moisture content +2%), mixture mixing and film covering for curing. Experiments show that the 7-day unconfined compressive strength of the solidified soil wall reaches 1.72-2.78 MPa, and the permeability coefficient is at the level of $10^{-7} - 10^{-8}\text{ cm/s}$, demonstrating impervious stability. The actual project was tested by a daily rainfall of 120 mm without erosion, and its performance was better than that of the untreated area. This method has a cost that is only one-third of that of concrete retaining walls, a service life of 15 to 20 years, and combines the convenience of construction with environmental friendliness. It is suitable for ecological land improvement in areas without sand and gravel such as the Loess Plateau.

Keywords: soil stabilizer; strengthening embankments and retaining walls; land reclamation

0 前言

在丘陵区域推行“退耕还林(草)”工程, 大量耕地被绿色覆盖。这一举措显著改善了生态环境, 不过也使得土地资源紧张的问题愈发突出。为推动经济发展并缓解耕地紧张状况, 近些年来, 部分地区开展了“治沟造地”“削山造城”等土地整治工程。这些工程为巩固“退耕还林(草)”成果, 进一步推进生态环境建设、促进区域发展以及助力老区建设开拓了新途径, 也收获了新成果。

然而, 随着土地整治工程的实施, 产生了大量台地高

陡边坡。每逢暴雨天气, 坡面极易形成切沟, 进而造成严重的水土流失现象, 对高质量土地的营造构成了威胁。所以, 研发一种经济实惠、高效实用、绿色环保且施工便捷的固坎保堤材料与施工工艺, 已然成为亟待攻克的难题。

1 技术方案

本方法采用土壤固化材料与干性施工技术, 以固化土替代水泥防冲固坎, 实现沟台地整治目标。具体步骤如下:

步骤一: 测量放样与开挖: 按设计尺寸放样, 确定拦

挡墙中线、边线，边线距陡坎超 30cm。长距离设桩标记，通过高程测量明确挡墙高度后开挖。

步骤二：规范开挖参数：基坑深度为覆土层 20cm 与挡墙深度之和；宽度不小于 30cm 加模板厚度。土质坚硬处可免模板，但需将内表面凿毛。

步骤三：地基处理：翻夯挡墙底部地基，控制干密度 $\geq 1.8g/cm^3$ ，厚度 20cm。

步骤四：土料预处理：将开挖土块按设计用量 1.2 倍粉碎，过 10mm 筛，检测含水率至 $(1.15w_{op}+2)\%$ ，不足则洒水，过高则晾干。

步骤五：混合料制备与施工：将处理后的土、土壤固化剂和水配制成干硬性混合料，在模板支护下分层夯实，成型防冲挡墙。

步骤六：拌和固化土混合料。

计算土壤固化剂的用量，将土壤固化剂加入粉碎土中进行搅拌，使其均匀并达到设计含水量，得到固化土混合料。

步骤七：挡墙壁支护。

采用模板按不小于 30cm 挡墙壁厚进行支护。

步骤八：将固化土混合料填入挡墙模板，按照每层不超过 20cm 的厚度、密度不小于 $1.8g/cm^3$ 进行夯实，夯实过程中，层与层之间拉毛处理。

步骤九：养护。

覆固化土混合料、夯实到挡墙设计高程或坎堤高程，砌筑结束，并洒水覆膜保持固化土墙体湿润。

采用本方法的方法修建的土地整治工程防冲挡墙设施，充分利用当地水土资源，对土质水质要求低，不影响地表土地种植，也不影响高陡边坡绿化，使用寿命为 15~20 年，与混凝土挡墙作用基本相同，而且对环境无污染，其建造成本仅为混凝土挡墙成本的三分之一，具有较高的性价比；施工较为简便，降低了施工成本。该方法可广泛应用于广大黄土高原和其他无砂石料地区的土地整治陡坎边坡及淤地坝防冲，对推动山区土地整治健康发展具有重要的实际意义^[1]。

2 附图说明

固化土固坎保堤示意图见图 1，多级梯田固化土固坎保堤示意图见图 2，土壤固化材料修建挡墙设施示意图，其中 (a) 是防冲挡墙主视图，(b) 是侧视图，(c) 是俯视图见图 3，施工流程图见图 4。

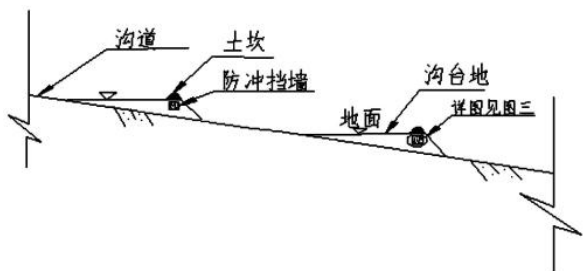


图 1 固化土固坎保堤示意图

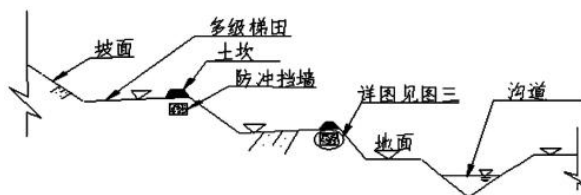


图 2 多级梯田固化土固坎保堤示意图

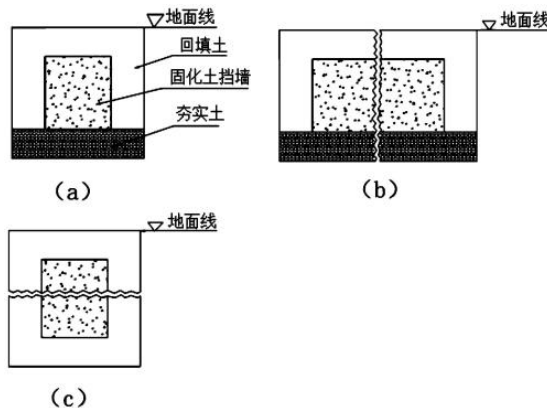


图 3 土壤固化材料修建挡墙设施示意图，其中 (a) 是防冲挡墙主视图，(b) 是侧视图，(c) 是俯视图

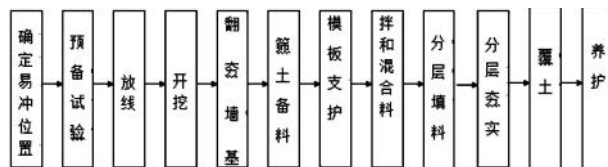


图 4 施工流程图

3 具体实施方式

参见图 3，本实施例给出一种土地整治工程土壤固化剂固堤保坎施工方法，将土壤固化剂、土和水配制成干硬性的混合料，然后在模板支护的条件下将混合料夯实，形成防冲挡墙。

施工的原材料包括土壤固化剂、土壤、水等，主要设备为搅拌机（工程量小可采用人工搅拌）、模板、脚手架、铁锹、泥刀、瓦刀、石夯等。

参见附图，按照图 1 或图 2 在地面以下开挖挡墙基坑，挡墙基坑内表面制成毛面。

本实施例所采用的土壤固化剂是申请人自主研发的 MBER 土壤固化剂（中国专利，专利号：200410073273.5），土料采用延安沙黄土，施工地点位于万花山毛堡则村，经纬度约为（109.294341,36.506782）。

将 MBER 土壤固化剂、黄土和水配制成干硬性的混合料，其中 MBER 土壤固化剂重量比为 12%，然后在模板支护的条件下将混合料夯实，形成防冲挡墙；施工步骤如图 4 所示：

①首先分析土地整治工程易冲部位：淤满的坝地易冲

部位位于中间偏凹岸；多级梯田易冲部位位于由上到下 5 级以下台地，底部梯田容易冲毁。

②获取土样，进行基本土力学试验，获取土样的干容重、最优含水量等参数。经试验，延安沙黄土最优含水量为 18%。

③施工放样：按照净尺寸以及拦挡墙底部地基开挖尺寸进行施工放样，应布设中线、边线。边线距陡坎应在 30cm 以上。长距离应设桩，在桩上应设标记，进行高程测量，标出拦挡墙的设计高度。

④开挖参数：拦挡墙基坑深度应符合：覆土层 20cm+ 拦挡墙深度（大于当地覆土深度 20cm），开挖宽度：拦挡墙宽度不小于 30cm+ 支撑模板厚度，本实施例的拦挡墙高度为 50cm，厚度 40cm，宽度 3000cm（见图 4）；拦挡墙基坑为拦挡墙四周均加 20cm，拦挡墙底部夯实土厚度 20cm，注意，土质坚硬地段可不用支撑模板，但需要将基坑内表面处理成毛面。

⑤翻夯拦挡墙底部：将拦挡墙底部地基进行翻夯，翻夯后的干密度不应小于 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，厚度控制在 20cm 左右，使其较为平整。

⑥粉碎土块：按设计用料 1.2 倍重量将开挖土土块进行粉碎，过 10mm 土壤筛。

⑦洒水闷料：检测粉碎土中的含水率，宜在 $(1.15w_{op}+2)\%$ 左右，当不能满足要求时，应对粉碎土采取洒水或晾干处理措施。

⑧拌和固化土混合料：计算土壤固化剂材料的用量，按固化剂与粉碎土重量 1 : 12 用量，将土壤固化剂加入粉碎土中进行搅拌，使其均匀并使其含水量达到最优含水量，得到固化土混合料。

⑨拦挡墙壁支护：采用模板按不小于 30cm 拦挡墙壁厚

度进行支护。

⑩夯实拦挡墙：将固化土混合料填入挡墙模板，按照每层不超过 20cm 的厚度、密度不小于 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 进行夯实，层与层之间需要拉毛处理。

如果两层之间砌筑时间超过 2 小时，应在两层之间用塑性固化土拉毛坐实。

⑪养护：覆固化土混合料、夯实到拦挡墙设计高程或坎堤高程，砌筑结束，并洒水覆膜保持固化土墙体湿润^[2]。

4 有益效果

对上述实施例制备的进行了力学指标和抗渗系数的测试，固化土墙体的 7d 无侧限抗压强度在 1.72~2.78Mpa，渗透系数在 $n \times 10^{-7} \sim n \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ，属于相对不透水层。按照此方法修建的万花山示范工程，经 2016 年 7~8 月暴雨考核，特别是 2016 年 7 月 18 日的日降雨 120mm 考核，地理坐标（ $36^{\circ}30'22.27''$ ， $109^{\circ}17'45.42''$ ）修建固坎保堤工程处沟台地安全运行。工况好于示范工程处的临近地方（ $36^{\circ}30'22.27''$ ， $109^{\circ}17'45.42''$ ），由于没有进行加固防护，被暴雨径流多处冲毁。降雨试验结果说明，土壤经过固化剂处理后，具有良好的沟坎保堤效果^[3]。

参考文献：

- [1] 高建恩,李兴华,张星辰,等.一种土地整治工程土壤固化剂固堤保坎施工方法:CN201610936921.8[P].CN201610936921.8[2025-05-12].
- [2] 郭子豪.黄土丘陵沟壑区典型沟道土地整治工程对水系平衡影响研究[D].北京:中国科学院大学(中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心),2021.
- [3] 万亚俊,郭小平,李青峰,等.干旱露天矿区排土场立地类型划分与评价——以乌海市已治理的矿区排土场为例(英文)[J].Journal of Resources and Ecology,2023(4).